



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"**

**«Σχεδιασμός Συγκροτήματος Κατοικιών  
με βάση τη Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική  
και Αποτίμηση της Ενεργειακής  
Συμπεριφοράς τους»**



Διπλωματική εργασία η οποία υποβάλλεται  
για εκπλήρωση των απαιτήσεων  
του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου  
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

**Καραμήτσιου Βικτωρία**  
Διπλ/χος Πολιτικός Μηχανικός

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**

**Τριμελής επιτροπή:**  
Αν. Καθηγητής Χ. Κορωναίος (επιβλέπων)  
Καθηγητής Κ. Κουτσόπουλος  
Επ. Καθηγητής Ι.Σαγιάς

**Αθήνα, Οκτώβριος 2010**

*Η κατανάλωση ενέργειας σε όλες τις εκφάνσεις της ζωής του σύγχρονου ανθρώπου και πιο συγκεκριμένα στην κατασκευή αλλά και στη λειτουργία των κτιρίων αποτελεί τις τελευταίες δεκαετίες πεδίο έντονης έρευνας και κριτικής από περιβαλλοντική, επιστημονική, τεχνική – τεχνολογική αλλά και κοινωνική και πολιτική σκοπιά.*

*Ο ενεργοβόρος τρόπος διαβίωσης του σημερινού ανθρώπου και άρα και των κατασκευών εντός των οποίων καλείται πλέον να διεκπεραιώσει τις περισσότερες από τις ασχολίες του (είτε πρόκειται για εργασία είτε για διασκέδαση είτε για ξεκούραση) αποτελεί αντικειμενική παράμετρο ενός προβλήματος, η λύση του οποίου όμως επιχειρείται με πολλούς –και ορισμένες φορές ακόμα και αντιφατικούς μεταξύ τους– τρόπους.*

*Η έντονη και ενίοτε άσκοπη κατανάλωση ενέργειας τόσο κατά το στάδιο παραγωγής των πρώτων υλών ενός κτιρίου όσο και κατά τη λειτουργία του αλλά και μετά το τέλος αυτής καταδεικνύουν όψεις ενός πιο σύνθετου προβλήματος, του τρόπου με τον οποίο τις τελευταίες δεκαετίες ο άνθρωπος επιλέγει να ζει και τις ανάγκες που καλείται να καλύψει. Η ερώτηση επομένως που ανακύπτει για το ζήτημα χρήσης και διαχείρισης της ενέργειας είναι εάν θα πρέπει να διατηρήσουμε τους ίδιους ενεργοβόρους τρόπους διαβίωσης απλά χρησιμοποιώντας διαφορετικές “φιλικές” προς το περιβάλλον πηγές ή αν θα μπορούσαμε να στραφούμε προς μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση του ζητήματος αυτού αναθεωρώντας ή ακόμα και εγκαταλείποντας κάποια από τα σημερινά χαρακτηριστικά του.*

*Η απομάκρυνση του ανθρώπου αλλά και των εργασιών αυτού από το φυσικό περιβάλλον σταδιακά εξάλειψαν τη γνώση που είχε αποκτηθεί σε σχέση με τις κατασκευές και την ένταξή τους στον εκάστοτε τόπο, επιβάλλοντας στην ουσία ένα πανομοιότυπο μοντέλο κτιρίων και πόλεων παγκοσμίως. Ο δομημένος ιστός κυριαρχεί στο φυσικό περιβάλλον αντί να εντάσσεται όσο το δυνατό αρμονικότερα σε αυτό θεωρώντας πολλές φορές τη διατήρηση εντός αυτού τμημάτων χωρίς δόμηση που προσομοιάζουν στο φυσικό περιβάλλον (πάρκα, οριοθετημένους χώρους με χλωρίδα και πανίδα) ως πολυτέλεια και όχι ως ανάγκη. Αλλά και στη μικροκλίμακα των κτιρίων, η επανάληψη των ίδιων αρχών σχεδιασμού και λειτουργίας στην κατασκευή (υψηλά κτίρια με ελλιπή φωτισμό και αερισμό, χωρίς τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το φυσικό περιβάλλον) είχαν ως αποτέλεσμα την πλήρη διάκριση των κτιρίων από το υπόλοιπο περιβάλλον τους και όχι την ένταξή*

τους σε αυτό. Ο άνθρωπος συνήθισε σταδιακά να συγκεντρώνει όλες τις λειτουργίες της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, σε αντίθεση με την πρακτική παλιότερων εποχών όπου το κτίριο αποτελούσε καταφύγιο από έντονα φαινόμενα του περιβάλλοντος και όχι κύριο πεδίο έκφρασης και διεξαγωγής των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Κατ' επέκταση, η γνώση της αλληλεπίδρασης των κτιρίων με το περιβάλλον (συμβολή του ηλιασμού, του αερισμού, της φυσικής ηχομόνωσης και θερμομόνωσης, των φυσικών και όχι τεχνητών δομικών υλικών, της φύτευσης γύρω από την κατασκευή κλπ) εξασθένησε και υιοθετήθηκαν τεχνητές πηγές για να καλύψουν τις νέες(;) ανάγκες.

Η σημερινή προσπάθεια για περιορισμό της υπερκατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια οφείλει να μελετά τη συνολικότητα του προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη και τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν θεωρώντας την ενέργεια όχι ως μια νέα, πολλά υποσχόμενη από άποψη κέρδους αγορά αλλά ως μια επιτακτική ανάγκη για διασφάλιση υψηλότερης ποιότητας ζωής του σύγχρονου ανθρώπου.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποτελεί ουσιαστικά μια διαφορετική οπτική του ζητήματος αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το δομημένο περιβάλλον λαμβάνοντας υπόψη όλες τις συνιστώσες που διαμορφώνουν με δυναμικό τρόπο την εκάστοτε πραγματικότητα. Δηλαδή, μια προσπάθεια για σχεδιασμό των κατασκευών με βιοκλιματικά κριτήρια συμπεριλαμβάνει παράλληλες αναλύσεις της λειτουργίας αλλά και των αλληλεπιδράσεων παραγόντων του φυσικού, δομημένου αλλά κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντος σε τοπική αλλά και σε ευρύτερη κλίμακα. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική δε μπορεί να εφαρμοστεί σε μεμονωμένα κτίρια αλλά πρέπει να αποτελεί μια νέα φιλοσοφία κατασκευής κτιρίων και πόλεων εντός των οποίων η ανθρώπινη διάσταση και το φυσικό περιβάλλον θα αποτελούν ισότιμες συνιστώσες της πραγματικότητας που "δομείται".

Βικτωρία Καραμήτσιου  
Εξάρχεια, Σεπτέμβρης 2010

## **Περιεχόμενα**

<b><u>Περίληψη</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>Εισαγωγή</u></b> .....	<b>13</b>
<b><u>Κεφάλαιο 1: Παρουσίαση και περιγραφή των κτιρίων μελέτης</u></b>	
<b>1.1. Στοιχεία για την περιοχή ανέγερσης των κτιρίων</b> .....	<b>17</b>
1.1.1. Παρουσίαση του δήμου Νίκαιας .....	17
1.1.2. Ιστορία του δήμου Νίκαιας.....	19
1.1.3. Φυσικό Περιβάλλον .....	19
<b>1.2. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής κατασκευής των κτιρίων</b> .....	<b>20</b>
<b>1.3. Επιλογή της θέσης των κτισμάτων εντός του οικοπέδου</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4. Προσανατολισμός των κτιρίων</b> .....	<b>22</b>
<b>1.5. Στοιχεία της σύνδεσης των κατοικιών</b> .....	<b>24</b>
1.5.1. Η βιοκλιματική παράμετρος του σχεδιασμού .....	26
<b>1.6. Στοιχεία δόμησης</b> .....	<b>27</b>
<b>1.7. Αρχιτεκτονική περιγραφή</b> .....	<b>27</b>
1.7.1. Ανάλυση των στοιχείων των κατόψεων.....	29
1.7.1.1. Στάθμη ανάπτυξης κοινόχρηστων χώρων στις προσόψεις των κτιρίων (1 <sup>η</sup> στάθμη) .....	29
1.7.1.2. Στάθμη ανάπτυξης υπνοδωματίων (2 <sup>η</sup> στάθμη) .....	30
1.7.1.3. Προσανατολισμός των χώρων των κατοικιών .....	30
1.7.2. Ανάλυση των στοιχείων των όψεων .....	32
1.7.2.1. Νότια όψη.....	32
1.7.2.2. Βόρεια όψη.....	45
1.7.2.3. Ανατολική όψη .....	47
1.7.2.4. Δυτική όψη .....	50
1.7.2.5. Στέγη.....	53
<b>1.8. Οικοδομική περιγραφή</b> .....	<b>56</b>
1.8.1. Ο φέρων οργανισμός .....	56
1.8.1.1. Κατοικία 1.....	57
1.8.1.2. Κατοικία 2.....	57
1.8.2. Η τοιχοποιία.....	57
1.8.2.1. Εξωτερική τοιχοποιία .....	58
1.8.2.2. Εξωτερική τοιχοποιία στα θερμοκήπια .....	58
1.8.2.3. Εσωτερική τοιχοποιία.....	59
1.8.3. Η οροφή.....	59

1.8.4. Τα δάπεδα .....	59
1.8.5. Τα κουφώματα.....	60

## **Κεφάλαιο 2: Δόμηση και οικολογία**

<b>2.1. Δόμηση και οικολογία .....</b>	<b>63</b>
2.1.1. Η σχέση του δομημένου περιβάλλοντος με το οικοσύστημα.....	65
2.1.2. Φύση και προέλευση των οικοδομικών υλικών .....	66
2.1.3. Η ενσωματωμένη ενέργεια.....	68
2.1.3.1. Επεξεργασία και ενσωματωμένη ενέργεια .....	69
2.1.3.2. Μεταφορά και ενσωματωμένη ενέργεια .....	69
2.1.3.3. Χρόνος και ενσωματωμένη ενέργεια .....	70
2.1.4. Παραδοσιακή δόμηση και οικολογία .....	70
2.1.5. Επιπτώσεις του σύγχρονου τρόπου δόμησης στο περιβάλλον .....	72
2.1.6. Διαχείριση της υγείας στο δομημένο περιβάλλον.....	74
2.1.6.1. Το σύνδρομο του «άρρωστου κτιρίου» .....	74
2.1.6.2. Η ραδιενέργεια στο εσωτερικό των κτιρίων.....	75
2.1.6.3. Τοξικότητα δομικών υλικών .....	76
2.1.6.4. Ταξινόμηση των τοξικών και των επικίνδυνων ουσιών.....	78
<b>2.2. Δομικά υλικά.....</b>	<b>80</b>
2.2.1. Ξύλο .....	80
2.2.2. Μέταλλο .....	82
2.2.2.1. Χάλυβας.....	83
2.2.2.2. Αλουμίνιο .....	84
2.2.2.3. Ψευδάργυρος, χαλκός και μόλυβδος .....	84
2.2.3. Σκυρόδεμα .....	84
2.2.3.1. Ιπτάμενη τέφρα .....	86
2.2.4. Τοιχοποιία.....	88
2.2.5. Λίθοι .....	89
2.2.6. Άχυρο.....	91
2.2.7. Πλαστικό .....	92
2.2.8. Λινόλαιο.....	93
2.2.9. Γυαλί .....	94
2.2.10. Γύψος.....	94
2.2.11. Θερμομονωτικά υλικά .....	94
2.2.11.1. Εξηλασμένη πολυστερίνη.....	95
2.2.11.2. Πολυουρεθάνη .....	96
2.2.11.3. Υαλοβάμβακας και πετροβάμβακας.....	96

2.2.11.4. Περίληψη .....	96
2.2.11.5. Heraklith .....	97
2.2.11.6. Διογκωμένος φελλός .....	97
2.2.11.7. Πλέγμα γιούτας .....	97
2.2.12. Βιολογικά υλικά για θερμική και ακουστική μόνωση .....	98
2.2.12.1. Biofiber .....	98
2.2.12.2. Naturtherm - KE - Fiberkenaf pan .....	98
2.2.12.3. Naturtherm – WO .....	98
2.2.12.4. Recycletherm - Fibertex pan .....	99
2.2.12.5. Therma/Flex wood.....	99
2.2.13. Κονιάματα.....	99
2.2.13.1. Εναλλακτικά κονιάματα.....	100
2.2.14. Βαφές.....	101
<b>2.3. Επιλογή υλικών στα κτίρια μελέτης .....</b>	<b>104</b>
2.3.1. Φέρων οργανισμός .....	104
2.3.2. Τοιχοποιίες .....	104
2.3.3. Δάπεδα .....	104
2.3.3.1. Ξύλινα δάπεδα .....	105
2.3.3.2. Κεραμικά δάπεδα .....	105
2.3.4. Θερμομόνωση.....	105
2.3.5. Κουφώματα .....	106
2.3.6. Επιχρίσματα.....	106
<b><u>Κεφάλαιο 3: Κλιματικές παράμετροι</u></b>	
<b>3.1. Βιο-κλιματική αρχιτεκτονική .....</b>	<b>107</b>
<b>3.2. Παράμετροι που επιδρούν στο κλίμα της Ελλάδας.....</b>	<b>108</b>
<b>3.3. Οι πηγές κλιματικών πληροφοριών στην Ελλάδα.....</b>	<b>109</b>
<b>3.4. Η χρήση προγράμματος μετεωρολογικών δεδομένων.....</b>	<b>110</b>
3.4.1. Η δομή του προγράμματος.....	110
3.4.2. Η βάση δεδομένων του προγράμματος.....	112
3.4.3. Εφαρμογή για τη Νίκαια.....	114
<b>3.5. Το κλίμα στην περιοχή της Νίκαιας.....</b>	<b>115</b>
3.5.1. Επεξεργασία των κλιματικών δεδομένων.....	115
3.5.1.1. Η τυπική ημέρα .....	116
3.5.1.2. Διαγραμματική απεικόνιση των παραμέτρων.....	117
3.5.2. Η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος.....	117
3.5.2.1. Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα στην περιοχή .....	118

3.5.2.2. Συμπεράσματα με βάση τη μελέτη θερμοκρασίας των τυπικών ημερών .....	120
3.5.3. Η ηλιακή ακτινοβολία .....	121
3.5.4. Η θερμοκρασία δρόσου .....	124
3.5.5. Η ταχύτητα του ανέμου .....	125
3.5.6. Το ύψος βροχόπτωσης.....	126
<b>3.6. Αξιοπιστία του κλιματικού αρχείου .....</b>	<b>127</b>

#### **Κεφάλαιο 4: Διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών**

<b>4.1. Μεθοδολογική προσέγγιση .....</b>	<b>129</b>
4.1.1. Τα εξεταζόμενα μεγέθη .....	129
4.1.1.1. Η θερμοκρασία αέρα.....	130
4.1.1.2. Τα θερμικά κέρδη .....	130
4.1.1.3. Οι θερμικές απώλειες.....	131
4.1.1.4. Το ισοζύγιο ροών θερμότητας.....	132
<b>4.2. Πρόγραμμα προσομοίωσης.....</b>	<b>133</b>
4.2.1. Η δομή του προγράμματος.....	133
4.2.2. Η προσομοίωση των κτιρίων .....	135
4.2.2.1. Το αρχείο κλιματικών δεδομένων για την προσομοίωση .....	136
4.2.3. Περιγραφή των κτιρίων .....	137
<b>4.3. Προσομοίωση των εξεταζόμενων κτιρίων.....</b>	<b>139</b>
4.3.1. Θέση κτιρίων.....	139
4.3.2. Ζώνες .....	139
4.3.2.1. Κατανομή σε ζώνες.....	139
4.3.3. Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη των ζωνών .....	141
4.3.4. Η επίδραση του αέρα στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου.....	142
4.3.4.1. Διαφυγές αέρα ζώνης.....	143
4.3.4.2. Φυσικός αερισμός ζώνης.....	147
4.3.4.3. Ανάμιξη αέρα μεταξύ των ζωνών .....	149
4.3.4.4. Θέρμανση ζώνης.....	149
4.3.5. Αδιαφανή δομικά στοιχεία .....	149
4.3.5.1. Τύποι αδιαφανών δομικών στοιχείων.....	150
4.3.5.2. Ανάλυση των διατομών .....	151
4.3.5.3. Ιδιότητες των στρώσεων.....	153
4.3.6. Διαφανή δομικά στοιχεία .....	157
4.3.6.1. Τύποι διαφανών δομικών στοιχείων .....	158
4.3.6.2. Ιδιότητες κουφωμάτων.....	159
4.3.6.3. Πρόγραμμα ανοίγματος – κλεισίματος των προστατευτικών .....	161

4.3.7. Επιφάνειες «ελεύθερης ανταλλαγής θερμότητας» .....	162
4.3.8. Εσωτερική μάζα .....	163
<b>4.4. Παράγοντες αβεβαιότητας στην ανάλυση .....</b>	<b>163</b>
<b>4.5. Αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων .....</b>	<b>166</b>
4.5.1. Διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προσομοιωτικών ελέγχων .....	166
4.5.1.1. Διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιακών μεγεθών.....	166
4.5.2. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των κατοικιών .....	171
4.5.2.1. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των θερμοκηπίων .....	172
4.5.2.2. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των σαλονιών – κουζινών.....	175
4.5.2.3. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των αποθηκών.....	178
4.5.2.4. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των διαδρόμων.....	181
4.5.2.5. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των υπνοδωματίων .....	184
4.5.2.6. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των μπάνιων .....	187
4.5.2.7. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών .....	190
4.5.2.7. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των ξενώνων.....	193
4.5.3. Διαγραμματική απεικόνιση των ενεργειακών μεγεθών .....	196
4.5.3.1. Ποσοστιαία διαγραμματική απεικόνιση των ενεργειακών μεγεθών .....	207
4.5.3. Η καταναλισκόμενη ενέργεια στις κατοικίες .....	209
4.5.3.1. Ενέργεια θέρμανσης των κατοικιών .....	209
4.5.3.2. Ενέργεια δροσισμού των κατοικιών .....	213
<b>4.6. Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου.....</b>	<b>216</b>
<b>4.7. Σύνοψη κεφαλαίου .....</b>	<b>218</b>
<b><u>Παράρτημα</u>.....</b>	<b>223</b>
<b><u>Βιβλιογραφία</u>.....</b>	<b>339</b>





## Περιεχόμενα Πινάκων

### Σχήματα

<b>Σχήμα 1.1.</b> Απεικόνιση της Λάρισας, της Νίκαιας και του Πλατυκάμπου .....	18
<b>Σχήμα 1.2.</b> Τοπογραφικό σχέδιο των υπό μελέτη κτιρίων.....	22
<b>Σχήμα 1.3.</b> Επιρροή της θέσης του ήλιου στον ενεργειακό σχεδιασμό .....	23
<b>Σχήμα 1.4:</b> Σχέδια κατόψεων των κατοικιών .....	28
<b>Σχήμα 1.5:</b> Νότια όψη κατοικίας 1.....	32
<b>Σχήμα 1.6:</b> Νότια όψη κατοικίας 2.....	32
<b>Σχήμα 1.7:</b> Ετήσια απόδοση θερμοκηπίου ανάλογα με τον εκάστοτε .....	38
προσανατολισμό αυτού. ....	38
<b>Σχήμα 1.8.</b> Απεικόνιση και περιγραφή της λειτουργία του τοίχου Trombe .....	44
<b>Σχήμα 1.9:</b> Βόρεια όψη κατοικίας 1.....	46
<b>Σχήμα 1.10:</b> Βόρεια όψη κατοικίας 2.....	46
<b>Σχήμα 1.11:</b> Ανατολική όψη κατοικίας 1 .....	47
<b>Σχήμα 1.12:</b> Ανατολική όψη κατοικίας 2 .....	48
<b>Σχήμα 1.13:</b> Δυτική όψη κατοικίας 1 .....	51
<b>Σχήμα 1.14:</b> Δυτική όψη κατοικίας 2 .....	51
<b>Σχήμα 2.1:</b> Υλικά "φιλικά" προς το περιβάλλον και το χρήστη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα διάφορα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής .....	103
<b>Σχήμα 4.1.</b> Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας περιγραφής του κτιρίου στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος και του τρόπου εισαγωγής των επιμέρους στοιχείων από τα οποία αποτελείται. ....	137
<b>Σχήμα 4.2.</b> Περιγράμματα των κατόψεων των κτιρίων πάνω στα οποία σημειώνονται οι ζώνες στις οποίες αυτά διαχωρίστηκαν κατά την προσομοίωση. ....	140
<b>Σχήμα 4.3.</b> Όψεις της κατοικίας 1, στις οποίες έχουν σημειωθεί με διαφορετική γραμμοσκίαση οι θέσεις των διαφορετικών τύπων διαφανών στοιχείων. ....	158
<b>Σχήμα 4.4.</b> Όψεις της κατοικίας 2, στις οποίες έχουν σημειωθεί με διαφορετική γραμμοσκίαση οι θέσεις των διαφορετικών τύπων διαφανών στοιχείων. ....	159

### Εικόνες

<b>Εικόνα 2.1:</b> Πλάκες λινολαίου .....	93
<b>Εικόνα 2.2:</b> Δείγμα εξηλασμένης πολυστερίνης .....	95
<b>Εικόνα 2.3:</b> Δείγμα πολυουρεθάνης .....	96
<b>Εικόνα 2.4:</b> Δείγμα παπλώματος υαλοβάμβακα .....	96
<b>Εικόνα 2.5:</b> Δείγμα Heraklith .....	97
<b>Εικόνα 2.6:</b> Πλάκες φελλού .....	97
<b>Εικόνα 2.7:</b> Δείγμα γιούτας.....	97
<b>Εικόνα 2.8:</b> Δείγμα Biofiber .....	98
<b>Εικόνα 2.9:</b> Δείγμα Fiberkenauf pan .....	98
<b>Εικόνα 2.10:</b> Δείγμα Naturtherm – WO .....	98
<b>Εικόνα 2.11:</b> Δείγμα Fibertex pan .....	99
<b>Εικόνα 2.12:</b> Δείγμα Therma/flex wood.....	99
<b>Εικόνα 3.1:</b> Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας .....	108
<b>Εικόνα 3.2.</b> Ο χάρτης του προγράμματος MeteoNORM από τον οποίο γίνεται η επιλογή του μετεωρολογικού σταθμού που αναζητά ο χρήστης.....	113
<b>Εικόνα 4.1.</b> Η νότια όψη των κατοικιών, όπως διαμορφώνεται μετά τη φύτευση του περιβάλλοντα χώρου.....	217
<b>Εικόνα 4.2.</b> Η βόρεια όψη των κατοικιών, όπως διαμορφώνεται μετά τη φύτευση του περιβάλλοντα χώρου. ....	218

## Πίνακες

<b>Πίνακας 1.1:</b> Προσανατολισμοί των χώρων των δύο κατοικιών .....	31
<b>Πίνακας 1.2:</b> Αναλογία τοίχου έμμεσου ηλιακού οφέλους προς την επιφάνεια κάτοψης .....	43
<b>Πίνακας 1.3:</b> Τύποι φυτεμένου δώματος και επιμέρους χαρακτηριστικά αυτών .....	55
<b>Πίνακας 1.4:</b> Είδη επίστρωσης στο εσωτερικό των κατοικιών .....	59
<b>Πίνακας 1.5:</b> Τύποι κουφωμάτων που εμφανίζονται τόσο στο κέλυφος, όσο και στο εσωτερικό των κατοικιών. Δίνεται η σχηματική τους παράσταση (και των εξωτερικών προστατευτικών στοιχείων, όπου αυτά υπάρχουν) σε αναλογική κλίμακα και η περιγραφή τους. ....	62
<b>Πίνακας 2.1:</b> Κατάλογος τοξικών ουσιών για την προστασία των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων.....	77
<b>Πίνακας 2.2:</b> Κατάλογος τοξικών ουσιών και ενδεχόμενη παρουσία τους σε δομικά υλικά .....	78
<b>Πίνακας 2.3:</b> Χαρακτηριστικοί συμβολισμοί ταξινόμησης της τοξικότητας των ουσιών.....	80
<b>Πίνακας 2.4:</b> Εναλλακτικά υλικά ως προς το PVC.....	93
<b>Πίνακας 3.1.</b> Δείγμα του εξαγόμενου από το MeteoNORM κλιματικού αρχείου για τη Νίκαια. Με m, dm και h συμβολίζονται ο μήνας, η ημέρα του μήνα και μία από τις 24 ώρες της εξεταζόμενης ημέρας αντίστοιχα. ....	115
<b>Πίνακας 3.2.</b> Μέσες και απόλυτες ακρότατες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος κάθε μήνα του έτους στη Νίκαια .....	119
<b>Πίνακας 3.3.</b> Απόκλιση των τιμών βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων από την πραγματικότητα, όταν αυτές υπολογίζονται από τους αλγόριθμους που περιλαμβάνονται στο προσομοιωτικό πρόγραμμα. ....	128
<b>Πίνακας 4.1.</b> Οι τιμές της θερμικής ισχύος που υιοθετήθηκαν για την παρούσα ανάλυση Για την περίπτωση της ανθρώπινης δραστηριότητας αυτές δίνονται κατά άτομο και ανάλογα με τη λειτουργική χρήση της κάθε ζώνης.....	142
<b>Πίνακας 4.2.</b> Κατανομή του περιβλήματος που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για κάθε ζώνη της κατοικίας 1. ....	145
<b>Πίνακας 4.3.</b> Κατανομή του περιβλήματος που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για κάθε ζώνη της κατοικίας 2. ....	146
<b>Πίνακας 4.4.</b> Εναλλαγές αέρα ανά ζώνη (ακούσιος αερισμός).....	146
<b>Πίνακας 4.5.</b> Μέγιστες εναλλαγές αέρα ανά ζώνη (εκούσιος αερισμός) .....	147
<b>Πίνακας 4.6.</b> Όρια των προϋποθέσεων για διακοπή «λειτουργίας» του φυσικού αερισμού .....	148
<b>Πίνακας 4.7.</b> Όρια των προϋποθέσεων για διακοπή «λειτουργίας» του φυσικού αερισμού στις ζώνες των λουτρών .....	148
<b>Πίνακας 4.8.</b> Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων πατωμάτων των κτιρίων, αποδιδόμενες, με τη σειρά, από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.....	152
<b>Πίνακας 4.9.</b> Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων οροφών των κτιρίων, αποδιδόμενες με τη σειρά, από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης. ....	152
<b>Πίνακας 4.10.</b> Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων εξωτερικών τοιχοποιιών των κτιρίων, αποδιδόμενες με τη σειρά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης. ....	152
<b>Πίνακας 4.11.</b> Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων εσωτερικών τοιχοποιιών των κτιρίων, αποδιδόμενες με τη σειρά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης. ....	153
<b>Πίνακας 4.12.</b> Τύποι αδιαφανών πορτών του κτιρίου, αποδιδόμενες με τη σειρά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.....	153
<b>Πίνακας 4.13.</b> Οι τιμές που αποδόθηκαν στις απαιτούμενες από το προσομοιωτικό πρόγραμμα για τις ιδιότητες των δομικών υλικών, τα οποία απαντώνται στα αδιαφανή δομικά στοιχεία των κτιρίων. ....	156

<b>Πίνακας 4.14.</b> Οι τιμές που αποδόθηκαν στις θερμικές ιδιότητες υλικών που χαρακτηρίζονται από το πρόγραμμα ως NoMass .....	157
<b>Πίνακας 4.15.</b> Οι τιμές που αποδόθηκαν στις θερμικές ιδιότητες του γυαλιού στα διαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου για να «εκτιμήσει» το πρόγραμμα τη θερμική συνεισφορά του στο κτίριο.....	160
<b>Πίνακας 4.16.</b> Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας $k$ της διατομής του πλαισίου επάνω στο οποίο στηρίζονται οι υαλοπίνακες των παραθύρων. ....	161
<b>Πίνακας 4.17.</b> Οι τιμές που αποδόθηκαν στις θερμικές ιδιότητες του εικονικού υλικού των «επιφανειών ελεύθερης ανταλλαγής θερμότητας», οι οποίες αντιστοιχούν στις εσωτερικές θύρες του κτιρίου που δεν διαθέτουν κούφωμα. ....	163
<b>Πίνακας 4.18.</b> Οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας που αποδόθηκαν στο έδαφος.....	166

### Διαγράμματα

<b>Διάγραμμα 1.1:</b> Ποσοστά επιφανειών στη νότια όψη κάθε κατοικίας .....	33
<b>Διάγραμμα 1.2:</b> Ποσοστά επιφανειών στη βόρεια όψη κάθε κατοικίας.....	45
<b>Διάγραμμα 1.3:</b> Ποσοστά επιφανειών στην ανατολική όψη κάθε κατοικίας .....	47
<b>Διάγραμμα 1.4:</b> Ποσοστά επιφανειών στη δυτική όψη κάθε κατοικίας .....	51
<b>Διάγραμμα 2.1:</b> Ενσωματωμένη ενέργεια τυπικών δομικών υλικών.....	69
<b>Διάγραμμα 3.1.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	118
<b>Διάγραμμα 3.2</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της ταχύτητας του ανέμου στο εξωτερικό περιβάλλον για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς στην περιοχή της Νίκαιας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του προγράμματος. ....	126
<b>Διάγραμμα 3.3</b> Διαγραμματική απεικόνιση του μέσου ύψους βροχόπτωσης στην περιοχή της Νίκαιας.....	127
<b>Διάγραμμα 4.1.</b> Συγκριτική διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των κατοικιών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	168
<b>Διάγραμμα 4.2.</b> Συγκριτική διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των κατοικιών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	169
<b>Διάγραμμα 4.3.</b> Συγκριτική διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των κατοικιών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	170
<b>Διάγραμμα 4.4.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των θερμοκηπίων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	172
<b>Διάγραμμα 4.5.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των σαλονιών-κουζινών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	175
<b>Διάγραμμα 4.6.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των αποθηκών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	178
<b>Διάγραμμα 4.7.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των διαδρόμων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.....	181
<b>Διάγραμμα 4.8.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των υπνοδωματίων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	184
<b>Διάγραμμα 4.9.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής	

θερμοκρασίας στις ζώνες των μπάνιων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	187
<b>Διάγραμμα 4.10.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	190
<b>Διάγραμμα 4.11.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των ξενώνων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος. ....	193
<b>Διάγραμμα 4.12.</b> Ετήσιες τιμές των κυριότερων συνιστωσών θερμικών κερδών και απωλειών στις ζώνες θερμοκηπίου και σαλονιού – κουζίνας των δύο κατοικιών.	
<b>Διάγραμμα 4.13.</b> Ετήσιες τιμές των κυριότερων συνιστωσών θερμικών κερδών και απωλειών στις ζώνες αποθηκών, διαδρόμων, μπάνιων και δωματίων των δύο κατοικιών. ....	204
<b>Διάγραμμα 4.14.</b> Το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε μιας από τις ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν τα δύο κτίρια. ....	209
<b>Διάγραμμα 4.15.</b> Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης κάθε μιας από τις ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν τα δύο κτίρια αλλά και στο σύνολο αυτών. ....	210
<b>Διάγραμμα 4.16.</b> Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια δροσισμού κάθε μιας από τις ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν τα δύο κτίρια αλλά και στο σύνολο αυτών. ....	214

Σε καιρούς που οι άνθρωποι διαμορφώνουν ολοένα και λιγότερο φιλικές γι' αυτούς και το φυσικό περιβάλλον πόλεις και οικισμούς, απομακρυσμένοι από τα τοπικά υλικά δόμησης και τις αντίστοιχες τεχνολογίες και μη λαμβάνοντας ουσιαστικά υπόψη τις κλιματολογικές παραμέτρους της εκάστοτε περιοχής είναι λογικό να αυξάνονται αδικαιολόγητα και οι ενεργειακές απώλειες από την κατασκευή και τη λειτουργία των κτισμάτων αυτών. Ο σχεδιασμός των κατασκευών με γνώμονα τις τοπικές παραμέτρους κλίματος και αρχιτεκτονικής δεν έχει μόνο ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά ταυτόχρονα εξασφαλίζει και πιο υγιεινές και άνετες συνθήκες λειτουργίας και διαβίωσης.

Οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας στις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες, σε συνδυασμό με την ενεργειακή κρίση, την αύξηση των τιμών των πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας, αλλά και τις σημαντικές επιπτώσεις αυτού του τρόπου παραγωγής και διαβίωσης στο περιβάλλον, έχουν οδηγήσει τις τελευταίες δεκαετίες στην εισαγωγή και ανάπτυξη μιας διαφορετικής φιλοσοφίας στη μελέτη και στη λειτουργία κτιρίων μαζικής ή οικιακής χρήσης.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός ενός συγκροτήματος κατοικιών με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής αλλά και με υλικά τα οποία θα είναι "φιλικά" προς το περιβάλλον αλλά και προς τους χρήστες των κτιρίων που πρόκειται να ζήσουν εντός τους. Στη συνέχεια προσομοιώνεται η θερμική συμπεριφορά των κατοικιών προκειμένου να αποτιμηθεί η ενεργειακή του απόκριση κατά τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς.

Οι κατοικίες παρουσιάζουν ικανοποιητική συμπεριφορά ακόμα και χωρίς τη λειτουργία κάποιου μηχανικού συστήματος θέρμανσης ή ψύξης. Βέβαια, στην περίπτωση λειτουργίας μηχανικού συστήματος ρύθμισης της εσωτερικής θερμοκρασίας των κτιρίων, η ενέργεια που καταναλώνεται από αυτό κυμαίνεται σε πολύ περιορισμένα επίπεδα, σε σχέση με αυτά που ορίζονται για τη μέση κατανάλωση κατοικιών με συμβατικό τρόπο δόμησης.

At times, when people create less and less friendly for them and the natural environment cities and settlements, far away from the local building materials and their respective technotropies and not taking seriously into account the climatic parameters of each different region, this way of behaving is expected to increase unreasonably the energy losses caused by the construction and operation of buildings. The design of structures with reference to the local climate and architecture not only result in energy savings but at the same time ensuring healthier and more comfortable operating conditions and living standards.

The ever-increasing demand for energy in economically developed countries, in conjunction with the energy crisis, the rise in prices of raw materials for the production of energy but also the important impact of this mode of production and living conditions in the environment, have led in recent decades in the introduction and development of a different philosophy in the design and operation of buildings mass or household.

The objective of this work is the design of a group of dwellings on the basis of the principles of bioklimatic architecture. In the construction of the buildings will be used materials that are "friendly" not only for the environment but also for users of buildings who will live within them. Moreover, is investigated the energy behavior of the buildings.

The houses are satisfactory even without the operation of a heating or cooling system engineering. Of course, in the case of operation of a mechanical apparatus to regulate the internal temperature of buildings, energy consumed by this is very limited levels compared with those specified for the average consumption with modes.

*« Το “σπίτι-μηχανή” ως “κατοικία μαζικής παραγωγής”, σχεδιασμένο να στέκεται πάνω σε κολώνες (pilotis) εννοιολογικά αλλά και πρακτικά, διαχωρίστηκε και απομονώθηκε από το περιβάλλον. Το “σπίτι-μηχανή” αντί να εναρμονίζεται με το κλίμα, καλύπτει τις ανάγκες του με ενεργοβόρες μηχανές. Όταν υπερθερμαίνεται, χρησιμοποιεί (ηλεκτρικό) κλιματισμό. Όταν κρυώνει, καίει πετρέλαιο για θέρμανση. Όταν δεν έχει επαρκή φυσικό φωτισμό τη μέρα, χρησιμοποιεί (ηλεκτρικά) φώτα. Για την κατασκευή του, αντί να αξιοποιεί τα υλικά ενός τόπου, απαιτεί βιομηχανικά υλικά που απαιτούν ενέργεια παραγωγής και ενέργεια μεταφοράς από χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Κατά τη λειτουργία του, καταναλώνει φυσικούς πόρους και παράγει απόβλητα. Το αποτέλεσμα είναι το “σπίτι-μηχανή” να έχει εξελιχθεί σε ένα ενεργοβόρο και περιβαλλοντικά καταστροφικό οργανισμό, που επιβαρύνει, το περιβάλλον και το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.» [Roaf, Fuentes, Thomas, «Ecoδομείν»]*

Η παραγωγή και η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί βασική συνιστώσα ανάπτυξης σε τοπικό, εθνικό, υπερεθνικό και πλανητικό επίπεδο. Το μοντέλο όμως ανάπτυξης που θα επιλεγεί και τα χαρακτηριστικά που θα προσδοθούν σε αυτό ανάλογα με τους σκοπούς που θα προορίζεται να εξυπηρετεί καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και τον αντίστοιχο ενεργειακό σχεδιασμό.

Η αξιοποίηση των φυσικών διαθεσίμων διαφοροποιείται ανάλογα με το μοντέλο ανάπτυξης και τις προτεραιότητες τις οποίες αυτό θέτει σε δυναμική όμως ισορροπία με την κοινωνική πραγματικότητα και τις ανάγκες που αυτή κάθε φορά διαμορφώνει και καταφέρνει να εκφράσει.

Οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας στις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες, σε συνδυασμό με την ενεργειακή κρίση, την αύξηση των τιμών των πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας, αλλά και τις σημαντικές επιπτώσεις αυτού του τρόπου παραγωγής και διαβίωσης στο περιβάλλον, έχουν οδηγήσει τις τελευταίες δεκαετίες στην εισαγωγή και ανάπτυξη μιας διαφορετικής φιλοσοφίας στη μελέτη και στη λειτουργία κτιρίων μαζικής ή οικιακής χρήσης.

Η διπλωματική εργασία που παρουσιάζεται έχει ως στόχο το σχεδιασμό και την αποτίμηση στη συνέχεια της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός συγκροτήματος δύο κατοικιών στα περίχωρα της Λάρισας. Η προσπάθεια για δημιουργία κτιρίων που θα ενσωματώνονται όσο το δυνατό καλύτερα στο φυσικό περιβάλλον αλλά και ταυτόχρονα θα μπορούν να διασφαλίζουν τις ανάγκες διαβίωσης του σύγχρονου ανθρώπου σε αυτά είναι μια σύνθετη διαδικασία, η οποία μπορεί συνεχώς να εμπλουτίζεται και να βελτιώνεται με



την πάροδο του χρόνου. Η εργασία που παρουσιάζεται αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα, καθώς οι βασικές αρχές του σχεδιασμού των κτιρίων τέθηκαν στα πλαίσια του μαθήματος "Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων" του προπτυχιακού κύκλου σπουδών στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ και στο τεύχος που παρατίθεται καταγράφεται και αποτιμάται η ενεργειακή συμπεριφορά των κατοικιών αλλά και αναλύεται ο κύκλος ζωής των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή τους.

Πιο συγκεκριμένα, το συγκρότημα κατοικιών κατασκευάζεται με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής και οικολογικής δόμησης τόσο όσον αφορά στο σχεδιασμό των κατοικιών όσο και του περιβάλλοντα χώρου αυτών. Ως συνέπεια του παραπάνω σχεδιασμού αλλά και της ενσωμάτωσης στα κτίρια συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας -όπου αυτό κρίνεται ωφέλιμο- αναμένεται μείωση στις ενεργειακές τους ανάγκες. Ταυτόχρονα, η επιλογή δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον αλλά και προς τους χρήστες αποτελεί βασική παράμετρο του σχεδιασμού αφού αφενός με μια τέτοια πρακτική αποκλείονται υλικά που εγκυμονούν κινδύνους προς τους κατοίκους και αφετέρου διασφαλίζεται η οικοδόμηση με βάση υλικά τα οποία απαιτούν όσο το δυνατό μικρότερη ενσωματωμένη ενέργεια και άρα προκαλούν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που επιλέχθηκε ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

- Βιβλιογραφική έρευνα. Με βάση τη μελέτη πανεπιστημιακών βιβλίων, σημειώσεων, δημοσιεύσεων σε διεθνή περιοδικά και του διαδικτύου κατέστη δυνατή η επιμέρους ανάλυση του προβλήματος, η μελέτη των επιμέρους συνιστωσών του και τελικά η σύνθεση ενός βιοκλιματικού μοντέλου κατασκευής δύο συγκροτημάτων κατοικιών
- Επεξεργασία δευτερογενών δεδομένων. Η συλλογή, η μελέτη και η ερμηνεία δευτερογενών δεδομένων αποτέλεσαν βασικό τμήμα της παρούσας εργασίας και αφορούν κυρίως στατιστικά στοιχεία, στοιχεία μελετών βιοκλιματικών κτιρίων και επιμέρους συνιστωσών αυτών, στοιχεία από την Ε.Μ.Υ. και το Κ.Α.Π.Ε.
- Δημιουργία, επεξεργασία και ερμηνεία πρωτογενών δεδομένων. Η δυνατότητα παραγωγής πρωτογενών δεδομένων όπως τα σχέδια των κατοικιών, τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής και η προσομοίωση των κατοικιών έτσι ώστε να είναι δυνατή η μετέπειτα αποτίμηση της συμπεριφοράς τους αποτελούν τμήμα της εργασίας που παρουσιάζεται, ίσης σημασίας με τα δύο προαναφερόμενα.

Η εργασία διαρθρώνεται σε τέσσερα κεφάλαια και ένα παράρτημα. Ειδικότερα:

- Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές αρχές του σχεδιασμού των κατοικιών καθώς επίσης και τα συστήματα αξιοποίησης ενέργειας που πρόκειται να ενσωματωθούν στο κέλυφός τους.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι επιπτώσεις των τρόπων δόμησης αλλά και των εκάστοτε υλικών που θα χρησιμοποιηθούν κατά την κατασκευή των κτιρίων τόσο στο περιβάλλον όσο και στη διαμόρφωση άνετων αλλά και υγιεινών συνθηκών για τους χρήστες τους.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μελέτη και ανάλυση των κλιματικών μεγεθών της περιοχής, όπως αυτά προκύπτουν μετά την επεξεργασία των στοιχείων που παρέχονται από τη βάση δεδομένων μετεωρολογικού προγράμματος.
- Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο μελετάται και ερμηνεύεται η θερμοτεχνική συμπεριφορά των κτιρίων, με ταυτόχρονη αξιοποίηση των δεδομένων του προηγούμενου κεφαλαίου καθώς επίσης και αυτών που προκύπτουν από την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς τους.
- Το παράρτημα συγκεντρώνει τις σειρές γραφημάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων και χρησίμευσαν ως βάση για την ανάλυση που παρουσιάζεται στα κεφάλαια τρία και τέσσερα.



# Κεφάλαιο 1

## Παρουσίαση και περιγραφή των κτιρίων μελέτης

### **1.1. Στοιχεία για την περιοχή ανέγερσης των κτιρίων**

Τα δύο κτίρια που πρόκειται να μελετηθούν χωροθετούνται σε οικόπεδο συνολικής επιφάνειας 4.000m<sup>2</sup>, το οποίο βρίσκεται στο δήμο Νίκαιας του νομού Λάρισας. Βασική κατεύθυνση του σχεδιασμού αποτελούν οι αρχές της βιοκλιματικής και οικολογικής δόμησης, όπως αυτές θα αναλυθούν και θα εξειδικευτούν περαιτέρω στην ενότητα παρουσίασης της αρχιτεκτονικής σύνθεσης των κτιρίων. Κύριος στόχος είναι τόσο ο περιορισμός των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και δροσισμό όσο και η χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον αλλά και προς το χρήστη.

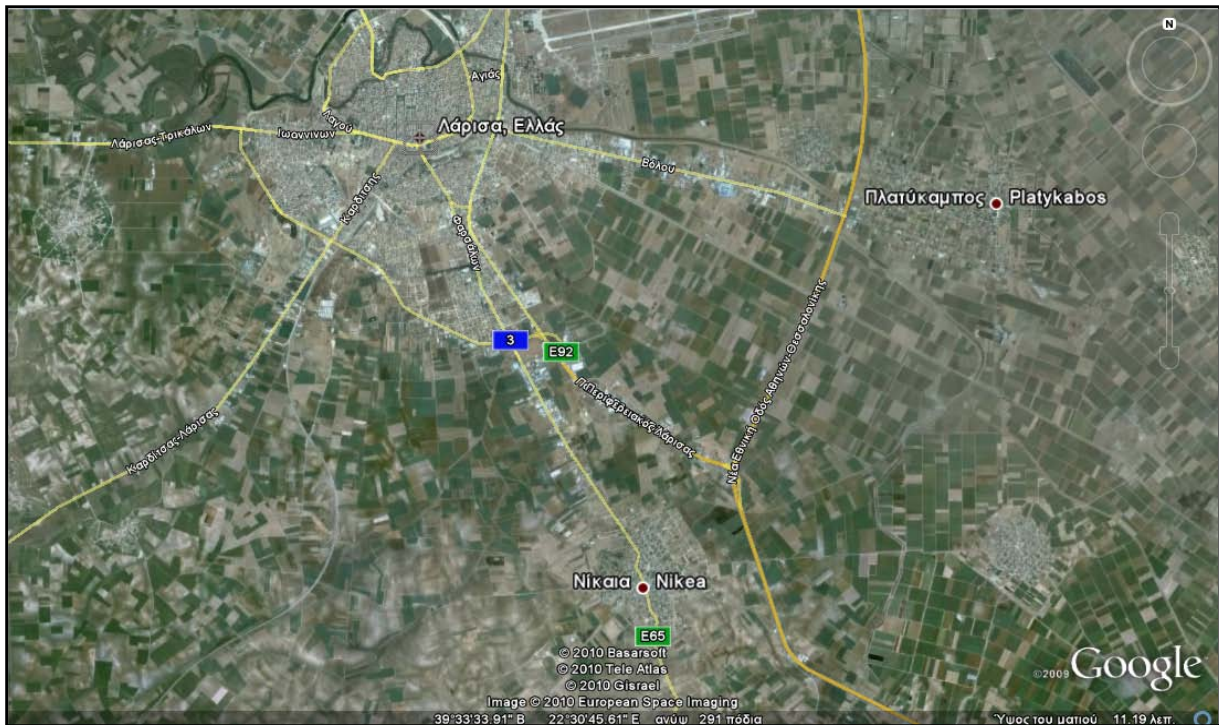
Η μελέτη κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων προβλέπει τη χρήση αυτών ως μόνιμων κατοικιών συνολικού εμβαδού 100m<sup>2</sup> η καθεμία, με δυνατότητα ανέγερσης και τρίτης κατοικίας εντός των ορίων του υφιστάμενου οικοπέδου. Το αρχικό ζεύγος κατοικιών θα κατασκευαστεί στο δημοτικό διαμέρισμα Νίκαιας, στα όρια αυτού με το δημοτικό διαμέρισμα της Νέας Λεύκης.

#### **1.1.1. Παρουσίαση του δήμου Νίκαιας**

Ο δήμος Νίκαιας είναι ένας από τους 28 δήμους του νομού Λάρισας και βρίσκεται στα νοτιοανατολικά του δήμου Λαρισαίων. Συνορεύει επίσης με τους δήμους Ενιπέα και Κρανώνος στα δυτικά, με τους δήμους Κιλελέρ και Πλατυκάμπου στα ανατολικά και με το δήμο Πολυδάμαντα στα νότια.

Η Νίκαια αποτελεί την έδρα του δήμου, ο οποίος και αποτελείται από 11 δημοτικά διαμερίσματα, και είναι το κέντρο όλων των υπηρεσιών του δήμου. Η απόστασή της από την πόλη της Λάρισας είναι 9,4km, γεγονός στο οποίο οφείλεται και η στενή σύνδεσής της με την πρωτεύουσα του νομού. Ο πληθυσμός της έδρας του δήμου είναι 3.362 κάτοικοι

σύμφωνα με την τελευταία απογραφή του 2001, ενώ συνολικά ο δήμος κατοικείται από 6.726 κατοίκους [8].



**Σχήμα 1.1.** Απεικόνιση της Λάρισας, της Νίκαιας και του Πλατυκάμπου (πηγή:[2])

Από το συνολικό πληθυσμό του δήμου ο οικονομικά ενεργός υπολογίζεται στα 2.636 άτομα, 2.114 άντρες και 522 γυναίκες. Όπως φαίνεται και από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν, το μεγαλύτερο ποσοστό ανεργίας το κατέχουν οι γυναίκες. Μεγάλο ποσοστό των κατοίκων του δήμου ασχολείται με τον πρωτογενή τομέα (κυρίως βαμβακοκαλλιέργειες) ενώ ένα επίσης σημαντικό κομμάτι με τον τριτογενή. Πιο συγκεκριμένα, 1.412 άτομα ασχολούνται με τον πρωτογενή τομέα είτε ως αγρότες είτε ως κτηνοτρόφοι. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια η κτηνοτροφία στο δήμο έχει αυξηθεί, αυτός παραμένει στο μεγαλύτερο τμήμα του αγροτικός καθώς από τα 279,5km<sup>2</sup> της έκτασής του τα 226,3km<sup>2</sup> είναι καλλιεργούμενες εκτάσεις [8].

Η μικρή απόσταση από τη Λάρισα έχει ως αποτέλεσμα πολλοί από τους κατοίκους της Νίκαιας να απασχολούνται στην πρωτεύουσα του νομού, γεγονός που έχει συμβάλει στην ενίσχυση του χαρακτηρισμού της Νίκαιας ως προαστιακό συνοικισμό της Λάρισας. Βέβαια κάτι τέτοιο είναι πολύ γενικό και εν μέρει παρωχημένο καθώς παραβλέπει τη διάρθρωση και τις λειτουργίες που αναπτύσσονται στην κωμόπολη της Νίκαιας. Γεγονός όμως επίσης αποτελεί η μεγέθυνση τα τελευταία χρόνια τόσο του πολεοδομικού ιστού όσο και του αριθμού των κατοίκων του δημοτικού διαμερίσματος της Νίκαιας λόγω μετακίνησης

πολλών Λαρισαίων σε αυτό, χωρίς όμως να ακολουθεί και η αντίστοιχη καταγραφή τους στα μητρώα του δήμου.

### 1.1.2. Ιστορία του δήμου Νίκαιας

Τα νεότερα στοιχεία αποκαλύπτουν ότι η Νίκαια υπήρχε πριν τρεισήμισι αιώνες τουλάχιστον. Εικάζεται πως κατέχει τη θέση της αρχαίας Χάλκης. Στους οικισμούς της Νίκαιας αλλά και στην ίδια την έδρα του δήμου έχουν βρεθεί έως σήμερα 19 μαγούλες αλλά και ευρήματα ιστορικών χρόνων όπως επιτύμβιες στήλες των ρωμαϊκών χρόνων, αναθηματικές στήλες στον Ίμψιο και Ζευξάνθιο Ποσειδώνα, επιγραφή των αρχαϊκών χρόνων. Η Νίκαια πήρε το νέο της όνομα σε ανάμνηση της Ά Οικουμενικής Συνόδου στην οποία επίσκοπος ήταν ο Άγιος Αχίλλειος Λάρισας. Το όνομα του χωριού ετυμολογείται από το Νεμπεϊλέρ που σημαίνει «κάθε λογής μπέηδες» υπονοώντας την ένωση μικρότερων προχριστιανικών οικισμών που έγινε γύρω στο 1500μ.Χ. και προήλθε από ανώτερη βία είτε εξαιτίας των αρπαγών και λεηλασιών των οικισμών από τούρκικες επιδρομές είτε από το φόβο εκτουρκισμού τους.

Σύμφωνα από σημειώσεις Νικιώτη δασκάλου οι κάτοικοι του Νεμπεϊλέρ εργαζόταν στα τσιφλίκια των Τούρκων. Το Νεμπεϊλέρ πριν από την απελευθέρωση είχε πληθυσμό περίπου 1000 κατοίκων και η έκτασή του αποτελούσε τσιφλίκια πολλών Τούρκων μπέηδων που τα έδιναν σε χριστιανούς για καλλιέργεια με σχέση Μόρτης ή Τριτίας. Το Νεμπεϊλέρ είχε αυτοδιοίκηση, γεγονός που οφειλόταν στους ντόπιους Τούρκους τσιφλικάδες που δεν επιθυμούσαν την ανάμειξη της τουρκικής κρατικής εξουσίας στα τσιφλίκια τους. Τη διοίκηση του χωριού είχαν οι δημογέροντες. Η σημερινή εκκλησία ιδρύθηκε το 1872, προ αυτής της ημερομηνίας ήταν πολύ μικρή, δυσανάλογη του πληθυσμού του χωριού. Το 1912 εισάγεται ο θεσμός των κοινοτήτων [8].

### 1.1.3. Φυσικό Περιβάλλον

Τα κυριότερα σημεία φυσικού κάλλους του δήμου εντοπίζονται στα δημοτικά διαμερίσματα Μυρών, Ζαπτείου και Νέας Λεύκης. Η φυσική πηγή υδάτων στους πρόποδες του Καραντάου με την ονομασία Κεφαλόβρυσο του δημοτικού διαμερίσματος Μυρών αποτελεί τόπο συγκέντρωσης πολλών εκδρομέων. Παρόλα αυτά σήμερα καταγράφεται σημαντική πτώση της στάθμης των υδάτων.

Στο δημοτικό διαμέρισμα του Ζαπτείου, λίγο έξω από τον ομώνυμο οικισμό βρίσκεται δάσος 146 στρεμμάτων, το οποίο προσφέρει στους επισκέπτες του ώρες χαλάρωσης, ηρεμίας και αναψυχής. Μέσα στο δάσος βρίσκεται και το εκκλησάκι της Αγίας Παρασκευής.

Το λιβάδι στην περιοχή της Νέας Λεύκης αποτελεί πόλο έλξης για εκδρομείς και επισκέπτες αλλά και καταφύγιο αποδημητικών πουλιών.

### **1.2. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής κατασκευής των κτιρίων**

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου οι κατοικίες που θα μελετηθούν χωροθετούνται σε οικόπεδο συνολικής επιφάνειας 4.000m<sup>2</sup>, το οποίο βρίσκεται στο δήμο Νίκαιας του νομού Λάρισας και πιο συγκεκριμένα στο νότιο τμήμα του δημοτικού διαμερίσματος Νίκαιας. Πρόκειται για περιοχή εκτός του κεντρικού πολεοδομικού ιστού της έδρας του δήμου αλλά σε πολύ μικρή απόσταση από αυτόν. Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται ως πεδινή/ημιπεδινή και άρα δε συναντώνται ορεινοί όγκοι ή άλλοι έντονοι γεωμορφολογικοί σχηματισμοί που να διαφοροποιούν σημαντικά το ανάγλυφο. Η ευρύτερη περιοχή κατασκευής των κτιρίων χαρακτηρίζεται ως λόφος, το μέγιστο υψόμετρο του οποίου ανέρχεται στα 320m. Το οικόπεδο που πρόκειται να φιλοξενήσει τις δύο κατοικίες χωροθετείται προς το άνω μέρος του λόφου. Στο βόρειο όριό του συνορεύει με επαρχιακή οδό, η οποία και συνδέεται με την κεντρική αρτηρία που οδηγεί στην πόλη της Λάρισας ενώ στα υπόλοιπα όριά του γειτνιάζει με παρακείμενες ιδιοκτησίες. Ο λόφος συνεχίζεται πάνω από το οικόπεδο των κατοικιών έχοντας μέτρια κλίση μέχρις ότου να ανέλθει στο ύψος των 320m.

Πιο ειδικά, όσον αφορά στη μορφολογία του εδάφους του οικοπέδου ανέγερσης των κτιρίων, αυτό χαρακτηρίζεται ως επικλινές και η περίμετρός του ξεκινά από την ισοϋψή των 251m στα βόρεια του οικοπέδου και τερματίζεται στην ισοϋψή των 242m στα νότια αυτού. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η διαμόρφωση του εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου με την κατασκευή αναβαθμών όπου αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο.

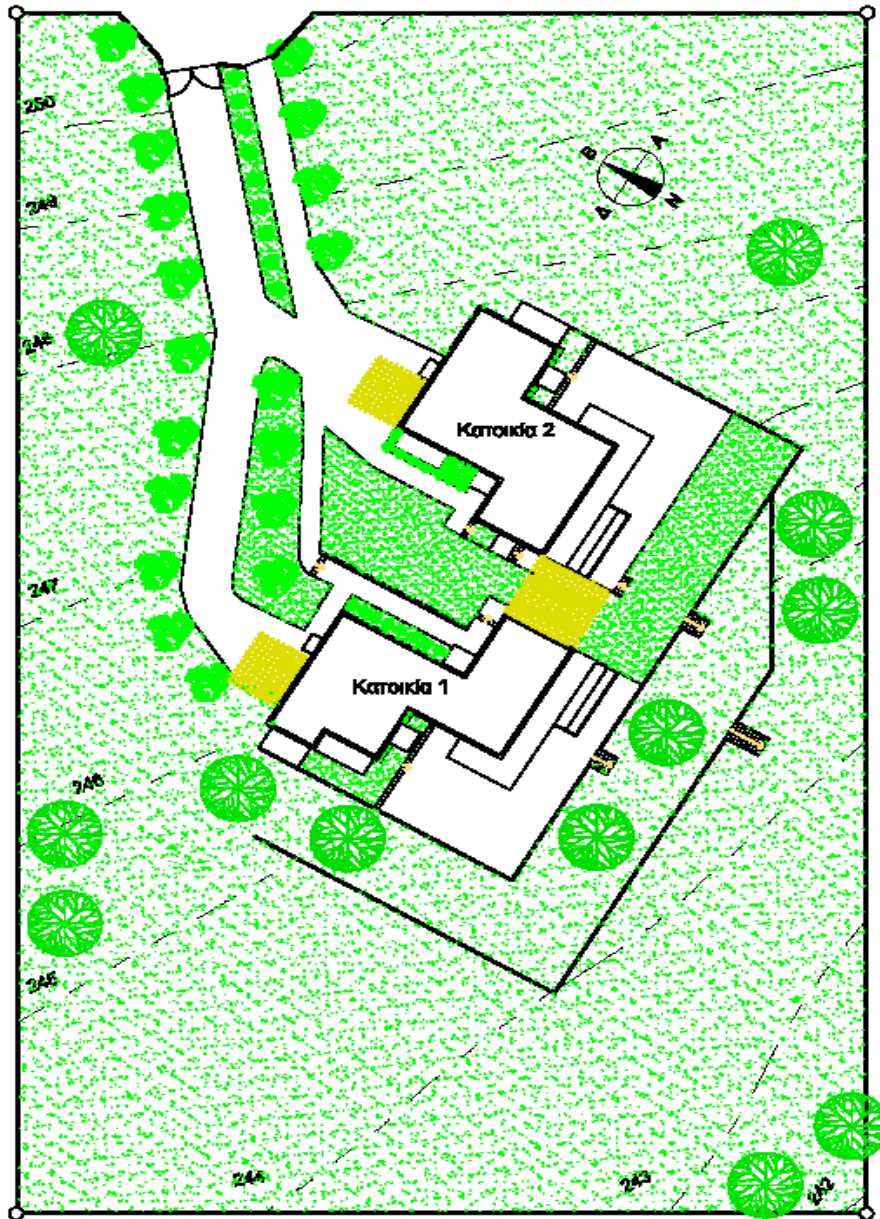
Περιμετρικά του οικοπέδου υπάρχουν δώροφα κτίρια κατοικιών, τα οποία όμως δεν επηρεάζουν σε καμία περίπτωση τη σκίαση και τον αερισμό των υπό μελέτη κτιρίων. Γενικά πρόκειται για περιοχή αραιάς δόμησης με χαμηλούς συντελεστές, γεγονός που συμβάλλει στον απρόσκοπτο αερισμό και ηλιασμό των κτιρίων αλλά και των κοινόχρηστων χώρων και των χώρων δημόσιας ωφέλειας τόσο σε επίπεδο οικοπέδου και όμορων με αυτό ιδιοκτησιών όσο και στην ευρύτερη περιοχή.

### **1.3. Επιλογή της θέσης των κτισμάτων εντός του οικοπέδου**

Η επιλογή της θέσης ενός κτιρίου στο οικόπεδο αποτελεί ουσιαστικά το πρώτο βήμα του σχεδιασμού αφού καθορίζει σημαντικά το βαθμό επίδρασης των κλιματικών χαρακτηριστικών της περιοχής τόσο στο κέλυφος του κτιρίου όσο και κατ' επέκταση στη διαμόρφωση του εσωκλίματος.

Η θέση των κτισμάτων εντός του οικοπέδου προσδιορίζεται στο μέσο και προς την άνω (βόρεια) πλευρά, κοντά στον οδικό άξονα μέσω του οποίου διασφαλίζεται η άμεση σύνδεση με την κεντρική οδική αρτηρία προς τη Λάρισα. Η επιλογή της συγκεκριμένης θέσης εντός του οικοπέδου επιλέγεται αφενός μεν για λόγους εγγύτητας με τον οδικό άξονα και αφετέρου για λόγους προστασίας έναντι των βόρειων ανέμων μέσω του φυσικού εμποδίου (πλαγιά του λόφου) που εκτείνεται στα βόρεια του οικοπέδου. Όσον αφορά στον ηλιασμό των κτιρίων, η αρχική επιλογή της θέσης τους εντός του οικοπέδου πρέπει να έχει ως στόχο αυτά να δέχονται όσο το δυνατό περισσότερη ακτινοβολία από τον χαμηλής τροχιάς χειμωνιάτικο ήλιο. Για το λόγο αυτό επιλέγεται το βορειότερο ηλιαζόμενο τμήμα του οικοπέδου έτσι ώστε η ακτινοβολία να φτάνει απρόσκοπτα στο κτίριο. Βέβαια, στην περίπτωση των υπό μελέτη κτιρίων δεν υπάρχουν υφιστάμενα κτίρια, τα οποία να σκιάζουν σε οποιαδήποτε ώρα της ημέρας τις κατοικίες και άρα η τοποθέτηση που έχει περιγραφεί ως τώρα κρίνεται αποδοτική από ενεργειακής πλευράς.



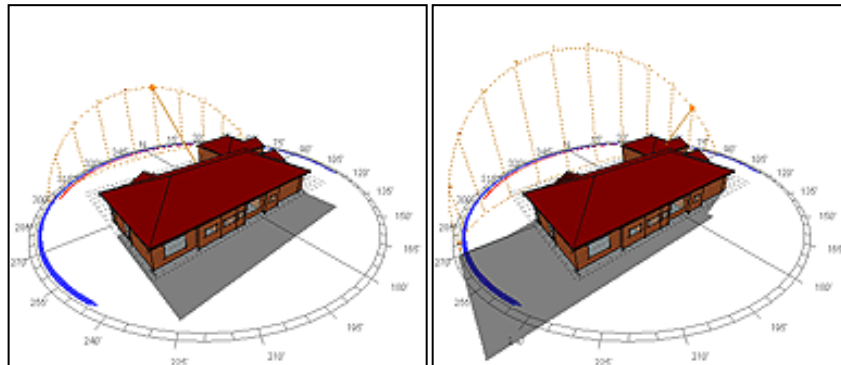


Σχήμα 1.2. Τοπογραφικό σχέδιο των υπό μελέτη κτιρίων

#### **1.4. Προσανατολισμός των κτιρίων**

Βασικό στοιχείο κάθε σχεδιασμού με ενεργειακά κριτήρια είναι ο βέλτιστος προσανατολισμός των κτιρίων και των επιμέρους χώρων αυτών. Μια ευνοϊκά ηλιαζόμενη θέση κτιρίου είναι ανοιχτή προς το νότο και χωρίς παρεμπόδιση της πρόσπτωσης σε αυτό του χειμωνιάτικου, χαμηλής τροχιάς, ήλιου. Με αυτό τον τρόπο είναι εφικτή η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα και η αποφυγή της έντονης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μέσω της χρήσης κατάλληλων σκιάστρων στα ανοίγματα. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται εξαιτίας του διαφορετικού ύψους τροχιάς του ήλιου μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, με αποτέλεσμα η υπό έντονη οξεία γωνία προσπίπτουσα ακτινοβολία να εισέρχεται στο κτίριο κατά τη

διάρκεια του χειμώνα. Αντίθετα, η καθετότερη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών κατά τους καλοκαιρινούς μήνες έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της εισόδου της στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των κατάλληλων προστεγασμάτων στις όψεις.



**Σχήμα 1.3.** Επιρροή της θέσης του ήλιου στον ενεργειακό σχεδιασμό (πηγή: [9])

Πιο αναλυτικά, στη θερινή περίοδο οι νοτιοανατολικές και νοτιοδυτικές προσόψεις δέχονται το μέγιστο ημερήσιο άθροισμα θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία ενώ παράλληλα οι νοτιοδυτικοί χώροι, εξαιτίας των ταυτόχρονα υψηλών εξωτερικών θερμοκρασιών που επικρατούν από το μεσημέρι έως αργά το απόγευμα παρουσιάζουν μεγαλύτερη τελική επιβάρυνση. Αντίθετα κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου μια καθαρά προς το νότο προσανατολισμένη επιφάνεια δέχεται το ελάχιστο σε θερμότητα ποσό, παρά τη μεγάλη διάρκεια του ηλιασμού της. Αυτό οφείλεται στην κάτω από οξεία γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας (σε σχέση με τον κατακόρυφο άξονα), γεγονός που μειώνει την αποτελεσματικότητα αυτής εξαιτίας της μεγάλης ανάκλασης. Το χειμώνα αντίθετα, η νότια πρόσοψη δέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακής ενέργειας από οποιαδήποτε διαφορετικά προσανατολισμένη επιφάνεια του κτιρίου, γεγονός που εξηγείται με βάση τα παρακάτω [1]:

- η διάρκεια ηλιασμού το χειμώνα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του καλοκαιριού. Για παράδειγμα, στην Κρήτη (γεωγρ. πλάτος  $35^\circ$ ) η δυνατή ηλιοφάνεια στις 21 Ιουνίου είναι 14 ώρες αλλά μεγάλο μέρος αυτού του χρονικού διαστήματος ο ήλιος βρίσκεται ΒΑ και ΒΔ με αποτέλεσμα ο δυνατός ηλιασμός μιας νότιας πρόσοψης να περιορίζεται σε 7 ώρες μόνο. Αντίθετα, στις 21 Δεκεμβρίου μια τέτοια πρόσοψη μπορεί να ηλιάζεται και τις 10 ώρες που ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα,
- η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια που "βλέπει" προς τον ήλιο είναι περίπου ίση τόσο για το καλοκαίρι όσο και για το χειμώνα. Η καθαρότητα του ουρανού το καλοκαίρι αντισταθμίζεται από τη μικρότερη απόσταση γης-ήλιου το χειμώνα,

- η χαμηλότερη τροχιά κίνησης του ήλιου το χειμώνα έχει σαν αποτέλεσμα την καθετότερη πρόσπτωση των ακτινών αυτού στα ανοίγματα του κελύφους των κτιρίων και επομένως οδηγεί σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα,
- η διάχυτη ακτινοβολία του ουρανού το χειμώνα (λόγω του διαθλαστικού αποτελέσματος της ατμόσφαιρας) είναι διπλάσια σε σχέση με την αντίστοιχη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι.

Λαμβάνοντας επομένως υπόψη όλα όσα έχουν αναφερθεί, μια νότια πρόσοψη, η οποία δέχεται ανεμπόδιστα τον ηλιασμό, δέχεται και τη μέγιστη μέση τιμή ηλιακής ακτινοβολίας-θερμότητας, με τον πιο ευνοϊκό τρόπο κατανομής αυτής μεταξύ των διαφόρων εποχών του έτους. Η ακτινοβολούμενη θερμότητα είναι μικρότερη κατά τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο από την αντίστοιχη κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, ενώ οι μεγαλύτερες τιμές της παρατηρούνται τους μήνες Φεβρουάριο και Οκτώβριο. Σε όλες τις επιφάνειες, οι οποίες είναι διαφορετικά προσανατολισμένες, οι μέγιστες τιμές προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι όψεις με ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό δέχονται το μέγιστο του ηλιασμού από το Μάη μέχρι τον Ιούλιο και μικρό ποσό θερμότητας κατά το χειμώνα. Οι βορεινές προσόψεις ηλιάζονται μόνο το καλοκαίρι και μάλιστα νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα. Επομένως, ο προσανατολισμός μιας κατασκευής στον Α-Δ άξονα με ανάπτυξη των κύριων επιφανειών αυτής στο νότο και χρήση σε αυτές οριζόντιων σκιάστρων αποτελεί το βέλτιστο τρόπο σχεδιασμού με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, επιλέχτηκε προσανατολισμός του συγκροτήματος των κατοικιών στον άξονα ανατολή - δύση με απόκλιση από τον άξονα του βορρά - νότου 2°. Δηλαδή, ουσιαστικά οι κατοικίες είναι έτσι κατασκευασμένες ώστε να έχουν καθαρά νότια προσανατολισμένες προσόψεις. Στο εμπρόσθιο τμήμα των κατοικιών τοποθετήθηκαν κοινόχρηστοι χώροι όπως η κουζίνα και το καθιστικό, ενώ οι υπόλοιποι χώροι έλαβαν διαφορετική θέση στην κάτοψη, ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις των χρηστών για τον καθένα. Μια πιο ενδελεχής ανάλυση σε σχέση με τη σύνθεση των κατόψεων, τις απαιτήσεις θερμικής άνεσης και τα παθητικά συστήματα συλλογής και αξιοποίησης ενέργειας θα ακολουθήσει στις επόμενες ενότητες.

### **1.5. Στοιχεία της σύνθεσης των κατοικιών**

Τα κτίρια που πρόκειται να κατασκευαστούν θα αποτελέσουν μόνιμες κατοικίες δύο φιλικών ζευγαριών, τα οποία αποφάσισαν να εγκαταλείψουν τον αστικό ιστό της Λάρισας και να μετακινηθούν στη συγκεκριμένη τοποθεσία, λίγο έξω από τη θεσσαλική πρωτεύουσα. Οι μόνιμοι κάτοικοι σε καθένα από τα κτίρια θα είναι δύο, καθώς τα παιδιά

των ζευγαριών έχουν μόνιμα μετακινηθεί σε άλλες πόλεις όπου επέλεξαν να κατοικήσουν και να εργαστούν. Βέβαια, θα πρέπει να διασφαλιστεί η ικανότητα φιλοξενίας τουλάχιστον δύο επιπλέον ατόμων σε κάθε κατοικία. Το ιδιαίτερο στοιχείο της σύνθεσης είναι η δυνατότητα σύνδεσης των δύο κατοικιών μέσω κοινόχρηστων εξωτερικών χώρων αλλά ταυτόχρονα και η δημιουργία χώρων απομόνωσης της κάθε οικογένειας όταν αυτό είναι επιθυμητό.

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, οι κατοικίες πρόκειται να κατασκευαστούν με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής και οικολογικής δόμησης τόσο όσον αφορά στο σχεδιασμό του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού χώρου που τις περιβάλλει. Η σύνθεση επομένως και η επιλογή του πλήθους, του είδους και του προσανατολισμού των επιμέρους χώρων των κατοικιών θα είναι απόρροια του συνδυασμού των αναγκών – επιθυμιών των κατοίκων, των κλιματικών παραμέτρων και των γεωγραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής καθώς επίσης και της προσπάθειας για περιορισμό των ρύπων και άλλων καταστροφικών επιπτώσεων της δόμησης στο φυσικό περιβάλλον αλλά και στους κατοίκους πιο συγκεκριμένα. Ως συνέπεια του παραπάνω σχεδιασμού αλλά και της ενσωμάτωσης στα κτίρια συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας -όπου αυτό κρίνεται ωφέλιμο- αναμένεται μείωση στις ενεργειακές τους ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα αναμένεται περιορισμός της ενεργειακής κατανάλωσης και άρα μείωση της απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, αερισμού και φωτισμού με αποτέλεσμα τη μικρότερη διαστασιολόγησή τους, το μειωμένο κόστος εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης και το μειωμένο ηλεκτρικό φορτίο αιχμής το καλοκαίρι συγχρόνως με τη μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τους ρύπους τόσο σε επίπεδο κτιρίου όσο και σε επίπεδο δικτύου. Ταυτόχρονα, η επιλογή δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον αλλά και προς τους χρήστες αποτελεί βασική παράμετρο του σχεδιασμού αφού αφενός με μια τέτοια πρακτική αποκλείονται υλικά που εγκυμονούν κινδύνους προς τους κατοίκους και αφετέρου διασφαλίζεται η οικοδόμηση με βάση υλικά τα οποία απαιτούν όσο το δυνατό μικρότερη ενσωματωμένη ενέργεια και άρα προκαλούν μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η σύνθεση των κατοικιών είναι απλή, με κύριους στόχους αυτούς που αναλύθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο και λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τις απαιτήσεις για διαμόρφωση ενός άνετου και θελκτικού εσωκλίματος σε κάθε χώρο. Τα δωμάτια ποικίλλουν από χώρους συγκέντρωσης (κοινόχρηστους) σε χώρους προσωπικούς. Κάθε χώρος αποτελεί το πεδίο ανάπτυξης διαφορετικών δραστηριοτήτων αλλά και -πολλές φορές- συναισθημάτων. Ταυτόχρονα, η επιδίωξη για διαμόρφωση άνετου εσωκλίματος διαφοροποιεί τις παραμέτρους που λαμβάνονται κάθε φορά υπόψη στο σχεδιασμό

ανάλογα με το είδος του εκάστοτε χώρου. Η θέση στην κάτοψη, οι συνδέσεις κάθε χώρου με τους υπόλοιπους του σπιτιού, ο προσανατολισμός, ο φωτισμός και το είδος και η υφή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν αποτελούν τις κύριες παραμέτρους που πρέπει να προσδιοριστούν κατά τη διαδικασία της σύνθεσης.

Για να είναι δυνατή η από εδώ και έπειτα σαφής περιγραφή των χώρων κάθε κατασκευής θα πρέπει αυτές να είναι μεταξύ τους διακριτές. Προκειμένου να επιτευχθεί κάτι τέτοιο γίνεται η παραδοχή ότι η αριστερά διατεταγμένη στην κάτοψη κατοικία θα αναφέρεται ως "κατοικία 1" ή πρώτη κατοικία και αντίστοιχα η δεξιά διατεταγμένη στην κάτοψη κατοικία θα είναι η "κατοικία 2" ή δεύτερη (ο διαχωρισμός γίνεται ευκολότερα αντιληπτός από το τοπογραφικό σχέδιο που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 1.2. ).

#### 1.5.1. Η βιοκλιματική παράμετρος του σχεδιασμού

Τα κτίρια αποτελούν τμήμα μιας πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων, των ίδιων των κτιρίων, του κλίματος και του περιβάλλοντος. Ο σχεδιασμός των κτιρίων θα πρέπει να στοχεύει, και στην πράξη να υλοποιεί, τις ορατές και αόρατες ανάγκες των ενοίκων τους. Παραδοσιακά τα κτίρια σχεδιάζονταν με βάση τις υπαρκτές ανάγκες και κάτω από δεδομένες περιβαλλοντικές και άλλες συνθήκες. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σήμερα έχει ως άμεσο στόχο την ένταξη των κατασκευών στο περιβάλλον τους -ως ζωντανούς οργανισμούς που αλληλεπιδρούν και επηρεάζονται από αυτό- λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή και τον αντίκτυπο ή τη δυνατότητα συμβολής αυτών στην άνετη διαβίωση εντός των κτιρίων. Τρεις αρχές στις οποίες θα πρέπει να βασίζεται ο σχεδιασμός κάθε κτιρίου είναι [3]:

- σχεδιασμός με βάση τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής δόμησης,
- σχεδιασμός εναρμονισμένος με το συγκεκριμένο φυσικό, κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον,
- σχεδιασμός με βάση τον επιθυμητό χρόνο ζωής της κατασκευής.

Το ποσό της ενέργειας που απαιτείται σε κάθε περίπτωση για την ψύξη ή τη θέρμανση των κτιρίων σε σχέση πάντοτε με τα κλιματικά δεδομένα της εκάστοτε περιοχής καθορίζεται κατά βάση από τους παρακάτω παράγοντες:

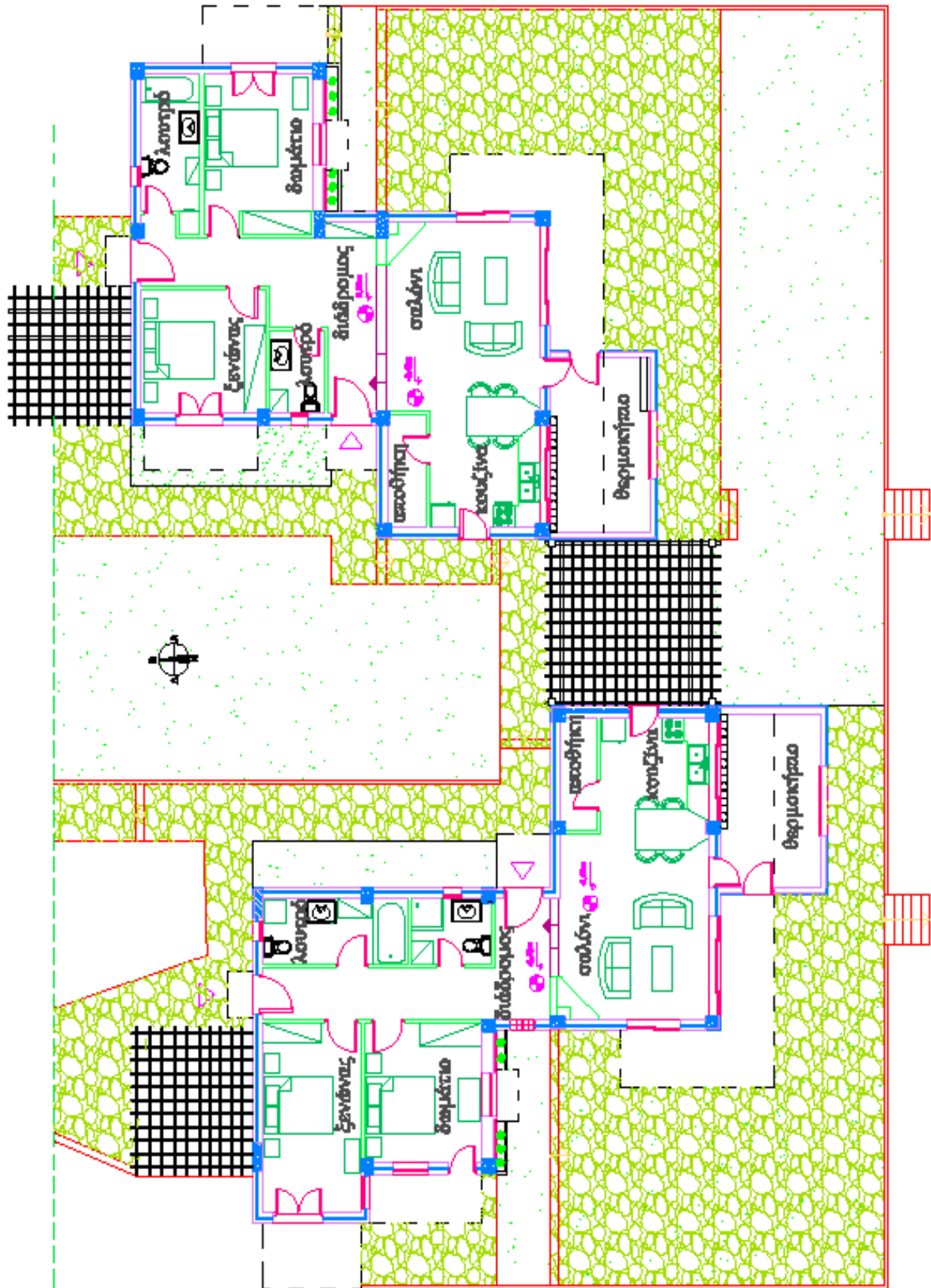
- την εξωτερική θερμοκρασία,
- την ηλιοφάνεια,
- τη σχετική υγρασία,
- τον άνεμο,
- την ένταση και τη διάρκεια του καλοκαιριού,
- τη δριμύτητα και τη διάρκεια του χειμώνα.

### **1.6. Στοιχεία δόμησης**

Συνολικό εμβαδό οικοπέδου:	4.000m <sup>2</sup>
Πραγματοποιούμενη κάλυψη οικοπέδου:	200m <sup>2</sup>
Πραγματοποιούμενο ποσοστό κάλυψης:	5%
Μέγιστο ύψος κτιρίων (από τη μηδενική στάθμη):	4,60m

### **1.7. Αρχιτεκτονική περιγραφή**

Με βάση τα ζητούμενα, όσον αφορά στο είδος και το πλήθος των χώρων από τους οποίους θα αποτελείται η κάθε κατοικία διαμορφώθηκε η αρχιτεκτονική λύση όπως αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 1.4: Σχέδια κατόψεων των κατοικιών

Επιλογή ήταν να κατασκευαστούν δυο μονώροφα κτίρια εκατό τετραγωνικών μέτρων το καθένα, στα οποία θα στεγάζονται οι οικογένειες χωριστά. Αυτό πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε να διασφαλιστεί η αυτονομία των κατοίκων και να γίνει σεβαστή η ενδεχόμενη διάθεσή τους για απομόνωση. Στο πλαίσιο αυτό αποφασίστηκε επίσης οι κατοικίες να κατασκευαστούν σε διαφορετικά επίπεδα, τα οποία συνοδεύονται ως επί το πλείστον και από ανάλογους εξωτερικούς χώρους. Έτσι εκτός από τους εξωτερικούς χώρους της κάθε κατοικίας, οι οποίοι είναι σαφώς διακριτοί, κατασκευάστηκε και κοινόχρηστος υπαίθριος χώρος (υπό μορφή πέργκολας). Κατά τη διαμόρφωση των εξωτερικών χώρων υπήρξε αναγκαία η κατασκευή αναβαθμών με χρήση τοίχων αντιστήριξης έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί η κλίση του εδάφους.

Κάθε κατοικία αποτελείται σε γενικές γραμμές από δυο τμήματα. Το νοτιότερο τμήμα περιλαμβάνει τους κοινόχρηστους χώρους (σαλόνι - τραπεζαρία, κουζίνα και αποθήκη) ενώ το βορειότερο περιλαμβάνει τα υπνοδωμάτια και το λουτρό της οικογένειας. Τα δυο αυτά τμήματα βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα και συνδέονται μέσω ενός διαδρόμου και ενός κοινόχρηστου λουτρού. Κάθε μια από τις κατοικίες έχει δυο εισόδους, την κύρια η οποία βρίσκεται στο μέσω του όγκου του κάθε σπιτιού και τη βοηθητική, η οποία τοποθετήθηκε στο βόρειο τμήμα κοντά στο χώρο στάθμευσης των αυτοκινήτων και χρησιμεύει στην άμεση είσοδο των ιδιοκτητών στους προσωπικούς τους χώρους.

#### 1.7.1. Ανάλυση των στοιχείων των κατόψεων

Με βάση όσα έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες χαρακτηριστικό των κατόψεων των κατοικιών είναι ο διαχωρισμός τους σε δύο επιμέρους στάθμες, σε κάθε μια από τις οποίες αναπτύσσονται διαφορετικά είδη λειτουργιών.

Στη συνέχεια θα περιγραφούν τα επιμέρους χαρακτηριστικά και οι αντίστοιχες λειτουργίες των χώρων κάθε κατοικίας με βάση τα αρχιτεκτονικά – βιοκλιματικά στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη κατά το σχεδιασμό. Όπως παρατηρείται και στο σχήμα των κατόψεων, υπάρχει μια γενική κατεύθυνση που ακολουθείται, η οποία όμως εξειδικεύεται ανά περίπτωση κατοικίας ανάλογα με τα κλιματικά δεδομένα και, κυρίως, με την τροχιά του ήλιου. Αρχικά θα περιγραφούν τα κοινά στοιχεία των δύο κατόψεων και στη συνέχεια θα ακολουθήσουν οι περιγραφές των επιμέρους διαφορών.

##### 1.7.1.1. Στάθμη ανάπτυξης κοινόχρηστων χώρων στις προσόψεις των κτιρίων (1<sup>η</sup> στάθμη)

Όπως φαίνεται και στο σχήμα των κατόψεων, οι προσόψεις των δύο κατοικιών αναπτύσσονται με καθαρά νότιο προσανατολισμό. Το νότια προσανατολισμένο τμήμα κάθε κατοικίας περιλαμβάνει χώρους κοινόχρηστους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε όλη τη



διάρκεια του 24ώρου όπως η κουζίνα και το σαλόνι – καθιστικό. Στο πίσω μέρος των τμημάτων αυτών σχεδιάστηκε ένας μικρός απομονωμένος χώρος, ο οποίος έχει βοηθητική και αποθηκευτική χρήση. Βασικό χαρακτηριστικό των προσόψεων των κατοικιών είναι η προσάρτηση σε αυτές ηλιακών χώρων (θερμοκηπίων), διατεταγμένων προς το νότο, οι οποίοι μέσω ανοιγμάτων επικοινωνούν με τους υπόλοιπους κύριους χώρους και μπορούν να φιλοξενήσουν διαφορετικές δραστηριότητες ανάλογα με την κάθε εποχή του έτους.

#### 1.7.1.2. Στάθμη ανάπτυξης υπνοδωματίων (2<sup>η</sup> στάθμη)

Στη δεύτερη στάθμη περιλαμβάνονται τα δύο υπνοδωμάτια κάθε κατοικίας καθώς επίσης και δύο μπάνια, ένα κοινόχρηστο προς την πλευρά του καθιστικού, και ένα μεγαλύτερο τοποθετημένο στη βόρεια πλευρά κάθε κατοικίας. Σε αντίθεση με τους κοινόχρηστους χώρους, το συγκεκριμένο τμήμα των κατοικιών αναπτύσσεται στο βόρειο τμήμα των κατόψεων και έχει κυρίως ανατολικούς ή δυτικούς προσανατολισμούς ανάλογα με το είδος του χώρου και την κατοικία. Εξαιρεση αποτελεί ένα υπνοδωμάτιο για κάθε κατοικία, το οποίο έχει ένα τμήμα του προσανατολισμένο στο νότο.

Πρόκειται ουσιαστικά για τη στάθμη, στην οποία παρουσιάζονται οι πιο έντονες διαφοροποιήσεις από πλευράς κατόψεων μεταξύ των κατοικιών, γεγονός το οποίο οφείλεται στην προσπάθεια αξιοποίησης όσο το δυνατόν μεγαλύτερου τμήματος της διαθέσιμης ανά περίπτωση ηλιακής ακτινοβολίας. Τέλος, να σημειωθεί ότι στο συγκεκριμένο τμήμα χωροθετούνται και οι δύο εισοδοί κάθε κατοικίας, μια κεντρική στο μέσο του κάθε όγκου και σε άμεση επαφή με τους κοινόχρηστους χώρους -η οποία χαρακτηρίζεται και ως κύρια για κάθε κατοικία-, και μια βοηθητική στη βόρεια όψη από την οποία οι κάτοικοι μπορούν να εισέλθουν στους προσωπικούς τους χώρους χωρίς να διέλθουν πρώτα από τους κοινόχρηστους.

#### 1.7.1.3. Προσανατολισμός των χώρων των κατοικιών

Από το σχέδιο των κατόψεων αλλά και από αυτά των όψεων των κτιρίων που θα ακολουθήσουν παρατηρείται διαφορετική τοποθέτηση των εκάστοτε λειτουργιών και άρα και των αντίστοιχων χώρων σε κάθε κατοικία τόσο όσον αφορά στην πρώτη όσο και στη δεύτερη στάθμη. Έτσι, ενώ ο νότιος κυρίως προσανατολισμός είναι κατά βάση κοινός για τους χώρους της πρώτης στάθμης και στις δύο κατοικίες, αυτό που διαφοροποιείται είναι η χωροθέτησή τους στην ανατολική ή στη δυτική πλευρά κάθε κάτοψης.

Όσον αφορά στους χώρους της δεύτερης στάθμης, εκεί παρατηρείται μεγαλύτερη διαφοροποίηση σε σχέση με την κατανομή τους στην κάτοψη και συνεπώς με τον προσανατολισμό τους. Αυτό έγινε έτσι ώστε να είναι δυνατή η βέλτιστη αξιοποίηση της

ηλιακής ακτινοβολίας από όλους τους χώρους, ανάλογα βέβαια με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις που προκύπτουν από τη χρήση του καθενός. Για παράδειγμα, τα καθιστικά – σαλόνια είναι χώροι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για χαλάρωση και για κοινωνικοποίηση. Χώροι, οι οποίοι πρέπει να είναι δροσεροί το καλοκαίρι και ζεστοί το χειμώνα έτσι ώστε να δημιουργείται άνετο εσωκλίμα, ικανό για την ξεκούραση ιδιοκτητών και φιλοξενούμενων. Γενικά, θα πρέπει να είναι ηλιόλουστοι χώροι κατά τη διάρκεια της ημέρας, "ζεστοί" για να υποδέχονται τους κατοίκους μετά τη δουλειά αλλά και για να τους βοηθούν να χαλαρώνουν και επίσης, στη συγκεκριμένη περίπτωση, να αξιοποιούν τις δυνατότητες θέας και οπτικής επαφής με το φυσικό τοπίο που περιβάλλει τις κατοικίες. Τα υπνοδωμάτια από την άλλη πλευρά αποτελούν πιο απομονωμένους, προσωπικούς χώρους, οι οποίοι σπάνια χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ύπνο. Οι ώρες χρήσης τους είναι ως επί το πλείστον νωρίς το πρωί και αργά το βράδυ. Θα πρέπει να είναι ηλιόλουστοι τα πρωινά ώστε να γεμίζουν αισιοδοξία για τη μέρα που πρόκειται να ακολουθήσει και το βράδυ να μεταβάλλονται σε χώρους χαλάρωσης και ξεκούρασης προ του ύπνου. Οι κουζίνες αποτελούν χώρους πολύωρης καθημερινής απασχόλησης για τις νοικοκυρές, όπου το φως και η άνεση χώρου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο τόσο για τη διαμόρφωση ψυχολογίας όσο και για την ασφάλεια και την αποφυγή ατυχημάτων [3]. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η διαμόρφωση ενιαίου χώρου κουζίνας - καθιστικού στο εμπρόσθιο, νότια προσανατολισμένο τμήμα των κατοικιών.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο προσανατολισμός των χώρων κάθε κατοικίας, έτσι ώστε να είναι σαφείς οι ομοιότητες αλλά και οι διαφορές στη σύνθεση των κατόψεων.

<i>Χώρος</i>	<i>Προσανατολισμός κατοικίας 1</i>	<i>Προσανατολισμός κατοικίας 2</i>
Σαλόνι	νότιος, δυτικός	νότιος, ανατολικός
Κουζίνα	νότιος, ανατολικός	νότιος, δυτικός
Προσαρτημένος ηλιακός χώρος	νότιος, ανατολικός και δυτικός	νότιος, ανατολικός και δυτικός
Υπνοδωμάτιο	νότιος, δυτικός	νότιος, ανατολικός
Ξενώνας	νότιος, δυτικός, βόρειος	βόρειος, δυτικός
Λουτρό	ανατολικός, βόρειος	βόρειος, ανατολικός
Κοινόχρηστο λουτρό	ανατολικός	δυτικός

**Πίνακας 1.1:** Προσανατολισμοί των χώρων των δύο κατοικιών

### 1.7.2. Ανάλυση των στοιχείων των όψεων

Στις ενότητες που ακολουθούν θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα επιμέρους στοιχεία και χαρακτηριστικά των χώρων κάθε κατοικίας ανάλογα με τον προσανατολισμό και τη θέση καθενός από αυτούς. Η περιγραφή κάθε χώρου θα συμπεριλαμβάνει και την αντίστοιχη περιγραφή των παραμέτρων βιοκλιματικού σχεδιασμού που λήφθηκαν υπόψη καθώς επίσης και τα αναμενόμενα αποτελέσματα - στόχους αυτών στη διαμόρφωση του επιθυμητού εσωκλίματος σε κάθε χώρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

#### 1.7.2.1. Νότια όψη

Όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, οι προς το νότο προσανατολισμένες όψεις των κατοικιών χαρακτηρίζονται από μεγάλο πλήθος ανοιγμάτων σε σχέση με τα αντίστοιχα των υπολοίπων όψεων όπως φαίνεται και στα σχήματα που ακολουθούν.

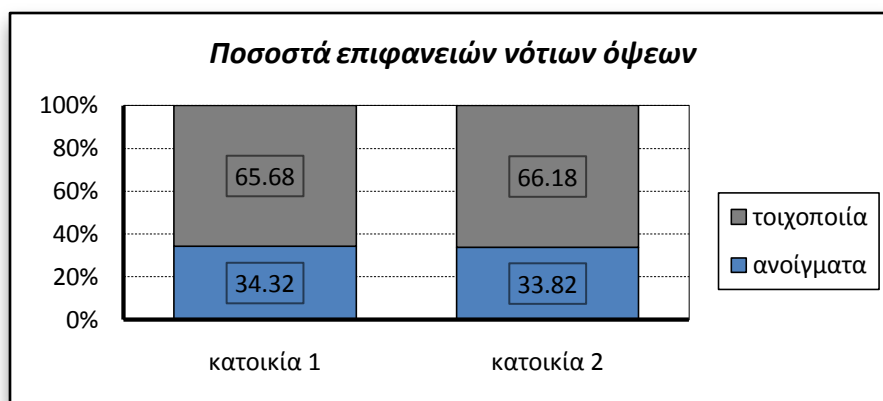


**Σχήμα 1.5:** Νότια όψη κατοικίας 1



**Σχήμα 1.6:** Νότια όψη κατοικίας 2

Το ποσοστό ανοιγμάτων στη νότια όψη κάθε κατοικίας σε σχέση με το συνολικό εμβαδό των νότιων όψεων παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



**Διάγραμμα 1.1:** Ποσοστά επιφανειών στη νότια όψη κάθε κατοικίας

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, η κατοικία 1 παρουσιάζει κατάτι μεγαλύτερο ποσοστό ανοιγμάτων στη νότια όψη από την κατοικία 2. Αυτό οφείλεται στη διαφοροποίηση των κατόψεων των δύο κατοικιών καθώς, εκτός από τους κοινόχρηστους χώρους, οι οποίοι εμφανίζουν ίδια ποσοστά νότιων ανοιγμάτων και στα δύο κτίρια, νότια προσανατολισμένες επιφάνειες εμφανίζουν τα δύο υπνοδωμάτια της κατοικίας 1 (σε διαφορετικά βέβαια ποσοστά) και το ένα μόνο υπνοδωμάτιο της κατοικίας 2.

Η αξιοποίηση του νότιου προσανατολισμού -και πιο ειδικά του ηλιασμού- της συγκεκριμένης όψης των κτιρίων επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση διάφορων παθητικών συστημάτων, ανάλογα με τις απαιτήσεις χρήσης του κάθε χώρου. Οι παράμετροι που λαμβάνονται κάθε φορά υπόψη για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος είναι τα χαρακτηριστικά του ανοίγματος συλλογής καθώς επίσης και η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας που εισέρχεται, της θερμότητας που αποθηκεύεται και τη μεθόδου διανομής της ενέργειας στο χώρο που θα θερμανθεί.

Βασικός μοχλός του σχεδιασμού των κοινόχρηστων χώρων και στις δύο κατοικίες ήταν η αξιοποίηση του νότιου προσανατολισμού τους μέσω επαρκών ανοιγμάτων, τα οποία θα επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό και κατά συνέπεια τη θέρμανση των χώρων κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Προκειμένου να αποφευχθεί η υπερθέρμανση το καλοκαίρι επιλέχθηκε η κατασκευή οριζόντιων προστεγασμάτων μήκους 1,5m πάνω από τα κύρια ανοίγματα. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται το εσωτερικό των κτιρίων από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, καθώς η υπό οξεία γωνία (σε σχέση με τον κατακόρυφο άξονα) πρόσπτωση του ήλιου σε συνδυασμό με την οριζόντια διάταξη και το επαρκές μήκος των προστεγασμάτων εμποδίζει την άμεση είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο για μεγάλο διάστημα της ημέρας. Στις ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά οι τύποι παθητικών ηλιακών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στα κτίρια και οι επιμέρους ιδιαιτερότητες αυτών.

## Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Όπως διαπιστώνεται και από τα σχέδια των κατόψεων, οι κοινόχρηστοι χώροι και των δύο κατοικιών εμφανίζουν έντονα ανοίγματα στο νότο. Βέβαια, αυτό που διαφοροποιείται κατά μήκος των όψεων είναι οι ηλιακές διατάξεις που χρησιμοποιούνται και η επίδραση που αυτές καλούνται να διαδραματίσουν στο εσωκλίμα του κτιρίου. Πιο αναλυτικά, συστήματα άμεσου ηλιακού οφέλους σχεδιάστηκαν για τα σαλόνια - καθιστικά των κατοικιών, αποτελούμενα από υαλοπίνακες ύψους 2,20m και μήκους 2,60m. Η επιλογή τοποθέτησης μεγάλων ανοιγμάτων στο κέλυφος του σαλονιού αποσκοπεί τόσο στην αποκόμιση ηλιακών οφελών όσο και στην οπτική σύνδεση του εσωτερικού χώρου με το φυσικό περιβάλλον έξω από αυτόν. Ταυτόχρονα, οι μεγάλες επιφάνειες υαλοστασίου όχι μόνο δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση αλλά επίσης επιτρέπουν υψηλές στάθμες ουδέτερου φυσικού φωτισμού και καλές οπτικές συνδέσεις με το εξωτερικό περιβάλλον. Βέβαια, ο κίνδυνος θάμβωσης θα πρέπει να αποφεύγεται μέσω των κατάλληλων ελέγχων.

Τα συστήματα άμεσου ηλιακού οφέλους αποτελούν στην ουσία την πιο απλή κατηγορία παθητικών ηλιακών συστημάτων, καθώς η λειτουργία τους βασίζεται στην ύπαρξη ενός καλά μονωμένου κτιρίου με μεγάλο ποσοστό ανοιγμάτων στο νότο και επαρκή θερμική μάζα στο εσωτερικό. Όπως αναφέρθηκε, η λειτουργία των συγκεκριμένων συστημάτων βασίζεται στην απευθείας είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των χώρων κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών του έτους και στην παρεμπόδιση αντίστοιχα της εισόδου αυτής το καλοκαίρι μέσω των οριζόντιων προστεγασμάτων που τοποθετούνται πάνω από τα ανοίγματα. Βασικό στοιχείο όμως του σχεδιασμού είναι η ύπαρξη επαρκούς θερμικής μάζας, η οποία απαιτείται για την αποθήκευση της θερμότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας και την επανεκπομπή της το βράδυ. Η θερμική μάζα μπορεί να είναι στο δάπεδο ή/και στους κατακόρυφους τοίχους ή/και στην οροφή ή/και σε εσωτερικούς τοίχους. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας ποικίλλουν και μπορεί να είναι σκυρόδεμα, τούβλα, κεραμικά, νερό και άλλα υγρά, είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό με άλλα. Η έκταση και η χωρητικότητά τους πρέπει να είναι κατάλληλα κατανεμημένη και τοποθετημένη για ηλιακή έκθεση και αποθήκευση. Ένα μέσο μόνωσης θα πρέπει να προστατεύει τη μάζα θερμικής αποθήκευσης από τις εξωτερικές συνθήκες. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας από τα ανοίγματα κατά τη διάρκεια της νύχτας, μπορούν να επιλεγούν διπλοί υαλοπίνακες με κινητή μόνωση στο εσωτερικό τους ή υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής.

Για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα και η χρησιμότητα του άμεσου κέρδους πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι τρόποι ελέγχου. Οι μεγάλες επιφάνειες ανοιγμάτων που

απαιτούνται στο συγκεκριμένο είδος παθητικού ηλιακού συστήματος μπορούν να προκαλέσουν έντονες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας (προς αμφότερες κατευθύνσεις) στο χώρο διαβίωσης. Η ύπαρξη επαρκούς θερμικής μάζας, η οποία θα αποθηκεύει την περίσσεια θερμότητας και θα την επανεκπέμπει όταν η θερμοκρασία πέφτει μπορεί να μειώσει τις διακυμάνσεις αυτές. Επίσης, η υπερθέρμανση αποτελεί μεγάλο κίνδυνο των συστημάτων κατά τους θερινούς μήνες. Η σκίαση των υαλοπινάκων με κατάλληλου πλάτους οριζόντια σκίαστρα αποτελεί βασική συνιστώσα του σχεδιασμού καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί επιτρέπει την είσοδο της ακτινοβολίας κατά τους χειμερινούς μήνες και αποτρέπει την αντίστοιχη κατά τους καλοκαιρινούς. Συστήματα εξαγωγής και οπές αερισμού βοηθούν στη διατήρηση των εσωτερικών χώρων σε δροσερή κατάσταση, όταν κατά το θέρος οι θερμοκρασίες είναι υψηλές. Οι κινητές μονώσεις συμβάλλουν τόσο στη μείωση των απωλειών κατά τους χειμερινούς μήνες όσο και στην αποφυγή υπερθέρμανσης στην αρχή ή στο τέλος της περιόδου θέρμανσης.

#### Προσαρτημένος ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο)

Ιδιαιτερότητα των προσόψεων των κατοικιών είναι η ενσωμάτωση σε αυτές προσαρτημένων ηλιακών χώρων εμβαδού  $14,85\text{m}^2$ , οι οποίοι τοποθετούνται και στα δύο κτίρια σε επαφή με την κουζίνα. Η ροή θερμότητας μεταξύ των θερμοκηπίων και των κύριων χώρων των κατοικιών διασφαλίζεται μέσω δύο ανοιγμάτων, μιας πόρτας και ενός παραθύρου.

Τα θερμοκήπια ανήκουν στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων, συμβάλλουν δηλαδή στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας χωρίς να απαιτείται χρήση υψηλής τεχνολογίας και μηχανικών μέσων. Η λειτουργία τους βασίζεται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας και στην εκμετάλλευση των φυσικών ιδιοτήτων των υλικών του κτιρίου. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη λειτουργία παθητικών συστημάτων είναι:

- συλλογή ηλιακής ενέργειας. Για να συλλεχθεί η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιούνται ανοίγματα με διπλούς υαλοπίνακες στην πλευρά των κτιρίων με νότιο κυρίως προσανατολισμό,
- αποθήκευση. Αφού συλλεχθεί η ηλιακή ενέργεια ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται απευθείας στους χώρους του κτιρίου και ένα άλλο μέρος αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση. Το αποθηκευτικό μέσο αποκαλείται θερμική μάζα και συνήθως είναι το πάτωμα και/ή οι εσωτερικοί τοίχοι του κτιρίου. Η θερμική μάζα χαρακτηρίζεται από την ικανότητά της να απορροφά θερμότητα, να την αποθηκεύει και να την απελευθερώνει αργά, όταν μειώνεται η θερμοκρασία στο

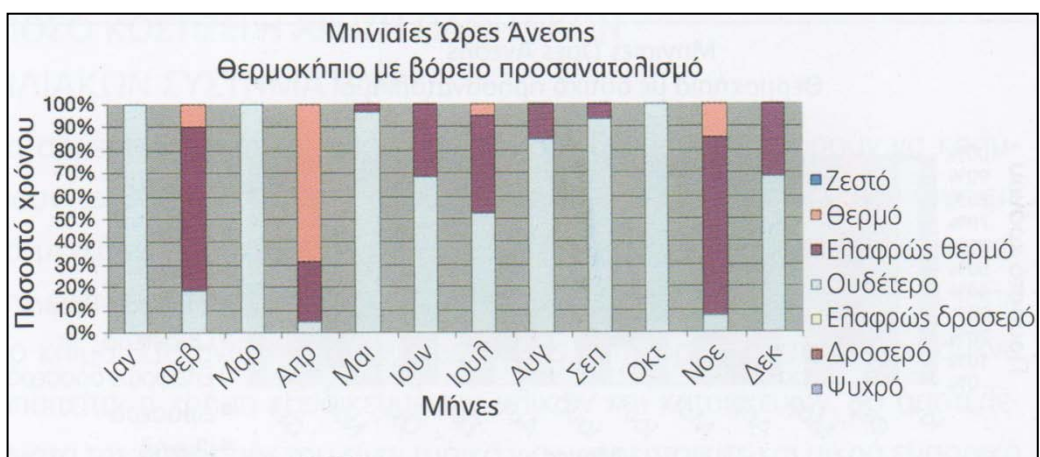
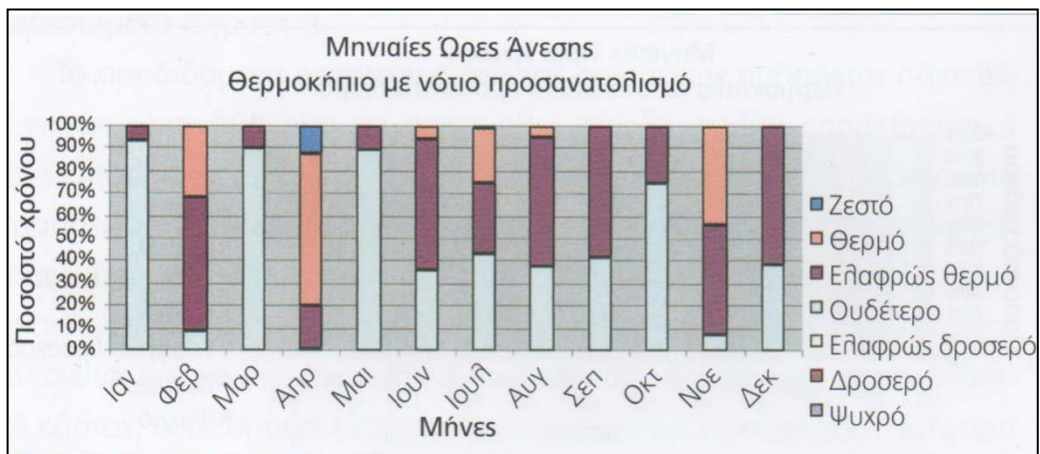
εσωτερικό του σπιτιού. Το σκυρόδεμα, ο οπτόπλινθος, η πέτρα και το νερό μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θερμικές μάζες,

- μετάδοση. Η θερμότητα που αποθηκεύεται στα δάπεδα και τους τοίχους απελευθερώνεται αργά μέσω των διαδικασιών της ακτινοβολίας, της μεταφοράς και της αγωγιμότητας. Σε ένα υβριδικό σύστημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μηχανικά μέσα (ανεμιστήρες), οπές αερισμού και φυσητήρες για τη μετάδοση της θερμότητας.

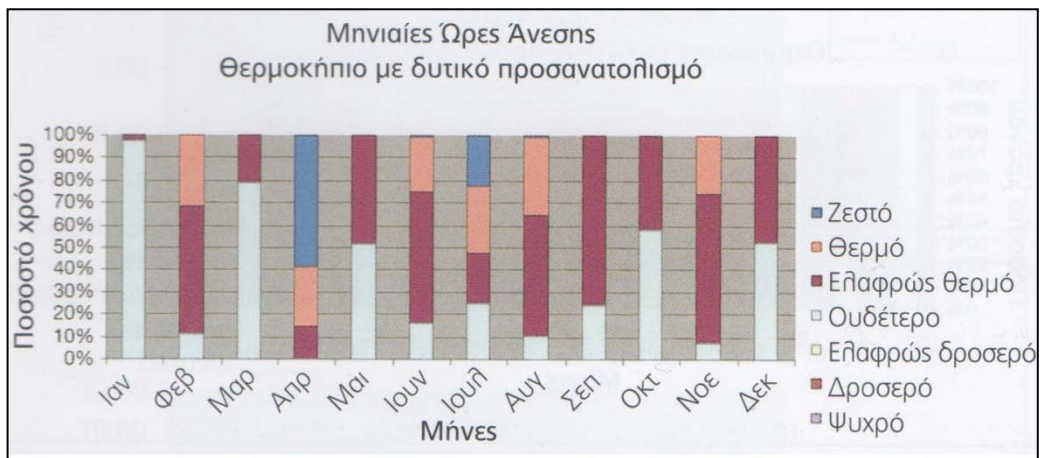
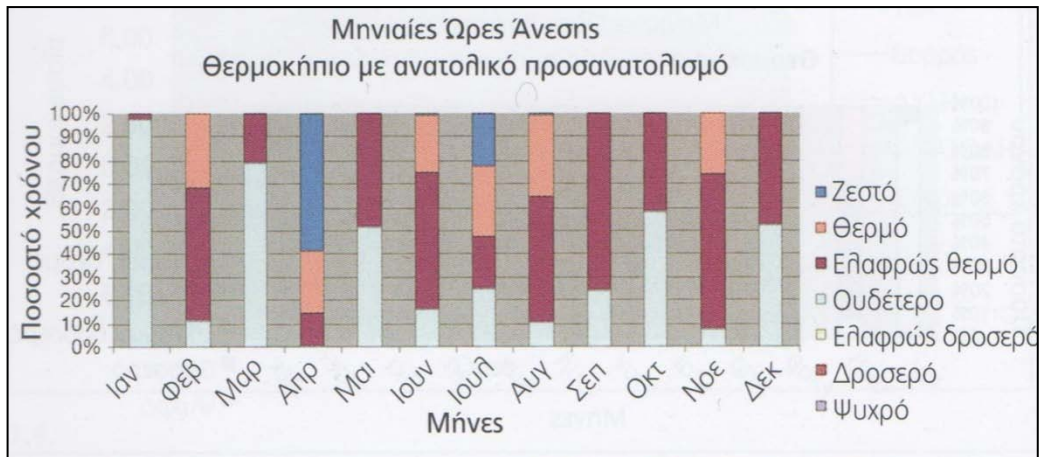
Ο ήλιος όμως μπορεί να είναι ανά περιπτώσεις είτε σύμμαχος είτε εχθρός. Έτσι, ενώ τα θερμοκήπια συμβάλλουν στην αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων που επικοινωνούν με αυτά, μπορούν από την άλλη πλευρά να προκαλέσουν και ανεπιθύμητες υπερθερμάνσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ή να εμφανίσουν πολύ μεγάλες απώλειες κατά τις νυκτερινές ώρες και να μετατραπούν σε πολύ ψυχρούς χώρους. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει ο σχεδιασμός τέτοιων συστημάτων να είναι πολύ προσεκτικός και να λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους του τοπικού κλίματος αλλά και της λειτουργίας των χώρων αυτών σε 24ώρη και ετήσια κλίμακα.

Ο προσανατολισμός των θερμοκηπίων καθορίζει την απόδοσή τους και το βαθμό χρήσης τους από τους κατοίκους του κτιρίου σε όλη τη διάρκεια του έτους. Έρευνες που διεξήχθησαν σε βιοκλιματική κατοικία στην Οξφόρδη κατέληξαν στην επιλογή του νότιου προσανατολισμού ως του πιο αποδοτικού σε όλη τη διάρκεια του έτους. Πιο αναλυτικά, το βόρεια προσανατολισμένο θερμοκήπιο είναι το πιο δροσερό, με το ανατολικό να ακολουθεί με μικρή διαφορά εκτός από την περίοδο στα μέσα του καλοκαιριού. Το καλοκαίρι, όταν το παρεχόμενο ηλιακό όφελος συμπίπτει με τη θερμότερη ώρα της ημέρας, το ανατολικό θερμοκήπιο γίνεται ελαφρώς θερμότερο από το βόρειο. Στα θερμοκήπια με νότιο και δυτικό προσανατολισμό καταγράφονται ίδιες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του φθινοπώρου, ενώ την άνοιξη το θερμοκήπιο με δυτικό προσανατολισμό μετά τις 3μμ θερμαίνεται περισσότερο από το αντίστοιχο με νότιο προσανατολισμό. Τα πλεονεκτήματα του νότια προσανατολισμένου θερμοκηπίου γίνονται εμφανέστερα τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Τις απογευματινές ώρες, κατά τα μέσα του καλοκαιριού, το θερμοκήπιο με δυτικό προσανατολισμό μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία του κατά 8°C (φτάνοντας έτσι τους 38°C αργά το απόγευμα και νωρίς το βράδυ) ενώ το νότια προσανατολισμένο έχει σε γενικές γραμμές υψηλότερη θερμοκρασία και σταθερή μείωση αυτής μετά τις 3μμ. Το χειμώνα, όταν οι ανάγκες για θέρμανση είναι μεγαλύτερες, το νότια προσανατολισμένο θερμοκήπιο είναι θερμότερο σε 24ωρη βάση από το αντίστοιχο με δυτικό προσανατολισμό [3].

Σύμφωνα με όλα όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι το θερμοκήπιο, έχοντας το σωστό προσανατολισμό, μπορεί να γίνει ένας άνετος χρηστικός χώρος και μπορεί έτσι να λειτουργεί ως αποτελεσματικός μεταβατικός χώρος όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι υπερβολικά θερμές ή ψυχρές. Στη συνέχεια παρατίθενται διαγράμματα που καταδεικνύουν τη διαφορά απόδοσης μεταξύ θερμοκηπίου με νότιο, βόρειο, ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Ο βόρειος προσανατολισμός είναι αυτός που διαμορφώνει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες στο εσωτερικό του σε όλη τη διάρκεια του έτους. Ο δυτικός οδηγεί συχνότερα σε θερμές ή/και ζεστές συνθήκες το καλοκαίρι, με πιθανή υπερθέρμανση που ξεκινά από το μήνα Απρίλιο και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αισθήματος θερμικής άνεσης. Ο ανατολικός προσανατολισμός δίνει χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το νότιο, ο οποίος χαρακτηρίζεται από ένα μειωμένο αριθμό "ελαφρώς θερμών", "θερμών" και "ζεστών" ωρών.







**Σχήμα 1.7:** Ετήσια απόδοση θερμοκηπίου ανάλογα με τον εκάστοτε προσανατολισμό αυτού.

(πηγή: [3])

Μια άλλη παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό των θερμοκηπίων είναι η αναλογία υαλοπινάκων και θερμικής μάζας. Αυτή πρέπει να είναι τέτοια ώστε να διασφαλίζεται η αποθήκευση θερμότητας τις πρωινές ώρες που η ακτινοβολία εισέρχεται στο χώρο και η μετάδοσή της κατόπιν με επαρκή χρονική υστέρηση κατά τη διάρκεια των απογευματινών και βραδινών ωρών. Σε θερμοκήπια με νότιο προσανατολισμό (όπου δηλαδή ο κύριος όγκος τους αναπτύσσεται κατά μήκος του άξονα Α-Δ) παρουσιάζεται καλύτερη θερμική απόδοση τόσο λόγω των υαλοπινάκων, οι οποίοι τοποθετούνται με τη μεγαλύτερη επιφάνειά τους προς το νότο όσο και λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας του τοίχου θερμικής αποθήκευσης που διαχωρίζει το θερμοκήπιο από τον εσωτερικό χώρο. Η χωροθέτηση επίσης των υαλοπινάκων είναι σημαντική παράμετρος που προσδιορίζει τόσο το ποσοστό της εισερχόμενης ακτινοβολίας όσο και τις διαφυγές θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα οριζόντια ανοίγματα παρουσιάζουν πολύ πιο έντονες διαφυγές θερμότητας προς τον καθαρό ουρανό κατά τις βραδινές ώρες από τα αντίστοιχα κατακόρυφα καθώς επίσης και δέχονται περισσότερη ακτινοβολία, κατά τους

καλοκαιρινούς κυρίως μήνες. Εκτός όμως από την χωροθέτηση των ανοιγμάτων στα θερμοκήπια, πολύ σημαντική παράμετρος της λειτουργίας τους είναι και η κατάλληλη μόνωση των υαλοπινάκων έτσι ώστε να αποτραπούν οι έντονες απώλειες θερμότητας τα βράδια, και κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τα καλοκαίρια αντίστοιχα, είναι πολύ σημαντικός ο σχεδιασμός επαρκούς αερισμού προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα δυσάρεστης ανόδου της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων αλλά και των χώρων που επικοινωνούν με αυτά.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση των κατοικιών, το κέλυφος των θερμοκηπίων στη νότια όψη αποτελείται από δύο τμήματα, από τοίχοποιία ύψους 1m στη βάση του και από σταθερούς υαλοπίνακες στο υπόλοιπο τμήμα. Μοναδικό ανοιγόμενο στοιχείο του κατακόρυφου τμήματος του κελύφους είναι η πόρτα, η οποία τοποθετείται στο κέντρο της όψης και αποτελείται επίσης από υαλοπίνακες σε όλο το ύψος της. Η οροφή αποτελείται επίσης από δύο τμήματα, από το οριζόντιο προστέγασμα μήκους 1,5m που διατρέχει τη νότια όψη και προστατεύει τα ανοίγματα αυτής και από το κεκλιμένο τμήμα με κατασκευή ίδια με αυτή του προστεγάσματος (με καθαρό μήκος 1,55m) που ενώνει το κατακόρυφο τμήμα της όψης με το προστέγασμα. Οι υαλοπίνακες σε όλα τα στοιχεία της όψης είναι διπλοί και στο διάκενο μεταξύ αυτών τοποθετούνται ξύλινες περιστρεφόμενες περσίδες με μόνωση πολυουρεθάνης στην πλευρά που "βλέπει" προς το εσωτερικό των θερμοκηπίων. Με χρήση της μόνωσης είναι δυνατή η μείωση των έντονων απωλειών θερμότητας κατά τις βραδινές ώρες αλλά και η αποφυγή ανεπιθύμητου ηλιασμού κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Η τοίχοποιία είναι δρομική και εξωτερικά μονωμένη με θερμομόνωση πάχους 5cm. Στόχος της εξωτερικής μόνωσης είναι η λειτουργία της τοίχοποιίας ως μέσο αποθήκευσης θερμότητας και η παρεμπόδιση μεγάλων απωλειών θερμότητας από αυτή προς το εξωτερικό περιβάλλον, ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες. Το δάπεδο των θερμοκηπίων εδράζεται σε πλάκα ελαφροσκυροδέματος και απομονώνεται από αυτή μέσω θερμομονωτικού υλικού πάχους 3cm. Μπροστά από την τοίχοποιία που χωρίζει τον προσαρτημένο ηλιακό χώρο από την κουζίνα θα κατασκευαστεί επιπλέον τοίχος νερού, ο οποίος θα λειτουργεί ως θερμική μάζα στο χώρο. Πρόκειται για κατασκευή θερμικής αποθήκευσης έμμεσου κέρδους, η οποία λειτουργεί συμπληρωματικά με την τοίχοποιία που βρίσκεται σε επαφή. Οι τοίχοι νερού αποτελούν ελκυστικό σύστημα αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα όταν απαιτείται κατασκευή μικρής μάζας. Το σύστημα θα πρέπει να έχει μια μεγάλη επιφάνεια τζαμιού στη νότια πλευρά της αποθήκης νερού, το οποίο μπορεί να είναι αποθηκευμένο με διάφορους τρόπους. Ο τύπος του δοχείου επηρεάζει την ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας και την ταχύτητα διανομής της μετά την

αποθήκευση. Χρησιμοποιούνται δοχεία φτιαγμένα από μέταλλο ή τζάμι σε σχήμα σωλήνα, δοχείων ή βαρελιών και τοίχοι από σκυρόδεμα πλήρεις νερού. Η επιλογή του υλικού και της μορφής του δοχείου είναι σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργική απόδοση και την οικονομική κατασκευή του τοίχου νερού. Ο τοίχος με νερό συλλέγει και διανέμει τη θερμότητα στο χώρο με τον ίδιο τρόπο όπως και ένας τοίχος με υλικά τοιχοποιίας, με τη διαφορά ότι στον τοίχο από νερό η μετάδοση της θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια προς την εσωτερική γίνεται κυρίως με μεταφορά και όχι με αγωγιμότητα. Με βάση την ισοθερμική φύση του νερού η διανομή της ηλιακής ενέργειας που συγκεντρώνεται ως θερμότητα στην αποθήκη είναι σχεδόν άμεση. Το νερό εμφανίζει το μεγαλύτερο συντελεστή θερμοχωρητικότητας από όλα τα υλικά τοιχοποιίας όμως η θέρμανσή του είναι ομοιόμορφη και άρα το βράδυ η εξωτερική του επιφάνεια έχει υψηλή θερμοκρασία και επομένως αυξημένες απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Σε περιπτώσεις επομένως που ο τοίχος νερού βρίσκεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενδεχομένως να είναι αποτελεσματική η χρήση μόνωσης εξωτερικά έτσι ώστε να μειωθούν οι απώλειες κατά τις βραδινές ώρες. Έτσι, η αποθήκη μπορεί να παραμείνει θερμή και να συνεχίσει να παρέχει θερμότητα στο χώρο διαβίωσης ακόμη και αργά το βράδυ. Όσον αφορά στο πάχος των υδάτινων τοίχων, θεωρείται ως βέλτιστο αυτό των 15cm. Ένας λεπτότερος τοίχος θερμαίνεται υπερβολικά κατά τη διάρκεια της ημέρας (καθώς δεν έχει αρκετή θερμική μάζα) με αποτέλεσμα να υπερθερμαίνει το χώρο και να έχει μεγαλύτερες απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Γενικά η απόδοση ενός υδάτινου τοίχου αυξάνει όσο αυξάνει και το πάχος του αν και σε πάχος μεγαλύτερο από τα 15cm δεν υπάρχει αξιοσημείωτη αύξηση της απόδοσης [1].

Στις υπόλοιπες όψεις τους (ανατολική και δυτική) τα θερμοκήπια εμφανίζουν διαφοροποιήσεις, οι οποίες σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι όσο το δυνατό βέλτιστη η αξιοποίηση της τροχιάς του ήλιου και ελάχιστες δυνατές οι απώλειες. Στη συνέχεια θα περιγραφεί ο κάθε προσαρτημένος χώρος ξεχωριστά και όχι ανά όψεις προκειμένου να αναλυθεί συνολικά η επιθυμητή λειτουργία του με βάση το σχεδιασμό.

#### Προσαρτημένος ηλιακός χώρος πρώτης κατοικίας

Χαρακτηριστικό του προσαρτημένου χώρου της πρώτης κατοικίας είναι ο διαρκής ηλιασμός του και από τις τρεις όψεις του σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Πιο συγκεκριμένα, στην ανατολική όψη του θερμοκηπίου ο σχεδιασμός ακολουθεί τις ίδιες αρχές με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για τη νότια όψη. Δηλαδή, η βάση του θερμοκηπίου αποτελείται από τοιχοποιία ύψους 1m με μόνωση εξωτερικά πάχους 0,05m. Στο υπόλοιπο τμήμα της όψης τοποθετούνται υαλοπίνακες. Στόχος είναι η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας

χαμηλής τροχιάς κατά τη διάρκεια του χειμώνα, έτσι ώστε να σημειώνονται άμεσα θερμικά κέρδη στο εσωτερικό του θερμοκηπίου με την ανατολή του ήλιου. Οι υαλοπίνακες είναι διπλοί και στο διάκενο τοποθετούνται ξύλινες περιστρεφόμενες περσίδες με μόνωση, η οποία θα μπορεί να προστατεύει το χώρο από την υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και να ελαττώνει σημαντικά τις απώλειες κατά τις βραδινές ώρες του χειμώνα.

Αντίθετα, η δυτική όψη του θερμοκηπίου χαρακτηρίζεται από απουσία των διαφανών ανοιγμάτων καθώς αποτελείται σε όλο το ύψος της από τοιχοποιία (εξωτερικά μονωμένη). Μοναδικό άνοιγμα της όψης είναι μια πόρτα, η οποία αποτελεί και την έξοδο από το θερμοκήπιο προς το διαμορφωμένο περιβάλλοντα χώρο της κατοικίας και κατασκευάζεται από ξύλο σε όλο το ύψος της. Η επιλογή χρήσης αδιαφανών στοιχείων στη δυτική όψη του κελύφους του θερμοκηπίου έγινε με στόχο την αποφυγή έντονης υπερθέρμανσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, καθώς οι απογευματινές ώρες της εποχής αυτής εκτός από την ηλιακή ακτινοβολία χαρακτηρίζονται και από τις υψηλές θερμοκρασίες. Η τοποθέτηση διαφανών ανοιγμάτων στις δύο άλλες όψεις του θερμοκηπίου που περιγράφηκαν θεωρείται επαρκής για την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη διαμόρφωση ενός άνετου εσωκλίματος τόσο στο εσωτερικό του προσαρτημένου χώρου όσο και στο εσωτερικό των χώρων στους οποίους αυτό προσαρτάται.

#### Προσαρτημένος ηλιακός χώρος δεύτερης κατοικίας

Στη δεύτερη κατοικία, η ανατολική και δυτική όψη διαφοροποιούνται ριζικά σε σχέση με τις αντίστοιχες της πρώτης. Όσον αφορά στην ανατολική όψη του θερμοκηπίου, αυτή στην ουσία αποτελείται από δύο τμήματα, ένα αδιαφανές τμήμα τοιχοποιίας και ένα το οποίο αποτελείται από διπλούς υαλοπίνακες που επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο. Στην ανατολική όψη και μάλιστα στο αδιαφανές τμήμα του κελύφους που περιγράφηκε τοποθετείται πόρτα, η οποία επιτρέπει την μετάβαση από το εσωτερικό του θερμοκηπίου στον περιβάλλοντα χώρο της κατοικίας και κατασκευάζεται από ξύλο σε όλο το ύψος της. Οι υπόλοιποι υαλοπίνακες της όψης κατασκευάζονται πάνω από τοιχοποιία ύψους 1m με μόνωση στο εξωτερικό μέρος της και είναι σταθεροί. Στόχος των ανοιγμάτων της ανατολικής όψης του θερμοκηπίου είναι η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα προκειμένου να σημειώνονται άμεσα θερμικά κέρδη αλλά και φωτισμός στο εσωτερικό του χώρου με την ανατολή του ηλίου. Όπως και οι υπόλοιποι υαλοπίνακες των θερμοκηπίων έτσι και αυτοί της ανατολικής όψης που περιγράφεται είναι διπλοί με ενδιάμεση μόνωση.

Η δυτική όψη του θερμοκηπίου παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα ύπαρξης της πέργκολας που συνδέει τις δύο κατοικίες και επομένως της διαρκούς σκίασης σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, καθώς το ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας που τελικά εισέρχεται στο εσωτερικό του προσαρτημένου χώρου είναι πολύ μικρό σε σχέση με τα αντίστοιχα των υπολοίπων όψεων. Η διαμόρφωση έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι έντονες απώλειες θερμότητας από το κέλυφος της συγκεκριμένης όψης αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζεται και η οπτική επαφή με το χώρο της πέργκολας. Η δυτική όψη του θερμοκηπίου είναι ίδια με την ανατολική, με μοναδική διαφορά την έλλειψη πόρτας σε αυτή και την επέκταση της τοιχοποιίας στη θέση της πόρτας. Στο μπροστινό τμήμα του δυτικού κελύφους τοποθετούνται διπλοί υαλοπίνακες σταθερού ύψους και ποδιάς από τοιχοποιία με ύψος 1m. Η τοιχοποιία μονώνεται εξωτερικά ενώ οι υαλοπίνακες στο διάκενό τους με ξύλινες περσίδες.

### Τοίχος Trombe

Ο τοίχος Trombe ανήκει στην κατηγορία των συστημάτων έμμεσου κέρδους και αποτελεί μια παραλλαγή ή μια εξέλιξη του τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Η θερμική μάζα συσσώρευσης στα συγκεκριμένα συστήματα είναι ένας νότια προσανατολισμένος τοίχος με οπές αερισμού στο άνω και κάτω τμήμα του και με τζάμι στην εξωτερική του επιφάνεια. Στην ποικιλία των υλικών συσσώρευσης περιλαμβάνονται το σκυρόδεμα, η πέτρα και σύνθετα υλικά από τούβλα καιτσιμεντόλιθους. Η ηλιακή ακτινοβολία περνώντας μέσα από το τζάμι απορροφάται σαν θερμική ακτινοβολία από τον τοίχο και με αυτόν τον τρόπο θερμαίνει την εξωτερική του επιφάνεια (μπορεί να φτάνει και τους 65°C) [1]. Η θερμότητα αυτή, με τη μορφή προοδευτικής αύξησης της θερμοκρασίας, μεταφέρεται μέσα από τον τοίχο στην εσωτερική επιφάνεια με συναγωγή, από όπου και ακτινοβολείται και διαχέεται στο χώρο διαβίωσης. Επίσης, η θερμότητα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου μεταδίδεται και στον αέρα που κυκλοφορεί μεταξύ αυτού και του γυαλιού. Μάλιστα, η θερμοκρασία του αέρα μεταξύ γυαλιού και επιφάνειας του τοίχου μπορεί να φτάσει τους 60°C τις ανέφελές ημέρες [3]. Από τις θυρίδες που βρίσκονται στο πάνω μέρος του τοίχου ο θερμός αέρας μπαίνει στον κατοικήσιμο χώρο ενώ συγχρόνως ο ψυχρός αέρας, εξαιτίας της υποπίεσης που δημιουργείται, μπαίνει από τις χαμηλές θυρίδες στο χώρο μεταξύ γυαλιού και τοίχου όπου και ξαναθερμαίνεται. Με αυτό τον τρόπο αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο κατά τις περιόδους ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει ταυτόχρονα με τη λειτουργία του τοίχου. Η φυσική κυκλοφορία του αέρα αρχίζει μόλις θερμαίνεται ο τοίχος από την ηλιακή ακτινοβολία και συνεχίζεται 2-3 ώρες μετά το σκιασμό του. Το βράδυ, κλείνοντας τις θυρίδες, ο τοίχος λειτουργεί σαν τον κλασικό τοίχο θερμικής

αποθήκευσης αποδίδοντας με ακτινοβολία και έμμεση μεταφορά τη θερμότητα που έχει συγκεντρωθεί στη μάζα του.

Με τη χρήση των τοίχων Trombe αλλά και των συστημάτων έμμεσου οφέλους γενικότερα, οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας στο χώρο διαβίωσης είναι πιο χαμηλές από αυτές που εμφανίζονται στα συστήματα άμεσου κέρδους. Γενικά, η εκλογή του πάχους του τοίχου προσδιορίζει και τη διακύμανση της θερμοκρασίας στο χώρο. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το πάχος τόσο μικρότερες είναι και οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις που εμφανίζονται. Βέβαια, αυτό εξαρτάται και από τη θερμοχωρητικότητα του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο τοίχος. Άλλα χαρακτηριστικά, όπως το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, οι καιρικές συνθήκες, η αναλογία τοίχου προς κάτοψη και οι θερμικές απώλειες του κτιρίου έχουν μικρή επίδραση στις διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος είναι το μέγεθός του, το πάχος του, τα υλικά κατασκευής, το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας και οι θυρίδες αερισμού. Όσον αφορά στο μέγεθος του τοίχου, από μελέτες που έγιναν στην Αμερική συντάχθηκαν πίνακες που δίνουν την αναλογία τοίχου προς επιφάνεια κάτοψης ανάλογα με τις διάφορες κλιματικές συνθήκες έτσι ώστε να διατηρείται η μέση θερμοκρασία χώρου στους 19°-24°C για ένα 24ωρο μια ηλιόλουστη μέρα του Ιανουαρίου. Ο πίνακας για τα εύκρατα κλίματα παρουσιάζεται στη συνέχεια. Οι θερμοκρασίες αναφέρονται στο Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο και για βόρειο γεωγραφικό πλάτος 35° χρησιμοποιούνται οι μικρότερες αναλογίες τοίχου - επιφάνειας κάτοψης ενώ για 48° οι μεγαλύτερες.

<i>Μέση εξωτερική θερμοκρασία χειμώνα</i>	<i>m<sup>2</sup> τοίχου που απαιτούνται για κάθε m<sup>2</sup> κάτοψης</i>
1.7°C	0.35-0.60
4.4°C	0.28-0.46
7.2°C	0.22-0.35

**Πίνακας 1.2:** Αναλογία τοίχου έμμεσου ηλιακού οφέλους προς την επιφάνεια κάτοψης  
(πηγή: [1])

Τα υλικά κατασκευής των τοίχων διακρίνονται σε υλικά συλλογής και αποθήκευσης της θερμότητας. Τα διαφανή υλικά συλλογής χρησιμοποιούνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών και συνήθως πρόκειται για δύο υαλοπίνακες πάχους 3-4mm και με απόσταση μεταξύ τους 18mm. Η βέλτιστη απόσταση του υαλοστασίου από τον τοίχο είναι 9-12cm. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε πλαστικά είτε γυάλινα υλικά συλλογής, τα ημιδιαφανή όμως θεωρούνται πιο πλεονεκτικά από το γυαλί αφού κρύβουν την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου που πολλές φορές είναι ακατέργαστη και ανώμαλη. Τα υλικά κατασκευής του

τοίχου είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Η θερμική αγωγιμότητα του υλικού και η πυκνότητά του είναι επίσης σημαντικές παράμετροι. Η εσωτερική επένδυση του τοίχου δεν πρέπει να εμποδίζει τη θερμότητα που έχει αποθηκευτεί σε αυτόν να αποδοθεί στον εσωτερικό χώρο. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν ως επένδυση πρέπει να έχουν μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας, όπως π.χ. το επίχρισμα, ενώ επενδύσεις με ξύλο ή πλαστικό πρέπει να αποφεύγονται. Το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου επιδρά στο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τον τοίχο και στη συνέχεια αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο. Το μαύρο χρώμα έχει και τη μεγαλύτερη απορροφητικότητα.

Τέλος, σχετικά με τις θυρίδες κυκλοφορίας του αέρα, αυτές τοποθετούνται κατά μήκος ολόκληρου του τοίχου και η συνολική τους επιφάνεια δεν ξεπερνά το 1% της συνολικής επιφάνειας αυτού. Γενικά, οι επάνω θυρίδες τοποθετούνται όσο το δυνατό πιο κοντά στην οροφή και η απόστασή τους από τις κάτω θυρίδες δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 2m. Η χρήση θυρίδων γίνεται πιο απαραίτητη όσο αυξάνεται το πάχος του τοίχου γιατί τότε η θερμοκυκλοφορία του αέρα παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη γρήγορη θέρμανση του εσωτερικού χώρου από την αγωγιμότητα από την εξωτερική επιφάνεια προς την εσωτερική. Ταυτόχρονα, η χρήση θυρίδων εκτός από την κυκλοφορία του αέρα συμβάλλει στην απομάκρυνση του κινδύνου υγραποίησης του αέρα που παγιδεύεται στο χώρο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου. Επιπλέον, στο εξωτερικό τμήμα των τοίχων Trombe προβλέφθηκε στη συγκεκριμένη περίπτωση των κατοικιών η κατασκευή περβαζιών για φύτευση χαμηλής βλάστησης. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η ροή αέρα μεταξύ άνω και κάτω οπών και η διατήρηση χαμηλότερων τιμών διακινούμενου αέρα εντός του τοίχου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



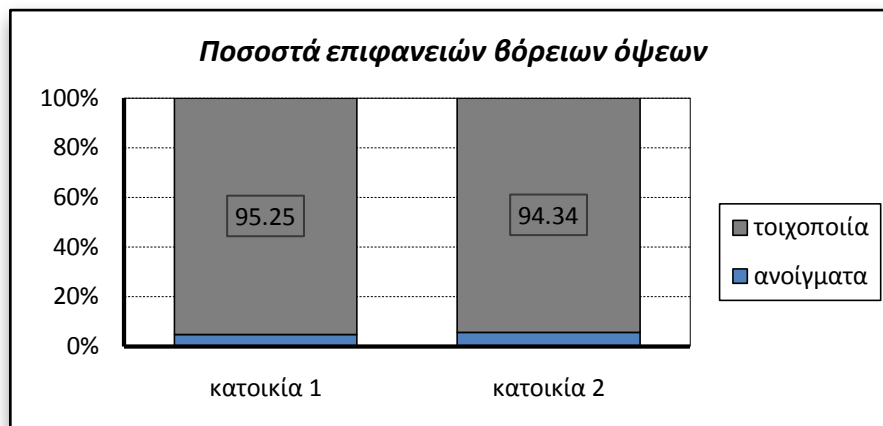
**Σχήμα 1.8.** Απεικόνιση και περιγραφή της λειτουργία του τοίχου Trombe  
(πηγή: [9])

Οι έλεγχοι για τη λειτουργία του τοίχου Trombe είναι πολύ σημαντικοί. Για τη βέλτιστη απόδοση το χειμώνα είναι αναγκαίο να μειωθεί η άσκοπη απώλεια θερμότητας προς τον ουρανό τη νύχτα ή τις συννεφιασμένες ημέρες. Σημαντικό ρόλο στην κατεύθυνση αυτή παίζει και η τοποθέτηση κινητής μόνωσης εξωτερικά ή στο κενό μεταξύ του υαλοπίνακα και

του τοίχου. Οι κινητές μονώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν ηλιοπροστατευτικά στοιχεία. Η αποφυγή υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του χώρου την καλοκαιρινή περίοδο διασφαλίζεται με την κατασκευή οριζόντιων προστεγασμάτων πάνω από τους τοίχους Trombe ή με τη χρήση εξωτερικών οπών αερισμού. Σε μερικά κλίματα, ο τοίχος Trombe μπορεί να χρησιμοποιηθεί το καλοκαίρι και ως ηλιακή καμινάδα. Με τον τρόπο αυτό η συνεχής κίνηση του αέρα βγάζει τον θερμό από την κατοικία φέρνοντας συνήθως για αερισμό πιο δροσερό αέρα από τη βόρεια πλευρά της.

#### 1.7.2.2. Βόρεια όψη

Οι βόρειες όψεις των κατοικιών χαρακτηρίζονται από πολύ μικρό ποσοστό ανοιγμάτων σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια του κελύφους των κτιρίων στον συγκεκριμένο προσανατολισμό. Στόχος είναι ο περιορισμός των απωλειών θερμότητας από το κέλυφος της βόρειας πλευράς εξαιτίας των ψυχρών ανέμων αλλά και του περιορισμένου ηλιασμού αυτής σε όλη τη διάρκεια του έτους. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρατίθενται τα ποσοστά των ανοιγμάτων και της τοιχοποιίας του κελύφους που αποτελεί τη βόρεια όψη των κτιρίων μελέτης.

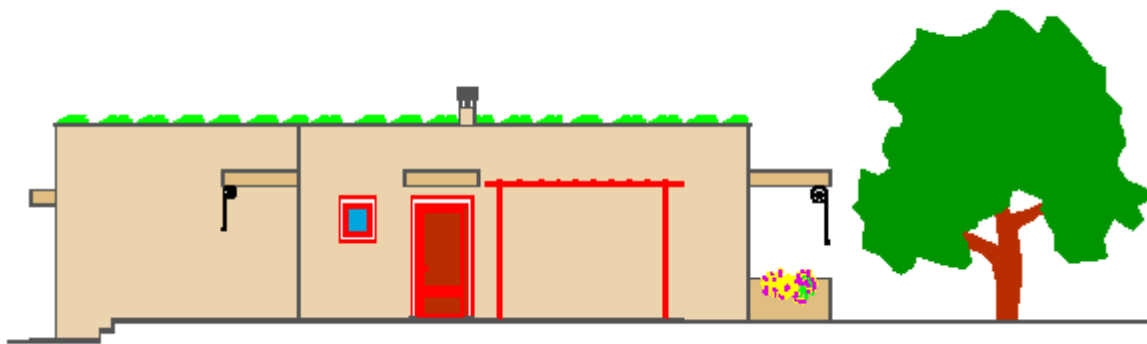


**Διάγραμμα 1.2:** Ποσοστά επιφανειών στη βόρεια όψη κάθε κατοικίας

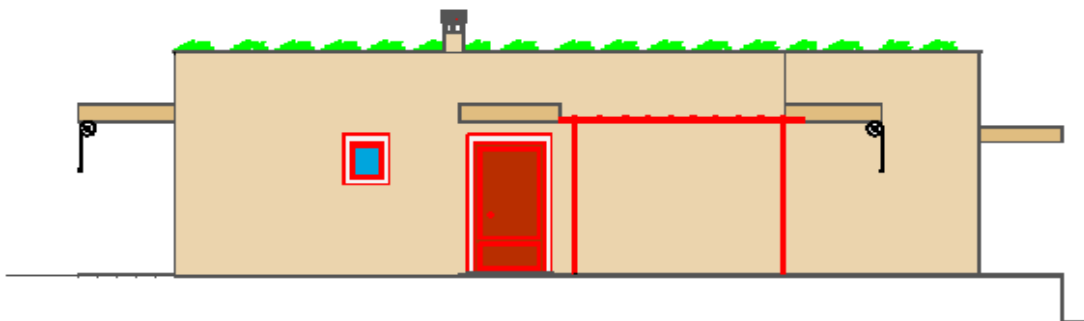
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όσον αφορά στον ηλιασμό των βόρειων όψεων, αυτός περιορίζεται στους καλοκαιρινούς μήνες και μάλιστα νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα. Για το λόγο αυτό, οι βόρειες όψεις αποτελούν και τα πιο ψυχρά τμήματα ενός κτιρίου και ταυτόχρονα τα λιγότερο φωτισμένα με φυσικό φως. Η σύνθεση επομένως των κτιρίων με βάση τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν είχε ως στόχο την τοποθέτηση στη βόρεια πλευρά χώρων με μικρές απαιτήσεις σε φωτισμό (διάδρομοι, μπάνια), οι οποίοι μάλιστα μεσολαμβάνουν ανάμεσα στους ζεστούς χώρους και την ψυχρή βορεινή πλευρά. Αν και μεταξύ των δύο κατοικιών διαφοροποιούνται οι διαστάσεις και ο ακριβής προσανατολισμός όλων των ανοιγμάτων των χώρων που τοποθετήθηκαν στη βορεινή πλευρά, εντούτοις οι χρήσεις



των χώρων αυτών είναι ίδιες. Δηλαδή, στη βόρεια πλευρά τοποθετήθηκαν τα μπάνια και το ένα από τα δύο υπνοδωμάτια των κτιρίων, αυτό που θα χρησιμοποιείται ως ξενώνας. Βέβαια, η πρώτη κατοικία επιτρέπει εκτός από το δυτικό άνοιγμα και τη δημιουργία νότιου ανοίγματος στο κέλυφος του ξενώνα ενώ η δεύτερη όχι. Κοινό στοιχείο των δύο κατοικιών είναι η δεύτερη είσοδος, η οποία επιτρέπει την κίνηση των κατοίκων απευθείας στο επίπεδο των υπνοδωματίων, χωρίς να είναι αναγκαία η διέλευση από τους κοινόχρηστους χώρους. Ταυτόχρονα, στο βόρειο τμήμα των κατόψεων τοποθετήθηκαν και οι χώροι στάθμευσης των αυτοκινήτων των οικογενειών, τα οποία θα προστατεύονται με τη χρήση πέργκολας. Στόχος είναι η διττή λειτουργία των χώρων αυτών, ως χώρων στάθμευσης και ταυτόχρονα χώρων θερμικής ανάσχεσης των ψυχρών ανέμων που θα πλήττουν το κέλυφος κατά τη χειμερινή περίοδο. Η χρήση προστεγασμάτων στη συγκεκριμένη όψη περιορίστηκε μόνο στο άνω μέρος των εισόδων. Η ανισοσταθμία που παρατηρείται οφείλεται στη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου ανάλογα με την κλίση του οικοπέδου αλλά και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του σχεδιασμού, οι οποίες παρατέθηκαν στην ενότητα ανάλυσης της σύνθεσης των κατοικιών.



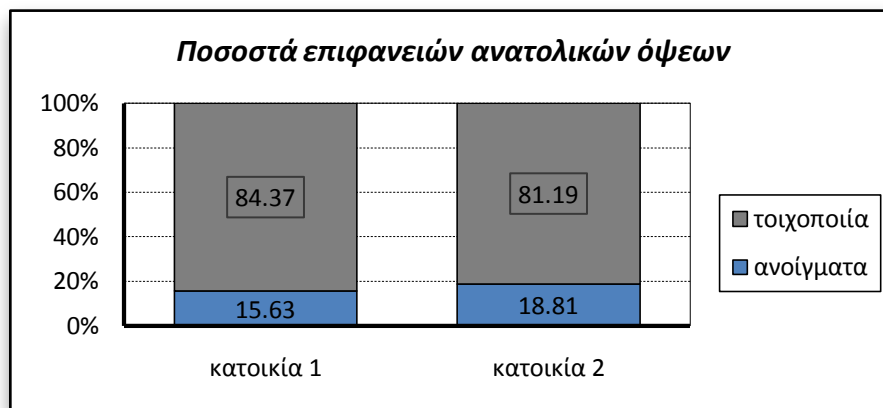
**Σχήμα 1.9:** Βόρεια όψη κατοικίας 1



**Σχήμα 1.10:** Βόρεια όψη κατοικίας 2

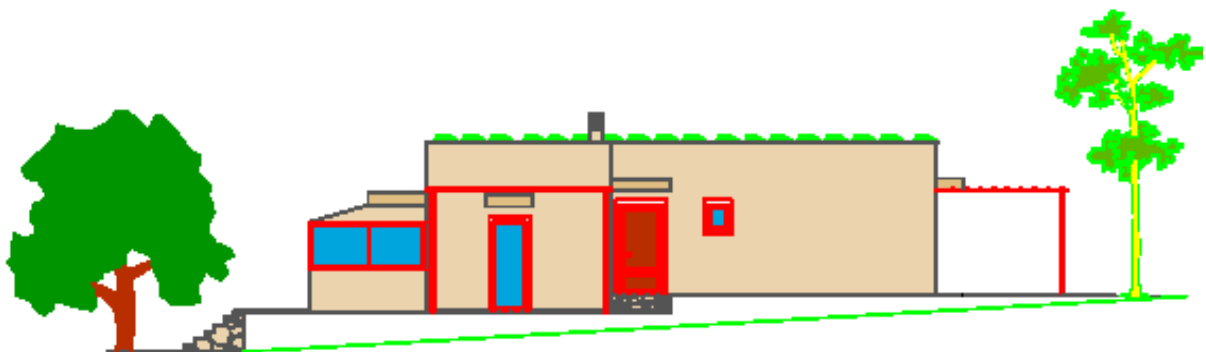
### 1.7.2.3. Ανατολική όψη

Οι όψεις που διαφοροποιούνται περισσότερο μεταξύ των δύο κατοικιών είναι η ανατολική και η δυτική. Ο σχεδιασμός των κτιρίων και η σύνθεση των χώρων στην περίπτωση αυτή γίνεται με βάση τις απαιτήσεις που προκύπτουν από τη χρήση των κατοικιών αλλά και από τον προσανατολισμό, τη σκίαση και τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Αυτό αποτυπώνεται και στη διαφοροποίηση των ποσοστών που λαμβάνουν τα ανοίγματα και η τοιχοποιία στο κέλυφος με προσανατολισμό προς την ανατολή σε καθεμιά από τις δύο κατοικίες. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί, η όψη της κατοικίας 2 παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό ανοιγμάτων σε σύγκριση με το αντίστοιχο της κατοικίας 1. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική διάταξη των χώρων των κατοικιών, τόσο όσον αφορά στην πρώτη όσο και στη δεύτερη στάθμη.

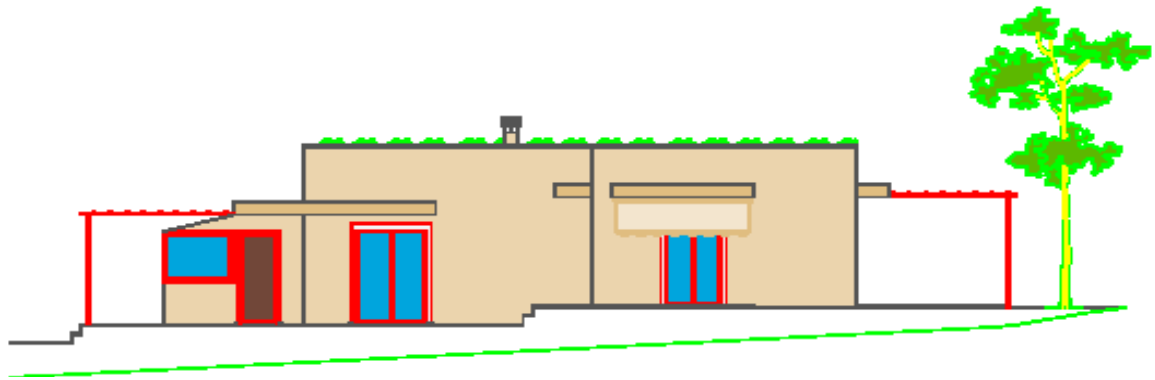


**Διάγραμμα 1.3:** Ποσοστά επιφανειών στην ανατολική όψη κάθε κατοικίας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχέδια της ανατολικής όψης των κατοικιών και κατόπιν αναλύονται οι βασικές κατευθύνσεις που ακολουθήθηκαν κατά το σχεδιασμό.



**Σχήμα 1.11:** Ανατολική όψη κατοικίας 1



**Σχήμα 1.12:** Ανατολική όψη κατοικίας 2

Η ανατολική όψη της κατοικίας 2 αποτελείται από χώρους των οποίων η λειτουργία απαιτεί επαρκή φωτισμό και διασφάλιση ενεργειακών κερδών κατά τη διάρκεια της ημέρας. Πιο αναλυτικά, στο δεύτερο επίπεδο της κατοικίας, τοποθετήθηκε στην ανατολική πλευρά το υπνοδωμάτιο της οικογένειας, με το βασικό του άνοιγμα επί αυτής. Ο προσανατολισμός του υπνοδωματίου επιτρέπει τον ηλιασμό του χώρου κατά τις πρώτες πρωινές ώρες διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό τόσο την εκδήλωση θερμικών κερδών από την είσοδο της ακτινοβολίας χαμηλής τροχιάς στο εσωτερικό όσο και τον άμεσο φωτισμό. Βέβαια, τα σημαντικότερα θερμικά οφέλη του συγκεκριμένου χώρου οφείλονται στον τοίχο Trombe που κατασκευάστηκε στη νότια όψη και περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα. Μέσω του ανοίγματος στην ανατολική όψη του υπνοδωματίου επιτυγχάνεται ταυτόχρονα και η έξοδος των κατοίκων σε στεγασμένο εξωτερικό χώρο. Ο σχεδιασμός έγινε έτσι ώστε πέρα από τα ενεργειακά οφέλη που αποκομίζονται λόγω προσανατολισμού να διασφαλίζεται ταυτόχρονα και η ιδιωτικότητα των κατοίκων, αφού ο στεγασμένος εξωτερικός χώρος του δωματίου δεν είναι ορατός από οποιοδήποτε άλλο χώρο της κατοικίας. Το λουτρό, που συνορεύει με το υπνοδωμάτιο, λειτουργεί ως χώρος θερμικής ανάσχεσης καθώς τοποθετήθηκε στη βόρεια πλευρά της κατοικίας, η κύρια διάστασή του αναπτύσσεται κατά μήκος του άξονα Α-Δ και δεν εμφανίζει ανοίγματα στην ανατολική όψη του.

Όσον αφορά στο πρώτο επίπεδο της κατοικίας 2, την ανατολική όψη αυτού καταλαμβάνει εξολοκλήρου ο χώρος του σαλονιού - καθιστικού. Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα περιγραφής της νότιας όψης των κατοικιών, οι χώροι των καθιστικών αποτελούν σημεία χαλάρωσης και ξεκούρασης, όπου κατά συνέπεια απαιτείται υψηλό επίπεδο θερμικής και οπτικής άνεσης. Ταυτόχρονα, κύριο μέλημα του σχεδιασμού των χώρων αυτών υπήρξε η αξιοποίηση του φυσικού τοπίου που περιβάλλει τις κατοικίες μέσω της κατασκευής κατάλληλων ανοιγμάτων που θα επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ εσωτερικού χώρου και εξωτερικού περιβάλλοντος σε όλη τη διάρκεια του έτους. Τα

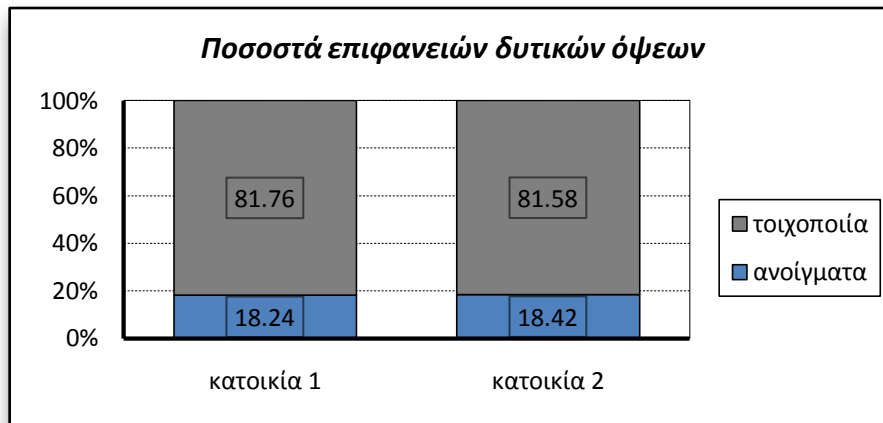
ανοίγματα του καθιστικού προς την ανατολή εκτός από τη θέα που παρέχουν στους κατοίκους επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο κατά τις πρωινές ώρες και ιδιαίτερα το χειμώνα εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό θερμικά οφέλη που προστίθενται στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Τέλος, το ποσοστό των ανοιγμάτων στην ανατολική όψη της δεύτερης κατοικίας αυξάνεται σημαντικά λόγω του θερμοκηπίου που έχει τοποθετηθεί σε επαφή με το χώρο της κουζίνας. Όπως και στην νότια όψη του έτσι και στην ανατολική το θερμοκήπιο αποτελείται από τοίχοποιία ύψους 1m στη βάση και διπλούς υαλοπίνακες σταθερού ύψους στη συνέχεια. Επί της συγκεκριμένης όψης κατασκευάστηκε και η μοναδική έξοδος του θερμοκηπίου προς το φυσικό περιβάλλον, η οποία αποτελείται σε όλο το ύψος της από υαλοπίνακες.

Η πρώτη κατοικία εμφανίζει μειωμένο ποσοστό ανοιγμάτων στην ανατολική όψη σε σχέση με αυτά που αναφέρθηκαν για τη δεύτερη κατοικία, όπως άλλωστε φαίνεται και στο διάγραμμα 1.3. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική σύνθεση των κατόψεων των δύο κατοικιών, η οποία είναι εντονότερη στο δεύτερο επίπεδό τους. Πιο αναλυτικά, η δεύτερη στάθμη της κατοικίας 1 εμφανίζει κατά μήκος της ανατολικής όψης της -εκτός από την κύρια είσοδο σε αυτή- δύο λουτρά, ένα κοινόχρηστο και προς το μέρος του σαλονιού και ένα προσωπικό τοποθετημένο στο βόρειο άκρο της ανατολικής όψης. Πρόκειται ουσιαστικά για χώρους χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό και επομένως με μειωμένα ανοίγματα στο κέλυφος του κτιρίου. Ο σχεδιασμός των κατόψεων εκτός από βιοκλιματικά κριτήρια έλαβε επίσης υπόψη και τη διάθεση των ιδιοκτητών για αξιοποίηση κοινών χώρων αναψυχής αλλά ταυτόχρονα και διασφάλιση της επιθυμίας για ιδιωτικότητα. Έτσι δεν τοποθετήθηκαν στην ανατολική όψη της κατοικίας 1 υπνοδωμάτια καθώς συνέτρεχαν δύο βασικοί ανασταλτικοί για κάτι τέτοιο παράγοντες. Ο πρώτος αφορά στον σκιασμό των ανοιγμάτων της συγκεκριμένης όψης κατά τις πρωινές ώρες λόγω ύπαρξης της κατοικίας 2. Βέβαια, η αρκετά μεγάλη απόσταση μεταξύ των δύο κατοικιών (περίπου 10m) και το χαμηλό τους ύψος (ένας μόνο όροφος ανά κατοικία) επιτρέπει την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην ανατολική όψη της πρώτης κατοικίας για μεγάλο διάστημα του πρωινού τόσο για το καλοκαίρι όσο και για το χειμώνα. Ο δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με την επιθυμία για απομόνωση των υπνοδωματίων από τους υπόλοιπους κοινόχρηστους χώρους. Η ανατολική όψη της πρώτης κατοικίας αποτελεί στην ουσία την όψη, την οποία ακολουθεί οποιοσδήποτε επιθυμεί να εισέλθει στην κατοικία ενώ ταυτόχρονα έχει άμεση οπτική επαφή προς τον κοινόχρηστο χώρο της πέργκολας. Η τοποθέτηση υπνοδωματίων στη συγκεκριμένη όψη θα επέτρεπε την έκθεση των κατοίκων στους γείτονες και τους επισκέπτες και θα εμπόδιζε την κατασκευή εξωτερικών χώρων των υπνοδωματίων, τους οποίους θα μπορούσαν άνετα οι κάτοικοι να χρησιμοποιήσουν.

Η πρώτη στάθμη της κατοικίας χαρακτηρίζεται επίσης από μειωμένο ποσοστό ανοιγμάτων με ανατολικό προσανατολισμό, τα οποία περιορίζονται σε μια θύρα εξόδου της κουζίνας και το υαλοστάσιο της ανατολικής όψης του θερμοκηπίου. Η θύρα εξόδου αποτελείται σε όλο το ύψος της από διπλό υαλοπίνακα ενώ το θερμοκήπιο στην ανατολική του όψη αποτελείται από τοιχοποιία 1m στη βάση και διπλούς σταθερούς υαλοπίνακες στη συνέχεια. Η συγκεκριμένη στάθμη αναπτύσσεται στα δύο κτίρια αντιδιαμετρικά, ενώ δηλαδή το σαλόνι της δεύτερης κατοικίας βρίσκεται στην ανατολική όψη και η κουζίνα της στη δυτική οι αντίστοιχοι χώροι της πρώτης κατοικίας έχουν τοποθετηθεί αντίστροφα. Κάτι τέτοιο εξασφαλίζει την άμεση επικοινωνία των κουζινών των δύο οικογενειών και την έξοδο από τους συγκεκριμένους χώρους προς την κοινόχρηστη πέργκολα που συνδέει τα δύο σπίτια. Ταυτόχρονα ο σχεδιασμός που αναφέρθηκε εξασφαλίζει την τοποθέτηση των σαλονιών-καθιστικών των οικογενειών σε πλευρές της κάτοψης όπου εκτός από το νότιο προσανατολισμό των κύριων ανοιγμάτων τους επιλέγεται ο ανατολικός ή ο δυτικός των δευτερευόντων ανοιγμάτων. Αυτό εξασφαλίζει την ανεμπόδιση από παρακείμενο κτίριο είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο, το διαχωρισμό των εσωτερικών χώρων χαλάρωσης των κατοικιών και την ανάπτυξη διαφορετικών εξωτερικών χώρων ο οποίοι δεν έχουν άμεση επαφή και την αξιοποίηση της θέας προς το φυσικό περιβάλλον που υπάρχει εξωτερικά των κατοικιών.

#### 1.7.2.4. Δυτική όψη

Η περιγραφή των δυτικών όψεων των δύο κατοικιών ακολουθεί τις βασικές κατευθύνσεις που τέθηκαν από την ανάλυση της προηγούμενης ενότητας. Έτσι στις δυτικές όψεις όπως και στις ανατολικές, παρατηρείται αντιδιαμετρική ανάπτυξη των κοινόχρηστων χώρων, ενώ οι προσωπικοί χώροι της δεύτερης στάθμης ακολουθούν διαφορετική χωροθέτηση και ανάπτυξη σε καθεμιά από τις κατοικίες. Από το διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται πως τα ποσοστά ανοιγμάτων με δυτικό προσανατολισμό είναι σχεδόν ίδια και στα δύο κτίρια. Αυτό οφείλεται στην κάλυψη της δυτικής όψης του θερμοκηπίου της πρώτης κατοικίας με αδιαφανή στοιχεία. Έτσι, παρόλο που η πρώτη κατοικία έχει σε περισσότερους χώρους ανοίγματα προς τη δύση, η μεταβολή του ποσοστού ανοιγμάτων στις αντίστοιχες όψεις των θερμοκηπίων επιτρέπει τελικά την εμφάνιση ίδιων περίπου ποσοστών ανοιγμάτων με δυτικό προσανατολισμό και στα δύο κτίρια.

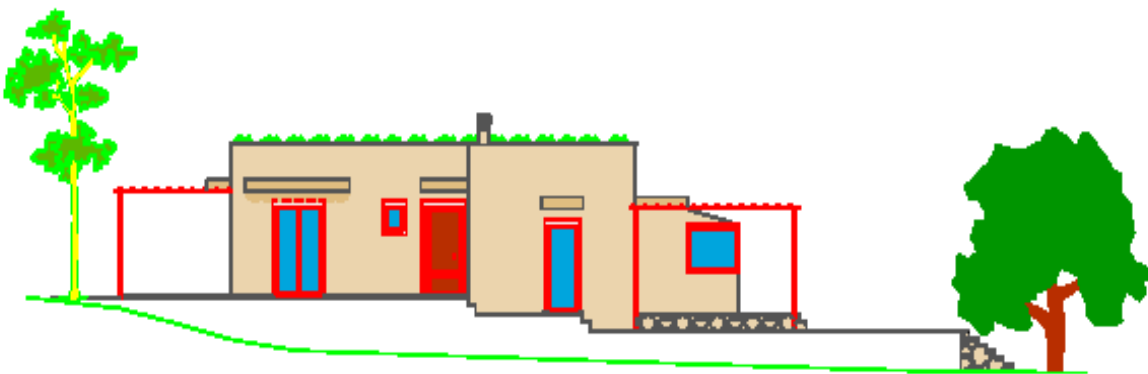


**Διάγραμμα 1.4:** Ποσοστά επιφανειών στη δυτική όψη κάθε κατοικίας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχέδια της δυτικής όψης των κατοικιών και κατόπιν αναλύονται οι βασικές κατευθύνσεις που ακολουθήθηκαν κατά το σχεδιασμό.



**Σχήμα 1.13:** Δυτική όψη κατοικίας 1



**Σχήμα 1.14:** Δυτική όψη κατοικίας 2

Όσον αφορά στους προσωπικούς χώρους της πρώτης κατοικίας, αυτοί εμφανίζουν τα κύρια ανοίγματα τους στη δυτική όψη. Επίσης, παρουσιάζουν ανοίγματα και στη νότια όψη όπως έχει ήδη αναφερθεί, αλλά σαφώς μικρότερης επιφάνειας. Το σκεπτικό διαμόρφωσης της κάτοψης και συνεπώς της τοποθέτησης των δωματίων και των ανοιγμάτων τους στη

δυτική πλευρά αυτής αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα και επομένως στη συνέχεια θα περιγραφούν μόνο τα επιμέρους χαρακτηριστικά που συναντώνται στα στοιχεία της δυτικής όψης της πρώτης κατοικίας. Το υπνοδωμάτιο της οικογένειας παρουσιάζει δύο ανοίγματα, ένα παράθυρο και μια πόρτα, που προσφέρουν οπτική σύνδεση αλλά και δυνατότητα εξόδου προς το ειδικά διαμορφωμένο υπό τη μορφή βεράντας εξωτερικό περιβάλλον του δωματίου. Την ίδια κατεύθυνση ακολουθεί και ο σχεδιασμός του ξενώνα, με το κύριο άνοιγμα να τοποθετείται στη δυτική όψη του δωματίου και να επιτρέπει την έξοδο σε διαμορφωμένο χώρο υπό τη μορφή βεράντας. Ένα μικρότερο άνοιγμα με νότιο προσανατολισμό επιτρέπει την είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας από το νότο και ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα οπτικής επαφής από τον ξενώνα προς τους υπαίθριους χώρους της πρώτης στάθμης της κατοικίας. Προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα υπερθέρμανσης των υπνοδωματίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού εξαιτίας του δυτικού τους προσανατολισμού κατασκευάστηκαν περιμετρικά των βεραντών ζαρντινιέρες, οι οποίες θα εμποδίζουν την είσοδο ενός ποσοστού ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των χώρων και ταυτόχρονα θα συμβάλλουν στη διαμόρφωση πιο δροσερού μικροκλίματος εξαιτίας της βλάστησης που θα περιέχουν. Ταυτόχρονα προβλέπεται η χρήση ειδικών κινητών παραπετασμάτων στα ανοίγματα το καλοκαίρι.

Η στάθμη των κοινόχρηστων χώρων της πρώτης κατοικίας χαρακτηρίζεται από την τοποθέτηση του σαλονιού-καθιστικού στη δυτική πλευρά της κάτοψης, με ανάπτυξη σημαντικών ανοιγμάτων στην αντίστοιχη όψη. Τα ανοίγματα αυτά, σε συνδυασμό και με τα αντίστοιχα της νότιας όψης του σαλονιού εξασφαλίζουν τον ηλιασμό του χώρου για μεγάλο χρονικό διάστημα της ημέρας, κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο. Ταυτόχρονα, όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση της σύνθεσης των κατόψεων στην προηγούμενη ενότητα, η τοποθέτηση σε αυτή την πλευρά της κάτοψης του σαλονιού διασφαλίζει ιδιωτικότητα από την παρακείμενη κατοικία (εσωτερικά και εξωτερικά) αλλά και πλήρη αξιοποίηση της διατιθέμενης θέας. Τέλος, το θερμοκήπιο που έχει τοποθετηθεί σε επαφή με την κουζίνα της κατοικίας δε συνεισφέρει ιδιαίτερα ηλιακά κέρδη εξαιτίας του δυτικού προσανατολισμού του αφού αποτελείται σε όλη την όψη του από αδιαφανή στοιχεία. Η δυτική όψη του θερμοκηπίου αποτελείται από τοιχοποιία με εξωτερική μόνωση 0,05m. Μοναδικό άνοιγμα στη δυτική όψη του θερμοκηπίου είναι η πόρτα που επιτρέπει την έξοδο προς τον περιβάλλοντα χώρο και αποτελείται σε όλο της το ύψος από ξύλο.

Όσον αφορά στη δεύτερη κατοικία, αυτή εμφανίζει μειωμένα ποσοστά ανοιγμάτων με δυτικό προσανατολισμό τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη στάθμη της κάτοψης. Πιο συγκεκριμένα, η στάθμη των προσωπικών χώρων (υπνοδωματίων, λουτρών) χαρακτηρίζεται από τη διάταξη του ξενώνα και του κοινόχρηστου λουτρού στη δυτική

πλευρά, με διαμόρφωση των αντίστοιχων ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου. Επίσης, στη δυτική όψη της δεύτερης κατοικίας τοποθετείται και η κεντρική είσοδος αυτής. Σχετικά με τον προσανατολισμό του ξενώνα στη συγκεκριμένη κατοικία, αυτός επιλέχθηκε να είναι δυτικός προκειμένου να μπορεί να επωφελείται ο εσωτερικός χώρος από την ακτινοβολία του ήλιου κατά τους χειμερινούς κυρίως μήνες. Το μοναδικό άνοιγμα του δωματίου προσανατολίζεται στη δύση και αποτελεί την έξοδο από τον ξενώνα προς τον εξωτερικό του χώρο. Για την προστασία από την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία του καλοκαιριού κατασκευάστηκε οριζόντιο προστέγασμα στο άνω μέρος του ανοίγματος αλλά και επιλέχθηκαν κατακόρυφα κινητά παραπετάσματα, τα οποία θα χρησιμοποιούνται από τους κατοίκους κατά το δοκούν. Το λουτρό που βρίσκεται στη δυτική πλευρά της κάτοψης εμφανίζει ένα μικρό παράθυρο στη δυτική όψη, το οποίο κατά βάση συμβάλλει στο φωτισμό και τον αερισμό του χώρου.

Η δυτική όψη της δεύτερης κατοικίας καταλαμβάνεται από την κουζίνα στην πρώτη στάθμη και ακολούθως από το θερμοκήπιο, το οποίο είναι προσαρτημένο σε αυτή. Η κουζίνα παρουσιάζει ένα μικρό άνοιγμα στη δυτική της όψη, το οποίο ως επί το πλείστον χρησιμεύει στην επικοινωνία του εσωτερικού χώρου με τον εξωτερικό κοινόχρηστο (πέργκολα μεταξύ των δύο κατοικιών). Αν και η πέργκολα δε στεγάζει το άνοιγμα της κουζίνας, εντούτοις βρίσκεται σε επαφή με τη δυτική πλευρά του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα τον σκιασμό αυτού κατά τις απογευματινές ώρες. Η δυτική όψη του θερμοκηπίου αποτελείται από τοιχοποιία ύψους 1m και διπλούς υαλοπίνακες σταθερού ύψους που στηρίζονται σε αυτή στο εμπρόσθιο τμήμα της και από τοιχοποιία σε όλο το ύψος της όψης στο οπίσθιο τμήμα.

#### 1.7.2.5. Στέγη

Προκειμένου να επιλεγεί ο τύπος της στέγης ενός κτιρίου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κλιματικά στοιχεία και αρχιτεκτονικές ιδιαιτερότητες που ενδεχομένως περιορίζουν το πλήθος των δυνατών επιλογών. Η μορφή της στέγης επιδρά και στη βιοκλιματική συμπεριφορά της κατασκευής, καθώς επηρεάζει τον ηλιασμό αλλά και το δροσισμό (μέσω ενσωμάτωσης των κατάλληλων συστημάτων) του εσωτερικού των κτιρίων.

Στην περίπτωση των δύο κατοικιών που μελετώνται δεν υπάρχουν αρχιτεκτονικοί ή λειτουργικοί περιορισμοί (πχ επικλινή στέγη λόγω χιονοπτώσεων, παραδοσιακός οικισμός με συγκεκριμένο τύπο στέγης, κλπ) και κατά συνέπεια τα κριτήρια επιλογής επικεντρώνονται στη βιοκλιματική λειτουργία των κτιρίων. Επιλέχθηκε η δημιουργία φυτεμένου δώματος ίδιου τύπου και στις δύο κατοικίες, τα επιμέρους χαρακτηριστικά του οποίου πρόκειται να αναλυθούν στη συνέχεια.



Μέχρι πρόσφατα τα πλεονεκτήματα των πράσινων στεγών είχαν ποιοτικό παρά ποσοτικό χαρακτήρα, δεδομένου ότι η επιστημονική έρευνα ήταν περιορισμένη. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η εγκατάστασή τους σε ένα κτίριο θεωρούνταν ένα φιλικό προς το περιβάλλον χαρακτηριστικό, το οποίο απλά συνέβαλε στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Τα φυτεμένα δώματα πλέον ερευνώνται μέσω πειραμάτων και υπολογιστικών μοντέλων που στοχεύουν στην ποσοτικοποίηση της επίδρασης των πράσινων στεγών, εξετάζοντας αυτά είτε ως ενσωματωμένα συστήματα στο δώμα του κτιρίου είτε ως περιβαλλοντικά συστήματα.

Τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την κατασκευή ενός φυτεμένου δώματος αφορούν στη λειτουργία και στην αντοχή της συγκεκριμένης κατασκευής που τοποθετούνται αλλά δε θα μπορούσε να παραβλεφθεί και η συνεισφορά ενός τέτοιου τύπου δόμησης στη βελτίωση του μικροκλίματος και των περιβαλλοντικών συνθηκών των αστικών περιοχών. Πιο αναλυτικά, τα οφέλη των φυτεμένων δωματίων ή στεγών μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω [6]:

- εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη. Μάλιστα, η μείωση των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση και ψύξη είναι πιο θεαματική στα κτίρια χωρίς μόνωση του κελύφους σε σχέση με τα αντίστοιχα μονωμένα
- επέκταση της διάρκειας ζωής των δομικών υλικών της στέγης, αύξηση της μόνωσης του κτιρίου και βελτίωση της στεγανοποίησης αυτού. Το φυτεμένο δώμα προστατεύει τα υποκείμενα μονωτικά υλικά από φθορές που θα προκαλούσε η έκθεσή τους στον ήλιο, στις ακτίνες UV και σε ακραίες τιμές της θερμοκρασίας, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τη διάρκεια ζωής τους
- μείωση του φαινομένου των "αστικών θερμικών νησίδων"
- απορρόφηση αέριων ρύπων και σκόνης καθώς η φυτεμένη επιφάνεια των "πράσινων δωματίων" λειτουργεί σαν φίλτρο που συγκρατεί τα σωματίδια του αέρα. Επιπλέον, τα νιτρικά και άλλα επιβλαβή συστατικά του αέρα απορροφούνται και με τη βοήθεια της βροχής καταλήγουν στο υπόστρωμα των φυτών
- βελτίωση του μικροκλίματος και του αερισμού των πόλεων
- αύξηση της προστασίας έναντι ηχορύπανσης κατά 8dB και μείωση της αντανάκλασης του ήχου κατά 3 dB
- μείωση της απορροής όμβριων υδάτων στο αποχετευτικό δίκτυο
- δημιουργία οικοσυστημάτων μέσα στις αστικές περιοχές, στα οποία αναβιώνουν φυτά και ζώα τα οποία απωθήθηκαν λόγω της ανεξέλεγκτης επέκτασης των πόλεων

Ταυτόχρονα αναδεικνύεται και ο εν δυνάμει κοινωνικός χαρακτήρας των πράσινων στεγών, αξιοποιώντας στην ουσία κενούς χώρους και μετατρέποντάς τους σε χώρους

αναψυχής. Πρόκειται για χώρους πρασίνου, κιόσκια, παιδότοπους, χώρους δηλαδή για ξεκούραση και κοινωνικοποίηση. Βέβαια, σε καμία περίπτωση δε θα μπορούσαν τέτοιοι χώροι να υποσκελίσουν την αναγκαιότητα ελεύθερων χώρων εντός του αστικού ιστού για την αναψυχή, τη δραστηριοποίηση και την κοινωνικοποίηση των κατοίκων αλλά να δράσουν συμπληρωματικά.

Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες φυτεμένων δωμαίων ανάλογα με το πάχος των στρώσεων και την απαίτησή τους για συντήρηση: τα εκτατικά, τα ημιεντατικά και τα εντατικά δώματα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα χαρακτηριστικά κάθε τύπου φυτεμένου δώματος.

<i>Τύπος</i>	<i>Εκτατικός</i>	<i>Ημιεντατικός</i>	<i>Εντατικός</i>
Συντήρηση	ελάχιστη	περιοδική	συχνή
Άρδευση	μηδενική	περιοδική	συχνή
Ύψος φύτευσης	60 - 200mm	- 250mm	>1000mm
Βάρος	60 - 150 kg/m <sup>2</sup>	120 - 200 kg/m <sup>2</sup>	180 - 500 kg/m <sup>2</sup>
Κόστος εγκατάστασης	χαμηλό	μεσαίο	υψηλό
Χρήση	οικολογική προστασία	πολεοδομική προσβασιμότητα	πλήρης χρήση

**Πίνακας 1.3:** Τύποι φυτεμένου δώματος και επιμέρους χαρακτηριστικά αυτών  
(πηγή: [6])

Γενικά, η διασφάλιση μεγάλης διάρκειας ζωής ενός φυτεμένου δώματος προϋποθέτει τον προσδιορισμό και την ανάλυση των παραγόντων που καθιστούν ένα δώμα κατάλληλο για φύτευση. Οι παράγοντες που εξετάζονται είναι οι κλιματολογικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της στέγης και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις του φυτικού υλικού. Κατά το σχεδιασμό θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη:

- η θέση και η έκταση του δώματος, καθώς και η αντοχή του στατικού φορέα
- το είδος κατασκευής της στέγης, ο αριθμός και η θέση των υδρορροών
- η θέση και ο προσανατολισμός του κτιρίου καθώς και η δυνατότητα πρόσβασης στο δώμα
- η μεταφορά και η δυνατότητα αποθήκευσης των υλικών, καθώς και οι παροχές νερού και ρεύματος

Το φυτεμένο δώμα που πρόκειται να κατασκευαστεί στα κτίρια είναι εκτατικού τύπου καθώς βασικός στόχος του σχεδιασμού είναι καταρχήν η βελτιστοποίηση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου και όχι η χρήση του φυτεμένου δώματος ως επισκέψιμου χώρου

των κτιρίων. Άλλωστε τα κτίρια πρόκειται να κατασκευαστούν σε περιοχή με πλούσιο φυσικό περιβάλλον, στο οποίο οι κάτοικοι έχουν άμεση πρόσβαση και επομένως δεν αποτελεί στόχο του σχεδιασμού η τοποθέτηση στα δώματα των κατοικιών υψηλής βλάστησης με απαιτήσεις για συχνή και δαπανηρή συντήρηση.

Κατά τη διαμόρφωση των φυτεμένων δωμαίων θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην κατασκευή των επιμέρους στρώσεων έτσι ώστε να αποκλείονται προβλήματα διείσδυσης υγρασίας από τα φυτά προς τον φέροντα οργανισμό αλλά και προς τη θερμομόνωση. Στη συνέχεια αναφέρονται οι επιμέρους στρώσεις των φυτεμένων δωμαίων στις υπό μελέτη κατοικίες, ξεκινώντας από αυτή που βρίσκεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και προχωρώντας προς το εσωτερικό του κτιρίου:

- στρώση χώματος φύτευσης (0,35m)
- φίλτρο συγκράτησης χώματος
- αποστραγγιστική στρώση (0,1m)
- μεμβράνη προστασίας από ρίζες
- ασφαλική στεγανωτική στρώση
- περλιτόδεμα (0,05m)
- θερμομονωτική στρώση (0,05m)
- φράγμα υδρατμών
- φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (0,15m)
- οροφονοκονίαμα (0,02m)

## **1.8. Οικοδομική περιγραφή**

### **1.8.1. Ο φέρων οργανισμός**

Η φέρουσα κατασκευή των δύο κατοικιών είναι ενιαία και αποτελείται στο σύνολό της από φέροντα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος, οριζόντια και κατακόρυφα. Τα δύο κτίρια παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις στους φέροντες οργανισμούς τους, γεγονός που οφείλεται στη διαφοροποίηση των κατόψεων που περιγράφηκε στις σχετικές ενότητες. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στοιχεία του φέροντα οργανισμού των δύο κτιρίων, αφού πρώτα αυτά έχουν διακριθεί σε κατακόρυφα και οριζόντια. Όλα τα στοιχεία του φέροντα οργανισμού που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα θα θερμομονωθούν στην εξωτερική τους επιφάνεια έτσι ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος εμφάνισης θερμογεφυρών στο κέλυφος των κτιρίων.

#### 1.8.1.1. Κατοικία 1

##### Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία:

- υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος, με καθαρή διατομή 0,35 x 0,35 (m)
- τοιχία από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθαρής διατομής 0,75 x 0,25 (m), τα οποία έχουν τοποθετηθεί στη βόρεια πλευρά της κατοικίας.

##### Οριζόντια φέροντα στοιχεία:

- πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 0,15 (m), οι οποίες στηρίζονται στα υποστυλώματα και τα τοιχία με δοκάρια κρέμασης 0,45 (m)
- πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 0,15 (m), οι οποίες διαμορφώνονται υπό τη μορφή προβόλου και αποτελούν τα οριζόντια προστεγάσματα των ανοιγμάτων
- πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 0,15 (m), η οποία διαμορφώνεται υπό μορφή προβόλου και αποτελεί τμήμα της αδιάφανης οροφής του θερμοκηπίου που προσαρτάται στη νότια όψη της κατοικίας

#### 1.8.1.2. Κατοικία 2

##### Κατακόρυφα φέροντα στοιχεία:

- υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος, με καθαρή διατομή 0,35 x 0,35 (m)
- τοιχία από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθαρής διατομής 0,7 x 0,3 (m), τα οποία έχουν τοποθετηθεί στην ανατολική πλευρά της κατοικίας.

##### Οριζόντια φέροντα στοιχεία:

- πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 0,15 (m), οι οποίες στηρίζονται στα υποστυλώματα και τα τοιχία με δοκάρια κρέμασης 0,45 (m)
- πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 0,15 (m), οι οποίες διαμορφώνονται υπό τη μορφή προβόλου και αποτελούν τα οριζόντια προστεγάσματα των ανοιγμάτων
- πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 0,15 (m), η οποία διαμορφώνεται υπό μορφή προβόλου και αποτελεί τμήμα της αδιαφανούς οροφής του θερμοκηπίου που προσαρτάται στη νότια όψη της κατοικίας

#### 1.8.2. Η τοιχοποιία

Οι τοιχοποιίες των δύο κατοικιών παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά, ανάλογα με τη θέση που έχουν στην κατασκευή. Πρόκειται σε όλες τις περιπτώσεις για τοιχοποιίες πλήρωσης και επομένως δε συμμετέχουν πουθενά ως στοιχεία του φέροντα οργανισμού των κατοικιών.

#### 1.8.2.1. Εξωτερική τοιχοποιία

Η τοιχοποιία που θα περιβάλλει εξωτερικά τα κτίρια κατασκευάζεται από οπτόπλινθους και είναι δικέλυφη, με μόνωση στον πυρήνα και χωρίς διάκενο αερισμού μεταξύ των οπτόπλινθων. Μια τοιχοποιία τέτοιου είδους αξιοποιεί τη θερμοχωρητικότητα του εσωτερικού τμήματος του δομικού στοιχείου, δηλαδή αυτή που προσφέρουν οι οπτόπλινθοι που τοποθετούνται σε επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του στρώματος θερμομόνωσης. Για την επίτευξη καλής αντισεισμικής συμπεριφοράς χρειάζεται επαρκής σύνδεση των δύο κελυφών μεταξύ τους, η οποία επιτυγχάνεται με ειδικά αγκύρια ή με την κατασκευή περιδέσμων ενίσχυσης (σενάζ) τουλάχιστον ανά 1m ύψους της τοιχοποιίας. Τα αγκύρια θα πρέπει να θερμομονώνονται έτσι ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός θερμογέφυρας.

Και τα δύο τμήματα της τοιχοποιίας (τόσο το εξωτερικό από οπτόπλινθους όσο και το αντίστοιχο εσωτερικό) θα κατασκευαστούν δρομικά, με την επιμηκύτερη δηλαδή πλευρά τους προς τα έξω έτσι ώστε να φαίνεται όλο το μήκος τους στην επιφάνεια του τοίχου. Το πάχος των εξωτερικών οπτόπλινθων είναι 10cm ενώ των εσωτερικών 15cm. Στόχος είναι η αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του τμήματος με το μεγαλύτερο πάχος αφού κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό όσον αφορά στο εξωτερικό τμήμα της τοιχοποιίας (πάχους 10cm).

#### 1.8.2.2. Εξωτερική τοιχοποιία στα θερμοκήπια

Σε αντίθεση με το υπόλοιπο κέλυφος από τοιχοποιία, στα θερμοκήπια θα κατασκευαστεί μονοκέλυφη τοιχοποιία με μόνωση στην εξωτερική της επιφάνεια και μεταβαλλόμενο ύψος ανάλογα με την όψη, όπως αυτή περιγράφηκε στις αντίστοιχες ενότητες. Οι οπτόπλινθοι της τοιχοποιίας αποτελούν θερμική μάζα των θερμοκηπίων, και για το λόγο αυτό θερμομονώνονται εξωτερικά προκειμένου να περιοριστούν οι απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον και να μειωθούν οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των προσαρτημένων χώρων κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η κατασκευή της τοιχοποιίας μεταξύ των θερμοκηπίων και των υπόλοιπων κύριων χώρων των κατοικιών. Στην προκειμένη περίπτωση πρόκειται για την τοιχοποιία που συνδέει τα θερμοκήπια με τις κουζίνες και στις δύο κατοικίες. Όπως και στο υπόλοιπο κέλυφος του κτιρίου, έτσι και στις τοιχοποιίες των κουζινών που έρχονται σε επαφή με τους προσαρτημένους ηλιακούς χώρους θα τοποθετηθεί μόνωση στον πυρήνα δικέλυφης κατασκευής. Στόχος είναι η δυνατότητα απομόνωσης των κατοικιών από τους προσαρτημένους χώρους, ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες. Η μεταφορά των θερμικών κερδών από τη λειτουργία των θερμοκηπίων κατά τη διάρκεια της ημέρας επιτυγχάνεται μέσω των ανοιγμάτων (μιας πόρτας και ενός παραθύρου) καθώς επίσης και με την

αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας του εσωτερικού τμήματος των δομικών στοιχείων. Κατά τις βραδινές ώρες παρέχεται η δυνατότητα πλήρους απομόνωσης των θερμοκηπίων από τους εσωτερικούς χώρους των κατοικιών προκειμένου να αποφευχθούν οι έντονες απώλειες θερμότητας από αυτούς προς τους χαμηλότερης θερμοκρασίας προσαρτημένους χώρους.

#### 1.8.2.3. Εσωτερική τοιχοποιία

Η εσωτερική τοιχοποιία των κατοικιών αποτελείται από μονή οπτοπλινθοδομή πάχους 10cm. Ο ρόλος της εσωτερικής τοιχοποιίας περιορίζεται κατά βάση στο διαχωρισμό των επιμέρους χώρων των κατοικιών, καθώς η συμμετοχή της στην ενίσχυση της θερμικής μάζας των κτιρίων είναι πολύ μικρή.

#### 1.8.3. Η οροφή

Οι οροφές των κατοικιών αποτελούνται από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος ενιαίας κατασκευής. Το δώμα είναι συμβατικά θερμομονωμένο (με το στρώμα στεγανοποίησης να βρίσκεται από την εξωτερική πλευρά της θερμομόνωσης) και πάνω από αυτό κατασκευάζεται φυτεμένο δώμα, οι επιμέρους στρώσεις του οποίου περιγράφηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.

#### 1.8.4. Τα δάπεδα

Ο τύπος της επίστρωσης των δαπέδων των κατοικιών διαφοροποιείται από χώρο σε χώρο ανάλογα και με τη χρήση του καθενός από αυτούς. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται τα είδη επίστρωσης των δαπέδων και οι χώροι στους οποίους αυτά εμφανίζονται.

<i>Χώροι</i>	<i>Τύπος δαπέδου</i>
υπνοδωμάτια	ξύλο
λουτρά	κεραμικά πλακίδια
διάδρομος	κεραμικά πλακίδια
αποθήκη	κεραμικά πλακίδια
κουζίνα	κεραμικά πλακίδια
σαλόνι	κεραμικά πλακίδια
θερμκήπιο	κεραμικά πλακίδια

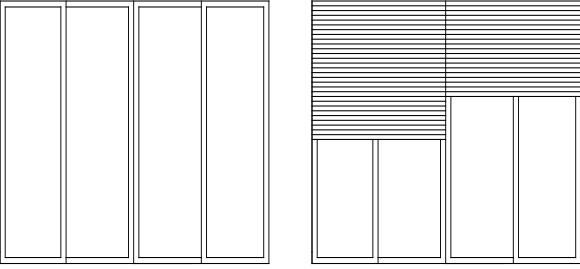
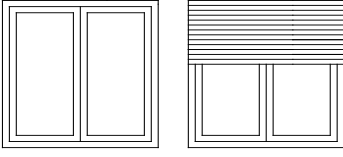
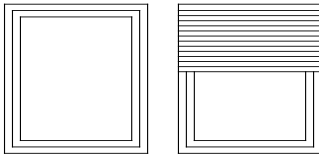
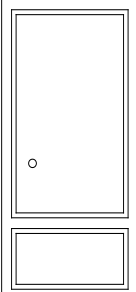
**Πίνακας 1.4:** Είδη επίστρωσης στο εσωτερικό των κατοικιών


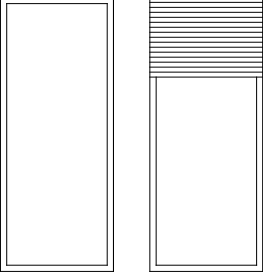
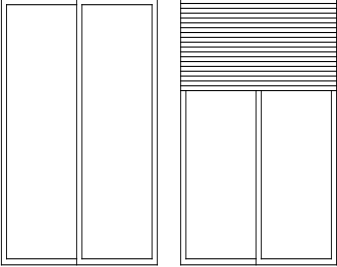
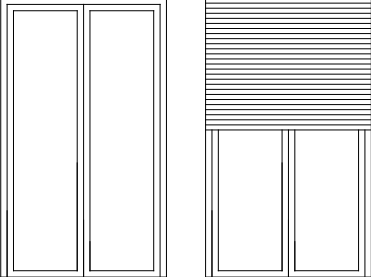
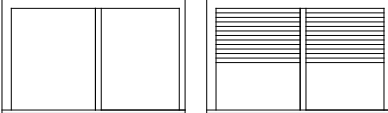
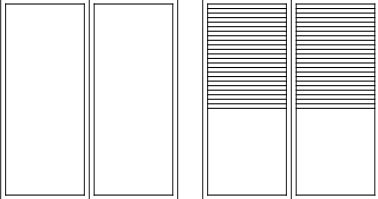
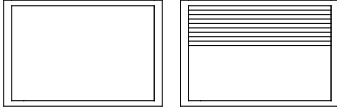
Τα δάπεδα εδράζονται σε πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος από την οποία απομονώνονται μέσω θερμομονωτικής στρώσης.

### 1.8.5. Τα κουφώματα

Τόσο τα εξωτερικά όσο και τα εσωτερικά κουφώματα είναι ξύλινα και οι υαλοπίνακες, όπου αυτοί υπάρχουν, είναι διπλοί. Ως επί το πλείστον τα διαφανή στοιχεία του κελύφους είναι ανοιγόμενα με μοναδικές εξαιρέσεις τα παράθυρα των θερμοκηπίων για τα οποία παρέχεται μόνο η δυνατότητα ανάκλησης. Η προστασία των ανοιγμάτων εξασφαλίζεται με συνθετικά ρολά τοποθετημένα στην εξωτερική πλευρά των θυρών και των παραθύρων. Εξαιρεση αποτελούν τα κουφώματα των θερμοκηπίων στα οποία τοποθετείται κινητή μόνωση στο διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων. Όπως και τα υπόλοιπα κουφώματα, έτσι και οι εξώπορτες των κτιρίων κατασκευάζονται από ξύλο σε όλο όμως το ύψος τους.

Οι τύποι των κουφωμάτων που εμφανίζονται τόσο στο εξωτερικό, όσο και στο εσωτερικό των κατοικιών φαίνονται συγκεντρωμένα στον πίνακα 1.4.

	<b>Σχηματική παράσταση τύπου κουφώματος</b>	<b>Περιγραφή κουφώματος</b>
<b>Εξωτερικά κουφώματα</b>		Τετράφυλλη ξύλινη εξώθυρα συρόμενη με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.
		Δίφυλλο ξύλινο παράθυρο ανοιγόμενο με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.
		Μονόφυλλο ξύλινο παράθυρο ανοιγόμενο με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.
		Μονόφυλλη ξύλινη εξώθυρα

	<p>Ξύλινο παράθυρο ανακλιμένο με διπλό υαλοπίνακα χωρίς εξωτερικό προστατευτικό στοιχείο.</p>
	<p>Μονόφυλλη ξύλινη εξώθυρα ανοιγόμενη με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.</p>
	<p>Δίφυλλη ξύλινη εξώθυρα συρόμενη με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.</p>
	<p>Δίφυλλη ξύλινη εξώθυρα ανοιγόμενη με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.</p>
	<p>Σταθερό ξύλινο παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα με κινητή μόνωση στο διάκενο.</p>
	<p>Δίφυλλη ξύλινη εξώθυρα ανοιγόμενη με διπλό υαλοπίνακα και μόνωση στο διάκενο.</p>
	<p>Σταθερό ξύλινο παράθυρο με διπλό υαλοπίνακα με κινητή μόνωση στο διάκενο.</p>



Εσωτερικά κουφώματα		Μονόφυλλη ξύλινη θύρα
		Τετράφυλλο ξύλινο παράθυρο συρόμενο με διπλό υαλοπίνακα και συνθετικά εξωτερικά προστατευτικά ρολά.

**Πίνακας 1.5:** Τύποι κουφωμάτων που εμφανίζονται τόσο στο κέλυφος, όσο και στο εσωτερικό των κατοικιών. Δίνεται η σχηματική τους παράσταση (και των εξωτερικών προστατευτικών στοιχείων, όπου αυτά υπάρχουν) σε αναλογική κλίμακα και η περιγραφή τους.

#### **2.1. Δόμηση και οικολογία**

Ο προσδιορισμός συνοπτικά του συγκεκριμένου όρου (οικολογική δόμηση) και η ξεκάθαρη αποσαφήνιση των αρχών που πρέπει να διέπουν τα κτίρια έτσι ώστε να είναι οικολογικά αποτελούν δύσκολο και πολυσύνθετο εγχείρημα. Προϋπόθεση για να μελετηθούν κριτήρια οικολογικής θεώρησης είναι η κοινωνική ωρίμανση και η οικονομική άνεση, η οποία θα δώσει την πολυτέλεια της ανάπτυξης και εφαρμογής οικολογικών κριτηρίων. Πόσο πολυτέλεια μπορεί να είναι όμως μία τέτοια λύση;

Η έννοια της οικολογικής δόμησης περιέχει την διαλεκτική σχέση παραγόντων, οι οποίοι προσδιορίζουν και ταυτόχρονα προσδιορίζονται από την αλληλεπίδραση των παρακάτω επιπέδων:

- δομημένο περιβάλλον. Η συγκέντρωση κτιρίων με επιφάνειες που λειτουργούν ως θερμοσυσσωρευτές και που με τον όγκο τους εμποδίζουν την κυκλοφορία του αέρα προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και συγκέντρωση των αερίων ρύπων που με τη σειρά τους μειώνουν την ένταση του ηλιακού φωτός. Οι μεταβολές αυτές αυξάνουν τις ανάγκες κλιματισμού και τεχνητού φωτισμού, επηρεάζουν αρνητικά την υγεία και επιδεινώνουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων των πόλεων
- κτίρια. Ο σχεδιασμός τους επηρεάζει καθοριστικά το ενεργειακό τους ισοζύγιο και την ποιότητα του εσωτερικού χώρου μέσω των ανταλλαγών με το εξωτερικό περιβάλλον
- υλικά. Τα δομικά υλικά δεν είναι περιβαλλοντικά ουδέτερα. Οι θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες παίζουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου αλλά και του περιβάλλοντος χώρου, ενώ η τοξικολογική τους δράση επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα.

Ταυτόχρονα, η έννοια της οικολογικής δόμησης ενέχει κυρίως το στοιχείο του ανθρώπου και επομένως του οικονομικού, πολιτικού, κοινωνικού, πολιτιστικού και τεχνολογικού επιπέδου κάθε κοινωνίας αλλά και το στοιχείο του φυσικού περιβάλλοντος και της προσπάθειας ένταξης των κατασκευών σε αυτό με τις λιγότερες δυνατές επιπτώσεις.

Τα κτίρια αποτελούσαν και συνεχίζουν να αποτελούν ένα μέσο προστασίας του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του από τις εναλλαγές και τις επιθέσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το κτίριο λοιπόν είναι μια δράση του ανθρώπου που τον προστατεύει από το εξωτερικό περιβάλλον, όμως, ως δράση του ανθρώπου, επιδρά και αυτό με τη σειρά του στο περιβάλλον. Μπορεί να προκύπτει ως απόβλητο μετά τη χρήση του, ή μπορεί ακόμα και κατά τη φάση της λειτουργίας του να επιδρά αρνητικά στον περιβάλλοντα χώρο του. Για το λόγο αυτό αναπτύσσονται διάφορα κριτήρια που καθορίζουν την οικολογική συμπεριφορά του κτιρίου, η οποία ορίζεται ως *«η βελτιστοποίηση των θετικών δράσεων και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών που μπορεί να έχει ένα κτίριο έναντι του ανθρώπου και του φυσικού οικοσυστήματος»*.

Τα κτίρια, στα οποία κατοικούν και εργάζονται οι άνθρωποι χαρακτηρίζονται πολλές φορές ως το "τρίτο δέρμα". Υπό την έννοια αυτή, η επιβίωση του ανθρώπου και η προστασία του από τις καιρικές συνθήκες απαιτεί την ύπαρξη τριών τύπων "δερμάτων". Το πρώτο είναι το πραγματικό δέρμα, το δεύτερο ο ρουχισμός και το τρίτο το κτίριο εντός του οποίου ο άνθρωπος κατοικεί ή δραστηριοποιείται. Επομένως, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε τόπο η επιβίωση και η ευημερία του ανθρώπου εξαρτάται από το βαθμό που αυτός και οι δραστηριότητές του διασφαλίζονται έναντι των κλιματικών φαινομένων με χρήση και των τριών "δερμάτων" ή με σταδιακή μείωση της χρήσης αυτών (σε ψυχρά κλίματα είναι απαραίτητος ο συνδυασμός ρουχισμού και καλά μονωμένου δομημένου περιβάλλοντος ενώ σε θερμά κλίματα ο ρουχισμός μειώνεται και επιπλέον μπορεί το δομημένο περιβάλλον να μην είναι πάντοτε απαραίτητο). Εφόσον επομένως ο άνθρωπος φροντίζει για την περιποίηση του δέρματός του και τη σωστή επιλογή των κατάλληλων κάθε φορά ρούχων, θα πρέπει αντίστοιχα να μεριμνά και για τη βέλτιστη δυνατή συμπεριφορά των κτιρίων τόσο σε επίπεδο λειτουργίας όσο και κατασκευής [3].

Η οικολογική δόμηση, με βάση όσα αναλύθηκαν παραπάνω προκύπτει με δράσεις τόσο σε επίπεδο πολεοδομικού ιστού, όσο και σε επίπεδο κτιρίων και επιμέρους στοιχείων αυτών. Η δράση αποσκοπεί ταυτόχρονα στη διασφάλιση άνετης και υγιεινής διαβίωσης των ανθρώπων εντός των κατασκευών και ελαχιστοποίησης των επιβαρυντικών επιπτώσεων των τελευταίων στο περιβάλλον που πρόκειται να ενταχθούν. Βέβαια, η βιοκλιματική

συμπεριφορά και ο αντίστοιχος σχεδιασμός των κατασκευών αποτελεί βασική παράμετρο προσδιορισμού της ποιότητας στην οικοδομική σύνθεση και επομένως συμβάλλει στην αποτίμηση της οικολογικής συμπεριφοράς των κτιρίων. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και η λειτουργία των συστημάτων αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που θα ενσωματωθούν στα κτίρια μελέτης περιγράφηκαν εκτενώς στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στις ενότητες που ακολουθούν θα περιγραφούν παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό οικολογικής συμπεριφοράς μιας κατασκευής, εστιάζοντας κατά κύριο λόγο στα επιμέρους υλικά από τα οποία αυτές συντίθενται.

### 2.1.1. Η σχέση του δομημένου περιβάλλοντος με το οικοσύστημα

Η βιόσφαιρα είναι το πλανητικό οικοσύστημα με σημαντική πολυπλοκότητα ως προς τη δομή και τη λειτουργία του αφού παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία τόσο ως προς το χημικό υπόβαθρο όσο και ως προς το βιολογικό περιεχόμενο. Είναι ένα σύστημα που διακρίνεται για αξιόλογη αντοχή στις διαταραχές και σταθερότητα, την οποία κανένα βιολογικό είδος δεν κλόνισε στη διάρκεια των γεωλογικών αιώνων, μέχρι την εμφάνιση του ανθρώπου [7].

Με βάση τη Γενική Θεωρία Συστημάτων, ένας ικανοποιητικός ορισμός του συστήματος περιγράφει αυτό ως ένα «πεπερασμένο σύνολο αλληλεπιδρώντων μερών, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως μια ενότητα». Ένα σύστημα μπορεί να είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος, το οποίο μπορεί να περιέχει ανεξάρτητα υποσυστήματα. Έτσι, το δομημένο περιβάλλον μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα σύνθετο υποσύστημα της βιόσφαιρας. Τα συστήματα αυτά είναι αλληλοεξαρτώμενα καθώς παράγοντες του φυσικού οικοσυστήματος αλληλεπιδρούν με το δομημένο περιβάλλον.

Για να περιγραφεί η κατάσταση, η ισορροπία και η τάξη ενός συστήματος εφαρμόζονται οι αρχές της θερμοδυναμικής όσον αφορά στα ζητήματα ροής ενέργειας και μετατροπής της ύλης. Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, « η ενέργεια που προστίθεται ή αφαιρείται από ένα σύστημα οδηγεί τόσο στη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας όσο και στην εκτέλεση κάποιου έργου». Άρα, ο άνθρωπος δε μπορεί ούτε να δημιουργήσει ούτε να καταστρέψει την ύλη ή την ενέργεια. Επίσης, η ενέργεια δε μπορεί παρά μόνο να αλλάξει μορφή (κινητική, δυναμική, ηλεκτρική, θερμική). Σύμφωνα με το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής, «σε κάθε μετατροπή ενέργειας η "ποιότητά" της μειώνεται». Για παράδειγμα, η ενέργεια υψηλής τάξης υπό τη μορφή ηλεκτρισμού που χρησιμεύει στον φωτισμό ενός κτιρίου, υποβαθμίζεται σε θερμική. Το μέτρο της μη αναλώσιμης ενέργειας που παράγεται κάθε φορά σε ένα σύστημα ονομάζεται εντροπία.

Το υποσύστημα δομημένο περιβάλλον απορροφά ενέργεια υψηλής τάξης (χημική ενέργεια των καυσίμων) την οποία μετατρέπει σε έργο (αύξηση εσωτερικής ενέργειας-κατασκευή) και αποβάλλει χαμηλότερης τάξης θερμική ενέργεια και απόβλητα. Το μέρος της άχρηστης θερμικής ενέργειας και των αποβλήτων που παράγονται από το υποσύστημα δομημένο περιβάλλον απορροφάται από τη βιόσφαιρα και αυξάνει με τον τρόπο αυτό την εντροπία της μειώνοντας κατά συνέπεια την αναλώσιμη εσωτερική ενέργειά της εφόσον έχουν σπαταληθεί φυσικοί πόροι και έχουν εντατικά παραχθεί διάφοροι ρύποι και απόβλητα.

Στην ενότητα που ακολουθεί αναφέρεται η περιβαλλοντική επίπτωση του κύκλου ζωής των οικοδομικών υλικών και κατ' επέκταση των κτιρίων, στην κατασκευή των οποίων τα υλικά αυτά συμμετέχουν.

### 2.1.2. Φύση και προέλευση των οικοδομικών υλικών

Η χρήση των οικοδομικών υλικών συνδέεται άμεσα με την ιστορική εξέλιξη των οικοδομημάτων και τη βιωματική εμπειρία των τεχνιτών. Στη παραδοσιακή αρχιτεκτονική χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο τοπικά φυσικά υλικά: πλίνθοι, άμμος, ασβέστης, υλικά από εδάφη που έχουν καεί, πετρώματα και λίθοι, δομική ξυλεία. Ο τρόπος χρήσης των υλικών αυτών προέρχονταν από τη γνώση που παρείχε η εμπειρία.

Η γνώση των υλικών και των φυσικών τους ιδιοτήτων είναι και σήμερα αναγκαία γιατί υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία υλικών, τα οποία όμως δεν είναι όλα κατάλληλα για την οικοδομική. Όλα εξαρτώνται από την μορφή που τα γεννά η φύση, από το είδος και τον τρόπο της μίξης των στοιχείων τους, αλλά και από τα επιμέρους χαρακτηριστικά των στοιχείων αυτών.

Οι πρώτες ύλες όλων των οικοδομικών υλικών προέρχονται από φυσικούς πόρους φυτικής και ζωικής προέλευσης και από φυσικούς πόρους εδάφους και υπεδάφους. Οι φυτικής και ζωικής προέλευσης προέρχονται από τη βιόσφαιρα και είναι το ξύλο, ο φελλός, οι φυτικές ίνες και οι φυτικές ρητίνες. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα εισέβαλαν στην αγορά οι συνθετικές ρητίνες και τα πολυμερή. Οι πρώτες ύλες και τα οικοδομικά υλικά που προέρχονται από τη βιόσφαιρα έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς είναι ανανεώσιμα και αποικοδομήσιμα υλικά, δηλαδή αναπαράγονται διαρκώς μέσα στον κύκλο αναπαραγωγής της πανίδας και χλωρίδας, ενώ τα απορρίμματά τους συμπεριλαμβάνονται στις ποσότητες της βιομάζας της γης εφόσον δεν έχουν, στο μεταξύ, αναμιχθεί με άλλα ξένα υλικά.

Οι φυσικοί πόροι εδάφους και υπεδάφους είναι τα συστατικά του φλοιού και του σώματος της γης που αποτελούνται από στοιχεία ή ενόργανες ενώσεις, δηλαδή τα

πετρώματα και τα μεταλλεύματα. Οι ποσότητες αυτών δεν είναι απεριόριστες και με την εντατική εκμετάλλευσή τους υπάρχει πλέον σοβαρός κίνδυνος εξάντλησης των αποθεμάτων αυτών. Στο πλαίσιο αυτό λαμβάνονται μέτρα για τον περιορισμό της χρήσης τους, την αντικατάστασή τους από ανανεώσιμες πηγές, την πλήρη αξιοποίηση των ιδιοτήτων τους με επιμήκυνση του χρόνου χρήσης, με ανακύκλωση και με επανάχρηση.

Έχει διαπιστωθεί ότι μια σειρά συνθετικών κατά βάση οικοδομικών υλικών περιέχουν και εκλύουν στην ατμόσφαιρα ρυπογόνες, τοξικές και οικοτοξικές ουσίες που είναι υπεύθυνες για πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα, και επιδρούν ιδιαίτερα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα των κτιρίων. Αυτή η διαπίστωση επέφερε μια σαφή στροφή προς τη χρήση οικοδομικών υλικών που προέρχονται από τη βιόσφαιρα, όπως οι φυσικοί πόροι φυτικής και ζωικής προέλευσης, που χαρακτηρίζονται ως υλικά φιλικά στο περιβάλλον ή οικολογικά οικοδομικά υλικά. Τέτοια είναι τα αργιλικά και τα ασβεστολιθικά πετρώματα, τα πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στις κτιριακές κατασκευές.

Τα οικοδομικά υλικά εδάφους και υπεδάφους που προέρχονται από τα πετρώματα αποτελούν τη κύρια μάζα των υλικών των κτιρίων. Είναι οι λίθοι, τα αδρανή υλικά και οι κονίες. Από υλικά των πετρωμάτων παράγεται και μια σειρά μονωτικών υλικών ευρείας χρήσης. Στην αγορά κυκλοφορούν και τεχνητά οικοδομικά υλικά πετρωμάτων, όπως τεχνητές κονίες, κεραμίδια και πλίνθοι, γυαλί και μονώσεις ορυκτών ινών. Ο ασβέστης και το τσιμέντο ανήκουν στην κατηγορία των τεχνητών κονιών. Τα οικοδομικά υλικά έχουν διαφορετικές ιδιότητες ανάλογα τη φυσικοχημική τους σύσταση, τη μοριακή τους δομή, τις τεχνολογίες επεξεργασίας τους και την επίδραση τους στο περιβάλλον. Τα οικοδομικά υλικά των μεταλλευμάτων, όπως ο χρυσός, ο λευκόχρυσος, ο άργιλος και ο χαλκός βρίσκονται στη φύση σε καθαρή κατάσταση. Τα περισσότερα όμως βρίσκονται ενωμένα με άλλες ουσίες με τη μορφή οξειδίων των μετάλλων ανθρακικών, ή θειούχων αλάτων, κλπ.

Από τη διαχείριση των οικοδομικών υλικών εδάφους και υπεδάφους αλλά και από την αλόγιστη χρήση τους προέρχονται σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Άλλες επιπτώσεις προέρχονται από τη σκόνη, υποπροϊόν της οικοδομικής δραστηριότητας και από τη ραδιενέργεια που περιέχεται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό στα ορυκτά οικοδομικά υλικά. Μεγαλύτερη σημασία παίζει το ραδόνιο που εκπέμπεται από τη διάσπαση των πυρήνων ραδίου στα οικοδομικά υλικά και στο έδαφος, κυρίως γιατί είναι ραδιενεργό αέριο που συγκεντρώνεται κατά κύριο λόγο, στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Η εκπομπή ραδονίου από το έδαφος παρ' όλα αυτά, είναι πολύ πιο σημαντική και επικίνδυνη από αυτή των οικοδομικών υλικών.

Τα οικοδομικά υλικά οργανογενών υλικών προέρχονται από ενώσεις από την αποσύνθεση ζώων ή φυτών στο εσωτερικό της γης όπως οι γαιάνθρακες, η άσφαλτος, το

πετρέλαιο κ.α. Η σημασία αυτών των υλικών είναι καθοριστική γιατί αποτελούν, σχεδόν, την αποκλειστική πηγή ενέργειας για θέρμανση, δροσισμό, αλλά και την κύρια πηγή πρώτων υλών της σύγχρονης χημικής βιομηχανίας, της βιομηχανίας των πετροχημικών. Η καύση αυτών των προϊόντων παράγει μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub> το οποίο συσσωρεύεται στην ατμόσφαιρα με τις γνωστές συνέπειες.

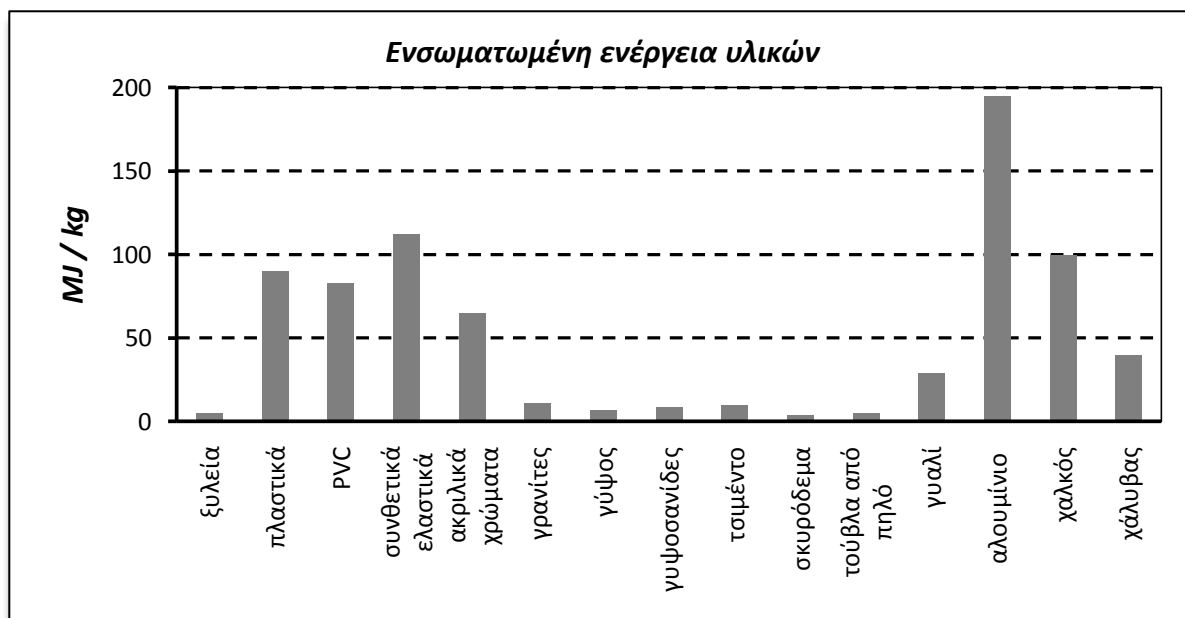
Παράλληλα, αποκαλύπτεται ότι η χημική ρύπανση που προέρχεται από τη σύγχρονη χημική βιομηχανία και τα προϊόντα της πλήττει άμεσα τη χημική ισορροπία του πλανήτη. Τα συνθετικά οικοδομικά υλικά, τα πολυμερή και οι χημικές ενώσεις παράγονται από τη σύνθεση οργανικών ουσιών με βιομηχανικές μεθόδους, περιέχουν συστατικά που πολυμερίζονται, έχουν μεγάλο μοριακό βάρος και πολύτιμες ιδιότητες χρήσης. Εξαιτίας των εξαιρετικών ιδιοτήτων αυτών των προϊόντων υποτιμήθηκε η επίδραση τους στο περιβάλλον.

### 2.1.3. Η ενσωματωμένη ενέργεια

Ενσωματωμένη ενέργεια είναι η ενέργεια που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ένα προϊόν. Έτσι, η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή, τη δημιουργία και τη μεταφορά ενός προϊόντος που παρασκευάζεται αφορούν στην ενσωματωμένη ενέργειά του και η μελέτη αυτής είναι καθοριστικής σημασίας καθώς υλικά με μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια προκαλούν γενικά κατά τη διαδικασία της παραγωγής μεγάλες εκπομπές CO<sub>2</sub> και θερμική ρύπανση.

Προκειμένου να καθοριστεί με ακρίβεια η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα στάδια κατά τα οποία καταναλώθηκε ενέργεια όπως επίσης και να προσδιοριστεί ο τρόπος υπολογισμού αυτής (ως αποδιδόμενη ή πρωτογενής). Η τιμή θα προσδιοριστεί με ακρίβεια μόνο αν ληφθεί υπόψη η ενέργεια που καταναλώθηκε κατά την εξόρυξη των ακατέργαστων υλικών και τη μεταφορά τους στις μονάδες επεξεργασίας καθώς επίσης και η ενέργεια που καταναλώθηκε μετέπειτα στις μονάδες για την επεξεργασία των υλικών, τη μεταφορά του τελικού προϊόντος στην οικοδομή και την εγκατάσταση αυτού στο κτίριο.

Σε μια κατασκευή χρησιμοποιούνται πολλά και διαφορετικά υλικά, με διαφορετικό ποσοστό συμμετοχής το καθένα. Σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής κάθε υλικού προκύπτει τελικά και η συνολική ενσωματωμένη ενέργεια των υλικών του κτιρίου.



**Διάγραμμα 2.1:** Ενσωματωμένη ενέργεια τυπικών δομικών υλικών  
(πηγή: [7])

### 2.1.3.1. Επεξεργασία και ενσωματωμένη ενέργεια

Η ενσωματωμένη ενέργεια ενός υλικού εξαρτάται κυρίως από την εξεργασία που δέχεται. Για το λόγο αυτό διαφορετική είναι η ενσωματωμένη ενέργεια που περιέχεται σε διαφορετικές μορφές του ίδιου υλικού. Όσο περισσότερα είναι τα στάδια επεξεργασίας ενός υλικού ή του συνόλου των συστατικών του, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η τιμή της ενσωματωμένης ενέργειας και τόσο περισσότερα τα απορρίμματα που θα παραχθούν. Ακόμη και ένα υλικό που δεν επιβαρύνει περιβαλλοντικά με τη συλλογή των πρώτων υλών του μέσα από τη φύση μπορεί να προκαλέσει ζημιά μέσω της παραγωγικής του διαδικασίας (επεξεργασία, μεταφορά). Θα πρέπει επομένως να προτιμώνται υλικά και συστατικά που βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στη φυσική τους κατάσταση, όπως ξύλινα υλικά, οργανικές βαφές ή βαφές υδατικής βάσης κλπ.

### 2.1.3.2. Μεταφορά και ενσωματωμένη ενέργεια

Η μεταφορά ενός υλικού από τη θέση παραγωγής στη θέση εφαρμογής είναι επίσης ένα κριτήριο που επηρεάζει την οικολογική θέση του υλικού. Όσο πιο μακριά πρέπει αυτό να ταξιδέψει, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται κατά τη μεταφορά του. Η ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά ενός υλικού αυξάνεται και ανάλογα με το βάρος αυτού. Άρα, η επιλογή υλικών τα οποία παράγονται κοντά στον τόπο της κατασκευής συμβάλλει στη μείωση του ποσού των καυσίμων (και της ενέργειας) που θα απαιτηθούν για τη μεταφορά τους.



### 2.1.3.3. Χρόνος και ενσωματωμένη ενέργεια

Όταν υπολογίζεται η ενσωματωμένη ενέργεια ενός κτιρίου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του, οι απαιτήσεις συντήρησης των διάφορων στοιχείων του και η κατάσταση στην οποία θα βρίσκεται στη λήξη της διάρκειας ζωής του. Μια τέτοια προσέγγιση από την έναρξη δόμησης ως το τέλος της διάρκειας ζωής του κτιρίου αποκαλείται ανάλυση του κύκλου ζωής και χρησιμοποιείται σαν μέσο εκτίμησης του συνολικού αντίκτυπου οποιουδήποτε κτιρίου καθώς δείχνει πόσο σημαντική είναι η διάρκεια ζωής του. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ζωής ενός κτιρίου τόσο μικρότερος είναι και ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος λόγω της ενσωματωμένης ενέργειας των υλικών που το απαρτίζουν.

Ο κύκλος ζωής ενός οικοδομικού υλικού περιέχει τα εξής στάδια [11]:

- συλλογή-εξόρυξη
- βιομηχανική παραγωγή-επεξεργασία
- κατασκευή
- χρήση της κατασκευής
- κατεδάφιση
- επανάχρηση, ανακύκλωση, βιοδιάσπαση

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για τα περισσότερα υλικά το μεγαλύτερο μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων βρίσκεται μεταξύ των δύο πρώτων σταδίων. Καθώς όμως το πρόβλημα των αποβλήτων μεγαλώνει αυξάνονται αντίστοιχα και οι επιπτώσεις της κατεδάφισης και της αποβολής τους. Σε όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος, από την εξόρυξή του, τη διαδικασία παραγωγής του, μέχρι και τη χρήση του, παράγονται απόβλητα. Με την ολοκλήρωση της χρήσιμης διάρκειας ζωής του, το ίδιο το κτίριο, κατατάσσεται στην κατηγορία των αποβλήτων. Είναι προφανές, ότι η περιβαλλοντική επίπτωση των υλικών με μικρό χρόνο ζωής είναι πολύ μεγαλύτερη από τα αντίστοιχα με μεγάλη διάρκεια, όπως συμβαίνει άλλωστε και με τα κτίρια, τα οποία αυτά τα υλικά συνθέτουν.

### 2.1.4. Παραδοσιακή δόμηση και οικολογία

Συχνά η χρήση παραδοσιακών υλικών που χρησιμοποιούνταν στις κατασκευές την προβιομηχανική εποχή προωθείται ως οικολογική επιλογή. Το κριτήριο του παραδοσιακού υλικού μολονότι δεν είναι πάντα αξιόπιστο είναι ως ένα βαθμό αιτιολογημένο και μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα αλλά όχι μοναδικό κριτήριο οικολογικής επιλογής.

Οι παραδοσιακές κατασκευές περιέχουν την εμπειρία γενεών μαστόρων, οι οποίοι έχουν μελετήσει και τις πρώτες ύλες (ευκολία συλλογής, μικρή ενσωματωμένη ενέργεια)

αλλά και το τοπικό κλίμα (βιοκλιματική συμπεριφορά). Έτσι, παρατηρώντας τις παραδοσιακές κατασκευές έχουμε κατά κανόνα έτοιμες μελέτες που αναφέρονται ταυτόχρονα στην θερμική συμπεριφορά του κτιρίου και στην οικολογική συμπεριφορά των υλικών του.

Η σπατάλη ενέργειας άρχισε να πραγματοποιείται από τότε που η ενέργεια άρχισε να βρίσκεται σε αφθονία δηλαδή, μόλις τα τελευταία 50 χρόνια. Ο παραδοσιακός μάστορας, δεν είχε την πολυτέλεια της σπατάλης ενέργειας. Γι αυτό το λόγο οι κατασκευαστικές του λύσεις, ήταν απλές στην σύλληψη και οικολογικές. Εξάλλου τα παραδοσιακά υλικά δεν περιείχαν τοξικές ουσίες, αφού προέρχονταν από την φύση χωρίς σημαντική περαιτέρω επεξεργασία.

Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι σε μια παραδοσιακή κατοικία που ερειπώνεται, δεν μένει τίποτα το ενοχλητικό στο οικόπεδο να τη θυμίζει εκτός από μερικούς λαξευμένους λίθους. Οι λίθοι αυτοί είναι εύκολο να επαναχρησιμοποιηθούν στην ανακατασκευή ενός ισομεγέθους κτιρίου στον χώρο της παλαιάς οικοδομής. Μικρού όγκου κατασκευές με φέρουσα τοιχοποιία, οι οποίες ανακυκλώνουν φυσικούς λίθους παλαιών κατασκευών, είναι οικονομικότερο και απλούστερο να κατασκευαστούν από κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ο αριθμός των παραδοσιακών υλικών είναι περιορισμένος και παραμένει σταθερός. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται επί μακρά χρονικά διαστήματα, ώστε οι τυχόν αρνητικές τους επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία πρέπει κατά τεκμήριο να είναι ήδη γνωστές. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- δεν περιλαμβάνουν νέα σύνθετα υλικά που δεν είναι δοκιμασμένα στο χρόνο,
- έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και επιτρέπουν την εξοικονόμηση φυσικών πόρων,
- προέρχονται από φυσικούς πόρους που βρίσκονται σε αφθονία,
- οι εισροές ενέργειας κατά την κατεργασία τους είναι γενικά χαμηλές καθότι δεν υπήρχε ούτε η τεχνογνωσία ούτε η τεχνολογία των σύγχρονων μεθόδων σπατάλης ενέργειας,
- βρίσκονται κοντά στον τόπο κατασκευής μειώνοντας έτσι την ενσωματωμένη ενέργεια για μεταφορά
- είναι σε μεγάλο βαθμό αποικοδομήσιμα ή μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε νέες κατασκευές.

Η πύκνωση των κοινωνικών διεργασιών, οι οικονομικές παράμετροι που επικρατούν, η τεχνογνωσία που έχει χαθεί, η ευκολία και η ταχύτητα των σύγχρονων κατασκευών δεν ενισχύουν τέτοιου τύπου λύσεις. Για τον λόγο αυτό όταν ένας μηχανικός σήμερα επιλέγει να στοχεύσει στην οικολογική συμπεριφορά ενός κτιρίου, συνήθως προσπαθεί να ελέγξει

κυρίως την θερμική συμπεριφορά του κελύφους του κτιρίου και τη δημιουργία θερμικής άνεσης με χρήση των φυσικών πόρων του συστήματος και κυρίως του ήλιου. Από την άλλη πλευρά, θα πρέπει να επισημανθεί πως το κριτήριο του παραδοσιακού υλικού δεν πρέπει να αξιοποιείται πάντα ως πειστήριο ενός οικολογικού υλικού. Αρκεί να αναφερθούν τα μεταβιομηχανικά παραδείγματα των "παραδοσιακών" σωλήνων νερού από μόλυβδο και των "παραδοσιακών" χρωμάτων που περιέχουν βαρέα μέταλλα. Τα παραπάνω συνιστούν πλέον κίνδυνο για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον.

#### 2.1.5. Επιπτώσεις του σύγχρονου τρόπου δόμησης στο περιβάλλον

Η έντονη παραγωγή ενέργειας τους τελευταίους αιώνες έχει διαταράξει την ισορροπία ανάμεσα στην ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο και σε αυτή που εκπέμπει στο διάστημα. Η εκτεταμένη παραγωγή ενέργειας προκαλεί θερμική ρύπανση καθώς κατά τη διάρκεια παραγωγής έργου υπάρχουν πολλές ενεργειακές απώλειες, κυρίως λόγω τριβών.

Η ένταση της παραγωγής αλλά και η χρήση ορυκτών καυσίμων για την κατασκευή και τη λειτουργία των κτιρίων αλλά και για την επεξεργασία των αποβλήτων όταν λήξει ο χρόνος ζωής τους συντελεί στην αύξηση του ποσοστού CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας έχει ενταθεί. Πάνω από το 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ευρώπη χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση των κτιρίων, ενώ τα καύσιμα για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας (θερμικής και ηλεκτρικής) ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος (50%) των εκπομπών αερίων που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα [12].

Μάλιστα, η ενέργεια ορυκτών καυσίμων που «περιέχεται» στα οικοδομικά υλικά και απαιτείται κατά τη διαδικασία ανέγερσης και κατεδάφισης ενός σύγχρονου κτιρίου ισοδυναμεί με την ενέργεια που καταναλώνεται για τη θέρμανση και το δροσισμό του επί 7 έως 8 χρόνια, ή αλλιώς αποτελεί το 1/11 περίπου της ενέργειας θέρμανσης και δροσισμού του για όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου [13].

Η συλλογή πρώτων υλών κατ' ευθείαν από την φύση προκαλεί, εν γένει, περιβαλλοντικά προβλήματα. Είναι γνωστή η πρόκληση της οικολογικής ανισορροπίας λόγω της εντατικής υλοτόμησης των δασών. Μεγάλο πρόβλημα που προκύπτει στην παραγωγή των υλικών είναι και η σπατάλη της πρώτης ύλης. Ανάλογα με τη διαδικασία παραγωγής του κάθε υλικού υπάρχουν και ορισμένες διαδικασίες οι οποίες σπαταλούν μεγάλο μέρος των πρώτων υλών που εξορύσσονται. Η χρήση πρώτων υλών από ανακυκλούμενα υλικά μειώνει σαφώς το ποσό των υλών που απαιτεί ο άνθρωπος από τη φύση για να τα δημιουργήσει. Μέχρι σήμερα υπήρχε η γενική θεώρηση ότι χρειαζόταν λιγότερη ενέργεια για να παραχθεί

ένα υλικό μέσω της ανακύκλωσης από ότι να συλλεχθεί μέσω της φύσης. Αυτό πλέον έχει γίνει κατανοητό ότι δεν ισχύει πάντα και η ανακύκλωση είναι ωφέλιμη κυρίως για υλικά που έχουν την ικανότητα να ανακυκλώνονται, έχουν μεγάλη ενσωματωμένη ενέργεια παραγωγής και μικρή ενσωματωμένη ενέργεια ανακύκλωσης.

Η πυκνή δόμηση, η ρύπανση από την εκτεταμένη χρήση ορυκτών καυσίμων και η χρήση υλικών μη φιλικών προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις και στο μικροκλίμα σε επίπεδο πόλης ή γειτονιάς. Τα φαινόμενα της θερμικής νησίδας και της αστικής χαράδρας αποτελούν τα χαρακτηριστικότερα προβλήματα μεταβολής του μικροκλίματος εξαιτίας του σύγχρονου τρόπου δόμησης.

Η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα σε πυκνά δομημένες αστικές περιοχές είναι συνήθως υψηλότερη από την αντίστοιχη θερμοκρασία των περιαστικών περιοχών. Μελέτες για το κλίμα αστικών περιοχών εδώ και χρόνια επικεντρώνονται στη σπουδαιότητα αυτών των θερμοκρασιακών διαφορών, οι οποίες περιγράφονται γενικά ως το φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας (Urban Heat Island effect). Η ανάπτυξη της αστικής δόμησης έχει συνήθως ως αποτέλεσμα τη δραματική αλλαγή της γήινης επιφάνειας καθώς συνοδεύεται από αποψιλώσεις και αντικαταστάσεις της φυσικής βλάστησης με υλικά που δε βοηθούν στην αναπνοή και στην εξάτμιση του περιεχόμενου στην ατμόσφαιρα αλλά και στο έδαφος νερού (πέτρα, σκυρόδεμα, μέταλλο κλπ). Στις αστικές περιοχές όπου η μεταβολή της επιφάνειας έχει επέλθει με την απομάκρυνση της βλάστησης και την πυκνότητα του δομημένου ιστού παρατηρείται μείωση της εξατμισοδιαπνοής (αποβολή θερμότητας και άρα μείωση της θερμοκρασίας) λόγω έλλειψης βλάστησης και επαρκούς αερισμού με αποτέλεσμα να αυξάνεται κατά πολύ η αισθητή θερμότητα. Στις περιοχές αυτές παρατηρείται μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς επίσης και αύξηση της θερμοχωρητικότητας και της αγωγιμότητας των υλικών. Οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών που τις περιβάλλουν είναι συνήθως μικρής κλίμακας αλλά αυξάνεται κατά πολύ όταν οι αστικές, μετεωρολογικές και γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής ευνοούν την ανάπτυξη του φαινομένου θερμικής αστικής νησίδας. Το φαινόμενο αυτό δεν περιορίζεται μόνο στις μητροπόλεις αλλά και σε μικρές πόλεις 10.000 κατοίκων [14].

Ο επιστημονικός όρος αστική χαράδρα έχει προέλθει από την ομοιότητα που έχουν τα πλευρικά τοιχώματα μιας φυσικής χαράδρας με τις κατακόρυφες όψεις των κτιρίων που περιβάλλουν έναν αστικό δρόμο. Το φαινόμενο εξαρτάται από τη γεωμετρία της "χαράδρας", τα χαρακτηριστικά του ανέμου και το θερμοκρασιακό πεδίο μέσα στο δρόμο, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις χαμηλής ταχύτητας ανέμου. Στις αστικές χαράδρες, εκτός από κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου παρατηρείται και

αυξημένη συγκέντρωση ρύπων όπως τα μικροσωματίδια και τα νανοσωματίδια, τα οποία παγιδεύονται και μειώνεται η διάχυσή τους λόγω της μειωμένης ροής αέρα [15].

#### 2.1.6. Διαχείριση της υγείας στο δομημένο περιβάλλον

Η εξάπλωση του γνωστού ως «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου» και η διαπίστωση της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην παρουσία υλικών πιθανώς βλαβερών για την υγεία του ανθρώπου στους χώρους κατοικίας και στην εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων στους εργαζομένους (πχ η κατασκευές από αμίαντο) αποτελούν πηγή έντονου προβληματισμού για μια κατασκευαστική τεχνολογία η οποία έσκυψε περισσότερο στα ζητήματα της παραγωγής ξεχνώντας τον τελικό σκοπό των εργασιών της: την ανθρώπινη άνεση [5].

Από το πλήθος των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και την καθημερινή λειτουργία ενός κτιρίου πολλά έχουν διαπιστωθεί πως προκαλούν βλάβες στην υγεία των χρηστών (πχ αμίαντος) και άλλα ότι συντείνουν μαζί με άλλους παράγοντες στην εκδήλωση παθολογικών φαινομένων (αλλεργικές εκδηλώσεις, πονοκέφαλοι, δυσχέρεια συγκέντρωσης κλπ). Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην εσωτερική τους σύνθεση, είτε στις διαδικασίες παραγωγής που υφίστανται ως ότου να αποκτήσουν την επιθυμητή μορφή, είτε στην τελική τους επεξεργασία (φινιρίσματα). Επομένως, η επιλογή των υλικών για την κατασκευή ενός κτιρίου θα πρέπει εκτός από τη μελέτη των τεχνικών ιδιοτήτων τους να περιλαμβάνει και την εξέταση της "φυσικότητας" αυτών και των επιδράσεων που μπορούν ενδεχομένως να έχουν στους μελλοντικούς χρήστες. Στη συνέχεια θα περιγραφούν συνοπτικά οι κύριες επιπτώσεις της χρήσης υλικών μη φιλικών προς τον άνθρωπο και της ρυπασμένης, κατ' επέκταση, ατμόσφαιρας στο εσωτερικό των κτιρίων.

##### 2.1.6.1. Το σύνδρομο του «άρρωστου κτιρίου»

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ένας κάτοικος μιας μεγάλης πόλης (όπως πχ η Αθήνα ή η Θεσσαλονίκη) περνά τις περισσότερες ώρες της ημέρας του στο σπίτι, το χώρο εργασίας ή σε κάποιο μέσο μεταφοράς καταδεικνύεται η σημασία του κλίματος των εσωτερικών χώρων για την επιβίωση και τη διατήρηση της υγείας των ανθρώπων. Όσον αφορά στους πιο διαδεδομένους τύπους ασθενειών που σχετίζονται με την παραμονή των ανθρώπων στα κτίρια υπάρχουν τρεις μεγάλες κατηγορίες [5]:



(πηγή: [16])

- μολυσματικές ασθένειες. Πρόκειται για ενοχλήσεις που οφείλονται στην κακή λειτουργία του κλιματισμού, η οποία μπορεί να ευνοήσει τον πολλαπλασιασμό των βακτηριδίων στους πύργους ψύξης του αέρα. Υπάρχουν επίσης ασθένειες που οφείλονται σε μύκητες ή σε ιούς, οι οποίες μπορούν να μεταδοθούν από τους αγωγούς του κλιματισμού,
- λειτουργικές ασθένειες. Στην ομάδα αυτή ανήκει μια πνευμονική πάθηση που ονομάζεται «πνευμονοπάθεια από υπερευαισθησία» και μπορεί να προκληθεί εξαιτίας της μόλυνσης του κλιματιστικού από ένα πολύ λεπτό μύκητα,
- τοξικοερεθιστικές ασθένειες. Η ομάδα αυτή αφορά σε ασθένειες που οφείλονται στο μονοξείδιο του άνθρακα που ενδέχεται έστω και σε μικρές ποσότητες να υπάρχει σε ορισμένα αέρια μίγματα, στο διοξείδιο του αζώτου, στον καπνό του τσιγάρου, σε πτητικές οργανικές ουσίες, σε στερεά σωματίδια και σε τεχνητές ορυκτές ίνες.

Το «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου» συνδέεται με κτίρια τα οποία παρουσιάζουν προβλήματα "εσωτερικής ρύπανσης", δηλαδή κακής ποιότητας του αέρα των εσωτερικών χώρων. Ο συγκεκριμένος όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κακή κατάσταση της υγείας τουλάχιστον του 50% των ενοίκων, η οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες ενοχλήσεις που αποδίδονται αποκλειστικά και μόνο στην εσωτερική ρύπανση του αέρα του κτιρίου. Το σύνδρομο εκδηλώνεται κατά κύριο λόγο με αναπνευστικές ενοχλήσεις, οπτικές διαταραχές, ξηρότητα του στόματος και του φάρυγγα, πονοκεφάλους και ατονία και η μακροχρόνια παραμονή σε ένα τέτοιο χώρο μπορεί να προκαλέσει ρινίτιδες, ιγμορίτιδες, πνευμονίες, δερματίτιδες, παθήσεις του πεπτικού συστήματος και άλλες ασθένειες όπως νεοπλασίες, παθήσεις του ήπατος, των νεφρών και του κεντρικού νευρικού συστήματος [16]. Οι διαδικασίες πρόληψης του συνδρόμου εστιάζονται στην καλή συντήρηση και στον καθαρισμό των κλιματιστικών συστημάτων, στην εναλλαγή του εσωτερικού αέρα (η ανακύκλωση αυτού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 30%), στη μείωση χρήσης συνθετικών προϊόντων και γενικά στην ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των βλαπτικών παραγόντων του περιβάλλοντος εργασίας.

#### 2.1.6.2. Η ραδιενέργεια στο εσωτερικό των κτιρίων

Ένας άλλος κίνδυνος που ερευνάται στα κτίρια είναι η ύπαρξη ραδιενέργειας σε αυτά, καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να επιφέρει πολλές αρνητικές επιπτώσεις στον τομέα της υγείας. Η ύπαρξη ραδιενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να οφείλεται είτε σε άμεσους παράγοντες (ερευνητική, διαγνωστική, τεχνολογική δραστηριότητα) είτε σε έμμεσους. Έμμεσα η ραδιενέργεια μεταφέρεται εντός των κτιρίων καθώς εμφίλοχωρεί και μέσα στο χάλυβα που

χρησιμοποιείται για το οπλισμένο σκυρόδεμα και ειδικότερα σε αυτόν που κατασκευάζεται στις χαλυβουργίες από ανακύκλωση παλαιοσιδήρου. Η ανεξέλεγκτη αποβολή ραδιενεργών πηγών ή και αποβλήτων δημιουργεί κατά τα τελευταία χρόνια προβλήματα στις βιομηχανίες χάλυβα, και ειδικά στις χαλυβουργίες ανακύκλωσης παλαιοσιδήρου. Το πρόβλημα εντοπίζεται στην πιθανότητα ύπαρξης ραδιενεργών υλικών στον παλαιοσίδηρο με πιθανά επακόλουθα παρουσία ραδιενέργειας σε προϊόντα και παραπροϊόντα της βιομηχανίας. Στην Ελλάδα εμφανίστηκε ραδιενέργεια σε παλαιοσίδηρο για πρώτη φορά το 1997 και έκτοτε το θέμα απασχολεί τις ελληνικές υπηρεσίες και κυρίως την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, η οποία σε πρώτη φάση επέβαλε τη λήψη πιστοποιητικών καθαρότητας από ραδιενέργεια για κάθε φορτίο παλαιοσιδήρου.

Ενδεχόμενη ρύπανση από ραδιενέργεια μέσα σε ένα κτίριο μπορεί να προκαλέσει και η ύπαρξη ραδονίου. Το ραδόνιο παράγει φυσική ραδιενέργεια ιδιαίτερα επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό και διεισδύει στα κτίρια από υπόγειους χώρους ή εκπέμπεται στο εσωτερικό από δομικά υλικά, όπως π.χ. το τσιμέντο, που έχουν παραχθεί από πετρώματα που περιέχουν ουράνιο και χρησιμοποιήθηκαν στην τοιχοποιία ή στα δάπεδα. Άλλα στοιχεία που ενδέχεται να εκπέμπουν ραδιενέργεια είναι οι γρανίτες ή τα κεραμικά.

Σε όλες τις περιπτώσεις η ρύπανση από ραδιενέργεια ελαττώνεται με καλό αερισμό του χώρου.

#### 2.1.6.3. Τοξικότητα δομικών υλικών

Τοξικότητα είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές να αποτελούνται ή να περιέχουν ουσίες που ονομάζονται τοξικές και οι οποίες, όταν απελευθερώνονται μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και την υγεία των χρηστών του κτιρίου. Η ποιότητα του αέρα του εσωτερικού χώρου εξαρτάται από τα υλικά κατασκευής και άρα στην επιλογή της χρήσης ενός δομικού προϊόντος παίζει σπουδαίο ρόλο η τοξικότητα των συστατικών του έτσι ώστε να αποφευχθούν προϊόντα που παράγονται, κατασκευάζονται ή περιέχουν ουσίες επιβλαβείς για τον άνθρωπο και το οικοσύστημα. Ο κίνδυνος είναι οι ουσίες αυτές σε κάποια από τις φάσεις του κύκλου ζωής να διαφύγουν προς το περιβάλλον. Από έρευνες προέκυψε ότι το 37% των δομικών προϊόντων είναι επιβλαβή για την υγεία (μέση τοξικότητα) ενώ το 2% είναι τοξικά ή λίαν τοξικά. Στα επιβλαβή για την υγεία περιλαμβάνονται προϊόντα που περιέχουν ουσίες ύποπτες ως καρκινογόνες και με δυνατότητα να μεταλλάσσονται. Έχει επίσης αποδειχθεί ότι το 8% των δομικών προϊόντων εμπίπτει στην κατηγορία των διαβρωτικών και ερεθιστικών ουσιών, που φέρουν στην συσκευασία τους το σχετικό σήμα που προβλέπεται από την οδηγία 67/548/ΕΟΚ για τις επικίνδυνες ουσίες [7].

Ένα υλικό μπορεί επίσης να είναι τοξικό κατά τη διάρκεια της παραγωγής του. Οι οδηγίες 76/464/ΕΟΚ και 80/68/ΕΟΚ για την προστασία αντιστοίχως επιφανειακών και υπόγειων νερών από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες υποχρεώνουν τα κράτη μέλη να μηδενίσουν τη διοχέτευση στα ύδατα των ουσιών του καταλόγου I και να περιορίσουν αντίστοιχα τη διοχέτευση των ουσιών του καταλόγου II. Υποχρεώνουν επίσης τα κράτη μέλη να διεξάγουν ελέγχους πριν από τη διάθεση υλικών που ενδέχεται να οδηγήσουν εμμέσως σε ρύπανση των υπόγειων υδάτων με ουσίες του καταλόγου I.

<b>Κατάλογος I</b>	<b>Κατάλογος II</b>
οργανοχλωρικές ενώσεις	Μέταλλα: Zn, Cu, Ni, Cr, Se, As, An, Mo, Ti, Sn, Ba, Be, B, U, Va, Co, Th, Te, Ag
οργανοφωσφορικές ενώσεις	τα βιοκτόνα και τα παράγωγά τους
καρκινογόνες ουσίες	ουσίες που αλλοιώνουν την οσμή και την γεύση του νερού
υδράργυρος και ενώσεις υδραργύρου	τοξικές ή δυσδιάσπαστες ενώσεις Si και ουσίες από τις οποίες ενδέχεται να παραχθούν, ακόμα και αν αυτές είναι βιολογικά ακίνδυνες
κάδμιο και ενώσεις καδμίου	ανόργανες φωσφορικές ενώσεις, φώσφορος
δυσδιάσπαστα ορυκτέλαια και υδρογονάνθρακες πετρελαίου	δυσδιάσπαστα ορυκτέλαια και υδρογονάνθρακες πετρελαίου
δυσδιάσπαστες συνθετικές ουσίες	Κυανιούχες κα φθοριούχες ενώσεις
	Ουσίες που επηρεάζουν αρνητικά το ισοζύγιο οξυγόνου και ειδικά η αμμωνία και οι νιτρώδεις ενώσεις

**Πίνακας 2.1:** Κατάλογος τοξικών ουσιών για την προστασία των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων  
(πηγή: [7])

Οι επιπτώσεις στην υγεία των ουσιών που καταγράφηκαν παραπάνω έχουν ομαδοποιηθεί και αφορούν σε:

- οξεία τοξικότητα
- χρόνια τοξικότητα
- αλλεργική δράση
- ερεθισμό του δέρματος
- μεταλλαξιογόνο δράση
- καρκινογόνο δράση
- αναπαραγωγικές ανωμαλίες και εμβρυοτοξικότητα
- τοξική δράση στο ανοσοποιητικό και στο νευρικό σύστημα



Η διάγνωση της τοξικότητας και των λοιπών νοσογόνων ιδιοτήτων ενός δομικού προϊόντος προϋποθέτει ότι η σύσταση του είναι γνωστή. Αυτό όμως δεν συμβαίνει για τις περισσότερες των περιπτώσεων. Οι περιορισμοί που ισχύουν για τη τοξικότητα ισχύουν και όσον αφορά στη διάγνωση της οικοτοξικότητας, δηλαδή τη τοξικότητα ενός δομικού προϊόντος στις βιοκοινότητες και τα οικοσυστήματα. Αυτό γενικά είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί γιατί δεν υπάρχουν πάντα οι απαραίτητες πληροφορίες για τις ομάδες δραστικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ή περιέχονται στα δομικά προϊόντα. Πλέον έχουν διαπιστωθεί και καταγραφεί επίσημα οι τοξικές συνέπειες ορισμένων από τα συνήθη οικοδομικά υλικά, τα κυριότερα εκ των οποίων παρουσιάζονται στη συνέχεια:

<b>Ουσία</b>	<b>Χρήση - Παρουσία</b>
αμίαντος	παλιά κτίρια
βενζόλιο	βενζίνη
πριονίδια ξύλου	ξυλουργικές εργασίες
νικέλιο	ηλεκτροσυγκολλήσεις
χρωμικός ψευδάργυρος	αντισκωριακές στρώσεις
κάδμιο	επιχρίσματα
ενώσεις χρωμίου	βερνίκια ξύλου
διοξίνες	καμένα κτίρια
χρωμικός μόλυβδος	επιχρίσματα
διχλωρομεθάνιο	διαλύτες
φορμαλδεΐδη	συγκολλητικό
συνθετικές ίνες	μονώσεις
PCB	λαμπτήρες αερίου
χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες	διαλύτες

**Πίνακας 2.2:** Κατάλογος τοξικών ουσιών και ενδεχόμενη παρουσία τους σε δομικά υλικά (πηγή: [7])

#### 2.1.6.4. Ταξινόμηση των τοξικών και των επικίνδυνων ουσιών

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία η επιγραφή πρέπει να προκαλεί την συγκέντρωση της προσοχής και να περιέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες για τη χρήση και την ασφάλεια ενός προϊόντος.

Σκοπός της ταξινόμησης των ουσιών σε κατηγορίες είναι ο προσδιορισμός όλων των τοξικολογικών, φυσικοχημικών και οικοτοξικολογικών ιδιοτήτων των ουσιών και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των παρασκευασμάτων οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν κινδύνους κατά το συνήθη χειρισμό και τη χρήση τους. Μετά τον προσδιορισμό των τυχόν

επικίνδυνων ιδιοτήτων, η ουσία ή το παρασκεύασμα πρέπει να επισημανθεί σύμφωνα με μια αποδεκτή διαδικασία, ώστε να υποδηλώνονται οι κίνδυνοι, με σκοπό την προστασία των χρηστών, του κοινού και του περιβάλλοντος.

Η ταξινόμηση και επισήμανση πρέπει να αναθεωρούνται, εάν είναι αναγκαίο, κάθε φορά που γίνονται γνωστές περισσότερες πληροφορίες όσον αφορά στις άλλες ουσίες. Τα στοιχεία που απαιτούνται για την ταξινόμηση και επισήμανση μπορούν, εάν είναι αναγκαίο, να ληφθούν από διάφορες πηγές π.χ. αποτελέσματα προηγούμενων δοκιμών, πληροφορίες που απαιτούνται από τους διεθνείς κανονισμούς μεταφοράς επικινδύνων ουσιών, πληροφορίες που προέρχονται από εργασίες αναφοράς και τη βιβλιογραφία ή πληροφορίες που είναι αποτέλεσμα πρακτικής εμπειρίας.

Στη διατύπωση της επιγραφής λαμβάνονται υπόψη όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι που είναι δυνατόν να προκύψουν κατά το συνήθη χειρισμό ή χρήση των επικινδύνων ουσιών ή παρασκευασμάτων, όταν αυτές είναι στη μορφή με την οποία φέρονται στην αγορά, όχι όμως αναγκαστικά και για τη μορφή με την οποία θα χρησιμοποιηθούν τελικά, π.χ. ύστερα από αραίωση. Οι πιο σοβαροί κίνδυνοι περιγράφονται με τα σύμβολα της συσκευασίας. Οι κίνδυνοι αυτοί καθώς και άλλοι που προέρχονται από άλλες επικίνδυνες ιδιότητες διασαφηνίζονται με τυποποιημένες φράσεις κινδύνου ενώ ειδικές φράσεις παρέχουν συμβουλές για τις απαραίτητες προφυλάξεις Στην περίπτωση των ουσιών, οι πληροφορίες ολοκληρώνονται με την αναγραφή του ονόματός της ουσίας σύμφωνα με διεθνώς αναγνωρισμένη χημική ονοματολογία, κατά προτίμηση την ονομασία που χρησιμοποιείται στον ευρωπαϊκό κατάλογο των χημικών ουσιών που κυκλοφορούν στο εμπόριο (EINECS) ή στον Ευρωπαϊκό κατάλογο των γνωστοποιημένων χημικών ουσιών με το όνομα, τη διεύθυνση και τον αριθμό τηλεφώνου του εγκατεστημένου στην Κοινότητα προσώπου, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διάθεση της ουσίας στην αγορά.

Στον παρακάτω συνοπτικό πίνακα παρουσιάζονται τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τα οποία αναφέρονται στην τοξικότητα και σε άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών επικίνδυνες για τον άνθρωπο, το οικοσύστημα και την βιόσφαιρα.

<b>Σύμβολο</b>	<b>Ερμηνεία</b>
E	εκρηκτικό
F	πολύ εύφλεκτο
T	τοξικό
C	διαβρωτικό
Χί	ερεθιστικό
O	οξειδωτικό
F+	εξαιρετικά εύφλεκτο
T+	πολύ τοξικό
Χη	επιβλαβές
N	επικίνδυνο για το περιβάλλον

**Πίνακας 2.3:** Χαρακτηριστικοί συμβολισμοί ταξινόμησης της τοξικότητας των ουσιών  
(πηγή: [7])

## **2.2. Δομικά υλικά**

Στις ενότητες που προηγήθηκαν αναλύθηκαν οι επιπτώσεις που μπορούν να έχουν τα διάφορα δομικά υλικά των κατασκευών τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία των χρηστών τους. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τυπικά δομικά υλικά που συναντώνται στις περισσότερες κατασκευές και θα περιγραφούν χαρακτηριστικές ιδιότητες αλλά και πιθανές αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση τους. Ο χαρακτηρισμός ενός οικοδομικού υλικού ως "οικολογικού" είναι δύσκολος, καθώς έχει δύο διαστάσεις. Η πρώτη, και σχετικά πιο εύκολη στον ορισμό της είναι το κατά πόσο ένα υλικό είναι υγιεινό για τους χρήστες. Δηλαδή εάν δεν παράγει διάφορα επιβλαβή αέρια στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου (πχ οι μοριοσανίδες (νοβοπάν) και οι διάφορες μογιές και τα βερνίκια εκπέμπουν πτητικά αέρια) και εάν είναι κατασκευασμένο ή όχι από τοξικά υλικά. Πρόκειται στην ουσία για παραμέτρους που μπορούν να μετρηθούν και να είναι σχετικά συγκεκριμένες. Η δυσκολία του ορισμού ενός υλικού "οικολογικού" έγκειται στο κατά πόσο αυτό έχει χαμηλό οικολογικό ισοζύγιο και ως προς την παραγωγή του αλλά και ως προς την επιβάρυνση που η χρήση και η διάρκεια ζωής του προκαλεί στο περιβάλλον [17].

### **2.2.1. Ξύλο**

Το ξύλο είναι ένα εξαιρετικά φιλικό προς το περιβάλλον υλικό, το οποίο χαρακτηρίζεται κυρίως από τη ζεστασιά και την αρμονία που προσδίδει στο χώρο που θα τοποθετηθεί. Ως ανανεώσιμη πηγή, τα κύρια πλεονεκτήματά του είναι ότι μειώνει την ποσότητα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα μέχρι να αποσυντεθεί ή να καεί και ότι η επεξεργασία του είναι σχετικά

εύκολη. Επίσης, μετά την υλοτόμηση των δέντρων τίποτα από αυτά δε μένει αναξιοποίητο καθώς όλα τα μέρη αυτού συλλέγονται για διάφορες χρήσεις, είτε οικοδομικές είτε όχι.

Τα προϊόντα του ξύλου χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: την πριστή ξυλεία (πρωτογενή και δευτερογενή) και τη βιομηχανική ξυλεία (κόντρα πλακέ, νοβοπάν, MDF κλπ). Η παραγωγή ποιοτικών ξύλων ξεκινάει με την κοπή αυτών στο δάσος και στη συνέχεια ακολουθεί ο καθαρισμός, η συγκέντρωση και η μεταφορά αυτών στα πριστήρια, δηλαδή στα εργοστάσια κοπής. Βέβαια, για να μπορεί η ξυλεία να θεωρηθεί ως μια οικολογική λύση στην κατασκευή ενός σπιτιού θα πρέπει να διασφαλίζεται η αναπλήρωση των κομμένων δέντρων με φύτευση νέων ώστε να αναπαραχθεί το δάσος και να αποκατασταθεί η φυσική ισορροπία. Ένα πρόβλημα όμως που συνδέεται με την αποκατάσταση της ισορροπίας μετά την υλοτόμηση (όπου αυτή τελικά πραγματοποιείται) είναι ότι τα είδη που επιλέγονται για αναδάσωση συχνά παρουσιάζουν πολύ μικρή ποικιλία και συγγένεια με την τοπική φυσική χλωρίδα, περιορίζοντας κατά συνέπεια τη βιοποικιλότητα. Τις τελευταίες δεκαετίες εφαρμόζονται διαχειριστικές μέθοδοι συμβατές με την αρχή της αειφορίας των δασών και σε αυτή την κατεύθυνση έχει δημιουργηθεί ο οργανισμός Forest Stewardship Council (FSC) για τη διασφάλιση της διαχείρισης των δασών στην τροπική, την εύκρατη και την ψυχρή ζώνη. Η πιστοποίηση με το FSC δεν αφορά στην ποιότητα του ξύλου αλλά παρέχει εγγύηση στον καταναλωτή για την ορθή διαχείριση των δασών από τα οποία υλοτομήθηκε το ξύλο.

Το ξύλο αποτελεί ανανεώσιμο υλικό που απαιτεί πολύ μικρή επεξεργασία προκειμένου να φτάσει στην τελική του μορφή, η οποία θα είναι και προς χρήση. Πρόκειται επομένως στις περισσότερες των περιπτώσεων για ένα υλικό με μικρή ενσωματωμένη ενέργεια. Τα οικολογικά κριτήρια που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη χρήση του ξύλου είναι η προέλευση, η διαδικασία παραγωγής, ο τύπος επεξεργασίας και η ενέργεια που απαιτείται για τη μεταφορά.

Πρόκειται για ένα ανισότροπο υλικό και δημιουργεί πολλές φορές εκπλήξεις στη διάρκεια της κατασκευής. Επίσης, είναι ευπρόσβλητο από τη υγρασία και σε συνδυασμό με θερμοκρασιακές μεταβολές και ελλιπή αερισμό μπορεί να αναπτύξει φυτικούς και ζωικούς μύκητες. Για να αποφευχθεί ένας τέτοιος κίνδυνος πρέπει να διασφαλίζεται επαρκής αερισμός και καλά στεγανοποιημένη κατασκευή. Η προστασία από φωτιά αποτελεί μια ακόμα σημαντική παράμετρο σε περίπτωση χρήσης ξύλου και επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών πυροπροστατευτικών υλικών.

Το ξύλο είναι ζωντανό υλικό και εξακολουθεί να ζει ακόμη και όταν έχει ενσωματωθεί σε μια κατασκευή. Η ιδιότητά του αυτή καθορίζει και τους περιορισμούς που επιβάλλονται στη χρήση του. Υπάρχει διάκριση ανάμεσα στην ξυλεία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εσωτερικούς χώρους (μαλακή ξυλεία όχι έντονης επεξεργασίας) και σε αυτή που

χρησιμοποιείται εξωτερικά και πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανθεκτική. Τα παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την προστασία του ξύλου (από έντομα, μύκητες κλπ) περιέχουν εκτός από τους οργανικούς διαλύτες και βιοκτόνα συστατικά που προκαλούν βλάβες στην ανθρώπινη υγεία και το οικοσύστημα. Εκτός όμως από τα βερνίκια που χρησιμοποιούνται στα ξύλα, σημαντική είναι και η χρήση συγκολλητικών ουσιών (φυσικές ή συνθετικές ρητίνες αλλά και ανόργανα υλικά όπως γύψος ή τσιμέντο). Τόσο τα βερνίκια όσο και οι συγκολλητικές ουσίες μπορεί να περιέχουν πτητικά οργανικά συστατικά, η εκπομπή των οποίων διαρκεί 25-30 χρόνια μετά την εφαρμογή τους. Το πιο επικίνδυνο πτητικό, που χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες, είναι η ουρία-φορμαλδεΐδη (UF), η οποία έχει κριθεί επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία. Άλλες ουσίες που περιέχουν φορμαλδεΐδη είναι φαινολικές (PF) και μελαμινικές (MF) ρητίνες. Στη διεθνή αγορά υπάρχουν προϊόντα ξύλου με σχεδόν μηδενικές εκπομπές φορμαλδεΐδης, καθώς η σύνδεση των τεμαχίων ξύλου δεν πραγματοποιείται αποκλειστικά με κόλλες φορμαλδεΐδικής περιεκτικότητας. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα εξής:

- ισοκυανουόχες ρητίνες. Οι ρητίνες αυτές έχουν το πλεονέκτημα να εξατμίζονται λιγότερο από τις αντίστοιχες της φορμαλδεΐδης αλλά είναι και αυτές επικίνδυνες, κυρίως όταν καούν οπότε και παράγεται μεταξύ άλλων και τοξικό υδροκυάνιο,
- σε προϊόντα ξυλείας εσωτερικών χώρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και φυσικά συγκολλητικά από πρωτεΐνη σόγιας και λιγνίνη, καζεΐνη, ζωικά προϊόντα κλπ. Επιπλέον, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες υπάρχουν πανό από ξύλα χωρίς κόλλα, με υπό πίεση πολυμερισμό λιγνίνης που περιλαμβάνεται στις ίνες των ξύλων,
- κόλλες με βάση το άμυλο και το ραφινέλαιο μελετώνται στη Γαλλία.

Όσον αναφορά στις βαφές και στα βερνίκια ξύλου, καλύτερες επιλογές αποτελούν το φυσικό κερί, οι υδατοδιαλυτές φυσικές βαφές και τα υδατοδιαλυτά βερνίκια στα οποία απονεμήθηκε κάποιο οικολογικό σήμα.

Επομένως, για να θεωρηθεί ένα ξύλο οικολογικό θα πρέπει κατά την επεξεργασία του να χρησιμοποιούνται φυσικά προϊόντα και όχι προϊόντα χημικής προέλευσης έτσι ώστε ακόμα και μετά το τέλος ζωής της κατασκευής, το ξύλο να αποσυντίθεται οργανικά και με ασφάλεια.

### 2.2.2. Μέταλλο

Η ενσωμάτωση του μετάλλου στις διάφορες κατασκευές τείνει να αντικαταστήσει -όπου αυτό βέβαια είναι δυνατό- τα αντίστοιχα δομικά στοιχεία από ξύλο για τους εξής κυρίως λόγους:

- είναι μακροσκοπικά ισότροπο υλικό σε αντίθεση με το ξύλο,

- έχει μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές,
- διαμορφώνεται σε οποιαδήποτε διατομή,
- ανακυκλώνεται.

Πρόκειται για μια ομάδα υλικών με υψηλή ενσωματωμένη ενέργεια, η διαδικασία παρασκευής των οποίων ευθύνεται για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω της παραγωγής πληθώρας απορριμμάτων. Τα μέταλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε αυτούσια ως οικοδομικά υλικά είτε ως προσμίξεις σε άλλα δομικά συστατικά. Εξαιτίας της υψηλής τιμής των μετάλλων, το μεγαλύτερο μέρος των μεταλλικών απορριμμάτων ανακυκλώνεται, παρόλο που και αυτή η διαδικασία έχει περιβαλλοντικό κόστος. Η διαδικασία της τήξης απαιτεί τεράστιες ποσότητες ενέργειας και παράγει εκπομπές διοξινών υψηλής τοξικότητας, λόγω του χλωρίου που περιέχουν τα περισσότερα μέταλλα. Στη συνέχεια περιγράφεται η οικολογική συμπεριφορά ορισμένων από τα συνήθη χρησιμοποιούμενα μέταλλα.

#### 2.2.2.1. Χάλυβας

Η παραγωγή χάλυβα συνίσταται στη μεταλλαγή του λευκού χυτοσίδηρου, δηλαδή στη μείωση της περιεκτικότητάς του σε άνθρακα (κάτω από 1,7%) και άλλα στοιχεία με τήξη και οξείδωση των εν λόγω στοιχείων σε ειδικές καμίνους. Για την παραγωγή χάλυβα χρησιμοποιείται πρωτογενές σιδηρομέταλλευμα κατά 20 - 40% και ανακυκλωμένος σίδηρος (scrap) έως ποσοστό 60 - 80% [13].

Κατά την παραγωγή χάλυβα δημιουργείται σημαντική ρύπανση. Συγκριτικά με άλλα μέταλλα, η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή χάλυβα είναι μικρή. Για την αποφυγή διάβρωσης του χάλυβα συνήθως επιλέγεται επιφανειακή επεξεργασία με κράματα νικελίου και χρωμίου (βαρέων μετάλλων) ώστε να παραχθεί ανοξειδωτος χάλυβας. Τα κράματα αυτά εκπέμπουν βαρέα μέταλλα κατά τη φάση της παραγωγής. Ο χάλυβας, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον οπλισμό του φέροντα σκελετού των κατασκευών, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα λόγω ραδιενέργειας που θα έχει εμφοιλοχωρήσει σε αυτόν. Επίσης, πολλές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα γερνούν πρόωρα λόγω της διαδικασίας της ενανθράκωσης και της επακόλουθης οξείδωσης των εκτεθειμένων ράβδων του σιδηροπλισμού. Ο ωστενικός χάλυβας μπορεί να αντικαταστήσει τον συμβατικό και λόγω της ειδικής του σύνθεσης είναι αμαγνητικός και ανοξειδωτος. Μοναδικό του μειονέκτημα είναι το υψηλό του κόστος.

#### 2.2.2.2. Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο αποτελεί τα τελευταία χρόνια πολύ διαδεδομένο υλικό στον τομέα των κατασκευών. Η παραγωγή όμως του υλικού αυτού από το βωξίτη απαιτεί εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και κατατάσσει το αλουμίνιο ως το υλικό με τη μεγαλύτερη ενσωματωμένη ενέργεια μεταξύ των τυπικών υλικών κατασκευής μιας κατοικίας. Επιπλέον η εξόρυξη και η κατεργασία του βωξίτη προκαλούν τοπική ρύπανση του αέρα και των νερών και επομένως αλλοίωση του τοπίου. Το αλουμίνιο αποτελεί ανακυκλώσιμη ύλη αλλά η διαδικασία ανακύκλωσής του είναι ενεργοβόρα και έχει σαν υλικό υψηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο λόγω της αρχικής του παρασκευής.

#### 2.2.2.3. Ψευδάργυρος, χαλκός και μόλυβδος

Ο ψευδάργυρος χρησιμεύει για το γαλβάνισμα του χάλυβα, έτσι ώστε να αποφεύγεται η διάβρωση. Η εξόρυξη του ψευδαργύρου προκαλεί εκπομπές καδμίου που είναι ιδιαίτερα επιβλαβής ουσία για τον ανθρώπινο οργανισμό. Ο ψευδάργυρος δεν είναι τοξικός και αποτελεί ανακυκλώσιμο υλικό αν και το κόστος ανακύκλωσής του είναι πολύ υψηλό και η ανακύκλωση είναι προς το παρόν ασύμφορη.

Ο χαλκός χρησιμοποιείται κατά βάση ως υλικό των σωληνώσεων ύδρευσης των κτιρίων και μέσω αυτών άλατα του χαλκού εισέρχονται στο πεπτικό σύστημα και μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, ανωμαλίες, ακόμη και φλεγμονές. Επίσης, ο χαλκός χρησιμοποιείται στις επικαλύψεις κτιρίων από τους μηχανικούς ως λύση που συμφέρει οικονομικά αλλά κυρίως δίνει αποτελεσματική απάντηση σε σημαντικά οικοδομικά προβλήματα. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες εφαρμογές και χρήσεις του χαλκού και των κραμάτων του. Αυτό οφείλεται κυρίως, στην τεράστια αντοχή του μετάλλου στο χρόνο, στην εύκολη κατεργασία του και τις εξαιρετικές φυσικές του ιδιότητες. Ο χαλκός είναι ανακυκλώσιμο υλικό και το κόστος για την ανακύκλωσή του είναι χαμηλό.

Ο μόλυβδος έχει τοξική επίδραση στους βιολογικούς οργανισμούς και η παραγωγή του είναι ενεργοβόρος. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως για την επικάλυψη στεγών καθώς αποτελεί ένα ανθεκτικό υδατοστεγανό στοιχείο μεταξύ των τοίχων και των στρωμάτων της στέγης ή στους αρμούς ανάμεσα στα στρώματα αυτής. Επίσης, ο μόλυβδος μπορεί να αποδειχτεί επικίνδυνος κατά την ανακαίνιση παλαιών κτιρίων καθώς οι βαφές άνω των 35 ετών μπορεί να περιέχουν το μέταλλο αυτό. Γενικά ο μόλυβδος λόγω της τοξικής φύσης του και της μόλυνσης που προκαλεί η διαδικασία παραγωγής του θα πρέπει να αποφεύγεται.

#### 2.2.3. Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα αποτελείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από αδρανή (σκύρα και άμμο),

τσιμέντο και νερό. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με το σκυρόδεμα εντοπίζονται κυρίως στα προβλήματα που συνεπάγεται η εξόρυξη των πρώτων υλών και η παραγωγή του τσιμέντου.

Το τσιμέντο είναι η κύρια συνιστώσα για την παρασκευή σκυροδέματος. Για να παραχθεί το τσιμέντο τα αδρανή υλικά αναμειγνύονται σε κλιβάνους που θερμαίνονται μέχρι 1500°C. Η παρασκευή του τσιμέντου είναι μια διαδικασία ρυπογόνος και απαιτεί μεγάλο κόστος και απώλεια σε ενέργεια. Σύμφωνα με τον ετήσιο απολογισμό ενέργειας και περιβάλλοντος, το 2001, η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου είναι υπεύθυνη για το 5% της παγκόσμιας εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Για να παραχθεί ένας τόνος τσιμέντου απαιτούνται 1200 με 1500 κιλά αδρανή και έξι εκατομμύρια Btu ενέργεια (5-6 MJ/Kg ) ανάλογα με τη μέθοδο και το καύσιμο που χρησιμοποιείται. Επειδή γενικά οι εγκαταστάσεις παραγωγής είναι μακριά από την κατασκευή, η μεταφορά του σκυροδέματος απαιτεί και αυτή μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Άλλο πρόβλημα στο σκυρόδεμα είναι η χρήση προσθέτων όπως π.χ. αμιάντου (αμιαντοτσιμέντο) για το οποίο σήμερα υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι είναι καρκινογόνο. Αιτία είναι οι ίνες του αμιάντου που επικάθονται στους πνεύμονες ή και στο πεπτικό σύστημα.

Όσον αφορά στο οπλισμένο σκυρόδεμα υπάρχει επίσης και ο κίνδυνος από τον οπλισμό σε περίπτωση που έχει εκτεθεί σε ραδιενέργεια. Σημαντικό πρόβλημα είναι επίσης ότι υπάρχουν τεράστιες ποσότητες σκυροδέματος που δεν ανακυκλώνονται. Έχει υπολογιστεί ότι σχεδόν 50.000.000 τόνοι από σκυρόδεμα αποβάλλονται σε χωματερές κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ελάχιστο από το σκυρόδεμα αυτό επαναχρησιμοποιείται ή ανακυκλώνεται. Το κόστος αυτών των αποβλήτων είναι τεράστιο και για το λόγο αυτό υπάρχουν σε εξέλιξη έρευνες για την προσπάθεια επανάχρησης του σκυροδέματος. Μέχρι σήμερα έχει αποδειχθεί εργαστηριακά (χωρίς να εφαρμοστεί στη βιομηχανία) ότι είναι δυνατός ο διαχωρισμός του οπλισμού από το σκυρόδεμα, αλλά είναι μία οικονομικά ασύμφορη διαδικασία. Για το λόγο αυτό τα ανακυκλούμενα σκυροδέματα χρησιμοποιούνται συνήθως σαν αδρανή για εξυγίανση οδοστρωμάτων, εδαφών κ.α.

Σήμερα γίνονται έρευνες για την μείωση της χρήσης του τσιμέντου στο σκυρόδεμα και την αντικατάσταση του με ανακυκλωμένα υλικά όπως σκωρία υψικαμίνου, τέφρα από την παραγωγή ανακυκλωμένου χαρτιού, φθαρμένα ελαστικά οχημάτων.



### 2.2.3.1. Ιπτάμενη τέφρα

Η ιπτάμενη τέφρα περιγράφεται ως το λεπτόκοκκο υλικό, το οποίο αποτελείται κυρίως από σφαιρικά υαλώδη σωματίδια, προερχόμενα από την καύση κονιορτοποιημένου άνθρακα (Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 450). Η τέφρα λαμβάνεται με τη χρήση ηλεκτροστατικών ή μηχανικών φίλτρων, τα οποία τη δεσμεύουν από τα απαέρια των λεβήτων καύσης κονιορτοποιημένου άνθρακα. Οι τέφρες διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες,

- στις πυριτικές (V), οι οποίες περιέχουν λιγότερο από 10% CaO και παρουσιάζουν ποζολανικές ιδιότητες,
- στις ασβεστολιθικές (W), οι οποίες περιέχουν 10-35% CaO και μπορεί να παρουσιάζουν και υδραυλικές ιδιότητες.

Η αξιοποίηση των παραπροϊόντων καύσης από κάρβουνο ξεκίνησε κατ' αρχήν από την αξιοποίηση της ιπτάμενης τέφρας, εξ' αιτίας των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούνται από την απόθεση μεγάλων ποσοτήτων που παράγονται ετησίως κατά την καύση των στερεών καυσίμων, αλλά και των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν που τις καθιστούν ένα υλικό κατάλληλο για διάφορες εφαρμογές. Έτσι, η επιστημονική κοινότητα σε παγκόσμιο επίπεδο προέβη στην αναζήτηση διαφόρων χρήσεων, έτσι ώστε να αξιοποιείται η μεγαλύτερη δυνατόν παραγόμενη ποσότητα.

Από την δεκαετία του 1930 η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιήθηκε στην Αμερική ως ορυκτό στα ασφαλικά μίγματα. Από τότε έως σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως σε διάφορες εφαρμογές, ενώ έχουν θεσπιστεί κανονισμοί σε πολλές χώρες για την χρήση της. Η χρησιμοποίηση της ιπτάμενης τέφρας για την παραγωγή τσιμέντου ξεκίνησε από την δεκαετία του 1950-1960 στις ανεπτυγμένες χώρες και συνεχώς αυξάνεται λόγω:

- της αναβάθμισης των ιπτάμενων τεφρών (με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών καύσης γαιανθράκων καθώς επίσης και συλλογής και κατεργασίας ιπτάμενης τέφρας),
- της θέσπισης προδιαγραφών για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας του υλικού στις περισσότερες χώρες,
- των δυνατοτήτων ποιοτικού ελέγχου που διαρκώς αυξάνονται,
- της αναγνώρισης των πλεονεκτημάτων που προέρχονται από τη χρήση των ιπτάμενων τεφρών στο σκυρόδεμα, όπως η μείωση του κόστους παραγωγής και η αύξηση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος
- της μεγάλης ποσότητας ιπτάμενης τέφρας που παράγεται, η οποία αποτελεί και μοχλό ισχυρής πίεσης για την εύρεση λύσεων περιβαλλοντικά αποδεκτών τόσο για την ατμόσφαιρα όσο και για το έδαφος στο οποίο αυτή καταλήγει.

Το ακριβές ποσοστό της προσθήκης της τέφρας στο τσιμέντο αποτελεί ιδιαιτερότητα και ορίζεται αφού συνεκτιμηθούν όλοι οι παράγοντες, όπως:

- η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της προσθήκης τέφρας,
- η φύση και οι ιδιότητες της τέφρας,
- η παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου Portland,
- οι χρήσεις για τις οποίες προορίζεται το τσιμέντο,
- οι ισχύοντες κανονισμοί κατά χώρα για το ποσοστό προσθήκης της τέφρας στο τσιμέντο.

Κατά την χρήση της τέφρας στην παραγωγή τσιμέντου, παρουσιάζονται ορισμένα προβλήματα που προκύπτουν από την ανομοιογένεια των τεφρών στην χημική και ορυκτολογική σύσταση, την κοκκομετρία, και την περιεκτικότητα σε ελεύθερο οξείδιο του ασβεστίου και οξείδιο του θείου, παράγοντες που αποτελούν σοβαρό πρόβλημα και η επίλυσή τους προϋποθέτει συνεχείς επεμβάσεις και ελέγχους στη ροή των υλικών, προκειμένου το τσιμέντο να είναι πάντοτε μέσα στις προδιαγραφές. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την χρήση της τέφρας στο τσιμέντο, είναι το συνολικό κόστος της, το οποίο περιλαμβάνει το κόστος αγοράς, μεταφοράς αλλά και επεξεργασίας.

Στην Ελλάδα η ιπτάμενη τέφρα χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από την ελληνική τσιμεντοβιομηχανία για την παραγωγή τσιμέντου τύπου II-35, μάλιστα δε στις τελευταίες Ευρωπαϊκές προδιαγραφές για το τσιμέντο (EN197-1), προβλέπεται ειδική περίπτωση για τα τσιμέντα με τέφρα. Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες ανήκουν στην κατηγορία των ασβεστοπυριτικών και πλούσιων σε άσβεστο τεφρών, και παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση ανάλογα με την προέλευσή τους. Συγκεκριμένα, η ουσιώδης διαφορά είναι ότι η ιπτάμενη τέφρα Πτολεμαΐδας (ΙΤΠ) είναι πλούσια σε ασβέστιο και κατατάσσεται στην κατηγορία «υδραυλικών τεφρών», ενώ η ιπτάμενη τέφρα Μεγαλόπολης (ΙΤΜ) είναι πλούσια σε πυριτικά και χαρακτηρίζεται σαν καλή «ποζολανική τέφρα», καθώς και σε θειικά (SO<sub>3</sub>).

Ένα σημαντικό έργο το οποίο υποδεικνύει εμφανώς τα πλεονεκτήματα της χρήσης της ιπτάμενης τέφρας είναι το υδροηλεκτρικό έργο Πλατανόβρυσης. Είναι το πρώτο φράγμα στην Ελλάδα τύπου RCC (Roller Compacted Concrete), δηλαδή με ιπτάμενη τέφρα αντί τσιμέντου σε πολύ μεγάλο ποσοστό (αναλογία 225 κιλά ιπτάμενης τέφρας προς 50 κιλά τσιμέντου ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος) και σε ύψος είναι το δεύτερο στην Ευρώπη, αυτού του τύπου (RCC), αφού αγγίζει τα 95 μέτρα.

#### 2.2.4. Τοιχοποιία

Βασικό δομικό υλικό των τοιχοποιιών είναι τα κεραμικά τούβλα, σε διαφορετικές βέβαια διαστάσεις και μηχανικές - φυσικές ιδιότητες. Η παραγωγή κεραμικών τούβλων (οπτόπλινθων) είναι μια διαδικασία που απορροφά αρκετή ενέργεια αφού χρειάζεται το υλικό να θερμανθεί στους 1000 - 1500 °C για αρκετές ώρες. Η παραγωγή των τούβλων απαιτεί ενέργεια της τάξης των 2MJ/Kg εκ των οποίων το κύριο μέρος καταναλώνεται στην όπτηση των υλικών. Το περιβαλλοντικό κόστος της κατασκευής δεν είναι ανώδυνο καθότι με την όπτηση απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα οργανικά υπολείμματα και θειικές ενώσεις που περιέχονται στην άργιλο όπως το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του άνθρακα. Η ανάμιξη της άργιλου με άσβεστο πριν την όπτηση μειώνει τις εκπομπές αυτές.

Τα κεραμικά τούβλα αντικαθίστανται συνήθως από αερικά σκυροδέματα, τα οποία όμως χρησιμοποιούν διάφορα πρόσθετα για να επιτύχουν τις επιδιωκόμενες ιδιότητές τους. Λόγω της πρόσφατης εφαρμογής τους, τα υλικά αυτά δεν έχουν πιστοποιηθεί για την ύπαρξη ή μη εντός τους τοξικών στοιχείων.

Εκτός όμως από τους οπτόπλινθους, υπάρχει και η δυνατότητα χρήσης ωμόπλινθων για την κατασκευή τοιχοποιιών. Πρόκειται για δόμηση με μεγάλα άψητα τούβλα διαστάσεων συνήθως 450mm μήκος, 225mm έως 300mm ύψος και 100mm έως 175mm πλάτος. Το μίγμα για την κατασκευή των ωμόπλινθων αποτελείται από τουλάχιστον 50% έως 85% άμμο, χαλίκια και αργιλόχωμα αναμεμιγμένο με άχυρα ή άλλα ξυλώδη υλικά. Μεγάλο ενδιαφέρον έχουν οι κατασκευές από ωμό πηλό (από άργιλο, άμμο και ίλη) ο οποίος παρουσιάζει εξαιρετικές ιδιότητες (θερμοχωρητικότητα, εξισορρόπηση υγρασίας, μεγάλο χρόνο ζωής, εύκολη συντήρηση, αντοχές, πλαστικότητα). Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές δόμησης με ωμό πηλό όπως η δόμηση με καλουπωτές, πλίνθοι φυσικά ή τεχνητά ξηραμένοι (adobe) ή η κατασκευή χυτού καλουπωτού πηλού (rise). Μπορούν να αποτελέσουν τη φέρουσα ή φερόμενη κατασκευή. Σύμφωνα όμως με τους γερμανικούς κανονισμούς επειδή είναι ιδιαίτερα ευπρόσβλητοι από την υγρασία χρησιμοποιούνται σε φερόμενους εσωτερικούς τοίχους ή ως υλικό πλήρωσης πάντα προστατευόμενο από τα καιρικά φαινόμενα. Όσον αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις η άψητη γη προσφέρει σημαντικά στη μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την κατασκευή. Ο πηλός, τα χαλίκια και η άμμος, τα κύρια συστατικά του μίγματος, ανήκουν στα υλικά με μηδαμινές ενεργειακές απαιτήσεις. Η ενέργεια παραγωγής των ωμόπλινθων είναι μόλις 17kwh/tn. Όσον αφορά την τοξικότητα η γη υπό τη μορφή ωμών οικοδομικών υλικών δε παρουσιάζει καμία τοξική δράση και δεν επιβαρύνει την εσωτερική ατμόσφαιρα εφόσον ο πηλός και τα αδρανή συστατικά της δεν προέρχονται από περιοχές υψηλής ραδιενέργειας ή με

μολυσμένο υπέδαφος. Αντίθετα μάλιστα αποτελείται το πιο φιλικό στον άνθρωπο δομικό υλικό.

Η συμπιεσμένη γη έχει χρησιμοποιηθεί και αυτή για την κατασκευή τοιχοποιιών σε κτίρια καθώς οι τοίχοι που κατασκευάζονται με τον τρόπο αυτό μπορεί να είναι φέροντες ή μη. Ταυτόχρονα, το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέσο πλήρωσης. Το μίγμα πρέπει να είναι χαμηλής υγρασίας και ενδείκνυται να έχει 25% έως 30% περιεκτικότητα σε πηλό και 70% έως 75% άμμο και χαλίκια καλά διαβαθμισμένα με τα ελάχιστα δυνατά κενά.

Το άχυρο χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις και ως στοιχείο τοιχοποιίας αντικαθιστώντας τους οπτόπλινθους. Η χρήση του είναι γενικευμένη στις ΗΠΑ αλλά προσπάθειες ενσωμάτωσης των δομικών στοιχείων από άχυρο στο κέλυφος των κτιρίων μελετώνται και στην Ελλάδα, σε συνδυασμό βέβαια με φέροντα οργανισμό σπλισμένου σκυροδέματος. Το άχυρο είναι ένα υλικό με πολύ χαμηλό ενεργειακό ισοζύγιο που συνήθως οι αγρότες το καίνε μετά το θερισμό του σιταριού και κατά τη διαδικασία αυτή παράγονται ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα. Κύριο μειονέκτημα των στοιχείων από άχυρο είναι η μικρή αντοχή στο χρόνο, στις σεισμικές καταπονήσεις και στην πυρκαγιά. Η στοίβαξη όμως των άχυρων είναι τέτοια ώστε να προκύπτουν στοιχεία με πυκνότητα  $0,08 \text{ ton/m}^3$  με ελάχιστα διάκενα. Λόγω των μικρών διακένων δεν υπάρχει το απαιτούμενο οξυγόνο στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου και αυτό είναι τελικά ανθεκτικότερο στην πυρκαγιά. Σε αυτού του είδους τις τοιχοποιίες χρησιμοποιούνται κατάλληλα χωμάτινα επιχρίσματα (εσωτερικά και εξωτερικά) εμπλουτισμένα με καζεΐνη και ασβέστη για λόγους ικανοποιητικής πρόσφυσης και τριμμένο άχυρο για λόγους σπλισμού [7], [17]. Η αξιοπιστία χρήσης στοιχείων από άχυρο για το κέλυφος ενός κτιρίου είναι αμφιλεγόμενη και σχετίζεται τόσο με την αντοχή στο χρόνο όσο και στις διάφορες καταπονήσεις του κτιρίου. Σήμερα, κατασκευές με τέτοιου είδους στοιχεία δε λαμβάνουν άδειες από τις σχετικές υπηρεσίες.

Τέλος, έχουν κατασκευαστεί τοίχοι από λάσπη και κιμωλία. Το μίγμα που χρησιμοποιείται αποτελείται είτε από αργιλώδες χώμα με άμμο και άχυρο είτε από θρυμματισμένη κιμωλία με προσθήκη πηλού και άχυρου. Αυτός ο τρόπος δόμησης χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν, κυρίως για την κατασκευή τύπων περιφράξεων. Σήμερα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο το πρώτο μίγμα στην αποκατάσταση και την κατασκευή εσωτερικών φερόμενων τοίχων.

#### 2.2.5. Λίθοι

Οι λίθοι έχουν πολλές και διαφορετικές εφαρμογές στην κατασκευή και χρησιμοποιούνται σαν φέροντες οργανισμοί αλλά και ως δάπεδα ή διακοσμητικά στοιχεία. Οι λίθοι συνδέονται στενά με την έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής καθώς λόγω της

μεγάλης τους θερμικής μάζας συμπεριφέρονται σαν θερμική αποθήκη στο κτήριο. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για κτίρια που βρίσκονται σε ακραίες καιρικές συνθήκες καθώς η θερμική μάζα του κτιρίου ισορροπεί τις ακραίες εναλλαγές της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η διαδικασία παραγωγής των φυσικών λίθινων προϊόντων, δεν χαρακτηρίζεται ενεργοβόρα, καθώς αναφέρεται, συνήθως, σε μηχανική κυρίως επεξεργασία, η οποία περιλαμβάνει την διαδικασία εξόρυξης των λίθων, την κατάλληλη κοπή αυτών και τη στίλβωση ή λείανση των παραγόμενων τεμαχίων. Στην περίπτωση αυτή, λοιπόν, η απαιτούμενη ενέργεια παραγωγής χαρακτηρίζεται ελάχιστη. Η οικολογική επιβάρυνση που προκύπτει κατά τη χρήση των λίθων είναι η μεγάλη ενεργειακή απαίτηση της μεταφορά τους (τόσο κατά την αρχική τους χρήση όσο και μετά την κατεδάφιση για την απόθεσή τους σε κατάλληλα μέρη), καθώς επίσης και η ανεπανόρθωτη καταστροφή του τοπίου στον τόπο εξόρυξης τους. Η εντατική εκμετάλλευση ενός τοπίου για εξόρυξη λίθων, αφήνει συνήθως ένα τοπίο γυμνό χωρίς καμία δυνατότητα να επανενταχθεί στην αρχική του κατάσταση. Οι πρώτες ύλες των λίθινων προϊόντων λαμβάνονται από τα συμπαγή επιφανειακά πετρώματα του φλοιού της γης και μπορούν να ταξινομηθούν στις τρεις κατηγορίες που αναφέρονται παρακάτω:

- πυριγενή πετρώματα (γρανίτες), τα οποία είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά και σκληρά
- ιζηματογενή πετρώματα (ασβεστόλιθοι), λιγότερο ανθεκτικά πετρώματα από τα πυριγενή
- μεταμορφωσιγενή πετρώματα (μάρμαρο), τα οποία είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά

Οι λίθοι μετατρέπονται σε δομικά υλικά έπειτα από μικρή ή μεγάλη επεξεργασία, η οποία μπορεί να είναι χημική ή μηχανική. Με βάση, λοιπόν, την φύση της επεξεργασίας στην οποία υπόκεινται διακρίνονται στα εξής:

- φυσικά λίθινα προϊόντα, ονομάζονται αυτά τα οποία χρησιμοποιούνται όπως βρίσκονται στη φύση και υπόκεινται σε μικρή ή μεγάλη μηχανική επεξεργασία για να αποκτήσουν κατάλληλο σχήμα και μορφή. Πρόκειται για τους αργούς λίθους, τους λαξευτούς λίθους και τα βοηθητικά λίθινα προϊόντα ή αδρανή. Ευρέως χρήσεως φυσικά λίθινα προϊόντα είναι κυρίως οι ασβεστόλιθοι, σχιστόλιθοι, μάρμαρα, γρανίτες, δολομίτες, χώμα, άμμος, χαλίκια,
- τεχνητά λίθινα προϊόντα, ονομάζονται αυτά τα οποία χρησιμοποιούν ορυκτές πρώτες ύλες, οι οποίες υπόκεινται σε χημική επεξεργασία ώστε να αποκτήσουν διαφορετικές ιδιότητες και μορφή. Πρόκειται για τις κονίες, τις μονώσεις ορυκτών ινών και κυψελών, τα προϊόντα υαλουργίας και τα προϊόντα κεραμουργίας-πλινθοποιίας.

Όλα τα ορυκτά υλικά περιέχουν, σε μεγάλο ή μικρό βαθμό, ραδιενεργά στοιχεία. Τα υλικά που ενδέχεται να περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία καλύπτουν σχεδόν όλο το φάσμα φυσικών και τεχνητών λίθινων προϊόντων (μπετόν, τούβλα και πλίνθοι, λίθοι κ.α.). Η φυσική ραδιενέργεια των πετρωμάτων είναι δυνατόν να εξετάζεται πριν την εκμετάλλευση του εκάστοτε κοιτάσματος και σκόπιμο θα ήταν να αποφεύγεται η χρήση προϊόντων από κοιτάσματα υψηλής φυσικής ραδιενέργειας σε εσωτερικούς χώρους.

Το πιο επικίνδυνο ραδιενεργό στοιχείο, που συναντάται συχνά σε εσωτερικούς χώρους, είναι το ραδόνιο. Πρόκειται για αέριο ραδιενεργό ρύπο, ο οποίος παράγεται στο εσωτερικό των πετρωμάτων και διαχέεται σταδιακά στην ατμόσφαιρα από τα δομικά υλικά και από το ίδιο το έδαφος μέσω των υπογείων. Για την προστασία του κτιρίου από τον εν λόγω ρύπο, απαραίτητη είναι η προσεκτική στεγάνωση των χώρων του υπογείου, όπου και παρουσιάζονται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις από εκπομπές του εδάφους. Μακρόχρονη έκθεση ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις ραδονίου στον αέρα έχει καρκινογόνο δράση. Το ραδόνιο εμφανίζεται κυρίως στα πυριγενή και δη στα πλουτώνια πυριγενή πετρώματα, ενώ απουσιάζει στα ιζηματογενή όπως είναι τα ασβεστολιθικά που είναι τα συνηθέστερα στην Ελλάδα. Υλικά που συχνά παρουσιάζουν υψηλές εκπομπές ραδονίου είναι ο γρανίτης, η κίσηρης, το τσιμέντο, ο σχιστόλιθος κ.α.

#### 2.2.6. Άχυρο

Σήμερα, παράγονται δομικά στοιχεία τοιχοποιίας από άχυρο. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενισχυτικό υπόστρωμα ενός πετάσματος τύπου σάντουιτς, με εξωτερική επίστρωση από στόκο. Οι γωνίες σταθεροποιούνται με συρματόπλεγμα. Τα στοιχεία αυτά είναι ελεγχόμενα εύκολα και επειδή είναι ελαφριά μπορεί να τα χειριστεί και ο πλέον ανειδίκευτος χρήστης. Εξάλλου με την ένταξη του άχυρου στην κατασκευή αποφεύγεται η καύση του που συνηθίζεται σε πολλές χώρες του κόσμου και μολύνει ιδιαίτερα την ατμόσφαιρα με μονοξείδιο του άνθρακα. Κύριο μειονέκτημα των στοιχείων αυτών είναι ότι έχουν μικρή αντοχή στο χρόνο και στην πυρκαγιά. Η στοίβαξη όμως των άχυρων είναι τέτοια ώστε να προκύπτει ένα στοιχείο με πυκνότητα 0,08 ton/m<sup>3</sup> με ελάχιστα διάκενα. Λόγω των μικρών διάκενων δεν υπάρχει το απαιτούμενο οξυγόνο στο εσωτερικό του δομικού στοιχείου και το δομικό στοιχείο είναι ανθεκτικότερο από το ξύλο στη πυρκαγιά. Τα δομικά στοιχεία αυτά έχουν πολύ καλή θερμική συμπεριφορά. Όπως στην περίπτωση των χωμάτινων κατασκευών, η υγρασία συνιστά παράγοντα διάβρωσης. Έτσι οι τοίχοι που περιέχουν δέματα από άχυρο χρειάζεται να αναπνέουν, δηλαδή να επιτρέπεται η διέλευση των υδρατμών μέσω αυτών.

### 2.2.7. Πλαστικό

Τα συνθετικά υλικά που κατασκευάζονται με βάση το πετρέλαιο καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα υλικών και είναι ευρύτερα γνωστά ως πλαστικά. Εκτιμάται ότι περίπου το 4% της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου χρησιμοποιείται για την παραγωγή συνθετικών υλικών. Οι βιομηχανικές διεργασίες ξεκινούν για την παραγωγή απαραίτητων πρώτων υλών όπως το αιθυλένιο, το στυρένιο, το βενζόλιο και το προπυλένιο. Οι διαδικασίες αυτές απαιτούν σημαντικά ποσά ενέργειας ενώ προκαλούν εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων και επιβλαβή απόβλητα.

Το σημαντικότερο πρόβλημα όσον αφορά στη διαχείριση των πλαστικών απορριμμάτων έγκειται στη διαδικασία βιοδιάσπασής τους. Δεδομένου ότι τα υλικά αυτά διασπώνται δύσκολα, προκαλούν μακράς διάρκειας ρύπανση στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Η καύση τους οδηγεί στην απελευθέρωση ιδιαίτερα επιβλαβών ουσιών που ποικίλλουν ανάλογα με το υλικό και την ποιότητα της καύσης.

Τα πλαστικά διαχωρίζονται σε δύο τύπους, τα θερμοπλαστικά και τα θερμοσυνθετικά. Τα θερμοπλαστικά είναι δυνατόν να ανακυκλωθούν και τα συνήθη υλικά αυτής της κατηγορίας είναι η σελουλόζη, το PVC, τα πολυακρυλικά και οι ρητίνες. Τα θερμοσυνθετικά πλαστικά (πχ fiberglass) δεν είναι δυνατό να ανακυκλωθούν και χρησιμοποιούνται μόνο μια φορά. Στη συνέχεια θα περιγραφούν οι επιπτώσεις από την παραγωγή και χρήση του PVC, καθώς αυτό θεωρείται ένας επικίνδυνος "συγκάτοικος" για την υγεία αλλά και για το περιβάλλον.

Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) είναι ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα πλαστικά υλικά. Είναι θερμοπλαστικό και παράγεται με βάση το πετρέλαιο και το χλώριο. Υπολογίζεται ότι μόνο στη Γερμανία το 25% του διαθέσιμου χλωρίου καταναλώνεται για την παρασκευή PVC. Οι χρήσεις του ως δομικού υλικού μπορούν να κατανεμηθούν στις εξής κατηγορίες:

- αγωγοί διαφόρων χρήσεων,
- πόρτες και παράθυρα,
- ηλεκτρικά καλώδια,
- κάλυψη πατωμάτων,
- κάλυψη ξύλων και άλλων επιφανειών.

Στη φυσιολογική του κατάσταση το PVC είναι σκληρό και εύθραυστο και είναι αναγκαία η χρήση πλαστικοποιητών. Κατά την παραγωγή του διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες βιχλωριδίου, υδραργύρου και διοξινών. Λόγω της σχετικά χαμηλής περιεκτικότητάς του σε πετρέλαιο η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή PVC είναι σχετικά χαμηλή (66 MJ/kg). Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε χλώριο η καύση του

παράγει ιδιαίτερα επιβλαβή συστατικά. Κατά τη διάρκεια της χρήσης του εκπέμπονται αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Το PVC είναι ανακυκλώσιμο υλικό. Τα τελευταία χρόνια λόγω των προβλημάτων ρύπανσης που προκαλεί κατά την παραγωγή και τη διάθεσή του, καταβάλλεται προσπάθεια για την αντικατάστασή του. Ως εναλλακτικά υλικά έχουν προταθεί το ξύλο, τα κεραμικά, το πολυαιθυλένιο και το πολυπροπυλένιο. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται συνοπτικά τα υλικά που μπορούν να αντικαταστήσουν το PVC στις επιμέρους χρήσεις του, όπως αυτές αναφέρθηκαν προηγουμένως.

<b>+Χρήση</b>	<b>Προτεινόμενα υλικά</b>
αγωγοί - σωληνώσεις	Πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP), πολυβουτυλένιο
πόρτες και παράθυρα	Ξύλο, αλουμίνιο ή και συνδυασμός τους
ηλεκτρικά καλώδια	Πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP), καουτσούκ
κάλυψη πατωμάτων	Λινόλαιο, φελλός, ξύλο, κεραμικά πλακάκια

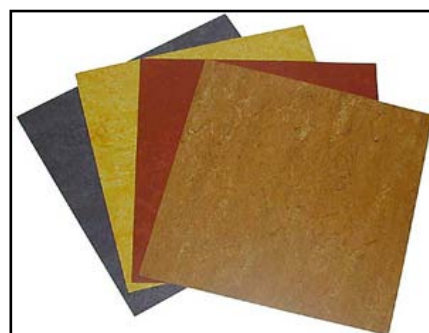
**Πίνακας 2.4:** Εναλλακτικά υλικά ως προς το PVC

(πηγή: [7])

Το πλαστικό, όπως το ξύλο και το μέταλλο αποτελούν υλικά τα οποία προβληματίζουν σχετικά με τον περιβαλλοντικό τους αντίκτυπο. Γενικά δεν υπάρχει ομοφωνία ως προς τη σκοπιμότητα της χρήσης πλαστικών ή συνθετικών υλικών. Κατά την επικρατούσα όμως άποψη, η χρήση τους είναι προτιμότερο να αποφεύγεται.

#### 2.2.8. Λινόλαιο

Το λινόλαιο (linoleum) κατασκευάζεται από φυσικές πρώτες ύλες με κύριο συστατικό το λάδι του λιναριού, το οποίο αφού οξειδωθεί αναμειγνύεται με ρητίνη, άλευρα φελλού, ξυλάλευρα και μη τοξικές χρωστικές ουσίες. Το μίγμα επιστρώνεται εν θερμώ με υψηλή πίεση σε αραιοϋφασμένη γιούτα. Σκληρώνεται σε φούρνους για 60 μέρες και διατίθεται στην αγορά σε φύλλα πλάτους 2 μέτρων τυλιγμένα σε τόπια και σε πάχη από 2 έως 4 χιλιοστά.



**Εικόνα 2.1:** Πλάκες λινόλαιου

(πηγή: [18])

Η διάρκεια ζωής του, ακόμη και για βαριές χρήσεις, ξεπερνά τα 30 χρόνια. Δεν καίγεται και δε συμβάλλει στην επέκταση της φωτιάς, τυχόν δε λεκέδες από αναμμένα τσιγάρα φεύγουν εύκολα με τοπικό τρίψιμο. Είναι εύκαμπτο, αντιστατικό, αντιαλλεργικό και έχει αντιμικροβιακή θωράκιση. Διατίθεται σε 80 χρωματισμούς. Είναι «ζεστό» υλικό και



θεωρείται ιδανικό για χώρους παιδικών σταθμών, νηπιαγωγείων, νοσοκομείων, αλλά και χώρους γραφείων.

Το λινόλαιο είναι επίσης ένα πολύ φθηνό υλικό, αφού κοστίζει σημαντικά λιγότερα από τον κύριο ανταγωνιστή του που είναι τα δάπεδα βινυλίου (PVC).

#### 2.2.9. Γυαλί

Το γυαλί παράγεται από χαλαζιακή άμμο, η οποία βρίσκεται σε αφθονία στη φύση. Βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου (70%), το οξείδιο του ασβεστίου (14%) και το οξείδιο του νατρίου. Τα συστατικά αυτά δε θεωρούνται σπάνια ή ρυπογόνα. Το σημαντικότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα του γυαλιού είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του καθώς και τα μεγάλα ποσά ενέργειας που συνήθως καταναλώνονται κατά τη μεταφορά του. Έχει υπολογιστεί ότι για ένα τόνο γυαλί παράγεται περίπου ένας τόνος CO<sub>2</sub> ενώ παράγεται και ένας επιπλέον τόνος CO<sub>2</sub> για τη μεταφορά του καθώς συνήθως ο τόπος παραγωγής βρίσκεται μακριά από τον τόπο χρήσης του γυαλιού. Σαν υλικό είναι εξαιρετικά ανακυκλώσιμο υλικό αλλά η ανακύκλωσή του οδηγεί σε δεύτερης ποιότητας υλικό.

#### 2.2.10. Γύψος

Σημαντικό πρόβλημα παρουσιάζεται λόγω της ρύπανσης και της αλλοίωσης που προκαλείται στη φύση κατά την εξόρυξή της. Η γύψος δεν είναι ανακυκλώσιμο υλικό. Υποκατάστατο του φυσικού γύψου αποτελεί ο βιομηχανικός γύψος, ο οποίος περιέχει λιγότερα βαρέα μέταλλα ή και ραδιενεργά στοιχεία από το φυσικό. Εντούτοις μια ποικιλία βιομηχανικού γύψου, ο λεγόμενος φωσφορικός γύψος, ενδέχεται να περιέχει πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή και ραδιενεργών στοιχείων και δεν προτείνεται η χρησιμοποίησή του σε οικοδομικές εργασίες. Όσον αφορά στις γυψοσανίδες, η εξωτερική επιφάνεια αυτών κατασκευάζεται από 100% ανακυκλωμένο χαρτί. Για το εσωτερικό, το οποίο αποτελείται από γύψο, αέρα και άμυλο, ως πηγή της γύψου χρησιμοποιούνται κυρίως τα αέρια παραπροϊόντα της καύσης του άνθρακα σε μονάδες παραγωγής ενέργειας μέσω πλυντηρίων υδροσβέστου [19].

#### 2.2.11. Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά ενισχύουν τη λειτουργία του κελύφους προστατεύοντας ουσιαστικά το εσωκλίμα του κτιρίου από τις έντονες διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας στο εξωτερικό αυτού. Σήμερα υπάρχει πλήθος υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θερμομόνωση ενός κτιρίου και αντίστοιχα πολλές τεχνικές θερμομόνωσης.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται αφρώδεις μονώσεις (εξηλασμένης) πολυστερίνης και πολυουρεθάνης, υλικά που προέρχονται από μη ανανεώσιμες πηγές (υδρογονάνθρακες), είναι εξαιρετικά τοξικά (τόσο κατά την παραγωγή όσο και κατά την χρήση αλλά και την καύση τους), δεν ανακυκλώνονται και τέλος δεν επιτρέπουν την αναπνοή του κτιρίου (βασική παράμετρος για την υγιεινή των εσωτερικών χώρων και την εξισορρόπηση της υγρασίας).

Οικολογικά θερμομονωτικά υλικά θεωρούνται εκείνα που καλύπτουν τα εξής κριτήρια:

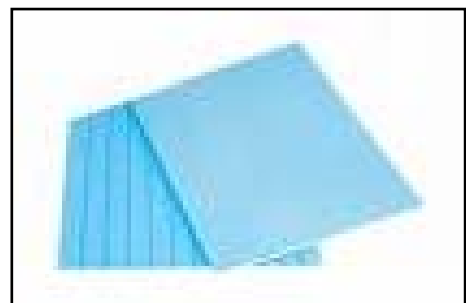
- δεν απαιτούν πολλή ενέργεια για την παραγωγή τους
- είναι ανακυκλώσιμα
- δε μολύνουν το περιβάλλον κατά την παραγωγή τους
- δεν περιέχουν τοξικούς/καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την ανθρώπινη υγεία

Στη συνέχεια θα παρατεθούν χαρακτηριστικά συμβατικών και οικολογικών θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, σε σχέση με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω. Εκτός όμως από αυτά τα υλικά, υπάρχουν και άλλα τα οποία αποτελούν οικολογική εναλλακτική στο χώρο της θερμομόνωσης δεν κυκλοφορούν όμως στην Ελλάδα. Τέτοια είναι:

- λιναρόμαλλο
- ρολό από ίνες κοκοφοίνικα
- μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού (τύπου ISO COTTON)
- τζίβα (σε φύλλα και λωρίδες)
- διογκωμένος άργιλος

#### 2.2.11.1. Εξηλασμένη πολυστερίνη

Προέρχεται από την επεξεργασία του πετρελαίου, κατατάσσεται στα πλαστικά υλικά και η παραγωγή της θεωρείται ενεργοβόρος ( $450 \text{ kWh}/\mu^3$ ). Κατά την παραγωγή της εξηλασμένης πολυστερίνης προκαλείται εκπομπή βενζολίου και στυρενίου. Γενικά τα προϊόντα από πολυστερίνη δεν είναι ανακυκλώσιμα, ιδιαίτερα αν έχει χρησιμοποιηθεί αμμώνιο ως καταλύτης. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, εξαιτίας ουσιών που περιέχει το υλικό για την καθυστέρηση της μετάδοσής της, απελευθερώνονται τοξικά βρωμιούχα αέρια. Πρόκειται για ένα υλικό, το οποίο "σφραγίζει" το κέλυφος του κτιρίου και μηδενίζει κάθε πιθανότητα διαπνοής.



**Εικόνα 2.2:** Δείγμα εξηλασμένης πολυστερίνης (πηγή: [20])

#### 2.2.11.2. Πολυουρεθάνη

Παρασκευάζεται από πετρέλαιο και από φυσικό αέριο. Αποτελεί προϊόν πολυμερισμού και προσθήκης αλκοολών και ισοκυανικών ενώσεων που είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία. Η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή της υπολογίζεται στις

1000 ως 1200 kWh/m<sup>3</sup>, γεγονός που την κατατάσσει στα ενεργοβόρα θερμομονωτικά υλικά. Η έκλυση

τοξικών ισοκυανικών ενώσεων από την πολυουρεθάνη προκαλεί σημαντική ρύπανση. Κατά την καύση του υλικού παράγεται μονοξείδιο του άνθρακα και υδροκυάνιο (ισχυρά δηλητήρια). Η διάθεση των προϊόντων πολυουρεθάνης προκαλεί σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα και ρύπανση στο νερό.



**Εικόνα 2.3:** Δείγμα πολυουρεθάνης (πηγή: [21])

#### 2.2.11.3. Γαλοβάμβακας και πετροβάμβακας

Πρόκειται για μη ανανεώσιμα (εκτός της υάλου) υλικά, τα οποία προέρχονται από υλικά που βρίσκονται σε αφθονία στη φύση (άμμος, βασάλτης). Η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή τους υπολογίζεται στις 150 ως 250 kWh/μ<sup>3</sup>. Η μόλυνση που προκαλούν τα υλικά

αυτά έγκειται μόνο στην απελευθέρωση CO<sub>2</sub> κατά την παραγωγή και τη μεταφορά τους. Όσον αφορά στις επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου, το διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου (IARC) που υπάγεται στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας τα κατατάσσει στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά, τα οποία επιδρούν στον άνθρωπο μέσω της αναπνευστικής οδού.



**Εικόνα 2.4:** Δείγμα παπλώματος γαλοβάμβακα (πηγή: [18])

#### 2.2.11.4. Περλίτης

Προέρχεται από μη ανανεώσιμη πηγή (ηφαιστειακής προέλευσης), η οποία όμως βρίσκεται σε μεγάλη διαθεσιμότητα στη φύση. Η απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή του υπολογίζεται στις 230 kWh/m<sup>3</sup>. Πρόκειται για μερικώς ανακυκλώσιμο υλικό, το οποίο κατά την παραγωγή και τη χρήση του δεν απελευθερώνει επικίνδυνες/τοξικές ουσίες (προσοχή πρέπει να δίνεται σε περιπτώσεις σύνθετων κατασκευών, όπου χρησιμοποιείται

σιλικόνη και πολυουρεθάνη). Επίσης, σε περίπτωση πυρκαγιάς δεν απελευθερώνει τοξικά αέρια.

#### 2.2.11.5. Heraklith

Πρόκειται για ανανεώσιμο υλικό όσον αφορά στο ξυλόμαλλο και λιγότερο όσον αφορά στο μαγνησίτη. Η παραγωγή του ξυλόμαλλου απαιτεί λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά που αναφέρθηκαν ως τώρα, αλλά παρόλα αυτά αρκετή. Είναι



**Εικόνα 2.5:** Δείγμα Heraklith  
(πηγή: [18])

εύκολα ανακυκλώσιμο υλικό και γενικά δεν επιδρά αρνητικά στην υγεία του ανθρώπου. Σε περίπτωση πυρκαγιάς καίγεται δύσκολα και δεν απελευθερώνει τοξικές ουσίες.

#### 2.2.11.6. Διογκωμένος φελλός

Προέρχεται από ανανεώσιμη πηγή και η παραγωγή του χαρακτηρίζεται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (80 ως 90 kWh/μ<sup>3</sup>). Είναι ένα 100% ανακυκλώσιμο υλικό, απόλυτα υγιεινό προς τον άνθρωπο και φιλικό προς το περιβάλλον. Προσοχή θα πρέπει να εφιστάται κατά την τοποθέτηση του θερμομονωτικού αυτού υλικού έτσι ώστε να αποφευχθεί η χρήση συνθετικών κολλών, οι οποίες περιέχουν φορμαλδεΐδη. Μειονέκτημα του διογκωμένου φελλού είναι η αρκετά ακριβότερη τιμή του σε σχέση με τα υπόλοιπα θερμομονωτικά υλικά.



**Εικόνα 2.6:** Πλάκες φελλού  
(πηγή: [22])

#### 2.2.11.7. Πλέγμα γιούτας

Η γιούτα είναι ένα ακόμη φυσικό ανανεώσιμο υλικό. Το πλέγμα γιούτας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή εσωτερικών μονωτικών επιχρισμάτων με βάση κόκκους από φελλό. Ως υπόστρωμα απορροφά τις τάσεις που προκαλούνται από τη συστολή κατά την εξάτμιση του νερού του κονιάματος, ώστε να αποτρέπονται οι ρηγματώσεις.



**Εικόνα 2.7:** Δείγμα γιούτας  
(πηγή: [18])

## 2.2.12. Βιολογικά υλικά για θερμική και ακουστική μόνωση

### 2.2.12.1. Biofiber

Το biofiber είναι ένα νέο βιολογικό ηχοαπορροφητικό θερμομονωτικό και απόλυτα οικολογικό υλικό αφού είναι κατασκευασμένο από ίνες προερχόμενες από καλαμπόκι. Απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, δεν είναι καρκινογόνο. Δεν επιτρέπει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, βακτηριδίων, μυκήτων και εντόμων [13].



**Εικόνα 2.8:** Δείγμα Biofiber  
(πηγή: [23])

### 2.2.12.2. Naturtherm - KE - Fiberkenaf pan

Το Naturtherm – KE είναι ένα πρωτοποριακό θερμομονωτικό και ηχομονωτικό βιολογικό υλικό από ίνες Kenaf, οι οποίες είναι παρόμοιες με την κάνναβη. Χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο από τους πολύ αρχαίους χρόνους. Καθαρίζει το έδαφος από τοξικά στοιχεία όπως βαριά μέταλλα και το εμπλουτίζει με σημαντικές ποσότητες οξυγόνου. Η καλλιέργεια του είναι οικολογική. Οι ίνες θερμοσυγκολλούνται χωρίς τη χρήση κανενός χημικού πρόσθετου. Το προϊόν έχει πολύ υψηλά χαρακτηριστικά διαπνοής, αντίστασης και ευκαμψίας. Δεν επηρεάζεται από έντομα και τρωκτικά. Έχει ψηλή αντίσταση σε μούχλες και είναι 100% ανακυκλώσιμο.



**Εικόνα 2.9:** Δείγμα Fiberkenauf pan  
(πηγή: [24])

### 2.2.12.3. Naturtherm – WO

Ηχομονωτικό και θερμομονωτικό βιολογικό υλικό από το μαλλί προβάτου, το οποίο είναι από τα μονωτικά που χρησιμοποιούνταν στις πρωτόγονες κατασκευές. Είναι ελαστικό και διαπνέον με μεγάλη υγρασκοπική χωρητικότητα. Το βασικό χαρακτηριστικό του μαλλιού του προβάτου είναι ότι είναι υδροαπωθητικό αλλά παράλληλα απορροφά τους υδρατμούς. Οι ίνες θερμοσυγκολλούνται μεταξύ τους 180 °C, μια επεξεργασία που εξασφαλίζει αποστείρωση.



**Εικόνα 2.10:** Δείγμα Naturtherm – WO  
(πηγή: [25])

#### 2.2.12.4. Recycletherm - Fibertex pan

Ένα μονωτικό υλικό το οποίο γίνεται από ανακύκλωση βαμβακερών υφασμάτων στο τέλος του κύκλου χρήσης τους. Ρούχα, υφάσματα, μάλλινα κ.λ.π. αποστειρώνονται στους 180 C και μετατρέπονται σε θερμο-ηχομονωτικό υλικό χωρίς την προσθήκη χημικών. Το Recycletherm είναι ένα υλικό που γίνεται με πολύ χαμηλή περιβαλλοντική επιβάρυνση, δηλαδή χωρίς εκσκαφές στο υπέδαφος (ορυχεία, τρύπες κ.λ.π.).



**Εικόνα 2.11:** Δείγμα Fibertex pan  
(πηγή: [26])

#### 2.2.12.5. Therma/Flex wood

Είναι ένα υλικό για θερμομόνωση αποτελούμενο από ίνες φυσικού ξύλου από τις φλούδες των κορμών των δέντρων και των πριονιδιών. Κατασκευάζεται χωρίς χημικές συγκολλητές ουσίες, είναι 100% βιοδιασπώμενο και ανακυκλώσιμο. Το therma/flex wood είναι διαπνέον υλικό, έχει υψηλή ικανότητα αποθήκευσης και ενεργεί σαν φυσικός διακανονιστής υγρασίας.



**Εικόνα 2.12:** Δείγμα Therma/flex wood  
(πηγή: [27])

#### 2.2.13. Κονιάματα

Τα κονιάματα είναι μίγμα άμμου, νερού και μιας συνδετικής ύλης (κονιάς). Ενώ στο σκυρόδεμα οι συνδετικές ύλες είναι κυρίως τσιμέντα, στα κονιάματα χρησιμοποιούνται διαφορετικές ύλες. Αυτές είναι συνδετικές ύλες που σκληραίνουν μόνο σε επαφή με τον αέρα (αερικές κονίες), ή συνδετικές ύλες που σκληραίνουν και παραμένουν σκληρές χωρίς τη παρουσία αέρα, ακόμα και κάτω από το νερό (υδραυλικές κονίες). Το κονίαμα είναι κατάλληλο για να γεμίζει τους οριζόντιους και κάθετους αρμούς των λίθων και των πλίνθων και μετά το πήξιμο τους εξασφαλίζει την άκαμπτη σύνδεση τους σε ένα συμπαγές σώμα. Επίσης χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση επιφανειών τοίχων και ορόφων αλλά και για την προστασία της οικοδομής από τις καιρικές συνθήκες.

Τα κονιάματα επιχρισμάτων χρησιμοποιούνται για την κάλυψη, εξομάλυνση και καλύτερη εμφάνιση εξωτερικών και εσωτερικών επιφανειών. Επίσης, αρκετές φορές συμβάλλουν στην αύξηση της θερμικής και ηχητικής προστασίας ενός χώρου, στη στεγανοποίησή του κ.τ.λ. Τα κονιάματα που χρησιμοποιούνται ως επιχρίσματα σε εξωτερικές επιφάνειες πρέπει να παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή και ανθεκτικότητα στην

επίδραση των καιρικών μεταβολών ( θερμοκρασία, βροχή, υγρασία, παγετός, ηλιακή ακτινοβολία κ.λ.π.).

Τα είδη των κονιαμάτων χαρακτηρίζονται συνήθως από την κονία που χρησιμοποιείται για την παρασκευή τους. Έτσι έχουμε:

- πηλοκονιάματα,
- ασβεστοκονιάματα,
- γυψοκονιάματα,
- τσιμεντοκονιάματα,
- ασβεστοτσιμεντοκονιάματα

#### 2.2.13.1. Εναλλακτικά κονιάματα

Τα εναλλακτικά κονιάματα που θα αναφερθούν στη συνέχεια είναι συνδυασμοί κονιάς και κεραμικών προϊόντων, διαφόρων κοκκομετρικών διαβαθμίσεων, και οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρύτατα ως επιχρίσματα σε νέες οικοδομές, ως κονιάματα δόμησης πλινθοδομών, σε εμφανείς τοιχοποιίες και ούτω καθεξής.

Βασικά πλεονεκτήματα των εναλλακτικών αυτών κονιαμάτων είναι ότι πρόκειται για φυσικά προϊόντα, χωρίς χημικές προσμίξεις, ότι αντέχουν στο χρόνο και δε χρειάζονται συντήρηση, ότι καταργούν το βάψιμο χρωματίζοντας τις όψεις ενός κτιρίου σε διάφορες φυσικές αποχρώσεις και ότι αποδεδειγμένα έχουν μεγαλύτερη αντοχή από τα κοινά κονιάματα. Βασικά συστατικά αυτών των κονιαμάτων είναι:

- η θηραϊκή γη. Είναι ποζολανικό υλικό το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα για την ενίσχυση των τσιμεντοκονιαμάτων. Η ενίσχυση αυτή, που επιτυγχάνεται με την προσθήκη θηραϊκής γης, οφείλεται στον ποζολανικό χαρακτήρα της, δηλαδή στην ιδιότητά της να ενώνεται με την άσβεστο και να σχηματίζει ασβεστοπυριτικές ενώσεις που σκληραίνουν το κονίαμα, παρουσία υγρασίας
- η ποζολάνη Μήλου. Το ποζολανικό αυτό υλικό χρησιμοποιήθηκε από την αρχαιότητα για την κατασκευή μνημείων και κτιρίων, τα οποία διατηρήθηκαν στο πέρασμα των αιώνων μέχρι και σήμερα
- το κεραμάλευρο. Τα πλεονεκτήματα αυτού του υλικού έγκεινται στην αύξηση της αντοχής των κονιαμάτων στα οποία προστίθεται και στην ανθεκτικότητά τους στο χρόνο
- τα πηλοκονιάματα. Σε αυτού του είδους τα κονιάματα χρησιμοποιείται ως κονία ο πηλός, ο οποίος είναι μίγμα αργίλου με αμμώδη συστατικά μικρής και μεσαίας κοκκομετρικής διαβάθμισης. Παρουσιάζουν καλή πρόσφυση, θερμομονωτικές

ιδιότητες και παρέχουν πυροπροστασία. Όταν διαβραχούν επανέρχονται από την ξηρή κατάσταση στην πλαστική.

#### 2.2.14. Βαφές

Μια επιφάνεια βάφεται έτσι ώστε να προστατευτεί από τη φθορά του χρόνου, την οξείδωση ή την προσβολή του από μύκητες, ακάρια, έντομα κοκ. Ταυτόχρονα, ανάλογα με το χρώμα που θα επιλεγεί, προσδίδεται προσωπικός χαρακτήρας στο αντικείμενο.

Τα συνηθισμένα, χημικά χρώματα περιέχουν δεκάδες ουσίες επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία: βαρέα μέταλλα ή πτητικές ενώσεις, που ευθύνονται, σε σημαντικό βαθμό, για σοβαρά προβλήματα υγείας στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου. Η συνεισφορά τους στο «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου» είναι σημαντική.

Σημαντικότερο πρόβλημα των χρωμάτων είναι η απελευθέρωση (κατά τη διάρκεια εργασιών βαφής αλλά και μετά την ξήρανση και σκλήρυνσή τους) οργανικών ενώσεων (αρωματικών υδρογονανθράκων). Αυξημένη συγκέντρωση αυτών των ενώσεων σε ένα κτίριο μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας στους χρήστες. Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες εκπέμπονται κατά τη διάρκεια των εργασιών καθώς και μερικές εβδομάδες μετά το πέρας των εργασιών. Μπορεί να συνεχίσουν να εκπέμπονται και μετά από τέσσερα έως επτά χρόνια κατά τον πολυμερισμό και τη γήρανση του διαλύτη, στον οποίο συνήθως περιέχονται. Για το λόγο αυτό ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια της οικολογικής συμπεριφοράς των χρωμάτων καθώς επίσης και των βερνικιών είναι να είναι υδατοδιαλυτά. Τα υδατοδιαλυτά βερνίκια που έχουν εφαρμοσθεί μέχρι σήμερα, δεν προστατεύουν ιδιαίτερα το ξύλο και διαποτίζονται από το νερό. Για την αδιαβροχοποίηση της προσβαλλόμενης επιφάνειας, μετά την επίστρωση υδατοδιαλυτών βερνικιών, η επιφάνεια επιστρώνεται με διάλυμα φυσικού κεριού. Κύριο κριτήριο για την αξιολόγηση των βαφών είναι ο διαλύτης τους. Ο χαρακτήρας ενός χρώματος ως υδατοδιαλυτού είναι το σημαντικότερο κριτήριο έτσι ώστε το χρώμα να χαρακτηριστεί οικολογικό.

Οι κυριότεροι τύποι χρωμάτων που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά είναι:

- ακρυλικές βαφές: Οι βαφές αυτού του τύπου εμπεριέχουν ακρυλικές ρυτίνες ως συνδετικό υλικό. Η περιεκτικότητα των οργανικών διαλυτών είναι περιορισμένη στο 10% της αντίστοιχης των συμβατικών χρωμάτων, ενώ ως διαλυτικό μέσω χρησιμοποιείται το νερό. Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι περιέχουν επιβλαβή συστατικά, π.χ. αντιδιαβρωτικές ουσίες που έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον κατά την παραγωγή τους,
- φυσικά χρώματα: Είναι χρώματα για την παραγωγή των οποίων γίνεται χρήση συστατικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους τύπους



χρωμάτων που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ως βάση. Ένα σημαντικό μέρος της παραγωγής τους δεν πραγματοποιείται στο εργοστάσιο αλλά στη φύση: η φυσική διαδικασία της σύνθεσης πραγματοποιείται μέσα στα ίδια τα φυτά. Οι φυσικές πρώτες ύλες που προκύπτουν επεξεργάζονται σε φυσικά χρώματα, με τη μικρότερη δυνατή δαπάνη ενέργειας μέσα από απλές και ελεγχόμενες διαδικασίες. Τα απόβλητα των φυσικών χρωμάτων είναι γενικά βιο-διασπώμενα,

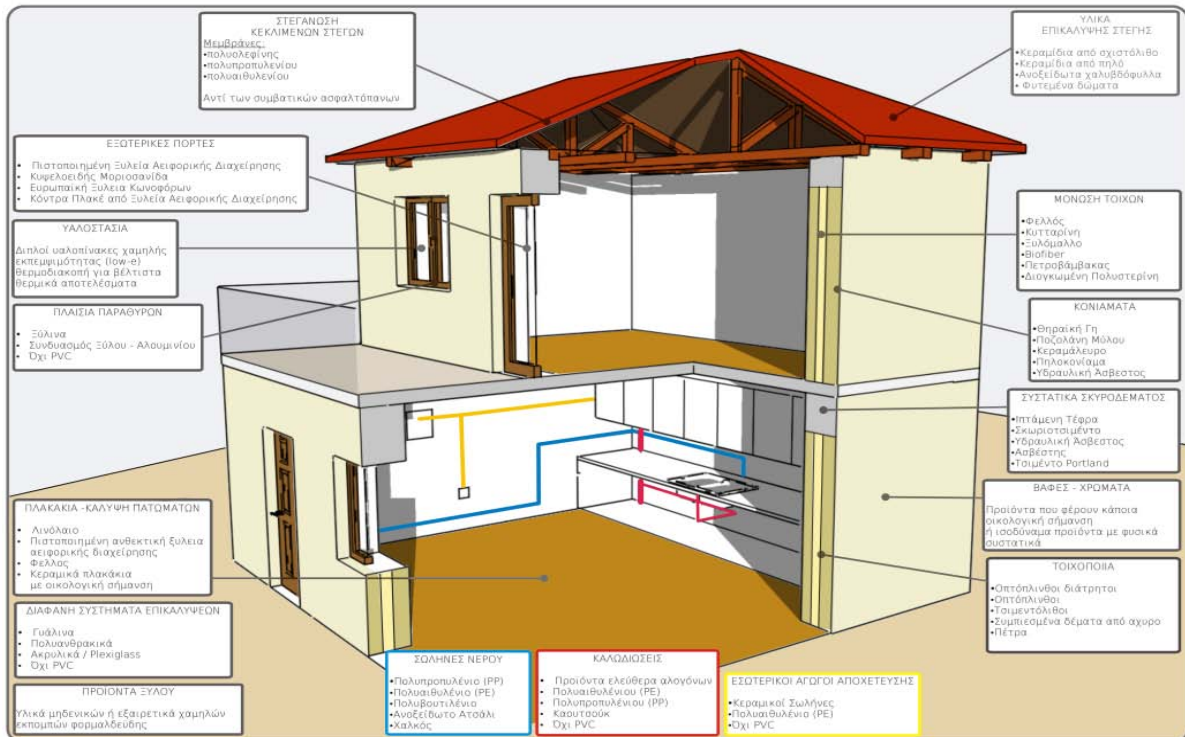
- βραστές βαφές: Οι βαφές αυτού του τύπου παράγονται με μακράς διάρκειας βράσιμο φυτικών προϊόντων και είναι φυσικές. Περιέχουν θειικό σίδηρο ως συντηρητικό, νερό και φυσικές χρωστικές. Είναι ελάχιστα τοξικές και χρησιμοποιούνται κυρίως στις σκανδιναβικές χώρες. Μειονέκτημα τους είναι ότι δεν χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους,
- βαφές Alkyd (μη υδατοδιαλυτές): Όλα τα συμβατικά χρώματα ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Περιέχουν alkyd ως συνδετικό προϊόν και αρωματικούς υδρογονάνθρακες ως διαλυτικό,
- χρώματα σιλικονούχα: Τα χρώματα αυτού του τύπου είναι ανόργανα, απόλυτα οικολογικά, με ακραία αντοχή σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις και μολυσμένη ατμόσφαιρα με δυνατότητα εξόδου των αλάτων. Δεν δημιουργούνε φιλμ αφήνοντας την υφή του υποβάθρου ανέγγιχτη με ορυκτή εμφάνιση. Είναι κατάλληλα για παραδοσιακούς σοβάδες, λόγω της σαν ασβέστη εμφάνισής τους, χωρίς κανένα από τα μειονεκτήματα του ασβέστη.

Οικολογικά είναι τα χρώματα που φτιάχνονται 100% με φυσικά συστατικά και που ρυπαίνουν ελάχιστα το περιβάλλον σε όλο τον κύκλο ζωής τους· από την εξόρυξη των πρώτων υλών, τη διαδικασία παραγωγής, τη συσκευασία, τη διανομή, τη χρήση και εφαρμογή, τη διάρκεια μέχρι την τελική διάθεση στο περιβάλλον. Η πιστοποίηση ενός χρώματος ως οικολογικού σημαίνει ότι προσφέρει υψηλή κάλυψη και απόδοση, περιέχει χαμηλά ποσοστά οργανικών πτητικών διαλυτών, αναπτύσσει ικανοποιητικές αντοχές στη φθορά, δεν περιέχει βαρέα μέταλλα ούτε καρκινογόνες και τοξικές ουσίες, και τέλος, ρυπαίνει ελάχιστα το περιβάλλον σε όλο τον κύκλο ζωής του. Εκτός από τα οικολογικά χρώματα, τα οποία έχουν πολύ υψηλό κόστος, μια άλλη κατηγορία φιλικών προς το περιβάλλον χρωμάτων είναι τα χρώματα ήπιας χημείας. Στο τελευταίο είδος χρωμάτων χρησιμοποιούνται ήπιας σύνθεσης χημικά πρόσθετα.

Τα πλεονεκτήματα των οικολογικών χρωμάτων καθώς επίσης και των χρωμάτων ήπιας χημείας αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- η παραγωγή τους δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας καθώς τα ανόργανα χρώματα χρειάζονται πολύ λιγότερη ενέργεια για την κατασκευή τους σε σχέση με τα χρώματα με οργανικό συνδετικό υλικό
- τόσο κατά την παραγωγή τους όσο και κατά την εφαρμογή τους η εκπομπή ρύπων είναι πολύ περιορισμένη
- η ανακύκλωση και η διάθεση των αποβλήτων της βιομηχανίας παραγωγής τέτοιων χρωμάτων είναι εύκολη, σε αντίθεση με τα χρώματα που περιλαμβάνουν πετροχημικά συστατικά (ακρυλικά, βινυλικά, πλαστικά). Μάλιστα, το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία παραγωγής των τελευταίων έχει πολύ υψηλό κόστος ανακύκλωσης, που γίνεται ασύμφορο, και έτσι το μολυσμένο νερό διοχετεύεται τελικά στο περιβάλλον και το μολύνει. Επίσης, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την παραγωγή χημικών χρωμάτων είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των οικολογικών - ήπιας χημείας.

Στη συνέχεια παρατίθεται σχηματική παράσταση τομής κτιρίου, όπου για κάθε δομικό στοιχείο καταγράφονται τα "φιλικά" προς το περιβάλλον αλλά και τους χρήστες υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, με βάση τα κριτήρια που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες.



**Σχήμα 2.1:** Υλικά "φιλικά" προς το περιβάλλον και το χρήστη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα διάφορα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής (πηγή: [13])

### **2.3. Επιλογή υλικών στα κτίρια μελέτης**

Με βάση όλα όσα έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα σχετικά με τα δομικά υλικά και τις επιπτώσεις αυτών σε άνθρωπο και περιβάλλον, στόχος της επιλογής υλικών για την κατασκευή των κατοικιών που μελετώνται είναι:

#### **2.3.1. Φέρων οργανισμός**

Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο ο φέρων οργανισμός των κατοικιών αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στην επιλογή του οπλισμού καθώς αυτός θα πρέπει να φέρει όλα τα απαραίτητα πιστοποιητικά που θα διασφαλίζουν μηδενικά ποσοστά ραδιενέργειας σε αυτόν.

#### **2.3.2. Τοιχοποιίες**

Οι εξωτερικές τοιχοποιίες των κατοικιών θα κατασκευαστούν από δικέλυφη οπτοπλινθοδομή με μόνωση στον πυρήνα της. Η οπτοπλινθοδομή εμφανίζει σημαντικές ιδιότητες σε σχέση με τη διάρκεια ζωής της κατασκευής, την αντοχή σε πυρκαγιά, την ηχομόνωση και τη διαμόρφωση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος. Όπως αναφέρθηκε και στη σχετική παράγραφο, η ενσωματωμένη ενέργεια των οπτόπλινθων είναι μικρή σε σχέση με την αντίστοιχη ενέργεια άλλων υλικών και η παραγωγή τους δεν επιβαρύνει με επικίνδυνους ρύπους την ατμόσφαιρα. Επιπλέον, τα στοιχεία από οπτόπλινθο εμφανίζουν αξιόλογη θερμοχωρητικότητα συμβάλλοντας στην ενίσχυση της θερμικής μάζας του κτιρίου και στη μετατόπιση των καμπυλών απόδοσης της θερμότητας που έχει αποθηκευτεί σε αυτά σε σχέση με το χρόνο. Ταυτόχρονα, ο πηλός επιτρέπει την αναπνοή της τοιχοποιίας εφόσον χρησιμοποιηθεί ο κατάλληλος σοβάς συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός πιο υγιεινού και άνετου εσωκλίματος των χώρων. Με την ικανότητα του πηλού να απορροφά υγρασία και να την επαναποδίδει στο χώρο όταν ο αέρας ξηραθεί τα δομικά στοιχεία από οπτόπλινθο συμβάλλουν στην εξισορρόπηση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος.

#### **2.3.3. Δάπεδα**

Στις κατοικίες θα τοποθετηθούν δύο είδη δαπέδων, ανάλογα με το χώρο και τη λειτουργία του αλλά και με το ρόλο που επιθυμείται να διαδραματίζει το κάθε δάπεδο στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου του κάθε χώρου.

#### 2.3.3.1. Ξύλινα δάπεδα

Τα δάπεδα των υπνοδωματίων θα κατασκευαστούν από ξύλο προσδίδοντας τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του συγκεκριμένου υλικού σε χώρους όπου η επιθυμία για ένα "ζεστό" και χαλαρωτικό περιβάλλον είναι βασικό ζητούμενο των κατοίκων. Για να χαρακτηριστεί ένα δάπεδο από ξύλο ως οικολογικό θα πρέπει να πληροί τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- να μην έχει υποστεί επεξεργασία με χημικές ουσίες, τοξικά μυκητοκτόνα, λούστρα κλπ
- να προέρχεται από ξυλεία δασών που δεν έχουν ξυλευτεί άναρχα και μετά την κοπή της αποκαταστάθηκε το τμήμα που αποκόπηκε.

Ο τύπος του δαπέδου που θα κατασκευαστεί στα υπνοδωμάτια των κατοικιών είναι δρύινο συγκολλημένο δάπεδο (τύπου laminated). Το κερύ από τις κερήθρες των μελισσών αποτελεί ένα απόλυτα φυσικό υλικό και ένα ιδανικό μέσο για το τελείωμα και την προστασία δαπέδων και λοιπών κατασκευών από ξύλο.

#### 2.3.3.2. Κεραμικά δάπεδα

Στους υπόλοιπους χώρους των κατοικιών θα τοποθετηθούν κεραμικά πλακίδια τύπου cotto. Τα πλακίδια cotto κατατάσσονται σε εσωτερικά ή εξωτερικά, τοίχου ή δαπέδου, εφυσωμένα ή ανυάλωτα (χωρίς σμάλτο) και επίπεδα ή μη. Πρόκειται ουσιαστικά για «ψημένη γη», για «κεραμίδια δαπέδου» (terra-cotta), τα οποία αποτελούν γέννημα της μεσογειακής γης και καθαρά οικολογικό προϊόν και οι εφαρμογές τους τοποθετούνται στην αρχαιότητα, στο Βυζάντιο αλλά και στην Αναγέννηση. Σήμερα τα πλακίδια cotto βρίσκονται στην αγορά είτε σε φυσική μορφή είτε εκσκαλωμένα. Δυστυχώς συχνά συγχέονται με τα υπόλοιπα κεραμικά πλακίδια και επιπλέον χρησιμοποιούνται ακόμα ελάχιστα στην Ελλάδα παρόλο που υπάρχουν πολύ καλής ποιότητας προϊόντα που παράγονται στην τοπική αγορά.

#### 2.3.4. Θερμομόνωση

Ως θερμομονωτικό υλικό θα τοποθετηθεί Heraklith τόσο στα οριζόντια όσο και στα κατακόρυφα στοιχεία των κτιρίων. Όπως αναφέρθηκε και στην αντίστοιχη ενότητα των δομικών υλικών, πρόκειται για μονωτικές πλάκες από ίνες ξύλου και τσιμέντο, χωρίς χημικά πρόσμικτα. Οι εφαρμογές τους καλύπτουν απόλυτα κάθε ανάγκη μόνωσης του κτιρίου, από το υπόγειο ως την οροφή. Παρέχουν υγιεινή θερμομόνωση, ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση χάρη στη διαμόρφωση της επιφάνειάς τους, πυροπροστασία λόγω της ορυκτοποίησης του ξύλου με το τσιμέντο, απόλυτη πρόσφυση με το σκυρόδεμα και όλα τα

επιχρίσματα που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές χωρίς προβλήματα αποκόλλησης. Δεν επηρεάζονται από την υγρασία, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και είναι απρόσβλητες από τους μικροοργανισμούς και αναλλοίωτες στις χημικές ενώσεις [28].

Όσον αφορά στην εξωτερική τοιχοποιία, η θερμομόνωση τοποθετείται στον πυρήνα της με οπτόπλινθους πάχους 10cm προς το εξωτερικό περιβάλλον και 15cm προς το εσωτερικό. Η θερμομόνωση των δαπέδων τοποθετείται πάνω από την πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, απομονώνοντας το υπόλοιπο δάπεδο από αυτή. Στο δώμα η θερμομόνωση τοποθετείται στην εξωτερική παρειά της πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος, αξιοποιώντας με τον τρόπο αυτό τη θερμοχωρητικότητα του στοιχείου.

### 2.3.5. Κουφώματα

Τα κουφώματα που θα χρησιμοποιηθούν τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό των κατοικιών είναι ξύλινα και διαφοροποιούνται ανάλογα με το χώρο, τη χρήση και το επιθυμητό μέγεθος κάθε κουφώματος. Αναλυτικά οι επιμέρους τύποι κουφωμάτων των κατοικιών παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Τα υλικά που θα επιλεγούν για την κατασκευή των κουφωμάτων θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις οικολογικής πιστοποίησης προϊόντων ξυλείας (αποφυγή κατεργασίας με επικίνδυνες για την υγεία ουσίες και αποκατάσταση της περιοχής η οποία υλοτομήθηκε).

Τα κουφώματα με υαλοπίνακες προστατεύονται με συνθετικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται στην εξωτερική παρειά των ανοιγμάτων. Η επιλογή ρολών για την προστασία των ανοιγμάτων και τη μείωση των απωλειών θερμότητας κατά τις βραδινές ώρες έγινε με βάση την επιθυμητή αρχιτεκτονική διαμόρφωση των όψεων των κατοικιών, καθώς η χρήση πατζουριών θεωρήθηκε σε μερικές περιπτώσεις αδύνατη, ιδίως στα μεγάλα ανοίγματα των νότιων όψεων.

### 2.3.6. Επιχρίσματα

Στις κατοικίες θα χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά επιχρίσματα, τα οποία όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποτελούνται από θηραϊκή γη και κεραμάλευρα. Η επιλογή του επιχρίσματος θα λαμβάνει υπόψη μεταξύ άλλων και τη φυσική απόχρωση αυτού, καθώς δε θα τοποθετηθεί επιπλέον στρώση βαφής στα στοιχεία του κελύφους.

#### **3.1. Βιο-κλιματική αρχιτεκτονική**

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό και στη λειτουργία κτιρίων και εξωτερικών χώρων με γνώμονα το τοπικό κλίμα και τις ιδιαιτερότητες αυτού και αποσκοπεί στη διασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης μέσα και γύρω από κτίρια που είναι ενεργειακά αποδοτικά στη χρήση αλλά και στην κατασκευή τους. Η διασφάλιση υψηλών συνθηκών άνεσης επιτυγχάνεται με χρήση της ηλιακής ενέργειας και άλλων περιβαλλοντικών πηγών αλλά και των φυσικών φαινομένων του εκάστοτε κλίματος [12]. Η γνώση επομένως των κλιματικών χαρακτηριστικών που επικρατούν σε κάθε περιοχή αποτελεί βασική συνιστώσα για ένα σωστό και κατά συνέπεια αποτελεσματικό σχεδιασμό των κατασκευών.

Η γνώση του περιφερειακού και του τοπικού κλίματος είναι μια στοιχειώδης εισαγωγή, η οποία θα αποτελέσει τη βάση των αναλύσεων που θα χαρακτηρίζουν την ετήσια απόδοση των κατοικιών. Έτσι, οι πληροφορίες και τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν για το κλίμα της περιοχής και η ιδανική προσθήκη αξιόπιστης τοπικής εμπειρίας, θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για την εκτίμηση των «θετικών» και των «αρνητικών» κλιματικών επιδράσεων. Αυτές στη συνέχεια μπορούν να αξιοποιηθούν κατάλληλα για να βελτιωθεί το μικροκλίμα γύρω από το εκάστοτε κτίριο. Συνεπάγεται ότι το κτίριο θα πρέπει να εντάσσεται στο περιβάλλον που πρόκειται να κατασκευαστεί έτσι ώστε να είναι δυνατή η πλήρης εκμετάλλευση των χρήσιμων κλιματικών επιδράσεων της περιοχής και η μείωση ή εξάλειψη οποιωνδήποτε ανεπιθύμητων συνθηκών [4].

Ενώ το γενικό μακρόκλιμα και μεσόκλιμα της περιοχής είναι πέρα από κάθε δυνατή επίδραση, οι αλλαγές στο σχεδιασμό σε μικροκλιματική στάθμη μπορούν να εξασφαλίσουν αξιοσημείωτες ωφέλειες. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς και λειτουργίας του κτιρίου, και την αποκόμιση έτσι σημαντικών οικονομικών αλλά κυρίως περιβαλλοντικών ωφελειών. Επιπρόσθετα, η αποτίμηση των χαρακτηριστικών του κλίματος μιας περιοχής και η χρήση τους κατά το

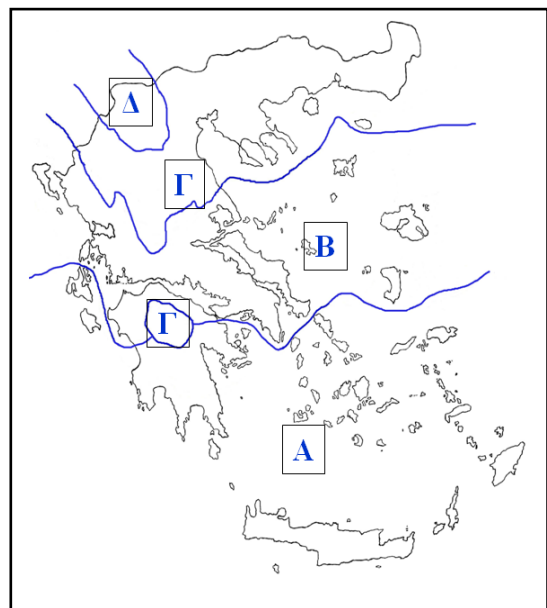
σχεδιασμό και τη λειτουργία των κτιρίων βελτιώνει την άνεση και επεκτείνει τη χρησιμότητα των εξωτερικών χώρων [1].

### **3.2. Παράμετροι που επιδρούν στο κλίμα της Ελλάδας**

Το κλίμα των διάφορων περιοχών της Ελλάδας καθορίζεται με βάση το γεωγραφικό πλάτος, τη γειτνίαση με τη θάλασσα και το ανάγλυφο του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, καθένας από τους παραπάνω παράγοντες επιδρά στο τοπικό κλίμα ως εξής:

- το γεωγραφικό πλάτος της Ελλάδας κυμαίνεται από 35° ως 42° βόρειο γεωγραφικό πλάτος και με βάση αυτό το κλίμα της χώρας χαρακτηρίζεται ως εύκρατο,
- η γειτνίαση με τη θάλασσα επηρεάζει σημαντικά το τοπικό κλίμα, με τη θετική επίδραση στις θερμοκρασίες κάθε περιοχής να αυξάνεται όσο πιο «στενή» είναι η εκάστοτε περιοχή μελέτης. Γενικά, το κλίμα της Ελλάδας θα χαρακτηριζόταν ως αποκλειστικά ηπειρωτικό χωρίς τη γειτνίαση με τη θάλασσα, η πραγματικότητα όμως αυτή τελικά επιδρά στη θερμοκρασία του αέρα κάνοντάς την ηπιότερη κατά τη διάρκεια του χειμώνα και χαμηλότερη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού,
- η μορφολογία του εδάφους είναι τέτοια ώστε να μπορεί η Ελλάδα να περιγραφεί ως μια χώρα περιβαλλόμενη από θάλασσα και διαμελισμένη από ορεινούς όγκους. Η επικράτηση έντονων εξάρσεων και οι κατά συνέπεια έντονες εναλλαγές σχημάτων χωρίζουν και διαμορφώνουν στενές συνήθως ζώνες, όπου και συγκεντρώνεται η ζωή.

Συνοψίζοντας, με βάση το βαθμό επιρροής των παραπάνω παραμέτρων το κλίμα της Ελλάδας, αυτό βαθμιαία μεταβάλλεται από Βορρά προς Νότο από ηπειρωτικό προς εύκρατο και μάλιστα στο ΝΑ Αιγαίο μετατρέπεται σε θαλάσσιο. Λόγω αυτής της διαφοροποίησης, η Ελλάδα, σύμφωνα με το προσχέδιο του ΚΕΝΑΚ, χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες από το νότο προς το βορρά, οι οποίες και παρουσιάζονται στη διπλανή εικόνα. Η ζώνη Α χαρακτηρίζεται από ήπιο κλίμα και τα κτίρια που βρίσκονται εντός αυτής έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη και λιγότερες σε θέρμανση. Ακολουθώντας, η μετάβαση προς τις υπόλοιπες



**Εικόνα 3.1:** Κλιματικές ζώνες της Ελλάδας  
(πηγή: [29])

ζώνες (B, Γ, Δ) συνεπάγεται μείωση των αναγκών σε ψύξη και αύξηση των αντίστοιχων σε θέρμανση.

Με βάση όλα όσα έχουν αναφερθεί ως τώρα για τα κλιματικά χαρακτηριστικά και την επίδραση αυτών στη διαμόρφωση του εσωκλίματος των κτιρίων στην Ελλάδα μπορούν να συνοψιστούν τρεις βασικοί άξονες, οι οποίοι και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο κατά το σχεδιασμό των κατασκευών με βιοκλιματικά κριτήρια:

- τα κλιματικά δεδομένα έχουν οδηγήσει σε διαχωρισμό του ελληνικού χώρου σε τέσσερις θερμικές ζώνες (Α, Β, Γ, Δ), με αυξανόμενες απαιτήσεις όσον αφορά στη θερμομόνωση κατά τη μετάβαση από τη ζώνη Α προς τη Δ. Η αντίστροφη μετάβαση (από τη ζώνη Δ προς την Α) πρέπει οικοδομικά να συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση της θερμοχωρητικότητας των κτιρίων,
- η μεγάλη ηλιοφάνεια σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες του αέρα που καταγράφονται κατά τη θερμή περίοδο του έτους οδηγούν στην ανάγκη χρήσης κλιματισμού για την ψύξη των εσωτερικών χώρων των κτιρίων. Η δαπανηρή αυτή - ενεργειακά και οικονομικά- λύση μπορεί να αποφευχθεί εντελώς σε κτίρια κατοικιών μόνο με σωστή ηλιοπροστασία, εκμετάλλευση των ευνοϊκών ανέμων με διαμπερή αερισμό και χρήση δομικών στοιχείων με μεγάλη θερμοχωρητικότητα μέσω της ορθής αξιοποίησης των θερμοκρασιακών διαφορών μεταξύ ημέρας και νύχτας,
- η μεγάλη ηλιοφάνεια και τα σχετικά υψηλά ελάχιστα των θερμοκρασιών που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό για την θέρμανση των κτιρίων με αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Βέβαια, ο ορθός υπολογισμός της θερμομόνωσης και η προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς ανέμους που επικρατούν το χειμώνα αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τη μείωση των απωλειών και τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας άνεσης στο εσωτερικό των κατασκευών.

### **3.3. Οι πηγές κλιματικών πληροφοριών στην Ελλάδα**

Η σωστά τεκμηριωμένη μελέτη λειτουργίας και η διατύπωση προτάσεων για βελτίωση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς ενός κτιρίου πρέπει να περιλαμβάνει επεξεργασία των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή. Κάτι τέτοιο περιλαμβάνει τη συλλογή, επεξεργασία και μελέτη των κλιματικών στοιχείων που έχουν καταγραφεί από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Στην Ελλάδα η υπηρεσία που έχει αναλάβει τη διεξαγωγή τέτοιων μετρήσεων είναι η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.), η οποία είναι υπεύθυνη για την καταγραφή, αρχειοθέτηση και επεξεργασία ενός πλήθους μετεωρολογικών



παραμέτρων σε όλη την επικράτεια. Άλλοι φορείς που επιδίδονται στην καταγραφή τέτοιων δεδομένων είναι [30]:

- το εθνικό αστεροσκοπείο Αθηνών, που διαθέτει μακροχρόνιες καταγραφές για την περιοχή της Αττικής,
- το Μετεωροσκοπείο της Θεσσαλονίκης, οργανική μονάδα του Αριστοτέλειου πανεπιστημίου, το οποίο διατηρεί βάση δεδομένων για το πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης,
- η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η οποία καταγράφει το ηλιακό και αιολικό δυναμικό πολλών περιοχών, κυρίως νησιωτικών,
- το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), που παρέχει επεξεργασμένες τιμές για μια σειρά κλιματικών μεγεθών σε είκοσι περίπου πόλεις της Ελλάδας.

Πέρα από αυτούς, υπάρχει και μια σειρά άλλων φορέων που διατηρούν ανεπίσημες βάσεις δεδομένων για τα κλιματικά δεδομένα περιοχών του ενδιαφέροντός τους.

### **3.4. Η χρήση προγράμματος μετεωρολογικών δεδομένων**

#### **3.4.1. Η δομή του προγράμματος**

Στη θερμική προσομοίωση κτιρίων τα εισαγόμενα κλιματικά δεδομένα μπορεί να αναφέρονται σε σύντομα ή σε εκτενή χρονικά διαστήματα. Συνήθως, πάντως, όταν η μελέτη επιδιώκει να αποτυπώσει τη συμπεριφορά του κτιρίου τόσο για την περίοδο θέρμανσης, όσο και για την περίοδο ψύξης απαιτείται η εισαγωγή ενός πλήρους έτους, αποτελούμενου από ωριαίες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων. Αυτό, ανάλογα με τους σκοπούς της ανάλυσης, μπορεί να είναι ένα συγκεκριμένο ημερολογιακό έτος ή μια ίση σε διάρκεια εικονική χρονική περίοδος, η οποία θα έχει προκύψει από πραγματικά καταγεγραμμένα δεδομένα σειράς ετών κατόπιν επεξεργασίας, προκειμένου να αποτυπωθεί με αντιπροσωπευτικό τρόπο το κλίμα που επικρατεί στην εξεταζόμενη περιοχή. Στη δεύτερη περίπτωση, το σύνολο των ωριαίων τιμών αποτελεί το «τυπικό έτος» του αντίστοιχου γεωγραφικού τόπου.

Η Ελλάδα βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Ευρώπης μεταξύ του 34<sup>ου</sup> και 42<sup>ου</sup> παραλλήλου του βόρειου ημισφαιρίου. Βρέχεται από την ανατολική μεσόγειο και υπάγεται στην εύκρατη ζώνη της γης. Το κλίμα της χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλες περιόδους ηλιοφάνειας σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Βέβαια, με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και τις κλιματικές αλλαγές που αυτή συνεπάγεται είναι πλέον δύσκολο να εκφράσουμε σαφή κλιματικά χαρακτηριστικά.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε έντονες μεταβολές και ασυνήθιστα για τη δεδομένη κάθε φορά εποχή φαινόμενα. Το γεγονός αυτό εγείρει ανησυχίες για το κατά πόσο θα είναι δυνατό να μιλάμε για δεδομένες κλιματικές ζώνες με ενιαία χαρακτηριστικά, αλλά, ακόμη, και για συγκεκριμένες εποχές, όπως αυτές ισχύουν ως τώρα. Η έντονη ηλιοφάνεια όμως κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου καθώς επίσης και οι άνεμοι παραμένουν βασικά στοιχεία του κλίματος της Ελλάδας και θα πρέπει να αποτελέσουν τις βασικές παραμέτρους του βιοκλιματικού σχεδιασμού στη χώρα μας.

Η τοπογραφική διαμόρφωση της Ελλάδας και η μορφολογία του εδάφους της ευνοούν την εμφάνιση μεγάλης ποικιλίας κλιματικών χαρακτηριστικών στις διάφορες περιοχές, μέσα στην έννοια του μεσογειακού κλίματος. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ύπαρξη μεγάλων ορεινών όγκων και εξάρσεων του εδάφους στην κεντρική κυρίως Ελλάδα, καθώς και στην εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Η θάλασσα διαδραματίζει τον κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος, το οποίο χωρίς την ύπαρξή της θα ήταν αμιγώς ηπειρωτικό, αφού συμβάλλει στην πτώση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι και στην ηπιότερη διακύμανσή της το χειμώνα. Η επίδραση των παραγόντων που αναφέρθηκαν στο κλίμα της Ελλάδας έχει ως αποτέλεσμα αυτό να μεταβάλλεται βαθμιαία από βορρά προς νότο από ηπειρωτικό σε εύκρατο και μάλιστα ΝΑ στο Αιγαίο μετατρέπεται σε θαλάσσιο [31].

Η ψυχρή και υγρή περίοδος, που αρχίζει στα μέσα του Οκτώβρη και τελειώνει στα τέλη του Μάρτη, και η θερμή και στο μεγαλύτερο μέρος της άνομβρη περίοδος, που διαρκεί τους υπόλοιπους μήνες, αποτελούν τις δύο εποχές στις οποίες μπορεί να χωριστεί το έτος. Ως ψυχρότεροι μήνες μπορούν να χαρακτηριστούν ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, με τιμές θερμοκρασίας χαμηλότερες του μηδενός στις βόρειες και ορεινές περιοχές, ενώ οι θερμότεροι είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Τέλος, χαρακτηριστική είναι η μικρή διάρκεια της άνοιξης και η παρατεταμένη του φθινοπώρου, όπως επίσης και η εμφάνιση ηλιόλουστων ημερών στα τέλη του Ιανουαρίου ή στις αρχές Φεβρουαρίου, των γνωστών ως «Αλκυονίδων ημερών» [1], [32].

Ωριαίες τιμές κλιματικών δεδομένων που να προκύπτουν από πραγματικές καταγραφές, όμως, τόσο μεγάλης διάρκειας και πυκνότητας δύσκολα είναι διαθέσιμες από πηγές σαν αυτές που αναφέρθηκαν προηγουμένως τουλάχιστον για την περίπτωση της ελληνικής επαρχίας. Οι καταγραφές των κλιματικών μεγεθών πολλές φορές γίνονται σε τρίωρη ή σε εξάωρη βάση και όχι σε ωριαία. Έτσι, η δημιουργία ενός αρχείου ωριαίων τιμών προϋποθέτει τη στατιστική επεξεργασία των υπάρχοντων στοιχείων. Για τέτοιου είδους εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί υπολογιστικές μέθοδοι, που παρέχουν την επιθυμητή χρονική πύκνωση των δεδομένων, διατηρώντας μεταξύ παράγωγων τιμών κοινά στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή, απόκλιση κ.τ.λ.).

Η δημιουργία του απαραίτητου, για αυτή την εργασία, αρχείου κλιματικών δεδομένων για την περιοχή της Νίκαιας, έγινε με το πρόγραμμα συλλογής και επεξεργασίας MeteoNORM, το οποίο παράλληλα αποτελεί και μια έγκυρη βάση δεδομένων. Η επιλογή απεύθυνσης στο συγκεκριμένο πρόγραμμα οφείλεται στην έλλειψη πλήρους σειράς πραγματικών κλιματικών δεδομένων για την περιοχή που μελετάται. Το προσομοιωτικό πρόγραμμα, σύμφωνα με τους κατασκευαστές του, αποτελεί μια βάση κλιματολογικών δεδομένων που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές σχετικές με την ηλιακή ενέργεια. Ειδικότερα πρόκειται για [33]:

- μια βάση μετεωρολογικών δεδομένων η οποία περιλαμβάνει πλήρεις κλιματικές πληροφορίες για εφαρμογές ενεργειακού σχεδιασμού σε κάθε σημείο της γης,
- ένα πρόγραμμα για κλιματικούς υπολογισμούς,
- μια βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται σε σχεδιαστικά προγράμματα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας μέσω παθητικών και ενεργητικών συστημάτων και φωτοβολταϊκών,
- ένα αρχείο μετεωρολογικών στοιχείων για περιβαλλοντική έρευνα, γεωργία, δασολογία και για οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο για τη μετεωρολογία και την ηλιακή ενέργεια.

#### 3.4.2. Η βάση δεδομένων του προγράμματος

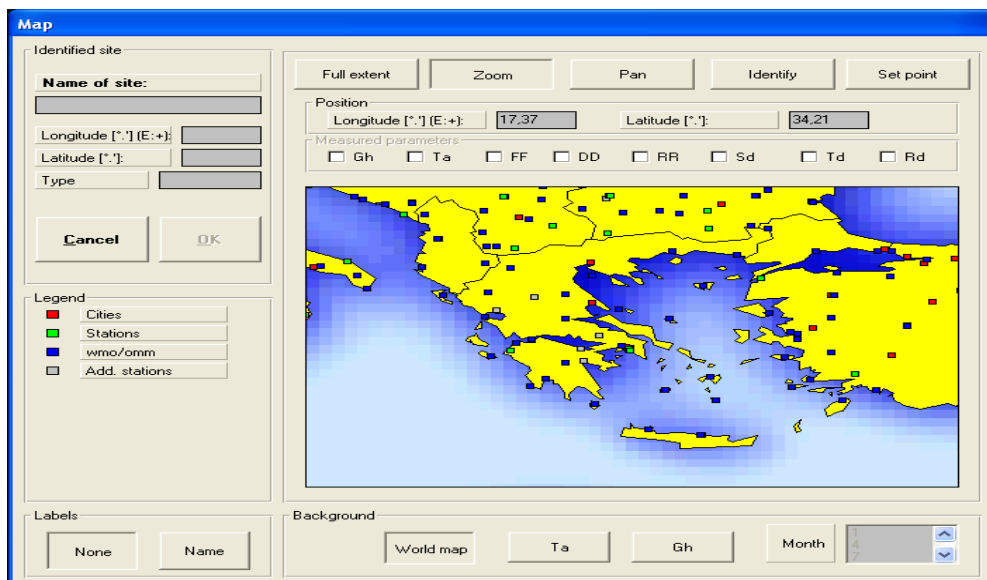
Η βάση δεδομένων του προγράμματος στηρίζεται στην ενοποίηση προϋπαρχουσών εθνικών και διεθνών βάσεων κλιματικών δεδομένων και περιλαμβάνει καταγραφές από 7400 μετεωρολογικούς σταθμούς παγκοσμίως. Αυτές συμπληρώνονται από δεδομένα για την ηλιακή ακτινοβολία που παρέχονται από δορυφόρους. Συγκεντρώνει έτσι, κατ'ελάχιστο, μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα και ηλιακής ακτινοβολίας για ένα δίκτυο σημείων στη υδρόγειο και, πολλές φορές, μέσες μηνιαίες τιμές περισσότερων μετεωρολογικών παραμέτρων, εφόσον αυτές καταγράφονται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς (εικόνα 3.2.).

Όταν ο χρήστης του προγράμματος αναζητά πληροφορίες για μια γεωγραφική θέση, αρκεί να εισαγάγει στο πρόγραμμα το γεωγραφικό μήκος, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο της στάθμης επάνω από τη θάλασσα. Το MeteoNORM στη συνέχεια υπολογίζει τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές με χρήση υπολογιστικών μεθόδων που στηρίζονται στη γραμμική παρεμβολή. Το υπόβαθρο των υπολογισμών παρέχεται από τις καταγεγραμμένες τιμές που δίνουν οι πλησιέστεροι μετεωρολογικοί σταθμοί.

Οι μέσες μηνιαίες τιμές των δύο κύριων μεγεθών -ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας αέρα- αποτελούν τα καταγεγραμμένα δεδομένα στα οποία βασίζεται ο

υπολογισμός από το πρόγραμμα κάθε άλλης μετεωρολογικής παραμέτρου, που μπορεί να ζητηθεί από το χρήστη. Καταρχήν, από τις μέσες μηνιαίες τιμές ακτινοβολίας παράγονται, με τη χρήση στοχαστικών υπολογιστικών μοντέλων, ωριαίες τιμές του μεγέθους. Κατόπιν, από τις μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και τις ωριαίες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίζονται διαδοχικά οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες ημερήσιες και ωριαίες τιμές για το μέγεθος της θερμοκρασίας.

Τα μεγέθη της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας αποτελούν τις κύριες κλιματικές παραμέτρους, από τις οποίες το πρόγραμμα υπολογίζει στη συνέχεια όσες από τις υπόλοιπες δεν αποτυπώνονται πρωτογενώς στις μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών. Οι κυριότερες αυτών είναι το σημείο δρόσου, η σχετική υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση κ.τ.λ.



**Εικόνα 3.2.** Ο χάρτης του προγράμματος MeteoNORM από τον οποίο γίνεται η επιλογή του μετεωρολογικού σταθμού που αναζητά ο χρήστης.

(πηγή: λογισμικό προσομοιωτικού προγράμματος)

Ως απόρροια της επεξεργασίας που δέχονται οι μετρήσεις κατά τις διαδικασίες αυτές, στα τελικά αποτελέσματα παρεισφύρουν οπωσδήποτε κάποιες αποκλίσεις από την πραγματική κατάσταση, που στην ουσία οφείλονται στην έλλειψη πλήρους πρωτογενούς καταγραφής του κλίματος και στην υποκατάσταση αυτής μέσω αριθμητικών υπολογισμών. Ωστόσο, οι αποκλίσεις που παρουσιάζουν τα φυσικά μεγέθη στην πραγματικότητα από έτος σε έτος, σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες τιμές τους, είναι μεγαλύτερες από την ανακρίβεια των υπολογισμένων στοιχείων [33].

### 3.4.3. Εφαρμογή για τη Νίκαια

Η Νίκαια βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος  $39.33^\circ$  βόρεια, γεωγραφικό μήκος  $22.27^\circ$  ανατολικά και έχει υψόμετρο 94 m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο, το οικοπέδο ανέγερσης των κτιρίων βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από την πόλη της Νίκαιας αλλά όχι εντός αυτής. Η παράμετρος που μεταβάλλεται ουσιαστικά στον προσδιορισμό των γεωγραφικών συντεταγμένων του οικοπέδου είναι το υψόμετρο, καθώς τα κτίρια που πρόκειται να κατασκευαστούν τοποθετούνται σε επικλινές έδαφος -εκτός των ορίων της πόλης- με μέση τιμή υψομέτρου τα 246m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

Για τον προσδιορισμό εκείνων των παραμέτρων που συνθέτουν το κλίμα της περιοχής έγινε λογαριθμική επεξεργασία και παρεμβολή καταγεγραμμένων δεδομένων, τα οποία προέκυψαν από τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής. Στη βάση δεδομένων του προγράμματος περιέχονται μετρήσεις θερμοκρασίας αέρα και ταχύτητας ανέμου για τα έτη 1994-2001.

Οι μετεωρολογικές παράμετροι που εξάγονται από το πρόγραμμα και περιγράφουν το κλίμα της περιοχής είναι οι εξής:

- άμεση ακτινοβολία ( $G_{Bh}$ ) σε επίπεδο κάθετο στις ακτίνες του ήλιου σε  $\text{kJ/m}^2$
- συνολική ακτινοβολία ( $G_{Gh}$ ) σε οριζόντιο επίπεδο σε  $\text{kJ/m}^2$ ,
- θερμοκρασία περιβάλλοντος ( $T_a$ ), σε  $^\circ\text{C}$ ,
- θερμοκρασία σημείου δρόσου ( $T_d$ ), σε  $^\circ\text{C}$ ,
- ταχύτητα ανέμου ( $FF$ ), σε  $\text{m/s}$ ,

Το κλιματικό αρχείο που θα χρειαστεί για την προσομοίωση της θερμικής συμπεριφοράς των κατοικιών αποτελείται από 8 στήλες, μια για κάθε ένα από τα κλιματικά δεδομένα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, για το μήνα, τη μέρα και την ώρα μελέτης. Επειδή το πρόγραμμα δεν αναγνωρίζει το ημερολογιακό έτος, αλλά ένα τυπικό 365 ημερών, ως αρχή του κλιματικού αρχείου θεωρήθηκε η ώρα 01:00πμ της 01/01 και ως τέλος η 24<sup>η</sup> ώρα της 31/12. Συνολικά το αρχείο αποτελείται από 8760 σειρές, μια για κάθε ώρα της κάθε ημέρας του τυπικού έτους. Κάθε σειρά περιλαμβάνει τις τιμές καθενός από τα 5 κλιματικά δεδομένα που καταγράφηκαν για τη συγκεκριμένη ημέρα και ώρα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθεται δείγμα του κλιματικού αρχείου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές της θερμοκρασίας (6<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> στήλη) είναι πολλαπλασιασμένες  $\times 10$ , προκειμένου να μην υπάρχουν δεκαδικοί αριθμοί. Στη συνέχεια περιγράφεται το κλίμα στην περιοχή της Νίκαιας με βάση τις τιμές που απέδωσε το πρόγραμμα για τα μεγέθη αυτά.

m	dm	h	G_Bh	G_Gh	Ta	Td	FF
1	1	1	0	0	114	95	6
1	1	2	0	0	112	94	5
1	1	3	0	0	110	93	4
1	1	4	0	0	107	92	5
1	1	5	0	0	105	91	5
1	1	6	0	0	102	91	5
1	1	7	0	0	100	90	4
1	1	8	0	0	98	90	5

**Πίνακας 3.1.** Δείγμα του εξαγόμενου από το MeteoNORM κλιματικού αρχείου για τη Νίκαια.

Με m, dm και h συμβολίζονται ο μήνας, η ημέρα του μήνα και μία από τις 24 ώρες της εξεταζόμενης ημέρας αντίστοιχα.

(πηγή: εξαγόμενο του προσομοιωτικού προγράμματος)

### **3.5. Το κλίμα στην περιοχή της Νίκαιας**

Οι εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον των κατοικιών είναι καθοριστικής σημασίας για την αποτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς τους. Ταυτόχρονα, μια λεπτομερής και αξιόπιστη αποτύπωση των κύριων κλιματικών μεγεθών και της διακύμανσης αυτών κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους, θα συμβάλει στη διαμόρφωση ορθών και προπαντός αποτελεσματικών προτάσεων για τη βελτίωση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων. Το κλίμα άλλωστε και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτού από τόπο σε τόπο αποτελούν τα κύρια κριτήρια σχεδιασμού των κτιρίων που λειτουργούν χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες και εναλλακτικές πηγές ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και φωτισμό.

#### **3.5.1. Επεξεργασία των κλιματικών δεδομένων**

Το μεγάλο πλήθος δεδομένων που παρέχεται από το πρόγραμμα, και περιγράφει τις κλιματικές παραμέτρους στην περιοχή κατασκευής των κατοικιών, απαιτεί περαιτέρω μελέτη, κατηγοριοποίηση και ερμηνεία, έτσι ώστε να μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα, εύκολα αντιληπτά και κατά το δυνατόν ασφαλή συμπεράσματα για το κλίμα της περιοχής. Έτσι, η επεξεργασία των δεδομένων θα έχει ως στόχο την ομαδοποίηση των μεγεθών κατά κατηγορία (θερμοκρασία περιβάλλοντος, ολική ακτινοβολία κ.τ.λ.) και κατά χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια θα προσδιοριστεί η τυπική ημέρα κάθε μήνα με χρήση ενός γενικού αλγορίθμου για τον υπολογισμό των αποδεκτών τιμών και την απόρριψη των μη αποδεκτών. Τέλος, με βάση την τυπική ημέρα που θα έχει υπολογιστεί για κάθε μήνα θα μπορεί να δημιουργηθεί και ένα τυπικό έτος αναφοράς 12 ημερών (μία για κάθε μήνα). Αυτό θα θεωρείται ενδεικτικό των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή.

Για την περιγραφή των κλιματικών μεγεθών και των διακυμάνσεων αυτών κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους, χρησιμοποιήθηκε η χρονική μονάδα του ενός μήνα. Οι μέσες

μηνιαίες τιμές κάθε μεγέθους θεωρείται ότι περιγράφουν ικανοποιητικά τη μεταβολή αυτού κατά τη διάρκεια του έτους, χωρίς να εξαλείφουν ενδιάμεσα μεταβατικά στάδια (διακύμανση από μήνα σε μήνα). Ταυτόχρονα, η χρήση μιας μονάδας χρόνου όπως ο μήνας, η οποία χρησιμοποιείται γενικά για την ημερολογιακή διαίρεση του έτους, διευκολύνει την ομαδοποίηση των δεδομένων, την αξιολόγηση αυτών αλλά και την εξαγωγή εύκολα κατανοήσιμων συμπερασμάτων για το κλίμα της υπό μελέτη περιοχής [30], [31].

#### 3.5.1.1. Η τυπική ημέρα

Για κάθε έναν από τους 12 μήνες του έτους υπολογίζεται η τυπική ημέρα. Στην ουσία πρόκειται για μια αντιπροσωπευτική εικονική ημέρα του μήνα στον οποίο γίνεται αναφορά, η οποία θεωρείται πως μπορεί να δίνει τέτοιες ωριαίες τιμές για κάθε μέγεθος, που να περιγράφουν με αρκετή ασφάλεια τη μέση τιμή των πραγματικών ωραίων τιμών του μεγέθους, όπως αυτές υπολογίστηκαν από το πρόγραμμα. Οι ωριαίες τιμές της τυπικής ημέρας προκύπτουν από το μέσο όρο των πραγματικών ωραίων τιμών όλων των ημερών του μήνα αφού πρώτα αφαιρεθούν αυτές που βρίσκονται εκτός των ορίων της τυπικής απόκλισης  $\pm\sigma$ . Η τελευταία προκύπτει από τη διασπορά των τιμών του αντίστοιχου μεγέθους.

Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθήθηκε για να προσδιοριστεί η τυπική ημέρα είναι η εξής [34]:

- Υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ωραίων τιμών  $x_1, x_2, \dots, x_{30}$  που εκτιμούνται για τις 30 ημέρες του πραγματικού μήνα. Η τιμή αυτή είναι η μέση ωριαία τιμή του μεγέθους για την τυπική ημέρα αναφοράς,  $(\bar{x})$ ,
- Στη συνέχεια, με χρήση της σχέσης  $\sigma = (\sum(x_i - \bar{x})^2 / 30)^{1/2}$ , βρέθηκε η τυπική απόκλιση,
- Υπολογίστηκαν τα άνω και κάτω όρια της διασποράς ( $\bar{x} - \sigma$  και  $\bar{x} + \sigma$ ),
- Τέλος, αφού απορρίφθηκαν οι τιμές που βρίσκονταν εκτός των ορίων, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των υπολοίπων τιμών, δηλαδή η μέση ωριαία τιμή του μεγέθους για την τυπική ημέρα.

Με τη διαδικασία που περιγράφηκε για τον υπολογισμό της τυπικής ημέρας αποκλείστηκαν ακραίες τιμές που η πιθανότητα εμφάνισής τους είναι μικρή και άρα δεν μπορούν να θεωρηθούν ως αντιπροσωπευτικές των τιμών του μεγέθους για το μήνα μελέτης. Οι τιμές αυτές μπορεί να οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα, σε ανθρώπινες παρεμβάσεις, σε σφάλματα κατά τη λειτουργία των μηχανημάτων που έχουν εγκατασταθεί ή κατά τη στατιστική επεξεργασία των τιμών που αυτά έχουν καταγράψει [31].

Για κάθε μία από τις 24 ώρες της ημέρας υπολογίζεται η μέση ωριαία τιμή ακολουθώντας τη μέθοδο που αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι 24 μέσες ωριαίες τιμές που προκύπτουν τελικά είναι και αυτές που θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία της τυπικής ημέρας του εκάστοτε μήνα αναφοράς. Οι 12 τυπικές ημέρες (μία για κάθε μήνα) θα αποτελούν τελικά το τυπικό έτος για το συγκεκριμένο μέγεθος που επιλέχτηκε να μελετηθεί.

Συμπερασματικά, κάθε τυπική ημέρα θεωρείται ότι αποτελείται από τις αντιπροσωπευτικές τιμές που λαμβάνει το υπό μελέτη μέγεθος στο μήνα αναφοράς και έτσι διασφαλίζεται η όσο το δυνατό πιο αξιόπιστη και χαρακτηριστική περιγραφή αυτού. Την ίδια στιγμή όμως αποθηκεύονται και οι ακρότατες ωριαίες πραγματικές τιμές που έχουν καταγραφεί και απορριφθεί λόγω των ορίων διασποράς, οι οποίες και αποτελούν τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή για κάθε ώρα κάθε μίας από τις 30 ημέρες του μήνα.

#### 3.5.1.2. Διαγραμματική απεικόνιση των παραμέτρων

Η διεξαγωγή συμπερασμάτων για το κλίμα της περιοχής στηρίχτηκε και σε τρεις τύπους γραφημάτων [30]:

- Γραφήματα τα οποία απεικονίζουν τις επεξεργασμένες τιμές της τυπικής ημέρας ενός μήνα και παριστούν τη μεταβολή του μεγέθους αυτού τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όσο και συγκριτικά από μήνα σε μήνα. Έτσι, με τη μεθοδολογία, που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, δημιουργήθηκαν τυπικές ημέρες για:
  - τη θερμοκρασία περιβάλλοντος,  $\theta_a$ ,
  - την ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο,  $G_g$ ,
  - την άμεση ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο,  $G_a$ .
- Γραφήματα, τα οποία απεικονίζουν τη μεταβολή της μέσης μηνιαίας τιμής του εκάστοτε μεγέθους και προσφέρουν μια συνολικότερη άποψη για τη διακύμανση του μεγέθους κατά τη διάρκεια του έτους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές των μεγεθών, όπως αυτές προέκυψαν από την αντίστοιχη ανάλυση του προσομοιωτικού προγράμματος.

#### 3.5.2. Η θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία αέρα μιας τοποθεσίας επηρεάζεται από την τοπογραφική διαμόρφωση της, τη βλάστηση και τη φύση των επιφανειών κοντά στο έδαφος. Πιο συγκεκριμένα, ο τρόπος με τον οποίο διαμορφώνεται τοπογραφικά μια περιοχή επιδρά στη διακύμανση αλλά και στις ακρότατες τιμές της θερμοκρασίας, γεγονός που οφείλεται στον προσανατολισμό, στην κλίση του εδάφους, στην έκθεση στον άνεμο, στη νυχτερινή ψύξη

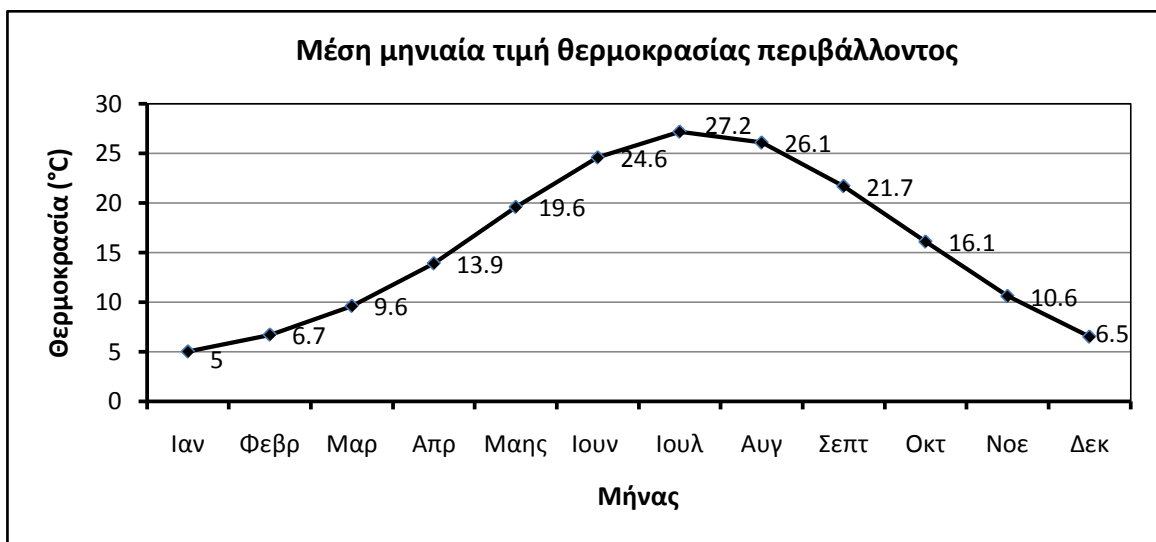


και στη ροή θερμού και ψυχρού αέρα. Η βλάστηση, τόσο της ευρύτερης περιοχής όσο και του άμεσου περιβάλλοντα χώρου του κτιρίου, συμβάλει ανάλογα με το είδος και την πυκνότητά της στη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται και κατ' επέκταση της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στην επιφάνεια του εδάφους. Τέλος, το είδος της επιφάνειας εδάφους της κάθε περιοχής επιδρά στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται, με ηπιότερες τιμές και μεταβολές αυτής σε περιοχές με βλάστηση και έντονα ακραίες τιμές με μεγάλες διακυμάνσεις σε αστικά κέντρα [30].

### 3.5.2.1. Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα στην περιοχή

Οι μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια ενός τυπικού έτους, αλλά και οι τιμές εξωτερικής θερμοκρασίας που προέκυψαν μετά από επεξεργασία των μετρήσεων για τη διαμόρφωση των τυπικών ημερών, είναι αντιπροσωπευτικές μιας ημιπεδινής περιοχής της κεντρικής Ελλάδας.

Αρχικά, στο διάγραμμα 3.1. παρουσιάζεται η μεταβολή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια του έτους, ώστε να είναι δυνατή μια συγκεντρωτική άποψη πάνω στις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται ανά έτος στην περιοχή μελέτης.



**Διάγραμμα 3.1.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα, η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα στην περιοχή της Νίκαιας σε κλίμακα μέσω μηνιαίων τιμών κυμαίνεται από 5°C το μήνα Ιανουάριο έως 27,2°C τον Ιούλιο. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός, ότι κατά τη γραφική παράσταση της μέσης τιμής θερμοκρασίας στην υπό μελέτη περιοχή, αυτή δε φαίνεται να πέφτει κάτω από τους 0°C για κανένα μήνα του έτους. Ωστόσο, κατά τη συλλογή και την

επεξεργασία των κλιματικών δεδομένων, προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της ψυχρής χειμερινής περιόδου (Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Δεκέμβριος) σημειώνονται θερμοκρασίες κάτω του μηδενός και μάλιστα για ένα σημαντικό τμήμα της τυπικής ημέρας κάθε μήνα, ανάλογα βέβαια με τον εκάστοτε μήνα αναφοράς. Τιμές θερμοκρασίας κάτω του μηδενός καταγράφονται και τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Νοέμβριο αλλά για περιορισμένα διαστήματα της τυπικής ημέρας.

Για το λόγο αυτό, θεωρήθηκε απαραίτητη η παρακάτω συγκεντρωτική καταγραφή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών καθώς επίσης και της μέγιστης και ελάχιστης τιμής αυτών κατά τη διάρκεια κάθε μήνα του τυπικού έτους. Με αυτό τον τρόπο γίνεται μια πληρέστερη περιγραφή και παρουσίαση του κλιματικού παράγοντα που μελετάται, γνωρίζοντας τόσο τη μέση αναμενόμενη τιμή της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τον κάθε μήνα του έτους, αλλά, ταυτόχρονα, και τις ακρότατες τιμές που σημειώθηκαν και τη διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του μήνα αυτού. Βέβαια, οι ακρότατες τιμές αποτελούν έντονα πιθανοτικά στοιχεία και ως τέτοια θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Δηλαδή, η καταγραφή τους βοηθά στη γενική αποτίμηση του κλίματος της συγκεκριμένης περιοχής, χωρίς όμως αυτές να θεωρούνται τυπικές τιμές και να χρησιμοποιούνται στη εξαγωγή συμπερασμάτων για το κλίμα της. Σε κάθε περίπτωση, η παράθεσή τους διευκολύνει την περιγραφή των συνθηκών που επικρατούν στη Νίκαια κατά τη διάρκεια του έτους.

Νίκαια	°C	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
μέση	θ <sub>a</sub>	5	6.7	9.6	13.9	19.6	24.6	27.2	26.1	21.7	16.1	10.6	6.5
max	θ <sub>a</sub>	17.1	19.9	24.3	28.4	34.4	38.4	40.5	38.4	34.8	29.8	22.7	19.5
min	θ <sub>a</sub>	-6.3	-5.7	-3.6	-4	6.3	11.6	15	14.2	9	3.4	-2.6	-6
max-min	Δθ <sub>a</sub>	23.4	25.6	27.9	32.4	28.1	26.8	25.5	24.2	25.8	26.4	25.3	25.5

**Πίνακας 3.2.** Μέσες και απόλυτες ακρότατες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος κάθε μήνα του έτους στη Νίκαια

Με βάση τα περιεχόμενα του πίνακα που παρατέθηκε προηγουμένως προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος (χαμηλότερη μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας). Επίσης, κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου μήνα καταγράφηκε και η χαμηλότερη θερμοκρασία σε επίπεδο έτους (-6,3°C)
- Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος (υψηλότερες μέσες μηνιαίες τιμές) με την υψηλότερη τιμή της θερμοκρασίας να καταγράφεται το μήνα Ιούλιο και να φτάνει τους 40,5°C
- Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια κάθε μήνα εμφανίζει αρκετά υψηλές τιμές, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 23,4 και 32,4°C.

### 3.5.2.2. Συμπεράσματα με βάση τη μελέτη θερμοκρασίας των τυπικών ημερών

Η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος αποτελεί την τρίτη στήλη του κλιματικού αρχείου. Για τη λεπτομερή απεικόνιση της μεταβολής της θερμοκρασίας έχουν δημιουργηθεί τα γραφήματα Θ1 ως Θ12, τα οποία παρατίθενται στο παράρτημα της εργασίας. Καθένα από αυτά αναφέρεται σε ένα από τους δώδεκα μήνες του τυπικού έτους και απεικονίζει την αντίστοιχη καμπύλη της τυπικής ημέρας του μήνα. Αυτή προφανώς αποτελείται από 24 τιμές, μια για κάθε ώρα της τυπικής ημέρας.

Στον άξονα των τετμημένων αναγράφονται οι 24 ώρες της τυπικής ημέρας με μεταξύ τους βήμα μία ώρα. Στον άξονα των τεταγμένων παριστάνονται οι τιμές της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου (°C). Για να είναι δυνατή μια συγκριτική παρουσίαση των τιμών της θερμοκρασίας ανάλογα με το μήνα αναφοράς, επιλέχθηκε κοινή βαθμονόμηση του άξονα των τεταγμένων και στα δώδεκα γραφήματα. Μέγιστη τιμή είναι αυτή των 36°C και η μετάβαση από τις χαμηλότερες θερμοκρασίες προς τις υψηλότερες γίνεται με βήμα 2°C.

Η μελέτη των γραφημάτων οδηγεί στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Όπως προέκυψε και από τη μελέτη με βάση τις μέσες μηνιαίες τιμές, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες αναπτύσσονται κατά το μήνα Ιανουάριο. Πιο συγκεκριμένα οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν και στις 24 ώρες της τυπικής ημέρας του Ιανουαρίου είναι οι χαμηλότερες συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες των υπολοίπων 11 τυπικών μηνών του έτους (σχήμα Θ.1.),
- Κατά τους χειμερινούς μήνες, η μέση ωριαία τιμή της θερμοκρασίας εξωτερικού αέρα μιας τυπικής ημέρας κυμαίνεται από 1,5 έως 11°C. Όπως προέκυψε και κατά τη μελέτη των μέσων μηνιαίων τιμών, έτσι και κατά την αντίστοιχη παρατήρηση των τυπικών ημερών, ο Ιανουάριος αποτελεί τον πιο ψυχρό μήνα του έτους. Η διακύμανση της θερμοκρασίας ( $\theta_{\max} - \theta_{\min}$ ) σε κάθε μήνα του χειμώνα, όπως αυτή προκύπτει από τις τιμές των διαγραμμάτων Θ.1. – Θ.2. και Θ.11. – Θ.12. είναι αρκετά μικρότερη από τη αντίστοιχη που προκύπτει από την ανάλυση βάσει μέσων μηνιαίων τιμών και παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική μεθοδολογία επεξεργασίας των κλιματικών δεδομένων, καθώς στη δεύτερη περίπτωση πρόκειται για εκτίμηση της ακρότατης τιμής της θερμοκρασίας με βάση την ανάλυση για μέσες μηνιαίες τιμές, ενώ στην πρώτη οι τιμές της θερμοκρασίας που προέκυψαν από ανάλυση των μέσων ωριαίων τιμών υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία για τη δημιουργία της τυπικής ημέρας. Τελικά, οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στις τυπικές ημέρες αποτελούν ασφαλέστερα και ενδεικτικότερα στοιχεία του κλίματος της περιοχής και έτσι έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα έναντι των υπολοίπων κλιματικών στοιχείων που έχουν συλλεχθεί

- Κατά τους θερινούς μήνες, η διακύμανση του μεγέθους εκτείνεται από τους 17 έως τους 33,8°C. Η ελάχιστη τιμή της εξωτερικής θερμοκρασίας σημειώνεται στις 04:00 έως τις 05:00 για το μήνα Ιούνιο, ενώ η μέγιστη στις 15:00 έως 16:00 για το μήνα Ιούλιο (σχήμα Θ.6. – Θ.7.). Ανάλογα με όσα αναφέρθηκαν και προηγουμένως, τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την θερινή περίοδο με βάση και τις δύο αναλύσεις των κλιματικών δεδομένων δε συμπίπτουν καθώς η επεξεργασία με μέσες μηνιαίες τιμές δίνει αρκετά μεγαλύτερο εύρος μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας
- Το εύρος διακύμανσης του μεγέθους κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας διαφέρει από μήνα σε μήνα. Μικρότερη διακύμανση εμφανίζεται κατά τους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα το Δεκέμβριο ( 7°C περίπου), ενώ κατά τους θερινούς μήνες σημειώνονται έντονες διακυμάνσεις με μεγαλύτερη αυτή του Ιουνίου ( 14,5°C περίπου). Πάντως, οι διακυμάνσεις που προκύπτουν από τη μελέτη των γραφημάτων είναι πολύ μικρότερης τάξης από αυτές της μελέτης της προηγούμενης παραγράφου με βάση τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας για κάθε μήνα (σύγκριση τιμών δ/των Θ.1. – Θ.12. με τα περιεχόμενα του πίνακα 3.2.). Έτσι οι χειμερινοί μήνες χαρακτηρίζονται ως ηπιότεροι σε σχέση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μικρή διάρκεια και ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

### 3.5.3. Η ηλιακή ακτινοβολία

Το μέγεθος της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνδυασμό με αυτό της ηλιοφάνειας είναι πρωτεύουσας σημασίας για τη βιοκλιματική συμπεριφορά των κτιρίων. Ειδικότερα, η έντασή της κατά τις τυπικές ημέρες ενός έτους αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αποτίμηση της λειτουργίας των ανοιγμάτων ενός κτιρίου, αλλά και για πρόταση παρεμβάσεων βέλτιστης αξιοποίησης παθητικών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Επίσης, η διαφοροποίηση της κλίσης των ακτινών του ήλιου κατά τη διάρκεια του έτους, με μεγάλες κλίσεις κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και μικρές κατά τους χειμερινούς, είναι ένα σημαντικό δεδομένο το οποίο θα πρέπει να αξιοποιείται κατάλληλα, ώστε να αποφεύγονται υπερθερμάνσεις το καλοκαίρι και να επιτυγχάνονται ηλιακά ενεργειακά κέρδη το χειμώνα.

Ως ηλιακή ακτινοβολία ορίζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο. Ένα τμήμα της *-η άμεση ακτινοβολία-* προσπίπτει στα ανώτατα στρώματα της ατμόσφαιρας και φτάνει στην επιφάνεια της γης ως παράλληλη δέσμη. Κατά τη διέλευσή της από τα στρώματα αυτά υφίσταται ελαφριά εξασθένηση. Το άλλο τμήμα της *-η διάχυτη*

ακτινοβολία- φτάνει στην επιφάνεια της γης έχοντας πρώτα υποστεί σκέδαση από αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας, ρύπους ή νέφη. Τα σύννεφα, ιδιαίτερα, προκαλούν απορρόφηση και διάχυση. Μεγάλο ποσοστό της ακτινοβολίας που φτάνει σε οριζόντιες επιφάνειες των κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη είναι διάχυτη. Το ποσοστό της διάχυτης ακτινοβολίας είναι αρκετά μικρότερο στη νότια Ευρώπη και ειδικότερα στη Μεσόγειο. Το άθροισμα των δύο μορφών ακτινοβολίας ορίζεται ως *ολική ηλιακή ακτινοβολία*. Από τη συνολική ενέργεια λόγω ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην ατμόσφαιρα, απορροφάται το 20% , ενώ ανακλάται το 25% περίπου [4].

Η ηλιακή ακτινοβολία που απολαμβάνεται από μια συγκεκριμένη τοποθεσία εξαρτάται από δύο παράγοντες: τη θολότητα της ατμόσφαιρας και την παρουσία γεωμετρικών εμποδίων. Η θολότητα αποτελείται από σκόνη, αιωρούμενα σταγονίδια νερού κ.τ.λ., τα οποία εν μέρει αντανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς περνά μέσα από την ατμόσφαιρα. Τα γεωμετρικά εμπόδια μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες: αυτά που αφορούν στην τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής, στη βλάστηση σ' αυτή ή κοντά της και στα γειτονικά κτίρια. Όλα αυτά, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό σκιάζουν την τοποθεσία από τον ήλιο. Η ακριβής επίδραση των εμποδίων στο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που απολαμβάνεται μπορεί να αξιολογηθεί γεωμετρικά με τη χρήση ηλιακών διαγραμμάτων σε συνδυασμό με κάποια επικουρικά βοηθήματα [4].

Το προσομοιωτικό πρόγραμμα υπολογίζει τις τιμές της άμεσης και ολικής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο, όπως αυτό φαίνεται στην τέταρτη και στην πέμπτη στήλη αντίστοιχα του πίνακα δεδομένων που παρατέθηκε (πίνακας 3.1.). Για τη συγκριτική απεικόνιση των τιμών των δύο μεγεθών ανά μήνα δημιουργήθηκαν τα γραφήματα A1 έως A12 που παρουσιάζονται στο παράρτημα. Κάθε γράφημα αναφέρεται σε ένα μήνα του έτους και περιλαμβάνει δύο καμπύλες.

Η πρώτη χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η μεταβολή της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας του μήνα αναφοράς και η δεύτερη για την περιγραφή της αντίστοιχης μεταβολής της ολικής. Προφανώς και οι δύο καμπύλες αποτελούνται από 24 τιμές, μια για κάθε ώρα της τυπικής ημέρας. Στον άξονα των τετμημένων παριστάνονται οι 24 ώρες της τυπικής ημέρας με μεταξύ τους βήμα μιας ώρας, ενώ στον άξονα των τεταγμένων παριστάνονται οι τιμές της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε  $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{h})$ , με μεταξύ τους βήμα  $400 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{h})$  και εύρος κλίμακας  $3600 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{h})$ .

Παρατηρώντας τα γραφήματα μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα για την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της Νίκαιας:

- Κατά το μεγαλύτερο διάστημα της ημέρας, κατά το οποίο ο ήλιος δεν είναι ορατός στον ουράνιο θόλο, και τα δύο μεγέθη, όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, παρουσιάζουν μηδενικές τιμές. Η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης είτε ως άμεση είτε ως ολική περίπου από την ανατολή ως τη δύση του ηλίου. Το διάστημα αυτό, σύμφωνα με τα γραφήματα εκτείνεται:
  - > από τις 08:00 έως τις 17:00 για τους χειμερινούς μήνες (το διάστημα αυτό, κατά τη διάρκεια του οποίου καταγράφεται ηλιακή ακτινοβολία, είναι και το μικρότερο του έτους,) ( σχήματα A.1., A.2., A.11., A.12.),
  - > από τις 05:00 έως τις 21:00 για τους θερινούς μήνες (αντίστοιχα, το διάστημα αυτό είναι το μεγαλύτερο του έτους) (σχήματα A.6., A.7., A.8.),
  - > από τις 06:00 έως τις 19:00 με 20:00 για τους μήνες του φθινοπώρου και της άνοιξης (σχήματα A.3., A.4., A.5., A.9., A.10.).
- Κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας η ένταση της ολικής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την εποχή του έτους που μελετάται. Πιο συγκεκριμένα παρατηρούνται τα εξής:
  - > Κατά τους χειμερινούς μήνες η τιμή μεγιστοποιείται κατά τις ώρες 12:00 έως 14:00. Ακόμη όμως και οι μέγιστες τιμές που παρατηρούνται κατά τους μήνες του χειμώνα, χαρακτηρίζονται ως χαμηλές καθώς δεν ξεπερνούν τα 1600 kJ/(m<sup>2</sup>h). Γενικά, η καμπύλη του μεγέθους είναι αύξουσα μέχρι το διάστημα στο οποίο η ένταση μεγιστοποιείται και φθίνουσα μετά από το διάστημα αυτό, χωρίς όμως να αποκλείονται και μικρές αποκλίσεις, όπως κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο (σχήματα A.1., A.2., A.11., A.12.),
  - > Κατά τους θερινούς μήνες η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας λαμβάνει τις μέγιστες τιμές της κατά το διάστημα 12:00 έως 14:00. Η καμπύλη του μεγέθους είναι γνησίως αύξουσα μέχρι εκείνη την ώρα και γνησίως φθίνουσα από τη μεσημβρία ως τη δύση του ηλίου (σχήματα A.6., A.7., A.8.),
  - > Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και της άνοιξης, οι τιμές της έντασης μεγιστοποιούνται στο διάστημα 12:00 έως 14:00. Οι καμπύλες που περιγράφουν τη μεταβολή του μεγέθους κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας ακολουθούν, με μικρότερη βέβαια σαφήνεια, όσα αναφέρθηκαν για τις αντίστοιχες των θερινών μηνών (σχήματα A.3., A.4., A.5., A.9., A.10.).
- Οι καμπύλες που αναφέρονται στο μέγεθος της έντασης της άμεσης ακτινοβολίας εμφανίζουν παρόμοια μορφή με τις αντίστοιχες της ολικής ακτινοβολίας και σημειώνουν τις μέγιστες τιμές του μεγέθους στα ίδια χρονικά διαστήματα με αυτά

που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Γενικά, το συγκεκριμένο μέγεθος περιγράφεται από λιγότερο ομαλές καμπύλες σε σχέση με αυτές της έντασης της ολικής ακτινοβολίας, αλλά η μορφή τους διατηρεί τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά. Κάτι τέτοιο οφείλεται στις μεταβολές της νεφοσκίασης της περιοχής στη διάρκεια μιας ημέρας, οι οποίες καθορίζουν και το μέγεθος της άμεσης ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οριζόντια επιφάνεια.

- Όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, κατά τη διάρκεια του έτους η ένταση τόσο της ολικής όσο και της άμεσης ακτινοβολίας λαμβάνει τις μέγιστες τιμές της τους θερινούς μήνες και τις ελάχιστες κατά τους χειμερινούς.

Η συσχέτιση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας με το μέγεθος της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα φανερώνει ότι η εκδήλωση υψηλών ή χαμηλών τιμών στα δύο μεγέθη κατά κανόνα συμπίπτει χρονικά, τόσο σε κλίμακα ημέρας όσο και σε κλίμακα έτους.

#### 3.5.4. Η θερμοκρασία δρόσου

Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από την ανάλυση για τη θερμοκρασία δρόσου,  $T_d$ , σχηματίστηκαν τα γραφήματα A/ $\Delta$ 1 ως A/ $\Delta$ 12 του παραρτήματος. Καθένα από αυτά αναφέρεται σε ένα μήνα του τυπικού έτους και η καμπύλη του απεικονίζει τη διαφορά της θερμοκρασίας δρόσου από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα για το σύνολο των ημερών του μήνα.

Στον άξονα των τετμημένων παριστάνονται οι ώρες του κάθε μήνα με μεταξύ τους βήμα μια ώρα. Στον άξονα των τεταγμένων παριστάνονται οι τιμές που λαμβάνει η διαφορά θερμοκρασίας αέρα περιβάλλοντος – θερμοκρασίας δρόσου σε βαθμούς Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ), με μεταξύ τους βήμα  $2^{\circ}\text{C}$  και εύρος κλίμακας από τους  $-4^{\circ}\text{C}$  ως τους  $26^{\circ}\text{C}$ .

Αρνητικές τιμές της διαφοράς θερμοκρασιών εξωτερικού αέρα και δρόσου που περιγράφηκε παραπάνω υποδηλώνουν το σχηματισμό δρόσου υπό τη μορφή σταγονιδίων σε υλικές επιφάνειες του κτιρίου, οι οποίες βρίσκονται εκτεθειμένες στην εξωτερική ατμόσφαιρα.

Παρατηρώντας τα γραφήματα μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Τυπικά καμία καμπύλη δεν κατέρχεται του άξονα των τετμημένων, δηλαδή δε σχηματίζεται δρόσος για καμία ώρα κανενός μήνα στη διάρκεια του τυπικού έτους,
- Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών η πιθανότητα σχηματισμού δρόσου τυπικά φαίνεται να μην υφίσταται, καθώς η καμπύλη απέχει αρκετά από τον άξονα των τετμημένων. Το ίδιο παρατηρείται και για τους μήνες της άνοιξης, με την καμπύλη να είναι κατά τι μετατοπισμένη προς χαμηλότερες τιμές διαφορών αλλά και πάλι να διατηρείται αρκετά πάνω από τον άξονα των τετμημένων,

- Κατά τους μήνες του φθινοπώρου η διαφορά θερμοκρασίας αέρα – δρόσου διατηρείται σε θετικά επίπεδα τιμών και επομένως θεωρείται ελάχιστη η πιθανότητα σχηματισμού δρόσου στις επιφάνειες των κτιρίων. Εξάιρεση αποτελούν οι πρωινές ώρες του Νοεμβρίου, όπου η διαφορά θερμοκρασίας αέρα – δρόσου προσεγγίζει τον άξονα των τετμημένων, χωρίς όμως να κατέρχεται αυτού,
- Το Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο (όπως επίσης και το Νοέμβριο) η καμπύλη αγγίζει κατ' επανάληψη τον άξονα των τετμημένων, χωρίς ωστόσο ποτέ να υποσκελίζεται από αυτόν. Αυτό σημαίνει ότι σε πραγματικές τιμές και όχι όπως αυτές του τυπικού έτους, ο κίνδυνος συμπύκνωσης είναι ενδεχόμενος για μικρά χρονικά διαστήματα της ημέρας, ιδίως κατά τις πρώτες πρωινές ώρες 5:00 με 8:00. Σε αυτό το χρονικό διάστημα η καμπύλη τείνει να αγγίξει τον άξονα και να λάβει τιμή αρνητική.

### 3.5.5. Η ταχύτητα του ανέμου

Οι άνεμοι που πνέουν σε μια περιοχή επιδρούν σημαντικά στο σχεδιασμό των κτιρίων, καθώς επηρεάζουν την άνεση και επιδρούν στη βροχοπτώση, τροποποιούν την ανταλλαγή θερμότητας στο κέλυφος του κτιρίου και προκαλούν διείσδυση αέρα σε αυτό [4]. Τόσο η διεύθυνση, όσο και η ένταση τους είναι στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη στον ενεργειακό σχεδιασμό ενός κτιρίου, καθώς ο τελευταίος οφείλει να προστατεύει από της δυσμενείς επιπτώσεις των απωλειών θερμότητας κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά και να επωφελείται από τις ευμενείς της ψύξης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

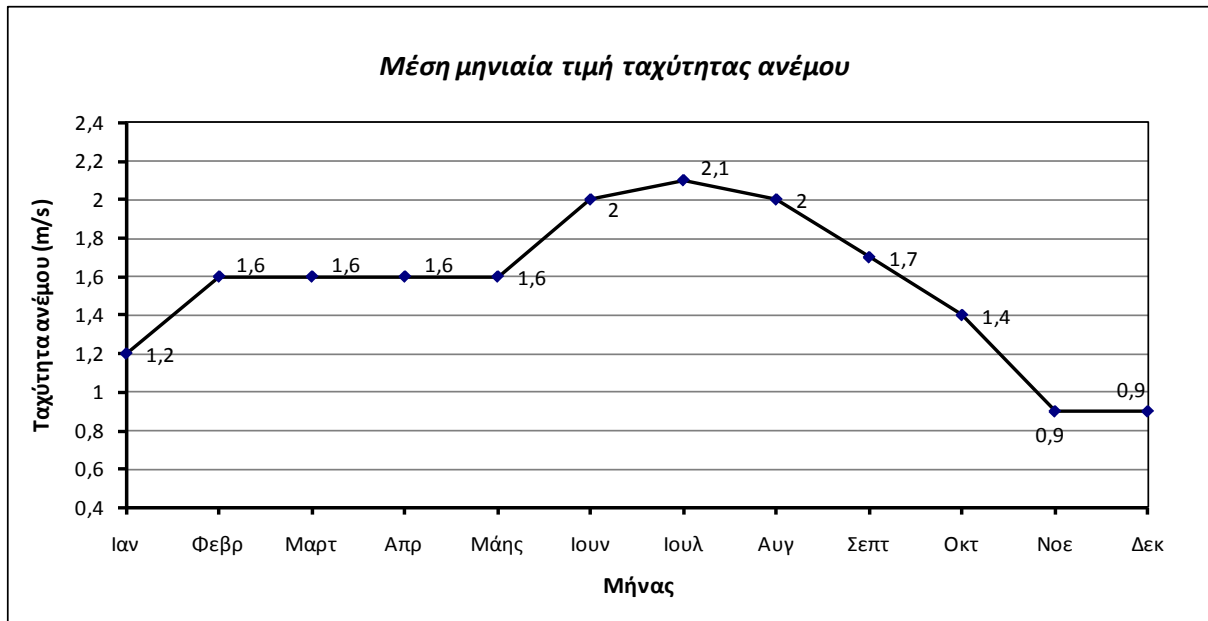
Ωστόσο, η προσομοίωση της ροής του ανέμου για οποιαδήποτε περιοχή αποτελεί ένα πρακτικά άλυτο πρόβλημα, καθώς η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζεται έντονα από την τοπογραφική διαμόρφωση κάθε περιοχής και οι χωρικές παραλλαγές που απαντώνται στην πράξη είναι αναρίθμητες [4]. Έτσι, τα στοιχεία που προκύπτουν από τα διάφορα υπολογιστικά μοντέλα θεωρείται ότι χαρακτηρίζονται από μικρότερη αξιοπιστία σε σχέση με τα αντίστοιχα στοιχεία για άλλες μετεωρολογικές παραμέτρους [32].

Αυτό εντείνεται ακόμη περισσότερο στην περίπτωση που εξετάζεται, καθώς η παράμετρος του ανέμου δεν έχει αποδοθεί με βάση επιτόπιες καταγραφές, αλλά έχει προκύψει ως γραμμική παρεμβολή μετρήσεων του μεγέθους από παρακείμενους μετεωρολογικούς σταθμούς. Λόγω των αναμενόμενων αποκλίσεων από την πραγματικότητα στην ταχύτητα του ανέμου, και πολύ περισσότερο στη διεύθυνσή του, εξετάζεται μόνο το πρώτο μέγεθος (ταχύτητα) καθώς η χωρική μεταβλητότητα της διεύθυνσης του ανέμου είναι απροσδιόριστη.

Έτσι, η μηνιαία μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου απεικονίζεται στο διάγραμμα 3.2. Σε αυτό, στον άξονα των τετμημένων (x) παριστώνται οι 12 μήνες του έτους με μεταξύ τους



βήμα ένα μήνα, ενώ στον άξονα των τεταγμένων (y) παριστώνται οι μέσες μηνιαίες τιμές της ταχύτητας του ανέμου σε m/s με μεταξύ τους βήμα τα 0.2 m/s και εύρος κλίμακας τα 2 m/s.



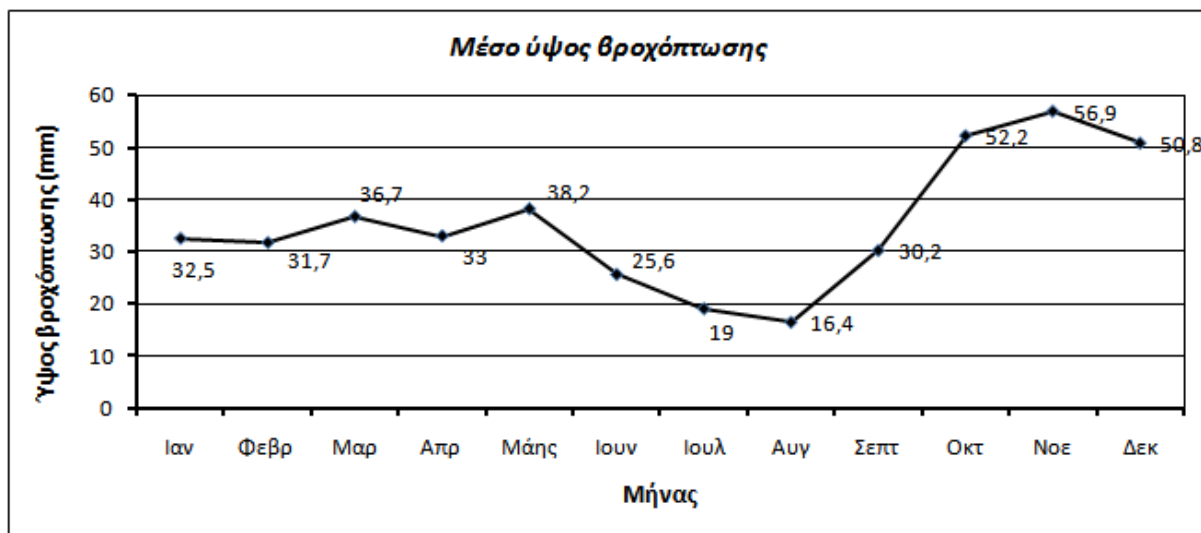
**Διάγραμμα 3.2** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της ταχύτητας του ανέμου στο εξωτερικό περιβάλλον για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς στην περιοχή της Νίκαιας σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του προγράμματος.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η ταχύτητα του ανέμου δείχνει να είναι μεγαλύτερη τους θερινούς και εαρινούς μήνες και μικρότερη κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους. Συγκεκριμένα, η διακύμανση της μέσης μηνιαίας τιμής της παραμέτρου εκτείνεται από τα 0,9 m/s το Νοέμβριο και Δεκέμβριο έως τα 2,1 m/s τον Ιούλιο.

### 3.5.6. Το ύψος βροχόπτωσης

Το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης για την περιοχή της Νίκαιας παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί και προέκυψε βάσει στοιχείων του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας αφού το πρόγραμμα κλιματικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε έως τώρα δεν παρείχε δεδομένα για τη συγκεκριμένη παράμετρο.

Στο άξονα των τετμημένων τοποθετούνται οι δώδεκα μήνες του έτους ενώ στον άξονα των τεταγμένων το μέσο ύψος βροχόπτωσης για κάθε μήνα, με το εύρος των τιμών του να κυμαίνεται από 0mm ως 60mm και μεταξύ τους βήμα 10mm.



**Διάγραμμα 3.3** Διαγραμματική απεικόνιση του μέσου ύψους βροχόπτωσης στην περιοχή της Νίκαιας.  
(πηγή: [35])

Με βάση τις τιμές του διαγράμματος, η βροχόπτωση στην Νίκαια είναι μεγαλύτερη κατά τους μήνες του φθινοπώρου και του χειμώνα και ελαχιστοποιείται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το σύνολο των μέσων τιμών βροχόπτωσης αντιπροσωπεύει το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης της περιοχής, το οποίο και προσδιορίστηκε ίσο με 423,2mm.

### **3.6. Αξιοπιστία του κλιματικού αρχείου**

Για τον υπολογισμό των τιμών πολλών μετεωρολογικών παραμέτρων, όταν αυτές δεν περιλαμβάνονται στις καταγραφές των κατά τόπους μετεωρολογικών σταθμών και ιδίως για περιπτώσεις, όπως της παρούσας εργασίας, για τις οποίες δεν υπάρχουν πρωτογενείς καταγραφές, το πρόγραμμα MeteoNORM εφαρμόζει ποικίλες υπολογιστικές μεθόδους. Το εγχειρίδιο του προγράμματος επισημαίνει τα όρια αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από αυτές. Με κριτήριο το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, οι αποκλίσεις από την πραγματική κατάσταση φαίνονται στον πίνακα 3.3.

Παράμετρος	Μηνιαίες τιμές	Ετήσιες τιμές
Ηλιακή ακτινοβολία	15 %	13 %
Θερμοκρασία αέρα	1.3 °C	1.1 °C
Θερμοκρασία δρόσου	1.9 °C	1.7 °C
Ταχύτητα ανέμου	1.2 m/s	1.3 m/s
Ύψος βροχόπτωσης	41 mm	30 mm
Ημέρες βροχόπτωσης	2.4 ημέρες	3.5 ημέρες
Διάρκεια ηλιοφάνειας	13 % (25.3 ώρες)	11 % (21,2 ώρες)

**Πίνακας 3.3.** Απόκλιση των τιμών βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων από την πραγματικότητα, όταν αυτές υπολογίζονται από τους αλγόριθμους που περιλαμβάνονται στο προσομοιωτικό πρόγραμμα.

(πηγή: πρωτότυπη, βάσει δεδομένων πηγής [31])

#### **4.1. Μεθοδολογική προσέγγιση**

Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο, κύριος στόχος της εργασίας αυτής είναι η προσομοίωση και περιγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς δύο κατοικιών, οι οποίες σχεδιάστηκαν με βιοκλιματικά κριτήρια και πρόκειται να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας ως επί το πλείστον υλικά φιλικά προς τους κατοίκους τους αλλά και προς το περιβάλλον. Σημαντική παράμετρος για τη διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς των κατοικιών είναι η μορφή τους, η οποία και ορίζεται ως το σύνολο των γεωμετρικών και δομικών χαρακτηριστικών των κτιρίων συμπεριλαμβανομένου και του προσανατολισμού των όψεών τους.

Η εργασία βασίζεται στην προσομοίωση της μορφής των κτιρίων και κατ' επέκταση της θερμικής συμπεριφοράς τους με χρήση του προσομοιωτικού προγράμματος "EnergyPlus". Όπως συμβαίνει σε κάθε προσομοιωτική προσέγγιση, το κτίριο αναπαριστάται με ένα, λιγότερο ή περισσότερο σχηματοποιημένο, ομοίωμά του, τόσο ως προς τη γεωμετρία, όσο και ως προς τα χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά. Το μοντέλο αυτό επιλύεται με επαναληπτικές μεθόδους από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τα αποτελέσματα αυτών αξιολογούνται κατάλληλα για την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη διατύπωση προτάσεων.

##### **4.1.1. Τα εξεταζόμενα μεγέθη**

Από το πλήθος των μεγεθών που προκύπτουν ως προϊόντα της ανάλυσης, εκείνα που επιλέγονται για την αποτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς του κελύφους των δύο κατοικιών, είναι:

- η θερμοκρασία αέρα που αναπτύσσεται στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων,
- τα θερμικά κέρδη που δέχεται το μοντέλο, τόσο στο σύνολό του, όσο και σε κάθε χώρο του ξεχωριστά και

- οι ροές θερμότητας που πραγματοποιούνται από και προς τον αέρα κάθε χώρου των κτιρίων σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον ή τους χώρους με τους οποίους έρχεται σε επαφή.

Οι τιμές που λαμβάνουν τα μεγέθη σε κάθε επίλυση συγκεντρώνονται σε πίνακες ή αποτυπώνονται υπό μορφή διαγραμμάτων διαφόρων τύπων, προκειμένου να παρουσιάζονται κάθε φορά με τον εποπτικότερο τρόπο.

#### 4.1.1.1. Η θερμοκρασία αέρα

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προκύπτουν ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας αέρα που αναπτύσσεται στους εσωτερικούς χώρους κάθε κατοικίας κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους. Το ίδιο συμβαίνει και για τα υπόλοιπα μεγέθη της ανάλυσης. Με τον τρόπο αυτό λαμβάνεται για κάθε μέγεθος ένα αρχείο 365 x 24 τιμών προς αξιολόγηση. Η αξιολόγηση αυτή θα γίνει σε κλίμακα ωριαίων τιμών του τυπικού 24ώρου για κάθε μήνα του τυπικού έτους. Το τυπικό 24ωρο κάθε μήνα θα προκύψει από επεξεργασία του κλιματικού αρχείου, η οποία είναι ανάλογη με αυτή που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφορικά στη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Με τη διαδικασία αυτή εντοπίζονται ακραίες τιμές της εξεταζόμενης παραμέτρου, των οποίων η πιθανότητα εμφάνισης είναι μικρή. Κατά συνέπεια, οι τιμές αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές για το μήνα μελέτης και αποκλείονται από τα επόμενα στάδια της επεξεργασίας για την εξαγωγή των μέσων τιμών. Με αυτό τον τρόπο λαμβάνεται μια κεντρική εικόνα του εξεταζόμενου μεγέθους ανάμεσα σε ένα πλήθος καταγραφών, το εύρος του οποίου θα δυσχέραινε την άμεση αξιολόγηση των δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

#### 4.1.1.2. Τα θερμικά κέρδη

Τα θερμικά κέρδη αφορούν ουσιαστικά στη θερμότητα που δέχεται ένας χώρος και διακρίνονται σε:

- κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία εισέρχεται μέσα στο κτίριο προσπίπτουσα στα διαφανή στοιχεία του κελύφους του. Αυτά κατά κανόνα αποτελούν γυάλινες επιφάνειες, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να είναι διαπερατές στη μικρού μήκους ακτινοβολία (0,4 – 2,5μm) και αδιαπέρατες στη μεγαλύτερου μήκους θερμική ακτινοβολία (10 μm) που εκπέμπεται από τα υλικά σώματα. Με τον τρόπο που περιγράφηκε, η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο κτίριο από τα διαφανή στοιχεία του κελύφους του όταν απορροφάται από τα αντικείμενα που βρίσκονται εντός του κτιρίου αλλάζει μήκος κύματος και μετατρέπεται σε θερμική.

Αποτέλεσμα είναι να μη μπορεί πλέον να διαπεράσει τις γυάλινες επιφάνειες, ώστε να διαφύγει στο εξωτερικό περιβάλλον, συνεισφέροντας έτσι στα θερμικά κέρδη του κτιρίου [1]. Στα κέρδη λόγω της ύπαρξης ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου συγκαταλέγονται και αυτά που προκύπτουν με μεταφορά του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εξωτερικό αυτού μέσω φυσικού ή εξαναγκασμένου (στην περίπτωση εγκατάστασης κατάλληλου μηχανικού συστήματος) αερισμού,

- κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία με αγωγιμότητα εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους του. Επίσης, στην περίπτωση των αδιαφανών στοιχείων, κέρδη σημειώνονται και λόγω της μεταφοράς αέρα μέσω των ασυνεχειών στο κέλυφος του κτιρίου (ακούσιος αερισμός ή διαφυγές αέρα),
- κέρδη από τη λειτουργία διαφόρων θερμαντικών συσκευών ή σωμάτων, όπως τζακιών, θερμαστρών κλπ.,
- κέρδη που προκύπτουν κατά τη λειτουργική χρήση του χώρου, όπως η θερμότητα που εκλύεται από το ανθρώπινο σώμα ή αυτή που παράγεται κατά τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών και φωτιστικών σωμάτων. Στην περίπτωση των κατοικιών η προσομοίωση δε συμπεριλαμβάνει τα κέρδη από τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών καθώς τόσο το μικρό πλήθος αυτών όσο και η αραιή χρήση τους περιορίζουν κατά πολύ τη συνεισφορά τους στα θερμικά κέρδη των χώρων στους οποίους έχουν τοποθετηθεί. Αντίθετα, λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά των φωτιστικών σωμάτων στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου κάθε ζώνης.

Στην εργασία αυτή, εξετάζονται όλες οι παραπάνω κατηγορίες θερμικών κερδών εκτός των προερχόμενων από τη λειτουργία θερμαντικών συσκευών. Η χρήση θερμαντικών σωμάτων ενσωματώνεται σε ξεχωριστή σειρά επιλύσεων του μοντέλου, προκειμένου να υπολογιστεί ειδικά η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης στο εσωτερικό των κατοικιών.

#### 4.1.1.3. Οι θερμικές απώλειες

Οι θερμικές απώλειες, δηλαδή η θερμότητα που εκρέει από ένα χώρο προς τους γειτονικούς του ή προς το φυσικό περιβάλλον, συνίστανται σε:

- απώλειες από τα συμπαγή δομικά στοιχεία του περιβλήματος του εξεταζόμενου χώρου, τις οποίες καρπώνονται είτε οι συνορεύοντες προς αυτόν χώροι είτε το εξωτερικό περιβάλλον είτε το έδαφος,
- απώλειες από τα διαφανή στοιχεία του κελύφους του χώρου, τα οποία μαζί με τα προηγούμενα συνιστούν το εξωτερικό του όριο,

- απώλειες λόγω διαφυγών αέρα, οι οποίες είτε αναπτύσσονται σε περιοχές ασυνεχειών του περιβλήματος (αρμούς, ρωγμές κτλ.) είτε κατά το άνοιγμα θυρών και παραθύρων,
- απώλειες οφειλόμενες στη λειτουργία συστημάτων εξαερισμού ή ψύξης, και
- απώλειες από εξάτμιση στις επιφάνειες ή στο εσωτερικό του κτιρίου.

Οι θερμικές απώλειες μπορούν να επιμεριστούν ακόμη περισσότερο με βάση τον τελικό αποδέκτη της θερμότητας που διαφεύγει, ο οποίος κατά περίπτωση μπορεί να είναι είτε ένας γειτονικός χώρος είτε το εξωτερικό περιβάλλον είτε το έδαφος στην περίπτωση χώρου ερχόμενου σε επαφή με το έδαφος.

Στη μελέτη που θα ακολουθήσει δε συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες λόγω εξάτμισης καθώς θεωρείται πως η συμμετοχή τους στις συνολικές απώλειες των κτιρίων είναι πολύ μικρές σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απωλειών που αναλύθηκαν προηγουμένως.

#### 4.1.1.4. Το ισοζύγιο ροών θερμότητας

Κάθε χώρος μέσω των δομικών στοιχείων που τον οριοθετούν θεωρείται προστατευμένος από το εξωτερικό του περιβάλλον, το οποίο συνίσταται τόσο από γειτονικούς κλειστούς χώρους όσο και από το φυσικό περιβάλλον. Διαμέσου αυτού του κελύφους αναπτύσσεται ροή θερμότητας τόσο προς τα μέσα, όσο και προς τα έξω. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της θερμότητας, τα ποσά αυτά που εξέρχονται του κελύφους είναι ίσα με τα αντίστοιχα που εισέρχονται, εξασφαλίζοντας αυτό που ονομάζεται ενεργειακό ισοζύγιο.

Το ισοζύγιο ροών θερμότητας για κάθε χώρο των εξεταζόμενων κατοικιών ανά περίπτωση περιλαμβάνει:

- ως πηγές θερμότητας τόσο την ηλιακή ακτινοβολία όσο και τη θερμότητα που εκπέμπεται από το ανθρώπινο σώμα, σε συνδυασμό με την προερχόμενη από τη λειτουργία διάφορων φωτιστικών σωμάτων,
- ως διόδους εναλλαγών ποσοτήτων θερμότητας, υπεύθυνες για θερμικά κέρδη και απώλειες, κατά περίπτωση:
  - τις πόρτες και τα παράθυρα του κελύφους,
  - τους εξωτερικούς τοίχους που έρχονται σε επαφή με τον αέρα ή το έδαφος,
  - τις διαφυγές αέρα μέσω ασυνεχειών του κελύφους.
- ως σταθερή διέξοδο θερμότητας κατά την περίοδο του καλοκαιριού εκείνη που διασφαλίζεται από το θεωρητικό σύστημα φυσικού αερισμού που έχει εισαχθεί στο μοντέλο προσομοίωσης (και θα περιγραφεί σε επόμενη ενότητα),

Ροή θερμότητας επίσης πραγματοποιείται:

- μεταξύ των χώρων των κτιρίων με διαφορετικά θερμικά χαρακτηριστικά (λόγω της λειτουργικής τους χρήσης και της θέσης τους στο κάθε κτίριο). Οι ροές στην περίπτωση αυτή πραγματοποιούνται διαμέσου των εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων,
- από και προς αντικείμενα που βρίσκονται εντός των κτιρίων και έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν θερμότητα στη μάζα τους και να την αποδίδουν όταν η θερμοκρασία του αέρα στο χώρο είναι μικρότερη από τη δική τους θερμοκρασία. Τα αντικείμενα αυτά στην πραγματικότητα μπορεί να αποτελούν τμήματα του δομικού συστήματος με υλικά ίδια με αυτά του κελύφους ή ακόμη και έπιπλα ή οποιοδήποτε άλλο υλικό σώμα περιέχεται στον εξεταζόμενο χώρο.

Οι ροές θερμότητας που αναπτύσσονται διά των παραπάνω οδών κατευθύνονται από και προς τον εξεταζόμενο χώρο, ανάλογα με το πρόσημο της διαφοράς της θερμοκρασίας του ίδιου με αυτή των παρακείμενων χώρων ή του εξωτερικού περιβάλλοντος.

#### **4.2. Πρόγραμμα προσομοίωσης**

Η μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών έγινε με τη βοήθεια του προσομοιωτικού προγράμματος “Energy Plus”.

Το Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα ενεργειακής ανάλυσης και προσομοίωσης θερμικών φορτίων, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στην εξέλιξη δύο παλαιότερων αντίστοιχων προγραμμάτων, των BLAST και DOE-2. Και τα δύο προγράμματα δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ως απόρροια της ανησυχίας που εκδηλώθηκε για την ενεργειακή κρίση, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη το μεγάλο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας κατά τη λειτουργία των κτιρίων παγκοσμίως.

Στόχος τόσο του Energy Plus, όσο και των προγόνων του προγραμμάτων είναι ο υπολογισμός και η διαστασιολόγηση των κατάλληλων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, η ανάλυση κόστους του κύκλου ζωής και η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων [36].

##### **4.2.1. Η δομή του προγράμματος**

Η λειτουργία του Energy Plus βασίζεται στην περιγραφή από το χρήστη της γεωμετρίας, της σύνθεσης και του προσανατολισμού του κτιρίου, καθώς και των σχετικών μηχανικών συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη λειτουργία του. Κατόπιν, υπολογίζονται τα απαραίτητα για τη διατήρηση του θερμοστατικού ελέγχου θερμικά και ψυκτικά φορτία,



μελετάται και αξιολογείται η συνεισφορά δευτερευόντων συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού και αποτιμάται η συνολική κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία του βασικού εξοπλισμού.

Πολλά χαρακτηριστικά και προσομοιωτικές παράμετροι του Energy Plus προέρχονται από τα συγγενικά του προγράμματα BLAST και DOE-2. Επιπρόσθετα το πρόγραμμα παρέχει στο χρήστη και τις παρακάτω δυνατότητες [30]:

- Συνολικά, ολοκληρωμένα αποτελέσματα της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, για την εξαγωγή των οποίων λαμβάνεται ταυτόχρονα υπόψη η συνεισφορά των παθητικών συστημάτων, των φυσικών χαρακτηριστικών της κατασκευής (προσανατολισμός, θερμομόνωση, ιδιότητες των υλικών κτλ.), καθώς επίσης και του κύριου και δευτερεύοντα εξοπλισμού θέρμανσης - ψύξης.
- Ικανότητα προσδιορισμού από το χρήστη του βήματος της ανάλυσης, καθώς και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των θερμικών ζωνών του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα για επιλογή του βήματος ανάλυσης κατά τη μελέτη αλληλεπίδρασης μεταξύ θερμικών ζωνών και εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού του κτιρίου.
- Υπολογισμός των θερμικών φορτίων του κτιρίου με χρήση της μεθόδου θερμικής ισορροπίας, βάσει της οποίας για κάθε δομικό στοιχείο συνεκτιμώνται ταυτόχρονα τόσο τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, όσο και αυτά λόγω της μεταφοράς θερμότητας. Ο υπολογισμός γίνεται τόσο για την εξωτερική, όσο και για την εσωτερική πλευρά του στοιχείου και για κάθε χρονικό βήμα ανάλυσης.
- Χρήση μαθηματικών εξισώσεων για την περιγραφή της ροής θερμότητας διαμέσου των δομικών στοιχείων του κτιρίου, όπως τους τοίχους, τα πατώματα, τις στέγες κτλ.
- Βελτιστοποίηση του προσομοιωτικού μοντέλου μεταφοράς θερμότητας στο έδαφος με χρήση τρισδιάστατων εδαφικών μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων και απλοποιημένων αναλυτικών μοντέλων.
- Συνδυασμένο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας και μάζας, το οποίο υπολογίζει απορρόφηση και αποβολή υγρασίας είτε ως ενσωμάτωση από στρώμα σε στρώμα στις λειτουργίες μεταφοράς και αγωγιμότητας είτε ως αποτελεσματικό μοντέλο βάθους διεύθυνσης υγρασίας.
- Αξιοποίηση μοντέλων θερμικής άνεσης, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στο χώρο, τις τιμές υγρασίας που έχουν καταγραφεί, τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου κτλ.
- Χρήση ανισότροπων μοντέλων για τον ασφαλέστερο υπολογισμό της διάχυτης ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες.

- Διενέργεια ελέγχων του φυσικού φωτισμού, οι οποίοι περιλαμβάνουν τον υπολογισμό της έντασης του εσωτερικού φωτισμού, την προσομοίωση και τον έλεγχό του, τον έλεγχο των φωτιστικών σωμάτων και την επίδραση του μειωμένου τεχνητού φωτισμού στη θέρμανση και στην ψύξη.
- Ικανότητα υπολογισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στην οποία προβλέπονται οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO και αιωρούμενων σωματίδια και η παραγωγή υδρογονανθράκων τόσο για την περιοχή, όσο και για τη μακρινή ενεργειακή μετατροπή.
- Έλεγχος του ποσοστού φυσικού ηλιασμού με τη βοήθεια υπολογιστικών μοντέλων, που λαμβάνουν υπόψη τη φωτεινότητα των εσωτερικών χώρων, προσομοιωτικών μοντέλων υπολογισμού και ελαχιστοποίησης του φαινομένου της θάμβωσης και μελετών της επίδρασης που θα έχει μια πιθανή μείωση του ποσοστού του τεχνητού φωτισμού στις απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη.
- Συνδέσεις με άλλα περιβάλλοντα προσομοίωσης όπως WINDOW5, COMIS (μοντέλο ροής αέρα), και το SPARK, που επιτρέπουν πιο λεπτομερή ανάλυση των τμημάτων ή των συστημάτων του κτιρίου.

Παρά τις δυνατότητες αυτές, το Energy Plus, όπως κάθε προσομοιωτικό πρόγραμμα, αδυνατεί να καλύψει το σύνολο των εφαρμογών που ενδέχεται να του τεθούν. Έτσι, στόχος του είναι να αντιμετωπίσει τις περισσότερες περιπτώσεις κτιρίων και εγκαταστάσεων θέρμανση – ψύξης - αερισμού είτε άμεσα είτε έμμεσα, μέσω σύνδεσης με βοηθητικά προγράμματα, τα οποία υπολογίζουν θερμικά φορτία και κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας ή και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (ως και μεγαλύτερα του ενός έτους).

Τέλος, το συγκεκριμένο πρόγραμμα, στην παρούσα έκδοσή του, δεν αποτελεί ένα εργαλείο ανάλυσης κόστους του κύκλου ζωής. Ουσιαστικά, παράγει τα αποτελέσματα που μπορούν στη συνέχεια να τροφοδοτήσουν άλλα προγράμματα. Γενικά, οι υπολογισμοί αυτής της φύσης αφήνονται σε μικρότερα προγράμματα που ανταποκρίνονται γρηγορότερα στις αλλαγές των ποσοστών κλιμάκωσης και στις αλλαγές στις μεθοδολογίες [36].

#### 4.2.2. Η προσομοίωση των κτιρίων

Κατά την προσομοίωση ενός κτιρίου με το Energy Plus, μπορεί να θεωρηθεί ότι αυτό αποτελείται από μια ή περισσότερες ζώνες, οι οποίες επικοινωνούν θερμικά τόσο μεταξύ τους, όσο και με το εξωτερικό περιβάλλον. Μια θερμική ζώνη μπορεί να συντίθεται είτε από ένα μεμονωμένο χώρο είτε από μια ενότητα χώρων που λειτουργούν υπό τις ίδιες

συνθήκες εσωκλίματος. Κάθε ζώνη έχει ανεξάρτητα θερμικά κέρδη και ανεξάρτητο εξοπλισμό και ελέγχους θέρμανσης, ψύξης και αερισμού. Τέλος, μπορεί να συνδέεται με τις γειτονικές της ζώνες (στην περίπτωση των πολυζωνικών κτιρίων) μέσω τοίχων ή στοιχείων με ιδεατές θερμικές αγωγιμότητες.

Καθεμιά από τις ζώνες που συνθέτουν το κτίριο ορίζεται από τις επιφάνειες (οριζόντιες και κατακόρυφες) που την περιβάλλουν. Έτσι, η προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου προϋποθέτει τη γνώση των διαστάσεων και των γεωμετρικών του χαρακτηριστικών, του προσανατολισμού του, των θερμικών ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών ακτινοβολίας των υλικών του.

Το πρόγραμμα είναι οργανωμένο γύρω από τα βασικά θερμικά συστατικά στοιχεία ή τις οδούς ροής θερμότητας της κατασκευής. Οι πιο κοινές οδοί θερμικής επικοινωνίας είναι τα συμπαγή στοιχεία του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα και οροφές), τα ανοίγματα και οι διαφυγές αέρα. Το κέρδος ή η απώλεια θερμότητας εξαιτίας της διείσδυσης του εξωτερικού αέρα, η οποία προκαλείται είτε από τον άνεμο είτε από τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και στο εξωτερικό περιβάλλον, αποτελεί θεμελιώδη συνιστώσα της συνολικής μεταφοράς θερμότητας σε ένα τυποποιημένο κτίριο κατοικίας.

Στα δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα, πέρα από την περιγραφή του προσανατολισμού, των γεωμετρικών και οικοδομικών χαρακτηριστικών του κάθε κτιρίου περιλαμβάνεται και ένα αρχείο κλιματικών δεδομένων για την περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτίριο. Το αρχείο αυτό οφείλει να παρέχει ωριαίες τιμές των εξής κλιματικών παραμέτρων: συνολική ακτινοβολία (διάχυτη και άμεση), θερμοκρασία περιβάλλοντος, κατεύθυνση και ταχύτητα ανέμου, συνολικό και διάχυτο φως, σχετική υγρασία, πίεση αέρα και νεφοσκίαση [36].

#### 4.2.2.1. Το αρχείο κλιματικών δεδομένων για την προσομοίωση

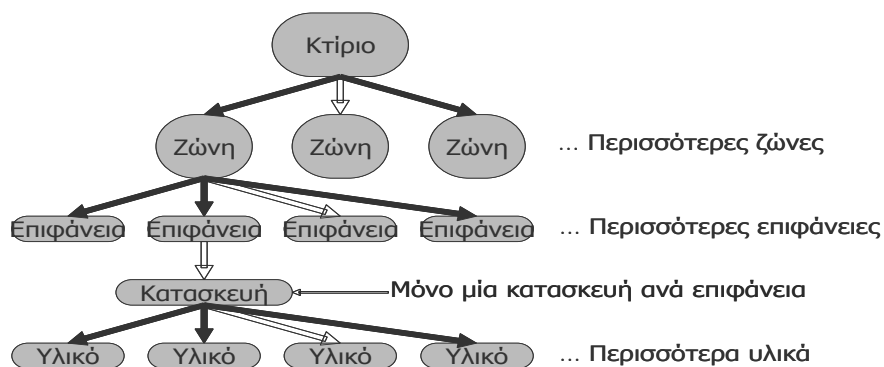
Για την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών με χρήση του συγκεκριμένου προσομοιωτικού προγράμματος θα πρέπει στα εισαγόμενα σε αυτό στοιχεία να περιλαμβάνεται και ένα αρχείο που αφορά στα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Το αρχείο αυτό θα προκύψει με χρήση του προγράμματος συλλογής και επεξεργασίας κλιματικών δεδομένων που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στην ουσία το αρχείο που θα παραχθεί από το πρόγραμμα κλιματικών δεδομένων και στη συνέχεια θα εισαχθεί στο προσομοιωτικό πρόγραμμα θα είναι ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή του κλίματος της Νίκαιας στο προηγούμενο κεφάλαιο, με μόνη διαφορά τον εμπλουτισμό του πρώτου αρχείου με επιπρόσθετες κλιματικές

παραμέτρους όπως η κατεύθυνση του ανέμου, το συνολικό και διάχυτο φως, η πίεση του αέρα και η νεφοσκίαση στην περιοχή.

Το νέο κλιματικό αρχείο θα αποτελείται από 14 στήλες, μια για κάθε ένα από τα κλιματικά δεδομένα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, για το μήνα, τη μέρα και την ώρα μελέτης. Επειδή το πρόγραμμα δεν αναγνωρίζει το ημερολογιακό έτος, αλλά ένα τυπικό 365 ημερών, ως αρχή του κλιματικού αρχείου θεωρήθηκε η ώρα 01:00πμ της 01/01 και ως τέλος η 24<sup>η</sup> ώρα της 31/12. Συνολικά το αρχείο αποτελείται από 8760 σειρές, μια για κάθε ώρα της κάθε ημέρας του τυπικού έτους. Κάθε σειρά περιλαμβάνει τις τιμές καθενός από τα 12 κλιματικά δεδομένα που καταγράφηκαν για τη συγκεκριμένη ημέρα και ώρα. Οι τρεις πρώτες στήλες του αρχείου περιέχουν στοιχεία που αφορούν στο μήνα, την ημέρα του μήνα και κάθε μια από τις 24 ώρες της κάθε ημέρας.

#### 4.2.3. Περιγραφή των κτιρίων

Μια περιγραφή κτιρίου συντίθεται από μια σειρά ενοτήτων δεδομένων, καθεμία εκ των οποίων περιλαμβάνει μια ή περισσότερες σειρές με τιμές παραμέτρων (σχήμα 4.1.).



**Σχήμα 4.1.** Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας περιγραφής του κτιρίου στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος και του τρόπου εισαγωγής των επιμέρους στοιχείων από τα οποία αποτελείται.

(πηγή: [36])

Το καθένα από τα κτίρια χωρίζεται στις επιμέρους θερμικές ζώνες, καθεμία από τις οποίες, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αποτελείται από ένα ή περισσότερους χώρους που λειτουργούν με την ίδια περίπου θερμοκρασία και φιλοξενούν τις ίδιες περίπου δραστηριότητες κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

Τα όρια κάθε ζώνης προσδιορίζονται από τις επιφάνειες που την περιβάλλουν, οι οποίες μπορεί να είναι κατακόρυφες, οριζόντιες ή κεκλιμένες. Αυτές άλλοτε εκτίθενται προς τους διάφορους προσανατολισμούς του εξωτερικού περιβάλλοντος, άλλοτε αναπτύσσονται σε επαφή με το έδαφος και άλλοτε αποτελούν το όριο της ζώνης προς τις γειτονικές της. Όσον

αφορά στη γεωμετρική τους απόδοση, αυτή γίνεται στη συγκεκριμένη μελέτη με γραφικό τρόπο. Το εμβαδό των επιφανειών που περιβάλλουν την κάθε ζώνη κατανέμεται στα διαφανή στοιχεία των ανοιγμάτων, τα οποία διαπερνά η ηλιακή ακτινοβολία, και στα αδιαφανή στοιχεία τοίχων, που δεν επιτρέπουν κάτι τέτοιο.

Μια επιφάνεια αποτελείται από ένα μόνο δομικό στοιχείο, το οποίο μπορεί να είναι κατακόρυφο, οριζόντιο ή κεκλιμένο. Έτσι, είναι δυνατό να προκαλείται σκίαση του ενός στοιχείου από κάποιο άλλο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Πρακτικά, πάντως, εφόσον τα ανοίγματα είναι τα μόνα στοιχεία που μπορούν να δεχτούν την ηλιακή ακτινοβολία, είναι και τα μόνα που επηρεάζονται από οποιαδήποτε διάταξη σκίασης.

Κάθε δομικό στοιχείο αποτελείται από ένα ή περισσότερα υλικά με διαφορετικά θερμικά χαρακτηριστικά, τα οποία προσδιορίζονται από τον ελληνικό Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων. Για κάθε υλικό ορίζεται το πάχος, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα. Για κάθε στοιχείο ορίζονται (από την εξωτερική επιφάνεια προς την εσωτερική) οι στρώσεις υλικών που το συνθέτουν, και έτσι το πρόγραμμα μπορεί να υπολογίσει την αντίσταση θερμοπερατότητας της διατομής.

Τα ανοίγματα της κατασκευής ορίζονται στο περιβάλλον του προγράμματος ως τμήμα της επιφάνειας του δομικού στοιχείου, επάνω στο οποίο βρίσκονται, και αποδίδονται σε αυτά διαφορετικά θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά. Με το σαφή εντοπισμό τους επάνω στο κέλυφος, ο οποίος, όπως και προηγουμένως, γίνεται με αναλυτικό τρόπο, είναι δυνατός ο υπολογισμός της ποσότητας ακτινοβολίας που δέχονται, καθώς αυτή εξαρτάται όχι μόνο από τον προσανατολισμό τους, αλλά και από τα εμπόδια που μεσολαβούν κατά τη διάρκεια της ημέρας ανάμεσα στη θέση του ήλιου και σε αυτά. Την περιγραφή των ανοιγμάτων συμπληρώνει η αντιστοίχισή τους σε κάποιο τύπο κουφώματος - υαλοστασίου, τα χαρακτηριστικά του οποίου εισάγονται σε σχετική ενότητα δεδομένων.

Κάθε τύπος κουφώματος - υαλοστασίου χαρακτηρίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητάς του, το πλήθος των στρώσεων του διαφανούς υλικού (γυαλιού κτλ.) που το απαρτίζουν και το πάχος καθεμιάς από αυτές. Τα ανοίγματα προστατεύονται με τη βοήθεια συνθετικών ανοιγοκλεινόμενων ρολών, βάσει συγκεκριμένων χρονοδιαγραμμάτων για το καλοκαίρι και το χειμώνα. Όσον αφορά στα ανοίγματα των θερμοκηπίων, αυτά αποτελούνται από διπλούς υαλοπίνακες στο εσωτερικό των οποίων έχουν τοποθετηθεί ξύλινες περιστρεφόμενες περσίδες, οι οποίες είναι επενδυμένες με στρώση πολυουρεθάνης στην εσωτερική τους παρειά. Η βλάστηση που περιβάλλει τα κτίρια (υψηλά δέντρα) δεν λαμβάνεται υπόψη στο σκιασμό των ανοιγμάτων [36].

### **4.3. Προσομοίωση των εξεταζόμενων κτιρίων**

#### **4.3.1. Θέση κτιρίων**

Η θέση των κτιρίων προσδιορίζεται στο χώρο βάσει του προσανατολισμού τους, δηλαδή της γωνίας που σχηματίζει ο άξονας του βορρά του κτιρίου (αυτός που διατρέχει δηλαδή τη βόρεια πλευρά του) με το γεωγραφικό βορρά. Η γωνία αυτή, όπως φαίνεται και στις κατόψεις των κτιρίων, είναι 90°.

Το περιβάλλον εξωτερικά των κτιρίων έχει διαμορφωθεί με αναβαθμούς σε όλη την έκταση του οικοπέδου, οι υψομετρικές διαφορές όμως μεταξύ των επιπέδων των κατοικιών περιορίζονται μεταξύ των 0 και 0,80cm. Περιμετρικά των κτιρίων δεν υπάρχουν άλλα κτίσματα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν το ποσό της ακτινοβολίας ή την ταχύτητα του ανέμου που προσπίπτει σε αυτά. Η μεταξύ τους απόσταση (4,40m η πιο κοντινή στο επίπεδο των κοινόχρηστων χώρων και 12,10 η πιο μακρινή στο επίπεδο των προσωπικών) και το χαμηλό ύψος των κτιρίων θεωρείται ότι διασφαλίζουν τον όσο το δυνατό πιο απρόσκοπτο ηλιασμό και αερισμό των κτιρίων.

#### **4.3.2. Ζώνες**

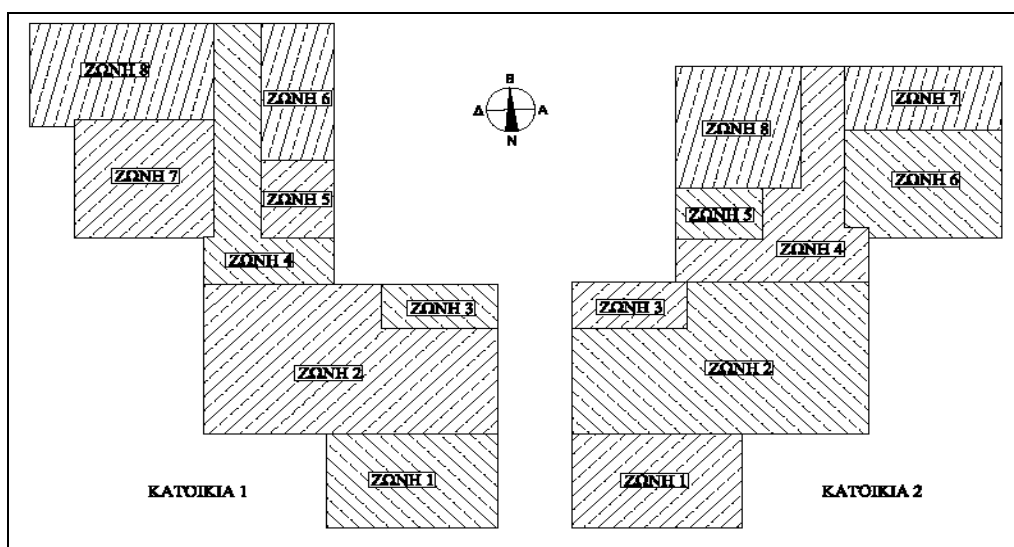
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι κατοικίες θα χωριστούν σε ζώνες ανάλογα με τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε καθεμιά από αυτές αλλά και με τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα εντός των ορίων τους. Κάθε ζώνη αποτελείται από χώρους με την ίδια περίπτωση θερμοκρασία αλλά και με όμοια χαρακτηριστικά όσον αφορά στις λειτουργίες που εκτελούνται εντός αυτής. Στη συνέχεια περιγράφονται οι αρχές διαχωρισμού των θερμικών ζωνών κάθε κατοικίας και αποτυπώνονται γραφικά τα όριά τους.

##### **4.3.2.1. Κατανομή σε ζώνες**

Κάθε κτίριο κατανεμήθηκε σε οκτώ ζώνες, καθεμιά από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα χώρο ή σε μια ενότητα χώρων της κάθε κατοικίας. Αυτές διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτυπώνονται οι διαφορετικές συνθήκες εσωκλίματος σε καθεμιά από αυτές ανάλογα με:

- τον τρόπο και το βαθμό χρήσης τους,
- την προέλευση των θερμικών κερδών τους
- τη θέση τους σε κάθε κτίριο, τόσο ως προς τη στάθμη του κτιρίου όσο και σε επίπεδο κάτοψης.

Η κατανομή σε ζώνες της κάθε κατοικίας παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



**Σχήμα 4.2.** Περιγράμματα των κατόψεων των κτιρίων πάνω στα οποία σημειώνονται οι ζώνες στις οποίες αυτά διαχωρίστηκαν κατά την προσομοίωση.

### Κατοικία 1

**Ζώνη 1:** ο προσαρτημένος ηλιακός χώρος στη νότια όψη της κατοικίας με θερμικά κέρδη εξαιτίας της λειτουργίας του ως θερμοκήπιο.

**Ζώνη 2:** το σαλόνι – καθιστικό και η κουζίνα που αναπτύσσονται στη νότια όψη του κτιρίου με θερμικά κέρδη από τη λειτουργία του προσαρτημένου ηλιακού χώρου και το μεγάλο ποσοστό ανοιγμάτων στη νότια και δυτική όψη.

**Ζώνη 3:** η αποθήκη στο οπίσθιο τμήμα της ζώνης 2 με θερμικά κέρδη προερχόμενα από τη χρήση της και μόνο.

**Ζώνη 4:** ο διάδρομος – χώλ που ενώνει στον εμπρόσθιο όγκο της κατοικίας με τον οπίσθιο.

**Ζώνη 5:** ο χώρος του αποχωρητηρίου των επισκεπτών με θερμικά κέρδη από τη χρήση του και μόνο.

**Ζώνη 6:** ο χώρος του δεύτερου αποχωρητηρίου, το οποίο βρίσκεται στη βόρεια πλευρά της κάτοψης και λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης.

**Ζώνη 7:** ο χώρος του υπνοδωματίου των κατοίκων με κύρια θερμικά κέρδη από την ενσωμάτωση στη νότια όψη του τοίχου Trombe.

**Ζώνη 8:** ο χώρος του υπνοδωματίου των επισκεπτών που αναπτύσσεται στη βορειοδυτική πλευρά της κάτοψης.

## Κατοικία 2

**Ζώνη 1:** ο προσαρτημένος ηλιακός χώρος στη νότια όψη της κατοικίας με θερμικά κέρδη εξαιτίας της λειτουργίας του ως θερμοκήπιο.

**Ζώνη 2:** το σαλόνι – καθιστικό και η κουζίνα που αναπτύσσονται στη νότια όψη του κτιρίου με θερμικά κέρδη από τη λειτουργία του προσαρτημένου ηλιακού χώρου και το μεγάλο ποσοστό ανοιγμάτων στη νότια και ανατολική όψη.

**Ζώνη 3:** η αποθήκη στο οπίσθιο τμήμα της ζώνης 2 με θερμικά κέρδη προερχόμενα από τη χρήση της και μόνο.

**Ζώνη 4:** ο διάδρομος – χωλ που ενώνει στον εμπρόσθιο όγκο της κατοικίας με τον οπίσθιο.

**Ζώνη 5:** ο χώρος του αποχωρητηρίου των επισκεπτών με θερμικά κέρδη από τη χρήση του και μόνο.

**Ζώνη 6:** ο χώρος του υπνοδωματίου των κατοίκων με κύρια θερμικά κέρδη από την ενσωμάτωση στη νότια όψη του τοίχου Trombe.

**Ζώνη 7:** ο χώρος του αποχωρητηρίου των κατοίκων, το οποίο βρίσκεται στη βόρεια πλευρά της κάτοψης και λειτουργεί ως χώρος θερμικής ανάσχεσης.

**Ζώνη 8:** ο χώρος του υπνοδωματίου των επισκεπτών που αναπτύσσεται στη βορειοδυτική πλευρά της κάτοψης.

Το ελεύθερο ύψος και το εμβαδό της κάτοψης κάθε ζώνης, που είναι απαιτούμενα από το πρόγραμμα, μπορούν να εισαχθούν εξ αρχής από το χρήστη ή να υπολογιστούν από το πρόγραμμα μετά την εισαγωγή του γραφικού μοντέλου του κτιρίου. Στα εξεταζόμενα κτίρια ακολουθήθηκε ο δεύτερος τρόπος.

### 4.3.3. Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη των ζωνών

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη κάθε ζώνης, εκφρασμένα σε kW, αντιπροσωπεύουν τη θερμότητα που παράγεται σε καθεμιά από αυτές χάρη στη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών και φωτιστικών σωμάτων, αλλά και λόγω της θερμότητας που εκλύεται από το ανθρώπινο σώμα ανάλογα με τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται.

Στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος κάθε μία από τις παραπάνω πηγές θερμικών κερδών ορίζονται ξεχωριστά, τόσο μεταξύ τους, όσο και για κάθε ζώνη. Ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει για κάθε ηλεκτρική συσκευή και φωτιστικό σώμα τη θερμική ισχύ που αποδίδει και να καταστρώσει ένα χρονοδιάγραμμα λειτουργίας. Αντίθετα, για τα



προερχόμενα από την παρουσία ανθρώπων θερμικά κέρδη, θα πρέπει να οριστεί η αντίστοιχη θερμική ισχύς που αναμένεται να αποδώσει ένας άνθρωπος (W/άτομο) ανάλογα με την κυρίαρχη δραστηριότητα που διενεργείται σε κάθε ζώνη. Το χρονοδιάγραμμα που πρέπει να καταστρωθεί σε αυτή την περίπτωση αφορά στο πλήθος των ανθρώπων που βρίσκονται κάθε στιγμή σε κάθε χώρο του κτιρίου.

Στην παρούσα ανάλυση, η θεώρηση των θερμικών κερδών από ηλεκτρικές συσκευές δεν λήφθηκε υπόψη για τους λόγους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα. Αντίθετα, η διερεύνηση όσον αφορά στη θερμότητα που αποδίδεται από τα φωτιστικά σώματα εξαπλώθηκε σε όλες τις ζώνες των κατοικιών, λαμβάνοντας υπόψη τη διακύμανση της χρήσης τους τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όσο και την εποχιακή. Όσον αφορά τέλος στη θερμότητα που εκλύεται από το ανθρώπινο σώμα, ως άμεση συνάρτηση του αριθμού των ανθρώπων που βρίσκονται σε μια ζώνη, λήφθηκε υπόψη σταθερή διαμονή εντός των κτιρίων για 2 άτομα και διαφοροποιήθηκε ο αριθμός αυτός μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Η τιμή της θερμικής ισχύος που υιοθετήθηκε για καθένα από τους παραπάνω τύπους εσωτερικών κερδών παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί. Οι διαφορετικές τιμές που λαμβάνονται για την ανθρώπινη δραστηριότητα οφείλεται στη διαφορετική λειτουργική χρήση κάθε ζώνης.

Ζώνες	Θερμικά κέρδη	
	Φωτιστικά σώματα	Ανθρώπινη δραστηριότητα
Προσαρτημένος ηλιακός χώρος	40 W	150 W/άτομο
Σαλόνι – κουζίνα	40 W	150 W/άτομο
Αποθήκη	40 W	150 W/άτομο
Διάδρομος	40 W	150 W/άτομο
Λουτρό επισκεπτών	40 W	150 W/άτομο
Λουτρό προσωπικό	40 W	150 W/άτομο
Υπνοδωμάτιο	40 W	72 W/άτομο
Ξενώνας	40 W	72 W/άτομο

**Πίνακας 4.1.** Οι τιμές της θερμικής ισχύος που υιοθετήθηκαν για την παρούσα ανάλυση.

Για την περίπτωση της ανθρώπινης δραστηριότητας αυτές δίνονται κατά άτομο και ανάλογα με τη λειτουργική χρήση της κάθε ζώνης.

(πηγή: πρωτότυπη, βάσει δεδομένων πηγής [36])

#### 4.3.4. Η επίδραση του αέρα στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου

Σημαντικό μέσο για τη μεταφορά θερμότητας από και προς μια ζώνη είναι οι ροές του αέρα που αναπτύσσονται από και προς αυτή είτε σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον είτε

με τις παρακείμενες αυτής ζώνες. Οι ροές αέρα στην παρούσα ανάλυση επιμερίζονται στις εξής περιπτώσεις:

- διαφυγές αέρα ζώνης (zone infiltration),
- φυσικός αερισμός ζώνης (zone ventilation),
- ανάμιξη αέρα μεταξύ ζωνών (zone cross mixing).

#### 4.3.4.1. Διαφυγές αέρα ζώνης

Σημαντικός παράγοντας, ο οποίος επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου, είναι οι διαφυγές και εισροές αέρα, οι οποίες αναπτύσσονται διαμέσου του κελύφους του, χωρίς παρεμβολή μηχανικών μέσων και πέρα από τις προθέσεις των ενοίκων. Αυτές συνίστανται στη μη ελεγχόμενη εισροή και εκροή αέρα μέσω τυχαίων και ακούσιων ασυνεχειών στο κέλυφος του κτιρίου (αρμών, διακένων, ρωγμών κτλ.) σε μια διαδικασία, η οποία αναφέρεται με τον όρο «διαφυγές αέρα».

Οι επιπτώσεις της παραπάνω διαδικασίας στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων γίνονται περισσότερο αντιληπτές αν αναλογιστεί κανείς ότι αυτές μπορεί είναι υπεύθυνες ως ένα ποσοστό που μπορεί να φθάνει το 30-50% των ενεργειακών απωλειών ενός κτιρίου, ανάλογα πάντα με το κλίμα της περιοχής, τον τύπο του κτιρίου, τη χρήση του κτλ. [37], [38].

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των διαφυγών αέρα ενός κτιρίου είναι:

- ο βαθμός αεροπερατότητας του κελύφους του,
- η ταχύτητα των ανέμων που πνέουν στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου σε σχέση με την ταχύτητα του αέρα εντός αυτού, η οποία συνήθως θεωρείται μηδενική και
- η διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα στο εξωτερικό και το εσωτερικό όριο κάθε στοιχείου του κελύφους.

Ειδικότερα, οι δύο τελευταίοι παράγοντες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, οι οποίες μάλιστα ενδέχεται να είναι έντονα μεταβαλλόμενες από εποχή σε εποχή. Εξάλλου, η ένταση της ανεμορροής εκατέρωθεν ενός δομικού στοιχείου υπεισέρχεται στον προσδιορισμό του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά μέσα από το σώμα [4].

Όσον αφορά στις ασυνέχειες του κελύφους, διαμέσου των οποίων αναπτύσσεται ροή ανέμου, αυτές μπορεί να εμφανίζονται:

- στη σύνδεση των κασών των κουφωμάτων με τις εσοχές των τοίχων, στις οποίες τα ανοίγματα διαμορφώνονται,
- στο ίδιο το κούφωμα λόγω ατελούς συναρμογής των σταθερών και κινητών μερών του στην περίπτωση ανοιγόμενου κουφώματος και

- σε θέσεις όπου διαμορφώνονται ανοίγματα στο κέλυφος του κτιρίου, τα οποία εξυπηρετούν τον εξαερισμό του, όπως οι καμινάδες και οι εξαεριστήρες, και σε περιόδους που δεν εξυπηρετούν την κατεξοχήν λειτουργία τους, οπότε η ανεμορροή οφείλεται σε συγκεκριμένες εξωτερικές συνθήκες.

Οι διαφυγές αέρα ενός κτιρίου υπεισέρχονται στις σχέσεις υπολογισμού ως ένα ποσοστό, το οποίο αποδίδει τις αλλαγές αέρα στο χώρο σε διάστημα μιας ώρας (α/ω). Αυτές εκφράζονται από το πηλίκο του όγκου του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στο χώρο ως αποτέλεσμα αυτών των εναλλαγών κατά τη διάρκεια μιας ώρας προς το συνολικό όγκο του περιεχόμενου σε κάθε ζώνη αέρα.

Η ποσοτική διερεύνηση του παραπάνω μεγέθους των διαφυγών αέρα έχει απασχολήσει τη διεθνή βιβλιογραφία, χωρίς ωστόσο οι τιμές που δίνονται από κάθε πηγή (ερευνητικές εργασίες, κανονιστικά πλαίσια κτλ.) να έχουν φθάσει σε ικανοποιητικό βαθμό σύγκλισης. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- τα "Standards" της ASHRAE συνιστούν 0.75 έως 1.0 α/ω για κτίρια κατοικιών και γραφείων [39]
- ο ίδιος οργανισμός παραθέτει πίνακες καταγεγραμμένων τιμών αλλαγών αέρα, ανάλογα με την εποχή του έτους, τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα και τη στάθμη αεροστεγανότητας του κτιρίου. Το εύρος της διακύμανσης των τιμών εκτείνεται από τις 0.33 έως τις 1.47 α/ω. Αναφέρει επίσης ότι, σύμφωνα με καταγραφές άλλων ερευνητών, κτίρια κατοικίας στη βόρεια Αμερική εμφανίζουν ποσοστά αερισμού που κυμαίνονται από 0.2 έως 2.0 α/ω [39]
- η μέθοδος LT, ένα υπολογιστικό εργαλείο που αξιολογεί την ενεργειακή απόδοση εναλλακτικών επιλογών στη διαμόρφωση κτιριακών κελυφών, υποθέτει σε κάθε περίπτωση ότι σε κάθε χώρο εκδηλώνεται 1.0 α/ω [4]
- καταγραφές που διενεργήθηκαν σε κτίρια κατοικιών και γραφείων στη Θεσσαλονίκη [40] έδωσαν τιμές διαφυγών αέρα από σχεδόν μηδενικές τιμές έως και 2.5 α/ω.

Στο πρόγραμμα Energy Plus το ποσοστό αερισμού δηλώνεται ξεχωριστά για κάθε ζώνη. Με σκοπό την όσο το δυνατόν καλύτερη αποτύπωση της πραγματικής κατάστασης, το ποσοστό αυτό μεταβάλλεται από χώρο σε χώρο, με κριτήρια για τον προσδιορισμό του τα εξής:

- το ποσοστό της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα ανοίγματα στο κέλυφος κάθε ζώνης (πίνακας 4.2.),
- η ύπαρξη ανοιγμάτων στο κέλυφος των κτιρίων, τα οποία εξυπηρετούν τον εξαερισμό τους, όπως καμινάδες και εξαεριστήρες,

- οι στάθμες των ζωνών, θεωρώντας ότι όσο ψηλότερα βρίσκεται μία ζώνη τόσο λιγότερο είναι προστατευμένη από την περιβάλλουσα βλάστηση και το τοπογραφικό ανάγλυφο του περιβάλλοντα χώρου,
- η δομή των συμπαγών δομικών στοιχείων που περικλείουν μια ζώνη, και συγκεκριμένα η έκταση ασυνεχειών και αρμών επάνω σε αυτά, ή η ενδεχόμενη σύνθεσή τους από διαδοχικές στρώσεις υλικών υψηλού πορώδους.

Στους πίνακες που ακολουθούν, το εμβαδό του δαπέδου περιλαμβάνει και αυτό των τοιχοποιιών περιμετρικά της κάθε ζώνης (σε κάτοψη). Το εμβαδό οροφής είναι ίδιο με αυτό του δαπέδου για κάθε ζώνη με μοναδική εξαίρεση τους προσαρτημένους ηλιακούς χώρους στους οποίους η οροφή αποτελείται από προέκταση της πλάκας του προστεγάσματος και καταλαμβάνει μόνο ένα τμήμα αυτής. Τέλος, για τον υπολογισμό του ποσοστού των ανοιγμάτων κάθε ζώνης σε σχέση με αδιαφανή στοιχεία του κελύφους αυτής, ως αδιαφανή στοιχεία θεωρήθηκαν τόσο οι εξωτερικοί τοίχοι όσο και τα επίπεδα της οροφής και του δαπέδου.

<b>Κατοικία 1</b>					
<b>ΖΩΝΗ</b>	<b>Εξωτερικοί Τοίχοι [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Δάπεδο [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Οροφή [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Ανοίγματα [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Επιφάνεια ανοιγμάτων προς επιφάνεια συμπαγών τμημάτων [%]</b>
<b>1</b>	10.19	14.85	7.43	16.69	43.41%
<b>2</b>	41.68	35.73	35.73	15.25	13.50%
<b>3</b>	14.96	4.69	4.69	0	0.00%
<b>4</b>	8.28	14.86	14.86	5.46	14.36%
<b>5</b>	7.79	5.21	5.21	0.3	2.30%
<b>6</b>	20.05	9.16	9.16	0.3	1.00%
<b>7</b>	17.55	15.38	15.38	5.32	8.91%
<b>8</b>	26.43	16.66	16.66	4.95	8.28%

**Πίνακας 4.2.** Κατανομή του περιβλήματος που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για κάθε ζώνη της κατοικίας 1.

<b>Κατοικία 2</b>					
<b>ΖΩΝΗ</b>	<b>Εξωτερικοί Τοίχοι [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Δάπεδο [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Οροφή [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Ανοίγματα [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Επιφάνεια ανοιγμάτων προς επιφάνεια συμπαγών τμημάτων [%]</b>
<b>1</b>	7.87	14.85	7.43	19.33	64.11%
<b>2</b>	37.76	36.73	36.73	15.25	13.71%
<b>3</b>	14.18	5.03	5.03	0	0.00%
<b>4</b>	7.79	16.35	16.35	4.84	11.95%
<b>5</b>	4.90	4.21	4.21	0.3	2.25%
<b>6</b>	18.91	15.75	15.75	4.18	8.29%
<b>7</b>	20.65	9.42	9.42	0.3	0.76%
<b>8</b>	20.92	14.23	14.23	2.86	5.79%

**Πίνακας 4.3.** Κατανομή του περιβλήματος που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για κάθε ζώνη της κατοικίας 2.

Με βάση τους πίνακες που προηγήθηκαν και τα κριτήρια που εκτέθηκαν σε αυτούς, οι διαφυγές αέρα που θεωρούνται αντιπροσωπευτικές της πραγματικής κατάστασης στο κτίριο είναι:

<b>Ζώνες κτιρίων</b>	<b>Εναλλαγές αέρα ανά ζώνη</b>
προσαρτημένοι ηλιακοί χώροι	1.5 α/ω (150%)
καθιστικά - κουζίνες	1.2 α/ω (120%)
αποθήκες	1.0 α/ω (100%)
διάδρομοι	1.2 α/ω (120%)
λουτρά	1.0 α/ω (100%)
υπνοδωμάτια	1.1 α/ω (110%)

**Πίνακας 4.4.** Εναλλαγές αέρα ανά ζώνη (ακούσιος αερισμός)

Στους προσαρτημένους ηλιακούς χώρων θεωρήθηκε μεγαλύτερη τιμή σχεδιασμού για τις διαφυγές αέρα λόγω του μεγάλου ποσοστού ανοιγμάτων που χαρακτηρίζουν τις ζώνες αυτές (43.41% στην πρώτη κατοικία και 64.11% στη δεύτερη). Επίσης, η τιμή σχεδιασμού του ακούσιου αερισμού στα σαλόνια και τις κουζίνες των δύο κατοικιών είναι κατά τι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες των άλλων ζωνών εξαιτίας του μεγάλου εμβαδού των περιμετρικών επιφανειών αλλά και των μεγάλων ανοιγμάτων στο κέλυφός τους, ιδίως στη νότια όψη.

#### 4.3.4.2. Φυσικός αερισμός ζώνης

Με τον όρο φυσικός αερισμός αποδίδεται η ανταλλαγή αέρα ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και το εξωτερικό περιβάλλον από τις θέσεις των ανοιγμάτων του κελύφους, εφόσον αυτά είναι ανοιχτά. Το μέγεθος αυτό, όπως και προηγουμένως, υπεισέρχεται στους αντίστοιχους υπολογισμούς ως ποσοστό του όγκου του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στο χώρο κατά τη διάρκεια μιας ώρας.

Ο φυσικός αερισμός καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά των κατοίκων, όσον αφορά στις επιδιωκόμενες από τους ίδιους συνθήκες εσωκλίματος και ποιότητας εσωτερικού αέρα. Έτσι, για τα δεδομένα της παρούσας ανάλυσης θεωρήθηκαν ως επαρκείς για κάθε ζώνη οι εναλλαγές αέρα που καταγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί. Να σημειωθεί ότι οι τιμές του πίνακα αφορούν στις μέγιστες τιμές που λαμβάνει ο εκούσιος αερισμός σε κάθε ζώνη κατά τη διάρκεια του 24ώρου και ανάλογα με την εποχή. Κατά τη διάρκεια της ημέρας και ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα καθορισμού των εναλλαγών αέρα ανά ώρα για κάθε ζώνη μπορεί οι τιμές που καταγράφονται στη συνέχεια να παρουσιάζουν διακυμάνσεις (δεδομένα παραρτήματος για τα εισαγόμενα του προσομοιωτικού προγράμματος).

Ζώνες κτιρίων	Εναλλαγές αέρα ανά ζώνη	
	Χειμώνας	Καλοκαίρι
προσαρτημένοι ηλιακοί χώροι	1.3 α/ω (130%)	3.0 α/ω (300%)
καθιστικά - κουζίνες	1.0 α/ω (100%)	3.0 α/ω (300%)
αποθήκες	0.25 α/ω (25%)	0.25 α/ω (25%)
διάδρομοι	1.0 α/ω (100%)	1.5 α/ω (100%)
λουτρά	1.5 α/ω (150%)	3.0 α/ω (300%)
υπνοδωμάτιο	1.5 α/ω (150%)	2.0 α/ω (200%)
ξενώνας	0.5 α/ω (50%)	1.5 α/ω (150%)

**Πίνακας 4.5.** Μέγιστες εναλλαγές αέρα ανά ζώνη (εκούσιος αερισμός)

Στους χώρους των θερμοκηπίων και των καθιστικών – κουζινών στις δύο κατοικίες δίνονται αυξημένες τιμές εκούσιου αερισμού λόγω της χρήσης τους. Οι εναλλαγές αέρα στη διάρκεια μίας ώρας αυξάνονται περαιτέρω στις ζώνες των λουτρών λόγω των αυξημένων απαιτήσεων ανανέωσης του περιεχομένου σε αυτές αέρα. Στα υπνοδωμάτια των μόνιμων κατοίκων των κτιρίων θεωρήθηκε αυξημένος αερισμός τις πρωινές ώρες, με μείωση του αρχικού ποσοστού κατά τις υπόλοιπες ώρες. Οι ξενώνες παρουσιάζουν περιορισμένα ποσοστά εκούσιου αερισμού λόγω τις αντίστοιχα περιορισμένης χρήσης τους.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι εναλλαγές αέρα σε κάθε ζώνη αυξάνονται, γεγονός που οφείλεται στις μεγαλύτερες απαιτήσεις αερισμού στη συγκεκριμένη εποχή αλλά και

στην ευνοϊκή συμβολή του αερισμού τις βραδινές ώρες. Ο βραδινός αερισμός διευκολύνει το φυσικό δροσισμό κάθε ζώνης, γι' αυτό και στα αντίστοιχα χρονοδιαγράμματα που ρυθμίζουν τις εναλλαγές αέρα για κάθε 24ωρο θεωρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τα μέγιστα ποσοστά εναλλαγών αέρα θα λαμβάνουν χώρα μετά τη δύση του ηλίου.

Πέρα από τα παραπάνω, τίθενται και κάποιοι επιπλέον περιορισμοί σχετικά με τον φυσικό αερισμό ανάλογα με τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες (ταχύτητα αέρα, θερμοκρασία), αλλά και τις συνθήκες εντός των κατοικιών, αναφορικά κυρίως με τη θερμοκρασία. Οι περιορισμοί αυτοί έχουν ως στόχο την αποφυγή επιβάρυνσης των χώρων των κτιρίων λόγω του φυσικού αερισμού με ανώφελα θερμικά και ψυκτικά φορτία κατά την περίοδο του θέρους και του χειμώνα αντίστοιχα, τα οποία δεν μπορούν να ελεγχθούν όπως στην περίπτωση μηχανικού αερισμού. Έτσι, τέθηκαν τα όρια του πίνακα 4.6. των οποίων οι τιμές όταν ξεπεραστούν «διακόπτεται» ο φυσικός αερισμός.

Ελάχιστη θερμοκρασία ζώνης	20.0 °C
Μέγιστη θερμοκρασία ζώνης	26.0 °C
Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	8.0 °C
Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	27.0 °C
Διαφορά θερμοκρασίας ζώνης από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος	-3.0°C
Ταχύτητα αέρα	6.0 m/s

**Πίνακας 4.6.** Όρια των προϋποθέσεων για διακοπή «λειτουργίας» του φυσικού αερισμού

Όσον αφορά στα λουτρά των κατοικιών, εξαιτίας των αυξημένων απαιτήσεων αερισμού στις ζώνες αυτές, τα όρια διακοπής της «λειτουργίας» του φυσικού αερισμού διαμορφώθηκαν ως εξής:

Ελάχιστη θερμοκρασία ζώνης	20.0 °C
Μέγιστη θερμοκρασία ζώνης	50.0 °C
Ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	2.0 °C
Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος	50.0 °C
Διαφορά θερμοκρασίας ζώνης από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος	-3.0°C
Ταχύτητα αέρα	10.0 m/s

**Πίνακας 4.7.** Όρια των προϋποθέσεων για διακοπή «λειτουργίας» του φυσικού αερισμού στις ζώνες των λουτρών

#### 4.3.4.3. Ανάμιξη αέρα μεταξύ των ζωνών

Πέρα από την ανταλλαγή αέρα ανάμεσα στο εσωτερικό χώρο και το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου (λόγω των ακούσιων διαφυγών αέρα και του φυσικού αερισμού), μια αντίστοιχη διαδικασία αναπτύσσεται και μεταξύ των εσωτερικών χώρων του από τις θέσεις των ανοιγμάτων που εξυπηρετούν την επικοινωνία μεταξύ τους και εφόσον αυτά παραμένουν ανοιχτά. Το μέγεθος αυτής της ανταλλαγής αέρα αποδίδεται με τον όρο «ανάμιξη αέρα» και οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των χώρων του κτιρίου.

Για την κατά το δυνατόν πληρέστερη απόδοση της πραγματικής κατάστασης εντός των κτιρίων, θεωρήθηκε περιορισμένη ανάμιξη αέρα στους εσωτερικούς τους χώρους. Αυτή ανέρχεται σε 1.0 α/ω και 0.5 α/ω μεταξύ θερμοκηπίου και σαλονιού – κουζίνας κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού αντίστοιχα και σε 1.0 α/ω μεταξύ του σαλονιού – κουζίνας και του διαδρόμου σε όλες τις εποχές του έτους.

#### 4.3.4.4. Θέρμανση ζώνης

Καθώς η ανάλυση επιδιώκει να αποτυπώσει τη θερμική απόδοση των κτιρίων, όπως αυτή προκύπτει από τη λειτουργική τους χρήση και τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά, έγινε η παραδοχή ότι τα κτίρια δεν διαθέτουν σύστημα θέρμανσης. Τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας που θα έπρεπε να καταναλωθούν στα κτίρια για να εξασφαλισθούν συνθήκες θερμικής άνεσης σε όλες τις ζώνες αναλύονται σε επόμενη ενότητα.

#### 4.3.5. Αδιαφανή δομικά στοιχεία

Στα αδιαφανή δομικά στοιχεία συγκαταλέγονται όλα τα μέρη του δομικού συστήματος των κτιρίων εκτός των παραθύρων. Τα στοιχεία αυτά περιγράφονται στο Energy Plus ως συνάρτηση των φυσικών χαρακτηριστικών και του τρόπου διαμόρφωσης των υλικών που τα συνθέτουν. Η περιγραφή αυτή των φυσικών και θερμικών χαρακτηριστικών των υλικών, καθώς και οι ιδιότητες ακτινοβολίας καθενός από αυτά εισάγονται στο πρόγραμμα ξεχωριστά για τα αδιαφανή και τα διαφανή δομικά στοιχεία.

Στα αδιαφανή δομικά στοιχεία περιλαμβάνονται:

- οι εξωτερικοί τοίχοι που έρχονται σε επαφή με το φυσικό περιβάλλον, είτε αυτό πρόκειται για τον εξωτερικό αέρα είτε για το έδαφος,
- οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι που κατά την προσομοίωση του κτιρίου λειτουργούν ως διεπιφάνειες μεταξύ των ζωνών,
- τα δάπεδα των ζωνών που διαμορφώνονται επάνω στο έδαφος,
- οι οροφές των χώρων που είναι εκτεθειμένες στο εξωτερικό περιβάλλον



- τα προστεγάσματα των ανοιγμάτων.

Ως αδιαφανή στοιχεία καταχωρήθηκαν, ακόμη, και οι πόρτες των κτιρίων που δεν διαθέτουν υαλοπίνακα.

#### 4.3.5.1. Τύποι αδιαφανών δομικών στοιχείων

Για την οικοδομική αποτύπωση των κτιρίων καταχωρήθηκαν στο προσομοιωτικό πρόγραμμα διαφορετικοί τύποι αδιαφανών δομικών στοιχείων, τα οποία, για τη διευκόλυνση της παρουσιάσής τους, κατανέμονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Η πρώτη κατηγορία αφορά στα πατώματα των κατοικιών. Αυτή περιλαμβάνει 3 τύπους διατομών, ισάριθμους με τα διαφορετικά είδη επιστρώσεων που εμφανίζονται στο εσωτερικό του κτιρίου. Όλες οι επιστρώσεις του κύριου όγκου των κατοικιών «πατούν» επάνω σε πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, για την οποία θεωρήθηκε κατά προσέγγιση ότι εμφανίζει ενιαίο πάχος 15 cm σε όλα τα πατώματα και σε όλη τους την έκταση. Οι επιστρώσεις των προσαρτημένων ηλιακών χώρων εδράζονται σε πλάκα ελαφροσκυροδέματος πάχους 10cm.
- Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις οροφές των ζωνών, οι οποίες περιγράφονται με 2 διαφορετικές διατομές. Η οροφή του κύριου όγκου των κτιρίων συνίσταται σε φυτεμένο δώμα, το οποίο και κατασκευάζεται πάνω σε πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 15 cm. Εξάιρεση αποτελεί μόνο η οροφή των θερμοκηπίων, η οποία στην ουσία είναι πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 15 cm με εξωτερική μόνωση.
- Στην τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι τύποι των εξωτερικών τοιχοποιιών των κτιρίων. Αυτές αποτελούν δικέλυφες οπτοπλινθοδομές με ενδιάμεση μόνωση πάχους 5 cm σε όλο το περίγραμμα των κατοικιών. Εξάιρεση αποτελεί η εξωτερική τοιχοποιία των θερμοκηπίων, η οποία εμφανίζει διαφορές στο πάχος της οπτοπλινθοδομής και στον τρόπο μόνωσης. Πιο συγκεκριμένα, περιμετρικά των θερμοκηπίων κατασκευάζεται δομική οπτοπλινθοδομή πάχους 15 cm με μόνωση στην εξωτερική της παρειά. Επίσης, διαφορετικά διαμορφώνεται και η τοιχοποιία Trombe που έχει ενσωματωθεί στα κύρια υπνοδωμάτια των κατοικιών, η οποία αποτελείται από συμπαγή οπτοπλινθοδομή πάχους 35 cm με εξωτερική κινητή μόνωση πολυουρεθάνης.
- Όσον αφορά στην εσωτερική τοιχοποιία, αυτή αποτελεί την τέταρτη κατηγορία και περιλαμβάνει τοιχοποιίες πάχους 10 cm χωρίς μόνωση.
- Η πέμπτη κατηγορία αδιαφανών στοιχείων αφορά στα φέροντα στοιχεία των κατοικιών, τα οποία εξειδικεύονται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- υποστυλώματα διατομής 35 x 35 cm με μόνωση στις δύο εξωτερικές τους παρειές,
  - υποστυλώματα διατομής 35 x 35 cm με μόνωση στη μια εξωτερική τους παρειά,
  - υποστυλώματα διατομής 35 x 35 cm χωρίς μόνωση,
  - τοιχία διατομής 75 x 25 cm με μόνωση στις δύο εξωτερικές τους παρειές,
  - τοιχία διατομής 75 x 25 cm με μόνωση στη μια εξωτερική τους παρειά,
  - τοιχία διατομής 70 x 30 cm χωρίς μόνωση.
- Τέλος, στην έκτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι πόρτες των κατοικιών, οι οποίες δε διαθέτουν υαλοπίνακα.

#### 4.3.5.2. Ανάλυση των διατομών

Στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος κάθε διατομή καταχωρείται ως επαλληλία διαδοχικών στρώσεων, οι οποίες βρίσκονται σε πλήρη επαφή μεταξύ τους. Η σειρά με την οποία εισάγονται οι στρώσεις γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε δομικό στοιχείο να περιγράφεται από το εξωτερικό του όριο προς το εσωτερικό της ζώνης στην οποία ανήκει. Στην περίπτωση δομικών στοιχείων που συνιστούν διεπιφάνεια μεταξύ δύο ζωνών, και άρα πρακτικά ανήκουν και στις δύο, η περιγραφή της διατομής τους γίνεται ξεχωριστά για καθεμιά από τις δύο ζώνες, έτσι ώστε να αποδοθεί η αντίστροφη σειρά των στρώσεων που οδηγεί προς το εσωτερικό της εκάστοτε ζώνης. Προφανώς, κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο στην περίπτωση απόλυτα συμμετρικών διατομών.

	<b>Ζώνη θερμοκηπίων</b>	<b>Ζώνες κοινόχρηστων χώρων</b>	<b>Ζώνες υπνοδωματίων</b>
<b>ΤΥΠΟΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ</b>	<i>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</i>		
	<i>Λιθορριπή (1.10m)</i>	<i>Λιθορριπή (1.10m)</i>	<i>Λιθορριπή (1.10m)</i>
	<i>Φύλλο πολυαιθυλενίου (0.003m)</i>	<i>Φύλλο πολυαιθυλενίου (0.003m)</i>	<i>Φύλλο πολυαιθυλενίου (0.01m)</i>
	<i>Ελαφροσκυρόδεμα (0.10m)</i>	<i>Σκυρόδεμα καθαριότητας (0.15m)</i>	<i>Σκυρόδεμα καθαριότητας (0.15m)</i>
	<i>Στεγανωτική στρώση (0.007m)</i>	<i>Στεγανωτική στρώση (0.007m)</i>	<i>Στεγανωτική στρώση (0.01m)</i>
	<i>Θερμομονωτική στρώση (0.03 m)</i>	<i>Οπλισμένο σκυρόδεμα (0.15m)</i>	<i>Οπλισμένο σκυρόδεμα (0.15m)</i>
	<i>Φύλλο πολυαιθυλενίου (0.003m)</i>	<i>Θερμομονωτική στρώση (0.05m)</i>	<i>Θερμομονωτική στρώση (0.05m)</i>
	<i>Γαρμπυλοσκυρόδεμα (0.10m)</i>	<i>Φύλλο πολυαιθυλενίου (0.003m)</i>	<i>Φύλλο πολυαιθυλενίου (0.01m)</i>
	<i>Τσιμεντοκονίαμα (0.02m)</i>	<i>Γαρμπυλοσκυρόδεμα (0.05m)</i>	<i>Γαρμπυλοσκυρόδεμα (0.04m)</i>
	<i>Κεραμικά πλακίδια (0.01m)</i>	<i>Τσιμεντοκονίαμα (0.02 m)</i>	<i>Τσιμεντοκονίαμα (0.02m)</i>
		<i>Κεραμικά πλακίδια (0.01m)</i>	<i>Πλάκες ξύλου (0.02m)</i>

**ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ**

**Πίνακας 4.8.** Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων πατωμάτων των κτιρίων, αποδιδόμενες, με τη σειρά, από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.

	<b>Ζώνη θερμοκηπίων</b>	<b>Ζώνες 2,3,4,5,6,7,8</b>
<b>ΤΥΠΟΙ ΟΡΟΦΩΝ</b>	<b>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</b>	
	Οροφокονιάμα (0.02m)	Ζώνη φύτευσης (0.35m)
	Θερμομονωτική στρώση (0.05 m)	Γεωύφασμα (0.002m)
	Οπλισμένο σκυρόδεμα (0.15m)	Αποστραγγιστική στρώση (0.05m)
	Οροφокονιάμα (0.02m)	Μεμβράνη προστασίας από τις ρίζες (0.002m)
	-	Ασφαλτική στεγανωτική στρώση (0.007m)
	-	Περλιτόδεμα (0.05m)
	-	Θερμομονωτική στρώση (0.05m)
	-	Φράγμα υδρατμών (0.001m)
	-	Οπλισμένο σκυρόδεμα (0.15m)
	-	Οροφокονιάμα (0.02m)
	<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</b>	

**Πίνακας 4.9.** Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων οροφών των κτιρίων, αποδιδόμενες, με τη σειρά, από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.

	<b>Ζώνες θερμοκηπίων</b>	<b>Ζώνες 2,3,4,5,6,7,8</b>	<b>Τοίχος Trombe</b>
<b>ΤΥΠΟΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ</b>	<b>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</b>		
	Κονίαμα (0.02m)	Κονίαμα (0.02m)	Διπλά θερμομονωτικά κρύσταλλα (0.025m)
	Θερμομονωτική στρώση (0.05m)	Οπτοπλινθοδομή (0.10 m)	Κενό αέρα (0.025m)
	Οπτοπλινθοδομή (0.15m)	Θερμομονωτική στρώση (0.05m)	Κινητό ρολό θερμομόνωσης (0.01m)
	Κονίαμα (0.02m)	Οπτοπλινθοδομή (0.15 m)	Συμπαγής οπτοπλινθοδομή (0.35m)
		Κονίαμα (0.02m)	Κονίαμα (0.02m)
	<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</b>		

**Πίνακας 4.10.** Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων εξωτερικών τοιχοποιιών των κτιρίων, αποδιδόμενες με τη σειρά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.

	Ζώνες 3,4,5,6,7,8	Ζώνη 2
ΤΥΠΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ	<i>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</i>	
	<i>Κονίαμα (0.02m)</i>	<i>Κονίαμα (0.02m)</i>
	<i>Οπτοπλινθοδομή (0.10m)</i>	<i>Οπτοπλινθοδομή (0.10 m)</i>
	<i>Κονίαμα (0.02m)</i>	<i>Θερμομονωτική στρώση (0.05m)</i>
	-	<i>Οπτοπλινθοδομή (0.15 m)</i>
	-	<i>Κονίαμα (0.02m)</i>
	<i>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</i>	

**Πίνακας 4.11.** Αλληλουχία των στρώσεων των τύπων εσωτερικών τοιχοποιιών των κτιρίων, αποδιδόμενες με τη σειρά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.

	Εξωτερικές	Εσωτερικές
ΤΥΠΟΙ ΠΟΡΤΩΝ	<i>ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</i>	
	<i>Ξύλο (0.07m)</i>	<i>Ξύλο (0.045m)</i>
	<i>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΟΡΙΟ</i>	

**Πίνακας 4.12.** Τύποι αδιαφανών πορτών του κτιρίου, αποδιδόμενες με τη σειρά από το εξωτερικό προς το εσωτερικό όριο του δομικού στοιχείου. Σε παρένθεση δίνεται το πάχος της στρώσης.

#### 4.3.5.3. Ιδιότητες των στρώσεων

Οι ιδιότητες των στρώσεων εισάγονται σε αρχική ενότητα του προγράμματος (στο πρόγραμμα ορίζονται ως “materials”). Σε αυτήν, για την περίπτωση των αδιαφανών δομικών στοιχείων, διαμορφώνονται τρεις επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που συμμετέχει κάθε δομικό υλικό στον καθορισμό της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου. Αναλυτικότερα:

- Στην πρώτη κατηγορία εισάγονται για κάθε υλικό τα θερμοτεχνικά του χαρακτηριστικά. Με αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα μπορεί να λάβει υπόψη του τη θερμική μάζα του υλικού και τελικά να προσδιορίσει τη συνεισφορά του στον καθορισμό της δυναμικής θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου. Στην κατηγορία αυτή συγκαταλέγεται, για την εξεταζόμενη περίπτωση, το σύνολο των υλικών που συμμετέχουν στο δομικό σύστημα των κατοικιών, όπως περιγράφεται παρακάτω. Έτσι, σε κάθε υλικό της κατηγορίας αυτής αποδίδονται οι τιμές:
  - του πάχους της στρώσης του, σε m,
  - του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητάς του, σε W/(m·K),

- της πυκνότητάς του, σε  $\text{kg/m}^3$ ,
  - της ειδικής του θερμότητας, σε  $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  και
  - των συντελεστών της θερμικής, ηλιακής και ορατής του απορρόφησης.
- Στην δεύτερη κατηγορία (στο πρόγραμμα ορίζεται ως υλικό NoMass), αντί του πάχους της στρώσης, του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, της πυκνότητας και της ειδικής θερμότητας, απαιτείται για κάθε υλικό μόνο η γνώση της αντίστασης θερμικής μετάβασης, σε  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ , καθώς και των συντελεστών της θερμικής, ηλιακής και ορατής του απορρόφησης. Με αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα υποθέτει σταθερή θερμική αγωγιμότητα ανάμεσα στα στρώματα των υλικών, αγνοώντας τη συνεισφορά τους στη δυναμική θερμική συμπεριφορά του στοιχείου. Ως τέτοια υλικά, για την περίπτωση των κατοικιών, καταχωρήθηκαν το φύλλο πολυαιθυλενίου και το γεωύφασμα.
- Η τρίτη και τελευταία κατηγορία (στο πρόγραμμα αναφέρεται ως υλικό “airgap”) αφορά στην ύπαρξη διακένου μεταξύ άλλων στρώσεων στην κατασκευή ενός δομικού στοιχείου. Η μόνη απαιτούμενη θερμική ιδιότητα στην περίπτωση αυτή είναι η θερμική αντίσταση του περιεχόμενου στο διάκενο αέρα. Στην περίπτωση αυτής της προσομοίωσης ως τέτοιο υλικό καταχωρήθηκε ο αέρας μεταξύ των επάλληλων στρώσεων του τοίχου Trombe.

Από τα παραπάνω, οι τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, της πυκνότητας, της ειδικής θερμότητας και της αντίστασης θερμικής μετάβασης λήφθηκαν από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων, με κατάλληλη προσαρμογή των μονάδων όπου χρειάστηκε. Συγκεντρωμένες παρουσιάζονται στους πίνακες 4.12 και 4.13.

Όσον αφορά στους συντελεστές της θερμικής, ηλιακής και ορατής απορρόφησης, αυτοί αντιπροσωπεύουν το ποσοστό της ακτινοβολίας, το οποίο απορροφάται από το υλικό. Η ανάλυση του ποσοστού αυτού στα τρία παραπάνω μέρη γίνεται με βάση το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, το οποίο τελικά επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο την ενεργειακή συμπεριφορά του στοιχείου. Πιο συγκεκριμένα:

- ο συντελεστής θερμική απορρόφησης αποτυπώνει την ανταλλαγή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας μεταξύ των επιφανειών και χρησιμοποιείται στο θερμικό ισοζύγιο της επιφάνειας (και στις δύο πλευρές της).
- Ο συντελεστής ηλιακής απορρόφησης αντιστοιχεί σε ακτινοβολία, η οποία περιλαμβάνει το ορατό φάσμα, τις υπέρυθρες ακτίνες και τα υπεριώδη μήκη κύματος. Αυτή η παράμετρος χρησιμοποιείται κατά τον υπολογισμό του ποσού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις διάφορες

επιφάνειες και επηρεάζει το ισοζύγιο θερμότητας της επιφάνειας (μόνο για την εξωτερική της παρειά).

- Τέλος, ο συντελεστής ορατής απορρόφησης αφορά μόνο στο ορατό φάσμα, το οποίο επηρεάζει το ισοζύγιο θερμότητας κάθε επιφάνειας (και στις δύο πλευρές της) και τους υπολογισμούς του φυσικού φωτισμού [39].

Καθεμία από τις παραπάνω παραμέτρους λαμβάνει τιμές από 0.0 έως 1.0. Σε αυτή την εργασία οι τιμές που υιοθετήθηκαν από τη σχετική βιβλιογραφία [41] φαίνονται επίσης στους πίνακες 4.13. και 4.14.

ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ )	Πυκνότητα	Ειδική θερμότητα	Θερμική απορρόφηση	Ηλιακή απορρόφηση	Οπτική απορρόφηση
	$[W/(m \cdot K)]$	$[Kg/m^3]$	$[J/(kg \cdot K)]$	$[-]$	$[-]$	$[-]$
Ελαφροσκυρόδεμα	0.53	1280	840	0.88	0.65	0.65
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2.03	2400	840	0.88	0.65	0.65
Θερμομονωτική στρώση Heraklith	0.125	480	2000	0.88	0.65	0.65
Γαρμπυλοσκυρόδεμα	0.64	1500	840	0.88	0.65	0.65
Τσιμεντοκονίαμα	1.39	2000	840	0.93	0.78	0.78
Κεραμικά πλακίδια cotto	0.84	2000	800	0.9	0.5	0.5
Ξύλο δρυός	0.2	800	1260	0.9	0.59	0.59
Περλιτόδεμα	0.145	435	795	0.88	0.65	0.65
Οπτόπλινθοι (0.15m)	0.52	1400	879	0.93	0.63	0.63
Οπτόπλινθοι (0.10m)	0.52	1200	790	0.93	0.63	0.63
Κονίαμα	0.87	1800	840	0.93	0.78	0.78
Πολυουρεθάνη	0.023	50	1590	0.8	0.65	0.65
Ασφαλτική στεγανωτική στρώση	0.19	1100	1260	0.9	0.93	0.93
Ξυλεία εξωτερικών θυρών	0.12	593	2510	0.9	0.78	0.78
Χαλίκια αποστράγγισης	1.4	881	1670	0.86	0.73	0.73

**Πίνακας 4.13.** Οι τιμές που αποδόθηκαν στις απαιτούμενες από το προσομοιωτικό πρόγραμμα ιδιότητες των δομικών υλικών, τα οποία απαντώνται στα αδιαφανή δομικά στοιχεία των κτιρίων.

ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	Αντίσταση θερμικής μετάβασης	Ηλιακή απορρόφηση	Οπτική απορρόφηση
	$[m^2 \cdot K/W]$	$[-]$	$[-]$
Φύλλο πολυαιθυλενίου	0.001	0.75	0.75
Γεώφασμα	0.009	0.75	0.75

**Πίνακας 4.14.** Οι τιμές που αποδόθηκαν στις θερμικές ιδιότητες υλικών που χαρακτηρίζονται από το πρόγραμμα ως NoMass

#### 4.3.6. Διαφανή δομικά στοιχεία

Στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος ως διαφανή δομικά στοιχεία ορίζονται μόνο τα παράθυρα, γι' αυτό και η εισαγωγή των υλικών από τα οποία συντίθενται γίνεται ξεχωριστά από τα προηγούμενα. Με τον τρόπο αυτό το προσομοιωτικό πρόγραμμα «αντιλαμβάνεται» τα διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά των υλικών αυτών, διαμέσου των οποίων μπορεί να εισέλθει φωτεινή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου.

Συγκεκριμένα, η περιγραφή ενός παραθύρου γίνεται σε δύο ενότητες:

- Η πρώτη περιορίζεται στην περιγραφή του υαλοστασίου, καθώς σε αυτήν εισάγονται τα θερμικά χαρακτηριστικά του γυαλιού (στο πρόγραμμα ορίζεται ως “windowmaterial: glazing”). Στην ίδια ενότητα εισάγονται, για την περίπτωση δίδυμου υαλοπίνακα, και οι θερμικές ιδιότητες του περιεχόμενου στο διάκενο μεταξύ των τζαμιών αερίου (στο πρόγραμμα ορίζεται ως “windowmaterial: gas”).
- Στη δεύτερη ενότητα δίνονται από το χρήστη τα γεωμετρικά και θερμικά χαρακτηριστικά του υλικού των πλαισίων, επάνω στα οποία στηρίζονται οι υαλοπίνακες (στο πρόγραμμα ορίζεται ως “window frame and divider”).

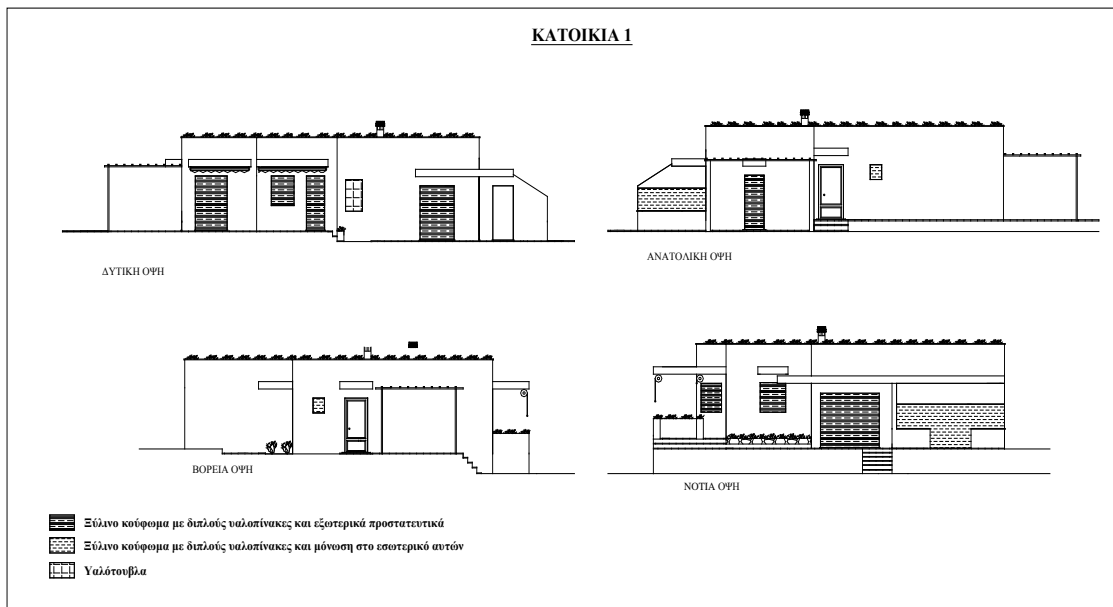
Τα προστατευτικά, με τα οποία είναι εφοδιασμένα τις περισσότερες φορές τα παράθυρα, ορίζονται και αυτά σε ξεχωριστή ενότητα (στο πρόγραμμα ορίζεται ως “windowmaterial: shade” ή “windowmaterial: blind” ανάλογα με το είδος του προστατευτικού). Μάλιστα για να ληφθεί υπόψη στην προσομοίωση το άνοιγμα και το κλείσιμο των προστατευτικών κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, θα πρέπει η διατομή κάθε παραθύρου με κινητά εξωτερικά προστατευτικά στοιχεία να εισαχθεί δύο φορές στο πρόγραμμα, μία με κλειστά προστατευτικά και μία χωρίς αυτά. Οι εναλλαγές των δύο αυτών διατομών, που αντιστοιχούν στο ίδιο παράθυρο και παριστάνουν το άνοιγμα και το κλείσιμο των προστατευτικών του, γίνεται από το ίδιο το πρόγραμμα, εφόσον ο χρήστης καταστρώσει κατάλληλο χρονοδιάγραμμα.



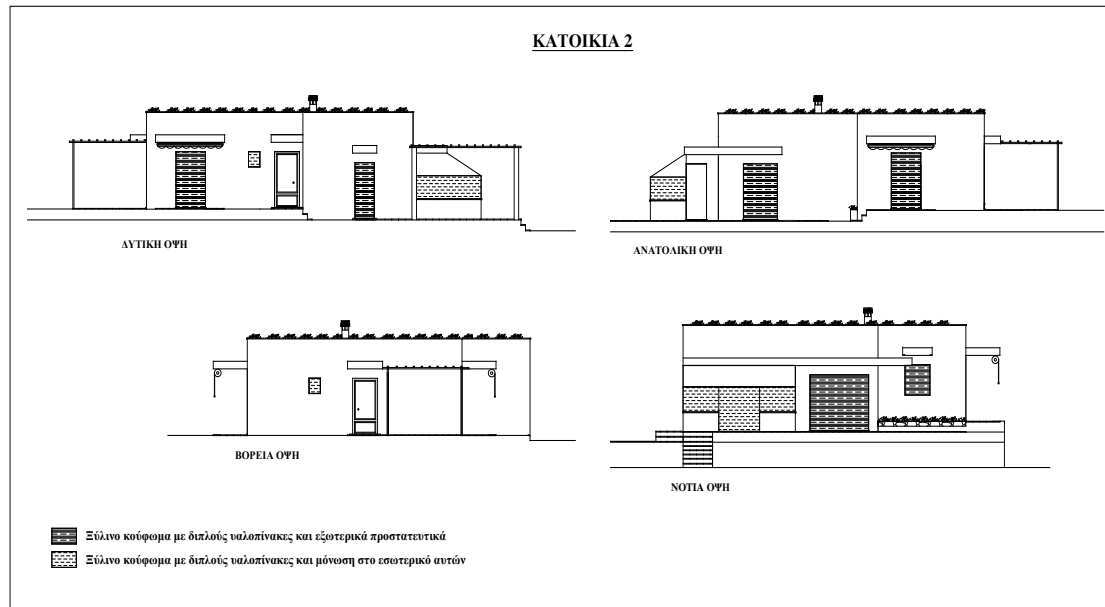
#### 4.3.6.1. Τύποι διαφανών δομικών στοιχείων

Οι τύποι των διαφανών ανοιγμάτων που απαντώνται στα κτίρια και εισήχθησαν στο πρόγραμμα κατά την προσομοίωση του κτιρίου είναι οι εξής (σχήματα 4.3. και 4.4.):

- Ξύλινα κουφώματα με δίδυμο υαλοπίνακα και κινητά εξωτερικά προστατευτικά,
- Ξύλινα κουφώματα με δίδυμο υαλοπίνακα χωρίς εξωτερικά προστατευτικά,
- Ξύλινα κουφώματα με δίδυμο υαλοπίνακα και ξύλινες περσίδες στο εσωτερικό διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων,
- Διπλή στρώση υαλότουβλων με διαστάσεις 20 x 20 x 15 cm.



**Σχήμα 4.3.** Όψεις της κατοικίας 1, στις οποίες έχουν σημειωθεί με διαφορετική γραμμοσκίαση οι θέσεις των διαφορετικών τύπων διαφανών στοιχείων.



**Σχήμα 4.4.** Όψεις της κατοικίας 2, στις οποίες έχουν σημειωθεί με διαφορετική γραμμοσκίαση οι θέσεις των διαφορετικών τύπων διαφανών στοιχείων.

Ως παράθυρα εισήχθησαν ακόμη και οι θύρες των κατοικιών που διαθέτουν υαλοπίνακα, καθώς ως πόρτες στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος μπορούν να νοηθούν μόνο αδιαφανή δομικά στοιχεία.

#### 4.3.6.2. Ιδιότητες κουφωμάτων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η περιγραφή των παραθύρων αναλύεται σε δύο επιμέρους ενότητες, ενώ σε ξεχωριστή ενότητα εισάγονται και τα εξωτερικά προστατευτικά στοιχεία.

Έτσι, το σύνολο των θερμικών χαρακτηριστικών που είναι απαιτούμενο για την προσομοίωση των παραθύρων επιμερίζεται στα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του γυαλιού, του υλικού του πλαισίου του υαλοπίνακα και του υλικού των προστατευτικών.

Στην εξεταζόμενη περίπτωση το πάχος όλων των υαλοπινάκων θεωρήθηκε ίσο με 6 mm (6/13/6). Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που απαιτούνται από το πρόγραμμα και αποδόθηκαν στο υλικό του γυαλιού είναι:

- οι συντελεστές μετάδοσης και ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας,
- οι συντελεστές μετάδοσης και ανάκλασης της ορατής ακτινοβολίας,
- οι συντελεστές μετάδοσης και εκπομπής της υπέρυθρης ακτινοβολίας και
- ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού, εκφρασμένος σε  $W/(m \cdot K)$ .

Εκτός από τον τελευταίο, η τιμή του οποίου λήφθηκε από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων, οι τιμές των υπολοίπων παραμέτρων αναζητήθηκαν σε πίνακες,

που παρατίθενται στη σχετική βιβλιογραφία [41]. Καθένας από τους συντελεστές αυτούς αποτελεί ένα αδιάστατο μέγεθος, το οποίο λαμβάνει τιμές από 0.0 έως 1.0:

- Ο συντελεστής μετάδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας παριστάνει το ποσό της ηλιακής ενέργειας, το οποίο διέρχεται μέσα από το υλικό.
- Ο συντελεστής ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί ένα μέτρο για την ικανότητα του υλικού να αντανακλά τη φωτεινή ακτινοβολία.
- Αντίστοιχα, οι συντελεστές μετάδοσης και ανάκλασης της ορατής ακτινοβολίας εκφράζουν την ικανότητα του υλικού να απορροφά και να αντανακλά την ορατή ακτινοβολία, η οποία καθορίζει την οπτική άνεση εντός του κτιρίου.
- Με ανάλογο τρόπο ορίζονται και οι συντελεστές μετάδοσης και εκπομπής της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Οι τιμές που αποδόθηκαν στις παραπάνω παραμέτρους φαίνονται στον πίνακα 4.16. και επιλέχθηκαν από τη βάση δεδομένων του προσομοιωτικού προγράμματος ως οι πλέον αντιπροσωπευτικές για το εξεταζόμενο κτίριο [41].

<b>Μέγεθος</b>	<b>Συντελεστές</b>
Μετάδοση ηλιακής ακτινοβολίας	0.775
Ανάκλαση ηλιακής ακτινοβολίας	0.071
Μετάδοση οπτικής ακτινοβολίας	0.881
Ανάκλαση οπτικής ακτινοβολίας	0.080
Μετάδοση υπέρυθρης ακτινοβολίας	0.000
Εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας	0.840
Θερμική αγωγιμότητα [W/(m·K)]	0.810

**Πίνακας 4.15.** Οι τιμές που αποδόθηκαν στις θερμικές ιδιότητες του γυαλιού στα διαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου για να «εκτιμήσει» το πρόγραμμα τη θερμική συνεισφορά του στο κτίριο.

Επιπλέον, για την περίπτωση των δίδυμων υαλοπινάκων, εισήχθη στο πρόγραμμα ακόμη ένα υλικό, το οποίο αφορά στο περιεχόμενο μεταξύ των υαλοπινάκων αέριο. Για τα αντίστοιχα παράθυρα των κατοικιών το αέριο αυτό είναι ο αέρας, ενώ το μοναδικό χαρακτηριστικό που αποδόθηκε στο πρόγραμμα για αυτόν είναι το πάχος της στρώσης του, το οποίο είναι 13mm.

Η εισαγωγή των θερμικών χαρακτηριστικών του πλαισίου, επάνω στο οποίο στηρίζονται οι υαλοπίνακες, σε αντίθεση με προηγουμένως, δεν γίνεται με βάση τις ιδιότητες των στρώσεων από τις οποίες αποτελείται. Αντίθετα, στα χαρακτηριστικά αυτά αντιστοιχεί μια μοναδική τιμή, αυτή του συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής του πλαισίου. Η τιμή

του συντελεστή προκύπτει από τους υπολογισμούς του πίνακα 4.17., στον οποίο όλες οι τιμές έχουν ληφθεί από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων.

Ιδιότητες				
Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος (d)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ )	Πυκνότητα	d/ $\lambda$
	m	W/(mK)	Kg/m <sup>3</sup>	(m <sup>2</sup> K)/W
Ξύλο	0.02	0.13	500	0.154

Αντίσταση θερμοδιαφυγής	1/ $\lambda$	(m <sup>2</sup> K)/W	0.154
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	1/ $a_i$	(m <sup>2</sup> K)/W	0.12
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	1/ $a_a$	(m <sup>2</sup> K)/W	0.04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	1/k	(m <sup>2</sup> K)/W	0.545
Συντελεστής θερμοπερατότητας	k	W/(m <sup>2</sup> K)	3.19

**Πίνακας 4.16.** Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας k της διατομής του πλαισίου επάνω στο οποίο στηρίζονται οι υαλοπίνακες των παραθύρων.

Η περιγραφή των προστατευτικών κάθε τύπου κουφώματος γίνεται με εισαγωγή στο προσομοιωτικό πρόγραμμα τόσο των γεωμετρικών όσο και των θερμικών χαρακτηριστικών τους. Στην περίπτωση των ανοιγμάτων των θερμοκηπίων, η μόνωση στο εσωτερικό των υαλοπινάκων τους συνίσταται σε σταθερές ξύλινες περσίδες με μεταβαλλόμενη κλίση κατά τη διάρκεια του 24ώρου.

#### 4.3.6.3. Πρόγραμμα ανοίγματος – κλεισίματος των προστατευτικών

Τα προστατευτικά των ανοιγμάτων που έχουν τοποθετηθεί στο κέλυφος των δύο κατοικιών θεωρήθηκε ότι κλείνουν:

- από τον Οκτώβριο ως τον Απρίλιο τις ώρες 20:00 ως 07:00 της επόμενης ημέρας,
- από το Μάιο ως το Σεπτέμβριο τις ώρες 22:00 ως 07:00.

Η κατάστρωση ενός τέτοιου χρονοδιαγράμματος για τους ψυχρούς μήνες εξυπηρετεί τον περιορισμό της εισόδου του ψύχους στο εσωτερικό των κτιρίων. Αντίθετα, η θεώρηση του αντίστοιχου χρονοδιαγράμματος για τους θερινούς μήνες θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι συμβάλλει ελάχιστα στον περιορισμό της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των κατοικιών. Οφείλεται, ωστόσο, στη χρήση των κτιρίων και στις ανάγκες φυσικού φωτισμού που προκύπτουν από αυτή. Μάλιστα η επέκταση του ανοίγματος των προστατευτικών στις πρώτες βραδινές ώρες συνδέεται με τον φυσικό αερισμό που θεωρήθηκε ότι αναπτύσσεται μέχρι τις ώρες αυτές για το δροσισμό των κτιρίων.

Στην περίπτωση του θερμοκηπίου, οι περσίδες που έχουν τοποθετηθεί στο εσωτερικό των υαλοπινάκων που βρίσκονται στην οροφή της κατασκευής εξυπηρετούν κυρίως στον περιορισμό της διείσδυσης των ηλιακών ακτινών στο εσωτερικό της ζώνης κατά τους θερινούς μήνες. Το χρονοδιάγραμμα που έχει καταστρωθεί για τη μεταβολή της κλίσης των περσίδων σε αυτή τη ζώνη είναι το εξής:

- από τον Οκτώβριο ως τον Απρίλιο είναι οριζόντια διατεταγμένες από τις 08:00 ως τις 18:00 και στη συνέχεια κλείνουν ώστε να εμποδίζονται όσο το δυνατό επιτυχέστερα οι απώλειες,
- από το Μάιο ως το Σεπτέμβριο είναι κλειστές σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου έτσι ώστε να αποφεύγεται η άμεση διείσδυση του ήλιου από το διαφανές τμήμα της οροφής του θερμοκηπίου, δεδομένης και της καθετότερης κλίσης των ακτινών αυτού κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

#### 4.3.7. Επιφάνειες «ελεύθερης ανταλλαγής θερμότητας»

Η επικοινωνία μεταξύ των ζωνών των κατοικιών επιτυγχάνεται σε ορισμένες περιπτώσεις μέσω ανοιγμάτων στο κέλυφος κάθε ζώνης τα οποία δεν διαθέτουν κούφωμα. Μέσα από τα ανοίγματα αυτά αναπτύσσεται απρόσκοπτη ανταλλαγή θερμότητας, η οποία σαφώς και συνεισφέρει στη διαμόρφωση του εσωκλίματος κάθε ζώνης. Τέτοιου τύπου ανοίγματα διευκολύνουν τη ροή μεταξύ της ζώνης του σαλονιού – κουζίνας και της ζώνης του διαδρόμου και στις δύο κατοικίες.

Επειδή στο περιβάλλον του προσομοιωτικού προγράμματος η εισαγωγή κάθε δομικού στοιχείου γίνεται μόνον ως επαλληλία των στρώσεων από τις οποίες αποτελείται, η θεώρηση των ανοιγμάτων απουσία κελύφους έγινε με τη βοήθεια ενός ιδεατού υλικού, αναφερόμενου ως «επιφάνεια ελεύθερης ανταλλαγής θερμότητας». Το υλικό αυτό εισήχθη στο πρόγραμμα ως υαλοπίνακας για να ενσωματωθεί στα χαρακτηριστικά του και η διαπερατότητά του στη φωτεινή ακτινοβολία. Οι τιμές των παραμέτρων που υιοθετήθηκαν για την περιγραφή των χαρακτηριστικών του φαίνονται στον πίνακα 4.17.

<b>Δομικό υλικό</b>	<b>Επιφάνεια ελεύθερης ανταλλαγής θερμότητας</b>
Πάχος στρώσης [m]	0.00001
Μετάδοση ηλιακής ακτινοβολίας	0.99999
Ανάκλαση ηλιακής ακτινοβολίας	0.00001
Μετάδοση οπτικής ακτινοβολίας	0.99999
Ανάκλαση οπτικής ακτινοβολίας	0.00001
Μετάδοση υπέρυθρης ακτινοβολίας	0.99999
Εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας	0.00001
Θερμική αγωγιμότητα [W/(m·K)]	10.0

**Πίνακας 4.17.** Οι τιμές που αποδόθηκαν στις θερμικές ιδιότητες του εικονικού υλικού των «επιφανειών ελεύθερης ανταλλαγής θερμότητας», οι οποίες αντιστοιχούν στις εσωτερικές θύρες του κτιρίου που δεν διαθέτουν κούφωμα.

Όπως είναι λογικό, στο υλικό αυτό αποδόθηκαν επαυξημένες τιμές της θερμικής αγωγιμότητας και των συντελεστών μετάδοσης ακτινοβολίας και σχεδόν μηδενική ανακλαστικότητα.

#### 4.3.8. Εσωτερική μάζα

Τέλος, με εισαγωγή σε διαφορετική ενότητα του προγράμματος αναπαραστάθηκε και η ύπαρξη μάζας στο εσωτερικό των ζωνών, ικανής να απορροφά θερμότητα, την οποία και επαναποδίδει αργότερα στον αέρα κάθε ζώνης. Τέτοια μάζα στην περίπτωση των κατοικιών είναι τα δοχεία νερού που τοποθετήθηκαν στις ζώνες των προσαρτημένων ηλιακών χώρων που βρίσκονται σε επαφή με τις αντίστοιχες ζώνες των σαλονιών – κουζινών και η σκάλα που ενώνει τα δύο επίπεδα στο εσωτερικό κάθε κατοικίας.

#### 4.4. Παράγοντες αβεβαιότητας στην ανάλυση

Λόγω αντικειμενικών περιορισμών στα διατιθέμενα δεδομένα, οι απόλυτες τιμές των μεγεθών που υπολογίστηκαν ως αποτέλεσμα των επιλύσεων έχουν κατ' εξοχήν ποιοτική αξία και λιγότερο ποσοτική. Αναμφισβήτητα, παράγοντες αβεβαιότητας παρεισφρέουν στις θερμικές αναλύσεις των κτιρίων και, τελικά, στα αποτελέσματα των τελευταίων.

Η διεθνής βιβλιογραφία παρέχει τα σχετικά στοιχεία που απαιτούνται για την προσομοίωση και αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατασκευών. Ωστόσο, η έλλειψη συστηματοποίησης στη συλλογή και καταγραφή των στοιχείων αυτών εισάγει στη μελέτη παραμέτρους αβεβαιότητας. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Τα κλιματικά στοιχεία. Η αναλυτική προσομοίωση της θερμικής απόδοσης ενός κτιρίου απαιτεί συνήθως την εισαγωγή ενός κλιματικού αρχείου δεδομένων, στο οποίο περιέχονται ωριαίες τιμές διάφορων κλιματικών μεγεθών, που αναφέρονται

στην περιοχή που βρίσκεται (ή που πρόκειται να ανεγερθεί) το εξεταζόμενο κτίριο. Στην περίπτωση που η συμπεριφορά του κτιρίου μελετάται σε ετήσια κλίμακα, τα στοιχεία που εισάγονται οφείλουν να είναι αντιπροσωπευτικά των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή σε όλη τη διάρκεια του έτους. Για τη δημιουργία, όμως, ενός “έτους αναφοράς”, όπως ονομάζεται το σύνολο των αντιπροσωπευτικών τιμών του κλίματος μιας περιοχής, απαιτούνται καταγραφές τριών [4], δώδεκα [39] ή, σύμφωνα με άλλες πηγές, τριάντα ετών [40]. Καταγραφές τέτοιας διάρκειας για την ελληνική επικράτεια, πλην της Αθήνας και ίσως της Θεσσαλονίκης, κατά κανόνα δεν υπάρχουν.

- Επιπλέον, ορισμένες από τις συνιστώσες της περιγραφής του κλίματος, απαραίτητες για τους υπολογισμούς που εκτελούν τα προσομοιωτικά προγράμματα, παρουσιάζουν χαρακτηριστικά, τα οποία δύσκολα μπορούν να αποτυπωθούν ποσοτικά. Παράδειγμα τέτοιας συνιστώσας είναι ο άνεμος, οι καταγραφές της έντασης του οποίου είναι ανεπαρκείς αν δεν λαμβάνεται υπόψη η διεύθυνσή του, οι οποία όμως παρουσιάζει έντονη χρονική και χωρική μεταβλητότητα.
- Οι πρωτογενείς καταγραφές, στις οποίες βασίζονται τα κλιματικά αρχεία, διενεργούνται κατά κανόνα σε θέσεις, οι οποίες δεν περιβάλλονται από εμπόδια, συνήθως στα κατά τόπους αεροδρόμια, όπου θεωρητικά οι καταγραφικές διατάξεις είναι εκτεθειμένες στο ηλιακό και στο αιολικό δυναμικό της περιοχής. Ωστόσο, το εκάστοτε κτίριο που προσομοιώνεται είναι δυνατό να βρίσκεται σε πιο προφυλαγμένες θέσεις ή ακόμη και πιο εκτεθειμένες σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες, στις οποίες θεωρείται ότι υπόκειται κατά την ανάλυση. Η ενεργειακή συμπεριφορά, άλλωστε, ενός κτιρίου εξαρτάται τόσο από τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπου βρίσκεται, όσο και από το μικροκλίμα του πολεοδομικού συγκροτήματος στο οποίο ανήκει. Τα κλιματικά αρχεία περιγράφουν δηλαδή με γενικό τρόπο μια εκτεταμένη γεωγραφική περιοχή, δίχως εκ των πραγμάτων να αντανakλούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε επιμέρους σημείου της.
- Τις τιμές των θερμοτεχνικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών. Καθένα από τα υλικά που συνθέτουν το κέλυφος ενός κτιρίου προσδιορίζεται αφενός βάσει του πάχους με το οποίο συμμετέχει στις διατομές των δομικών στοιχείων, και αφετέρου βάσει ορισμένων φυσικών ιδιοτήτων του, που περιλαμβάνουν κατ’ ελάχιστον την πυκνότητα, τη θερμική αγωγιμότητα και την ειδική θερμότητά του. Τις τιμές των ιδιοτήτων αυτών ο μελετητής καλείται να αναζητήσει σε έτοιμους πίνακες, οι οποίοι

άλλοτε περιέχονται σε εθνικά κανονιστικά κείμενα (όπως ο ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων), άλλοτε συντάσσονται από επιστημονικούς φορείς (όπως η ASHRAE) και άλλοτε προτείνονται από μεμονωμένες ερευνητικές ομάδες. Οι τιμές, ωστόσο, που παραθέτει κάθε πηγή για το ίδιο υλικό δεν συγκλίνουν πάντοτε μεταξύ τους και η αξιοπιστία καθεμιάς δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί από τον ίδιο τον μελετητή.

- > Ακόμη, τα προσομοιωτικά προγράμματα επιτρέπουν συνήθως την αντιστοίχιση μιας και μόνο τιμής για κάθε ιδιότητα ενός υλικού, θεωρώντας ότι κάθε μέγεθος είναι ανεξάρτητο των υπολοίπων και ανεξάρτητο των κλιματικών συνθηκών. Στην πραγματικότητα όμως οι τιμές των περισσότερων ιδιοτήτων αυξομειώνονται με τη μεταβολή παραμέτρων, όπως του ποσοστού της περιεχόμενης στο υλικό υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου που επικρατεί στην παρειά του δομικού στοιχείου, της θερμοκρασίας στην οποία υποβάλλεται το υλικό κτλ.
- Τη θερμοκρασία του εδάφους. Τα κτίρια που μελετώνται δεν εισχωρούν στο έδαφος καθώς πρόκειται για ισόγειες κατοικίες χωρίς την ύπαρξη υπόγειων χώρων. Ακόμα όμως και σε αυτή την περίπτωση, η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους ή ακόμα και των στρωμάτων αυτού σε μικρό βάθος από την επιφάνεια επηρεάζουν τη θερμική προσομοίωση. Έτσι, έγινε εισαγωγή των τιμών που αφορούν στη θερμοκρασία εδαφικών στρώσεων με μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους στην ενότητα “θερμοκρασία εδάφους”. Για τη μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου κτιρίου, θεωρήθηκαν ως πιο αντιπροσωπευτικές οι τιμές για κάθε μήνα του τυπικού έτους που παρατίθενται στον πίνακα 4.18. και οι οποίες εντοπίστηκαν σε καταγραφές του μεγέθους για το νομό Λάρισας.

<b>Μήνας</b>	<b>Η θερμοκρασία εδάφους σε βάθος 1m (°C)</b>
Ιανουάριος	10
Φεβρουάριος	9.4
Μάρτιος	10.8
Απρίλιος	14.1
Μάιος	16.7
Ιούνιος	20.2
Ιούλιος	22.7
Αύγουστος	24.7
Σεπτέμβριος	23.8
Οκτώβριος	21.2



Νοέμβριος	16.7
Δεκέμβριος	14

**Πίνακας 4.18.** Οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας που αποδόθηκαν στο έδαφος  
(πηγή : βάσει δεδομένων της πηγής [42])

- Τη συμπεριφορά των χρηστών. Η συγκεκριμένη παράμετρος αποτελεί πεδίο εντατικής διερεύνησης για πλήθος μελετητών. Καθώς οι ενέργειες των χρηστών ενός χώρου μπορεί να καθοδηγούνται και από άλλα κίνητρα (π.χ. εξασφάλιση θέας ή ιδιωτικότητας), δεν είναι πάντοτε εξασφαλισμένο ότι αυτοί μεριμνούν για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης, αξιοποιώντας τα μέσα που τους παρέχονται (άνοιγμα και κλείσιμο παραθύρων και προστατευτικών στα πλέον ενδεδειγμένα διαστήματα του 24-ώρου, χειρισμός περσίδων ή άλλων διατάξεων σκίασης κ.ο.κ.).
- Τα εσωτερικά ενεργειακά κέρδη. Αυτά εκφράζουν την ποσότητα θερμότητας που παράγεται στο εσωτερικό του κτιρίου τόσο από τη λειτουργία συσκευών σε αυτό, όσο και από την παρουσία και δραστηριότητα των ενοίκων. Για το μέγεθος αυτό αναφέρεται πλήθος τιμών στη σχετική βιβλιογραφία. Προϋποτίθεται όμως ότι ο μελετητής έχει υποθέσει, κατά το μάλλον ή ήττον, κάποια χρήση για το κτίριο, σύμφωνα με την οποία αναμένεται ορισμένος αριθμός χρηστών των χώρων και ορισμένη ένταση αναπτυσσόμενων δραστηριοτήτων.

#### **4.5. Αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων**

##### **4.5.1. Διαγραμματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προσομοιωτικών ελέγχων**

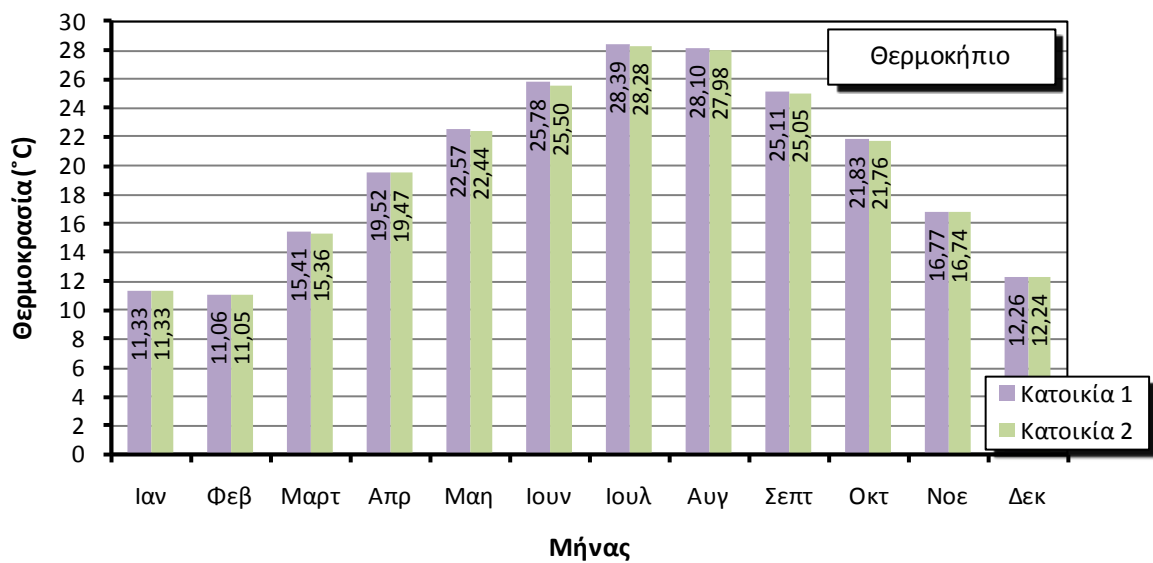
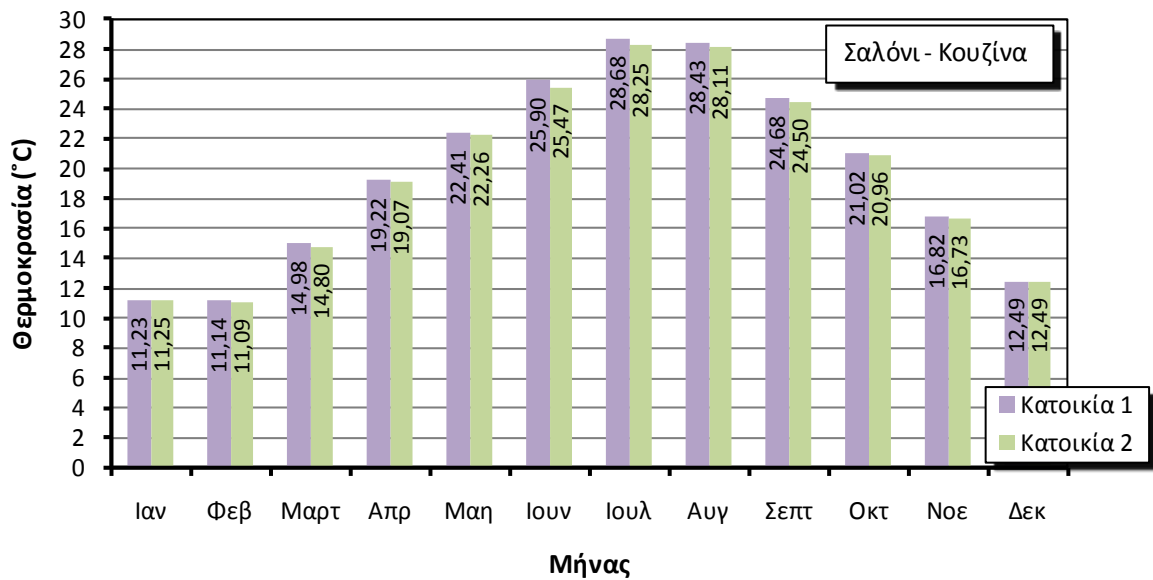
###### **4.5.1.1. Διαγραμματική απεικόνιση των θερμοκρασιακών μεγεθών**

Μια από τις παραμέτρους βάσει των οποίων θα γίνει η αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κατοικιών είναι η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό κάθε ζώνης τους. Για την απεικόνιση του συγκεκριμένου μεγέθους δημιουργήθηκαν:

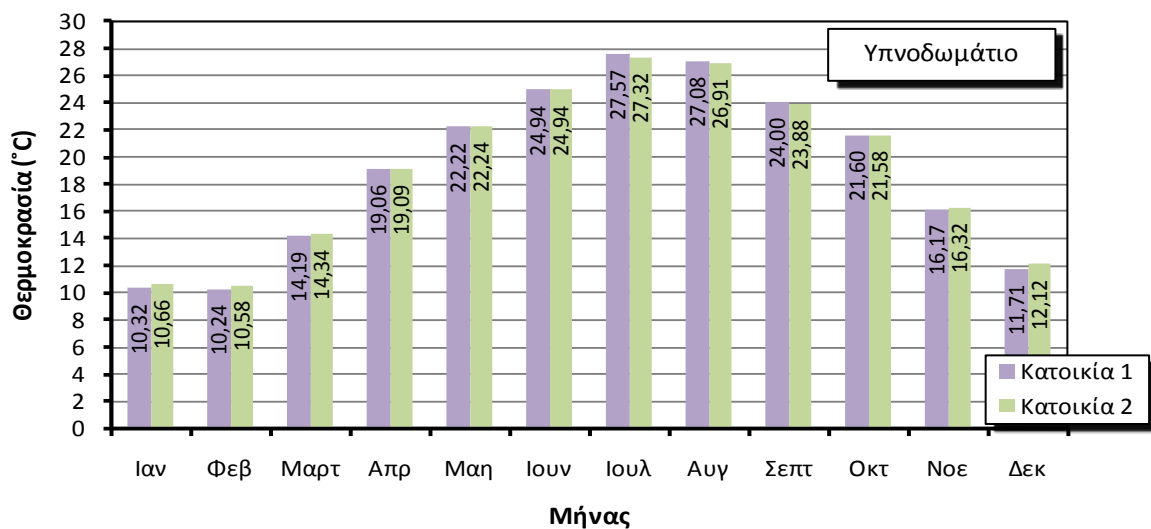
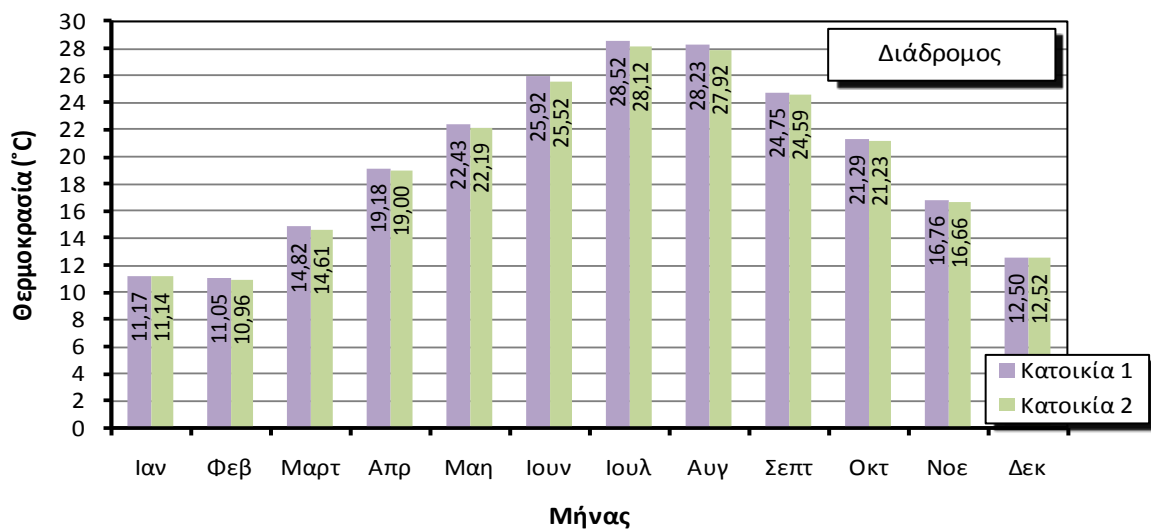
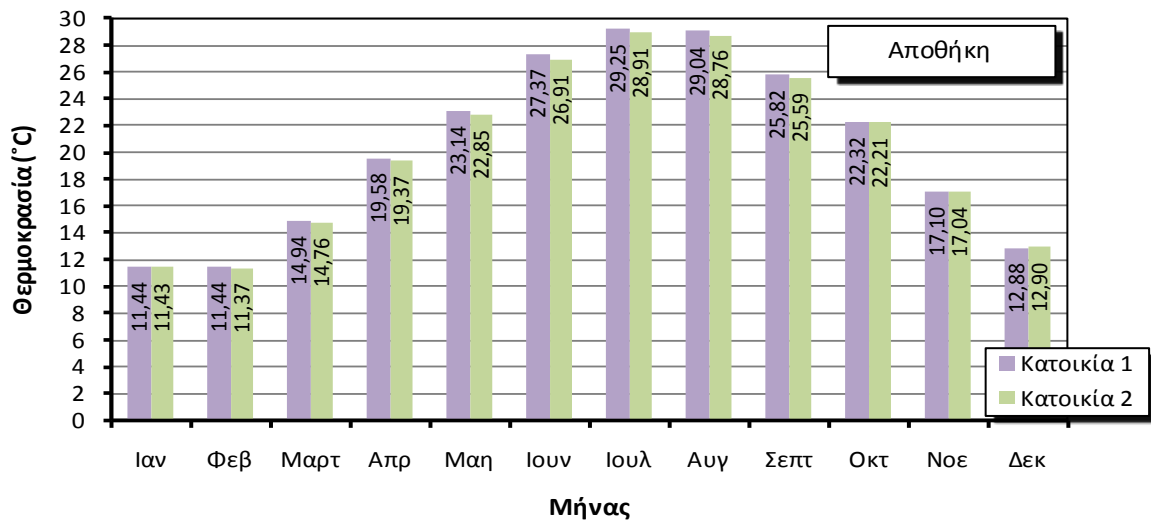
- οι σειρές διαγραμμάτων Σ1 ως Σ8 που παρατίθενται στο παράρτημα. Για κάθε μια από τις οκτώ ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν οι κατοικίες καταγράφονται οι εσωτερικές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται για κάθε μήνα του έτους αναφοράς. Κάθε γράφημα περιλαμβάνει δύο σειρές δεδομένων, μια για την εσωτερική θερμοκρασία της κάθε ζώνης και μια για την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Κάθε σειρά δεδομένων περιλαμβάνει 24 τιμές, μια για κάθε ώρα του 24ώρου («τυπικής ημέρας»).
- στον άξονα των τετμημένων (x) παριστώνται οι 24 ώρες της τυπικής ημέρας, ενώ



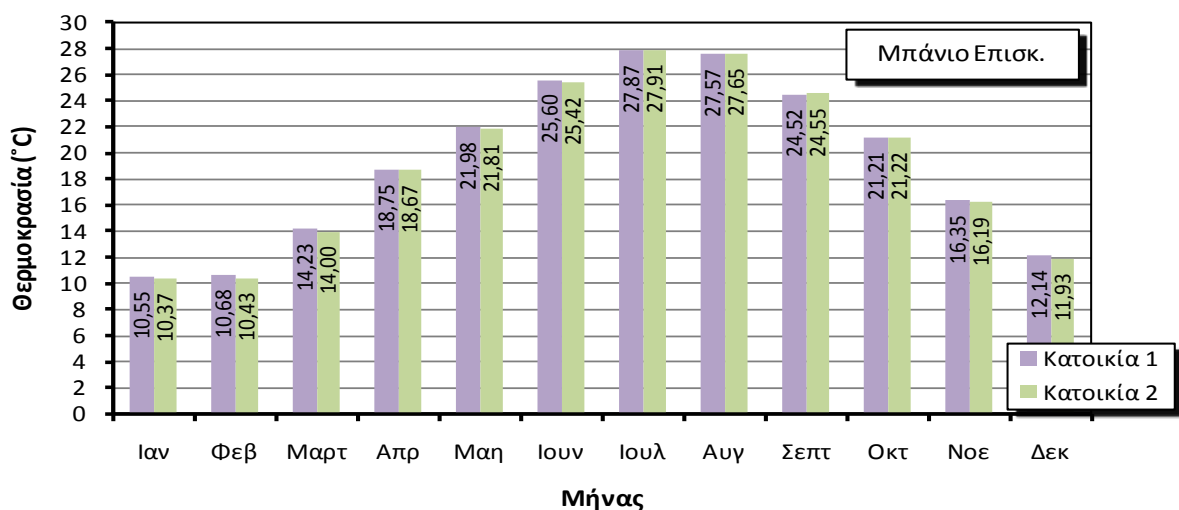
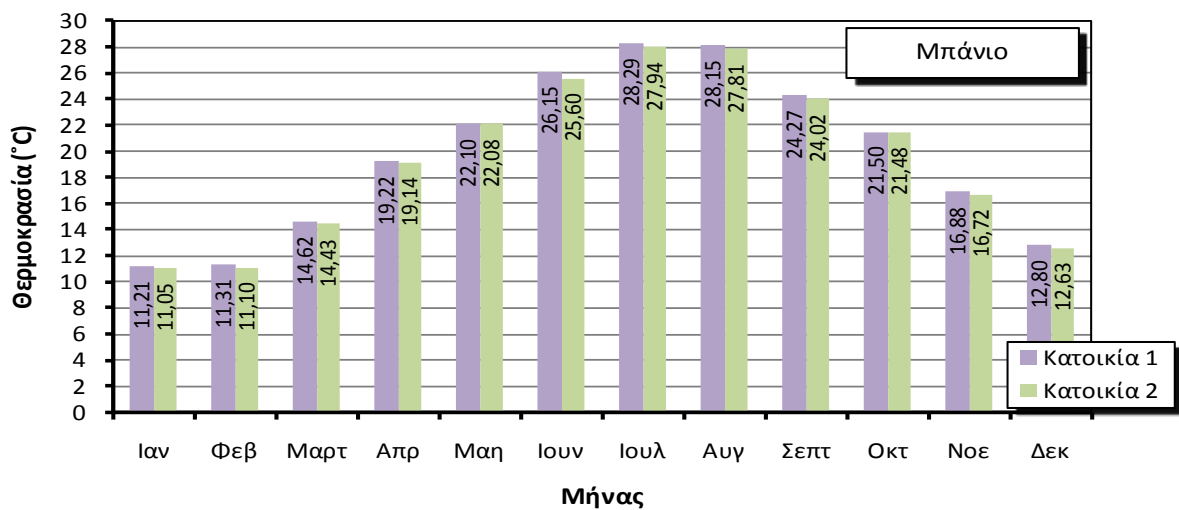
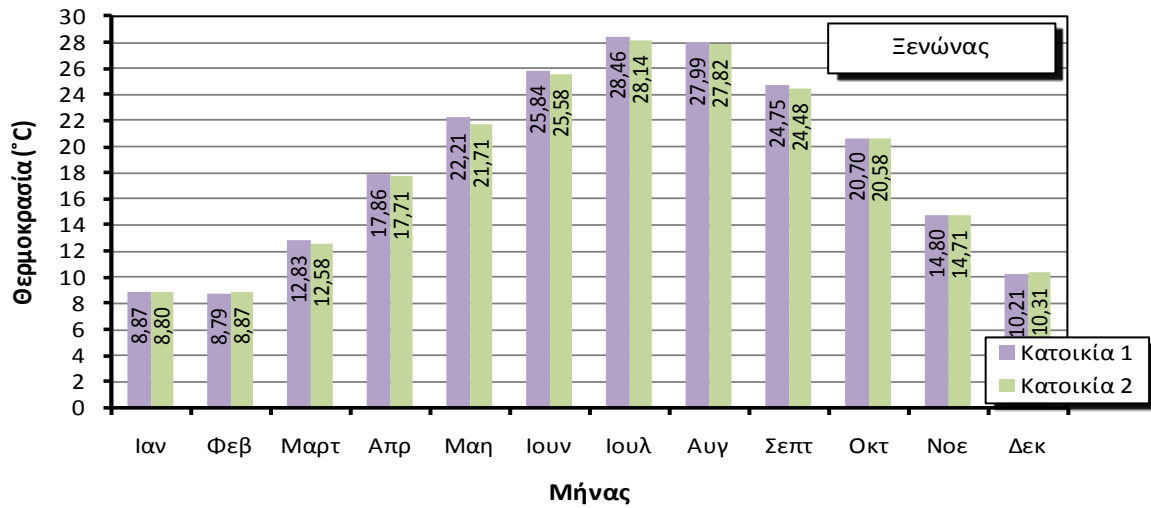
### Μέσες Μηνιαίες Τιμές Θερμοκρασίας Αέρα στο Εσωτερικό των Κατοικιών



**Διάγραμμα 4.1.** Συγκριτική διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των κατοικιών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.



**Διάγραμμα 4.2.** Συγκριτική διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των κατοικιών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.



**Διάγραμμα 4.3.** Συγκριτική διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των κατοικιών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

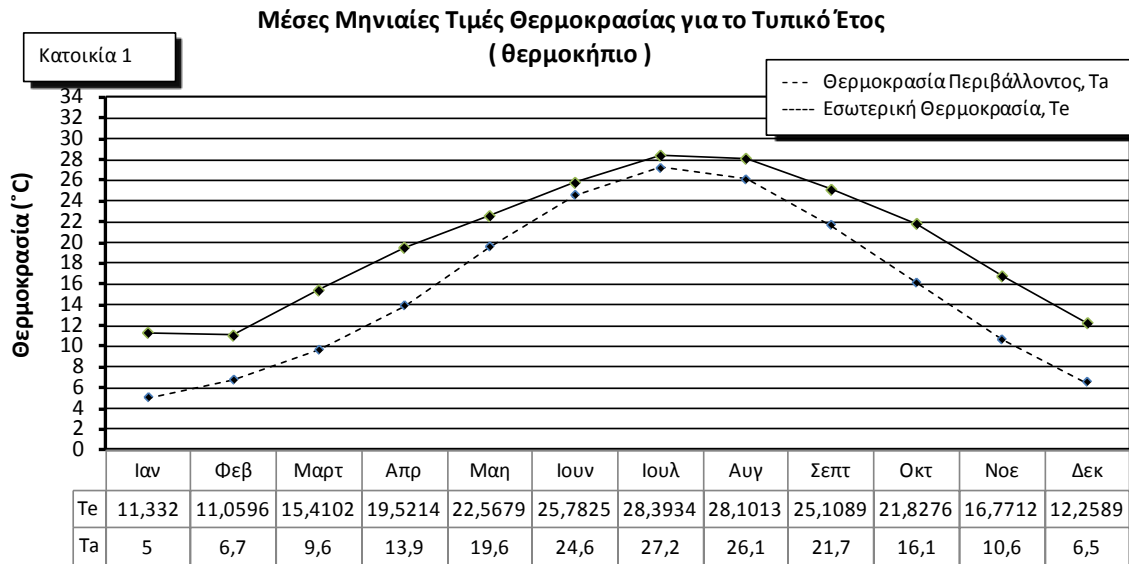
Οι τιμές θερμοκρασίας που απέδωσαν οι υπολογισμοί και αποτυπώνονται στα διαγράμματα αφορούν σε λειτουργία των κτιρίων απουσία λειτουργίας οποιουδήποτε συστήματος θέρμανσης – ψύξης κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού αντίστοιχα. Τόσο τα θερμικά κέρδη όσο και οι απώλειες των ζωνών οφείλονται στην ηλιακή ακτινοβολία, τη λειτουργία των χώρων και τις διαφυγές αέρα, όπως αυτά τα μεγέθη αναλύθηκαν στις παραγράφους 4.1.1.2 και 4.1.1.3.

Σε επόμενη παράγραφο θα αναλυθεί η απαιτούμενη ενέργεια, η οποία θα δαπανούνταν από υποθετικό σύστημα θέρμανσης – ψύξης προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιθυμητή στάθμη θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κτιρίων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής φαίνονται στα διαγράμματα 4.15. και 4.16., που παρατίθενται παρακάτω, σε σχετική ενότητα.

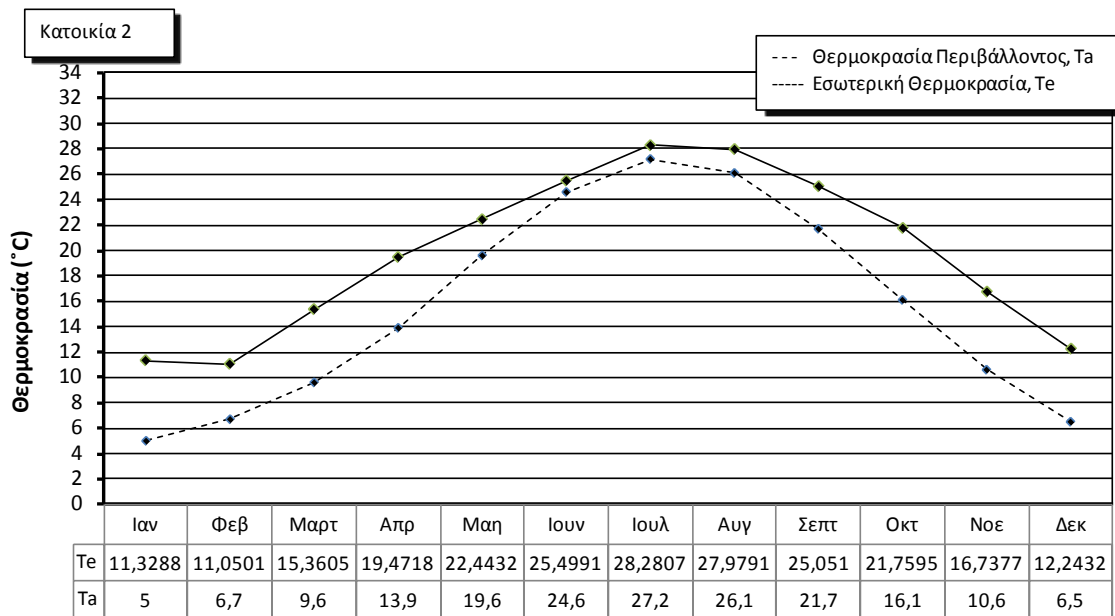
#### 4.5.2. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των κατοικιών

Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά που προέκυψαν κατά την ανάλυση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις ίδιες ζώνες των δύο κατοικιών. Αρχικά παρατίθενται τα διαγράμματα μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών για την αντίστοιχη ζώνη μελέτης κάθε κατοικίας κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους. Σε κάθε ένα από τα διαγράμματα που ακολουθούν εκτός από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία στο εσωτερικό κάθε ζώνης παρίσταται και η μέση μηνιαία θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

#### 4.5.2.1. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των θερμοκηπίων



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.4.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των θερμοκηπίων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Από τη μελέτη του διαγράμματος 4.4., προκύπτουν τα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα για τη ζώνη των θερμοκηπίων των δύο κατοικιών μελέτης:

- Η μέση θερμοκρασία της συγκεκριμένης ζώνης είναι σχεδόν ίδια και στα δύο κτίρια, με το θερμοκήπιο της πρώτης κατοικίας να εμφανίζει ελάχιστα υψηλότερες μέσες

θερμοκρασίες από το θερμοκήπιο της δεύτερης σε όλη τη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς. Η κατώτερη τιμή θερμοκρασίας παρατηρείται τον Φεβρουάριο (περίπου 11 °C) και η ανώτερη τον Ιούλιο (περίπου 28,4 °C).

- Ο διαφορετικός σχεδιασμός των δύο θερμοκηπίων (με το θερμοκήπιο της δεύτερης κατοικίας διαμπερές στους τρεις προσανατολισμούς του (νότιο, ανατολικό και δυτικό) σε αντίθεση με το θερμοκήπιο της πρώτης κατοικίας όπου η δυτική του πλευρά αποτελείται από αδιαφανή και μόνο στοιχεία) δεν αποτέλεσε παράμετρο έντονης διαφοροποίησης των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών των δύο χώρων σε καμιά εποχή του έτους.
- Το περίβλημα των ζωνών το οποίο έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον αποτελείται στην πλειοψηφία του από υαλοπίνακα, ο οποίος επιτρέπει το άμεσο ηλιακό κέρδος κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά συνέπεια την αλματώδη αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου, ιδίως κατά τις μεσημεριανές ώρες και, φυσικά, όσο προσπίπτει σε αυτό ηλιακή ακτινοβολία. Παράλληλα, όμως, η χρήση υαλοστασίου ως εξωτερικού ορίου προκαλεί και την άμεση ψύξη του χώρου κατά τις νυχτερινές ώρες, αφού το γυαλί λόγω του μικρού πάχους του και της περιορισμένης θερμοχωρητικότητάς του συνεισφέρει ελάχιστα στην παρεμπόδιση της ροής θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ειδικότερα, στην εξεταζόμενη περίπτωση η ψύξη του χώρου γίνεται εντονότερη λόγω απουσίας νυχτερινής μόνωσης (προστατευτικά στοιχεία, παντζούρια κτλ.) με χαμηλότερες τιμές τις προχωρημένες πρωινές ώρες (7:00 με 8:00).

Παράλληλα, από τα διαγράμματα Σ1/1 έως Σ1/12 του παραρτήματος προκύπτουν ακόμη τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) η θερμοκρασία στο εσωτερικό των θερμοκηπίων κυμαίνεται από 8°C ως 14°C χωρίς έντονες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του 24ώρου.
- Τους μήνες της άνοιξης και του φθινοπώρου η θερμοκρασία αυξάνεται οι χώροι μπορούν να κατοικηθούν σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου, με εξαίρεση τις πρώτες πρωινές ώρες του Μαρτίου που η θερμοκρασία κυμαίνεται κοντά στους 12°C.
- Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και ιδιαίτερα κατά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο η θερμοκρασία κατά τις μεσημεριανές ώρες προσεγγίζει τους 30°C, γεγονός που καθιστά το χώρο απρόσφορο για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων παρόλο που η θερμοκρασία διατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα από τα αντίστοιχα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ο αυξημένος αερισμός του θερμοκηπίου κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες συντελεί στην πτώση της θερμοκρασίας χωρίς όμως να αποφέρει τα



επιθυμητά αποτελέσματα δροσισμού (περαιτέρω πτώση ώστε να προσεγγίσει τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος).

- Η έντονη μεταβολή της κλίσης της καμπύλης εσωτερικής θερμοκρασίας τις πρωινές ώρες κατά τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο οφείλεται στην έναρξη του αερισμού των θερμοκηπίων σε συνδυασμό με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος (σε σχέση με τις αντίστοιχες των υπόλοιπων θερινών μηνών).

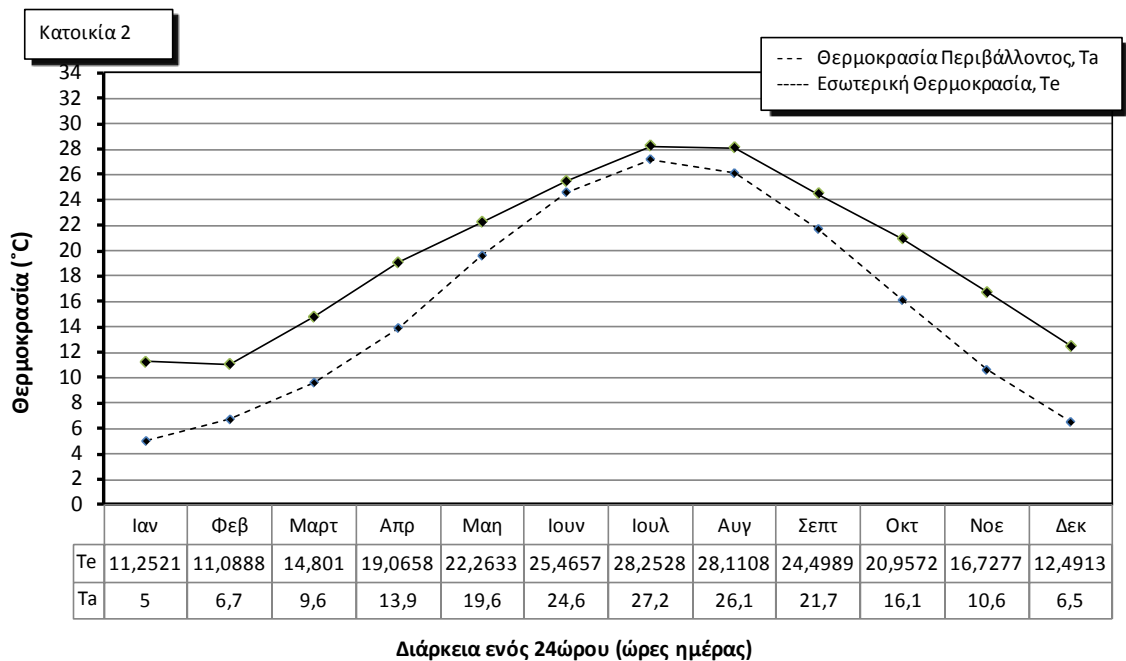
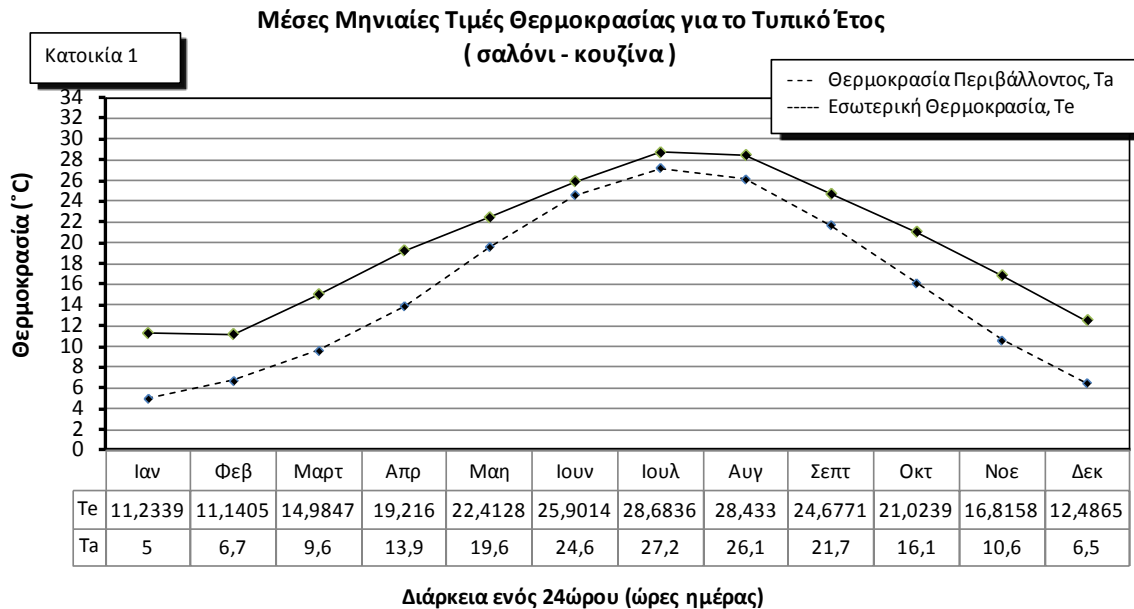
Η εικόνα αυτή που περιγράφηκε για τους χώρους των θερμοκηπίων οφείλεται στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των χώρων, όπως αυτά έχουν περιγραφεί στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας. Ουσιαστικά πρόκειται για προσαρτημένους χώρους συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας με βέλτιστη λειτουργία κατά τους φθινοπωρινούς και εαρινούς μήνες οπότε και το κλίμα είναι ηπιότερο και η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται και δεσμεύεται στο χώρο χωρίς όμως να δημιουργεί υπερθερμάνσεις.

Ακόμη και στις ψυχρές συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος της περιοχής κατά τους χειμερινούς μήνες, η θερμοκρασία στους εξώστες ανέρχεται κατά μέσο όρο 5 με 6 C υψηλότερα από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, με ακραία περίπτωση αυτή του Ιανουαρίου, στον οποίο η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο χώρο –απουσία μηχανικής θέρμανσης- αγγίζει τους 9 C όταν η αντίστοιχη στο περιβάλλον δεν ξεπερνά τους 0,5 C (διάγραμμα Σ1.1.). Με χρήση, μάλιστα, νυχτερινής μόνωσης κατά τους μήνες αυτούς θα προκύψουν ασύγκριτα θετικότερα αποτελέσματα από την παρεμπόδιση της ροής θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τις νυχτερινές ώρες.

Τα οφέλη, όμως, που προκύπτουν κατά τη χειμερινή περίοδο αντισταθμίζονται από τα μειονεκτήματα κατά τους θερμότερους μήνες και ιδιαίτερα τους θερινούς. Τα θερμοκήπια είναι πολύ «επιρρεπείς» σε υπερθέρμανση χώροι των κατοικιών. Παρά τον αυξημένο –συγκριτικά με τις υπόλοιπες ζώνες– αερισμό που θεωρήθηκε κατά την προσομοίωση, η θερμοκρασία τον Ιούλιο και τον Αύγουστο πλησιάζει τους 30°C κατά τις μεσημεριανές ώρες, δημιουργώντας εσώκλιμα κάθε άλλο παρά άνετο.

Η διαμόρφωση του περιβάλλοντα των θερμοκηπίων χώρων με φυλλοβόλα δέντρα τα οποία θα επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών αλλά θα την εμποδίζουν κατά τη διάρκεια των θερινών και η αύξηση του εξαναγκασμένου αερισμού κατά τις ώρες που έχει δύσει ο ήλιος το καλοκαίρι θα αποτελούσαν προτάσεις που θα μπορούσαν να βελτιώσουν τη λειτουργία των χώρων και να αποτρέψουν –στο βαθμό του δυνατού- τον κίνδυνο υπερθέρμανσης.

#### 4.5.2.2. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των σαλονιών – κουζινών



**Διάγραμμα 4.5.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των σαλονιών-κουζινών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Με βάση τα διαγράμματα που προηγούνται μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα για τις ζώνες των σαλονιών - κουζινών των δύο κατοικιών:

- Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες διατηρούνται στα ίδια επίπεδα και στις δύο κατοικίες κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους, με το σαλόνι – κουζίνα της κατοικίας

1 να εμφανίζει κατάτι μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με την αντίστοιχη ζώνη της κατοικίας 2. Αυτή η διαφορά τείνει να μηδενιστεί τους χειμερινούς μήνες, ενώ μεγιστοποιείται κατά τους θερινούς, γεγονός που οφείλεται στη διαφορετική τοποθέτηση των χώρων στις δύο κατοικίες και στην συνεπαγόμενη τοποθέτηση των ανοιγμάτων σε διαφορετικούς προσανατολισμούς. Έτσι, η κατοικία 1 εμφανίζει μεγαλύτερο ποσοστό ανοιγμάτων στη δυτική όψη από την κατοικία 2 (ανοίγματα σαλονιού) και δέχεται ακτινοβολία κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες της ημέρας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις υψηλότερες τιμές εξωτερικής θερμοκρασίας τις απογευματινές ώρες σε σχέση με τις πρωινές οδηγεί στις αυξημένες τιμές και της εσωτερικής θερμοκρασίας στη ζώνη του σαλονιού – κουζίνας της πρώτης κατοικίας.

- Η θερμοκρασία και στις δύο κατοικίες δεν κατέρχεται των  $11^{\circ}\text{C}$  (με χαμηλότερη τιμή το μήνα Φεβρουάριο) και δεν ξεπερνά τους  $28,7^{\circ}\text{C}$  (με υψηλότερη τιμή τον Ιούλιο). Σε όλη τη διάρκεια του έτους η καμπύλη της εσωτερικής θερμοκρασίας διατηρείται πάνω από την αντίστοιχη της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, με τη διαφορά μεταξύ των δύο καμπυλών να μεγιστοποιείται τους χειμερινούς μήνες ( $\sim 6,2^{\circ}\text{C}$  τον Ιανουάριο) και να ελαχιστοποιείται του θερινούς ( $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$  τον Ιούλιο).

Πιο αναλυτικά, από τη μελέτη των διαγραμμάτων Σ2/1 έως Σ2/12 του παραρτήματος μπορούν να εξαχθούν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

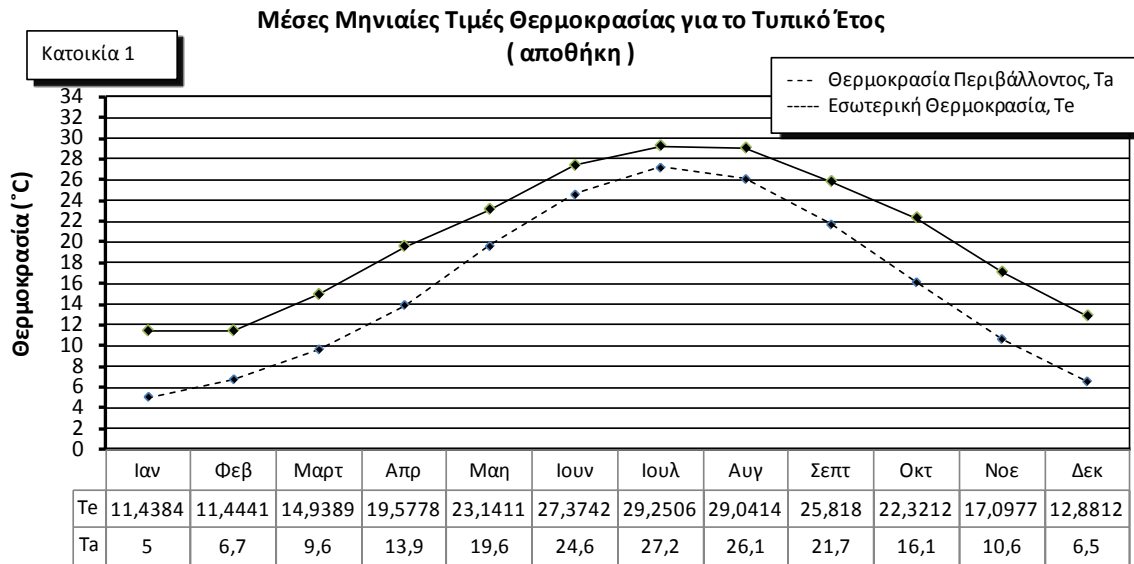
- Τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία στο εσωτερικό των ζωνών παρουσιάζει πολύ μικρές διακυμάνσεις, γεγονός που οφείλεται στο περιορισμένο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται μέσω των διαφανών στοιχείων του κελύφους αλλά και στη μεταφορά θερμότητας από τη ζώνη των θερμοκηπίων. Κατά τις βραδινές ώρες, η μεταφορά θερμότητας από τη ζώνη των σαλονιών – κουζινών προς την ψυχρότερη των θερμοκηπίων μέσω των ανοιγμάτων στα οποία δεν τοποθετήθηκαν προστατευτικά έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού μείωσης της θερμοκρασίας στην πρώτη ζώνη. Πάντως, η θερμοκρασία τους χειμερινούς μήνες στις συγκεκριμένες ζώνες κυμαίνεται από  $9^{\circ}\text{C}$  ως  $13,5^{\circ}\text{C}$ , γεγονός που φανερώνει τη μικρή τους διακύμανση τόσο κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας όσο και μεταξύ των μηνών του χειμώνα.
- Κατά τη διάρκεια της εαρινής και της φθινοπωρινής περιόδου οι εσωτερικές θερμοκρασίες κυμαίνονται στα επίπεδα θερμικής άνεσης σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου, με εξαιρέσεις το Μάρτιο, όπου τις πρώτες πρωινές ώρες η θερμοκρασία κατέρχεται στους  $12 - 13^{\circ}\text{C}$  και το Σεπτέμβριο, όπου κατά τη διάρκεια του μεσημεριού η θερμοκρασία αγγίζει τους  $26 - 27^{\circ}\text{C}$ .

- Το καλοκαίρι αποτελεί μια ιδιαίτερα θερμή περίοδο για τη ζώνη των σαλονιών – κουζινών και στις δύο κατοικίες και πιο πολύ οι μήνες Ιούλιος και Αύγουστος. Όπως και στη ζώνη των θερμοκηπίων, θερμότερος είναι ο μήνας Ιούλιος, στις μεσημεριανές ώρες του οποίου η θερμοκρασία στο εσωτερικό της ζώνης να διαμορφώνεται στους 30 - 31°C. Παρόλο που η εσωτερική θερμοκρασία διατηρείται 3-4°C κάτω από τα επίπεδα της εξωτερικής, αποτελεί παράμετρο θερμικής δυσφορίας στη ζώνη των σαλονιών – κουζινών, ιδιαίτερα κατά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.
- Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες διατηρείται χαμηλή, έχοντας όμως υψηλότερες τιμές σε σχέση με τις αντίστοιχες του χειμώνα 3 - 6°C.

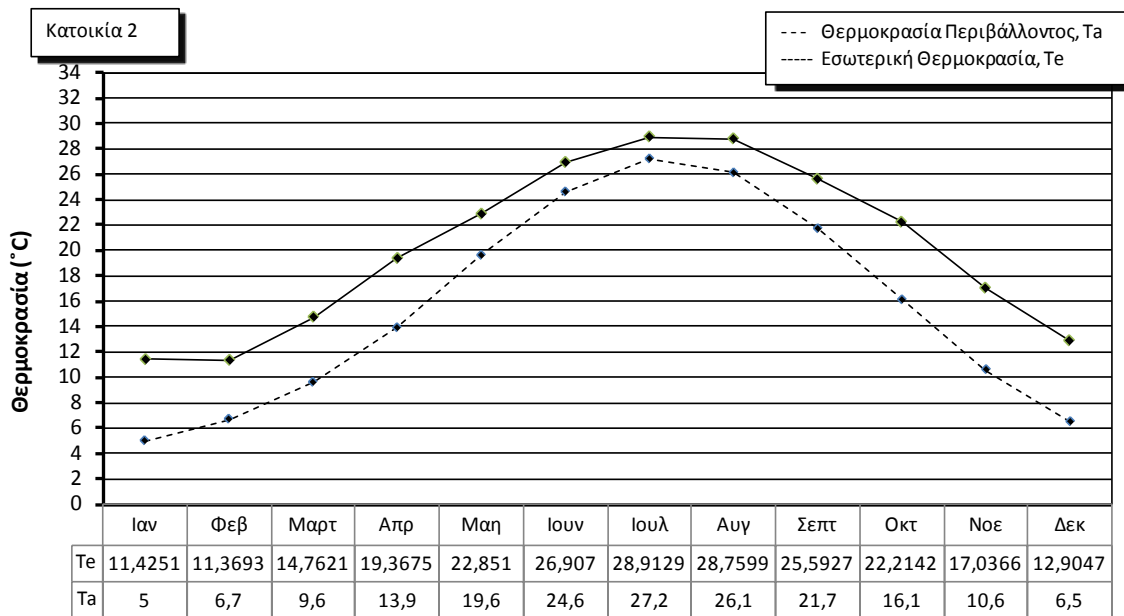
Οι ζώνες των σαλονιών – κουζινών αποτελούν τις μεγαλύτερες ζώνες των κατοικιών καθώς καλύπτουν όλη τη νότια όψη τους και ένα μεγάλο τμήμα της ανατολικής και της δυτικής. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η ζώνη της κατοικίας 1 εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας, η οποία γίνεται ιδιαίτερα υψηλή το καλοκαίρι, λόγω του μεγαλύτερου ποσοστού ανοιγμάτων στη δυτική της όψη. Η αύξηση της θερμικής μάζας στο εσωτερικό των ζωνών για αποθήκευση της θερμότητας και απόδοσή της με χρονική καθυστέρηση, η αύξηση του εξαναγκασμένου αερισμού (μέσω της κατασκευής ενδεχομένως ηλιακής καμινάδας) και η κατάλληλη φύτευση του εξωτερικού χώρου θα μπορούσαν να αποτελέσουν λύσεις μειώνοντας τα απαιτούμενα φορτία μηχανικής ψύξης του χώρου κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

Ταυτόχρονα, η τοποθέτηση προστατευτικών στα ανοίγματα που συνδέουν την κουζίνα με το θερμοκήπιο και στις δύο κατοικίες θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση της εξερχόμενης θερμότητας από τον πρώτο χώρο προς το δεύτερο κατά τη διάρκεια των βραδινών και πρώτων πρωινών ωρών του χειμώνα, περιορίζοντας σημαντικά τις θερμικές απώλειες και διατηρώντας τη θερμοκρασία της ζώνης των σαλονιών – κουζινών σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτά που προέκυψαν από την συγκεκριμένη προσομοίωση. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί πλήρης απομόνωση του κυρίως κτιρίου από τον προσαρτημένο χώρο του θερμοκηπίου και η χρήση του δεύτερου μόνο κατ' επιλογή των κατοίκων.

#### 4.5.2.3. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των αποθηκών



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.6.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των αποθηκών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Από τη μελέτη των διαγραμμάτων μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στη ζώνη των αποθηκών των δύο κατοικιών προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Όπως και οι προηγούμενες ζώνες, έτσι και οι αποθήκες των δύο κατοικιών εμφανίζουν σχεδόν ίσες τιμές θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους, με τη μέση

μηνιαία θερμοκρασία της αποθήκης στην κατοικία 1 να είναι κατάτι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της αντίστοιχης ζώνης στην κατοικία 2 σε όλους σχεδόν τους μήνες του τυπικού έτους αναφοράς. Δεδομένης της ίδιας διάταξης των αποθηκών στις κατόψεις των κατοικιών και του ίδιου μεγέθους τους, η διαφορά αυτή στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αποκλειστική επικοινωνία των αποθηκών με τη ζώνη των σαλονιών – κουζινών. Έτσι, είτε μέσω του εκούσιου είτε του ακούσιου αερισμού μεταφέρονται ποσά θερμότητας επιδρώντας με τον τρόπο αυτό στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των αποθηκών στις δύο κατοικίες.

- Η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία αναπτύσσεται το μήνα Ιούλιο° (28,5 C) ενώ η ελάχιστη το μήνα Φεβρουάριο (11,4 C). Η καμπύλη των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό των αποθηκών παραμένει σε όλη τη διάρκεια του έτους πάνω από την αντίστοιχη των θερμοκρασιών περιβάλλοντος και μάλιστα η απόσταση μεταξύ των δύο καμπυλών είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη απόσταση των ομοειδών καμπυλών για τη ζώνη των σαλονιών – κουζινών που περιγράφηκε προηγουμένως.

Εκτός όμως από τα διαγράμματα μέσων μηνιαίων τιμών, χρήσιμα συμπεράσματα για τη ζώνη των αποθηκών των δύο κατοικιών μπορούν να εξαχθούν από την παρατήρηση των διαγραμμάτων Σ3/1 έως Σ3/12 του παραρτήματος:

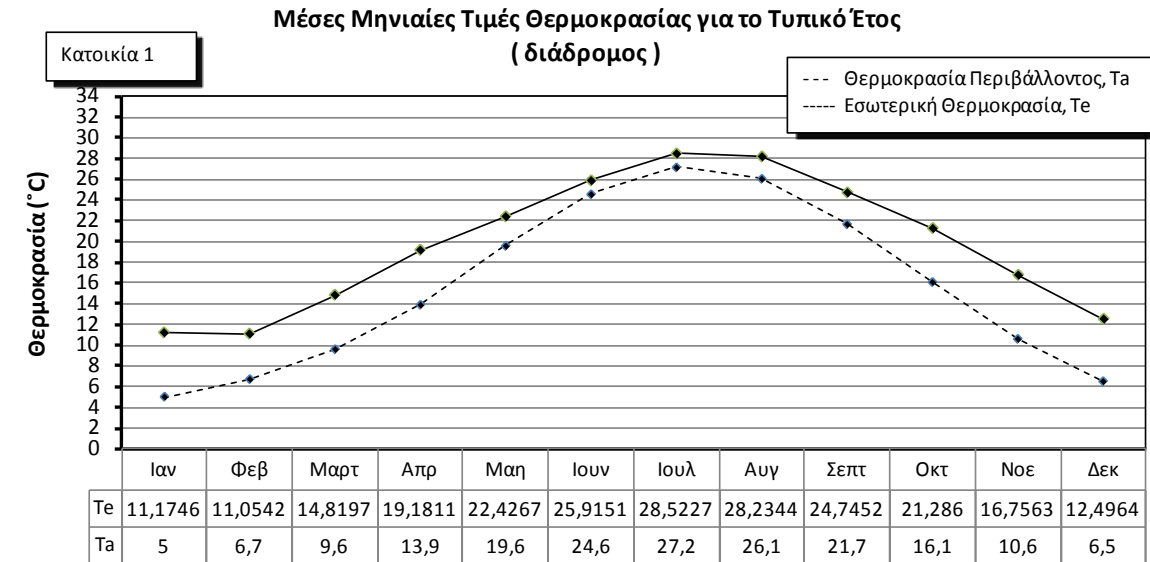
- Η ζώνη των αποθηκών εμφανίζει τις μικρότερες διακυμάνσεις σε όλους τους μήνες του έτους σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες ζώνες των κατοικιών. Πιο συγκεκριμένα, κατά τους χειμερινούς μήνες η διακύμανση της θερμοκρασίας κινείται περί τους 3 - 4°C ενώ κατά τους θερινούς περί τους 2 - 3°C. Η διακύμανση διατηρείται στα ίδια επίπεδα τόσο για τους εαρινούς όσο και για τους φθινοπωρινούς μήνες του έτους.
- Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου η ζώνη των αποθηκών αποτελεί τη θερμότερη ζώνη και στις δύο κατοικίες, με τη θερμοκρασία εντός αυτής να διατηρείται 1° C περίπου υψηλότερα από την αντίστοιχη της γειτονικής ζώνης του σαλονιού – κουζίνας κατά τον ψυχρότερο μήνα (Φεβρουάριο). Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εντός των αποθηκών εμφανίζονται το Φεβρουάριο και κυμαίνονται μεταξύ 9,7 και 12,7°C.
- Την εαρινή και τη φθινοπωρινή περίοδο η θερμοκρασία στο εσωτερικό των αποθηκών ανέρχεται στα επίπεδα της θερμικής άνεσης, γεγονός που επιτρέπει την άνετη χρήση του χώρου χωρίς την ανάγκη λειτουργίας κάποιου μηχανικού συστήματος θέρμανσης ή ψύξης. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο μήνας Μάρτης

όπου η θερμοκρασία στο εσωτερικό της ζώνης ανέρχεται στους 13 – 16,5°C με πιθανή ανάγκη για χρήση μηχανικής θέρμανσης του χώρου.

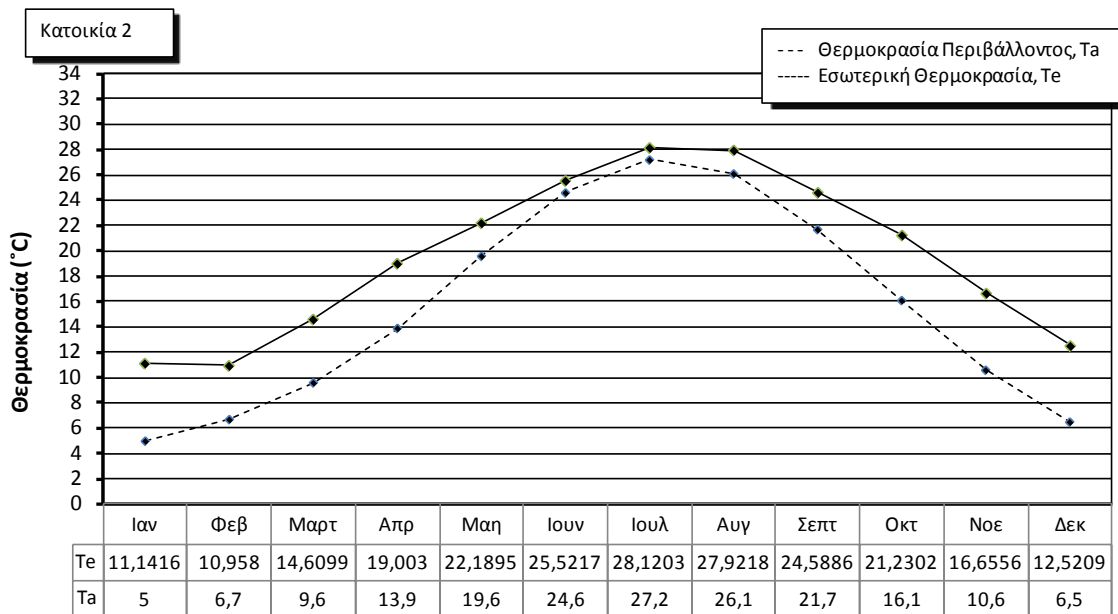
- Κατά τους μήνες του καλοκαιριού η θερμοκρασία των αποθηκών εμφανίζει έντονη άνοδο, με μέγιστες τιμές αυτές του μήνα Ιουλίου (28 - 30°C). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη ανοιγμάτων στο κέλυφος της ζώνης από όπου θα μπορούσε η ηλιακή ακτινοβολία ή ο εξωτερικός δροσερός αέρας να εισέλθει αποδεικνύει τη μεταφορά θερμότητας από τη ζώνη του σαλονιού – κουζίνας προς τη ζώνη της αποθήκης από όπου και δεν είναι δυνατό να διαφύγει. Έτσι, παρόλο που τους καλοκαιρινούς μήνες η καμπύλη των εσωτερικών θερμοκρασιών στη ζώνη των αποθηκών διατηρείται κατά τις ιδιαίτερα θερμές ώρες αρκετά κάτω από την καμπύλη των εξωτερικών θερμοκρασιών, οι αποθήκες αποτελούν ιδιαίτερα θερμούς χώρους των κατοικιών.

Η ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης ζώνης έγκειται στην πλήρη απουσία ανοιγμάτων από το κέλυφός της γεγονός που εμποδίζει την είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτή αλλά κυρίως τον επαρκή αερισμό της. Ο αερισμός επιτυγχάνεται μόνο προς μια γειτονική της ζώνη, αυτή του σαλονιού – κουζίνας, και επομένως δεν μπορεί να διασφαλίσει τον απαιτούμενο δροσισμό, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οπότε και είναι απαραίτητος σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν παραπάνω. Με βάση όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, η διάνοιξη ενός μικρού ανοίγματος στη βόρεια πλευρά του κελύφους της συγκεκριμένης ζώνης ή η τοποθέτηση συστήματος ελεγχόμενου εξαερισμού της θα μπορούσαν να αποτελέσουν ικανές λύσεις για τη διαμόρφωση πιο άνετου εσωκλίματος στο εσωτερικό των αποθηκών και ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η υπερθέρμανσή τους αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα της εισόδου σε αυτούς και της κατάλληλης χρήσης τους. Η αύξηση του εξαναγκασμένου αερισμού της ζώνης όπως αυτός έχει ληφθεί υπόψη στην παρούσα προσομοίωση δε θεωρείται ότι θα επέφερε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με αυτά που αναφέρθηκαν καθώς η ροή αέρα προς μια γειτονική επίσης θερμή ζώνη (σαλόνι – κουζίνα) δε μπορεί να συντελέσει στην επιθυμητή μείωση του θερμικού φορτίου.

#### 4.5.2.4. Η Θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των διαδρόμων



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.7.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των διαδρόμων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη των παραπάνω διαγραμμάτων μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Οι ζώνες των διαδρόμων εμφανίζουν και στις δύο κατοικίες ίδιες σχεδόν τιμές μέσης μηνιαίας εσωτερικής θερμοκρασίας, με το διάδρομο της κατοικίας 1 να είναι λίγο



πιο θερμός από το διάδρομο της κατοικίας 2 καθ' όλη τη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς. Λαμβάνοντας υπόψη την ίδια διάταξη των δύο ζωνών στην κάτοψη της κάθε κατοικίας, η ανάπτυξη υψηλότερων τιμών θερμοκρασίας στο διάδρομο της πρώτης κατοικίας οφείλεται αφενός στη σύνδεση αυτού με την επίσης θερμότερη ζώνη του σαλονιού – κουζίνας της κατοικίας 1 (ελεύθερη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των δύο ζωνών) και αφετέρου στην ύπαρξη ημιδιαφανούς ανοίγματος στη δυτική πλευρά του (ο διάδρομος της κατοικίας 2 εμφανίζει μηδενικό ποσοστό διαφανών ή ημιδιαφανών ανοιγμάτων στο κέλυφός του).

- Η μικρότερη τιμή μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στους διαδρόμους είναι  $11^{\circ}\text{C}$  και εμφανίζεται τον Φεβρουάριο ενώ η μέγιστη είναι  $28,5^{\circ}\text{C}$  και εμφανίζεται τον Ιούλιο. Η καμπύλη των εσωτερικών θερμοκρασιών περιβάλλει την αντίστοιχη των θερμοκρασιών εξωτερικού περιβάλλοντος με την απόσταση μεταξύ των δύο καμπυλών να ελαχιστοποιείται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ( $\sim 1^{\circ}\text{C}$ ) και να μεγιστοποιείται κατά τους χειμερινούς ( $\sim 6,2^{\circ}\text{C}$ ).

Εκτός όμως από τα συμπεράσματα που αναφέρθηκαν και βασίζονται στην παρατήρηση των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας, χρήσιμες παρατηρήσεις για τις ζώνες των διαδρόμων προκύπτουν και από τη μελέτη των διαγραμμάτων Σ4/1 έως Σ4/12 του παραρτήματος:

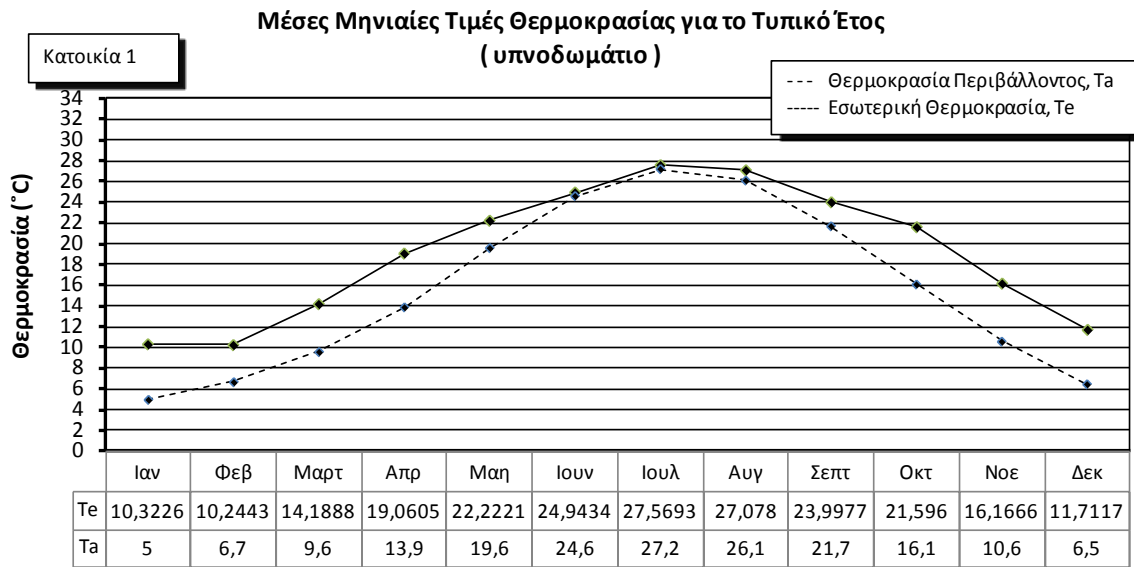
- Πιο ψυχρός μήνας της χειμερινής περιόδου είναι ο Φεβρουάριος, με μέγιστη τιμή θερμοκρασίας  $12,5^{\circ}\text{C}$  και ελάχιστη τιμή  $9^{\circ}\text{C}$ . Η ελάχιστη αυτή τιμή θερμοκρασίας για το μήνα Φεβρουάριο αποτελεί και την ελάχιστη ωριαία τιμή θερμοκρασίας για όλο το τυπικό έτος. Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες διατηρείται και στις ζώνες των διαδρόμων χαμηλή, με ακρότατα τους  $2^{\circ}\text{C}$  (ελάχιστη διακύμανση το Δεκέμβρη) και τους  $3,5^{\circ}\text{C}$  (μέγιστη διακύμανση τον Φεβρουάριο).
- Στην αρχή της εαρινής περιόδου (Μάρτιος) παρατηρείται αύξηση των ωριών τιμών εσωτερικής θερμοκρασίας στους διαδρόμους σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου ( $13 - 16,2^{\circ}\text{C}$ ), χωρίς όμως να διασφαλίζονται τα κατώτατα επίπεδα θερμικής άνεσης και άρα χωρίς να αποκλείεται η λειτουργία μηχανικού συστήματος θέρμανσης στις ζώνες αυτές.
- Όσον αφορά στους υπόλοιπους μήνες της εαρινής αλλά και της φθινοπωρινής περιόδου, οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στους διαδρόμους κυμαίνονται εντός των ορίων της θερμικής άνεσης και επομένως οι ζώνες των διαδρόμων μπορούν να λειτουργήσουν κατά τις περιόδους αυτές απουσία οποιουδήποτε μηχανικού συστήματος θέρμανσης – ψύξης. Εξάιρεση αποτελούν οι πρώτες πρωινές ώρες του Νοεμβρίου, όπου η θερμοκρασία στις δύο ζώνες κατέρχεται στους  $15^{\circ}\text{C}$ .

- Οι μήνες της καλοκαιρινής περιόδου αποτελούν ιδιαίτερα θερμούς μήνες και στις ζώνες των διαδρόμων, με τη μέγιστη τιμή θερμοκρασίας που αναπτύσσεται να αγγίζει τους 30 C κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες του Ιουλίου. Οι ίδιες τιμές παραμένουν και τον Αύγουστο (με μια μικρή πτώση της τάξης των 0,5 C) ενώ ο Ιούνιος αποτελεί πιο δροσερό (σχετικά με τους μήνες του καλοκαιριού που περιγράφηκαν) μήνα. Δεδομένου του μικρού ποσοστού ανοιγμάτων στο κέλυφος των διαδρόμων (το οποίο γίνεται 0 για το διάδρομο της κατοικίας 2), η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών εντός των ζωνών αυτών οφείλεται κυρίως στην ελεύθερη ανταλλαγή θερμότητας με τις παρακείμενες ζώνες των σαλονιών – κουζινών, όπως έχει ήδη αναφερθεί και στα προηγούμενα.

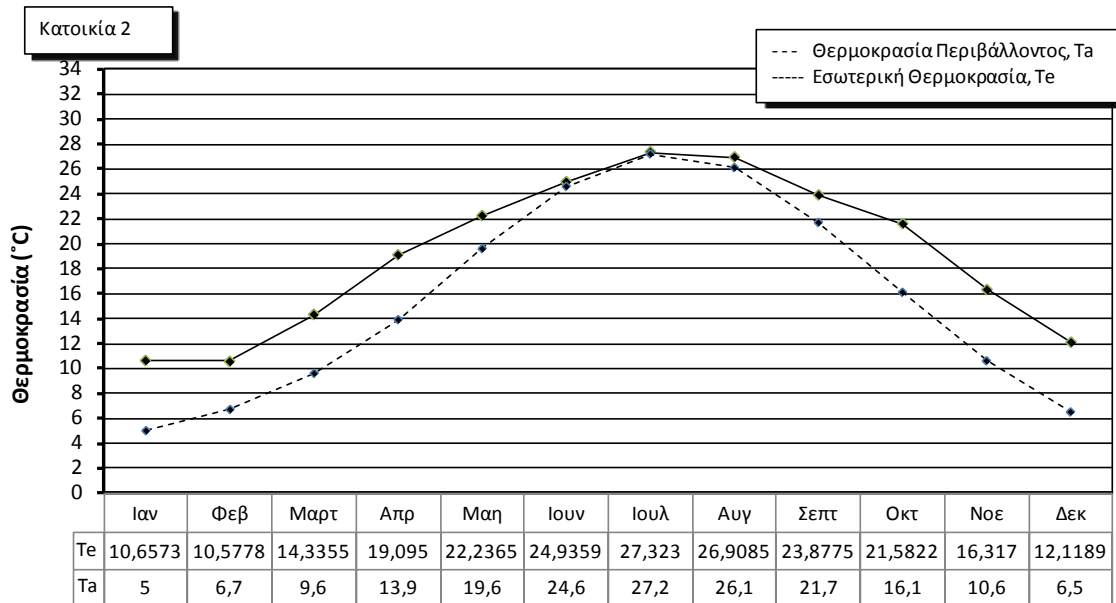
Οι ζώνες των διαδρόμων αποτελούν στην ουσία σύνδεσμο μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου επιπέδου των κατόψεων και των δύο κατοικιών. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η απουσία διαφανών ανοιγμάτων (υπάρχουν δύο συμπαγείς εξώπορτες σε κάθε διάδρομο) και η άμεση σύνδεσή τους με τις ζώνες των σαλονιών – κουζινών. Οι διάδρομοι εκτός του ότι επικοινωνούν με τα σαλόνια, εκτείνονται και σε όλο το μήκος του δεύτερου επιπέδου κάθε μιας από τις κατοικίες στις οποίες ανήκουν. Με τον τρόπο αυτό έρχονται σε επαφή με όλες τις υπόλοιπες ζώνες (υπνοδωμάτια, ξενώνες, μπάνια, μπάνια επισκεπτών). Εξαιτίας της διάταξής τους αυτής στις κατόψεις, το μεγαλύτερο τμήμα του κελύφους τους έρχεται σε επαφή με άλλες ζώνες των κατοικιών και όχι με το εξωτερικό περιβάλλον, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα πως η διαμόρφωση του εσωκλίματος των διαδρόμων επηρεάζεται πιο έντονα από τους γειτονικούς τους χώρους και όχι από τη διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας. Αλλά και αντίστροφα, ο διάδρομος θα μπορούσε να αποτελέσει βασικό παράγοντα στη διαμόρφωση των επιπέδων εσωτερικής θερμοκρασίας στις κατοικίες και κυρίως στις ζώνες με τις οποίες επικοινωνεί άμεσα.

Έτσι, εκτός από διάδρομο μετάβασης από το πρώτο επίπεδο των κατοικιών και αντίστροφα, θα μπορούσε να αποτελεί και «διάδρομο» μετακίνησης ρευμάτων αέρα από το εσωτερικό των κατοικιών προς το εξωτερικό τους περιβάλλον ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η ανάγκη για μείωση των θερμικών φορτίων στο εσωτερικό είναι επιτακτική. Η εγκατάσταση ηλιακής καμινάδας που προτάθηκε για τη ζώνη των σαλονιών – κουζινών θα μπορούσε να λειτουργήσει καλύτερα αν ληφθεί υπόψη η ροή του αέρα από το βόρειο (πιο δροσερό) τμήμα των κατοικιών προς το νότιο μέσω των διαδρόμων.

4.5.2.5. Η θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των υπνοδωματίων



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.8.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των υπνοδωματίων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Από τα διαγράμματα των μέσων μηνιαίων τιμών εσωτερικής θερμοκρασίας για το τυπικό έτος αναφοράς στις ζώνες των υπνοδωματίων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία στις ζώνες των υπνοδωματίων εμφανίζεται το μήνα Ιούλιο (  $\sim 27,5^{\circ}\text{C}$ ) ενώ η ελάχιστη το μήνα Φεβρουάριο (  $\sim 10,2^{\circ}\text{C}$ ). Οι εσωτερικές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα υπνοδωμάτια έχουν μικρές διαφορές από κατοικία σε κατοικία κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους και διατηρούνται πάντοτε πάνω από τις αντίστοιχες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι ζώνες των υπνοδωματίων όμως εμφανίζουν μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες ζώνες που έχουν σχολιαστεί μέχρι τώρα. Ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες, τους μήνες της άνοιξης και το Νοέμβριο η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο της κατοικίας 2 είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες του υπνοδωματίου της κατοικίας 1 η κατάσταση αυτή αντιστρέφεται το καλοκαίρι και τους πρώτους φθινοπωρινούς μήνες. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό προσανατολισμό των ανοιγμάτων των δύο υπνοδωματίων, με το μεν υπνοδωμάτιο της κατοικίας 1 να εμφανίζει ανοίγματα στη δυτική του πλευρά και το υπνοδωμάτιο της κατοικίας 2 στην ανατολική. Έτσι, κατά τους ψυχρούς μήνες η ακτινοβολία που εισέρχεται από τα ανατολικά ανοίγματα (μικρή κλίση της ακτινοβολίας) συμβάλλει θετικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της ζώνης των υπνοδωματίων στην κατοικία 2 ενώ δεν επιδρά καθόλου στο ενεργειακό ισοζύγιο της αντίστοιχης ζώνης της κατοικίας 1. Αντίστροφα μπορεί να περιγραφεί η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας για τους θερμούς μήνες.
- Η απόσταση των καμπυλών εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών μεγιστοποιείται κατά τους χειμερινούς μήνες και στις δύο κατοικίες (  $\sim 5,5^{\circ}\text{C}$ ) ενώ ελαχιστοποιείται κατά τους θερινούς με τη θερμοκρασία εντός των ζωνών να εξισώνεται περίπου με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος ( $0,3 - 0,5^{\circ}\text{C}$ ).

Πιο αναλυτικά, από τη μελέτη των διαγραμμάτων Σ5/1 έως Σ5/12 του παραρτήματος μπορούν να εξαχθούν οι παρακάτω παρατηρήσεις για τις ζώνες των υπνοδωματίων:

- Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, κατά τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο της κατοικίας 2 είναι υψηλότερη από αυτή της αντίστοιχης ζώνης της κατοικίας 1 σε όλη τη διάρκεια της τυπικής ημέρας. Η ελάχιστη θερμοκρασία για όλο το έτος εμφανίζεται τον Φεβρουάριο ( $12 - 9^{\circ}\text{C}$ ). Η διακύμανση της θερμοκρασίας στη συγκεκριμένη περίοδο διατηρείται και στις ζώνες των υπνοδωματίων ιδιαίτερα χαμηλή με μέγιστη τιμή τον Φεβρουάριο ( $2,2^{\circ}\text{C}$ ) και ελάχιστη το Δεκέμβριο ( $1,5^{\circ}\text{C}$ ).
- Η θερμοκρασία για την τυπική ημέρα του Μαρτίου είναι αυξημένη σε σχέση με τις αντίστοιχες της χειμερινής περιόδου αλλά δεν επαρκεί για να θεωρηθούν οι ζώνες θερμικά άνετες ( $15,8 - 12,6^{\circ}\text{C}$ ). Όπως φαίνεται και από τα ελάχιστα και τα μέγιστα

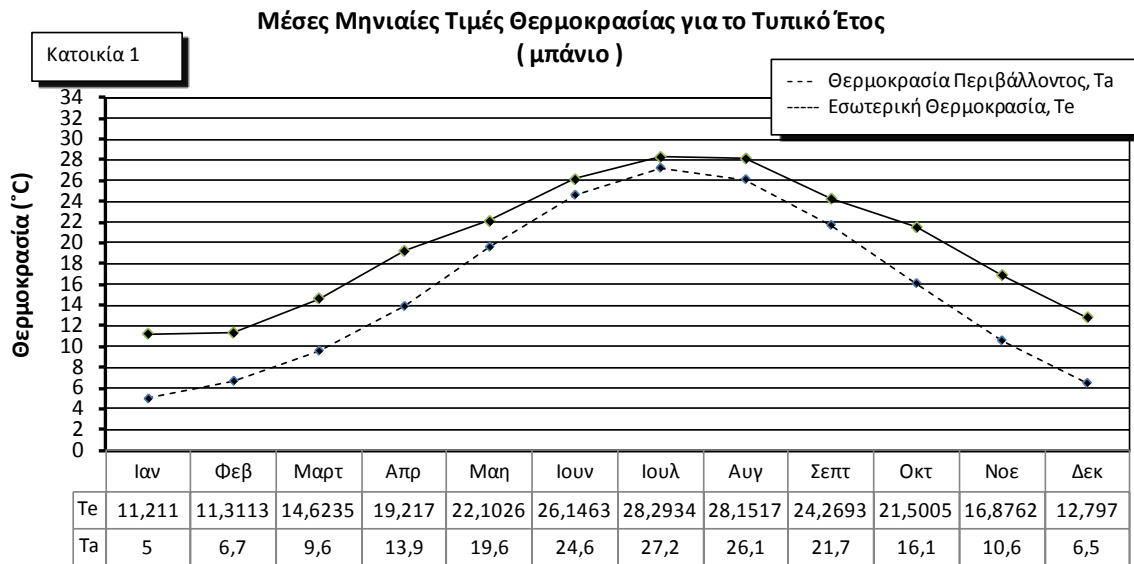
των θερμοκρασιών για την τυπική ημέρα του Μαρτίου η διακύμανση φτάνει στους 3,2°C.

- Κατά τη διάρκεια των υπολοίπων μηνών της άνοιξης αλλά και κατά τους μήνες του φθινοπώρου η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των υπνοδωματίων χαρακτηρίζεται ως άνετη και δεν απαιτείται η χρήση κάποιου μηχανικού συστήματος θέρμανσης ή ψύξης. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν και στις ζώνες των υπνοδωματίων οι πρώτες πρωινές ώρες του Νοεμβρίου, οπότε και η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 15 και 16°C.
- Οι θερινοί μήνες αποτελούν ιδιαίτερα θερμή περίοδο και στα υπνοδωμάτια, κυρίως κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες της ημέρας. Η υψηλότερη θερμοκρασία αναπτύσσεται το μήνα Ιούλιο (~30°C) στο υπνοδωμάτιο της κατοικίας 1. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι θερινοί μήνες αποτελούν πιο θερμή περίοδο για το υπνοδωμάτιο της κατοικίας 1 σε σχέση με αυτό της κατοικίας 2. Τον Αύγουστο η θερμοκρασία παραμένει σε υψηλά επίπεδα, αλλά μειώνεται περίπου (0,5°C) σε σχέση με τον Ιούλιο.

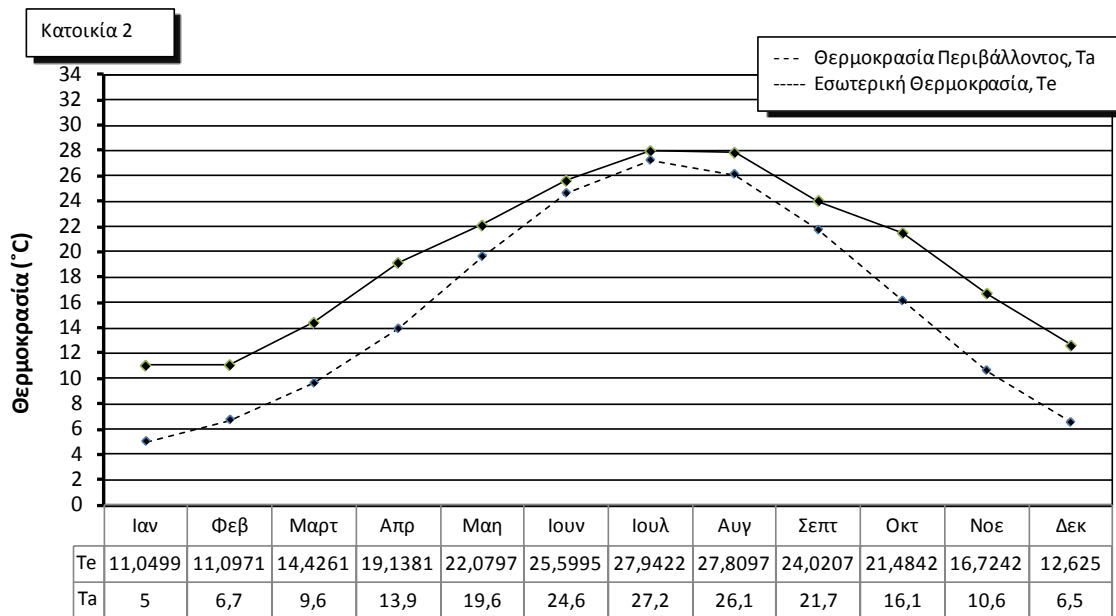
Σημαντική παράμετρος στο ενεργειακό ισοζύγιο των ζωνών των υπνοδωματίων είναι η ύπαρξη του τοίχου Trombe στις νότιες όψεις τους. Η λειτουργία του παθητικού αυτού συστήματος συλλογής ηλιακής ακτινοβολίας μεγιστοποιείται τους ψυχρούς μήνες διατηρώντας ιδιαίτερα χαμηλή τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας και μεγιστοποιώντας τα θερμικά κέρδη, ενώ τους καλοκαιρινούς συμβάλλει και στον αερισμό των ζωνών. Για να βελτιστοποιηθεί περαιτέρω η συμβολή του τοίχου Trombe στον φυσικό δροσισμό των υπνοδωματίων θα μπορούσε να φυτευτεί εξωτερικά αυτού χαμηλή βλάστηση έτσι ώστε να ενισχύεται η ροή δροσερού αέρα προς το εσωτερικό των ζωνών και θερμού προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται τους καλοκαιρινούς μήνες στα υπνοδωμάτια καθιστούν τους χώρους αυτούς «άβολους» στην επίσκεψη και τη χρήση τους κυρίως το μεσημέρι και νωρίς το απόγευμα. Η αύξηση του εξαναγκασμένου αερισμού ειδικά κατά τις ώρες που έχει δύσει ο ήλιος αλλά και η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων για σκιασμό στη δυτική όψη της κατοικίας 1 και στις νότιες όψεις των υπνοδωματίων και των δύο κατοικιών θα μπορούσαν να αποτελέσουν λύσεις για μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στα υπνοδωμάτια αλλά και για αποβολή των υψηλών θερμικών φορτίων της ημέρας από το εσωτερικό των ζωνών προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τη διάρκεια της νύκτας.

#### 4.5.2.6. Η Θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των μπάνιων



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.9.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των μπάνιων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Από τη μελέτη των διαγραμμάτων μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στη ζώνη των μπάνιων των δύο κατοικιών προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η μηνιαία θερμοκρασία στις ζώνες των μπάνιων κυμαίνεται από τους 11 C (τον Ιανουάριο) ως τους 28,2 C (τον Ιούλιο). Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο

εσωτερικό των μπάνιων εμφανίζουν μικρές διαφορές μεταξύ των δύο κατοικιών, με το μπάνιο της κατοικίας 1 να είναι κατά τι θερμότερο από το μπάνιο της κατοικίας 2 σε όλη τη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη διαφορετική ανάπτυξη των δύο ζωνών στην κάτοψη της κάθε κατοικίας. Δηλαδή, ενώ και οι δύο ζώνες τοποθετήθηκαν στο βορειοανατολικό τμήμα των κατόψεων, το μπάνιο της κατοικίας 1 εκτείνεται στο μεγαλύτερο μέρος του προς την ανατολή ενώ το μπάνιο της κατοικίας 2 προς το βορρά. Η διαφοροποίηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των θερμικών κερδών του μπάνιου της πρώτης κατοικίας σε σχέση με τα αντίστοιχα κέρδη του μπάνιου της δεύτερης.

- Η καμπύλη των μηνιαίων εσωτερικών θερμοκρασιών περιβάλλει αυτή των εξωτερικών θερμοκρασιών του περιβάλλοντος καθ' όλη τη διάρκεια του τυπικού έτους. Η απόσταση των δύο καμπυλών ελαχιστοποιείται τους καλοκαιρινούς μήνες ( $\sim 1^{\circ}\text{C}$ ) και μεγιστοποιείται τους χειμερινούς ( $\sim 6,2^{\circ}\text{C}$ ).

Συμπληρωματικά με τα συμπεράσματα που αναφέρθηκαν και βασίζονται στην παρατήρηση των μέσων μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας, χρήσιμες παρατηρήσεις για τις ζώνες των μπάνιων των δύο κατοικιών προκύπτουν και από τη μελέτη των διαγραμμάτων Σ6/1 έως Σ6/12 του παραρτήματος:

- Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου οι ωριαίες θερμοκρασίες στις ζώνες των μπάνιων κυμαίνονται μεταξύ  $10^{\circ}\text{C}$  και  $14^{\circ}\text{C}$ , με την ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας να καταγράφεται τον Φεβρουάριο και τη μέγιστη το Δεκέμβριο. Η διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι λίγο μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες που έχουν καταγραφεί για τις ζώνες που σχολιάστηκαν προηγουμένως, διατηρείται όμως επίσης σε χαμηλά επίπεδα. Η μέγιστη διακύμανση ωριαίας θερμοκρασίας το χειμώνα παρατηρείται το μήνα Φεβρουάριο ( $2,5^{\circ}\text{C}$ ) και η ελάχιστη το Δεκέμβριο ( $1,8^{\circ}\text{C}$ ).
- Η σχετικά έντονη αλλαγή της κλίσης της καμπύλης εσωτερικών θερμοκρασιών κατά τις πρώτες πρωινές (07:00), πρώτες μεσημεριανές (14:00) και βραδινές ώρες (22:00) της χειμερινής περιόδου οφείλεται στον απαραίτητα εντονότερο αερισμό των χώρων εξαιτίας της χρήσης τους από τους κατοίκους σε συνδυασμό με τις ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες του εξωτερικού περιβάλλοντος.
- Ο Μάρτης αποτελεί μεταβατικό μήνα μεταξύ της χειμερινής και της εαρινής περιόδου, με τη θερμοκρασία στα μπάνια να αυξάνεται (διακύμανση μεταξύ  $13,5^{\circ}\text{C}$  και  $16^{\circ}\text{C}$ ). Παρόλα αυτά, και κατά τη διάρκεια του Μαρτίου κρίνεται αναγκαία η μηχανική θέρμανση των συγκεκριμένων χώρων έτσι ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο θερμικής άνεσης.

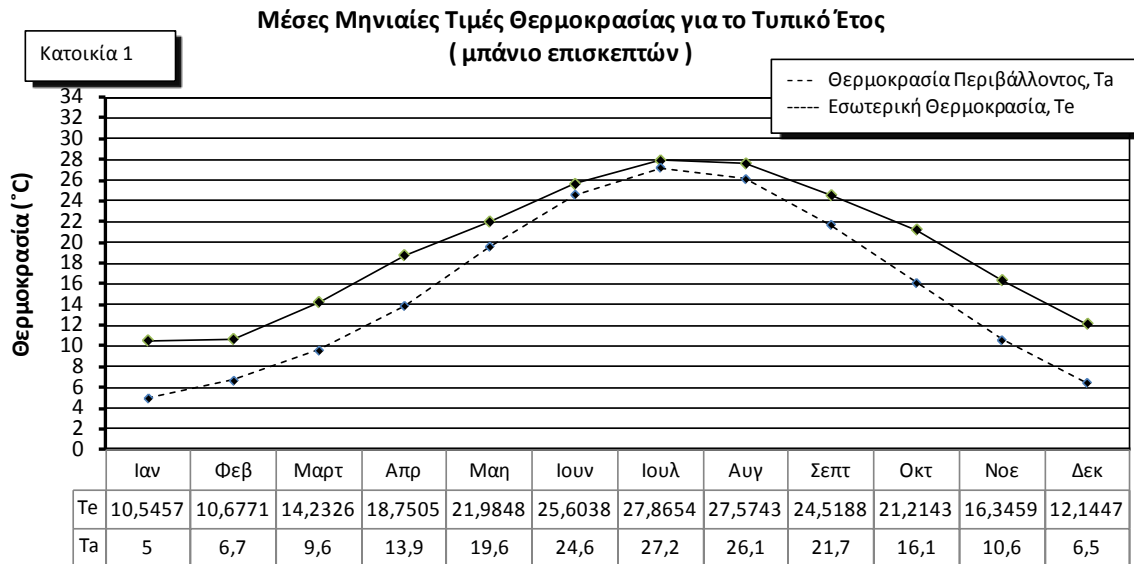
- Όσον αφορά στους υπόλοιπους μήνες της εαρινής περιόδου αλλά και σε αυτούς της φθινοπωρινής, οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των ζωνών των μπάνιων κινούνται στα επιθυμητά όρια άνεσης και επομένως δεν κρίνεται απαραίτητη η χρήση συμπληρωματικού συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
- Ο Νοέμβριος αποτελεί εξαίρεση καθώς η θερμοκρασία στο εσωτερικό των μπάνιων κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας του Νοεμβρίου κινείται κάτω από τα επίπεδα θερμικής άνεσης για χώρους λουτρών (20 C) και άρα είναι αναγκαία η χρήση συστήματος θέρμανσης στις συγκεκριμένες ζώνες.
- Η καλοκαιρινή περίοδος χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό των μπάνιων, με την υψηλότερη τιμή εσωτερικής θερμοκρασίας να αναπτύσσεται τον Ιούλιο (29,4 C). Παρόλο που κατά τις ιδιαίτερα θερμές ώρες της τυπικής καλοκαιρινής ημέρας (μεσημβρινές και απογευματινές) η καμπύλη εσωτερικών θερμοκρασιών κατέρχεται αυτής των θερμοκρασιών περιβάλλοντος, ωστόσο οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό των μπάνιων καθιστούν αναγκαίο τον αποτελεσματικότερο δροσισμό των ζωνών αυτών. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της καλοκαιρινής περιόδου είναι η πολύ μικρή διακύμανση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των μπάνιων η οποία τον Ιούλιο δεν ξεπερνά τους 2 C και τον Αύγουστο τον 1,6°C.

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της συγκεκριμένης ενότητας, τα μπάνια διατάσσονται στη βορειοανατολική πλευρά της κάτοψης κάθε κατοικίας. Πρόκειται για ζώνες που λειτουργούν ως χώροι θερμικής ανάσχεσης κατά τους χειμερινούς μήνες, εμποδίζοντας την μεγάλη μείωση της θερμοκρασίας στους κύριους χώρους των κατοικιών. Παρόλα αυτά όμως, από την παρατήρηση των διαγραμμάτων τόσο των μηνιαίων όσο και των ωριαίων τιμών θερμοκρασίας στο εσωτερικό των συγκεκριμένων ζωνών δεν προκύπτει ιδιαίτερη διαφοροποίηση των θερμοκρασιών τους σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες των άλλων ζωνών κατά τη χειμερινή περίοδο.

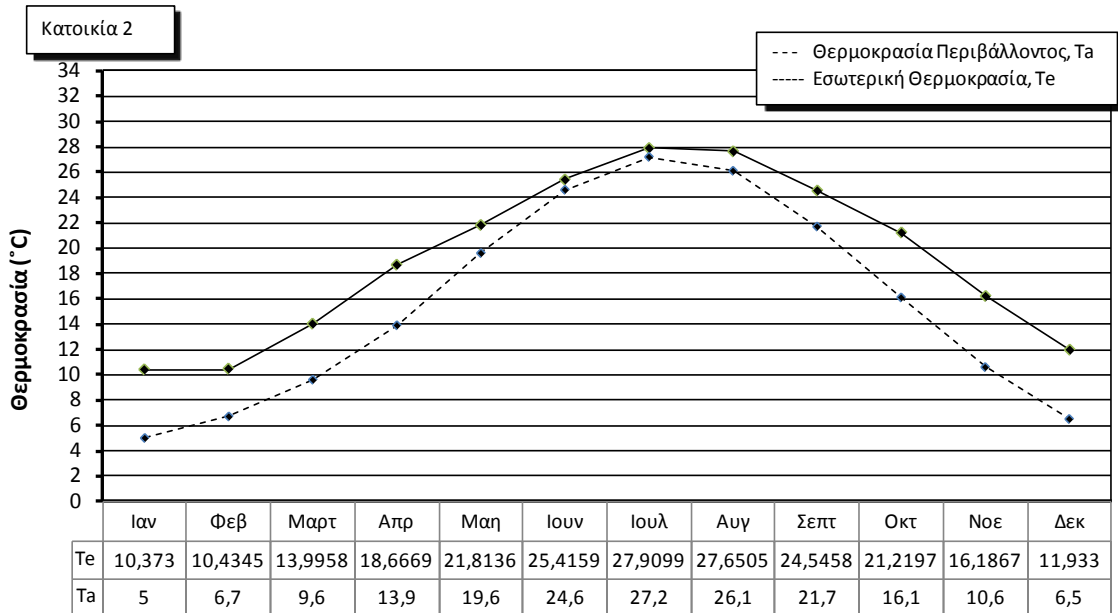
Η χρήση κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου ενός εντονότερου μοντέλου εξαναγκασμένου αερισμού (ιδιαίτερα κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μειώνεται) θεωρείται πως θα συμβάλλει στην καλύτερη αποβολή των θερμικών φορτίων από το εσωτερικό των ζωνών προς το περιβάλλον διαμορφώνοντας με τον τρόπο αυτό πιο άνετες συνθήκες θερμοκρασίας στα μπάνια.



4.5.2.7. Η Θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.10.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν για τη μηνιαία θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της ζώνης των μπάνιων επισκεπτών για τις δύο κατοικίες είναι τα παρακάτω:

- Η μέγιστη θερμοκρασία καταγράφεται το μήνα Ιούλιο και ανέρχεται στους 27,9 C ενώ η ελάχιστη καταγράφεται τον Ιανουάριο και φτάνει στους 10,4 C. Όπως παρατηρήθηκε και στις ζώνες των υπνοδωματίων, έτσι και στα μπάνια των επισκεπτών η μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία εναλλάσσεται μεταξύ των δύο κατοικιών ανάλογα με το μήνα παρατήρησης. Έτσι, ενώ για τους μήνες Νοέμβριο – Ιούνιο η θερμοκρασία του μπάνιου επισκεπτών της πρώτης κατοικίας ξεπερνά την αντίστοιχη του μπάνιου επισκεπτών της δεύτερης, η εικόνα αυτή αντιστρέφεται στους υπόλοιπους μήνες του τυπικού έτους. Αυτό οφείλεται στον ανατολικό προσανατολισμό του μπάνιου επισκεπτών της κατοικίας 1 (με μεγαλύτερα οφέλη τους μήνες του χειμώνα, του φθινοπώρου και της άνοιξης) σε αντίθεση με τον δυτικό προσανατολισμό του μπάνιου επισκεπτών της κατοικίας 2 (με αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε αυτό το καλοκαίρι).
- Η καμπύλη των εσωτερικών θερμοκρασιών και στις δύο ζώνες βρίσκεται πάνω από την αντίστοιχη των εξωτερικών θερμοκρασιών με την απόσταση των δύο καμπυλών να μεγιστοποιείται το χειμώνα ( ~5,4°C) και να ελαχιστοποιείται το καλοκαίρι ( ~0,7°C).

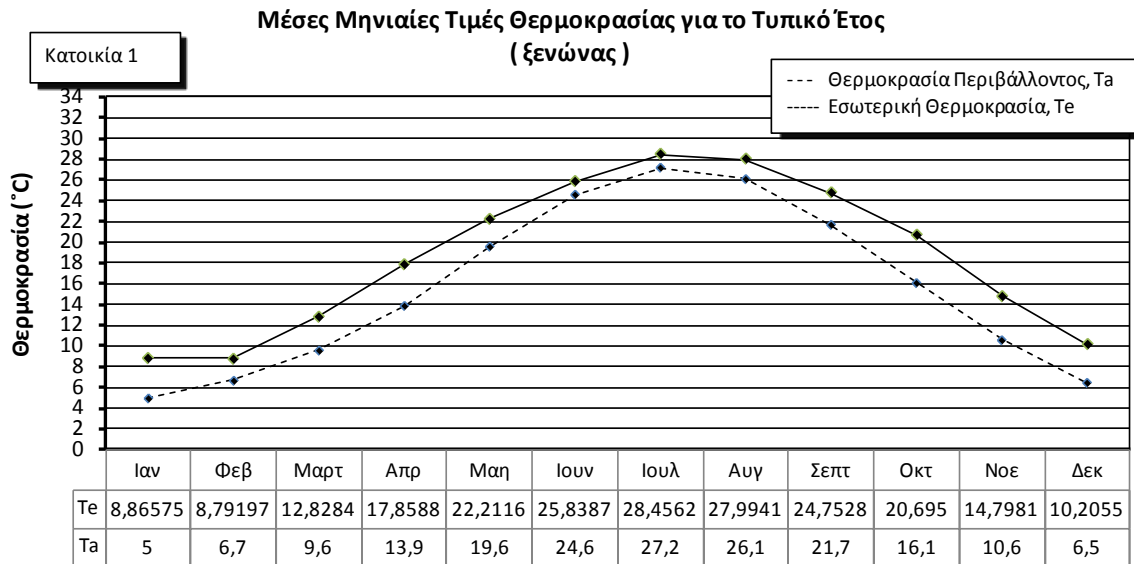
Επιπλέον, με βάση τα διαγράμματα Σ7/1 έως Σ7/12 για την ωριαία θερμοκρασία της τυπικής ημέρας κάθε μήνα του έτους στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών που παρουσιάζονται στο παράρτημα παρατηρούνται τα εξής:

- Κατά τη χειμερινή περίοδο οι τιμές των εσωτερικών θερμοκρασιών στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών κυμαίνονται από 9,3 C (τον Φεβρουάριο) έως 13,2 C το Δεκέμβριο. Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη χειμερινή περίοδο είναι μικρή με τη μέγιστη τιμή της καταγράφεται το μήνα Ιανουάριο 2,3 C και την ελάχιστη να καταγράφεται το μήνα Δεκέμβριο 2°C.
- Χαρακτηριστικό στοιχείο των καμπυλών των δύο ζωνών για τη χειμερινή περίοδο είναι η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας στις 17:00 και η μείωσή της στις 23:00. Αυτό οφείλεται στις παραμέτρους που λήφθηκαν υπόψη κατά την προσομοίωση με βάση της οποίες προβλέφθηκε εντονότερη χρήση των συγκεκριμένων ζωνών κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες είτε από τους κατοίκους είτε από επισκέπτες. Έτσι, η αύξηση και η μείωση αντίστοιχα της θερμοκρασίας οφείλεται στην παρουσία/απουσία χρηστών εντός αυτής από τους οποίους προκύπτουν θερμικά οφέλη. Τα οφέλη συμβάλλουν πιο πολύ στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των μπάνιων επισκεπτών το χειμώνα λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν σε σχέση με τις αντίστοιχες των θερμότερων μηνών.

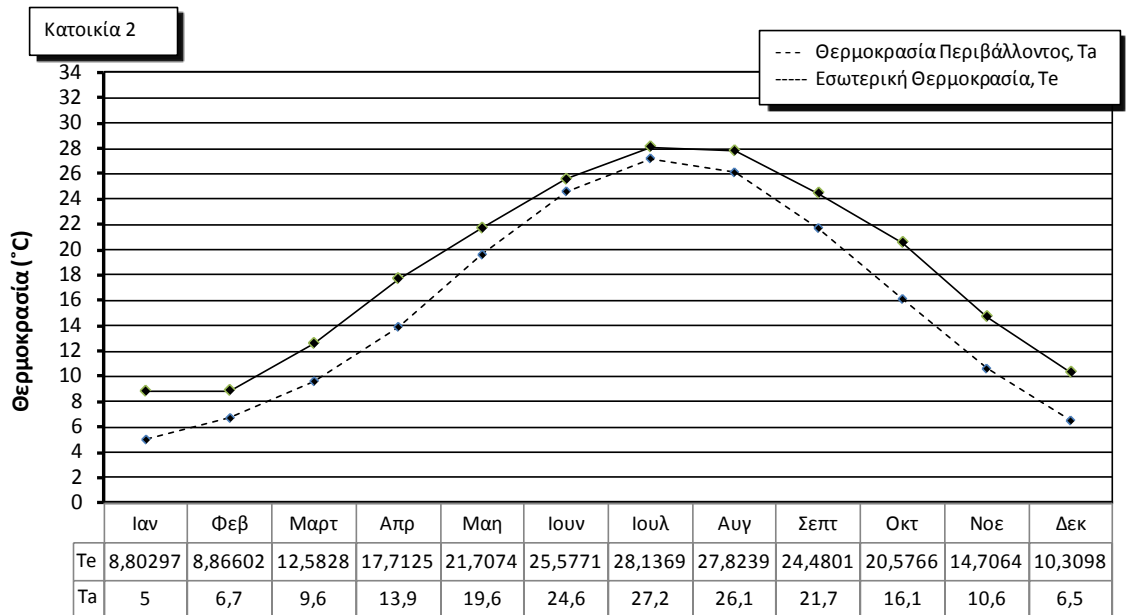
- Το Μάρτη η θερμοκρασία στα μπάνια επισκεπτών κυμαίνεται από 12,8 έως 15,3 C και άρα για να μπορέσει να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο θερμικής άνεσης είναι αναγκαία η χρήση μηχανικού συστήματος θέρμανσης των ζωνών. Πρέπει να σημειωθεί ότι για χώρους βοηθητικών μπάνιων (W.C.) η θερμοκρασία θερμικής άνεσης διαφοροποιείται από την αντίστοιχη των κυρίως μπάνιων μιας κατοικίας και ανέρχεται μόλις στους 15°C.
- Για τους υπόλοιπους μήνες του φθινοπώρου και της άνοιξης θεωρείται ότι η θερμοκρασία αγγίζει τα επιθυμητά από πλευράς θερμικής άνεσης επίπεδα και άρα δεν απαιτείται η λειτουργία κάποιου συστήματος θέρμανσης ή ψύξης των μπάνιων επισκεπτών.
- Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το μήνα Ιούνιο η θερμοκρασία των δύο μπάνιων επισκεπτών είναι σχεδόν ίση με το μπάνιο της πρώτης κατοικίας να είναι κατάτι θερμότερο από αυτό της δεύτερης ενώ για τους υπόλοιπους μήνες του καλοκαιριού (αλλά και για το Σεπτέμβριο και λιγότερο για τον Οκτώβριο) το μπάνιο επισκεπτών της κατοικίας 2 είναι θερμότερο από αυτό της κατοικίας 1. Και στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες κατά την καλοκαιρινή περίοδο με ανώτερη τιμή τους 29,1 C (τον Ιούλιο) και κατώτερη τους 24,7°C (τον Ιούνιο). Η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι μικρή με ανώτατο όριο τους 2,2 C (τον Ιούνιο) και κατώτατο τους 1,1 C (τον Αύγουστο).

Οι ζώνες των μπάνιων επισκεπτών αποτελούν στην ουσία βοηθητικούς χώρους κάθε κατοικίας περιστασιακής χρήσης και μειωμένων απαιτήσεων (σε σύγκριση με τους υπόλοιπους χώρους των κτιρίων) θερμικής άνεσης. Πρόκειται για χώρους που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον μόνο από τη μια πλευρά του κελύφους τους, ενώ από της υπόλοιπες τρεις πλευρές έρχονται σε επαφή με παρακείμενες ζώνες των κατοικιών οπότε και τα θερμικά οφέλη που αποκομίζουν οι συγκεκριμένες ζώνες από την ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ μικρά. Όπως και στην περίπτωση των κυρίως μπάνιων έτσι και στα μπάνια επισκεπτών, η χρήση κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου ενός εντονότερου μοντέλου εξαναγκασμένου αερισμού (ιδιαίτερα κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μειώνεται) θα μπορούσε να συμβάλλει στον καλύτερο δροσισμό.

#### 4.5.2.7. Η Θερμοκρασία αέρα στις ζώνες των ξενώνων



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)



Διάρκεια ενός 24ώρου (ώρες ημέρας)

**Διάγραμμα 4.11.** Διαγραμματική απεικόνιση της μέσης μηνιαίας τιμής της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των ξενώνων για τη διάρκεια ενός τυπικού έτους αναφοράς σύμφωνα με τα επεξεργασμένα στοιχεία της βάσης δεδομένων του προγράμματος.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα μέσω μηνιαίων θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις ζώνες των ξενώνων των κατοικιών κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η ανώτατη μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στις ζώνες των ξενώνων κατά τη διάρκεια του έτους είναι 28,5 C (τον Ιούλιο) και η ελάχιστη 8,9° C (τον Φεβρουάριο). Κατά τους μήνες του χειμώνα η θερμοκρασία στο εσωτερικό του ξενώνα της κατοικίας 2 ξεπερνά την αντίστοιχη του ξενώνα της κατοικίας 1 (με εξαίρεση το μήνα Ιανουάριο που οι τιμές τους σχεδόν εξισώνονται). Τους υπόλοιπους μήνες του τυπικού έτους ο ξενώνας της κατοικίας 1 εμφανίζει υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας στο εσωτερικό του. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη στη νότια όψη του ξενώνα της κατοικίας 1 ανοίγματος με νότιο προσανατολισμό. Αντίθετα, ο ξενώνας της κατοικίας 2 δεν έχει ούτε άνοιγμα αλλά ούτε και συμπαγές κέλυφος με προσανατολισμό προς το νότο (σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον). Έτσι, κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι απώλειες στον ξενώνα της κατοικίας 2 περιορίζονται, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να διατηρείται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τον ξενώνα της κατοικίας 1 ενώ, αντίθετα, τους μήνες με ηλιοφάνεια το νότιο άνοιγμα του ξενώνα στην κατοικία 1 επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό της ζώνης έχοντας ως αποτέλεσμα μεγαλύτερα θερμικά κέρδη.
- Οι τιμές της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των ζωνών είναι σε όλους τους μήνες υψηλότερες από τις αντίστοιχες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η απόσταση των καμπυλών εσωτερικής – εξωτερικής θερμοκρασίας μεγιστοποιείται το Νοέμβριο ( ~4,7°C) και ελαχιστοποιείται τον Ιούλιο ( ~1°C).

Πιο αναλυτικά, από τη μελέτη των διαγραμμάτων Σ8/1 έως Σ8/12 του παραρτήματος μπορούν να εξαχθούν οι παρακάτω παρατηρήσεις για τη θερμοκρασία στο εσωτερικό των ξενώνων:

- Η χειμερινή περίοδος αποτελεί ιδιαίτερα ψυχρό διάστημα για τη ζώνη των ξενώνων, με τη θερμοκρασία να φτάνει τους 7,8 C (τον Φεβρουάριο) και τους 11 C (το Δεκέμβριο). Μάλιστα, κατά τις μεσημεριανές ώρες του μήνα Φεβρουαρίου (12:00 ως 17:00) οι ωριαίες τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας στις ζώνες των ξενώνων κατέρχονται αυτών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος χωρίς να έχει προβλεφθεί εκούσιος αερισμός σε αυτό το διάστημα. Αυτό οφείλεται στην τοποθέτηση των ξενώνων στο βορειοδυτικό τμήμα της κάτοψης κάθε κατοικίας. Οι ξενώνες, ιδιαίτερα κατά την ψυχρή περίοδο, λειτουργούν ως χώροι θερμικής ανάσχεσης των βόρειων ανέμων «προστατεύοντας» με αυτό τον τρόπο τους υπόλοιπους χώρους των κατοικιών. Επιπλέον, η έλλειψη ανοιγμάτων στην ανατολική κυρίως όψη που θα μπορούσαν να επιτρέψουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα περιορίζει σημαντικά το επίπεδο

θερμικών κερδών. Η διακύμανση της θερμοκρασίας στους ξενώνες διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα με μέγιστη τιμή τους 2,2 C (τον Φεβρουάριο) και ελάχιστη τους 1,6°C (το Δεκέμβριο).

- Και το Μάρτιο οι εσωτερικές θερμοκρασίες των ξενώνων είναι χαμηλές, με μέγιστη τιμή τους 14 C και ελάχιστη τους 11 C. Όπως και το Φεβρουάριο, έτσι και κατά τη διάρκεια του Μαρτίου οι μεσημεριανές και πρώτες απογευματινές ώρες χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των ξενώνων απ' ότι στο εξωτερικό περιβάλλον. Η κατάσταση αυτή διατηρείται και για τον Απρίλιο, με μικρότερη βέβαια διαφορά μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών.
- Οι υπόλοιποι μήνες της εαρινής περιόδου χαρακτηρίζονται από υψηλότερες θερμοκρασίες, οι οποίες βρίσκονται εντός των ορίων θερμικής άνεσης. Εξαιρέση αποτελούν οι πρώτες πρωινές ώρες του Απριλίου οπότε και η θερμοκρασία κατέρχεται στους 16,5 C και ενδεχομένως να απαιτείται χρήση μηχανικού συστήματος θέρμανσης για το διάστημα αυτό.
- Κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο της φθινοπωρινής περιόδου η θερμοκρασία των ξενώνων θεωρείται «άνετη» χωρίς να απαιτείται η λειτουργία κάποιου συστήματος θέρμανσης ή ψύξης, ενώ κατά το Νοέμβρη η θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 16°C και άρα η χρήση θερμαντικών σωμάτων κρίνεται απαραίτητη.
- Σε αντίθεση με τις χαμηλές θερμοκρασίες των ψυχρών μηνών, η καλοκαιρινή περίοδος δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες στο εσωτερικό των ξενώνων και των δύο κατοικιών. Θερμότερος είναι ο μήνας Ιούλιος με τη θερμοκρασία τις πρώτες απογευματινές ώρες αυτού να ανέρχεται στους 30,5 C στο εσωτερικό του ξενώνα της κατοικίας 1 και στους 30 C στον ξενώνα της κατοικίας 2. Η διακύμανση στο εσωτερικό των ξενώνων κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τις αντίστοιχες όλων των υπολοίπων ζωνών που περιγράφηκαν ως τώρα και έχει μέγιστη τιμή 4°C (τον Ιούνιο) και ελάχιστη 3,3°C (τον Αύγουστο).

Όπως φαίνεται από τα συμπεράσματα που αναλύθηκαν προηγουμένως, οι ξενώνες αποτελούν τις πιο ψυχρές ζώνες των κατοικιών κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών. Αυτό οφείλεται τόσο στην τοποθέτησή τους (με τις επιπτώσεις που αναφέρθηκαν) αλλά και στην απουσία θερμικών κερδών από ανθρώπους και φωτισμό καθώς αποτελούν βοηθητικούς χώρους που χρησιμοποιούνται μόνο σε περίπτωση φιλοξενίας επισκεπτών. Η δυσμενής αυτή θερμοκρασιακά κατάσταση θα μπορούσε να βελτιωθεί εάν η διαμόρφωση του δώματος διαφοροποιούνταν και διανοίγονταν στην οροφή των ξενώνων φεγγίτες με νότιο

προσανατολισμό μέσω των οποίων θα εισέρχονταν η ηλιακή ακτινοβολία σε αυτούς. Το καλοκαίρι ειδικά μονωτικά προστατευτικά θα αποκλείουν την ηλιακή ακτινοβολία από το εσωτερικό των ζωνών.

Το καλοκαίρι αποτελεί ιδιαίτερα θερμή περίοδο για τους ξενώνες σε αντίθεση με το χειμώνα. Αυτό οφείλεται στον δυτικό προσανατολισμό των ανοιγμάτων των ζωνών, ο οποίος σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος τις απογευματινές ώρες αυξάνει τα θερμικά φορτία των χώρων. Επίσης, ο μειωμένος εκούσιος αερισμός των ξενώνων δε συμβάλλει επαρκώς στον επιθυμητό δροσισμό και άρα τα επίπεδα αυτού θα πρέπει να αυξηθούν. Τέλος, κρίνεται ιδιαίτερα βοηθητική η φύτευση φυλλοβόλων φυτών μπροστά από τα δυτικά ανοίγματα των ξενώνων έτσι ώστε να εμποδίζεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω αυτών κατά τις απογευματινές ώρες του καλοκαιριού.

#### 4.5.3. Διαγραμματική απεικόνιση των ενεργειακών μεγεθών

Την αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός 24-ώρου, ενός μήνα ή και ενός τυπικού έτους διευκολύνει και η γνώση των ποσών ενέργειας που εισέρχονται στο κτίριο –και συνεισφέρουν υπό τη μορφή θερμότητας στη διαμόρφωση του εσωκλίματος– σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ποσά που εξέρχονται. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση εξετάζονται τα θερμικά κέρδη ενός κτιρίου, ή, πιο συγκεκριμένα, μιας από τις ζώνες στις οποίες το κτίριο κατανεμήθηκε κατά την προσομοίωση, ενώ στη δεύτερη οι απώλειες. Το αλγεβρικό άθροισμα των ενεργειακών κερδών και των αντίστοιχων απωλειών ορίζεται ως θερμικό ισοζύγιο και βοηθά στην αποτύπωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου.

Για τον προσδιορισμό του ενεργειακού ισοζυγίου κάθε μιας από τις κατοικίες μελέτης υπολογίστηκαν τα ενεργειακά κέρδη και οι αντίστοιχες απώλειες σε καθεμία από τις ζώνες από τις οποίες αποτελούνται σε ετήσιο επίπεδο.

Οι κατηγορίες των θερμικών κερδών είναι οι εξής:

- Θερμικά κέρδη (Ηλιακά Κέρδη) μέσω των διαφανών στοιχείων του κελύφους κάθε ζώνης. Πρόκειται τόσο για τα προερχόμενα από την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση ή διάχυτη), η οποία εισέρχεται μέσω των ανοιγμάτων σε κάθε ζώνη, όσο και για εκείνα λόγω των διαζωνικών ροών.
- Θερμικά κέρδη μέσω των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους κάθε ζώνης. Είναι τα αντίστοιχα θερμικά κέρδη λόγω ροής θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια ενός δομικού στοιχείου προς την εσωτερική. Ως στοιχεία του κελύφους ορίζονται οι τοιχοποιίες και οι συμπαγείς πόρτες, ενώ τα κέρδη μέσω των οροφών και των

πατωμάτων αποτελούν διακριτές υποενότητες του θερμικού ισοζυγίου όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.

- Θερμικά κέρδη λόγω της παρουσίας και της δραστηριότητας των ανθρώπων σε κάθε ζώνη του κτιρίου.
- Θερμικά λόγω της χρήσης ηλεκτρικών φωτιστικών σωμάτων για την κάλυψη των αναγκών κάθε ζώνης.
- Θερμικά κέρδη λόγω της μεταφοράς αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό του κτιρίου με διήθηση μέσω των στοιχείων του κελύφους. Στην περίπτωση αυτή διαμορφώνονται κέρδη λόγω ακούσιου αερισμού.
- Ενεργειακά κέρδη λόγω μεταφοράς αέρα από το εξωτερικό του κτιρίου προς το εσωτερικό με εκούσιο αερισμό, με επί τούτου, δηλαδή, άνοιγμα των υαλοπινάκων και των θυρών.

Οι αντίστοιχες κατηγορίες απωλειών φαίνονται παρακάτω:

- Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας μέσω των υαλοπινάκων των κουφωμάτων στα κελύφη των ζωνών.
- Θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας μέσω των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους της κάθε ζώνης. Όπως και στην περίπτωση των κερδών έτσι και εδώ οι απώλειες μέσω πατωμάτων και οροφών προσδιορίζονται ξεχωριστά από το υπόλοιπο κελύφος για κάθε ζώνη.
- Θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς θερμού αέρα από το εσωτερικό των ζωνών στο εξωτερικό περιβάλλον με διήθηση. Πρόκειται για ακούσιο αερισμό μέσω του κελύφους της κάθε ζώνης.
- Θερμικές απώλειες λόγω εκούσιου αερισμού κατά το άνοιγμα των υαλοπινάκων ή των θυρών μιας ζώνης με μεταφορά του θερμού εσωτερικού αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον.

Για την αναλυτική απεικόνιση του βαθμού συνεισφοράς των παραπάνω μεγεθών τόσο στα θερμικά κέρδη, όσο και στις απώλειες κάθε ζώνης δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα 4.12. και 4.13. Σε καθένα από αυτά, στον άξονα των τεταγμένων ( $y$ ) παριστώνται τα ποσά ενέργειας (GJ) που αντιστοιχούν στα κέρδη και στις απώλειες κάθε ζώνης κάθε κατοικίας κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους. Τα κέρδη εμφανίζονται με θετικό πρόσημο, ενώ οι απώλειες προσημαίνονται πάντοτε με αρνητικό. Ωστόσο, η έντονη διαφοροποίηση στην τάξη μεγέθους των ποσών ενέργειας ανά ζώνη δεν επέτρεψε την απεικόνιση των κερδών και των απωλειών σε ενιαία κλίμακα για όλους τους χώρους κάθε κατοικίας. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν δύο διαγράμματα για κάθε κατοικία, στον άξονα τεταγμένων των



οποίων παριστώνται τα ποσά ενέργειας του ενεργειακού ισοζυγίου κάθε ζώνης. Για τα μεν διαγράμματα που αφορούν στις ζώνες του θερμοκηπίου και του σαλονιού – κουζίνας των δύο κατοικιών η κλίμακα του άξονα (ψ) εκτείνεται από τα -30GJ ως τα 30GJ με βήμα τα 10GJ ενώ για τα διαγράμματα των υπολοίπων ζωνών η κλίμακα του άξονα εκτείνεται από τα -9GJ ως τα 9GJ με βήμα το 1GJ.

Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι τρόποι με τους οποίους καθένα από τα μεγέθη που παρουσιάστηκαν προηγουμένως συμμετέχει στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου κάθε κατοικίας.

- Τα ανοίγματα στο κέλυφος ενός κτιρίου επιτρέπουν το άμεσο ηλιακό κέρδος, συλλέγοντας ηλιακή ακτινοβολία, η οποία στη συνέχεια προσπίπτουσα στα αντικείμενα και στα εσωτερικά δομικά στοιχεία του χώρου μετατρέπεται σε θερμότητα. Κάθε στοιχείο, ανάλογα με τη θερμοχωρητικότητά του, αποθηκεύει μέρος της ενέργειας αυτής και την αποδίδει με χρονική υστέρηση στο εσωτερικό του κτιρίου. Έτσι, ο πιο «συμβατικός» τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των χώρων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα διαφανή στοιχεία του κελύφους τους. Το είδος, το πλήθος και, κυρίως, η διάταξη των υαλοπινάκων στις όψεις των κτιρίων καθορίζουν τη συνεισφορά τους αυτή στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Παράλληλα, όμως, με τη συμβολή τους στα κέρδη, η παρουσία ανοιγμάτων στο περίβλημα του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα και αρκετά μεγάλες απώλειες θερμότητας μέσω αυτών, οι οποίες ειδικότερα κατά τις βραδινές ώρες των χειμερινών μηνών είναι σημαντικές. Οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων στο κέλυφος κάθε ζώνης προκαλούνται με αγωγιμότητα και καθορίζονται από το κλίμα της περιοχής (βαθμομέρες, μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά, ψυχροί άνεμοι), το υλικό μόνωσης της κάσας, την αναλογία επιφάνειας του υαλοπίνακα προς τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος και, τέλος, από το συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (είδος γυαλιού, αριθμός υαλοπινάκων, απόσταση μεταξύ τους) [1].

Κατά συνέπεια, ο σχεδιασμός και η λειτουργία των διαφανών στοιχείων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα κέρδη διαμέσου αυτών να είναι σημαντικά μεγαλύτερα από τις αντίστοιχες απώλειες. Παράμετροι που καθορίζουν τη συμμετοχή των ανοιγμάτων στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι ο προσανατολισμός του κτιρίου, το είδος των υαλοπινάκων, η θέση του ανοίγματος στην όψη και την οροφή, τα προστατευτικά που χρησιμοποιούνται εσωτερικά ή εξωτερικά του ανοίγματος.

- Με τον όρο αδιαφανή δομικά στοιχεία περιγράφονται τα στοιχεία μιας κατασκευής που βρίσκονται είτε στο κέλυφος αυτής είτε σε διεπιφάνειες μεταξύ γειτονικών ζωνών και λόγω της θερμοχωρητικότητάς τους συμβάλλουν στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου. Ως τέτοιες ορίστηκαν στους πίνακες εισαγόμενων και εξαγόμενων παραμέτρων του προσομοιωτικού προγράμματος οι επιφάνειες που αναφέρονται ως πάτωμα (floor), στέγη (roof), τοίχος (wall) και πόρτα (door), αφού κάθε ορισμός συμπεριλαμβάνει διαφορετικά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς και αλγορίθμους υπολογισμού του στοιχείου. Για τον προσδιορισμό των θερμικών κερδών λόγω των αδιαφανών στοιχείων της κατασκευής, λαμβάνεται υπόψη η λόγω συναγωγής μεταφορά θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου προς την εσωτερική για κάθε ζώνη των κτιρίων και κάθε μήνα του τυπικού έτους.
- Όπως και στην περίπτωση των ανοιγμάτων, ο προσανατολισμός της επιφάνειας και το ποσοστό κάλυψης αυτής από αδιαφανές δομικό στοιχείο επηρεάζουν το ύψος των θερμικών κερδών της κάθε ζώνης. Επιπλέον, η θερμοχωρητικότητα και ο βαθμός απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι δύο καθοριστικές παράμετροι για την αποτύπωση της ενεργειακής συνεισφοράς αυτών των δομικών στοιχείων. Η θερμότητα έχει την ιδιότητα να μετακινείται από θερμότερους προς ψυχρότερους χώρους είτε μέσω συναγωγής με τη βοήθεια του αέρα είτε μέσω αγωγιμότητας διερχόμενη διά των δομικών στοιχείων. Στην περίπτωση των αδιαφανών επιφανειών, παρατηρείται κίνηση από την θερμότερη προς την ψυχρότερη επιφάνεια. Για να υπάρχουν κέρδη λόγω αδιαφανών στοιχείων σε μία ζώνη, η ροή θα πρέπει να γίνεται από την εξωτερική επιφάνεια του στοιχείου –σε σχέση με τη ζώνη– προς την εσωτερική, ενώ στην αντίθετη περίπτωση υπάρχουν απώλειες. Η θερμοχωρητικότητα του υλικού καθορίζει τη χρονική καθυστέρηση μεταφοράς της θερμότητας από τη θερμή επιφάνεια στην ψυχρή και αποτελεί συνεπώς πολύ σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση και στη διατήρηση άνετου εσωκλίματος καθ' όλη τη διάρκεια του 24-ώρου σε κάθε ζώνη και για κάθε μήνα.
- Με τον όρο ακούσιος αερισμός (ή διαφυγές αέρα) περιγράφεται η αθέλητη ροή αέρα από το εσωτερικό μιας ζώνης προς το εξωτερικό της περιβάλλον (είτε αυτό είναι παρακείμενος χώρος είτε ο ατμοσφαιρικός αέρας) και αντίστροφα. Οι διαφυγές αέρα οφείλονται στο ακούσιο άνοιγμα και κλείσιμο των εξωτερικών θυρών και υαλοπινάκων, στη διήθηση του αέρα μέσω ατελειών στα κουφώματα του περιβλήματος, καθώς και μέσα από σχισμές και ασυνέχειες των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους.

Ο αέρας έχει την ιδιότητα να κινείται από θερμότερους χώρους προς ψυχρότερους. Έτσι, στην περίπτωση που παρατηρείται κίνηση θερμού αέρα από το εξωτερικό μιας ζώνης προς το εσωτερικό αυτής, το ενεργειακό ισοζύγιο παρουσιάζει θερμικά κέρδη, ενώ στην αντίθετη περίπτωση σημειώνονται απώλειες.

- Ως εκούσιος αερισμός περιγράφεται η ροή αέρα λόγω προγραμματισμένου ανοίγματος των θυρών και των υαλοπινάκων για τον παθητικό δροσισμό των χώρων ενός κτιρίου ή την ανανέωση του εσωτερικού τους αέρα.

Αντίστοιχα με ότι περιγράφηκε και στην προηγούμενη ενότητα, λόγω της ιδιότητας του αέρα να κινείται από θερμές περιοχές σε ψυχρότερες, θερμικά κέρδη εξαιτίας του εκούσιου αερισμού προκαλούνται όταν το εσωτερικό μιας ζώνης εμφανίζει χαμηλότερη θερμοκρασία σε σύγκριση με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ σε αντίθετη περίπτωση παρουσιάζονται απώλειες.

Το ύψος των θερμικών κερδών λόγω του εκούσιου αερισμού καθορίζεται τόσο από τη διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας της ζώνης, όσο και από το διάστημα του 24-ώρου, στο οποίο οι θύρες και τα παράθυρα του κτιρίου θεωρούνται ανοιχτά. Το τελευταίο μεταβάλλεται ανάλογα με την περίοδο αναφοράς (χειμώνα - καλοκαίρι), αλλά και ανάλογα με τις ανάγκες σε φυσικό αερισμό της ζώνης που μελετάται.

- Το ανθρώπινο σώμα έχει την ιδιότητα μέσω των καύσεων που συντελούνται στο εσωτερικό του να διατηρεί σταθερή εσωτερική θερμοκρασία, παραμένοντας σχεδόν ανεπηρέαστο από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποτελεί πομπό ενέργειας υπό μορφή θερμότητας προς το –συνήθως ψυχρότερο– περιβάλλοντα του σώματος αέρα. Το πλήθος των ανθρώπων, η διάρκεια παραμονής αυτών στο χώρο, η θερμοκρασία του χώρου, αλλά κυρίως οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται, καθορίζουν το επίπεδο ανταλλαγής θερμότητας και καθιστούν τον ανθρώπινο παράγοντα συντελεστή στη διαμόρφωση του εσωκλίματος.

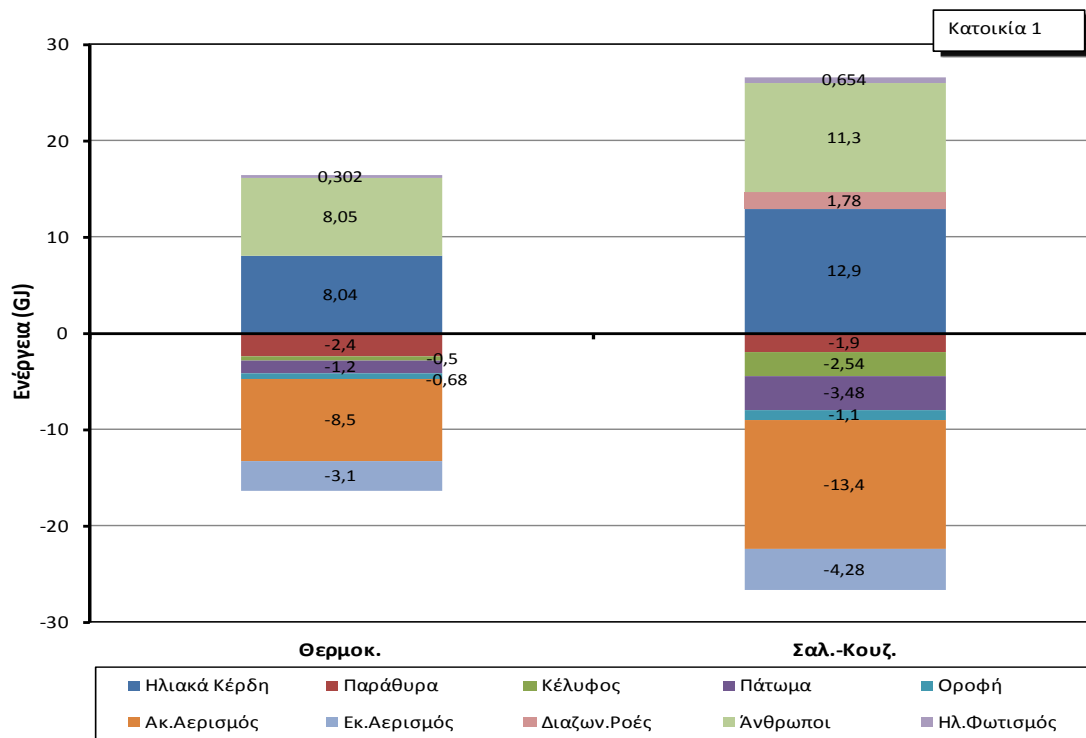
Στην προσομοίωση που μελετάται καθορίστηκαν δύο τύποι ανθρώπινης δραστηριότητας. Είναι σαφές πως κατά την εργασία εκλύονται μεγάλα ποσά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον, συνεισφέροντας με τον τρόπο αυτό έντονα στην άνοδο της θερμοκρασίας της αντίστοιχης ζώνης.

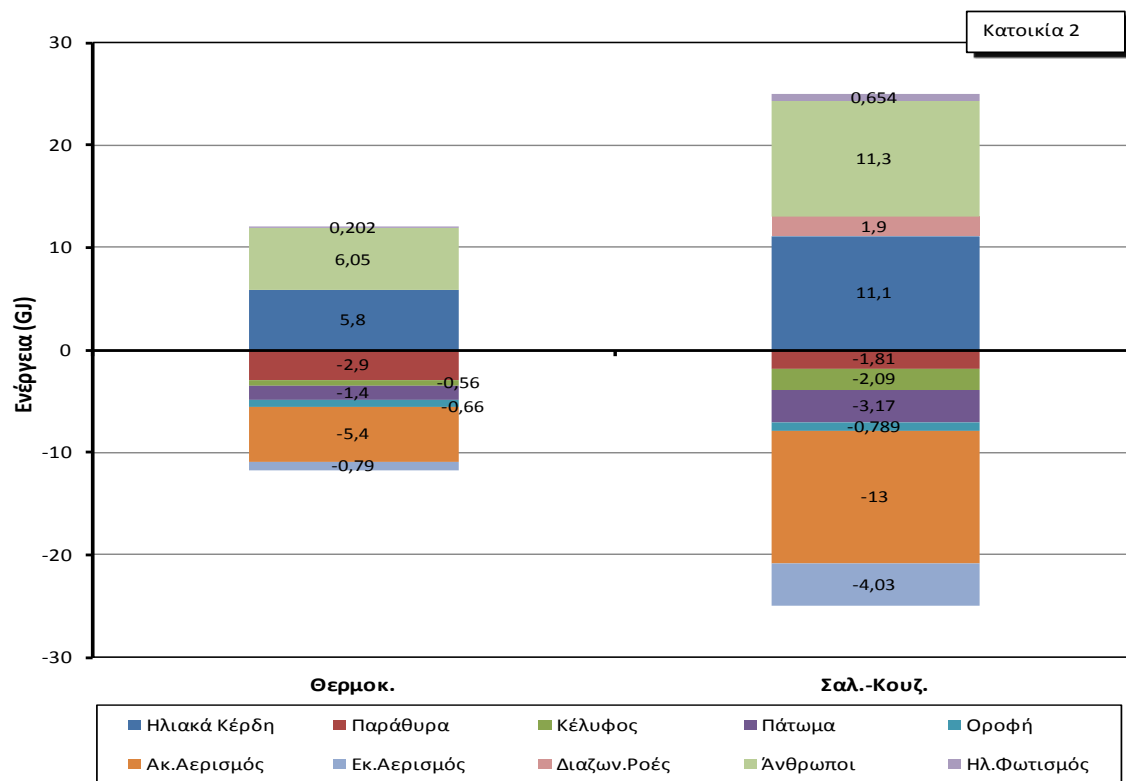
Η θερμότητα στο ανθρώπινο σώμα παράγεται με οξείδωση κατά τη διαδικασία του μεταβολισμού και εκλύεται από την επιφάνεια του σώματος και το αναπνευστικό σύστημα μέσω ακτινοβολίας, μεταφοράς και εξάτμισης. Η θερμότητα λόγω ακτινοβολίας και μεταφοράς αποτελούν το αισθητό τμήμα της συνολικά εκλυόμενης θερμότητας, ενώ η λόγω εξάτμισης θερμότητα το λανθάνον. Η συνολική τιμή

προκύπτει με άθροιση της αισθητής και της λανθάνουσας θερμότητας [43]. Το ποσοστό συμμετοχής της κάθε μορφής θερμότητας στη συνολική καθορίζεται στους πίνακες εισαγόμενων και εξαγόμενων παραμέτρων του προσομοιωτικού προγράμματος.

- Η συνεισφορά του φωτισμού στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε ζώνης, αλλά και κάθε κτιρίου, γενικότερα, εξαρτάται από το είδος του φωτισμού, το πλήθος των λαμπτήρων και τις ώρες λειτουργίας τους σε κάθε ζώνη. Αυτό καθορίζεται με την εισαγωγή των απαραίτητων ρυθμίσεων στους πίνακες εισαγόμενων και εξαγόμενων παραμέτρων κατά τη διαμόρφωση του προσομοιωτικού μοντέλου.

Η ολική εκλυόμενη ενέργεια από τη λειτουργία φωτιστικών σωμάτων αποτελείται από επιμέρους συνιστώσες, οι οποίες αφορούν στο είδος των εκπεμπόμενων κυμάτων και στο ποσοστό συμμετοχής της κάθε συνιστώσας στη συνολική ενέργεια που εκπέμπεται από τα φώτα υπό τη μορφή θερμικού κέρδους.





**Διάγραμμα 4.12.** Ετήσιες τιμές των κυριότερων συνιστωσών θερμικών κερδών και απωλειών στις ζώνες θερμοκηπίου και σαλονιού – κουζίνας των δύο κατοικιών.

Όπως φαίνεται από τα τέσσερα διαγράμματα θερμικών κερδών και απωλειών στις ζώνες των δύο κατοικιών που μελετώνται, τα θερμικά κέρδη και οι αντίστοιχες απώλειες στις ζώνες των θερμοκηπίων και των σαλονιών – κουζινών είναι πολύ μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα στις υπόλοιπες ζώνες. Αυτό οφείλεται στο κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό που καταλαμβάνουν τα διαφανή στοιχεία στο κέλυφος των συγκεκριμένων ζωνών αλλά και στο νότιο κατά βάση προσανατολισμό τους.

Πιο συγκεκριμένα, τα κέρδη στις ζώνες των θερμοκηπίων και των δύο κατοικιών οφείλονται στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω των ανοιγμάτων των όψεών τους και στην ανθρώπινη παρουσία στο εσωτερικό αυτών. Τα κέρδη που προκύπτουν από τη λειτουργία φωτιστικών σωμάτων είναι σχεδόν αμελητέα σε σχέση με τις δύο κατηγορίες κερδών που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

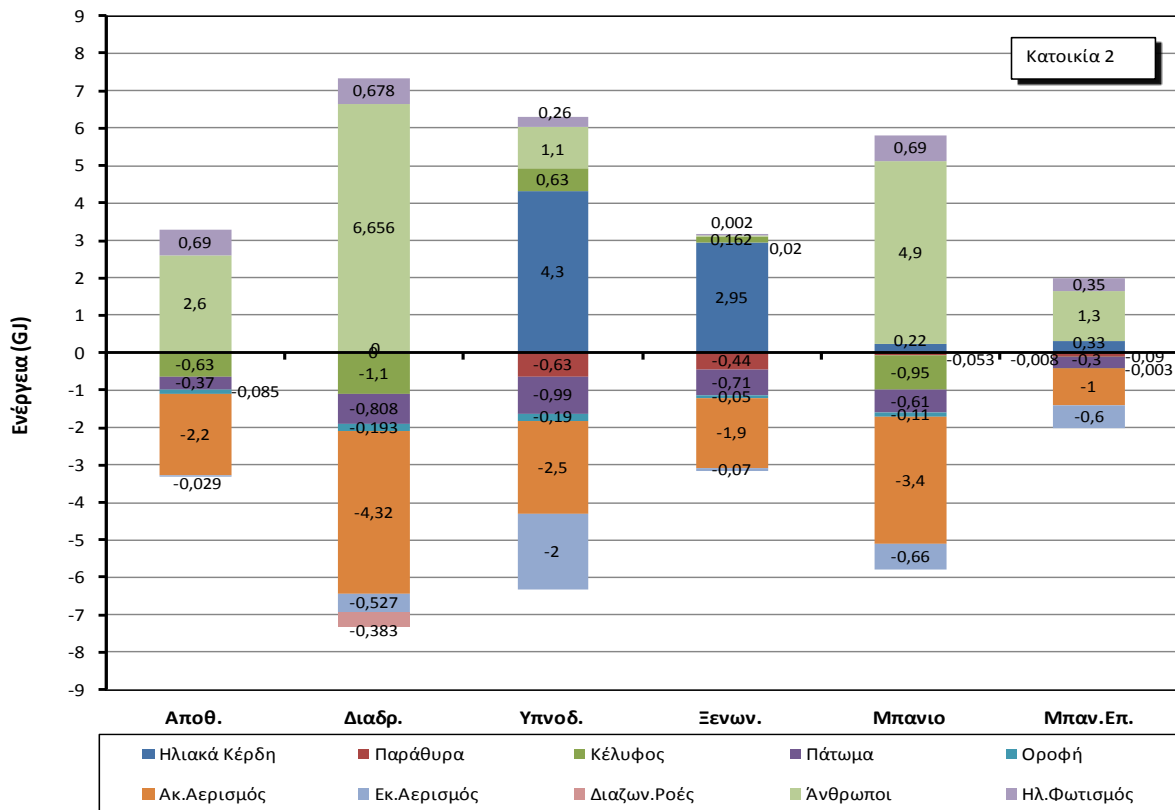
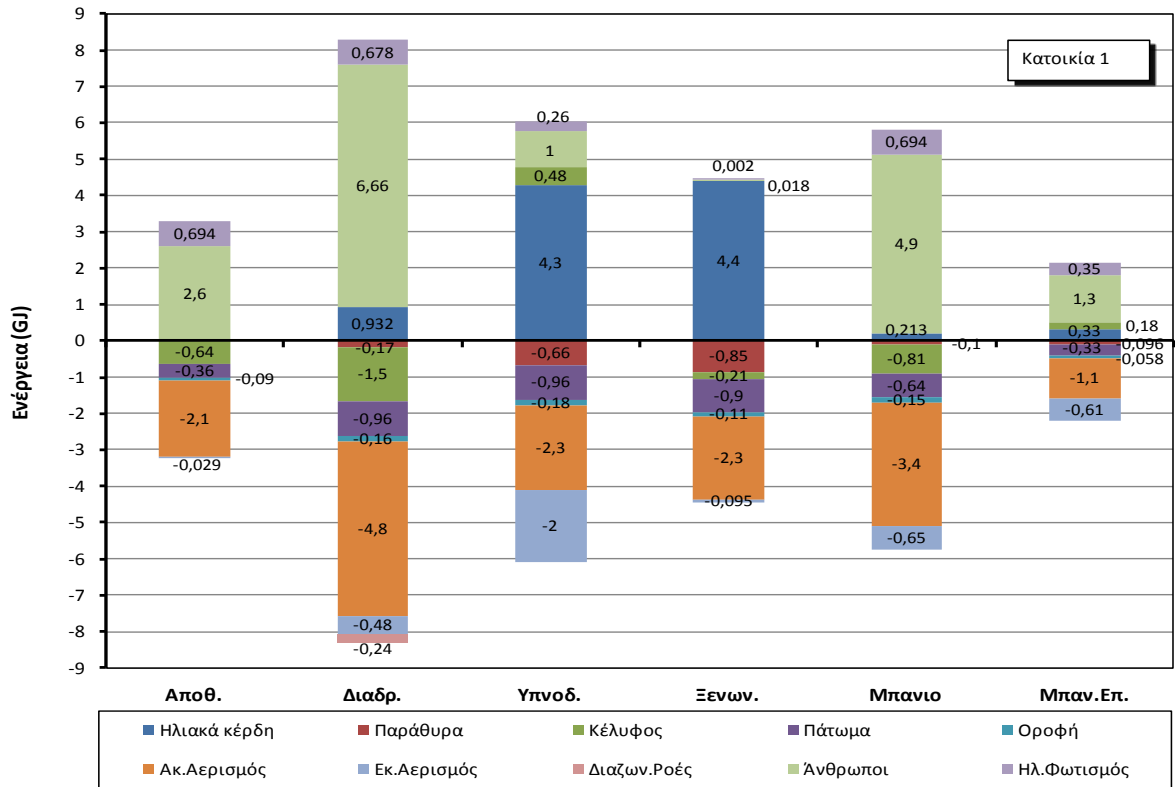
Όσον αφορά στις απώλειες που καταγράφονται για τις ζώνες των θερμοκηπίων στη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς, αυτές κυρίως οφείλονται στον ακούσιο αερισμό αλλά και στην κάλυψη μεγάλου μέρους του κελύφους από διαφανή στοιχεία. Οι απώλειες μέσω των υπολοίπων (διαφανών) στοιχείων του κελύφους αλλά και λόγω του εκούσιου αερισμού είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές που περιγράφηκαν μέχρι τώρα, με

μέγιστες μεταξύ αυτών τις απώλειες που καταγράφονται μέσω του πατώματος των θερμοκηπίων προς το έδαφος.

Αντίστοιχα, στις ζώνες των σαλονιών – κουζινών παρατηρούνται ιδιαίτερα αυξημένα κέρδη λόγω των διαφανών ανοιγμάτων στο κελύφός τους, με τα κέρδη της πρώτης κατοικίας να εμφανίζονται αυξημένα λόγω του δυτικού ανοίγματος σε αντίθεση με το αντίστοιχο ανατολικά προσανατολισμένο άνοιγμα του σαλονιού της κατοικίας 2. Η ανθρώπινη δραστηριότητα στη συγκεκριμένη ζώνη συμμετέχει αρκετά στα θερμικά κέρδη, σημειώνοντας τα ίδια ποσά ενεργειακών κερδών και στις δύο κατοικίες, όπως άλλωστε ήταν και αναμενόμενο. Η μεταφορά θερμού αέρα από το εσωτερικό των θερμοκηπίων προς το εσωτερικό των ζωνών των σαλονιών – κουζινών έχει ως αποτέλεσμα την αποκόμιση κερδών στις τελευταίες ζώνες. Τέλος, καταγράφονται κέρδη λόγω της λειτουργίας φωτιστικών σωμάτων, τα οποία όμως είναι πολύ μικρά σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες θερμικών κερδών που έχουν ως τώρα αναφερθεί για τις συγκεκριμένες ζώνες.

Οι κύριες απώλειες για τις ζώνες των σαλονιών – κουζινών οφείλονται στον ακούσιο αερισμό ενώ ακολουθούν (με αρκετά μικρότερες τιμές απωλειών) ο εκούσιος αερισμός και οι απώλειες προς το έδαφος μέσω του πατώματος των ζωνών και στις δύο κατοικίες. Η ιδιαίτερα μικρή (για το ποσοστό των ανοιγμάτων επί του κελύφους των συγκεκριμένων ζωνών) συμμετοχή των ανοιγμάτων στις απώλειες οφείλεται στα μονωτικά ρολά που τοποθετήθηκαν αλλά και στο πρόγραμμα ανοίγματος και κλεισίματος αυτών κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αντίστοιχα θερμικά κέρδη και οι απώλειες για κάθε μια από τις υπόλοιπες θερμικές ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν οι δύο κατοικίες μελέτης.



**Διάγραμμα 4.13.** Ετήσιες τιμές των κυριότερων συνιστωσών θερμικών κερδών και απωλειών στις ζώνες αποθηκών, διαδρόμων, μπάνιων και δωματίων των δύο κατοικιών.

Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα που προηγούνται, οι ζώνες των αποθηκών και στις δύο κατοικίες παρουσιάζουν μειωμένα κέρδη αλλά και απώλειες σε σχέση με τους υπόλοιπους –κύριους- χώρους. Τα κέρδη οφείλονται στην ανθρώπινη παρουσία στο εσωτερικό των χώρων αλλά και στον φωτισμό τους. Λόγω της έλλειψης ανοιγμάτων σε οποιοδήποτε σημείο του κελύφους των αποθηκών, τα κέρδη λόγω ηλιασμού αλλά και οι αντίστοιχες απώλειες είναι μηδενικά. Βασική πηγή απωλειών στις συγκεκριμένες ζώνες είναι ο ακούσιος αερισμός ενώ οι απώλειες από τα αδιαφανή στοιχεία του κελύφους των αποθηκών συμμετέχουν στο σύνολο των απωλειών με αρκετά μικρότερα ποσοστά σε σχέση με αυτά που καταγράφονται λόγω του ακούσιου αερισμού.

Όσον αφορά στις ζώνες των διαδρόμων, παρατηρείται μια διαφοροποίηση στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου από κατοικία σε κατοικία. Το ενεργειακό ισοζύγιο της κατοικίας 1 περιλαμβάνει κέρδη αλλά και αντίστοιχα απώλειες μέσω του περιορισμένου –αλλά παρόλα αυτά υπαρκτού υπό τη μορφή υαλότουβλων- ανοίγματος στη δυτική όψη της ζώνης. Αντίθετα, τα συγκεκριμένα κέρδη αλλά και οι απώλειες εμφανίζουν μηδενική τιμή για το ισοζύγιο του διαδρόμου της κατοικίας 2, αφού δεν υπάρχουν διαφανή στοιχεία στο κέλυφος αυτού. Σημαντικότερη πηγή θερμικών κερδών για τους διαδρόμους και των δύο κατοικιών είναι η παρουσία και η δραστηριοποίηση των ανθρώπων, ενώ τα κέρδη λόγω του φωτισμού των ζωνών είναι πολύ μικρότερα. Όπως και στις υπόλοιπες ζώνες έτσι και στους διαδρόμους οι κύριες απώλειες οφείλονται στον ακούσιο αερισμό, ενώ αμέσως επόμενη πηγή απωλειών είναι η τοιχοποιία. Αξίζει να σημειωθεί πως στις συγκεκριμένες ζώνες και των δύο κατοικιών οι διαζωνικές ροές οδηγούν σε απώλειες θερμότητας κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους, γεγονός που σημαίνει πως τμήμα του θερμικού φορτίου των διαδρόμων “κινείται” προς την παρακείμενη ζώνη των σαλονιών – κουζινών.

Τα υπνοδωμάτια των κατοικιών εμφανίζουν ίδια σχεδόν ποσά κερδών και απωλειών ανά μέγεθος αναφοράς, παρόλη τη διαφοροποίηση του προσανατολισμού όσον αφορά σε ένα τμήμα του κελύφους τους (δυτικός προσανατολισμός μπαλκονιού και των ανοιγμάτων του στην κατοικία 1 σε αντίθεση με τον ανατολικό των αντίστοιχων ανοιγμάτων της κατοικίας 2). Όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, τα κύρια κέρδη των υπνοδωματίων και στις δύο κατοικίες οφείλονται στα διαφανή στοιχεία. Όμως στις συγκεκριμένες ζώνες παρατηρούνται κέρδη λόγω των τοιχοποιιών σε αντίθεση με όλες τις υπόλοιπες ζώνες των κατοικιών. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη τοίχων Trombe στις νότια προσανατολισμένες όψεις των υπνοδωματίων, οι οποίοι συμβάλλουν στην συλλογή, αποθήκευση αλλά και μεταφορά της θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτούς. Η



παρουσία ανθρώπων αλλά και η λειτουργία των φωτιστικών σωμάτων συμβάλλουν στη διαμόρφωση επιπλέον θερμικών κερδών στα υπνοδωμάτια.

Οι απώλειες θερμότητας στις ζώνες των υπνοδωματίων οφείλονται (σε μεγαλύτερο ποσοστό) στον ακούσιο αερισμό. Στην περίπτωση όμως των συγκεκριμένων ζωνών και ο εκούσιος αερισμός έχει ως συμμετέχει στην καταγραφή έντονων θερμικών απωλειών. Μεταξύ των απωλειών από τα ανοίγματα, τις οροφές και τα πατώματα των υπνοδωματίων, η τελευταία κατηγορία καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό και στις δύο κατοικίες.

Το ενεργειακό ισοζύγιο των ξενώνων διαφοροποιείται αρκετά μεταξύ των δύο κατοικιών τόσο ως προς τα ποσά ενέργειας που εισέρχονται και εξέρχονται από τις συγκεκριμένες ζώνες όσο και ως προς τις πηγές αυτών. Πιο αναλυτικά, ο ξενώνας της κατοικίας 1 εμφανίζει σημαντικά μεγαλύτερα κέρδη λόγω των ανοιγμάτων στο κέλυφός του και ιδιαίτερα λόγω του ανοίγματος στη νότια όψη του. Μάλιστα, τα κέρδη μέσω των ανοιγμάτων φαίνεται να είναι η σχεδόν αποκλειστική πηγή για την κατοικία 1. Αλλά και για τον ξενώνα της κατοικίας 2, η είσοδος του ήλιου μέσω των διαφανών στοιχείων φαίνεται να είναι σχεδόν η αποκλειστική πηγή κερδών παρότι αυτά είναι αρκετά μικρότερα σε σύγκριση με τα αντίστοιχα κέρδη του ξενώνα στην κατοικία 1. Τα κέρδη λόγω της παρουσίας ανθρώπων ή λόγω της λειτουργίας φωτιστικών σωμάτων είναι πολύ μικρά δεδομένων των χρονοδιαγραμμάτων που εισάχθηκαν στο προσομοιωτικό πρόγραμμα και έχουν περιγραφεί σε προηγούμενες ενότητες. Όσον αφορά στις απώλειες, αυτές οφείλονται κατά κύριο λόγο στον ακούσιο αερισμό των ξενώνων και στις δύο κατοικίες (και δευτερευόντως στα αδιαφανή στοιχεία του κελύφους), με το ποσό θερμότητας που εξέρχεται από τον ξενώνα της κατοικίας 1 να είναι αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του ξενώνα της κατοικίας 2.

Τα μπάνια των δύο κατοικιών εμφανίζουν ίδια χαρακτηριστικά όσον αφορά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο για τη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς της μελέτης. Έτσι, λόγω απουσίας ικανού ποσοστού ανοιγμάτων στο κέλυφος των δύο ζωνών, τα οποία να διασφαλίζουν είσοδο επαρκούς ποσοστού ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό τους, τόσο τα ηλιακά κέρδη όσο και οι απώλειες μέσω των ανοιγμάτων είναι πολύ μικρά (το ποσοστό των απωλειών μικρότερο από αυτό των ηλιακών κερδών). Αντίθετα, τα κύρια θερμικά κέρδη οφείλονται πρώτιστα στην ανθρώπινη δραστηριότητα στο εσωτερικό των μπάνιων και δευτερευόντως στη λειτουργία φωτιστικών σωμάτων. Όπως και για τις υπόλοιπες ζώνες των κατοικιών έτσι και στα μπάνια οι απώλειες θερμότητας οφείλονται κυρίως στον ακούσιο αερισμό, με επόμενη πηγή απώλειας θερμότητας τον εκούσιο αερισμό των χώρων.

Τα μπάνια των επισκεπτών εμφανίζουν την ίδια εικόνα με αυτή που περιγράφηκε για τα κυρίως μπάνια και στις δύο κατοικίες με τη διαφορά βέβαια ότι τα ποσά ενέργειας που εισέρχονται και εξέρχονται από τα μπάνια των επισκεπτών είναι κατά πολύ μικρότερα.

Βασική πηγή θερμικών κερδών είναι η ανθρώπινη παρουσία και οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες των ζωνών ενώ οι κυριότερες θερμικές απώλειες οφείλονται στον ακούσιο και στον εκούσιο αερισμό (με τα ποσά ενέργειας που εξέρχονται λόγω του δεύτερου να υπολείπονται κατά πολύ αυτά που εξέρχονται λόγω του πρώτου).

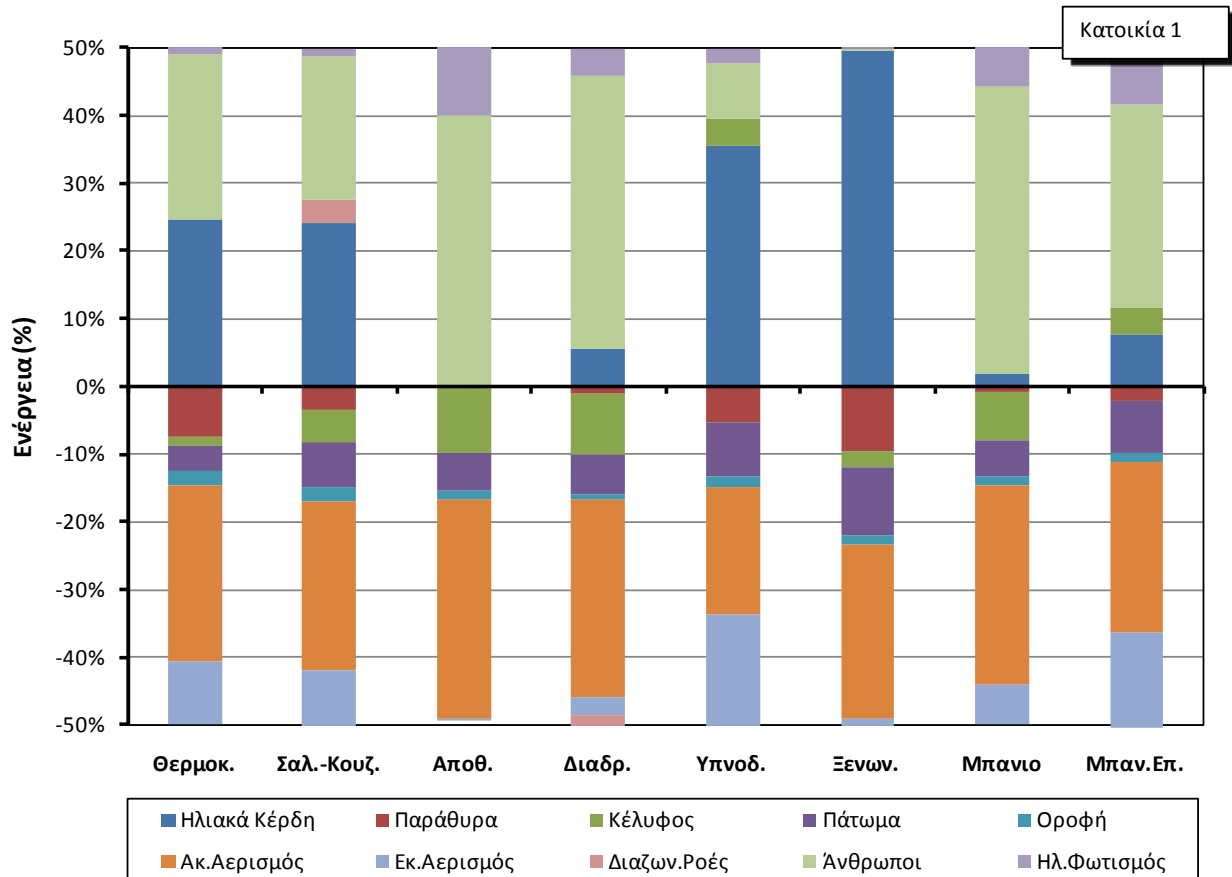
#### 4.5.3.1. Ποσοστιαία διαγραμματική απεικόνιση των ενεργειακών μεγεθών

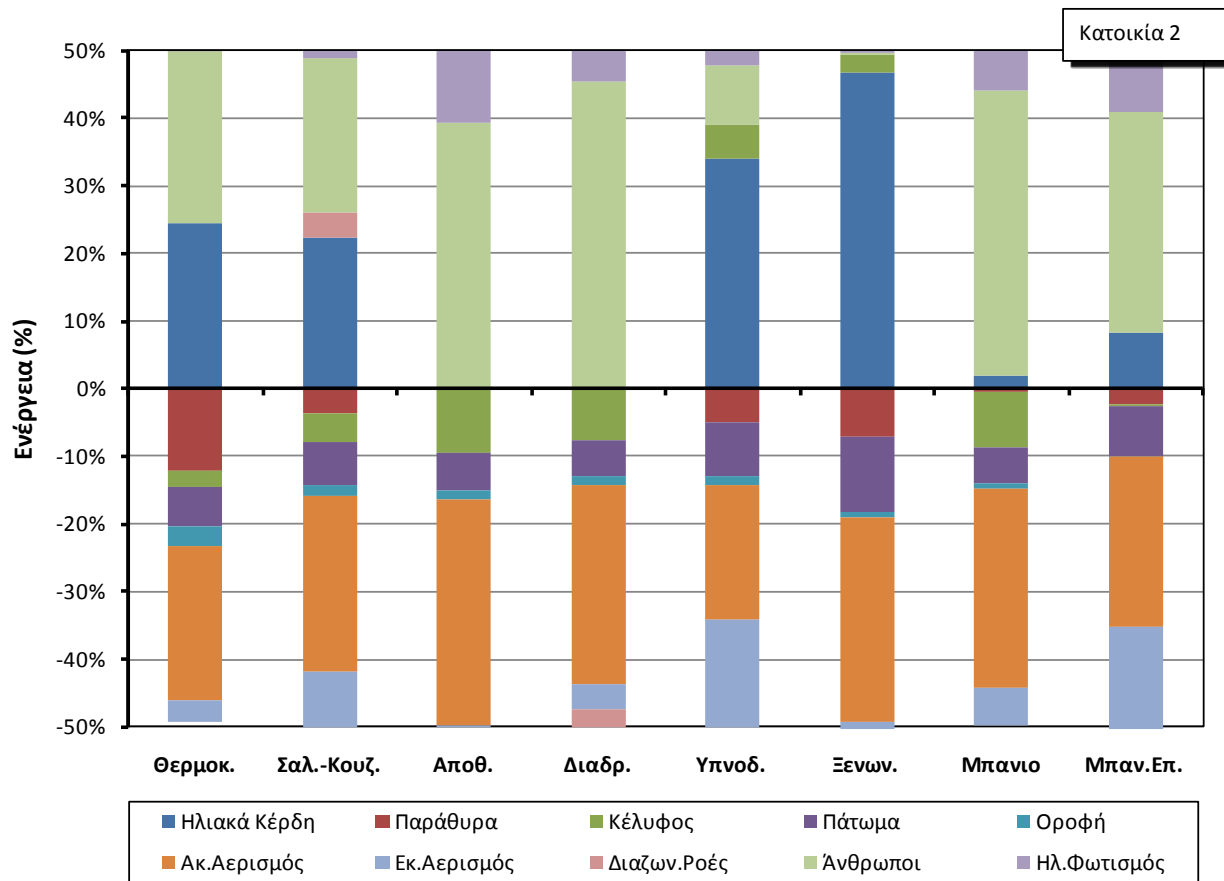
Για τη συνολική αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των χώρων των κατοικιών δημιουργήθηκαν και τα διαγράμματα 4.14., στα οποία απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανομή των θερμικών κερδών και απωλειών κάθε ζώνης. Τα διαγράμματα αποτελούνται από οκτώ στήλες, όσες και οι εξεταζόμενες ζώνες. Στον άξονα των τεταγμένων (y) παριστώνται τα ποσά ενέργειας που ανταλλάσσει ο εσωτερικός αέρας μιας ζώνης με οποιαδήποτε πηγή ή αποδέκτη, εκφρασμένα με τη μορφή του ποσοστού (%), με το οποίο συμμετέχουν στο ενεργειακό ισοζύγιο της. Η κλίμακα του άξονα εκτείνεται από το -50% έως το 50% με βήμα 10%. Οι θετικές και οι αρνητικές τιμές δηλώνουν αντίστοιχα εισροή και εκροή θερμότητας. Το ολικό ύψος μιας στήλης εκφράζει το σύνολο των θερμικών ροών που πραγματοποιούνται από ή προς τον εσωτερικό αέρα της αντίστοιχης ζώνης. Έτσι, αυτό είναι ίσο με 100%, κατανεμημένο εξίσου εκατέρωθεν του οριζόντιου άξονα, εφόσον μεταξύ των θερμικών κερδών και απωλειών υπάρχει ισορροπία.

Κάθε στήλη αποτελείται από 10, κατά μέγιστο, τμήματα:

- Το τμήμα των *άμεσων ηλιακών κερδών* από τα διαφανή στοιχεία του κελύφους κάθε ζώνης, διαμέσου των οποίων εισέρχεται στο χώρο ηλιακή ακτινοβολία.
- Το τμήμα της ροής θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον, που πραγματοποιείται μέσω των διαφανών στοιχείων (*παραθύρων*) κάθε ζώνης.
- Το τμήμα των θερμικών απωλειών από τα *αδιαφανή στοιχεία* κάθε ζώνης. Οι απώλειες αυτές αφορούν μόνο σε ροές θερμότητας προς τον εξωτερικό αέρα από τις τοιχοποιίες.
- Το τμήμα του ποσοστού ενέργειας το οποίο διαρρέει μέσω των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους κάθε ζώνης (στην περίπτωση των κατοικιών μόνο μέσω των πατωμάτων) αποκλειστικά προς το *έδαφος*.
- Το τμήμα του ποσοστού ενέργειας το οποίο διαρρέει μέσω της *οροφής* (ύπαρξη φυτεμένου δώματος σε όλες τις ζώνες των κατοικιών με εξαίρεση τα θερμοκήπια) κάθε ζώνης.
- Το τμήμα των θερμικών κερδών, τα οποία προέρχονται από την *ανάπτυξη ανθρώπινης δραστηριότητας* στο εσωτερικό των κατοικιών.

- Το τμήμα των θερμικών κερδών από τη χρήση φωτιστικών σωμάτων.
- Το τμήμα της διαρροής θερμότητας που οφείλεται στις διαφυγές αέρα προς το εξωτερικό περιβάλλον.
- Το τμήμα της διαρροής θερμότητας που οφείλεται στο φυσικό αερισμό.
- Τέλος, το τμήμα των διαζωνικών ροών, της θερμότητας δηλαδή που ανταλλάσσουν οι χώροι των κτιρίων μεταξύ τους, τόσο μέσω των αδιαφανών, όσο και μέσω των διαφανών στοιχείων των διεπιφανειών τους.





**Διάγραμμα 4.14.** Το ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε μιας από τις ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν τα δύο κτίρια.

#### 4.5.3. Η καταναλισκόμενη ενέργεια στις κατοικίες

Η ανάλυση που προηγήθηκε και η ακόλουθη αποτίμηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δύο κατοικιών είχε ως στόχο την αποτύπωση της θερμικής απόδοσης των κτιρίων με γνώμονα τα κέρδη και τις απώλειες που προκύπτουν από τη λειτουργική τους χρήση και τα κατασκευαστικά τους χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό έγινε και η παραδοχή πως οι κατοικίες δε διαθέτουν κάποιο σύστημα θέρμανσης ή δροσισμού. Στις ενότητες που ακολουθούν καταγράφονται τα ποσά ενέργειας (θέρμανσης και ψύξης για χειμώνα και καλοκαίρι αντίστοιχα) που απαιτούνται έτσι ώστε να θεωρείται ότι στο εσωτερικό των κατοικιών διαμορφώνεται άνετο εσωκλίμα.

##### 4.5.3.1. Ενέργεια θέρμανσης των κατοικιών

Στο διάγραμμα 4.15. απεικονίζονται τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας, προκειμένου όλοι οι χώροι των κατοικιών να διατηρούν κατά τη χειμερινή περίοδο εσωτερική θερμοκρασία αέρα τουλάχιστον ίση με:

- 16°C από τις 00:00 έως τις 07:00 και

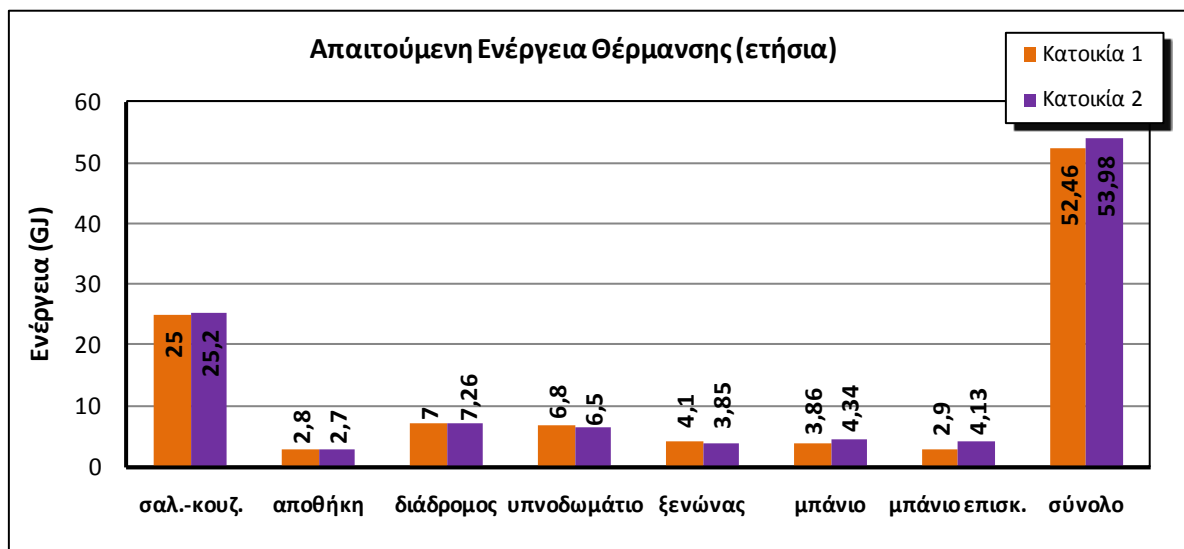
- 21°C τις υπόλοιπες ώρες.

Όσον αφορά στις ζώνες των ξενώνων, οι μέγιστες θερμοκρασίες που προβλέφθηκαν για το εσωτερικό τους είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες των άλλων ζωνών, δεδομένης της περιορισμένης χρήσης τους. Συμπληρωματικά, προβλέπεται η χρήση επικουρικού συστήματος θέρμανσης για τις ημέρες που αυτό θα κρίνεται απαραίτητο από τη χρήση των χώρων. Πιο συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες στις ζώνες των ξενώνων είναι:

- 16°C από τις 00:00 έως τις 07:00 και
- 18°C τις υπόλοιπες ώρες.

Τέλος, δε θεωρήθηκε επιθυμητή η τοποθέτηση κάποιου συστήματος θέρμανσης στις ζώνες των θερμοκηπίων, καθώς ο ρόλος των ζωνών αυτών είναι βοηθητικός σε σχέση με τα ηλιακά κέρδη των παρακείμενων χώρων και χρησιμοποιούνται μόνο όταν το επιτρέπουν οι συνθήκες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό τους (επίτευξη θερμικής άνεσης) χωρίς την παρέμβαση κάποιου συστήματος θέρμανσης είτε ψύξης.

Το διάγραμμα περιλαμβάνει οκτώ ζευγάρια στηλών. Τα πρώτα επτά αναφέρονται στην απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση της ίδιας ζώνης σε κάθε κατοικία, ενώ το τελευταίο ζευγάρι παριστά τη συνολική ενέργεια που απαιτείται για τη διατήρηση συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό ολόκληρων των κατοικιών κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου ενός τυπικού έτους αναφοράς. Στον άξονα των τεταγμένων (y) παριστώνται τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας σε GJ, με εύρος κλίμακας τα 60 GJ και βήμα τα 10 GJ.



**Διάγραμμα 4.15.** Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης κάθε μιας από τις ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν τα δύο κτίρια αλλά και στο σύνολο αυτών.

Από τη μελέτη του παραπάνω διαγράμματος προκύπτει ότι:

- Και στις δύο κατοικίες, οι ζώνες με τις λιγότερες απαιτήσεις σε ενέργεια θέρμανσης είναι οι ζώνες των αποθηκών. Μάλιστα, τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας που θα πρέπει να δαπανηθούν στις δύο κατοικίες κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς προκειμένου να διατηρηθούν θερμικά "άνετοι" οι συγκεκριμένοι χώροι είναι σχεδόν ίδια. Αυτό οφείλεται στην ίδια χωροθέτηση των αποθηκών στην κάτοψη των δύο κτιρίων, στο ίδιο μέγεθός τους αλλά και στην ανταλλαγή θερμότητας με τις ζώνες των σαλονιών – κουζινών που και αυτές μεταξύ τους αναπτύσσουν όμοια θερμικά χαρακτηριστικά. Το πλήρως αδιαφανές κέλυφος των αποθηκών με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες, το μικρό μέγεθος του χώρου και η ανταλλαγή θερμότητας της ζώνης αυτής με το σαλόνι – κουζίνα κάθε κατοικίας εξασφαλίζουν σχετικά υψηλές και με μικρές διακυμάνσεις τιμές θερμοκρασίας και μειώνουν αρκετά το απαιτούμενο ποσό ενέργειας για θέρμανση της συγκεκριμένης ζώνης.
- Αμέσως μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας παρατηρείται στις ζώνες των μπάνιων επισκεπτών, με το μπάνιο της πρώτης κατοικίας να χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για θέρμανση από την αντίστοιχη ζώνη της δεύτερης. Αυτό οφείλεται στις υψηλότερες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο μπάνιο της πρώτης κατοικίας κατά τους μήνες του χειμώνα (οι αιτίες των οποίων έχουν αναλυθεί σε προηγούμενη παράγραφο), με αποτέλεσμα να απαιτείται μειωμένη χρήση συστήματος θέρμανσης σε σχέση με το μπάνιο της κατοικίας 2.
- Τα μπάνια των κατοικιών εμφανίζουν τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά με τις ζώνες που αναλύθηκαν προηγουμένως, με το μπάνιο της πρώτης κατοικίας να είναι κατάτι θερμότερο από το αντίστοιχο της δεύτερης (με βάση την ανάλυση της παραγράφου 4.5.2.6.) και επομένως να απαιτούνται μικρότερα ποσά ενέργειας για τη θέρμανσή του. Πάντως, τα ποσά που απαιτούνται και στις δύο κατοικίες για τη θέρμανση των μπάνιων είναι μεγαλύτερα από των δύο ζωνών που έχουν ως τώρα περιγραφεί. Αυτό εξηγείται τόσο με βάση το μέγεθος των μπάνιων (μεγαλύτερο σε σχέση με τα αντίστοιχα των αποθηκών και των μπάνιων επισκεπτών) όσο και με τη χωροθέτησή τους στο βορειότερο σημείο των κατόψεων των δύο κτιρίων (λειτουργία τους ως χώροι θερμικής ανάσχεσης).
- Οι ξενώνες αποτελούν ζώνες στις οποίες ανατέθηκαν διαφορετικά θερμικά χαρακτηριστικά (σε σχέση με τη θερμοκρασία "άνεσης" κατά τη διάρκεια του χειμώνα), αφού είναι χώροι περιορισμένης χρήσης, στους οποίους θεωρούνται ως "άνετες" πιο χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με το υπόλοιπο των κτιρίων. Ο

ξενώνας της κατοικίας 1 εμφανίζει κατά τι μεγαλύτερο ποσό απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση σε σχέση με τον ξενώνα της κατοικίας 2. Να σημειωθεί πως σε περίπτωση διατήρησης της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των ξενώνων σε ίδια επίπεδα με αυτά που ορίστηκαν για τις υπόλοιπες ζώνες των κατοικιών, τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας για θέρμανση θα ξεπερνούσαν αυτά των υπνοδωματίων. Σημαντική βελτίωση αναμένεται να προκληθεί από τη διάνοιξη φεγγιτών με νότιο προσανατολισμό στις οροφές των ξενώνων προκειμένου να ενισχυθεί η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας από το νότο στο εσωτερικό τους και να αυξηθούν με τον τρόπο αυτό τα ηλιακά κέρδη.

- Τα υπνοδωμάτια απαιτούν αρκετά μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για τη θέρμανσή τους σε σχέση με αυτά που υπολογίστηκαν για τις ζώνες που έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα. Το υπνοδωμάτιο της κατοικίας 1 αναπτύσσει υψηλότερες ανάγκες σε θέρμανση από την αντίστοιχη ζώνη της κατοικίας 2 (παράγραφος 4.5.2.5.) εξαιτίας των χαμηλότερων θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό της κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Πάντως, ο νότιος προσανατολισμός των χώρων και η εγκατάσταση σε αυτούς παθητικών συστημάτων Trombe έχουν ως αποτέλεσμα τη δραστική μείωση των ποσών που απαιτούνται για την ικανοποιητική θέρμανση των χώρων σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου.
- Οι διάδρομοι αποτελούν ζώνες άμεσης ανταλλαγής θερμότητας με τις ζώνες των σαλονιών – κουζινών και στις δύο κατοικίες. Λόγω της έλλειψης ανοιγμάτων στο κέλυφός τους αλλά και της ροής θερμότητας από το εσωτερικό τους προς τα σαλόνια – κουζίνες των κατοικιών, τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στα επίπεδα που ορίστηκαν είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα οποιασδήποτε ζώνης έχει μέχρι τώρα αναλυθεί αλλά και αναντίστοιχα του μεγέθους των ζωνών. Μεταξύ των δύο κατοικιών δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για να θερμανθούν επαρκώς οι διάδρομοι.
- Οι ζώνες που απαιτούν τα μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για τη θέρμανσή τους είναι αυτές των σαλονιών – κουζινών, με τη ζώνη της κατοικίας 2 να έχει λίγο μεγαλύτερες απαιτήσεις σε θέρμανση συγκρινόμενη με την αντίστοιχη ζώνη της κατοικίας 1. Η αύξηση των ποσών ενέργειας για θέρμανση στις συγκεκριμένες ζώνες οφείλεται τόσο στο μεγάλο μέγεθός τους σε σχέση με τις υπόλοιπες ζώνες των κτιρίων όσο και στο μεγάλο ποσοστό που καταλαμβάνουν τα ανοίγματα στο κέλυφός τους (μεγάλες απώλειες κυρίως κατά τις νυκτερινές ώρες). Η τοποθέτηση προστατευτικών στα ανοίγματα που συνδέουν την κουζίνα με το θερμοκήπιο και

στις δύο κατοικίες θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση της εξερχόμενης θερμότητας από τον πρώτο χώρο προς το δεύτερο κατά τη διάρκεια των βραδινών και πρώτων πρωινών ωρών του χειμώνα, περιορίζοντας σημαντικά τις θερμικές απώλειες και οδηγώντας κατά συνέπεια σε περιορισμό των απαιτούμενων ποσών ενέργειας για θέρμανση.

#### 4.5.3.2. Ενέργεια δροσισμού των κατοικιών

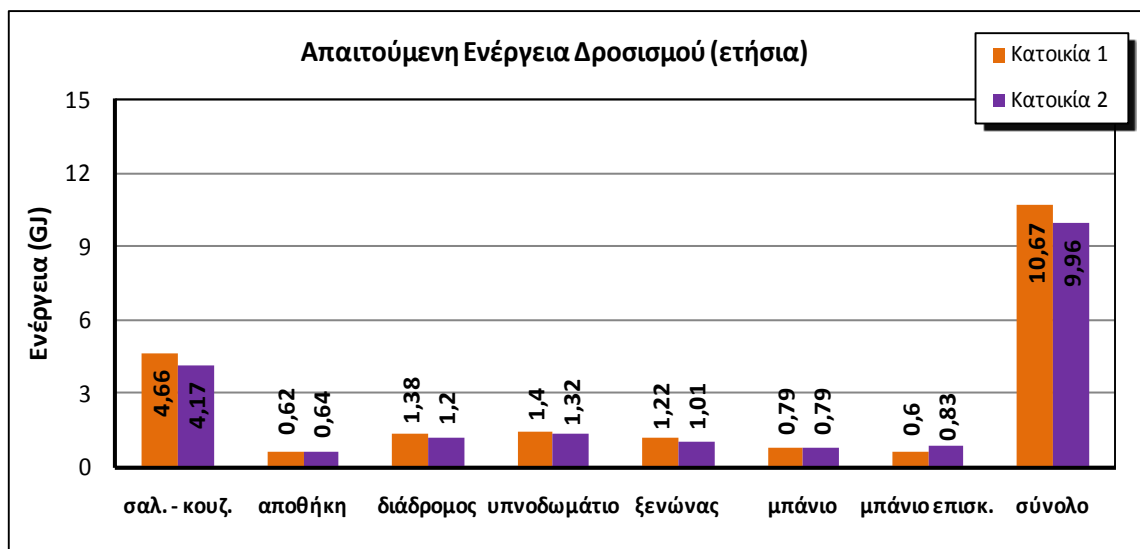
Αντιστοίχως με όσα μελετήθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, το διάγραμμα που παρουσιάζεται παρακάτω αφορά στην απαιτούμενη ενέργεια για δροσισμό των κατοικιών κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Στο διάγραμμα 4.16. απεικονίζονται τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας, προκειμένου όλοι οι χώροι των κατοικιών να διατηρούν κατά την καλοκαιρινή περίοδο εσωτερική θερμοκρασία αέρα τουλάχιστον ίση με:

- 26,5°C από τις 07:00 έως τις 21:00

Οι υπόλοιπες ώρες του 24ώρου δεν εμφανίζουν πιθανότητα εκδήλωσης θερμοκρασιών μεγαλύτερων των 26,5°C αλλά και θεωρούνται ως ώρες που λειτουργεί επαρκώς ο νυκτερινός φυσικός αερισμός οπότε και δεν προβλέπεται η λειτουργία κάποιου μηχανικού συστήματος δροσισμού.

Το διάγραμμα και στην περίπτωση του δροσισμού περιλαμβάνει οκτώ ζευγάρια σηλών. Τα πρώτα επτά αναφέρονται στην απαιτούμενη ενέργεια για το δροσισμό της ίδιας ζώνης σε κάθε κατοικία, ενώ το τελευταίο ζευγάρι παριστά τη συνολική ενέργεια που απαιτείται για τη διατήρηση συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό ολόκληρων των κατοικιών κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου ενός τυπικού έτους αναφοράς. Στον άξονα των τεταγμένων (y) παριστώνται τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας σε GJ, με εύρος κλίμακας τα 15 GJ και βήμα τα 3 GJ.





**Διάγραμμα 4.16.** Η ετήσια απαιτούμενη ενέργεια δροσισμού κάθε μιας από τις ζώνες στις οποίες κατανεμήθηκαν τα δύο κτίρια αλλά και στο σύνολο αυτών.

- Οι ζώνες των αποθηκών αντίστοιχα με το περιορισμένο ποσό ενέργειας που απαιτούν για να διατηρήσουν την εσωτερική τους θερμοκρασία σε επιθυμητά για την ψυχρή περίοδο επίπεδα, εμφανίζουν και την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Αν και οι τιμές της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των αποθηκών είναι υψηλές (όπως έχει σχολιαστεί αναλυτικά σε προηγούμενη ενότητα) το μικρό μέγεθος του χώρου εξασφαλίζει τη δυνατότητα άμεσου και χωρίς τη δαπάνη μεγάλων ποσών ενέργειας δροσισμού. Βέβαια, η διάνοιξη ανοίγματος υπό τη μορφή παραθύρου που προτάθηκε για τη βόρεια όψη των αποθηκών θα εξασφάλιζε το φυσικό αερισμό της ζώνης μηδενίζοντας έτσι την ενέργεια λειτουργίας ενός μηχανικού συστήματος δροσισμού, αυξάνοντας όμως ενδεχομένως την απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα.
- Τα μπάνια επισκεπτών των δύο κατοικιών αποτελούν ζώνες με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό. Σε σύγκριση μεταξύ των δύο κατοικιών, το μπάνιο επισκεπτών της κατοικίας 1 χρειάζεται μικρότερο ποσό ενέργειας για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σε επιθυμητά για το καλοκαίρι επίπεδα καθώς χαρακτηρίζεται ως πιο δροσερό σε σχέση με το μπάνιο επισκεπτών της δεύτερης κατοικίας για τη θερμή περίοδο. Πάντως, οι προτάσεις που περιγράφηκαν και αφορούν στην ενίσχυση των εναλλαγών αέρα στα μπάνια επισκεπτών το καλοκαίρι και η περιορισμένη χρήση των συγκεκριμένων ζωνών παρέχει τη δυνατότητα μη εγκατάστασης κάποιου συστήματος μηχανικού δροσισμού των χώρων.

- Η ενέργεια που απαιτείται για το δροσισμό των μπάνιων υπολογίζεται ίση και για τις δύο κατοικίες, παρόλο που το μπάνιο της κατοικίας 1 εμφανίζεται κατάτι πιο θερμό από το αντίστοιχο της κατοικίας 2. Πάντως, τα μικρά ποσά που απαιτούνται για το μηχανικό δροσισμό και των μπάνιων, σε συνδυασμό με την πρόταση για αύξηση του αερισμού που ανταλλάσσεται μεταξύ του εσωτερικού των ζωνών και του εξωτερικού περιβάλλοντος κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες μπορούν να οδηγήσουν σε περαιτέρω μείωση ή ακόμα και μηδενισμό των ποσών ενέργειας που απαιτούνται για το δροσισμό τους.
- Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του τυπικού έτους στο εσωτερικό των ζωνών, οι ξενώνες είναι δροσερές ζώνες σε σχέση με τις υπόλοιπες των κατοικιών (παράγραφος 4.5.2.7.). Στο γεγονός αυτό οφείλονται και τα περιορισμένα ποσά ενέργειας που απαιτούνται για το δροσισμό των συγκεκριμένων ζωνών και στις δύο κατοικίες. Πάντως, ο ξενώνας της πρώτης κατοικίας είναι πιο θερμός σε σχέση με αυτό της δεύτερης και άρα απαιτεί κατάτι μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για τον επαρκή δροσισμό του. Να σημειωθεί πως η διάνοιξη φεγγιτών στην οροφή των ξενώνων που προτείνεται θα ενισχύσει και τη ροή ανέμου από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό με μείωση των θερμικών φορτίων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δημιουργία ρεύματος δροσερού αέρα και επομένως μείωση των απαιτούμενων ποσών ενέργειας για μηχανικό δροσισμό.
- Ο δροσισμός των διαδρόμων εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το δροσισμό των ζωνών των σαλονιών - κουζινών καθώς μεταξύ τους αναπτύσσεται ελεύθερη ροή θερμότητας που επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο και άρα και τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό. Γενικά στους διαδρόμους απαιτούνται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για δροσισμό σε σχέση με αυτά που έχουν αναφερθεί ως τώρα για τις υπόλοιπες ζώνες, ωστόσο είναι δύσκολος ο ανεξάρτητος δροσισμός των συγκεκριμένων ζωνών. Η πρόταση για δημιουργία ρεύματος αέρα με απαγωγή του θερμού αέρα από εξωτερικό των κατοικιών και αντικατάσταση αυτού με δροσερότερο από το εξωτερικό περιβάλλον με άμεση συμβολή των διαδρόμων οι οποίοι ενώνουν τη νότια με τη βόρεια όψη των κατοικιών μπορεί να συμβάλλει πολύ αποτελεσματικά τόσο στο φυσικό δροσισμό της ζώνης των διαδρόμων όσο και των σαλονιών - κουζινών.
- Όσον αφορά στα υπνοδωμάτια, αυτά εμφανίζουν λίγο μεγαλύτερες απαιτήσεις για το δροσισμό τους σε σχέση με τους ξενώνες αλλά και με τις υπόλοιπες ζώνες των κατοικιών που έχουν αναλυθεί ως τώρα. Το υπνοδωμάτιο της κατοικίας 1 λόγω του

δυτικού προσανατολισμού των ανοιγμάτων του είναι θερμότερο από το αντίστοιχο δωμάτιο της κατοικίας 2 και γι' αυτό απαιτούνται κατάτι μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για το δροσισμό του.

- Όπως και για τη θέρμανση έτσι και για τον δροσισμό των ζωνών των σαλονιών – κουζινών απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας σε σχέση με τις υπόλοιπες ζώνες των δύο κτιρίων, με το σαλόνι – κουζίνα της κατοικίας 1 να χρειάζεται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας εξαιτίας του δυτικού προσανατολισμού ορισμένων ανοιγμάτων του. Η χρήση των συγκεκριμένων ζωνών καθιστά απαραίτητη τη διαμόρφωση άνετων συνθηκών διαβίωσης στο εσωτερικό τους με το δροσισμό να αποτελεί βασικό μέλημα του σχεδιασμού, κυρίως λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η αύξηση της θερμικής μάζας στο εσωτερικό των ζωνών για αποθήκευση της θερμότητας και απόδοσή της με χρονική καθυστέρηση, η αύξηση του εξαναγκασμένου αερισμού (μέσω της κατασκευής ηλιακής καμινάδας) και η φύτευση του εξωτερικού χώρου προκειμένου να παρεμποδίζεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι θα μπορούσαν να αποτελέσουν λύσεις μειώνοντας τα απαιτούμενα φορτία μηχανικής ψύξης του χώρου κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών, χωρίς όμως να είναι δυνατή μια πλήρης εξάλειψή τους.

#### **4.6. Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου**

Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου και η βλάστηση επηρεάζει σημαντικά το μικροκλίμα της περιοχής. Ο πιο σημαντικός ρόλος της βλάστησης στο δομημένο περιβάλλον είναι η συνεισφορά της στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα του περιβάλλοντος χώρου τη θερινή περίοδο, αποτέλεσμα του σκιασμού της περιοχής και της απώλειας θερμότητας μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών για φωτοσύνθεση, διαπνοή και εξάτμιση.

Διαφορετικές μελέτες και πειράματα μετρήσεων της θερμοκρασίας που έχουν γίνει μεταξύ δεντροφυτεμένων περιοχών και του δομημένου περιβάλλοντος, έχουν δείξει ότι η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να φτάσει μέχρι και 5°C, επηρεάζοντας θετικά το μικροκλίμα της περιοχής. Γενικά, ακόμη και στον ίδιο χώρο είναι αναμενόμενη διαφορά θερμοκρασίας της τάξης των 2°C στην περιοχή, όπου επηρεάζεται από τη βλάστηση.

Όταν η βλάστηση χρησιμοποιείται κοντά σε κτίρια για ηλιοπροστασία, μπορεί να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου, καθώς και να επηρεάσει το πεδίο ανεμορροής στον περιβάλλοντα χώρο, μειώνοντας την ταχύτητα του ανέμου που έρχεται σε επαφή με το κέλυφος. Ομαδοποιώντας συστάδες δέντρων, είναι δυνατή η δημιουργία ανεμοφρακτών, παρέχοντας προστασία στα κοντινά κτίρια, ελαττώνοντας την ταχύτητα των ανέμων προς

αυτή την κατεύθυνση. Ανάλογα με τις ανάγκες, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δενδροφυτεύσεις και για την ανακατεύθυνση του ανέμου και δημιουργία ρευμάτων γύρω από το κτίριο, με στόχο το δροσισμό του κτιρίου [4].

Στόχος των προτάσεων που θα παρουσιαστούν συνοπτικά στη συνέχεια είναι η αξιοποίηση της βλάστησης της περιοχής για τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς των ζωνών των κατοικιών τόσο κατά τη χειμερινή, όσο και κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, προτείνεται:

- Η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στη νοτιοδυτική πλευρά των θερμοκηπίων σε κατάλληλη απόσταση από αυτά. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποτελέσει «υλικό» προστασίας τους μέσω του σκιασμού που παρέχει το φύλλωμα των δέντρων κατά τους θερινούς μήνες. Αντίθετα, το χειμώνα, οπότε τα δέντρα δεν έχουν φύλλωμα, τα θερμοκήπια δέχονται σχεδόν ανεμπόδιστα την ηλιακή ακτινοβολία.
- Φύτευση αιθιαλών δέντρων κατά μήκος των βόρειων όψεων των κατοικιών που θα περιορίζουν την επίδραση του ανέμου, προστατεύοντας το κέλυφος ως επί το πλείστον από τους βόρειους ανέμους της περιοχής, ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο.
- Φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στη δυτική όψη της κατοικίας 1 και στην ανατολική της κατοικίας 2, τα οποία θα προστατεύουν το κέλυφος από τον έντονο ηλιασμό μειώνοντας τα θερμικά φορτία που εισέρχονται στις ζώνες το καλοκαίρι και θα επιτρέπουν την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα.
- Φύτευση χαμηλής βλάστησης μπροστά από τους τοίχους Trombe. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η ροή αέρα μεταξύ άνω και κάτω οπών και η διατήρηση χαμηλότερων τιμών διακινούμενου αέρα εντός του τοίχου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.



**Εικόνα 4.1.** Η νότια όψη των κατοικιών, όπως διαμορφώνεται μετά τη φύτευση του περιβάλλοντα χώρου.



**Εικόνα 4.2.** Η βόρεια όψη των κατοικιών, όπως διαμορφώνεται μετά τη φύτευση του περιβάλλοντα χώρου.

#### **4.7. Σύνοψη κεφαλαίου**

Με βάση τα όσα περιγράφηκαν στις παραπάνω ενότητες μπορούν να εξαχθούν οι παρακάτω παρατηρήσεις σε σχέση με τη θερμική συμπεριφορά των δύο κατοικιών που σχεδιάστηκαν:

- Ο νότιος προσανατολισμός των κατοικιών και τα ανοίγματα στις αντίστοιχες όψεις ευνοούν τα θερμικά κέρδη από την είσοδο των ηλιακών ακτινών τόσο στους χώρους των θερμοκηπίων όσο και σε αυτούς των σαλονιών – κουζινών και υπνοδωματίων. Αποτέλεσμα είναι η ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών στο εσωτερικό των ζωνών αυτών κατά τη χειμερινή, εαρινή αλλά και φθινοπωρινή περίοδο.
- Αντίθετα, ζώνες με έλλειψη ανοιγμάτων προς το νότο στερούνται σημαντικά ενεργειακά οφέλη από την ηλιακή ακτινοβολία με άμεση συνέπεια την ανάπτυξη χαμηλότερων θερμοκρασιών στο εσωτερικό τους κατά τη διάρκεια των ψυχρών μηνών του έτους και επομένως τη μεγαλύτερη ανάγκη για θέρμανση.
- Η αποτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση των κατοικιών κρίνεται πολύ ικανοποιητική, ακόμα και συγκρινόμενη με μέσες τιμές κατανάλωσης ενέργειας άλλων βιοκλιματικών κτιρίων ( 63GJ στην πρώτη κατοικία και 64GJ στη δεύτερη για θέρμανση και ψύξη ενώ η μέση κατανάλωση για τη συγκεκριμένη ζώνη είναι κατά μέση τιμή 108GJ) [44]. Όσον αφορά στα τυπικά κτίρια, η απαιτούμενη ενέργεια θέρμανσης που υπολογίζεται κατά μέσο όρο είναι περίπου 390GJ [45], γεγονός που αποδεικνύει τη δραστική συμβολή της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στην εξοικονόμηση ενέργειας.
- Γενικά, τα κτίρια μπορούν να διακριθούν ενεργειακά και αρχιτεκτονικά σε δύο επίπεδα, αυτά των κοινόχρηστων και των προσωπικών χώρων. Η θερμική συμπεριφορά των πρώτων επιπέδων και των ζωνών που αναπτύσσονται σε αυτά

είναι περίπου ίδια, καθώς ο προσανατολισμός τους δεν εμφανίζει ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις. Αντίθετα, η διάταξη των ζωνών μεταβάλλεται αρκετά στα επίπεδα των προσωπικών χώρων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση διαφορετικών θερμικών χαρακτηριστικών. Πιο συγκεκριμένα:

- Οι ζώνες των θερμοκηπίων λειτουργούν αρκετά αποτελεσματικά ως προσαρτημένοι ηλιακοί χώροι αποθήκευσης και μετάδοσης της θερμότητας προς το εσωτερικό των κατοικιών (και ιδιαίτερα προς τις ζώνες των σαλονιών – κουζινών). Κατά τη διάρκεια της εαρινής και της φθινοπωρινής περιόδου τα θερμοκήπια αποτελούν άνετους χώρους ανάπτυξης δραστηριοτήτων καθώς η θερμοκρασία κατά τις ώρες ηλιοφάνειας ανέρχεται στα επίπεδα της θερμικής άνεσης. Αλλά και κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των θερμοκηπίων την ημέρα είναι 6 - 7°C πάνω από την αντίστοιχη θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος. Η τοποθέτηση περσίδων με λεπτή στρώση θερμομονωτικού υλικού στα διαφανή στοιχεία των θερμοκηπίων περιορίζει αρκετά τις απώλειες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το καλοκαίρι τα θερμοκήπια αποτελούν ζεστούς χώρους, ιδιαίτερα τις μεσημβρινές και πρώτες απογευματινές ώρες, ενώ η θερμοκρασία μειώνεται αργά το απόγευμα και το βράδυ λόγω του αερισμού. Και σε αυτή την περίπτωση η χρήση των περσίδων ως σκίαστρα που εμποδίζουν την είσοδο της ανεπιθύμητης ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων είναι σημαντική στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου.
- Οι ζώνες των σαλονιών – κουζινών απολαμβάνουν σημαντικά ενεργειακά οφέλη λόγω των ανοιγμάτων τους με νότιο κυρίως προσανατολισμό αλλά και λόγω της προσάρτησης σε αυτές των θερμοκηπίων (ανάπτυξη διαζωνικών ροών με θετικό πρόσημο μεταξύ των δύο ζωνών όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 4.12.) . Πρόκειται για τις μεγαλύτερες (από άποψη όγκου αλλά και μεγεθών ενεργειακού ισοζυγίου) ζώνες των κατοικιών. Από την ανάλυση των διαγραμμάτων της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των συγκεκριμένων ζωνών, το φθινόπωρο και η άνοιξη αποτελούν τις περιόδους βέλτιστης λειτουργίας, καθώς η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνδυασμό βέβαια με τις αντίστοιχες συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον συμβάλλουν στην επίτευξη τιμών θερμοκρασίας που είτε βρίσκονται είτε προσεγγίζουν αρκετά ικανοποιητικά τα επιθυμητά επίπεδα άνεσης. Κατά τη χειμερινή περίοδο η διακύμανση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των σαλονιών – κουζινών είναι μικρή, ωστόσο η θερμοκρασία ποτέ δεν κατέρχεται °των 9 C, διατηρώντας

διαφορά ακόμα και  $^{\circ}8\text{ C}$  με το εξωτερικό περιβάλλον (πρώτες πρωινές ώρες Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου). Βέβαια, το μεγάλο ποσοστό ανοιγμάτων στο κελύφος των ζωνών και η έλλειψη μόνωσης μεταξύ των ανοιγμάτων ανάμεσα σε κουζίνες και θερμοκήπια επιτρέπει απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον, ιδιαίτερα κατά τις βραδινές ώρες των ψυχρών μηνών. Αντίθετα, το καλοκαίρι τα σαλόνια – κουζίνες αποτελούν αρκετά θερμές ζώνες, με επιβεβλημένη ορισμένες φορές την ενίσχυση του δροσισμού με μηχανικά μέσα. Μεταξύ των δύο κατοικιών δεν εμφανίζονται ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις στα θερμικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων ζωνών, παρά μόνο κατά τους θερινούς μήνες λόγω του δυτικού προσανατολισμού των ανοιγμάτων στο σαλόνι της κατοικίας 1 σε αντίθεση με τον ανατολικό στο σαλόνι της κατοικίας 2.

- Όσον αφορά στις αποθήκες, αυτές αποτελούν τις ζώνες όπου και αναπτύσσονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες σε όλη τη διάρκεια του τυπικού έτους αναφοράς. Μάλιστα, κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και της άνοιξης η θερμοκρασία στο εσωτερικό τους βρίσκεται στα επιθυμητά επίπεδα και η λειτουργία συστήματος θέρμανσης περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατό. Αντίθετα, το καλοκαίρι οι αποθήκες αποτελούν θερμές ζώνες, γεγονός το οποίο επιβάλλει τη διάνοιξη ενός παραθύρου στη βόρεια όψη του κελύφους τους για τον επαρκή αερισμό τους.
- Οι διάδρομοι εμφανίζουν πολύ ικανοποιητική θερμική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και της άνοιξης (ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση) ενώ εμφανίζουν υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι λόγω της επικοινωνίας τους με τη ζώνη των σαλονιών – κουζινών. Μικρή διαφοροποίηση παρατηρείται μεταξύ των δύο κατοικιών στις συγκεκριμένες ζώνες εξαιτίας του διαφανούς ανοίγματος από υαλότουβλα στη δυτική όψη της πρώτης κατοικίας από όπου και σημειώνονται ηλιακά οφέλη.
- Τα υπνοδωμάτια παρουσιάζουν ικανοποιητική θερμική συμπεριφορά, με εξαίρεση τους θερινούς μήνες οπότε και οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό των ζωνών αυτών είναι αρκετά υψηλές (χαμηλότερες από τις αντίστοιχες στις ζώνες που έχουν μέχρι τώρα αναφερθεί). Σημαντική όσον αφορά στα θερμικά κέρδη των υπνοδωματίων είναι η συμβολή των τοίχων Trombe, οι οποίοι καταλαμβάνουν τη νότια όψη των ζωνών (τα υπνοδωμάτια είναι οι μόνες ζώνες στις οποίες παρατηρούνται θερμικά οφέλη μέσω της λειτουργίας του κελύφους τους, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.13.). Επίσης, η άμεση είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας από τα νότια ανοίγματα των υπνοδωματίων ενισχύει τα θερμικά κέρδη, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους. Αν και οι

θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις δύο ζώνες δε διαφέρουν κατά πολύ, πρέπει να σημειωθεί ότι το υπνοδωμάτιο της κατοικίας 1 εμφανίζει μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία από το αντίστοιχο της κατοικίας 2 κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες (εξαιτίας του δυτικού προσανατολισμού ανοιγμάτων του) ενώ κατά το υπόλοιπο έτος η κατάσταση αντιστρέφεται (εξαιτίας του ανατολικού προσανατολισμού των ανοιγμάτων της δεύτερης κατοικίας).

- Ίδια συμπεριφορά παρατηρείται και στα μπάνια των επισκεπτών με το μπάνιο της κατοικίας 1 να είναι πιο θερμό τους μήνες Νοέμβριο – Ιούνιο, ενώ για το υπόλοιπο έτος οι υψηλότερες θερμοκρασίες να παρατηρούνται στην αντίστοιχη ζώνη της κατοικίας 2. Αυτό οφείλεται στον ανατολικό προσανατολισμό του μπάνιου επισκεπτών της κατοικίας 1 (με μεγαλύτερα οφέλη τους μήνες του χειμώνα, του φθινοπώρου και της άνοιξης) σε αντίθεση με τον δυτικό προσανατολισμό του μπάνιου επισκεπτών της κατοικίας 2 (με αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε αυτό το καλοκαίρι). Τα ανοίγματα στο κέλυφος των μπάνιων επισκεπτών συμβάλλουν κατά κύριο λόγο στον αερισμό και όχι στον ηλιασμό τους. Για το λόγο αυτό τα θερμικά κέρδη από διαφανή στοιχεία στις συγκεκριμένες ζώνες είναι ελάχιστα (διάγραμμα 4.13.).
- Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η θερμική συμπεριφορά των ξενώνων των δύο κατοικιών καθώς γίνεται αντιληπτή η διαφοροποίηση των θερμικών κερδών ανάλογα με τον προσανατολισμό κάθε χώρου. Κατά τους χειμερινούς μήνες ο ξενώνας της κατοικίας 2 εμφανίζει υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας, γεγονός το οποίο οφείλεται στην είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας από τα ανατολικά ανοίγματα αυτού. Κατά το υπόλοιπο τυπικό έτος η θερμοκρασία στον ξενώνα της κατοικίας 1 ξεπερνά την αντίστοιχη της κατοικίας 2, καθώς το άνοιγμα στο νότιο τμήμα του κελύφους του καθώς και τα ανοίγματα στα δυτικά αυξάνουν τα αντίστοιχα θερμικά κέρδη (διάγραμμα 4.13.). Πάντως, η περιορισμένη χρήση των ξενώνων, η τοποθέτησή τους στο βόρειο τμήμα των κατόψεων και τα μικρά θερμικά κέρδη από τη δραστηριοποίηση ανθρώπων και ηλεκτρικών συσκευών στο εσωτερικό τους συμβάλλουν στη θεώρηση των ζωνών αυτών ως "δροσερών" ζωνών.
- Τα μπάνια των δύο κατοικιών δεν εμφανίζουν έντονη διαφοροποίηση ως προς την ενεργειακή τους συμπεριφορά καθώς και τα δύο κατατάσσονται στην βορειοανατολική πλευρά των κατόψεων των κατοικιών. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό του μπάνιου της κατοικίας 1 είναι κατάτι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του μπάνιου στην κατοικία 2 καθώς το μπάνιο της κατοικίας 1



εκτείνεται στο μεγαλύτερο μέρος του προς την ανατολή ενώ το μπάνιο της κατοικίας 2 προς το βορρά. Λόγω της έλλειψης επαρκούς ποσοστού ανοιγμάτων στο κέλυφος και των δύο μπάνιων τα κύρια θερμικά οφέλη τους προέρχονται από την παρουσία ανθρώπων και τη λειτουργία ηλεκτρικού φωτισμού στο εσωτερικό τους (διάγραμμα 4.13.).

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

#### Υφιστάμενο κτίριο

Τοπογραφικό κατοικιών (κλίμακα 1:200)

Κάτοψη κατοικιών

Νότια όψη κατοικιών

Βόρεια όψη κατοικιών

Ανατολική όψη κατοικιών

Ανατολική όψη κατοικίας 1

Δυτική όψη κατοικιών

Δυτική όψη κατοικίας 2

(κλίμακα 1:100)

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διαγράμματα Θ.1. έως Θ.12.

Διαγράμματα Α.1. έως Α.12.

Διαγράμματα Α/Δ.1. έως Α/Δ.12.

Διαγράμματα Σ1/1 έως Σ1/12

Διαγράμματα Σ2/1 έως Σ2/12

Διαγράμματα Σ3/1 έως Σ3/12

Διαγράμματα Σ4/1 έως Σ4/12

Διαγράμματα Σ5/1 έως Σ5/12

Διαγράμματα Σ6/1 έως Σ6/12

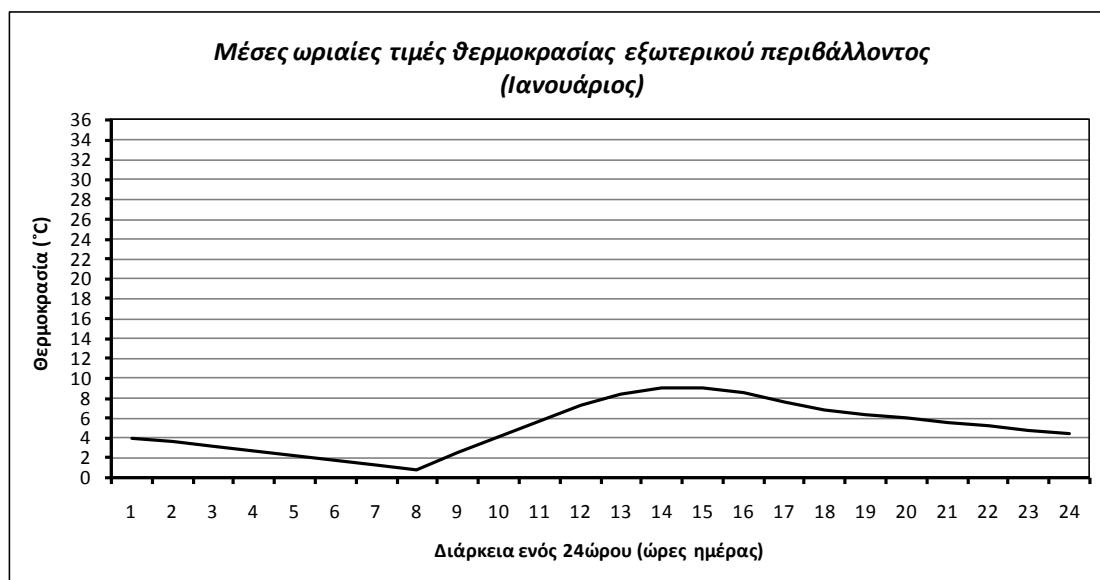
Διαγράμματα Σ7/1 έως Σ7/12

Διαγράμματα Σ8/1 έως Σ8/12

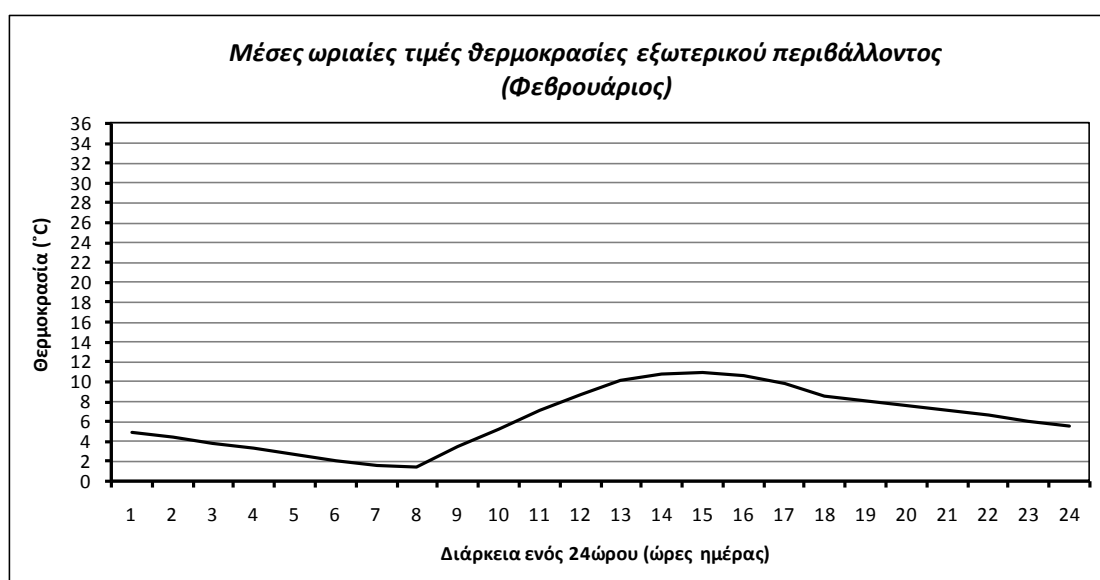
(Όλα τα διαγράμματα είναι πρωτότυπα)



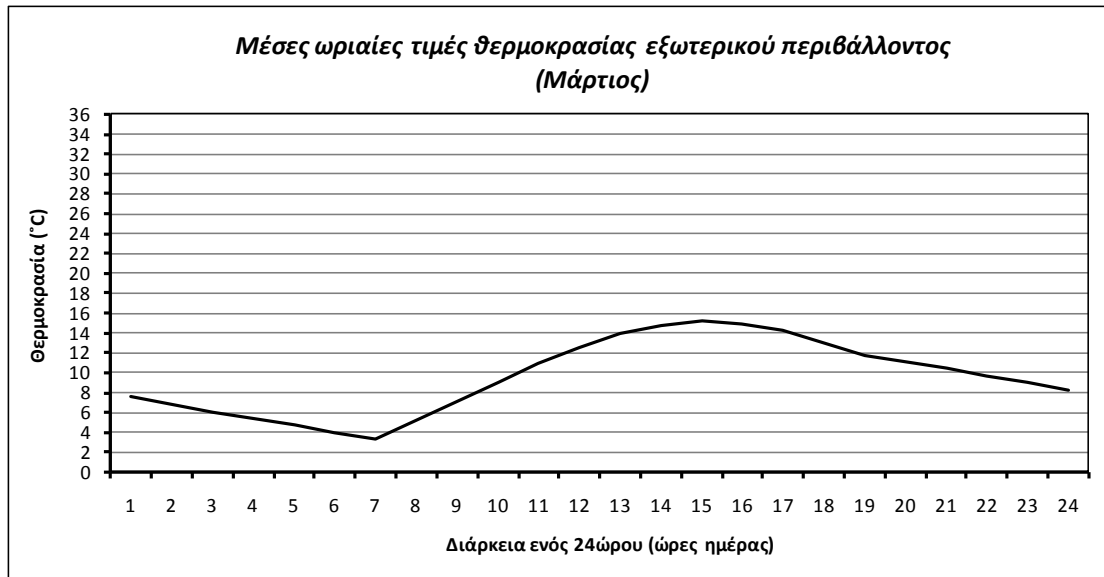
### Π.1. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος



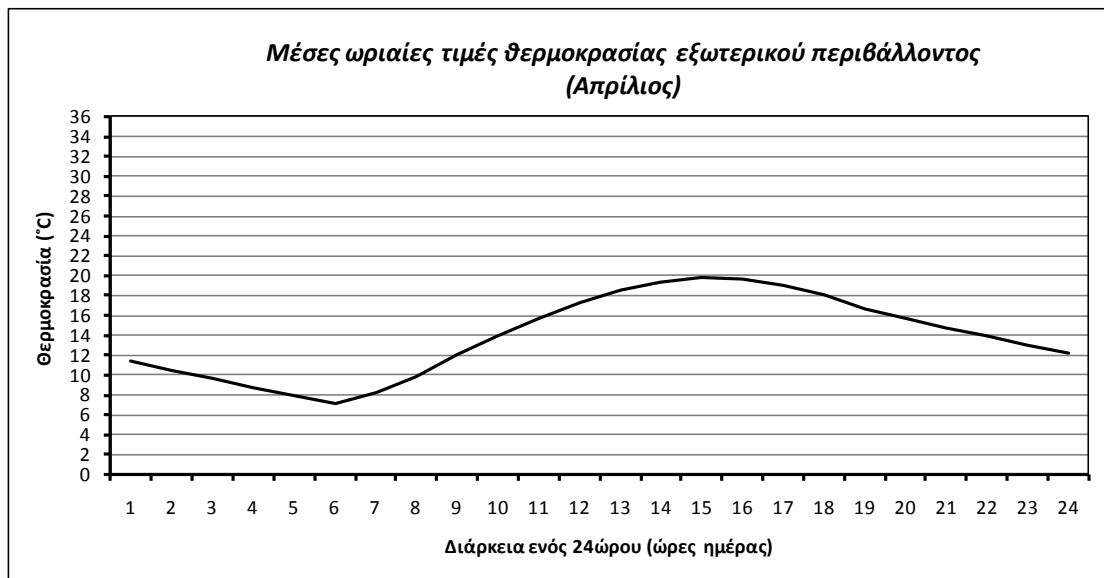
**Διάγραμμα Θ.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Ιανουάριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Θ.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Φεβρουάριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



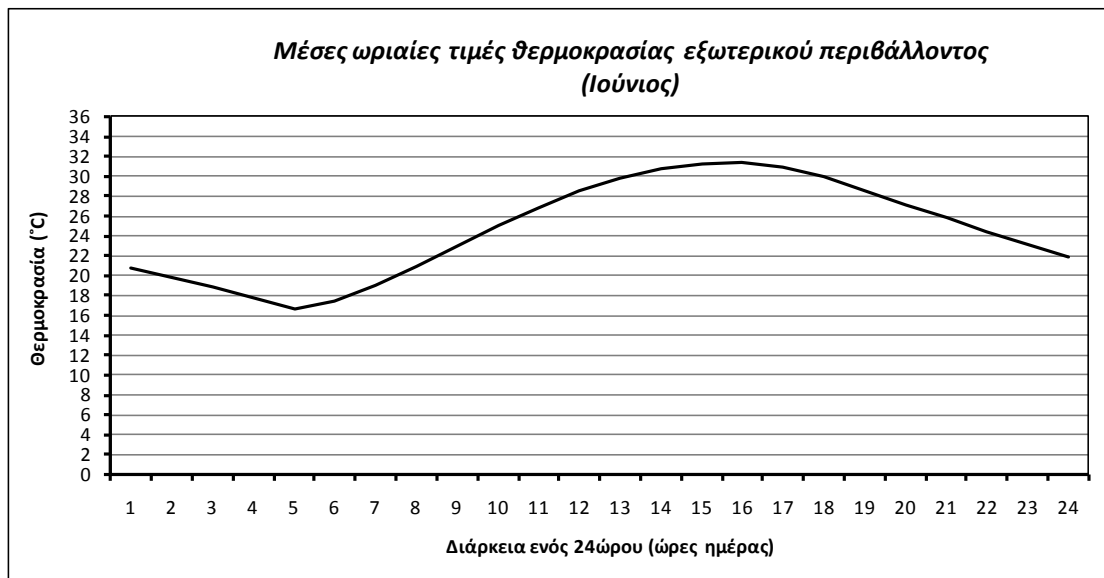
**Διάγραμμα Θ.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά το Μάρτιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



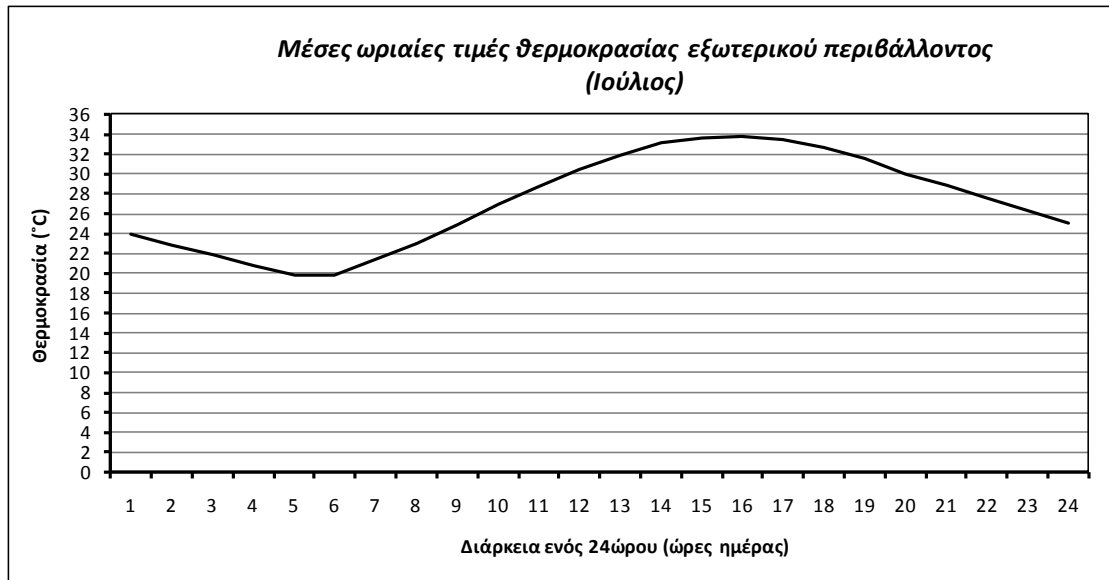
**Διάγραμμα Θ.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Απρίλιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



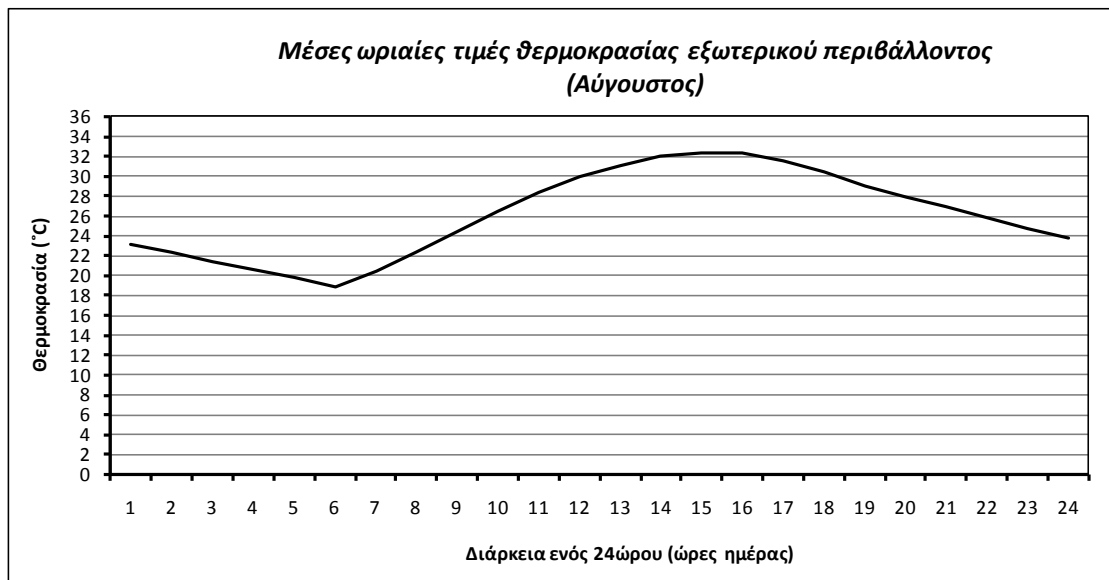
**Διάγραμμα Θ.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά το Μάιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



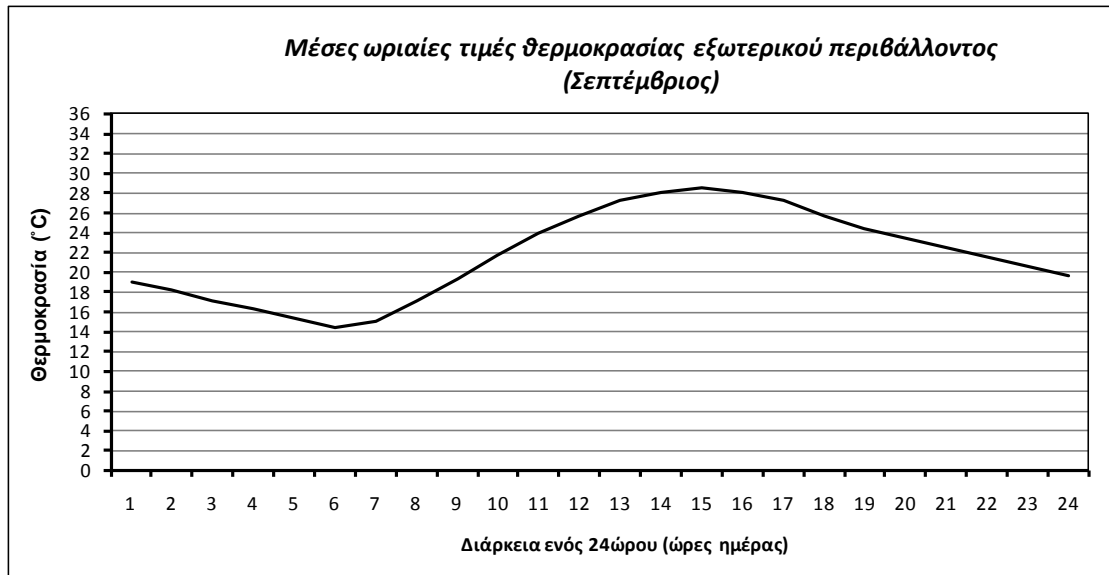
**Διάγραμμα Θ.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Ιούνιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Θ.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Ιούλιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Θ.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Αύγουστο.  
(πηγή: πρωτότυπη)

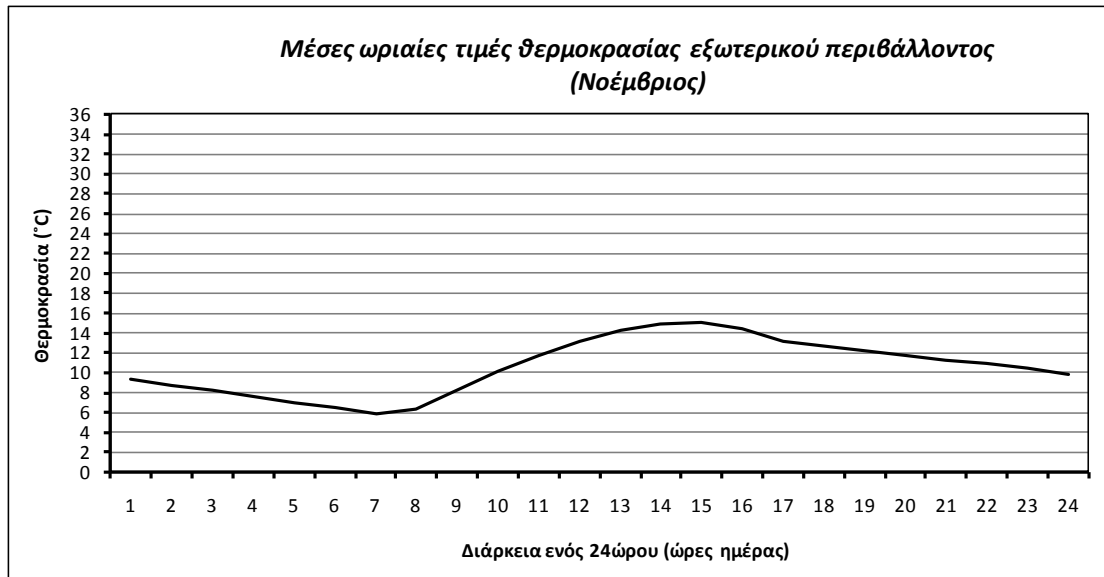


**Διάγραμμα Θ.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Σεπτέμβριο. (πηγή: πρωτότυπη)

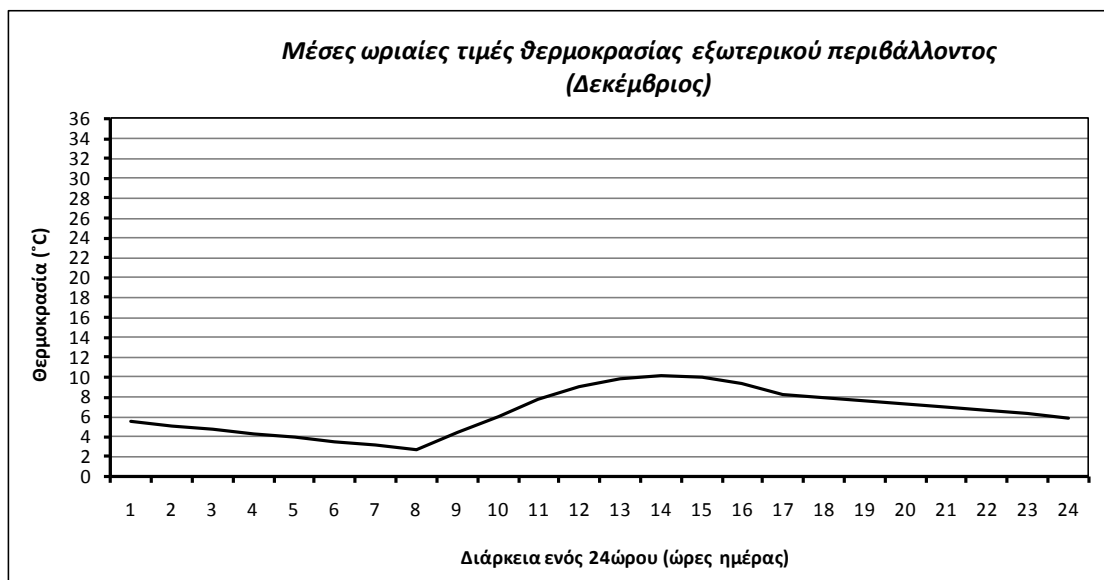


**Διάγραμμα Θ.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά τον Οκτώβριο. (πηγή: πρωτότυπη)



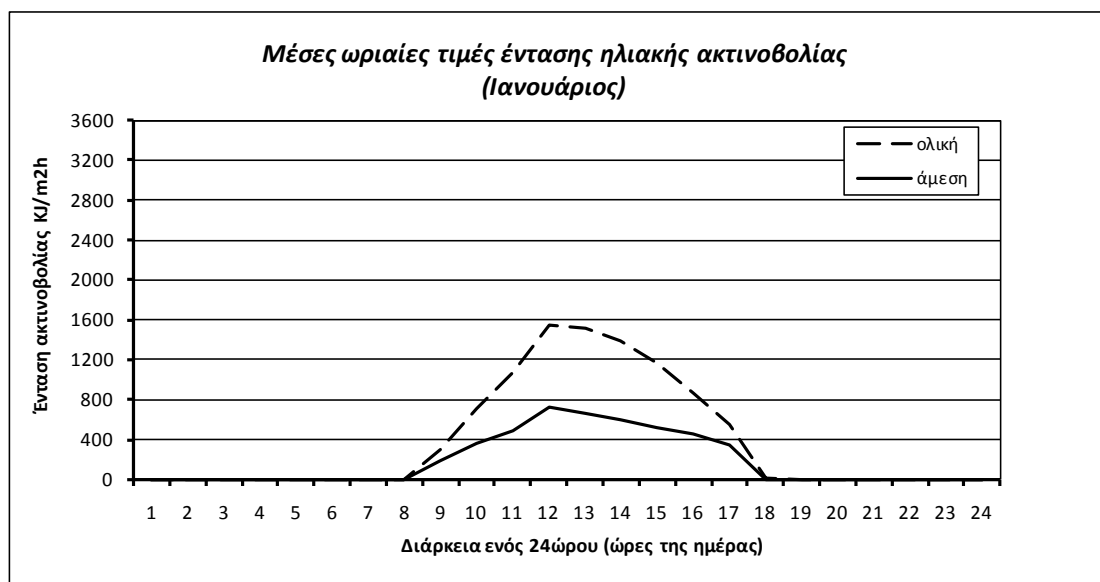


**Διάγραμμα Θ.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά το Νοέμβριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)

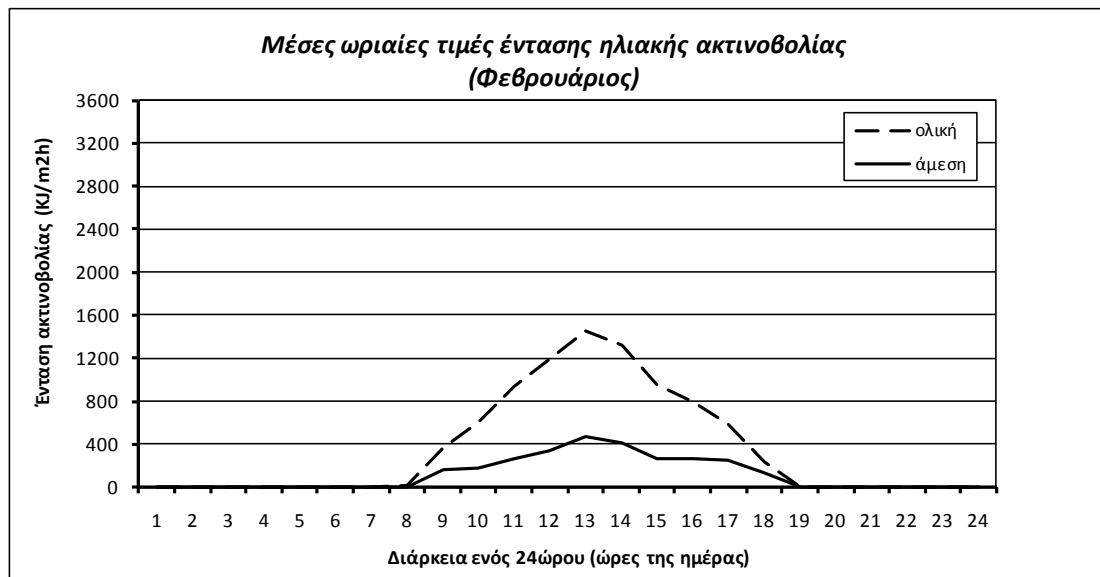


**Διάγραμμα Θ.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της τυπικής ημέρας κατά το Δεκέμβριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)

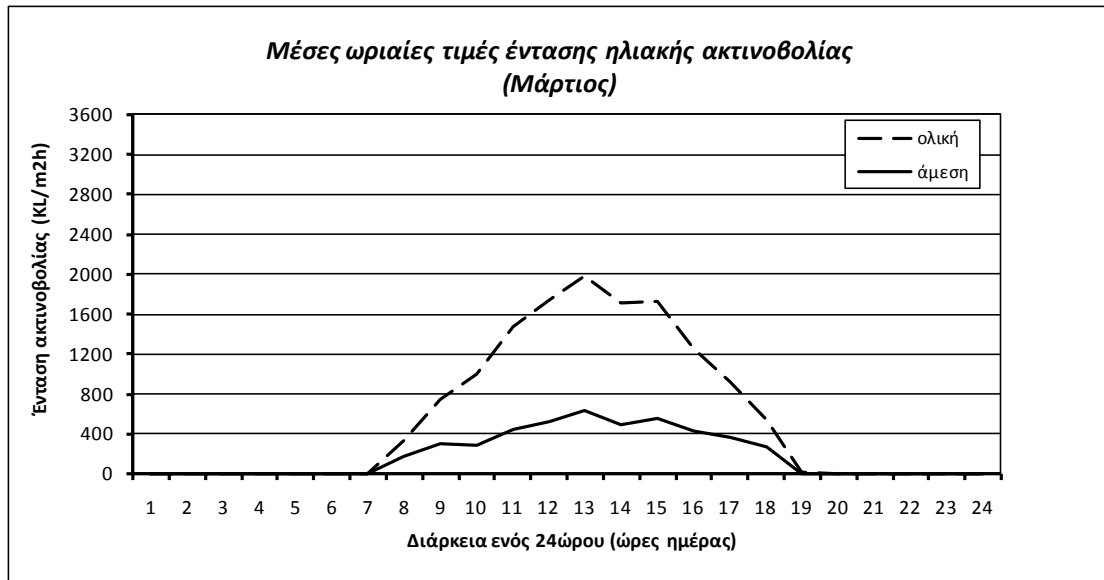
## Π.2. Μέσες ωριαίες τιμές έντασης ηλιακής ακτινοβολίας



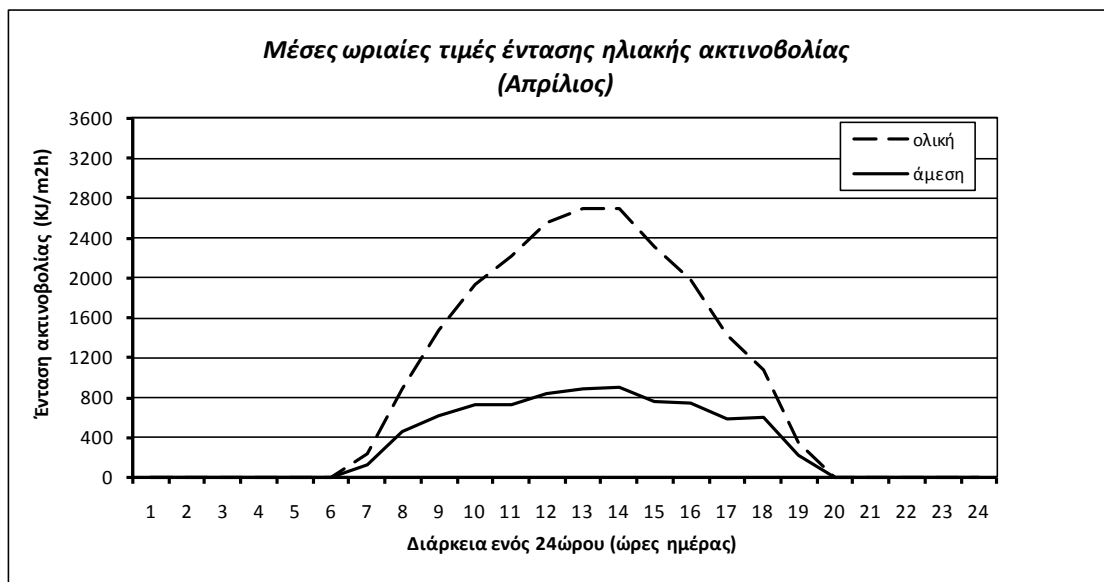
**Διάγραμμα Α.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Ιανουάριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



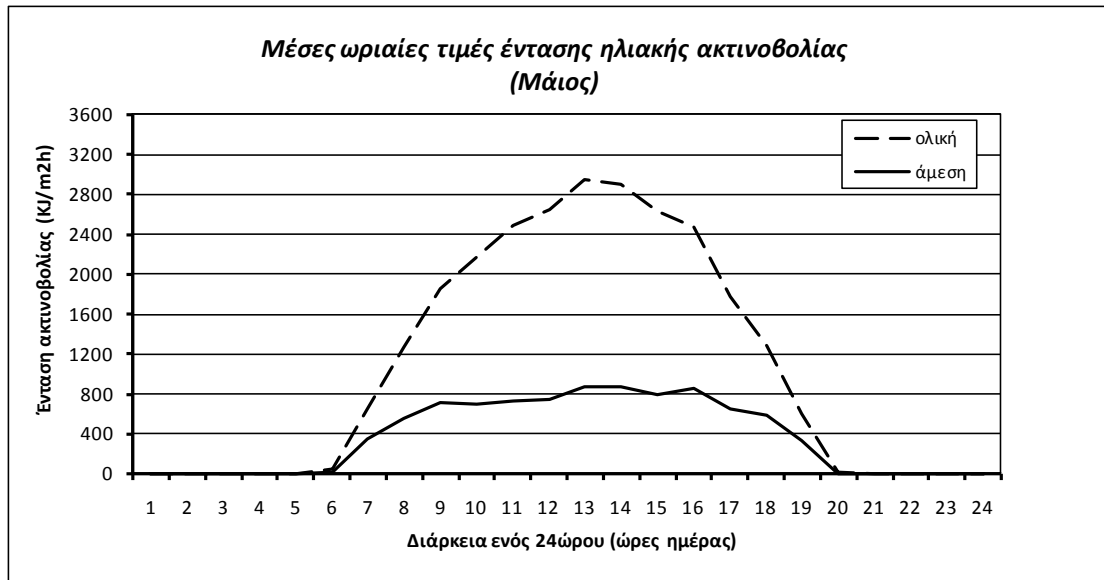
**Διάγραμμα Α.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Φεβρουάριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



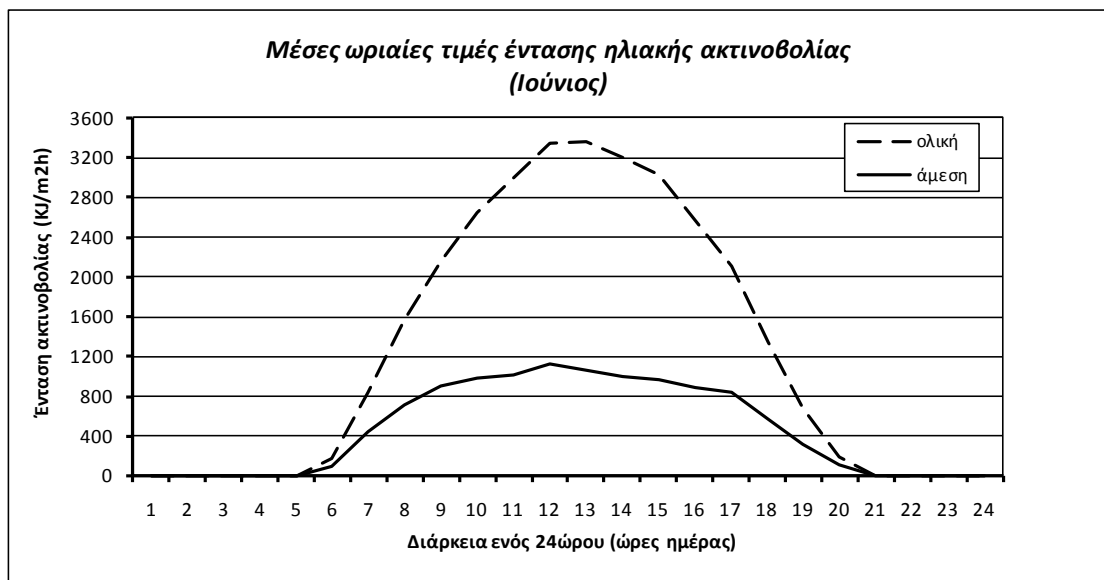
**Διάγραμμα Α.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Μάρτιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



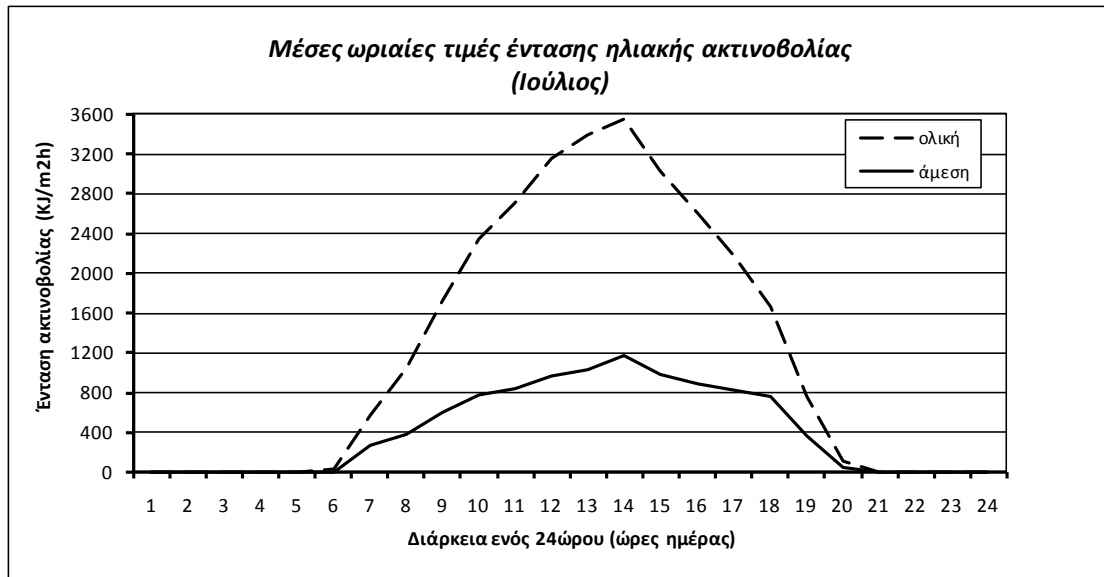
**Διάγραμμα Α.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Απρίλιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



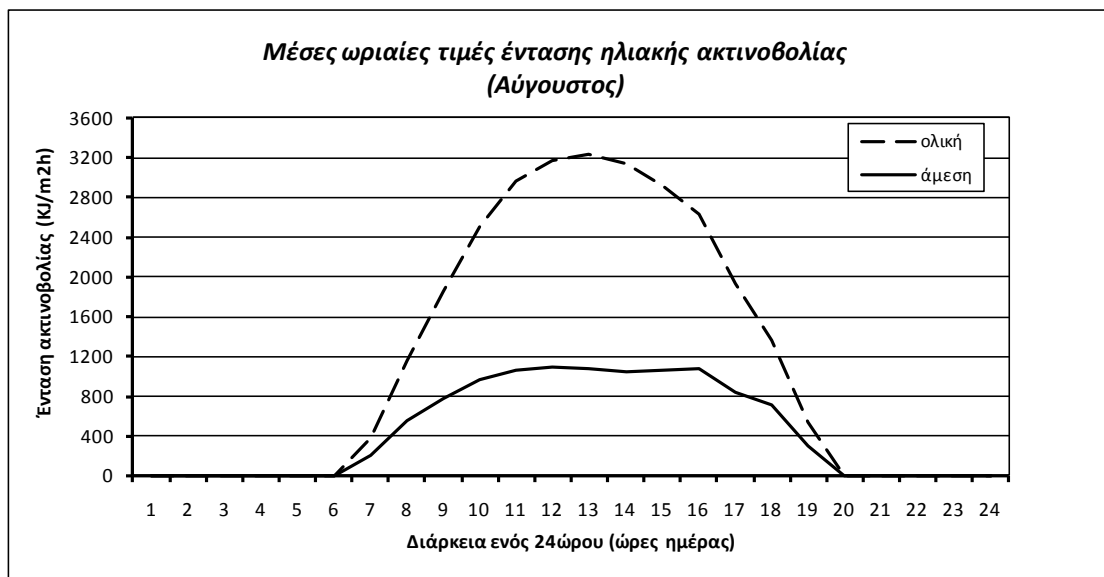
**Διάγραμμα Α.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Μάιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



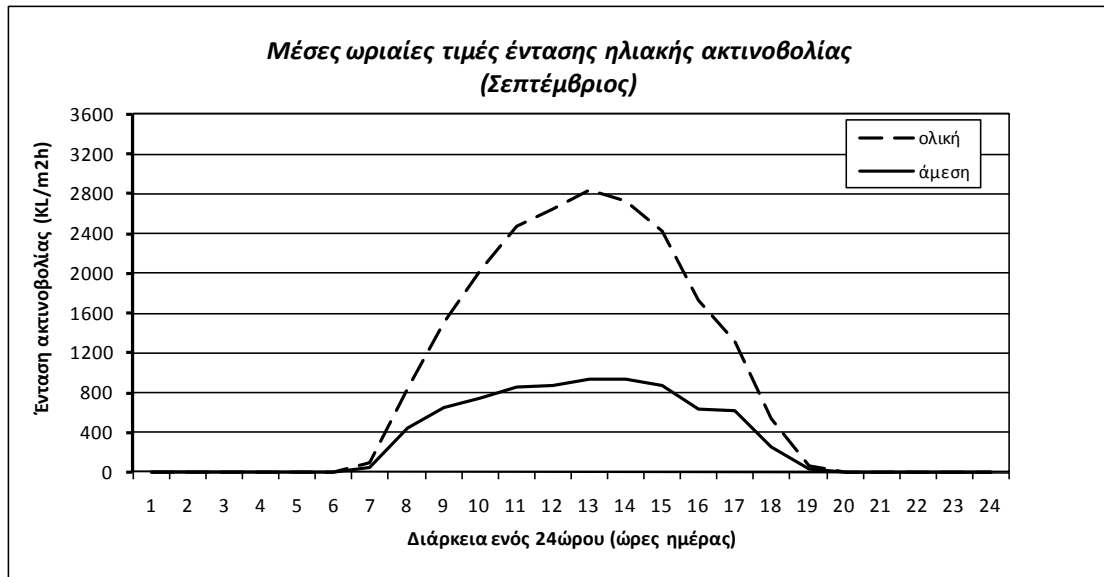
**Διάγραμμα Α.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Ιούνιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



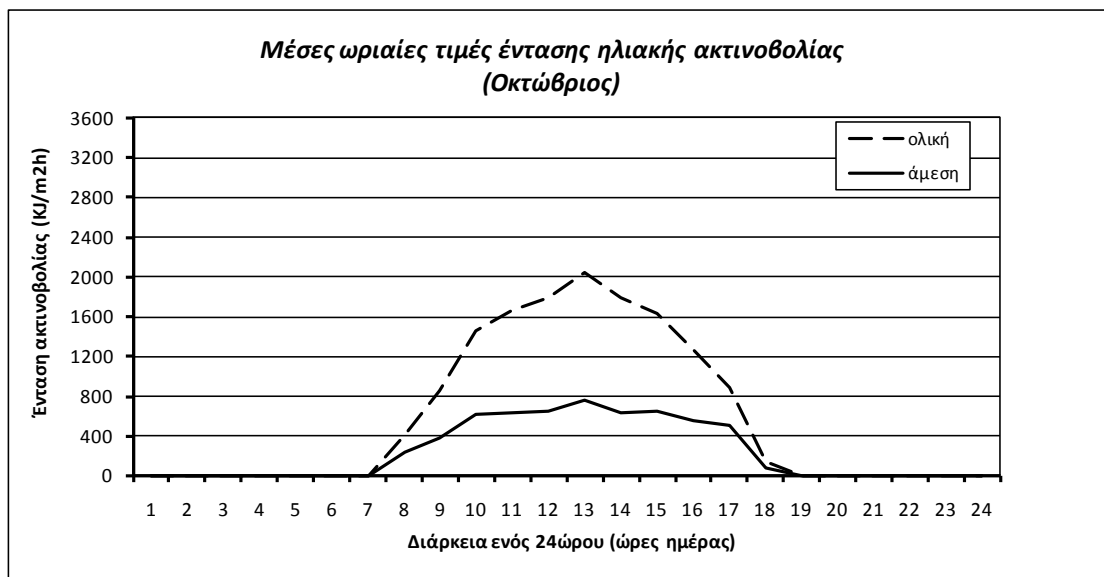
**Διάγραμμα Α.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Ιούλιο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



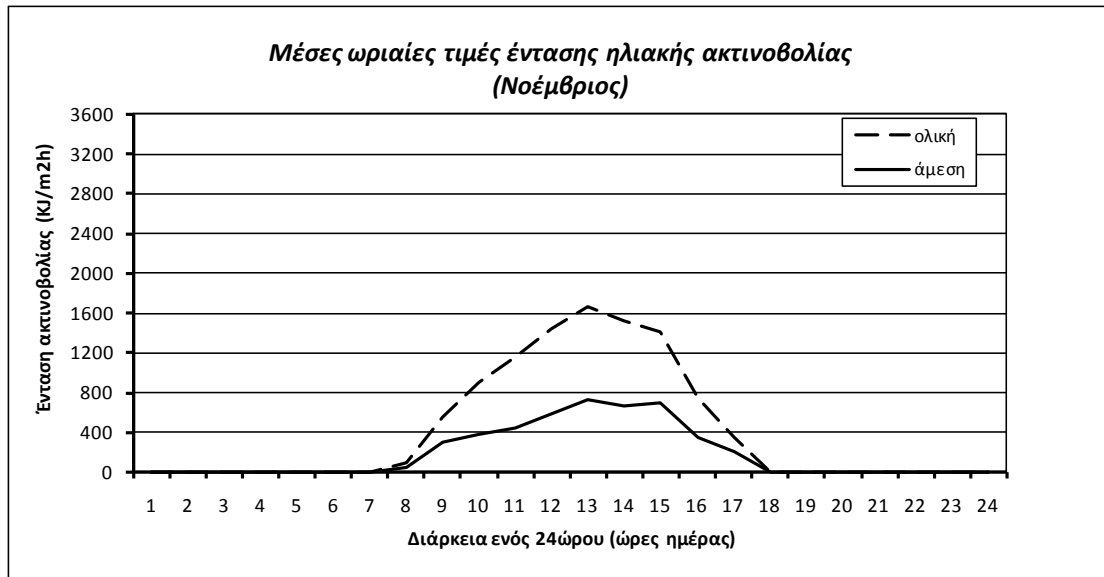
**Διάγραμμα Α.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Αύγουστο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



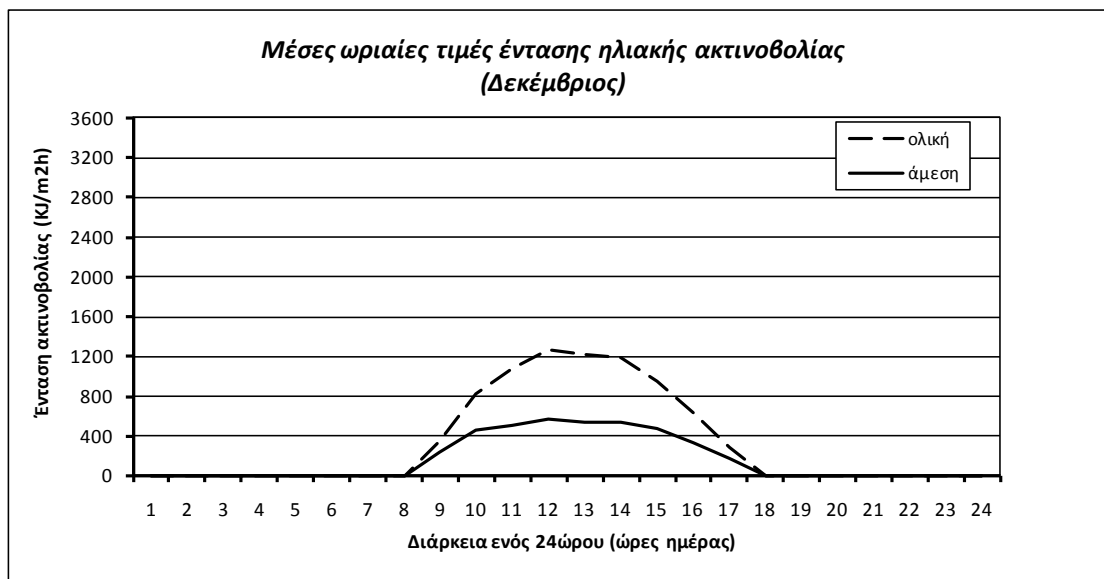
**Διάγραμμα Α.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Σεπτέμβριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά τον Οκτώβριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)

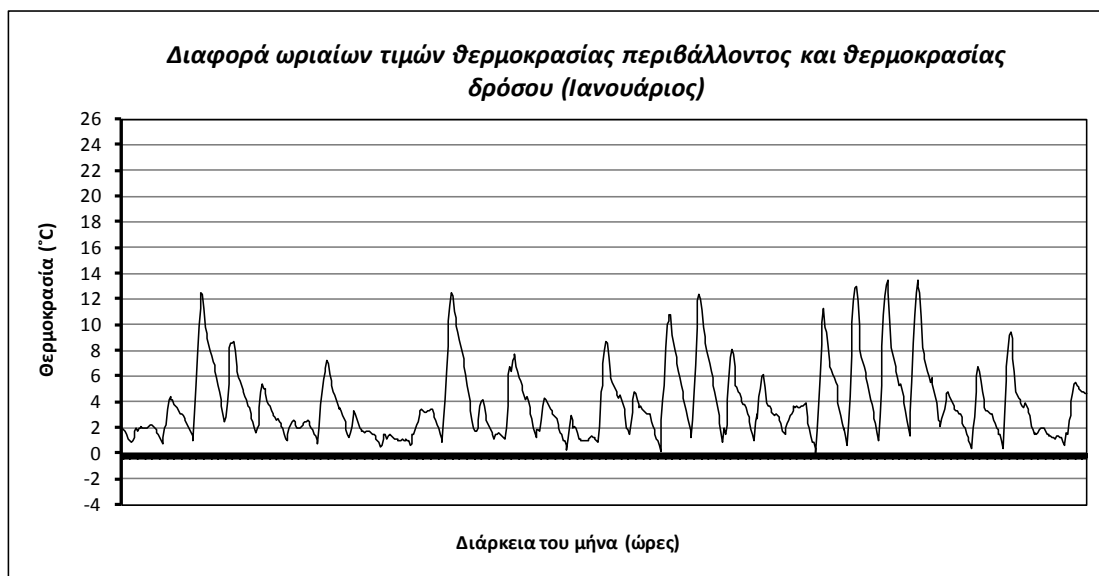


**Διάγραμμα A.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά το Νοέμβριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)

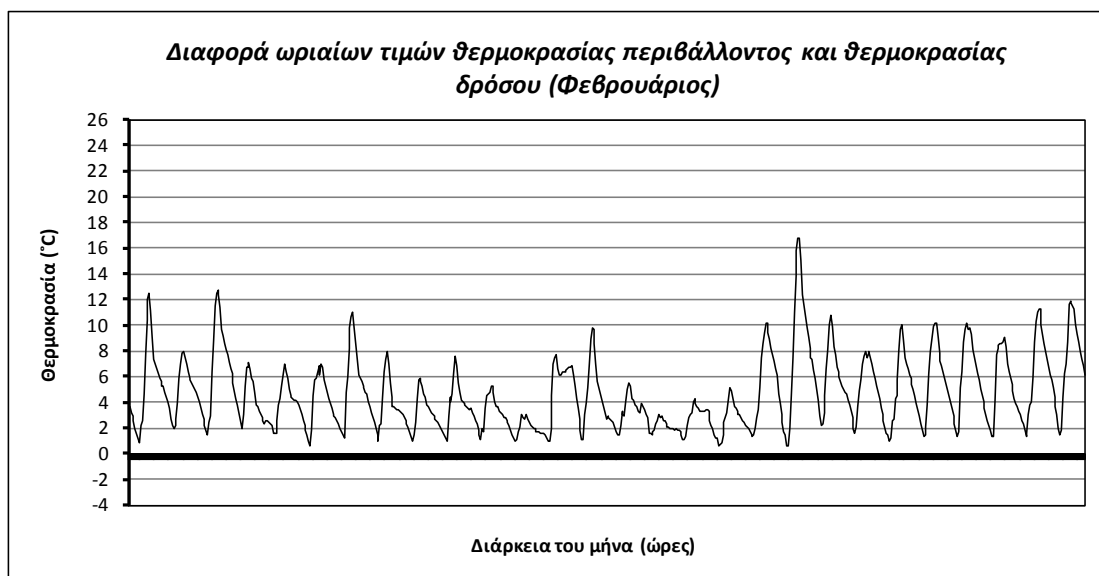


**Διάγραμμα A.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών της έντασης της άμεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της τυπικής ημέρας κατά το Δεκέμβριο.  
(πηγή: πρωτότυπη)

**Π.3. Διαφορά ωριαίων τιμών θερμοκρασίας περιβάλλοντος και θερμοκρασίας δρόσου**



**Διάγραμμα Α/Δ.1.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Ιανουάριο (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.2.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Φεβρουάριο. (πηγή: πρωτότυπη)

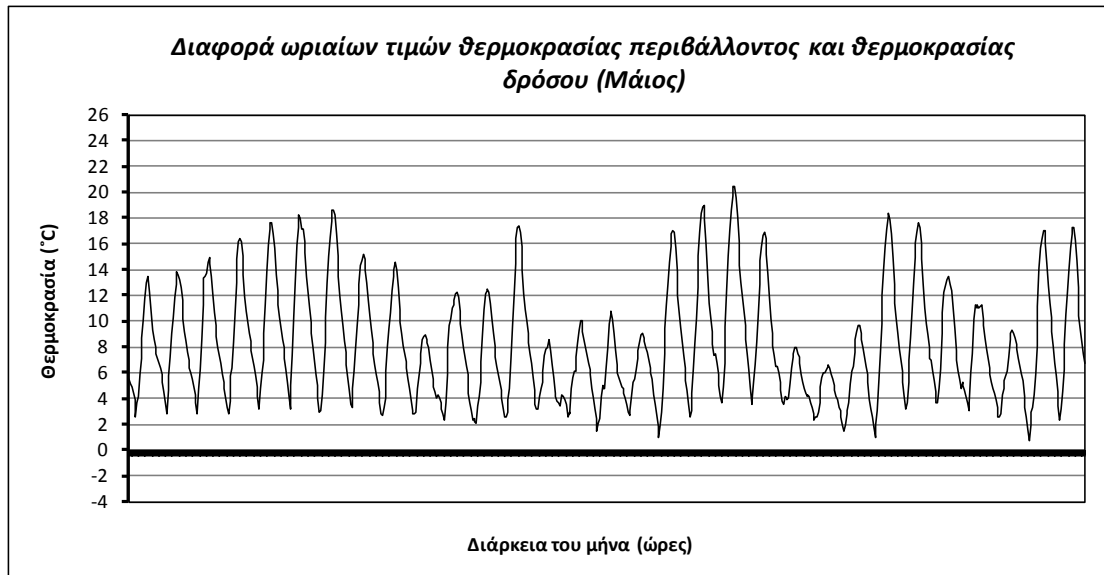




**Διάγραμμα Α/Δ.3.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Μάρτιο  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.4.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Απρίλιο  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.5.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Μάιο  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.6.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Ιούνιο  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.7.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Ιούλιο  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.8.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Αύγουστο  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.9.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Σεπτέμβριο (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Α/Δ.10.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Οκτώβριο (πηγή: πρωτότυπη)

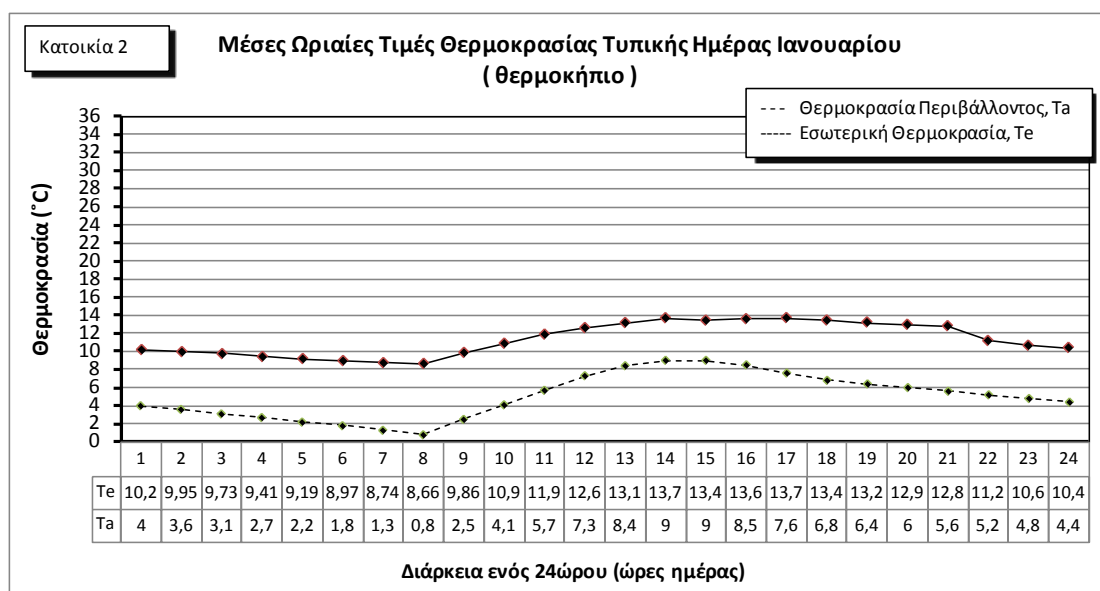
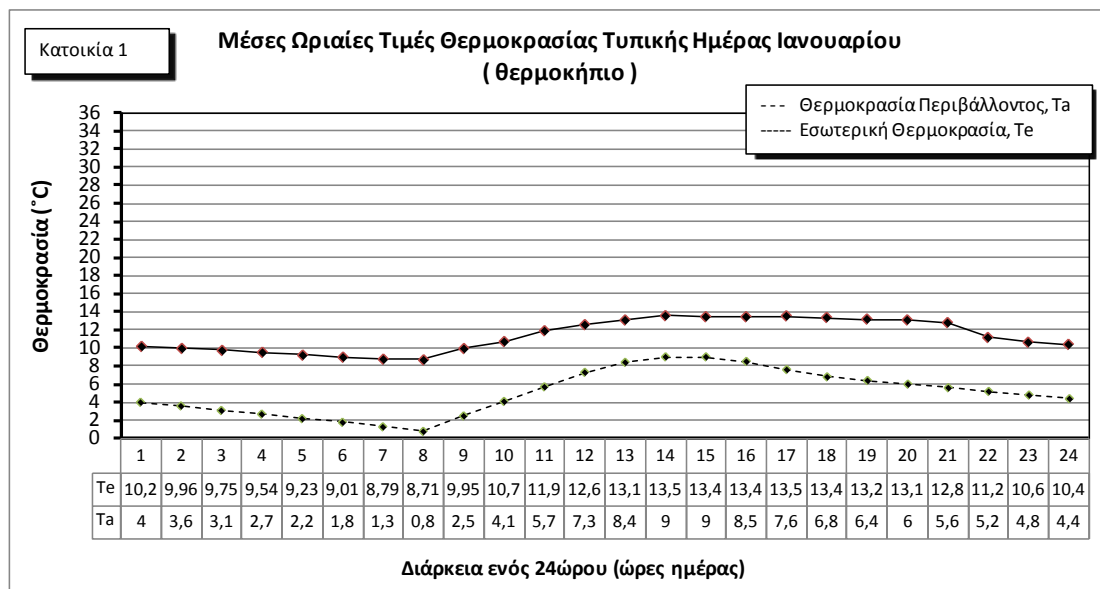


**Διάγραμμα Α/Δ.11.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Νοέμβριο  
(πηγή: πρωτότυπη)

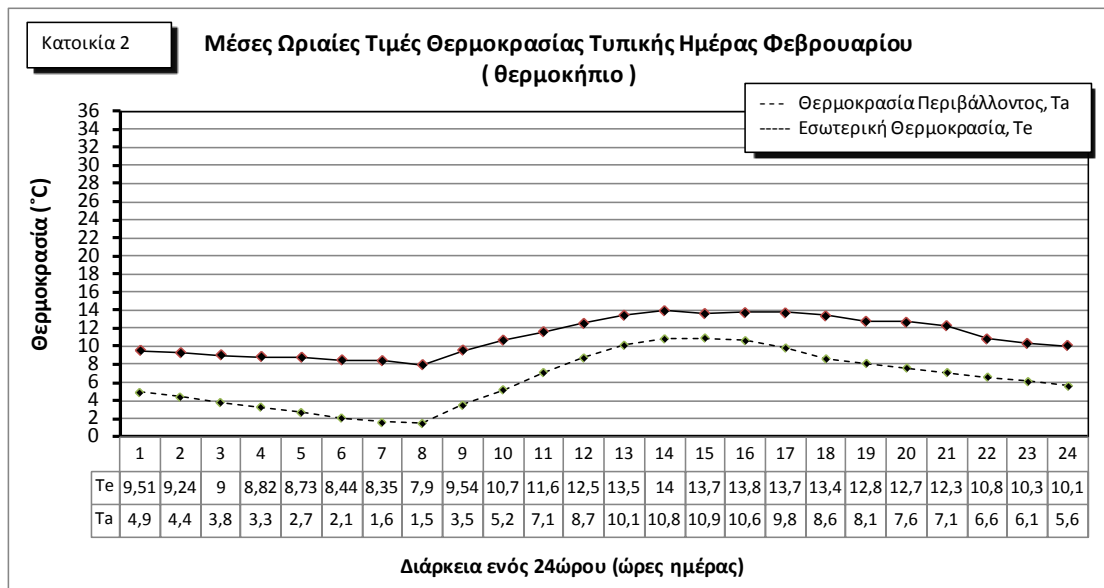
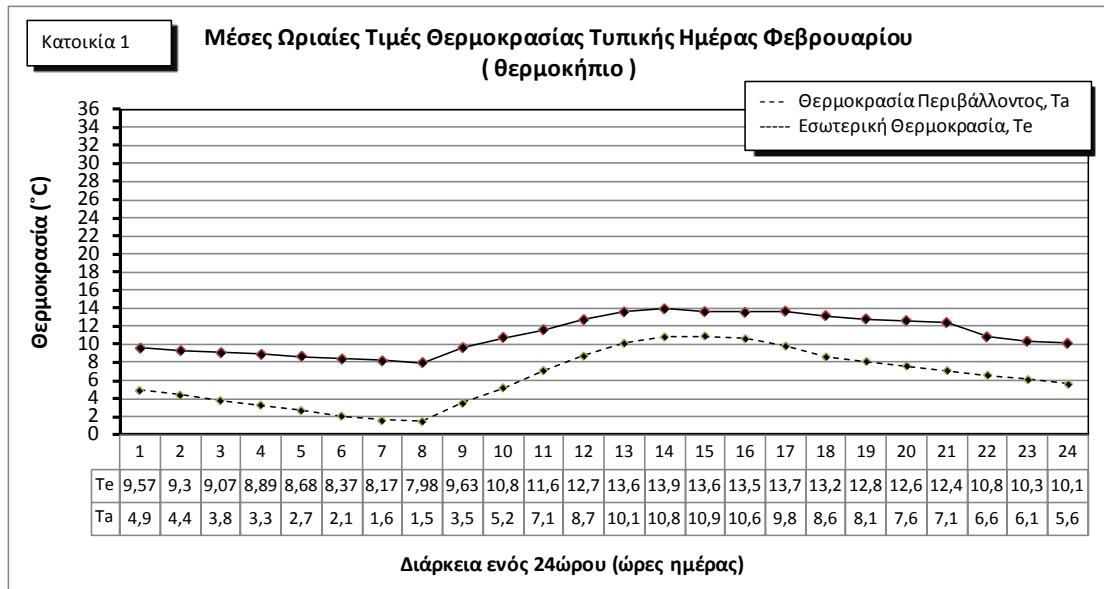


**Διάγραμμα Α/Δ.12.** Διαγραμματική απεικόνιση της διαφοράς ανάμεσα στη θερμοκρασία αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στην αντίστοιχη θερμοκρασία δρόσου κατά το μήνα Δεκέμβριο  
(πηγή: πρωτότυπη)

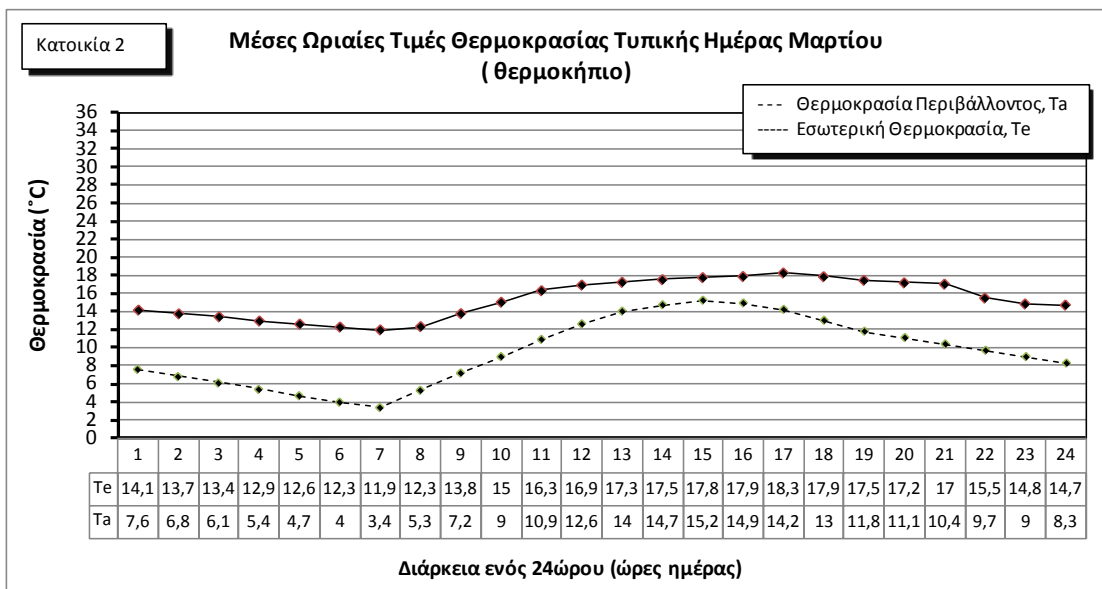
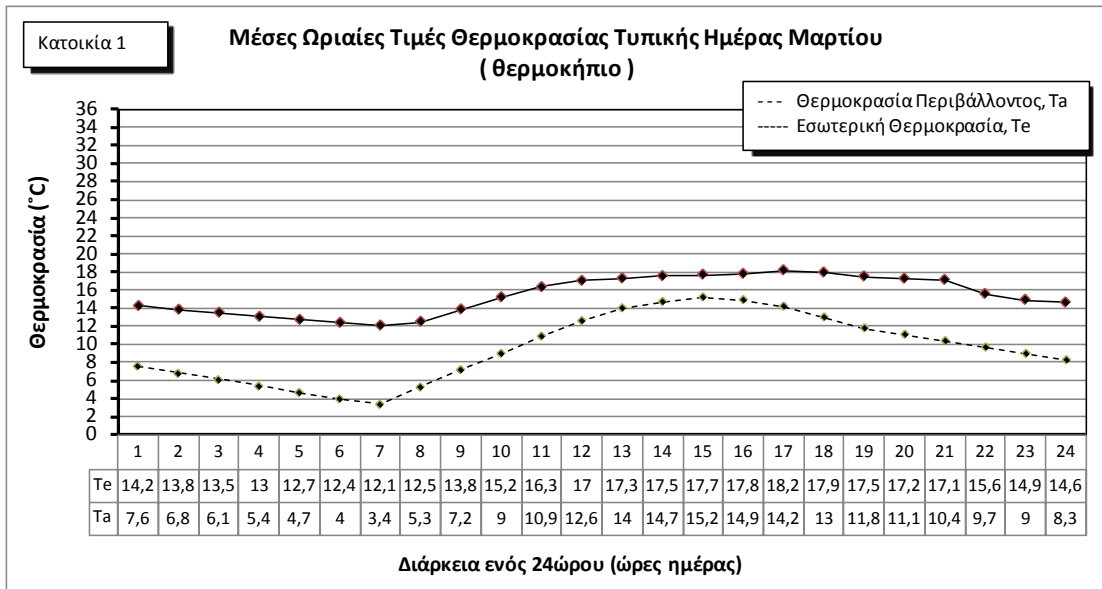
#### Π.4. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (θερμοκήπιο)



**Διάγραμμα Σ.1.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

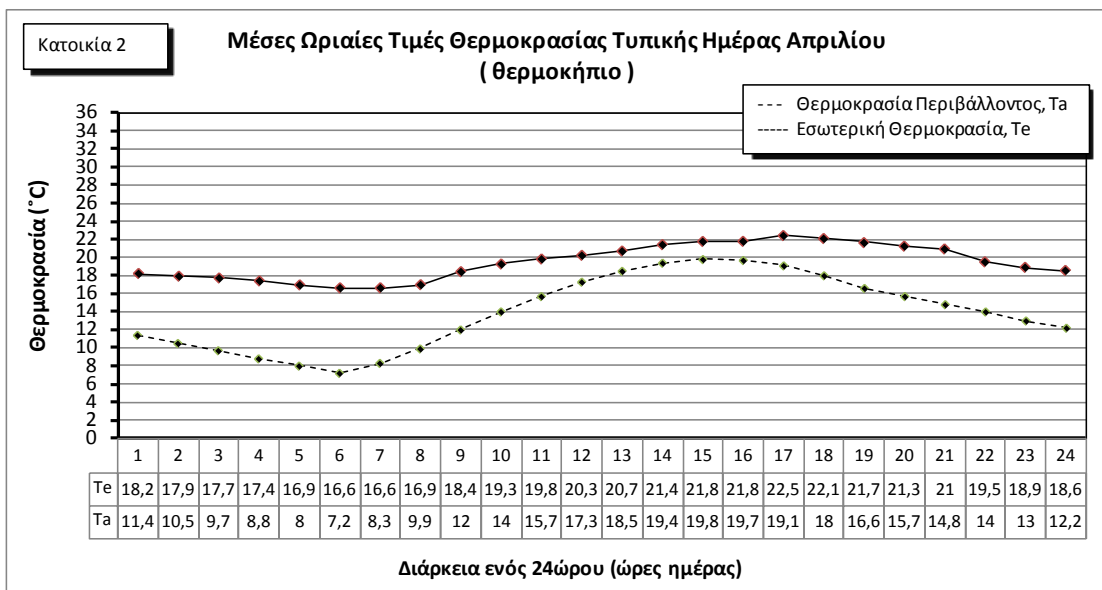
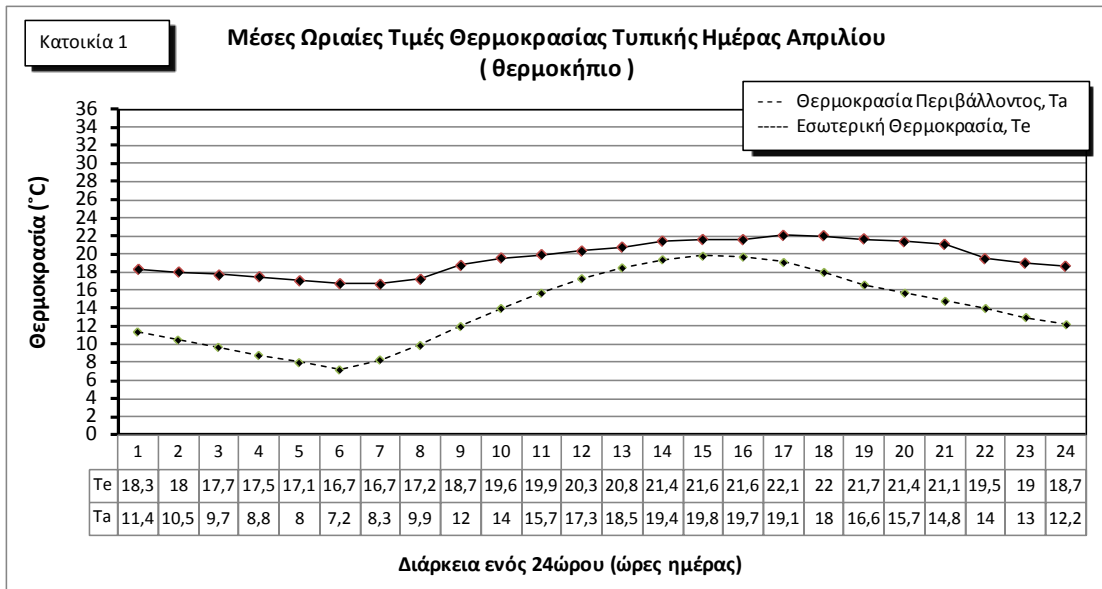


**Διάγραμμα Σ.1.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

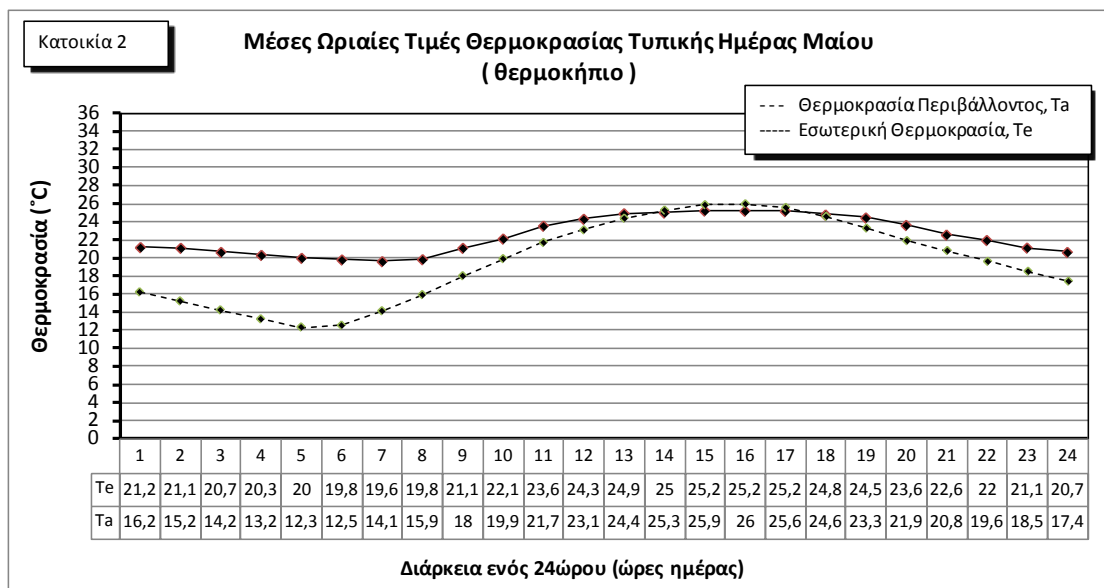
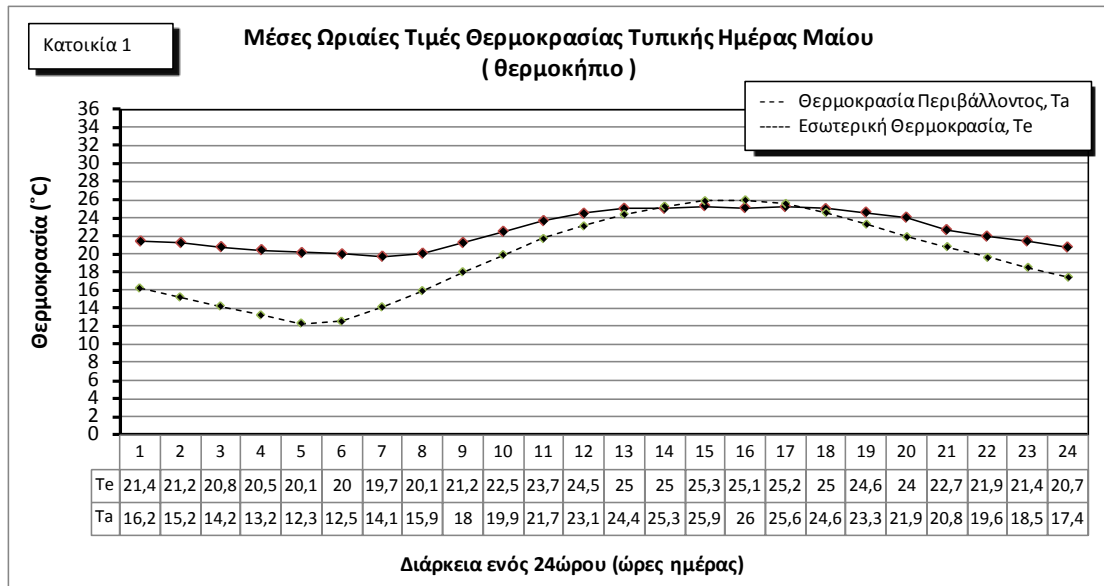


**Διάγραμμα Σ.1.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου. (πηγή: πρωτότυπη)

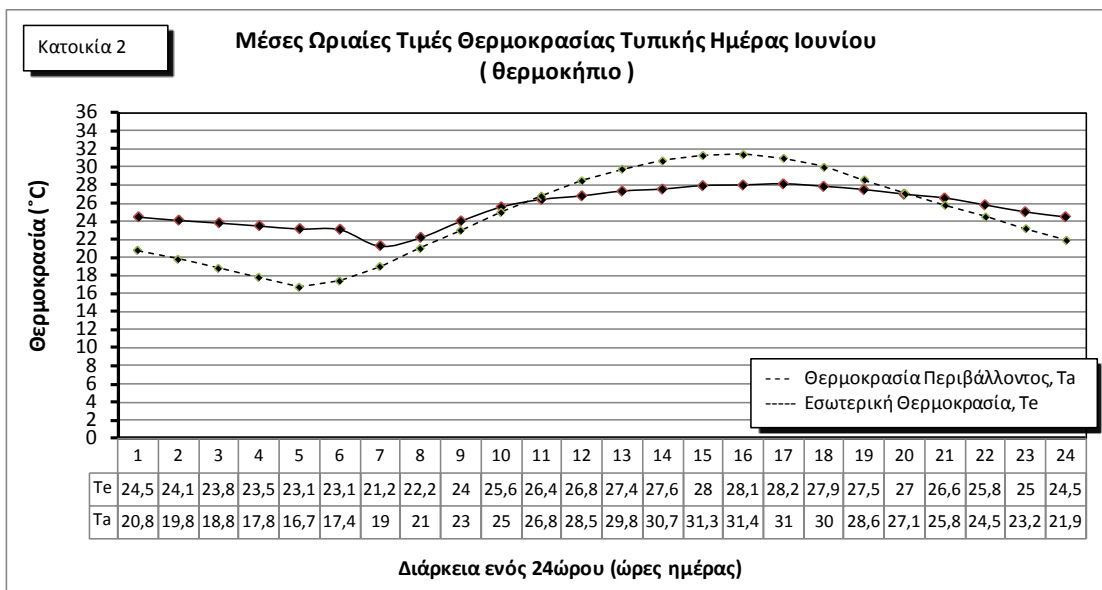
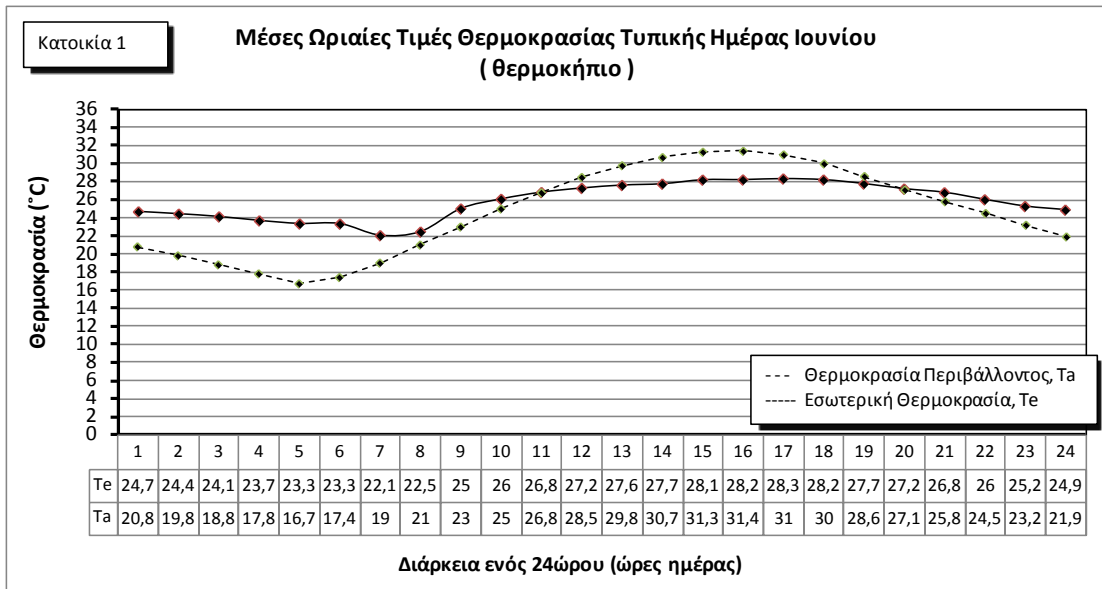




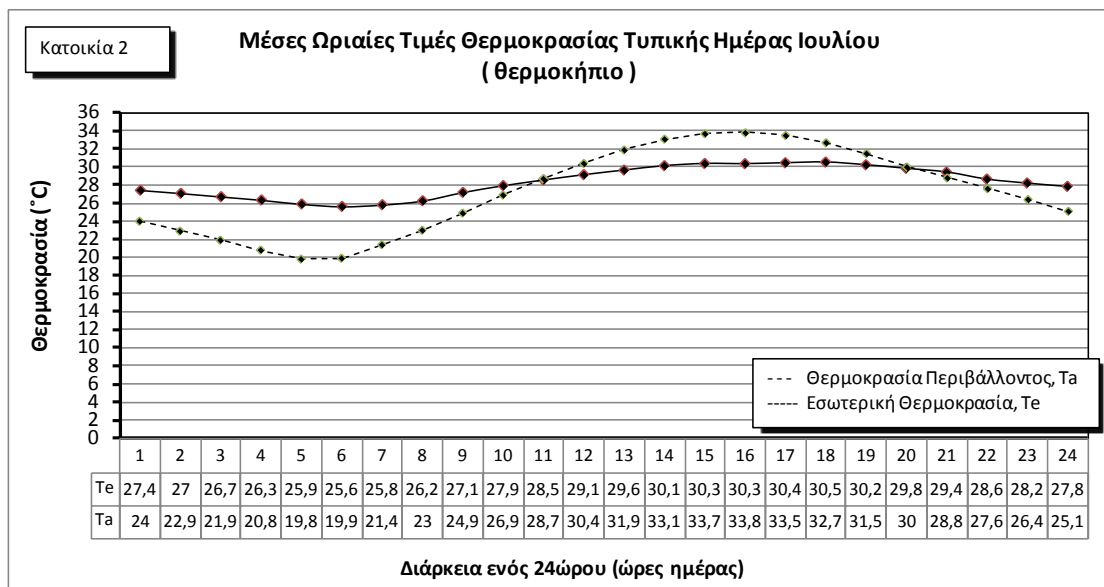
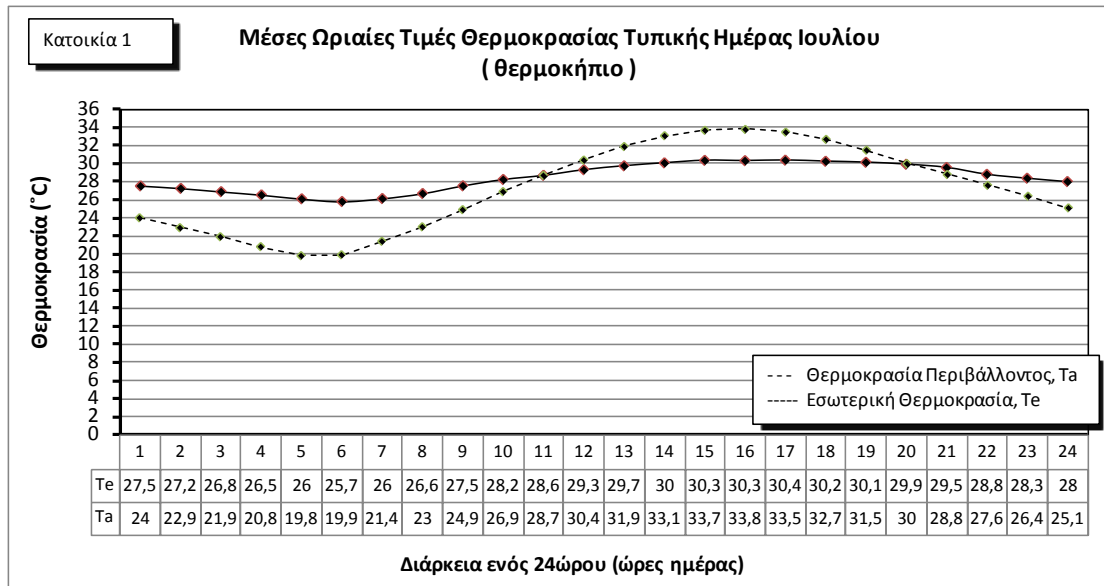
**Διάγραμμα Σ.1.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



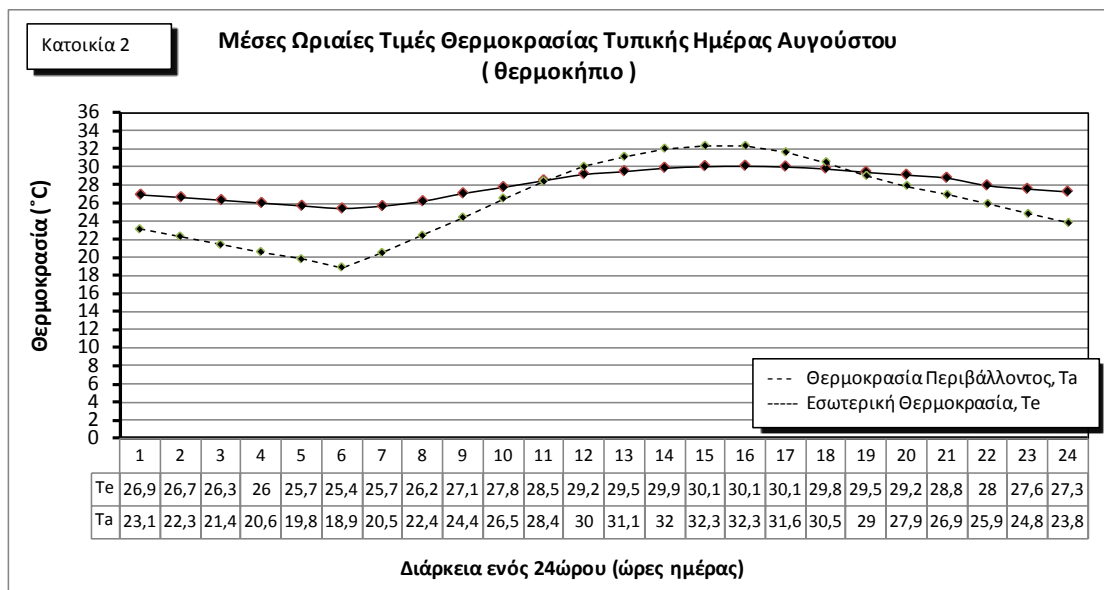
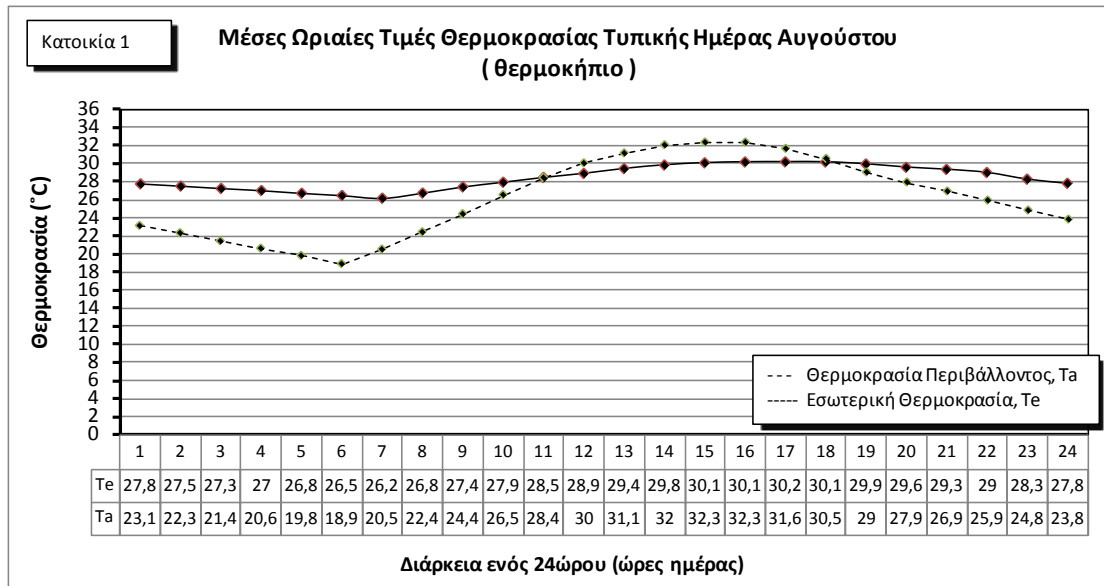
**Διάγραμμα Σ.1.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)



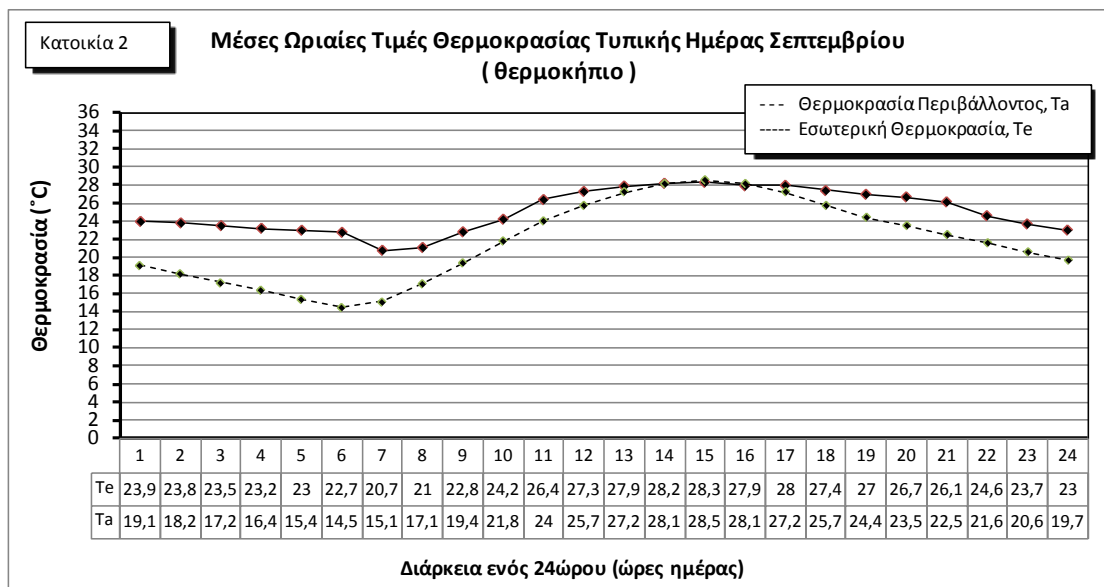
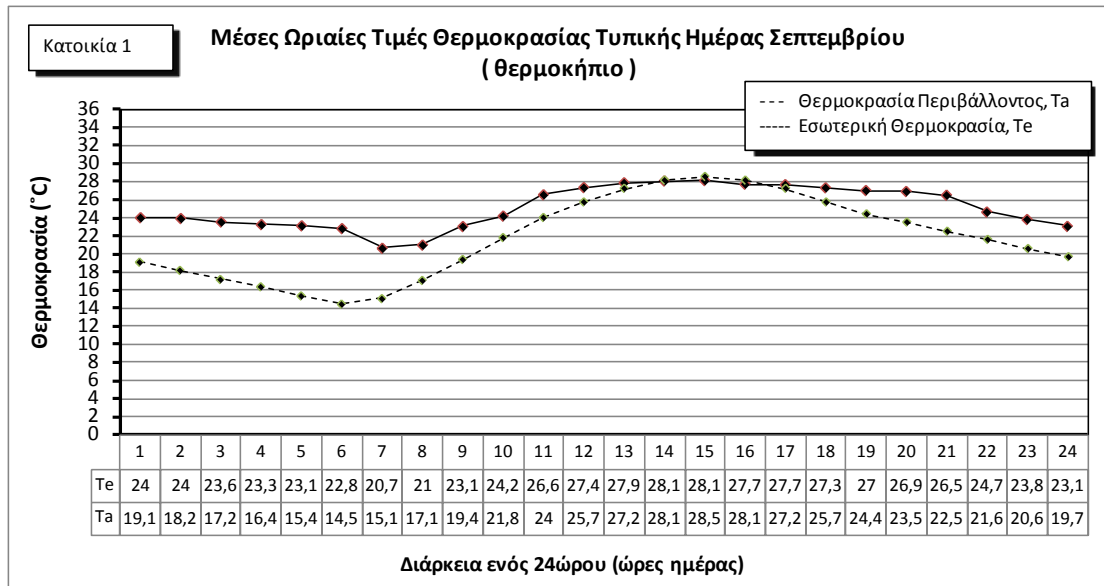
**Διάγραμμα Σ.1.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)



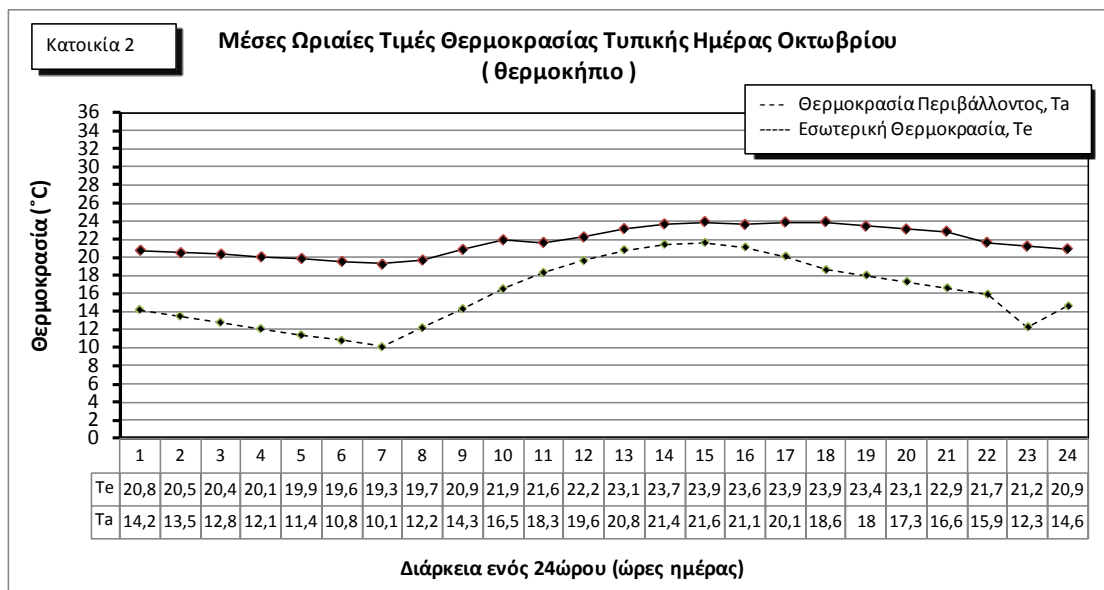
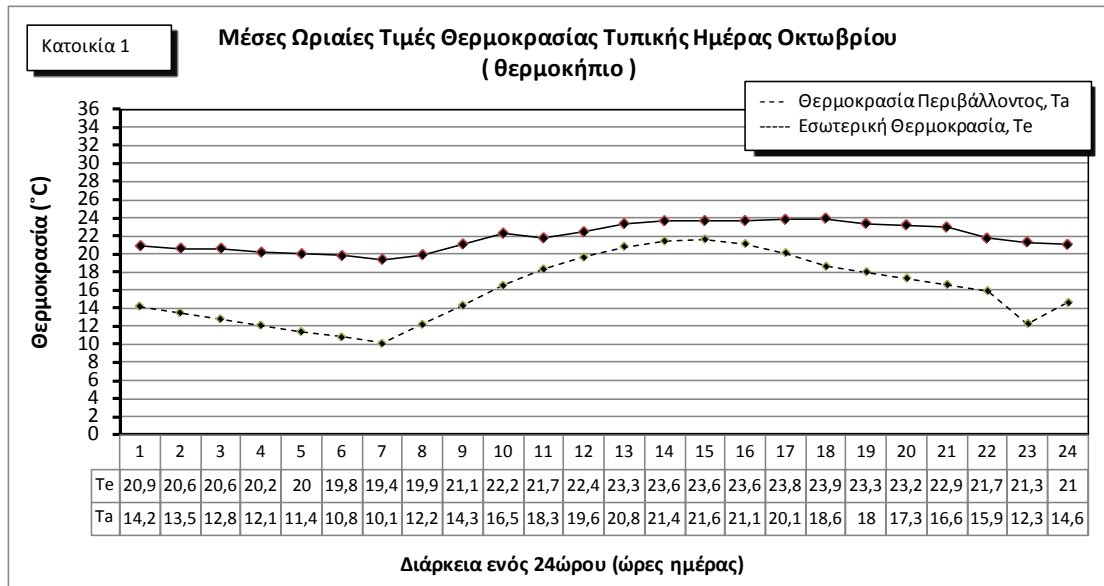
**Διάγραμμα Σ.1.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



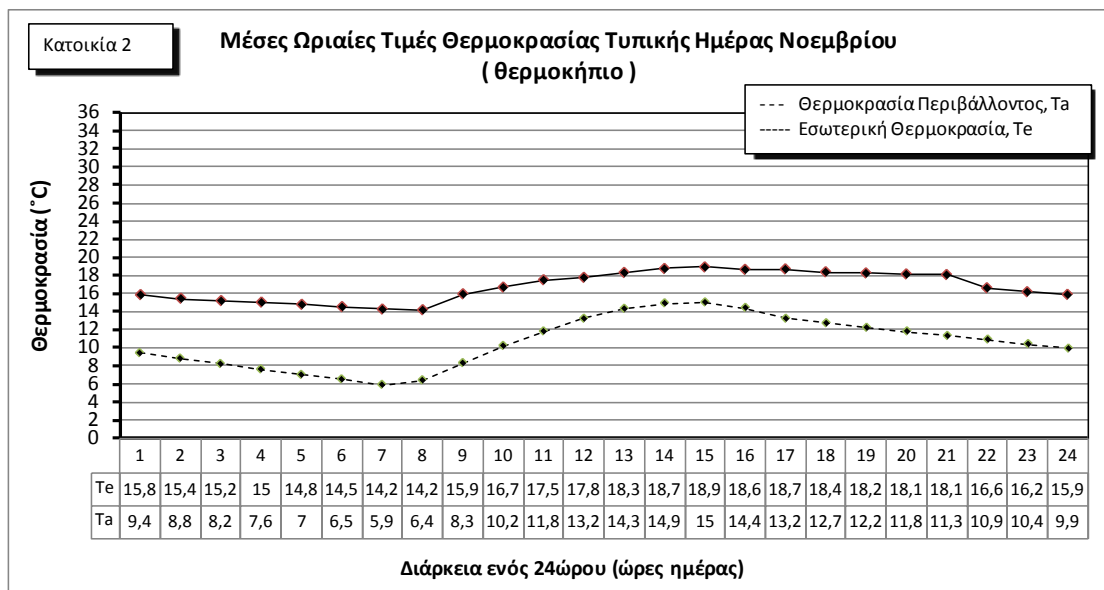
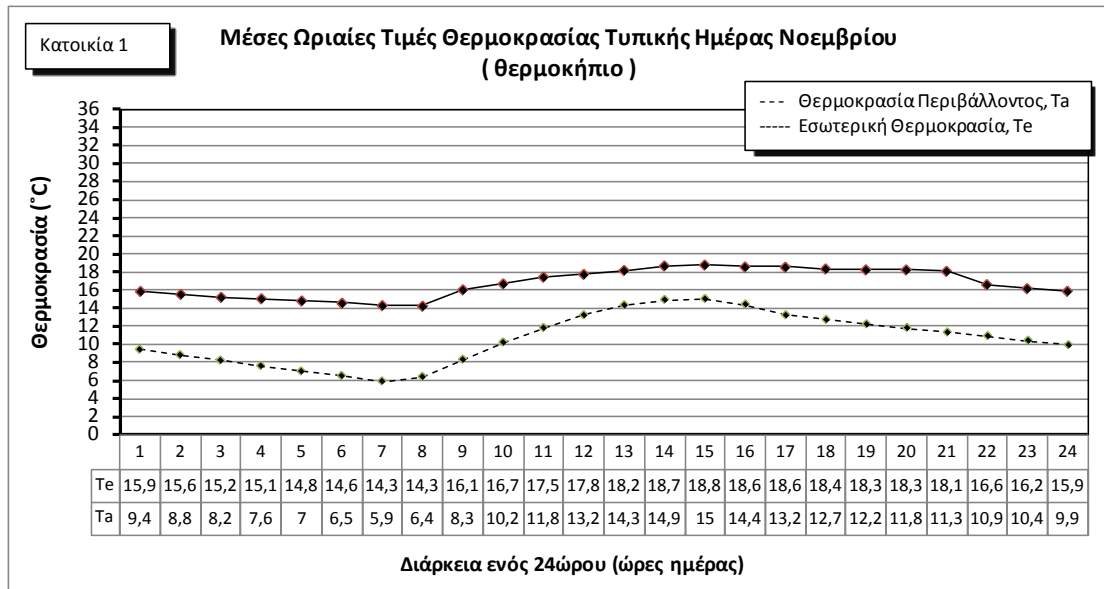
**Διάγραμμα Σ.1.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.1.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

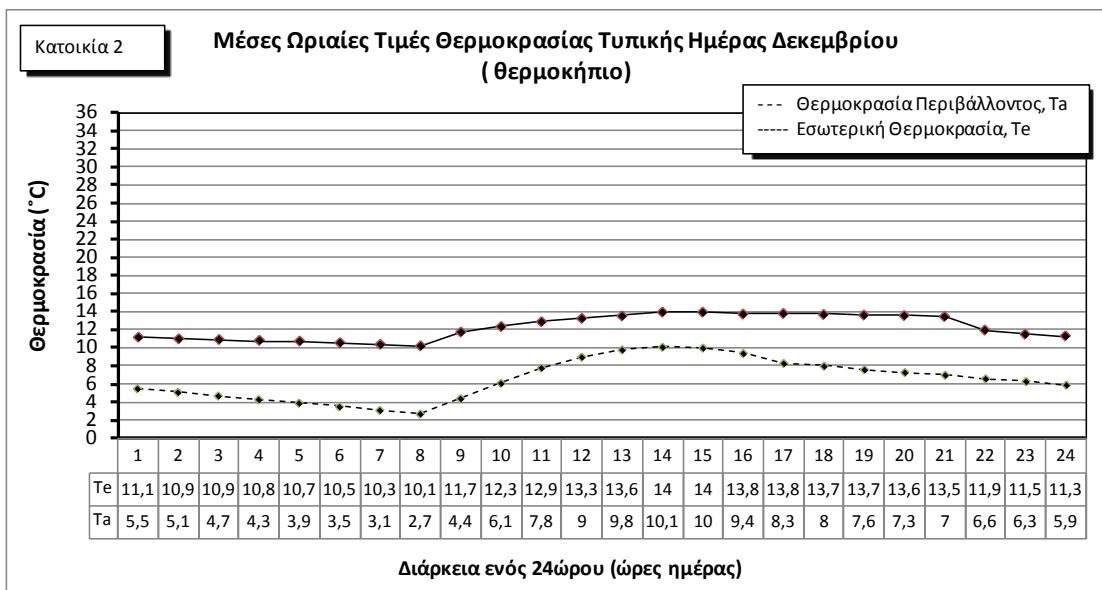
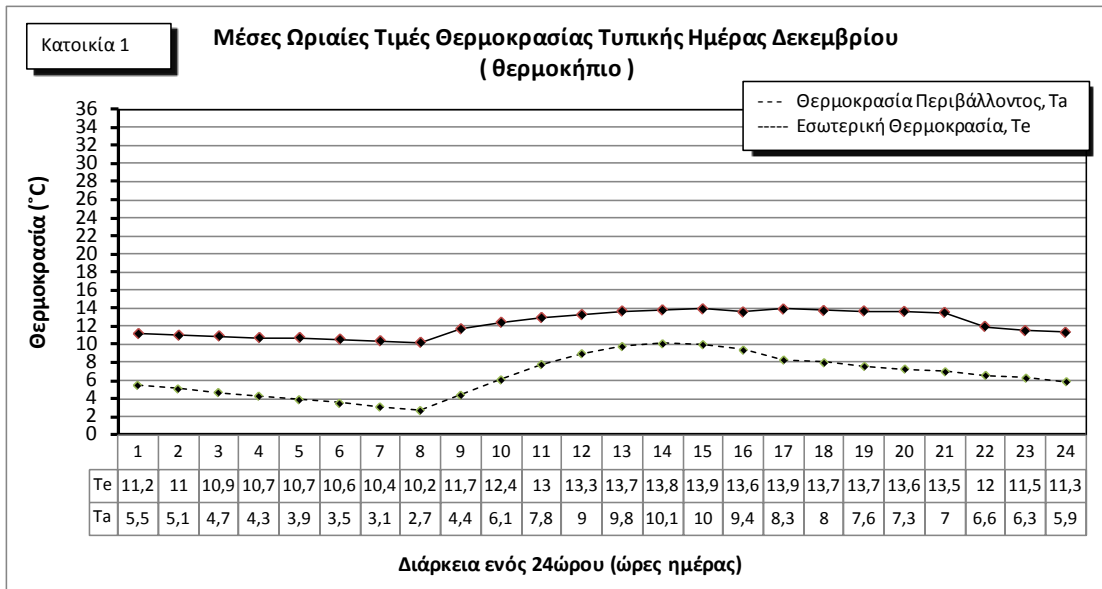


**Διάγραμμα Σ.1.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



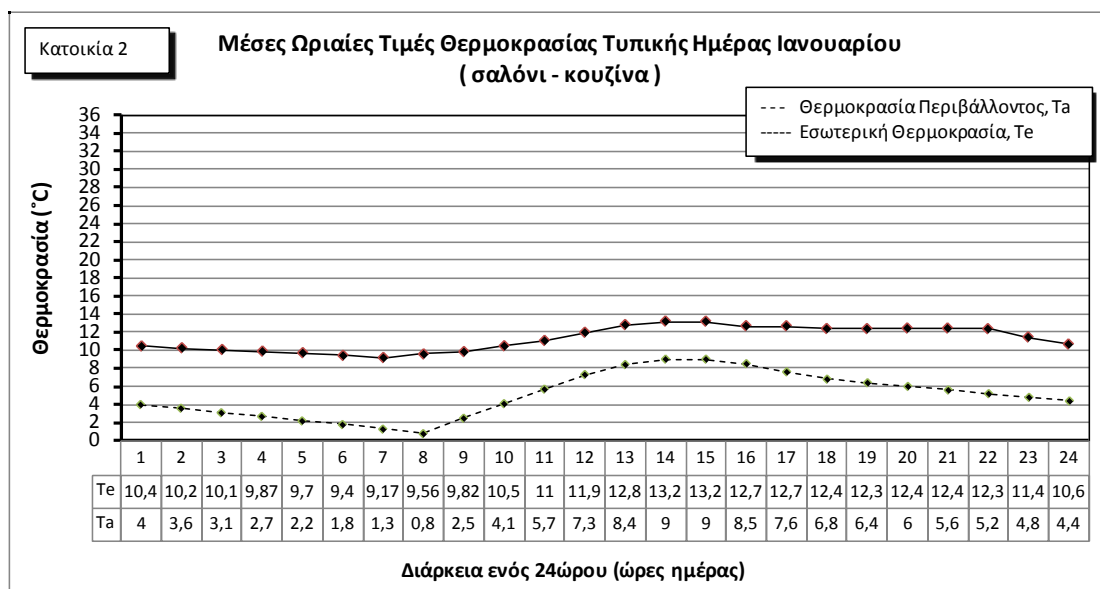
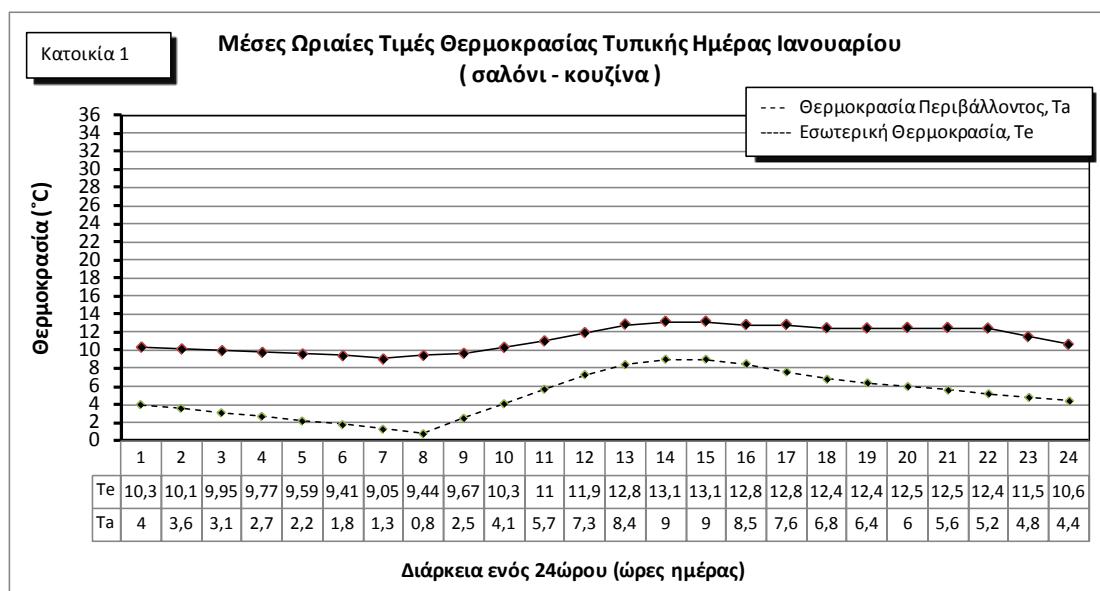
**Διάγραμμα Σ.1.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



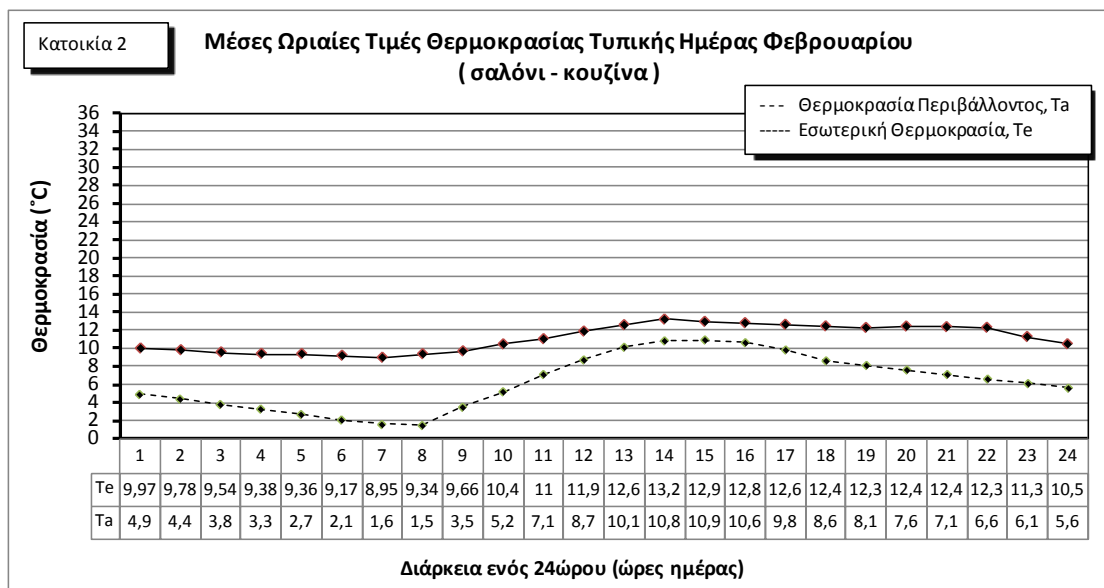
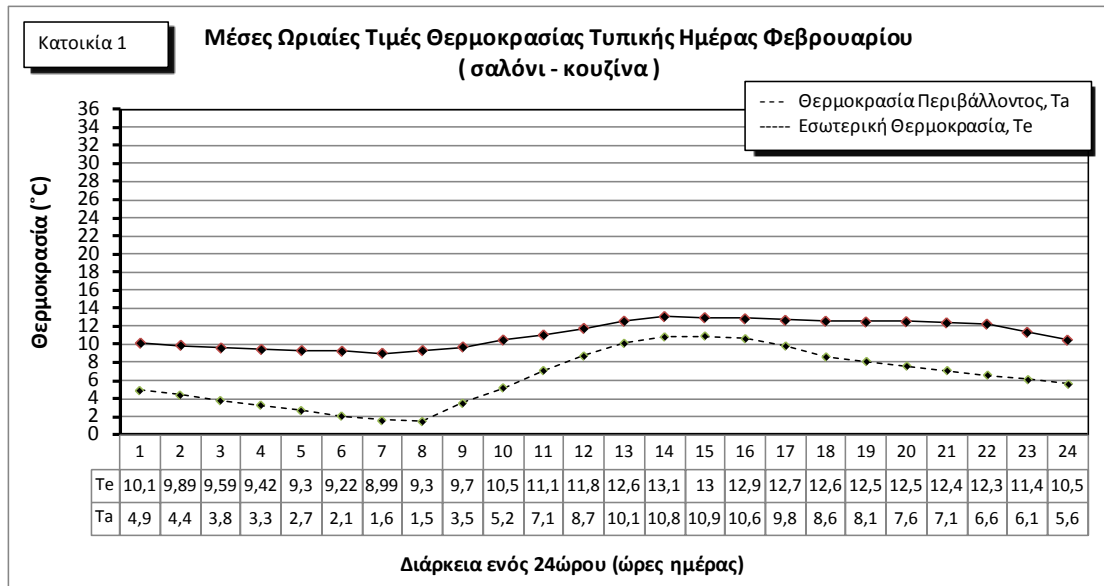


**Διάγραμμα Σ.1.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των θερμοκηπίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

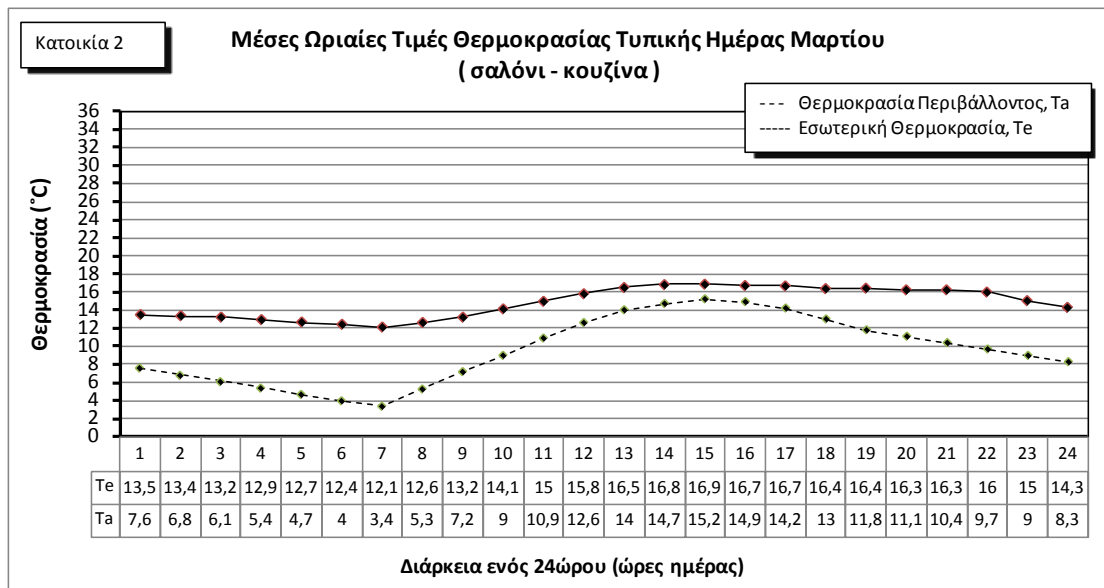
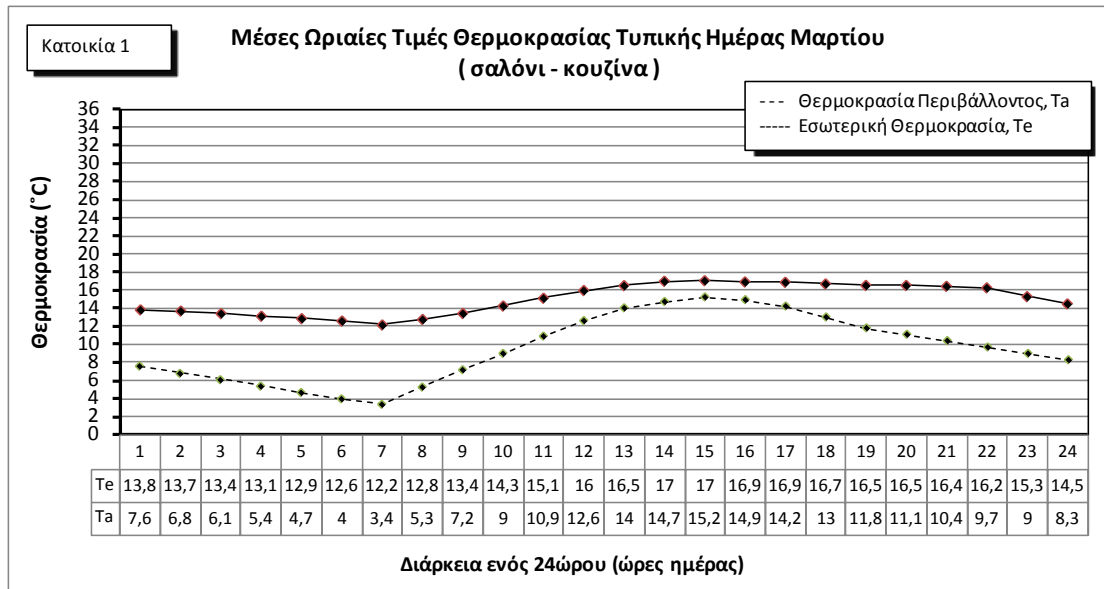
Π.5. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (σαλόνι - κουζίνα)



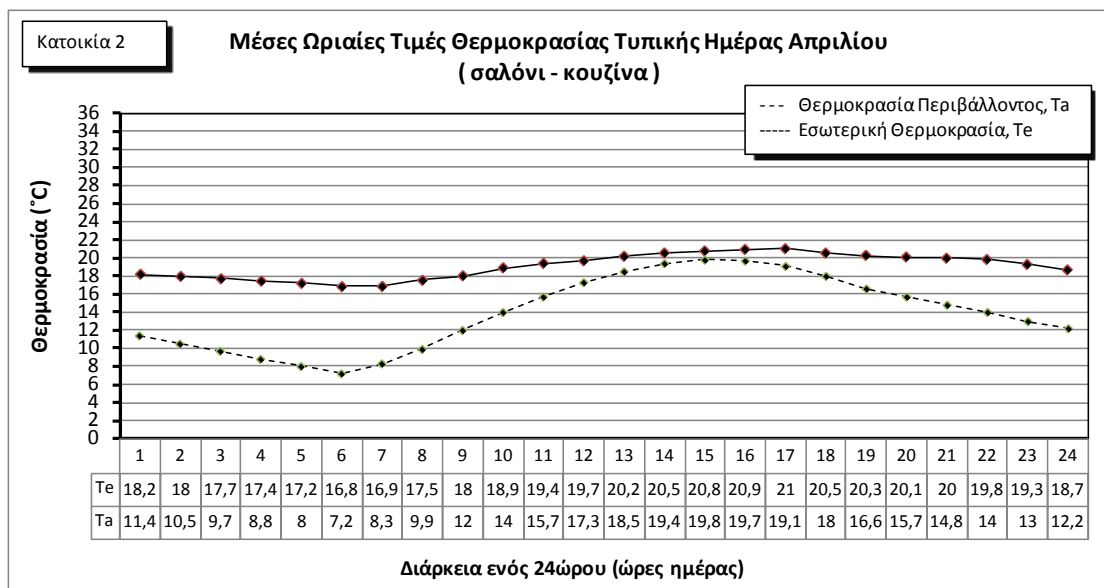
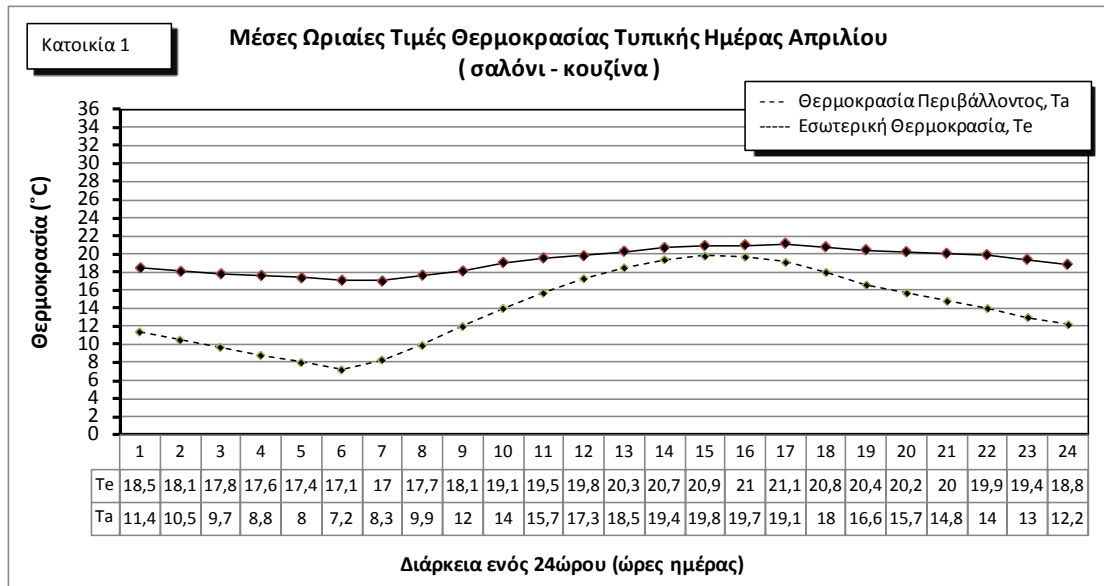
**Διάγραμμα Σ.2.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



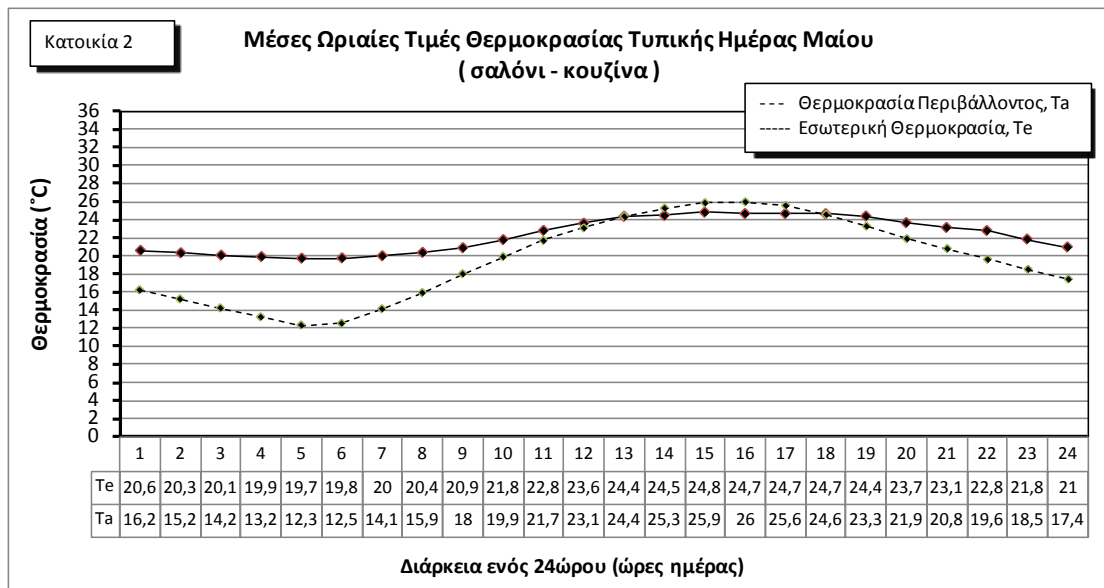
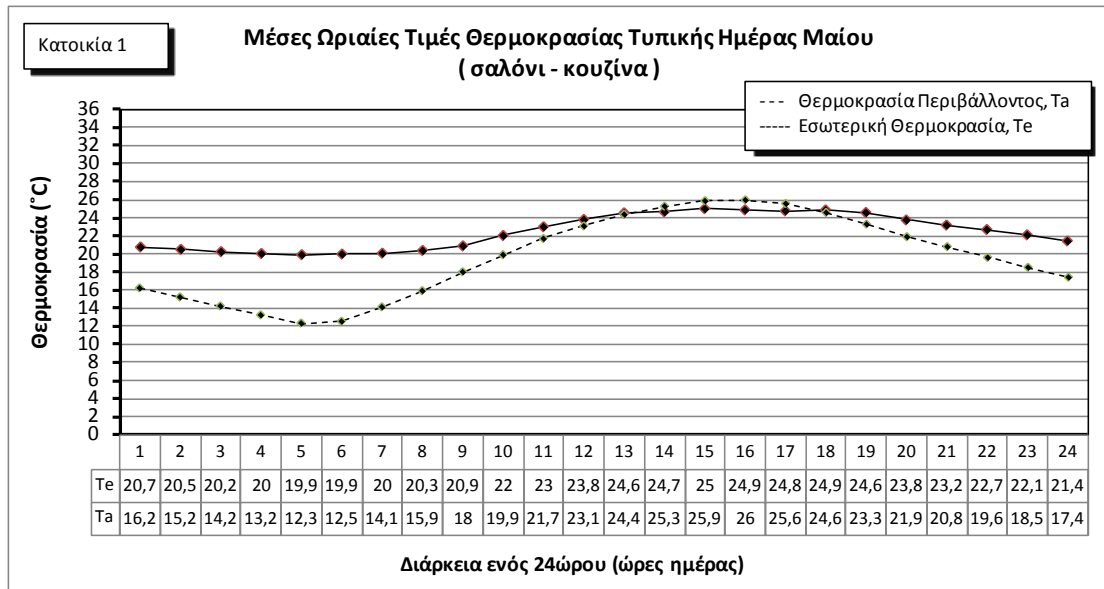
**Διάγραμμα Σ.2.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



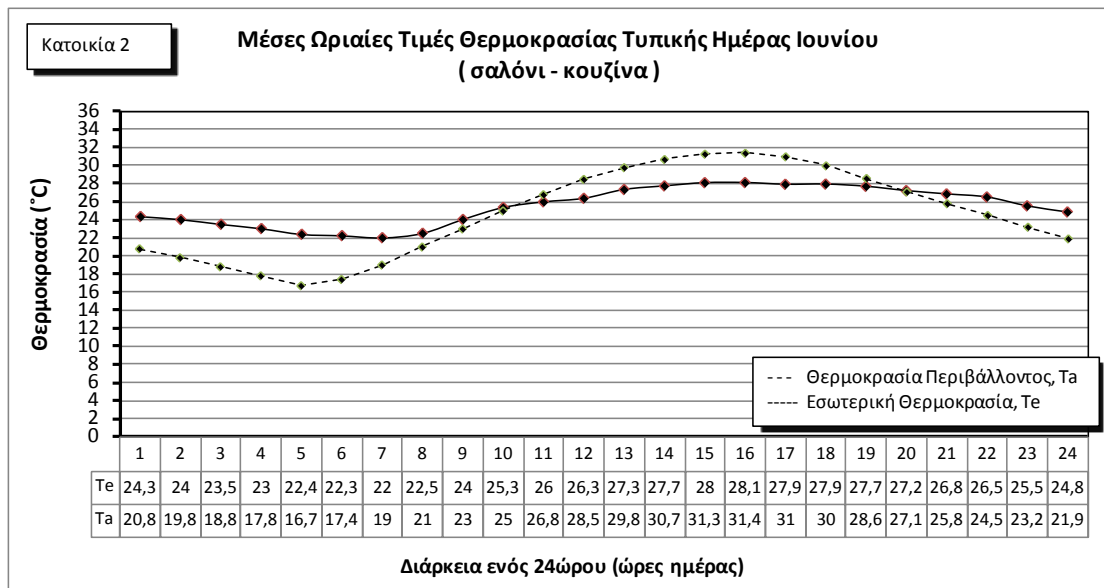
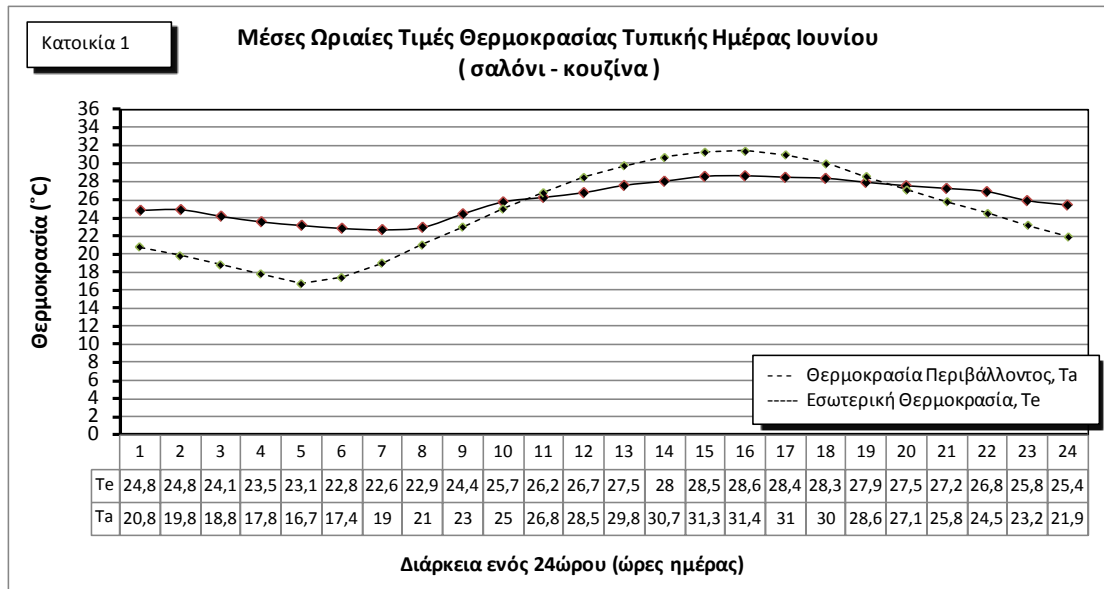
**Διάγραμμα Σ.2.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου. (πηγή: πρωτότυπη)



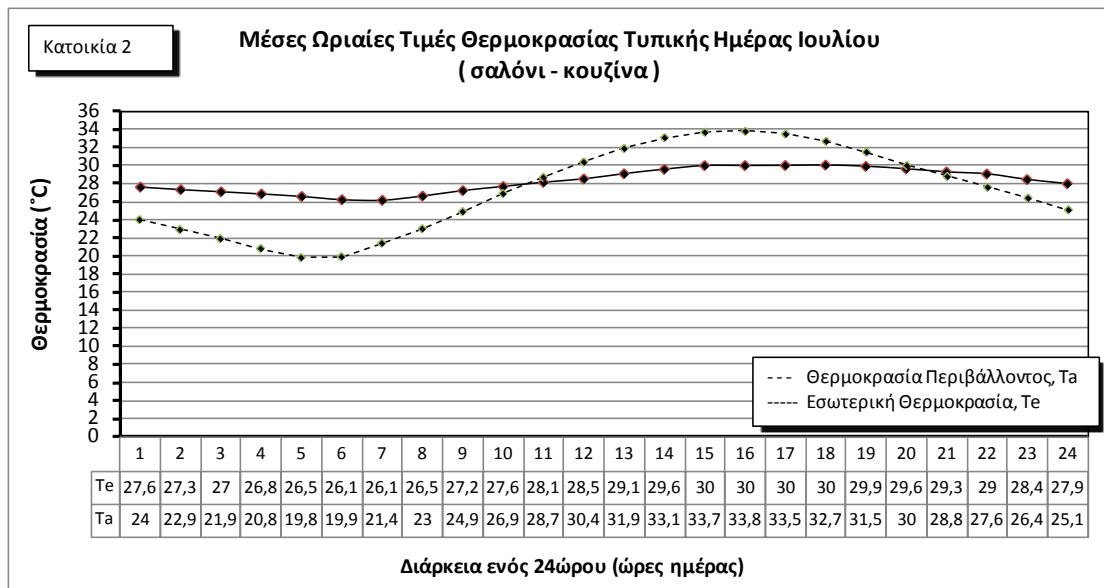
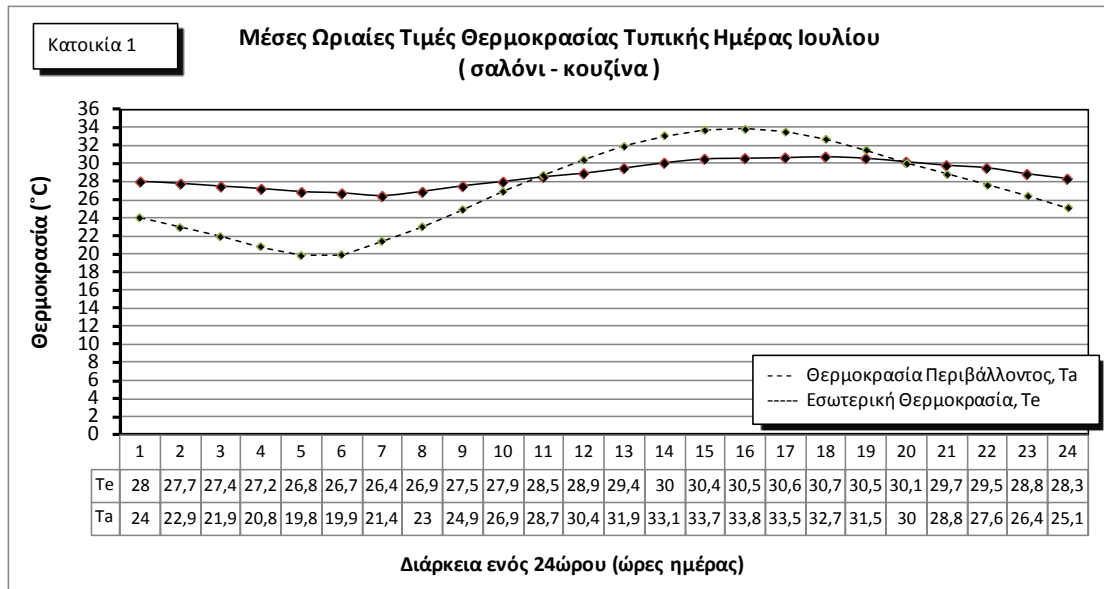
**Διάγραμμα Σ.2.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.2.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)

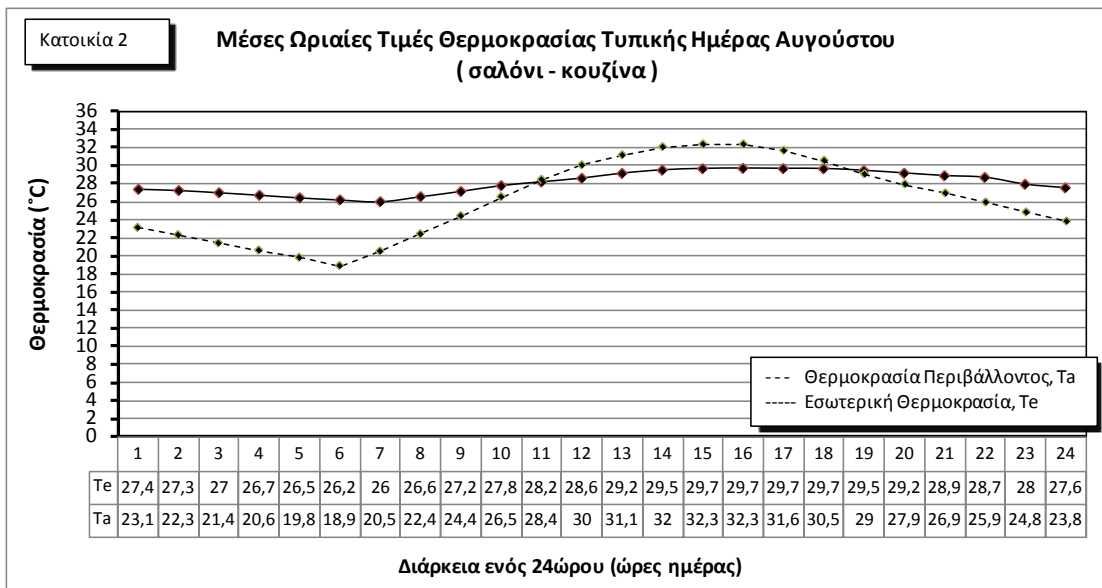
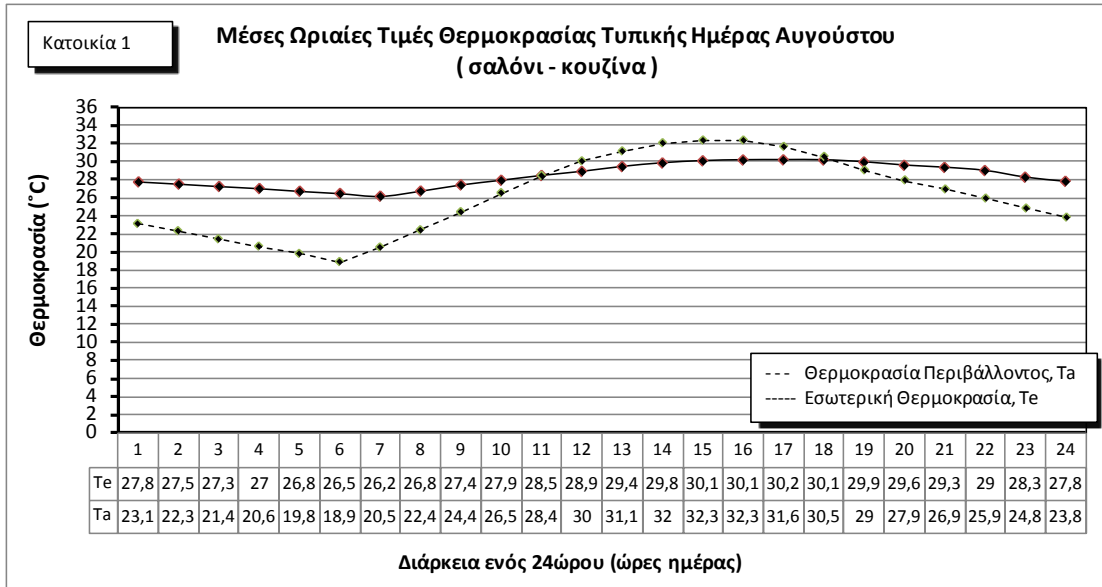


**Διάγραμμα Σ.2.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

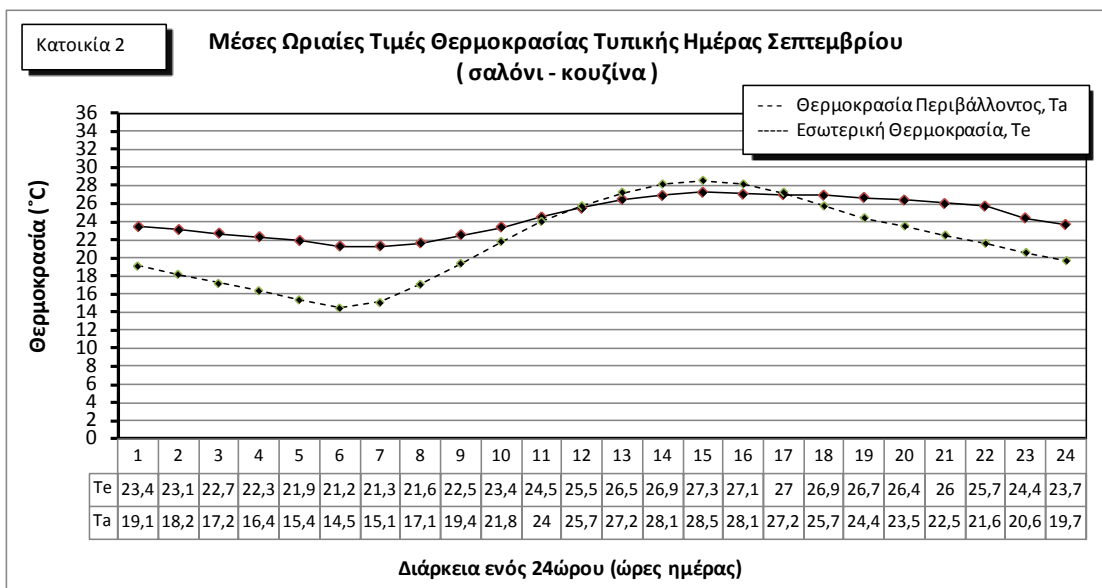
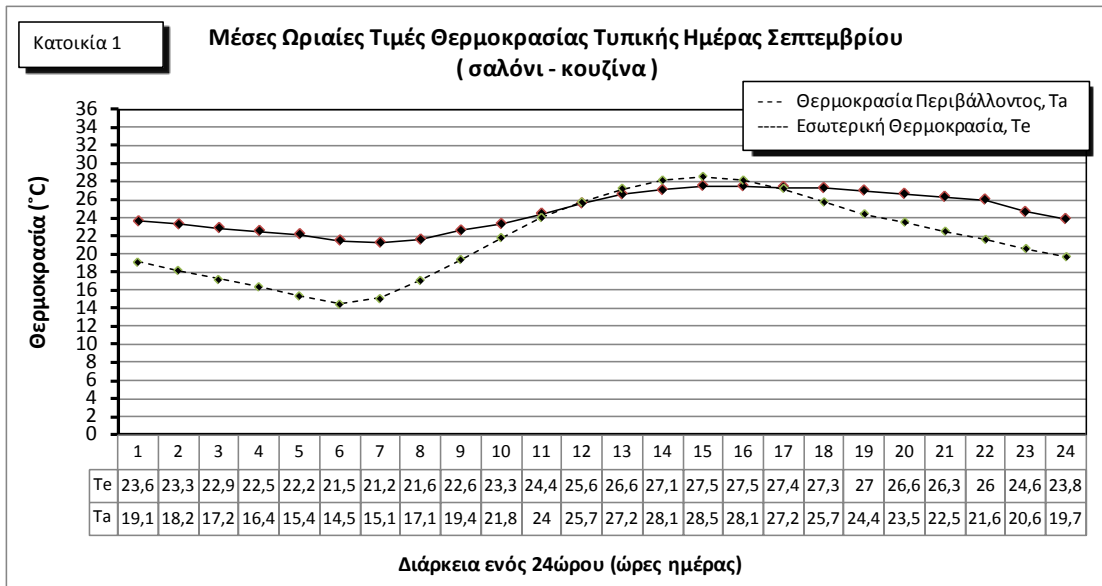


**Διάγραμμα Σ.2.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

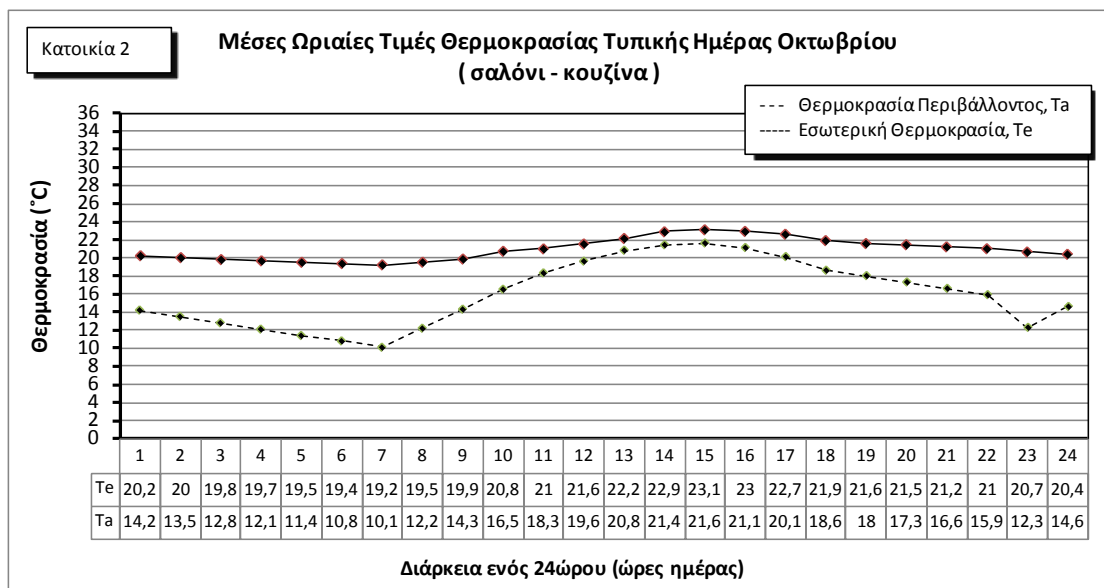
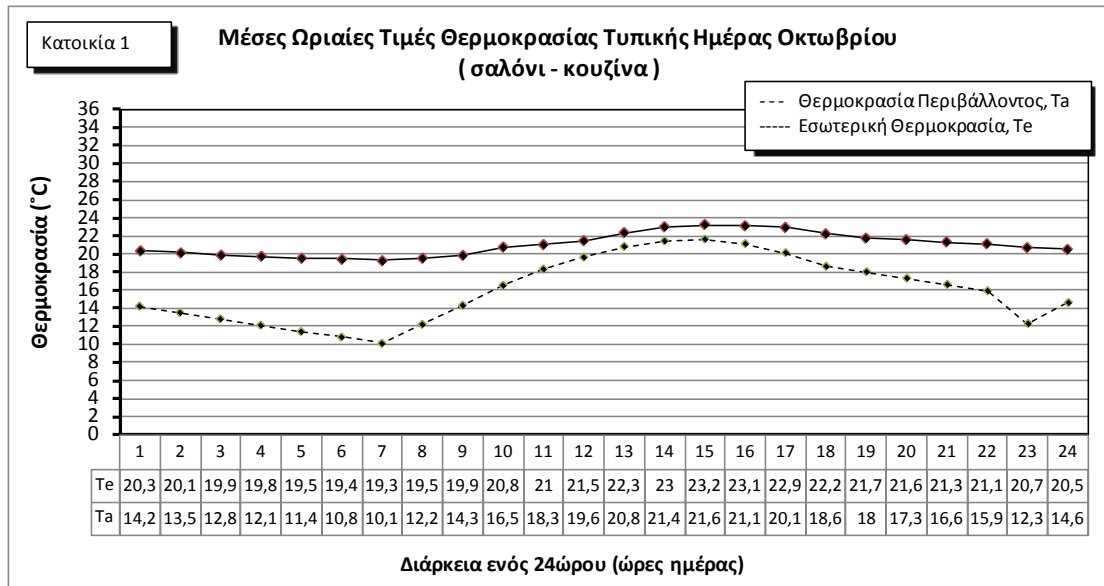




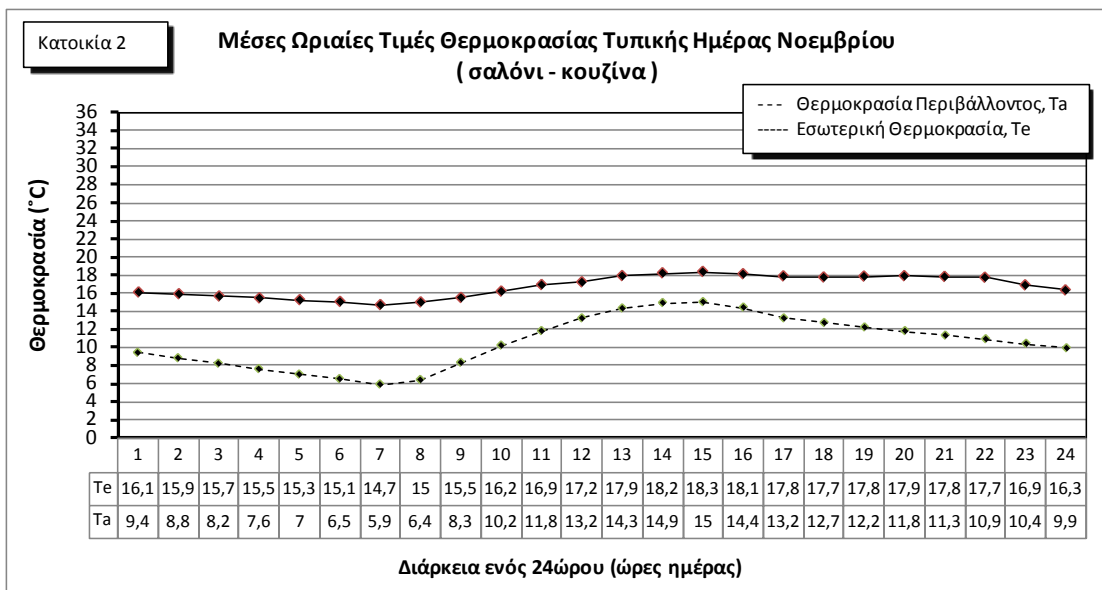
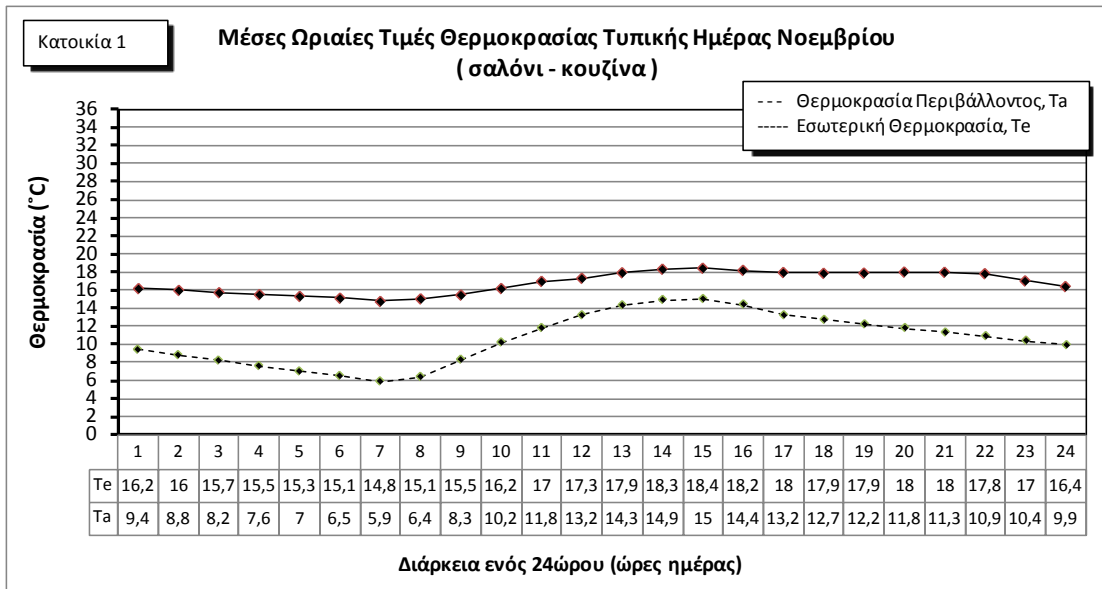
**Διάγραμμα Σ.2.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



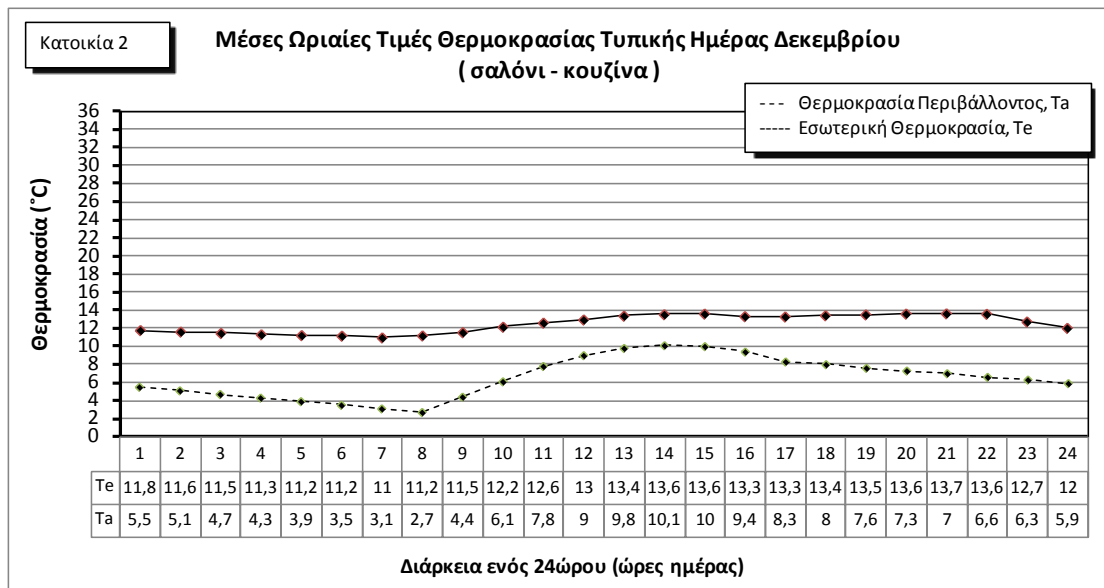
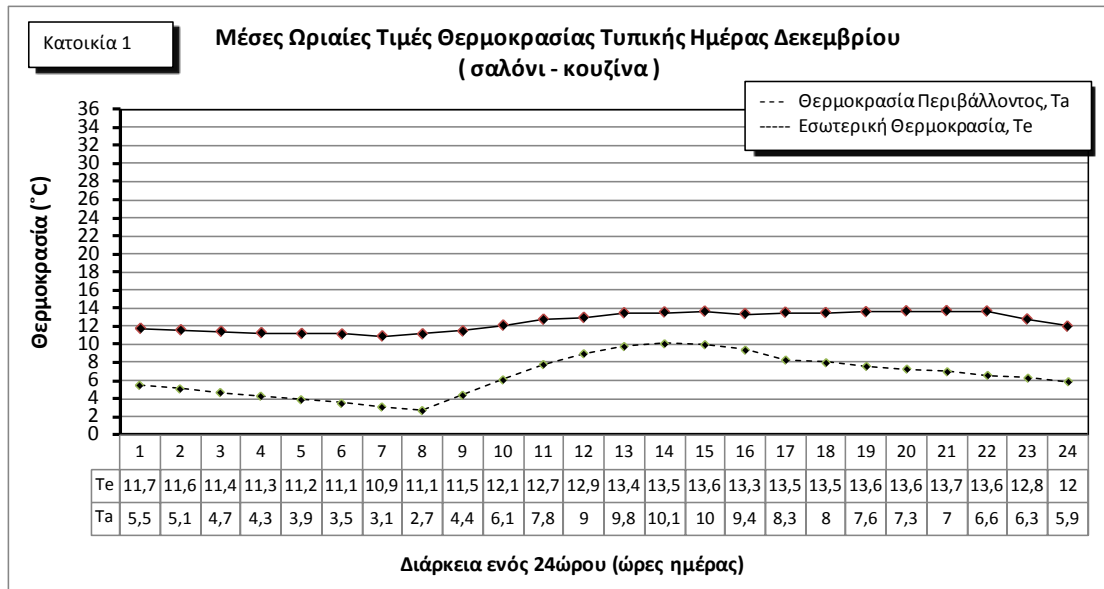
**Διάγραμμα Σ.2.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.2.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

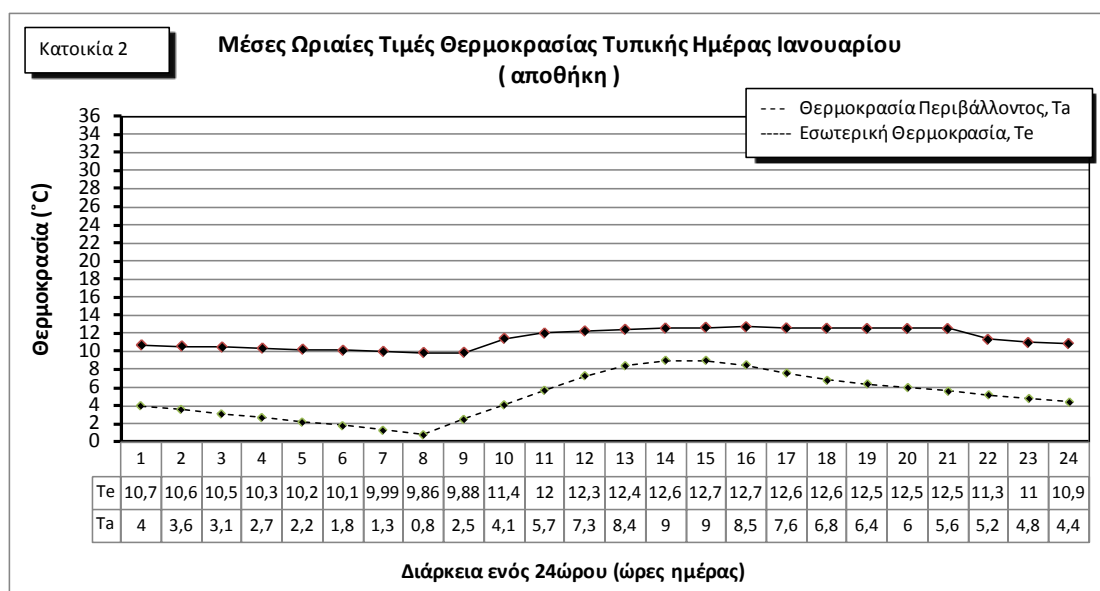
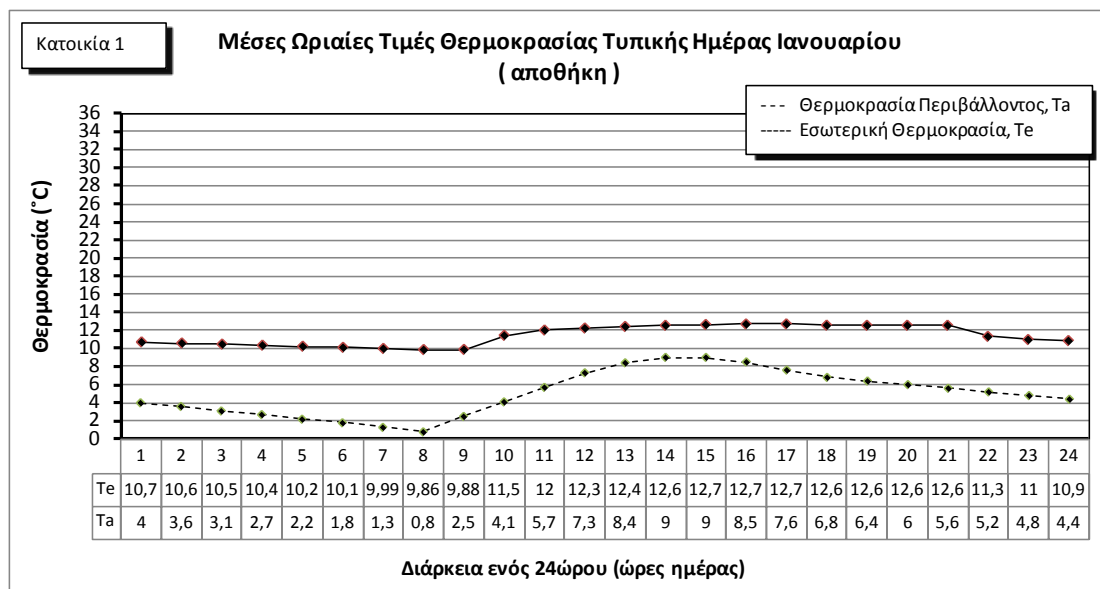


**Διάγραμμα Σ.2.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

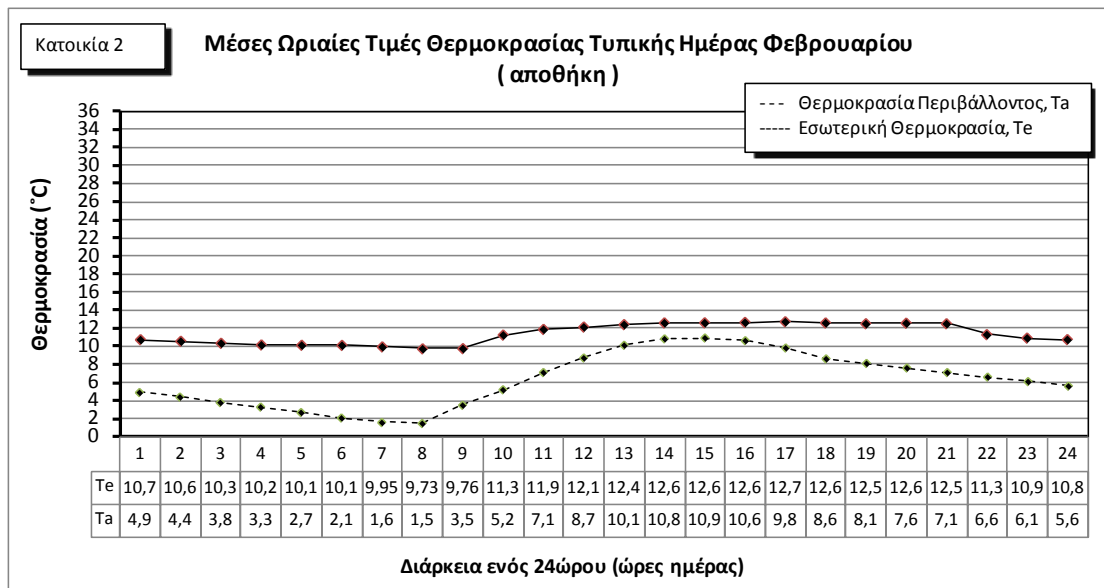
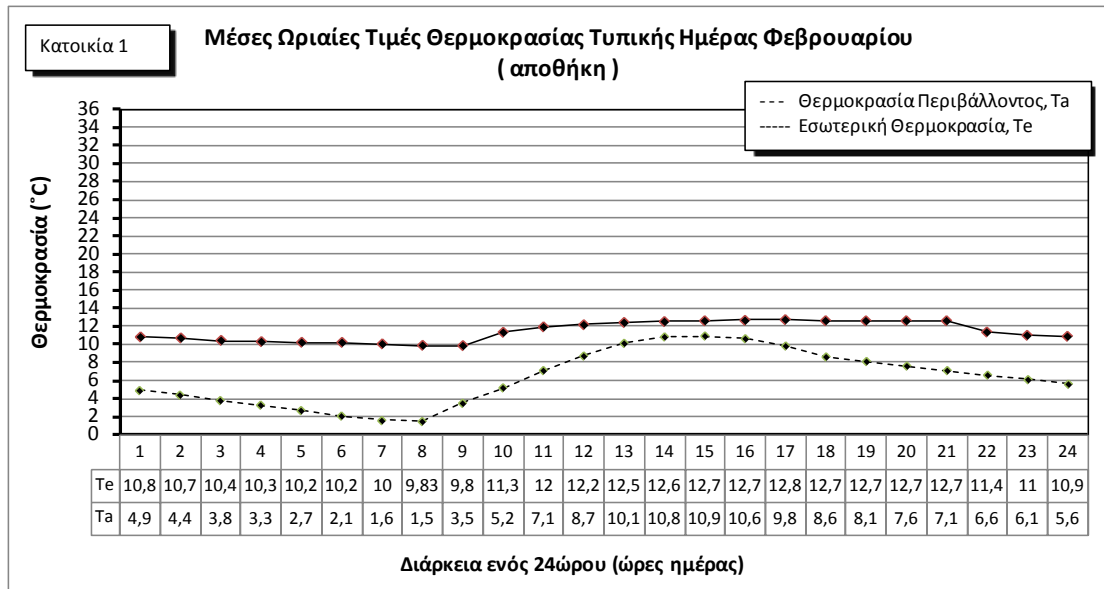


**Διάγραμμα Σ.2.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των σαλονιών - κουζινών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

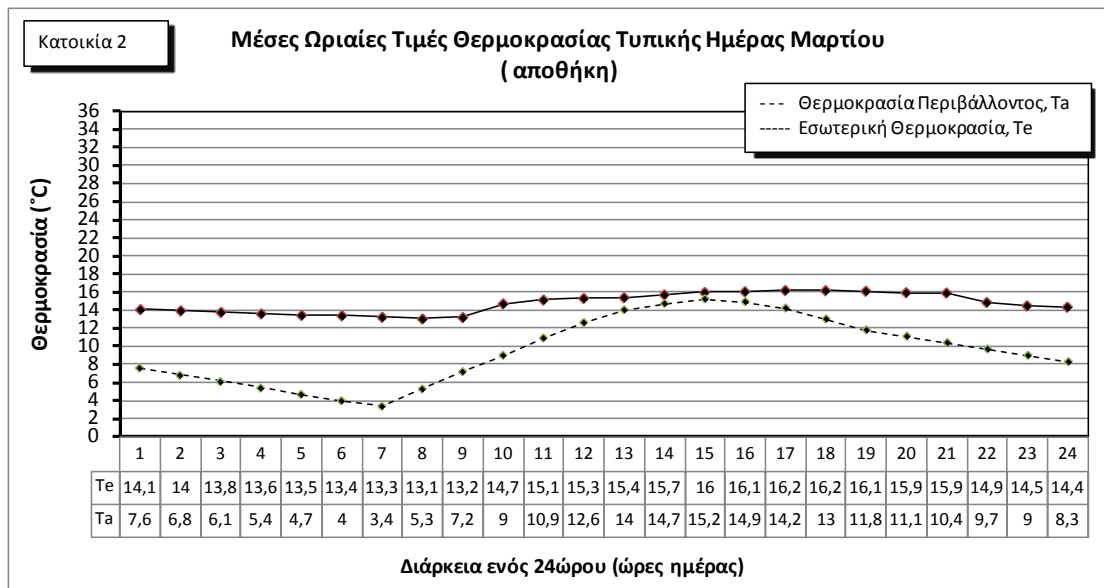
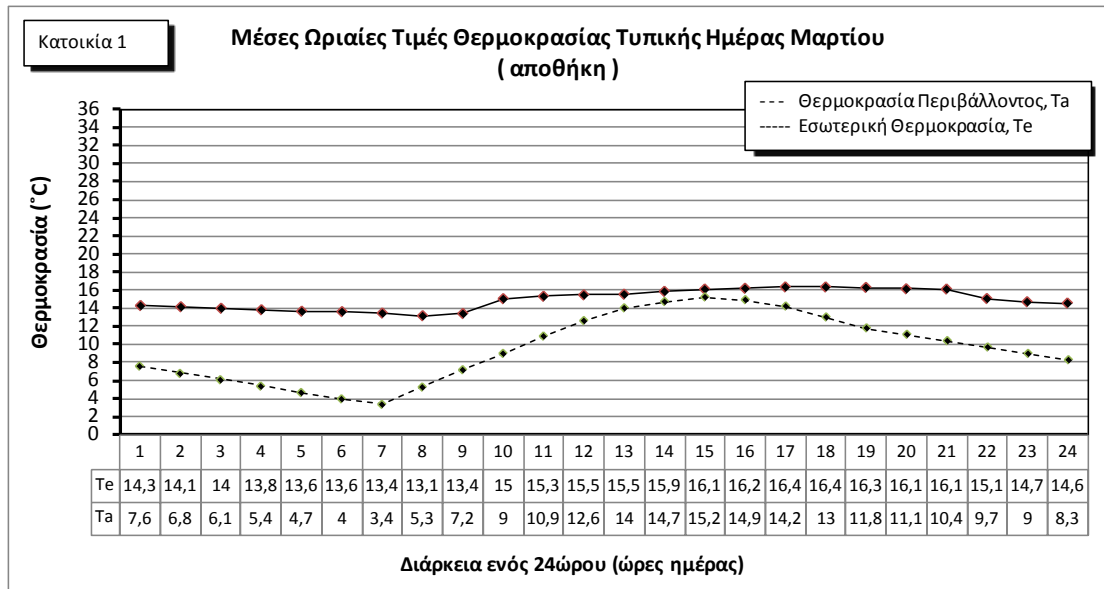
**Π.6. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (αποθήκη)**



**Διάγραμμα Σ.3.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

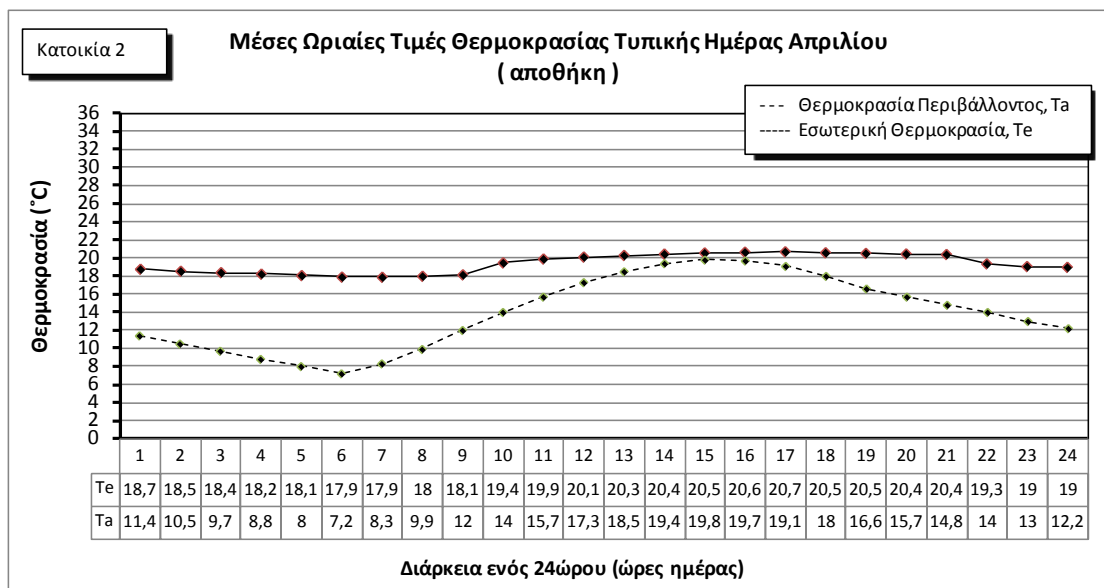
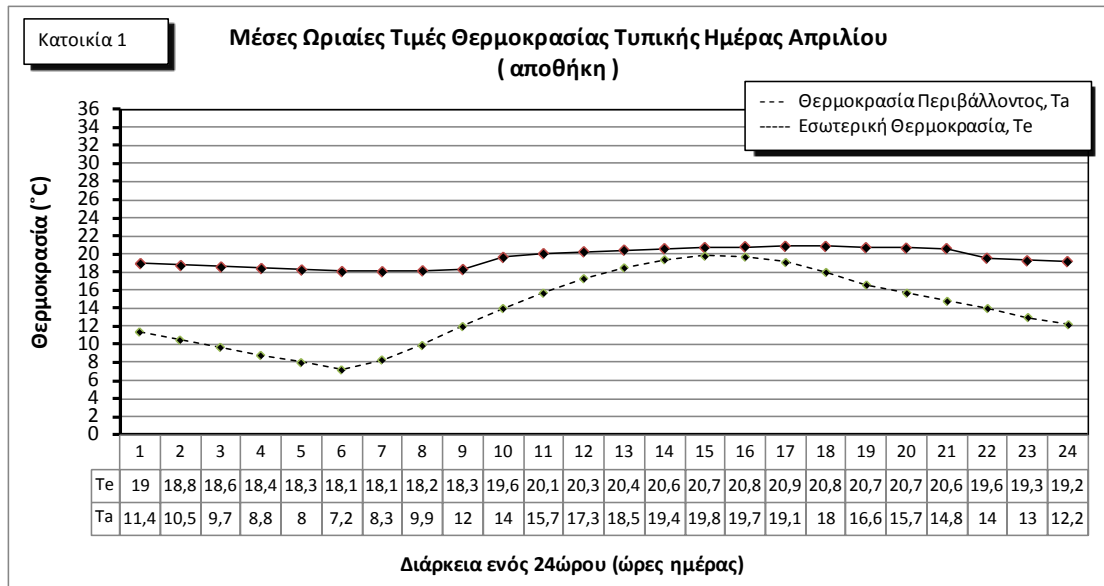


**Διάγραμμα Σ.3.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

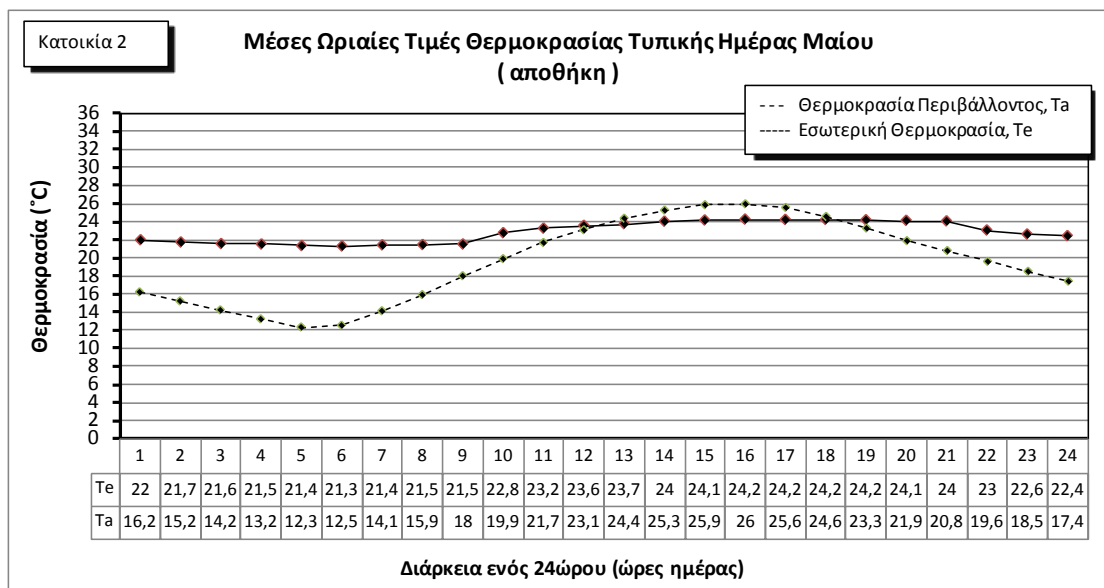
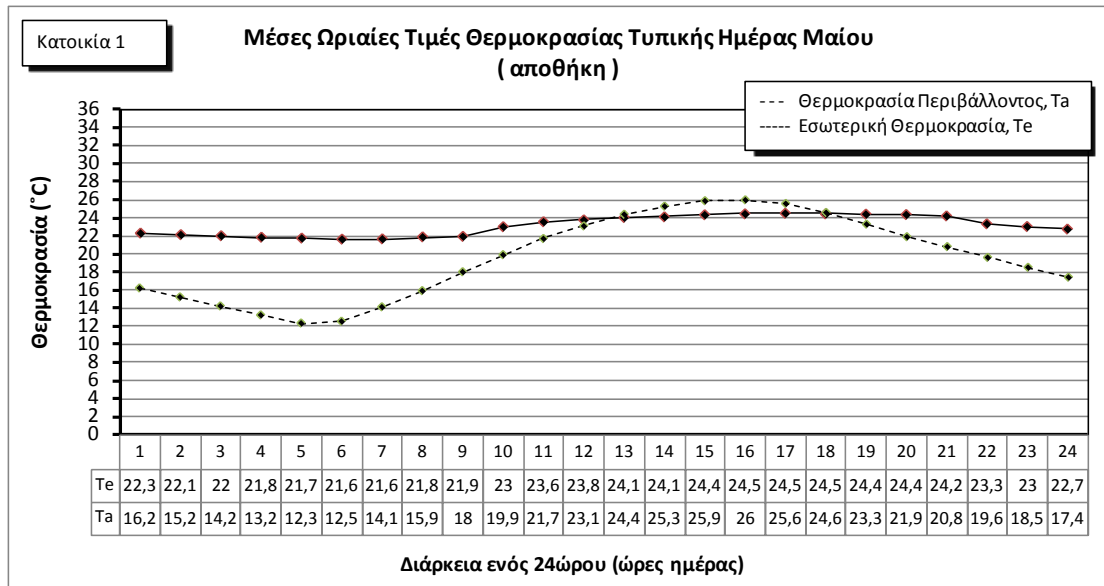


**Διάγραμμα Σ.3.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

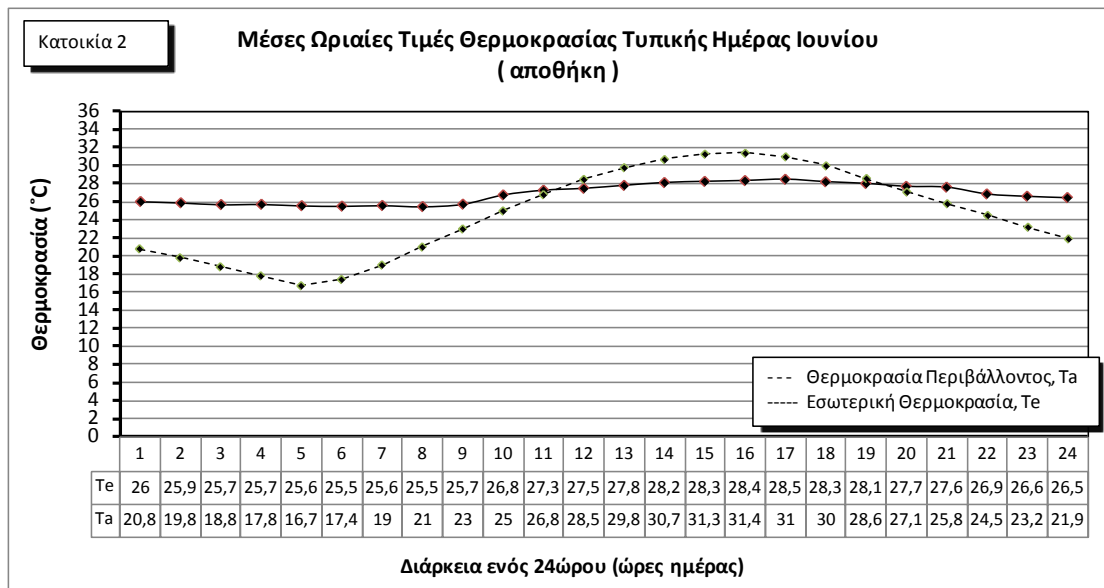
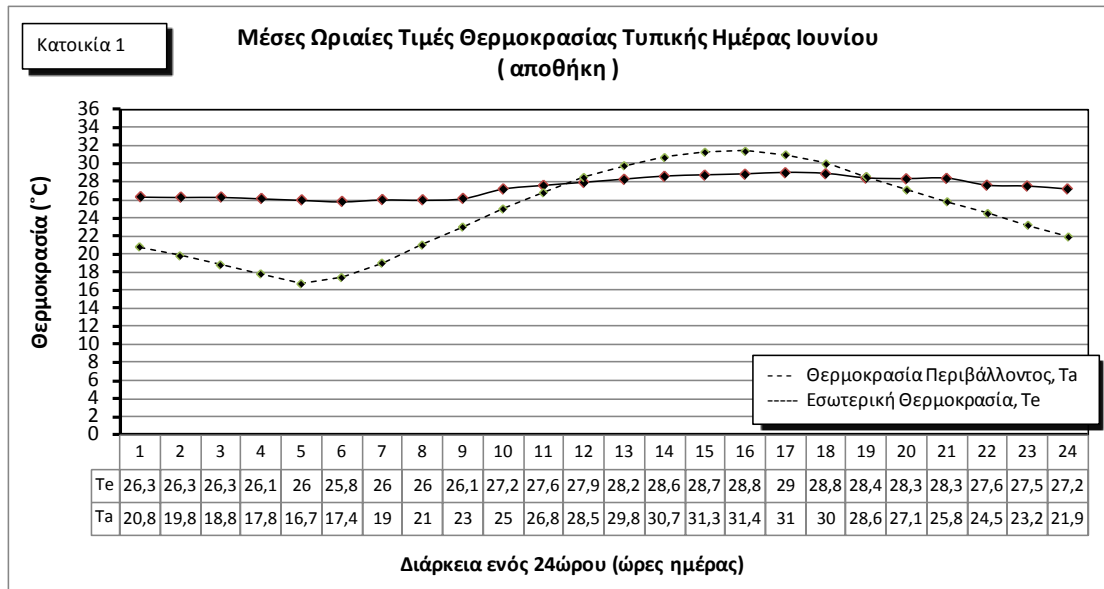




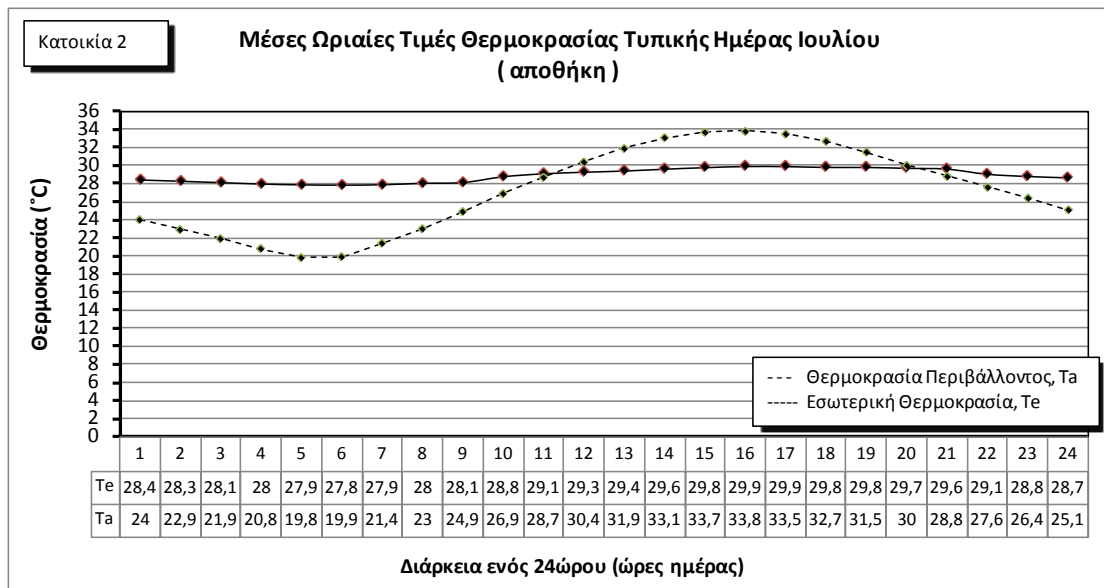
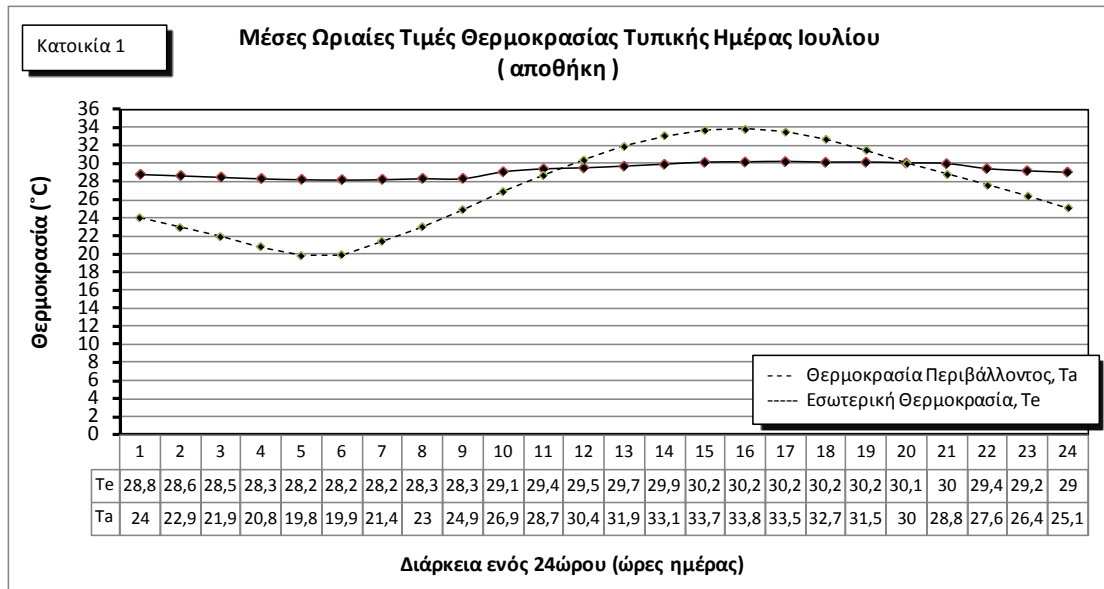
**Διάγραμμα Σ.3.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



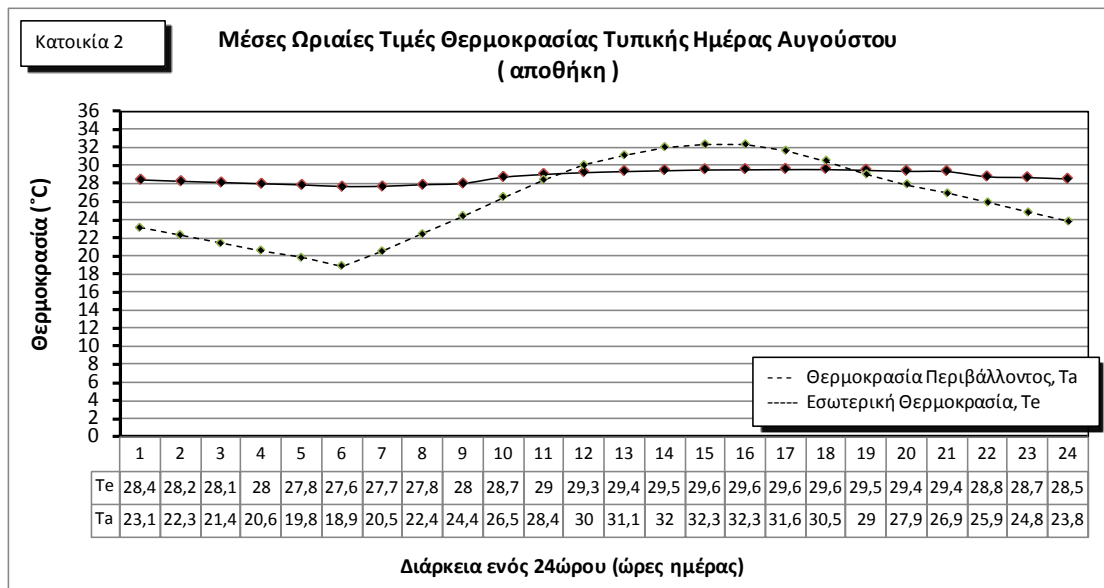
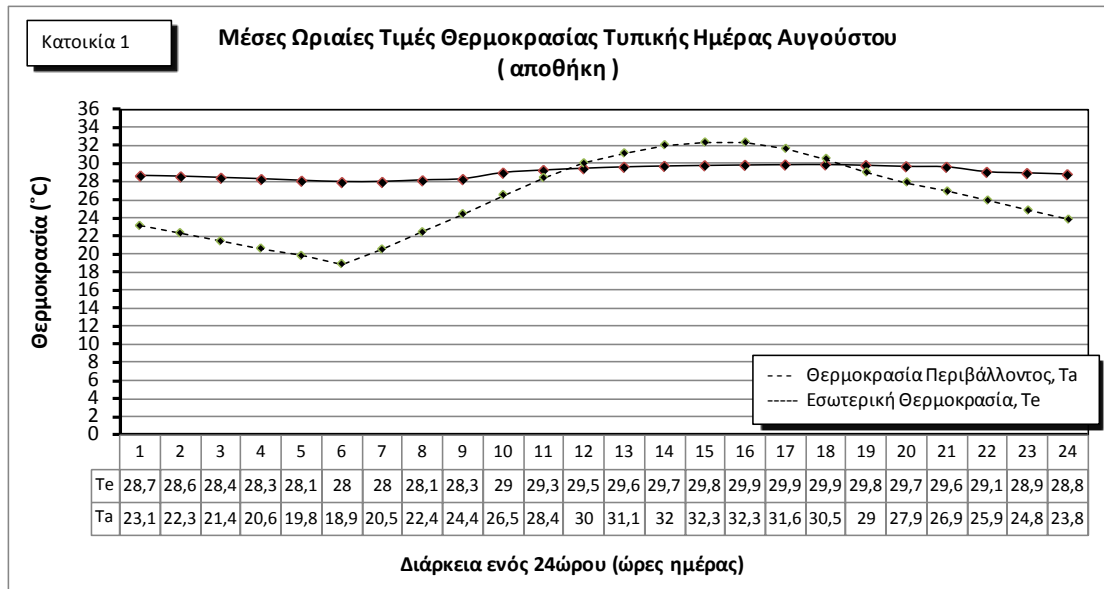
**Διάγραμμα Σ.3.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)



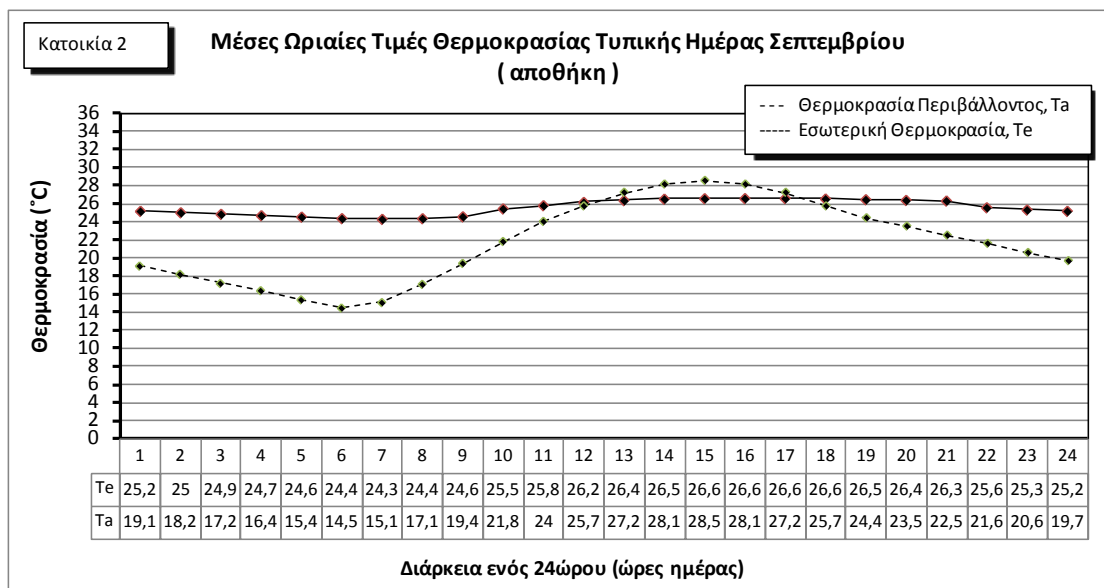
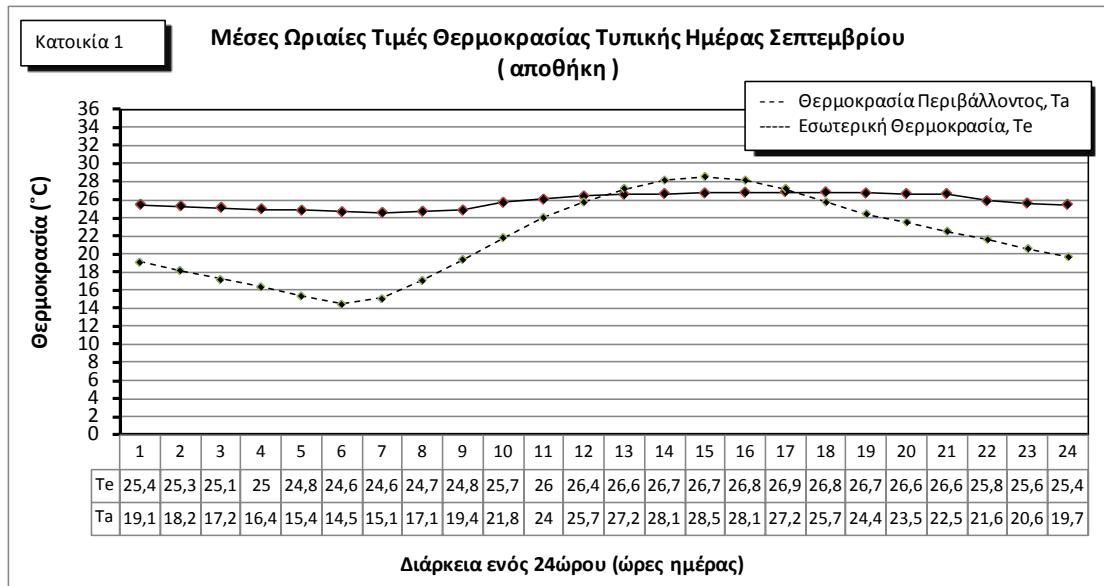
**Διάγραμμα Σ.3.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)



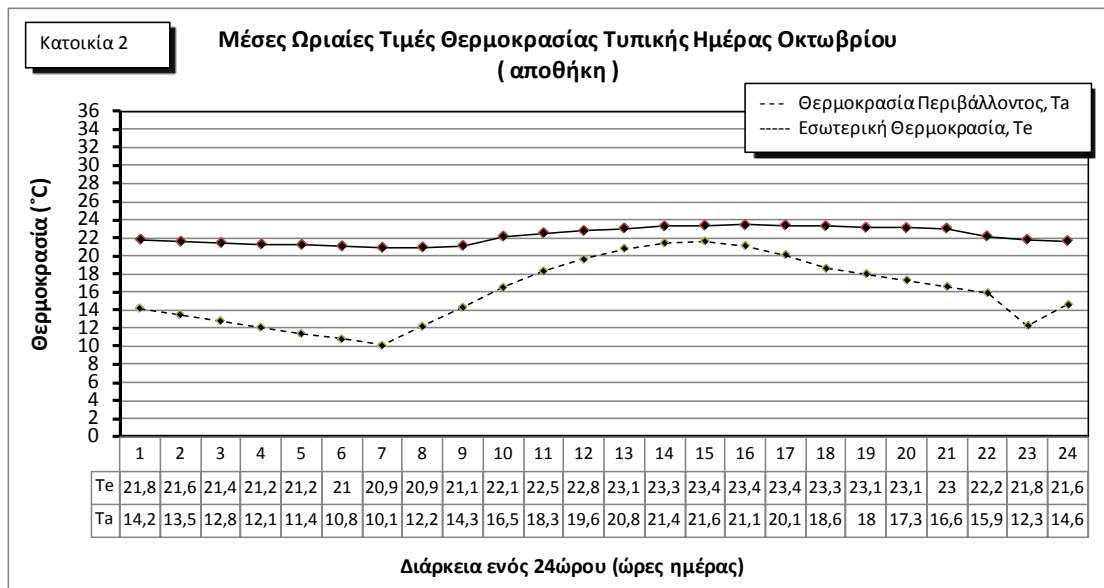
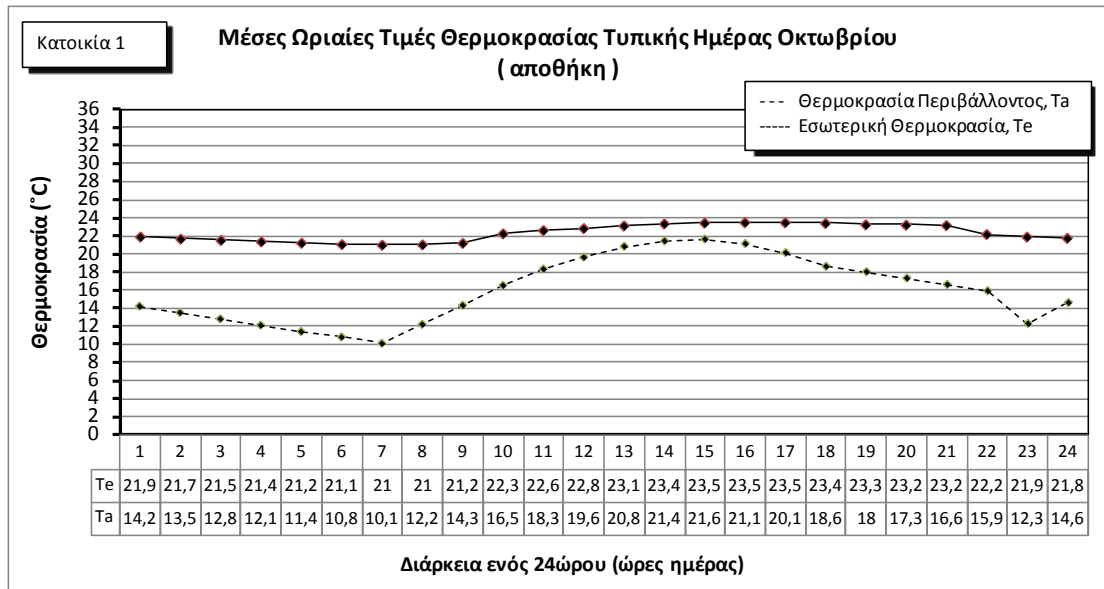
**Διάγραμμα Σ.3.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



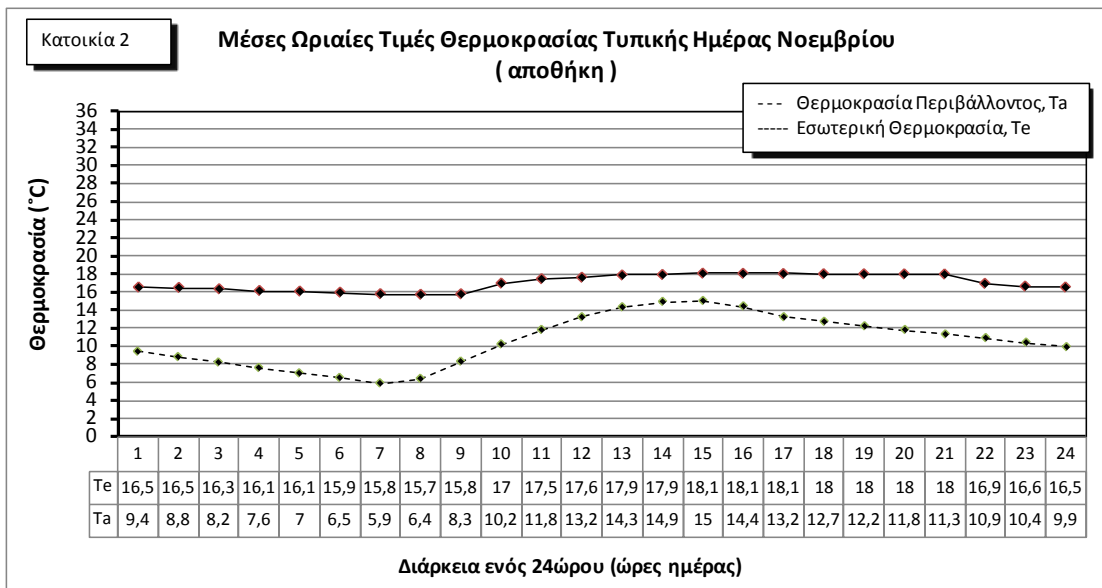
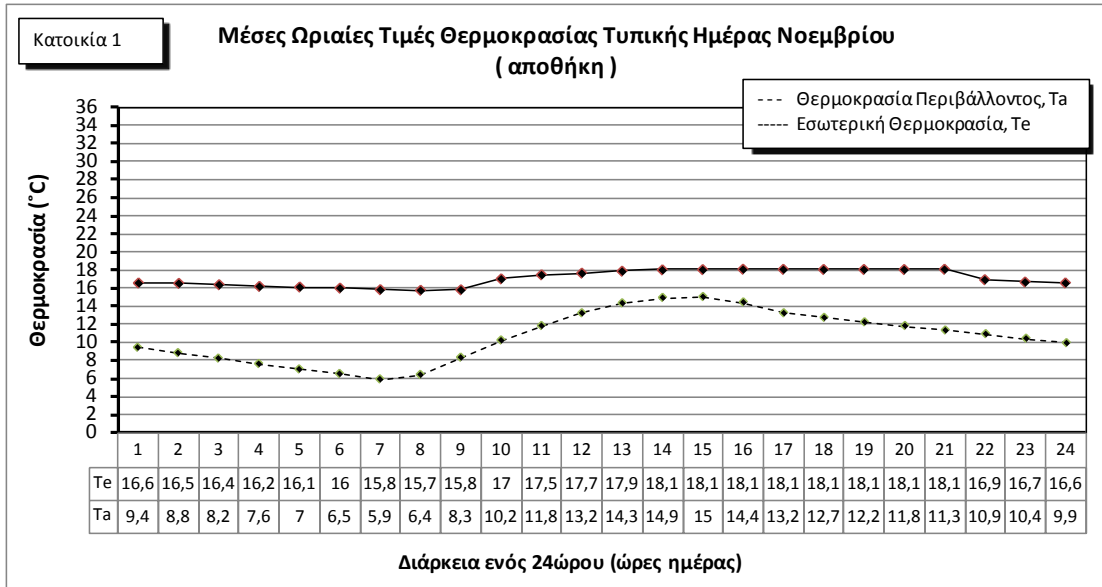
**Διάγραμμα Σ.3.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.3.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

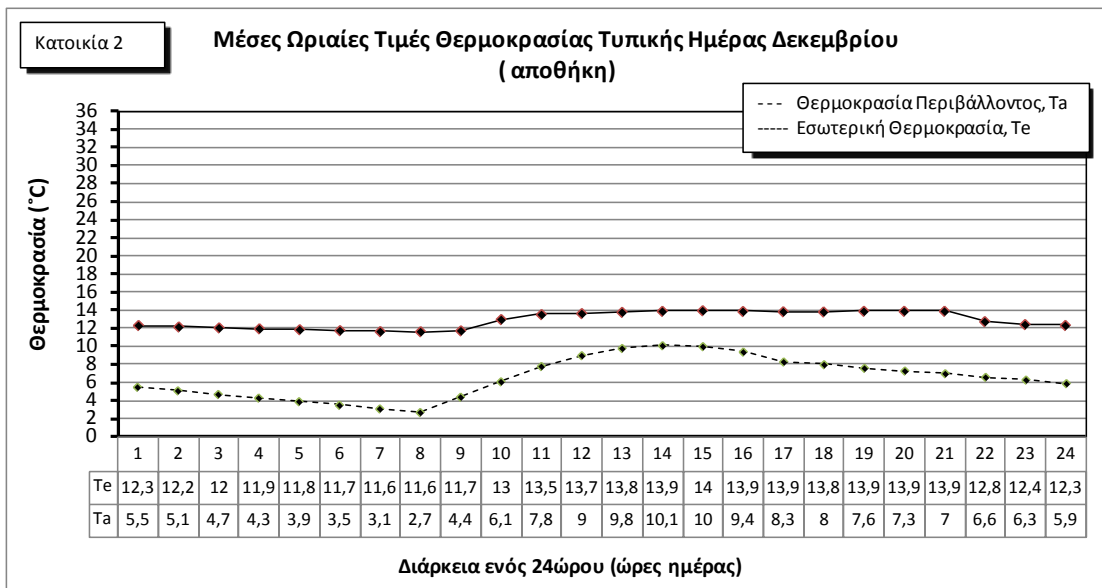
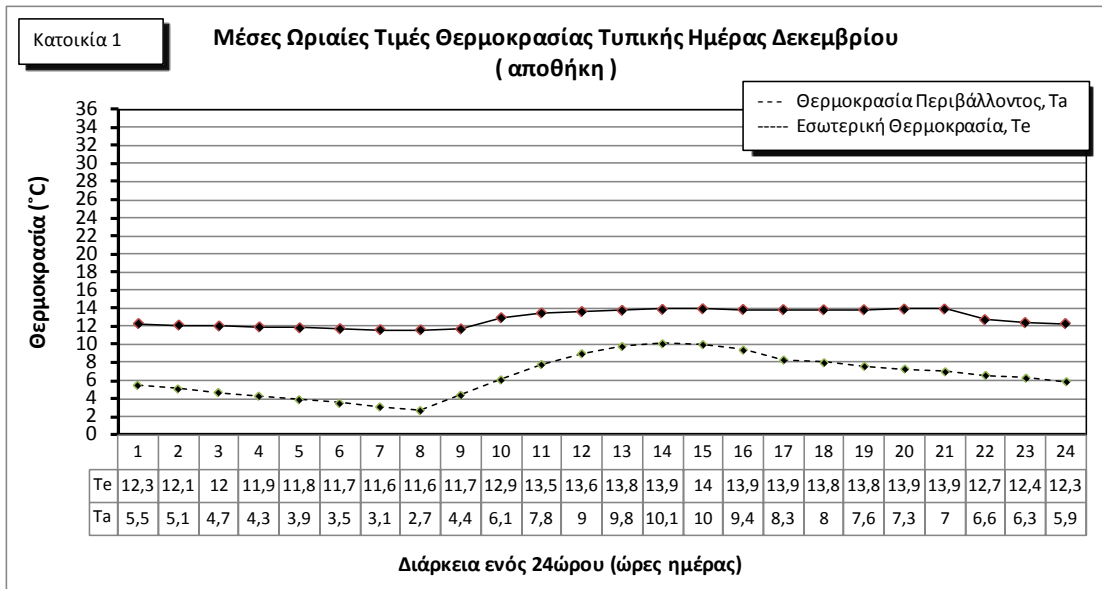


**Διάγραμμα Σ.3.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



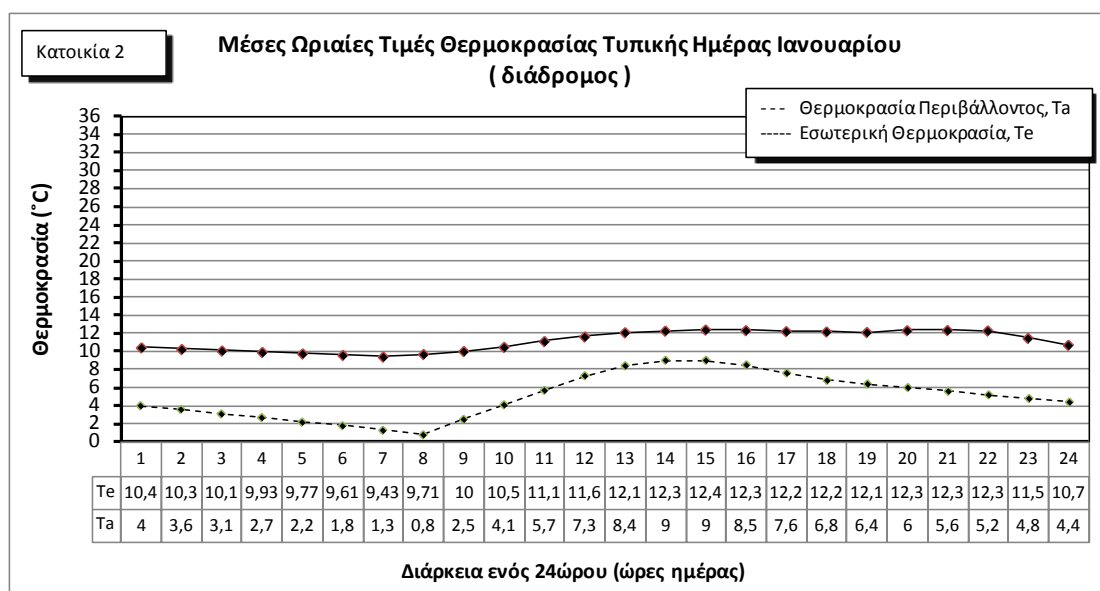
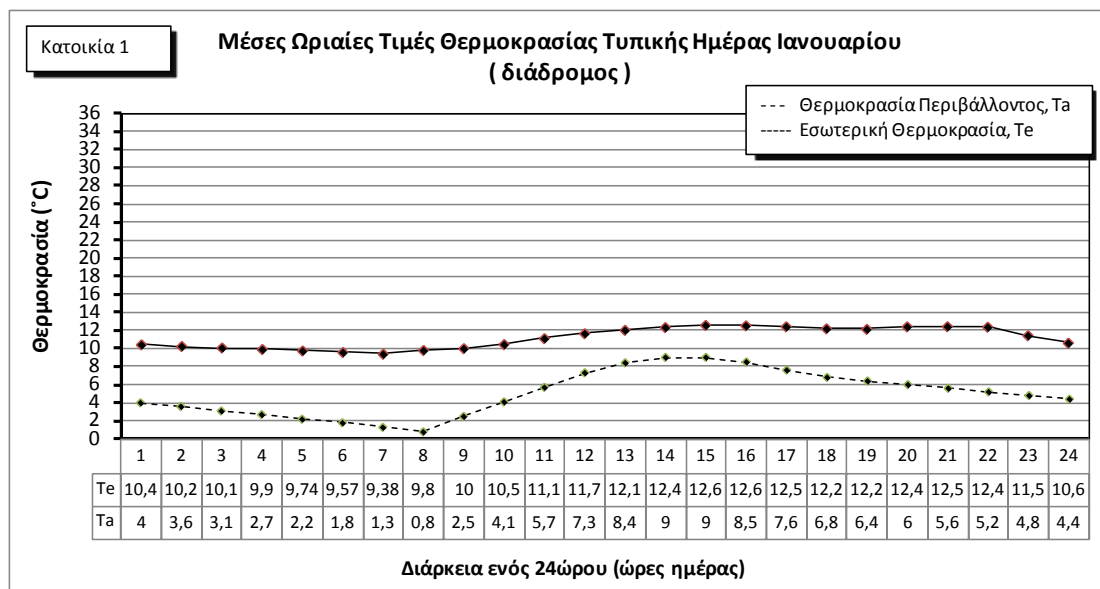
**Διάγραμμα Σ.3.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



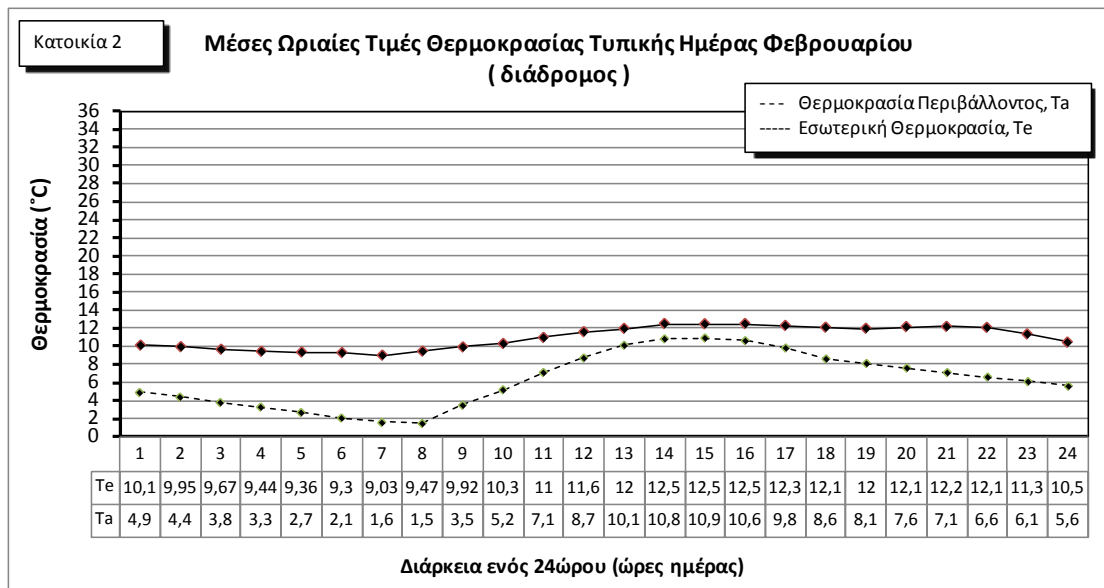
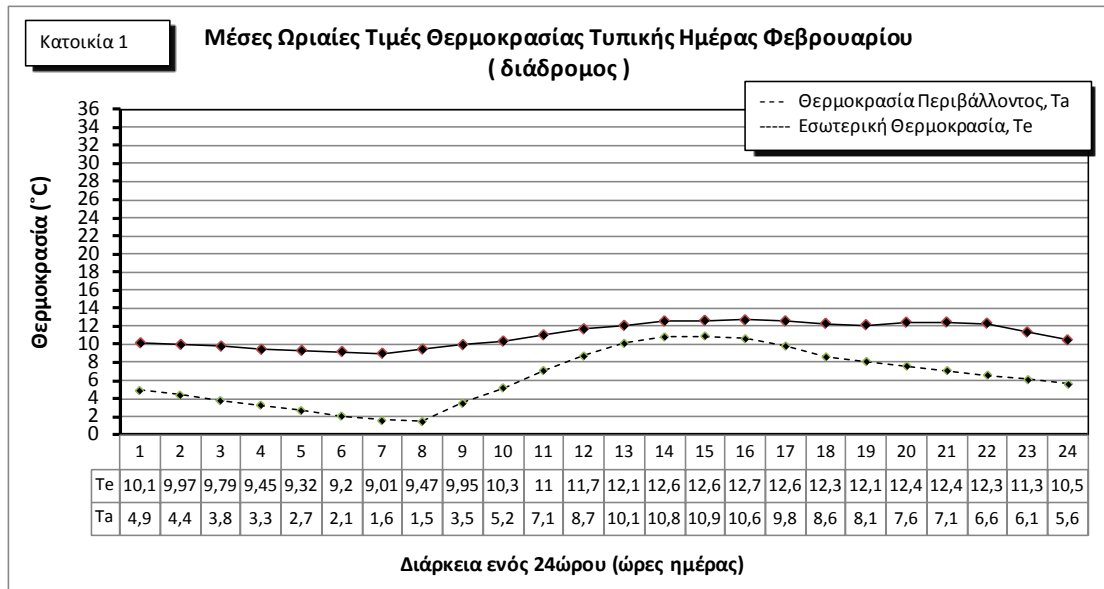


**Διάγραμμα Σ.3.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των αποθηκών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

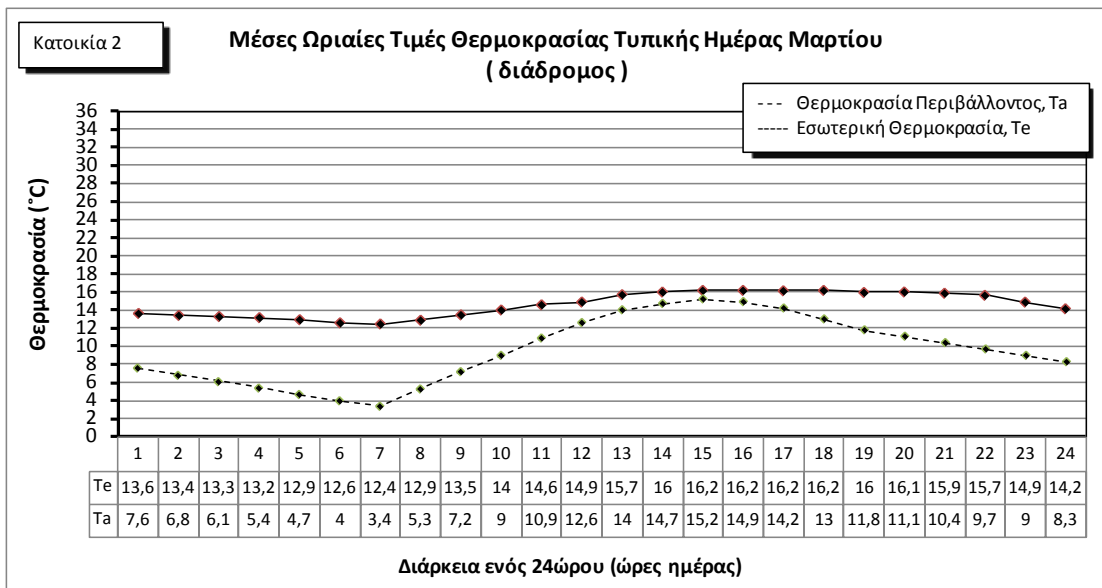
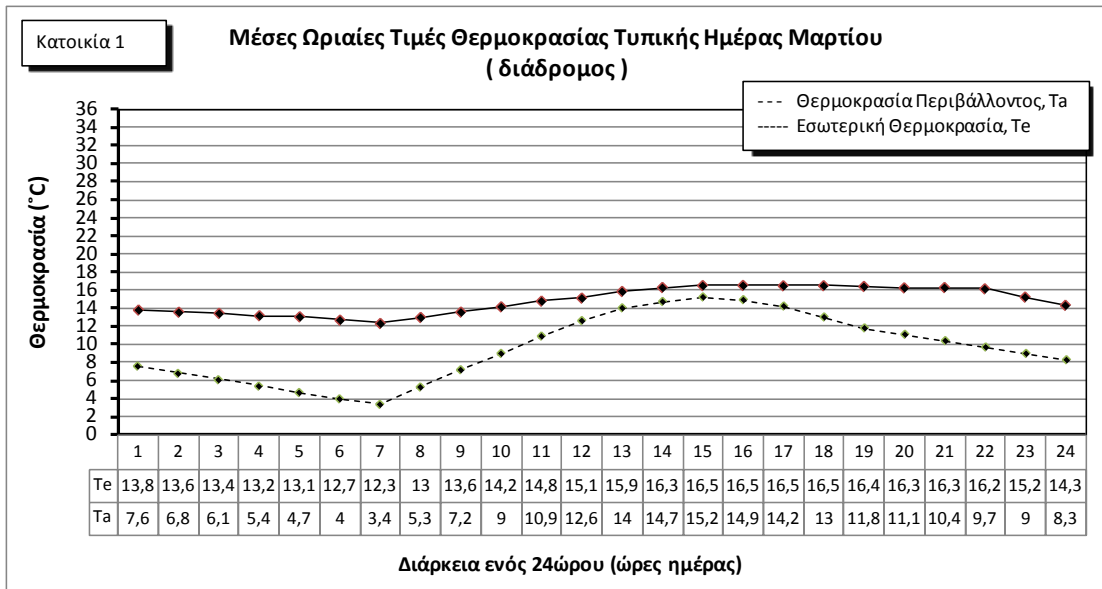
**Π.7. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (διάδρομος)**



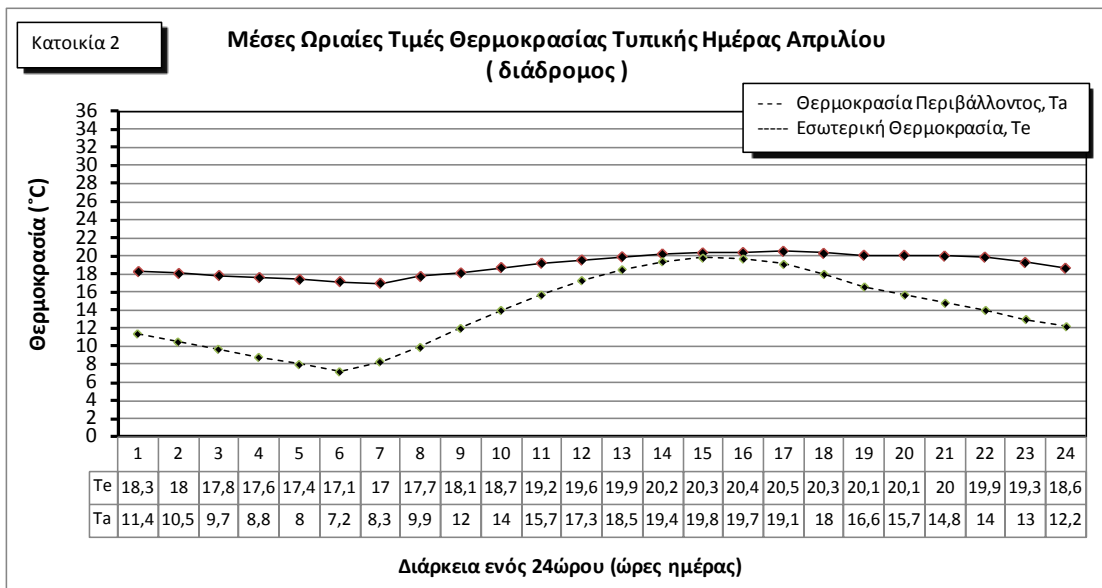
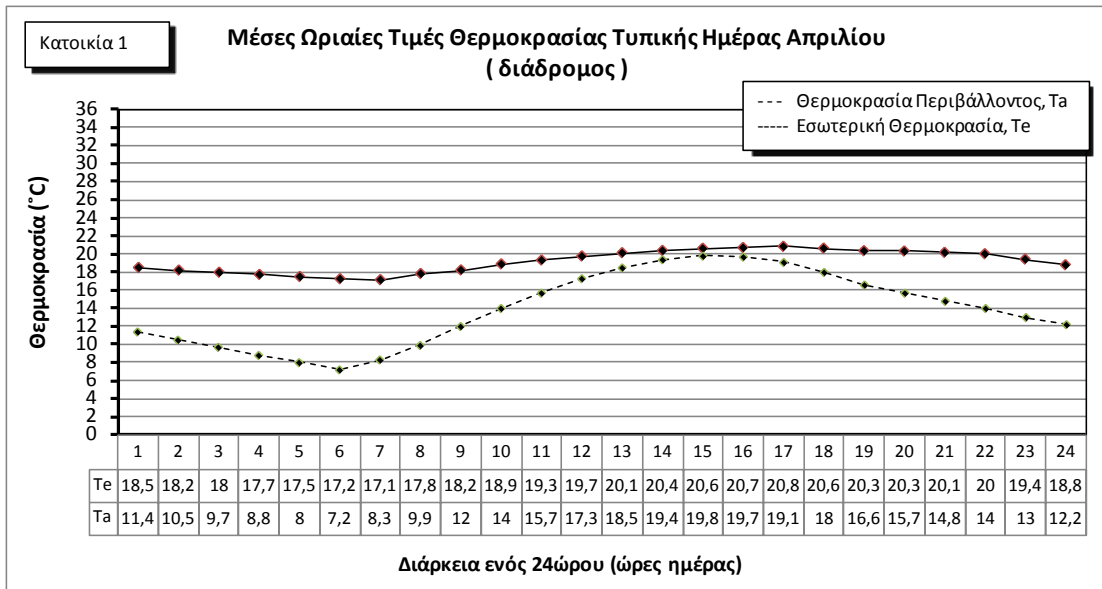
**Διάγραμμα Σ.4.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



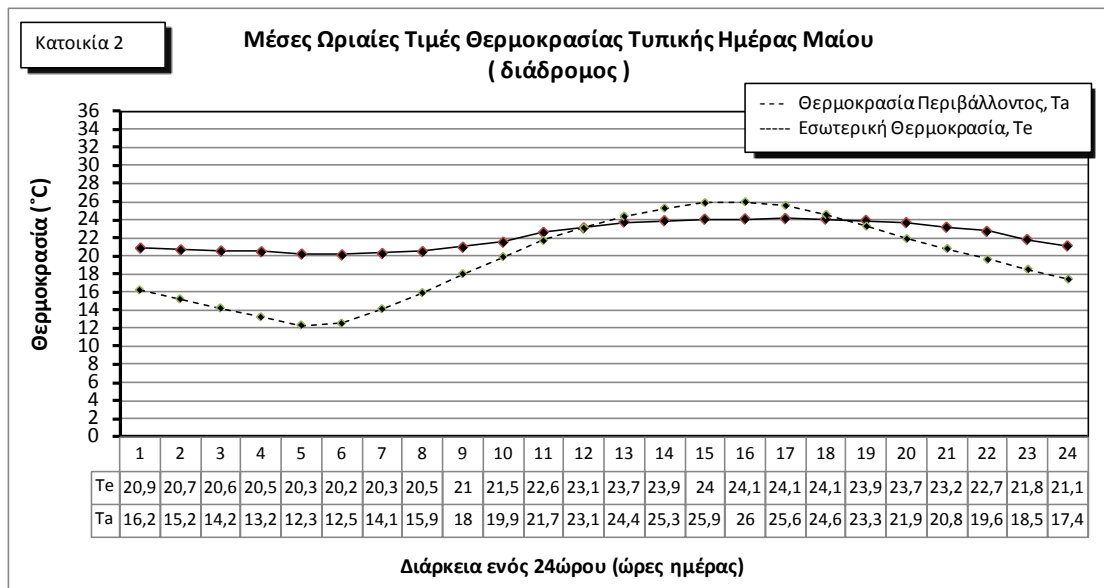
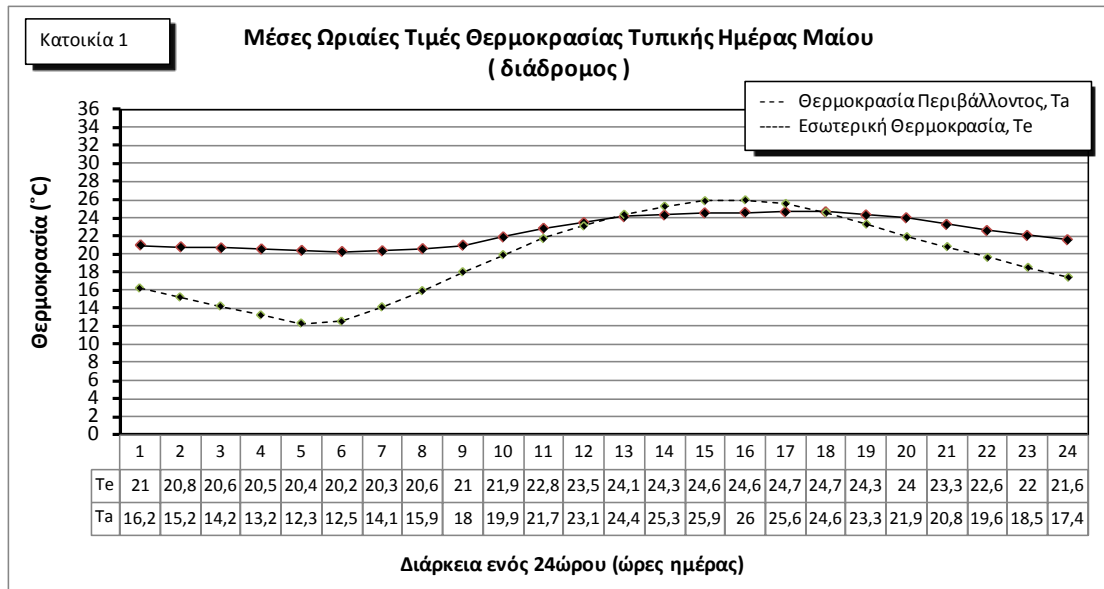
**Διάγραμμα Σ.4.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



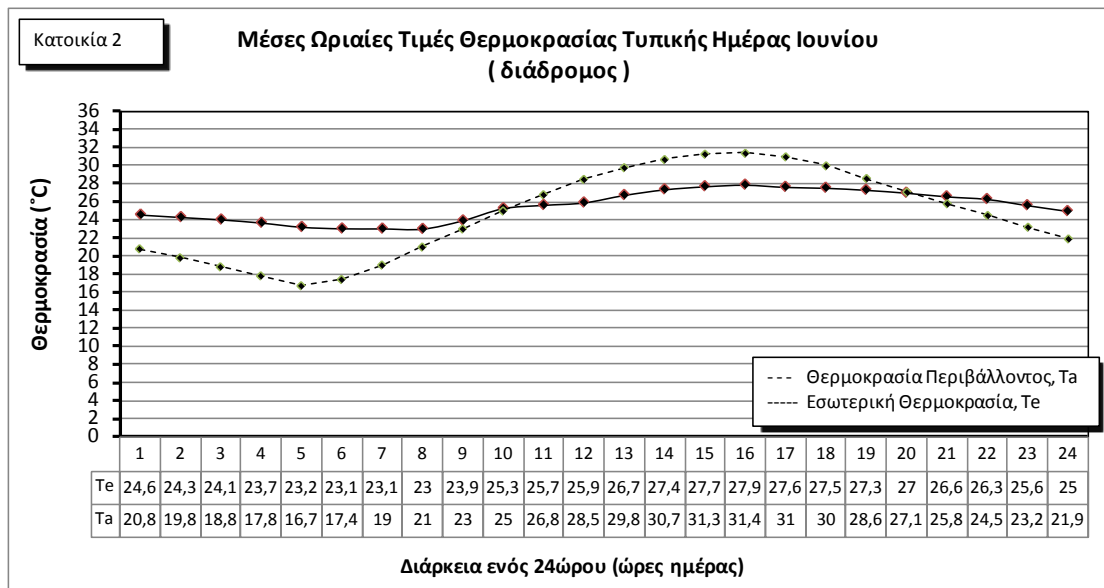
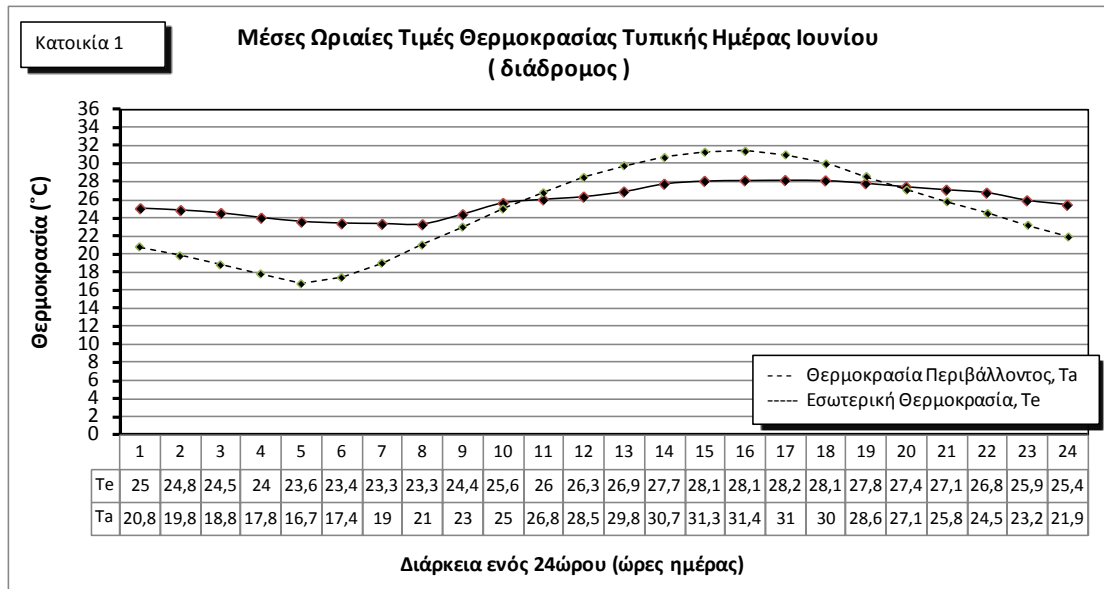
**Διάγραμμα Σ.4.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου. (πηγή: πρωτότυπη)



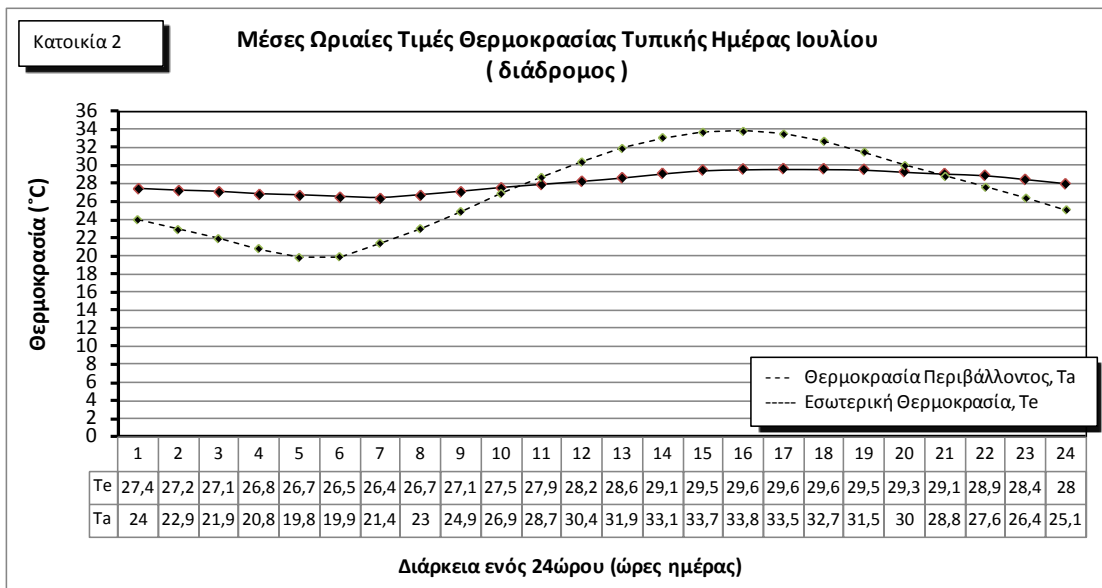
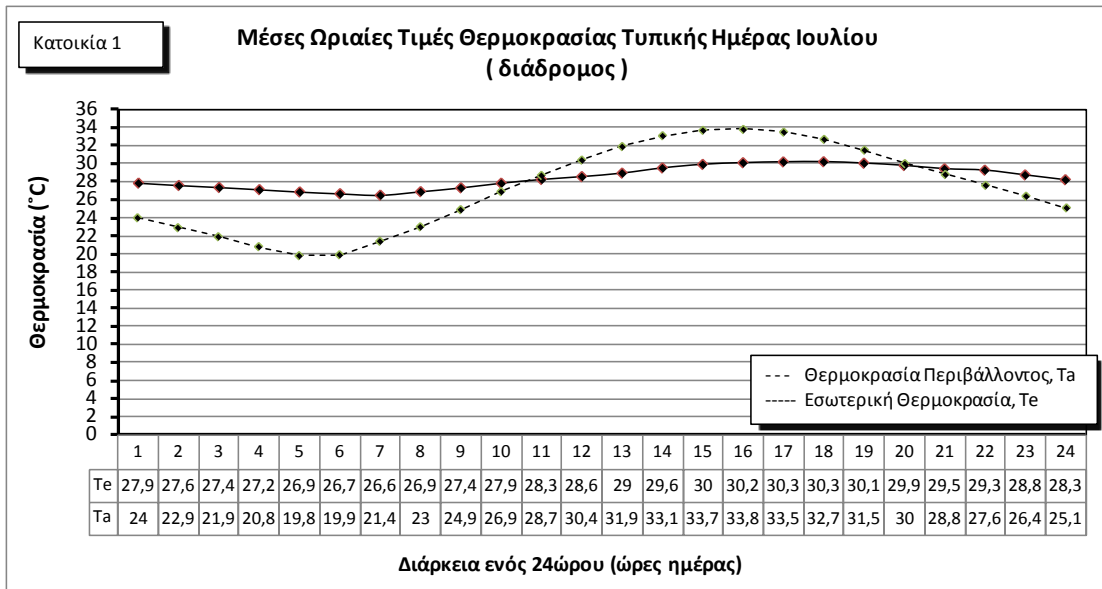
**Διάγραμμα Σ.4.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.4.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)

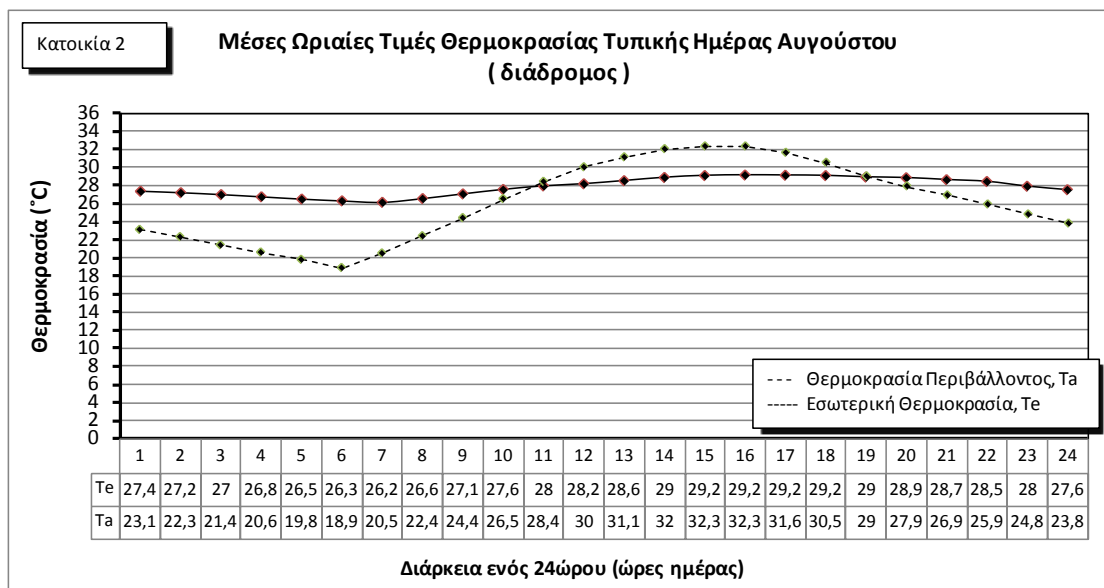
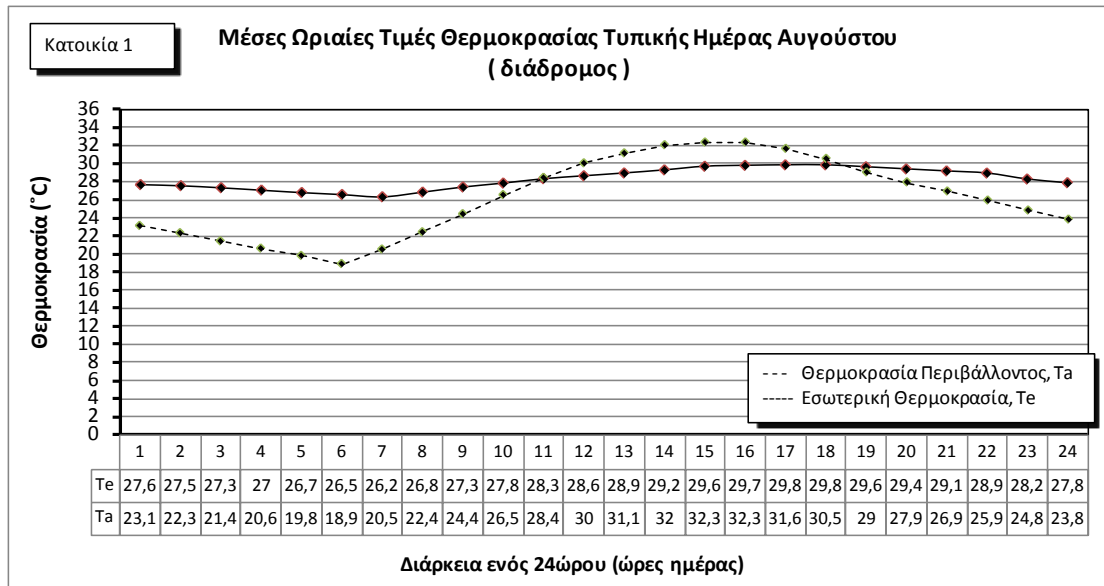


**Διάγραμμα Σ.4.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)

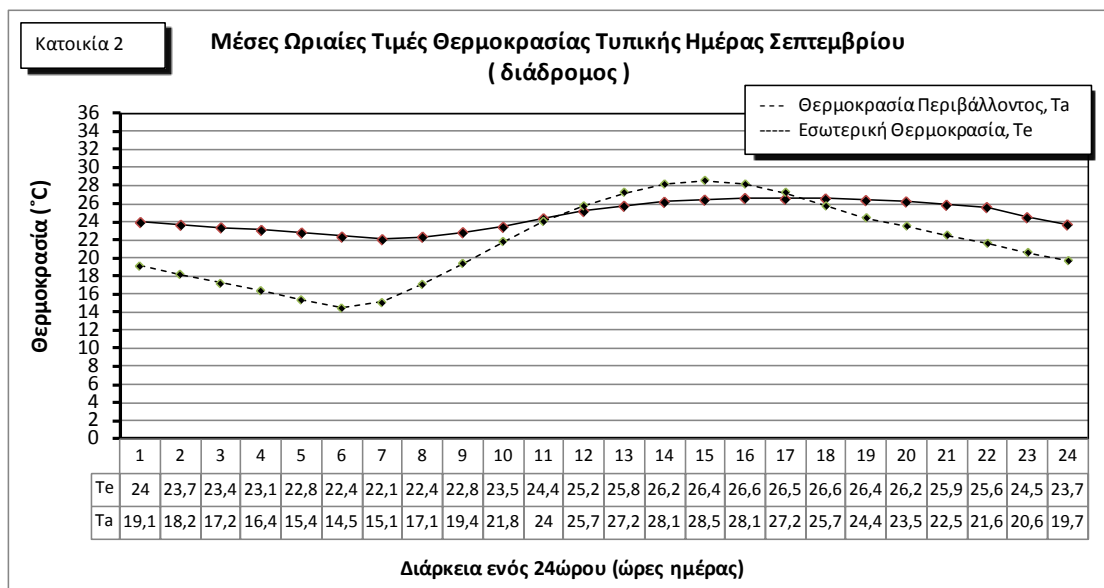
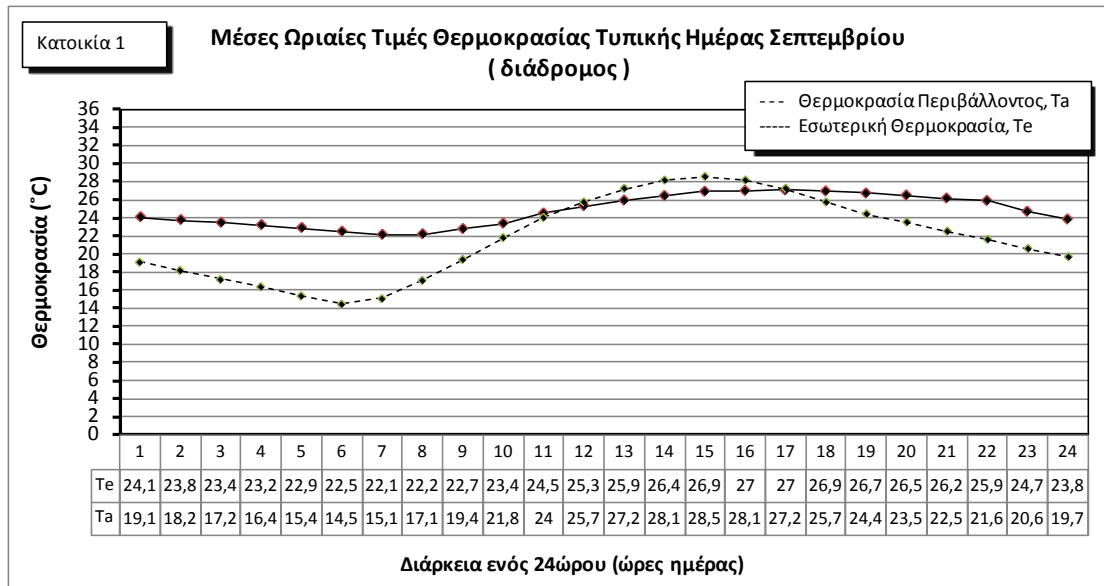


**Διάγραμμα Σ.4.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

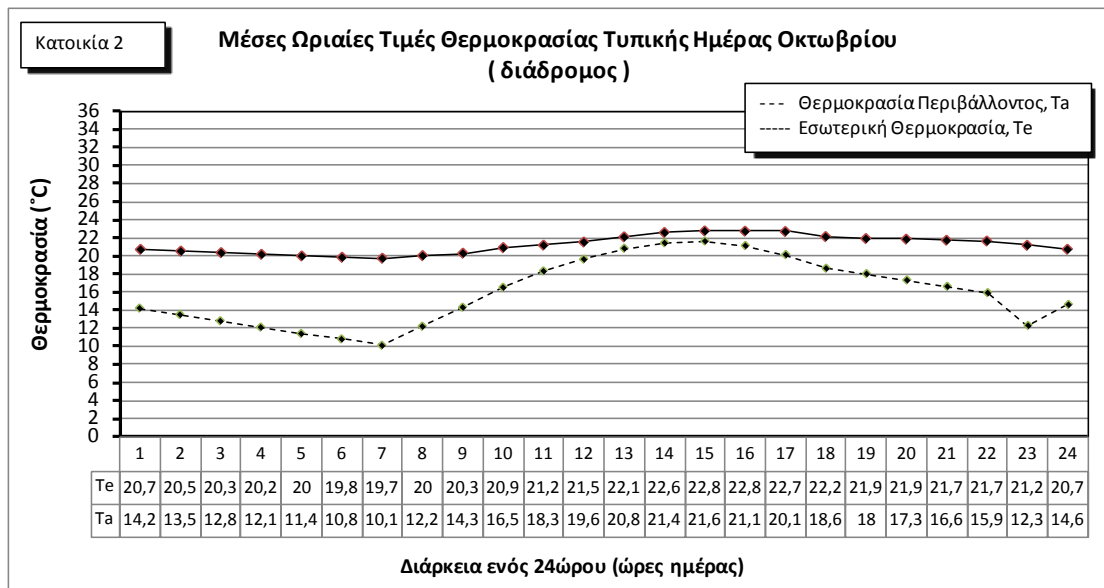
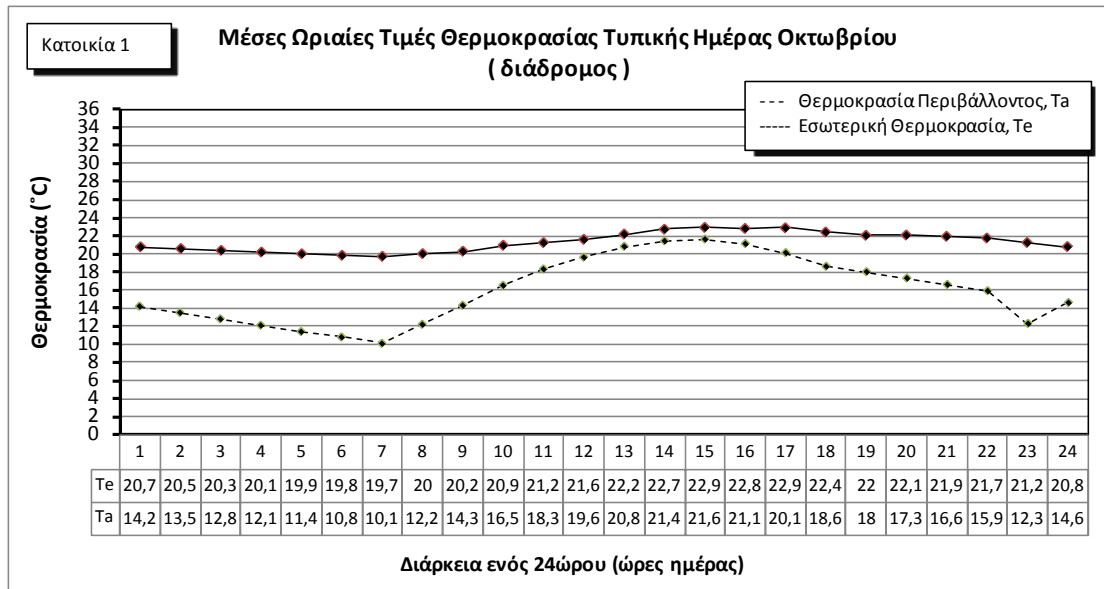




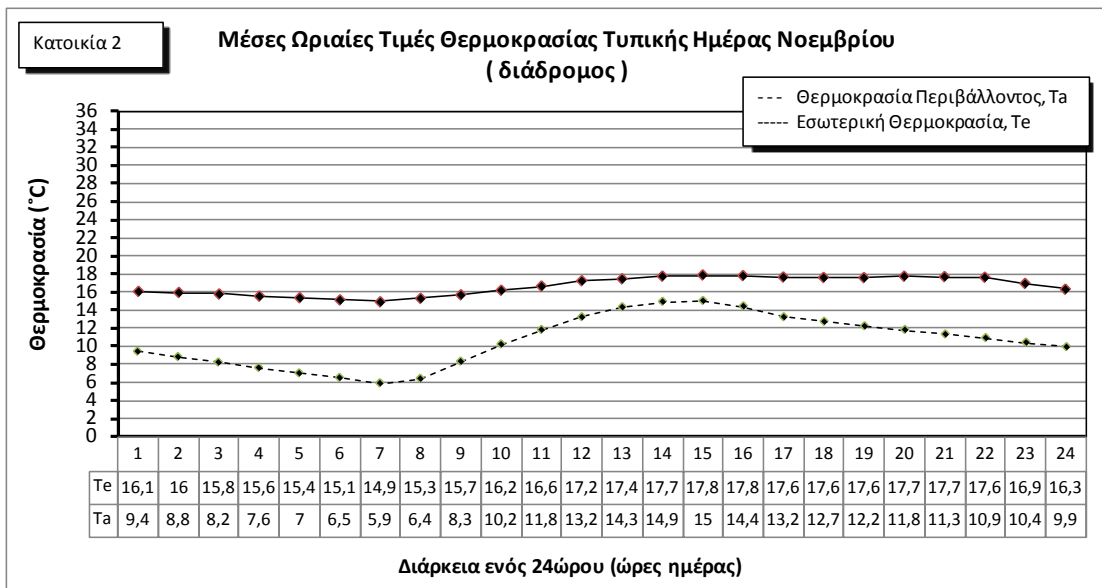
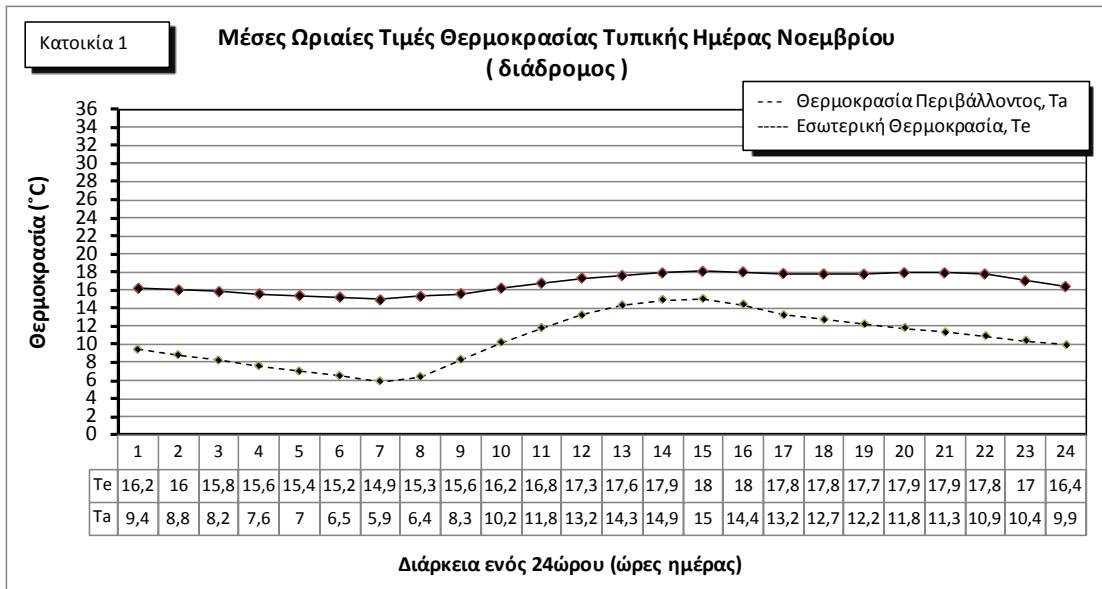
**Διάγραμμα Σ.4.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



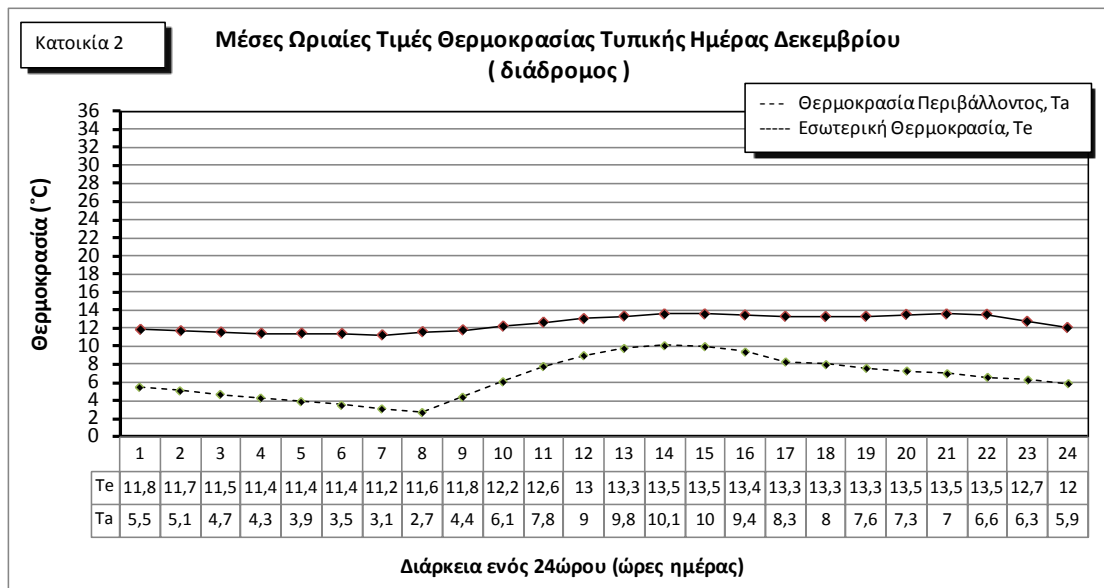
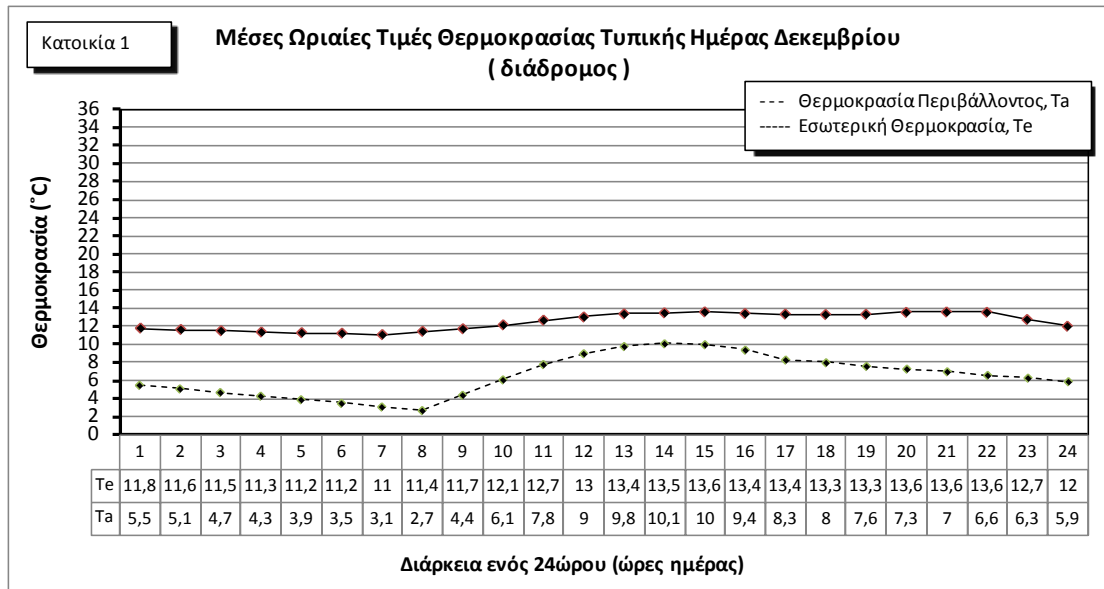
**Διάγραμμα Σ.4.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.4.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

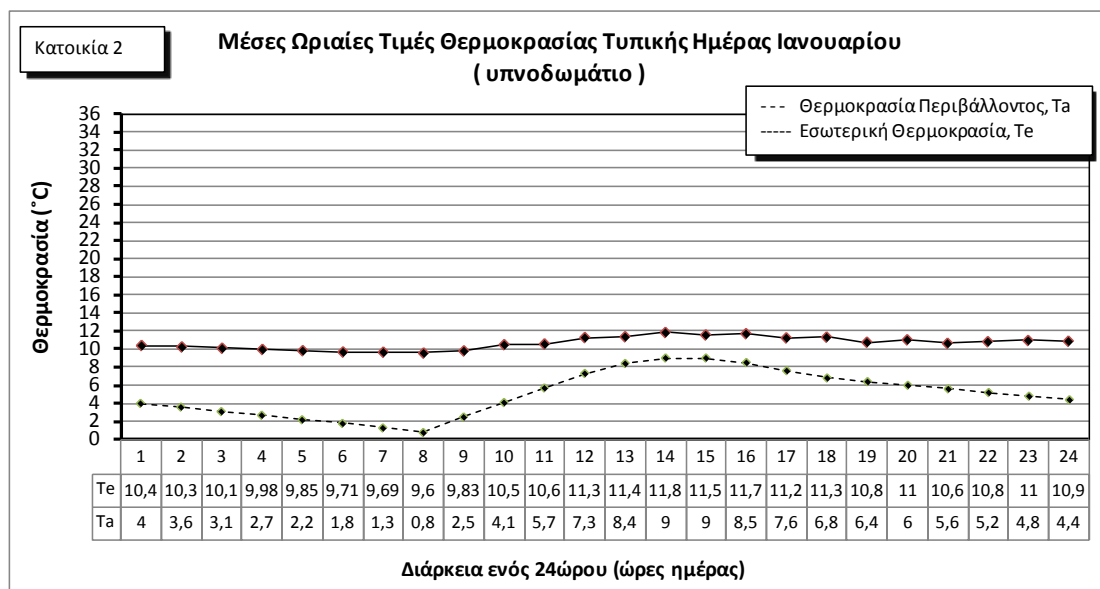
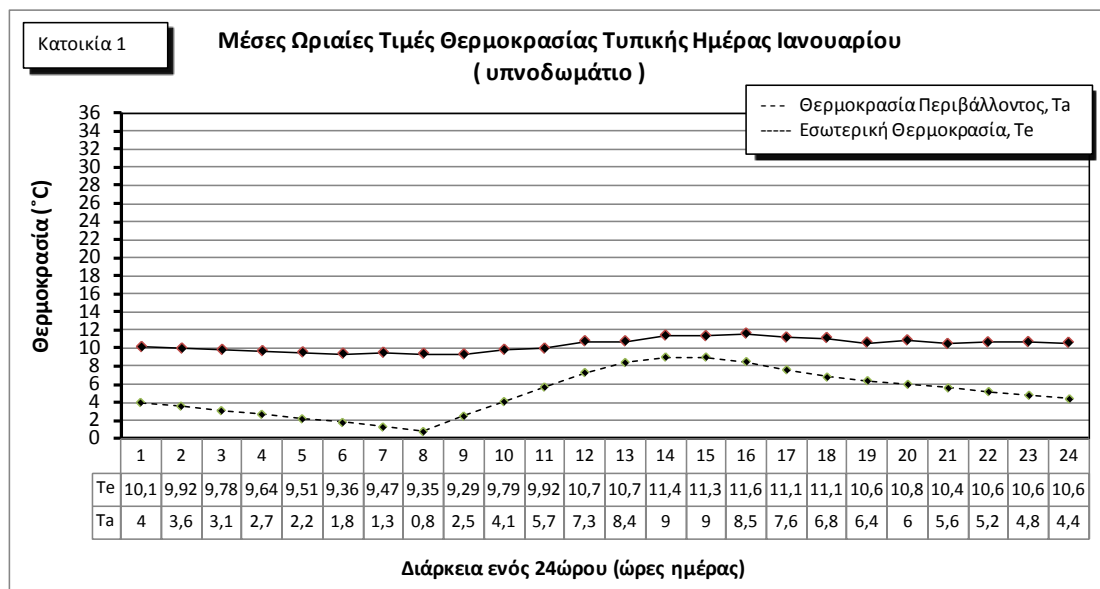


**Διάγραμμα Σ.4.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

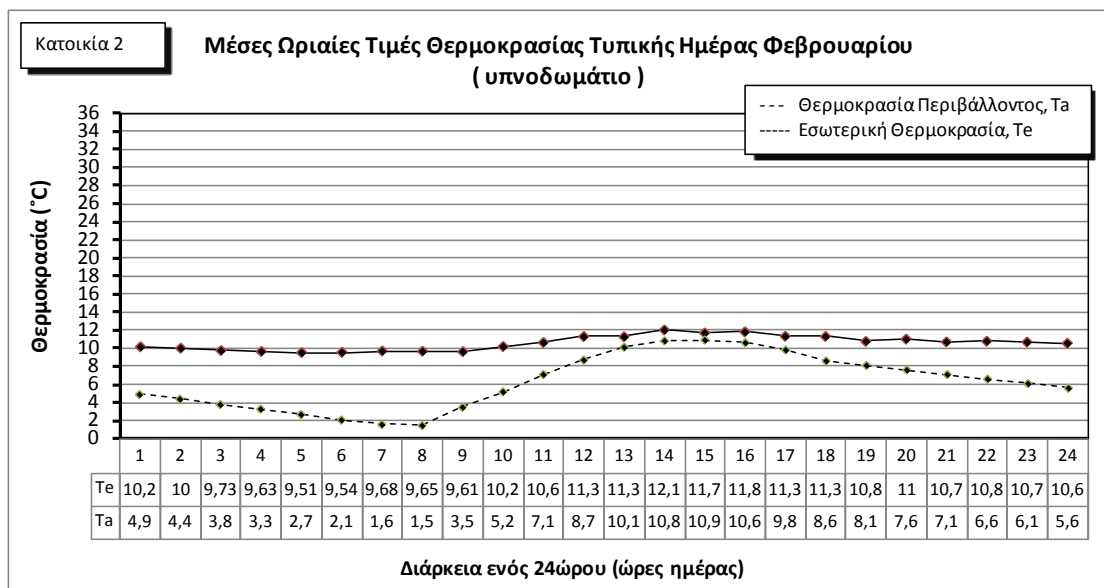
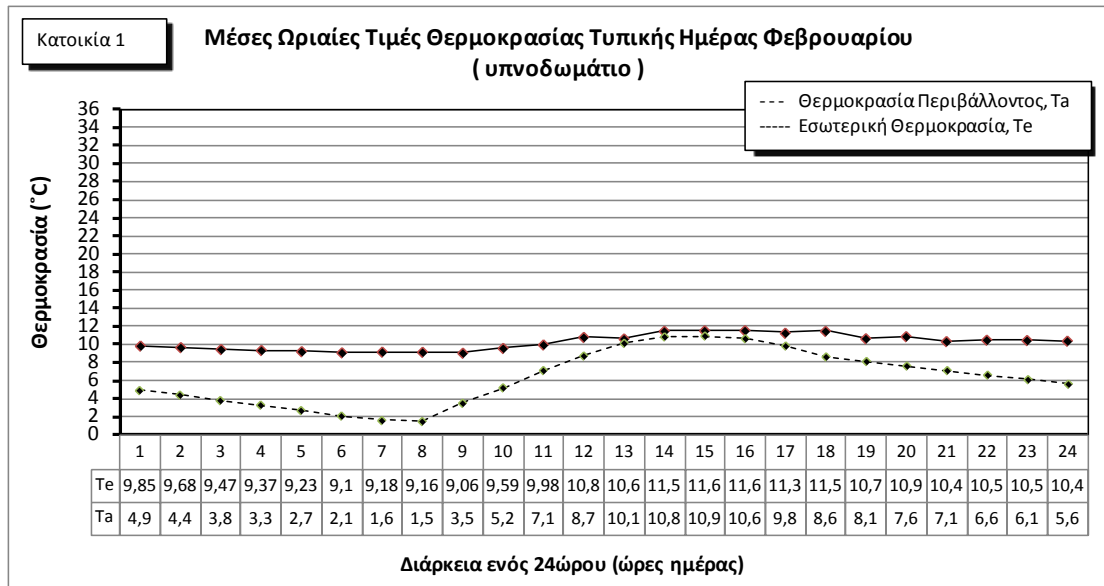


**Διάγραμμα Σ.4.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των διαδρόμων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

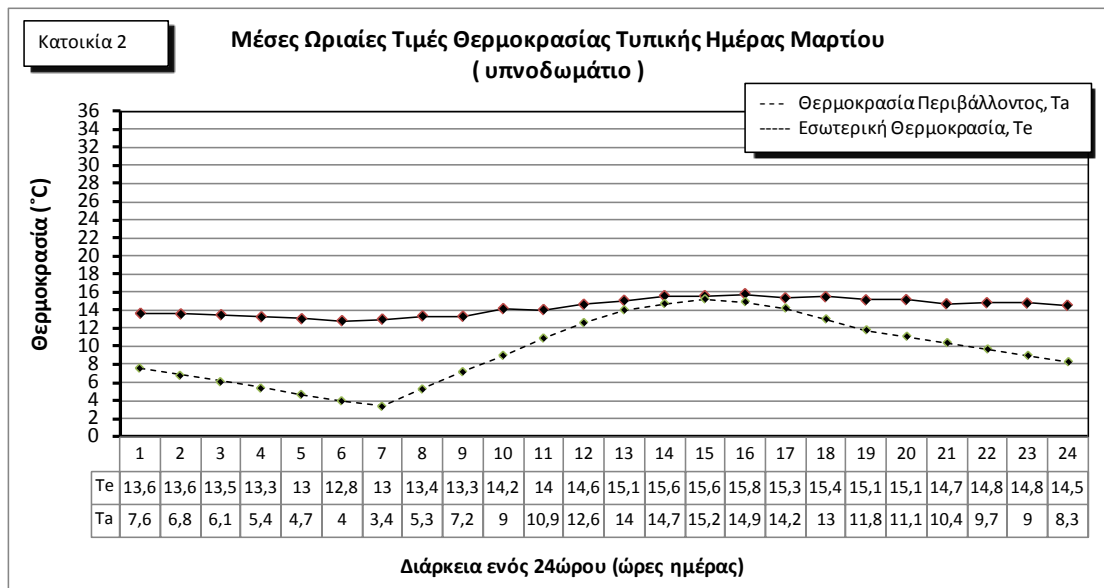
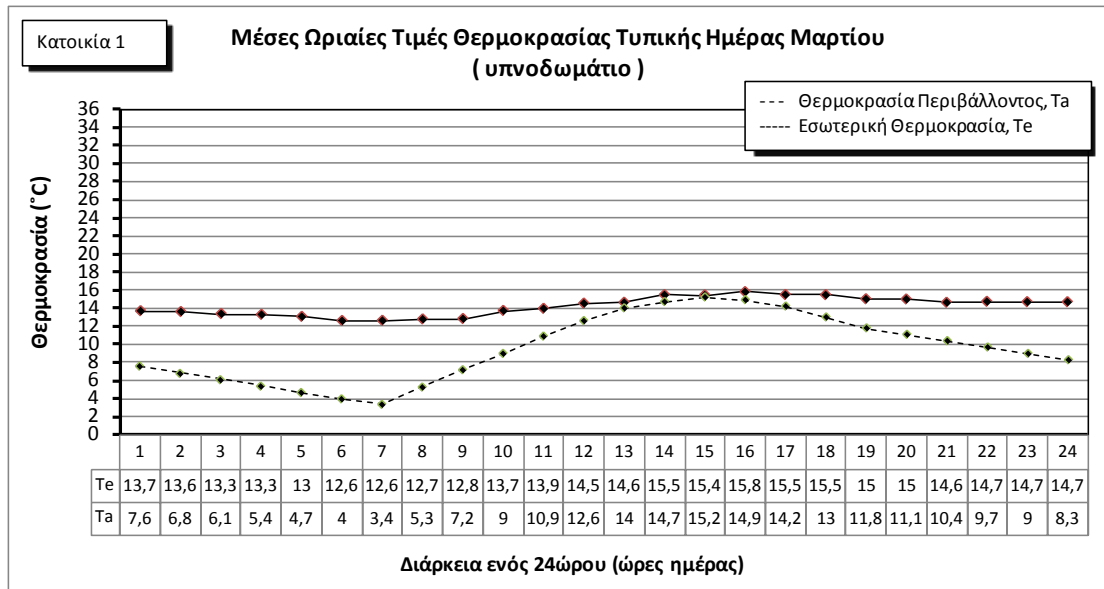
**Π.8. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (υπνοδωμάτιο)**



**Διάγραμμα Σ.5.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

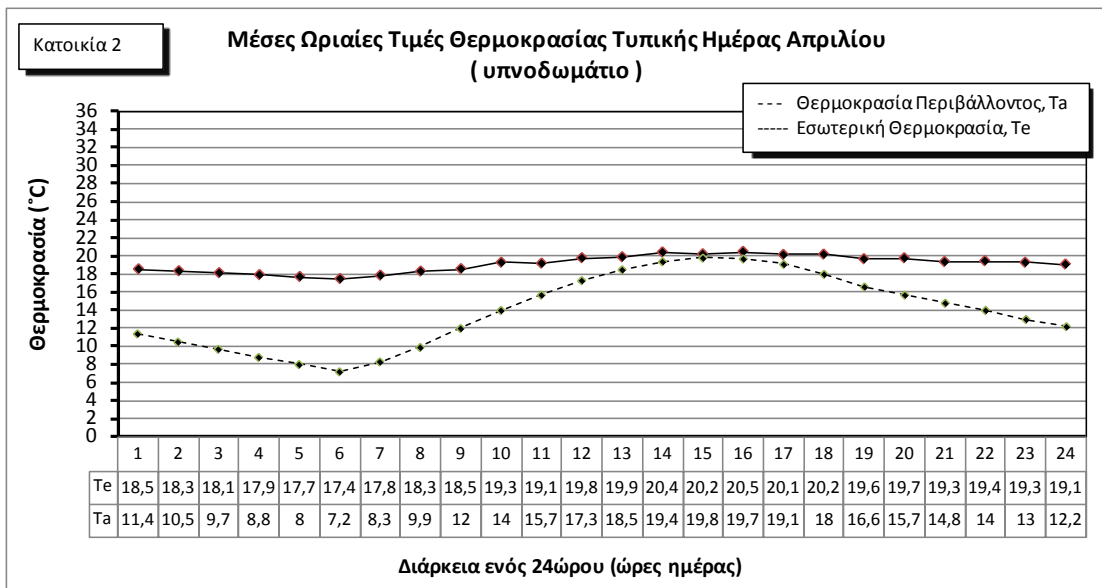
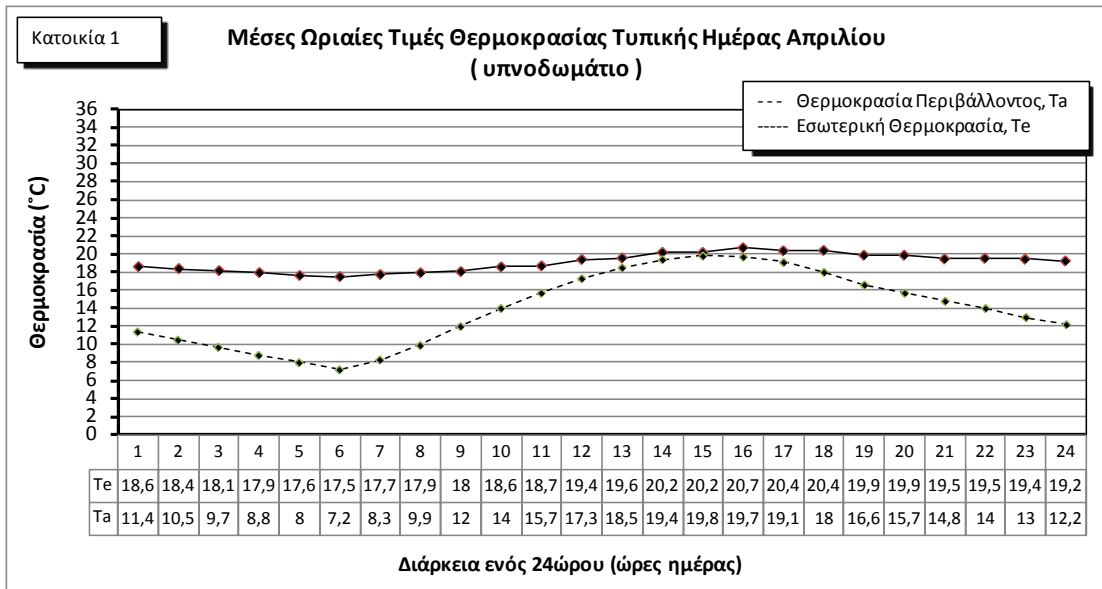


**Διάγραμμα Σ.5.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υποδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

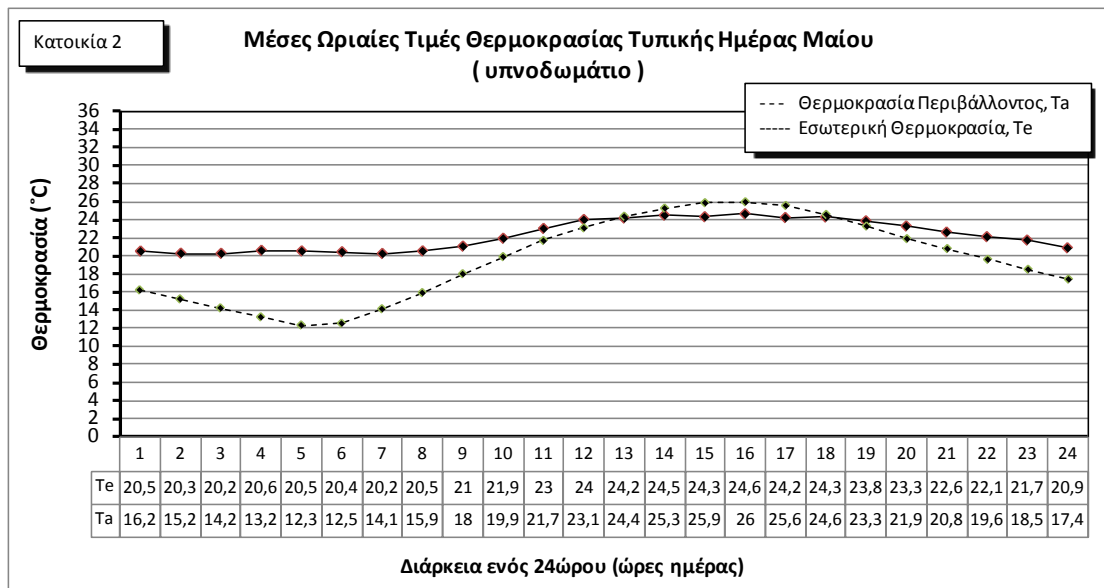
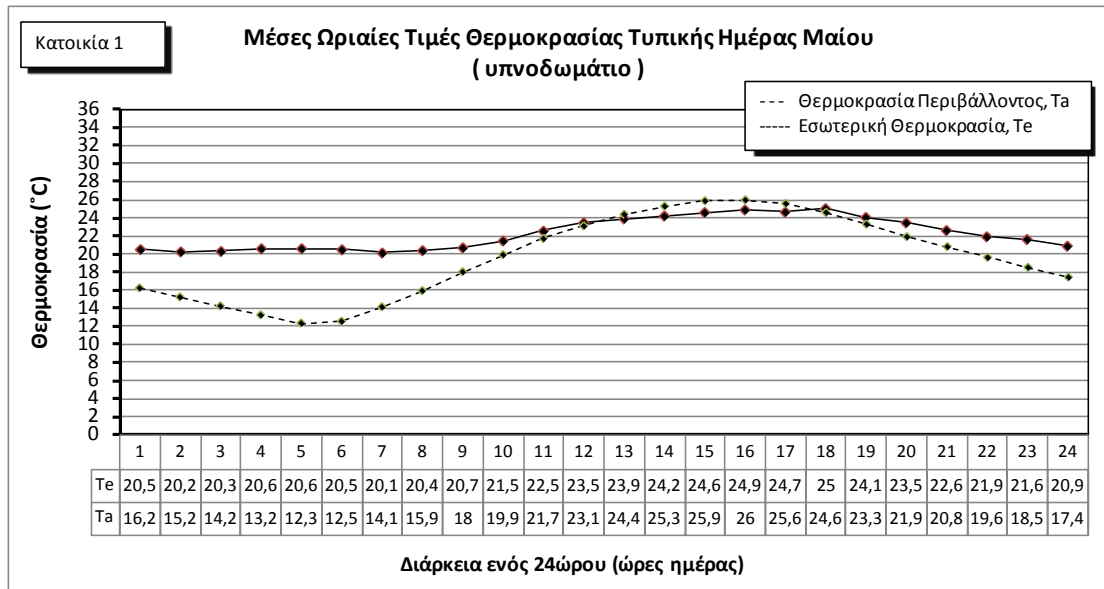


**Διάγραμμα Σ.5.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπονοδωμάτων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου. (πηγή: πρωτότυπη)

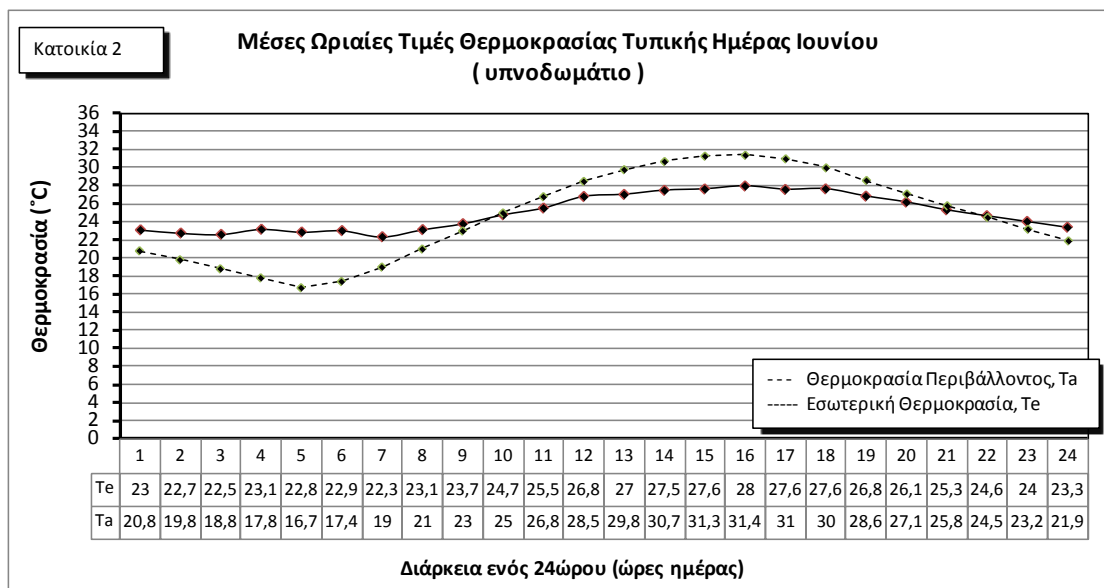
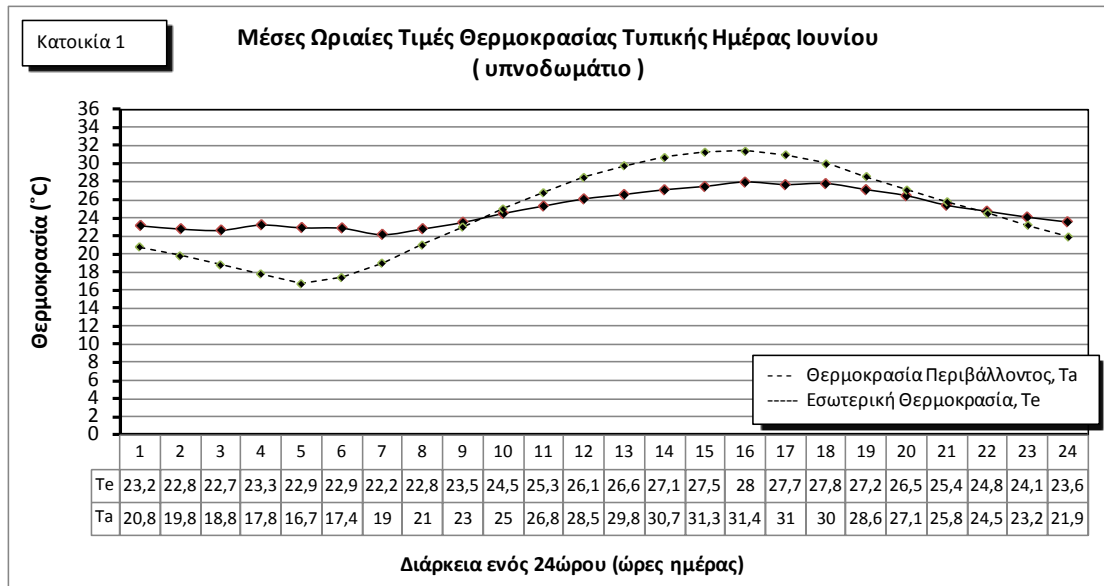




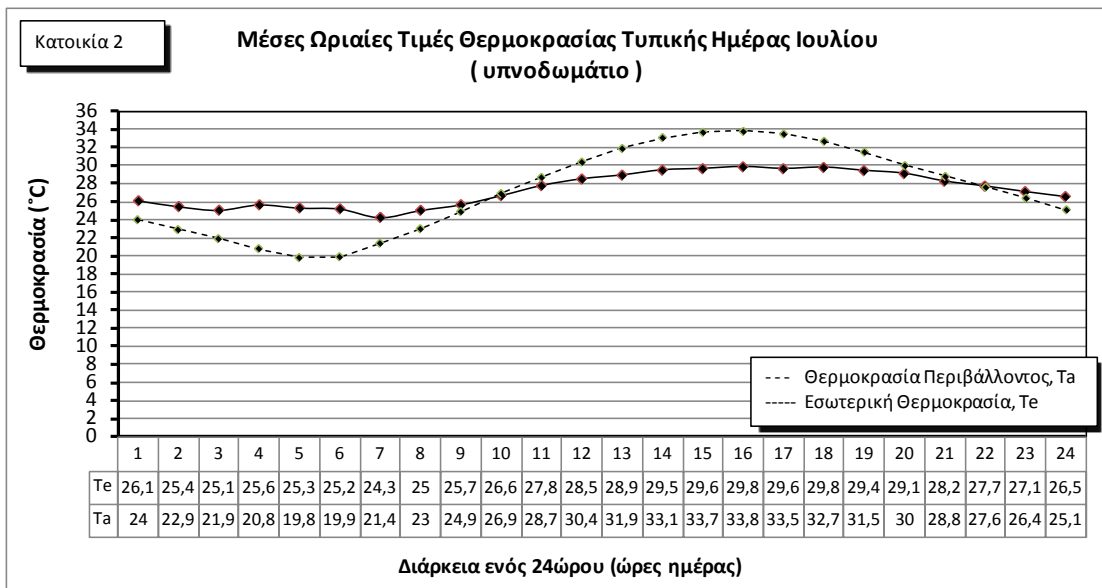
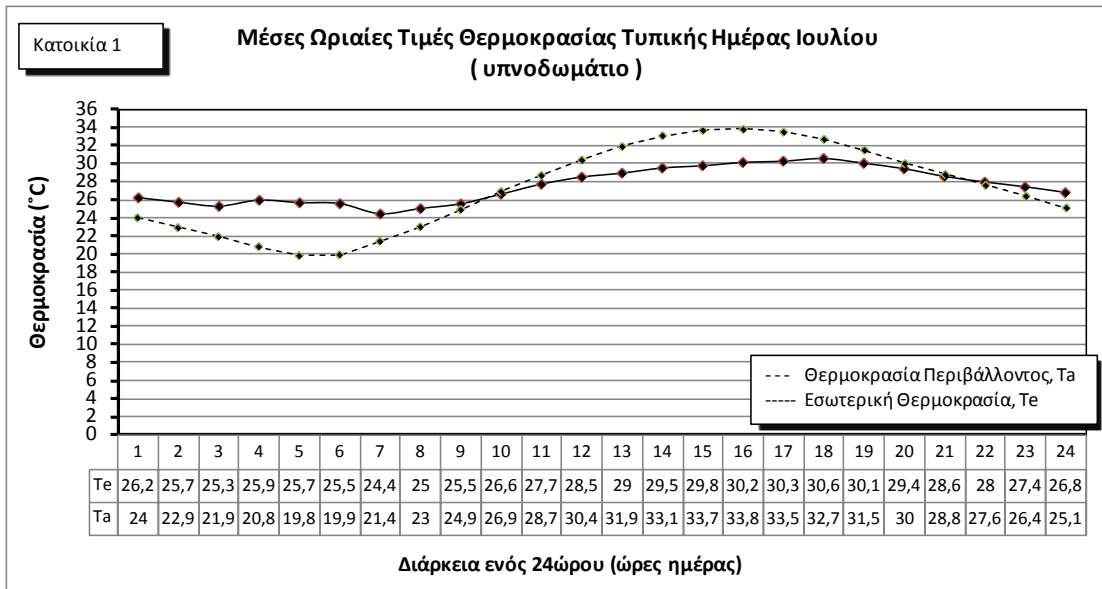
**Διάγραμμα Σ.5.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υποδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



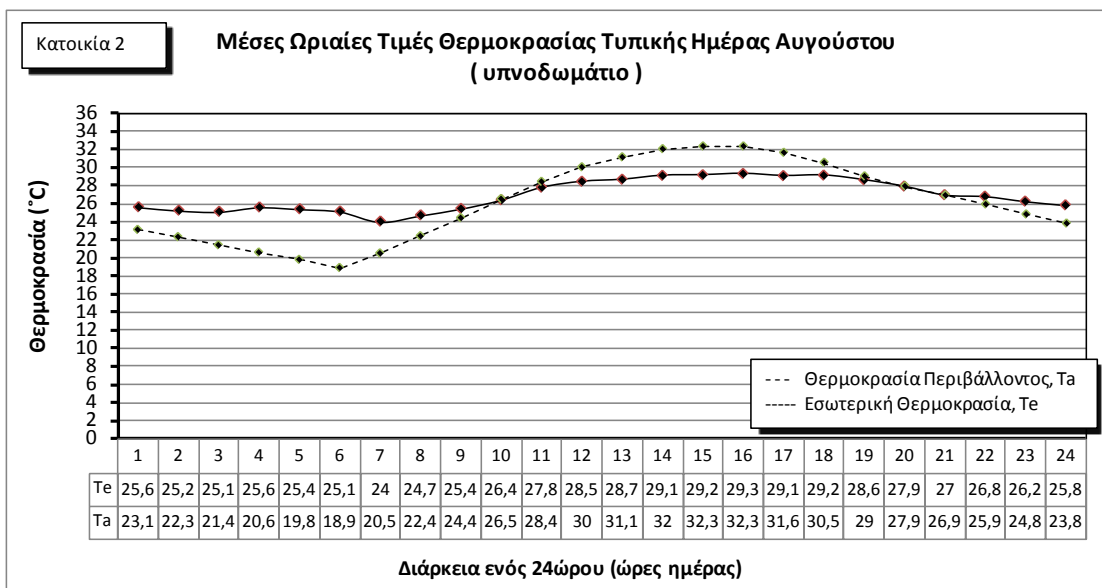
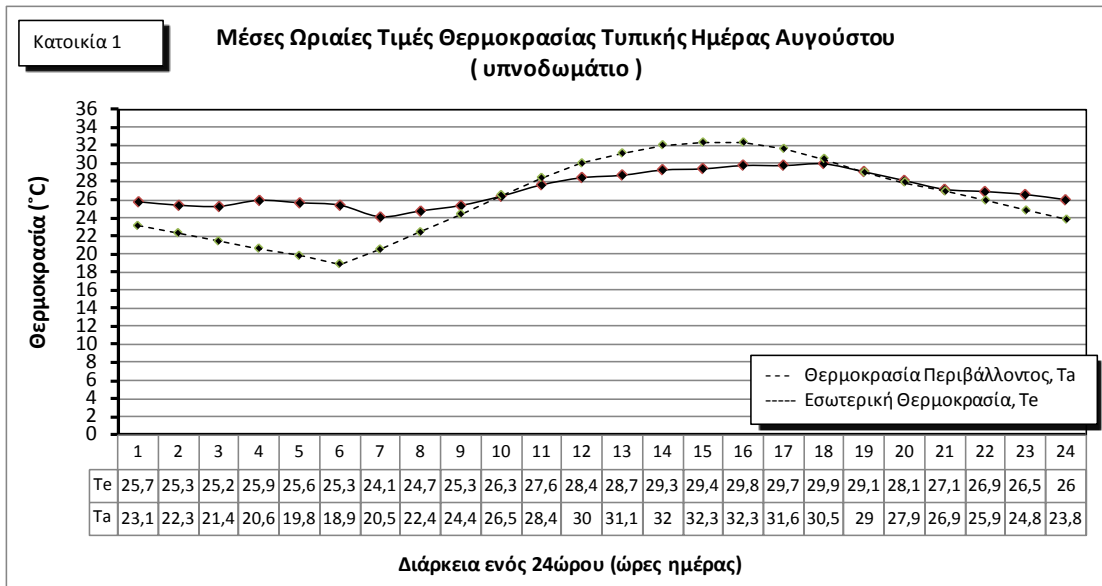
**Διάγραμμα Σ.5.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)



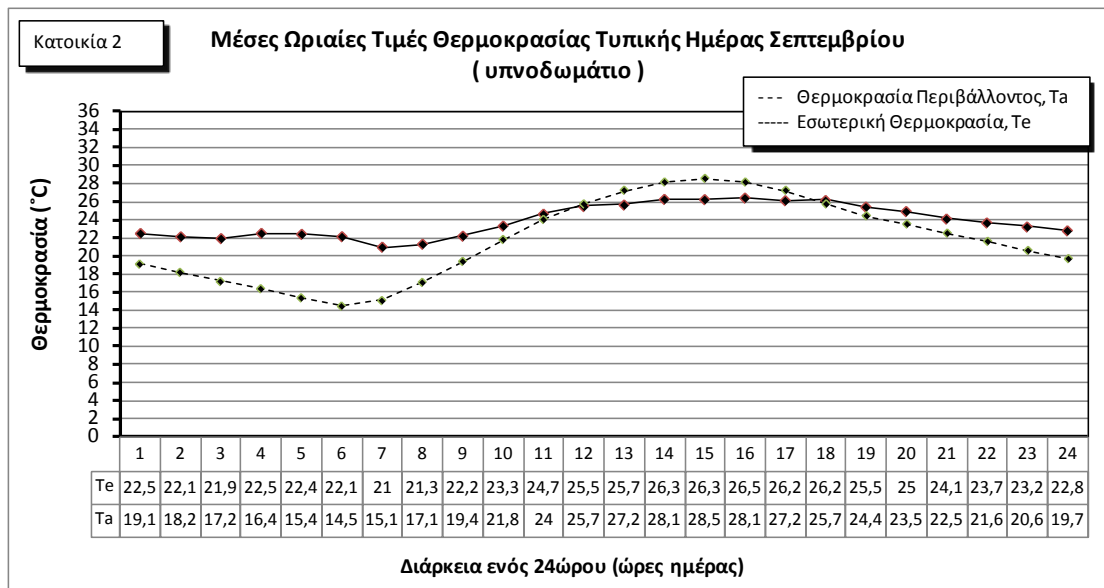
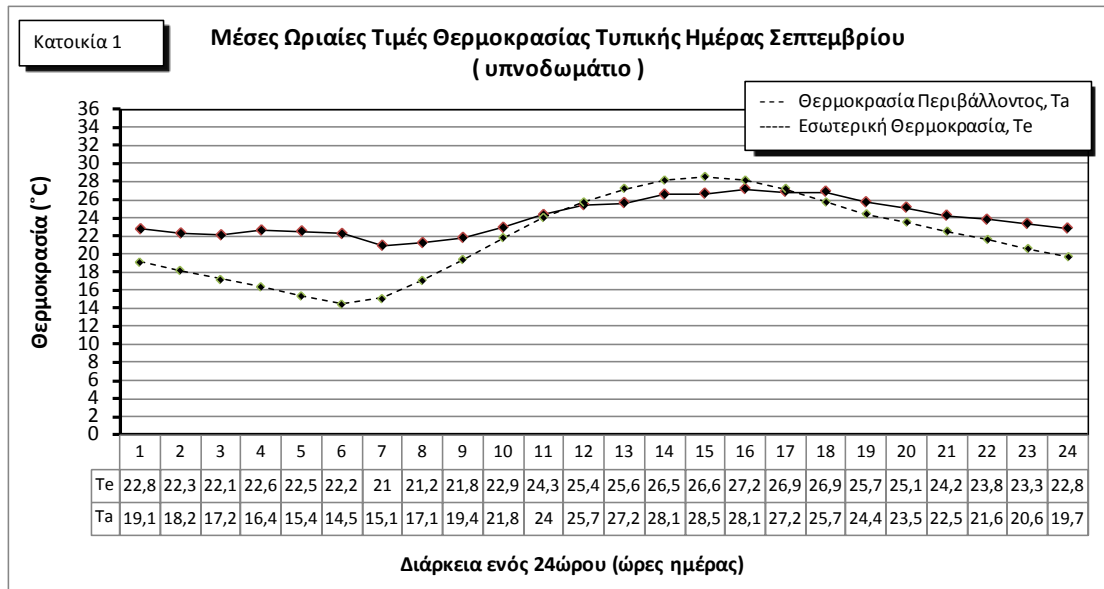
**Διάγραμμα Σ.5.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)



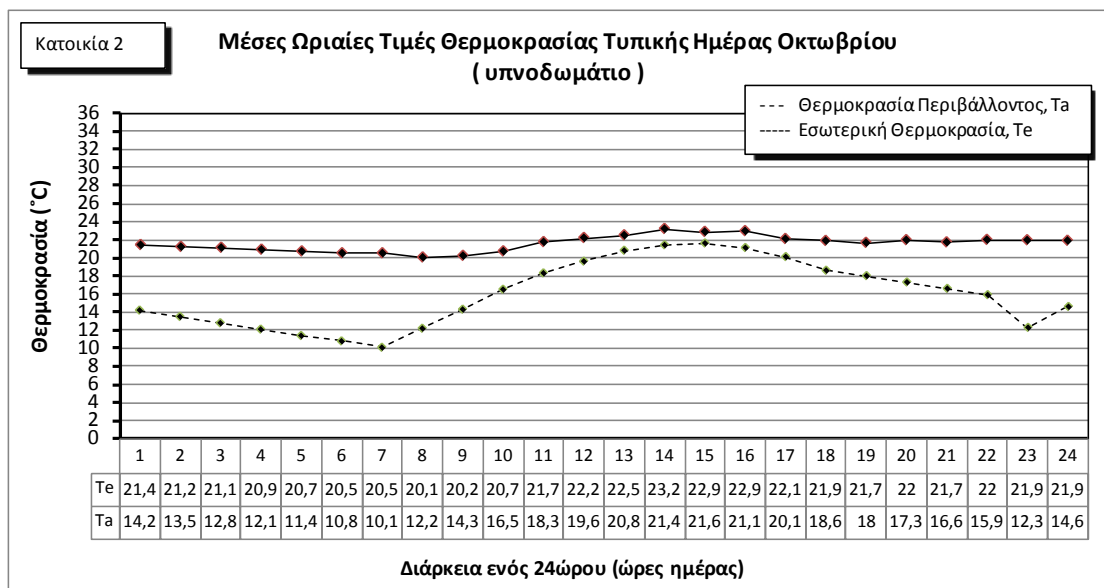
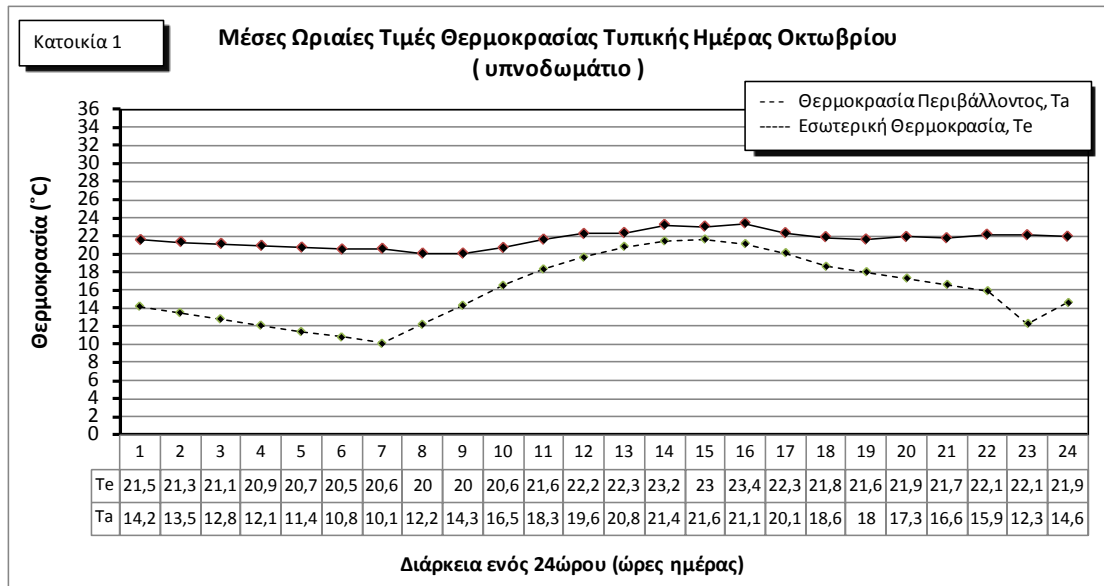
**Διάγραμμα Σ.5.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



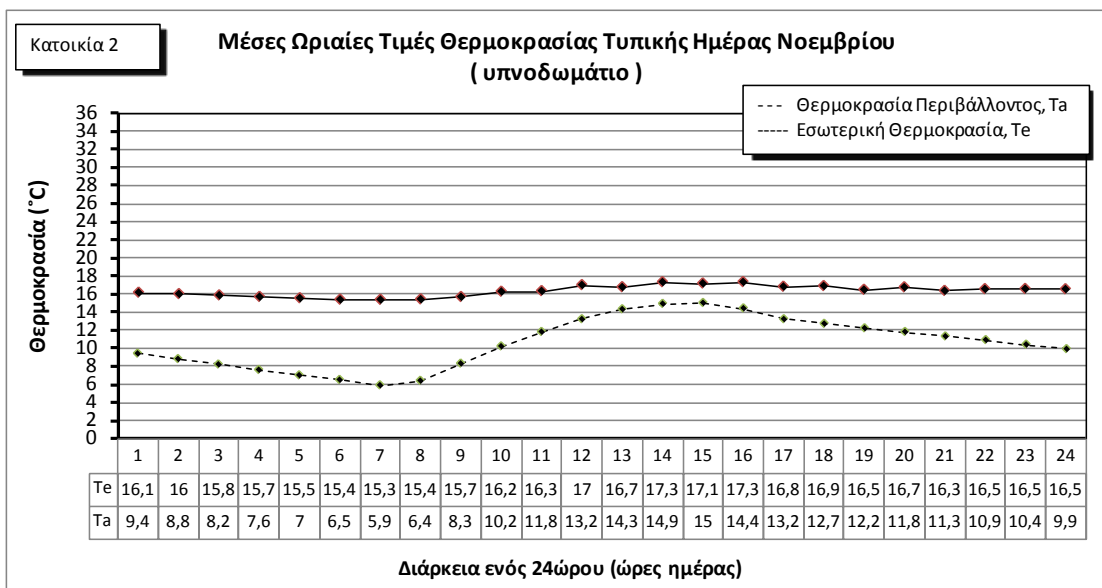
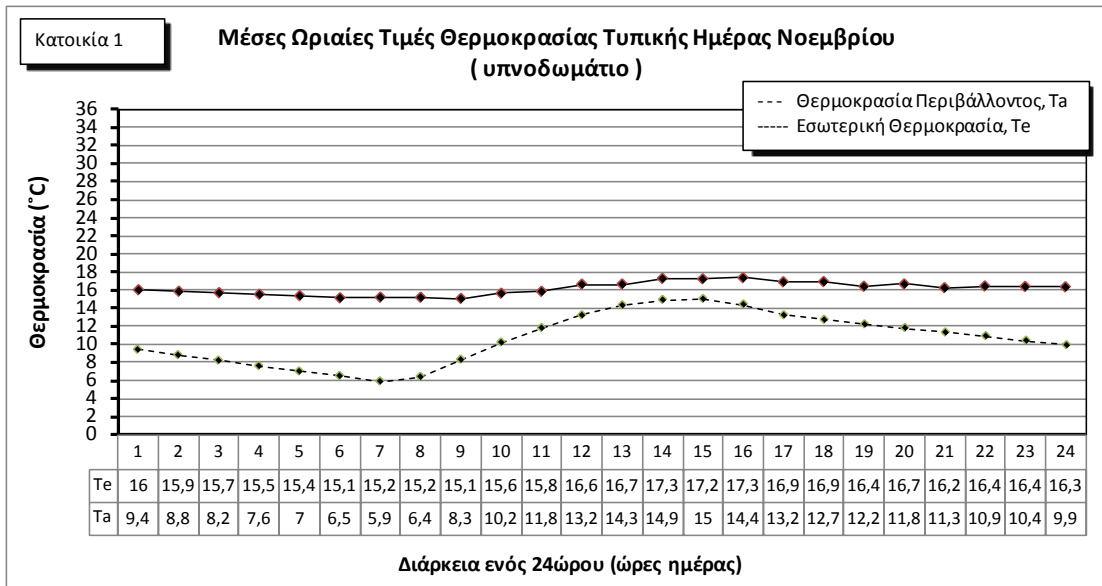
**Διάγραμμα Σ.5.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.5.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

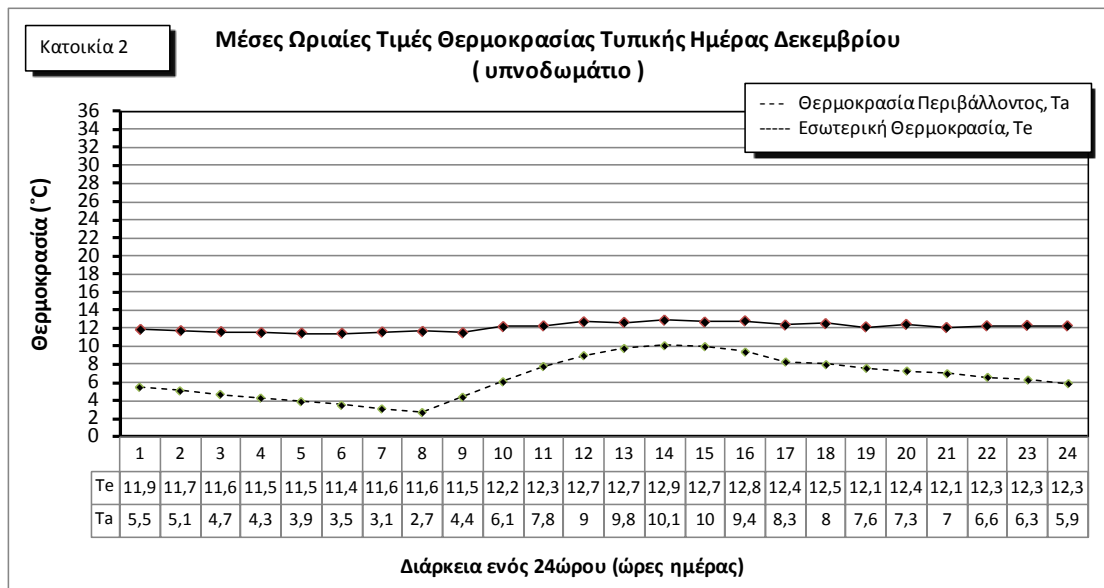
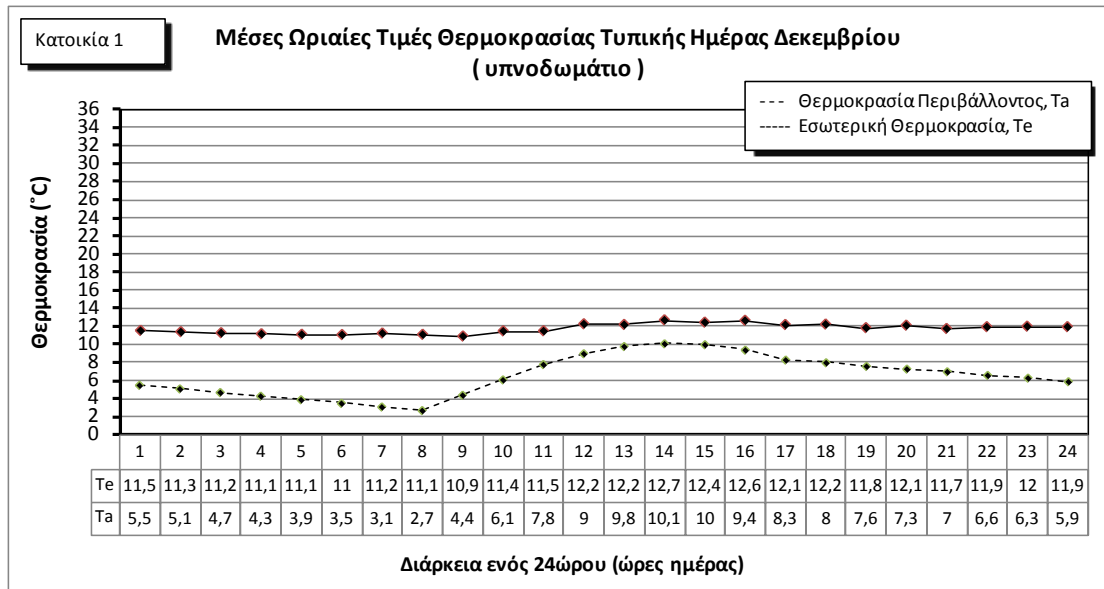


**Διάγραμμα Σ.5.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπονοδωμάτων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



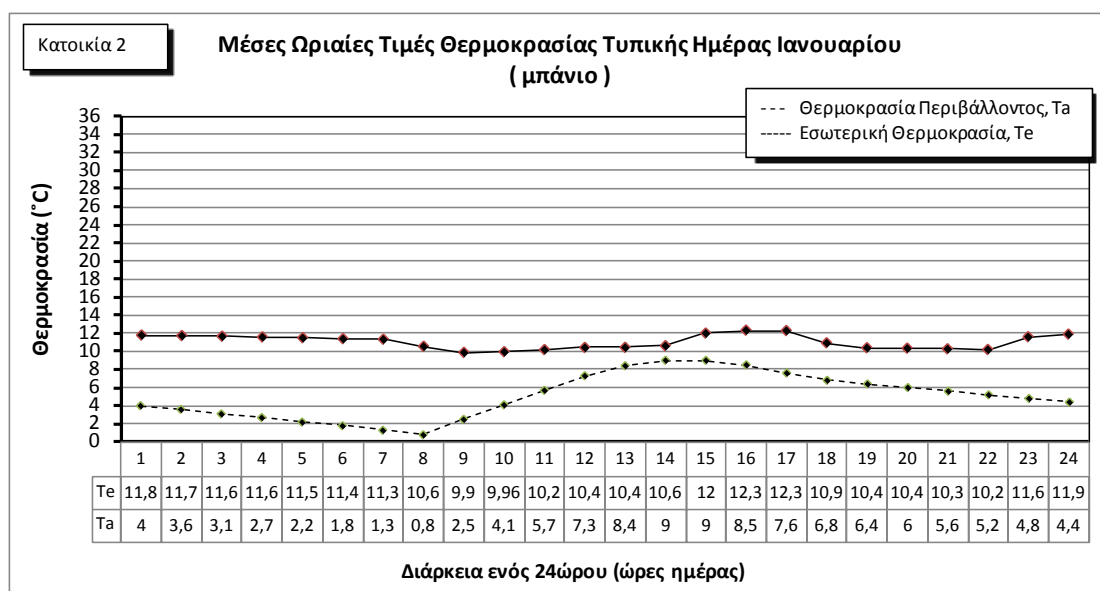
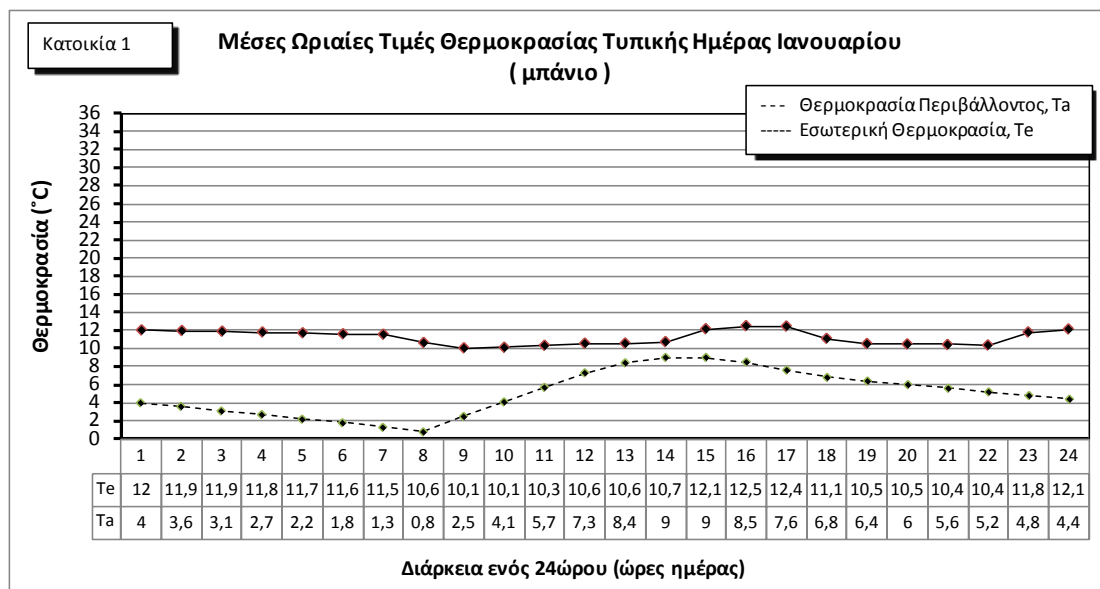
**Διάγραμμα Σ.5.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπνοδωματίων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



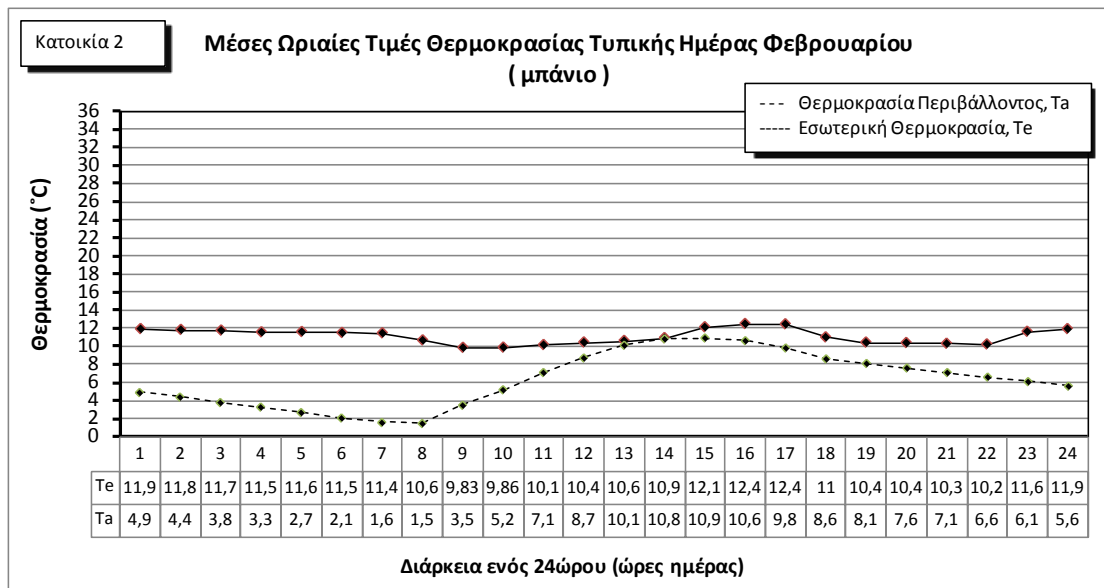
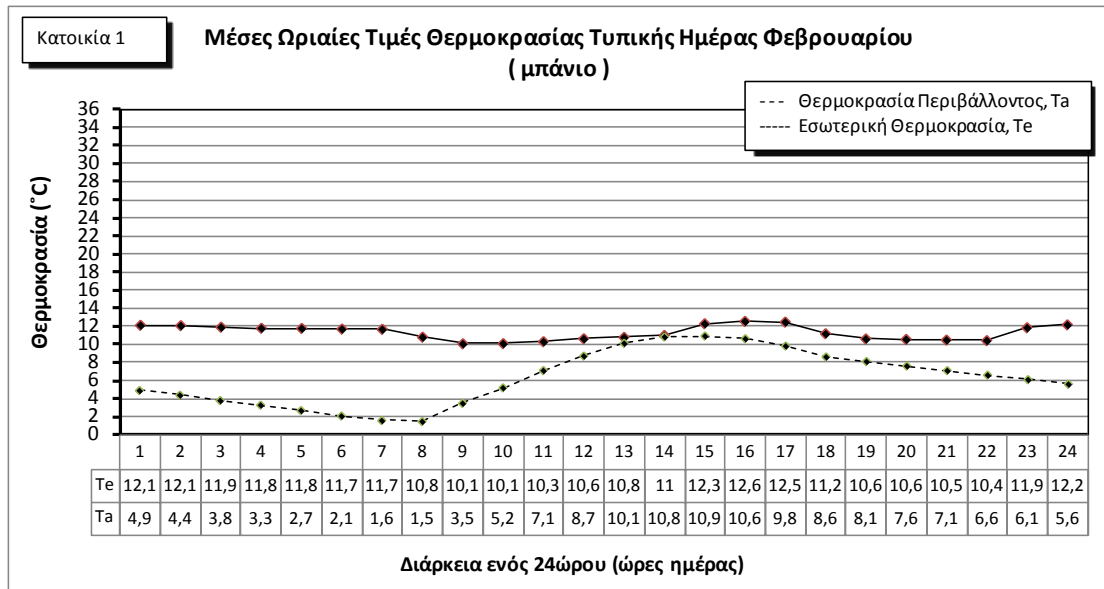


**Διάγραμμα Σ.5.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των υπονοδωμάτων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

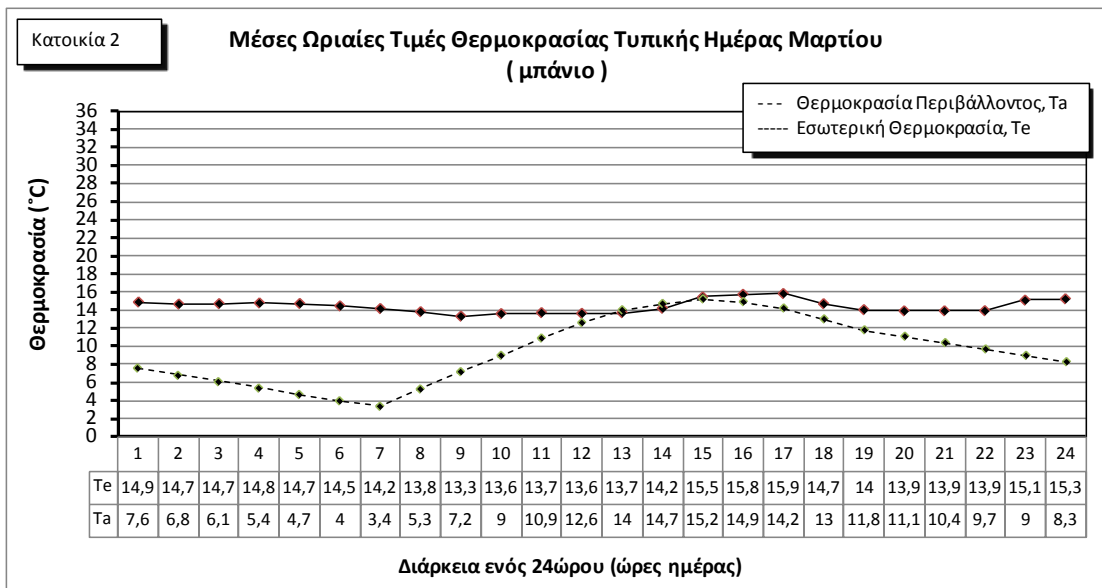
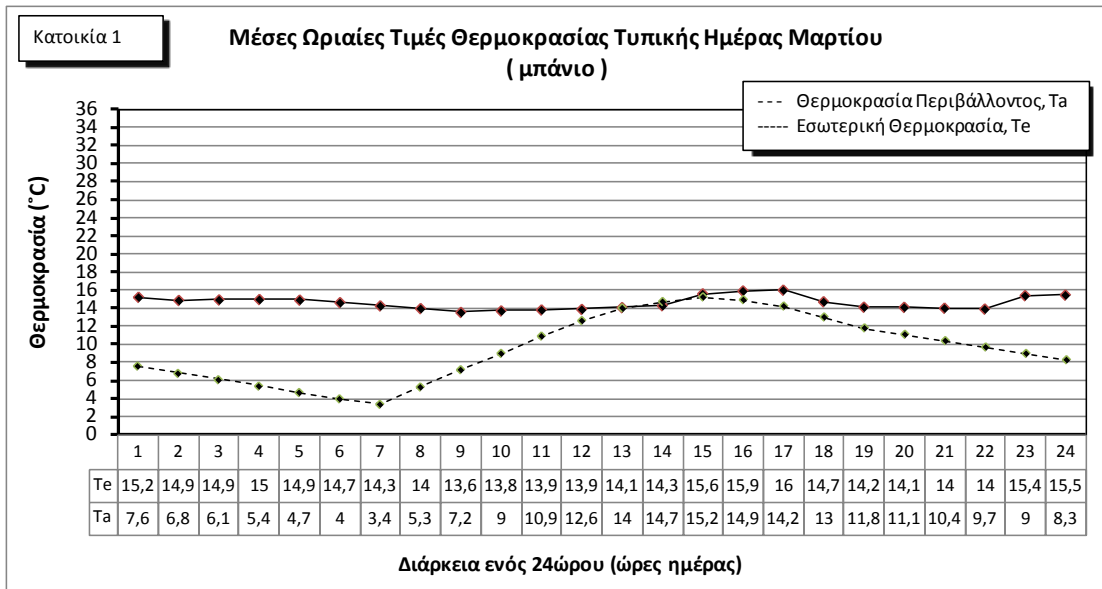
Π.9. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (μπάνιο)



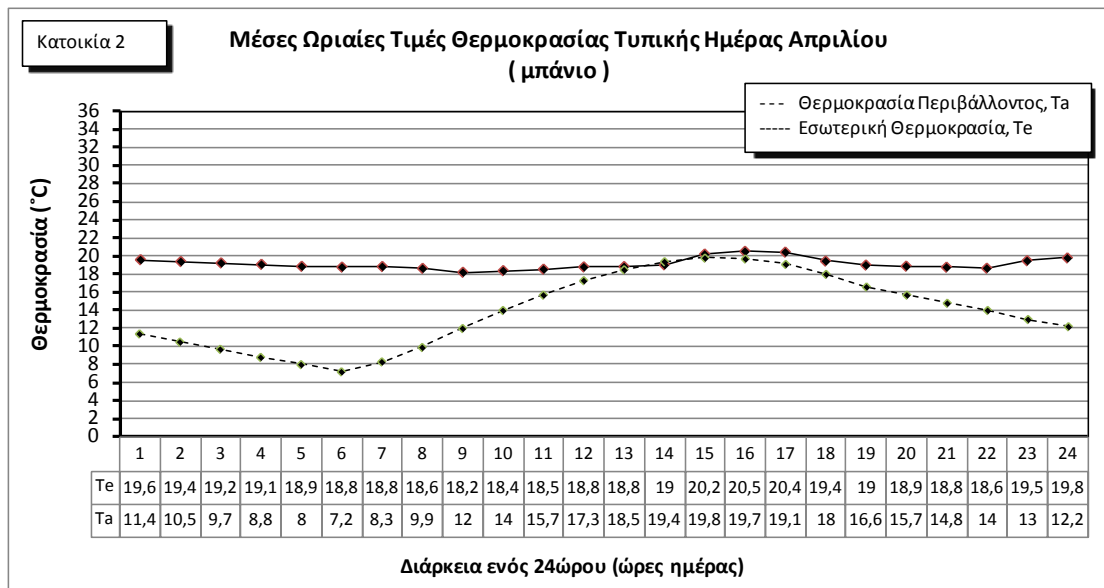
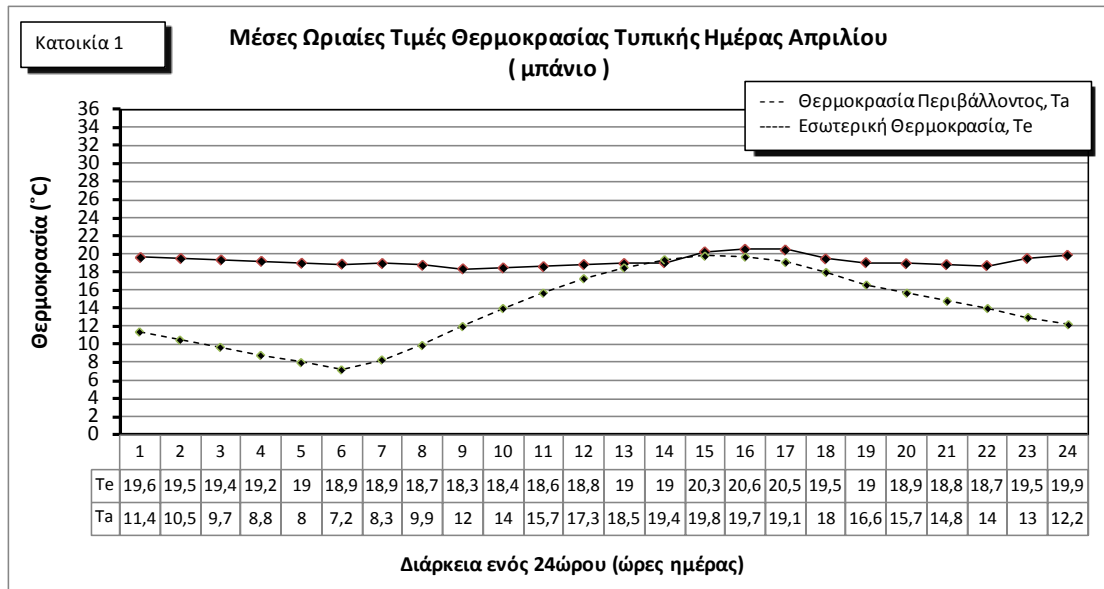
**Διάγραμμα Σ.6.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



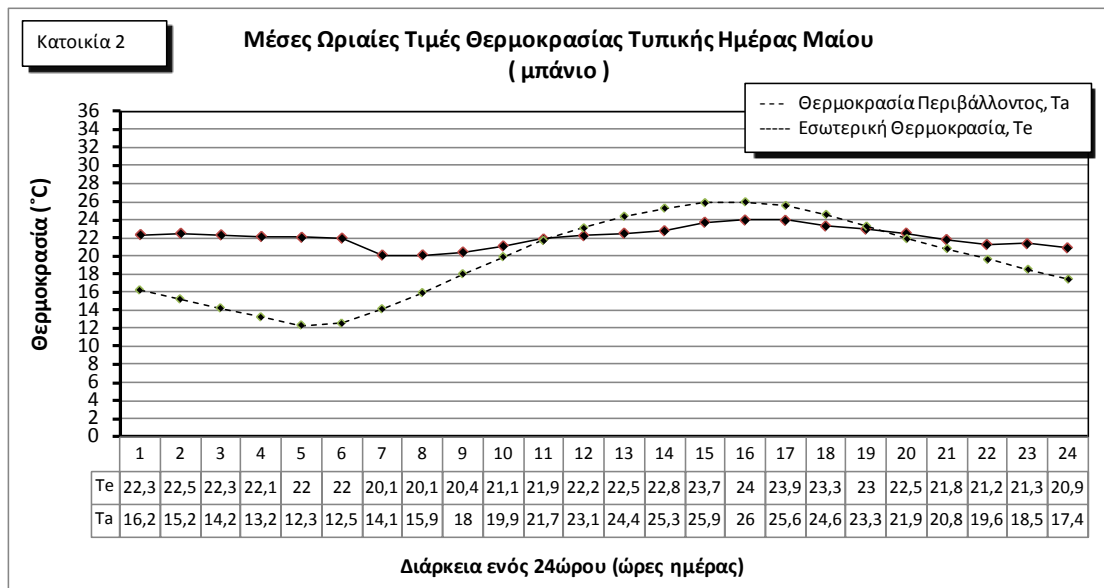
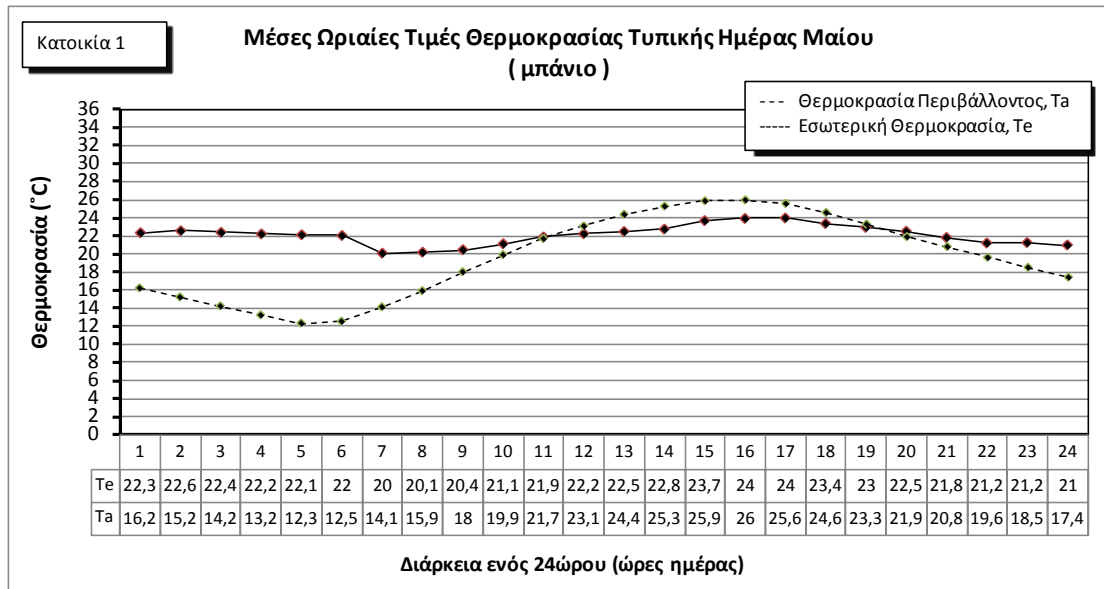
**Διάγραμμα Σ.6.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



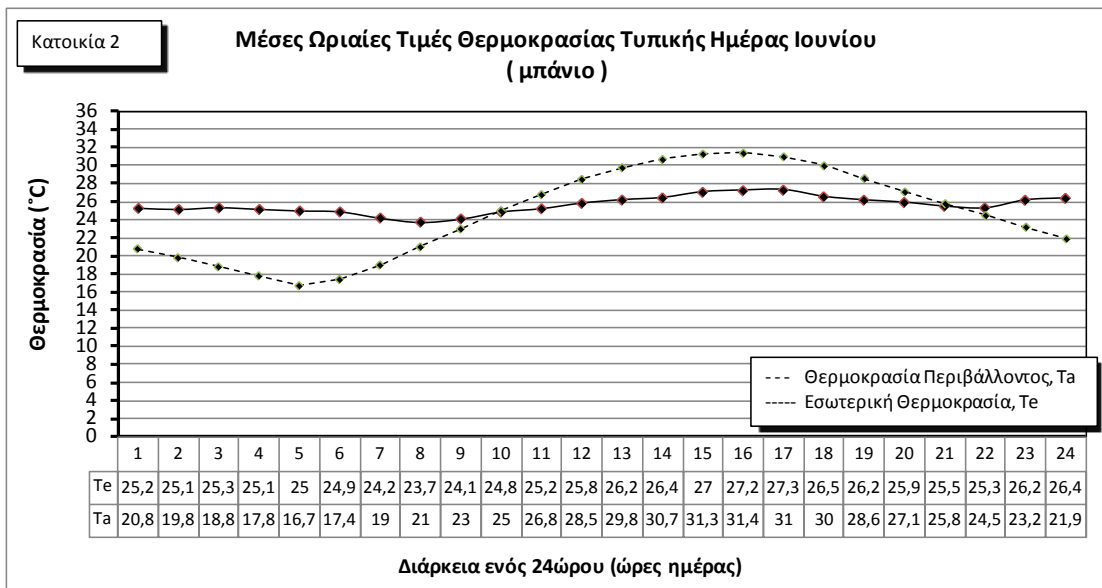
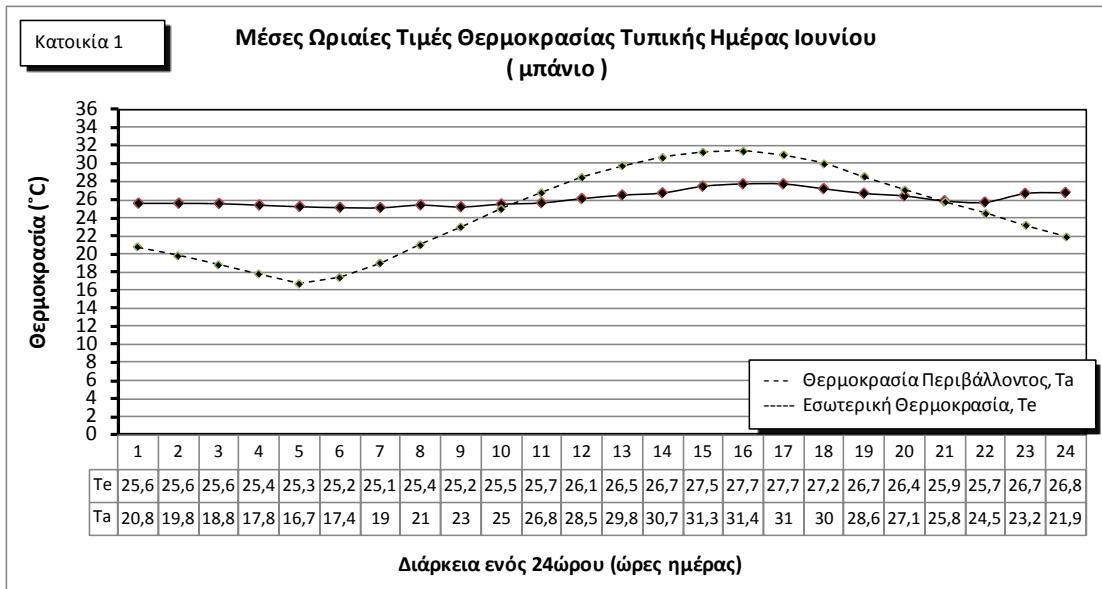
**Διάγραμμα Σ.6.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



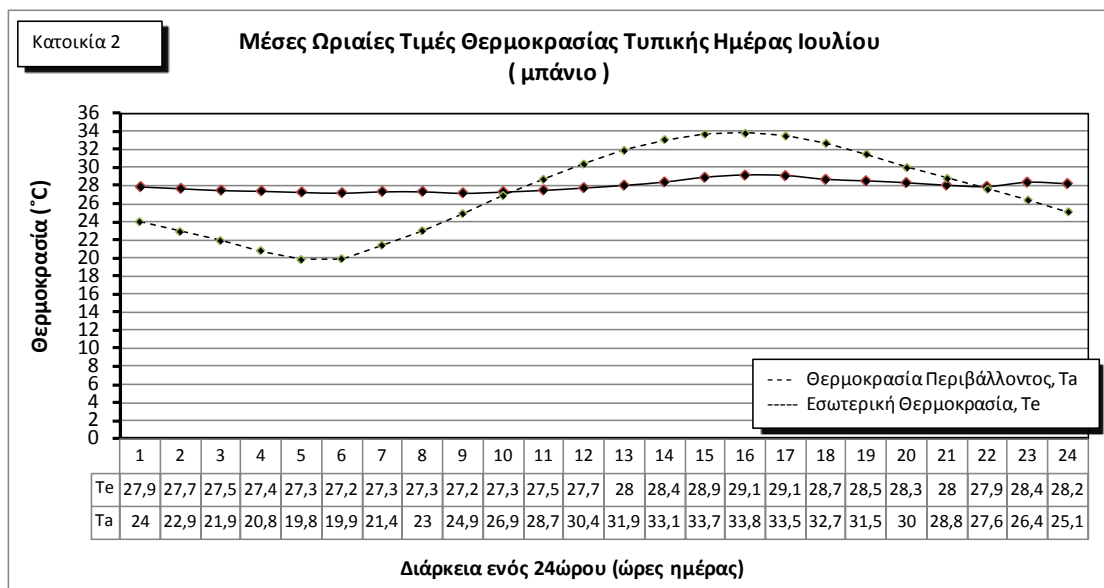
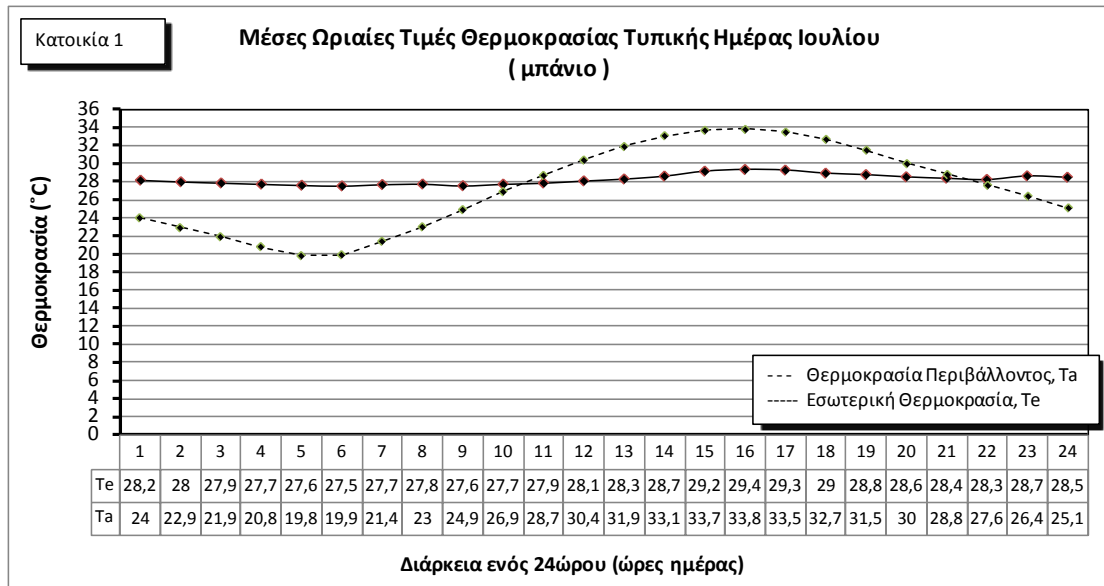
**Διάγραμμα Σ.6.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.6.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)

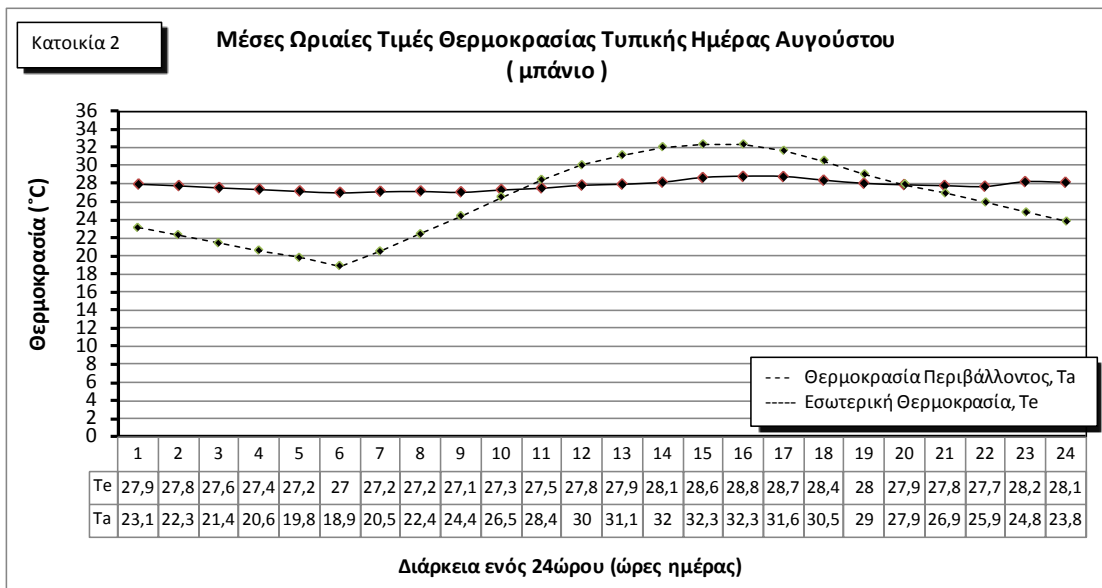
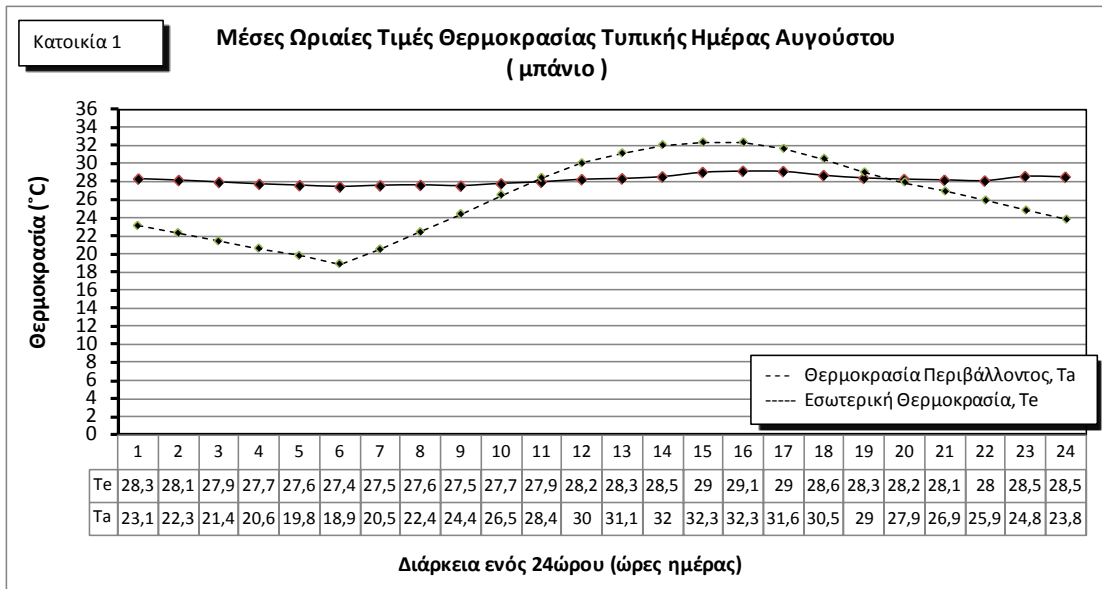


**Διάγραμμα Σ.6.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)

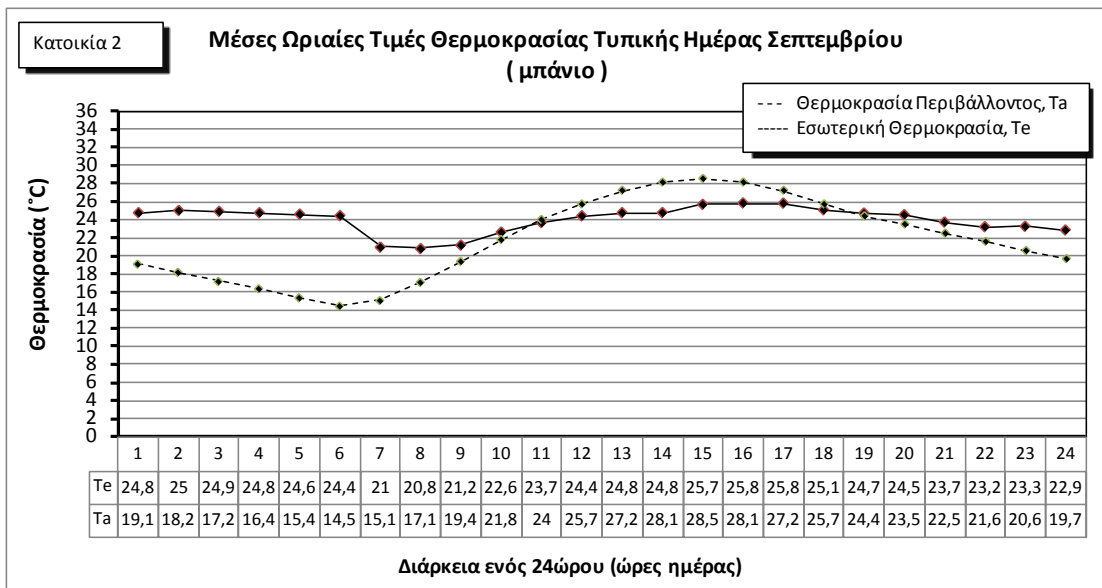
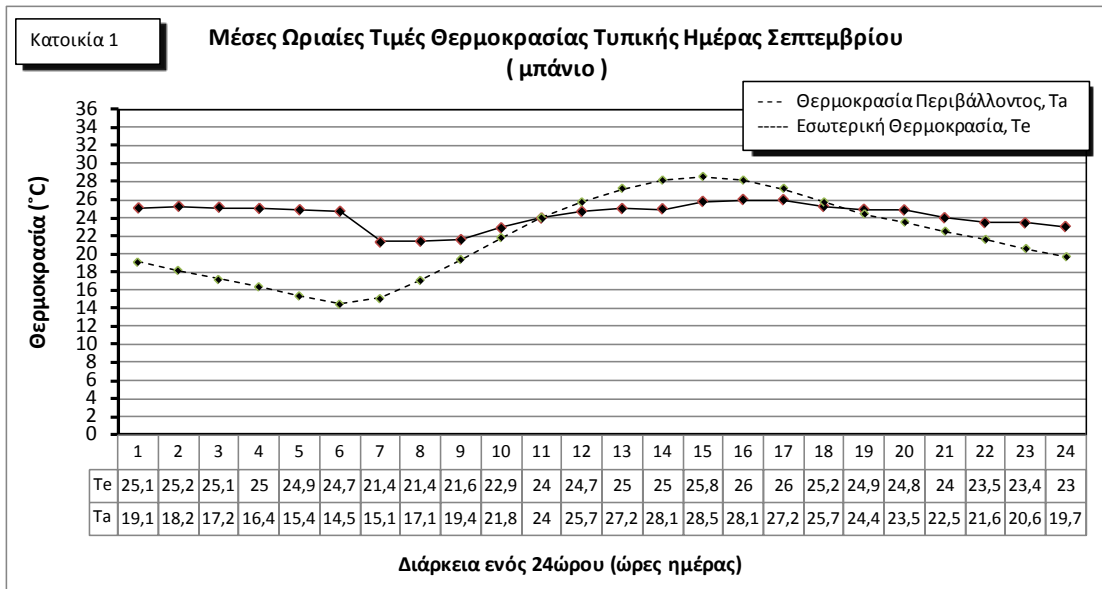


**Διάγραμμα Σ.6.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου. (πηγή: πρωτότυπη)

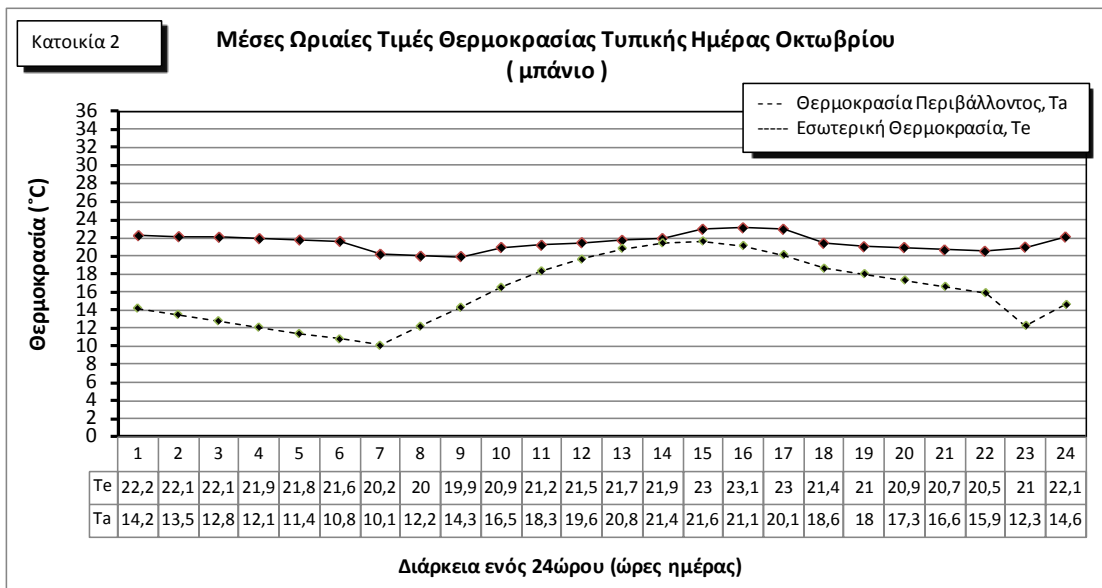
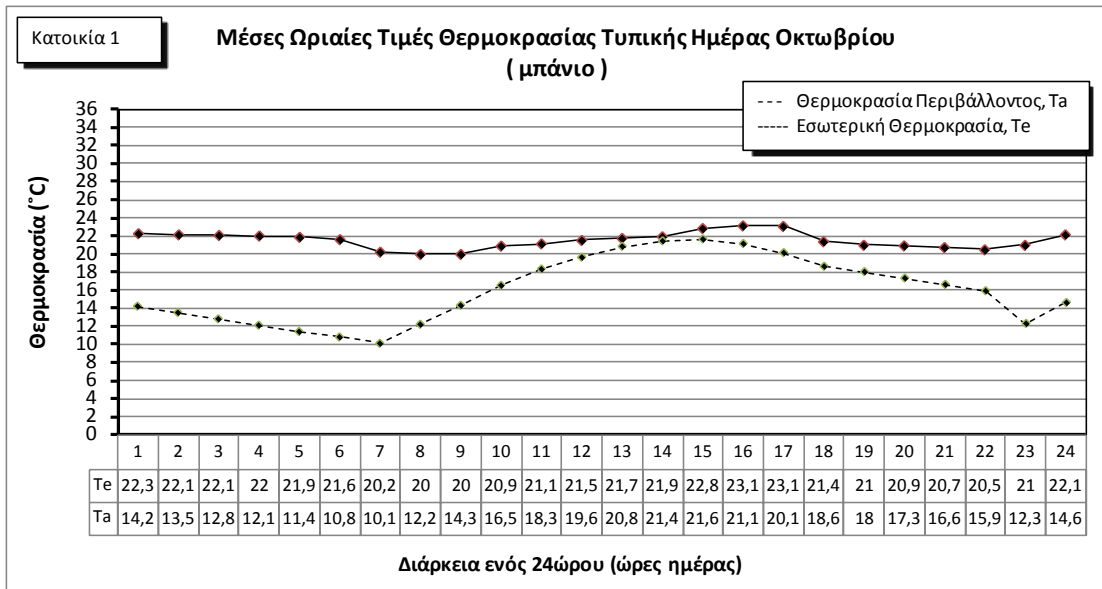




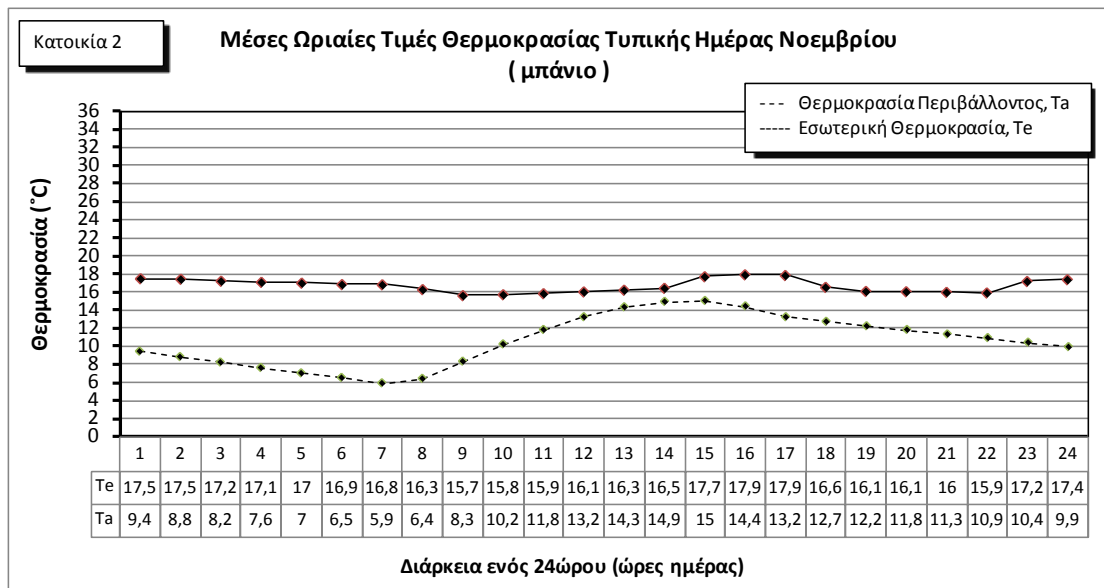
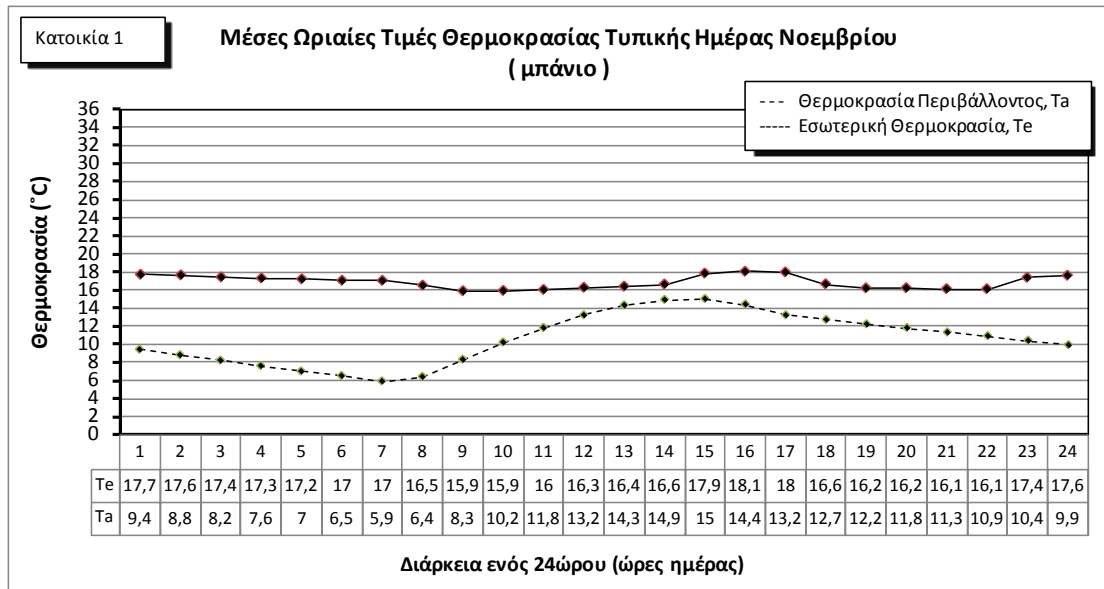
**Διάγραμμα Σ.6.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



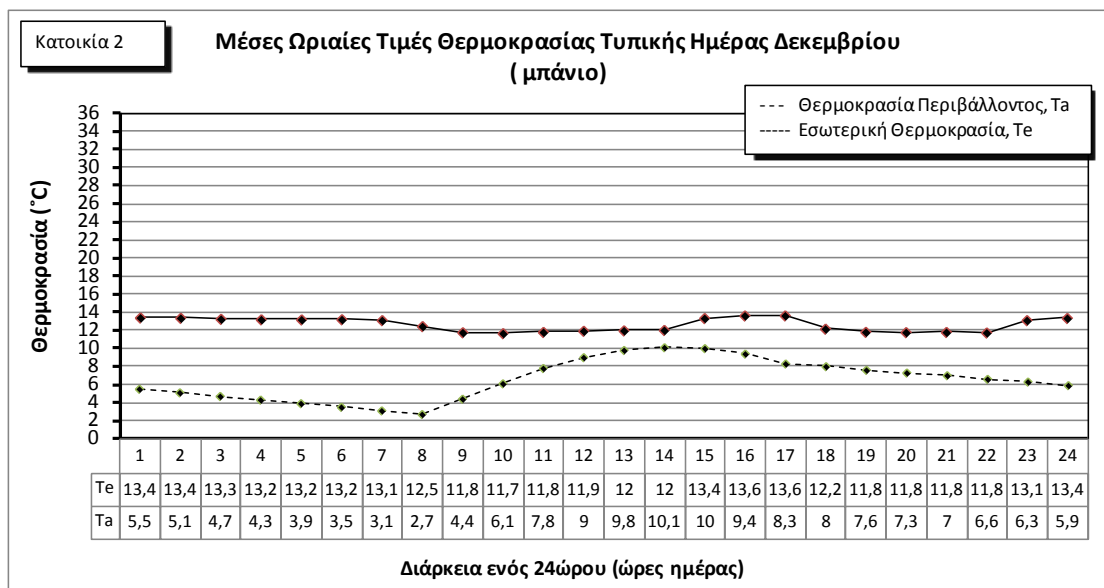
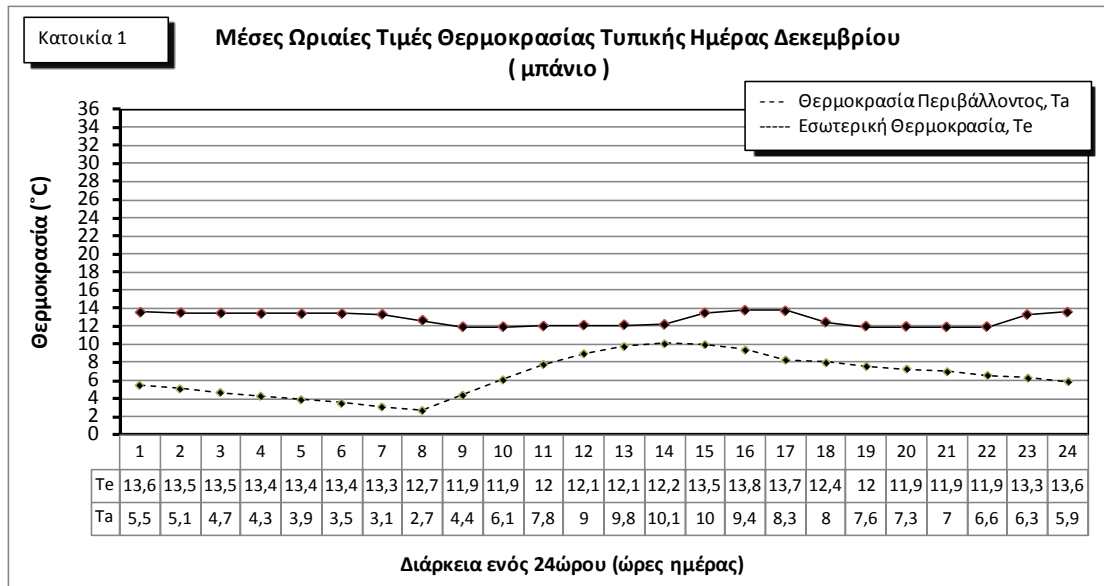
**Διάγραμμα Σ.6.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.6.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

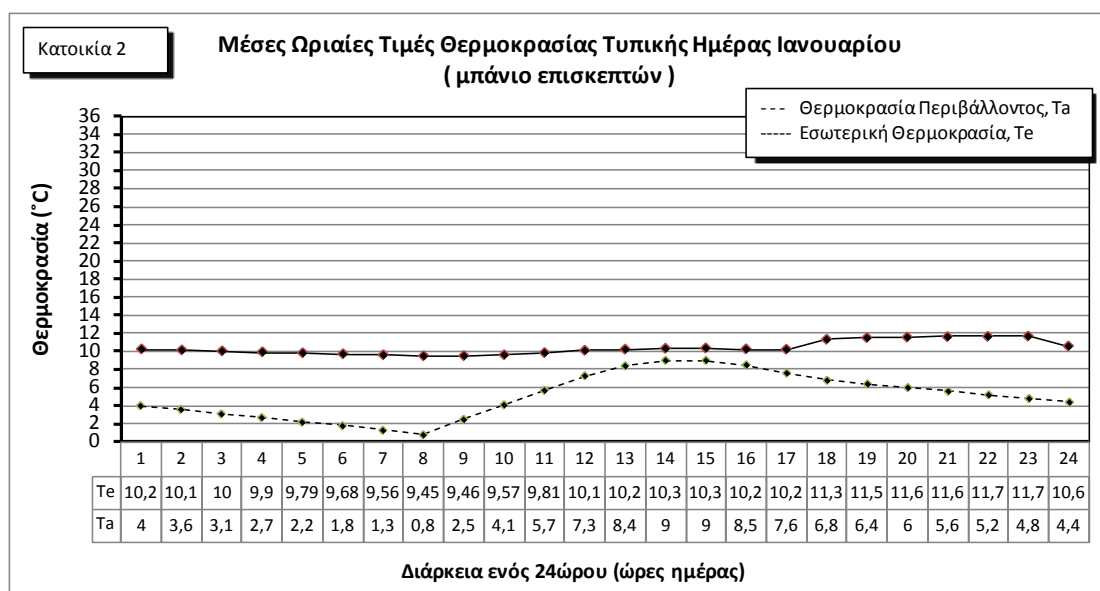
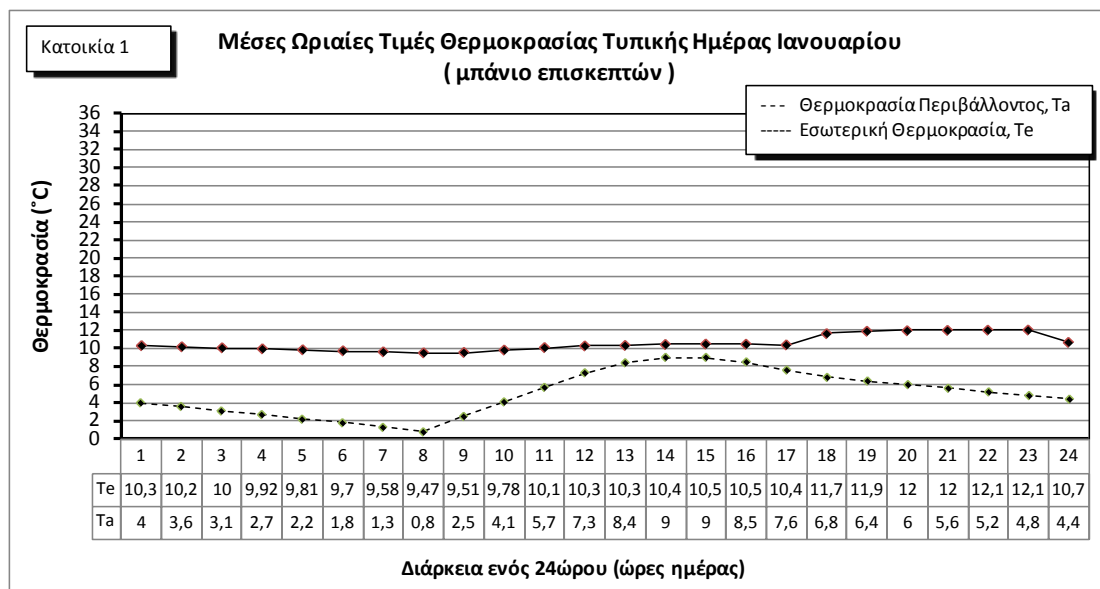


**Διάγραμμα Σ.6.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)

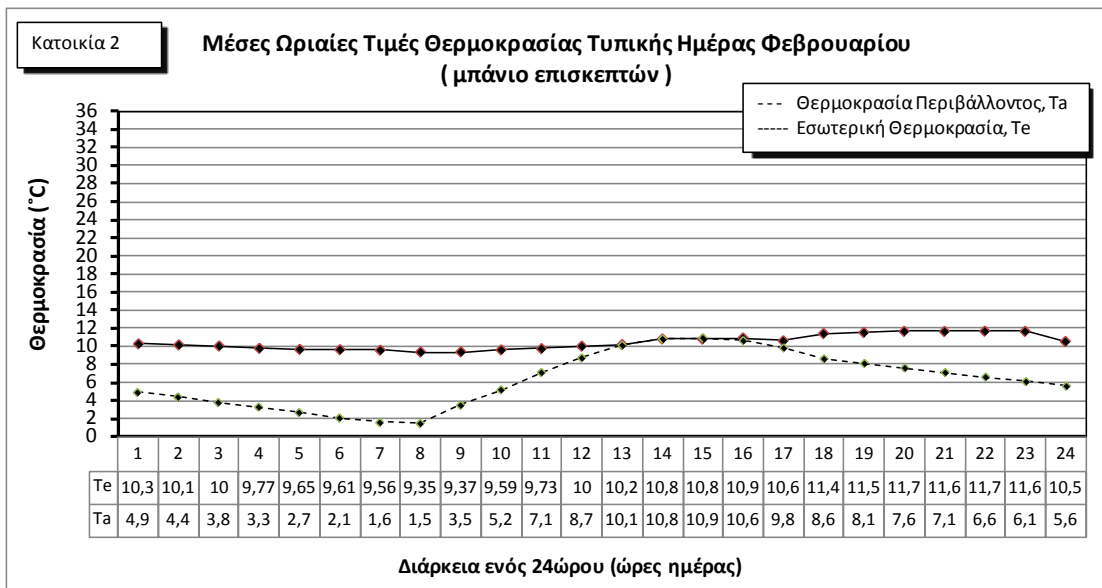
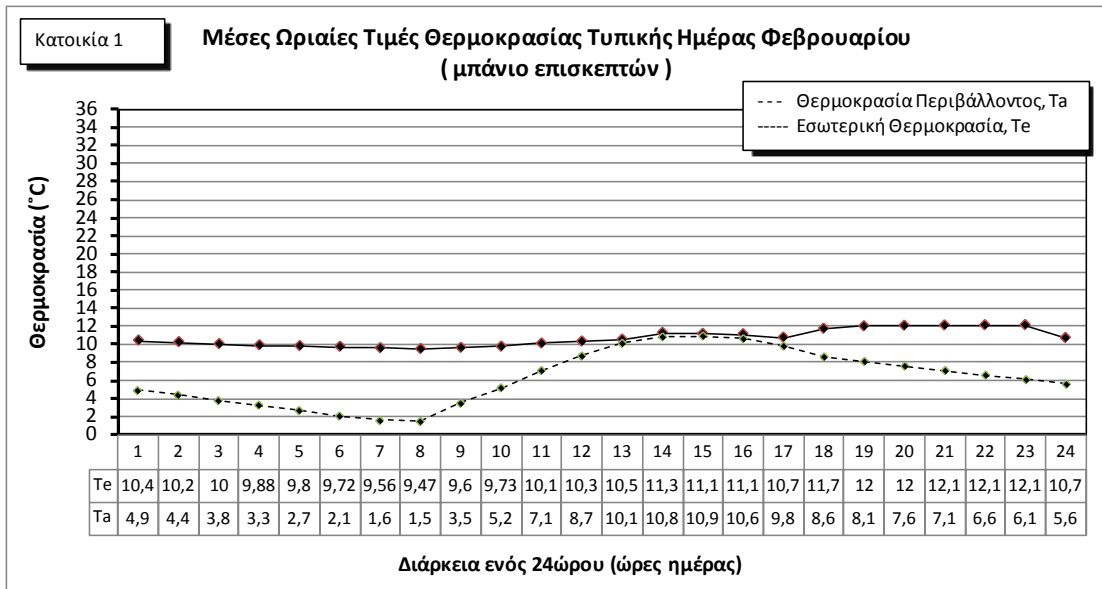


**Διάγραμμα Σ.6.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

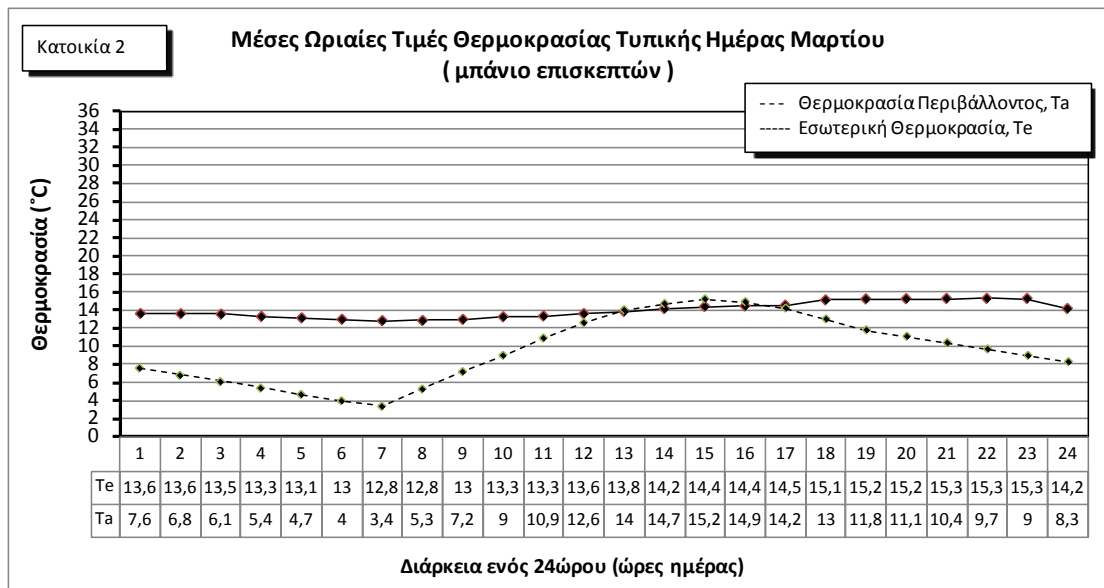
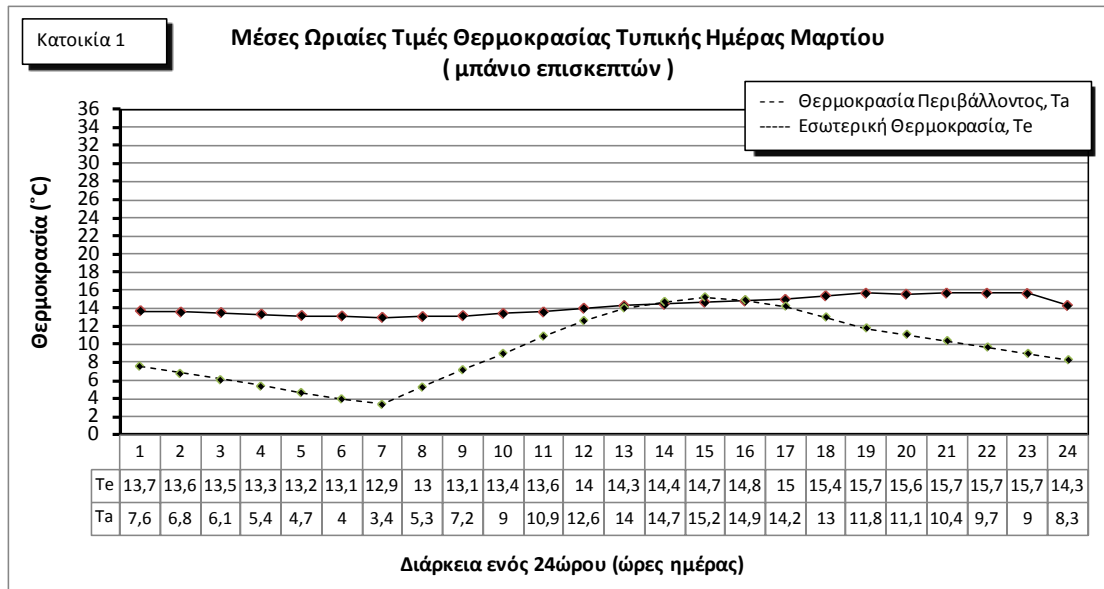
**Π.10. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (μπάνιο επισκεπτών)**



**Διάγραμμα Σ.7.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

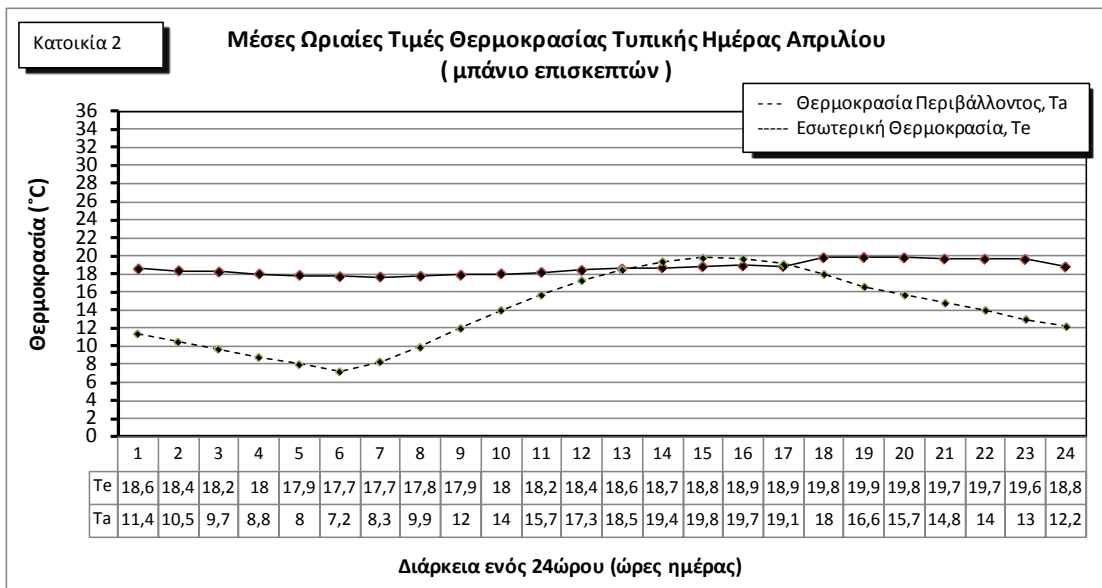
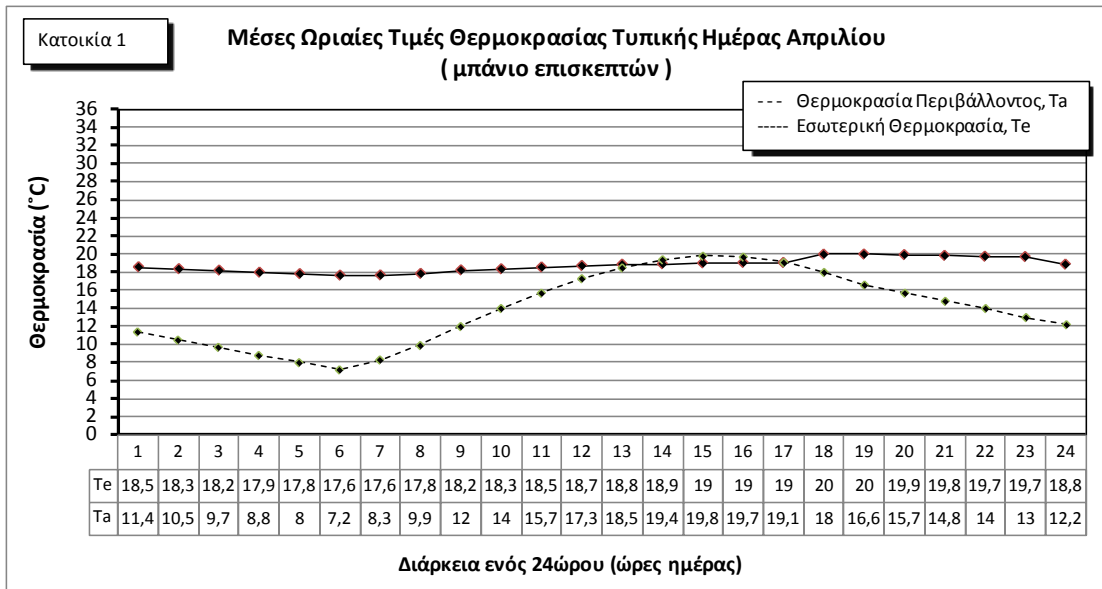


**Διάγραμμα Σ.7.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

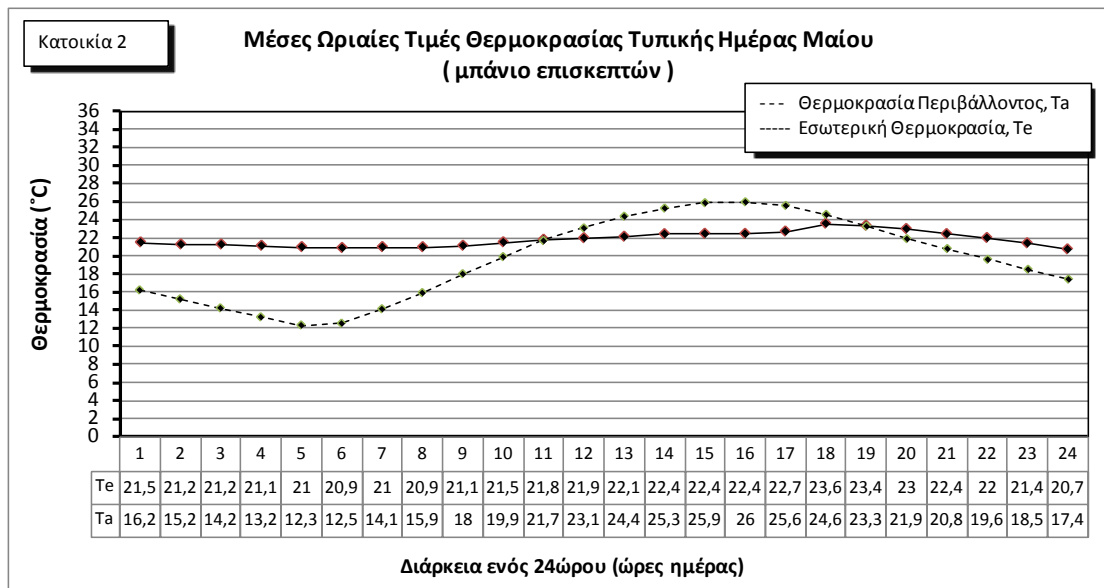
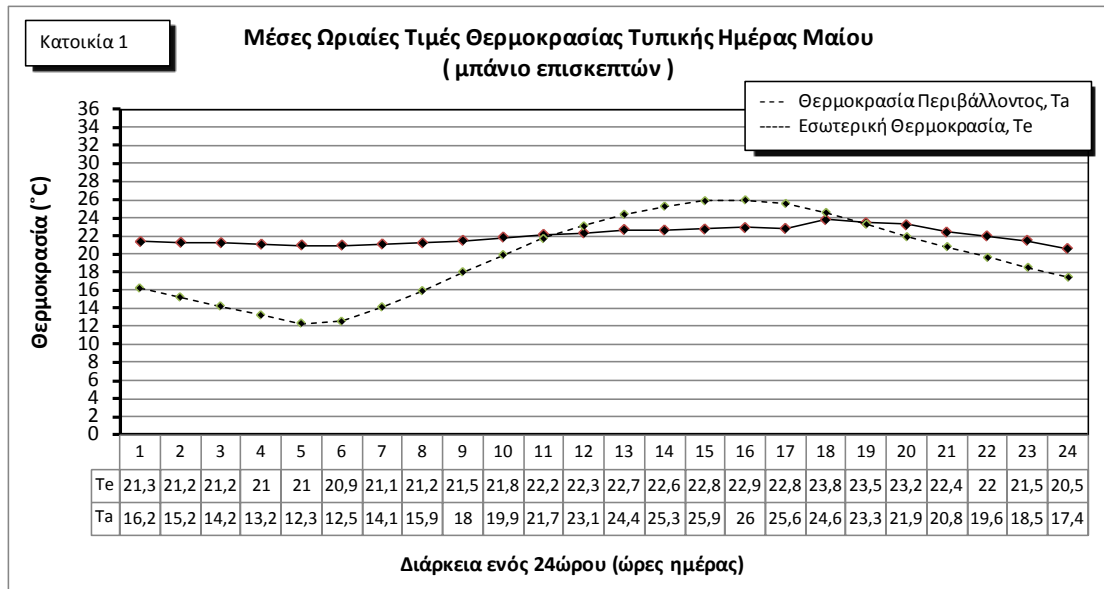


**Διάγραμμα Σ.7.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου. (πηγή: πρωτότυπη)

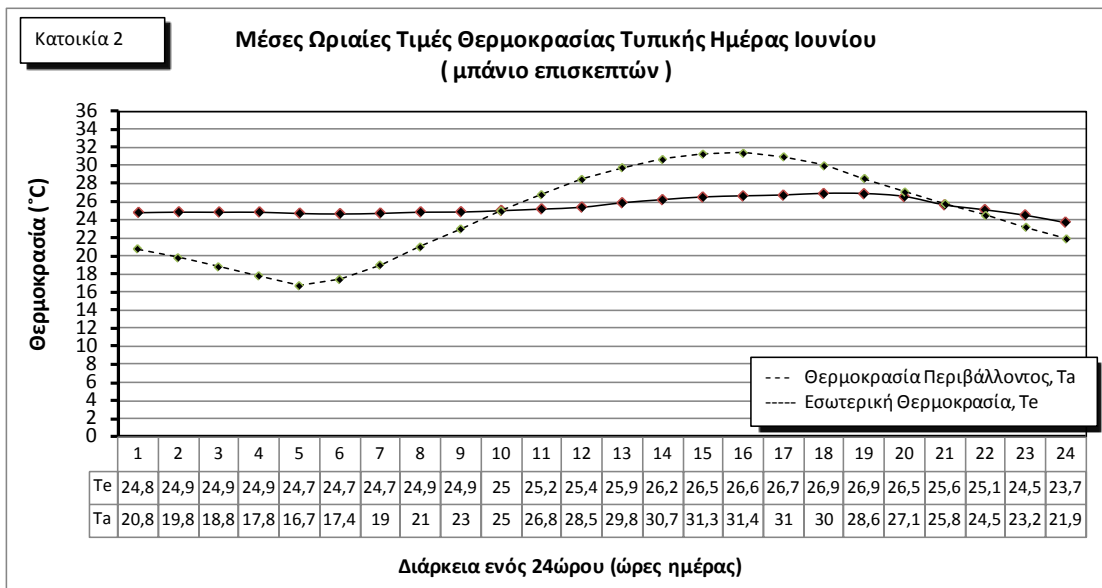
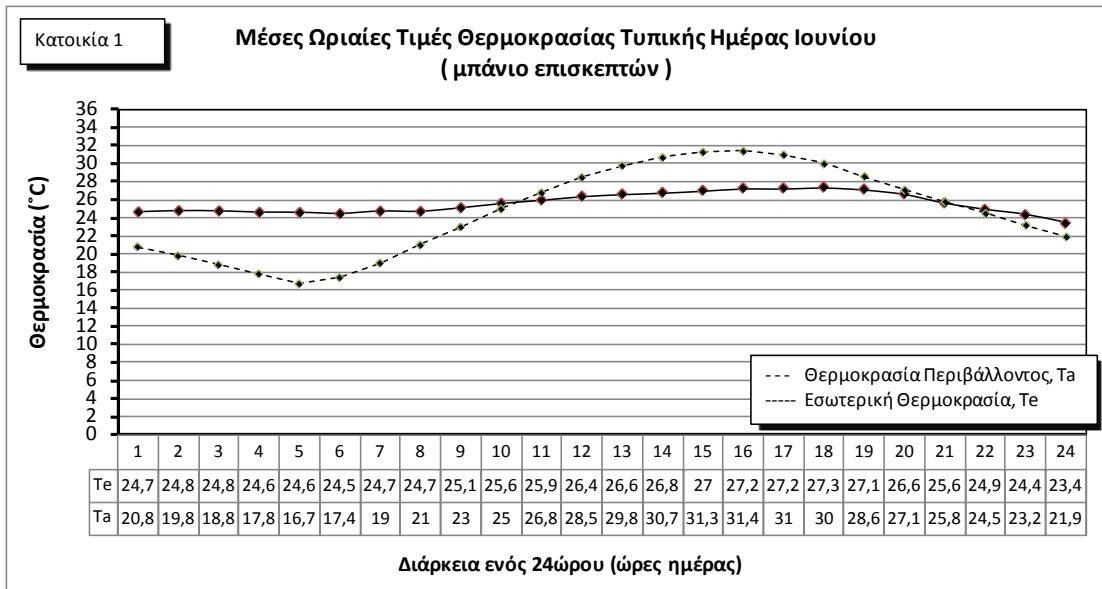




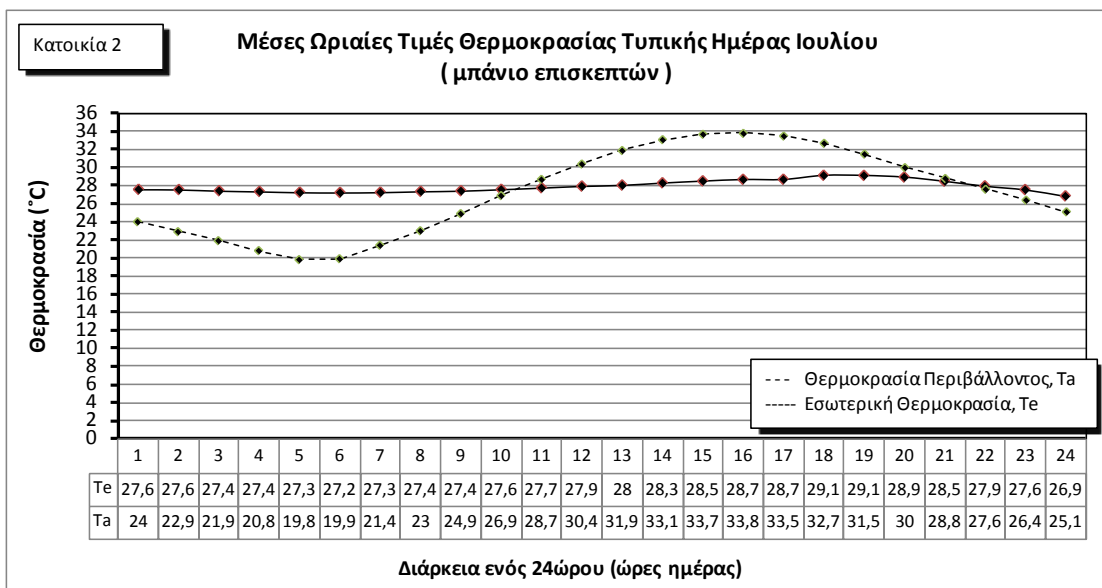
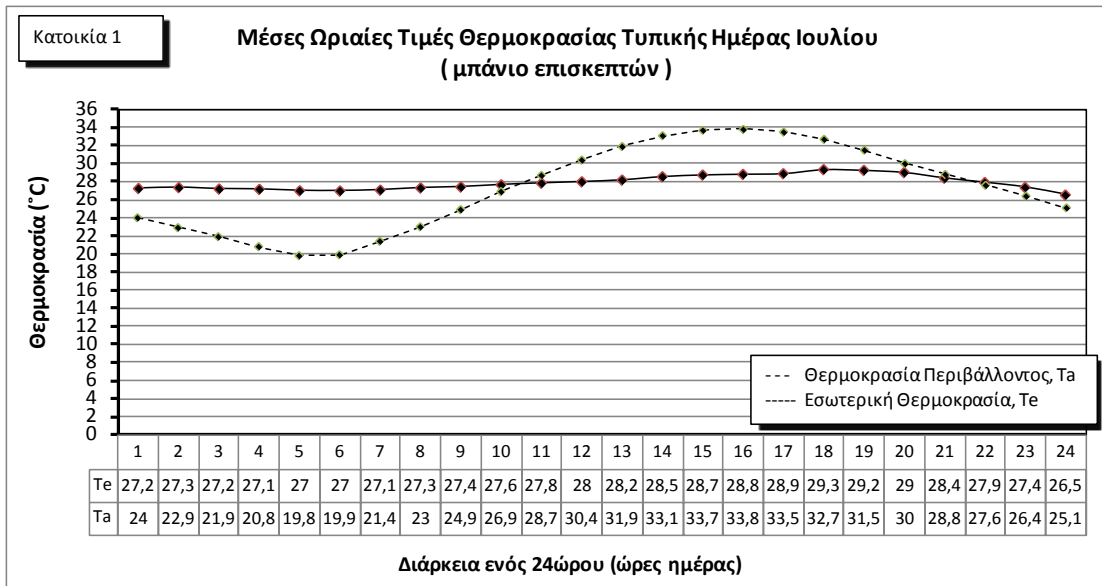
**Διάγραμμα Σ.7.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



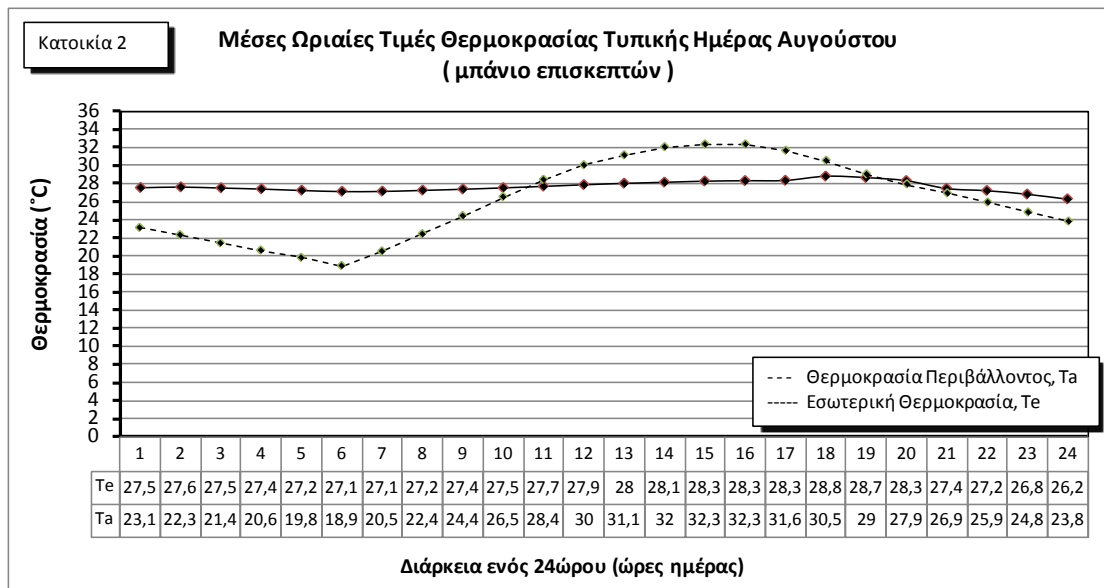
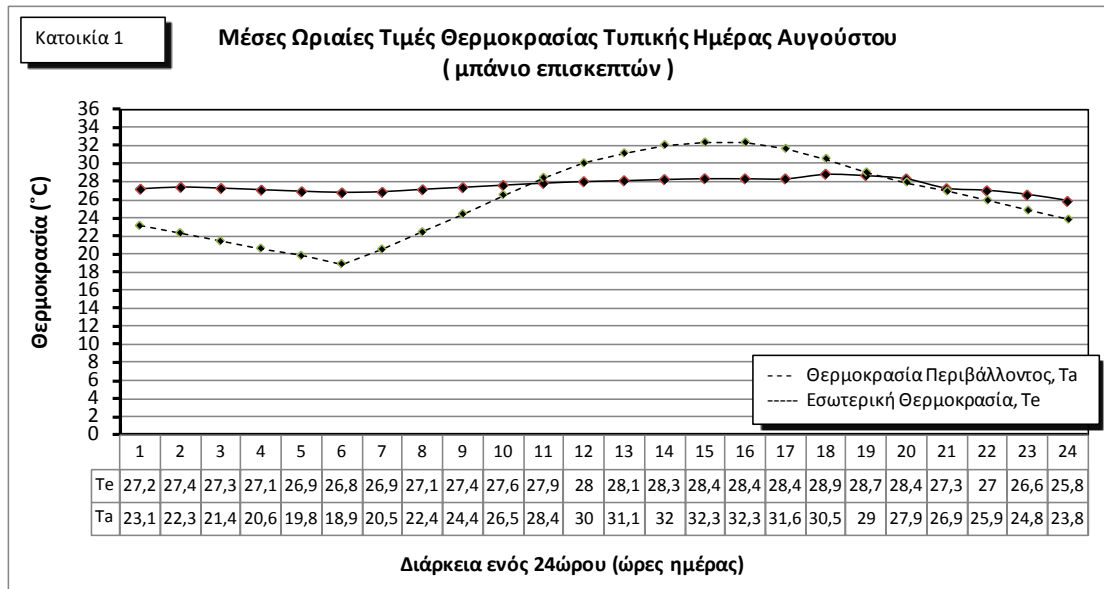
**Διάγραμμα Σ.7.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)



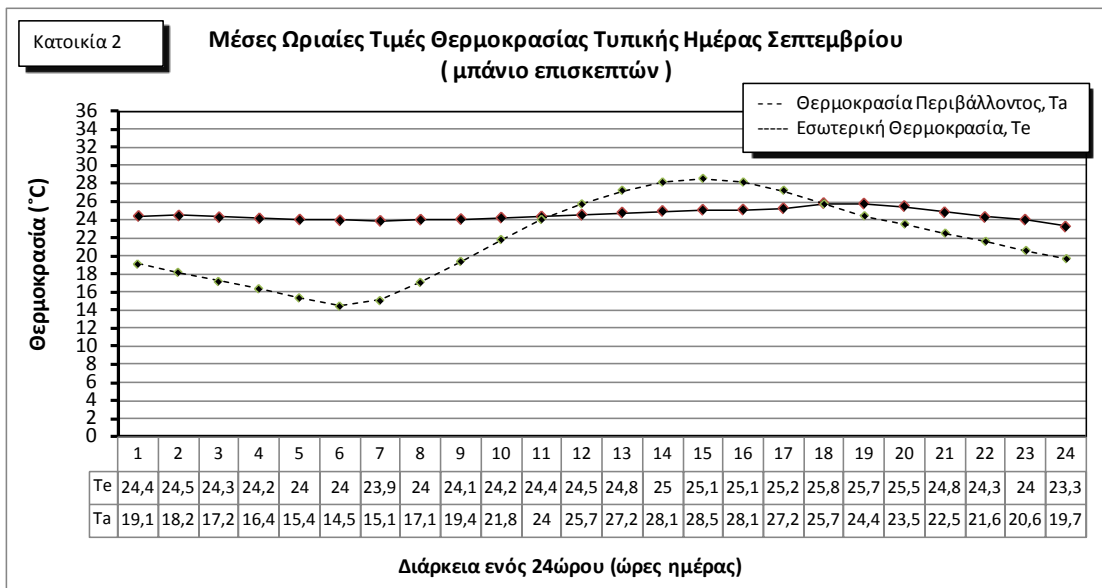
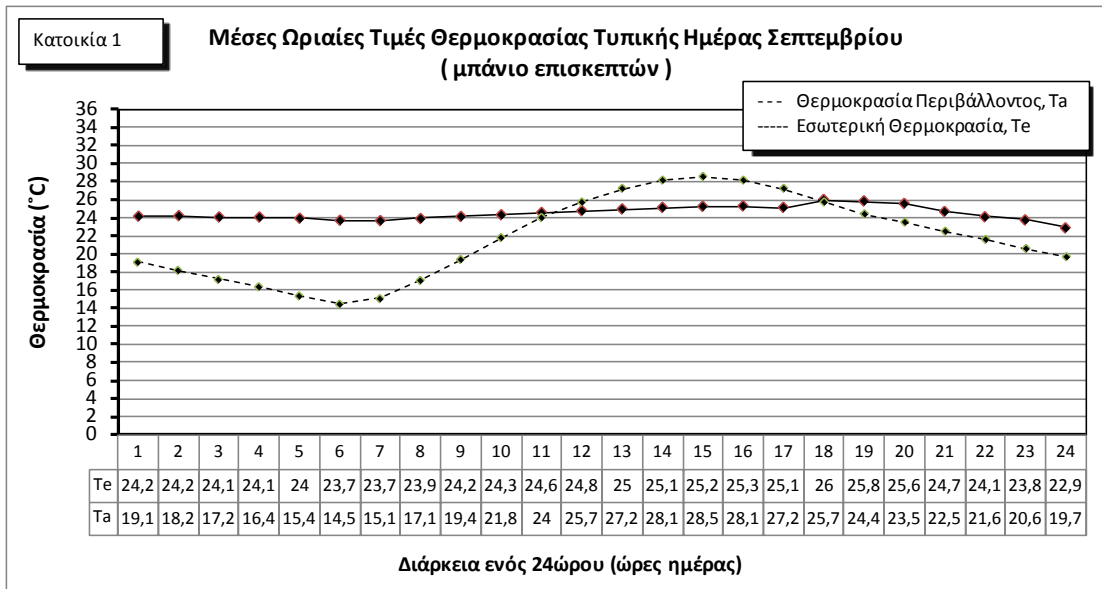
**Διάγραμμα Σ.7.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)



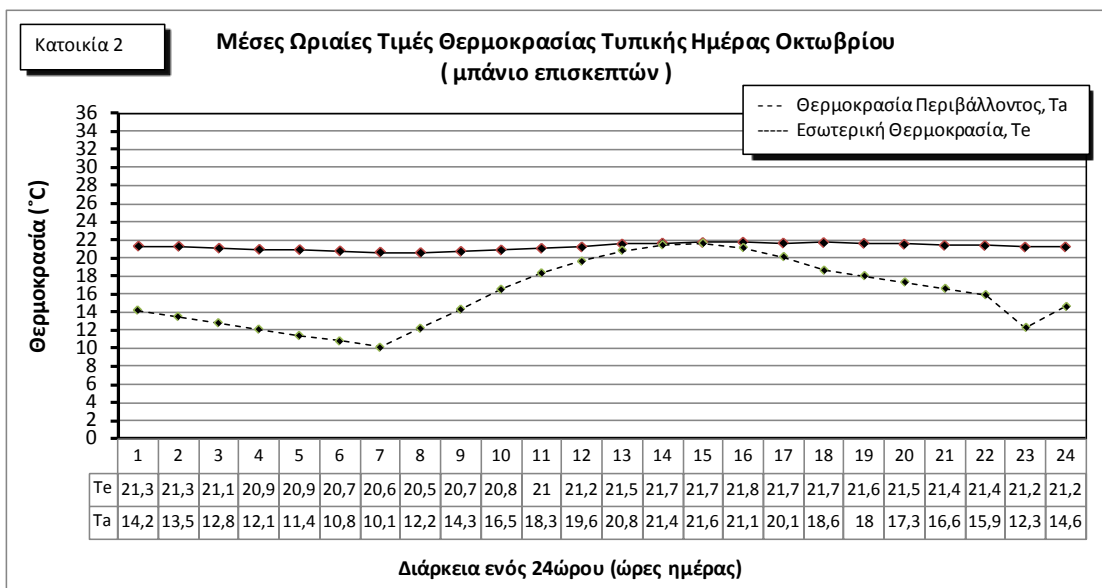
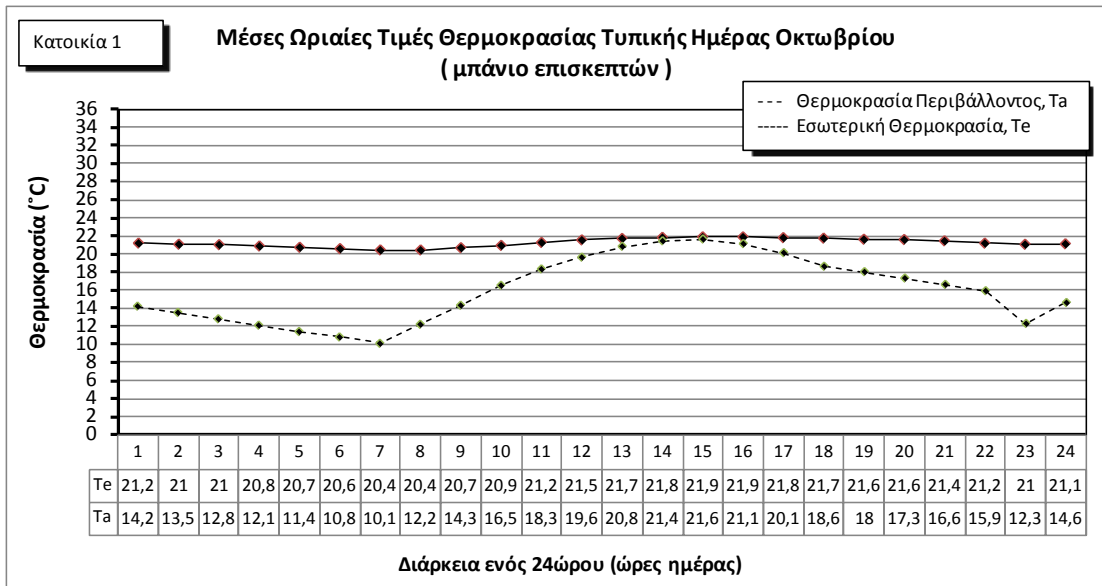
**Διάγραμμα Σ.7.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



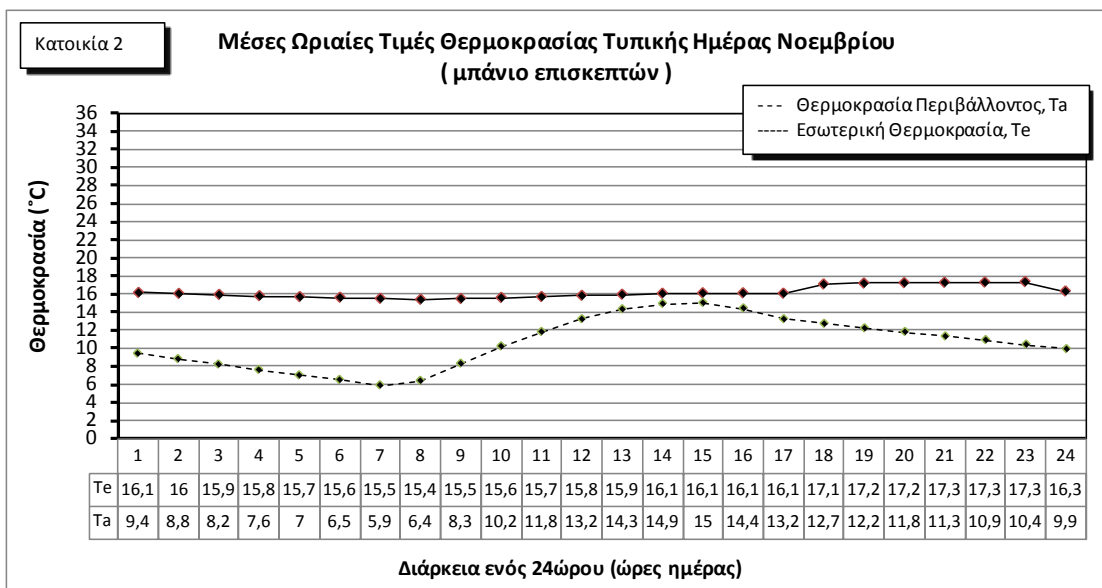
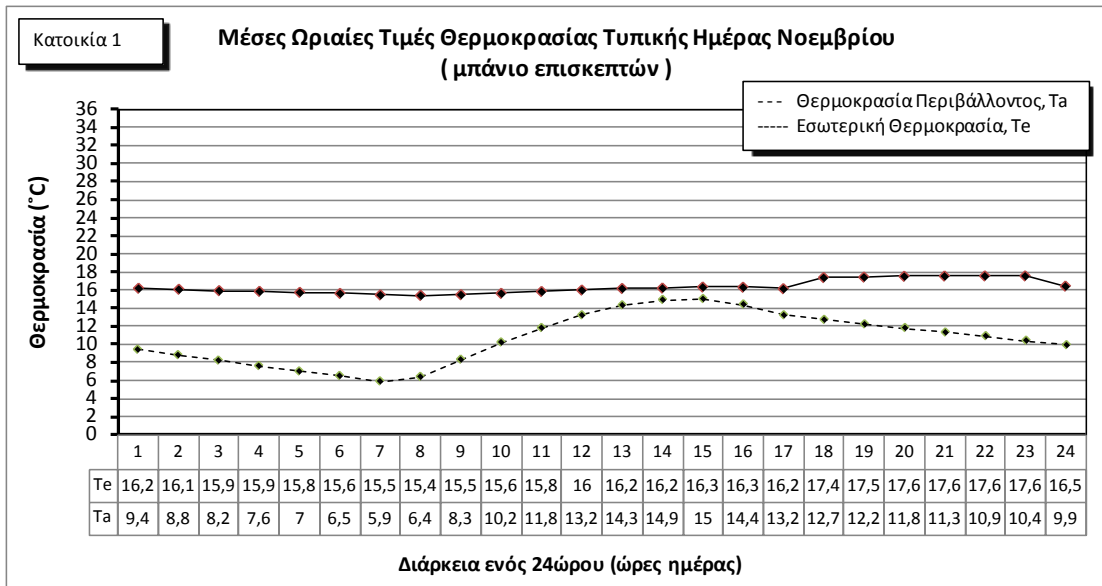
**Διάγραμμα Σ.7.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.7.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

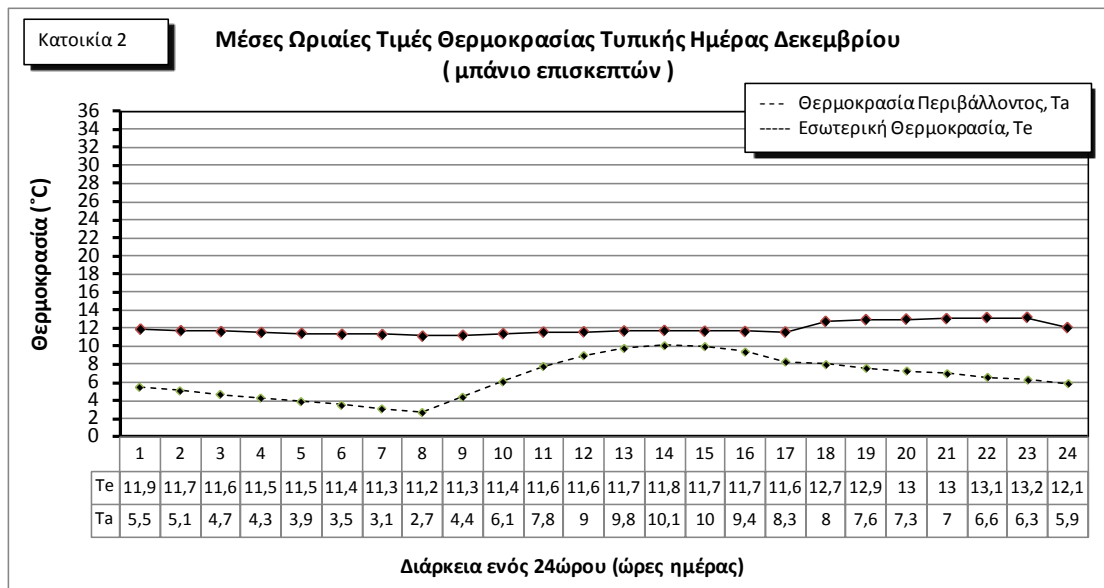
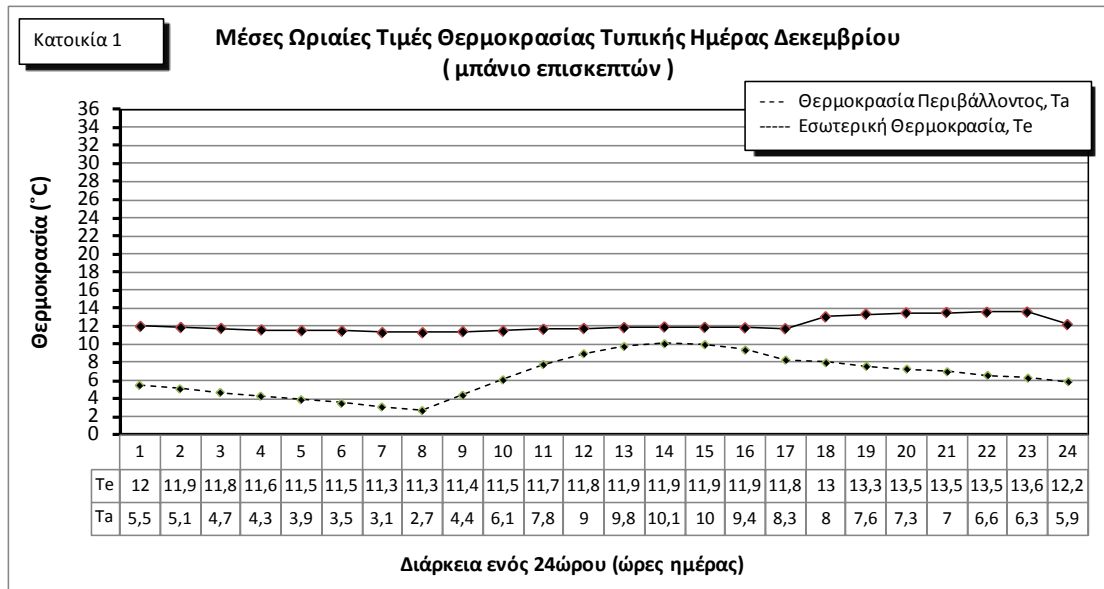


**Διάγραμμα Σ.7.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



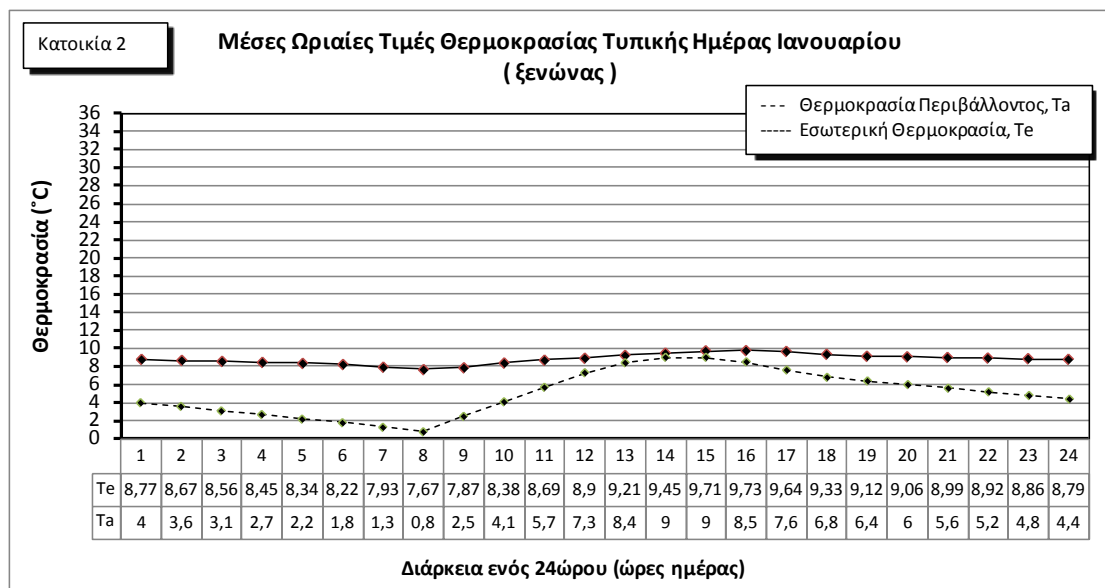
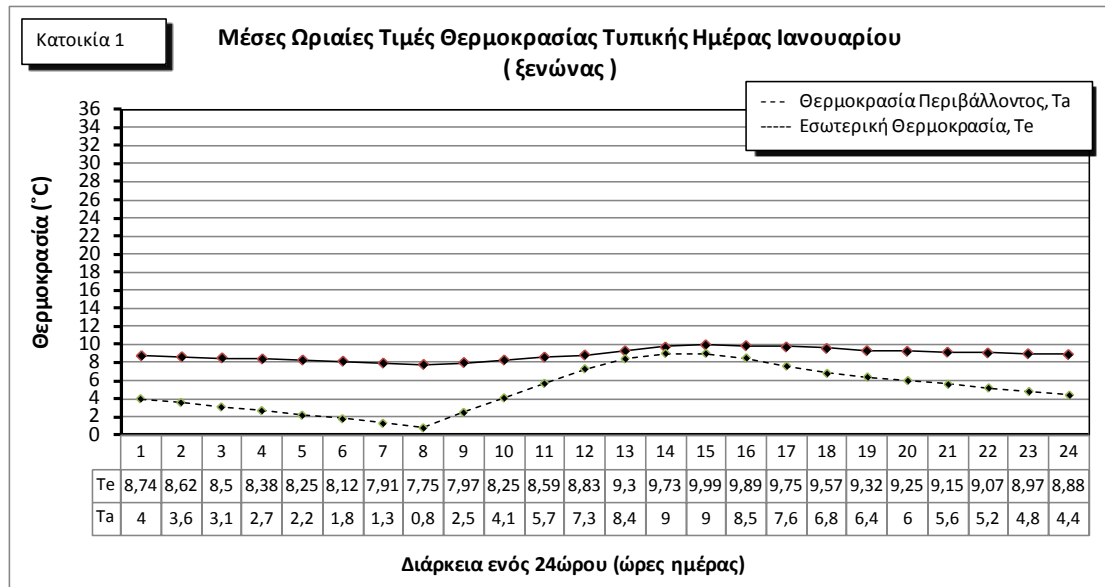
**Διάγραμμα Σ.7.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



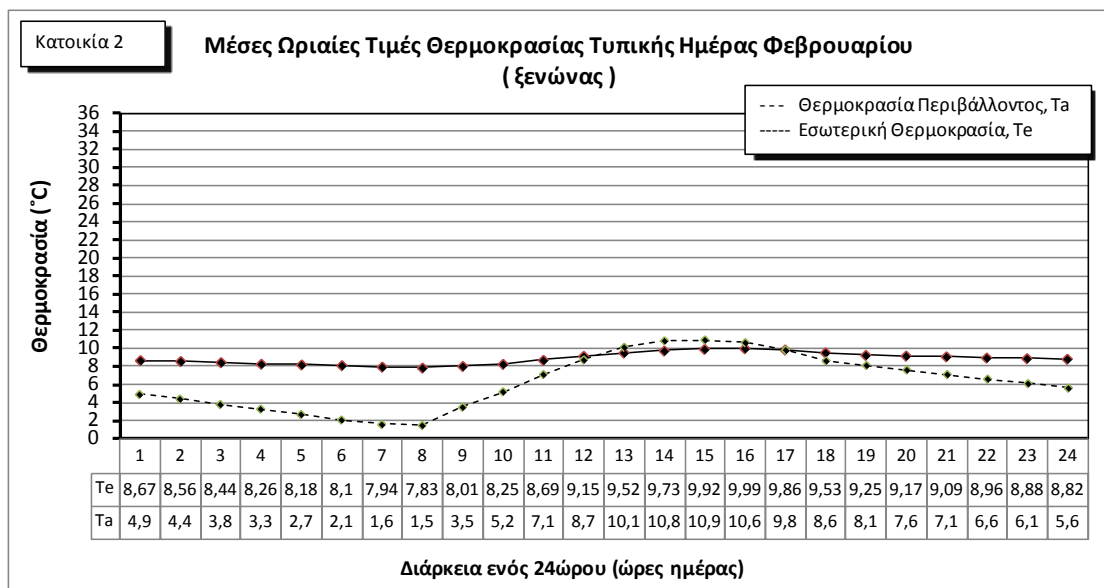
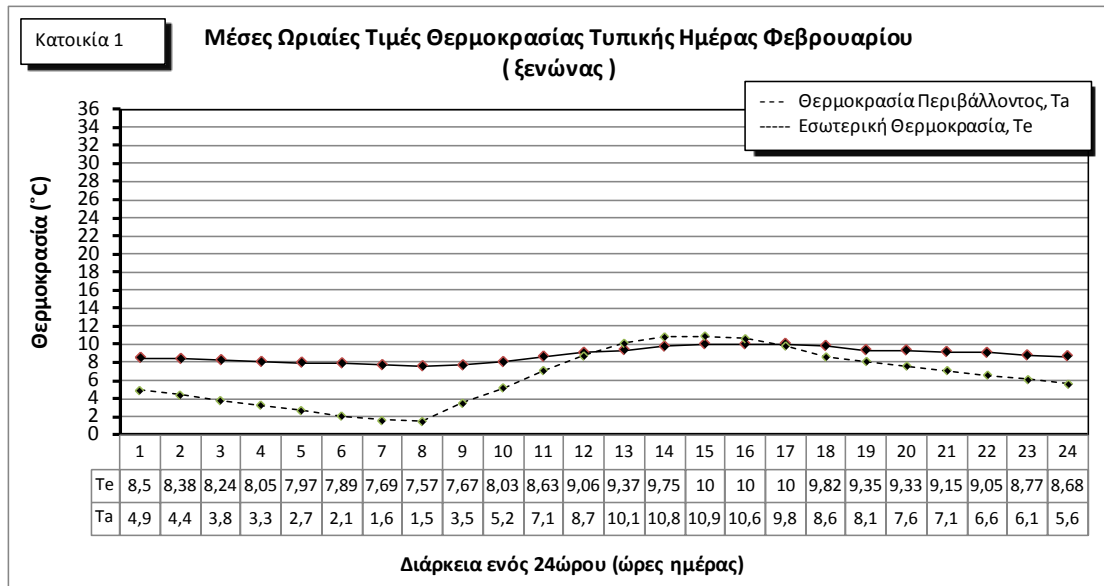


**Διάγραμμα Σ.7.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των μπάνιων επισκεπτών των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

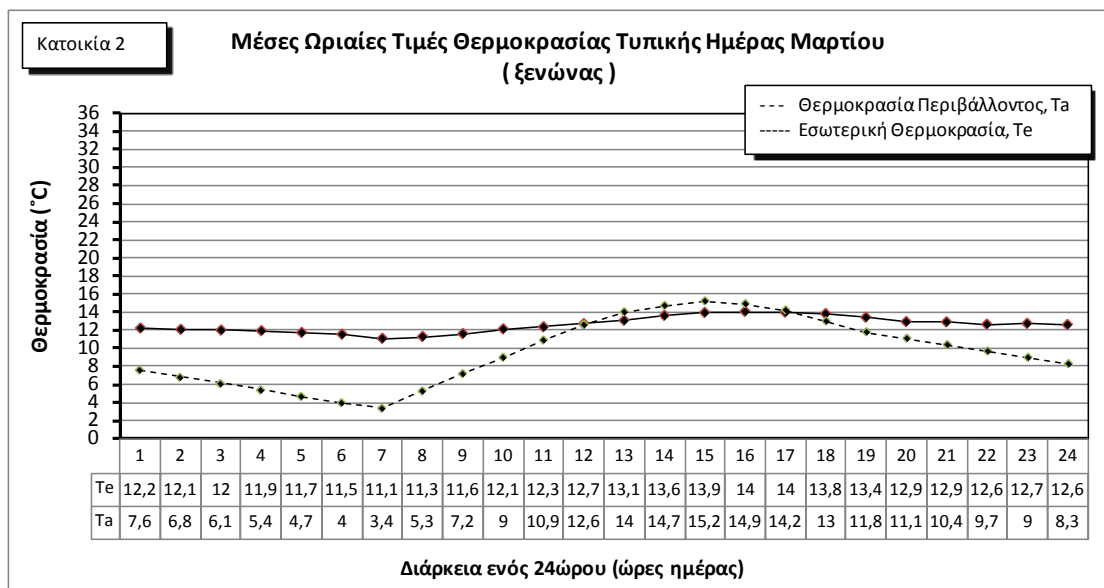
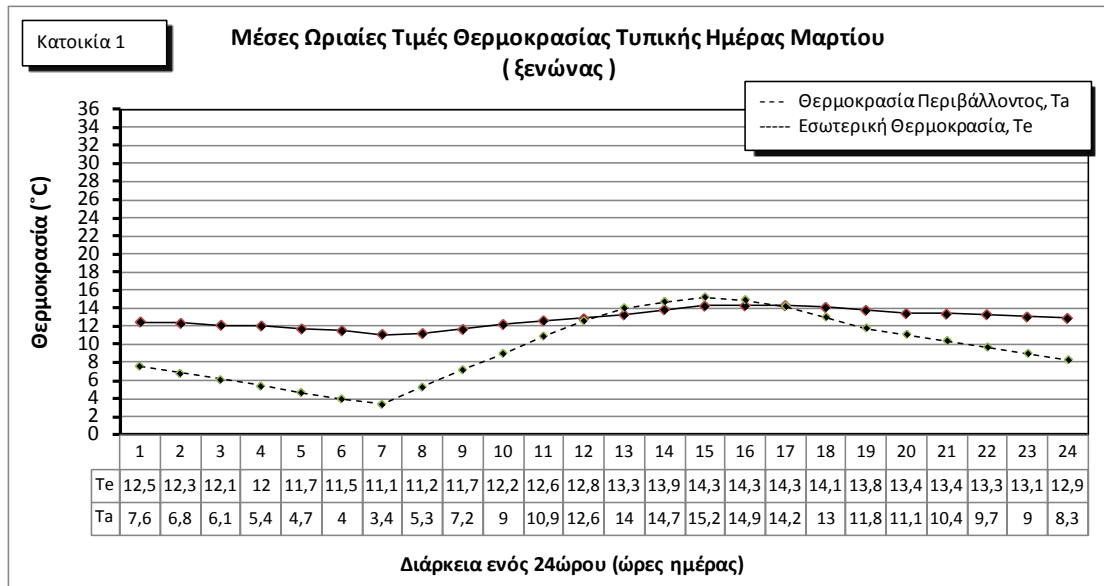
**Π.11. Μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας τυπικών ημερών (ξενώνας)**



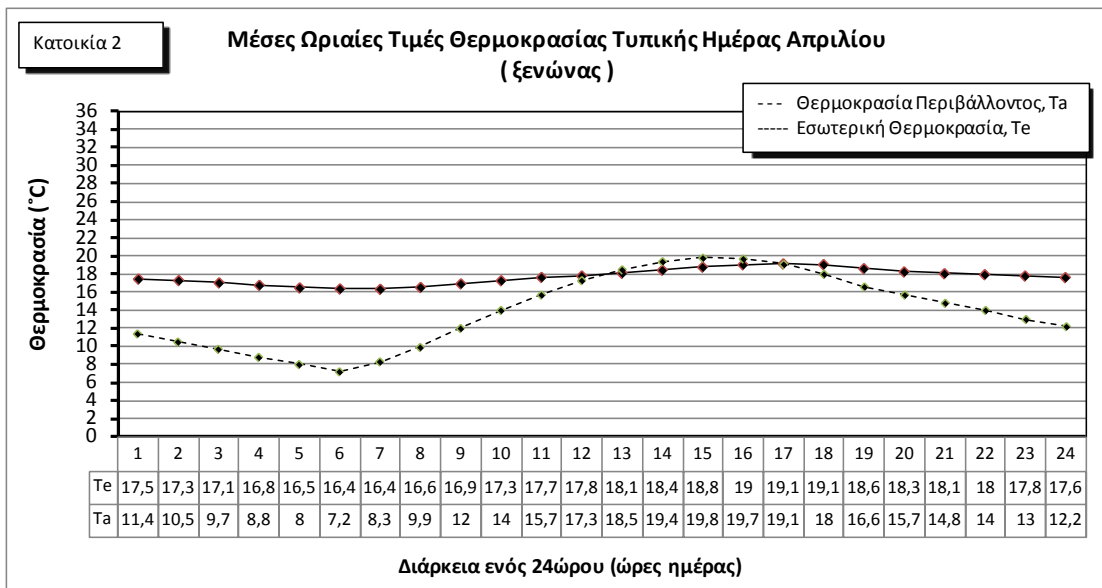
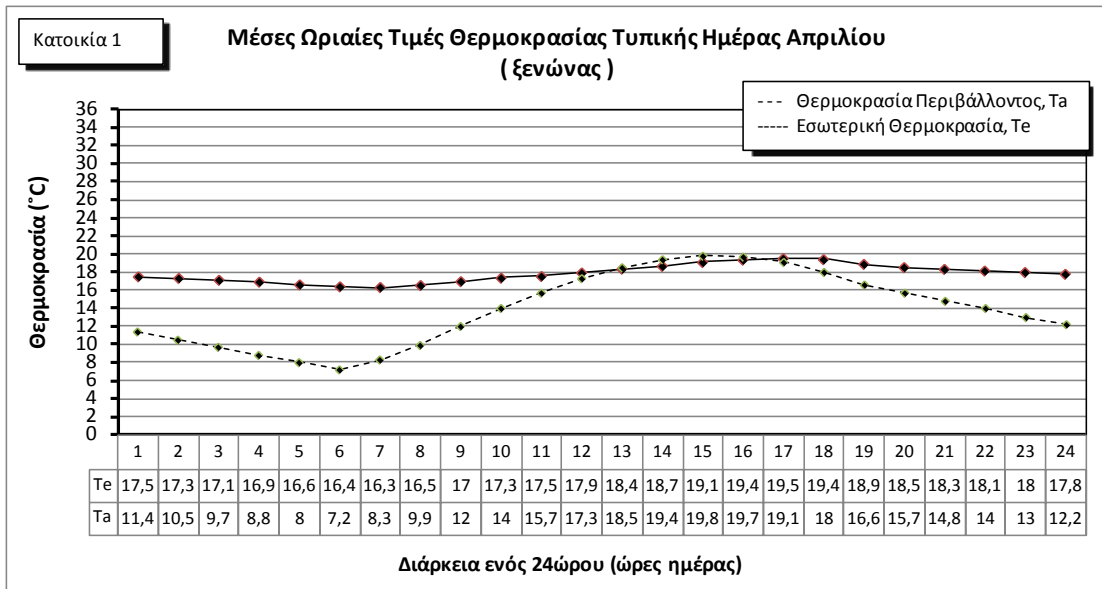
**Διάγραμμα Σ.8.1.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιανουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



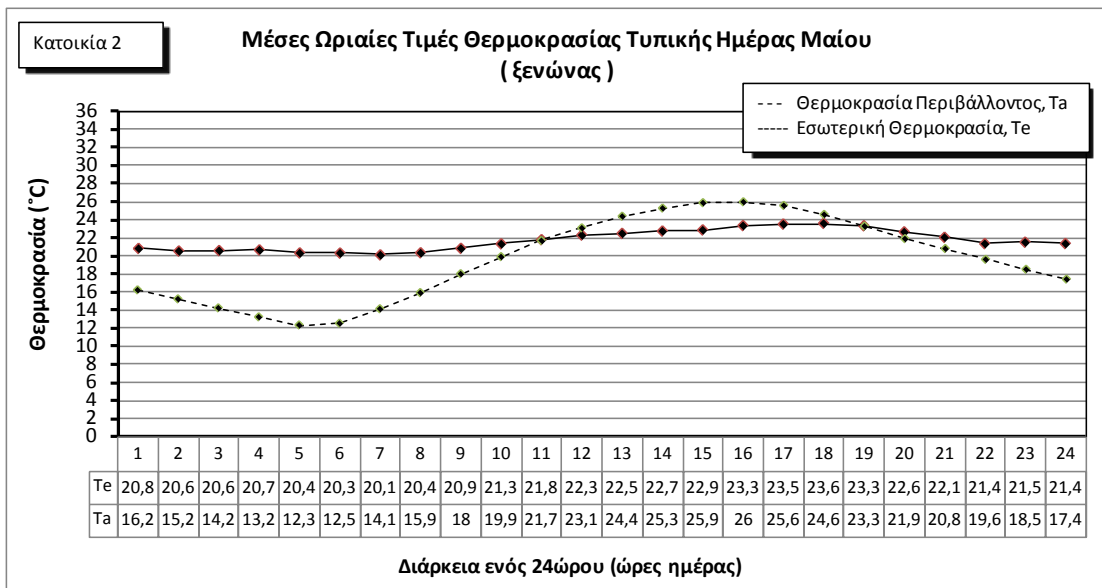
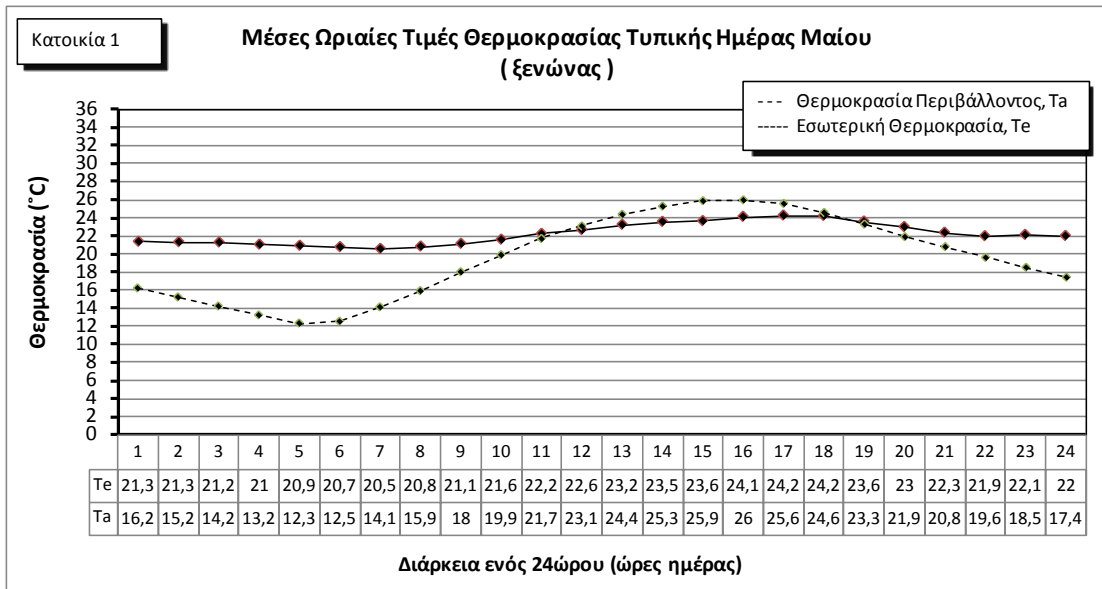
**Διάγραμμα Σ.8.2.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Φεβρουαρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



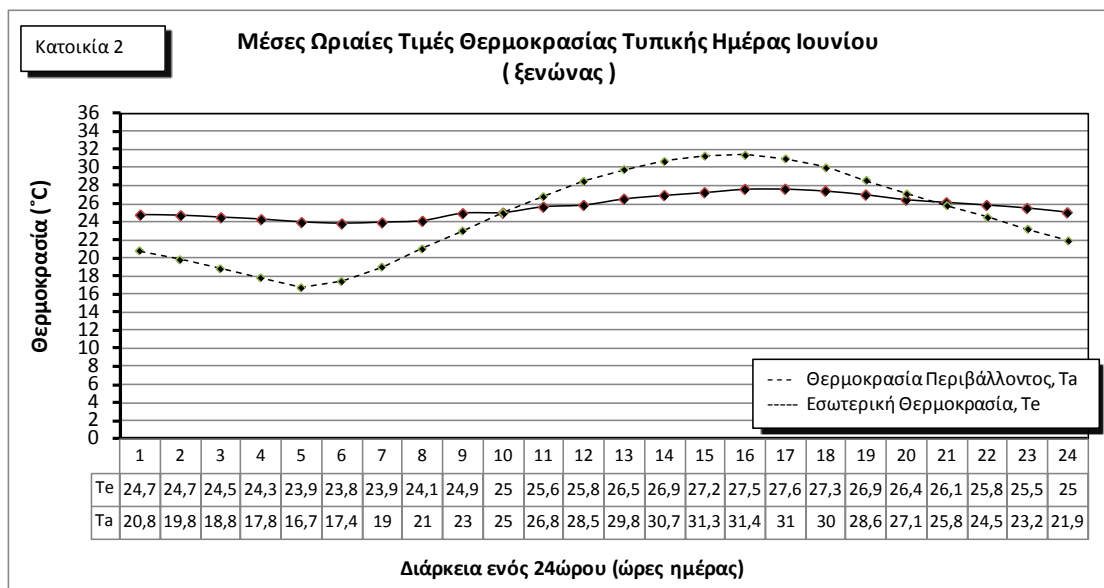
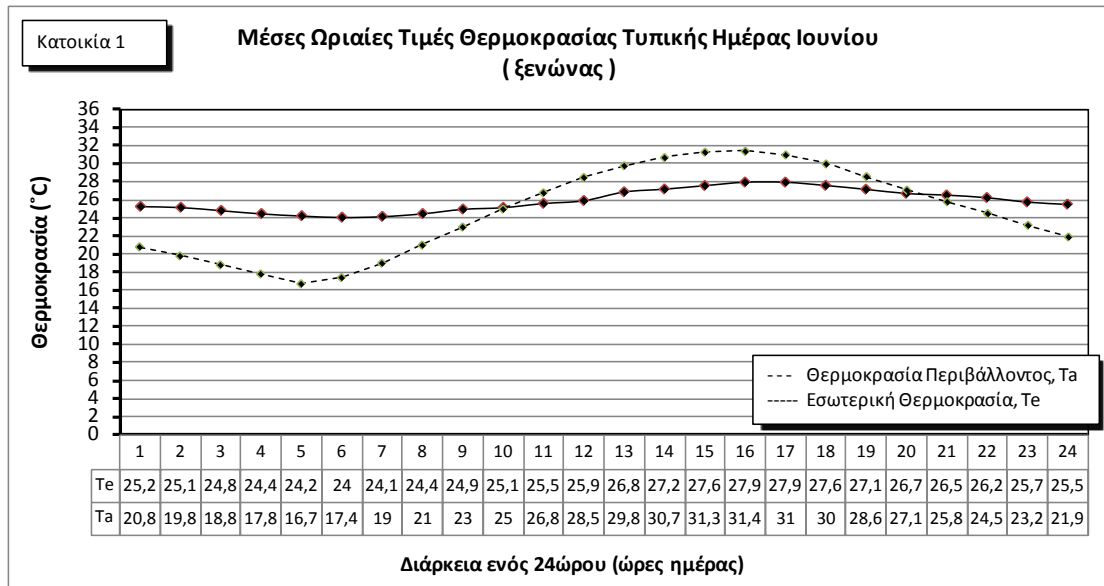
**Διάγραμμα Σ.8.3.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαρτίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



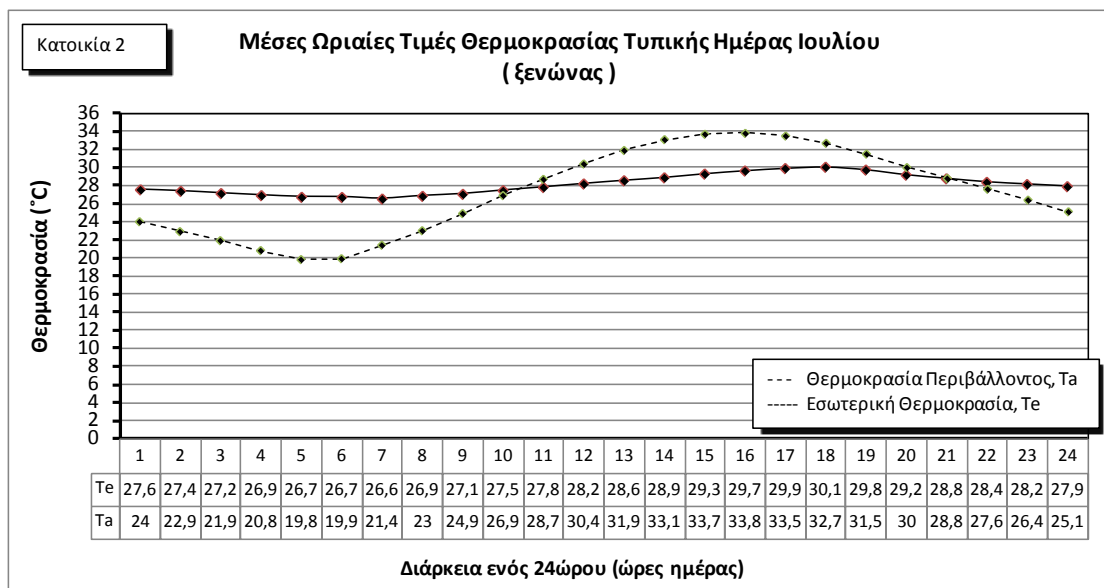
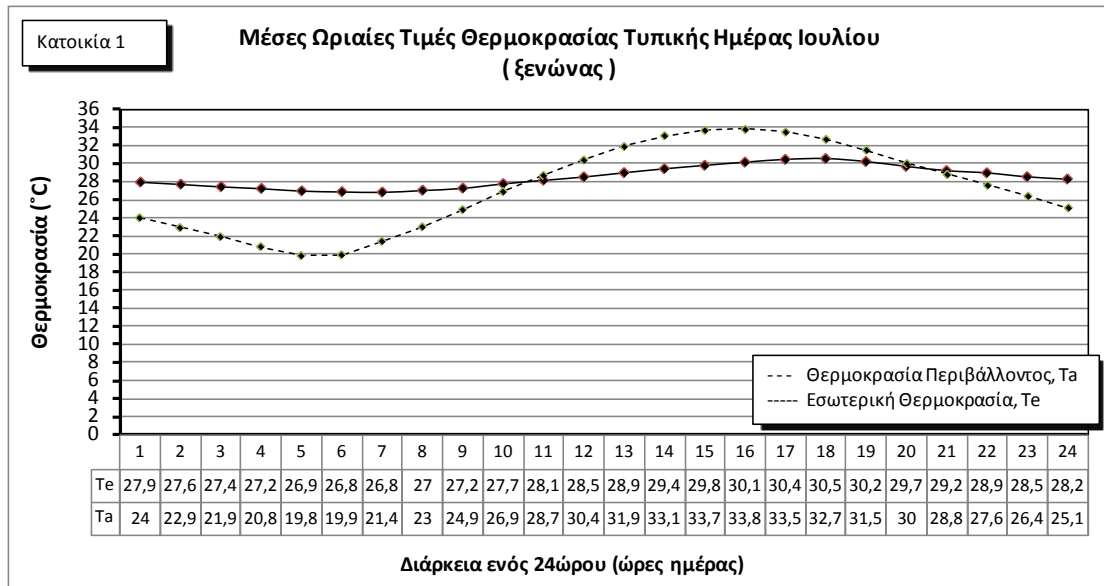
**Διάγραμμα Σ.8.4.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Απριλίου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.8.5.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Μαΐου. (πηγή: πρωτότυπη)

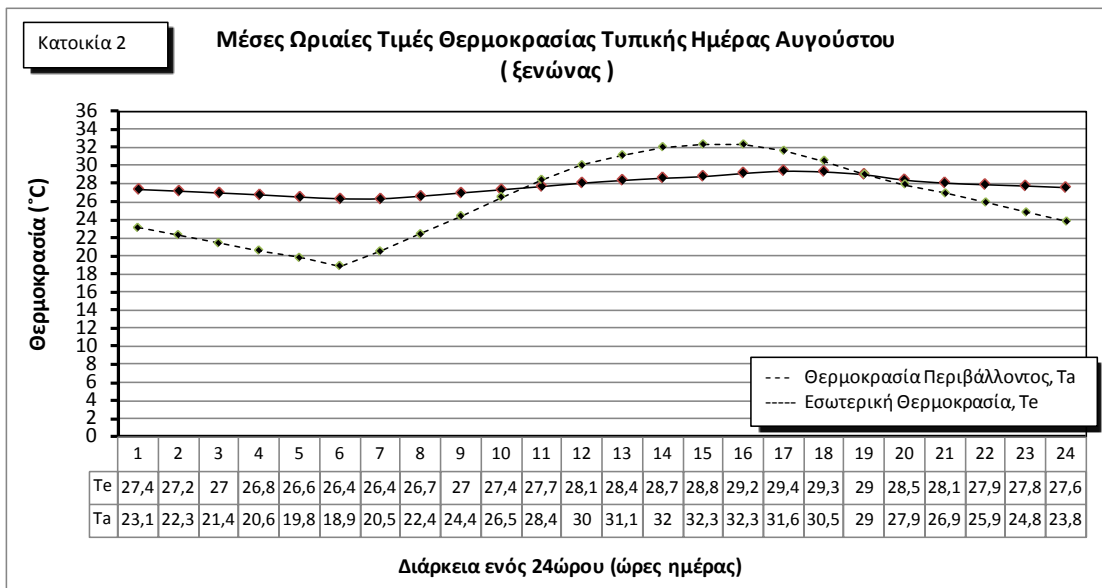
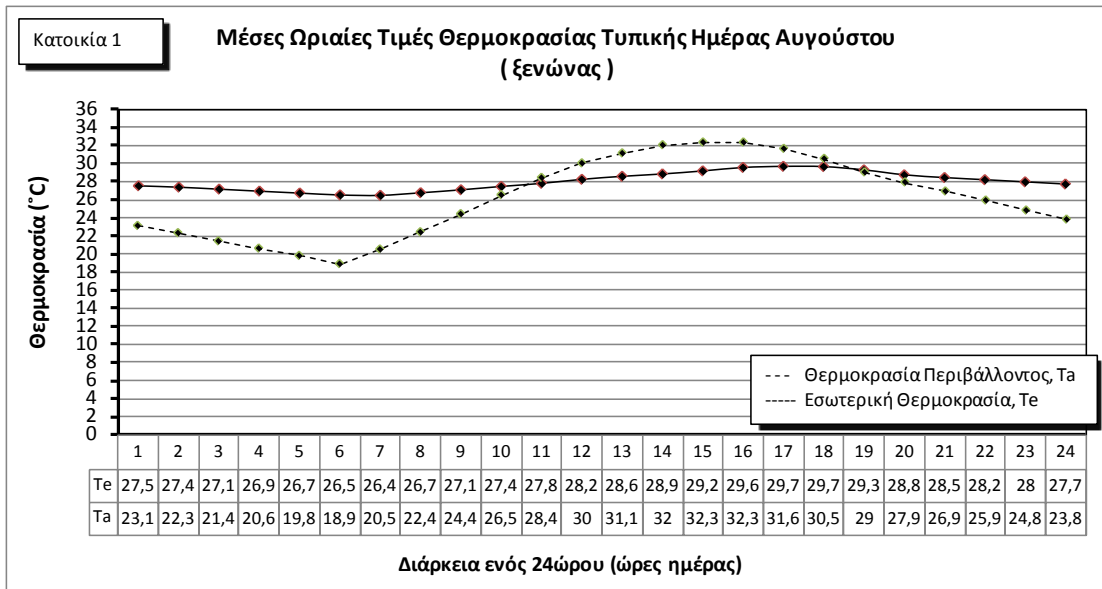


**Διάγραμμα Σ.8.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουνίου. (πηγή: πρωτότυπη)

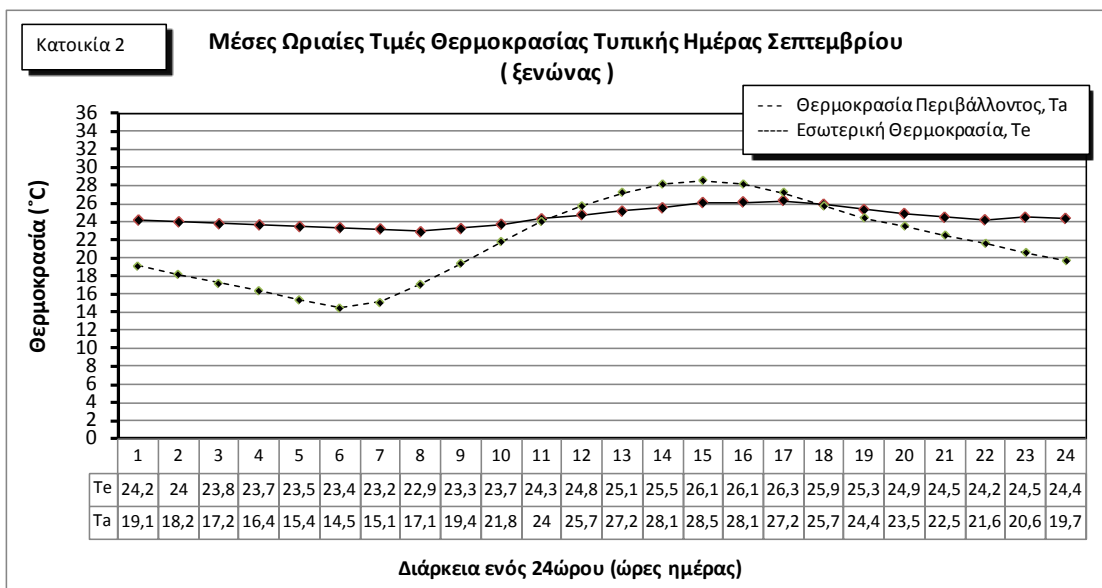
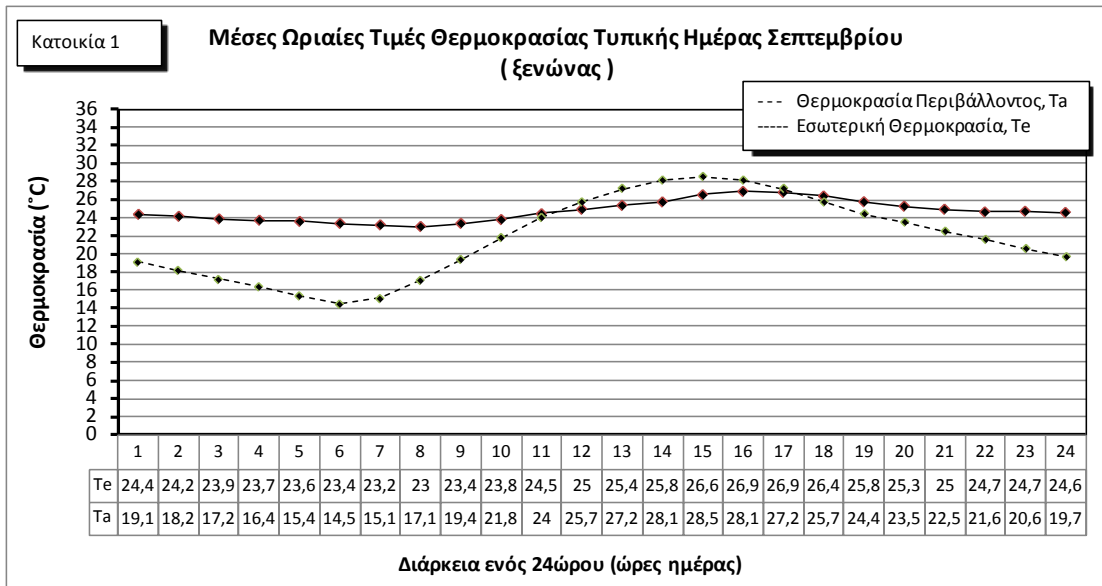


**Διάγραμμα Σ.8.7.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Ιουλίου. (πηγή: πρωτότυπη)

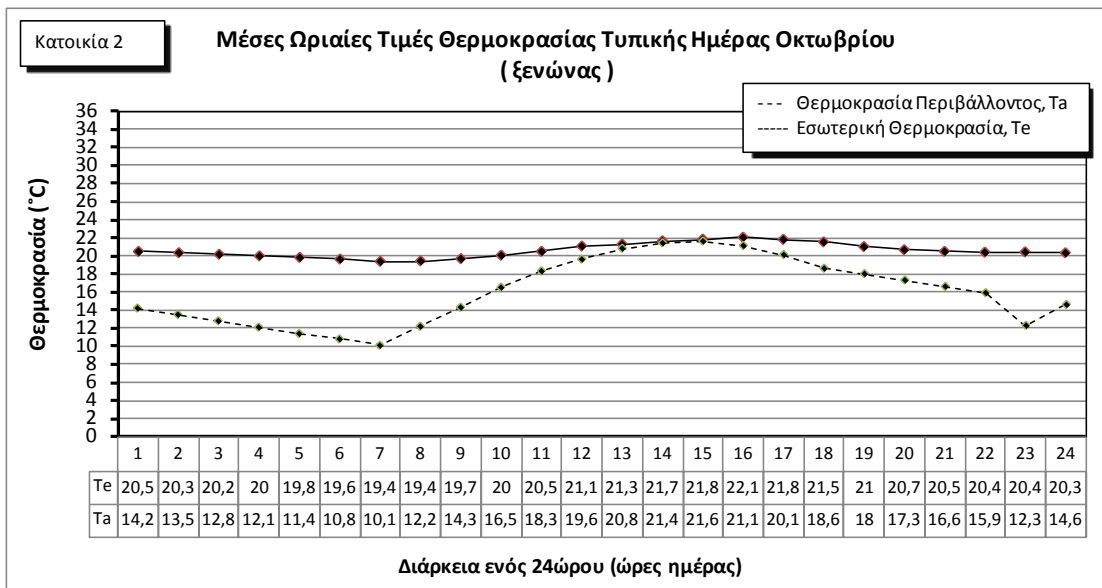
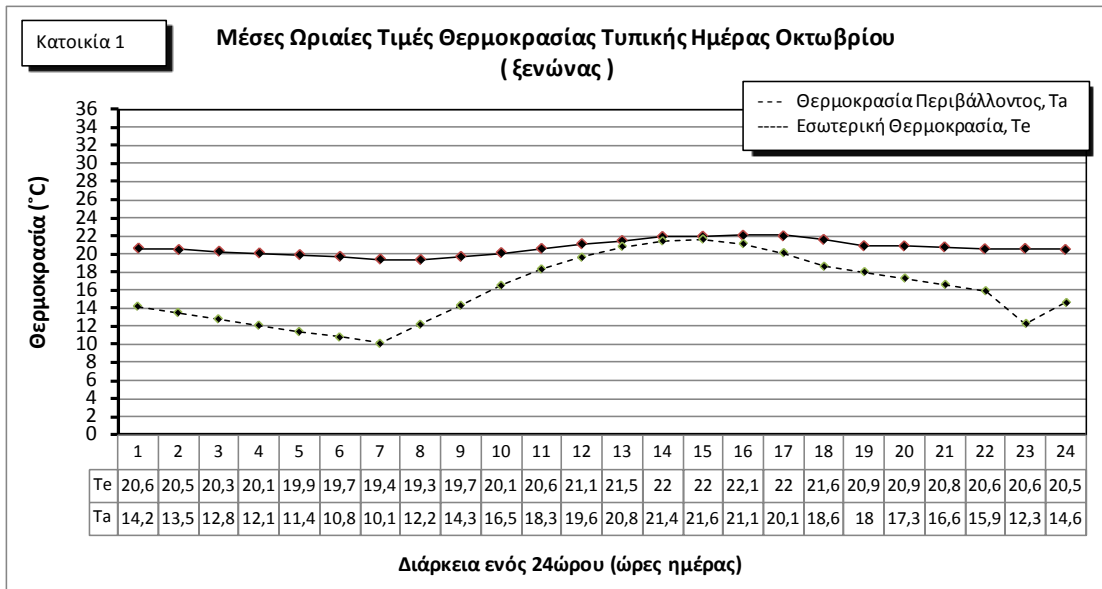




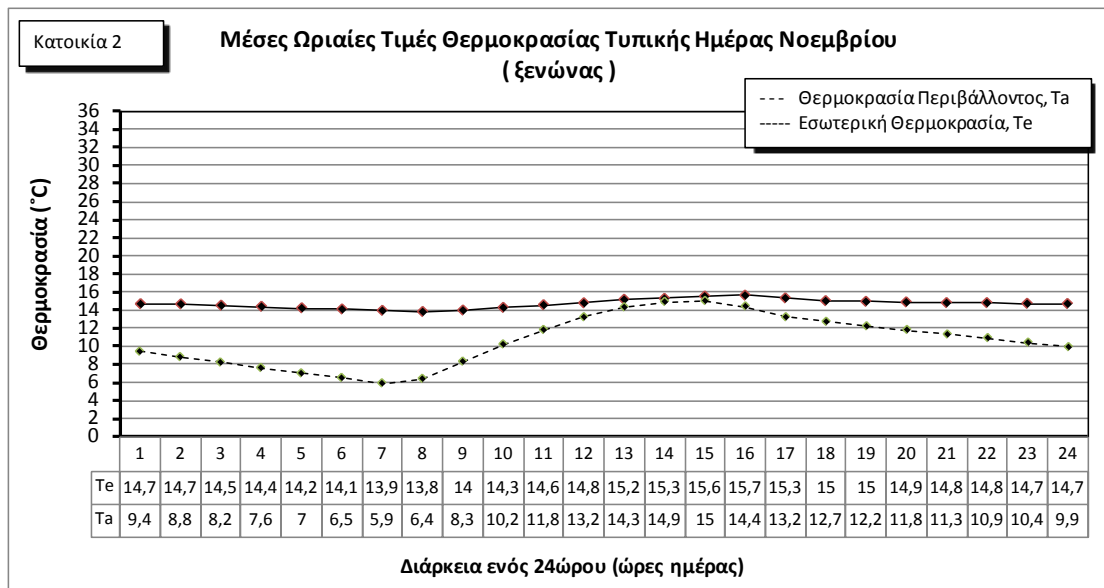
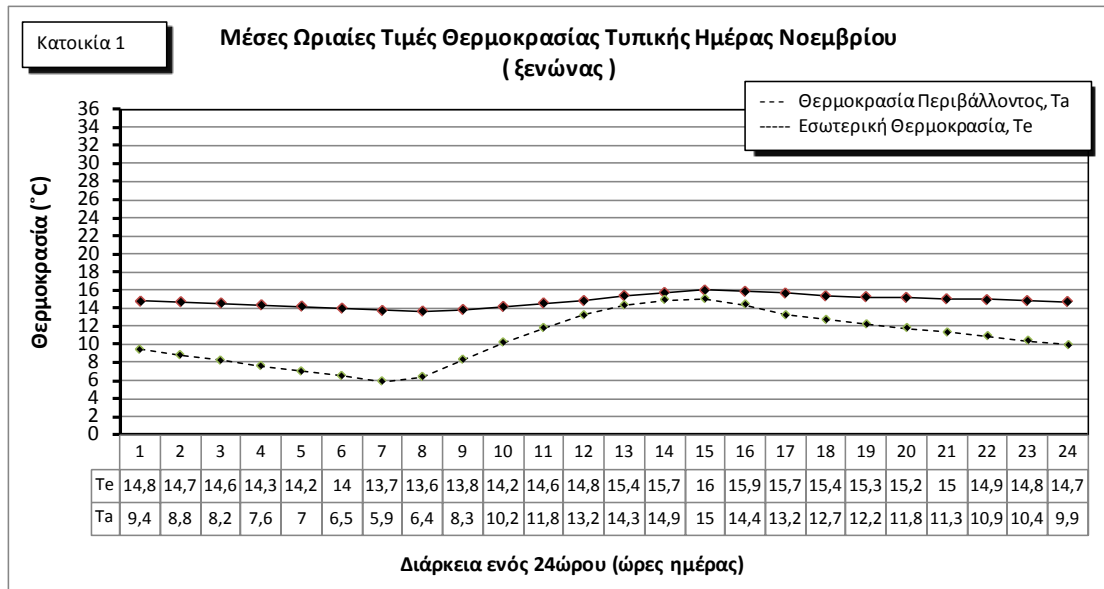
**Διάγραμμα Σ.8.8.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Αυγούστου. (πηγή: πρωτότυπη)



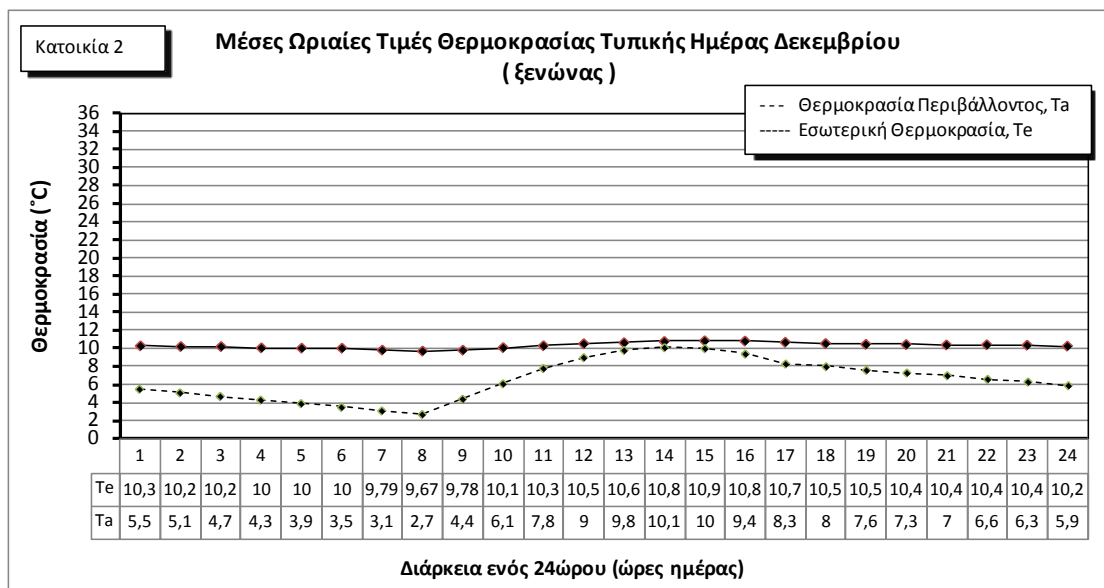
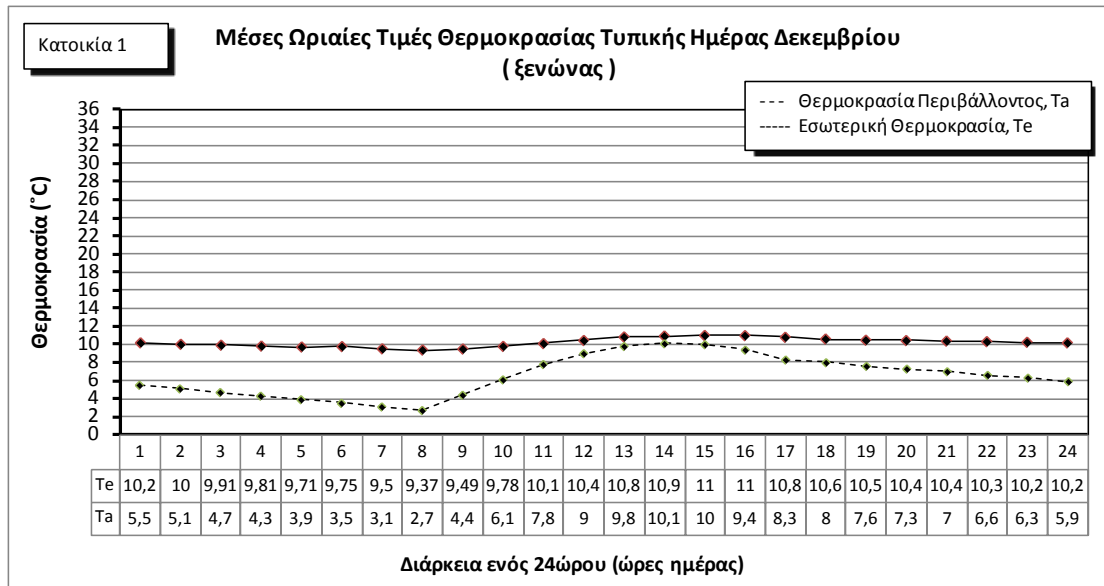
**Διάγραμμα Σ.8.9.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Σεπτεμβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.8.10.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Οκτωβρίου.  
(πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.8.11.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Νοεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)



**Διάγραμμα Σ.8.12.** Διαγραμματική απεικόνιση των μέσων ωριαίων τιμών των μεγεθών θερμοκρασίας αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον και στη ζώνη των ξενώνων των κατοικιών μελέτης για την τυπική ημέρα του Δεκεμβρίου. (πηγή: πρωτότυπη)

## **Βιβλιογραφία**

### **Έντυπη**

[1] Παπαδόπουλος Μ., Αξαρχή Κ., «Ενεργειακός σχεδιασμός & παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων», Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1995

[3] Roaf S., Fuentes M., Thomas S., «Εσδομείν», Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα 2009

[4] Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Ενέργεια στην αρχιτεκτονική», Εκδόσεις Μαλλιάρης Παιδεία, Θεσσαλονίκη 1996

[5] Τσίππρας Κ., Τσίππρας Θ., «Οικολογική αρχιτεκτονική», Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα 2005

[6] Καρτέρης Μ., Θεοδωρίδου Ι., Ηλιάκης Μ., «Φυτεμένο δώμα σε κτίριο γραφείων και διπλοκατοικία», Δημοσίευση στα πλαίσια του πανελληνίου αρχιτεκτονικού διαγωνισμού «Μελέτες ιδεών φύτευσης δωμαίων-στεγών κατοικιών και πιλοτικές εφαρμογές», ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα 2008

[7] Κορωναίος Α., Σαργέντης Φ., «Δομικά Υλικά και Οικολογία», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2005

[11] Κορωναίος Χ., «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2009

[12] Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα, «Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής», ΚΑΠΕ 1999-2000

[13] Δεδικούσης Γ., Α. Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Οικολογική Δόμηση», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη 2010

[14] Καραμήτσιου Β., «Μελέτη του φαινομένου Αστικών Θερμικών Νησίδων με χρήση μεθόδων Φωτοερμηνείας και Τηλεπισκόπησης», Μεταπτυχιακή εργασία στα πλαίσια του διατμηματικού προγράμματος του ΕΜΠ "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", Αθήνα 2009

[15] Αυγελής Α., «Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων – Μείωση των ψυκτικών φορτίων κατά το σχεδιασμό των κτιρίων», Παρουσίαση σε σεμινάριο του ΤΕΕ με τίτλο «Τεχνικές βελτίωσης ενεργειακής συμπεριφοράς υφιστάμενων κτιρίων», Θεσσαλονίκη 2009

[19] Περπερας Ν., «Εξελίξεις και προκλήσεις στην αγορά δομικών υλικών», Περιοδικό ΤΕΕ, Τεύχος 2487, 2008

[30] Καραμήτσιου Β. – Βαλαμάκης Γ., Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Διερεύνηση των δυνατοτήτων βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς ορειβατικού καταφυγίου στην Άνω Μηλιά Πιερίας», Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη 2008

[31]Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, «Μελέτη της συμβολής των φυτεμένων δωματίων στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής στα μεγάλα αστικά κέντρα», τεύχος προϊόντος ερευνητικού προγράμματος Π.Εν.Ε.Δ. Φορέας – χρήστης του έργου: Δήμος Σταυρούπολης. Φορέας υλοποίησης του έργου: Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2001.

[33]MeteoNORM 5.1, Εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος. Βέρνη, 2003.

[34]Κολύβα-Μαχαίρα Φ., Μπόρα-Σέντα Ε., «Στατιστική. Θεωρία, εφαρμογές», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1999.

[36]EnergyPlus, Εγχειρίδιο χρήσης του ομώνυμου προσομοιωτικού προγράμματος

[37]Liddament M., «A Guide to Energy Efficient Ventilation», AIVC, March 1996

[38]Solar village III 7<sup>th</sup> report, 6.2., «Complete presentation of conclusions of spot measurements of the influence of sun protection and ventilation on internal room temperatures during the cooling period», Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των Κτιρίων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., 1991

[39]ASHRAE, «1997 ASHRAE. Handbook of fundamentals, SI edition», Atlanta, 1997

[40]Κοϊνάκης Χ., «Αναλυτική και πειραματική μελέτη του φυσικού αερισμού στο πλαίσιο του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων», Διδακτορική διατριβή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1998

[43]EnergyPlus, Εγχειρίδιο χρήσης του ομώνυμου προσομοιωτικού προγράμματος,

### **Ηλεκτρονική**

[2]GoogleEarth

[8]Διαδικτυακός τόπος Δήμου Νίκαιας Λάρισας

<http://www.nikealarisas.gov.gr>

[9]Καρατσιώρη Β-Κ., Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Συγκριτική Ανάλυση Χρήσης Ενέργειας από Παραδοσιακή Κατοικία στο Νομό Καρδίτσας», Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Περιβάλλον και Ανάπτυξη", ΕΜΠ, Αθήνα 2008

[10]Διαδικτυακός τόπος Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας  
<http://www.cres.gr>

[16]Δρίβας Σ., «*Το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου*», Ηλεκτρονικό περιοδικό του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΔΠΘ «*Ανάξαρχος*»

<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/periodiko/issue19/is19ar05.pdf>

[17]Ιωάννου Ν., «*Σπουδαστικό παράδειγμα οικολογικής δόμησης και ενεργειακού σχεδιασμού*», Ηλεκτρονικό περιοδικό «*BuildingGreen*»

<http://www.buildinggreen.gr/wp-content/uploads/2009/02/paradeigma-oikologikis-domisis.pdf>

[18]InteriorZahod, Εταιρεία προμήθειας και διανομής κατασκευαστικών υλικών  
<http://www.interior-zachod.com.pl/en/?id=heraklith>

[20]Μονωπάν, Εταιρεία μονωτικών υλικών  
[http://www.monopan.gr/products\\_img/SHAPEMATE.jpg](http://www.monopan.gr/products_img/SHAPEMATE.jpg)

[21]Lazarakis Constructions, Εταιρεία ηχομονωτικών, θερμομονωτικών και στεγανωτικών υλικών  
<http://www.lazarakis-constructions.gr/products.php?cid=260>

[22]Γιαννακόπουλος Ν., Εταιρεία θερμομονωτικών και στεγανωτικών υλικών  
<http://www.ngiannakopoulos.gr/products.htm>

[23]Growinggreenwest, Εταιρεία περιβαλλοντικού σχεδιασμού και προώθησης τεχνολογιών ΑΠΕ  
[http://growinggreenwest.com/GGW\\_products\\_environ.html](http://growinggreenwest.com/GGW_products_environ.html)

[24]Diasen, Εταιρεία ηχομονωτικών, θερμομονωτικών και στεγανωτικών υλικών  
[http://gestione.diasen.com/Public/Thumb/file\\_121\\_550.JPG](http://gestione.diasen.com/Public/Thumb/file_121_550.JPG)

[25]Edilportale, Εταιρεία ηχομονωτικών, θερμομονωτικών και στεγανωτικών υλικών  
[http://www.edilportale.com/prodotti/manifattura-maiano/isolante termoacustico-in-lana-di-pecora-naturale/naturtherm-wo\\_8072.html](http://www.edilportale.com/prodotti/manifattura-maiano/isolante termoacustico-in-lana-di-pecora-naturale/naturtherm-wo_8072.html)

[26]Matrec, Εταιρεία οικολογικών ηχομονωτικών, θερμομονωτικών και στεγανωτικών υλικών  
<http://www.matrec.it/Site/Search.php?Action=Search&Keywords=tessili&advType=simple&cmsSearch=Cerca&lid=1&section=>

[27]Steicoflex, Εταιρεία οικολογικών θερμομονωτικών υλικών από ξύλο  
<http://www.panelagency.com/pdf/SteicoFlex.pdf>

[28]Μεταξιώτης Α., «*Οικολογικά υλικά, μονώσεις-μονωτικά υλικά*», Ιστοσελίδα «*spitia.gr*»  
[http://www.spitia.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/eteries/metaxiotis/indexheraklith.htm](http://www.spitia.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/eteries/metaxiotis/indexheraklith.htm)



[29]Γάγγλια Α., «Ενεργειακή απόδοση κτιρίων - το κτίριο αναφοράς», Παρουσίαση της ομάδας εργασίας του ΤΕΕ για τον ΚΕΝΑΚ  
[portal.tee.gr/.../Gaglia%20TEE%20-%20ktirio%20anaforas.pps](http://portal.tee.gr/.../Gaglia%20TEE%20-%20ktirio%20anaforas.pps)

[32] Ιστοσελίδα Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.)  
[www.hnms.gr](http://www.hnms.gr)

[35]Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, «Μετεωρολογικά δεδομένα για το νομό Λάρισας»  
<http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima/larissa.htm>

[41]EnergyPlus, Βάση δεδομένων του ομώνυμου προσομοιωτικού προγράμματος  
<http://www.bphdb.com/material/show/0f3d3a8025db11de8c300800200c9a66>

[42]Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, «Μετεωρολογικά δεδομένα για το νομό Λάρισας»  
<http://www.cres.gr/kape/datainfo/clima/larissa.htm>

[44]Λάζαρη Ε., «Ενεργειακή απόδοση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στο ελληνικό κτίριο», Ημερίδα ΚΑΠΕ – ΙΕΝΕ, Αθήνα, 2006  
[http://library.tee.gr/digital/books\\_notee/book\\_60566/book\\_60566\\_lazari.pdf](http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60566/book_60566_lazari.pdf)

[45]Haufen, Εταιρεία Ξύλινων Κουφωμάτων  
<http://www.haufen.gr/frontend/article.php?aid=71&cid=108>