



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)  
"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"**

**Διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και της θερμικής  
άνεσης σε κελύφη αξιόλογων κτηρίων της περιόδου του  
Μεσοπολέμου (1930-1940)**

## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της φοιτήτριας ΜΑΡΙΑΣ ΠΑΧΗ  
Διπλωματούχου Αρχιτέκτονα Μηχανικού Ε.Μ.Π.

**ΕΠΙΒΛΕΨΗ:**  
Ε.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ  
Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

**ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2016**





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)  
"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"**

**Διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και της θερμικής  
άνεσης σε κελύφη αξιόλογων κτηρίων της περιόδου του  
Μεσοπολέμου (1930-1940)**

## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

της φοιτήτριας **ΜΑΡΙΑΣ ΠΑΧΗ**  
Διπλωματούχου Αρχιτέκτονα Μηχανικού Ε.Μ.Π.

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

**Κ. ΤΣΑΚΑΛΑΚΗΣ**, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Ε. ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ**, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

**Ε. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ**, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. (επιβλέπουσα)

**ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2016**



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου Ε.Αλεξάνδρου για τη βοήθεια και την καθοδήγησή της κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Ακόμη, ευχαριστώ την κ. Ε.Παπαδάμ -Ριζά για τις πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τα εξεταζόμενα κτήρια, για το φωτογραφικό υλικό και τα σχέδια που μου προμήθευσε, τα οποία ήταν απαραίτητα για την κατανόηση του της δομής των κτηρίων αυτών και για την ακριβέστερη μοντελοποίησή τους. Επιπλέον, καθοριστική ήταν και η βοήθεια του κ. Π.Γκατσόπουλου κατά την εκμάθηση του προγράμματος Design Builder. Ευχαριστώ το 'Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών' της σχολής Αρχιτεκτόνων για την εξασφάλιση του απαραίτητου εξοπλισμού των επιτόπιων μετρήσεων, καθώς επίσης και τον κ. Η.Ζαχαρόπουλο για την παραχώρηση της θερμοκάμερας. Ιδιαίτερα σημαντική υπήρξε η συνεργασία και η συμβολή των ενοίκων των διαμερισμάτων στη διεκπεραίωση των επιτόπιων μετρήσεων. Πιο συγκεκριμένα ευχαριστώ τους:

- κ. Ι.Γλύπτη, (3ος όροφος, Καρνεάδου 24)
- κ. Τ.Παπαϊωάννου και Δ.Ησαΐα (1ος όροφος, Θεμιστοκλεούς 88)
- κ. Μ.Παπαμιχαήλ (4ος όροφος, Ζαΐμη 1)
- Εκδοτική Εταιρεία 'Δομική Ενημέρωση Α.Ε' (3ος όροφος, Ζαΐμη 1)

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την έμπρακτη βοήθειά τους καθόλη τη διάρκεια των επιτόπιων μετρήσεων αλλά και για τη συνολική στήριξή τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η επίδραση του κτηριακού κελύφους στις συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τους χειμερινούς μήνες. Ειδικότερα, μελετάται ο τρόπος με τον οποίο ο συνδυασμός παραγόντων όπως ο προσανατολισμός, οι εσωτερικές συνθήκες, η δραστηριότητα και ο ρουχισμός των ενοίκων και το σύστημα θέρμανσης/ ψύξης, επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Τα κτήρια μελέτης ανήκουν στην μεσοπολεμική περίοδο (1930-1940), του μοντέρνου κινήματος, έχουν ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον και η κατασκευή τους εμφανίζει διαφορές συγκριτικά με τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνικές. Τα κτήρια αυτά λόγω του μοναδικού αρχιτεκτονικού λεξιλογίου και του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού τους, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και η αποκατάστασή τους διέπεται από αρκετούς περιορισμούς. Συνεπώς οι προτεινόμενες επεμβάσεις που έχουν ως στόχο τη διατήρηση αλλά και την ενεργειακή αναβάθμισή τους οφείλουν να είναι στοχευμένες και αποτελεσματικές. Στόχος της έρευνας αυτής είναι τα εξαγόμενα συμπεράσματα από την ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς των εξεταζόμενων κτηρίων να χρησιμοποιηθούν σε μελλοντικές αποκαταστάσεις ή ανακαινίσεις αντίστοιχων χώρων και να βοηθήσουν στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό λύσεων.

Η ερευνητική εργασία αποτελείται αρχικά από το θεωρητικό μέρος όπου αναπτύσσονται έννοιες απαραίτητες για την κατανόηση της θερμικής συμπεριφοράς των κτηρίων, η μεθοδολογία των επιτόπιων μετρήσεων και των μοντέλων προσομοίωσης καθώς επίσης και τα βασικά αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων κτηρίων. Ακολουθεί το πειραματικό μέρος όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το καθένα από τα τρία εξεταζόμενα κτήρια συνοδευόμενα με πίνακες και διαγράμματα επεξήγησης.

**Λέξεις - κλειδιά :** κτηριακό κέλυφος, ενεργειακή αναβάθμιση, αστική πολυκατοικία, θερμική άνεση, βιωσιμότητα

## ABSTRACT

The contemporary urban tissue consists of buildings of different architectural styles and construction systems. Among them, there exists a great number of edifices that demonstrate the state-of-the-art architectural advances of different periods in Greek Architecture that have formed the built heritage and the structural history of every city. However, through time, the aging of buildings causes problems related to the structure but also to the building performance. As a consequence, most of the old buildings are unable to meet the contemporary needs and demand an increasing amount of energy to maintain indoor thermal comfort conditions. The growing awareness of the society in historical continuity and urban conservation, as well as the motivation towards a sustainable built environment, which favors the re- use of buildings instead of demolishing older ones have led to the preservation of the significant buildings in order to be effectively integrated to the urban tissue. The continuous use of these buildings demands major or minor interventions that need to be incorporated into a multidisciplinary approach as most of the times, mainstream solutions cannot be applied since they may affect the architectural character of the building.

The aim of this research project/paper is to examine and evaluate the building envelope efficiency in remarkable dwellings of Greek architectural modernism (1930-1940), which differ to some extent in the construction techniques from the contemporary building methods. In fact, the thermal performance of a building depends on several factors apart from the materials and construction techniques applied, such as the site, orientation and geometric characteristics of the urban topography, whereas the internal comfort conditions are determined by the use of the building, the number, age, activity and clothing of the residents as well as the HVAC system. Consequently, it is vital to examine the way that these factors affect as a whole the energy efficiency of these buildings.

At the same time, different alternatives are designed, which bring up the envelope to the modern standards of energy efficiency by retaining the original building features and by taking into consideration the sustainability and the total cost of the proposed interventions. Once more, the influence of the multiple factors on the adaptability and efficiency of the different solutions is examined and important questions are raised: Is it possible to design a low cost proposal which corresponds effectively to all those factors? Is it always necessary to develop extensive interventions in the building envelope for the amelioration of the building's thermal performance or do specified applications on particular parts of the surfaces show better results?

The approach in detecting the problems associated to the envelope design and materials as well as the articulation of the interior spaces is achieved through field measurements in 3 different case study buildings, the completion of a questionnaire and the examination of the thermal performance in the simulation software Design Builder (Energy Plus plug-in) where the existing conditions and the alternatives proposed are evaluated and compared on a digital model. In particular the 3 study case buildings selected are: residential building in Karneadou 24 Steet (P. Manouilidis 1938), residential apartment block in Stournari-Zaimi Street (Th. Valentis-G.Michailidis 1934) and residential block in Themistocleous 88 Steet( 1938). The criteria of the buildings' selection are the year of construction and architectural significance, the site and orientation, and the feasibility of the measurements' realization in each space. The field measurements are performed for 5 days in a typical floor of the building, twice each day (morning and evening) in different weather conditions (sunny, cloudy weather, wind, rain) during the coldest period of the year (December-February). In this way, air infiltration areas, as well as thermal bridges can be identified and the interior conditions can be effectively evaluated. Data monitoring is performed by ComfortSense – Dantec Dynamics device which enables the calculation of mean air velocity and temperature, standard deviation of air velocity, turbulence intensity, draught rate according to ISO 7730, relative humidity, Predicted Mean Vote – PMV, Predicted Percentage Dissatisfied – PPD, mean radiant Temperature, delivering all the necessary information needed in to evaluate and assess indoor conditions of a typical apartment. Thermographic shots and outdoor air temperature are also recorded. Furthermore, the questionnaire offers information on the number of residents in the examined spaces, the daily use of each space, the level of residents' comfort during the day and the interventions that have been made in the building envelope through the years. The expressed personal perception of the residents on the internal conditions are compared with the measured data and all differences are detected and assessed.

Finally, the Design Builder/Energy Plus software is used to simulate energy consumption rates, thermal gains and losses, as well as level of discomfort in the existing conditions in order to evaluate the building's thermal performance after the proposed interventions and define the best solution in each case.

**Keywords:** thermal comfort, building envelope, thermal insulation, sustainability, materials

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ - ΣΚΟΠΟΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>10</b>
<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	<b>11</b>
<b>1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ - ΕΛΛΑΔΑ</b>	<b>11</b>
Εισαγωγή	12
Ευρωπαϊκά Κτήρια	12
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	14
Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα	14
<b>1.2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ - ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ</b>	<b>16</b>
Ορισμοί	16
Τρόποι Μετάδοσης της Θερμότητας	16
<b>1.3 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ</b>	<b>20</b>
<b>1.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ</b>	<b>21</b>
<b>1.5 ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ</b>	<b>24</b>
PMV ( Predicted Mean Vote- Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος)	24
PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied (προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων)	25
Πρότυπο ASHRAE 55	26
Ευρωπαϊκό πρότυπο ISO7730	27
<b>2.1 Η ΑΣΤΙΚΗ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ ΤΟΥ ΜΕΣΟΠΟΛΕΜΟΥ</b>	<b>28</b>
Υλικά και τεχνικές κατασκευής	28
1. Τοιχοποιίες	29
2. Εξωτερικά επιχρίσματα	30
3. Μονώσεις	31
4. Δάπεδα	31
5. Πλάκες με διάκενα - νευρώσεις (Πλάκες Zollner)	32
<b>2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ</b>	<b>33</b>
<b>3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΤΗΡΙΩΝ - ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	<b>34</b>
<b>3.2 ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>35</b>
Λειτουργία οργάνου μετρήσεων	35
Λογισμικό Επεξεργασίας Δεδομένων	36
<b>3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ DESIGN BUILDER- ENERGY PLUS</b>	<b>38</b>
Κατασκευή - Μοντελοποίηση Κτηρίου	38
Προσδιορισμός Δραστηριότητας	39
Εσωτερικός Φωτισμός	40
Κατασκευή Κελύφους	41
Καθορισμός Ανοιγμάτων	43
Σύστημα Θέρμανσης - HVAC	46
<b>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>	<b>48</b>
<b>4.1 ΚΑΡΝΕΑΔΟΥ 24</b>	<b>50</b>
ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ	52
ΟΦΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ - ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	54
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ	55
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	56
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	58
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ DESIGN BUILDER/ENERGY PLUS -ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	64



ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	67
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	70
ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	73
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	80
<b>4.2 ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 88</b>	<b>82</b>
ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ	84
ΟΨΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ - ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	86
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ	87
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	88
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	90
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ DESIGN BUILDER/ENERGY PLUS - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	96
ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	99
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	103
ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	105
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	109
<b>4.3 ΖΑΪΜΗ - ΣΤΟΥΡΝΑΡΗ 1</b>	<b>112</b>
ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ	114
ΟΨΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ - ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	116
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ	117
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΤΟΠΙΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	118
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	122
3ος όροφος	122
4ος όροφος	124
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ DESIGN BUILDER/ENERGY PLUS -ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	130
ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	133
3ος όροφος	133
4ος όροφος	136
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	140
3ος όροφος	140
4ος όροφος	144
ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	147
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	156
3ος όροφος	156
4ος όροφος	157
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>159</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>161</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>162</b>
Εθνική Μετεωρολογική υπηρεσία - Κλιματικά Δεδομένα	166
Πίνακες Αναλυτικών Αποτελεσμάτων Επιτόπιων Μετρήσεων	168
Δεδομένα Περιγραφής Λειτουργίας Κτηρίων στο λογισμικό Design Builder	182
<b>ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ</b>	<b>186</b>

Ο σύγχρονος αστικός ιστός αποτελείται από κτήρια διαφορετικών χρονικών περιόδων και κατασκευαστικών τεχνικών τα οποία με το πέρασμα του χρόνου εμφανίζουν προβλήματα, τόσο στο φέροντα οργανισμό όσο και στις πληρώσεις, που επηρεάζουν τη στατικότητα αλλά και την απόδοσή τους. Ανάμεσα σε αυτά τα κτήρια υπάρχουν αξιολογικά παραδείγματα διαφορετικών αρχιτεκτονικών ρευμάτων τα οποία συνθέτουν μέρος της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς της χώρας μας. Η ολοένα και αυξανόμενη ευαισθητοποίηση του κοινωνικού συνόλου σε ζητήματα διατήρησης της ιστορικής συνέχειας στον αστικό ιστό οδηγεί στην ανάγκη βιώσιμης προστασίας των αξιολογικών αυτών κτηρίων της κάθε περιόδου ώστε το παλαιό να αντέξει στο χρόνο και να συνδεθεί με το νέο. Τίθεται επομένως το ζήτημα πώς μπορούν τα κτήρια αυτά να αναβαθμιστούν στατικά και ενεργειακά ώστε να ανταποκριθούν στις ανάγκες των καιρών ενώ ταυτόχρονα να προστατεύσουν τον αρχιτεκτονικό τους χαρακτήρα.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι να διερευνηθεί και να αξιολογηθεί η απόδοση του κελύφους κτηρίων αρχιτεκτονικής σημασίας της μεσοπολεμικής περιόδου (1930-1940), του μοντέρνου κινήματος, η κατασκευή των οποίων εμφανίζει διαφορές συγκρινόμενη με τις σύγχρονες κατασκευαστικές τεχνικές. Σκοπός είναι να αξιολογηθεί η επίδραση των περιμετρικών τοίχων στη διαμόρφωση των εσωτερικών συνθηκών, ενώ ταυτόχρονα να επισημανθούν και να εξεταστούν επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν τις συνθήκες αυτές.

Η οργάνωση της έρευνας γίνεται μέσα από επιτόπιες ενόργανες μετρήσεις στα 3 κτήρια, συμπλήρωση ερωτηματολογίου από τους ενοίκους σχετικά με τη θερμική άνεση στους χώρους των διαμερισμάτων και το σχεδιασμό μοντέλου προσομοίωσης του κάθε κτηρίου όπου ελέγχεται η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου στη σημερινή κατάσταση αλλά και μετά τις προτεινόμενες αλλαγές στο κέλυφος. Επιλέγονται 3 παραδείγματα μελέτης: Πολυκατοικία στην οδό Καρνεάδου 24 (Π.Μανουηλίδης-1938), Πολυκατοικία στην οδό Στουρνάρη – Ζαΐμη (Θ. Βαλεντής – Γ.Μιχαηλίδης- 1934), Πολυκατοικία στην οδό Θεμιστοκλέους 88 (1938). Κριτήριο για την επιλογή τους αποτέλεσε η χρονολογία κατασκευής, η θέση και ο προσανατολισμός τους, το αρχιτεκτονικό και κατασκευαστικό λεξιλόγιο και η προσβασιμότητα στους χώρους του κάθε κτηρίου.

Σε κάθε κτήριο πραγματοποιούνται μετρήσεις σε ένα τυπικό όροφο διάρκειας 5 ημερών, πρωί και απόγευμα με σκοπό να εξεταστεί η απόδοση του κελύφους σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες (ήλιος, συννεφιά, βροχή, αέρας) στις χαμηλότερες δυνατές θερμοκρασίες του χειμώνα. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να εντοπιστούν θερμικές απώλειες και θερμογέφυρες και να ελεγχθούν οι παρούσες συνθήκες στο εσωτερικό των διαμερισμάτων. Χρησιμοποιείται η ComfortSense της εταιρίας Dantec Dynamics ως συσκευή ανιχνευτών για την εκτέλεση των μετρήσεων η οποία μελετά τη θερμοκρασία αέρα, τη θερμοκρασία λειτουργίας, τη σχετική υγρασία, την ταχύτητα του αέρα, τους δείκτες PPD(Predicted Percentage Dissatisfied) και PMV(Predicted Mean Vote), δίνοντας έτσι μια συνολική εικόνα των συνθηκών του εκάστοτε εσωτερικού χώρου.

Παράλληλα, στους ενοίκους κάθε κτηρίου δίνεται ένα ερωτηματολόγιο προς συμπλήρωση στο οποίο καλούνται να καταγράψουν το πόσο θερμό ή κρύο αισθάνονται το χώρο τους, να δώσουν πληροφορίες για το τις ώρες που βρίσκονται στο διαμέρισμα, τους μήνες που αυτό παραμένει κλειστό και τις κατασκευαστικές παρεμβάσεις που αυτό έχει υποστεί, έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα ακριβή δεδομένα συνθηκών που θα δοθούν στο λογισμικό για την προσομοίωση των κτηρίων. Ακόμη, μέσω του ερωτηματολογίου ελέγχεται η υποκειμενική γνώμη των χρηστών για το χώρο ώστε να συγκριθεί με τα δεδομένα των μετρήσεων και να βρεθεί ο βαθμός απόκλισής τους. Τέλος με τη βοήθεια του λογισμικού Design Builder/Energy Plus γίνεται προσομοίωση των συνθηκών των τυπικών ορόφων του κάθε κτηρίου. Μέσω του προγράμματος υπολογίζονται θερμικές απώλειες και κέρδη, εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα και προτείνονται εναλλακτικές λύσεις στο κάθε εξεταζόμενο κτήριο.

Συνεπώς μέσω αυτής της συνολικής μελέτης των επιλεχθέντων κτηρίων στοχεύεται η δημιουργία μιας όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένης εικόνας της ενεργειακής απόδοσης των ιστορικών κτηρίων του μοντέρνου κινήματος του μεσοπολέμου και των δυνατών βιώσιμων επεμβάσεων που θα βοηθήσουν στη διατήρηση και αντοχή τους στο χρόνο.

Η δομή του τεύχους οργανώνεται στο θεωρητικό και το πειραματικό μέρος και ολοκληρώνεται με την παρουσίαση συμπερασμάτων με βάση τα εξαγόμενα αποτελέσματα. Το θεωρητικό μέρος περιλαμβάνει τη πραγματοποιηθείσα βιβλιογραφική έρευνα σχετικά τον ορισμό της θερμικής άνεσης, τους παράγοντες που την επηρεάζουν και τη θερμική συμπεριφορά των στοιχείων του κελύφους του κτηρίου. Ακόμη, αναλύεται η σημασία των κτηρίων του μεσοπολέμου, η αρχιτεκτονική έκφραση της εποχής, τα υλικά και οι τεχνολογίες που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση της θερμικής συμπεριφοράς των εξεταζόμενων κτηρίων.

Το πειραματικό μέρος χωρίζεται σε υποενοότητες στις οποίες παρατίθενται και αναλύονται τα αποτελέσματα των επιτόπιων μετρήσεων και της μοντελοποίησης των κτηρίων στο λογισμικό τρισδιάστατου σχεδιασμού. Ακολουθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή των ανάλογων συμπερασμάτων.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## 1. 1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΕ ΕΥΡΩΠΗ - ΕΛΛΑΔΑ<sup>[1]</sup>

Το υπάρχον κτηριακό απόθεμα στις ευρωπαϊκές χώρες ευθύνεται για πάνω από το 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), εκ των οποίων οικιακή χρήση αντιπροσωπεύει το 63% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Κατά συνέπεια, η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο στις προσπάθειες για τη μείωση της ανάγκης της ΕΕ για εισαγωγή μορφών ενέργειας (σήμερα περίπου 48%) και τη συμμόρφωση με το Πρωτόκολλο του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

### Εισαγωγή

Δεδομένου του χαμηλού ποσοστού της κατεδάφισης των κτηρίων (διάρκεια ζωής από 50 έως περισσότερα από 100 χρόνια) και του μεγάλου αριθμού των υφιστάμενων κτηρίων, είναι σαφές ότι ο αποδοτικότερος τρόπος βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα είναι οι επεμβάσεις στο υφιστάμενο απόθεμα κτιρίων. Αυτό μπορεί επίσης να έχει σημαντικό αντίκτυπο στις προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Κιότο, που τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2004 και τις επικυρωμένες δεσμεύσεις από τα περισσότερα κράτη μέλη της ΕΕ, οι οποίες απαιτούν μια συνολική μείωση κατά 8% στην ΕΕ σε σύγκριση με τιμές του 1990, μέχρι το 2012. Η αποκατάσταση των κτηρίων θα πρέπει επίσης να θεωρηθεί ως μια ευκαιρία για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των σχετικών τεχνολογιών, με έμφαση στις προτάσεις ενεργητικού και παθητικού σχεδιασμού, φυσικού ηλιασμού και δροσισμού, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας και με άμεση σύνδεση με τη μελέτη θέρμανσης / ψύξης, που γίνονται μέρος των εθνικών στρατηγικών πολιτικών.

### Ευρωπαϊκά Κτήρια

Ο αριθμός των κατοικιών στην ΕΕ είναι περίπου 196 εκατομμύρια, εκ των οποίων περίπου το 80% συγκεντρώνεται σε πέντε χώρες: Γερμανία (18,6%), η Ιταλία (13,8%), το Ηνωμένο Βασίλειο (13,2%), τη Γαλλία (12,7%) , η Ισπανία (10,8%), την Πολωνία (6,5%) και η Ολλανδία (3,5%). Ο ετήσιος ρυθμός κατασκευής νέων κατοικιών που εκφράζεται ως ποσοστό του μεγέθους των υφιστάμενων κτηρίων από 0,3% στη Σουηδία έως 3,5% στην Ιρλανδία, με μέσο όρο 1,1%, ενώ το εκτιμώμενο ετήσιο ποσοστό αναπλήρωσης (αναλογία του ετήσιου ρυθμού κατεδάφισης σε το μέγεθος των υφιστάμενων κτηρίων) για τις κατοικίες στην Ευρώπη είναι πραγματικά πολύ χαμηλό, μόνο 0,07%. Ωστόσο, η ανάπτυξη στην ευρωπαϊκή οικοδόμηση θα αρχίσει να επιβραδύνει, με την κατασκευή νέων κατοικιών αναμένεται να είναι ~0,7% το 2005 σε σύγκριση με 4,4% το 2004. Επιπλέον, η προσοχή αναμένεται να στραφεί προς την επισκευή και συντήρηση του υφιστάμενου αποθέματος κατοικιών στη Δυτική Ευρώπη.

### Κατανάλωση Ενέργειας

Κατά την περίοδο του 1990-2000, ο αριθμός των ευρωπαϊκών κατοικιών αυξήθηκε κατά 0,9% ετησίως, ενώ η ζήτηση ενέργειας περιορίστηκε στο 0,4% ετησίως. Αυτό οφείλεται κυρίως στον καλύτερο σχεδιασμό των κτιρίων, τα υλικά, την κατασκευή, και τον πιο αποτελεσματικό εξοπλισμό. Επίσης οφείλεται και στην αναδιάρθρωση των νέων οικονομιών των κρατών μελών της ΕΕ που περιλαμβάνει μια πιο ορθολογική χρήση της ενέργειας, ως αποτέλεσμα της αύξησης της τιμής των καυσίμων. Από την άλλη πλευρά, δεν είναι πάντα δυνατό να εξασφαλιστούν οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες στις υπάρχουσες, συνήθως μη αποδοτικές παλαιότερες κτηριακές κατασκευές, λόγω του υψηλού κόστους ενέργειας και των ανεπαρκών οικονομικών πόρων των ενοίκων τους. Το ένα πέμπτο των δαπανών των ευρωπαϊκών νοικοκυριών δίνεται για τη στέγαση, το νερό και την καταναλισκόμενη ενέργεια που συνδέεται με τη στέγαση (21%), το οποίο είναι μακράν το μεγαλύτερο μερίδιο σε σύγκριση με άλλους σκοπούς κατανάλωσης. Το 2001, κυμάνθηκε από 29% στη Σουηδία έως 10% σε Κύπρο και η Μάλτα, ενώ οι διαφορές αυτές πιθανόν επηρεάζονται από τις δαπάνες που σχετίζονται με την ενέργεια.

Μια ανάλυση των συνθηκών στέγασης σε 14 ευρωπαϊκές χώρες, με βάση τα επίπεδα ενεργειακής απόδοσης και το βαθμό ικανοποίησης που προσφέρει η κατοικία (τα στοιχεία συλλέχτηκαν από την European Community Household Panel της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Υπηρεσίας ECHP), αποκάλυψε ότι τα νοικοκυριά που δηλώνουν αδυναμία ικανοποιητικής θέρμανσης του σπιτιού τους αγγίζουν κατά μέσο όρο το 17% για την ΕΕ, αλλά μόνο το 4% στη βόρεια Ευρώπη. Οι χώρες της Νότιας Ευρώπης, που θεωρούνται φτωχές σε καύσιμα, εμφανίζουν ανησυχητικά ποσοστά αδυναμίας θερμικής άνεσης στα κτήρια κατοικίας, της τάξης του 45% των νοικοκυριών στην Ελλάδα, 55% στην Ισπανία και 74% στην Πορτογαλία. Τέλος, βάσει του έργου IEE «Παρακολούθηση της Ενεργειακής Αποδοτικότητας στην Ευρώπη (ODYSSEE-MURE)», για το 2010, προέκυψε ότι τα κτίρια καταναλώνουν το 41% της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη. Ο κτιριακός τομέας είναι ο μεγαλύτερος τομέας κατανάλωσης ενέργειας τελικής χρήσης ενώ ακολουθούν ο τομέας μεταφορών με 32% και η βιομηχανία με 25% [ADEME & Enerdata, 2012]. Η κατανάλωση στον κτηριακό τομέα γίνεται είτε σε μορφή θερμικής είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων έχει αυξηθεί από το 1990 κατά 1% ανά έτος και συγκεκριμένα για την ηλεκτρική ενέργεια κατά 2,4% ανά έτος.

Η συνολική ενεργειακή ζήτηση των κατοικιών αναμένεται να αυξηθεί κατά 0,6% ετησίως στο διάστημα 2000-2030. Δεδομένης της περιορισμένης αύξησης του πληθυσμού, αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση του αριθμού των κατοικιών (40 εκατομμύρια μεταξύ του 2000 και του 2030, με 0,68% ετησίως στην ΕΕ), που προκύπτει από την ανέγερση νέων κατοικιών λόγω της γήρανσης των

παιλιότερων, από τις απαιτήσεις του νέου τρόπου ζωής του πληθυσμού και του μεγέθους των κατοικιών. Η τελική κατανάλωση ενέργειας της ΕΕ για το 2002 στον τομέα των κτηρίων ανέρχεται σε 435 Μtoe (40,3% του συνόλου της καταναλισκόμενης ενέργειας στην ΕΕ), εκ των οποίων 274Μtoe αντιστοιχούν σε κατοικίες (25,4%). Τα κράτη μέλη με την υψηλότερη τελική κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα είναι η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία και η Ιταλία.

Το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση στα κράτη μέλη της ΕΕ αντιστοιχεί στη θέρμανση των χώρων (70%), ακολουθούμενο από τη θέρμανση του νερού (14%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό με 12%. Πιο συγκεκριμένα, η θέρμανση των χώρων αγγίζει το ποσοστό μεταξύ 50% και 60% στη Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο, το 75% στη Γερμανία και την Ολλανδία ενώ στη νότια Ευρώπη, αντιστοιχεί περίπου στο 50% στην Ισπανία και στο 30% στην Πορτογαλία.

Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια. Μεταξύ αυτών, το εξωτερικό κέλυφος, ηλικιακή κατανομή του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος, οι εξωτερικές καιρικές συνθήκες, ο αριθμός και το μέγεθος των κτιρίων, το είδος, η παλαιότητα και η αποτελεσματικότητα του εξοπλισμού, καθώς και το είδος καυσίμου για παραγωγή ζεστού νερού θέρμανσης. Ορισμένα κράτη της ΕΕ στη Βόρεια Ευρώπη έχουν ήδη θέσει σε εφαρμογή διάφορα μέσα, συμπεριλαμβανομένων των αυστηρών οικοδομικών προτύπων, φόρων και επιδοτήσεων, και έχουν καταφέρει να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Κατά μέσο όρο, οι νέες ευρωπαϊκές κατοικίες είναι περίπου 60% πιο ενεργειακά αποδοτικές από αυτές που κατασκευάστηκαν πριν από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970, και καταναλώνουν 28% λιγότερη ενέργεια από τις κατοικίες που χτίστηκαν το 1985. Στην πραγματικότητα, η πιο σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε μετά το 1990, λόγω των αυστηρότερων μέτρων που ελήφθησαν από διάφορα κράτη μέλη της ΕΕ και την καθιέρωση αυστηρότερων ενεργειακών προτύπων στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Ως αποτέλεσμα, κατοικίες που χτίστηκαν το 2002, καταναλώνουν 24% λιγότερο από ότι αντίστοιχες κτισμένες το 1990.

Για παράδειγμα, στη Γερμανία, ο Κανονισμός Θερμομόνωσης (Thermal Insulation Ordinance TIO/WA rmeschutzverordnung) αναθεωρήθηκε τρεις φορές, μειώνοντας έτσι τη ζήτηση θερμικής ενέργειας των νέων κτιρίων κατοικιών, στο διάστημα 1977-1984 κάτω από 200kWh / m<sup>2</sup>, στο διάστημα 1984-1994 χαμηλότερα από 150 kWh / m<sup>2</sup>, και τέλος μεταξύ 1995-2001 κάτω από 100kWh / m<sup>2</sup>. Η πρώτη αναθεώρηση, το 1982, κατέστησε αυστηρότερες τις μέγιστες τιμές ενέργειας κατά 25%, ενώ η δεύτερη αναθεώρηση, το 1994, εισήγαγε πρόσθετους περιορισμούς και μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση, που καθορίζει τις μέγιστες τιμές για την καταναλισκόμενη θέρμανση των κτηρίων. Τέλος, το διάταγμα Εξοικονόμησης Ενέργειας (EnEV-Energieeinsparverordnung) για τα νέα κτίρια το οποίο εισήχθη το 2002 και αναθεωρήθηκε το 2004, αντικατέστησε τα παλαιότερα και ορίζει πως η ετήσια καθαρή ζήτηση θερμότητας πρέπει να είναι περίπου 95kWh / m<sup>2</sup> (60kWh / m<sup>2</sup> για θέρμανση χώρου, 25kWh / m<sup>2</sup> για ζεστό νερό χρήσης και 10kWh / m<sup>2</sup> για την παραγωγή και απώλειες διανομής).

Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω αυστηροποίηση των μέτρων για την κάλυψη των νέων περιβαλλοντικών στόχων. Για παράδειγμα, με βάση τα στοιχεία του 1996, η Ιρλανδία έχει το χαμηλότερο ποσοστό κατοικιών με διπλά τζάμια στην βόρεια Ευρώπη καθώς ένα στα τρία ιρλανδικά νοικοκυριά διαθέτει διπλά τζάμια σε αντίθεση με την υπόλοιπη βόρεια Ευρώπη όπου η αναλογία είναι 3 στις 5 κατοικίες. Όσον αφορά τη μόνωση του κελύφους, μόνο το ένα τέταρτο του συνόλου των κατοικιών στο Ηνωμένο Βασίλειο έχουν μονωμένους εξωτερικούς τοίχους και 26% στην Αυστρία, ενώ η μόνωση δαπέδου περιορίζεται στο 4% στο Ηνωμένο Βασίλειο και 11% στην Αυστρία. Το Βέλγιο εμφανίζει επίσης πρόβλημα στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, με μόλις το 12% των κατοικιών είναι εξοπλισμένα με μόνωση δαπέδου και το 33,33% με μόνωση οροφής. Από την άλλη πλευρά, χώρες όπως η Φινλανδία, η Νορβηγία, η Σουηδία και σε κάποιο βαθμό η Δανία, έχουν υποδειγματικά επίπεδα ενεργειακής απόδοσης των κατοικιών.

Το έτος κατασκευής του κτηρίου παρέχει χρήσιμες πληροφορίες σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής του εξωτερικού κελύφους, σύμφωνα με τα εθνικά κτιριακά πρότυπα που ισχύουν τη δεδομένη χρονική στιγμή ανέγερσής του και ιδίως τη χρήση της θερμικής μόνωσης και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για το κέλυφος του κτηρίου ή ακόμα και τον τύπο των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Περισσότερο από το 50% των υφιστάμενων κτιρίων κατοικιών στην ΕΕ χτίστηκαν πριν από το 1970 και περίπου το 1/3 των κατοικιών χτίστηκαν κατά τη διάρκεια του 1970-1990. Το ιδιοκτησιακό καθεστώς ποικίλλει σημαντικά, με ιδιόκτητες κατοικίες κατά μέσο όρο 70% σε όλη την ΕΕ, που κυμαίνονται από 80% σε επτά χώρες (Λιθουανία 87,2%, η Ουγγαρία 86,9%, Εσθονία 85%, Σλοβενία 82,2%, στην Ισπανία 81%, Ελλάδα 80,1% , Ιταλία 80%), μέχρι 43% στη Γερμανία και 38% στη Σουηδία. Η κοινωνική στέγαση κατά μέσο όρο αγγίζει το 9,4% σε όλη την ΕΕ, κυμαινόμενη από 35% στην Ολλανδία και 27,2% στη Δανία, έως χαμηλά μονοψήφια ποσοστά σε Ισπανία, Λουξεμβούργο, Λετονία, Ουγγαρία, Ελλάδα και Κύπρο.

Η ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών κατά μέσο όρο 150-230kWh / m<sup>2</sup> στη δεκαετία του 1990. Στην Ανατολική και Κεντρική Ευρώπη, η συνολική κατανάλωση ενέργειας ήταν 250-400kWh / m<sup>2</sup>, συνήθως κατά μέσο όρο περίπου 2-3 φορές υψηλότερη από εκείνη των παρόμοιων κτιρίων στη Δυτική Ευρώπη. Στη Σκανδιναβία, καλά μονωμένα κτίρια έχουν ετήσια κατανάλωση 120-150kWh / m<sup>2</sup>, ενώ τα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτήρια μπορεί να εμφανίζουν ακόμη χαμηλότερη κατανάλωση της τάξης των 60-80kWh / m<sup>2</sup>. Από μια πρόσφατη έρευνα που μελέτησε 193 Ευρωπαϊκά κτήρια χρήσης κατοικίας, ο συνολικός μέσος όρος κατανάλωσης θερμικής ενέργειας που μετρήθηκε ήταν 174.3kWh / m<sup>2</sup> (η χαμηλότερη τιμή ξεκινά από 30.6kWh / m<sup>2</sup> στην Ελλάδα και το υψηλότερο φθάνοντας 763.3kWh / m<sup>2</sup> στην Πολωνία), με εθνικούς μέσους όρους των 144,1 kWh/m<sup>2</sup> στη Δανία, 108.4kWh / m<sup>2</sup> στην Ελλάδα, 261.1kWh / m<sup>2</sup> στην Πολωνία και 172.0kWh / m<sup>2</sup> στην Ελβετία.

Τέλος, η αύξηση της θερμικής απόδοσης των κτηρίων ως αποτέλεσμα της εξέλιξης της τεχνολογίας μηχανολογικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού των κτηρίων (λέβητες για την κεντρική θέρμανση, φωτισμό, και τις συσκευές) είναι σημαντική. Ωστόσο, υπολογίζεται ότι περίπου 10 εκατομμύρια οικιακοί λέβητες είναι παλαιότεροι των 20 ετών, έχοντας έτσι αρκετά χαμηλότερη θερμική απόδοση από τις σύγχρονες διαθέσιμες μονάδες. Από την άλλη πλευρά, η σωστή συντήρηση είναι απαραίτητη προκειμένου να αποφευχθεί η μείωση της ενεργειακής απόδοσης με την πάροδο του χρόνου. Ο τύπος του καυσίμου και η ποσότητα της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε κατοικίες ποικίλλει από χώρα σε χώρα, ανάλογα με το βιοτικό επίπεδο και την άνεση, το κατά κεφαλήν εισόδημα, τους φυσικούς πόρους και τις διαθέσιμες ενεργειακές υποδομές. Για παράδειγμα, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες και έχει διεισδύσει στον οικιακό τομέα, αλλά στην Ελλάδα επειδή εισήχθη πολύ πρόσφατα στην αγορά ενέργειας, χρησιμοποιείται σε ένα πολύ μικρό ποσοστό των κατοικιών. Γενικά, οι κατοικίες στις αναπτυσσόμενες χώρες χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια από ό, τι εκείνες στις μεταβατικές ή αναπτυσσόμενες χώρες. Η θέρμανση των χώρων και του νερού απαιτεί το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιείται από κατοικίες στις βιομηχανικές χώρες (Βόρεια Αμερική, Δυτική Ευρώπη και βιομηχανικές Ασία). Στην Ευρώπη το 57% περίπου της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης των κατοικιών χρησιμοποιείται για τη θέρμανση χώρων, 25% για την εξασφάλιση ζεστού νερού και 11% για την ηλεκτρική ενέργεια.

### **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Κατά την δεκαετία 2001-2011, η κατανάλωση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) αυξήθηκε κατά 69%, ενώ μειώθηκε η κατανάλωση όλων των υπολοίπων καυσίμων. Η υψηλότερη πτώση παρατηρήθηκε στην κατανάλωση πετρελαίου (-12%), στα στερεά καύσιμα (-11%), στην πυρηνική ενέργεια (-7%) και το αέριο (-2%) [Eurostat, 2013]. Μεταξύ 2010 και 2011, η υψηλότερη πτώση παρατηρήθηκε στην κατανάλωση αερίου (-10%). Το 2011 η κατανάλωση πετρελαίου έχει παραμείνει σε υψηλά επίπεδα, αποτελώντας το 35% του συνόλου, ακολουθούμενη από το αέριο (23%), τα στερεά καύσιμα (17%), την πυρηνική (14%) και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (10%). [Eurostat, 2013]. Ειδικά για το φυσικό αέριο, η Ευρωπαϊκή Ένωση παρουσίασε μια αύξηση 39% στις εισαγωγές φυσικού αερίου μεταξύ του 2001 και το 2011, που ήταν συνεχής μεταξύ 2001 και 2006, ενώ η μετέπειτα είχε αρκετές διακυμάνσεις.

Συνολικά κατά το δεύτερο εξάμηνο του 2012, η τιμή του φυσικού αερίου στα νοικοκυριά στην Ευρώπη, κατά μέσο όρο ήταν 19,9 €/GJ. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι διακυμάνσεις μεταξύ των κρατών μελών στις τιμές του φυσικού αερίου στα νοικοκυριά όπως, για παράδειγμα, η αρκετά χαμηλή τιμή 7,6 €/GJ στη Ρουμανία, σε αντίθεση με την αντίστοιχη υψηλή 35,2 €/GJ στη Σουηδία και 30,1€ στη Δανία, και οι ενδιάμεσες τιμές των 28,3€ σε Ελλάδα και 26,9€ σε Ιταλία. Επομένως εκτιμήθηκε ότι τα 2/3 των ευρωπαϊκών χωρών έχουν μειώσει τη μέση ενεργειακή κατανάλωση ανά κατοικία. Η μείωση αυτή είναι σημαντική αν ληφθεί υπόψη ότι η κατηγορία των κατοικιών αντιπροσωπεύει το 76% του συνόλου του κτιριακού τομέα.

Αντίθετα, στην Ελλάδα, τα νοικοκυριά κατανάλωσαν 4,6 Mtoe το 2010 έναντι 3,1 Mtoe το 1990, που αντιστοιχεί σε μία αύξηση κατά 48,6% στην κατανάλωση ενέργειας. Συγκεκριμένα, το 2009 σε σχέση με τα δεδομένα του 1997, η Ελλάδα, μαζί με την Ουγγαρία σε μικρότερο ποσοστό, ήταν οι μοναδικές χώρες που είχαν αύξηση της θερμικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά τετραγωνικό μέτρο. Εξαιτίας, λοιπόν, της αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης και των ευρωπαϊκών νομικών κανονισμών, προωθήθηκε έντονα η χρήση των ΑΠΕ σε όλους τους τομείς. Ειδικά για την Ελλάδα, το 2010, θεσπίστηκαν με τον «Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» τα ελάχιστα επίπεδα για τη χρήση των ΑΠΕ στα κτίρια. Βάση του κανονισμού όλα τα νέα και τα ανακαινισμένα κτίρια σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές υποχρεούνται να καλύπτουν τουλάχιστον το 60% των αναγκών τους σε ζεστό νερό μέσω θερμικών ηλιακών συστημάτων.

Η αγορά των θερμικών ηλιακών συστημάτων έχει φανεί ελαστική στις δύσκολες οικονομικές συνθήκες που αντιμετωπίζει η χώρα [BUILD UP Skills-Greece, 2013]. Ήδη το 2011, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των καινούργιων συστημάτων θέρμανσης έφτασε τις 161.000 kWth., που αντιστοιχεί σε «ανάπτυξη» της τάξης του 7,5% σε σύγκριση με το 2010. Παράλληλα σημειώθηκε μία εντυπωσιακή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος από τοποθετημένα στις στέγες συστήματα φωτοβολταϊκών. Πιο συγκεκριμένα, το 2012, παρά την βαθιά οικονομική κρίση, τα Φ/Β συστήματα σε στέγες ισχύος <10 KWp άγγιξαν τα 300 MWp. Παρόμοια κατάσταση αναμένεται να δημιουργηθεί στο εγγύς μέλλον με τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας. [BUILD UP Skills-Greece, 2013].

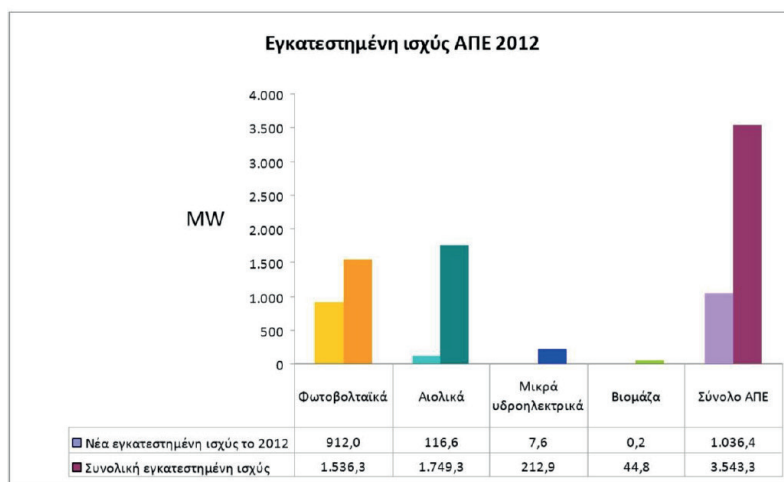
### **Κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα**

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η μεγαλύτερη αύξηση ενέργειας για τελική χρήση παρατηρήθηκε στον τομέα των ελληνικών κτηρίων (οικιακός και τριτογενής τομέας), ως αποτέλεσμα της αύξησης του αριθμού τους και της χρήσης ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και υπηρεσιών για την ικανοποίηση του βιοτικού επιπέδου την εξασφάλιση ενός άνετου εσωτερικού περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικά τα κτήρια στην Ελλάδα το 2002 κατανάλωσαν το 62% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία συνολικά ήταν 54.6TWh και το 39% της τελικής ενέργειας το σύνολο της οποίας έφτασε τα 19,5 Mtoe. Ακόμη, τα κτήρια συνεισφέρουν περίπου το 40% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> της χώρας, ως αποτέλεσμα της υψηλής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που πραγματοποιούν.

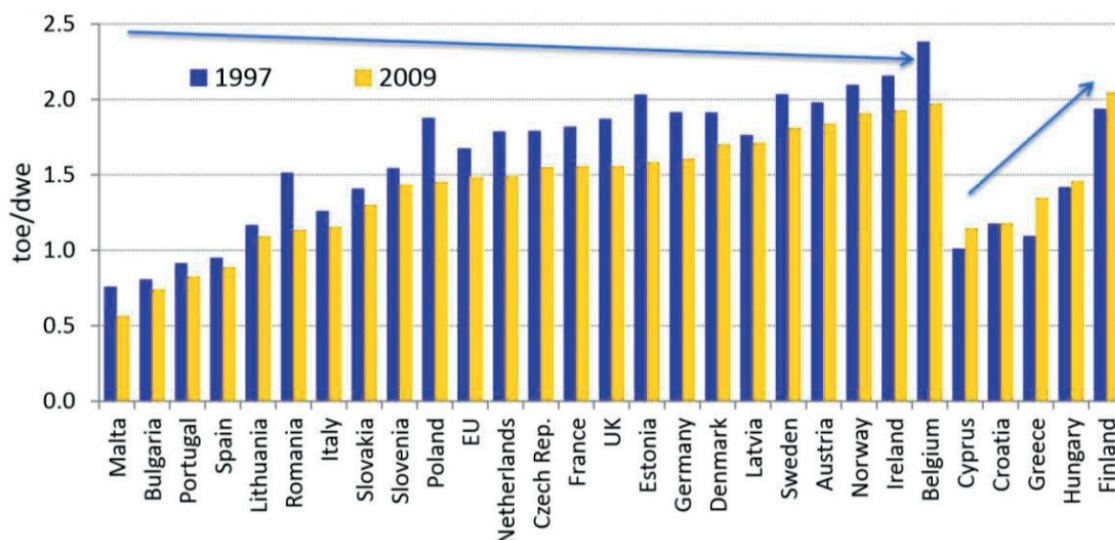
Για τις κατοικίες, ειδικότερα, οι μελέτες δείχνουν εξίσου ενδιαφέροντα στοιχεία. Κατ' αρχάς, το 73,6% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται από τα κτήρια στην Ελλάδα ανήκει στα κτήρια κατοικιών, οι οποίες καταναλώνουν το 32,7% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στη χώρα και το 21,5% της συνολικής θερμικής ενέργειας. Ακόμη, η συνολική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων κατοικιών το 2010 αυξήθηκε κατά 10% σε σύγκριση με το 2000, ενώ η αντίστοιχη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 27%. Συνολικά, η ενεργειακή κατανάλωση στα νοικοκυριά την περίοδο 1990 – 2010 αυξήθηκε κατά 48,6% [BUILD UP Skills-Greece, 2013].

Ακόμη, σύμφωνα με μια συγκριτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό EUROACE, όπου υπολογίστηκε η κατανάλωση για θέρμανση μιας κατοικίας κατασκευασμένης σύμφωνα με την τοπική νομοθεσία, διαπιστώνεται ότι η ενεργειακή θερμική κατανάλωση στην Ελλάδα είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από χώρες όπως η Δανία, η Γερμανία ή και ακόμα η Βρετανία. Η ενέργεια στα ελληνικά νοικοκυριά δαπανάται κυρίως για θερμικές χρήσεις και συγκεκριμένα για θέρμανση των χώρων, (περίπου 59% του συνολικού φορτίου). Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα EPA-ED υπολόγισε συγκριτικά το ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης των νοικοκυριών ανά είδος χρήσης. Όπως διαπιστώθηκε από το πρόγραμμα αυτό, το ποσοστό που αντιστοιχεί στην θέρμανση των κτιρίων στην Ελλάδα είναι σχετικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό σε ένα νεόκτιστο κτίριο της Δανίας.

Τέλος, όπως ήδη γνωρίζουμε, μια εναλλακτική μέθοδος αξιολόγησης της ενεργειακής και περιβαλλοντικής ποιότητας των κτιρίων κατοικίας είναι ο υπολογισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά κάτοικο σε ετήσια βάση. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος, οι κατοικίες στην Ελλάδα παράγουν περίπου 12-13 τόνους CO<sub>2</sub> / κάτοικο/ έτος. Η τιμή αυτή είναι συγκριτικά μεγαλύτερη από όλες τις άλλες μεσογειακές χώρες και μεγαλύτερη ακόμα από πολύ βορειότερες χώρες όπως η Νορβηγία, η Γερμανία, η Αυστρία και η Βρετανία. Είναι λοιπόν προφανές ότι τα κτήρια κατοικίας στην Ελλάδα είναι κατά πολύ περισσότερο ενεργοβόρα από τα αντίστοιχα κτήρια σε όλη την Μεσογειακή λεκάνη και ταυτόχρονα παρουσιάζουν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από πολλές βόρειες χώρες. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας των κατοικιών στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά μεγάλα.



Εικόνα 1.1 Εγκατεστημένη Ισχύς ΑΠΕ στην Ελλάδα για το 2012, Πηγή: ΛΑΓΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ  
Μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία (σε κανονικές συνθήκες κλίματος)



Εικόνα 1.2 Μέση κατανάλωση ενέργειας ανά κατοικία (υπό κανονικές συνθήκες κλίματος) για τα έτη 1997 και 2009 στις χώρες της Ε.Ε. Πηγή: ODYSSEE, Enerdata

## 1.2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ - ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

### Ορισμοί <sup>[2]</sup>

**Θερμότητα (Q)** ονομάζεται η ενέργεια που προσφέρεται ή απάγεται από ένα σώμα λόγω διαφοράς θερμοκρασίας με άλλο σώμα ή γενικά με το περιβάλλον του. Δηλαδή η θερμότητα ορίζεται μόνον όσο διαρκεί η ροή ενέργειας και έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή είτε της κινητικής ενέργειας ατόμων ή μορίων (μεταβολή θερμοκρασίας) με αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης απόστασης μεταξύ ατόμων ή μορίων (διαστολή των σωμάτων) είτε της δυναμικής ενέργειας ατόμων ή μορίων (αλλαγή φάσεως). Στην τελευταία περίπτωση πρόκειται για λανθάνουσα θερμότητα.

Η αυθόρμητη μεταφορά θερμότητας γίνεται πάντα από το σώμα με την υψηλότερη προς το σώμα με τη χαμηλότερη θερμοκρασία, έως ότου εξισωθούν οι θερμοκρασίες των δύο σωμάτων.

### Μονάδες Μέτρησης:

Η θερμίδα (cal) και η χιλιοθερμίδα (kcal) ήταν η μονάδα που χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τη θερμότητα. Μια χιλιοθερμίδα ορίζεται σαν το ποσό θερμότητας που πρέπει να δώσουμε σε ένα λίτρο νερού που βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά ένα βαθμό. Η kcal χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης στους λέβητες για τη θέρμανση κτιρίων κ.λπ.

Μονάδα μέτρησης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) είναι το Joule. Επειδή η μονάδα Joule είναι σχετικά μικρή για να εκφράσει τα τυπικά ποσά θερμότητας, που εμπλέκονται στα προβλήματα της καθημερινής πρακτικής, χρησιμοποιούμε συνήθως τη μονάδα kJ.

Στις Αγγλοσαξονικές χώρες εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ως μονάδα θερμότητας το Btu (British thermal unit), που ορίζεται ως το ποσό θερμότητας, που απαιτείται για να αυξήσουμε τη θερμοκρασία 1lb νερού (1lb = 0,453kg) κατά 1 βαθμό της κλίμακας Fahrenheit ( $[^{\circ}\text{F}] - 32) \times (5/9) = [^{\circ}\text{C}]$ ). Η μονάδα αυτή χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας των κλιματιστικών (ψύξη). Η αναλογία είναι 1 BTU = 1.055 Joule

Τέλος, η θερμότητα, που παράγεται από ηλεκτρική ενέργεια εκφράζεται σε kWh (κιλοβατώρες), όπου:

$$1\text{kWh} = 1\text{kW} \cdot 1\text{h} = 1\text{kW} \cdot 3\,600\text{ s} = 3\,600\text{kWs} = 3\,600\text{kJ}$$

$$1\text{kWh} = 3600\text{kJ}$$

### Τρόποι Μετάδοσης της Θερμότητας

#### Μετάδοση θερμότητας με αγωγή:

Μετάδοση θερμότητας με θερμική αγωγή ονομάζεται η μετάδοση της θερμότητας από μόριο σε μόριο στα στερεά, υγρά και αέρια σώματα. Βασίζεται στην ιδιότητα των μορίων των υλικών σωμάτων να προσλαμβάνουν θερμότητα από γειτονικά μόρια υψηλότερης θερμοκρασίας και να μεταδίδουν τη θερμότητά τους σε γειτονικά μόρια χαμηλότερης θερμοκρασίας. Στα στερεά σώματα η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται εύκολα λόγω της πολύ μικρής απόστασης (πρακτικά όταν έρχονται σε επαφή) μεταξύ των μορίων κάθε σώματος. Στα αέρια η θερμική ενέργεια μεταφέρεται σχεδόν αποκλειστικά με τη διάχυση των μορίων. Στα υγρά, την αγωγιμότητα βοηθούν οι ελαστικές κρούσεις των μορίων, ενώ στα μέταλλα, η ροή.

Όσον αφορά τα κτίρια, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τον χειμώνα παρατηρούνται σημαντικές απώλειες θερμότητας από τους θερμαινόμενους χώρους, οι οποίες οφείλονται κυρίως στην αγωγή από τους τοίχους, τους υαλοπίνακες, δηλαδή από το κτηριακό κέλυφος, το δώμα και τα δάπεδα.

Για ομοιογενή στρώση υλικού είναι:

$$Q = \lambda/d \cdot F \cdot (t_1 - t_2) \cdot z \text{ σε } (W \cdot h) \text{ όπου}$$

Q = η ποσότητα της θερμότητας, η οποία διέρχεται διαμέσου του υλικού όταν  $t_1 > t_2$  σε (W \* h)

$\lambda$  = ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού (W/ m \* K)

d = το πάχος του υλικού (m)

F = το εμβαδόν επιφάνειας του υλικού (m<sup>2</sup>)

$t_1$  = η θερμοκρασία της θερμότερης επιφάνειας του υλικού (K)

$t_2$  = η θερμοκρασία της ψυχρότερης επιφάνειας του υλικού (K)

z = ο χρόνος ροής θερμότητας (h)

#### Μετάδοση θερμότητας με θερμική μεταβίβαση (συναγωγή):

Μετάδοση θερμότητας με θερμική μεταβίβαση (συναγωγή) ονομάζεται η μετάδοση της θερμότητας με τη μετακίνηση θερμών μορίων



υγρών ή αερίων διαμέσου του χώρου. Η συναγωγή θερμότητας εμφανίζεται μεταξύ της επιφάνειας ενός σώματος και του ρευστού όταν οι θερμοκρασίες τους διαφέρουν. Στα κτίρια, με τη φυσική κυκλοφορία του αέρα διακινούνται σημαντικά ποσά θερμότητας. Εκτός από τη φυσική κυκλοφορία του αέρα, που οφείλεται σε θερμοκρασιακές μεταβολές μέσα στους χώρους, μετακινήσεις του αέρα προκαλούν και οι άνεμοι, οι κινήσεις των ανθρώπων, τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων, η λειτουργία ανεμιστήρων κ.ά. Ένα παράδειγμα μετάδοσης της θερμότητας με συναγωγή αποτελεί ένα θερμαντικό σώμα (καλοριφέρ) όταν λειτουργεί. Ο θερμαινόμενος αέρας είναι ελαφρύτερος και καταλαμβάνει τα ανώτερα στρώματα ενώ ο ψυχρότερος αέρας παρασύρεται προς το θερμαντικό σώμα για να ακολουθήσει και αυτός στη συνέχεια στην πορεία του θερμού.

Για τη μετάδοση της θερμότητας μεταξύ υλικού και αέρα ισχύει η σχέση:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_L - t_0) \cdot z \quad (W \cdot h)$$

Q = η ποσότητα της θερμότητας, η οποία μεταβιβάζεται από τον αέρα στην επιφάνεια του υλικού όταν  $t_L > t_0$  σε (W \* h)

$\alpha$  = ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης μεταξύ επιφάνειας του υλικού και του αέρα που βρίσκεται σε επαφή με αυτή (W/ m \* K)

d = το πάχος του υλικού (m)

F = το εμβαδόν επιφάνειας του υλικού (m<sup>2</sup>)

$t_L$  = η μέση θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια του υλικού (K)

$t_0$  = η θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού (K)

z = ο χρόνος ροής θερμότητας (h)

### Μετάδοση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία

Όλα τα σώματα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν θερμική ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα σώματα επίσης έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Μετάδοση θερμότητας με θερμική ακτινοβολία ονομάζεται η ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ των επιφανειών στερεών σωμάτων με διαφορετική θερμοκρασία που απέχουν μεταξύ τους. Στη θερμική ακτινοβολία η θερμότητα μεταφέρεται μεταξύ των σωμάτων με τη βοήθεια των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Για τη μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία ισχύει η σχέση:

$$Q = \alpha_s \cdot F \cdot (t_1 - t_2) \cdot z \quad \text{σε } (W \cdot h) \quad \text{όπου}$$

Q = η ποσότητα της θερμότητας, που ακτινοβολεί η θερμότερη επιφάνεια (W \* h)

$\alpha_s$  = ο συντελεστής μετάδοσης θερμικής ακτινοβολίας (W/ m \* K)

d = το πάχος του υλικού (m)

F = το εμβαδόν της θερμότερης επιφάνειας (m<sup>2</sup>)

$t_1$  = η θερμοκρασία της θερμότερης επιφάνειας (K)

$t_2$  = η θερμοκρασία της ψυχρότερης επιφάνειας (K)

z = ο χρόνος ροής θερμότητας (h)

Κατά τη μελέτη της θερμικής απόδοσης του κτηριακού κελύφους, γίνεται αναφορά σε ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη των υλικών που καθορίζουν τις θερμοφυσικές τους ιδιότητες. Ακολουθούν οι βασικοί ορισμοί των μεγεθών αυτών που θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του κάθε υλικού.

### Θερμική Συμπεριφορά Δομικών Υλικών - Ορισμοί<sup>[3]</sup>

#### Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας ( $\lambda$ ):

Ορίζεται από τη σχέση:

$$q = -\lambda \text{ grad } T$$

και εκφράζει τη θερμότητα που ρέει σε μόνιμη κατάσταση, ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας μιας στρώσης υλικού, όταν η πτώση της θερμοκρασίας κατά τη διεύθυνση της ροής της θερμότητας είναι 1 βαθμός (°C, °K) ανά μονάδα μήκους. Η θερμική αγωγιμότητα είναι ιδιότητα του υλικού και καθορίζει τη θερμομονωτική του ικανότητα. Τα δομικά υλικά ανάλογα με την τιμή του  $\lambda$  χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

α. Φυσικοί λίθοι με  $2,7 < \lambda < 4,1$

β. Κάθε φύσης δομικό υλικό με  $0,1 < \lambda < 2,7$

γ. Θερμομονωτικό υλικό  $0,023 < \lambda < 0,1$

Στα αέρια η ειδική θερμική αγωγιμότητα αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Στα μη μεταλλικά υγρά η ειδική θερμική

αγωγιμότητα ελαττώνεται όταν μειώνεται η θερμοκρασία με μοναδική εξαίρεση τη γλυκερίνη και το νερό. Στα στέρεα σώματα η ειδική θερμική αγωγιμότητα εξαρτάται τόσο από τις ιδιότητες του σώματος όσο και την εσωτερική δομή του όσο και από τις συνθήκες υπό τις οποίες διεξάγονται οι μετρήσεις. Στα μέταλλα παρατηρείται μείωση του συντελεστή λ όταν η θερμοκρασία αυξάνεται και παίρνει τιμές μεγαλύτερες από τη συνηθισμένη. Όσον αφορά τα μονωτικά υλικά, η μονωτική ιδιότητα οφείλεται στο ότι τα υλικά αυτά αποτελούνται από κόκκους ή ίνες δημιουργώντας αναριθμητούς πόρους στους οποίους περιέχεται αέρας ο οποίος ως γνωστόν έχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες και έτσι παρουσιάζουν χαμηλές τιμές του συντελεστή λ. Μεγάλη σημασία έχει το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους και συνεπώς μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα του υλικού. Ο συντελεστής λ εξαρτάται ακόμη από το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας στο υλικό και με την αύξησή του αυξάνεται και η τιμή της θερμικής αγωγιμότητας. Η αγωγιμότητα ενός υλικού εξαρτάται και από τη φαινόμενη πυκνότητά του, δηλαδή με αύξηση της τελευταίας αυξάνεται και η τιμή του συντελεστή λ. Ως φαινόμενη πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται ο λόγος της μάζας του υλικού προς την διαφορά του συνολικού όγκου του υλικού με όλα τα κενά από τον όγκο των κενών μεταξύ των κόκκων του υλικού.

### **Ειδική θερμοχωρητικότητα c (J/kg \* K)**

Είναι η θερμοχωρητικότητα ενός υλικού ανά μονάδα μάζας ή η θερμότητα που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας ενός υλικού κατά ένα βαθμό.

### **Συντελεστής θερμικής μεταβίβασης, α**

Είναι η ποσότητα της θερμότητας, η οποία μεταβιβάζεται σε 1 ώρα μεταξύ στοιχείου της κατασκευής, που έχει επιφάνεια 1 m<sup>2</sup> και του αέρα, ο οποίος βρίσκεται σε επαφή με αυτό, όταν μεταξύ τους υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ενός βαθμού Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμικής μετάβασης, α, εξαρτάται από την πυκνότητα, το ιξώδες και την ταχύτητα του αέρα κοντά στις επιφάνειες της κατασκευής. Επίσης, είναι διαφορετικός για κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες και στην τελευταία περίπτωση εξαρτάται από την κατεύθυνση μεταβίβασης της θερμότητας.

Μονάδα μέτρησης : W / m<sup>2</sup> \*K

### **Αντίσταση Θερμικής Μεταβίβασης R<sub>i,a</sub> ή αντίσταση επιφανειακής μετάδοσης θερμότητας**

Ως αντίσταση θερμικής μετάβασης, R, ορίζεται το αντίστροφο του συντελεστή θερμικής μετάβασης, και μετράται σε m<sup>2</sup>K/W. [5] Ισχύει, λοιπόν ότι α=1/R και R=1/α

Οι συντελεστές θερμικής μετάβασης, α, καθώς και οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης, R, χαρακτηρίζονται από έναν δείκτη i ή a, ανάλογα με το αν αναφέρονται στο εσωτερικό ή εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι, ως R<sub>i</sub> χαρακτηρίζεται η εσωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας μεταξύ αυτού και της εσωτερικής επίπεδης επιφάνειας του δομικού στοιχείου, ενώ ως R<sub>a</sub> χαρακτηρίζεται η εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας μεταξύ αυτού και της εξωτερικής επίπεδης επιφάνειας του δομικού στοιχείου.

### **Θερμική αντίσταση R ή αντίσταση θερμοδιαφυγής ή αντίσταση θερμικής διαπερατότητας (m<sup>2</sup> K/W)**

Είναι ο λόγος της διαφοράς θερμοκρασίας προς την πυκνότητα της θερμοροής σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης.

$$R = (T_1 - T_2) / \rho$$

Στην περίπτωση μονοδιάστατης αγωγής θερμότητας σε επίπεδο σώμα πάχους d , ειδικής θερμικής αγωγιμότητας λ, σταθερής ή γραμμικά μεταβαλλόμενης με τη θερμοκρασία ισχύει:

$$R = d/\lambda$$

### **Συντελεστής Θερμοπερατότητας U**

Είναι η ποσότητα της θερμότητας, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από επιφάνεια 1 m<sup>2</sup> της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, που βρίσκεται στη μία και στην άλλη πλευρά της κατασκευής, είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Η θερμοπερατότητα καθορίζει τη μετάδοση θερμότητας δια μέσου στοιχείου κατασκευής, όταν λαμβάνεται υπόψη η θερμοδιαφυγή και η θερμική μεταβίβαση εκατέρωθεν του στοιχείου.

Μονάδα μέτρησης : W / m<sup>2</sup> .K.

$$Q = U * A * (t_{i} - t_{a})(W)$$

όπου

U ο συντελεστής θερμοπερατότητας του απλού μέλους της κατασκευής (W / (m K))

A το εμβαδόν της επιφάνειας μετάδοσης της θερμότητας (m<sup>2</sup>)

$t_{\text{ci}}$  η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου (K)

$t_{\text{ca}}$  η θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον (K)

### **Συντελεστής Θερμοπερατότητας U πολυστρωματικών δομικών στοιχείων**

Κατά απλοποιητική παραδοχή, η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατο μέγεθος και με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου. Ομοίως κατ' απλουστευτική παραδοχή το φαινόμενο εξετάζεται σε στάσιμη κατάσταση. Οι ανταλλαγές θερμότητας θεωρήθηκαν επίσης ανεξάρτητες από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και ανεπηρέαστες από εξωγενείς παράγοντες. Τέλος, όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά παραδοχή ομογενή και ισότροπα και ως ευρισκόμενα σε τέλεια μεταξύ τους θερμική επαφή, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και ανεπηρέαστα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Βεβαίως, η παραπάνω θεωρητική βάση απέχει από την πραγματικότητα, καθώς καμία από τις παραδοχές δεν ανταποκρίνεται σε πραγματική κατάσταση. Ωστόσο, για την κλίμακα μιας κτιριακής κατασκευής οι αποκλίσεις της υπολογιστικής μελέτης ελάχιστα διαφοροποιούνται από το πραγματικό αποτέλεσμα και γι' αυτό δεν έχουν ιδιαίτερη αξία. Συνεπώς, για τα σύνθετα μέλη κατασκευής (πολυστρωματικό δομικό στοιχείο), δηλαδή για κατασκευή η οποία αποτελείται από επάλληλες στρώσεις ομοιογενών υλικών, η ποσότητα της θερμότητας, η οποία διέρχεται από τον εσωτερικό χώρο στο εξωτερικό περιβάλλον, δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$Q = U * A * (t_{\text{ci}} - t_{\text{ca}})(W)$$

όπου

U ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (W / (m K))

A το εμβαδόν της επιφάνειας μετάδοσης της θερμότητας (m<sup>2</sup>)

$t_{\text{ci}}$  η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου (K)

$t_{\text{ca}}$  η θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον (K)

Γενικά, για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου πρέπει αρχικά να υπολογίζονται οι ανταλλαγές θερμότητας του κτιρίου με το περιβάλλον μέσω αγωγιμότητας και συναγωγής. Ο έλεγχος, λοιπόν, σε πρώτη φάση γίνεται με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητας U των αδιαφανών και των διαφανών δομικών στοιχείων του κελύφους. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U καθορίζει τις θερμικές απώλειες λόγω αγωγής και συναγωγής μέσω ενός δομικού στοιχείου και συνεπώς καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του στοιχείου της κατασκευής. Μέσω, λοιπόν, του υπολογισμού και του ελέγχου του συντελεστή U των δομικών στοιχείων μπορούν να ελέγχονται οι θερμικές απώλειες μέσω αυτών με στόχο τον περιορισμό των ανταλλαγών θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία ενός άνετου εσωκλίματος στο εσωτερικό των κτιρίων. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου, το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των υλικών και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εκατέρωθεν των όψεών του. Αύξηση ή μείωση, λοιπόν, του πάχους μιας στρώσης του υλικού επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου, όπως και η μεταβολή του συντελεστή λ του υλικού.

### 1.3 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ <sup>[4]</sup>

Η μελέτη και αξιολόγηση της θερμικής συμπεριφοράς ενός κτηρίου εξαρτάται άμεσα από το εξωτερικό περιβάλλον με το οποίο έρχεται σε επαφή, το κλίμα του τόπου, τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, τη μέση θερμοκρασία αέρα, τη σχετική υγρασία καθώς επίσης και την ταχύτητα και διεύθυνση των τοπικών ανέμων. Γνωρίζοντας τα δεδομένα των εξωτερικών συνθηκών περιβάλλοντος μπορούμε να κατανοήσουμε πόσο αυτές επηρεάζουν τις εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης των ενοίκων στα πολυώροφα κτήρια. Στο σημείο αυτό κρίνεται χρήσιμο να δοθεί μια συνοπτική εικόνα των κλιματικών δεδομένων στην Ελλάδα ώστε να αποκτηθεί μια συνολική εικόνα εξωτερικών συνθηκών, η οποία στη συνέχεια θα συγκεκριμενοποιηθεί με την αναλυτική σύγκριση των δεδομένων εξωτερικού περιβάλλοντος και εσωτερικών συνθηκών κατά τη διάρκεια των επιτόπιων μετρήσεων.

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

Εικόνα 1.3 Πίνακας Κλιματικών Ζωνών Ελλάδος

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ η χώρα μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμομέρες θέρμανσης. Η Αθήνα, η οποία ανήκει στο νομό Αττικής περιλαμβάνεται στη Ζώνη Β.

#### **Θερμοκρασία Αέρα:**

Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας οφείλεται στην ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στη γη και το διάστημα. Την ημέρα η γη δέχεται θερμότητα από τον ήλιο, ενώ τη νύχτα εκπέμπει θερμική ενέργεια προς το διάστημα. Η ανταλλαγή αυτή είναι μεγαλύτερη όταν ο ουρανός είναι καθαρός και συνεπάγεται μεγαλύτερη διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας(ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα). Όταν ο ουρανός είναι συννεφιασμένος, τότε η ανταλλαγή θερμότητας είναι μικρότερη και συνεπώς η διακύμανση της θερμοκρασίας πιο ήπια. Η ίδια συνθήκη ισχύει και για τις διαφορετικές εποχές του χρόνου. Για τις ανάγκες σχεδιασμού των κτηρίων λαμβάνονται υπόψη οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και μάλιστα και ορίζονται δύο χαρακτηριστικές τιμές θερμοκρασίας: η 21η Ιανουαρίου ως η ελάχιστη θερμοκρασία του χειμώνα και η 21η Ιουλίου ως η μέγιστη θερμοκρασία του καλοκαιριού.

#### **Σχετική Υγρασία:**

Η περιεκτικότητα του αέρα σε υδατμούς καθορίζει και τη σχετική υγρασία. Η μεγαλύτερη τιμή σχετικής υγρασίας παρατηρείται τις πρωινές ώρες, περίπου στις 6.00 π.μ, ενώ η μικρότερη τιμή παρατηρείται το μεσημέρι, γύρω στις 15.00 μ.μ. Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας είναι αντίστροφη σε σχέση με τη διακύμανση της θερμοκρασίας. Στην Ελλάδα παρατηρούνται μέσες τιμές σχετικής υγρασίας 35-80% και το κλίμα χαρακτηρίζεται ως υγρό.

#### **Άνεμοι:**

Τα στοιχεία που προσδιορίζουν τον άνεμο είναι η διεύθυνση, η ένταση, η ταχύτητα και η συχνότητα. Οι ψυχροί άνεμοι έχουν συνήθως βορειοδυτική - βορειοανατολική διεύθυνση και πνέουν τους μήνες του χειμώνα. Οι δροσεροί άνεμοι του καλοκαιριού έχουν βορειοανατολική διεύθυνση ενώ οι θαλάσσιες αύρες -τα μελέμια- έχουν βορειοανατολική ή νότια. Στο επίπεδο του εδάφους ο άνεμος έχει μικρή ένταση και ταχύτητα, ενώ σε μεγαλύτερο ύψος π.χ 50m η ταχύτητά του διπλασιάζεται.

#### **Ηλιακή Ακτινοβολία:**

Η ηλιακή σταθερά προσδιορίζει την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην ατμόσφαιρα της γης και αντιστοιχεί σε 1,4 KW/m<sup>2</sup>. Η επιφάνεια της γης δέχεται πολύ μικρότερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας, γιατί ένα μεγάλο ποσοστό, το 35% περίπου, ανακλάται στην ατμόσφαιρα και επιστρέφει στο διάστημα. Επίσης, ένα ποσοστό απορροφάται από τα μόρια της σκόνης και της υγρασίας, τμήμα του οποίου επανέρχεται στη γη υπό μορφή διάχυτης ακτινοβολίας. Η άμεση ακτινοβολία αντιστοιχεί στο 46% περίπου της συνολικής και αποτελεί το αξιοποιήσιμο τμήμα της ηλιακής ενέργειας.

## 1.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ - ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Η άνεση ορίζεται ως η νοητική κατάσταση που εκφράζει ικανοποίηση με το γύρω περιβάλλον. Η επίτευξη μιας τέτοιας κατάστασης εξαρτάται από έναν αριθμό περιβαλλοντικών και ανθρωπίνων παραγόντων. Μέσω της θερμικής, ακουστικής και οπτικής άνεσης κατανοούμε τις ποιότητες που ζητά ασυνείδητα ο άνθρωπος από το περιβάλλον ώστε να αισθάνεται θερμικά, ακουστικά και οπτικά ισορροπημένος όταν πραγματοποιεί μια δραστηριότητα (όχι πολύ κρύο, όχι πολύ ζεστό, όχι πολύ θορυβώδες, όχι έντονες διαφοροποιήσεις στο φωτισμό κλπ).

Σύμφωνα με το πρότυπο ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμιά θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες συνθήκες.

Η θερμική άνεση συνδέεται με την παγκόσμια ανθρώπινη φυσιολογία και ψυχολογία. Ο άνθρωπος, ως εξώθερμο ον, διατηρεί εσωτερική θερμοκρασία 37 °C και πρέπει να είναι σε θέση, κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες, να αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον μέσω αγωγής, συναγωγής, ακτινοβολίας, εφίδρωσης ή αναπνοής. Η θερμοκρασία του αέρα και η διαβάθμισή της, η θερμοκρασία ακτινοβολίας, η σχετική ταχύτητα του αέρα και η σχετική υγρασία στο άμεσο περιβάλλον καθορίζουν την ανταλλαγή θερμότητας. Για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα και ρουχισμό, οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται συνδυασμούς αυτών των παραμέτρων ως ευχάριστους και άλλους ως δυσάρεστους αν και η δυνατότητα προσαρμογής του περιβάλλοντος στις επιθυμίες κάποιου επηρεάζει την ικανοποίηση. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικοί αυτοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση σε ένα εσωτερικό χώρο, η πλειοψηφία των οποίων θα χρησιμοποιηθεί ως μέτρο αναφοράς στις πειραματικές και υπολογιστικές μετρήσεις της έρευνας αυτής.

### **Θερμοκρασία Αέρα - Air Temperature, ( $t_a$ ) :**

Η θερμοκρασία του αέρα είναι ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική άνεση και η επιρροή του λαμβάνεται υπόψη σε όλα τα μοντέλα θερμικής άνεσης. Η θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα που περιβάλλει τους χρήστες ενός χώρου. Μετρείται με τα συνήθη υδραγυρικά θερμομέτρα και ο βολβός του θερμομέτρου πρέπει να είναι ξηρός, δηλαδή απαλλαγμένος από υγρασία ενώ ταυτόχρονα δεν πρέπει να είναι εκτεθειμένος σε ακτινοβολία.

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη μελέτη της θερμοκρασίας ως παραμέτρου της θερμικής άνεσης έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει μια τιμή της θερμοκρασίας που να αποτελεί τη βέλτιστη λύση, αλλά ένα πεδίο τιμών της ως συνάρτηση και άλλων παραγόντων. Το σώμα μας αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία του αέρα (και των άλλων παραμέτρων του θερμικού περιβάλλοντος) από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και του υποθαλάμου ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία του. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του αέρα τόσο δυσκολότερη είναι η κατανάλωση της παραγόμενης θερμότητας του σώματος. Αντίθετα, αν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή, ρυθμιστικές διαδικασίες όπως το ρίγος μπορεί να μην είναι αρκετές/ικανοποιητικές για να διατηρήσουν τη θερμική ισορροπία.

### **Ταχύτητα Αέρα**

Ο ρυθμός/βαθμός κίνησης του αέρα σε ένα σημείο ανεξαρτήτως διεύθυνσης. Επηρεάζει το αίσθημα της θερμικής άνεσης και καθορίζει την ανταλλαγή θερμότητας με συναγωγή (ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον) και την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς. Η απώλεια θερμότητας με συναγωγή εξαρτάται από την ένταση του αέρα και τη θερμοκρασιακή διαφορά δέρματος – περιβάλλοντος. Εδώ αν  $\Delta\theta > 0$  τότε το ρεύμα προκαλεί την αίσθηση του ψύχους, αν  $\Delta\theta < 0$  τότε αυξάνεται ο ρυθμός εφίδρωσης και βελτιώνεται η αίσθηση δροσισμού, εξουδετερώνοντας έτσι την αρνητική επίδραση της τρέχουσας υψηλής υγρασίας. Η αντίληψη της κίνησης του αέρα εξαρτάται και από το είδος της ενδυμασίας και της απασχόλησης του χρήστη. Η υψηλή ταχύτητα του αέρα μειώνει την ουδέτερη θερμοκρασία, δηλαδή την θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε ένα χρήστη ο οποίος αισθάνεται ουδέτερα θερμικά σε ένα δεδομένο χώρο. Συνεπώς, αυξημένες ταχύτητες αέρα χρησιμοποιούνται για να εκτονώσουν την αίσθηση της ζέστης λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα. Με άλλα λόγια σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και υψηλής σχετικής υγρασίας, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προσφέρει αυξημένες απώλειες θερμότητας με αποτέλεσμα ισορροπημένο θερμικό ισοζύγιο. Σε αντίθετη περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας, η αυξημένη ταχύτητα του αέρα επιταχύνει τις απώλειες θερμότητας από το σώμα, σε σημείο που να προκαλεί τη δυσφορία Γενικά ταχύτητες αέρα έως 0,5 m/s θεωρούνται ευχάριστες.

Το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει ειδικά αισθητήρια για την ταχύτητα του αέρα. Αυτή προσδιορίζεται έμμεσα από τον ανθρώπινο εγκέφαλο από τις μεταβολές της θερμοκρασίας στην επιδερμίδα. Η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλει/ επηρεάζει τις απώλειες θερμότητας του σώματος.

### **Υγρασία Αέρα**

Σχετική υγρασία: ο λόγος της μερικής πίεσης (ή πυκνότητας) των υδρατμών στον αέρα προς την κορεσμένη πίεση (ή πυκνότητα) των υδρατμών στην ίδια θερμοκρασία και στην ίδια ολική πίεση.

Η υγρασία καθορίζει την ικανότητα αποθήκευσης υδρατμών από τον αέρα. Η χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα ενισχύει την εφίδρωση και άρα την αποβολή νερού από το σώμα και αποτελεί το μοναδικό τρόπο διατήρησης του θερμικού ισοζυγίου σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, η σχετική υγρασία δεν έχει νόημα σαν χωριστός περιβαλλοντικός δείκτης χωρίς τη γνώση

της θερμοκρασίας ξηρού βολβού. Γενικά, η σχετική υγρασία σε ένα εσωτερικό χώρο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 30-70%. Κάτω από το όριο αυτό προκαλείται ξηρότητα των βλεννογόνων, του λαιμού και προβλήματα στην όραση ενώ πάνω από το ανώτατο όριο μπορεί να προκληθεί σχηματισμός μούχλας. Στους συνήθεις υπολογισμούς η υγρασία λαμβάνεται στο ~ 50%. Σε ήπιες συνθήκες, η υγρασία του αέρα έχει περιορισμένο αντίκτυπο στην αίσθηση της θερμότητας. Σε τυπικές συνθήκες αύξηση 10% της σχετικής υγρασίας αντιστοιχεί σε 0.3 °C αύξηση της θερμοκρασίας σε επίπεδο αντίληψης. Η υγρασία έχει χαρακτηριστικότερο αποτέλεσμα σε υψηλές θερμοκρασίες >26 °C και για έντονη δραστηριότητα του χρήστη <2 met. Σημαντική επίδραση εμφανίζει και σε μεταβαλλόμενες συνθήκες. Για τον υπολογισμό της μπορούν να χρησιμοποιηθούν η θερμοκρασία σημείου δρόσου, T<sub>dp</sub>, η μερική πίεση υδρατμών, P<sub>a</sub> και η θερμοκρασία υγρού βολβού, T<sub>wb</sub>. Η θερμοκρασία υγρού βολβού είναι η θερμοκρασία για κάθε κατάσταση αέρα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε υδρατμούς στην οποία το νερό μπορεί να εξατμιστεί και να κορέσει τον αέρα, στην ίδια πίεση και θερμοκρασία. Είναι δείκτης έντονης θερμικής καταπόνησης με ανώτατο όριο ανοχής το 30% για ακίνητο αέρα.

### **Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας**

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ενός χώρου ορίζεται ως εκείνη η θερμοκρασία μιας συμπαγούς μαύρης επιφάνειας για την οποία παρατηρείται η ίδια απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας σε σχέση με την εξεταζόμενη επιφάνεια. Ο υπολογισμός της είναι αρκετά περίπλοκος, ενώ στην πράξη για να εξαχθούν συμπεράσματα γίνεται προσφυγή στους πίνακες των προτύπων ASHRAE 55-92 και ISO 7730 για το συντελεστή γωνίας.

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας επηρεάζει την ανταλλαγή θερμότητας λόγω ακτινοβολίας μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος. Ακόμη για χαμηλές ταχύτητες αέρα ~ 0,1m/s η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 1 °C προκαλεί το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας κατά 1°C. Η διαφοροποίησή τους έγκειται στο ότι η θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι υπεύθυνη για τις χωροταξικές διαφορές της θερμοκρασίας σε ένα χώρο και τη δημιουργία τοπικής δυσφορίας. Ακόμη, ο τύπος ροής του αέρα επηρεάζει καθολικά τις απώλειες θερμότητας. Στα κεντρικά κλιματιζόμενα κτήρια η ροή του αέρα δεν είναι στρωτή καθώς η ταχύτητα του αέρα μεταβάλλεται με κάποια συχνότητα. Η περιοδικά μεταβαλλόμενη ροή του αέρα προκαλεί συναισθήματα δυσφορίας συγκριτικά με τη στρωτή ροή.

### **Θερμοκρασία Λειτουργίας - Λειτουργική Θερμοκρασία**

Ο δείκτης αυτός συνδυάζει τη θερμοκρασία του αέρα, τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία και την κίνηση του αέρα. Ορίζεται ως η ενιαία θερμοκρασία ενός φανταστικού χώρου, στον οποίο το άτομο θα ανταλλάσσει το ίδιο ποσό θερμότητας, με ακτινοβολία και μεταφορά, όπως στο πραγματικό περιβάλλον. Ο δείκτης αυτός μπορεί να θεωρηθεί σαν μια συνδυαστική παράμετρος και χρησιμοποιείται στην περιγραφή των συνθηκών εσωτερικού χώρου.

### **Προσωπικοί Παράγοντες**

Οι πιο σημαντικοί προσωπικοί παράγοντες είναι το επίπεδο δραστηριότητας και ο ρουχισμός. Η δραστηριότητα επηρεάζει το ρυθμό μεταβολισμού του ανθρώπου καθώς το ανθρώπινο σώμα παράγει συνεχώς θερμότητα, η οποία εκλύεται και στη συνέχεια διοχετεύεται στο περιβάλλον ώστε να παραμένει η θερμοκρασία του σώματος σε επιτρεπτά επίπεδα. Ο μεταβολικός ρυθμός είναι ανάλογος του ρυθμού κατανάλωσης οξυγόνου. Για καθιστική εργασία η θερμοκρασία του δέρματος για την επίτευξη θερμικής άνεσης είναι 33- 34 °C και ελαττώνεται όσο αυξάνεται η ένταση της δραστηριότητας. Η φυσιολογική θερμοκρασία ενός ανθρώπου που αναπαύεται είναι 36,8 °C διαφέροντας αισθητά από τις συνηθισμένες θερμοκρασίες των εσωτερικών χώρων, αυξάνει στους 37,4 °C για ελαφρύ περπάτημα και φτάνει τους 37,9 °C για τρέξιμο. Στις μελέτες θερμικής άνεσης η πιο συνήθης μονάδα μέτρησης του ρυθμού μεταβολισμού είναι το met, 1 met = 58.2 W/m<sup>2</sup>. Αυτό προκύπτει ως εξής: Η θερμότητα που παράγεται από κάποιο ενήλικα σε κατάσταση ανάπαυσης είναι περίπου 100W και θεωρώντας ότι ένας μέσος ενήλικας έχει επιφάνεια δέρματος 1,8 m<sup>2</sup> (1,6 m<sup>2</sup> για τις γυναίκες) καταλήγουμε σε μεταβολική παραγωγή θερμότητας της τάξης των 58W/m<sup>2</sup> (1 met) σε κατάσταση ακινησίας/ ανάπαυσης. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι η συνολική θερμότητα που παράγεται από έναν άνθρωπο μπορεί να υπολογιστεί με τον πολλαπλασιασμό του μεταβολικού ρυθμού του επί τη συνολική επιφάνεια του σώματός του. Η θερμότητα που παράγεται από ένα σώμα πρέπει να απορροφάται από τι περιβάλλον, αλλιώς θα υπάρξει μεταβολή στη θερμοκρασία του σώματος. Ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση/απορρόφηση της θερμότητας είναι η μόνωση των ρούχων. Στις μελέτες θερμικής άνεσης αναφέρεται ως μονάδα μέτρησης της θερμομονωτικής ικανότητας το clo, 1clo = 6.45 W / m<sup>2</sup>K U- value ή 0.155 m<sup>2</sup>K/W θερμική αντίσταση. Στην ουσία, 1 clo είναι η απαραίτητη ποσότητα ρουχισμού ώστε να διατηρηθεί σε συνθήκες ευεξίας ένα άτομο σε χώρο θερμοκρασίας 21,1 °C.

## Ανομοιομορφες Συνθήκες

Ο συνδυασμός των περιβαλλοντικών παραγόντων δημιουργεί είτε ομοιομορφο είτε ανομοιομορφο περιβάλλον. Στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει ο κίνδυνος της τοπικής θερμικής δυσφορίας, η οποία είναι ανεξάρτητη από τη συνολική θερμική ισορροπία και παρατηρείται σε χρήστες με ελαφριά δραστηριότητα ( $<1,2 \text{ met}$ ). Συνήθεις θερμικές ανομοιομορφίες είναι το ρεύμα αέρα, οι κατακόρυφες διαφορές θερμοκρασίας αέρας, τα θερμά ή ψυχρά δάπεδα ή οι ασυμμετρίες ακτινοβολίας.

Το ρεύμα αέρα αναφέρεται σε ένα ανεπιθύμητο τοπικό δροσισμό του ανθρώπινου σώματος λόγω της κίνησης του αέρα. Η ταχύτητα και η θερμοκρασία του αέρα, η ένταση της τύρβης, η δραστηριότητα και ο ρουχισμός επηρεάζουν άμεσα το φαινόμενο αυτό. Τα μέρη του σώματος που είναι πιο ευαίσθητα σε ρεύματα αέρα είναι το κεφάλι, ο αυχέννας, οι ώμοι, οι αστράγαλοι, τα πόδια. Τα ρεύματα αέρα αυξάνουν την απώλεια θερμότητας του σώματος μέσω συναγωγής επομένως οι περιοχές του σώματος που δεν καλύπτονται με ρούχα είναι οι πιο ευάλωτες.

Κατακόρυφες διαφορές θερμοκρασίας αέρα είναι τυπικές σε φυσικά αεριζόμενα κτήρια όπου ο αέρας φεύγει από το κτήριο λόγω θερμοκρασιακών διαφορών. Οι άνθρωποι εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην αύξηση από κάτω προς τα πάνω της θερμοκρασίας παρά αντίστροφα. Σύμφωνα με το ISO7730, μια κατακόρυφη διαφορά θερμοκρασίας των  $7^\circ\text{C}$  συμβάλλει περίπου στο 55% των δυσαρεστημένων χρηστών.

Η μεταφορά θερμότητας ανάμεσα στα πόδια και το πάτωμα γίνεται μέσω αγωγής. Η τοπική αίσθηση της θερμότητας για έναν όρθιο χρήστη εξαρτάται από τη θερμοκρασία του δαπέδου, το υλικό του και το είδος/υλικό του υποδήματος. Αν ένας χώρος αποτελείται από ανθρώπους που είναι ξυπόλυτοι η θερμική αίσθηση καθορίζεται από την θερμική δραστηριότητα  $b$  [ $\text{Ws}^{0.5}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] ενός δαπέδου: όπου  $\lambda$  είναι η θερμική αγωγιμότητα [ $\text{W}/\text{mK}$ ],  $\rho$  είναι η πυκνότητα [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] και  $c$  είναι η ειδική θερμότητα [ $\text{J}/\text{kg K}$ ]. Όσο αυξάνεται η θερμική δραστηριότητα του υλικού του δαπέδου τόσο αυξάνεται και η ευαισθησία στην θερμοκρασία δαπέδου έτσι το δάπεδο από σκυρόδεμα είναι πιο κρύο από το ξύλινο δάπεδο. Η σχέση που εκφράζει τη θερμική δραστηριότητα είναι:

$$b = (\lambda \cdot \rho \cdot c)^{1/2}$$

Η ασυμμετρία της ακτινοβολίας προκαλείται από τις διαφορετικές θερμοκρασίες των εσωτερικών επιφανειών του χώρου. Η επίδραση της ασύμμετρης ακτινοβολίας στη θερμική άνεση γίνεται σημαντική όταν οι θερμοκρασιακές διαφορές γίνονται ιδιαίτερα μεγάλες ( $>10^\circ\text{C}$ ). Τέτοιες διαφορές μπορούν να προκληθούν από υψηλής έντασης υπέρυθρες θερμάστρες. Μικρές διαφορές προκαλούν μια ασύμμετρη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ σώματος και περιβάλλοντος σε μικρότερο βαθμό σε σύγκριση με το ρουχισμό. Επομένως μια μικρή ασυμμετρία ακτινοβολίας δε σχετίζεται με τη θερμική άνεση. Ο υπολογισμός της θερμικής δυσφορίας που προκαλείται από την ασύμμετρη ακτινοβολία είναι πολύπλοκος. Μερικές γενικές αρχές σχετικά το ανώτατο όριο ασύμμετρης ακτινοβολίας μπορεί να βρεθεί στα πρότυπα ISO 7730 ASHRAE - 55, οι οποίες έχουν προκύψει από πειραματικές μετρήσεις. Όμως, έχουν ισχύ μόνο για θερμοκρασίες  $15-35^\circ\text{C}$ . Έτσι στην περίπτωση των υψηλής έντασης θερμαστρών χρειάζονται πιο εξελιγμένες μέθοδοι όπως ο χωρισμός του μοντέλου του ανθρώπινου σώματος σε πολλαπλά τμήματα και η ανάλυση της ακτινοβολούμενης ανταλλασσόμενης θερμότητας μεταξύ του περιβάλλοντος και του τμήματος αυτού.

## 1.5 ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Ο σχεδιασμός μιας κλίμακας για τη μέτρηση του βαθμού της θερμικής άνεσης είναι απαραίτητη. Μέχρι σήμερα ένας σημαντικός αριθμός κλιμάκων έχει σχεδιαστεί και χρησιμοποιηθεί στην έρευνα, όμως λόγω της μεταξύ τους ασυμβατότητας τα αποτελέσματα διαφορετικών ερευνών δεν είναι εύκολο να συγκριθούν μεταξύ τους άμεσα. Οι τρεις ευρέως χρησιμοποιούμενες είναι η κλίμακα συνολικής θερμικής αίσθησης, η κλίμακα συνολικής θερμικής άνεσης και η κλίμακα DISC. Οι δύο πρώτες εμφανίζουν πολλά κοινά σημεία. Η κλίμακα συνολικής θερμικής αίσθησης υιοθετήθηκε από τα πρότυπα ISO 7730 ASHRAE-55. Η κλίμακα DISC χρησιμοποιείται συνήθως μαζί με τη σταθερή θερμοκρασία άνεσης SET και περιγράφει τις πιθανές ψήφους στην κλίμακα θερμικής άνεσης ως εξής:

- ανυπόφορος
- πολύ άβολος
- άβολος
- λίγο άβολος
- άνετος

Τα μοντέλα θερμικής άνεσης που έχουν αναπτυχθεί μέχρι τώρα μπορούν να χωριστούν σε 3 κατηγορίες: εμπειρικό μοντέλο (empirical model), αναλυτικό μοντέλο (analytical model) και προσαρμοστικό (adaptive model). Τα αναλυτικά μοντέλα μπορούν να χωριστούν σε επιμέρους κατηγορίες: σχετικά απλά μοντέλα που βασίζονται στη θερμική ισορροπία και πιο πολύπλοκα με πολλαπλούς κόμβους. Η ταξινόμηση είναι συμβατική από τη στιγμή που τα αναλυτικά μοντέλα είναι εν μέρει βασισμένα σε εμπειρικές σχέσεις, ενώ μερικά από αυτά λαμβάνουν υπόψιν και το φαινόμενο της προσαρμοστικότητας.

### PMV ( Predicted Mean Vote- Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος)<sup>[5]</sup>

Το μοντέλο προβλέπει τη θερμική αίσθηση σαν λειτουργία των 4 περιβαλλοντικών παραμέτρων, της δραστηριότητας και της ένδυσης. Η προβλεπόμενη μέση ψήφος εφαρμόζεται για να προβλεφθεί η μέση τιμή της εξίσωσης θερμικής άνεσης που βασίζεται σε σταθερή κατάσταση μεταφοράς θερμότητας μεταξύ σώματος και περιβάλλοντος. Ο δείκτης PMV βασίζεται στην κλίμακα αίσθησης του προτύπου ASHRAE - 55 για την πρόβλεψη της μέσης ψήφου μεγάλης ομάδας ανθρώπων και ορίζεται όπως στον παρακάτω πίνακα:

Ο δείκτης PMV μπορεί να εφαρμοστεί για να ελεγχθεί η συμμόρφωση ενός καθορισμένου θερμικού περιβάλλοντος με τα κριτήρια άνεσης και για την εγκαθίδρυση διαφορετικών επιπέδων αποδοχής (ISO 7730). Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται δίνοντας μια τιμή στο ρυθμό μεταβολισμού και στον τύπο ένδυσης και με την μέτρηση των 4 περιβαλλοντικών παραγόντων.

Τη μεταβαλλόμενη θερμική αίσθηση την ορίζουμε ως άγνωστη συνάρτηση Y του θερμικού ισοζυγίου L και του μεταβολικού ρυθμού  $M \ Y = F(LM)$

	+ 3	Πολύ Θερμό
	+ 2	Θερμό
	+ 1	Λίγο Θερμό
	0	Ουδέτερο
	-1	Λίγο Ψυχρό
	-2	Ψυχρό
	-3	Πολύ Ψυχρό

Εικόνα 1.5.1 Επταβάθμια Κλίμακα Θερμικής Άνεσης

Ο Fagner κάνοντας εργαστηριακές μετρήσεις σε κλιματικό θάλαμο και μετρώντας όλες τις τιμές σταθερές εκτός του μεταβολικού ρυθμού και της  $T_{air}$  χρησιμοποίησε τις μέσες ψήφους και έγραψε την Y σαν μια εμπειρική συνάρτηση για διάφορα επίπεδα δραστηριότητας :

$$Y = [0.35 \exp(-0.042 \text{ hm/an}) + 0.032] L$$

Ορίζοντας  $Y = PMV$  την προβλεπόμενη μέση ψήφο εκφρασμένη σε ορισμένη θερμική κλίμακα και αντικαθιστώντας προκύπτει ο δείκτης θερμικής άνεσης PMV. Η εξίσωση του δείκτη PMV η οποία δίνεται στο ISO7730 (2005) είναι:

$$PMV = (0.303 \exp(0.036 * M) + 0.028) * \{ (M-W) - 3.05 * 10^{-3} * [5733 - 6.99(M-W) - Pa] - 0.42 * [(M-W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} M(5867 - Pa) - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8} f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}$$

Όπου 0

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M-W) \quad I_{cl} \{ 3.96 * 10^{-8} f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}$$

$$h_c = \{ 2.38(t_{cl} - t_a)^{0.25} \text{ για } 2.38 I(t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 (v_{air})^{0.5} \}$$

$$f_{cl} = 1.00 + 1.290 I_{cl} \text{ για } I_{cl} \leq 0.078 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$f_{cl} = 1.05 + 0.645 I_{cl} \text{ για } I_{cl} \geq 0.078 \text{ m}^2\text{K/W}$$



και PMV= Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος

M: μεταβολικός ρυθμός, (W/m<sup>2</sup>)

W: μηχανική ισχύς, (W/m<sup>2</sup>)

I<sub>cl</sub>: μόνωση από την ένδυση (m<sup>2</sup>K/W)<sup>2</sup>

f<sub>cl</sub>: παράγοντας επιφάνειας ένδυσης

t<sub>a</sub>: θερμοκρασία αέρα (C)

t<sub>r</sub>: μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία

v<sub>ar</sub>: σχετική ταχύτητα αέρα (m/s)

p<sub>a</sub>: σχετική πίεση ατμών (Pa)

h<sub>c</sub>: συντελεστής μετάδοσης θερμότητας (W/m<sup>2</sup>K)

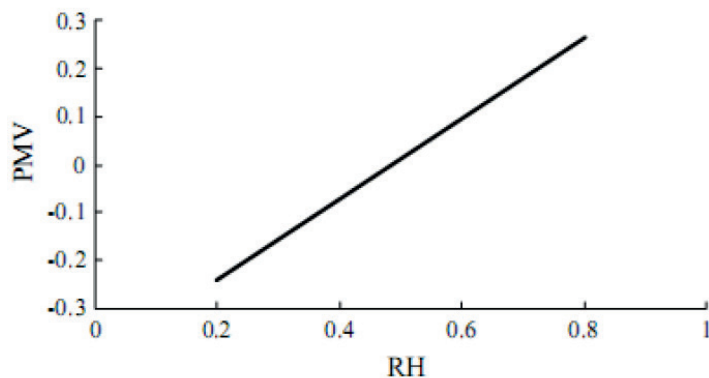
t<sub>cl</sub>: θερμοκρασία επιφάνειας ένδυσης (C)

Ο δείκτης PMV μπορεί να καθοριστεί με τους παρακάτω τρόπους (ISO 7730 2005):

- Από την εξίσωση PMV που αναφέρθηκε με τη χρήση υπολογιστή. Αποτελεί μη γραμμική εξίσωση και λύνεται αριθμητικά με τη μέθοδο Newton - Raphson.

- Απευθείας από το παράρτημα ANNEX E του προτύπου ISO 7730 (2005), όπου δίνονται πίνακες PMV με διαφορετικούς συνδυασμούς δραστηριότητας, ένδυσης, ρουχισμού, θερμοκρασία λειτουργίας και σχετικής ταχύτητας αέρα.

- Με άμεση μέτρηση χρησιμοποιώντας ένας ολοκληρωμένο αισθητήρα (ισοδύναμη θερμοκρασία και θερμοκρασία λειτουργίας).



Εικόνα 1.5.2 Μεταβολή τιμών PMV σαν συνάρτηση της σχετικής υγρασίας όταν η ισοδύναμη θερμοκρασία είναι 25( M= 1met, Icl = 0.67 clo) (Guodong, 2003)

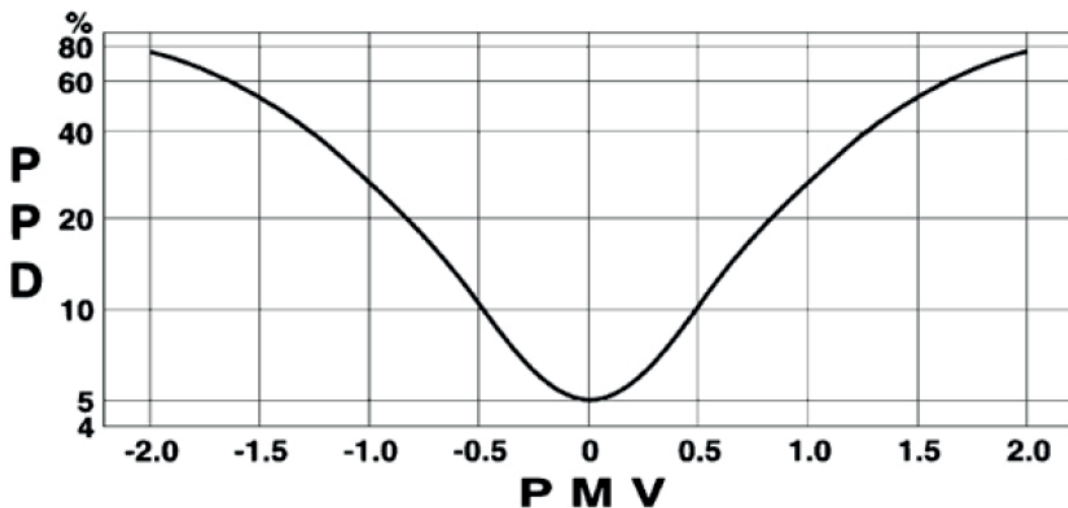
### PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied (προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων)<sup>[6]</sup>

Ο δείκτης PPD προβλέπει τη μέση τιμή των θερμικά δυσαρεστημένων ανθρώπων οι οποίοι είναι πιθανό να αισθανθούν πολύ ζεστά ή πολύ κρύα μέσα σε μια μεγάλη ομάδα ανθρώπων. Η εξίσωση του PPD βασισμένη στο δείκτη PMV έχει ως εξής:

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0.0335 PMV^4 - 0.2179 PMV^2)$$

Το ποσοστό αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία εάν αναλογισθούμε τις διαφορετικές αντιδράσεις που μπορεί να έχουν κάποιοι άνθρωποι στο ίδιο ερέθισμα. Μεγαλύτερη σημασία έχει, το ποσοστό του συνόλου που δε θα αισθάνεται θερμικά άνετα, δηλαδή το ποσοστό που θα ψηφίσει -3, -2, +2, +3( INNOVA 2002, Olesen 2002), καθώς αυτοί τελικά θα παραπονεθούν απαιτώντας κάποια αλλαγή στις συνθήκες περιβάλλοντος.

Η καμπύλη είναι συμμετρική και για PMV = 0,05 PPD= 5% που αποτελεί το ελάχιστο ποσοστό δυσαρέσκειας. Αυτό δείχνει πως υπάρχει πάντα ένα ποσοστό ανθρώπων που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν με τις υπάρχουσες συνθήκες. Με τον τρόπο αυτό κατανοούμε πως δεν γίνεται να εξλειφθεί το ποσοστό των δυσαρεστημένων προσώπων όμως μπορεί με κατάλληλες ενέργειες να ελαχιστοποιηθεί.



Εικόνα 1.5.3 Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων σε σχέση με την προβλεπόμενη μέση ψήφο (ISO7730 2005)

### Πρότυπο ASHRAE 55 <sup>[7]</sup>

Το πρότυπο της αμερικάνικης ένωσης μηχανικών της θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού (ASHRAE) αναπτύχθηκε για συνθήκες θερμικών περιβαλλόντων για ανθρώπους. Ο σκοπός του συγκεκριμένου προτύπου είναι να ορίσει τους συνδυασμούς των παραγόντων του εσωτερικού θερμικού περιβάλλοντος και τους προσωπικούς παράγοντες οι οποίοι θα παράγουν συνθήκες θερμικών περιβάλλοντων αποδεκτές στην πλειοψηφία των ενοίκων σε ένα χώρο (ASHRAE Standard 2004). Η αναθεωρημένη έκδοση του προτύπου του 2004 έρχεται σε συμφωνία με το πρότυπο ISO7730 2005 και τον υπολογισμό των δεικτών PMV/ PPD και επίσης αναπτύχθηκαν προσαρμοσίμα κριτήρια για το πρότυπο. Η χρήση του αφορά την ανάλυση του θερμικού περιβάλλοντος στο σχεδιασμό κτιρίων, στην παραγγελία κτιρίων και στα υπάρχοντα κτίρια με συστήματα HVAC. Το πρότυπο ορίζει συγκεκριμένες συνθήκες ή ζώνες άνεσης στις οποίες το 80% των καθημερινών ή με χαμηλή δραστηριότητα ανθρώπων, θα βρει το περιβάλλον θερμικά άνετο (ASHRAE Fundamentals Hand Book 2001& 2005). Στο πρότυπο ASHRAE 55, η αίσθηση της θερμικής άνεσης βασίζεται σε τέσσερις περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, ταχύτητα αέρα) και δύο προσωπικούς παράγοντες (μεταβολικός ρυθμός και μόνωση ένδυσης). Αναφέρεται στη θερμική άνεση είτε με γραφική μέθοδο είτε με τη χρήση υπολογιστή.

### Περιορισμοί και όροι

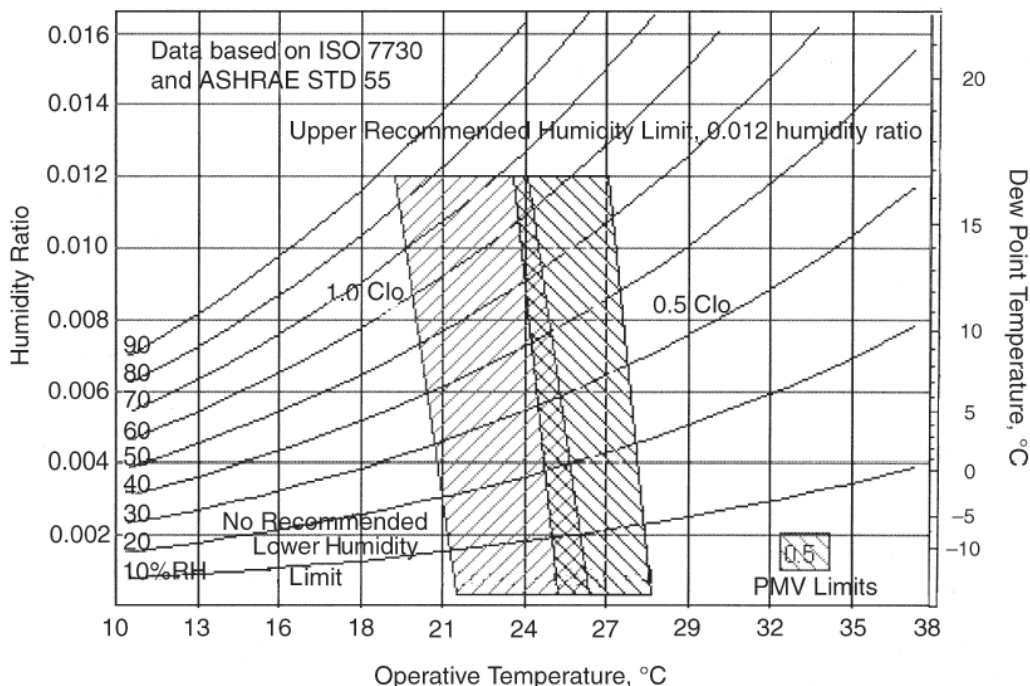
Το πρότυπο αναφέρεται στην καμπύλη  $PPD=f(PMV)$  και την υπόθεση ότι οι άνθρωποι που στην κλίμακα της θερμικής αίσθησης της ASHRAE ψηφίζουν +3, +2, -2, -3 αισθάνονται δυσφορία. Η υγρασία πρέπει να συντηρείται σε επίπεδα που αντιστοιχούν σε πίεση υδρατμών κάτω από 1,910 kPa ή θερμοκρασίας δρόσου 16.8 °C δεν ορίζει όμως ελάχιστα επίπεδα υγρασίας.

Το πρότυπο αναφέρει ότι δεν έχει εγκαθιδρυθεί σχέση ανάμεσα στην αύξηση της ταχύτητας του αέρα και την ενίσχυση της άνεσης. Επιτρέπει ωστόσο, η άνοδος της ταχύτητας του αέρα (έως 0,8 m/s) να χρησιμοποιηθεί ώστε να αυξηθεί η μέγιστη αποδεκτή θερμοκρασία (όχι πλέον των 3 °C), εάν οι αποδέκτες χρήστες μπορούν οι ίδιοι να την ελέγξουν και με βήμα όχι μεγαλύτερο του 0,15 m/s. Τα οφέλη που μπορούν αν προκύψουν εξαρτώνται από το ρουχισμό και τη δραστηριότητα. Η επίδραση της αύξησης της ταχύτητας είναι μεγαλύτερη με την ένταση της δραστηριότητας λόγω της αυξημένης εφίδρωσης και ο ελαφρύτερος ρουχισμός αυξάνει την επιφάνεια του δέρματος που εκτίθεται.

Όσον αφορά τα κριτήρια των μετρήσεων το πρότυπο αναφέρει ότι η θέση των μετρήσεων πρέπει να επιλέγεται στο κέντρο του δωματίου ή της ζώνης και σε απόσταση κατά ελάχιστο 1m από τους τοίχους και το μεγαλύτερο παράθυρο, ότι οι μετρήσεις στη λειτουργική θερμοκρασία ή ο δείκτης PPD/PMV, θα πρέπει να είναι σε ένα επίπεδο με ύψος από το πάτωμα 0,6m για καθιστική δραστηριότητα και 1,1m για όρθια, η περίοδος μέτρησης για τον καθορισμό της μέσης ταχύτητας αέρα σε οποιαδήποτε θέση είναι 3min και ότι ο ρουχισμός και η δραστηριότητα θα πρέπει να υπολογίζονται ως μέσες τιμές για μια περίοδο μισής με μίας ώρας αμέσως μετά τη μέτρηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Το πρότυπο ASHRAE 55 2004 ενσωματώνει ένα μεγάλο μέρος των προτάσεων των υποστηρικτών του προσαρμοσίμου μοντέλου. Αναφέρει ότι η θερμική απόκριση των χρηστών τέτοιων χώρων, εξαρτάται κατά μέρος από το εξωτερικό κλίμα και μπορεί να διαφέρει από τη θερμική απόκριση σε κτίρια με κεντρικό σύστημα κλιματισμού. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει το κτήριο να έχει ανοιγόμενα παράθυρα, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μηχανικός αερισμός (με ανεμιστήρες) και ο χώρος να μπορεί να εφοδιαστεί με σύστημα θέρμανσης. Προδιαγράφει την εφαρμογή της μεθόδου για χώρους όπου οι χρήστες ασκούν καθιστική δραστηριότητα με μεταβολικό ρυθμό περί το 1met και ελεύθερη επιλογή ρουχισμού. Η επιτρεπόμενη λειτουργική θερμοκρασία καθορίζεται από το παρακάτω

διάγραμμα το οποίο βασίζεται στο μοντέλο προσαρμοσίμης άνεσης που παράχθηκε από μια παγκόσμια βάση δεδομένων 21000 μετρήσεων κυρίως σε κτήρια γραφείων. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας που συμβαίνουν δεν βρίσκονται υπό τον έλεγχο των χρηστών.



Εικόνα 1.5.4 Αποδεκτά πεδία τιμών λειτουργικής θερμοκρασίας, υγρασίας, θερμοκρασίας δρόσου και λόγου υγρασίας για χειμώνα και καλοκαίρι (ISO 7730 2005)

### Ευρωπαϊκό πρότυπο ISO7730 <sup>[8]</sup>

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο ISO 7730 εγκυβουθηκε για να εκτιμησει τη θερμική άνεση σε εσωτερικά περιβάλλοντα. Αποτελεί ένα διεθνές πρότυπο που παρέχει μεθόδους πρόβλεψης της γενικής θερμικής άνεσης και του βαθμού δυσφορίας ή θερμικής δυσφορίας ανθρώπων σε ήπια θερμικά περιβάλλοντα. Χρησιμοποιώντας τον υπολογισμό του PMV, PPD και της τοπικής θερμικής άνεσης επιτρέπει τον καθορισμό της θερμικής άνεσης για τους ενοίκους στο σχεδιασμό των καινούριων κτηρίων ή στα ήδη υπάρχοντα. Η πιο πρόσφατη έκδοση του προτύπου είναι αρκετά κοντά με το ASHRAE 55 2004 στον καθορισμό αποδεκτών τιμών PMV και PPD για τα κριτήρια θερμικής άνεσης. Επίσης παρέχει μεθόδους για την εκτίμηση της τοπικής δυσφορίας που προκαλείται από τα ρεύματα αέρα, την ασύμμετρη ακτινοβολία και τις θερμοκρασιακές μεταβολές (Parsons 2001). Τα κριτήρια για θερμικά αποδεκτή θερμική άνεση στο πρότυπο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, όπου το αποδεκτό εύρος του θερμικού περιβάλλοντος σε ένα χώρο χωρίζεται στις κατηγορίες A, B, C οι οποίες επιβεβαιώνουν ένα μέγιστο ποσοστό δυσαρεστημένων συνολικά (PPD) και ποσοστό δυσαρεστημένων για τοπική δυσφορία (PD).

Επειδή το επίπεδο της θερμικής άνεσης μπορεί να επηρεαστεί από ό,τι είναι τεχνικά εφικτό, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μόλυνση του περιβάλλοντος και -την απόδοση, το πρότυπο όρισε διαφορετικά επίπεδα αποδοχής θερμικής άνεσης (Olesen 2004). Αυτό εξαρτάται από την κάθε χώρα ή από μια σύμβαση μεταξύ των χρηστών και του σχεδιαστή για να αποφασιστεί ποιο επίπεδο θα χρησιμοποιηθεί (Olesen 2004).

## 2.1 Η ΑΣΤΙΚΗ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ ΤΟΥ ΜΕΣΟΠΟΛΕΜΟΥ <sup>[9]</sup>

Η εποχή του μεσοπολέμου έχει να επιδείξει ορισμένα από τα σημαντικότερα αρχιτεκτονικά παραδείγματα αστικής πολυκατοικίας, καθώς για πρώτη φορά ορίζεται ο θεσμός οριζόντιας ιδιοκτησίας ο οποίος απελευθερώνει το σχεδιασμό τόσο σε κάλυψη όσο και σε ύψος, δόμηση και σε επεξεργασία των μορφολογικών στοιχείων του κτηρίου. Σύμφωνα με τη νομική έννοια του όρου, η ιδιοκτησία κατ' ορόφους ή οριζόντια ιδιοκτησία υποδηλώνει την κατοχή μιας οικοδομής από διάφορα φυσικά πρόσωπα καθένα από τα οποία έχει στην απόλυτη κυριότητά του έναν μόνο όροφο του κτηρίου ή ένα διαμέρισμα του ορόφου. Ο νέος αυτός νόμος έρχεται σε αντίθεση με τον προϋπάρχοντα που αναγνώριζε το καθεστώς αποκλειστικής κυριότητας του ιδιοκτήτη τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη έννοια του κτηρίου. Όσον αφορά το συντελεστή κάλυψης δεν υπάρχει καθορισμένος συντελεστής με αποτέλεσμα το ποσοστό κάλυψης των πολυώροφων κτηρίων να αγγίζει το 80-90% (υψηλότερο διαχρονικά), ενώ οι μόνοι περιορισμοί είναι αυτοί της ελεύθερης θέας και του αερισμού/φωτισμού των χώρων. Ιδιαίτερη μέριμνα νομοθετικά δόθηκε και για τον υπαίθριο χώρο των οικοπέδων με στόχο την ομαλή ένταξη του νέου αυτού κτηριακού είδους στον υπάρχοντα αστικό ιστό. Ακόμη, σύμφωνα με τη νέα νομοθεσία καθορίζονται δύο ύψη του κτηρίου, αυτό που έχει το κτήριο στο μέτωπο προς το δρόμο και το συνολικό. Μορφολογικά διατυπώνονται διατάξεις που δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής κλειστών και ανοιχτών προεξοχών στις όψεις. Οι κλειστοί εξώστες ονομάζονται έρκερ μπορούν να προεξέχουν έως 1.40m σε δρόμους με πλάτος >15m. Οι ανοιχτοί εξώστες μπορούν να προεξέχουν μέχρι 1.10m καταλαμβάνοντας έως τα 3/4 της όψης.

Επομένως, κατασκευάζονται συμπαγή κτήρια με μορφολογικά στοιχεία τα έρκερ και το ρετιρέ. Παρ' όλη την αναπόφευκτη ομοιομορφία που επικρατούσε λόγω της επανάληψης των έρκερ και των εξωστών, οι αρχιτέκτονες είχαν ιδιαίτερη ευρηματικότητα στο σχεδιασμό των όψεων με αποτέλεσμα στο σύνολο η εικόνα της πόλης να παρουσιάζει μορφολογική ποικιλία.

### Υλικά και τεχνικές κατασκευής <sup>[10]</sup>

Καθοριστικό ρόλο για την ανάπτυξη των πολυώροφων κτηρίων στην Ελλάδα και ειδικότερα στην Αθήνα έπαιξαν οι δυνατότητες που προσέφερε η κατασκευαστική τεχνολογία και η εγχώρια οικοδομική βιομηχανία κατά το μεσοπόλεμο. Μέχρι την περίοδο του μεσοπολέμου η κατασκευή των κτηρίων αυτών γινόταν με ένα μικτό σύστημα που είχε ως φέροντα στοιχεία κατά την κατακόρυφη έννοια τη λιθοδομή και κατά την οριζόντια τη σιδηροδοκό. Μάλιστα οι σιδηροδοκοί ήταν εισαγόμενες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το συνολικό κόστος ανέγερσης των τότε κτηρίων. Επομένως, το οπλισμένο σκυρόδεμα βελτιώνει τη στατική λειτουργία των κτηρίων, δίνει μεγαλύτερη ευελιξία στη διάταξη των χώρων, μειώνει τον όγκο των φερόντων στοιχείων και κάνει την κατασκευή πιο οικονομική. Ακόμη συμβάλλει στην ταχύτερη ανέγερση της οικοδομής συγκριτικά με το σύστημα της λιθοδομής που απαιτούσε περισσότερο χρόνο από ότι τα υποστυλώματα και οι τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή. Τέλος, δίνει τη δυνατότητα για πλήρη στατικό υπολογισμό της κτηριακής αντοχής, κάτι που δεν το επέτρεπε απόλυτα το παλαιότερο κατασκευαστικό σύστημα.

Στη δεκαετία του 1920 ξεκινά η ανάπτυξη της τσιμεντοβιομηχανίας στην Ελλάδα. Οι δύο βασικές βιομηχανικές μονάδες, ο 'Τιτάνας' και ο 'Ηρακλής' μετά τον Α Παγκόσμιο Πόλεμο εκσυγχρονίζονται και επεκτείνουν την παραγωγή τους. Ακόμη έχουμε την ίδρυση νέων μονάδων παραγωγής, 'Όλυμπος' στο Βόλο, 'Τσιμέντα Χαλκίδος Πόρτλαντ Τεχνητά'. Αυτό συνέβη λόγω των επιτακτικών στεγαστικών αναγκών που δημιουργήθηκαν με τη Μικρασιατική Καταστροφή, λόγω της ευρύτερης χρήσης του οπλισμένου σκυροδέματος και κατανόησης των δυνατοτήτων του και τέλος επειδή η βασική πρώτη ύλη ήταν εγχώρια. Στη δεκαετία του '30 τα Ελληνικά τσιμέντα όχι μόνο κάλυπταν τις εγχώριες ανάγκες αλλά κατά ένα μικρό ποσοστό εξάγονται και στο εξωτερικό. Η εισαγωγή πλέον περιορίζεται μόνο στο λευκό Γαλλικό τσιμέντο που χρησιμοποιείται στην πλακοποιία, σε εξωτερικές επιχρίσεις (artificiel), σε μωσαϊκές στρώσεις πολυτελείας κ.λπ. Το παραγόμενο Ελληνικό τσιμέντο είναι κυρίως Portland, το οποίο έχει περάσει όλους τους απαραίτητους ελέγχους πιστοποίησης, ορισμένοι από τους οποίους πραγματοποιούνται στο ΕΜΠ, πληρώντας έτσι όλες τις προδιαγραφές του κανονισμού.

Όσον αφορά το σίδηρο, η εισαγωγή του γινόταν σε μεγάλο βαθμό σε όλη τη διάρκεια του μεσοπολέμου κυρίως από Βέλγιο και Γερμανία. Ο σίδηρος οπλισμού είναι σε μορφή ράβδων κυκλικής διατομής, διαμέτρου 5-30mm. Συνηθέστερα χρησιμοποιείται ο ρευστοποιημένος σίδηρος ή ο χάλυβας κανονικής αντοχής (St 37), με επιτρεπόμενη τάση σε = 1200 kg/cm<sup>2</sup>. Σε πολλές περιπτώσεις, ως σίδηρος οπλισμού, χρησιμοποιούνται και πρότυπες διατομές, συνήθως I, στον οπλισμό των δοκών, ενισχυμένων ζωνών ή δοκών σε πλάκες Zollner. Η παραγωγή σιδήρου στην Ελλάδα αρχίζει μεταπολεμικά από τη ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ, η οποία παρόλο που είχε ιδρυθεί ήδη από το 1925 είχε περιορισμένη παραγωγή στα πρώτα χρόνια λειτουργίας.

Τα αδρανή υλικά, η άμμος και τα σκύρα, εξορύσσονται από λατομεία ή φυσικούς υποδοχείς (παραλίες, ποταμούς) της χώρας. Ομοίως, εγχώρια ήταν και η παραγωγή των πλίνθων, του ασβέστη και του μαρμάρου. Οι οπτόπλινθοι παράγονται σε μικρά εργοστάσια πλινθοκεραμουργίας σε ολόκληρη την Ελλάδα, τα οποία αρχικά έχουν κλίμακα βιοτεχνίας αλλά μετά το 1929 εκσυγχρονίζονται και αυξάνουν την παραγωγή τους. Τα τούβλα που κατασκευάζονται είναι πλήρη, διάτρητα με παράλληλες και εγκάρσιες οπές για την τοιχοποιία, με κενά για τις πλάκες Zollner ή πυρίμαχα για ειδικές χρήσεις (τα οποία εισάγονται). Πιο συγκεκριμένα:

- Στην περίπτωση των πλήρων τούβλων, το μήκος ήταν 1cm μεγαλύτερο από το διπλάσιο του πλάτους τους, το δε πάχος ήταν 3,5cm. Επομένως, οι διαστάσεις ενός τυπικού πλήρους οπτόπλινθου ήταν περίπου 3,5\*10,5\*22 cm.

- Στην περίπτωση των διάτρητων πλίνθων το πάχος ήταν 6cm ενώ το μήκος κατά 0,5cm επιπλέον του διπλασίου του πλάτους τους για τα τούβλα που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή τοίχων. Το μήκος τους κυμαινόταν από 20-22cm και είχαν 6 οπές

σε 2 κατακόρυφες σειρές με εγκοπές κατά μήκος τους για την καλύτερη πρόσφυση του κονιάματος. Έτσι έχουμε διαστάσεις 67\*100\*205mm.

- Σπανιότερα χρησιμοποιούνταν οπτόπλινθοι της πρέσας με 8 οπές σε 2 σειρές κατά τη διεύθυνση μήκους που έφταναν σε βάθος τα 3-4 cm, δηλαδή δεν ήταν διαμπερείς. Οι διαστάσεις τους ήταν 60\*110\*225mm, 70\*110\*225mm.

- Στην κατασκευή των πλακών Zollner, τα διάκενα των οποίων γεμίζονται με οπτόπλινθους οι διαστάσεις τους ήταν 67\*100\*205mm, και 58\*85\*200mm.

Η πλινθοδομή από ασβεστοαμμόλιθους είναι επίσης αρκετά διαδεδομένη στο μεσοπόλεμο. Οι ασβεστοαμμόλιθοι είναι μίγμα άσβεστου και άμμου που μετά από ειδικές φυσικές και χημικές διεργασίες μετατρέπεται σε νέο προϊόν με εξαιρετική αντοχή. Στην Ελλάδα ήταν γνωστοί ως 'Τούβλα Άτλαντος', από το όνομα της εταιρίας που τα παρήγαγε. Αυτά περιείχαν θηραϊκή γη, η οποία τους προσέδιδε μεγαλύτερη αντοχή σε σχέση με τα ευρωπαϊκά ενώ ταυτόχρονα ήταν ελαφρότερα, λόγω του μικρότερου ειδικού βάρους. Αντίθετα, η οικοδομική ξυλεία ήταν εισαγόμενη, όπως και τα κεραμικά είδη.

Η άσβεστος διατίθεται στο εμπόριο είτε σε μορφή σκόνης είτε ως πολτός και διακρίνεται σε άσβεστο τοιχοποιίας, επιχρισμάτων, σε απλή και υδραυλική. Η προμήθεια ασβέστου γίνεται από καμίνια που βρίσκονται γύρω από την Αθήνα. Τα εργαστήρια ελέγχου του ΕΜΠ συνιστούν να έχει περάσει αρκετός χρόνος μετά από τη σβέση της ασβέστου και αυτή να έχει μορφή πολτού και να διατηρείται σε νερό. Στην οικοδομή χρησιμοποιείται συνήθως η άσβεστος σε σκόνη, η οποία σβήνεται επί τόπου, σε λάκκους που ανοίγονται εξαρχής στο εργοτάξιο και παραμένουν κλειστοί μέχρι να ωριμάσει το υλικό και να χρησιμοποιηθεί.

Η άμμος είναι φυσική, κυρίως ποταμίσια ή νταμαρίσια, από 'νταμάρια' που υπάρχουν γύρω από την Αθήνα. Η νταμαρίσια συνιστάται και από τα εργαστήρια ελέγχου οικοδομικών υλικών του ΕΜΠ γιατί είναι απαλλαγμένη από προσμίξεις, έχει σωστή κοκκομετρική σύνθεση και σωστή αναλογία κενών σε σχέση με το συνολικό όγκο της.

Η μαρμαρόσκονη λαμβάνεται με τη λειοτρίβηση λευκού μαρμάρου, από υπολείμματα στο στάδιο της μορφοποίησης του όγκου. Η προμήθεια γίνεται από μάντρες οικοδομικών υλικών σε μικρές ποσότητες. Εδώ αναφέρεται και το ρυζάκι το οποίο προέρχεται επίσης από μάρμαρο μέσω της διαδικασίας θραύσεως και χρησιμοποιείται σε ειδικά κονιάματα πχ. artificiel.

## 1. Τοιχοποιίες

Η τοιχοποιία κατά το μεσοπόλεμο, διαφέρει από της προηγούμενης περιόδου λόγω της διαφορετικής συγκρότησης του φέροντος οργανισμού. Πιο συγκεκριμένα, η στατική της λειτουργία μεταβάλλεται από φέρουσα σε φερόμενη, με αποτέλεσμα να αλλάξει άρδην η λογική αρχιτεκτονική διαμόρφωση της όψης. Τα ανοίγματα πλέον μπορούν να είναι μεγαλύτερα και συνεχή, τα πρέκια αποτελούν απλό γεφύρωμα των ανοιγμάτων και πραγματοποιείται μια απλουστευση των επιμέρους λεπτομερειών. Το πάχος των περιμετρικών τοίχων, δηλαδή του κελύφους, ορίζεται με κριτήριο τη μόνωση του κτηρίου αλλά και τα νεκρά φορτία που προσθέτει στην κατασκευή και σταδιακά μειώνεται. Η τοιχοποιία ακόμη συμβάλλει και στην αντισεισμική συμπεριφορά των κτηρίων λόγω της μεγάλης ακαμψίας της.

Παρακάτω αναλύονται τα βασικά είδη τοιχοποιίας που συναντώνται στα κτήρια μελέτης μας.

### Τοιχοποιία από φυσικούς λίθους:

Τα συνηθέστερα είδη τοιχοποιίας από φυσικούς λίθους είναι η λαξευτή, η ημιλαξευτή, η αργολιθοδομή, η ξηρολιθοδομή και η έμπλεκτος λιθοδομή (μωσαϊκό). Στα παραδείγματα κτηρίων που μελετήθηκαν απαντάται η ημιλαξευτή λιθοδομή ως βάση του κτηρίου της οδού Θεμιστοκλέους.

Εάν το δάπεδο του ισογείου βρίσκεται σε ύψος πάνω από 1m, τότε η βάση του κτηρίου αποτελείται από τη ζώνη του ορόφου, του βάρου και της μεταξύ τους πρόσφυσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διάκριση του κατώτερου τμήματος της οικοδομής και η αίσθηση της ασφαλούς έδρασης του κτηρίου. Ταυτόχρονα η οικοδομή προστατεύεται από τα νερά της βροχής.

Η ημιλάξευτη λιθοδομή είναι συνηθέστερη της λαξευτής και αποτελεί συνδυασμό της αργολιθοδομής με επένδυση. Εδώ οι λίθοι πρέπει να είναι σχεδόν παραλληλεπίπεδοι και να λαξεύονται πλήρως στις όψεις οι οποίες φαίνονται και σε βάθος τουλάχιστον 15cm στις παράπλευρες έδρες, οι οποίες πρέπει να γωνιάζονται (με την πλευρά του 'προσώπου') ώστε να επιτυγχάνεται η κατά πάχος εφαρμογή τους. Πίσω από την ημιλάξευτη λιθοδομή δομείται το υπόλοιπο πάχος του τοίχου με αργούς λίθους. Προσοχή χρειάζεται ώστε ο κατακόρυφος αρμός να μην είναι συνεχής αλλά να διακόπτεται από διάστημα σε διάστημα από μπατικούς λίθους, που εισέρχονται στην κοινή λιθοδομή. Στην περίπτωση του κτηρίου μας, ολόκληρη η βάση επιχρίεται με artificiel.

### Οπτοπλινθοδομή

Η οπτοπλινθοδομή μπορεί να έχει στατική λειτουργία σε συνθήκη ύψη ορόφων μόνο αν είναι μπατική και άνω. Η δρομική χρησιμοποιείται μόνο ως διαχωριστικό τοίχωμα που δε λαμβάνει φορτία και σε μικρότερα ύψη. Διακρίνονται σαν περιπτώσεις η δρομική, η μπατική και η υπερμπατική.

### Δόμηση:

Τα τούβλα πριν τοποθετηθούν πρέπει να βρέχονται απαραίτητα στο δοχείο νερού ώστε να μην απορροφούν το νερό του κονιάματος και προκαλούν διαταραχή στην πήξη και στη σκλήρυνσή του. Ο τοίχος του θεμελίου ή το δάπεδο καθορίζεται και διαβρέχεται πριν από την τοποθέτηση του κονιάματος και των πλίνθων. Πάνω σε αυτό στρώνεται με το μιστρί στρώμα από κονίαμα και ακολουθεί η τοποθέτηση των πλίνθων σε επαφή. Οι πλίνθοι συμπιέζονται μεταξύ τους μέσω χτυπημάτων με την ξύλινη πλευρά του μυστριού από τον τεχνίτη ώστε να 'καθίσουν' καλά και να διατηρήσουν το κονιάμα για τη συγκόλληση των επόμενων στρώσεων. Προσοχή χρειάζεται ώστε να μη δημιουργείται κατακόρυφος αρμός καθώς επίσης αυτός να μην ξεπερνά το 1cm.

## Οπτοπλινθοδομή με διάκενα (ψαθωτή)

Αντί του συμπαγούς τοίχου της οπτοπλινθοδομής μπορεί να υπάρξει και τοίχος με διάκενα, ο οποίος δημιουργείται με το κτίσιμο δύο παράλληλων τοίχων οι οποίοι μεταξύ τους έχουν κενό, ενώ σε ορισμένα σημεία το κενό αυτό πληρούται για ενίσχυση. Οι ενισχύσεις αυτές γίνονται στις παραστάδες των κουφωμάτων και όπου υπάρχουν συγκεντρωμένα φορτία (π.χ. δοκοί, ζευκτά στέγης κλπ). Αν ο τοίχος δεν διακόπτεται από κάποιο άνοιγμα τότε οι ενισχύσεις πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 1-1,5m max. Χτίζονται κατά μήκος της τοιχοποιίας και έχουν πάχος ~10cm.

## 2. Εξωτερικά επιχρίσματα

Τα εξωτερικά επιχρίσματα χωρίζονται σε αυτά των προσόψεων και εκείνα της επικάλυψης τοίχων δευτερεύουσας σημασίας (μαντρότοιχων, φωταγωγών, τοίχων αυλών κλπ). Τα επιχρίσματα της δεύτερης κατηγορίας γίνονται συνήθως πεταχτά ως εξής: Παρασκευάζεται κονίαμα ασβέστου και άμμου αναλογίας 1 άσβεστος: 2 ή 2,5 άμμος, σχετικά υδαρές, το οποίο ρίχνεται με το μυστρί στον τοίχο σε ποσότητα τέτοια ώστε η τελική επιφάνεια να έχει πάχος 1-2 cm. Η στρώση αυτή έχει ανώμαλη επιφάνεια και δεν υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία.

Η γενική λογική διαμόρφωσης της όψης των κτηρίων είναι η ίδια ανεξάρτητα από το κατασκευαστικό σύστημα του κάθε έργου. Επομένως, η επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας γίνεται σε 3 στρώσεις επιχρίσματος. Η πρώτη ονομάζεται λάσπωμα, το οποίο αποτελεί ένα στρώμα με ασβεστοκονίαμα και χονδρόκοκκη άμμο σε αναλογία 1 άσβεστος: 3 άμμος. Μετά τη σκλήρυνση της στρώσης αυτής ακολουθούν οι δύο επόμενες, η πρώτη εκ των οποίων περιέχει μετρίοκοκκη άμμο και η τελευταία λεπτόκοκκη άμμο. Η επιστρώση των στρωμάτων αυτών δεν πρέπει να αρχίσει εάν δεν έχει αποξηρανθεί πλήρως το λάσπωμα. Το μεσαίο στρώμα ονομάζεται ασάρωμα ή δευτέρωμα ή μέτριο με αναλογία 1 άσβεστος: 3 άμμος. Το τελευταίο, εξωτερικό στρώμα καλείται τριβιδιστό ή φιλό με αναλογία 1 άσβεστος: 2 ή 2.5 άμμος. Η άμμος των δύο τελευταίων στρώσεων είναι θαλάσσια, ποταμίσια ή ορυκτή, πρέπει να είναι λεπτόκοκκη και να έχει απαλλαχθεί από άλατα, προσμίξεις ή αργιλική σκόνη.

Ειδικά για τους τοίχους από οπτοπλινθοδομή η επίχριση γίνεται με βάση αυτό το πρότυπο με τη μόνη διαφορά ότι πριν από το λάσπωμα δημιουργείται το πισιλιστό στρώμα.

Στις προσόψεις των πολυώρων κτηρίων χρησιμοποιούνται συνήθως ασβεστοκονιάματα ή τσιμεντοκονιάματα. Ανάλογα με την πολυτέλεια της οικοδομής διακρίνονται διαφορετικοί τρόποι επίχρισης.

### 1. Πεταχτό επίχρισμα

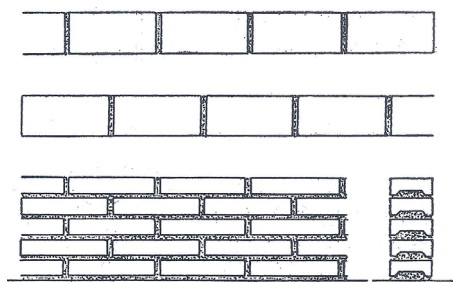
Πρόκειται για την τεχνική που αναλύθηκε παραπάνω και βρίσκει εφαρμογή σε μικρές αγροτικές κατοικίες και σε δευτερεύουσας σημασίας χώρους σε ένα στρώμα (σπάνια 2).

### 2. Τριφτό επίχρισμα

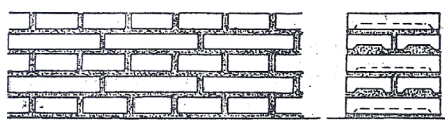
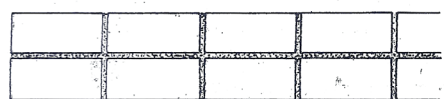
Χρησιμοποιείται κυρίως στις οικοδομές λόγω της καλής εμφάνισής του, της οικονομίας και των φυσικών ιδιοτήτων του.

### 3. Πεταχτό Πρόσοψης

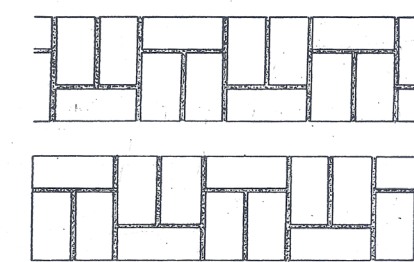
Διαφέρει κατά πολύ από το κοινό πεταχτό και γίνεται όχι απευθείας στον τοίχο αλλά πάνω στο λάσπωμα. Το πεταχτό γίνεται σχεδόν πάντοτε από τσιμεντοκονίαμα αναλογίας 1 τσιμέντο: 3 άμμος (χονδρόκοκκη).



(α)



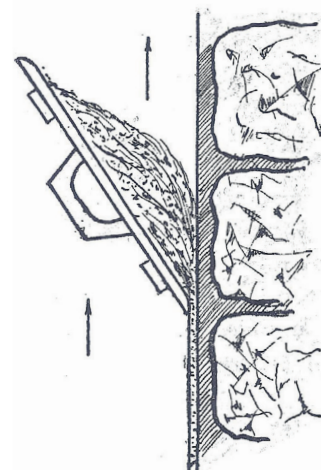
(β)



(γ)



(δ)



(ε)

- 2.1 α. Δρομικός τοίχος - κάτοψη στρώσεων και όψεις
- β. Μπατικός τοίχος - κάτοψη στρώσεων και όψεις
- γ. Υπερματικός τοίχος - κάτοψη στρώσεων και όψεις
- δ. Τοίχος με διάκενα - κάτοψη
- ε. Τρόπος τοποθέτησης επιχρίσματος στην τοιχοποιία

#### 4. Τσιμεντομαρμαροκονίαμα ή Artificiel

Οι όψεις των περισσότερων οικοδομών, ιδιαίτερα των πολυτελέστερων, επιχρίονται με έγχρωμο τσιμεντομαρμαροκονίαμα (κίτρινο, άσπρο κ.λπ μάρμαρο). Η επίχριση μετά τη σκλήρυνσή της λαξεύεται και παίρνει την όψη λαξευτού λίθου. Η διαδικασία επίστρωσης του artificiel έχει ως εξής:

Αρχικά καθαρίζεται η επιφάνεια του τοίχου έτσι ώστε να απομακρυνθούν ξένες ουσίες, σκόνη κλπ. Ξεκινά η στρώση του πιτσιλιστού επιχρίσματος με υδαρές τσιμεντοκονίαμα αναλογίας 1:2 ή 1:3 και ακολουθεί το λάσπωμα. Μετά το λάσπωμα και προτού αυτό ξηρανθεί, ξύνεται από τον τεχνίτη με ειδικό οδοντωτό εργαλείο δημιουργώντας οριζόντιες γραμμές, με σκοπό τη δημιουργία ανώμαλης επιφάνειας για την καλύτερη πρόσφυση του επόμενου στρώματος. Στη συνέχεια, σχηματίζονται οδηγόι και επιστρώνεται το τσιμεντομαρμαροκονίαμα με αναλογία 1:3 ή 1:2. Η μαρμαρόσκηνη είναι αναμεμιγμένου κόκκου (No1 ή No3) και το πάχος στρώσης ανάλογο προς το βάθος της λάξευσης αλλά όχι λιγότερο από 1cm. Συνήθως έχει κιτρινωπό χρώμα και σπανιότερα λευκό. Στην περίπτωση των πολύ ανοιχτών χρωμάτων χρησιμοποιείται λευκό τσιμέντο και η λάξευση είναι δυσκολότερη. Μεγάλη σημασία έχει την επόμενη μέρα από την ολοκλήρωση του λασπώματος να καταβραχεί δύο φορές η στρώση το πρωί και το βράδυ. Η διαδικασία αυτή γίνεται για περίπου μια βδομάδα μέχρι την επίστρωση του επόμενου στρώματος. Η ίδια διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί και μετά την επίθεση της τελικής στρώσης. Το τελικό στάδιο αποτελεί η λάξευση, που διακρίνεται σε λεππή, μέτρια (σαγρέ) και χονδρολάξευση (αχηβάδα). Η πρώτη γίνεται με εργαλείο το ντελεσιδικό και συνήθως με οριζόντια διεύθυνση. Για να είναι ομοιόμορφη η επιφάνεια πρέπει να λαξευθεί με το ίδιο εργαλείο ή με ακριβώς όμοιο. Η μέτρια λάξευση γίνεται με ειδική κτένα και με μη συγκεκριμένη κατεύθυνση ώστε να δημιουργείται μια ομοιόμορφη ανωμαλία. Τέλος, η χονδρολάξευση γίνεται με ειδικό εργαλείο με καμπυλωτό, οδοντωτό άκρο.

#### 3. Μονώσεις

Παρόλο που η ανάγκη για σωστή μόνωση των κατασκευών από το κρύο, τη ζέστη και την υγρασία είναι πρωτεύον ζήτημα στην αρχιτεκτονική, κατά το μεσοπόλεμο δεν είχε δοθεί η ανάλογη προσοχή στο συγκεκριμένο ζήτημα τόσο λόγω έλλειψης ποικιλίας μονωτικών υλικών και υψηλής τιμής ορισμένων από τα υπάρχοντα γεγονός που έκανε αντικοινωνική την κατασκευή της όσο και λόγω άγνοιας του κοινού της μεγάλης σημασίας της στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου. Τα βασικά υλικά θερμομόνωσης και υγρασιμόνωσης είναι ο πεπαισμένος φελλός, το τσιμεντοκονίαμα, η άσφαλτος και υλικά επικάλυψης όπως οι μαλτεζόπλακες. Ο φελλός αποτελεί θερμο-ηχομονωτικό υλικό που χρησιμοποιούνταν σε πεπαισμένες πλάκες, ιδανικός για τα δάπεδα. Η χρήση του όμως ήταν αρκετά περιορισμένη λόγω του υψηλού κόστους του και της αμφισβήτησης της συμπεριφοράς του στο χρόνο. Το τσιμεντοκονίαμα λόγω των υδραυλικών του ιδιοτήτων χρησιμοποιήθηκε ευρέως ως μονωτικό υλικό στην οικοδομική. Ως υγρασιμόνωση έχει πλεονέκτημα σε σχέση με άλλα υλικά στο γεγονός ότι η υγρασία δεν μειώνει την αντοχή του, επομένως για λόγους υγροπροστασίας χρησιμοποιήθηκε σε κονιάματα, συνδετικά επιχρισμάτων, τελειωμάτων ή ακόμη σε μορφή σκυροκονιάματος με ή χωρίς σπλισμό στην κατασκευή χυτών τοίχων. Ειδική κατηγορία αποτελούν τα στεγανά επιχρίσματα, τα οποία είναι θηραϊκοκονιάματα. Στα υπόγεια, ιδιαίτερα σε αυτά που είναι κατοικήσιμα, επιβάλλεται να χρησιμοποιείται θηραϊκοκονίαμα τόσο στη δόμηση της λιθοδομής όσο και στο στρώμα λασπώματος. Τα στεγανά επιχρίσματα προκύπτουν με προσθήκη αλεσμένης θηραϊκής γης ή και με πρόσμικτα σε σκόνη. Η περαιτέρω κατασκευή υγρασιμόνωσης διαμορφώνεται ανάλογα από το βαθμό της υγρασίας από απλή επίστρωση τσιμεντομαρμαροκονιάματος μέχρι διάνοιξη απομονωτικών τάφρων. Το τσιμεντοκονίαμα με βάση τη θηραϊκή γη χρησιμοποιείται και ως θερμομονωτικό σε συνδυασμό με κίσηρη ή σκωρίες στο δώμα, για το σχεδιασμό των ρύσεων και τη θερμική προστασία. Η άσφαλτος είτε με τη μορφή πλακών είτε ως ασφαλτόπανο χρησιμοποιείται στις μονώσεις τοίχων και ταρατσών για τη δημιουργία απομονωτικών στρώσεων διείσδυσης της υγρασίας. Τέλος, οι μαλτεζόπλακες χρησιμοποιήθηκαν ευρέως ως υλικό επικάλυψης επιφανειών που εκτίθενται ιδιαίτερα στην υγρασία. Προέρχονται από τη Μάλτα, αλλά και από την Ελλάδα κυρίως από τη Σητεία και την Κέρκυρα. Είναι ελαφροί, μαλακοί λίθοι και διαμορφώνονται εύκολα με απλά εργαλεία χειρός. Ακόμη, έχουν την ιδιότητα όταν εκτίθεται στο περιβάλλον οι πόροι τους να υφίστανται μέχρι κάποιο βάθος στόμωση. Προτιμώνται γιατί με την επίδραση της υγρασίας διογκώνονται και γίνονται μη υδατοπερατές.

**Μόνωση δωμαίων:** Η εμπειρική κατασκευή που εφαρμόζεται την περίοδο του μεσοπολέμου είναι η εξής: Η πλάκα του σπλισμένου σκυροδέματος επαλείφεται με άσφαλο για την απομόνωσή της. Ακολουθεί η τοποθέτηση ρωμαϊκών κεραμιδιών ή διάτρητων τούβλων χωρίς λάσπη ώστε να δημιουργηθούν κυψελίδες εγκλωβισμένου αέρα. Η διαμόρφωση των ρύσεων γίνεται με μπάτσα της οικοδομής τα οποία συμπυκνώνονται με τσιμέντο, κοπάνισμα και ελαφρό βρέξιμο. Σε καλύτερες περιπτώσεις η στρώση αυτή γεμίζεται με κίσηρη, σκωρίες και θηραϊκή γη που προσφέρουν καλύτερη στεγανότητα. Στη συνέχεια τοποθετείται η τσιμεντοκονία και τέλος οι μαλτεζόπλακες.

**Μόνωση της τοιχοποιίας:** Η μείωση του πάχους του τοίχου σε 20cm και η αύξηση των διαστάσεων των ανοιγμάτων καθιστά σημαντική την ανάγκη της θερμομόνωσης. Δυστυχώς όμως μονωτικά υλικά όπως ο φελλός δεν βρήκαν εφαρμογή στην προστασία των τοιχοποιιών και η μόνη μέριμνα που λαμβάνεται είναι η χρήση υδραυλικού κονιάματος στα εξωτερικά επιχρίσματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για θερμομόνωση και υγροπροστασία οι εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάζονται διπλοί με εσωτερικό κενό και γίνονται είτε και οι δύο από τούβλο, είτε ο εξωτερικός από σκυρόδεμα και ο εσωτερικός από τούβλο.

**Στεγάνωση υπογείων:** Η υγρασιμόνωση των υπογείων εξασφαλίζεται με κατασκευή της λιθοδομής με συνδετικό υλικό και επίχρισμα υδραυλικά. Αν υπάρχει μεγάλη υγρασία εκτός από τα παραπάνω μπορεί να γίνει και δεύτερος τοίχος σε απόσταση από τον

εξωτερικό για επιπλέον προστασία. Ακόμη, δημιουργούνται υδατοσταγείς στρώσεις οριζόντιες ή κάθετες με ασφαλτόπανα όπου αυτό είναι απαραίτητο. Εξωτερικά προς το δρόμο, για την προστασία των τοίχων από τα όμβρια ύδατα, αυτοί επενδύονται με μάρμαρο ή επιχρίονται με ισχυρή τσιμεντοκονία και τελική στρώση από artificial.

#### **4. Δάπεδα**

Η κατασκευή των δαπέδων γίνεται σε 3 στάδια, τα οποία διαφέρουν χρονικά μεταξύ τους. Το πρώτο υπόστρωμα γίνεται μετά το επίχρισμα και τις εγκαταστάσεις και εξασφαλίζει τη στάθμη έδρασης. Ακολουθεί η επίστρωση που γίνεται μεταγενέστερα ανάλογα με την επιλογή υλικού και το τελευταίο βήμα είναι η λείανση και η στίλβωση. Παρακάτω παρατίθενται τα βασικότερα είδη δαπέδων που συναντούμε στα εξεταζόμενα κτήρια και αποτελούν χαρακτηριστικές περιπτώσεις της οικοδομικής του μεσοπολέμου.

##### **Λείες Μαρμαρίνες Πλάκες**

Το πάχος των πλακών είναι συνήθως 3cm και είναι λείες και ορθογωνισμένες. Συναντώνται σε πολυτελείς κατασκευές σε εισόδους, σε πλατύσκαλα κλιμακοστασίων.

##### **-Τσιμεντοκονία**

Τα δάπεδα με επίστρωση από τσιμεντοκονία γίνονται σε υπόστρωμα από τσιμεντοσκυροκονίαμα (συνήθως θηραϊκόσκυροκονίαμα) και η αναλογία της επικάλυψης είναι 1:2 τσιμέντο: άμμος. Η άμμος πρέπει να είναι πάντα μετριόκοκκη και προκύπτει από το κοσκίνισμα χονδρόκοκκης σπυρωτής άμμου. Ακόμη επειδή η τσιμεντοκονία πρέπει να αντέχει στην τριβή και τη φθορά λόγω χρήσης, η άμμος πρέπει να είναι πυριτική και όχι ασβεστολιθική. Συνήθως χρησιμοποιείται η χαλαζιακή άμμος. Το πάχος της επάλειψης γίνεται 1-3cm ανάλογα με τη χρήση του δαπέδου.

##### **-Μωσαϊκό**

Το μωσαϊκό δάπεδο ή δάπεδο από μαρμαροψηφίδες εφαρμόζεται σε ευρεία έκταση την περίοδο αυτή. Έχει πάχος 3-4cm και τοποθετείται πάντοτε σε υπόστρωμα από τσιμεντοσκυροκονίαμα.

Αρχικά αναμιγνύεται εν ξηρώ τσιμέντο με ψηφίδες από λευκό μάρμαρο σε διάφορες διαστάσεις έως και 1cm. Το μίγμα αυτό στρώνεται πάνω στο σκυροκονίαμα με απλή διαβροχή σε πάχος 2cm. Η αναλογία του μίγματος είναι 1:3 ή 1:4 τσιμέντο : ψηφίδες (κατ' όγκον). Μόλις στρωθεί η επιφάνεια αυτή ξεκινά η 'κυλίνδρωση' του υλικού με ταυτόχρονη διαβροχή του με νερό και τσιμέντο (αριάνι) μέχρις ότου το υλικό αρχίσει να γίνεται πολτός. Όταν η επιφάνεια αποκτήσει μια κανονικότητα τότε ο τεχνίτης διασκορπίζει με το χέρι σε αυτήν χρωματιστές ψηφίδες ανάλογα με την επιδιωκόμενη όψη της. Η κυλίνδρωση έχει ολοκληρωθεί όταν το υλικό έχει σταθεροποιηθεί στην τελική του θέση, δεν μπορεί να πιεστεί άλλο και είναι σχεδόν στεγνό. Οι όποιες ανωμαλίες στην επιφάνεια εξισώνονται με το μυστρί και το υλικό αφήνεται να πήξει. Για μια καλή τελική επιφάνεια μωσαϊκού, η ποσότητα του τσιμέντου από την αρχική ανάμιξη μέχρι το τέλος της διαβροχής με αριάνι πρέπει να φτάνει συνολικά το 0,4-0,5% του όγκου των ψηφίδων. Περίπου μια εβδομάδα μετά την επίστρωση του μωσαϊκού αρχίζει η λείανσή του είτε με μηχανή είτε χειρωνακτικά. Τέλος, η διακόσμηση, δηλαδή ο σχηματισμός επί του μωσαϊκού δαπέδου παραστάσεων, μπορντούρων, λωρίδων κ.λπ. γίνεται ως εξής:

Αφού το δάπεδο έχει σκληρυνθεί και πρώτου λειοτριβηθεί χαράσσονται σε αυτό τα επιθυμητά σχήματα και λαξεύονται σε εσοχή. Στις εσοχές αυτές χύνεται μωσαϊκό διαφορετικό από αυτό του πατώματος, συνήθως μαύρο και στη συνέχεια λειαίνεται η επιφάνεια.

##### **-Μωσαϊκό με μαρμαρίνες**

Το δάπεδο αυτό γίνεται από μωσαϊκό στο οποίο κυριαρχούν μεγάλα κομμάτια μαρμαρίνων. Εδώ η επιφάνεια πλαισιώνεται από ζώνη κοινού μωσαϊκού πλάτους 20-30cm. Στο χώρο που περικλείεται από το πλαίσιο αυτό, δημιουργείται μια σκάφη στην οποία στρώνονται οι μαρμαρίνες. Τα κενά μεταξύ τους γεμίζονται με πολύ κοινό μωσαϊκό και όταν η επιφάνεια σκληρυνθεί ακολουθεί η επιφανειακή λείανση.

##### **-Δάπεδο με Μαλτεζόπλακες**

Οι επικαλύψεις με μαλτεζόπλακες εφαρμόζονται πάντα πάνω σε ρύσεις με μόνωση και, ενώ είναι δαπανηρές, προσφέρουν πολύ καλό αισθητικό και κατασκευαστικό αποτέλεσμα. Οι ρύσεις συνήθως γίνονται με 3 τρόπους:

- Με σκωριομπετόν (σκωρία, άσβεστος και ενίοτε λίγη ποσότητα τσιμέντου)

- Με θηραϊκή γη και κίσηρη, άσβεστο και λίγο τσιμέντο

- Με θηραϊκή γη και κίσηρη χωρίς συγκολλητική ύλη.

Στις 2 πρώτες περιπτώσεις το κονίαμα επιστρώνεται και κοπανίζεται με ελάχιστο πάχος στα άκρα 10cm και σταδιακή του μείωση στα σημεία απομάκρυνσης των ομβρίων υδάτων. Στην τρίτη περίπτωση, η θηραϊκή γη επιστρώνεται, διαβρέχεται και κοπανίζεται έως ότου σχηματίσει απίεστο στρώμα ρύσεων. Πάνω από τις σχηματισθείσες ρύσεις στρώνονται οι πλάκες Μάλτας διαστάσεων 50\*50cm και πάχους πάντοτε 3cm. Η κάθε πλάκα τοποθετείται πάνω σε ασβεστοκονίαμα ή ασβεστοτσιμεντοκονίαμα. Μόλις επιστρωθεί όλη η επιφάνεια και αφού σκληρυνθεί το κονίαμα, πληρούνται οι αρμοί μεταξύ των πλακών με πυκνό τσιμεντοκονίαμα αναλογίας 1:2 τσιμέντο: άμμος. Όταν αυτό σκληρυνθεί και σε μέρα χωρίς καθόλου υγρασία, οι αρμοί αλείφονται με βρασμένο λινέλαιο ή μίνιο.

##### **-Ξύλινο δάπεδο**

Διακρίνονται 3 βασικοί τρόποι ξύλινων επικαλύψεων:

- Δάπεδο με λωρίδες: Δάπεδο από σανίδες μήκους 1-4m, οι οποίες καρφώνονται σε καδρόνια 5\*5 ή 6\*6 ή 5\*7cm, ισαπέχοντα μεταξύ τους κατά 45cm και στερεούμενα στην πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα.



- Σαλιγκaros: Το δάπεδο γίνεται με λωρίδες διαφορετικού μεγέθους, οι οποίες καρφώνονται σε καδρόνια με διεύθυνση παράλληλη προς τους τοίχους, σχηματίζοντας διάφορα γεωμετρικά σχήματα.

- Παρκέτο: Το παρκέτο καρφώνεται σε προπαρασκευαστικό δάπεδο(ψευδοπάτωμα) από ακατέργαστες σανίδες, οι οποίες με τη σειρά τους καρφώνονται σε καδρόνια στερεούμενα στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος και ισαπέχοντα μεταξύ τους απόσταση 45cm. Η χρησιμοποιούμενη ξυλεία είναι σκληρή, συνήθως από δρύ χωρίς ρόζους. Η επίστρωση του παρκέτου γίνεται ως εξής: Πρώτα τοποθετούνται τα καδρόνια ανά 45cm και αγκυρώνονται στην πλάκα. Η αγκύρωση μπορεί να γίνει με ανοίγματα στην πλάκα 5\*5cm όπου πακτώνονται ξύλινοι κωνικοί τάκοι με γύψο και στους οποίους καρφώνονται στη συνέχεια τα καδρόνια. Ένας άλλος τρόπος είναι η πάκτωση διχαλωτής βίδας μέσα στην πλάκα στη θέση του κάθε τάκου, μέσω οπής που ανοίγεται μετά τη σκλήρυνση της πλάκας. Η σταθεροποίηση πραγματοποιείται με τσιμεντοκονίαμα και τρύπημα και του καδρονιού από τη βίδα, η οποία στερεώνεται με περικόχλιο. Πάνω στα καδρόνια τοποθετείται καρφωτό δάπεδο από σανίδες, η καθεμία από τις οποίες καρφώνεται με 2 βελόνες στο κάθε καδρόνι. Πάνω σε αυτό το δάπεδο τοποθετείται το παρκέτο που μπορεί να είναι απλό (ψαροκόκκαλο) ή διπλό.

Η ηχομόνωση επειδή ήταν μια ακριβή δαπάνη περιοριζόταν στην πλήρωση των κενών μεταξύ των καδρονιών με σκωρία ή ξηρή άμμο.

### **5.Πλάκες με διάκενα - νευρώσεις (Πλάκες Zollner)**

Οι πλάκες με νευρώσεις χρησιμοποιούνται για οικονομικότερη και ελαφρότερη κατασκευή. Τα τμήματα “v” του σκυροκονιάματος, τα οποία περιέχουν τον οπλισμό ονομάζονται νευρώσεις. Η συνεχής διατηρούμενη πλάκα δ' άνωθεν τους πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον όσο έχει η θλιβόμενη ζώνη όλης της πλάκας, δηλαδή  $\delta > d/3$  και ποτέ μικρότερη των 5cm. Συνήθως το συνολικό πάχος όλης της πλάκας είναι μεγαλύτερο των 12cm. Τα μεταξύ των νευρώσεων κενά πληρούνται σχεδόν πάντοτε με ξένα ελαφριά σώματα, που πακτώνονται στο τσιμέντο είτε μέσω εγκοπών είτε μέσω οπών που φέρουν στα πλάγια. Μέσω των σωμάτων αυτών αποκαθίσταται η επιπεδότητα της οροφής, δίνοντας έτσι καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα και διευκολύνοντας την κατασκευή του ξυλοτύπου. Επειδή ακριβώς τα ξένα αυτά σώματα είναι ελαφρύτερα του σκυροδέματος, συνολικά έχουμε ελαφρύτερη πλάκα σε σχέση με τις πλήρεις. Στην Ελλάδα, τα σώματα αυτά είναι συνήθως διάτρητοι οπτόπλινθοι με 6 οπές (ή σπανιότερα τσιμεντόλιθοι από κίσηρη). Το πάχος των νευρώσεων είναι συνήθως ίσο ή μεγαλύτερο του πάχους της ενιαίας ζώνης της πλάκας δ', και η απόστασή τους έχει μήκος όσο αυτό του τούβλου 20-25cm. Το ύψος “u” των νευρώσεων είναι όσο το πάχος του οπτόπλινθου (~6cm) ή όσο το πλάτος του (~10cm) ή συνδυασμός τους ανάλογα με τις ανάγκες τήρησης της συνθήκης  $\delta > d/3$ .

### **2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ <sup>(11)</sup>**

Η διάταξη των χώρων στα διαμερίσματα των πολυώροφων κτηρίων ικανοποιεί, πέρα από θεσμικές απαιτήσεις, ένα πρότυπο που εμφανίζεται υπό την επίδραση των αρχών της Μοντέρνας Αρχιτεκτονικής. Η ανάγκη για εισαγωγή νέων προτύπων διαβίωσης ήταν άμεσα συνδεδεμένη με την κοινωνική άνοδο των μεσοστρωμάτων της πόλης και με την επίλυση δύο βασικών προβλημάτων που αντιμετώπιζαν στο πλαίσιο του νέου κοινωνικοοικονομικού τους ρόλου. Το πρώτο αφορά στην έλλειψη στέγης με επαρκείς ανέσεις και ευκολίες και το δεύτερο η ανάγκη για διαμονή στο κέντρο της πόλης όπου βρίσκονταν χωροθετημένες οι διοικητικές και οικονομικές δραστηριότητες. Η επιρροή του Μοντέρνου κινήματος γίνεται φανερή μέσα από την εσωτερική οργάνωση των χώρων σε λειτουργικές ενότητες, όσο και από την προσπάθεια εφαρμογής της ελάχιστης κατοικίας, κατά τον σχεδιασμό των επιπλέον χώρων. Γίνεται προσπάθεια για την ομαδοποίηση των δωματίων με συγγενή ή συμπληρωματική χρήση και δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο επικοινωνίας τους. Οι ομάδες αυτές είναι τρεις και αφορούν τους χώρους υποδοχής με το χωλλ εισόδου, το καθιστικό, την τραπεζαρία, το γραφείο και κάποιο W.C ξένων, τους χώρους ανάπαυσης και τους χώρους προετοιμασίας του φαγητού. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα υπνοδωμάτια με το λουτρό και η τρίτη περιλαμβάνει την κουζίνα, το office σεβρίσιματος, την αποθήκη και το δωμάτιο υπηρεσίας και το σιδερωτήριο -αν αυτό υπάρχει-. Η αρχή της ‘ελάχιστης κατοικίας’ εκφράστηκε έμμεσα από την οικονομικότερη αξιοποίηση του δομημένου χώρου. Σημαντικές προσπάθειες καταβλήθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις να δημιουργηθεί ένας συλλογικότερος τρόπος ζωής μέσα στην πολυκατοικία με εξυπηρέτηση των αναγκών του συνόλου μέσω κοινόχρηστων χώρων και λειτουργιών. Ακόμη, μια αξιοσημείωτη αλλαγή που φέρνει ο νέος αυτός τύπος πολυκατοικίας είναι ο επαναπροσδιορισμός του κλιμακοστασίου. Παλαιότερα κάθε κατοικία διέθετε τη δική της είσοδο με άμεση προσπέλαση από το δρόμο. Το κλιμακοστάσιο είναι εσωτερικό και οι κατοικίες συμπεριφέρονταν ως ενοικιαζόμενες μονάδες που απέβλεπαν στην απόδοση μισθώματος. Μέσω των θεσμικών εξελίξεων, της δυνατότητας δηλαδή πώλησης τμήματος του κτηρίου, την εισαγωγή του ιδιοκτησιακού καθεστώτος της οροφοκτησίας, οι κοινόχρηστοι χώροι ανήκουν πλέον στο σύνολο των πιθανών ιδιοκτητών και όχι στον ιδιοκτήτη του ακινήτου. Επομένως, το κλιμακοστάσιο αποκτά άλλες διαστάσεις και θέση στη σύνθεση του κτηρίου δίνοντας πρόσβαση στις αυτοτελείς μονάδες- διαμερίσματα του συνόλου.

Σύμφωνα με τον Μ.Μαρμαρά διακρίνονται τρεις βασικές περίοδοι διαμόρφωσης της αστικής πολυκατοικίας οι οποίες είναι: 1919-1927, 1928-1931 και 1932-1941. Μεταξύ τους εμφανίζουν σαφείς ομοιότητες κυρίως ως προς την τάση για πλήρη εκμετάλλευση του οικοπέδου και τη διατήρηση ενοτήτων χώρων στις εσωτερικές διατάξεις των διαμερισμάτων όμως η εξέλιξη από τη μια περίοδο στην άλλη γίνεται αντιληπτή στην αρχή του διαχωρισμού της κατοικίας σε λειτουργικές ζώνες χρήσεων και διαχωρισμός των επιμέρους

χώρων, κάτι που ίσχυε την πρώτη περίοδο και άρχισε να εγκαταλείπεται από τη δεύτερη. Πιο συγκεκριμένα, με δεδομένο ότι τα εξεταζόμενα κτήρια ανήκουν στην 3η περίοδο εξέλιξης σημειώνονται τα εξής:

Η γενική τοποθέτηση του κτηρίου στο οικοπέδο εκμεταλλεύεται την πλήρη κάλυψη του οικοπέδου και χρησιμοποιούνται φωταγωγοί για τον αερισμό και φωτισμό του εσωτερικού των κτηρίων, ακριβώς όπως και στις δύο προηγούμενες περιόδους. Όμως, οι δημιουργούμενοι ακάλυπτοι χώροι είναι τώρα συχνότεροι και μεγαλύτεροι από παλαιότερα, γεγονός που οφείλεται στις διατάξεις του ΓΟΚ του 1929. Στο σύστημα της κατακόρυφης κίνησης έχει γενικευθεί η χρήση του ανελκυστήρα, κάτι που δε συνέβαινε στην πρώτη περίοδο αλλά εισήχθη στη δεύτερη, ενώ οι διαστάσεις του κλιμακοστασίου και των διαδρόμων παγιώνονται σχεδόν σε αυτές της δεύτερης περιόδου με ένα μέσο όρο κάλυψης ορόφου ~ 13,5m<sup>2</sup>. Αναφορικά με την οργάνωση της εσωτερικής λειτουργίας των διαμερισμάτων σημειώνονται μέσα από τη μελέτη παραδειγμάτων τρεις διαφορετικοί τρόποι συσχετισμού και επικοινωνίας των κύριων λειτουργικών ενότητων της κατοικίας. Στην πρώτη περίπτωση η λειτουργία της προετοιμασίας του φαγητού και η λειτουργία της ανάπαυσης ενοποιούνται σε ένα συγκρότημα έτσι ώστε οι επιμέρους χώροι να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσα από διάδρομο. Ο διάδρομος αυτός αποτελεί συνδετικό στοιχείο τους με τη λειτουργική ενότητα της υποδοχής και ειδικότερα με το χώρο εισόδου. Στη δεύτερη περίπτωση, στην οποία ανήκουν οι κατοικίες στην οδό Καρνεάδου και Ζαΐμη, η λειτουργία της προετοιμασίας του φαγητού βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τη λειτουργία της υποδοχής. Οι επιμέρους χώροι που πραγματοποιούν την επικοινωνία αυτή είναι η κουζίνα ή το office σερβιρίσματος και από την άλλη πλευρά η τραπεζαρία. Σημειώνεται ότι στην περίπτωση αυτή η λειτουργική ενότητα των χώρων ανάπαυσης βρίσκεται απομονωμένη και συνδέεται μόνο με το χωλλ της εισόδου. Στην τρίτη περίπτωση ο χώρος προετοιμασίας του φαγητού βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία τόσο με τα υπνοδωμάτια όσο και με το καθιστικό. Η κατοικία στην οδό Θεμιστοκλέους θα λέγαμε ότι λόγω των μικρών διαστάσεων της συγκριτικά με τα δύο άλλα κτίσματα ανήκει στην τρίτη κατηγορία όπου ένας μικρός διάδρομος χωρίζει την κουζίνα από τα δωμάτια ανάπαυσης και υποδοχής τα οποία διατάσσονται ακτινικά γύρω από το χωλλ.

### 3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΤΗΡΙΩΝ - ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Η επιλογή των κτηρίων προς μελέτη αποτέλεσε ένα σημαντικό τμήμα της έρευνας καθώς έπρεπε να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις. Κατ' αρχάς ήταν απαραίτητη η επιλογή τουλάχιστον 2 κτηρίων στα οποία εφαρμόζονται μετρήσεις ώστε να εξαχθούν συγκριτικά συμπεράσματα και να σχολιαστούν ομοιότητες και διαφορές στη συμπεριφορά τους. Ακόμη, τα κτήρια έπρεπε να έχουν ένα αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον, να υπακούουν στις βασικές αρχές του Μοντέρνου κινήματος του Μεσοπολέμου και να έχουν όσο το δυνατόν λιγότερες αλλοιώσεις στο εξωτερικό τους περίβλημα με στόχο να μελετηθεί η αρχική τους κατάσταση. Πράγματι, τα 3 εξεταζόμενα κτήρια ανήκουν στην περίοδο του Μεσοπολέμου καθώς έχουν κτιστεί στη δεκαετία 1930-1940 και τα δύο από τα τρία έχουν ιδιαίτερη σημασία, για διαφορετικούς λόγους το καθένα. Η πολυκατοικία στην οδό Καρνεάδου αποτελεί μια τυπική εμπορική αστική πολυκατοικία της εποχής, σχεδιασμένη από τον αρχιτέκτονα Μανουηλίδη, στην οποία διέμενε για χρόνια ο Κ. Καραμανλής και η οποία κρίνεται διατηρητέα κυρίως λόγω της ιστορικής της σημασίας. Η πολυκατοικία στην οδό Ζαΐμη και Στουρνάρη, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παραδείγματα του ελληνικού μοντερνισμού, ένα καινοτόμο έργο, σχεδιασμένο από το μεγάλο αρχιτέκτονα Θ. Βαλεντή σε συνεργασία με το Π. Μιχαηλίδη, η οποία έχει υπάρξει σημείο αναφοράς στο σχεδιασμό κατοικίας και έχει κριθεί ήδη διατηρητέα. Τέλος, η 4όροφη κατοικία στην οδό Θεμιστοκλέους, αποτελεί μια τυπική πολυκατοικία της εποχής του Μεσοπολέμου, μικρότερων διαστάσεων σε σχέση με τις άλλες δύο, που μολονότι δεν παρουσιάζει το αρχιτεκτονικό και ιστορικό ενδιαφέρον των δύο προηγούμενων, είναι χαρακτηριστική της εξεταζόμενης περιόδου και επιλέγεται ώστε να υπάρξει ένα μεγαλύτερο δείγμα σύγκρισης.

Ακόμη, σημαντικό ρόλο παίζει η θέση, ο προσανατολισμός και η σχέση των κτηρίων με τα όμορά τους. Εδώ η κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή προσφέροντας μια ποικιλία αποτελεσμάτων. Η κατοικία στην οδό Καρνεάδου έχει και από τις δύο πλευρές της μεσοτοιχία, με αποτέλεσμα μόνο οι δύο στενές όψεις της να είναι ελεύθερες και να φέρουν ανοίγματα μαζί με αυτές των φωταγωγών. Οι δύο πλευρές τις βλέπουν σε βορρά και νότο αντίστοιχα. Η πολυκατοικία στην οδό Ζαΐμη είναι γωνιακή με νοτιοανατολικό προσανατολισμό, η κατοικία στην οδό Θεμιστοκλέους, επίσης γωνιακή, έχει βορειοδυτικό και νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι και τα τρία παραδείγματα βρίσκονται στην περιοχή του κέντρου της Αθήνας, στον πυκνό αστικό ιστό, εξασφαλίζοντας έτσι παρόμοιες εξωτερικές συνθήκες οι οποίες είναι απαραίτητες ως υπόβαθρο αναφοράς.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχει μια πληθώρα αξιολογών παραδειγμάτων αστικών πολυκατοικιών της περιόδου 1920-1940 εκ των οποίων τα περισσότερα μπορούν να αποτελέσουν μέρος αντίστοιχης έρευνας. Ο αποκλεισμός της επιλογής τους οφείλεται κυρίως σε λόγους πρακτικούς, καθώς στα περισσότερα ήταν δύσκολη έως αδύνατη η είσοδος στα διαμερίσματα τις συγκεκριμένες ώρες μελέτης, ενώ αρκετά από αυτά δεν είχαν πλήρη σχέδια αποτύπωσης, γεγονός που θα δυσχέραινε σε μεγάλο βαθμό τη μοντελοποίησή τους, οδηγώντας σε ανακριβή αποτελέσματα.

### 3.2 ΕΠΙΤΟΠΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Το πρώτο τμήμα του πειραματικού μέρους αφορά στις επιτόπιες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα τρία κτήρια κατά τους μήνες Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Μάρτιο. Οι μετρήσεις αυτές έχουν στόχο να καταγράψουν τις ακριβείς υπάρχουσες συνθήκες στο εσωτερικό των κτηρίων και να αποδώσουν τα προβλήματα της σημερινής κατάστασής τους.

#### **Ορισμός πλαισίου μετρήσεων**

Με στόχο την τυποποίηση των μετρήσεων για τον ευκολότερο παραλληλισμό και σύγκρισή τους, αποφασίστηκαν οι βασικές αρχές πραγματοποίησής τους οι οποίες είναι:

-Οι μετρήσεις πρέπει να πραγματοποιηθούν σε όσο το δυνατόν χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες, ήτοι στην 'καρδιά' του χειμώνα. Επιλέγονται οι μήνες Δεκέμβριος και Ιανουάριος για τα δύο πρώτα κτήρια (Καρνεάδου και Θεμιστοκλέους αντίστοιχα), όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Για το κτήριο στην οδό Ζαΐμη, οι μετρήσεις γίνονται Μάρτιο μήνα, μια εβδομάδα με αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, που πλησιάζουν αυτές των δύο άλλων μηνών. Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται πρώτον στο ότι ο μήνας Φεβρουάριος, σύμφωνα με την ΕΜΥ, είχε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονταν ~15 °C επομένως οι εξωτερικές συνθήκες δε θα ήταν όμοιες με αυτές των προηγούμενων μετρήσεων, και δεύτερον στη δυνατότητα διάθεσης του διαμερίσματος από τον ιδιοκτήτη.

-Οι μετρήσεις διαρκούν 5 ημέρες, από Δευτέρα έως Παρασκευή, με σκοπό να υπάρξει μια επαναληψιμότητα στη λήψη των δεδομένων, να ελέγχουν οι εσωτερικές συνθήκες κάτω από διαφορετικές εξωτερικές θερμοκρασίες και καιρικά δεδομένα και να περιοριστούν τα σφάλματα. Οι ημέρες Σάββατο και Κυριακή αποκλείονται καθώς οι ιδιοκτήτες των διαμερισμάτων το επιθυμούν. Οι ώρες που διεξάγονται οι μετρήσεις είναι πρωινές και απογευματινές/βραδινές αναλόγως με την ευχέρεια των χρηστών με στόχο να ελεγχθεί η συμπεριφορά του κελύφους σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

-Οι μετρήσεις γίνονται σε διαμέρισμα τυπικού ορόφου της κάθε πολυκατοικίας, συνήθως στον 2ο ή 3ο όροφο. Με τον τρόπο αυτό αποκλείονται οι ειδικές περιπτώσεις των διαμερισμάτων στον τελευταίο όροφο σε άμεση επαφή με το δώμα ή στο ισόγειο/ πρώτο όπου οι συνθήκες λόγω ύψους είναι διαφορετικές. Βέβαια σε ορισμένες περιπτώσεις δόθηκε η δυνατότητα να γίνουν επιπλέον μετρήσεις σε ισόγειο διαμέρισμα ή διαμέρισμα σε ύψος, παρέχοντας έτσι ορισμένα επιπλέον δεδομένα για την αξιολόγηση των κτηρίων.

-Οι χώροι στους οποίους πραγματοποιούνται οι μετρήσεις ορίζονται από τους περιμετρικούς τοίχους των όψεων. Εσωτερικοί χώροι δεν μετρώνται καθώς ενδιαφέρει κυρίως η συμπεριφορά του κελύφους και ο ρόλος του στην ανταλλαγή θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό περιβάλλον.

#### **Λειτουργία οργάνου μετρήσεων <sup>[12]</sup>**

Το χρησιμοποιούμενο όργανο μέτρησης των συνθηκών θερμικής άνεσης ονομάζεται ComfortSense της εταιρίας DantecDynamics. Πρόκειται για μια συσκευή που περιλαμβάνει 5 αισθητήρες εκ των οποίων οι 3 μετρούν θερμοκρασία και ταχύτητα αέρα, ο τέταρτος τη σχετική υγρασία των χώρων και ο πέμπτος τη θερμοκρασία λειτουργίας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εμφανίζονται απευθείας σε ειδικό λογισμικό πρόγραμμα που εγκαθίσταται στον υπολογιστή, είτε με τη μορφή αριθμητικών δεδομένων είτε με τη μορφή διαγραμμάτων. Επιλέγεται η εξαγωγή τους με τη μορφή αριθμητικών δεδομένων τα οποία είναι επεξεργάσιμα στο Excel με σκοπό την καλύτερη και ποιοτικότερη διαχείρισή τους. Το σύστημα ComfortSense αποτελείται από ένα κεντρικό πλαίσιο με κανάλια εισόδου για μέχρι 16 ανιχνευτές. Οι πολλαπλών διευθύνσεων ανιχνευτές αυτοί μετρούν τόσο ταχύτητα του αέρα και της θερμοκρασίας. Έξι πλαίσια μπορούν να συνδεθούν έτσι ώστε έως και 96 ανιχνευτές μπορούν να είναι παρακολουθούνται ταυτόχρονα. Η κεντρική μονάδα ComfortSense έχει ένα ενσωματωμένο A / D μετατροπέα με USB 2.0 interface. Ο χρήστης στο ανάλογο λογισμικό καθορίζει το ύψος των ανιχνευτών και τη θέση τους με τη βοήθεια ειδικής βιβλιοθήκης δεδομένων του προγράμματος. Το λογισμικό παρέχει στατιστικά αποτελέσματα με βάση κύκλων μέτρησης καθορίζονται από το χρήστη.

#### **Αισθητήρες**

Οι χρησιμοποιούμενοι ανιχνευτές είναι υψηλής ακρίβειας κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα δύο χαρακτηριστικά που ορίζουν τον τρόπο κατεύθυνσής του, συνολική ακρίβεια και απόκριση συχνότητας έχουν βελτιωθεί σε υψηλό επίπεδο επιδόσεων που συμμορφώνεται πλήρως με τα διεθνή πρότυπα.

#### **Αισθητήρας αέρα 54T33**

Ο ανιχνευτής drauft 54T33 είναι εξοπλισμένος με έναν αισθητήρα πολλαπλών διευθύνσεων, λεπτής μεμβράνης για τη μέτρηση της ταχύτητας του αέρα και μία μικρή αντίσταση θερμίστορ ταχείας απόκρισης για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα. Ο αισθητήρας ταχύτητας αποτελείται από δύο σφαίρες χαλαζία διαμέτρου 3 mm, επικαλυμμένες με ένα λεπτό στρώμα από νικέλιο που περιβάλλονται από ένα στρώμα χαλαζία. Μία από τις σφαίρες διατηρείται σε σταθερή υπερθέρμανση σε σχέση με την άλλη και η ενέργεια που απαιτείται για τη διατήρηση της θερμοκρασίας είναι αυτή που μετράται. Μια συγκεκριμένη συνάρτηση μεταφοράς μετατρέπει τη μετρούμενη απώλεια θερμότητας σε ταχύτητα του αέρα. Ο ευαίσθητος σφαιρικός αισθητήρας είναι καλά προστατευμένος από διάτρητο μεταλλικό πλαίσιο-κλουβί που εμποδίζει τον όποιον τραυματισμό. Λόγω του σχεδιασμού η παρεμπόδιση της ροής στον ανιχνευτή είναι ελάχιστη. Ο ανιχνευτής 54T33 είναι κατάλληλος για εφαρμογές σε εσωτερικούς χώρους, όπως στην περίπτωση μας οι χώροι των διαμερισμάτων, για τον έλεγχο των στοιχείων αερισμού κλπ, και μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί σε ένα τρίποδο.

### Αισθητήρας υγρασίας 54T37

Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται στον ανιχνευτή υγρασίας μετρά τη σχετική υγρασία απ' ευθείας. Η αρχή μέτρησης βασίζεται στις υγροσκοπικές ιδιότητες ενός πολυμερούς που περικλείεται ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια. Η λεπτή μεμβράνη πολυμερούς είτε απορροφά ή απελευθερώνει ατμούς νερού καθώς η σχετική υγρασία στον αέρα του περιβάλλοντος ανεβαίνει ή πέφτει. Οι διηλεκτρικές ιδιότητες της μεμβράνης πολυμερούς εξαρτώνται από την ποσότητα των υδρατμών που περιέχονται σε αυτό. Καθώς αλλάζει η σχετική υγρασία, αλλάζουν και οι διηλεκτρικές ιδιότητες του φιλμ, και συνεπώς η χωρητικότητα του αισθητήρα. Από τη μετρούμενη τιμή της χωρητικότητας η μονάδα υπολογίζεται τη σχετική υγρασία.

### Αισθητήρας θερμοκρασίας λειτουργίας 54T38

Το στοιχείο μέτρησης του αισθητήρα θερμοκρασίας λειτουργίας έχει ένα ελλειψοειδές σχήμα με διάμετρο 56 mm και μήκος 160 mm. Το στοιχείο αισθητήρα είναι ένα πηνίο σύρματος νικελίου, που μετρά τη μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς. Η μορφή και το μέγεθος του στοιχείου μετρήσεως διευκολύνουν την άμεση μέτρηση της γενεσιουργού θερμοκρασίας. Το μέγεθος του επιλέγεται έτσι ώστε η αναλογία απώλειας θερμότητας μεταξύ ακτινοβολίας και συναγωγής να είναι παρόμοια με εκείνη του ανθρώπινου σώματος. Το σχήμα του στοιχείου μετρήσεως επιλέγεται έτσι ώστε τόσο οι ζεστές όσο και οι κρύες επιφάνειες να έχουν παρόμοια επίδραση στον αισθητήρα όπως στο ανθρώπινο σώμα. Το στοιχείο αισθητήρα προσομοιώνει ένα όρθιο άτομο όταν είναι κατακόρυφο, ένα καθιστό άτομο όταν γέρνει 30 ° C από την κατακόρυφο και ένα άτομο σε ανάκλιση όταν σε οριζόντια θέση. Η δομή, το χρώμα και η επιφάνεια του στοιχείου μέτρησης επιλέγονται ώστε να προσομοιώνει όσο το δυνατόν ένα ντυμένο άτομο.



Εικόνα 3.2.1 54N90 ComfortSense κεντρική μονάδα



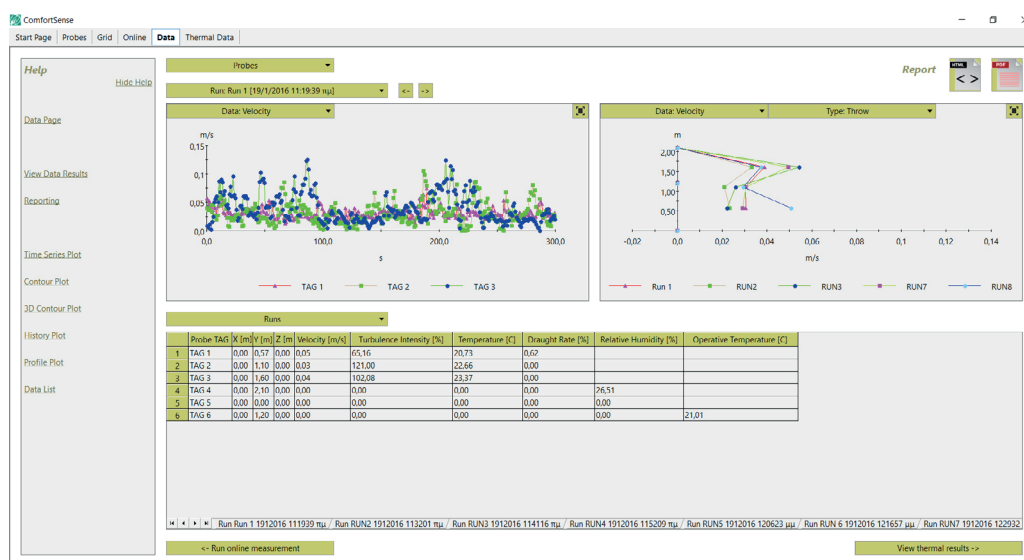
Εικόνα 3.2.2 Αισθητήρες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας αέρα

### Λογισμικό Επεξεργασίας Δεδομένων

Το ευέλικτο πρόγραμμα εφαρμογής περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη αισθητήρων από την οποία επιλέγονται οι χρησιμοποιούμενοι στη συγκεκριμένη μέτρηση. Όταν τοποθετηθούν οι ανιχνευτές σε ένα πρότυπο πλέγμα, το λογισμικό επιτρέπει τον προσδιορισμό της θέσης τους στο χώρο καθώς και του 'βήματος' του κανάβου πάνω στον οποίο βρίσκονται, έτσι ώστε να ορισθούν οι μεταξύ τους θέσεις. Το λογισμικό εκτελεί γραμμικοποίηση των δεδομένων ταχύτητας του αέρα και θερμοκρασίας και πραγματοποιεί υπολογισμό των στατιστικών τιμών και παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε έναν πίνακα, γράφημα ή ως Excel-συμβατό αρχείο. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα είναι συμβατό με τα διεθνή πρότυπα EN 13182, ISO 7726, 7730, ASHRAE standard 113 and ASHRAE standard 55.

Αναλυτικότερα η διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων από το λογισμικό έχει ως εξής:

Στην αρχική σελίδα ορίζεται η νέα ομάδα μετρήσεων. Κάθε φορά που ανατρέχει ο χρήστης στην αρχική σελίδα του λογισμικού, θα μπορεί να βρει αποθηκευμένα τα δεδομένα κάθε μέτρησης στον φάκελο της ομάδας τους. Στην επόμενη καρτέλα επιλέγονται οι χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες από τη βιβλιοθήκη και τοποθετούνται με σειρά ύψους από τον κοντινότερο στο έδαφος μέχρι αυτόν που βρίσκεται ψηλότερα όλων. Στο επόμενο βήμα καθορίζεται το ακριβές ύψος και η θέση των αισθητήρων στο χώρο. Δηλώνεται ο αριθμός των εκτελούμενων μετρήσεων και ο τίτλος του φακέλου. Εδώ σε περίπτωση που έχουμε μόνο ένα κατακόρυφο σύστημα αισθητήρων που μετακινείται από θέση σε θέση, το σημαντικότερο δεδομένο που πρέπει να καταγραφεί είναι τα ύψη τους. Αν όμως έχουμε αισθητήρες σε πολλαπλές θέσεις στο χώρο τότε πρέπει να δοθεί με ακρίβεια ο κানাβος των θέσεών τους ώστε να προκύψει μια τρισδιάστατη απεικόνιση των αποτελεσμάτων στο χώρο. Ακολουθεί ο προσδιορισμός του χρόνου των μετρήσεων και της επαναληψιμότητάς τους αν αυτή είναι επιθυμητή. Καθώς ξεκινά η μέτρηση ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί άμεσα την πορεία των λαμβανόμενων δεδομένων μέσω της γραφικής παράστασης που διαμορφώνεται σε πραγματικό χρόνο ενόσω οι αισθητήρες υπολογίζουν τις τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να εντοπίσει σφάλματα ή να διακόψει μια μέτρηση. Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων, τα αποτελέσματα δίνονται με τις μορφές που ήδη αναφέρθηκαν σε νέα καρτέλα, επομένως ο χρήστης επιλέγει τον τρόπο συλλογής και επεξεργασίας τους. Το τελικό βήμα είναι ο προσδιορισμός των δεικτών PMV και PPD για τον εξεταζόμενο χώρο και η εξαγωγή των αντίστοιχων γραφημάτων. Εδώ ο χρήστης καλείται να προσδιορίσει μόνος του μέσα από βιβλιοθήκες δεδομένων του δύο παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση ενός χώρου, δηλαδή το ρουχισμό και τη μεταβολική δραστηριότητα. Έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον να πειραματιστεί κανείς με διαφορετικές τιμές ρουχισμού και φυσικής κατάστασης για να κατανοήσει τον καθοριστικό τους ρόλο στην αντίληψη της άνεσης ενός χώρου. Όταν αποφασιστούν και αυτοί οι δείκτες το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής μιας συνολικής έκθεσης αποτελεσμάτων προς παρουσίαση.



Εικόνα 3.2.3 Λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων Comfort Sense

### 3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ DESIGN BUILDER- ENERGY PLUS <sup>[13]</sup>

Το πρόγραμμα προσομοίωσης Energy Plus της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου χρησιμοποιείται κυρίως για τη μοντελοποίηση κτηρίων με σκοπό τη μελέτη της θέρμανσης, της ψύξης, του φωτισμού, του αερισμού και άλλων ενεργειακών παραμέτρων του. Το λογισμικό αποτελεί συνδυασμό στοιχείων από δύο παλαιότερα προγράμματα προσομοίωσης ενεργειακού σχεδιασμού τα DOE-2 και BLAST. Τα δύο αυτά προγράμματα χρηματοδοτούνταν από τον οργανισμό DOD (Department of Defense) στην Αμερική, όμως, κάποια στιγμή, όταν έγινε πολύ ακριβή η συντήρηση και εξέλιξή τους, η χρηματοδότηση διακόπηκε. Τότε, μια ομάδα προγραμματιστών που δούλευαν στα δύο αυτά προγράμματα συνεργάστηκε ώστε μέσα από το συνδυασμό των αποδοτικότερων στοιχείων τους να δημιουργήσουν ένα τρίτο, πιο εύχρηστο, προσιτό και αποτελεσματικό λογισμικό, το Energy Plus. Το πρόγραμμα έχει γραφεί σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN 90 και πρόκειται για μια 'μηχανή' προσομοίωσης, η οποία δεν έχει κάποιο περιβάλλον εργασίας (interface) αλλά χρησιμοποιείται ως plug - in σε άλλα προγράμματα για την εκτέλεση των απαραίτητων υπολογισμών. Στην ουσία το πρόγραμμα κρατά τον υπάρχοντα κώδικα, ο οποίος λειτουργεί κανονικά όταν του δίνονται τα αντίστοιχα δεδομένα, και προσθέτει σε αυτόν νέες παραμέτρους απαραίτητες για τις νέες ενότητές του. Τα βασικά καινοτόμα χαρακτηριστικά του είναι<sup>[14]</sup>:

-Υπό-ωριαία χρονικά βήματα μέτρησης της αλληλεπίδρασης μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος και μεταβλητά χρονικά βήματα για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC.

-Αρχεία καιρικών συνθηκών, που περιλαμβάνουν ωριαίες ή υπό-ωριαίες περιβαλλοντικές συνθήκες, τα οποία είναι είτε προσχεδιασμένα είτε μπορούν να διαμορφωθούν από το χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες του σχεδιασμού.

-Προσδιορισμός των θερμικών φορτίων με βάση τη θερμική ισορροπία που επιτρέπει τον ταυτόχρονο υπολογισμό των επιδράσεων της ακτινοβολίας και της συναγωγής τόσο στην εσωτερική όσο και στην εξωτερική επιφάνεια των στοιχείων κατά τη διάρκεια κάθε χρονικού βήματος.

-Υπολογισμός θερμικής αγωγιμότητας μέσω δομικών στοιχείων όπως τοίχοι, στέγες, δάπεδα, κλπ. χρησιμοποιώντας συναρτήσεις αγωγιμότητας.

-Μοντελοποίηση μετάδοσης της θερμότητας στο έδαφος με τρισδιάστατα μοντέλα εδάφους πεπερασμένων διαφορών και απλοποιημένων αναλυτικών τεχνικών.

-Ανισότροπο μοντέλο ατμόσφαιρας για βελτιωμένο υπολογισμό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες.

-Σύνθετους υπολογισμούς κουφωμάτων που επιτρέπουν τον κατάλληλο υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τους υαλοπίνακες των παραθύρων.

-Δυνατότητα εξαγωγής συνολικής αναφοράς αποτελεσμάτων, με επιλογή από τον χρήστη της χρονικής υποδιαίρεσης τους (ημερήσια, ωριαία, υπό-ωριαία).

Το λογισμικό αυτό ακριβώς επειδή δεν έχει 'φιλικό' περιβάλλον εργασίας, καθώς είναι ένα πρόγραμμα κονσόλας στο οποίο γράφονται δεδομένα και εξάγονται αποτελέσματα σε αρχεία κειμένου, συνήθως συνεργάζεται με άλλα προγράμματα ώστε να γίνει πιο εύχρηστο. Συγκεκριμένα, εδώ χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το πρόγραμμα Design Builder, το οποίο προσφέρει το περιβάλλον μοντελοποίησης του κτηρίου, ενώ οι υπολογισμοί εκτελούνται από το Energy Plus. Η διαδικασία σχεδιασμού του κτηρίου στο Design Builder και τα δεδομένα λειτουργίας του περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω με σκοπό να αποδοθεί η γενική γραμμή που ακολουθήθηκε στη μοντελοποίηση των τριών κτηρίων μελέτης.

#### **Κατασκευή - Μοντελοποίηση Κτηρίου**

Η λογική του προγράμματος αυτού ορίζει πώς σε ένα κτήριο σχεδιάζονται οι βασικοί όγκοι με τα ανοίγματά τους και όλα τα χαρακτηριστικά τους αλλά και ο τρόπος λειτουργίας του συνόλου καθορίζονται μέσω υποβολής δεδομένων στις καρτέλες:

-Δραστηριότητα (Activity)

-Κατασκευή(Construction)

-Ανοίγματα(Openings)

- Φωτισμος(Lighting)

-Σύστημα θέρμανσης/ψύξης (HVAC)

-Δεδομένα Εξόδου(Outputs)

Στην ουσία, δηλαδή, όταν το μοντέλο σχεδιάζεται στις τρεις διαστάσεις δίνονται απλώς κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες που περιμένουν να 'δεχτούν' πληροφορία ώστε να προσδιοριστεί ο στατικός ρόλος τους, τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά τους, η λειτουργία τους και να συμπεριληφθούν εν συνεχεία στους υπολογισμούς αν αυτό κρίνεται απαραίτητο από το χρήστη.

## Προσδιορισμός Δραστηριότητας

Η παραγόμενη/ εκλυόμενη θερμότητα στο εσωτερικό των κτηρίων επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων και κατά συνέπεια τα πραγματικά φορτία θέρμανσης και ψύξης. Τα εσωτερικά κέρδη περιλαμβάνουν τις εξής κατηγορίες:

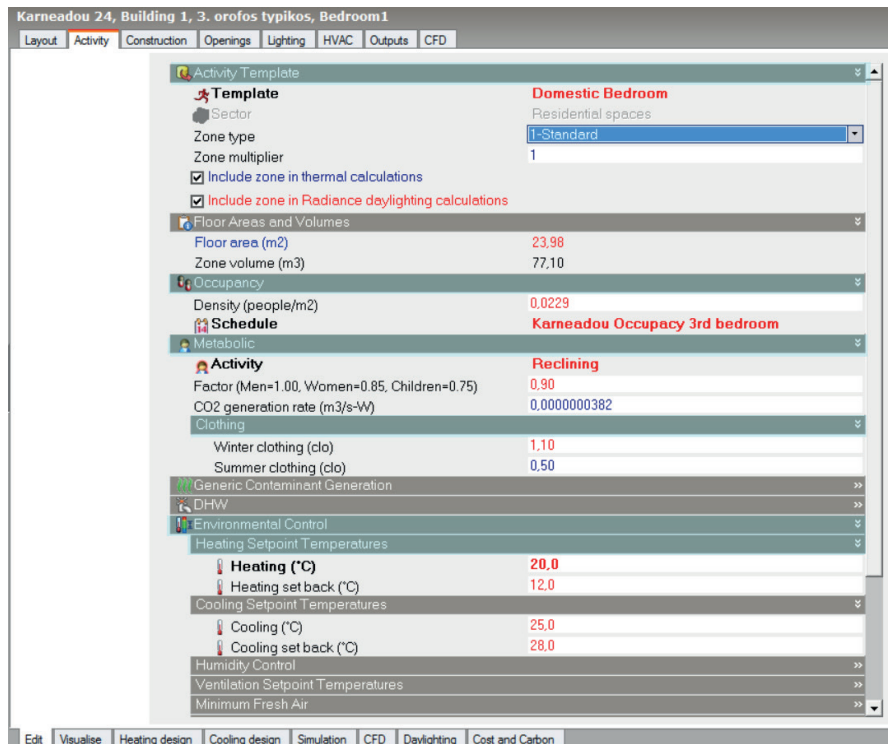
- την έκλυση θερμότητας από τους ανθρώπους
- τον ηλεκτροφωτισμό
- τον εξοπλισμό

Στην ενότητα 'Δραστηριότητα' καθορίζονται τα παραπάνω μεγέθη ώστε να υπολογιστούν τα εσωτερικά κέρδη των χώρων.

## Λειτουργία Χώρου - Μεταβολική Δραστηριότητα Χρήστη - Ρουχισμός

Εδώ καθορίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του κάθε χώρου/ζώνης των ορόφων του κτηρίου. Ακόμη προσδιορίζονται 2 από τους 6 βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση, ο ρουχισμός και η μεταβολική δραστηριότητα των ανθρώπων. Πρώτον ορίζεται η λειτουργία του χώρου, αν δηλαδή πρόκειται για χώρο κατοικίας, γραφείου κ.λπ. Στη συνέχεια προσδιορίζεται ο αριθμός των χρηστών που βρίσκονται στο χώρο σε πυκνότητα ανθρώπων/m<sup>2</sup> και το πρόγραμμα χρήσης του χώρου, δηλαδή ποιές ώρες λειτουργεί, ποιές είναι κλειστός και τι ποσοστό χρηστών έχει κάθε χρονική περίοδο. Ορίζεται δηλαδή ένα πρόγραμμα (Schedule) χρήσης, το οποίο βοηθά στον ακριβέστερο υπολογισμό των θερμικών κερδών. Κάθε άτομο ανάλογα με τη δραστηριότητά του, εκλύει θερμότητα υπό τη μορφή αισθητού και λανθάνοντος φορτίου. Το αισθητό φορτίο οφείλεται στην ακτινοβολία του σώματός του και τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα στον αέρα. Η αναλογία ακτινοβολίας / μεταφοράς είναι περίπου 50-50% και εξαρτάται από την ένδυση και τη δραστηριότητα του ατόμου. Ωστόσο, για τους απλούς υπολογισμούς στο πλαίσιο της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, η αναλογία αυτή δεν επηρεάζει ουσιαστικά και συνήθως δεν υπεισέρχεται στους υπολογισμούς. Το λανθάνον φορτίο οφείλεται στην αναπνοή και την εφίδρωση κάθε ανθρώπου και αυξάνεται με την αύξηση της δραστηριότητας του ατόμου.

Η μεταβολική δραστηριότητα, δηλαδή η φύση της δραστηριότητας που εκτελείται στο χώρο (π.χ. περπάτημα, διάβαση, ελαφριά χειρωνακτική εργασία κ.ο.κ), η αναλογία ανδρών γυναικών στο χώρο και το ποσοστό παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα από το χρήστη καθορίζονται στο ίδιο πλαίσιο. Ακόμη προσδιορίζεται η τιμή του ρουχισμού για χειμώνα και καλοκαίρι. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το χειμώνα έχουν επιλεγεί ακριβώς οι ίδιες τιμές ρουχισμού με αυτές των πραγματικών μετρήσεων ώστε η σύγκριση να είναι όσον το δυνατόν ακριβέστερη. Σημαντική ρύθμιση είναι αυτή του ορισμού της ιδανικής θερμοκρασίας για το χώρο, δηλαδή της θερμοκρασίας κάτω από την οποία ξεκινά η λειτουργία της θέρμανσης ως υποστήριξη για την επίτευξη της εσωτερικής θερμικής άνεσης. Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων κατοικίας πρέπει να είναι 20 °C, επομένως ορίζεται αυτή ως θερμοκρασία εσωτερικών χώρων. Ομοίως ορίζεται η ιδανική θερμοκρασία για τους καλοκαιρινούς μήνες σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 στους 25 °C, αν και στις μετρήσεις της έρευνας αυτής εξετάζονται μόνο οι συνθήκες άνεσης το χειμώνα.



Εικόνα 3.3.1 Καρτέλα 'Δραστηριότητα', Design Builder λογισμικό

## Εσωτερικός Φωτισμός <sup>[15]</sup>

Στην ίδια καρτέλα προσδιορίζεται ο εσωτερικός φωτισμός, ο οποίος παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στα εσωτερικά κέρδη. Ο φωτισμός ελέγχεται τόσο από εδώ όσο και από την ειδική ενότητα 'Φωτισμός' (Lighting). Πριν εξηγηθεί ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζονται οι τιμές φωτισμού για τον εσωτερικό χώρο γίνεται μια συνοπτική βιβλιογραφική αναφορά για το φωτισμό των εσωτερικών χώρων.

### Στάθμη Φωτισμού

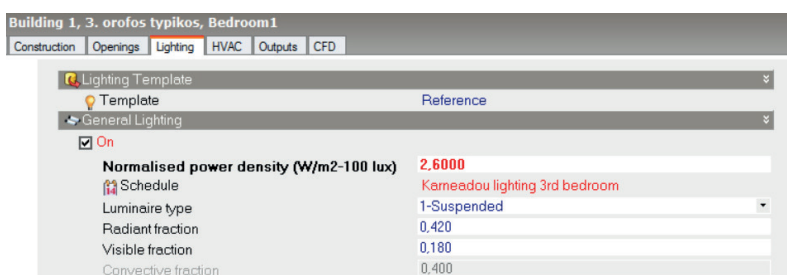
Η "φωτεινότητα" του φωτός μπορεί να σημαίνει διαφορετικά πράγματα. Για παράδειγμα, η ποσότητα του φωτός που προέρχεται από μια πηγή φωτός είναι φωτεινή ροή (luminous flux) (lumens), η ποσότητα του φωτός που πέφτει σε μια επιφάνεια καλείται ένταση φωτισμού (illuminance) (lux), και η ποσότητα του φωτός που αντανακλάται από μια επιφάνεια καλείται φωτισμός (luminance) (cd / m<sup>2</sup>). Οι ποσότητες αυτές είναι διαφορετικές επειδή όσο μακρύτερα βρίσκεται μια επιφάνεια είναι από μια πηγή φωτός τόσο λιγότερο φως πέφτει πάνω στην επιφάνεια αυτή, και όσο πιο σκούρα είναι η επιφάνεια, τόσο μικρότερη ποσότητα προσπίπτοντος φωτός ανακλάται από αυτήν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το φως ακολουθεί το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου, δηλαδή μια σημειακή πηγή, όπως ένα κερί, που φωτίζει κατά 1 lux ένα αντικείμενο σε απόσταση 1m θα φωτίζει κατά 1/4 lux το ίδιο αντικείμενο στα 2m, ή 1/9 lux στα 3m κ.ο.κ.

### Φωτεινή ροή και ένταση του φωτός που προέρχεται από μια πηγή - Μονάδες Μέτρησης

Η ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται από μια συγκεκριμένη πηγή, προς όλες τις κατευθύνσεις, ονομάζεται φωτεινή ροή (ή "φωτεινή ισχύς") και είναι ένα μέτρο της συνολικής αντιληπτής ισχύος του φωτός. Μονάδα μέτρησής της είναι το Lumens, που αποτελεί μια χρήσιμη μονάδα για τη μέτρηση και σύγκριση της φωτεινότητας μιας πηγής (δηλαδή ένας λαμπτήρας πυράκτωσης 60W αντιστοιχεί περίπου σε 850 lumens). Το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται το φως μέσα στο ορατό φάσμα - περίπου μεταξύ των μηκών κύματος 390 nm (ιώδες) και 700 nm (κόκκινο). Οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται ορισμένα μήκη κύματος του φωτός πιο έντονα, και έτσι η ροή φωτεινότητας είναι κλιμακωτή. Η ροή ακτινοβολίας είναι ένα σχετικό μέτρο που ποσοτικοποιεί τη συνολική ισχύ της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από μια πηγή (συμπεριλαμβανομένων και των υπέρυθρων και υπεριωδών), και μετρείται σε Watt. Η ποσότητα του φωτός που ταξιδεύει σε ορισμένες κατευθύνσεις από την πηγή ονομάζεται "φωτεινή ένταση" ("luminous intensity") και μετράται σε candelas. Ένα κερί εκπέμπει περίπου 1 candela προς όλες τις κατευθύνσεις (συνολικά εκπέμπει 12,6 lumens). Κατά τη μοντελοποίηση του φωτισμού και φυσικού φωτισμού, οι ιδιότητες αυτές κωδικοποιούνται στις πηγές φωτός που χρησιμοποιούνται στο κάθε μοντέλο - είτε πρόκειται για τον ήλιο ή τους λαμπτήρες και φωτιστικά των εσωτερικών χώρων.

### Ένταση Φωτισμού - Illuminance

Η ποσότητα του φωτός που πέφτει πάνω σε μια επιφάνεια είναι καλείται ένταση φωτισμού/ illuminance, και μετρείται σε lux (μονάδα μέτρησης = lumen / m<sup>2</sup>). Αυτή είναι η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται συχνότερα για τη βελτιστοποίηση της οπτικής άνεσης, επειδή οι κτηριακοί κανονισμοί και πρότυπα τη χρησιμοποιούν για να καθορίσουν τα ελάχιστα επίπεδα φωτός για συγκεκριμένες λειτουργίες και χώρους δραστηριοτήτων. Αυτή η τιμή δεν εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού της επιφάνειας που φωτίζεται. Ωστόσο, δεδομένου ότι η ποσότητα του φωτός που «βλέπει» η επιφάνεια εξαρτάται από την ποσότητα φωτός που αντανακλάται από τις άλλες επιφάνειες γύρω από αυτή, η τιμή εξαρτάται από το χρώμα και την ανακλασιμότητα των επιφανειών που περιβάλλουν τη φωτιζόμενη επιφάνεια.



Εικόνα 3.3.2 Καρτέλα 'Φωτισμός', Design Builder

ΚΑΤΟΙΚΙΑ	ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	
	lux	W/m <sup>2</sup>
1.Υπνοδωμάτιο	200	3,5-5
2.Καθιστικό	200-300	6-7,5
3.Τραπεζαρία	200-300	6-7,5
4.Κουζίνα	350-450	10-12
5. Γραφείο	400-500	16
6. Λουτρό	200	6-8
7.Διάδρομος	150	5-7
8.Αποθήκη	100	3

Εικόνα 3.3.3 Τιμές έντασης φωτισμού στους χώρους των εξεταζόμενων διαμερισμάτων

### Επίπεδα άνεσης φωτισμού

Το επίπεδο άνεσης φωτισμού είναι η βασική παράμετρος που καθορίζεται από το λογισμικό Energy Plus. Ένας χώρος μπορεί να είναι πολύ σκοτεινός ή πολύ φωτεινός, ανάλογα με τα επίπεδα φωτισμού που απαιτεί η δραστηριότητα που εκτελείται στο χώρο. Η φωτεινότητα που απαιτείται για δραστηριότητες όπως η μικροτεχνία ή η συναρμολόγηση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων είναι πολύ μεγαλύτερη από τη φωτεινότητα που απαιτείται για να οδηγηθεί κάποιος με ασφάλεια στην έξοδο ενός δωματίου. Στην ενότητα της δραστηριότητας προσδιορίζονται δύο τιμές: η ένταση του φωτισμού σε lux και η ισχύς του ανά μονάδα εμβαδού. Η μεταξύ τους διαίρεση, δίνει την τελική τιμή προσδιορισμού της ισχύος του φωτός σε Watts per m2 per 100lux. Τέλος, οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την εκλυόμενη στο χώρο θερμική ισχύ λόγω του συστήματος φωτισμού είναι το είδος του λαμπτήρα και του φωτιστικού, το ύψος του χώρου, η ύπαρξη ψευδοροφής και η ύπαρξη συστήματος εξαερισμού του χώρου. Στο λογισμικό προσδιορίζεται το είδος του φωτιστικού, ο τρόπος τοποθέτησής του και το πρόγραμμα λειτουργίας του ώστε να υπολογιστούν τα θερμικά κέρδη.

Οι τιμές έντασης φωτισμού για τα κτήρια μελέτης προσδιορίστηκαν με βάση την Τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε και βιβλιογραφικές αναφορές, ώστε να είναι όσο το δυνατόν ορθότερες για τη διεξαγωγή των υπολογισμών.



## Εξοπλισμός - Υπολογιστές

Η τελευταία ρύθμιση στην ενότητα της Δραστηριότητας αφορά στον προσδιορισμό της λειτουργίας του εξοπλισμού του χώρου, την ύπαρξη ή όχι υπολογιστών, μηχανημάτων, επίπλων κ.λπ. Η θερμική ισχύς των ηλεκτρικών και άλλων συσκευών ευθύνεται για τα εσωτερικά κέρδη των κτηρίων. Αυτή η ισχύς εκλύεται, όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, με ακτινοβολία και μεταφορά και εξαρτάται από το είδος της συσκευής. Λόγω της αύξησης των εφαρμογών των ηλεκτρικών συσκευών, ιδιαίτερα της πληροφορικής και των επικοινωνιών, τα εσωτερικά κέρδη από συσκευές είναι σημαντικά κυρίως σε χώρους γραφείων, υπηρεσιών ή εμπορικών καταστημάτων κ.λπ. Στο λογισμικό Design Builder/ Energy Plus υπολογίζεται η χρήση των συσκευών σε ειδικό πλαίσιο στην ενότητα της Δραστηριότητας, σύμφωνα με τη λειτουργία του χώρου. Αναλόγως με το είδος του χώρου προσδιορίζεται και ο εξοπλισμός και σχεδιάζεται το πρόγραμμα λειτουργίας των μηχανημάτων.

## Κατασκευή Στοιχείων Κελύφους

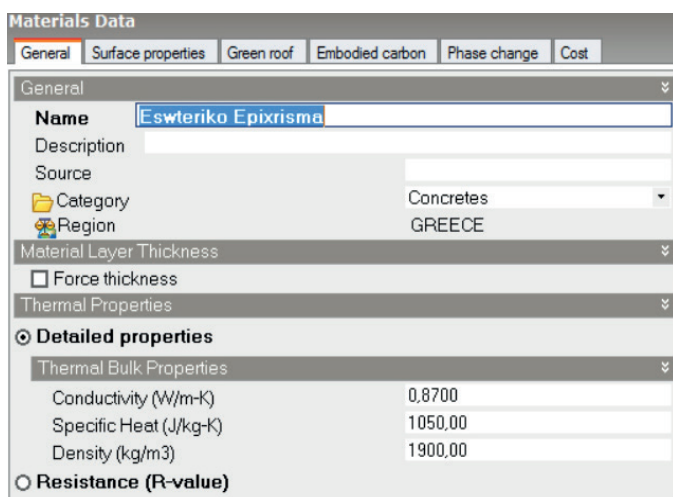
Οι θερμικές ιδιότητες των στοιχείων του κτηρίου υπολογίζονται από την πλατφόρμα Construction με βάση τις στρώσεις (layers) των διαφορετικών υλικών που αποτελούν το κάθε στοιχείο. Κάθε στρώμα έχει ένα υλικό αναφοράς και ένα δεδομένο πάχος. Ο συνδυασμός του πάχους και υλικού δίνει τα θερμικά χαρακτηριστικά του στρώματος. Στρώματα μπορούν να περιλαμβάνουν και επαναλαμβανόμενες θερμογέφυρες, στην περίπτωση που αυτές υπάρχουν και πρέπει να υπολογιστούν.

Στο λογισμικό Design Builder/ EnergyPlus η τοποθέτηση των υλικών στο μοντέλο είναι ένα από τα κρισιμότερα στάδια, καθώς θα αποδώσει ακριβώς τις απώλειες και τα κέρδη που δίνουν τόσο τα δάπεδα, οι εξωτερικοί τοίχοι και η στέγη όσο και τα εσωτερικά στοιχεία, επομένως οι υπολογισμοί του προγράμματος εξαρτώνται άμεσα από την ορθότητα της επιλογής των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών. Το πρόγραμμα παρέχει τη δική του βιβλιοθήκη υλικών, με μια πληθώρα από σύγχρονα και μή, η οποία είναι η κυρίως χρησιμοποιούμενη, με εξαίρεση τις περιπτώσεις όπου κάποιο υλικό της κατασκευής δεν υπάρχει και πρέπει να οριστεί εξαρχής από το χρήστη.

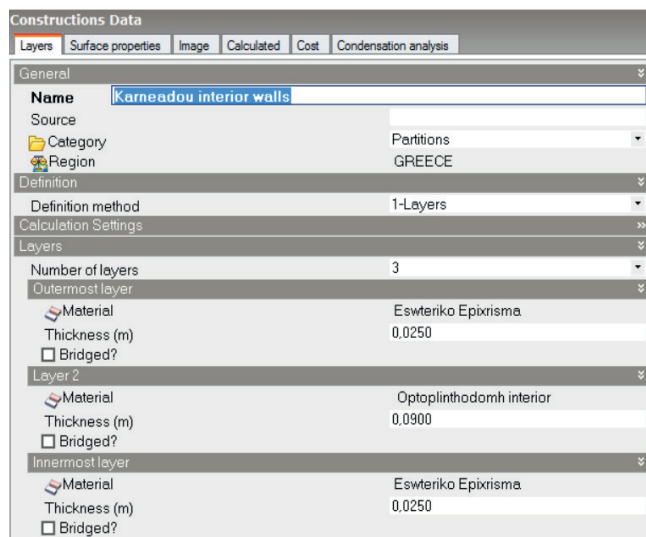
Στην ανάλυση του κάθε κτηρίου σημειώνονται σε κλίμακα 1:20 οι λεπτομέρειες τομής των εξωτερικών τοίχων και δαπέδων όπου προσδιορίζονται τα υλικά τους, γενικές διαστάσεις και πάχη ώστε να δοθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα για το κατασκευαστικό σύστημα του καθενός.

Η μεθοδολογία ορισμού των υλικών έχει ως εξής:

Στην περίπτωση των κτηρίων μελέτης, επειδή πρόκειται για κατασκευές μεσοπολεμικές, τα υλικά που προτείνονται από τη βιβλιοθήκη του Energy Plus δεν αντιστοιχούν απόλυτα σε αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στις περιπτώσεις αυτές. Επομένως, πρέπει να δημιουργηθούν τόσο νέα υλικά με βάση τη βιβλιογραφική και την επιτόπια έρευνα, όσο και νέες δομές τοίχων, δωματίων, πατωμάτων, εσωτερικών διαχωριστικών κ.λπ. ώστε να αντιστοιχούν στα πραγματικά δομικά στοιχεία των εξεταζόμενων κτηρίων. Για να δημιουργηθεί ένα νέο υλικό χρειάζονται 3 παράμετροι, η πυκνότητα, ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και η ειδική θερμότητα του υλικού. Στη συνέχεια για την κατασκευή των φερόντων και μη στοιχείων δημιουργείται ένα στοιχείο που αποτελείται από στρώσεις. Η κάθε στρώση, στην οποία δίνεται το σωστό πάχος, αντιστοιχεί σε ένα από τα υλικά που απαρτίζουν το στοιχείο με σειρά από έξω προς τα μέσα.



Εικόνα 3.3.4 Τρόπος εισαγωγής νέου υλικού στα δεδομένα του προγράμματος



Εικόνα 3.3.5 Τρόπος τοποθέτησης στρώσεων στοιχείου κελύφους στα δεδομένα του προγράμματος

<b>ΥΛΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>			
<b>ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ</b>	<b>Ειδική Θερμοχωρητικότητα J/(kg * Κ)</b>	<b>Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας W/ (m*Κ)</b>	<b>Πυκνότητα kg/m<sup>3</sup></b>
Μαρμαροτσιμεντοκονίαμα	1000	0,47	1850
Ασβεστοκονίαμα	1800	0,87	1100
Ασβεστογυψοκονίαμα	1400	0,7	1000
Τσιμεντοκονίαμα	1100	1,4	2000
	1050	1,05	1900
<b>ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ</b>	1000	0,45	1200
	1000	0,51	1500
	1000	0,58	1700
	1000	0,64	1800
<b>ΕΛΑΦΡΟΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</b>	500	0,2	500
	600	0,22	600
	800	0,28	800
	1000	0,35	1000
	1200	0,46	1200
<b>ΚΙΣΣΗΡΟΔΕΜΑ</b>	1050	0,63	1100
<b>ΜΩΣΑΙΚΟ</b>	1000	1,16	2000
	1000	1,2	1900
<b>ΜΑΡΜΑΡΟ</b>	1000	3,5	2800
	900	2,25	2700
<b>ΜΑΛΤΕΖΟΠΛΑΚΕΣ</b>	1000	1,05	1500
<b>ΠΛΑΚΙΔΙΑ</b>	840	1,84	2000
<b>ΞΥΛΙΝΟ ΔΑΠΕΔΟ</b>			
1. Δρυς	1600	0,21	800
2. Κατεργασμένη ξυλεία	1600	0,12	450
<b>ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ</b>	750	1	2500
<b>ΜΕΤΑΛΛΑ</b>			
1. Σίδηρος χυτός	450	50	7500
2. Αλουμίνιο - κράμα αλουμινίου	880	160	2800
<b>ΑΕΡΑΣ</b>	1,005	0,025	1.205

Εικόνα 3.3.6 Πίνακας θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών κατασκευής των εξεταζόμενων κτηρίων

## Καθορισμός Ανοιγμάτων

Η επόμενη ενότητα μετά τον προσδιορισμό της κατασκευής των στοιχείων αφορά στην περιγραφή του μεγέθους και των τεχνικών χαρακτηριστικών των ανοιγμάτων.

Ο όρος άνοιγμα χρησιμοποιείται στο DesignBuilder για να περιγράψει οποιοδήποτε άνοιγμα στο κτηριακό κέλυφος αλλά και στους εσωτερικούς χώρους. Στην ουσία σχεδιάζονται και υπολογίζονται ως 'εξαιρέσεις' την ευρύτερης επιφάνειας τοίχου στην οποία ανήκουν. Υπάρχουν πέντε είδη ανοίγματος:

- Παράθυρα

-Υπο-επιφάνειες, δηλαδή αδιαφανή στοιχεία εντός της επιφάνειας που έχουν διαφορετικές ιδιότητες από την κύρια κατασκευή. Για παράδειγμα η ζώνη σενάζ που διατρέχει την τοιχοποιία, ποδιές παραθύρων από διαφορετικό υλικό κ.λ.π

-Τρύπες

-Πόρτες

- Κατακόρυφα shafts, vents

Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία προσδιορισμού των εξωτερικών ανοιγμάτων με βάση τις διαστάσεις, τη θέση και το είδος του κουφώματος, την ύπαρξη ή απουσία καίτιών και τέλος το σύστημα ηλιοπροστασίας του.

## Εξωτερικά ανοίγματα

Διαστάσεις:

Για το σχεδιασμό των εξωτερικών ανοιγμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παράμετρος % (WWR), δηλαδή το ποσοστό επιφάνειας που καλύπτει το άνοιγμα στην κατακόρυφη επιφάνεια ή το ύψος και το εμβαδόν του παραθύρου, τα οποία μπορούν να μεταβληθούν εύκολα ανάλογα με τις αλλαγές στο κτήριο. Στην επιλογή διαστάσεων υπάρχουν οι εξής επιλογές:

0-Απουσία ανοιγμάτων.

1-Συνεχή οριζόντια ανοίγματα, δηλαδή υαλοπίνακες που σχεδιάζονται σε συνεχή οριζόντια λωρίδα με βάση το ύψος του υπέρθυρου, το εμβαδόν του ανοίγματος και το ποσοστό κάλυψης στον τοίχο.

2-Σταθερό ύψος ανοίγματος, δηλαδή οι υαλοπίνακες σχεδιάζονται με ένα σταθερό ύψος με καθορισμένο τύμπανο και ποδιά ενώ το πλάτος τους υπολογίζεται με βάση το ποσοστό κάλυψης. Αυτή η επιλογή δίνει προτεραιότητα ύψος του παραθύρου κατά τους υπολογισμούς και όχι στο ποσοστό κάλυψης.

3-Προτιμώμενο ύψος, δηλαδή οι υαλοπίνακες δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του ύψους του ανοίγματος και του ποσοστού κάλυψης, αλλά το ύψος μπορεί να ρυθμιστεί για να επιτευχθεί η απαιτούμενη κάλυψη. Αυτή η επιλογή χρησιμοποιεί το ύψος και το πλάτος του ανοίγματος και το ύψος του υπέρθυρου, αλλά δίνει προτεραιότητα στην κάλυψη.

4-Σταθερό πλάτος και το ύψος - δηλαδή οι υαλοπίνακες έχουν σταθερό πλάτος και το ύψος. Αυτή η επιλογή χρησιμοποιεί το ποσοστό κάλυψης, αλλά δίνει προτεραιότητα στο πλάτος, το ύψος, το εμβαδόν του ανοίγματος και το ύψος του πρεκίου.

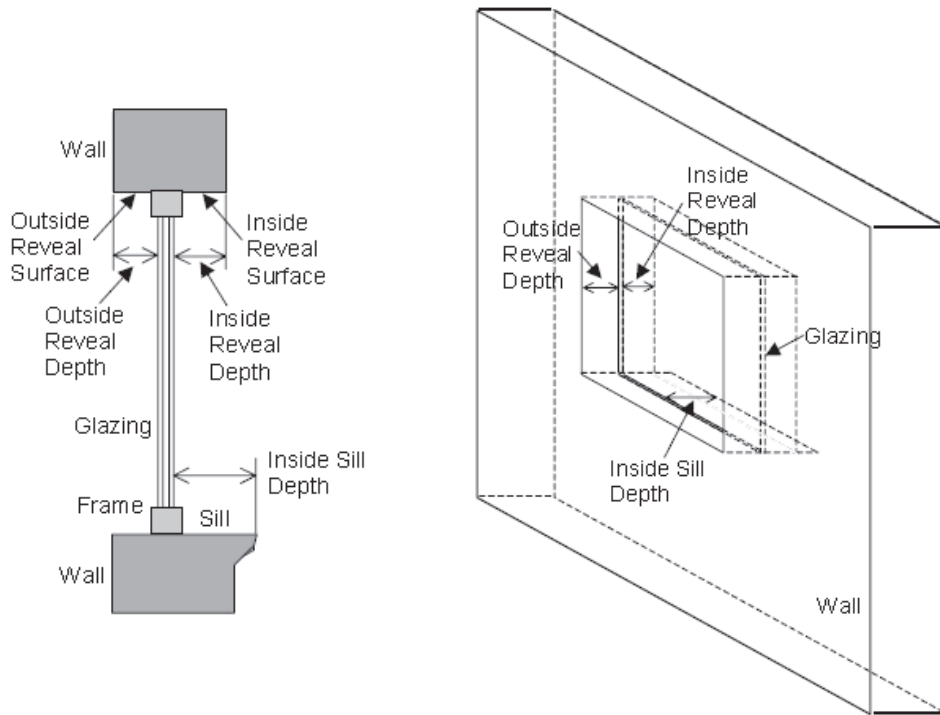
5- Πλήρης κάλυψη τοίχου, όταν το σύνολο της επιφάνειας του τοίχου είναι καλυμμένη με υαλοπίνακες.

Οι επιλογές αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως στα αρχικά στάδια σχεδιασμού, όταν πρέπει να ληφθούν βασικές αποφάσεις για το σχεδιασμό των ανοιγμάτων. Στην περίπτωση που γνωρίζουμε τις ακριβείς διαστάσεις τους, είναι προτιμότερο και ακριβέστερο να σχεδιαστούν κατευθείαν στο μοντέλο και στις παραπάνω επιλογές να επιλεγεί η πρώτη (0. Απουσία ανοιγμάτων). Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα αντιλαμβάνεται πως πρέπει να μετρηθούν μόνο τα σχεδιασμένα στο μοντέλο ανοίγματα.

## Θέση Παραθύρου και Πλαίσιο:

### Θέση

Η θέση του παραθύρου στο πάχος του τοίχου είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς καθορίζει το ποσοστό της ανακλώμενης και απορροφούμενης ακτινοβολίας των ανοιγμάτων, επομένως και των ηλιακών κερδών. Για τον καθορισμό της ακριβούς θέσης των υαλοπινάκων ορίζονται οι αποστάσεις από την εξωτερική και εσωτερική παρειά του τοίχου. Οι αποστάσεις των επιφανειών των υαλοπινάκων από την εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του μητρικού τοιχώματος είναι σημαντικό να καθοριστούν ώστε να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί. Πιο συγκεκριμένα, με τον καθορισμό του βάθους στο οποίο βρίσκεται η επιφάνεια του υαλοπίνακα και της ηλιακής απορροφητικότητας που έχει, το πρόγραμμα θα υπολογίσει την ανάκλαση της δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας από την επιφάνεια αυτή. Το πρόγραμμα υπολογίζει επίσης την σκίαση (στο παράθυρο) της δοκού και τη διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία από την εξωτερική υποχώρηση της επιφάνειας του υαλοπίνακα. Επομένως, με τον καθορισμό των πληροφοριών της γεωμετρίας του παραθύρου, της θέσης του και της θέσης του ήλιου υπολογίζεται η ανάκλαση και απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από όλες τις πλευρές του παραθύρου, εξωτερικά και εσωτερικά αυτού.



Εικόνα 3.3.7 Outside reveal Depth: Αναφέρεται στην απόσταση της εξωτερικής επιφάνειας του παραθύρου από την εξωτερική παρειά του τοίχου.

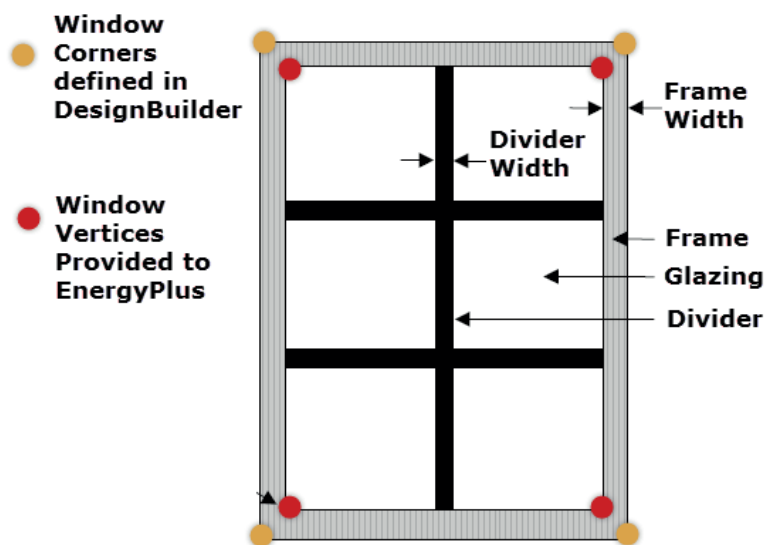
Inside reveal depth: Αναφέρεται στην απόσταση της εσωτερικής επιφάνειας του παραθύρου από την εσωτερική παρειά του τοίχου.

Inside sill depth: Αναφέρεται στο βάθος του εσωτερικού περβαζιού δηλαδή στην απόσταση της εσωτερικής επιφάνειας του παραθύρου από το άκρο του περβαζιού.

### Πλαίσιο

Στο πρόγραμμα Design Builder/Energy Plus τα πλαίσια εφαρμόζονται σε όλα τα ορθογώνια παράθυρα (είτε προεπιλεγμένα είτε εκ νέου σχεδιασμένα), αλλά όχι σε ανοίγματα με διαφορετικό σχήμα και όχι στην περίπτωση της 100% κάλυψης του τοίχου από υαλοπίνακες. Ένα πλαίσιο στην ουσία περιβάλλει τα τζάμια σε ένα παράθυρο Υποτίθεται ότι όλα τα χαρακτηριστικά του πλαισίου, όπως π.χ. το πλάτος, η θερμική αγωγιμότητα και η ηλιακή απορροφητικότητα, είναι οι ίδια για τα στοιχεία άνω, κάτω και πλευρικά του πλαισίου. Εάν τα στοιχεία του πλαισίου δεν είναι όμοια εισάγονται μέσες τιμές για την κάθε διαφορετική ζώνη των χαρακτηριστικών του πλαισίου. Επομένως στην περίπτωση που το παράθυρο έχει πλαίσιο, τα στοιχεία που μπορούν να προσδιοριστούν μέσω του προγράμματος στην καρτέλα Openings είναι τα εξής:

- Η κατασκευή του πλαισίου και τα εσωτερικά καΐτια,
- Ο αριθμός των οριζόντιων και κάθετων διαχωριστικών, το πλάτος του πλαισίου και των εσωτερικών καϊτιών.



Εικόνα 3.3.8 Τρόπος καθορισμού πλαισίου και καϊτιών των εξωτερικών ανοιγμάτων

Επιλέγοντας το υλικό κατασκευής του πλαισίου-κουφώματος καθορίζονται άμεσα οι θερμικές ιδιότητές του. Πιο συγκεκριμένα:

- Θερμική αγωγιμότητα πλαισίου:

Η θερμική αγωγιμότητα (σε  $W / m^2-K$  ή  $Btu / h-ft^2-F$ ) μετράται από την εσωτερική προς την εξωτερική επιφάνεια του πλαισίου εξαιρουμένης της ζώνης αέρα και λαμβάνοντας υπόψιν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κουφώματος.

- Απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας:

Η απορροφητικότητα του κουφώματος προέρχεται από τις επιφανειακές ιδιότητες του υλικού της εξωτερικής επιφάνειας. Η τιμή αυτή θεωρείται από το λογισμικό ίδια για την εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια του κουφώματος και ανεξάρτητη από τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

- Ορατή απορροφητικότητα (visible absorbance):

Προέρχεται από τις επιφανειακές ιδιότητες του εξωτερικού στρώματος υλικού του κουφώματος. Η τιμή θεωρείται η ίδια στο εσωτερικό και εξωτερικό του πλαισίου και είναι ανεξάρτητη από τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

-Θερμική ικανότητα εκπομπής:

Όμοια με τα παραπάνω, καθορίζεται από το υλικό τελικής στρώσης και θεωρείται όμοια για το εσωτερικό και εξωτερικό του κουφώματος.

### **Ηλιοπροστασία**

Η σκίαση των παραθύρων μπορεί να συμπεριληφθεί στη μείωση των ηλιακών κερδών αλλά και στην αύξηση της θερμικής αντίστασής τους. Σε ό,τι αφορά τον τύπο της ηλιοπροστασίας υπάρχουν 4 βασικές κατηγορίες τρόπων και συστημάτων σκίασης τις οποίες παρέχει στο χρήστη το λογισμικό.

- **Περσίδες:** η επιλογή αυτή αναφέρεται σε επίπεδες ισαπέχουσες περσίδες. Σε αντίθεση με την τυπική σκίαση του παραθύρου που θεωρούνται από το λογισμικό ως τέλειο μέσο διάχυσης, οι ιδιότητες των περσίδων (ανάκλαση, ηλιακή και οπτική διαπερατότητα) εξαρτώνται άμεσα από τη γωνία στρέψης των περσίδων και τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι περσίδες θεωρείται πως δεν καλύπτουν το κούφωμα, στην περίπτωση που διατρέχουν όλο το ύψος του ανοίγματος. Οι ηλιακές και θερμικές επιδόσεις των στοιχείων που συνοδεύουν το βασικό σκελετό (ταινίες, στοιχεία στήριξης κλπ) αγνοούνται στους υπολογισμούς.

-**Σκίαση:** η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται για υλικά που προκαλούν τη διάχυση του φωτός όπως υφάσματα και ημιδιαφανή ρολλά. Για συστήματα σκίασης όπως εσωτερικές περσίδες, παρόλο που εμφανίζουν μια μορφή ημιδιαφάνειας, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η πρώτη επιλογή λόγω της ισχυρής γωνιακής εξάρτησης της ηλιακής και θερμικής απόδοσής τους. Οι ιδιότητες των υλικών αυτής της κατηγορίας μπορούν να προσδιοριστούν από τον χρήστη. Οι ιδιότητες ανάκλασης και εκπομπής θεωρούνται ίδιες και στις δύο επιφάνειες του σκιάστρου, το οποίο θεωρείται ότι προσφέρει τέλεια διάχυση (όλη η διαθλώμενη και ανακλώμενη ακτινοβολία διαχέεται ημισφαιρικά), ενώ η ανακλαστικότητα και η ηλιακή-θερμική διαπερατότητα είναι ανεξάρτητες από τη γωνία πρόσπτωσης.

-**Διαφανής Μόνωση**

-**Ηλεκτροχρωμικές συσκευές:** Πρόκειται για διατάξεις που ονομάζονται αλλιώς 'έξυπνα παράθυρα', με μεταβαλλόμενη διαπερατότητα, που δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να ελέγχει δυναμικά το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτηρίου.

Στα κτήρια μελέτης, επειδή καμία από τις παραπάνω κατηγορίες δε συμπεριλαμβάνει το σύστημα ρολλό με ξύλινες περσίδες, κατασκευάζεται ένα καινούριο μοντέλο σκίασης, βασισμένο στην ενότητα των Diffusers όπου βρίσκεται η επιλογή του ρολό με διαφανή στοιχεία, τα οποία στην περίπτωσή μας αντικαθίστανται από αδιαφανή ξύλινα στοιχεία. Τέλος, ο έλεγχος της λειτουργίας της σκίασης και των παραθύρων ρυθμίζεται από την καρτέλα 'Operation'. Καθορίζονται εδώ η διάρκεια που το σκιάστρο θα είναι ανοιχτό ή κλειστό, το ποσοστό κάλυψης του ανοίγματος σε περίπτωση που κλείνει κ.λπ μέσα από την κατασκευή ενός προγράμματος (Schedule) σκίασης.

## Σύστημα Θέρμανσης - HVAC

Στην ενότητα αυτή ορίζεται το σύστημα θέρμανσης του κτηρίου, το είδος θέρμανσης, ο βαθμός αυτονομίας και το ωράριο λειτουργίας. Πριν αναφερθούμε αναλυτικά στον τρόπο που επιλέγεται το σύστημα θέρμανσης στο πρόγραμμα γίνεται συνοπτική παρουσίαση των παραμέτρων που παρατίθενται στον Κ.Εν.Α.Κ ( ΦΕΚ 407/9.4.2010) για τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης με βάση τις οποίες δόθηκαν τα δεδομένα στο λογισμικό.

### Παράμετροι σχεδιασμού

Η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται από τις θερμότερες στις ψυχρότερες περιοχές, επομένως το χειμώνα έχουμε ψύξη των εσωτερικών χώρων λόγω μετάδοσης θερμότητας από το εσωτερικό προς το ψυχρότερο εξωτερικό περιβάλλον και το καλοκαίρι υπερθέρμανση λόγω του αντίστροφου φαινομένου και λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεση ή έμμεση) που εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους του εκάστοτε κτηρίου. Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου ορίζεται σύμφωνα με τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Για τον υπολογισμό αυτής της κατανάλωσης είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός και ανάλυση των παρακάτω παραμέτρων:

#### Αρχιτεκτονικά- δομικά χαρακτηριστικά:

- Κλιματικά δεδομένα περιοχής του κτηρίου (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία)
- Προσανατολισμός και γεωμετρικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων του κελύφους (σχήμα κτηρίου, διαφανείς και μη διαφανείς επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.) και των εσωτερικών δομικών στοιχείων. Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και των υλικών του κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας κ.ά.).
- Χρήση κτηρίου, εσωτερικές επιθυμητές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία αέρα, αερισμός), χαρακτηριστικά λειτουργίας κάθε χώρου και αριθμός χρηστών.

#### Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης και ψύξης/κλιματισμού των χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.ά.).
- Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτήρια του τριτογενούς τομέα.
- Παθητικά ηλιακά συστήματα.

#### Ειδικά χαρακτηριστικά:

- Ενεργειακά ηλιακά και άλλα συστήματα παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε).
- Ενέργεια παραγόμενη με τεχνολογίες συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας- ψύξης (Σ.Η.Θ).
- Κεντρικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση).
- Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού.

### Καθορισμός Θερμικών Ζωνών

Ο διαχωρισμός του κτηρίου σε θερμικές ζώνες είναι απαραίτητος ώστε να εκτιμηθεί σωστά η θερμική του απόδοση. Χώροι με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα ομαδοποιούνται σε κοινές ζώνες. Τμήματα του κτηρίου με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού εντάσσονται σε ήδη διαμορφωμένες θερμικές ζώνες, ενώ στόχος είναι η δημιουργία του μικρότερου δυνατού αριθμού θερμικών ζωνών, ώστε να μειώνεται ο υπολογιστικός χρόνος και το πλήθος των δεδομένων εισόδου. Επομένως, το κτήριο ορίζεται ως μια ενιαία θερμική ζώνη η οποία στη συνέχεια διακριτοποιείται σε περισσότερες και με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα, πραγματοποιείται η μελέτη ενεργειακής απόδοσης με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των ζωνών.

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ ( ΦΕΚ 407/9.4.2010) και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790: 2009 ο καθορισμός ανεξάρτητων θερμικών ζωνών επιβάλλεται όταν:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4K (4 °C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτηρίου κατά τη χειμερινή η/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση/ λειτουργία. Οι χώροι διαφορετικών χρήσεων έχουν συνήθως και διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού( θερμοκρασία, σχετική υγρασία, νωπός αέρας κ.ά.)
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης- κλιματισμού, λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες συναλλαγές ενέργειας (π.χ σε νότιο προσανατολισμό έχουμε σημαντικά ηλιακά κέρδη σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους).
- Υπάρχουν χώροι στους οποίους το σύστημα μηχανικού αερισμού (παροχής νωπού αέρα ή κλιματισμού) καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Κατανοούμε ότι η έννοια των θερμικών ζωνών σχετίζεται άμεσα με την πολυπλοκότητα της χρήσης ενός κτηρίου και το μέγεθος αυτού. Στην περίπτωση μας, τα εξεταζόμενα κτήρια είναι αρκετά μικρά σε μέγεθος, εμφανίζουν μια τυποποίηση κατακόρυφα στον άξονά τους (επαναλαμβανόμενος όροφος) και θεωρητικά ο κάθε όροφος θα μπορούσε να θεωρηθεί μια ενιαία θερμική ζώνη. Όμως, αυτό δεν πραγματοποιείται εδώ καθώς θέλουμε να εξαγάγουμε αποτελέσματα για συγκεκριμένους χώρους/δωμάτια του σπιτιού, επομένως ο όροφος χωρίζεται σε ζώνες ανάλογα με τη λειτουργία του κάθε χώρου και όχι με βάση τη γενική χρήση που είναι κατοικία. Ξεχωριστές περιπτώσεις αποτελούν οι ισόγειοι χώροι οι οποίοι έχουν διαφορετική χρήση και στις 3 περιπτώσεις, οι οποίοι όμως δεν εξετάζονται ενδελεχώς, καθώς το ενδιαφέρον εστιάζεται στον τυπικό όροφο.

Τέλος, σε ένα κτήριο ορίζονται θερμαινόμενοι και μη θερμαινόμενοι χώροι (π.χ κλιμακοστάσια). Στα εξεταζόμενα κτήρια, οι θερμαινόμενοι χώροι των διαμερισμάτων που εφάπτονται με μη θερμαινόμενους, θεωρούμε κατά παραδοχή, ότι εφάπτονται με τον εξωτερικό αέρα. Ακόμη, στην περίπτωση που το κτήριο βρίσκεται σε μεσοτοιχία με κάποιο ή κάποια άλλα, η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ τους γίνεται αδιαβατικά.

Όσον αφορά το ωράριο λειτουργίας της θέρμανσης ενός κτηρίου, ή μιας ανεξάρτητης θερμικής ζώνης, αυτό εξαρτάται από

- Τη χρήση του κτηρίου
- Τον ανθρώπινο παράγοντα (επιλογές, συνθήκες και προσωπικό πρόγραμμα του κάθε χρήστη)
- Τις τοπικές συνθήκες, κλιματικές, λειτουργικές κ.ά.

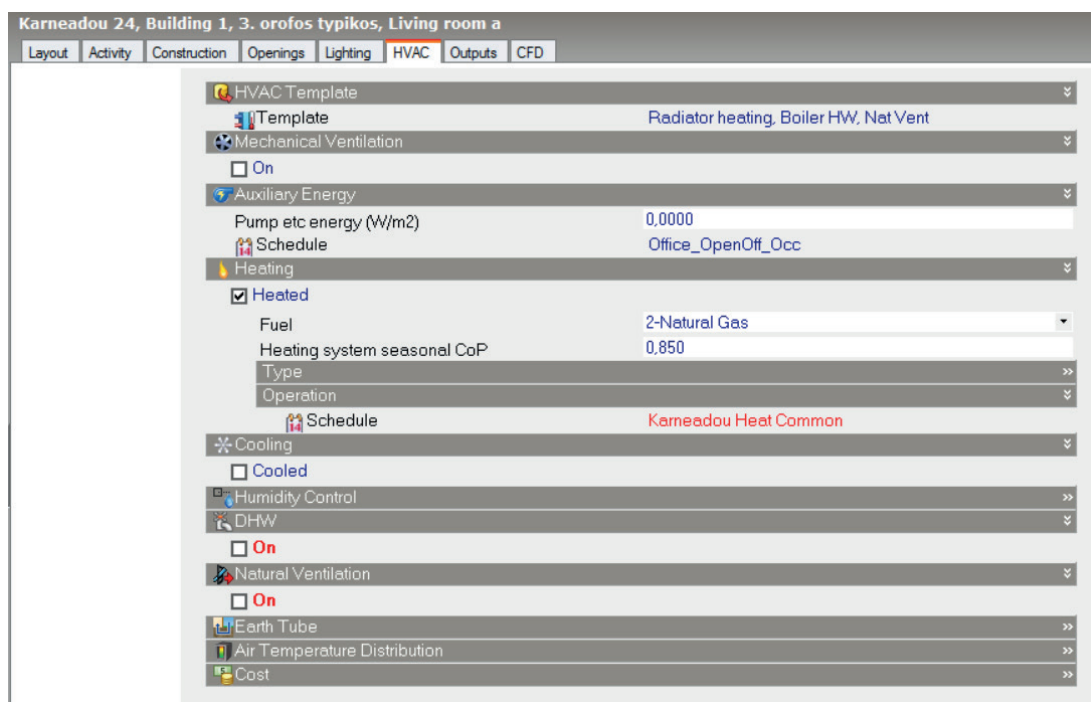
Στα εξεταζόμενα κτήρια το ωράριο λειτουργίας του κάθε διαμερίσματος ορίζεται από συνεντεύξεις με τους ιδιοκτήτες/ενοίκους, ενώ στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι δυνατό(κλειστά διαμερίσματα, αδυναμία προσωπικής επικοινωνίας με τον ένοικο) ορίζεται το τυπικό ωράριο που το λογισμικό του Design Builder/ Energy Plus έχει υπολογίσει και διαμορφώσει για τον κάθε χώρο.

### Σχεδιασμός Θέρμανσης στο λογισμικό Design Builder/ Energy Plus

Οι υπολογισμοί γίνονται με σκοπό να προσδιοριστεί το μέγεθος του εξοπλισμού που χρειάζεται για την εξασφάλιση θέρμανσης σε χαμηλές θερμοκρασίες και διαφορετικές καιρικές συνθήκες του χειμώνα σύμφωνα με τη γεωγραφική θέση του κτηρίου. Τα χαρακτηριστικά των μετρήσεων μέσω του EnergyPlus είναι τα εξής:

- Σταθερή εξωτερική θερμοκρασία (ανάλογα με την ημερομηνία και την τοποθεσία επιλέγεται η αντίστοιχη)
- Ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου ρυθμισμένη μέσω του προγράμματος
- Οι ζώνες θέρμανσης θερμαίνονται συνεχώς ώστε να αποκτήσουν μια θερμοκρασία χρησιμοποιώντας ένα απλό σύστημα συναγωγής.
- Λαμβάνεται υπόψη η θερμότητα από αγωγή και συναγωγή μεταξύ ζωνών διαφορετικών θερμοκρασιών. Η προσομοίωση συνεχίζει μέχρι οι θερμοκρασίες/ ροές θερμότητας των διαφορετικών χώρων να συγκλίνουν. Αν αυτό δε συμβεί η προσομοίωση συνεχίζει μέχρι το μέγιστο αριθμό ημερών που έχουν δοθεί για μέτρηση. Μετράται η απαραίτητη ποσότητα θερμότητας για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε κάθε ζώνη και υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες/κέρδη από παράθυρα, εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους, πατώματα, στέγες, εξωτερική infiltration εσωτερικό φυσικό αερισμό.

Στα κτήρια μελέτης λαμβάνονται υπόψη δύο περιπτώσεις, με και χωρίς σύστημα θέρμανσης για να εντοπιστεί το μέγεθος της διαφοράς μεταξύ των δύο καταστάσεων και το ρόλο που παίζει η θέρμανση στην θερμική ισορροπία του κτηρίου.



Εικόνα 3.3.8 Καρτέλα 'Σύστημα Θέρμανσης - Ψύξης', Design Builder λογισμικό

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ







Εικόνα 4.1.1 Όψη κτηρίου στην οδό Καρνεάδου

Πρόκειται για βοροφυ πολυκατοικία η οποία έχει ως κύρια χρήση την κατοικία. Κατασκευάστηκε το 1937 από τον αρχιτέκτονα Π.Μανουηλίδη. Είναι κτισμένη με πρόσωπο στην οδό Καρνεάδου, με βόρειο προσανατολισμό, όπου βλέπουν οι χώροι υποδοχής, ενώ στον ακάλυπτο χώρο διατάσσονται τα υπνοδωμάτια με νότιο προσανατολισμό. Στο υπόγειο εντάσσονται οι βοηθητικοί χώροι και το 'καταφύγιο' (απαραίτητος χώρος για την εποχή εκείνη). Στο ισόγειο βρίσκεται η κεντρική είσοδος, η προσπέλαση στους ορόφους και δύο διαμερίσματα, ενώ ακολουθούν οι 3 τυπικοί όροφοι, ο 4ος σε υποχώρηση 0.80m, ο 5ος σε υποχώρηση 3m, και το δώμα που λειτουργεί ως πατάρι σε άμεση επικοινωνία με τον τελευταίο όροφο. Όλοι οι όροφοι πλην του ισογείου αποτελούνται από οροφδιαμερίσματα (ένα διαμέρισμα ανά όροφο).

Η κτιριολογική σύνθεση της πολυκατοικίας σχετίζεται με τις διαδικασίες μέσα από τις οποίες προέκυψε σαν κτηριακό προϊόν, τις λειτουργικές ανάγκες που έπρεπε να καλύψει και τις επικρατούσες αρχιτεκτονικές τάσεις της εποχής. Εντάσσεται στη χρονική περίοδο της έντονης οικοδομικής κίνησης και εμπορευματοποίησης της αστικής γης που σαν φαινόμενα ταυτίστηκαν με την πολυκατοικία. Είναι η εποχή που κυριαρχεί το μοντέρνο κίνημα και η πολυκατοικία γίνεται πρότυπο οίκησης των αστών της πρωτεύουσας. Η συγκεκριμένη πολυκατοικία ακριβώς επειδή προορίζεται για κατοικίες μεγαλοαστών ενοίκων αξιοποιεί το μέγιστο της δομημένης επιφάνειας σε ωφέλιμο εμβαδόν. Η οργάνωση και η διάταξη των χώρων προκύπτει κυρίως από τις λειτουργικές ανάγκες και όχι από την ανάγκη κοινωνικής προβολής των ενοίκων, αν και η τελευταία γίνεται αντιληπτή μέσα από τους μεγάλους χώρους υποδοχής, την επιλογή των υλικών των επιφανειών κ.λπ. Ακόμη, ορισμένα τυπικά γνωρίσματα των πολυκατοικιών του Μεσοπολέμου π.χ σιδηρουργικά, πορτασιές κ.λπ, στην εξεταζόμενη πολυκατοικία ατονούν χάριν της λιτότερης έκφρασης, γεγονός που την κατατάσσει στην εξελικτική μορφή της αστικής πολυκατοικίας από μεσοπολεμική σε πρώιμη μεταπολεμική.

Ο τυπικός όροφος έχει συνολικό εμβαδόν 262 m<sup>2</sup> και εμβαδόν διαμερίσματος 245, 30 m<sup>2</sup>. Το διαμέρισμα περιλαμβάνει χώρο υποδοχής με χωλλ, καθιστικό, σαλόνι, τραπεζαρία και γραφείο - η οποία διάταξη μέσα στα χρόνια έχει επαναπροσδιοριστεί με μικρές αλλαγές- σε άμεση επικοινωνία μεταξύ τους, τρία υπνοδωμάτια με δύο λουτρά, κουζίνα (παλιό μαγειρείο) και βοηθητικούς χώρους (αποθήκες, δωμάτιο-σιδερωτήριο, WC, δωμάτιο υπηρεσιών που τώρα λειτουργεί ως μικρός ξενώνας).

Η διαμόρφωση της όψης ακολουθεί τις αρχές του μοντέρνου κινήματος όπως αυτές εκφράστηκαν στην αστική πολυκατοικία του μεσοπολέμου, δηλαδή εδώ συναντάμε επίπεδες λιτές μορφές, χωρίς πρόσθετα μορφολογικά στοιχεία, μεγάλα ανοίγματα με συνεχόμενα μπαλκόνια, στηθαία κ.λπ. Η γνωστή δομή σε βάση, κορμό, στέψη ελλείπει και ολόκληρη η επιφάνεια, ακόμη και η οροφή των εξωστών γίνεται με ομοιόμορφη επεξεργασία artificiel χωρίς διαφοροποίηση ή άλλη διακόσμηση. Η κεντρική είσοδος γίνεται λιτή με απλή μαρμαροεπένδυση, χωρίς επιπλέον διακοσμητικά στοιχεία και με μόνο διακριτικό στοιχείο την προοπτική σύνθεσή της. Οι βασικότερες αρχές που τηρούνται στην όψη αφορούν τη συνεχή επανάληψη ίσων ανοιγμάτων και την απόλυτα κατακόρυφη τοποθέτησή τους, η οποία προκύπτει από τις λειτουργικές ανάγκες της κάτοψης. Τα ανοίγματα είναι 2,5m το καθένα και τοποθετούνται συμμετρικά. Το κιγκλίδωμα από προκατασκευασμένα τσιμεντένια κολονάκια που συμπληρώνει το στηθαίο των μπαλκονιών, αποτελεί ακόμη ένα επαναλαμβανόμενο στοιχείο που τονίζει την έννοια της οριζοντιότητας. Η πίσω όψη και οι όψεις στους φωταγωγούς έχουν τελική επιφάνεια από τριφτό αμμοκονίαμα και κιγκλιδώματα απλά, σιδερένια.

Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και η τοιχοποιία δεν είναι φέρουσα όπως σε αντίστοιχα κτήρια της περιόδου. Οι στύλοι και οι δοκοί δεν εγκιβωτίζονται στη μάζα της τοιχοποιίας με αποτέλεσμα η όλη κατασκευή να έχει σαφή και ευδιάκριτη δομή. Οι πλάκες, ανεξαρτήτως διαστάσεων είναι αμφίεριστες Zoellner με πάχος 11cm<d<15cm, των οποίων η πλήρωση γίνεται με τούβλα. Οι περιμετρικοί τοίχοι συμβάλλουν στη θερμομόνωση λόγω πάχους, το οποίο αυξήθηκε λόγω ενσωμάτωσης του κουτιού του ρολλό σε αυτόν. Η υγραμόνωση εξωτερικά καλύπτεται από το υλικό επικάλυψης artificiel. Ο νοτιοδυτικός τοίχος δεν έχει σοβατιστεί με αποτέλεσμα να εμφανίζεται υγρασία στο δωμάτιο αυτό. Πρόβλεψη μόνωσης υπάρχει και στην ταράτσα, όπου υπάρχει στρώση κίσηςρης. Η διαμόρφωση των δαπέδων και η επιλογή των υλικών που αποτελούν την τελική επιφάνεια γίνεται με βάση το μεγαλοαστικό χαρακτήρα της πολυκατοικίας. Έτσι, οι χώροι υποδοχής, τα υπνοδωμάτια, και οι διάδρομοι είναι κατασκευασμένοι με ξύλινο δρύινο πάτωμα ψαροκόκκαλο το οποίο καρφώνεται σε ψευδωπάτωμα. Οι βεράντες στην όψη της Καρνεάδου και τα λουτρά γίνονται με λευκό μάρμαρο Αγ. Μαρίνας, ενώ οι βοηθητικοί χώροι (κουζίνα, αποθήκες, ξενώνας, σιδερωτήριο) και οι πίσω πρόβολοι είναι στρωμένοι με χυτό μωσαϊκό. Η κεντρική είσοδος και το κλιμακστάσιο γίνονται με μαρμάρινο δάπεδο, ενώ τα δάπεδα των υπόλοιπων κοινόχρηστων χώρων έχουν τελική στρώση τσιμεντοκονίας.

Τα αρχικά εξωτερικά κουφώματα των διαμερισμάτων ήταν ξύλινα ανοιγόμενα με ρολλά, ενώ ανοιγόμενα με γαλλικά πατζούρια είναι τα ανοίγματα που βλέπουν στο φωταγωγό. Το κουτί περιέλιξης του ρολλό βρίσκεται εγκιβωτισμένο στον τοίχο. Στη σημερινή μορφή τους τα κουφώματα των περισσότερων ορόφων έχουν αντικατασταθεί από σύγχρονα αλουμινίου ή πλαστικά. Τα εσωτερικά κουφώματα είναι ξύλινα πρεσσαριστά.

Συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά της πολυκατοικίας φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Χαρακτηριστικά	Φέρων Οργανισμός	Τοιχοποιία	Δάπεδα	Κουφώματα	Σκίαση
Τυπική αστική πολυκατοικία του μοντέρνου κινήματος του 30'	Οπλισμένο σκυρόδεμα	Μη φέρουσα, με εγκιβωτισμένο το κουτί του ρολλό. Εξωτερική τελική επιφάνεια: -artificiel -τριφτή τσιμεντοκονία	-Ξύλινο, δρύινο ψαροκόκκαλο -Μάρμαρο Αγ. Μαρίνας - Χυτό μωσαϊκό	- Παλαιά: ξύλινα ανοιγόμενα - Νέα: από αλουμίνιο ή πλαστικά	- Ξύλινο Ρολλό -Γαλλικά ανοιγόμενα παντζούρια

Πίνακας 4.1.1 Αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κτηρίου

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ**

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΟΙΚΩΝ		ΗΛΙΚΙΑ	ΩΡΑΡΙΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ/ώρες
	Αντρας	Γυναίκα				
Ισόγειο (Οδοντιατρείο)	1	2	50-59	9.00-21.00 = 12h	Οδοντιατρείο	η θέρμανση τυπικά είναι 7-9 και 19.00-21.00 όμως στις κρύες μέρες -όπως η εβδομάδα των μετρήσεων καίει 7-11 και 17.00-21.00
Ισόγειο (κατοικία)	1	1	> 70	24h Το διαμέρισμα παραμένει κλειστό Ιανουάριο - Μάρτιο	Κατοικία	η θέρμανση τυπικά είναι 7-9 και 19.00-21.00 όμως στις κρύες μέρες -όπως η εβδομάδα των μετρήσεων καίει 7-11 και 17.00-21.00
1ος Όροφος		4	50-59	24h	Κατοικία	Αυτόνομη θέρμανση - air conditioner είναι ανοιχτό σε μόνιμη βάση τις κρύες μέρες
2ος Όροφος					Κατοικία	
3ος Όροφος	2	2	50-59 40-49 > 70	24h	Κατοικία	η θέρμανση τυπικά είναι 7-9 και 19.00-21.00 όμως στις κρύες μέρες -όπως η εβδομάδα των μετρήσεων καίει 7-11 και 17.00-21.00
4ος Όροφος	1	1	60-69	24h	Κατοικία	η θέρμανση τυπικά είναι 7-9 και 19.00-21.00 όμως στις κρύες μέρες -όπως η εβδομάδα των μετρήσεων καίει 7-11 και 17.00-21.00
5ος Όροφος					Κατοικία	

Πίνακας 4.1.2 Χαρακτηριστικά λειτουργίας θέρμανσης, αριθμού και δραστηριότητας χρηστών, επεμβάσεων στους χώρους με βάση το ερωτηματολόγιο και τις επιτόπιες σημειώσεις

	<b>ΑΙΣΘΗΣΗ ΧΩΡΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>ΑΙΣΘΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ</b>	<b>ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ</b>
	Run 1: Θερμός Run 2: Θερμός Run 3: Άνετος - Λίγο Θερμος Run 4: Θερμός Run 5: Θερμός	Όχι	1. Κουφώματα SCHUCO Συνθετικά PVC 2. Τοίχοι: Βάψιμο/Τοπτικό Σοβάτισμα/ Συνθετικές αλλαγές 3. Ψευδοροφή με γυψοσανίδα (44cm)
	Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χώρο	Όχι	1. Διατήρηση παλαιών Κουφωμάτων 2. Συνθετικές επεμβάσεις 3. Βάψιμο Τοίχων
	Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χώρο	Όχι	1. Κουφώματα Αλουμινίου - Διπλό Τζάμι 2. Τοίχοι Βάψιμο
	Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χώρο		
	Run 1: Λίγο Θερμός Run 2: Λίγο Θερμός Run 3: Λίγο Θερμος Run 4: Λίγο Θερμός Run 5: Λίγο Θερμός	Όχι	1. Κουφώματα Αλουμινίου - Διπλό Τζάμι 2. Τοίχοι Βάψιμο 3. Στο καθιστικό ψευδοροφή 35cm
	Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χώρο	Όχι	1. Κουφώματα Αλουμινίου - Διπλό Τζάμι 2. Τοίχοι Βάψιμο
	Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χώρο		



Εικόνα 4.1.2 Βόρεια και Νότια όψη του κτηρίου, αναλογία πλήρους - κενού (τοιχών -ανοιγμάτων)

#### ΒΟΡΕΙΑ ΟΨΗ

Συνολικό εμβαδόν:  $E_{o\lambda} = 214,38m^2$

Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_2 = 3,38 + 5,292 + 5,125 \cdot 6 + 6,625 \cdot 2 + 4,625 + 6,625 = 63,92m^2$

Αναλογία κενού-πλήρους:  $E_2 / E_{o\lambda} = 63,922 / 214,3781$   
 $= 29,82\%$

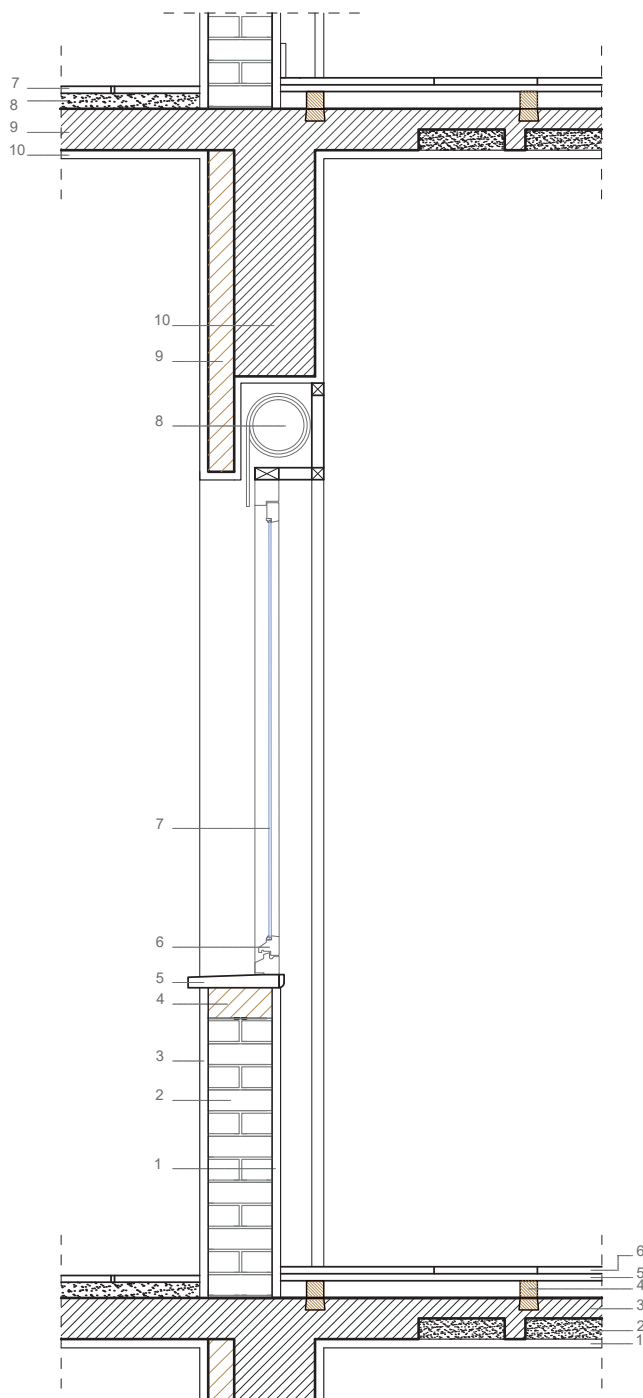
#### ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ

Συνολικό εμβαδόν:  $E_{o\lambda} = 308,89m^2$

Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_1 = 2,05 \cdot 2 + 5,145 \cdot 6 + 3,28 \cdot 6 = 54,65m^2$

Αναλογία κενού-πλήρους  $E_1 / E_{o\lambda} = 54,65 / 308,893$   
 $= 17,69\%$

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ



### ΔΑΠΕΔΟ

7. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm
8. Πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
9. Τσιμεντοκονία 2cm
10. Μάρμαρο 3cm με αρμό ανά 30cm

### ΤΟΙΧΟΣ

1. Εσωτερικό Επίχρισμα 2,5cm
2. Μπατική οπτοπλινθοδομή 19cm
3. Εξωτερικό Επίχρισμα - αρτιφισιέλ 2.5cm
4. Τσιμέντο 5cm
5. Ποδιά από μάρμαρο 2cm
6. Κούφωμα αλουμινίου 7cm
7. Υαλοπίνακας 6mm
8. Κουτί Ρολλό 25cm
9. Τύμπανο παραθύρου από σκυρόδεμα 7cm
10. Δοκός από οπλισμένο σκυρόδεμα 24 cm

### ΔΑΠΕΔΟ

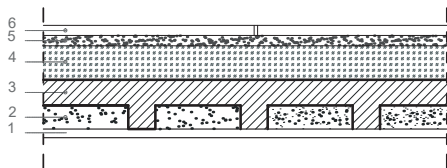
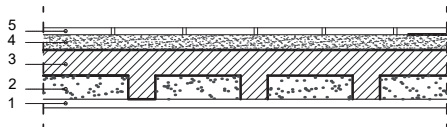
1. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm
2. Γέμισμα με τούβλα ανάμεσα σε δοκίδες 6cm
3. Πλάκα Zollner από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
4. Ξύλινα καθρόνια στήριξης 4cm
5. Ψευδοπάτωμα 2cm
6. Λούινο Παρκέτο 2cm

### ΔΑΠΕΔΟ

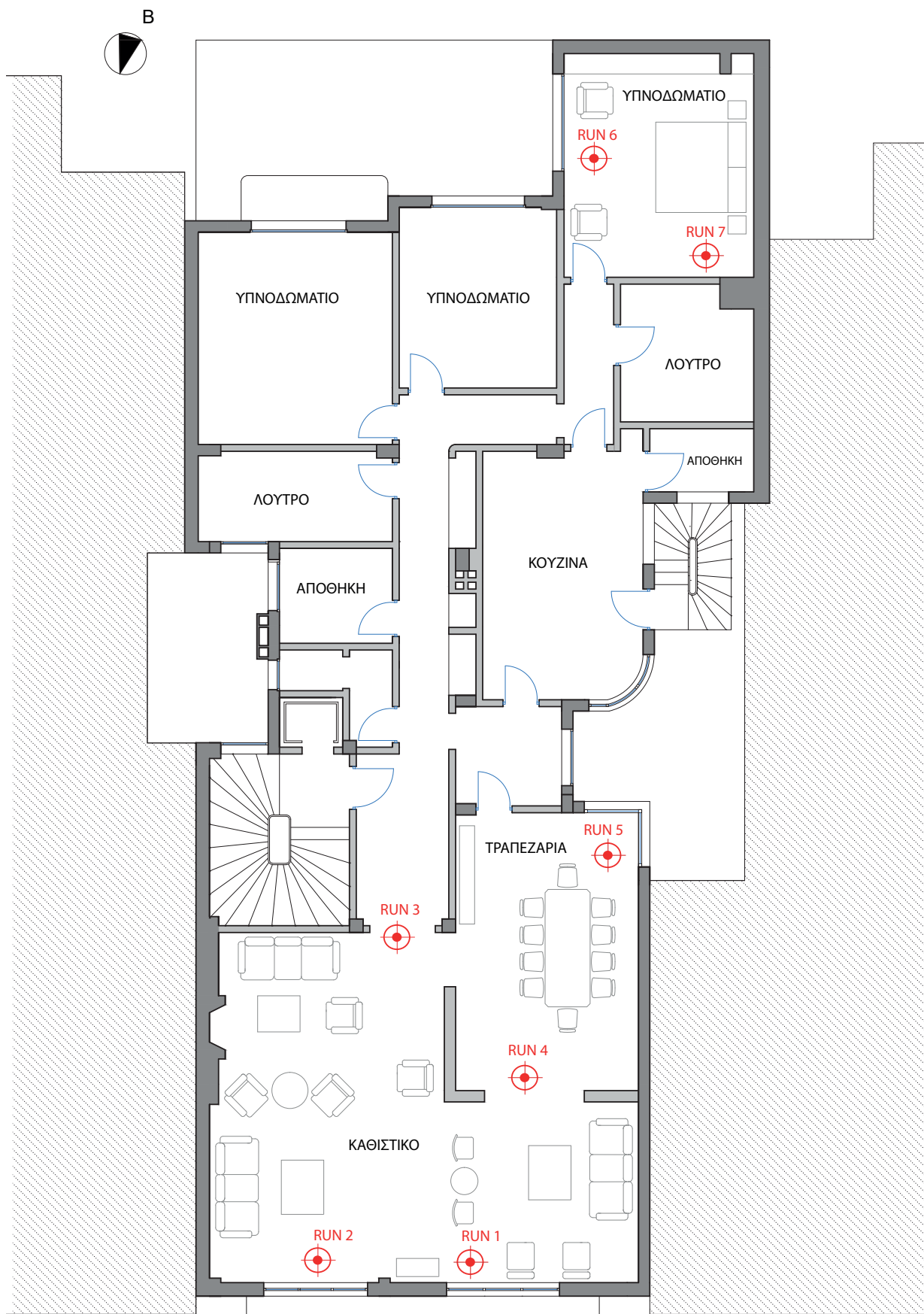
1. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm
2. Γέμισμα με τούβλα ανάμεσα σε δοκίδες 6cm
3. Πλάκα Zollner από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
4. Τσιμεντοκονία 4.5cm
5. Μωσαϊκό 3cm με αρμό ανά 20cm

### ΔΩΜΑ

1. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm
2. Γέμισμα με τούβλα ανάμεσα σε δοκίδες 6cm
3. Πλάκα Zollner από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
4. Ελαφροσκυρόδεμα 7cm
5. Τσιμεντοκονία 2cm
6. Μαλτεζόπλακες 3cm



Εικόνα 4.1.3 Χαρακτηριστικές τομές 1-20 στον τοίχο του εξωτερικού κελύφους, το δώμα και το τυπικό δάπεδο των εσωτερικών χώρων



Εικόνα 4.1.4 Κάτοψη 3ου ορόφου, θέσεις τοποθέτησης αισθητήρων στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



Οι επιτόπιες μετρήσεις στο κτήριο της οδού Καρνεάδου 24 πραγματοποιήθηκαν την εβδομάδα 11-18 Δεκεμβρίου 2015 από Δευτέρα έως Παρασκευή, πρωί και βράδυ, στο οροφδιαμέρισμα του 3ου ορόφου. Οι χώροι στους οποίους μετρήθηκαν οι εσωτερικές συνθήκες ήταν το καθιστικό, η τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο στην όψη προς τον ακάλυπτο. Η επιλογή των χώρων αυτών έγινε επειδή βρίσκονται στις δύο όψεις του κτηρίου και δέχονται τις μεγαλύτερες απώλειες λόγω του μεγάλου μεγέθους των ανοιγμάτων. Οι θέσεις μέτρησης ορίζονται στο καθιστικό από τη μικρότερη δυνατή απόσταση από τα παράθυρα μέχρι το πιο απόμακρο σημείο του χώρου από την όψη. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε τη διαφορά της θερμοκρασίας καθώς απομακρυνόμαστε από την όψη, την πιθανή ύπαρξη ρευμάτων, τη διακύμανση της υγρασίας στο χώρο κ.λπ.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα διαγράμματα της θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα και δεικτών PMV, PPD που αντιστοιχούν στο ποσοστό των δυσαρεστημένων χρηστών, δίνοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των εσωτερικών συνθηκών του διαμερίσματος.



**RUN1**

Καθιστικό μέτρηση κοντά σε μπαλκονόπορτα



**RUN2**

Καθιστικό μέτρηση κοντά σε παράθυρο



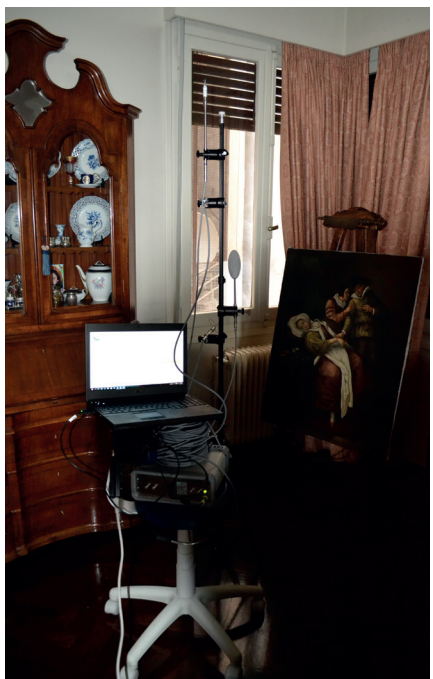
**RUN3**

Καθιστικό μέτρηση σε απόσταση από την όψη,



**RUN4**

Καθιστικό - τραπεζαρία μέτρηση σε απόσταση από την όψη



**RUN5**

Τραπεζαρία μέτρηση στη μέγιστη απόσταση από όψη, θέση κοντά σε άνοιγμα φωταγωγού



**RUN6-7**

Υπνοδωμάτιο μέτρηση πλησίον της μπαλκονόπορτας και στο βάθος, κοντά στον τοίχο

Εικόνα 4.1.6 Φωτογραφίες εσωτερικών χώρων μετρήσεων στο διαμέρισμα του 3ου ορόφου

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζονται για το κάθε μετρούμενο σημείο η θερμοκρασία αέρα, η θερμοκρασία λειτουργίας και η θερμοκρασία ακτινοβολίας συγκρινόμενες με την εξωτερική θερμοκρασία. Πρέπει κατ' αρχάς να σημειωθεί ότι στην πολυκατοικία αυτή λειτουργούσε κεντρική θέρμανση στην πλειοψηφία των διαμερισμάτων για ένα πολύ μεγάλο διάστημα μέσα στην ημέρα (σημειώνεται στον Πίνακα 4.1.2) με αποτέλεσμα οι εσωτερικές συνθήκες να μην επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία. Επομένως, γενικά, η εσωτερική θερμοκρασία αέρα δεν κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. Το ζήτημα αυτό μελετάται ξεχωριστά στην προσομοίωση του κτηρίου όπου πέραν των μετρήσεων με θέρμανση, ελέγχεται το κέλυφος του κτηρίου χωρίς τη λειτουργία της για να συγκριθεί η συμπεριφορά του κελύφους στην περίπτωση αυτή.

Ακόμη αξίζει να σημειωθεί το εξής: Μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών, η θερμοκρασία λειτουργίας συνυπολογίζει την επίδραση της ταχύτητας του αέρα, ενώ η θερμοκρασία ακτινοβολίας μπορεί να δείξει τα επίπεδα τοπικής δυσφορίας στο κάθε σημείο. Με άλλα λόγια για πολύ υψηλότερες ή χαμηλότερες τιμές της σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρα καταλαβαίνουμε πως τοπικά υπάρχει έντονη δυσφορία λόγω είτε κάποιου ρεύματος αέρα, είτε του υλικού του πατώματος κ.λπ.

Αναλυτικότερα:

Στην περιγραφή των αποτελεσμάτων μας γίνεται ένας σαφής διαχωρισμός αποτελεσμάτων ανάμεσα στις μετρήσεις του καθιστικού (RUN1-5) και του υπνοδωματίου (RUN 6-7), λόγω των σημαντικών διαφορών τους τόσο σε επίπεδο συνθηκών, όσο και σε επίπεδο δεικτών PMV, PPD. Αυτό συμβαίνει καταρχάς λόγω ορισμένων χαρακτηριστικών του υπνοδωματίου που δεν εμφανίζονται στο καθιστικό. Η βασική διαφορά τους είναι πως ο χώρος του υπνοδωματίου είναι εκτεθειμένος από 3 πλευρές, ενώ το καθιστικό έχει μόνο μια όψη ελεύθερη καθώς πλαισιώνεται από τα όμορα κτήρια. Ακόμη, ύστερα από συνέντευξη με τους ιδιοκτήτες, αναφέρθηκε πως ο νοτιοδυτικός τοίχος έχει πρόβλημα λόγω απουσίας εσωτερικού σοβατίσματος, γεγονός που επηρεάζει τις μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Τέλος, τόσο το καθιστικό όσο και το υπνοδωμάτιο έχουν εκτεθειμένο ένα μικρό τμήμα της οροφής τους, η οποία αποτελεί βεράντα του επάνω ορόφου επομένως σημειώνονται απώλειες και από εκείνο το σημείο.

Οι εξωτερικές συνθήκες της εβδομάδος αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες μια τυπικής εβδομάδας του χειμώνα όπου ο μέσος όρος θερμοκρασίας κυμαίνεται στους 10 °C και ανάλογα με την ηλιοφάνεια, τη βροχόπτωση ή το δυνατό άνεμο μπορεί για κάποιο χρονικό διάστημα μέσα στην ημέρα να αγγίξει χαμηλότερες ή υψηλότερες θερμοκρασίες. Βροχόπτωση έντονη και συνεχής δεν παρατηρήθηκε καμία ημέρα γι' αυτό δεν παρατηρούμε ακραία ποσοστά σχετικής υγρασίας.

Για το καθιστικό - τραπεζαρία, κατά τη διάρκεια της εβδομάδας, τις πρωινές ώρες, στο σύνολο των 5 θέσεων μετρήσεων, παρατηρούνται θερμοκρασίες από 22,2 - 24,5 °C, με ένα γενικό μέσο όρο καθόλη την εβδομάδα στους 23,48 °C ενώ σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του ΤΕΕ η μέση θερμοκρασία για κλιματιζόμενους χώρους κατοικιών είναι ~20°C. Κατ' αντιστοιχία, η μέγιστη και ελάχιστη τιμή για τη θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι 21,19 - 24,05 °C και της λειτουργικής θερμοκρασίας 23,8 - 22,06 °C. Η ταχύτητα του αέρα κυμαίνεται από 0,07- 0,03 m/s και η σχετική υγρασία από 31,52 - 43,51 %. Τις βραδινές ώρες, η θερμοκρασία αέρα κυμαίνεται από 21,57-24,57 °C, με ένα γενικό μέσο όρο στην εβδομάδα στους 23,31 °C και κατ' αντιστοιχία, η θερμοκρασία ακτινοβολίας μεταξύ 20,94-24,04 °C και η θερμοκρασία λειτουργίας 21,39-24,07 °C. Η υγρασία κυμαίνεται από 32,46 - 39,89% και η ταχύτητα του αέρα μεταξύ 0,03-0,05 m/s. Παρατηρούμε, λοιπόν, πως στο καθιστικό καθόλη τη διάρκεια της ημέρας αλλά και της εβδομάδας διατηρείται μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία ~23 °C, κυρίως χάρη στη συνεχόμενη θέρμανση.

Στο υπνοδωμάτιο, κατά τη διάρκεια της εβδομάδας, τις πρωινές ώρες, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 23,84-21,42 °C και σε αντίστοιχο εύρος 23-21°C βαθμούς κυμαίνονται η θερμοκρασία ακτινοβολίας και η λειτουργική. Τις βραδινές ώρες η θερμοκρασία αέρα κυμαίνεται από 22-24 °C, ενώ η υγρασία στο χώρο καθόλη τη διάρκεια της ημέρας κυμαίνεται μεταξύ 35-40%.

Κατανοούμε ότι ο βαθμός επίδρασης της θέρμανσης είναι μεγάλος και σε ορισμένες περιπτώσεις ακραίος. Οι χώροι δεν έχουν ανάγκη αυτήν την ποσότητα θέρμανσης και γι' αυτό εμφανίζονται θερμοκρασίες υψηλότερες του φυσιολογικού κυρίως το πρωί. Ταυτόχρονα, ενώ η υγρασία θα έπρεπε να κυμαίνεται με μικρές αποκλίσεις στο 40% σύμφωνα και πάλι με την τεχνική οδηγία του ΤΕΕ, εδώ παρατηρούμε και αρκετά χαμηλότερες τιμές που πλησιάζουν το 30%. Αυτό οφείλεται στην αίσθηση ξηρότητας που επικρατεί στον εσωτερικό χώρο λόγω της θέρμανσης και της απουσίας διαρκούς ανανέωσης του αέρα, καθώς τα ανοίγματα είναι κλειστά. Μάλιστα, αν συγκρίνουμε την εξωτερική με την εσωτερική τιμή υγρασίας, οι οποίες έχουν διπλάσια σχεδόν διαφορά, κατανοούμε τον καταλυτικό ρόλο που παίζει η λειτουργία των καλοριφέρ. Το γεγονός ότι τα παράθυρα και οι μπαλκονόπορτες είναι κλειστές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, οδηγεί σε ένα ακόμη συμπέρασμα. Είναι αρκετά δύσκολο να δημιουργηθούν εσωτερικά ρεύματα ψύχους, εκτός κι αν η διείσδυση του αέρα από τους περιμετρικούς τοίχους και ανοίγματα γίνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό, κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωσή μας. Εδώ, οι μέγιστες τιμές ταχύτητας αέρα πράγματι παρατηρούνται κοντά στα ανοίγματα 0,05-0,07 m/s, ενώ στους κεντρικότερους χώρους η ταχύτητα του αέρα είναι συνήθως 0,03 m/s. Μάλιστα δεδομένου ότι μια φυσιολογική τιμή ταχύτητας αέρα με ανοιγόμενα ανοίγματα είναι 0,125m/s κατανοούμε ότι πρακτικά δεν υπάρχει κίνηση του αέρα, άρα προκαλείται δυσφορία. Ρεύμα αέρα μπορεί να προκληθεί και από την εκπομπή θερμότητας λόγω

των καλοριφέρ όμως κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση αυτή.

Στο υπνοδωμάτιο, το οποίο σύμφωνα με τη γνώμη των ενοίκων, αποτελεί το πιο κρύο χώρο του σπιτιού παρατηρούμε μια μικρή πτώση της θερμοκρασίας κατά 1 σε σχέση με τον ευρύτερο χώρο καθιστικού-τραπεζαρίας. Δεδομένου ότι ο χώρος αυτός είναι πολύ μικρότερος σε μέγεθος από τους άλλους και έχει ακριβώς το ίδιο πρόγραμμα λειτουργίας θέρμανσης, θα έπρεπε να εμφανίζει ακόμη πιο αυξημένες τιμές θερμοκρασίας, καθώς θα ήταν πολύ πιο εύκολο να θερμανθεί γρήγορα. Όμως, λόγω των ανοιγμάτων, και των ελεύθερων πλευρών του έχει ανάγκη τη συνεχή υποστήριξη από καλοριφέρ ώστε να διατηρήσει στο φυσιολογικό τα επίπεδα θερμοκρασίας του.

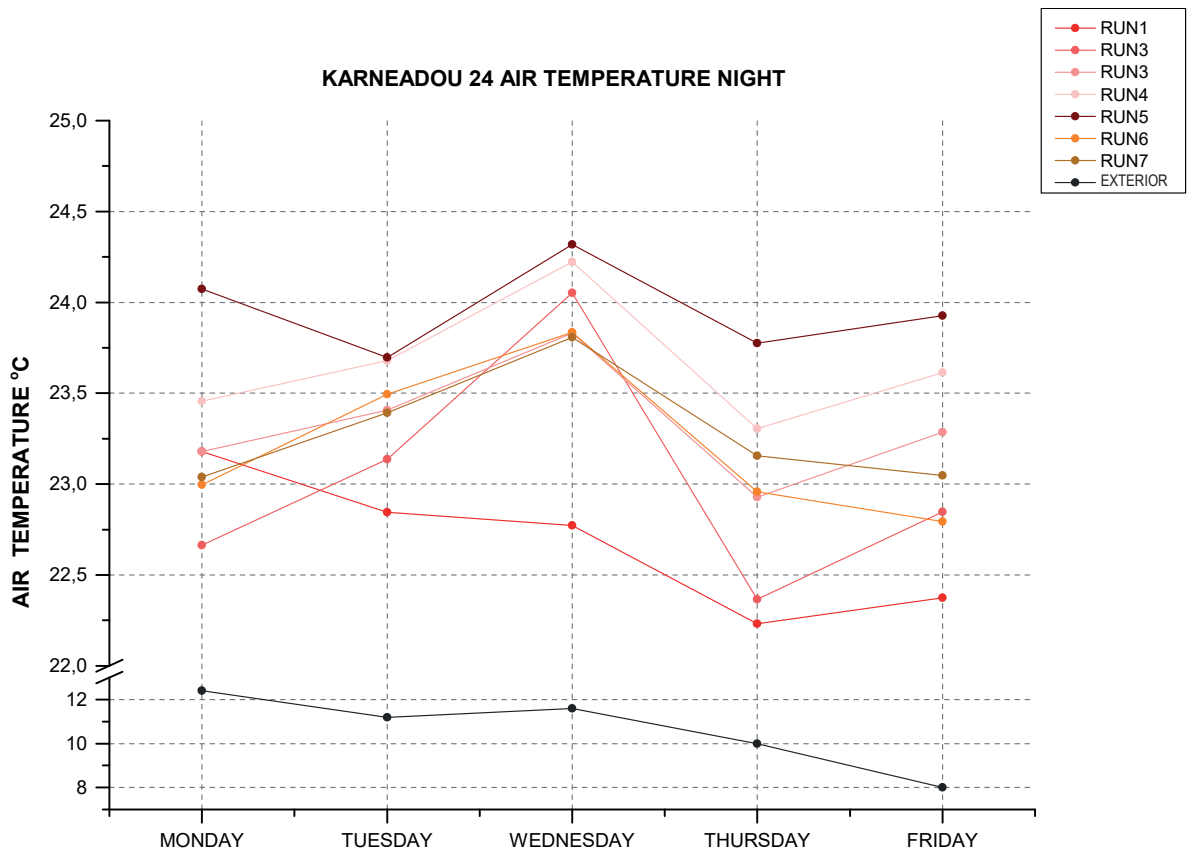
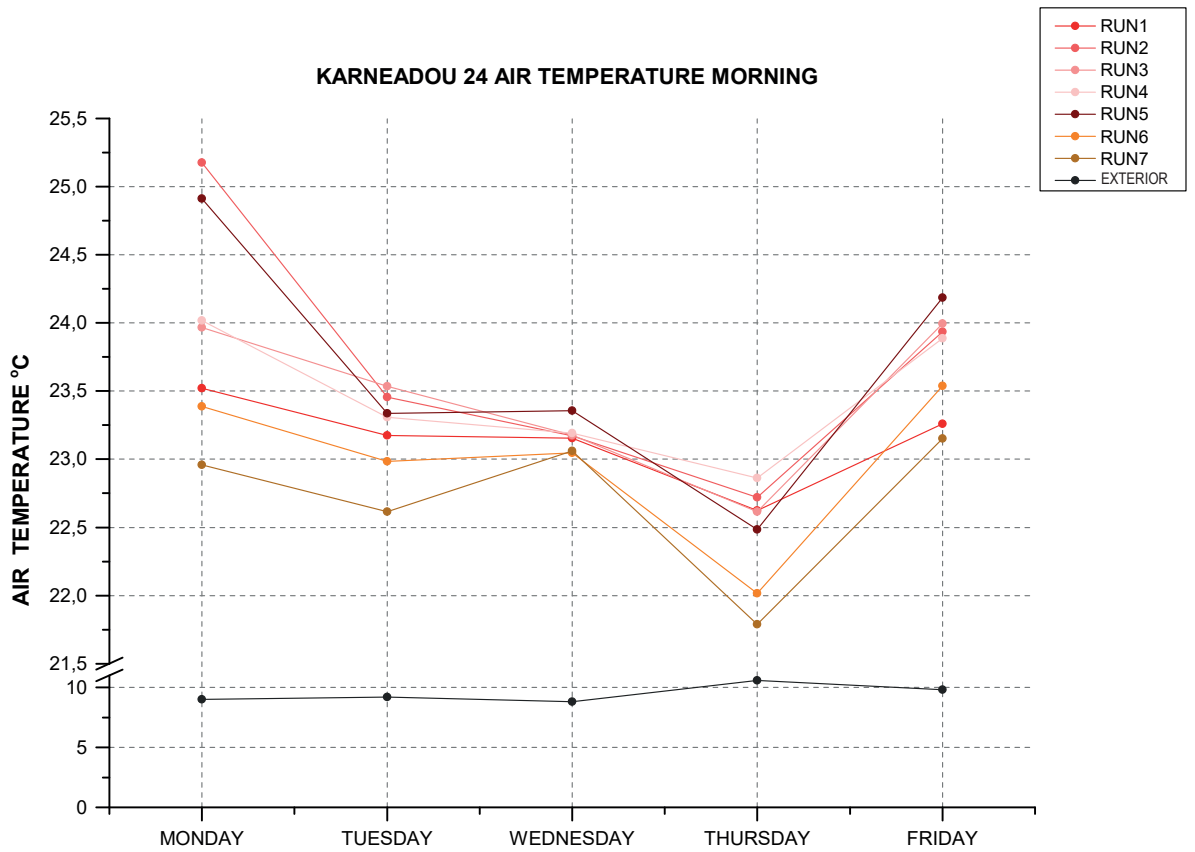
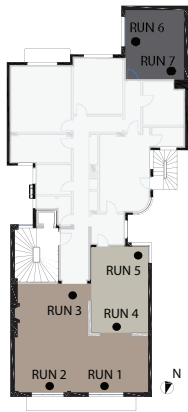
Μελετώντας τους δείκτες PMV, PPD για τους χώρους αυτούς μπορούμε να διαπιστώσουμε το ποσοστό των δυσαρεστημένων ενοίκων και τη φύση της δυσαρέσκειας (πολύ κρύο ή πολλή ζέση). Παρατηρούμε, λοιπόν, πως στους χώρους του καθιστικού και της τραπεζαρίας το ποσοστό των δυσαρεστημένων ενοίκων είναι σχεδόν αμελητέο και εκφράζει δυσαρέσκεια σε σχέση με την αυξημένη τιμή θερμοκρασίας στο χώρο. Οι ένοικοι βρίσκουν το χώρο άνετο προς 'ελαφρώς θερμό', ενώ τοπικά μέσα στην ημέρα μπορεί να αισθανθούν πολύ θερμά. Αντίθετα, στο υπνοδωμάτιο τόσο το ποσοστό όσο και η φύση της δυσαρέσκειας αλλάζουν. Περίπου το 1/3 των ενοίκων εμφανίζεται δυσαρεστημένο και αισθάνεται τον χώρο 'ελαφρώς ψυχρό' παρόλο που η θέρμανση λειτουργεί κανονικά.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ				ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)			
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	7,60	73,00	24,50	24,05	23,77	43,41	0,08	9,35	0,44
	min	15,20	52,00	22,20	21,87	22,06	31,52	0,02	5,48	-0,46
	average	11,00	62,50	23,48	22,90	22,96	36,16	0,04	7,25	0,10
ΒΡΑΔΥ	max	13,30	71,00	24,57	23,82	24,07	39,89	0,17	23,34	0,58
	min	11,20	67,00	21,57	20,94	21,39	35,47	0,02	5,36	-0,41
	average	12,00	69,00	23,32	22,45	22,66	35,69	0,04	9,41	0,15

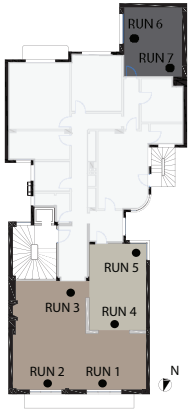
		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ				ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)			
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	7,60	73,00	26,37	23,58	23,72	42,24	0,12	8,37	0,40
	min	15,20	52,00	22,21	21,96	22,06	31,52	0,02	5,42	-0,31
	average	11,00	62,50	23,55	22,95	23,01	36,01	0,04	6,9	0,10
ΒΡΑΔΥ	max	13,30	71,00	24,43	24,02	24,07	38,42	0,09	11,97	0,58
	min	11,20	67,00	22,87	22,95	23,02	32,46	0,02	6,05	-0,41
	average	12,00	69,00	23,78	23,28	23,36	35,11	0,04	8,6	0,15

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ				ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)			
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	7,60	73,00	23,84	23,12	23,11	43,18	0,05	47,08	0,58
	min	15,20	52,00	21,42	21,19	21,26	35,81	0,02	21,34	-0,93
	average	11,00	62,50	22,85	22,21	22,26	35,69	0,03	31,74	0,39
ΒΡΑΔΥ	max	13,30	71,00	24,35	23,44	23,30	40,47	0,11	30,24	-0,80
	min	11,20	67,00	21,85	22,68	22,64	35,47	0,02	18,42	-1,09
	average	12,00	69,00	23,25	23,03	22,83	37,68	0,04	25,38	-0,98

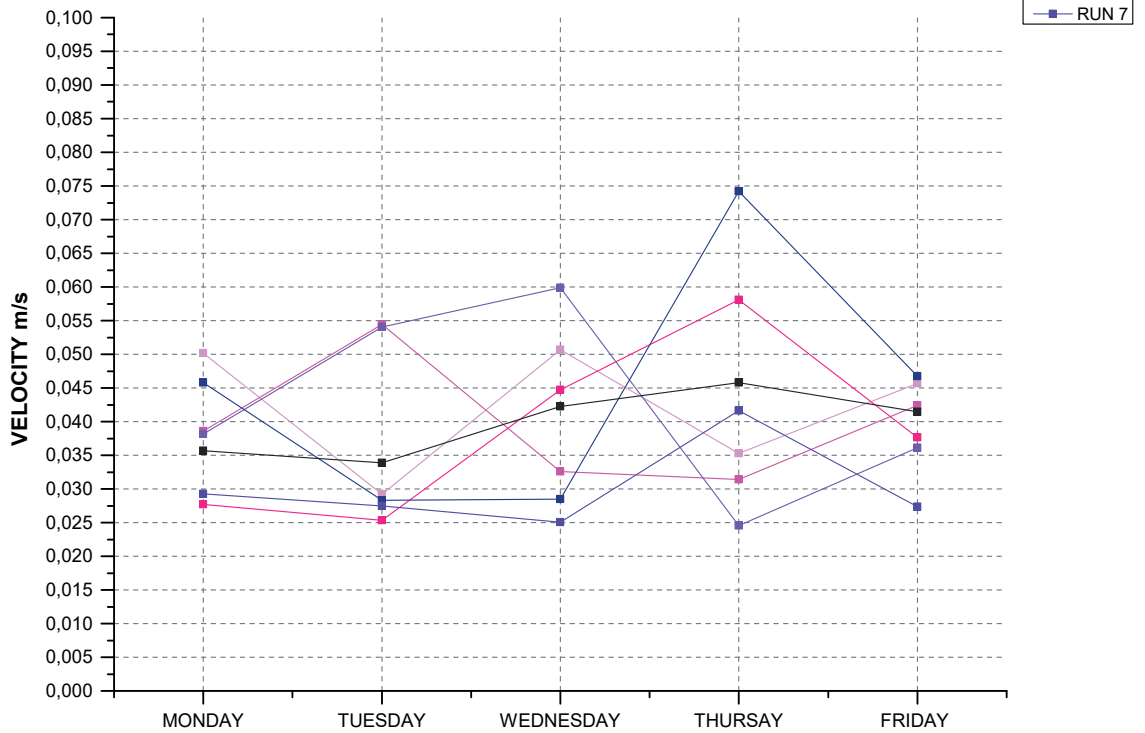
Πίνακας 4.1.3 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



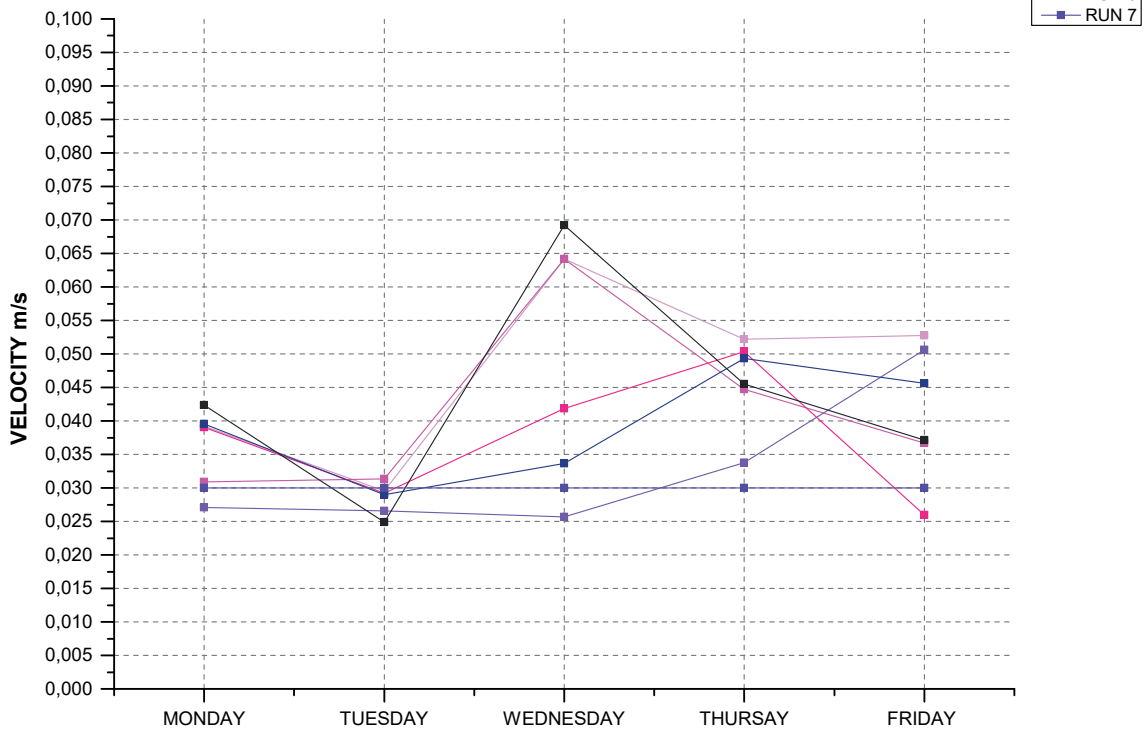
Εικόνα 4.1.7 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα πρωί και βράδυ, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



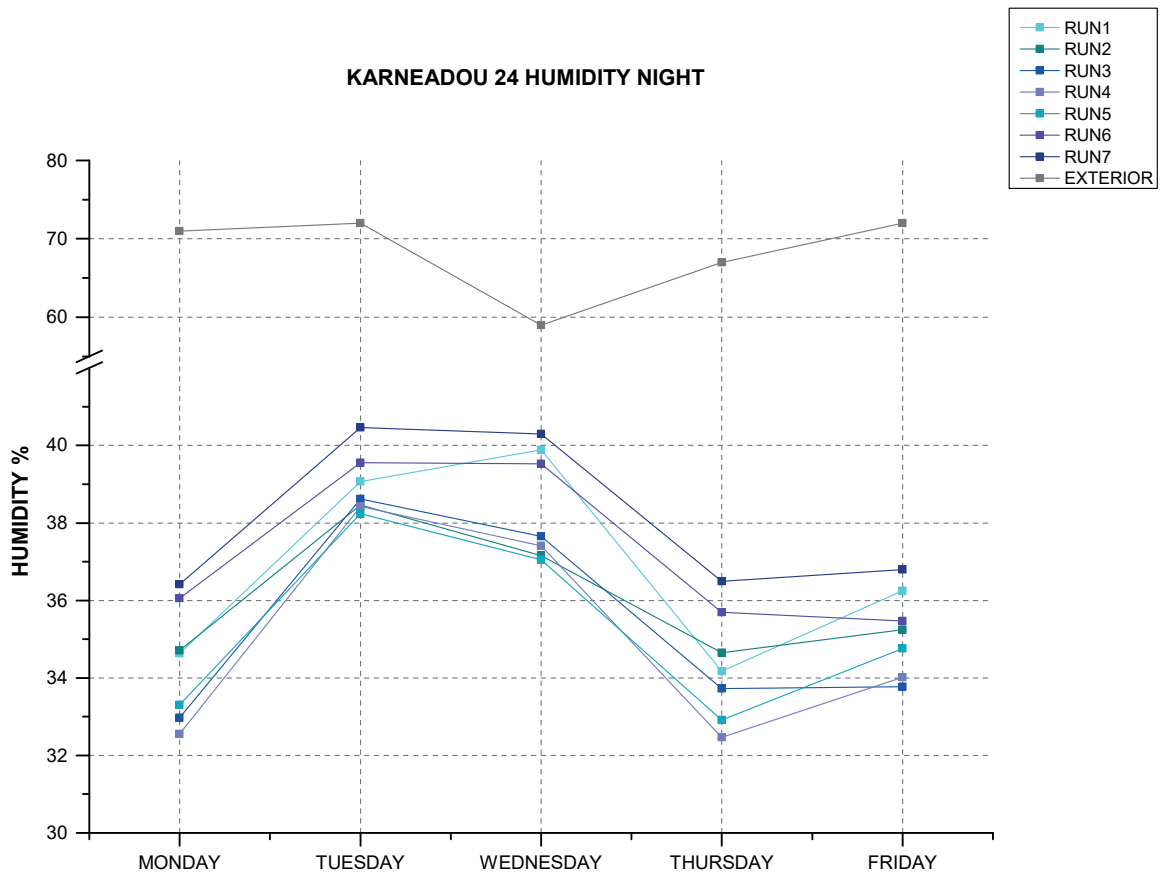
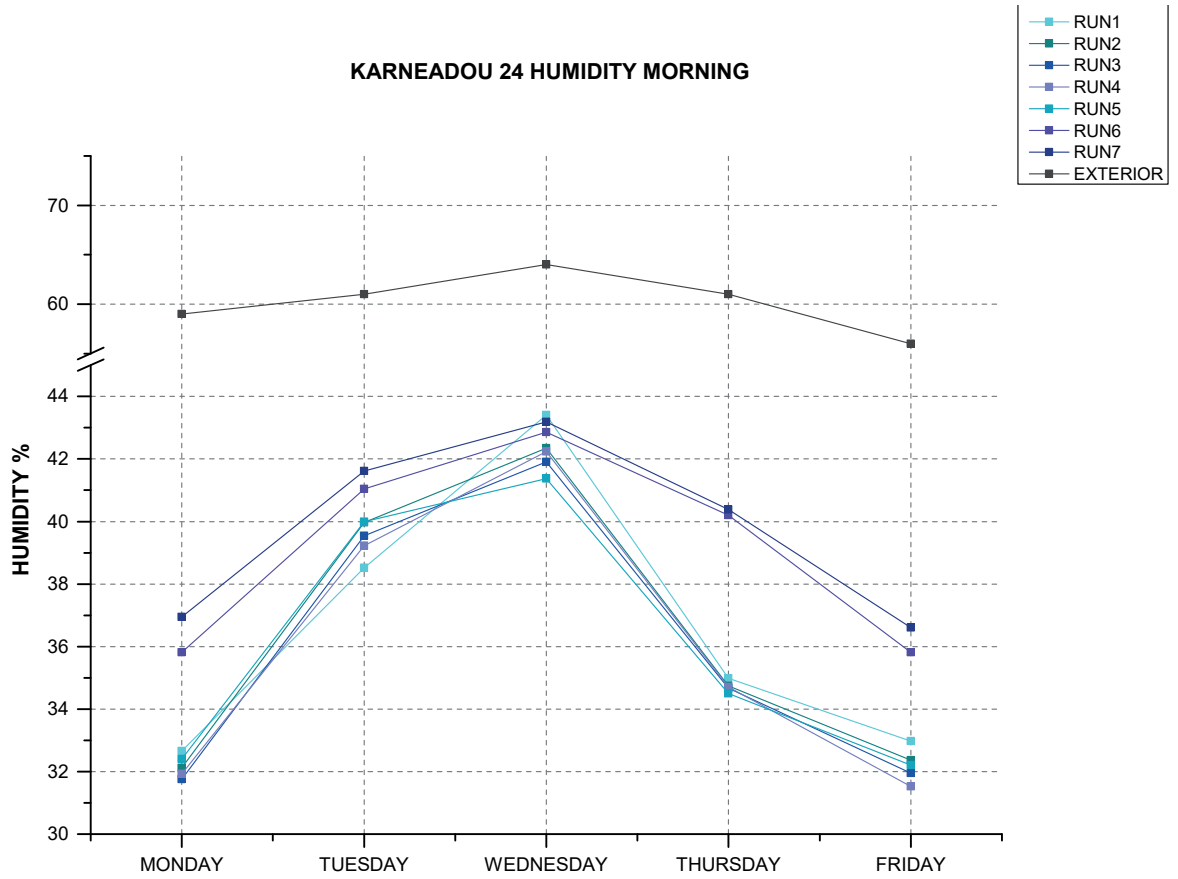
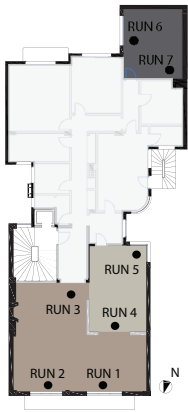
KARNEADOU 24 VELOCITY MORNING



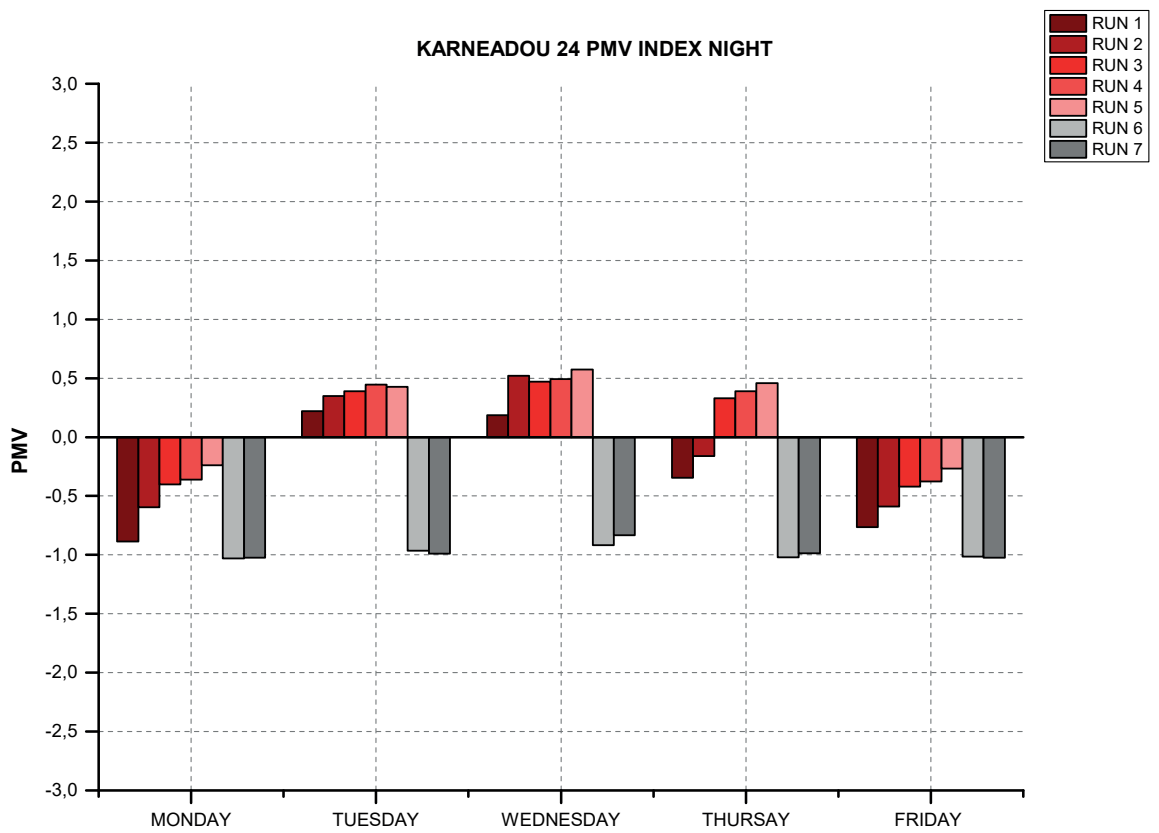
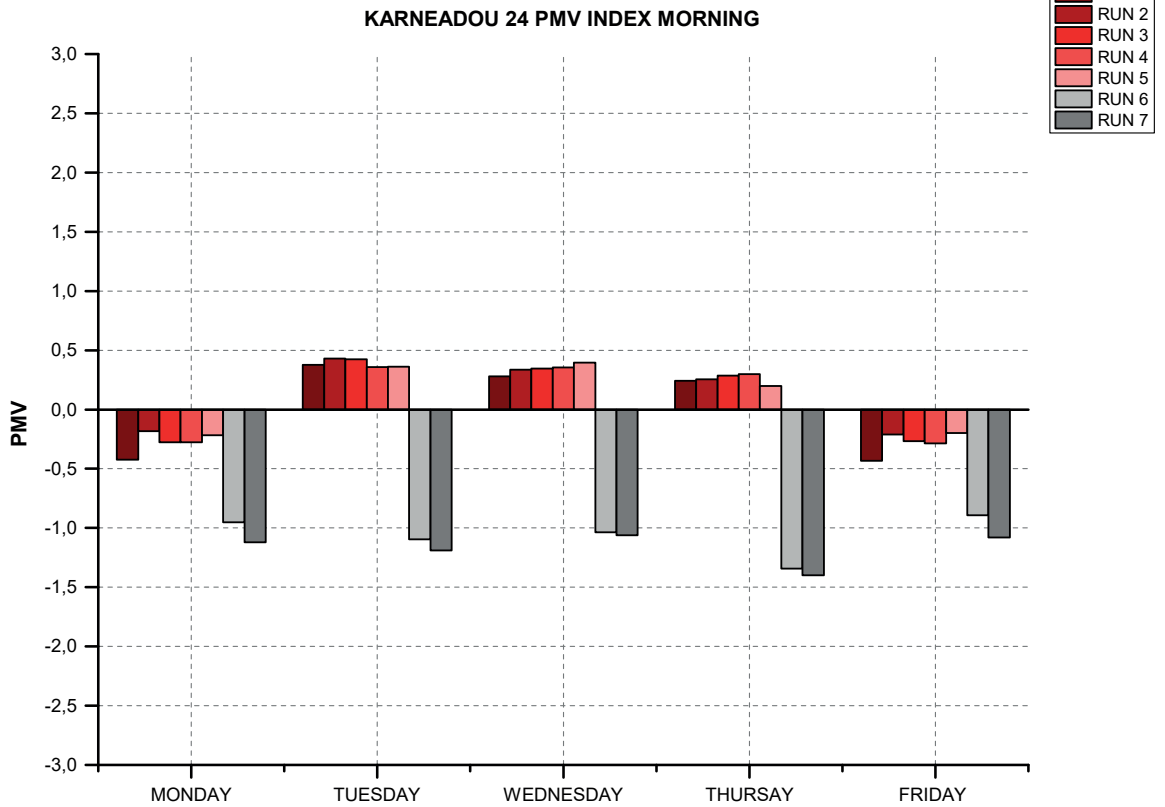
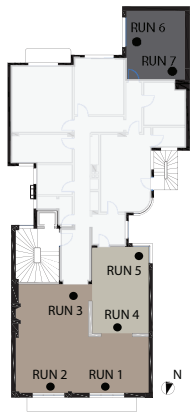
KARNEADOU 24 VELOCITY NIGHT



Εικόνα 4.1.8 Διάγραμμα ταχύτητας αέρα πρωί και βράδυ, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



Εικόνα 4.1.9 Διάγραμμα σχετικής υγρασίας πρωί και βράδυ, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



Εικόνα 4.1.10 Διάγραμμα δείκτη PMV πρωί και βράδυ, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο

## ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ DESIGN BUILDER/ENERGY PLUS - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Κατόπιν των επιτόπιων μετρήσεων πραγματοποιείται η μοντελοποίηση του κτηρίου στο λογισμικό Energy Plus ώστε να συγκριθούν τα θεωρητικά αποτελέσματα με τις πραγματικές μετρήσεις. Εδώ χρειάζονται ορισμένες επισημάνσεις ώστε να γίνουν κατανοητοί οι περιορισμοί στη σύγκριση. Στο πρόγραμμα η βασική διαφορά με την πραγματικότητα είναι η λειτουργία της θέρμανσης. Το πρόγραμμα θεωρεί έναν εσωτερικό θερμοστάτη ο οποίος ορίζει πότε θα λειτουργήσει η θέρμανση και σε ποιο ποσοστό. Επομένως, ορίζοντας εμείς το ωράριο της θέρμανσης δίνουμε το ευρύτερο πλαίσιο των ωρών που λειτουργεί. Το πρόγραμμα με τη σειρά του μετρώντας τα συνολικά εσωτερικά κέρδη και λαμβάνοντας υπόψιν το χρονικό διάστημα που λειτουργεί η θέρμανση, υπολογίζει πόση ανάγκη για επιπλέον θέρμανση με το επιλεγμένο σύστημα HVAC έχει ο χώρος. Η τιμή της θερμοκρασίας κάτω από την οποία είναι απαραίτητη η θέρμανση έχει ορισθεί στους 20 °C.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν δίνεται η εικόνα των συνθηκών στα δωμάτια που μετρήθηκαν με βάση τα υλικά, τις επεμβάσεις, τα ωράρια χρήσης, τη δραστηριότητα και τον αριθμό των νοίκων ώστε να προσομοιάζονται πλήρως οι πραγματικές συνθήκες. Οι εξωτερικές συνθήκες έχουν σημειωθεί ώστε να είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες πραγματικές για να υπάρχει ένα σωστότερο υπόβαθρο σύγκρισης.

Η μεγάλη διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στις θεωρητικές και πραγματικές μετρήσεις είναι η τιμές της θερμοκρασίας αέρα, ακτινοβολίας και λειτουργίας. Στην προσομοίωση, οι τιμές εμφανίζονται αρκετά χαμηλότερες μεταξύ 17-19 °C, με τις χαμηλότερες να συναντώνται στο υπνοδωμάτιο και τις υψηλότερες στην τραπεζαρία. Όσον αφορά τις τιμές υγρασίας, εδώ το εύρος τιμών είναι μεγαλύτερο από 30- 55% όμως αρκετά κοντά στις πραγματικές καθώς πλησιάζουν ένα μέσο όρο 40%. Μάλιστα, σύμφωνα με το πρόγραμμα, δεν υπάρχουν έντονες διαφορές στην υγρασία μεταξύ των διαφορετικών δωματίων κάτι που αποδείχτηκε και στην

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,21	17,85	18,03	51,38	-1,34	
	min	7,93	17,06	16,70	16,88	29,78	-1,70	
	average	10,44	17,67	17,36	17,51	39,26	-1,52	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,37	18,14	18,25	50,89	-1,62	
	min	7,93	17,31	17,19	17,25	29,46	-1,29	
	average	10,44	17,86	17,73	17,79	38,79	-1,46	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,88	18,25	18,57	49,14	-1,45	
	min	7,93	18,20	17,42	17,81	28,09	-1,73	
	average	10,44	18,56	17,90	18,23	37,08	-1,60	

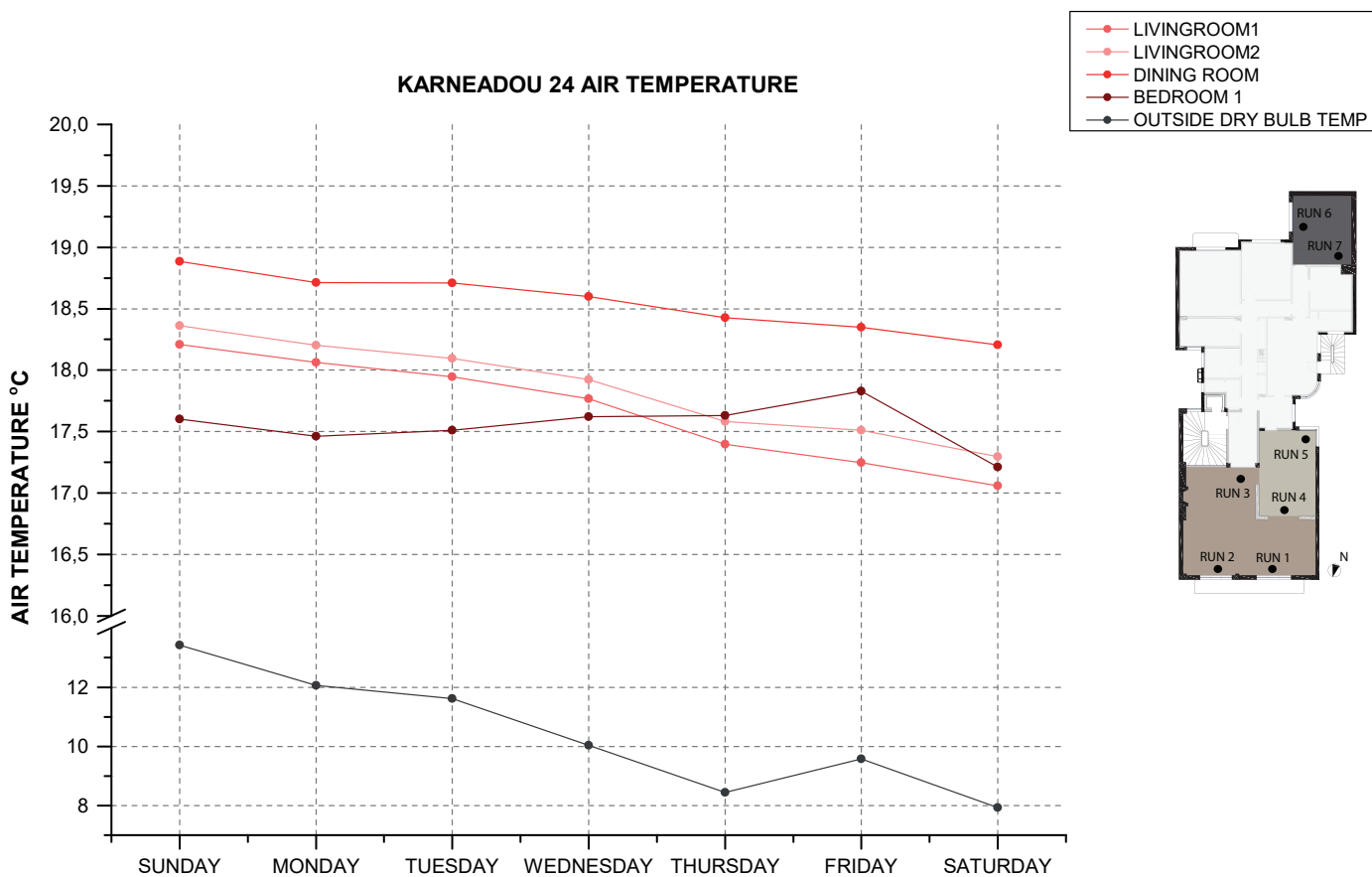
		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	17,83	17,57	17,70	53,52	-2,06	
	min	7,93	17,21	16,71	16,97	30,11	-1,89	
	average	10,44	17,55	17,03	17,29	39,79	-1,95	

Πίνακας 4.1.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση δείκτη PMV, στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο

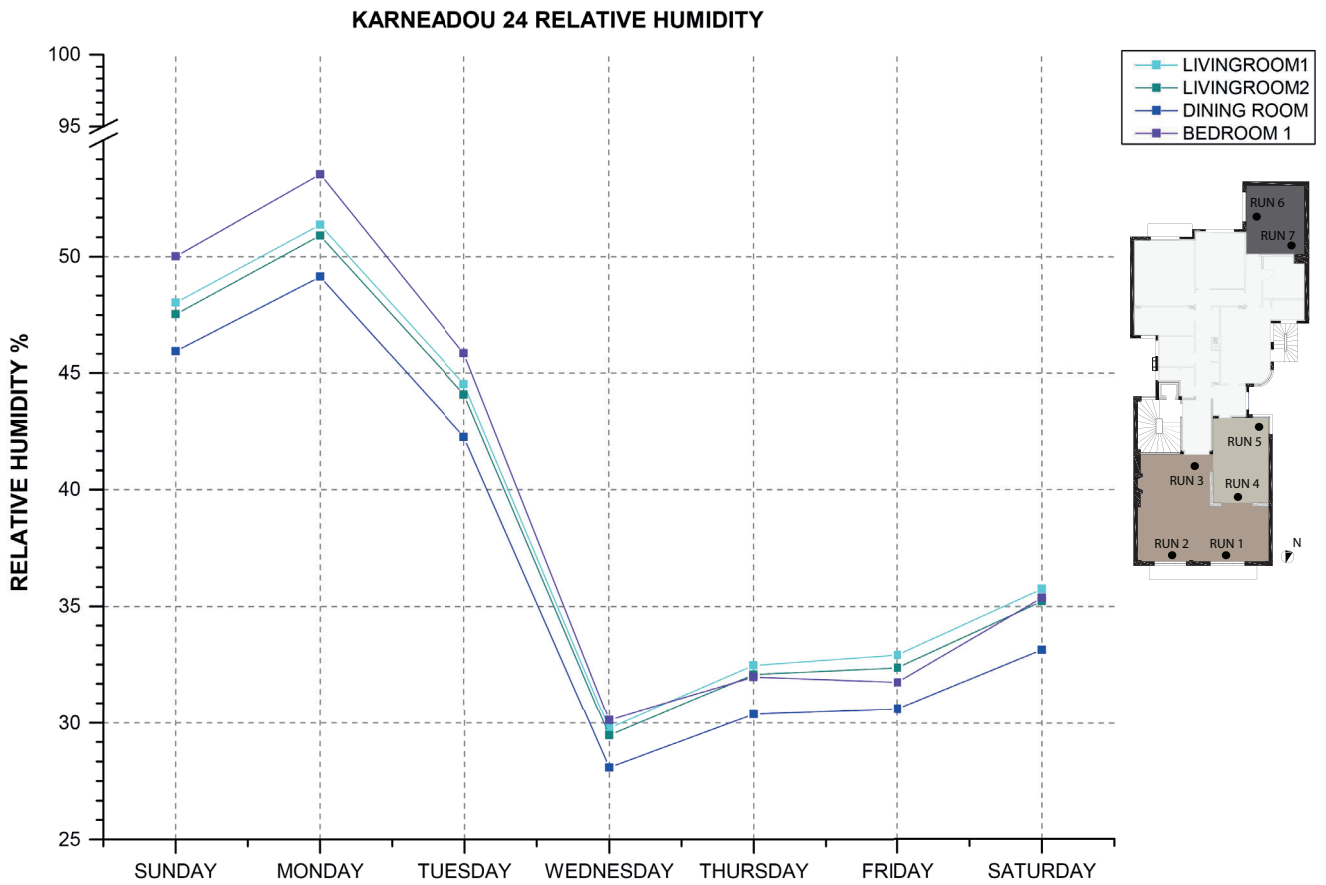


πράξη.

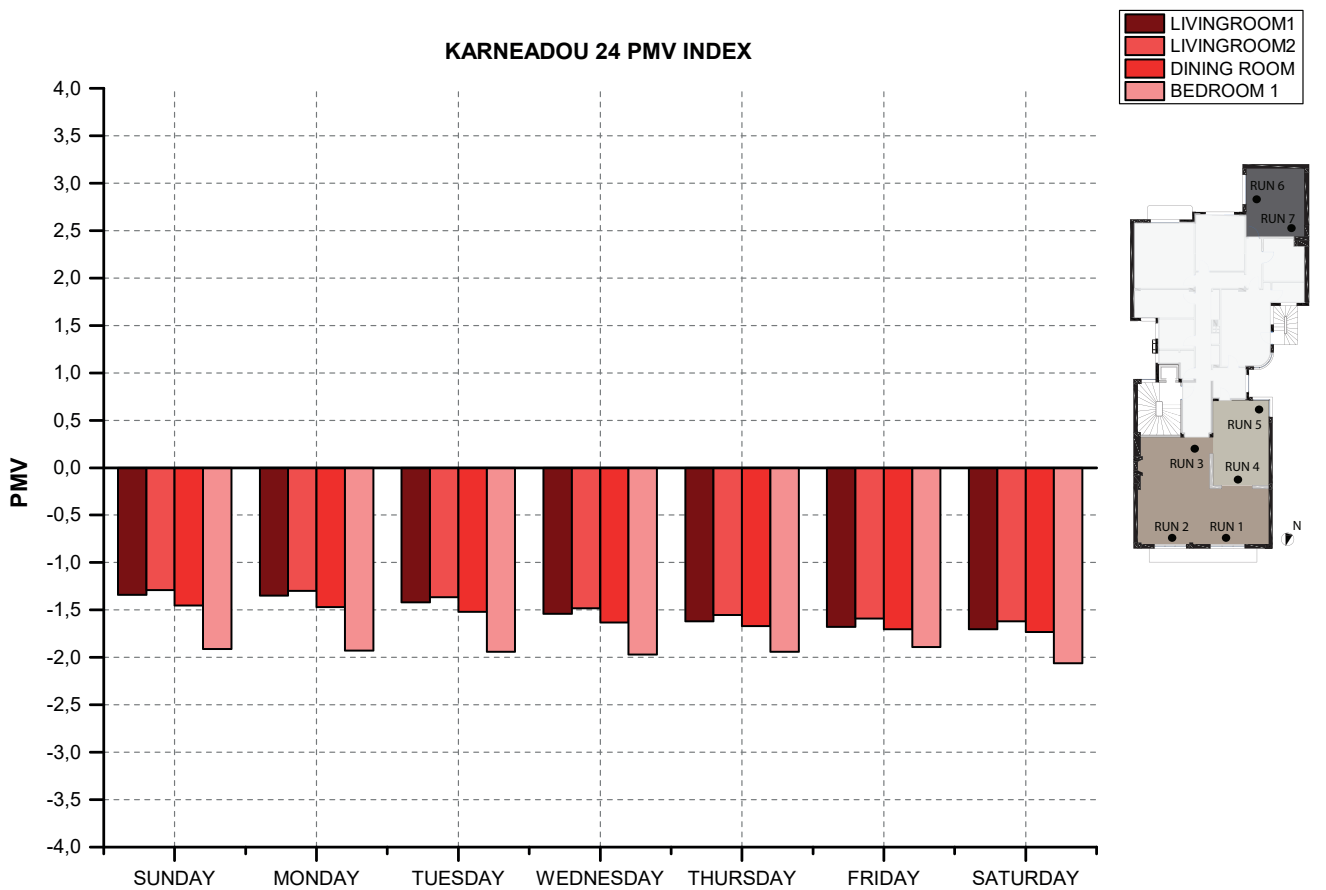
Τέλος, το μεγαλύτερο ποσοστό δυσaráσκειας εντοπίζεται στο υπνοδωμάτιο με γενικό χαρακτηρισμό 'ψυχρό' ενώ στους χώρους του καθιστικού και της τραπεζαρίας ως 'ελαφρώς ψυχρό'. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαφορετική δραστηριότητα των ενοίκων στο χώρο αυτό και λιγότερο στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του δωματίου. Δηλαδή, παρόλο που η θερμοκρασία του υπνοδωματίου δεν είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή του καθιστικού, επειδή οι χρήστες εκτελούν ηπιότερη δραστηριότητα εδώ συγκριτικά με τους υπόλοιπους χώρους, αισθάνονται το χώρο περισσότερο κρύο.



Εικόνα 4.1.11 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



Εικόνα 4.1.12 Διάγραμμα σχετικής υγρασίας, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο



Εικόνα 4.1.13 Διάγραμμα δείκτη PMV, σύγκριση τιμών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο

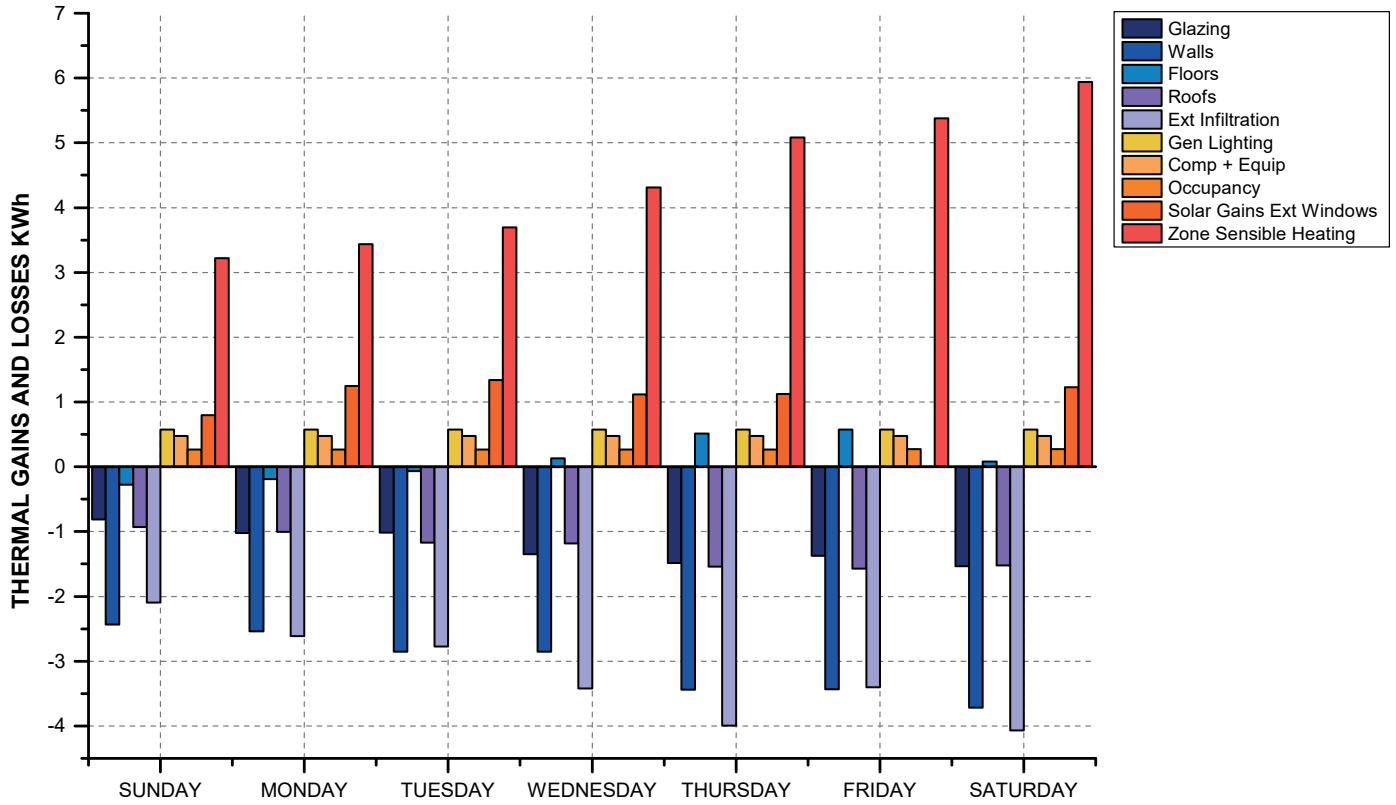
## ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Στα διαγράμματα των θερμικών κερδών και απωλειών των χώρων παρατηρούμε την αναμενόμενη υψηλή ανάγκη θέρμανσης του χώρου καθώς τα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τον εσωτερικό φωτισμό, τον εξοπλισμό και τους χρήστες δεν μπορούν να αντισταθμίσουν τις απώλειες. Η βασική πηγή θερμικών απωλειών είναι οι περιμετρικοί τοίχοι. Ακολουθούν η απώλειες λόγω διείσδυσης του αέρα, στα προβληματικά σημεία της κατασκευής, που είναι αρκετά υψηλές καθώς η διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας είναι αρκετά μεγάλη, άρα η απώλεια θερμότητας αυξάνει. Τρίτη σε κατάταξη πηγή απωλειών είναι το δώμα δηλαδή, τα τμήματα που λειτουργούν ως βεράντα για τον επάνω όροφο αλλά με σαφώς μικρότερες τιμές απωλειών από τους τοίχους. Σε παρόμοια επίπεδα με ελάχιστη διαφορά βρίσκονται και οι απώλειες από τους υαλοπίνακες οι οποίοι είναι διπλοί. Η δεύτερη πηγή θερμικών κερδών μετά το σύστημα θέρμανσης είναι τα ηλιακά κέρδη μέσω των ανοιγμάτων, τα οποία βέβαια βρίσκονται σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα. Στη βόρεια όψη τα κέρδη αυτά είναι περιορισμένα καθώς η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας εμποδίζεται από τα γύρω πολυώροφα κτήρια και επειδή στο βορρά ο φυσικός φωτισμός είναι διάχυτος. Στο χώρο του υπνοδωματίου, η όψη με τα ανοίγματα είναι ανατολική επομένως μόνο τις πρωινές ώρες δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Έπονται τα κέρδη από τον εξοπλισμό και το φωτισμό που κινούνται σε παρόμοια επίπεδα και τέλος τα κέρδη από τους χρήστες και τα δάπεδα. Τα κέρδη από την πληρότητα του χώρου είναι αρκετά μικρά καθώς σε ένα τόσο μεγάλο σε εμβαδόν διαμέρισμα, κατοικεί μικρός αριθμός ενοίκων, επομένως η δραστηριότητά τους δεν μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις εσωτερικές συνθήκες.

ΚΕΡΔΗ KWh	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ 1	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ 2	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,23	-1,29	-1,35	-0,52
ΤΟΙΧΟΙ	-3,04	-2,02	-2,04	-5,30
ΔΑΠΕΔΑ	0,11	0,87	0,05	-0,23
ΣΤΕΓΕΣ	-1,27	-0,93		-0,70
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-3,20	-5,25	-4,19	-3,28
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,57	0,92	0,67	0,67
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,47	0,76		
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,27	0,43	0,14	0,65
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,98	1,00	0,33	0,69
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	4,44	5,33	7,36	5,74

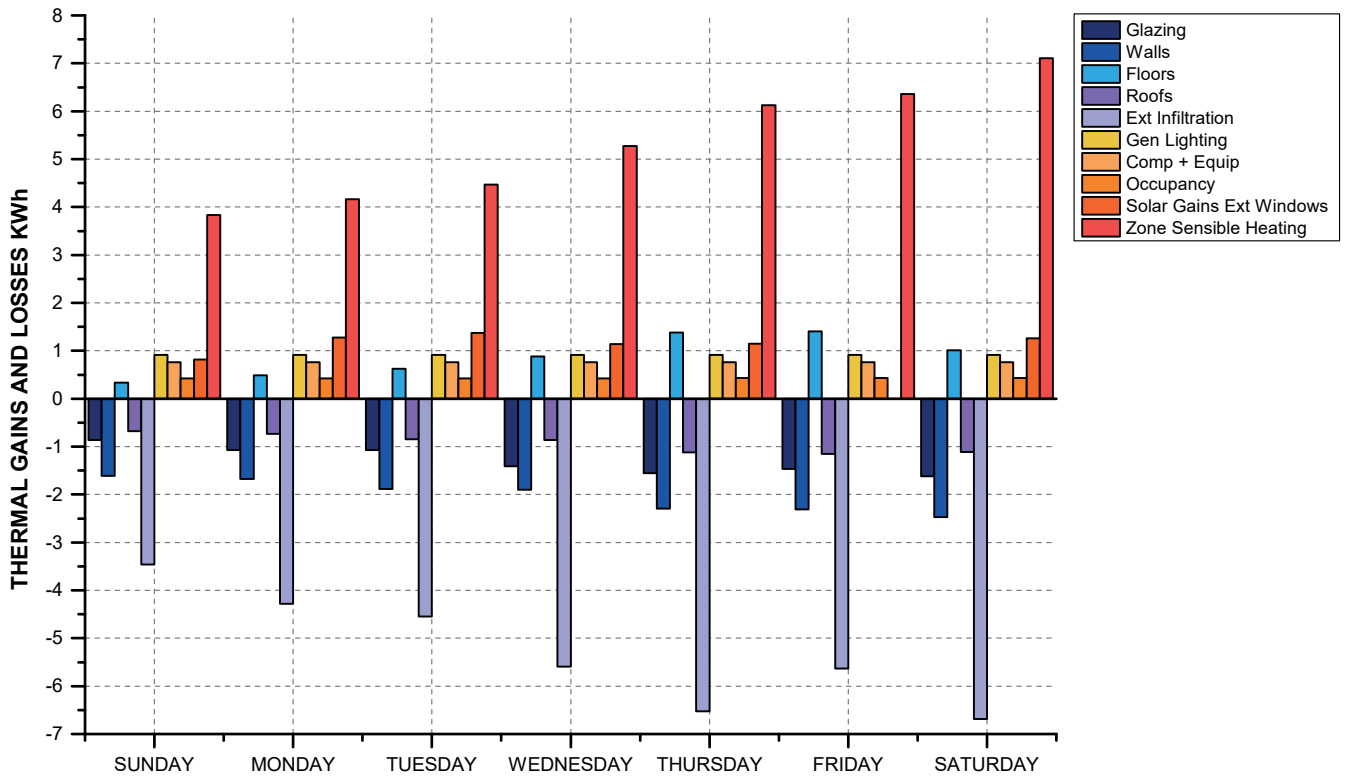
Εικόνα 4.1.5 Πίνακας θερμικών κερδών στο καθιστικό, την τραπεζαρία και το υπνοδωμάτιο

KARNEADOU 24 LIVING ROOM A

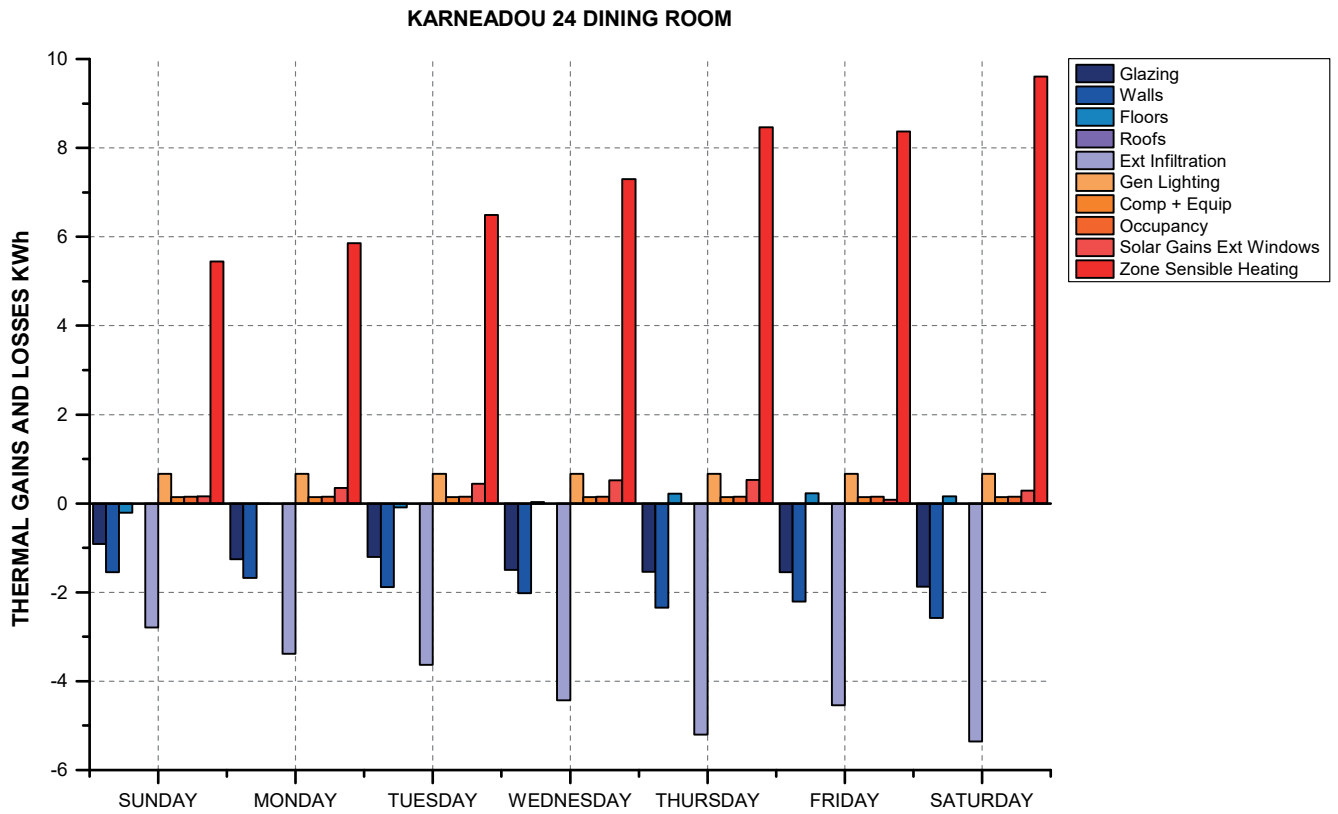


Εικόνα 4.1.13 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο καθιστικό 1

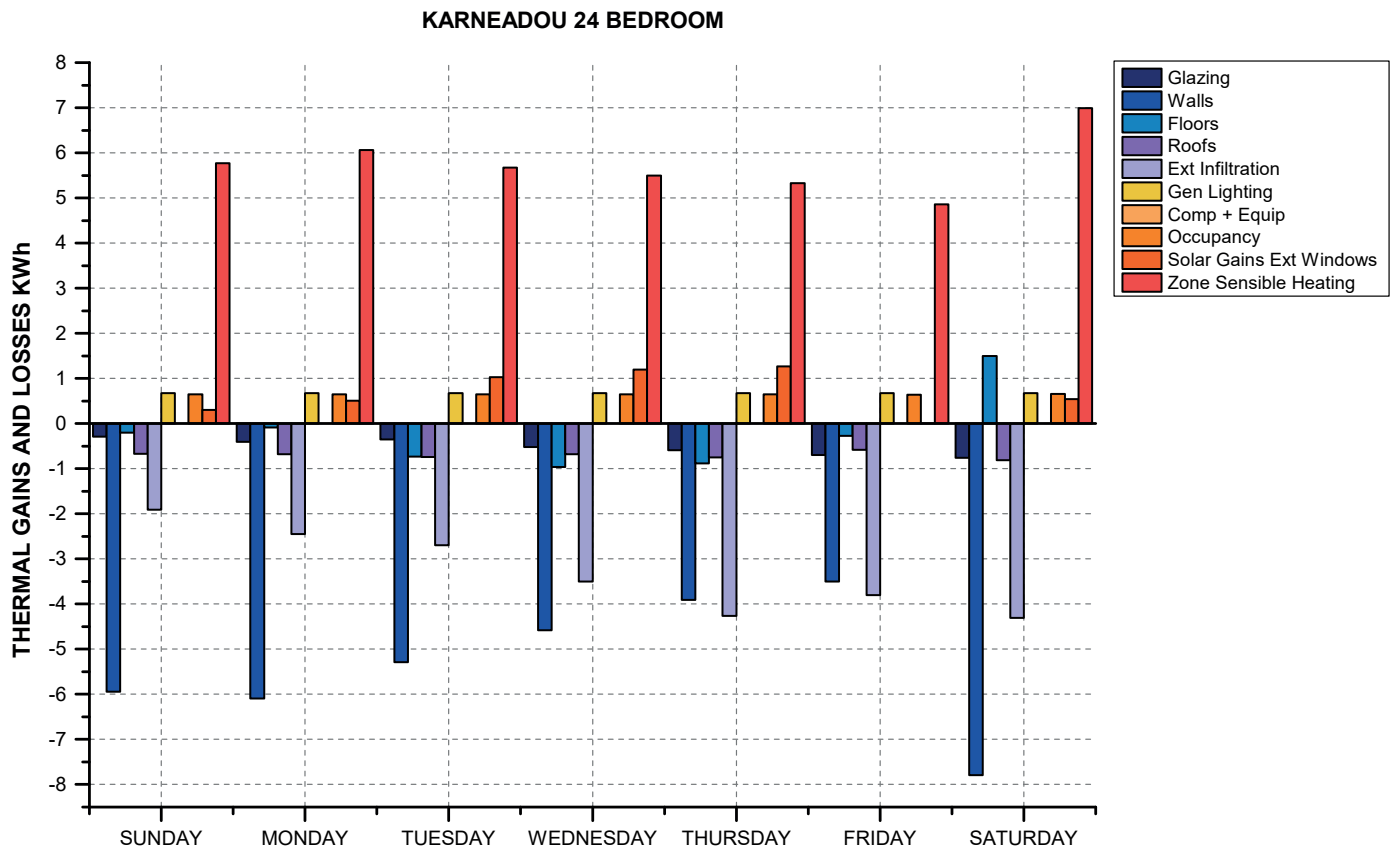
KARNEADOU 24 LIVING ROOM 2



Εικόνα 4.1.14 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο καθιστικό 2



Εικόνα 4.1.15 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στην τραπεζαρία



Εικόνα 4.1.16 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο υπνοδωμάτιο

## ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Στο σημείο αυτό ελέγχονται δύο ανεξάρτητες περιπτώσεις θερμικής απόδοσης του κελύφους του διαμερίσματος με στόχο να κατανοηθεί και να αξιολογηθεί καλύτερα η υπάρχουσα κατάσταση του κτηρίου. Το πρώτο σενάριο αφορά στην θερμική συμπεριφορά του κτηρίου χωρίς θέρμανση, ώστε να επισημανθούν οι νέες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας και συντελεστών δυσφορίας και να συγκριθούν με την υπάρχουσα κατάσταση. Με τον τρόπο αυτό θα γίνει βαθύτερα αντιληπτός ο ρόλος της θέρμανσης στα θερμικά κέρδη του κτηρίου και στην εξισορρόπηση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Το δεύτερο σενάριο αφορά στην τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης στους περιμετρικούς τοίχους και στο δώμα, με στόχο να αξιολογηθεί ο βαθμός στον οποίο είναι απαραίτητη σαν επέμβαση, δηλαδή αν πράγματι οι εσωτερικές συνθήκες βελτιώνονται και μειώνεται η χρήση της εσωτερικής θέρμανσης.

Παρακάτω παρατίθενται πίνακες σύγκρισης της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του συντελεστή PMV και των θερμικών κερδών/απωλειών για την υπάρχουσα κατάσταση και τα δύο διαφορετικά σενάρια.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ °C					ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ °C				
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ			ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α	max	18,21	16,20	16,81	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α	max	18,03	16,28	16,89
	min	17,06	13,86	14,82		min	16,88	14,13	15,1
	average	17,67	15,14	15,92		average	17,51	15,34	16,12
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β	max	18,37	16,49	16,82	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β	max	18,25	16,60	16,92
	min	17,31	14,32	14,84		min	17,25	14,66	15,15
	average	17,86	15,49	15,92		average	17,79	15,74	16,14
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	18,88	16,14	16,57	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	18,57	16,32	16,75
	min	18,20	14,53	14,59		min	17,81	14,85	14,97
	average	18,56	15,16	15,67		average	18,23	15,47	15,97
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	max	17,83	15,58	16,55	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	max	17,70	15,87	16,62
	min	17,21	14,59	15,73		min	16,97	14,89	16,06
	average	17,55	15,13	16,45		average	17,29	15,34	16,50

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ %					PMV				
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ			ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α	max	51,38	58,26	56,15	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α	max	-1,34	-2,38	-1,62
	min	29,78	34,40	32,94		min	-1,70	-1,77	-2,15
	average	39,26	45,58	43,45		average	-1,52	-2,06	-1,87
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β	max	50,89	57,28	56,21	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β	max	-1,62	-2,25	-1,62
	min	29,46	33,77	33,01		min	-1,29	-1,69	-2,13
	average	38,79	44,60	43,47		average	-1,46	-1,96	-1,86
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	49,14	58,46	56,97	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	-1,45	-2,52	-1,93
	min	28,09	34,32	33,29		min	-1,73	-2,04	-2,47
	average	37,08	45,39	43,95		average	-1,60	-2,32	-2,19
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	max	53,52	61,87	57,22	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ	max	-2,06	-2,62	-2,08
	min	30,11	34,58	32,63		min	-1,89	-2,38	-2,31
	average	39,79	45,95	42,95		average	-1,95	-2,47	-2,19

Πίνακας 4.1.6 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης των εσωτερικών συνθηκών για τις περιπτώσεις με χωρίς θέρμανση και με μόνωση στο διαμέρισμα του 3ου ορόφου, στους χώρους του καθιστικού, της τραπεζαρίας και του υπνοδωματίου

Στους πίνακες παρατηρούμε τη διαφορά της θερμοκρασίας στον κάθε χώρο για τις τρεις περιπτώσεις. Συνολικά μπορούμε αρχικά να διαπιστώσουμε ότι στον κάθε χώρο τόσο η θερμοκρασία αέρα όσο και η θερμοκρασία λειτουργίας βρίσκεται 2 °C κατώτερα από την υπάρχουσα κατάσταση. Οι χώροι βρίσκονται περίπου στους 15 °C μια σχετικά χαμηλή θερμοκρασία για εσωτερικό χώρο αν κανείς αναλογισθεί ότι οι οριακές τιμές είναι μεταξύ των 19-20 °C. Στην περίπτωση της μόνωσης παρατηρούμε ότι στους χώρους του καθιστικού που βρίσκονται στη βόρεια όψη η θερμοκρασία ανεβαίνει περίπου 0.5°C, ενώ στο υπνοδωμάτιο η βελτίωση της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι αισθητή καθώς ανεβαίνει περίπου 1,5 °C. Αυτό συμβαίνει επειδή στο υπνοδωμάτιο η επιφάνεια των ελεύθερων τοίχων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή της όψης στην Καρνεάδου. Επομένως, η τοποθέτηση μόνωσης στους τοίχους του υπνοδωματίου μπορεί να αποδώσει μεγαλύτερα θερμικά οφέλη, καθώς οι δύο από τους τρεις είναι τυφλοί και δεν έχουν τον περιορισμό των ανοιγμάτων που συναντάμε στην βόρεια όψη.

Στην περίπτωση της σχετικής υγρασίας, παρατηρούμε ότι οι διαφορές μεταξύ της απουσίας θέρμανσης και της υπάρχουσας κατάστασης είναι σχετικά μικρές. Πράγματι, γνωρίζοντας πως το φυσιολογικό ποσοστό υγρασίας στους εσωτερικούς χώρους των κατοικιών είναι ~40% βλέπουμε ότι και χωρίς θέρμανση δε εμφανίζεται σοβαρό πρόβλημα υγρασίας στο γενικό μέσο όρο τιμών, παρόλο που οι μέγιστες τιμές αγγίζουν το 60%. Στην περίπτωση της μόνωσης, οι τιμές σχεδόν ταυτίζονται με αυτές της υπάρχουσας κατάστασης με μια ελαφριά μείωση του συνολικού μέσου όρου κατά 1-2% ανά περίπτωση.

Τέλος ο συντελεστής PMV δείχνει μια συνολική εικόνα της δυσαρέσκειας λόγω των εσωτερικών συνθηκών στις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Πράγματι, χωρίς θέρμανση όλοι οι χώροι εμφανίζουν μια μικρή πτώση του συντελεστή στο -2 έως -2.5 δηλαδή οι ένοικοι αισθάνονται το χώρο ψυχρό. Πρέπει όμως να τονίσουμε ότι η διαφορά δεν είναι μεγάλη σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση, δηλαδή το κτήριο χωρίς καθόλου θέρμανση δεν δημιουργεί ακραίες συνθήκες δυσφορίας στο εσωτερικό του αλλά κινείται στο όριο. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί κατανοούμε πρώτον ότι πρόκειται για μια κατασκευή, η οποία αν και έχει κατασκευαστεί πριν από 70 χρόνια εξακολουθεί να αντέχει και δεύτερον γιατί οι πιθανές επεμβάσεις δεν χρειάζεται να είναι ριζικές ώστε να βελτιώσουν την υπάρχουσα κατάσταση.

Στην περίπτωση της μόνωσης παρατηρούμε ότι στο χώρο του καθιστικού και της τραπεζαρίας η βελτίωση του συντελεστή PMV δεν είναι σημαντική, κάτι αναμενόμενο καθώς η συνολική εσωτερική θερμοκρασία δεν αυξήθηκε αρκετά. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η μόνωση παρόλο που μειώνει τις απώλειες από τους τοίχους, ίσως να μην αποτελεί τη βέλτιστη λύση για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση των συνθηκών στο καθιστικό. Αυτό συμβαίνει κατ'αρχάς επειδή η όψη στην οποία 'βλέπει' ο χώρος είναι βόρεια, επομένως δεν έχει σημαντικά ηλιακά κέρδη. Δεύτερον το κτήριο βρίσκεται σε μεσοτοιχία άρα στο καθιστικό η μόνη ελεύθερη πλευρά από αυτές που ορίζουν το χώρο είναι η βόρεια όψη, η οποία όμως έχει μεγάλα ανοίγματα. Μάλιστα, όπως αναφέρθηκε και στην αρχική περιγραφή της πολυκατοικίας η αναλογία ανοιγμάτων τοίχου στην όψη αυτή είναι περίπου 30%. Ομοίως, η τραπεζαρία η οποία σαν χώρος έχει τις λιγότερες απώλειες δεν παρουσιάζει σχεδόν καμία μεταβολή με την προσθήκη μόνωσης καθώς ένα μικρό τμήμα της μόνο βλέπει στον ακάλυπτο ενώ το υπόλοιπο είναι μεσοτοιχία. Αντιθέτως, το υπνοδωμάτιο επωφελείται ιδιαίτερα από τη μόνωση καθώς οι ελεύθερες πλευρές του είναι τρεις, ο προσανατολισμός τους νοτιοδυτικός επομένως δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία και η αναλογία ανοιγμάτων - τοίχων είναι σαφώς μικρότερη.

## Σύγκριση θερμικών κερδών και απωλειών

Στους πίνακες των κερδών μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση της απουσίας θέρμανσης και την τοποθέτηση μόνωσης στους χώρους του διαμερίσματος. Στην περίπτωση του μη θερμαινόμενου διαμερίσματος έχουμε να κάνουμε με μια φαινομενικά παράδοξη παρατήρηση, καθώς οι απώλειες από τους τοίχους και το δώμα(το οποίο αντιστοιχεί στη βεράντα του 4ου ορόφου) καθώς και η συνολική διείσδυση αέρα μειώνονται αισθητά. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί, επειδή η συνολική εσωτερική θερμοκρασία έχει μειωθεί κατά 2 °C επομένως η απώλεια θερμότητας είναι μικρότερη καθώς το εσωτερικό είναι πιο κρύο από ότι στην περίπτωση της θέρμανσης. Βέβαια και στην περίπτωση του μη θερμαινόμενου εσωτερικού, οι μεγαλύτερες απώλειες προέρχονται από τους τοίχους και από τη διείσδυση του αέρα.

Στην περίπτωση της μόνωσης οι απώλειες από τους τοίχους και το δώμα μειώνονται σημαντικά. Στην τραπεζαρία η μείωσή τους δεν είναι τόσο μεγάλη αλλά αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το εμβαδόν του εξωτερικού τοίχου στον οποίο τοποθετήθηκε είναι αρκετά μικρό. Ακόμη, με τη μείωση των απωλειών, μειώνεται και η διείσδυση του αέρα, καθώς περιορίζονται τα σημεία από τα οποία μπορεί να εισχωρήσει τόσο στους τοίχους όσο και στο δώμα.

Παρατηρούμε, βέβαια, ότι ενώ οι απώλειες από τα στοιχεία του κελύφους φαίνεται να μειώνονται σημαντικά με την τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η συνολική θερμοκρασία στο καθιστικό δεν ανέβηκε πάνω από 1 °C. Επομένως, οι απώλειες στο χώρο οφείλονται και στη χαμηλή τιμή των εσωτερικών κερδών, στην περιορισμένη δραστηριότητα στον χώρο (περπάτημα, διάβασμα, συζήτηση) και στο μικρό αριθμό ατόμων που βρίσκονται σε αυτόν. Ακόμη ο προσανατολισμός είναι βόρειος επομένως, ο χώρος δέχεται διάχυτο φως το οποίο εμποδίζεται ως ένα βαθμό από τα γύρω πολυώροφα κτήρια. Άρα βρίσκεται σε δυσμενέστερη θέση συγκριτικά με τη νότια όψη στην οποία βλέπουν τα υπνοδωμάτια.

Στην περίπτωση του υπνοδωματίου η μόνωση σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες συνθήκες λειτουργεί πιο αποτελεσματικά σε σχέση με το καθιστικό. Οι απώλειες μειώνονται και ταυτόχρονα η θερμοκρασία ανεβαίνει σημαντικά πιθανώς λόγω του καλύτερου προσανατολισμού του χώρου που εκμεταλλεύεται το φυσικό φωτισμό το πρωί (ανατολική όψη με ανοίγματα), ενώ ο νότιος τοίχος απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και δεσμεύει τη θερμότητα με τη βοήθεια της μόνωσης.

Τελικά, παρατηρούμε ότι η τοποθέτηση μόνωσης ενώ πράγματι μειώνει τις απώλειες των στοιχείων του κελύφους, συνολικά, δε λειτουργεί παντού το ίδιο αποτελεσματικά, καθώς η απόδοσή της εξαρτάται και από άλλους παράγοντες. Ο προσανατολισμός του χώρου, η αναλογία τοίχου-ανοιγμάτων, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, τα εσωτερικά κέρδη κ.ά. επηρεάζουν τις συνθήκες στον χώρο, επομένως ακόμη και με την προσθήκη μόνωσης μπορεί να μην είναι δυνατή η επίτευξη της θερμικής άνεσης, όπως π.χ στην περίπτωση του καθιστικού.

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,23	-0,82	-0,95
ΤΟΙΧΟΙ	-3,04	-2,27	-0,34
ΔΑΠΕΔΑ	0,11	1,22	0,75
ΣΤΕΓΕΣ	-1,27	-0,89	-0,23
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-3,20	-2,09	-2,02
ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,57	0,57	0,55
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,47	0,47	0,46
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,27	0,29	0,28
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,98	0,98	0,98
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	4,44		

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,29	-0,9	-0,98
ΤΟΙΧΟΙ	-2,02	-1,88	-0,23
ΔΑΠΕΔΑ	0,87	2,51	1,22
ΣΤΕΓΕΣ	-0,93	-0,68	-0,17
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-5,25	-3,6	-3,31
ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,92	0,92	0,91
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,78	0,76	0,76
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,43	0,47	0,47
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	1,00	1	1,00
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	5,33		

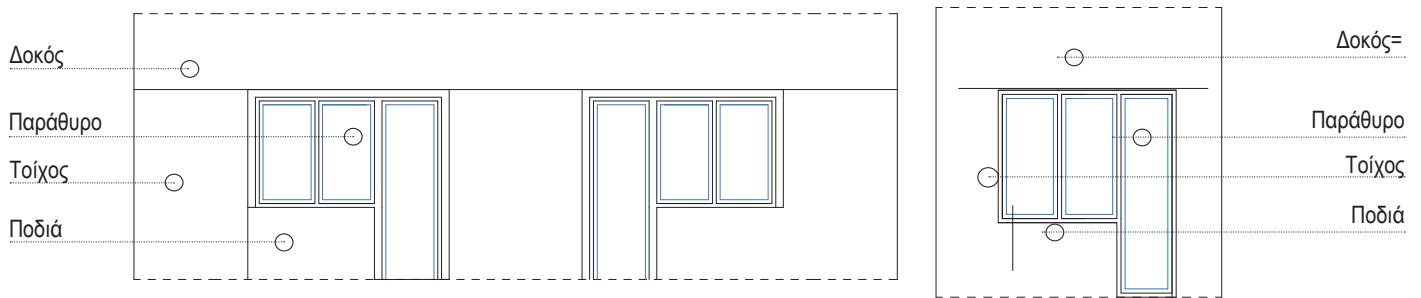
ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,35	-0,84	-0,92
ΤΟΙΧΟΙ	-2,04	-1,22	-0,09
ΔΑΠΕΔΑ	0,05	1,5	1,22
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-4,19	-2,46	-2,31
ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,67	0,67	0,66
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,14	0,15	0,15
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,33	0,33	0,32
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	7,36		

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-0,52	-0,33	-0,44
ΤΟΙΧΟΙ	-5,30	-2,6	-1,02
ΔΑΠΕΔΑ	-0,23	-0,59	0,39
ΣΤΕΓΕΣ	-0,70	-0,43	-0,16
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-3,28	-2,18	-2,11
ΓΕΝΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,67	0,67	0,67
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,65	0,68	0,68
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,69	0,69	0,69
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	5,74		

Πίνακας 4.1.7 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση και με μόνωση στο διαμέρισμα του 3ου ορόφου, στους χώρους του καθιστικού, της τραπεζαρίας και του υπνοδωματίου



## ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ



Εικόνα 4.1.17 Απεικόνιση των εξεταζόμενων στοιχείων του κελύφους στις δύο ελεύθερες όψεις του κτηρίου

Στο σημείο αυτό εξετάζεται η διαφορά θερμοκρασίας της εσωτερικής και εξωτερικής επιφάνειας στοιχείων του κελύφους με στόχο να διερευνηθούν για ακόμη μια φορά τα σημεία των θερμογεφυρών και τα στοιχεία που ευθύνονται για τις περισσότερες θερμικές απώλειες. Οι επιφάνειες των στοιχείων αυτών μετρήθηκαν με θερμοκάμερα, βραδινές ώρες και στη συνέχεια ελέγχθηκε η συμπεριφορά τους στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Εδώ αναλύονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα των δύο διαφορετικών τρόπων μελέτης.

Κατ' αρχάς, στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας των στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος του κτηρίου, στις δύο ελεύθερες όψεις του. Πιο συγκεκριμένα, στην όψη της οδού Καρνεάδου γίνονται μετρήσεις προσομοίωσης στο πρέκι, την ποδιά και τον υαλοπίνακα του παραθύρου, καθώς επίσης και στην τοιχοποιία. Με τον τρόπο αυτό εξετάζεται η ροή της θερμότητας στα διαφορετικά υλικά και εντοπίζονται οι μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Σύμφωνα με τον πίνακα παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας όλων των στοιχείων ακολουθεί σε μεγάλο βαθμό τις διακυμάνσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας αντίθετα διατηρείται σχετικά σταθερή, γεγονός που είναι απόλυτα επιθυμητό ώστε να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης.

Στο καθιστικό η εξωτερική επιφάνεια και στις 4 διαφορετικές περιπτώσεις έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται μεταξύ 5-16,5 °C, με εξαίρεση τη μέτρηση στον υαλοπίνακα όπου η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία διαφέρουν λόγω του διαφορετικού υλικού αλλά και του πάχους του. Μάλιστα, στην περίπτωση του υαλοπίνακα παρατηρούμε ότι και η εσωτερική θερμοκρασία χάνει τη σταθερότητά της και τείνει να ακολουθήσει τις μεταβολές της εξωτερικής γεγονός που υποδεικνύει πως οι απώλειες από τους υαλοπίνακες είναι οι μεγαλύτερες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σύμφωνα με το πρόγραμμα οι απώλειες ανάμεσα στον τοίχο, την ποδιά και το πρέκι, που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά είναι σχεδόν ασήμαντες.

Στο υπνοδωμάτιο οι εσωτερικές θερμοκρασίες των στοιχείων εμφανίζονται περίπου κατά 1°C χαμηλότερες, κάτι που είναι αναμενόμενο καθώς ο χώρος συνολικά είναι πιο κρύος από το καθιστικό. Παρατηρούμε ότι ο τυφλός ελεύθερος τοίχος (ΤΟΙΧΟΣ Β) διατηρεί την υψηλότερη εσωτερική θερμοκρασία σε σχέση με τον τοίχο με τα ανοίγματα, αλλά και το ελεύθερο τμήμα της μεσοτοιχίας. Εδώ και πάλι παρατηρούμε ότι η διαφορά θερμοκρασίας στο πρέκι, την ποδιά και τον τοίχο (ΤΟΙΧΟΣ Α) είναι όμοιες.

Επομένως, κατανοούμε ότι η βασική διαφορά στις απώλειες θερμότητας προκύπτει από τα κουφώματα, ενώ τα δομικά στοιχεία (δοκοί-υποστυλώματα) δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές με την τοιχοποιία. Αυτό το συμπέρασμα έρχεται σε αντιδιαστολή με τις μετρήσεις της θερμοκάμερας, οι οποίες στο υπνοδωμάτιο έδειχναν πως η εσωτερική επιφάνεια του πρεκιού είχε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτήν του τοίχου. Ομοίως, ο ΤΟΙΧΟΣ Γ, που αποτελεί το ελεύθερο τμήμα της μεσοτοιχίας, στην πράξη λόγω κακής κατασκευής έχει χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία κάτι που στο πρόγραμμα δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια.

Στην προσπάθεια να κατανοηθεί και να περιγραφεί η λειτουργία του εξωτερικού κελύφους των κτηρίων γίνονται ορισμένες μετρήσεις με θερμοκάμερα στα στοιχεία του εξωτερικού περιβλήματος ώστε να εντοπισθούν οι σημειακές απώλειες θερμότητας.

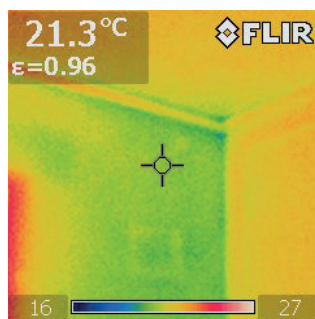
Στις μικρογραφίες αυτές απεικονίζονται οι εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες των στοιχείων του κελύφους της όψης στην οδό Καρνεάδου. Οι μετρήσεις έγιναν τόσο στα πλήρη στοιχεία (τοιχοποιία, δοκοί) όσο και στα ανοίγματα ώστε να εξεταστούν οι διαφορές. Παρατηρούμε, λοιπόν, πως ο τοίχος εμφανίζει διαφορά θερμοκρασίας 12 °C δηλαδή η εσωτερική θερμοκρασία στο χώρο του καθιστικού είναι περίπου διπλάσια από την εξωτερική. Σε αυτό βέβαια συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό η συνεχής θέρμανση του χώρου η οποία διατηρεί σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία. Η μέτρηση που έγινε στο υαλοπίνακα του παραθύρου δείχνει διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας  $\Delta\theta = 8.6$  °C γεγονός που οφείλεται στα καινούρια κουφώματα αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα, τα οποία έχουν αντικαταστήσει τα παλιά ξύλινα. Επομένως, δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες θερμότητας από τα παράθυρα. Να σημειώσουμε εδώ ότι παρουσιάζει ενδιαφέρον η μέτρηση πάνω στην κουρτίνα η οποία δίνει τιμή θερμοκρασίας ~23 °C δηλαδή όση και αυτή εντός του χώρου. Αυτό σημαίνει ότι, μια κουρτίνα από υλικά πυκνό και σχετικά αδιαφανές, όπως

η συγκεκριμένη, μπορεί να λειτουργήσει ως 'φράγμα' στην ταχεία διάδοση της θερμότητας από μέσα προς τα έξω, έτσι ο χώρος παραμένει ζεστος και προστατευμένος. Σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι απώλειες στο πρέκι του παραθύρου (20.9 °C) δεν είναι τόσο σημαντικές σε σχέση με την τοιχοποιία (21.3 °C) γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Γενικά η εσωτερική θερμοκρασία των επιφανειών του κελύφους κυμαίνεται στους 21°C ενώ σύμφωνα με τις μετρήσεις μας, η αντίστοιχη συνολική θερμοκρασία στο χώρο του καθιστικού το βράδυ είναι περίπου 23 °C. Επομένως, η εσωτερική επιφάνεια του τοίχου, λόγω των απωλειών, εμφανίζει χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τη συνολική θερμοκρασία του δωματίου.

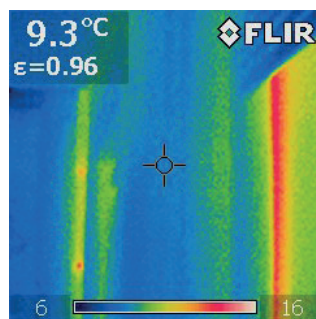
Στις μικρογραφίες που αφορούν το χώρο του υπνοδωματίου παρατηρούμε αρκετές διαφορές στο κέλυφος συγκριτικά με το καθιστικό, κάτι που δεν γίνεται εύκολα αντιληπτό από τις μετρήσεις. Οι περιμετρικοί τοίχοι έχουν μικρότερη θερμοκρασία εσωτερικής επιφάνειας περίπου στους 20 °C, ενώ ο τοίχος ο οποίος εμφανίζει πρόβλημα σοβατίσματος φτάνει στους 18.6 °C. Ακόμη, απώλειες έντονες παρατηρούνται και στη δοκό όπου η θερμοκρασία φτάνει τους 17 °C. Τα κουφώματα βέβαια δεν εμφανίζουν διαφορές καθώς πρόκειται και εδώ για καινούρια αλουμινίου με διπλό τζάμι.

ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α				
		Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Outside Dry-Bulb Temperature
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	17,24	13,22	13,43
	min	15,77	8,86	
	average	16,59	10,86	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	16,70	14,26	7,93
	min	14,46	9,11	
	average	15,54	11,78	
ΔΟΚΟΣ	max	17,04	13,22	10,44
	min	15,49	8,92	
	average	16,35	10,92	
ΠΟΔΙΑ	max	17,04	13,27	10,44
	min	15,40	8,99	
	average	16,29	10,94	

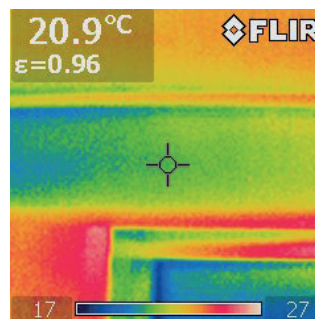
Πίνακας 4.1.8 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της βόρειας όψης (καθιστικό)



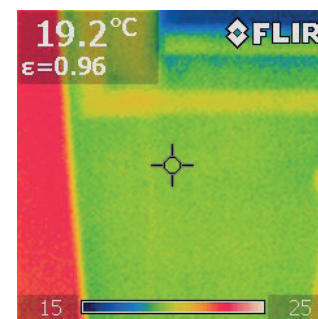
Καθιστικό, Εσωτερική επιφάνεια περιμετρικού τοίχου



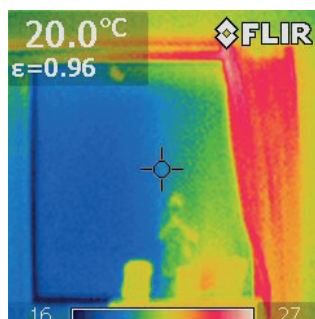
Καθιστικό, Εξωτερική επιφάνεια τοίχου



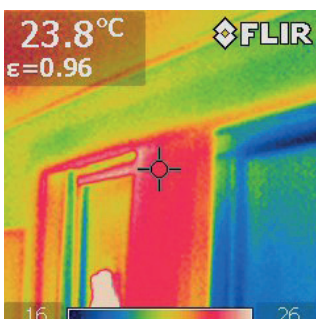
Καθιστικό, Εσωτερική επιφάνεια δοκού



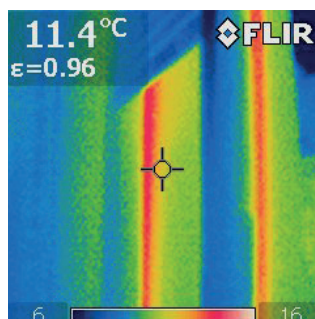
Καθιστικό Εσωτερική επιφάνεια ποδιάς παραθύρου



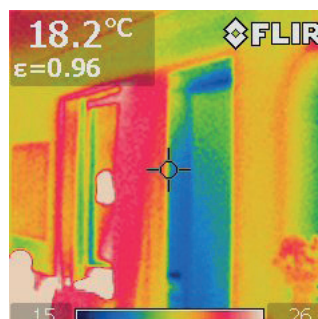
Καθιστικό, Εσωτερική επιφάνεια διπλού υαλοπίνακα



Καθιστικό, Βαριά κουρτίνα

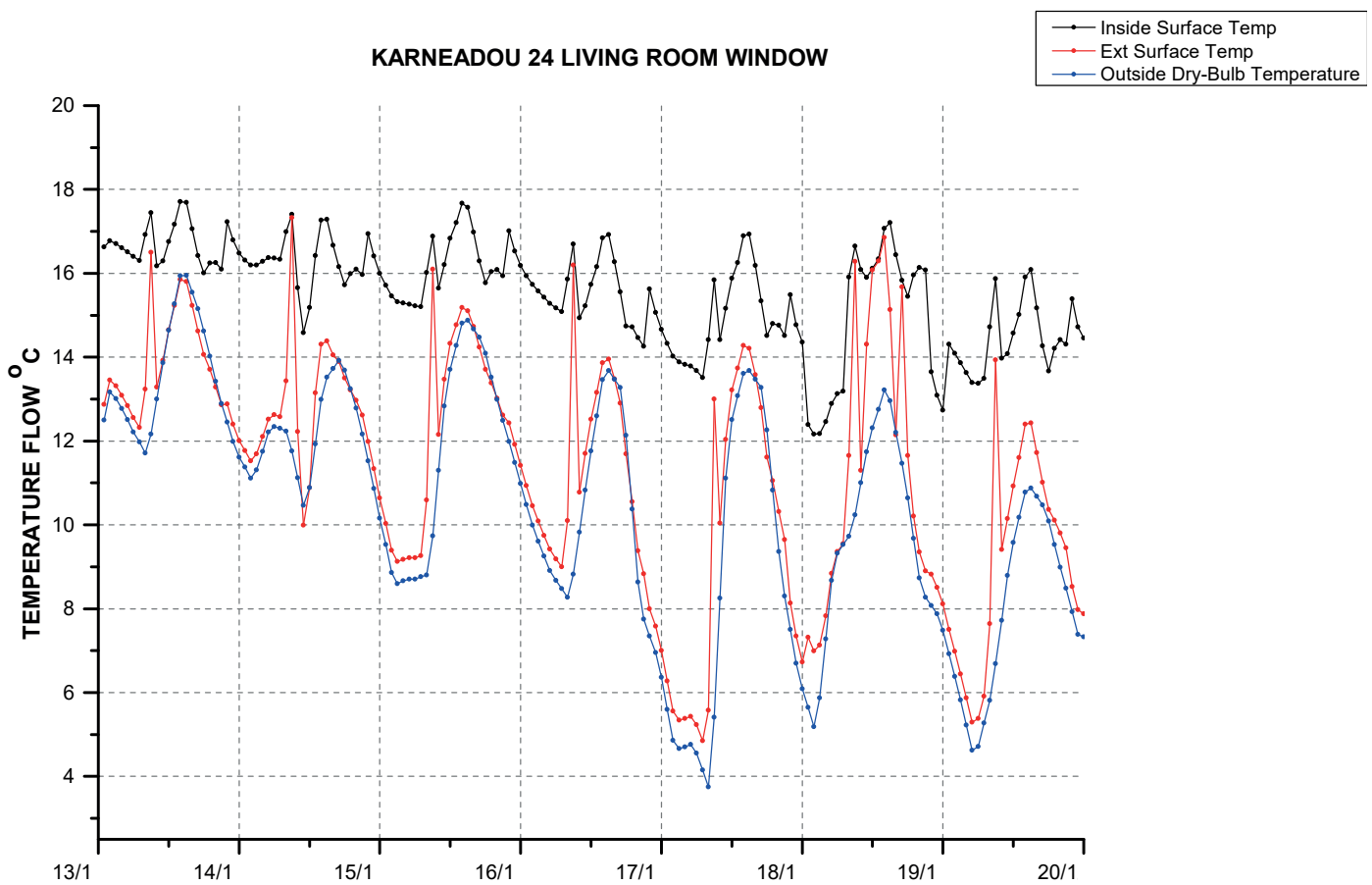
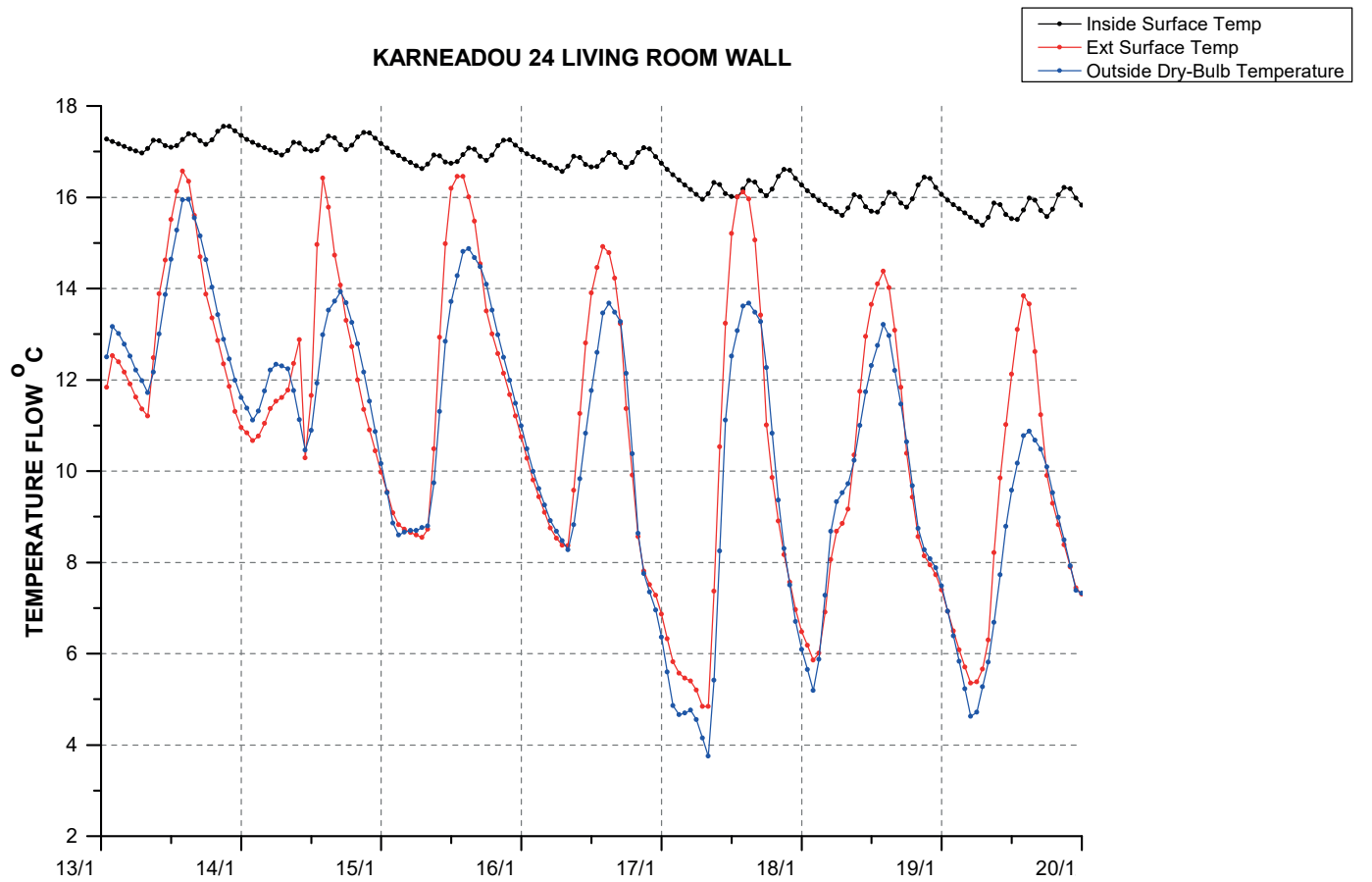


Καθιστικό, Εξωτερική επιφάνεια διπλού υαλοπίνακα



Καθιστικό, Εσωτερική επιφάνεια μπαλκονόπορτας

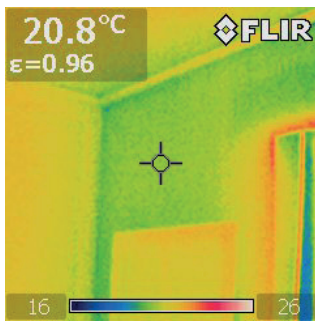
Εικόνα 4.1.18 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του καθιστικού - εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών



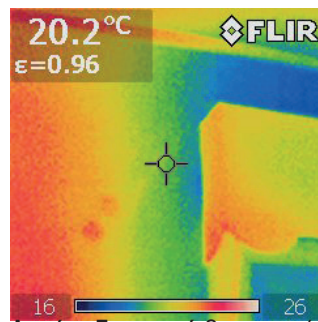
Εικόνα 4.1.19 Διαγράμματα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του τοίχου και του παραθύρου αντίστοιχα στο καθιστικό

ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ				
		Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Outside Dry-Bulb Temperature
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	max	16,62	14,20	13,43
	min	15,46	9,89	
	average	16,19	12,80	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	16,05	14,97	7,93
	min	14,47	9,99	
	average	15,54	13,02	
ΔΟΚΟΣ	max	16,76	13,93	7,93
	min	15,92	9,92	
	average	16,37	12,67	
ΤΟΙΧΟΣ ΝΟΤΙΟΣ	max	18,07	17,00	10,44
	min	16,15	11,08	
	average	16,94	15,90	
ΤΟΙΧΟΣ ΔΥΤΙΚΟΣ	max	16,74	13,83	10,44
	min	15,59	10,00	
	average	16,21	12,79	

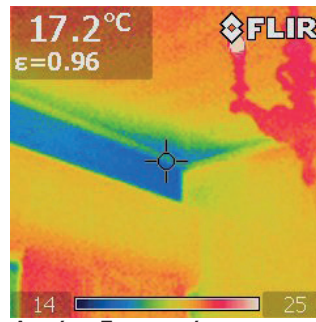
Πίνακας 4.1.9 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής, νότιας και όψης (υπνοδωμάτιο)



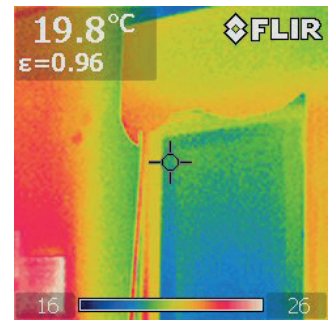
Δωμάτιο Εσωτερικό Θερμοκρασία Τοίχου σε μικρή απόσταση από εξώπορτα



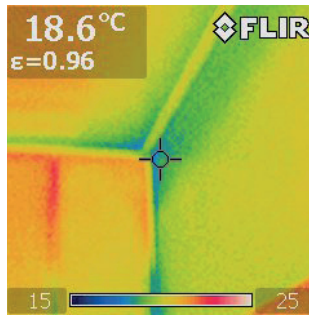
Δωμάτιο Εσωτερικό Θερμοκρασία Τοίχου πλησίον εξώπορτας



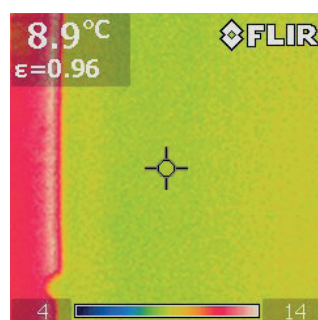
Δωμάτιο Εσωτερικό Θερμοκρασία Δοκαριού πάνω από ανοίγματα



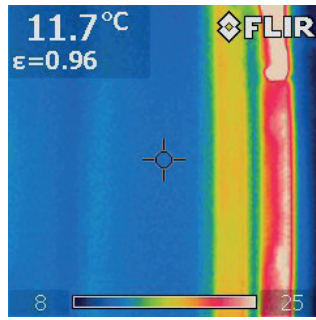
Δωμάτιο Εσωτερικό Θερμοκρασία εσωτερικού τζαμιού εξώπορτας



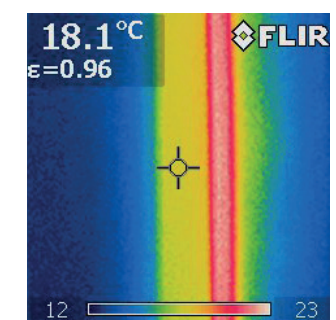
Δωμάτιο Εσωτερικό Θερμοκρασία Τοίχου χωρίς σοβάντισμα και μόνωση



Δωμάτιο Εξωτερικό Περιβάλλον Θερμοκρασία τοίχου

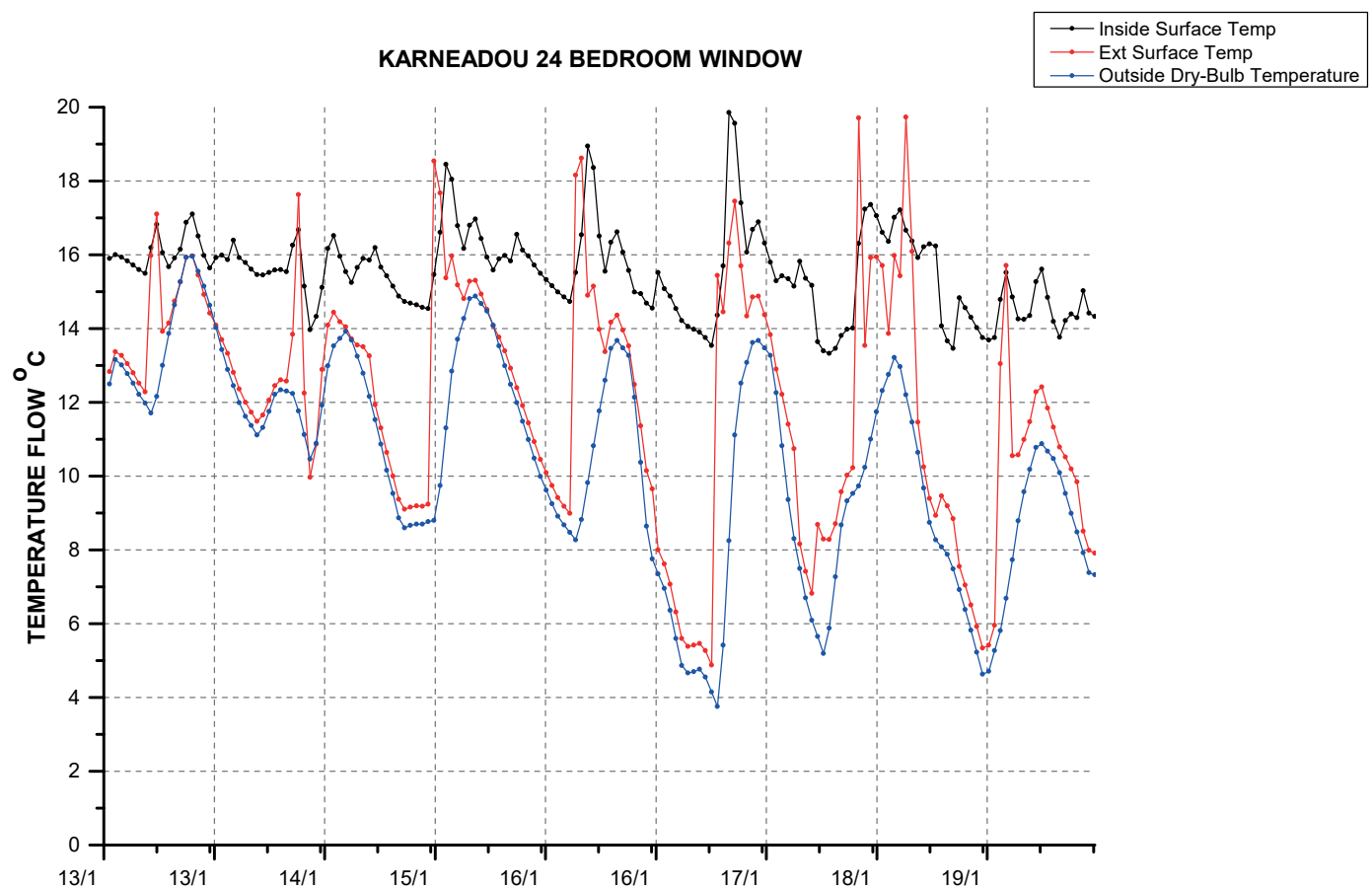
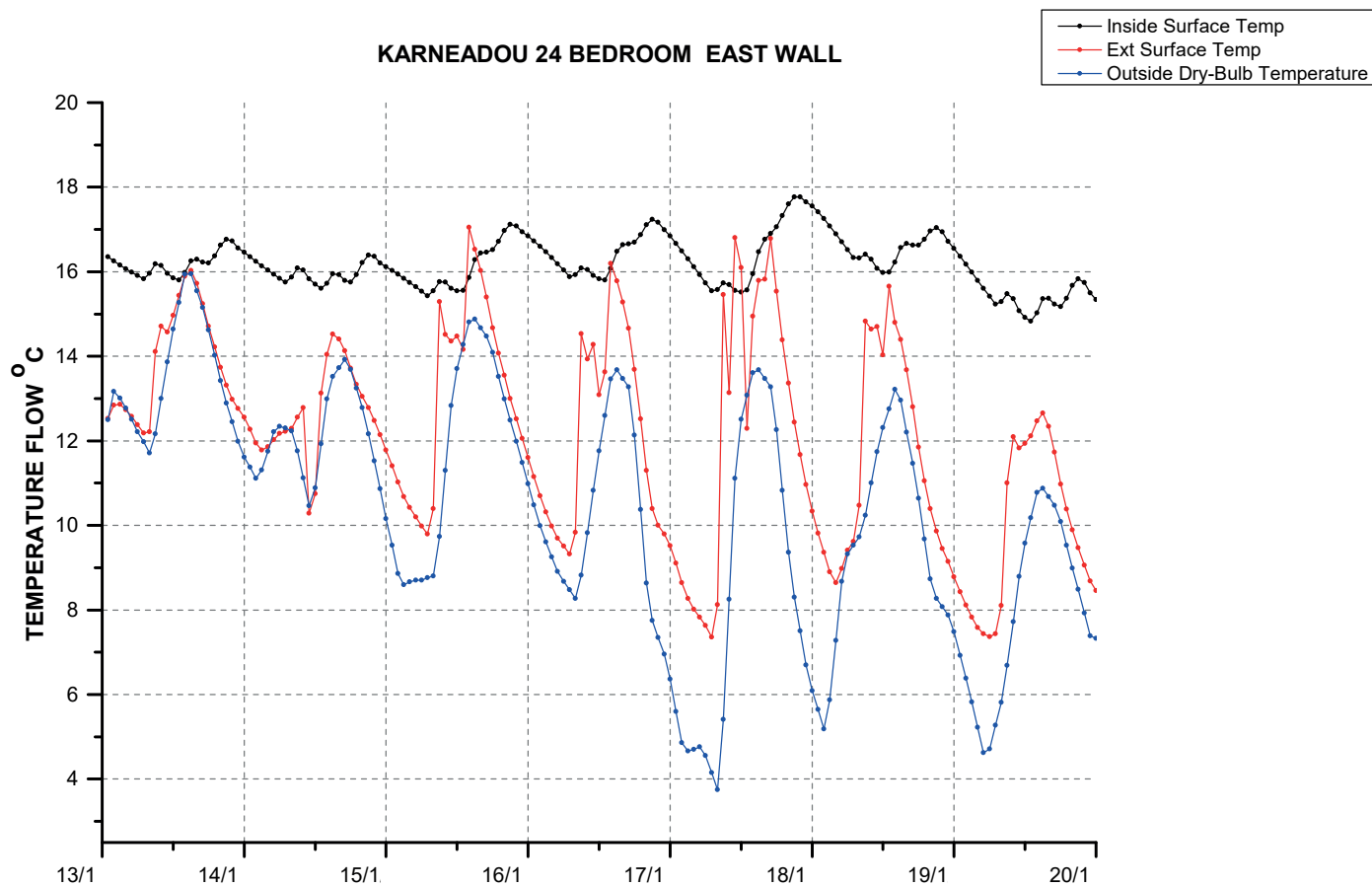


Δωμάτιο Εξωτερικό Θερμοκρασία σε τζάμι

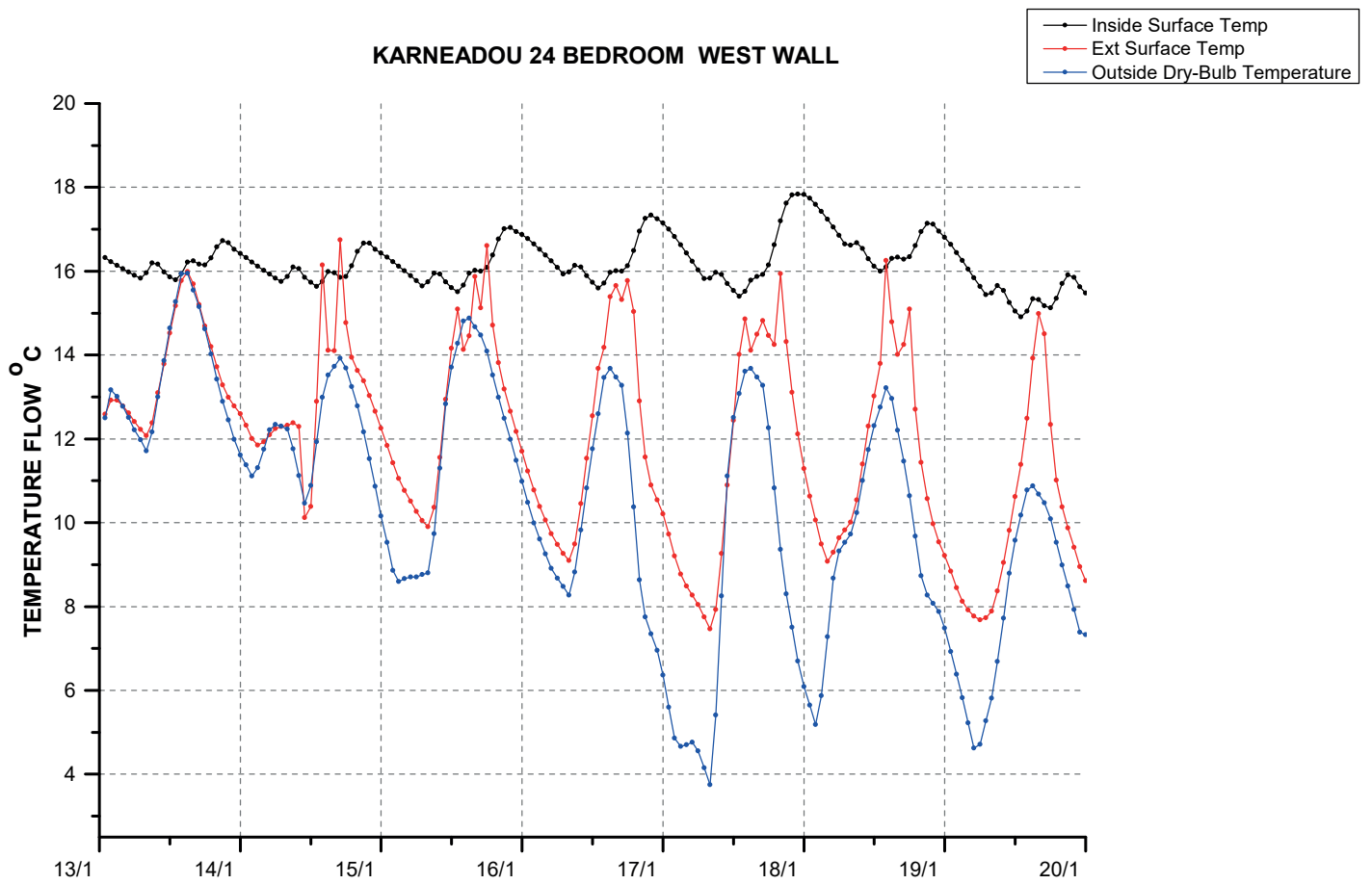
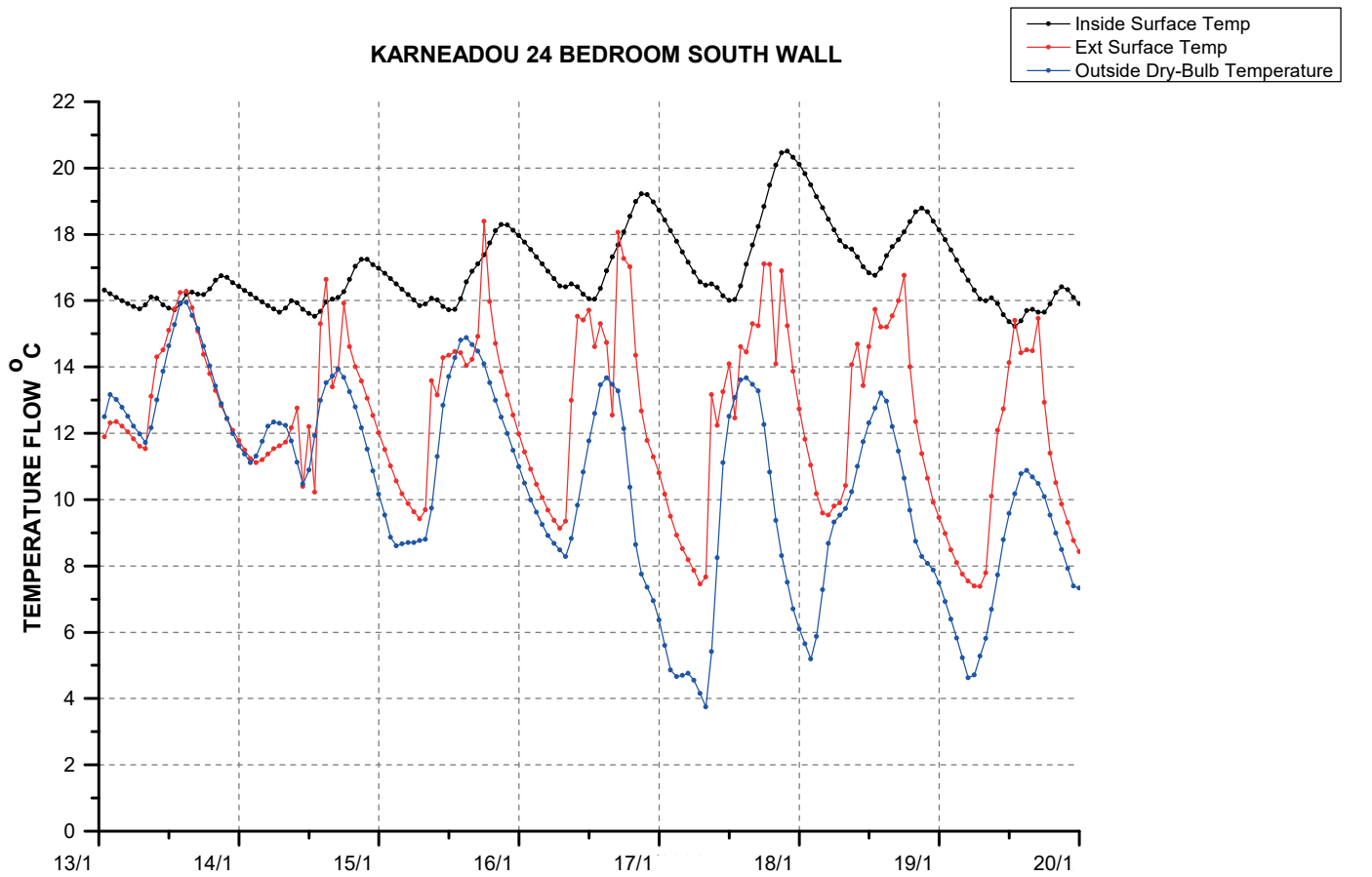


Δωμάτιο Εξωτερικό Θερμοκρασία σε κούφωμα αλουμινίου

Εικόνα 4.1.20 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του υπνοδωματίου - εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών



Εικόνα 4.1.21 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του ανατολικού τοίχου και του παραθύρου αντίστοιχα στο υπνοδωμάτιο



Εικόνα 4.1.21 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του νότιου και δυτικού τοίχου αντίστοιχα στο υπνοδωμάτιο

# ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

## ΣΕΝΑΡΙΟ ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

### ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		Εξωτερική Θερμοκρασία	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
		°C	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	17,24	13,22	15,97	16,12
	min		15,77	8,86	13,23	5,41
	average		16,59	10,86	14,75	10,86
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	16,70	14,26	16,69	15,79
	min		14,46	9,11	10,86	4,77
	average		15,54	11,78	14,13	10,49
ΔΟΚΟΣ	max	10,44	17,04	13,22	15,96	16,23
	min		15,49	8,92	13,24	5,52
	average		16,35	10,92	14,75	10,90
ΠΟΔΙΑ	max	10,44	17,04	13,27	15,96	15,50
	min		15,40	8,99	12,51	5,45
	average		16,29	10,94	14,44	10,93

Πίνακας 4.1.10 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της βόρειας όψης(καθιστικό) - περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση

Παρατηρούμε πως χωρίς τη θέρμανση των καλοριφέρ στους χώρους του διαμερίσματος, η εσωτερική θερμοκρασία των επιφανειών των στοιχείων του κελύφους μειώνεται, επειδή η συνολική θερμοκρασία των χώρων είναι χαμηλή, επομένως δεν μπορεί να λειτουργήσει εξισορροπιστικά στις απώλειες. Σύμφωνα με τον πίνακα σύγκρισης, ενώ η εξωτερική θερμοκρασία των στοιχείων δε διαφέρει σημαντικά με ή χωρίς θέρμανση, η εσωτερική θερμοκρασία μειώνεται περίπου 1,5°C.

### ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		Εξωτερική Θερμοκρασία	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
		°C	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	max	13,43	16,62	14,20	16,24	15,54
	min		15,46	9,89	13,61	7,04
	average		16,19	12,80	14,81	12,60
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	16,05	14,97	18,56	19,00
	min		14,47	9,99	12,21	4,82
	average		15,54	13,02	14,32	13,19
ΔΟΚΟΣ	max	10,44	16,76	13,93	16,00	15,85
	min		15,92	9,92	14,12	7,02
	average		16,37	12,67	14,94	12,50
ΤΟΙΧΟΣ ΝΟΤΙΟΣ	max	10,44	18,07	17,00	16,81	16,00
	min		16,15	11,08	14,75	10,87
	average		16,94	15,90	15,58	15,70
ΤΟΙΧΟΣ ΔΥΤΙΚΟΣ	max	10,44	16,74	13,83	15,43	13,52
	min		15,59	10,00	14,16	9,80
	average		16,21	12,79	14,83	12,59

Πίνακας 4.1.11 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής, νότιας και δυτικής όψης (υπνοδωμάτιο)- περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση

Στο υπνοδωμάτιο η απουσία θέρμανσης επηρεάζει λιγότερο την επιφανειακή εσωτερική θερμοκρασία των τοίχων, η οποία είναι χαμηλότερη κατά 0,5°C. Το γεγονός αυτό οφείλεται εν μέρει στο μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται λόγω καλύτερου προσανατολισμού.

## ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ

### ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α

#### ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

#### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

#### ΜΟΝΩΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
			°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	17,24	13,22	16,98	16,58
	min		15,77	8,86	15,11	5,45
	average		16,59	10,86	16,21	10,23
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	16,70	14,26	16,69	15,79
	min		14,46	9,11	10,86	4,77
	average		15,54	11,78	14,13	10,49
ΔΟΚΟΣ	max	10,44	17,04	13,22	17,11	16,72
	min		15,49	8,92	15,07	5,67
	average		16,35	10,92	16,19	10,20
ΠΟΔΙΑ	max	10,44	17,04	13,27	16,94	16,50
	min		15,40	8,99	15,02	6,65
	average		16,29	10,94	16,14	9,95

Πίνακας 4.1.12 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της βόρειας όψης(καθιστικό) - περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση αλλά με μόνωση

Σύμφωνα με τον πίνακα η προσθήκη μόνωσης στους περιμετρικούς τοίχους και στις δοκούς προστατεύει σημαντικά την εσωτερική επιφάνεια των στοιχείων αυτών. Παρατηρούμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία κινείται στους 18°C ενώ χωρίς μόνωση παραμένει στους 16°C.

### ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ

#### ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

#### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

#### ΜΟΝΩΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
			°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ	max	13,43	16,62	14,20	16,69	15,78
	min		15,46	9,89	16,14	8,45
	average		16,19	12,80	16,50	12,64
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	16,05	14,97	19,40	21,88
	min		14,47	9,99	12,58	4,86
	average		15,54	13,02	15,06	13,34
ΔΟΚΟΣ	max	10,44	16,76	13,93	16,71	16,00
	min		15,92	9,92	16,15	8,35
	average		16,37	12,67	15,51	12,43
ΤΟΙΧΟΣ ΝΟΤΙΟΣ	max	10,44	18,07	17,00	16,88	16,12
	min		16,15	11,08	16,50	10,10
	average		16,94	15,90	16,63	16,28
ΤΟΙΧΟΣ ΔΥΤΙΚΟΣ	max	10,44	16,74	13,83	16,61	13,74
	min		15,59	10,00	16,27	8,97
	average		16,21	12,79	16,49	12,43

Πίνακας 4.1.13 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής, νότιας και δυτικής όψης (υπνοδωμάτιο) - περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση αλλά με μόνωση

Ομοίως στο υπνοδωμάτιο η προσθήκη μόνωσης λειτουργεί ακόμη πιο αποτελεσματικά καθώς η εσωτερική θερμοκρασία αυξάνεται κατά 3°C και φτάνει τους 19°C. Αυτό άλλωστε έχει ήδη επισημανθεί και από τους πίνακες της συνολικής θερμοκρασίας του χώρου, η οποία επίσης αυξάνεται στους 19°C.







Εικόνα 4.2.1 Άποψη του κτηρίου από τον πεζόδρομο της οδού Θεμιστοκλέους. Γωνιακό δωμάτιο (αριστερά), είσοδος πολυκατοικίας(δεξιά)

Πρόκειται για Ζόροφη κατοικία, με ισόγειο και ημιώροφο, η οποία έχει δύο ελεύθερες όψεις στον πεζόδρομο της Θεμιστοκλέους και στην οδό Δερβενίων. Η όψη στον πεζόδρομο είναι βορειοανατολική ενώ η όψη στο δρόμο ήπιας κυκλοφορίας είναι νοτιοδυτική. Τα στοιχεία του αρχιτέκτονα της κατασκευής καθώς και του αρχικού ιδιοκτήτη δεν μας είναι γνωστά ενώ η ημερομηνία κατασκευής (1938) και τα κατασκευαστικά στοιχεία του κτηρίου αναλύθηκαν μέσω συνεντεύξεων με τους ενοίκους. Ο ισόγειος χώρος και ο ημιώροφος αποτελούν χώρο εστίασης, ενώ οι υπόλοιποι χώροι είναι οροφωδιαμερίσματα συνολικού εμβαδού το καθένα  $E=90,05 \text{ m}^2$ , και εμβαδού ορόφου  $101,46 \text{ m}^2$ .

Στον τυπικό όροφο οι χώροι διαμορφώνονται παρατακτικά γύρω από το κεντρικό χωλλ ώστε τόσο το καθιστικό όσο και τα υπνοδωμάτια να βλέπουν στις ελεύθερες όψεις, ενώ η κουζίνα τοποθετείται στην πλευρά προς τον ακάλυπτο. Αξιοποιείται και εδώ, όπως στην πολυκατοικία της οδού Καρνεάδου, το μέγιστο της δομημένης επιφάνειας σε κάλυψη και δόμηση, όμως διατηρείται χαμηλότερος συντελεστής δόμησης. Ακόμη, επειδή το οικόπεδο είναι σαφώς μικρότερο, τα διαμερίσματα έχουν διαφορετική κλίμακα μεγέθους, με εμβαδόν σχεδόν υποδιπλάσιο από αυτό των αντίστοιχων του πρώτου παραδείγματος. Ακόμη, η κάτοψη του τυπικού διαμερίσματος κατακερματίζεται σε πολλούς χώρους, με ίσο περίπου εμβαδόν παρά τη διαφορετική λειτουργία τους, κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση της οδού Καρνεάδου.

Κατασκευαστικά, το κτήριο έχει μια βάση από λιθοδομή, δηλαδή οι δύο ελεύθεροι περιμετρικοί τοίχοι του ισόγειου είναι από φυσικούς λίθους. Στους ορόφους τα φέροντα στοιχεία είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και η πλήρωση γίνεται με οπτοπλινθοδομή. Τόσο τα υποστυλώματα όσο και ορισμένες δοκοί είναι εμφανή στο χώρο και δεν εγκιβωτίζονται στο πάχος του τοίχου με αποτέλεσμα να έχουμε λεπτότερους τοίχους των 25cm. Οι πλάκες δεν γνωρίζουμε αν είναι πλήρεις ή με δοκίδες (Zoellner) και έχουν πάχος 13-15cm. Τα δάπεδα στο καθιστικό και στα υπνοδωμάτια κατασκευάζονται από δρύινο παρκέτο, καρφωμένο σε ψευδοπάτωμα ενώ οι διάδρομοι κυκλοφορίας, η κουζίνα και οι βοηθητικοί χώροι έχουν δάπεδα από χυτό μωσαϊκό. Η κεντρική είσοδος και το κλιμακοστάσιο γίνονται λευκές μαρμαρίνες πλάκες και μάλιστα, ο χώρος εισόδου έχει διπλό ύψος, τονίζοντας έτσι τη σημασία του

κατακόρυφου αυτού άξονα κίνησης. Δευτερεύον μεταλλικό κλιμακοστάσιο υπηρεσίας βρίσκεται στην πλευρά του ακαλύπτου, με πρόσβαση από την κουζίνα που οδηγεί στην εσωτερική μικρή αυλή.

Οι όψεις του κτηρίου έχουν ως εξωτερικό επίχρισμα το αρτιφισιέλ, ενώ τα ανοίγματα έχουν όλα ξύλινα κουφώματα και μονά τζάμια. Η σκίαση των παραθύρων γίνεται με ξύλινα ρολλά, τα οποία με ειδικό μηχανισμό στήριξης μπορούν να λειτουργήσουν και ως προπέτασμα, στρεφόμενα σε συγκεκριμένες θέσεις πάνω σε μεταλλικό οδηγό. Το κουτί περιέλιξης του ρολλό προβάλλει εκτός τοίχου, γεγονός που επιτρέπει το μικρότερο πάχος της τοιχοποιίας. Η συνεχής επανάληψη των ανοιγμάτων και των εξωστών καθώς και η ιδιαίτερη διαμόρφωση της γωνίας του όγκου σε ημικυκλικό στοιχείο αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά της όψης.

Συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά της πολυκατοικίας φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Χαρακτηριστικά	Φέρων Οργανισμός	Τοιχοποιία	Δάπεδα	Κουφώματα	Σκίαση
Τυπική αστική πολυκατοικία του μοντέρνου κινήματος του 30'	-Λιθοδομή (ισόγειο)- -Οπλισμένο σκυρόδεμα(όροφοι)	Μη φέρουσα, μη εγκιβωτισμένο το κουτί του ρολλό. Εξωτερική τελική επιφάνεια: -artificiel	-Ξύλινο, δρύινο ψαροκόκκαλο - Χυτό μωσαικό	Ξύλινα ανοιγόμενα	Ξύλινο Ρολλό

Πίνακας 4.2.1 Αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κτηρίου

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ**

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΟΙΚΩΝ Άντρας Γυναίκα	ΗΛΙΚΙΑ	ΩΡΑΡΙΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ/ώρες	
Ισόγειο - Ημιόροφος	15 υπάλληλοι μεσος όρος πελατών ανα όροφο = 20 άτομα	30-39	11.00 π.μ - 2.30 π.μ καθημερινά	Χώρος Εστίασης- Καφετέρεια	αυτόνομη θέρμανση(air conditioner) 11.00π.μ- 2.30-π.μ	
		>18				
1ος όροφος	2	1	60-69 30-39	10.00-19.00 = 9 ώρες	Αρχιτεκτονικό Γραφείο	αυτόνομη θέρμανση 10.00-16.00 όμως στις κρύες μέρες -όπως η εβδομάδα των μετρήσεων καίει 10.00- 19.00
2ος όροφος	2				Κατοικία	
3ος όροφος		1	20-29	εκτός σπιτιού 10.00- 17.00 καθημερινά	Κατοικία	αυτόνομη θέρμανση είναι 8.00-10.00 και 19.00-22.00

Πίνακας 4.2.2 Χαρακτηριστικά λειτουργίας θέρμανσης, αριθμού και δραστηριότητας χρηστών, επεμβάσεων στους χώρους με βάση το ερωτηματολόγιο και τις επιτόπιες σημειώσεις

	<b>ΑΙΣΘΗΣΗ ΧΩΡΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>ΑΙΣΘΗΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ</b>	<b>ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ</b>
	Ελαφρά ψυχρό	Ναι	1.Αλλαγή παλαιών κουφωμάτων και αντικατάστασή τους με καινούρια ξύλινα. 2.Αυτόνομη θέρμανση
	Run 1: Θερμός Run 2: Θερμός Run 3: Άνετος - Λίγο Θερμος Run 4: Θερμός Run 5: Θερμός	Όχι	1.Διατήρηση παλιών κουφωμάτων, δαπέδων, οροφών. 2. Αλλαγή σωληνώσεων καλοριφέρ - στο διαμέρισμα αυτόνομη θέρμανση με γκάζι
	Δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο χώρο  Κρύο και υγρασία το χειμώνα	Ναι	1.Διατήρηση παλαιών κουφωμάτων, δαπέδων, οροφών. 2.Αυτόνομη θέρμανση

## ΟΨΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ - ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ



Συνολικό εμβαδόν:  $E_{ολ} = 129,72 \text{ m}^2$

Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_1 = 3,5 + 1,68 + 3,04 \cdot 2 + 4,37 \cdot 2 + 7,82 + 3,56$   
 $= 31,41 \text{ m}^2$

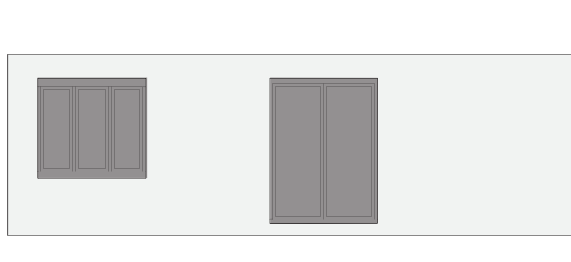
Αναλογία κενού - πλήρους:  $E_1 / E_{ολ} = 31,41 / 129,72 = 24,22\%$



Συνολικό εμβαδόν:  $E_{ολ} = 144,60 \text{ m}^2$

Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_2 = 44,78 \text{ m}^2$

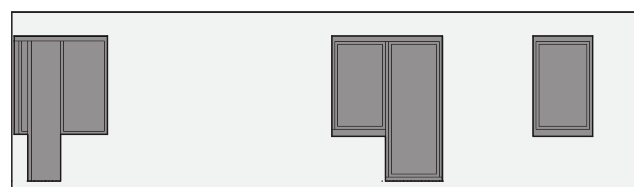
Αναλογία κενού - πλήρους:  $E_2 / E_{ολ} = 44,78 / 144,6$   
 $= 30,97\%$



Συνολικό εμβαδόν:  $E_{ολ} = 34,21 \text{ m}^2$

Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_{υαλ} = 8,5 \text{ m}^2$

Αναλογία κενού - πλήρους:  $E_{υαλ} / E_{ολ} = 8,5 / 31,93 = 26,62\%$



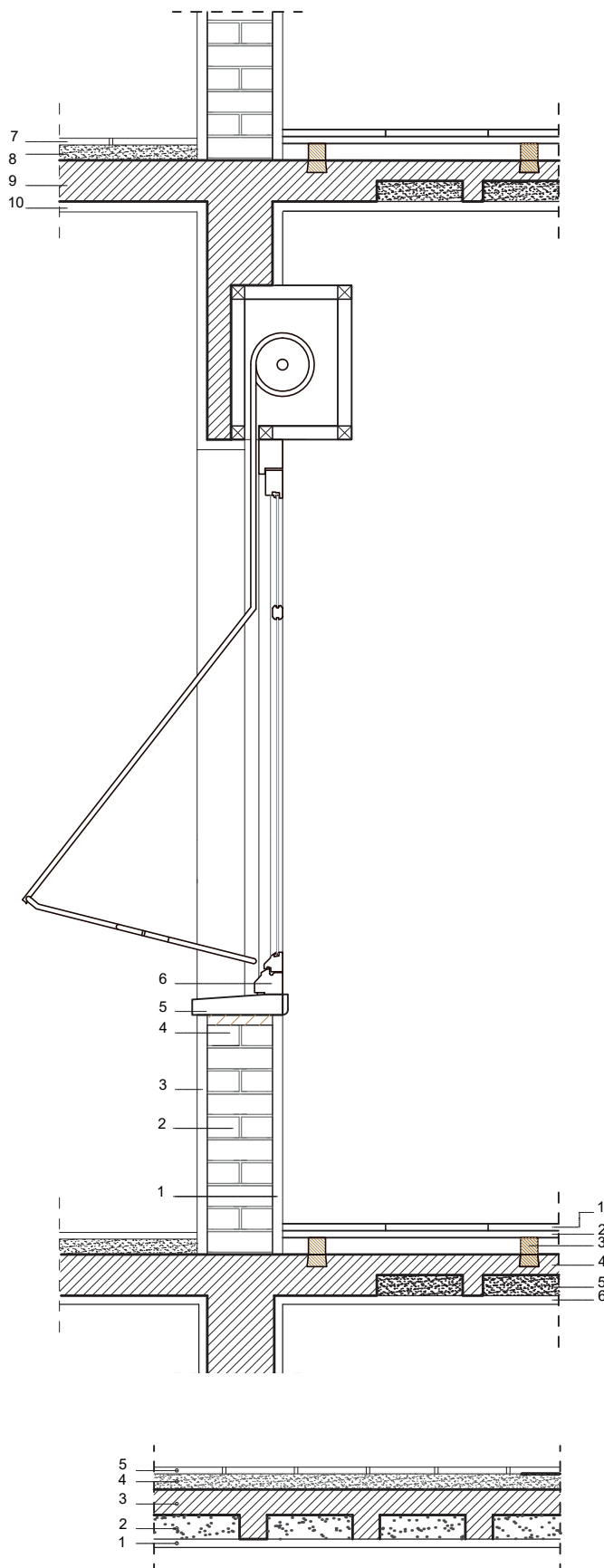
Συνολικό εμβαδόν:  $E_{ολ} = 28,89 \text{ m}^2$

Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_{υαλ} = 7,41 \text{ m}^2$

Αναλογία κενού - πλήρους:  $E_{υαλ} / E_{ολ} = 7,41 / 28,89 = 25,65\%$

Εικόνα 4.2.2 Βορειοανατολική και Νοτιοδυτική όψη του κτηρίου, αναλογία πλήρους - κενού (τοιχών - ανοιγμάτων)

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ



### ΔΑΠΕΔΟ

7. Μάρμαρο 3cm με αρμό ανά 30cm
8. Τσιμεντοκονία 2cm
9. Πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
10. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm

### ΤΟΙΧΟΣ

1. Εσωτερικό Επίχρισμα 2,5cm
2. Μπατική οπτοπλινθοδομή 19cm
3. Εξωτερικό Επίχρισμα - αρτιφισιέλ 2.5cm
4. Τσιμέντο 5cm
5. Ποδιά από μάρμαρο 2cm
6. Κούφωμα αλουμινίου 7cm
7. Υαλοπίνακας 6mm
8. Κουτί Ρολλό 25cm
9. Τύμπανο παραθύρου από σκυρόδεμα 7cm
10. Δοκός από οπλισμένο σκυρόδεμα 24 cm

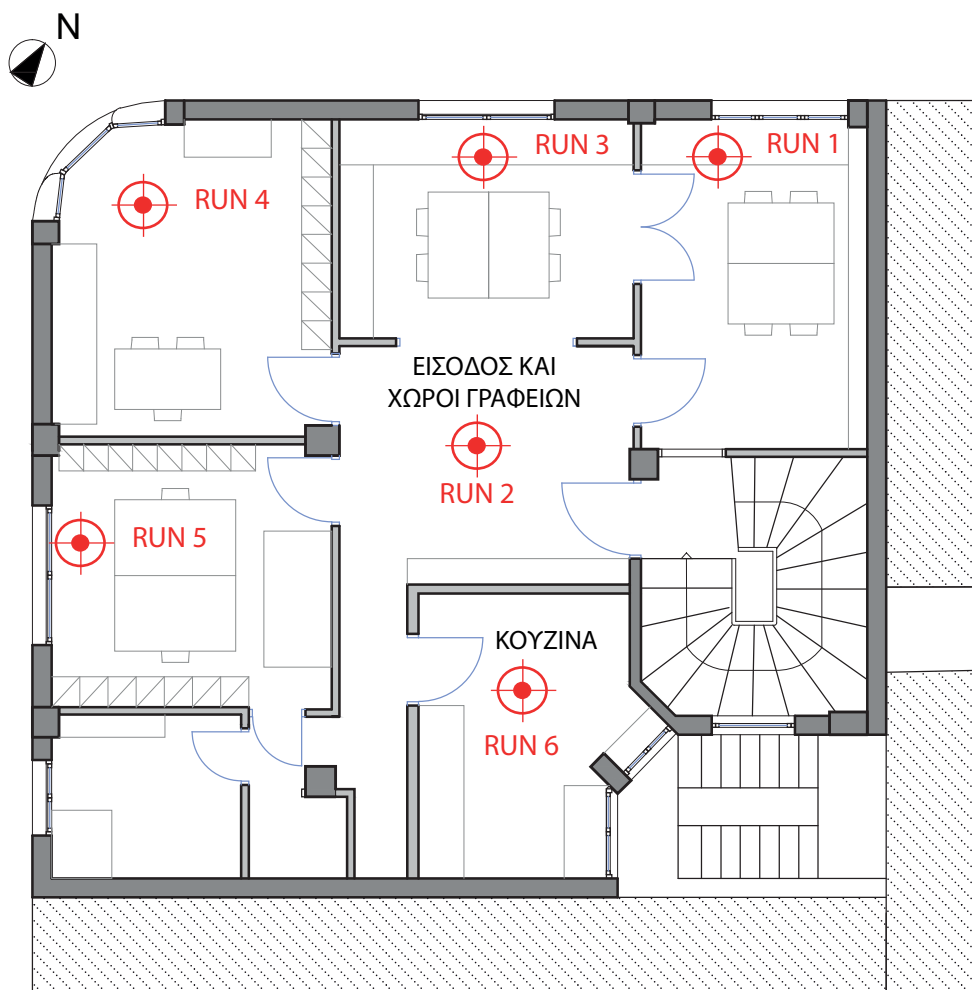
### ΔΑΠΕΔΟ

1. Δρύινο Παρκέτο 2cm
2. Ψευδοπάτωμα 2cm
3. Ξύλινα καθρόνια στήριξης 4cm
4. Πλάκα Zollner 13cm
5. Γέμισμα κενών μεταξύ δοκαριών με τούβλα
6. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm

### ΔΑΠΕΔΟ

1. Εσωτερικό επίχρισμα 2.5cm
2. Γέμισμα με τούβλα ανάμεσα σε δοκίδες 6cm
3. Πλάκα Zollner από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
4. Τσιμεντοκονία 4.5cm
5. Μωσαικό 3cm με αρμό ανά 20cm

Εικόνα 4.2.3 Χαρακτηριστικές τομές 1-20 στον τοίχο του εξωτερικού κελύφους, το δώμα και το τυπικό δάπεδο των εσωτερικών χώρων



Εικόνα 4.2.4 Κάτοψη 1ου ορόφου, θέσεις τοποθέτησης αισθητήρων στους χώρους γραφείων, την είσοδο και την κουζίνα

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο διαμέρισμα του 1ου ορόφου το οποίο λειτουργεί ως αρχιτεκτονικό γραφείο. Το γραφείο λειτουργεί από Δευτέρα έως Παρασκευή, ενώ το Σαββατοκύριακο ο χώρος μένει κλειστός. Τα σημεία μέτρησης είναι σε κάθε ξεχωριστό δωμάτιο που βλέπει σε μία από τις δύο ελεύθερες όψεις, στο κεντρικό χωλλ και στην κουζίνα. Σκοπός είναι να διερευνηθεί η μεταβολή των εσωτερικών συνθηκών με την αλλαγή του προσανατολισμού αλλά και με την απομάκρυνση από τις όψεις προς το εσωτερικό της κατοικίας. Με άλλα λόγια, περιμένουμε να εντοπίσουμε διαφορετικές τιμές μετρούμενων μεγεθών για τα γραφεία της βορειοανατολικής όψης σε σχέση με αυτά της νοτιοδυτικής, αλλά και μεταξύ του χωλλ και της κουζίνας που δεν βρίσκονται σε άμεση επικοινωνία με τα μεγάλα ανοίγματα των όψεων.

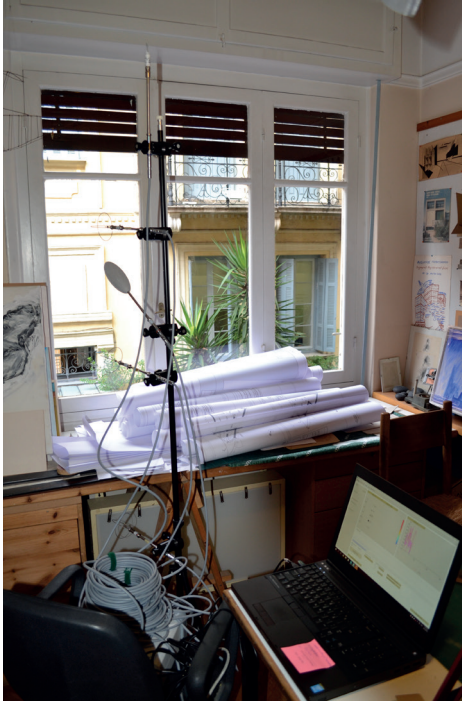
Αναλυτικότερα:

Οι εξωτερικές συνθήκες της εβδομάδος αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες μιας κρύας εβδομάδας του χειμώνα, δεδομένου ότι πραγματοποιήθηκαν μέσα Ιανουαρίου (18-21 Ιανουαρίου 2016), όπου ο μέσος όρος θερμοκρασίας κυμαίνεται στους 9 °C το πρωί και 6 το βράδυ και ανάλογα με την ηλιοφάνεια, τη βροχόπτωση ή το δυνατό άνεμο μπορεί για κάποιο χρονικό διάστημα μέσα στην ημέρα να αγγίξει χαμηλότερες ή υψηλότερες θερμοκρασίες. Κατά το διάστημα των μετρήσεων υπήρχαν ημέρες βροχόπτωσης (18,20 Ιανουαρίου), η οποία ήταν έντονη ορισμένες ώρες της ημέρας επομένως έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί η επιρροή της εξωτερικής υγρασίας στην εσωτερική σχετική υγρασία των χώρων.



Η θέρμανση στο γραφείο είναι αυτόνομη και ήταν σε λειτουργία περίπου 7 ώρες μέσα στην ημέρα, στο διάστημα 9.30- 20.00 με ορισμένα διαλείμματα. Κατανοούμε ότι και εδώ έχουμε υπερβολική χρησιμοποίηση των καλοριφέρ, η οποία επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία και υγρασία.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα διαγράμματα της θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα και δεικτών PMV, PPD που αντιστοιχούν στο ποσοστό των δυσαρεστημένων χρηστών, δίνοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των εσωτερικών συνθηκών του διαμερίσματος.



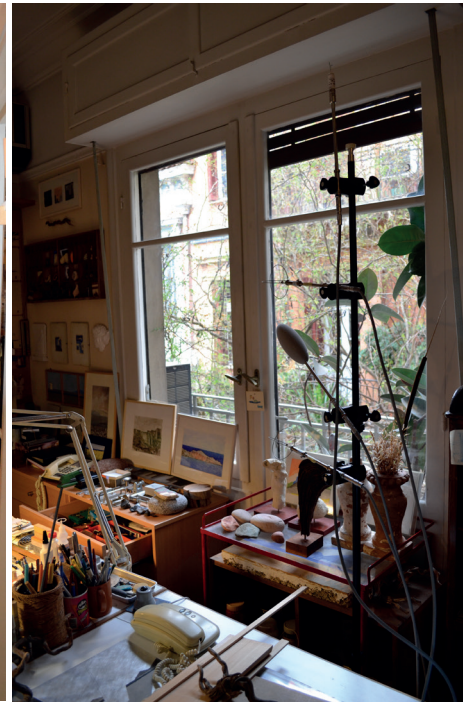
**RUN1**

Γραφείο 1 βορειοανατολική όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN2**

Είσοδος - Hall, θέση στον άξονα κίνησης μεταξύ των γραφείων



**RUN3**

Γραφείο 2, βορειοανατολική όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN4**

Γραφείο 3, γωνιακό γραφείο θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN5**

Γραφείο 4, νοτιοδυτικό γραφείο, θέση στο κέντρο του χώρου



**RUN6**

Κουζίνα, ανοίγματα προς τον ακάλυπτο χώρο

Εικόνα 4.2.5 Φωτογραφίες εσωτερικών χώρων μετρήσεων στο διαμέρισμα του 1ου ορόφου

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Γενικά, μια σημαντική παρατήρηση πριν το σχολιασμό των επιτόπιων αποτελεσμάτων είναι το γεγονός ότι το κτήριο έχει μικρότερο ύψος από τις πολυκατοικίες που βρίσκονται απέναντί του, και σκιάζεται έντονα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα κέρδη από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι μικρά καθώς αυτή εμποδίζεται από τα κτήρια του γύρω περιβάλλοντος αλλά και από το γεγονός ότι το εξεταζόμενο διαμέρισμα βρίσκεται στον πρώτο όροφο, επομένως είναι σε χαμηλότερο υψόμετρο συγκριτικά με το διαμέρισμα του τρίτου ορόφου που μελετήθηκε στο πρώτο παράδειγμα.

Στα γραφεία της βορειοανατολικής όψης (ΓΡΑΦΕΙΟ 1, 2) η μέση θερμοκρασία αέρα το πρωί είναι 21,5°C και το βράδυ ~ 24°C. Οι θερμοκρασίες αυτές είναι υψηλότερες της επιθυμητής, η οποία σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του ΤΕΕ, ορίζεται στους 20°C, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στη λειτουργία της θέρμανσης. Επιπλέον, επειδή όλα τα γραφεία, στα οποία υπάρχει ένα σώμα καλοριφέρ, έχουν μικρό εμβαδόν ~10-12m<sup>2</sup>, η γρήγορη και έντονη θέρμανση του κάθε χώρου είναι αναπόφευκτη. Ακόμη, παρατηρούμε ότι η αντίστοιχη μέση λειτουργική θερμοκρασία για πρωί και βράδυ, η οποία λαμβάνει υπόψιν την ακτινοβολούμενη θερμοκρασία και την ταχύτητα του αέρα είναι το πρωί είναι στους 21°C και το βράδυ στους 23°C. Αυτό σημαίνει πως η κίνηση του αέρα, όσο μικρή και αν είναι επηρεάζει τις εσωτερικές συνθήκες.

Η ταχύτητα του αέρα, τόσο το πρωί όσο και το βράδυ, κυμαίνεται μεταξύ 0,02-0,04 m/s, υποδηλώνοντας πως δεν υπάρχουν σημαντικά εσωτερικά ρεύματα και ότι ο αέρας μένει πρακτικά στάσιμος. Οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται κοντά στα ανοίγματα όπου η κίνηση του αέρα είναι εντονότερη λόγω των θερμογεφυρών των κουφωμάτων. Η εσωτερική υγρασία των χώρων αυτών τις πρωινές ώρες είναι ~31% και τις βραδινές ~28%, τιμές αρκετά χαμηλότερες του μέσου, προτεινόμενου από την τεχνική οδηγία του ΤΕΕ, ποσοστού που είναι 35-40%. Κατανοούμε, εδώ, την επίδραση της εσωτερικής υψηλής θερμοκρασίας στη δημιουργία ξηρότητας στο χώρο η οποία, επισημαίνεται στο ερωτηματολόγιο από τους ενοίκους, που έχουν ενοχλήσεις στο λαιμό λόγω του ξηρού αέρα.

Ο δείκτης PMV έχει θετικές τιμές <1 που σημαίνει πως, οι ένοικοι αντιλαμβάνονται το χώρο ως οριακά ουδέτερο το πρωί και ελαφρώς θερμό το βράδυ, με ποσοστό δυσαρέσκειας που κυμαίνεται μεταξύ 13-23%. Η δραστηριότητα και ο ρουχισμός επηρεάζουν τον καθορισμό των δεικτών αυτών. Η τιμή του ρουχισμού διατηρείται στο 1,10 clo, όπως και στην περίπτωση της οδού Καρνεάδου, σε μια προσπάθεια η σύγκριση να έχει μια κοινή βάση. Άλλωστε πρόκειται για μια τιμή που αντιστοιχεί σε τυπική ένδυση την περίοδο του χειμώνα. Η δραστηριότητα εδώ αλλάζει καθώς στο χώρο γραφείου είναι πιο έντονη η μεταβολική λειτουργία.

Το γωνιακό γραφείο είναι ο χώρος με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς έχει μεγαλύτερα ανοίγματα σε σχέση με τα υπόλοιπα δωμάτια, έχει δύο ελεύθερες όψεις και προσανατολισμό τόσο βορειοανατολικό όσο και νοτιοδυτικό, επομένως αναμένουμε να παρατηρήσουμε διαφορές στα μετρούμενα μεγέθη. Πράγματι, η εσωτερική θερμοκρασία το πρωί είναι 22°C και το βράδυ 23°C. Τις βραδινές ώρες, δηλαδή, η θερμοκρασία μειώνεται στο χώρο αυτό λόγω των απωλειών από τα στοιχεία του κελύφους. Μάλιστα η αντίστοιχη λειτουργική θερμοκρασία είναι 22°C το βράδυ γεγονός που υποδηλώνει ότι η κίνηση του αέρα -πιθανότατα λόγω των θερμογεφυρών των ανοιγμάτων- μειώνει την εσωτερική θερμοκρασία. Βέβαια και πάλι οι τιμές είναι μεγαλύτερες του φυσιολογικού, επομένως η θέρμανση καλύπτει τις όποιες τοπικές εστίες δυσφορίας(π.χ χαμηλά στα πόδια, κοντά στο παράθυρο κ.λπ.)

Η ταχύτητα του αέρα για πρωί και βράδυ κυμαίνεται μεταξύ 0,04m/s και 0,05m/s. Αν μάλιστα παρατηρήσουμε τις μέγιστες τιμές

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 1						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,00	90,00	24,10	22,95	22,31	34,33	0,07	18,80	0,81
	min	5,20	41,00	18,87	17,41	18,62	26,40	0,02	7,30	0,06
	average	8,83	59,86	21,54	20,51	20,92	31,28	0,03	12,50	0,59
ΒΡΑΔΥ	max	9,20	85,00	25,71	24,93	24,24	30,08	0,07	27,60	1,04
	min	4,00	57,00	22,20	21,20	23,00	25,28	0,02	19,50	0,83
	average	6,31	70,86	24,07	23,25	23,58	28,02	0,03	23,30	0,93

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 2						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,00	90,00	23,91	22,96	22,17	34,04	0,03	18,3	0,79
	min	5,20	41,00	18,74	18,11	18,66	26,25	0,02	7	0,31
	average	8,83	59,86	21,64	20,85	21,15	31,34	0,02	13,3	0,63
ΒΡΑΔΥ	max	9,20	85,00	25,52	24,53	23,65	29,78	0,05	26	1,00
	min	4,00	57,00	21,84	21,67	22,42	25,45	0,02	17,1	0,76
	average	6,31	70,86	23,82	23,03	23,28	28,00	0,03	22	0,90

Πίνακας 4.2.3 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στα βορειοανατολικά γραφεία

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 3						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,00	90,00	23,99	21,86	21,76	31,82	0,06	16,6	0,74
	min	5,20	41,00	19,30	17,63	19,44	26,51	0,02	8,4	0,40
	average	8,83	59,86	21,81	19,76	20,59	28,69	0,04	11,6	0,58
ΒΡΑΔΥ	max	9,20	85,00	26,00	23,78	23,48	33,04	0,13	23,8	0,94
	min	4,00	57,00	20,36	17,73	19,64	24,02	0,03	8,3	0,39
	average	6,31	70,86	23,27	20,81	21,86	28,48	0,06	17	0,72

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 4						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,00	90,00	23,99	23,59	22,86	32,63	0,08	20,9	0,87
	min	5,20	41,00	19,02	19,31	19,47	24,01	0,02	8,2	0,39
	average	8,83	59,86	21,84	21,63	21,69	29,38	0,04	14,8	0,69
ΒΡΑΔΥ	max	9,20	85,00	25,49	24,95	24,29	30,11	0,04	27,7	1,04
	min	4,00	57,00	22,10	22,21	22,68	23,63	0,02	18,2	0,79
	average	6,31	70,86	23,90	23,62	23,71	27,04	0,03	22,9	0,95

Πίνακας 4.2.4 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στο γωνιακό και νοτιοδυτικό γραφείο

της, κατανοούμε ότι δεν έχει ομοιόμορφη συμπεριφορά, άρα ορισμένες στιγμές της ημέρας δημιουργούνται ρεύματα στο χώρο αυτό που επηρεάζουν τοπικά τις συνθήκες, ιδιαίτερα τη νύχτα που η μέγιστη τιμή φτάνει τα 0.13m/s(τιμή που συναντάμε σε μετρήσεις με ανοιχτά παράθυρα). Η σχετική υγρασία στο χώρο αυτό είναι ~28% πρωί και βράδυ, αρκετά χαμηλότερη του φυσιολογικού γεγονός που μαζί με τις τιμές των υπόλοιπων μεγεθών, δίνει ένα ποσοστό δυσaráσκειας PPD=12-17% . Ομοίως ο δείκτης PMV είναι μικρότερος του 1 και καθιστά τον χώρο 'ελαφρώς θερμό'.

Το γραφείο στη νοτιοδυτική όψη εμφανίζει παρόμοιες συνθήκες με αυτά της βορειοανατολικής όψης με μικρή εξαίρεση, τη χαμηλότερη τιμή σχετικής υγρασίας ~28%, η οποία πέρα από τη θέρμανση οφείλεται και στη λειτουργία των μηχανημάτων (plotters εκτύπωσης)

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		HALL						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,00	90,00	24,02	23,17	22,43	32,47	0,06	8,3	0,40
	min	5,20	41,00	18,84	18,89	19,16	24,94	0,02	5	-0,21
	average	8,83	59,86	21,57	21,10	21,31	29,62	0,04	6,1	0,17
ΒΡΑΔΥ	max	9,20	85,00	25,91	25,41	24,63	28,36	0,06	17,2	0,76
	min	4,00	57,00	22,15	22,64	23,17	24,30	0,03	9,1	0,44
	average	6,31	70,86	24,09	23,83	23,94	26,75	0,04	13	0,61

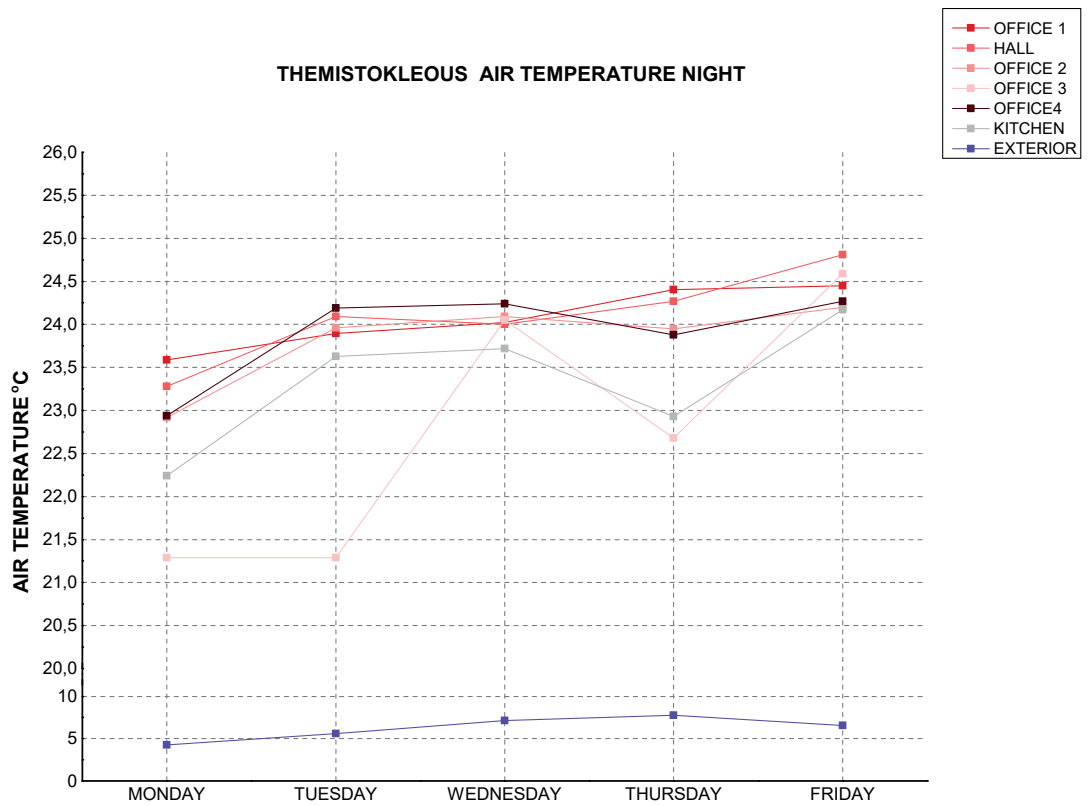
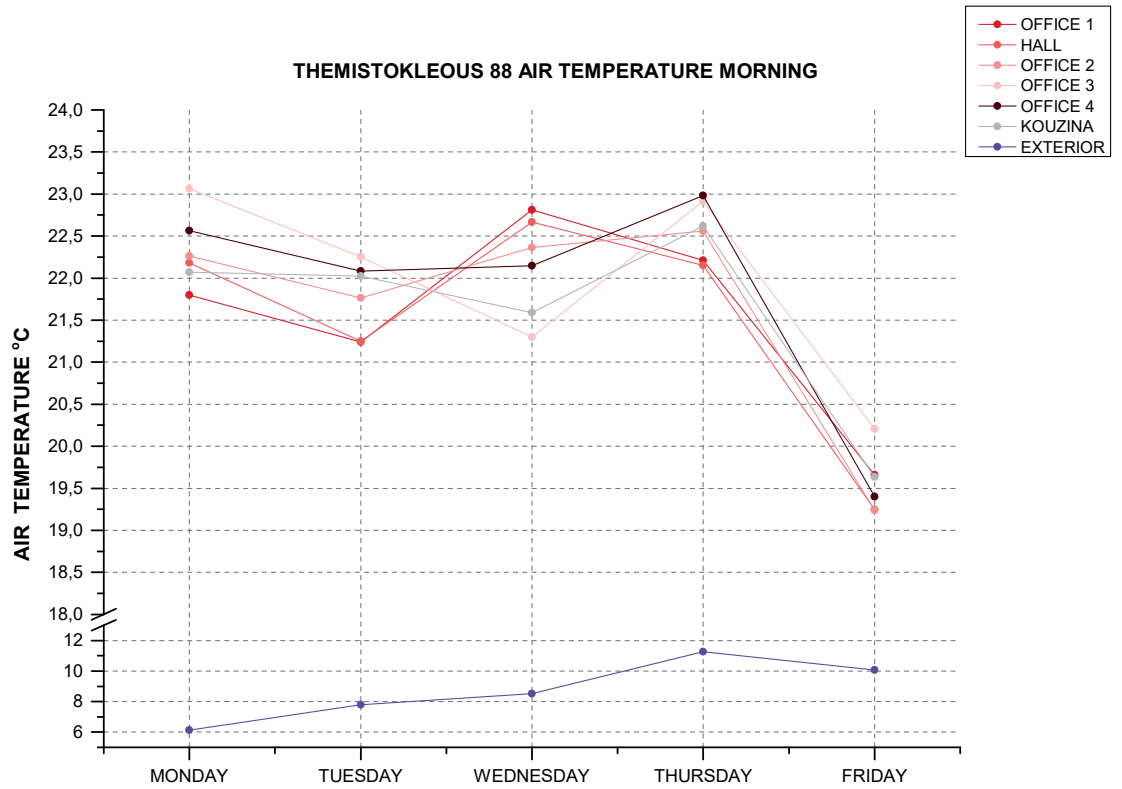
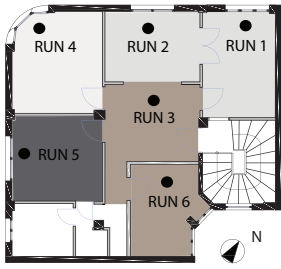
		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΚΟΥΖΙΝΑ						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΓΡΑΣΙΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,00	90,00	23,38	22,21	22,01	33,75	0,06	20,1	0,80
	min	5,20	41,00	19,21	19,39	19,54	27,78	0,02	10,4	0,51
	average	8,83	59,86	21,59	20,97	21,21	31,21	0,04	15,6	0,71
ΒΡΑΔΥ	max	9,20	85,00	25,24	23,85	23,48	33,70	0,05	27,1	1,02
	min	4,00	57,00	21,54	21,45	21,97	26,65	0,03	18,2	0,79
	average	6,31	70,86	23,34	22,46	22,80	28,48	0,04	22,9	0,92

Πίνακας 4.2.5 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στο hall και την κουζίνα(χώροι απομακρυσμένοι από τις ελεύθερες όψεις του κτηρίου)

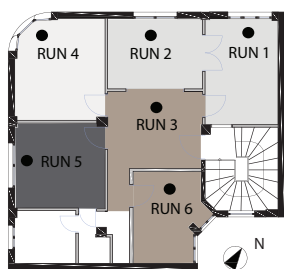
που αυξάνουν με τη λειτουργία τους τη θερμοκρασία και την ξηρασία στο χώρο.

Όσον αφορά τους χώρους που δεν έχουν άμεση επικοινωνία με το εξωτερικό κέλυφος, όπως το χωλλ και η κουζίνα, δεν συναντούμε σημαντικές διαφορές σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους και μεταξύ τους. Το χωλλ που επικοινωνεί με όλους τους χώρους στην ουσία έχει τις ίδιες συνθήκες με τα δωμάτια των γραφείων. Η κουζίνα αν και βρίσκεται πιο απομονωμένη από τους υπόλοιπους χώρους εμφανίζει παρόμοιες τιμές θερμοκρασίας, ταχύτητας αέρα και σχετικής υγρασίας.

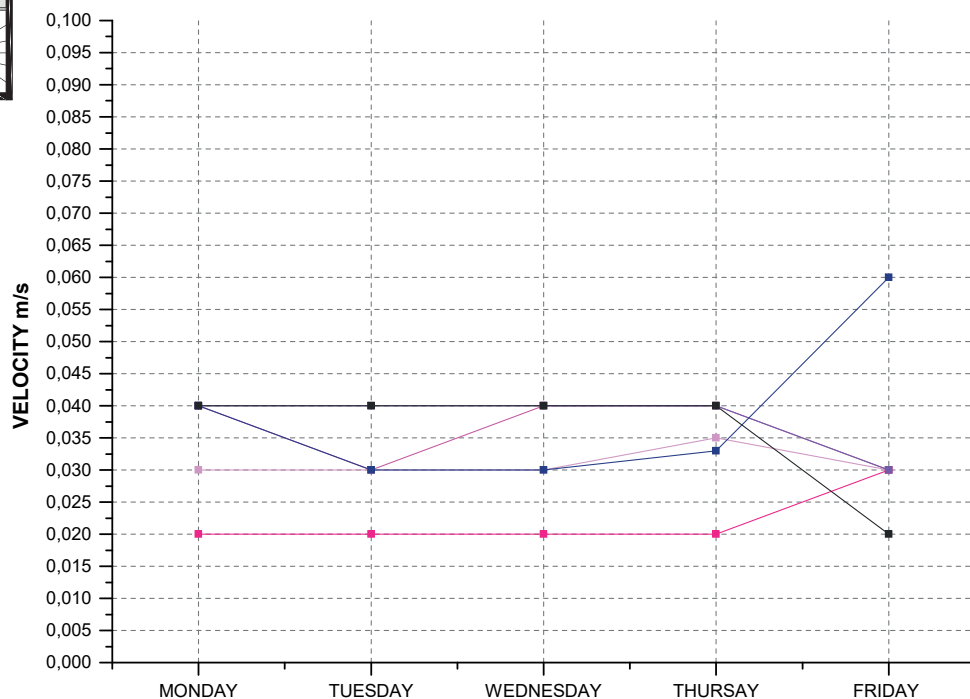
Επομένως το γενικό ποσοστό δυσaráσκειας στους χώρους δεν ξεπερνά το 20% και πάντα αναφέρεται σε αίσθηση θερμού χώρου και όχι ψυχρού. Ακριβώς επειδή και εδώ γίνεται υπερβολική χρήση της θέρμανσης, με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος θα μπορούσαμε να εξετάσουμε τη συμπεριφορά του κτηρίου χωρίς θέρμανση για να εντοπίσουμε τις πραγματικές απώλειες από το κέλυφος.



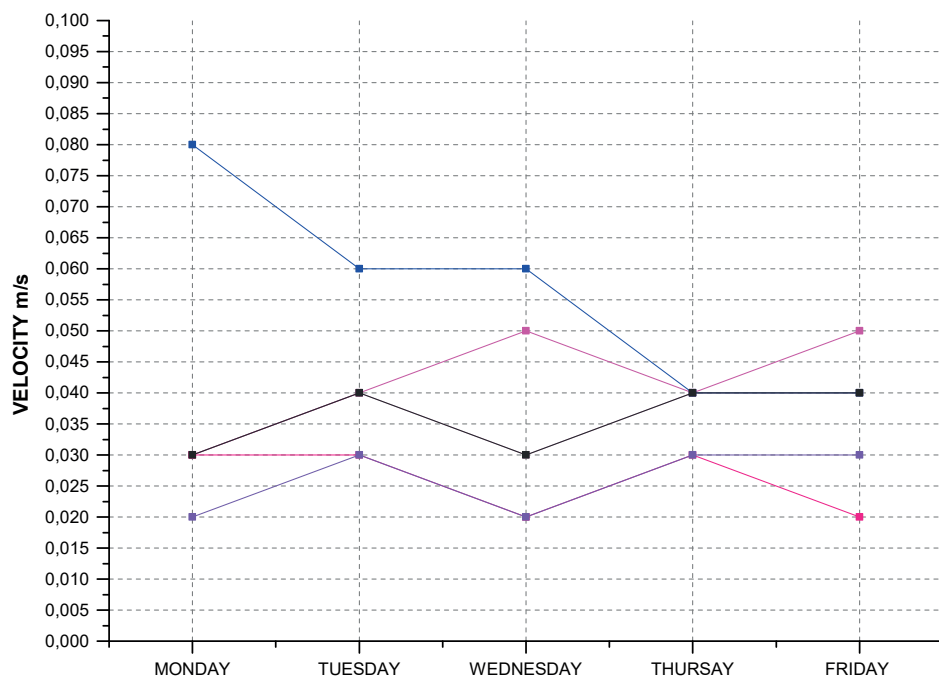
Εικόνα 4.2.6 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα πρωί και βράδυ, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, της εισόδου- hall και της κουζίνας



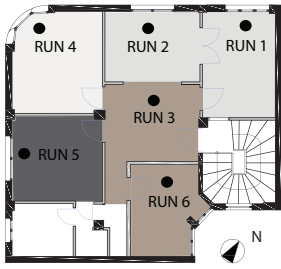
THEMISTOKLEOUS 88 VELOCITY MORNING



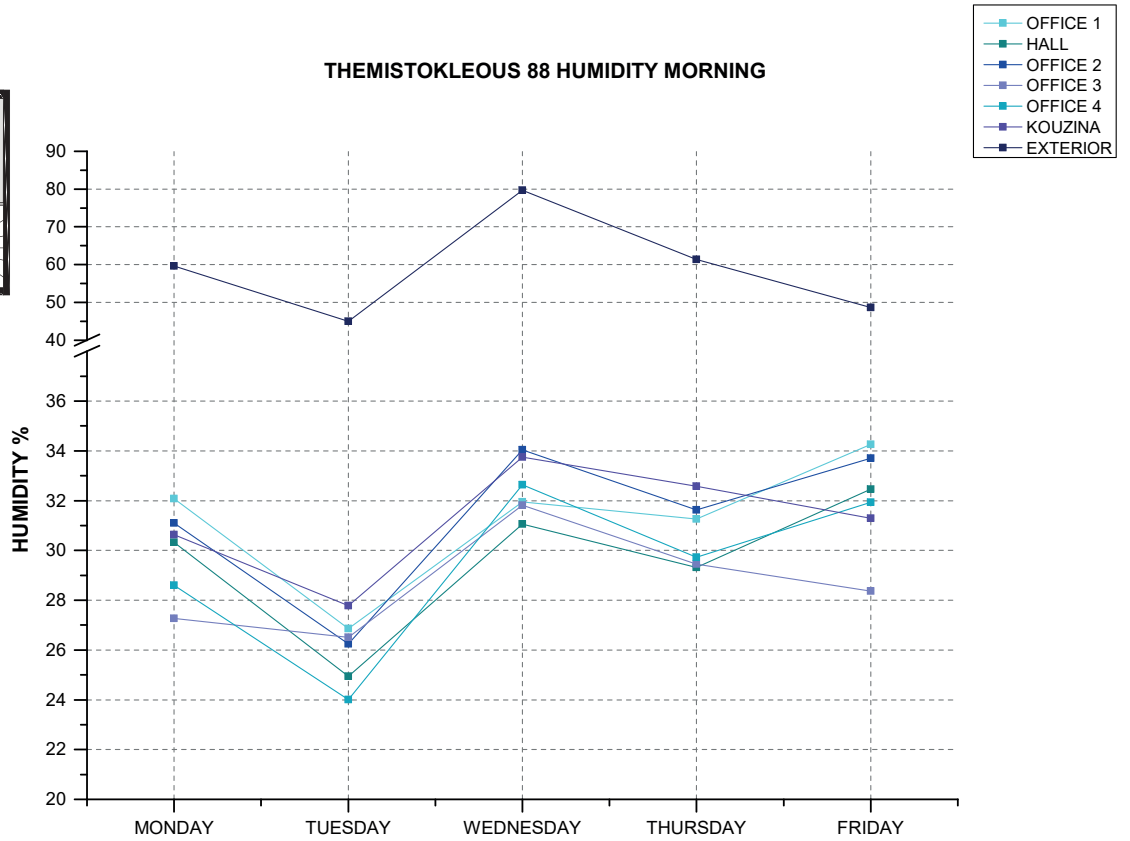
THEMISTOKLEOUS 88 VELOCITY NIGHT



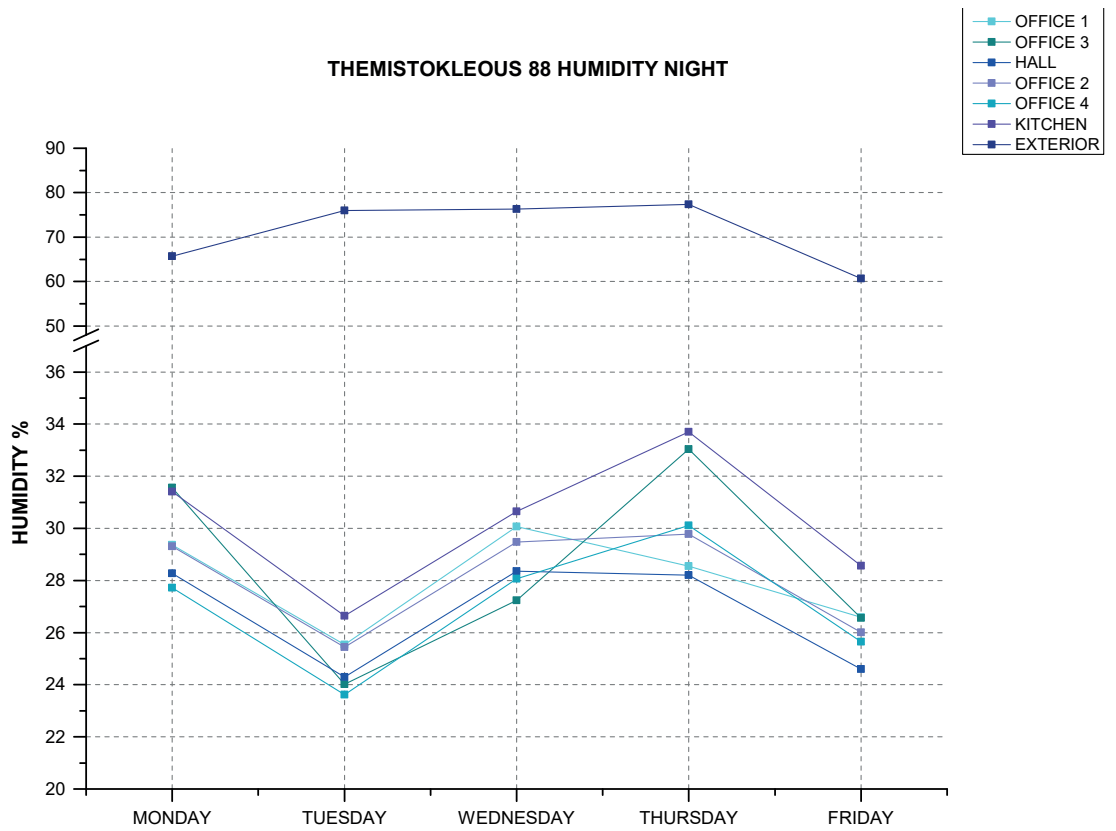
Εικόνα 4.2.7 Διάγραμμα ταχύτητας αέρα πρωί και βράδυ, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, της εισόδου- hall και της κουζίνας



THEMISTOKLEOUS 88 HUMIDITY MORNING

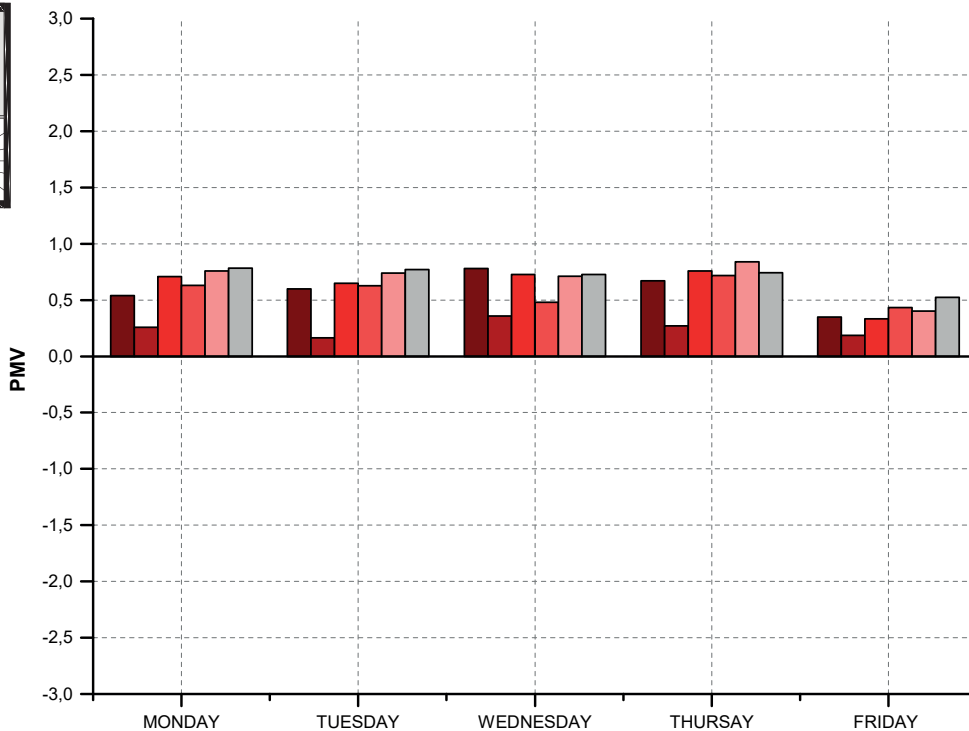
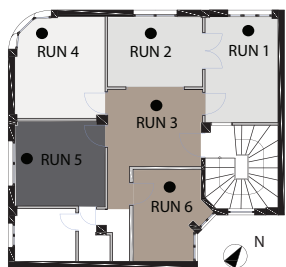


THEMISTOKLEOUS 88 HUMIDITY NIGHT

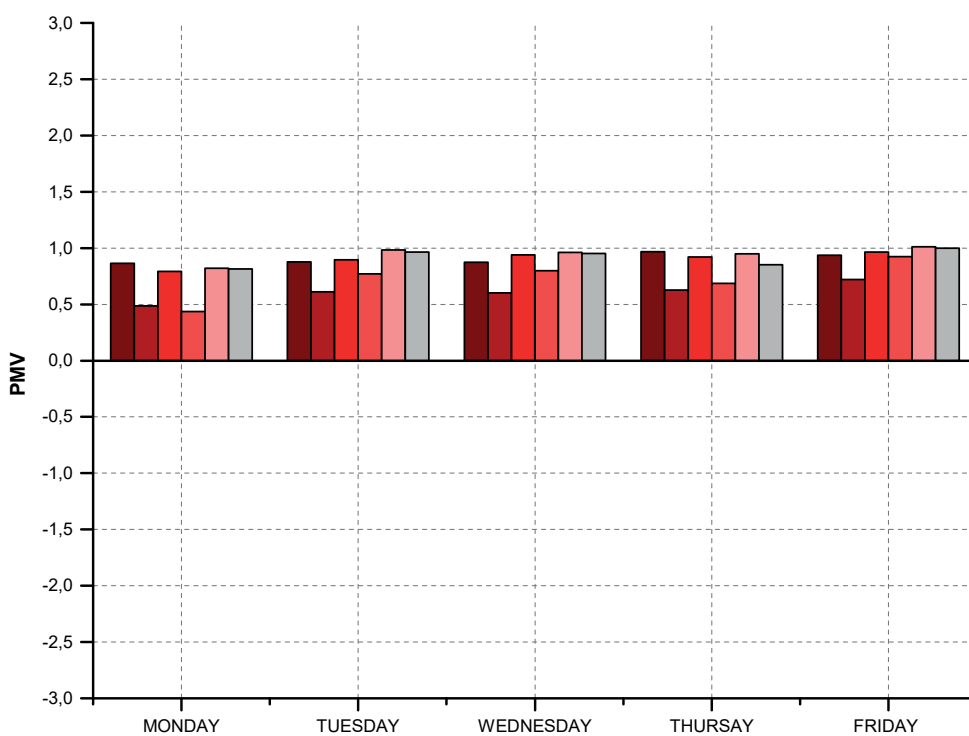


Εικόνα 4.2.8 Διάγραμμα υγρασίας, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, της εισόδου- hall και της κουζίνας

THEMISTOKLEOUS 88 PMV INDEX MORNING



THEMISTOKLEOUS PMV INDEX NIGHT



Εικόνα 4.2.9 Διάγραμμα δείκτη PMV, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, της εισόδου- hall και της κουζίνας

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ DESIGN BUILDER/ENERGY PLUS - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Κατόπιν των επιτόπιων μετρήσεων πραγματοποιείται η μοντελοποίηση του κτηρίου στο λογισμικό Energy Plus ώστε να συγκριθούν τα θεωρητικά αποτελέσματα με τις πραγματικές μετρήσεις. Η τιμή της θερμοκρασίας κάτω από την οποία είναι απαραίτητη η λειτουργία της θέρμανσης έχει ορισθεί στους 20°C. Ακολουθούν τα διαγράμματα των εσωτερικών συνθηκών στα δωμάτια που μετρήθηκαν με βάση τα υλικά, τις επεμβάσεις, τα ωράρια χρήσης, τη δραστηριότητα και τον αριθμό των ενοίκων, ώστε να προσομοιάζονται πλήρως οι πραγματικές συνθήκες. Οι εξωτερικές συνθήκες είναι παρόμοιες με τις πραγματικές συνθήκες.

Η μεγάλη διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στις θεωρητικές και πραγματικές μετρήσεις εντοπίζεται στις τιμές της θερμοκρασίας αέρα, ακτινοβολίας και λειτουργίας. Στην προσομοίωση, οι τιμές εμφανίζονται αρκετά χαμηλότερες μεταξύ 17-17,5°C με τις χαμηλότερες να συναντώνται στο γωνιακό γραφείο (ΓΡΑΦΕΙΟ 3 T= 16,75°C). Ένας βασικός λόγος για τον οποίο οι τιμές αυτές είναι χαμηλές είναι η ύπαρξη παλιών κουφωμάτων με μονό υαλοπίνακα που αυξάνουν σε σημαντικό βαθμό τις θερμικές απώλειες. Ακόμη, τα βορειοανατολικά γραφεία, λόγω προσανατολισμού, δέχονται ηλιακή ακτινοβολία μόνο τις πρωινές ώρες, τις οποίες όμως οι ένοικοι δεν βρίσκονται στο γραφείο καθώς η λειτουργία του γραφείου ξεκινά στις 9.30 π.μ. Στο γωνιακό γραφείο, λόγω της ύπαρξης μεγάλων ανοιγμάτων η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη. Παρατηρούμε μάλιστα μια σημαντική διαφορά μεταξύ μέγιστων και ελάχιστων τιμών θερμοκρασίας, καθώς ο γενικός μέσος όρος των ~17°C προκύπτει από τη διαφορά ακραίων τιμών μεταξύ 18°C και 15°C. Στην περίπτωση της οδού Καρνεάδου η αντίστοιχη διαφορά μεταξύ μέγιστων και ελάχιστων τιμών δεν ξεπερνούσε τον 1οC. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι οι θερμικές απώλειες προκαλούν διακυμάνσεις στις εσωτερικές τιμές θερμοκρασίας, οι οποίες πιθανότατα ακολουθούν τις μεταβολές της εξωτερικής, άρα το κέλυφος δεν μπορεί να διατηρήσει σταθερές τις εσωτερικές συνθήκες. Όσο απομακρυνόμαστε από τους περιμετρικούς τοίχους, οι εσωτερικές συνθήκες βελτιώνονται θερμοκρασιακά, συνεπώς στην

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		ΓΡΑΦΕΙΟ 1				
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,15	17,16	17,66	55,88	-1,07	
	min	7,93	15,20	15,83	15,52	30,30	-1,59	
	Average	10,44	17,26	16,61	16,93	41,09	-1,24	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL				
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,46	17,80	18,13	55,64	-0,65	
	min	7,93	16,04	16,27	16,16	33,49	-1,04	
	Average	10,44	17,67	17,25	17,46	42,76	-0,79	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		ΓΡΑΦΕΙΟ 2				
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	17,99	17,03	17,51	56,58	-1,20	
	min	7,93	14,91	15,57	15,24	31,61	-1,78	
	Average	10,44	17,09	16,46	16,77	42,23	-1,40	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		ΓΡΑΦΕΙΟ 3				
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	17,78	16,50	17,14	58,41	-1,29	
	min	7,93	14,22	14,85	14,54	31,01	-1,94	
	Average	10,44	16,75	15,88	16,32	42,58	-1,50	

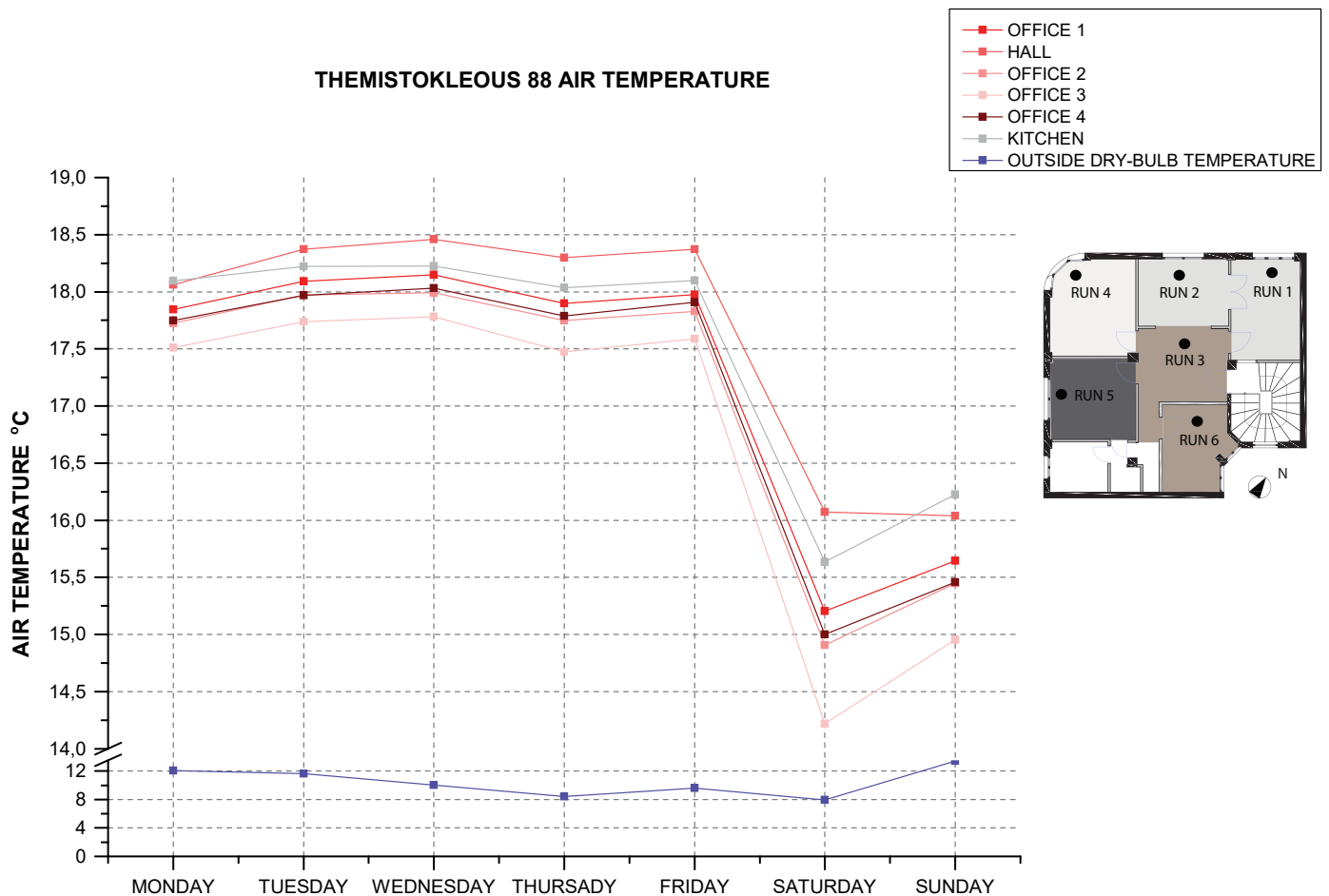


		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 4				
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
			ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,03	17,00	17,52	56,55	-1,22
	min	7,93	15,00	15,67	15,33	31,03	-1,76
	Average	10,44	17,13	16,45	16,79	41,92	-1,39

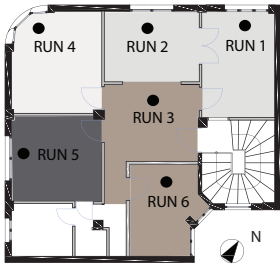
		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΚΟΥΖΙΝΑ				
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C			ΥΓΡΑΣΙΑ %	PMV
			ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	13,43	18,23	17,31	17,31	54,24	-0,06
	min	7,93	15,64	16,31	16,31	32,57	-0,39
	Average	10,44	17,51	16,93	16,93	42,06	-0,17

Πίνακας 4.2.6 Αποτελέσματα προσομοίωσης, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση δείκτη PMV, στους χώρους των γραφείων, στην είσοδο- hall και στην κουζίνα

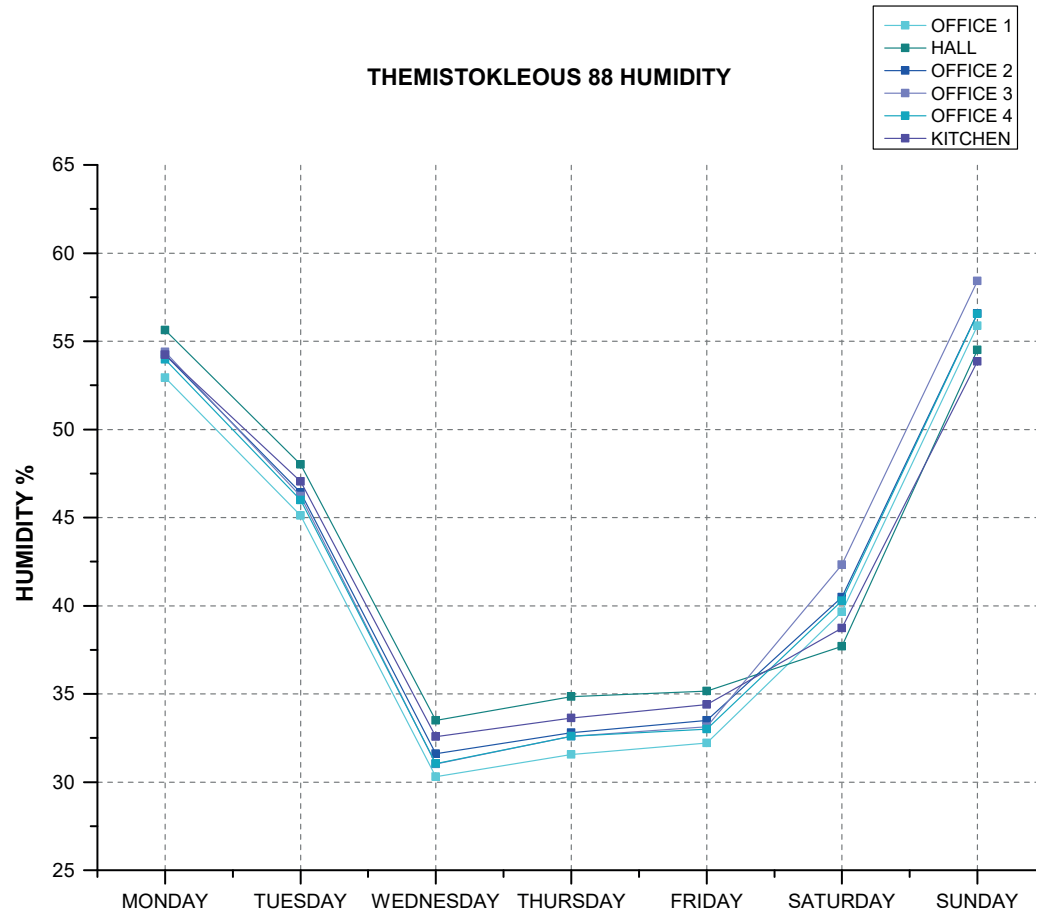
είσοδο και στην κουζίνα συναντάμε υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας. Η υγρασία στον χώρο κυμαίνεται σε φυσιολογικές τιμές ~40%, αποδεικνύοντας για ακόμη μια φορά ότι στα κτήρια της εποχής αυτής δεν εμφανίζονται σοβαρά προβλήματα υδατοπερατότητας και υγρασίας καθώς οι περιμετρικοί τοίχοι είναι υδατοστεγανοί. Τέλος, ο δείκτης PMV δείχνει πως στο εσωτερικό, στα δωμάτια των γραφείων η γενική γνώμη των χρηστών για το χώρο αντιστοιχεί στο χαρακτηρισμό 'ελαφρώς κρύος', ενώ στους χώρους που δεν έχουν άμεση επικοινωνία με το εξωτερικό κέλυφος(είσοδος-χωλ, κουζίνα) ο χαρακτηρισμός είναι πλησιέστερα στην ουδέτερη- άνετη κατάσταση.



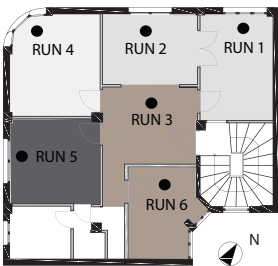
Εικόνα 4.2.9 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, την είσοδο- hall και την κουζίνα



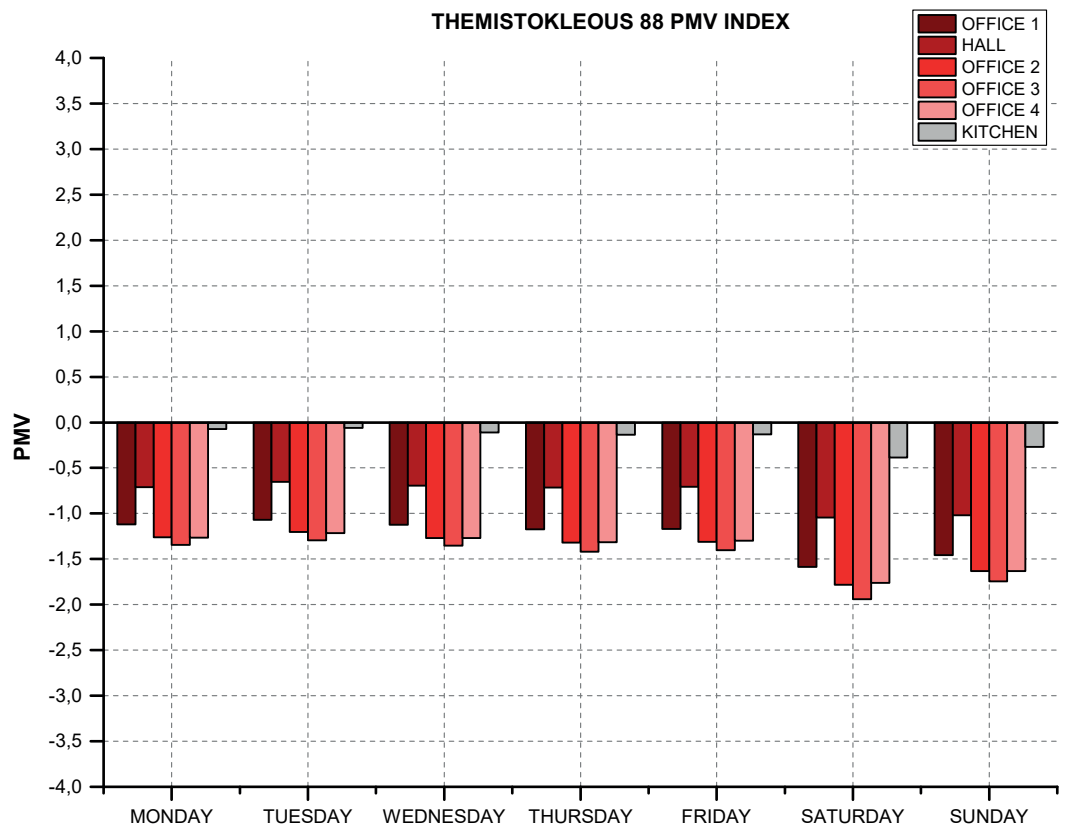
THEMISTOKLEOUS 88 HUMIDITY



Εικόνα 4.2.10 Διάγραμμα σχετικής υγρασίας, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, την είσοδο- hall και την κουζίνα



THEMISTOKLEOUS 88 PMV INDEX



Εικόνα 4.2.11 Διάγραμμα δείκτη PMV, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων, την είσοδο- hall και την κουζίνα

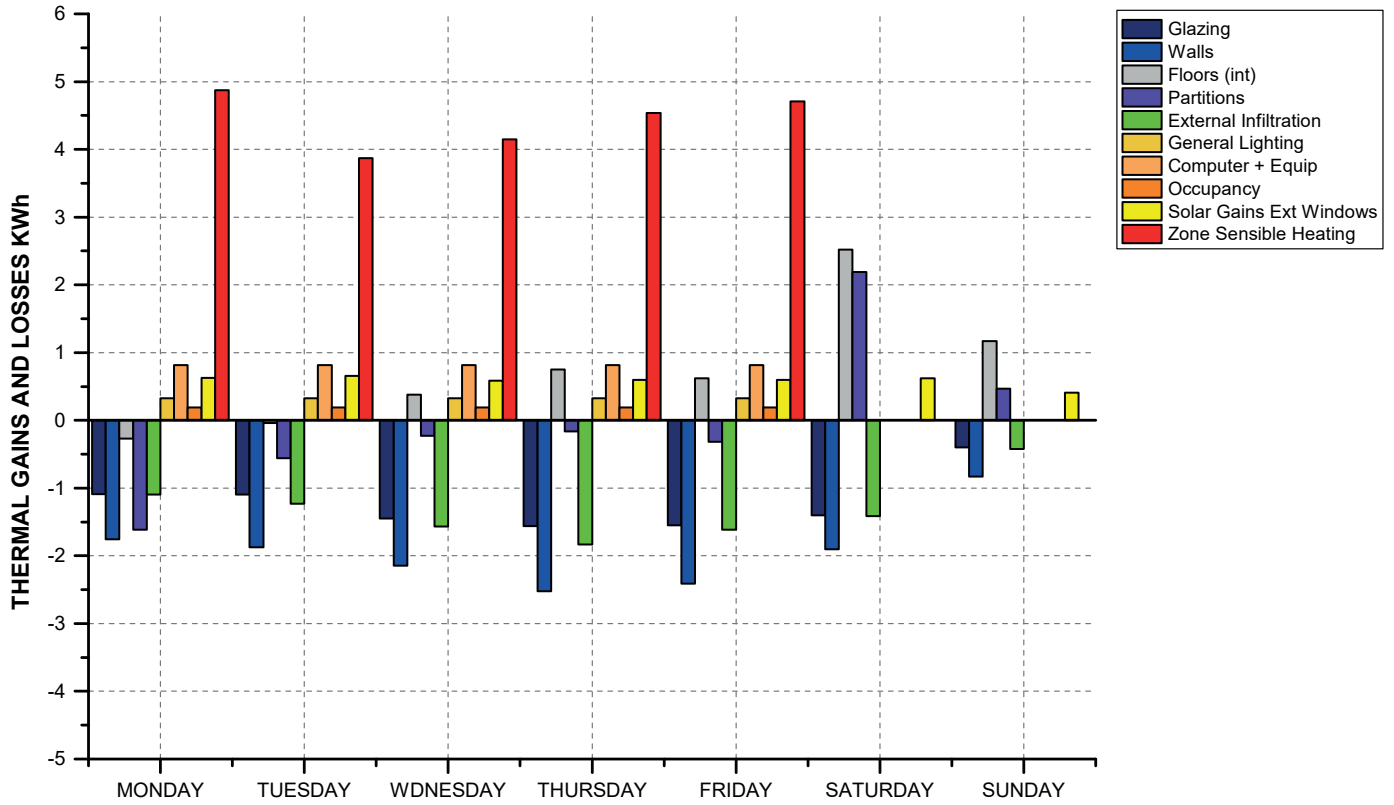
## ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Στα διαγράμματα των θερμικών κερδών και απωλειών των χώρων παρατηρούμε πως και στο κτήριο αυτό η ανάγκη θέρμανσης είναι μεγάλη καθώς τα εσωτερικά κέρδη δεν αρκούν για να καλύψουν τις απώλειες. Οι μεγαλύτερες θερμικές απώλειες οφείλονται στους εξωτερικούς τοίχους με βασικότερη πηγή τους περιμετρικούς τοίχους του γωνιακού γραφείου (Γραφείο 3  $l_{os} = 5.09 \text{ kWh}$ ). Εδώ οι θερμικές απώλειες είναι σχεδόν διπλάσιες από τα υπόλοιπα δωμάτια, επιβεβαιώνοντας έτσι ότι το δωμάτιο αυτό έχει τη μεγαλύτερη ανάγκη σε θέρμανση. Ακολουθούν σε παραπλήσιες τιμές οι απώλειες από τη διείσδυση του αέρα και τους υαλοπίνακες. Μικρές απώλειες προκύπτουν και από ορισμένους εσωτερικούς διαχωριστικούς τοίχους. Η σημαντικότερη πηγή εσωτερικών κερδών μετά τη θέρμανση είναι τα ηλιακά κέρδη. Αυτά όμως εμφανίζονται χαμηλά σε σχέση με το αναμενόμενο παρόλο που το κτήριο έχει δύο ελεύθερες όψεις, η μία εκ των οποίων είναι νοτιοδυτική. Αυτό συμβαίνει επειδή το διαμέρισμα βρίσκεται στον πρώτο όροφο του κτηρίου, επομένως δέχεται λιγότερο φως από τους ανώτερους ορόφους και ταυτόχρονα επειδή στο γύρω περιβάλλον υπάρχουν εξίσου ψηλά κτήρια τα οποία εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει μέχρι τα χαμηλότερα επίπεδα. Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι ο ακριβώς επάνω όροφος του κτηρίου, ο οποίος έχει τις ίδιες διαστάσεις και οργάνωση χώρων, δεν έχει υποστεί επεμβάσεις και λειτουργεί ως κατοικία, εμφανίζει τα διπλάσια τουλάχιστον ηλιακά κέρδη στις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Αποδεικνύεται, λοιπόν, ότι ο πρώτος όροφος είναι σε δυσμενέστερη θέση από ένα ενδιάμεσο. Ακολουθούν τα κέρδη από τον εξοπλισμό που ορισμένες φορές μάλιστα ξεπερνούν τα ηλιακά σε ποσότητα. Αυτό είναι φυσιολογικό αφού οι χώροι έχουν εξοπλισμό εκτυπωτών, κατασκευής μακετών, μεγάλο αριθμό ξύλινων επίπλων, όλα τοποθετημένα σε μικρούς σε εμβαδόν χώρους. Κατανοούμε λοιπόν πως η διαμόρφωση των εσωτερικών κερδών, συνεπώς και των αντίστοιχων συνθηκών δεν εξαρτάται μόνο από τα υλικά κατασκευής αλλά και από τη χρήση και λειτουργία του.

ΚΕΡΔΗ (kWh)	ΓΡΑΦΕΙΟ 1	ΕΙΣΟΔΟΣ- HALL	ΓΡΑΦΕΙΟ 2	ΓΡΑΦΕΙΟ 3	ΓΡΑΦΕΙΟ 4	ΚΟΥΖΙΝΑ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,35		-1,96	-1,30	-1,26	-1,81
ΤΟΙΧΟΙ	-2,14		-2,63	-5,09	-2,15	-0,99
ΔΑΠΕΔΑ	0,29	0,42	0,63	0,61	0,33	0,82
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	-0,58	-1,35	-0,30	0,47	-0,83	-0,90
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,47	-1,17	-1,15	-1,77	-1,57	-1,16
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,32	0,40	0,58	0,53	0,45	0,38
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTE	0,81	0,36	0,44	0,60	0,51	0,53
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,19	0,50	0,34	0,31	0,39	0,27
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,61		0,73	0,46	0,62	0,50
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	4,43	2,02	3,55	6,60	4,59	3,54

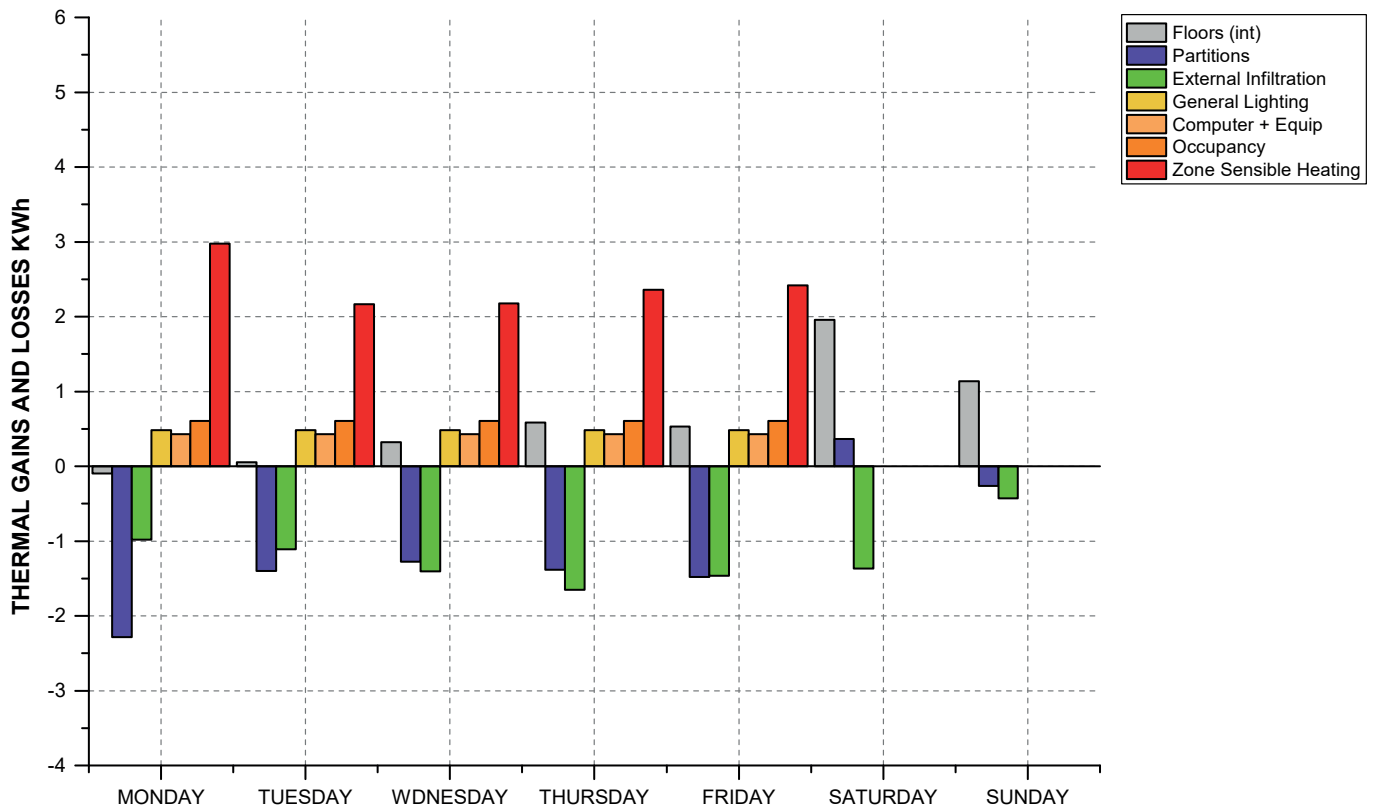
Πίνακας 4.2.7 Αποτελέσματα προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών στους χώρους των γραφείων, στην είσοδο- hall και στην κουζίνα

THEMISTOKLEOUS 88 OFFICE 1



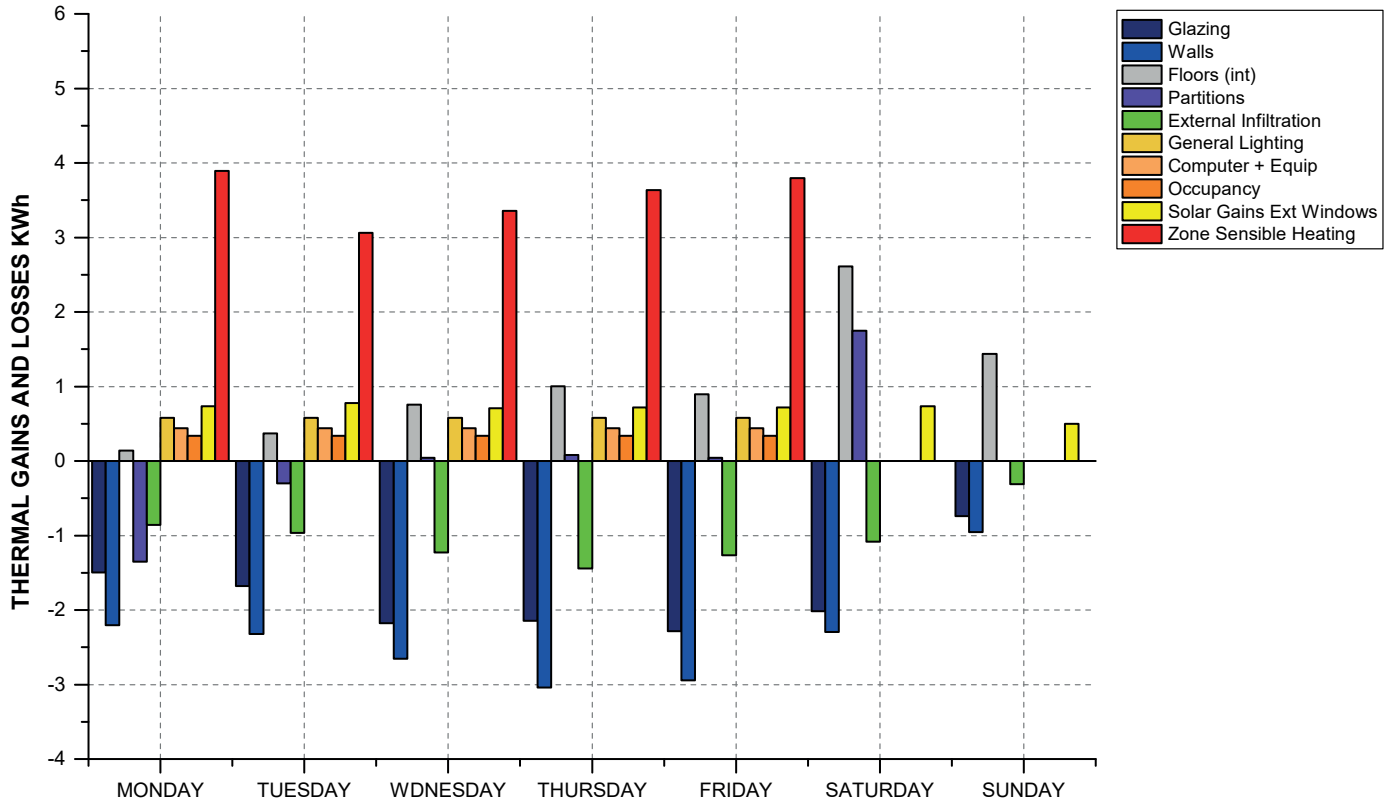
Εικόνα 4.2.12 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο βορειοανατολικό γραφείο - Γραφείο 1

THEMISTOKLEOUS 88 HALL



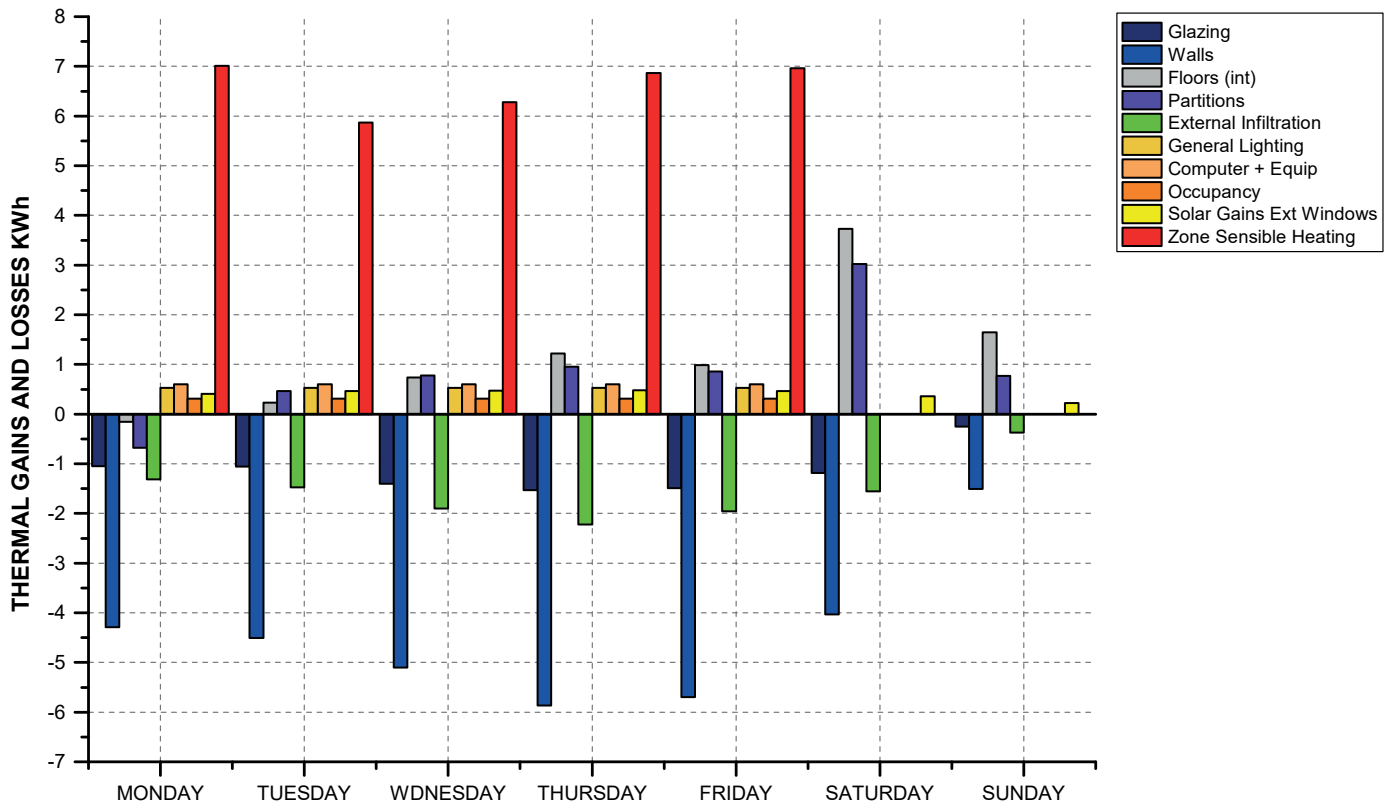
Εικόνα 4.2.13 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στην είσοδο - hall

THEMISTOKLEOUS 88 OFFICE 2



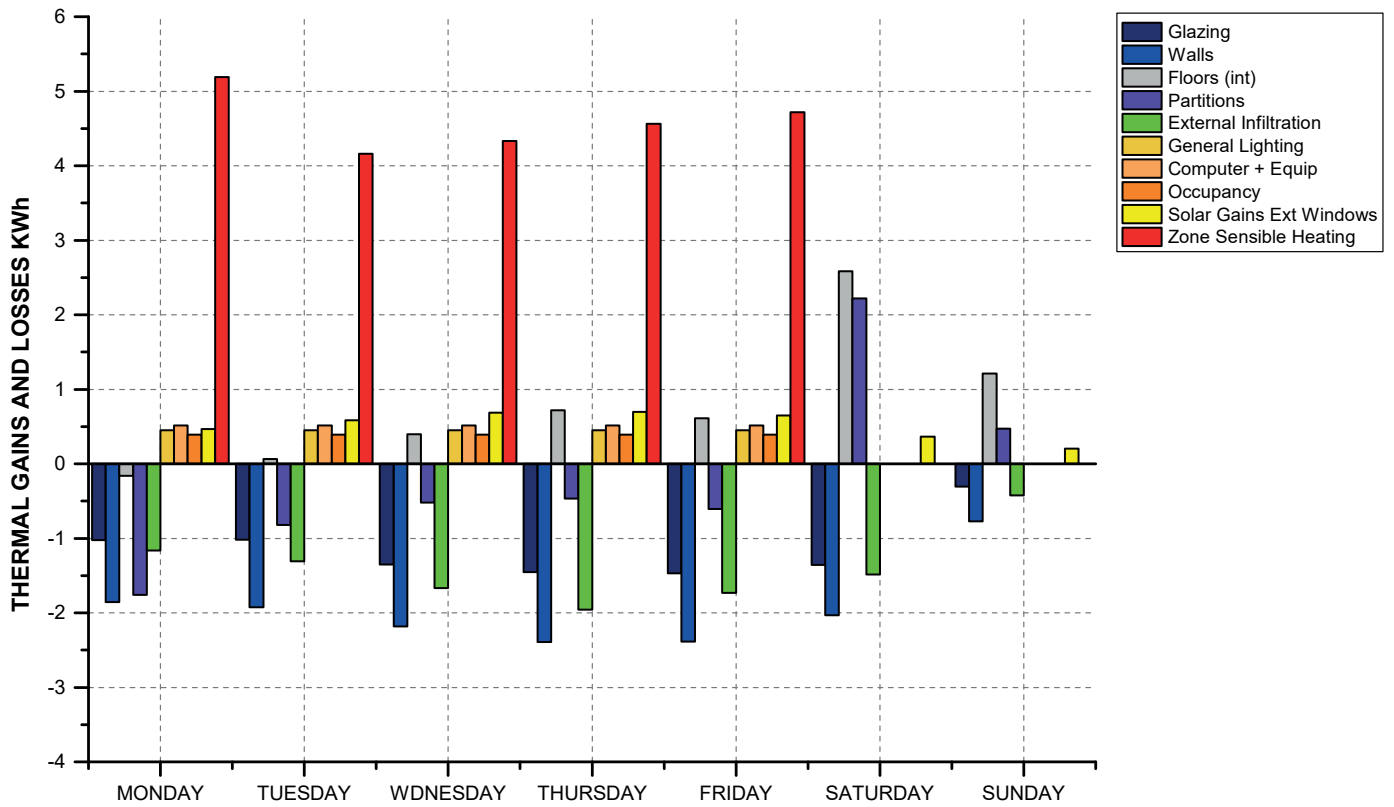
Εικόνα 4.2.13 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο βορειοανατολικό γραφείο - Γραφείο 2

THEMISTOKLEOUS 88 OFFICE 3



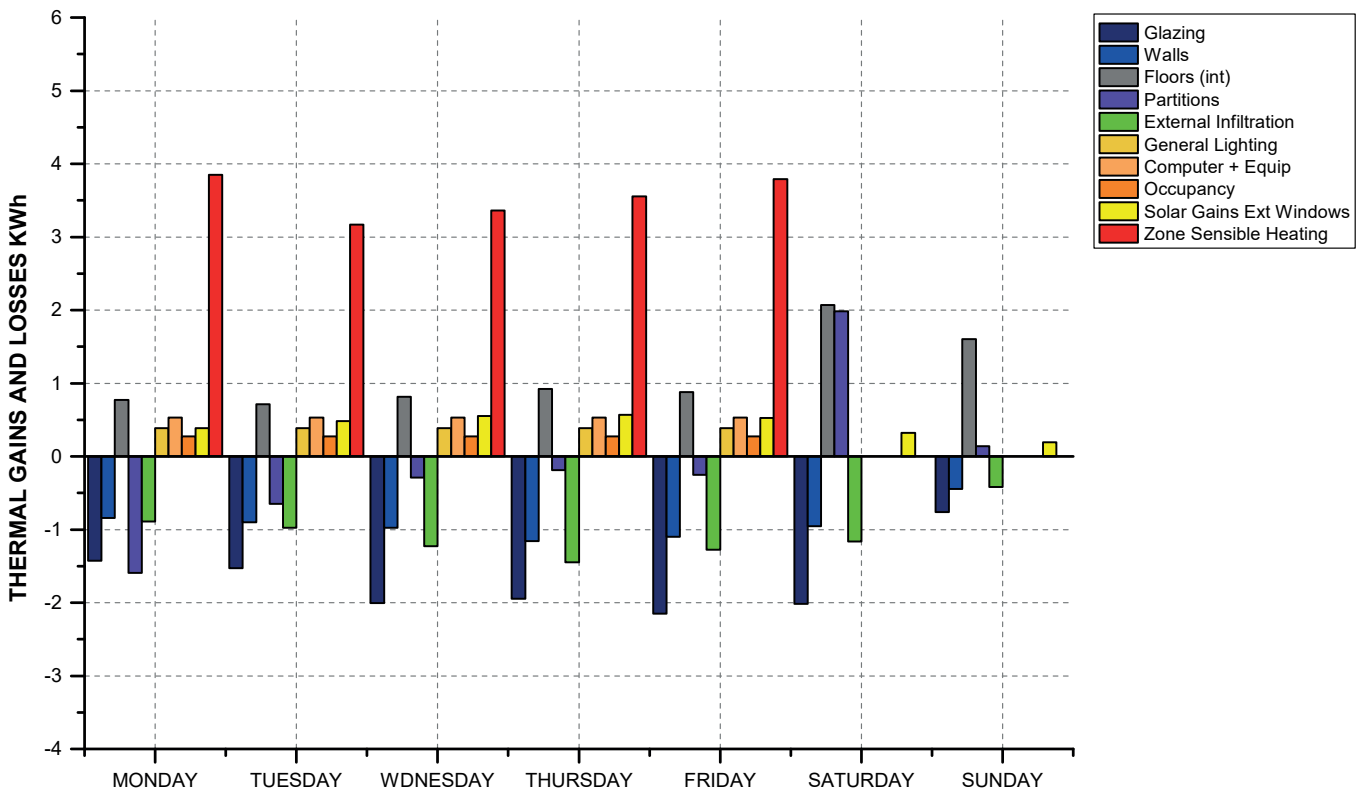
Εικόνα 4.2.14 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο γωνιακό γραφείο - Γραφείο 3

### THEMISTOKLEOUS 88 OFFICE 4



Εικόνα 4.2.15 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο νοτιοδυτικό γραφείο - Γραφείο 4

### THEMISTOKLEOUS 88 KITCHEN



Εικόνα 4.2.16 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών στο νοτιοδυτικό γραφείο - Γραφείο 4

## ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Στο σημείο αυτό εξετάζονται, όμοια με το πρώτο παράδειγμα οι δύο ανεξάρτητες περιπτώσεις θερμικής απόδοσης του κελύφους του διαμερίσματος με στόχο να κατανοηθεί και να αξιολογηθεί καλύτερα η υπάρχουσα κατάσταση του κτηρίου.

Στους παρακάτω πίνακες σύγκρισης της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας, του συντελεστή PMV και των θερμικών κερδών/απωλειών συγκρίνονται οι 3 διαφορετικές καταστάσεις: η υπάρχουσα, η περίπτωση της κλειστής θέρμανσης και η περίπτωση της μόνωσης των περιμετρικών τοίχων, χωρίς θέρμανση ώστε να εντοπιστεί ο βαθμός βελτίωσης των εσωτερικών συνθηκών.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ °C					ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ °C				
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ			ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	18,15	15,93	16,51	ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	17,66	15,91	16,50
	min	15,20	13,74	15,67		min	15,52	14,01	15,71
	average	17,26	15,22	15,94		average	16,93	15,30	16,02
ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	18,46	16,54	17,07	ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	18,13	16,50	17,02
	min	16,04	14,58	15,34		min	16,16	14,85	15,60
	average	17,67	15,95	16,55		average	17,46	16,01	16,59
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	17,99	15,78	16,36	ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	17,51	15,76	16,36
	min	14,91	13,42	14,37		min	15,24	13,71	14,98
	average	17,09	15,01	15,74		average	16,77	15,10	15,93
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	17,78	15,16	15,77	ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	17,14	15,14	15,78
	min	14,22	12,79	13,92		min	14,54	13,03	14,20
	average	16,75	14,36	15,21		average	16,32	14,44	15,31
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	18,03	15,74	16,25	ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	17,52	15,72	16,23
	min	15,00	13,71	14,52		min	15,33	13,96	14,78
	average	17,13	15,12	15,75		average	16,79	15,19	15,82
ΚΟΥΖΙΝΑ	max	18,23	16,47	16,92	ΚΟΥΖΙΝΑ	max	17,31	16,47	16,92
	min	15,64	14,57	15,28		min	16,31	14,86	15,58
	average	17,51	15,86	16,42		average	16,93	15,95	16,52

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ %					PMV				
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ			ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	55,88	58,79	56,85	ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	-1,07	-1,41	-1,29
	min	30,30	34,79	33,77		min	-1,59	-1,91	-1,55
	average	41,09	45,80	43,93		average	-1,24	-1,61	-1,45
ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	55,64	60,25	59,09	ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	-0,65	-0,92	-0,83
	min	33,49	36,99	36,91		min	-1,04	-1,34	-1,20
	average	42,76	46,50	45,44		average	-0,79	-1,08	-0,96
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	56,58	60,02	58,21	ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	-1,20	-1,57	-1,44
	min	31,61	35,93	35,10		min	-1,78	-2,13	-1,91
	average	42,23	46,85	45,08		average	-1,40	-1,78	-1,62
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	58,41	61,81	59,58	ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	-1,29	-1,71	-1,56
	min	31,01	36,80	35,52		min	-1,94	-2,28	-2,02
	average	42,58	48,35	46,05		average	-1,50	-1,93	-1,74
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	56,55	60,07	58,48	ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	-1,22	-1,57	-1,46
	min	31,03	35,71	35,06		min	-1,76	-2,07	-1,89
	average	41,92	46,55	45,05		average	-1,39	-1,76	-1,62
ΚΟΥΖΙΝΑ	max	54,24	59,27	58,08	ΚΟΥΖΙΝΑ	max	-0,06	-0,23	-0,16
	min	32,57	36,24	36,08		min	-0,39	-0,55	-0,45
	average	42,06	45,87	44,81		average	-0,17	-0,36	-0,27

Πίνακας 4.2.8 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης των εσωτερικών συνθηκών για τις περιπτώσεις με χωρίς θέρμανση και με μόνωση στο διαμέρισμα του 1ου ορόφου, στους χώρους του γραφείου, της εισόδου -hall και της κουζίνας

Στην περίπτωση της απουσίας συστήματος θέρμανσης στο διαμέρισμα παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία μειώνεται έως 2 °C, και αγγίζει κατά μέσο όρο σε όλο το διαμέρισμα του 15,5 °C. Η θερμοκρασία αυτή είναι χαμηλή και καθιστά σαφές ότι η θέρμανση παίζει σημαντικό ρόλο στην εξισορρόπηση των εσωτερικών συνθηκών. Η χαμηλότερη θερμοκρασία παρατηρείται στο γωνιακό γραφείο (ΓΡΑΦΕΙΟ 3), περίπου ~14 °C, ενώ οι χώροι που δεν βρίσκονται σε άμεση επαφή με τους περιμετρικούς ελεύθερους τοίχους έχουν θερμοκρασία 16 °C. Τοποθετώντας μόνωση στους υπάρχοντες τοίχους παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία έρχεται σε μια ενδιάμεση τιμή ανάμεσα στην κατάσταση με θέρμανση και σε αυτή χωρίς. Με άλλα λόγια, βελτιώνεται αλλά και πάλι χρειάζεται υποστηρικτικό σύστημα θέρμανσης ώστε να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης. Η υγρασία και στις τρεις περιπτώσεις κυμαίνεται σε σχετικά φυσιολογικά πλαίσια, με μια μικρή αύξηση ~45% στην περίπτωση όπου δεν λειτουργεί η θέρμανση. Με την προσθήκη μόνωσης όμως επανέρχεται σε χαμηλότερο ποσοστό κοντά στο 40%, που είναι το ιδανικό. Τέλος, ο συντελεστής PMV παρατηρούμε ότι ακόμη και στην δυσμενέστερη περίπτωση, με απουσία θέρμανσης δεν ξεπερνά το -2, που σημαίνει ότι ακόμη και στις πιο ακραίες συνθήκες το 50% των ενοίκων θα νιώθει σχετικά άνετα με την κατάλληλη ένδυση. Με την προσθήκη μόνωσης, ο συντελεστής αυτός δεν βελτιώνεται αισθητά. Συνολικά, λοιπόν, παρατηρούμε ότι η προσθήκη της μόνωσης δεν προσφέρει σημαντική βοήθεια στην βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών. Σαφώς ο χώρος θα χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ζεσταθεί, όμως γεννάται το ερώτημα αν το κόστος τοποθέτησης της μόνωσης αντισταθμίζει, πράγματι, τη μείωση της λειτουργίας του καλοριφέρ ή μήπως αποτελεί μια επιζήμια επέμβαση.

Μελετώντας τους πίνακες των κερδών μπορούμε να αντιληφθούμε καλύτερα το ρόλο της μόνωσης στη βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών.

ΚΕΡΔΗ (KWh)	ΓΡΑΦΕΙΟ 1		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,35	-0,40	-1,01
ΤΟΙΧΟΙ	-2,14	-0,83	-1,83
ΔΑΠΕΔΑ	0,29	2,30	1,17
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	-0,58	1,36	0,56
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,47	-0,43	-0,87
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,32	0,32	0,23
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,81	0,81	0,57
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,19	0,21	0,15
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,61	0,65	0,59
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	4,43		

ΚΕΡΔΗ (KWh)	ΓΡΑΦΕΙΟ 2		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,96	-1,35	-1,54
ΤΟΙΧΟΙ	-2,63	-1,67	-0,98
ΔΑΠΕΔΑ	0,63	1,62	1,38
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	-0,30	0,18	0,13
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,15	-0,05	-0,66
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,58	0,58	0,40
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,44	0,44	0,31
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,34	0,34	0,26
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,73	0,70	0,70
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	3,55		

ΚΕΡΔΗ (KWh)	ΓΡΑΦΕΙΟ 3		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,30	-0,69	-0,85
ΤΟΙΧΟΙ	-5,09	-2,80	-1,69
ΔΑΠΕΔΑ	0,61	2,08	1,66
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	0,47	1,27	0,95
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,77	-0,83	-0,81
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,53	0,53	0,36
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,60	0,60	0,42
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,31	0,31	0,24
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,46	0,41	0,40
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	6,60		

ΚΕΡΔΗ (KWh)	ΓΡΑΦΕΙΟ 4		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,26	-0,79	-0,92
ΤΟΙΧΟΙ	-2,15	-1,36	-0,91
ΔΑΠΕΔΑ	0,33	1,41	1,17
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	-0,83	0,48	0,44
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,57	-0,84	-0,78
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,45	0,32	0,31
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,51	0,52	0,36
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,39	0,39	0,31
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,62	0,52	0,52
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	4,59		

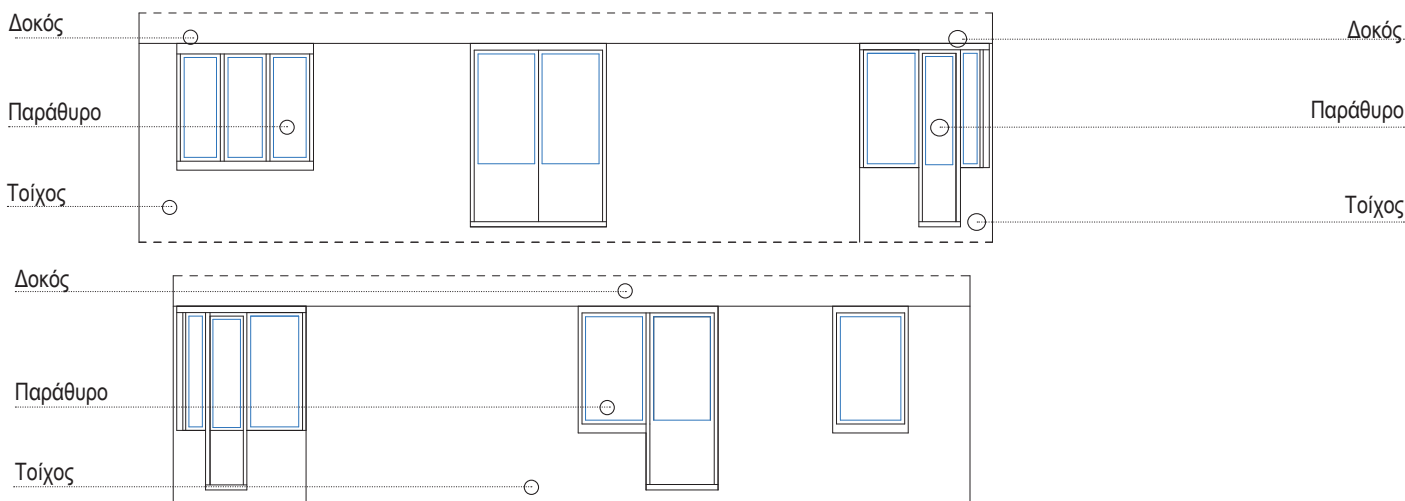
ΚΕΡΔΗ (KWh)	ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΔΑΠΕΔΑ	0,42	1,21	1,01
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	-1,35	-0,69	-0,57
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,17	-0,92	-0,85
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,40	0,48	0,34
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,36	0,43	0,31
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,50	0,65	0,47
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	2,02		

ΚΕΡΔΗ (KWh)	ΚΟΥΖΙΝΑ		
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,81	-1,36	-1,51
ΤΟΙΧΟΙ	-0,99	-0,71	-0,13
ΔΑΠΕΔΑ	0,82	1,77	1,43
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	-0,90	0,28	0,22
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,16	-0,81	-0,73
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,38	0,38	0,27
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ -COMPUTER	0,53	0,53	0,37
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,27	0,28	0,21
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	0,50	0,43	0,43
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	3,54		

Πίνακας 4.2.9 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση και με μόνωση στο διαμέρισμα του 1ου ορόφου, στους χώρους των γραφείων, της εισόδου -hall και της κουζίνας



## ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ



Εικόνα 4.2.17 Απεικόνιση των εξεταζόμενων στοιχείων του κελύφους στις δύο ελεύθερες όψεις του κτηρίου

Στους παραπάνω πίνακες και επιτόπιες λήψεις με θερμοκάμερα παρουσιάζεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας των στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος του κτηρίου, στις δύο ελεύθερες όψεις του. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρήσεις γίνονται στην τοιχοποιία, τη δοκό και σε ενδεικτικό παράθυρο του κάθε χώρου ώστε να διαπιστωθεί που βρίσκονται οι μεγαλύτερες απώλειες και πώς συμπεριφέρεται το κάθε στοιχείο του κελύφους ανάλογα με το υλικό, τη θέση και τον προσανατολισμό του. Οι εικόνες, οι οποίες απεικονίζουν τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές στα στοιχεία του κελύφους, σε βραδινή ώρα, ώστε η εξωτερική θερμοκρασία να είναι αρκετά χαμηλή και οι απώλειες να μεγιστοποιούνται. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τη προσομοίωση με τις επιτόπιες μετρήσεις μπορούμε να συγκρίνουμε διαφορές και αποκλίσεις μεταξύ των δύο καταστάσεων (θεωρητικής και επιτόπιες).

Μια γενική παρατήρηση, η οποία ισχύει για όλα τα αποτελέσματα προσομοίωσης του κτηρίου, είναι ότι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δίνουν χαμηλότερες τιμές σε όλα τα μετρούμενα μεγέθη, καθώς το πρόγραμμα θεωρεί ένα συντελεστή ασφαλείας, ώστε να μην υπερεκτιμηθεί η θερμική απόδοση του κτηρίου.

Ξεκινώντας με το σχολιασμό των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, παρατηρούμε μια γενική διαφορά με τις αντίστοιχες μετρήσεις στην οδό Καρνεάδου. Ενώ στο πρώτο κτήριο, οι διαφορές μεταξύ δοκού και τοιχοποιίας ήταν μικρότερες του  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , εδώ δεν ισχύει το ίδιο. Η εσωτερική επιφάνεια της δοκού είναι κατά  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  χαμηλότερη από αυτή της τοιχοποιίας, επομένως η θερμική συμπεριφορά τους δεν είναι παρόμοια όπως στην περίπτωση του κτηρίου του πρώτου παραδείγματος και οι απώλειες στη δοκό είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στην τοιχοποιία. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί, μερικώς, λόγω του μικρότερου πάχους τοίχου, καθώς το κουτί εγκιβωτισμού του ρολλό δεν είναι ενσωματωμένο στην τοιχοποιία, όπως στο πρώτο παράδειγμα.

Όσον αφορά τα ανοίγματα, μια γενική παρατήρηση στις μετρήσεις προσομοίωσης είναι η ελάχιστη διαφορά μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας των υαλοπινάκων, οι οποίοι επειδή είναι μονοί έχουν μεγαλύτερες απώλειες.

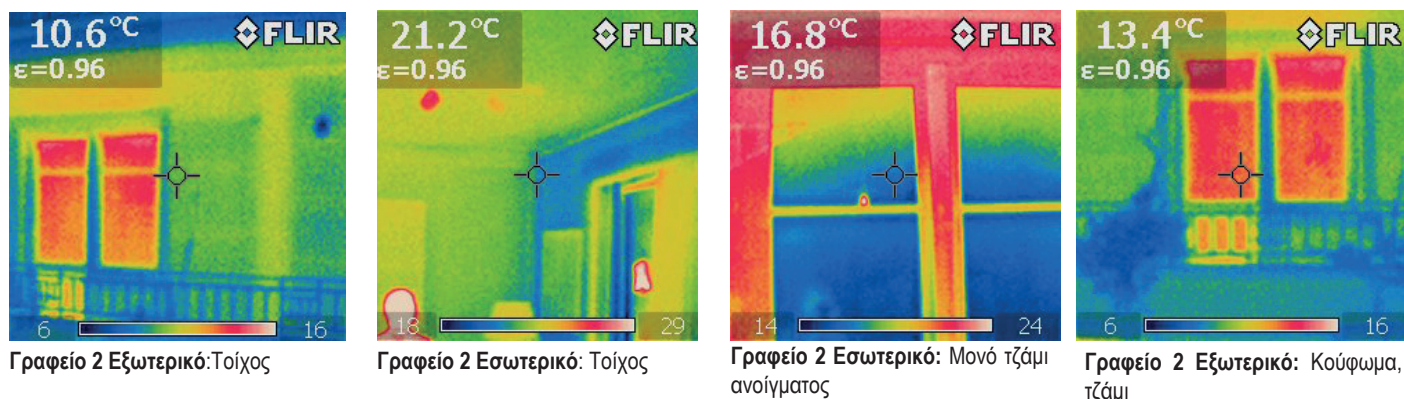
Ειδικότερα, στο χώρο του βορειοανατολικού γραφείου (ΓΡΑΦΕΙΟ 2), παρατηρούμε ότι στην πράξη η διαφορά εσωτερικής ( $16,8^{\circ}\text{C}$ ) και εξωτερικής ( $13,4^{\circ}\text{C}$ ) θερμοκρασίας των υαλοπινάκων δεν είναι τόσο μικρή όσο παρουσιάζεται στην προσομοίωση. Όμως η εσωτερική επιφάνεια του τζαμιού έχει αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία από την αντίστοιχη της τοιχοποιίας ( $21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), κατά σχεδόν  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Να σημειώσουμε εδώ ότι στο διπλό υαλοπίννακα των ανοιγμάτων της πολυκατοικίας της Καρνεάδου η τιμή της εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπινάκα ήταν  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ακόμη, στις μικρογραφίες αυτού του γραφείου η εσωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας είναι  $\sim 21\text{ }^{\circ}\text{C}$  ενώ η μετρούμενη θερμοκρασία αέρα του δωματίου είναι  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , επομένως υφίστανται απώλειες διαμέσου των τοίχων.

Στο γωνιακό γραφείο ( ΓΡΑΦΕΙΟ 3), οι παρατηρήσεις για τα ανοίγματα είναι όμοιες με τις παραπάνω όμως υπάρχει μια σημαντική απόκλιση στη διαφορά θερμοκρασίας του τοίχου. Πιο συγκεκριμένα, ενώ οι μετρήσεις προσομοίωσης δίνουν εξωτερική θερμοκρασία  $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  και αντίστοιχη εσωτερική  $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , οι επιτόπιες φωτογραφίες δείχνουν πως η διαφορά των επιφανειών δεν είναι πολύ μεγαλύτερη ( $\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Αυτό ίσως μπορεί να εξηγηθεί από τις συνθήκες θέρμανσης στην πράξη, οι οποίες δημιουργούν ένα πιο θερμό εσωτερικό περιβάλλον από το αυτό του θεωρητικού μοντέλου της προσομοίωσης.

Ακολουθούν, ενδεικτικά τα διαγράμματα θερμοκρασίας επιφανειών για τον τοίχο και το παράθυρο στους χώρους του καθιστικού και του υπνοδωματίου ώστε να γίνει αντιληπτή η διαφορά των θερμικών απωλειών των δύο στοιχείων.

ΓΡΑΦΕΙΟ 2				
		Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Outside Dry-Bulb Temperature
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	16,22	12,57	12,05
	min	15,70	10,54	
	average	15,94	11,51	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	13,60	13,51	8,44
	min	12,14	12,02	
	average	12,87	12,77	
ΔΟΚΟΣ	max	15,21	13,32	10,34
	min	14,35	11,63	
	average	14,69	12,42	

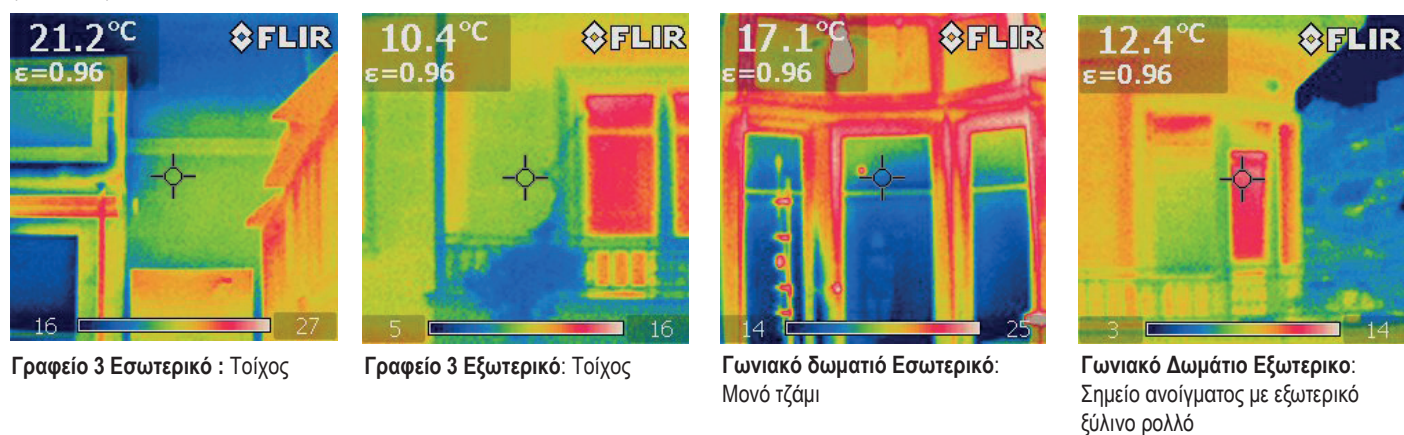
Πίνακας 4.2.10 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της βορειοανατολικής όψης ( Γραφείο 2)



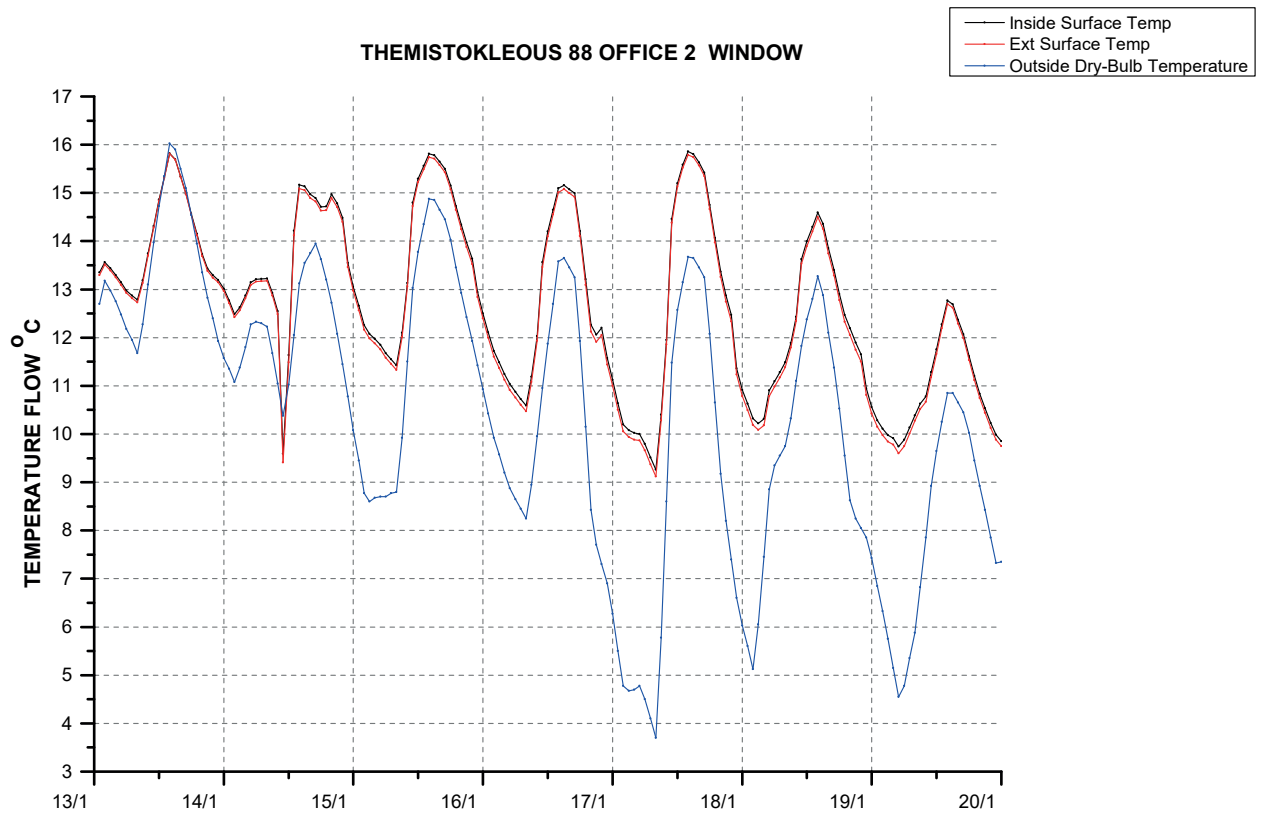
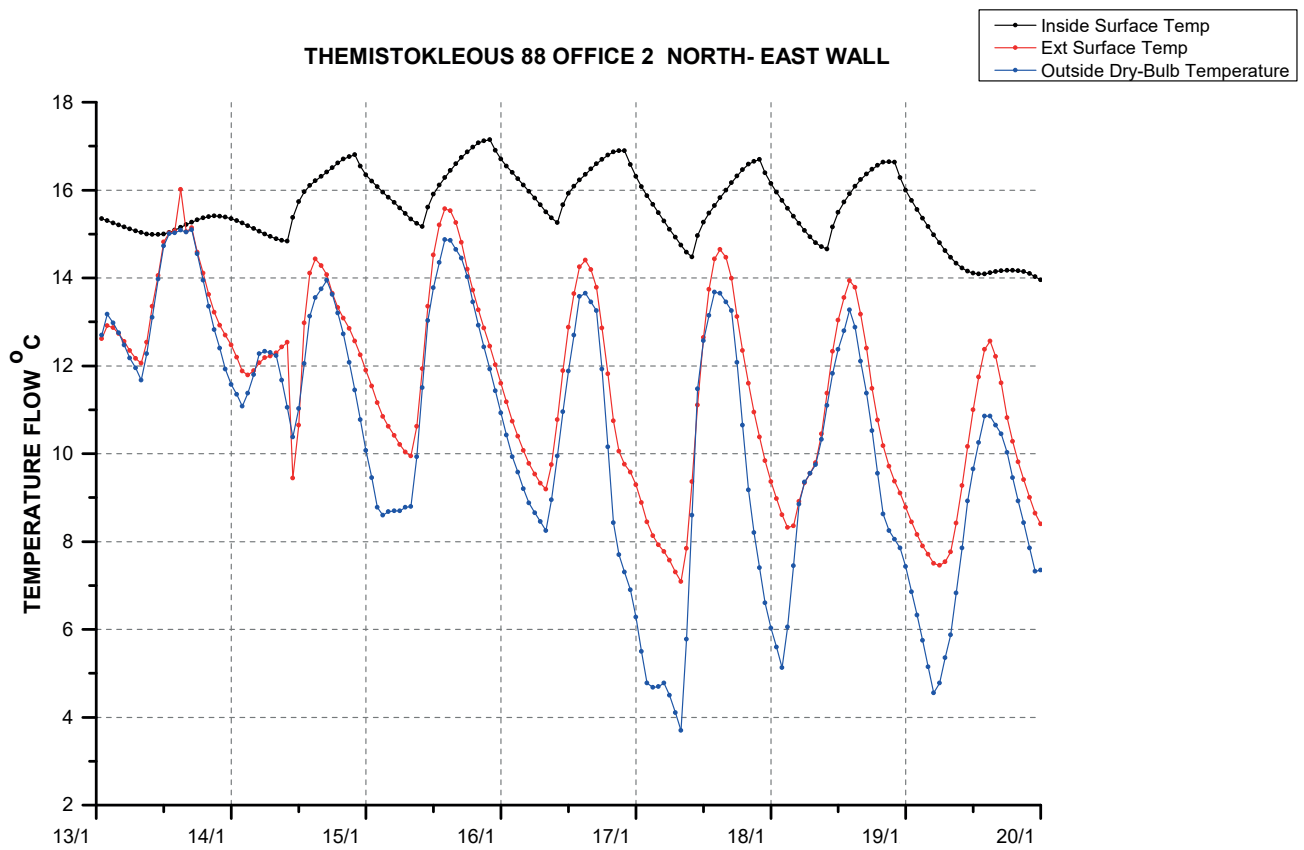
Εικόνα 4.1.17 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του Γραφείου 2- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών

ΓΡΑΦΕΙΟ 3				
		Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Outside Dry-Bulb Temperature
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	15,78	12,52	12,05
	min	15,20	10,46	
	average	15,47	11,45	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	14,74	12,99	8,44
	min	13,59	10,33	
	average	14,07	11,76	
ΔΟΚΟΣ	max	14,87	13,20	10,34
	min	13,97	11,51	
	average	14,34	12,29	

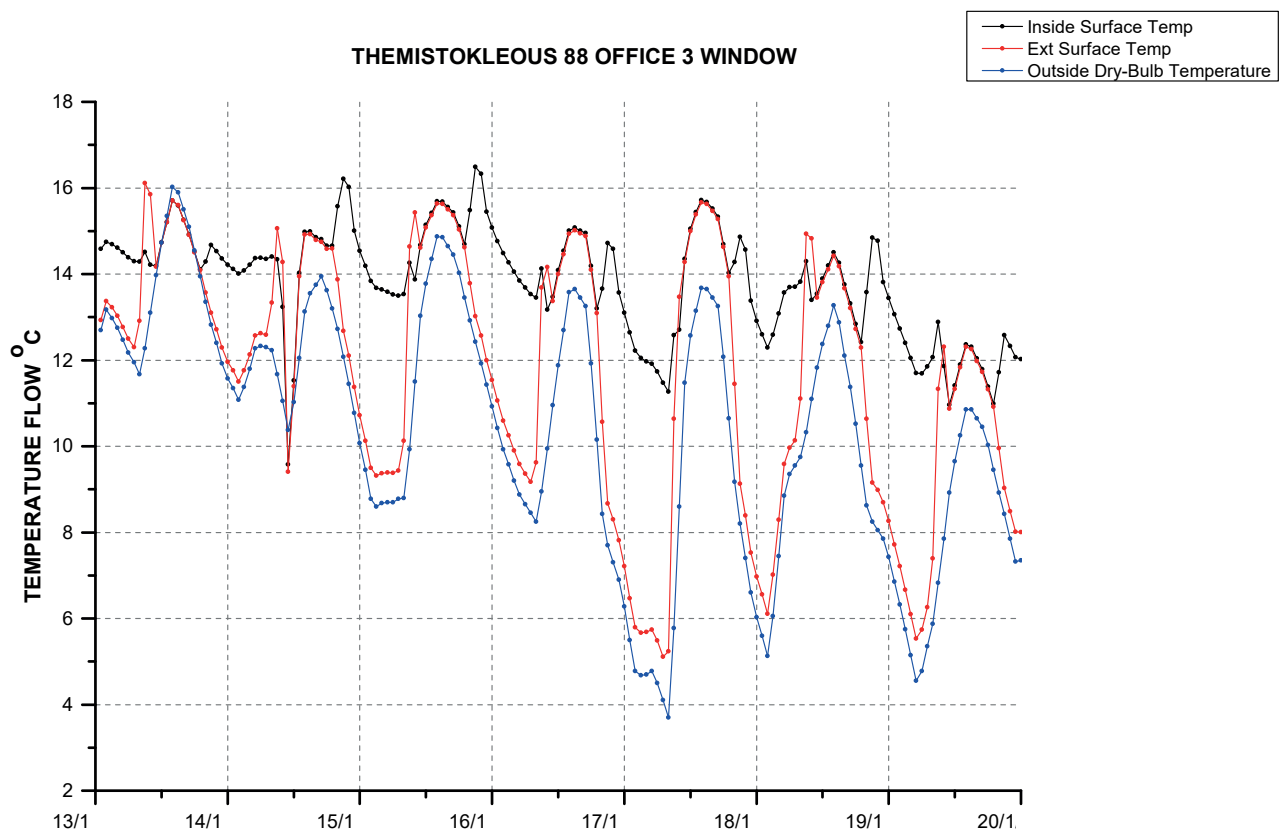
Πίνακας 4.2.11 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους του γωνιακού γραφείου (Γραφείο 3)



Εικόνα 4.1.18 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του Γραφείου 3 - εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών



Εικόνα 4.1.19 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του ανατολικού τοίχου και του παραθύρου αντίστοιχα στο βορειοανατολικό γραφείο (Γραφείο 2)



Εικόνα 4.1.20 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του ανατολικού τοίχου και του παραθύρου αντίστοιχα στο γωνιακό γραφείο (Γραφείο 3)

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

### ΣΕΝΑΡΙΟ ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

#### ΓΡΑΦΕΙΟ 2

##### ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

##### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

##### ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	16,22	12,57	15,21	13,62
	min		15,70	10,54	13,02	9,21
	average		15,94	11,51	14,82	11,95
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	13,60	13,51	13,90	13,86
	min		12,14	12,02	10,19	10,10
	average		12,87	12,77	12,63	12,56
ΔΟΚΟΣ	max	11,11	15,21	13,32	14,68	13,87
	min		14,35	11,63	11,80	9,88
	average		14,69	12,42	13,97	12,55

Πίνακας 4.2.12 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της βορειοανατολικής όψης- περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση

Παρατηρούμε πως χωρίς θέρμανση, η πτώση της συνολικής εσωτερικής θερμοκρασίας επηρεάζει και την θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου. Τόσο η θερμοκρασία της επιφάνειας του τοίχου όσο και της δοκού μειώνεται κατά 1 °C. Μάλιστα, η εσωτερική επιφάνεια της δοκού είναι πιο κρύα απότι η αντίστοιχη του τοίχου, επομένως συμπεραίνουμε πως εκεί σημειώνονται μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Τέλος, η πτώση της θερμοκρασίας της εσωτερικής επιφάνειας του υαλοπίνακα είναι σχετικά μικρή, επομένως οι απώλειες από τα ανοίγματα στην βορειοανατολική όψη δεν έχουν σημαντική αύξηση.

#### ΓΡΑΦΕΙΟ 3

##### ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

##### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

##### ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	15,78	12,52	14,75	13,54
	min		15,20	10,46	12,36	9,10
	average		15,47	11,45	13,80	11,25
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	14,74	12,99	14,64	13,87
	min		13,59	10,33	11,16	9,05
	average		14,07	11,76	12,99	11,32
ΔΟΚΟΣ	max	11,11	14,87	13,20	14,36	13,75
	min		13,97	11,51	11,32	9,69
	average		14,34	12,29	13,06	11,79

Πίνακας 4.2.13 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της δυτικής όψης- περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση

Στο γωνιακό γραφείο η εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου μειώνεται σημαντικά κατά 1,5 °C φτάνοντας στους 14 °C. Ομοίως και η εσωτερική θερμοκρασία της δοκού μειώνεται κατά 1 °C στους 13 °C. Παρατηρούμε εδώ ότι και πάλι οι μεγαλύτερες απώλειες σημειώνονται στη δοκό όμως η σημαντική πτώση της θερμοκρασίας του τοίχου δείχνει ότι και το στοιχείο αυτό ευθύνεται για τη συνολική ψυχρή ατμόσφαιρα του χώρου. Τέλος, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου μειώνεται κατά 1 °C, επομένως και εδώ έχουμε θερμικές απώλειες.

## ΓΡΑΦΕΙΟ 4

### ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

### ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	16,01	12,20	15,21	13,78
	min		16,27	12,98	13,23	9,43
	average		15,74	11,37	14,55	11,88
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	15,01	13,01	14,98	13,95
	min		14,02	10,53	11,73	9,23
	average		14,42	11,88	13,48	11,51
ΔΟΚΟΣ	max	11,11	15,20	13,47	14,76	14,04
	min		14,54	12,01	11,99	10,07
	average		14,79	12,71	13,65	12,22

Πίνακας 4.2.13 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της νοτιοδυτικής όψης(Γραφείο 4)- περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση

Στο νοτιοδυτικό γραφείο η εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου οι διαφορές μεταξύ αρχικής κατάστασης και απουσία θέρμανσης είναι έντονες. Εδώ ομοίως με το γωνιακό γραφείο η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου αλλά και της δοκού μειώνεται περίπου 1,5 °C. Στο παράθυρο η μείωση δεν είναι σημαντική, περίπου 0,5 °C. Μάλιστα λόγω προσανατολισμού ο μέσος όρος της επιφανειακής θερμοκρασίας τους τείνει προς τις μέγιστες τιμές τους λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

## ΣΕΝΑΡΙΟ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ

## ΓΡΑΦΕΙΟ 2

### ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

### ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

### ΜΟΝΩΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	16,22	12,57	16,81	13,37
	min		15,70	10,54	15,78	8,36
	average		15,94	11,51	16,50	10,69
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	13,60	13,51	14,27	14,22
	min		12,14	12,02	10,91	10,81
	average		12,87	12,77	12,63	12,54
ΔΟΚΟΣ	max	11,11	15,21	13,32	16,76	13,40
	min		14,35	11,63	15,77	8,38
	average		14,69	12,42	16,46	10,85

Πίνακας 4.2.14 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της βορειοανατολικής όψης(Γραφείο 2)- περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση αλλά με μόνωση

Στην περίπτωση της τοποθέτησης μόνωσης παρατηρούμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία τόσο του τοίχου όσο και της δοκού δεν αυξάνεται σημαντικά, καθώς στο πρώτο στοιχείο σημειώνεται αύξηση ~0.5 °C ενώ στο δοκάρι ~1 °C. Η βορειοανατολική όψη ούτως η άλλως έχει μεγαλύτερες απώλειες επειδή το χρονικό διάστημα που δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι μόνο τις πρωινές ώρες, η οποία μάλιστα συναντά ως εμπόδιο τα γύρω κτήρια, επομένως ένα μικρό ποσοστό της φτάνει στην όψη του κτηρίου. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς, η μόνωση όλης της επιφάνειας δεν αλλάζει ουσιαστικά το αποτέλεσμα και δεν μειώνει σημαντικά τις απώλειες επομένως πιθανόν ως επέμβαση να μην είναι αρκετά αποτελεσματική και να πρέπει να βρεθούν άλλες λύσεις για την όψη αυτή. Για παράδειγμα, η αντικατάσταση των κουφωμάτων ή ο εκσυγχρονισμός του συστήματος σκίασης μπορεί να περιορίσει ως ένα βαθμό τις απώλειες από τα κουφώματα.

### ΓΡΑΦΕΙΟ 3

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΜΟΝΩΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	15,78	12,52	16,27	13,31
	min		15,20	10,46	15,33	8,31
	average		15,47	11,45	16,01	10,66
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	14,74	12,99	15,24	14,07
	min		13,59	10,33	12,26	9,47
	average		14,07	11,76	13,83	11,65
ΔΟΚΟΣ	max	11,11	14,87	13,20	16,23	13,37
	min		13,97	11,51	15,32	8,35
	average		14,34	12,29	15,98	10,84

Πίνακας 4.2.15 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της δυτικής όψης (Γραφείο 3)- περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση αλλά με μόνωση

Στο γωνιακό γραφείο, ομοίως με το βορειοανατολικό, οι συνθήκες δεν βελτιώνονται ιδιαίτερα με την προσθήκη της μόνωσης στο τοίχο και τη δοκό. Η εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου αυξάνεται περίπου κατά 1°C αλλά και πάλι βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα ώστε να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης. Πιθανώς και εδώ η αντικατάσταση των κουφωμάτων με στόχο τον περιορισμό των θερμογεφυρών να λειτουργήσει πιο αποτελεσματικά. Τέλος, στη νοτιοδυτική όψη η αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας των στοιχείων είναι και πάλι μικρή. Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της δοκού, όπως και στις άλλες δύο περιπτώσεις, η αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι σχετικά μεγαλύτερη από αυτή της τοιχοποιίας. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως πιθανώς η τοποθέτηση μόνωσης στη δοκό σε συνδυασμό με κάποιες ακόμη τοπικές επεμβάσεις (αλλαγή κουφωμάτων, θερμομονωτικό εσωτερικό επίχρισμα) να περιορίσει τις απώλειες του κελύφους.

### ΓΡΑΦΕΙΟ 4

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΜΟΝΩΣΗ

		Εξωτερική Θερμοκρασία	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας
		°C	°C	°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43	16,01	12,20	16,64	13,57
	min		16,27	12,98	15,76	8,56
	average		15,74	11,37	16,40	11,33
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93	15,01	13,01	15,46	14,11
	min		14,02	10,53	12,51	9,51
	average		14,42	11,88	14,10	11,73
ΔΟΚΟΣ	max	11,11	15,20	13,47	16,60	13,63
	min		14,54	12,01	15,73	8,56
	average		14,79	12,71	16,35	11,21

Πίνακας 4.2.16 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της νοτιοδυτικής όψης (Γραφείο 3) - περίπτωση κτηρίου χωρίς θέρμανση αλλά με μόνωση



Εικόνα 4.3.1 Σκίτσο της όψης της οδού Ζαΐμη του αρχιτέκτονα Θ.Βαλεντή(αριστερά), όψη της οδού Στουρνάρη(δεξιά)

Πρόκειται για δόροφη γωνιακή πολυκατοικία με δύο όψεις επί των οδών Ζαΐμη και Στουρνάρη, η οποία έχει προορισμό χρήσης κατοικία. Κατασκευάστηκε το 1934 από τους αρχιτέκτονες Θ.Βαλεντή και Π.Μιχαηλίδη. Έχει δύο εισόδους (βοηθητική και κύρια) επί της οδού Ζαΐμη, από τις οποίες η βοηθητική οδηγεί κατευθείαν στους χώρους του ισόγειου, ενώ η κύρια μέσω της κεντρικής σκάλας ανόδου οδηγεί στα διαμερίσματα. Οι στάθμες των ορόφων ορίζονται με βάση την υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο οδών. Το κτήριο αποτελείται από τμήμα υπογείου, ισόγειο, τέσσερις ορόφους και τον πέμπτο όροφο σε υποχώρηση (ρετιρέ) 1.80m και από τις δύο όψεις. Η οργάνωση και λειτουργική διάταξη της πολυκατοικίας ακολουθεί τα χαρακτηριστικά των μεσοπολεμικών πολυκατοικιών δηλαδή διατηρείται και εδώ ο διαχωρισμός των ενοίκων και της υπηρεσίας μέσω των ξεχωριστών εισόδων και κλιμακοστασίων, διαμορφώνονται πληθωρικοί χώροι κατακόρυφης κίνησης και οριζόντιας κυκλοφορίας και τα διαμερίσματα προορίζονται για οικογένειες με ανάλογο αστικό χαρακτήρα. Όπως και στην πολυκατοικία της οδού Καρνεάδου γίνεται πλήρης εξάντληση της επιτρεπόμενης δόμησης σε κάλυψη, εμβαδόν και ύψος.

Στο ισόγειο βρίσκονται χώροι κύριας και δευτερεύουσας χρήσης. Οι πρώτοι καταλαμβάνουν την όψη της οδού Στουρνάρη μέχρι βάθος 9,3m και αποτελούν ανεξάρτητη ενότητα με απευθείας πρόσβαση από το δρόμο. Σήμερα οι χώροι αυτοί αντιστοιχούν σε καταστήματα τα οποία βρίσκονται σε οπισθοχώρηση 1,10 m. Αρχικά οι χώροι επί της οδού Ζαΐμη είχαν διαμορφωθεί ως χώροι στάθμευσης, όμως σήμερα λειτουργούν επίσης ως καταστήματα. Οι υπόλοιποι χώροι του ισόγειου έχουν πρόσβαση μόνο από την αυλή στην οποία καταλήγει και το κλιμακοστάσιο υπηρεσίας. Σε κάτοψη, ο κάθε όροφος χωρίζεται σε 3 ενότητες, δηλαδή τα δύο διαμερίσματα και το κεντρικό κλιμακοστάσιο. Ο τυπικός όροφος έχει συνολικό εμβαδόν 341,20 m<sup>2</sup>, ο χώρος κλιμακοστασίου - ασανσέρ 23,90 m<sup>2</sup>, το γωνιακό διαμέρισμα 202,30 m<sup>2</sup> και 115 m<sup>2</sup> το διαμέρισμα της οδού Ζαΐμη. Το κύριο διαμέρισμα περιλαμβάνει την υποδοχή με τον προθάλαμο, χωλ, καθιστικό και τραπεζαρία, τους χώρους ύπνου με 3 υπνοδωμάτια επί της οδού Ζαΐμη και κοινό λουτρό και τους βοηθητικούς χώρους που περιλαμβάνουν το γραφείο, την κουζίνα, το δωμάτιο υπηρεσίας (σημερινός ξενώνας) και W.C. Το διαμέρισμα επί της οδού Ζαΐμη περιλαμβάνει ομοίως υποδοχή με χώλλ, προθάλαμο, καθιστικό και τραπεζαρία σε ενιαία διάταξη, δύο υπνοδωμάτια με κοινό λουτρό και την ενότητα των βοηθητικών χώρων με γραφείο, κουζίνα, δωμάτιο υπηρεσίας και W.C. Στα αρχικά σχέδια ο 4ος όροφος παρουσιάζει μικρή διαφοροποίηση από τους 3 τυπικούς καθώς τα δύο διαμερίσματα αποτελούσαν ενιαίο χώρο με τον 5ο όροφο δηλαδή είχαν δύο επίπεδα και εσωτερική σκάλα επικοινωνίας, γεγονός που τα ξεχωρίζει



σε αρχιτεκτονική σημασία. Η επικοινωνία 4ου-5ου ορόφου εξασφαλιζόταν και οπτικά καθώς ο 5ος όροφος λειτουργούσε ως εξώστης ο οποίος 'έβλεπε' στο καθιστικό του 4ου. Στη σημερινή τους μορφή τα διαμερίσματα των 2 αυτών ορόφων έχουν διαχωριστεί μεταξύ τους και λειτουργούν ως ανεξάρτητες ενότητες.

Κατασκευαστικά η πολυκατοικία παρουσιάζει κάποιες διαφορές σε σχέση με το τυπικό παράδειγμα της Καρνεάδου ως προς το φέροντα οργανισμό, τη χρήση κουφωμάτων κ.λπ. Εδώ υπάρχει σαφής διάκριση φέροντος οργανισμού και φερόμενων στοιχείων καθώς τα υποστυλώματα εμφανίζονται ελεύθερα μέσα στο χώρο όπως και ορισμένες δοκοί. Οι ποδιές και τα πρέκια των παραθύρων είναι χυτά και οι φερόμενοι τοίχοι είναι κατασκευασμένοι με ενδιάμεσο κενό αέρα 10cm (ψαθωτοί). Το πάχος των περιμετρικών τοίχων είναι μικρό με αποτέλεσμα να υπάρχουν εντονότερες θερμικές απώλειες σε σχέση με τα υπόλοιπα παραδείγματα. Τα ενιαία γραμμικά οριζόντια ανοίγματα των όψεων διαμορφώνονται με κουφώματα σιδήρου και όχι με ξύλινα, μια καινοτομία της εποχής που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί προάγγελος των σύγχρονων κουφωμάτων αλουμινίου. Πρόκειται για ιδιοκατασκευή, λιτή, χωρίς πρόσθετα διακοσμητικά στοιχεία. Τα παράθυρα είναι συρόμενα με διαχωριστικά καΐτια, εσωτερικά σιδερένια και εξωτερικά ξύλινα. Οι μπαλκονόπορτες είναι δίφυλλες ανοιγόμενες και όλες οι διατομές των κουφωμάτων είναι L,T,U, συνδεδεμένες μεταξύ τους με συγκόλληση όταν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ή με βίδωμα όταν είναι εγκάρσια στη διατομή. Τα σκίαστρα είναι όλα ρολλά των οποίων οι φωλεές δημιουργούνται ανάμεσα στο περιμετρικό δοκάρι και το τύμπανο της πρόσοψης. Στις πόρτες μπορούν να βρίσκονται ανοιχτά ή κλειστά ενώ στα παράθυρα λειτουργούν και με κομπάσα και παρέχουν τη δυνατότητα ρυθμιζόμενου φωτισμού και αερισμού. Τα ανοίγματα που αντιστοιχούν στους εσωτερικούς διαχωριστικούς τοίχους των δωματίων καλύπτονται με σταθερό ρολλό με σκοπό να διατηρείται η συνέχεια της όψης. Τα περισσότερα κουφώματα έχουν διατηρηθεί μέχρι σήμερα με ορισμένες εξαιρέσεις στον 3ο, 4ο και 5ο όροφο, όμως εμφανίζουν αρκετά προβλήματα τόσο λειτουργικά, όσο καθαρισμού και αεροπερατότητας. Υπάρχει, ακόμη, δυσκολία επίσκεψης στις φωλεές των ρολλών και περιβλήματα στην ολίσθηση των συρόμενων ανοιγμάτων. Τα δάπεδα των διαμερισμάτων όπως και στα άλλα δύο παραδείγματα έχουν μια σαφή διάκριση ανάμεσα σε κύριους και βοηθητικούς χώρους. Οι χώροι υποδοχής και τα δωμάτια έχουν δρύινο καρφωτό παρκέτο ή δρύινο δάπεδο με λωρίδες. Στους υπόλοιπους χώρους τα δάπεδα κατασκευάζονται με μωσαϊκά πλακάκια, όπως ακριβώς και αυτά των εξωστών. Η επικάλυψη του δώματος είναι και αυτή με μωσαϊκά πλακάκια και των στηθαίων από μαλτεζόπλακες. Στο δώμα έχει γίνει μέριμνα για υγραμόνωση, κάτι που γίνεται αντιληπτό από τη διαφορά στάθμης μεταξύ ταράσας και πλατύσκαλου.

Το κτήριο αυτό αποτελεί μια καθαρή εφαρμογή των αρχών του μοντέρνου κινήματος με το σαφή κάρναβο στον οποίο υπακούουν κάτοψη και όψεις, τις συνεχόμενες οριζόντιες σειρές παραθύρων, τα ελεύθερα κυλινδρικά υποστυλώματα, τη χρήση σιδήρου, χυτής κατασκευής και τις ραδινές αναλογίες των φερόντων στοιχείων. Πρόκειται για μια πρωτοποριακή κατασκευή η οποία έχει χαρακτηριστεί διατηρητέα, αποδεικνύοντας έτσι την αρχιτεκτονική διαχρονική της σημασία. Ιδιαίτερα οι όψεις με τελική επικάλυψη artificiel, κατά τα συνήθη της εποχής, εκφράζουν πέρα από τη μορφολογική καινοτομία και την τεχνολογική εξέλιξη της εποχής. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του οπλισμένου σκυροδέματος δίνει τη δυνατότητα της απελευθέρωσης της τοιχοποιίας από το φέροντα οργανισμό και της δημιουργίας συνεχόμενων μεγάλων ανοιγμάτων και λεπτότερων τοίχων. Επομένως, ο καθαρός ορθογωνικός όγκος, με τις επίπεδες επιφάνειες που δεν διακόπτονται από έρκερ ή άλλα στοιχεία, ο οποίος διατηρείται σαν γενικό περίγραμμα ακόμη και στον 5ο όροφο, που βρίσκεται σε υποχώρηση, μέσω της πέργκολας που κατασκευάζεται τονίζει τη λιτή, σαφή δομή του κτηρίου. Ακόμη, και οι εξώστες που υπάρχουν στις γωνίες των όψεων προβάλλουν ως λεπτές πλάκες και όχι ως συμπαγή στοιχεία που διακόπτουν την επιπεδότητα των επιφανειών.

Χαρακτηριστικά	Φέρων Οργανισμός	Τοιχοποιία	Δάπεδα	Κουφώματα	Σκίαση
Αστική πολυκατοικία του μοντέρνου κινήματος του 30' με σαφείς τεχνολογικές και αρχιτεκτονικές καινοτομίες	Οπλισμένο σκυρόδεμα, ελεύθερα υποστυλώματα, σαφής κάρναβος	Μη φέρουσα, σαφής διαχωρισμός με φέροντα οργανισμό, με αποτέλεσμα οι τοίχοι να είναι λεπτότεροι	-Ξύλινο, δρύινο παρκέτο ή ξύλινο δάπεδο λωρίδων -Μωσαϊκά Πλακάκια - Τσιμεντοκονία	- Παλαιά: κουφώματα σιδήρου - ιδιοκατασκευή - Νέα: από αλουμίνιο ή πλαστικά	- Ξύλινο Ρολλό

Πίνακας 4.3.1 Αρχιτεκτονικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κτηρίου

**ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ**

ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΟΙΚΩΝ		ΗΛΙΚΙΑ	ΩΡΑΡΙΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ/ώρες
	Άντρας	Γυναίκα				
1ος όροφος Α	Κλειστό διαμέρισμα			---	Κατοικία	---
1ος όροφος Β	Κλειστό διαμέρισμα			---	Κατοικία	---
2ος οροφος Α	1				Κατοικία	
2ος οροφος Β					Αρχιτεκτονικό Γραφείο	
3ος όροφος Α	13				Γραφείο	
Χώρος 1	3	1	20-29	10.00-18.00	Γραφείο	air -conditioner 10.00-12.00 & 7.00-18.00
Χώρος 2	1	2	40-49	8.00-17.00	Γραφείο	ηλεκτρική σόμπα
Χώρος 3	1	1	30-39	8.00-17.00	Γραφείο	ηλεκτρική σόμπα
Χώρος 4	1		40-49	8.00-17.00	Γραφείο	air- conditioner
Χώρος 5	1	1	50-59	8.00-17.00	Γραφείο	air- conditioner
Χώρος 6	1		50-59	8.00-17.00	Γραφείο	air- conditioner
3ος όροφος Β	1	1	0-19 50-59	όλη μέρα	Κατοικία	air- conditioner
4ος όροφος Α	1		60-69	εκτός σπιτιού 11.00- 14.00 καθημερινά	Κατοικία	
4ος όροφος Β	Κλειστό διαμέρισμα			---	Κατοικία	---
5ος όροφος Α		1			Κατοικία	air- conditioner
5ος όροφος Β	Κλειστό διαμέρισμα			---	Κατοικία	---

Πίνακας 4.2.2 Χαρακτηριστικά λειτουργίας θέρμανσης, αριθμού και δραστηριότητας χρηστών, επεμβάσεων στους χώρους με βάση το ερωτηματολόγιο και τις επιτόπιες σημειώσεις

	ΑΙΣΘΗΣΗ ΧΩΡΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΑΙΣΘΗΣΗ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΕΡΑ	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ
	---	---	
	---	---	
	Λίγο Θερμό	Όχι	1. Διατήρηση Παλαιών Ξύλινων Κουφωμάτων 2. Τοίχοι - Βάψιμο εσωτερικής επιφάνειας 3. Αλλαγή Εσωτερικών Κουφωμάτων
	Ελαφρά Ψυχρός	Όχι	
	Άνετος	Όχι	
	Ψυχρός	Ναι	
	Ελαφρά Ψυχρός	Όχι	
	Ελαφρά Ψυχρός	Όχι	
	Ψυχρός	Ναι	
	Ελαφρά Ψυχρός	Ναι	1. Κουφώματα Αλουμινίου - Διπλό Τζάμι 2. Τοίχοι - Βάψιμο εσωτερικής επιφάνειας
	Ελαφρά Ψυχρός	Ναι	1. Κουφώματα πλαστικά PVC, ρολλά αλουμινίου, διπλό Τζάμι 2. Τοίχοι - Βάψιμο εσωτερικής επιφάνειας
	---	---	
	Ελαφρά Ψυχρός	Όχι	1. Κουφώματα Αλουμινίου - Διπλό Τζάμι 2. Τοίχοι - Βάψιμο εσωτερικής επιφάνειας
	---	---	



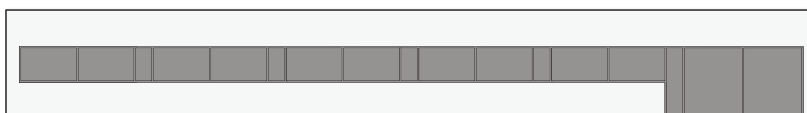
Συνολικό εμβαδόν:  $E_{\text{ολ}} = 469.39 \text{ m}^2$ ,  
 Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_{\text{α=}} = 176.6187 \text{ m}^2$ ,  
 Αναλογία κενού-πλήρους:  $E/E_{\text{ολ}} = 37,63\%$



Συνολικό εμβαδόν:  $E_{\text{ολ}} = 294,69 \text{ m}^2$ ,  
 Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_{\text{α=}} = 44.69 * 3 + 50,67 + 27,92 = 212,66 \text{ m}^2$   
 Αναλογία κενού-πλήρους:  $E/E_{\text{ολ}} = 72.16\%$



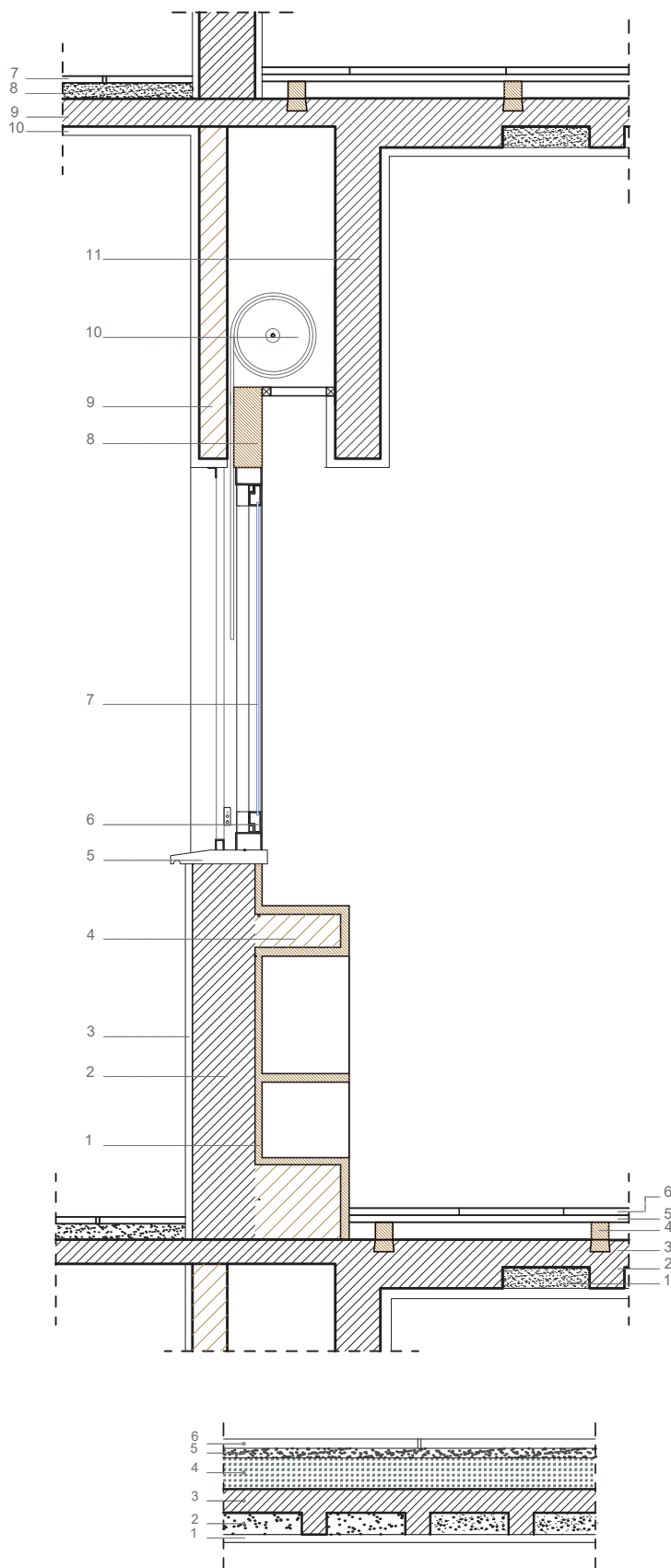
Συνολικό εμβαδόν:  $E_{4\text{ολ}} = 44,69 \text{ m}^2$ ,  
 Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_4 = 13,733 \text{ m}^2$ ,  
 Αναλογία κενού-πλήρους:  $E_4/E_{4\text{ολ}} = 13,73/44,69 = 30,73\%$



Συνολικό εμβαδόν:  $E_{1\text{ολ}} = 82.73 \text{ m}^2$ ,  $\Pi_{1\text{ολ}} = 56.41$   
 Εμβαδόν ανοιγμάτων:  $E_1 = 31.39 \text{ m}^2$   
 Αναλογία κενού-πλήρους:  $E_1/E_{1\text{ολ}} = (31,4/82,73)\% = 37,95\% \sim 38\%$

Εικόνα 4.3.2 Νότια και Ανατολική όψη του κτηρίου, αναλογία πλήρους - κενού (τοίχων - ανοιγμάτων)

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ



### ΔΑΠΕΔΟ

7. Εσωτερικό επίχρισμα 2,5cm
8. Πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
9. Τσιμεντοκονία 2cm
10. Μάρμαρο 3cm με αρμό ανά 30cm

### ΤΟΙΧΟΣ

1. Επικάλυψη από ξύλο 2,5cm
2. Χυτή τοιχοποιία 18cm
3. Εξωτερικό Επίχρισμα - αρτιφισιέλ 2,5cm
4. Μπετόν β' φάσης
5. Ποδιά από μάρμαρο 2cm
6. Κούφωμα σιδερένιο 7cm
7. Υαλοπίνακας 6mm
8. Ξύλινο δοκάρι 8cm
9. Τύμπανο παραθύρου 7cm
10. Κουτί Ρολλό 25cm
11. Δοκός από οπλισμένο σκυρόδεμα 24 cm

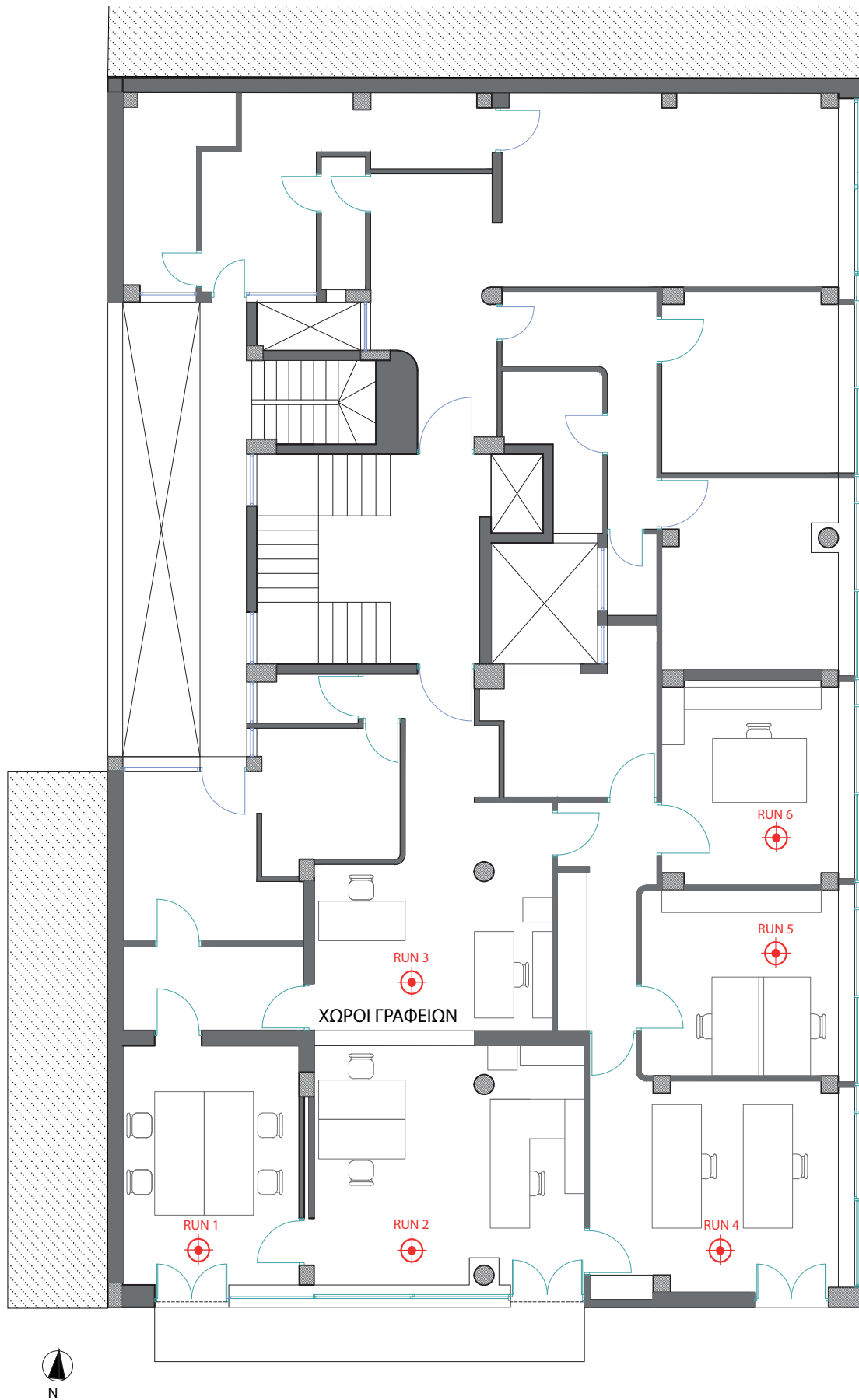
### ΔΑΠΕΔΟ

1. Εσωτερικό επίχρισμα 2,5cm
2. Γέμισμα με τούβλα ανάμεσα σε δοκίδες 6cm
3. Πλάκα Zollner από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
4. Ξύλινα καδρόνια στήριξης 4cm
5. Ψευδοπάτωμα 2cm
6. Δρύλινο Παρκέτο 2cm

### ΔΩΜΑ

1. Εσωτερικό επίχρισμα 2,5cm
2. Γέμισμα με τούβλα ανάμεσα σε δοκίδες 6cm
3. Πλάκα Zollner από οπλισμένο σκυρόδεμα 15cm
4. Ελαφροσκυρόδεμα 7cm
5. Τσιμεντοκονία 2cm
6. Μαλτεζόπλακες 3cm

Εικόνα 4.3.3 Χαρακτηριστικές τομές 1-20 στον τοίχο του εξωτερικού κελύφους, το δώμα και το τυπικό δάπεδο των εσωτερικών χώρων



Εικόνα 4.3.4 Κάτοψη 3ου ορόφου, θέσεις τοποθέτησης αισθητήρων στους χώρους των γραφείων



**RUN1**

Γραφείο 1 νότια όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN2**

Γραφείο 2 νότια όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN4**

Γραφείο 4 ανατολική όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



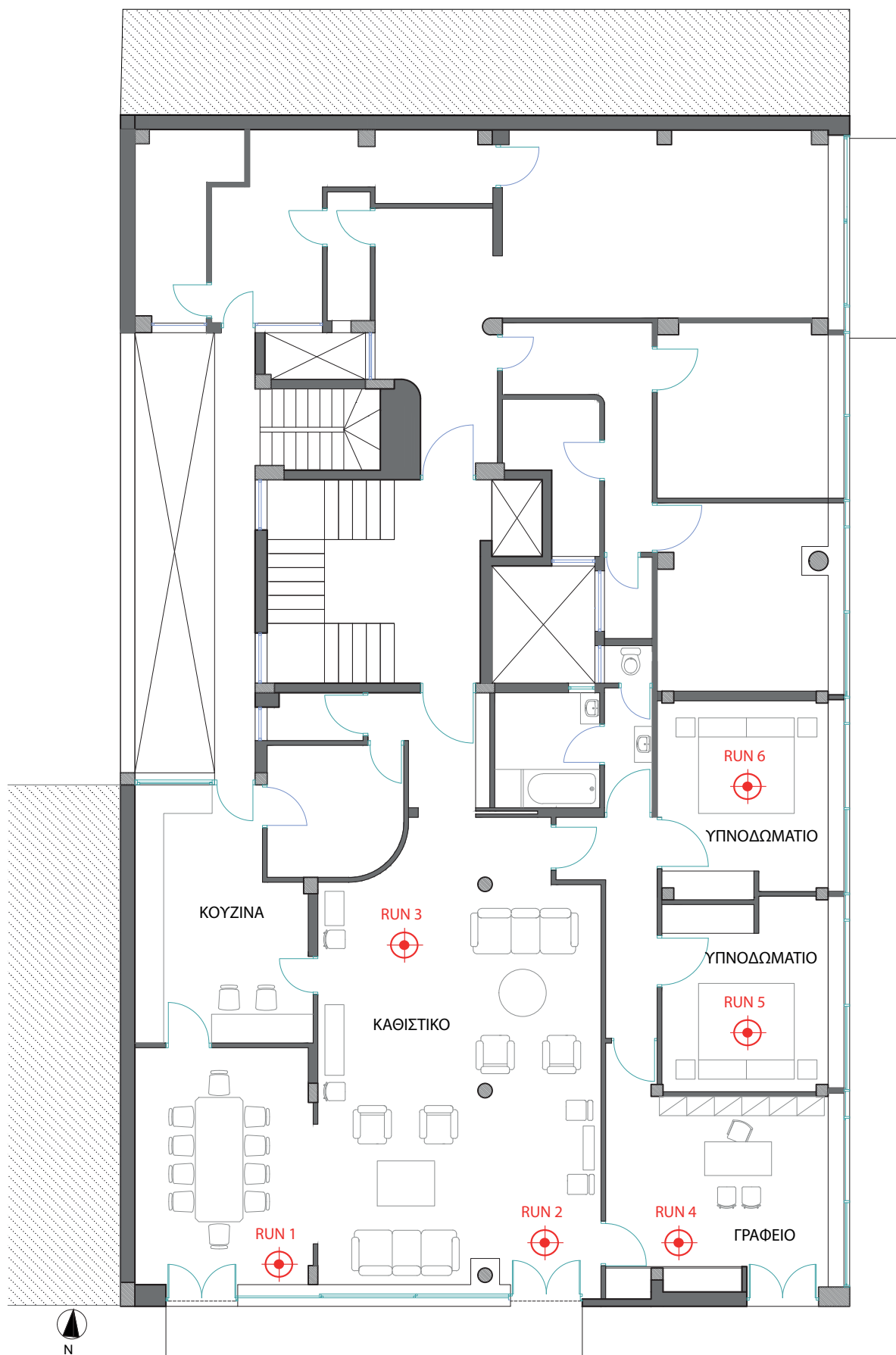
**ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ**

Γραφεία 2 και 3, χώροι που ενοποιούνται με την ξύλινη συρόμενη δίφυλλη πόρτα που παραμένει ανοιχτή καθόλη τη διάρκεια της λειτουργίας του γραφείου



**RUN5**

Γραφείο 5, ανατολική όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



Εικόνα 4.3.6 Κάτοψη 4ου ορόφου, θέσεις τοποθέτησης αισθητήρων στους χώρους της τραπεζαρίας, του καθιστικού, του γραφείου και των υπνοδωματίων





**RUN1**

Τραπεζαρία νότια όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN4**

Γωνιακό γραφείο, θέση κοντά σε παράθυρο



**RUN5**

Υπνοδωμάτιο ανατολική όψη, θέση κοντά σε παράθυρο



**ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ**

Καθιστικό, ενιαίος χώρος με ελεύθερα υποστυλώματα



**RUN3**

Χώρος υποδοχής, θέση σε απόσταση από την όψη

Εικόνα 4.3.7 Φωτογραφίες εσωτερικών χώρων μετρήσεων στο διαμέρισμα του 4ου ορόφου

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

### 3ος όροφος

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 7-11 Μαρτίου 2016, από Δευτέρα έως Παρασκευή σε 2 διαμερίσματα του κτηρίου. Οι πρωινές μετρήσεις έγιναν στο διαμέρισμα του 3ου ορόφου το οποίο λειτουργεί ως γραφείο με ωράριο από Δευτέρα έως Παρασκευή, 8.00 έως 17.30, ενώ το Σαββατοκύριακο ο χώρος μένει κλειστός. Λόγω του ότι ο χώρος παραμένει κλειστός τις βραδινές ώρες, δεν μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν βραδινές μετρήσεις εδώ. Προκειμένου να εξεταστεί η συμπεριφορά του κτηρίου το βράδυ, επιλέχτηκε το αντίστοιχο διαμέρισμα του 4ου ορόφου, το οποίο λειτουργεί ως κατοικία. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 4 μέρες, από Τρίτη έως Παρασκευή, 19.00-20.30. Η βασική διαφορά αυτού του κτηρίου με τα δύο προηγούμενα παραδείγματα είναι η διαφορά των εξωτερικών συνθηκών, καθώς οι μετρήσεις δεν έγιναν τις πιο κρύες μέρες του χειμώνα αλλά σε θερμοκρασίες πιο υψηλές. Μια ακόμη διαφορά είναι ότι, λόγω δυσκολιών, δεν στάθηκε εφικτό οι μετρήσεις να γίνουν σε ένα διαμέρισμα ώστε να έχουμε συνολική εικόνα των συνθηκών στο χώρο. Παρόλα αυτά, δεδομένου ότι το κλίμα στην Ελλάδα πλέον αλλάζει, το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου η εξωτερική θερμοκρασία κινείται μεταξύ πιο μέσων τιμών (13 °C -20 °C) επομένως είναι σημαντικό να εξετάσουμε τι συμβαίνει και σε αυτές τις περιπτώσεις. Τέλος, μια σημαντική παρατήρηση είναι το γεγονός ότι η πολυκατοικία δεν έχει κεντρική θέρμανση, και τις ημέρες που έγιναν οι μετρήσεις δεν λειτουργούσε κάποιο θερμαντικό σώμα σε κανένα από τα δύο διαμερίσματα. Συνεπώς εξετάστηκε η συμπεριφορά του κελύφους χωρίς την επίδραση της θέρμανσης.

Όσον αφορά τις πρωινές μετρήσεις, έλαβαν χώρα σε 6 χώρους του γραφείου. Οι μετρήσεις 1-2 έγιναν στα νότια γραφεία, οι 5-6 στα ανατολικά, η μέτρηση 4 στο γωνιακό γραφείο που 'βλέπει' τόσο σε νότο όσο και σε ανατολή και τέλος η μέτρηση 3 έγινε σε απόσταση από τους εξωτερικούς τοίχους. Στα νότια γραφεία η θερμοκρασία αέρα είναι ~22 °C ενώ η εξωτερική θερμοκρασία ~ 14,5 °C. Παρατηρούμε έτσι ότι λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται τις περισσότερες ώρες της ημέρας στους χώρους αυτούς, η εσωτερική θερμοκρασία διατηρείται σε υψηλές θερμοκρασίες, περίπου 7 °C ανώτερη από την εξωτερική. Η υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 50-35% με ένα μέσο όρο 45%. Θεωρείται ελαφρά αυξημένη δεδομένου ότι η ενδεδειγμένη υγρασία για χώρο γραφείου είναι 35-40%. Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται πρώτον στα μεγάλα ανοίγματα των όψεων που επιτρέπουν την μεγαλύτερη επίδραση των εξωτερικών συνθηκών στο εσωτερικό του χώρου, αλλά και λόγω του ιδιαίτερα μικρού πάχους των ποδιών και τυμπάνων των παραθύρων. Ακόμη, η ταχύτητα του αέρα στα δωμάτια αυτά είναι ~0,05m/s, ενώ οι ακραίες τιμές της φτάνουν στα 0,1m/s. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι δημιουργούνται τοπικά ρεύματα αέρα, ιδιαίτερα κοντά στα παράθυρα των όψεων, λόγω της κακής συναρμογής των κουφωμάτων. Τα παλαιά κουφώματα από σίδηρο δεν έχουν αντικατασταθεί και με το πέρασ των χρόνων έχουν χαλάσει με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αρκετές θερμογέφυρες σε σημεία τους. Μάλιστα, στο ερωτηματολόγιο, οι όνικοι εξέφρασαν παράπονα για τη δυσκολία χρησιμοποίησής τους αλλά και την αδυναμία σωστού καθαρισμού τους. Συνολικά, οι δείκτες PPD, PMV δείχνουν, ότι το μεγαλύτερο μέρος των χρηστών αισθάνεται άνετα στα δωμάτια αυτά καθώς οι τιμές PPD δεν ξεπερνούν το 10% κατά μέσο όρο και αντίστοιχα οι τιμές PMV το -0.60. Βέβαια ενδιαφέρον έχει να παρατηρήσουμε ότι το ποσοστό

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 1					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	17,80	90,00	23,24	21,75	22,29	50,44	0,11	15,51	-0,32
	min	11,60	39,00	20,68	20,74	21,36	34,74	0,03	7,10	-0,71
	average	14,62	64,00	22,20	21,75	21,92	44,72	0,05	9,30	-0,44

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 2					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	17,80	90,00	22,29	21,98	21,74	50,49	0,08	17,49	-0,46
	min	11,60	39,00	20,23	20,35	20,68	34,89	0,03	9,39	-0,77
	average	14,62	64,00	21,52	21,30	21,36	45,02	0,05	11,92	-0,57

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 3					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	17,80	90,00	23,47	23,38	23,10	48,31	0,05	9,59	-0,15
	min	11,60	39,00	21,22	21,97	22,06	34,06	0,03	5,45	-0,47
	average	14,62	64,00	22,38	22,59	22,51	43,26	0,03	7,33	-0,32

Πίνακας 4.3.3 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στα νότια δωμάτια (γραφεία 1-3)

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 5					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	17,80	90,00	22,56	21,72	21,72	53,79	0,09	19,16	-0,44
	min	11,60	39,00	20,33	20,00	20,35	39,33	0,02	9,01	-0,82
	average	14,62	64,00	21,59	20,93	21,16	45,95	0,04	12,89	-0,60

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 6					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	17,80	90,00	22,33	21,23	21,33	51,48	0,07	22,44	-0,52
	min	11,60	39,00	20,04	19,39	19,92	40,29	0,03	10,67	-0,91
	average	14,62	64,00	21,47	20,34	20,76	46,32	0,04	14,94	-0,67

Πίνακας 4.3.4 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στα ανατολικά δωμάτια (γραφεία 5-6)

των δυσανεκτών χρηστών αισθάνεται τον χώρο ως 'ελαφρά ψυχρό' παρόλο που η εσωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 20 °C. Αυτό πιθανώς οφείλεται στα τοπικά ρεύματα αέρα και στα υψηλά ποσοστά υγρασίας ορισμένες μέρες της εβδομάδας. Στο γραφείο 3, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση από τις όψεις η θερμοκρασία διατηρείται υψηλή ενώ το ποσοστό υγρασίας είναι χαμηλότερο από αυτό των προηγούμενων γραφείων δείχνοντας έτσι πως όσο απομακρυνόμαστε από το κέλυφος, η επίδραση του εξωτερικού περιβάλλοντος εξασθενεί. Ακόμη, η τιμή της ταχύτητας αέρα είναι 0,03m/s, πολύ χαμηλότερη από αυτή των δύο άλλων μετρήσεων, γεγονός που δείχνει ότι στο χώρο αυτό δεν υπάρχουν ρεύματα αέρα.

Τα ανατολικά γραφεία (5-6), δεν δέχονται τόσο έντονη ηλιακή ακτινοβολία, όμως παρόλα αυτά έχουν υψηλή εσωτερική θερμοκρασία ~21,5 °C. Εδώ, η τιμή της υγρασίας είναι ελαφρά υψηλότερη αγγίζοντας το 46% κατά μέσο όρο με μέγιστες τιμές στο 53% γεγονός που δείχνει την αδυναμία του κελύφους να εμποδίζει τη διείδυση της εξωτερικής υγρασίας στο εσωτερικό. Η μέση ταχύτητα αέρα είναι 0,04m/s με ακραίες τιμές 0.09 m/s, επομένως συμπεραίνουμε και πάλι πως υπάρχουν τοπικά ρεύματα ορισμένες ώρες της ημέρας. Αυτό μάλιστα γίνεται αντιληπτό εδώ, όπως και στην περίπτωση των νότιων γραφείων, αν ελέγξουμε τη μέση τιμή θερμοκρασίας λειτουργίας (η οποία συνυπολογίζει και την ταχύτητα του αέρα) η οποία είναι περίπου 0.5-1°C χαμηλότερη από αυτή του αέρα. Τέλος, εδώ το ποσοστό των δυσανεκτών ενόικων κυμαίνεται στο 15% ενώ η γενική αίσθηση του χώρου είναι κοντύτερα στο 'ελαφρώς ψυχρός', αφού η μέση τιμή PMV είναι -0,70.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ 4					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	17,80	90,00	21,94	20,73	20,80	53,15	0,10	24,1	-0,64
	min	11,60	39,00	20,14	18,96	19,70	40,11	0,03	13,51	-0,95
	average	14,62	64,00	21,13	20,00	20,43	47,33	0,05	17,23	-0,76

Πίνακας 4.3.5 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στο γωνιακό γραφείο

Το γραφείο 4 το οποίο είναι γωνιακό και έχει τόσο νότιο όσο και ανατολικό προσανατολισμό, με ανοίγματα και στις 2 όψεις, έχει δυσμενέστερες συνθήκες συγκριτικά με τα υπόλοιπα γραφεία. Η μέση θερμοκρασία αέρα στο χώρο είναι ~21 °C, ενώ οι ακραίες του τιμές φτάνουν του 19 °C κάτι που δε συμβαίνει σε κανένα άλλο γραφείο καθώς η κατώτερη τιμή θερμοκρασίας τους είναι μεγαλύτερη των 20 °C. Η μέση υγρασία φτάνει το 47% με ακραία τιμή 53%, ενώ η μέση ταχύτητα του αέρα είναι 0,05m/s με μέγιστη τιμή 0,1m/s. Συνεπώς, δημιουργούνται ρεύματα αέρα, γεγονός που φαίνεται και από την τιμή της λειτουργικής θερμοκρασίας (~20 °C) που εμφανίζεται χαμηλότερη από την θερμοκρασία αέρα. Ο δείκτης PPD δείχνει ότι το ποσοστό των δυσανεκτών χρηστών στο δωμάτιο είναι 17%, ενώ η τιμή PMV= -0.76 δηλώνει πως οι χρήστες βρίσκουν το δωμάτιο 'ελαφρώς κρύο'.

Συνολικά συμπεραίνουμε ότι το γραφείο υπό αυτές τις συνθήκες δεν εμφανίζει σημαντικά προβλήματα τις πρωινές ώρες. Η εσωτερική θερμοκρασία μπορεί να διατηρηθεί σε σχετικά φυσιολογικές τιμές χωρίς τη βοήθεια θέρμανσης. Η υγρασία βρίσκεται σε υψηλότερα του φυσιολογικού επίπεδα επομένως δημιουργεί προβλήματα στον εσωτερικό χώρο σε συνδυασμό με τα τοπικά ρεύματα αέρα. Κατανοούμε λοιπόν ότι σε πιο ακραίες συνθήκες, η κακή συναρμογή των παραθύρων, η διείδυση της εξωτερικής υγρασίας και η πιθανή πτώση της εσωτερικής θερμοκρασίας μπορούν να επιδράσουν ακόμη περισσότερο και να προκαλέσουν σοβαρότερα προβλήματα στην άνεση των χρηστών.

#### 4ος όροφος

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	16,00	93,00	21,96	21,06	21,24	56,35	0,04	59,64	-1,16
	min	10,50	53,00	20,12	18,85	19,53	41,04	0,02	33,35	-1,66
	average	12,73	75,00	21,43	20,42	20,76	46,12	0,03	40,54	-1,30

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	16,00	93,00	22,06	21,57	21,56	53,87	0,05	61,99	-1,09
	min	10,50	53,00	19,58	19,11	19,57	41,08	0,02	29,97	-1,70
	average	12,73	75,00	21,38	20,79	21,00	44,79	0,04	38,59	-1,26

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΕΙΣΟΔΟΣ - HALL						
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)	PPD	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	16,00	93,00	21,68	21,64	21,62	53,13	0,05	45,78	-1,07
	min	10,50	53,00	20,46	20,34	20,67	37,87	0,02	29,23	-1,41
	average	12,73	75,00	21,30	21,13	21,23	43,81	0,03	35,73	-1,21

Πίνακας 4.3.6 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στα νότια δωμάτια (τραπεζαρία - καθιστικό)

Οι βραδινές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο διαμέρισμα του 4ου ορόφου και οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν στην τραπεζαρία και το καθιστικό(νότια δωμάτια), στο γραφείο (γωνιακό δωμάτιο, με νοτιο και δυτικό προσανατολισμό) και στα υπνοδωμάτια (ανατολικά δωμάτια). Εδώ αναμένουμε διαφορές συγκριτικά με τον 3ο όροφο, πρώτον γιατί έχει γίνει αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα, από PVC και διπλό υαλοπίνακα και δεύτερον γιατί τμήμα της οροφής του ορόφου λειτουργεί ως βεράντα του 5ου, άρα θα υπάρχουν απώλειες από το σημείο αυτό.

Τα νότια δωμάτια παρατηρούμε ότι δεν έχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές σε σχέση με αυτά του 3ου ορόφου. Η μέση θερμοκρασία είναι ~21 °C ενώ η αντίστοιχη εξωτερική ~ 13 °C, επομένως η διαφορά περιβάλλοντος και εσωτερικού είναι 8 °C. Η σχετική υγρασία βρίσκεται και πάλι σε σχετικά υψηλά επίπεδα ~45% με τη μέγιστη τιμή της να αγγίζει το 56%, τις ημέρες βροχόπτωσης. Εδώ παρατηρούμε ότι ακόμη και με τα καινούρια κουφώματα, η υγρασία εισχωρεί στους χώρους, επομένως υποθέτουμε πως εν μέρει ευθύνεται το τμήμα που λειτουργεί ως δώμα για τα δωμάτια αυτά, μαζί βέβαια με το λεπτό πάχος των τοίχων. Μάλιστα στο ερωτηματολόγιο, οι χρήστες σημείωσαν, ότι υπάρχει πρόβλημα στα σημεία αυτά της οροφής, το οποίο δεν έχουν καταφέρει να λύσουν ακόμη. Η αλλαγή των κουφωμάτων έχει περιορίσει τη δημιουργία ρευμάτων καθώς η μέση ταχύτητα στους χώρους αυτούς είναι 0,03m/s, όμως αυτό μπορεί να λειτουργήσει στην περίπτωση αυτή αρνητικά σε ένα βαθμό. Αυτό συμβαίνει επειδή, τα παράθυρα και οι πόρτες είναι κλειστά καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, επειδή η εξωτερική θερμοκρασία είναι ακόμη χαμηλή, επομένως δεν επιτρέπουν, το φυσικό αερισμό του χώρου και εγκλωβίζουν την υγρασία στο εσωτερικό. Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί εξετάζοντας το συντελεστή PPD ο οποίος δηλώνει πως ένα ποσοστό 40% δυσφορεί στους χώρους αυτούς. Πράγματι, ο συντελεστής PMV με μέση τιμή ~-1,30 δείχνει ότι οι χρήστες βρίσκουν το χώρο 'ψυχρό'. Αυτό σημαίνει ότι, παρόλο που η θερμοκρασία είναι σχετικά υψηλή, δεν αρκεί από μόνη της για να εξασφαλίσει συνθήκες άνεσης στον χώρο, γιατί λειτουργεί σε συνδυασμό με τους άλλους παράγοντες.

Στο χωλ, το οποίο βρίσκεται σε απόσταση από τους περιμετρικούς τοίχους, οι συνθήκες βελτιώνονται τοπικά, αλλά από τη στιγμή που βρίσκεται σε άμεση επαφή με το καθιστικό (ανοιχτός χώρος, χωρίς διαχωριστικούς τοίχους), δεν μπορούν να διαφέρουν σημαντικά. Έτσι, με μικρές διαφορές στο ποσοστό υγρασίας, οι συντελεστές PPD, PMV δείχνουν πως και εδώ η δυσφορία των χρηστών είναι στα ίδια περίπου επίπεδα.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	12,20	93,00	21,48	20,62	20,70	56,35	0,05	75,63	-1,31
	min	10,50	53,00	18,99	18,82	19,20	41,16	0,02	40,78	-1,98
	average	12,73	75,00	20,69	20,03	20,25	46,41	0,03	57,36	-1,62

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	16,00	93,00	21,72	20,87	21,02	54,88	0,04	59,64	-1,22
	min	10,50	53,00	19,54	19,39	19,66	40,11	0,02	33,35	-2,03
	average	12,73	75,00	20,85	20,20	20,42	45,57	0,03	40,54	-1,58

Πίνακας 4.3.7 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στα ανατολικά δωμάτια (υπνοδωμάτια)

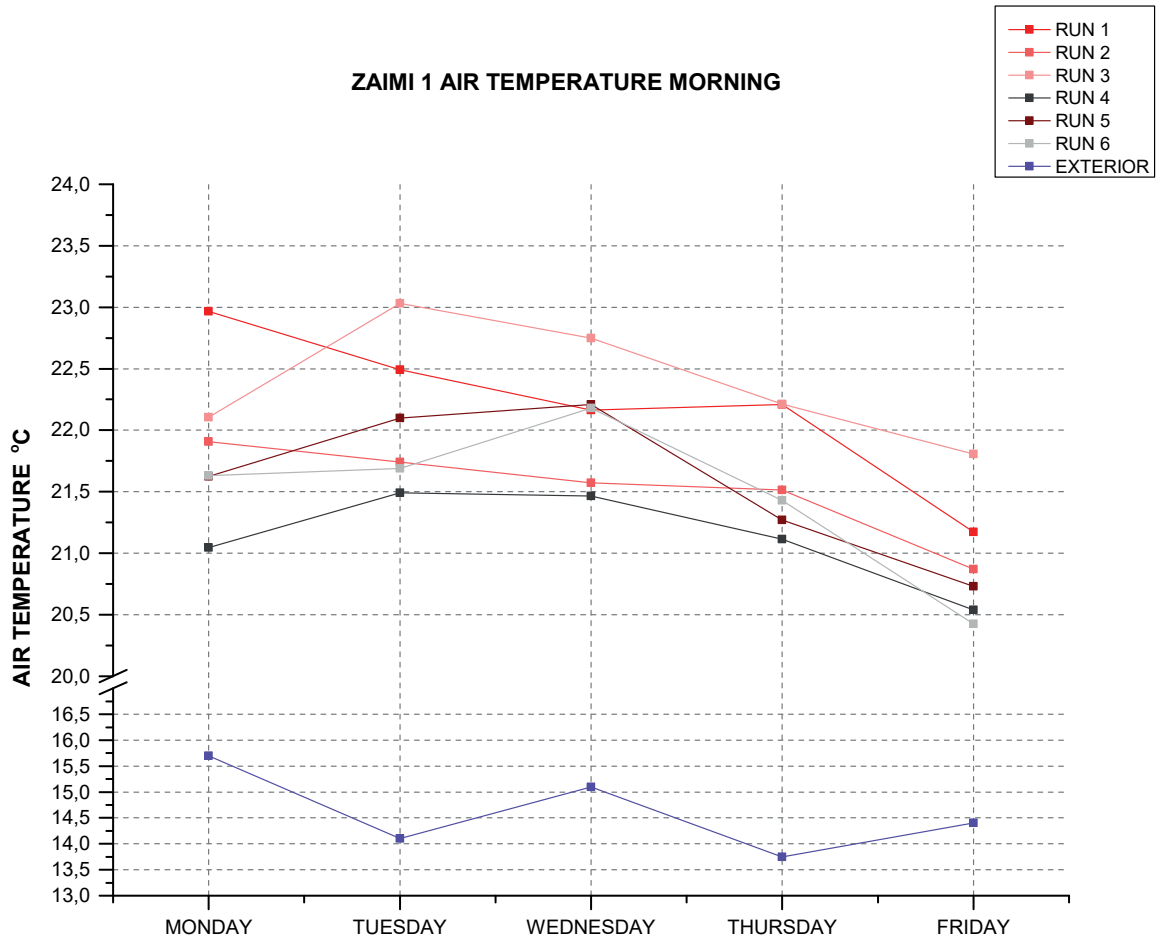
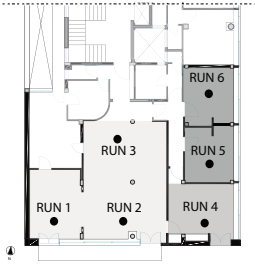
Στα δύο ανατολικά υπνοδωμάτια, η θερμοκρασία αέρα είναι κατά 0.5 °C χαμηλότερη, ενώ η υγρασία κυμαίνεται στα ίδια ακριβώς επίπεδα. Και στους χώρους αυτούς ένα τμήμα της οροφής λειτουργεί ως δώμα του επάνω ορόφου επομένως έχουμε απώλειες από το σημείο αυτό. Η ταχύτητα του αέρα είναι στα ίδια επίπεδα, επομένως συμπεραίνουμε ότι λόγω των διπλών υαλοπινάκων και των καινούριων κουφωμάτων δεν δημιουργούνται ρεύματα αέρα και δεν υπάρχουν σοβαρές θερμογέφυρες, όπως στα αντίστοιχα του 3ου ορόφου. Το ενδιαφέρον σημείο εδώ είναι πως οι συντελεστές PPD, PMV δηλώνουν ότι οι χρήστες δυσφορούν ακόμη περισσότερο σε σχέση με τους χώρους του καθιστικού. Το ποσοστό δυσανεξιμένων ενοίκων μάλιστα φτάνει το 57% συγκριτικά με το 40%, και αυτό συμβαίνει επειδή εδώ έχει αλλάξει η δραστηριότητα των ενοίκων (ο συντελεστής μεταβολικής δραστηριότητας στο υπνοδωμάτιο είναι  $met=0.8$ ).

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ		ΓΡΑΦΕΙΟ					PPD	PMV
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/s)		
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ				
ΠΡΩΙ	max	16,00	93,00	21,65	20,36	20,59	56,48	0,07	81,55	-1,32
	min	10,50	53,00	18,25	17,31	18,15	44,22	0,03	41,3	-2,11
	average	12,73	75,00	20,61	19,36	19,83	47,40	0,05	54,06	-1,57

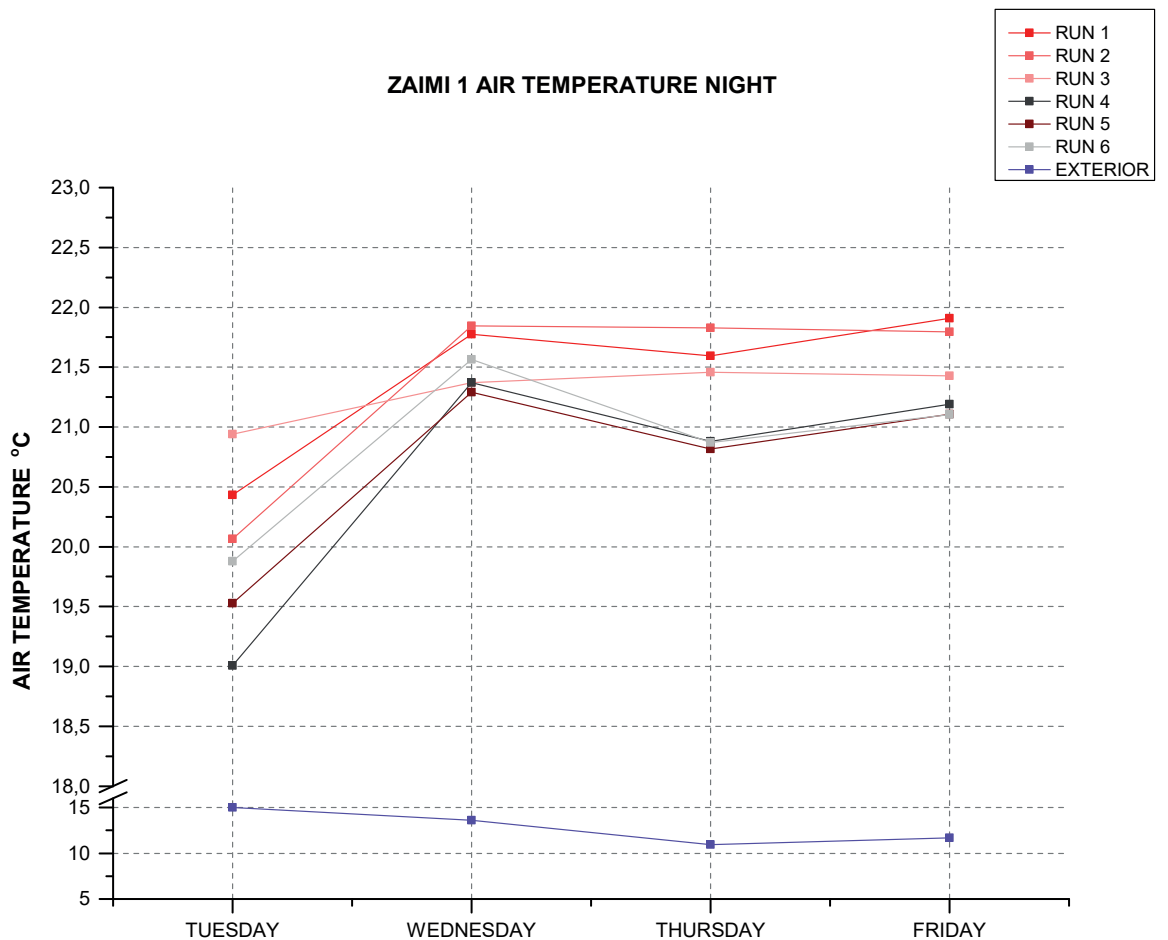
Πίνακας 4.3.8 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, στο γωνιακό γραφείο

Τέλος, ο χώρος του γραφείου, ο οποίος αντιστοιχεί στο γωνιακό δωμάτιο, αποτελεί και πάλι τον πιο προβληματικό χώρο του διαμερίσματος. Η μέση θερμοκρασία είναι ~20.5 °C με ελάχιστες τιμές στους ~18 °C, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εσωτερική θερμοκρασία σε ορισμένες μέρες της εβδομάδος βρίσκεται κάτω από το επιτρεπτό όριο των 20 °C. Η υγρασία και εδώ είναι υψηλή, με μέση τιμή 47% ενώ, εδώ για πρώτη φορά σημειώνεται αύξηση στη μέση τιμή ταχύτητας αέρα ~0,05m/s, γεγονός που δείχνει πως υπάρχουν τοπικά ρεύματα αέρα. Οι συντελεστές PPD,PMV δείχνουν για μια ακόμη φορά την έντονη δυσανεξία των ενοίκων με ποσοστά παρόμοια με αυτά των υπνοδωματίων.

Συνολικά, λοιπόν, διαπιστώνουμε πως αν και μερικώς ανακαινισμένος ο χώρος, οι εσωτερικές συνθήκες δεν είναι ικανοποιητικές. Αυτό έχει να κάνει σαφώς με τις απώλειες από την αμόνυτη οροφή και τους αντίστοιχα μη μονωμένους λεπτούς περιμετρικούς τοίχους, από τη χαμηλή πληρότητα του χώρου (~30m<sup>2</sup>/άτομο) και τα περιορισμένα εσωτερικά κέρδη. Στα παραπάνω, πιθανώς, συμβάλλει η κακή επιλογή αλλαγής κουφωμάτων, τα οποία δεν έχουν βοηθήσει ουσιαστικά στην βελτίωση των συνθηκών. Η αλλαγή αυτή είναι απαραίτητη σε ένα κτήριο με τόσο μεγάλη αναλογία ανοιγμάτων (~30%) ως προς τους πλήρεις τοίχους, όμως έπρεπε να συνοδεύεται από επιπλέον διορθωτικές κινήσεις, ώστε να λειτουργήσει αποτελεσματικά.



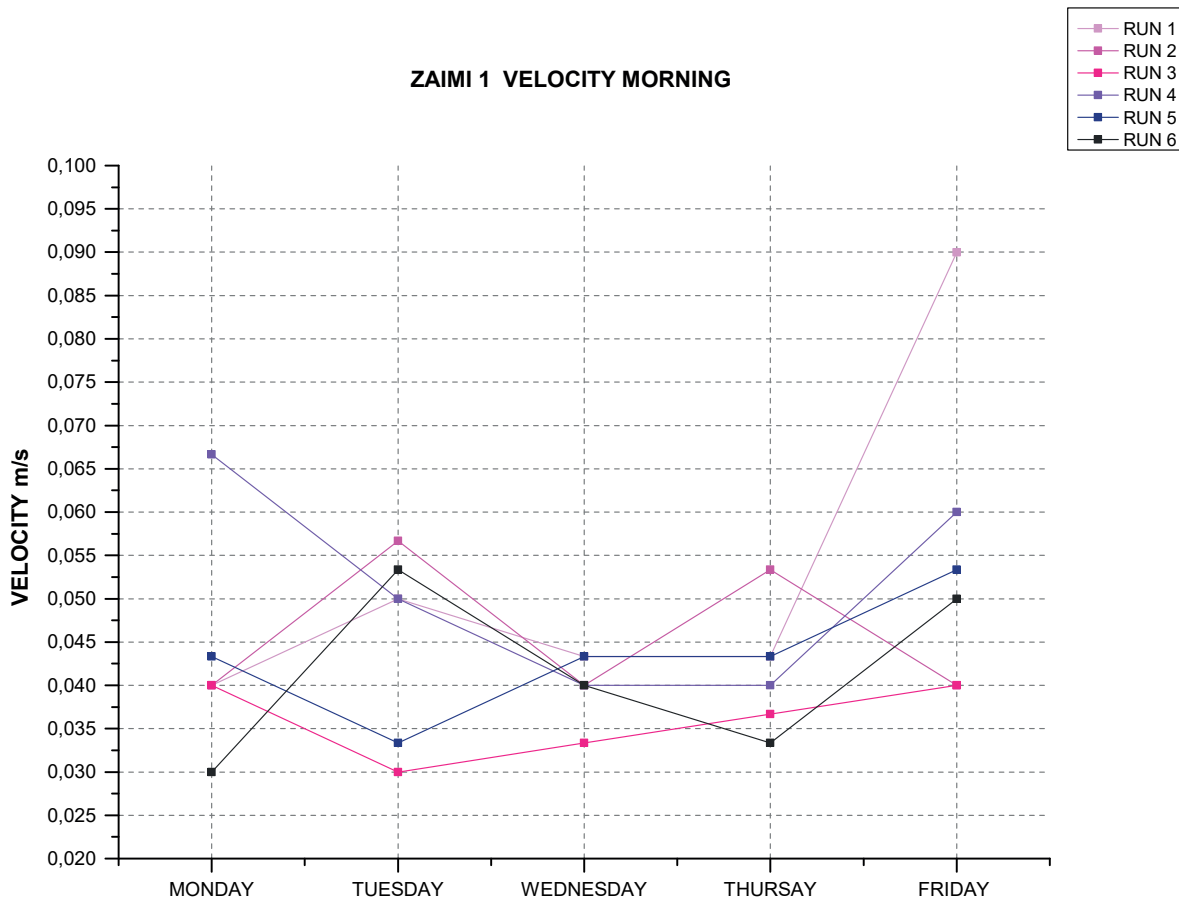
Εικόνα 4.3.8 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα πρωί, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων



Εικόνα 4.3.9 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα βράδυ, 4ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους του διαμερίσματος

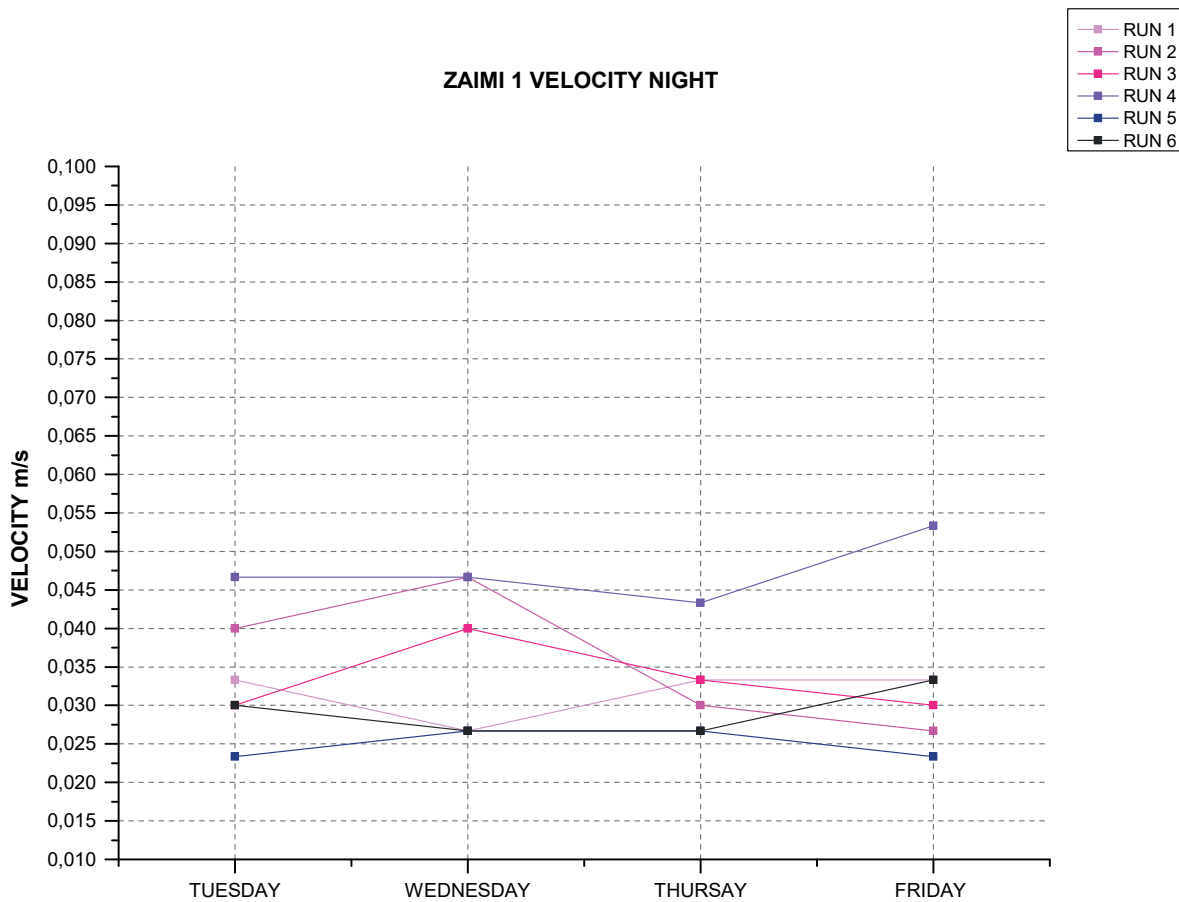


### ZAIMI 1 VELOCITY MORNING

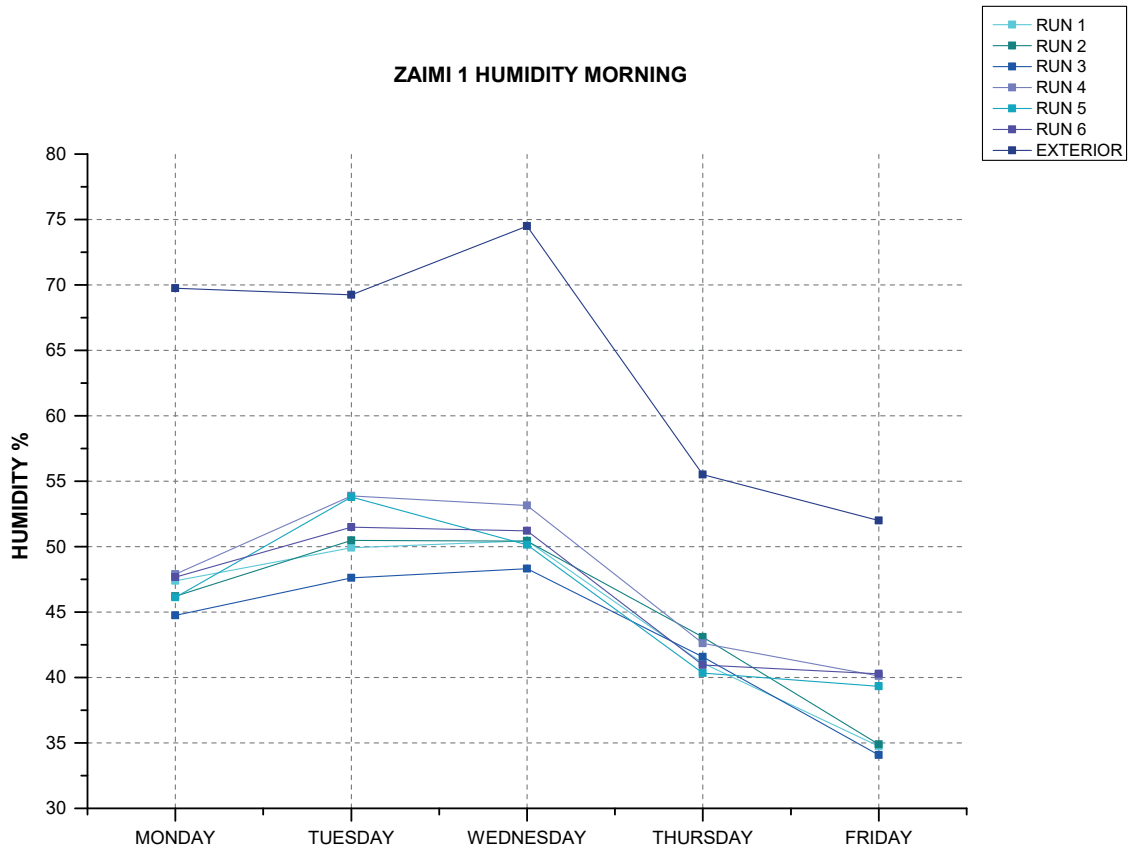
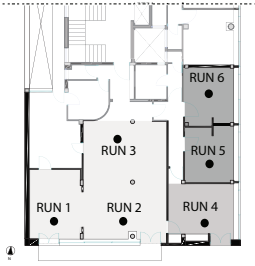


Εικόνα 4.3.10 Διάγραμμα ταχύτητας αέρα πρωί, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων

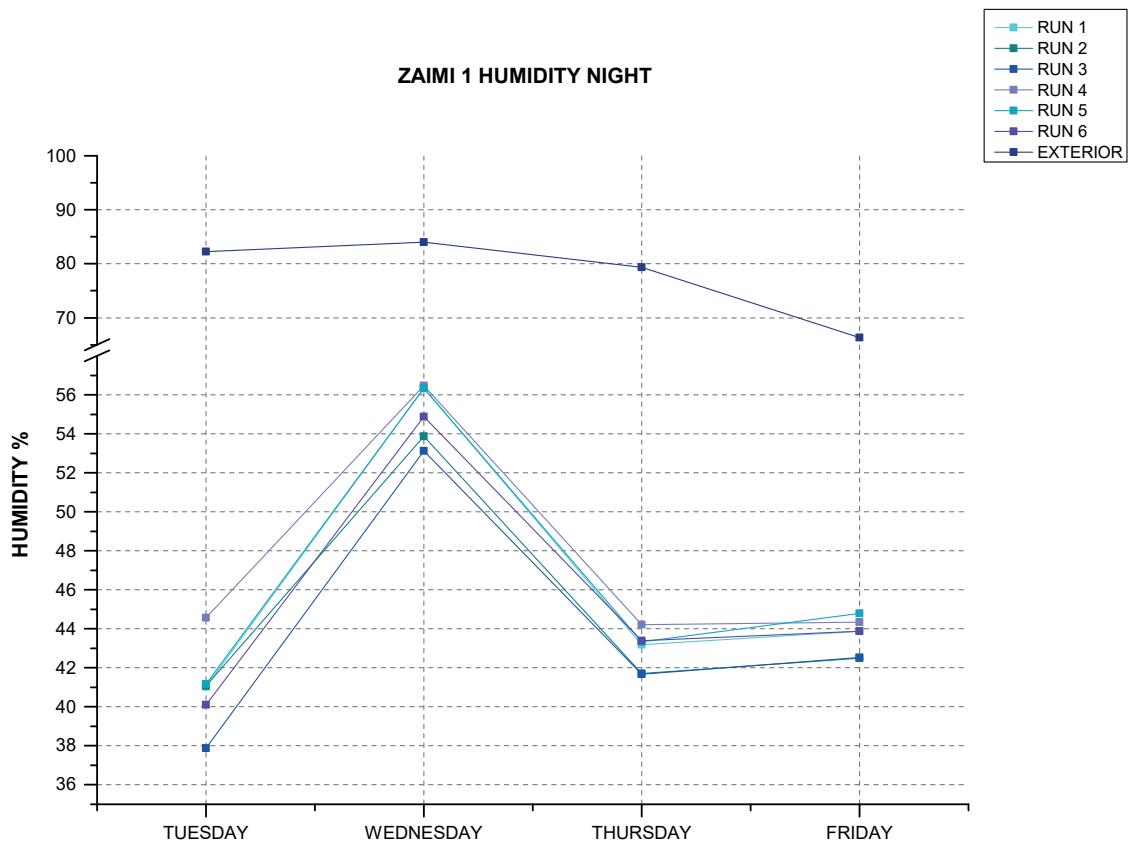
### ZAIMI 1 VELOCITY NIGHT



Εικόνα 4.3.11 Διάγραμμα ταχύτητας αέρα βράδυ, 4ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους του διαμερίσματος

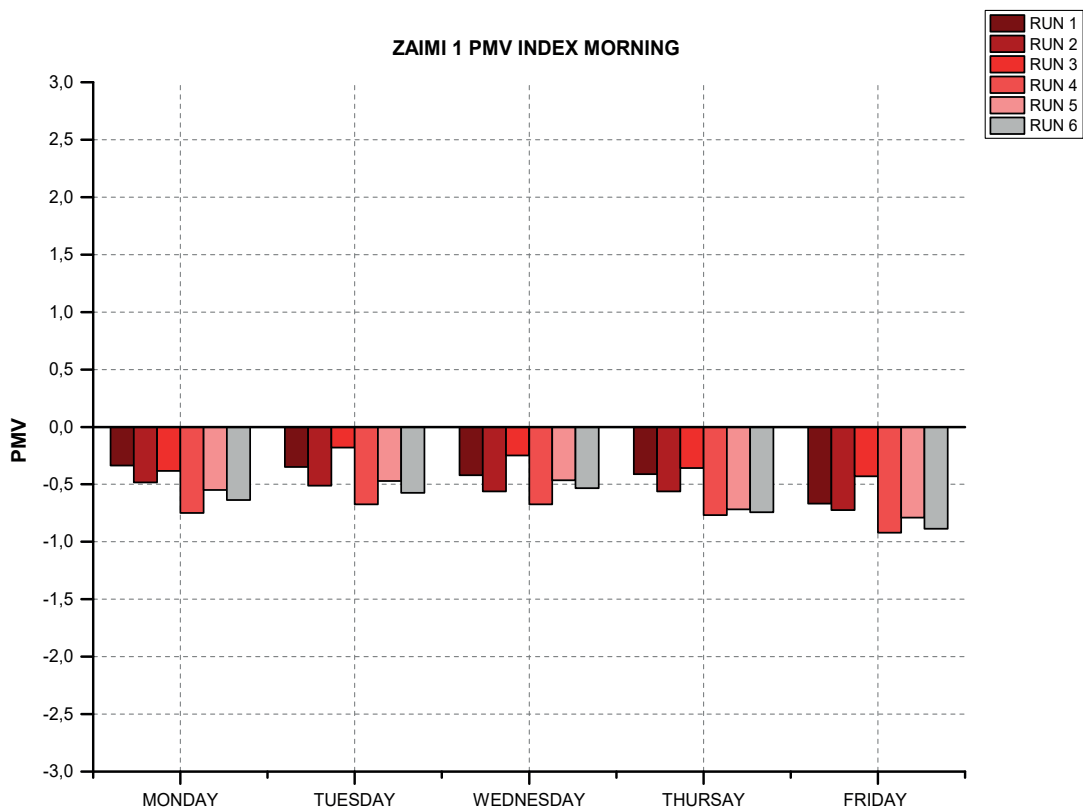
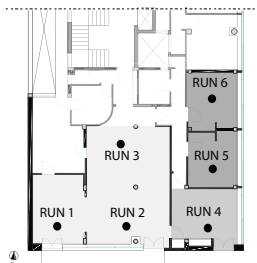


Εικόνα 4.3.12 Διάγραμμα σχετικής υγρασίας πρωί, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων

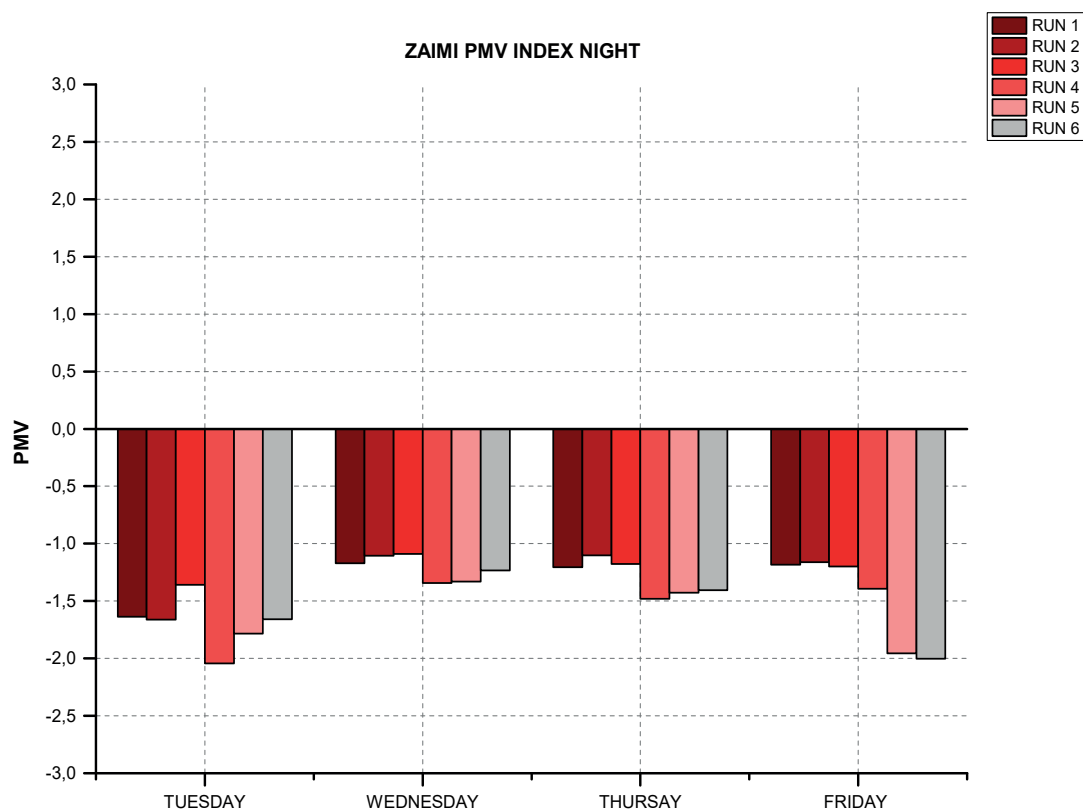


Εικόνα 4.3.13 Διάγραμμα σχετικής υγρασίας βράδυ, 4ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους του διαμερίσματος





Εικόνα 4.3.14 Διάγραμμα δείκτη PMV πρωί, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων



Εικόνα 4.3.15 Διάγραμμα δείκτη PMV βράδυ, 4ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους του διαμερίσματος

## ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ DESIGN BUILDER/ENERGY PLUS - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Κατόπιν των επιτόπιων μετρήσεων πραγματοποιείται η μοντελοποίηση του κτηρίου στο λογισμικό Energy Plus ώστε να συγκριθούν τα θεωρητικά αποτελέσματα με τις πραγματικές μετρήσεις. Δεν ορίζεται σύστημα θέρμανσης καθώς ούτε στις επιτόπιες μετρήσεις λειτουργούσε κεντρική ή αυτόνομη θέρμανση. Οι εξωτερικές συνθήκες του προγράμματος είναι παρόμοιες με τις πραγματικές για την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Ξεκινώντας από τον 3ο όροφο, παρατηρούμε ότι εμφανίζει παραπλήσια αποτελέσματα με τις πραγματικές μετρήσεις. Μάλιστα η απόκλιση των αποτελεσμάτων, σε αντίθεση με τα δύο πρώτα παραδείγματα, είναι ελάχιστη. Στα νότια γραφεία (ΓΡΑΦΕΙΟ 1, ΓΡΑΦΕΙΟ 2) η μέση θερμοκρασία είναι ~ 21 °C, με μέγιστη τιμή 23 °C και ελάχιστη 18,5 °C. Παρατηρούμε ότι το εύρος των τιμών εδώ είναι μεγαλύτερο από ότι στις πραγματικές μετρήσεις (όπου οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 20,5 °C-23 °C) και αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορετικών εξωτερικών καιρικών συνθηκών. Την εβδομάδα των μετρήσεων τις πρωινές ώρες είχε σχεδόν καθημερινά ηλιοφάνεια, ενώ το πρόγραμμα ενσωματώνει στην εβδομάδα προγραμματισμού ισάξιες μέρες ηλιοφάνειας, βροχόπτωσης, συννεφιάς κ.λπ ανάλογα με την περίοδο του έτους. Το ποσοστό υγρασίας επίσης βρίσκεται σε παραπλήσιες τιμές και εύρος τιμών, με μέση υπολογιζόμενη υγρασία για τους χώρους αυτούς ~44%. Τέλος, ο δείκτης PMV υποδηλώνει ότι οι ένοικοι βρίσκουν τους χώρους αυτούς σχεδόν 'ουδέτερους', καθώς η τιμή είναι μεταξύ -1 και 0. Ομοίως, ο χώρος γραφείων που βρίσκεται κοντά στην είσοδο του διαμερίσματος(ΓΡΑΦΕΙΟ 3) εμφανίζει παρόμοιες συνθήκες με τα νότια γραφεία, με μια μικρή υποχώρηση του ποσοστού υγρασίας. Συνεπώς, επιβεβαιώνονται πλήρως οι πραγματικές συνθήκες, με την υψηλή σχετικά εσωτερική θερμοκρασία αλλά και την ελαφρά αυξημένη υγρασία, ιδιαίτερα τις βροχερές μέρες.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 1					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	22,75	22,54	22,65	59,44	-0,04	
	min	8,72	18,54	18,97	18,76	32,03	-0,93	
	average	11,88	20,81	20,88	20,84	43,88	-0,50	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 2					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	23,32	23,08	23,20	58,96	0,10	
	min	8,72	18,67	19,17	18,92	31,91	-0,89	
	average	11,88	21,32	21,39	21,36	43,56	-0,37	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 3					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	23,42	23,17	23,29	58,53	0,10	
	min	8,72	18,78	19,24	19,01	31,31	-0,70	
	average	11,88	21,51	21,56	21,54	43,00	-0,28	

Πίνακας 4.3.9 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, 3ος όροφος, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD, PMV, στα νότια γραφεία (Γραφείο 1-2) και το κεντρικό (Γραφείο 3)

Στα ανατολικά γραφεία η θερμοκρασία αέρα (20 °C) είναι περίπου 1 °C πιο χαμηλή από αυτή στα νότια και η υγρασία ελαφρά υψηλότερη, φτάνοντας στο 45%. Στην ουσία οι συνθήκες δε διαφέρουν σημαντικά και αυτό αντανακλάται και στο συντελεστή PMV που βρίσκεται κοντά στην τιμή -0,60. Και εδώ το πρόγραμμα εμφανίζει ελάχιστη απόκλιση από τις πραγματικές μετρήσεις επιβεβαιώνοντας τη μετρούμενη συμπεριφορά του κτηρίου στις συγκεκριμένες συνθήκες. Τέλος, στο νοτιοδυτικό γωνιακό γραφείο, η μέση θερμοκρασία αέρα μέσω των υπολογισμών της προσομοίωσης εμφανίζεται ~19 °C, δηλαδή χαμηλότερη από τα υπόλοιπα γραφεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χώρος έχει ανοίγματα και στις δύο ελεύθερες πλευρές του, επομένως οι θερμικές απώλειες αυξάνονται. Βέβαια λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο χώρο τις πρωινές ώρες, τοπικά μέσα στην ημέρα η θερμοκρασία αγγίζει υψηλές τιμές (21,25 °C) όμως, σε διαφορετική περίπτωση ο χώρος 'κρυώνει' πολύ πιο γρήγορα φτάνοντας στους 18 °C. Η χαμηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές υγρασίας, δίνει και τις δυσμενέστερες τιμές PMV (~ -1) που χαρακτηρίζουν τον χώρο ως 'ελαφρώς κρύο'.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 5					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	22,42	22,16	22,29	60,44	-0,12	
	min	8,72	18,27	18,67	18,47	33,07	-0,99	
	average	11,88	20,44	20,45	20,44	45,07	-0,59	

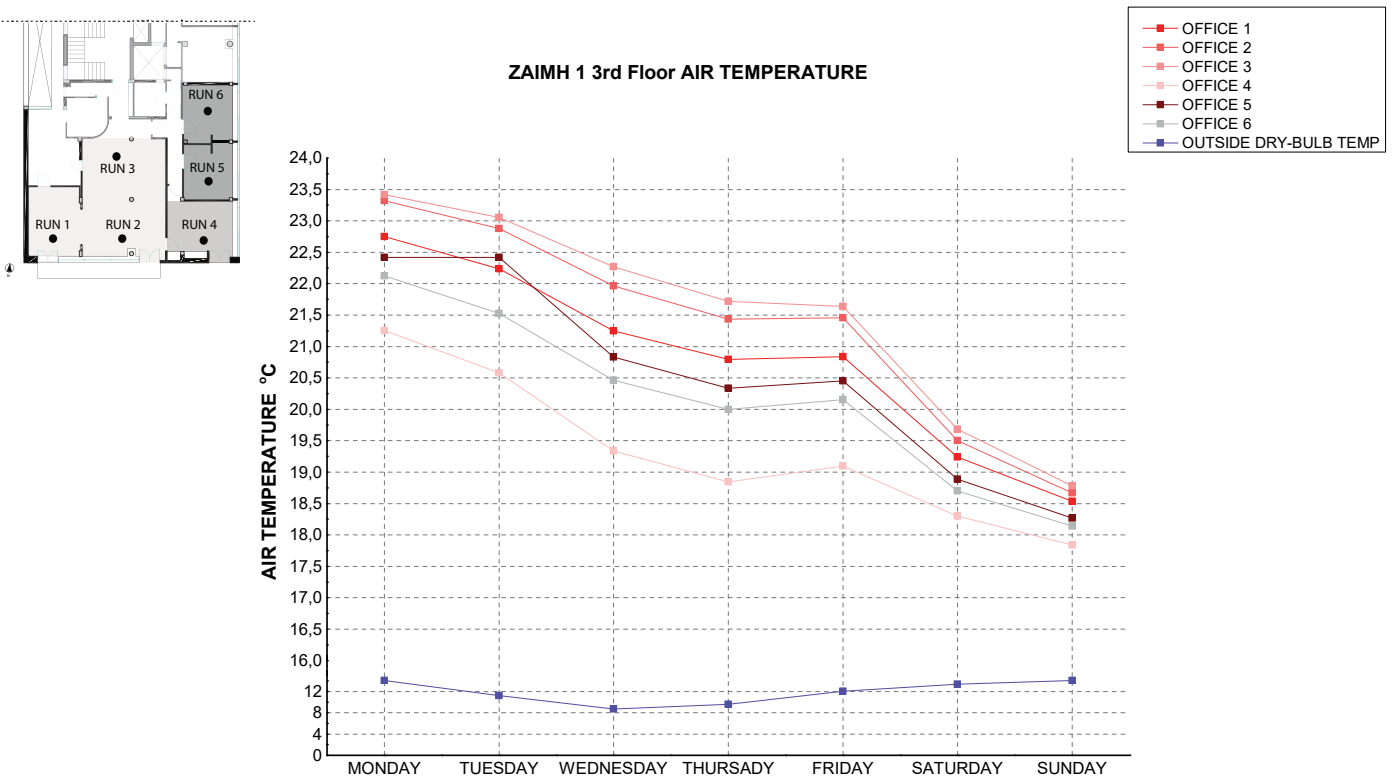
		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 6					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	22,12	21,91	22,02	60,93	-0,18	
	min	8,72	18,14	18,54	18,34	33,05	-1,02	
	average	11,88	20,16	20,21	20,18	45,22	-0,65	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ 4					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	21,25	21,36	21,31	62,10	-0,47	
	min	8,72	17,84	18,23	18,03	31,04	-1,21	
	average	11,88	19,32	19,60	19,46	44,31	-0,94	

Πίνακας 4.3.9 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, 3ος όροφος, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD, PMV, στα ανατολικά γραφεία (Γραφείο 5-6) και το γωνιακό (Γραφείο 4)

Συνολικά, παρατηρούμε ότι σύμφωνα με τις επιτόπιες μετρήσεις αλλά και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, οι συνθήκες στο χώρο είναι αρκετά ικανοποιητικές. Ο χώρος μπορεί να λειτουργήσει χωρίς θέρμανση, όμως βρίσκεται σε οριακή ισορροπία καθώς σε λίγο πιο ακραίες συνθήκες μέσα στην εβδομάδα, το κέλυφος δεν μπορεί να διατηρήσει σταθερά υψηλή την εσωτερική θερμοκρασία και να εμποδίσει την είσοδο της υγρασίας στα δωμάτια. Επομένως, έχει ενδιαφέρον να ερευνησουμε στη συνέχεια τις εσωτερικές συνθήκες σε μια ψυχρή εβδομάδα του χειμώνα και κατά πόσο το κέλυφος λειτουργεί το ίδιο αποτελεσματικά όπως στις πιο ήπιες συνθήκες.

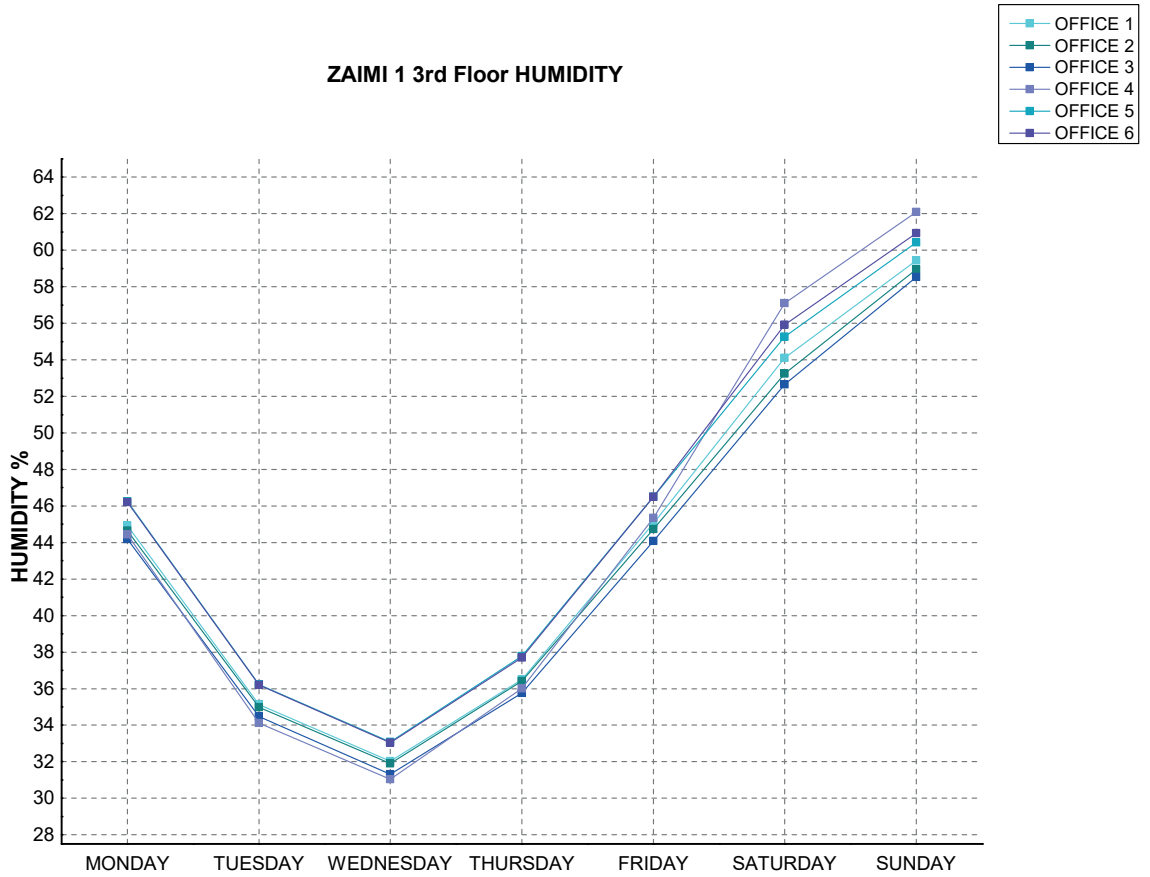
Ακολουθούν τα διαγράμματα θερμοκρασίας αέρα, σχετικής υγρασίας και συντελεστή PMV, που δίνουν μια καλύτερη εικόνα της υπάρχουσας κατάστασης.



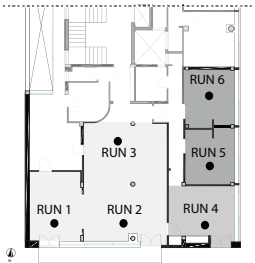
Εικόνα 4.3.16 Διάγραμμα θερμοκρασίας αέρα, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων



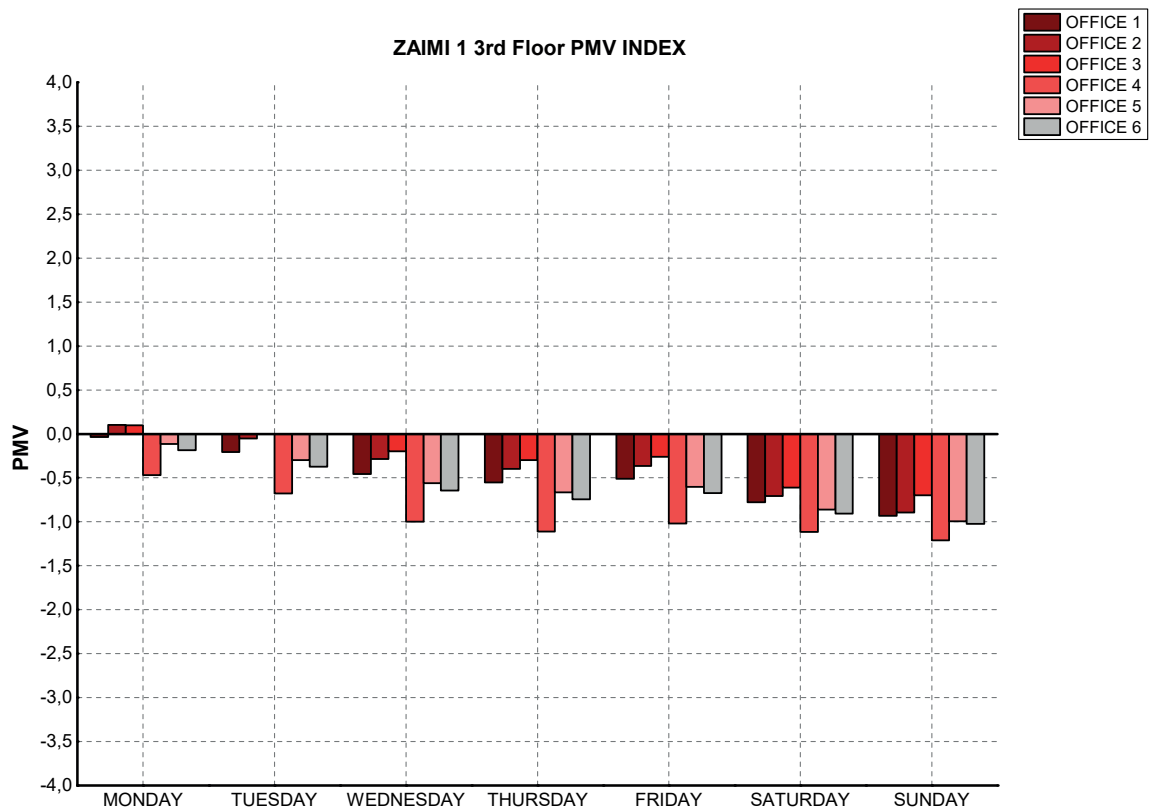
ZAIMI 1 3rd Floor HUMIDITY



Εικόνα 4.3.17 Διάγραμμα υγρασίας, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων



ZAIMI 1 3rd Floor PMV INDEX



Εικόνα 4.3.16 Διάγραμμα δείκτη PMV, 3ος όροφος, σύγκριση τιμών στους χώρους των γραφείων

## ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

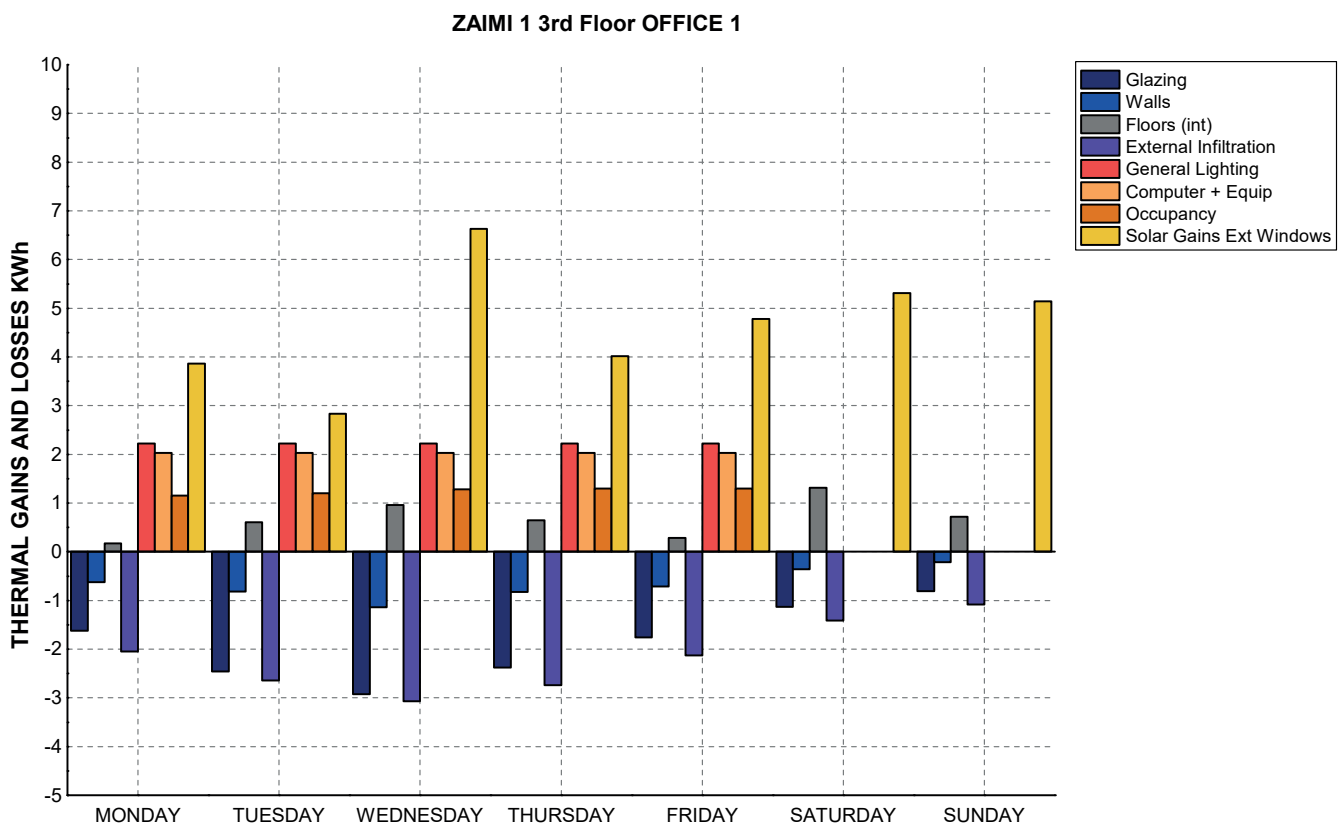
### 3ος όροφος

	ΓΡΑΦΕΙΟ 1	ΓΡΑΦΕΙΟ 2	ΓΡΑΦΕΙΟ3	ΓΡΑΦΕΙΟ 4	ΓΡΑΦΕΙΟ 5	ΓΡΑΦΕΙΟ 6
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,87	-1,92		-2,26	-1,52	-1,61
ΤΟΙΧΟΙ	-0,67	-0,51		-1,09	-0,80	-0,86
ΔΑΠΕΔΑ	0,67	0,67	-0,50	1,47	0,67	0,76
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-2,16	-3,32	-2,98	-2,12	-1,62	-1,58
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	1,59	2,51	2,17	0,85	1,35	1,36
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	1,45	2,20	1,90	0,83	1,18	1,05
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,89	1,33	1,15	0,63	0,78	0,73
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	4,65	4,94		1,02	3,75	0,62

Πίνακας 4.3.10 Αποτελέσματα προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών , 3ος όροφος

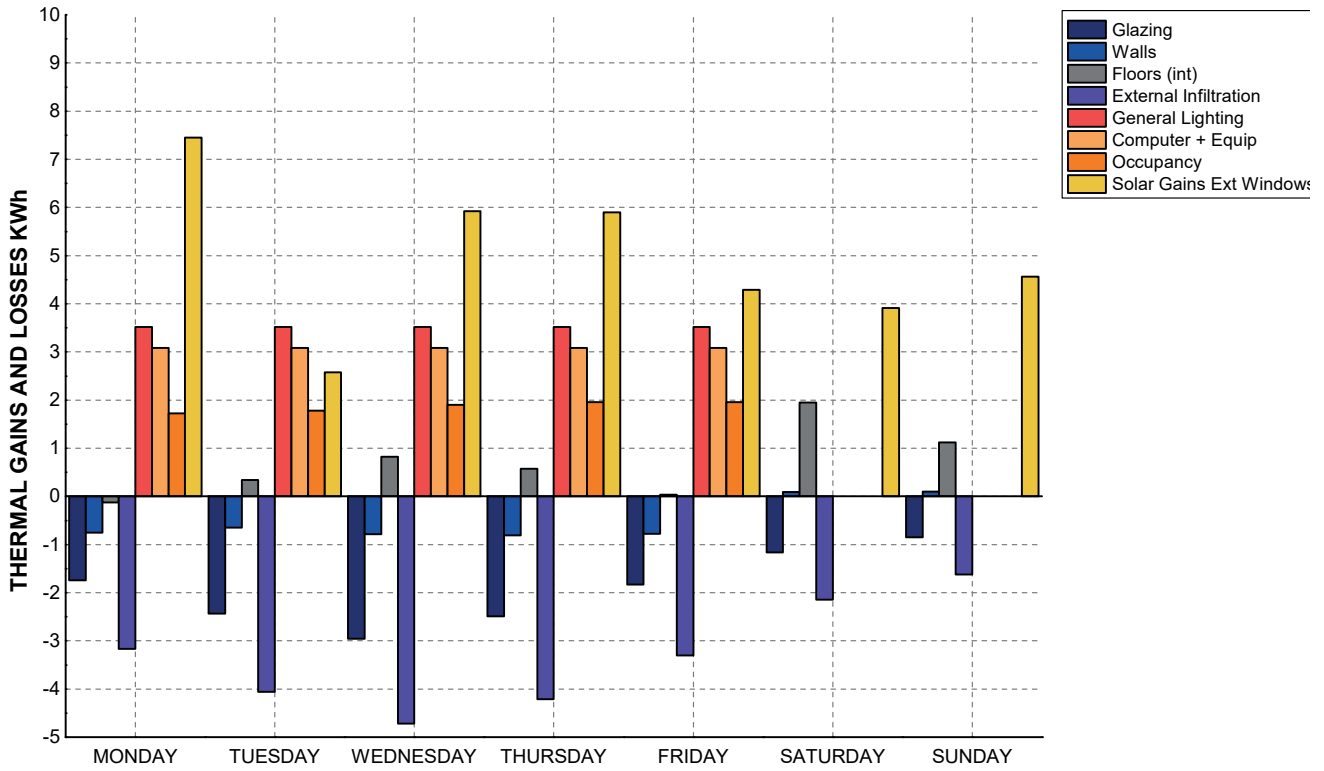
Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται τα κέρδη κάθε δωματίου στο διαμέρισμα του 3ου και 4ου ορόφου στο σύνολο της εβδομάδος, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ώστε να αποκτήσουμε καλύτερη εικόνα του μεγέθους των θερμικών απωλειών. Συνολικά παρατηρούμε ότι τα ηλιακά κέρδη είναι η κύρια πηγή θερμικών εσόδων στο κτήριο. Μάλιστα η συνεισφορά τους συγκριτικά με τα αντίστοιχα κέρδη στα δύο προηγούμενα παραδείγματα έχει σημαντική διαφορά, καθώς εδώ η τιμή τους είναι τριπλάσια. Κατανοούμε λοιπόν, τη σημασία του προσανατολισμού, αλλά και του ευρύτερου περιβάλλοντος στο οποίο ανήκει το κτήριο. Εδώ παρόλο που τα γύρω κτήρια είναι εξίσου ψηλά με το εξεταζόμενο, το πλάτος του δρόμου επιτρέπει την ανεμπόδιστη εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας στους ψηλότερους ορόφους στη νότια πλευρά και λίγο πιο περιορισμένα στην ανατολική πλευρά. Κάτι τέτοιο δεν μπορούσε να συμβεί στα άλλα δύο παραδείγματα λόγω της θέσης αλλά και της κλίμακας των τριγύρω κτηρίων τους. Στα θερμικά κέρδη συμβάλλει επίσης ο εσωτερικός φωτισμός, ο εξοπλισμός και οι υπολογιστές που βρίσκονται σε όλους τους χώρους και δουλεύουν συνεχώς, αλλά και ο αριθμός των ενοίκων που για πρώτη φορά σε όλα τα παραδείγματα ξεπερνά τους 10 σε καθημερινή βάση (15m<sup>2</sup>/άτομο). Οι μεγαλύτερες απώλειες σημειώνονται από τη διείσδυση του αέρα μέσω των ατελειών των τοίχων, ενώ ακολουθούν οι απώλειες των υαλοπινάκων, οι οποίοι είναι μονοί. Μικρότερες σε μέγεθος είναι οι απώλειες μέσω των τοίχων. Εδώ θα λέγαμε ότι η κατασκευή των πρεκιών των παραθύρων με το μεγάλο κενό αέρα μεταξύ τυμπάνου και δοκού (βλ.σχέδιο τομής) και η φαθωτή τοιχοποιία η οποία και πάλι έχει ενδιάμεσο κενό αέρα 10cm, είναι σημεία που επιτρέπουν, αν όχι διευκολύνουν, τη διείσδυση του αέρα στο εσωτερικό του διαμερίσματος. Ακόμη, το λεπτό πάχος της ποδιάς των ανοιγμάτων, η οποία είναι χυτή (20cm) και η απουσία μόνωσης εντείνουν τις απώλειες μέσω των τοίχων.

Ακολουθούν τα διαγράμματα θερμικών κερδών και απωλειών των χώρων του διαμερίσματος του 3ου ορόφου.



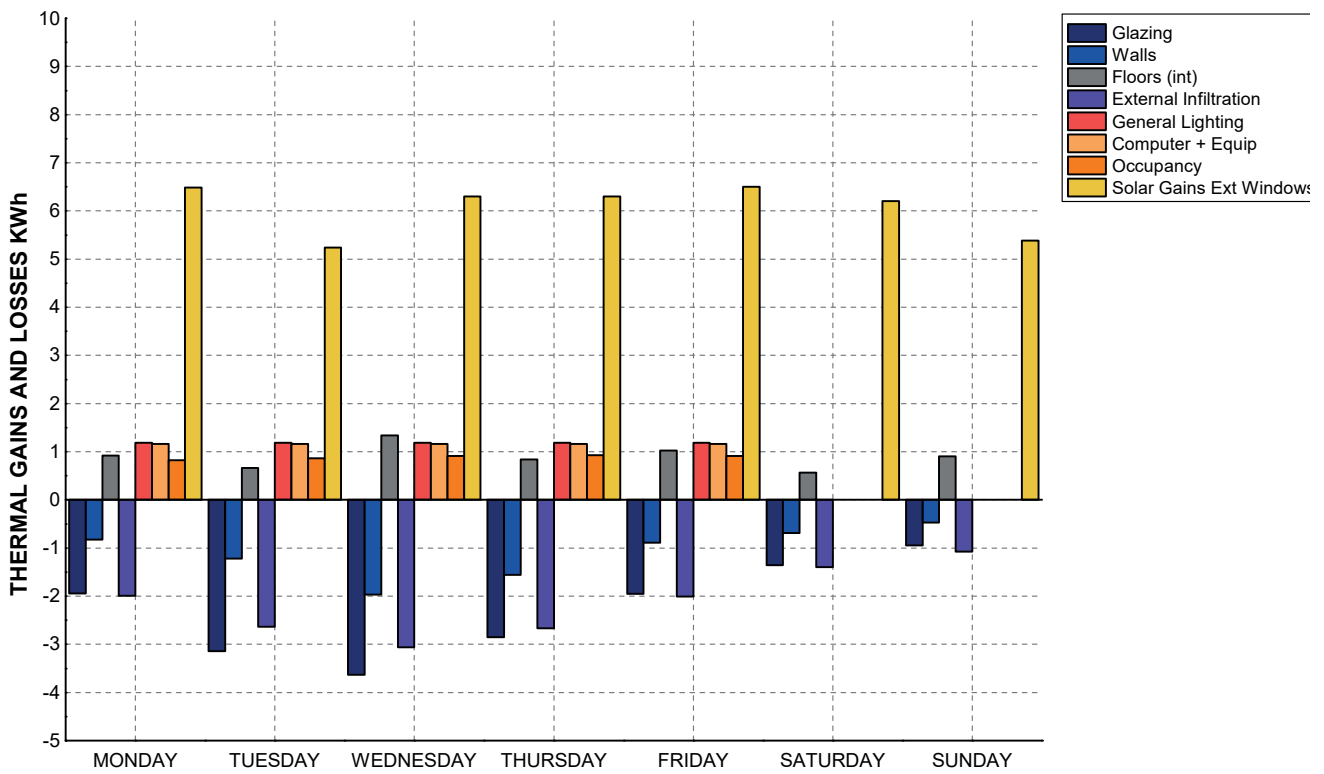
Εικόνα 4.3.17 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 3ος όροφος, νότιο γραφείο (Γραφείο 1)

ZAIMI 1 3rd Floor OFFICE 2



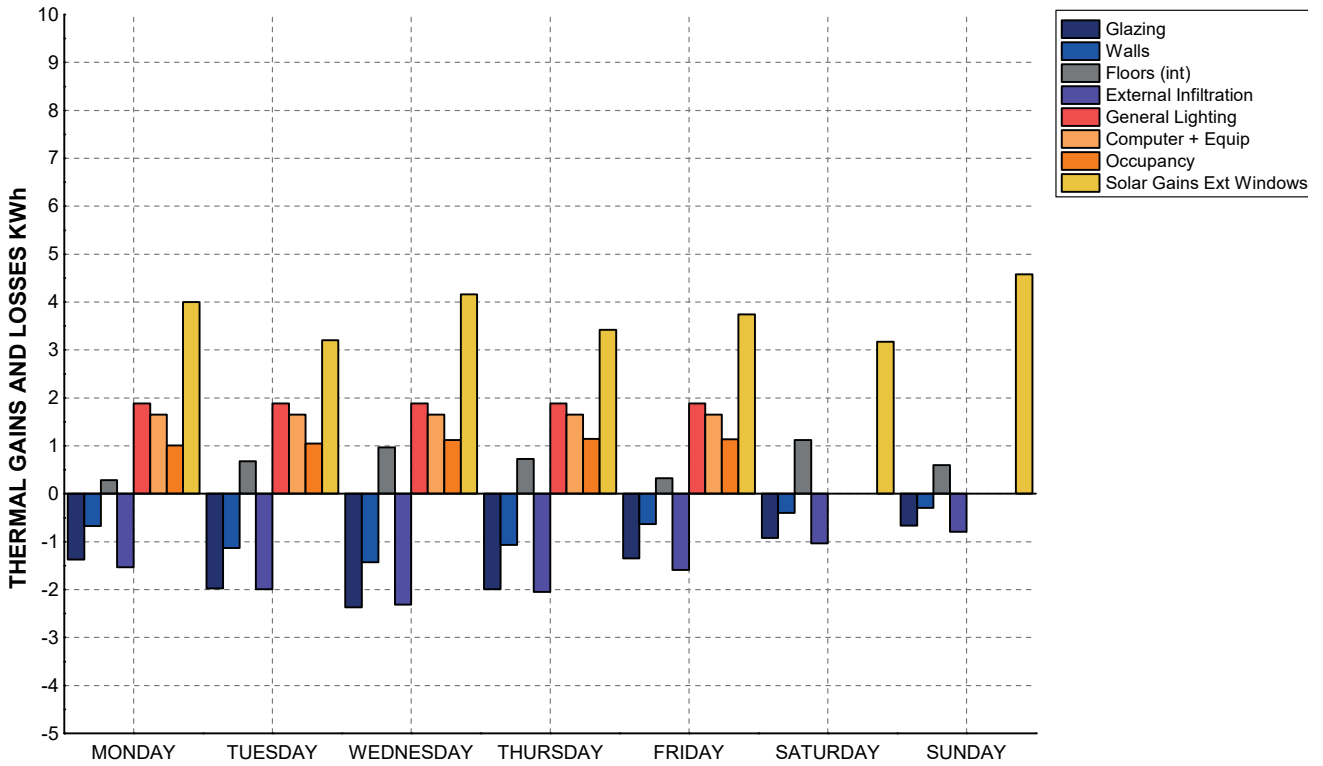
Εικόνα 4.3.17 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 3ος όροφος, νότιο γραφείο (Γραφείο 2)

ZAIMI 1 3rd Floor OFFICE 4



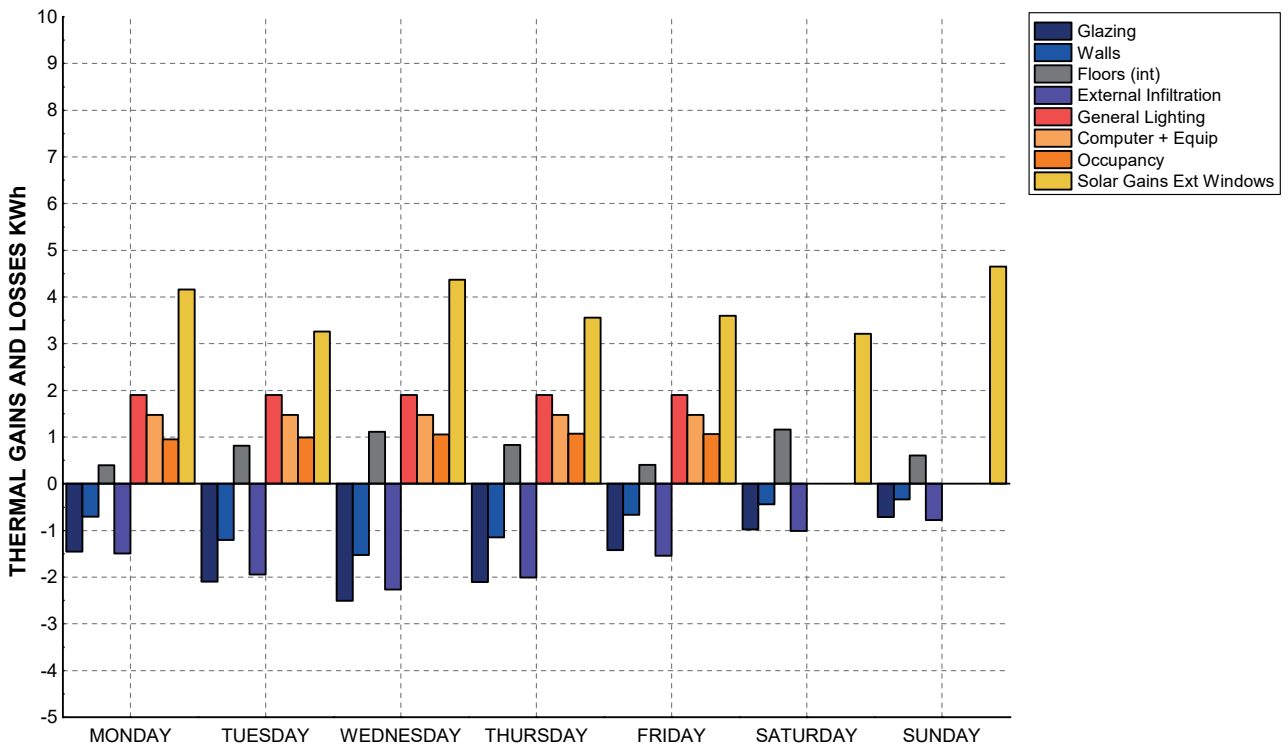
Εικόνα 4.3.18 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 3ος όροφος, γωνιακό γραφείο (Γραφείο 4)

ZAIMI 1 3rd Floor OFFICE 5



Εικόνα 4.3.19 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 3ος όροφος, ανατολικό γραφείο (Γραφείο 5)

ZAIMI 1 3rd Floor OFFICE 6



Εικόνα 4.3.19 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 3ος όροφος, ανατολικό γραφείο (Γραφείο 6)

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	19,37	19,76	19,56	65,78	-1,41	
	min	8,72	16,55	17,05	16,80	32,93	-2,25	
	average	11,88	17,50	17,90	17,70	47,09	-1,94	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	20,55	21,11	20,83	63,24	-0,84	
	min	8,72	17,61	17,83	17,72	30,40	-1,59	
	average	11,88	18,67	19,23	18,95	44,07	-1,35	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	20,84	21,26	21,05	61,48	-0,87	
	min	8,72	18,02	18,26	18,14	28,37	-1,57	
	average	11,88	19,22	19,65	19,44	42,68	-1,31	

Πίνακας 4.3.11 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, 4ος όροφος, στα νότια δωμάτια (τραπεζαρία -καθιστικό ) και το κεντρικό (είσοδος - hall)

Στον 4ο όροφο, τα νότια δωμάτια σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης εμφανίζουν πιο χαμηλές τιμές θερμοκρασίας συγκριτικά με τις επιτόπιες μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα το καθιστικό έχει μέση θερμοκρασία 19°C ενώ στις πραγματικές μετρήσεις έχει 21 °C και η τραπεζαρία 18 °C ενώ στις πραγματικές 21 °C. Ειδικά για την τραπεζαρία, επειδή ο ένας τοίχος της είναι μεσοτοιχία με το διπλανό κτήριο, το πρόγραμμα θεωρεί πως δεν υφίσταται ανταλλαγή θερμότητας από τον τοίχο αυτό με το περιβάλλον επομένως επηρεάζει την τελική εσωτερική θερμοκρασία. Ακόμη, είναι ένας χώρος μικρότερου εμβαδού συγκριτικά με το καθιστικό, στον οποίο περίπου τα 2/3 της οροφής λειτουργούν ως δώμα επομένως οι απώλειες είναι σαφώς μεγαλύτερες. Η υγρασία εδώ είναι πιο αυξημένη σε σχέση τις αντίστοιχες τιμές του 3ου ορόφου περίπου 47% και στο καθιστικό ~44%, ενώ οι ακραίες τιμές φτάνουν το 60% τις ημέρες βροχόπτωσης. Πράγματι, το πρόβλημα της υγρασίας παρατηρείται και στις επιτόπιες μετρήσεις και επιβεβαιώνεται και από τους ίδιους τους ενοίκους. Στην είσοδο- hall τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά των επιτόπιων μετρήσεων με θερμοκρασία αέρα ~19,22 °C και υγρασία ~43%. Ο συντελεστής PMV δηλώνει πως ο χώρος της τραπεζαρίας είναι 'ψυχρός', ενώ οι δύο άλλοι χώροι χαρακτηρίζονται ως 'ελαφρά ψυχροί'.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	20,15	20,33	20,24	64,76	-0,66	
	min	8,72	17,35	17,50	17,51	32,53	-1,37	
	average	11,88	18,27	18,47	18,37	46,44	-1,12	

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2					
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	PMV
				ΑΕΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	20,19	20,38	20,28	64,55	-0,65	
	min	8,72	17,39	17,56	17,56	32,53	-1,36	
	average	11,88	18,31	18,52	18,41	46,33	-1,11	

Πίνακας 4.3.12 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD,PMV, 4ος όροφος, στα ανατολικά δωμάτια (υπνοδωμάτια)



Στα δύο ανατολικά υπνοδωμάτια η θερμοκρασία επίσης είναι πιο χαμηλή από τη μέση μετρούμενη, κατά περίπου 2 °C. Ο λόγος και εδώ έχει να κάνει με τις απώλειες από το δώμα καθώς τα 2/3 της οροφής των δωματίων λειτουργούν ως βεράντα του 5ου ορόφου. Ακόμη, αυξημένο είναι και το ποσοστό υγρασίας, με μέσο όρο ~46% και ακραίες τιμές τις ημέρες βροχόπτωσης 65%. Συνεπώς ο συνδυασμός χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής υγρασίας επηρεάζει το συντελεστή PMV, ο οποίος δηλώνει ότι ο χώρος είναι 'ελαφρώς ψυχρός'.

Τέλος, στο γωνιακό δωμάτιο οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες με μέση θερμοκρασία 17 °C και μέση υγρασία 48%. Παρατηρούμε ότι όσο ευνοϊκή για το χώρο είναι η ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων από τα οποία εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία το πρωί, κρατώντας τη θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα, τόσο αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να έχει τις βραδινές ώρες όπου οι θερμικές απώλειες από τα κουφώματα είναι σημαντικές. Ακόμη και εδώ σχεδόν όλη η οροφή του δωματίου λειτουργεί ως βεράντα του 5ου ορόφου άρα οι απώλειες μέσω της οροφής είναι πολύ υψηλές. Συνολικά ο χώρος χαρακτηρίζεται ως 'ψυχρός' με μέση τιμή συντελεστή PMV 1.55.

		ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΓΡΑΦΕΙΟ				
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)			ΥΓΡΑΣΙΑ (%)
		ΑΕΡΑ		ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ		
ΕΒΔΟΜΑΔΑ	max	14,12	19,21	19,75	19,48	66,95	-1,01
	min	8,72	15,96	16,65	16,31	34,16	-1,87
	average	11,88	17,12	17,66	17,39	48,26	-1,55

Πίνακας 4.3.13 Αποτελέσματα επιτόπιων μετρήσεων, εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και μέτρηση ταχύτητας αέρα και δεικτών PPD, PMV, 4ος όροφος, στο γωνιακό δωμάτιο (γραφείο)

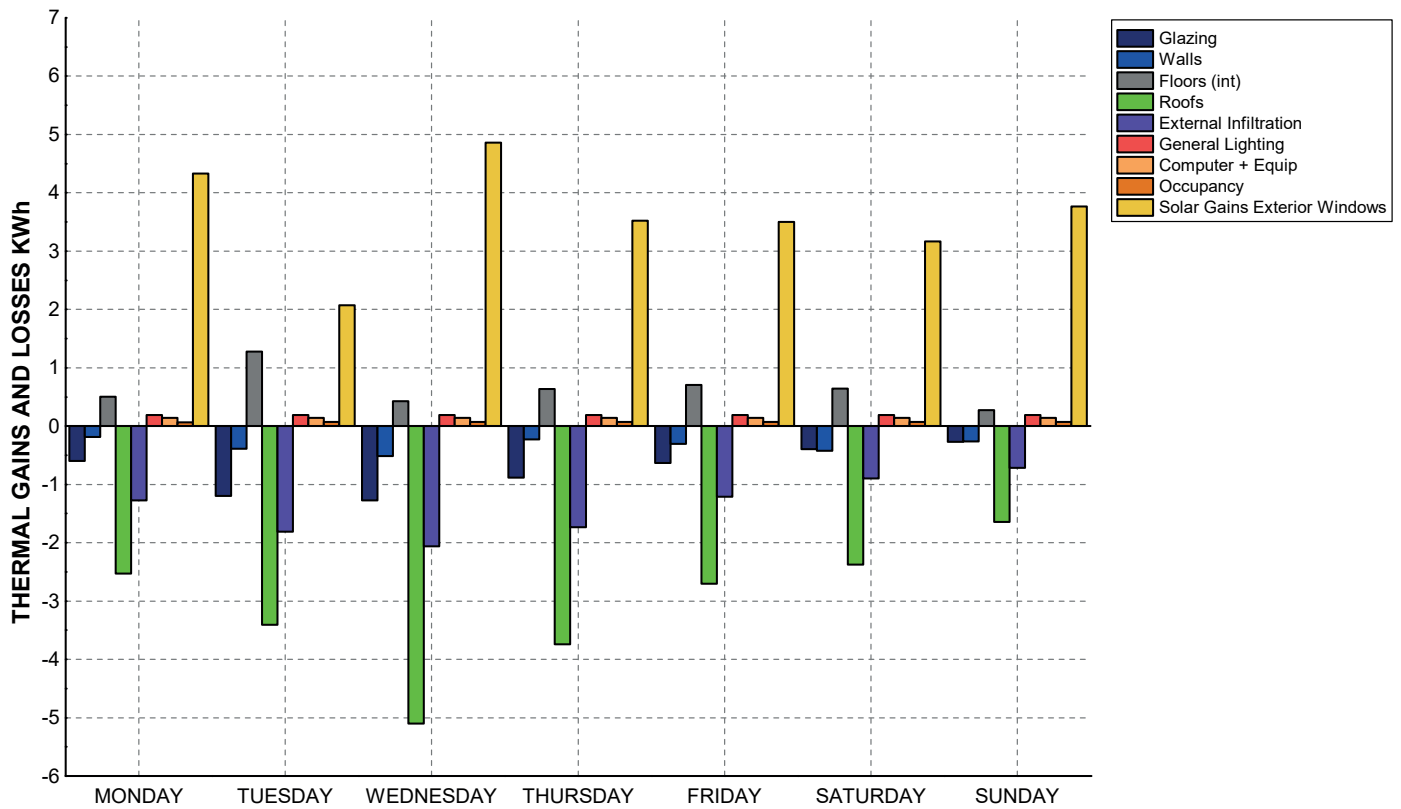
Στον 4ο όροφο τα ηλιακά κέρδη στο σύνολο της ημέρας είναι και πάλι η κύρια πηγή θερμικών κερδών. Εδώ παρατηρούμε ότι ο εσωτερικός φωτισμός, ο εξοπλισμός και ο αριθμός των ενοίκων, στην ουσία συνεισφέρουν πολύ λιγότερο συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές του 3ου ορόφου, επειδή πρόκειται για κατοικία στην οποία ζει ένα άτομο επομένως η αναλογία εμβαδού ανά χρήστη είναι πολύ μεγάλη (25m<sup>2</sup>/άτομο). Οι μεγαλύτερες απώλειες σημειώνονται από τις στέγες, στο τμήμα που λειτουργεί ως δώμα σε όλα τα δωμάτια που αντιστοιχούν στις δύο ελεύθερες όψεις. Οι απώλειες από τους υαλοπίνακες έχουν μειωθεί στο μισό συγκριτικά με τον 3ο όροφο και αυτό συμβαίνει επειδή τα παράθυρα εδώ έχουν διπλά τζάμια. Οι απώλειες λόγω διείσδυσης του αέρα εξακολουθούν να είναι σημαντικές, τελευταίες σε μέγεθος είναι οι απώλειες από τους τοίχους, Να σημειώσουμε εδώ ότι συνολικά οι τιμές διείσδυσης αέρα και απωλειών από τους τοίχους και τόσο στον 3ο όσο και στον 4ο όροφο είναι μικρότερες σε μέγεθος από τις αντίστοιχες των δύο πρώτων παραδειγμάτων, γεγονός που υποδηλώνει την καλή κατασκευή του κτηρίου σε συνδυασμό με τον ευνοϊκό προσανατολισμό του.

Ακολουθούν τα διαγράμματα των θερμικών κερδών και απωλειών των χώρων του διαμερίσματος.

ΚΕΡΔΗ kWh	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	ΓΡΑΦΕΙΟ	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-0,75	-1,50		-1,44	-0,77	-0,84
ΤΟΙΧΟΙ	-0,33	-0,69		-0,27	-0,56	-0,53
ΔΑΠΕΔΑ	2,07	4,53	0,30	1,86	1,11	1,11
ΣΤΕΓΕΣ	-3,07	-1,88	0,13	-2,09	-1,51	-1,68
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,39	-4,45	-0,41	-2,05	-1,06	-1,18
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,19	0,79	0,02	0,51	0,60	0,66
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,14	0,77	0,01	0,15	0,53	0,59
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,07	0,34	0,10	0,09	0,31	0,34
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	3,60	4,4817		4,51	3,05	3,317

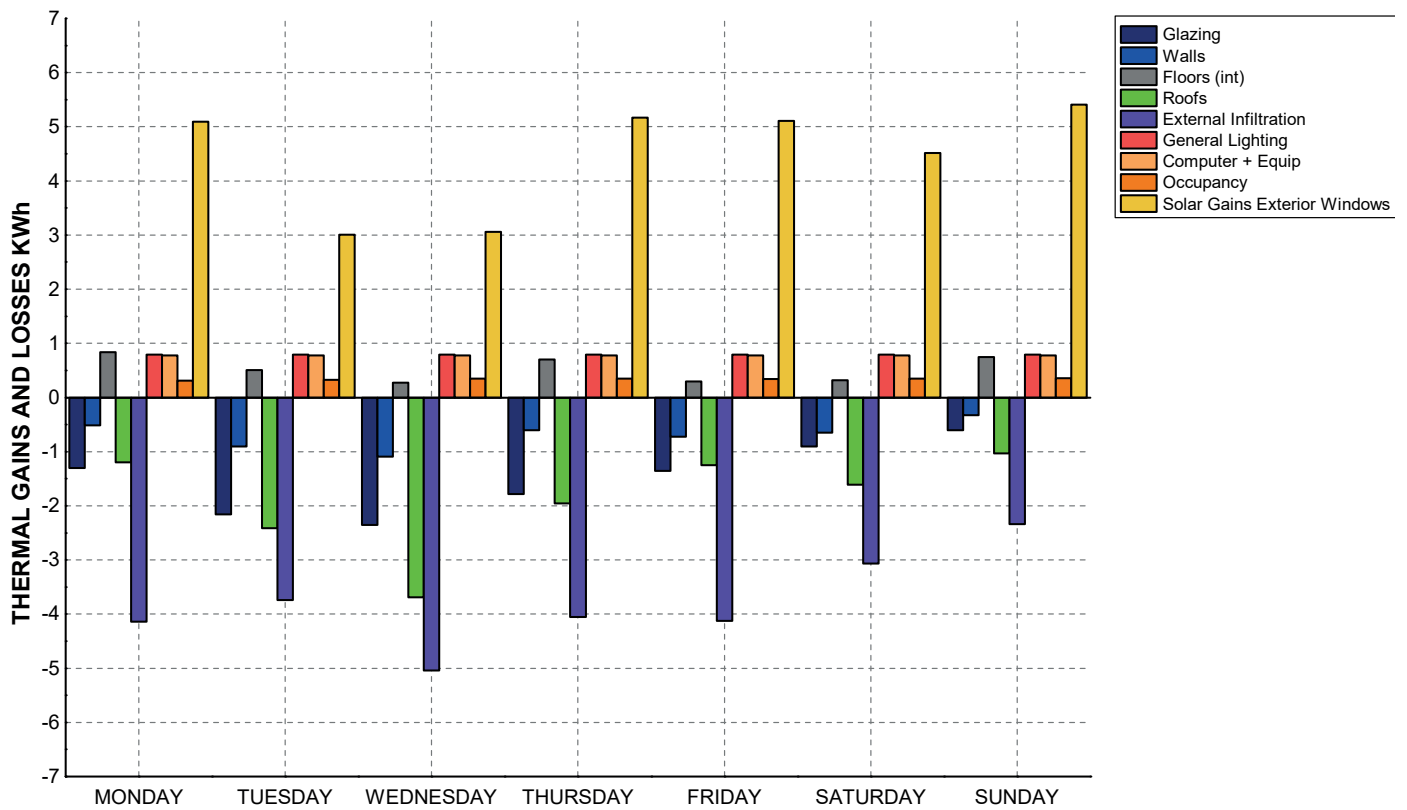
Πίνακας 4.3.14 Αποτελέσματα προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών , 4ος όροφος

### ZAIMI 1 4th Floor DINING ROOM



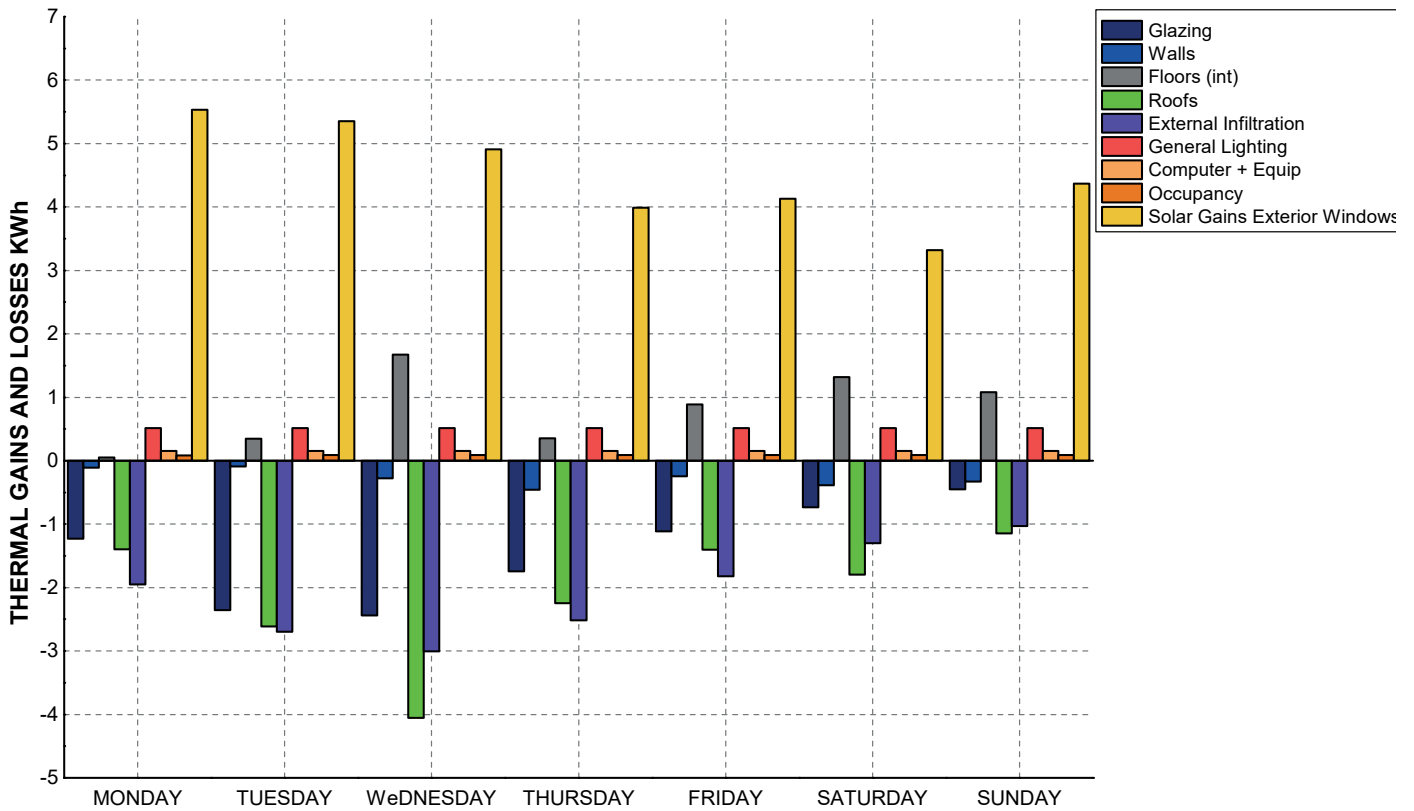
Εικόνα 4.3.20 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 4ος όροφος, νότιο δωμάτιο (τραπεζαρία)

### ZAIMI 1 4th Floor LIVING ROOM



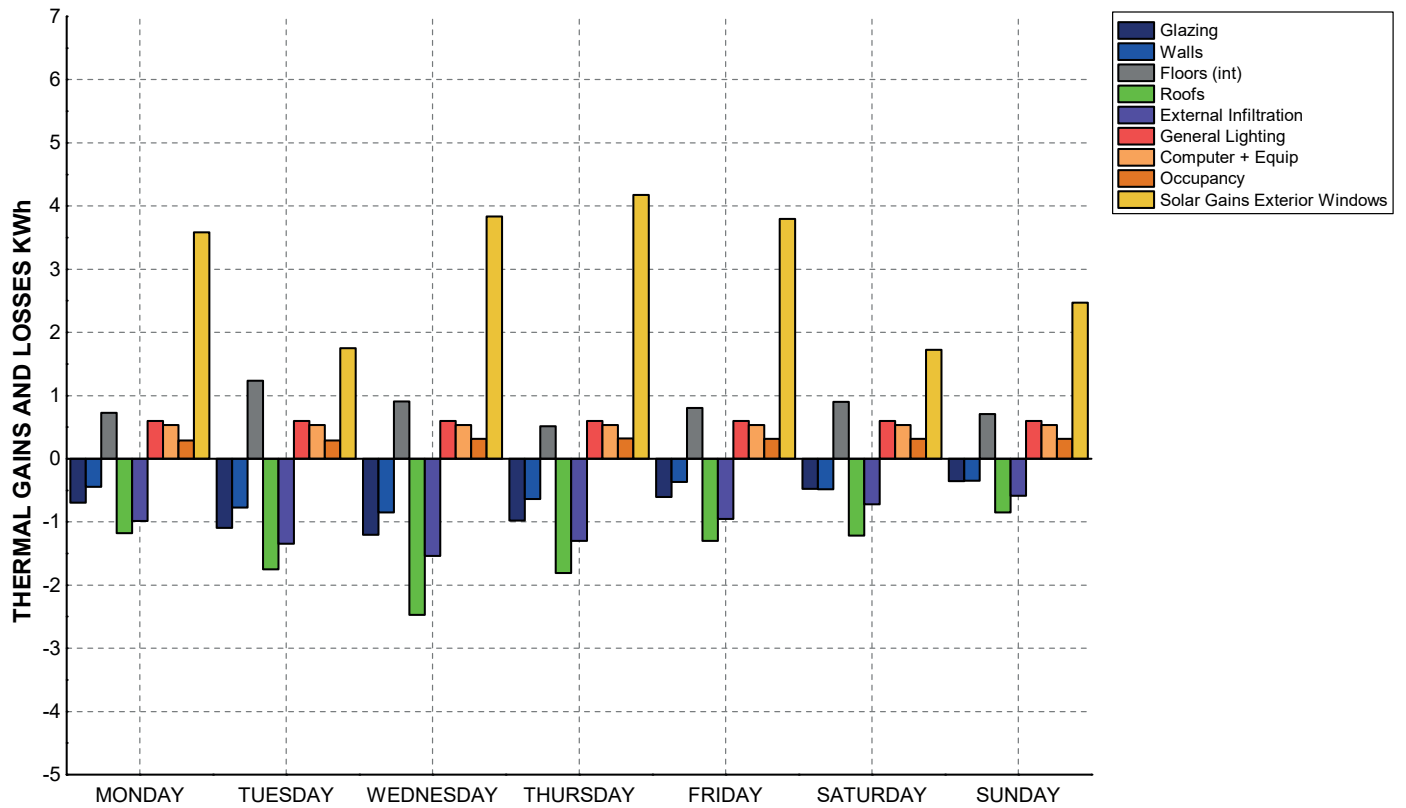
Εικόνα 4.3.21 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 4ος όροφος, νότιο δωμάτιο (καθιστικό)

### ZAIMI 1 4rth Floor OFFICE



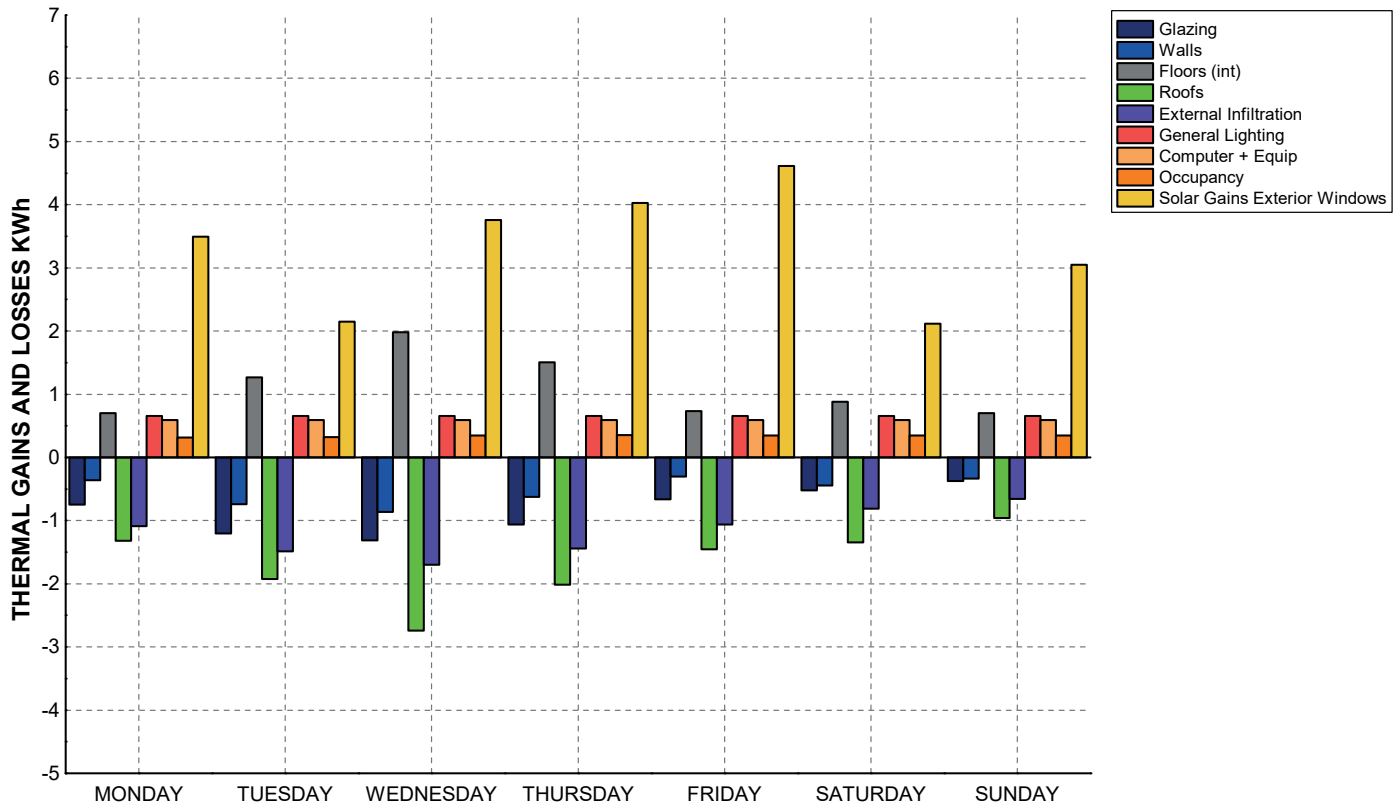
Εικόνα 4.3.22 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 4ος όροφος, γωνιακό δωμάτιο (γραφείο)

### ZAIMI 1 4rth Floor BEDROOM 1



Εικόνα 4.3.23 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 4ος όροφος, ανατολικό δωμάτιο (υπνοδωμάτιο1)

### ZAIMI 1 4th Floor BEDROOM 2



Εικόνα 4.3.24 Διάγραμμα θερμικών κερδών και απωλειών, 4ος όροφος, ανατολικό δωμάτιο (υπνοδωμάτιο 2)

## ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

Στο σημείο αυτό εξετάζεται, όμοια με τα δύο προηγούμενα παραδείγματα, η συμπεριφορά του κελύφους του κτηρίου σε 3 διαφορετικές περιπτώσεις. Η πρώτη περίπτωση εξετάζει τη συμπεριφορά του κτηρίου τις ψυχρότερες μέρες του χειμώνα ώστε να ελεγχθεί ο βαθμός αύξησης των απωλειών και η σημασία της ύπαρξης θέρμανσης στους χώρους. Στη δεύτερη περίπτωση εξετάζεται η λειτουργία του κτηρίου με θέρμανση, πάλι σε χαμηλές θερμοκρασίες και τέλος, ελέγχεται η αποτελεσματικότητα της τοποθέτησης μόνωσης σε τοίχους και στο δώμα.

### 3ος όροφος

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι συνθήκες άνεσης και τα κέρδη του διαμερίσματος του 3ου ορόφου. Οι εξωτερικές συνθήκες έχουν ορισθεί την εβδομάδα 13-19 Ιανουαρίου, με μέση θερμοκρασία 10 °C. Μια πρώτη σημαντική παρατήρηση είναι ότι στην περίπτωση των συνθηκών του χειμώνα χωρίς θέρμανση, η θερμοκρασία των νότιων δωματίων κυμαίνεται στους 17,5 °C-18 °C ενώ των ανατολικών στους 16 °C. Αμέσως κατανοούμε το πλεονέκτημα του νότιου προσανατολισμού έναντι του ανατολικού. Ακόμη, η λειτουργική θερμοκρασία, η οποία λαμβάνει υπόψιν της την ταχύτητα του αέρα, έχει σχεδόν όμοιες τιμές με τη θερμοκρασία αέρα, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα υπάρχοντα ρεύματα αέρα δεν επηρεάζουν σημαντικά τις εσωτερικές συνθήκες. Η υγρασία στους χώρους κυμαίνεται σε φυσιολογικές τιμές ~40%, γεγονός που υποδηλώνει τη σωστή λειτουργία του κελύφους στην προστασία από την υγρασία. Ο δείκτης PMV για τα νότια δωμάτια (ΓΡΑΦΕΙΟ 1,2) είναι ~-1,3 και δηλώνει πως οι χώροι είναι 'ψυχροί', ενώ για τα ανατολικά δωμάτια, ο δείκτης είναι -1,80 υποδεικνύοντας ότι τα δωμάτια χαρακτηρίζονται ως 'αρκετά ψυχρά'. Σε γενικές γραμμές, το κέλυφος συμπεριφέρεται αρκετά αποτελεσματικά καθώς οι τιμές θερμοκρασίας δεν απέχουν σημαντικά από τη φυσιολογική(20), επομένως με περιορισμένη χρήση θέρμανσης μπορούν να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης.

Στην περίπτωση της ύπαρξης συστήματος θέρμανσης στο χώρο, το οποίο λειτουργεί 9.30-16.30, με θερμοστάτη, δηλαδή τις ώρες που το διαμέρισμα λειτουργεί ως γραφείο παρατηρούμε μια σημαντική αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας. Η μέση τιμή θερμοκρασίας αέρα για τα νότια δωμάτια είναι ~21 °C, ενώ για τα ανατολικά ~20 °C και για το γωνιακό 19 °C. Ομοίως, η θερμοκρασία λειτουργίας έχει παρόμοιες τιμές επομένως ο χώρος δεν επηρεάζεται από ρεύματα αέρα. Τα επίπεδα υγρασίας στα

νότια δωμάτια παραμένουν γύρω στο 40%, όμως στα δυτικά δωμάτια αυξάνεται γύρω στο 45%. Η αύξηση αυτή δεν είναι σημαντική και μπορεί να οφείλεται στις εξωτερικές συνθήκες τις οποίες υπολογίζει το πρόγραμμα. Τέλος, ο συντελεστής PMV μειώνεται στο μισό συγκριτικά με την περίπτωση απουσίας θέρμανσης, έτσι οι νότιοι χώροι χαρακτηρίζονται ως 'ουδέτεροι', ενώ τα ανατολικά δωμάτια ως 'ελαφρώς ψυχρά'.

Τέλος, με την προσθήκη μόνωσης, οι εσωτερικές συνθήκες και πάλι βελτιώνονται, με τη θερμοκρασία των ανατολικών δωματίων να φτάνει τους 19,5 °C ενώ των ανατολικών του 18 °C. Η υγρασία παραμένει σε φυσιολογικά επίπεδα και ο δείκτης PMV υποδηλώνει ότι όλα τα δωμάτια χαρακτηρίζονται ελαφρώς ψυχρά. Βέβαια η τοποθέτηση της μόνωσης δεν αρκεί για να χαρακτηριστεί ο χώρος άνετος επομένως θα χρειαστεί και επιπλέον υποστήριξη θέρμανσης ώστε να επιτευχθούν συνθήκες άνεσης. Δημιουργείται, λοιπόν, το ερώτημα της αναγκαιότητας τοποθέτησης μόνωσης σε ένα κτήριο που συμπεριφέρεται αρκετά αποτελεσματικά χωρίς αυτήν. Μήπως, δηλαδή, η τοποθέτηση μόνωσης σε όλους τους περιμετρικούς ελεύθερους τοίχους είναι ασύμφορη οικονομικά, ενώ η χρήση της θέρμανσης μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του διαμερίσματος χωρίς επιπλέον επεμβάσεις;

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ °C					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	22,75	18,47	20,95	22,97
	min	18,54	17,53	20,32	14,99
	average	20,81	17,88	20,69	19,64
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	23,32	17,96	21,31	22,12
	min	18,67	16,84	20,52	14,95
	average	21,32	17,48	20,95	19,20
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	23,42	17,56	21,25	20,18
	min	18,78	14,99	20,49	15,02
	average	21,51	16,88	20,88	18,15
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	21,25	16,49	19,39	20,26
	min	17,84	15,21	18,74	14,95
	average	19,32	15,86	19,13	17,94
ΓΡΑΦΕΙΟ 5	max	22,42	16,45	20,22	19,73
	min	18,27	14,94	19,39	15,24
	average	20,44	15,94	19,86	17,85
ΓΡΑΦΕΙΟ 6	max	22,12	15,86	19,87	18,98
	min	18,14	14,34	19,12	15,27
	average	20,16	15,31	19,54	17,45

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	22,65	17,99	20,89	23,28
	min	18,76	18,46	20,32	15,14
	average	20,84	17,98	20,64	19,84
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	23,20	17,88	21,21	22,35
	min	18,92	16,81	20,52	15,10
	average	21,36	17,53	20,89	19,36
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	23,29	17,60	21,16	20,27
	min	19,01	14,88	20,48	15,16
	average	21,54	16,85	20,82	18,24
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	21,31	16,60	19,45	20,64
	min	18,03	15,59	18,82	15,10
	average	19,46	16,09	19,17	18,21
ΓΡΑΦΕΙΟ 5	max	22,29	16,55	20,08	19,83
	min	18,47	14,82	19,35	15,41
	average	20,44	15,92	19,76	17,94
ΓΡΑΦΕΙΟ 6	max	22,02	15,98	19,74	19,08
	min	18,34	14,22	19,06	15,44
	average	20,18	15,31	19,44	17,54

Πίνακας 4.3.15 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης της θερμοκρασίας αέρα και λειτουργίας για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση, 3ος όροφος

ΥΓΡΑΣΙΑ %					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	59,44	37,61	51,58	48,50
	min	32,03	46,20	33,54	28,65
	average	43,88	41,90	41,98	37,16
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	58,96	47,10	53,34	58,41
	min	31,91	32,24	36,70	29,99
	average	43,56	38,56	43,88	40,78
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	max	58,53	47,22	56,63	58,67
	min	31,31	31,54	40,24	31,59
	average	43,00	39,16	49,81	41,97
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	62,10	48,34	53,12	59,65
	min	31,04	33,05	35,23	29,27
	average	44,31	39,07	41,46	41,04
ΓΡΑΦΕΙΟ 5	max	60,44	50,52	49,88	59,87
	min	33,07	34,46	39,75	32,74
	average	45,07	41,52	44,46	42,85
ΓΡΑΦΕΙΟ 6	max	60,93	52,09	56,68	57,09
	min	33,05	35,17	40,47	33,07
	average	45,22	42,60	46,98	41,92

PMV					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	max	-0,04	-1,23	-0,41	0,00
	min	-0,93	-1,11	-0,64	-1,82
	average	-0,50	-1,31	-0,51	-0,77
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	max	0,10	-1,22	-0,32	-0,21
	min	-0,89	-1,52	-0,59	-1,83
	average	-0,37	-1,33	-0,44	-0,88
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	max	-0,47	-1,68	-0,88	-0,74
	min	-1,21	-1,97	-1,12	-1,98
	average	-0,94	-1,82	-0,97	-1,29
ΓΡΑΦΕΙΟ 5	max	-0,12	-1,56	-0,59	-0,74
	min	-0,99	-1,97	-0,87	-1,98
	average	-0,59	-1,70	-0,71	-1,33
ΓΡΑΦΕΙΟ 6	max	-0,18	-1,70	-0,67	-0,98
	min	-1,02	-2,11	-0,94	-1,76
	average	-0,65	-1,84	-0,79	-1,31

Πίνακας 4.3.15 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης της σχετικής υγρασίας και του δείκτη PMV για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση, 3ος όροφος

Στους πίνακες των κερδών παρατηρούμε ότι οι βασικές πηγές θερμικών απωλειών και στις 3 περιπτώσεις είναι οι ίδιες, δηλαδή οι υαλοπίνακες, οι τοίχοι και η διείσδυση του αέρα μέσω των απειριών της κατασκευής, δηλαδή των κουφωμάτων και των κενών στο πάχος του κελύφους. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι απώλειες από τους τοίχους είναι αρκετά μικρές συγκριτικά με αυτές των υαλοπινάκων, ενώ σε σχετικά χαμηλά επίπεδα κινούνται και οι απώλειες λόγω θερμογεφυρών. Το μεγαλύτερο μέρος απωλειών από τη διείσδυση του αέρα οφείλεται στην κακή συναρμογή των κουφωμάτων και λιγότερο σε προβλήματα στην τοιχοποιία. Στην περίπτωση της θέρμανσης όλες οι απώλειες μειώνονται κατακόρυφα. Μάλιστα συνολικά στην εβδομάδα σε όλους τους χώρους η χρήση της θέρμανσης είναι πολύ μικρή με τις μεγαλύτερες τιμές στα ανατολικά δωμάτια που και πάλι δεν ξεπερνούν τις 2kWh. Μάλιστα αν αναλογισθούμε την κατανάλωση θέρμανσης στα δύο προηγούμενα παραδείγματα για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης, η οποία έφτανε σε τιμές 5-8kWh την εβδομάδα κατανοούμε ότι ο χώρος εδώ μπορεί να θερμανθεί αρκετά εύκολα και αποτελεσματικά. Στην περίπτωση της μόνωσης οι απώλειες στα ανατολικά γραφεία (ΓΡΑΦΕΙΟ 5,6) μειώνονται στο μισό τόσο στην περίπτωση των τοίχων όσο και σε αυτήν της διείσδυσης του αέρα. Στα νότια γραφεία οι διαφορές δεν είναι τόσο σημαντικές επομένως, στην όψη αυτή η μόνωση δεν προσφέρει ουσιαστική βελτίωση. Συνολικά, θα λέγαμε πως από τη στιγμή που οι μεγαλύτερες απώλειες εδώ οφείλονται στα ανοίγματα, πιθανώς η καλύτερη λύση θα ήταν η μερική ή ολική επιδιόρθωση ή αντικατάστασή τους με διπλούς υαλοπίνακες. Η δυσκολία του εγχειρήματος αυτού έγκειται στην ιδιαιτερότητα των κουφωμάτων αυτών, τα οποία αποτελούν ιδιοκατασκευή, που καθιστά δύσκολη την αντικατάστασή τους από νέα, αντίστοιχης ομοιότητας και ποιότητας.

ΚΕΡΔΗ KWh	ΓΡΑΦΕΙΟ 1			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,87	-5,07	-1,35	-4,54
ΤΟΙΧΟΙ	-0,67	-1,19	-0,03	-1,23
ΔΑΠΕΔΑ	0,67	0,96	0,11	0,82
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-2,16	-3,43	-2,75	-3,45
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	1,59	2,22	2,22	2,22
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	1,45	2,02	2,02	2,02
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,89	1,17	1,17	1,17
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	4,65	4,28	4,00	4,28
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			1,25	

ΚΕΡΔΗ KWh	ΓΡΑΦΕΙΟ 2			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,92	-4,55	-1,40	-3,76
ΤΟΙΧΟΙ	-0,51	-2,58	-0,22	-1,33
ΔΑΠΕΔΑ	0,67	0,82	0,41	0,93
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-3,31	-4,80	-4,12	-4,36
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	2,51	3,51	3,51	2,51
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	2,20	3,08	3,08	2,20
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	1,33	2,32	2,01	1,41
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	4,94	5,18	6,26	6,59
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			0,93	

ΚΕΡΔΗ KWh	ΓΡΑΦΕΙΟ 4			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-2,26	-6,59	-1,69	-4,53
ΤΟΙΧΟΙ	-1,09	-2,67	-0,56	-1,92
ΔΑΠΕΔΑ	1,47	-0,21	0,91	0,89
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-2,12	-3,23	-2,61	-3,02
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,85	1,58	1,12	1,13
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,83	1,15	1,16	0,83
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,63	0,99	0,91	0,62
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	6,02	5,21	5,84	5,45
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			1,46	

ΚΕΡΔΗ KWh	ΓΡΑΦΕΙΟ 5			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,52	-3,75	-1,16	-3,18
ΤΟΙΧΟΙ	-0,80	-1,87	-0,83	-0,80
ΔΑΠΕΔΑ	0,67	-0,20	0,39	0,48
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,62	-2,23	-1,92	-2,02
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	1,35	1,94	1,89	1,37
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	1,18	1,70	1,65	1,20
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,78	1,38	1,17	0,88
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	3,75	5,19	4,93	4,45
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			1,86	

ΚΕΡΔΗ KWh	ΓΡΑΦΕΙΟ 6			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,61	-3,61	-1,21	-3,25
ΤΟΙΧΟΙ	-0,86	-1,36	-0,85	-0,67
ΔΑΠΕΔΑ	0,76	0,03	0,51	0,63
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,58	-1,95	-1,85	-1,89
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	1,36	1,36	1,90	1,36
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	1,05	1,05	1,47	1,05
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,73	0,91	1,10	0,81
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	4,17	5,56	4,91	4,49
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			1,02	

Πίνακας 4.3.15 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση, 3ος όροφος

#### 4ος όροφος

Στον 4ο όροφο οι θερμοκρασίες την κρύα εβδομάδα του χειμώνα είναι αρκετά πιο χαμηλές συγκριτικά με τον 3ο όροφο. Στα νότια δωμάτια (τραπεζαρία, καθιστικό) η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 15 °C, στα ανατολικά στους 14,5 °C και στο γωνιακό στους 14 °C, δείχνοντας τη σαφή διαφορά με τα αντίστοιχα δωμάτια του 3ου ορόφου που είχαν εσωτερική θερμοκρασία 17 -18 °C. Η μεγάλη αυτή διαφορά προκύπτει από το γεγονός ότι σε όλα αυτά τα δωμάτια, το μεγαλύτερο μέρος της οροφής λειτουργεί ως δώμα, με μεγάλες απώλειες από το σημείο αυτό. Η υγρασία παραμένει σε φυσιολογικά επίπεδα περίπου 40% και ο δείκτης PMV δηλώνει πως τα δωμάτια στην πλειοψηφία τους χαρακτηρίζονται ως 'αρκετά ψυχρά'. Παρατηρούμε ότι εδώ η αντικατάσταση των κουφωμάτων από σύγχρονα, δεν έχει καταφέρει να εξισορροπήσει τις απώλειες επομένως επιπλέον τοπικές επεμβάσεις είναι απαραίτητες. Στην περίπτωση, της ύπαρξης θέρμανσης τη χειμερινή περίοδο, η μέση θερμοκρασία αυξάνεται σημαντικά στους ~19 °C σε όλα τα δωμάτια. Εδώ παρατηρείται ένα παράδοξο όσον αφορά την υγρασία, η οποία αυξάνεται με τη λειτουργία της θέρμανσης φτάνοντας σε ποσοστό 45%. Πιθανώς αυτό να οφείλεται σε κάποια παράμετρο της προσομοίωσης που αλλοιώνει το αποτέλεσμα. Ο συντελεστής PMV έχει μέση τιμή -1 για τα ανατολικά δωμάτια και -1.5 για τα νότια υποδηλώνοντας πως οι χώροι χαρακτηρίζονται 'ελαφρά ψυχροί' και 'ψυχροί' αντίστοιχα. Τέλος, με την τοποθέτηση μόνωσης, σε χειμερινές συνθήκες, η θερμοκρασία στα νότια δωμάτια βελτιώνεται σημαντικά με μέση τιμή 18.5 °C και στα ανατολικά αυξάνεται έως τους 17 °C. Συνεπώς εδώ, η τοποθέτηση μονωτικού υλικού στο δώμα αλλά και στους τοίχους αποδίδει σημαντικά αφού οι τιμές θερμοκρασίας είναι όμοιες με τις αντίστοιχες στην περίπτωση της θέρμανσης. Μάλιστα, εδώ η υγρασία επιστρέφει σε φυσιολογικά ποσοστά ~40%, ενώ ο συντελεστής PMV για όλους τους χώρους δίνει τιμές όμοιες με αυτές της περίπτωσης της θέρμανσης.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ °C					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	19,37	15,81	18,83	20,93
	min	16,55	13,90	18,41	15,72
	average	17,50	14,93	18,61	18,52
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	max	20,55	16,02	19,17	19,95
	min	17,61	14,95	18,64	15,96
	average	18,67	15,43	18,94	18,17
ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	20,84	15,76	19,76	18,55
	min	18,02	14,19	19,13	16,23
	average	19,22	15,26	19,39	17,50
ΓΡΑΦΕΙΟ	max	19,21	15,07	18,54	18,86
	min	15,96	12,67	17,96	15,49
	average	17,12	14,02	18,27	17,23
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	max	20,15	15,18	19,23	18,80
	min	17,35	13,85	18,66	16,78
	average	18,27	14,62	18,99	17,77
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	max	20,19	14,81	19,20	18,40
	min	17,39	13,59	18,63	16,76
	average	18,31	14,30	18,96	17,56

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	19,56	16,00	18,74	21,27
	min	16,80	14,22	18,14	15,80
	average	17,70	15,17	18,44	18,78
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	max	20,83	16,26	19,22	20,36
	min	17,72	15,29	18,40	16,02
	average	18,95	15,76	18,90	18,47
ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	21,05	15,96	19,45	18,81
	min	18,14	14,34	19,00	16,32
	average	19,44	15,47	19,21	17,71
ΓΡΑΦΕΙΟ	max	19,48	15,35	18,54	19,34
	min	16,31	13,08	17,96	15,61
	average	17,39	14,36	18,27	17,59
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	max	20,24	15,22	18,96	19,01
	min	17,51	14,08	18,37	16,73
	average	18,37	14,75	18,67	17,89
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	max	20,28	14,86	18,92	18,60
	min	17,56	13,74	18,32	16,71
	average	18,41	14,41	18,63	17,68

Πίνακας 4.3.16 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης της θερμοκρασίας αέρα και λειτουργίας για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση, 4ος όροφος



ΥΓΡΑΣΙΑ %					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	65,78	49,62	55,33	56,97
	min	32,93	33,73	38,43	26,01
	average	47,09	39,50	46,31	38,30
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	max	63,24	47,78	48,17	56,20
	min	30,40	32,55	38,77	27,62
	average	44,07	38,27	44,39	38,82
ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	61,48	47,52	57,37	56,21
	min	28,37	31,11	33,31	29,28
	average	42,68	38,58	42,81	39,81
ΓΡΑΦΕΙΟ	max	66,95	52,08	54,25	59,24
	min	34,16	36,80	35,15	29,36
	average	48,26	41,86	45,07	40,92
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	max	64,76	50,70	53,37	56,43
	min	32,53	35,47	30,04	30,52
	average	46,44	40,99	45,36	40,46
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	max	64,55	51,75	55,45	56,54
	min	32,53	36,02	39,47	30,83
	average	46,33	41,80	46,87	40,86

PMV					
		ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ	max	-1,41	-2,46	-1,58	-1,06
	min	-2,25	-2,99	-1,81	-2,44
	average	-1,94	-2,70	-1,68	-1,69
ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ	max	-0,84	-2,10	-1,21	-1,07
	min	-1,59	-2,39	-1,46	-2,08
	average	-1,35	-2,25	-1,31	-1,51
ΕΙΣΟΔΟΣ -HALL	max	-0,87	-2,23	-1,19	-1,55
	min	-1,57	-2,72	-1,44	-2,11
	average	-1,31	-2,41	-1,32	-1,80
ΓΡΑΦΕΙΟ	max	-1,01	-2,11	-1,22	-1,16
	min	-1,87	-2,70	-1,47	-1,97
	average	-1,55	-2,36	-1,33	-1,54
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1	max	-0,66	-1,87	-0,89	-1,05
	min	-1,37	-2,21	-1,14	-1,48
	average	-1,12	-2,02	-1,00	-1,27
ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2	max	-0,65	-1,95	-0,90	-1,14
	min	-1,36	-2,28	-1,15	-1,49
	average	-1,11	-2,10	-1,01	-1,32

Πίνακας 4.3.17 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης της σχετικής υγρασίας και του δείκτη PMV για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση, 4ος όροφος

Στους πίνακες των θερμικών κερδών και απωλειών παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες απώλειες προέρχονται από το δώμα, με τιμές σχεδόν τετραπλάσιες σε σύγκριση με τις αντίστοιχες των υαλοπινάκων, των τοίχων και των θερμογεφυρών. Να τονίσουμε εδώ ότι οι απώλειες από τα τζάμια έχουν υποτριπλασιαστεί χάρη στους διπλούς υαλοπίνακες που έχουν αντικαταστήσει τα παλιά μονά τζάμια. Με τη λειτουργία της θέρμανσης δεν αλλάζουν ουσιαστικά οι τιμές των απωλειών, όμως μπορούμε να ελέγξουμε το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας για την επίτευξη συνθηκών άνεσης. Εδώ παρατηρούμε ότι η εβδομαδιαία, μέση δαπανώμενη ενέργεια είναι στα νότια δωμάτια 3,5-4 kWh ενώ στα δυτικά ~2kWh, με τη μεγαλύτερη τιμή κατανάλωσης στο γωνιακό δωμάτιο. Οι τιμές αυτές είναι σχεδόν τριπλάσιες της ενέργειας που καταναλώνεται στις αντίστοιχες συνθήκες στον τρίτο όροφο επομένως κατανοούμε πως εδώ η τοποθέτηση μόνωσης στο δώμα είναι μια αποτελεσματική επέμβαση τόσο σε ενεργειακό όσο και σε οικονομικό επίπεδο. Πράγματι, μελετώντας τα αποτελέσματα των κερδών στην περίπτωση της μόνωσης παρατηρούμε ότι, οι απώλειες των στεγών υποδιπλασιάζονται. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι οι τοίχοι δεν υφίστανται καμία ουσιαστική βελτίωση με την τοποθέτηση της μόνωσης καθώς οι απώλειες δια μέσου αυτών παραμένουν σταθερές όπως στην περίπτωση των αμόνωντων δομικών στοιχείων. Επιβεβαιώνεται, λοιπόν, η διαπίστωση ότι η μόνωση στους τοίχους πιθανώς είναι μια δαπανηρή χειρονομία με αναμφίβολα αποτελέσματα. Ο συνδυασμός ενός καλά μονωμένου δώματος, με τα καινούρια κουφώματα και την περιορισμένη λειτουργία της θέρμανσης αποτελεί μια πιο οικονομική και ενεργειακά αποδοτική λύση.

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-0,75	-0,97	-0,56	-0,86
ΤΟΙΧΟΙ	-0,33	-0,73	0,10	-0,73
ΔΑΠΕΔΑ	2,07	1,11	1,09	0,29
ΣΤΕΓΕΣ	-3,07	-4,94	-3,10	-1,90
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,39	-1,77	-1,38	-2,01
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,19	0,19	0,19	0,19
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,14	0,14	0,14	0,14
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,07	0,07	0,07	0,06
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	3,60	3,62	4,42	4,05
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			2,64	

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,44	-1,67	-1,00	-1,11
ΤΟΙΧΟΙ	-0,27	-1,24	-0,55	-0,73
ΔΑΠΕΔΑ	1,86	0,43	0,94	0,70
ΣΤΕΓΕΣ	-2,09	-3,09	-2,04	-1,10
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-2,05	-5,03	-3,90	-5,12
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,51	0,79	0,79	0,79
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,15	0,77	0,77	0,77
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,09	0,37	0,33	0,34
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	4,51	4,45	2,06	5,43
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			3,53	

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΓΡΑΦΕΙΟ			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-0,77	-2,73	-1,20	-2,34
ΤΟΙΧΟΙ	-0,56	-1,51	-0,24	-1,33
ΔΑΠΕΔΑ	1,11	0,40	0,70	0,24
ΣΤΕΓΕΣ	-1,51	-4,10	-2,86	-1,52
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,06	-2,43	-2,06	-2,67
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,60	0,51	0,51	0,51
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,53	0,1523	0,15	0,15
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,31	0,086	0,08	0,09
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	3,05	5,31	2,37	5,55
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			3,67	

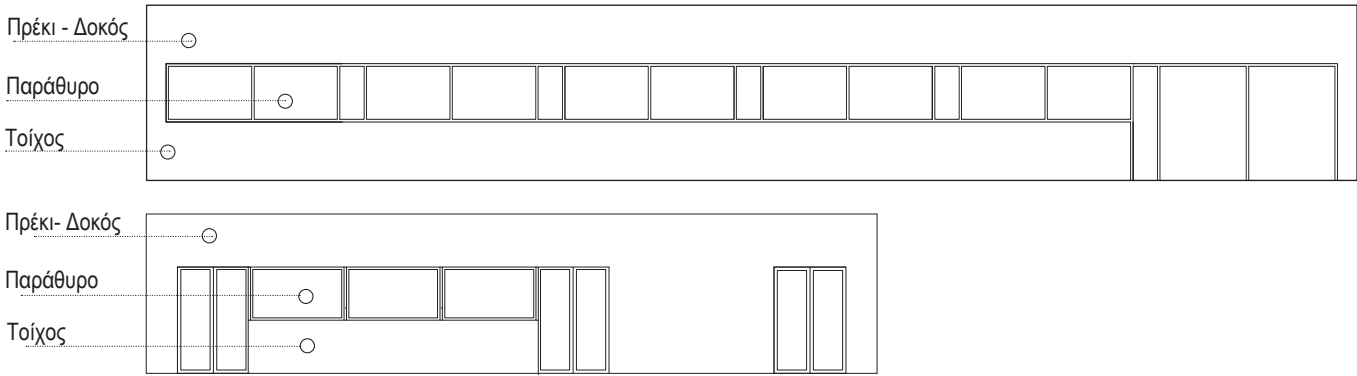
ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-0,84	-1,15	-0,65	-1,26
ΤΟΙΧΟΙ	-0,53	-1,10	-0,67	-0,56
ΔΑΠΕΔΑ	1,11	0,39	0,39	0,26
ΣΤΕΓΕΣ	-1,68	-2,15	-1,79	-0,64
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-1,18	-1,14	-0,99	-1,23
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,66	0,5955	0,60	0,60
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,59	0,5303	0,53	0,53
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,34	0,318	0,31	0,32
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	3,32	2,59	2,36	2,59
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			2,11	

ΚΕΡΔΗ ΚWh	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2			
	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ	ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΜΟΝΩΣΗ
ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	-1,50	-1,18	-0,71	-1,37
ΤΟΙΧΟΙ	-0,69	-1,09	-0,71	-0,57
ΔΑΠΕΔΑ	0,53	0,45	0,40	0,27
ΣΤΕΓΕΣ	-1,88	-2,25	-1,91	-0,65
ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ	-4,45	-1,20	-1,09	-1,32
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ	0,79	0,66	0,66	0,66
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ - COMPUTERS	0,77	0,59	0,59	0,59
ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ	0,34	0,39	0,34	0,35
ΗΛΙΑΚΑ ΚΕΡΔΗ	4,48	3,42	2,62	2,90
ΘΕΡΜΑΝΣΗ			2,33	

Πίνακας 4.3.18 Συγκριτική παράθεση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης των θερμικών κερδών και απωλειών για τις περιπτώσεις χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση, 4ος όροφος

## ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ



Εικόνα 4.3.25 Απεικόνιση των εξεταζόμενων στοιχείων του κελύφους στις δύο ελεύθερες όψεις του κτηρίου

### 3ος όροφος

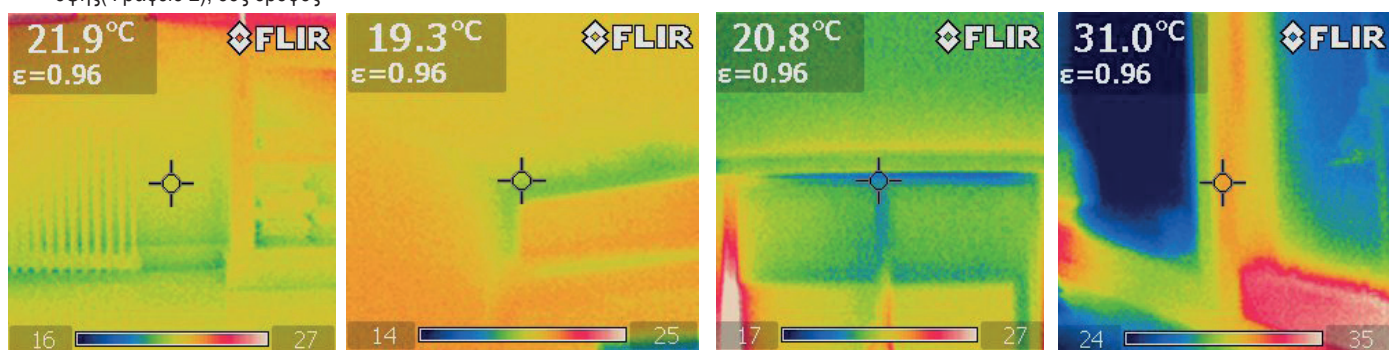
Στους παραπάνω πίνακες και επιτόπιες λήψεις με θερμοκάμερα παρουσιάζεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας των στοιχείων του εξωτερικού περιβλήματος του κτηρίου, στις δύο ελεύθερες όψεις του. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρήσεις γίνονται στην τοιχοποιία, τη δοκό και σε ενδεικτικό παράθυρο του κάθε χώρου ώστε να διαπιστωθεί που βρίσκονται οι μεγαλύτερες απώλειες και πώς συμπεριφέρεται το κάθε στοιχείο του κελύφους ανάλογα με το υλικό, τη θέση και τον προσανατολισμό του. Οι εικόνες, οι οποίες απεικονίζουν τις αντίστοιχες πραγματικές τιμές στα στοιχεία του κελύφους, σε πρωινές ώρες (10-12a.m) για τον 3ο όροφο και σε βραδινές (20.00 p.m) για τον 4ο, όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή και οι απώλειες να μεγιστοποιούνται. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τη προσομοίωση με τις επιτόπιες μετρήσεις μπορούμε να συγκρίνουμε διαφορές και αποκλίσεις μεταξύ των δύο καταστάσεων (θεωρητικής και επιτόπιας).

Ξεκινώντας από τον 3ο όροφο παρατηρούμε ότι συγκριτικά με τις υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες που μετρήθηκαν επί τόπου αλλά και που αποδείχτηκαν μέσω της προσομοίωσης, οι φωτογραφίες της θερμοκάμερας εμφανίζουν μικρές διαφορές. Στο νότιο δωμάτιο (ΓΡΑΦΕΙΟ 1), παρατηρούμε ότι η ποδιά του παραθύρου έχει θερμοκρασία ~22 °C, η οποία αντιστοιχεί στην εσωτερική θερμοκρασία του δωματίου. Αντίθετα, η δοκός του δωματίου, έχει αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία εσωτερική ~19 °C, που δηλώνει ότι στο στοιχείο αυτό έχουμε απώλειες. Αυτό δικαιολογείται αν λάβουμε υπόψιν μας την κατασκευή του κελύφους, στην οποία ανάμεσα στο τύμπανο του παραθύρου και την περιμετρική δοκό υπάρχει κενό ~ 15cm. Άλλωστε, στους πίνακες των απωλειών, οι θερμικές απώλειες από τη διείσδυση του αέρα ήταν αυξημένες επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ένα τμήμα τους πιθανώς οφείλεται στις δοκούς. Η μέτρηση που έγινε στο σιδερένιο κούφωμα του παραθύρου δίνει μια υψηλή τιμή θερμοκρασίας, που είναι απόλυτα λογική αν αναλογιστούμε πως τις πρωινές ώρες η νότια όψη δέχεται έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Μάλιστα, όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη, τις μεσημεριανές ώρες η θερμοκρασία των κουφωμάτων αγγίζει υπερβολικά υψηλές τιμές (31 °C), γεγονός που αποτελεί οριακό πρόβλημα στη χρήση τους όπως φαίνεται στις μικρογραφίες. Σύμφωνα με το πρόγραμμα, υπάρχει μια μικρή διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τοίχου και δοκού περίπου 1 °C αντίστοιχη με αυτή που σημειώνεται στις επιτόπιες μετρήσεις. Ακόμη, η εσωτερική θερμοκρασία του παραθύρου πλησιάζει τους 19 °C κάτι που επίσης παρατηρήθηκε και στις φωτογραφίες του χώρους.

Στο γωνιακό γραφείο (ΓΡΑΦΕΙΟ 4), παρατηρούμε πως ο νότιος τοίχος διατηρεί σταθερή θερμοκρασία ~22 °C όπως και στο γραφείο 1. Εδώ τόσο στη νότια όψη, όσο και στην ανατολική τα δομικά στοιχεία (δοκός, ένωση δοκού -υποστυλώματος) και πάλι εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές 17.5 °C και 16 °C αντίστοιχα, αποδεικνύοντας και πάλι ότι στα σημεία αυτά έχουμε εντονότερες θερμικές απώλειες. Η θερμοκρασία του ανατολικού παραθύρου είναι περίπου 19 °C, αρκετά υψηλή, λόγω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, οι θερμοκρασίες των στοιχείων του κελύφους είναι ελαφρά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες της νότιας όψης. Η προσομοίωση έγινε στο νότιο τοίχο, ο οποίος έχει θερμοκρασία 19,5 °C, κατά 1 °C χαμηλότερη από τον αντίστοιχο τοίχο στο γραφείο 1. Να σημειώσουμε εδώ ότι οι δύο τοίχοι είναι από διαφορετικό υλικό, δηλαδή ο μεν τοίχος στο γραφείο 1 είναι χυτός από σκυρόδεμα και δε στο γωνιακό γραφείο είναι από ψαθωτή οπτοπλινθοδομή. Παρατηρούμε, λοιπόν, μια μικρή διαφορά στη συμπεριφορά τους και μάλιστα, ο τοίχος από οπτοπλινθοδομή, αν και παχύτερο σε πλάτος εμφανίζεται με μεγαλύτερες απώλειες, πιθανόν λόγω του κενού αέρα μεταξύ των δύο σειρών τούβλων. Παρόλα αυτά λειτουργούν εξίσου αποδοτικά και οι δύο. Στην προσομοίωση χαμηλότερη τιμή εμφανίζει και ο υαλοπίνακας του παραθύρου, λόγω της πιο περιορισμένης ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται.

ΓΡΑΦΕΙΟ 1				
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	22,25	16,22	14,12
	min	18,87	10,79	
	average	20,64	13,67	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	20,57	28,11	8,72
	min	17,47	17,96	
	average	18,45	22,69	
ΔΟΚΟΣ	max	22,17	20,80	11,89
	min	18,01	14,03	
	average	19,55	15,59	

Πίνακας 4.2.19 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της νότιας όψης( Γραφείο 2), 3ος όροφος



**Δωμάτιο 2:** Εξωτερικός Τοίχος - **Δωμάτιο 1:** Δοκάρι 1  
Ποδιά παραθύρου

**Δωμάτιο 2:** Κούφωμα Σιδερένιο

**Δωμάτιο 2:** Κούφωμα Σιδερένιο, υψηλή θερμοκρασία λόγω ηλιακής ακτινοβολίας

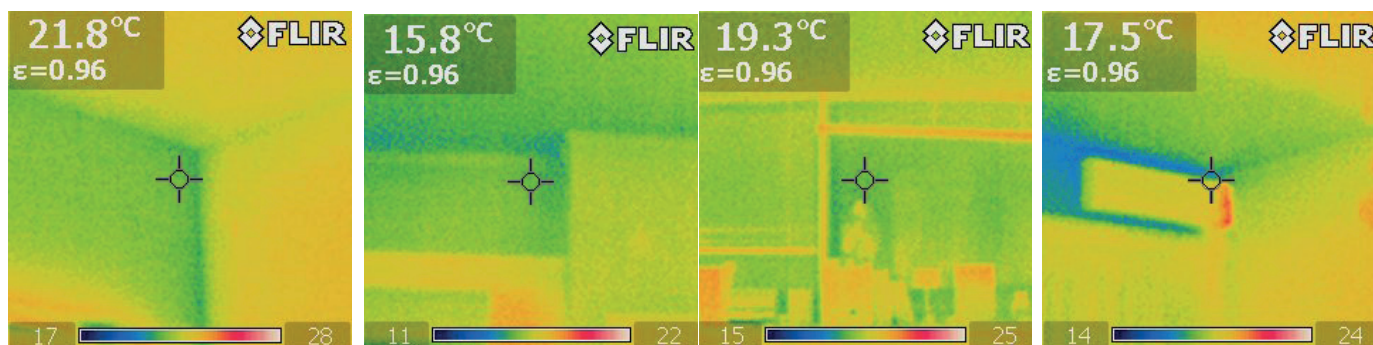
Εικόνα 4.1.26 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του Γραφείου1- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών, 3ος όροφος

Τέλος, το ανατολικό γραφείο εμφανίζει επίσης χαμηλότερες θερμοκρασίες από το νότιο τόσο στην ποδιά όσο και στην περιμετρική δοκό. Εδώ σημειώνονται στα δύο αυτά σημεία σοβαρότερες απώλειες καθώς η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας είναι στην περίπτωση της ποδιάς 17 °C και σε αυτήν της δοκού 16.5 °C. Συνεπώς, αν και τα κέρδη από τα παράθυρα παραμένουν στα ίδια επίπεδα, οι επιτόπιες φωτογραφίες διαφωνούν με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που θεωρούν ότι οι συνθήκες στο δωμάτιο είναι παρόμοιες με αυτές στη νότια όψη. Όμως και οι επιτόπιες μετρήσεις των εσωτερικών συνθηκών στον χώρο, δείχνουν πως η μέση θερμοκρασία είναι 21 °C, άρα πιθανώς η χαμηλή αυτή θερμοκρασία της μικρογραφίας τόσο στη δοκό όσο και στην ποδιά να οφείλεται στην ώρα και τις εξωτερικές συνθήκες που επικρατούσαν. Σε κάθε περίπτωση, αναμένουμε μεγαλύτερες απώλειες σε αυτά τα σημεία και γενικότερα στα ανατολικά δωμάτια όπου από ένα σημείο και μετά μέσα στην ημέρα δε δέχονται έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Συνολικά, παρατηρούμε ότι σε πιο ήπιες συνθήκες, σε εξωτερική θερμοκρασία 12 °C -14 °C, το κέλυφος συμπεριφέρεται ικανοποιητικά, έχοντας βέβαια ορισμένα προβλήματα κυρίως στα σημεία των ενώσεων των δομικών στοιχείων, όμως αυτό είναι αναμενόμενο λόγω της παλαιότητας της κατασκευής και των φθορών που έχει υποστεί. Ακόμη, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι τοίχοι δεν είναι μονωμένοι και έχουν μικρό πάχος(22-30cm), η απόδοσή τους είναι ιδιαίτερα καλή, αποδεικνύοντας πως η κατασκευή του κτηρίου ήταν αρκετά προσεγμένη όπως και η επιλογή όλων των υλικών.

		ΓΡΑΦΕΙΟ 4		
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	21,39	20,33	14,12
	min	18,15	13,05	
	average	19,57	16,23	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	19,88	27,58	8,72
	min	16,46	18,37	
	average	17,66	23,22	
ΔΟΚΟΣ	max	21,35	20,36	11,89
	min	18,19	13,23	
	average	19,56	16,13	

Πίνακας 4.2.20 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους του γωνιακού γραφείου(γραφείο 4), 3ος όροφος



Γραφείο 4: Δοκάρι πάνω από άνοιγμα κύριας όψης

Γραφείο 4: Δοκός περιμετρική

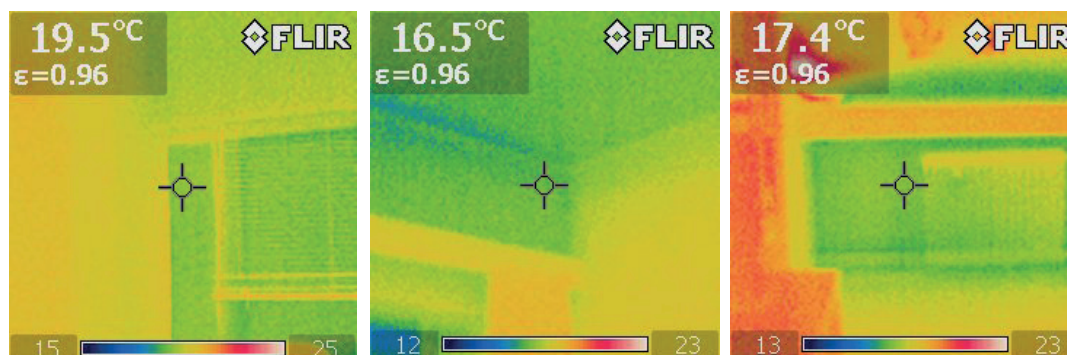
Γραφείο 4: Τζάμι μονό

Γραφείο 4: Δοκάρι- πλάκα

Εικόνα 4.1.27 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του Γραφείου 4- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών, 3ος όροφος

		ΓΡΑΦΕΙΟ 5		
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	21,48	19,42	14,12
	min	17,92	13,54	
	average	19,29	16,12	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	20,13	28,18	8,72
	min	17,20	19,05	
	average	18,13	23,41	
ΔΟΚΟΣ	max	22,15	18,92	11,89
	min	18,69	12,77	
	average	20,44	15,45	

Πίνακας 4.2.21 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής όψης (γραφείο 5), 3ος όροφος

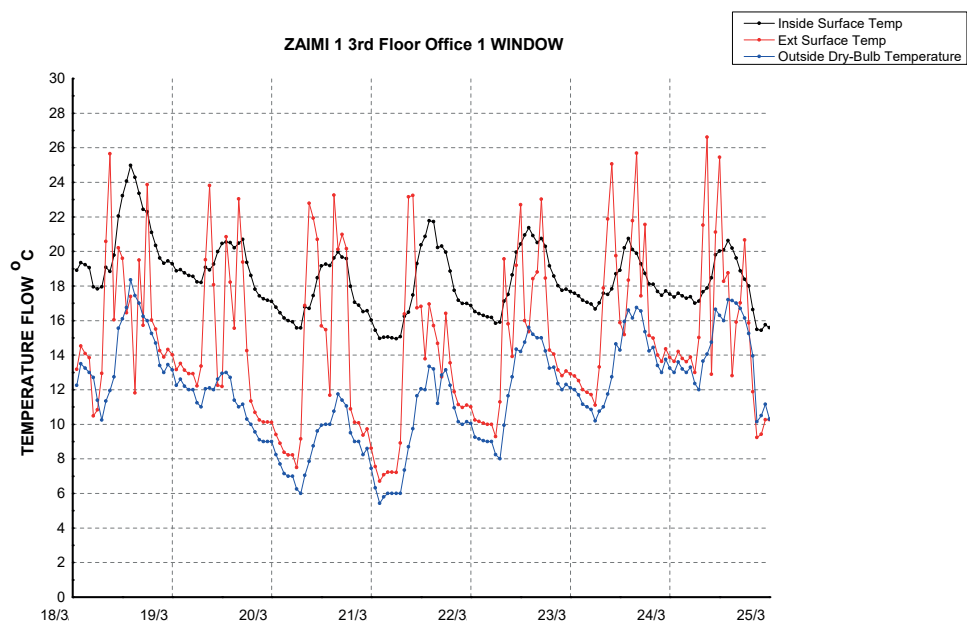
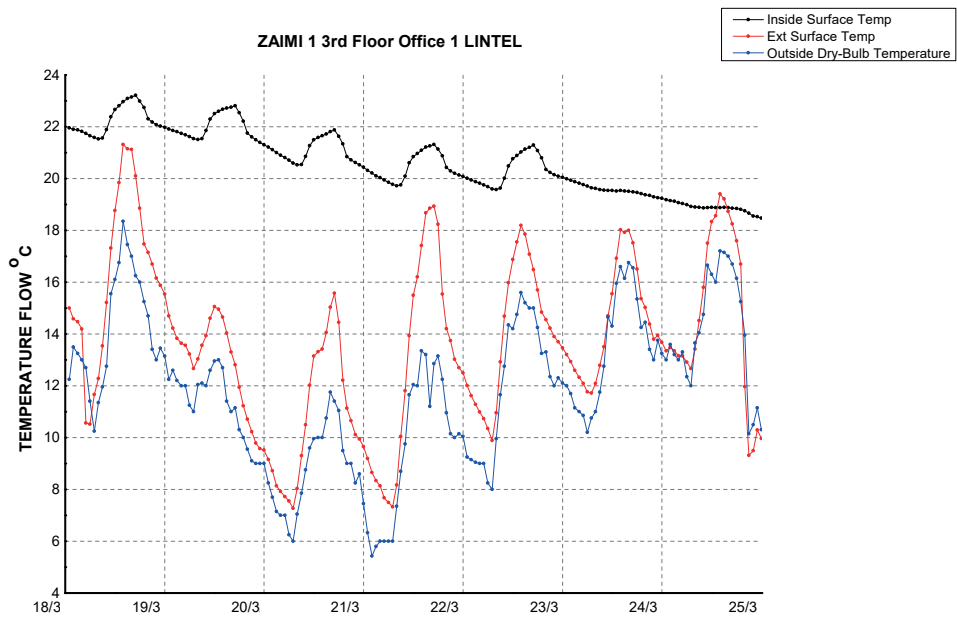
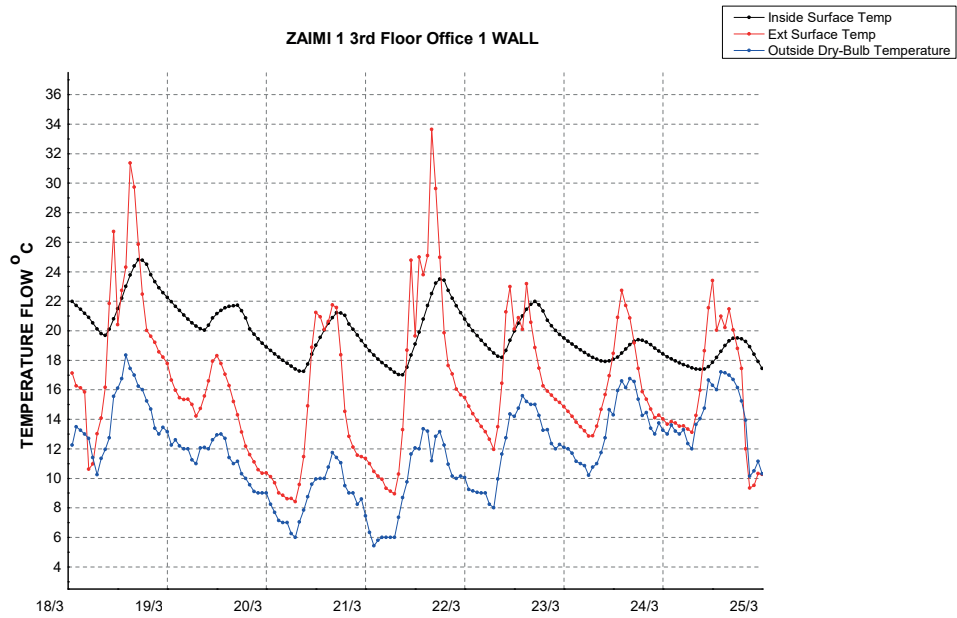


Γραφείο 5: Τζάμι μονό

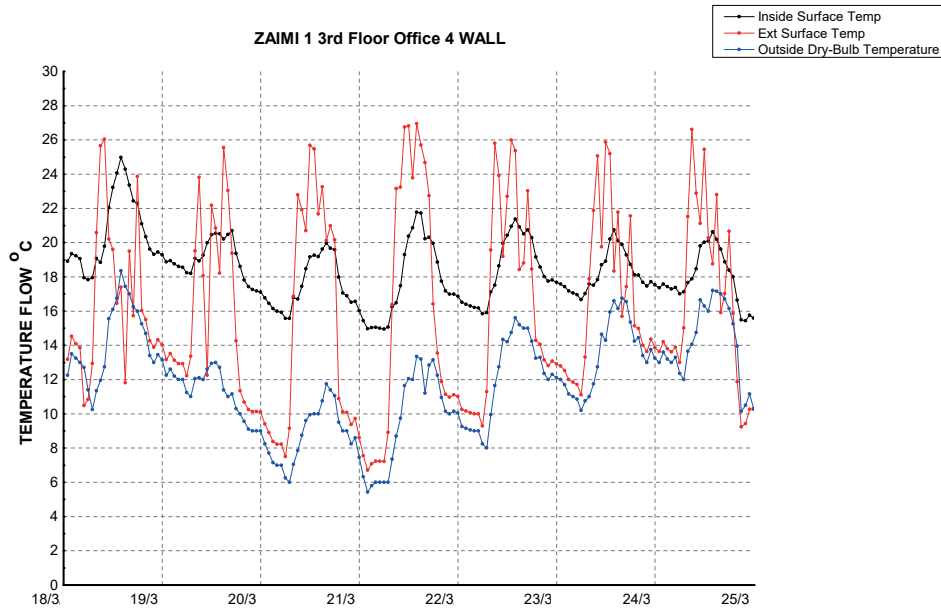
Γραφείο 5: Δοκός περιμετρική

Γραφείο 5: Ποδιά παραθύρου

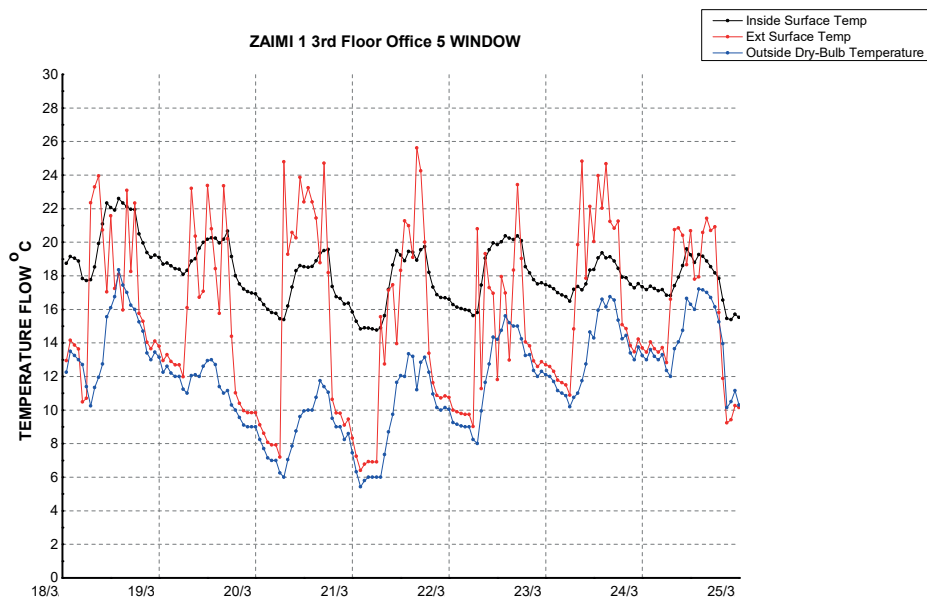
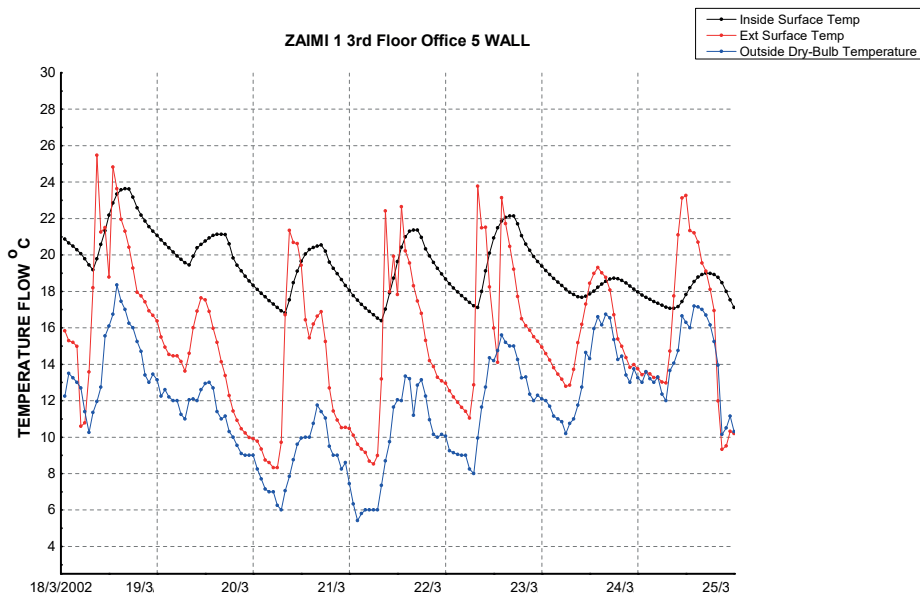
Εικόνα 4.1.28 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του Γραφείου 5- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών, 3ος όροφος



Εικόνα 4.1.29 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του νότιου τοίχου, προκιάς και παραθύρου (Γραφείο 1), 3ος όροφος



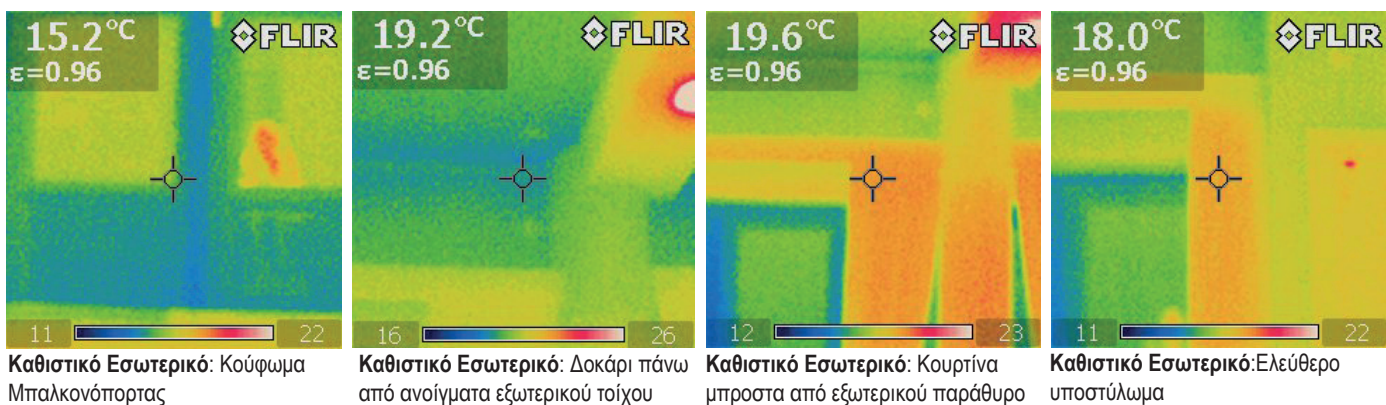
Εικόνα 4.1.30 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του τοίχου, πρεκιού και παραθύρου στο γωνιακό γραφείο (Γραφείο 4), 3ος όροφος



Εικόνα 4.1.31 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του ανατολικού τοίχου, πρεκιού και παραθύρου (Γραφείο 5), 3ος όροφος

ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ				
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	20,86	20,48	14,12
	min	17,25	13,66	
	average	18,41	16,52	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	19,79	26,40	8,72
	min	16,79	17,28	
	average	17,75	21,61	
ΔΟΚΟΣ	max	20,63	16,09	11,89
	min	17,69	10,62	
	average	18,88	13,50	

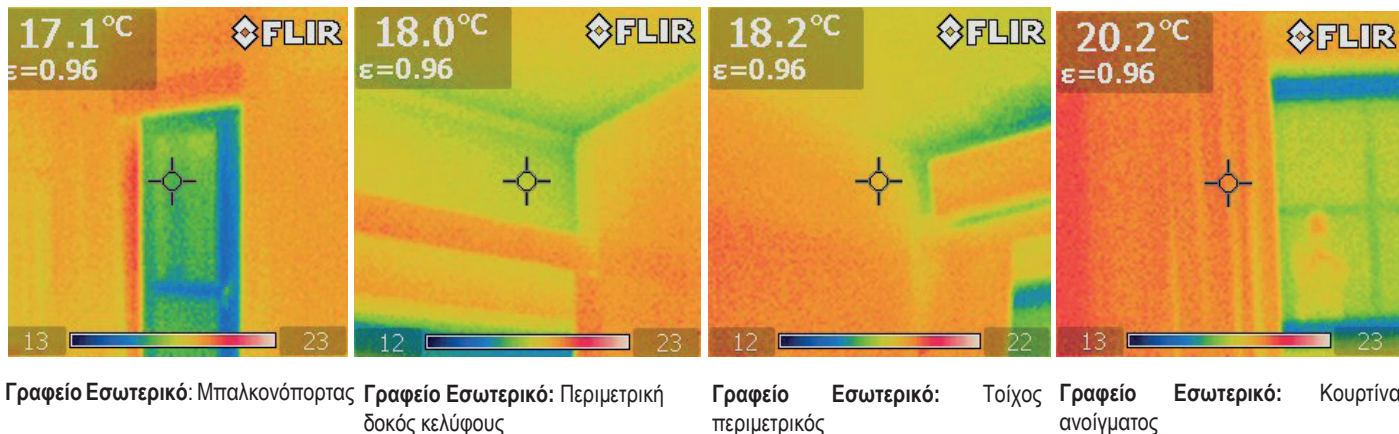
Πίνακας 4.2.22 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της νότιας όψης (καθιστικό), 4ος όροφος



Εικόνα 4.1.32 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του καθιστικού- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών, 4ος όροφος

ΓΡΑΦΕΙΟ				
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	19,71	20,13	14,12
	min	16,51	12,89	
	average	17,61	16,05	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	18,85	29,78	8,72
	min	14,82	18,17	
	average	16,43	23,64	
ΔΟΚΟΣ	max	19,77	20,15	11,89
	min	16,67	13,04	
	average	17,20	15,93	

Πίνακας 4.2.23 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους του γωνιακού γραφείου, 4ος όροφος

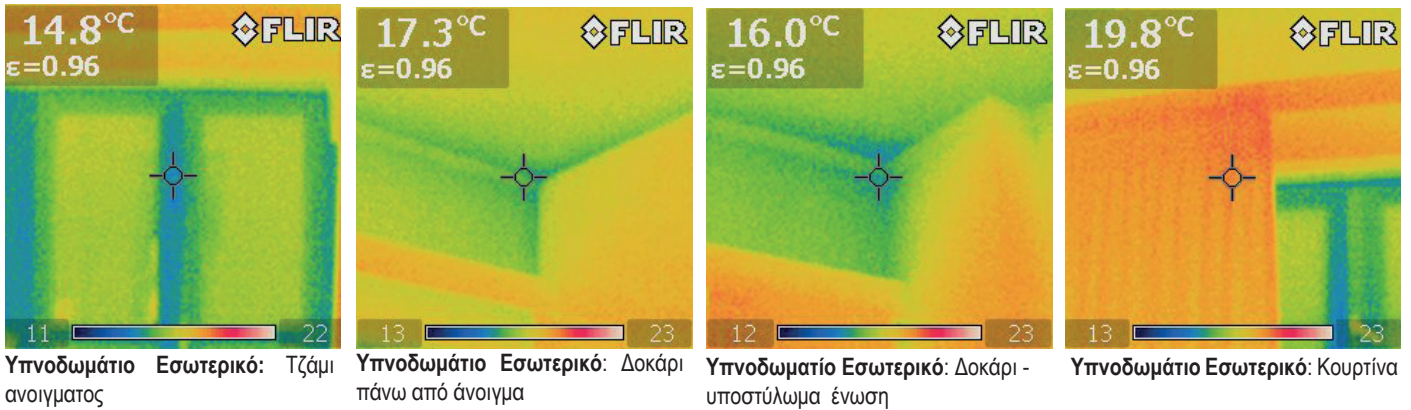


Εικόνα 4.1.33 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του γωνιακού γραφείου- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών, 4ος όροφος



ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ				
		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
		°C	°C	°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	19,91	18,87	14,12
	min	16,65	13,01	
	average	17,67	15,63	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	19,26	26,10	8,72
	min	16,10	17,87	
	average	17,27	21,84	
ΔΟΚΟΣ	max	20,08	16,51	11,89
	min	17,40	11,05	
	average	17,60	13,88	

Πίνακας 4.2.24 Αποτελέσματα της προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής όψης (υπνοδωμάτιο), 4ος όροφος



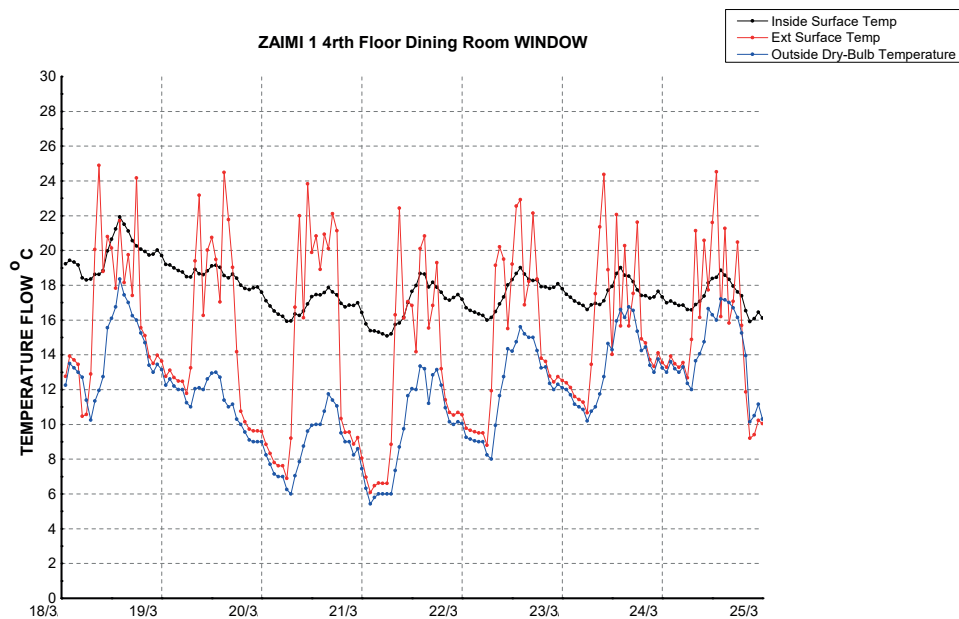
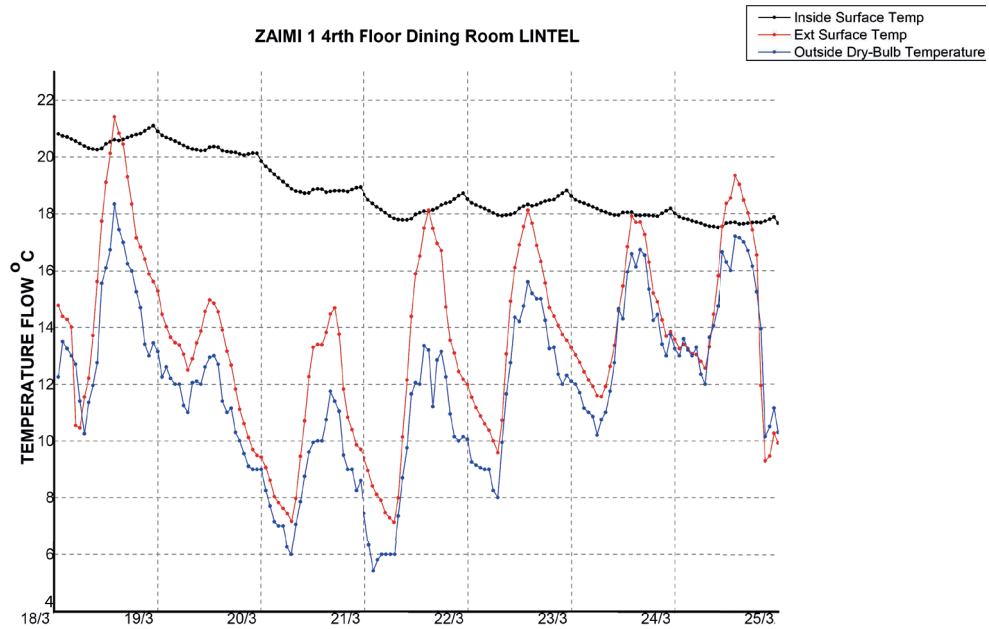
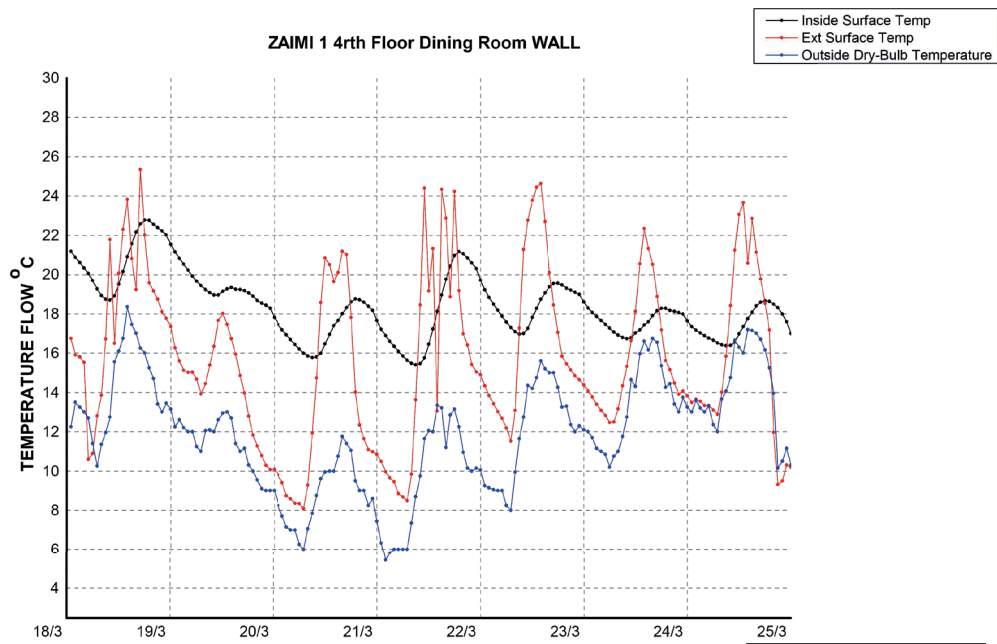
Εικόνα 4.1.34 Μικρογραφίες Θερμοκάμερας στο χώρο του υπνοδωματίου- εντοπισμός σημείων θερμικών απωλειών, 4ος όροφος

Στον 4ο όροφο, στο χώρο του καθιστικού παρατηρούμε ότι τις βραδινές ώρες, κατά τις οποίες η εξωτερική θερμοκρασία μειώνεται, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του κελύφους είναι επίσης χαμηλότερη. Πράγματι, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης η θερμοκρασία του τοίχου αλλά και της δοκού κυμαίνεται περίπου στους 18 °C ενώ, των ανοιγμάτων ~17.5°C. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από τις επιτόπιες φωτογραφίες στα αντίστοιχα σημεία που δείχνουν ότι η θερμοκρασία της περιμετρικής δοκού είναι περίπου 19 °C και του ελεύθερου υποστυλώματος 18 °C. Ακόμη σημαντική είναι και η σημείωση της θερμοκρασίας στη βαριά κουρτίνα της νότια όψης μπροστά από τα ανοίγματα στο εσωτερικό του χώρου που αμέσως ανεβάζει τοπικά τη θερμοκρασία στους 20 °C.

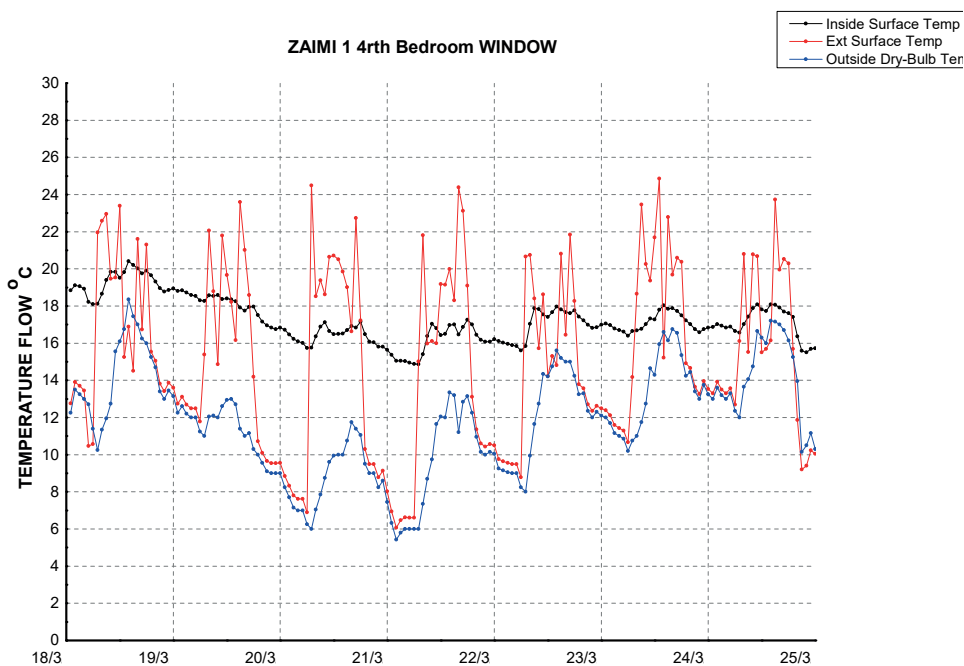
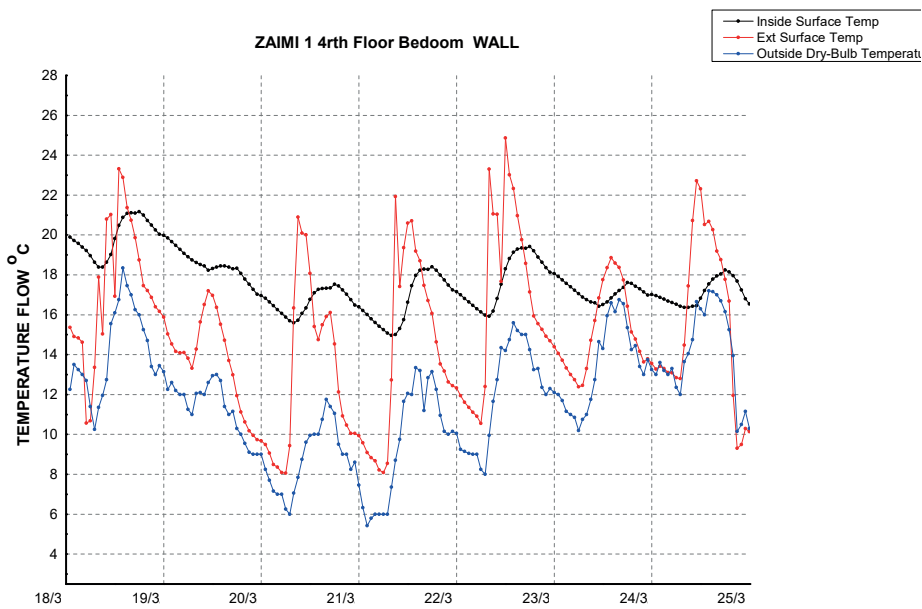
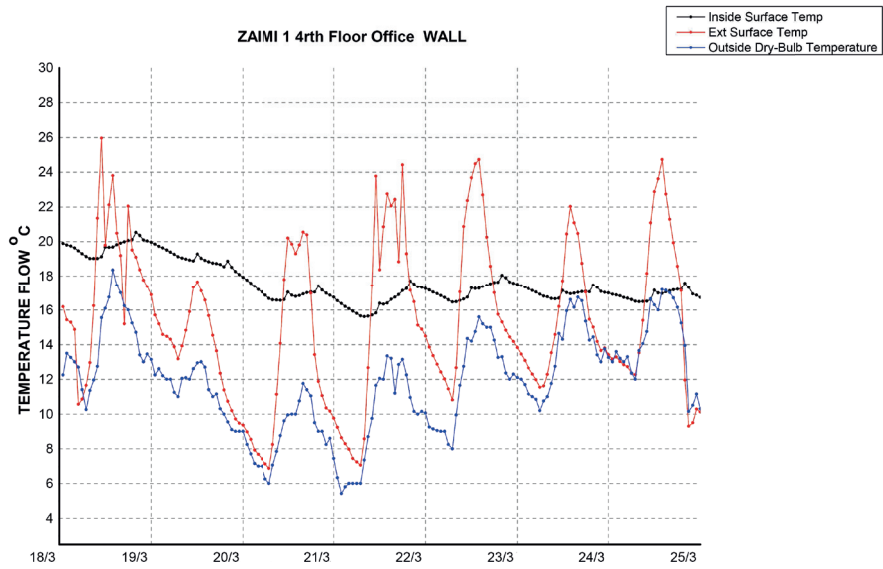
Στο γωνιακό δωμάτιο, η θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών των τοίχων είναι ακόμη χαμηλότερη, με μέση τιμή για τον τοίχο και τη δοκό 17,5 °C, ενώ για τα ανοίγματα περίπου 16.5 °C. Οι επιτόπιες φωτογραφίες επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα αυτά καθώς οι μετρήσεις στη δοκό και τον τοίχο δίνουν θερμοκρασίες ~18 °C ενώ στο παράθυρο 17 °C. Και εδώ η μέτρηση πάνω στην κουρτίνα δείχνει μια σημαντική διαφορά θερμοκρασίας με αύξηση στους 20 °C.

Τέλος, στο ανατολικό δωμάτιο οι τιμές της προσομοίωσης για τη θερμοκρασία του τοίχου και της δοκού είναι 17,6 °C ενώ για το παράθυρο 17,3 °C. Σύμφωνα με τις φωτογραφίες της θερμοκάμερας, στα σημεία ένωσης δοκού - πλάκας, η θερμοκρασία είναι 16-17 °C ενώ στους υαλοπίνακες ~15 °C. Μάλιστα η εσωτερική θερμοκρασία των υαλοπινάκων είναι χαμηλή, σε σχέση με την προβλεπόμενη από την προσομοίωση. Τέλος, η μέτρηση στην κουρτίνα δίνει αρκετά υψηλότερη θερμοκρασία.

Συνολικά, παρατηρούμε ότι υπάρχει ταύτιση των μετρήσεων της προσομοίωσης και των επιτόπιων λήψεων, γεγονός που επιβεβαιώνει τον τρόπο λειτουργίας του κτηριακού κελύφους. Ο λόγος για τον οποίο σημειώνονται οι τιμές θερμοκρασίας στις κουρτίνες είναι η ανάγκη να αναδειχθεί η συμβολή μικρότερων και οικονομικότερων παραμέτρων στη βελτίωση των τοπικών συνθηκών σε αντίθεση με πιο επεμβατικές προτάσεις όπως η προσθήκη μόνωσης ή η αλλαγή κουφωμάτων.



Εικόνα 4.1.35 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του νότιου τοίχου, περικιού και παραθύρου (καθιστικό), 4ος όροφος



Εικόνα 4.1.36 Διάγραμμα διακύμανσης της εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας του ανατολικού τοίχου, πρεκίου και παραθύρου (υπνοδωμάτιο), 4ος όροφος

## ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΘΕΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία των στοιχείων του κελύφους σε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις: σε χειμερινές συνθήκες χωρίς θέρμανση, με θέρμανση και με μόνωση. Σκοπός είναι να εξετασθεί πρώτον η συμπεριφορά του κελύφους στις χαμηλές θερμοκρασίες (περίπτωση χωρίς θέρμανση) και να αξιολογηθεί η τοποθέτηση της μόνωσης στα στοιχεία του κελύφους. Ως μέτρο σύγκρισης στις ίδιες συνθήκες θεωρούμε την εναλλακτική περίπτωση της τοποθέτησης θέρμανσης η οποία όπως έχει αποδειχθεί παραπάνω, δεν καταναλώνει μεγάλα ποσά ενέργειας.

### 3ος όροφος

Ξεκινώντας από τον 3ο όροφο, στη νότια όψη παρατηρούμε ότι τους χειμερινούς μήνες χωρίς θέρμανση εσωτερική θερμοκρασία του τοίχου αλλά και της δοκού είναι περίπου 17 °C, δηλαδή περίπου 10 °C ανώτερη από την μέση εξωτερική θερμοκρασία. Πρόκειται για μία αρκετά καλή σχέση εσωτερικών συνθηκών και εξωτερικού περιβάλλοντος η οποία δε χρειάζεται μεγάλες επιδιορθωτικές επεμβάσεις ώστε να βελτιωθεί στο μέγιστο δυνατό βαθμό. Συγκρίνοντας τα δύο σενάρια μόνωσης και θέρμανσης παρατηρούμε ότι και τα δύο δίνουν ικανοποιητική εσωτερική θερμοκρασία, η οποία στην περίπτωση της θέρμανσης είναι ακόμη πιο υψηλή κατά 1 °C, τόσο στον τοίχο όσο και στη δοκό. Οι υαλοπίνακες έχουν αναμενόμενες πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περίπου 11 °C, οι οποίες βελτιώνονται στην περίπτωση της μόνωσης λόγω της γενικής αύξησης της εσωτερικής θερμοκρασίας και ομοίως στην περίπτωση της θέρμανσης.

Στο γωνιακό γραφείο, οι θερμοκρασία του τοίχου αλλά και του πρεκιού το χειμώνα είναι χαμηλότερη συγκριτικά με αυτή του καθιστικού λόγω της συνολικά χαμηλότερης θερμοκρασίας του εσωτερικού. Ο νότιος τοίχος του δωματίου ο οποίος είναι από οπτοπλινθοδομή και όχι χυτός όπως ο αντίστοιχος του γραφείου 1 έχει εσωτερική θερμοκρασία 14,5 °C ενώ, η δοκός 16 °C, συνεπώς έχουμε μεγαλύτερες απώλειες από τον τοίχο, πιθανόν λόγω του εσωτερικού κενού μεταξύ των δύο σειρών τούβλων. Η τοποθέτηση μόνωσης και συστήματος θέρμανσης βελτιώνουν εξίσου τη θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των στοιχείων του κελύφους. Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο λύσεων έγκειται στο εύρος των μέγιστων και ελάχιστων τιμών των στοιχείων, καθώς στην περίπτωση της μόνωσης οι μέγιστες τιμές φτάνουν τους 20,5 °C και οι ελάχιστες τους 15 °C, ενώ στην περίπτωση της θέρμανσης οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές κυμαίνονται μεταξύ 17 °C -19 °C. Αυτό σημαίνει ότι σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες το κέλυφος θα συμπεριφερθεί καλύτερα στην περίπτωση της θέρμανσης.

		Εξωτερική Θερμοκρασία
		°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	10,59
	min	
	average	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	4,91
	min	
	average	
ΔΟΚΟΣ	max	7,54
	min	
	average	

ΓΡΑΦΕΙΟ 1					
ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας
°C	°C	°C	°C	°C	°C
18,26	18,94	23,48	22,88	21,38	23,48
15,64	9,86	15,16	10,73	17,65	14,28
<b>16,74</b>	<b>13,49</b>	<b>19,80</b>	<b>16,45</b>	<b>20,23</b>	<b>19,59</b>
12,98	12,83	15,93	15,74	19,41	33,83
9,15	8,93	13,20	13,01	17,43	17,45
<b>11,13</b>	<b>10,96</b>	<b>14,34</b>	<b>14,19</b>	<b>18,52</b>	<b>26,63</b>
18,04	11,71	23,10	17,38	20,76	18,71
16,07	6,71	15,28	9,71	19,01	13,89
<b>17,45</b>	<b>9,37</b>	<b>19,64</b>	<b>13,94</b>	<b>20,24</b>	<b>16,91</b>

Πίνακας 4.2.25 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της νότιας όψης (Γραφείο 1), 3ος όροφος

		Εξωτερική Θερμοκρασία
		°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43
	min	
	average	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93
	min	
	average	
ΔΟΚΟΣ	max	11,11
	min	
	average	

ΓΡΑΦΕΙΟ 4					
ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας	T Εσωτερικής επιφάνειας	T Εξωτερικής επιφάνειας
°C	°C	°C	°C	°C	°C
15,83	13,60	20,58	14,79	18,81	17,01
12,85	7,23	15,18	9,48	17,27	14,37
<b>14,55</b>	<b>10,55</b>	<b>18,12</b>	<b>12,78</b>	<b>18,18</b>	<b>15,93</b>
12,07	11,95	14,09	13,93	18,15	24,26
8,15	7,96	12,27	12,11	16,64	17,89
<b>10,02</b>	<b>9,87</b>	<b>13,34</b>	<b>13,22</b>	<b>17,48</b>	<b>20,93</b>
16,72	18,61	20,64	14,56	19,29	16,80
14,35	9,34	15,28	9,25	18,13	13,72
<b>15,95</b>	<b>12,79</b>	<b>18,19</b>	<b>12,62</b>	<b>18,84</b>	<b>15,49</b>

Πίνακας 4.2.26 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους του γωνιακού γραφείου (Γραφείο 4), 3ος όροφος

		Εξωτερική Θερμοκρασία
		°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	13,43
	min	
	average	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	7,93
	min	
	average	
ΔΟΚΟΣ	max	11,11
	min	
	average	

ΓΡΑΦΕΙΟ 5					
ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
°C	°C	°C	°C	°C	°C
15,56	14,29	19,63	14,76	19,29	17,20
11,68	6,98	15,44	9,43	17,24	14,20
<b>14,16</b>	<b>10,64</b>	<b>17,76</b>	<b>12,77</b>	<b>18,48</b>	<b>15,98</b>
11,84	11,73	13,64	13,53	18,49	24,54
8,21	8,02	11,83	11,67	16,99	17,98
<b>9,84</b>	<b>9,69</b>	<b>13,05</b>	<b>12,92</b>	<b>17,82</b>	<b>21,14</b>
16,43	14,27	19,71	14,58	19,84	16,84
12,62	6,20	15,56	9,23	18,49	13,74
<b>15,19</b>	<b>10,15</b>	<b>17,86</b>	<b>12,63</b>	<b>19,34</b>	<b>15,52</b>

Πίνακας 4.2.25 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής όψης (Γραφείο 5), 3ος όροφος

Στο ανατολικό γραφείο (ΓΡΑΦΕΙΟ 5), εσωτερική θερμοκρασία είναι εξίσου χαμηλή με το γωνιακό γραφείο με μέσο όρο τιμών 14 °C και 15 °C αντίστοιχα. Η προσθήκη μόνωσης και η λειτουργία θέρμανσης και πάλι βελτιώνουν σημαντικά την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων. Στην περίπτωση της θέρμανσης εξασφαλίζονται και πάλι πιο υψηλές και ομοιόμορφες συνθήκες.

#### 4ος όροφος

Στον 4ο όροφο, τα στοιχεία της νότιας όψης έχουν χαμηλότερη εσωτερική θερμοκρασία από τα αντίστοιχα του 3ου ορόφου. Πιο συγκεκριμένα, ο τοίχος έχει εξωτερική θερμοκρασία 13 °C και εσωτερική 15 °C, ενώ η δοκός έχει εξωτερική θερμοκρασία 9 °C και εσωτερική 15 °C. Παρατηρούμε ότι, το δοκάρι έχει καλύτερη συμπεριφορά από τον τοίχο καθώς καταφέρνει να διατηρήσει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επιφανειών του περίπου 5 °C, ενώ ο τοίχος μόνο 2 °C. Οι υαλοπίνακες επειδή είναι διπλοί έχουν μικρότερες απώλειες από τους αντίστοιχους μονούς του 3ου ορόφου. Τόσο στην περίπτωση της μόνωσης όσο και της θέρμανσης η εσωτερική θερμοκρασία των στοιχείων αυξάνεται σημαντικά, περίπου 3,5 °C. Στην περίπτωση της θέρμανσης έχουμε μικρότερο εύρος μέγιστων και ελάχιστων τιμών και καλύτερη απόδοση στην περίπτωση της δοκού. Όμοια αποτελέσματα συναντάμε στο

		Εξωτερική Θερμοκρασία
		°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	10,59
	min	
	average	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	4,91
	min	
	average	
ΔΟΚΟΣ	max	7,54
	min	
	average	

ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ					
ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
°C	°C	°C	°C	°C	°C
16,48	18,36	20,18	17,38	20,11	23,09
13,72	9,60	16,05	9,59	17,19	14,15
<b>14,87</b>	<b>13,06</b>	<b>18,31</b>	<b>13,87</b>	<b>19,10</b>	<b>19,23</b>
15,98	12,63	19,05	15,11	18,56	33,71
13,58	7,99	15,00	10,81	17,39	17,30
<b>14,49</b>	<b>10,09</b>	<b>17,71</b>	<b>13,55</b>	<b>17,99</b>	<b>26,47</b>
15,85	11,72	20,56	19,49	19,14	18,56
13,97	6,78	15,90	10,51	18,22	13,83
<b>15,15</b>	<b>9,29</b>	<b>18,43</b>	<b>15,70</b>	<b>18,82</b>	<b>16,76</b>

Πίνακας 4.2.27 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της νότιας όψης (καθιστικό), 4ος όροφος

		Εξωτερική Θερμοκρασία
		°C
ΤΟΙΧΟΣ	max	10,59
	min	
	average	
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	4,91
	min	
	average	
ΔΟΚΟΣ	max	7,54
	min	
	average	

ΓΡΑΦΕΙΟ					
ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
°C	°C	°C	°C	°C	°C
15,95	18,31	20,17	23,49	18,48	23,69
13,66	9,14	15,80	11,60	17,62	13,63
<b>14,71</b>	<b>12,66</b>	<b>18,15</b>	<b>16,85</b>	<b>18,08</b>	<b>19,34</b>
11,53	11,43	14,01	13,86	18,14	29,84
7,17	7,02	11,78	11,63	16,62	17,52
<b>9,35</b>	<b>9,22</b>	<b>13,26</b>	<b>13,13</b>	<b>17,25</b>	<b>21,81</b>
15,69	18,41	19,72	19,18	19,47	22,82
13,64	9,21	15,78	10,30	17,16	14,39
<b>14,53</b>	<b>12,62</b>	<b>17,82</b>	<b>15,47</b>	<b>18,70</b>	<b>19,32</b>

Πίνακας 4.2.28 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους του γωνιακού γραφείου, 4ος όροφος

γωνιακό άλλα και το ανατολικό δωμάτιο. Στην περίπτωση του ανατολικού δωματίου οι εσωτερικές θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα χαμηλές επομένως τόσο η μόνωση όσο και η θέρμανση από μόνες τους σαν επεμβάσεις δεν μπορούν να εξασφαλίσουν ιδανικές εσωτερικές συνθήκες.

Συνολικά, λοιπόν, η συμπεριφορά του 3ου ορόφου χωρίς θέρμανση τους χειμερινούς μήνες είναι αρκετά αποδοτική, λόγω κυρίως των ηλιακών κερδών αλλά και της κατασκευής. Μπορεί τα στοιχεία να μην αποκτούν την ιδανική εσωτερική θερμοκρασία των 20°C αλλά την πλησιάζουν αρκετά επομένως με τοπικές και στοχευμένες επεμβάσεις, η ενεργειακή αναβάθμισή τους θα είναι τόσο επιτυχής όσο και οικονομική. Στον 4ο όροφο δεν ισχύουν ακριβώς οι ίδιες συνθήκες καθώς έχει μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών που δεν οφείλονται μόνο στους τοίχους αλλά και στο δώμα. Επομένως η συνολική εσωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και χρειάζεται συνδυασμό επεμβατικών κινήσεων ώστε να φτάσει το φυσιολογικό πλαίσιο.

		Εξωτερική Θερμοκρασία	ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ					
			ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ		ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ		ΘΕΡΜΑΝΣΗ	
ΤΟΙΧΟΣ	max	10,59	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας	Τ Εσωτερικής επιφάνειας	Τ Εξωτερικής επιφάνειας
			min		°C	°C	°C	°C
	average		14,79	14,12	18,87	14,83	18,32	16,99
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	max	4,91	11,80	6,68	16,52	7,93	17,18	14,17
	min							
	average		13,29	10,42	17,62	10,44	17,71	15,80
ΔΟΚΟΣ	max	7,54	13,96	11,15	16,71	13,41	18,06	24,00
	min							
	average		11,22	6,23	15,15	10,22	16,86	17,55
			14,89	11,62	18,79	13,55	18,50	15,74
			12,72	5,76	16,69	9,01	17,94	13,88
			14,10	8,92	17,75	12,10	18,23	14,72

Πίνακας 4.2.29 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας για τα στοιχεία του εξωτερικού κελύφους της ανατολικής όψης(υπνοδωμάτιο), 4ος όροφος

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του εξωτερικού κελύφους αξιόλογων αστικών πολυκατοικιών του Μεσοπολέμου και των συνθηκών θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους τους.

Μια πρώτη πολύ σημαντική παρατήρηση είναι πως οι εσωτερικές συνθήκες επηρεάζονται από πολλές παραμέτρους όπως η θέση και ο προσανατολισμός του κτηρίου, το γύρω δομημένο περιβάλλον, τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής του, η χρήση του, η δραστηριότητα και ο ρουχισμός των χρηστών καθώς και οι εξωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας κ.λπ. Ο καθένας από αυτούς τους παράγοντες επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο την απόδοση του κτηρίου και συνδυαστικά με τους υπόλοιπους καθορίζει τη θερμική άνεση των διαμερισμάτων. Για παράδειγμα, το κτήριο της οδού Καρνεάδου το οποίο βρίσκεται σε μεσοτοιχία, με στενό μέτωπο στο δρόμο και προσανατολισμό των ελεύθερων όψεων στον άξονα βορρά - νότου έχει διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες από το κτήριο στην οδό Θεμιστοκλέους, το οποίο είναι γωνιακό με προσανατολισμό τόσο βορειοανατολικό όσο και νοτιοδυτικό ή από το γωνιακό κτήριο στην οδό Ζαΐμη του οποίου οι κύριες όψεις είναι νότια και ανατολική αντίστοιχα.

Διαφορές έχουμε και μεταξύ των διαφορετικών ορόφων, για παράδειγμα στην οδό Θεμιστοκλέους στον 1ο όροφο τα ηλιακά κέρδη είναι περιορισμένα, ενώ στην οδό Ζαΐμη στον 3ο και 4ο όροφο είναι πολλαπλάσια σε μέγεθος. Στην οδό Καρνεάδου, παρόλο που το εξεταζόμενο διαμέρισμα είναι στον 3ο όροφο, σχετικά ψηλά, λόγω των τριγύρω πολυόροφων κτηρίων δεν δέχεται έντονη ηλιακή ακτινοβολία, ιδιαίτερα στην όψη του προς το δρόμο. Η νότια και ανατολική πλευρά της προς τον ακάλυπτο είναι πιο προνομιούχες. Ακόμη, τόσο στην οδό Ζαΐμη (4ος όροφος) όσο και στην οδό Καρνεάδου, στα διαμερίσματα των οποίων μέρος της οροφής λειτουργεί ως βεράντα του τελευταίου ορόφου, οι απώλειες από το δώμα στον όροφο δυσχεραίνουν τις συνθήκες συγκριτικά με έναν ενδιάμεσο όροφο (οδός Θεμιστοκλέους, 3ος όροφος της οδού Ζαΐμη).

Η χρήση του κτηρίου παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των εσωτερικών κερδών. Στους χώρους γραφείων (οδός Θεμιστοκλέους και Ζαΐμη), ο μεγαλύτερος αριθμός ενοίκων, ο εξοπλισμός, ο εσωτερικός φωτισμός και η δραστηριότητα των χρηστών αυξάνουν σημαντικά τα εσωτερικά κέρδη συγκριτικά με ένα διαμέρισμα κατοικίας όπου ο αριθμός των ενοίκων είναι μικρότερος και η δραστηριότητα τους πιο ήπια. Διαφορές συναντώνται ακόμη και στους χώρους του κάθε διαμερίσματος, ιδιαίτερα στις κατοικίες όπου στα υπνοδωμάτια, η χαμηλή μεταβολική δραστηριότητα σε συνδυασμό με χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας ή σχετικά αυξημένη υγρασίας αυξάνει κατακόρυφα τους συντελεστές δυσφορίας κάτι που δεν συμβαίνει στα δωμάτια όπου εκτελείται μια πιο έντονη δραστηριότητα. Ο ρουχισμός αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον προσδιορισμό της αίσθησης ενός χώρου και λόγω της υποκειμενικότητάς του δύσκολα μπορεί να συγκριθεί. Εδώ, ως παράμετρος διαφοροποιείται μεταξύ των εποχών όπου τον χειμώνα στα κτήρια των οδών Καρνεάδου και Θεμιστοκλέους ορίζεται στο 1.1clo και την άνοιξη στο κτήριο της οδού Ζαΐμη στο 0.9clo.

Όσον αφορά τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά, τον τρόπο κατασκευής του κτηρίου και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, αυτά επηρεάζουν το σημαντικά τον βαθμό απόδοσής του. Τα μεγάλα ανοίγματα στις όψεις συνεπάγονται μεγαλύτερες θερμικές απώλειες (κτήριο οδού Ζαΐμη), από τους υαλοπίνακες, ειδικά αν αυτοί είναι μονοί. Οι θερμογέφυρες των κουφωμάτων, αν αυτά δεν έχουν αντικατασταθεί (κτήριο οδού Θεμιστοκλέους, Ζαΐμη) αποτελούν κύρια πηγή θερμικών απωλειών. Παράλληλα οι λεπτοί αμόνωτοι εξωτερικοί τοίχοι, η κατασκευή του δώματος και τα υλικά των στρώσεων των στοιχείων αυτών του κελύφους καθορίζουν τις επιπλέον θερμικές απώλειες, την εσωτερική θερμοκρασία και υγρασία των χώρων. Βέβαια, από την άλλη, παρατηρήθηκε η καλή υγροπροστασία που προσφέρει το επίχρισμα αρτιφισιέλ σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις των εξεταζόμενων κτηρίων.

Τέλος, το σύστημα θέρμανσης των χώρων παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της αίσθησης άνεσης του χώρου. Σε ορισμένα παραδείγματα η κατάχρησή του οδήγησε μεν στην αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας αλλά δημιούργησε και πρόβλημα ξηρότητας του αέρα (κτήρια οδών Καρνεάδου και Θεμιστοκλέους). Από την άλλη υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός κτηρίων, όπως το κτήριο της οδού Ζαΐμη, τα οποία δεν έχουν κεντρική θέρμανση, επομένως ανάλογα με την ευχέρεια του κάθε χρήστη χρησιμοποιούνται αυτόνομοι τρόποι θέρμανσης, οι οποίοι μπορεί να είναι ανεπαρκείς ως ένα βαθμό.

Κατανοούμε, λοιπόν πως σε κάθε κτήριο επιτυγχάνονται ιδιαίτερες εσωτερικές συνθήκες, οι οποίες πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν και στη συνέχεια να αξιολογηθούν πριν από κάθε επέμβαση. Αυτό σημαίνει ότι, δεν μπορεί να εφαρμοστεί ένας γενικός κανόνας ενεργειακής αναβάθμισης για όλα τα κτήρια της περιόδου αυτής, παρόλο που η πλειοψηφία τους έχει κοινά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και αρχιτεκτονικό λεξιλόγιο. Το πλήθος των υπόλοιπων παραγόντων που καθορίζουν τις εσωτερικές συνθήκες και την απόδοση, κάνει το κάθε κτήριο μοναδικό και απαιτεί κάθε φορά διαφορετικούς επεμβατικούς χειρισμούς. Μάλιστα, παρατηρήθηκε πως ακόμη και οι διαφορετικοί όροφοι του ίδιου κτηρίου (κτήριο οδού Ζαΐμη) διαφέρουν μεταξύ τους και συμπεριφέρονται με ξεχωριστό τρόπο και επομένως δεν μπορούν να δεχτούν τις ίδιες επεμβάσεις. Πέρα όμως από τα προβλήματα που αφορούν την ενεργειακή αναβάθμιση για την καλύτερη απόδοση του κτηρίου, ο αρχιτέκτονας καλείται να αντιμετωπίσει μια σειρά περιορισμών λόγω της αρχιτεκτονικής ιδιαιτερότητας των κτηρίων αυτών του Μεσοπολέμου. Χαρακτηριστικά μορφολογικά στοιχεία όπως τα έρκερ, η όψη από αρτιφισιέλ ή ο διάκοσμός τους, χρίζουν φροντίδας και προστασίας και περιορίζουν την ελευθερία των επιλογών όσον αφορά τους τρόπους επέμβασης για την αποκατάσταση των κτηρίων (π.χ τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης που καταστρέφει

το αρτιφισιέλ, προσθήκη συστήματος σκίασης που αλλοιώνει την υπέρχουσα όψη κλπ). Συνεπώς, μέσα σε ένα οργανωμένο γενικό πλαίσιο κανονισμού, ο αρχιτέκτονας οφείλει να σχεδιάζει κάθε φορά ένα ξεχωριστό πλάνο αποκατάστασης ενός τέτοιου κτηρίου, το οποίο να λαμβάνει υπόψην του αν όχι όλους, τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τις εσωτερικές συνθήκες στην εκάστοτε περίπτωση. Άρα ως βασική αρχή αντιμετώπισης θεμάτων επέμβασης και ενεργειακής αναβάθμισης είναι η μελέτη, ανάλυση και αξιολόγηση της υπέρχουσας κατάστασης κάθε κτιρίου και της συμπεριφοράς του, καθώς και όλων των παραγόντων (δομικών, λειτουργικών και αρχιτεκτονικών) που την επηρεάζουν.

Μια δεύτερη παρατήρηση που σημειώνεται με βάση τη μελέτη των παραδειγμάτων αυτών είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της τοποθέτησης μόνωσης στα κτήρια. Συνήθως, υπάρχει η γενική λογική ότι σε κτήρια που δεν έχουν κάποια θερμομονωτική προστασία, μια από τις πιο βασικές επεμβατικές κινήσεις σχεδιασμού είναι η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης ή εσωτερικής θερμομόνωσης (σε περίπτωση που δεν μπορεί να τοποθετηθεί στην εξωτερική πλευρά του τοίχου). Μέσω των παραδειγμάτων, διαπιστώθηκε ότι η λογική αυτή σχεδιασμού δεν είναι πάντοτε αποδοτική και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό και τη θέση του κτηρίου καθώς και από την αναλογία πλήρους – κενού (τοιχών - ανοιγμάτων) σε κάθε όψη. Συνήθως οι όψεις με μεγάλη επιφάνεια πλήρους επωφελούνται της μόνωσης, ενώ εκείνες με πολύ μεγάλα ανοίγματα, στις οποίες η ηλιακή ακτινοβολία δυσκολεύεται να φτάσει λόγω των γύρω κτηρίων δεν βελτιώνουν σημαντικά την απόδοσή τους. Η τοποθέτηση μόνωσης στο δώμα σε όλες τις περιπτώσεις λειτουργεί αποδοτικά βελτιώνοντας τις εσωτερικές συνθήκες. Ακόμη, στην περίπτωση των κτηρίων του Μεσοπολέμου, με την ιδιαίτερη εξωτερική όψη από αρτιφισιέλ επίχρισμα, η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης δεν προτιμάται καθώς θα πρέπει να κατασταφεί το επίχρισμα. Επομένως, η μόνωση θα τοποθετείται εσωτερικά, μειώνοντας σε ένα μικρό ποσοστό το εμβαδόν του εσωτερικού χώρου και με λιγότερο καλά αποτελέσματα συγκριτικά με την περίπτωση της εξωτερικής μόνωσης. Πρωτού, λοιπόν προταθεί η πλήρης μόνωση όλων περιμετρικών τοίχων ενός τέτοιου κτηρίου, πρέπει πρώτα να αξιολογηθεί η χρησιμότητά της, κάτι που μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω λογισμικού προγράμματος ή ενόργανων μετρήσεων. Στη συνέχεια, εντοπίζονται τα σημεία στα οποία είναι απαραίτητη και σχεδιάζονται παράλληλες, μικρότερες, τοπικές επεμβάσεις, που συνολικά βελτιώνουν τις εσωτερικές συνθήκες. Τέτοιες επεμβάσεις μπορεί να είναι, η αλλαγή κουφωμάτων, η φύτευση σε εξώστες ή στο γύρω περιβάλλον, ο εκσυγχρονισμός του συστήματος θέρμανσης, η τοποθέτηση στοιχείων σκίασης ή η αντικατάσταση των παλαιότερων όπου αυτό είναι απαραίτητο κ.λπ. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να βελτιωθεί η θερμική απόδοση του κτηρίου χωρίς να αλλοιωθούν τα χαρακτηριστικά του και με μικρότερο κόστος συγκριτικά με τις καθολικές επεμβάσεις. Ειδικά στην περίπτωση των κτηρίων του Μεσοπολέμου, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους λειτουργούν περιοριστικά στον τρόπο με τον οποίο μπορεί κανείς να επέμβει (από την απλή ανακαίνιση ενός διαμερίσματος μέχρι τη συνολική αποκατάσταση του κτηρίου). Συνεπώς, η ανάγκη για μελέτη και αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του ώστε να σχεδιαστούν προτάσεις με σεβασμό προς την αρχιτεκτονική τους σημασία, είναι απαραίτητη.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]. Constantinos A. Balaras, Athina G. Gaglia, Elena Georgopoulou,Sevastianos Mirasgedis, Yiannis Sarafidis, Dimitris P. Lalas, European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, Elsevier
- [2]. Κ. Δ. Αλεξόπουλος Γενική Φυσική IV - Θερμότητα
- [3]. Α.Γ.Τασσογιαννόπουλος 'Θερμική Συμπεριφορά Δομικών Υλικών' Αθήνα 1998
- [4]. Ε.Ανδρεαδάκη 'Βιοκλιματικός Σχεδιασμός - Περιβάλλον και Βιωσιμότητα', Θεσσαλονίκη 2006
- [5-8]. Κ. Καμπίτσης, Θερμική άνεση σε κτήρια γραφείων , Διπλωματική εργασία, Αθήνα 2010
- [9,16,17]. Έφη Παπαδάμ-Ριζά, Η συμβολή της αστικής πολυκατοικίας στη γέννηση της σύγχρονης ελληνικής οικοδομικής, διδακτορική διατριβή Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2003.
- [10]. Θ.Κ. Παπαθεοδώρου, Οικοδομική, Αθήνα 1954
- [11]. Μανόλης Β. Μαρμαράς: Η αστική πολυκατοικία της Μεσοπολεμικής Αθήνας (Πολιτιστικό Τεχνολογικό Ιδρυμα ΕΤΒΑ)
- [12].[http://www.dantecdynamics.com/docs/products-and-services/thermal-comfort/PI264\\_ComfortSense.pdf](http://www.dantecdynamics.com/docs/products-and-services/thermal-comfort/PI264_ComfortSense.pdf)
- [13]. Drury B. Crawleya, Linda K. Lawrie, EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program, Energy and Buildings 33 (2001) 319-331, ELSEVIER
- [14]. <https://energyplus.net/>
- [15]. [http://www.noao.edu/education/QLTkit/ACTIVITY\\_Documents/Safety/LightLevels\\_outdoor+indoor.pdf](http://www.noao.edu/education/QLTkit/ACTIVITY_Documents/Safety/LightLevels_outdoor+indoor.pdf)

### ΓΕΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Fagner P.O. Thermal Comfort: Analysis and applications in Environmental Engineering. United States: Mc Graw- Hill Book Company 1972
2. Bokalders, V., Block M., «The whole building Handbook – How to design healthy, Efficient and sustainable buildings», Earthscan, 2010
3. Richarz, Schulz, Zeitler, “Energy – Efficiency Upgrades”, Birkhauser Basel, Boston, Berlin, Edition Detail Munich 2006
4. Pfundstein, M., Gellert, R., Spitzner, M., Rudolphi, A., «Insulating Materials” Detail Practice, Birkhauser Basel, Boston, Berlin, Edition Detail Munich 2007
5. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων, Αθήνα, Νοέμβριος 2014
6. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Αθήνα, Ιούλιος 2010
7. Κ.Α.Π.Ε. ,Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης ,1999 ([http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS\\_THERMOMONOSIS.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS_THERMOMONOSIS.pdf) )
10. Ελένη Φεσσά-Εμμανουήλ, Εμμανουήλ Β. Μαρμαράς: Έλληνες αρχιτέκτονες του Μεσοπολέμου (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης).

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

### 1. Φύλο

Άντρας

Γυναίκα

### 2. Ηλικία

0-19

20-29

30-39

40-49

50-59

60+

3. Πόσοι ένοικοι κατοικούν στο διαμέρισμα;

4. Ποιές μέρες/ ώρες βρίσκεστε στο διαμέρισμα;

5. Τι δραστηριότητα εκτελείτε στο χώρο (χώρος μέτρησης) αυτό;

6. Αυτή τη στιγμή αισθάνεστε το χώρο:

Πολύ θερμό

Θερμό

Λίγο θερμό

Άνετο

Ελαφρά Ψυχρό

Ψυχρό

Πολύ Ψυχρό

7. Αυτή τη στιγμή αισθάνεστε ανεπιθύμητο ρεύμα αέρα;

8. Πόσες ώρες ανάβετε θέρμανση μέσα στη μέρα; Ποιες ώρες είναι αυτές;

9. Υπάρχει κάποια στιγμή μέσα στην ημέρα που αισθάνεστε άβολα; (πολλή ζέστη ή πολύ κρύο)

10. Έχετε πραγματοποιήσει επεμβάσεις στο χώρο;

Ναι

Όχι

11. Τι επεμβάσεις έχουν υποστεί τα κουφώματα;

12. Τι επεμβάσεις έχουν υποστεί οι τοίχοι;

13. Τι επεμβάσεις έχει υποστεί το δάπεδο;

14. Τι επεμβάσεις έχει υποστεί η οροφή;



## ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

## ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

## Κλιματολογικά Δεδομένα των μηνών Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Μάρτιος, τις εβδομάδες των επιτόπιων μετρήσεων

station_code	m30_year	m30_month	m30_day	UTC_hour	Wind_dir	Wind_force_knot	min_temp	max_temp	dry_temp	rh
16716	2015	12	14	0	VRB	3			9,6	65
16716	2015	12	14	3	80	4			9	69
16716	2015	12	14	6	VRB	4	7,6		9	73
16716	2015	12	14	9	0	0			13,8	59
16716	2015	12	14	12	0	0			15,2	52
16716	2015	12	14	15	VRB	5			13,3	67
16716	2015	12	14	18	80	5		15,2	12,4	71
16716	2015	12	14	21	VRB	1			11,2	70
16716	2015	12	15	0	VRB	2			10,3	72
16716	2015	12	15	3	VRB	3			10,2	63
16716	2015	12	15	6	0	0	7,6		9,2	72
16716	2015	12	15	9	280	4			13,2	61
16716	2015	12	15	12	360	5			15	54
16716	2015	12	15	15	VRB	2			12,8	63
16716	2015	12	15	18	0	0		15	11,2	72
16716	2015	12	15	21	VRB	1			8,8	84
16716	2015	12	16	3	VRB	1			7,4	86
16716	2015	12	16	6	0	0	6,2		7,8	86
16716	2015	12	16	9	0	0			12,4	64
16716	2015	12	16	12	10	4			12,8	60
16716	2015	12	16	15	VRB	4			11,6	61
16716	2015	12	16	18	350	4		13,2	11,6	59
16716	2015	12	16	21	340	6			11,1	61
16716	2015	12	17	3	10	8			9,6	63
16716	2015	12	17	6	360	10	7,4		9,4	68
16716	2015	12	17	9	360	11			10,6	61
16716	2015	12	17	12	10	11			11,4	58
16716	2015	12	17	15	10	8			10,1	67
16716	2015	12	17	18	30	9		11,8	10,2	67
16716	2015	12	17	21	30	8			10	67
16716	2015	12	18	3	20	6			9,7	65
16716	2015	12	18	6	360	8	9,4		9,8	66
16716	2015	12	18	9	360	7			11,4	56
16716	2015	12	18	12	10	7			12,2	52
16716	2015	12	18	15	VRB	4			11	57
16716	2015	12	18	18	330	1		12,8	8	72
16716	2015	12	18	21	VRB	1			6	81

Μετρήσεις  
Καρνεάδου 24  
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ  
2015

station_code	m30_year	m30_month	m30_day	UTC_hour	Wind_dir	Wind_force_knot	min_temp	max_temp	dry_temp	rh
16716	2016	1	18	0	VRB	5			7,1	71
16716	2016	1	18	3	340	7			6,2	75
16716	2016	1	18	6	340	7	5		5	76
16716	2016	1	18	9	360	9			6,4	61
16716	2016	1	18	12	360	7			6,8	56
16716	2016	1	18	15	280	7			5,2	62
16716	2016	1	18	18	10	10		6,8	4,6	64
16716	2016	1	18	21	VRB	3			4,2	66
16716	2016	1	19	0	VRB	4			4	67
16716	2016	1	19	6	0	0	2,2		2,8	67
16716	2016	1	19	9	10	4			6,4	49
16716	2016	1	19	12	220	4			9,2	41
16716	2016	1	19	18	320	4		9,2	4	67
16716	2016	1	20	6	90	10	6,2		7,2	85
16716	2016	1	20	9	40	5			8,4	90
16716	2016	1	20	12	330	4			9,4	75
16716	2016	1	20	15	VRB	4			7,8	74
16716	2016	1	20	18	360	4		9,9	7,2	76
16716	2016	1	20	21	VRB	4			7	77
16716	2016	1	21	0	VRB	5			7,2	76
16716	2016	1	21	3	VRB	4			6,8	80
16716	2016	1	21	9	0	0			10	66
16716	2016	1	21	12	0	0			11,8	59
16716	2016	1	21	15	VRB	2			12	59
16716	2016	1	21	18	60	2		11,8	9,2	72
16716	2016	1	21	21	VRB	1			6,5	81
16716	2016	1	22	0	VRB	2			5,9	79
16716	2016	1	22	3	VRB	2			7,6	68
16716	2016	1	22	6	350	4	5,4		8,2	59
16716	2016	1	22	9	10	8			9,8	52
16716	2016	1	22	12	30	5			11,6	44
16716	2016	1	22	15	360	7			8,8	50
16716	2016	1	22	18	350	5		11,6	7,2	58
16716	2016	1	22	21	VRB	5			7,1	57

station_code	m30_year	m30_month	m30_day	UTC_hour	Wind_dir	Wind_force_knot	min_temp	max_temp	dry_temp	rh
16716	2016	3	14	0	VRB	3			10,8	98
16716	2016	3	14	3	VRB	5			10,3	98
16716	2016	3	14	6	360	7	9,8		11,2	87
16716	2016	3	14	9	350	6			11,2	84
16716	2016	3	14	12	360	12			10,2	70
16716	2016	3	14	15	10	8			8,3	80
16716	2016	3	14	18	10	5		11,2	7,6	82
16716	2016	3	14	21	VRB	5			7,8	78
16716	2016	3	15	0	330	7			8,1	70
16716	2016	3	15	3	VRB	4			8,1	68
16716	2016	3	15	6	VRB	3	7,3		8,4	69
16716	2016	3	15	9	10	9			10,6	57
16716	2016	3	15	12	70	5			13,6	51
16716	2016	3	15	15	50	6			10,5	61
16716	2016	3	15	18	90	7		13,6	9,8	62
16716	2016	3	15	21	VRB	4			9,5	65
16716	2016	3	16	0	VRB	3			9,6	66
16716	2016	3	16	3	VRB	3			9,6	66
16716	2016	3	16	6	0	0	9,4		10,2	66
16716	2016	3	16	9	60	7			12,8	57
16716	2016	3	16	12	40	4			12,2	56
16716	2016	3	16	18	80	5		12,8	9,6	59
16716	2016	3	16	21	VRB	3			8,8	55
16716	2016	3	17	0	VRB	2			8,2	61
16716	2016	3	17	3	VRB	3			8,1	69
16716	2016	3	17	6	0	0	7,4		8,8	68
16716	2016	3	17	9	360	5			11,8	52
16716	2016	3	17	12	30	4			12,8	48
16716	2016	3	17	15	VRB	3			11,7	52
16716	2016	3	17	18	VRB	3		13	9,8	59
16716	2016	3	17	21	VRB	3			9,2	61
16716	2016	3	18	0	VRB	2			8,1	67
16716	2016	3	18	6	70	4	7,2		10	64
16716	2016	3	18	9	0	0			12	55
16716	2016	3	18	12	0	0			14	55
16716	2016	3	18	15	VRB	3			12,6	71
16716	2016	3	18	18	90	3		14,8	11,6	78
16716	2016	3	18	21	VRB	4			12,2	73

Πίνακες Αναλυτικών Αποτελεσμάτων Επιτόπιων Μετρήσεων

MONDAY MORNING 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	10,47	0,13	23,02	22,83	22,74	32,65	8,85	-0,43
	26,71	1,60	23,62		22,35		8,28	-0,40
	25,30	4,27	23,92		21,96		9,08	-0,44
RUN2	14,93	3,24	23,46	23,77	24,01	32,12	6,04	-0,22
	13,83	0,00	24,28		23,55		5,64	-0,18
	8,11	0,02	24,79		23,23		5,48	-0,15
RUN3	3,72	0,00	23,49	23,35	23,29	31,75	6,94	-0,31
	3,88	0,00	23,97		23,05		6,55	-0,27
	6,20	0,00	24,44		22,75		6,32	-0,25
RUN4	7,09	0,24	23,52	23,34	23,27	31,93	6,92	-0,30
	11,42	1,82	24,16		22,86		6,55	-0,27
	15,97	0,75	24,38		22,78		6,37	-0,26
RUN5	9,80	0,15	24,20	23,62	23,30	32,40	5,96	-0,21
	25,42	0,80	24,16		23,33		5,97	-0,22
	7,99	2,16	24,37		23,11		5,98	-0,22
RUN1 ROOM	42,41	0,25	22,85	22,86	22,87	35,81	25,82	-0,99
	22,97	0,47	23,56		22,47		23,81	-0,94
	32,69	0,28	23,76		22,39		23,15	-0,93
RUN2 ROOM	5,83	0,61	22,39	22,23	22,15	36,94	33,11	-1,16
	21,60	1,37	23,02		21,82		30,93	-1,11
	17,36	0,7	23,47		21,52		29,92	-1,09

MONDAY NIGHT 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	41,00	27,32	20,88	21,77	22,94	34,64	23,34	-0,93
	33,79	16,42	21,97		21,53		20,92	-0,87
	29,96	15,34	22,33		21,12		20,69	-0,86
RUN2	24,33	0,22	22,24	22,04	21,95	34,71	13,15	-0,62
	18,62	0,58	22,76		21,68		12,26	-0,59
	24,28	1,29	22,99		21,53		13,15	-0,58
RUN3	13,41	0,63	22,77	22,93	23,00	32,97	8,87	-0,43
	16,47	1,9	23,18		22,79		8,41	-0,40
	12,87	1,15	23,59		22,55		8,01	-0,38
RUN4	3,24	0,08	23,01	23,06	23,08	32,55	8,19	-0,39
	8,75	0,41	23,43		22,9		7,68	-0,36
	5,72	0,3	23,93		22,61		7,29	-0,33
RUN5	16,44	0,02	24,26	23,52	23,16	33,31	6,05	-0,22
	28,78	3,58	23,91		23,23		6,42	-0,26
	12,48	0,01	24,05		23,29		6,15	-0,24
RUN1 ROOM	48,34	0,19	22,32	22,66	22,81	36,05	29,54	-1,08
	20,62	1,38	23,25		22,31		26,59	-1,01
	17,15	1,32	23,42		22,18		26,24	-1,00
RUN2 ROOM	6,05	0,31	22,19	22,64	22,85	36,42	30,17	-1,09
	8,55	0,19	23,36		22,29		26,01	-1,00
	6,32	0,11	23,67		22,09		25,32	-0,98



TUESDAY MORNING 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	10,77	0,32	22,83	22,99	23,06	38,52	7,73	0,36
	11,94	0,38	23,21		22,88		8,03	0,38
	11,99	0,43	23,49		22,75		8,22	0,39
RUN2	9,85	1,80	23,16	23,38	23,51	39,97	8,69	0,42
	21,49	2,36	23,44		23,34		8,88	0,43
	18,05	2,91	23,78		23,09		9,05	0,44
RUN3	5,23	0,05	23,22	23,17	23,15	39,55	8,45	0,41
	4,43	0,06	23,53		23,01		8,73	0,42
	3,78	0,02	23,86		22,83		8,99	0,44
RUN4	7,64	2,68	22,97	22,92	22,88	39,23	7,49	0,34
	14,17	1,91	23,3		22,68		7,76	0,36
	9,46	1,9	23,66		22,43		7,94	0,37
RUN5	5,21	0,04	23,11	22,79	22,65	39,99	7,61	0,35
	6,96	0,12	23,32		22,55		7,75	0,36
	6,48	0,12	23,58		22,39		7,90	0,37
RUN1 ROOM	6,72	0	22,71	22,32	22,15	41,04	31,00	-1,11
	10,94	0,31	22,95		22		30,43	-1,10
	6,56	0,4	23,29		21,79		29,61	-1,08
RUN2 ROOM	4,83	0,01	22,24	21,97	21,85	41,62	36,15	-1,22
	9,3	0,03	22,6		21,67		34,90	-1,19
	12,81	0,3	23		21,4		34,00	-1,17

TUESDAY NIGHT 3rd floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	14,04	0,13	22,46	21,87	21,60	39,07	5,88	0,21
	18,57	0,02	22,87		21,33		6,02	0,22
	14,14	0,38	23,20		21,09		6,11	0,23
RUN2	8,99	0,05	22,76	22,74	22,73	38,47	7,26	0,33
	12,83	0,36	23,08		22,58		7,49	0,35
	8,42	0,74	23,58		22,28		7,78	0,37
RUN3	8,54	0,09	23,00	22,95	22,94	38,62	7,86	0,37
	12,13	0,21	23,37		22,77		8,14	0,39
	8,87	0,54	23,85		22,48		8,45	0,41
RUN4	8,14	0,10	23,33	23,31	23,30	38,42	8,85	0,43
	9,74	0,11	23,64		23,16		9,15	0,45
	7,44	0,01	24,07		22,92		9,50	0,46
RUN5	9,85	0,03	23,33	23,15	23,07	38,24	8,51	0,41
	12,25	0,20	23,66		22,92		8,81	0,43
	9,28	0,19	24,09		22,65		9,09	0,44
RUN1 ROOM	6,63	0,02	22,81	22,79	22,79	39,56	26,50	-1,01
	5,97	0,01	23,53		22,43		24,23	-0,95
	4,64	0,07	24,14		22,01		23,08	-0,93
RUN2 ROOM	2,91	0,00	22,72	22,69	22,68	40,47	27,68	-1,04
	3,39	0,00	23,43		22,32		25,38	-0,98
	3,87	0,00	24,02		21,92		24,23	-0,95

WEDNESDAY MORNING 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	49,64/	3,36/0	22,88	22,27	21,86	43,41	6,48	0,27
	46,26/	3,36/0	23,25		21,6		6,61	0,28
	25,52/	0,78/0	23,34		21,68		6,79	0,29
RUN2	5,50	0,02	23,02	22,63	22,44	42,35	7,26	0,33
	11,38	0,40	23,22		22,35		7,39	0,34
	7,68	0,55	23,28		22,27		7,38	0,34
RUN3	10,92	0,61	22,99	22,77	22,66	41,91	7,47	0,34
	20,23	1,85	23,25		22,48		7,59	0,35
	12,56	1,42	23,30		22,44		7,61	0,35
RUN4	18,80	3,71	23,04	22,81	22,64	42,24	7,49	0,35
	20,96	3,00	23,23		22,52		7,62	0,35
	16,89	1,70	23,31		22,5		7,69	0,36
RUN5	12,47	0,04	23,20	23,04	22,97	41,37	8,17	0,39
	18,97	0,04	23,41		22,89		8,37	0,40
	10,94	0,55	23,46		22,82		8,34	0,40
RUN1 ROOM	16,30	0,36	22,41	22,59	22,68	42,86	29,70	-1,08
	24,28	1,48	23,14		22,26		27,49	-1,03
	14,92	1,50	23,59		22		26,32	-1,00
RUN2 ROOM	13,01	0,01	22,38	22,45	22,48	43,18	31,11	-1,11
	8,19	0,04	23,18		22,09		28,27	-1,05
	16,68	0,07	23,62		21,8		27,29	-1,03

WEDNESDAY NIGHT 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	45,55	7,07	22,37	21,79	21,26	39,89	5,38	0,14
	48,67	2,76	22,90		21,10		5,87	0,21
	26,22	2,06	23,04		21,01		5,91	0,21
RUN2	3,84	0,00	23,48	23,72	23,81	37,16	9,96	0,49
	7,25	0,00	24,23		23,49		10,81	0,53
	7,66	0,00	24,57		23,28		11,08	0,54
RUN3	6,22	0,73	23,35	23,46	23,52	37,65	9,23	0,45
	11,87	1,15	24,03		23,15		9,81	0,48
	10,59	1,18	24,11		23,07		9,80	0,48
RUN4	6,57	0,28	23,53	23,54	23,54	37,41	9,58	0,47
	10,82	0,11	24,13		23,26		10,18	0,50
	7,79	0,06	24,35		23,13		10,35	0,51
RUN5	15,63	0,04	24,19	24,07	24,02	37,05	11,78	0,57
	18,24	0,53	24,34		23,93		11,92	0,57
	15,41	0,98	24,43		23,87		11,97	0,58
RUN1 ROOM	42,99	4,42	22,98	23,21	23,39	39,53	22,28	-0,90
	36,49	6,98	24,25		22,22		24,76	-0,97
	27,18	3,93	24,28		22,37		21,37	-0,88
RUN2 ROOM	4,60	0,04	23,02	23,30	23,41	40,29	21,85	-0,89
	14,40	0,63	24,05		22,92		18,92	-0,81
	11,45	0,84	24,35		22,72		18,42	-0,80

THURSDAY MORNING 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	54,15	1,50	22,37	22,12	21,98	34,99	6,11	0,23
	38,00	1,08	22,69		21,83		6,27	0,25
	30,53	0,81	22,80		21,78		6,33	0,25
RUN2	35,47	0,57	22,26	22,18	22,15	34,75	6,14	0,23
	35,23	0,36	22,83		21,87		6,44	0,26
	23,26	1,04	23,08		21,68		6,51	0,27
RUN3	21,14	1,36	22,37	22,47	22,52	34,67	6,58	0,28
	21,41	2,88	22,63		22,35		6,69	0,29
	16,28	3,1	22,85		22,18		6,76	0,29
RUN4	10,23	0,08	22,72	22,45	22,35	34,71	6,79	0,29
	6,77	0,03	22,88		22,27		6,89	0,30
	5,33	0,04	22,99		22,21		6,95	0,31
RUN5	41,22	10,42	22,21	22,06	21,90	34,49	5,42	0,14
	44,49	5,27	22,47		21,75		6,01	0,22
	18,54	0,93	22,77		21,67		6,21	0,24
RUN1 ROOM	38,25	1,77	21,68	21,48	21,37	40,20	43,72	-1,37
	20,32	1,48	22,01		21,16		42,59	-1,34
	24,34	1,42	22,36		20,96		41,34	-1,32
RUN2 ROOM	22,1	0,89	21,42	21,26	21,18	40,39	47,08	-1,43
	24,87	2,54	21,85		20,91		45,64	-1,40
	10,83	1,41	22,1		20,78		44,59	-1,38

THURSDAY NIGHT 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	44,98	25,72	21,57	21,90	22,32	34,17	8,03	-0,38
	35,21	16,17	22,40		21,32		7,51	-0,35
	28,73	11,82	22,73		21,03		7,04	-0,31
RUN2	22,54	0,27	21,73	22,06	22,22	34,65	5,84	-0,20
	17,65	0,10	22,48		21,88		5,47	-0,15
	15,74	1,61	22,89		21,62		5,36	-0,13
RUN3	24,81	1,96	22,56	22,71	22,79	33,72	7,08	0,32
	21,31	2,66	22,96		22,54		7,29	0,33
	20,07	2,08	23,26		22,37		7,47	0,34
RUN4	5,97	0,18	22,87	23,05	23,12	32,46	7,89	0,37
	18,19	1,14	23,28		22,93		8,22	0,39
	11,35	0,97	23,77		22,65		8,57	0,41
RUN5	25,01	0,40	23,77	23,41	23,23	32,92	9,49	0,46
	32,89	3,88	23,66		23,21		9,20	0,45
	22,37	1,23	23,90		23,13		9,54	0,46
RUN1 ROOM	46,24	0,49	22,28	22,73	22,95	35,69	28,98	-1,07
	25,54	2,21	23,18		22,44		26,25	-1,00
	21,44	2,09	23,42		22,28		25,71	-0,99
RUN2 ROOM	9,05	0,17	22,38	22,80	22,98	36,50	28,11	-1,05
	18,31	0,24	23,42		22,50		24,45	-0,96
	11,92	0,23	23,66		22,35		23,89	-0,95

FRIDAY MORNING 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	19,21	0,54	22,75	22,79	22,81	32,98	9,35	-0,46
	29,06	1,63	23,32		22,5		8,68	-0,42
	32,93	3,46	23,71		22,11		8,67	-0,42
RUN2	13,49	3,62	23,23	23,70	24,06	32,36	6,27	-0,25
	22,27	0,04	24,05		23,55		5,85	-0,20
	8,45	0,19	24,53		23,28		5,65	-0,18
RUN3	9,21	1,73	23,48	23,42	23,38	31,96	6,82	-0,30
	10,80	0,58	23,99		23,14		6,41	-0,26
	10,00	0,42	24,52		22,81		6,15	-0,24
RUN4	4,10	0	28,34	23,32	23,27	31,52	7,06	-0,31
	22,66	1,88	99,93		22,98		6,76	-0,29
	18,99	0,67	61		22,77		6,45	-0,26
RUN5	8,38	0,06	24	23,72	23,58	32,21	5,89	-0,21
	28,84	2,36	24,22		23,38		5,85	-0,20
	11,43	1,65	24,33		23,34		5,78	-0,19
RUN1 ROOM	39,33	0,68	23,11	23,11	23,11	35,81	22,94	-0,92
	36,74	0,92	23,67		22,82		21,36	-0,88
	40,96	2,11	23,84		22,65		21,34	-0,88
RUN2 ROOM	5,30	0,24	22,59	22,35	22,24	36,61	31,15	-1,11
	6,09	0,17	23,26		21,87		29,08	-1,07
	8,01	0,21	23,6		21,64		28,37	-1,05

FRIDAY NIGHT 3rd Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	38,14	0,88	22,17	21,39	20,99	36,25	16,69	-0,75
	41,98	0,91	22,47		20,79		16,23	-0,73
	35,62	6,2	22,48		20,43		18,94	-0,81
RUN2	10,73	2,15	22,62	22,03	21,62	35,25	12,88	-0,61
	36,64	0,34	22,93		21,55		12,08	-0,58
	20,00	0,23	22,99		21,52		12,02	-0,58
RUN3	7,64	0,10	22,91	22,79	22,74	33,78	9,12	-0,44
	9,99	0,40	23,30		22,55		8,61	-0,42
	7,11	0,00	23,64		22,35		8,31	-0,40
RUN4	6,87	0,13	23,18	23,02	22,95	34,02	8,08	-0,38
	27,69	5,39	23,77		22,40		8,53	-0,41
	15,34	0,67	23,90		22,56		7,43	-0,34
RUN5	7,51	0,04	23,73	23,44	23,31	34,76	6,55	-0,27
	31,31	3,68	23,95		23,05		6,67	-0,28
	11,20	0,49	24,11		23,11		6,30	-0,25
RUN1 ROOM	41,44	3,97	21,85	22,77	23,42	35,47	29,00	-1,07
	25,53	0,87	23,08		22,62		25,84	-0,99
	31,12	2,39	23,46		22,33		25,17	-0,98
RUN2 ROOM	11,69	0,17	22,15	22,65	22,88	36,80	30,24	-1,09
	10,97	0,26	23,26		22,36		26,17	-1,00
	11,84	0,48	23,73		22,06		25,10	-0,98

## Πίνακες Αναλυτικών Αποτελεσμάτων Επιτόπιων Μετρήσεων

MONDAY MORNING 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	40,08	0,44	20,25	20,97	21,37	32,33	8,8	0,57
	13,91	0,12	21,93		20,44		10,0	0,57
	18,25	0,21	22,97		19,64		10,5	0,06
RUN2	4,69	0,00	20,64	21,58	22,09	31,83	10,3	0,64
	8,61	0,42	22,07		21,32		11,5	0,69
	5,91	0,11	22,94		20,78		12,1	0,71
RUN3	13,15	0,27	20,84	21,81	22,35	30,32	5,0	0,21
	14,05	0,77	22,41		21,47		5,2	0,28
	18,47	2,49	23,29		20,74		5,2	0,28
RUN4	11,05	0,12	20,83	21,73	22,22	31,09	10,8	0,66
	11,79	0,06	22,54		21,31		12,3	0,72
	6,61	0	23,42		20,69		12,8	0,74
RUN5	20,39	1,935	21,35	22,20	22,75	28,60	12,4	0,73
	20,47	0,807	22,79		21,87		13,7	0,77
	24,06	1,067	23,55		21,32		14,1	0,78
RUN6	33,41	0,95	20,91	20,41	20,139	29,34	14,1	-0,38
	25,89	0,59	22,08		19,327		12,7	-0,34
	18,87	1,07	22,57		18,892		12,5	-0,33
RUN7	31,27	1,68	21,13	21,68	22,01	30,63	13,2	0,75
	17	0,3	22,14		21,44		14,3	0,79
	20,43	0,73	22,94		20,89		14,8	0,80
RUN8	33,93	3,52	20,96	21,01	21,04	27,28	9,2	0,59
	28,33	0,58	22,6		19,99		10,4	0,64
	18,29	0,99	23,53		19,18		10,6	0,65

MONDAY NIGHT 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	24,12	0,20	22,31	23,00	23,37	28,80	19,5	0,83
	23,80	0,83	24,15		22,30		21,3	0,88
	14,97	0,37	24,68		21,94		21,7	0,89
RUN2	7,80	0,14	22,20	23,37	24,02	29,94	20,6	0,86
	11,64	0,17	23,83		23,15		22,6	0,91
	9,21	0,21	24,35		22,82		23,0	0,92
RUN3	11,55	0,33	22,15	23,17	23,74	28,27	9,1	0,44
	17,36	0,32	23,59		22,96		10,3	0,50
	14,82	0,49	24,09		22,64		10,6	0,52
RUN4	7,76	0,07	21,84	22,42	22,70	29,31	17,1	0,76
	6,83	0,07	23,2		22,01		18,7	0,81
	6,97	0,06	23,7		21,67		19,0	0,82
RUN5	12,6	0,02	22,1	22,68	22,96	27,72	18,2	0,79
	7,95	0,01	23,16		22,45		19,5	0,83
	7,25	0	23,56		22,21		19,8	0,84
RUN6	35,22	1,13	21,4	20,92	20,648	32,87	6,7	-0,28
	41,71	0,94	22,19		20,121		6,3	-0,25
	36,61	1,61	22,47		19,867		6,3	-0,25
RUN7	29,98	0,47	21,54	21,97	22,19	31,41	18,2	0,79
	32,76	0,29	22,41		21,74		19,3	0,82
	20,32	0,8	22,78		21,49		19,5	0,83
RUN8	44,7	13,46	20,36	19,64	18,96	31,57	8,3	0,39
	59,56	4,03	21,54		18,16		9,4	0,46
	41,67	3,61	21,99		17,73		9,5	0,46

TUESDAY MORNING 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	9,55	0,07	19,69	20,63	21,15	27,33	10,7	0,52
	22,29	0,46	21,56		20,10		12,2	0,59
	17,14	1,11	22,18		19,60		12,4	0,59
RUN2	9,52	0,02	19,85	21,13	21,88	26,40	11,9	0,58
	7,60	0,00	21,70		20,86		13,6	0,64
	9,42	0,23	22,49		20,31		14,1	0,66
RUN3	5,83	0	20,14	21,22	21,82	24,94	5,2	0,11
	15,44	0,15	21,78		20,93		5,7	0,18
	18,27	1,96	22,93		20,01		5,8	0,20
RUN4	7,75	0	20,15	21,27	21,91	26,25	12,5	0,60
	7,86	0	22,09		20,85		14,3	0,67
	3,11	0	23,05		20,15		14,8	0,68
RUN5	19,4	0,25	20,72	22,11	22,94	24,01	15,2	0,70
	21,87	0,09	22,35		22,01		16,9	0,75
	6,4	0,07	23,18		21,51		17,6	0,77
RUN6	48,7	7,68	20,75	20,39	20,075	26,65	9,4	-0,45
	38,89	6,95	21,82		19,114		9,2	-0,43
	34,51	7,43	22,13		18,768		9,3	-0,44
RUN7	20,08	0,26	21,04	21,58	21,86	27,78	16,6	0,74
	17,86	0,23	22,22		21,25		17,9	0,78
	14,79	1,29	22,81		20,78		18,1	0,79
RUN8	42,45	2,27	20,73	21,01	21,19	26,51	12,4	0,59
	60,57	0,94	22,66		19,92		13,7	0,64
	42,51	1,21	23,37		19,31		13,9	0,65

TUESDAY NIGHT 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	5,69	0,02	22,21	23,11	23,59	25,79	19,7	0,84
	28,45	0,93	24,24		22,42		21,7	0,89
	21,68	0,86	25,23		21,66		22,2	0,90
RUN2	5,68	0,04	22,25	23,51	24,23	25,28	21,2	0,88
	6,58	0,00	24,30		23,12		23,6	0,94
	5,06	0,01	25,13		22,54		24,3	0,96
RUN3	9,40	0,40	22,45	24,30	24,86	23,95	11,5	0,56
	11,19	0,31	24,25		23,81		13,3	0,63
	34,04	1,79	25,56		22,83		13,7	0,64
RUN4	19,73	1,28	22,26	23,25	23,85	25,45	20,4	0,85
	8,74	0,00	24,22		22,73		22,5	0,91
	2,38	0,00	25,39		21,85		23,1	0,93
RUN5	12,87	0,14	22,64	24,04	24,85	23,62	23,6	0,94
	8,27	0,05	24,43		23,86		25,9	1,00
	6,03	0,00	25,49		23,19		26,8	1,02
RUN6	28,84	2,58	21,78	21,92	22,014	27,26	5,4	-0,11
	29,68	1,01	23,47		20,900		5,1	-0,04
	16,73	0,34	24,37		20,225		5,1	-0,01
RUN7	33,41	0,46	22,23	23,26	23,85	26,65	23,3	0,93
	19,07	1,18	23,89		22,88		25,0	0,97
	14,08	1,12	24,77		22,27		25,6	0,99
RUN8	49,43	9,86	22,19	22,24	22,28	24,02	15,8	0,71
	58,04	0,57	23,96		21,13		18,4	0,80
	31,69	0,61	25,03		20,24		18,6	0,80

WEDNESDAY MORNING 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	12,89	0,09	21,16	22,30	22,95	31,58	16,1	0,73
	14,60	0,38	23,24		21,77		18,2	0,79
	18,29	2,37	24,05		20,99		18,1	0,79
RUN2	6,67	0,00	21,38	22,31	22,80	32,31	16,3	0,73
	7,49	0,00	22,93		22,01		18,1	0,79
	12,49	0,07	24,1		21,18		18,8	0,81
RUN3	12,55	0,27	21,16	22,43	23,17	31,05	7,0	0,31
	22,81	1,31	22,81		22,22		7,9	0,37
	40,79	1,85	24,02		21,32		8,3	0,40
RUN4	10,87	0	20,99	21,89	22,37	34,04	14,8	0,68
	6,67	0	22,6		21,54		16,5	0,74
	3,56	0	23,51		20,90		17,1	0,76
RUN5	15,17	1,96	21,1	21,81	22,24	32,63	14,7	0,68
	10,28	0,18	22,32		21,56		16,0	0,72
	13,62	0,3	23,03		21,09		16,4	0,74
RUN6	43,92	2,03	19,83	19,72	19,670	37,02	11,5	-0,55
	42,12	2,13	21,19		18,702		10,3	-0,50
	31,93	4,86	21,84		17,969		10,8	-0,52
RUN7	27,21	0,85	20,48	21,23	21,66	33,75	15,2	0,70
	23,31	0,72	21,7		20,96		16,3	0,73
	15,71	1,07	22,58		20,35		16,9	0,75
RUN8	40,03	1,24	19,75	19,75	19,76	31,82	9,2	0,45
	40,47	0,57	21,59		18,53		10,1	0,50
	30,68	1,41	22,55		17,63		10,2	0,50

WEDNESDAY NIGHT 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	23,21	0,38	22,20	23,11	23,62	30,07	19,7	0,84
	13,51	0,35	24,30		22,41		21,7	0,90
	17,26	2,03	25,58		21,21		22,2	0,89
RUN2	6,27	0,01	22,33	23,77	24,61	30,08	21,2	0,90
	9,47	0,01	24,23		23,56		23,6	0,96
	15,65	0,12	25,48		22,72		24,3	0,99
RUN3	11,98	1,06	22,33	23,92	24,93	28,36	11,5	0,55
	14,49	0,18	24,21		23,78		13,3	0,62
	11,89	1,89	25,46		22,82		13,7	0,63
RUN4	2,89	0,00	22,44	23,65	24,33	29,47	20,4	0,89
	4,16	0,00	24,30		23,34		22,5	0,95
	2,99	0,00	25,52		22,49		23,1	0,98
RUN5	10,04	0,07	22,80	23,80	24,34	28,07	23,6	0,92
	8,60	0,01	24,46		23,49		25,9	0,97
	4,79	0,01	25,47		22,79		26,8	0,99
RUN6	47,49	3,17	22,40	21,93	21,606	32,63	5,4	-0,09
	46,48	1,96	23,55		20,789		5,1	-0,05
	37,66	4,21	24,12		20,125		5,1	-0,07
RUN7	23,34	0,40	22,54	23,08	23,37	30,66	23,3	0,92
	29,59	0,52	23,98		22,56		25,0	0,96
	20,38	0,48	24,63		22,10		25,6	0,97
RUN8	60,69	3,22	22,35	22,52	22,63	27,23	15,8	0,78
	46,84	1,44	24,24		21,35		18,4	0,82
	39,22	4,82	25,56		19,75		18,6	0,79

THURSDAY MORNING 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	11,49	0,18	20,76	21,20	21,43	31,46	12,8	0,61
	16,83	1,14	22,77		20,15		14,2	0,66
	18,38	3,33	23,17		19,64		13,8	0,65
RUN2	7,60	0,00	20,65	21,65	22,19	31,05	13,8	0,65
	5,42	0,00	22,58		21,14		15,7	0,71
	3,18	0,00	23,3		20,62		16,1	0,73
RUN3	15,87	0,5	20,29	21,90	22,91	29,32	5,9	0,21
	14,38	0,48	22,48		21,61		6,8	0,30
	26,57	2,5	23,68		20,59		7,0	0,31
RUN4	7,84	0,04	20,82	22,17	22,96	31,63	15,4	0,70
	6,45	0,04	22,95		21,77		17,7	0,78
	4,51	0	23,91		21,08		18,3	0,79
RUN5	6,7	0,97	21,69	22,86	23,59	29,73	18,5	0,80
	8,53	0,02	23,27		22,68		20,2	0,85
	8,05	0,01	23,99		22,24		20,9	0,87
RUN6	39,25	2,4	21,06	20,81	20,647	32,66	7,2	-0,32
	41,75	3,39	22,31		19,693		6,9	-0,29
	37,47	5,27	22,68		19,235		7,2	-0,32
RUN7	20,4	0,88	21,64	22,01	22,21	32,58	18,5	0,72
	26,18	0,85	22,85		21,51		19,7	0,75
	17,49	0,42	23,38		21,17		20,1	0,76
RUN8	37,18	3,21	21,6	21,76	21,86	29,45	14,8	0,68
	25,23	0,72	23,15		20,88		16,2	0,73
	19,35	0,75	23,99		20,21		16,6	0,74

THURSDAY NIGHT 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	8,48	0,09	22,74	23,92	24,58	28,44	23,2	0,93
	29,50	1,66	24,90		23,28		25,3	0,98
	18,79	0,85	25,59		22,83		25,9	1,00
RUN2	6,32	0,22	23,03	24,24	24,93	28,66	24,9	0,97
	8,98	0,29	24,81		23,95		27,0	1,02
	11,55	0,18	25,36		23,62		27,6	1,04
RUN3	15,17	0,31	23,02	24,04	24,61	28,20	12,3	0,59
	12,64	0,67	24,51		23,79		13,8	0,65
	21,41	2,12	25,27		23,17		13,7	0,64
RUN4	2,31	0,00	22,76	23,46	23,81	29,78	21,5	0,88
	5,56	0,00	24,23		23,07		23,4	0,93
	5,68	0,00	24,87		22,65		23,9	0,95
RUN5	10,46	0,02	22,75	23,77	24,31	30,11	22,7	0,91
	4,80	0,00	24,15		23,60		24,5	0,96
	2,47	0,00	24,74		23,25		25,1	0,98
RUN6	19,15	0,96	22,21	21,81	21,583	33,32	5,2	-0,10
	20,88	0,26	23,20		20,964		5,1	-0,05
	18,51	0,86	23,54		20,662		5,1	-0,05
RUN7	14,12	0,29	22,28	22,21	22,18	33,70	19,8	0,84
	20,00	0,91	23,08		21,69		20,5	0,86
	21,17	1,19	23,41		21,45		20,7	0,86
RUN8	26,40	1,49	21,85	21,41	21,15	33,04	16,9	0,67
	27,50	0,25	22,92		20,48		17,9	0,70
	35,18	0,71	23,27		20,18		17,9	0,70



FRIDAY MORNING 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	6,95	0,00	19,33	18,62	18,25	34,33	7,3	0,33
	12,10	0,07	20,03		17,75		7,6	0,35
	5,28	0,37	20,43		17,41		7,6	0,36
RUN2	3,78	0,00	18,87	18,81	18,79	34,20	7,3	0,33
	6,96	0,02	19,53		18,44		7,7	0,36
	6,17	0,39	19,73		18,28		7,7	0,36
RUN3	10,56	0,31	18,84	19,16	19,32	32,47	5,9	0,21
	5,32	0,54	19,22		19,13		5,7	0,19
	3,92	0,07	19,69		18,89		5,5	0,16
RUN4	6,12	0,04	18,74	18,66	18,63	33,70	7,0	0,31
	10,70	0,02	19,34		18,30		7,4	0,34
	7,70	0,03	19,64		18,11		7,5	0,35
RUN5	20,54	5,55	19,02	19,46	19,82	31,93	8,2	0,39
	28,07	2,57	19,46		19,47		8,4	0,41
	13,90	2,27	19,72		19,31		8,6	0,41
RUN6	16,33	0,61	18,44	17,97	17,716	32,82	21,6	0,31
	28,40	0,27	19,04		17,345		20,4	0,34
	19,03	0,7	19,43		17,026		20,0	0,35
RUN7	32,77	0,56	19,21	19,54	19,70	31,29	10,4	0,51
	29,30	0,06	19,82		19,42		10,9	0,53
	21,27	0,04	19,87		19,39		10,9	0,53
RUN8	27,24	1,9	19,3	19,44	19,53	28,37	8,4	0,40
	23,43	0,22	20,42		18,89		9,1	0,44
	21,3	0,39	20,89		18,53		9,3	0,45

FRIDAY NIGHT 1st Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PPD	PMV
RUN1	14,40	0,45	22,57	23,03	24,12	27,31	22,3	0,90
	22,09	0,98	24,51		22,94		24,2	0,95
	22,26	2,70	25,23		22,22		24,0	0,95
RUN2	9,39	0,01	23,07	24,17	24,76	26,44	24,6	0,96
	11,31	0,00	24,86		23,83		26,9	1,02
	5,09	0,01	25,71		23,25		27,6	1,03
RUN3	13,93	1,93	23,39	24,63	25,41	24,60	14,6	0,68
	19,44	2,65	25,12		24,32		16,3	0,73
	20,81	1,04	25,91		23,82		17,2	0,76
RUN4	6,67	0,01	22,66	23,86	24,53	26,01	22,9	0,92
	8,54	0,09	24,51		23,55		25,2	0,98
	4,82	0,00	25,41		22,94		26,0	1,00
RUN5	8,28	0,49	23,15	24,28	24,95	25,65	25,2	0,98
	11,11	0,04	24,49		24,20		26,9	1,02
	13,61	0,05	25,17		23,82		27,7	1,04
RUN6	24,79	1,83	22,12	21,60	21,287	28,29	5,5	-0,15
	24,70	0,68	23,48		20,351		5,2	-0,09
	26,27	2,33	23,98		19,783		5,3	-0,11
RUN7	19,65	0,62	22,83	23,48	23,85	28,56	24,8	0,97
	27,12	0,38	24,46		22,92		26,6	1,01
	16,83	0,34	25,24		22,37		27,1	1,02
RUN8	44,13	0,84	22,95	23,48	23,78	26,57	21,9	0,89
	27,91	0,46	24,82		22,67		23,8	0,94
	30,46	1,75	26,00		21,59		23,5	0,94

Πίνακες Αναλυτικών Αποτελεσμάτων Επιτόπιων Μετρήσεων

MONDAY MORNING 3rd Floor									
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Velocity [m/s]	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PDD	PMV
RUN1	35,63	2,20	0,03	22,64	22,19	21,91	47,39	7,71	-0,36
	47,25	1,38	0,04	23,24		21,55		7,10	-0,32
	31,13	0,55	0,05	23,02		21,73		7,25	-0,33
RUN2	22,06	0,83	0,03	21,29	21,74	21,98	46,21	10,78	-0,53
	20,22	0,80	0,04	22,14		21,52		9,50	-0,46
	17,69	1,65	0,05	22,29		21,40		9,39	-0,46
RUN3	24,19	0,53	0,03	21,57	22,25	22,62	44,76	8,73	-0,42
	21,5	0,66	0,03	22,21		22,28		7,93	-0,38
	12,91	0,51	0,04	22,54		22,11		7,58	-0,35
RUN4	27,56	5,98	0,08	20,97	20,53	20,17	47,88	17,14	-0,76
	29,44	3,72	0,07	20,98		20,21		16,95	-0,75
	18,3	1,87	0,05	21,19		20,11		16,38	-0,74
RUN5	29,09	2,41	0,05	21,49	21,41	21,37	46,13	11,67	-0,56
	24,88	1,24	0,04	21,63		21,30		11,43	-0,55
	17,87	0,60	0,04	21,75		21,24		11,20	-0,54
RUN6	26,21	0,57	0,03	21,32	20,90	20,68	47,67	14,10	-0,66
	15,71	0,28	0,03	21,71		20,45		13,36	-0,63
	12,56	0,50	0,03	21,86		20,34		13,14	-0,62

TUESDAY MORNING 3rd Floor									
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Velocity [m/s]	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PDD	PMV
RUN1	49,01	3,79	0,06	22	22,29	22,48	49,91	8,00	-0,38
	33,44	3,07	0,06	22,59		22,08		7,53	-0,35
	33,43	0,89	0,03	22,89		21,99		7,14	-0,32
RUN2	23,83	4,25	0,07	21,22	21,63	21,95	50,49	11,01	-0,54
	22,72	1,85	0,05	21,81		21,53		10,34	-0,51
	17,73	1,74	0,05	22,19		21,30		9,87	-0,48
RUN3	17,9	0,43	0,03	22,51	23,10	23,38	47,62	5,98	-0,22
	17,17	0,29	0,03	23,11		23,10		5,62	-0,17
	8,01	0,25	0,03	23,47		22,93		5,45	-0,15
RUN4	35,98	0,87	0,04	21,16	20,74	20,52	52,89	15,19	-0,70
	13,82	0,49	0,03	21,5		20,35		14,46	-0,67
	6,9	0,69	0,03	21,81		20,14		13,98	-0,65
RUN5	29,51	0,59	0,03	21,83	21,71	21,65	53,79	10,03	-0,49
	26,41	0,02	0,02	22,15		21,51		9,52	-0,47
	11,47	0,00	0,02	22,32		21,41		9,31	-0,45
RUN6	17,22	0,34	0,03	21,45	21,30	21,23	51,48	12,14	-0,58
	19,39	3,23	0,06	21,73		20,99		11,88	-0,57
	18,14	3,68	0,07	21,89		20,86		11,75	-0,57

TUESDAY AFTERNOON 4rth Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PMV	PPD
RUN1	27,46	5,73	20,12	19,53	19,24	41,04	-1,66	59,64
	38,85	2,61	20,49		19,00		-1,63	58,14
	30,02	2,93	20,69		18,85		-1,62	57,41
RUN2	20,52	0,86	19,58	19,57	19,57	41,08	-1,70	61,99
	24,22	1,28	20,18		19,21		-1,66	59,36
	19,56	1,79	20,44		19,11		-1,63	57,75
RUN3	17,91	0,44	20,46	20,67	20,78	37,87	-1,41	45,78
	15,3	0,47	21,03		20,51		-1,35	42,82
	9,21	1,21	21,33		20,34		-1,32	41,54
RUN4	24,81	0,94	18,25	18,15	18,07	44,57	-2,11	81,55
	15,89	0,49	19,26		17,51		-2,02	77,69
	12,9	0,97	19,51		17,31		-2,00	76,94
RUN5	20,19	2,23	18,99	19,20	19,29	41,16	-1,84	68,92
	18,38	1,74	19,66		18,99		-1,77	65,22
	13,78	2,55	19,93		18,82		-1,74	64,07
RUN6	22,33	1	19,54	19,66	19,72	40,11	-1,69	61,27
	17,36	2,45	19,98		19,52		-1,65	58,81
	16,22	1,68	20,12		19,39		-1,64	58,53

WEDNESDAY MORNING 3rd Floor									
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Velocity [m/s]	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PDD	PMV
RUN1	52,08	2,59	0,05	21,5	21,99	22,29	50,44	9,48	-0,46
	25,90	0,47	0,03	22,28		21,85		8,55	-0,41
	14,26	1,53	0,05	22,71		21,53		8,23	-0,39
RUN2	18,63	3,14	0,06	21,1	21,36	21,55	50,42	12,40	-0,59
	21,31	0,45	0,03	21,59		21,24		11,66	-0,56
	19,21	0,48	0,03	22,03		21,02		10,91	-0,53
RUN3	24,75	0,54	0,03	22,18	22,79	23,09	48,31	6,76	-0,29
	16,91	0,38	0,03	22,9		22,74		6,17	-0,24
	11,09	0,39	0,04	23,17		22,59		6,01	-0,22
RUN4	30,56	2,86	0,06	20,9	20,80	20,73	53,15	15,50	-0,71
	22,97	0,76	0,03	21,55		20,41		14,09	-0,66
	5,14	0,08	0,03	21,94		20,15		13,51	-0,64
RUN5	46,22	3,87	0,06	21,72	21,72	21,72	50,13	10,16	-0,50
	21,69	1,73	0,04	22,35		21,38		9,30	-0,45
	14,95	0,45	0,03	22,56		21,28		9,01	-0,44
RUN6	38,84	2,32	0,05	21,9	21,33	20,96	51,21	11,46	-0,56
	25,28	0,52	0,03	22,33		20,78		10,67	-0,52
	18,63	1,25	0,04	22,31		20,78		10,72	-0,52

WEDNESDAY AFTERNOON 4rth Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PMV	PPD
RUN1	23,46	2,67	21,62	21,24	21,06	56,35	-1,18	34,50
	29,75	1,56	21,81		20,97		-1,17	33,62
	29,75	1,51	21,89		20,92		-1,16	33,35
RUN2	29,28	1,66	21,54	21,56	21,57	53,87	-1,13	31,85
	30,10	1,74	21,93		21,33		-1,10	30,53
	20,43	1,15	22,06		21,27		-1,09	29,97
RUN3	19,37	2,03	20,89	21,62	21,64	53,13	-1,11	31,05
	21,24	1,30	21,57		21,46		-1,09	30,00
	15,10	0,57	21,65		21,43		-1,07	29,23
RUN4	26,01	0,86	20,89	20,59	20,36	56,48	-1,39	45,04
	26,83	0,93	21,57		20,05		-1,32	41,56
	15,60	0,87	21,65		19,99		-1,32	41,30
RUN5	16,89	2,93	20,98	20,69	20,51	56,35	-1,36	43,26
	26,39	0,85	21,48		20,27		-1,31	40,78
	14,08	0,57	21,41		20,28		-1,32	41,30
RUN6	20,68	0,80	21,33	21,02	20,87	54,88	-1,25	37,96
	24	4,39	21,64		20,72		-1,23	36,51
	17,28	1,61	21,72		20,67		-1,22	36,24

THURSDAY MORNING 3rd Floor									
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Velocity [m/s]	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PDD	PMV
RUN1	26,56	1,73	0,05	21,63	22,05	22,30	41,10	9,14	-0,45
	38,38	1,21	0,04	22,51		21,78		8,17	-0,39
	31,80	1,10	0,04	22,49		21,81		8,17	-0,39
RUN2	25,25	5,29	0,08	20,8	21,40	21,89	43,08	12,45	-0,60
	17,76	1,67	0,05	21,71		21,21		11,38	-0,55
	7,71	0,23	0,03	22,03		21,09		10,77	-0,53
RUN3	24,41	0,67	0,03	21,62	22,36	22,74	41,57	8,33	-0,40
	26,33	1,14	0,04	22,33		22,38		7,53	-0,35
	20,56	0,52	0,04	22,69		22,19		7,18	-0,32
RUN4	44,93	1,22	0,04	20,14	20,37	20,49	42,62	19,54	-0,83
	13,21	0,65	0,04	21,82		19,49		15,96	-0,72
	19,12	1,19	0,04	21,38		19,77		16,76	-0,75
RUN5	44,01	5,45	0,07	20,68	20,59	20,52	40,35	17,05	-0,76
	38,04	1,04	0,03	21,51		20,10		15,18	-0,70
	18,08	0,34	0,03	21,62		20,03		15,02	-0,69
RUN6	36,72	2,24	0,04	21,09	20,37	19,94	40,96	17,37	-0,77
	12,7	0,73	0,03	21,57		19,67		16,34	-0,73
	7,9	0,25	0,03	21,63		19,63		16,26	-0,73

THURSDAY AFTERNOON 4rth Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PMV	PPD
RUN1	34,74	3,56	21,56	21,14	20,96	43,19	-1,21	35,60
	35,03	1,69	21,61		20,93		-1,20	35,40
	29,14	1,62	21,61		20,88		-1,21	35,68
RUN2	9,70	1,42	21,73	21,56	21,49	41,71	-1,11	30,99
	16,28	2,00	21,85		21,41		-1,10	30,56
	14,18	2,54	21,9		21,39		-1,10	30,37
RUN3	21,11	3,31	21,15	21,37	21,45	41,68	-1,21	35,56
	20,13	1,65	21,54		21,30		-1,17	33,60
	17,94	1,11	21,68		21,23		-1,15	32,98
RUN4	19,07	3,55	20,38	20,13	19,95	44,22	-1,52	52,25
	16,98	1,81	21,13		19,58		-1,46	48,48
	18,90	5,70	21,13		19,57		-1,46	48,53
RUN5	36,11	5,82	20,54	20,40	20,32	43,33	-1,45	48,26
	36,49	0,55	20,89		20,17		-1,42	46,38
	23,52	0,06	21,02		20,09		-1,41	45,83
RUN6	17,49	0,42	20,55	20,47	20,43	43,4	-1,44	47,49
	22,20	3,72	21,01		20,21		-1,39	45,10
	13,16	0,82	21,05		20,18		-1,39	45,00

FRIDAY MORNING 3rd Floor									
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Velocity [m/s]	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PDD	PMV
RUN1	96,60	13,27	0,10	20,68	21,06	24,09	34,74	14,23	-0,66
	115,30	5,00	0,06	21,46		23,98		13,35	-0,63
	71,66	13,98	0,11	21,38		24,26		15,51	-0,71
RUN2	107,38	20,23	0,05	20,23	20,68	23,56	34,89	17,49	-0,77
	96,62	0,00	0,04	21,05		23,43		15,72	-0,71
	83,17	0,00	0,03	21,33		23,35		15,08	-0,69
RUN3	125,12	0,00	0,05	21,22	22,06	23,56	34,06	9,59	-0,47
	79,44	0,00	0,04	21,94		23,37		8,77	-0,43
	59,73	0,00	0,03	22,26		23,30		8,38	-0,40
RUN4	63,19	0,00	0,10	20,52	19,70	20,68	40,11	24,10	-0,95
	92,55	0,00	0,04	20,46		20,49		22,67	-0,91
	56,36	0,00	0,04	20,64		20,46		22,17	-0,90
RUN5	74,08	11,09	0,09	20,33	20,35	22,34	39,33	19,16	-0,82
	80,13	0,00	0,04	20,82		21,95		17,98	-0,78
	65,79	0,00	0,03	21,04		21,93		17,38	-0,77
RUN6	59,04	0,00	0,03	20,04	19,92	21,85	40,29	22,44	-0,91
	58,91	5,11	0,07	20,44		21,40		21,80	-0,89
	55,69	0,00	0,05	20,79		21,34		20,67	-0,86

FRIDAY AFTERNOON 4th Floor								
Probe TAG	Turbulence Intensity [%]	Draught	Temperature [C]	Operative Temperature [C]	Radiant Temperature [C]	Relative Humidity [%]	PMV	PPD
RUN1	38,62	15,28	21,87	21,14	20,77	43,88	-1,18	34,43
	39,09	10,05	21,96		20,71		-1,18	34,12
	30,41	7,29	21,89		20,73		-1,19	34,60
RUN2	34,60	0,97	21,74	21,29	21,09	42,5	-1,16	33,42
	19,37	1,77	21,81		21,04		-1,16	33,18
	25,34	1,61	21,83		21,02		-1,16	33,15
RUN3	14,72	2,05	21,2	21,24	21,26	42,54	-1,22	36,46
	19,11	0,7	21,46		21,13		-1,20	35,31
	14,28	1,37	21,62		21,06		-1,18	34,48
RUN4	17,46	2,78	21,03	20,45	20,05	44,34	-1,41	46,01
	21,53	0,48	21,25		19,96		-1,39	44,79
	18,22	0,95	21,29		19,95		-1,38	44,58
RUN5	25,99	4,37	20,92	20,70	20,62	44,79	-1,98	75,63
	22,05	2,97	21,12		20,52		-1,95	74,65
	17,98	2,56	21,28		20,43		-1,94	73,99
RUN6	7,97	0,16	20,86	20,51	20,33	43,87	-2,03	78,07
	12,75	0	21,15		20,20		-2,00	76,63
	10,58	1,31	21,3		20,10		-1,98	76,04

ΚΑΡΝΔΕΑΔΟΥ 24

**ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Α**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.0188 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Lecture  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 200  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 4  
Normalised Power Density: 1.75 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ Β**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.0188 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Lecture  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 200  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 4  
Normalised Power Density: 1.75 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.0229 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Lecture  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 250  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 4  
Normalised Power Density: 1.40 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.0229 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Bedroom  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 150  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 4  
Normalised Power Density: 2.60 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΓΡΑΦΕΙΟ 2**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.08 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Light office work/ Standing/ Walking  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 350  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 12  
Normalised Power Density: 3.34 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON  
Computer Equipment: OFF

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΓΡΑΦΕΙΟ 1**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.08 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Office work/ Standing/ Walking  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 350  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 12  
Normalised Power Density: 3.34 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON  
Computer Equipment: OFF

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΓΡΑΦΕΙΟ 4**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.08 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Light office work/ Standing/ Walking  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 350  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 12  
Normalised Power Density: 3.34 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON  
Computer Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΓΡΑΦΕΙΟ 3**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.08 people/ m<sup>2</sup>  
Activity: Light office work/ Standing/ Walking  
Clothing: 1.10 clo  
Heating Setpoint Temperatures:  
Heating: 20°C  
Heating set back: 12°C  
Lighting:  
Target Illuminance (lux): 350  
Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 12  
Normalised Power Density: 3.34 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
Office Equipment: ON  
Computer Equipment: OFF

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
Fuel: Natural Gas

**ΚΟΥΖΙΝΑ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.08 people/ m<sup>2</sup>  
 Activity: Light manual work  
 Clothing: 1.10 clo  
 Heating Setpoint Temperatures:  
 Heating: 20°C  
 Heating set back: 12°C  
 Lighting:  
 Target Illuminance (lux): 400  
 Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 11  
 Normalised Power Density: 2.75 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
 Office Equipment: ON  
 Computer Equipment: OFF

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
 Fuel: Natural Gas

**ΕΙΣΟΔΟΣ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.08 people/ m<sup>2</sup>  
 Activity: Standing/ Walking  
 Clothing: 1.10 clo  
 Heating Setpoint Temperatures:  
 Heating: 20°C  
 Heating set back: 12°C  
 Lighting:  
 Target Illuminance (lux): 300  
 Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 7  
 Normalised Power Density: 2.33 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
 Office Equipment: ON  
 Computer Equipment: OFF

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
 Fuel: Natural Gas

**ΖΑΪΜΗ 1**

3ος όροφος

**ΓΡΑΦΕΙΑ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.11 people/ m<sup>2</sup>  
 Activity: Office work/ Standing / Walking  
 Clothing: 0.90 clo  
 Heating Setpoint Temperatures:  
 Heating: 20°C  
 Heating set back: 12°C  
 Lighting:  
 Target Illuminance (lux): 400  
 Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 14  
 Normalised Power Density: 3.50 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
 Office Equipment: ON  
 Computer Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
 Fuel: Natural Gas

4ος όροφος

**ΚΑΘΙΣΤΙΚΟ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.0188 people/ m<sup>2</sup>  
 Activity: Lecture  
 Clothing: 0.90 clo  
 Heating Setpoint Temperatures:  
 Heating: 20°C  
 Heating set back: 12°C  
 Lighting:  
 Target Illuminance (lux): 200  
 Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 4  
 Normalised Power Density: 1.75 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)  
 Office Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW  
 Fuel: Natural Gas



4ος όροφος

**ΓΡΑΦΕΙΟ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.0229 people/ m<sup>2</sup>

Activity: Light Office work

Clothing: 0.90 clo

Heating Setpoint Temperatures:

Heating: 20°C

Heating set back: 12°C

Lighting:

Target Illuminance (lux): 300

Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 12

Normalised Power Density: 3.50 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)

Office Equipment: ON

Computer Equipment: OFF

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW

Fuel: Natural Gas

**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΑ**

**ACTIVITY**

Occupancy: 0.02 people/ m<sup>2</sup>

Activity: Bedroom

Clothing: 0.90 clo

Heating Setpoint Temperatures:

Heating: 20°C

Heating set back: 12°C

Lighting:

Target Illuminance (lux): 200

Light Density (W/m<sup>2</sup>) : 4

Normalised Power Density: 2.00 (W/m<sup>2</sup>-100 lux)

Office Equipment: ON

**HVAC**

Radiator heating, Boiler HW

Fuel: Natural Gas

## ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Η Μαρία Παχή αποφοίτησε το Φεβρουάριο του 2014 από τη σχολή των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του ΕΜΠ με βαθμό πτυχίου 9.29. Κατά τη διάρκεια των σπουδών της το έτος 2011-2012, φοίτησε μέσω του προγράμματος Erasmus στη σχολή L'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette (ENSAPLV), η οποία βρίσκεται στο Παρίσι. Από το Σεπτέμβριο του 2014 παρακολουθεί το διατμηματικό μεταπτυχιακό 'Επιστήμη και Τεχνολογία των Υλικών'. Παράλληλα έχει συμμετάσχει σε αρκετούς αρχιτεκτονικούς διαγωνισμούς εκ των οποίων διακρίθηκε με έπαινο (Honorable Mention) στο διαγωνισμό 'Archistart Self-Construction competition'\*. Κατά τη διάρκεια των σπουδών της έχει λάβει μέρος σε διαφορετικά workshops σε Ελλάδα, Γαλλία, Βουδαπέστη, που αφορούν την υλοποίηση κατασκευών με διαφορετικά υλικά (ξύλο, πηλός κ.ά). Η διπλωματική της με τίτλο 'Διερεύνηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και της θερμικής άνεσης σε κελύφη αξιόλογων κτηρίων της περιόδου του Μεσοπολέμου (1930-1940)' θα παρουσιαστεί στο διεθνές συνέδριο 'The 4th International Conference in Transparency & Architecture (ICTA2016)', το οποίο θα πραγματοποιηθεί 2-4 Νοεμβρίου 2016 στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης\*\*.

\* <http://www.archisearch.gr/article/1896/nest-project---artemis-merkourea-ioan-na-boudouva---maria-pachi---honorable-mention-at-international-.html>

\*\* Το paper με την αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ερευνητικής αυτής εργασίας έχει ήδη κατατεθεί στο συνέδριο.

