

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

# Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος Σχολικών Κτιρίων Δήμου Βριλησίων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

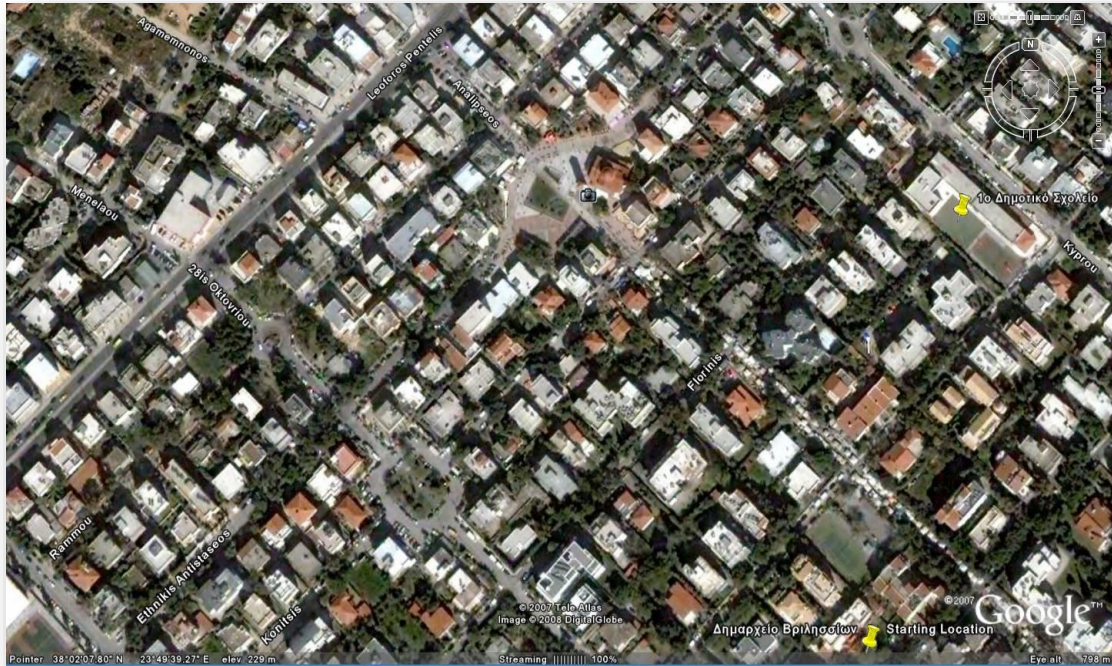
Επιβλέπων: Σανταμούρης Ματθαίος

ΕΤΟΣ 2008

Αποστολόπουλος Βασίλειος



# Αξιολόγηση της Ποιότητας Εσωτερικού Περιβάλλοντος των Σχολικών Κτιρίων του Δήμου Βριλησίων



Ομάδα Μελετών Κτιριακού Περιβάλλοντος  
Τομέας Φυσικής Περιβάλλοντος  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

1. Εισαγωγή .....	8
1.1 Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	8
1.2 Πηγές Ρύπανσης-Κυριότεροι Ρύποι.....	9
1.3 Το Σύνδρομο των Άρρωστων Κτιρίων.....	12
1.4 Αερισμός .....	13
1.5 Μεθοδολογία και Περιγραφή Μετρήσεων.....	14
1.6 Όργανα Μέτρησης.....	16
2. Αποτελέσματα των Μετρήσεων .....	19
2.1 1 <sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δ.Βριλησίων.....	19
2.1.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	19
2.1.1.1 Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO).....	19
2.1.1.2 Διοξειδίο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	20
2.1.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	22
2.1.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	24
2.1.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	28
2.1.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	36
2.1.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	38
2.2 2 <sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δ.Βριλησίων.....	39
2.2.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	39
2.2.1.1 Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO).....	39
2.2.1.2 Διοξειδίο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	40
2.2.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	42
2.2.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας .....	43
2.2.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	47
2.2.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	48
2.3 3 <sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δ.Βριλησίων.....	49
2.3.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	49
2.3.1.1 Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO).....	49
2.3.1.2 Διοξειδίο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	50

2.3.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	52
2.3.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	53
2.3.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	57
2.3.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	62
2.3.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	63
2.4 4 <sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δ.Βριλησίων.....	64
2.4.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	65
2.4.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).....	65
2.4.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	65
2.4.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	67
2.4.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	68
2.4.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	72
2.4.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	77
2.4.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	78
2.5 5 <sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δ.Βριλησίων.....	79
2.5.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	79
2.5.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).....	79
2.5.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	80
2.5.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	82
2.5.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	83
2.5.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	87
2.5.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	94
2.5.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	95
2.6 6 <sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δ.Βριλησίων.....	96
2.6.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	96
2.6.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).....	96
2.6.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	97
2.6.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	99

2.6.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	100
2.6.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	104
2.6.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	112
2.6.4 καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	112
2.7 1 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο Δ.Βριλησίων.....	113
2.7.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	113
2.7.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).....	113
2.7.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	114
2.7.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	116
2.7.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	118
2.7.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	120
2.7.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	124
2.7.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	125
2.8 2 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο Δ.Βριλησίων.....	126
2.8.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	126
2.8.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).....	126
2.8.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	127
2.8.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	128
2.8.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	130
2.8.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	133
2.8.3 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	139
2.9 3 <sup>ο</sup> Γυμνάσιο Δ.Βριλησίων.....	142
2.9.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	142
2.9.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).....	142
2.9.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	143
2.9.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	145
2.9.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	146
2.9.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	150

2.9.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	156
2.9.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	157
2.10 1 <sup>ο</sup> Λύκειο Δ.Βριλησίων.....	158
2.10.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	158
2.10.1.1 Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO).....	158
2.10.1.2 Διοξειδίο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	159
2.10.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC).....	161
2.10.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	162
2.10.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	166
2.10.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	173
2.10.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	173
2.11 2 <sup>ο</sup> Λύκειο Δ.Βριλησίων.....	174
2.11.1 Μετρήσεις της Ποιότητας του Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος.....	174
2.11.1.1 Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO).....	174
2.11.1.2 Διοξειδίο του Άνθρακα (CO <sub>2</sub> ).....	175
2.11.1.3 Αιωρούμενα Σωματίδια .....	177
2.11.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας.....	180
2.11.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στα Σχολικά κτίρια.....	186
2.11.4 Καταγραφή των εσωτερικών κερδών .....	187
3. Γενική Συζήτηση.....	187
4. Συμπεράσματα.....	190
5. Λύσεις.....	192
6. Αναφορές.....	194

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Τίτλος: Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος Σχολικών Κτιρίων Δήμου Βριλησίων

Φοιτητής: Αποστολόπουλος Βασίλειος

Επιβλέπων: Σανταμούρης Ματθαίος, Καθηγητής Τμήμα Φυσικής - ΕΚΠΑ

Η ποιότητα αέρα των εσωτερικών χώρων έχει άμεση σχέση με την ανθρώπινη υγεία και είναι ένα από τα σημαντικότερα θέματα μελέτης της περιβαλλοντικής επιστήμης. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση, οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των κατασκευών και των υλικών, καθώς και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των ρυπογόνων πηγών. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον των σχολείων του Δήμου Βριλησίων. Οι μετρήσεις πεδίου έγιναν εν ώρα λειτουργίας των αιθουσών και περιλαμβάνουν δειγματοληπτικό έλεγχο με αναλυτή αερίων για τον εντοπισμό των ρυπογόνων ουσιών, προσδιορισμό των επιπέδων αερισμού με τη μέθοδο Αερίων Δεικτών (Tracer Gas Method), εκτίμηση επιπέδων θερμοκρασίας & υγρασίας, αξιολόγηση θερμικής άνεσης καθώς και σύγκριση με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι πειραματικές μετρήσεις έγιναν με χρήση επαγγελματικών οργάνων μέτρησης και υγρο-θερμομέτρων. Για την αξιολόγηση του εσωτερικού περιβάλλοντος και εξαγωγή συμπερασμάτων διενεργήθηκε καταγραφή των εσωτερικών κερδών, χρήση εμπειρικών σχέσεων φυσικής και στατιστική επεξεργασία & ανάλυση των δεδομένων μέσω των λογισμικών Microsoft Excel & SPSS, με σκοπό την εκτίμηση των επιπέδων ρύπανσης, αερισμού θερμοκρασίας & θερμικής άνεσης.

## **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων, Αερισμός, Συγκεντρώσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων, Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων

## **ABSTRACT**

Title: Determination & Evaluation of Indoor Air Quality in school buildings of the Municipality of Vrillisia.

Student: Apostolopoulos Vasilios

Supervisor: Santamouris Matthaïos, Professor, Department of Physics – NKUA

Indoor Air Quality is directly related to human health and of the major topics of study in environmental science. It depends on a variety of factors such as climate change, pollution, properties and characteristics of structures and materials, and the mechanisms of removing pollutants. In the present work, air quality measurements were carried out in the schools of Municipality of Vrillisia. The field measurements were performed in the school classes include operation of a gas analyzer to detect pollutants, determination of ventilation levels using tracer gas method, estimation of temperature & humidity levels and evaluation of thermal comfort taking into account and compared to the external environment. Experiments were made using professional measuring instruments and liquid-thermometers. In order to evaluate the indoor environment impact, outcomes came from recording of internal profits, and empirical equations along with statistical & data analysis using Microsoft Excel & SPSS software to assess pollution, ventilation and temperature levels.

## **KEYWORDS**

Indoor Air Quality, Ventilation, Air Particle Concentrations, Sick Building Syndrome

# 1.Εισαγωγή

---

## 1.1 Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

Η ευαισθητοποίηση για τα θέματα της ποιότητας εσωτερικών χώρων (Indoor Air Quality) καθώς και η μελέτη των επιπτώσεων της ποιότητας του αέρα στην υγεία του ανθρώπου έχει καταστεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα τα τελευταία είκοσι χρόνια. Είχαμε εστιάσει την προσοχή μας στην ποιότητα του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, πιστεύοντας ότι η ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό είναι καλύτερη. Όμως διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι ρύποι δεν προέρχονται από το εξωτερικό αλλά παράγονται μέσα στο ίδιο το κτίριο.

Η μόλυνση του αέρα των εσωτερικών χώρων αποτελεί σοβαρό πρόβλημα και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι οι πηγές εκπομπής ρύπων, η γεωμετρία και ο προσανατολισμός του χώρου, η συσχέτιση που υπάρχει με το εξωτερικό περιβάλλον, οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των ρυπογόνων πηγών, και οι μετεωρολογικές συνθήκες.

Η αλλαγή στον τρόπο ζωής του ανθρώπου, η απομάκρυνση από το φυσικό περιβάλλον όπως επίσης και οι αλλαγές στο χώρο των κατασκευών και των υλικών που χρησιμοποιούνται στα κτίρια έφεραν στο προσκήνιο το θέμα. Ενώ στους εργασιακούς χώρους, όπως στη βιομηχανία λαμβάνονται μέτρα για την προστασία της υγείας, σε χώρους γραφείων ή σχολεία δεν είχαν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα γιατί θεωρούσαμε ότι δεν υπάρχουν κίνδυνοι. Όμως, η έλλειψη αερισμού των χώρων, η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και φωτοτυπικών μηχανημάτων, τα υλικά κατασκευής (μοκέτες, μπογιές, γραφεία) και τα υλικά γραφής(στυλό, διορθωτικά, μαρκαδόροι, κιμωλίες) επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο άνθρωπος πλέον περνά το 90% του χρόνου του σε εσωτερικούς χώρους, οδηγούν σε αυξημένη εμφάνιση προβλημάτων. Όλα αυτά συνέβαλαν στο να παρουσιαστεί έντονο ενδιαφέρον των επιστημόνων ώστε να πραγματοποιηθούν έρευνες και μελέτες προς αυτή την κατεύθυνση.

Παράλληλα, υπάρχουν κι άλλες παράμετροι του περιβάλλοντος που έχουν ως συνέπεια τη δυσφορία των ανθρώπων μέσα στους χώρους. Η θερμοκρασία και η υγρασία, τα ρεύματα και η ποιότητα του αέρα, τα επίπεδα θορύβου και ο φωτισμός, σε συνδυασμό πάντα με την υγεία και την ιδιοσυγκρασία του κάθε ατόμου, επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ατόμων και το συναίσθημα της ανθρώπινης άνεσης. Η θερμική άνεση είναι μια προσωπική αίσθηση που εξαρτάται από τις θερμικές ανταλλαγές μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος. Η θερμική άνεση έχει τη μεγαλύτερη σημασία για τον άνθρωπο γιατί έχει σχέση με την κατανάλωση ενέργειας. Άρα, στην προσπάθεια και έρευνα για βελτίωση του εσωτερικού περιβάλλοντος είναι αναγκαίο η καλή ποιότητα του αέρα μέσα στα κτίρια να συνδυάζεται από ικανοποιητικά επίπεδα των παραμέτρων που σχετίζονται με τη θερμική άνεση. Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν καθώς επίσης και με τις δραστηριότητες και τις εργασίες που παρατηρούνται στο χώρο κάποια από τις παραμέτρους ίσως να δυσαρεστεί περισσότερο τα άτομα που κάνουν χρήση



του χώρου. Οι έρευνες που πραγματοποιούνται πάνω στο θέμα της άνεσης επιτρέπουν ως ένα σημείο να γίνει πρόβλεψη της άνεσης που θα επικρατεί σε ένα κτίριο ακόμη και από το στάδιο της μελέτης. Είναι κατά συνέπεια δυνατό να γίνει επιλογή ανάμεσα σε διαφορετικές παραμέτρους, ιδιαίτερα σε εκείνες που θα δώσουν την καλύτερη άνεση. Έτσι, μερικές φορές για να βελτιώσουμε την άνεση, βάσει της έρευνάς μας, θυσιάζουμε παράμετρο που επηρεάζει την ποιότητα του χώρου σε μικρότερο βαθμό. Δηλαδή δεν αποκλείονται και ορισμένες σπανιότερες περιπτώσεις που ενδεχομένως ο υψηλός θόρυβος να προκαλεί περισσότερη δυσφορία από τα προβλήματα υπερθέρμανσης που μπορεί να παρουσιάζει ο χώρος. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι συγχρόνως υπάρχουν πολύπλοκες εξαρτήσεις και συσχετίσεις ανάμεσα στις παραμέτρους οπότε, έπειτα από τη μελέτη και την επεξεργασία, στόχος είναι η ταυτόχρονη βελτίωση ποιότητας του αέρα και εξοικονόμηση ενέργειας του κτιρίου. Το κτίριο πρέπει να είναι μελετημένο με τέτοιο τρόπο ώστε οι δραστηριότητες να ταιριάζουν με μια καλή διαχείριση της ενέργειας.

## 1.2 Πηγές Ρύπανσης-Κυριότεροι Ρύποι

Ρύπανση ονομάζουμε την ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ουσιών(ρύπων) για αρκετό διάστημα και σε τέτοια συγκέντρωση που είναι δυνατόν να γίνουν βλαβερές για τους ζωντανούς οργανισμούς και να επηρεάσουν δυσμενώς τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου. Παράγεται είτε από φυσικές αιτίες ή από ανθρωπογενείς δραστηριότητες οι οποίες έχουν μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης.

Κύριες φυσικές πηγές ρύπανσης είναι:

- Οι δασικές πυρκαγιές κατά τις οποίες παράγονται σωματίδια CO και CO<sub>2</sub>
- Η βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων
- Η αποσάθρωση του εδάφους
- Τα ηφαίστεια τα οποία κατά τις εκρήξεις συντελούν στη αύξηση των εκλυόμενων ρύπων.

Κύριες ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης είναι:

- Οι βιομηχανικές δραστηριότητες και οι αστικές μεταφορές(αυτοκίνητα)οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπομπή πολλών βλαβερών χημικών ουσιών
- Οι διάφορες εγκαταστάσεις καύσης και θέρμανσης
- Οι διάφορες γεωργικές διαδικασίες (λιπάσματα,ραντίσματα κ.ά)
- Η κυκλοφορία του αέρα που σε συνδυασμό με τη διαδικασία της αναπνοής συμβάλλουν στην έκλυση ρύπων.

Η ρύπανση του αέρα των εσωτερικών χώρων προκύπτει από συνδυασμό διαφόρων παραγόντων, και οι επιδράσεις της εξαρτώνται από το είδος και τη συγκέντρωση των ρύπων. Ανάλογα με το είδος, στον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει από απλό ερεθισμό των ματιών, χημική ευαισθησία και αλλεργικές αντιδράσεις μέχρι μεγάλες αναπνευστικές και κυκλοφορικές διαταραχές. Η αυξημένη χρήση συνθετικών οργανικών ουσιών στα δομικά υλικά των κτιρίων, στα έπιπλα που επιλέγονται για τον εξοπλισμό των εσωτερικών χώρων, σε υλικά γραφής και δραστηριοτήτων σε συνδυασμό με μια μείωση του αερισμού για εξοικονόμηση ενέργειας, διαμόρφωσαν το σημερινό πρόβλημα της ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων. Οι συγκεντρώσεις των ρύπων σε κλειστούς χώρους είναι υψηλότερες απ' ό,τι στο εξωτερικό περιβάλλον γιατί στο εσωτερικό δημιουργείται το απαραίτητο περιβάλλον για την παραγωγή σκόνης και την ανάπτυξη μικροβιακών παραγόντων. Η υγρασία, τα διάφορα υλικά των επιφανειών του κτιρίου και η ανεπαρκής κυκλοφορία εξωτερικού αέρα στο εσωτερικό παίζουν ρόλο στην εμφάνιση αυτού του φαινομένου και σε συνδυασμό με το μεγάλο χρόνο έκθεσης των ατόμων στους κλειστούς χώρους, το φαινόμενο παίρνει πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις. Η υγρασία συμβάλλει επίσης αρνητικά στη θερμική άνεση των ανθρώπων. Επίσης οι διάφορες αλληλεπιδράσεις όπως για παράδειγμα η αλληλεπίδραση της θερμοκρασίας με την κυκλοφορία του αέρα και η αλληλεπίδραση της υγρασίας με τη φορμαλδεΐδη ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων και διαφόρων ρυπαντών στις επιφάνειες και τους τοίχους των κτιρίων. Επιπλέον, ο ανεπιτυχής αερισμός του χώρου ο οποίος μπορεί να οφείλεται στο λανθασμένο σχεδιασμό και τοποθέτηση παραθύρων στο κτίριο καθώς και στην κακή ανθρώπινη χρήση συντελεί σημαντικά στη ρύπανση του εσωτερικού αέρα. Αποτέλεσμα είναι η ρύπανση των εσωτερικών χώρων των κτιρίων να θεωρείται πολύ πιο επικίνδυνη από την ατμοσφαιρική.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των εσωτερικών χώρων είναι:

- Αιωρούμενα Σωματίδια (Ολικά, PM10, PM2.5, PM1)
- Μέταλλα (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)
- Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (TVOC's)
- Ανόργανοι Αέριοι Ρύποι (CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>)
- Οξέα
- Φορμαλδεΐδη
- Όζον
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Αερισμός
- Θόρυβος
- Βιολογικοί παράγοντες

Οι κυριότεροι ρύποι που εμφανίζονται στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων είναι:

- το Διοξείδιο του Άνθρακα
- το Μονοξείδιο του Άνθρακα
- το Διοξείδιο του θείου
- τα Φωτοχημικά οξειδωτικά και κυρίως το Όζον
- οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις
- τα Αιωρούμενα σωματίδια ή Αερολύματα

Οι πιο καθοριστικοί από αυτούς στη διαμόρφωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα είναι το CO που χαρακτηρίζει τη ρύπανση που προέρχεται από το εξωτερικό ,το CO<sub>2</sub> που εκφράζει τις εκπομπές από τον άνθρωπο, οι πτητικές οργανικές ενώσεις που προσδιορίζουν τις εκπομπές από τα υλικά και τα διάφορα καταναλωτικά προϊόντα και τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία προέρχονται από τον καπνό και τη σκόνη.

**Μονοξείδιο του Άνθρακα(CO):**Είναι άοσμο και άχρωμο αέριο που προέρχεται από την ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα. Τα φυσικά επίπεδά του στην ατμόσφαιρα κυμαίνονται μεταξύ 0.01 και 0.23  $mg/m^3$ . Κύρια πηγή του σε εσωτερικούς χώρους είναι το κάπνισμα αλλά μπορεί να μεταφέρεται και με τον αέρα από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Έχει διάφορες επιπτώσεις στην υγεία και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο καρδιαγγειακό και το νευρικό σύστημα. Επίσης προσβάλλοντας το αίμα μπορεί να μειώσει τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς και να προκαλέσει ακόμα και το θάνατο.

**Διοξείδιο του Άνθρακα(CO<sub>2</sub>):**Είναι αέριο που παράγεται φυσικά στην ατμόσφαιρα. Στους εσωτερικούς χώρους όμως έχει προέρχεται από την αναπνοή των ανθρώπων και τα μεταβολικά προϊόντα γι αυτό και πολλές φορές χρησιμοποιείται ως δείκτης του αριθμού των ατόμων σ' ένα κτίριο ή αίθουσα. Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα είναι σχετικά σταθερή, χωρίς να παρουσιάζει υψηλή διακύμανση και βρίσκεται μεταξύ 300 και 400  $ppm$ . Σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί υπνηλία, πονοκεφάλους και ζαλάδες.

**Πτητικές Οργανικές Ενώσεις(VOCs):**Είναι ενώσεις που βρίσκονται σε αέρια φάση και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος παραγόμενες κυρίως από ανθρωπογενείς πηγές όπως μπογιές, κόλλες, αρώματα, διαλυτικά, είδη υγιεινής και καθαρισμού .Οι συγκεντρώσεις τους στους εσωτερικούς χώρους είναι 2 έως 10 φορές μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στο εξωτερικό περιβάλλον και αυτό μπορεί να έχει διάφορες συνέπειες όπως ερεθισμός των ματιών, πονοκέφαλος, κόπωση καθώς και δυσλειτουργίες του αναπνευστικού συστήματος. Ακόμη, έκθεση μεγάλης χρονικής διάρκειας σε αυτές μπορεί να δημιουργήσει βλάβες στο κεντρικό νευρικό σύστημα και κάποιες φορές καρκίνο.

**Αιωρούμενα Σωματίδια(PM):**Είναι συσσωματώσεις μορίων που βρίσκονται στην υγρή και στη στερεή φάση και αιωρούνται στον αέρα. Προέρχονται από διαδικασίες καύσης όπως οι εκπομπές των αυτοκινήτων, από αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Το μέγεθός τους μετρείται με βάση την αεροδυναμική τους διάμετρο. Είναι από τους πιο επικίνδυνους ρύπους και οι επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου καθορίζονται ανάλογα με τον όγκο και τη διάμετρο των σωματιδίων. Τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μικρότερη από  $10\mu m$  και μεγαλύτερη από  $2.5\mu m$  χαρακτηρίζονται ως  $PM_{10}$ , αυτά που έχουν διάμετρο μεταξύ  $1\mu m$  και  $2.5\mu m$  χαρακτηρίζονται ως  $PM_{2.5}$ , και αυτά με διάμετρο μικρότερη από  $2.5\mu m$  ως  $PM_1$ .

### 1.3 Το Σύνδρομο των Άρρωστων Κτιρίων

Τα κτίρια μπορούν κι αυτά να αρρωστήσουν όπως και οι άνθρωποι. Η ονομασία παθογόνο κτίριο (sick building syndrome) χρησιμοποιείται για κτίρια με πολύ μικρά ποσοστά εναλλαγών αέρα λόγω ανεπαρκούς αερισμού, με παρουσία χημικής μόλυνσης και με χαμηλά επίπεδα καθαριότητας. Ο ανεπαρκής και ακατάλληλος αερισμός περιορίζει σε σημαντικό βαθμό την είσοδο εξωτερικού φρέσκου αέρα με αποτέλεσμα ο εσωτερικός αέρας να μην ανανεώνεται και οι διάφοροι ρύποι να παραμένουν μέσα στο κτίριο. Η χημική μόλυνση οφείλεται στα υλικά δόμησης του κτιρίου, σε εκπομπές ρύπων μέσα στο κτίριο και σε κάποιους ρύπους που εισέρχονται στο κτίριο από το εξωτερικό περιβάλλον, και παγιδεύονται μέσα σε αυτό. Επιπλέον με την υψηλότερη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων, εξαερώνονται από τα δομικά και στεγανωτικά υλικά, τα έπιπλα και τα είδη γραφείου διάφορες πτητικές χημικές ενώσεις που συμβάλλουν στην αύξηση του ποσοστού της χημικής μόλυνσης. Επίσης στα άρρωστα κτίρια παρατηρείται και μικροβιακή μόλυνση(μύκητες)η οποία συνήθως οφείλεται στην αλληλεπίδραση των υψηλών επιπέδων υγρασίας με τις διάφορες ουσίες που υπάρχουν στα υλικά και στους τοίχους. Τα συμπτώματα των άρρωστων κτιρίων εμφανίζονται κυρίως σε κτίρια γραφείων και σε σχολικά κτίρια γιατί εκεί υπάρχουν παράγοντες που μπορούν να τα προκαλέσουν όπως η χρήση συσκευών γραφείου και συσκευών ύγρανσης καθώς και ο μεγάλος αριθμός ατόμων. Τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζουν τα συμπτώματα: ερεθισμός στα μάτια, πονοκέφαλος, ξερός λαιμός, κούραση, αδυναμία συγκέντρωσης και δύσπνοια. Ο όρος άρρωστα κτίρια αναφέρεται για κτίρια μέσα στα οποία παρουσιάζονται διάφορα προβλήματα χωρίς απαραίτητα να ξεπερνιούνται τα επιτρεπτά όρια τιμών όλων των παραμέτρων που συντελούν στην εμφάνιση συμπτωμάτων. Ακόμη και ένας συνδυασμός χαμηλής εκπομπής ρύπων με τις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να προκαλέσει σοβαρό πρόβλημα. Παρ' όλα αυτά, πολλά κτίρια μπορεί να είναι προβληματικά αλλά όχι άρρωστα. Ο όρος προβληματικά έχει σχέση με κτίρια στα οποία οι άνθρωποι είναι δυσαρεστημένοι με τις συνθήκες που επικρατούν και προσβάλλονται από μια γενική αδιαθεσία μέσα σε αυτά. Τα Ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν συμπτώματα ανάλογα με τα συμπτώματα του Συνδρόμου των Άρρωστων κτιρίων σε υψηλό ποσοστό. Για παράδειγμα, γύρω στο 30% νέων ή επισκευασμένων κτιρίων εμφανίζουν ασυνήθιστα υψηλά επίπεδα συμπτωμάτων.

## 1.4 Αερισμός

Αερισμός είναι η διαδικασία εκείνη κατά την οποία ποσότητες αέρα διοχετεύονται και απομακρύνονται από ένα χώρο με φυσικά ή μηχανικά μέσα, με αποτέλεσμα την ελάττωση της θερμότητας και της υγρασίας του χώρου καθώς και των συγκεντρώσεων των αερίων ρύπων και των σωματιδίων.

Τα περισσότερα προβλήματα των άρρωστων κτιρίων και της ποιότητας του εσωτερικού αέρα έχουν σχέση με τον ανεπαρκή αερισμό στο χώρο του κτιρίου. Ο ρόλος του αερισμού είναι καταλυτικός για ένα κτίριο. Ο αερισμός παρέχει το πολύτιμο οξυγόνο στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων και συμβάλλει στη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα. Επίσης, ο αερισμός μπορεί να μειώσει τις συγκεντρώσεις των εσωτερικών ρύπων ανάλογα με τον αριθμό αλλαγών εξωτερικού αέρα ανά ώρα (ACH). Επομένως έχει μεγάλη συνεισφορά στην υγεία και την άνεση των ατόμων που ζουν μέσα στο κτίριο.

Επιπροσθέτως, ο αερισμός σε συνδυασμό πάντα με το σωστό σχεδιασμό των κτιρίων και την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη της επιθυμητής θερμικής άνεσης. Τα επίπεδα του αερισμού εξαρτώνται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην κάθε περιοχή. Αν για παράδειγμα, η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρή σε μέτρο και ταυτοχρόνως η διεύθυνσή της δεν ευνοεί τον αερισμό και τη σωστή κυκλοφορία του αέρα στο κτίριο, τότε ο ρυθμός αερισμού προφανώς είναι χαμηλός και υπάρχει υψηλή παραγωγή και συσσώρευση ρύπων στο εσωτερικό του κτιρίου.

Ο φυσικός αερισμός του κτιρίου γίνεται με τη διείσδυση φρέσκου αέρα από ανοίγματα (παράθυρα) που είναι ήδη κατασκευασμένα από το σχεδιασμό και την οικοδόμηση του κτιρίου. Η βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα καθώς και της θερμικής άνεσης εκτός από το χειροκίνητο έλεγχο και την ένταση της κυκλοφορίας του αέρα, εξαρτάται ακόμη από την ποιότητα που θα έχει ο εξωτερικός αέρας και σε τι θερμοκρασία και υγρασία θα βρίσκεται.

Σε πολλές περιπτώσεις ο φυσικός αερισμός δεν είναι ικανός να προσφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα στην ποιότητα του αέρα και στη θερμική άνεση του κτιρίου. Τότε χρησιμοποιούνται τεχνικές και μέθοδοι μηχανικού αερισμού. Ο μηχανικός αερισμός διευκολύνει την κίνηση του αέρα μέσα στο χώρο, δημιουργεί διαφορά πίεσης ώστε να ελέγχεται η ανταλλαγή αέρα και διώχνει τον καπνό, τη σκόνη και τους υπόλοιπους ρύπους έξω από το κτίριο. Έτσι εξασφαλίζει θερμική άνεση και υγεία στο εσωτερικό περιβάλλον και τους χρήστες του. Τα συστήματα του μηχανικού αερισμού και του κλιματισμού περιέχουν ειδικά φίλτρα με δυνατότητα κατακράτησης της σκόνης και καθαρισμού του αέρα από τα σωματίδια. Ανεξάρτητα από τις κλιματικές συνθήκες, ο μηχανικός αερισμός είναι υψίστης σημασίας σε μεγάλα κτίρια γραφείων όπου για να υπάρξει βελτίωση της ποιότητας του αέρα χρειάζεται ο φρέσκος εξωτερικός αέρας να κατορθώσει να φτάσει έως και το κέντρο του κτιρίου.

## 1.5 Μεθοδολογία και Περιγραφή Μετρήσεων

Το πρόβλημα της ποιότητας εσωτερικού αέρα στα κτίρια είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Αναλόγως της φύσης και της πηγής του προβλήματος η μεθοδολογία που εφαρμόζεται μπορεί να περιέχει από απλές παρατηρήσεις και εκτιμήσεις μέχρι αρκετά σύνθετες ειδικές μετρήσεις. Όταν γίνεται η επίσκεψη της ομάδας των αναλυτών στο κτίριο και κάνουν κάποιες χρήσιμες παρατηρήσεις ακολουθεί πειραματική διαδικασία μετρήσεων. Οι μετρήσεις που μπορούν να ληφθούν χωρίζονται σε 3 κατηγορίες: Τις φυσικές μετρήσεις με τις οποίες μετρούνται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση του κτιρίου (θερμοκρασία, υγρασία), τις χημικές μετρήσεις με τις οποίες προσδιορίζεται η συγκέντρωση διαφόρων ρύπων εντός του κτιρίου και τις βιολογικές μετρήσεις όπου εξετάζεται η ύπαρξη μικροοργανισμών. Κατά τη διαδικασία των μετρήσεων καταγράφονται επίσης στοιχεία για το σύστημα αερισμού, για το σύστημα θέρμανσης και φωτισμού όπως και στοιχεία για τον αριθμό των ατόμων που κάνουν χρήση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου. Σε άμεση σχέση με όλα τα παραπάνω θα πρέπει να συλλέγονται πληροφορίες από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τη δομή του κτιρίου καθώς και από τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτό.

Οι μετρήσεις των ρυπαντών που πραγματοποιούνται στα κτίρια, γίνονται με ειδικά όργανα μέτρησης τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μετρούν τους κυριότερους αέριους ρύπους και τα αιωρούμενα σωματίδια που βρίσκονται στους εσωτερικούς χώρους. Αυτά είναι ο φωτο-ακουστικός πολυαναλυτής αερίων και ένα άλλο όργανο που χρησιμοποιείται για τα αιωρούμενα σωματίδια και λέγεται DUST TRACK. Οι μετρήσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας σ' ένα χώρο γίνονται με τα κοινά θερμόμετρα είτε υδραργυρικά είτε ηλεκτρονικά. Σε τέτοιου είδους μετρήσεις τα ηλεκτρονικά χρησιμοποιούνται περισσότερο αλλά πρέπει να είναι καλά βαθμονομημένα. Για τη μέτρηση της υγρασίας χρησιμοποιούνται υγρόμετρα μηχανικά και ηλεκτρονικά. Είναι αναγκαίο επίσης να λαμβάνονται μετρήσεις για τη θερμοκρασία και την υγρασία και στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου ώστε κατά την επεξεργασία να γίνεται κάποια σύγκριση αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων. Για τη μέτρηση των επιπέδων του αερισμού σε ένα κτίριο υπάρχουν διάφορες μέθοδοι.

Με τη βοήθεια του φωτο-ακουστικού πολυαναλυτή αερίων εφαρμόζεται η μέθοδος tracer gas. Μετά τη λήψη των μετρήσεων γίνεται μεταφορά δεδομένων και επεξεργασία σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με χρήση των προγραμμάτων Microsoft Excel και SPSS.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα σχολικά κτίρια του Δήμου Βριλησίων. Η πειραματική διαδικασία κάθε σχολείου ξεκινούσε τις πρωινές ώρες και τελείωνε τις πρώτες μεσημβρινές ώρες. Αυτή τη χρονική περίοδο της ημέρας το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα αυξάνει το ύψος του και είναι καλά αναμειγμένο που σημαίνει, ότι έχουμε διάχυση των ρύπων σε όλο το βάθος του Α.Ο.Σ με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις τους να βρίσκονται σε κανονικά επίπεδα. Σε κάθε σχολείο μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις βασικών ρύπων και σωματιδίων στις διάφορες αίθουσες. Με τη χρήση κατάλληλου ηλεκτρονικού εξοπλισμού και σε σύνδεση με το φωτο-ακουστικό πολυαναλυτή αερίων

καταγράφηκαν οι συγκεντρώσεις των CO, CO<sub>2</sub> και TVOC's ενώ με τη χρήση του DUST TRACK μετρήθηκαν τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον των σχολικών κτιρίων του δήμου Βριλησίων.

Στους εσωτερικούς χώρους των σχολικών κτιρίων πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις:

- Μετρήσεις της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον του κάθε σχολείου. Συγκεκριμένα, έγινε δειγματοληπτικός έλεγχος με χρήση αναλυτή αερίων με σκοπό τον εντοπισμό τυχόν ρυπογόνων ουσιών. Έτσι, στις αίθουσες διδασκαλίας μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις τριών ατμοσφαιρικών ρύπων, εκείνων του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC's).
- Μέτρηση των επιπέδων των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub> στο εσωτερικό των αιθουσών διδασκαλίας.
- Καταγραφή της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του κάθε σχολείου.
- Παράλληλη καταγραφή των εξωτερικών κλιματολογικών συνθηκών (θερμοκρασία αέρα και σχετική υγρασία).
- Μετρήσεις των επιπέδων του αερισμού με τη μέθοδο tracer gas.
- Καταγραφή των εσωτερικών κερδών στις αίθουσες του σχολείου.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 14/1/2008 και 15/4/2008.

## 1.6 Όργανα Μέτρησης

### Φωτο-ακουστικός Πολυαναλυτής Αερίων

Είναι όργανο μεγάλης ακρίβειας και αξιοπιστίας με δυνατότητα ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης αερίων. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με τη βοήθεια φωτοακουστικής ανάλυσης υπέρυθρων ακτίνων. Πρόκειται για μέθοδο κατά την οποία το όργανο μπορεί να αναλύσει σχεδόν οποιοδήποτε αέριο που απορροφά υπέρυθρη ακτινοβολία. Παρέχει δυνατότητα ανάλυσης μέχρι και 5 διαφορετικών αερίων ταυτόχρονα καθώς και παρακολούθηση της υγρασίας. Η ακρίβεια των μετρήσεων εντοπίζεται στην περιοχή των *ppb* (parts per billion). Η αξιοπιστία εξασφαλίζεται με συνεχείς εσωτερικούς ελέγχους. Έχει πολύ μικρό χρόνο απόκρισης και μπορεί να συλλέξει δείγματα από απόσταση έως 50*m*. Μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα ή σε συνδυασμό με ηλεκτρονικό υπολογιστή και δειγματολήπτη-εκχυτή πολλών σημείων. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να ληφθούν μετρήσεις ποιότητας αέρα και εξέταση χώρων για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης των επιπέδων του αερισμού εσωτερικών χώρων με τη μέθοδο *tracer gas*. Το όλο σύστημα αποτελείται από 2 βασικές μονάδες: τον αναλυτή αερίων 1312 και το δειγματολήπτη-εκχυτή 1303. Επίσης συνδέεται και με φορητό υπολογιστή ώστε να γίνεται αυτόματη καταγραφή και επεξεργασία δεδομένων.





Ο αναλυτής αερίων 1312 έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ποσοτική ανάλυση έως 5 διαφορετικών στοιχείων και υγρασίας.
- Δυνατότητα μετρήσεων περιβάλλοντος εργασίας.
- Ανίχνευση επικίνδυνων αερίων.
- Επεξεργασία στοιχείων και αρχείων που είναι συμβατά με ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Γραμμική απόκριση.
- Σταθερότητα στις μετρήσεις και εύκολη διαδικασία βαθμονόμησης.
- Αξιοπιστία λόγω αυτοδιαγνωστικών μηχανισμών.
- Αυτόματη προσαρμογή σε διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υγρασίας.
- Ρυθμιζόμενος χρόνος απόκρισης ώστε να βελτιστοποιούνται οι μετρήσεις σε δυναμικά εξελισσόμενα περιβάλλοντα.
- Άμεση λειτουργία με ελάχιστο χρόνο προθέρμανσης
- Συλλογή στοιχείων από απόσταση έως 50m.
- Εξαγωγή αποτελεσμάτων συμβατά με το πρωτόκολλο ODBC ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν οι μετρήσεις και από άλλα προγράμματα.
- Δυνατότητα αυτόματης λειτουργίας αφού διαθέτει εσωτερικό καταγραφικό.

Ο δειγματολήπτης-εκχυτής αερίων 1303 έχει τα παρακάτω:

- Δειγματοληψία από 6 διαφορετικά σημεία και συγκέντρωση σε συνεργασία με τον πολυαναλυτή 1312.
- Πλήρης τηλεχειρισμός από ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Αυτόματος υπολογισμός της ποσότητας αερίου που ψεκάζεται.
- Δυνατότητα έκχυσης σε διάφορους χρόνους.
- Αυτοβαθμονομούμενο και αυτοελεγχόμενο σύστημα.
- Φιλτράρισμα των αερίων ώστε να προστατεύεται ο αναλυτής από εισροή σκόνης ή υπερβολική υγρασία.

Το μηχάνημα συνδέεται με φορητό υπολογιστή ο οποίος μέσω του λογισμικού 7620 μπορεί να ελέγχει και τις 2 μονάδες του συστήματος. Με το λογισμικό αυτό παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο και με αυτόματο υπολογισμό αλλαγών αέρα. Επιπλέον υπάρχει δυνατότητα μετατροπής των δεδομένων των μετρήσεων σε μορφή Excel ώστε να είναι πιο εύκολη η μελέτη και επεξεργασία τους.

Το σύστημα αυτό είναι ένα από τα βασικότερα εργαστηριακά όργανα μέτρησης που διαθέτει το Κέντρο Ενεργειακών Εφαρμογών τα οποία χρησιμοποιούνται σε μετρήσεις ποιότητας αέρα, φυσικού και τεχνητού αερισμού, εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και σε μετρήσεις εξωτερικών χώρων.

### **Το όργανο μέτρησης DUST TRACK**

Πρόκειται για ένα φορητό όργανο μέτρησης της συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων το οποίο λειτουργεί και με μπαταρία και με ρεύμα. Έχει στο εσωτερικό του ένα laser το οποίο μετράει τη συγκέντρωση της σκόνης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους χώρους όπως γραφεία, σχολικά κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Σε πραγματικό χρόνο δείχνει τις συγκεντρώσεις σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ενώ διαθέτει μνήμη που αποθηκεύει δεδομένα μερικών εβδομάδων. Στο μπροστινό μέρος του τοποθετούνται ειδικές κεφαλές για τη μέτρηση σωματιδίων με διαφορετική διάμετρο. Οι κεφαλές αλλάζουν ώστε κάθε φορά να λαμβάνεται μέτρηση της επιθυμητής συγκέντρωσης. Οι κεφαλές συνήθως ενδείκνυται να αλλάζουν έπειτα από χρονικό διάστημα μετρήσεων περίπου 5 λεπτών. Είναι κατάλληλο για μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , και  $PM_{10}$ .

### **Θερμόμετρα**

Στις μετρήσεις χρησιμοποιούνται θερμόμετρα ηλεκτρονικού τύπου όπως τα tiny tag loggers και τα ebro. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στη μεταβολή ενός μετάλλου ή αντίστοιχα ενός ημιαγωγού με τη θερμοκρασία. Η λειτουργία του κυκλώματος τους έχει ως βάση τη γέφυρα Wheatstone.

### **Υγρόμετρα**

Και πάλι γίνεται χρήση ηλεκτρονικών υγρομέτρων τα οποία μετρούν μεταβολή αντίστασης ή χωρητικότητας που οφείλεται σε μεταβολή της σχετικής υγρασίας και γίνεται καταγραφή ηλεκτρονικά. Είναι κατάλληλα για μετρήσεις από απόσταση.

## 2.Αποτελέσματα Μετρήσεων

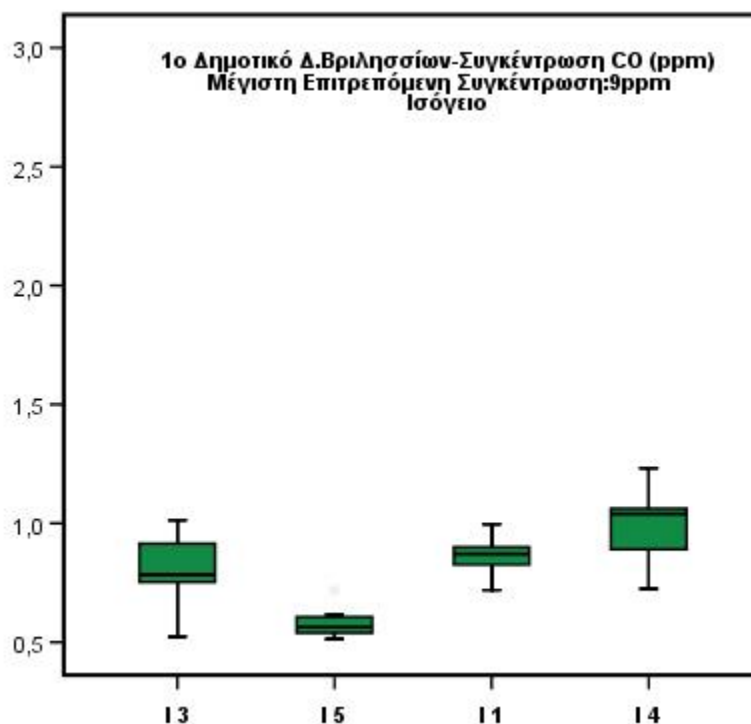
### 2.1 1<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων

#### 2.1.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

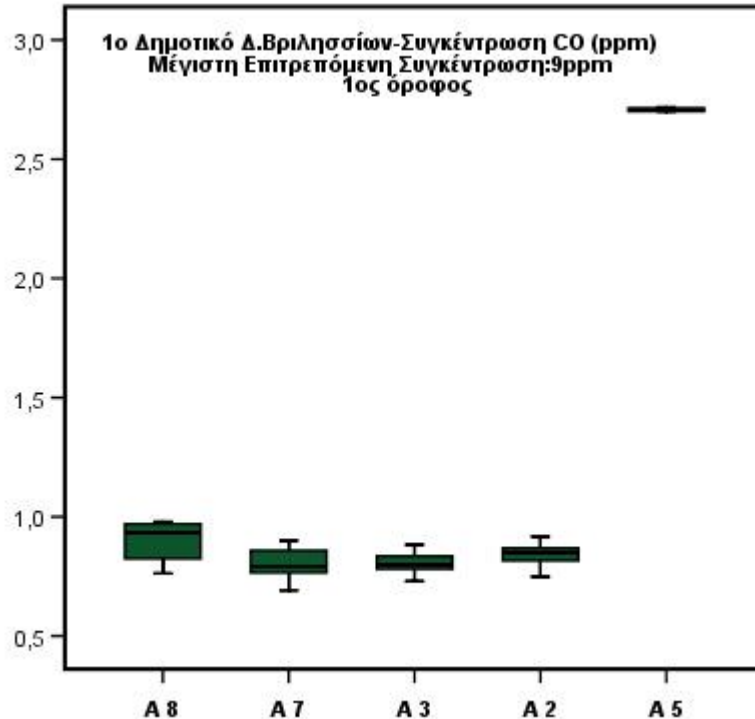
Με τη βοήθεια φορητού αναλυτή αερίων μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και των οργανικών πτητικών ενώσεων (VOC) και με τη βοήθεια του DUST TRACK οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων, στα σχολεία του δήμου Βριλησίων.

##### 2.1.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι προϊόν ατελούς καύσης. Το όριο συγκέντρωσης για το CO σύμφωνα με την ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) είναι 9 ppm (parts per million) για οκτάωρη έκθεση (8h), ενώ η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση είναι 55 mg/m<sup>3</sup> (48.03 ppm) σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86.



Σχήμα 1: Συγκέντρωση CO (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



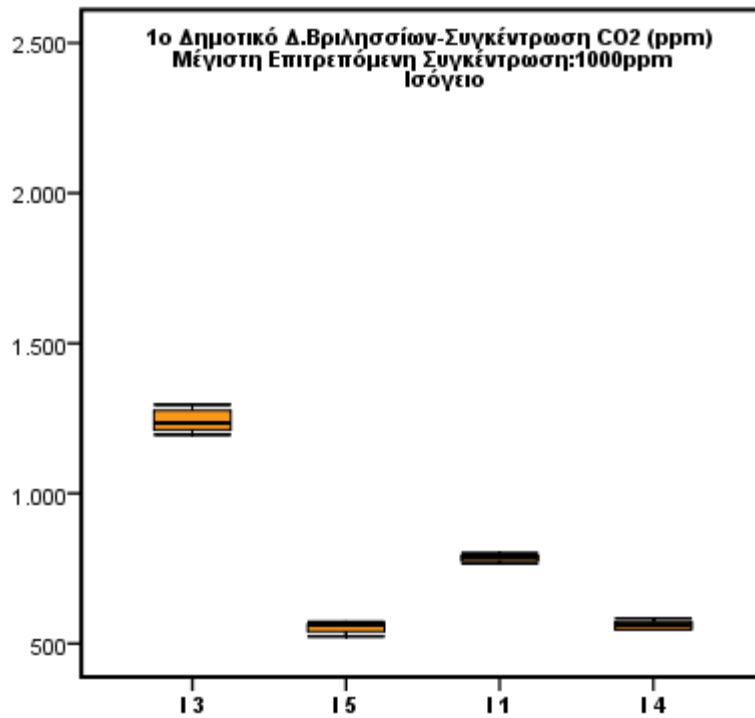
Σχήμα 2: Συγκέντρωση CO (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησσίων- Όροφος 1

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δήμου Βριλησσίων κυμαίνεται μεταξύ 0.5ppm έως 2.7ppm, η οποία είναι σαφώς μικρότερη από το επιτρεπτό όριο των 9ppm.

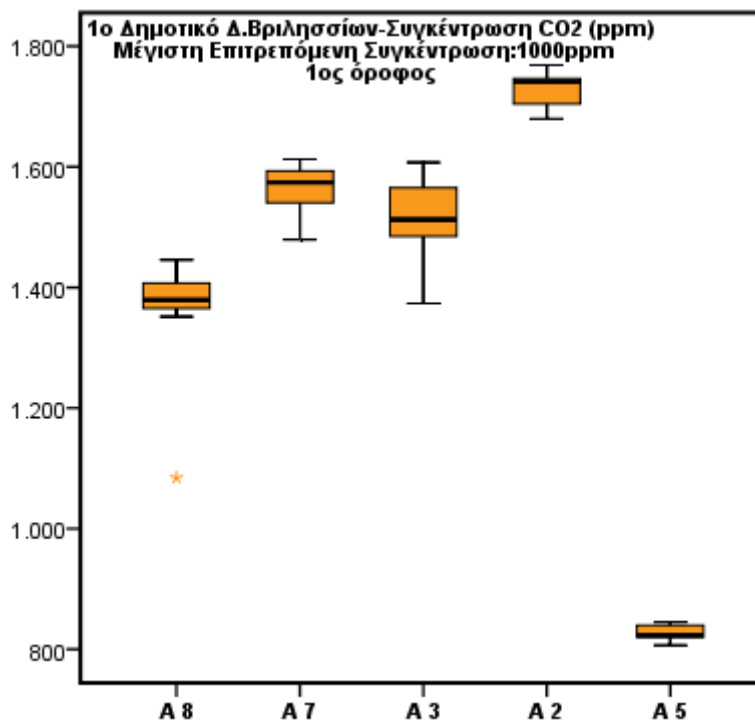
### 2.1.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) παράγεται από την ανθρώπινη εκπνοή και συναντάται συχνά σε αυξημένες ποσότητες σε χώρους με πολλά άτομα και χωρίς επαρκή αερισμό. Το όριο συγκέντρωσης του σύμφωνα με την ASHRAE είναι 1000ppm για συνεχή έκθεση (8h), ενώ η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση είναι 9000mg/m<sup>3</sup> (5001.14 ppm) σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86. Παρόλα αυτά, τιμές CO<sub>2</sub> μεγαλύτερες των 600ppm θεωρούνται πλέον οριακά ανεκτές.

Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου δίνεται στα σχήματα 3 και 4. Όπως παρατηρείται, κυμαίνεται μεταξύ 500ppm έως και 1750ppm. Είναι πολύ υψηλότερη από το επιτρεπτό όριο των 1000ppm σε πολλές από τις αίθουσες διδασκαλίας με ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις κυρίως στον 1<sup>ο</sup> όροφο. Οι υπερβάσεις οφείλονται στο γεγονός ότι κάθε αίθουσα φιλοξενεί μεγάλο αριθμό μαθητών και δεν αερίζεται επαρκώς.



Σχήμα 3: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



Σχήμα 4: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

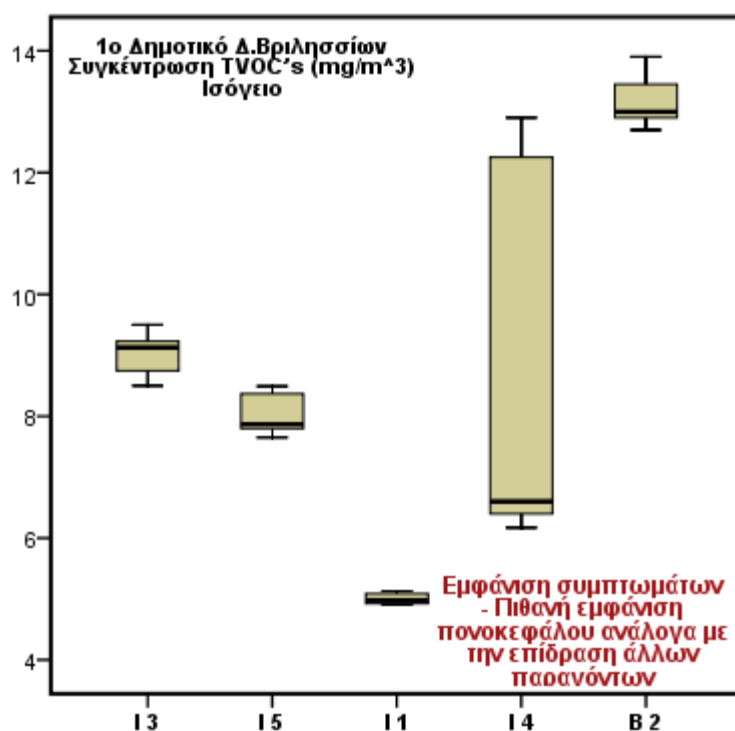
### 2.1.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Οι ολικές πτητικές οργανικές ενώσεις (TVOC - Total Volatile Organic Compounds) στο εσωτερικό περιβάλλον παράγονται από την παρουσία οργανικών ουσιών στο χώρο (διαλύτες, απορρυπαντικά, ή στερεά πολυμερή όπως συνθετικά χαλιά, πλαστικά πλακάκια κλπ.) ή μπορεί να προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον αν η περιοχή είναι επιβαρυσμένη. Αποτελούν παράγοντα που είναι δυνατό να επιφέρει εμφάνιση κάποιων προβλημάτων υγείας. Σύμφωνα με μελέτες<sup>1</sup>, οι συγκεντρώσεις των TVOC ταξινομούνται σε 4 κατηγορίες, ανάλογα με τις συνέπειες που μπορούν να προκαλέσουν στην υγεία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

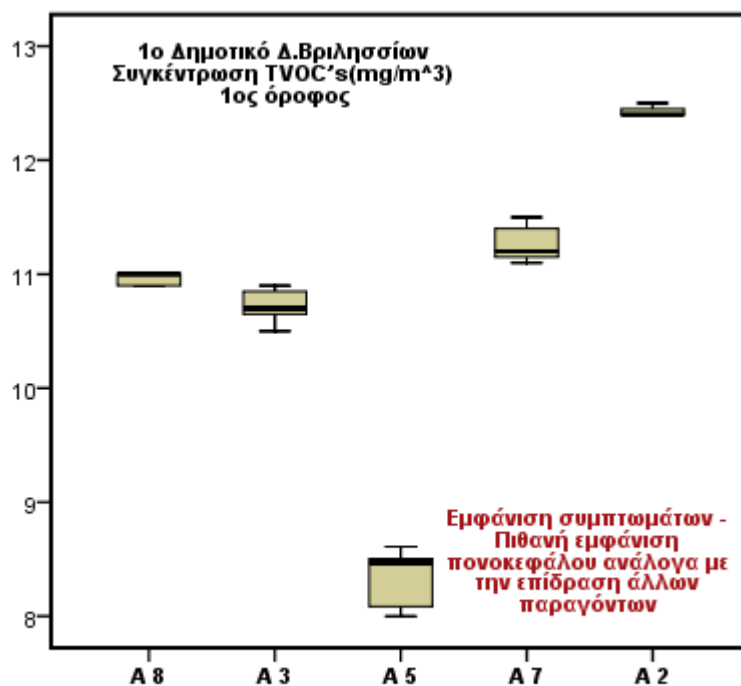
Ολική Συγκέντρωση	Δυσφορία και Εμφάνιση Ερεθισμών	Κλίμακα Έκθεσης
Έως 0.2 mg/m <sup>3</sup> (έως 0.05 ppm)	Κανένας ερεθισμός ή δυσφορία	Κλίμακα Άνεσης
Από 0.2 mg/m <sup>3</sup> έως 3,0 mg/m <sup>3</sup> (από 0.05 έως 0.80 ppm)	Πιθανός ερεθισμός ή δυσφορία ανάλογα με την αλληλεπίδραση με τους άλλους παράγοντες	Κλίμακα Έκθεσης σε πολλούς παράγοντες
Από 3,0 mg/m <sup>3</sup> έως 25 mg/m <sup>3</sup> (0.80 έως 6.64 ppm)	Εμφάνιση συμπτωμάτων - Πιθανή εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων	Κλίμακα Δυσφορίας
Πάνω από 25 mg/m <sup>3</sup> (πάνω από 6.64 ppm)	Επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν	Κλίμακα Τοξικής Έκθεσης

<sup>1</sup> A. Molhave L., Human reactions to controlled exposures to VOC's and the "total VOC" concept. In: H, Knoppel and P. Wolkoff (eds.), Chemical, Microbiological, Health and Comfort Aspects of Indoor Air Quality - State of the art in SBS, Netherlands 1992, pp 247-261,  
B. Molhave L., Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality and Health. In: Walkinshaw (ed.), Proceedings of Indoor Air 90, Toronto 1990, Vol.5, pp 15-33  
C. Molhave L., Evaluations of VOC emissions from materials and products: solid flooring materials. In: Maroni M. (ed.), Proceedings of Healthy Buildings, '95, Milano 1995, Vol. 1, pp 145-162

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες δίνονται στα σχήματα 5 και 6. Όπως διαπιστώνεται, η συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου είναι υψηλή και κυμαίνεται από  $4.9\text{mg}/\text{m}^3$  έως  $12.9\text{mg}/\text{m}^3$ . Συγκεκριμένα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις αίθουσες [I4], [A8],[A7] και [A2], γεγονός που οφείλεται κυρίως στη χρήση μαρκαδόρων και διαλυτικών. Αν και δεν έχουν εδραιωθεί ακόμα σαφή όρια για τα TVOC σε εσωτερικούς χώρους από την εθνική ή ευρωπαϊκή νομοθεσία, σύμφωνα με μελέτες (C. Molhave L) οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων».



Σχήμα 5: Συγκέντρωση TVOC's ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



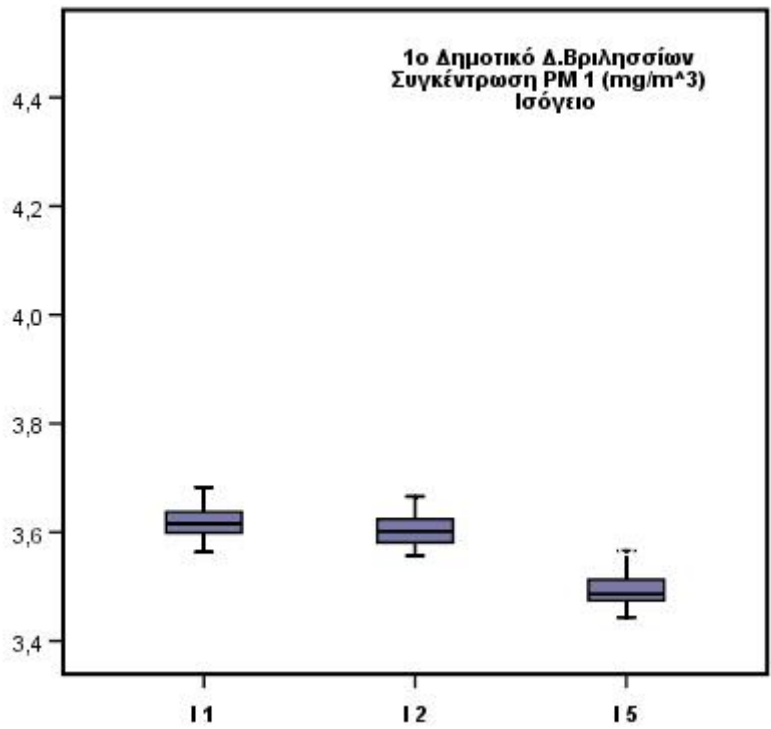
Σχήμα 6: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

#### 2.1.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

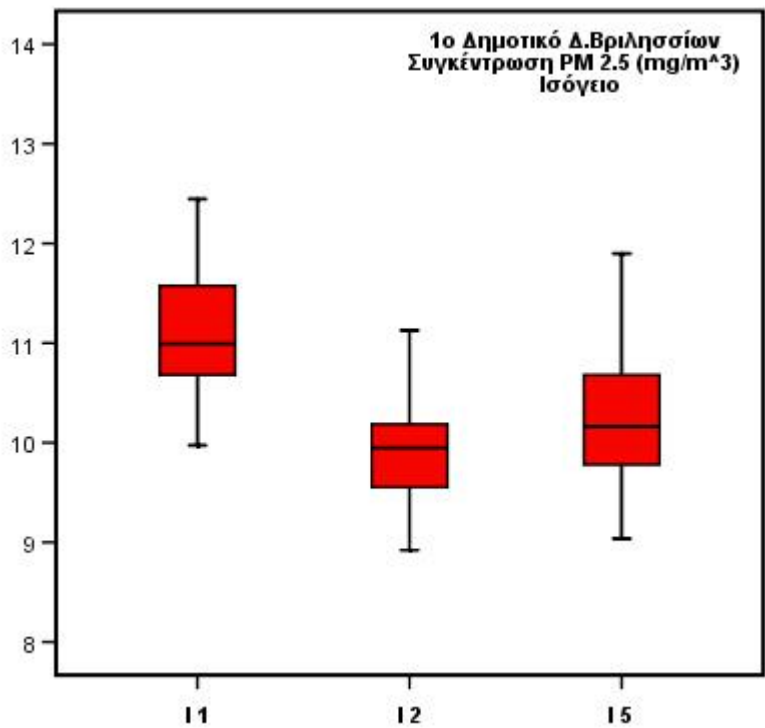
Σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub>), οι οποίες απεικονίζονται στα σχήματα 7 έως 12.

Όπως διαπιστώνεται, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> είναι ιδιαίτερα αυξημένη λόγω της ύπαρξης κιμωλίας στις αίθουσες διδασκαλίας. Συγκεκριμένα, η σκόνη που δημιουργείται από τη χρήση της κιμωλίας κατατάσσεται στα αιωρούμενα σωματίδια μεγαλύτερης διαμέτρου (όπως είναι τα PM<sub>10</sub>) τα οποία, όπως είναι αναμενόμενο, παρουσιάζουν συγκεντρώσεις που ξεπερνούν σε μεγάλο βαθμό τα επιτρεπτά όρια. Αντίθετα, η συγκέντρωση των σωματιδίων μικρότερης διαμέτρου (PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub>) κυμαίνεται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα για τα PM<sub>10</sub> είναι 50 μg/m<sup>3</sup> ενώ για τα PM<sub>2.5</sub> είναι τα 25 μg/m<sup>3</sup>, με έτος έναρξης εφαρμογής το 2010. Για τα PM<sub>1</sub> δεν έχει θεσπιστεί ακόμη ανώτατο όριο.

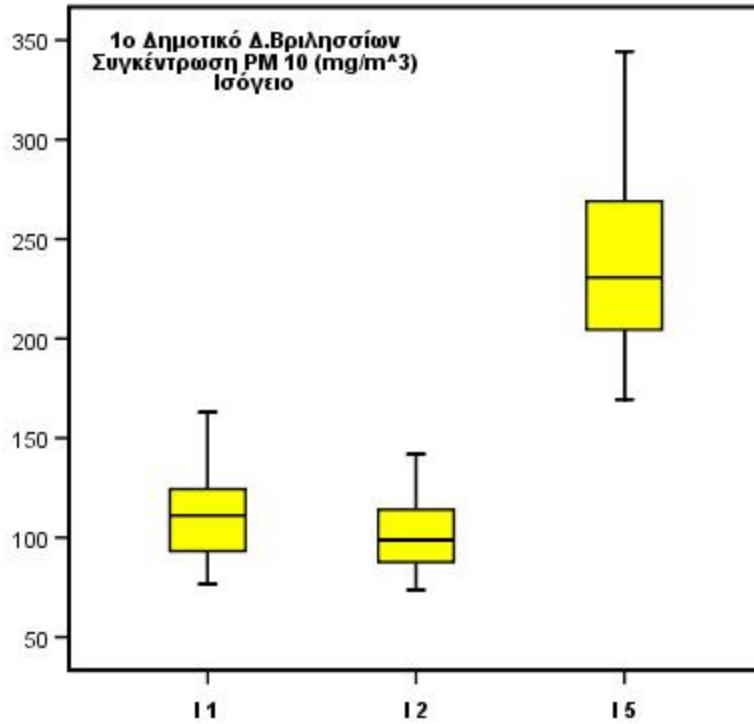




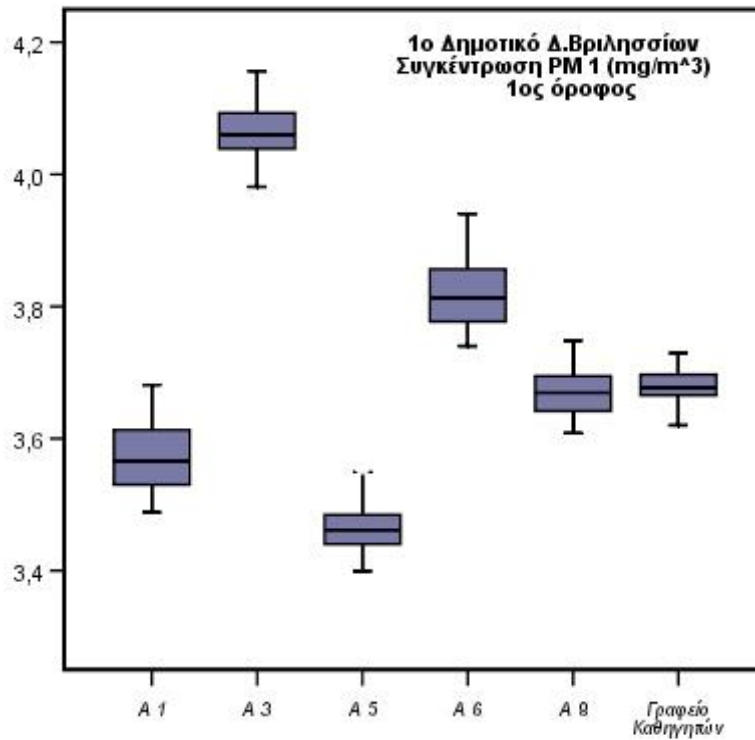
Σχήμα 7: Συγκέντρωση  $PM_1$  στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



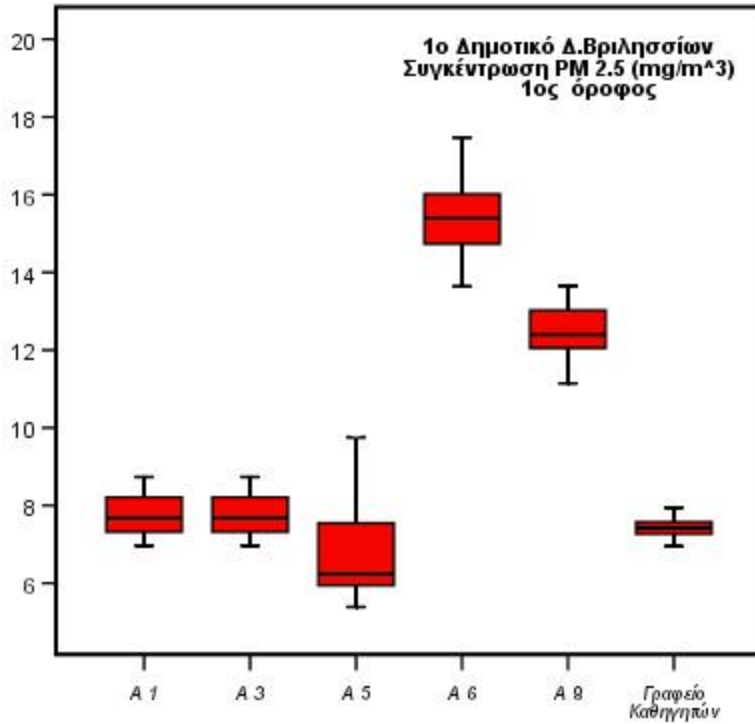
Σχήμα 8: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



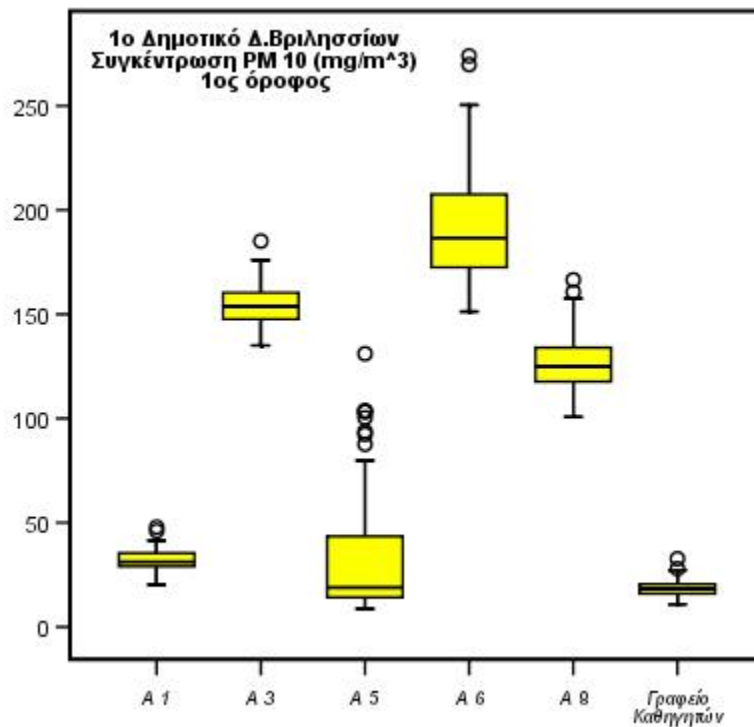
Σχήμα 9: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



Σχήμα 10: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 11: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

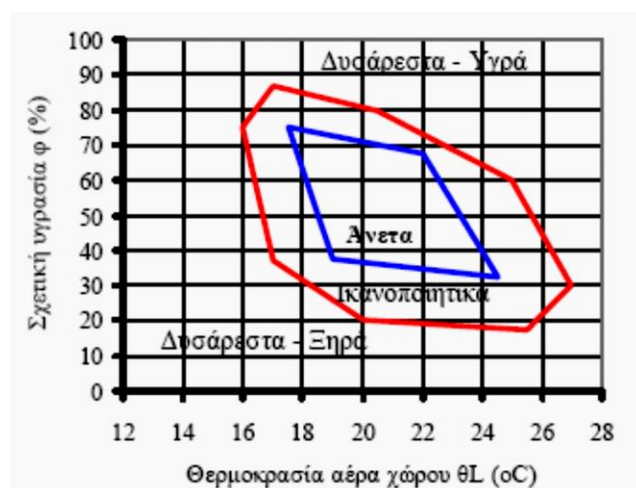


Σχήμα 12: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

Συνοψίζοντας, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>1</sub> σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας του σχολικού κτιρίου κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα μεταξύ 3.2μg/m<sup>3</sup> και 4.1μg/m<sup>3</sup>. Η συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> δεν ξεπερνά σε καμία αίθουσα το όριο των 25μg/m<sup>3</sup> ενώ, οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM<sub>10</sub> παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένες στις περισσότερες αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου Δ.Βριλησίων. Συγκεκριμένα μόνο οι αίθουσες [A1] και [A5] και το Γραφείο των Καθηγητών έχουν φυσιολογικές συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub>. Οι υπόλοιπες έχουν συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub> που ξεπερνούν πολύ το όριο των 50μg/m<sup>3</sup> αφού φτάνουν τα 260μg/m<sup>3</sup> γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη χρήση κιμωλίας.

### 2.1.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Στο υπό μελέτη σχολικό κτίριο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα. Η τοποθέτηση θερμομέτρων-υγρομέτρων έγινε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 14/1/08 έως και 17/1/08.



Σχήμα 13: Απεικόνιση της «ζώνης άνεσης» στον άνθρωπο  
(Πηγή: «Θερμική άνεση στα κτίρια», Α. Παπαδόπουλος 2006)

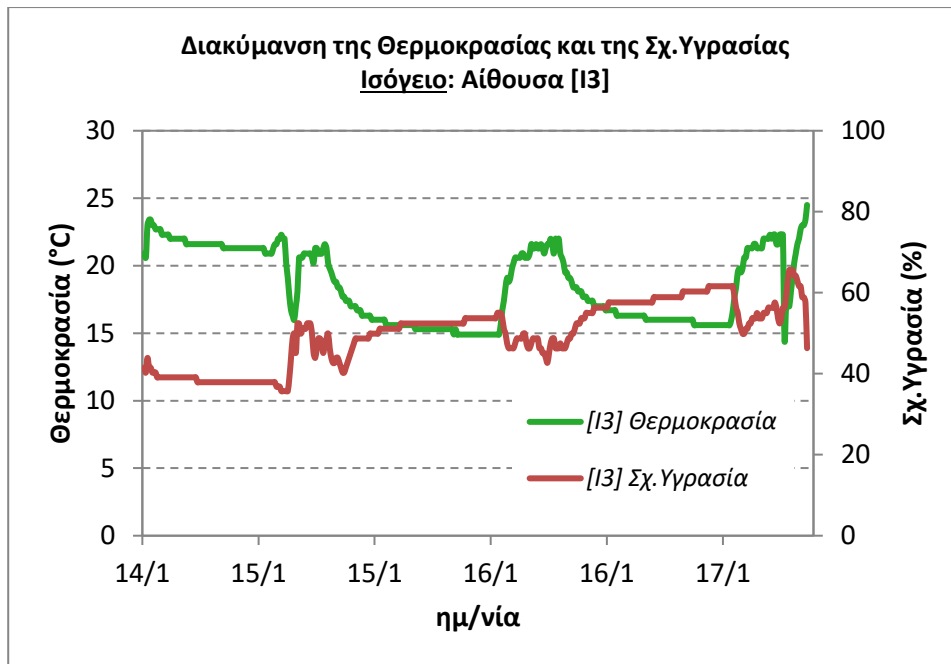
Στον πίνακα 1 που ακολουθεί δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου.

Στον ίδιο Πίνακα παρουσιάζονται επίσης οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι, διαπιστώνεται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 16.5 °C και 17.5°C, βρισκόμενη εντός των ορίων θερμικής άνεσης (ικανοποιητικά), ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 11.2°C. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 53.0% έως 69.4%, με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι 73.4% (ASHRAE Standard 55-1992).

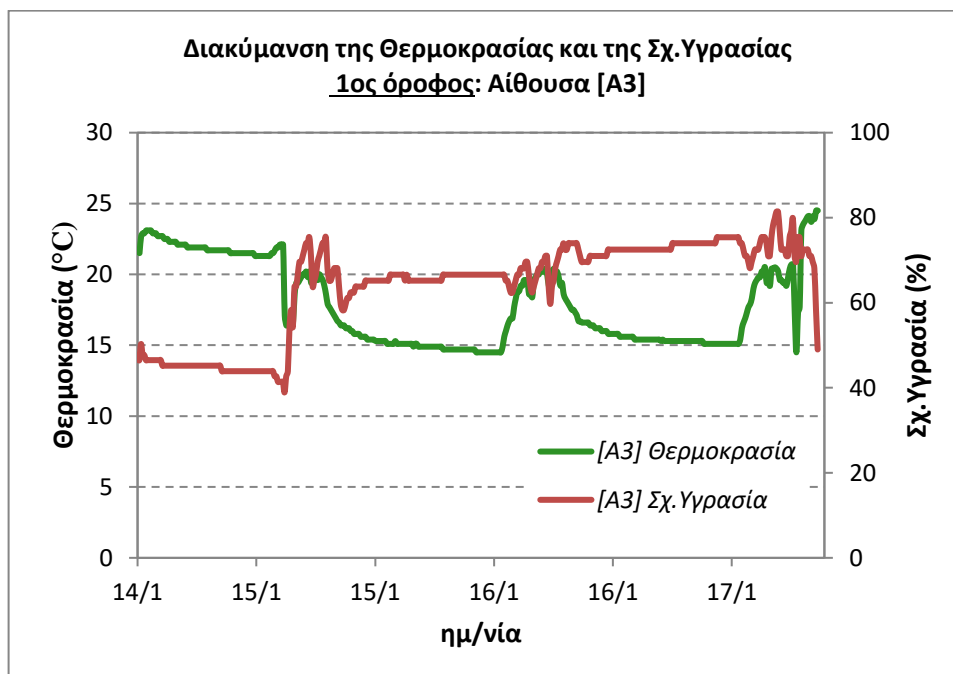
*Πίνακας 1: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου (14/1 έως 17/1/2008)*

Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Ισόγειο	[I3]	17.5	53.0
Ισόγειο	[I6]	-	57.5
Όροφος 1	[A3]	16.5	69.4
Όροφος 1	[A4]	17.2	59.9
Όροφος 1	[A8]	17.2	65.8
Όροφος 2	[B1]	17.2	59.8
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	11.2	62.4

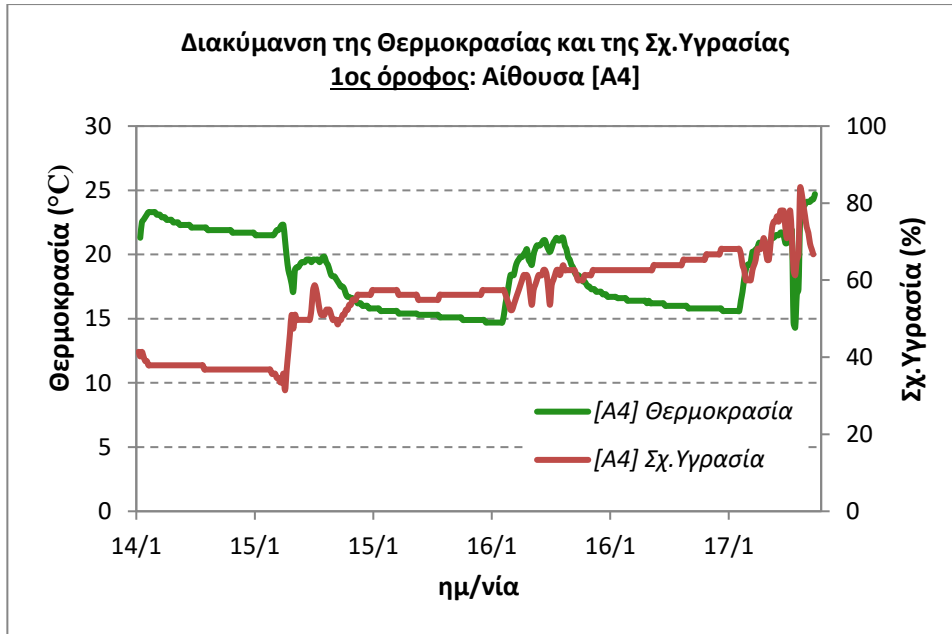
Στα σχήματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε αίθουσα και όροφο του σχολικού κτιρίου, αλλά και στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης, απεικονίζονται οι μέσες τιμές των δύο παραμέτρων σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, σε σχέση με τις αντίστοιχες του εξωτερικού περιβάλλοντος.



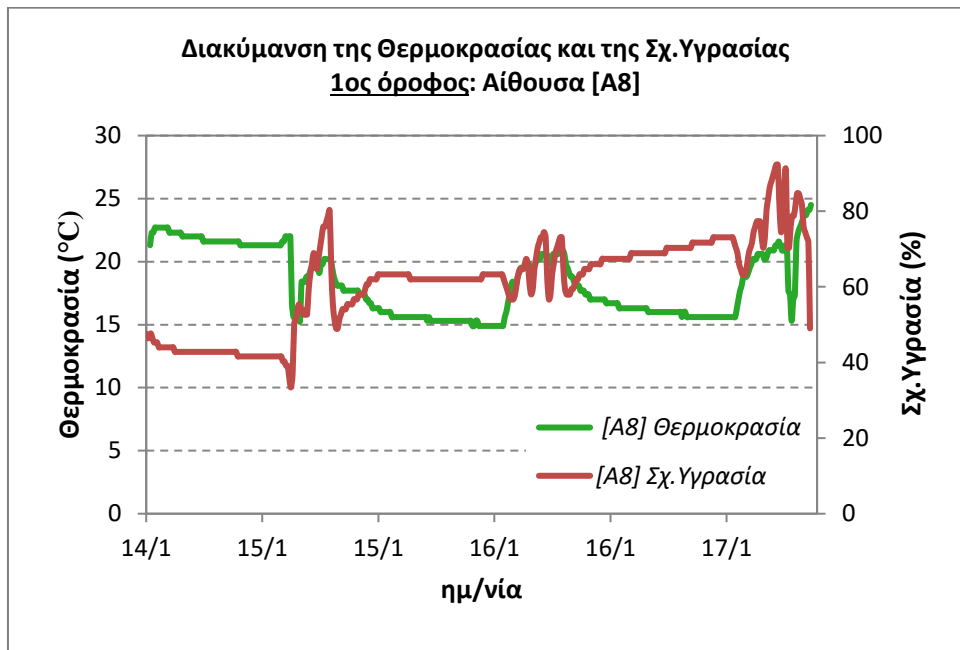
Σχήμα 14: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Ισόγειο του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [I3]



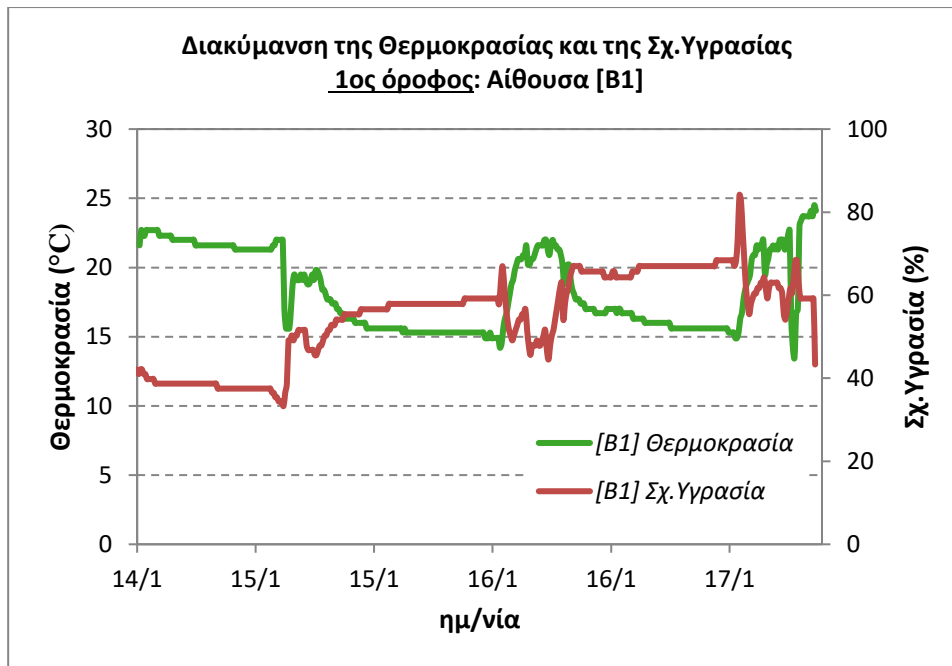
Σχήμα 15: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A3]



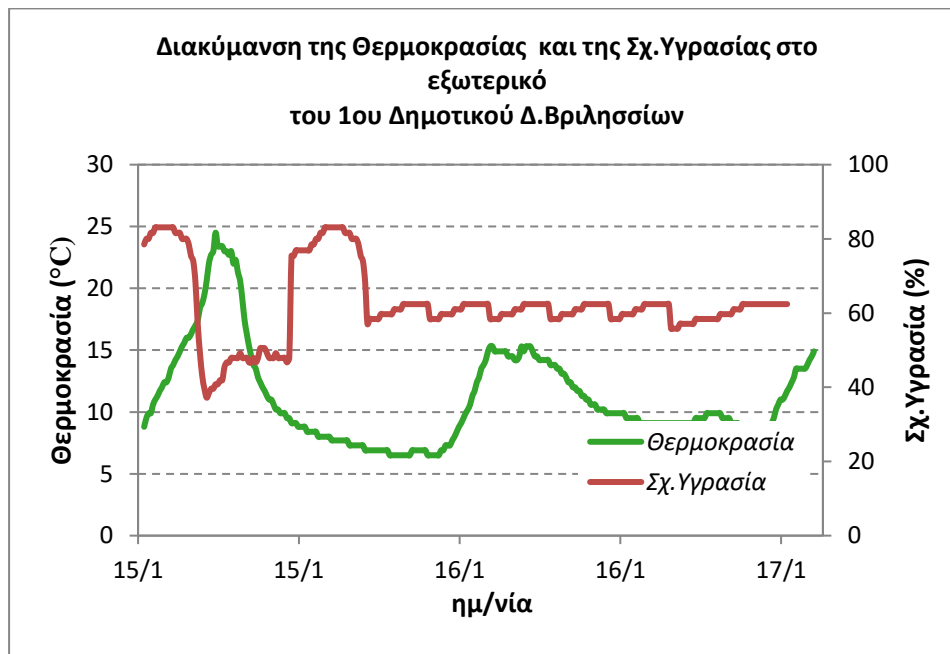
Σχήμα 16: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A4]



Σχήμα 17: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A8]

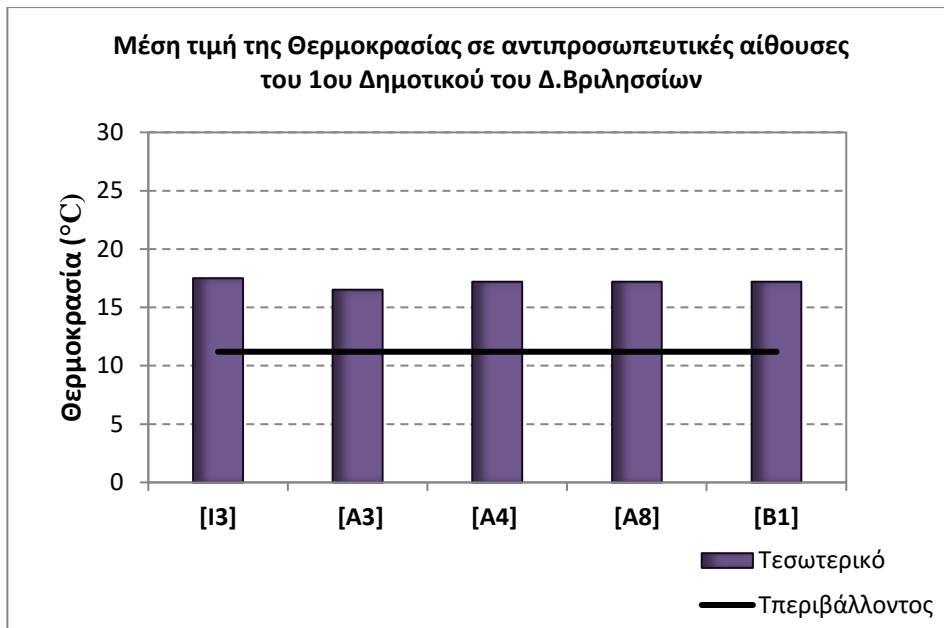


Σχήμα 18: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B1]

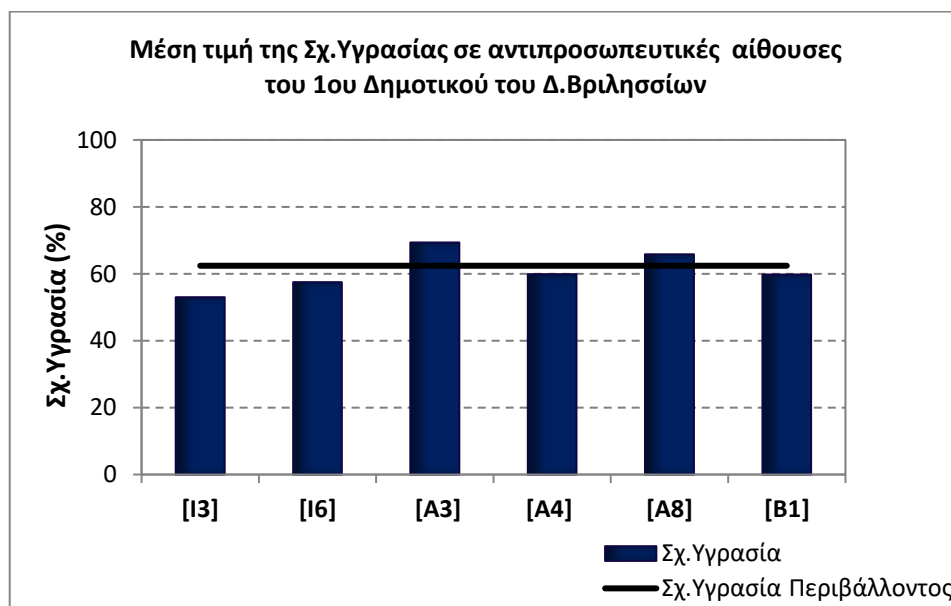


Σχήμα 19: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων





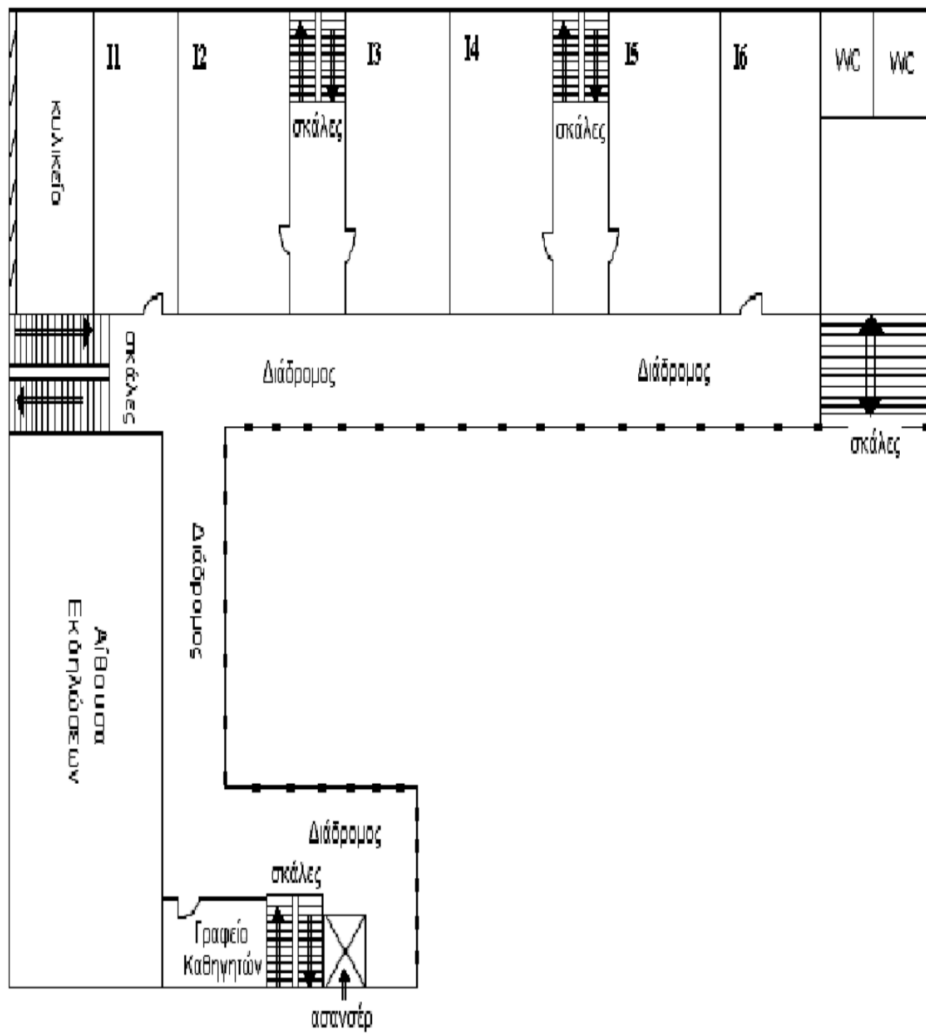
Σχήμα 20: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων



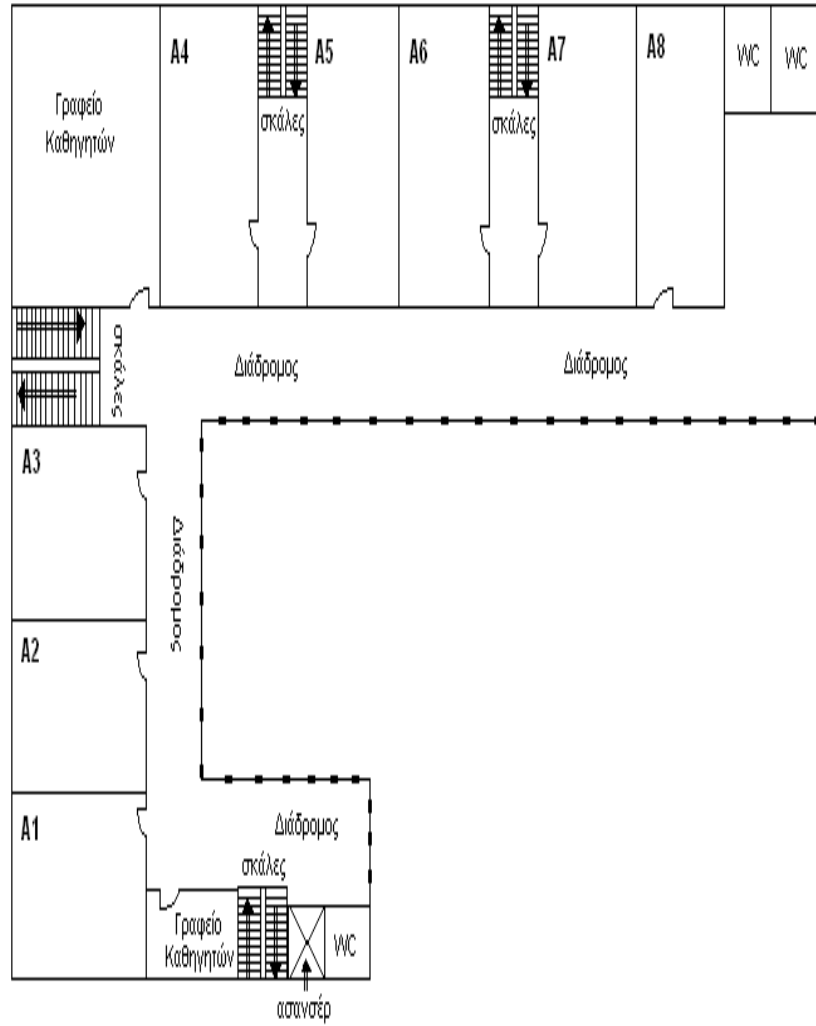
Σχήμα 21: Τιμές της μέσης σχ. υγρασίας σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων

Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δήμου Βριλησίων

Ισόγειο



### 1ος Όροφος





*Άποψη του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου του Δήμου Βριλησίων*

### **2.1.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο**

Ο αερισμός του κτιρίου επιτυγχάνεται κύρια από το σύστημα μηχανικού αερισμού καθώς και από τα ανοίγματα(παράθυρα και πόρτες), ή από κατασκευαστικές ατέλειες, όπως από σχισμές του κελύφους.

Η μέτρηση των αλλαγών αέρα του κτιρίου πραγματοποιήθηκε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολικού κτιρίου (Ισόγειο, 1<sup>ος</sup> και 2<sup>ος</sup> όροφος) με τη μέθοδο των αερίων δεικτών (tracer gas method).

Ο αέριος δείκτης που χρησιμοποιήθηκε είναι το πρωτοξείδιο του αζώτου ( $N_2O$ ), το οποίο είναι ένα χημικά αδρανές αέριο. Το σύστημα εκτόξευσης – δειγματοληψίας του αερίου περιλαμβάνει μία βασική μονάδα ελέγχου και έναν ανιχνευτή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τη μέθοδο, ποσότητα του αερίου δείκτη εκλύεται στον υπό μελέτη χώρο με ψεκασμό, εφόσον εξακριβωθεί ότι όλα τα ανοίγματα είναι κλειστά. Στη συνέχεια, πραγματοποιούνται μετρήσεις

της εξασθένησης του αερίου με διαδοχικές δειγματοληψίες στο χώρο. Ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα στον εκάστοτε χώρο προσδιορίζεται με βάση την καμπύλη εξασθένησης του αερίου. Με τον ίδιο τρόπο πραγματοποιούνται και οι μετρήσεις του ρυθμού ανανέωσης του αέρα.

Από τις μετρήσεις υπολογίζονται οι αλλαγές όγκου αέρα ανά ώρα (ACH), για συγκεκριμένες αίθουσες του σχολικού κτιρίου.

Μετρήθηκαν αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας και στο ισόγειο και στους ορόφους 1 και 2 ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης του αερισμού σε όλο το σχολείο. Ο ρυθμός αερισμού σε κάθε όροφο του κτιρίου δίνεται στον πίνακα 2:

*Πίνακας 2: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων*

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[I1]	Ισόγειο	2.70
[I4]	Ισόγειο	1.30
[A5]	1 <sup>ος</sup> όροφος	1.28
[B1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	0.20
[B2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	0.14



#### 2.1.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Σε όλους τους ορόφους του σχολικού κτιρίου έγινε καταγραφή του προσωπικού, των υπολογιστών καθώς και όλων των μηχανημάτων που υπάρχουν στους κύριους χώρους των αιθουσών διδασκαλίας, καθώς και του γραφείου των καθηγητών. Επίσης, έγινε καταγραφή όλων των φωτιστικών και θερμαντικών σωμάτων. Στον πίνακα 3 δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά όροφο και αίθουσα.

*Πίνακας 3: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων*

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[I1]	Ισόγειο	21	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[I2]	Ισόγειο	29	5 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[I5]	Ισόγειο	22	5 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	21	2 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A5]	1 <sup>ος</sup> όροφος	19	3 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A6]	1 <sup>ος</sup> όροφος	20	5 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A8]	1 <sup>ος</sup> όροφος	22	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
Γραφείο Καθηγητών	1 <sup>ος</sup> όροφος	20	2 ανοίγματα, 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά, 1 φωτοτυπικό μηχάνημα
[B1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	17	2 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 12 φωτιστικά
[B2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	16	2 ανοίγματα, 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά

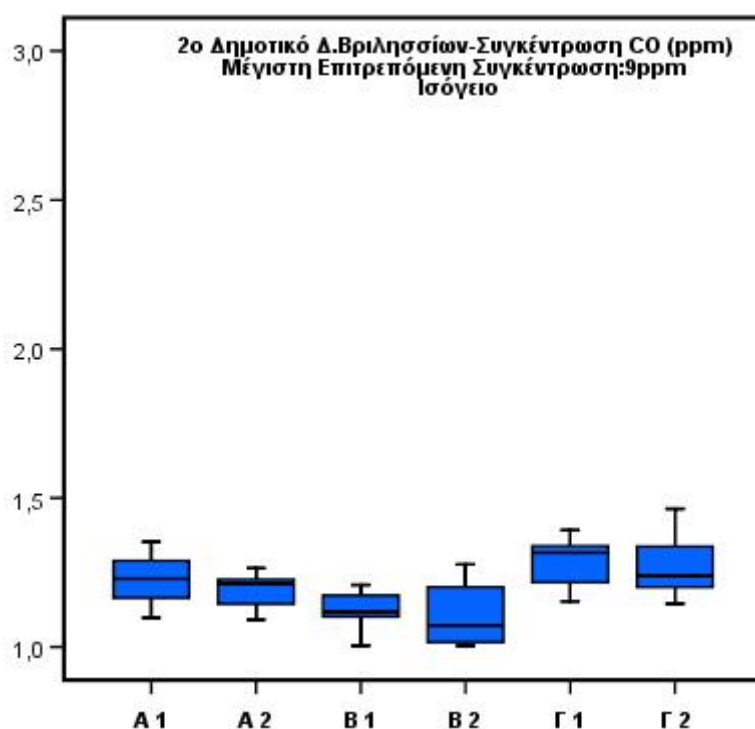
## 2.2 2<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων

## 2.2.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

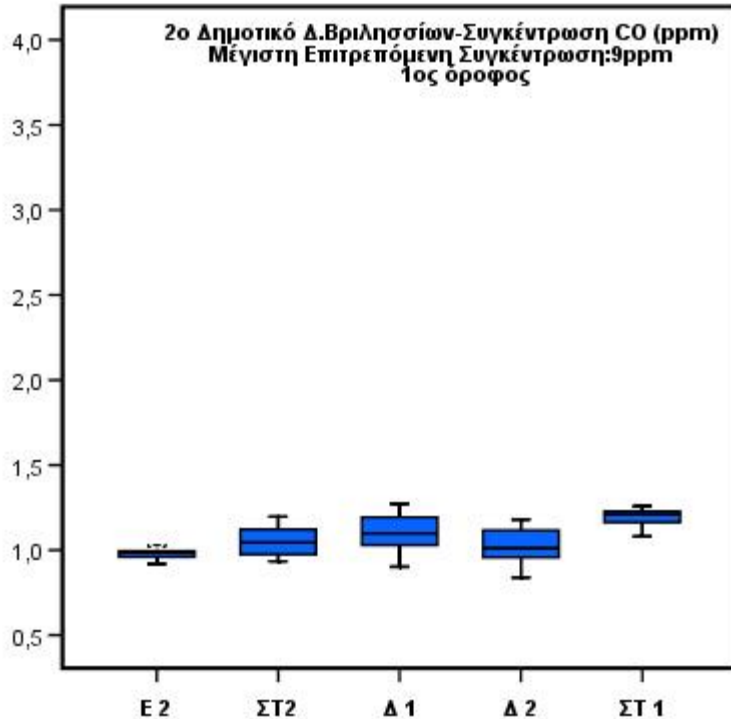
Μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και των οργανικών πτητικών ενώσεων (VOC).

### 2.2.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δήμου Βριλησίων είναι κάτω από 1.5 ppm σε όλες τις αίθουσες του σχολείου, δηλαδή είναι πολύ μικρότερη από το επιτρεπτό όριο των 9ppm. Άρα, συγκριτικά με τα όρια της ASHRAE και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Η συγκέντρωση CO δίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 22 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο

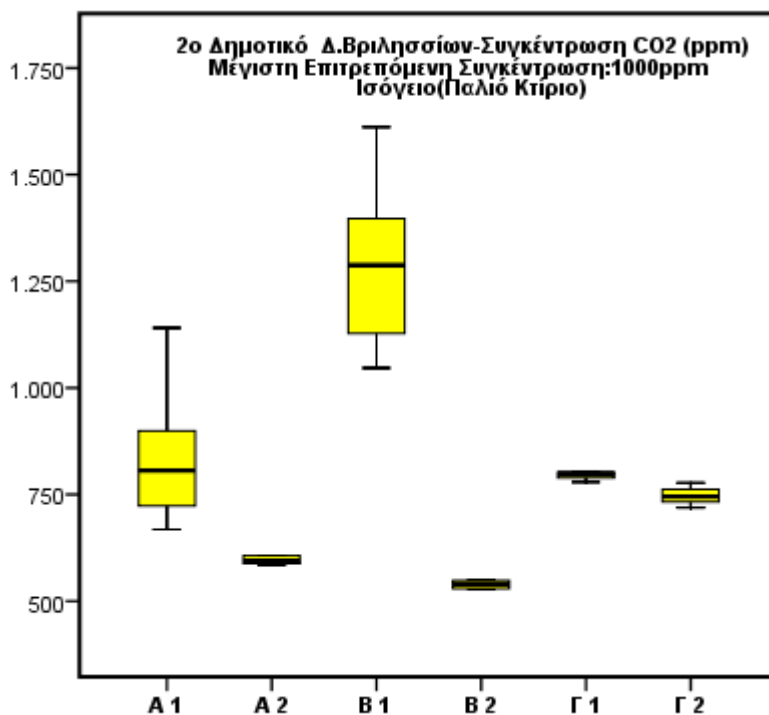


Σχήμα 23 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

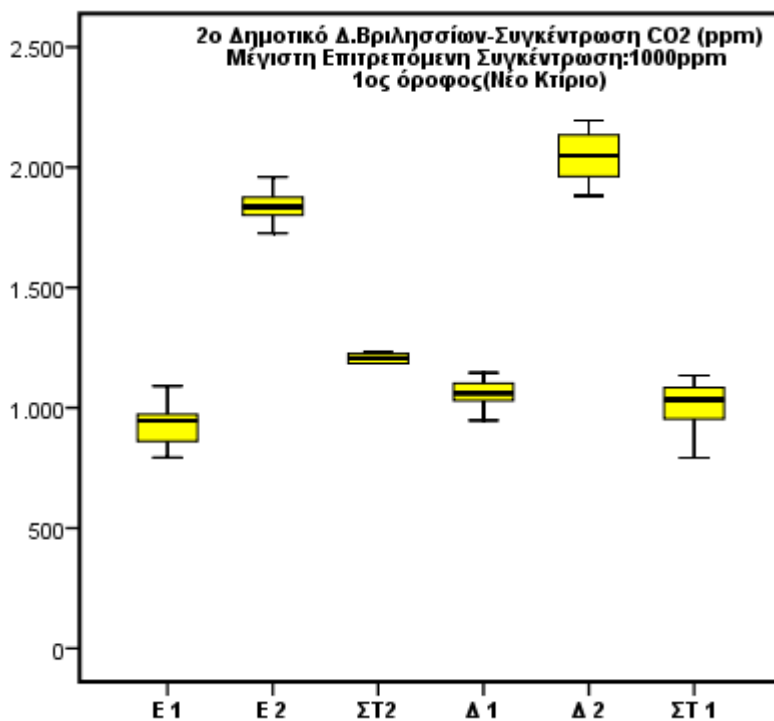
### 2.2.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό Δ.Βριλησίων κυμαίνονται μεταξύ 500 ppm και 2200 ppm και ξεπερνούν το όριο των 1000 ppm σε ορισμένες από τις αίθουσες διδασκαλίας, κυρίως στο Νέο Κτίριο του σχολείου. Η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης σημειώνεται στην αίθουσα [Δ2] του Νέου Κτιρίου(πάνω από 2000 ppm). Αυτό οφείλεται στον ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι εφικτό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο και κατά την ώρα του μαθήματος. Τα σχήματα που ακολουθούν δίνουν την εικόνα των επιπέδων συγκέντρωσης που μόλις αναφέρθηκε:





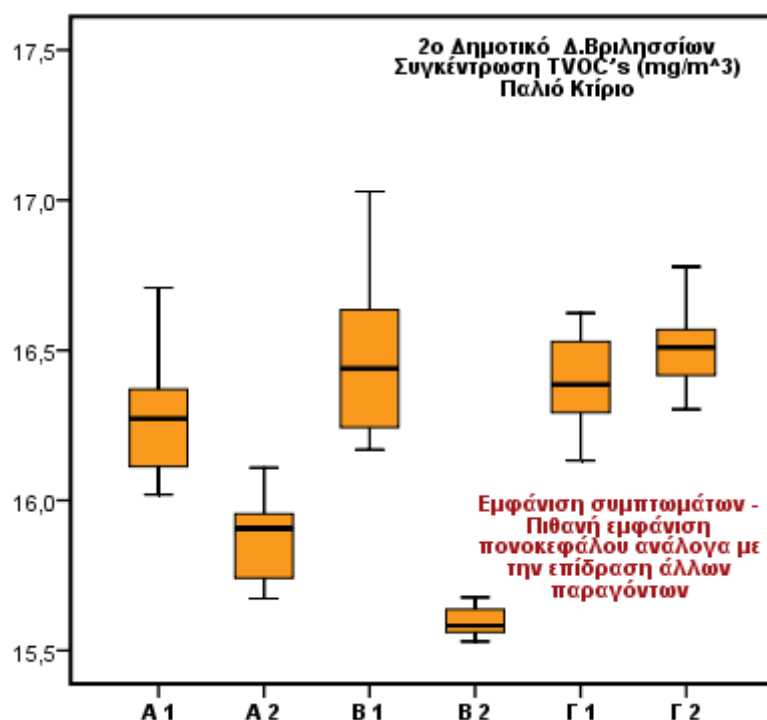
Σχήμα 24 : Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Παλιό Κτίριο



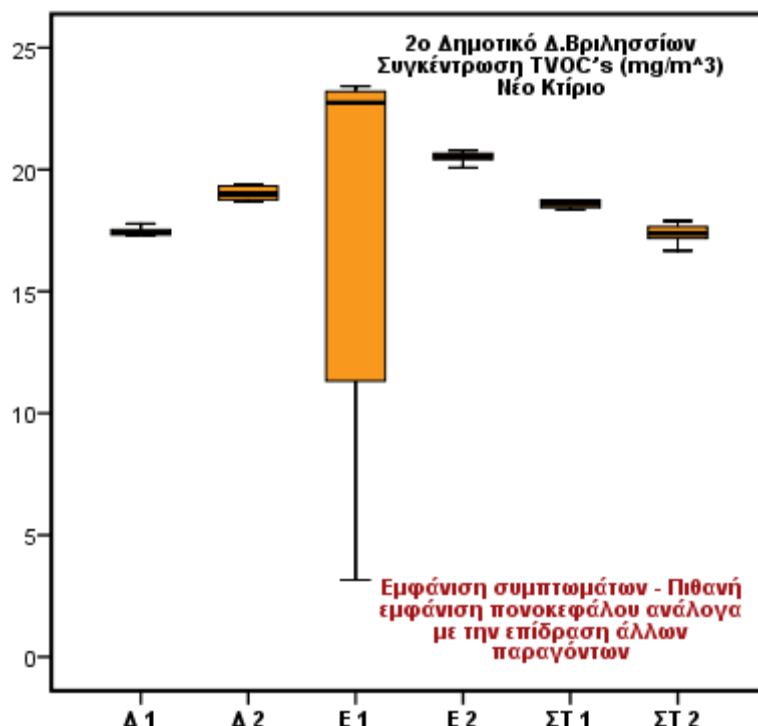
Σχήμα 25 : Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Νέο Κτίριο

### 2.2.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Στα σχήματα 26 και 27 δίνονται τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου Δ.Βριλησίων. Έτσι παρατηρείται, ότι οι συγκεντρώσεις σε όλες τις αίθουσες βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων που μετρήθηκαν κυμαίνονται μεταξύ 15.5 – 24.5mg/m<sup>3</sup>.Οι τιμές αυτών των συγκεντρώσεων κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων». Η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης μετρήθηκε στην αίθουσα [E1]. Το φαινόμενο που παρατηρήθηκε στις αίθουσες, οφείλεται κυρίως στη χρήση ειδών ζωγραφικής (όπως μαρκαδόροι, στυλό κλπ), αλλά και διαλυτικά.Και πάλι συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων για να αερίζεται ο χώρος και να τροφοδοτείται με φρέσκο καθαρό αέρα.



Σχήμα 26: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Παλιό Κτίριο



Σχήμα 27: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Νέο Κτίριο

### 2.2.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Στο 2<sup>ο</sup> Δημοτικό Δ.Βριλησίων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 4/2/08 έως 9/2/08.

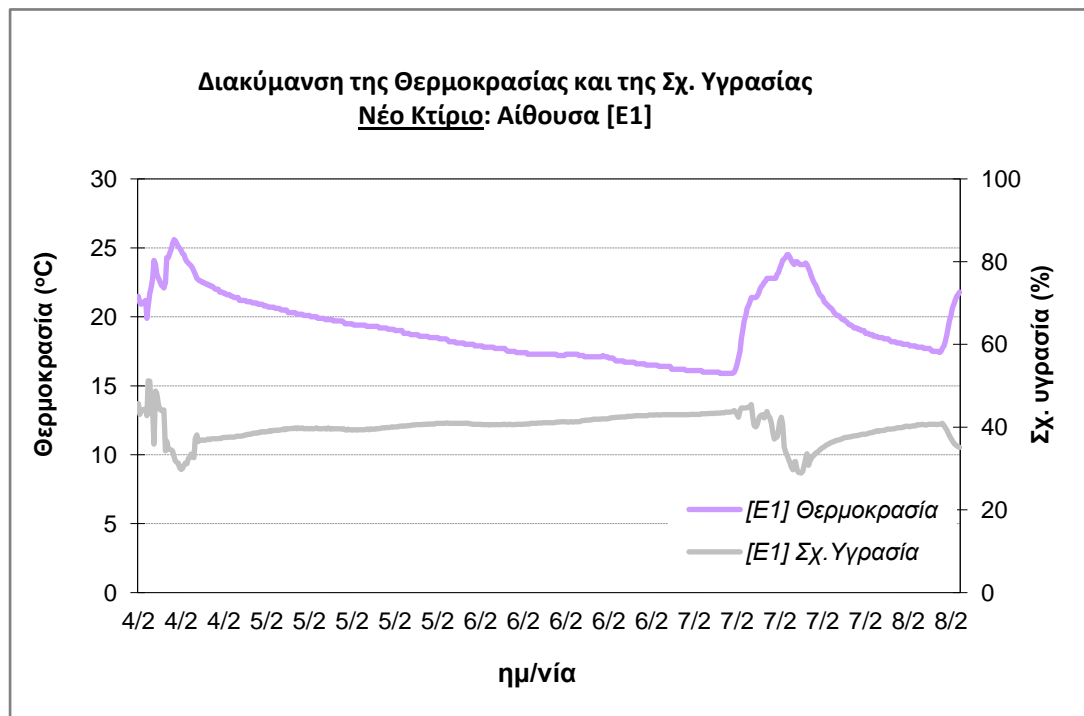
Στον πίνακα 4 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε συγκεκριμένες αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου Δ.Βριλησίων.

Έτσι, διαπιστώνεται ότι η θερμοκρασία του αέρα και η σχετική υγρασία στις αίθουσες διδασκαλίας κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Συγκεκριμένα, η μέση εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16.0 – 19.3°C στις αίθουσες διδασκαλίας, ενώ, η σχετική υγρασία στο εσωτερικό του σχολείου κυμαίνεται μεταξύ 39.2 – 56.5%.

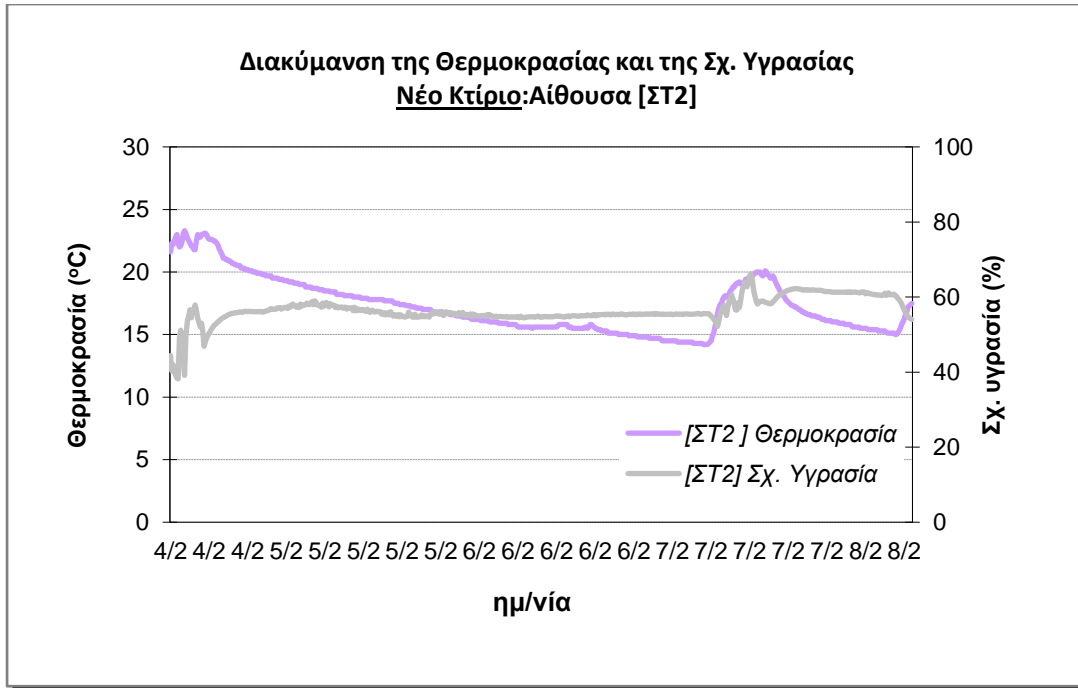
Πίνακας 4: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου (4/2 έως 9/2/2008)

Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Νέο Κτίριο	[E1]	19.3	39.9
Νέο Κτίριο	[ΣΤ2]	17.3	43.9
Παλιό Κτίριο	[Α2]	16.0	56.5
Παλιό Κτίριο	[B1]	19.2	39.2
Παλιό Κτίριο	[Δ1]	19.2	39.6
Εξωτερ.Περιβάλλον	-	-	-

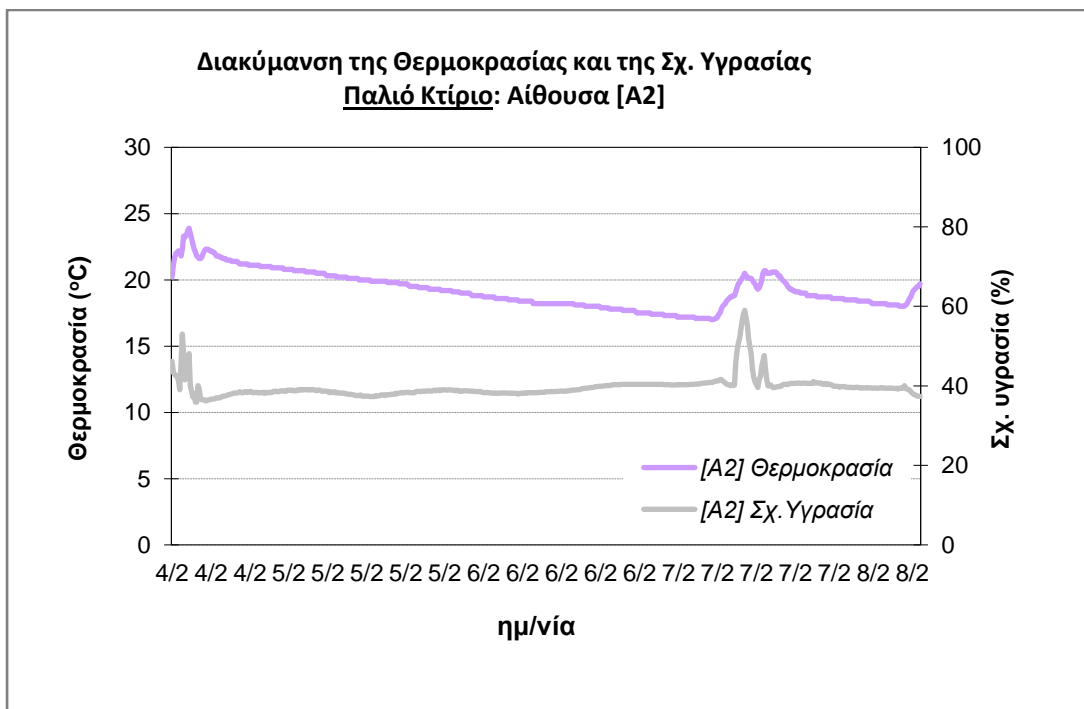
Στα σχήματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας στις αίθουσες των δύο κτιρίων του σχολείου, στις οποίες έλαβαν χώρα μετρήσεις των δύο αυτών παραμέτρων:



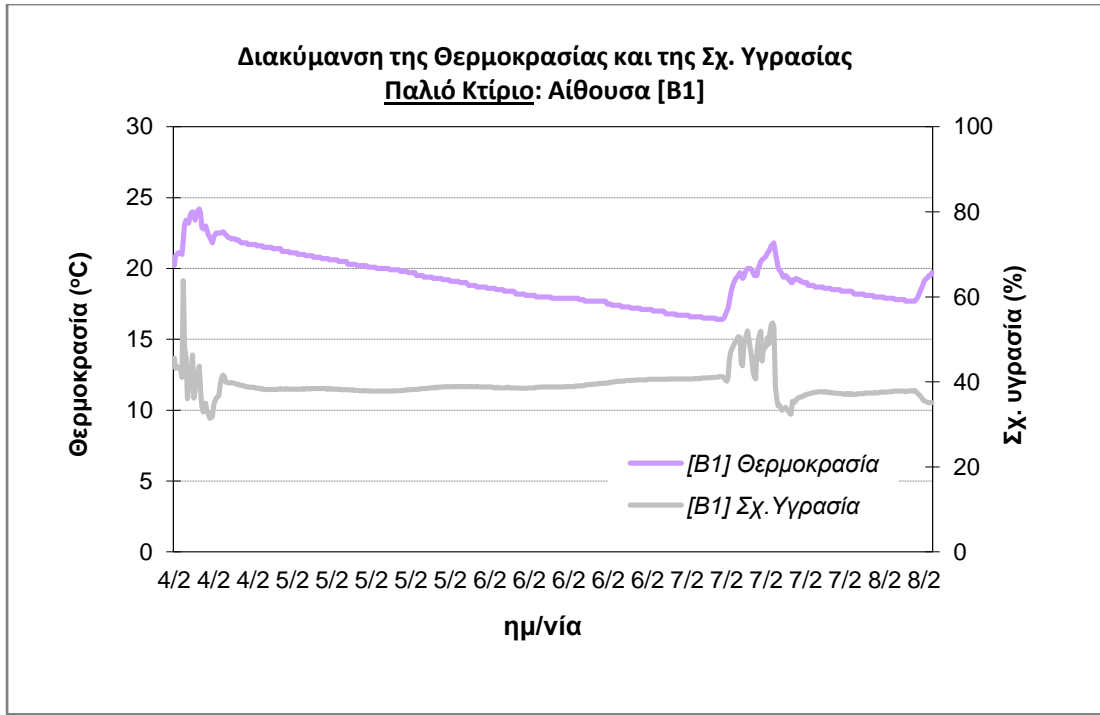
Σχήμα 28: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Νέο Κτίριο του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [E1]



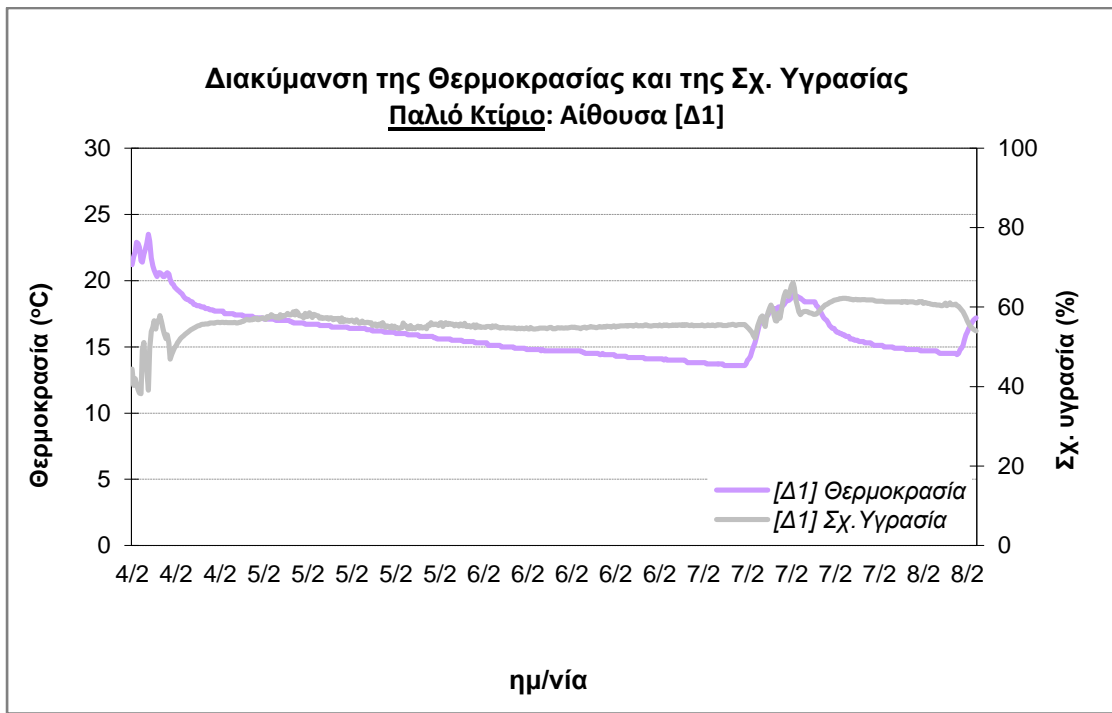
Σχήμα 29: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Νέο Κτίριο του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [ΣΤ2]



Σχήμα 30: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Παλιό Κτίριο του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Α2]



Σχήμα 31: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Παλιό Κτίριο του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B1]



Σχήμα 32: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Παλιό Κτίριο του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Δ1]

### 2.2.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Η μέτρηση των αλλαγών αέρα του κτιρίου πραγματοποιήθηκε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου (νέο κτίριο 1 και παλιό κτίριο 2) με τη μέθοδο των αερίων δεικτών (tracer gas method). Ο ρυθμός αερισμού σε κάθε αίθουσα που μετρήθηκε δίνεται στον παρακάτω πίνακα :

*Πίνακας 5: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων*

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[Ε1]	Νέο Κτίριο 1	0.33
[ΣΤ2]	Νέο Κτίριο 1	1.66
[Γ2]	Παλιό Κτίριο 2	2.02

Ο ρυθμός διείσδυσης του αέρα με κλειστά ανοίγματα υπολογίστηκε στις 0.33 και 1.66 αλλαγές αέρα ανά ώρα στις αίθουσες [Ε1] και [ΣΤ2] αντίστοιχα του Κτιρίου 1 (Νέο Κτίριο) και στις 2.02 αλλαγές ανά ώρα στην αίθουσα [Γ2] του Κτιρίου 2 (Παλιό Κτίριο).

### 2.2.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Σε όλους τους ορόφους του σχολικού κτιρίου έγινε καταγραφή του προσωπικού, δηλαδή των ατόμων που υπάρχουν στους κύριους χώρους των αιθουσών διδασκαλίας, καθώς επίσης και όλων των ανοιγμάτων, των φωτιστικών και των θερμαντικών σωμάτων. Στον πίνακα 6 που ακολουθεί δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά όροφο-κτίριο και αίθουσα.

Πίνακας 6: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 2<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[E1]	1 <sup>ος</sup> όροφος/K1	17	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[E2]	1 <sup>ος</sup> όροφος/K1	4	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[ΣΤ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος/K1	15	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Δ1]	1 <sup>ος</sup> όροφος/K1	20	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Δ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος/K1	20	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[ΣΤ1]	1 <sup>ος</sup> όροφος/K1	3	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Α1]	Ισόγειο/K2	16	2 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Α2]	Ισόγειο/K2	4	2 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Β1]	Ισόγειο/K2	6	2 ανοίγματα, (κλειστά) 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά,
[Β2]	Ισόγειο/K2	17	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Γ1]	2 <sup>ος</sup> όροφος/K2	16	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά
[Γ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος/K2	15	2 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 6 φωτιστικά

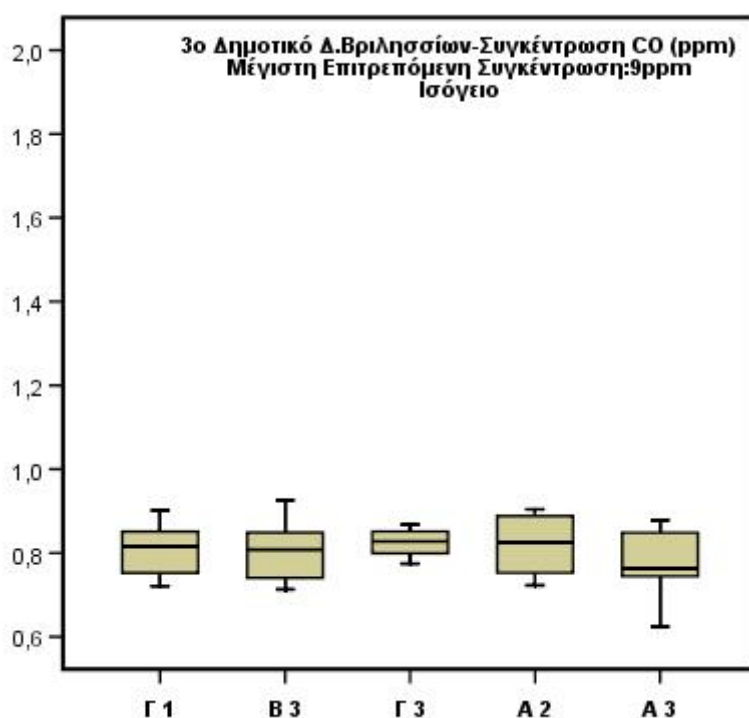


## 2.3 3<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων

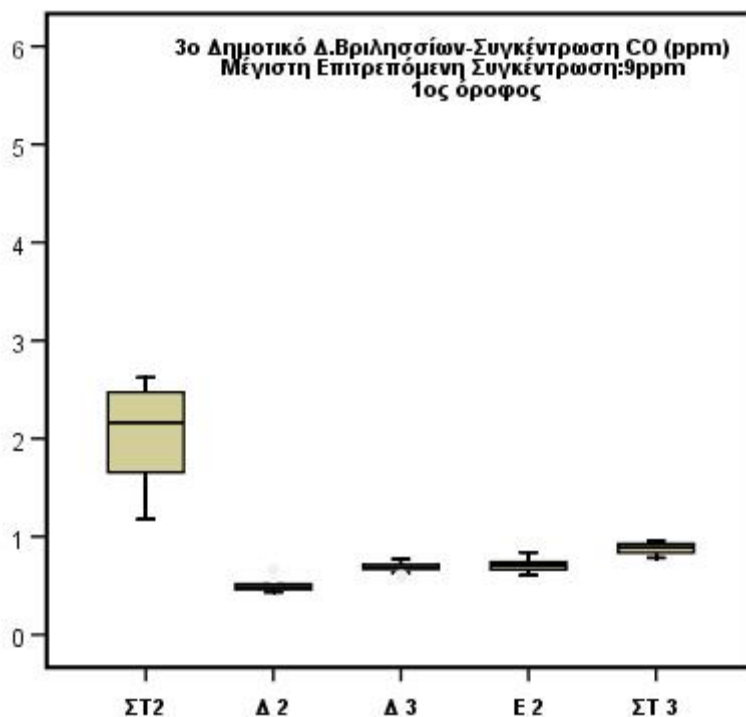
### 2.3.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.3.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι 9ppm. Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων κυμαίνεται μεταξύ 0.4ppm έως 2.6ppm, η οποία είναι σαφώς μικρότερη από το επιτρεπτό όριο των 9ppm. Συγκεκριμένα και η μεγαλύτερη και η μικρότερη τιμή της συγκέντρωσης CO παρατηρούνται στον 1<sup>ο</sup> όροφο του σχολείου στις αίθουσες [ΣΤ2] και [Δ2] αντίστοιχα. Οι συγκεντρώσεις για κάθε αίθουσα δίνονται στα παρακάτω σχήματα 33 και 34 :



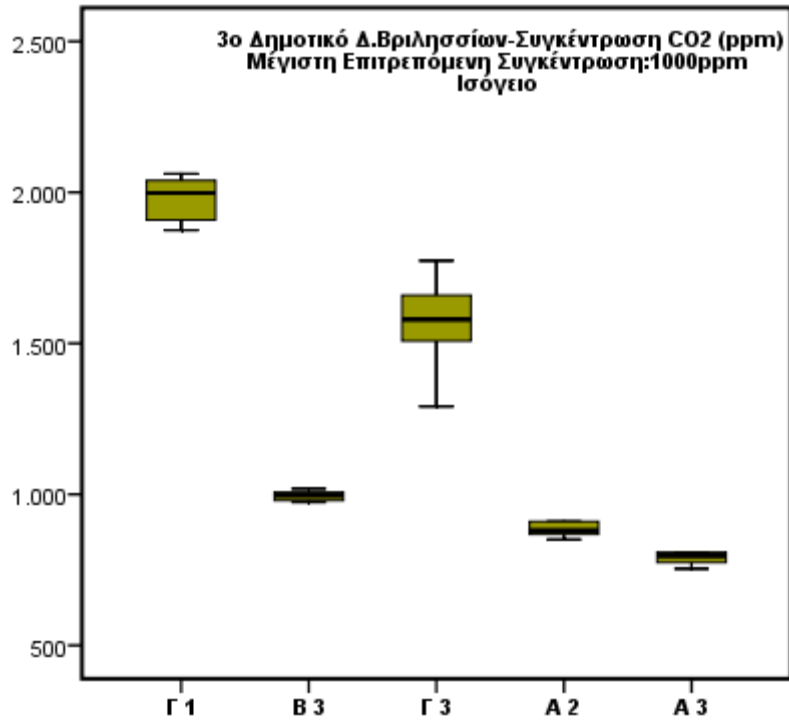
Σχήμα 33 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



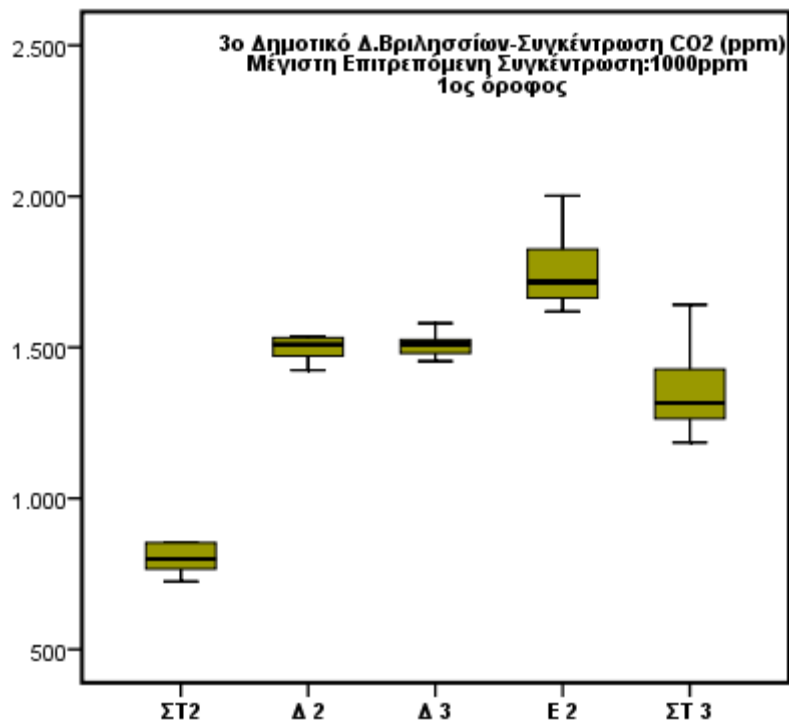
Σχήμα 34 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων- Οροφος 1

### 2.3.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> σε συγκεκριμένες αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Βριλησίων, όπως διαπιστώνεται από τα σχήματα 35 και 36, κυμαίνεται από 700ppm έως 2000ppm και είναι υψηλότερη από το επιτρεπτό όριο των 1000ppm στις περισσότερες από τις αίθουσες διδασκαλίας. Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> ξεπερνούν το όριο των 1000 ppm στις αίθουσες διδασκαλίας [Γ1], [Γ3] και [Β3] του Ισογείου και στις αίθουσες [Δ2], [Δ3], [Ε2] και [ΣΤ3] του 1<sup>ου</sup> ορόφου, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [Γ1] του Ισογείου. Οι υπερβάσεις που παρατηρούνται οφείλονται στο γεγονός ότι κάθε αίθουσα διδασκαλίας φιλοξενεί μεγάλο αριθμό μαθητών και στον ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Αποτέλεσμα αυτών των δύο γεγονότων είναι η παραγωγή CO<sub>2</sub> από την ανθρώπινη αναπνοή σε μεγάλες συγκεντρώσεις και η παραμονή του στον εσωτερικό χώρο της αίθουσας. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.



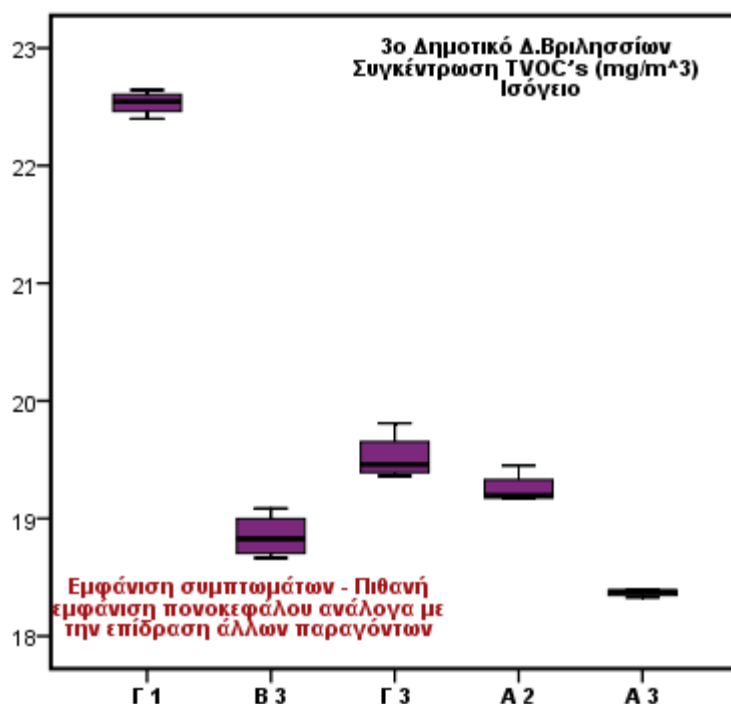
Σχήμα 35: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



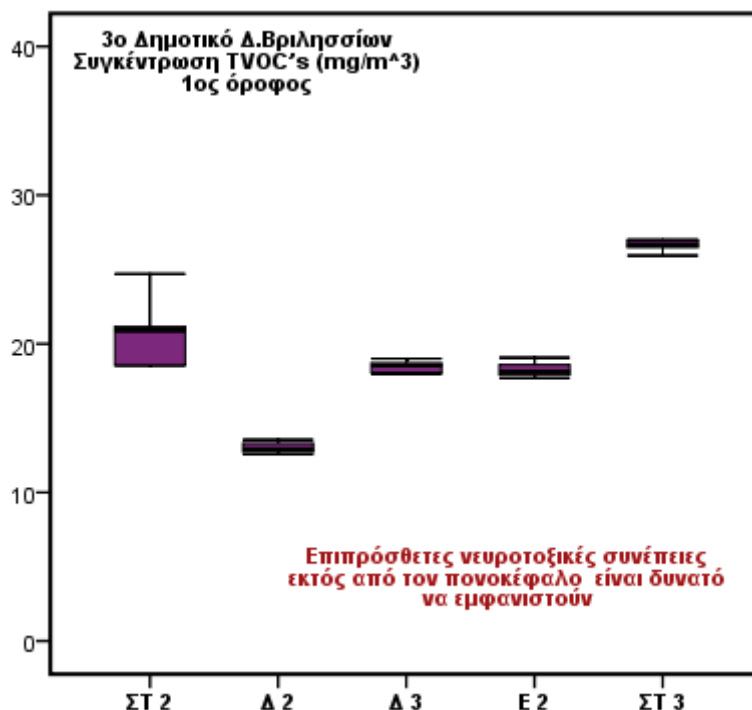
Σχήμα 36: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

### 2.3.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες απεικονίζονται στα σχήματα 37 και 38. Όπως παρατηρείται, η συγκέντρωση σε όλες τις αίθουσες του σχολείου είναι υψηλή και κυμαίνεται από  $12.5\text{mg}/\text{m}^3$  έως  $29.7\text{mg}/\text{m}^3$ . Συγκεκριμένα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις αίθουσες [Γ1] του Ισογείου και [ΣΤ3] του 1<sup>ου</sup> ορόφου. Σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων», ενώ για την αίθουσα [ΣΤ3] που η συγκέντρωση ξεπερνά πολύ το όριο των  $25\text{mg}/\text{m}^3$  «επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν».



Σχήμα 37: Συγκέντρωση TVOC's ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο

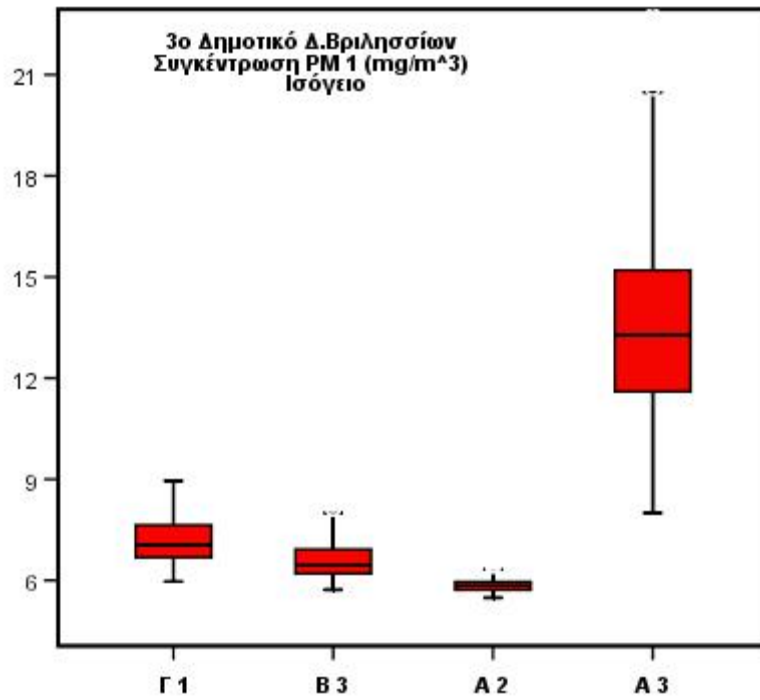


Σχήμα 38: Συγκέντρωση TVOC's ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

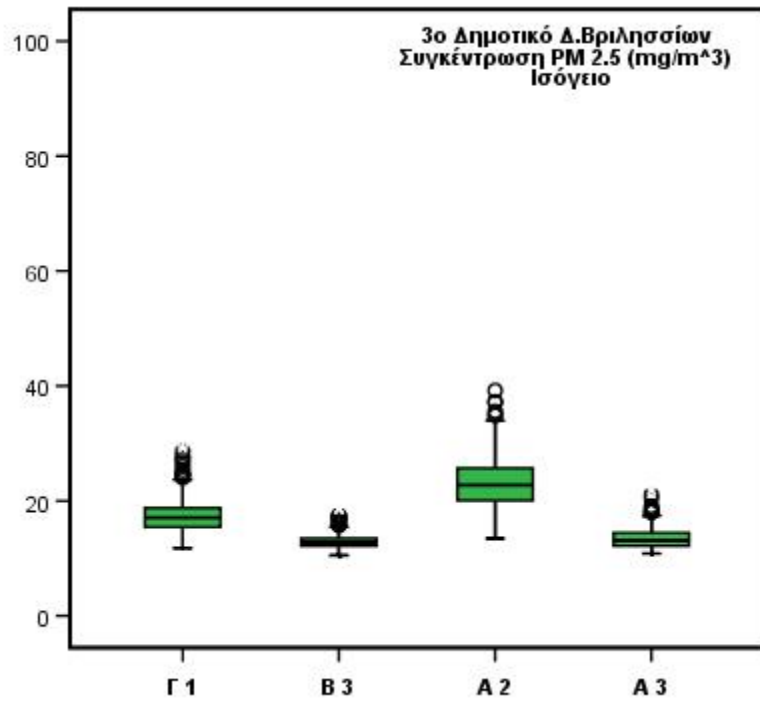
Γενικά τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ.Βριλησίων κυμαίνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στη χρήση ειδών ζωγραφικής και διαλυτικών. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.

#### 2.3.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

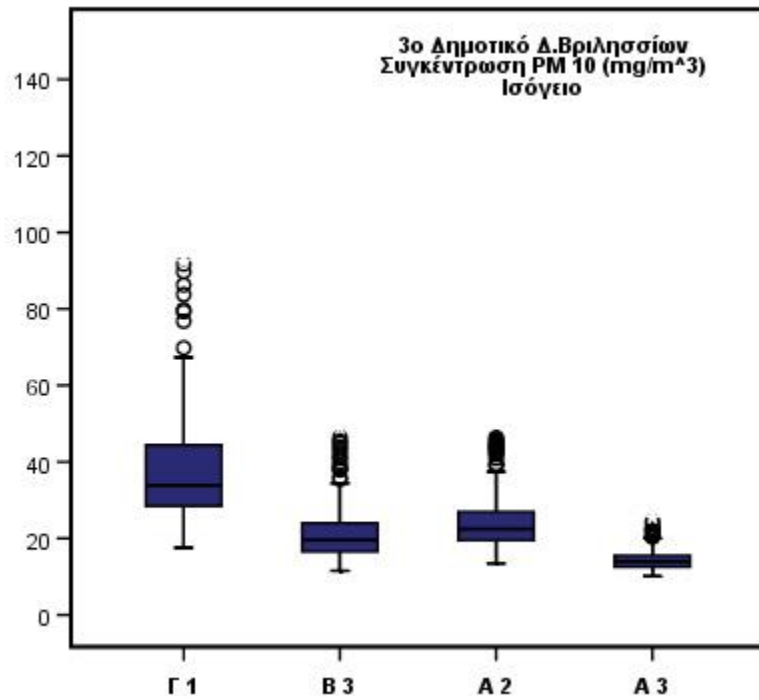
Οι συγκεντρώσεις  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  και  $\text{PM}_{10}$ , σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ.Βριλησίων παρουσιάζονται στα σχήματα 39 έως 44. Παρατηρείται ότι οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}$  κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα έως  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων  $\text{PM}_{2.5}$  δεν ξεπέρασαν το όριο των  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στην πλειοψηφία των αιθουσών διδασκαλίας. Μοναδική εξαίρεση η αίθουσα [A2] στο Ισόγειο, η οποία το ξεπέρασε ελάχιστα. Τέλος, οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}$  δεν ξεπέρασαν το ανώτατο όριο των  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα. ( 17 έως  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )



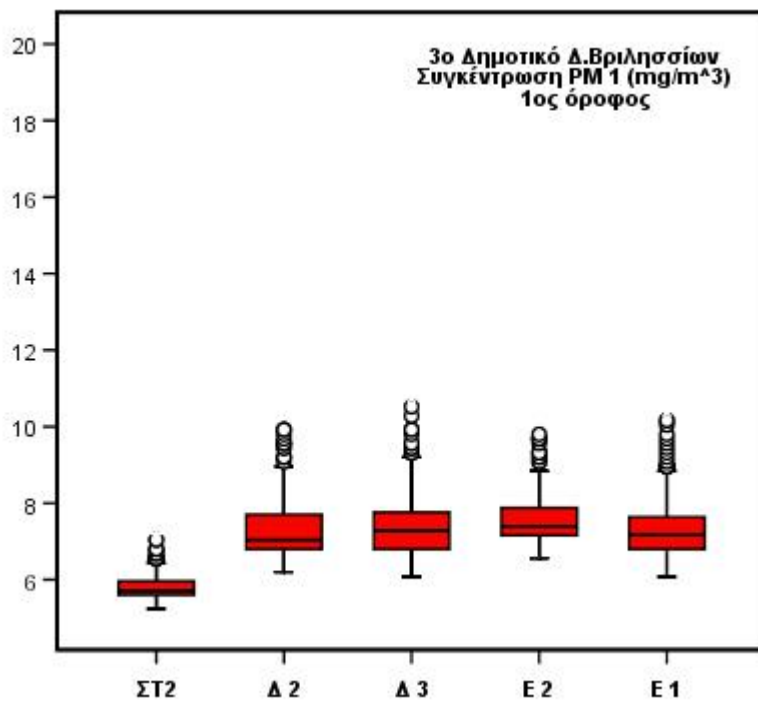
Σχήμα 39: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



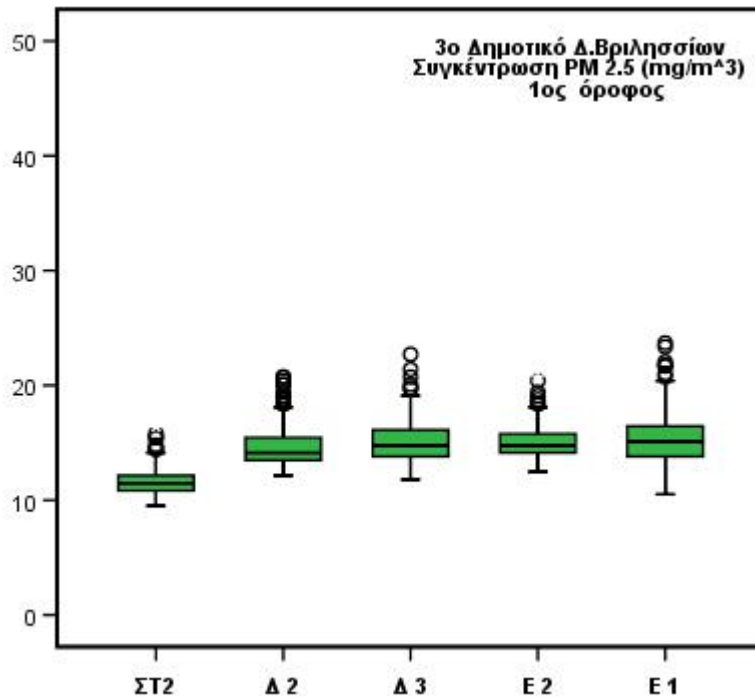
Σχήμα 40: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



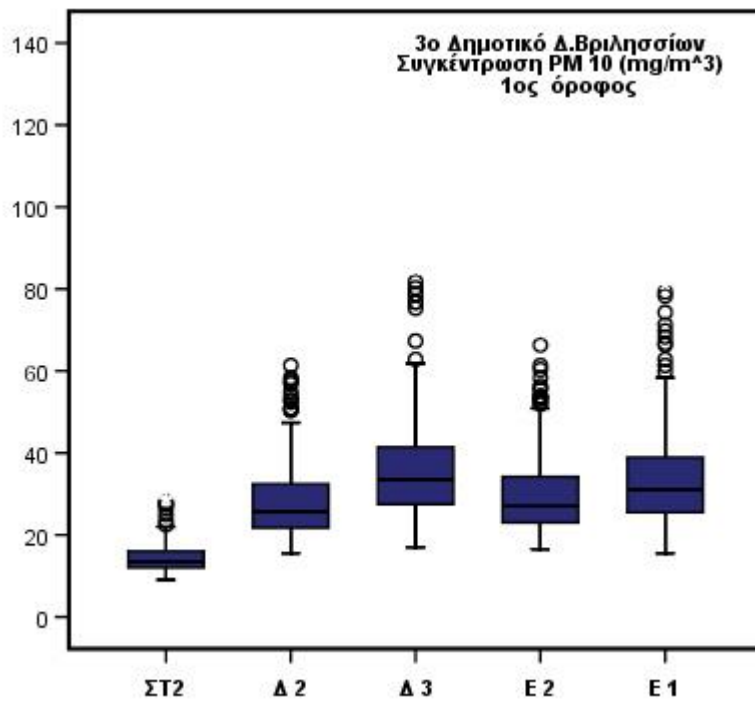
Σχήμα 41: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



Σχήμα 42: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 43: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 44: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



### 2.3.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Στο 3<sup>ο</sup> Δημοτικό Δ.Βριλησίων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 8/2/08 έως 12/2/08.

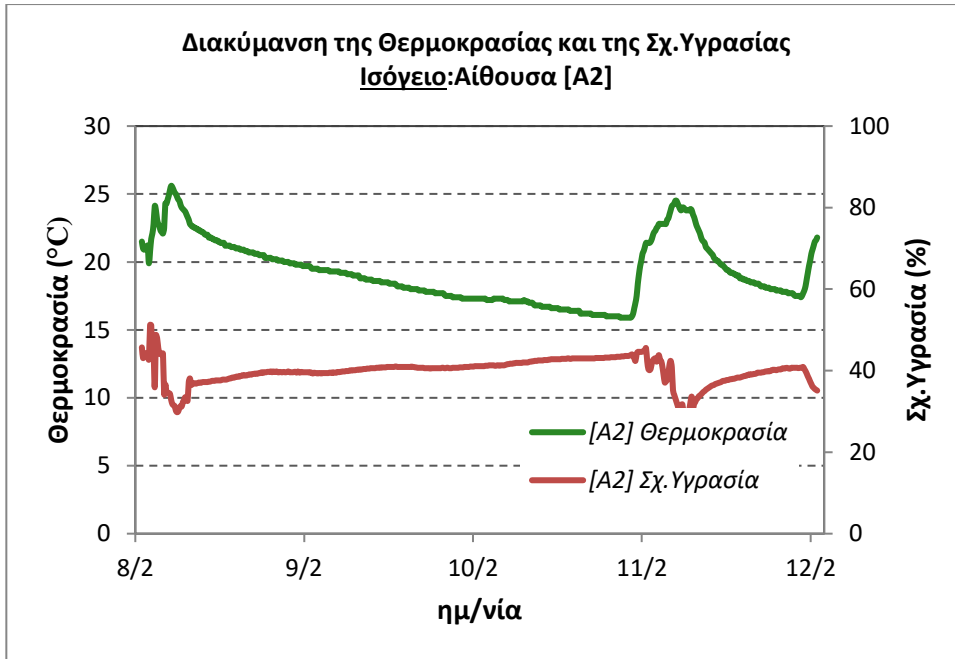
Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε συγκεκριμένες αίθουσες του σχολείου καθώς επίσης και οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.

*Πίνακας 7: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου (8/2 έως 12/2/2008)*

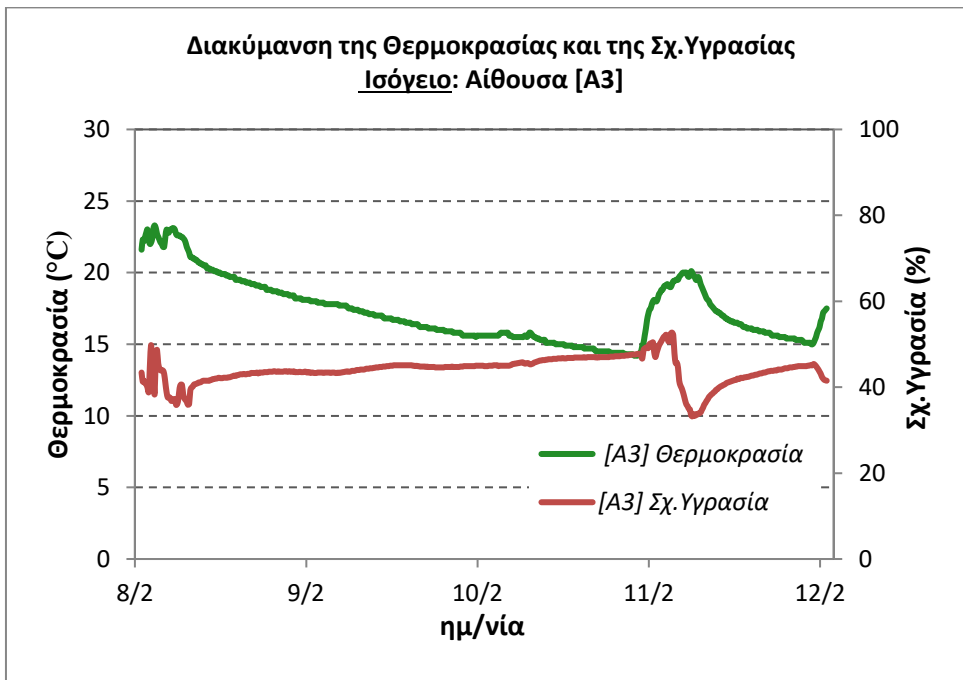
Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Ισόγειο	[A2]	19.3	39.9
Ισόγειο	[A3]	17.3	43.9
Όροφος 1	[E1]	16.0	56.5
Όροφος 1	[E2]	19.2	39.2
Όροφος 1	[ΣΤ3]	19.2	39.6
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	9.7	60.7

Όπως παρατηρείται, η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 16.0°C και 19.3°C, ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 9.7°C. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 39.2% έως 56.5%, με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι 60.7%.

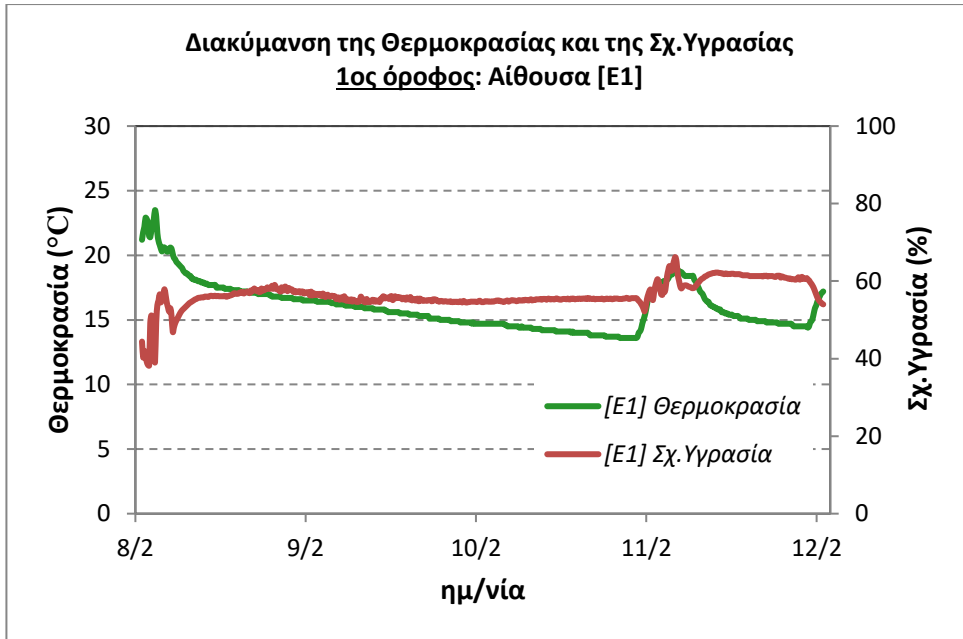
Στα σχήματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε αίθουσα και όροφο του σχολικού κτιρίου, αλλά και στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης, απεικονίζονται οι μέσες τιμές των δύο παραμέτρων σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, σε σχέση με τις αντίστοιχες του εξωτερικού περιβάλλοντος.



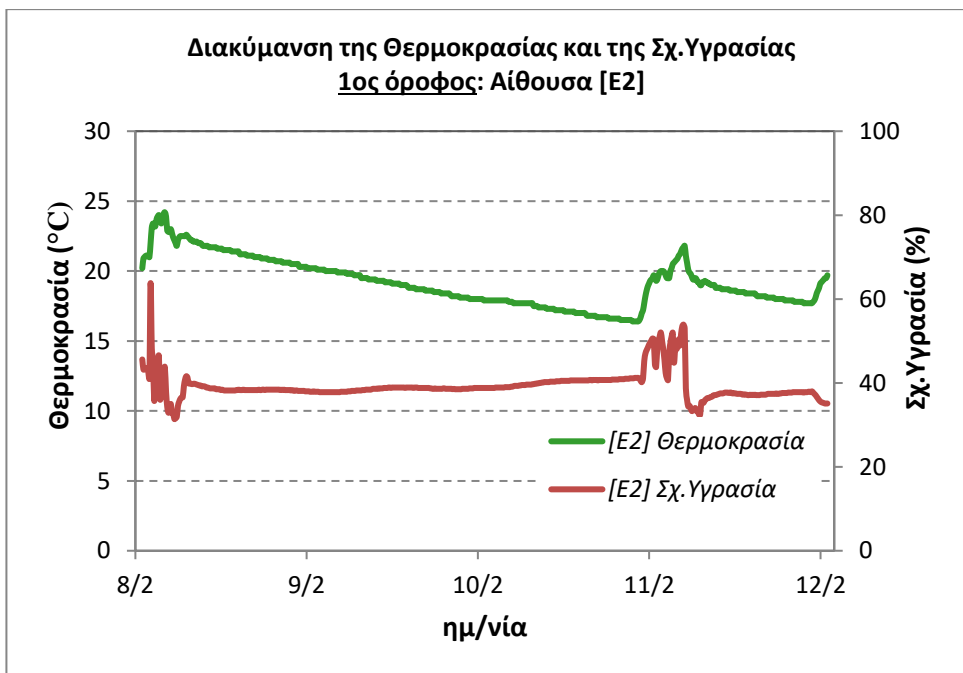
Σχήμα 45: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Ισόγειο του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A2]



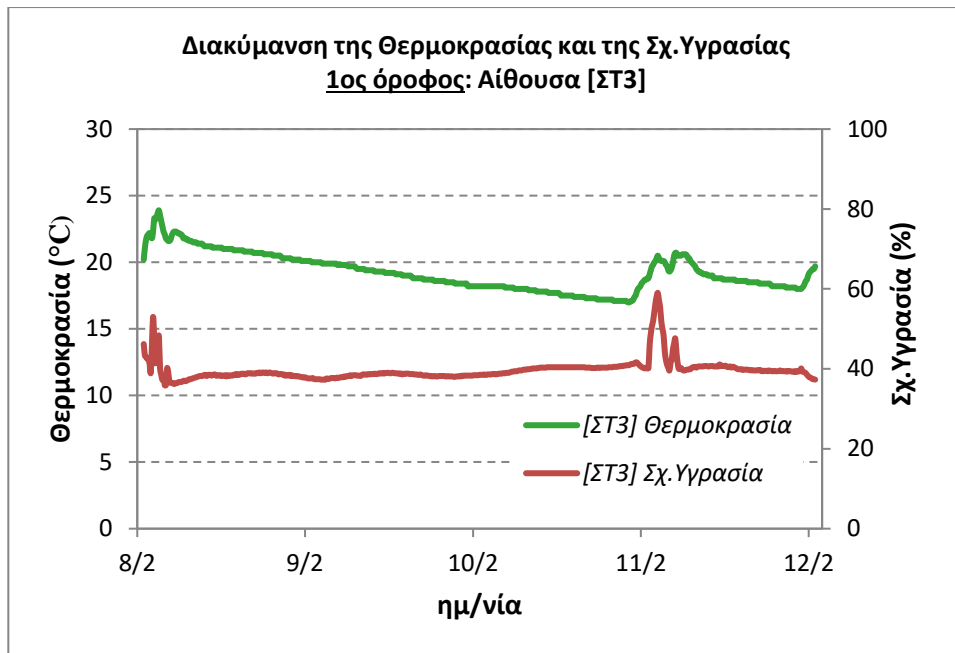
Σχήμα 46: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο Ισόγειο του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A3]



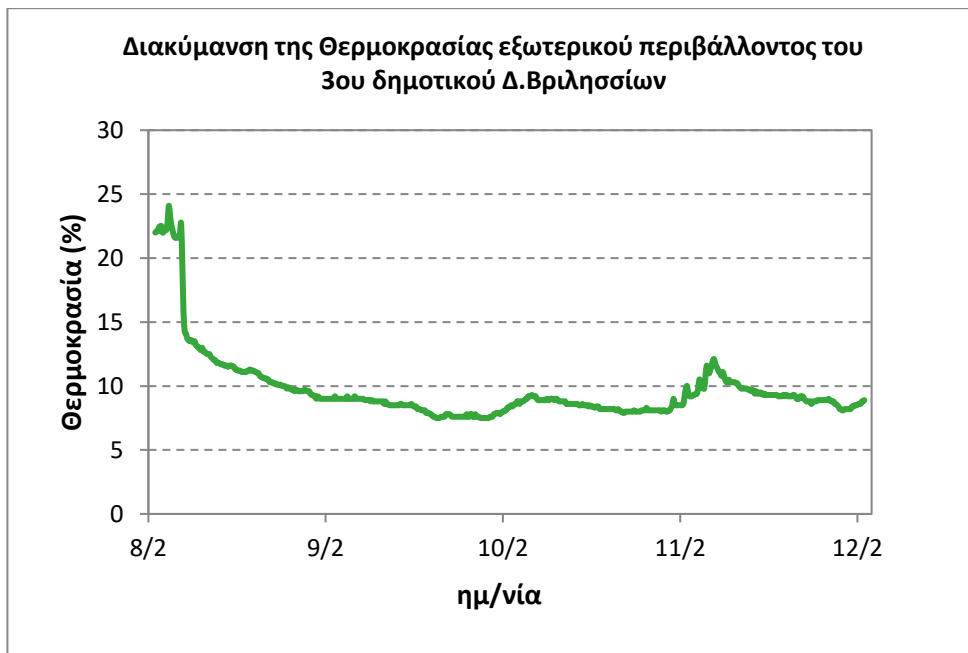
Σχήμα 47: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [E1]



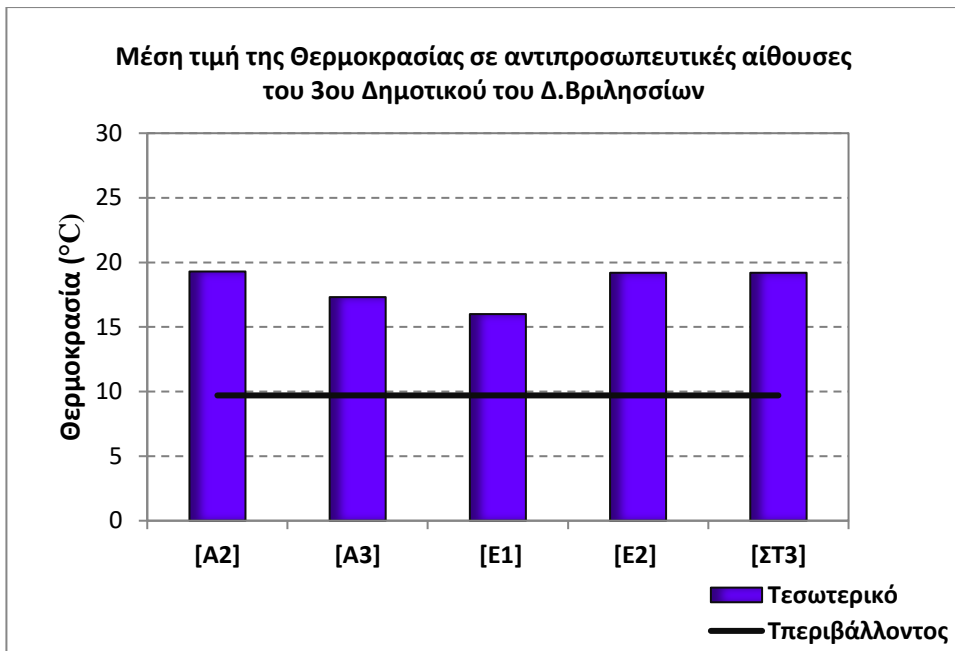
Σχήμα 48: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [E2]



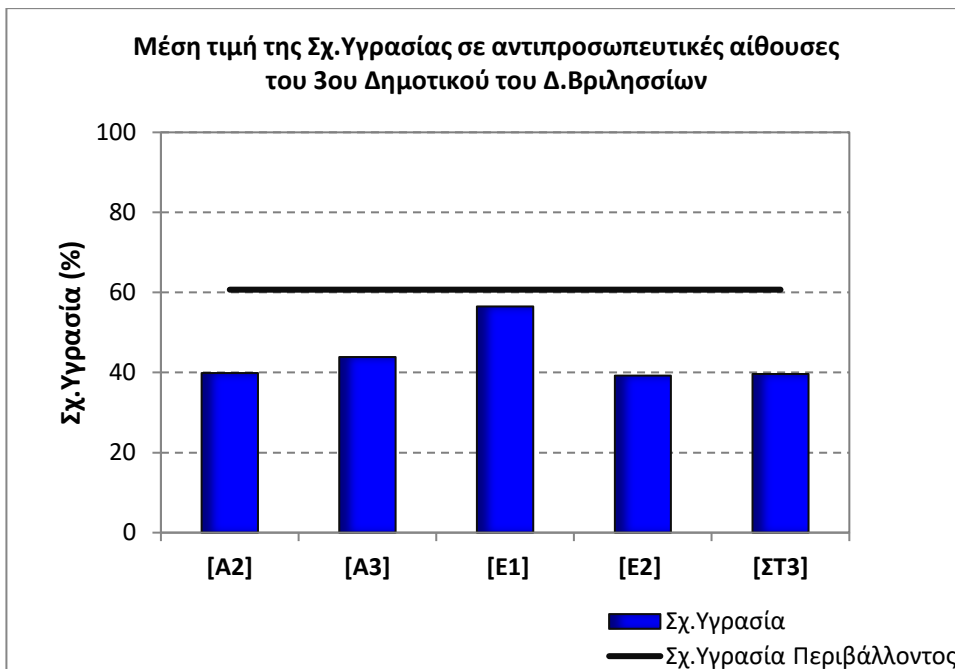
Σχήμα 49: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [ΣΤ3]



Σχήμα 50: Διακύμανση της θερμοκρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων



Σχήμα 51: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων



Σχήμα 52: Τιμές της μέσης σχ.υγρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων



*Άποψη του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου του Δήμου Βριλησίων*

### **2.3.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο**

Μετρήθηκαν αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας και στο ισόγειο και στον 1<sup>ο</sup> όροφο (2 αίθουσες σε καθένα από τα προηγούμενα) ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης του αερισμού σε όλο το σχολείο.

Η μέτρηση των αλλαγών αέρα του κτιρίου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των αερίων δεικτών (tracer gas method). Ο ρυθμός διείσδυσης του αέρα με κλειστά ανοίγματα υπολογίστηκε στις 0.80 και 2.04 αλλαγές αέρα ανά ώρα στις αίθουσες [A2] και [A3] του ισογείου και 0.35 και 1.12 αλλαγές αέρα ανά ώρα στις αίθουσες [ΣΤ3] και [Δ3] του 1<sup>ου</sup> ορόφου του σχολικού κτιρίου. Ο ρυθμός αερισμού σε κάθε αίθουσα που μετρήθηκε δίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 8: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[A2]	Ισόγειο	0.80
[A3]	Ισόγειο	2.04
[ΣΤ3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	0.35
[Δ3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	1.12

### 2.3.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Πίνακας 9: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 3<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

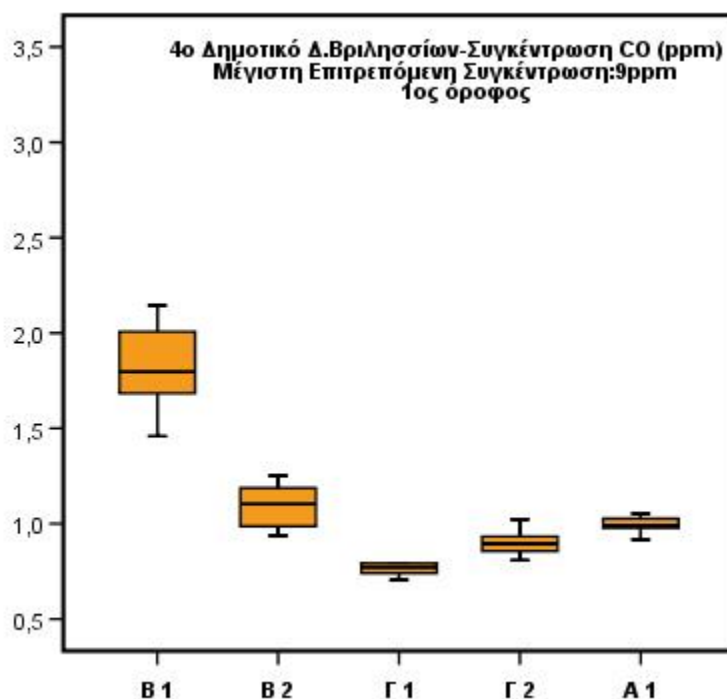
Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[A2]	Ισόγειο	15	4 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A3]	Ισόγειο	12	4 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Γ1]	Ισόγειο	21	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B3]	Ισόγειο	3	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Γ3]	Ισόγειο	23	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[ΣΤ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	4	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά, 5 pc
[Δ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	17	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Δ3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	20	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Ε2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	26	3 ανοίγματα, 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[ΣΤ3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	3	3 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά

## 2.4 4<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων

### 2.4.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

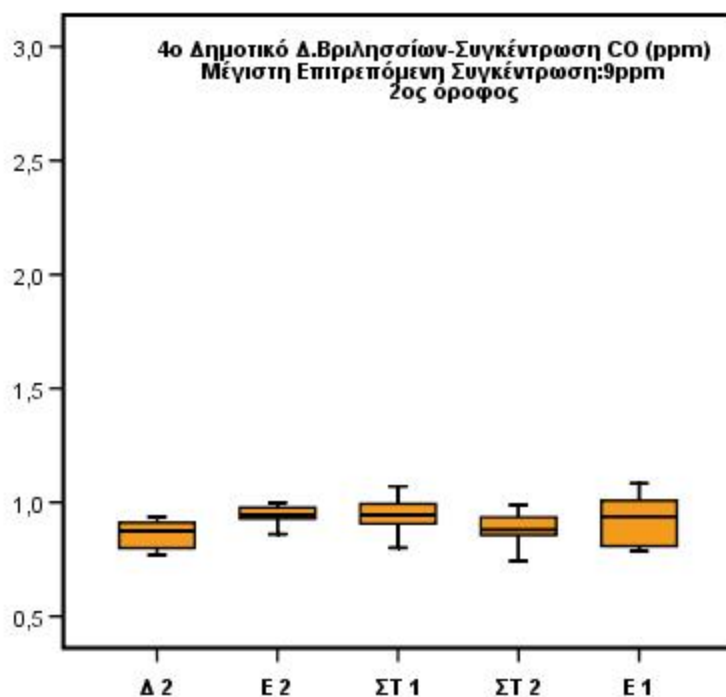
#### 2.4.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Οι συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στις αίθουσες διδασκαλίας του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου Δ. Βριλησίων παρουσιάζονται στα σχήματα 53 και 54. Σύμφωνα με αυτά, διαπιστώνεται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης CO βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και φυσικά δεν ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο των 9ppm. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές CO στις αίθουσες του 1<sup>ου</sup> ορόφου κυμαίνονται μεταξύ 0.7 – 2.1ppm, ενώ στον 2<sup>ο</sup> όροφο μεταξύ 0.7 – 1.1ppm. Η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται στην αίθουσα [B1] και η χαμηλότερη στην αίθουσα [Γ1] στον 1<sup>ο</sup> όροφο του σχολικού κτιρίου.



Σχήμα 53 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



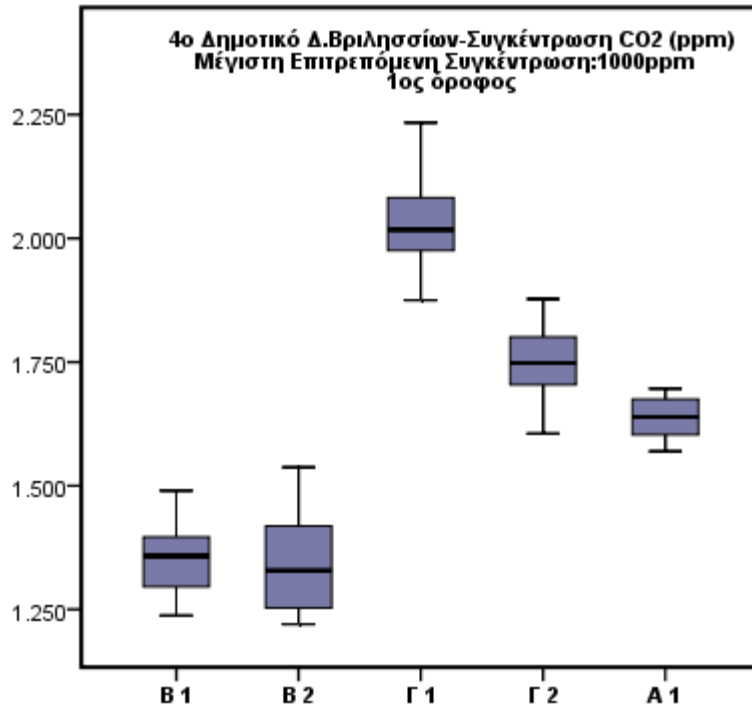


Σχήμα 54 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

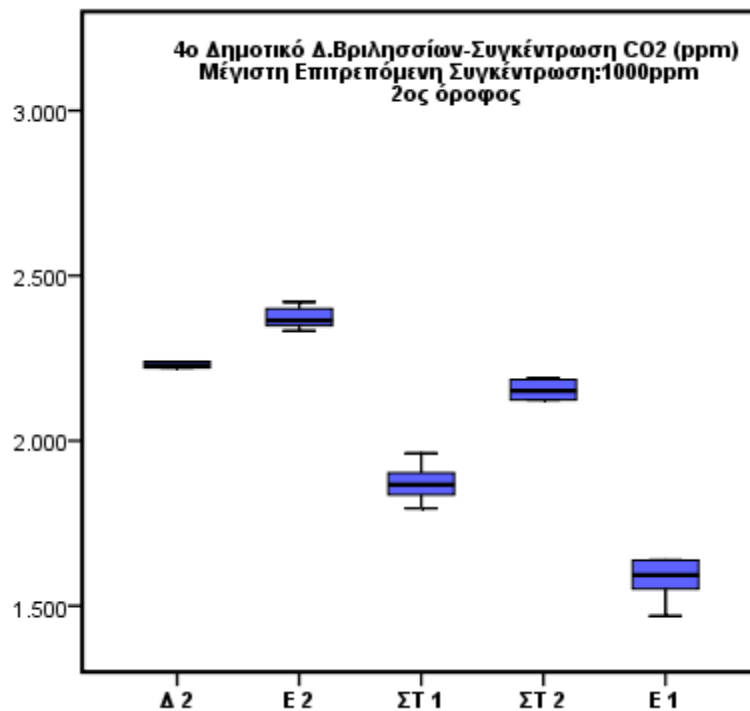
#### 2.4.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> ξεπερνούν πολύ το επιτρεπτό όριο των 1000 ppm σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [E2] του 2<sup>ου</sup> ορόφου (έως 2500ppm). Συγκεκριμένα η τιμή της συγκέντρωσης κυμαίνεται από 1250ppm έως 2500ppm στο σχολικό κτίριο. Αυτό σίγουρα οφείλεται σε ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Σχολείου Βριλησίων δίνεται στα σχήματα 55 και 56 :



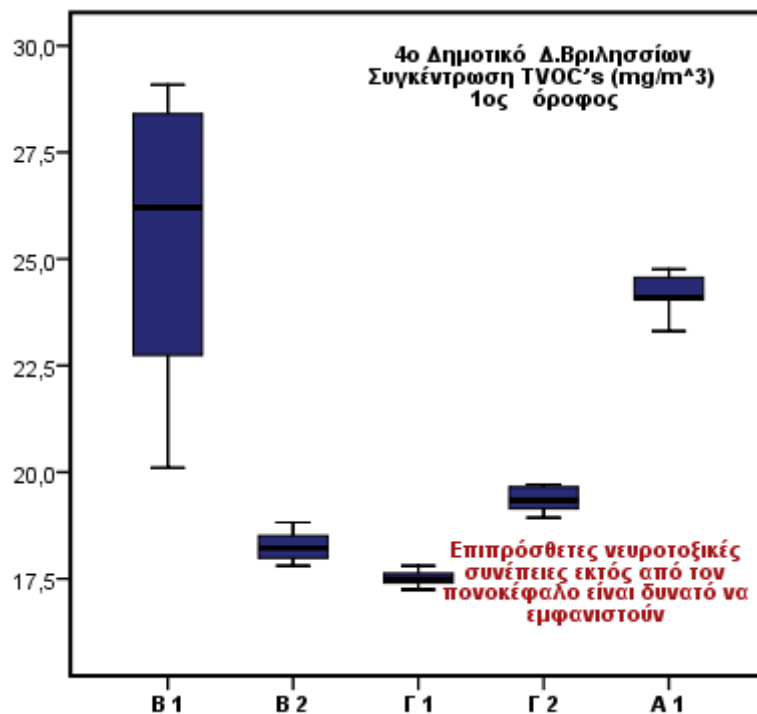
Σχήμα 55: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



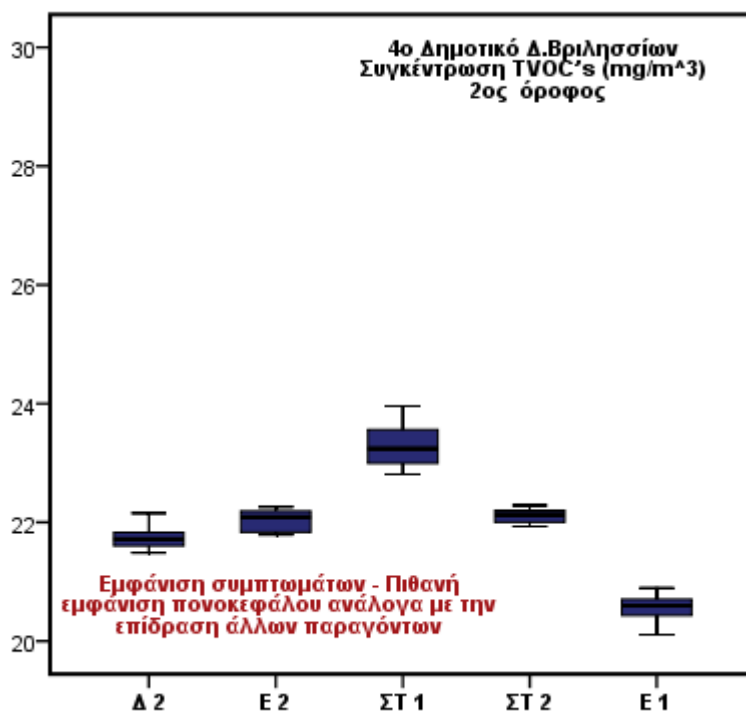
Σχήμα 56: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

### 2.4.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) στις αίθουσες του σχολικού κτιρίου δίνονται στα σχήματα 57 και 58:



Σχήμα 57: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 58: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

Όπως παρατηρείται, η συγκέντρωση των πτητικών οργανικών ενώσεων σε όλες τις αίθουσες του σχολείου είναι ιδιαίτερα υψηλή και κυμαίνεται από  $17.4\text{mg}/\text{m}^3$  έως  $29.0\text{mg}/\text{m}^3$ . Συγκεκριμένα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις αίθουσες [B1] , [A1] του 1<sup>ου</sup> ορόφου και στην αίθουσα [ΣΤ2] του 2<sup>ου</sup> ορόφου. Στις αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> ορόφου οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων». Στις αίθουσες του 2<sup>ου</sup> ορόφου που η συγκέντρωση ξεπερνά το όριο των  $25\text{mg}/\text{m}^3$ , οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου «επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν».

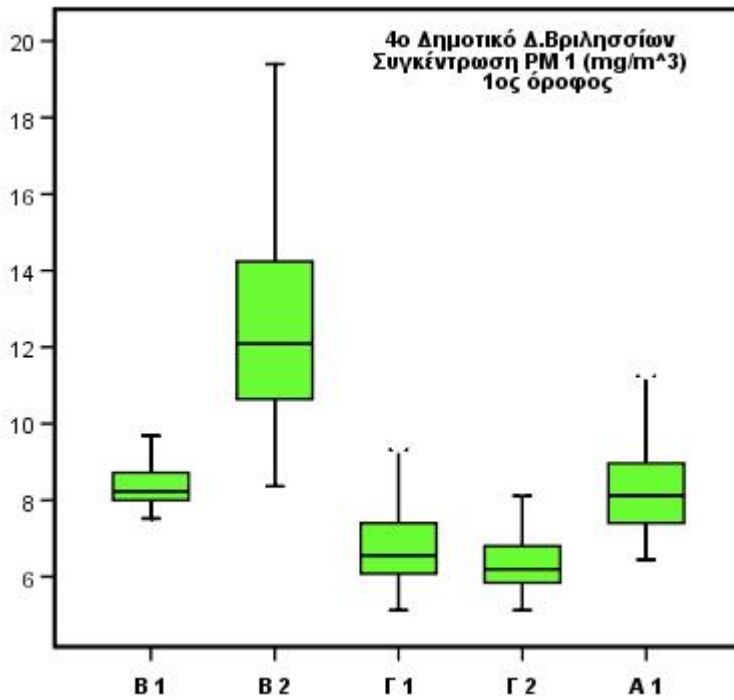
Για τη αποφυγή υψηλών συγκεντρώσεων καλό θα ήταν να μη γίνεται αλόγιστη χρήση μαρκαδόρων από τα παιδιά και να ανοίγονται οπότε είναι εφικτό τα παράθυρα για να ανανεώνεται ο αέρας στις αίθουσες.

#### **2.4.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια**

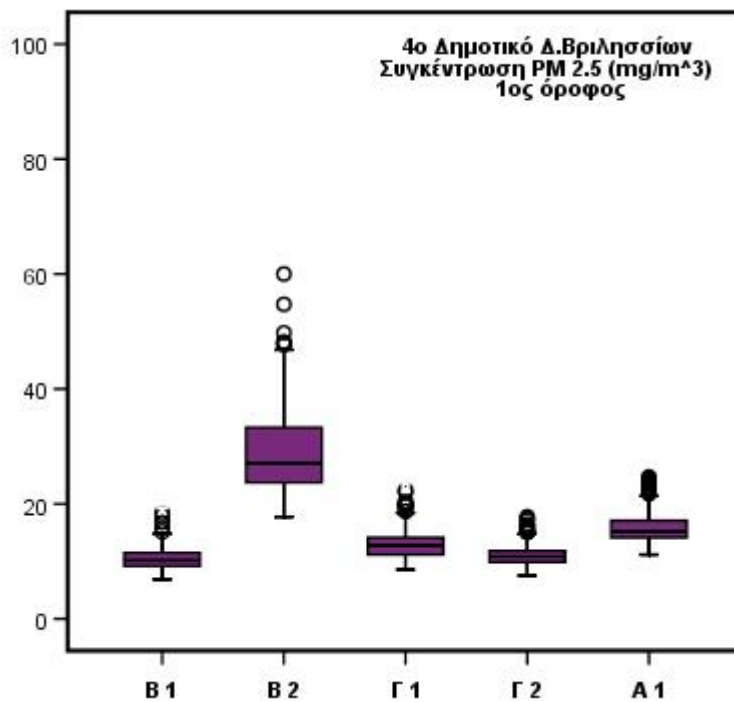
Οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων (  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  και  $\text{PM}_{10}$  ) απεικονίζονται στα σχήματα 59 έως 64.

Όπως διαπιστώνεται, οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}$  κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από  $6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  έως και  $15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [B2] του 1<sup>ου</sup> ορόφου. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων  $\text{PM}_{2.5}$  δεν ξεπέρασαν το όριο των  $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  στην πλειοψηφία των αιθουσών διδασκαλίας, εκτός από την αίθουσα [B2] η οποία είχε υψηλότερη τιμή έως και  $34\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  .

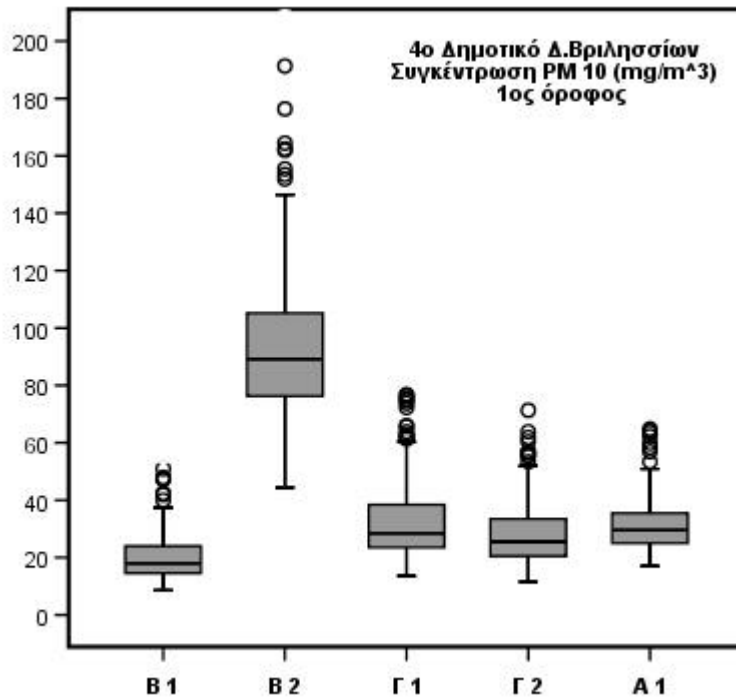
Επιπλέον, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}$  είναι αυξημένη στον 1<sup>ο</sup> όροφο του σχολείου στην αίθουσα [B2] ( έως  $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ) όπου φαίνεται να υπάρχει υπέρβαση του ορίου των  $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Στις υπόλοιπες αίθουσες του 1<sup>ου</sup> ορόφου οι τιμές των συγκεντρώσεων βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα και δεν ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια. Στο 2<sup>ο</sup> όροφο τα αιωρούμενα σωματίδια  $\text{PM}_{10}$  παρουσιάζουν συγκεντρώσεις που δεν ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια σε καμία αίθουσα διδασκαλίας.



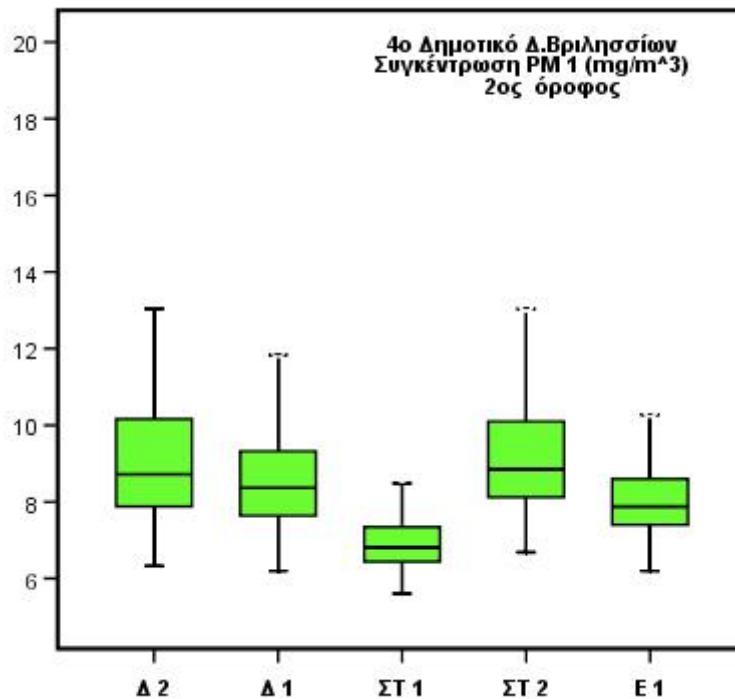
Σχήμα 59: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



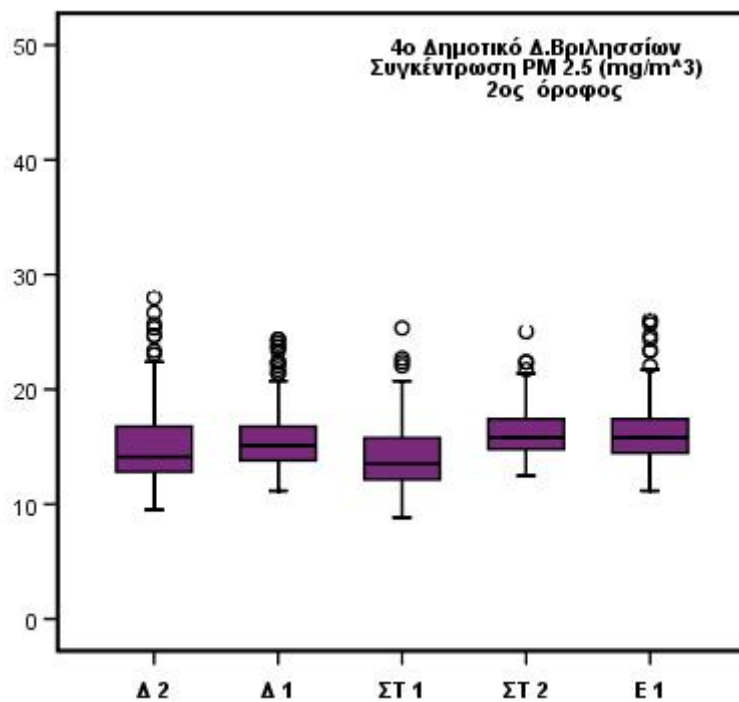
Σχήμα 60: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



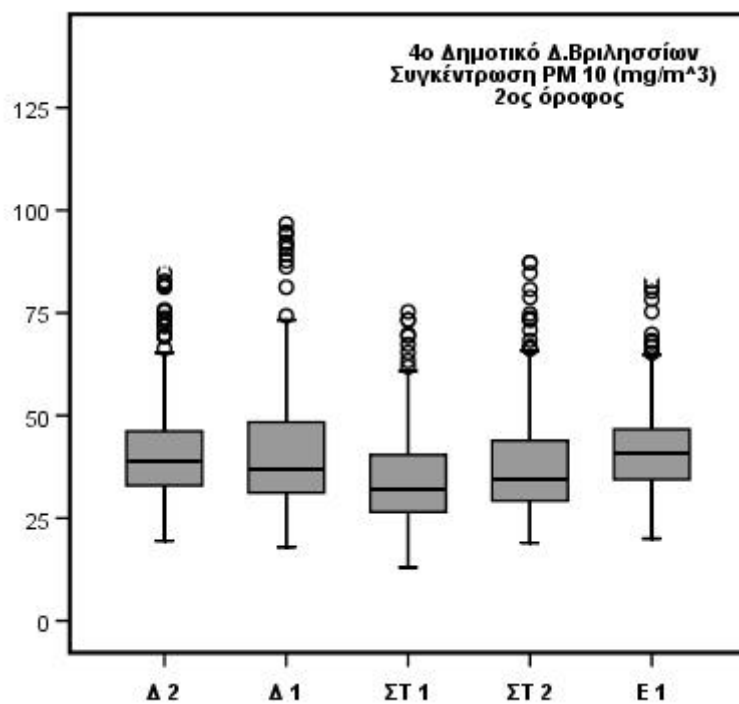
Σχήμα 61: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 62: Συγκέντρωση  $PM_1$  στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 63: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 64: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

## 2.4.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Στο 4<sup>ο</sup> δημοτικό σχολείο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα με ηλεκτρονικά θερμόμετρα και υγρόμετρα. Η τοποθέτησή τους έγινε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 13/2/08 έως 17/2/08.

Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου.

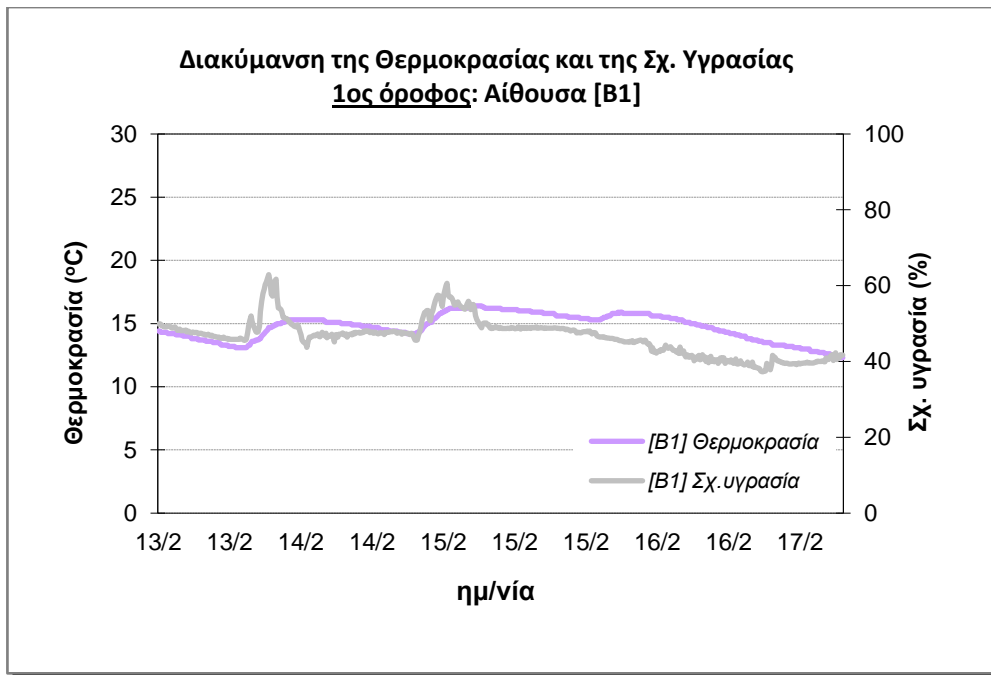
*Πίνακας 10: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα σε επιλεγμένους αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου (13/2 έως 17/2/2008)*

Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[B1]	14.7	46.6
Όροφος 1	[Γ2]	15.6	42.3
Όροφος 2	[Δ2]	13.3	45.7
Όροφος 2	[ΣΤ1]	13.6	45.6
Όροφος 2	[ΣΤ2]	13.3	47.4
Εξωτερικό Περιβάλλον		-	-

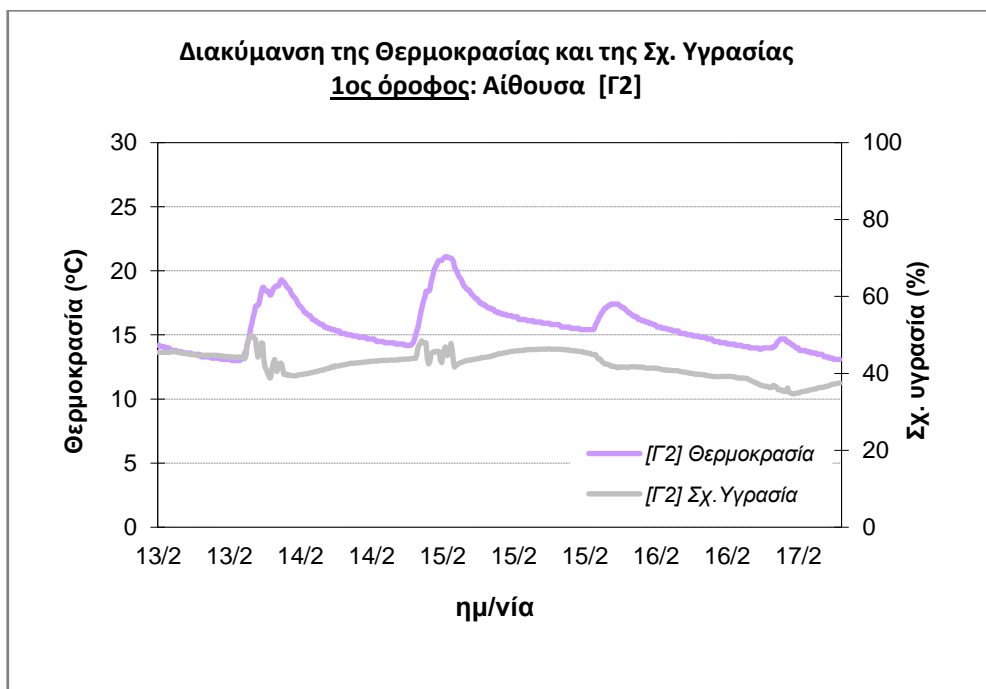
Παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 13.3 °C και 15.6°C, βρισκόμενη εκτός των ορίων θερμικής άνεσης, ενώ η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 42.3% έως 47.4%. Δηλαδή η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλή και η σχετική υγρασία κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα

Στα παρακάτω σχήματα 65 έως 69, παρουσιάζεται η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε όροφο του σχολικού κτιρίου :





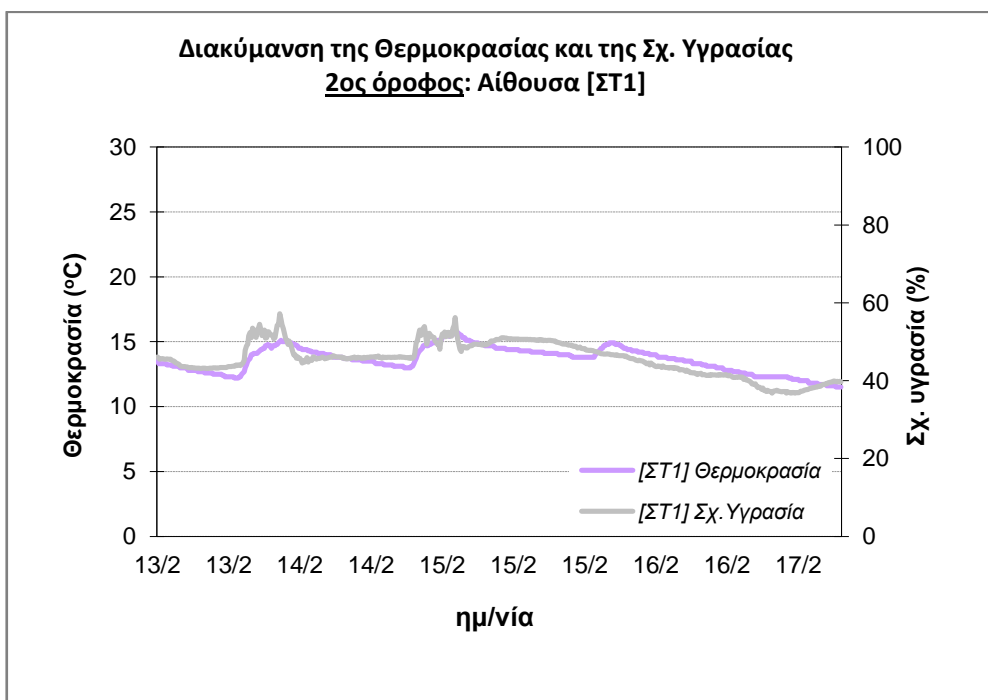
Σχήμα 65: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B1]



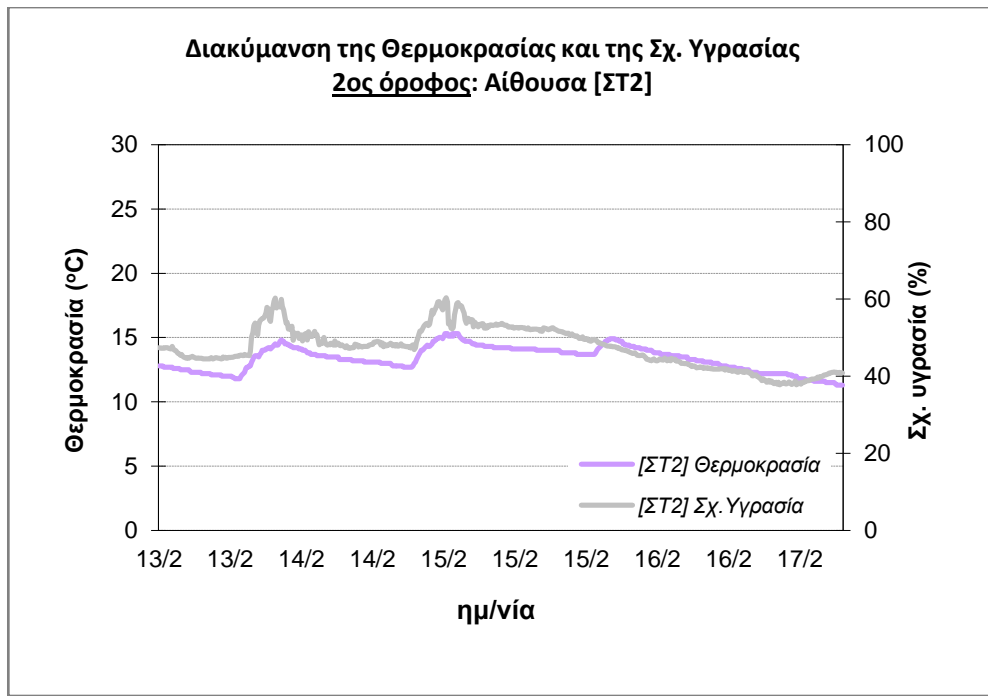
Σχήμα 66: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Γ2]



Σχήμα 67: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Δ2]



Σχήμα 68: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [ΣΤ1]

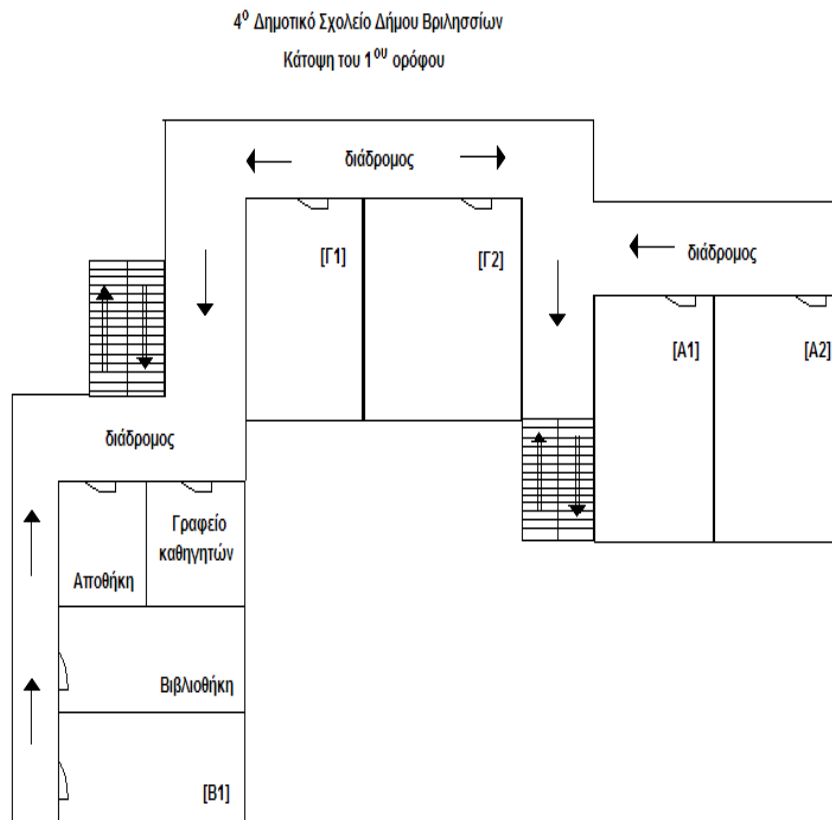


Σχήμα 69: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [ΣΤ2]

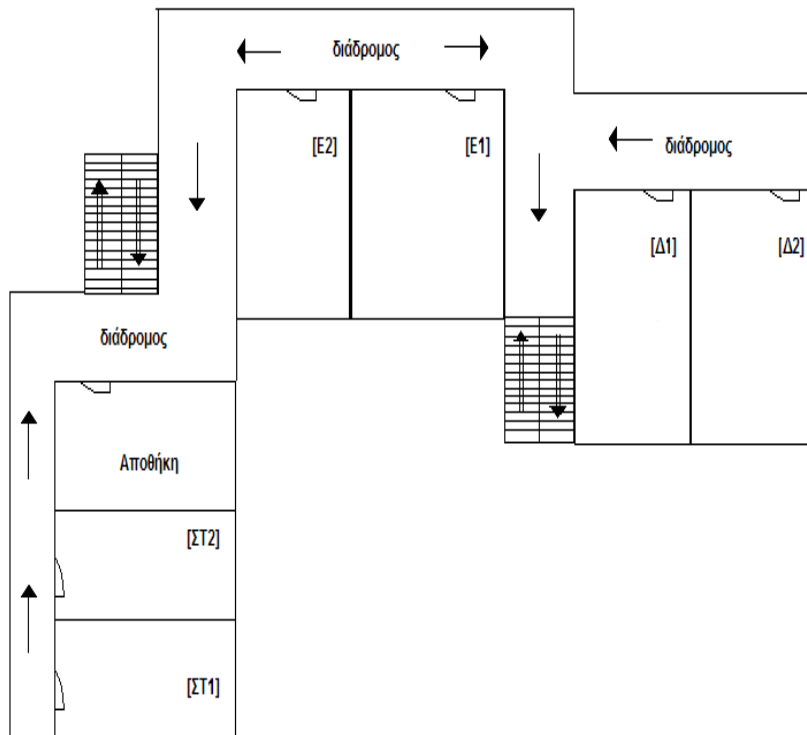


Η πλατεία Αναλήψεως του Δήμου Βριλησίων

Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δήμου Βριλησίων



4<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δήμου Βριλησίων  
Κάτοψη του 2<sup>ου</sup> ορόφου



### 2.4.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Η μέτρηση των αλλαγών αέρα του κτιρίου πραγματοποιήθηκε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολικού κτιρίου (1<sup>ος</sup> και 2<sup>ος</sup> όροφος) με τη μέθοδο των αερίων δεικτών (tracer gas method). Από τις μετρήσεις υπολογίστηκαν οι αλλαγές όγκου αέρα ανά ώρα (ACH) για δύο αίθουσες του σχολείου, τις [A1] και [ΣΤ2] στους ορόφους 1 και 2 αντίστοιχα.

Ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα σε κάθε όροφο του κτιρίου δίνεται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 11: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[A1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	1.13
[ΣΤ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	0.36

#### 2.4.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Σε όλους τους ορόφους του σχολικού κτιρίου έγινε καταγραφή του προσωπικού, των φωτιστικών και των θερμαντικών σωμάτων. Στον πίνακα 12 δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά όροφο και αίθουσα.

Πίνακας 12: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 4<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

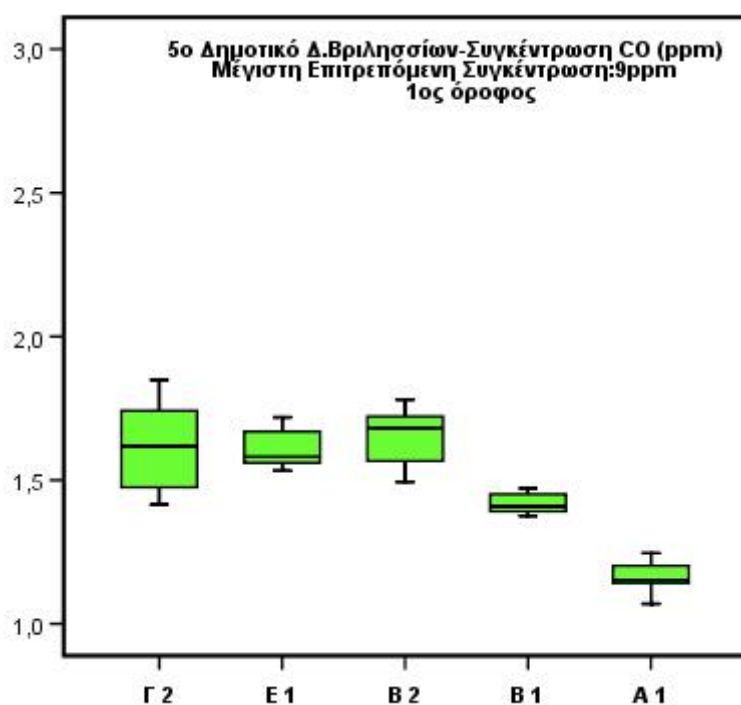
Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[B1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	19	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[B2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	20	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Γ1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	23	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Γ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	20	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	15	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Δ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	20	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[E3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[ΣΤ1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	15	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[ΣΤ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	20	4 ανοίγματα, 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[E1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	5	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά

## 2.5 5<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων

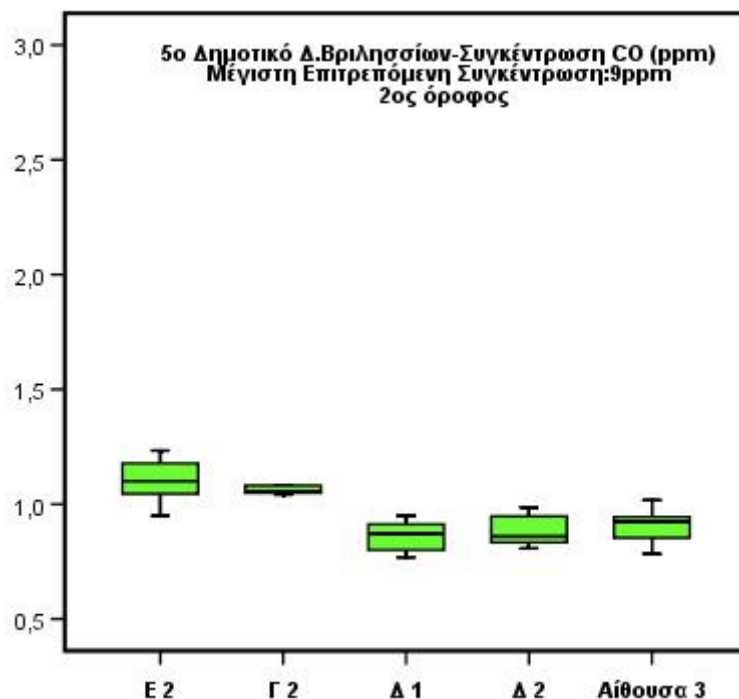
### 2.5.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.5.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων δίνεται στα σχήματα 70 και 71. Εύκολα διαπιστώνεται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των 9ppm που έχει ορίσει η ASHRAE και η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούνται τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1.2 – 1.7ppm στον 1<sup>ο</sup> όροφο και μεταξύ 0.8 – 1.2ppm στον 2<sup>ο</sup> όροφο.



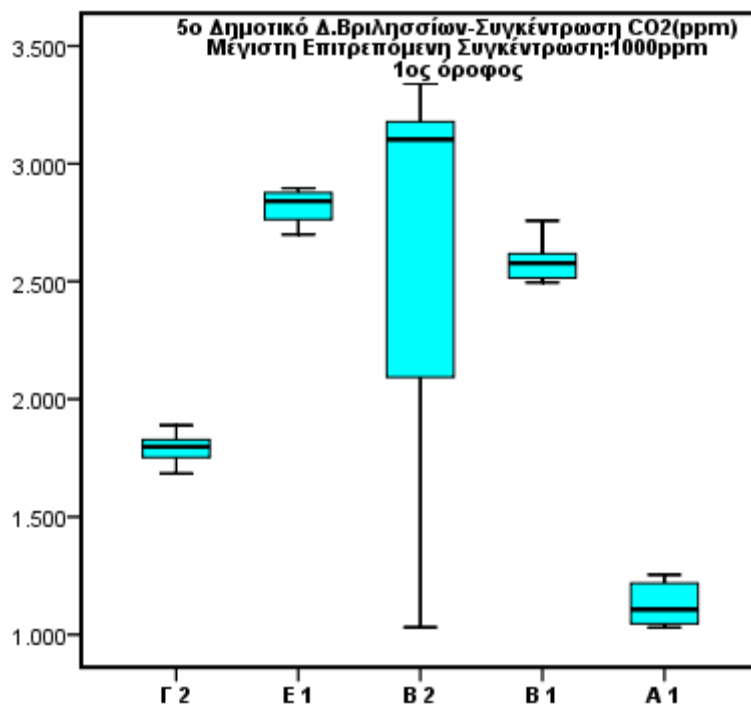
Σχήμα 70 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 71 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

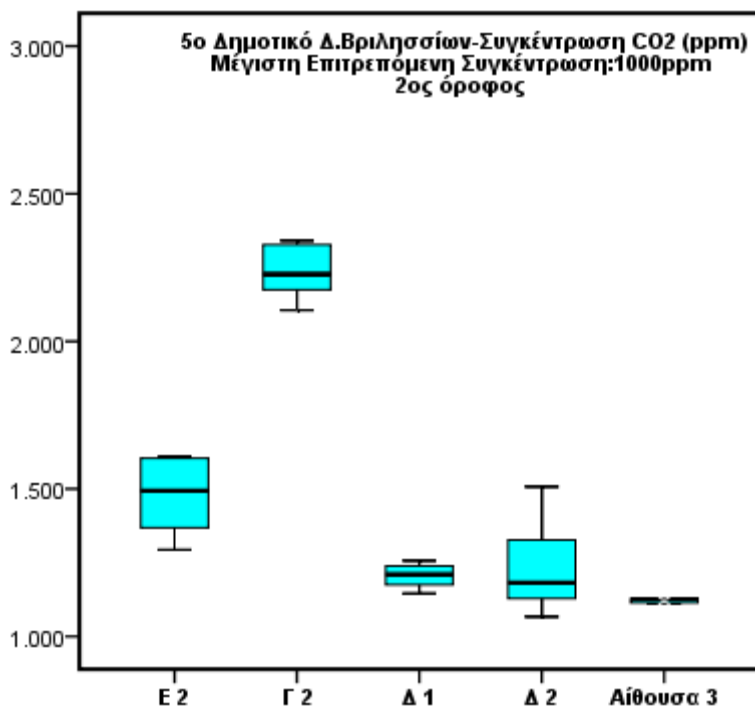
### 2.5.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Στα σχήματα 72 και 73 που ακολουθούν παρουσιάζεται η συγκέντρωση για το διοξείδιο του άνθρακα στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου.



Σχήμα 72: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1





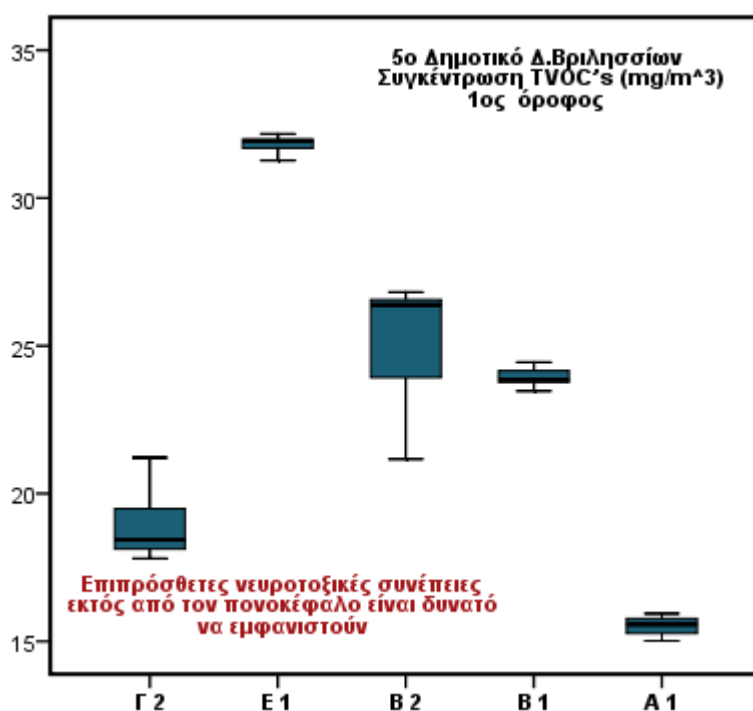
Σχήμα 73: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

Παρατηρείται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων ξεπερνούν το όριο των 1000 ppm σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας και στους δύο ορόφους του κτιρίου. Συγκεκριμένα, η τιμή της συγκέντρωσης κυμαίνεται από 1200ppm έως 3200ppm στον 1<sup>ο</sup> όροφο και από 1200ppm έως 2250ppm στον 2<sup>ο</sup> όροφο. Η υψηλότερη τιμή σημειώνεται στην αίθουσα [B2] του 1<sup>ου</sup> ορόφου αλλά, και γενικότερα στην πλειοψηφία τους οι υπόλοιπες αίθουσες παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις.

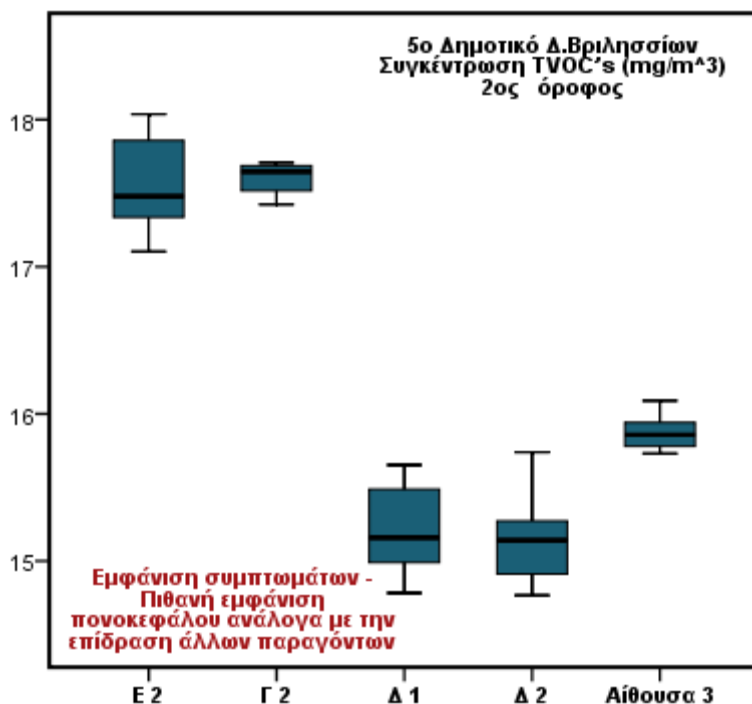
Αυτό οφείλεται στον ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.

### 2.5.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) απεικονίζονται στα ακόλουθα σχήματα. Έτσι, παρατηρείται ότι σε όλες τις αίθουσες του σχολικού κτιρίου οι τιμές τους κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα στον 1<sup>ο</sup> όροφο τα επίπεδα συγκέντρωσης κυμαίνονται μεταξύ 15 – 33mg/m<sup>3</sup> και κατατάσσονται στη ζώνη όπου «επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν». Στο 2<sup>ο</sup> όροφο οι τιμές των συγκεντρώσεων κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα από τον 1<sup>ο</sup> δηλαδή μεταξύ 15 – 17.8mg/m<sup>3</sup>. Επομένως είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων». οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις αίθουσες [B2] και [E1], γεγονός που οφείλεται κυρίως στη χρήση μαρκαδόρων, διαλυτικών αλλά πιθανότατα και σε άλλους παράγοντες όπως τα δομικά υλικά του κτιρίου.



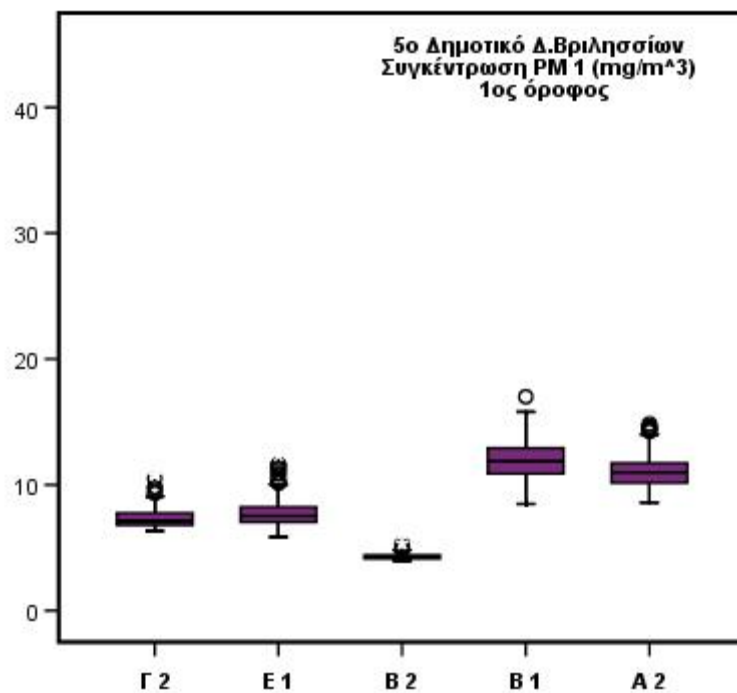
Σχήμα 74: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



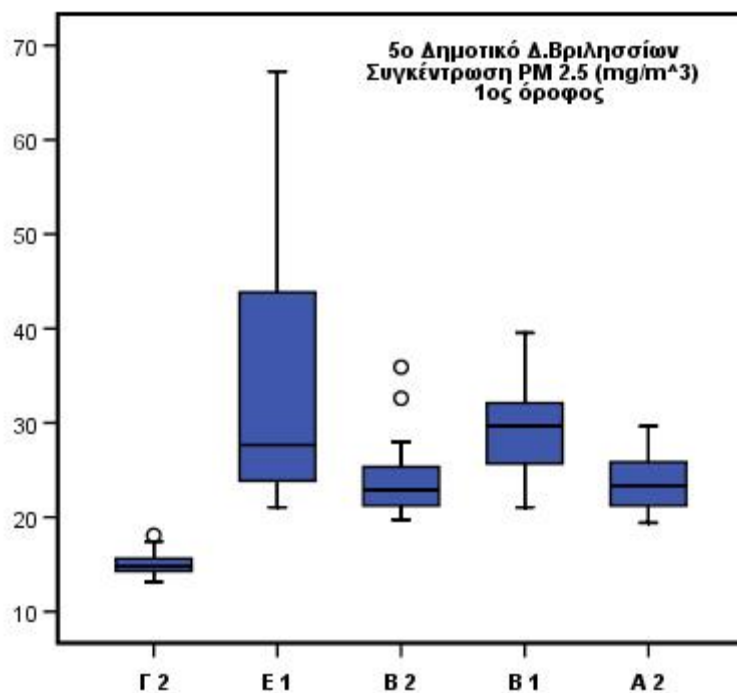
Σχήμα 75: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησσίων – Όροφος 2

#### 2.5.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

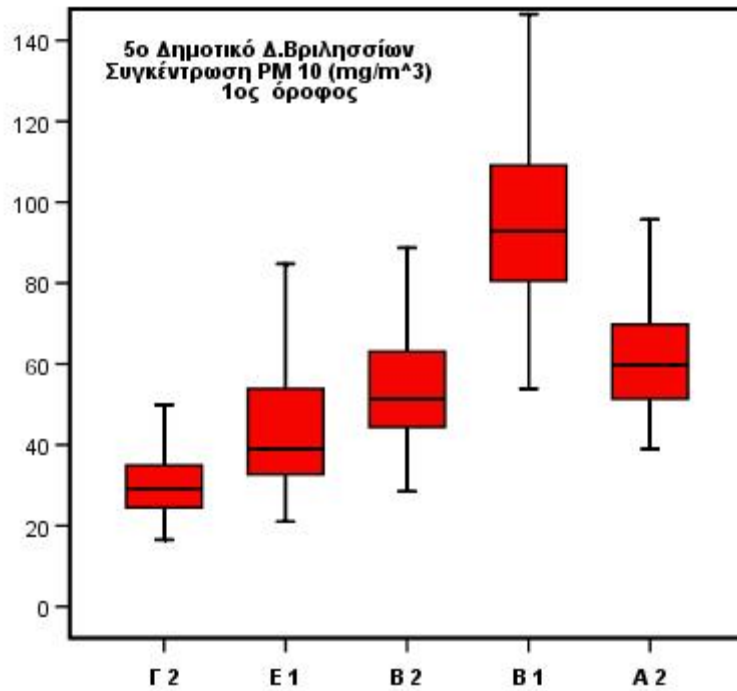
Όπως διαπιστώνεται, από τα επόμενα σχήματα οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>1</sub> κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από 8 μg/m<sup>3</sup> έως και 13 μg/m<sup>3</sup>, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [B1] του 1<sup>ου</sup> ορόφου. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> δεν ξεπέρασαν το όριο των 25μg/m<sup>3</sup> στην πλειοψηφία των αιθουσών διδασκαλίας, με εξαίρεση τις αίθουσες [E1]και [B1] στον 1<sup>ο</sup> όροφο του κτιρίου. (43 και 30μg/m<sup>3</sup>).Κατά τα άλλα, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> είναι σε φυσιολογικά επίπεδα συνολικά στο σχολικό κτίριο από 15 μg/m<sup>3</sup> έως και μg/m<sup>3</sup>. Όσον αφορά τις μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> παρατηρείται ιδιαίτερα αυξημένη συγκέντρωση που ξεπερνά το επιτρεπτό όριο των 50 μg/m<sup>3</sup> και στους δύο ορόφους του σχολείου προφανώς λόγω της ύπαρξης κιμωλίας στις αίθουσες διδασκαλίας και της δημιουργίας σκόνης. Οι τιμές των συγκεντρώσεων PM<sub>10</sub> κυμαίνονται στις αίθουσες διδασκαλίας μεταξύ 30 και 100μg/m<sup>3</sup> με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται στην αίθουσα [B1].



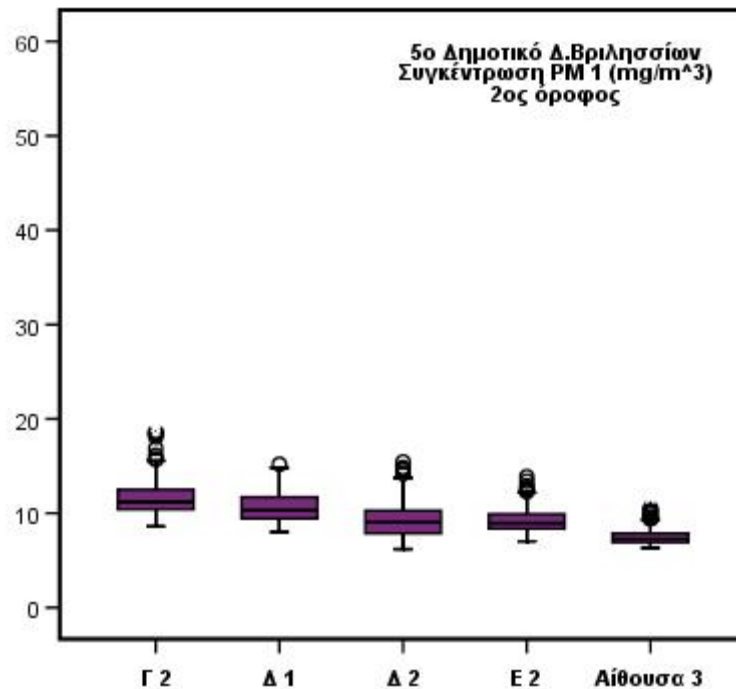
Σχήμα 76: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



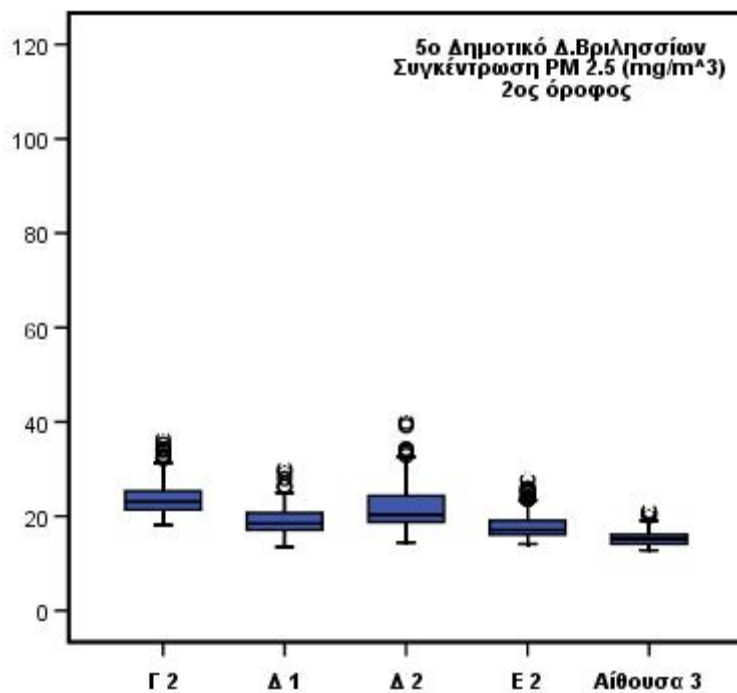
Σχήμα 77: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



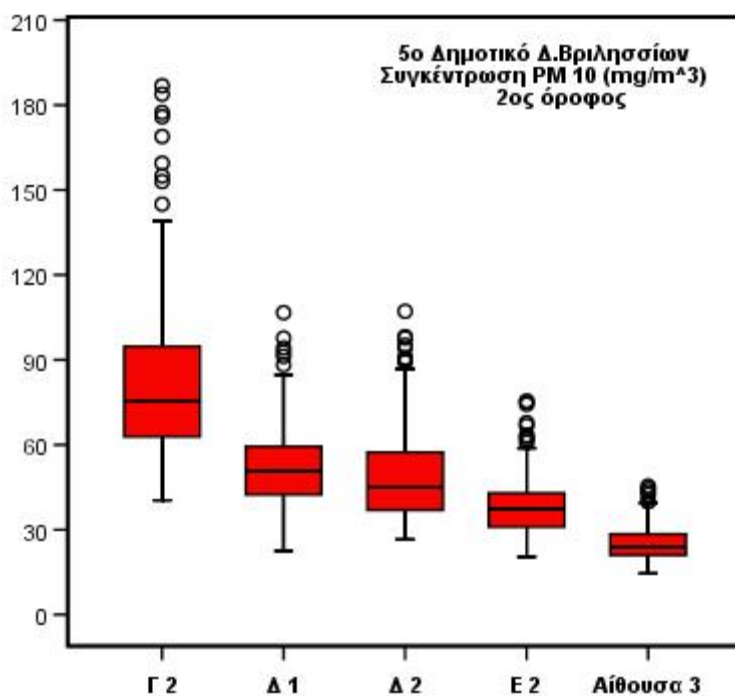
Σχήμα 78: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησσίων – Όροφος 1



Σχήμα 79: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησσίων – Όροφος 2



Σχήμα 80: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 81: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

## 2.5.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

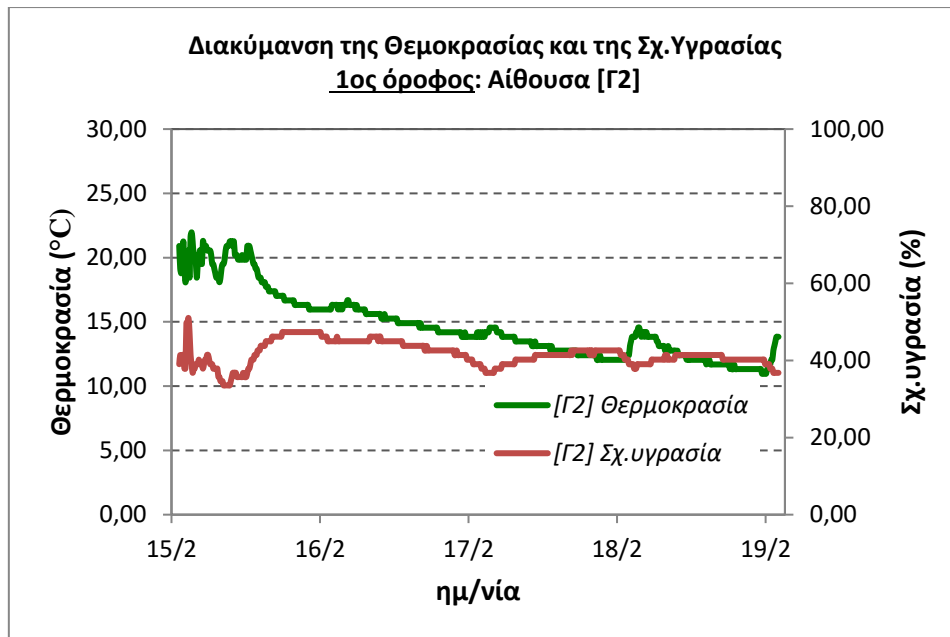
Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα έγιναν σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 15/2/08 έως 19/2/08. Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για κάθε αίθουσα και για το εξωτερικό περιβάλλον δίνονται στον πίνακα 13:

*Πίνακας 13: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα σε επιλεγμένους αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου (15/2 έως 19/2/2008)*

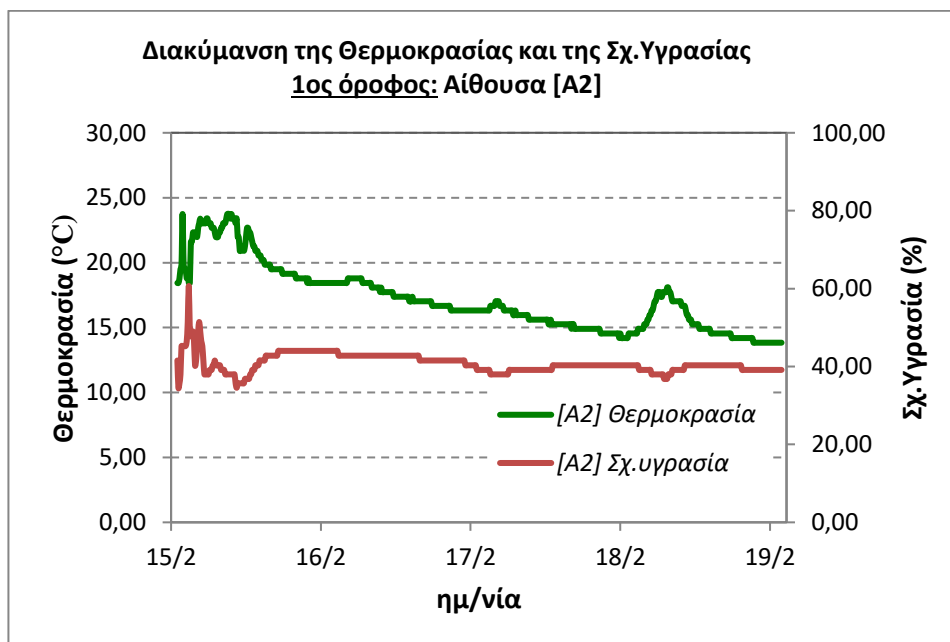
Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[Γ2]	14.7	41.7
Όροφος 1	[Α2]	17.2	40.8
Όροφος 1	[Β2]	15.2	47.3
Όροφος 2	[Γ2]	15.4	40.4
Όροφος 2	[Δ1]	15.5	42.3
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	5.7	64.8

Έτσι, παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία του σχολικού κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 14.7 °C και 17.2°C, βρισκόμενη εντός φυσιολογικών ορίων, αφού η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 5.7°C. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 40.4% έως 47.3%, με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι 64.8%.

Στα ακόλουθα σχήματα, παριστάνεται η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε όροφο του σχολικού κτιρίου, αλλά και στο εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης, απεικονίζονται οι μέσες τιμές των δύο παραμέτρων σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, σε σχέση με τις αντίστοιχες του εξωτερικού περιβάλλοντος.

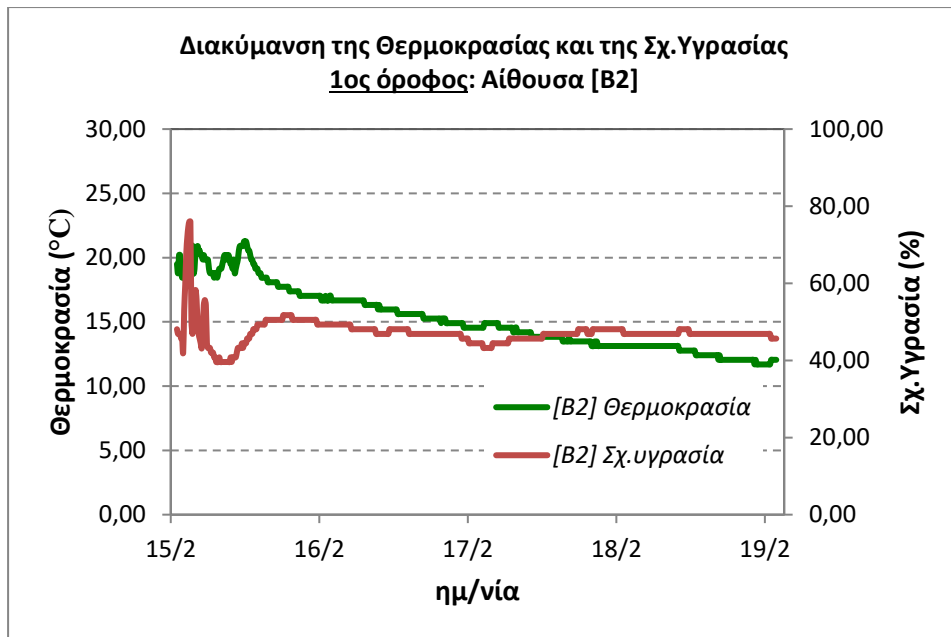


Σχήμα 82 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [G2]

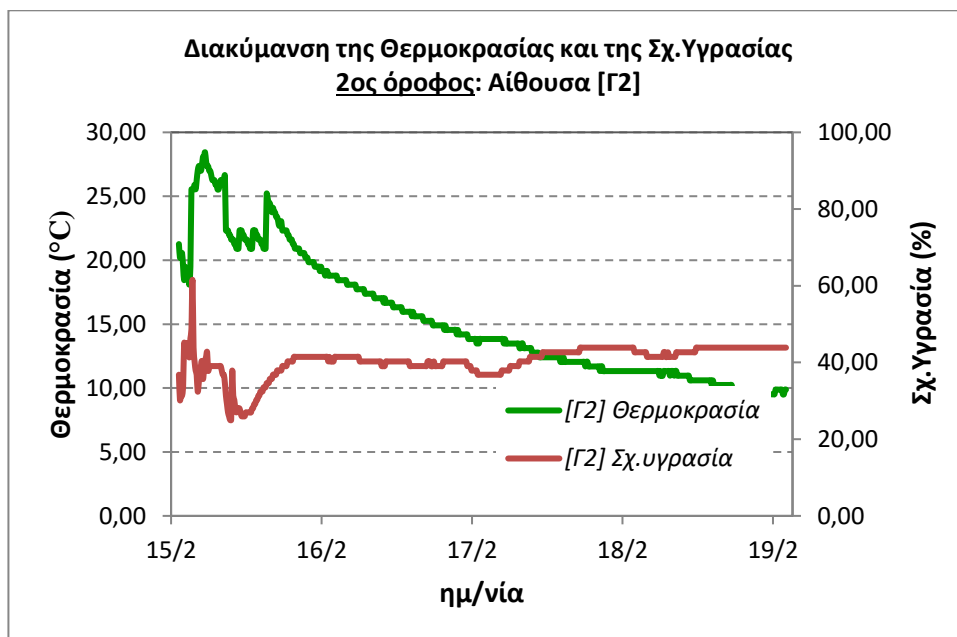


Σχήμα 83 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A2]

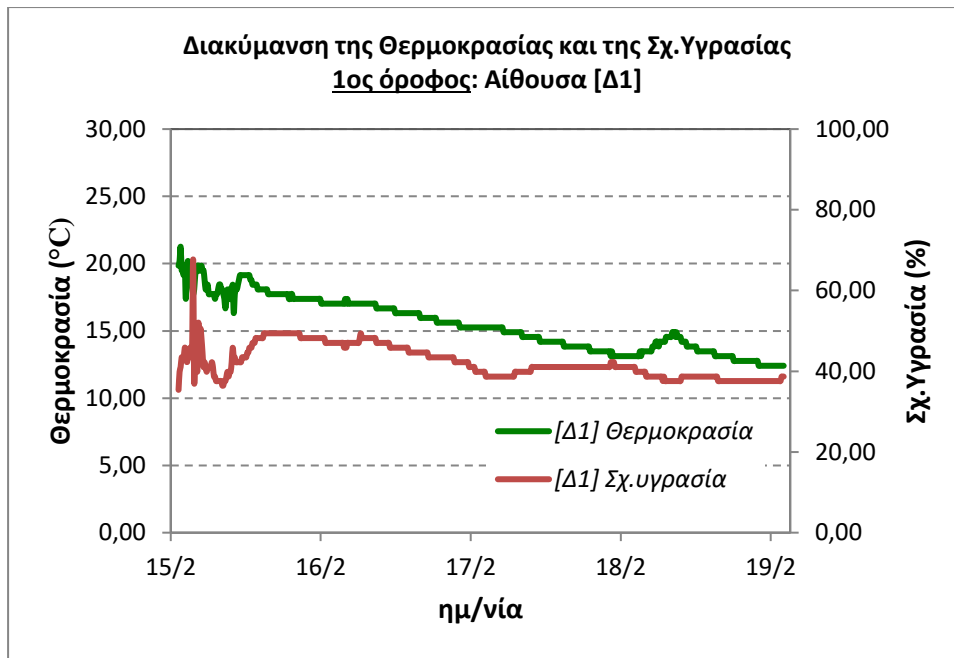




Σχήμα 84 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B2]



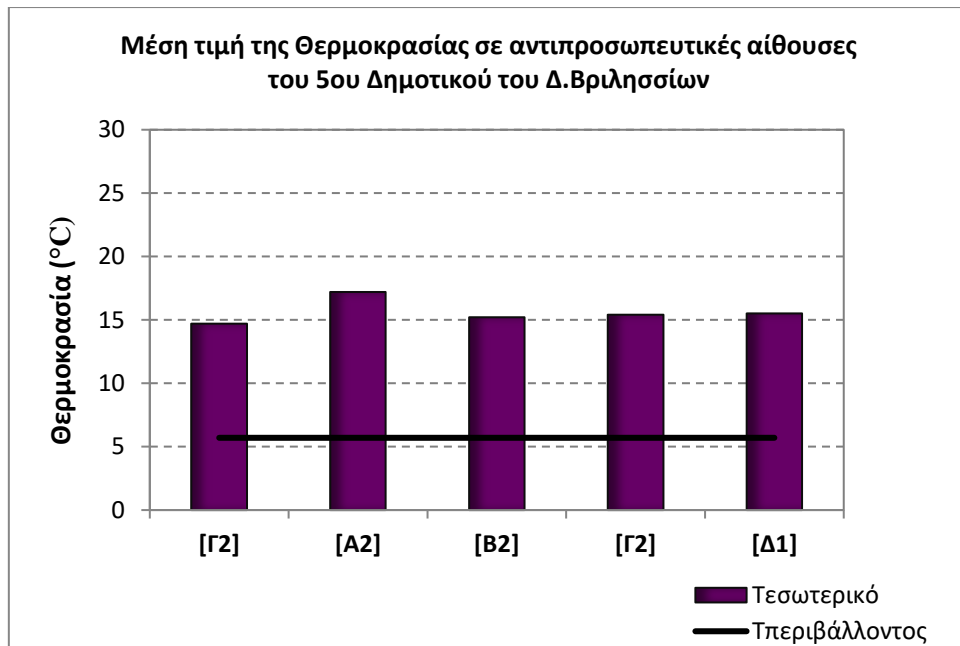
Σχήμα 85 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Γ2] 2<sup>ου</sup> Ορόφου



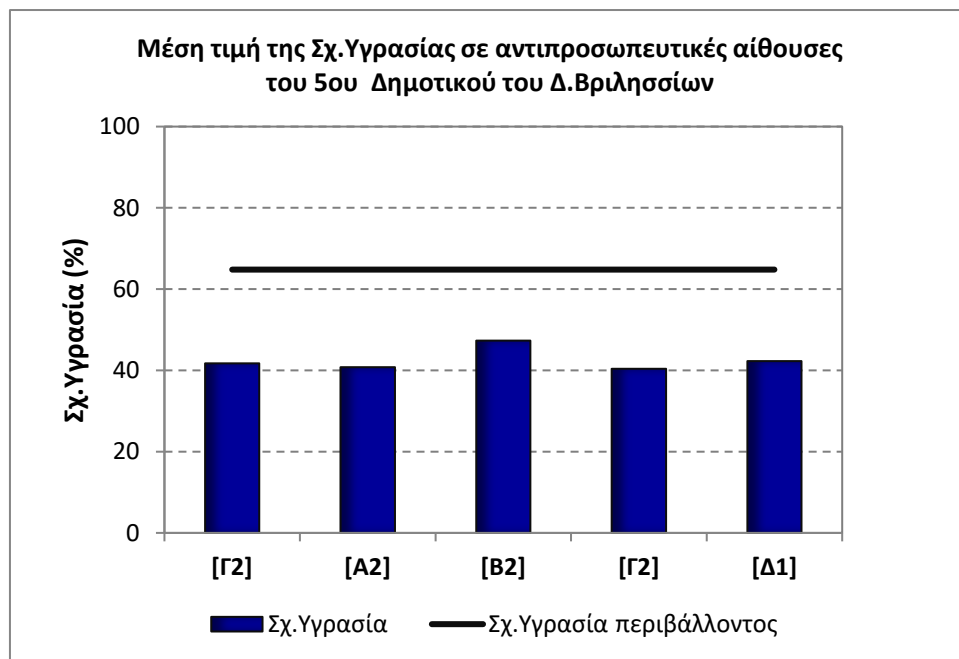
Σχήμα 86 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Δ1]



Σχήμα 87 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Δ1]



Σχήμα 88: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων



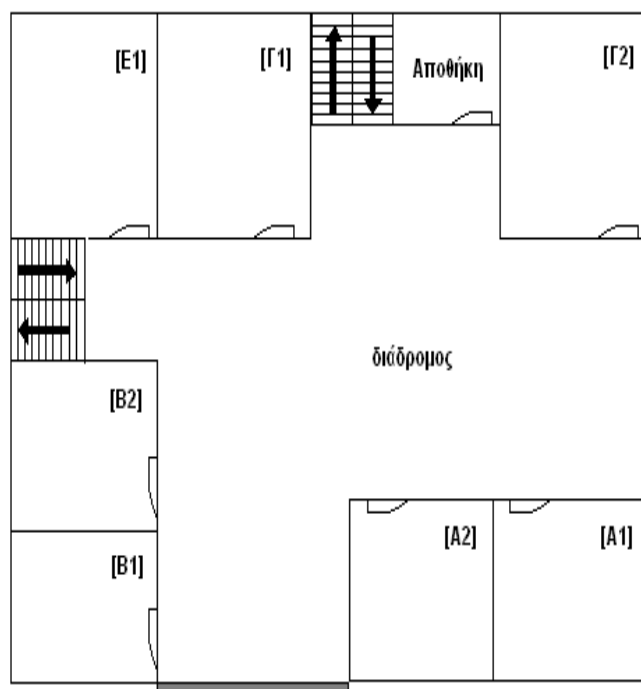
Σχήμα 89: Τιμές της μέσης σχ. υγρασίας σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων



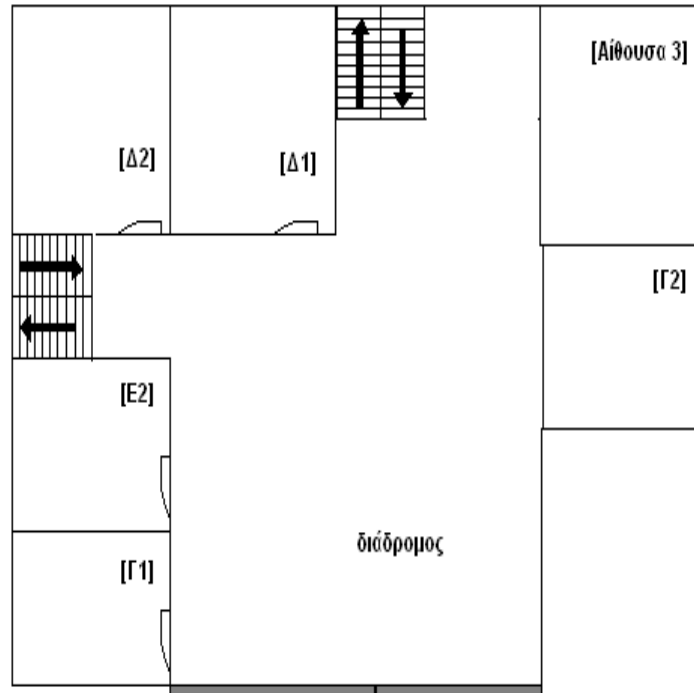
*Αίθουσα διδασκαλίας του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων*

Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δήμου Βριλησίων

5<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δήμου Βριλησίων  
Κάτοψη του 1<sup>ου</sup> ορόφου



5<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Δήμου Βριλησίων  
Κάτοψη του 2<sup>ου</sup> ορόφου



### 2.5.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Οι μετρήσεις αερισμού σε συγκεκριμένες αίθουσες του σχολικού κτιρίου δίνονται στον πίνακα 14.

Ο ρυθμός διείσδυσης του αέρα με κλειστά ανοίγματα υπολογίστηκε στις 0.56 και 0.47 αλλαγές αέρα ανά ώρα στις αίθουσες [B1] και [Αίθουσα 3] αντίστοιχα, του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου Δήμου Βριλησίων.

Πίνακας 14: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[B1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	0.56
[Αίθουσα 3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	0.47

#### 2.5.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Τα αναλυτικά αποτελέσματα από την καταγραφή των εσωτερικών κερδών του σχολείου σημειώνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 15: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

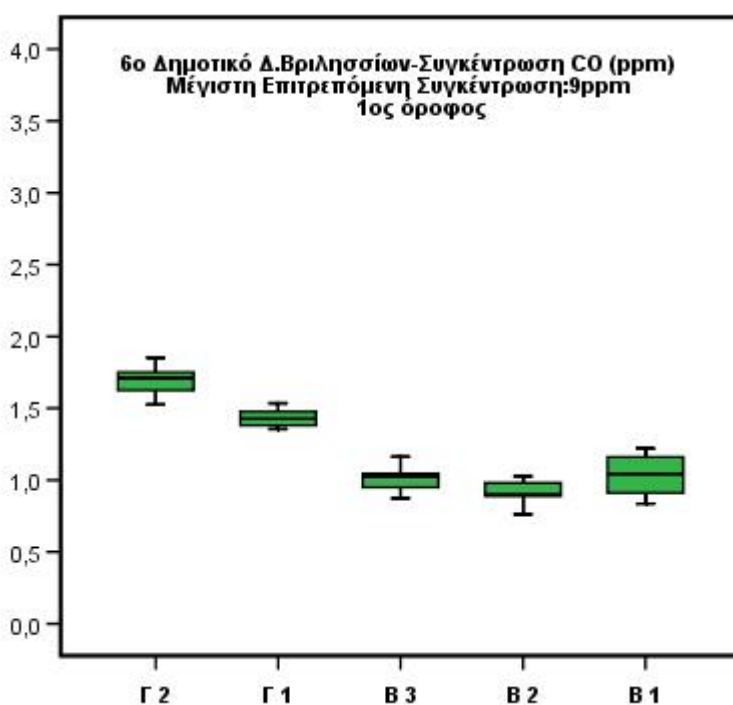
Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[Γ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[E1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	26	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[B2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	25	4 ανοίγματα (2ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[B1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	25	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Α1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα (1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[E2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	21	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Γ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	23	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Δ1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	25	4 ανοίγματα (1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Δ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	4	4 ανοίγματα(2ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Αίθουσα 3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα (1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά

## 2.6 6<sup>ο</sup> Δημοτικό Δήμου Βριλησίων

### 2.6.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

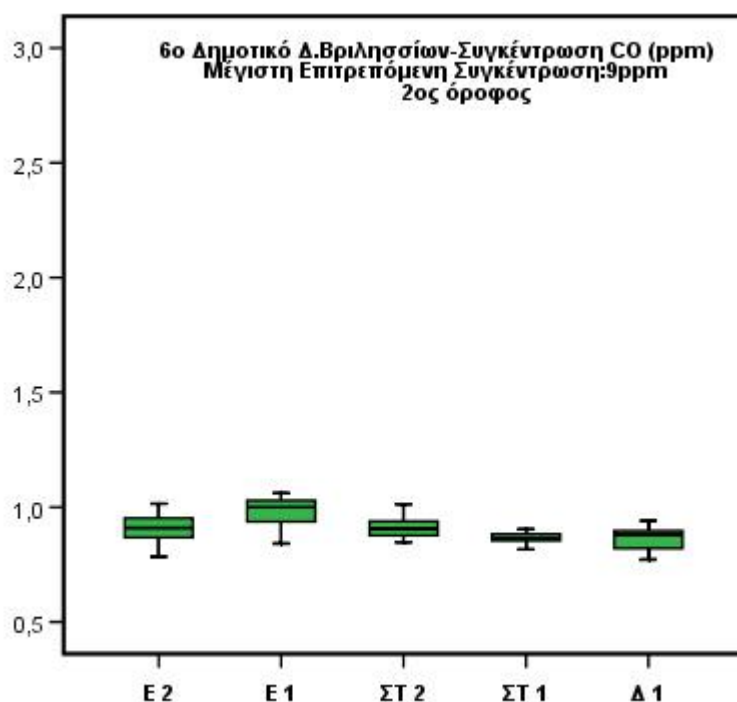
#### 2.6.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων κυμαίνεται μεταξύ 0.8ppm έως 1.7ppm, η οποία είναι σαφώς μικρότερη από το επιτρεπτό όριο των 9ppm. Συγκεκριμένα, οι τιμές CO στον 1<sup>ο</sup> όροφο είναι λίγο πιο αυξημένες και κυμαίνονται μεταξύ 1ppm και 1.7ppm, ενώ στο 2<sup>ο</sup> όροφο σε καμία αίθουσα δεν ξεπερνούν το 1ppm. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στα επόμενα σχήματα:



Σχήμα 90 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



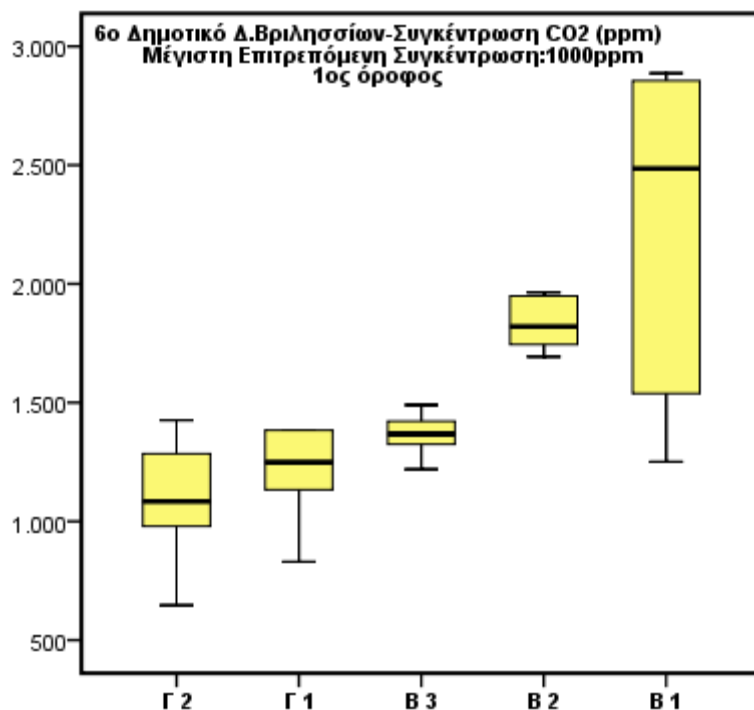


Σχήμα 91 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

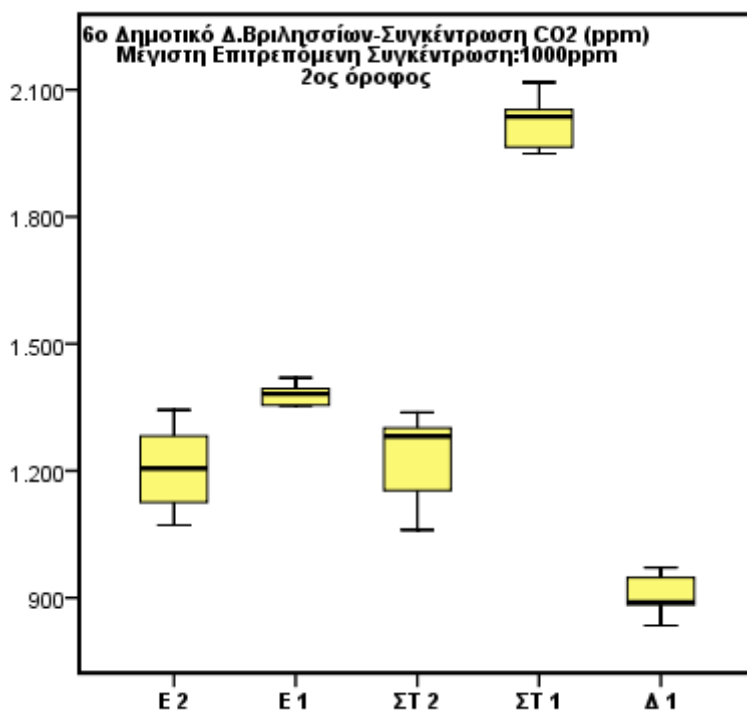
### 2.6.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> βρίσκονται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα και σαφώς ξεπερνούν το όριο των 1000 ppm σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου, εκτός από την αίθουσα [Δ1] του 2<sup>ου</sup> ορόφου στην οποία μετρήθηκαν τιμές CO<sub>2</sub> από 900ppm έως 1000 ppm. Στον 1<sup>ο</sup> όροφο παρατηρούνται συγκεντρώσεις από 1000 ppm μέχρι 2500ppm με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται στην αίθουσα [B1]. Στο 2<sup>ο</sup> όροφο οι τιμές είναι επίσης αρκετά υψηλές και κυμαίνονται από 900 ppm μέχρι 2000ppm. Η υψηλότερη συγκέντρωση στο 2<sup>ο</sup> όροφο του κτιρίου σημειώθηκε στην αίθουσα [ΣΤ1].

Τα σχήματα που ακολουθούν παραθέτουν τις συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> για κάθε όροφο και αίθουσα του σχολικού κτιρίου:



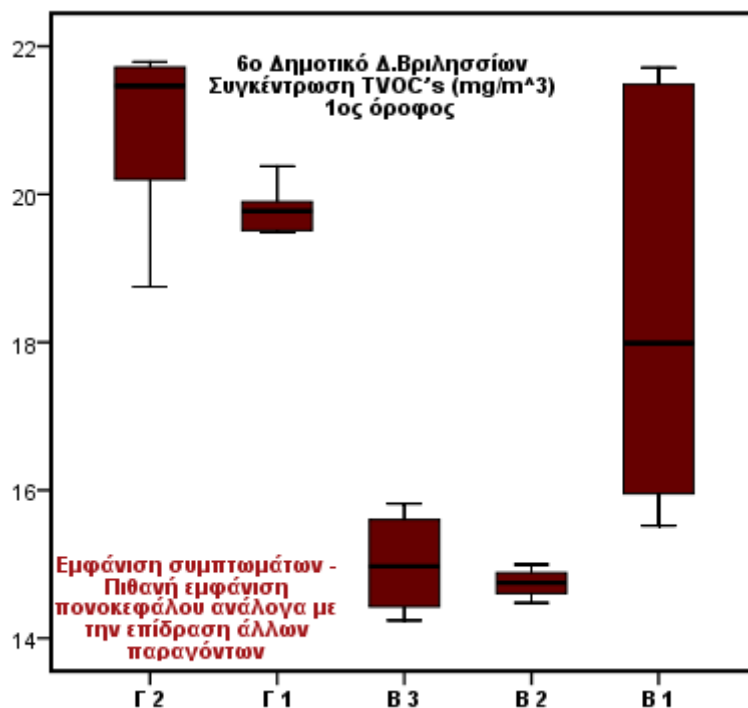
Σχήμα 92: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Οροφος 1



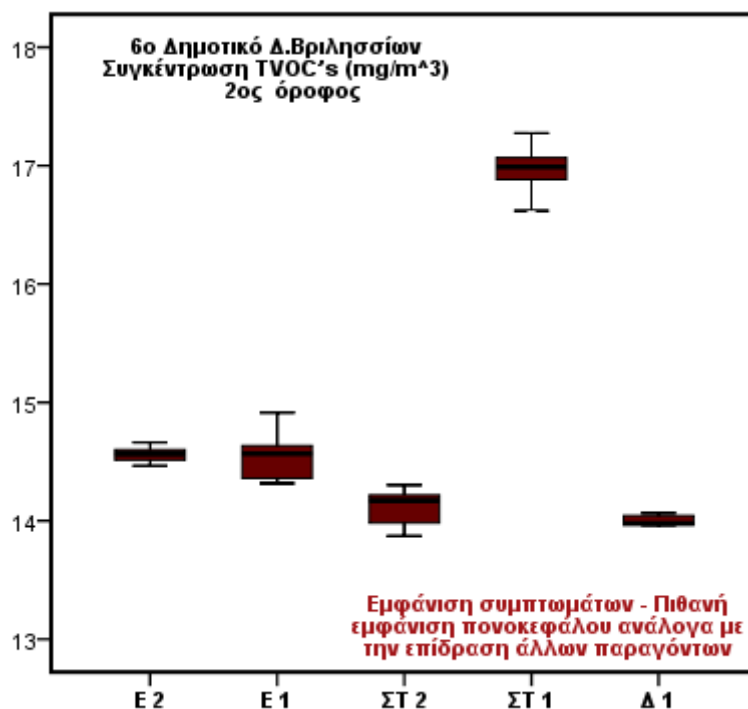
Σχήμα 93: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Οροφος 2

### 2.6.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) δίνονται στα σχήματα 94 και 95:



Σχήμα 94: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 95: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

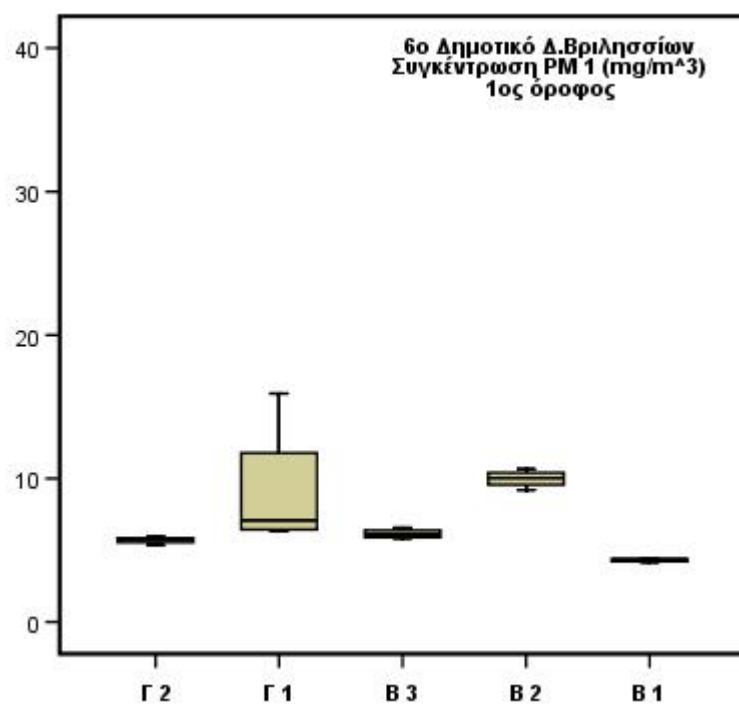
Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες κυμαίνονται σε σχετικά υψηλά επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων που μετρήθηκαν κυμαίνονται μεταξύ 14 – 21.8mg/m<sup>3</sup>. Η υψηλότερη τιμή συγκέντρωσης παρατηρήθηκε στην αίθουσα [Γ2] του 1<sup>ου</sup> ορόφου του σχολικού κτίριου. Σύμφωνα με την εθνική ή ευρωπαϊκή νομοθεσία, οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων».

Το φαινόμενο που παρατηρήθηκε στις αίθουσες, οφείλεται κυρίως στη χρήση ειδών ζωγραφικής (όπως μαρκαδόροι, στυλό κλπ), αλλά και διαλυτικά. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.

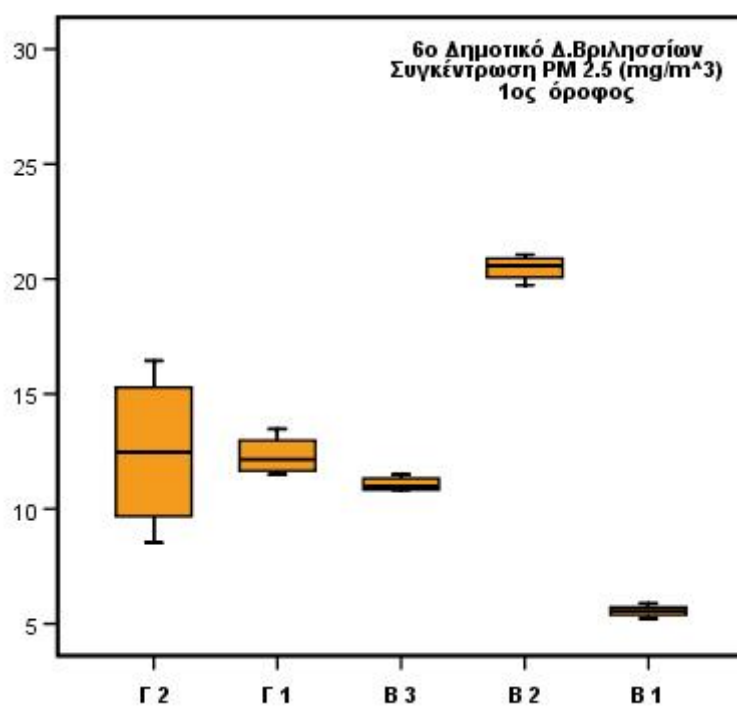
#### **2.6.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια**

Οι συγκεντρώσεις PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>, σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων παρουσιάζονται στα σχήματα 96 έως 101.

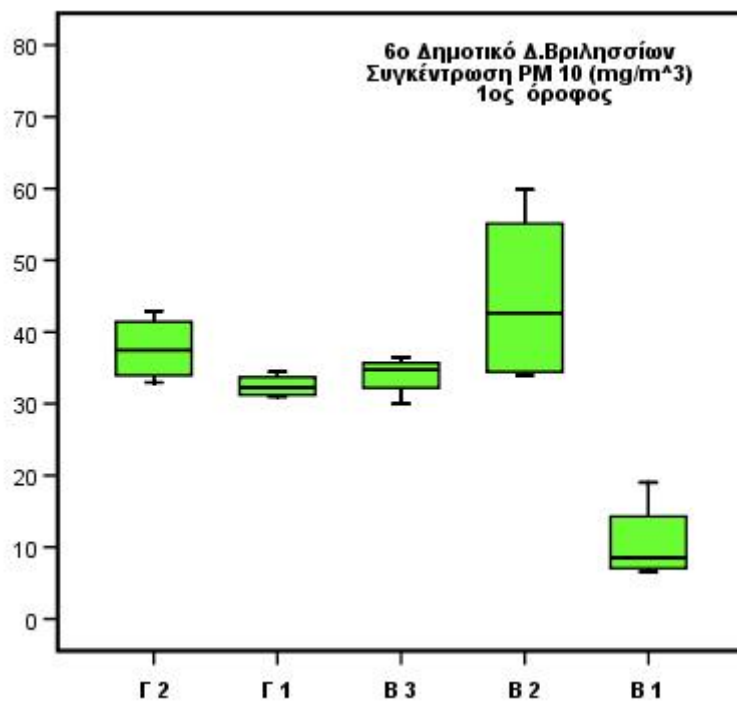
Παρατηρείται ότι οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>1</sub> κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από 6.5 έως 13 μg/m<sup>3</sup>. Η υψηλότερη συγκέντρωση PM<sub>1</sub> παρατηρήθηκε στη αίθουσα [E1] στο 2<sup>ο</sup> όροφο του κτιρίου. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> δεν ξεπέρασαν το όριο των 25μg/m<sup>3</sup> σε καμία αίθουσα διδασκαλίας και κυμαίνονται από 5.5 έως 21.6 μg/m<sup>3</sup>. Η υψηλότερη συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> παρατηρήθηκε στην αίθουσα [B2] στον 1<sup>ο</sup> όροφο. Τέλος, οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> ξεπέρασαν το ανώτατο όριο των 50μg/m<sup>3</sup> στις αίθουσες [E1] και [E2] ενώ στις υπόλοιπες βρέθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα.



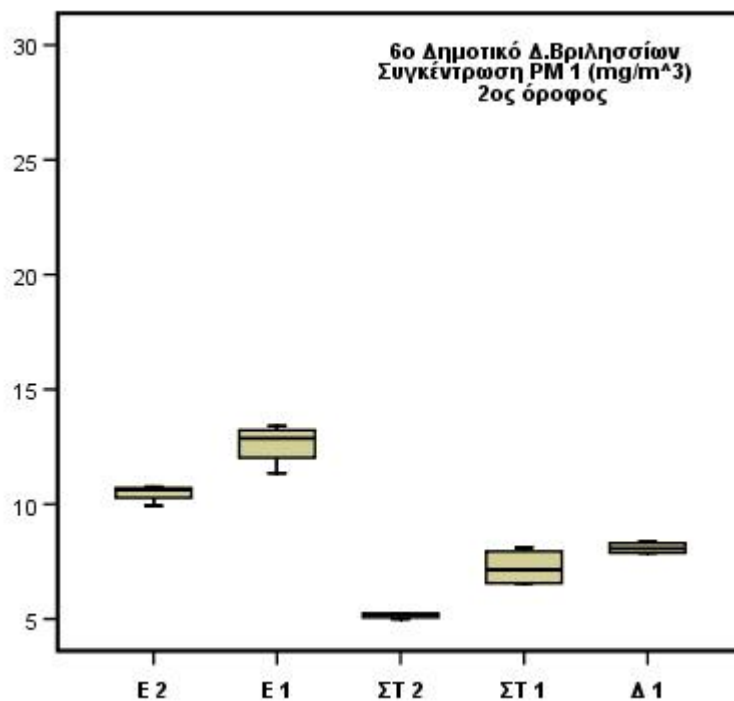
Σχήμα 96: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



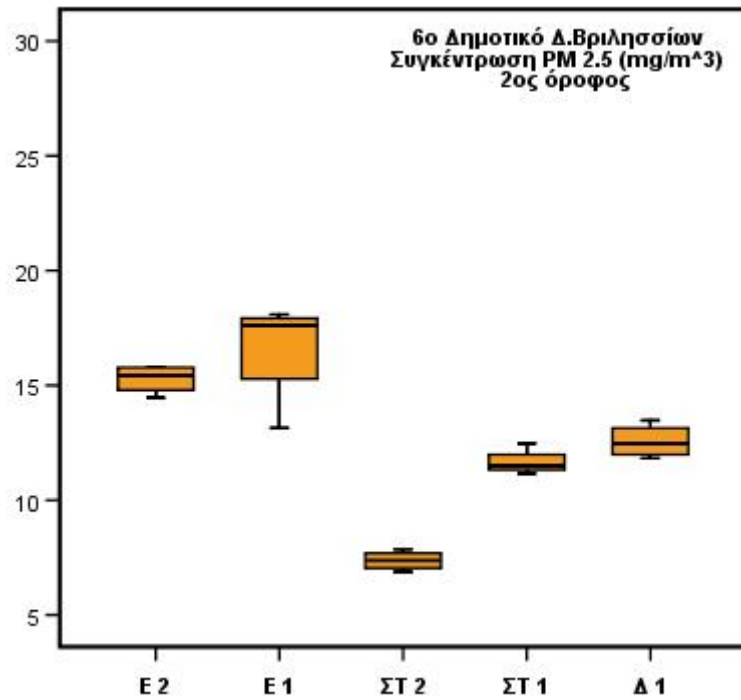
Σχήμα 97: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



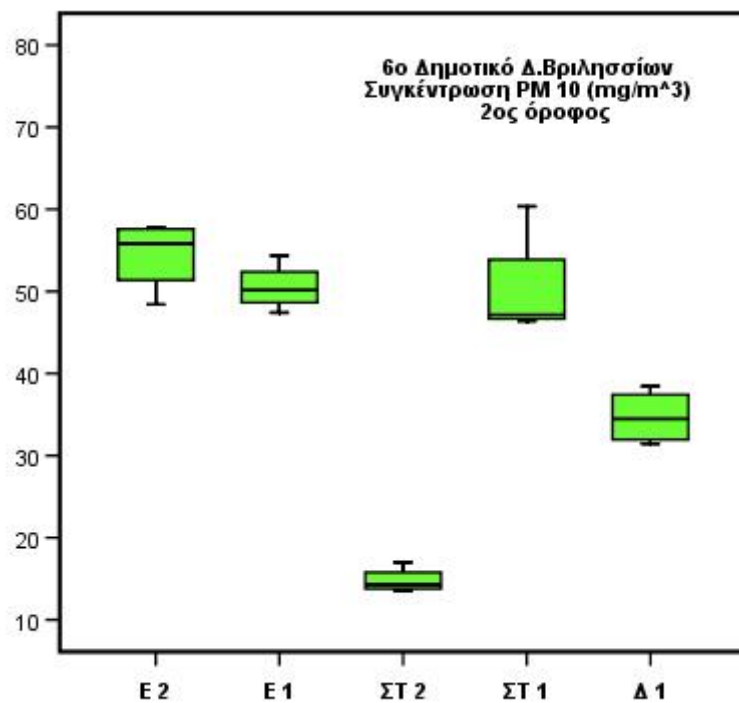
Σχήμα 98: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 99: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 100: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 101: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 6<sup>ο</sup> Δημοτικό του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

## 2.6.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Στο σχολικό κτίριο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα. Η μέτρησή τους έγινε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 14/3/08 έως 17/3/08.

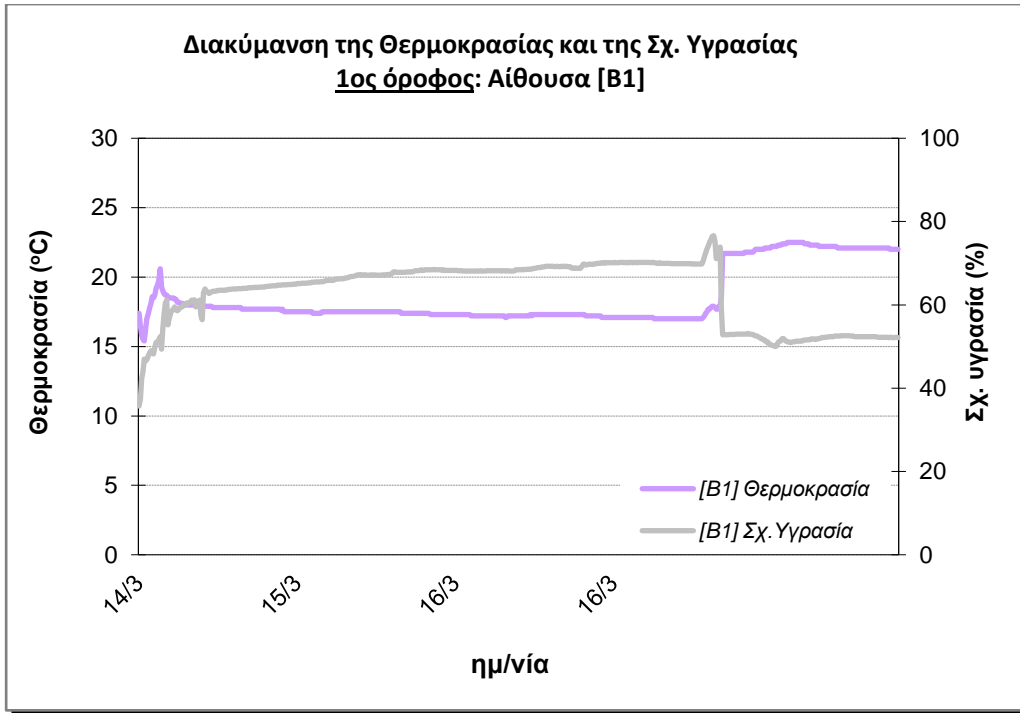
Οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου όπως επίσης και οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

*Πίνακας 16: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού σχολείου (14/3 έως 17/3/2008)*

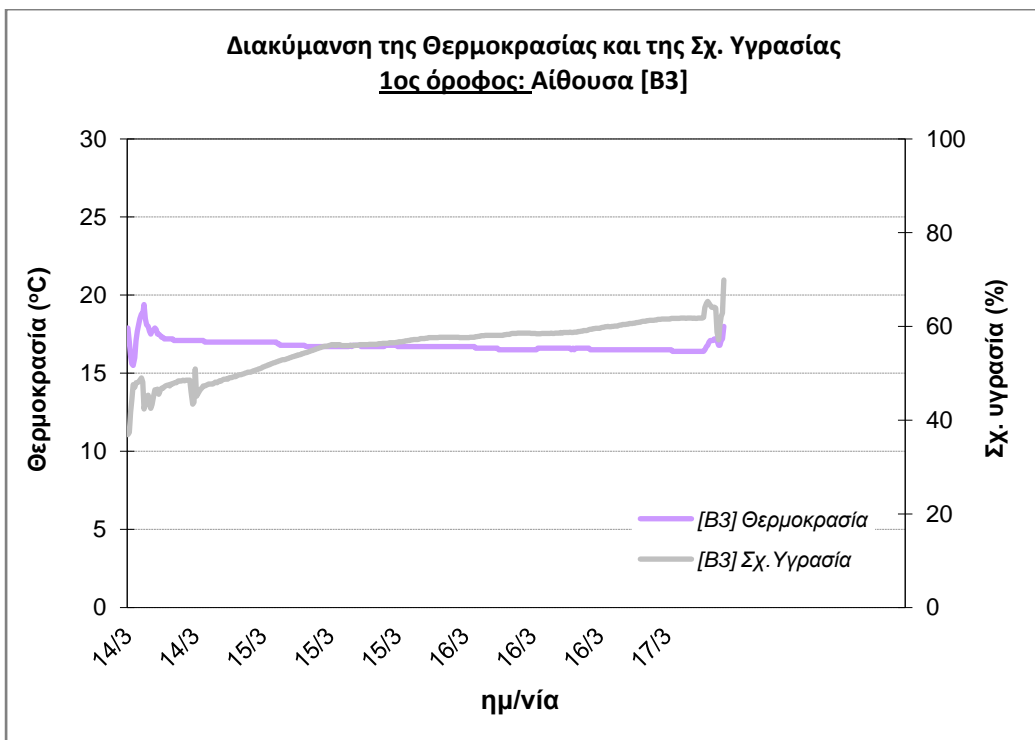
Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[B1]	17.5	66.3
Όροφος 1	[B3]	16.8	55.7
Όροφος 1	[Γ2]	17.6	50.4
Όροφος 2	[E2]	16.2	55.5
Όροφος 2	[ΣΤ1]	16.2	56.5
Όροφος 2	[ΣΤ2]	17.1	52.2
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	15.0	58.0

Έτσι, διαπιστώνεται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 16.2°C και 17.5°C, βρισκόμενη εκτός των ορίων θερμικής άνεσης ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 15.0°C. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 50.4% έως 66.3%, με την υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι 58.0%. Η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε όροφο, αλλά και στο εξωτερικό περιβάλλον καθώς και οι μέσες τιμές των δύο παραμέτρων σε σύγκριση με αυτές στο εξωτερικό για αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολικού κτιρίου δίνονται από τα σχήματα:

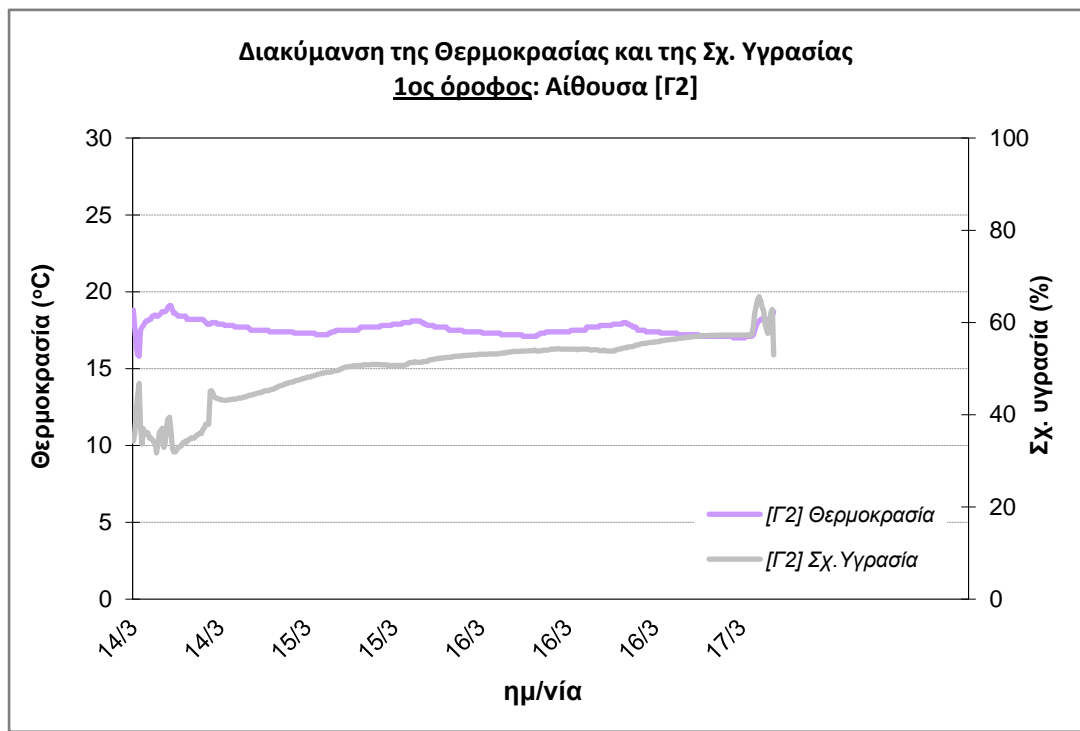




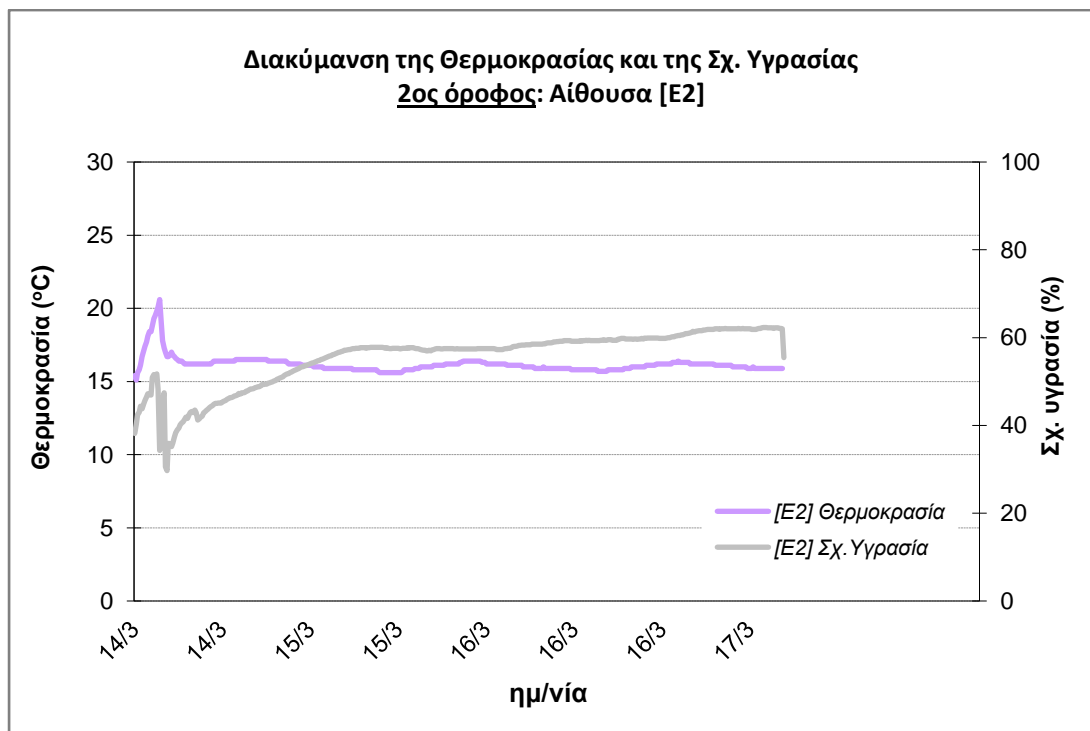
Σχήμα 102 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B1]



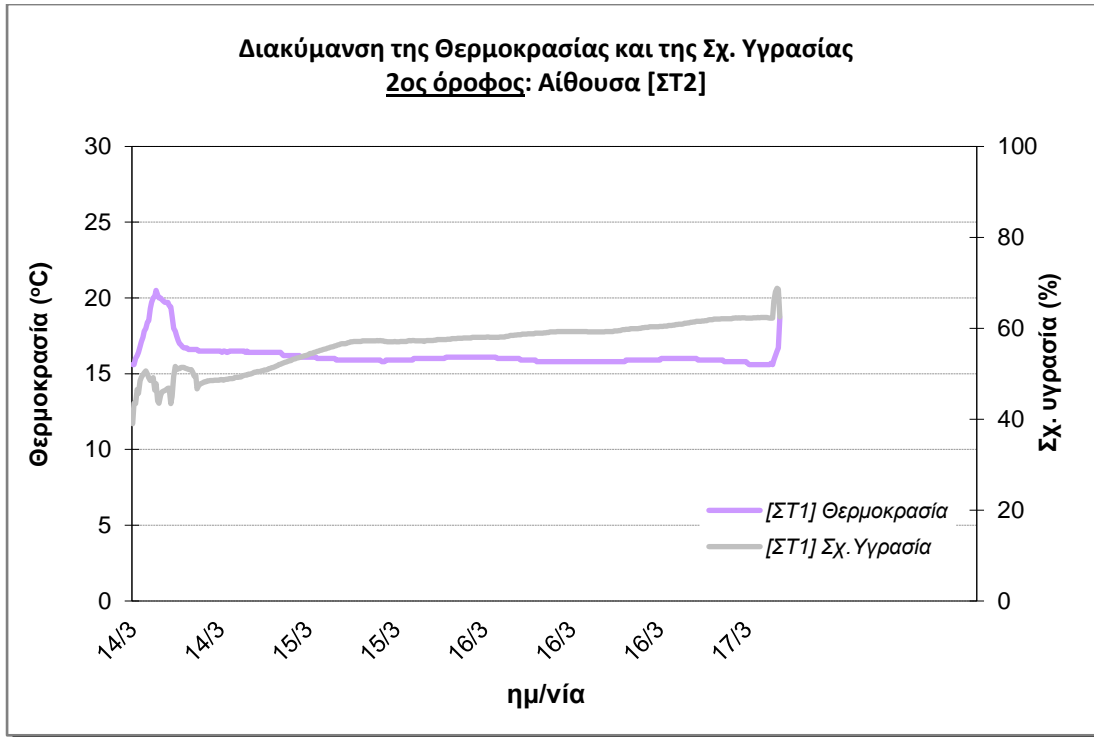
Σχήμα 103 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B3]



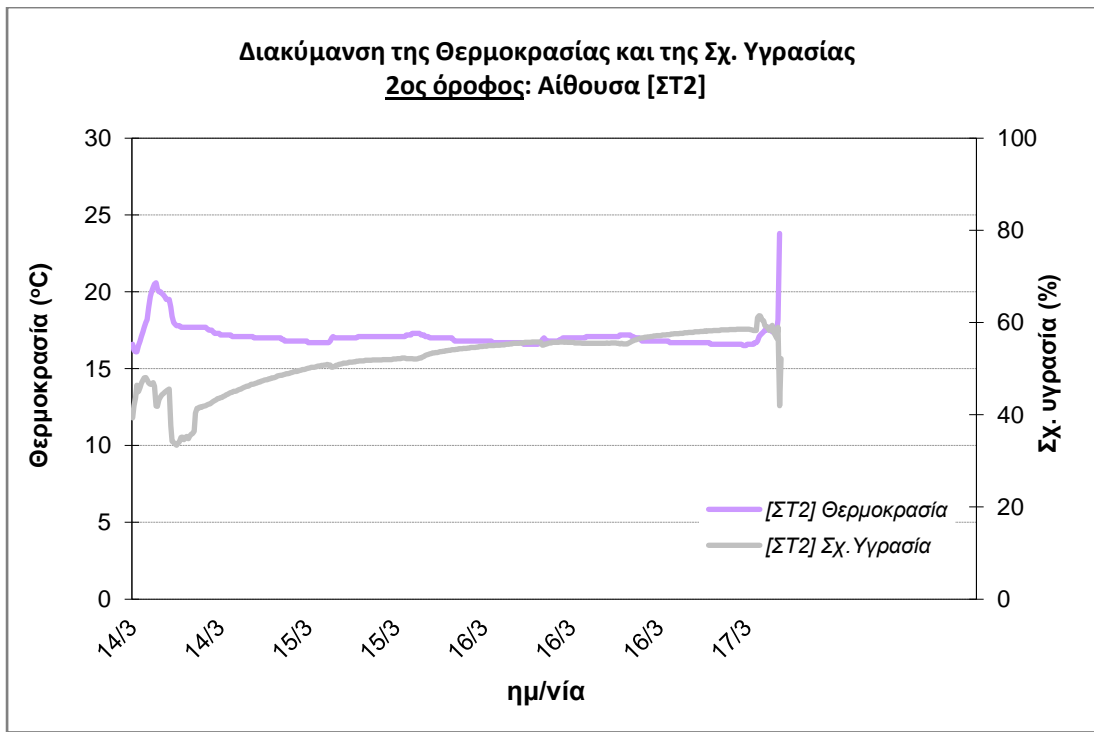
Σχήμα 104 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Γ2]



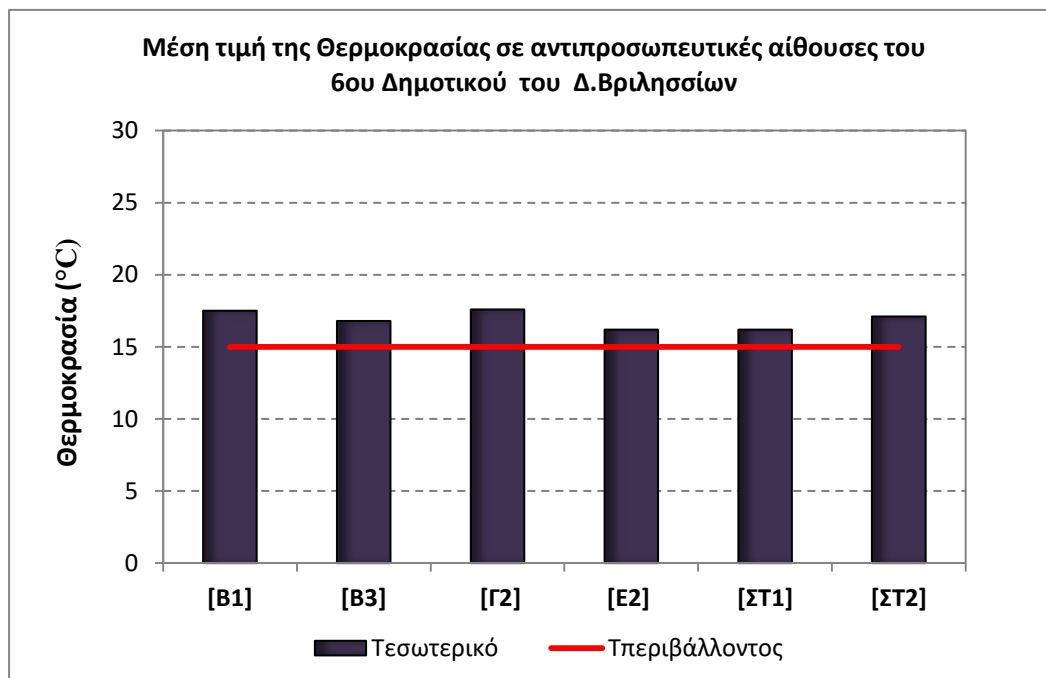
Σχήμα 105 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [E2]



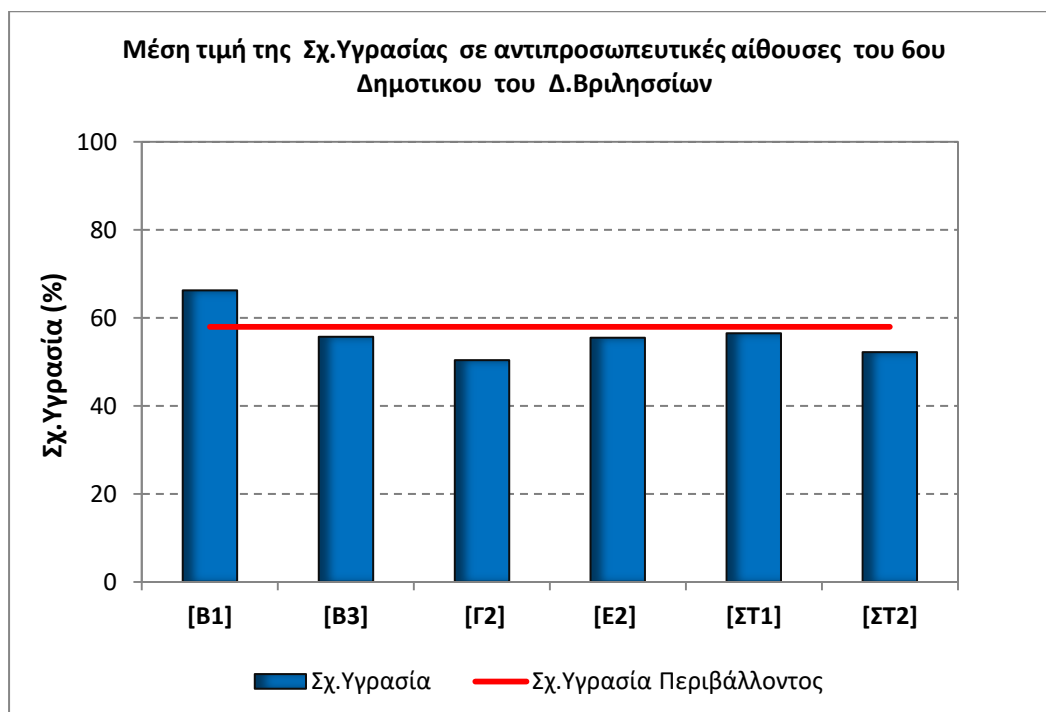
Σχήμα 106 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [ΣΤ1]



Σχήμα 107 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [ΣΤ2]

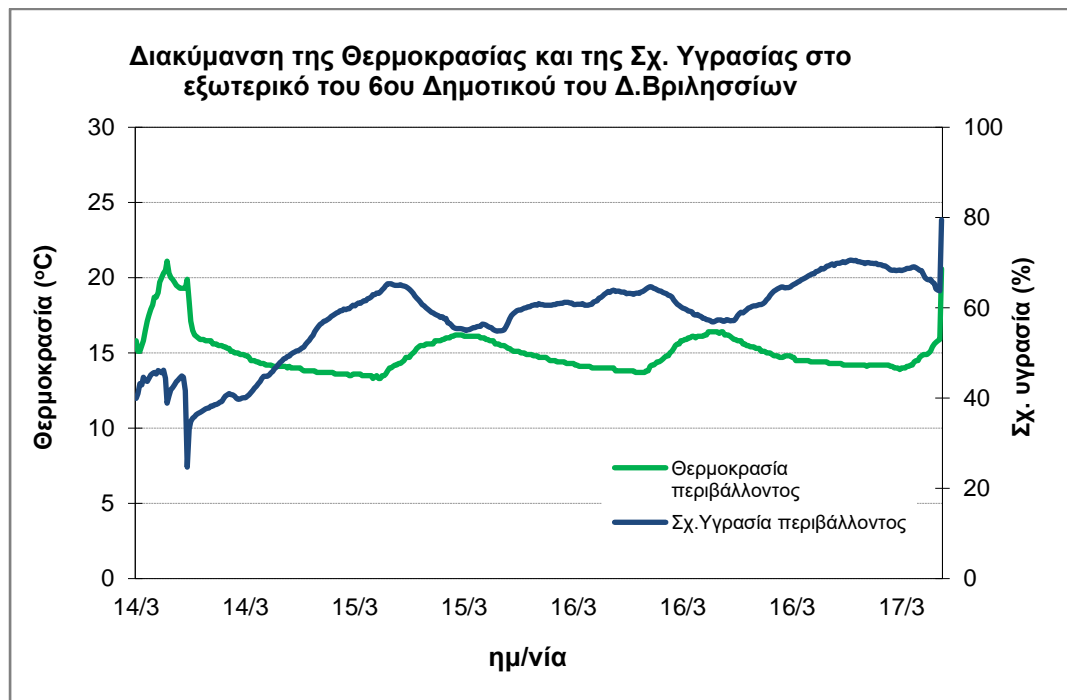


Σχήμα 108: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων



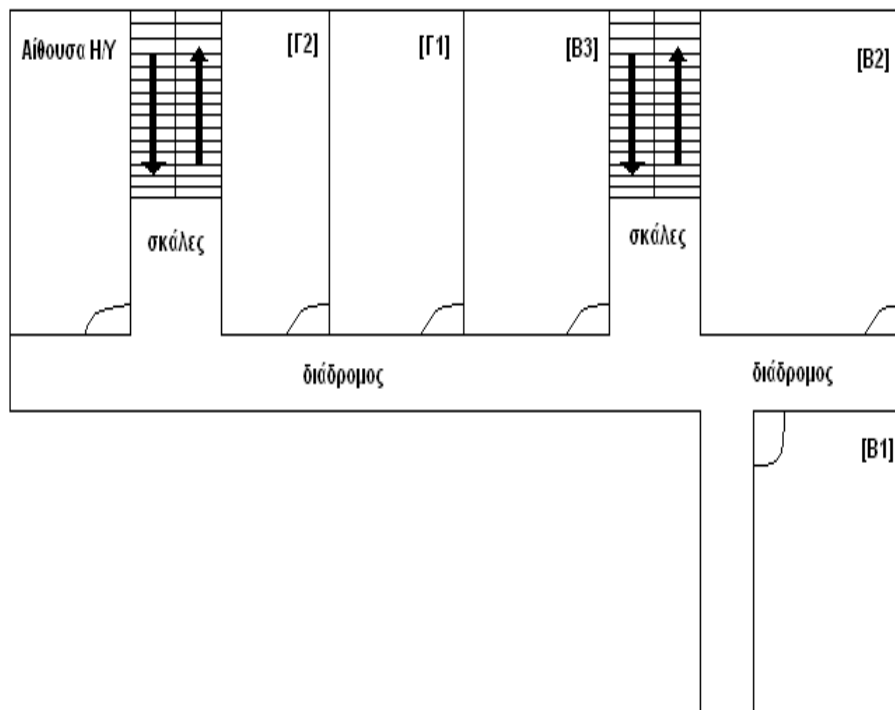
Σχήμα 109: Τιμές της μέσης σχ. υγρασίας σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δ. Βριλησίων

Σχήμα 110 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

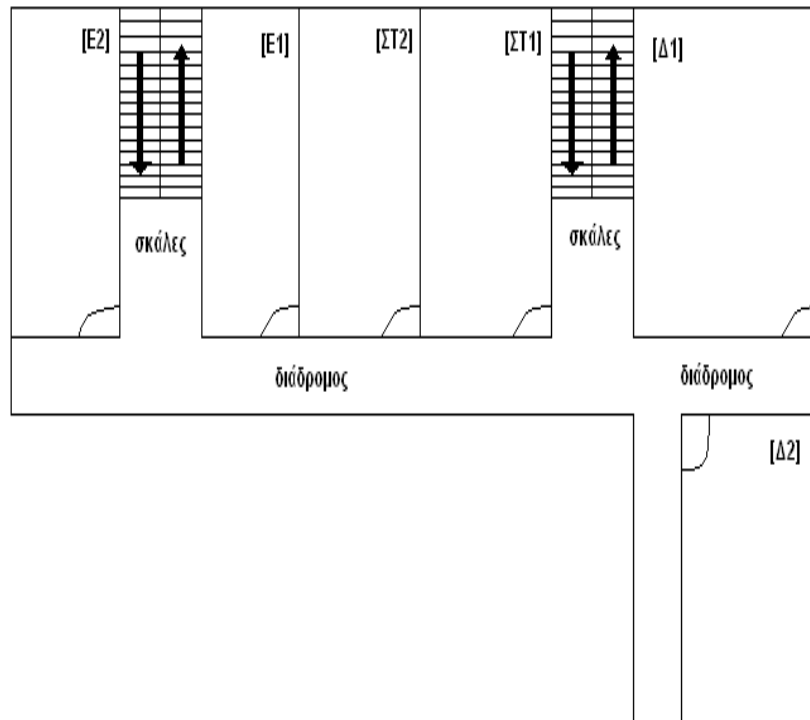


Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού του Δήμου Βριλησίων

1ος Όροφος



2ος Όροφος



### 2.6.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ρυθμού ανανέωσης του εσωτερικού αέρα σε συγκεκριμένες αίθουσες του σχολικού κτιρίου παρουσιάζονται στον πίνακα 17:

Πίνακας 17: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[Γ1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	1.87
[Ε1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	0.95

### 2.6.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Η καταγραφή του προσωπικού, των ανοιγμάτων, των θερμομαντικών σωμάτων και των φωτιστικών του σχολείου δίνεται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 18: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 6<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ. Βριλησίων

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[Γ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	24	4 ανοίγματα, 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Γ1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	21	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Β3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	19	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Β2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	19	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 4 φωτιστικά
[Β1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα (ανοιχτά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Ε2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	16	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Ε1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[ΣΤ2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	3	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[ΣΤ1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	20	4 ανοίγματα(κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Δ1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	3	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμομαντικά σώματα, 8 φωτιστικά

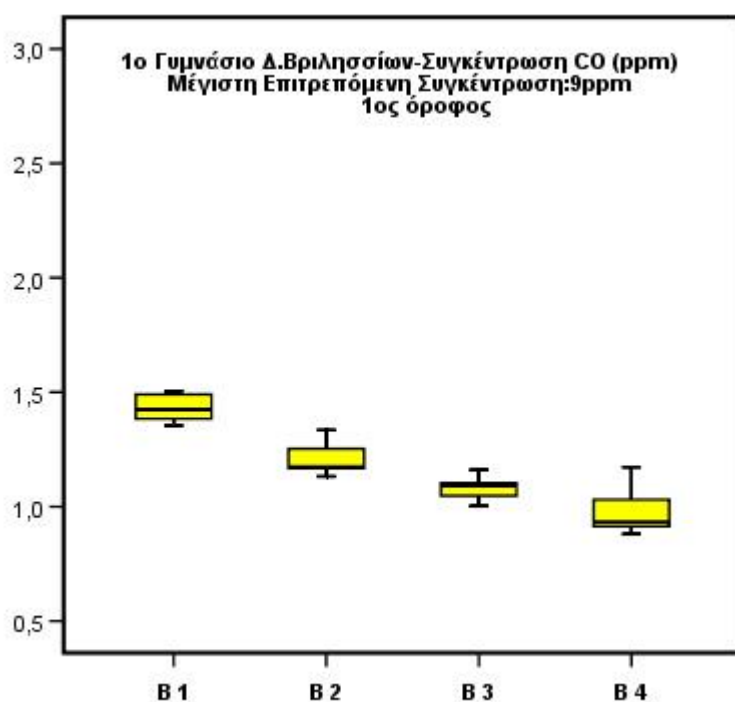


## 2.7 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Δήμου Βριλησίων

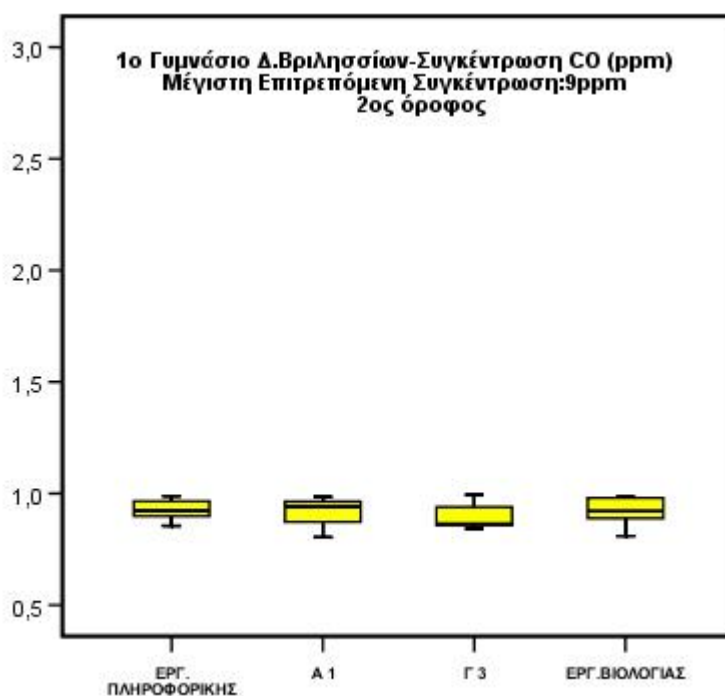
### 2.7.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.7.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων δίνεται στα παρακάτω σχήματα . Εύκολα διαπιστώνεται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των 9ppm που έχει ορίσει η ASHRAE και η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούνται τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0.9 – 1.4ppm στον 1<sup>ο</sup> όροφο και σχεδόν σταθερές τιμές 0.8 – 0.9ppm στον 2<sup>ο</sup> όροφο.



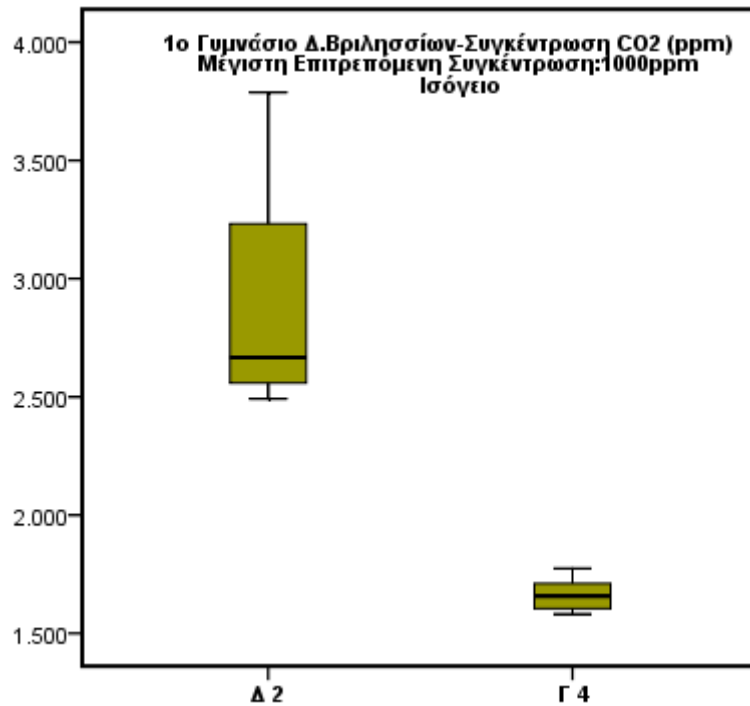
Σχήμα 111 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



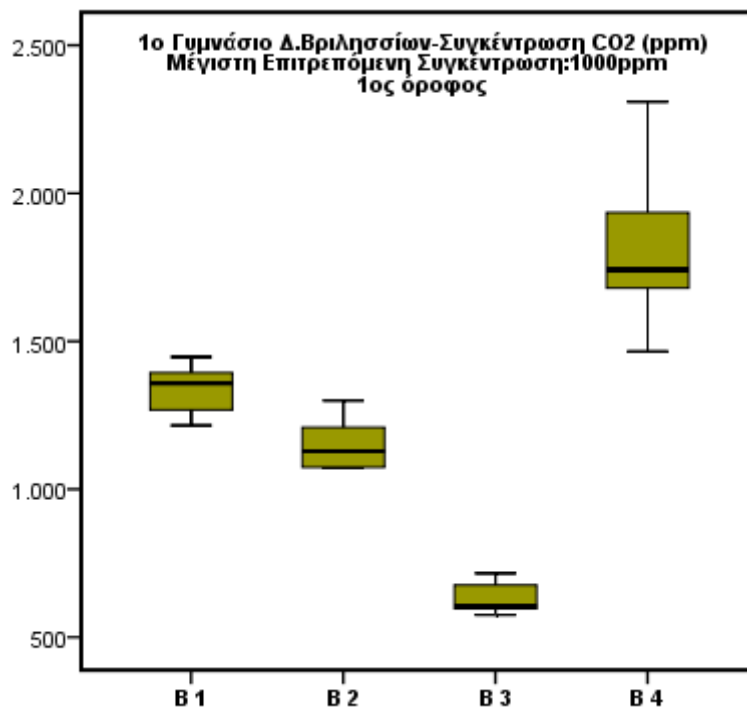
Σχήμα 112 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

### 2.7.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

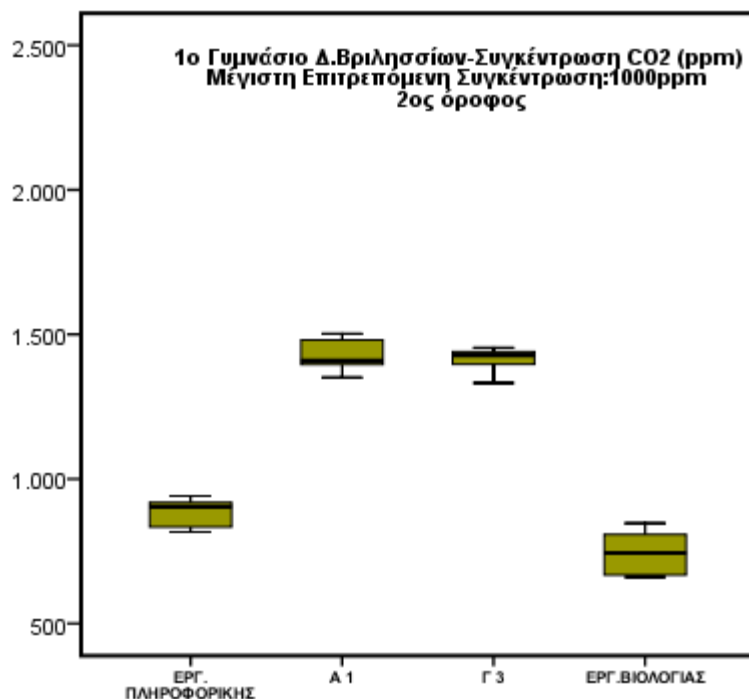
Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> ξεπερνούν πολύ το επιτρεπτό όριο των 1000 ppm στις δύο αίθουσες διδασκαλίας του Ισογείου, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [Δ2] (έως 2900ppm). Στον 1<sup>ο</sup> όροφο η συγκέντρωση κυμαίνεται από 600ppm μέχρι 1800ppm με όλες τις αίθουσες να ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης εκτός από την αίθουσα [B3]. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο μεγάλο αριθμό παιδιών μέσα στις αίθουσες και σε ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος. Στο 2<sup>ο</sup> όροφο υπάρχουν δύο αίθουσες με συγκεντρώσεις πάνω από το επιτρεπτό όριο, η [A1] και η [Γ3]. Όμως υπάρχουν και δύο αίθουσες, η αίθουσα Πληροφορικής και το Εργαστήριο Βιολογίας που έχουν φυσιολογικές συγκεντρώσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτές οι αίθουσες δεν φιλοξενούν μεγάλο αριθμό μαθητών.



Σχήμα 113: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



Σχήμα 114: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

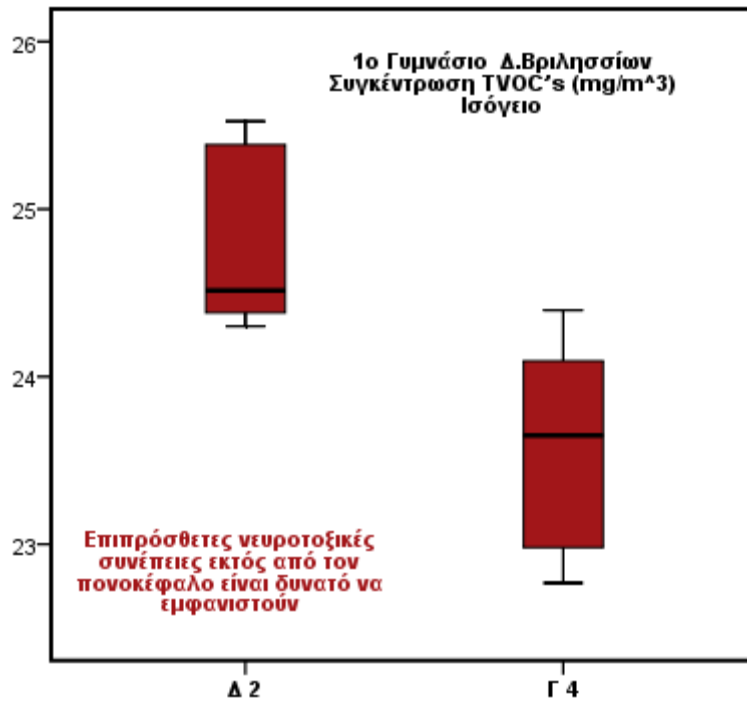


Σχήμα 115: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

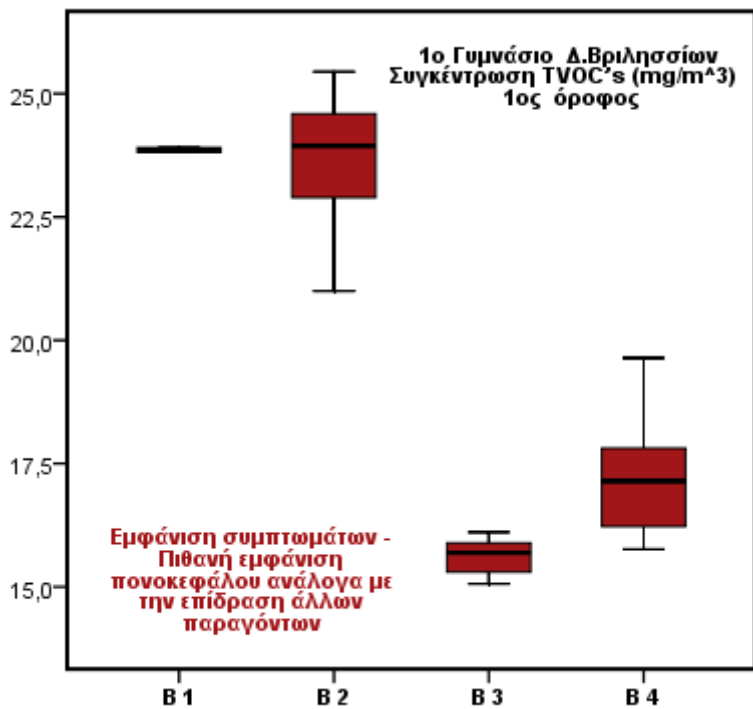
### 2.7.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες του σχολικού κτιρίου κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων που μετρήθηκαν στο Ισόγειο κυμαίνονται μεταξύ 23.2 – 25.7mg/m<sup>3</sup>. Οι τιμές αυτές κατατάσσονται στη ζώνη όπου «επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν». Στον 1<sup>ο</sup> όροφο κυμαίνονται μεταξύ 16.2 – 24.8mg/m<sup>3</sup>, ενώ στο 2<sup>ο</sup> μεταξύ 14.2 – 16.5mg/m<sup>3</sup>. Οι τιμές που παρατηρήθηκαν στις αίθουσες του 1<sup>ου</sup> και του 2<sup>ου</sup> ορόφου κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων».

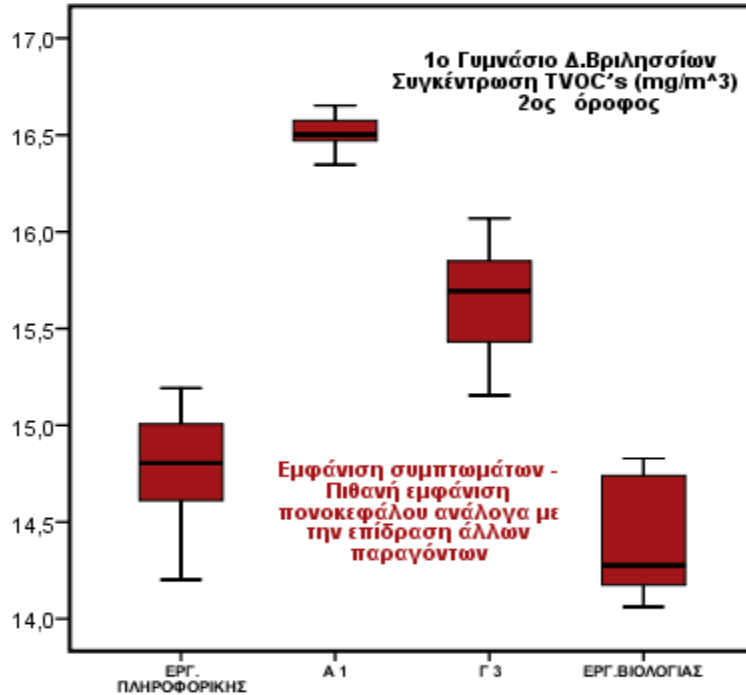
Το φαινόμενο που παρατηρήθηκε στις αίθουσες, οφείλεται σε είδη ζωγραφικής, είδη γραφείου και σε δομικά υλικά του κτιρίου. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.



Σχήμα 116: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Ισόγειο



Σχήμα 117: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

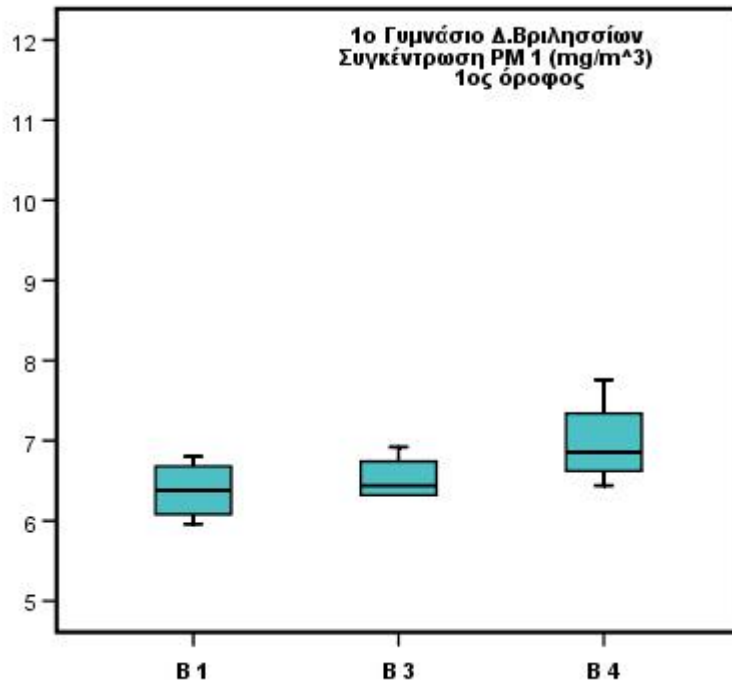


Σχήμα 118: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

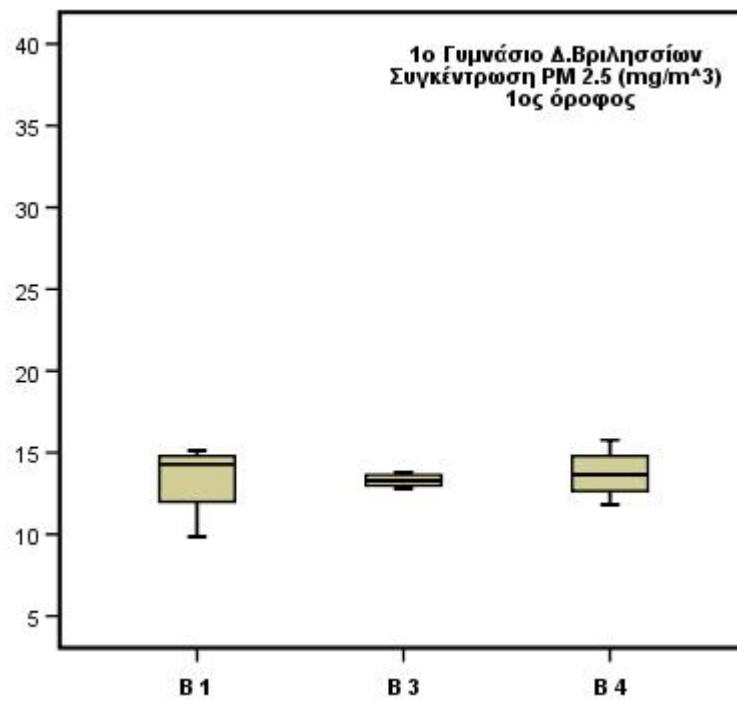
#### 2.7.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

Οι συγκεντρώσεις PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>, σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων παρουσιάζονται στα επόμενα σχήματα.

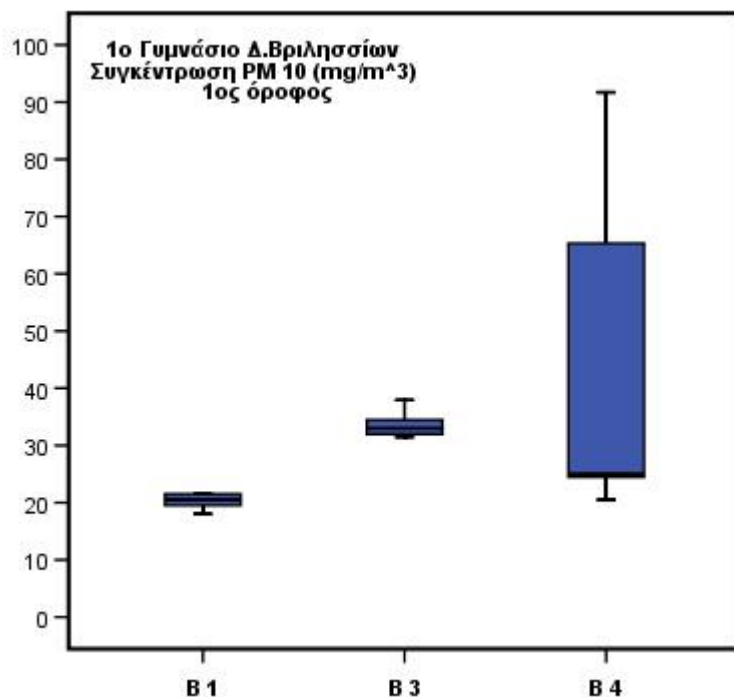
Παρατηρείται ότι οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>1</sub> κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα έως 7.2 μg/m<sup>3</sup>. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> δεν ξεπέρασαν σε καμία περίπτωση το όριο των 25μg/m<sup>3</sup> στις συγκεκριμένες αίθουσες διδασκαλίας. Η υψηλότερη συγκέντρωση που σημειώθηκε ήταν μόλις 14.9μg/m<sup>3</sup> στην αίθουσα [B1]. Τέλος, οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> κυμάνθηκαν από 20 έως και 64μg/m<sup>3</sup> και ξεπέρασαν το ανώτατο όριο των 50μg/m<sup>3</sup> μόνο στην αίθουσα [B4].



Σχήμα 119: Συγκέντρωση  $PM_1$  στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 120: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 121: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

### 2.7.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα πραγματοποιήθηκαν σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου για τη χρονική περίοδο από 17/3/08 έως 21/3/08.

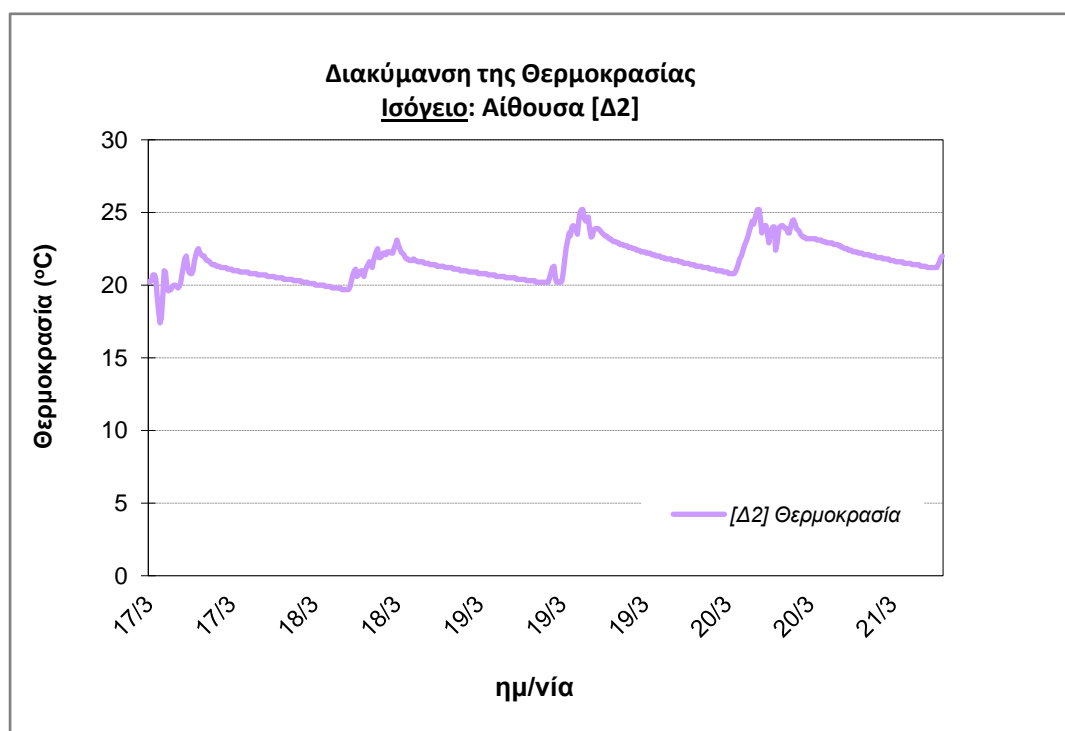
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου. Επίσης παρουσιάζονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος (17/3 - 21/3/08). Έτσι, διαπιστώνεται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 20.5 °C και 21.6°C, βρισκόμενη εντός των ορίων θερμικής άνεσης (άνετα), ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 17.1°C. Η σχετική υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι 59.4%.

Ακόμη, παριστάνονται γραφικά η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και η μέση τιμή της, σε σχέση με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος, σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας .



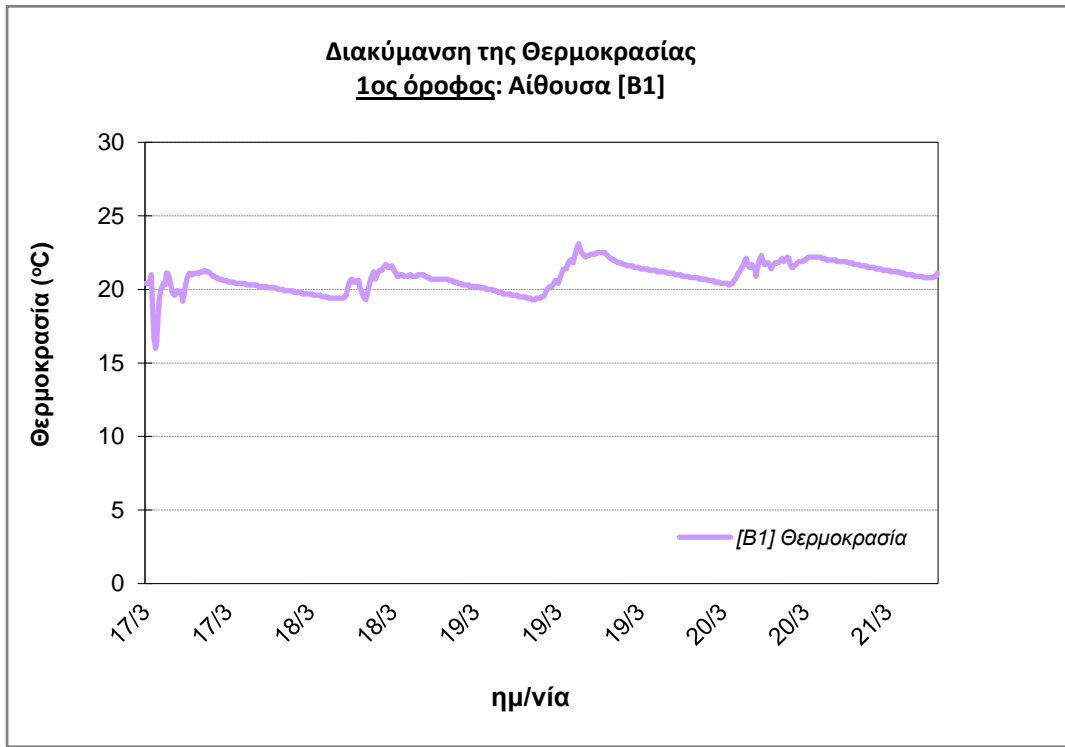
Πίνακας 19: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα σε επιλεγμένους αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου (17/3 έως 21/3/2008)

Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Ισόγειο	[Δ2]	21.6	-
Όροφος 1	[B1]	20.9	-
Όροφος 1	[B3]	20.5	-
Όροφος 1	[A1]	20.6	-
Όροφος 2	[ΕΡΓ.ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ]	21.6	-
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	17.1	59.4



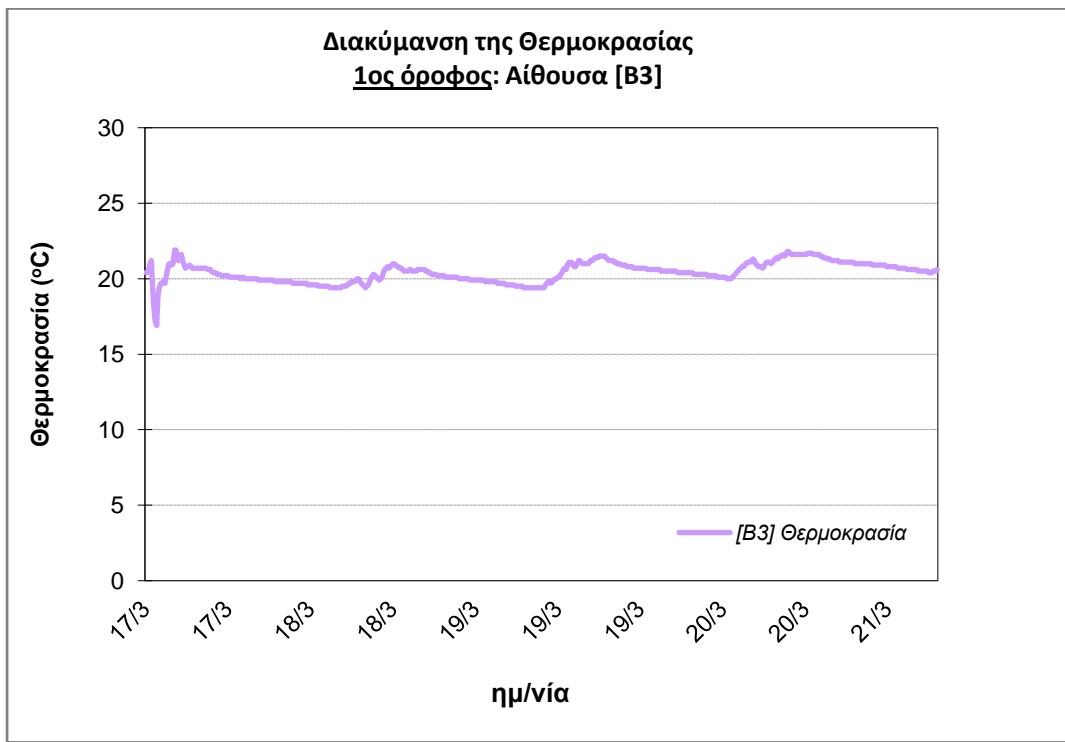
Σχήμα 122 : Διακύμανση της θερμοκρασίας στο Ισόγειο του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Βριλησίων – Αίθουσα [Δ2]

Δ.



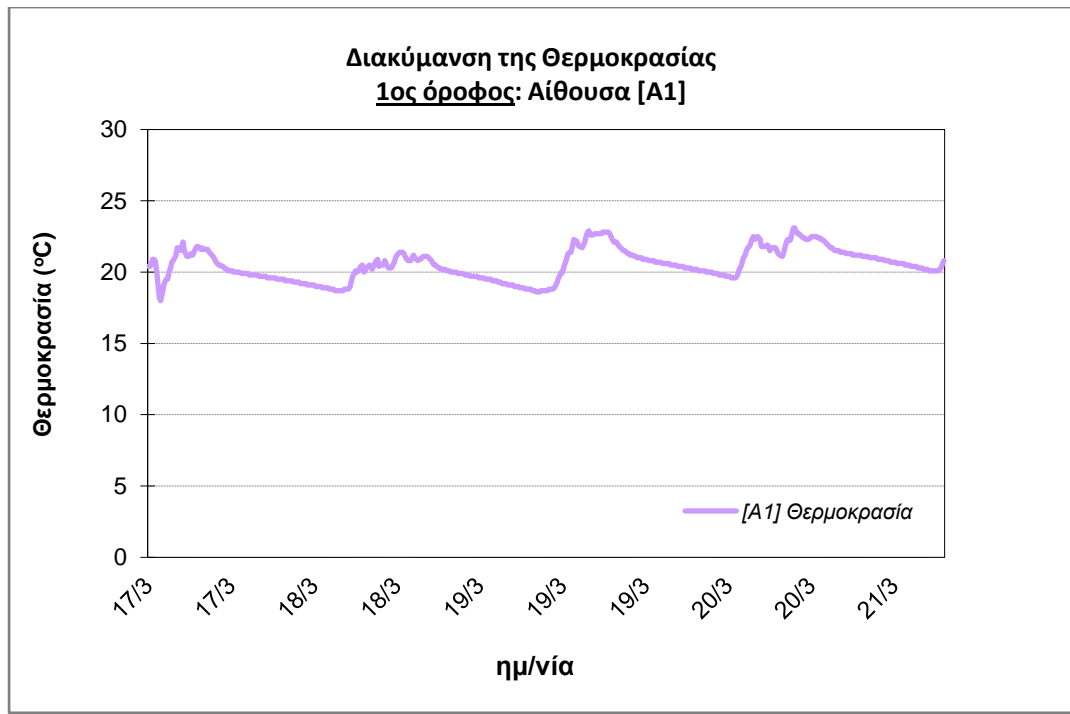
Σχήμα 123 : Διακύμανση της θερμοκρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Βριλησίων – Αίθουσα [B1]

Δ.



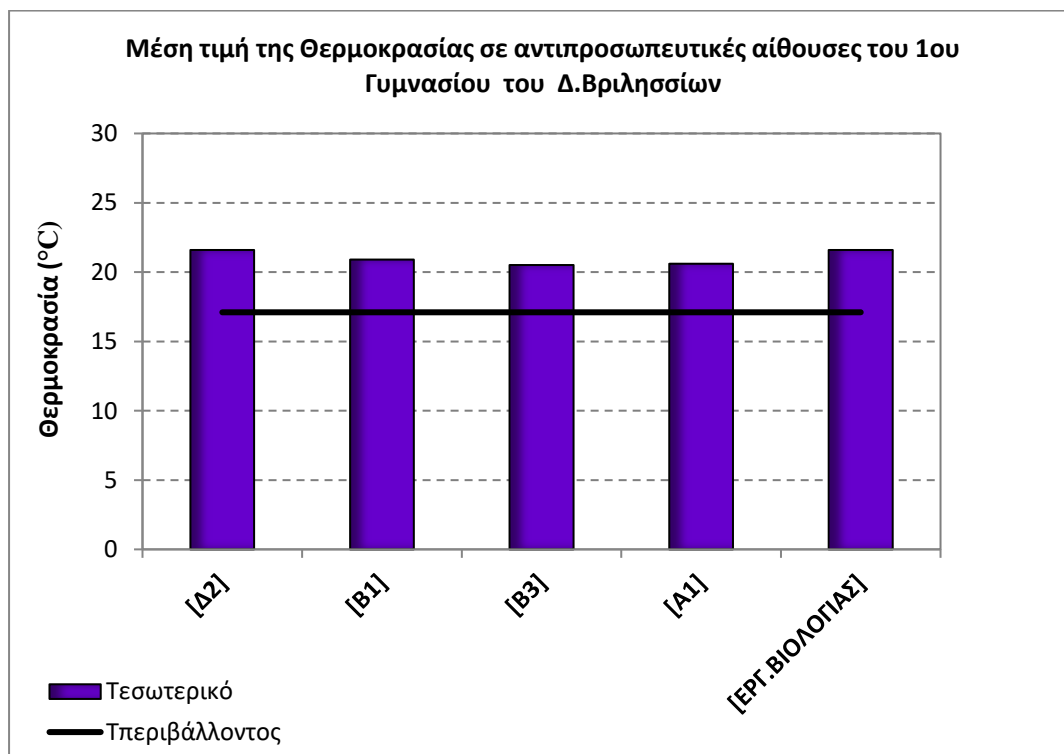
Σχήμα 124 : Διακύμανση της θερμοκρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Βριλησίων – Αίθουσα [B3]

Δ.



Σχήμα 125 : Διακύμανση της θερμοκρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Βριλησίων – Αίθουσα [A1]

Δ.



Σχήμα 126: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δ. Βριλησίων

### 2.7.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ρυθμού ανανέωσης του εσωτερικού αέρα σε συγκεκριμένες αίθουσες του σχολικού κτιρίου παρουσιάζονται στον πίνακα 20:

*Πίνακας 20: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων*

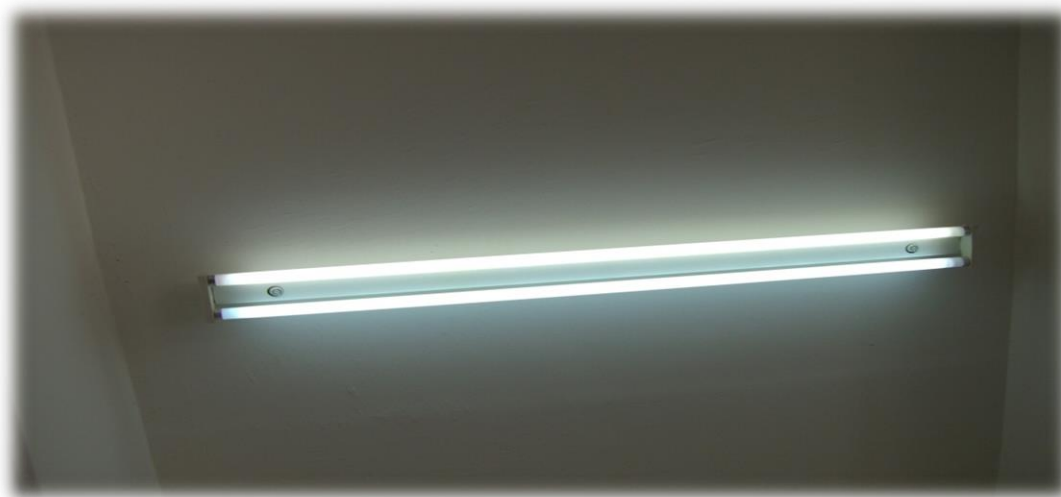
Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[B3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	3.31
[ΕΡΓ.ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ]	2 <sup>ος</sup> όροφος	3.80

Ο ρυθμός διείσδυσης του αέρα με κλειστά ανοίγματα υπολογίστηκε στις 3.31 και 3.80 αλλαγές αέρα ανά ώρα στις αίθουσες [B3] και στο Εργαστήριο Βιολογίας αντίστοιχα, του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου του σχολικού κτιρίου.



## 2.7.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Έγινε καταγραφή του προσωπικού, των ανοιγμάτων, των μηχανημάτων, των θερμαντικών σωμάτων και των φωτιστικών του σχολείου.



Πίνακας 21: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων

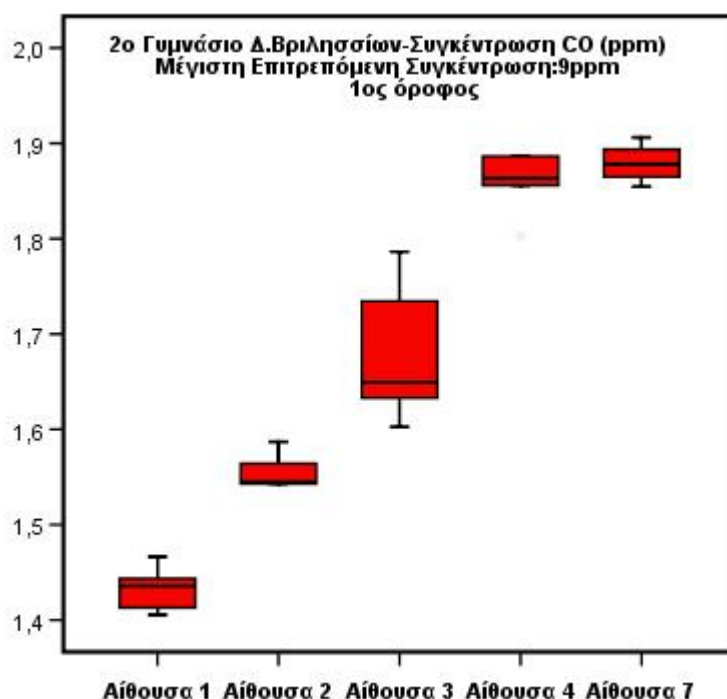
Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[Δ2]	Ισόγειο	26	2 ανοίγματα(κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα 8 φωτιστικά
[Γ4]	Ισόγειο	19	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	22	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	27	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	2	2 ανοίγματα (ανοιχτά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B4]	1 <sup>ος</sup> όροφος	25	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Πληροφορική]	2 <sup>ος</sup> όροφος	5	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	26	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Γ3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	22	2 ανοίγματα(κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Εργ.Βιολογίας]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά

## 2.8 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Δήμου Βριλησίων

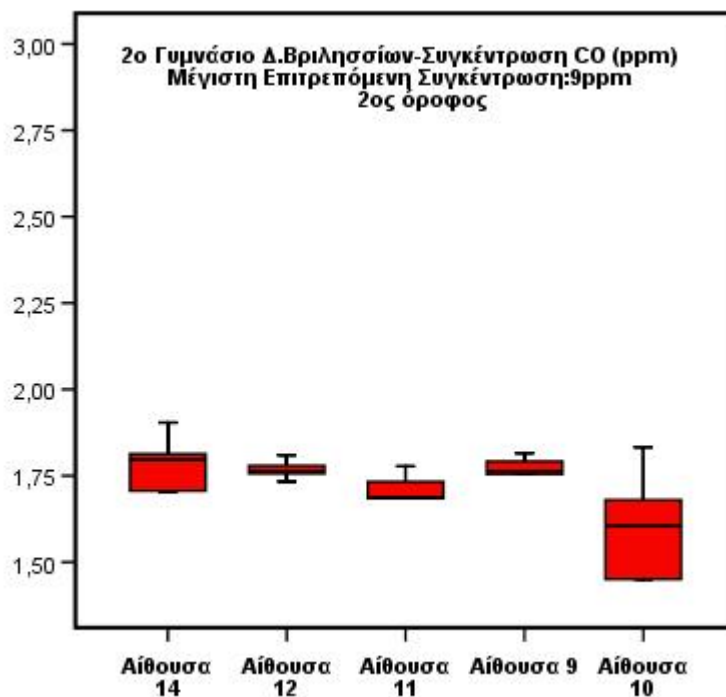
### 2.8.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.8.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Οι συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στις αίθουσες διδασκαλίας του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων παρουσιάζονται στα 2 επόμενα σχήματα. Σύμφωνα με αυτά, διαπιστώνεται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης CO βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και φυσικά δεν ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο των 9ppm. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές CO στις αίθουσες του 1<sup>ου</sup> ορόφου κυμαίνονται μεταξύ 1.4 – 1.9ppm, ενώ στον 2<sup>ο</sup> όροφο μεταξύ 1.5 – 1.8ppm. Η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται στην αίθουσα [7] και η χαμηλότερη στην αίθουσα [1] στον 1<sup>ο</sup> όροφο του σχολικού κτιρίου.

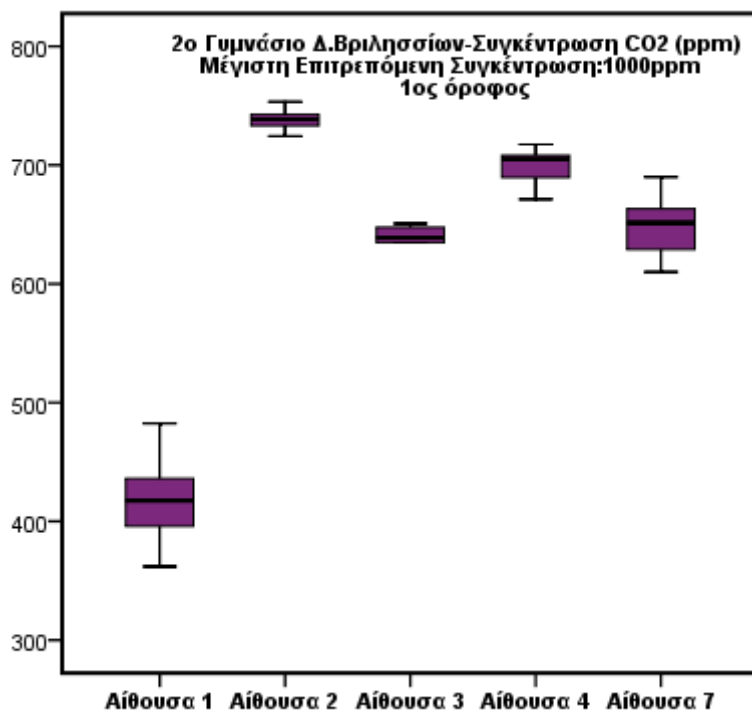


Σχήμα 127 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

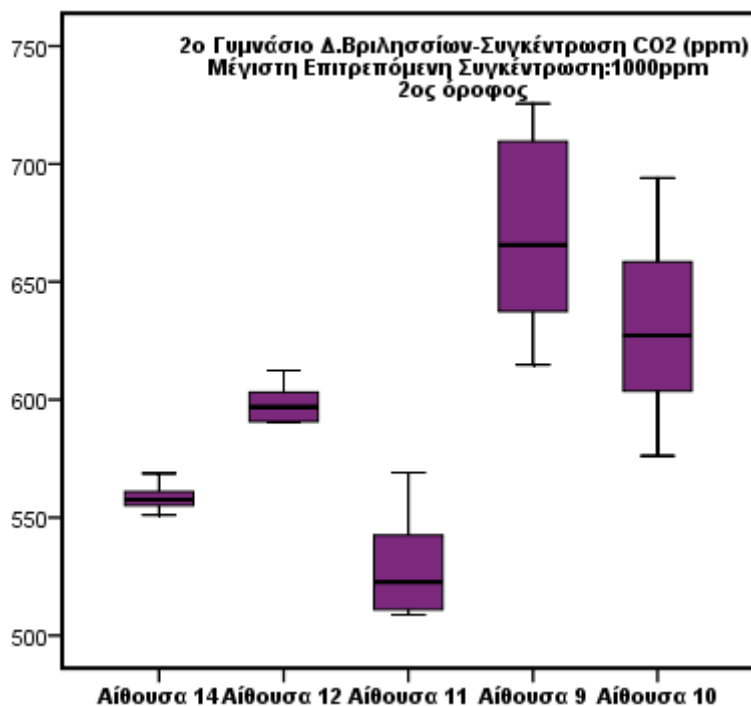


Σχήμα 128 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

### 2.8.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)



Σχήμα 129: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 130: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

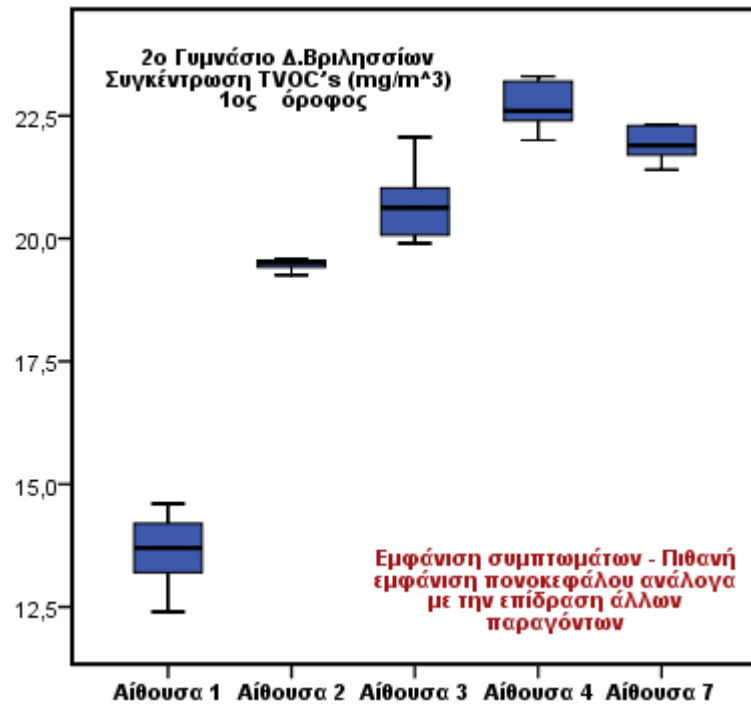
Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δήμου Βριλησίων, όπως παρατηρείται από τα παραπάνω σχήματα, κυμαίνεται μεταξύ 400ppm και 750ppm. Είναι χαμηλότερη από το επιτρεπτό όριο των 1000ppm σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας του σχολικού κτιρίου και γενικά βρίσκεται σε φυσιολογικά επίπεδα. Η υψηλότερη συγκέντρωση σημειώνεται στον 1<sup>ο</sup> όροφο στην αίθουσα [2].

### 2.8.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

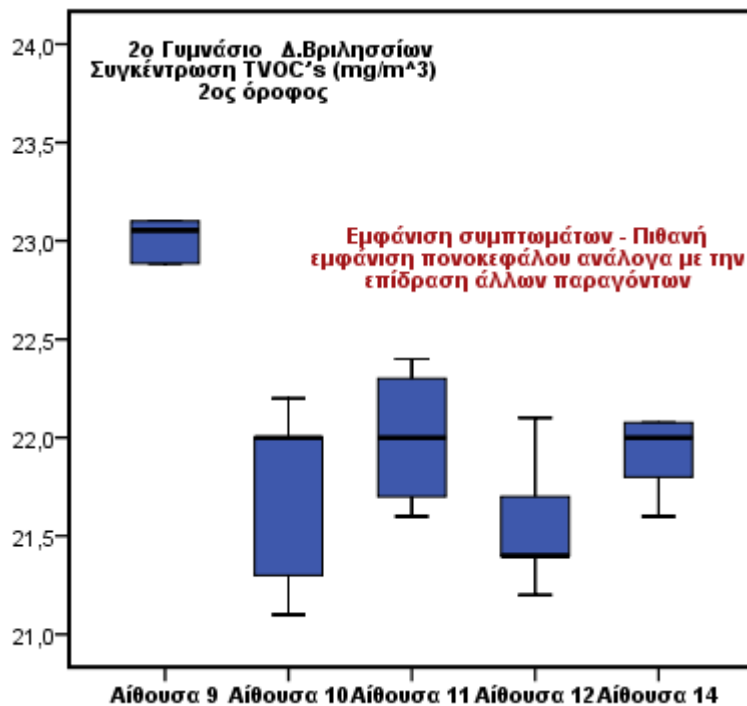
Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων που μετρήθηκαν κυμαίνονται μεταξύ 12.7 – 23.2mg/m<sup>3</sup> με την υψηλότερη τιμή στην αίθουσα [9] του 2<sup>ου</sup> ορόφου. Το φαινόμενο που δημιουργείται στις αίθουσες, οφείλεται κυρίως στη χρήση υλικών γραφής (όπως μαρκαδόροι, στυλό κλπ), αλλά πιθανώς και στα υλικά κατασκευής του κτιρίου. Σύμφωνα με μελέτες (C. Molhave L) οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση



συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων».



Σχήμα 131: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

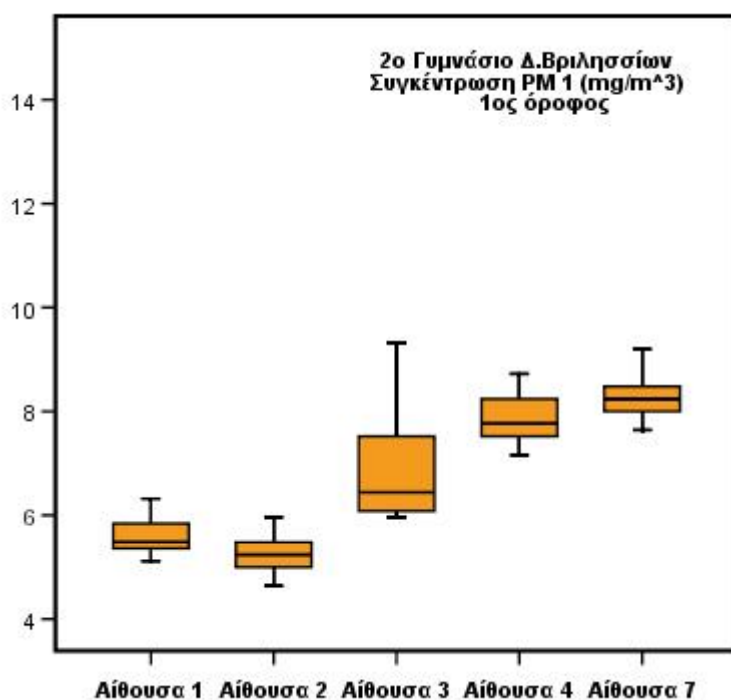


Σχήμα 132: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

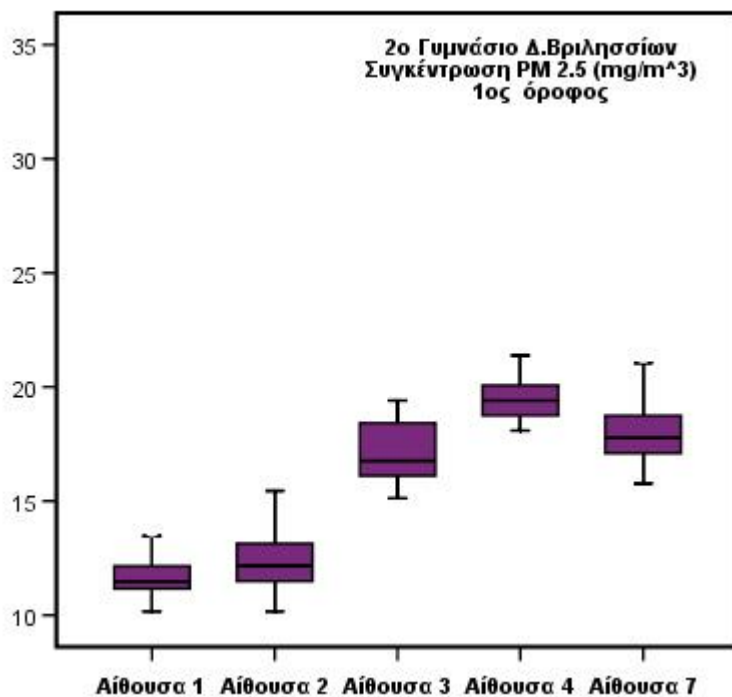
### 2.8.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

Όπως διαπιστώνεται, οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα από  $5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  έως και  $8.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [7] του 1<sup>ου</sup> ορόφου. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων  $PM_{2.5}$  δεν ξεπέρασαν το όριο των  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε καμία από τις αίθουσες διδασκαλίας, και κυμαίνονται και στους 2 ορόφους μεταξύ  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

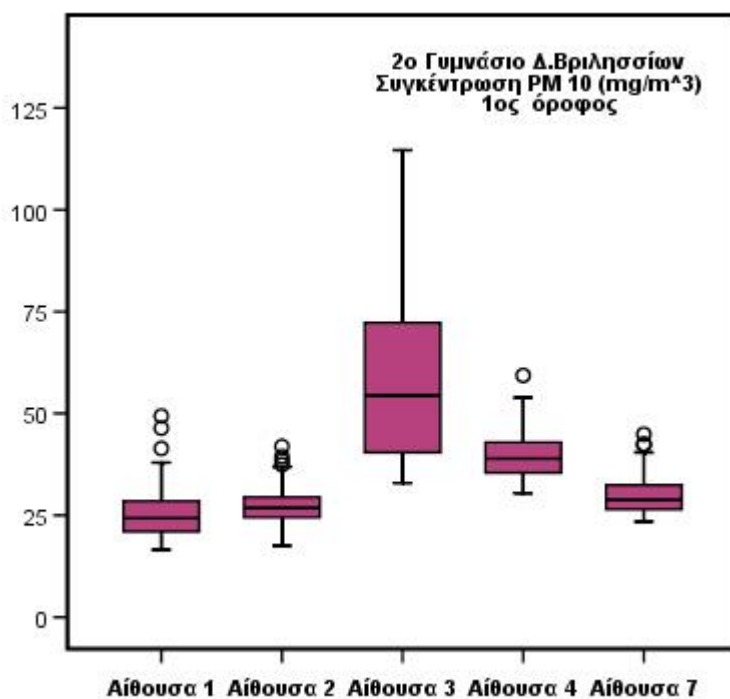
Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  είναι αυξημένη και φαίνεται να υπάρχει υπέρβαση του ορίου των  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  σε μία αίθουσα για κάθε όροφο. Στον 1<sup>ο</sup> όροφο αυτό συμβαίνει στην αίθουσα [3] και το 2<sup>ο</sup> στην αίθουσα [15]. Στις υπόλοιπες αίθουσες του κτιρίου οι τιμές των συγκεντρώσεων βρίσκονται σε χαμηλότερα επίπεδα και δεν ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια.



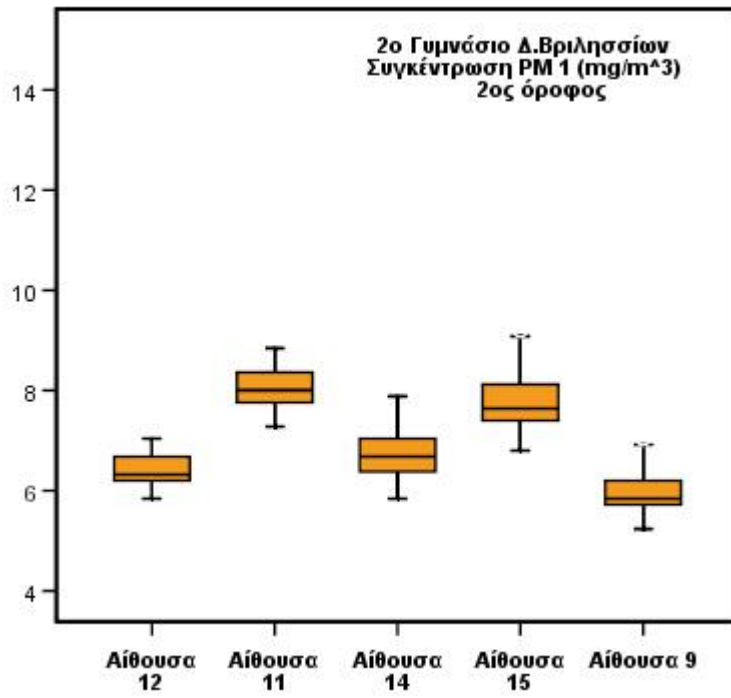
Σχήμα 133: Συγκέντρωση  $PM_1$  στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



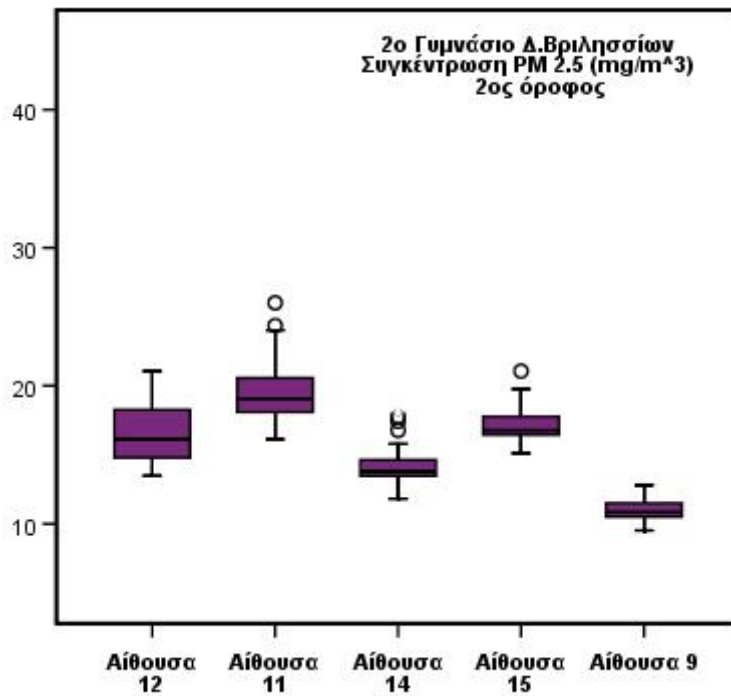
Σχήμα 134: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



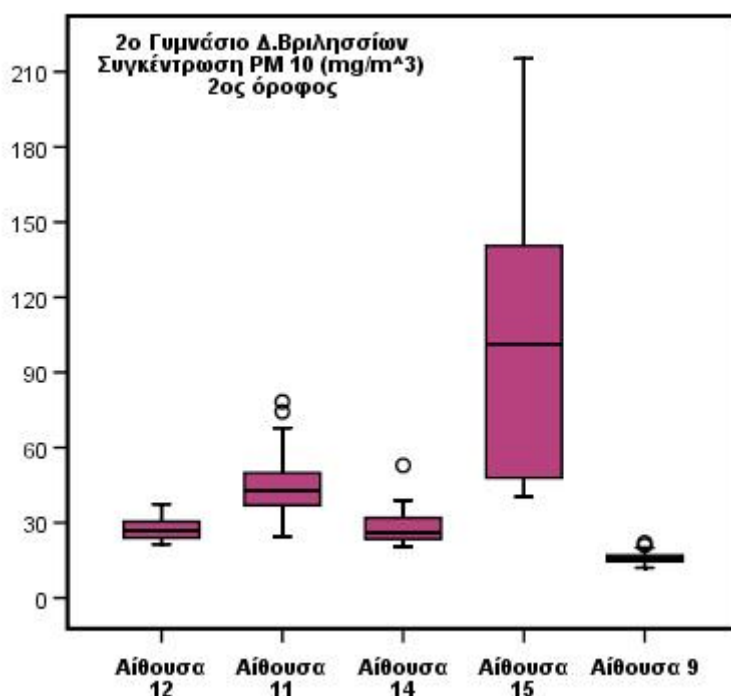
Σχήμα 135: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 136: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 137: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 138: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

## 2.8.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

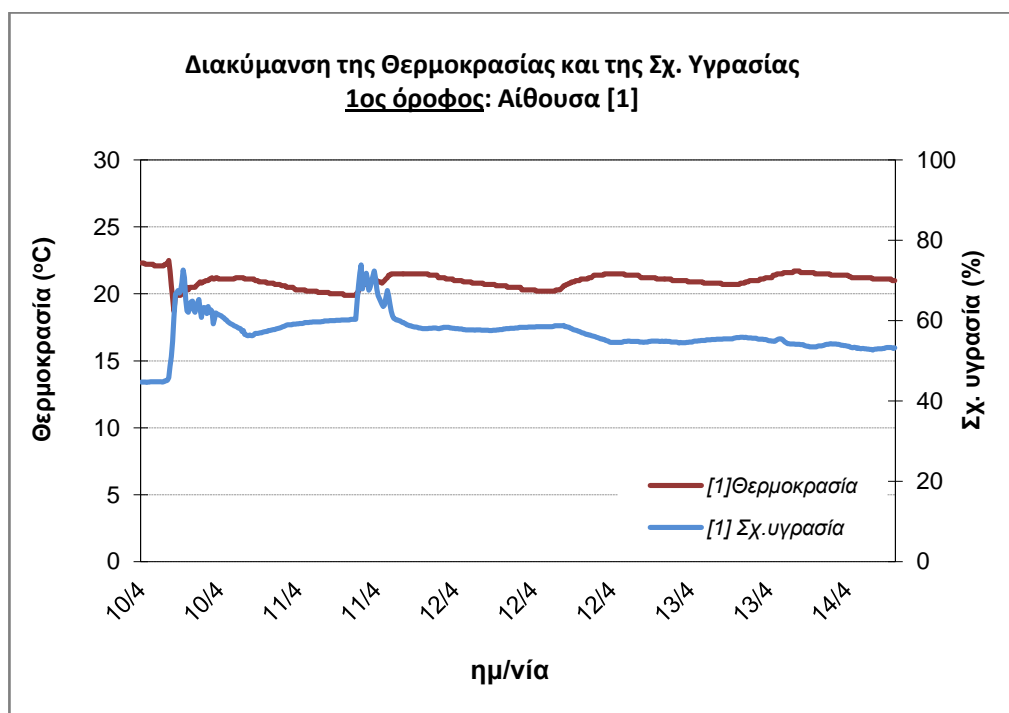
Σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα για τη χρονική περίοδο από 10/4/08 έως και 14/4/08.

Στον πίνακα 22 που ακολουθεί δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου. Στον ίδιο Πίνακα παρουσιάζονται επίσης οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος (10/4 - 14/4). Έτσι, διαπιστώνεται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 21.3 °C και 22.1°C, βρισκόμενη εντός των ορίων θερμικής άνεσης (άνετα), ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 22.3°C, δηλαδή σχεδόν ίδια με την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 52.7% έως 54.7%, με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι χαμηλότερη και ίση με 49.5%

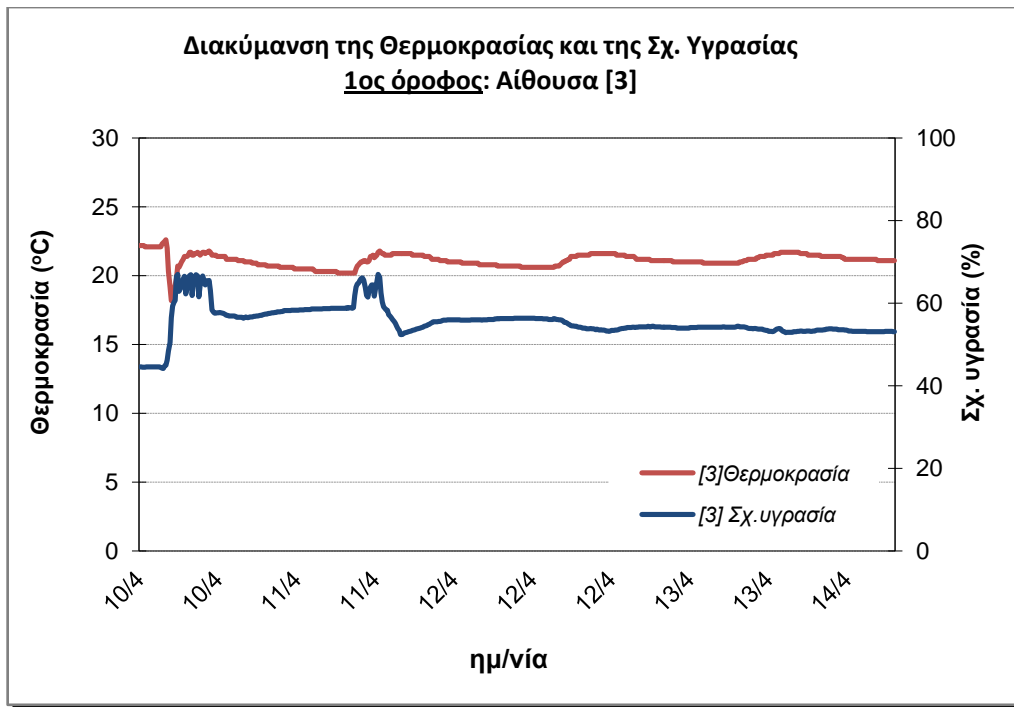
Πίνακας 22: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου (10/4 έως 14/4/2008)

Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[1]	21.3	55.2
Όροφος 1	[3]	21.3	54.0
Όροφος 1	[6]	21.9	52.7
Όροφος 2	[10]	21.6	53.3
Όροφος 2	[12]	21.6	54.7
Όροφος 2	[15]	22.1	52.9
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	22.3	49.5

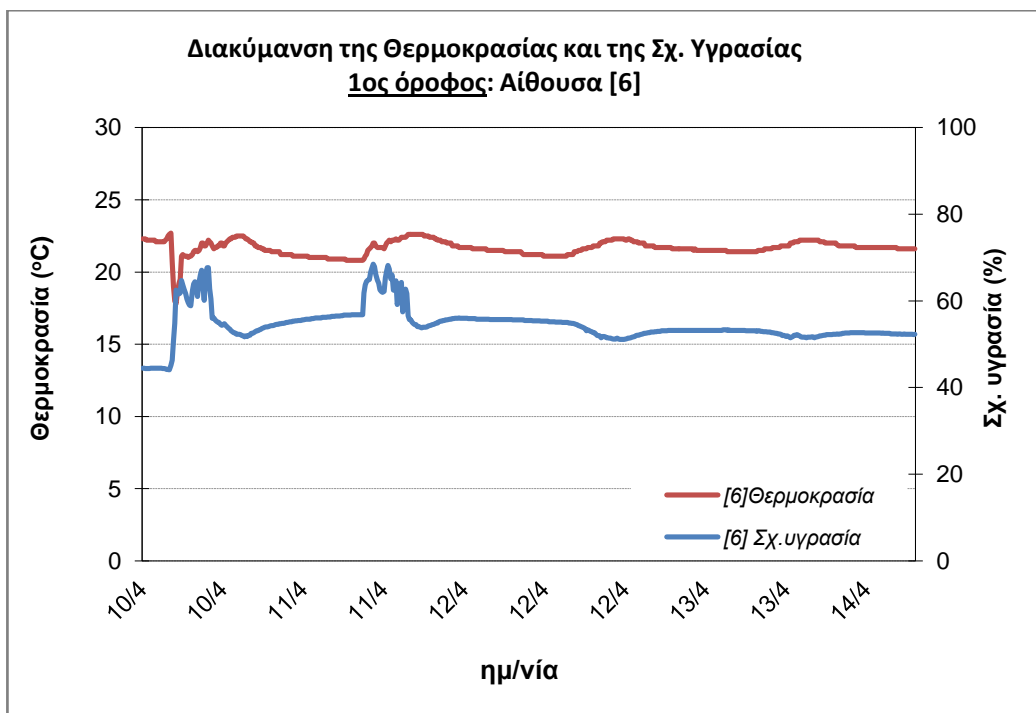
Στη συνέχεια παρουσιάζεται γραφικά η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε όροφο του σχολικού κτιρίου, καθώς και η μέση τιμή τους, σε σύγκριση πάντα με το εξωτερικό περιβάλλον.



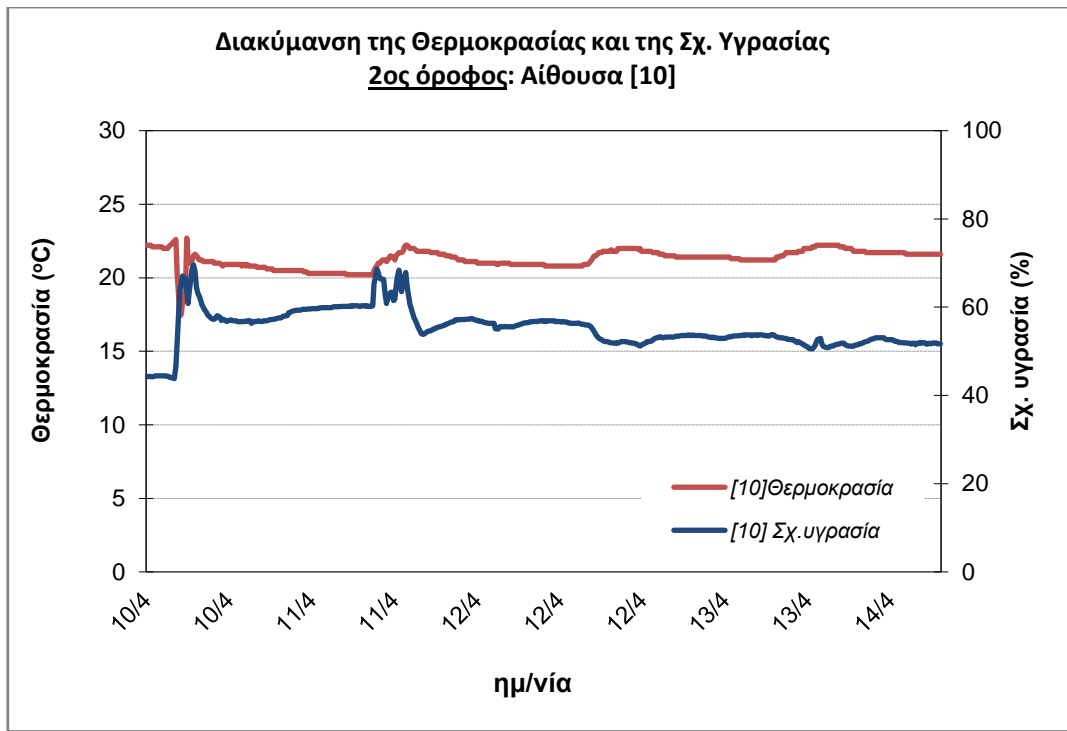
Σχήμα 139 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [1]



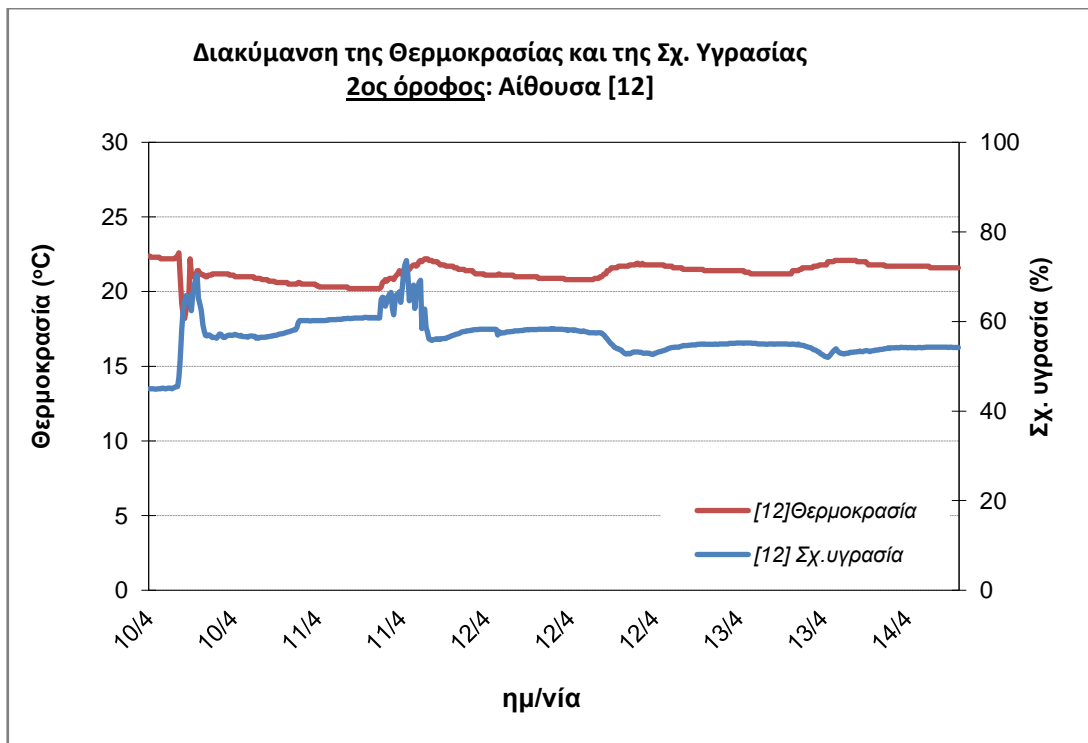
Σχήμα 140 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [3]



Σχήμα 141 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [6]

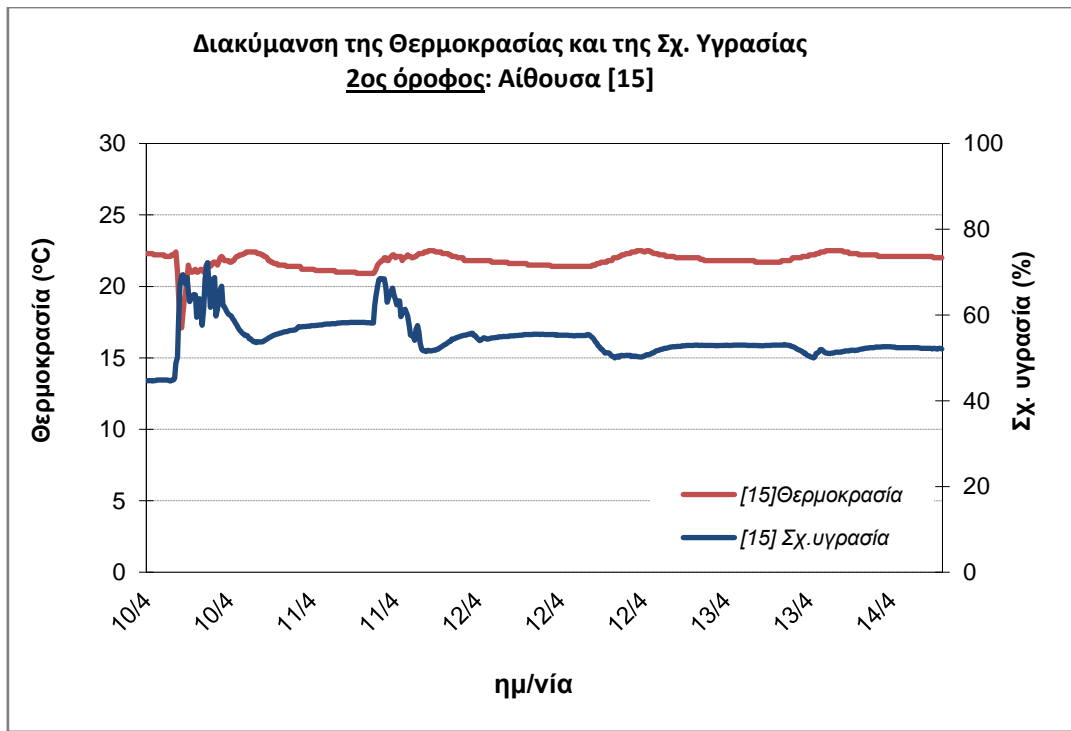


Σχήμα 142 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [10]

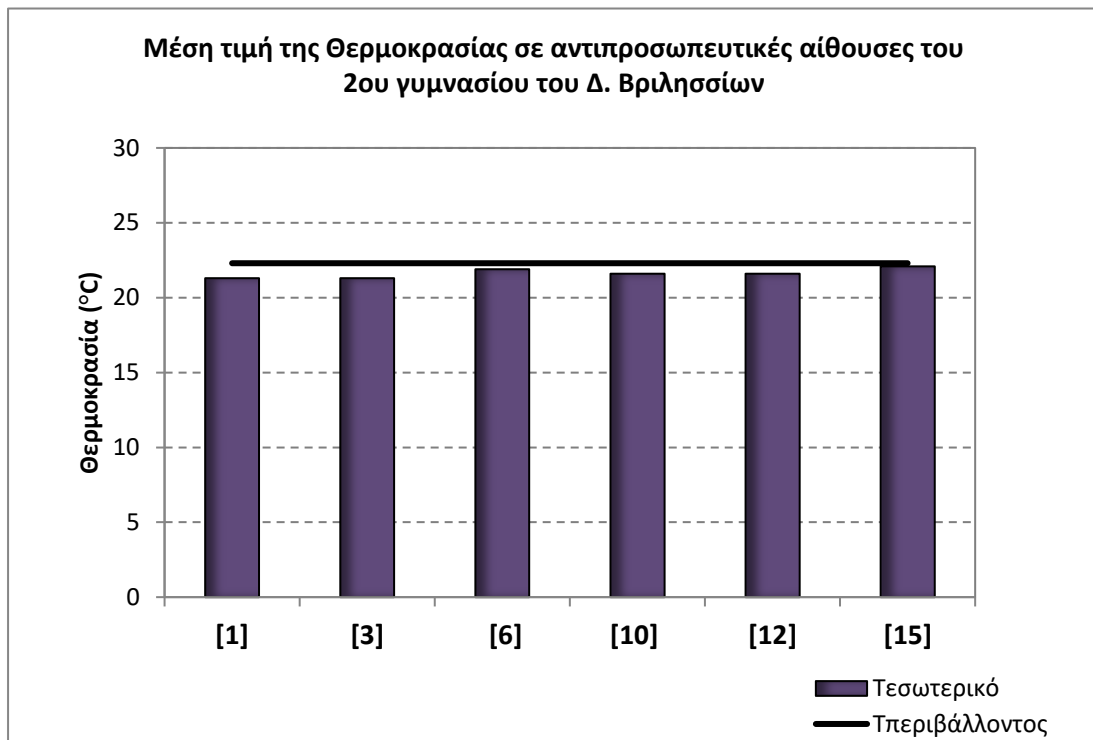


Σχήμα 143 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [12]

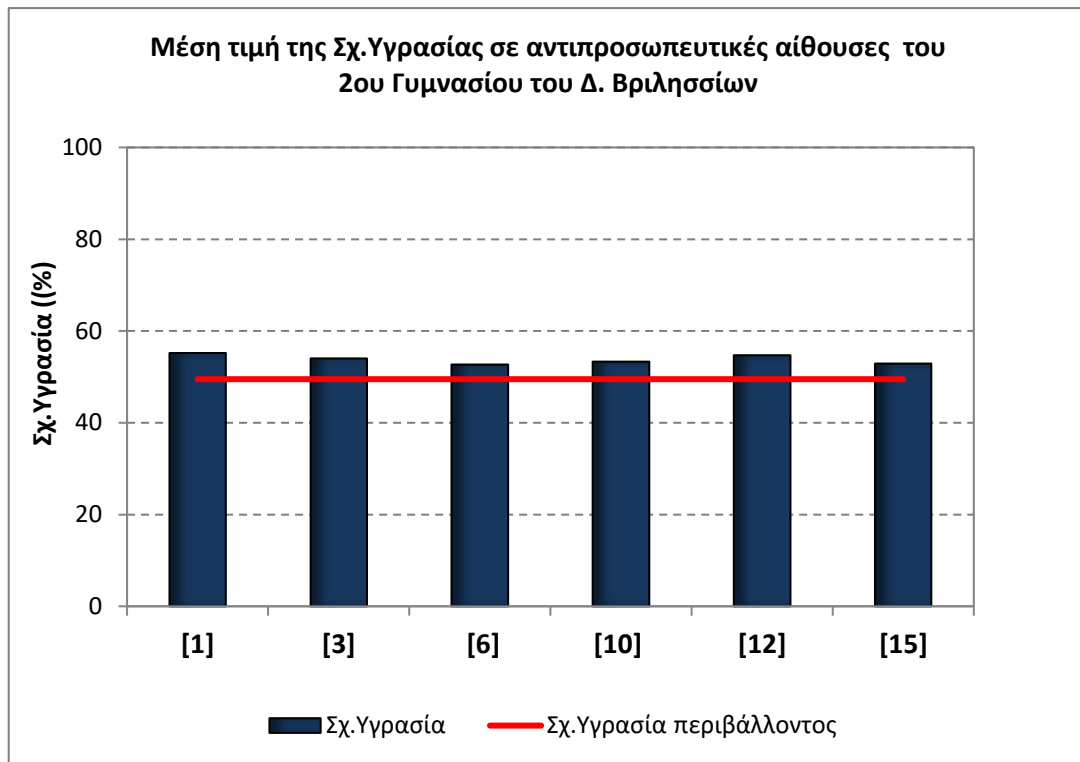




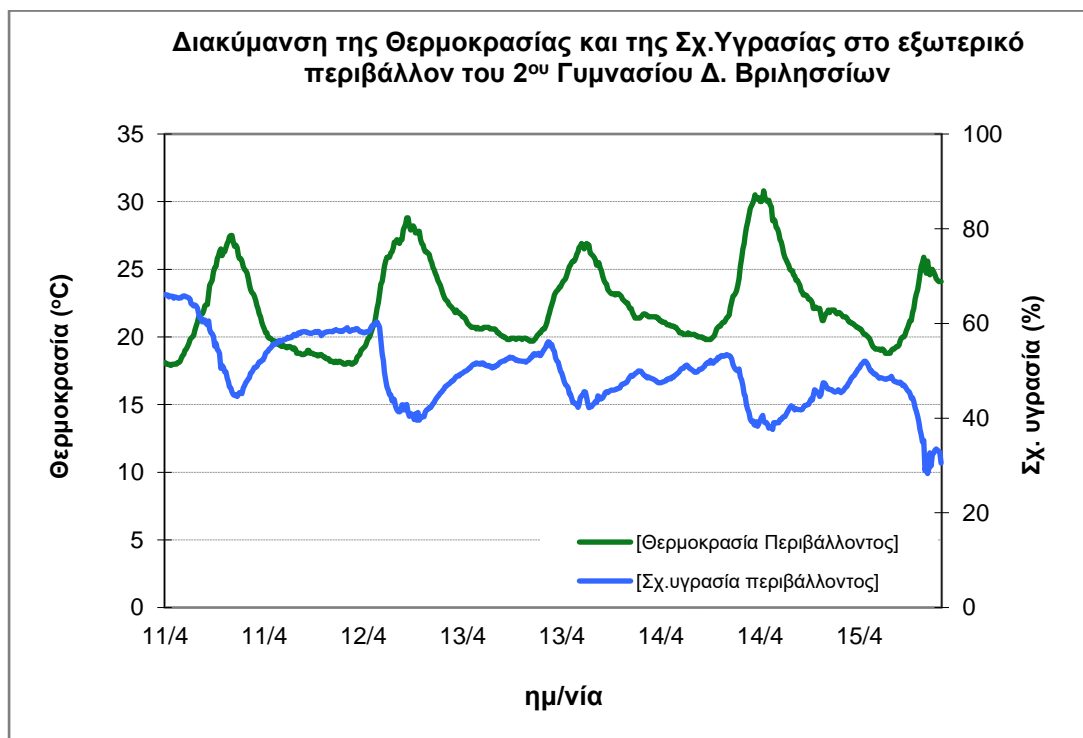
Σχήμα 144 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [15]



Σχήμα 145: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δ. Βριλησίων



Σχήμα 146: Τιμές της μέσης σχ. υγρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δ. Βριλησίων



Σχήμα 147 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων

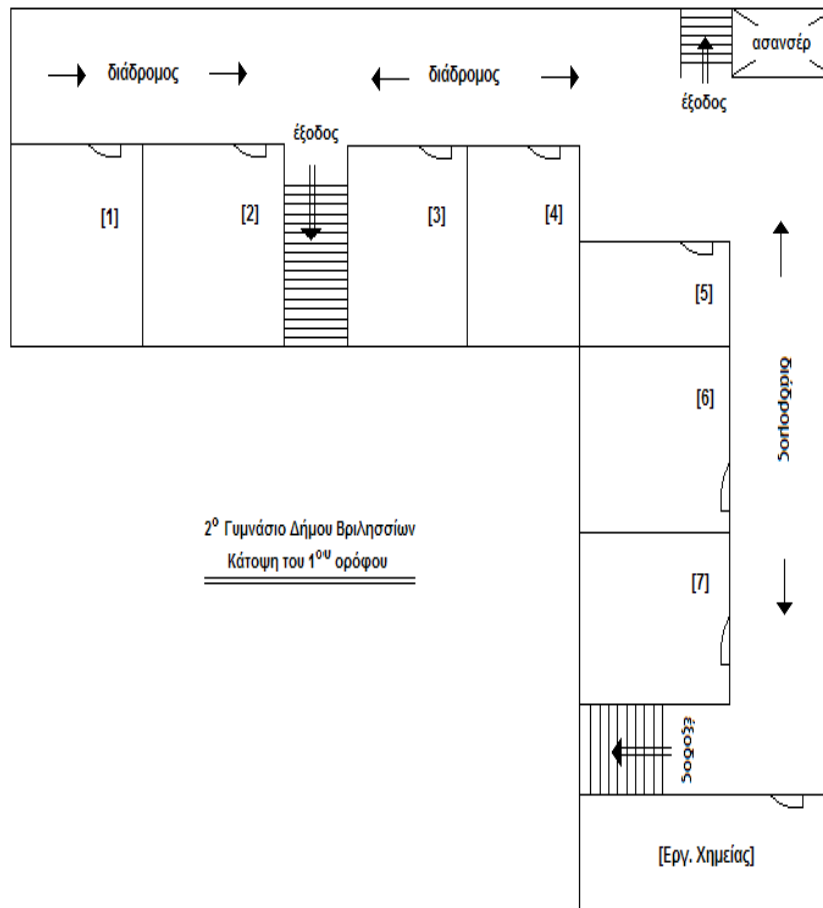
### 2.8.3 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

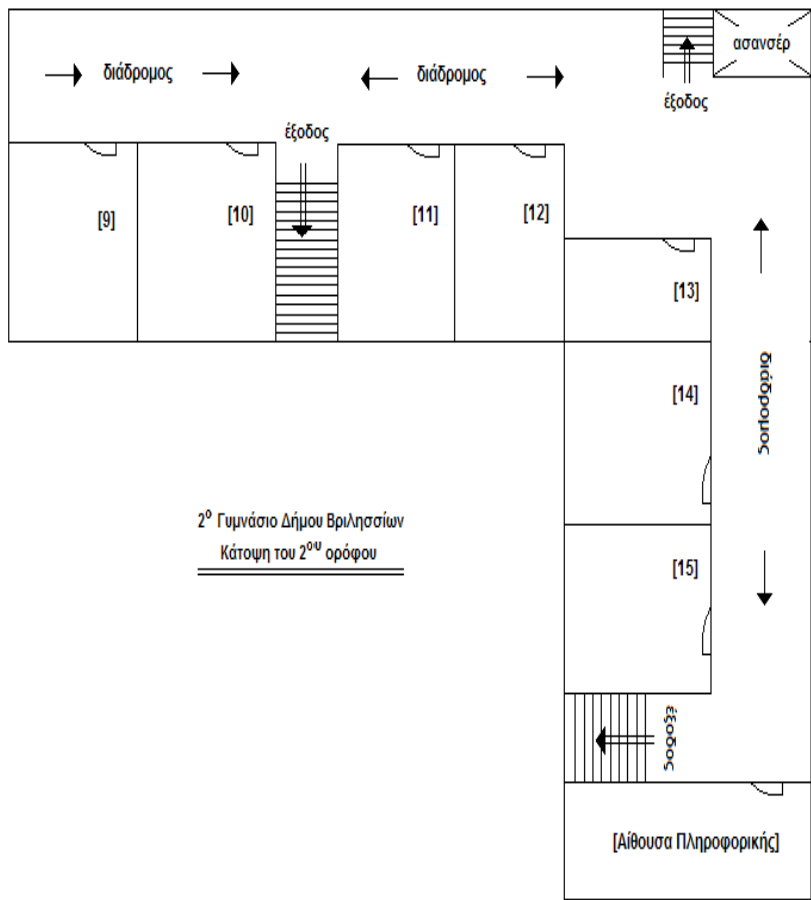
Σε όλους τους ορόφους του σχολικού κτιρίου έγινε καταμέτρηση του προσωπικού, των υπολογιστών καθώς και όλων των μηχανημάτων που υπάρχουν στους κύριους χώρους των αιθουσών διδασκαλίας. Επίσης, έγινε καταγραφή των φωτιστικών και των θερμαντικών σωμάτων. Στον πίνακα 23 δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανά όροφο και αίθουσα του σχολείου:

*Πίνακας 23: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων*

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα(κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα 9 φωτιστικά
[2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	25	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	27	4 ανοίγματα (2 ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[4]	1 <sup>ος</sup> όροφος	27	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[7]	1 <sup>ος</sup> όροφος	3	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[14]	2 <sup>ος</sup> όροφος	23	4 ανοίγματα (3 ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[12]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[11]	2 <sup>ος</sup> όροφος	25	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[9]	2 <sup>ος</sup> όροφος	23	4 ανοίγματα(1 ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[10]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά

*Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 2<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δήμου Βριλησίων*



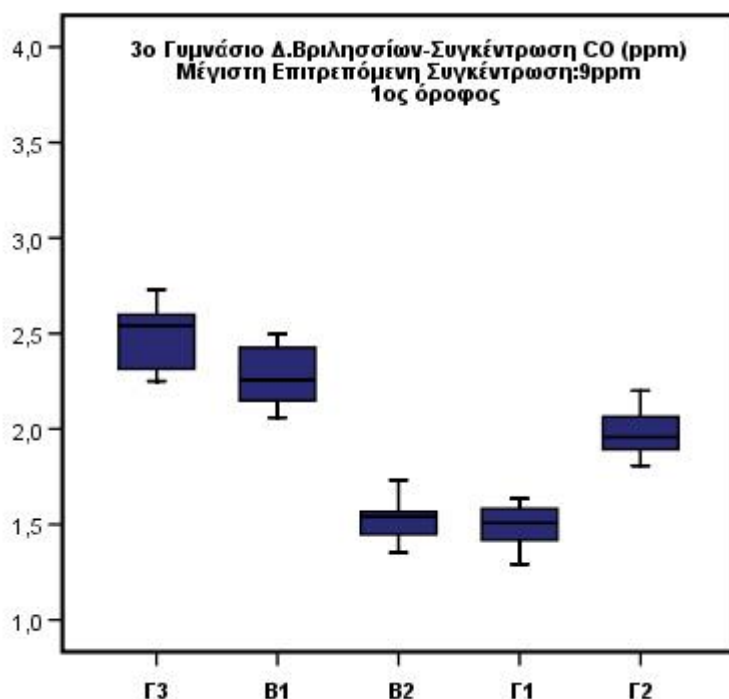


## 2.9 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Δήμου Βριλησίων

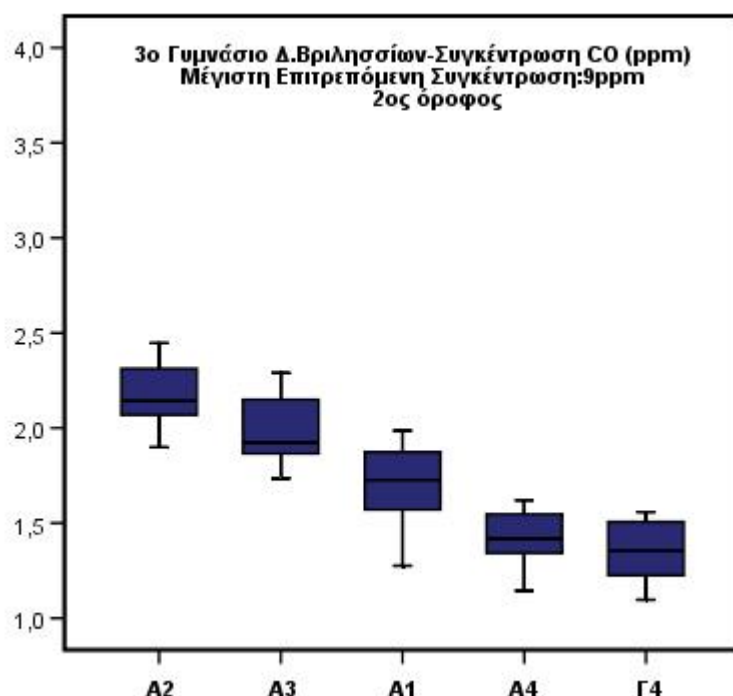
### 2.9.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.9.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων δίνεται στα σχήματα 148 και 149. Έτσι, διαπιστώνεται ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κυμαίνονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των 9ppm που έχει ορίσει η ASHRAE και η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούνται τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1.5 – 2.6ppm στον 1<sup>ο</sup> όροφο και μεταξύ 1.3 – 2.2ppm στον 2<sup>ο</sup> όροφο.



Σχήμα 148 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

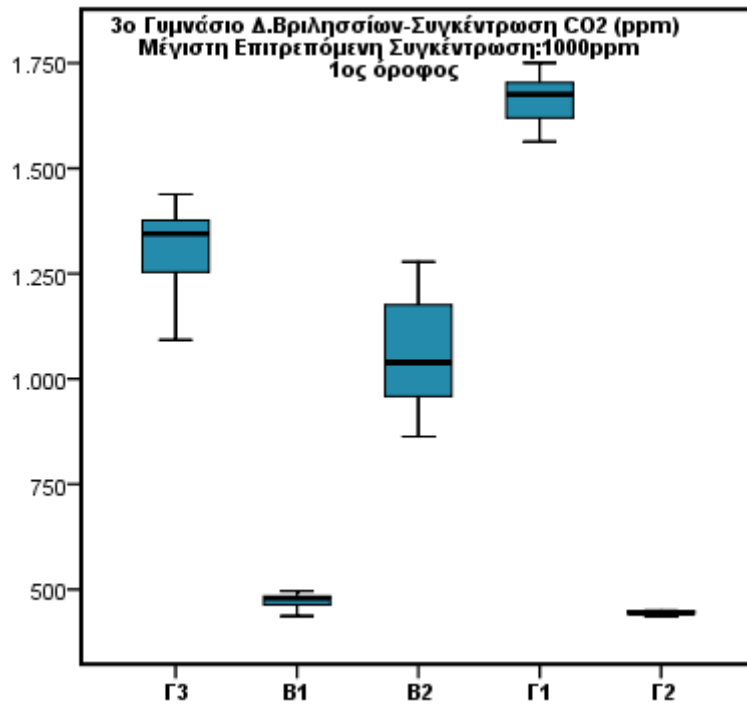


Σχήμα 149 : Συγκέντρωση CO (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

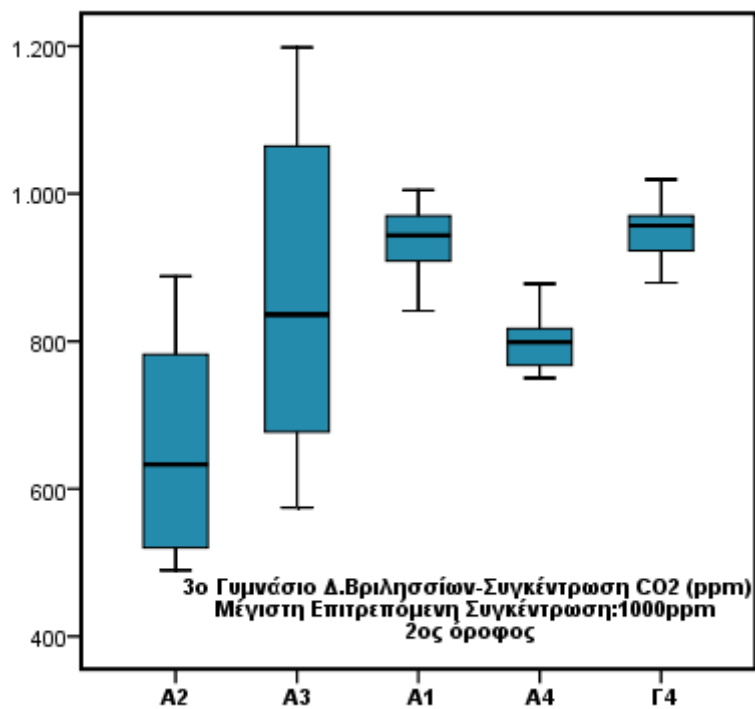
### 2.9.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στο 3ο Γυμνάσιο υπερβαίνουν το επιτρεπτό όριο των 1000 ppm σε ορισμένες από τις αίθουσες διδασκαλίας. Αυτές οι αίθουσες είναι οι [Γ3] και [Γ1] στον 1<sup>ο</sup> όροφο και οριακά η [A3] στο 2<sup>ο</sup> όροφο του σχολικού κτιρίου, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [Γ1] του 2<sup>ου</sup> ορόφου γύρω στα 1650ppm. Συγκεκριμένα η τιμή της συγκέντρωσης κυμαίνεται από 450ppm έως 1650ppm στον 1<sup>ο</sup> όροφο και από 530ppm έως 1070ppm στον 2<sup>ο</sup> όροφο. Οι υπερβάσεις οφείλονται σε ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Για το λόγο αυτό, συνιστάται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος.

Η μετρηθείσα συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων, παριστάνεται στα ακόλουθα σχήματα:



Σχήμα 150: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

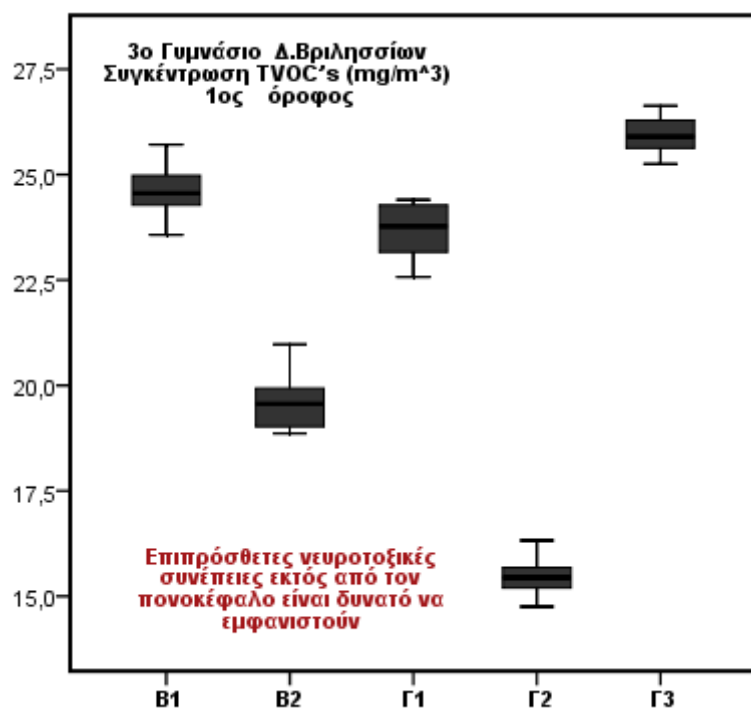


Σχήμα 151: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

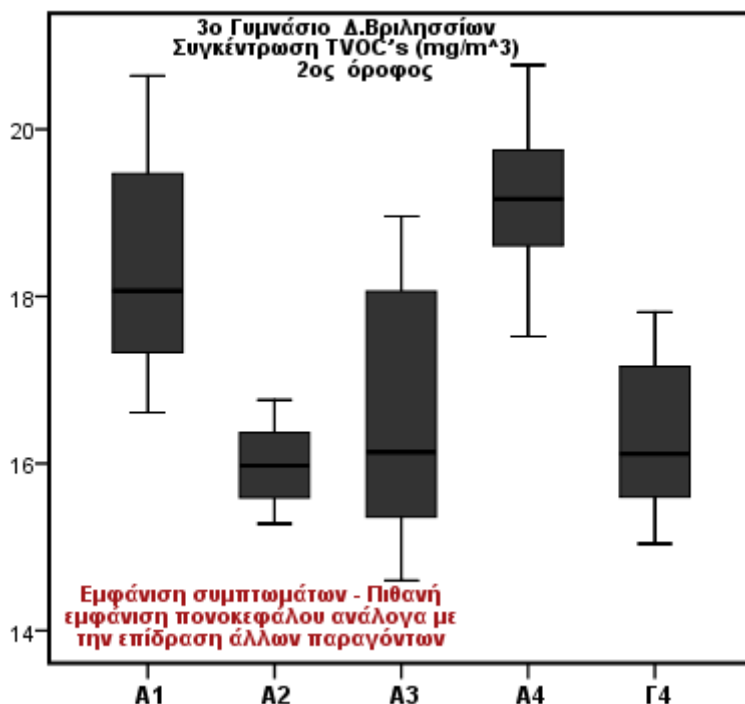


### 2.9.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) απεικονίζονται στα ακόλουθα σχήματα. Έτσι, παρατηρείται ότι σε όλες τις αίθουσες του σχολικού κτιρίου οι τιμές τους κυμαίνονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα στον 1<sup>ο</sup> όροφο τα επίπεδα συγκέντρωσης κυμαίνονται μεταξύ 16.2 – 26.5mg/m<sup>3</sup> και κατατάσσονται στη ζώνη όπου «επιπρόσθετες νευροτοξικές συνέπειες εκτός από τον πονοκέφαλο είναι δυνατό να εμφανιστούν». Στο 2<sup>ο</sup> όροφο οι τιμές των συγκεντρώσεων κυμαίνονται σε λίγο χαμηλότερα επίπεδα από τον 1<sup>ο</sup> δηλαδή μεταξύ 15.7 – 19.6mg/m<sup>3</sup>. Επομένως είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων». οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις αίθουσες [B1] και [Γ3], γεγονός που οφείλεται κυρίως στην παρουσία χημικών υλικών όπως τα είδη γραφείου αλλά και σε άλλους παράγοντες όπως τα δομικά υλικά κατασκευής του κτιρίου.



Σχήμα 152: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

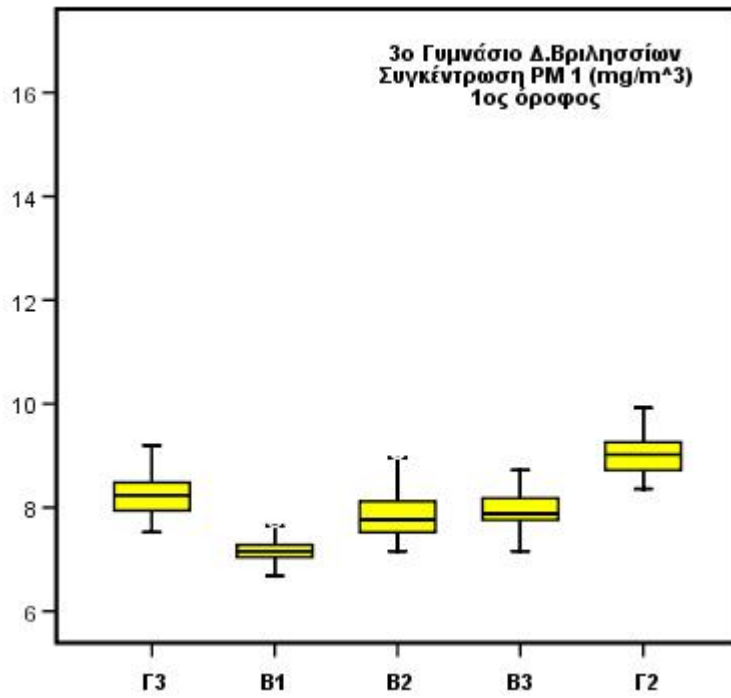


Σχήμα 153: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

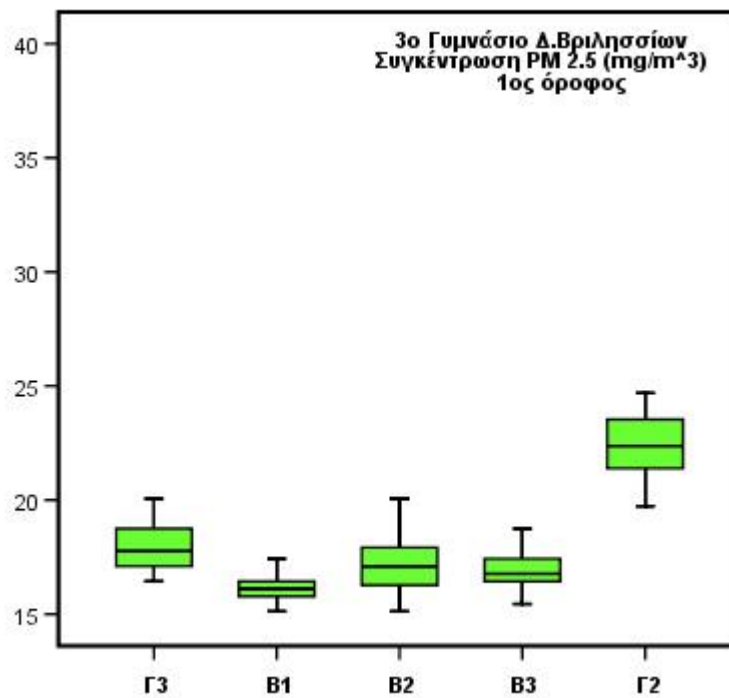
#### 2.9.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

Οι συγκεντρώσεις PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub>, σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων παρουσιάζονται στα σχήματα 151 έως 155 που ακολουθούν.

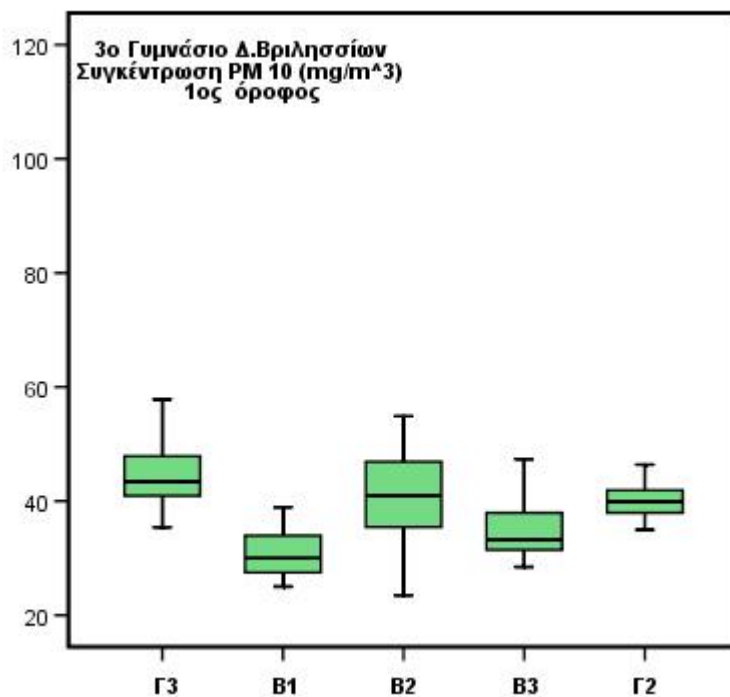
Έτσι, παρατηρείται ότι οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>1</sub> βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα από 7μg/m<sup>3</sup> μέχρι 13.4μg/m<sup>3</sup>. Η υψηλότερη συγκέντρωση PM<sub>1</sub> παρατηρήθηκε στη αίθουσα [A1] στο 2<sup>ο</sup> όροφο του σχολικού κτιρίου. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> δεν ξεπέρασαν το όριο των 25μg/m<sup>3</sup> σε καμία αίθουσα διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> ορόφου και κυμαίνονται από 16.2 έως 22.3 μg/m<sup>3</sup>. Η υψηλότερη συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στον 1<sup>ο</sup> όροφο, παρατηρήθηκε στην αίθουσα [Γ2]. Αντίθετα, στο 2<sup>ο</sup> όροφο τα επίπεδα συγκέντρωσης PM<sub>2.5</sub> έχουν υπερβεί το επιτρεπτό όριο των 25μg/m<sup>3</sup> στις αίθουσες [A1], [A2] και [A3] με υψηλότερη τιμή 50μg/m<sup>3</sup> στην [A3]. Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> κυμάνθηκαν μεταξύ 30 – 62μg/m<sup>3</sup> και ξεπέρασαν το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 50μg/m<sup>3</sup> που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα όριο στις ίδιες αίθουσες διδασκαλίας [A1], [A2] και [A3]. Στις υπόλοιπες αίθουσες βρέθηκαν σε πιο χαμηλά επίπεδα.



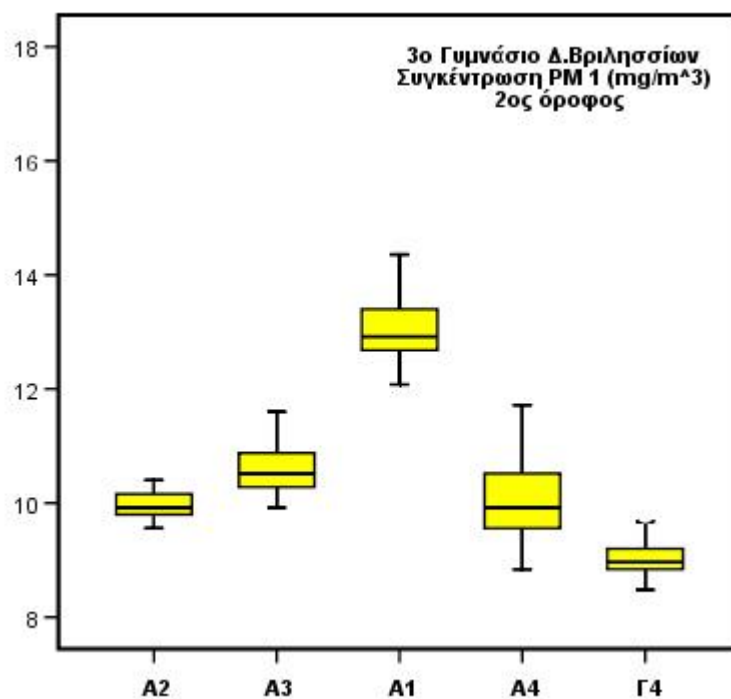
Σχήμα 154: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



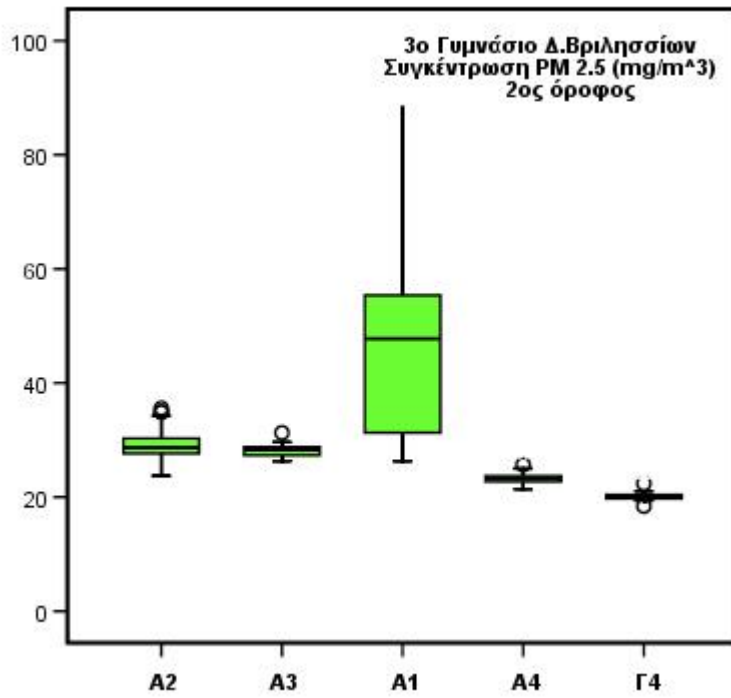
Σχήμα 155: Συγκέντρωση PM<sub>2,5</sub> στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



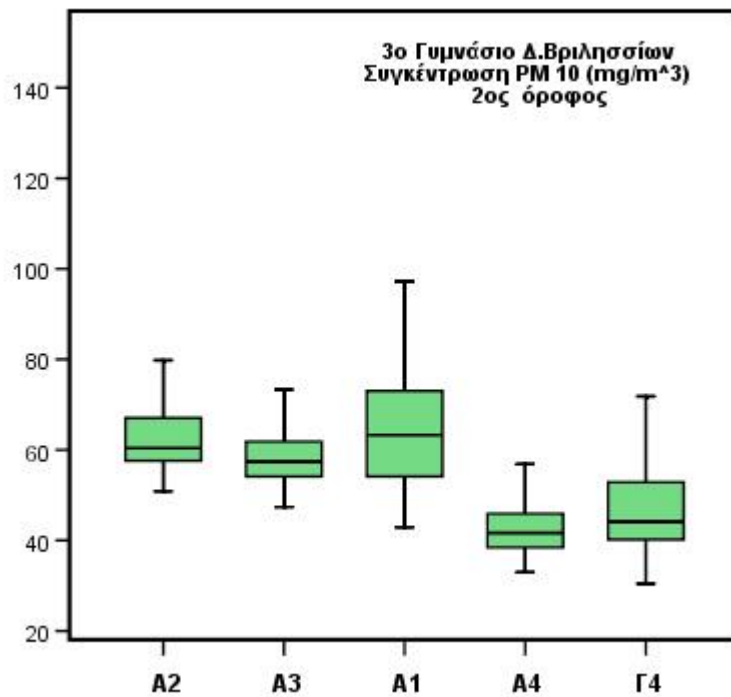
Σχήμα 156: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



Σχήμα 157: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 158: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 159: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

## 2.9.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

Στο σχολικό κτίριο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα. Η μέτρησή τους έγινε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 11/4/08 έως 15/4/08.

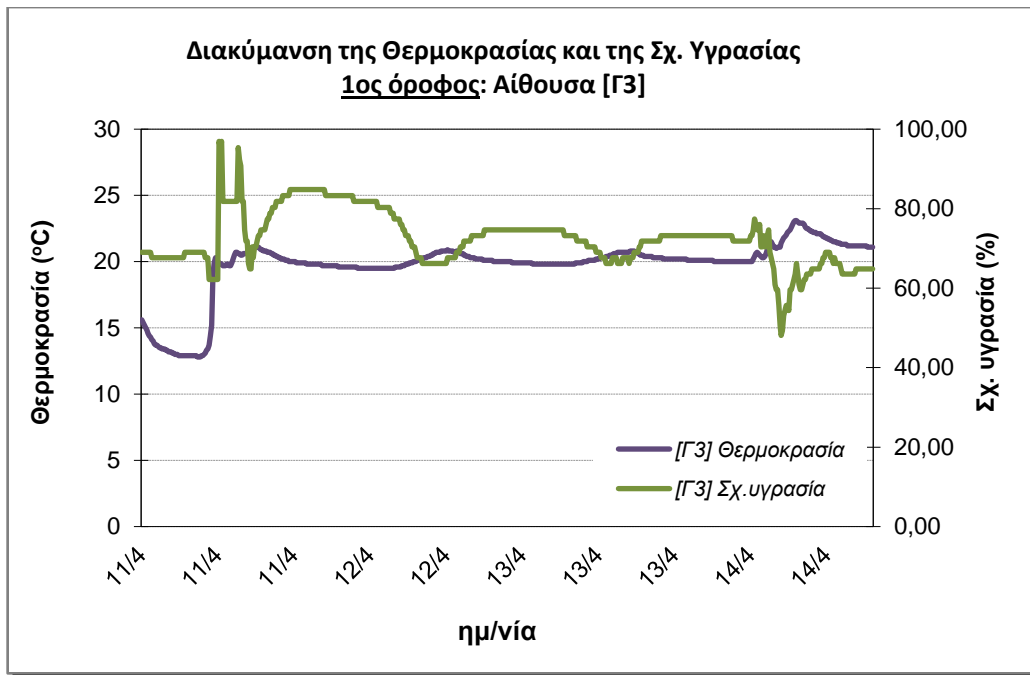
Η μέση θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

*Πίνακας 24: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου (11/4 έως 15/4/2008)*

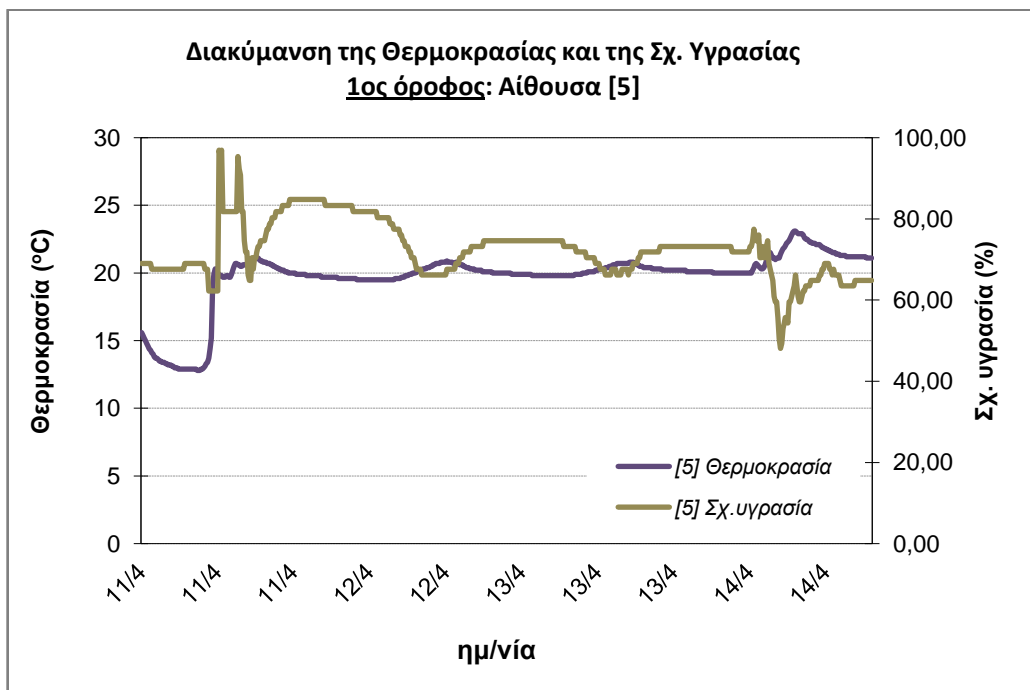
Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[Γ3]	20.2	40.0
Όροφος 1	[5]	19.8	61.0
Όροφος 1	[B1]	20.2	37.9
Όροφος 2	[A2]	20.2	61.7
Όροφος 2	[Γ4]	20.7	62.0
Όροφος 2	[A4]	19.3	56.5
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	22.3	49.5

Για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, επειδή υπήρξε κάποιο πρόβλημα με τις μετρήσεις, έγινε επιλογή των παραμέτρων αυτών από το σχολείο που βρίσκεται πιο κοντά στη χρονική περίοδο που έλαβαν χώρα οι μετρήσεις και τοπογραφικά με το 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο(είναι το 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο). Έτσι, θεωρείται ότι η θερμοκρασία στο εξωτερικό περιβάλλον του σχολείου είναι 22.3°C και η σχετική υγρασία 49.5%.

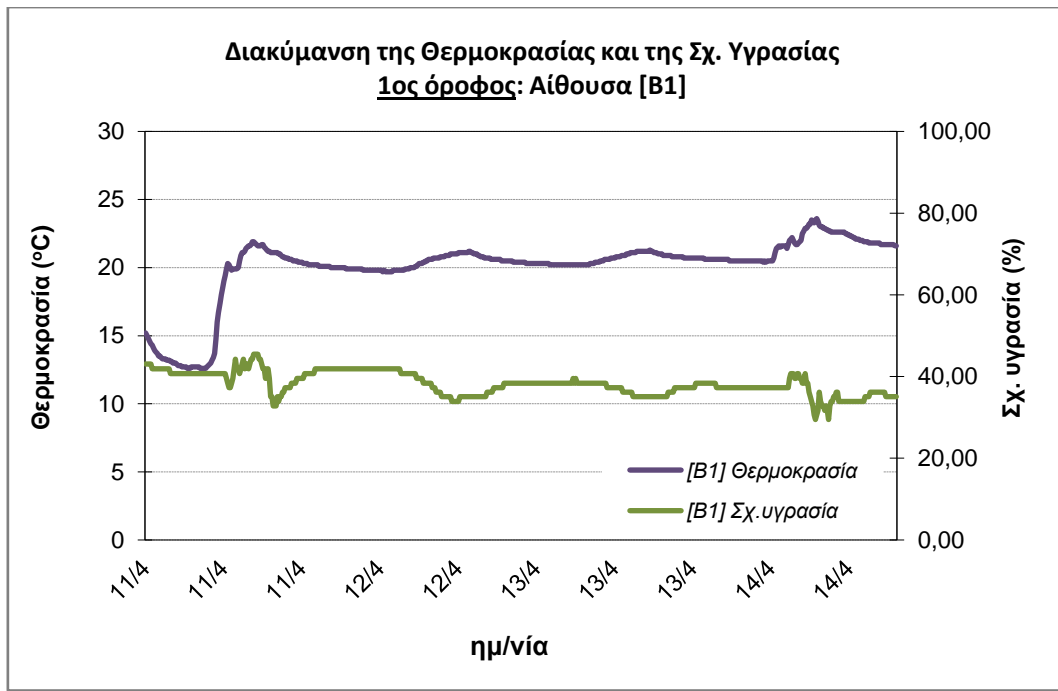
Η θερμοκρασία του αέρα και η σχετική υγρασία στις αίθουσες διδασκαλίας κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Συγκεκριμένα, η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 19.3 – 20.7°C και η σχετική υγρασία έχει κύμανση 37.9 – 62.0%, δηλαδή υπάρχει θερμική άνεση μέσα στο κτίριο.



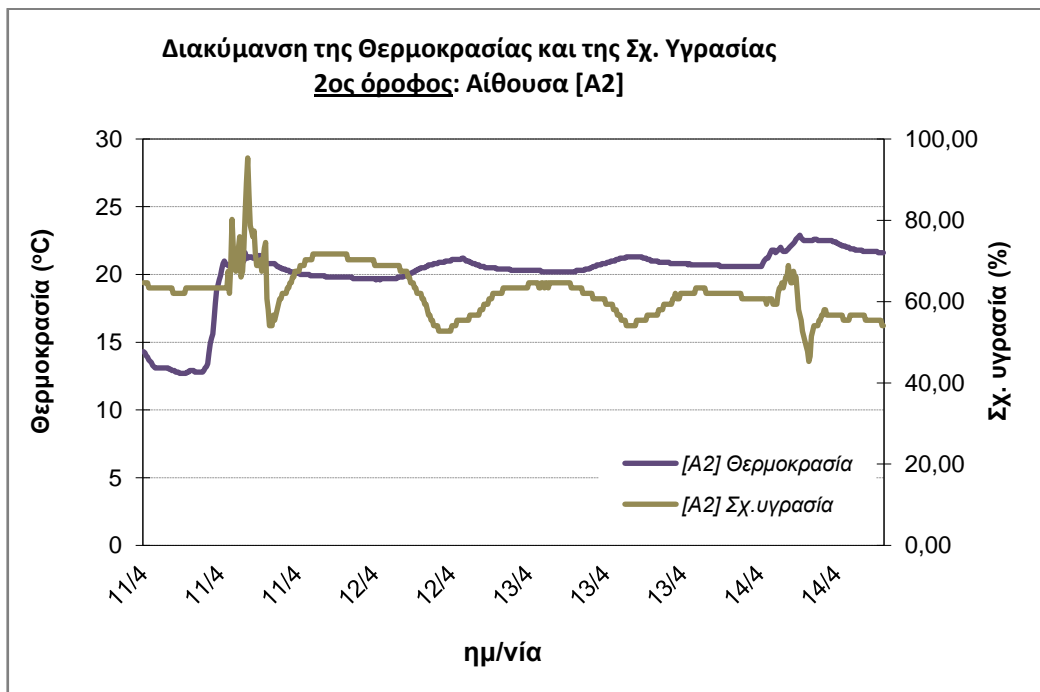
Σχήμα 160 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησσιών – Αίθουσα [Γ3]



Σχήμα 161 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησσιών – Αίθουσα [5]

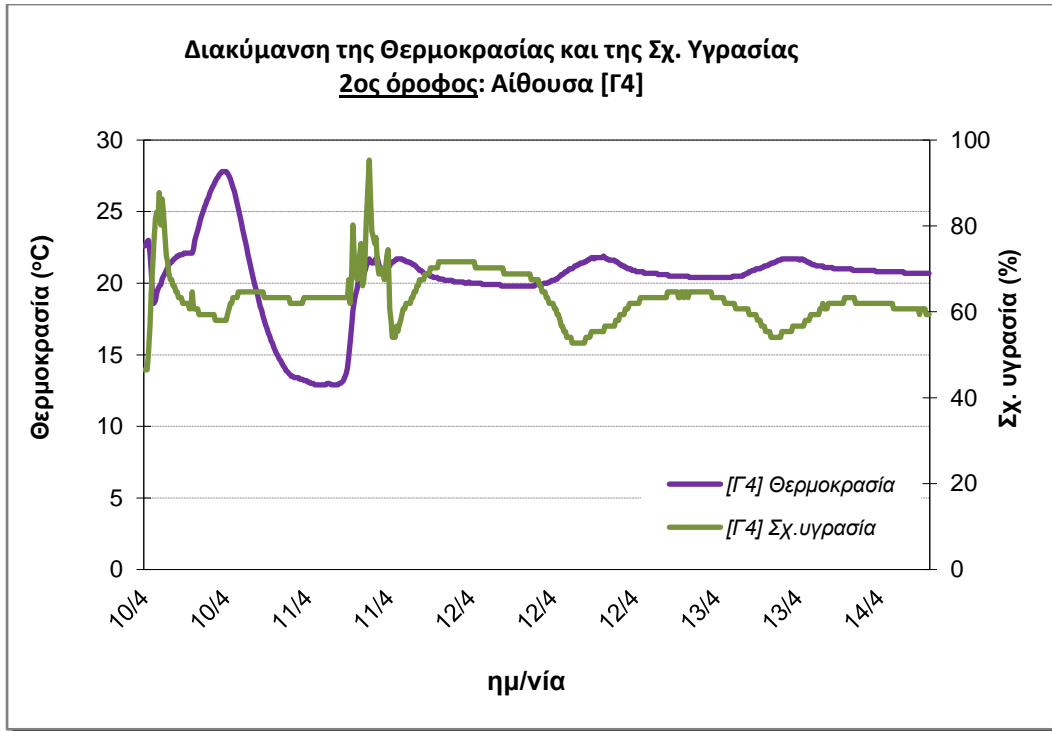


Σχήμα 162 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B1]

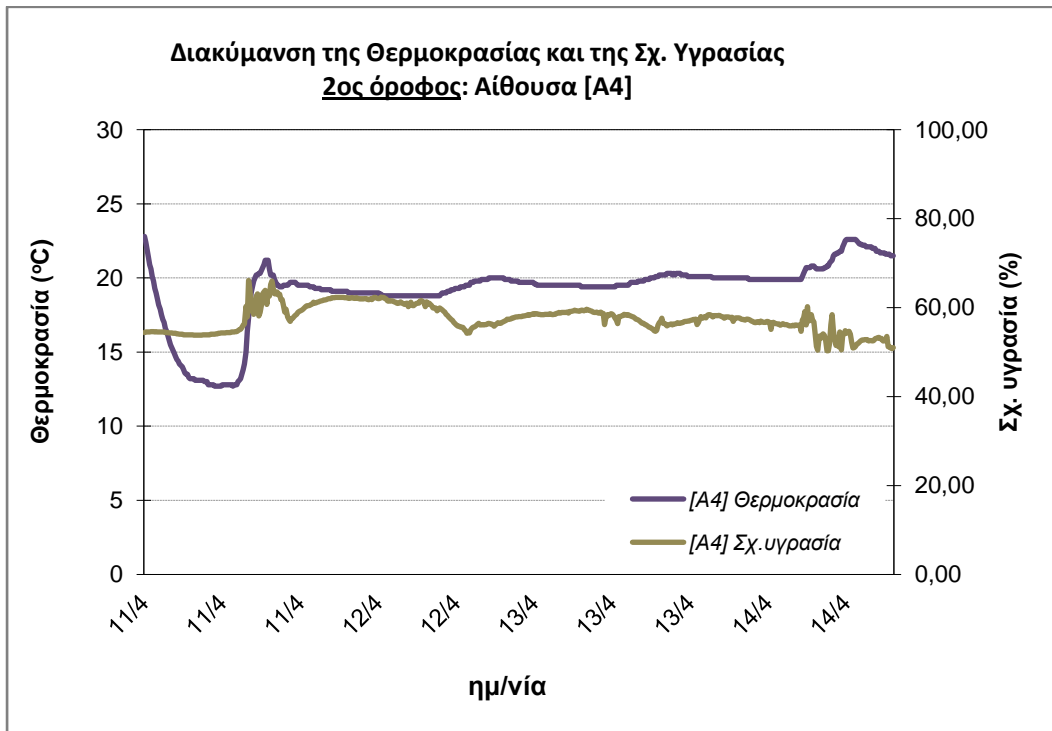


Σχήμα 163 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A2]

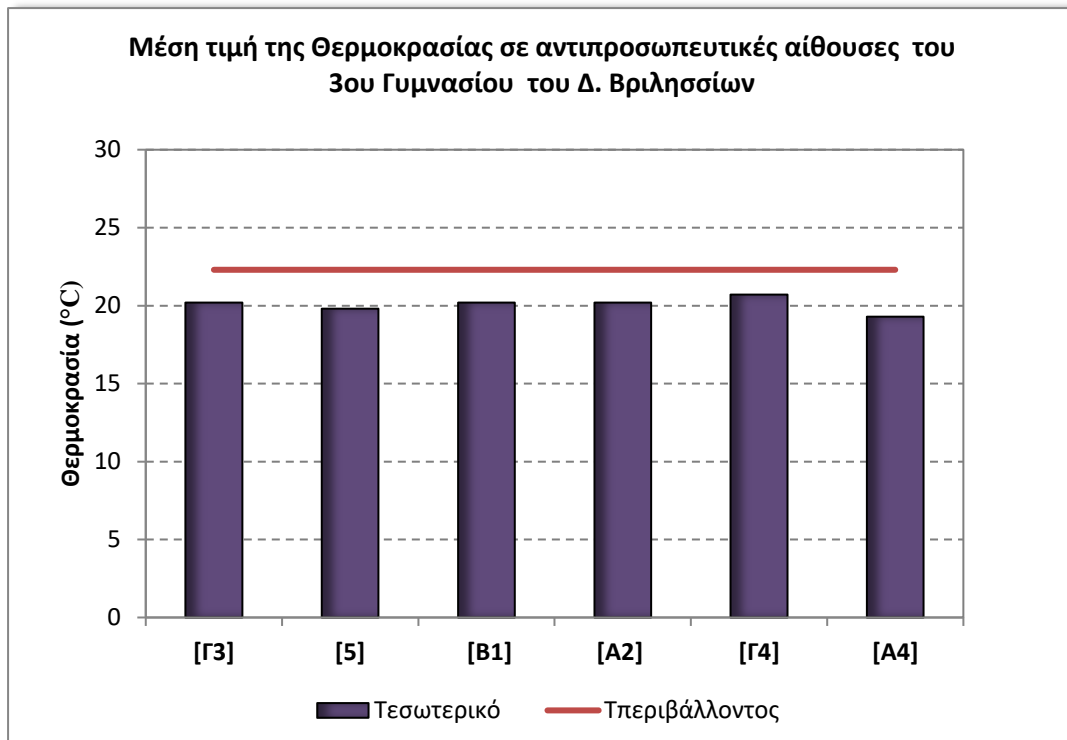




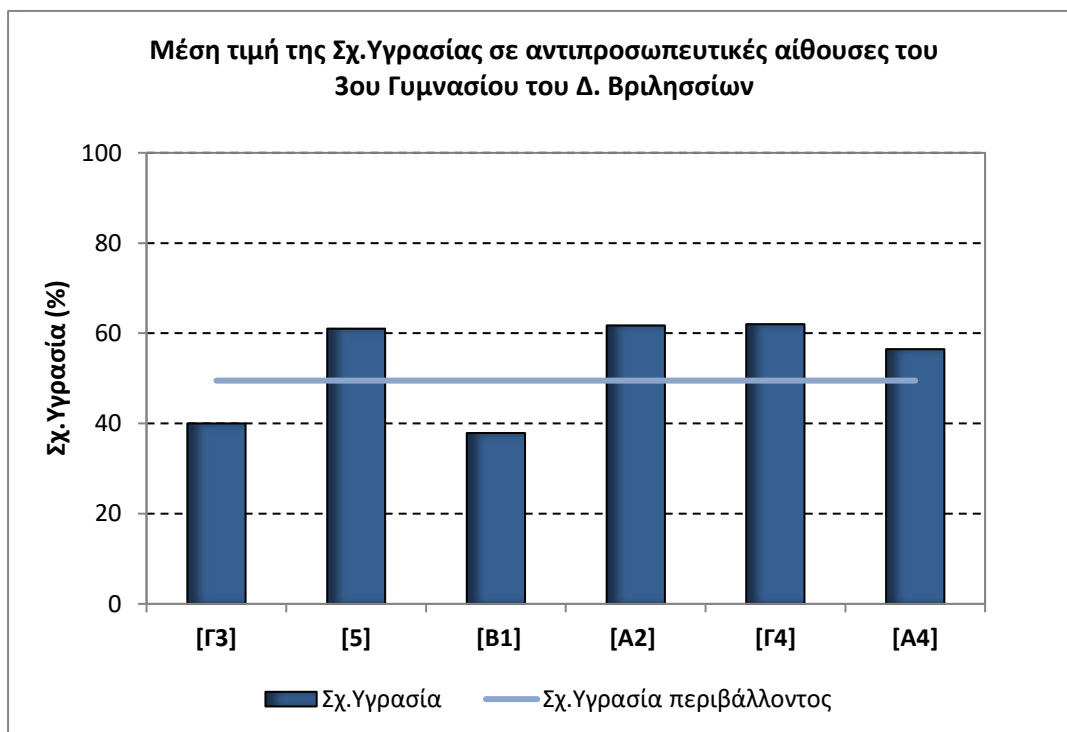
Σχήμα 164 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Γ4]



Σχήμα 165 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A4]

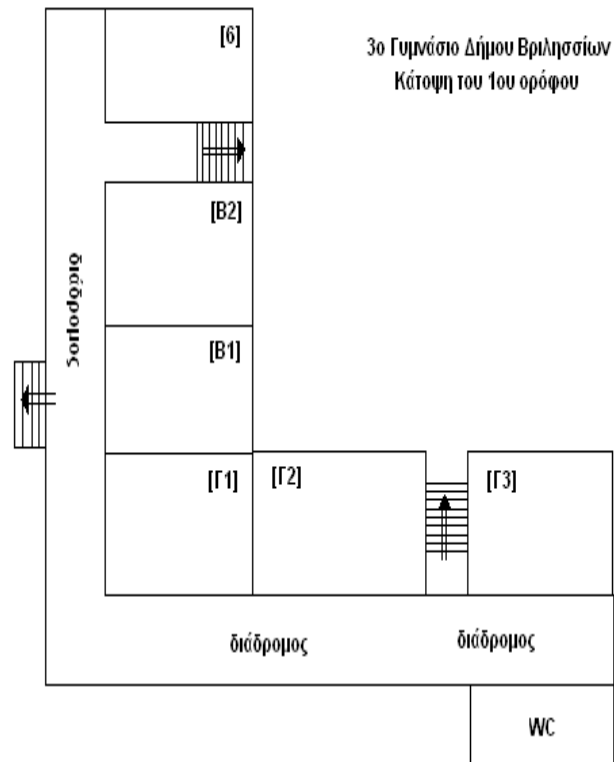


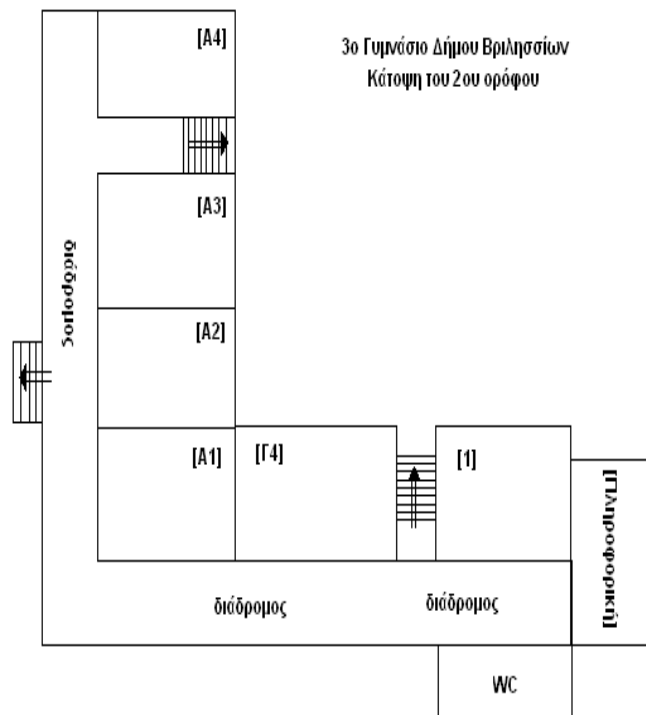
Σχήμα 166: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δ. Βριλησίων



Σχήμα 167: Τιμές της μέσης σχ. υγρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου του Δ. Βριλησίων

Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου του Δήμου Βριλησίων





### 2.9.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Μετρήθηκαν δύο συγκεκριμένες αίθουσες του σχολικού κτιρίου, μία σε κάθε όροφο για να υπάρξει ολοκληρωμένη εικόνα και τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα :

*Πίνακας 25: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων*

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	0.59
[A2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	0.24

### 2.9.3 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Πίνακας 26: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 3<sup>ου</sup> Γυμνασίου Δ. Βριλησίων

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[Γ3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	26	2 ανοίγματα(κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα 9 φωτιστικά
[B2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	19	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[B3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	22	2 ανοίγματα (1 κλειστό), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Γ2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	27	2 ανοίγματα (ανοιχτά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[B1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	2	2 ανοίγματα (1 κλειστό), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	25	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	5	2 ανοίγματα (ανοιχτά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A4]	2 <sup>ος</sup> όροφος	26	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[A1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	22	2 ανοίγματα(κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Γ4]	2 <sup>ος</sup> όροφος	20	2 ανοίγματα (κλειστά), 3 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά

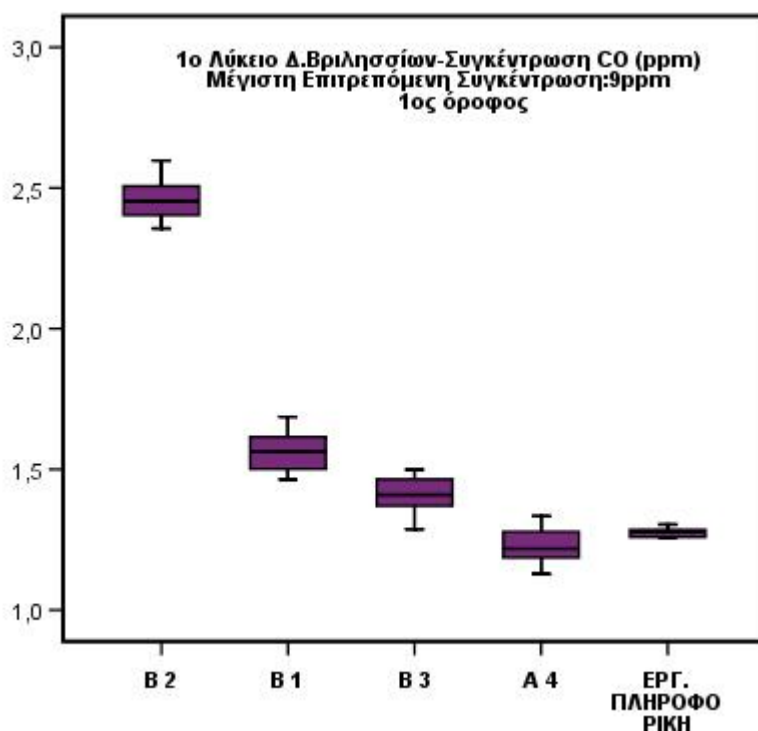


## 2.10 1<sup>ο</sup> Λύκειο Δήμου Βριλησίων

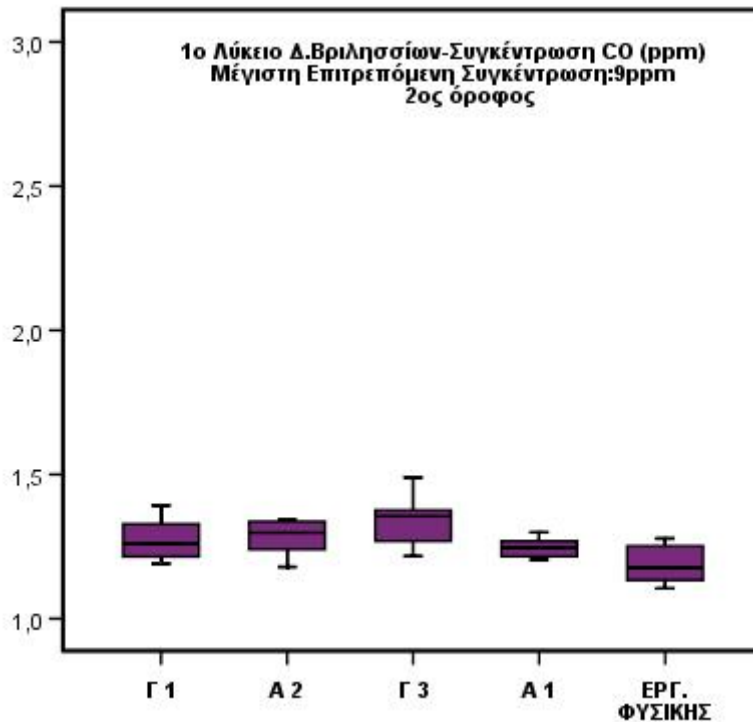
### 2.10.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.10.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Λυκείου του Δ. Βριλησίων κυμαίνεται μεταξύ 1.2ppm έως 2.5ppm, η οποία είναι σαφώς μικρότερη από το επιτρεπτό όριο των 9ppm. Επομένως, τα επίπεδα συγκέντρωσης CO δεν ξεπέρασαν σε καμία περίπτωση τα όρια της ASHRAE και της T.O.T.E.E και γενικά βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στα σχήματα:



Σχήμα 168: Συγκέντρωση CO (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



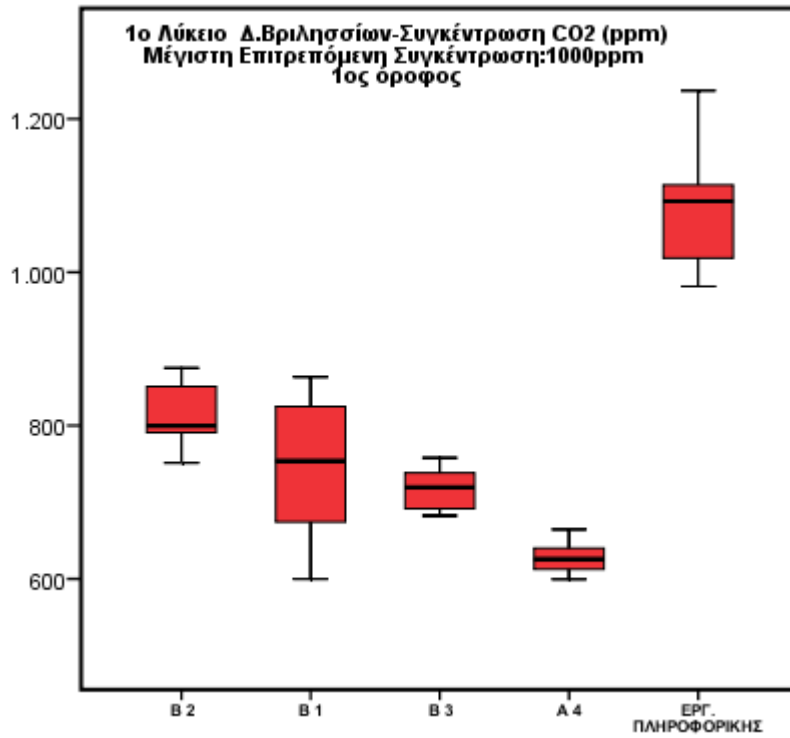
Σχήμα 169: Συγκέντρωση CO (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

### 2.10.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

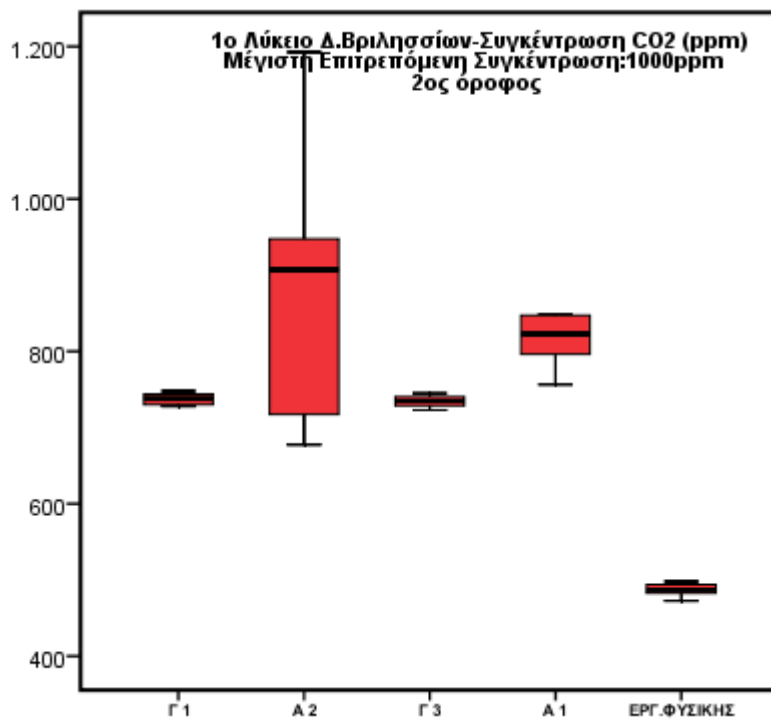
Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) παράγεται από την ανθρώπινη εκπνοή σε χώρους με πολλά άτομα και χωρίς τον κατάλληλο αερισμό. Το όριο συγκέντρωσης του σύμφωνα με την ASHRAE είναι 1000ppm. Εντούτοις, τιμές CO<sub>2</sub> μεγαλύτερες των 600ppm θεωρούνται πλέον οριακά ανεκτές.

Όπως παρατηρείται, στις αίθουσες διδασκαλίας η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> κυμαίνεται μεταξύ 500ppm έως 1100ppm, η οποία είναι υψηλότερη από το επιτρεπτό όριο των 1000ppm σε μερικές μόνο από τις αίθουσες διδασκαλίας. Οι υπερβάσεις που παρατηρούνται οφείλονται στο γεγονός ότι κάθε αίθουσα διδασκαλίας φιλοξενεί μεγάλο αριθμό μαθητών και δεν αερίζεται επαρκώς. Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> ξεπερνούν το όριο των 1000 ppm στις αίθουσες διδασκαλίας, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα Πληροφορικής του 1<sup>ου</sup> ορόφου (έως 1100ppm).

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων δίνεται στα σχήματα:



Σχήμα 170: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

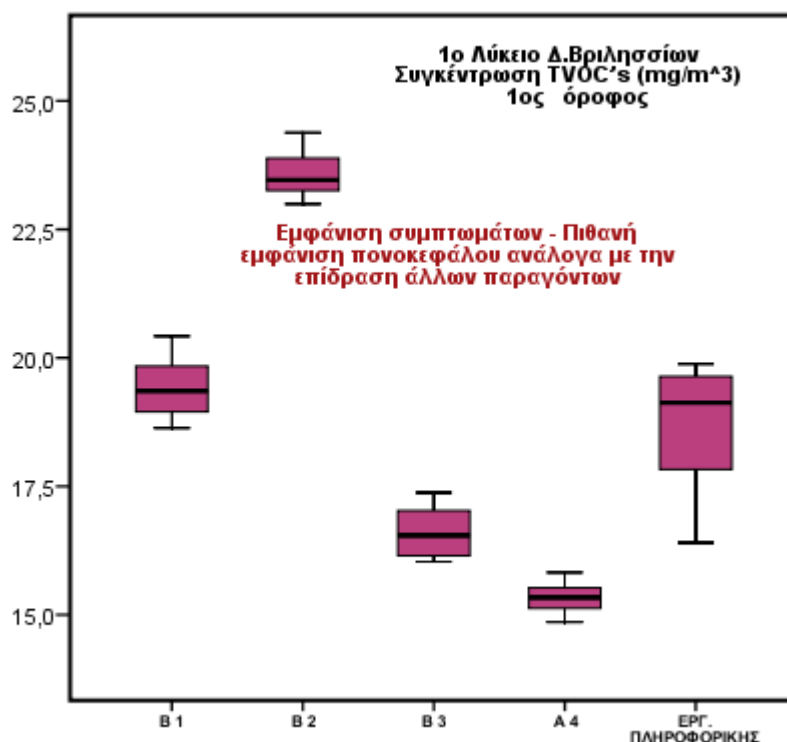


Σχήμα 171: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

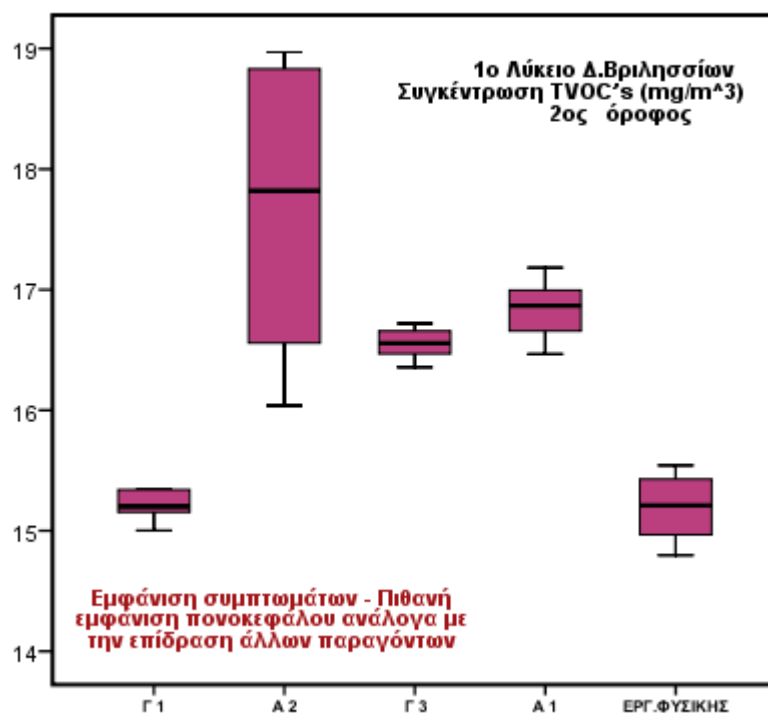


### 2.10.1.3 Ολικές Πτητικές Ενώσεις (TVOC)

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) σε όλες τις αίθουσες δίνονται στα ακόλουθα σχήματα. Όπως διαπιστώνεται, η συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου είναι υψηλή και κυμαίνεται από 15.7mg/m<sup>3</sup> έως 23.8mg/m<sup>3</sup>. Συγκεκριμένα, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις αίθουσες [B2], [B1] και [A2], γεγονός που οφείλεται κυρίως στη χρήση μαρκαδόρων και διαλυτικών. Αν και δεν έχουν εδραιωθεί ακόμα σαφή όρια για τα TVOC σε εσωτερικούς χώρους από την εθνική ή ευρωπαϊκή νομοθεσία, σύμφωνα με μελέτες (C. Molhave L) οι τιμές κατατάσσονται στη ζώνη όπου είναι πιθανή η «εμφάνιση συμπτωμάτων και πιθανή η εμφάνιση πονοκεφάλου ανάλογα με την επίδραση άλλων παραγόντων».



Σχήμα 172: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

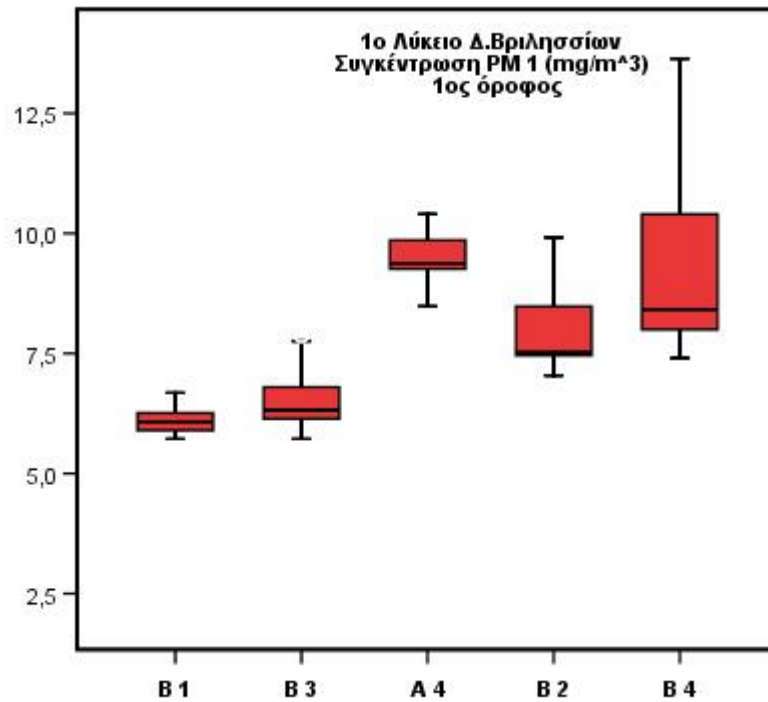


Σχήμα 173: Συγκέντρωση TVOC's (mg/m<sup>3</sup>) στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

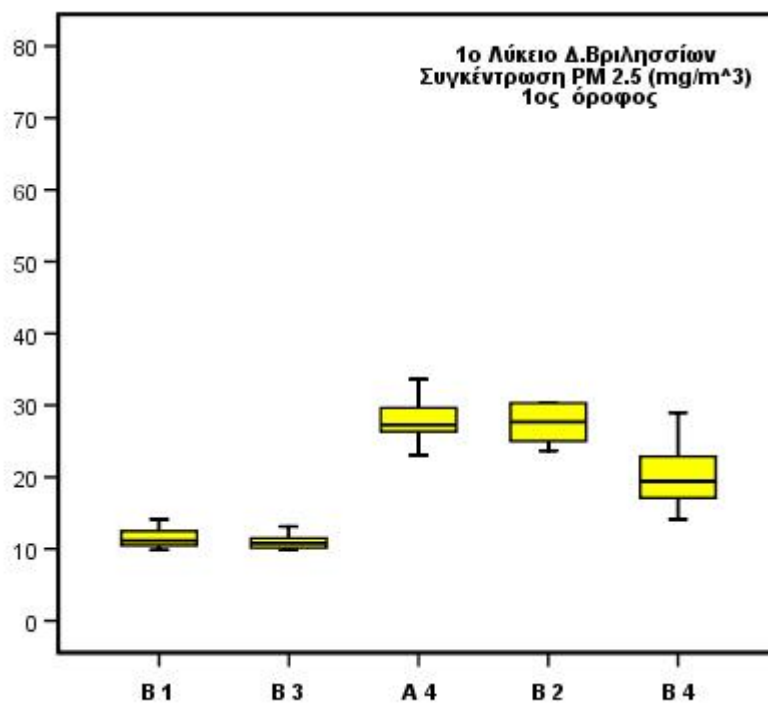
#### 2.10.1.4 Αιωρούμενα Σωματίδια

Σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub>), οι οποίες απεικονίζονται στα 6 επόμενα σχήματα .

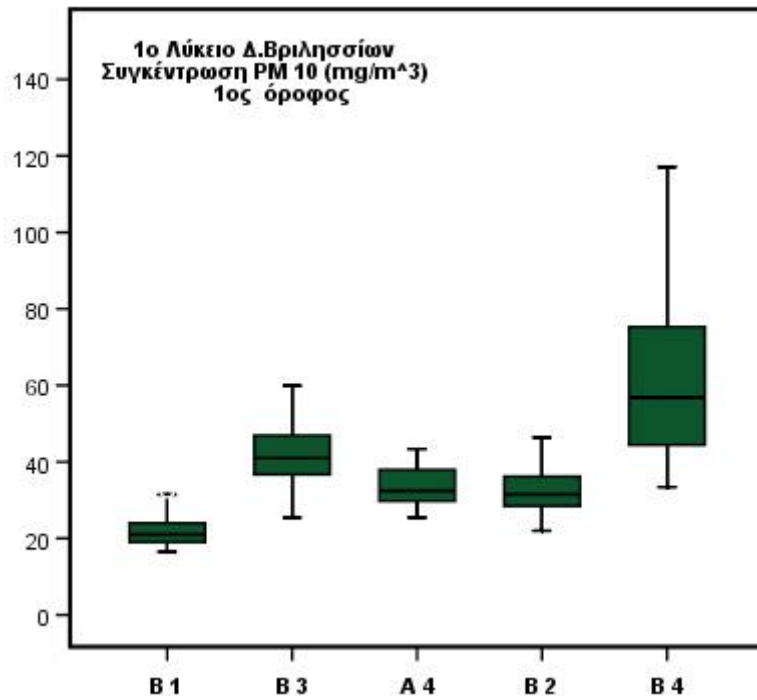
Όπως διαπιστώνεται, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> είναι ιδιαίτερα αυξημένη λόγω της ύπαρξης κιμωλίας στις αίθουσες διδασκαλίας. Συγκεκριμένα, η σκόνη που δημιουργείται από τη χρήση της κιμωλίας κατατάσσεται στα αιωρούμενα σωματίδια μεγαλύτερης διαμέτρου (όπως είναι τα PM<sub>10</sub>) τα οποία, όπως είναι αναμενόμενο, παρουσιάζουν συγκεντρώσεις που ξεπερνούν σε μεγάλο βαθμό τα επιτρεπτά όρια. Αντίθετα, η συγκέντρωση των σωματιδίων μικρότερης διαμέτρου (PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub>) κυμαίνεται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα



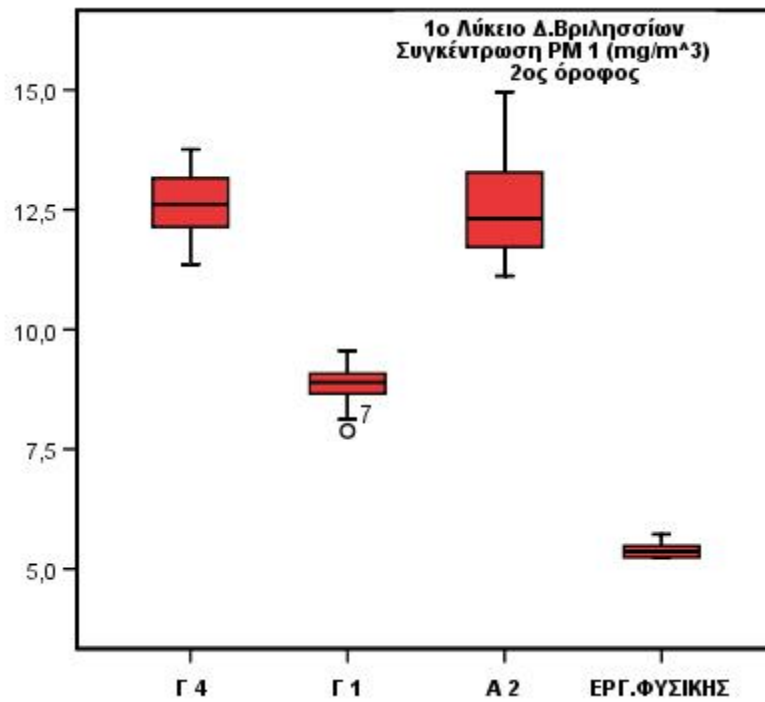
Σχήμα 174: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησσίων – Όροφος 1



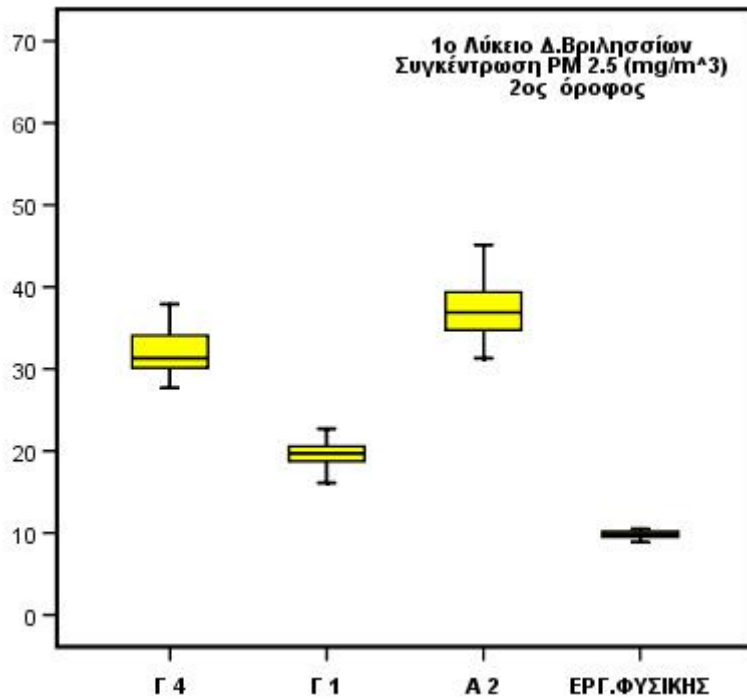
Σχήμα 175: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησσίων – Όροφος 1



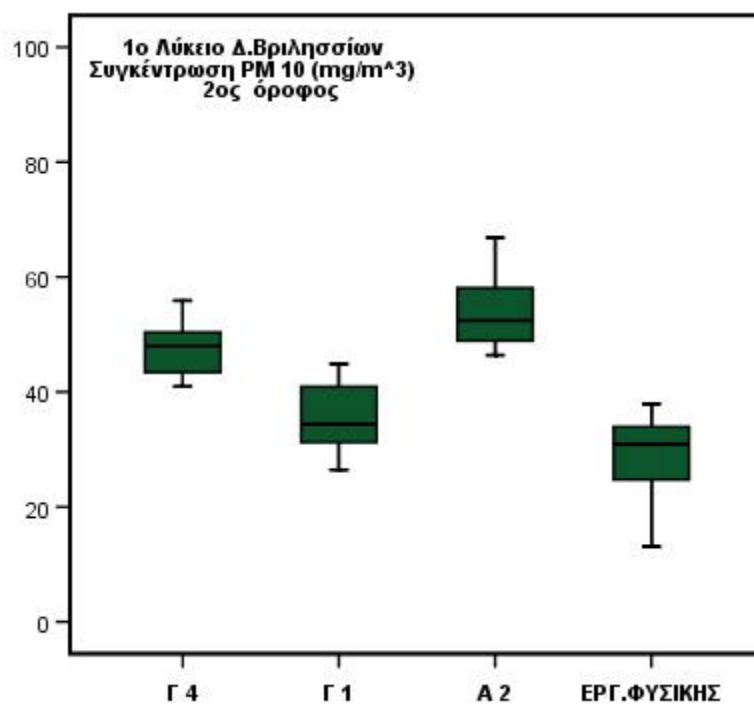
Σχήμα 176: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων - Όροφος 1



Σχήμα 177: Συγκέντρωση PM<sub>1</sub> στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 178: Συγκέντρωση PM<sub>2.5</sub> στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησσίον – Όροφος 2



Σχήμα 179: Συγκέντρωση PM<sub>10</sub> στο 1<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησσίον - Όροφος 2

Όπως παρατηρείται, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>1</sub> σε όλους τους ορόφους του σχολικού κτιρίου κυμαίνεται σε επίπεδα μεταξύ 18 μg/m<sup>3</sup> και 80 μg/m<sup>3</sup>, με τις υψηλότερες τιμές να σημειώνονται στις αίθουσες διδασκαλίας [A4], [Γ4] και [A2] του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου, αντίστοιχα. Η συγκέντρωση των σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> ξεπερνούν το όριο των 25μg/m<sup>3</sup> στην πλειοψηφία των αιθουσών διδασκαλίας, με την υψηλότερη να φτάνει την τιμή των 160μg/m<sup>3</sup> (αίθουσα [Γ3]). Τέλος, οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM<sub>10</sub> παρουσιάζονται ιδιαίτερα αυξημένες σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> ορόφου, με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ 60 – 200μg/m<sup>3</sup>.

### 2.10.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

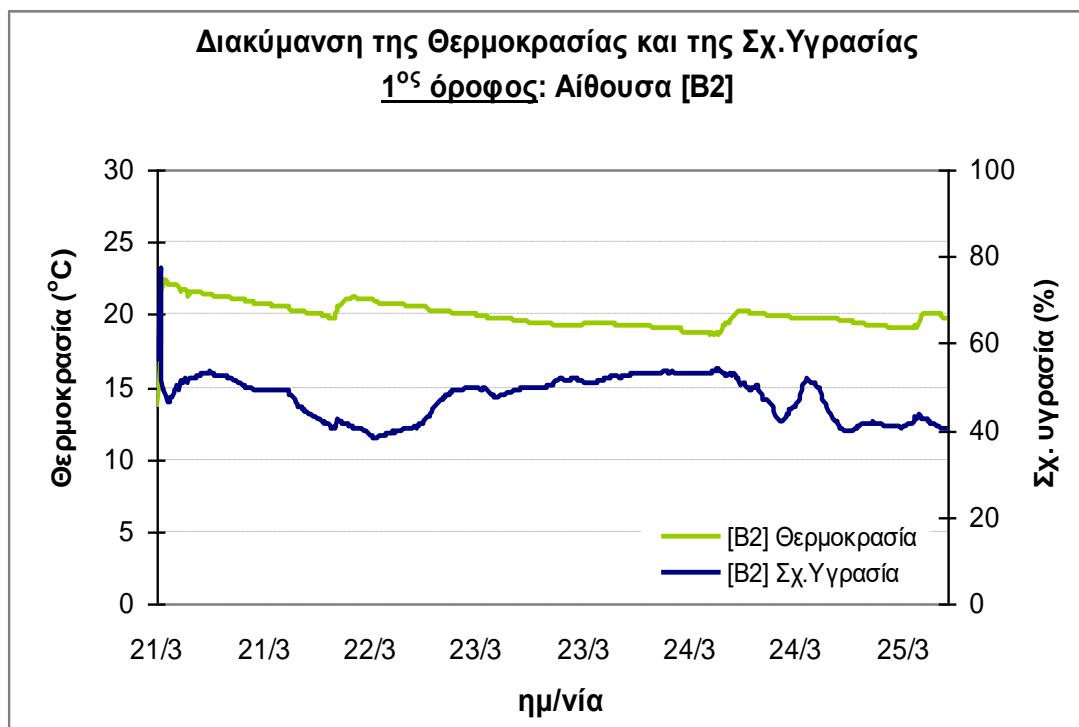
Στο υπό μελέτη σχολικό κτίριο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα με ηλεκτρονικά θερμόμετρα και υγρόμετρα. Η τοποθέτησή τους έγινε σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και για τη χρονική περίοδο από 21/3/08 έως 25/3/08.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου. Στον ίδιο Πίνακα παρουσιάζονται επίσης οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος. Έτσι, διαπιστώνεται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 18.2 °C και 20.0°C, βρισκόμενη εντός των ορίων θερμικής άνεσης (άνετα), ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 16.7°C. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 47.4% έως 54.2%, με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι 57.3%.

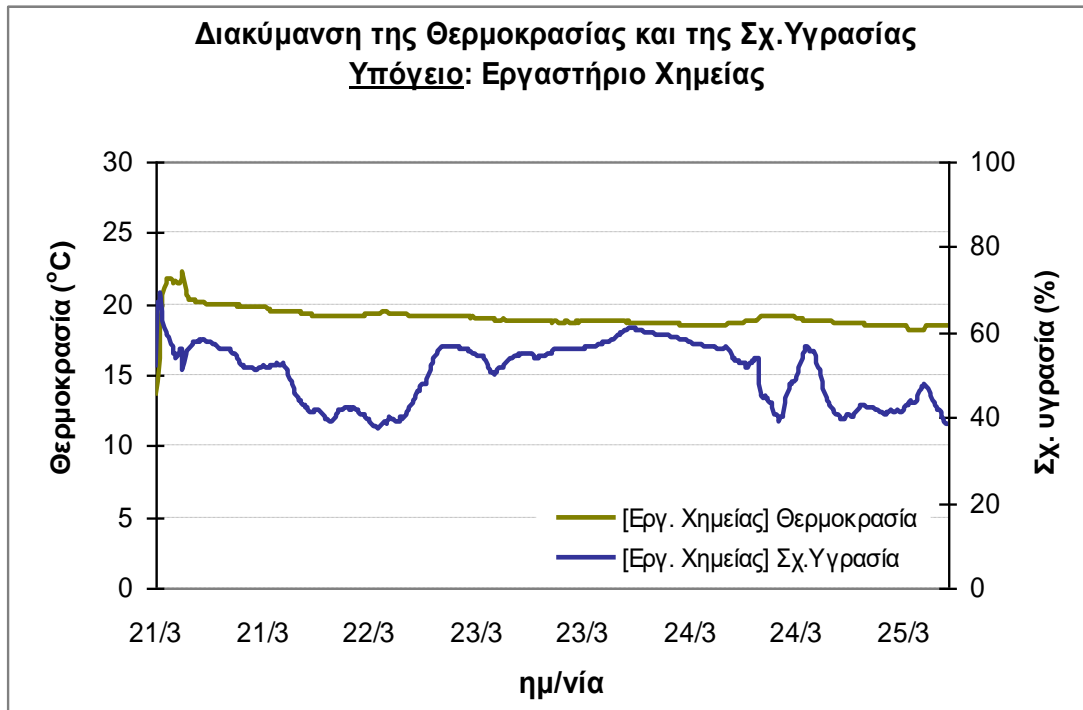
Στη συνέχεια παρουσιάζονται η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας του σχολικού κτιρίου, αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Επίσης, απεικονίζονται οι μέσες τιμές των δύο παραμέτρων σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες του εξωτερικού περιβάλλοντος

*Πίνακας 27: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα σε επιλεγμένους αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> Λυκείου (21/3 έως 25/3/2008)*

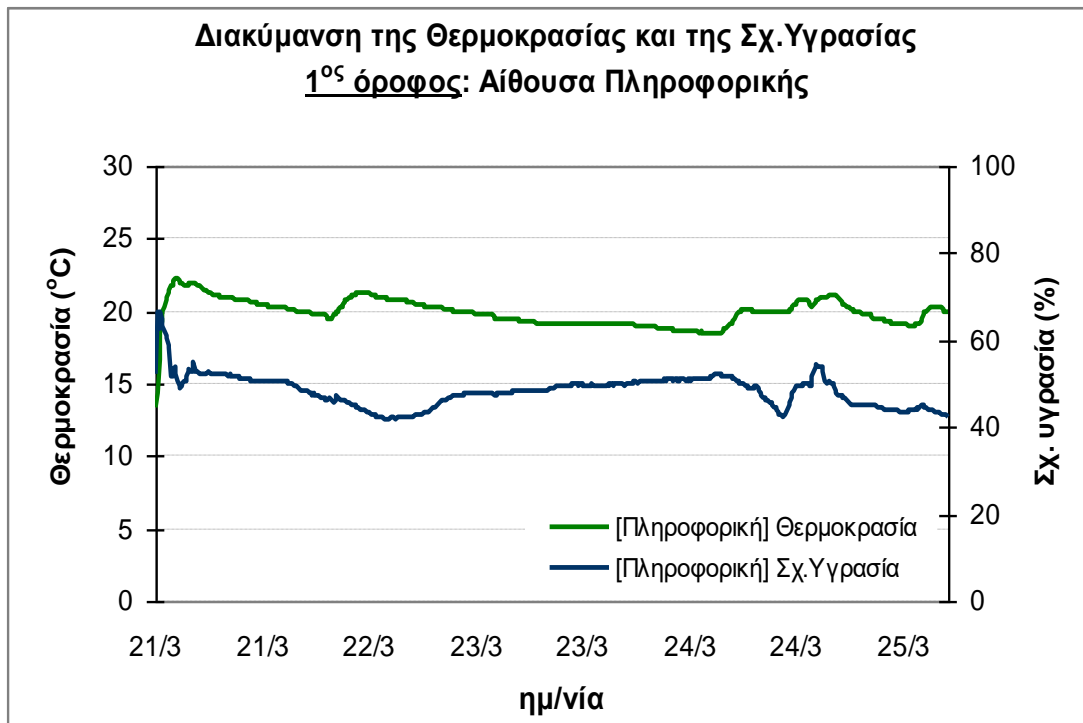
Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[B2]	20.0	47.4
Όροφος 1	[Πληροφορική]	19.9	48.3
Ισόγειο	[Εργ. Χημείας]	19.0	50.6
Όροφος 2	[A2]	19.4	49.9
Όροφος 2	[Γ3]	19.2	50.7
Όροφος 2	[A1]	18.2	54.2
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	16.7	57.3



Σχήμα 180: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [B2]

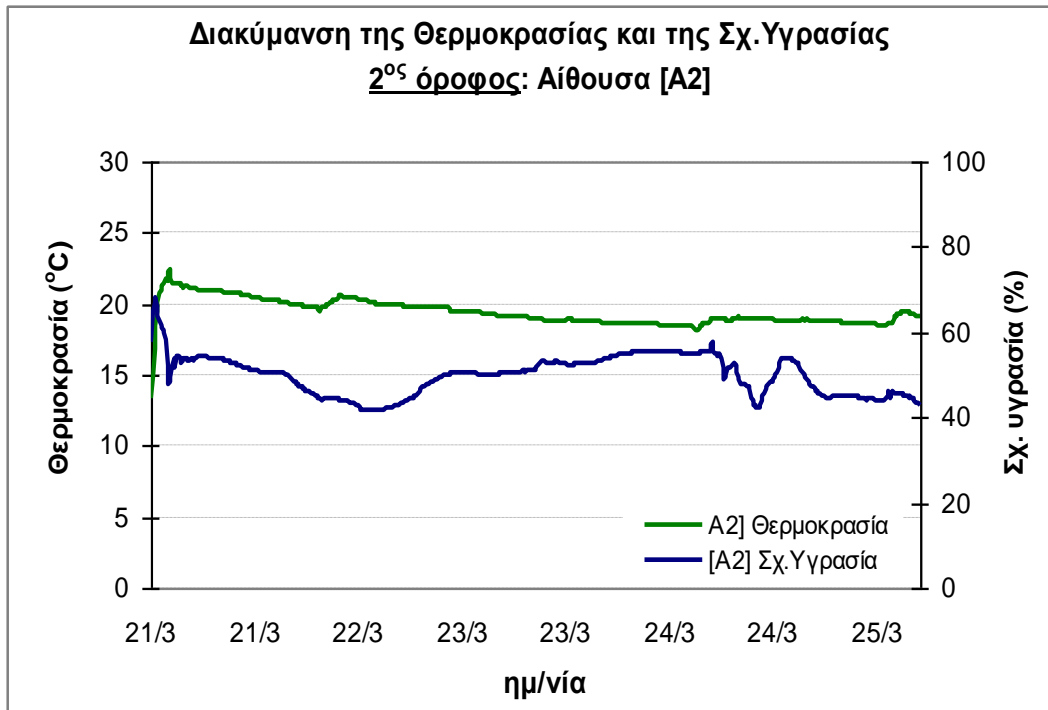


Σχήμα 181: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο υπόγειο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – [Εργαστήριο Χημείας]

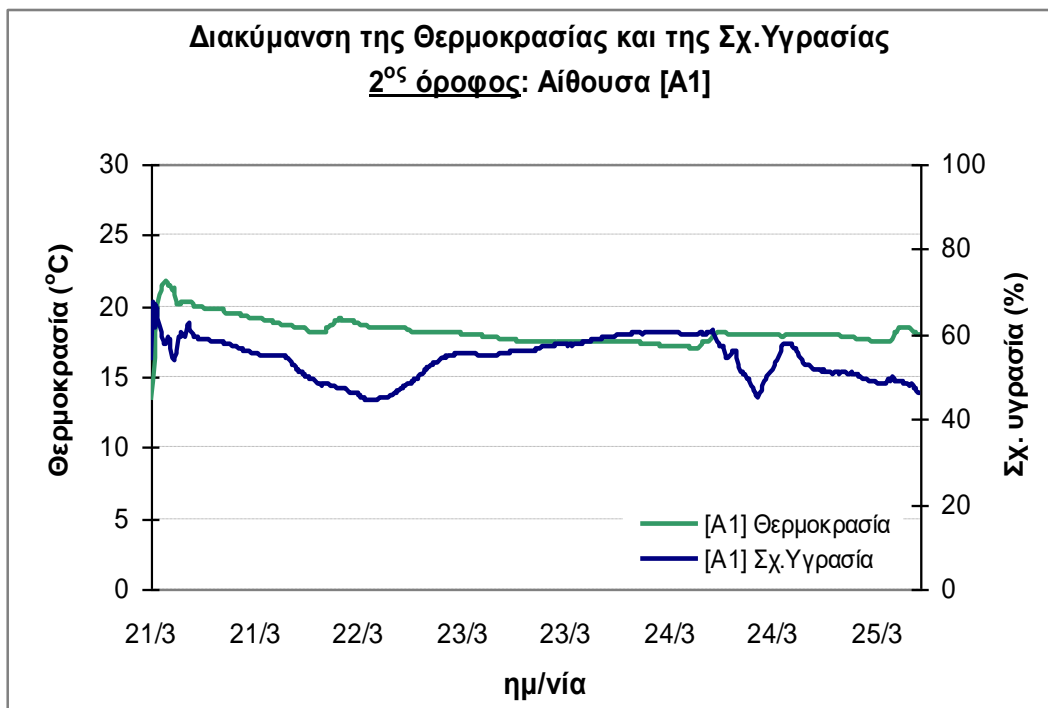


Σχήμα 182: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο 1<sup>ο</sup> όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – [Αίθουσα Πληροφορικής]

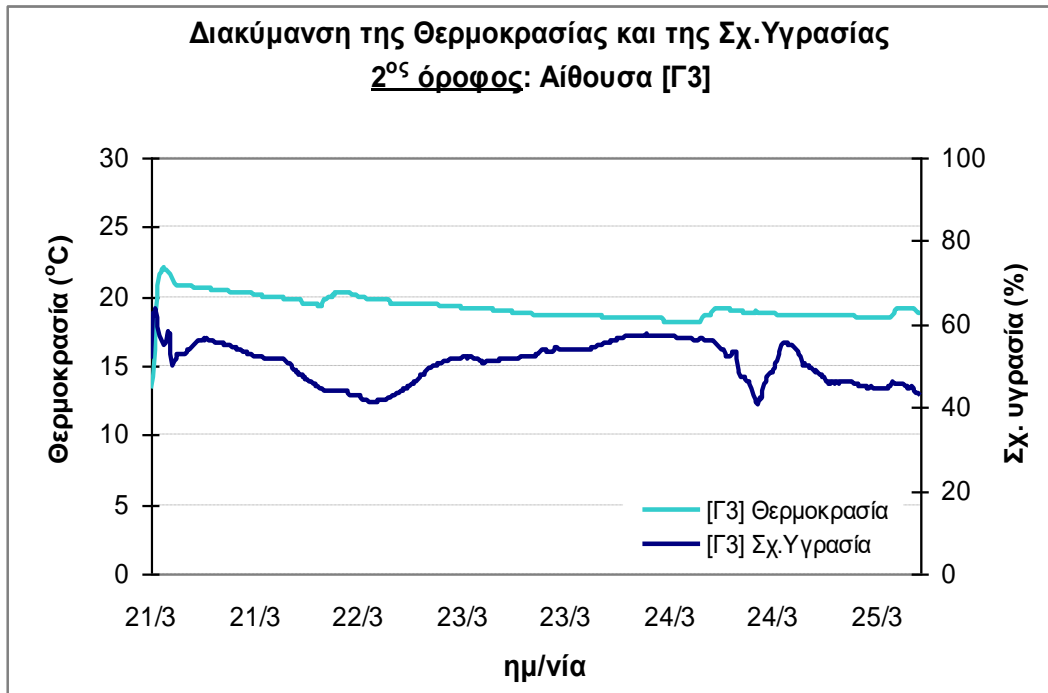




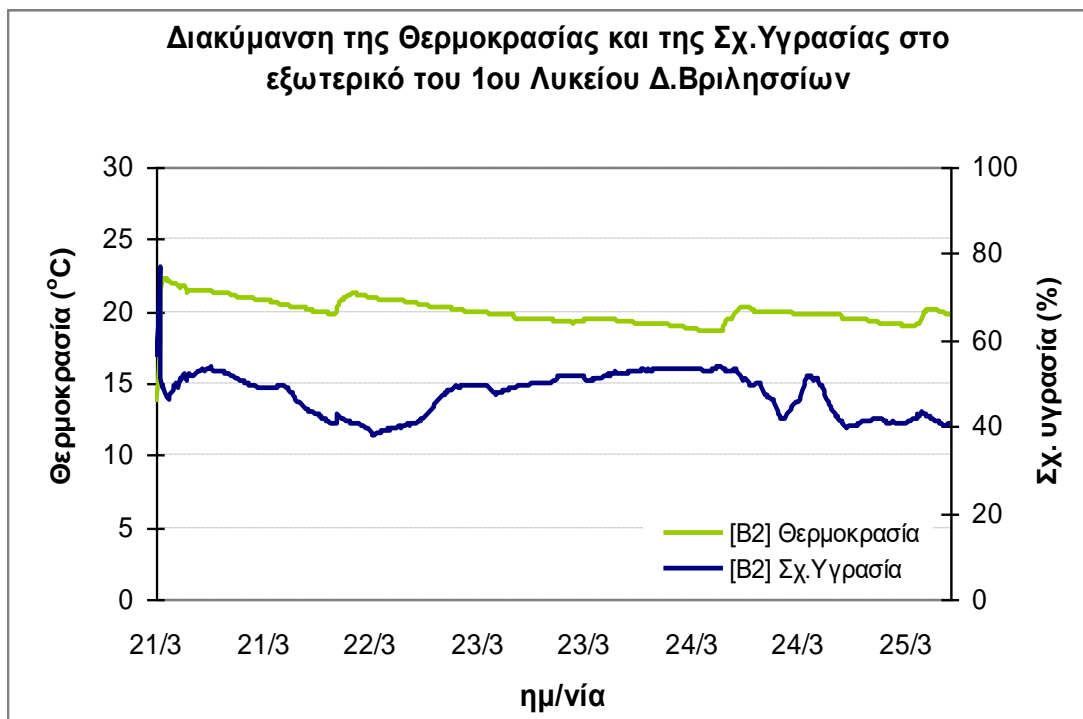
Σχήμα 183: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A2]



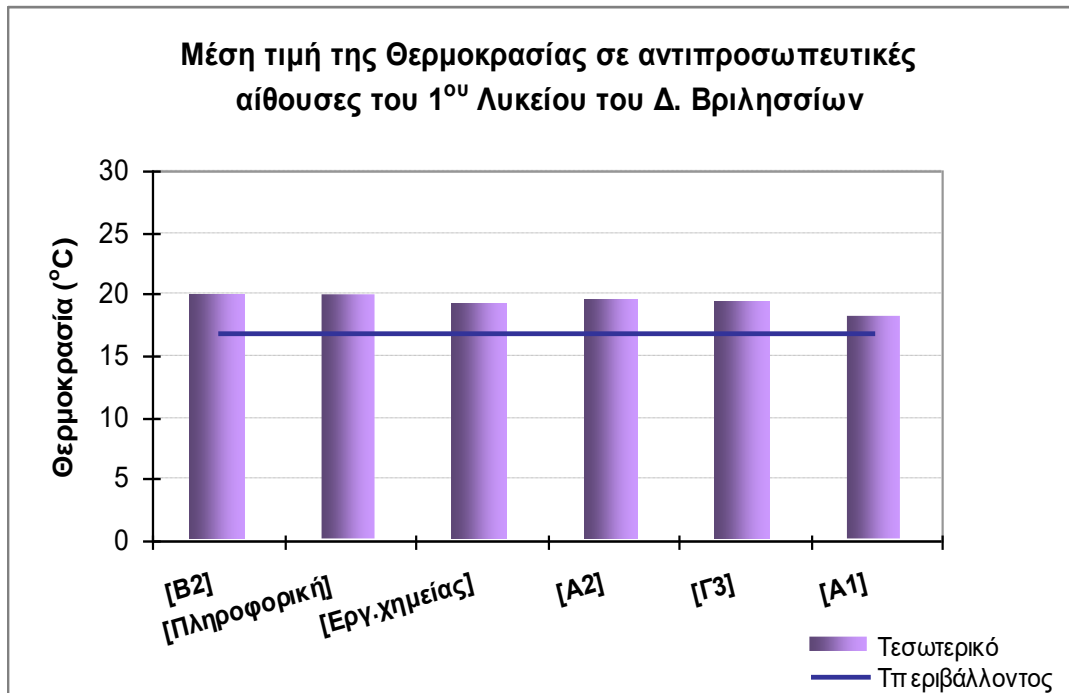
Σχήμα 184: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [A1]



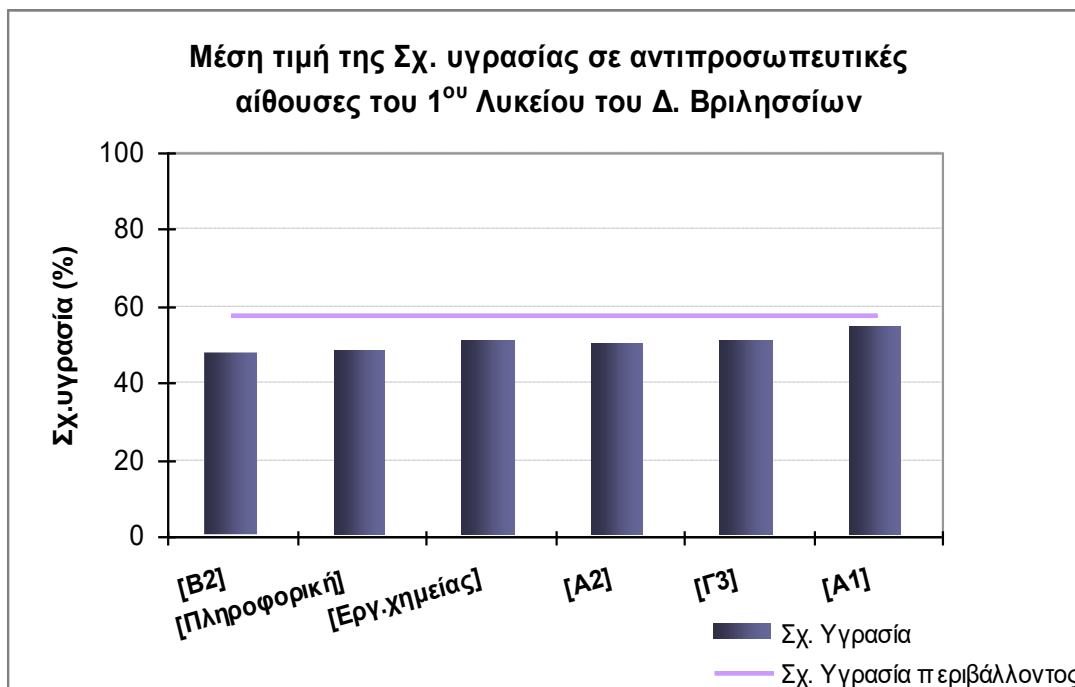
Σχήμα 185: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Γ3]



Σχήμα 186: Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων



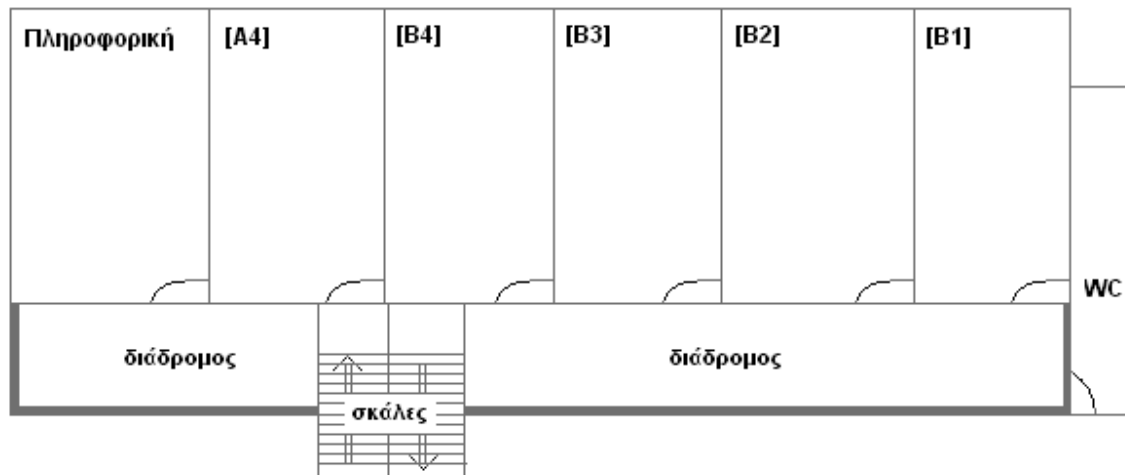
Σχήμα 187: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Λυκείου του Δ. Βριλησίων



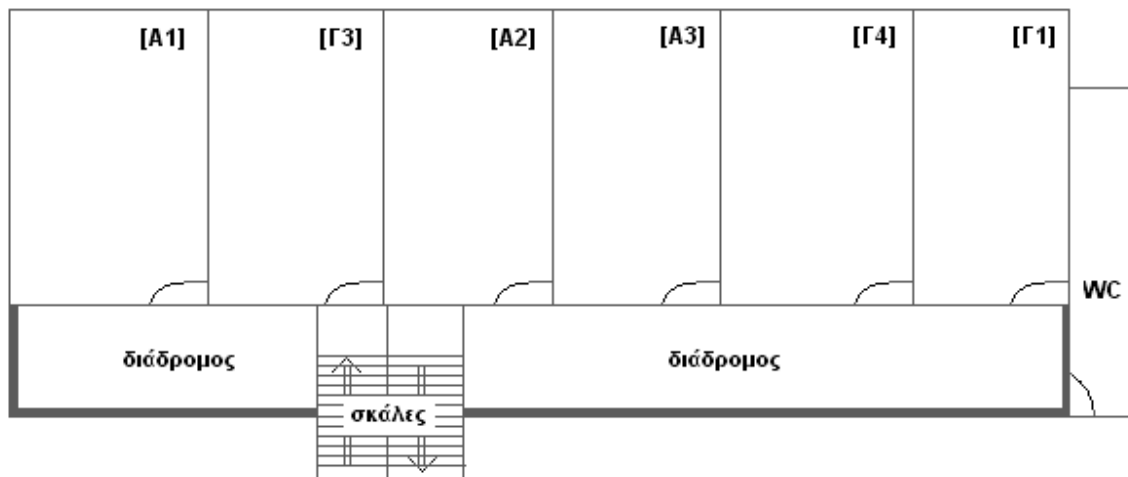
Σχήμα 188: Τιμές της μέσης σχ. υγρασίας σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Λυκείου του Δ. Βριλησίων

Κατόψεις και αρίθμηση των αιθουσών διδασκαλίας σε κάθε όροφο του 1<sup>ου</sup> Λυκείου του Δήμου Βριλησίων

1<sup>ος</sup> Όροφος



2<sup>ος</sup> Όροφος



### 2.10.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ρυθμού ανανέωσης του εσωτερικού αέρα σε συγκεκριμένες αίθουσες του σχολικού κτιρίου παρουσιάζονται στον πίνακα 28:

Πίνακας 28: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[B2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	0.70
[Γ3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	3.20

### 2.10.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Πίνακας 29: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 1<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[B2]	1 <sup>ος</sup> όροφος	3	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B1]	1 <sup>ος</sup> όροφος	25	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[B3]	1 <sup>ος</sup> όροφος	23	4 ανοίγματα (ανοιχτά), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A4]	1 <sup>ος</sup> όροφος	15	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Πληροφορική]	1 <sup>ος</sup> όροφος	3	4 ανοίγματα (κλειστά), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά, 20 PC
[Γ1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	10	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A2]	2 <sup>ος</sup> όροφος	13	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Γ3]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[A1]	2 <sup>ος</sup> όροφος	10	4 ανοίγματα (1 ανοιχτό), 4 θερμαντικά σώματα, 8 φωτιστικά
[Εργ. Χημείας]	υπόγειο	12	2 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 12 φωτιστικά

Σε όλους τους ορόφους του σχολικού κτιρίου έγινε καταγραφή του προσωπικού, των υπολογιστών καθώς και όλων των μηχανημάτων που υπάρχουν στους κύριους χώρους των αιθουσών διδασκαλίας. Ακόμη, έγινε καταγραφή όλων των φωτιστικών και θερμαντικών σωμάτων.

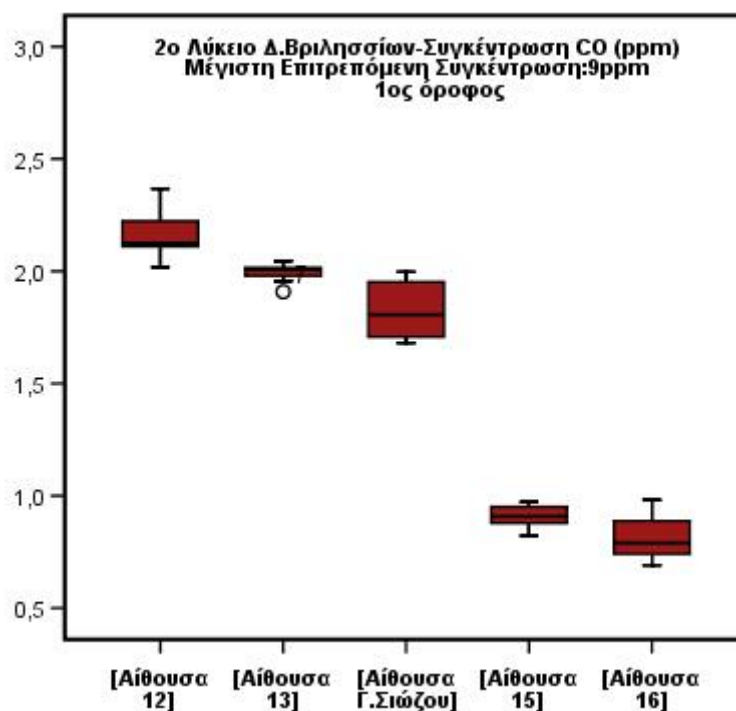
Παρουσιάστηκαν τα αναλυτικά αποτελέσματα των μετρήσεων ανά όροφο και αίθουσα για το 1<sup>ο</sup> Λύκειο.

## 2.11 2<sup>ο</sup> Λύκειο Δήμου Βριλησίων

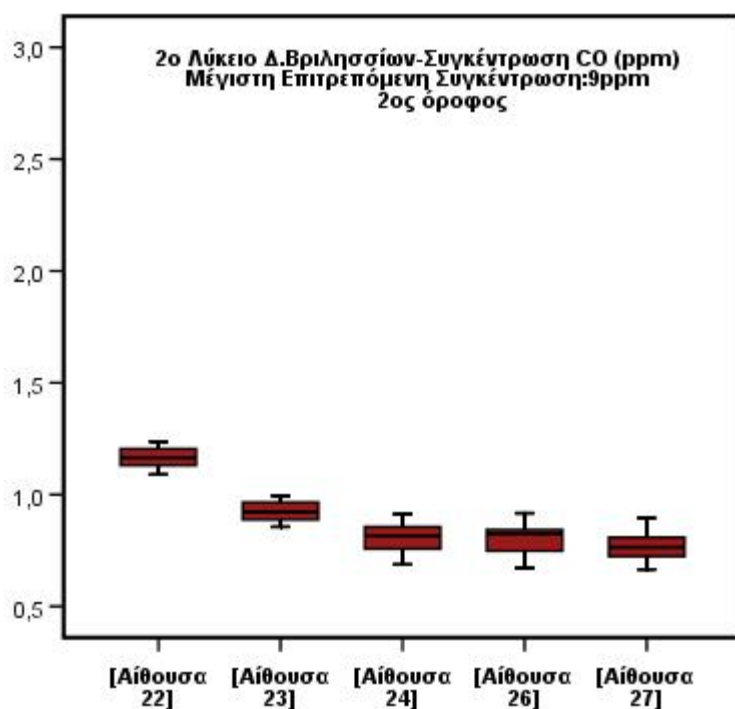
### 2.11.1 Μετρήσεις Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Περιβάλλοντος

#### 2.11.1.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Λυκείου του Δ. Βριλησίων κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, μεταξύ 0.7ppm έως 2.2ppm, και δίνεται από τα σχήματα:



Σχήμα 189: Συγκέντρωση CO (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

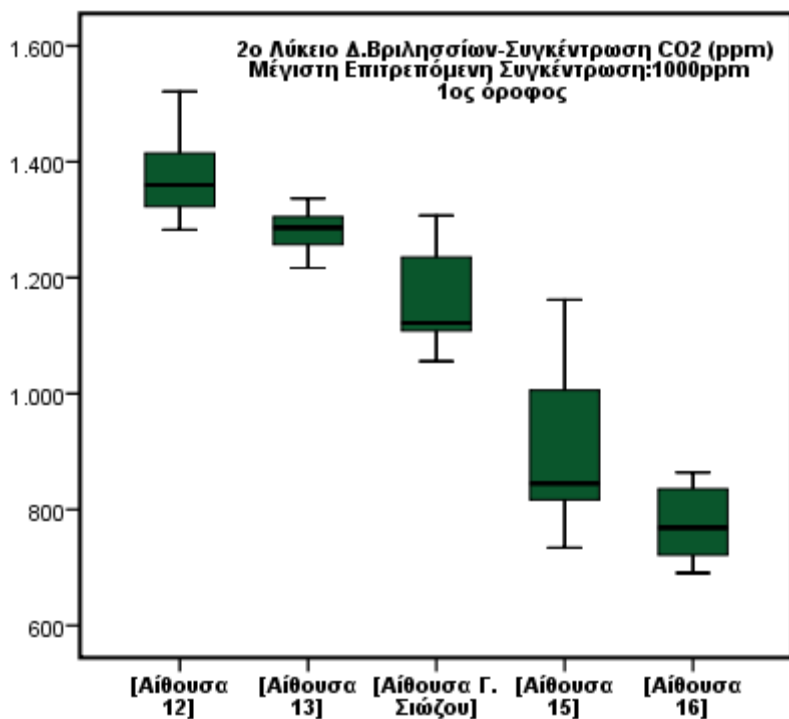


Σχήμα 190: Συγκέντρωση CO (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

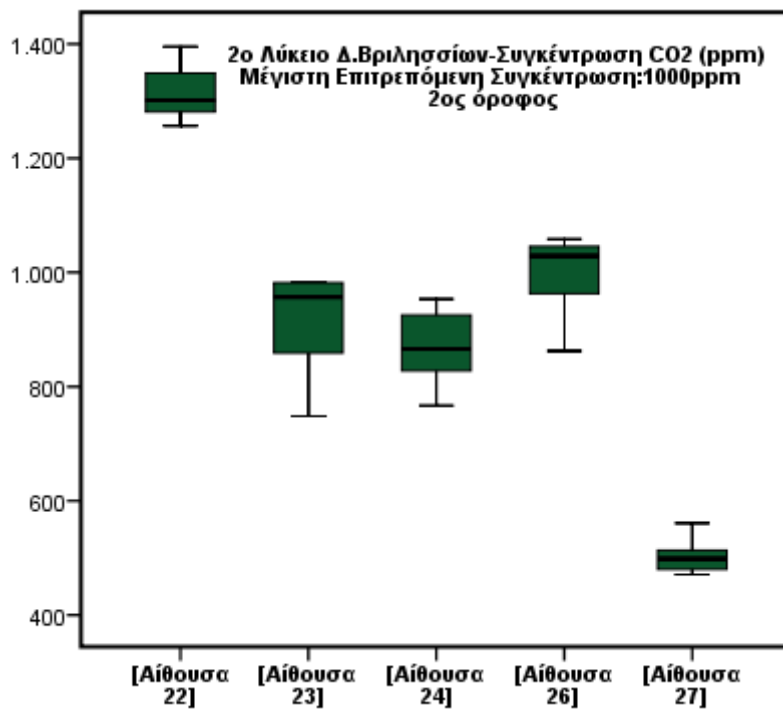
### 2.11.1.2 Διοξείδιο του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> ξεπερνούν το επιτρεπτό όριο των 1000 ppm σε αρκετές αίθουσες διδασκαλίας κυρίως στο 1<sup>ο</sup> όροφο, με τις υψηλότερες τιμές να σημειώνονται στην αίθουσα [12] του 1<sup>ου</sup> ορόφου αλλά και στην αίθουσα [22] του 2<sup>ου</sup> (έως 1400ppm). Συγκεκριμένα η τιμή της συγκέντρωσης κυμαίνεται από 500ppm έως 1400ppm στο σχολικό κτίριο. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο αριθμό μαθητών και στον ανεπαρκή αερισμό των αιθουσών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων αλλά και των διαλειμμάτων. Για το λόγο αυτό, προτείνεται το άνοιγμα των παραθύρων κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και εφόσον είναι δυνατό να υπάρχει ανοιχτό παράθυρο την ώρα του μαθήματος, για να εισχωρεί στις αίθουσες εξωτερικός αέρας.

Η μετρηθείσα συγκέντρωση σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ.Βριλησίων δίνεται στα σχήματα 191 και 192 :



Σχήμα 191: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1

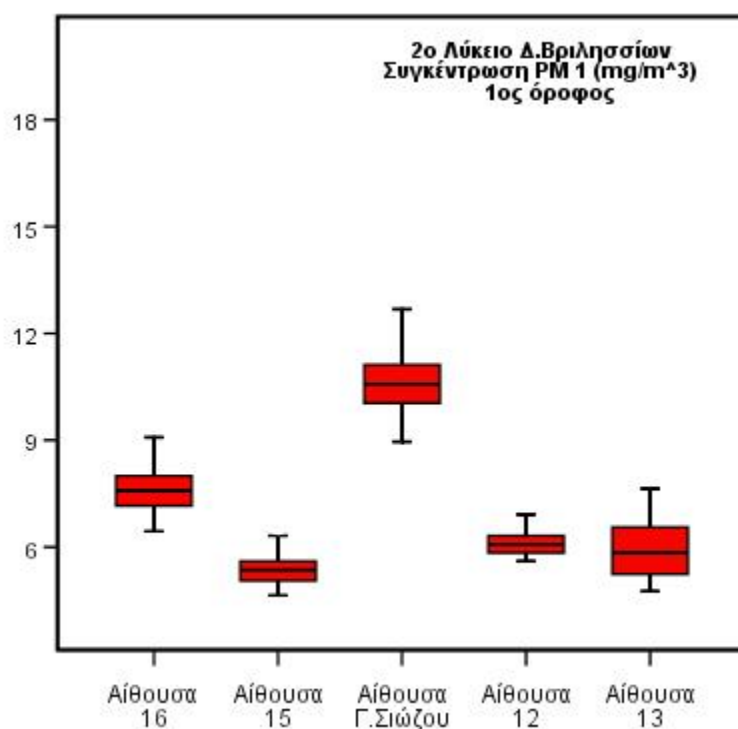


Σχήμα 192: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2

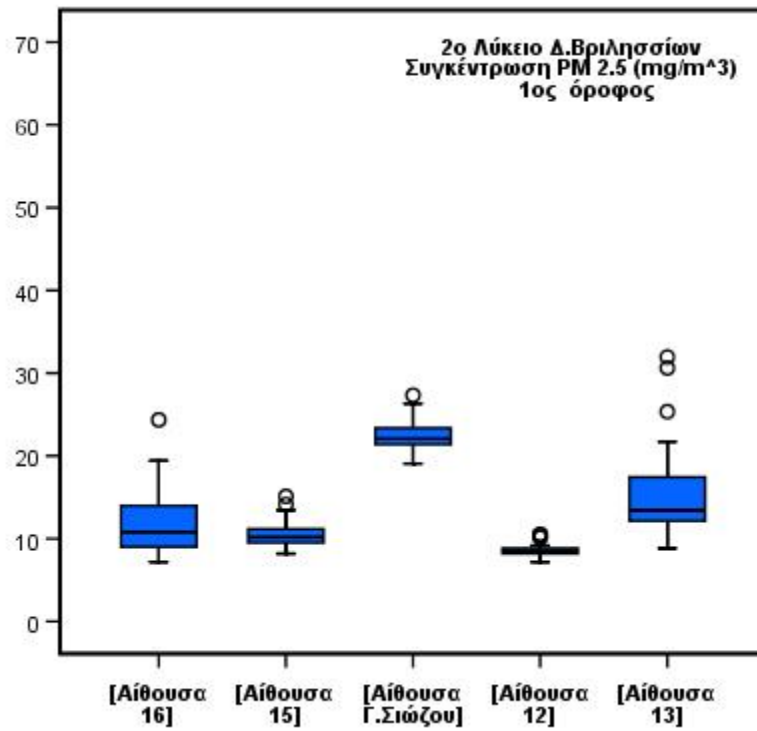


### 2.11.1.3 Αιωρούμενα Σωματίδια

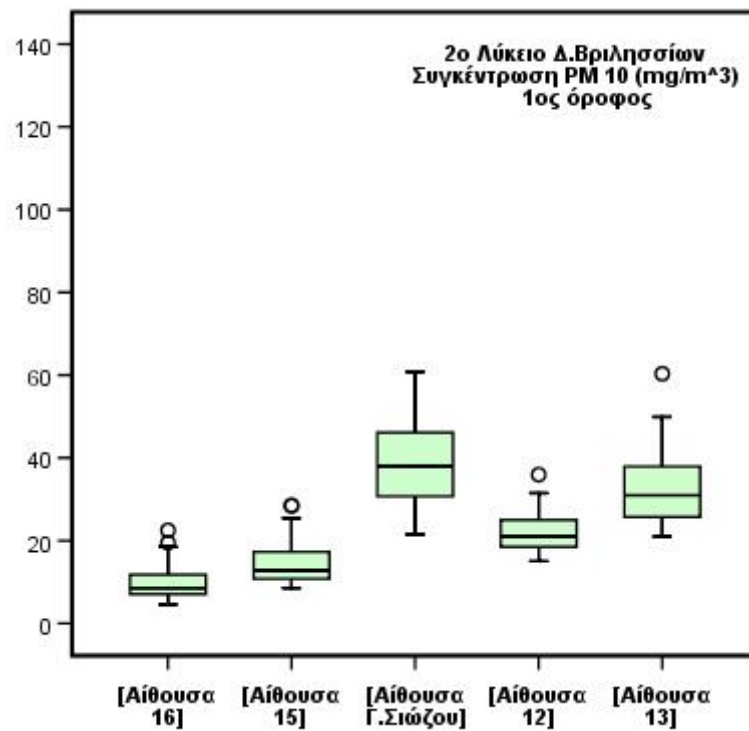
Όπως διαπιστώνεται, από τα επόμενα σχήματα οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα από  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  έως και  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , αν και δεν έχει θεσπιστεί ακόμη ανώτατο επιτρεπτό όριο. Η υψηλότερη τιμή  $PM_{10}$  σημειώνεται στην αίθουσα [B1] του 1<sup>ου</sup> ορόφου. Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων  $PM_{2.5}$  δεν ξεπέρασαν το όριο των  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στην πλειοψηφία των αιθουσών διδασκαλίας, με μόνη εξαίρεση την αίθουσα [22] στον 1<sup>ο</sup> όροφο του κτιρίου. Επιπλέον, η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{2.5}$  είναι σε φυσιολογικά επίπεδα συνολικά στο σχολικό κτίριο από  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  έως και  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Όσον αφορά τις μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις που είναι πάνω από το επιτρεπτό όριο των  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στο 2<sup>ο</sup> όροφο του σχολείου προφανώς λόγω της ύπαρξης κιμωλίας στις αίθουσες διδασκαλίας και της δημιουργίας σκόνης. Οι τιμές των συγκεντρώσεων  $PM_{10}$  κυμαίνονται στις αίθουσες διδασκαλίας μεταξύ 10 και  $62.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται στην αίθουσα [22].



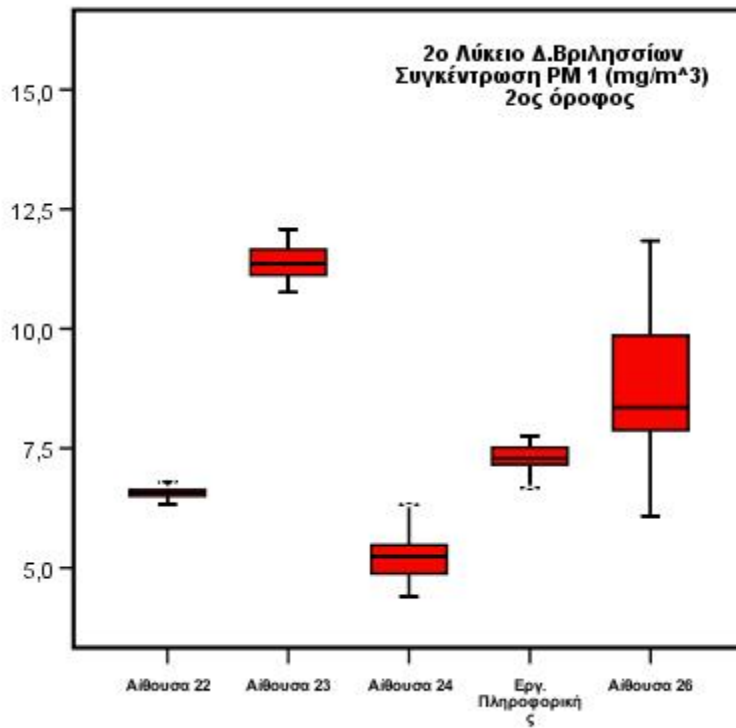
Σχήμα 193: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



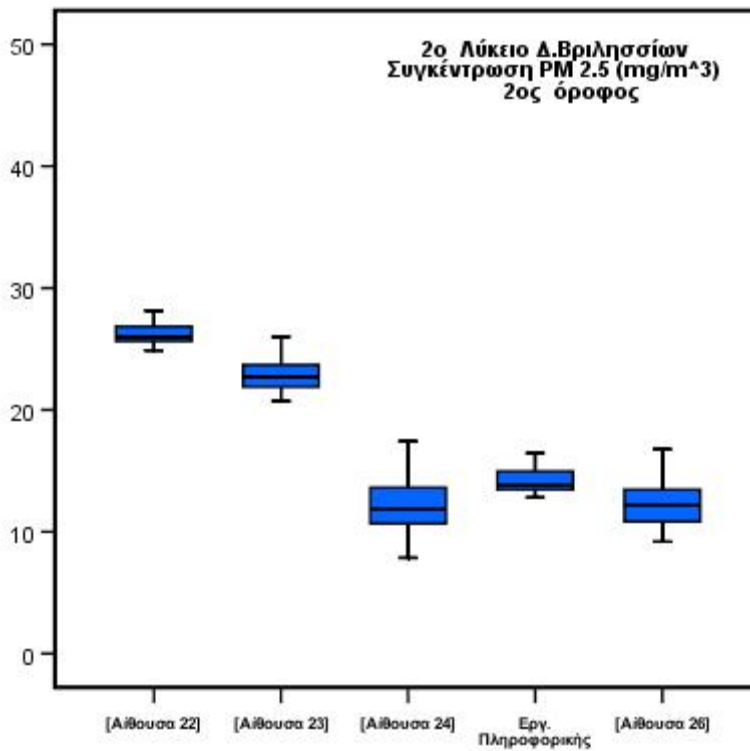
Σχήμα 194: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 1



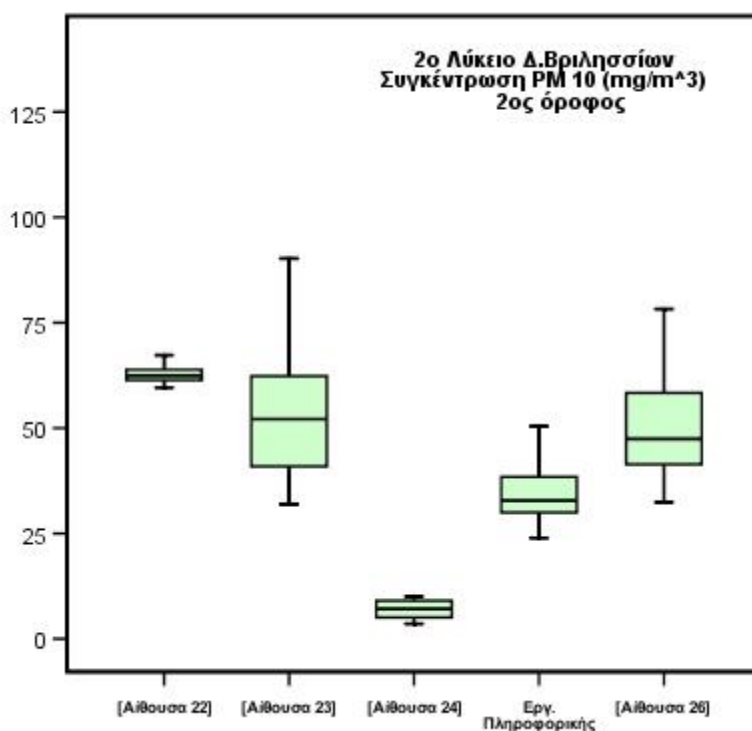
Σχήμα 195: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων - Όροφος 1



Σχήμα 196: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων - Όροφος 2



Σχήμα 197: Συγκέντρωση  $PM_{2.5}$  στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων – Όροφος 2



Σχήμα 198: Συγκέντρωση  $PM_{10}$  στο 2<sup>ο</sup> Λύκειο του Δ. Βριλησίων - Όροφος 2

### 2.11.2 Μετρήσεις Θερμοκρασίας και Σχετικής Υγρασίας

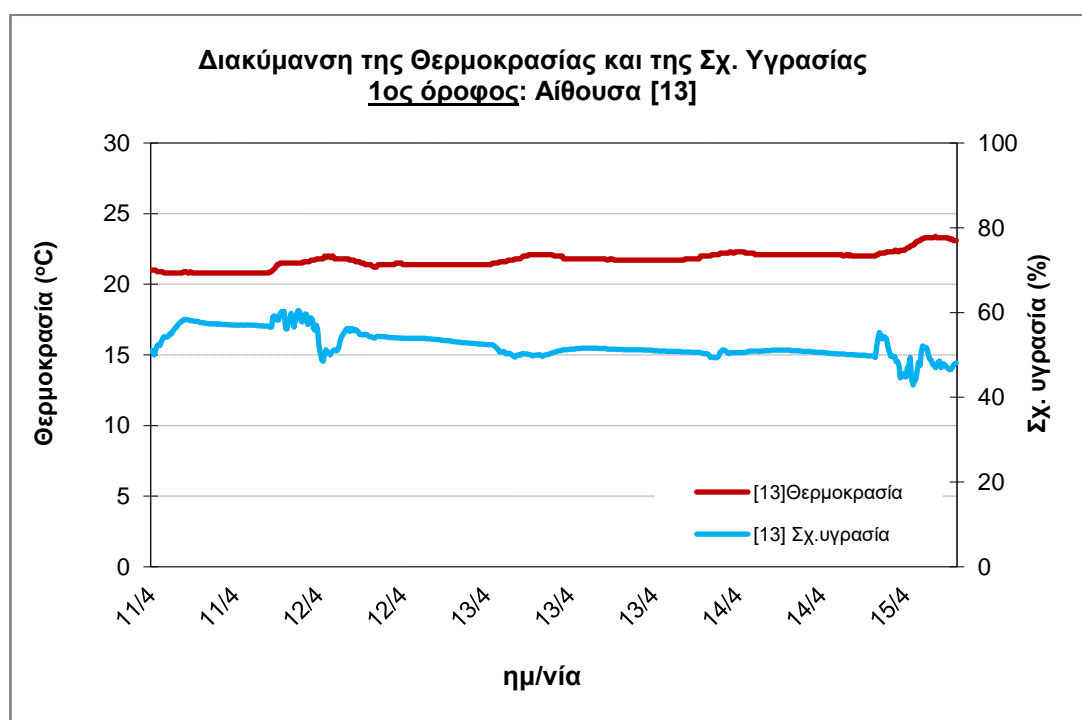
Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας πραγματοποιήθηκαν τη χρονική περίοδο από 11/4/08 έως 15/4/08, σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες κάθε ορόφου και στο εξωτερικό του σχολείου.

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εσωτερικού αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του σχολείου. Στον ίδιο Πίνακα παρουσιάζονται επίσης οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος (11/4 - 15/4). Έτσι, διαπιστώνεται ότι η μέση θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται μεταξύ 20.2 °C και 22.2°C, σαφώς εντός των ορίων θερμικής άνεσης (άνετα), ενώ η μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 22.3°C. Η σχετική υγρασία, κυμαίνεται από 50.7% έως 55.0%, με την αντίστοιχη του εξωτερικού περιβάλλοντος να είναι 49.5% (ASHRAE Standard 55-1992).

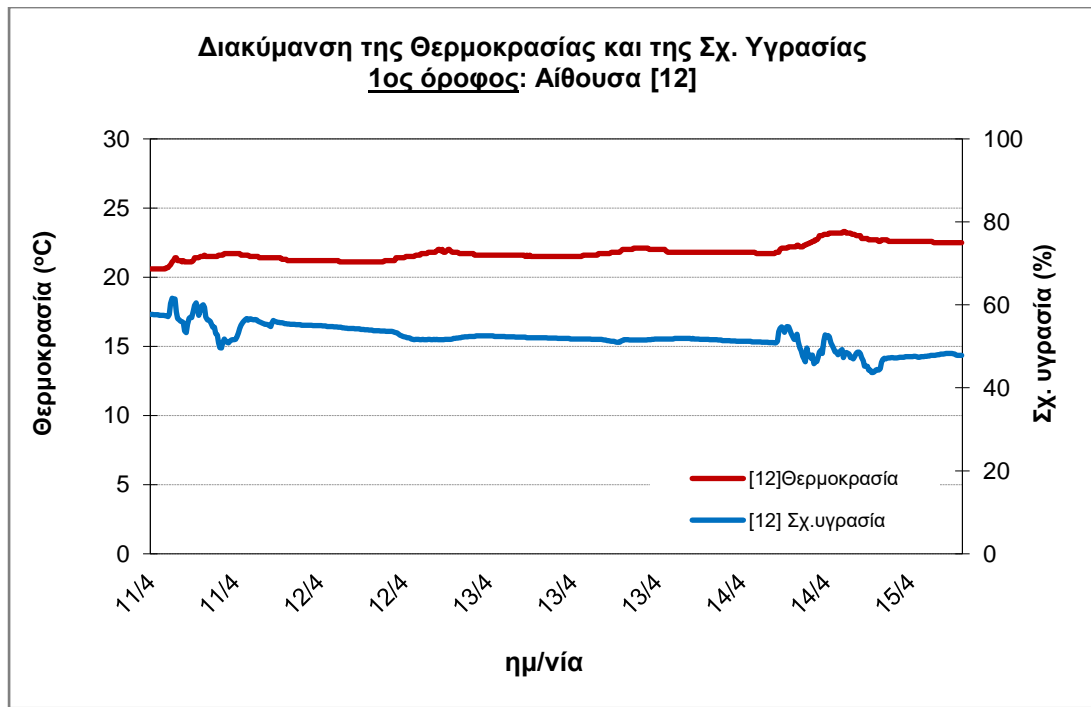
Πίνακας 30: Μετρήσεις της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα στις αίθουσες διδασκαλίας του 2<sup>ου</sup> Λυκείου (11/4 έως 15/4/2008)

Όροφος	Αίθουσα διδασκαλίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)
Όροφος 1	[13]	20.2	50.7
Όροφος 1	[12]	21.9	51.0
Όροφος 1	[Γ.Σιώζου]	21.9	51.6
Όροφος 2	[24]	22.2	51.3
Όροφος 2	[26]	21.5	55.0
Όροφος 2	[27]	21.8	53.0
Εξωτερικό Περιβάλλον	-	22.3	49.5

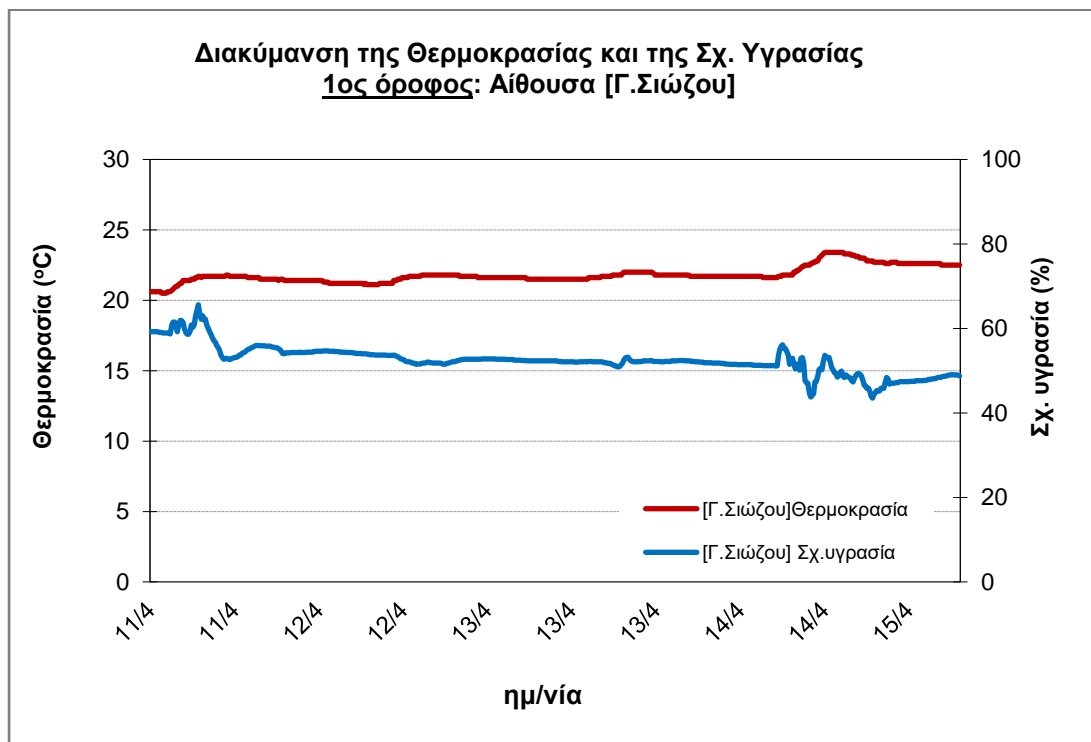
Στη συνέχεια παρουσιάζεται γραφικά η χρονική διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας σε κάθε όροφο του σχολικού κτιρίου, καθώς και η μέση τιμή τους σε σύγκριση πάντα με το εξωτερικό περιβάλλον.



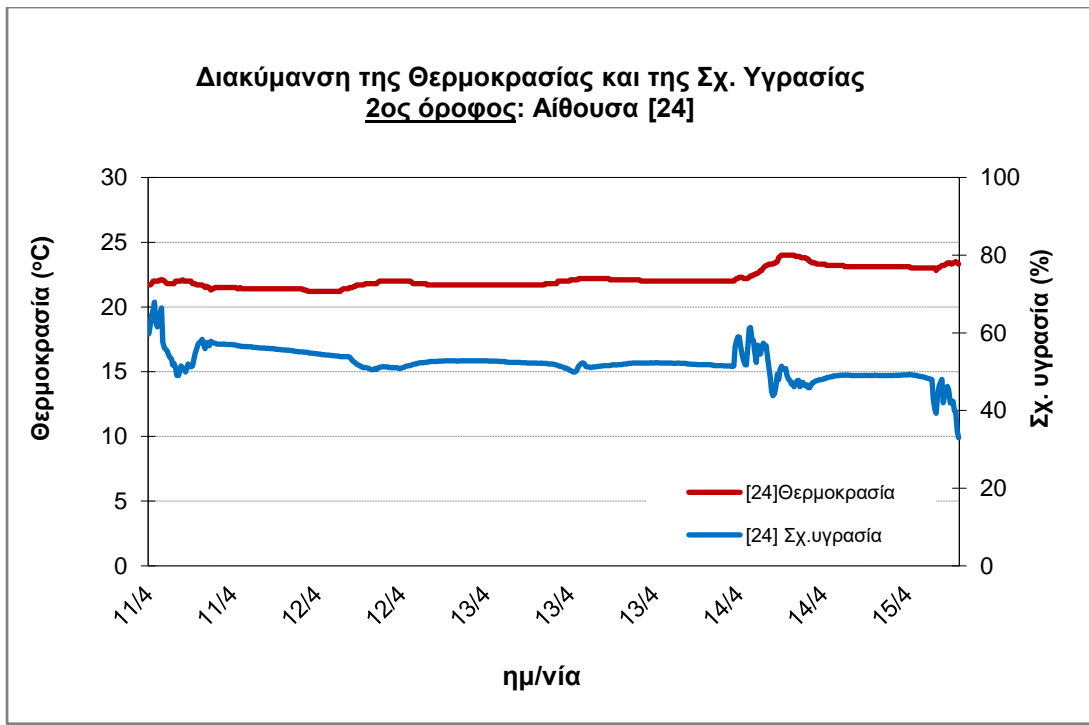
Σχήμα 199 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [13]



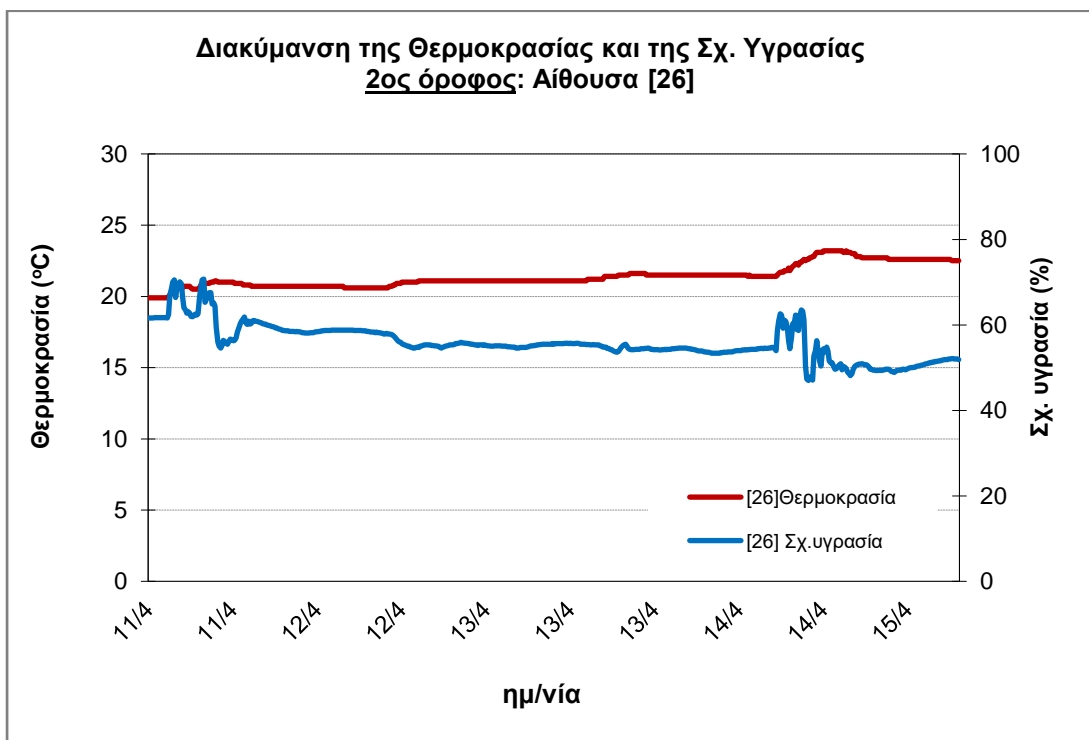
Σχήμα 200 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [12]



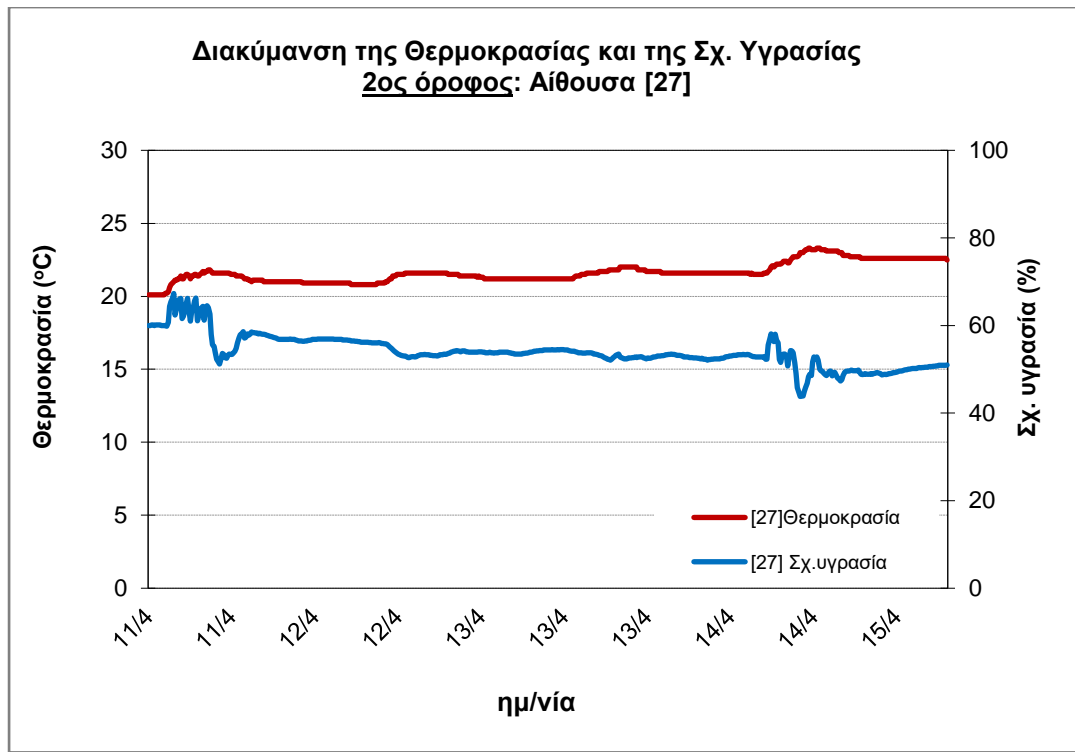
Σχήμα 201 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [Γ.Σιώζου]



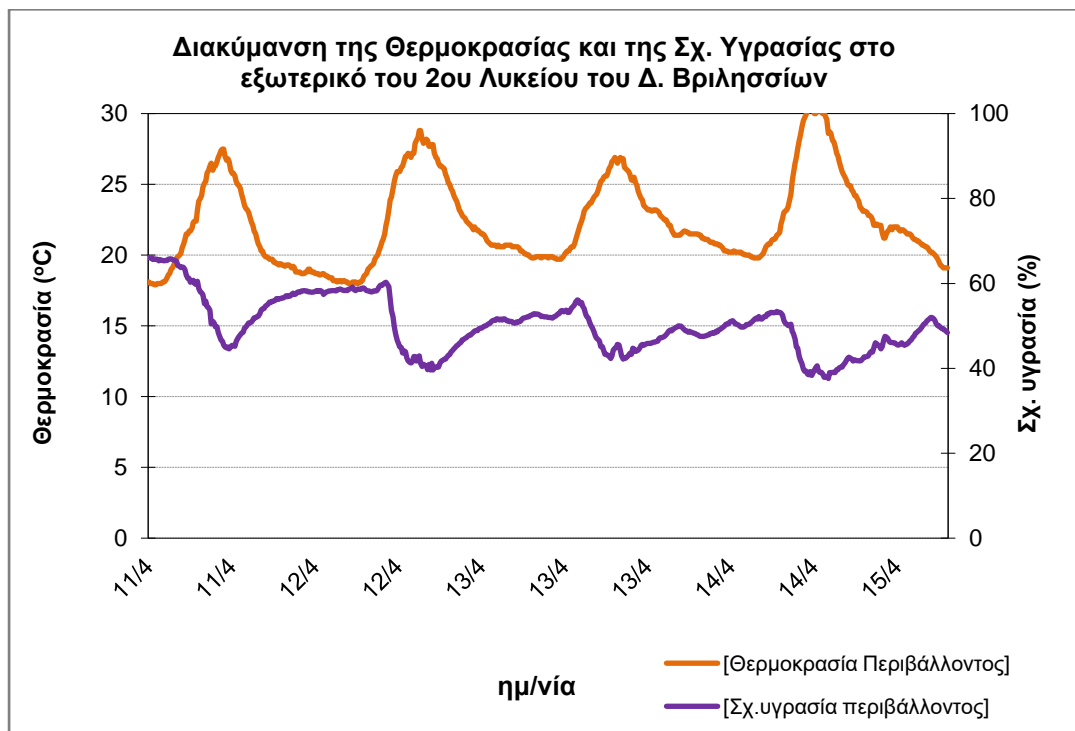
Σχήμα 202 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [24]



Σχήμα 203 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [26]



Σχήμα 204 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στον 2<sup>ο</sup> Όροφο του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων – Αίθουσα [27]

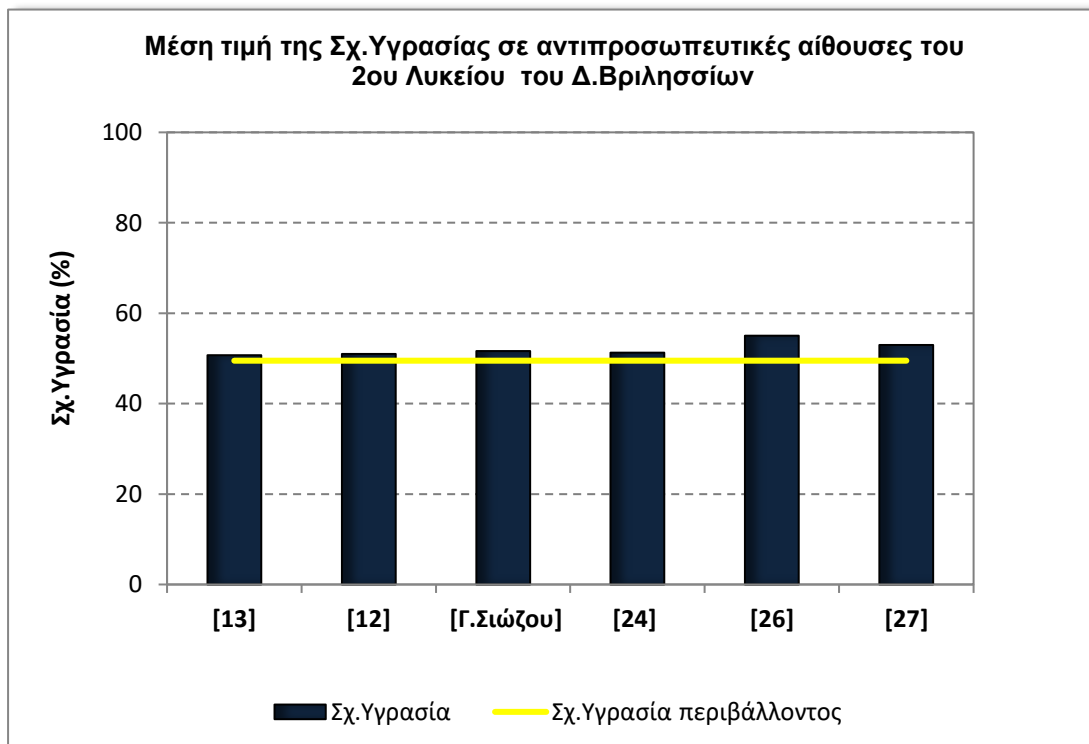


Σχήμα 205 : Διακύμανση της θερμοκρασίας και της σχ. υγρασίας στο εξωτερικό περιβάλλον του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων





Σχήμα 206: Τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Λυκείου του Δ. Βριλησίων



Σχήμα 207: Τιμές της μέσης σχ.υγρασίας του αέρα σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Λυκείου του Δ. Βριλησίων

### 2.11.3 Μέτρηση των Επιπέδων του Αερισμού στο Σχολικό Κτίριο

Μετρήθηκαν οι αλλαγές όγκου αέρα ανά ώρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες διδασκαλίας στους ορόφους 1 και 2 ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης του αερισμού σε όλο το σχολείο. Ο ρυθμός αερισμού σε κάθε όροφο του κτιρίου δίνεται στον πίνακα :

Πίνακας 31: Μετρήσεις μέσου ρυθμού ανανέωσης του αέρα (ACH) σε αντιπροσωπευτικές αίθουσες του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων

Αίθουσα Διδασκαλίας	Όροφος	Αλλαγές αέρα /ώρα (ACH)
[Γ.Σιώζου]	1 <sup>ος</sup> όροφος	0.21
[22]	2 <sup>ος</sup> όροφος	3.28

### 2.11.4 Καταγραφή των Εσωτερικών Κερδών

Στον πίνακα δίνονται ο αριθμός των παιδιών, τα ανοίγματα, τα σώματα θέρμανσης και τα φωτιστικά κάθε αίθουσας.

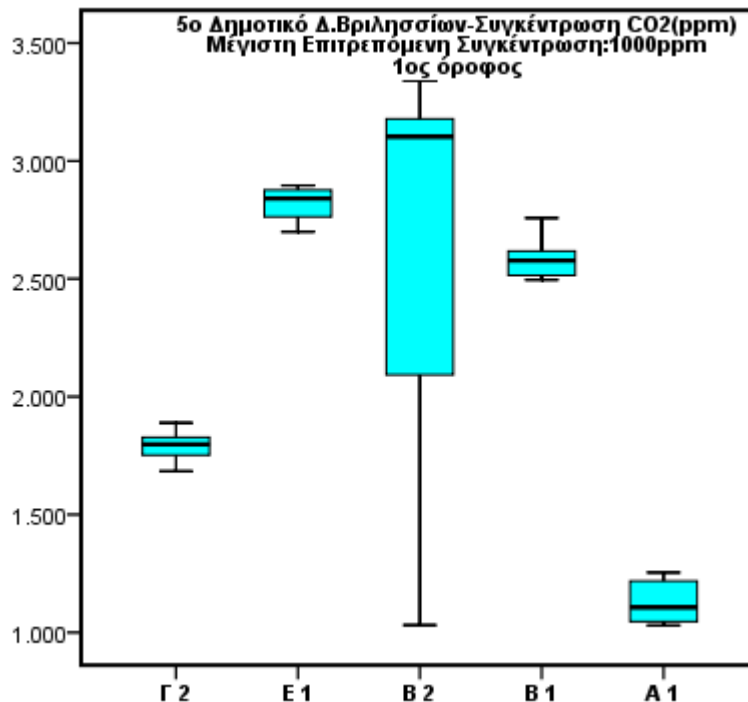
Πίνακας 32: Εσωτερικά κέρδη των αιθουσών διδασκαλίας κάθε ορόφου του 2<sup>ου</sup> Λυκείου Δ. Βριλησίων

Αίθουσα διδασκαλίας	Όροφος	Αριθμός Ατόμων	Μηχανήματα/ Συσκευές
[12]	1 <sup>ος</sup> όροφος	21	4 ανοίγματα(1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα 9 φωτιστικά
[13]	1 <sup>ος</sup> όροφος	17	4 ανοίγματα (1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[Γ.Σιώζου]	1 <sup>ος</sup> όροφος	3	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[15]	1 <sup>ος</sup> όροφος	19	4 ανοίγματα (2 ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[16]	1 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα (1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[22]	2 <sup>ος</sup> όροφος	23	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[23]	2 <sup>ος</sup> όροφος	20	4 ανοίγματα (2ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[24]	2 <sup>ος</sup> όροφος	21	4 ανοίγματα (κλειστά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[26]	2 <sup>ος</sup> όροφος	18	4 ανοίγματα(2 ανοιχτά), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά
[27]	2 <sup>ος</sup> όροφος	2	4 ανοίγματα (1ανοιχτό), 2 θερμαντικά σώματα, 9 φωτιστικά

### 3.Γενική Συζήτηση

Όταν συγκρίνεται η ποιότητα εσωτερικού αέρα και η θερμική άνεση στα σχολικά κτίρια, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που διαμορφώνουν την κατάσταση του κάθε κτιρίου. Ο σχεδιασμός και προσανατολισμός του κτιρίου, τα δομικά υλικά κατασκευής και το έτος κατασκευής, ο τύπος των ανοιγμάτων καθώς και ο αριθμός ατόμων κάθε αίθουσας σε συνδυασμό με τον αερισμό επιδρούν στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων.

Ο εσωτερικός αέρας στα σχολεία του Δήμου Βριλησίων χαρακτηρίζεται από φυσικά επίπεδα τιμών μονοξειδίου του άνθρακα (CO) σαν αυτά του ατμοσφαιρικού αέρα. Αντιθέτως, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι υψηλά στα περισσότερα σχολικά κτίρια. Το σχολείο με τα μεγαλύτερα επίπεδα είναι το 5<sup>ο</sup> δημοτικό, το οποίο έχει σε όλες τις αίθουσες διδασκαλίας συγκεντρώσεις στην περιοχή τιμών 1200 – 3200ppm , με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στην αίθουσα [B1] του 1<sup>ου</sup> ορόφου του σχολείου.



Σχήμα 208: Συγκέντρωση CO<sub>2</sub> (ppm) στον 1<sup>ο</sup> Όροφο του 5<sup>ου</sup> Δημοτικού Δ.Βριλησίων

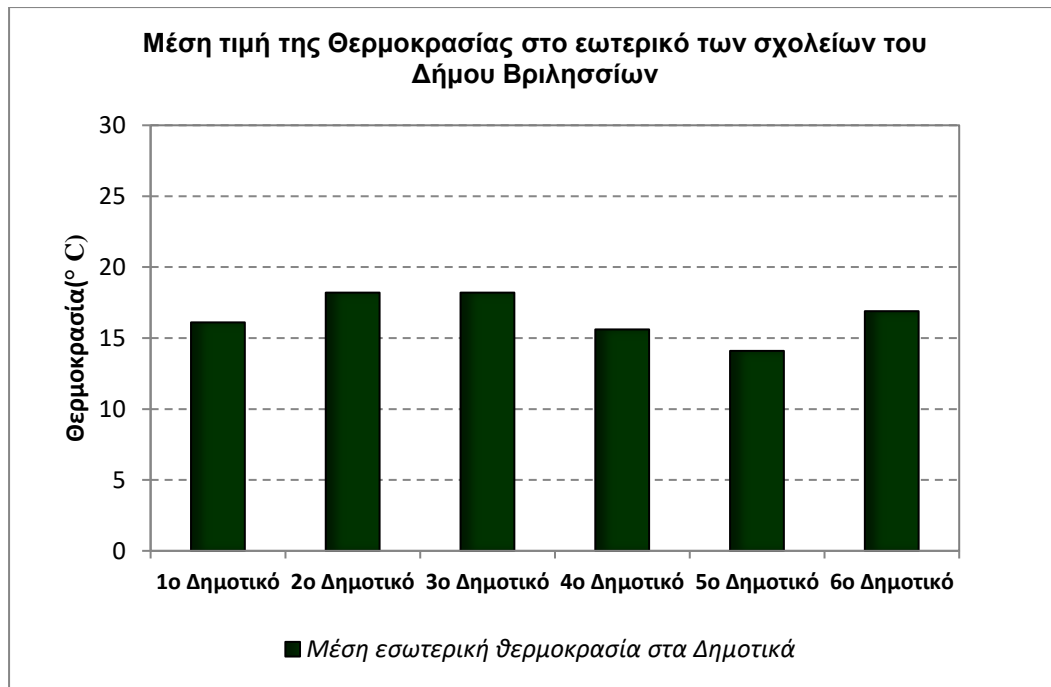
Συνήθως, υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> παρατηρούνται σε αίθουσες με μεγάλο αριθμό ατόμων (η [B2] είχε 25 άτομα) και με ανεπαρκή αερισμό.

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις παρουσίασαν υψηλές συγκεντρώσεις σε όλα τα σχολεία αλλά, όπως και για το διοξείδιο του άνθρακα, οι υψηλότερες τιμές τους παρατηρήθηκαν στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό (33μg/m<sup>3</sup> στην αίθουσα [E1] στον 2<sup>ο</sup>). Σε αυτό το φαινόμενο μάλλον πρέπει να παίζουν πρόσθετο ρόλο (σε συνδυασμό με ανεπαρκή αερισμό) τα δομικά υλικά και το έτος κατασκευής του συγκεκριμένου σχολικού κτιρίου, δηλαδή ενδεχομένως το κτίριο είναι παλιό.

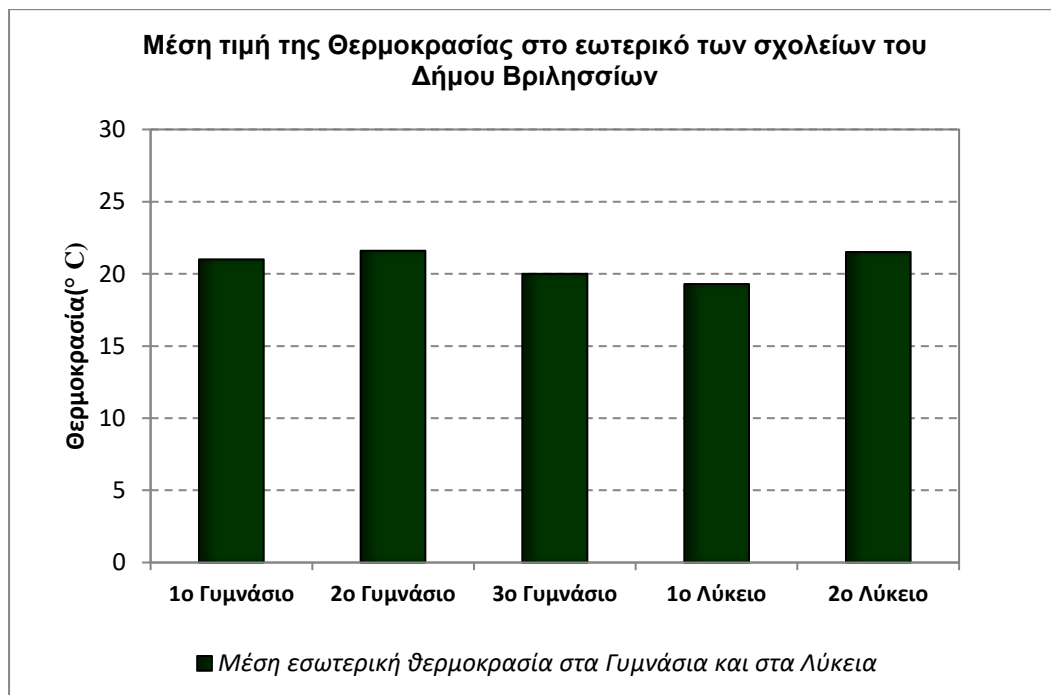
Τα αιωρούμενα σωματίδια σημείωσαν γενικά υψηλές συγκεντρώσεις και αυτά στην πλειονότητα των σχολείων. Στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις αλλά τα περισσότερα μικροσωματίδια καταγράφηκαν στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό (260μg/m<sup>3</sup> στην αίθουσα [I5] στο Ισόγειο). Σε αυτό συμβάλλει ο μεγάλος αριθμός ατόμων αλλά πάντοτε έχει μεγάλη σημασία και ο αερισμός του χώρου, ο οποίος, αν γίνει σωστά, βοηθά στην ανανέωση του αέρα και στην απομάκρυνση της σκόνης.

Για τη θερμοκρασία στο εσωτερικό περιβάλλον των σχολικών κτιρίων, δεν είναι τόσο αντικειμενικό να πραγματοποιηθεί σύγκριση ανάμεσα σε σχολεία και αίθουσες με διαφορετικό προσανατολισμό γιατί απορροφούν διαφορετική ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας. Η σύγκριση εσωτερικών θερμοκρασιών γίνεται απλώς για την εξαγωγή κάποιων ποιοτικών συμπερασμάτων. Οι μέσες εσωτερικές θερμοκρασίες των κτιρίων δίνονται στα παρακάτω σχήματα. Παρατηρούνται γενικά χαμηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες στα Δημοτικά του Δήμου Βριλησίων (κάτω από 20.0°C), οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 14.1 – 18.2°C, λόγω της χειμερινής περιόδου λήψης των μετρήσεων ( χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος ), ενώ στα Γυμνάσια και στα Λύκεια οι μέσες εσωτερικές θερμοκρασίες που μετρήθηκαν είναι υψηλότερες με τιμές από 20.0°C μέχρι 21.6°C.

Σε γενικές γραμμές τα περισσότερα σχολικά κτίρια βρίσκονται εντός των ορίων θερμικής άνεσης, με εξαίρεση πάλι το 5<sup>ο</sup> Δημοτικό, στο οποίο η μέση εσωτερική θερμοκρασία είναι 14.1°C. Αυτό το γεγονός πρέπει να οφείλεται στην παλαιότητα του κτιρίου.



Σχήμα 209: Τιμές της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας στα Δημοτικά Δ.Βριλησίων



Σχήμα 210: Τιμές της μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας στα Γυμνάσια και στα Λύκεια Δ.Βριλησίων

## 4.Συμπεράσματα

Από την περιβαλλοντική αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε στα σχολικά κτίρια του Δήμου Βριλησίων, προκύπτουν συνοπτικά τα εξής:

- Τα επίπεδα συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) δεν ξεπέρασαν σε καμία περίπτωση τα όρια της ASHRAE και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε σε κανένα από τα σχολεία του Δήμου Βριλησίων. Γενικά οι συγκεντρώσεις βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Συγκεκριμένα, οι τιμές CO στα σχολεία κυμάνθηκαν μεταξύ 0.4 – 2.7ppm. Το γεγονός αυτό είναι πολύ θετικό γιατί το μονοξείδιο του άνθρακα σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι ένας αρκετά επικίνδυνος ρύπος για την υγεία του ανθρώπου.
- Τα επίπεδα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> υπερβαίνουν το όριο των 1000 ppm στα περισσότερα σχολεία του Δήμου Βριλησίων. Η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό, στην αίθουσα [B1] και ήταν 3200 ppm. Εκτός από το 2<sup>ο</sup> Γυμνάσιο στο οποίο παρατηρούνται τιμές CO<sub>2</sub> που κυμαίνονται από 400 – 750ppm και το 1<sup>ο</sup> Λύκειο στο οποίο οι τιμές ξεπερνούν οριακά τα 1000ppm (έως 1100 ppm) , στα υπόλοιπα σχολεία στις περισσότερες αίθουσες διδασκαλίας σημειώνονται ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις. Ο μεγάλος αριθμός μαθητών και ο ανεπαρκής αερισμός είναι οι κυριότεροι παράγοντες εμφάνισης υψηλών συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub>.
- Οι συγκεντρώσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων (TVOC) στις περισσότερες αίθουσες των σχολείων του Δήμου Βριλησίων βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα. Οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν κυμαίνονται μεταξύ 12mg/m<sup>3</sup> και 30mg/m<sup>3</sup> στην πλειοψηφία των σχολείων ,στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό έφτασαν μέχρι και 33mg/m<sup>3</sup> και μόνο στο 1<sup>ο</sup> Δημοτικό ήταν χαμηλότερες από 12.9mg/m<sup>3</sup> .Τα υλικά γραφής που χρησιμοποιούνται από τα παιδιά και οι εκπομπές από τα υλικά κατασκευής του κτιρίου είναι οι βασικότερες αιτίες εμφάνισης πτητικών οργανικών ενώσεων στο εσωτερικό περιβάλλον των σχολείων. Τα

επίπεδα συγκέντρωσης που παρατηρήθηκαν στα σχολεία του Δήμου μπορούν σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες να προκαλέσουν προβλήματα υγείας όπως πονοκέφαλο, κόπωση και άλλα συμπτώματα.

- Τα επίπεδα συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  δεν είναι υψηλά αφού κυμάνθηκαν σε επίπεδα που έφτασαν έως και  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων  $PM_{2.5}$  δεν ξεπέρασαν το όριο των  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  στην πλειοψηφία των αιθουσών διδασκαλίας των σχολείων, αλλά υπάρχουν και αίθουσες με υψηλές τιμές συγκεντρώσεων όπως για παράδειγμα η [B2] στο 4<sup>ο</sup> Δημοτικό, η [E1] στο 5<sup>ο</sup> Δημοτικό και η [A1] στο 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο. (με αντίστοιχες μέγιστες συγκεντρώσεις  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  και  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  )
- Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  ξεπέρασαν το ανώτατο όριο των  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , στα περισσότερα σχολικά κτίρια με τις υψηλότερες τιμές να σημειώνονται στις αίθουσες διδασκαλίας του 1<sup>ου</sup> Δημοτικού, φτάνοντας έως και τα  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Γενικά σημειώθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις. Κύρια αιτία των υψηλών συγκεντρώσεων  $PM_{10}$  αποτελεί η χρήση της κλιματικής στις αίθουσες διδασκαλίας.
- Η μέση θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον των σχολικών κτιρίων του Δήμου Βριλησίων κυμάνθηκε σε 2 κύριες περιοχές τιμών ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος η οποία εξαρτάται από τη χρονική περίοδο των μετρήσεων και τις εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα σε 4 σχολεία παρατηρήθηκαν εσωτερικές θερμοκρασίες μεταξύ  $16 - 19.2^\circ\text{C}$  (ικανοποιητικά επίπεδα θερμικής άνεσης) ενώ σε άλλα 5 σχολεία οι εσωτερικές θερμοκρασίες κυμάνθηκαν μεταξύ  $18.2 - 22.2^\circ\text{C}$  (άνετα). Τέλος, υπήρξαν και 2 σχολεία που παρουσίασαν κύμανση εσωτερικής θερμοκρασίας εκτός των ορίων θερμικής άνεσης. Αυτά είναι το 4<sup>ο</sup> ( $13.3 - 15.6^\circ\text{C}$ ) και 5<sup>ο</sup> Δημοτικό ( $14.7 - 17.2^\circ\text{C}$ ).
- Η εσωτερική σχετ. υγρασία του αέρα κυμάνθηκε μεταξύ  $39.2 - 66.0\%$  και είναι εντός των ορίων θερμικής άνεσης (άνετα) σε όλα τα σχολικά κτίρια.

## 5.Λύσεις

---

Τα προβλήματα που διαπιστώνονται στα κτίρια και έχουν σχέση με την ποιότητα του αέρα και τη θερμική άνεση, για να αποφευχθούν, χρειάζεται να υπάρξει μέριμνα από το στάδιο της κατασκευής του κτιρίου. Ο σωστός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του κτιρίου, η τοποθέτηση των παραθύρων σε σημεία υψηλής ταχύτητας ανέμου και η κατάλληλη επιλογή των δομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του, μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των εκπομπών ρύπων, στη δημιουργία θερμικής άνεσης μέσα στο κτίριο και στη βελτίωση των επιπέδων του αερισμού του. Η νέα αρχιτεκτονική έχει μειώσει τη διείσδυση αέρα στα κτίρια με σκοπό τη χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση. Γι αυτό, πρέπει να βρεθούν τρόποι ώστε η εξοικονόμηση ενέργειας και η ρύθμιση της κατάλληλης ποιότητας αέρα να μπορούν να συνυπάρξουν. Επίσης η καλή διαχείριση όλων των συστημάτων που έχουν εγκατασταθεί σε ένα κτίριο ,όταν αυτό πλέον θα έχει κατασκευαστεί, μπορεί να δώσει λύσεις σε προβλήματα ποιότητας εσωτερικού αέρα. Ο επαρκής αερισμός με εξωτερικό αέρα συντελεί στην απομάκρυνση των πηγών ρύπανσης από το χώρο. Όμως, δεν είναι σίγουρο ότι λύνει τα προβλήματα στα κτίρια των μεγάλων αστικών κέντρων όπου και ο εξωτερικός αέρας είναι εξίσου επιβαρυνμένος με ρύπους. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να βρεθεί κατάλληλος τρόπος καθαρισμού του ρυπασμένου αέρα πριν μεταφερθεί στο εσωτερικό του κτιρίου. Ωστόσο η βελτιστοποίηση της λειτουργίας φυσικού αερισμού και κλιματισμού, μπορεί να βελτιώσει τις συνθήκες στο εσωτερικό περιβάλλον. Γι αυτό και συνιστάται σε κάθε περίπτωση το άνοιγμα των θυρών και των παραθύρων. Ακόμη, είναι αναγκαίο να μην χρησιμοποιούνται μέσα στους χώρους υλικά τα οποία είναι πηγές χημικών ρυπογόνων ουσιών και επιβαρύνουν το εσωτερικό περιβάλλον.

Τα θέματα της θερμικής άνεσης και της ποιότητας αέρα καθώς και της παράλληλης εξοικονόμησης ενέργειας δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν ανεξάρτητα γιατί είναι όλα πολύ σημαντικά για τα κτίρια. Η εφαρμογή στην πράξη πρέπει να γίνει με τέτοιο συνδυασμό έρευνας και μεθόδων, που να



εξασφαλίζεται έλεγχος της θερμικής άνεσης με την ορθολογική χρήση ενέργειας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κατάλληλη ποιότητα του εσωτερικού αέρα για την υγεία των ανθρώπων.

## 6. Αναφορές

---

1. Σανταμούρης-Μπαλάρας « Ενέργεια και Εσωτερική Ρύπανση Χώρων (Ενέργεια και Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος στα Κτίρια) » (1996)
2. Σανταμούρης-Ασημακόπουλος « *Indoor Air Quality in Practice*» (1991)
3. Ασημακόπουλος-Καρτάλης « Ατμοσφαιρική ρύπανση και προστασία περιβάλλοντος » (2002)
4. Ματζαράκης ΑΠ. «Ανθρωποβιομετεωρολογική Εκτίμηση του Κλίματος της Ελλάδας» Διδακτορική Διατριβή (1996).
5. Ελληνική έκδοση του ΕΛ.ΙΝ.ΥΝ.Α.Ε. «1996 – Οριακές τιμές Χημικών Ουσιών και Φυσικών Παραγόντων και Δείκτες Βιολογικής Έκθεσης» της Αμερικανικής Εταιρίας Κυβερνητικών Υγειονολόγων Βιομηχανίας.
6. Παπαδόπουλος Α. «Θερμική άνεση στα κτίρια. Νέα Πρότυπα και Βελτίωση θερμικής άνεσης στα κτίρια», ΑΠΘ (2006)
7. Molhave L., *Human reactions to controlled exposures to VOC's and the "total VOC" concept. In: H, Knoppel and P. Wolkoff (eds.), Chemical, Microbiological, Health and Comfort Aspects of Indoor Air Quality - State of the art in SBS, Netherlands 1992, pp 247-261.*
8. Molhave L., *Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality and Health. In: Walkinshaw (ed.), Proceedings of Indoor Air 90, Toronto 1990, Vol.5, pp 15-33.*
9. Molhave L., *Evaluations of VOC emissions from materials and products: solid flooring materials. In: Maroni M. (ed.), Proceedings of Healthy Buildings, '95, Milano 1995, Vol. 1, pp 145-162.*
10. Κτίριο-τεχνικό περιοδικό, «Η θερμική άνεση στα κτίρια»