



## «Άλλος Αέρας» στις σχολικές αίθουσες με Τεχνολογίες Ανοιχτής Αρχιτεκτονικής

**Βασιλικός Μάριος, Διαμαντοπούλου Δανάη, Δειμερτζάνη Μελίνα, Καλλιωντζής Χρήστος,  
Καμνιτάς Ευγενία, Λυτούδης Γιώργος, Μαρτζαβού Βασιλική, Τριανταφύλλου Χρήστος**  
Μαθητές/τριες Β' τάξης Γυμνασίου, Πειραματικό Σχολείο Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

**Ζησιού Μαρία-Χριστίνα, Λειβαδιώτη Ειρήνη, Λυκοκόστα Μαρία-Ευαγγελία, Μιχαηλίδης Μιχαήλ,  
Μουντουρλή Λουκία**  
Μαθητές/τριες Γ' τάξης Γυμνασίου, Πειραματικό Σχολείο Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

**Φίλιππος Κουτσάκας (ΠΕ86), Εμμανουήλ Κοσμίδης (ΠΕ86)**  
[fkoutsakas@sch.gr](mailto:fkoutsakas@sch.gr) , [mkosmidis@sch.gr](mailto:mkosmidis@sch.gr)

### Περίληψη

Κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2020-21, το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Σύστημα Ελέγχου Ποιότητας Αέρα Αίθουσας: Άλλος Αέρας», επιχείρησε να καταγράψει και να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα στις σχολικές αίθουσες του Πειραματικού Σχολείου του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, αξιοποιώντας εμπορικές, “κλειστές” αρχιτεκτονικές λύσεις και τεχνολογίες. Φέτος, μαθητές και μαθήτριες των Β' και Γ' Γυμνασίου, αξιοποιώντας αυτή την εμπειρία, κατασκεύασαν ένα σύστημα παρακολούθησης και βελτίωσης της ποιότητας του αέρα, βασισμένο αυτή τη φορά αποκλειστικά σε τεχνολογίες Ανοιχτής Αρχιτεκτονικής. Αισθητήρες μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων, θερμοκρασίας, υγρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης, εξαεριστήρες τζαμιού, σύστημα ελέγχου των συσκευών και ένας μικρο-υπολογιστής Raspberry Pi για την μεταξύ τους επικοινωνία επιστρατεύτηκαν με σκοπό τον καλύτερο φυσικό εξαερισμό των αιθουσών, την ελαχιστοποίηση των αερολυμάτων και την ποιοτική βελτίωση του αέρα διαφυλάσσοντας την υγεία των μαθητών/τριών εν μέσω πανδημίας. Το έργο που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του 3ου Πανελληνίου Διαγωνισμού Ανοιχτών Τεχνολογιών ήταν ένα από διακριθέντα έργα της κατηγορίας του. Το έργο υιοθέτησε μια γενικότερη φιλοσοφία ανοιχτότητας σε όλα του τα στάδια, συνεπώς τόσο τα βήματα κατασκευής του παραπάνω εξοπλισμού όσο και το εκπαιδευτικό υλικό που παράχθηκε προσφέρονται ελεύθερα και ανοιχτά με στόχο την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση τους από άλλα σχολεία.

**Λέξεις κλειδιά:** *Ανοιχτές Τεχνολογίες, Ποιότητα Αέρα, Internet of Things.*

### 1. Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2020-21, στο Πειραματικό Σχολείο του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (στο εξής Π.Σ.Π.Θ.), υλοποιήθηκε το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Σύστημα Ελέγχου Ποιότητας Αέρα Αίθουσας: Άλλος Αέρας». Στόχοι του προγράμματος ήταν:

- η διερεύνηση των επιπτώσεων της κακής ποιότητας αέρα στην μαθησιακή διαδικασία λαμβάνοντας υπόψη τα νέα δεδομένα που έχουν διαμορφωθεί στην πανδημία COVID19,
- η διερεύνηση των ζητημάτων που σχετίζονται με τη διάδοση ιών σε συνθήκες εσωτερικού χώρου,

- η εύρεση απλών και εύκολα εφαρμόσιμων τεχνολογικών λύσεων για την καταγραφή και βελτίωση της ποιότητας αέρα στις σχολικές αίθουσες με απώτερο στόχο την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινού περιβάλλοντος

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας ΝΟΗΣΙΣ και παρουσιάστηκε στο 13<sup>ο</sup> Μαθητικό Συνέδριο Πληροφορικής, υλοποιήθηκε και ολοκληρώθηκε με επιτυχία, έχοντας μεταξύ των παραδοτέων του ένα σύστημα καταγραφής και να βελτίωσης την ποιότητας του αέρα στις σχολικές αίθουσες. Το σύστημα αυτό ήταν βασισμένο αποκλειστικά σε εμπορικές, κλειστής αρχιτεκτονικής λύσεις και τεχνολογίες.

Κατά το τρέχον σχολικό έτος μαθητές και μαθήτριες της Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου του ΠΣΠΘ, στο πλαίσιο του 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Διαγωνισμού Ανοιχτών Τεχνολογιών, αξιοποιώντας την εμπειρία της προηγούμενης χρονιάς, κατασκεύασαν ένα σύστημα παρακολούθησης και βελτίωσης της ποιότητας του αέρα, βασισμένο αυτή τη φορά αποκλειστικά σε Τεχνολογίες Ανοιχτής Αρχιτεκτονικής.

## 2. Αφόρμηση

Λόγω της τρέχουσας συγκυρίας του COVID-19, αλλά και λόγω του ότι η ποιότητα αέρα των σχολικών αιθουσών σχετίζεται με την προστασία των μαθητών από τη διάδοση ασθενειών, την εκδήλωση αλλεργιών, αλλά και την διάθεση και ευεξία των μαθητών κατά την διαδικασία της διδασκαλίας, μας δημιουργήθηκε η ανάγκη κατασκευής ενός καλύτερου συστήματος ανανέωσης του αέρα. Επίσης η επιστημονική κοινότητα θεωρεί τα αερολύματα πολύ σημαντικό τρόπο μετάδοσης του COVID-19. Στο σχολείο μας όμως υπάρχουν περιορισμοί στον φυσικό αερισμό λόγω του σχεδιασμού των ανοιγμάτων καθώς τα παράθυρα λειτουργούν μόνο στην ανάκληση. Ο ενδεδειγμένος ρυθμός ανανέωσης αέρα στη σχολική αίθουσα είναι 4-6 φορές την ώρα. Ωστόσο στη περίπτωση του σχολείου μας αυτό είναι εφικτό μόνο με μηχανική ενίσχυση του αερισμού.



Εικόνα 1. Περιορισμός στον φυσικό αερισμό λόγω της σχεδίασης των ανοιγμάτων

## 3. Η πρότασή μας

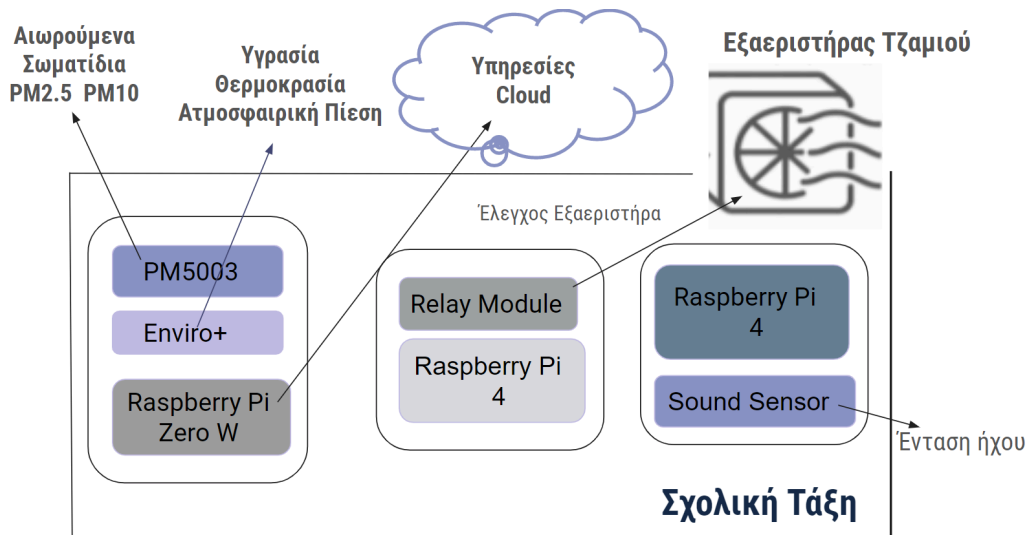
Η πρότασή μας για την παρακολούθηση και βελτίωση της ποιότητας του αέρα βασίζεται στον παρακάτω εξοπλισμό ανοιχτής αρχιτεκτονικής:

- Δύο υπολογιστές μικρού μεγέθους Raspberry Pi (RP Zero HW και RP 4)
- Εξαεριστήρα τζαμιού
- Σύστημα ελέγχου συσκευών (Relay Interface Board)
- Αισθητήρες IoT αιωρούμενων σωματιδίων PMS5003
- Αισθητήρες IoT συνθηκών αίθουσας Enviro+
- Αισθητήρες IoT έντασης ήχου



Εικόνα 2. Εξαεριστήρας Τζαμιού, Relay Module, Αισθητήρας ήχου, Αισθητήρες Ποιότητας Αέρα, Raspberry Pi Zero & 4

Ο παραπάνω εξοπλισμός διασυνδέεται με τον τρόπο που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης και βελτίωσης της ποιότητας του αέρα.



Εικόνα 3. Η διασύνδεση του συστήματος ελέγχου και βελτίωσης της ποιότητας αέρα

Η διάταξη στο σύνολο της, έτσι όπως έχει τοποθετηθεί στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου μας απεικονίζεται στην εικόνα που ακολουθεί



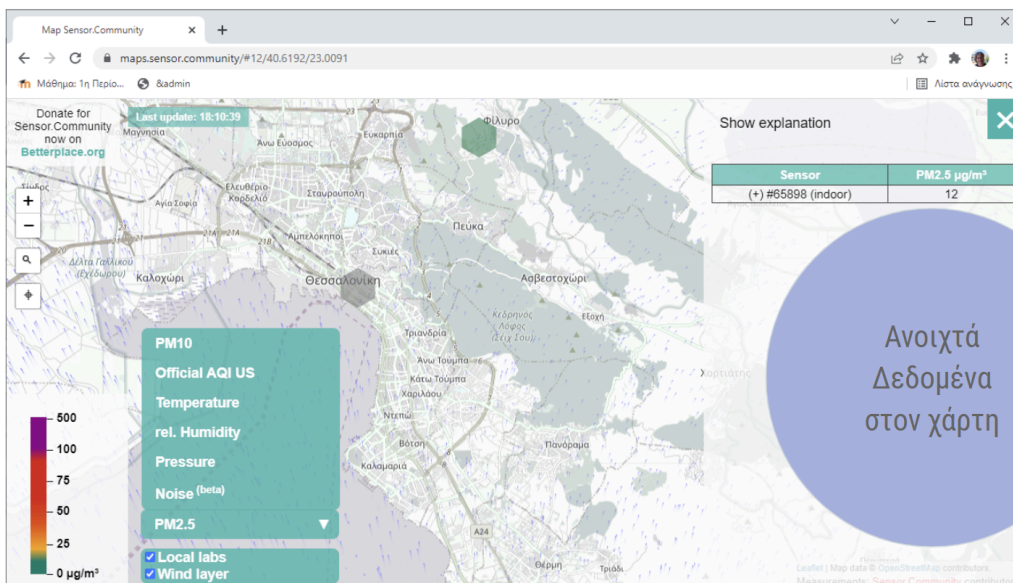
Εικόνα 4. Διάταξη συστήματος στη σχολική αίθουσα

#### 4. Πλεονεκτήματα της πρότασης μας

Το σύστημα που δημιουργήσαμε είναι μία λύση μηχανικού εξαερισμού και καθαρισμού του αέρα που ανανεώνει και καθαρίζει 3 με 6 φορές τον αέρα της τάξης σε 1 ώρα. Η κατασκευή λειτουργεί με συσκευές και εξαρτήματα που είναι διαδεδομένες, ανοιχτής αρχιτεκτονικής, έχουν χαμηλό κόστους αγοράς και συντήρηση και είναι απλές στην εγκατάσταση και στη χρήση. Το σύστημα καταναλώνει πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας. Τέλος είναι μια άμεσα εφαρμόσιμη λύση.

#### 5. Σενάρια

Το σύστημα ελέγχου και βελτίωσης της ποιότητας αέρα συλλέγει και αναρτά κάθε πέντε λεπτά στο διαδίκτυο, ελεύθερα και ανοιχτά, τα δεδομένα της ποιότητας αέρα του σχολικού εργαστηρίου πληροφορικής μας στην πλατφόρμα Sensor Community και ειδικότερα στη διεύθυνση <https://maps.sensor.community/#11/40.5537/22.8989>



Εικόνα 5. Τα δεδομένα της ποιότητας αέρα στον χάρτη

Για να ελέγξουμε την ποιότητα αέρα της αίθουσας σε διαφορετικές συνθήκες υλοποιήσαμε μία σειρά σεναρίων, διαφοροποιώντας κάθε φορά κάποιες παραμέτρους. Τα σενάρια που υλοποιήσαμε παρουσιάζονται παρακάτω.



**Σενάριο 1: Μόνο Ανοιχτά παράθυρα**

Στο σενάριο 1 η αίθουσα είναι κενή για 10 ώρες (τουλάχιστον) με τα παράθυρα κλειστά και τον εξαεριστήρα στη λειτουργία OFF. Πριν το μάθημα διεξάγεται μία μέτρηση. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος η αίθουσα έχει 13 μαθητές, τα παράθυρα είναι ανοιχτά διαρκώς και ο εξαεριστήρας στη λειτουργία OFF. Το μάθημα διαρκεί 40 λεπτά, σε αυτό το διάστημα πραγματοποιούνται τρεις μετρήσεις ανά 10 λεπτά. Στο διάλειμμα η αίθουσα μένει κενή για 10 λεπτά, με τα παράθυρα ανοιχτά και τον εξαεριστήρα στη λειτουργία OFF, όπου και πραγματοποιούνται δύο μετρήσεις.

**Σενάριο 2: Ανοιχτά παράθυρα και λειτουργία εξαεριστήρα στο FULL 100% (μόνο στο διάλειμμα)**

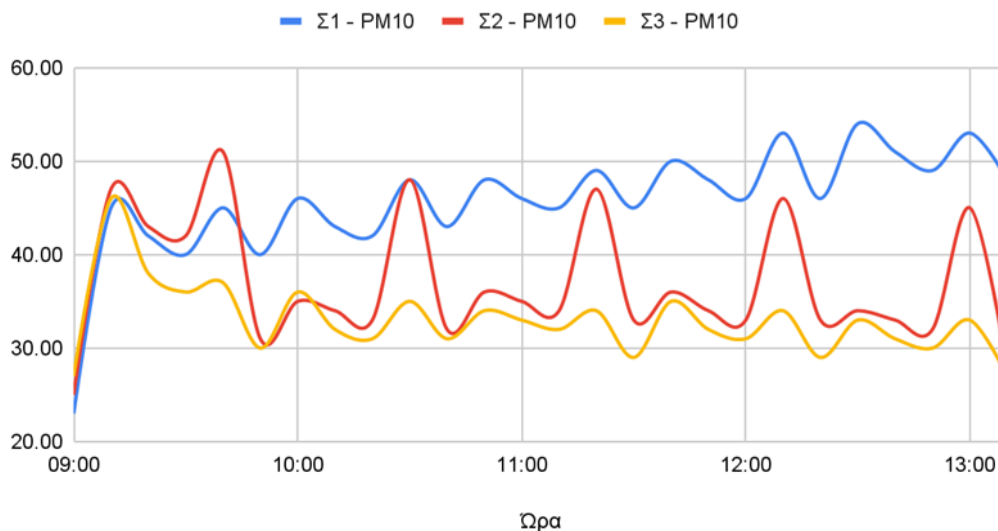
Στο σενάριο 2 η αίθουσα είναι κενή για 10 ώρες (τουλάχιστον) με τα παράθυρα κλειστά και τον εξαεριστήρα στη λειτουργία OFF. Πριν το μάθημα διεξάγεται μία μέτρηση. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος η αίθουσα έχει 13 μαθητές, τα παράθυρα είναι διαρκώς ανοιχτά και ο εξαεριστήρας στη λειτουργία OFF. Το μάθημα διαρκεί 40 λεπτά, σε αυτό το διάστημα πραγματοποιούνται τρεις μετρήσεις ανά 10 λεπτά. Στο διάλειμμα η αίθουσα μένει κενή για 10 λεπτά, με τα παράθυρα ανοιχτά και τον εξαεριστήρα σε λειτουργία στο 100% της ισχύος του, όπου και πραγματοποιούνται 2 μετρήσεις.

**Σενάριο 3 - Ανοιχτά παράθυρα και λειτουργία εξαεριστήρα στο 50% διαρκώς**

Στο σενάριο 3 η αίθουσα είναι κενή για 10 ώρες (τουλάχιστον) με τα παράθυρα κλειστά και τον εξαεριστήρα στη λειτουργία OFF. Πριν το μάθημα διεξάγεται μία μέτρηση. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος η αίθουσα έχει 13 μαθητές, τα παράθυρα είναι διαρκώς ανοιχτά και ο εξαεριστήρας σε λειτουργία στο 50% της ισχύος του. Το μάθημα διαρκεί 40 λεπτά, σε αυτό το διάστημα πραγματοποιούνται τρεις μετρήσεις ανά 10 λεπτά. Στο διάλειμμα η αίθουσα μένει κενή για 10 λεπτά, με τα παράθυρα ανοιχτά και τον εξαεριστήρα σε λειτουργία στο 50% της ισχύος του, όπου και πραγματοποιούνται 2 μετρήσεις.

Ακολουθεί η απεικόνιση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί στα τρία σενάρια που περιγράψαμε, με την μπλε γραμμή να περιγράφει τα δεδομένα του Σεναρίου 1, την κόκκινη γραμμή του Σεναρίου 2 και την κίτρινη του Σεναρίου 3.

Σ1 - PM10, Σ2 - PM10 and Σ3 - PM10



Εικόνα 6. Σχεδιάγραμμα σύγκρισης τριών σεναρίων

**6. Συμπεράσματα**

Αφού συλλέξαμε και αναλύσαμε τα δεδομένα καταλήξαμε πως τα ανοιχτά παράθυρα από μόνα τους δεν βοηθούν ιδιαίτερα στην αλλαγή του αέρα με τις τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων να αυξάνονται διαρκώς. Στο δεύτερο σενάριο, η χρήση εξαεριστήρα μόνο κατά τη διάρκεια του διαλείμματος αρχικά αυξάνει λόγω της έντονης αλλαγής του αέρα που συμβαίνει με το που ανοίγουμε τον εξαεριστήρα, αλλά εν τέλει τα αιωρούμενα σωματίδια μειώνονται και μάλιστα πέφτουν κάτω από τα νούμερα του πρώτου

σεναρίου. Τέλος, η διαρκής λειτουργία του εξαεριστήρα έστω και στο 50% της ισχύος του, διατηρεί τα αιωρούμενα σωματίδια σε χαμηλά επίπεδα. Συμπερασματικά η χρήση του εξαεριστήρα έχει θετική επίπτωση στην ποιότητα του αέρα της αίθουσας.

### 7. Επόμενα Βήματα

Στο επόμενο χρονικό διάστημα σκοπεύουμε να συλλέξουμε και να αναλύσουμε περισσότερα δεδομένα, έτσι ώστε να υλοποιήσουμε καινούρια σενάρια. Στόχος μας είναι να αυτοματοποιήσουμε το σύστημα, ώστε να επικοινωνήσουν μεταξύ τους τα Raspberry Pi Zero και Raspberry Pi 4. Η αυτοματοποίηση θα έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση/απενεργοποίηση του συστήματος ανάλογα με τις αντίστοιχες καταγραφόμενες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων και ήχου. Έτσι θα έχουμε κατασκευάσει ένα πλήρως ολοκληρωμένο “έξυπνο” σύστημα.

### 8. Παραδοτέα

Το σύστημα παρακολούθησης και βελτίωσης ποιότητας αέρα και εξαερισμού των σχολικών κτιρίων αποτελείται από το σύστημα παραγωγής του φρέσκου εξωτερικού αέρα, από το σύστημα των μετρήσεων των τιμών της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Επιπλέον από το σύστημα των μετρήσεων των κλιματολογικών συνθηκών του εξωτερικού χώρου, από το σύστημα των μετρήσεων της έντασης του ήχου και τέλος από μια διαδικτυακή πλατφόρμα ανοιχτή και προσβάσιμη σε όλους που παρουσιάζονται οι τιμές της ποιότητας του αέρα και το επίπεδο θορύβου στις σχολικές αίθουσες σε πραγματικό χρόνο. Το σενάριο υλοποίησης της δράσης «Βελτιώνοντας την ποιότητα αέρα στις σχολικές τάξεις» παραμένει ανοιχτό, με σκοπό να δώσουμε έμφαση και να αξιοποιήσουμε το πρόγραμμα μας σε άλλα σχολεία.

### 9. Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τον Οργανισμό Ανοιχτών Τεχνολογιών που μας έδωσε το κίνητρο αλλά και την οικονομική υποστήριξη για να υλοποιήσουμε το εκπαιδευτικό πρόγραμμα “Άλλος Αέρας στη σχολική αίθουσα” με Ανοιχτές Τεχνολογίες.

### Βιβλιογραφία

1. Έρχεται επιδότηση μηχανημάτων καθαρισμού αέρα για την εστίαση | Moneyreview.gr Αθανασόπουλος Α., 2021, Έρχεται επιδότηση μηχανημάτων καθαρισμού αέρα για την εστίαση
2. <https://www.nytimes.com/2020/07/04/health/239-experts-with-one-big-claim-the-coronavirus-is-airborne.html/> Apoorva Mandavilli, 2020, 239 Experts with One Big Claim: The Coronavirus Is Airborne, New York Times
3. <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards/> ANSI/ ASHRAE Standard 62.1-2019
4. <https://www.nytimes.com/interactive/2021/02/26/science/reopen-schools-safety-ventilation.html/> Bartzokas N. et al, 2021, Why opening windows is a key to reopening Schools, New York Times
5. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00103-007-0290-y/> Umweltbundesamt (UBA), 2007, Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz,
6. <https://blog.swegon.com/uk/what-you-get-when-you-measure-co2-vs-voc/> Jacobsson C, 2019, What do you get when you measure CO2 vs VOC, Swegon,
7. <https://www.eng.auth.gr/en/epikairoti/anakoinosi/date/2020/12/18/yliko-apo-ti-diadiktyaki-dialexi-toy-kathigiti-toy-panepistimiou-tis-notias-kalifornias-usc-konstan.html/> Διαφάνειες Παρουσίασης, Ο Covid-19 από την σκοπιά της επιστήμης των aerosol, Σιούτας Κ., 2020 [https://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_changes\\_per\\_hour/](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_changes_per_hour/) Wikipedia, 2021, Air Changes per hour