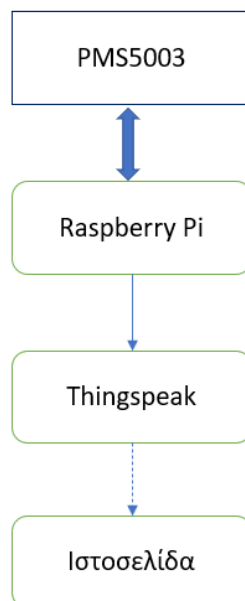


ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων PM1, PM2.5, PM10»



Φοιτητής

Αποστολόπουλος Γεώργιος 513012

Επιβλέπων

Δρ. Κυριάκος Τσακμάκης

Ιούνιος 2021

Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων PM1, PM2.5, PM10

Κωδικός: 21167

Φοιτητής:

Εισηγητής: Δρ Κυριάκος Τσιακμάκης

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. 03-03-2021

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε. 09-06-2021

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Αποστολόπουλου Γεώργιου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Περίληψη

Η εργασία αυτή αφορά τη δημιουργία ηλεκτρονικού συστήματος μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων PM1, PM2.5, PM10 στον αέρα. Το σύστημα υλοποιήθηκε με Raspberry και τον αισθητήρα PMS5003 και τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω διαδικτύου στο server του ThingSpeak. Στο ThingSpeak τα δεδομένα από τον αισθητήρα προβάλλονται σε ειδικά γραφήματα και μπορούν να ληφθούν από μια εφαρμογή μέσω διαδικτύου αν της επιτραπεί η πρόσβαση. Επίσης, υλοποιήθηκε ειδική ιστοσελίδα για την προβολή των δεδομένων χωρίς να χρειάζεται η πρόσβαση στο κανάλι του ThingSpeak.

« Measurement of fine particulate matters PM1, PM2.5, PM10 »

Abstract

This work concerns the creation of an electronic system for measuring particles PM1, PM2.5, PM10 in the air. The system was implemented with Raspberry and the PMS5003 sensor and the data is sent over the internet to the ThingSpeak server. The data from the sensor is displayed in special graphs and can be downloaded from an internet application if it has permission. Also, a special website was implemented to view the data without use the ThingSpeak website.

Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την συμπαράσταση τους.

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Περίληψη..... | iv |
| Abstract | v |
| Ευχαριστίες..... | vi |
| Περιεχόμενα | vii |
| Κατάλογος Σχημάτων | viii |
| Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.1 Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.2 Δομή της εργασίας | 3 |
| Κεφάλαιο 2ο: Ποιότητα αέρα και συστήματα μέτρησης..... | 4 |
| 2.1 Ποιότητα Αέρα..... | 4 |
| 2.2 Συστήματα Μέτρησης Ποιότητας Αέρα για αιωρούμενα σωματίδια | 12 |
| Κεφάλαιο 3ο: Υλικό και Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε | 17 |
| 3.1 Raspberry | 17 |
| 3.2 Αισθητήρας μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων..... | 23 |
| 3.3 Python..... | 26 |
| 3.4 Flask..... | 28 |
| 3.5 ThingSpeak | 30 |
| Κεφάλαιο 4ο: Το σύστημα μέτρησης ποιότητας αέρα | 36 |
| 4.1 Σύστημα Μέτρησης στο Raspberry | 36 |
| 4.1.1 Ανάγνωση τιμών από τον αισθητήρα | 37 |
| 4.1.2 Αποστολή τιμών στο ThingSpeak..... | 43 |
| 4.2 Απεικόνιση τιμών σε ιστοσελίδα | 46 |
| 4.3 Μετρήσεις..... | 51 |
| Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα και προτάσεις για βελτίωση..... | 52 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 53 |

Κατάλογος Σχημάτων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 2.1: Δείκτης ποιότητας αέρα ή AQI | 5 |
| Εικόνα 2.2: Δείκτης ποιότητας CAQI | 7 |
| Εικόνα 2.3: Σύγκριση των PM με την τρίχα | 8 |
| Εικόνα 2.4: Μέγεθος διάφορων αέριων-σωματιδίων 1 | 9 |
| Εικόνα 2.5: Μέγεθος διάφορων αέριων-σωματιδίων 2 | 10 |
| Εικόνα 2.6: Διείσδυση σωματιδίων στον οργανισμό ανάλογα το μέγεθος τους | 11 |
| Εικόνα 2.7: Μπλοκ διάγραμμα SPS30 | 14 |
| Εικόνα 2.8: Αρχή Λειτουργίας SPS30..... | 15 |
| Εικόνα 3.1: Raspberry Pi | 17 |
| Εικόνα 3.2: Raspberry Pi Zero W | 18 |
| Εικόνα 3.3: Raspberry Θύρες USB/Ethernet..... | 19 |
| Εικόνα 3.4: Raspberry GPIO pins..... | 20 |
| Εικόνα 3.5: Raspberry Pins..... | 21 |
| Εικόνα 3.6: Raspberry Pins numbers | 22 |
| Εικόνα 3.7: Raspberry με πλακέτα με ετικέτες..... | 23 |
| Εικόνα 3.8: Διάγραμμα λειτουργίας του αισθητήρα..... | 24 |
| Εικόνα 3.9: Τυπική σύνδεση του αισθητήρα με το raspberry | 25 |
| Εικόνα 3.10: Python 3 στο Raspberry | 26 |
| Εικόνα 3.11: Python 3 | 28 |
| Εικόνα 3.12: Flask + Website + Python..... | 29 |
| Εικόνα 3.13: ThingSpeak | 30 |
| Εικόνα 3.14: Μια από τις εφαρμογές – λειτουργία του ThingSpeak | 31 |
| Εικόνα 3.15: Δημιουργία Λογαριασμού | 32 |
| Εικόνα 3.16: Δημιουργία καναλιού..... | 32 |
| Εικόνα 3.17: Πεδία για τους αισθητήρες..... | 33 |
| Εικόνα 3.18: API κλειδί για αποστολή δεδομένων και αποθήκευση στο κανάλι μας στο ThingSpeak | 34 |
| Εικόνα 3.19: API κλειδί για λήψη δεδομένων από το κανάλι μας στο ThingSpeak | 35 |
| Εικόνα 4.1: Διάγραμμα συστήματος μέτρησης ποιότητας αέρα | 36 |
| Εικόνα 4.2: Σύστημα-κύκλωμα του Raspberry με τον αισθητήρα σε ράστερ | 37 |
| Εικόνα 4.3: Επικοινωνία Raspberry-Αισθητήρα | 39 |
| Εικόνα 4.4: Particulate Matter Sensor Breakout (PMS) | 40 |
| Εικόνα 4.5: Αποστολή τιμών από τον αισθητήρα στο ThingSpeak | 43 |
| Εικόνα 4.6: Ορίζονται τρία πεδία για κάθε σωματίδιο στο ThingSpeak | 44 |
| Εικόνα 4.7: Γράφημα για Field1- pm1.0..... | 45 |
| Εικόνα 4.8: Γράφημα για Field2- pm2.5..... | 45 |
| Εικόνα 4.9: Γράφημα για Field3- pm10..... | 46 |
| Εικόνα 4.10: Ιστοσελίδα με τις τιμές των σωματιδίων από τον αισθητήρα..... | 46 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 4.11: Απεικόνιση τιμών στην ιστοσελίδα σε αντιστοιχία με τα γραφήματα | 47 |
| Εικόνα 4.12: Ιστοσελίδα με τιμές και πίνακα | 48 |

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Η εργασία αυτή αφορά τη δημιουργία ηλεκτρονικού συστήματος μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων PM1, PM2.5, PM10 στον αέρα. Το σύστημα υλοποιήθηκε με Raspberry και τον αισθητήρα PMS5003 και τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω διαδικτύου στο server του ThingSpeak. Στο ThingSpeak τα δεδομένα από τον αισθητήρα προβάλλονται σε ειδικά γραφήματα και μπορούν να ληφθούν από μια εφαρμογή μέσω διαδικτύου αν της επιτραπεί η πρόσβαση. Επίσης, υλοποιήθηκε ειδική ιστοσελίδα για την προβολή των δεδομένων χωρίς να χρειάζεται η πρόσβαση στο κανάλι του ThingSpeak.

Πρόσφατα, πολλοί ερευνητές δίνουν μεγαλύτερη προσοχή στη σχέση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της νόσου του αναπνευστικού συστήματος. Τα τελευταία χρόνια, τα επίπεδα αιθαλομίχλης έχουν αυξηθεί σε ολόκληρη τον κόσμο με αποτέλεσμα την επιδείνωση της ποιότητας του αέρα, προκαλώντας παγκόσμιες ανησυχίες. Το PM2.5 (σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2,5 μικρόμετρα) μπορεί να διεισδύσει βαθιά στον πνεύμονα, να ερεθίσει και να διαβρώσει το κυψελιδικό τοίχωμα, και συνεπώς να βλάψει τη λειτουργία των πνευμόνων.

Υπάρχουν εξωτερικές και εσωτερικές πηγές λεπτών σωματιδίων PM2.5. Εξωτερικά, τα λεπτά σωματίδια προέρχονται κυρίως από εξάτμιση αυτοκινήτου, φορτηγού, λεωφορείου και οχήματος εκτός δρόμου (π.χ., εξοπλισμός κατασκευών, οχήματα χιονιού, ατμομηχανή), άλλες εργασίες που περιλαμβάνουν την καύση καυσίμων όπως ξύλο, πετρέλαιο θέρμανσης ή άνθρακα και φυσικές πηγές όπως πυρκαγιές σε δάση και γρασίδι. Λεπτά σωματίδια σχηματίζονται επίσης από την αντίδραση αερίων ή σταγονιδίων στην ατμόσφαιρα από πηγές όπως οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας. Αυτές οι χημικές αντιδράσεις μπορεί να εμφανιστούν μίλια από την αρχική πηγή των εκπομπών. Επειδή τα λεπτά σωματίδια μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή τους, γεγονότα όπως πυρκαγιές ή ηφαιστειακές εκρήξεις μπορούν να αυξήσουν τις συγκεντρώσεις λεπτών σωματιδίων εκατοντάδες μίλια από το συμβάν.

Το PM2.5 παράγεται επίσης από κοινές εσωτερικές δραστηριότητες. Ορισμένες εσωτερικές πηγές λεπτών σωματιδίων είναι ο καπνός του καπνού, το μαγείρεμα (π.χ. τηγάνισμα, το σοτάρισμα και το ψήσιμο), τα κεριά καύσης ή οι λαμπτήρες λαδιού και τα τζάκια και οι θερμαντήρες χώρου που καίνε καύσιμα (π.χ. θερμαντήρες κηροζίνης).

Δεδομένου ότι είναι τόσο μικρά και ελαφριά, τα λεπτά σωματίδια τείνουν να παραμένουν περισσότερο στον αέρα από τα βαρύτερα σωματίδια. Αυτό αυξάνει τις πιθανότητες εισπνοής από ανθρώπους και ζώα. Λόγω του μικρού τους μεγέθους, σωματίδια μικρότερα από 2,5 μικρόμετρα είναι σε θέση να παρακάμψουν τη μύτη και το λαιμό και να διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες και μερικά μπορεί ακόμη και να εισέλθουν στο κυκλοφορικό σύστημα.

Μελέτες έχουν βρει μια στενή σχέση μεταξύ της έκθεσης σε λεπτά σωματίδια και του πρόωγου θανάτου από καρδιακή και πνευμονική νόσο. Τα λεπτά σωματίδια είναι επίσης γνωστό ότι προκαλούν ή επιδεινώνουν χρόνια ασθένεια όπως άσθμα, καρδιακή προσβολή, βρογχίτιδα και άλλα αναπνευστικά προβλήματα.

Μια μελέτη που δημοσιεύθηκε στο Journal of the American Medical Association υποδηλώνει ότι η μακροχρόνια έκθεση στο PM2.5 μπορεί να οδηγήσει σε αποθέσεις πλάκας στις αρτηρίες, προκαλώντας αγγειακή φλεγμονή και σκλήρυνση των αρτηριών που μπορεί τελικά να οδηγήσουν σε καρδιακή προσβολή και εγκεφαλικό επεισόδιο. Οι επιστήμονες στη μελέτη εκτίμησαν ότι για κάθε 10 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης των λεπτών σωματιδίων, υπάρχει σχετικός 4%, 6% και 8% αυξημένος κίνδυνος θνησιμότητας από καρκίνο του πνεύμονα όλων των αιτίων, καρδιοπνευμονικών και πνευμόνων, αντίστοιχα.

Πώς να μετρήσουμε τα PM2.5

Λόγω των πολλών αρνητικών επιπτώσεων που μπορούν να προκαλέσουν τα λεπτά σωματίδια σε μεγάλο αριθμό ανθρώπων, το PM2.5 είναι ένας από τους σημαντικότερους ρύπους που παρακολουθούνται στενά από τις υγειονομικές αρχές σε όλο τον κόσμο. Θα συναντήσουμε μια ειδική στήλη για PM2.5 μαζί με τον Δείκτη ποιότητας αέρα (AQI), τον δείκτη προτύπων ρύπων (PSI) ή τα πρότυπα ποιότητας αέρα που υιοθετούνται από τη κάθε χώρα.

Σε μια πολύ καθαρή και μη θολή ημέρα, η συγκέντρωση PM2,5 μπορεί να είναι τόσο χαμηλή όσο 5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ή χαμηλότερη. Η 24-ωρη συγκέντρωση των PM2,5 θεωρείται ανθυγιεινή όταν αυξάνεται πάνω από 35,4 $\mu\text{g} / \text{m}^3$.

Συνήθως επιλέγεται 24 ώρες και όχι μικρότερη διάρκεια κατά την αξιολόγηση των επιπτώσεων στην υγεία των λεπτών σωματιδίων επειδή η πιθανή ζημιά που προκαλείται από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους εξαρτάται όχι μόνο από τη συγκέντρωση, αλλά και από τη διάρκεια της έκθεσης. Όσο περισσότερο εκτίθεστε σε PM2.5, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος εμφάνισης ανεπιθύμητων ενεργειών που προκαλούνται από την έκθεση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο μια μέτρηση 24 ωρών είναι μια καλύτερη αντανάκλαση των επιπτώσεων στην υγεία των λεπτών σωματιδίων από ό, τι η ανάγνωση τριών ωρών.

Οι επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι:

- Η μέτρηση των PM1, PM2.5 και PM10 με raspberry
- Αποστολή των δεδομένων μέσω διαδικτύου για αποθήκευση και προβολή στο ThingSpeak

- Ανάκτηση των δεδομένων από εφαρμογή ή ιστοσελίδα

1.2 Δομή της εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια εισαγωγή, οι στόχοι και η δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η έννοια της ποιότητας του αέρα και αναφέρονται παρόμοια συστήματα μέτρησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται το υλικό και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα μέτρησης ποιότητας αέρα που υλοποιήθηκε με το Raspberry και η επικοινωνία του με ThingSpeak.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας και θέματα για βελτίωση.

Κεφάλαιο 2ο: Ποιότητα αέρα και συστήματα μέτρησης

2.1 Ποιότητα Αέρα

Η ποιότητα του αέρα είναι ένα μέτρο για το πόσο καθαρός ή μολυσμένος είναι ο αέρας. Η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα είναι σημαντική επειδή ο μολυσμένος αέρας μπορεί να είναι κακός για την υγεία μας - και την υγεία του περιβάλλοντος. Η ποιότητα του αέρα μετριέται με το Δείκτη ποιότητας αέρα ή AQI. Το AQI λειτουργεί σαν θερμοόμετρο που κυμαίνεται από 0 έως 500. Ωστόσο, αντί να εμφανίζει αλλαγές στη θερμοκρασία, το AQI είναι ένας τρόπος να δείξει αλλαγές στην ποσότητα της ρύπανσης στον αέρα.

Ο αέρας στην ατμόσφαιρά μας αποτελείται κυρίως από δύο αέρια που είναι απαραίτητα για τη ζωή στη Γη, το άζωτο και οξυγόνο. Ωστόσο, ο αέρας περιέχει επίσης μικρότερες ποσότητες πολλών άλλων αερίων και σωματιδίων. Το AQI παρακολουθεί πέντε κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους:

- Όζον στο επίπεδο του εδάφους
- Μονοξείδιο του άνθρακα
- Διοξείδιο του θείου
- Διοξείδιο του αζώτου
- Αερομεταφερόμενα σωματίδια

Το όζον και τα αερομεταφερόμενα σωματίδια στο επίπεδο του εδάφους είναι οι δύο ατμοσφαιρικοί ρύποι που αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Είναι επίσης τα δύο από τα κύρια συστατικά της αιθαλομίχλης, ένας τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης που μειώνει την ορατότητα.

Το όζον είναι ένα αέριο που πιθανότατα έχετε ακούσει ως ένα στρώμα ψηλά στην ατμόσφαιρα της Γης. Αυτό το στρώμα του όζοντος είναι καλό και βοηθά να αποκλείσουμε από την επιβλαβή ακτινοβολία του Ήλιου. Ωστόσο, το επίπεδο του όζοντος στο έδαφος είναι κακό για την ανθρώπινη υγεία. Δημιουργείται όταν το ηλιακό φως αντιδρά με ορισμένες χημικές εκπομπές (για παράδειγμα διοξείδιο του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο). Αυτές οι χημικές ουσίες μπορούν να προέρχονται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις, καυσαέρια αυτοκινήτων, ατμούς βενζίνης και άλλες πηγές.

Τα αερομεταφερόμενα σωματίδια είναι στερεά και υγρά σταγονίδια αιωρούμενα στον αέρα. Αυτά τα σωματίδια μεταφέρονται μέσω του αέρα σε εργοτάξια, καπνοδόχους, σωλήνες εξάτμισης αυτοκινήτων, πυρκαγιές, ηφαίστεια και πολλά άλλα μέρη. Τα σωματίδια μπορούν επίσης να σχηματιστούν από χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα.

Ένα AQI κάτω των 50 σημαίνει ότι η ποιότητα του αέρα είναι καλή. Σε αυτό το χαμηλό επίπεδο AQI, ένα άτομο μπορεί να περάσει χρόνο σε εξωτερικούς χώρους και η ατμοσφαιρική ρύπανση θα δημιουργήσει πολύ μικρό κίνδυνο για την υγεία του. Καθώς ο αριθμός AQI αυξάνεται, το ίδιο αυξάνει και ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία. Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα για τα επίπεδα ανησυχίας για την υγεία μέσω δεικτών AQI.

| Air Quality Index Levels of Health Concern | Numerical Value | Meaning |
|---|------------------------|---|
| Good | 0 to 50 | Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk. |
| Moderate | 51 to 100 | Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution. |
| Unhealthy for Sensitive Groups | 101 to 150 | Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected. |
| Unhealthy | 151 to 200 | Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects. |
| Very Unhealthy | 201 to 300 | Health alert: everyone may experience more serious health effects. |
| Hazardous | 301 to 500 | Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected. |

Εικόνα 2.1: Δείκτης ποιότητας αέρα ή AQI

[<https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics/>]

Ο υπολογισμός του AQI απαιτεί συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων σε μια καθορισμένη περίοδο μέσου όρου, που λαμβάνεται από μια συσκευή. Συνολικά, η συγκέντρωση και ο χρόνος αντιπροσωπεύουν τη δόση του ατμοσφαιρικού ρύπου. Οι επιδράσεις στην υγεία που αντιστοιχούν σε μια δεδομένη δόση καθορίζονται με επιδημιολογική έρευνα. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι ποικίλλουν σε ισχύ και η λειτουργία που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή από τη συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού ρύπου σε AQI ποικίλλει ανάλογα με τον ρύπο. Οι τιμές του δείκτη ποιότητας του αέρα συνήθως ομαδοποιούνται σε εύρη. Σε κάθε περιοχή εκχωρείται ένας περιγραφέας, ένας κωδικός χρώματος και μια τυποποιημένη συμβουλή δημόσιας υγείας.

Το AQI μπορεί να αυξηθεί λόγω της αύξησης των εκπομπών αέρα (για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της κυκλοφορίας σε ώρες αιχμής ή όταν υπάρχει ανοδική δασική πυρκαγιά) ή από έλλειψη αραίωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων. Ο στάσιμος αέρας, που προκαλείται συχνά από έναν αντικυκλώνα, αναστροφή θερμοκρασίας ή χαμηλές ταχύτητες ανέμου επιτρέπει στην ατμοσφαιρική ρύπανση να

παραμένει σε μια τοπική περιοχή, οδηγώντας σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, χημικές αντιδράσεις μεταξύ ατμοσφαιρικών ρύπων και θολές συνθήκες.

Σε μια μέρα που το AQI προβλέπεται να αυξηθεί λόγω της ρύπανσης των λεπτών σωματιδίων, ένας οργανισμός ή ένας οργανισμός δημόσιας υγείας πρέπει:

Να συμβουλεύει ευαίσθητες ομάδες, όπως ηλικιωμένους, παιδιά και άτομα με αναπνευστικά ή καρδιαγγειακά προβλήματα, για να αποφύγουν την άσκηση σε εξωτερικούς χώρους.

Να δηλώσει μια ημέρα για να ενθαρρύνει εθελοντικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών αέρα, όπως η χρήση δημόσιων συγκοινωνιών.

Να προτείνει τη χρήση μάσκας για να μην εισέρχονται τα λεπτά σωματίδια στους πνεύμονες

Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πολύ κακής ποιότητας του αέρα, όπως ένα επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όταν το AQI υποδεικνύει ότι η οξεία έκθεση μπορεί να προκαλέσει σημαντική βλάβη στη δημόσια υγεία, οι οργανισμοί μπορούν να επικαλεσθούν σχέδια έκτακτης ανάγκης που τους επιτρέπουν να σταματούν σημαντικούς εκπομπούς (όπως βιομηχανίες καύσης άνθρακα) για τον περιορισμό των εκπομπών έως ότου μειωθούν-διορθωθούν οι επικίνδυνες συνθήκες.

Οι περισσότεροι μολυντές αέρα δεν έχουν σχετικό AQI. Πολλές χώρες παρακολουθούν το όζον, τα σωματίδια, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το διοξείδιο του αζώτου στο έδαφος και υπολογίζουν δείκτες ποιότητας του αέρα για αυτούς τους ρύπους.

Ο ορισμός του AQI σε ένα συγκεκριμένο κράτος αντικατοπτρίζει τη συζήτηση σχετικά με την ανάπτυξη εθνικών προτύπων ποιότητας αέρα σε αυτό το κράτος. Ένας ιστότοπος που επιτρέπει σε κυβερνητικές υπηρεσίες οπουδήποτε στον κόσμο να υποβάλλουν τα δεδομένα παρακολούθησης του αέρα σε πραγματικό χρόνο για προβολή χρησιμοποιώντας έναν κοινό ορισμό του δείκτη ποιότητας αέρα, προσφάτως έγινε διαθέσιμο όπως το <https://www.iqair.com/>.

Ευρώπη

Ο κοινός δείκτης ποιότητας αέρα (CAQI) είναι ένας δείκτης ποιότητας αέρα που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη από το 2006. Τον Νοέμβριο του 2017, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος ανακοίνωσε τον Ευρωπαϊκό Δείκτη Ποιότητας Αέρα (EAQI) και άρχισε να ενθαρρύνει τη χρήση του σε ιστότοπους και για άλλους τρόπους ενημέρωσης του κοινού σχετικά με την ποιότητα του αέρα.

Από το 2012, το υποστηριζόμενο από την ΕΕ έργο υποστήριξε ότι το CAQI είχε αξιολογηθεί σε ένα «μεγάλο σύνολο δεδομένων» και περιέγραψε το κίνητρο και τον ορισμό του CAQI. Ο κύριος στόχος του CAQI ήταν να υπάρχει ένας δείκτης που θα ενθάρρυνε την ευρεία σύγκριση σε ολόκληρη την ΕΕ, χωρίς να αντικατασταθούν οι τοπικοί δείκτες. Η CiteairΠ δήλωσε ότι «ο κύριος στόχος του CAQI δεν είναι να προειδοποιεί τους ανθρώπους για πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία της κακής ποιότητας του αέρα, αλλά να προσελκύσει την προσοχή τους στην αστική ατμοσφαιρική ρύπανση και την κύρια πηγή (κυκλοφορία) και να τους βοηθήσει να μειώσουν την έκθεσή τους.

Το CAQI είναι ένας αριθμός σε κλίμακα από 1 έως 100, όπου μια χαμηλή τιμή σημαίνει καλή ποιότητα αέρα και μια υψηλή τιμή σημαίνει κακή ποιότητα αέρα. Το ευρετήριο ορίζεται τόσο σε ωριαίες όσο και σε ημερήσιες εκδόσεις, και χωριστά κοντά σε δρόμους (δείκτης "roadside" ή "traffic") ή μακριά από δρόμους (δείκτης "background"). Από το 2012, το CAQI είχε δύο υποχρεωτικά στοιχεία για το ευρετήριο του δρόμου, το NO₂ και το PM₁₀, και τρία υποχρεωτικά στοιχεία για το δείκτη στο παρασκήνιο, το NO₂, το PM₁₀ και το O₃. Περιλάμβανε επίσης προαιρετικούς ρύπους PM_{2.5}, CO και SO₂. Υπολογίζεται "υπο-δείκτης" για καθένα από τα υποχρεωτικά (και προαιρετικά, εάν υπάρχουν) στοιχεία. Το CAQI ορίζεται ως ο υπο-δείκτης που αντιπροσωπεύει τη χειρότερη ποιότητα μεταξύ αυτών των στοιχείων.

Ορισμένες από τις βασικές συγκεντρώσεις ρύπων σε μγ / m³ για τον ωριαίο δείκτη υποβάθρου, τους αντίστοιχους υποδείκτες και πέντε σειρές CAQI και οι λεκτικές περιγραφές έχουν ως εξής

| Qualitative name | Index or sub-index | Pollutant (hourly) concentration in μg/m ³ | | | |
|------------------|--------------------|---|------------------|----------------|------------------------------|
| | | NO ₂ | PM ₁₀ | O ₃ | PM _{2.5} (optional) |
| Very low | 0–25 | 0–50 | 0–25 | 0–60 | 0–15 |
| Low | 25–50 | 50–100 | 25–50 | 60–120 | 15–30 |
| Medium | 50–75 | 100–200 | 50–90 | 120–180 | 30–55 |
| High | 75–100 | 200–400 | 90–180 | 180–240 | 55–110 |
| Very high | >100 | >400 | >180 | >240 | >110 |

Εικόνα 2.2: Δείκτης ποιότητας CAQI

Οι τιμές και οι χάρτες CAQI που ενημερώνονται συχνά εμφανίζονται στο www.airqualitynow.eu και σε άλλους ιστότοπους. Ορίζεται επίσης ένας ξεχωριστός κοινός δείκτης ποιότητας αέρα για το έτος (YACAQI), στον οποίο διαφορετικοί δείκτες ρύπων ομαλοποιούνται χωριστά σε μια τιμή τυπικά κοντά στην ενότητα. Για παράδειγμα, οι ετήσιοι μέσοι όροι των NO₂, PM₁₀ και PM_{2.5} διαιρούνται με 40 μγ / m³, 40 μγ / m³ και 20 μγ / m³, αντίστοιχα. Το συνολικό υπόβαθρο ή η κίνηση YACAQI για μια πόλη είναι ο αριθμητικός μέσος όρος ενός καθορισμένου υποσυνόλου αυτών των υπο-δεικτών.

Αιωρούμενα Σωματίδια - Particulate Matter

Το PM σημαίνει σωματιδιακή ύλη (ονομάζεται επίσης ρύπανση σωματιδίων): ο όρος για ένα μίγμα στερεών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που βρίσκονται στον αέρα. Ορισμένα σωματίδια, όπως σκόνη, βρωμιά, αιθάλη ή καπνός, είναι αρκετά μεγάλα ή σκοτεινά ώστε να φαίνονται με γυμνό μάτι. Άλλοι είναι τόσο μικροί που μπορούν να ανιχνευθούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Σύγκριση των PM με την τρίχα

[<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>]

Στην εργασία αυτή εστιάζουμε στην μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5} και PM₁₀ που θεωρούνται αρκετά επιβλαβή για την υγεία και στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε μια περιγραφή τους.

Η ρύπανση σωματιδίων περιλαμβάνει:

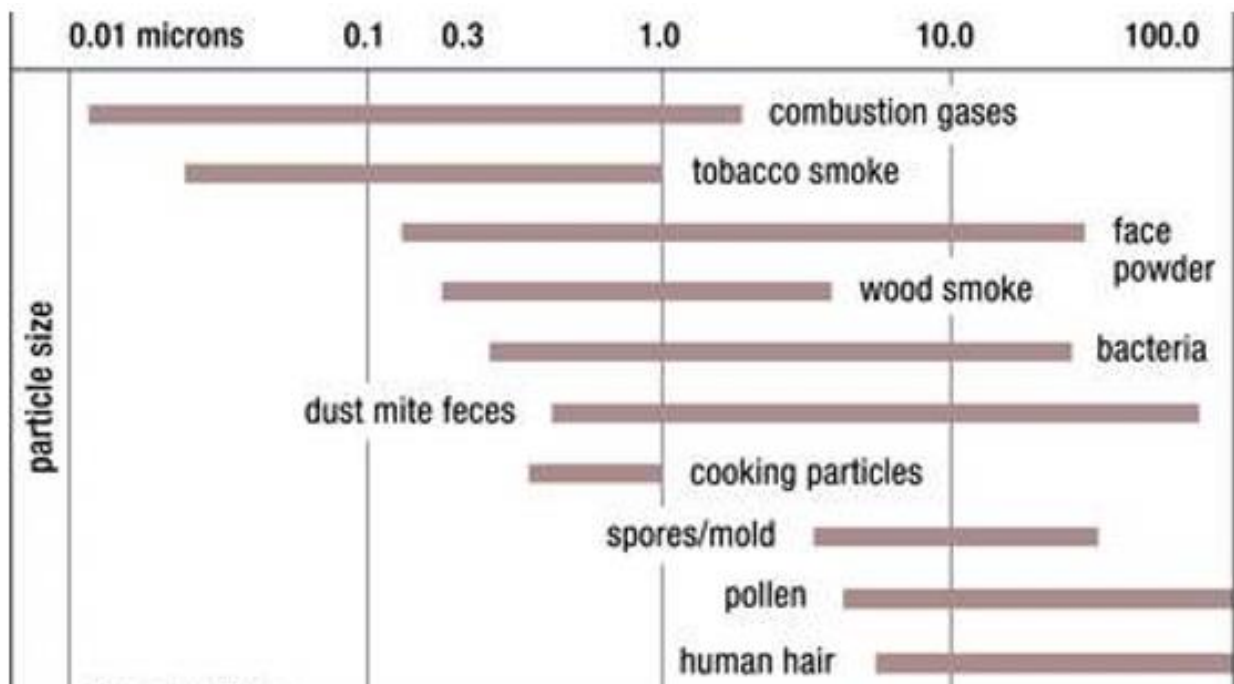
PM10: εισπνεύσιμα σωματίδια, με διαμέτρους που είναι γενικά 10 μικρόμετρα και μικρότερα και

PM2.5: λεπτά εισπνεύσιμα σωματίδια, με διαμέτρους γενικά 2,5 μικρόμετρα και μικρότερα.

Πόσο μικρό είναι 2,5 μικρόμετρα; Σκεφτείτε για ένα μόνο μαλλιά από το κεφάλι σας. Η μέση ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο περίπου 70 μικρόμετρα.

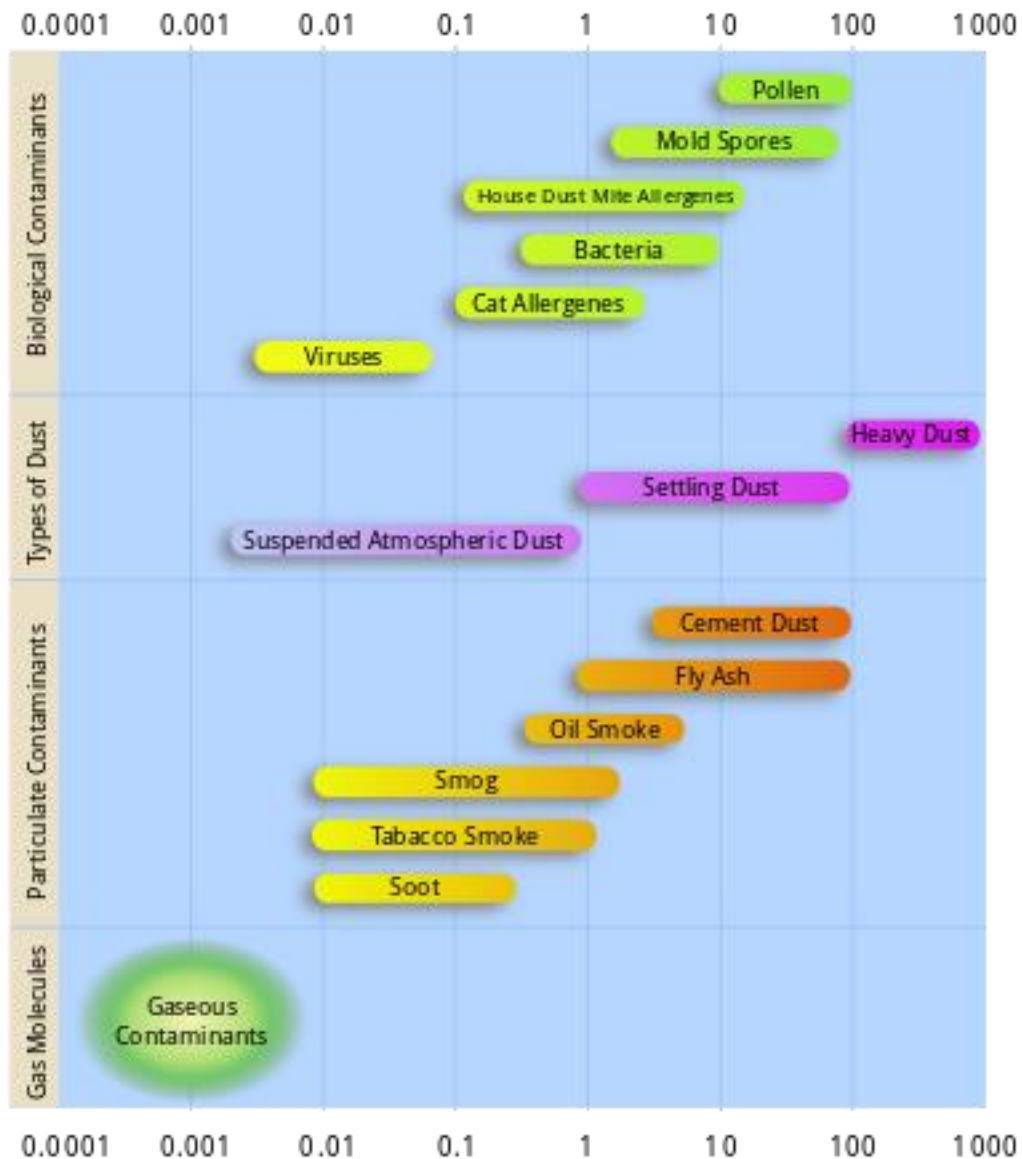
Αυτά τα σωματίδια διατίθενται σε πολλά μεγέθη και σχήματα και μπορούν να αποτελούνται από εκατοντάδες διαφορετικά χημικά. Ορισμένα εκπέμπονται απευθείας από μια πηγή, όπως εργοτάξια, μη λιθόστρωτοι δρόμοι, χωράφια, καπνοδόχοι ή πυρκαγιές.

Τα περισσότερα σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα πολύπλοκων αντιδράσεων χημικών όπως το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου, τα οποία είναι ρύποι που εκπέμπονται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας, βιομηχανίες και αυτοκίνητα.



Εικόνα 2.4: Μέγεθος διάφορων αέριων-σωματιδίων 1

[John Wiley and Sons, Best Practices Guide to Residential Construction, 2006]



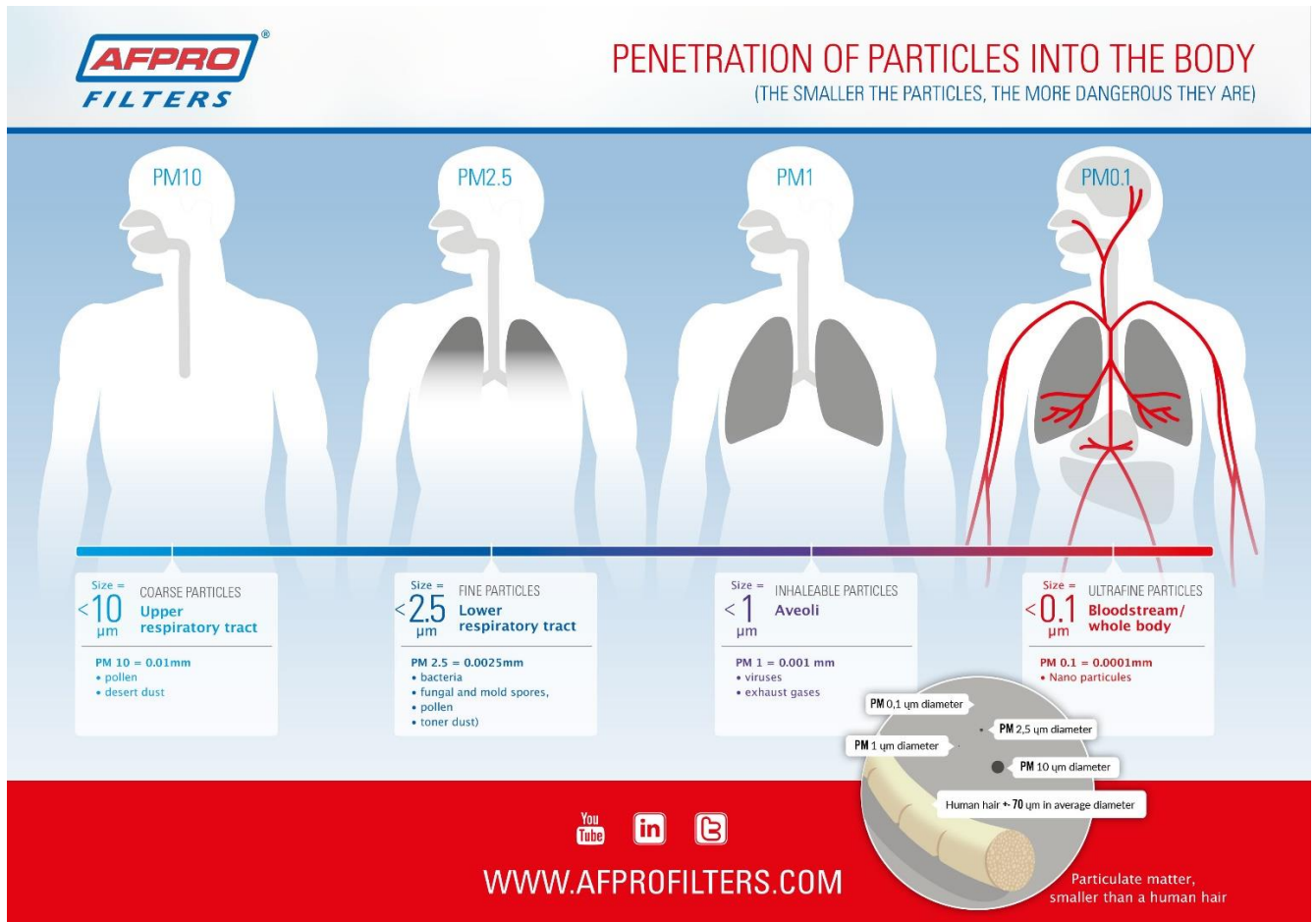
Εικόνα 2.5: Μέγεθος διάφορων αέριων-σωματιδίων 2

[<https://en.wikipedia.org/wiki/Particulates>]

Τα σωματίδια περιέχουν μικροσκοπικά στερεά ή υγρά σταγονίδια που είναι τόσο μικρά που μπορούν να εισπνευστούν και να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας. Ορισμένα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μικρόμετρα μπορούν να εισχωρήσουν βαθιά στους πνεύμονες και μερικά μπορεί ακόμη και να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος. Από αυτά, σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2,5 μικρομέτρων, επίσης γνωστά ως λεπτά σωματίδια ή PM_{2,5}, αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία. Τα λεπτά σωματίδια είναι επίσης η κύρια αιτία μειωμένης ορατότητας (ομίχλη).

Στις εικόνες 2.4 και 2.5 παρουσιάζεται τι περιέχει τα σωματίδια ανάλογα το μέγεθος τους.

Τα ατμοσφαιρικά σωματίδια, σωματιδιακή ύλη (PM) ή αιωρούμενα σωματίδια (SPM) - είναι μικροσκοπικά σωματίδια στερεάς ή υγρής ύλης αιωρούμενα στον αέρα. Ο όρος αεροζόλ αναφέρεται συνήθως στο μείγμα σωματιδίων / αέρα, σε αντίθεση με το σωματιδιακό υλικό μόνο. Οι πηγές σωματιδίων μπορεί να είναι φυσικές ή ανθρωπογενείς. Έχουν επιπτώσεις στο κλίμα και τις βροχοπτώσεις που επηρεάζουν δυσμενώς την ανθρώπινη υγεία, με τρόπους επιπρόσθετους στην άμεση εισπνοή.



Εικόνα 2.6: Διείσδυση σωματιδίων στον οργανισμό ανάλογα το μέγεθος τους

[<https://www.afprofilters.com/particulate-matter-air-filters/>]

Το PM περιλαμβάνει σωματίδια με διαφορετικά χαρακτηριστικά - δηλαδή σχήμα, οπτικές ιδιότητες, μέγεθος και σύνθεση αλλά διαιρείται συνήθως σε υποκατηγορίες με βάση τις πληροφορίες για το μέγεθος των σωματιδίων. Διαφορετικές κατηγορίες PM αναφέρονται συνήθως στην κοινή ονοματολογία PM_x, όπου το «x» ορίζει τη μέγιστη διάμετρο σωματιδίων στο μείγμα αερομεταφερόμενων σωματιδίων ή «αεροζόλ». Για παράδειγμα, το PM_{2.5} ορίζει εισπνεύσιμα σωματίδια με διάμετρο γενικά 2,5 μικρόμετρα και μικρότερα, σωματίδια PM₁₀ με διάμετρο 10 μικρόμετρα και μικρότερη, και ούτω καθεξής. Οι συγκεκριμένες κατηγορίες PM των PM₁₀ και PM_{2,5}

έχουν ιστορικά αναγνωριστεί από τις εθνικές κυβερνήσεις ως σημαντικά επίπεδα παρακολούθησης προκειμένου να εκτιμηθεί η ποιότητα του αέρα που αναπνέουμε, επειδή τα σωματίδια PM10 ερεθίζουν την εκτεθειμένη βλέννα όπως τα μάτια και το λαιμό και τα PM2.5 ταξιδεύουν μέχρι τους πνεύμονες στις κυψελίδες. Νέες κατηγορίες όπως τα PM1.0 και PM4.0 βρίσκουν επίσης το δρόμο τους σε συσκευές παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα καθώς σε αυτές νέες έξοδοι παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες στα παραδοσιακά επίπεδα PM10 και PM2.5, επιτρέποντας μια καλύτερη ανάλυση ρύπανσης σωματιδίων και την ανάπτυξη νέων συσκευών με συγκεκριμένες δράσεις που βασίζονται στον ανιχνευόμενο τύπο αερολύματος (π.χ. να ξεχωρίσουμε καλύτερα σκόνη σπιτιού από τον καπνό).

Ο κοινός ορισμός των PM περιλαμβάνει σωματίδια που δεν έχουν μέγεθος μικρότερο από 100 νανόμετρα. Αντίθετα, σωματίδια μικρότερα από 100 nm αναφέρονται ως «εξαιρετικά λεπτά σωματίδια» ή «UFPs». Εντός του προαναφερθέντος ορισμού PM, ο οποίος έτσι περιλαμβάνει σωματίδια από 0,1 έως 10 μικρόμετρα σε μέγεθος, όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια, τόσο βαθύτερα μπορούν να διεισδύσουν μέσω του αναπνευστικού μας συστήματος και στην κυκλοφορία του αίματος μας, θέτοντας μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία μας.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) αναφέρει τα αερομεταφερόμενα σωματίδια ως καρκινογόνο της Ομάδας 1 και ως τον μεγαλύτερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για την υγεία, με ευθύνη για έναν στους εννέα θανάτους ετησίως.

2.2 Συστήματα Μέτρησης Ποιότητας Αέρα για αιωρούμενα σωματίδια

Ιστορικά, οι τιμές PM μετριοούνται ως «συγκέντρωση μάζας» σε $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Ο λόγος πίσω από αυτό είναι ότι ο παραδοσιακός και πιο ακριβής τρόπος μέτρησης του PM είναι η βαρυμετρική μέθοδος. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί ένα προ-ζυγισμένο φίλτρο για τη συλλογή σωματιδίων περιβάλλοντος τα οποία έχουν προ-ταξινομηθεί φυσικά με βάση το μέγεθός τους (π.χ. όλα τα σωματίδια κάτω των 2,5 μm επιτρέπονται). Στο τέλος της περιόδου δειγματοληψίας, συνήθως 24 ώρες, το φίλτρο ζυγίζεται για τον προσδιορισμό της συνολικής συσσωρευμένης μάζας PM σε μg . Η συγκέντρωση μάζας στη συνέχεια επιτυγχάνεται διαιρώντας την αύξηση μάζας του φίλτρου με τον 24ωρο συνολικό όγκο αέρα που πέρασε μέσω του φίλτρου, με αποτέλεσμα μια τιμή σε $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Αν και οι βαρυμετρικές μέθοδοι έχουν καθιερωθεί εδώ και πολύ καιρό ως ο πιο ακριβής τρόπος προσδιορισμού της συγκέντρωσης μάζας, έχουν κάποιους πρακτικούς περιορισμούς στη διάδοσή τους σε καθημερινές εφαρμογές: αυτά τα όργανα είναι ογκώδη, πολύ ακριβά, επεξεργάζονται μόνο ένα μέγεθος PM ανά μέτρηση (π.χ. PM2.5), η δειγματοληψία σε πραγματικό χρόνο δεν είναι δυνατή και δεν μπορούν να εξάγουν τον αριθμό των σωματιδίων.

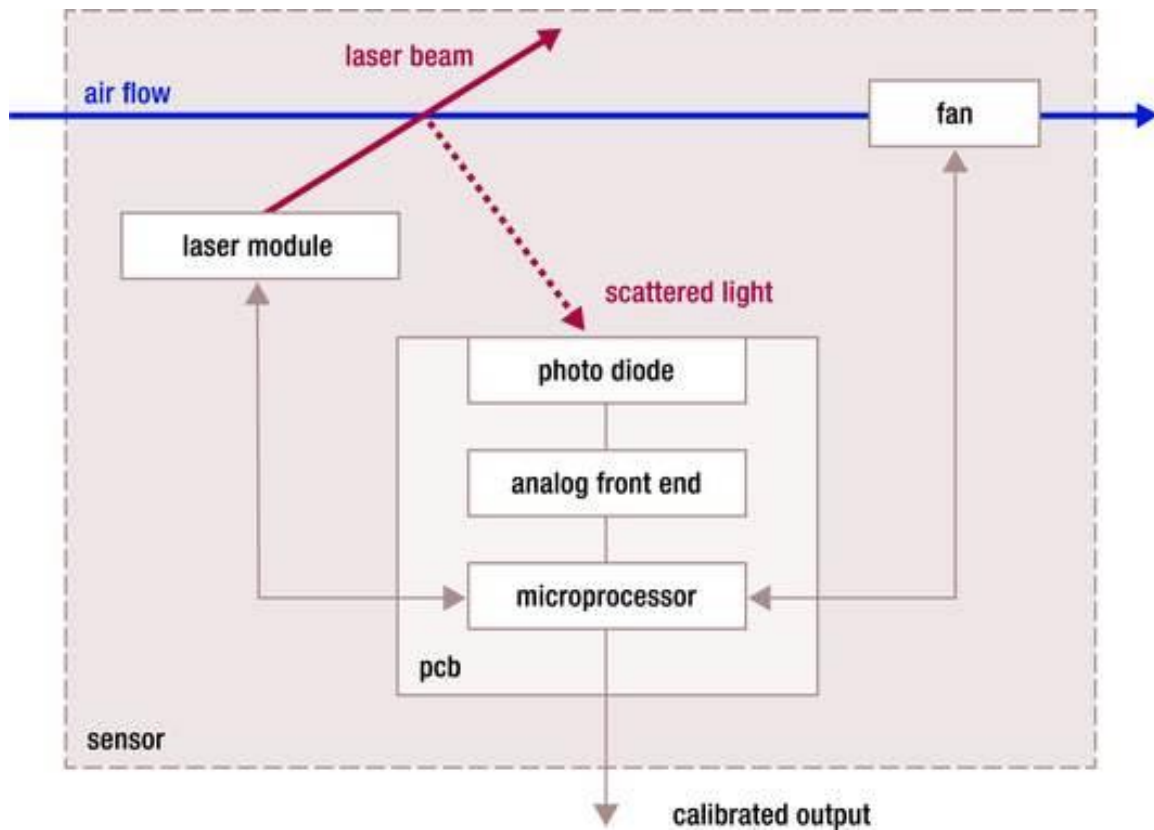
Για αυτούς τους λόγους, οι μετρητές οπτικών σωματιδίων σε πραγματικό χρόνο (OPC- optical particle counters) έχουν βαθμιαία βρει το δρόμο τους στην αγορά παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Αυτά τα όργανα βασίζονται σε διαφορετικές οπτικές αρχές, συνήθως σκέδαση ή απορρόφηση, με τη σκέδαση φωτός να είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη. Σε αυτά τα OPC, το σωματίδιο διέρχεται από την πηγή φωτός (συνήθως μια ακτίνα λέιζερ) και προκαλεί σκέδαση (ή απορρόφηση) του εισερχόμενου φωτός, το οποίο στη συνέχεια ανιχνεύεται από μια φωτοδίοδο και μετατρέπεται σε τιμές σωματιδίων και συγκέντρωσης μάζας σε πραγματικό χρόνο.

Επί του παρόντος, η οπτική ανίχνευση είναι η πιο διαδεδομένη τεχνική λόγω της ευκολίας χρήσης και της ασυναγώνιστης σχέσης κόστους-απόδοσης. Τα τελευταία χρόνια, τα OPC έχουν γίνει αρκετά μικρά για να ενσωματωθούν σε κλιματιστικά, μόνιτορ ποιότητας αέρα και καθαριστές αέρα και χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση και τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα σε νοικοκυριά, αυτοκίνητα και εξωτερικά περιβάλλοντα.

Παρόλο που η βασική αρχή των OPCs μπορεί να φαίνεται απλή στην αρχή από την άποψη της εφαρμογής, δεν αποδίδουν όλα τα OPC με τον ίδιο τρόπο και η ποιότητα της μέτρησής τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μηχανική και το σχεδιασμό τέτοιων συσκευών. Η οπτική αρχή λειτουργεί πολύ καλά όσον αφορά την καταμέτρηση σωματιδίων, αλλά καθώς αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται κυρίως για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης μάζας PM, θα είναι ευαίσθητες σε σφάλματα εκτίμησης λόγω των διαφορετικών οπτικών ιδιοτήτων των σωματιδίων (π.χ. σχήμα και χρώμα) και διαφορετικές πυκνότητες μάζας. Η ποιότητα της εκτίμησης μάζας επομένως θα ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τον αλγόριθμο κατασκευαστή που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του μετρούμενου οπτικού σήματος σε συγκέντρωση μάζας PM. Επιπλέον, η εσωτερική μηχανική ροής αέρα έχει μεγάλο αντίκτυπο στην ακρίβεια και την μετατόπιση αυτών των αισθητήρων, καθώς τα σωματίδια μπορούν να συσσωρευτούν εύκολα στα οπτικά τους στοιχεία (λέιζερ, φωτοδίοδος, απόρριψη δέσμης) και να υποβαθμίσουν την παραγωγή τους με την πάροδο του χρόνου, εάν δεν έχουν σχεδιαστεί σωστά.

Αρχή Λειτουργίας

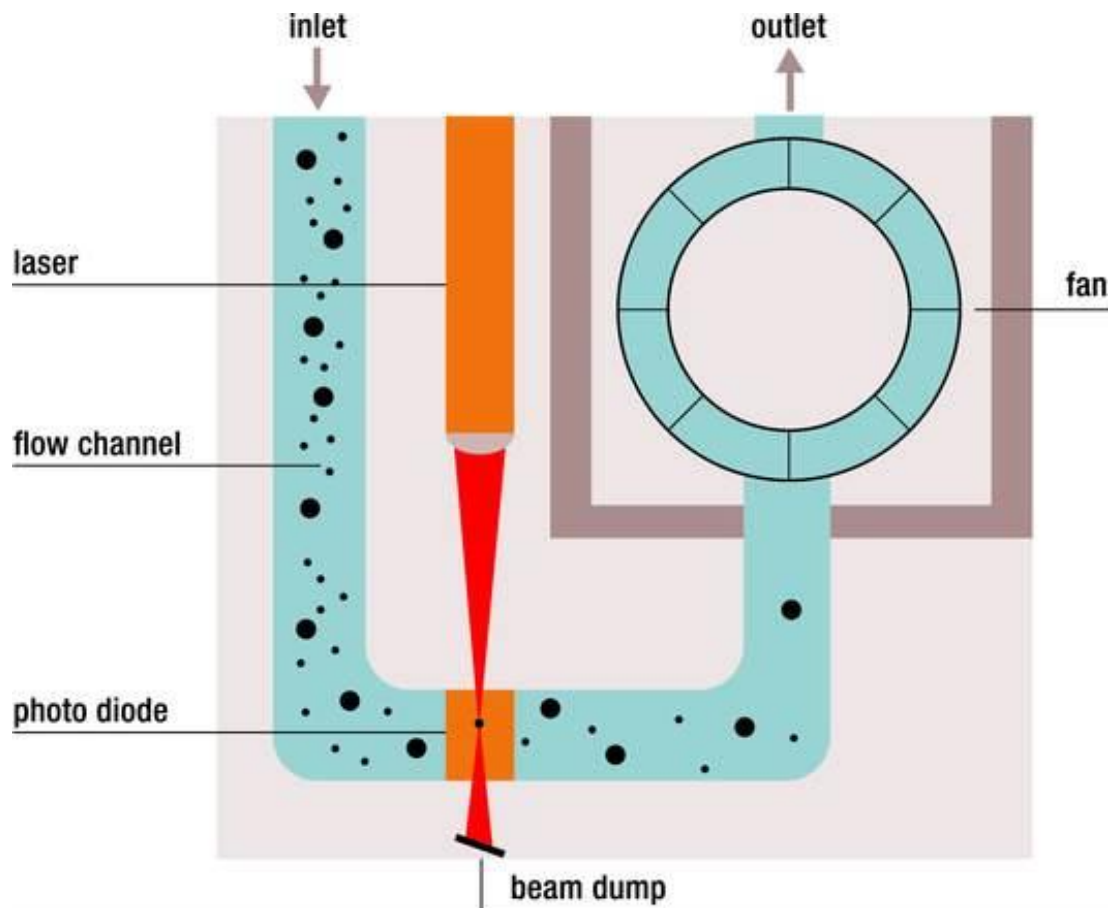
Θα αναφερθούμε στην αρχή λειτουργίας του Sensirion SPS30 βασίζεται στη σκέδαση με λέιζερ. Μια ελεγχόμενη ροή αέρα δημιουργείται μέσα στον αισθητήρα μέσω ενός ανεμιστήρα όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.7: Μπλοκ διάγραμμα SPS30

[<https://www.sensirion.com>]

Υπάρχει ένας εσωτερικός βρόχος ανάδρασης μεταξύ του μικροεπεξεργαστή και του ανεμιστήρα που σταθεροποιεί την ταχύτητα του ανεμιστήρα και συνεπώς τη ροή του αέρα μέσω του αισθητήρα. Ο αέρας με τα σωματίδια ταξιδεύει μέσα στον αισθητήρα από την είσοδο στην έξοδο, που μεταφέρεται από τη ροή αέρα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.8. Σε αντιστοιχία με τη φωτοδίοδο, σωματίδια στο ρεύμα του αέρα περνούν μέσω μιας εστιασμένης δέσμης λέιζερ, όπως υποδεικνύεται με κόκκινο χρώμα, προκαλώντας σκέδαση φωτός. Το διασκορπισμένο φως στη συνέχεια ανιχνεύεται από τη φωτοδίοδο και μετατρέπεται σε έξοδο συγκέντρωσης μάζας / αριθμού μέσω των αλγορίθμων του Sensirion, οι οποίοι εκτελούνται στον μικροελεγκτή.



Εικόνα 2.8: Αρχή Λειτουργίας SPS30

[<https://www.sensirion.com>]

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι αλγόριθμοι του κατασκευαστή, μαζί με τον κατάλληλο σχεδιασμό ηλεκτρονικών κάνουν μια θεμελιώδη διαφορά στην εκτίμηση της συγκέντρωσης μάζας από το ανιχνευμένο διάσπαρτο φως. Οι περισσότεροι αισθητήρες PM χαμηλού κόστους στην αγορά αναλαμβάνουν σταθερή πυκνότητα μάζας στη βαθμονόμηση και υπολογίζουν τη συγκέντρωση μάζας πολλαπλασιάζοντας τον ανιχνευόμενο αριθμό σωματιδίων με αυτήν την πυκνότητα μάζας. Αυτή η υπόθεση λειτουργεί μόνο αν ο αισθητήρας μετρά έναν τύπο σωματιδίου, για παράδειγμα καπνό), αλλά στην πραγματικότητα βρίσκουμε πολλούς διαφορετικούς τύπους σωματιδίων με πολλές διαφορετικές οπτικές ιδιότητες στην καθημερινή ζωή, από βαριά σκόνη σπιτιού έως σωματίδια καύσης.

Οι αλγόριθμοι του Sensirion χρησιμοποιούν μια προηγμένη προσέγγιση που επιτρέπει τη σωστή εκτίμηση της συγκέντρωσης μάζας, ανεξάρτητα από τον τύπο σωματιδίων που μετρείται. Επιπλέον, μια τέτοια προσέγγιση επιτρέπει τη σωστή εκτίμηση των κάδων μεγέθους. Επίσης, παρέχεται μια επιπλέον έξοδος σε αντίθεση με τους περισσότερους υπερ-σύγχρονους αισθητήρες PM καταναλωτών στην αγορά. Η αυξημένη ακρίβεια για διαφορετικά αερολύματα και η υψηλότερη ανάλυση του αριθμού

των κάρδων επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύξουν νέες χρήσεις με βάση την αναγνώριση της σύνθεσης σωματιδίων.

Κεφάλαιο 3ο: Υλικό και Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε

3.1 Raspberry

Το Raspberry Pi είναι μια αξιοσημείωτη συσκευή, είναι ένας πλήρως λειτουργικός υπολογιστής σε ένα μικρό πακέτο χαμηλού κόστους. Είτε αναζητάτε μια συσκευή που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για να περιηγηθείτε στο Διαδίκτυο ή για παιχνίδια, για όσους ενδιαφέρονται να μάθουν πώς να γράφουν τα δικά τους προγράμματα ή για όποιον θέλει να δημιουργήσει τα δικά του κυκλώματα και συσκευές, το Raspberry Pi μπορεί να σας υποστηρίξει σε κάθε βήμα.



Εικόνα 3.1: Raspberry Pi

Το Raspberry Pi είναι υπολογιστής μονής πλακέτας, που σημαίνει ότι είναι ένας υπολογιστής, όπως ένας επιτραπέζιος υπολογιστής, ένας φορητός υπολογιστής ή ένα smartphone, αλλά είναι ενσωματωμένος σε ένα τυπωμένο ηλεκτρονική πλακέτα. Όπως και οι περισσότεροι υπολογιστές το Raspberry Pi είναι μικρό - περίπου σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας - αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν είναι ισχυρό. Ένα Raspberry Pi μπορεί να κάνει οτιδήποτε μπορεί να κάνει ένας μεγαλύτερος υπολογιστής, αν και όχι απαραίτητα τόσο γρήγορα. Η οικογένεια Raspberry Pi γεννήθηκε από την επιθυμία να αυξήσει με περισσότερους φορητούς υπολογιστές την εκπαίδευση σε όλο τον κόσμο. Οι δημιουργοί του ενώθηκαν μαζί για να σχηματίσουν το μη κερδοσκοπικό Raspberry Ίδρυμα Pi. Τα

Raspberry έχουν μπει σε σπίτια, αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, κέντρα δεδομένων, εργοστάσια και άλλα πολλά. Διάφορα μοντέλα Raspberry Pi έχουν κυκλοφορήσει από το αρχικό μοντέλο B, το καθένα φέρνοντας βελτιωμένες προδιαγραφές ή χαρακτηριστικά ειδικά για μια συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης. Η οικογένεια Raspberry Pi Zero, για παράδειγμα, είναι μια μικρή έκδοση του Raspberry Pi πλήρους μεγέθους που διαθέτει λιγότερες δυνατότητες - χωρίς τις πολλαπλές θύρες USB και τη θύρα ενσύρματου δικτύου – αλλά με σημαντικά μικρότερη διάταξη και μειωμένες ανάγκες ισχύος.



Εικόνα 3.2: Raspberry Pi Zero W

Ωστόσο, όλα τα μοντέλα Raspberry Pi έχουν ένα κοινό: είναι συμβατά, δηλαδή ότι το λογισμικό που είναι γραμμένο για ένα μοντέλο μπορεί να εκτελείται σε οποιοδήποτε άλλο μοντέλο. Είναι ακόμη δυνατό να πάρετε το πολύ πιο πρόσφατη έκδοση του λειτουργικού συστήματος Raspberry Pi και εκτελέσετε το σε μια αρχική πριν από την κυκλοφορία πρωτότυπου μοντέλου. Θα τρέξει πιο αργά αλλά θα συνεχίσει να λειτουργεί.

Σε αντίθεση με έναν παραδοσιακό υπολογιστή, ο οποίος κρύβει την εσωτερική του λειτουργία, ένα Raspberry Pi όλα τα στοιχεία, οι θύρες και οι δυνατότητές του εμφανίζονται στην οθόνη. Αυτό το καθιστά ένα εξαιρετικό εργαλείο για να μάθετε τι είναι τα διάφορα τμήματα ενός υπολογιστή, και καθιστά επίσης εύκολο να μάθετε να συνδέσετε τα διάφορα πρόσθετα - γνωστά ως περιφερειακά. Το σχήμα 1-1 (πάνω από το φύλλο) δείχνει το Raspberry Pi όπως φαίνεται από πάνω.

Το Raspberry Pi διαθέτει μια σειρά θυρών, ξεκινώντας με τέσσερις θύρες Universal Serial Bus (USB) στη μεσαία και δεξιά πλευρά του κάτω άκρου.



Εικόνα 3.3: Raspberry Θύρες USB/Ethernet

Αυτές οι θύρες σας επιτρέπουν να συνδεθείτε οποιοδήποτε συμβατό με USB περιφερειακό, από πληκτρολόγια και ποντίκια έως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Μιλώντας τεχνικά, αυτές είναι γνωστές ως θύρες USB 2.0, που σημαίνει ότι βασίζονται στην έκδοση δύο του Universal Serial Bus standard.

Στα αριστερά των θυρών USB βρίσκεται μια θύρα Ethernet, επίσης γνωστή ως θύρα δικτύου. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτήν τη θύρα για να συνδέσετε το Raspberry Pi σε ένα ενσύρματο δίκτυο υπολογιστών χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο με αυτό που είναι γνωστό ως σύνδεσμος RJ45 στο τέλος του. Αν κοιτάξετε προσεκτικά τη θύρα Ethernet, θα δείτε δύο διόδους εκπομπής φωτός (LED) στο κάτω μέρος. Αυτά είναι LED κατάστασης και σας επιτρέπουν γνωρίζετε ότι η σύνδεση λειτουργεί.

Ακριβώς πάνω από τη θύρα Ethernet, στην αριστερή άκρη του Raspberry Pi, βρίσκεται 3,5 mm οπτικοακουστική υποδοχή (AV). Αυτό είναι επίσης γνωστό ως υποδοχή ακουστικών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτόν ακριβώς τον σκοπό. Έχει όμως ένα κρυφό, επιπλέον χαρακτηριστικό: καθώς και ήχο, την υποδοχή AV 3,5 mm μεταφέρει ένα σήμα βίντεο που μπορεί να συνδεθεί σε τηλεοράσεις, προβολείς και άλλες οθόνες που υποστηρίζουν ένα σύνθετο σήμα βίντεο χρησιμοποιώντας ένα ειδικό καλώδιο γνωστό ως προσαρμογέα TRRS. Ακριβώς πάνω από το βύσμα AV 3,5 mm υπάρχει ένας σύνδεσμος με πλαστικό πετύγιο που μπορεί να τραβηχτεί. Αυτός είναι ο σύνδεσμος της κάμερας, γνωστός και ως Serial Interface (CSI). Αυτό σας επιτρέπει να χρησιμοποιήσετε την ειδικά σχεδιασμένη μονάδα κάμερας Raspberry Pi. Πάνω από αυτό, στην αριστερή άκρη του βρίσκεται η HDMI θύρα, που είναι ο ίδιος τύπος σύνδεσης που θα βρείτε σε παιχνίδια κονσόλας, αποκωδικοποιητής και τηλεόραση.

Θα το χρησιμοποιήσετε για να συνδέσετε το Raspberry Pi στη συσκευή προβολής σας, είτε πρόκειται για υπολογιστή οθόνη, τηλεόραση ή προβολέα. Πάνω από τη θύρα HDMI υπάρχει μια θύρα τροφοδοσίας micro USB, την οποία θα χρησιμοποιήσετε για να συνδεθείτε το Raspberry Pi σε μια πηγή ενέργειας. Η θύρα micro USB είναι για smartphone, tablet και άλλες φορητές συσκευές. Έτσι θα

μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε έναν τυπικό φορτιστή κινητού για την τροφοδοσία του Pi, αλλά για καλύτερα αποτελέσματα θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε το επίσημο τροφοδοτικό Raspberry Pi USB.

Στο πάνω άκρο του Raspberry υπάρχει το βύσμα της κάμερας. Στο δεξιό άκρο της πλακέτας θα βρείτε 40 μεταλλικά pins, χωρισμένα σε δύο σειρές των 20.



Εικόνα 3.4: Raspberry GPIO pins

Αυτή είναι η κεφαλίδα GPIO (γενικής χρήσης είσοδος / έξοδος), ένα χαρακτηριστικό του το Raspberry Pi που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με το πρόσθετο υλικό όπως LED, κουμπιά, αισθητήρες θερμοκρασίας κτλ. Υπάρχει και μια μικρότερη κεφαλίδα με τέσσερις ακίδες που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του Power over Ethernet (PoE) HAT, ένα προαιρετικό πρόσθετο που επιτρέπει στο Raspberry Pi να λαμβάνει ισχύ από μια σύνδεση δικτύου αντί για την υποδοχή micro USB. Από τα πιο βασικά είναι μια υποδοχή κάρτας microSD στην αντίθετη πλευρά της πλακέτας. Αυτός είναι ο χώρος αποθήκευσης του Raspberry Pi: η κάρτα microSD περιέχει όλα τα αρχεία που αποθηκεύετε, όλο το λογισμικό που εγκαθιστάτε και το λειτουργικό σύστημα που κάνει το Raspberry Pi να τρέχει. Το Raspberry Pi έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι τόσο γρήγορο και εύκολο στη ρύθμιση και στη χρήση όπως και οποιοσδήποτε υπολογιστής και βασίζεται σε διάφορα εξωτερικά στοιχεία, που ονομάζονται περιφερειακά.

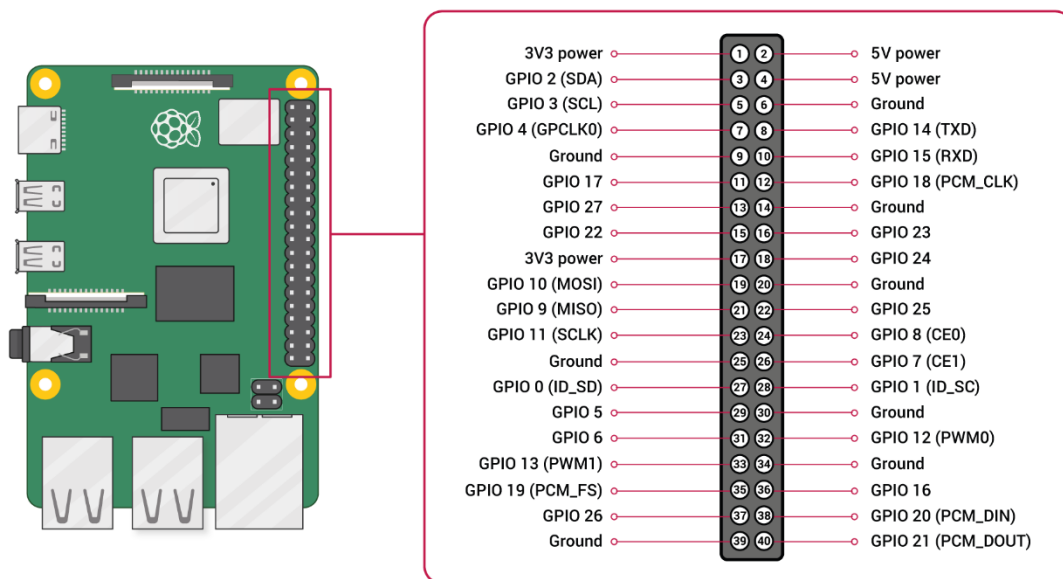
Μπορείτε να θέσετε σε λειτουργία το Raspberry Pi σε λιγότερο από δέκα λεπτά απλά ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται στην επίσημη ιστοσελίδα του Raspberry. Το μόνο που χρειάζεται να παρέχετε είναι μια οθόνη υπολογιστή ή τηλεόραση με σύνδεση HDMI, Τροφοδοσία USB - Ονομαστική παροχή ρεύματος στα 2,5 amps (2,5A) ή 12,5 watt (12,5W) και με υποδοχή micro USB. Προτείνεται το επίσημο τροφοδοτικό Raspberry Pi. Χρειαζόμαστε μια κάρτα microSD με NOOBS. Η κάρτα microSD ενεργεί ως μόνιμη αποθήκευση του Raspberry Pi. Έχει όλα τα αρχεία που δημιουργείτε και το λογισμικό που εγκαθιστάτε, μαζί με το ίδιο το λειτουργικό σύστημα το οποίο είναι αποθηκευμένο στην κάρτα microSD. Μια κάρτα 8 GB αρκεί, αν και μια κάρτα 16 GB προσφέρει περισσότερο χώρο για ανάπτυξη και αποθήκευση.

Ξεκινώντας με το NOOBS σας επιτρέπει να επιλέξετε το λειτουργικό σύστημα για να το εγκαταστήσετε-εκτελέσετε στο Pi σας. Δύο λειτουργικά συστήματα περιλαμβάνονται στο NOOBS ως στάνταρ: το Raspbian, μια έκδοση από το λειτουργικό σύστημα Debian Linux προσαρμοσμένο ειδικά για το Raspberry Pi · και LibreELEC, μια έκδοση του λογισμικού Kodi Entertainment Center. Εάν το Pi είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο - είτε μέσω ενσύρματης σύνδεσης είτε χρησιμοποιώντας την επιλογή «Δίκτυα Wi-Fi (w)» από την επάνω γραμμή του εικονίδια - μπορείτε επίσης να κάνετε λήψη και εγκατάσταση άλλων λειτουργικών συστημάτων.

Το Raspberry Pi είναι ασφαλές στη χρήση χωρίς θήκη, αρκεί να μην το τοποθετείτε σε μεταλλική επιφάνεια που θα μπορούσε να φέρει ηλεκτρισμό (ή στατικό) και να προκαλέσει βραχυκύκλωμα. Εάν θέλετε να χρησιμοποιήσετε το Raspberry Pi σε ενσύρματο δίκτυο και όχι σε ασύρματο (WiFi) δίκτυο, θα χρειαστείτε επίσης ένα καλώδιο δικτύου. Αυτό πρέπει να συνδεθεί στο ένα άκρο του διακόπτη του δικτύου σας ή δρομολογητής. Εάν σκοπεύετε να χρησιμοποιήσετε το ενσωματωμένο ασύρματο ραδιόφωνο του Raspberry Pi, δεν θα χρειαστείτε καλώδιο. Ωστόσο, θα πρέπει να γνωρίζετε το όνομα και το κλειδί ή τη φράση πρόσβασης για το ασύρματο δίκτυό σας.

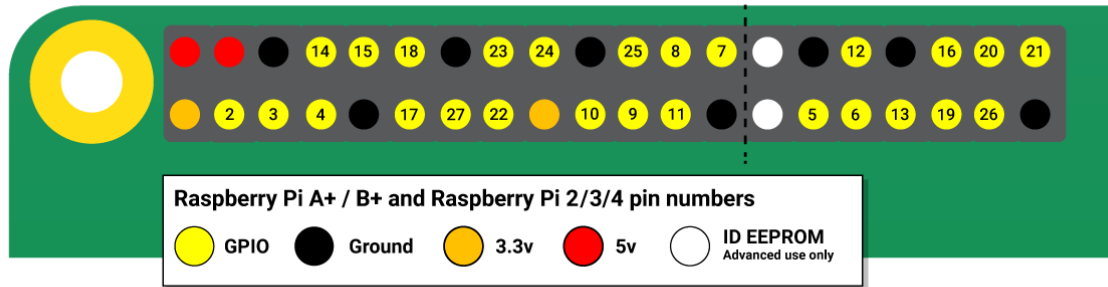
GPIO

Ένα ισχυρό χαρακτηριστικό του Raspberry Pi είναι η σειρά των pins GPIO (είσοδος / έξοδος γενικής χρήσης) κατά μήκος της άνω άκρης του. Μια κεφαλίδα GPIO 40 ακίδων βρίσκεται σε όλες τις τρέχουσες πλακέτες Raspberry Pi. Πριν από το Pi 1 Model B + (2014), οι σανίδες αποτελούσαν μια μικρότερη κεφαλίδα 26 ακίδων.



Εικόνα 3.5: Raspberry Pins

Οποιαδήποτε από τις ακίδες GPIO μπορεί να οριστεί (σε λογισμικό) ως pin εισόδου ή εξόδου και να χρησιμοποιηθεί για ένα ευρύ φάσμα σκοπών.



Εικόνα 3.6: Raspberry Pins numbers

Τάσεις

Δύο pins 5V και δύο pins 3V3 υπάρχουν στο ταμπλό, καθώς και αρκετοί ακροδέκτες γείωσης (0V), οι οποίοι δεν είναι διαμορφώσιμοι. Οι υπόλοιπες ακίδες είναι όλες ακίδες 3V3 γενικής χρήσης, που σημαίνει ότι οι εξοδοί έχουν ρυθμιστεί σε 3V3 και οι εισοδοί είναι ανεκτικές σε 3V3.

Έξοδοι

Ένας ακροδέκτης GPIO που ορίζεται ως ακίδα εξόδου μπορεί να ρυθμιστεί σε υψηλό (3V3) ή χαμηλό (0V).

Είσοδοι

Ένας ακροδέκτης GPIO που ορίζεται ως ακίδα εισαγωγής μπορεί να αναγνωστεί ως υψηλός (3V3) ή χαμηλός (0V). Αυτό γίνεται ευκολότερο με τη χρήση εσωτερικών αντιστάσεων pull-up ή pull-down. Οι ακίδες GPIO2 και GPIO3 έχουν σταθερές αντιστάσεις pull-up, αλλά για άλλους ακροδέκτες αυτό μπορεί να διαμορφωθεί σε λογισμικό.

Εκτός από απλές συσκευές εισόδου και εξόδου, οι ακίδες GPIO μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μια ποικιλία εναλλακτικών λειτουργιών και μερικές είναι διαθέσιμες σε όλα τα pins.

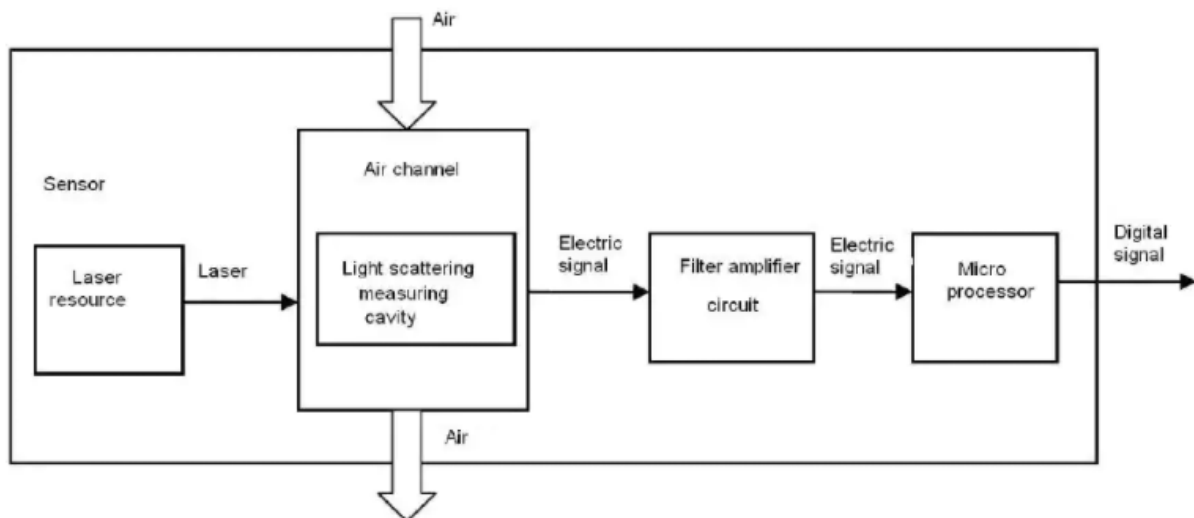
Το PMS5003 είναι ένα είδος ψηφιακού universal αισθητήρα μέτρησης συγκέντρωσης σωματιδίων, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα, δηλ. της συγκέντρωσης σωματιδίων, και παρέχει σε εξόδους με τη μορφή ψηφιακής διασύνδεσης. Αυτός ο αισθητήρας μπορεί να εισαχθεί σε μεταβλητά όργανα που σχετίζονται με τη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα ή σε άλλους εξοπλισμούς περιβαλλοντικής βελτίωσης για να παρέχουν σωστά δεδομένα συγκέντρωσης εγκαίρως.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- Μηδενικός ρυθμός ψευδούς συναγερμού
- Απόκριση σε πραγματικό χρόνο
- Σωστά δεδομένα
- Ελάχιστη διακριτή διάμετρο σωματιδίων: 0,3 μικρόμετρα
- Υψηλή απόδοση κατά των παρεμβολών
- Προαιρετική κατεύθυνση εισόδου και εξόδου αέρα για προσαρμογή

Αρχή Λειτουργίας

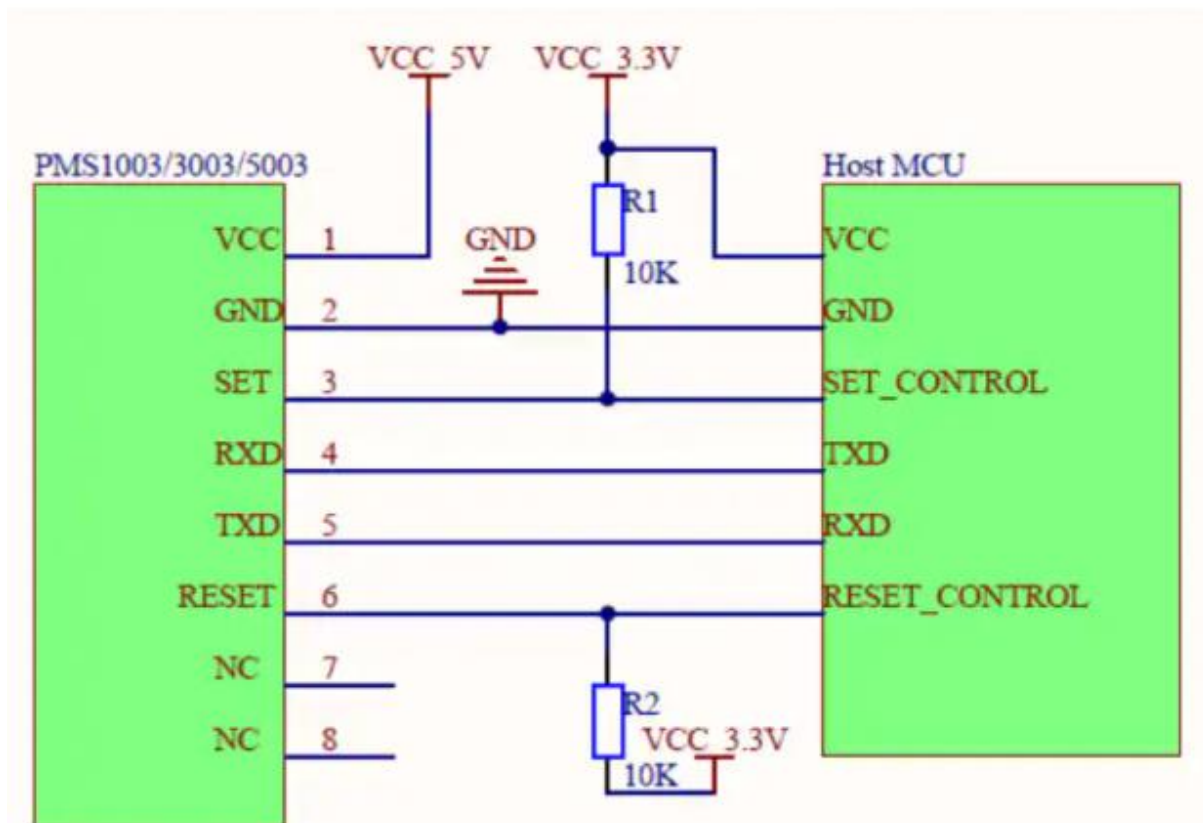
Για έναν τέτοιο αισθητήρα χρησιμοποιείται η αρχή της σκέδασης με λέιζερ. Παράγει σκέδαση χρησιμοποιώντας λέιζερ για να εντοπίζει αιωρούμενα σωματίδια στον αέρα και, στη συνέχεια να συλλέγει το φως σκέδασης σε έναν ορισμένο βαθμό και τελικά να λαμβάνει την καμπύλη της αλλαγής του φωτός σκέδασης με το χρόνο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.8. Στο τέλος, η ισοδύναμη διάμετρος σωματιδίων και ο αριθμός σωματιδίων με διαφορετική διάμετρο ανά μονάδα όγκου μπορούν να υπολογιστούν με μικροεπεξεργαστή με βάση τη θεωρία MIE.



Εικόνα 3.8: Διάγραμμα λειτουργίας του αισθητήρα

Ο όγκος μονάδας του αριθμού σωματιδίων είναι 0,1 L και η μονάδα συγκέντρωσης μάζας είναι $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Υπάρχουν δύο επιλογές για ψηφιακή έξοδο: παθητική και ενεργή. Η προεπιλεγμένη λειτουργία είναι ενεργή μετά την ενεργοποίηση. Σε αυτήν τη λειτουργία ο αισθητήρας θα στέλνει αυτόματα σειριακά δεδομένα στον κεντρικό υπολογιστή. Η ενεργή λειτουργία χωρίζεται σε δύο δευτερεύουσες λειτουργίες: σταθερή και γρήγορη λειτουργία. Εάν η αλλαγή συγκέντρωσης είναι μικρή, ο αισθητήρας θα λειτουργήσει σε σταθερή λειτουργία με το πραγματικό διάστημα των 2.3s. Αν η αλλαγή είναι μεγάλη, ο αισθητήρας θα αλλάξει σε γρήγορη λειτουργία αυτόματα με διάστημα 200 ~ 800ms.

Η σύνδεση του αισθητήρα με το raspberry δίνεται με τη βοήθεια του κατασκευαστή.



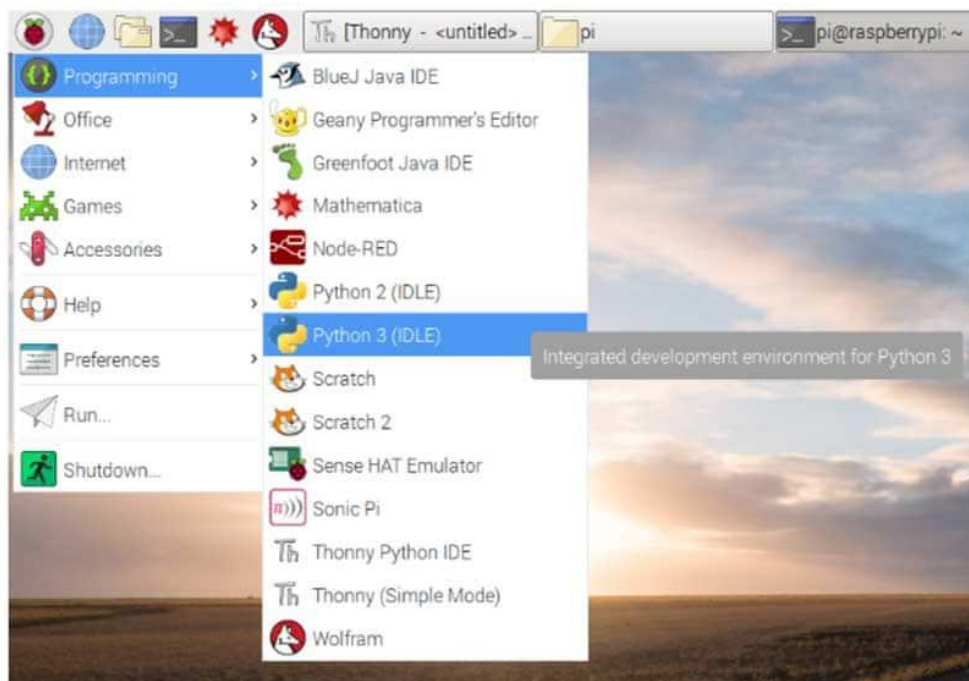
Εικόνα 3.9: Τυπική σύνδεση του αισθητήρα με το raspberry

[<https://www.digikey.jp/htmldatasheets/production/2903006/0/0/1/pms5003-series-manual.html>]

3.3 Python

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η Python έχει πάρα πολλές έτοιμες και χρήσιμες βιβλιοθήκες για να επικοινωνήσει το Raspberry μέσω του των pins με εξωτερικές συσκευές ή αισθητήρες. Επίσης, έχει πολλές έτοιμες βιβλιοθήκες που παρέχουν έτοιμες συναρτήσεις για την επικοινωνία με το διαδίκτυο μέσα σε 1-2 γραμμές κώδικα. Η Python είναι μια γλώσσα που ανεξαρτήτως ότι χρησιμοποιείται πάρα πολύ στο raspberry διαθέτει μεγάλη πληθώρα βιβλιοθηκών για πολλά πεδία εφαρμογών που μπορούν να εκτελεστούν μέσω script πολύ γρήγορα και αξιόπιστα. Στο Raspberry προσφέρονται για προγραμματισμό για επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές κάνοντας χρήση των ακίδων του το Scratch. Αυτό είναι προγραμματισμός σε οπτικό περιβάλλον με blocks και έχει περιορισμένες δυνατότητες και απευθύνεται περισσότερο σε χαμηλότερου του μέτριου προγραμματιστές.

Η Python ονομάστηκε από το συγκρότημα Monty Python, το Python του Guido van Rossum Ξεκίνησε από ένα έργο χόμπι που κυκλοφόρησε για πρώτη φορά στο κοινό το 1991. Σε αντίθεση με το οπτικό περιβάλλον Scratch, το Python βασίζεται σε κείμενο. Όπως αναφέρθηκε ο χρήστης γράφει οδηγίες, χρησιμοποιώντας μια απλοποιημένη γλώσσα και συγκεκριμένη μορφή, την οποία εκτελεί ο υπολογιστής. Το Python είναι ένα εξαιρετικό επόμενο βήμα για όσους έχουν ήδη χρησιμοποιήσει το Scratch, προσφέροντας αύξηση ευελιξία και ένα πιο παραδοσιακό περιβάλλον προγραμματισμού. Αυτό δεν σημαίνει ότι είναι δύσκολο όμως με λίγη πρακτική, ο καθένας μπορεί να γράψει μικρά προγράμματα Python..



Εικόνα 3.10: Python 3 στο Raspberry

Όπως και τα άλλα προεγκατεστημένα προγράμματα στο Raspberry Pi, το Python 3 διατίθεται από το μενού. Πατώντας στο εικονίδιο βατόμουρο, μετακινούμε τον κέρσορα στην ενότητα Προγραμματισμός και κάνουμε κλικ στο Python 3.

Μετά από λίγα δευτερόλεπτα, θα φορτωθεί το περιβάλλον εργασίας χρήστη Python 3. Το Python 3 είναι ένα πακέτο γνωστό ως ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE), συγκεντρώνει ή ενσωματώνει όλα τα διαφορετικά εργαλεία που χρειαζόμαστε για να γράψουμε ή να αναπτύξουμε λογισμικό σε ένα περιβάλλον εργασίας χρήστη ή περιβάλλοντος. Υπάρχουν πολλά IDE, μερικά από τα οποία υποστηρίζουν πολλές διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού ενώ άλλοι, όπως ο Python 3, επικεντρώνονται στην υποστήριξη μιας γλώσσας. Σε αντίθεση με το Scratch, το οποίο δίνει οπτικά δομικά στοιχεία ως βάση για το πρόγραμμά , η Python είναι μια πιο παραδοσιακή γλώσσα προγραμματισμού όπου όλα γράφονται. Κάνοντας κλικ στην περιοχή κελύφους Python κάτω αριστερά από το παράθυρο Python 3 μπορούμε να γράψουμε κώδικα Python και να τον τρέξουμε ή πατάμε F5.

Ας δούμε ένα παράδειγμα για κάποιον που θέλει να τρέξει ένα απλό script πρόγραμμα σε Python και να το εκτελέσει με γραμμή εντολών.

1. Ανοίγουμε έναν κειμενογράφο

2. Γράφουμε

```
print("Hello, World!")
```

3. Αποθηκεύουμε το αρχείο με όνομα `dipae.py`

4. Ανοίγουμε το Terminal ή Console

5. Γράφουμε στην γραμμή εντολών το

```
python dipae.py
```

Στην έξοδο θα δούμε το

```
Hello, World!
```

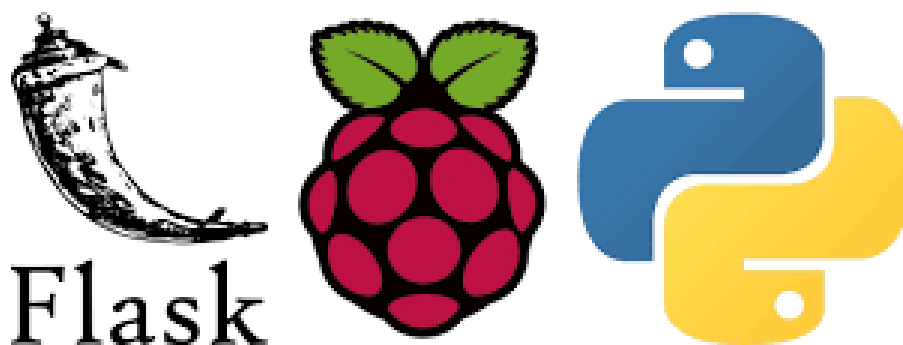
Υπάρχουν πολλά περισσότερα που μπορούν να γίνουν με τον κώδικα από το να κάνουμε πράγματα στην οθόνη, όπως να μπορούμε επίσης να εκλέξουμε ηλεκτρονικά εξαρτήματα συνδεδεμένα με τις ακίδες GPIO του Pi. Ο προγραμματισμός μπορεί να είναι κάτι περισσότερο από απλώς λογισμικό, και με το Pi μπορεί να επηρεάσει τον πραγματικό κόσμο μέσω υλικού. Αυτό είναι γνωστό ως φυσικός υπολογιστής. Όπως υποδηλώνει το όνομα, ο φυσικός υπολογισμός έχει να κάνει με τον έλεγχο των πραγμάτων στον πραγματικό κόσμο με τα προγράμματά, υλικό και όχι λογισμικό. Το Raspberry Pi είναι μια εξαιρετική συσκευή για την εκμάθηση της φυσικής πληροφορικής χάρη σε ένα χαρακτηριστικό: η κεφαλίδα εισαγωγής / εξόδου γενικής χρήσης (GPIO).

Η κεφαλίδα GPIO βρίσκεται στο πάνω άκρο της πλακέτας Raspberry Pi και μοιάζει με δύο μεγάλες σειρές μεταλλικές καρφίτσες και είναι ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να συνδέσουμε υλικό όπως δίοδοι εκπομπής φωτός (LED) κτλ. Οι ακίδες του μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για είσοδο όσο και για έξοδο, δεν έχουν σταθερό σκοπό για αυτό λέγεται και κεφαλίδα εισαγωγής / εξόδου γενικού σκοπού. Κάποιες ακίδες μπορούν να έχουν ειδικές λειτουργίες όπως κάποιες ακίδες προορίζονται για επικοινωνία με πρόσθετο υλικό όπως το Sense HAT. Υπάρχουν πολλές κατηγορίες τύπων ακίδων, καθεμία από τις οποίες έχει μια συγκεκριμένη λειτουργία:

3.4 Flask

Το Flask είναι ένα micro web framework γραμμένο στο Python. Κατατάσσεται ως microframework επειδή δεν απαιτεί συγκεκριμένα εργαλεία ή βιβλιοθήκες.

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε για το Flask για τη δημιουργία της ιστοσελίδας γιατί είναι γραμμένο σε Python. Επίσης μπορεί να ενσωματώσει με ευκολία html και css και μπορεί να υποστηρίζει και Bootstrap.



Εικόνα 3.11: Python 3

Το Flask είναι ένα απλό και μινιμαλιστικό διαδικτυακό πλαίσιο γραμμένο στην Python. Δεν έχει επίπεδο αφαίρεσης βάσης δεδομένων, επικύρωση φόρμας ή άλλα στοιχεία που ενδέχεται να απαιτεί μια εφαρμογή ιστού. Ωστόσο, το Flask μπορεί να βελτιωθεί με επεκτάσεις που μπορούν να προσθέσουν δυνατότητες εφαρμογής σαν να έχουν εφαρμοστεί στο ίδιο το Flask. Είναι ανοιχτού κώδικα με άδεια BSD. Το Flask είναι εύκολο στην εγκατάσταση και την εκμάθηση. Κάποιος μπορεί να γράψει μια εφαρμογή Flask σε λίγες γραμμές κώδικα και να την επεκτείνει σε χιλιάδες. Μεταξύ των μεγάλων εταιρειών που χρησιμοποιούν το Flask είναι το LinkedIn, το Pinterest, το Reddit και πολλά άλλα. Το Flask μαζί με το Bootstrap και το SQLite μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύκολη ανάπτυξη εφαρμογών ιστού με πλήρη λειτουργία.



Εικόνα 3.12: Flask + Website + Python

Το Flask χρησιμοποιεί Python και είναι ελαφρύ. Καταναλώνει ελάχιστους πόρους για να ολοκληρώσει τη δουλειά. Είναι πολύ εύκολο να το μάθετε όταν έχετε καλή γνώση της Python. Το Flask επιτρέπει ταχεία δημιουργία πρωτοτύπων της εφαρμογής σας και λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά για μικρές εφαρμογές. Σας δίνει τη δυνατότητα να εστιάσετε περισσότερο σε άλλες εργασίες παρά να κολλήσετε με τη διαχείριση διακομιστή ιστού. Μεταξύ των σημαντικών χαρακτηριστικών του Flask είναι ένας ενσωματωμένος διακομιστής ιστού και εντοπιστής σφαλμάτων, έχει υποστήριξη δοκιμών, υποστηρίζει αποστολή αιτημάτων RESTful και ασφαλή cookie, διαθέτει συμμόρφωση με WSGI και έχει υποστήριξη Unicode και καλή τεκμηρίωση.

Ο παρακάτω κώδικας δείχνει μια απλή εφαρμογή ιστού που εμφανίζει το "Hello World!" όταν επισκέφτηκε:

```
from flask import Flask

app = Flask(__name__)

@app.route("/")

def hello() -> str:
```

```
return "Hello World"
```

```
if __name__ == "__main__":
```

```
    app.run(debug=False)
```

3.5 ThingSpeak

Σύμφωνα με τους προγραμματιστές του, το "ThingSpeak είναι μια εφαρμογή Internet of Things (IoT) ανοιχτού κώδικα και API για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων από πράγματα-συσκευές χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο HTTP και MQTT μέσω του Διαδικτύου ή μέσω τοπικού δικτύου. Το ThingSpeak επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών καταγραφής, παρακολούθησης τοποθεσίας και ένα κοινωνικό δίκτυο πραγμάτων με ενημερώσεις. Το ThingSpeak κυκλοφόρησε αρχικά από το ioBridge το 2010 ως υπηρεσία υποστήριξης εφαρμογών IoT.

Το ThingSpeak έχει ενσωματωμένη υποστήριξη από το λογισμικό αριθμητικών υπολογιστών MATLAB από το MathWorks, επιτρέποντας στους χρήστες του ThingSpeak να αναλύουν και να απεικονίζουν μεταφορτωμένα δεδομένα χρησιμοποιώντας το Matlab χωρίς να απαιτούν την αγορά άδειας Matlab από το Mathworks.



Εικόνα 3.13: ThingSpeak

Το ThingSpeak έχει στενή σχέση με την Mathworks, Inc. Στην πραγματικότητα, όλα τα έγγραφα τεκμηρίωσης ThingSpeak ενσωματώνονται στον ιστότοπο τεκμηρίωσης Matworks της Mathworks και επιτρέπουν ακόμη και τους εγγεγραμμένους λογαριασμούς χρηστών του Mathworks ως έγκυρα

διαπιστευτήρια σύνδεσης στον ιστότοπο του ThingSpeak. Οι όροι υπηρεσίας και η πολιτική απορρήτου του ThingSpeak.com μεταξύ του χρήστη πηγάζει από τη Mathworks, Inc.



Εικόνα 3.14: Μια από τις εφαρμογές – λειτουργία του ThingSpeak

[<https://8bitwork.com/tag/thingspeak/>]

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.14 το ThingSpeak χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μέσω διαδικτύου των αισθητήρων με τις εφαρμογές ή ιστοσελίδες που θέλουν να αλληλοεπιδράσουν με αυτά. Έτσι κάθε αισθητήρας στέλνει τα δεδομένα του στον ThingSpeak server και εκεί αποθηκεύονται. Μέσω μια ιστοσελίδας που δημιουργήθηκε με Flask μπορούμε να βλέπουμε τις τιμές του αισθητήρα από οποιοδήποτε μέρος.

Οδηγός

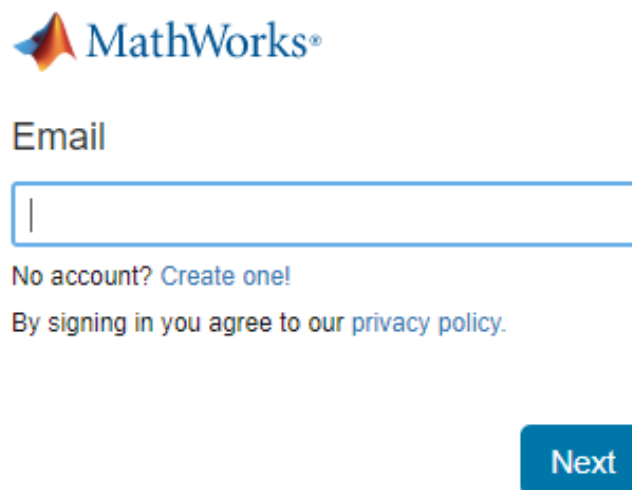
1. Εισαγωγή:

Αυτός ο οδηγός εξηγεί πώς να ρυθμίσετε λογαριασμό με το ThingSpeak και τα βασικά. Το ThingSpeak είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα δεδομένων cloud όπου μπορείτε να αποθηκεύσετε και να ανακτήσετε δεδομένα.

2. Βασικά στοιχεία ThingSpeak και ρύθμιση λογαριασμού

Διεύθυνση URL: <https://thingspeak.com/>

Εάν δεν έχετε λογαριασμό ThingSpeak, δημιουργήστε έναν.



MathWorks®

Email

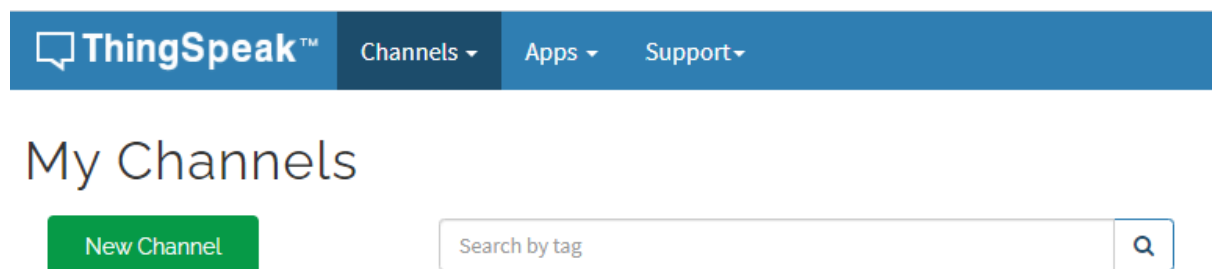
No account? [Create one!](#)

By signing in you agree to our [privacy policy](#).

Next

Εικόνα 3.15: Δημιουργία Λογαριασμού

Μόλις συνδεθείτε στο λογαριασμό σας στο ThingSpeak δημιουργήστε ένα νέο κανάλι κάνοντας κλικ στο κουμπί όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



ThingSpeak™ Channels Apps Support

My Channels

New Channel

Εικόνα 3.16: Δημιουργία καναλιού

Ένα κανάλι είναι η πηγή των δεδομένων σας πού μπορείτε να αποθηκεύσετε και να ανακτήσετε δεδομένα. Ένα κανάλι μπορεί να έχει έως 8 πεδία. Αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να αποθηκεύσετε 8 διαφορετικά δεδομένα σε ένα κανάλι.

3. Έστω ότι δημιουργούμε κανάλι για την αποθήκευση δεδομένων από έναν αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11. Οπότε χρειαζόμαστε δύο πεδία.

Channel Settings

| | |
|----------------------------|---|
| Percentage complete | 30% |
| Channel ID | 1178876 |
| Name | <input type="text" value="apostolopoulos"/> |
| Description | <input type="text"/> |
| Field 1 | <input type="text" value="Temp"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 2 | <input type="text" value="Hum"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 3 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 4 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 5 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 6 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 7 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 8 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |

Εικόνα 3.17: Πεδία για τους αισθητήρες

2. Για την ανάκτηση δεδομένων:

Read API Keys

Key

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Note

Save Note

Delete API Key

Add New Read API Key

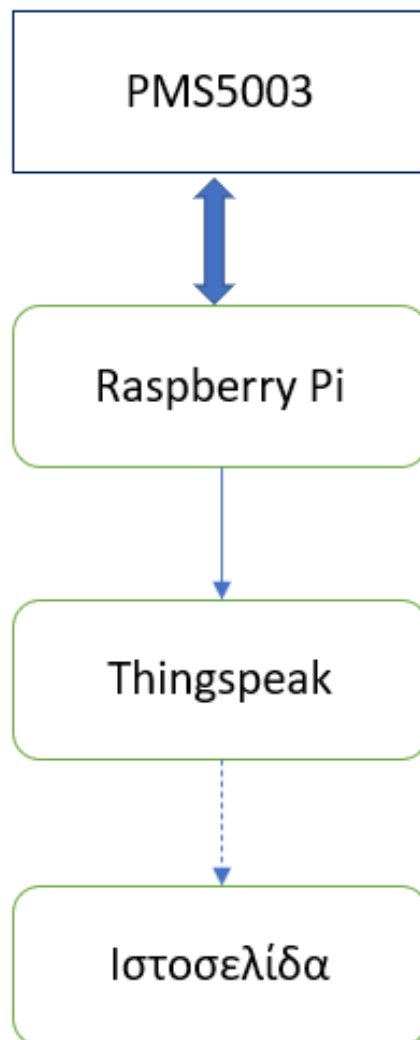
Εικόνα 3.19: API κλειδί για λήψη δεδομένων από το κανάλι μας στο ThingSpeak

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/1215033/fields/1.json?api_key=YYYYYY&results=2
```

Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για α λήψη δεδομένων από το κανάλι μας στο ThingSpeak για το πεδίο που έχουμε ορίσει για όσες προηγούμενες τιμές επιθυμούμε αλλάζοντας τον αριθμό στο results=2.

Κεφάλαιο 4ο: Το σύστημα μέτρησης ποιότητας αέρα

4.1 Σύστημα Μέτρησης στο Raspberry

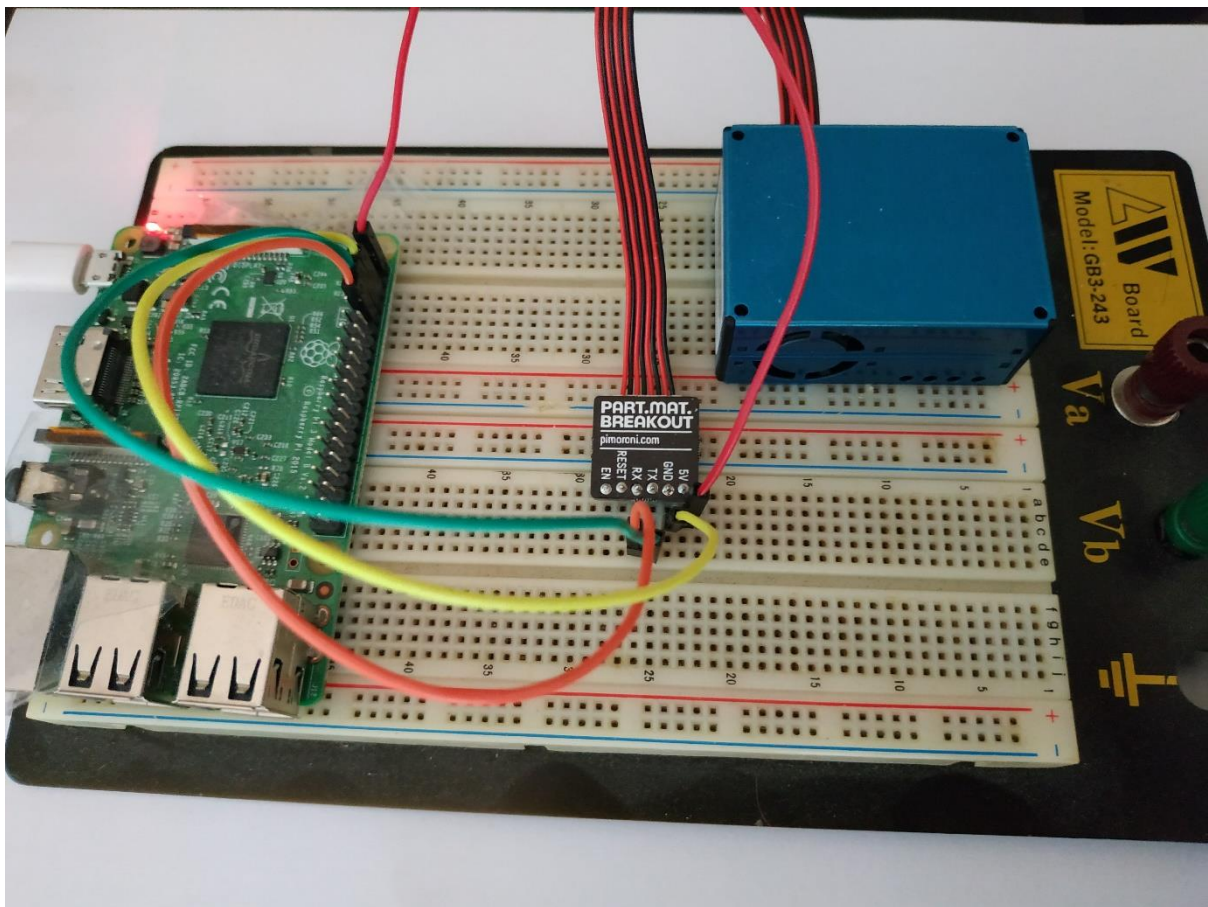


Εικόνα 4.1: Διάγραμμα συστήματος μέτρησης ποιότητας αέρα

Το σύστημα μέτρησης ποιότητας αέρα που υλοποιήθηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.1.

Το Raspberry διαβάζει τα δεδομένα από τον αισθητήρα και τα στέλνει στο ThingSpeak για αποθήκευση και προβολή. Ειδική ιστοσελίδα που μπορεί να είναι εγκατεστημένη σε οποιοδήποτε server μπορεί να λάβει τα δεδομένα του αισθητήρα από το ThingSpeak και να τα προβάλλει στην οθόνη.

Στην εικόνα 4.2 παρουσιάζεται το σύστημα που υλοποιήθηκε σε ράστερ με τις συνδέσεις και τον αισθητήρα.



Εικόνα 4.2: Σύστημα-κύκλωμα του Raspberry με τον αισθητήρα σε ράστερ

4.1.1 Ανάγνωση τιμών από τον αισθητήρα

Ο αισθητήρας σωματιδίων PMS5003 είναι ένας αισθητήρας λέιζερ σκέδασης που παρέχει ψηφιακές εξόδους με τη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στον αέρα. Μπορεί να ανιχνεύσει μια διάμετρο σωματιδίων έως 0,3 μm .

Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά που καθιστούν το PMS5003 χρήσιμο σε πολλές εφαρμογές που θέλουν μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο με υψηλή απόδοση και προαιρετική κατεύθυνση της ροής αέρα (εισόδου και εξόδου).

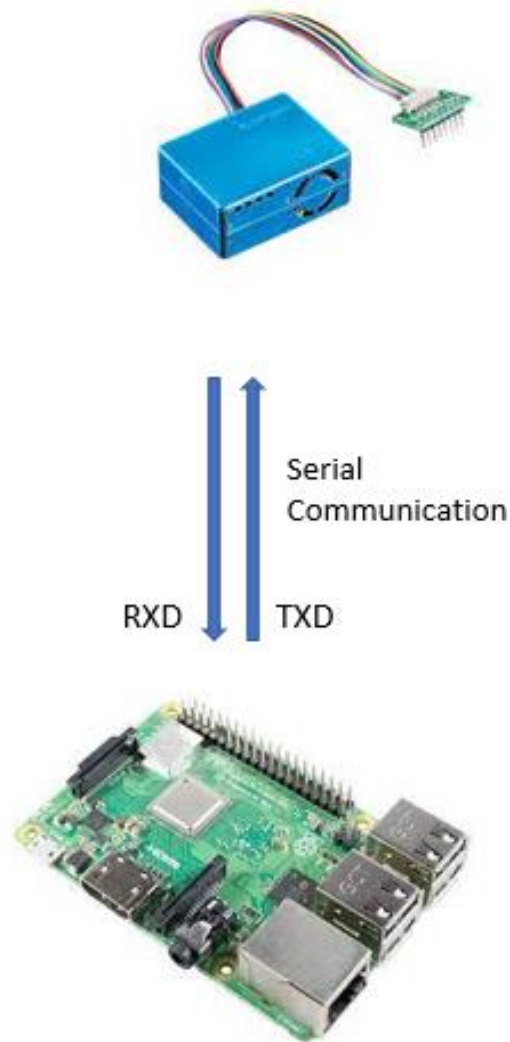
Στη συνέχεια θα περιγραφεί πώς λειτουργεί ο αισθητήρας και πώς να ρυθμιστεί ο αισθητήρας για χρήση με το Raspberry Pi.

Ο αισθητήρας ανιχνεύει σωματίδια με τη χρήση σκέδασης λέιζερ. Η σκέδαση με λέιζερ ακτινοβολεί φως από τα σωματίδια στον αέρα και λαμβάνει το μοτίβο σκέδασης του εκπεμπόμενου φωτός.

Το εκπεμπόμενο φως μπορεί να ταξιδέψει σε πολλές κατευθύνσεις (προς τα εμπρός, προς τα πίσω, πάνω, κάτω, αριστερά και δεξιά) ανάλογα με το μέγεθος του ακτινοβολημένου σωματιδίου. Αυτά τα πρότυπα αναφέρονται ως σχέδιο κατανομής της έντασης φωτός. Ο αισθητήρας εκπέμπει ένα λέιζερ στην κοιλότητα στην οποία ένας ανεμιστήρας φυσάει τον περιβάλλοντα αέρα. Το διάσπαρτο φως από τα σωματίδια μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτό το σήμα στη συνέχεια αποστέλλεται σε έναν ενισχυτή για να ενισχύσει το σήμα για επεξεργασία χρησιμοποιώντας τη θεωρία Lorenz–Mie στον μικροεπεξεργαστή. Η ψηφιακή έξοδος δίνεται στη συνέχεια σε μονάδες διαμέτρου / όγκου μονάδας.

Η θεωρία αυτή είναι η λύση των εξισώσεων Maxwell για τη σκέδαση των ηλεκτρομαγνητικών κύματα σε σφαιρικά σωματίδια.

Η ψηφιακή έξοδος PMS5003 έχει δύο προαιρετικές λειτουργίες. Η προεπιλεγμένη λειτουργία είναι η ενεργή τρόπος. Αυτή η λειτουργία αποστέλλει αυτόματα τα σειριακά δεδομένα. Εάν δεν υπάρχουν αλλαγές στη συγκέντρωση ο ενεργός τρόπος διαβάσει κάθε 2-3 δευτερόλεπτα. Μόλις εντοπιστεί μια σημαντική αλλαγή στη συγκέντρωση, ενεργοποιείται μια πιο γρήγορη λειτουργία και ο αισθητήρας θα διαβάσει κάθε 0.2 με 0.8 δευτερόλεπτα.



Χρήση Python για ανάγνωση τιμών
από τον αισθητήρα

Εικόνα 4.3: Επικοινωνία Raspberry-Αισθητήρα

Η μονάδα PMS5003 διαθέτει μια πλακέτα που επιτρέπει εύκολη προσάρτηση στο raspberry Pi.

Απαιτείται πολύ μικρή καλωδίωση για τη σύνδεση του PMS5003 με τη μονάδα Pi.



Εικόνα 4.4: Particulate Matter Sensor Breakout (PMS)

Θα χρειαστεί την πλακέτα της Εικόνας 4.4 για τη διασύνδεση Raspberry και ράστερ.

Το PMS5003 επικοινωνεί μέσω της σειριακής θύρας χρησιμοποιώντας τις θύρες TXD και RXD.

Μόλις η μονάδα συνδεθεί στην παρεχόμενη πλακέτα και η πλακέτα συνδεθεί στο ράστερ, τότε οι συνδέσεις είναι οι εξής:

Pi 5.0V σε PMS VOU.

Pi GND σε PMS GND.

Pi TXD σε PMS RXD

Pi RXD σε PMS TXD

Αφού συνδεθούν όλα, πρέπει να ενεργοποιηθεί η σειριακή θύρα. Αυτό πραγματοποιείται από τη γραμμή εντολών στο raspberry πi ως εξής:

1. `sudo raspi-config`
2. Πάμε στο `interfacing option` και επιλέγουμε `serial`
3. `Disable the serial login shell` και `enable the serial port`

Η κωδικοποίηση για αυτόν τον αισθητήρα βασίζεται στην ενεργή λειτουργία που ξεκινά μόλις ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας.

Στο Raspberry Pi 3 η σειριακή θύρα είναι /dev/ttyS0 ή /dev/serial0

Αυτές είναι οι βιβλιοθήκες που απαιτούνται για την εκτέλεση του PMS5003 και για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων του μεγέθη σωματιδίων.

```
import serial
import datetime
import time
import requests
```

Προκειμένου να ληφθούν οι τιμές της ψηφιακής εξόδου, η θέση της θύρας έχει ρυθμιστεί στον κώδικα όπως φαίνεται παρακάτω

Η σειριακή θύρα είναι /dev/serial0 για ένα Raspberry pi 3.

Από το φύλλο δεδομένων, ο ρυθμός baud ρυθμίζεται σε 9600 bps.

```
port = serial.Serial('/dev/serial0',baudrate=9600,timeout=2.0)
```

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο κώδικας για την λήψη των ψηφιακών τιμών μέσω σειριακής επικοινωνίας.

```
def readpms(_port):
    rv=b''
    while True:
        ch1= _port.read()
        print(ch1)
        if ch1 == b'\x42':
            print('find')
            ch2=_port.read()
            if ch2==b'\x4d':
                rv +=ch1+ch2
            rv += _port.read(28)
```

```
return rv
```

Σε αυτό το μέρος του κώδικα διασφαλίζεται ότι οι αρχικοί χαρακτήρες 1 και 2 διαβάζονται σωστά μέσω της σειριακής θύρας. Ο χαρακτήρας 1 (ch1) είναι σταθερός στα 0x42 και ο χαρακτήρας 2 (ch2) είναι σταθερός στα 0x4d.

```
rcv=readpms(port)
res = {'pm10':rcv[10]*256+rcv[11], 'pm25':rcv[12]*256+rcv[13], 'pm100':rcv[14]*256+rcv[15]}
#print('pm10={}',res['pm10'])
```

Αυτό το μέρος του κώδικα παίρνει κάθε κομμάτι της σειριακής ροής (ροή 16 byte) και το μετατρέπει από τις δεκαεξαδικές τιμές σε τιμές εξόδου. Παρέχονται τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων που είναι για ρυθμίσεις βαθμονόμησης και άλλες σε γενικές ατμοσφαιρικές συνθήκες για βαθμονόμηση.

Οι τιμές rcv είναι οι υψηλές και χαμηλές τιμές bit που λαμβάνονται από το serialport.

Η πρώτη ανάγνωση 8 bit είναι πολλαπλασιασμένη επί 256 για μετατόπιση της τιμής του bit πάνω από 8 θέσεις προς τα αριστερά για να το προσθέσουμε στο lower 8 bit. Αυτό είναι επίσης το ίδιο με << 8.

Ένα κομμάτι στον κώδικα εκτυπώνει απλά τις τιμές που λαμβάνονται παραπάνω με τις σωστές μονάδες.

Από τα πιο σημαντικά κομμάτια κώδικα είναι η αποστολή των τιμών όλων των μετρήσεων στο ThingSpeak και η σωστή διαχείριση της διάρκειας της επανάληψης, όπως φαίνεται στον παρακάτω ολοκληρωμένο κώδικα.

```
while True:
    try:
        rcv=readpms(port)
        res = {'pm10':rcv[10]*256+rcv[11], 'pm25':rcv[12]*256+rcv[13], 'pm100':rcv[14]*256+rcv[15]}

        requests.get("https://api.ThingSpeak.com/update.json?api_key=1LYK3OEA5MS7F657&field1="+res
        ['pm10']+ "&field2="+res['pm25']+ "&field3="+res['pm100'])

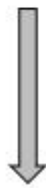
        time.sleep(1)
```

4.1.2 Αποστολή τιμών στο ThingSpeak

Η αποστολή τιμών από τον αισθητήρα γίνεται στο ThingSpeak μέσω ειδικής βιβλιοθήκης και συνάρτησης, όπως

```
requests.get("https://api.ThingSpeak.com/update.json?api_key=1LYK3OEA5MS7F657&field1="+res['pm10']+"&field2="+res['pm25']+"&field3="+res['pm100'])
```

Επιλέγεται να αποσταλούν μόνο οι τιμές για pm1.0, pm2.5 και pm10.



Αποστολή δεδομένων
στο ThingSpeak
μέσω Internet

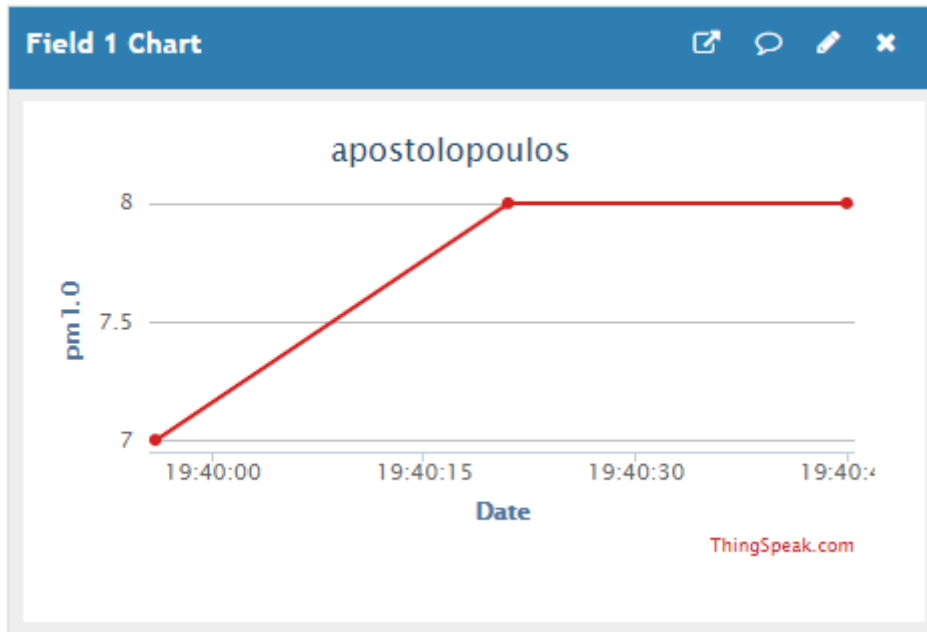


Εικόνα 4.5: Αποστολή τιμών από τον αισθητήρα στο ThingSpeak

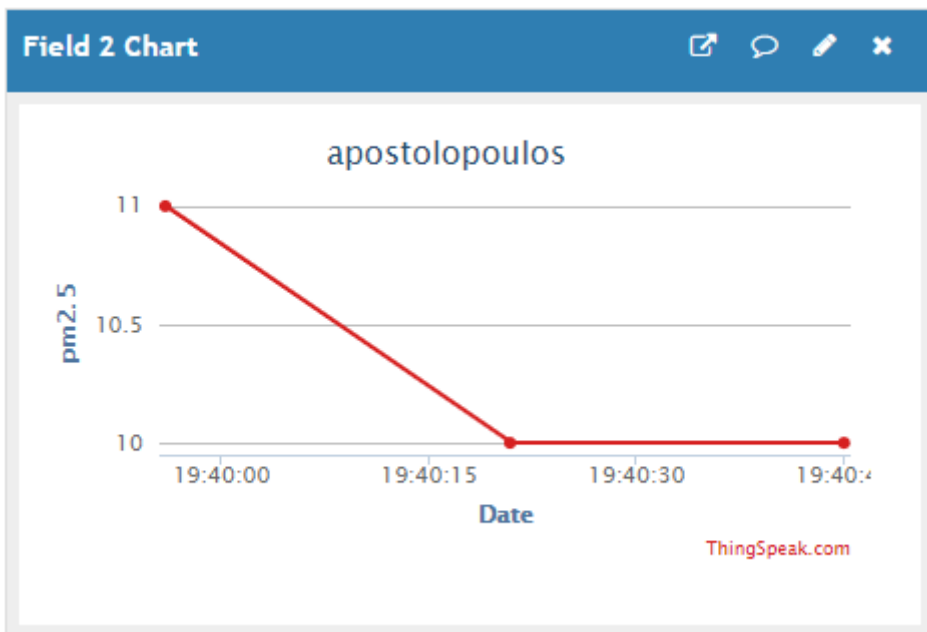
Το ThingSpeak παρέχει ειδικό API και κλειδί για το κάθε κανάλι για την αποστολή δεδομένων σε αυτό. Έχουμε ορίσει τρία πεδία για κάθε σωματίδιο όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.6.

| | |
|--------------------|--|
| Name | <input type="text" value="apostolopoulos"/> |
| Description | <input type="text"/> |
| Field 1 | <input type="text" value="pm1.0"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 2 | <input type="text" value="pm2.5"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 3 | <input type="text" value="pm10"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Field 4 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 5 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 6 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 7 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |
| Field 8 | <input type="text"/> <input type="checkbox"/> |

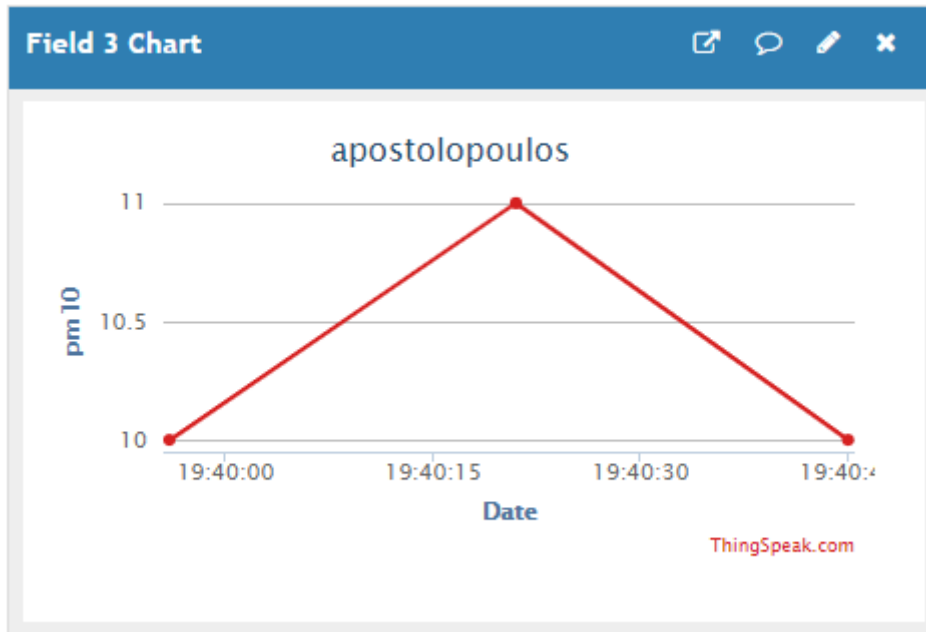
Εικόνα 4.6: Ορίζονται τρία πεδία για κάθε σωματίδιο στο ThingSpeak



Εικόνα 4.7: Γράφημα για Field1- pm1.0



Εικόνα 4.8: Γράφημα για Field2- pm2.5



Εικόνα 4.9: Γράφημα για Field3- pm10

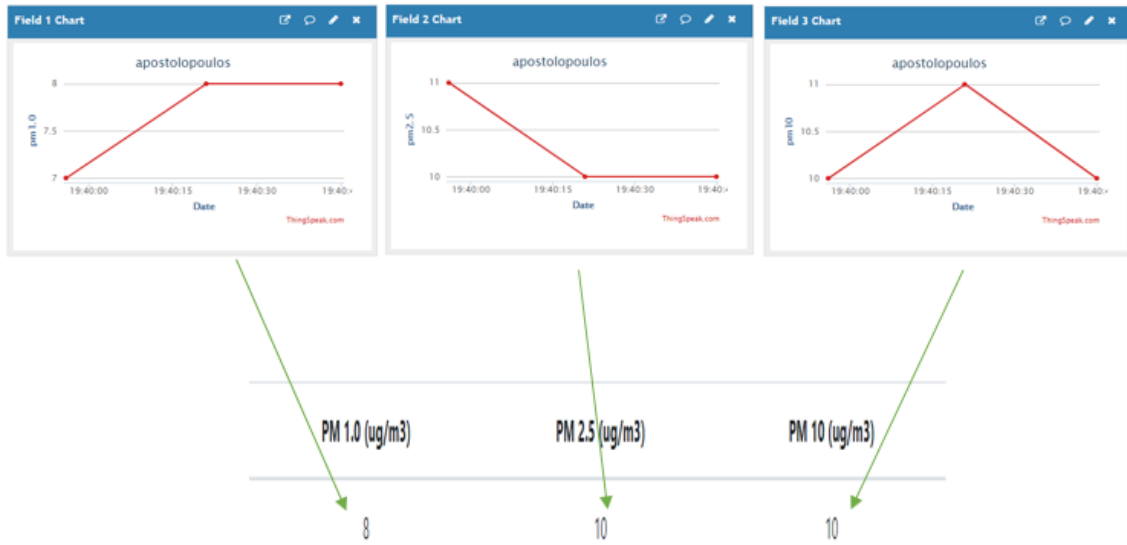
Στις Εικόνες 4.7-4.9 παρουσιάζονται τα ειδικά γραφήματα που παρέχει το ThingSpeak για την απεικόνιση των τιμών που λαμβάνει από το Raspberry μέσω διαδικτύου.

4.2 Απεικόνιση τιμών σε ιστοσελίδα

Στην Εικόνα 4.10 παρουσιάζεται η μορφή με την οποία γίνεται η απεικόνιση τιμών στην ιστοσελίδα που υλοποιήθηκε με Flask.

| PM 1.0 (ug/m3) | PM 2.5 (ug/m3) | PM 10 (ug/m3) |
|----------------|----------------|---------------|
| 8 | 10 | 10 |

Εικόνα 4.10: Ιστοσελίδα με τις τιμές των σωματιδίων από τον αισθητήρα



Εικόνα 4.11: Απεικόνιση τιμών στην ιστοσελίδα σε αντιστοιχία με τα γραφήματα

Στην Εικόνα 4.11 παρουσιάζεται η αντίστοιχη του κάθε αισθητήρα με την οποία γίνεται η απεικόνιση τιμών στην ιστοσελίδα.

Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων

Σύστημα Μέτρησης 1:

| PM 1.0 (ug/m3) | PM 2.5 (ug/m3) | PM 10 (ug/m3) |
|----------------|----------------|---------------|
| 8 | 10 | 10 |

| AQI | Air Pollution Level | Health Implications | Cautionary Statement (for PM2.5) |
|---------|--------------------------------|--|---|
| 0 - 50 | Good | Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk | None |
| 51 -100 | Moderate | Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution. | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion. |
| 101-150 | Unhealthy for Sensitive Groups | Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected. | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion. |
| 151-200 | Unhealthy | Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid prolonged outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit prolonged outdoor exertion |
| 201-300 | Very Unhealthy | Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected. | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid all outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit outdoor exertion. |
| 300+ | Hazardous | Health alert: everyone may experience more serious health effects | Everyone should avoid all outdoor exertion |

Εικόνα 4.12: Ιστοσελίδα με τιμές και πίνακα

Στην εικόνα 4.12 παρουσιάζεται όλη η ιστοσελίδα με τις τιμές που λαμβάνει από το ThingSpeak και ο αντίστοιχος πίνακας που προσδιορίζει το επίπεδο μόλυνσης.

Δημιουργήθηκε ιστοσελίδα με html και flask-python.

Παρακάτω παρουσιάζεται το κομμάτι της html

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <title>{{title}}</title>
  <meta charset="utf-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <link rel="stylesheet" href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.2/css/bootstrap.min.css">
  <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.5.1/jquery.min.js"></script>
  <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/popper.js@1.16.0/dist/umd/popper.min.js"></script>
  <script src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.5.2/js/bootstrap.min.js"></script>
```

```
<style>

table {
border-collapse: collapse;
width: 100%;
}

td, th {
text-align: center;
}

</style>
</head>

<body>

<div class="container">
<br>
<h2>{{title}}</h2>
<p>Σύστημα Μέτρησης 1:</p>
<table class="table">
<thead>
<tr>
<th>PM 1.0 (ug/m3)</th>
<th>PM 2.5 (ug/m3)</th>
<th>PM 10 (ug/m3)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>{{field1}}</td>
<td>{{field2}}</td>
<td>{{field3}}</td>
</tr>
</tbody>
</div>
```

```

</table>

<div class="bd-example" align="middle">



</div>

</div>

</body>

</html>

```

Για να γίνει λήψη των τιμών από το ThingSpeak Μέσω Flask-pyhton και προβληθούν στην ιστοσελίδα σε html υλοποιήθηκε ο παρακάτω κώδικας.

```

import requests

from flask import render_template
from flask import Flask
app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def hello_world():
    return 'Hello World'

@app.route('/index')
def index():
r=requests.get("https://api.thingspeak.com/channels/1215089/feeds.json?api_key=W3SUVVYDTUS3
5H49&results=1")
    print(r.json())
    rj = r.json()
    print("")
    print(rj['feeds'][0]['field1'])
    print(rj['feeds'][0]['field2'])
    print(rj['feeds'][0]['field3'])
    field1 = rj['feeds'][0]['field1']
    field2 = rj['feeds'][0]['field2']
    field3 = rj['feeds'][0]['field3']

```

```
return render_template('index.html', title='Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων', field1=field1,
field2=field2, field3=field3)

if __name__ == '__main__':
    app.run()
```

4.3 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις αποθηκεύονται στον ThingSpeak server. Δεν μπορεί να γίνει εξακρίβωση με άλλο όργανο που και δεχόμαστε τις μετρήσεις που μας παρέχει το αισθητήριο σύμφωνα με το datasheet του κατασκευαστή.

Ενδεικτικά για μετρήσεις σε διάφορους χώρους βρέθηκαν (μέσος όρος):

Πίνακας 1. Τιμές του αισθητήρα σε διάφορους χώρους

| | PM1.0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Δωμάτιο – Σπίτι | 8 | 10 | 10 |
| Δωμάτιο με σκόνη | 16 | 30 | 38 |
| Εξωτερικός Χώρος | 12 | 22 | 24 |

Κεφάλαιο 5ο: Συμπεράσματα και προτάσεις για βελτίωση

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε ηλεκτρονικό σύστημα μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων PM1, PM2.5, PM10 στον αέρα. Το σύστημα υλοποιήθηκε με Raspberry και τον αισθητήρα PMS5003 και τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω διαδικτύου στο server του ThingSpeak. Στο ThingSpeak τα δεδομένα από τον αισθητήρα προβάλλονται σε ειδικά γραφήματα και μπορούν να ληφθούν από μια εφαρμογή μέσω διαδικτύου αν της επιτραπεί η πρόσβαση. Επίσης, υλοποιήθηκε ειδική ιστοσελίδα για την προβολή των δεδομένων χωρίς να χρειάζεται η πρόσβαση στο κανάλι του ThingSpeak.

Έγινε διάφορες μετρήσεις σε διάφορους χώρους με διαφορετικές συνθήκες και παρατηρήθηκε μεταβολή των συγκεντρώσεων χωρίς όμως να μπορούμε να κάνουμε εξακρίβωση αν αυτές οι τιμές είναι οι ακριβείς. Απλά λαμβάνουμε τις τιμές που μας δίνει ο κατασκευαστής, τις αποθηκεύουμε και τις απεικονίζουμε. Στο τέλος κάνουμε μια μικρή εκτίμηση σύμφωνα με τους δείκτες για την ποιότητα του αέρα.

Μια βελτίωση που θα μπορούσε να υλοποιηθεί είναι να υπάρχουν alerts δηλαδή σήματα-ειδοποιήσεις που να ειδοποιούν τον χρήστη για πιθανή άνοδο κάποιας μέτρησης πάνω από ένα όριο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*. 2002 Mar 6;287(9):1132-41. doi: 10.1001/jama.287.9.1132. PMID: 11879110; PMCID: PMC4037163.
- [2] Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, Holguin F, Hong Y, Luepker RV, Mittleman MA, Peters A, Siscovick D, Smith SC Jr, Whitsel L, Kaufman JD; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010 Jun 1;121(21):2331-78. doi: 10.1161/CIR.0b013e3181d8e1. Epub 2010 May 10. PMID: 20458016.
- [3] <https://www.nature.com/articles/s41598-019-43716-3>
- [4] https://dev.to/nuculabs_dev/pms5003-particulate-matter-sensor-test-run-2mdh
- [5] <https://www.markhansen.co.nz/raspberry-pi-air-quality-sensor/>
- [6] https://www.rigacci.org/wiki/lib/exe/fetch.php/doc/appunti/hardware/raspberrypi/plantower-pms5003-manual_v2-3.pdf