

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Κατασκευή Πρότυπου Περιβαλλοντικού Σταθμού»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΡΙΟΣ ΠΟΛΥΜΕΝΑΚΟΣ ΑΜ:15050

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΙΑΝΝΑΚΕΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Κατασκευή Πρότυπου Περιβαλλοντικού Σταθμού»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΡΙΟΣ ΠΟΛΥΜΕΝΑΚΟΣ ΑΜ:15050

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΙΑΝΝΑΚΕΑΣ

«Prototyping of a Compact Environmental Station»

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 2020

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Υπεύθυνος καθηγητής:

Γιαννακέας Νικόλαος,

Επίκουρος Καθηγητής

Μέλος επιτροπής

Τζάλλας Αλέξανδρος

Επίκουρος Καθηγητής

Μέλος επιτροπής

Δημόπουλος Δημήτριος

Πανεπιστημιακός Υπότροφος

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

Ευριπίδης Γλαβάς,

Καθηγητής

Υπογραφή

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Πολυμενάκος Νικόλαος Μάριος

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την οικογένεια μου που με στήριξε για να φτάσω στο σημείο να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Στη συνέχεια, τον υπεύθυνο καθηγητή μου κύριο Νικόλαο Γιαννακέα για όλη την βοήθεια και τις υποδείξεις που μου προσέφερε. Επίσης, όλους μου τους συναδέλφους στο τμήμα Πληροφορικής του Ιονίου Πανεπιστημίου στην Κέρκυρα και τέλος τον καθηγητή του παραπάνω τμήματος κύριο Μάρκο Αυλωνίτη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε τόσο κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης όσο και μετέπειτα, καθώς πλέον μου παρέχει μια θέση ανάμεσα στους στενούς του συνεργάτες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή ασχολείται με την παρουσίαση του φαινομένου της αιθαλομίχλης που παρατηρείται έντονα τα τελευταία χρόνια στις πόλεις. Στη συνέχεια, επικεντρώνεται στην σχεδίαση και κατασκευή πρότυπου περιβαλλοντικού σταθμού με βάση τον μικροεπεξεργαστή Arduino Uno, χρησιμοποιώντας αισθητήρες χαμηλού κόστους, για την καταγραφή συγκεκριμένων αερίων-χημικών ενώσεων-ρύπων που προκύπτουν από το φαινόμενο αυτό. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά, η κατασκευή του συστήματος παρακολούθησης του φαινομένου, καθώς και ο πηγαίος κώδικας που χρησιμοποιήθηκε.

Λέξεις-κλειδιά: μικροεπεξεργαστής Arduino, αιθαλομίχλη, αισθητήρες αερίων χαμηλού κόστους

ABSTRACT

This thesis deals with the presentation of the smog phenomenon that has been strongly observed in recent years in cities. Subsequently, focuses on designing and manufacturing a standard environmental station based on the Arduino Uno microprocessor, using low-cost sensors, to record specific gases resulting from this phenomenon. Finally, the system construction for the phenomenon's monitoring as well as the source code used are presented in detail.

Keywords: Arduino microprocessor, smog, low cost gas sensors

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Φαινόμενο της Αιθαλομίχλης.....	13
1.1 Τι είναι η Αιθαλομίχλη;	13
1.2 Ιστορική αναδρομή	13
1.2.1 Ιστορία Αιθαλομίχλης.....	15
1.4 Αιθαλομίχλη στην Ελλάδα.....	16
1.5 Σύσταση και είδη της Αιθαλομίχλης	17
1.6 Επίδραση στην υγεία.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Internet of Things (IoT) και συστήματα μετρήσεων	26
2.1 Ορισμός και βασικές έννοιες	26
2.2 Συστήματα καταγραφής περιβαλλοντικών μετρήσεων.....	29
2.3 Θεσμοθετημένα όρια ρύπων	34
2.4 Περιβαλλοντικές μετρήσεις στην Ελλάδα.....	36
2.4.1 Περιβαλλοντικά προγράμματα	36
2.4.2 Γραφικές παραστάσεις ρύπων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ARDUINO	48
3.1 Τι είναι το Arduino;	48
3.2 Arduino IDE.....	49
3.3 Μοντέλα πλατφόρμας Arduino	51
3.4 Arduino UNO R3	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κατασκευή συστήματος για ανίχνευση ρύπων	57
4.1 Σύνθεση εξαρτημάτων	57
4.2 Πηγαίος κώδικας	61
4.2 Φωτογραφίες της κατασκευής.....	64

4.4 Προτάσεις βελτίωσης του συστήματος	66
Συμπεράσματα	67
Βιβλιογραφία	69

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί δραστικά η ενημέρωση με σκοπό την ευαισθητοποίηση του κόσμου για το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Βέβαια δεν είναι καινούρια αυτή η προσπάθεια καθώς πολλοί ήταν εκείνοι, που μάταια μέχρι στιγμής, προσπαθούν να πείσουν μεγάλο μέρος του πληθυσμού ότι το κλίμα ανά περιοχή θα αλλάξει και πως η φύση θα προκαλεί ολοένα και πιο ακραία καιρικά φαινόμενα. Πλέον, αυτές οι κλιματικές αλλαγές είναι γεγονός. Όμως, τί οδήγησε τη φύση σε τόσο απρόσμενη «συμπεριφορά»; Φυσικά η άγνοια και η απροσεξία του ανθρώπου.

Με την αύξηση μόλυνσης του περιβάλλοντος σε διάφορους τομείς, όπως ατμόσφαιρα, νερό, τρόφιμα και άλλα, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ίσως από τις πιο σημαντικές μορφές, αφού έχει άμεση επαφή με οτιδήποτε πάνω στον πλανήτη και στη συνέχεια μεταφέρει τους ρύπους στα υπόλοιπα στοιχεία. Έχουν παρατηρηθεί διάφορα είδη ρύπανσης του αέρα ανά τα χρόνια, αλλά τελευταία, καταγράφεται μια ραγδαία αύξηση του φαινομένου της Αιθαλομίχλης, η οποία διακρίνεται κι αυτή με τη σειρά της σε διαφορετικές μορφές ανάλογα το κλίμα κάθε περιοχής. Είναι ένα ιδιαίτερα φλέγον ζήτημα που ο άνθρωπος καλείται να βρει λύσεις τόσο για την ποιότητα ζωής του αλλά προπάντων για την υγεία του.

Μπορεί όλα αυτά να ακούγονται λιγάκι τραγικά, όμως τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και με την ως ένα βαθμό ευαισθητοποίηση, γίνονται δράσεις με σκοπό τη μείωση της ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Φαινόμενο της Αιθαλομίχλης

1.1 Τι είναι η Αιθαλομίχλη;

Ένα είδος ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι το φαινόμενο της αιθαλομίχλης, το οποίο παρατηρείται κατά τη διάρκεια καύσης στερεών καυσίμων με βασικούς παράγοντες το κάρβουνο και το ξύλο. Ο επίσημος ορισμός του Ελληνικού Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας είναι ο εξής:

“ Η Αιθαλομίχλη είναι το είδος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως αιωρούμενων σωματιδίων (κυρίως αιθάλης), διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία. Στην αγγλική γλώσσα ο όρος είναι **SMOG** (σύνθετη λέξη που προέρχεται από SMOke και foG). ”

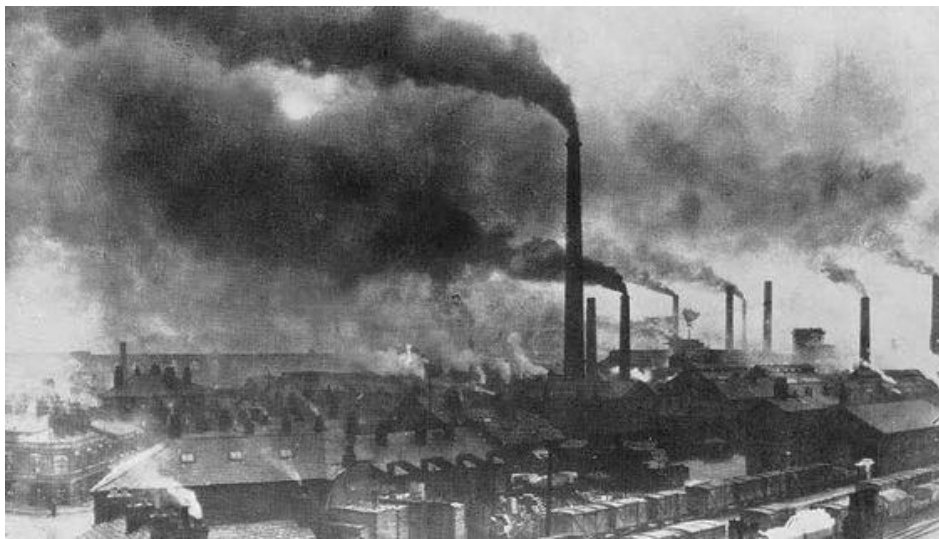
Το φαινόμενο παρατηρείται σε συγκεκριμένες περιοχές, όπου αν και εφόσον υπάρξουν υψηλές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες, για παράδειγμα υψηλή υγρασία, εγκλωβίζονται σε χαμηλό υψόμετρο, με αποτέλεσμα η ρύπανση που παράγεται να μην μπορεί να εκτονωθεί σε υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Κύριος παράγοντας για την δημιουργία αιωρούμενων σωματιδίων είναι η καύση βιομάζας. Βιομάζα ονομάζεται, το σύνολο των υλών που έχουν βιολογική προέλευση, δηλαδή οτιδήποτε φυτικό ή δασικό υπόλειμμα όπως κομμένα ξύλα, κλαδιά, πριονίδια, άχυρα, καρποί ακόμη και κουκούτσια, ζωικά απόβλητα, φυτά που καλλιεργούνται σε ενεργειακές φυτείες με σκοπό τη χρήση τους ως πηγή ενέργειας και τέλος είτε αστικά απορρίμματα, είτε υπολείμματα βιομηχανικών τροφίμων και αγροτικής βιομηχανίας. Χρήση της βιομάζας ως επί το πλείστον γίνεται για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και παραγωγή υγρών καυσίμων, όπως η βιοαιθανόλη.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, δεν είναι ένα νέο φαινόμενο, αφού έρευνες στον παγετώνα του Κελκάγια στις περσιανές Άνδεις, έδειξαν σωματίδια μόλυβδου (τοξικό βαρύ μέταλλο) στο εσωτερικό του. Χρονολογούνται να ‘εγκλωβίστηκαν’ εκεί κατά τον 15^ο αιώνα. Ένα μικρό μέρος της ρύπανσης, οφείλεται στην διαδικασία εξόρυξης χαλκού και

αργύρου που πραγματοποιούσαν οι Ίνκας την συγκεκριμένη περίοδο και στη συνέχεια με το λιώσιμο των μετάλλων αυτών στα χυτήρια, απελευθερώνονταν στην ατμόσφαιρα ο μόλυβδος. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται να εκτοξεύθηκε με την άφιξη των Ισπανών τον 16^ο αιώνα, όπου παρατηρείται να αυξάνονται τα επίπεδα μολύβδου στο εσωτερικό του παγετώνα έως και τρεισήμισι φορές σε σχέση με πριν.

Την περίοδο μεταξύ 1760-1860 σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στην παραγωγή αγαθών, τόσο στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνταν, όσο και στα μέσα τα οποία χρησιμοποιούνταν. Η συγκεκριμένη ιστορική περίοδος ονομάστηκε εύστοχα Βιομηχανική Επανάσταση έχοντας ως κύρια χαρακτηριστικά:



Εικόνα 1.1 Βιομηχανική επανάσταση

- Τη μείωση της χειρωνακτικής εργασίας αντικαθιστώντας την με μηχανές παραγωγή, με σκοπό την αύξηση της παραγωγής και τη μείωση του κόστους των προϊόντων.
- Την αξιοποίηση νέων μορφών ενέργειας (κάρβουνο, ηλεκτρισμός κτλ.)
- Την εφαρμογή καινοτομιών στη μεταλλουργία.
- Το εργοστάσιο ως κέντρο παραγωγής
- Τους ραγδαίους ρυθμούς ανάπτυξης

Η εμφάνιση αυτής της τάσης για αλλαγή του συστήματος παραγωγής εντοπίζεται αρχικά στη Βρετανία, ενώ ακολούθησαν σιγά σιγά κι άλλες χώρες όπως η Γαλλία και η Αμερική, υιοθετώντας έτσι, όχι μόνο τη βιομηχανική εξέλιξη, αλλά και της ανάλογες επιρροές ως προς την δομή της οικονομίας και της κοινωνίας. Στη συνέχεια, ακολούθησαν όλες οι χώρες να αναπτύσσουν τεχνολογικές εφαρμογές για την αύξηση της παραγωγικότητας και σιγά σιγά η κάθε χώρα απέκτησε τη δική της βιομηχανία.

Αυτή η αλλαγή στη βιομηχανία, δημιούργησε επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα και γενικά στο κλίμα. Υπάρχουν πόλεις ανά τον κόσμο που αντιμετωπίζουν πρόβλημα με την ποιότητα αέρα, με αποτέλεσμα οι πολίτες να έρχονται αντιμέτωποι με ιατρικά προβλήματα, ακόμη και να χάνονται άνθρωποι από την «αποπνικτική ατμόσφαιρα» όπως χαρακτηρίζεται.

1.2.1 Ιστορία Αιθαλομίχλης

Η συγκεκριμένη μορφή ρύπανσης έχει απασχολήσει ξανά στο παρελθόν, καθώς σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας υπάρχουν αναφορές από έναν Ρωμαίο φιλόσοφο τον Σενέκα το 61 μ.Χ. μέσα από τη διατύπωση του: *«Μόλις έφυγα μακριά από τον πνιγερό αέρα της Ρώμης και από τη βρωμιά των καπνοδόχων που κάπνιζαν, διαχέοντας ολόγυρα θανατηφόρα αέρια και αιθάλη, ένοιωσα να αλλάζει η διάθεσή μου»*. Ακόμη, το 1157μ.Χ. η σύζυγος του βασιλιά Ερρίκου του 2^{ου} της Αγγλίας, Ελεονώρα, θέλησε να μετακομίσει από το κάστρο του Nottingham γιατί υπέφερε από τη ρύπανση του αέρα που προκαλούσε η καύση των ξύλων. Διάφορες αναφορές κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα για προβλήματα που προκαλούσε η καύση κάρβουνου, οδήγησε τον Βασιλιά Εδουάρδο τον 1^ο σε απαγόρευση χρήση κάρβουνου στις ασβεστοκάμινους το 1307 στο Λονδίνο. Στο πρόσφατο παρελθόν, το 1875 στο Λονδίνο καταγράφηκαν πολλοί θάνατοι ανθρώπων και ζώων, ενώ στη Γλασκώβη και το Εδιμβούργο το 1909, η αιθαλομίχλη ήταν η κύρια αιτία για περίπου 1000 θανάτους πολιτών. Αργότερα στο Βέλγιο και συγκεκριμένα το 1930, στην κοιλάδα Meuse, πέθαναν 60 άτομα ύστερα από αρρώστια που οφείλεται στο φαινόμενο αυτό. Η τραγικότερη στιγμή όμως, σημειώθηκε το 1952 στο Λονδίνο, όπου μετά από μία εβδομάδα συγκέντρωσης υψηλών επιπέδων ρύπανσης στην ατμόσφαιρα, στοίχισαν τη ζωή άμεσα σε 4000 άτομα, ένας αριθμός τεράστιος για την εποχή. Αργότερα, αποδείχτηκε ότι ο αριθμός αυτός αυξήθηκε στους 12.000 ενώ οι άρρωστοι υπολογίζονται στους 100.000.



Εικόνα 1.2. The Great Smog of London

1.4 Αιθαλομίχλη στην Ελλάδα

Από το 2009 και μετά, δηλαδή με το ξέσπασμα της οικονομικής κρίσης στην χώρα μας, πολλοί πολίτες στράφηκαν σε πιο οικονομικές πηγές ενέργειας για τη θέρμανση, κυρίως στην καύση βιομάζας. Τέτοιες πηγές για παράδειγμα είναι τα καυσόξυλα ή ξύλα τύπου πέλλετ, αλλά πολλοί είναι εκείνοι που δε διστάζουν να χρησιμοποιούν απαγορευτικά είδη ξύλου όπως, εμποτισμένα ξύλα, παλιά έπιπλα και παλέτες μεταφοράς που προκαλούν ακόμη περισσότερους και πιο επιβλαβείς ρύπους.

Συνεπώς, η εμφάνιση της αιθαλομίχλης είναι μονόδρομος σε περιοχές που το φαινόμενο ευνοείται από το αντίστοιχο μικροκλίμα. Όπως προαναφέρθηκε στον ορισμό της αιθαλομίχλης, οι συνθήκες για δημιουργία του φαινομένου είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με υψηλή υγρασία, εννοείται πάντα και σε συνδυασμό με υψηλά επίπεδα καύσης βιομάζας. Συνεπώς, πόλεις της Ελλάδας και ιδιαίτερα οι μεγαλύτερες λόγω μεγάλου αριθμού πληθυσμού που βρίσκονται σε κατάλληλη για έξαρση του φαινομένου γεωγραφική θέση όπως, η Αθήνα, η Θεσσαλονίκη, τα Ιωάννινα, τα Τρίκαλα, ο Βόλος και η Κοζάνη μπορούν να θεωρηθούν ιδιαίτερα «ευνοϊκές» για την παρατήρηση του.

Πλέον, στη χώρα μας γίνονται σημαντικές ενέργειες για την αναλυτική καταγραφή του φαινομένου τόσο με κρατικούς μηχανισμούς σε συνεργασία με αρμόδια Πανεπιστήμια ή εταιρείες τεχνολογίας και περιβάλλοντος, όσο και μεμονωμένες προσπάθειες με αυτοσχέδια projects που αναλαμβάνουν πολίτες.



Εικόνα 1.3. Αιθαλομίχλη στην Αθήνα

1.5 Σύσταση και είδη της Αιθαλομίχλης

Αναλύοντας περισσότερο το φαινόμενο της αιθαλομίχλης, παρατηρούνται τουλάχιστον δύο διαφορετικές κατηγορίες, παρότι διακρίνονται και οι δύο ως ένα σύννεφο καπνού ή ομίχλη σε ένα συνδυασμό καφέ και κίτρινου χρώματος:

- Θειούχος αιθαλομίχλη - Βιομηχανικό νέφος (Sulfur Smog)
- Φωτοχημική αιθαλομίχλη - Φωτοχημικό νέφος (Photochemical Smog)

Η πρώτη, λέγεται και «London Smog», η οποία χαρακτηρίζεται από τα υψηλά επίπεδα Διοξειδίου του Θείου (Sulfur Dioxide). Η παραγωγή του οφείλεται στην καύση βιομάζας και κυρίως στο κάρβουνο. Παρατηρείται σε αστικά κέντρα, όπου υπάρχουν βιομηχανικές ζώνες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη οποιοδήποτε είδος βιομάζας και για τη θέρμανση σε εσωτερικούς χώρους γίνεται καύση στερεών καυσίμων. Σημαντικός παράγοντας για την επιδείνωση του φαινομένου είναι η ύπαρξη υγρασίας και η υψηλή συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων.



Εικόνα 1.4. London Smog

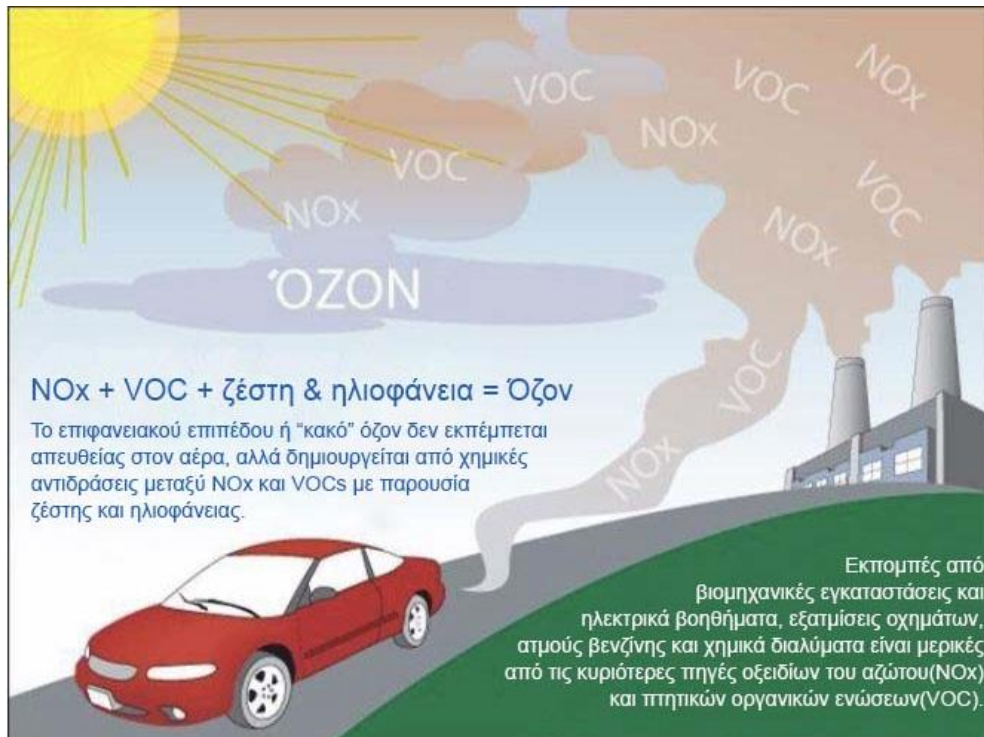
Η δεύτερη, ονομάζεται επίσης και «Los Angeles Smog», καθώς καταγράφεται σε αστικές περιοχές με ζεστό κλίμα, που υπάρχει μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων. Αντίθετα με τον ορισμό, αυτό το είδος του φαινομένου, δεν αποτελείται από σύνθεση καπνού και υγρασίας. Οι ρύποι που παράγονται από τα οχήματα, δηλαδή το οξείδιο του αζώτου (nitrogen oxide) και οι υδρογονάνθρακες (hydrocarbon), δημιουργούν χημική αντίδραση όπου παράγονται ιδιαίτερα τοξικά αέρια όζοντος. Σε συνδυασμό με ηλιοφάνεια το όζον αλλά και το διοξείδιο του αζώτου (nitrogen dioxide) που παράγεται από το αντίστοιχο οξείδιο και τις ακτίνες του ηλίου, προκαλούν την «φωτοχημική αιθαλομίχλη» ή αλλιώς «φωτοχημικό νέφος».



Εικόνα 1.5. Los Angeles Smog

Συνεπώς, στη σύσταση της Αιθαλομίχλης σε κάθε της μορφή μπορούν να παρατηρηθούν οι εξής χημικές ενώσεις-ρύποι:

- **Όζον (O_3):** Υπάρχει και χρειάζεται για τη σωστή λειτουργία της ατμόσφαιρας, αυξάνεται με τη χρήση διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούν υψηλές τάσεις ηλεκτρισμού.
- **Αιωρούμενα Σωματίδια (Particulate Matter (PM)):** Σύνολο σωματιδίων που μπορούν να παραχθούν από διάφορες πηγές όπως εξατμίσεις και καπνοδόχους. Στις προσπάθειες καταγραφής τους, διαχωρίζονται σε PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ και $PM_{0.1}$. Οι αντίστοιχοι δείκτες επισημαίνουν το μέγεθος των σωματιδίων ορίζοντας αν είναι μικρότερα από 10, 2.5, 1.0 ή 0.1 μικρόμετρα(μm).
- **Οξείδιο του Αζώτου (Nitrogen Oxide (NO_x)):** Σχηματίζεται κυρίως κατά τη διάρκεια της καύσης στερεών καυσίμων-βιομάζας.
- **Διοξείδιο του Αζώτου (Nitrogen Dioxide (NO_2)):** Αποτελεί τύπο της προηγούμενης χημικής ένωσης και παράγεται όταν το μονοξείδιο του αζώτου αντιδρά με οξυγόνο.
- **Διοξείδιο του Θείου (Sulfur Dioxide (SO_2)):** Κύρια πηγή του είναι η έκρηξη ηφαιστειών, παρόλο που προκύπτει και από την καύση ξύλου και πετρελαίου, καθώς περιέχουν ενώσεις θείου.
- **Μονοξείδιο του Άνθρακα (Carbon Oxide(CO)):** Και αυτό με τη σειρά του, προκύπτει από ηφαιστειακές δραστηριότητες και από ανθρώπινες παρεμβάσεις όπως πυρκαγιές σε δάση και γενικότερη καύση στερεής μάζας.
- **Πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile organic compounds (VOCs)):** Είναι οποιαδήποτε οργανική ένωση που έχει αρχικό σημείο βρασμού μικρότερο ή ίσο $250\text{ }^{\circ}C$. Παράγεται από τη φύση από φυτά, ζώα, μύκητες, μικρόβια και μούχλα ενώ υπάρχει και προκύπτει από ανθρώπινη παρασκευή που είναι συνήθως μπογιές. Και στις δύο περιπτώσεις διακρίνονται από την οσμή τους.



Εικόνα 1.6. Παράδειγμα παραγωγής όζοντος

Και στα δύο είδη του φαινομένου, για να «καθαριστεί» η ατμόσφαιρα των περιοχών που δημιουργούνται αυτά τα νέφη, συνήθως συμβαίνουν δύο γεγονότα. Ή με κάποιο αέρα έτσι ώστε να απομακρυνθούν τα σωματίδια και οι ρύποι, ή με κάποια βροχή. Στη δεύτερη περίπτωση, μπορεί το νέφος να διασπάται, αλλά δημιουργείται όξινη βροχή με αποτέλεσμα όλα τα σωματίδια να επιστρέφουν και πάλι «κάτω» στο αστικό κέντρο και τους πολίτες. Η όξινη βροχή δεν είναι βλαβερή μόνο για την υγεία, αλλά τόσο για τα κτίρια, όσο και γενικότερα για οτιδήποτε έρχεται σε επαφή.



Εικόνα 1.7. Ατμόσφαιρα μετά τη βροχή (αριστερά) και με νέφος (δεξιά) στο Πεκίνο

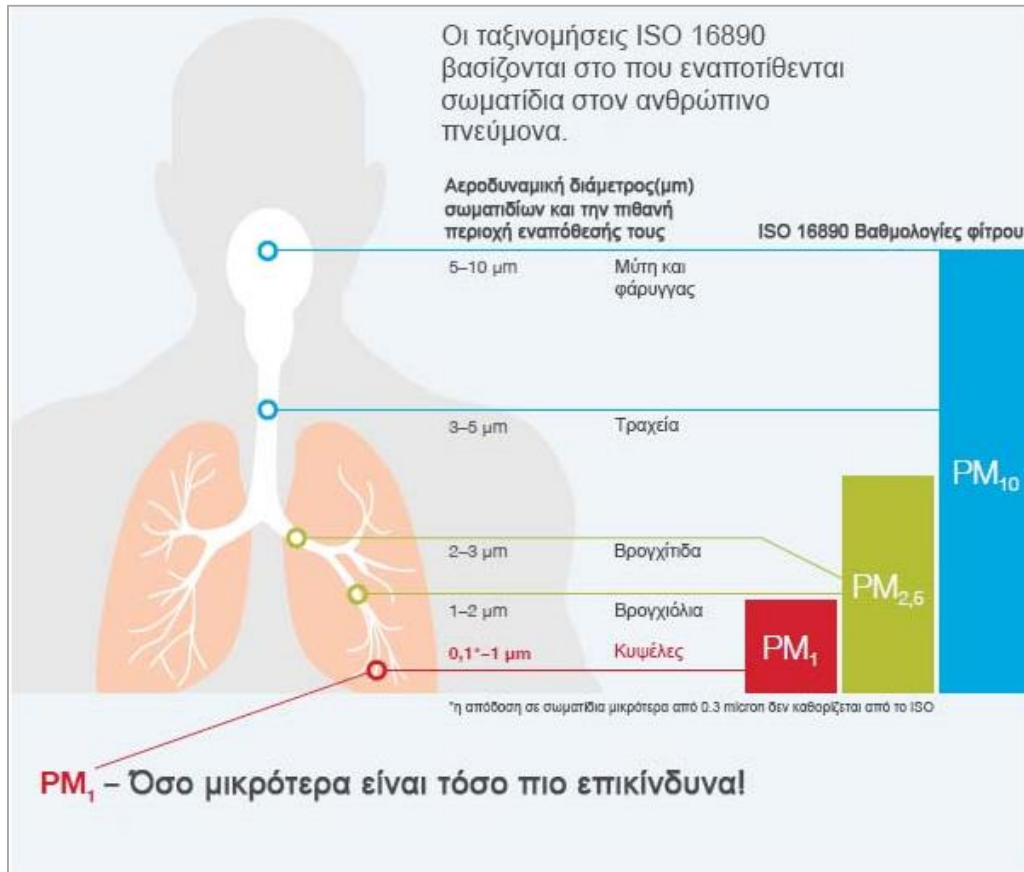
1.6 Επίδραση στην υγεία

Όπως προαναφέρθηκε περιληπτικά σε προηγούμενες παραγράφους, οι επιπτώσεις του φαινομένου στην υγεία, όχι μόνο στον άνθρωπο και τα φυτά, αλλά γενικότερα στους ζωντανούς οργανισμούς μπορεί να οδηγήσουν σε τραγικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, η αιθαλομίχλη μπορεί να είναι αιτία παθήσεων όπως:

- Ερεθισμός στη μύτη, στα μάτια και στον λαιμό
- Κακή λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος
- Εγκεφαλικά επεισόδια
- Επιδείνωση αναπνευστικών και καρδιολογικών παθήσεων
- Εμφάνιση διάφορων μορφών καρκίνου
- Σε κάποιες περιπτώσεις σημειώνονται και θάνατοι

Αναλυτικότερα, ο κάθε ρύπος ή χημική ένωση που προκύπτει από το φαινόμενο, μπορεί να έχει διαφορετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό:

- **Αιωρούμενα σωματίδια (PMs):** Τα μεγαλύτερα σε μέγεθος σωματίδια τις περισσότερες φορές εγκλωβίζονται στη μύτη και το φάρυγγα οπότε δεν αποτελούν απειλή. Σε μικρότερα όμως μεγέθη από $10_{\mu m}$, με την ονομασία PM_{10} , αρχίζουν να εισχωρούν περισσότερο στο αναπνευστικό σύστημα προκαλώντας μέχρι και δυσφορία παράδειγμα τους είναι η σκόνη. Η επόμενη κατηγορία είναι η $PM_{2.5}$. Εδώ τα πράγματα αρχίζουν και γίνονται πιο επικίνδυνα, καθώς αποτελείται από βιομηχανική σκόνη και παράγωγα εξατμίσεων, όπου με την εισπνοή τους αυξάνεται η πιθανότητα για δερματολογικές παθήσεις ή καρκίνο του πνεύμονα. Τα $PM_{1.0}$ μπορούν να επικαθίσουν στις κυψέλες των πνευμόνων και να εμφανίσουν καρδιολογικά προβλήματα και εμφράγματα. Η τελευταία κατηγορία μεγέθους $PM_{0.1}$, ονομάζεται και νανοσωματίδια, είναι ίσως η πιο επικίνδυνη, αφού πλέον η διάμετρος των σωματιδίων είναι τόσο μικρή που μπορούν εισχωρήσουν μέσα από κυτταρικές μεμβράνες με στόχο άλλα όργανα.

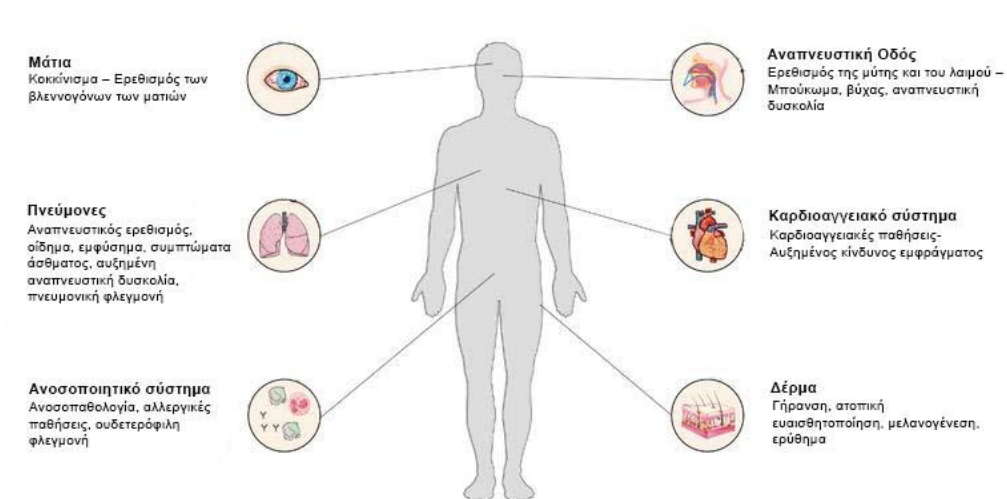


Εικόνα 1.8. Επιπτώσεις Αιωρούμενων σωματιδίων στους πνεύμονες

- **Όζον (O₃):** Σε μέτριο βαθμό, παρατηρούνται ενοχλήσεις στα μάτια, τη μύτη, το λαιμό και τους πνεύμονες, επίσης ευαίσθησία παρουσιάζουν οι μικρές ηλικίες και τα άτομα με άσθμα. Η υψηλή έκθεση του ανθρώπου στο συγκεκριμένο ρύπο επηρεάζει το αναπνευστικό σύστημα, με εμφάνιση βήχα, ξηρότητας στο λαιμό ή πόνου στο στήθος. Τέλος, η μακροχρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει μόνιμη ζημιά στο αναπνευστικό.
- **Οξείδια του Αζώτου (NO_x):** Γενικά τα οξείδια του αζώτου είναι υπεύθυνα για την παρασκευή πολλών τοξικών αερίων, όταν αντιδρούν με κοινές χημικές οργανικές ουσίες, όπως την αμμωνία, την υγρασία και το όζον. Είναι υπεύθυνα για αναπνευστικά προβλήματα επιδείνωσης ή εμφάνισης παθήσεων, όπως η βρογχίτιδα καθώς και καρδιακών παθήσεων.



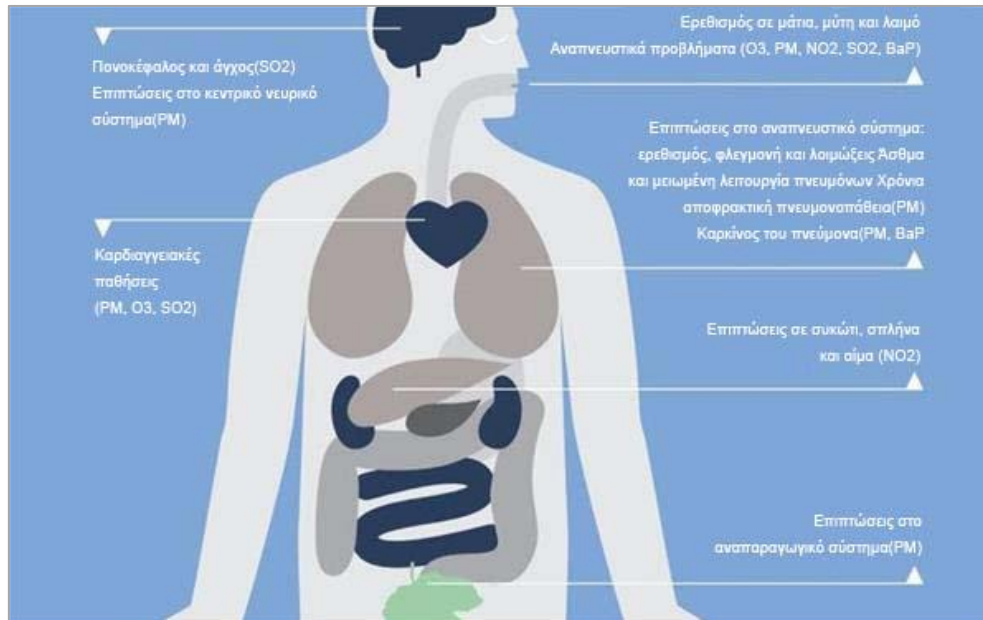
Εικόνα 1.9. Επιπτώσεις όζοντος χαμηλού υψομέτρου



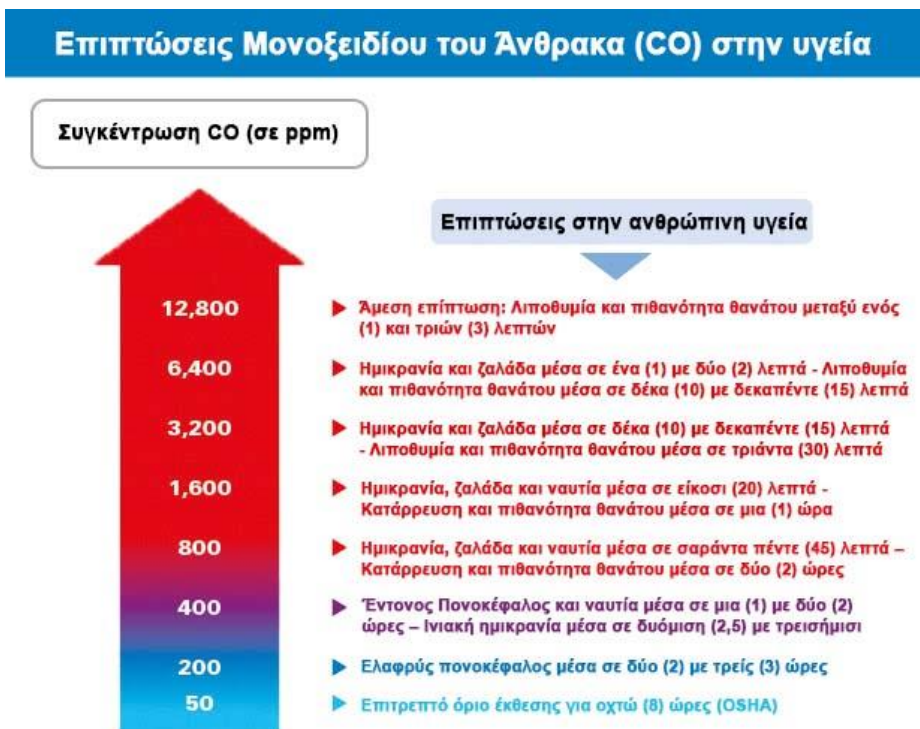
Εικόνα 1.10. Αποτελέσματα έκθεσης σε NO_x

- **Διοξείδιο του θείου (SO_2):** Εδώ οι επιπτώσεις εφόσον υπάρξει μακροχρόνια έκθεση, αφορούν ένα μεγάλο εύρος ατόμων στα οποία προκαλείται ερεθισμός στα μάτια, πολλά αναπνευστικά και καρδιακά προβλήματα σε άτομα με

καρδιαγγειακές παθήσεις ή χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις, άτομα με άσθμα και τέλος ηλικιωμένοι και παιδιά. Επίσης, όταν έρχεται το SO_2 σε επαφή με το νερό, προκύπτει το θειικό οξύ που παίζει κύριο ρόλο στην δημιουργία όξινης βροχής.



Εικόνα 1.11. Παθήσεις και δυσλειτουργίες από ρύπους



Εικόνα 1.12. Συμπτώματα που παρατηρούνται κατά την έκθεση σε CO

- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Είναι από τους πιο διαδεδομένους ρύπους και όχι άδικα, καθώς μειώνει την μεταφορά οξυγόνου μέσω του αίματος, με αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία στο νευρικό και κυκλοφορικό σύστημα. Συμπτώματα έκθεσης σε αυτόν είναι ο πονοκέφαλος, η ζαλάδα και το αίσθημα κόπωσης, ενώ δε λείπουν και τα προβλήματα όρασης. Τέλος, είναι ικανός να αντιδρά με άλλους ρύπους, σχηματίζοντας επιπλέον όζον σε χαμηλό επίπεδο.



Εικόνα 1.13. Επιπτώσεις στο περιβάλλον από NO_x

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Internet of Things (IoT) και συστήματα μετρήσεων

2.1 Ορισμός και βασικές έννοιες

Διαδίκτυο των πραγμάτων, όπως μεταφράζεται στα Ελληνικά, είναι ένα σύνολο ηλεκτρονικών συσκευών ή μέσων, που έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται τόσο στο διαδίκτυο, όσο και μεταξύ τους μέσω αυτού. Η τάση αυτή παρατηρείται σε διάφορα είδη εφαρμογών, όπως οικιακές συσκευές, αυτοκίνητα και γενικότερα οποιοδήποτε σύστημα αποτελείται από ένα συνονθύλευμα από ηλεκτρονικά εξαρτήματα, αισθητήρες, λογισμικό και δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο με σκοπό την αποστολή ή την αποθήκευση. Στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοια συστήματα είναι cloud based για ευκολία πρόσβασης και ασφάλεια δεδομένων. Τέτοιες εφαρμογές μπορεί να είναι ένα smart home, όπου οικιακές συσκευές συνδέονται μεταξύ τους δίνοντας δυνατότητες στο χρήστη για απομακρυσμένη λειτουργία (έξυπνος θερμοστάτης, φούρνος, τηλεόραση), φορητές συσκευές με υποστήριξη συνδεσιμότητας (wearables), ή και ένα ολοκληρωμένο σύστημα καμερών παρακολούθησης σε μία εταιρεία συνδεδεμένο στο διαδίκτυο για απομακρυσμένη λειτουργία. Παραδείγματα πιο σύνθετων εφαρμογών μπορούν να θεωρηθούν συστήματα περιβαλλοντικών μετρήσεων σε μία πόλη, εφαρμογές στην γεωργία που βοηθούν τον αγρότη να βελτιστοποιήσει την παραγωγή του, αυτοματοποιημένα μηχανήματα μαζικής παραγωγής και φυσικά ιατρικά μηχανήματα και συσκευές.

Συγκεκριμένα, οι βασικές έννοιες και από τι αποτελούνται αυτά τα συστήματα είναι οι παρακάτω:

- **Hardware:** Είναι ο βασικός παράγοντας, αφού τα IoT συστήματα για να αποκτήσουν τα δεδομένα που χρειάζονται, έρχονται σε επαφή με το φυσικό περιβάλλον μέσω αισθητήρων και διακοπών I/O. Η επικοινωνία των εξαρτημάτων για την καταγραφή δεδομένων και αλληλεπίδραση με το διαδίκτυο επιτυγχάνεται με ειδικούς μικροεπεξεργαστές, μικροελεγκτές ή από ολοκληρωμένα κυκλώματα.
- **Ενσωματωμένος προγραμματισμός:** Οι συσκευές αυτές, ονομάζονται επίσης ενσωματωμένα συστήματα. Βασίζονται συνήθως σε πλατφόρμες μικροεπεξεργαστών (Arduino, Raspberry Pi κ.ά.), αλλά και σε ολοκληρωμένα κυκλώματα προσαρμοσμένης εκτύπωσης. Είναι απαραίτητη η γνώση σχεδίασης

τέτοιων κυκλωμάτων και προγραμματισμού των μικροελεγκτών καθώς και πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ των εξαρτημάτων, όπως για παράδειγμα το I2C. Ο προγραμματισμός συνήθως πραγματοποιείται σε γλώσσες προγραμματισμού C++ ή C και τελευταία Python και JavaScript.

- **Ασφάλεια:** Η ασφάλεια είναι αναγκαία σε όλους τους τομείς της καθημερινότητας του ανθρώπου. Το ίδιο κι εδώ, αφού ολοένα και περισσότερες εφαρμογές συνδέονται στο διαδίκτυο με αποτέλεσμα να αυξάνεται αναλογικά ο κίνδυνος. Γι' αυτό, ενσωματώνονται υπηρεσίες ασφάλειας, λόγου χάρη κρυπτογραφία, συνεχής παρακολούθηση δραστηριότητας και ηθικό, όπως χαρακτηρίζεται «χακάρισμα» (ethical hacking).
- **Ενσωμάτωση διαδικτύου και cloud (υπολογιστικού νέφους):** Απαραίτητο «συστατικό» για τα IoT, αφού δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνούν τα συστήματα μεταξύ τους και να μπορούν να υποστηρίξουν μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Το cloud προσφέρει με τη σειρά του «χώρο» για αποθήκευση, επεξεργασία με σκοπό την ανάλυση των δεδομένων.
- **Ανάλυση δεδομένων και πρόβλεψη:** Καθώς τα δεδομένα των αισθητήρων προέρχονται από φυσικούς παράγοντες, λογικό είναι να υπάρχουν αλλοιώσεις ή παρερμηνεύσεις στα δεδομένα. Επίσης, ο όγκος δεδομένων καταλήγει να είναι τεράστιος σε μεγάλες συνθέσεις συστημάτων. Εκεί παίζει σημαντικό ρόλο η ανάλυση τους, έτσι ώστε να καταλήγουν σε συμπεράσματα και συνεπώς σε προβλέψεις.
- **Μηχανική μάθηση (machine learning) και Τεχνητή νοημοσύνη (AI):** Αυτά τα δύο εργαλεία μαζί με εξόρυξη, μοντελοποίηση και εφαρμογή στατιστικής είναι η απόλυτη λύση για την ανάλυση και «εκκαθάριση» των δεδομένων. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε πραγματικό χρόνο στους αισθητήρες, όσο και σε αποθηκευμένα δεδομένα. Η μηχανική μάθηση εφαρμόζεται για να βρει μοτίβα ή τυχόν ανωμαλίες στο ιστορικό των δεδομένων.



Εικόνα 2.1. Βασικές έννοιες Internet of Things (IoT)

Όπως φαίνεται το IoT αποτελεί πλέον έναν τεράστιο κλάδο της τεχνολογίας συνεχώς αναπτυσσόμενο, αφού με τις δυνατότητές του, οι υπάρχουσες εφαρμογές μπορούν να περάσουν στο επόμενο επίπεδο, αλλά μπορούν να υιοθετηθούν και από τομείς που μέχρι τώρα δεν χρησιμοποιούνταν σε μεγάλο βαθμό προϊόντα τεχνολογίας. Από το 2019 που άρχισε να ενσωματώνεται το 5G δίκτυο σε περισσότερες περιοχές ανά τον κόσμο, ο αριθμός των εφαρμογών τέτοιου τύπου αυξάνεται ραγδαία.

Σύμφωνα με την International Data Corporation (εταιρία στατιστικών αναλύσεων και προβλέψεων), υπολογίζεται ότι μέχρι το 2025 41,6 δισεκατομμύρια συσκευές θα είναι συνδεδεμένες με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, παράγοντας έτσι περίπου 80 zettabytes δεδομένων.

2.2 Συστήματα καταγραφής περιβαλλοντικών μετρήσεων

Με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με την ολοένα και μεγαλύτερη εμφάνιση περιβαλλοντικών προβλημάτων και αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κατασκευάζονται διάφορα προϊόντα τεχνολογίας με σκοπό την μέτρηση και καταγραφή τους. Επίσης, με αυτόν τον τρόπο, τα δεδομένα αποθηκεύονται σε διάφορες μορφές με σκοπό την ανάλυση και επεξεργασία τους, έτσι ώστε να δημιουργείται μια πλήρης εικόνα για το κάθε περιβαλλοντικό φαινόμενο καθώς και προβλέψεις.

Πλέον, παρουσιάζονται προγράμματα σε διάφορες πόλεις τόσο παγκοσμίως, όσο και στην Ελλάδα. Ονομάζονται «έξυπνες πόλεις» (smart cities), οι οποίες βελτιώνουν τον τρόπο ζωής των πολιτών, καθώς οι τελευταίοι μπορούν να έχουν απευθείας πρόσβαση στα δεδομένα της πόλης τους, ενώ οι κατασκευαστές σε τέτοια project συνήθως, μοιράζονται τα δεδομένα μέσα από ειδικές πλατφόρμες για να έχει ο κάθε ενδιαφερόμενος άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες στην περιοχή του και να ενημερώνεται γρηγορότερα.

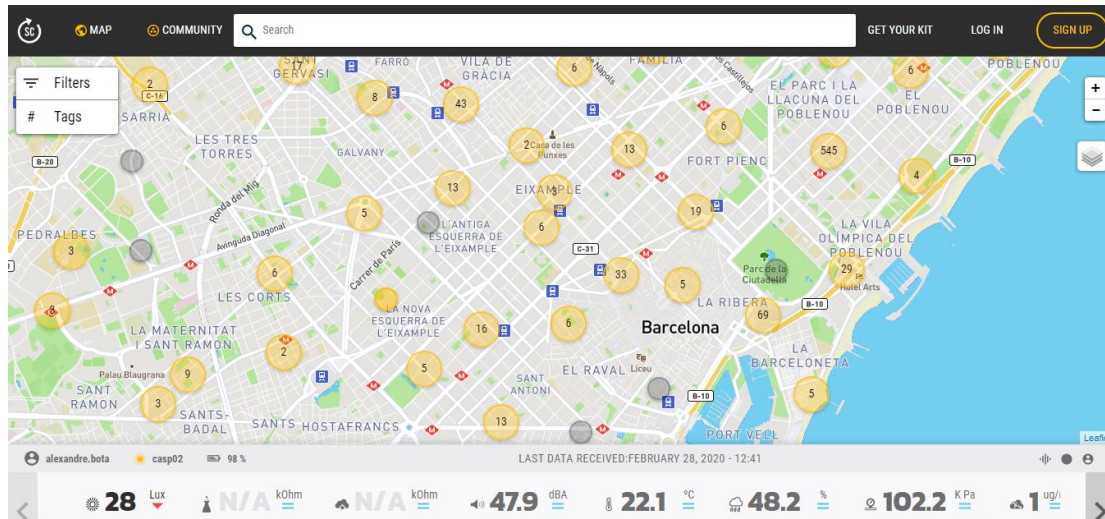
Τα συστήματα αυτά διαφέρουν σε τομείς, όπως ποιότητα κατασκευής, αισθητήρες, ακρίβεια στις μετρήσεις, μέγεθος, αυτονομία, ευκολία τοποθέτησης, συνδεσιμότητα και φυσικά τιμή που αντιστοιχεί στις προηγούμενες δυνατότητες. Παραδείγματα τέτοιων προγραμμάτων που χρησιμοποιούν IoT συστήματα για την παρατήρηση των εκάστοτε φαινομένων παρουσιάζονται παρακάτω:

- **SmartCitizen:** Αρχικά, δημιουργήθηκε από το Fab Lab Barcelona στο Institute for Advance Architecture of Catalonia, ως μία πλατφόρμα που τα δεδομένα της εισάγονται από τους ίδιους τους χρήστες. Ο κάθε χρήστης μπορεί να έχει ένα δικό του σύστημα παρατήρησης περιβαλλοντικών μετρήσεων με αισθητήρες για τα ακόλουθα:
 - Ποιότητα αέρα
 - Θερμοκρασία
 - Ήχο
 - Υγρασία

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ο Ποσότητα φωτός

Το εγχείρημα αυτό στηρίζεται στη γεωγραφική θέση του κάθε συστήματος, τη σύνδεση στο διαδίκτυο και στο open source software (λογισμικό ανοιχτού κώδικα) δηλαδή την ελεύθερη πρόσβαση των χρηστών σε λογισμικό. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται σε χάρτη που αντιστοιχεί στη διεύθυνση <https://smartcitizen.me/kits> και η μορφή του είναι:



Εικόνα 2.2 Χάρτης πλατφόρμας Smart Citizen σε περιοχή της πόλης της Βαρκελώνης

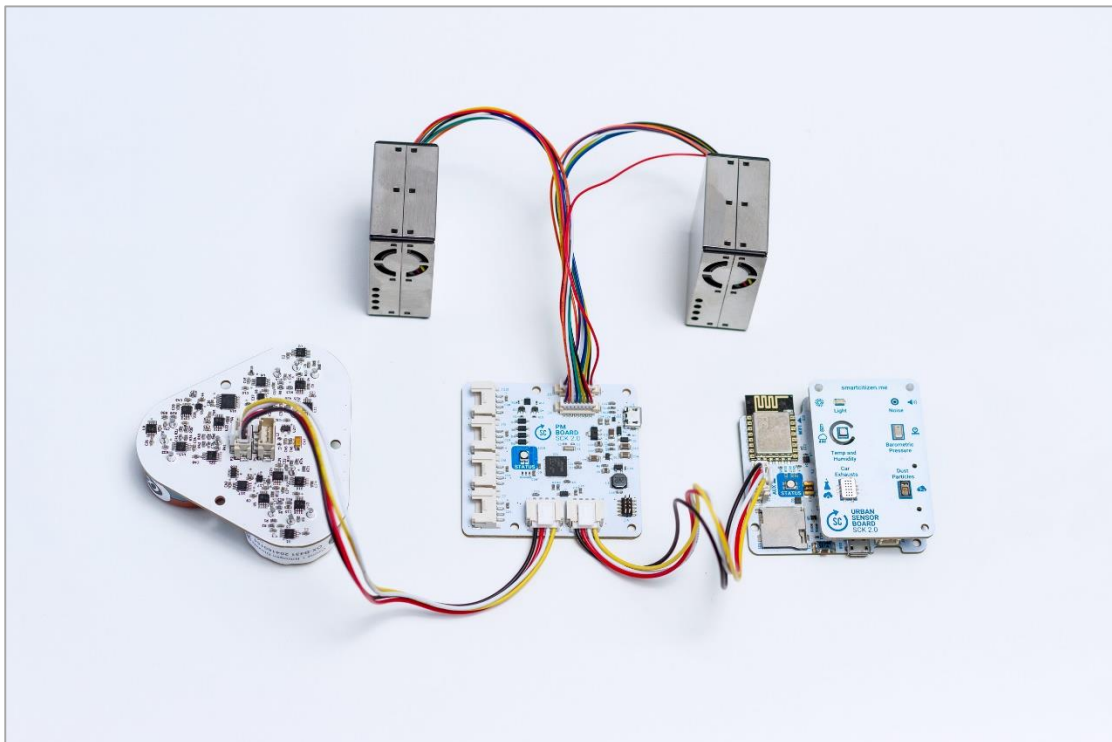
Για αναλυτικότερες ή για συγκεκριμένης θέσης μετρήσεις ο ενδιαφερόμενος μπορεί να επιλέξει όποιον «κίτρινο κύκλο» θέλει, ο οποίος αντιστοιχεί σε αυτή τη θέση. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται κατ' αυτόν τον τρόπο:



Εικόνα 2.3. Αναλυτικές μετρήσεις με διάγραμμα θερμοκρασίας τελευταίων ημερών

Σήμερα, το Smart Citizen προσφέρεται με ανανεωμένες λειτουργίες και μετρήσεις, στοχεύοντας περισσότερο στη ρύπανση του αέρα, κρατώντας ένα χαρακτήρα χαμηλού κόστους, αλλά αξιόπιστο. Το Smart Citizen Kit 2.1 είναι η νεότερη έκδοση, που μαζί με το προηγούμενο εύρος μετρήσεων, έχουν προστεθεί εξαρτήματα τα οποία συνθέτουν το Smart Citizen Station, όπως αποκαλείται, και προσφέρει στον χρήστη τους απαραίτητους αισθητήρες για την παρατήρηση επιπλέον μετρήσεων όπως:

- ο Θερμοκρασία αέρα
- ο Σχετική υγρασία
- ο Επίπεδα θορύβου
- ο Φωτεινότητα
- ο Βαρομετρική πίεση και ύψος από τη στάθμη της θάλασσας
- ο Μονοξείδιο του άνθρακα
- ο Διοξείδιο του Αζώτου
- ο Όζον
- ο Αιωρούμενα σωματίδια σε μεγέθη $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και PM_{10}



Εικόνα 2.4. Σύνδεση Smart Citizen Station

- **Libelium Models Plug and Sense:** Το δεύτερο παράδειγμα, αφορά την εταιρεία Libelium η οποία ειδικεύεται σε ενσωματωμένα συστήματα IoT και παρουσιάζει μία μεγάλη γκάμα αναλόγως με την εφαρμογή που θέλει να προσαρμόσει ο εκάστοτε χρήστης. Επίσης, προσφέρει υπηρεσίες cloud και προσφέρει ιδιαίτερα στο κομμάτι της έρευνας. Κάποια από τα συστήματα, και οι τομείς με τους οποίους ασχολούνται είναι τα παρακάτω:
 - **Smart Environment Pro:** Προσφέρει μετρήσεις για την ποιότητα αέρα. Μπορούν να προσαρμοστούν σε αυτό έως και 16 διαφορετικοί αισθητήρες.
 - **Smart Agriculture:** Βρίσκει διάφορες εφαρμογές σε ότι αφορά τον αγροτικό τομέα και σκοπός του είναι η βελτιστοποίηση της εργασίας του αγρότη.
 - **Smart Water και Smart Water Ions:** Το πρώτο αφορά ποιότητα νερού σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσα ενώ το δεύτερο τη συγκέντρωση ιόντων στο νερό.
 - **Smart Cities Pro:** Πολλές λειτουργίες για την διευκόλυνση της σωστής λειτουργίας μίας πόλης σε τομείς, όπως έλεγχος θορύβου, έλεγχος αποβλήτων, προγραμματισμός φωτισμού κ.ά.
 - **Smart Parking:** Βοηθά τον χρήστη να βρίσκει χώρο στάθμευσης σε λιγότερο χρόνο.
 - **Smart Security:** Ελέγχει περιμετρική κίνηση, με αισθητήρες ανίχνευσης υγρού και άνοιγμα εισόδων.



Εικόνα 2.5. Wasp mote Plug and Sense! Smart Agriculture Xtreme (Σύστημα καταγραφής για γεωργική ανάπτυξη)

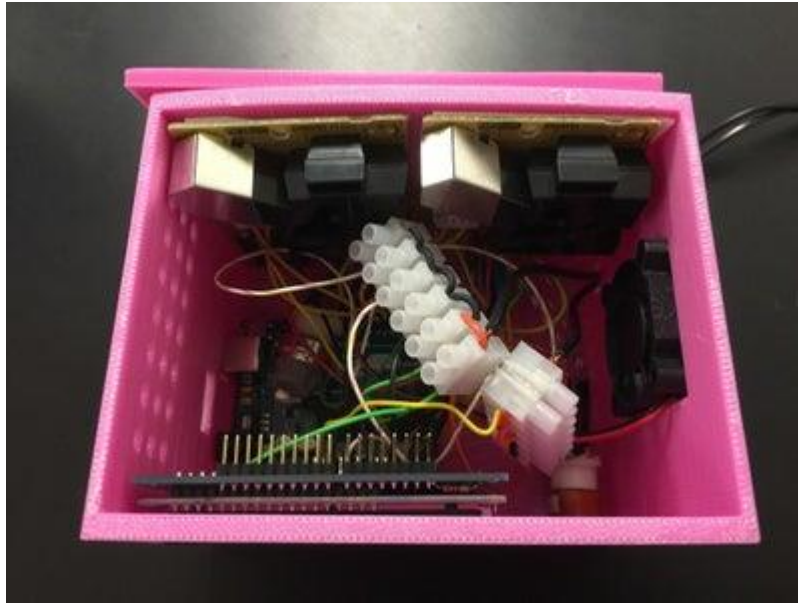
Σημειώνεται ότι σε σχέση με το προηγούμενο παράδειγμα, η ποιότητα κατασκευής και η αξιοπιστία είναι σε πολύ καλύτερο επίπεδο, για αυτό και λογικό είναι η τιμή του να διαμορφώνεται υψηλότερα.

- **Αστικός σταθμός Θεσσαλονίκης:** Στα πλαίσια του προγράμματος Panacea, έχουν κατασκευαστεί περιβαλλοντικοί σταθμοί και κινητοί σταθμοί σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας όπως, Κρήτη, Αντικύθηρα, Πάτρα, Αθήνα, Θεσσαλονίκη κ.ά. Οι σταθμοί αυτοί ξεφεύγουν λίγο από την λογική των IoT συστημάτων, καθώς οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται θεωρούνται επιστημονικά όργανα. Παραμένουν όμως στην ίδια ιδέα, διότι τα δεδομένα παρουσιάζονται στην ιστοσελίδα τους <https://panacea-ri.gr/> με σκοπό την ενημέρωση των πολιτών.



Εικόνες 2.6. Σταθμός Θεσσαλονίκης και 2.7 Κινητός Αστικός σταθμός Θησείου.

- **Ερασιτεχνικές κατασκευές:** Δεν είναι λίγοι πλέον, εκείνοι οι οποίοι θέλουν να πειραματιστούν με νέες ιδέες, κατασκευάζοντας με μεγάλη επιτυχία, αυτοσχέδιους περιβαλλοντικούς σταθμούς πολλών ή μερικών μετρήσεων. Βασιζόμενοι σε μικροελεγκτές, εξαρτήματα και αισθητήρες χαμηλού κόστους, δημιουργούν ικανοποιητικά συστήματα, κυρίως για μετρήσεις εσωτερικών χώρων για την παρατήρηση ρύπων και άλλων στοιχείων.



Εικόνα 2.8. Αυτοσχέδιος μηχανισμός παρακολούθησης όζοντος, αιωρούμενων σωματιδίων, διοξείδιο του θείου και οξείδιο του αζώτου με βάση το Arduino Uno

2.3 Θεσμοθετημένα όρια ρύπων

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει θέσει οριακές τιμές των πιο επιβλαβών ρύπων ως προς την επίδραση στην υγεία του ανθρώπου. Οι τιμές μετρούνται με τη μονάδα $\mu\text{g}/\text{m}^3$ σε σχέση πάντα με την ώρα που εκτίθεται το κάθε άτομο στον αντίστοιχο ρύπο. Οι πιο επικίνδυνοι χωρίς να ακυρώνεται βέβαια η επικινδυνότητα και των υπολοίπων σύμφωνα με τους ειδικούς είναι:

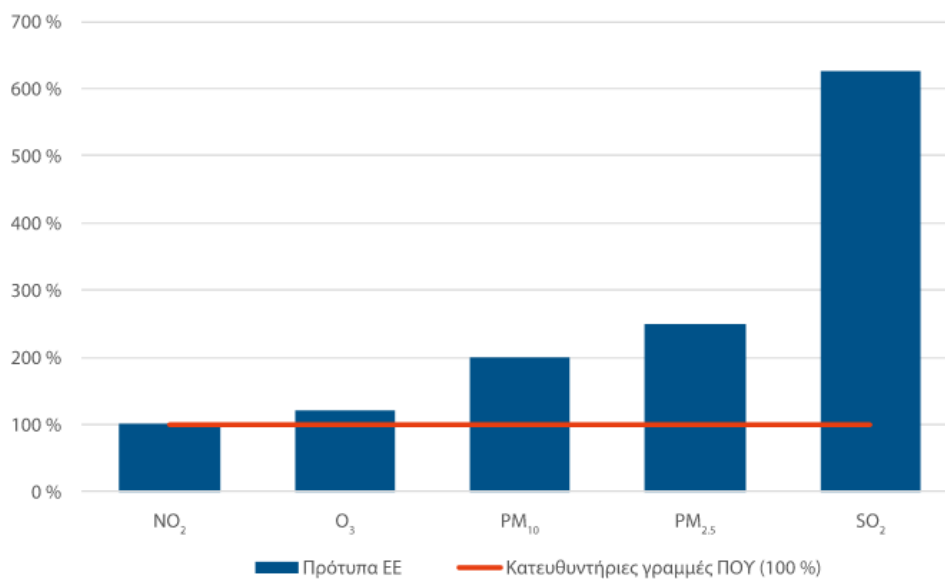
- NO_2
- O_3
- PM_{10}
- $\text{PM}_{2.5}$
- SO_2

Από την άλλη πλευρά, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν στέκεται το ίδιο αυστηρή όσον αφορά τα όρια με αποτέλεσμα να επιτρέπει κατά μεγάλη διαφορά τις ποσότητες των SO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ και PM_{10} . Τα ακριβή επιτρεπτά όρια και η διαφορά μεταξύ ΠΟΥ και ΕΕ παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

Ρύπος	Περίοδος	Κατευθυντήριες γραμμές ΠΟΥ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Οριακές τιμές οδηγίας ΠΑΑ της ΕΕ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αριθ. φορών ετησίως επιτρεπόμενης υπέρβασης των προτύπων της ΕΕ
NO_2	1 έτος	40	40	-
	1 ώρα	200	200	18
O_3	8 ώρες	100	120	25
$\text{A}\Sigma_{10}$	1 έτος	20	40	-
	24 ώρες	50 ^(α)	50	35
$\text{A}\Sigma_{2.5}$	1 έτος	10	25	-
	24 ώρες	25	-	-
SO_2	24 ώρες	20	125	3
	1 ώρα	-	350	24
	10 λεπτά	500	-	-

Εικόνα 2.9. Οριακές τιμές ΠΟΥ και ΕΕ

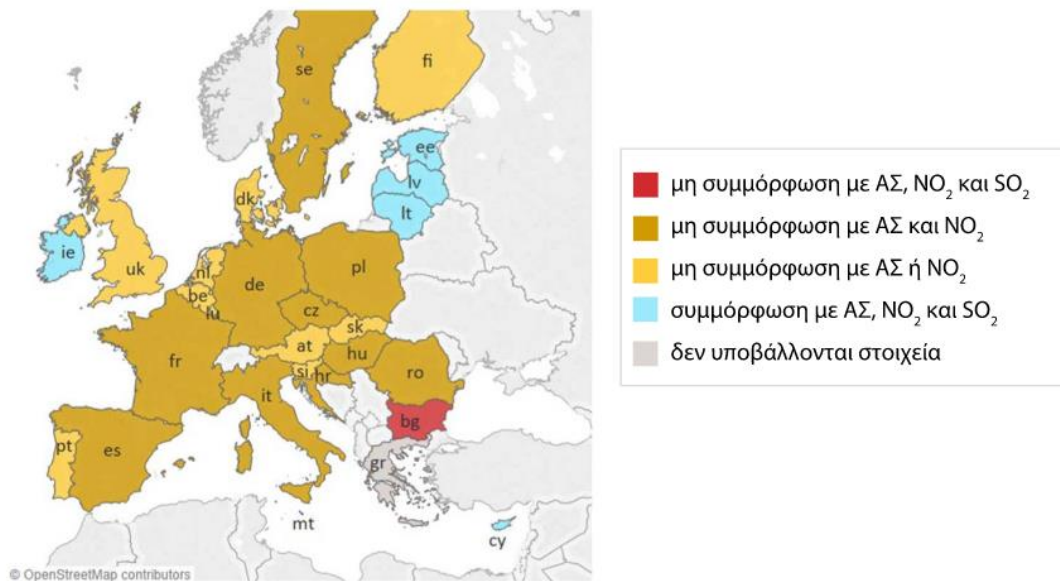
Απόκλιση μεταξύ προτύπων της ΕΕ και κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ



Εικόνα 2.10. Διαφορές μεταξύ των ΠΟΥ και ΕΕ

Παρόλα αυτά, τα όρια των τιμών αυτών είναι ίσως ξεπερασμένα, αφού έχουν περάσει πάνω από δύο δεκαετίες όπου συμφωνήθηκαν. Επίσης, ο τρόπος μέτρησης πάσχει, καθώς οι υπολογισμοί αφορούν έναν ολόκληρο χρόνο και με αυτό τον τρόπο οι χειμερινοί μήνες που παρουσιάζουν αυξημένες τιμές ρύπων λόγω θέρμανσης και κλίματος, στο τέλος εξισορροπούνται με την καλοκαιρινή περίοδο με αποτέλεσμα το πρόβλημα να μην παρουσιάζεται με το πραγματικό του «πρόσωπο». Επιπρόσθετα, λίγες

είναι οι χώρες της ΕΕ που συμμορφώνονται με τις οριακές τιμές των ρύπων, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη.



Εικόνα 2.11. Χάρτης συμμόρφωσης οριακών τιμών της ΕΕ του 2016

2.4 Περιβαλλοντικές μετρήσεις στην Ελλάδα

2.4.1 Περιβαλλοντικά προγράμματα

Από το 2001 το τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, έχει εγκαταστήσει το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ), αναβαθμίζοντάς το συνεχώς μέχρι σήμερα. Οι σταθμοί είναι τοποθετημένοι σε αρκετές περιοχές της χώρας, ωστόσο διαφοροποιούνται οι μετρούμενοι ρύποι. Αναλυτικά, οι ρύποι και η αντίστοιχη μέθοδος μέτρησης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ρύπος	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀ –ΑΣ _{2,5})	Απορρόφηση β ακτινοβολίας (εκτός από την Ελευσίνα όπου χρησιμοποιείται η σταθμική)
Βενζόλιο (C ₆ H ₆)	Αέρια χρωματογραφία (GC)
Βαρέα Μέταλλα	Ατομική Απορρόφηση

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται για όλο το 24ώρο. Συγκεκριμένα, η διαδικασία ακολουθεί το εξής μοτίβο:

1. Ο κάθε αυτόματος αναλυτής (αισθητήρας) μετρά περίπου μία τιμή ανά λεπτό.
2. Ένας μικρό-επεξεργαστής υπολογίζει τις μέσες ωριαίες τιμές από τους αισθητήρες.
3. Οι τιμές αποστέλλονται μέσω τηλεφωνικής γραμμής στον κεντρικό υπολογιστή της υπηρεσίας.

Αξίζει να αναφερθεί ότι γίνεται βαθμονόμηση των συστημάτων σε μηνιαία βάση ή μετά από επισκευή, σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά τεχνικά πρότυπα.

Επιπλέον, η ιστοσελίδα του Υπουργείου διαθέτει ειδική ενότητα για ποιότητα της ατμόσφαιρας και στη συνέχεια υπό-ενότητες για δελτία ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εκθέσεις για ενημέρωση, χαρτογράφηση, δεδομένα, την αντίστοιχη νομοθεσία, πληροφορίες για τον πράσινο δακτύλιο και τέλος ειδικά για την αιθαλομίχλη.



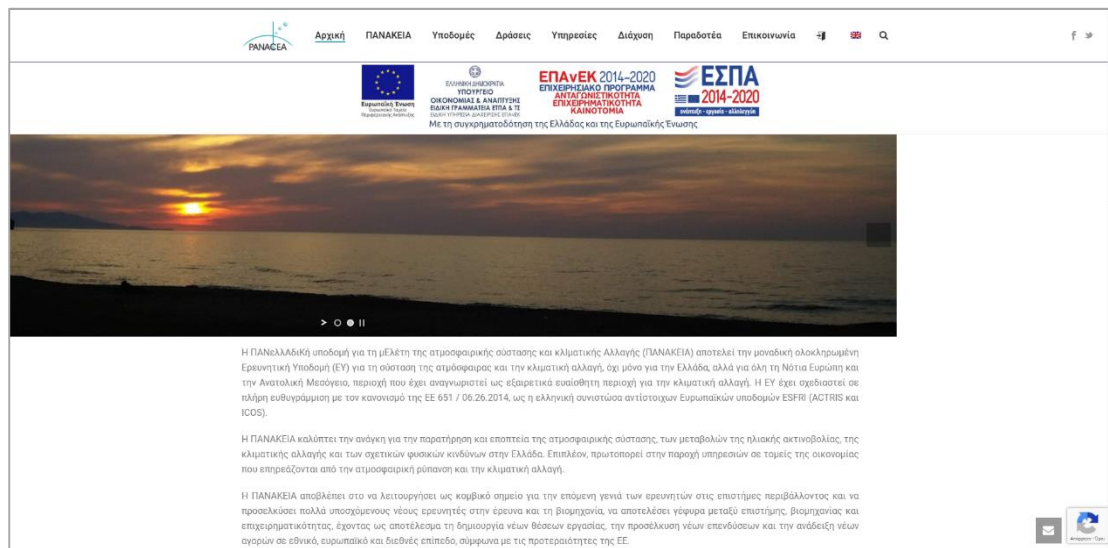
Εικόνα 2.12. Ιστοσελίδα Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Μία ακόμη σημαντική προσπάθεια γίνεται με το πρόγραμμα PANACEA. Η Πανελλαδική υποδομή για τη μελέτη της ατμοσφαιρικής σύστασης και κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΝΑΚΕΙΑ), είναι η μοναδική ολοκληρωμένη Ερευνητική Υποδομή σε όλη τη Νότια Ευρώπη και τη Νοτιοανατολική Μεσόγειο, η οποία χαρακτηρίζεται ως περιοχή με ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή.

Σκοπός της είναι, να δημιουργηθεί μία υψηλής ποιότητας ερευνητική υποδομή, βασιζόμενη στις εθνικές υποδομές, που θα παρέχεται πρόσβαση σε όλα τα ακαδημαϊκά και ερευνητικά ιδρύματα με στόχο την παροχή υπηρεσιών σε επιχειρήσεις. Ειδικότερα,

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

θα παρέχει έγκυρες πληροφορίες σχετικά με την κλιματική αλλαγή, την ποιότητα του αέρα, τις φυσικές καταστροφές και τη βοήθεια για λήψη αποφάσεων σε κρίσιμες καταστάσεις, τόσο σε δημόσιους φορείς, όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Επίσης, βελτιώνεται ο τομέας της πρόβλεψης, θωρακίζοντας βασικούς τομείς της οικονομίας. Τέλος, θα παρέχει τεχνολογικές, μηχανολογικές και υπολογιστικές καινοτομίες σε διάφορους τομείς. Αναλυτικά οι δράσεις του προγράμματος παρουσιάζονται στην επίσημη ιστοσελίδα του: <https://panacea-ri.gr/>



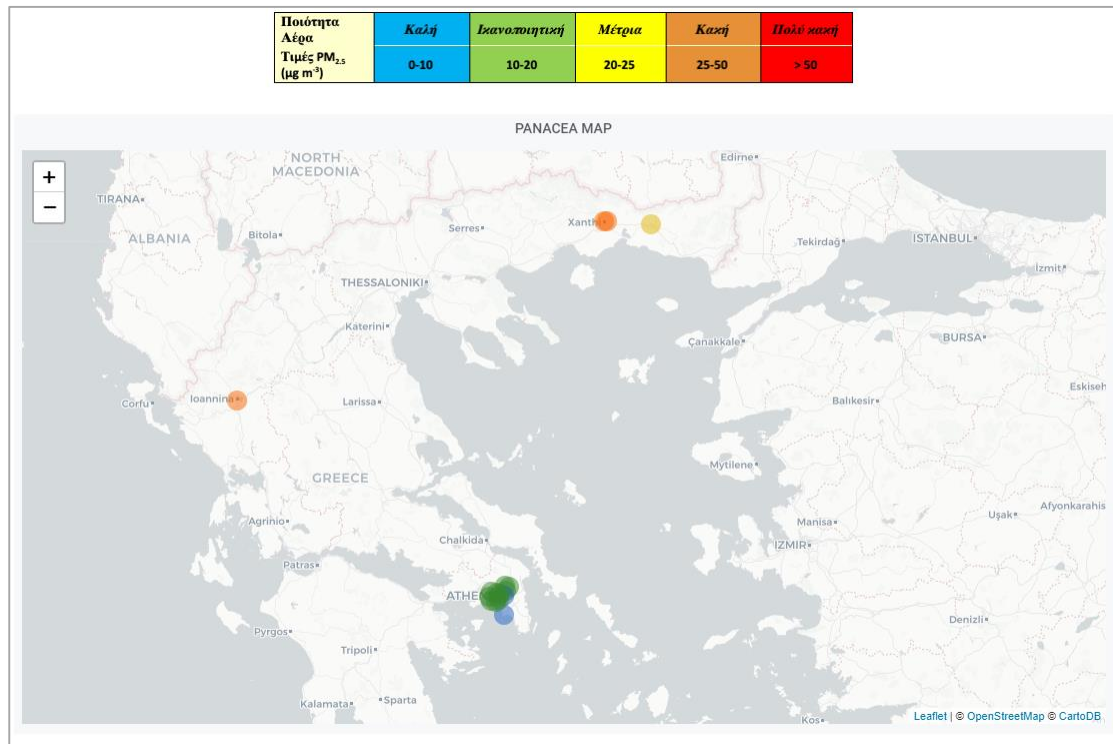
Εικόνα 2.13 Panacea site

Στο εγχείρημα αυτό εντάσσονται ερευνητικοί σταθμοί στις παρακάτω περιοχές της Ελλάδας:

- Φινοκαλιά, Κρήτη (κεντρικός σταθμός)
- Μεθώνη, Μεσσηνία Πελοπόννησος (Costa Navarino)
- Θησείο, Πεντέλη (Αστικός σταθμός Θησείου)
- Αντικύθηρα (Παγγαία)
- Χανιά, Κρήτη (Σταθμός του Ακρωτηρίου)
- Ξάνθη (Σταθμός Ατμοσφαιρικής Φυσικής και Τεχνολογίας)
- Πάτρα (Σταθμός ατμοσφαιρικών μετρήσεων Πάτρας)
- Δημόκριτος (Σταθμός παρακολούθησης και χαρακτηρισμού αιωρούμενων σωματιδίων)
- Αροάνια όρη, Χελμός (HAC2)
- Θεσσαλονίκη (Αστικός Σταθμός Θεσσαλονίκης (ΕΦΑ))

- Ζωγράφου, Αθήνα (Περιαστικός σταθμός Αθήνας)

Όσον αφορά τον εξοπλισμό των σταθμών, διαφέρει κατά πολύ τόσο στον τύπο των επιστημονικών οργάνων, όσο και στα είδη ρύπων. Ο κεντρικός σταθμός είναι και αυτός που καλύπτει το μεγαλύτερο εύρος μετρήσεων όπως θερμοκρασία, υγρασία, βαρομετρική πίεση, ύψος βροχόπτωσης, ηλιακή ακτινοβολία, όζον, οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα και αιωρούμενα σωματίδια διάφορων διαμέτρων. Οι υπόλοιποι σταθμοί μετρούν μικρότερο σύνολο ρύπων, στοχεύοντας πιο συγκεκριμένα στις ανάγκες της κάθε περιοχής.



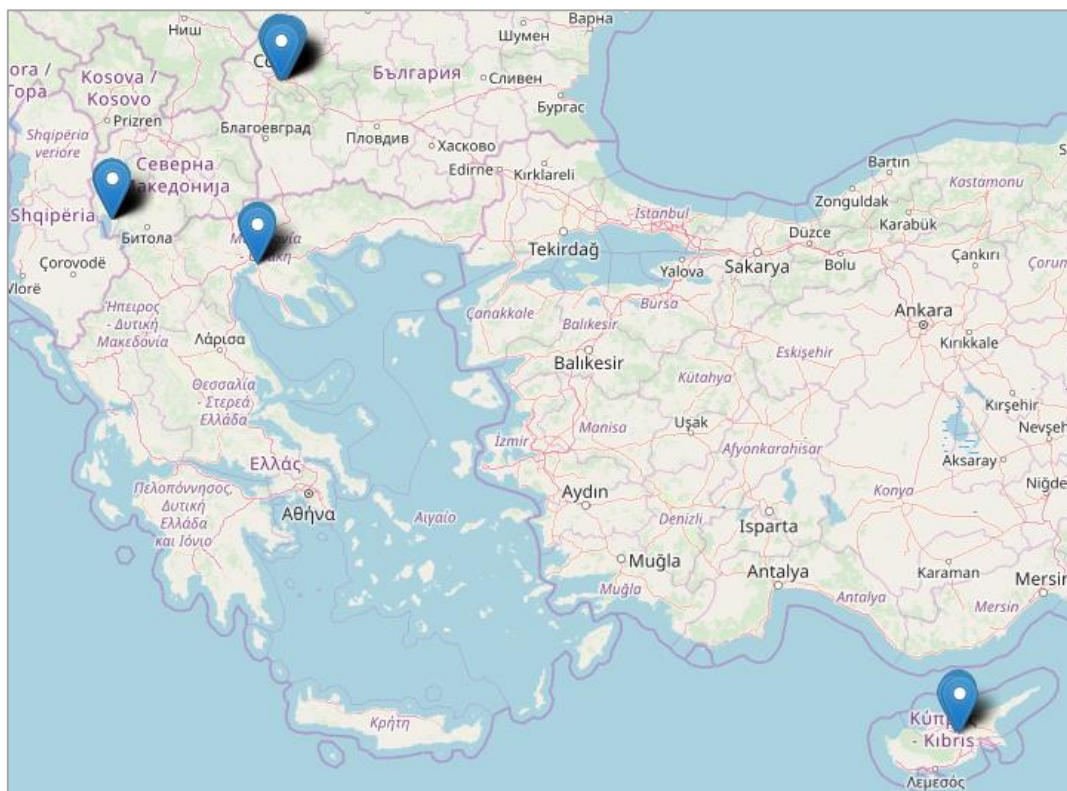
Εικόνα 2.14 Χάρτης με ποιότητα αέρα (19/3/2020)

Τέλος, γίνεται αναφορά στο πρόγραμμα AIRTHINGS που υπάγεται σε συνεργασία χωρών των Βαλκανίων και της Μεσογείου (Interreg Balkan-Mediterranean), στο οποίο συμβάλουν οι ενδιαφερόμενες περιοχές και η Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο στόχος του προγράμματος θυμίζει το Smart Citizen, που προαναφέρθηκε, καθώς διαθέτει χάρτη με αναλυτικές πληροφορίες για κάθε περιβαλλοντικό σταθμό. Πιο αναλυτικά, οι βασικοί στόχοι είναι:

- Αντιμετώπιση της πρόκλησης για βελτίωση της ποιότητας του αέρα για τις συνεργαζόμενες πόλεις

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- Παροχή σύγχρονης τεχνολογίας για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων ποιότητας του αέρα
- Παροχή σύγχρονης τεχνολογίας για την ανταλλαγή εμπειριών, επιστημονικών προσεγγίσεων και κυβερνητικών πολιτικών
- Βελτίωση της πρόσβασης του κοινού σε δεδομένα σχετικά με την ποιότητα του αέρα
- Βελτίωση της ποιότητας ζωής
- Μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων (PM, NO₂, CO)
- Αύξηση της ευαισθητοποίησης των πολιτών σχετικά με το πρόγραμμα



Εικόνα 2.15 Χάρτης με τοποθεσίες αισθητήρων (AIRTHINGS)

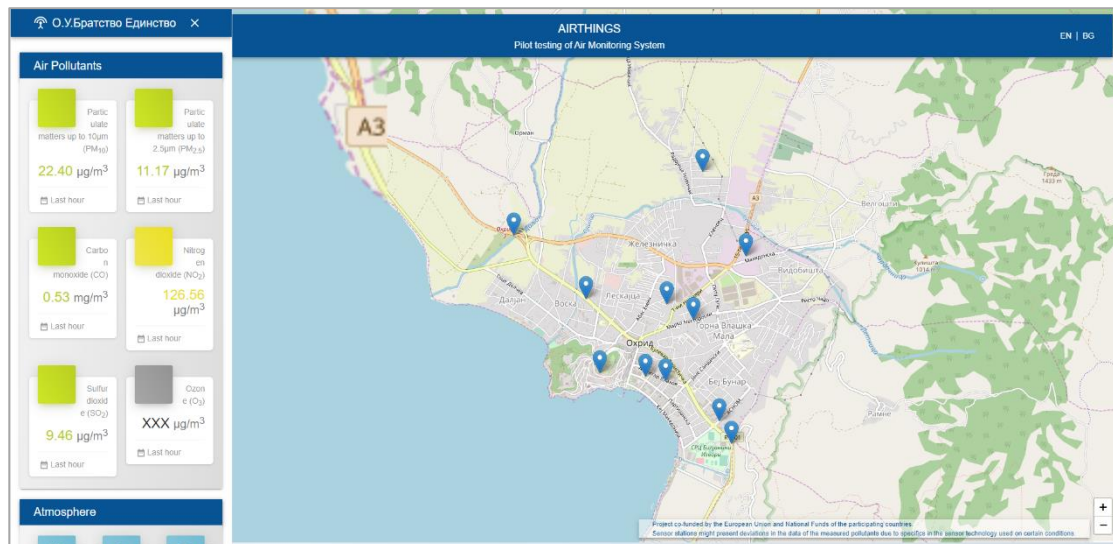
Βασίζεται σε τεχνολογίες IoT και είναι open source με σκοπό την άμεση πληροφόρηση των ενδιαφερόμενων και γενικότερα των πολιτών. Οι συνεργάτες που συνθέτουν το πρόγραμμα είναι:

- Δήμος Σόφιας, Βουλγαρία
- CARDET, Κέντρο Προώθησης της Έρευνας και Ανάπτυξης στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Κύπρος

- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Τμήμα μηχανολογίας, Ελλάδα
- Δήμος Θεσσαλονίκης, Ελλάδα
- Δήμος Τιράνων, Αλβανία
- Περιβαλλοντικό γραφείο, Βόρεια Μακεδονία

Συγκεκριμένα, μέχρι στιγμής οι πόλεις που έχουν εγκαταστήσει εξοπλισμό (οι πρώτες δύο μάλιστα παράγουν και δεδομένα) είναι:

- Σόφια, Βουλγαρία
- Οχρίδα, Βόρεια Μακεδονία
- Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
- Λευκωσία, Κύπρος

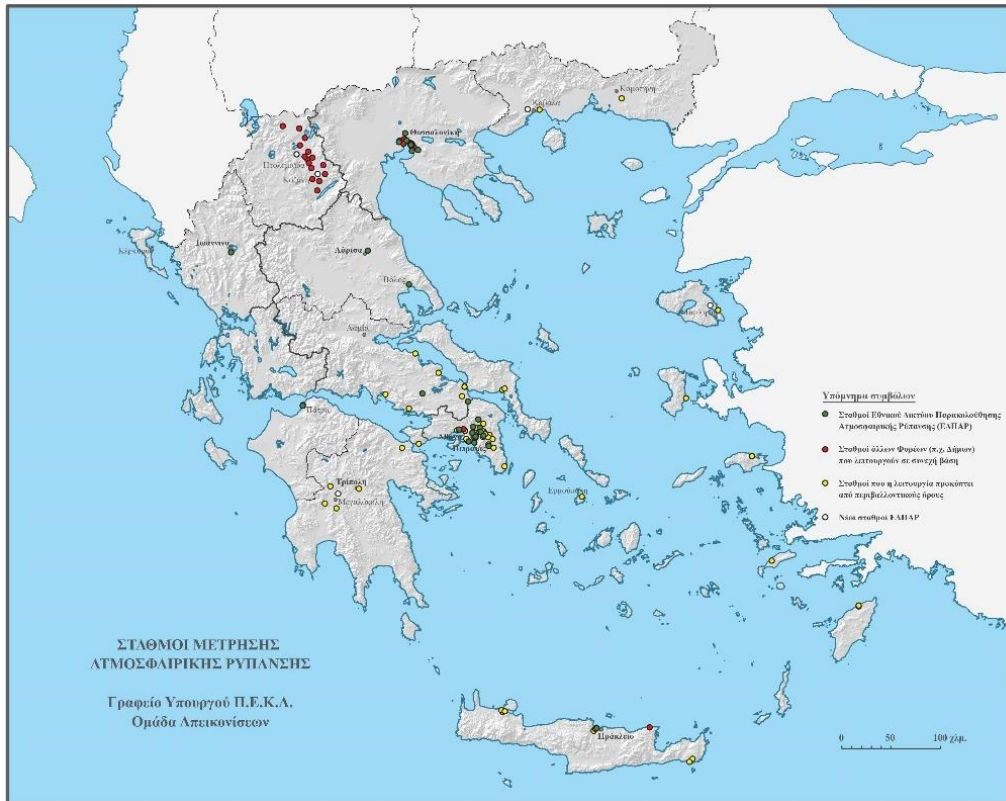


Εικόνα 2.16 Αναλυτική περιγραφή ρύπων (αριστερά) και τοποθεσίες συστημάτων (δεξιά) στην πόλη Σόφια

2.4.2 Γραφικές παραστάσεις ρύπων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας

Σύμφωνα με την προηγούμενη ενότητα, το συμπέρασμα είναι ότι στη χώρα υπάρχει υλικό για την ποιότητα της ατμόσφαιρας, γεγονός όπου δημιουργεί μία αρκετά καλή εικόνα. Το ΥΠΕΚΑ κάθε χρόνο δημοσιεύει τις μετρήσεις, που πραγματοποιούνται με το ΕΔΠΑΡ, από κάθε περιοχή σε αρχεία τύπου .dat, τα οποία δεν είναι παρά μόνο στήλες και γραμμές με αριθμούς. Οι θέσεις των περιβαλλοντικών σταθμών φαίνονται στον παρακάτω χάρτη:

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Εικόνα 2.17 Χάρτης θέσεων σταθμών μετρήσεων

Με τη βοήθεια όμως κατάλληλων προγραμμάτων μπορούν να μετατραπούν σε γραφικές παραστάσεις. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα φάση είναι το Matlab, ένα εργαλείο που βοηθά τόσο στην πληροφορική, όσο και σε άλλες επιστήμες όπως μαθηματικά, χημεία, φυσική, να αναλύσουν και να αποτυπώσουν διάφορα γραφήματα. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται μετρήσεις PM_{10} κατά μέσο όρο και η χρονική περίοδος καταγραφών από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Ο μέσος όρος επιλέχθηκε, διότι μπορεί να είναι πιο κατανοητό σε σχέση με τις αρχικές τιμές, καθώς είναι 24 ανά ημέρα με αποτέλεσμα στα γραφήματα να επικρατεί σύγχυση.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

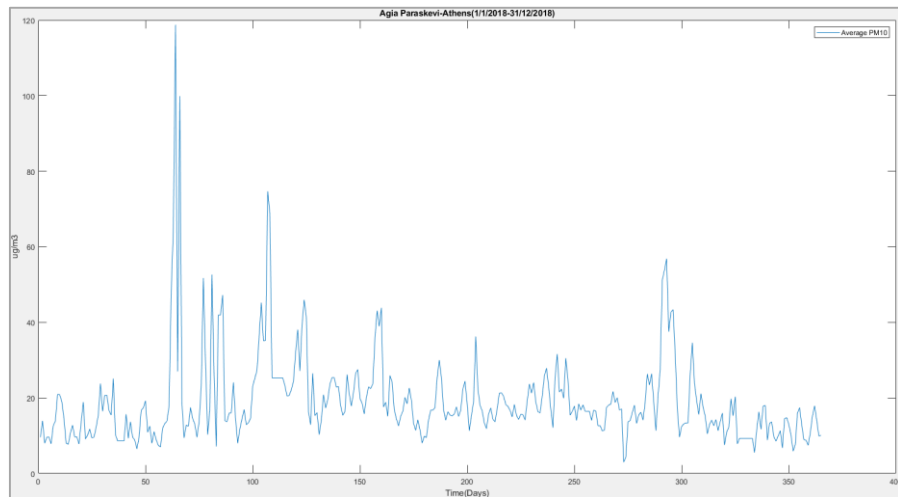


Figure 1. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (2/2/2018-26/6/2018, Αγία Παρασκευή-Αθήνα)

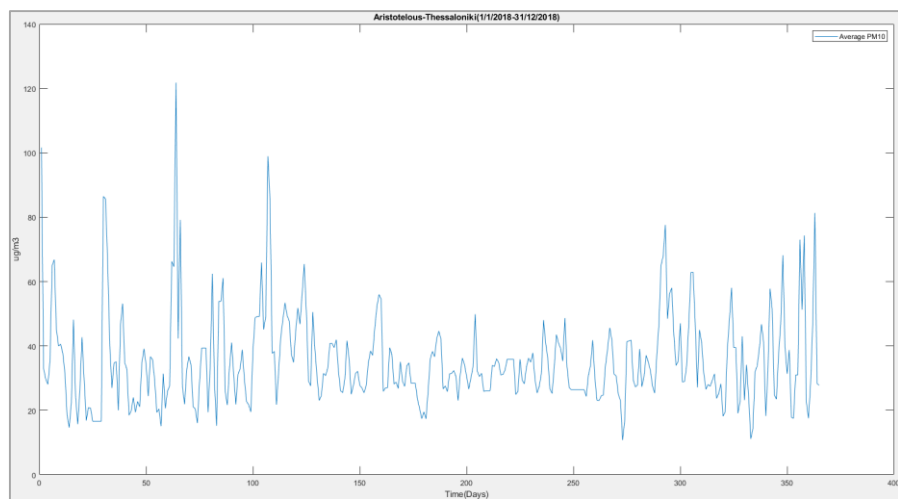


Figure 2. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-31/12/2018,Αριστοτέλους- Θεσσαλονίκη)

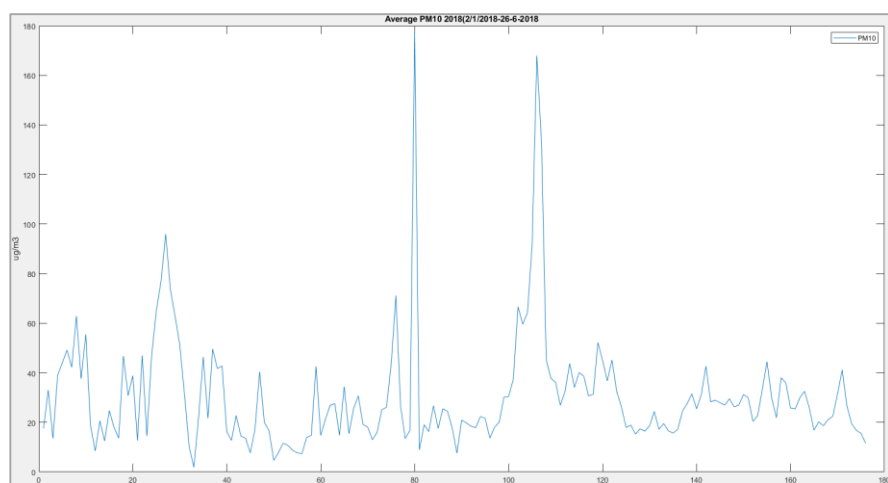


Figure 3. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-26/6/2018,Ιωάννινα)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

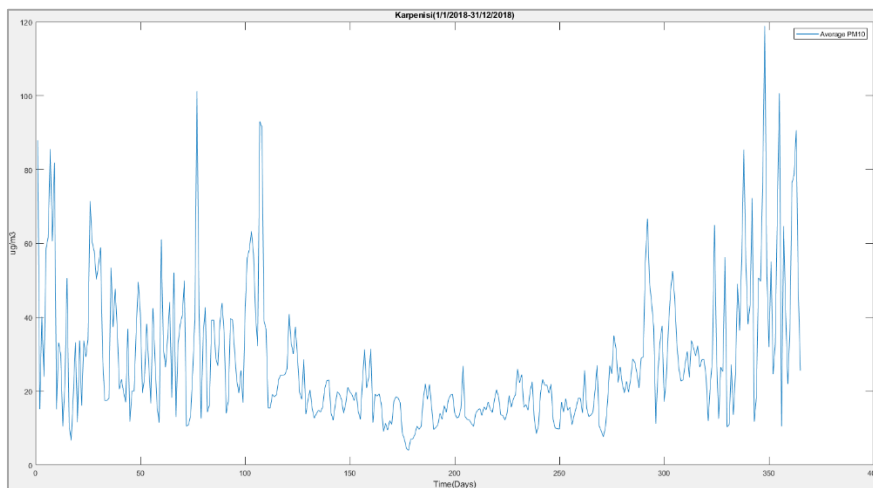


Figure 4. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (2/1/2018-31/12/2018,Καρπενήσι)

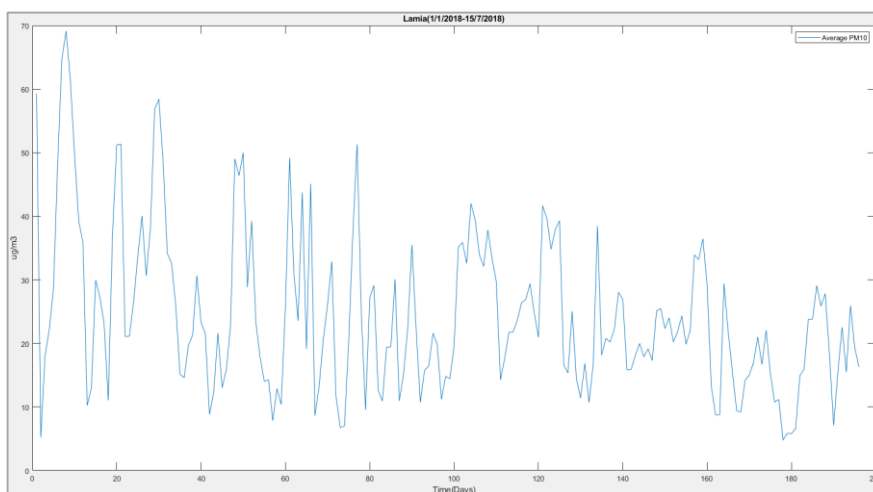


Figure 5. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-15/7/2018,Λαμία)

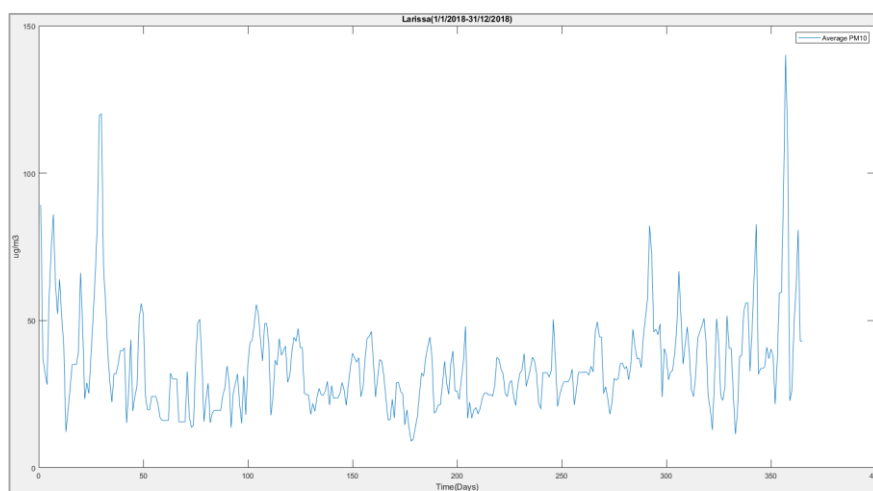


Figure 6. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-31/12/2018,Λάρισα)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

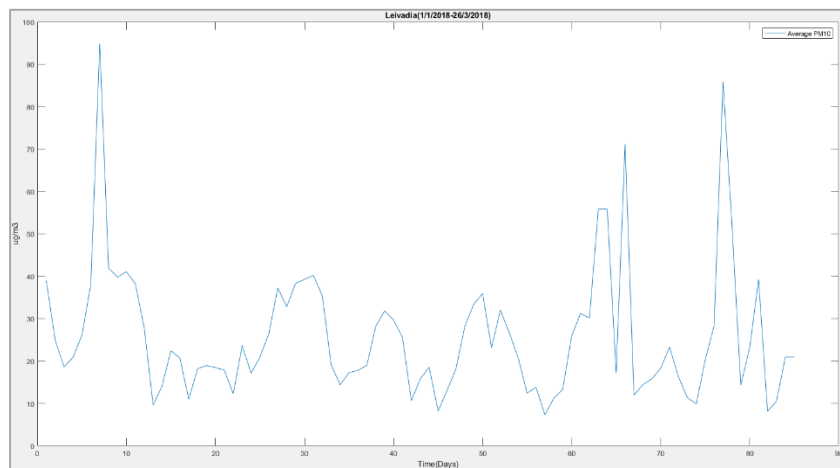


Figure 7. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-26/3/2018,Λειβαδιά)

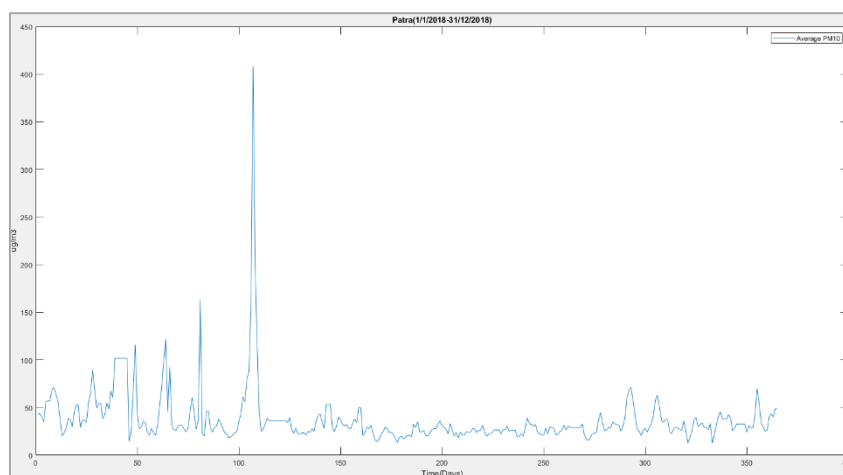


Figure 8. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-31/12/2018,Πάτρα)

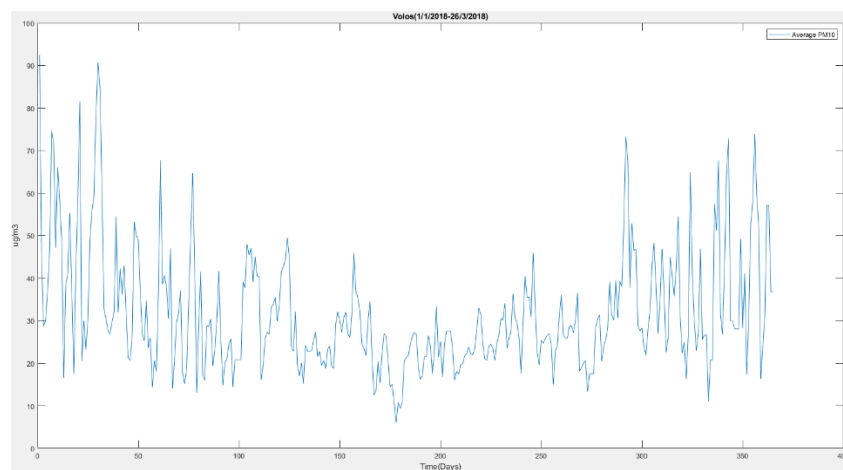
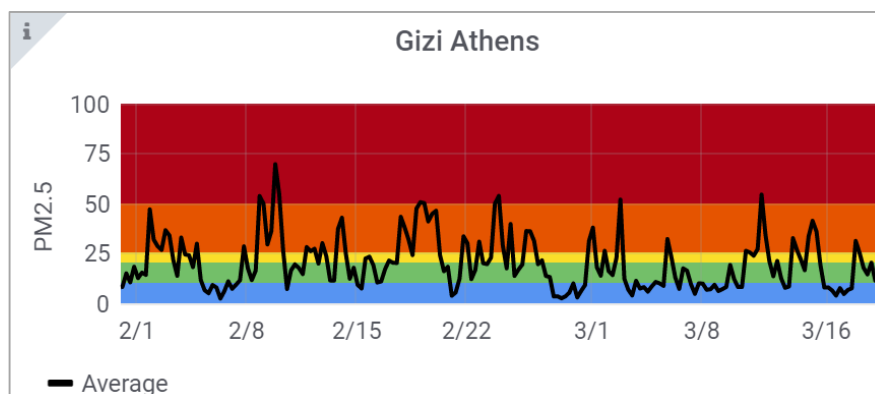
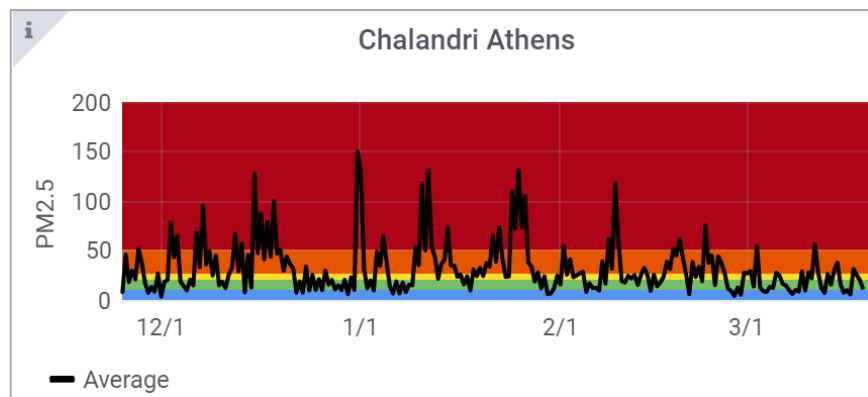
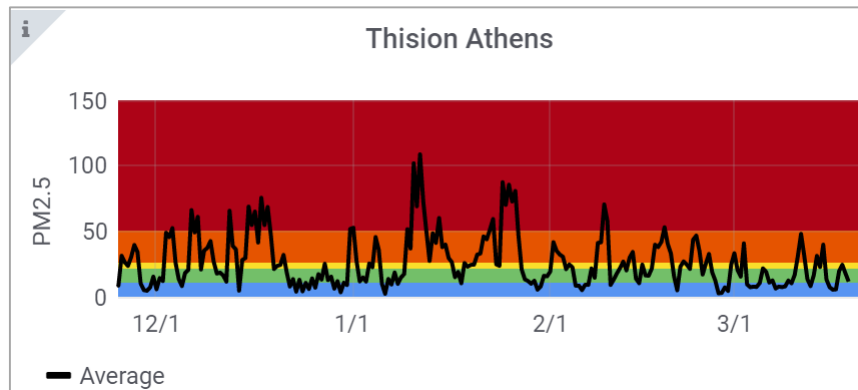
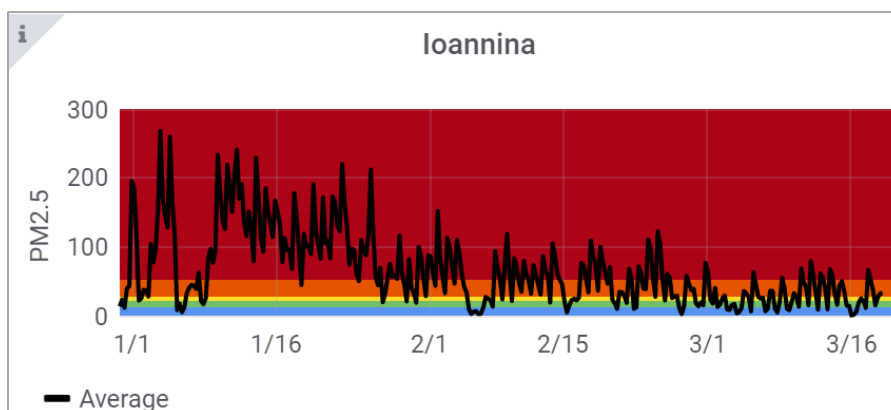
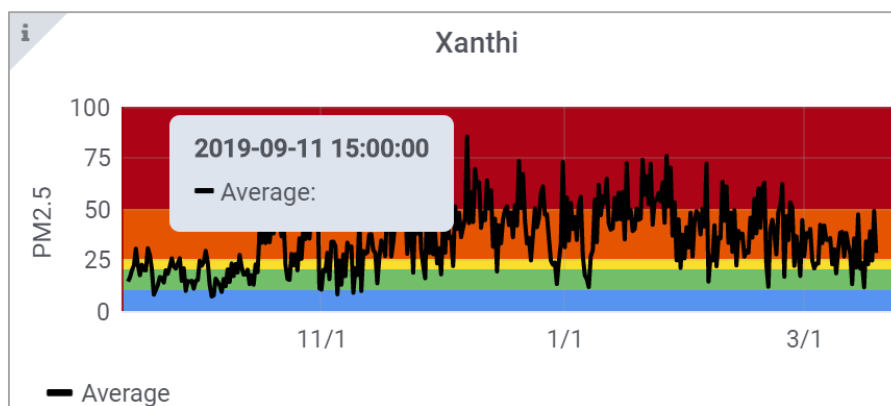
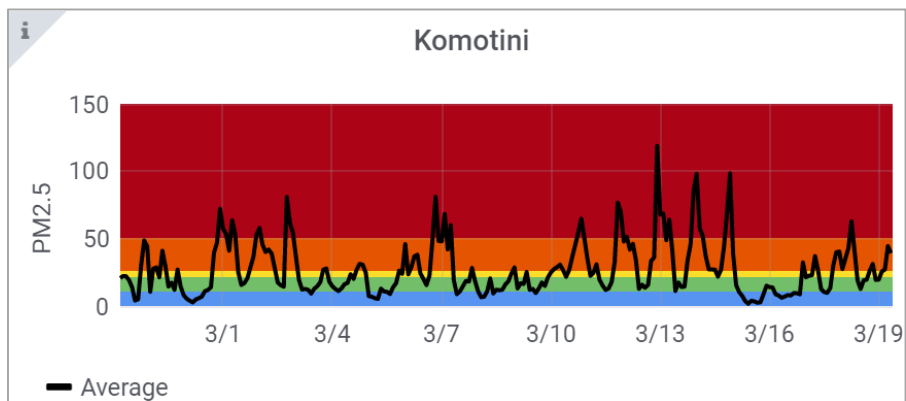
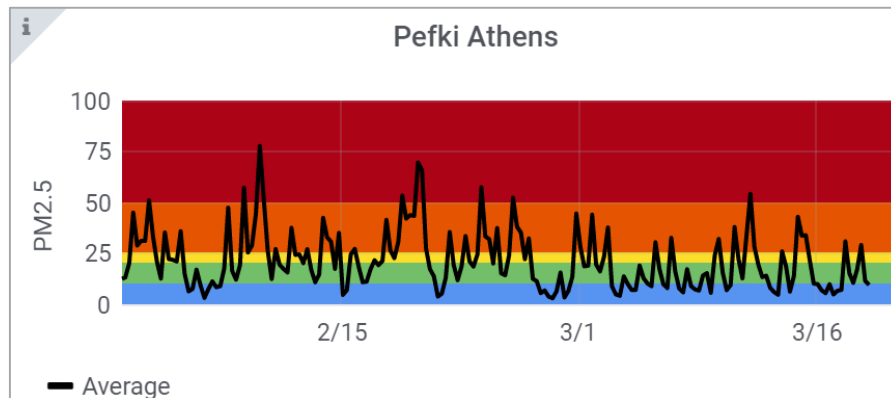


Figure 9. Μέσος όρος καταγραφών PM10 (1/1/2018-31/12/2018,Βόλος)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται μετρήσεις σε βάθος 7 ημερών από το πρόγραμμα PANACEA, οι οποίες καταγράφονται με βήμα 15 λεπτών. Αφορούν περιοχές της Αττικής, την Ξάνθη, τα Ιωάννινα και την Κομοτηνή. Έχουν επιλεγεί κυρίως οι περιοχές με την μεγαλύτερη καταγραφή PM_{2.5} κατά μέσο όρο.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ARDUINO

3.1 Τι είναι το Arduino;

Αποτελεί μία ηλεκτρονική πλατφόρμα βασισμένη σε hardware και software, όπου χαρακτηρίζεται για την ευκολία χρήσης της και ότι είναι open-source. Οι πλακέτες Arduino, έχουν τη δυνατότητα να μεταφράζουν ένα είδος εισόδου π.χ. ένα κουμπί, σε μία έξοδο δημιουργώντας μία λειτουργία. Ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή που βρίσκεται σε κάθε πλακέτα, όπως αυτός επιθυμεί, μέσα από την προγραμματιστική γλώσσα του Arduino, όπου στηρίζεται στη Wiring, και στο ομώνυμο IDE, που βασίζεται στο Processing.

Οι πλακέτες αυτές, λόγω της ευκολίας στη χρήση τους, έχουν χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλά projects, από ερασιτέχνες έως επαγγελματίες, δημιουργώντας έτσι μία τεράστια «γκάμα» ιδεών, αφού όπως προαναφέρθηκε είναι open source, οπότε η γνώση μεταφέρεται από χρήστη σε χρήστη.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το Arduino ήταν απλώς μια ιδέα που πραγματοποιήθηκε από ένα Πανεπιστήμιο της βόρειας Ιταλίας, το Ivrea Interaction Design Institute. Στην πορεία απέκτησε μεγάλη κοινότητα και πλέον προσφέρει λύσεις σε τομείς όπως:

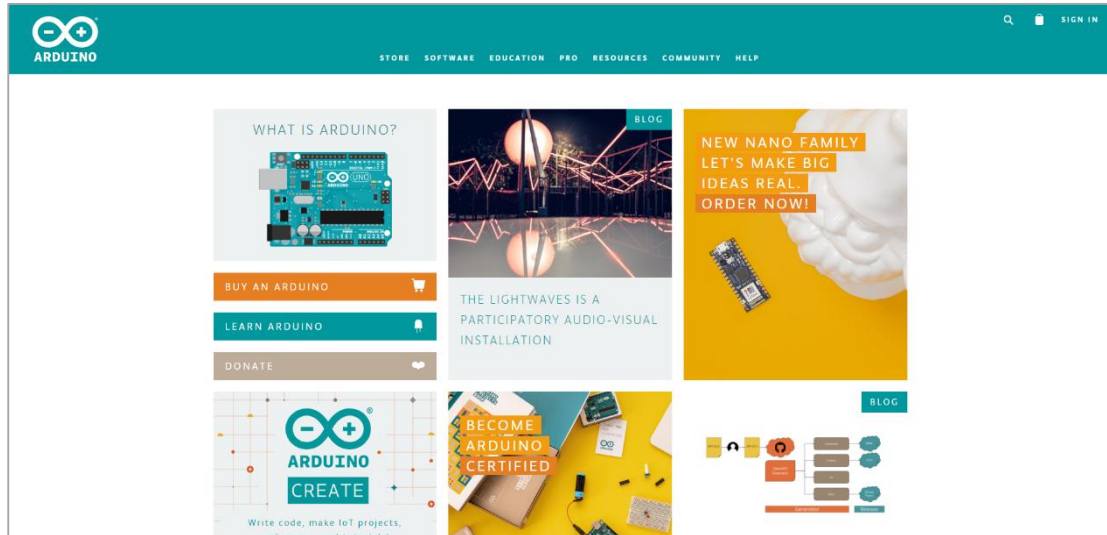
- IoT εφαρμογές
- Wearables
- 3D εκτύπωση
- Ενσωματωμένα συστήματα

Αναλυτικότερα, οι λόγοι για να χρησιμοποιήσει κάποιος προϊόντα Arduino είναι οι εξής:

1. **Χαμηλό κόστος:** Σε σχέση με άλλες πλατφόρμες μικροεπεξεργαστών διαθέτουν ιδιαίτερα χαμηλή τιμή στην αγορά, αφού κανένας τους δεν ξεπερνά τα 50€.
2. **Cross-platform:** Σε αντίθεση με άλλα που βρίσκουν συμβατότητα μόνο με Windows, το πρόγραμμα για την κατασκευή κώδικα, Arduino Software (IDE), είναι συμβατό με Windows, Macintosh OSX και Linux.
3. **Ανοιχτός και επεκτάσιμος κώδικας:** Για το παραπάνω λογισμικό διατίθενται εργαλεία επέκτασης μέσω των βιβλιοθηκών της γλώσσας C++, ενώ οι πιο

έμπειροι προγραμματιστές μπορούν να μεταπηδήσουν σε AVR C, που είναι και βασισμένο το Arduino.

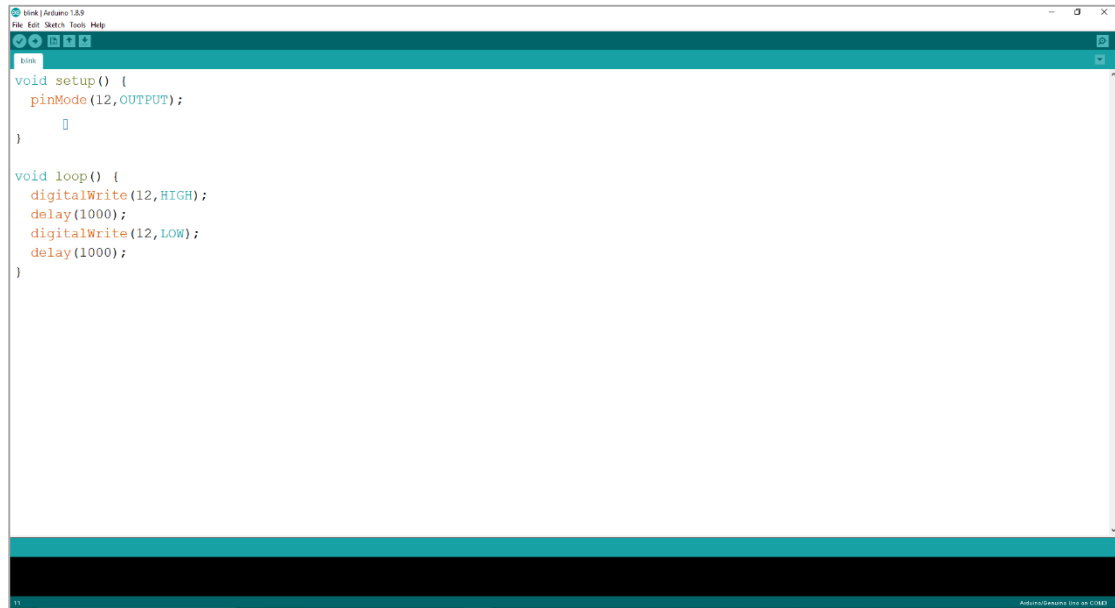
4. **Ελεύθερο και επεκτάσιμο hardware και εξαρτήματα:** Επειδή τα σχέδια των πλακετών είναι δημοσιευμένα, οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να κατασκευάσουν δικά τους εξαρτήματα, έτσι ώστε να είναι απολύτως συμβατά.



Εικόνα 3.1 Αρχική σελίδα στην Ιστοσελίδα του Arduino

3.2 Arduino IDE

Το επίσημο λογισμικό για τη δημιουργία και μεταφόρτωση κώδικα των μικροελεγκτών ονομάζεται Arduino IDE (Integrated Drive Electronics), δηλαδή ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων. Μέσα από εκεί ο χρήστης μπορεί να προσθέτει νέες βιβλιοθήκες αναλόγως τα εξαρτήματα - αισθητήρες που χρησιμοποιεί. Όπως προαναφέρθηκε, στους κώδικες γίνεται χρήση της γλώσσα C++ με δυνατότητα επεκτάσεων. Είναι διαθέσιμο για λειτουργικά συστήματα όπως Windows, Linux, Mac OS και διαθέτει συχνές αναβαθμίσεις για καλύτερη εμπειρία, νέες λειτουργίες και χρήση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος. Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο του είναι η ενσωματωμένη αναζήτηση βιβλιοθηκών. Επίσης, απαραίτητη είναι η επιλογή μοντέλου μικροελεγκτή, για την ορθή λειτουργία του IDE.



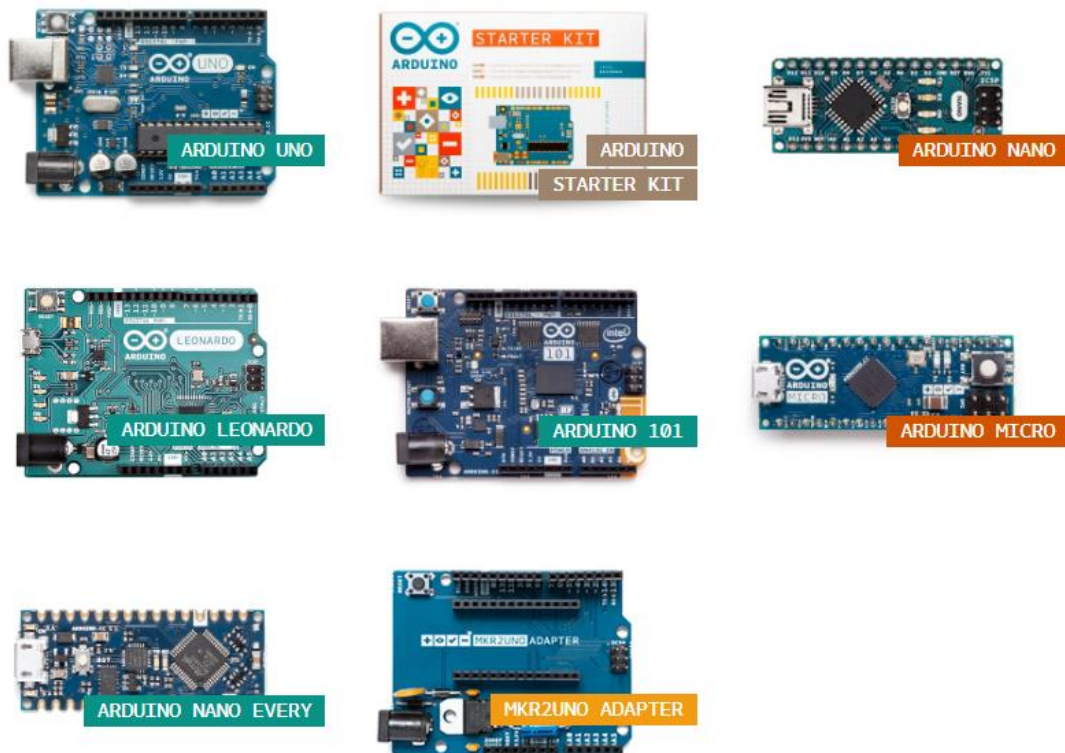
Εικόνα 3.2 Προγραμματιστικό περιβάλλον Arduino IDE

Το χαρακτηριστικό και διαφορετικό στην ανάπτυξη κώδικα για προγραμματισμό των πλακετών, είναι ότι αποτελείται σχεδόν πάντα από μια συνάρτηση αρχικοποίησης και μία που εκτελεί ατέρμων βρόγχο.

3.3 Μοντέλα πλατφόρμας Arduino

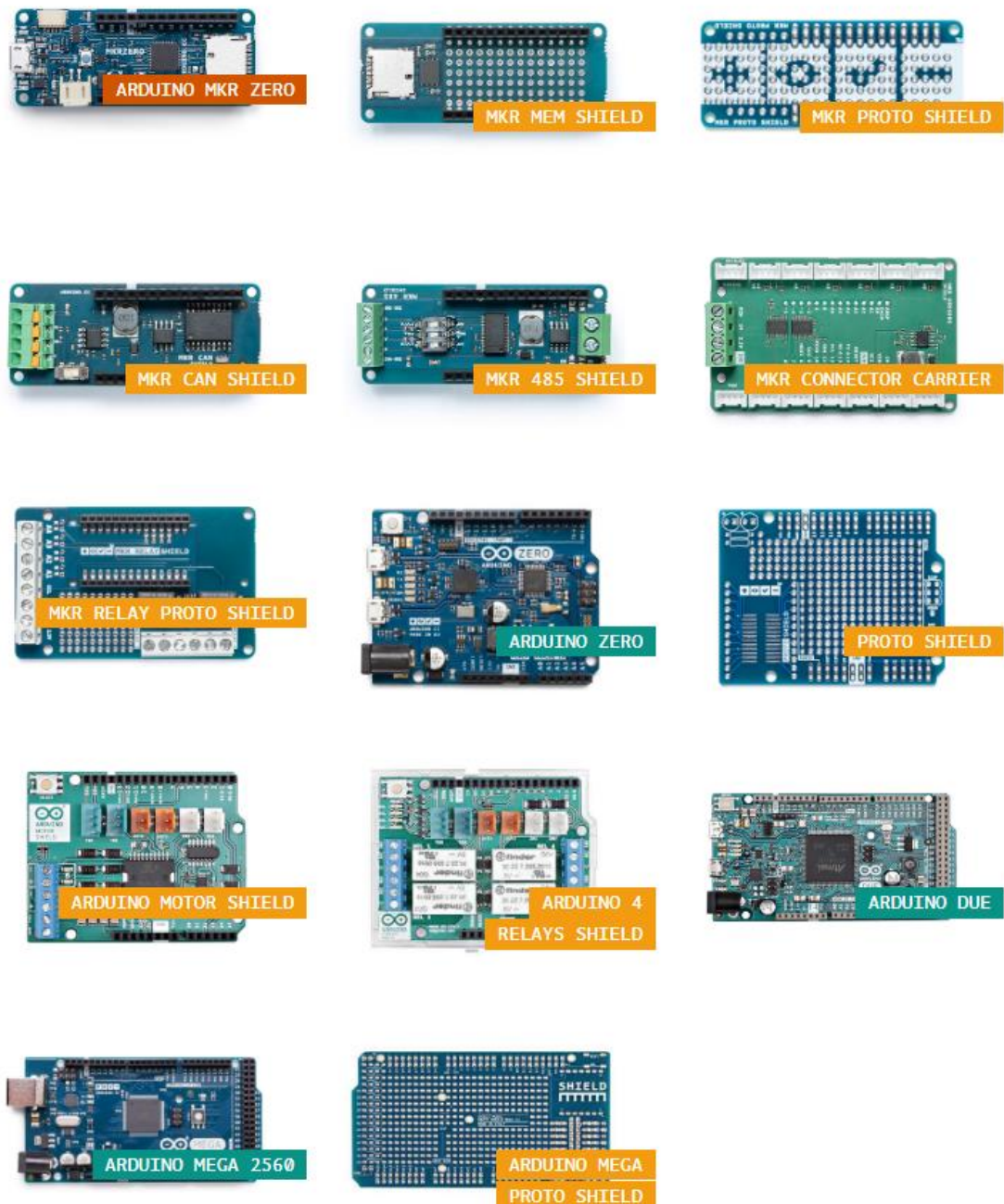
Τα μοντέλα τόσο μικροελεγκτών, όσο και εξαρτημάτων επεκτάσεων της πλατφόρμας, σύμφωνα με τους κατασκευαστές, διαχωρίζονται ανάλογα με την εκάστοτε λειτουργία, χρήση, τις δυνατότητες ή το επίπεδο δυσκολίας που επιθυμεί ο χρήστης και είναι οι παρακάτω:

- **Entry level (βασικού επιπέδου δυσκολίας):** Αυτή η κατηγορία, αφορά κυρίως νέους χρήστες, αλλά προσφέρει και έναν ευέλικτο τρόπο για παρουσιάσεις νέων ιδεών, αφού υπάρχει η δυνατότητα εύκολης προσαρμογής. Με τη σειρά τους διαφέρουν σε κατανάλωση και επιλογές συνδεσιμότητας ανάλογα με το μέγεθος τους.



Εικόνα 3.3 Βασικά μοντέλα Arduino

- **Πλακέτες βελτιωμένων χαρακτηριστικών:** Εδώ στόχος είναι τα πιο περίπλοκα εγχειρήματα, αφού τα συστήματα προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες ή ταχύτερες επιδόσεις.



Εικόνα 3.4 Βελτιωμένες πλακέτες και εξαρτήματα

- **Λύσεις για IoT εφαρμογές:** Επικεντρώνονται στη συνδεσιμότητα με κάποιο δίκτυο προσφέροντας είτε ολοκληρωμένη πλακέτα με δυνατότητες απευθείας σύνδεσης, είτε εξαρτήματα για άλλα προϊόντα που δεν διαθέτουν τέτοιου τύπου λειτουργία.



Εικόνα 3.5 Arduino πλακέτες μικροεπεξεργαστών και εξαρτήματα με δυνατότητες σύνδεσης σε δίκτυο

- **Εκμάθηση:** Αφορούν πακέτα με απαραίτητα hardware και software, με σκοπό τη διαδικασία εκπαίδευσης ή ένταξης στη λογική του Arduino και γενικότερα στην ηλεκτρονική και τον προγραμματισμό.



Εικόνα 3.6 Πακέτα εκμάθησης Arduino

- **Αποσυρθέντα προϊόντα:** Τέλος διατίθενται έγγραφα και στοιχεία για όσους ενδιαφέρονται να μελετήσουν την ιστορία και παλαιότερες εφαρμογές των παραπάνω από το 2006 έως ότου και την στιγμή απόσυρσής τους.

3.4 Arduino UNO R3

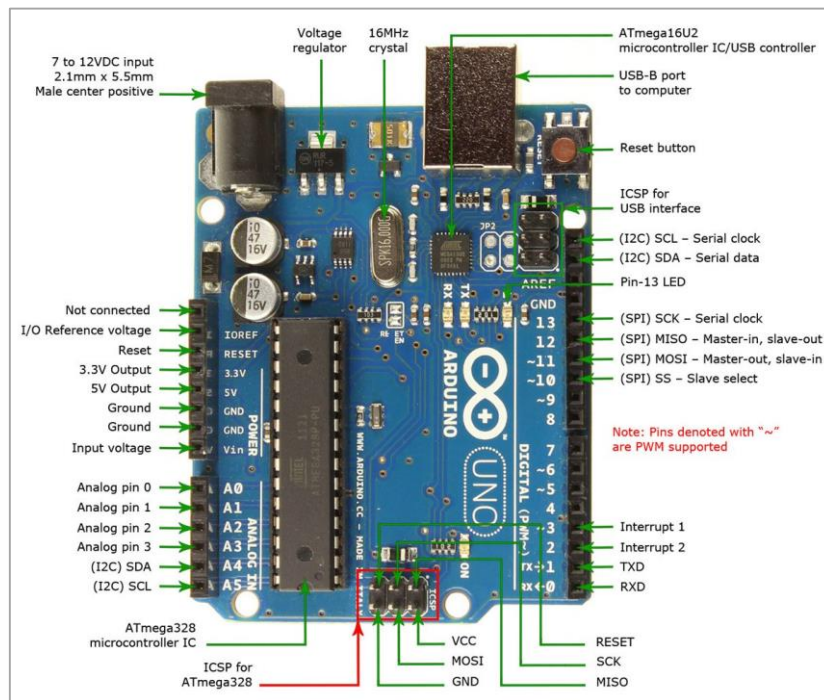
Η «οικογένεια» πλακετών UNO είναι η πιο δημοφιλής ανάμεσα στις επιλογές που δίνουν οι Arduino, καθώς διακρίνονται για την ευκολία που προσφέρουν σε χρήση, επεκτασιμότητα και επιδόσεις. Οι δυνατότητες αυτές στηρίζονται στις 14 θέσεις για ακροδέκτες για προσθήκη εξαρτημάτων, στη θύρα USB που προσφέρει άμεση σύνδεση με υπολογιστή και στη θύρα τροφοδοσίας. Γι' αυτούς τους λόγους είναι κατάλληλες να υποστηρίζουν από νέους προγραμματιστές, έως έμπειρους και από απλές εφαρμογές, μέχρι ιδιαίτερα σύνθετες. Επίσης, λόγω της μεγάλης χρήσης αυτών των πλακετών, οι χρήστες έχουν δημιουργήσει μία μεγάλη «κοινότητα» από βιβλιοθήκες και υλικό, γεγονός που κάνει ακόμα πιο δελεαστική την επιλογή τέτοιων πλακετών.

Η τελευταία έκδοση του μοντέλου είναι το Arduino UNO R3. Η αρχιτεκτονική της πλακέτας έχει αναβαθμιστεί σε σχέση με τις προκατόχους της, έτσι ώστε να προσφέρει ακόμη καλύτερη εμπειρία στους χρήστες. Συγκεκριμένα, τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά είναι τα παρακάτω:

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g



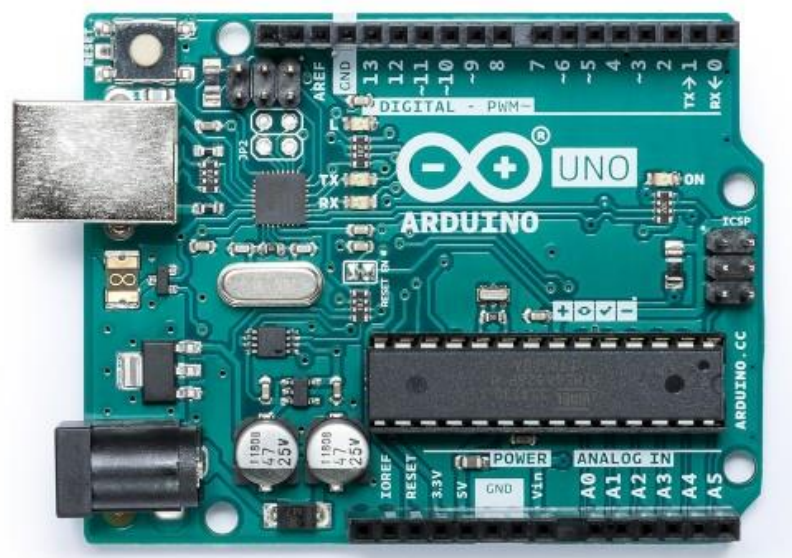
Εικόνα 3.7 Arduino UNO pin diagram

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Κατασκευή συστήματος για ανίχνευση ρύπων

Την ολοκλήρωση της κατασκευής συνέθεσαν, η πλακέτα Arduino UNO R3 κι ένα σύνολο από αισθητήρες για την καταγραφή των αέριων ρύπων. Επίσης, περιέχεται μία επέκταση, η οποία διαθέτει θέση για SD κάρτα μνήμης με σκοπό την αποθήκευση των δεδομένων, RTC (Real Time Clock) για να γνωρίζει ο χρήστης την ακριβή στιγμή που πάρθηκαν οι μετρήσεις και τέλος ένα χώρο σαν breadboard στη μέση αυτής, που προσφέρει επεκτασιμότητα και βελτιστοποίηση της συνδεσιμότητας των εξαρτημάτων.

4.1 Σύνθεση εξαρτημάτων

- **Arduino UNO R3**



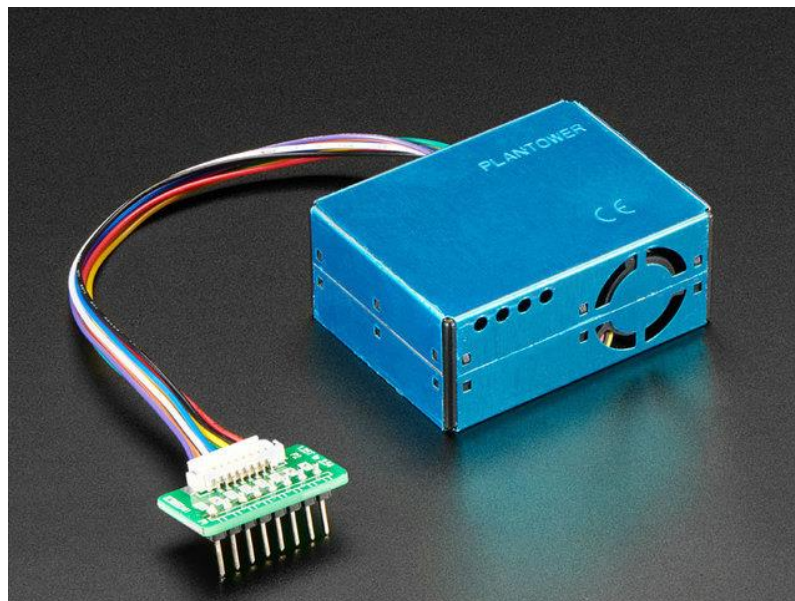
Εικόνα 4.1 Arduino UNO board

- **Datalogger shield v1:** Χρήσιμη για αποθήκευση, προγραμματισμό για καταγραφή χρόνου λειτουργιών και on board breadboard. Χαρακτηρίζεται για την εύκολη τοποθέτηση και σύνδεση με την πλακέτα Arduino UNO.



Εικόνα 4.2 Datalogger shield σε σύνδεση με Arduino UNO

- **Plantower 5003:** Αισθητήρας για ανίχνευση αιωρούμενων σωματιδίων. Βασικά χαρακτηριστικά του: μηδενικό ποσοστό ψευδούς συναγερμού, απόκριση σε πραγματικό χρόνο, σωστά δεδομένα, μπορεί να δεχτεί σωματίδια έως και 0.3μm σε διάμετρο, λόγω της κατασκευής του προσφέρει μηδενικές παρεμβολές και τέλος προαιρετική κατεύθυνση εισόδου και εξόδου του αέρα ανάλογα με την σχεδίαση του συστήματος.



Εικόνα 4.3 Plantower 5003

- **Mics-6814:** Το συγκεκριμένο εξάρτημα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς μπορεί να ανιχνεύσει μια πληθώρα από ρύπους όπως: το μονοξείδιο του άνθρακα CO, το διοξείδιο του αζώτου NO₂, την αιθανόλη C₂H₅OH, το υδρογόνο H₂, την αμμωνία NH₃, το μεθάνιο CH₄, το προπάνιο C₃H₈ και το μεθυλοπροπάνιο C₄H₁₀. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το μικρό μέγεθος του και η υψηλού επιπέδου κατασκευή για χαμηλό κόστος κατασκευών.



Εικόνα 4.4 Mics-4814

- **MQ-135:** Ο ανιχνευτής αυτός και ο επόμενος, ανήκει σε μία μεγάλη ομάδα που ονομάζεται **MQ**. Οι περισσότεροι από αυτούς είναι εξαιρετικά χαμηλού κόστους και αφορούν αποκλειστικά ανίχνευση αερίων με σκοπό την ανάλυση της ποιότητας του αέρα. Ο 135 έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει NH₃, NO_x, αλκοόλ, βενζίνη, καπνό, CO₂.



Εικόνα 4.5 MQ-135

- **MQ-131 low concentration:** Έχει υψηλή ευαισθησία στη συγκέντρωση όζοντος στον αέρα και μπορεί επίσης να ανιχνεύει Cl_2 , NO_2 και άλλα δυνατά οξείδια. Είναι και αυτός χαμηλού κόστους και έχει μεγάλη διάρκεια «ζωής».



Εικόνα 4.6 MQ-131

4.2 Πηγαίος κώδικας

Ο κώδικας γράφτηκε, προσομοιώθηκε και εγκαταστάθηκε στο σύστημα, με τη βοήθεια του IDE Arduino που προαναφέρεται στο κεφάλαιο 3.2. Στις παρακάτω φωτογραφίες ακολουθούν επιλεγμένα κομμάτια κώδικα:



```

Thesis | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help

Thesis $

#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial pmsSerial(2, 3);

#define BME_SCK 13
#define BME_MISO 12
#define BME_MOSI 11
#define BME_CS 10

#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)

Adafruit_BME280 bme(BME_CS); // hardware SPI

unsigned long delayTime;
|
//mq135
int gas;
float percent;

//mics-6814
int sensorPin1 = A2; // select the input pin for the CO
int sensorPin2 = A3; // select the input pin for the NO2
int sensorValue1 = 0; // variable to store the value coming from the sensor
int sensorValue2 = 0;
float co = 0.0;
float no2 = 0.0;

Sketch uses 16226 bytes (50%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes
Global variables use 1458 bytes (71%) of dynamic memory, leaving 590 bytes free
18

```

Εικόνα 4.7. Αρχικοποίηση βιβλιοθηκών και παραμέτρων

```

void printbme280() {
    Serial.print("Temperature = ");
    Serial.print(bme.readTemperature());
    Serial.println(" *C");

    Serial.print("Pressure = ");

    Serial.print(bme.readPressure() / 100.0F);
    Serial.println(" hPa");

    Serial.print("Approx. Altitude = ");
    Serial.print(bme.readAltitude(SEALEVELPRESSURE_HPA));
    Serial.println(" m");

    Serial.print("Humidity = ");
    Serial.print(bme.readHumidity());
    Serial.println(" %");
    Serial.println("-----");
}

void printmq135() {
    gas=analogRead(0);
    percent=((float)gas/1023.0)*100.0;
    Serial.print("number_mql35=");
    Serial.println(gas);
    Serial.print("MQ-135 percentance=");
    Serial.print(percent);
    Serial.println("%");

    Serial.println("-----");
}

void printmics6814() {
    sensorValue1 = analogRead(sensorPin1);
    sensorValue2 = analogRead(sensorPin2);
    no2 = 0.05+ sensorValue2*((10-0.05)/1023);
    co = 1 + sensorValue1*((1000-1)/1023);

    Serial.println("co sensor value = " + String(sensorValue1)) ;
    Serial.print("CO ppm = ") ;
    Serial.print(co,4);
    Serial.println("");
    Serial.println("no2 sensor value = " + String(sensorValue2)) ;
    Serial.print("NO2 ppm = ") ;
    Serial.println(no2,4);
}

```

Εικόνα 4.8. Μέθοδοι για εκτύπωση αποτελεσμάτων των αισθητήρων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

```

Thesis | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // sensor baud rate is 9600
  pmsSerial.begin(9600);

  while(!Serial);

  unsigned status;
  status = bme.begin();
  if (!status) {
    Serial.println("Could not find a valid BME280 sensor, check wiring, address, sensor ID!");
    Serial.print("SensorID was: 0x"); Serial.println(bme.sensorID(), 16);
    Serial.print("          ID of 0xFF probably means a bad address, a BMP 180 or BMP 085\n");
    Serial.print("          ID of 0x56-0x58 represents a BMP 280,\n");
    Serial.print("          ID of 0x60 represents a BME 280.\n");
    Serial.print("          ID of 0x61 represents a BME 680.\n");
    while (1);
  }
  delayTime = 10000;
  //mics-6814 setup
  pinMode(sensorPin1, INPUT);
  pinMode(sensorPin2, INPUT);
}

//struct for PM
struct pms5003data {
  uint16_t framelen;
  uint16_t pm10_standard, pm25_standard, pm100_standard;
  uint16_t pm10_env, pm25_env, pm100_env;
  uint16_t particles_03um, particles_05um, particles_10um, particles_25um, particles_50um, particles_100um;
  uint16_t unused;
  uint16_t checksum;
};

```

Εικόνα 4.9. Συνάρτηση αρχικοποίησης (setup) και δημιουργία δομής για τον PM

```

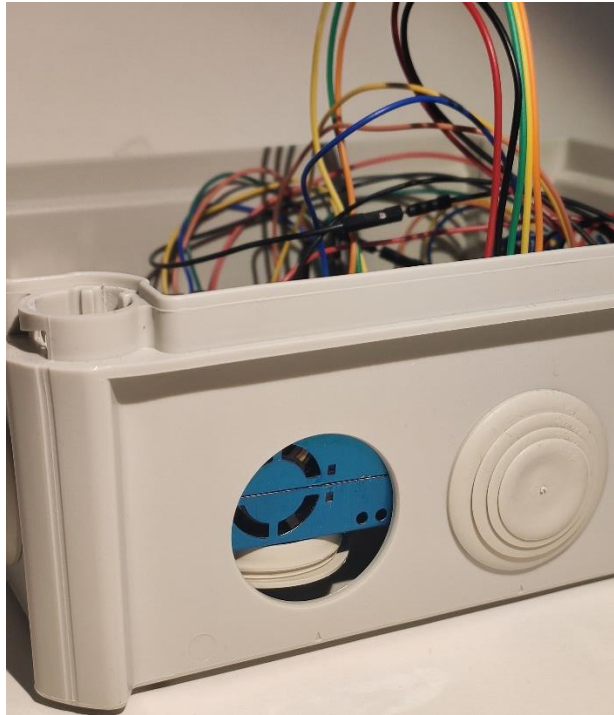
NICK POLYMENAKOS-----THESIS
Temperature = 22.55 *C
Pressure = 995.38 hPa
Approx. Altitude = 149.83 m
Humidity = 44.07 %
-----
number_mq135=27
MQ-135 percentance=2.64%
-----
co sensor value = 254
CO ppm = 1.0000
no2 sensor value = 255
NO2 ppm = 2.5302
-----
Concentration Units (standard)
PM 1.0: 584          PM 2.5: 619          PM 10: 627
-----
Concentration Units (environmental)
PM 1.0: 388          PM 2.5: 411          PM 10: 418
-----
Particles > 0.3um / 0.1L air:14220
Particles > 0.5um / 0.1L air:4042
Particles > 1.0um / 0.1L air:1306
Particles > 2.5um / 0.1L air:249
Particles > 5.0um / 0.1L air:72
Particles > 10.0 um / 0.1L air:52
-----

```

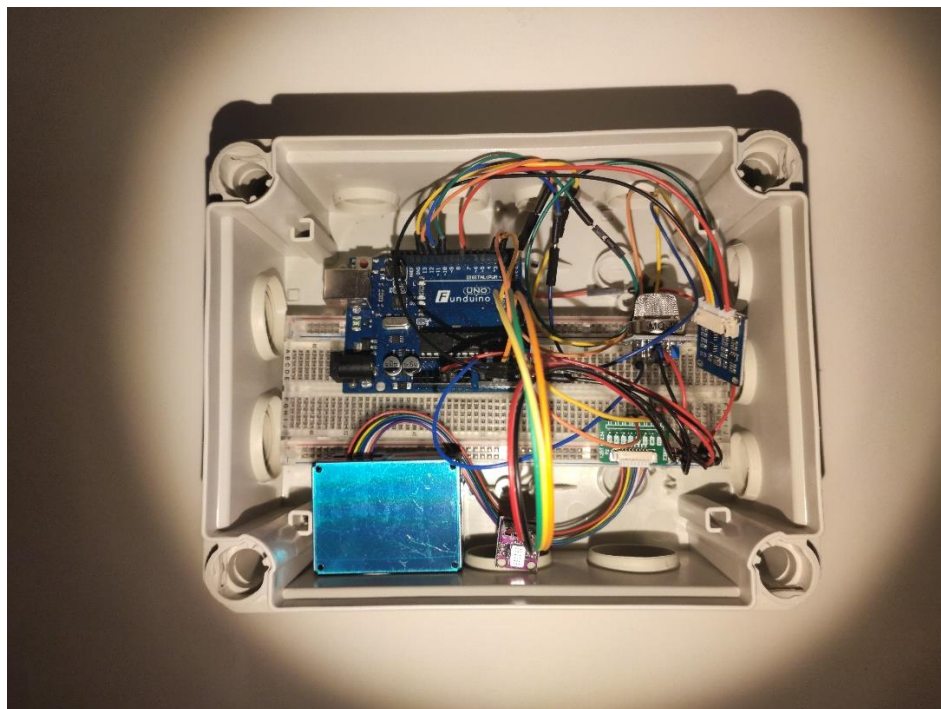
Εικόνα 4.10. Αποτελέσματα σε καταγράφοντας υψηλά επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων

4.2 Φωτογραφίες της κατασκευής

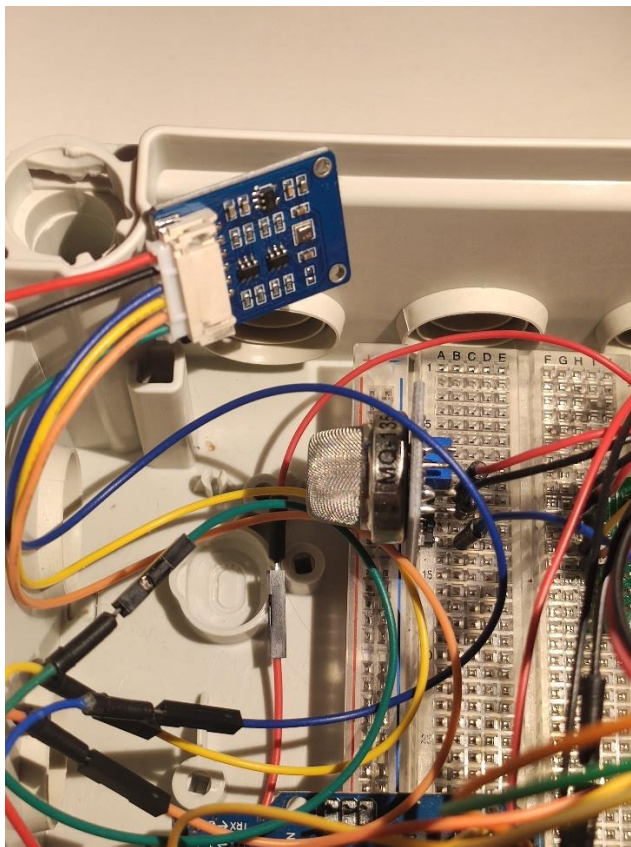
Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνεται το πρωτότυπο σύστημα του περιβαλλοντικού σταθμού:



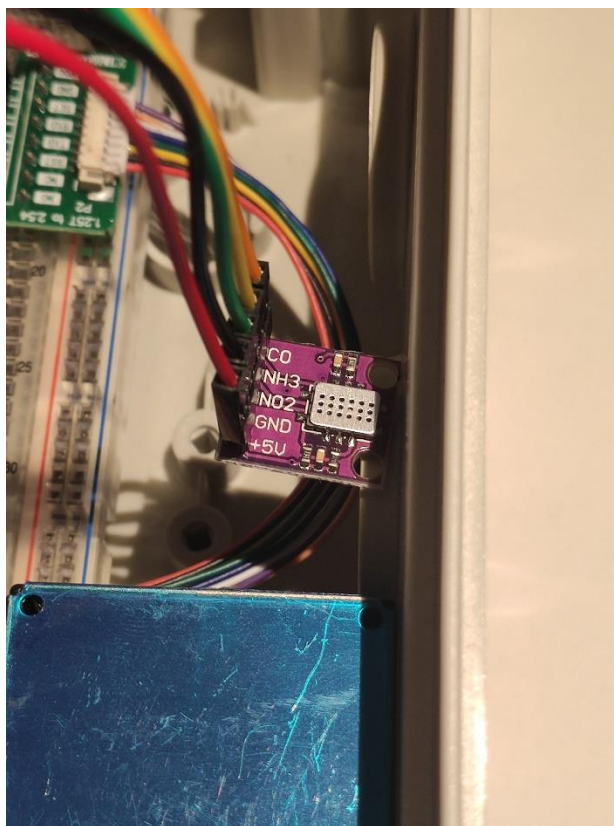
Εικόνα 4.11 PMS 5003



Εικόνα 4.12. Γενική εικόνα πρωτότυπης κατασκευής



Εικόνα 4.13. Αισθητήρες BME 280 και MQ 135



Εικόνα 4.14. Mics 4814

4.4 Προτάσεις βελτίωσης του συστήματος

1. Σύνδεση του συστήματος στο διαδίκτυο με αντίστοιχο εξάρτημα
2. Προσθήκη περισσότερων αισθητήρων για ανίχνευση κι άλλων ρύπων
3. Εγκατάσταση οθόνης για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο
4. Τοποθέτηση συστήματος για αυτονομία ενέργειας
5. Σύνδεση με ηλιακό πάνελ με την προϋπόθεση χρήσης μπαταρίας

Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, συμπεραίνουμε αρχικά ότι, το φαινόμενο της αιθαλομίχλης, προκαλεί προβλήματα σε πολλούς τομείς της ζωής των πολιτών.

Πρώτη από όλα και πιο σημαντική έρχεται η υγεία, η οποία μπορεί να προσβληθεί είτε απευθείας από του ρύπους, είτε κατά συνέπεια όξινης βροχής. Οι ευπαθείς ομάδες και ιδιαίτερα αυτοί που αντιμετωπίζουν αναπνευστικά προβλήματα είναι πιο ευάλωτοι απέναντι σε ατμοσφαιρικά φαινόμενα. Ακόμη, άτομα τα οποία ήταν υγιή αλλά έρχονται σε επαφή για περισσότερες ώρες από τις προβλεπόμενες με ρυπογόνα χημικά στοιχεία μπορεί να παρουσιάσουν διάφορες παθήσεις. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι πάρα πολλοί θάνατοι καταγράφονται ως θύματα τέτοιων φαινομένων κάθε χρόνο και θα συνεχίσουν να αυξάνονται αν δε τηρούνται τα όρια που έχουν θεσμοθετηθεί.

Οπότε, χρησιμοποιούμε τα εργαλεία που προσφέρει η τεχνολογία, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο έτσι ώστε να μετρούνται οι ρύποι γύρω από το φαινόμενο με σκοπό την ενημέρωση των πολιτών, την πρόβλεψη και τέλος τη σωστά δομημένη θεσμοθέτηση νέων νόμων για καλύτερη διαχείριση ατμοσφαιρικών προβλημάτων. Επίσης είναι χρήσιμο, οι φορείς, οι εταιρείες, τα Πανεπιστήμια ή οι ερασιτέχνες που ασχολούνται με την καταγραφή και ανάλυση περιβαλλοντικών φαινομένων, να μοιράζονται τις πληροφορίες μεταξύ τους, μέσω κοινών βάσεων δεδομένων, έτσι ώστε να δημιουργείται κατά κάποιο τρόπο ένα «προφίλ» των πόλεων και στη συνέχεια με τους πολίτες για καλύτερη ενημέρωση και όσο το δυνατόν καλύτερη πρόβλεψη. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η επιλογή των εργαλείων (αισθητήρων, συστημάτων, κτλ.), όπου πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες κάθε εγχειρήματος, περιοχής και διαθέσιμου προϋπολογισμού, με σκοπό να αποφεύγονται τυχόν αστοχίες ή λανθασμένες πληροφορίες.

Ακόμη, η επιλογή πρώτων υλών για θέρμανση ή παραγωγή ενέργειας πρέπει να λαμβάνεται περισσότερο υπόψη, διότι είναι η κυριότερη πηγή ρύπων. Να απαγορεύεται με αυστηρότερες κυρώσεις η καύση παράνομων υλικών ειδικά σε μεγάλα αστικά κέντρα που ήδη πλήττονται από τους ρύπους των μέσων μεταφοράς.

Τέλος, αναγκαία προτεραιότητα είναι να εφαρμόζονται μέτρα και τεχνολογικές εφαρμογές σε περιοχές που παρουσιάζουν ευνοϊκές συνθήκες για εμφάνιση της αιθαλομίχλης ή και άλλων περιβαλλοντικών φαινομένων. Επομένως, η συνεργασία

επιστημονικών τομέων όπως μετεωρολογία, πληροφορική, στατιστική, χημεία και φυσική είναι απαραίτητη, ώστε να οδηγήσει σε άμεσες λύσεις των προβλημάτων και μια ολιστική άποψη για την ποιότητα ατμόσφαιρας της κάθε περιοχής.

Βιβλιογραφία

- **Κρητικός Γιώργος, Διαμαντούδη Θάλεια**, «1760-1860: Βιομηχανική Επανάσταση», [2013]
- **Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας**, «ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ»
- **Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας**, «ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ»
- **Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας**, «ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ»
- **Πρατικάκης Βαγγέλης**, «Η ρύπανση της ατμόσφαιρας ξεκίνησε πριν από τη βιομηχανική επανάσταση», ΤΟ ΒΗΜΑ [2015]
- **Τσώλη Θεοδώρα**, «Εκρηκτικό ατμοσφαιρικό «κοκτέιλ» από τζάκια και σόμπες», ΤΟ ΒΗΜΑ [2013]
- **The Editors of Encyclopaedia Britannica**, “Smog”, Britannica [2019]
- **Bethel Afework, Jordan Hanania, Kailyn Stenhouse, Jason Donev**, “Smog”, University of Calgary [2020]
- **Μασσαρά Βασιλική**, «Αιωρούμενα Σωματίδια Στην Ατμόσφαιρα Της Πάτρας», Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών στις περιβαλλοντικές επιστήμες- Πανεπιστήμιο Πατρών Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Βιολογίας [2011]
- **Ράφτης Γιώργος**, «Εφαρμογή Internet of Things για την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης», Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών- Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε. [2018]
- **Sciforce**, “Internet of Things (IoT). What is IoT?”, Medium [2018]
- **Smart Citizen – Sensores ciudadanos**, “Fab Lab Barcelona”, GOTEΟ
- **Smart Citizen Station**, “docs.smartcitizen.me”
- <http://www.libelium.com/products/plug-sense/>
- <https://panacea-ri.gr/>
- **Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο**, «Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής», Ευρωπαϊκή Ένωση [2018]
- <https://www.arduino.cc/>
- **Interreg Balkan-Mediterranean AIRTHINGS**, «Πληροφορίες για το έργο», CARDET Κέντρο Προώθησης της Έρευνας και Ανάπτυξης στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία [2020]

- **Product data manual of PLANTOWER**, “Digital universal particle concentration sensor”, PLANTOWER [2016]
- **SGX SENSORTECH**, “Data Sheet MiCS-6814”
- **MQ-135 GAS SENSOR**, “TECHNICAL DATA”
- **Winsen**, “Ozone Gas Sensor (Model: MQ131 Low Concentration)-Manual” [2014]