



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

## ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

### ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

#### ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

#### ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ «*ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ*»

Εκπόνηση: Κρατούνης Ανδρέας,  
Κωσταράς Χρήστος

Επιβλέπων καθηγητής: Γεώργιος Κ.Δ. Σαχαρίδης Τριμελής  
Επιτροπή: Γεώργιος Κ.Δ. Σαχαρίδης, Λυμπερόπουλος  
Γεώργιος, Παντελής Δημήτριος

ΒΟΛΟΣ 2020

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το διοξείδιο του άνθρακα (χημικός τύπος : CO<sub>2</sub>) είναι χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα. Είναι γραμμικό μόριο χωρίς διπολική ροπή. Περιέχει 27,3 % w/w άνθρακα και 72,7 % w/w οξυγόνο. Μπορεί να αποδοθεί με το συντακτικό τύπο : O=C=O. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και επίσης είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου. Μέχρι σήμερα πραγματοποιούνται δράσεις για την μείωση του επιπέδου του διοξειδίου του άνθρακα και για την βελτίωση γενικότερα της ποιότητας του αέρα. Στην συγκεκριμένη μελέτη αναφερόμαστε σε στοιχεία που αφορούν γενικότερα την ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και τους ρύπους. Ειδικότερα ασχοληθήκαμε με τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα και το πως αυτό επηρεάζει τόσο την υγεία μας όσο και το περιβάλλον με την όλο και αυξανόμενη θερμοκρασία του πλανήτη (φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Πιο συγκεκριμένα προχωρήσαμε στην αγορά εξαρτημάτων και αναπτύσσοντας τον κατάλληλο κώδικα δημιουργήσαμε δύο συσκευές με τις οποίες μελετήσαμε τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα σε διαφορά σημεία της πόλη του Βόλου. Συγκρίναμε τα αποτελέσματα και βγάλαμε όσο το δυνατόν ασφαλή συμπεράσματα για τη ποιότητα του αέρα ως προς τον συγκεκριμένο ρύπο.

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε το διάστημα μεταξύ Μαρτίου 2019 και Φεβρουαρίου 2020. Ως την ελάχιστη δυνατή μνεία, με την παρούσα παράγραφο οφείλουμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μας, κο Σαχαρίδη Γεώργιο, για την πολύτιμη υποστήριξή του, τις παραγωγικές υποδείξεις του και το πολύ καλό κλίμα συνεργασίας που διαμόρφωσε συμβάλλοντας τα μέγιστα για την κατάρτιση της διπλωματικής μας εργασίας. Να ευχαριστήσουμε επίσης το τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την παραχώρηση των χώρων του τόσο για τις έρευνες όσο και για την παρουσίαση της εργασίας καθώς και τον συμφοιτητή Καλαντζή Γεώργιο για τις γνώσεις και τη βοήθεια που μας παρείχε. Τέλος ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες θέλουμε να δώσουμε στις οικογένειες μας για τη συμπαράσταση τους, για τις πολύτιμες συμβουλές τους και για όλα όσα μας έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια της ζωής μας αλλά και των σπουδών μας.

## Περιεχόμενα

|  |    |
|--|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....   | 1  |
| Ευχαριστίες .....  | 2  |
| <b>Κατάλογος Εικόνων</b> .....   | 5  |
| <b>Κατάλογος πινάκων</b> .....   | 6  |
| Κατάλογος διαγραμμάτων.....  | 6  |
| 1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....  | 7  |
| <b>1.1) Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Ατμοσφαιρική Ρύπανση</b> .....           | 7  |
| Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....   | 8  |
| Οξείδια του αζώτου (NO <sub>2</sub> , NO).....                           | 9  |
| Όζον.....  | 9  |
| Αιωρούμενα σωματίδια .....   | 9  |
| Διοξείδιο του θείου.....   | 10 |
| Διοξείδιο του άνθρακα .....  | 10 |
| <b>1.2) Επιπτώσεις στην Υγεία</b> .....                                  | 11 |
| Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....   | 12 |
| Οξείδια του αζώτου (NO <sub>2</sub> , NO).....                           | 12 |
| Όζον.....  | 13 |
| Αιωρούμενα σωματίδια .....   | 13 |
| Διοξείδιο του θείου.....   | 14 |
| Διοξείδιο του άνθρακα .....  | 14 |
| <b>1.3) Οργανισμοί</b> .....   | 15 |
| <b>1.4) Φυσικές ιδιότητες διοξειδίου του άνθρακα</b> .....               | 16 |
| <b>1.5) Ιστορικά στοιχεία</b> .....                                      | 16 |
| <b>1.6) Φαινόμενο του θερμοκηπίου</b> .....                              | 17 |
| <b>1.6.1) Λειτουργία</b> .....   | 18 |
| <b>1.6.2) Υπερθέρμανση του πλανήτη</b> .....                             | 19 |
| <b>1.6.3) Ενέργειες αντιμετώπισης</b> .....                              | 20 |
| <b>1.6.4) Το πρωτόκολλο του Κιότο</b> .....                              | 21 |
| 2) ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΛΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ, ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ .....             | 22 |
| <b>2.1) Αναζήτηση και επιλογή μελών συσκευής και περιφερειακών</b> ..... | 22 |
| <b>2.2) Αισθητήρες Μέτρησης CO<sub>2</sub></b> .....                     | 23 |
| <b>2.3) Μέλη δεύτερης συσκευής</b> .....                                 | 26 |
| <b>2.4) Στήσιμο και σύνδεση δεύτερης συσκευής</b> .....                  | 29 |

|  |    |
|--|----|
| 2.5) Προγραμματισμός δεύτερης συσκευής ..... | 33 |
| 3) ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ..... | 38 |
| 3.1) Η πόλη του Βόλου.....                   | 38 |
| 3.2) Μετρήσεις .....                         | 38 |
| 3.2.1) Επιλογή σημείων.....                  | 38 |
| 3.2.2) Μετρήσεις εσωτερικά.....              | 40 |
| 3.2.3) Μετρήσεις εξωτερικά.....              | 48 |
| 4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                        | 59 |
| 4.1) Σύγκριση συσκευών .....                 | 59 |
| 4.2) Ποιότητα αέρα στην πόλη του Βόλου.....  | 60 |
| 4.3) Τρόποι αντιμετώπισης .....              | 63 |
| 4.4) Περιθώρια για περαιτέρω έρευνα.....     | 66 |
| Παράρτημα Α.....                             | 67 |
| Ανάλυση κώδικα.....                          | 74 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                           | 83 |

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Οι ζώνες της ατμόσφαιρας

Εικόνα 2 Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα σε βιομηχανική περιοχή

Εικόνα 3 Επιπτώσεις μονοξειδίου του άνθρακα στον άνθρωπο

Εικόνα 4 Παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων σε βιομηχανική περιοχή

Εικόνα 5 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Εικόνα 6 Υπερθέρμανση του πλανήτη

Εικόνα 7 Χάρτης αξιολόγησης των χωρών που υπέγραψαν το πρωτόκολλο

Εικόνα 8 Αισθητήρας Analog CO2 Gas

Εικόνα 9 Αισθητήρας SCD30

Εικόνα 10 Αισθητήρας Analog Infrared

Εικόνα 11 Αισθητήρας MG811

Εικόνα 12 Αισθητήρας UART Infrared CO2 Sensor

Εικόνα 13 Αισθητήρας CO2 (Analog CO2 Gas Sensor)

Εικόνα 14 Επεξεργαστής WeMOS D1 R2 & mini.

Εικόνα 15 Gravity IO shield

Εικόνα 16 Καλώδια Arduino

Εικόνα 17 Διάγραμμα διαιρέτη τάσης

Εικόνα 18 Διαιρέτης τάσης

Εικόνα 19 Διάγραμμα αισθητήρα

Εικόνα 20 Σύνδεση επεξεργαστή με shield

Εικόνα 21 Σύνδεση αισθητήρα στο shield

Εικόνα 22 IO Expansion Shield

Εικόνα 23 Σύνδεση αισθητήρα με διαιρέτη τάσεως

Εικόνα 24 Σύνδεση Shield με διαιρέτη τάσεως

Εικόνα 25 IO Expansion Shield

Εικόνα 26. Εγκατάσταση λογισμικού Arduino

Εικόνα 27. Σύνδεση αισθητήρα gas-  
μικροεπεξεργαστή

Εικόνα 28. Δημιουργία Φόρμας

Εικόνα 29. Αποστολή απάντησης

Εικόνα 30. url απάντησης

Εικόνα 31. Id Sensor Name

Εικόνα 32. Id Co2

Εικόνα 33 Χάρτης πρώτου σημείου

Εικόνα 34 Χάρτης δεύτερου σημείου

Εικόνα 35 Χάρτης τρίτου σημείου

Εικόνα 36 Εξέλιξη εκπομπών CO2 ανά τομέα

Εικόνα 37 Κατανομή εκπομπών CO2 στις μεταφορές

### **Κατάλογος πινάκων**

Πίνακας1 Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εσωτερικό χώρο στο 1<sup>ο</sup> σημείο

Πίνακας2 Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εσωτερικό χώρο στο 2<sup>ο</sup> σημείο

Πίνακας3 Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εξωτερικό χώρο στο 1<sup>ο</sup> σημείο

Πίνακας4 Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εξωτερικό χώρο στο 2<sup>ο</sup> σημείο

Πίνακας5 Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εξωτερικό χώρο στο 3<sup>ο</sup> σημείο

### **Κατάλογος διαγραμμάτων**

Διάγραμμα1 Σύγκριση των δύο συσκευών

Διάγραμμα2 Μετρήσεις infrared στο 1<sup>ο</sup> σημείο

Διάγραμμα3 Μετρήσεις infrared στο 2<sup>ο</sup> σημείο

Διάγραμμα4 Μετρήσεις infrared στο 3<sup>ο</sup> σημείο Διάγραμμα5

Μετρήσεις infrared στο 2<sup>ο</sup> σημείο

# 1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1) Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ατμόσφαιρα της γης είναι ο αέρας που την περιβάλλει και συ μπεριστρέφεται με αυτή χάρις στο πεδίο βαρύτητάς της. Η ατμόσφαιρα θεωρείται ως το «αεριώδες κέλυφος» της γης, καθόσον το 99% της ατμοσφαιρικής μάζας βρίσκεται σε ένα στρώμα που εκτείνεται μέχρι τα 35 km, με το ύψος αυτό να αντιπροσωπεύει περίπου 5 χιλιοστά της μέσης γήινης ακτίνας (6370km). Ενώ το κατώτερο όριο της ατμόσφαιρας ορίζεται από την επιφάνεια του πλανήτη, το ανώτερό της δεν καθορίζεται επακριβώς. Γενικά, ο αέρας έχει προοδευτικά μικρότερη πυκνότητα καθώς κινούμαστε προς τα επάνω, από την τροπόσφαιρα (troposphere), στη στρατόσφαιρα (stratosphere), στη μεσόσφαιρα (mesosphere), στη θερμόσφαιρα

(thermosphere), και τέλος στην εξώσφαιρα (exosphere)



Εικόνα 1. Οι ζώνες της ατμόσφαιρας

Ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, δηλαδή η προσθήκη ουσιών (ρύπων) στην ατμόσφαιρα που υπό φυσιολογικές συνθήκες δε θα υπήρχαν. Στη σύγχρονη εποχή, συχνά η ρύπανση είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ανθρωπογενής ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται κυρίως από τρεις ανθρώπινες δραστηριότητες, τη βιομηχανία, τις μεταφορές και τα νοικοκυριά.



Σε μια τυπική πόλη, η βιομηχανία ευθύνεται για το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα μέσα μεταφοράς για το 35%, ενώ τα νοικοκυριά για το 15%. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι πιθανό να φτάσει σε επίπεδα που δημιουργούν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Για την περιγραφή της κατάστασης αυτής έχει επικρατήσει ο όρος νέφος.

Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα ένας μεγάλος αριθμός ρύπων. Ανάλογα με την προέλευσή τους οι ρύποι χωρίζονται στις παρακάτω ευρείς κατηγορίες:

1. Πρωτογενείς ρύποι οι οποίοι εκπέμπονται άμεσα από τις πηγές ρύπανσης. Παραδείγματα πρωτογενών ρύπων αποτελούν το διοξείδιο του θείου και το μονοξείδιο του αζώτου. Οι πρωτογενείς ρύποι που συμμετέχουν στη φωτοχημική δημιουργία του όζοντος ονομάζονται πρόδρομοι ρύποι.
2. Οι δευτερογενείς ρύποι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα σαν αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ πρωτογενών ρύπων. Τυπικό παράδειγμα δευτερογενούς ρύπου αποτελεί το όζον.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που κατά κύριο λόγο απασχολούν τις ανά τον κόσμο υπηρεσίες προστασίας του περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω: το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου (κυρίως το διοξείδιο του αζώτου), οι υδρογονάνθρακες (κυρίως το βενζόλιο), το όζον, και τα αιωρούμενα σωματίδια (κυρίως τα PM10 και τα PM2.5) και ο μόλυβδος. Ο προηγούμενος κατάλογος δεν εξαντλεί τις επιβλαβείς ουσίες που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα αλλά δεν θα γίνει εδώ αναφορά στις υπόλοιπες διότι είτε οι συγκεντρώσεις τους είναι χαμηλές είτε παρουσιάζουν καθαρά τοπικό χαρακτήρα

### **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα δηλητηριώδες αέριο που γενικότερα εκλύεται κατά τις ατελείς καύσεις. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εκπομπές από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων έτσι ώστε σε κλειστούς χώρους στάθμευσης τα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα μπορεί να φτάσουν ακόμη και σε θανατηφόρα επίπεδα. Ο καπνός του τσιγάρου και η έντονη κυκλοφοριακή κίνηση είναι κυρίως υπεύθυνα για την έκθεση του ανθρώπου σ' αυτήν την ουσία. Το μονοξείδιο του άνθρακα ευθύνεται για τις περισσότερες χημικές δηλητηριάσεις σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο στοιχείο, κυρίως λόγω της λανθασμένης χρήσης οικιακών συσκευών σε εσωτερικούς χώρους, όπως για παράδειγμα η χρήση κουζίνας υγραερίου για θέρμανση.

### **Οξειδία του αζώτου (NO<sub>2</sub>, NO)**

Τα οξειδία του αζώτου είναι ένα σύνολο αέριων ρύπων που παράγονται κατά την ανάφλεξη καύσιμης ύλης καθώς και σε φωτοχημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Τα δύο κύρια οξειδία του αζώτου είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) και το μονοξείδιο του αζώτου (NO). Αυτά συχνά αναφέρονται ως NOX. Προσβάλλουν άμεσα την υγεία και υποβαθμίζουν το περιβάλλον, υποκινώντας παράλληλα την δημιουργία του όζοντος στην επιφάνεια της γης προκαλώντας περαιτέρω βλάβες. Το διοξείδιο του αζώτου, διαλυμένο στο νερό, την ομίχλη, τη βροχή και το χιόνι, μετατρέπεται σε νιτρικό οξύ προκαλώντας οικολογική βλάβη με τη μορφή όξινης βροχής.

### **Όζον**

Το όζον, το κύριο συστατικό της αιθαλομίχλης (αστικό νέφος), είναι υπεύθυνο για μερικά από τα χειρότερα επεισόδια αέριας ρύπανσης. Στην ανώτερη ατμόσφαιρα, το όζον απορροφά την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία, προστατεύοντας τους ανθρώπους από τον καρκίνο του δέρματος. Η μείωσή του στη στρατόσφαιρα οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες που ενδέχεται να οδηγήσουν σε αύξηση των καρκίνων του δέρματος. Στην κατώτερη ατμόσφαιρα, εκεί όπου αναπνέουν οι άνθρωποι και αναπτύσσονται τα φυτά, το όζον έχει πολύ βλαβερές συνέπειες στη υγεία και παράλληλα προκαλεί σημαντικές βλάβες στα δάση και στις καλλιέργειες.

### **Αιωρούμενα σωματίδια**

Ο όρος αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιείται για να περιγράψει διάφορες ουσίες που υπάρχουν στον ατμοσφαιρικό αέρα σαν διάκριτα σωματίδια άλλοτε σε υγρή και άλλοτε σε στερεή μορφή. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τους πιο επικίνδυνους αέριους ρύπους διότι περιέχουν καρκινογόνες ουσίες όπως ο αμιάντος (asbestos) και ο καπνός (tobacco smoke) και παράλληλα επιδεινώνουν τις βλαβερές συνέπειες άλλων αέριων ρύπων (όπως το διοξειδίου του θείου).

Αξίζει να γίνει ξεχωριστή αναφορά στον μόλυβδο ο οποίος προστίθεται ως αντικροτικό στα καύσιμα. Με τη αλλαγή της σύστασης του στόλου των αυτοκινήτων και με τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης παρουσιάζεται σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις του. Πλην των αυτοκινήτων, άλλες πηγές μολύβδου αποτελούν η χρήση γαιανθράκων, οι βαριές βιομηχανίες, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, τα εργοστάσια μπαταριών και η καύση των απορριμμάτων.

Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των αερολυμάτων βρίσκεται στην κατώτερη τροπόσφαιρα όπου οι συγκεντρώσεις τους είναι 1-2 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι οι σημαντικότερες πηγές εκπομπής βρίσκονται κοντά στο έδαφος οπότε οι μικροί, σχετικά, χρόνοι παραμονής των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα δεν αφήνουν μεγάλα χρονικά περιθώρια για την μεταφοράς τους σε μεγάλα

ύψη. Αυτό έχει σαν συνέπεια να βελτιώνεται δραματικά η ορατότητα όταν ξεπεράσουμε τα χαμηλότερα 1-2 χιλιόμετρα της ατμόσφαιρας.

### **Διοξείδιο του θείου**

Το διοξείδιο του θείου και μερικά από τα προϊόντα των χημικών του αντιδράσεων, όπως το θειικό άλας, είναι υπεύθυνα για αρκετά από τα χειρότερα επεισόδια αέριας ρύπανσης στον αιώνα μας. Η γνωστή ομίχλη του Λονδίνου το 1950, περιείχε μίγμα από διοξείδιο του θείου και καπνό. Χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν κατά τη διάρκεια τέτοιων καταστάσεων και αρκετοί νοσηλεύτηκαν με αναπνευστικά προβλήματα. Η λέξη αιθαλομίχλη επινοήθηκε για να περιγράψει το μίγμα καπνού και ομίχλης, ένας συνδυασμός διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων προσκολλημένων σε υδάτινες σταγόνες.

Το διοξείδιο του θείου εδώ και χιλιάδες χρόνια χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό για τα σταφύλια και τα βαρέλια του κρασιού αλλά και ως συντηρητικό, αποχρωματιστικό και εμποτιστικό σταφυλιών, βερίκοκων και άλλων φρούτων και λαχανικών. Ανήκει στην ομάδα των συντηρητικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμά και είναι το δραστικό συστατικό που ευθύνεται για την αλλεργική αντίδραση

### **Διοξείδιο του άνθρακα**

Αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.), αλλά και του ξύλου, πλαστικών και άλλων οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται επίσης από τα ηφαίστεια και από τις θερμές πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Ενωμένο, με τη μορφή ανθρακικών αλάτων, βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο στερεό φλοιό της γης.

Τα κυριότερα ανθρακικά ορυκτά είναι οι διάφορες ποικιλίες του  $\text{CaCO}_3$  (ασβεστόλιθοι, ασβεστίτης, μάρμαρο κ.ά.), ο μαγνησίτης  $\text{MgCO}_3$ , ο σιδηρίτης  $\text{FeCO}_3$ , ο δολομίτης  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  κ.ά. Παράγεται επίσης κατά την αναπνοή όλων των φυτών και των ζώων και από τους μύκητες και μικροοργανισμούς που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τα φυτά για την τροφή τους.



Εικόνα2. Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα σε βιομηχανική περιοχή

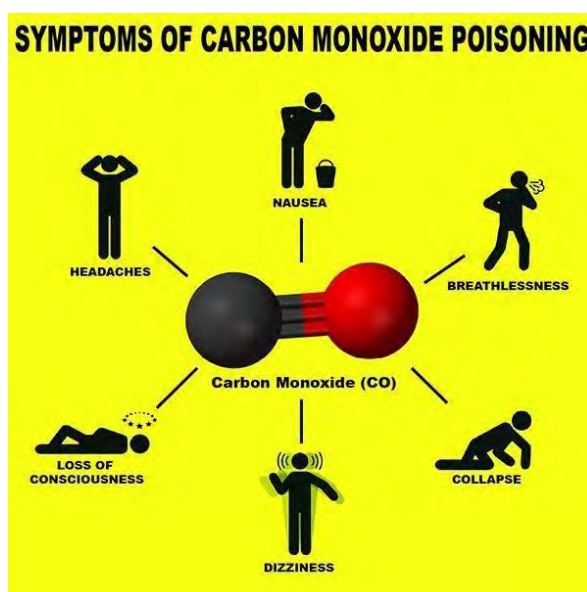
## 1.2)Επιπτώσεις στην Υγεία

Ο αέρας που βρίσκεται γύρω μας είναι απαραίτητος για την αναπνοή, στην οποία στηρίζουμε την ύπαρξή μας. Ένας ενήλικας χρειάζεται περισσότερα από 10000 λίτρα αέρα κάθε μέρα, αναπνέοντας περίπου 20000 φορές, άρα, η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία και επηρεάζει την ποιότητα ζωής μας. Η ποιότητα του αέρα σχετίζεται άμεσα με το περιεχόμενό του σε ατμοσφαιρικούς ρύπους που είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και έχουν αρνητική επίδραση και στο περιβάλλον. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να οδηγήσει σε αναπνευστικά προβλήματα, να επιδεινώσει την κατάσταση υγείας ατόμων που πάσχουν από καρδιοαναπνευστικές παθήσεις και αλλεργίες, και να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό σε νευρολογικό, αναπαραγωγικό, και αναπτυξιακό επίπεδο. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τον “ευάλωτο” πληθυσμό, όπως τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, οι έγκυες γυναίκες, οι πάσχοντες από αναπνευστικά/ καρδιαγγειακά προβλήματα και οι έχοντες αποδυναμωμένο ανοσοποιητικό σύστημα. Επίσης, οι άνθρωποι που εργάζονται στο ύπαιθρο, και ιδιαίτερα αυτοί που εμπλέκονται σε σωματική δραστηριότητα μεγάλης έντασης (αθλητισμός), μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στην ατμόσφαιρα. Λεπτομερείς πληροφορίες των επιπτώσεων κάθε ρύπου στην υγεία σας παρουσιάζονται παρακάτω

### Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Η υπερβολική έκθεση στο μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μπορεί να έχει επιπτώσεις στο αίμα, τον εγκέφαλο, την καρδιά. Το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με άλλους ρύπους με αποτέλεσμα τη δημιουργία όζοντος στο επίπεδο του εδάφους, το οποίο μπορεί να βλάψει την ανθρώπινη υγεία.

Το μονοξείδιο του άνθρακα μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιοαγγειακό και νευρικό σύστημα. Υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα προκαλούν ζαλάδες, πονοκεφάλους και κόπωση. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε ψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της πνευματικής τους διαύγειας καθώς και της όρασης τους.



Εικόνα3. Επιπτώσεις μονοξειδίου του άνθρακα στον άνθρωπο

### Οξείδια του αζώτου (NO<sub>2</sub>, NO)

Η υπερβολική έκθεση στα οξείδια του αζώτου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο αίμα, το ήπαρ, τους πνεύμονες και τον σπλήνα. Σε συνδυασμό δε με το διοξείδιο του θείου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της βλαπτικότητας για τον άνθρωπο, σε σχέση με τις επιπτώσεις των δύο ρύπων ξεχωριστά.

Τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν με την αμμωνία, την υγρασία, και άλλες ενώσεις για να δημιουργήσουν το νιτρικό οξύ που πολλές φορές λαμβάνει τη μορφή σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Στις επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνονται οι δυσκολίες στην αναπνοή και οι παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος, οι βλάβες στον ιστό των πνευμόνων, και η μείωση του προσδόκιμου ζωής. Τα μικρά σωματίδια διαπερνούν τα ευαίσθητα μέρη των πνευμόνων και μπορούν να προκαλέσουν ή να επιδεινώσουν καρδιοαναπνευστικές ασθένειες, όπως το εμφύσημα και η βρογχίτιδα.

## Όζον

Το όζον σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να ερεθίσει το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και πιθανή επιδεικτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού. Τα μέτρια επίπεδα όζοντος μπορεί να ενοχλήσουν τα μάτια, τη μύτη, το λαιμό, και τους πνεύμονες. Τα παιδιά, ιδιαίτερα αυτά που υποφέρουν από άσθμα, τίθενται περισσότερο σε κίνδυνο από την έκθεση στο όζον. Η έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σημαντική προσωρινή μείωση στην ικανότητα των πνευμόνων να λειτουργήσουν κανονικά, ακόμη και σε υγιείς ενήλικες. Υψηλά επίπεδα όζοντος μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες (φαινόμενο που συναντάται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού). Μακροπρόθεσμη Έκθεση

Οι πληθυσμιακές μελέτες που αφορούν την μακροπρόθεσμη έκθεση σε χαμηλού επιπέδου συγκεντρώσεις όζοντος δείχνουν ότι ο ρύπος αυτός μπορεί να οδηγήσει στη μόνιμη μείωση της ικανοποιητικής λειτουργίας των πνευμόνων. Μελέτες σε ζώα έχουν δείξει ότι η χρόνια υψηλού επιπέδου έκθεση μπορεί να προκαλέσει μόνιμη δομική βλάβη στους πνεύμονες.

### Βραχυπρόθεσμη Έκθεση

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στο όζον μπορεί να προκαλέσει αυξανόμενη ευαισθησία στα αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα και άλλους ερεθιστικούς παράγοντες, επιτείνοντας την επίδρασή τους στον οργανισμό, και μπορεί επίσης να εξασθενίσει το ανοσοποιητικό σύστημα. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα όζοντος συνεπάγεται μείωση της ποσότητας του οξυγόνου που αναπνέουμε, γεγονός που επιβαρύνει όσους πάσχουν από καρδιαγγειακά ή αναπνευστικά νοσήματα και μπορεί να οδηγήσει σε εξασθένηση και κίνδυνο θανάτου.

## Αιωρούμενα σωματίδια

Τα Α.Σ. εναποτίθενται κυρίως στους πνεύμονες και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία. Η υπερβολική και μακροχρόνια έκθεση στα Α.Σ. συμβάλλει στη δημιουργία χρόνιων αναπνευστικών προβλημάτων σε ενήλικες και παιδιά, δύναται να επιδεινώσει καταστάσεις άσθματος, και μπορεί επίσης να αυξήσει τον κίνδυνο για αρρυθμίες, καρδιακή ανακοπή και πρόωρο θάνατο. Διάφορες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των Α.Σ. με τις αυξημένες εισαγωγές στα νοσοκομεία και ειδικά στο τμήμα πρώτων βοηθειών. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι είναι οι ομάδες του πληθυσμού που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις Α.Σ. στην ατμόσφαιρα. Όσο πιο μικρά είναι τα σωματίδια τόσο μεγαλύτερη η επικινδυνότητά τους (λόγω του βάθους διείσδυσης στο αναπνευστικό μας σύστημα), η οποία πάντως εξαρτάται και από τη σύστασή τους. Σημειώνεται χαρακτηριστικά ότι τα Α.Σ. που προέρχονται από την κυκλοφορία έχουν ενοχοποιηθεί για την αύξηση προβλημάτων αναπνοής σε παιδιά, ενώ σχετίζονται με τη συχνότητα εμφάνισης άσθματος.

Οι άνθρωποι που ζουν για μακρύ χρονικό διάστημα (έτη) σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης Α.Σ., χαρακτηρίζονται από αυξημένη συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων υγείας, όπως η μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων και η ανάπτυξη χρόνιας βρογχίτιδας. Συγκεντρώσεις Α.Σ. (ιδιαίτερα των λεγόμενων λεπτών, δηλαδή των ΑΣ2.5), όπως αυτές που συναντούμε σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες έχουν συνδεθεί με αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων και ακόμη και πρόωρο θάνατο



**Εικόνα4. παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων σε βιομηχανική περιοχή**

#### **Διοξείδιο του θείου**

Μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, να τροποποιήσει τον αμυντικό μηχανισμό των πνευμόνων και να επιδεινώσει τυχόν υπάρχουσες καρδιαγγειακές παθήσεις. Άτομα ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιες συνθήκες είναι αυτά που πάσχουν από καρδιαγγειακές και χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις (όπως η βρογχίτιδα ή το εμφύσημα), τα άτομα που πάσχουν από άσθμα, καθώς και τα μικρά παιδιά και οι ηλικιωμένοι. Το SO<sub>2</sub> συνεισφέρει στην όξινη απόθεση (acid deposition), φαινόμενο που μπορεί να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις σε οικοσυστήματα (δάση, ποταμοί, λίμνες κλπ.)

#### **Διοξείδιο του άνθρακα**

Η παρατεταμένη έκθεση σε μέτριες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει οξέωση και να έχει αρνητικές συνέπειες για το μεταβολισμό του ασβεστίου και του φωσφόρου. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό για την καρδιά και προκαλεί αρρυθμίες.

Η τοξικότητα και οι επιπτώσεις της αυξάνονται με την αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε CO<sub>2</sub> :

- Σε περιεκτικότητα 1% v/v το CO<sub>2</sub> μπορεί σε παρατεταμένη έκθεση να προκαλέσει υπνηλία.

- Σε περιεκτικότητα 2% v/v το CO<sub>2</sub> συμπεριφέρεται ως ήπιο ναρκωτικό. Προκαλεί αυξημένη αρτηριακή πίεση και καρδιακό ρυθμό, και μειώνει την ακοή.
- Σε περιεκτικότητα περίπου 5% v/v προκαλεί διέγερση του αναπνευστικού κέντρου, ζάλη, σύγχυση και δυσκολία στην αναπνοή συνοδευόμενη από κεφαλαλγία και δύσπνοια.
- Σε περιεκτικότητα 8% v/v προκαλεί κεφαλαλγία, εφίδρωση, παραισθήσεις, τρόμο και απώλεια συνείδησης μετά την έκθεση για πέντε έως δέκα λεπτά.

### 1.3) Οργανισμοί

#### Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) είναι το κέντρο δεδομένων για την ατμοσφαιρική ρύπανση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υποστηρίζει την εφαρμογή της νομοθεσίας της ΕΕ που συνδέεται με τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα και την ποιότητα του αέρα. Ο ΕΟΠ συνεισφέρει επίσης στην αξιολόγηση των πολιτικών της ΕΕ για την ατμοσφαιρική ρύπανση και στην ανάπτυξη μακροπρόθεσμων στρατηγικών για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη.

Η δραστηριότητα του ΕΟΠ εστιάζει στη:

- δημοσιοποίηση δεδομένων για την ατμοσφαιρική ρύπανση,
- τεκμηρίωση και αξιολόγηση των τάσεων στην ατμοσφαιρική ρύπανση και των σχετικών πολιτικών και μέτρων στην Ευρώπη, και στη
- διερεύνηση των συσχετίσεων και των συνεργιών ανάμεσα στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τις πολιτικές σε διάφορους τομείς, όπως οι εξής: κλιματική αλλαγή, ενέργεια, μεταφορές και βιομηχανία.

#### Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας

Το Υπουργείο (Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας) εγκατέστησε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) το 2001, επεκτείνοντας και αναβαθμίζοντας το τότε υπάρχον δίκτυο.

Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλ. ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Με ένα μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές, υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης.



Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής

#### 1.4) Φυσικές ιδιότητες διοξειδίου του άνθρακα

Είναι αέριο άχρωμο και σε μικρές συγκεντρώσεις είναι και άοσμο. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας η πυκνότητα του είναι  $1,98 \text{ kg/m}^3$ , είναι δηλ. 1,5 φορά πυκνότερο του αέρα. Σε 1 Atm (δηλ. σε πίεση στο επίπεδο της θάλασσας), μετατρέπεται απευθείας σε στερεό, σε θερμοκρασίες κάτω από  $-78,51 \text{ }^\circ\text{C}$  και, αν είναι σε στερεή μορφή, εξαχνώνεται πάνω από τους  $-78,51 \text{ }^\circ\text{C}$ . Στη στερεή του κατάσταση, το διοξείδιο του άνθρακα, είναι γνωστό ως "ξηρός πάγος".

Η κρίσιμη θερμοκρασία του είναι  $31,1 \text{ }^\circ\text{C}$  και επομένως υγροποιείται εύκολα στη συνηθισμένη θερμοκρασία αλλά μόνο με συμπίεση (7,38 MPa). Είναι λίγο διαλυτό στο νερό, η διαλυτότητά του όμως αυξάνεται, όπως όλων των αερίων, με την πίεση. Νερό κορεσμένο από  $\text{CO}_2$  με πίεση λέγεται "νερό του Seltz".

Το τριπλό σημείο του διοξειδίου του άνθρακα είναι περίπου 518 kPa στους  $-56,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Υπάρχει και μια εναλλακτική μορφή άμορφου κρυσταλλικού στερεού διοξειδίου του άνθρακα, όχι όμως σε ατμοσφαιρική πίεση. Αυτή η μορφή γυαλιού, που ονομάζεται "καρμπόνια" παράχθηκε με υπέρψυξη θερμαινόμενου  $\text{CO}_2$  σε ακραίες συνθήκες πίεσης (περίπου 400000 Atm). Η ανακάλυψη αυτή επιβεβαίωσε τη θεωρία ότι το διοξείδιο του άνθρακα θα μπορούσε να υπάρχει σε μια κατάσταση παρόμοια με τις κρυσταλλικές μορφές των άλλων στοιχείων της ομάδας του άνθρακα στον περιοδικό πίνακα όπως το πυρίτιο και το γερμάνιο.

#### 1.5) Ιστορικά στοιχεία

Το διοξείδιο του άνθρακα ήταν ένα από τα πρώτα αέρια που μελετήθηκε ως συστατικό του αέρα. Το 17<sup>ο</sup> αιώνα, ο Φλαμανδός χημικός Γιάν Μπατίστ φαν Χέλμοντ (Jan Baptist van Helmont) παρατήρησε ότι όταν καίγεται ο άνθρακας σε κλειστό δοχείο, η μάζα της στάχτης που προκύπτει ήταν πολύ μικρότερη από εκείνη του αρχικού άνθρακα. Η ερμηνεία που έδωσε ήταν ότι ο άνθρακας που έλειπε είχε μεταλλαχθεί σε μια αόρατη ουσία που την ονόμασε "αέριο" ή "άγριο πνεύμα".

Οι ιδιότητες του διοξειδίου του άνθρακα μελετήθηκαν πιο διεξοδικά στη δεκαετία 1750-1760 από το Σκωτσέζο φυσιολόγο Τζόζεφ Μπλακ (Joseph Black). Αυτός πρόσεξε ότι ο ασβεστόλιθος (ανθρακικό ασβέστιο) όταν θερμαίνεται ή υφίσταται κατεργασία με οξέα παράγει ένα αέριο που το ονόμασε "σταθερό αέρα". Παρατήρησε επίσης ότι ο "σταθερός αέρας" ήταν πυκνότερος από τον αέρα και δε συντηρούσε ούτε την καύση ούτε τις ζωικές λειτουργίες. Ο Μπλακ παρατήρησε ακόμα ότι όταν διοχετεύονταν φυσαλίδες του αερίου σε υδατικό διάλυμα ασβέστη (υδροξείδιο του ασβεστίου), παραγόταν ίζημα ανθρακικού ασβεστίου. Χρησιμοποίησε μάλιστα αυτή τη διαπίστωση του για να αποδείξει ότι το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται από την αναπνοή των ζώων και τη μικροβιακή ζύμωση. Το 1772, ο Άγγλος χημικός Τζόζεφ Πρίστλεϋ (Joseph Priestley) δημοσίευσε μια εργασία με

τίτλο "Εμπλουτισμός του νερού με Σταθερό Αέρα" στην οποία περιέγραφε μια διαδικασία κατά την οποία όταν έπεφταν σταγόνες θεικού οξέος (ή βιτριόλι όπως το ήξερε ο Πρίστλεϋ) στην κιμωλία, για να παράγουν διοξείδιο του άνθρακα, το αέριο στη συνέχεια όταν διοχετευόταν σε μπουκάλι με νερό, διαλυόταν.

Το διοξείδιο του άνθρακα υγροποιήθηκε για πρώτη φορά (σε υψηλές πιέσεις) το 1823 από τον Χάμφρεϋ Ντέιβυ (Humphry Davy) και το μαθητή του Μάϊκλ Φαραντέϋ (Michael Faraday).

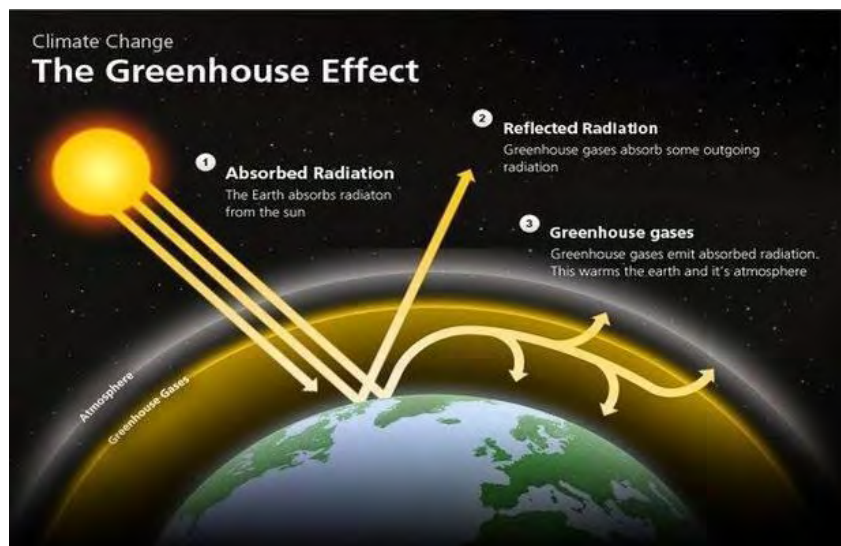
Η παλιότερη περιγραφή του στερεού διοξειδίου του άνθρακα δόθηκε από τον Σαρλ Τιλοριέ (Charles Thilorier), ο οποίος το 1834 άνοιξε ένα δοχείο υπό πίεση με υγρό διοξείδιο του άνθρακα, και διαπίστωσε την ταχεία εξάτμιση του υγρού που μετατράπηκε σε ένα "χιόνι" στερεού CO<sub>2</sub>.

### 1.6) Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι η διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συγκρατεί θερμότητα και συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό, αστρονόμο και φυσικό Ζοζέφ Φουριέ, το 1838, ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από το Σουηδό χημικό Σβάντε Αρρένιους.<sup>[1]</sup> Σε αυτόν οφείλεται και η ονομασία του φαινομένου, όταν το 1896, την εποχή του προετοιμάζε τη διδακτορική του διατριβή, ανέπτυξε τη θεωρία ότι οι ραγδαία αυξανόμενες βιομηχανίες που στέλνουν άνθρακα και άλλους ρύπους στον αέρα ίσως να μη διαφέρουν, όσον αφορά τις επιπτώσεις στις κλιματικές αλλαγές, από τα στοιχεία που εκλύθηκαν στην ατμόσφαιρα με την έκρηξη του ηφαιστείου Κρακατόα στην Ινδονησία το 1883.<sup>[2]</sup>

Τα τελευταία χρόνια, ο όρος συνδέεται με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης (παγκόσμια θέρμανση), ενώ θεωρείται πως το φαινόμενο έχει ενισχυθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Παρατηρείται σε όλους τους πλανήτες που διαθέτουν ατμόσφαιρα. Ο πλανήτης με το πιο εντυπωσιακό φαινόμενο θερμοκηπίου είναι η Αφροδίτη, όμως για λόγους απλότητας θα αναφερόμαστε αποκλειστικά στην περίπτωση της

Γης.



Εικόνα5. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

### 1.6.1) Λειτουργία

Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, ένα μέρος της οποίας απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της Γης. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 32% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Λόγω της θερμοκρασίας της, η Γη εκπέμπει επίσης θερμική ακτινοβολία (κατά τρόπο ανάλογο με τον Ήλιο), η οποία αντιστοιχεί σε μεγάλα μήκη κύματος, σε αντίθεση με την αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία, που είναι μικρού μήκους κύματος. Η ατμόσφαιρα της Γης διαθέτει μεγάλη αδιαφάνεια στην, μεγάλου μήκους κύματος, γήινη ακτινοβολία, έχει δηλαδή την ικανότητα να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της, ποσοστό περίπου 71%. Η ίδια η ατμόσφαιρα επανεκπέμπει θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, μέρος της οποίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, η οποία θερμαίνεται ακόμη περισσότερο. Η γήινη ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται, με τον τρόπο αυτό, ως μία δεύτερη - μαζί με τον Ήλιο - πηγή θερμότητας.

Αποτέλεσμα του συνολικού φαινομένου είναι η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας, γεγονός που καθιστά τη Γη κατοικήσιμη. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε παγκόσμια και ετήσια βάση στους  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ενώ στην πράξη είναι στους  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ο μηχανισμός του φαινομένου ταυτίζεται συχνά με τη λειτουργία ενός πραγματικού θερμοκηπίου, ωστόσο η ταύτιση αυτή αποτελεί υπεραπλούστευση, καθώς τα θερμοκήπια στηρίζονται στην "απομόνωση" της θερμότητας και την εξάλειψη φαινομένων μεταφοράς της.

Τα αέρια του θερμοκηπίου και το συνοδό φαινόμενο, συμβάλλουν ως ενδογενείς παράγοντες στην κλιματική αλλαγή. Όλα τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αναφέρονται συνολικά με τον όρο *αέρια του θερμοκηπίου*.<sup>[3]</sup> Απορροφούν την μεγάλη μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία και επανεκπέμπουν θερμική ακτινοβολία, θερμαίνοντας την επιφάνεια. Υπάρχουν έξι κύρια αέρια που προκαλούν το φαινόμενο θερμοκηπίου. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι το πιο κοινό. Τα άλλα πέντε είναι:

|  |                         |
|--|-------------------------|
| <b>Οξείδιο του αζώτου</b>              | <b>N<sub>2</sub>O</b>   |
| <b>Μεθάνιο</b>                         | <b>CH<sub>4</sub></b>   |
| <b>Υδροφθοράνθρακες</b>                | <b>(HFCs)</b>           |
| <b>Υπερφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες</b> | <b>(PFCs)</b>           |
| <b>Εξαφθοριούχο θείο</b>               | <b>(SF<sub>6</sub>)</b> |

### 1.6.2) Υπερθέρμανση του πλανήτη

Ο όρος υπερθέρμανση του πλανήτη δηλώνει μία ειδική περίπτωση κλιματικής μεταβολής και αναφέρεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των ωκεανών της γης. Ο όρος είναι εν γένει ουδέτερος ως προς τα αίτια πρόκλησης της υπερθέρμανσης, ωστόσο έχει επικρατήσει να υπονοεί την ανθρώπινη παρέμβαση. Αποδίδεται συχνά με διαφορετικό τρόπο, ως *πλανητική (υπερ)θέρμανση* ή *παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας*, ενώ άλλες φορές ταυτίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου που αποτελεί τον κύριο μηχανισμό υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο κύριος παράγοντας συνεισφοράς στην αλλαγή του κλίματος είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Αύξηση του αερίου στην ατμόσφαιρα οδηγεί και σε αύξηση της θερμοκρασίας. Η κύρια πηγή των υπερβολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα είναι η καύση των ορυκτών καυσίμων-κάρβουνο, πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Το κάρβουνο είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού και ο μεγαλύτερος παράγοντας συνεισφοράς στις εκπομπές άνθρακα. Το πετρέλαιο είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή, και η καύση φυσικού αερίου είναι τρίτη. Συνολικά υπολογίζεται ότι περίπου 5,5 δισεκατομμύρια μετρικοί τόνοι ανά έτος εκπομπών άνθρακα προέρχονται από την καύση ορυκτών καυσίμων παγκοσμίως. Αυτό είναι και ο κύριος παράγοντας συνεισφοράς στην αύξηση του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα, αλλά δεν είναι μόνο αυτό. Η αποψίλωση των δασών είναι ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας όπως και η αποσύνθεση των στερεών απορριμμάτων.

Η αποψίλωση των δασών προκαλεί βλάβη με δύο τρόπους . Πρώτον , όταν μεγάλες δασικές εκτάσεις γης υλοτομούνται και καίγονται (σχεδόν όλη η ξυλεία καίγεται μέσα σε μήνες από την υλοτόμηση τους )-και με την ευκαιρία, αναφέρουμε ότι υλοτομούνται με έναν απίστευτο ρυθμό παγκοσμίως- μεγάλη ποσότητα του άνθρακα που βρίσκεται στα δένδρα επιστρέφει πίσω στην ατμόσφαιρα . Δεύτερον , η

αποψίλωση των δασών μειώνει αυτό το τμήμα της γήινης βιομάζας που αφαιρεί το CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα . Τα δέντρα είναι ιδιαίτερος κατάλληλα στην αποθήκευση του άνθρακα και τη συγκράτησή του μακριά από την ατμόσφαιρα για χρόνια.

Η γήινη βιομάζα (φυτά και ζώα ) βρισκόταν ουσιαστικά σε ισοζύγιο όσον αφορά την πρόσληψη και την απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα . Ωστόσο, λόγω της τεράστιας αύξησης του ανθρώπινου πληθυσμού και της επίσης τεράστιας μείωσης στις δασικές εκτάσεις κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 300 ετών , η βιομάζα σήμερα δεν βρίσκεται σε ισοζύγιο, με αποτέλεσμα την καθαρή εκπομπή CO<sub>2</sub>, προς την ατμόσφαιρα. Οι λογικές εκτιμήσεις της καθαρής αύξησης των εκπομπών άνθρακα λόγω της βιομάζας στην ατμόσφαιρα κυμαίνονται μεταξύ 0.5 και 1.6 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους ανά έτος .



**Εικόνα6. Υπερθέρμανση του πλανήτη**

### **1.6.3) Ενέργειες αντιμετώπισης**

Οι πολιτικοί αρχηγοί από όλο τον κόσμο δημιούργησαν τη Συνθήκη Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Μεταβολή του Κλίματος (United Nations Framework Convention Climate Change - UNFCCC) και την έθεσαν προς υπογραφή στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας ,

τον Ιούνιο 1992. Τον Ιούνιο 1993, υπήρχαν 66 χώρες που υπέγραψαν τη "Συμφωνία του Ρίο", και σήμερα έχουν προσχωρήσει πολύ περισσότερες . Αυτή ήταν μία πολύ γενική συνθήκη, αλλά καθιέρωσε τρεις πολύ σημαντικές συμφωνίες . Πρώτον, αναγνωρίστηκε ότι υπήρχε το πρόβλημα, ότι το πρόβλημα πιθανόν ήταν ανθρωπογενές , και ότι οι χώρες όφειλαν να αρχίσουν την ανάληψη ενεργειών για την αντιμετώπιση του προβλήματος . Δεύτερον , υποστηρίχθηκε σθεναρά η ιδέα της βιώσιμης ανάπτυξης

για τη μελλοντική οικονομική μεγέθυνση. Τρίτον , προετοίμασε έδαφος για το μέλλον για πιο εξειδικευμένες συμφωνίες.

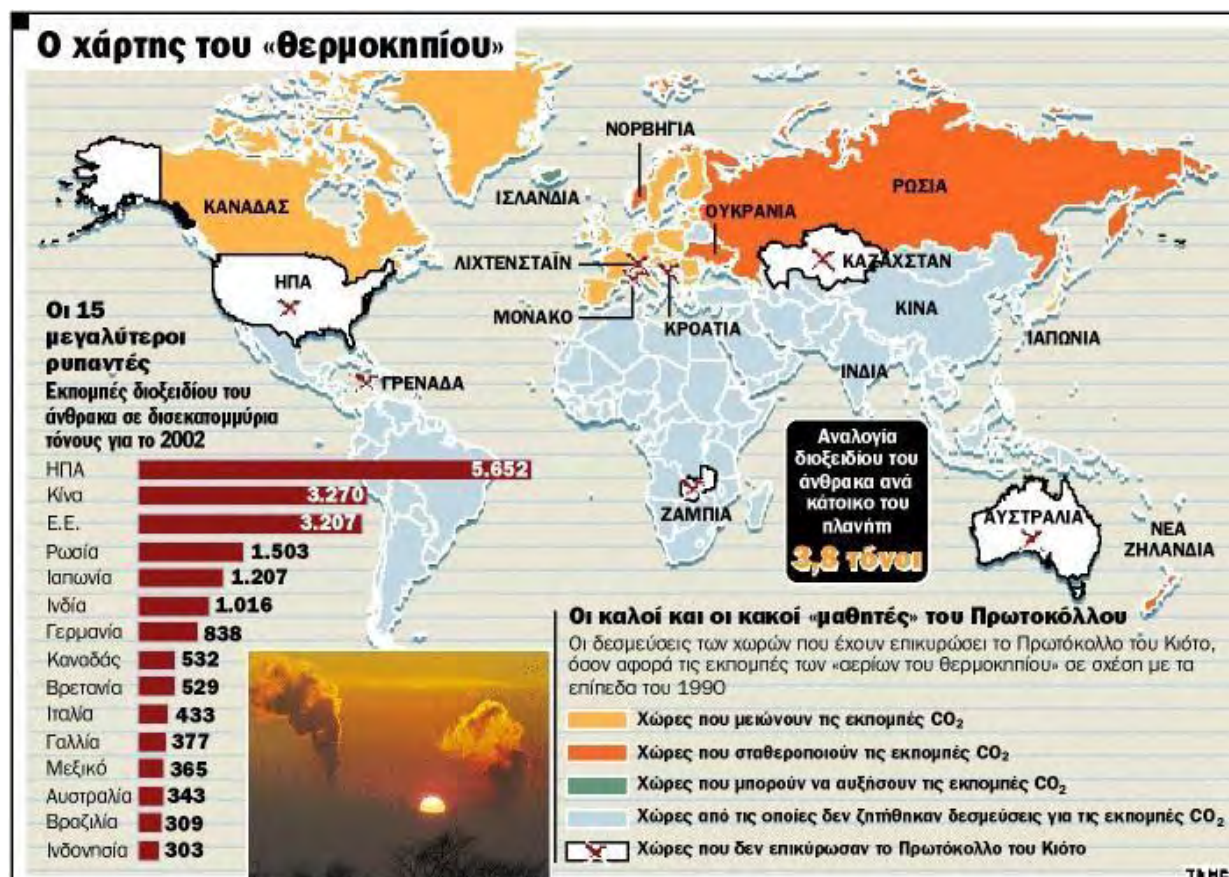
#### **1.6.4) Το πρωτόκολλο του Κιότο**

Το Πρωτόκολλο του Κιότο ήταν ένα επακόλουθο παράγωγο της UNFCCC. Αυτή η συμφωνία υιοθετήθηκε στο Κιότο της Ιαπωνίας, το Δεκέμβριο 1997 και υπογράφηκε από τριάντα εννέα ανεπτυγμένες χώρες.. Οι χώρες αυτές ήταν: Αυστραλία, Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Καναδάς, Κροατία, Δημοκρατία της Τσεχίας, Δανία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ισλανδία, Ιρλανδία, Ιταλία, Ιαπωνία, Λετονία, Λιχτενστάιν, Λιθουανία, Λουξεμβούργο, Μονακό, Ολλανδία (Κάτω Χώρες), Νέα Ζηλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, Ρωσική Ομοσπονδία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Ουκρανία, Ηνωμένο Βασίλειο της Μεγάλης Βρετανίας και Βόρειας Ιρλανδίας και Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Κάθε μία από αυτές τις χώρες ανέλαβε δεσμευτικό στόχο μείωσης ή συγκράτησης της αύξησης των εθνικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Και μέχρι το Σεπτέμβριο 2000 είχε 84 προσχωρήσεις . Το Πρωτόκολλο του Κιότο δέσμευσε τα βιομηχανικά κράτη να μειώσουν τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 79% κάτω από τα επίπεδα του 1990 έως το 2008-2012. Υποθέτοντας μία κανονική οικονομική μεγέθυνση, η προβολή αυτού του μεγέθους είναι περίπου 20-30% κάτω από τα επίπεδα των εκπομπών οι οποίες διαφορετικά θα συνέβαιναν τότε . Για την επίτευξη των μειώσεων επιτρέπονται πολλές ενέργειες , συμπεριλαμβανομένου και του εμπορίου των εκπομπών . Οι Ηνωμένες Πολιτείες και ένας αριθμός από άλλα κράτη δεν έχουν επικυρώσει αυτή τη συνθήκη, οι ΗΠΑ έχουν διασαφηνίσει ότι σημαντικές δεσμεύσεις για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου πρέπει επίσης να αναληφθούν και από τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Κατά την άποψή μας , οι Ηνωμένες Πολιτείες χρειάζεται να πρωτοστατήσουν στην υιοθέτηση μιας ενεργειακής πολιτικής η οποία δίνει έμφαση στη μείωση των εκπομπών άνθρακα . Η σημαντική δέσμευση για τη διατήρηση της ενέργειας και για τη γρήγορη ανάπτυξη της εμπορικής ηλεκτρικής ενέργειας θα έπρεπε να είναι οι ακρογωνιαίοι λίθοι για την εθνική πολιτική των Η.Π.Α. Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να αποδειχθεί αναγκαίο να δεσμεύεται το διοξείδιο του άνθρακα από τα αέρια των καμινάδων των σταθμών παραγωγής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα , και έπειτα να διοχετεύεται μέσα στη γη . Αν και δαπανηρό , αυτό θα ήταν ένας άμεσος και αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση των εκπομπών στην ατμόσφαιρα. Μία σημαντική διεθνής δέσμευση απαιτείται επίσης για τον έλεγχο των εκπομπών των ιχνο-αερίων.

Τέλος εμείς ως πολίτες θα έπρεπε να αγωνιστούμε για το σταμάτημα της αποψίλωσης των δασών και να ενθαρρύνουμε την αναδάσωση σε όλες τις χώρες του κόσμου και να εργαστούμε προς την κατεύθυνση του ελέγχου του πληθυσμού του πλανήτη. Το σημαντικότερο όμως να μπορούμε να μειώσουμε την ενέργεια που καταναλώνουμε, να μειώσουμε τα απόβλητα , να φυτεύουμε δένδρα τοπικά , και με τις καταναλωτικές μας πρακτικές μπορούμε να ενθαρρύνουμε την ανακύκλωση και την

υποκατάσταση προϊόντων σε όλους τους τομείς που σχετίζονται με τα αέρια του θερμοκηπίου. Θα έπρεπε ο καθένας να διατηρεί έντονο ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο θέμα , και να είναι προετοιμασμένος να το συζητήσει δημόσια.



Εικόνα7. Χάρτης αξιολόγησης των χωρών που υπέγραψαν το πρωτόκολλο

## 2) ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΛΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ, ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται όλοι οι αισθητήρες καθώς και τα περιφερειακά στοιχεία που αναζητήθηκαν για τη δημιουργία δύο συσκευών μέτρησης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα με ακρίβεια.

### 2.1) Αναζήτηση και επιλογή μελών συσκευής και περιφερειακών

Με σκοπό τη δημιουργία συσκευών μέτρησης διοξειδίου του άνθρακα(CO<sub>2</sub>) αναζητήθηκαν αισθητήρες μέτρησης, μικροεπεξεργαστές κώδικες και φυσικά τα απαραίτητα συνδεσμολογικά στοιχεία. Οι αισθητήρες και οι συσκευές παρατίθενται παρακάτω με τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες μέτρησης. Στην 1η κατηγορία ανήκουν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν υπέρυθρο αισθητήρα. Τα κύρια στοιχεία ενός αισθητήρα NDIR είναι μια πηγή υπέρυθρων (IR), ένας θάλαμος δειγματοληψίας ή ένας σωλήνας φωτός, ένα φίλτρο φωτός και ένας ανιχνευτής υπέρυθρων. Το φως IR κατευθύνεται μέσω του θαλάμου δείγματος προς τον ανιχνευτή. Παράλληλα υπάρχει ένας άλλος θάλαμος με ένα κλειστό αέριο αναφοράς, συνήθως άζωτο. Το αέριο στο θάλαμο δειγμάτων προκαλεί την απορρόφηση συγκεκριμένων μηκών κύματος σύμφωνα με το νόμο Beer-Lambert και η εξασθένιση αυτών των μηκών κύματος μετράται από τον ανιχνευτή για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αερίου. Ο ανιχνευτής έχει ένα οπτικό φίλτρο μπροστά του, το οποίο εξαλείφει όλο το φως εκτός από το μήκος κύματος που μπορούν να απορροφήσουν τα επιλεγμένα μόρια αερίου. Στην 2η κατηγορία ανήκουν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν ηλεκτροχημικό αισθητήρα. Οι μηχανισμοί εργασίας των ηλεκτροχημικών αισθητήρων αερίου περιβάλλοντος είναι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις (αντιδράσεις μείωσης οξειδωσης, ειδικότερα) εντός των αισθητήρων. Η αντίδραση μεταξύ του αισθητήρα και τα μόρια αερίου περιβάλλοντος παράγουν ένα ηλεκτρικό σήμα (ρεύμα) ανάλογο με τη συγκέντρωση του αερίου περιβάλλοντος. Με σαφείς τις μεθόδους μέτρησης, παρακάτω ακολουθούν οι συσκευές και οι αισθητήρες με όλα τα χαρακτηριστικά τους.

## 2.2) Αισθητήρες Μέτρησης CO<sub>2</sub>

Σκοπός της εργασίας μας είναι η μελέτη του CO<sub>2</sub> σε μονάδες ppm που βρίσκεται στη πόλη μας. Για το λόγο αυτό αναγκαία ήταν η κατασκευή δύο συσκευών που θα εξυπηρετήσουν το σκοπό μας. Οι δυο αυτές συσκευές θα αποτελούνται από διάφορα εξαρτήματα με κυριότερο έναν αισθητήρα που θα μετρά το διοξείδιο του άνθρακα(CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα. Πρώτο μας μέλημα ασφαλώς αποτέλεσε η επιλογή των κατάλληλων τέτοιων αισθητήρων. Παρακάτω παρουσιάζονται διάφοροι αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα.



- Αισθητήρας Gravity: Analog CO2 Gas



Εικόνα8. Αισθητήρας Analog CO2 Gas

- Αισθητήρας SCD30



Εικόνα9. Αισθητήρας SCD30

- Αισθητήρας Gravity: Analog Infrared



**Εικόνα10. Αισθητήρας Analog Infrared**

- Αισθητήρας MG811



**Εικόνα11. Αισθητήρας MG811**

- Αισθητήρας Gravity: UART Infrared CO2 Sensor



**Εικόνα12. Αισθητήρας UART Infrared CO2 Sensor**

Τα χαρακτηριστικά των παραπάνω αισθητήρων παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες. Τα κριτήρια με τα οποία επιλέξαμε τους αισθητήρες που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια ήταν η τιμή του κάθε αισθητήρα, αφού οι πόροι μας ήταν περιορισμένοι, η εύκολη σύνδεση και προσαρμογή σε διάφορους τύπους επεξεργαστών και βέβαια η άμεση διαθεσιμότητα στη χώρα μας. Παράλληλα, διαλέξαμε αισθητήρες με διαφορετικό τρόπο λειτουργίας(έναν υπέρυθρο και έναν ηλεκτροχημικό αισθητήρα) ώστε να βγάλουμε και συμπεράσματα όσον αφορά και τον τρόπο λειτουργίας ενός αισθητήρα.

### 2.3) Μέλη δεύτερης συσκευής

- 1) Αισθητήρας CO2 (Analog CO2 Gas Sensor)



**Εικόνα13. Αισθητήρας CO2 (Analog CO2 Gas Sensor)**

- Εύρος μετρήσεων : 350 ~ 10000rpm
- Σφάλμα μετρήσεων :  $\pm 50$ rpm
- Εύρος μετρήσεων θερμοκρασίας: 0~50 °C
- Εύρος μετρήσεων υγρασίας: 0 ~ 95 RH
- Χρόνος προθέρμανσης: 3 λεπτά
- Ηλεκτροχημικός αισθητήρας
- Τάση λειτουργίας : 5 V

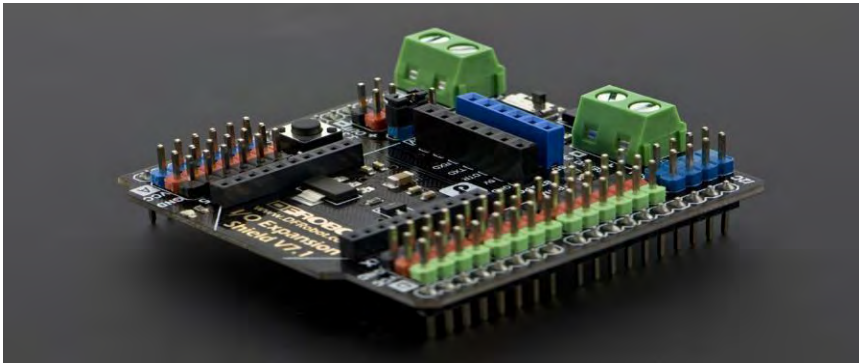
## 2) Πλακέτα WeMOS D1 R2 & mini



**Εικόνα14. Επεξεργαστής WeMOS D1 R2 & mini**

Χρησιμοποιήσαμε τον επεξεργαστή WeMOS D1 R2 & mini διότι συνδυάζει όλες τις απαραίτητες λειτουργίες και δυνατότητες για την σύνδεση με τον αισθητήρα. Διαθέτει wifi και έτσι εύκολα μας δίνει τη δυνατότητα να ανεβάζουμε τα αποτελέσματα μας στην φόρμα Google που έχουμε επιλέξει. Ταυτόχρονα μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί το Shield που παρουσιάζεται παρακάτω το οποίο θα μας διευκολύνει αρκετά στη σύνδεση μεταξύ επεξεργαστή και αισθητήρα.

## 3) Gravity: IO Expansion Shield for Arduino V7.1(DFR0265)



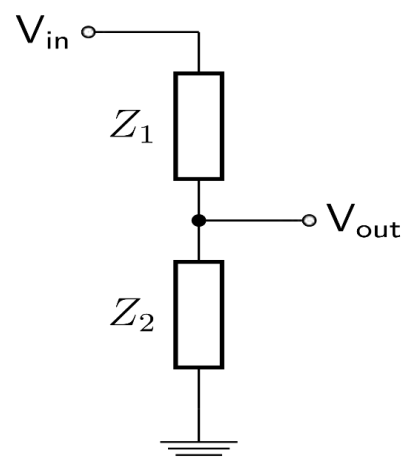
Εικόνα15. Gravity IO shield

## 4) Καλώδια Arduino

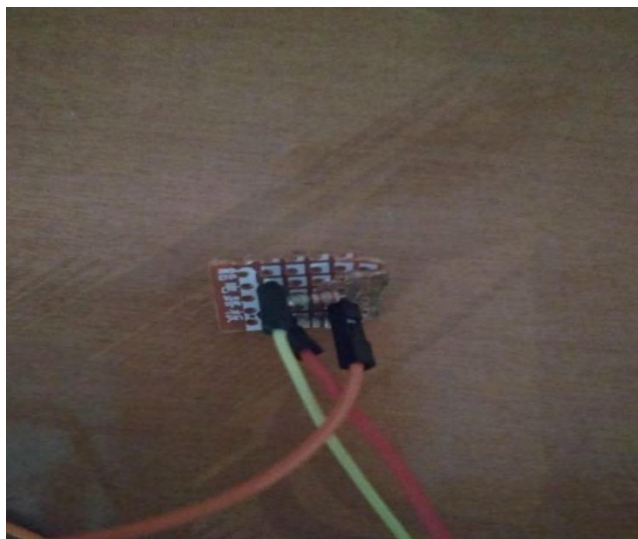


Εικόνα16. Καλώδια Arduino

## 5) Διαιρετής τάσης



Εικόνα17. Διάγραμμα διαιρέτη τάση

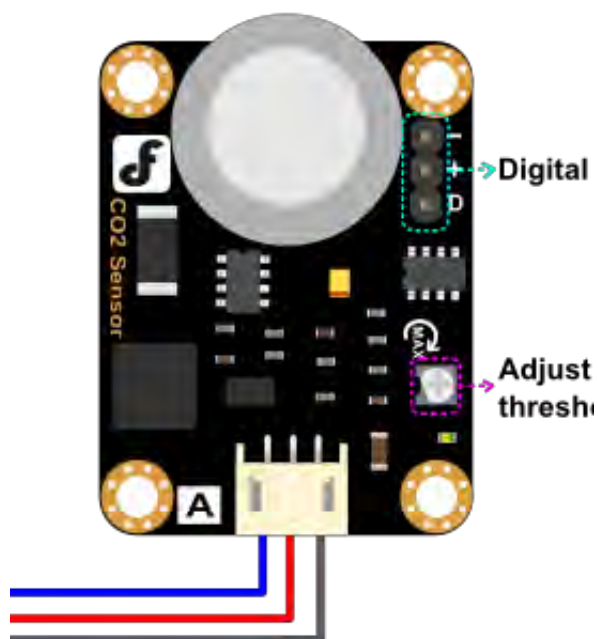


Εικόνα18. Διαρέτης τάσης

## 2.4) Στήσιμο και σύνδεση δεύτερης συσκευής

### Βήμα 1ο

Συνδέουμε στον αισθητήρα τα καλώδια που τον συνοδεύουν από τον κατασκευαστή



Εικόνα19. Διάγραμμα αισθητήρα

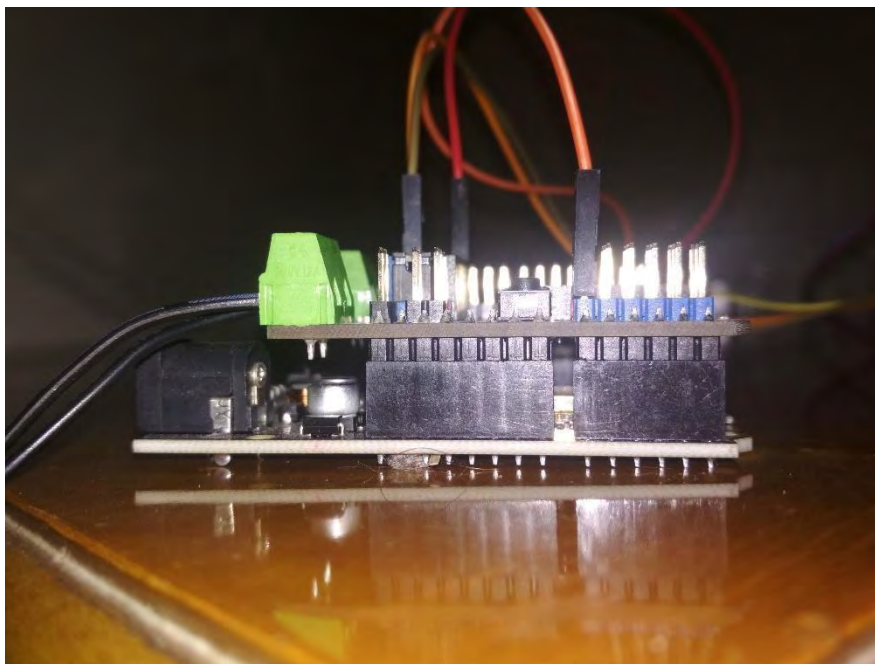
Το πρώτο καλώδιο που φαίνεται στην εικόνα με μπλε χρώμα είναι το Signal, το οποίο μας δίνει την αναλογική εξόδου του αισθητήρα.

Το δεύτερο καλώδιο με κόκκινο χρώμα είναι το VCC, το οποίο μας δίνει την τάση.

Και τέλος τρίτο καλώδιο με μαύρο χρώμα είναι το GND, το οποίο μας δίνει τη γείωση

### **Βήμα 2ο**

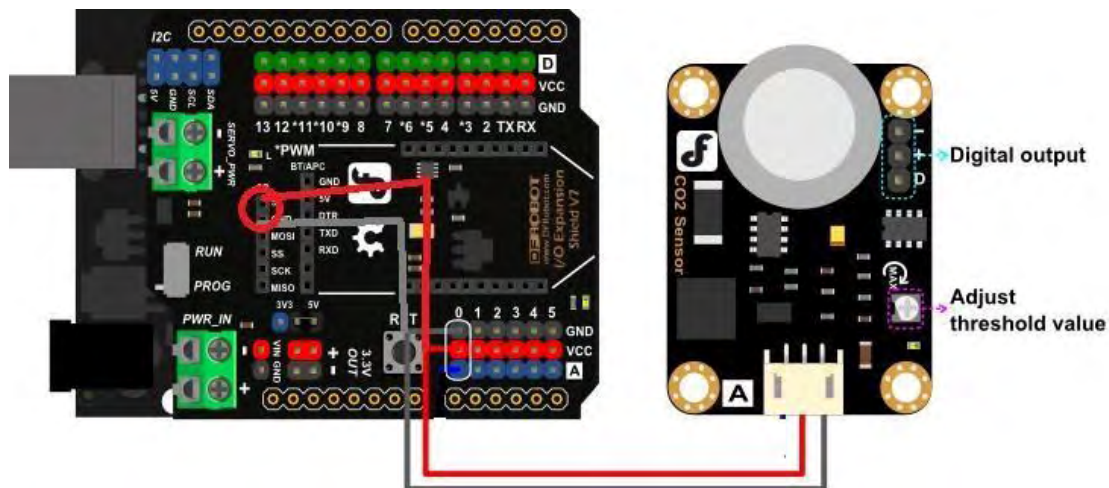
Συνδέουμε τον επεξεργαστή μας WeMOS D1 R2 & mini με το grove base shield μέσω των ακίδων στις εσοχές.



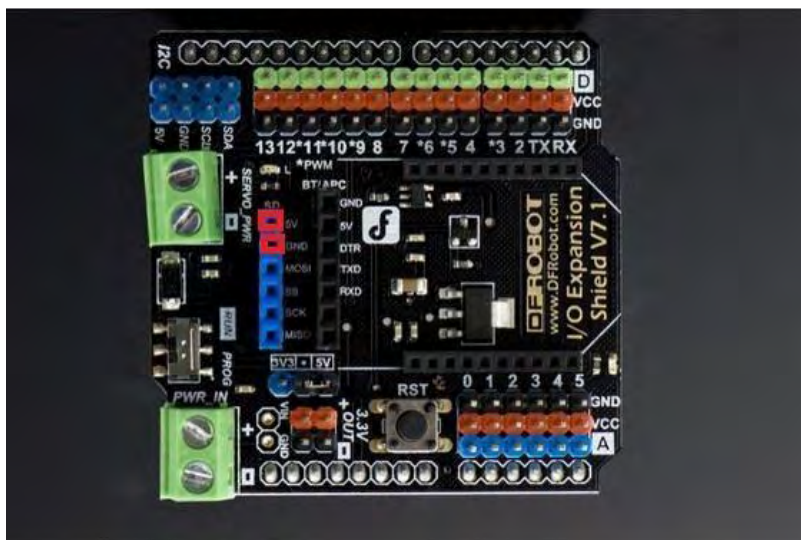
**Εικόνα20. Σύνδεση επεξεργαστή με shield**

### **Βήμα 3ο**

Συνδέουμε τα καλώδια του αισθητήρα στο grove base shield προσέχοντας τη θέση που θα τοποθετήσουμε το κάθε καλώδιο. Τοποθετούμε το καλώδιο τάσεως του αισθητήρα (μεσσαίο καλώδιο του αισθητήρα μας) στη θέση 5V στο grove base shield, ενώ το καλώδιο της γείωσης (μαύρο καλώδιο) το τοποθετούμε στη θέση GND στη shield κάτω ακριβώς από τη θέση που συνδέσαμε το καλώδιο τάσεως, όπως φαίνεται και στην εικόνα.



Εικόνα21. Σύνδεση αισθητήρα στο shield

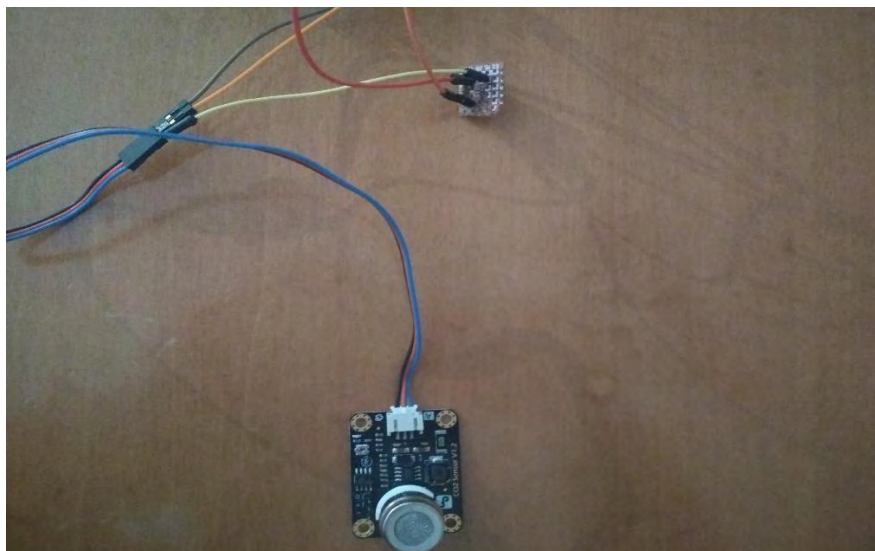


Εικόνα22. IO Expansion Shield

#### Βήμα 4ο

Συνδέουμε το καλώδιο της αναλογικής εξόδου του αισθητήρα(μπλε καλώδιο της εικόνας) στο διαιρέτη τάσεως.

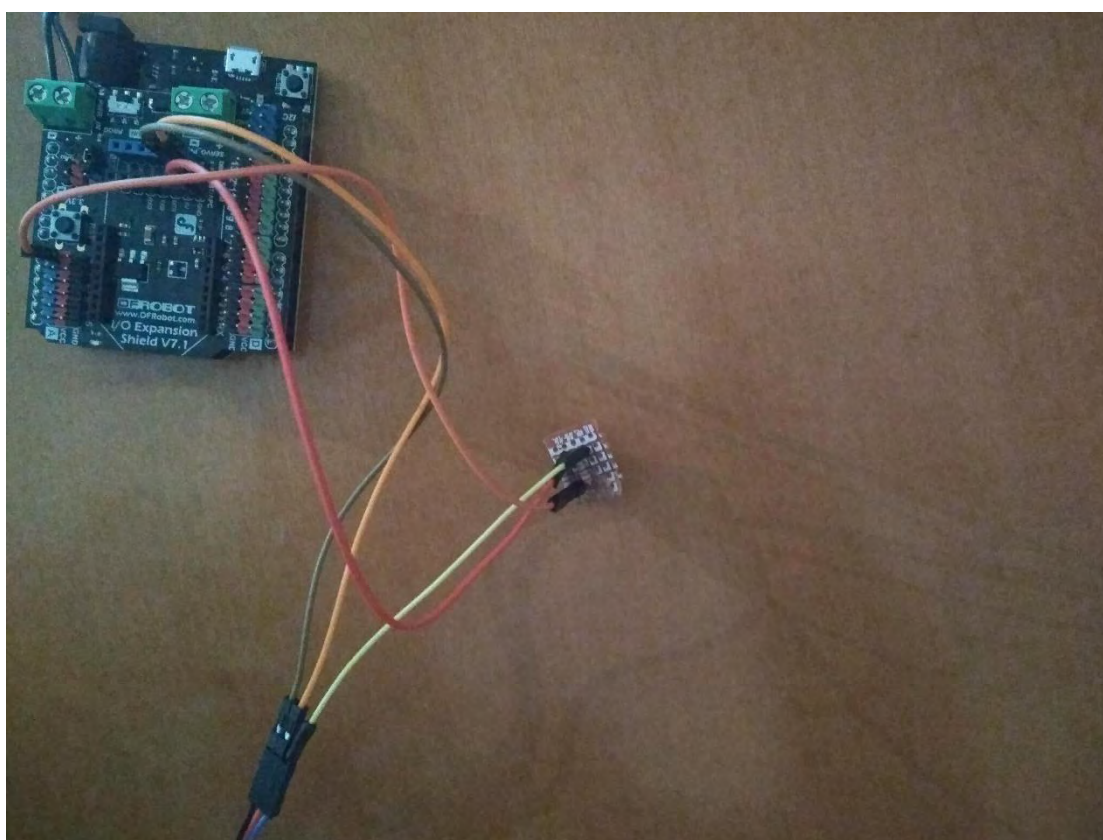




Εικόνα23. Σύνδεση αισθητήρα με διαιρέτη τάσεως

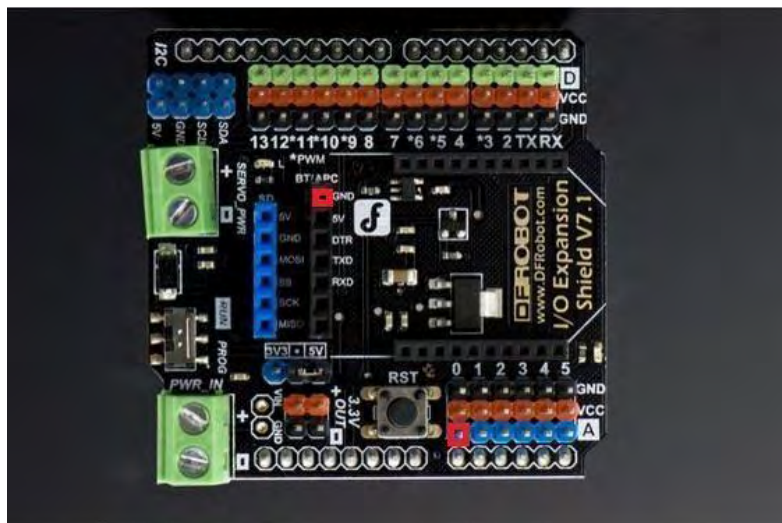
### Βήμα 5ο

Σύνδεση του grove base shield με τον διαιρέτη τάσεως.



Εικόνα24. Σύνδεση Shield με διαιρέτη τάσεως

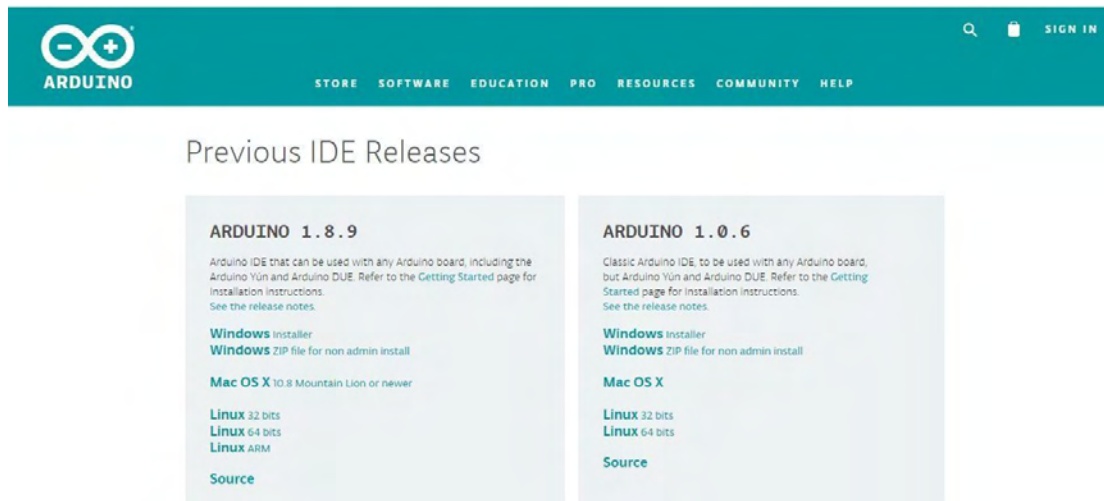
Συνδέουμε τη θέση A0 του grove base shield στο διαίρετη τάσεως, ενώ ταυτόχρονα συνδέουμε και μια ακόμα θύρα γείωσης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.



Εικόνα25. IO Expansion Shield

## 2.5) Προγραμματισμός δεύτερης συσκευής

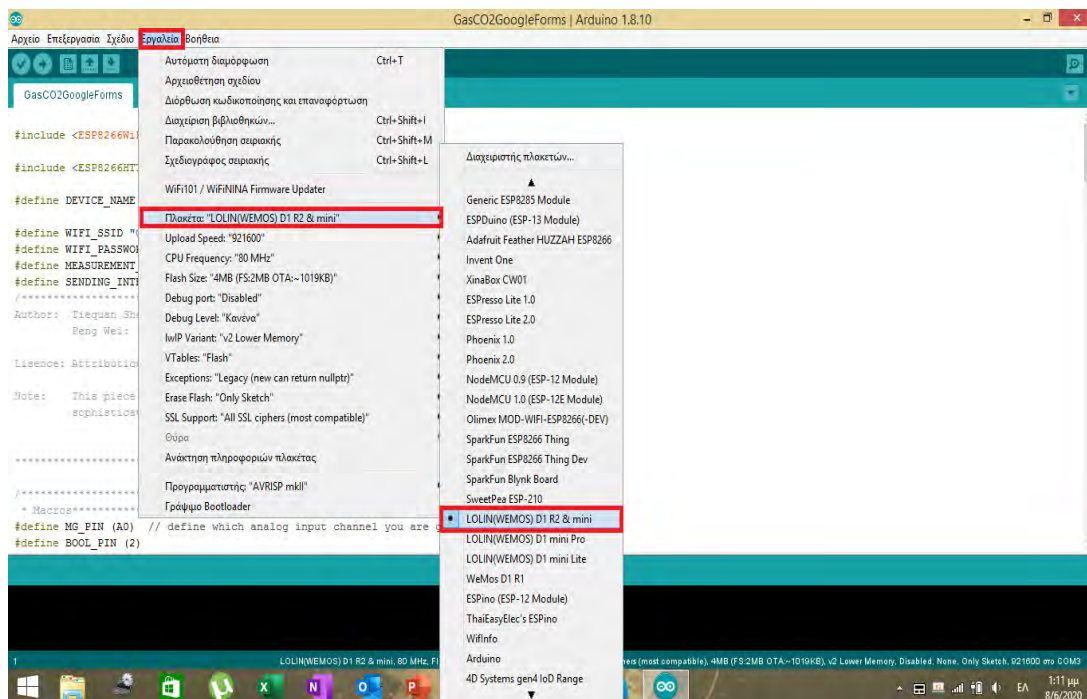
Κατεβάζουμε το λογισμικό Arduino 1.8.9 ή νεότερη έκδοση από την σελίδα <https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases> και το εγκαθιστούμε.



Εικόνα26. Εγκατάσταση λογισμικού Arduino

Συνδέουμε με το καλώδιο micro-usb τον μικροεπεξεργαστή με τον υπολογιστή μας από την USB θύρα.

Για τη σύνδεση του αισθητήρα με τον μικροεπεξεργαστή, από την καρτέλα εργαλεία στην επιλογή πλακέτα διαλέγουμε τον τύπο του μικροεπεξεργαστή που έχουμε χρησιμοποιήσει για το στήσιμο της συσκευής. Προσέχουμε ώστε να έχουμε επιλέξει τον σωστό τύπο πλακέτας.



**Εικόνα 27. Σύνδεση αισθητήρα gas-μικροεπεξεργαστή**

Στη συνέχεια δημιουργούμε μια φόρμα στην πλατφόρμα «GoogleForms» Οι ερωτήσεις μας στο ερωτηματολόγιο της φόρμας είναι με τη σειρά «Χρονική Σήμανση», «Sensor name» και η ένδειξη του διοξειδίου του άνθρακα σε ppm «CO<sub>2</sub> ppm».

Για την δημιουργία φόρμας απαντήσεων στην πλατφόρμα «GoogleForms» ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία.

1. Επισκεπτόμαστε την ιστοσελίδα <https://docs.google.com/forms/u/0/>

2. Δημιουργούμε λογαριασμό ή εισερχόμαστε στον λογαριασμό σε περίπτωση που διαθέτουμε.

Δημιουργούμε δύο κατηγορίες ερωτήσεων. Η μία θα είναι το SensorName και η δεύτερη θα είναι τα CO<sub>2</sub>. Σημαντικό είναι να ορίσουμε ως «Σύντομη Απάντηση» τον τύπο της απάντησης γιατί τα δεδομένα που θα στέλνουμε θα είναι σε μορφή string. Παρακάτω είναι το σχήμα με την δομή της φόρμας.

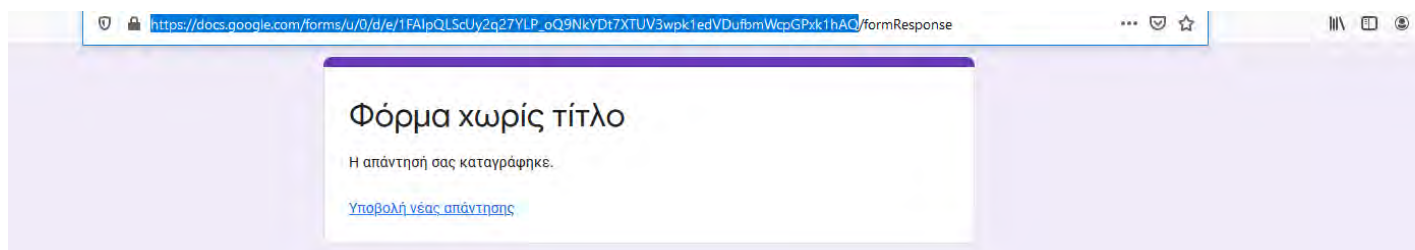
Εικόνα28. Δημιουργία Φόρμας

### 3. Συλλογή των id και url που απαιτούνται για τον κώδικα

Σε αυτό το βήμα στέλνουμε τη φόρμα στο mail για να πραγματοποιήσουμε μια απάντηση, πατάμε πάνω δεξιά το κουμπί Αποστολή. Ανοίγουμε το mail και πατάμε στο «**ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΦΟΡΜΑΣ**» το οποίο θα μας μεταφέρει στην εξής καρτέλα

Εικόνα29. Αποστολή απάντησης

Εδώ συμπληρώνουμε το όνομα του μετρητή (για παράδειγμα gas) και μία τιμή για το CO2 (για παράδειγμα 0). Στην συνέχεια πατάμε υποβολή και η σελίδα θα ανανεωθεί. Στο σημείο αυτό θα χρειαστεί να κρατήσουμε το url της απάντησης για να το εισάγουμε στην συνέχεια στον κώδικα. Προσοχή το url θα έχει στο τέλος formResponse, αυτήν την πληροφορία δεν την χρειαζόμαστε αλλά μόνο ότι υπάρχει πριν το formResponse.



Εικόνα30. url απάντησης

4. Το επόμενο βήμα είναι να επιστρέψουμε στην φόρμα που δημιουργήσαμε και να πατήσουμε ctrl+u. Στο σημείο αυτό μας μετέφερε στο source της φόρμας. Θα κατεβούμε κάτω στην σελίδα και θα βρούμε τα δύο id που χρειαζόμαστε για τον κώδικα. Το πρώτο id είναι για το SensorName και το δεύτερο για το CO2. Παρακάτω φαίνεται το σημείο που βρίσκονται τα δύο id που χρειαζόμαστε.

```
dp27T9VmuA", null, "148J6A_PoLG2zh7_3se9WeImF1YQJ8Jh2vGBI8fnLoc", {null, [{"439162472", "sensor name", null, 0, [{"601934629", null, 0]
```

Εικόνα 31. Id Sensor Name

```
143 ]
144 ]
145 ]
146 ]
147 ]
148 ]
149 ,null,null,null,[0,0]
150 ,null,null,null,48,[null,null,null,null,0]
151 ,null,null,null,null,[2]
152 ]
153 ,"/forms","Φόρμα χωρίς τίτλο",null,null,null,"0",null,0,0,"", "", 0,"e/1FAIpQLSdKmcNpAXqS2ydDq7CUnXhbWBTkusfh_ItinbO14lanxp478A",1,
154 ,12,0,"1a60bb551f255da7","andkrat@gmail.com",0,"[{"data":{"value":[]},"keyPath":{"syncMap","applicationFonts","6"},"s
155 ]
156 ]
157 ,["43796253", "Co2", null, 0, [{"1381511453", null, 0, null, [{"1", 9, [""]
158 ]
159 ]
160 ]
161 ]
---
```

Εικόνα 32. Id Co2

Η συσκευή μας θα προγραμματιστεί να μετρά 1 φορά ανά 30 δευτερόλεπτα (s) και ανά 3 λεπτά, να ανεβάζει τον μέσο όρο των μετρήσεων στην σελίδα μας με τα αποτελέσματα στον Google-Forms λογαριασμό μας. Για να το πετύχουμε όμως αυτό οφείλουμε να συνθέσουμε έναν νέο κώδικα συνδυάζοντας έτοιμα μοντέλα και γνώσεις. Αγοράζοντας τους παραπάνω αισθητήρες, η εταιρία προσφέρει την δυνατότητα για έναν κώδικα οποίος εμφανίζει στην οθόνη του υπολογιστή μας τις διάφορες μετρήσεις. Με την χρήση αυτών των προτύπων θα προχωρήσουμε, ωστόσο θα χρειαστούν κάποιες προσθήκες και τροποποιήσεις ώστε να προσαρμοστούν στην εκάστοτε συσκευή.

Ο κώδικας μας σε γλώσσα προγραμματισμού C++/Wiring στην τελική του μορφή παρουσιάζεται στο παράρτημα στο τέλος της εργασίας.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ο κώδικας προγραμματισμού της συσκευής προτάθηκε από τον κατασκευαστή και απλά συμπληρώσαμε κάποια σημεία ώστε η συσκευή μας να συνδέεται στο διαδίκτυο, να μετρά τις στιγμές που του ορίζουμε εμείς και να ανεβάζει τα αποτελέσματα στη πλατφόρμα που θέλουμε. Τα υπόλοιπα μέρη του κώδικα και συνεπώς η λειτουργία της συσκευής είναι καθορισμένα από τον κατασκευαστή.

### 3) ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση και ανάλυση των μετρήσεων που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου.

#### 3.1) Η πόλη του Βόλου

Ο Βόλος είναι πόλη της Θεσσαλίας, κτισμένη στον μυχό του Παγασητικού κόλπου και στους πρόποδες του βουνού των Κενταύρων, του Πηλίου. Αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες πόλεις και ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια της Ελλάδας.

Ο μόνιμος πληθυσμός της Δημοτικής Ενότητας Βόλου ανέρχεται σε 86.046 κατοίκους, σύμφωνα με την Απογραφή του 2011, ενώ ολόκληρο το πολεοδομικό συγκρότημα αριθμεί 125.248 κατοίκους. Ο πληθυσμός του διευρυμένου "Καλλικρατικού" Δήμου Βόλου ανέρχεται σε 144.449 κατοίκους.

Χαρακτηρίζεται από έντονες αστικές λειτουργίες, μια σημαντική παρουσία της βιομηχανίας και του τουρισμού, αλλά και από ένα αξιοσημείωτο αριθμό νέων ανθρώπων, κυρίως λόγω της ύπαρξης της πλειονότητας των τμημάτων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Πιο συγκεκριμένα στην περιοχή λειτουργούν ορισμένες μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, όπως το εργοστάσιο «Όλυμπος» της ΑΓΕΤ «Ηρακλής», η «Χαλυβουργία Ελλάδος» (πρώην Χαλυβουργία Θεσσαλίας), το εργοστάσιο ρητίνης PET της VPI, το εργοστάσιο χαλυβδόφυλλων της Κόντι, το εμφιαλωτήριο της ΕΨΑ, η ΕΥΡΗΚΑ με τα απορρυπαντικά, το εργοστάσιο βαριάς συντήρησης-ανακατασκευής του Ο.Σ.Ε., τα μπισκότα ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ κ.ά. Ωστόσο, η οικονομία του Βόλου στηρίζεται πλέον κατά κύριο λόγο στο εμπόριο, τις υπηρεσίες και τον τουρισμό, και κατά δεύτερο λόγο στην βιοτεχνία και την βιομηχανία.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν επιτακτική την ανάγκη μελέτης της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην περιοχή, ώστε να αντιμετωπιστούν έγκαιρα τυχόν αποκλίσεις κάποιων επιβλαβών ρύπων.

#### 3.2) Μετρήσεις

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν οι δύο συσκευές που παρουσιάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η περίοδος των μετρήσεων χωρίστηκε σε δύο περιόδους. Μεταξύ 11 με 18 Δεκεμβρίου σε δύο σημεία (Στο 1<sup>ο</sup> και στο 3<sup>ο</sup> σημείο όπως θα παρουσιαστούν στη συνέχεια) οι μετρήσεις έγιναν σε εσωτερικό χώρο. Και μεταξύ 15-23 Ιανουαρίου όπου οι μετρήσεις έγιναν εξωτερικά και στα τρία σημεία.

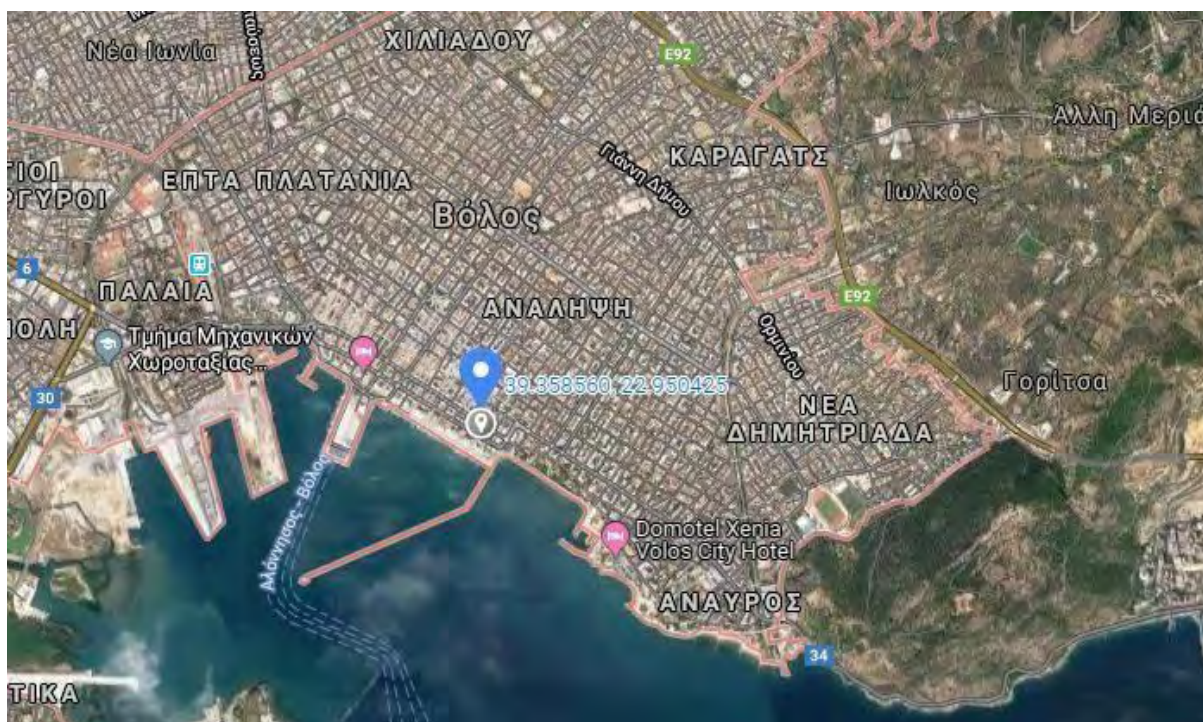
##### 3.2.1) Επιλογή σημείων

Προτεραιότητα μας ήταν να βρούμε σημεία που αντιμετωπίζουν το μεγαλύτερο πρόβλημα. Και κυρίως να μελετήσουμε τι γίνεται στο κέντρο της πόλης εκεί όπου ζει, εργάζεται και δραστηριοποιείται το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν τα εξής τρία σημεία.

### Σημείο 1°

Επί των οδών Δημητριάδος και Γαμβέτα

Το σημείο αυτό επελέγη διότι βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, δίπλα από τμήμα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επηρεάζεται επίσης αρκετά από την κίνηση των οχημάτων αφού η Δημητριάδος είναι ο κεντρικός δρόμος της πόλης



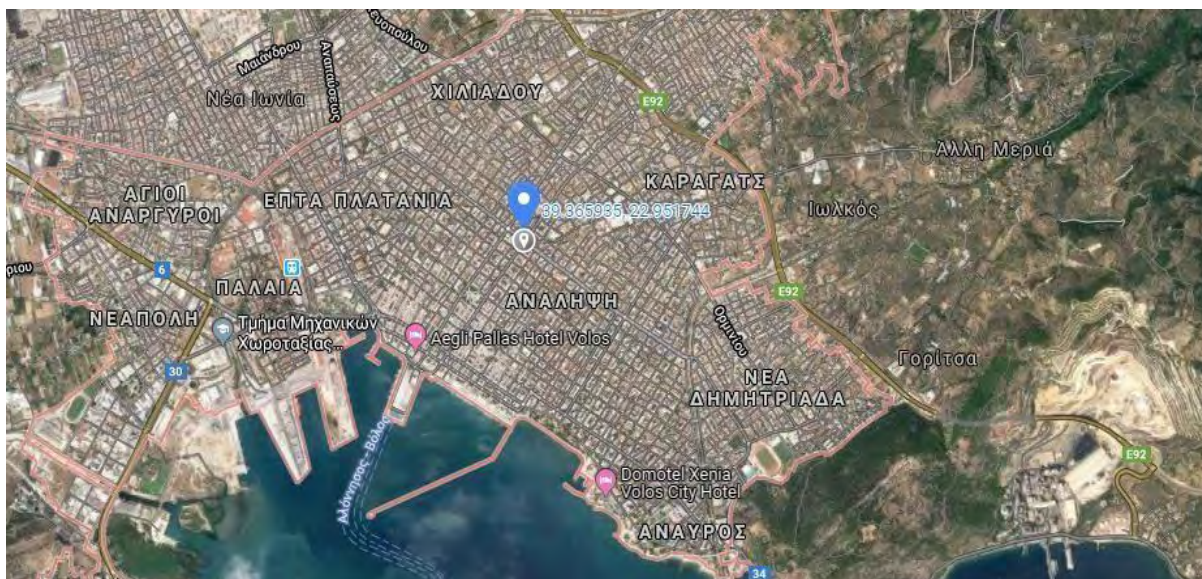
Εικόνα33. Χάρτης πρώτου σημείου

### Σημείο 2°

Επί των οδών Αναλήψεως με Κ. Κατάλη

Το σημείο αυτό είναι εξίσου πάνω σε ένας από τους πιο πολυσύχναστους δρόμους με έντονο κυκλοφοριακό πρόβλημα



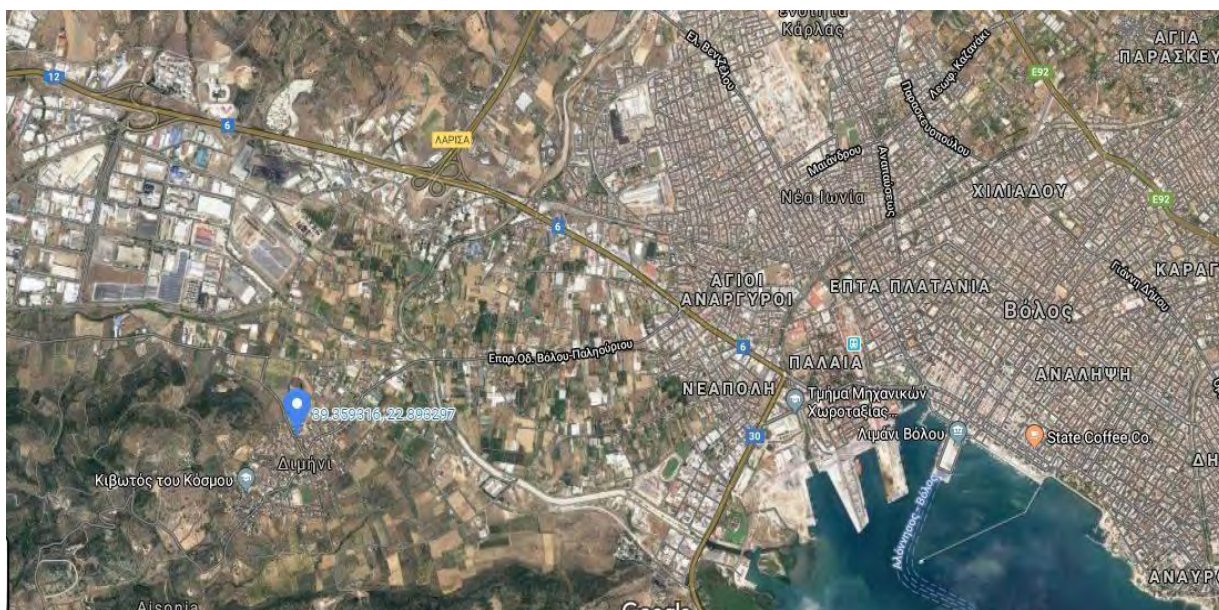


Εικόνα34. Χάρτης δεύτερου σημείου

Σημείο 3°

Διμήνι

Το Διμήνι βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου σε απόσταση μόλις έξι χιλιομέτρων από το κέντρο. Το βασικότερο κριτήριο που επιλέγει το σημείο αυτό είναι ότι ανήκει Α΄ ΒΙΠΕ της πόλης.



Εικόνα35. Χάρτης τρίτου σημείου

### 3.2.2) Μετρήσεις εσωτερικά

Στο πρώτο σημείο οι μετρήσεις ξεκίνησαν 11 Δεκεμβρίου 2019 και λειτούργησε για 2 ημέρες. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των μετρήσεων για κάθε μια από τις συσκευές ανά μία ώρα.

| <b>Ημερομηνία/<br/>Ωρα</b> | <b>Infrared</b> | <b>Gas</b> |
|----------------------------|-----------------|------------|
| 11/12/2019<br>5:00πμ       | 771,5           | 530,2      |
| 11/12/2019<br>6:00πμ       | 718,1           | 504,7      |
| 11/12/2019<br>7:00πμ       | 679,2           | 491,7      |
| 11/12/2019<br>8:00πμ       | 669,9           | 473,9      |
| 11/12/2019<br>9:00πμ       | 641,3           | 465,7      |
| 11/12/2019<br>10:00πμ      | 679,3           | 479,4      |
| 11/12/2019<br>11:00πμ      | 667,3           | 478,1      |
| 11/12/2019<br>12:00πμ      | 662,7           | 476,5      |
| 11/12/2019<br>13:00μμ      | 655,3           | 477,8      |
| 11/12/2019<br>14:00μμ      | 618,5           | 473,7      |
| 11/12/2019<br>15:00μμ      | 619,9           | 466,3      |
| 11/12/2019<br>16:00μμ      | 594,5           | 453,0      |
| 11/12/2019<br>17:00μμ      | 638,7           | 464,6      |
| 11/12/2019<br>18:00μμ      | 755,3           | 522,0      |
| 11/12/2019<br>19:00μμ      | 916,0           | 575,7      |
| 11/12/2019<br>20:00μμ      | 872,5           | 573,9      |

|            |        |       |
|------------|--------|-------|
| 11/12/2019 |        |       |
| 21:00μμ    | 870,5  | 578,3 |
| 11/12/2019 |        |       |
| 22:00μμ    | 922,6  | 588,1 |
| 11/12/2019 |        |       |
| 23:00μμ    | 938,7  | 596,3 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 00:00μμ    | 982,9  | 593,1 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 1:00πμ     | 941,6  | 585,1 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 2:00πμ     | 814,5  | 548,6 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 3:00πμ     | 846,9  | 580,0 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 4:00πμ     | 1229,3 | 786,8 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 5:00πμ     | 1262,9 | 818,7 |
| 12/12/2019 |        |       |
| 6:00πμ     | 1099,8 | 726,1 |

|            |       |       |
|------------|-------|-------|
| 12/12/2019 |       |       |
| 7:00πμ     | 909,9 | 618,1 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 8:00πμ     | 767,5 | 562,9 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 9:00πμ     | 719,0 | 518,3 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 10:00πμ    | 622,5 | 487,9 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 11:00πμ    | 596,5 | 462,9 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 12:00πμ    | 578,5 | 447,9 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 13:00μμ    | 585,8 | 472,7 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 14:00μμ    | 609,8 | 482,6 |
| 12/12/2019 |       |       |
| 15:00μμ    | 676,7 | 487,6 |

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| 12/12/2019 |        |        |
| 16:00μμ    | 651,2  | 493,1  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 17:00μμ    | 686,7  | 503,1  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 18:00μμ    | 688,0  | 509,4  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 19:00μμ    | 760,7  | 535,9  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 20:00μμ    | 784,3  | 548,2  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 21:00μμ    | 898,5  | 613,9  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 22:00μμ    | 984,8  | 652,0  |
| 12/12/2019 |        |        |
| 23:00μμ    | 911,3  | 625,3  |
| 13/12/2019 |        |        |
| 00:00μμ    | 931,4  | 636,7  |
| 13/12/2019 |        |        |
| 1:00πμ     | 972,1  | 647,3  |
| 13/12/2019 |        |        |
| 2:00πμ     | 899,1  | 622,4  |
| 13/12/2019 |        |        |
| 3:00πμ     | 794,5  | 723,8  |
| 13/12/2019 |        |        |
| 4:00πμ     | 847,5  | 1131,0 |
| 13/12/2019 |        |        |
| 5:00πμ     | 934,2  | 1036,7 |
| 13/12/2019 |        |        |
| 6:00πμ     | 850,1  | 1112,5 |
| 13/12/2019 |        |        |
| 7:00πμ     | 1073,6 | 1073,5 |
| 13/12/2019 |        |        |
| 8:00πμ     | 1157,2 | 1198,9 |

**Πίνακας1. Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εσωτερικό χώρο στο 1<sup>ο</sup> σημείο**

Οι επόμενες μετρήσεις έγιναν στο 3<sup>ο</sup> σημείο την περίοδο μεταξύ 15 με 18 Δεκεμβρίου. Παρουσιάζεται αναλυτικά ο πίνακας.

| <b>Ημερομηνία/<br/>Ωρα</b> | <b>Infrared</b> | <b>Gas</b> |
|----------------------------|-----------------|------------|
| 15/12/2019<br>8:00πμ       | 609,6           | 740,3      |
| 15/12/2019<br>9:00πμ       | 627,5           | 690,7      |
| 15/12/2019<br>10:00πμ      | 600,2           | 715,4      |
| 15/12/2019<br>11:00πμ      | 588,3           | 720,9      |
| 15/12/2019<br>12:00πμ      | 582,9           | 692,7      |
| 15/12/2019<br>13:00μμ      | 581,8           | 699,9      |
| 15/12/2019<br>14:00μμ      | 603,2           | 702,5      |
| 15/12/2019<br>15:00μμ      | 593,1           | 669,2      |
| 15/12/2019<br>16:00μμ      | 595,4           | 711,8      |
| 15/12/2019<br>17:00μμ      | 592,5           | 725,1      |
| 15/12/2019<br>18:00μμ      | 580,6           | 800,6      |
| 15/12/2019<br>19:00μμ      | 574,6           | 838,7      |
| 15/12/2019<br>20:00μμ      | 814,5           | 1064,7     |
| 15/12/2019<br>21:00μμ      | 863,9           | 1042,4     |
| 15/12/2019<br>22:00μμ      | 856,1           | 1000,2     |
| 15/12/2019<br>23:00μμ      | 770,2           | 912,4      |
| 15/12/2019<br>00:00μμ      | 774,8           | 828,1      |

|                       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|
| 16/12/2019<br>1:00πμ  | 772,5 | 847,1 |
| 16/12/2019<br>2:00πμ  | 761,3 | 875,4 |
| 16/12/2019<br>3:00πμ  | 732,1 | 833,5 |
| 16/12/2019<br>4:00πμ  | 784,8 | 848,8 |
| 16/12/2019<br>5:00πμ  | 790,6 | 854,8 |
| 16/12/2019<br>6:00πμ  | 807,8 | 855,5 |
| 16/12/2019<br>7:00πμ  | 720,8 | 815,6 |
| 16/12/2019<br>8:00πμ  | 681,6 | 733,5 |
| 16/12/2019<br>9:00πμ  | 666,9 | 698,4 |
| 16/12/2019<br>10:00πμ | 651,5 | 678,9 |
| 16/12/2019<br>11:00πμ | 624,4 | 651,9 |
| 16/12/2019<br>12:00πμ | 593,5 | 566,6 |
| 16/12/2019<br>13:00μμ | 601,9 | 499,6 |
| 16/12/2019<br>14:00μμ | 629,7 | 524,0 |
| 16/12/2019<br>15:00μμ | 637,4 | 601,2 |
| 16/12/2019<br>16:00μμ | 628,6 | 732,6 |
| 16/12/2019<br>17:00μμ | 612,6 | 639,8 |
| 16/12/2019<br>18:00μμ | 604,4 | 561,5 |
| 16/12/2019<br>19:00μμ | 591,9 | 465,9 |
| 16/12/2019<br>20:00μμ | 654,6 | 471,5 |

|                       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|
| 16/12/2019<br>21:00μμ | 606,6 | 542,0 |
| 16/12/2019<br>22:00μμ | 609,6 | 529,6 |
| 16/12/2019<br>23:00μμ | 681,3 | 581,9 |

|                       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|
| 16/12/2019<br>00:00μμ | 885,1 | 649,2 |
| 17/12/2019<br>1:00πμ  | 930,7 | 648,1 |

|                       |        |       |
|-----------------------|--------|-------|
| 17/12/2019<br>2:00πμ  | 1013,2 | 681,1 |
| 17/12/2019<br>3:00πμ  | 981,3  | 718,1 |
| 17/12/2019<br>4:00πμ  | 1015,4 | 688,7 |
| 17/12/2019<br>5:00πμ  | 1016,1 | 679,1 |
| 17/12/2019<br>6:00πμ  | 996,0  | 671,1 |
| 17/12/2019<br>7:00πμ  | 933,0  | 663,4 |
| 17/12/2019<br>8:00πμ  | 977,5  | 631,0 |
| 17/12/2019<br>9:00πμ  | 1089,3 | 629,2 |
| 17/12/2019<br>10:00πμ | 1093,8 | 675,5 |
| 17/12/2019<br>11:00πμ | 1105,4 | 687,9 |
| 17/12/2019<br>12:00πμ | 1113,5 | 661,9 |
| 17/12/2019<br>13:00μμ | 1049,7 | 658,2 |
| 17/12/2019<br>14:00μμ | 1044,6 | 652,8 |
| 17/12/2019<br>15:00μμ | 948,7  | 613,3 |

|                       |        |       |
|-----------------------|--------|-------|
| 17/12/2019<br>16:00μμ | 984,6  | 577,4 |
| 17/12/2019<br>17:00μμ | 1014,2 | 588,5 |
| 17/12/2019<br>18:00μμ | 982,3  | 631,8 |
| 17/12/2019<br>19:00μμ | 928,2  | 642,4 |
| 17/12/2019<br>20:00μμ | 783,7  | 590,4 |
| 17/12/2019<br>21:00μμ | 815,0  | 590,1 |
| 17/12/2019<br>22:00μμ | 822,2  | 582,9 |
| 17/12/2019<br>23:00μμ | 678,8  | 701,1 |
| 18/12/2019<br>1:00πμ  | 654,5  | 554,0 |
| 18/12/2019<br>2:00πμ  | 646,8  | 512,6 |
| 18/12/2019<br>3:00πμ  | 651,5  | 533,6 |
| 18/12/2019<br>4:00πμ  | 692,2  | 537,1 |
| 18/12/2019<br>5:00πμ  | 760,6  | 550,7 |
| 18/12/2019<br>6:00πμ  | 847,0  | 568,9 |
| 18/12/2019<br>7:00πμ  | 920,6  | 608,6 |
| 18/12/2019<br>8:00πμ  | 895,1  | 639,8 |
| 18/12/2019<br>9:00πμ  | 908,2  | 612,8 |
| 18/12/2019<br>10:00πμ | 803,2  | 624,4 |
| 18/12/2019<br>11:00πμ | 761,3  | 589,8 |
| 18/12/2019<br>12:00πμ | 723,4  | 554,1 |



|                       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|
| 18/12/2019<br>13:00μμ | 690,5 | 523,0 |
| 18/12/2019<br>14:00μμ | 634,9 | 490,6 |
| 18/12/2019<br>15:00μμ | 631,4 | 472,0 |
| 18/12/2019<br>16:00μμ | 660,5 | 463,2 |
| 18/12/2019<br>17:00μμ | 662,8 | 471,2 |

**Πίνακας2. Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εσωτερικό χώρο στο 2<sup>ο</sup> σημείο**

### 3.2.3) Μετρήσεις εξωτερικά

Στο πρώτο σημείο οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 15 με 19 Ιανουαρίου.

| Ημερομηνία/<br>Ωρα   | Infrared | Gas   |
|----------------------|----------|-------|
| 15/1/2020<br>18:00μμ | 631,3    | 655,0 |
| 15/1/2020<br>19:00μμ | 617,6    | 674,1 |
| 15/1/2020<br>20:00μμ | 580,1    | 685,3 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 15/1/2020<br>21:00μμ | 601,2 | 679,3 |
| 15/1/2020<br>22:00μμ | 652,7 | 679,3 |
| 15/1/2020<br>23:00μμ | 691,9 | 675,5 |
| 15/1/2020<br>00:00μμ | 616,6 | 659,5 |
| 16/1/2020<br>1:00πμ  | 589,8 | 648,9 |
| 16/1/2020<br>2:00πμ  | 443,7 | 630,8 |
| 16/1/2020<br>3:00πμ  | 455,7 | 615,4 |
| 16/1/2020<br>4:00πμ  | 490,3 | 608,4 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 16/1/2020<br>5:00πμ  | 447,2 | 610,3 |
| 16/1/2020<br>6:00πμ  | 588,5 | 618,0 |
| 16/1/2020<br>7:00πμ  | 585,2 | 629,2 |
| 16/1/2020<br>8:00πμ  | 646,9 | 634,7 |
| 16/1/2020<br>9:00πμ  | 621,7 | 642,5 |
| 16/1/2020<br>10:00πμ | 546,7 | 647,1 |
| 16/1/2020<br>11:00πμ | 557,9 | 639,0 |
| 16/1/2020<br>12:00πμ | 571,4 | 623,7 |
| 16/1/2020<br>13:00μμ | 626,2 | 618,9 |
| 16/1/2020<br>14:00μμ | 763,3 | 620,5 |
| 16/1/2020<br>15:00μμ | 681,7 | 642,9 |
| 16/1/2020<br>16:00μμ | 656,6 | 651,0 |
| 16/1/2020<br>17:00μμ | 673,0 | 656,5 |
| 16/1/2020<br>18:00μμ | 662,3 | 659,0 |
| 16/1/2020<br>19:00μμ | 705,9 | 655,5 |
| 16/1/2020<br>20:00μμ | 719,1 | 657,5 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 16/1/2020<br>21:00μμ | 688,4 | 650,7 |
| 16/1/2020<br>22:00μμ | 675,2 | 646,3 |
| 16/1/2020<br>23:00μμ | 587,4 | 648,2 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 16/1/2020<br>00:00μμ | 523,5 | 658,2 |
| 17/1/2020<br>1:00πμ  | 508,5 | 659,7 |
| 17/1/2020<br>2:00πμ  | 492,4 | 608,5 |
| 17/1/2020<br>3:00πμ  | 451,4 | 607,0 |
| 17/1/2020<br>4:00πμ  | 481,9 | 615,3 |
| 17/1/2020<br>5:00πμ  | 525,8 | 611,4 |
| 17/1/2020<br>6:00πμ  | 577,3 | 611,8 |
| 17/1/2020<br>7:00πμ  | 528,2 | 629,7 |
| 17/1/2020<br>8:00πμ  | 573,9 | 656,8 |
| 17/1/2020<br>9:00πμ  | 521,4 | 637,3 |
| 17/1/2020<br>10:00πμ | 488,5 | 623,5 |
| 17/1/2020<br>11:00πμ | 487,1 | 617,1 |
| 17/1/2020<br>12:00πμ | 484,5 | 618,5 |
| 17/1/2020<br>13:00μμ | 642,6 | 622,2 |
| 17/1/2020<br>14:00μμ | 680,8 | 629,3 |
| 17/1/2020<br>15:00μμ | 656,2 | 614,1 |
| 17/1/2020<br>16:00μμ | 635,1 | 610,5 |
| 17/1/2020<br>17:00μμ | 586,1 | 614,1 |
| 17/1/2020<br>18:00μμ | 729,1 | 614,4 |
| 17/1/2020<br>19:00μμ | 700,3 | 613,4 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 17/1/2020<br>20:00μμ | 693,4 | 609,1 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 17/1/2020<br>21:00μμ | 689,8 | 617,5 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 17/1/2020<br>22:00μμ | 686,7 | 638,5 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 17/1/2020<br>23:00μμ | 662,9 | 629,5 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 17/1/2020<br>00:00μμ | 546,6 | 625,0 |
|----------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>1:00πμ | 544,8 | 658,2 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>2:00πμ | 537,8 | 654,3 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>3:00πμ | 501,6 | 650,7 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>4:00πμ | 481,5 | 656,5 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>5:00πμ | 495,7 | 654,7 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>6:00πμ | 479,7 | 645,3 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>7:00πμ | 581,6 | 631,7 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>8:00πμ | 593,1 | 607,1 |
|---------------------|-------|-------|

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>9:00πμ | 701,3 | 614,3 |
|---------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>10:00πμ | 709,2 | 611,9 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>11:00πμ | 755,7 | 603,7 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>12:00πμ | 793,8 | 619,9 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>13:00μμ | 777,7 | 618,5 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>14:00μμ | 687,5 | 620,7 |
|----------------------|-------|-------|

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 18/1/2020<br>15:00μμ | 637,4 | 617,3 |
| 18/1/2020<br>16:00μμ | 633,2 | 605,3 |
| 18/1/2020<br>17:00μμ | 626,3 | 604,5 |
| 18/1/2020<br>18:00μμ | 521,5 | 598,7 |
| 18/1/2020<br>19:00μμ | 571,1 | 598,0 |
| 18/1/2020<br>20:00μμ | 583,4 | 603,1 |
| 18/1/2020<br>21:00μμ | 573,4 | 595,7 |
| 18/1/2020<br>22:00μμ | 565,2 | 586,6 |
| 18/1/2020<br>23:00μμ | 571,3 | 578,8 |
| 18/1/2020<br>00:00μμ | 561,9 | 584,9 |
| 19/1/2020<br>1:00πμ  | 565,5 | 574,9 |
| 19/1/2020<br>2:00πμ  | 494,9 | 586,1 |
| 19/1/2020<br>3:00πμ  | 475,3 | 600,3 |
| 19/1/2020<br>4:00πμ  | 517,8 | 630,9 |
| 19/1/2020<br>5:00πμ  | 530,7 | 634,4 |
| 19/1/2020<br>6:00πμ  | 569,0 | 639,1 |
| 19/1/2020<br>7:00πμ  | 502,6 | 623,5 |
| 19/1/2020<br>8:00πμ  | 528,0 | 610,1 |

**Πίνακας3. Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εξωτερικό χώρο στο 1<sup>ο</sup> σημείο**

Ακολούθησε το δεύτερο σημείο στο οποίο οι μετρήσεις έγιναν το διάστημα 19 με 21 Ιανουαρίου.

| Ημερομηνία/<br>Ωρα   | Infrared | Gas   |
|----------------------|----------|-------|
| 19/1/2020<br>16:00μμ | 528,2    | 658,9 |
| 19/1/2020<br>17:00μμ | 499,5    | 634,4 |
| 19/1/2020<br>18:00μμ | 485,9    | 621,1 |
| 19/1/2020<br>19:00μμ | 501,5    | 603,1 |
| 19/1/2020<br>20:00μμ | 578,4    | 590,9 |
| 19/1/2020<br>21:00μμ | 514,4    | 591,6 |
| 19/1/2020<br>22:00μμ | 477,0    | 602,3 |
| 19/1/2020<br>23:00μμ | 465,4    | 604,4 |
| 19/1/2020<br>00:00μμ | 490,7    | 614,9 |

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 20/1/2020<br>1:00πμ | 507,3 | 618,3 |
| 20/1/2020<br>2:00πμ | 523,4 | 618,4 |
| 20/1/2020<br>3:00πμ | 484,4 | 627,4 |
| 20/1/2020<br>4:00πμ | 505,1 | 627,0 |
| 20/1/2020<br>5:00πμ | 516,2 | 633,1 |
| 20/1/2020<br>6:00πμ | 573,5 | 622,1 |

|                     |       |       |
|---------------------|-------|-------|
| 20/1/2020<br>7:00πμ | 565,2 | 600,3 |
| 20/1/2020<br>8:00πμ | 476,6 | 589,6 |
| 20/1/2020<br>9:00πμ | 555,5 | 584,2 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 20/1/2020<br>10:00πμ | 501,2 | 580,8 |
| 20/1/2020<br>11:00πμ | 525,8 | 576,0 |
| 20/1/2020<br>12:00πμ | 535,9 | 569,6 |
| 20/1/2020<br>13:00μμ | 517,2 | 565,6 |
| 20/1/2020<br>14:00μμ | 471,7 | 569,2 |
| 20/1/2020<br>15:00μμ | 504,5 | 580,8 |
| 20/1/2020<br>16:00μμ | 460,1 | 571,2 |
| 20/1/2020<br>17:00μμ | 473,6 | 577,9 |
| 20/1/2020<br>18:00μμ | 491,5 | 582,4 |
| 20/1/2020<br>19:00μμ | 560,0 | 580,2 |
| 20/1/2020<br>20:00μμ | 596,4 | 578,5 |
| 20/1/2020<br>21:00μμ | 754,9 | 586,4 |
| 20/1/2020<br>22:00μμ | 633,1 | 584,1 |
| 20/1/2020<br>23:00μμ | 478,4 | 574,4 |
| 20/1/2020<br>00:00μμ | 518,8 | 561,8 |
| 21/1/2020<br>1:00πμ  | 510,9 | 568,7 |
| 21/1/2020<br>2:00πμ  | 495,5 | 572,2 |
| 21/1/2020<br>3:00πμ  | 567,2 | 577,8 |
| 21/1/2020<br>4:00πμ  | 506,8 | 576,5 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 21/1/2020<br>5:00πμ  | 524,9 | 591,8 |
| 21/1/2020<br>6:00πμ  | 553,5 | 599,2 |
| 21/1/2020<br>7:00πμ  | 522,9 | 604,5 |
| 21/1/2020<br>8:00πμ  | 521,1 | 604,6 |
| 21/1/2020<br>9:00πμ  | 580,6 | 597,6 |
| 21/1/2020<br>10:00πμ | 575,5 | 590,6 |
| 21/1/2020<br>11:00πμ | 543,4 | 584,5 |
| 21/1/2020<br>12:00πμ | 524,8 | 573,5 |
| 21/1/2020<br>13:00μμ | 594,9 | 574,7 |
| 21/1/2020<br>14:00μμ | 585,1 | 577,7 |
| 21/1/2020<br>15:00μμ | 552,4 | 576,4 |
| 21/1/2020<br>16:00μμ | 565,5 | 576,9 |
| 21/1/2020<br>17:00μμ | 531,6 | 574,9 |
| 21/1/2020<br>18:00μμ | 552,1 | 560,6 |
| 21/1/2020<br>19:00μμ | 505,7 | 558,7 |
| 21/1/2020<br>20:00μμ | 465,8 | 563,2 |
| 21/1/2020<br>21:00μμ | 519,2 | 561,9 |
| 21/1/2020<br>22:00μμ | 531,2 | 588,2 |
| 21/1/2020<br>23:00μμ | 519,3 | 594,1 |
| 21/1/2020<br>00:00μμ | 472,5 | 604,8 |



**Πίνακας4. Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εξωτερικό χώρο στο 2<sup>ο</sup> σημείο**

Τέλος στο τρίτο σημείο οι μετρήσεις έγιναν 21 με 23 Ιανουαρίου.

| <b>Ημερομηνία/<br/>Ώρα</b> | <b>Infrared</b> | <b>Gas</b> |
|----------------------------|-----------------|------------|
| 21/1/2020<br>22:00μμ       | 589,6           | 611,5      |
| 21/1/2020<br>23:00μμ       | 627,9           | 609,7      |
| 21/1/2020<br>00:00μμ       | 602,1           | 582,4      |
| 22/1/2020<br>1:00πμ        | 500,3           | 566,4      |
| 22/1/2020<br>2:00πμ        | 568,6           | 562,1      |
| 22/1/2020<br>3:00πμ        | 514,6           | 552,3      |
| 22/1/2020<br>4:00πμ        | 481,9           | 541,7      |
| 22/1/2020<br>5:00πμ        | 459,1           | 537,1      |
| 22/1/2020<br>6:00πμ        | 517,7           | 538,3      |
| 22/1/2020<br>7:00πμ        | 584,8           | 539,6      |
| 22/1/2020<br>8:00πμ        | 547,7           | 550,3      |
| 22/1/2020<br>9:00πμ        | 562,7           | 544,0      |
| 22/1/2020<br>10:00πμ       | 562,6           | 543,7      |
| 22/1/2020<br>11:00πμ       | 524,2           | 550,6      |
| 22/1/2020<br>12:00πμ       | 589,9           | 537,9      |
| 22/1/2020<br>13:00μμ       | 521,9           | 555,8      |
| 22/1/2020<br>14:00μμ       | 562,4           | 578,5      |
| 22/1/2020<br>15:00μμ       | 588,2           | 587,6      |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 22/1/2020<br>16:00μμ | 591,9 | 570,3 |
| 22/1/2020<br>17:00μμ | 648,9 | 544,9 |
| 22/1/2020<br>18:00μμ | 588,2 | 526,6 |
| 22/1/2020<br>19:00μμ | 565,1 | 520,5 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 22/1/2020<br>20:00μμ | 588,9 | 529,5 |
| 22/1/2020<br>21:00μμ | 746,8 | 535,8 |
| 22/1/2020<br>22:00μμ | 583,4 | 540,6 |
| 22/1/2020<br>23:00μμ | 504,2 | 541,3 |
| 22/1/2020<br>00:00μμ | 509,6 | 540,0 |
| 23/1/2020<br>1:00πμ  | 500,9 | 542,6 |
| 23/1/2020<br>2:00πμ  | 482,6 | 545,0 |
| 23/1/2020<br>3:00πμ  | 451,8 | 541,2 |
| 23/1/2020<br>4:00πμ  | 489,6 | 534,5 |
| 23/1/2020<br>5:00πμ  | 482,5 | 540,8 |
| 23/1/2020<br>6:00πμ  | 535,7 | 535,9 |
| 23/1/2020<br>7:00πμ  | 658,5 | 534,9 |
| 23/1/2020<br>8:00πμ  | 629,7 | 530,3 |
| 23/1/2020<br>9:00πμ  | 708,9 | 523,3 |
| 23/1/2020<br>10:00πμ | 742,3 | 513,5 |

|                      |       |       |
|----------------------|-------|-------|
| 23/1/2020<br>11:00πμ | 751,4 | 524,1 |
| 23/1/2020<br>12:00πμ | 754,4 | 538,6 |
| 23/1/2020<br>13:00μμ | 719,2 | 568,0 |
| 23/1/2020<br>14:00μμ | 695,3 | 622,5 |
| 23/1/2020<br>15:00μμ | 572,1 | 578,1 |
| 23/1/2020<br>16:00μμ | 554,6 | 572,1 |
| 23/1/2020<br>17:00μμ | 636,0 | 566,4 |
| 23/1/2020<br>18:00μμ | 606,2 | 557,6 |
| 23/1/2020<br>19:00μμ | 525,5 | 563,9 |
| 23/1/2020<br>20:00μμ | 543,5 | 565,2 |
| 23/1/2020<br>21:00μμ | 736,8 | 568,3 |
| 23/1/2020<br>22:00μμ | 613,4 | 568,2 |
| 23/1/2020<br>23:00μμ | 650,6 | 570,4 |
| 23/1/2020<br>00:00μμ | 585,2 | 569,8 |

**Πίνακας5. Μετρήσεις των δύο συσκευών σε εξωτερικό χώρο στο 3<sup>ο</sup> σημείο**

## 4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα συμπεράσματα που βγαίνουν από την μελέτη των μετρήσεων. Αυτά αφορούν, τόσο στην σύγκριση των δυνατοτήτων των δύο συσκευών όσο και στα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα της περιοχής.

### 4.1) Σύγκριση συσκευών

Όπως είδαμε σε παραπάνω κεφάλαιο, για την διεξαγωγή των μετρήσεων κατασκευάστηκαν δύο συσκευές. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιήσαμε είναι και οι δύο της εταιρίας DFRobot. Οι συνθήκες υπό τις οποίες έγιναν οι μετρήσεις ήταν κοινές, βρίσκονταν στην ίδια τοποθεσία και για τις ίδιες ακριβώς ώρες. Παράλληλα πληρούνταν οι προϋποθέσεις που ορίζει ο κατασκευαστής και αφορούν στις καιρικές συνθήκες, θερμοκρασία και υγρασία, με αποτέλεσμα να μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα.



Διάγραμμα1. Σύγκριση συσκευών

Συσκευή με αισθητήρα “infrared”

Ανταποκρίθηκε πλήρως στις απαιτήσεις των μετρήσεων. Είναι ικανή να δώσει γρήγορα και με σημαντική ακρίβεια μετρήσεις για την συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Τα αποτελέσματά που εμφανίζει είναι άξια εμπιστοσύνης τόσο σε ποιοτικό όσο και σε ποσοτικό επίπεδο με μεγάλα ποσοστά ευστάθειας. Φυσικά, πάντα πρέπει να συνυπολογίζεται και το σφάλμα για το οποίο ενημερώνει ο κατασκευαστής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς και επαγγελματικούς λόγους. Πρόκειται για μια εξαιρετική λύση, με ικανοποιητική σχέση ποιότητας και τιμής.

## Συσκευή με αισθητήρα “gas”

Έφερε σε πέρας την διαδικασία των μετρήσεων χωρίς κολλήματα. Είναι σε θέση να αποτυπώνει την διακύμανση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα χωρίς να ανταποκρίνεται ικανοποιητικά στις ποσοτικές μετρήσεις του, αφού έδειχνε ότι σταθεροποιείται σε μία τιμή, χωρίς να αντιλαμβάνεται πλήρως τις μεταβολές στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα. Παράλληλα, το φάσμα τιμών του αισθητήρα δεν μας επιτρέπει μετρήσεις σε χαμηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα. Είναι μια οικονομική λύση, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποιοτικές (όχι ποσοτικές) απεικονίσεις πειραμάτων που σχετίζονται με την συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

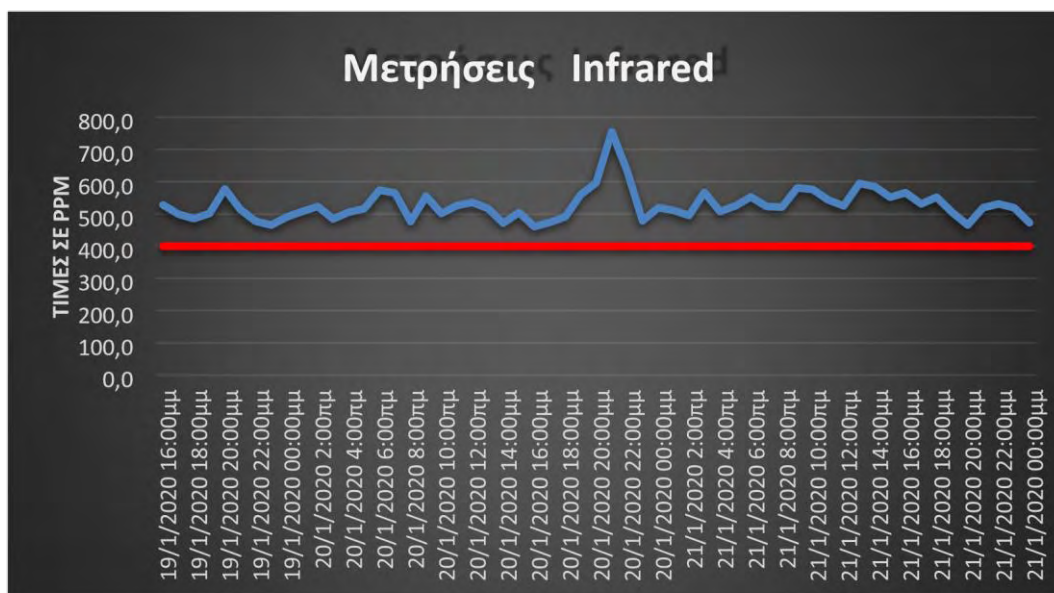
### 4.2) Ποιότητα αέρα στην πόλη του Βόλου.

Έπειτα από την σύγκριση των δύο συσκευών, και την ξεκάθαρη υπεροχή της συσκευής με τον αισθητήρα που του δώσαμε το όνομα infrared, αφού όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη ευαισθησία και με μεγαλύτερο εύρος τιμών, είναι σαφές πως θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκεκριμένης συσκευής για να εξάγουμε συμπεράσματα για την πόλη του Βόλου. Άλλωστε, κάτι τέτοιο προτείνει και η εταιρεία κατασκευής των αισθητήρων, με τον αισθητήρα που επιλέγουμε να αποτελεί μεταγενέστερο μοντέλο με μεγαλύτερη ακρίβεια και ευαισθησία. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και την Ευρωπαϊκή Ένωση, το ημερήσιο όριο για την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα τοποθετείται στα 400 ppm. Το σημείο αυτό απεικονίζεται και στα διαγράμματά μας με την κόκκινη γραμμή.



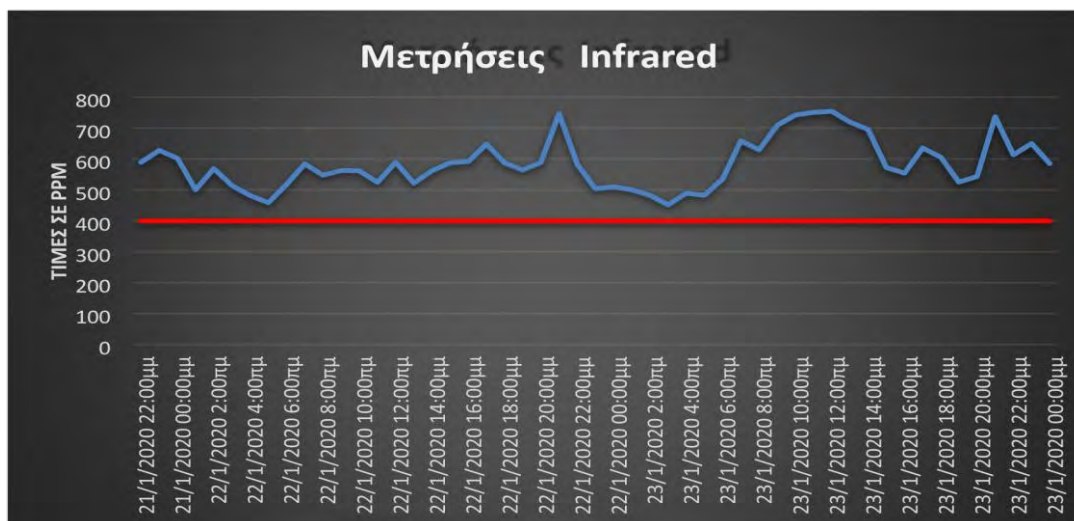
Διάγραμμα2. Μετρήσεις infrared στο 1<sup>ο</sup> σημείο

Σύμφωνα με τις μετρήσεις μας για στο πρώτο σημείο, παρατηρούμε πως ο μέσος όρος του είναι 593,1ppm. Βέβαια δεν πρέπει να ξεχνάμε τις συστάσεις του κατασκευαστή που ορίζουν σφάλμα  $\pm 50$  ppm. Παρατηρούμε πως οι μετρήσεις βρίσκονται πάνω από το όριο του επιτρεπτού. Παράλληλα, οι μετρήσεις παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση κατά τις ώρες αιχμής, κάτι αναμενόμενο δεδομένου της αυξημένης κίνησης που καταγράφεται εκείνες τις ώρες στο σημείο που επιλέξαμε. Οι συγκεκριμένες περιπτώσεις δεν μπορούν να αμεληθούν καθώς πρόκειται για καθημερινά επαναλαμβανόμενες καταστάσεις που επηρεάζουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Επίσης είναι εμφανές πως κατά τις ‘νεκρές’ με μειωμένη κίνηση ώρες τα επίπεδα συγκέντρωσης μειώνονται αρκετά φτάνοντας στο επιτρεπτό όριο.



**Διάγραμμα3. Μετρήσεις Infrared στο 2° σημείο**

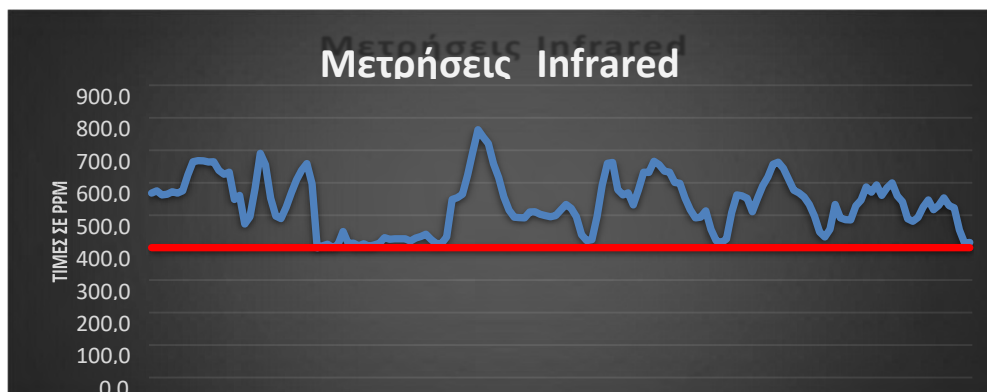
Στο δεύτερο σημείο διαβάζουμε πως τα επίπεδα συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα κινούνται αρκετά κοντά στο επιτρεπτό όριο με τον μέσο όρο να βρίσκεται στα **528,1ppm** . Παρατηρώντας αναλυτικότερα το διάγραμμα παρατηρούμε μία μεμονωμένη απότομη αύξηση που πιθανότατα οφείλεται σε κάποια ανθρώπινη δραστηριότητα η οποία εκτοξεύει τη μέση τιμή. Τα αποτελέσματα στο σημείο αυτό είναι αρκετά ενθαρρυντικά αν αναλογιστεί κανείς ότι σε ένα αρκετά πολυσύχναστο σημείο δεν παρουσιάζεται ιδιαίτερα μεγάλο πρόβλημα.



Διάγραμμα4. Μετρήσεις infrared στο 3<sup>ο</sup> σημείο

Στο τρίτο σημείο των μετρήσεων παρατηρούμε τον αισθητήρα να καταγράφει αρκετά μεγάλες και συχνές αυξομειώσεις με μέσο όρο στα **585.5ppm**. Αυτό οφείλεται και στην ιδιαιτερότητα της θέσης του σημείου μιας και βρίσκεται δίπλα από την βιομηχανική περιοχή. Κάτι τέτοιο έχει ως αποτέλεσμα οι μετρήσεις του αισθητήρα να επηρεάζονται αρκετά από τις εκπομπές των εργοστασίων και λιγότερο από την κίνηση οχημάτων που είναι ελάχιστη. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα καταγράφονται αρκετά υψηλές μετρήσεις χωρίς να αποτελούν μεμονωμένα περιστατικά αλλά συνεχόμενα και καθημερινά πράγμα που τις καθιστά ανησυχητικές.

Στο σημείο αυτό για να βγάλουμε ασφαλέστερα συμπεράσματα επιλέξαμε να πραγματοποιήσουμε περαιτέρω μετρήσεις σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου στο σημείο 2. με σκοπό να αποφύγουμε τυχαίες απότομες αυξομειώσεις να μην επηρεάσουν τα αποτελέσματα μας. Το παρακάτω διάγραμμα κατασκευάστηκε με μετρήσεις μιας εβδομάδος από 27/01 έως 04/02.



Διάγραμμα5. Μετρήσεις infrared στο 2<sup>ο</sup> σημείο

Στο παραπάνω διάγραμμα η μέση τιμή διοξειδίου του άνθρακα ανέρχεται στα 535 ppm. Παρατηρούμε πάλι το γεγονός ότι επαναλαμβάνεται μια μεγάλη αύξηση στις ώρες με αυξημένη κίνηση με τα επίπεδα να φτάνουν στην μέγιστη τιμή τους, ενώ τις υπόλοιπες ώρες τα επίπεδα φτάνουν το επιθυμητό όριο. Όπως και στις προηγούμενες μετρήσεις το γεγονός ότι τις περιόδους με αυξημένη κίνηση παρατηρούνται υψηλές, επαναλαμβανόμενες τιμές δεν αποτελεί τυχαίο φαινόμενο και εκείνες τις περιόδους εντοπίζεται το μεγαλύτερο πρόβλημα. Ωστόσο, ο μέσος όρος που παίρνουμε σαν αποτέλεσμα εξισορροπείται τις υπόλοιπες ώρες δίνοντας ένα ενθαρρυντικό αποτέλεσμα συνυπολογίζοντας το σφάλμα και την ακρίβεια του αισθητήρα.

Γενικό συμπέρασμα για την πόλη του Βόλου.

Ως συμπέρασμα των μετρήσεων που διενεργήθηκαν μπορούμε να πούμε πως ο ατμοσφαιρικός αέρας στη περιοχή του Βόλου, περιέχει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Οι τιμές ξεπερνούν κατά κύριο λόγο τα όρια που τίθενται από τους Διεθνείς Οργανισμούς. Το πρόβλημα εντοπίζεται κυρίως στο κέντρο της πόλης. Καταλυτικό ρόλο στον εκτροχιασμό της κατάστασης διαδραματίζει η ανθρώπινη δραστηριότητα. Η αύξηση του πληθυσμού και κατ' επέκταση των αναγκών του σε συνδυασμό με την αλόγιστη χρήση των οχημάτων έχουν δυσάρεστα αποτελέσματα, που δεν αφήνουν ανεπηρέαστο τον Βόλο.

#### 4.3) Τρόποι αντιμετώπισης

Το φαινόμενο της αύξησης της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα(CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα είναι πλέον παγκόσμιο και ιδιαίτερα ανησυχητικό, με τα επίπεδα να αυξάνονται διαδοχικά από έτος σε έτος, ενώ η άνοδος που καταγράφηκε τον τελευταίο χρόνο ήταν η δεύτερη μεγαλύτερη τα τελευταία 60 χρόνια. Η λήψη μέτρων για την βελτίωση της κατάστασης είναι πιο αναγκαία από ποτέ. Στην κατεύθυνση αυτή συγκεκριμένα τα μέτρα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ατομικό και σε συλλογικό επίπεδο.

Σε συλλογικό επίπεδο:

- Περιορισμός κατά 30% της βιομηχανικής-βιοτεχνικής δραστηριότητας ο οποίος θα αποδεικνύεται με στοιχεία μείωσης παραγωγής ή και κατανάλωσης καυσίμου, σε σχέση με το μέσο όρο λειτουργίας των προηγούμενων επτά ημερών. Εξαιρούνται οι μονάδες συνεχούς πυράς και οι μονάδες που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα.
- Ημέρα χωρίς αυτοκίνητο. Οι ημέρες χωρίς αυτοκίνητο είναι ένας πολύ καλός τρόπος για να ενθαρρύνει κανείς τους ανθρώπους να διερευνήσουν εναλλακτικούς τρόπους κυκλοφορίας στην πόλη. Πρόκειται για μια δράση που λαμβάνει χώρα σε πολλές πόλεις κατά τη διάρκεια της Ευρωπαϊκής Εβδομάδας Κινητικότητας, μια εκστρατεία που υποστηρίζεται από την



Ευρωπαϊκή Επιτροπή και διοργανώνεται κάθε Σεπτέμβριο. Το 2018 συμμετείχαν περισσότερες από 2 400 πόλεις από περισσότερες από 50 χώρες. Χάρη στην εκστρατεία, έχουν υιοθετηθεί περισσότερα από 8000 μόνιμα μέτρα, όπως η από κοινού χρήση οχημάτων (carpooling) και προγράμματα κοινής χρήσης ποδηλάτων.

- Ενθάρρυνση αγοράς ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Πέρα από την επιχορήγηση στις αγορές ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ιδανική θα ήταν η εισαγωγή πράσινων πινακίδων οι οποίες θα δίνονται σε όλα τα ηλεκτροκίνητα οχήματα και θα παρέχουν διάφορα προνόμια όπως επιστροφή μέρους του ΦΠΑ καθώς και ειδικές τιμές στα πάρκινγκ.
- Απαγόρευση κυκλοφορίας όλων των ΙΧ επιβατικών βενζινοκίνητων μη καταλυτικών, των ΙΧ πετρελαιοκίνητων και όλων των πετρελαιοκίνητων φορητών ιδιωτικής χρήσης στις περιοχές που θα καθορίζονται στην ανακοίνωση κήρυξης της εφαρμογής των βραχυπρόθεσμων μέτρων.
- Διακοπή της λειτουργίας των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης σε όλες τις δημόσιες υπηρεσίες, και κατ' επέκταση σε όλους τους εργασιακούς χώρους με εξαίρεση των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν αέρια καύσιμα. Μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας που χρησιμοποιείται από εργασιακούς χώρους αλλά και από τα νοικοκυριά αφορά τη θέρμανση. Τα τριπλά τζάμια που διατηρούν τη θερμότητα στο εσωτερικό της κατοικίας, η καλή μόνωση και οι στέγες που καλύπτονται με φυτά που αποθηκεύουν το νερό της βροχής και βοηθούν στη διατήρηση δροσιάς στα κτίρια είναι μόνο λίγοι από τους τρόπους μείωσης του αποτύπωμα του άνθρακα στα σπίτια, τα σχολεία και τα γραφεία μας.
- Κατασκευή κτιρίων, δρόμων και γεφυρών με σκυρόδεμα που θα αποτελείται από φτωχότερες ποσότητες τσιμέντου (βασικό υλικό του σκυροδέματος) αφού παράγει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα.
- Έλεγχος στις καύσεις στα τζάκια των σπιτιών κατά τους χειμερινούς μήνες.

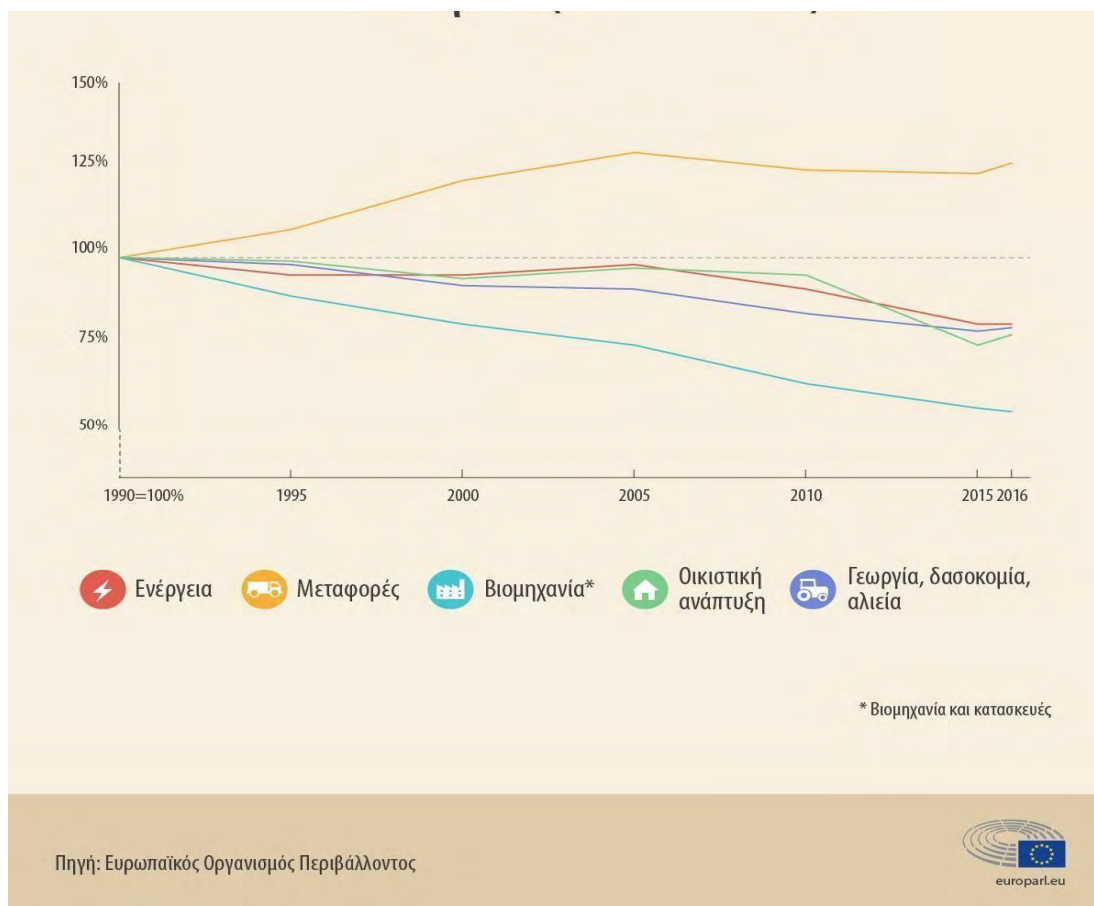
Σε ατομικό επίπεδο:

- Καθαρότερη μεταφορά: Περπάτησε, κάνε ποδήλατο ή χρησιμοποίησε τις δημόσιες συγκοινωνίες όποτε είναι δυνατόν. Προσπάθησε να μην παίρνεις το αεροπλάνο αν μπορείς.
- Ευφύεστερη χρήση ενέργειας: Μη θερμαίνεις τα δωμάτια περισσότερο από όσο είναι απαραίτητο. Χρησιμοποίησε ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες.
- Δείξε επιλεκτικότητα στις συσκευασίες: η πλαστική συσκευασία δημιουργεί πολλά απορρίμματα και είναι συχνά δύσκολο να ανακυκλωθεί. Προσπάθησε να αποφεύγεις τα συσκευασμένα προϊόντα και πάρε μια επαναχρησιμοποιήσιμη τσάντα για να μεταφέρεις τα ψώνια σου στο σπίτι.

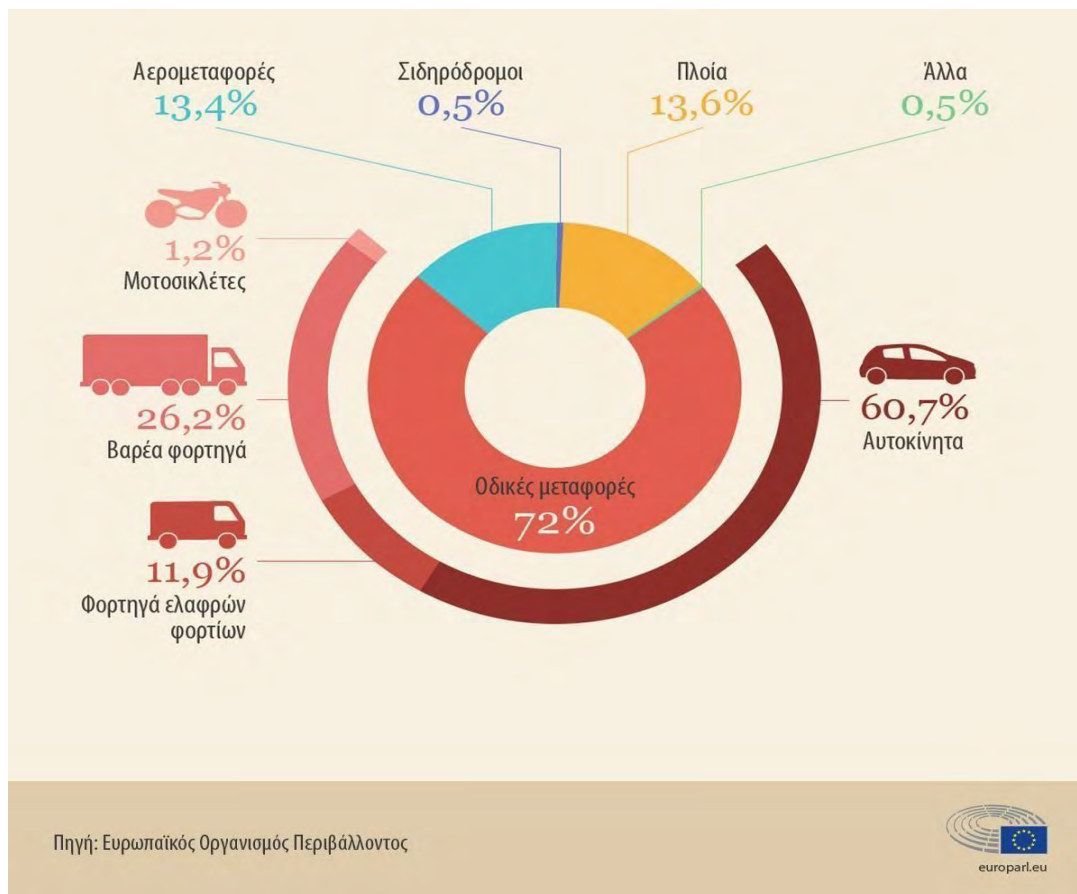
- Πράσινη διατροφή: Η κατανάλωση άφθονων φρούτων και λαχανικών και λιγότερου κρέατος είναι φιλική προς το κλίμα και υγιεινή. Μην τρως πολύ βόειο κρέας. Προσπάθησε να μην πετάς φαγητό.

Αν οι τρόποι αντιμετώπισης σε ατομικό επίπεδο χαρακτηριστούν ανούσιοι και όχι απαραίτητοι αρκεί να αναλογιστεί κάποιος ότι το μέσο αποτύπωμα άνθρακα ενός Ευρωπαίου είναι σχεδόν 7 τόνοι CO<sub>2</sub> κάθε χρόνο.

Στις προτάσεις για την βελτίωση της κατάστασης που παραθέσαμε παραπάνω καταλαβαίνει κανείς ότι το μεγαλύτερο κομμάτι αναφέρεται στις μεταφορές. Κάτι τέτοιο ωστόσο ήταν αναμενόμενο αφού οι μεταφορές ευθύνονται σχεδόν για το 30% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ΕΕ, από τις οποίες το 72% προέρχεται από τις οδικές μεταφορές. Παράλληλα, ο συγκεκριμένος τομέας είναι ο μοναδικός στον οποίο οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες του 1990. Ωστόσο, γίνεται αρκετά μεγάλη προσπάθεια ώστε να αλλάξει αυτό το γεγονός. Βασικός σύμμαχος, τα καινούρια αυτοκίνητα που παρουσιάζονται στην αγορά τα οποία χρησιμοποιούν ολοένα και περισσότερο φιλικά καύσιμα προς το περιβάλλον για την κίνηση τους, ενώ παράλληλα αυξάνονται συνεχώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στα οποία γίνονται αρκετές επενδύσεις.



**Εικόνα36. Εξέλιξη εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά τομέα**



Εικόνα37. Κατανομή εκπομπών CO2 στις μεταφορές

#### 4.4) Περιθώρια για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια κατασκευής και μέτρησης της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα στην πόλη του Βόλου. Σαφέστατα στο επόμενο βήμα της μπορεί η μελέτη της ποιότητας του αέρα να φέρει στο φως κι άλλες μετρήσεις που να οδηγούν σε νέα συμπεράσματα. Να ανακαλύψει διαφορετικές αιτίες ρύπανσης της ατμόσφαιρας της πόλης και να βοηθήσει στη βελτίωση της ζωής στον Βόλο. Γι' αυτό παραθέτουμε ορισμένες απ' τις δικές μας ιδέες για περαιτέρω έρευνα:

- Κατασκευή περισσότερων συσκευών και τοποθέτησή τους σε κομβικά σημεία για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα σε πραγματικό χρόνο για ολόκληρη την πόλη.
- Βελτίωση των δυνατοτήτων των συσκευών μέσω φίλτρων αποτελεσμάτων και χρησιμοποίηση μεταγενέστερων αισθητήρων με μεγαλύτερη ακρίβεια και ευαισθησία.
- Γεωγραφική απεικόνιση της διακύμανσης της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα.
- Κατασκευή συσκευών με περισσότερους αισθητήρες που θα μετρούν και άλλους ρύπους για έλεγχο της συνολικής ρύπανσης.

## Παράρτημα Α

APXH

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

```
#include <ESP8266HTTPClient.h>
```

```
#define DEVICE_NAME "gas"
```

```
#define WIFI_SSID "COSMOTE-062DC8"
```

```
#define WIFI_PASSWORD "vk7dKHeT6x63xV2F"
```

```
#define MEASUREMENT_INTERVAL 30000
```

```
#define SENDING_INTERVAL 180000
```

```
/******Demo for MG-811 Gas Sensor Module  
V1.1*****
```

```
Author: Tiequan Shao: tiequan.shao@sandboxelectronics.com
```

```
Peng Wei: peng.wei@sandboxelectronics.com
```

```
Lisence: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-  
NC-SA 3.0)
```

Note: This piece of source code is supposed to be used as a  
demostration ONLY. More

sophisticated calibration is required for industrial field  
application.

Sandbox

Electronics 2012-05-31

```

*****
*****/

/*****Hardware Related

* Macros*****/

#define MG_PIN (A0) // define which analog input channel you are
going to use

#define BOOL_PIN (2)

#define DC_GAIN (8.5) // define the DC gain of amplifier

/*****Software Related

* Macros*****/

#define READ_SAMPLE_INTERVAL \
    (50) // define how many samples you are going to take in normal
operation

#define READ_SAMPLE_TIMES \
    (5) // define the time interval(in milisecond) between each
samples in

        // normal operation

/*****Application Related

* Macros*****/

// These two values differ from sensor to sensor. user should
derermine this

// value.

#define ZERO_POINT_VOLTAGE \
    (0.279) // define the output of the sensor in volts when the
concentration of

```

```

        // CO2 is 400PPM

#define REACTION_VOLTAGE \
    (0.030) // define the voltage drop of the sensor when move the
    sensor from

        // air into 1000ppm CO2

/*****Globals*****/
*****/

// Changes according to the board, ESPXX has mostly 3.3
#define ANALOG_VOLTAGE 3.3
float CO2Curve[3] = {2.602,
ZERO_POINT_VOLTAGE,
                (REACTION_VOLTAGE / (2.602 - 3))};

// two points are taken from the curve.
// with these two points, a line is formed which is // "approximately
equivalent" to the original curve.

// data format: { x, y, slope }; point1: (lg400, 0.324), point2:
(lg4000, 0.280)

// slope = ( reaction voltage ) / (log400 -log1000)

// xronos gia na ksanaprospathisei na
// syndethei sto wifi int
TIME_DELAY_FOR_RECONNECT = 1000;

int
measurements[(int)(SENDING_INTERVAL
/MEASUREMENT_INTERVAL)]; int

```

```

currentMeasurement = 0; void
connectWifi() {
WiFi.disconnect();
  WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
} void setup()
{
  Serial.begin(9600);          // UART setup, baudrate =
9600bps  pinMode(BOOL_PIN, INPUT);    // set pin to input
digitalWrite(BOOL_PIN, HIGH); // turn on pullup resistors
Serial.print("MG-811 Demonstration\n");  connectWifi();  while
(WiFi.status()
!= WL_CONNECTED) {    delay(TIME_DELAY_FOR_RECONNECT);
  Serial.print(".");
}

  Serial.println(" connected");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {  while (WiFi.status() !=
WL_CONNECTED) {
delay(TIME_DELAY_FOR_RECONNECT);    connectWifi();

}  int percentage;  float
volts;  volts =

```

```

MGRead(MG_PIN);

    Serial.print("SEN0159:");

    Serial.print(volts);

Serial.print("V          ");
percentage = MGGetPercentage(volts,
CO2Curve);  Serial.print("CO2:");  if
(percentge == -1) {    Serial.print("<400");
//SendHTTPRequestWithValue(400);
measurements[currentMeasurement]=400;

    } else {

        //SendHTTPRequestWithValue(percentge);
measurements[currentMeasurement]=percentge;

        Serial.print(percentge);

    }

    Serial.print("ppm");  Serial.print("\n");
if
(digitalRead(BOOL_PIN)) {

    Serial.print("====BOOL is HIGH====");

    } else {

        Serial.print("====BOOL is LOW====");

    }    currentMeasurement++;

    Serial.print("\n");

if(currentMeasurement ==
(int)(SENDING_INTERVAL/MEASUREMENT_INTERVAL
)){    float measurementToSend = 0;

```



```

    for(int i = 0;i <
(int)(sizeof(measurements)/sizeof(measurements[0])); i++){
measurementToSend += measurements[i];

    }
measurementToSend =
measurementToSend/(sizeof(measurements)/sizeof(measurements[0]));
currentMeasurement = 0;
SendHTTPRequestWithValue(measurementToSend);
    }    delay(MEASUREMENT_INTERVAL);
}

/***** MGRead
***** Input:  mg_pin -
analog channel
Output:  output of SEN-00007
Remarks: This function reads the output of SEN-00007
*****
*****/ float MGRead(int
mg_pin) {  int i;  float v = 0;  for
(i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++) {
v += analogRead(mg_pin);
delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
    }  v = (v / READ_SAMPLE_TIMES) * ANALOG_VOLTAGE /
1024;  return v;
}

/***** MQGetPercentage
```

```
***** Input: volts - SEN-000007
output measured in volts pcurve - pointer to the curve of the
target gas Output: ppm of the target gas Remarks: By using the
slope and a point of the line. The
x(logarithmic value of ppm) of the line could be derived if y(MG-811
output) is provided. As it is a logarithmic coordinate, power of 10
is used to convert the result to non-logarithmic value.
```

```
*****
```

```
*****/ int MGGetPercentage(float
volts, float *pcurve) { if ((volts / DC_GAIN)
>= ZERO_POINT_VOLTAGE) { return -1; } else
{
return pow(10, ((volts / DC_GAIN) - pcurve[1]) / pcurve[2] +
pcurve[0]);
```

```
 } } void
```

```
SendHTTPRequestWithValue(float
concentration){
```

```
    HTTPClient http; //Declare object of class HTTPClient
```

```
    BearSSL::WiFiClientSecure client;
```

```
client.setInsecure();
```

```
http.begin(client, "https://docs.google.com/forms/u/0/d/e/1FA
```

```
IpQLSe4e bQgzjHTQmU2vJHa89Hs-fyJF-
```

```
U7auT_kmT6fAE207AzUQ/formResponse");
```

```
//Specify request destination
```

```
char valuesStr[200]; for(int i
```

```

= 0;i < 200; i++){
valuesStr[i] = '\0';

}

    sprintf(valuesStr,
"entry.757349141=%s&entry.1898666294=%.f",DEVICE_NAME,concentration)
;

    Serial.println(valuesStr);    http.addHeader("Content-
Type","application/x-wwwformurlencoded");    int httpCode =
http.POST(valuesStr);    //Send the request

    Serial.println(httpCode);

    String payload = http.getString();                //Get the
response payload    http.end(); //Close connection
}

```

ΤΕΛΟΣ

### Ανάλυση κώδικα

Ας δούμε τώρα αναλυτικά κάθε κομμάτι του κώδικα.

Οι δύο πρώτες εντολές (`#include <ESP8266WiFi.h>`) και (`#include`

`<ESP8266HTTPClient.h>`) αντίστοιχα με πριν τις χρησιμοποιούμε για να καλέσουμε κάποιες βιβλιοθήκες. Ορίζουμε στη συνέχεια τρεις μεταβλητές με το όνομα που δίνουμε στη συσκευή μας, το όνομα(SSID) του wifi στο οποίο θα συνδέσουμε τη συσκευή μας και το κωδικό του (password). Παράλληλα, θα ορίσουμε και κάθε πότε επιθυμούμε να μετρά η συσκευή μας (κάθε 30 δευτερόλεπτα) και να βγάζει τη μέση τιμή αυτών των μετρήσεων (κάθε 3 λεπτά). Ο χρόνος είναι σε μονάδες ms.

```
#define DEVICE_NAME "infrared"
```

```
#define WIFI_SSID "COSMOTE-062DC8"
```

```
#define WIFI_PASSWORD "vk7dKHeT6x63xV2F"
```

```
#define MEASUREMENT_INTERVAL 30000
```

```
#define SENDING_INTERVAL 180000
```

Έπειτα ακολουθεί το κυρίως μέρος του κώδικα το οποίο δανειζόμαστε από τον κατασκευαστή.

```
/******Demo for MG-811 Gas Sensor Module
V1.1*****
```

```
Author: Tiequan Shao: tiequan.shao@sandboxelectronics.com
```

```
Peng Wei: peng.wei@sandboxelectronics.com
```

```
Lisence: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-
NC-SA 3.0)
```

Note: This piece of source code is supposed to be used as a demonstration ONLY. More

sophisticated calibration is required for industrial field application.

Sandbox

Electronics 2012-05-31

```
*****
*****/
```

```
/******Hardware Related
```

```
* Macros*****/
```

```
#define MG_PIN (A0) // define which analog input channel you are
going to use
```

```
#define BOOL_PIN (2)
```

```
#define DC_GAIN (8.5) // define the DC gain of amplifier
```

```

/*****Software Related

* Macros*****/

#define READ_SAMPLE_INTERVAL \

    (50) // define how many samples you are going to take in normal
operation

#define READ_SAMPLE_TIMES \

    (5) // define the time interval(in milisecond) between each
samples in

        // normal operation

/*****Application Related

* Macros*****/

// These two values differ from sensor to sensor. user should
derermine this

// value.

#define ZERO_POINT_VOLTAGE \

    (0.279) // define the output of the sensor in volts when the
concentration of

        // CO2 is 400PPM

#define REACTION_VOLTGAE \

    (0.030) // define the voltage drop of the sensor when move the
sensor from

        // air into 1000ppm CO2
/*****Globals*****/
*****/

// Changes according to the board, ESPXX has mostly 3.3

#define ANALOG_VOLTAGE 3.3

float CO2Curve[3] = {2.602,

ZERO_POINT_VOLTAGE,

```

```

        (REACTION_VOLTAGE / (2.602 - 3));

// two points are taken from the curve.
// with these two points, a line is formed which is // "approximately
equivalent" to the original curve.

// data format: { x, y, slope }; point1: (lg400, 0.324), point2:
(lg4000, 0.280)

// slope = ( reaction voltage ) / ( log400 - log1000 )

```

Ακολουθεί το κομμάτι για το χρόνο σύνδεσης στο Wifi, της καταγραφής των μετρήσεων στους χρόνους που έχουμε υποδείξει και το ανέβασμα αυτών στη φόρμα της Google.

```

int TIME_DELAY_FOR_RECONNECT = 1000;  int
measurements[(int)(SENDING_INTERVAL/MEASUREMENT_INTERVAL)]; int
currentMeasurement = 0; void connectWifi() {
  WiFi.disconnect();
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
} void setup()
{
  Serial.begin(96
00);          //
UART          setup,
baudrate      =
9600bps
pinMode(BOOT_PI
N,           INPUT);

```

```

// set pin to
input
digitalWrite(B0
OL_PIN, HIGH);
// turn on
pullup
resistors
Serial.print("M
G-811
Demonstration\n"
);
connectWifi();
while
(WiFi.status()
!= WL_CONNECTED) {    delay(TIME_DELAY_FOR_RECONNECT);
    Serial.print(".");
}

Serial.println(" connected");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println(WiFi.localIP());
} void loop() { while (WiFi.status()
!= WL_CONNECTED) {
delay(TIME_DELAY_FOR_RECONNECT);
connectWifi(); } int

```

```

percentage;  float volts;

volts =
MGRead(MG_PIN);

  Serial.print("SEN0159:");

  Serial.print(volts);
Serial.print("V          ");
percentage = MGGetPercentage(volts,
CO2Curve);  Serial.print("CO2:");  if
(percentge == -1) {    Serial.print("<400");
//SendHTTPRequestWithValue(400);
measurements[currentMeasurement]=400;
  } else {
    //SendHTTPRequestWithValue(percentge);
measurements[currentMeasurement]=percentge;
    Serial.print(percentge);
  }
  Serial.print("ppm");
  Serial.print("\n");  if
(digitalRead(BOOL_PIN)) {
    Serial.print("====BOOL is HIGH====");
  } else {
    Serial.print("====BOOL is LOW====");
  }  currentMeasurement++;

Serial.print("\n");

if(currentMeasurement ==

```



```

(int)(SENDING_INTERVAL/MEASUREMENT_INTERVAL)){
float measurementToSend = 0;

    for(int i = 0;i <
(int)(sizeof(measurements)/sizeof(measurements[0])); i++){
measurementToSend += measurements[i];

    }
measurementToSend =
measurementToSend/(sizeof(measurements)/sizeof(measurements[0]));
currentMeasurement = 0;
SendHTTPRequestWithValue(measurementToSend);

    }    delay(MEASUREMENT_INTERVAL); }
void SendHTTPRequestWithValue(float
concentration){

    HTTPClient http;    //Declare object of class HTTPClient

    BearSSL::WiFiClientSecure client;

client.setInsecure();

http.begin(client,"https://docs.google.com/forms/u/0/d/e/1FAIpQLSe4e
bQgzjHTQmU2vJHa89Hs-fyJF-U7auT_kmT6fAE207AzUQ/formResponse");
//Specify request destination

char valuesStr[200];    for(int i
= 0;i < 200; i++){
valuesStr[i] = '\0';

    }

    sprintf(valuesStr,
"entry.757349141=%s&entry.1898666294=%.f",DEVICE_NAME,concentration)
;

```

```

    Serial.println(valuesStr);    http.addHeader("Content-
Type","application/x-wwwformurlencoded");    int httpCode =
http.POST(valuesStr);    //Send the request

    Serial.println(httpCode);

    String payload = http.getString();    //Get the
response payload    http.end();    //Close connection
}

```

Σημαντικό είναι να μην παραλείψουμε το κομμάτι του κώδικα που δίνεται ως σχόλιο στην αρχή με το οποίο διασφαλίζουμε ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ελεύθερα τον κώδικα και οποίες πληροφορίες δίνει ο κατασκευαστής.

```

/*****Demo for MG-811 Gas Sensor Module
V1.1*****/

```

Author: Tiequan Shao: [tiequan.shao@sandboxelectronics.com](mailto:tiequan.shao@sandboxelectronics.com)

Peng Wei: [peng.wei@sandboxelectronics.com](mailto:peng.wei@sandboxelectronics.com)

Lisence: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-NC-SA 3.0)

Note: This piece of source code is supposed to be used as a demonstration ONLY. More

sophisticated calibration is required for industrial field application.

Sandbox

Electronics 2012-05-31

```

*****
*****/

```

Γενική ιδέα του τρόπου λειτουργίας της συσκευής

Αρχικά ορίζουμε δύο μεταβλητές στις οποίες δίνουμε δύο ακραίες τιμές, μια μέγιστη και μια ελάχιστη( `#define ZERO_POINT_VOLTAGE\` και `#define REACTION_VOLTAGE \`).

Η ελάχιστη τιμή τάσεως που θα δώσουμε αντιστοιχεί σε συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα 400 ppm, ενώ η μέγιστη σε 1000 ppm. Μεταξύ αυτών των τιμών συγκέντρωσης δημιουργείται μια καμπύλη όπου για κάθε τιμή τάσεως αντιστοιχίζεται σε μια τιμή συγκέντρωσης σε ppm.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Wei Ying Yi, Kin Ming Lo, Terrence Mak, Kwong Sak Leung, Yee Leung and Mei Ling Meng , 2015 , "A survey of wireless sensor network based air pollution monitoring systems"
2. David CooperC. AlleyF.C, "Έλεγχος αέριας ρύπανσης, Σχεδιασμός Αντιρυπαντικής τεχνολογίας"
3. Ανδρίτσος Ν. 2019, Σημειώσεις: Τεχνολογίες Βιομηχανικής Αντιρρύπανσης Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
4. Παγκόσμιος οργανισμός υγείας
5. "Εισαγωγή στην ατμοσφαιρική Φυσική" Χρήστος Χαλδούπης
6. Χαρούλα Μελέτη, Σημειώσεις: Φυσική Ατμόσφαιρας και Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
7. "Κώδικας Πρακτικής για την Ποιότητα του Αέρα Εσωτερικού Χώρου" Διάταγμα του 2014
8. <https://www.arduino.cc/>
9. [https://wiki.dfrobot.com/CO2\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0159](https://wiki.dfrobot.com/CO2_Sensor_SKU_SEN0159)
10. [https://wiki.dfrobot.com/Gravity\\_Analog\\_Infrared\\_CO2\\_Sensor\\_For\\_Arduino\\_SKU\\_SEN0219](https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Infrared_CO2_Sensor_For_Arduino_SKU_SEN0219)
11. <https://www.co2.earth/>
12. [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/youth/docs/youth\\_magazine\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/youth/docs/youth_magazine_el.pdf)
13. <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20190313STO31218/ekpo-mpes-co2-poso-kathara-einai-ta-ilektrika-autokinita-grafima>
14. <https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20180305STO99003/oidrase-is-tis-ee-gia-tin-meiosi-ton-ekpompon-anthraka>