



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Μετρήσεις κατακόρυφης κατανομής αέριων ρύπων με χρήση
υπέρ ελαφρού UAV**



Συγγραφέας

Σούκουλη Κυριακή

ΑΜ: 14100

Επιβλέπων: Γεώργιος Χλούπης

Αθήνα, Μάρτιος 2023

Π.Α.Δ.Α – Σχολή Μηχανικών

Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής

Μετρήσεις κατακόρυφης κατανομής αέριων ρύπων με χρήση υπέρ ελαφρού UAV



UNIVERSITY OF WEST

ATTICA SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF SURVEYING AND GEOINFORMATICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Measurements of vertical distribution of gaseous pollutants using an ultralight UAV

Student name and surname:

Soukouli Kuriaki

Registration Number: 14100

Supervisor name and surname:

Hloupis George

Athens, March 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	ΧΛΟΥΠΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	Αναπληρωτής καθηγητής Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών	
	ΜΕΡΛΕΜΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	Επίκουρος καθηγητής Μηχανικών Τοπογραφίας & Γεωπληροφορικής	
	ΖΩΗΣ ΗΛΙΑΣ	Αναπληρωτής καθηγητής Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Σούκουλη Κυριακή του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 509141000227 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Σούκουλη Κυριακή



Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
Κατάλογος πινάκων.....	8
Κατάλογος εικόνων	8
1.Εισαγωγή.....	10
1.1 Αντικείμενο.....	10
1.2 Δομή	10
2. Θεωρητικό Μέρος	11
2.1.1 Ατμοσφαιρικοί ρύποι	11
2.1.2 Αναφορά κύριων ρύπων	11
2.1.3 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης	12
2.1.4 Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	13
2.2 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAV)	13
2.2.1 Η εξέλιξη των Drone	14
2.2.2 Κατηγοριοποίηση	15
2.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα drone	23
3. Πρακτικό Μέρος.....	24
3.1.1 Μετρήσεις διοξειδίου του άνθρακα CO ₂	24
3.1.2 Διαγράμματα διοξειδίου του άνθρακα CO ₂	25
3.1.3 Μετρήσεις μονοξειδίου του αζώτου NO.....	34
3.1.4 Διαγράμματα μονοξειδίου του αζώτου NO	36
3.1.5 Αποτελέσματα	44
4. Συμπεράσματα	44
Βιβλιογραφία	45

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι η εκτέλεση κατακόρυφων μετρήσεων με την χρήση ενός ιπτάμενου συστήματος , για την καταγραφή των αέριων ρύπων και τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που επικρατούν στην περιοχή αυτή. Στην συνέχεια αφού ληφθούν οι μετρήσεις από το ιπτάμενο σύστημα θα μπορούν να συγκριθούν με τις μετρήσεις του επίγειου σταθμού μέτρησης της περιοχής.

ABSTRACT

The subject of this diploma is the execution of vertical measurements using a flying system, to record the air pollutants and the temperature and humidity conditions that prevail in this area. Then after the measurements are taken from the flying system they can be compared with the measurements of the ground measuring station of the area.

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.1 - Μετρήσεις CO₂ σε ppm

Πίνακας 3.2 - Μετρήσεις NO σε ppm

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.1 - Κατανομή των πρωτογενών αερίων ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα

Εικόνα 2.2 - Parrot AR Drone

Εικόνα 2.3 - Στρατιωτικό drone 'Πήγασος II'

Εικόνα 2.4 - WU-14

Εικόνα 2.5 - IAI Harpy

Εικόνα 2.6 - Reaper

Εικόνα 2.7 - Ψεκασμοί με drone σε καλλιέργειες

Εικόνα 2.8 - Πτήση drone για φωτογράφιση

Εικόνα 2.9 - Παρακολούθηση δασική πυρκαγιάς με drone

Εικόνα 2.10 - Παρακολούθηση κατασκευών με drone

Εικόνα 2.11 - Τηλεπικοινωνίες και drone

Εικόνα 2.12 - Drone σταθερής πτέρυγας

Εικόνα 2.13 - Drone περιστρεφόμενων στροφείων με αισθητήρα που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη των μετρήσεων

Εικόνα 3.1 - Πρώτη μέρα μετρήσεων

Εικόνα 3.2 - Δεύτερη μέρα μετρήσεων

Εικόνα 3.3 - Τρίτη μέρα μετρήσεων

Εικόνα 3.4 - Τέταρτη μέρα μετρήσεων

Εικόνα 3.5 - Πέμπτη μέρα μετρήσεων

Εικόνα 3.6 - Έκτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.7 - Έβδομη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.8 - Όγδοη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.9 - Ένατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.10 - Δέκατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.11 - Ενδέκατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.12 - Δωδέκατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.13 - Δέκατη τρίτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.14 - Δέκατη τέταρτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.15 - Πρώτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.16 - Δεύτερη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.17 - Τρίτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.18 - Τέταρτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.19 - Πέμπτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.20 - Έκτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.21 - Έβδομη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.22 - Όγδοη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.23 - Ένατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.24 - Δέκατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.25 - Ενδέκατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.26 - Δωδέκατη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.27 - Δέκατη τρίτη μέρα μετρήσεων
Εικόνα 3.28 - Δέκατη τέταρτη μέρα μετρήσεων

1.Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει στόχο τις μετρήσεις αέριων ρύπων με χρήση UAV αλλά και την σύγκριση των μετρήσεων με επίγειους σταθμούς της περιοχής. Συγκεκριμένα αφού λήφθηκαν οι μετρήσεις από το ιπτάμενο όχημα αλλά και από τον επίγειο σταθμό, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση τους και η τελική αξιολόγηση του κατά πως είναι δυνατόν ένα UAV να χρησιμοποιηθεί για τέτοιου τύπου μετρήσεις.

1.2 Δομή

Η παρούσα εργασία αποτελείται από τρία κεφάλαια

- Το θεωρητικό μέρος που περιέχει πληροφορίες για το ηλεκτρονικό κομμάτι αλλά και για τους ρύπους της ατμόσφαιρας
- Το πρακτικό μέρος που περιέχει την επεξεργασία των μετρήσεων
- συμπεράσματα των μετρήσεων

2. Θεωρητικό Μέρος

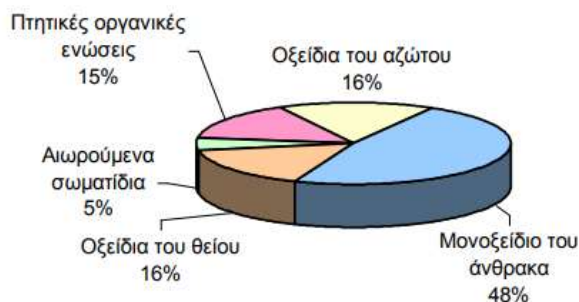
2.1.1 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Ρύπος είναι η ουσία που εκπέμπεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα ή προκύπτει από την αλληλεπίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας με το οικοσύστημα και η οποία επιφέρει άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στην ευεξία και υγεία του ανθρώπου και όλων των έμβιων οργανισμών.[1] Οι ρύποι μπορούν να ταξινομηθούν σε πρωτογενείς ή δευτερογενείς. Συνήθως, οι πρωτογενείς ρύποι είναι ουσίες που σχηματίζονται και στην συνέχεια εκπέμπονται στο περιβάλλον απευθείας από μια διεργασία, όπως για παράδειγμα η τέφρα από μια ηφαιστειακή έκρηξη, το αέριο μονοξείδιο του άνθρακα από τα καυσαέρια ή το διοξείδιο του θείου που απελευθερώνεται από τα εργοστάσια. Οι δευτερογενείς ρύποι δεν εκπέμπονται απευθείας. Αντίθετα, σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα, όταν οι πρωταρχικοί ρύποι αντιδρούν ή αλληλεπιδρούν. Ένα σημαντικό παράδειγμα δευτερογενούς ρύπου είναι το όζον του εδάφους το οποίο και συνιστά ένα από τους πολλούς δευτερογενείς ρύπους που συνθέτουν το φωτοχημικό νέφος.[2]

2.1.2 Αναφορά κύριων ρύπων

Οι κύριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι αυτοί που συναντώνται συχνότερα στην ατμόσφαιρα και επιδρούν σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Μερικοί από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι:[3]

- το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- το διοξείδιο του θείου (SO₂)
- το μονοξείδιο του αζώτου (NO)
- το όζον (O₃)
- τα αιωρούμενα σωματίδια (PM)
- οι υδρογονάνθρακες και τα παράγωγα τους (HC)
- τα βαρέα μέταλλα



Εικόνα 2.1 - Κατανομή των πρωτογενών αερίων ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα[4]

2.1.3 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν είναι η ίδια παντού. Στην ατμόσφαιρα εκλύονται διάφοροι ρύποι που προέρχονται από ένα ευρύ φάσμα πηγών, συμπεριλαμβανομένων της βιομηχανίας, των μεταφορών, της γεωργίας, της διαχείρισης των αποβλήτων και των νοικοκυριών. Ορισμένοι ατμοσφαιρικοί ρύποι εκλύονται επίσης από φυσικές πηγές.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:[5]

- Τα ηφαίστεια (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια (PM), διοξείδιο του θείου (SO_2), υδρόθειο (H_2S) και μεθάνιο (CH_4)).
- Οι πυρκαγιές δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια (PM), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)).
- Η αποσάθρωση του εδάφους (συμπεριλαμβάνεται η άμμος από τη Σαχάρα) (αιωρούμενα σωματίδια (PM)).
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως χλωριούχο νάτριο (NaCl) και θειικά άλατα).
- Βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες (HC), αμμωνία (NH_3) και υδρόθειο (H_2S)).
- Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες (HC))

Οι κύριες πηγές εκπομπής ανθρωπογενών ατμοσφαιρικών ρύπων μπορούμε να τις ταξινομήσουμε στις εξής κατηγορίες:[5]

- Βιομηχανικές δραστηριότητες (σταθερές πηγές: διυλιστήρια, μεταλλουργία, τσιμεντοβιομηχανία, κ.ά)
- Μεταφορές (κινητές πηγές)

- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Την οικιακή θέρμανση

2.1.4 Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Ιδιαίτερα ευάλωτοι είναι παιδιά και ηλικιωμένοι. Τα αποτελέσματα κυμαίνονται από υποκλινικές επιδράσεις έως πρόωρο θάνατο και περιλαμβάνουν κυρίως τις ακόλουθες συνέπειες:

- Αυξημένες αναπνευστικές ασθένειες (βρογχολίτιδα, ρινοφαρυγγίτιδα, υπερλοιμώξεις των βρόγχων, χαμηλότερη αναπνευστική ικανότητα, άσθμα, βήχας).
- Ερεθισμός των ματιών.
- Αυξημένη καρδιαγγειακή νοσηρότητα.
- Εξαντλημένο ανοσοποιητικό σύστημα.
- Επιπτώσεις στη βραχυπρόθεσμη θνησιμότητα λόγω αναπνευστικών και καρδιαγγειακών παθήσεων.
- Επιπτώσεις στη μακροχρόνια θνησιμότητα που συνδέεται με την καρκινογόνο δράση των ρύπων.

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι αναγκαία η αποτελεσματική και μεθοδική καταγραφή από επίγειους σταθμούς, δορυφόρους αλλά και από τη χρησιμοποίηση μη επανδρωμένων οχημάτων τα drones, των οποίων η αξιοποίηση για τον συγκεκριμένο σκοπό είναι μία από τις πιο ωφέλιμες λειτουργίες που μπορούν να παρέχουν.

2.2 Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAV)

Μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ονομάζονται κάθε είδους ιπτάμενα μηχανήματα που δεν περιέχουν πιλότο στο χώρο του αεροσκάφους και ελέγχονται είτε από αυτόνομο σύστημα πλοήγησης είτε από τηλεχειριζόμενο σύστημα πλοήγησης. Έχουν κυρίως την μορφή ενός εναέριου οχήματος με έναν ή περισσότερους κινητήρες και έλικες συντονισμένους για πλήρως

ελεγχόμενη πτήση από ειδικό πρόγραμμα ή χειριστήριο εδάφους. Αρχικά χρησιμοποιούνταν για στρατιωτικούς σκοπούς, από τη δεκαετία του 1920 οπότε τα 38 πολεμικά πλοία τα χρησιμοποιούσαν για να εκτοξεύσουν πυρά. Τα τελευταία χρόνια όμως, η χρήση τους έχει ξεφύγει από το στρατιωτικό πλαίσιο και έχει βρει εφαρμογές σε διάφορους άλλους τομείς. Πλέον τα συναντάμε σε τομείς που αφορούν την έρευνα, την παρακολούθηση, την προστασία της φύσης, την γεωργία, την αντιμετώπιση εκτάκτων περιστατικών για ανθρωπιστική δράση, την ψυχαγωγία, τον κινηματογράφο, την παράδοση πακέτων κ.α.

Κατά την τελευταία δεκαετία εξελίχθηκαν ραγδαία. Η μεγάλη διάρκεια πτήσης, η βελτιωμένη ασφάλειά της, η επανάληψη των πτήσεων λόγω της βελτίωσης των αυτόματων πιλότων, το μειωμένο κόστος και όγκου σε σύγκριση με τα επανδρωμένα αεροσκάφη είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά τους.[6]

2.2.1 Η εξέλιξη των Drone

Το πρώτο τετρακόπτερο (drone δηλαδή με τέσσερις έλικες) δημιουργήθηκε το 1907 από δύο αδέρφια τον Jacques και τον Louis Bréguet οι οποίοι εργάζονταν για τον Charles Richet έναν αμφιλεγόμενο νικητή στα Νόμπελ. Η συγκεκριμένη ανακάλυψη ήταν ιδιαίτερα συναρπαστική και αποτέλεσε την αφετηρία για πολύ μεγαλύτερες τεχνολογικές καινοτομίες, ωστόσο παρουσίαζε αρκετή αστάθεια και η πτήση του ήταν μόλις 2 μέτρα πάνω από το έδαφος. Επιπλέον, προκειμένου να σταθεροποιηθεί τόσο ώστε να ανυψωθεί, απαιτούσε 4 άνδρες.

Δέκα χρόνια μετά, το πρώτο μη επανδρωμένο αεροπλάνο έκανε την εμφάνισή του με στόχο την χρησιμοποίησή του έναντι στρατιωτικών εχθρών. Βασισμένο στην τεχνολογία του Nikola Tesla, το Ruston Proctor Aerial Target τελικά δεν χρησιμοποιήθηκε σε κανένα σενάριο μάχης, ωστόσο αποτέλεσε τον αρωγό για την κατασκευή παρόμοιων μη επανδρωμένων αεροσκαφών.

Το 2001 γίνεται πιο εντατική στρατιωτική χρήση των drones και συγκεκριμένα μετά την 11η Σεπτεμβρίου όταν η CIA ξεκίνησε τις πτήσεις με ένοπλα μη επανδρωμένα αεροσκάφη πάνω από το Αφγανιστάν στο πλαίσιο του πολέμου κατά των Ταλιμπάν. Το 2006 και βασισμένη στις στρατιωτικές τεχνολογίες των μη επανδρωμένων, η FAA εξέδωσε τις πρώτες εμπορικές άδειες χρήσης για drone, οι οποίες έθεταν συγκεκριμένους περιορισμούς στα drone των καταναλωτών.

Ο δρόμος ωστόσο άνοιξε για τον επαγγελματικό τομέα, όπου τα drones άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε διάφορες επιχειρηματικές δραστηριότητες. Η χρήση τους σταδιακά αυξήθηκε ενώ 4 χρόνια μετά, το 2010, η γαλλική εταιρεία Parrot κυκλοφόρησε το Parrot AR Drone, το πρώτο drone το οποίο μπορεί να ελέγχεται αποκλειστικά μέσω Wi-Fi, χρησιμοποιώντας ένα smartphone. Ένα ιδιαίτερα επιτυχημένο drone το οποίο μάλιστα κέρδισε το βραβείο CES Innovations 2010.

Τέλος, ένα επίσης σημαντικό γεγονός στην ιστορία της εξέλιξης των drone ήταν και η ανακοίνωση της Amazon ότι θα αξιοποιήσει την τεχνολογία αυτή για την παράδοση προϊόντων, παρόλο που φαντάζει ως ένα σενάριο επιστημονικής φαντασίας για την ώρα.[22]



Εικόνα 2.2- Parrot AR Drone [22]

2.2.2 Κατηγοριοποίηση

Η κατηγοριοποίηση των drones είναι αρκετά δύσκολη λόγω των πολλών διαφορών που παρουσιάζουν ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Το βάρος, η έκταση του πτερυγίου, το φορτίο μεταφοράς, η εμβέλεια και η διάρκεια πτήσης, το μέγιστο υψόμετρο, η ταχύτητα, ο τύπος των κινητήρων καθώς και το κόστος παραγωγής, είναι σημαντικές παράμετροι σχεδιασμού που μπορούν να διακρίνουν διαφορετικούς τύπους drones και να παρέχουν πολλά και διάφορα συστήματα ταξινόμησης.[7]

Οι κύριες κατηγορίες είναι οι παρακάτω.

- Με βάση το πεδίο εφαρμογής τους διακρίνονται σε **Στρατιωτικά** και **Πολιτικά**. [23]

Η χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών για στρατιωτικούς σκοπούς αποτέλεσε και τον καθοριστικό παράγοντα στην εξέλιξή τους. Οι συνηθέστερες αποστολές τους έχουν σκοπό την εξάσκηση των πυροβολητών, την παραπλάνηση του εχθρού αλλά και την συλλογή πληροφοριών. Στις πρόσφατες πολεμικές επιχειρήσεις, χρησιμοποιήθηκαν για επιθετικές αποστολές, κατά τις οποίες έφεραν οπλισμό και παρείχαν την δυνατότητα στον απομακρυσμένο χειριστή του να εκτελεί βολές ακριβείας.



Εικόνα 2.3 - Στρατιωτικό drone 'Πήγασος II'[19]

Συγκεκριμένα το κινεζικό πειραματικό υπερηχητικό drone σχεδιασμένο να εκπέμπει πυραύλους σε όλη την ήπειρο WU-14, είναι το πιο ισχυρό drone καθώς έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρει πυρηνικά όπλα σε έναν στόχο.[17]



Εικόνα 2.4 - WU-14[16]

Ένα άλλο drone καμικάζι που έχει σχεδιαστεί για να ανιχνεύει και να καταστρέφει εχθρικό προσωπικό και τεθωρακισμένες δυνάμεις είναι το IAI Harpy. Το drone αυτό καταδύεται σε έναν στόχο από μεγάλο ύψος, χτυπώντας τον με ένα ισχυρά εκρηκτικό βλήμα κατακερματισμού. [17]



Εικόνα 2.5 - IAI Harpy[15]

Ένα από τα πιο διάσημα και πιο θανατηφόρα drones στον κόσμο είναι το Reaper. Το Reaper είναι ικανό να απογειωθεί σε υψόμετρο δεκατριών χιλιομέτρων, σηκώνοντας ολόκληρους τους 4,7 τόνους και μένοντας στον αέρα για μια ολόκληρη μέρα. [17]



Εικόνα 2.6 – Reaper[18]

Τα πολιτικά drones χρησιμοποιούνται για περιβαλλοντικές παρακολουθήσεις όπως είναι η ποιότητα ατμόσφαιρας, το έδαφος, οι καλλιέργειες, ο υδάτινος ορίζοντας, υποθαλάσσιοι χώροι, ορεινοί όγκοι, δασικές εκτάσεις αλλά και για κατασκευές και τηλεπικοινωνίες. Σε ό,τι αφορά τις καλλιέργειες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή και τη λήψη δεδομένων και εικόνων, ακόμη και για ψεκασμούς, ραντίσματα ή ποτίσματα κάνοντας πιο εύκολη την εργασία για τον άνθρωπο. Στη γεωργία υπάρχουν συνέχεια προβλήματα ασθενειών, άρδευσης ή παρασίτων. Τα drones, συλλέγοντας φωτογραφίες, μπορούν να χαρτογραφήσουν τις καλλιέργειες και ύστερα από επεξεργασία των δεδομένων να βγάλουν δείκτες βλάστησης και να

αναδείξουν τα σημεία που χρειάζονται θεραπεία. Έτσι, βγαίνει ένα σχέδιο πτήσης, ενώ ταυτόχρονα έχει υπολογιστεί η ποσότητα των σπόρων ή λιπασμάτων που θα εφαρμοστούν στα αντίστοιχα σημεία της καλλιέργειας.



Εικόνα 2.7 - Ψεκασμοί με drone σε καλλιέργειες[9]

Μία άλλη χρήση των drones σχετίζεται με τον αέρα και είναι η εκτίμηση της δραστηριότητας των ηφαιστειών και άλλων αντίστοιχων περιβαλλοντικών φαινομένων. Αισθητήρες που έχουν κατασκευαστεί για συλλογή δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και δημιουργίας της γεωγραφικής πληροφορίας για την ποιότητα του αέρα μετράνε ουσίες της CO, CO₂, O₂, O₃, NO, NO₂ και άλλων αέριων ρύπων αλλά και τα μεγέθη των σωματιδίων (PM₁, 2.5 και 10).

Πέρα όμως από τον αέρα, ελέγχουν και το νερό και ιδίως κοντά της καλλιέργειες με σκοπό την παρακολούθηση της απορροής νιτρικών αλάτων, αιτία οξίνισης και ευτροφισμού του νερού. Αρκετές φορές έχουν γίνει έργα δειγματοληψίας νερού από λίμνες ή θάλασσες όπου χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες θερμοκρασίας, αγωγιμότητας και αισθητήρες για το pH και της ποσότητας διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

Μία άλλη περιβαλλοντική χρήση είναι η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των βουνών, για την χαρτογράφηση της και την εξαγωγή αποτελεσμάτων που θα προβλέπουν μέσω αλγορίθμων φυσικές καταστροφές της κατολισθήσεις, ροές λάσπης και χόματος.



Εικόνα 2.8 - Πτήση drone για φωτογράφιση [20]

Σε ότι αφορά τις δασικές εκτάσεις το drone μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της εξάπλωσης της δασικής πυρκαγιάς σε μεγάλες περιοχές σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας έτσι της πυροσβέστες να προσαρμόσουν ανάλογα τα σχέδιά της. Ο ανθρώπινος ελεγκτής μπορεί να ακολουθήσει μια αναφερθείσα αλλαγή της καιρικής συνθήκες, της μια μετατόπιση της κατεύθυνσης του ανέμου, με τα drones για να καθορίσει εάν η φωτιά έχει μετατοπιστεί σε μια νέα περιοχή.[10]



Εικόνα 2.9 - Παρακολούθηση δασική πυρκαγιάς με drone [10]

Στον τομέα των κατασκευών τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των εγκαταστάσεων και των έργων. Στα εργοτάξια αλλά και ευρύτερα σε εγκαταστάσεις μπορεί να υπάρχει μία ανωμαλία, η οποία να μη μπορεί να ανιχνευθεί με γυμνό μάτι. Τέτοια παραδείγματα είναι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, δίκτυα μεταφοράς αερίου, κεραιές κινητής τηλεφωνίας. Σε χρήσεις εποπτείας σε τέτοια έργα τα drone μπορούν να αναμεταδίδουν σε πραγματικό χρόνο την πληροφορία. Έτσι οι υπεύθυνοι των έργων μπορούν να εποπτεύουν χωρίς να βρίσκονται στο χώρο. Άλλες περιπτώσεις παρακολούθησης με τη χρήση drone σχετίζονται με την εποπτεία για την ανίχνευση διαρροών, ενώ προτείνεται η χρήση drone μικρού μεγέθους εξοπλισμένου με αισθητήρα αερίων για διαρροές σε δίκτυα μεταφοράς μεθανίου. Ταυτόχρονα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν θερμικές κάμερες για την αναγνώριση διαφοροποιήσεων στη θερμοκρασία και την υγρασία, οι οποίες ίσως δείχνουν αστοχίες και φθορές στην εγκατάσταση. Τέτοιες επιθεωρήσεις έχουν σκοπό τον εντοπισμό ηλεκτρομηχανικών βλαβών για υπερθέρμανση ή φθορά στη συνδεσμολογία των ηλιακών πάνελ και των ανεμογεννητριών. [11]



Εικόνα 2.10 - Παρακολούθηση κατασκευών με drone[11]

Τέλος στον τομέα των τηλεπικοινωνιών τα drones μπορούν να προσφέρουν κάλυψη σήματος σε δυσπρόσιτες περιοχές ή σε στιγμές έκτακτης ανάγκης που πέφτει η κάλυψη από τα κυψελωτά δίκτυα.[12] Επίσης, μπορούν να λειτουργούν και ως συμπληρωματικοί πομποί με την ήδη υπάρχουσα κάλυψη σήματος αλλά και ως πομποί του δικτύου σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου μία πλήρης εγκατάσταση κεντρικού δικτύου μπορεί να μην είναι εφικτή, προκειμένου να παρέχεται συνδεσιμότητα στο κεντρικό δίκτυο. Ακόμα,

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναμεταδότες για την ασύρματη κάλυψη δύο ή περισσότερων σημείων.[14]



Εικόνα 2.11 - Τηλεπικοινωνίες και drone[13]

- Με βάση την αεροδυναμική τους χωρίζονται σε πτητικά μέσα **σταθερών πτερυγών** και σε πτητικά μέσα με **περιστρεφόμενα στροφέα ή έλικες**.

Τα drone σταθερής πτέρυγας είναι συνήθως εφοδιασμένα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, ο οποίος τους δίνει την δυνατότητα να πετάξουν περισσότερο χρόνο, άρα να καλύψουν και μεγαλύτερη απόσταση. Αντιθέτως τα πολυκόπτερα έχουν ηλεκτρικούς κινητήρες που τους παρέχει μικρή διάρκεια λειτουργίας με μία πλήρως φορτισμένη μπαταρία. Αυτό καθιστά τα αεροσκάφη σταθερής πτέρυγας ιδανικά για αποστολές που απαιτούν μεγάλη διάρκεια (χαρτογράφηση πολύ μεγάλων περιοχών) επειδή δεν χρειάζεται να επιστρέψουν στη βάση τους για αλλαγή ή φόρτιση μπαταρίας.

Ο σχεδιασμό τους, τους δίνει μεγαλύτερη σταθερότητα στους ισχυρούς ανέμους σε σχέση με τα πολυκόπτερα. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα για πτήσεις σε περιβάλλοντα με αστάθεια ή όπου αναμένεται αύξηση των ανέμων λόγω της μορφολογίας του εδάφους.

Εάν ένα μη επανδρωμένο αεροσκάφος σταθερής πτέρυγας χάσει την ισχύ του κινητήρα του, έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να μπορέσει να συνεχίσει την πτήση του λόγω της σχεδίασης και της ταχύτητας του, δίνοντας την δυνατότητα στον χειριστή του να το κατευθύνει ή ακόμα και να το προσγειώσει, αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες επιβίωσης.

Το βασικό μειονέκτημά τους είναι η ανικανότητά τους να αιωρούνται πάνω από ένα σημείο, κάτι που καθιστά αδύνατη τη λήψη οποιασδήποτε γενικής εναέριας

φωτογραφίας. Άλλα μειονεκτήματα αυτού του τύπου drones είναι το υψηλό κόστος τους, καθώς και η δυσκολία εκμάθησης της λειτουργίας του.[23]



Εικόνα 2.12 - Drone σταθερής πτέρυγας [21]

Τα drone περιστρεφόμενων στροφείων όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη εργασία, για την ανύψωση και την πτήση τους δεν απαιτείται οριζόντια κίνηση, όπως στα αεροσκάφη σταθερών πτερύγων.

Στα κύρια πλεονεκτήματά τους ανήκει η ευελιξία. Τα συγκεκριμένα αεροσκάφη μπορούν να εκτελούν κατακόρυφες απογειώσεις και προσγειώσεις και άρα απαιτούν μικρότερο χώρο για απογείωση- προσγείωση αλλά και πτήση αφού μπορούν να ελίσσονται με σχεδόν μηδενικές ταχύτητες πτήσης πάνω και γύρω από αντικείμενα. Επίσης δεν απαιτούν μεγάλο μέγεθος για το άνοιγμα των πτερύγων που απαιτούν τα αεροσκάφη σταθερής πτέρυγας επειδή μπορούν να χρησιμοποιήσουν πολλαπλούς έλικες.

Ο χειρισμός τους είναι εύκολος από απλούς ανθρώπους, αφού παρέχουν την δυνατότητα κινήσεων σε όλες τις κατευθύνσεις με πολύ χαμηλή ή μηδενική ταχύτητα και περιλαμβάνουν μηχανισμούς ευστάθειας και σταθεροποίησης της πτήσης καθώς από την σχεδίαση τους είναι ‘ασταθείς αεροδυναμικά’ κατασκευές.

Τέλος, λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας των μικρο-υπολογιστών και του πλήθους των εμπορικών εφαρμογών, τα ιπτάμενα οχήματα με πολλαπλά στροφεία κοστίζουν λιγότερο απ’ ότι τα αντίστοιχα σταθερής πτέρυγας.[23]



Εικόνα 2.13 - Drone περιστρεφόμενων στροφείων με αισθητήρα που χρησιμοποιήθηκε για την λήψη των μετρήσεων

2.2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα drone

Ανεξάρτητα των χαρακτηριστικών αλλά και των κριτηρίων επιλογής τους, τα drones χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους από μια σειρά πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων.[24]

Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος απόκτησης, συντήρησης και λειτουργίας σε σχέση με άλλες μεθόδους
- Υψηλή ποιότητα εικόνων
- Ευέλικτη και γρήγορη συλλογή δεδομένων
- Εναλλακτική λύση λήψης φωτογραφιών περιοχών που καλύπτονται από νέφη
- Λήψη εικόνων στον επιθυμητό χρόνο, τόπο και με τον επιθυμητό τρόπο (πλάγιες, οριζόντες λήψεις)
- Διαθεσιμότητα διαφορετικών αισθητήρων και τεχνολογιών
- Αυτοματισμοί πτήσης και αποφυγή εμποδίων
- Ευκολία μεταφοράς
- Δυνατότητα χρήσης σε πληθώρα εφαρμογών

- Χρήση σε επικίνδυνες συνθήκες και δυσπρόσιτες περιοχές/ Εξάλειψη του κινδύνου της ανθρώπινης ζωής

Μειονεκτήματα:

- Ανάγκη για έμπειρο χειριστή και για λογισμικό επεξεργασίας των καταγραφών
- Περιορισμός αισθητήρων και επιπρόσθετου εξοπλισμού λόγω μεγέθους για τα μικρά UAV και άρα χαμηλότερη ποιότητα εικόνων
- Ατυχήματα που οφείλονται σε αστοχίες του εξοπλισμού
- Εξάρτηση από καιρικές συνθήκες (π.χ Βροχή, ισχυροί άνεμοι κ.α.) και πλοήγηση μόνο την ημέρα
- Αδυναμία αποφυγής εμποδίων
- Περιορισμοί/απαγόρευση πτήσης σε απαγορευμένες περιοχές
- Σχετικά περίπλοκο νομικό πλαίσιο

3. Πρακτικό Μέρος

Στο πρακτικό μέρος παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μετρήσεις των αέριων ρύπων καθώς και τα αντίστοιχα διαγράμματα που μετρήθηκαν από τον αισθητήρα στο drone και από τον επίγειο σταθμό του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

3.1.1 Μετρήσεις διοξειδίου του άνθρακα CO₂

Το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ είναι ένα άχρωμο αέριο και σε μικρές συγκεντρώσεις είναι και άοσμο. Πρόκειται για ένα προϊόν της καύσης ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.) καθώς επίσης και του ξύλου, πλαστικών κ.ά. οργανικών ενώσεων. Θεωρείται αέριο θερμοκηπίου δεδομένου ότι παγιδεύει τη θερμότητα (υπέρυθρη ενέργεια) που ακτινοβολείται από τη γη στην ατμόσφαιρα και με αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στη δυνατότητα παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μετρήσεις του αέριου ρύπου σε ppm από τον αισθητήρα, καθώς και οι μετρήσεις του επίγειου σταθμού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής αλλά και η ένταση του ανέμου σε km/h.

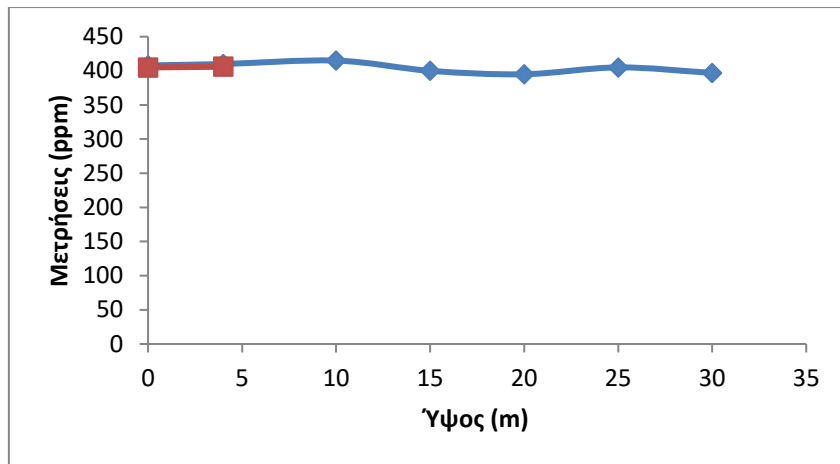
Υψος (μ)	day 1	day 2	day 3	day 4	day 5	day 6	day 7	day 8	day 9	day 10	day 11	day 12	day13	day 14
0	408	392	240	190	385	348	322	410	295	105	285	100	45	107
4	410	398	250	185	390	350	325	415	250	105	287	102	41	110
10	415	390	230	170	375	352	325	420	209	110	210	90	23	95
15	400	380	215	110	362	355	320	410	200	100	205	85	22	93
20	395	380	200	120	358	319	316	405	185	95	212	70	22	90
25	405	375	180	105	357	320	311	390	135	91	210	56	31	91
30	397	365	170	100	348	317	310	380	114	90	202	51	20	81
Επίγειος σταθμός														
0	405	390	245	190	385	348	325	410	295	105	285	100	45	110
4	406	390	249	185	387	348	325	412	260	107	285	101	40	106
ένταση ανέμου (km/h)	0,5	1	1,5	2	0	0,5	0,5	0	2	4	2	4	5	3

Πίνακας 3.1 - Μετρήσεις CO₂ σε ppm

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω μετρήσεις, όταν η ένταση του ανέμου είναι μεγάλη 4 με 5 km/h, οι τιμές των αέριων ρύπων πέφτουν σημαντικά στην ατμόσφαιρα, ενώ όταν έχουμε μικρή ένταση ανέμου ή και καθόλου άνεμο οι τιμές των ρύπων είναι αρκετά μεγάλες. Αξίζει να σημειωθεί ότι τιμές από τον επίγειο σταθμό είναι πολύ ‘κοντά’ με τις τιμές του αισθητήρα πάνω στο drone. Αυτό σημαίνει ότι και με την χρήση του UAV έχουμε αξιόπιστες μετρήσεις.

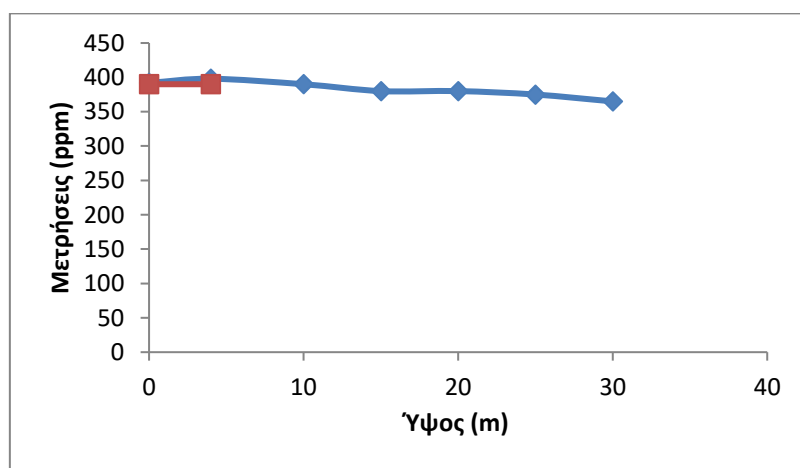
3.1.2 Διαγράμματα διοξειδίου του άνθρακα CO₂

Σύμφωνα με τα δεδομένα των μετρήσεων, παραθέτονται τα διαγράμματα της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα ως προς το ύψος. Σε όλα τα διαγράμματα το υψόμετρο είναι σε μέτρα και οι τιμές του ρύπου CO₂ σε ppm. Οι μετρήσεις έγιναν συνολικά σε 14 μέρες, οπότε προέκυψαν και αντίστοιχα 14 διαγράμματα.



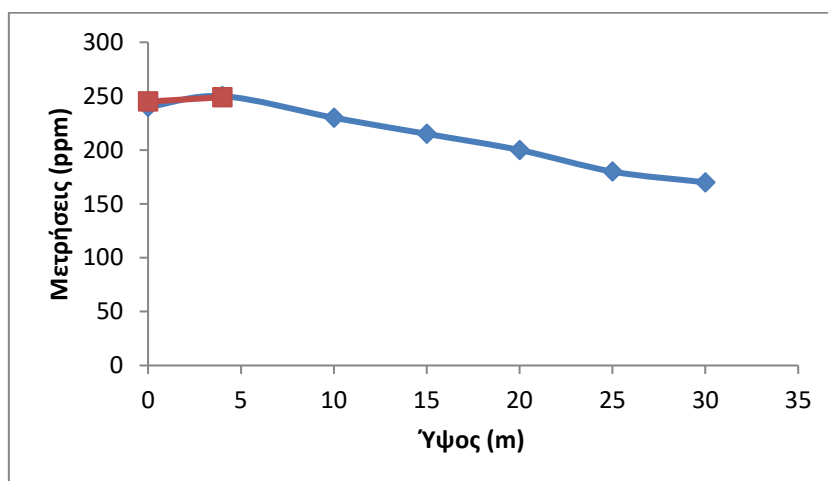
Εικόνα 3.1 - Πρώτη μέρα μετρήσεων

Την πρώτη μέρα των μετρήσεων παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση του ρύπου με τιμές να κυμαίνονται από 408-397 ppm. Αυτό φαίνεται και στις μετρήσεις του drone που απεικονίζονται με την μπλε γραμμή αλλά και του επίγειου σταθμού που απεικονίζονται με κόκκινη γραμμή. Σύμφωνα με τον αισθητήρα λοιπόν για ύψος 0 μέτρα έχουμε 408 ppm, για ύψος 15 μέτρα 400 ppm και 30 μέτρα 397 ppm. Η διαφορά στις μετρήσεις μεταξύ του επίγειου σταθμού και του αισθητήρα στο drone είναι της τάξης 0.74% για ύψος 0 μέτρα και 0.99% για ύψος 4 μέτρα, αφού ο επίγειος σταθμός κατέγραψε για 0 μέτρα ύψος 405 ppm και για 4 μέτρα 406 ppm σε σύγκριση με τον αισθητήρα που στα 4 μέτρα κατέγραψε 410 ppm. Η ένταση του ανέμου την συγκεκριμένη ημέρα ήταν 0.5 km/h οπότε είναι εξίσου λογικό να υπάρχουν μεγάλες τιμές του ρύπου στην ατμόσφαιρα.



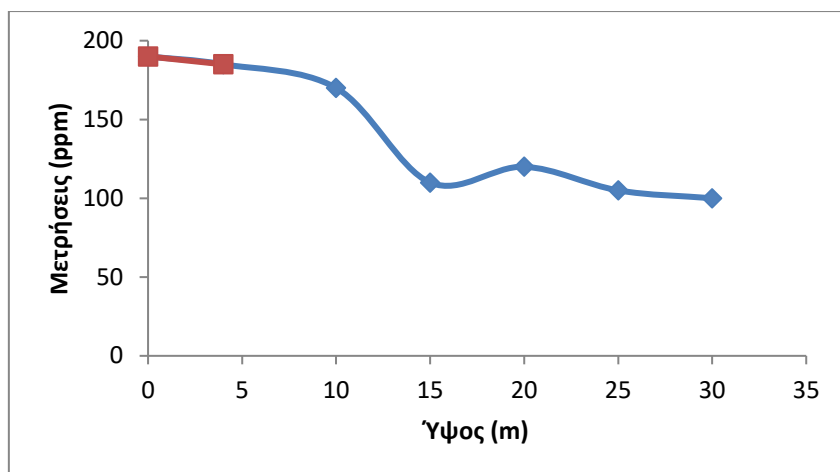
Εικόνα 3.2 - Δεύτερη μέρα μετρήσεων

Την δεύτερη μέρα των μετρήσεων οι τιμές του ρύπου κυμαίνονται από 392-365 ppm. Σύμφωνα και με το διάγραμμα για ύψος 0 μέτρα ο αισθητήρας κατέγραψε 392 ppm, για ύψος 15 μέτρα 380 ppm και για 30 μέτρα την μικρότερη τιμή 365 ppm. Ο επίγειος σταθμός όπως φαίνεται και από την κόκκινη γραμμή, κατέγραψε την ίδια τιμή για το ύψος 0 και 4 μέτρα τα 390 ppm. Οπότε προκύπτει μια διαφορά της τάξης 0,51% για 0 ύψος και 2,05% για 4 μέτρα ύψος, αφού ο αισθητήρας μέτρησε 398 ppm για στα 4 μέτρα. Η ένταση του ανέμου ήταν 1 km/h.



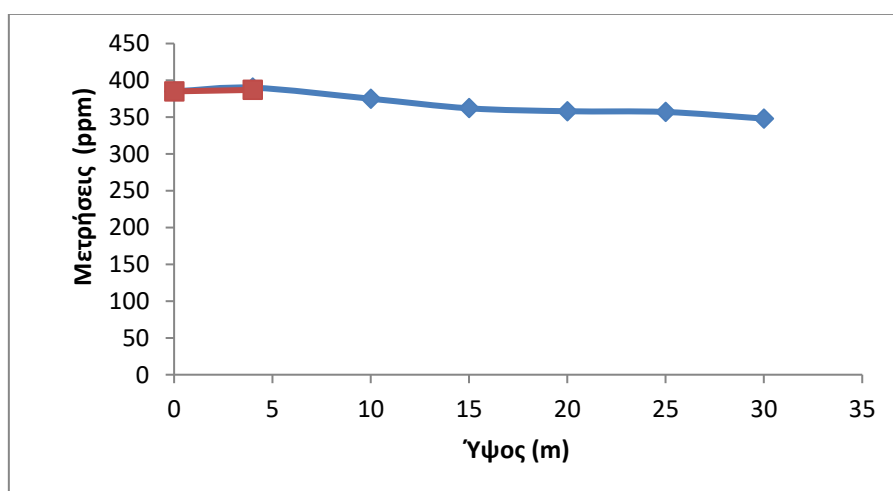
Εικόνα 3.3 - Τρίτη μέρα μετρήσεων

Την Τρίτη μέρα το διοξείδιο του άνθρακα κυμαινόταν από 240-170 ppm. Σύμφωνα με τον αισθητήρα στο drone για ύψος 0 μέτρα καταγράφηκε 240 ppm, για 15 μέτρα 215 ppm και για 30 μέτρα 170 ppm. Ωστόσο σύμφωνα με τον επίγειο σταθμό η τιμή για 0 μέτρα ήταν 245 ppm και για 4 μέτρα 249 ppm. Έτσι προκύπτει η διαφορά ανάμεσα στον αισθητήρα και τον επίγειο σταθμό να είναι -2,04% για 0 μέτρα ύψος και 0,40% για 4 μέτρα ύψος, αφού ο αισθητήρας στα 4 μέτρα κατέγραψε 250 ppm. Η ένταση του ανέμου κυμαινόταν στο 1,5 km/h.



Εικόνα 3.4 - Τέταρτη μέρα μετρήσεων

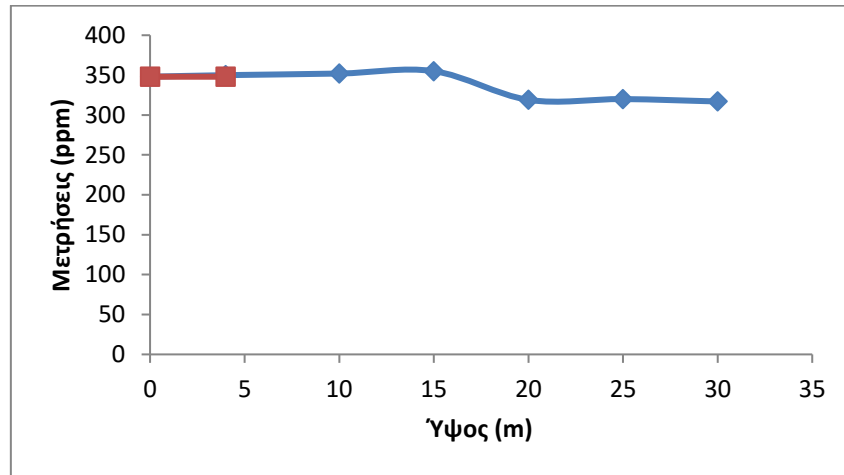
Στην τέταρτη μέρα μετρήσεων οι τιμές του ρύπου στην ατμόσφαιρα κυμαίνονταν από 190-100 ppm. Σύμφωνα με τον αισθητήρα σε ύψος 0 μέτρα η τιμή του διοξειδίου του άνθρακα φτάνει το 190 ppm, στα 15 μέτρα η τιμή είναι 110 ppm και στα 30 η τιμή πηγαίνει στα 100 ppm. Οι ίδιες τιμές καταγράφηκαν και από τον επίγειο σταθμό αντίστοιχα όπου είναι εμφανές και από την κόκκινη γραμμή ότι υπάρχει μία μείωση στις τιμές. Οπότε και οι διαφορές στις τιμές ανάμεσα στον αισθητήρα του drone και στον επίγειο σταθμό είναι μηδενικές. Εδώ η ένταση του ανέμου έφτανε τα 2 km/h.



Εικόνα 3.5 - Πέμπτη μέρα μετρήσεων

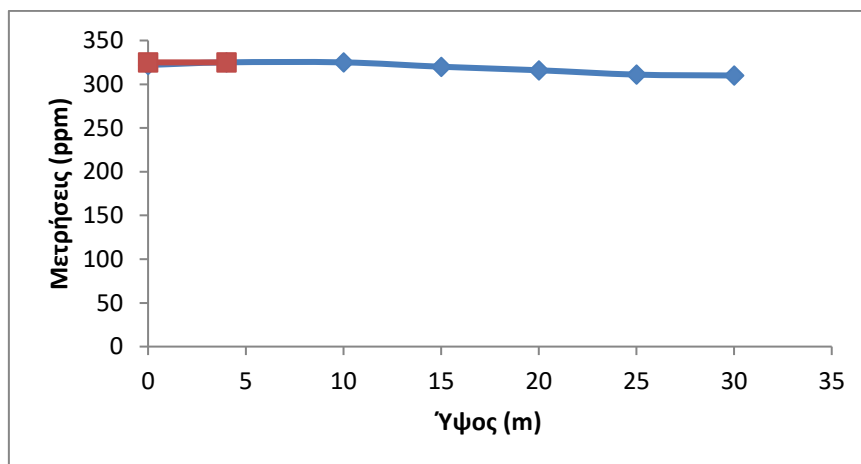
Την Πέμπτη ημέρα μετρήσεων, οι τιμές κυμαίνονται από 385-348 ppm. Ξεκινώντας το drone από ύψος 0 μέτρα η μέτρηση του ρύπου ήταν 385 ppm, στα 15 μέτρα ήταν 362 ppm και σε 30 μέτρα 348 ppm. Ο επίγειος σταθμός αντίστοιχα για 0 μέτρα κατέγραψε την μέτρηση 385 ppm και για τα 4 μέτρα 387 μέτρα. Κι εδώ οι

διαφορές στις μετρήσεις αισθητήρα- επίγειου σταθμού είναι μηδενικές για ύψος 0 μέτρα και 0,78% για τα 4 μέτρα αφού ο αισθητήρας κατέγραψε 390 ppm. Η ένταση του ανέμου είχε μηδική τιμή την συγκεκριμένη ημέρα.



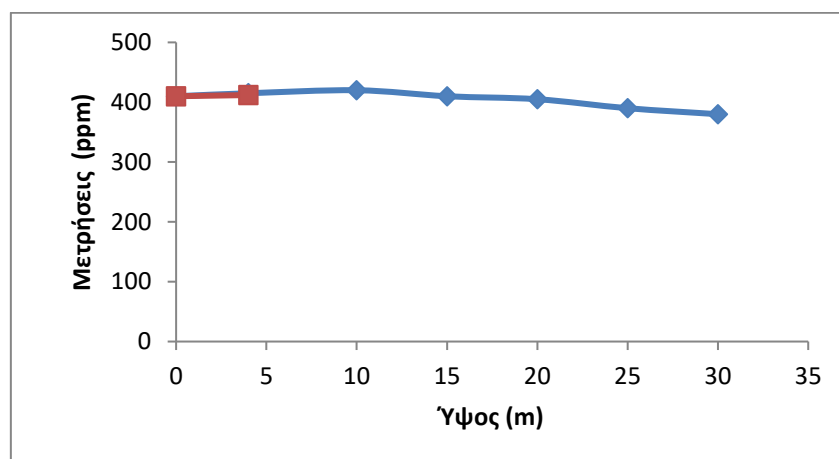
Εικόνα 3.6 - Έκτη μέρα μετρήσεων

Σε αυτή την περίπτωση, όπως φαίνεται και από την μπλε γραμμή του διαγράμματος, υπάρχει μία απότομη αλλαγή στο διοξείδιο άνθρακα ανάμεσα στα 15 και 20 μέτρα ύψους. Ενώ στα 15 μέτρα η τιμή φτάνει τα 355, στα 20 μέτρα αρχίζει να μειώνεται στα 319. Στη συνέχεια μέχρι και τα 30 μέτρα ύψος φαίνεται να κυμαίνεται σε σταθερή τιμή ο ρύπος. Το ίδιο ισχύει και για τον επίγειο σταθμό όπου οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν σταθερές στο 348 για 0 και 4 μέτρα ύψος αντίστοιχα. Οπότε η διαφορά στις τιμές παρατηρείται στα 4 μέτρα, όπου ο αισθητήρας κατέγραψε την τιμή 350 με αποτέλεσμα να υπολογίζεται στα 0,57%. Η ένταση του ανέμου ήταν αρκετά χαμηλή με 0,5 km/h.



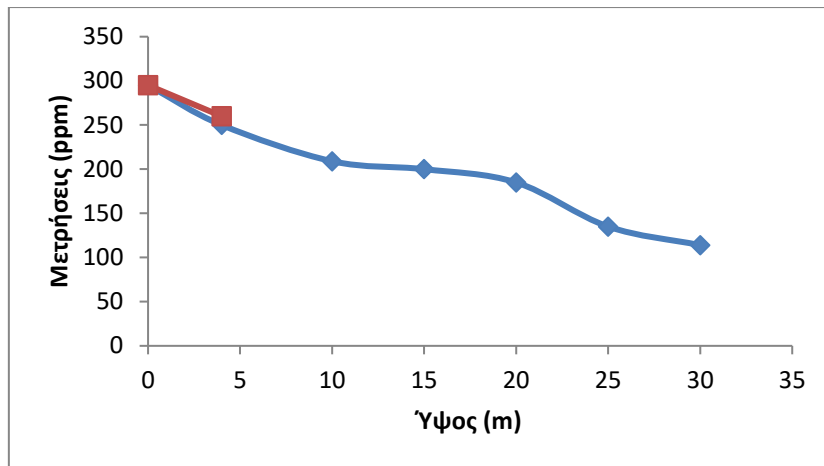
Εικόνα 3.7 - Έβδομη μέρα μετρήσεων

Την έβδομη μέρα οι τιμές του ρύπου κυμαίνονται από 322-310ppm. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, για ύψος 0 μέτρα η τιμή είναι 322 ppm, για ύψος 15 μέτρα η τιμή φτάνει τα 320 ppm και για τα 30 μέτρα είναι 310 ppm. Όσο για τον επίγειο σταθμό, η τιμή που καταγράφηκε είναι τα 325 και στα 0 μέτρα αλλά και στα 4 μέτρα ύψος. Η διαφορά στις τιμές του ρύπου που καταγράφηκαν από τον επίγειο σταθμό και από τον αισθητήρα στα 0 μέτρα ανέρχεται στα -0,92% ενώ στα 4 μέτρα η διαφορά είναι μηδενική καθώς έχει καταγραφεί η ίδια τιμή. Η ένταση του ανέμου είναι κι εδώ 0,5 km/h.



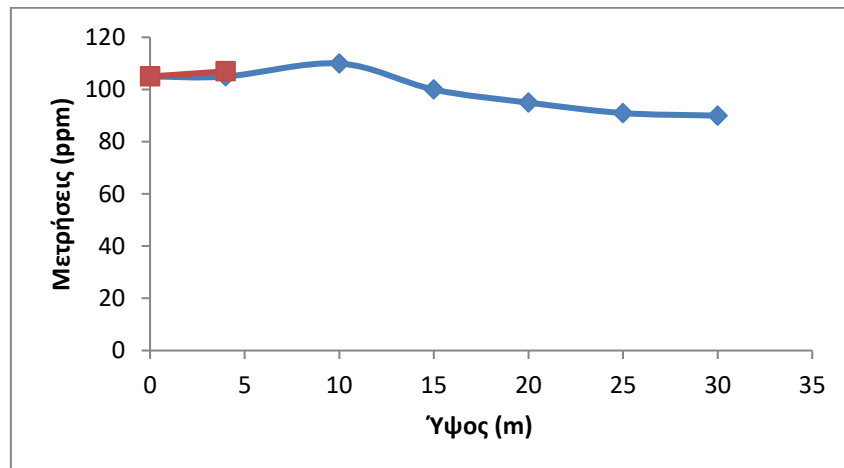
Εικόνα 3.8 - Όγδοη μέρα μετρήσεων

Την όγδοη μέρα μετρήσεων οι τιμές του ρύπου κυμαίνονταν από 410-380 ppm. Σύμφωνα με τον αισθητήρα του drone για ύψος 0 μέτρα η μέτρηση ήταν 410 ppm, στα 15 μέτρα ήταν 410 ppm και για τα 30 μέτρα ήταν 380 ppm. Ο επίγειος σταθμός, όπως φαίνεται και από την κόκκινη γραμμή για ύψος 0 μέτρα κατέγραψε την ίδια τιμή με τον αισθητήρα τα 410 ppm όπου και η διαφορά τους θα είναι μηδενική και για τα 4 μέτρα 412 ppm όπου αισθητήρας κατέγραψε 415 ppm. Η διαφορά στις δύο μετρήσεις που προκύπτει είναι 0,73 %. Όσο για την ένταση του ανέμου ήταν 0 km/h.



Εικόνα 3.9 - Ένατη μέρα μετρήσεων

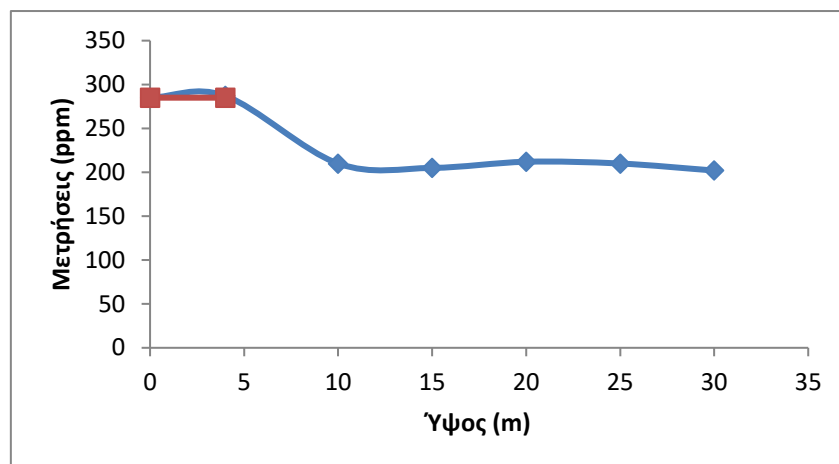
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται απότομη εναλλαγή στις τιμές ξεκινώντας με 295 ppm σε ύψος 0 μέτρα. Στην συνέχεια στα 15 μέτρα η τιμή του ρύπου φτάνει τα 200 ppm και τέλος στα 30 μέτρα το διοξείδιο του άνθρακα φτάνει στη μικρότερη τιμή τα 114 ppm. Το ίδιο ισχύει και για τον επίγειο σταθμό, όπου καταγράφηκαν σε 0 μέτρα 295 ppm και στα 4 μέτρα 260 ppm. Ενώ στα 0 μέτρα δεν παρατηρείται κάποια διαφορά με την τιμή του αισθητήρα, στα 4 μέτρα υπάρχει διαφορά της τάξης -3,85% αφού ο αισθητήρας στο drone κατέγραψε 250 ppm. Η ένταση του ανέμου κυμαινόταν στα 2 km/h.



Εικόνα 3.10 - Δέκατη μέρα μετρήσεων

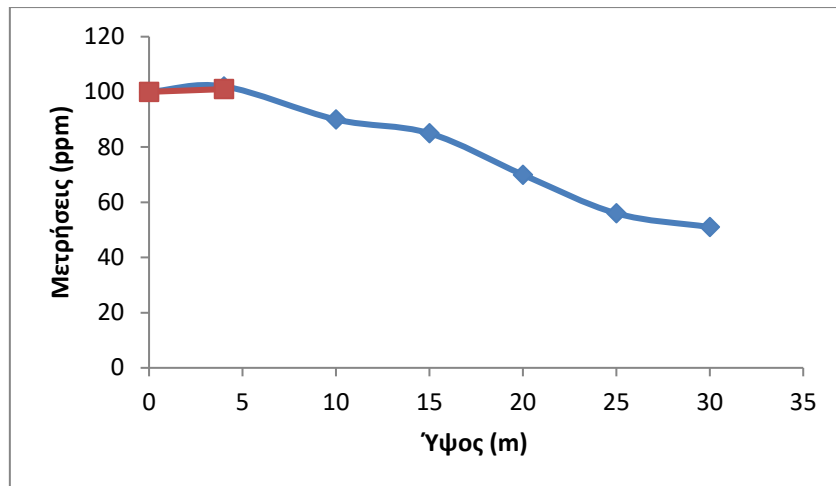
Την δέκατη ημέρα παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές του ρύπου οι οποίες ξεκινούν από τα 105 ppm σε ύψος 0 μέτρα, σε σύγκριση με την πρώτη μέρα μετρήσεων όπου οι τιμές ξεκινούσαν τα 408 ppm σε 0 μέτρα ύψος. Στην συνέχεια στα 15 μέτρα ύψος ο ρύπος έφτανε την τιμή 100 ppm και στα 30 μέτρα την μικρότερη τιμή τα 90 ppm.

Αυτό οφείλεται στην ένταση του ανέμου η οποία άγγιζε τα 4 km/h. Σύμφωνα και με τον επίγειο σταθμό η τιμή που καταγράφηκε για τα 0 μέτρα είναι η ίδια τιμή με του αισθητήρα, δηλαδή τα 105 ppm και στα 4 μέτρα καταγράφηκε η τιμή 107 ppm με διαφορά -1,87% σε σύγκριση με τιμή του αισθητήρα στα 4 μέτρα όπου ήταν 105 ppm.



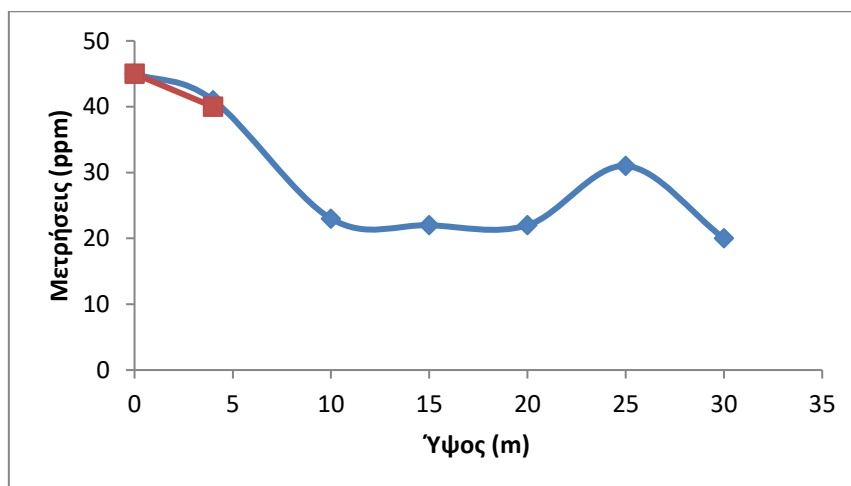
Εικόνα 3.11 - Ενδέκατη μέρα μετρήσεων

Την ενδέκατη ημέρα οι τιμές του ρύπου κυμαίνονται από 285-202 ppm σύμφωνα με τον αισθητήρα στο drone και όπως φαίνεται και από το διάγραμμα παραπάνω, στο ύψος από 4 μέχρι 10 μέτρα η μπλε γραμμή πέφτει απότομα. Σε αυτή την περίπτωση στα 4 μέτρα καταγράφηκαν 285 ppm και στα 10 μέτρα 210 ppm. Ο επίγειος σταθμός όπως φαίνεται και από την κόκκινη γραμμή, κατέγραψε την ίδια τιμή των 285 ppm σε ύψος 0 και 4 μέτρα αντίστοιχα. Άρα η διαφορά στις τιμές αισθητήρα και επίγειου σταθμού παρατηρείται στα 4 μέτρα όπου ο αισθητήρας μέτρησε 287 ppm και ο επίγειος σταθμός όπως αναφέρθηκε 285, οπότε η διαφορά είναι 0,70%. Σε ότι αφορά την ένταση του ανέμου κυμαινόταν στα 2 kh/h.



Εικόνα 3.12 - Δωδέκατη μέρα μετρήσεων

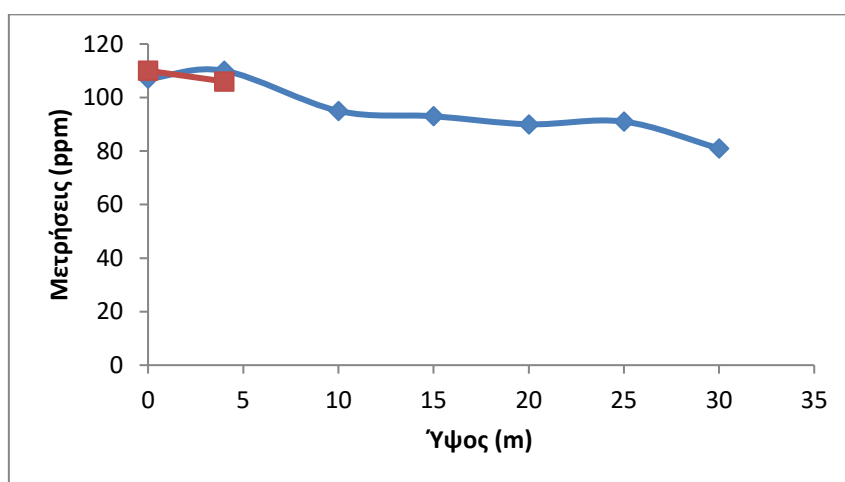
Στην δωδέκατη μέρα οι τιμές του διοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται μεταξύ 100-51 ppm όπου σε ύψος 0 μέτρα ξεκινάμε με 100 ppm, σε 15 μέτρα 85 ppm και σε 30 μέτρα 51 ppm. Γενικά οι τιμές την συγκεκριμένη ημέρα είναι χαμηλές και αυτό οφείλεται στην ένταση του ανέμου η οποία ήταν της τάξης 4 km/h. Σύμφωνα και με τις μετρήσεις του επίγειου σταθμού στα 0 μέτρα καταγράφηκε η ίδια τιμή με τον αισθητήρα, δηλαδή 100 ppm και στα 4 μέτρα 101 ppm. Η διαφορά μετρήσεων αισθητήρα- επίγειου σταθμού παρατηρείται στα 4 μέτρα με 0,99% όπου ο αισθητήρας κατέγραψε 102 ppm.



Εικόνα 3.13 - Δέκατη τρίτη μέρα μετρήσεων

Την δέκατη τρίτη ημέρα των μετρήσεων υπάρχει μια αξιόλογη μεταβολή των τιμών και αυτό οφείλεται στην υψηλότερη ένταση ανέμου που καταγράφηκε, η οποία ήταν 5 km/h. Οι τιμές κυμαίνονταν από 45-20 ppm και όπως φαίνεται από το διάγραμμα,

για ύψος 0 μέτρα η τιμή ήταν 45 ppm, για ύψος 15 μέτρα ήταν 22 ppm και για 30 μέτρα 20 ppm. Ανάμεσα στο ύψος 4 και 10 μέτρα παρατηρείται απότομη πτώση όπου στα 4 μέτρα είναι 41 ppm και στα 10 μέτρα όπως αναφέρθηκε 23 ppm. Επίσης μία άλλη απότομη μεταβολή που φαίνεται στο διάγραμμα είναι μεταξύ 20 με 25 μέτρα ύψος όπου για 20 μέτρα έχουμε 22 ppm και για 25 μέτρα 31 ppm. Αντίστοιχες είναι και οι τιμές που μετρήθηκαν από τον επίγειο σταθμό σε ύψος 0 μέτρα με 45 ppm και 4 μέτρα 40 ppm. Οπότε προκύπτει και μια διαφορά της τάξης 2,50% ανάμεσα στον επίγειο σταθμό και στον αισθητήρα, στο ύψος 4 μέτρα όπου ο αισθητήρα κατέγραψε 41 ppm.



Εικόνα 3.14 - Δέκατη τέταρτη μέρα μετρήσεων

Στην δέκατη τέταρτη ημέρα οι τιμές του ρύπου κυμαίνονται από 107-81 ppm, με 0 ύψος 107 ppm, 15 μέτρα ύψος 93 ppm και 30 μέτρα στα 81 ppm. Κι εδώ παρατηρούνται μικρές τιμές του ρύπου στην ατμόσφαιρα και αυτό οφείλεται στην ένταση του ανέμου που ήταν 3 km/h. Σύμφωνα και με την κόκκινη γραμμή του διαγράμματος που απεικονίζει τον επίγειο σταθμό, παρατηρείται κι εδώ η πτώση των τιμών σε ύψος 0 μέτρα με 110 ppm και σε 4 μέτρα ύψος 106 ppm. Εδώ οι διαφορές στις τιμές των μετρήσεων είναι της τάξης -2,73% για τα 0 μέτρα ύψος αφού ο αισθητήρας κατέγραψε 107 ppm και επίγειος σταθμός 110 ppm και 3,77% για ύψος 4 μέτρων με τον αισθητήρα να δείχνει 110 ppm και τον επίγειο σταθμό 106 ppm.

3.1.3 Μετρήσεις μονοξειδίου του αζώτου NO

Ένας ακόμη αέριος ρύπος που μετρήθηκε από τον αισθητήρα είναι το μονοξείδιο του αζώτου NO. Πρόκειται για ένα άχρωμο αέριο το οποίο εκπέμπεται από τα μικρόβια στο χώμα και τα φυτά με τη διαδικασία της απονιτροποίησης ενώ παράγεται επίσης κατά τις καύσεις ορυκτών καυσίμων (αεροπλάνα, αυτοκίνητα, διύλιστήρια, κλπ) και βιομαζών και τις φωτοχημικές αντιδράσεις. Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μετρήσεις του αέριου ρύπου σε ppm, καθώς και οι μετρήσεις του επίγειου σταθμού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής αλλά και η ένταση του ανέμου σε km/h

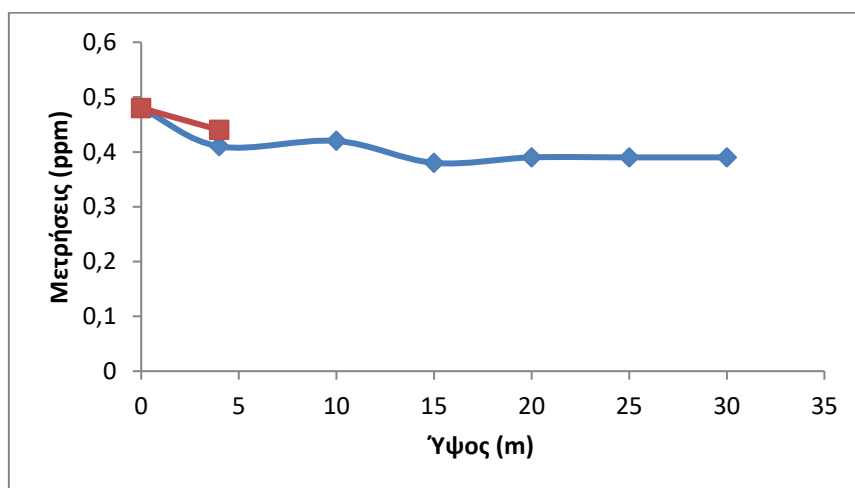
Ύψος(μ)	day 1	day 2	day 3	day 4	day 5	day 6	day 7	day 8	day 9	day 10	day 11	day 12	day13	day 14
0	0,48	0,3	0,38	0,29	0,32	0,29	0,3	0,52	0,25	0,1	0,22	0,1	0,05	0,15
4	0,41	0,29	0,36	0,28	0,31	0,29	0,29	0,45	0,24	0,1	0,21	0,1	0,05	0,15
10	0,42	0,28	0,3	0,27	0,25	0,26	0,28	0,4	0,21	0,05	0,16	0,1	0	0,15
15	0,38	0,28	0,12	0,21	0,26	0,25	0,28	0,32	0,2	0,05	0,14	0,05	0	0,1
20	0,39	0,21	0,15	0,22	0,22	0,21	0,21	0,33	0,2	0	0,11	0,05	0	0,1
25	0,39	0,2	0,1	0,21	0,21	0,22	0,22	0,39	0,14	0	0,12	0	0,05	0,05
30	0,39	0,15	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,38	0,12	0	0,11	0	0	0,05
Επίγειος σταθμός														
0	0,48	0,28	0,35	0,28	0,32	0,28	0,29	0,53	0,29	0,1	0,23	0,1	0,1	0,15
4	0,44	0,28	0,36	0,28	0,31	0,27	0,28	0,46	0,25	0,1	0,22	0,1	0,05	0,1
ένταση ανέμου (km/h)	0,5	1	1,5	2	0	0,5	0,5	0	2	4	2	4	5	3

Πίνακας 3.2 - Μετρήσεις NO σε ppm

Όπως παρατηρείται και από την παραπάνω εικόνα, οι τιμές του μονοξειδίου του αζώτου είναι μικρότερες σε σχέση με αυτές του διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης όταν η ένταση του ανέμου είναι μεγάλη, οι τιμές είναι αρκετά μικρές και πολλές φορές πέφτουν στο μηδέν.

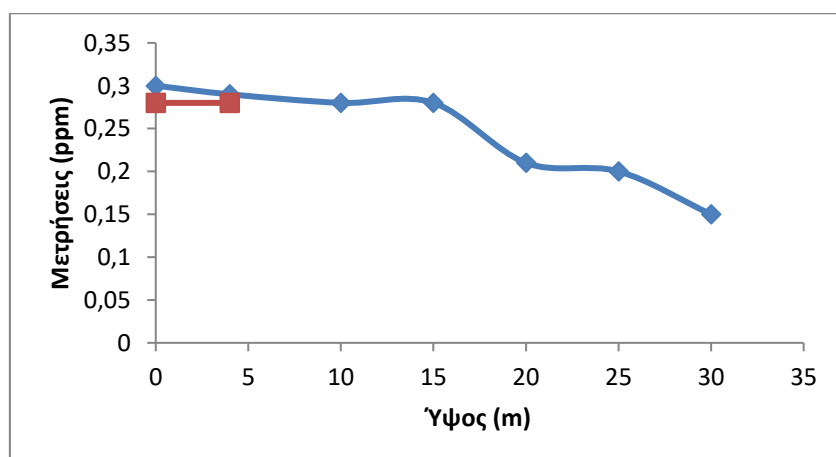
3.1.4 Διαγράμματα μονοξειδίου του αζώτου NO

Κι εδώ σχεδιάστηκαν 14 διαγράμματα για το μονοξείδιο του αζώτου, όπου απεικονίζονται με μπλε χρώμα οι μετρήσεις από τον αισθητήρα και με κόκκινο από τον επίγειο σταθμό.



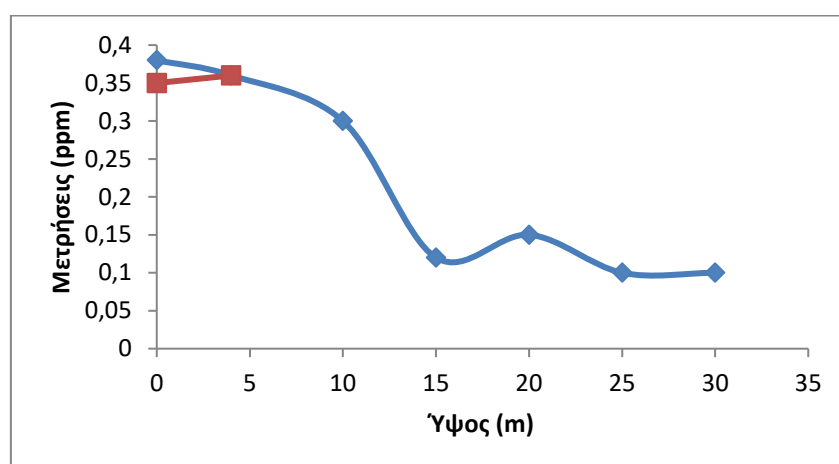
Εικόνα 3.15 - Πρώτη μέρα μετρήσεων

Την πρώτη μέρα μετρήσεων υπάρχει αυξημένη ποσότητα μονοξειδίου του αζώτου συγκριτικά με τις υπόλοιπες μέρες. Αρχικά για ύψος 0 μέτρα ο αισθητήρας κατέγραψε 0,48 ppm όπως επίσης και ο επίγειος σταθμός. Στα 4 μέτρα ύψος ο αισθητήρας κατέγραψε 0,41 ppm και ο επίγειος σταθμός 0,44 ppm. Άρα προκύπτει διαφορά τον -6,82%. Όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα από τα 20 μέτρα μέχρι και τα 30 μέτρα ύψος η τιμή του αέριου ρύπου παραμένει σταθερή με 0,39 ppm. Η ένταση του ανέμου εκείνη την ημέρα ήταν 0,5 km/h.



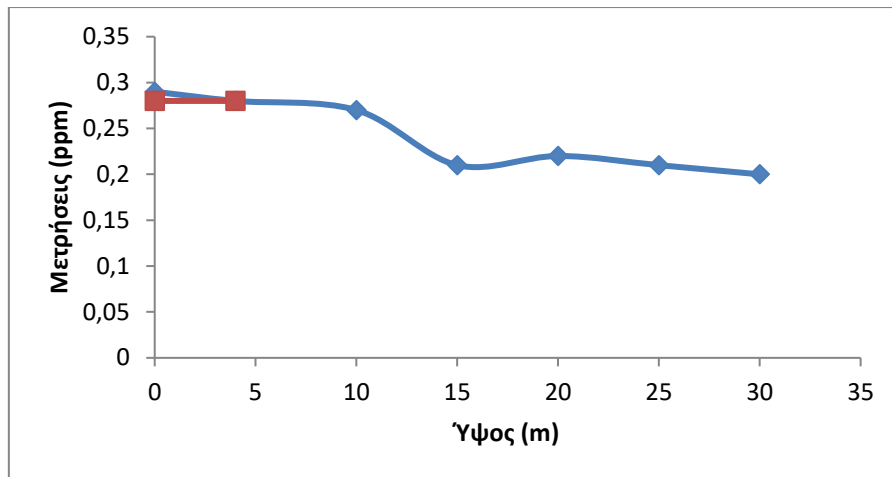
Εικόνα 3.16 - Δεύτερη μέρα μετρήσεων

Την δεύτερη μέρα μετρήσεων, οι τιμές του αέριου ρύπου ξεκινούν με 0,3 ppm για 0 μέτρα ύψος σύμφωνα με τον αισθητήρα και 0,28 ppm σύμφωνα με τον επίγειο σταθμό. Έτσι η διαφορά που προκύπτει μεταξύ των δύο τιμών είναι της τάξης 7,14%. Για ύψος 4 μέτρα καταγράφηκαν 0,29 ppm από τον αισθητήρα και 0,28 ppm από τον επίγειο σταθμό, άρα η διαφορά που προκύπτει είναι 3,57%. Όπως φαίνεται και από την κόκκινη γραμμή στο διάγραμμα ο επίγειος σταθμός κατέγραψε την ίδια τιμή και για τα 0 μέτρα αλλά και για τα 4 μέτρα ύψος. Σύμφωνα με τον αισθητήρα στα 15 μέτρα καταγράφηκαν 0,28 ppm και στα 30 μέτρα 0,15 ppm. Η ένταση του ανέμου κυμαινόταν στα 1 km/h.



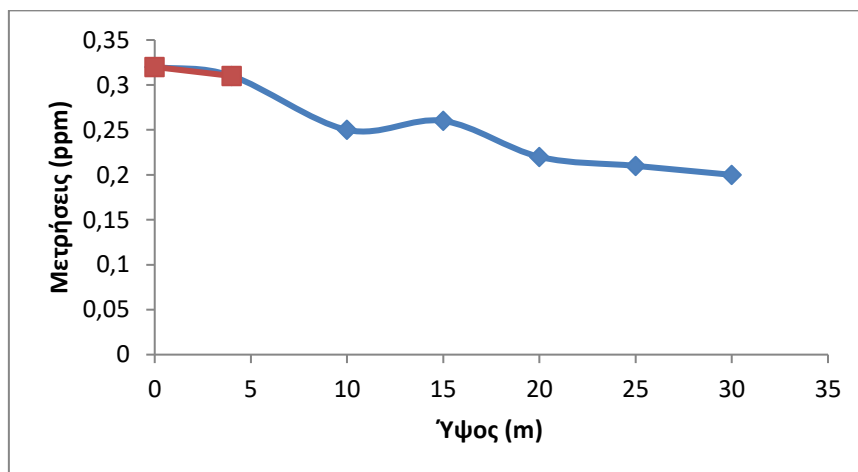
Εικόνα 3.17 - Τρίτη μέρα μετρήσεων

Την Τρίτη μέρα καταγράφηκαν αυξημένες τιμές του ρύπου συγκριτικά με τις προηγούμενες μέρες. Για ύψος 0 μέτρα ο αισθητήρας μέτρησε 0,38 ppm ενώ ο επίγειος σταθμός 0,35 ppm. Έτσι η διαφορά που προκύπτει ανάμεσα στις δύο τιμές είναι της τάξης 8,57%. Αντίθετα για ύψος 4 μέτρα ο αισθητήρας μέτρησε την ίδια τιμή με τον επίγειο σταθμό 0,36 ppm. Στην συνέχεια στα 15 μέτρα ο αισθητήρας κατέγραψε 0,12 ppm και στα 30 μέτρα 0,1 ppm. Όπως φαίνεται και από την μπλε γραμμή του διαγράμματος οι αυξημένες τιμές καταγράφηκαν στα 0 και 4 μέτρα ύψος. Η ένταση του ανέμου ήταν 1,5 km/h.



Εικόνα 3.18 - Τέταρτη μέρα μετρήσεων

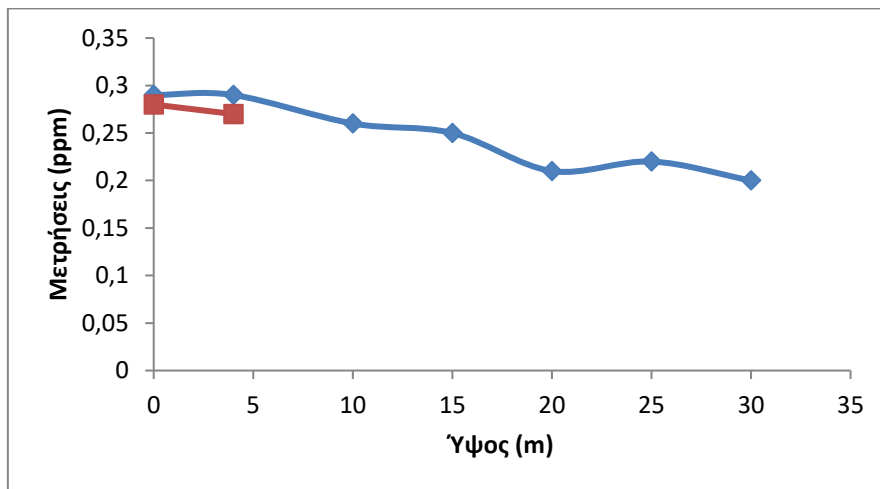
Την τέταρτη μέρα ο αισθητήρας μέτρησε για ύψος 0 μέτρα 0,29 ppm και ο επίγειος σταθμός 0,28 ppm. Η διαφορά στις τιμές που προκύπτει είναι 3,57%. Στην συνέχεια στα 4 μέτρα ύψος, η τιμή ήταν ίδια και από τον αισθητήρα και από τον επίγειο σταθμό με 0,28 ppm. Κι εδώ ο επίγειος σταθμός είχε ίδια τιμή και για τα 0 μέτρα και για τα 4 μέτρα ύψος, εξίσου και η ευθεία κόκκινη γραμμή στο διάγραμμα. Σύμφωνα με τον αισθητήρα στα 15 μέτρα καταγράφηκαν 0,21 ppm και στα 30 μέτρα ύψος 0,2 ppm. Η ένταση του ανέμου εκείνη την ημέρα ήταν 2 km/h.



Εικόνα 3.19 - Πέμπτη μέρα μετρήσεων

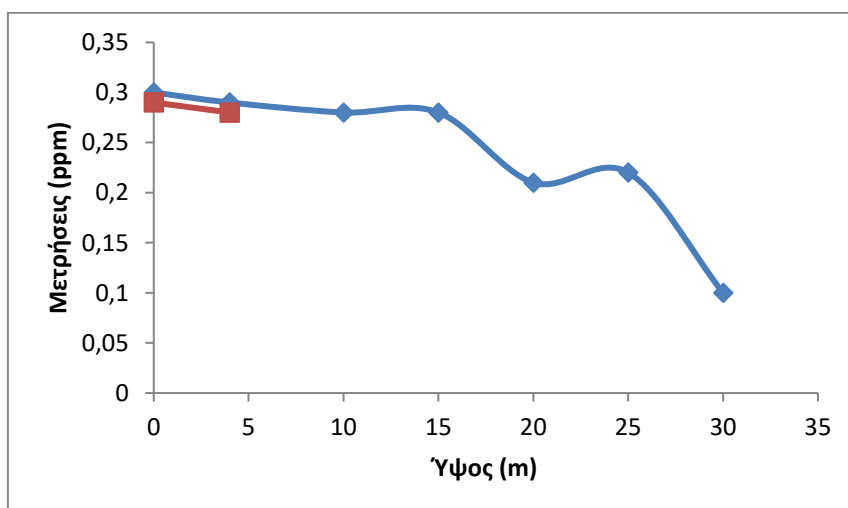
Την Πέμπτη μέρα μετρήσεων ο αισθητήρας στο drone και ο επίγειος σταθμός κατέγραψαν τις ίδιες τιμές με 0,32 ppm στα 0 μέτρα και 0,31 ppm στα 4 μέτρα ύψος. Αυτό φαίνεται και από το διάγραμμα όπου η μπλε γραμμή που απεικονίζει τις μετρήσεις του αισθητήρα συμπίπτει με την κόκκινη γραμμή που απεικονίζει τις

μετρήσεις του επίγειου σταθμού. Έπειτα στα 15 μέτρα ύψος ο αισθητήρας κατέγραψε 0,26 ppm και στα 30 μέτρα 0,2 ppm. Η ένταση του ανέμου εδώ ήταν 0 km/h.



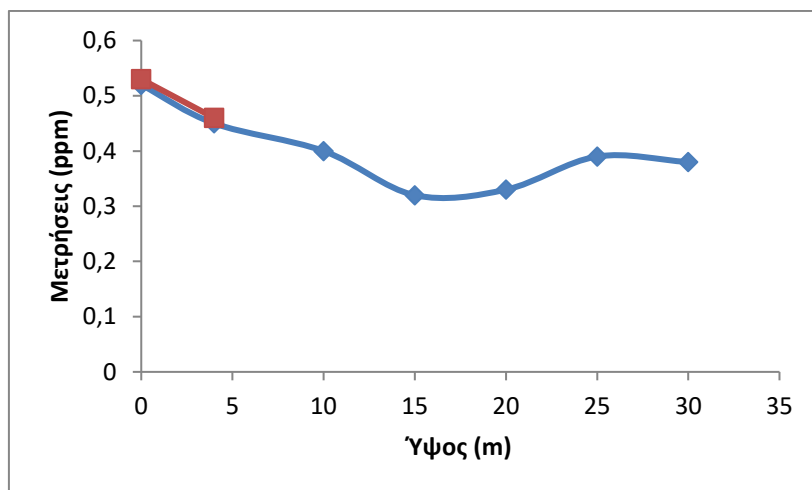
Εικόνα 3.20 - Έκτη μέρα μετρήσεων

Την έκτη ημέρα ο αισθητήρας κατέγραψε σταθερή τιμή 0,29 ppm για ύψος 0 και 4 μέτρα ενώ αντίθετα ο επίγειος σταθμός μέτρησε για ύψος 0 μέτρα 0,28 ppm και για 4 μέτρα 0,27 ppm. Έτσι προκύπτει μία διαφορά των τιμών με ποσοστό 3,57% για το ύψος 0 μέτρα και 7,41% για το ύψος 4 μέτρα. Στη συνέχεια ο αισθητήρας κατέγραψε στα 15 μέτρα 0,25 ppm και στα 30 μέτρα την μικρότερη τιμή 0,2 ppm. Εδώ η ένταση του ανέμου καταγράφηκε στα 0,5 km/h.



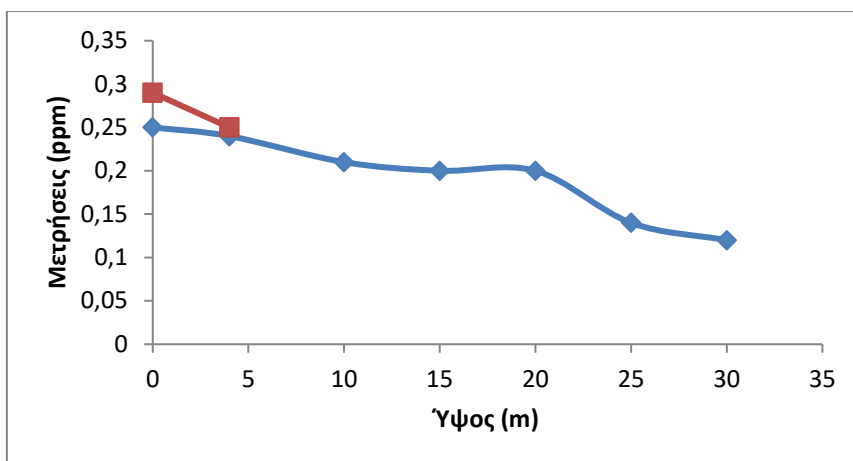
Εικόνα 3.21 - Έβδομη μέρα μετρήσεων

Την έβδομη μέρα όπως φαίνεται και από το διάγραμμα υπάρχει απότομη πτώση των τιμών του ρύπου. Αρχικά ο αισθητήρας για 0 μέτρα ύψος, κατέγραψε 0,3 ppm ενώ ο επίγειος σταθμός 0,29 ppm με αποτέλεσμα η διαφορά των δύο τιμών να είναι της τάξης 3,45%. Για 4 μέτρα ύψος ο αισθητήρας κατέγραψε 0,29 ppm ενώ ο επίγειος σταθμός 0,28 ppm με διαφορά τιμών 3,57%. Έπειτα ο αισθητήρας κατέγραψε για 15 μέτρα ύψος 0,28 ppm και για 30 μέτρα ύψος την μικρότερη τιμή 0,1 ppm. Κι εδώ η ένταση του ανέμου ήταν χαμηλή με 0,5 km/h.



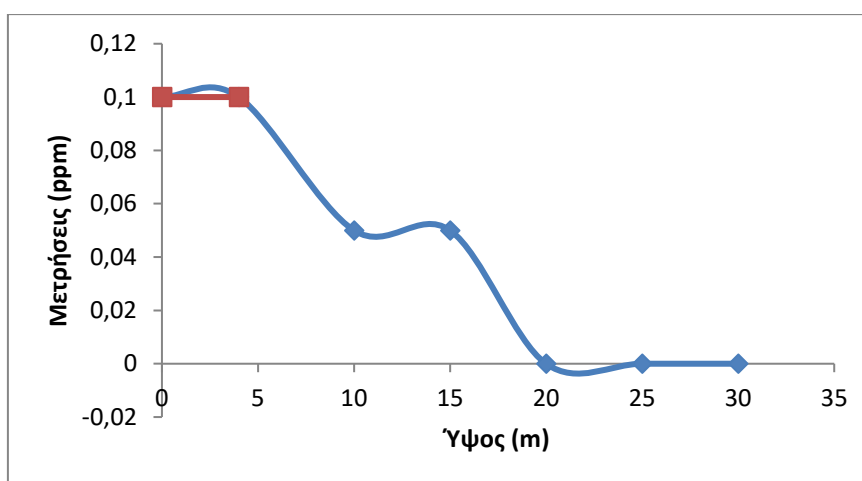
Εικόνα 3.22 - Όγδοη μέρα μετρήσεων

Την όγδοη μέρα οι τιμές του ρύπου σε σύγκριση με τις προηγούμενες μέρες ήταν λίγο αυξημένες με αρχική μέτρηση του αισθητήρα στα 0 μέτρα ύψος 0,52 ppm και του επίγειου σταθμού 0,53 ppm. Η διαφορά τους που προκύπτει είναι -1,89%. Για τα 4 μέτρα ο αισθητήρας μέτρησε 0,45 ppm και ο επίγειος σταθμός 0,46 ppm. Κι εδώ η διαφορά τους που προκύπτει είναι αρνητική με -2,17%. Στην συνέχεια όπως φαίνεται και από την μπλε γραμμή, ο αισθητήρας μέτρησε στα 15 μέτρα ύψος 0,32 ppm και στα 30 μέτρα 0,38 ppm. Οι υψηλές τιμές οφείλονται και στην ένταση του ανέμου η οποία ήταν 0 km/h.



Εικόνα 3.23 - Ένατη μέρα μετρήσεων

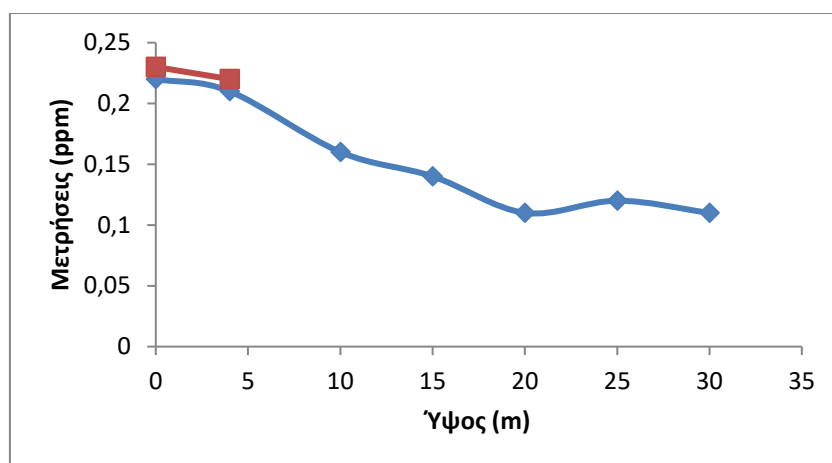
Την ένατη μέρα οι τιμές του μονοξειδίου του αζώτου ξεκινούν με τον αισθητήρα να μετράει 0,25 ppm στα 0 μέτρα ύψος και τον επίγειο σταθμό 0,29 ppm. Η διαφορά τους είναι -13,79%. Στην συνέχεια ο αισθητήρας μετρησε στα 4 μέτρα ύψος 0,24 ppm ενώ ο επίγειος σταθμός 0,25 ppm με διαφορά τιμών -4,00%. Στα 15 μέτρα ύψος ο αέριος ρύπος καταγράφηκε στα 0,2 ppm και στα 30 μέτρα 0,12 ppm. Η ένταση του ανέμου ήταν 2 km/h.



Εικόνα 3.24 - Δέκατη μέρα μετρήσεων

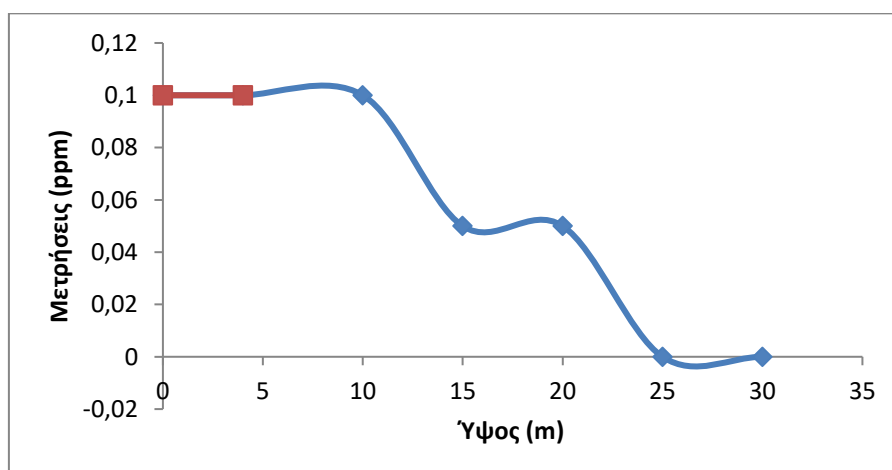
Την δέκατη μέρα όπως παρατηρείται και από το διάγραμμα, υπάρχουν μηδενικές τιμές του αέριου ρύπου με αποτέλεσμα η μπλε γραμμή που απεικονίζει τις μετρήσεις του αισθητήρα να φθίνει απότομα προς τις χαμηλές τιμές. Αρχικά ο αισθητήρας κατέγραψε ίδια τιμή με τον επίγειο σταθμό στα 0 μέτρα ύψος με 0,1 ppm και το ίδιο και για τα 4 μέτρα ύψος με ίδια τιμή 0,1 ppm. Στην συνέχεια καταγράφηκε η τιμή 0,05 ppm για τα 15 μέτρα ύψος και 0 ppm από τα 20 μέτρα μέχρι και τα 30 μέτρα

ύψος. Οι χαμηλές τιμές οφείλονται στην ένταση του ανέμου η οποία ήταν αρκετά υψηλή με 4 km/h.



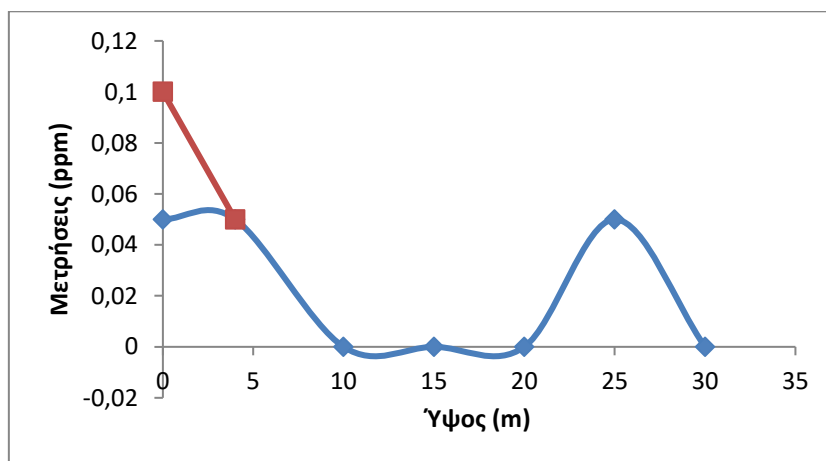
Εικόνα 3.25 - Ενδέκατη μέρα μετρήσεων

Την ενδέκατη μέρα μετρήσεων, ο αισθητήρας κατέγραψε αρχική τιμή στα 0 μέτρα ύψος 0,22 ppm και ο επίγειος σταθμός 0,23 ppm. Η διαφορά στις τιμές που προκύπτει είναι της τάξης -4,35%. Στα 4 μέτρα ύψος ο αισθητήρας κατέγραψε 0,21 ppm ενώ ο επίγειος σταθμός 0,22 ppm όπου κι εδώ η διαφορά τους είναι -4,55%. Στην συνέχεια στα 15 μέτρα ο αέριος ρύπος είχε τιμή 0,14 ppm και στα 30 μέτρα ύψος 0,11 ppm. Η ένταση του ανέμου εδώ ήταν χαμηλή με 2 km/h.



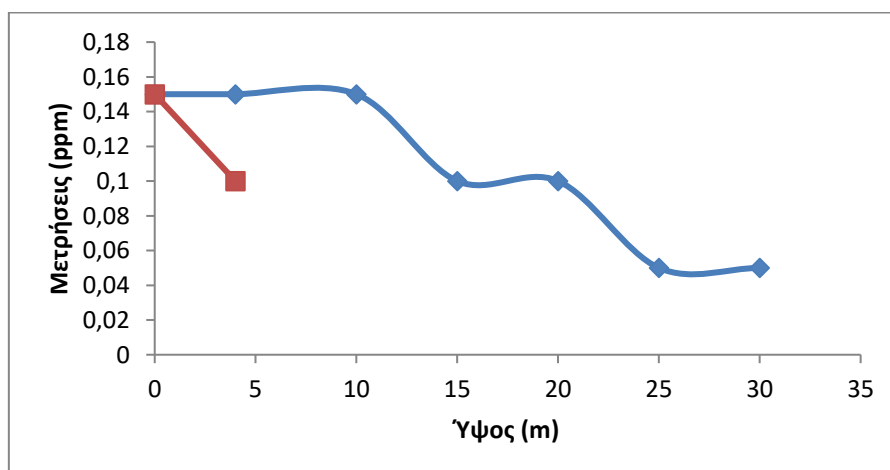
Εικόνα 3.26 - Δωδέκατη μέρα μετρήσεων

Την δωδέκατη μέρα μετρήσεων οι τιμές του μονοξειδίου του αζώτου ήταν αρκετά χαμηλές κι εδώ με αρχική σταθερή τιμή στα 0 και 4 μέτρα ύψος 0,1 ppm και από τον αισθητήρα αλλά και από τον επίγειο σταθμό. Στην συνέχεια στα 15 μέτρα ύψος η τιμή που καταγράφηκε από τον αισθητήρα ήταν 0,05 ppm και στα 30 μέτρα 0 ppm. Οι τιμές ήταν χαμηλές γιατί η ένταση του ανέμου κυμαινόταν στα 4 km/h.



Εικόνα 3.27 - Δέκατη τρίτη μέρα μετρήσεων

Την δέκατη τρίτη μέρα παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με απότομες φθίνουσες γραμμές και αυτό οφείλεται στις χαμηλές τιμές που καταγράφηκαν. Αρχικά για 0 μέτρα ύψος ο αισθητήρας κατέγραψε 0,05 ppm και ο επίγειος σταθμός 0,1 ppm με αποτέλεσμα η διαφορά στην τιμή που κατέγραψαν να είναι της τάξης -50,00%. Έπειτα στα 4 μέτρα ύψος η τιμή που καταγράφηκε από τον αισθητήρα και τον επίγειο σταθμό ήταν 0,05 ppm. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στα 15 και 30 μέτρα ύψος η τιμή που μετρήθηκε ήταν 0 ppm. Οι χαμηλές τιμές κι εδώ οφείλονται στην υψηλή ένταση του ανέμου που ήταν 5 km/h.



Εικόνα 3.28 - Δέκατη τέταρτη μέρα μετρήσεων

Την δέκατη τέταρτη μέρα όπως φαίνεται και από το διάγραμμα παραπάνω, οι τιμές του ρύπου είναι αρκετά μικρές. Συγκεκριμένα για 0 μέτρα ύψος ο αισθητήρας και ο επίγειος σταθμός μέτρησαν 0,15 ppm ενώ για τα 4 μέτρα ύψος ο αισθητήρας μέτρησε 0,15 ppm και ο επίγειος σταθμός 0,1 ppm. Η διαφορά που προκύπτει είναι της τάξης του 50,00%. Στην συνέχεια για 15 μέτρα ύψος ο ρύπος μετρήθηκε 0,1 ppm και στα 30 μέτρα 0,05 ppm. Η ένταση του ανέμου εδώ κυμαινόταν στα 3 km/h.

3.1.5 Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του αισθητήρα και του επίγειου σταθμού παρατηρείται ότι καθώς το ύψος αυξάνεται κατακόρυφα οι αέριοι ρύποι μειώνονται, ενώ αντίθετα όταν μειώνεται το ύψος αυξάνονται οι τιμές των ρύπων. Επίσης όταν η ένταση του ανέμου είναι μεγάλη υπάρχει μείωση στις τιμές των ρύπων και σε κάποιους φτάνει και το μηδέν ενώ όταν η ένταση του ανέμου είναι μικρή ή δεν υπάρχει καθόλου άνεμος οι τιμές είναι αρκετά μεγάλες.

4. Συμπεράσματα

Τα πλεονεκτήματα των drones για τον εντοπισμό των αέριων ρύπων που προκύπτουν από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι περισσότερα σε σχέση με αυτά των επίγειων σταθμών.

ο επαρκής χρόνος που μπορούν να προσφέρουν για τη συλλογή των δεδομένων, καθώς μπορούν να σταλούν από τον χειριστή στο επιθυμητό μέρος και να παραμείνουν όσο χρόνο κρίνει εκείνος απαραίτητο. Η δυνατότητά τους να παρέχουν σε πραγματικό χρόνο δεδομένα και πληροφορίες αλλά και το μικρό τους βάρος. Επίσης το γεγονός ότι μπορούν εύκολα να πετάξουν από μέρος σε μέρος σε αντίθεση με τους επίγειους σταθμούς είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα.

Η ικανότητά τους να επιστρέψουν στο σημείο από το οποίο ξεκίνησαν να πετάνε σε περίπτωση βλάβης και το χαμηλό κόστος τόσο αυτών όσο και των αισθητήρων που τοποθετούνται σε αυτά.

Τέλος η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης τους σε συνδυασμό με την ικανότητα καταγραφής εικόνων από μεγάλες αποστάσεις και αυτό διότι οι δορυφορικές εικόνες μπορεί να αποκρύπτονται εξαιτίας σύννεφων.[25]

Βιβλιογραφία

- [1] <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/parousiaseis/chapter2.pdf>
- [2] <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>
- [3] Χρέμου Ευανθία, (2013), ‘Μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων ρύπων στην Ελλάδα’, Μεταπτυχιακή διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- [4] Π.Ζανή, (2014), ‘Σημειώσεις για τη ρύπανση και τη χημεία της ατμόσφαιρας’, Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- [5] Στογιάννης Κλεόνικος,(2019), " Χωρική και χρονική κατανομή των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μεγάλες Ελληνικές αστικές περιοχές ", Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- [6] Παπαδημητρίου Δανιήλ, (2019), ‘Κατασκευή μη επανδρωμένου τετρακόπτερου (Drone), Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών.
- [7] Χρήστος Σκουρλής, (2019), ‘Drones: Τεχνολογίες, εφαρμογές, κανονιστικό πλαίσιο, δεξιότητες’, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- [8] <https://www.prapopoulos.com/post/drone>
- [9] <https://www.ypaithros.gr/mporoun-na-prosferoun-drones-agroti-stin-ypaithro/>
- [10] <https://www.maxmag.gr/tecnologia/drones-pou-elegchonte-apo-egkefalo-ine-edo-ti-provlepete-gia-ta-epomena-pente-chronia/>
- [11] <https://www.zougla.gr/technology/world-of-tech/article/diadiktiaki-ekdilosi-gia-ti-simvoli-ton-drones-ston-kataskevastiko-klado>
- [12] Bupé, P., Haddad, R., & Rios-Gutierrez, F. (2015, April). Relief and emergency communication network based on an autonomous decentralized UAV clustering network. In SoutheastCon 2015 (pp. 1-8). IEEE. DOI: 10.1109/SECON.2015.7133027
- [13] <https://www.securitymanager.gr/ta-drones-os-prostates-ton-5g-diktyon/>
- [14] Ψωμάς Χρυσόστομος (2022), ‘Κατηγοριοποίηση και Πολυκριτηριακή Αξιολόγηση Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών (UAVs) στο πεδίο εφαρμογής της Ανθρωπιστικής Εφοδιαστικής Αλυσίδας’, Εθνικό Μετσόβιο, Σχολή Μηχανολόγων, Τομέας Βιομηχανικής Διοίκησης και Επιχειρησιακής Έρευνας.

- [15] <https://theaviationist.com/2022/01/07/iai-loitering-munitions/>
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/DF-ZF>
- [17] <https://uofa.ru/el/voennye-i-boevye-drony-boevye-kvadrokoptery-ispolzovanie-dronov-v-voennyh/>
- [18] <https://newpost.gr/eidiseis/mq-9-reaper-to-drone-poy-tha-denei-me-ta-aorata-f-35-o-tholos-toy-tromoy-htizetai-me-tin-aeramyna-toy-aigaiou/>
- [19] https://www.pentapostagma.gr/ethnika-themata/oplika-systimata/5361980_ta-prota-ellinika-kai-beltiomena-mi-epandromena-aeroskafi
- [20] <https://www.dreamstime.com/stock-photo-man-drone-camera-taking-photos-beautiful-sunset-young-hipster-remote-control-flying-lake-austria-image80975994>
- [21] <https://www.capital.gr/epikairoτητα/3657299/omoioima-tou-protou-ellinikou-drone-arxutas-sto-periptero-tis-eab-sti-deth>
- [22] <https://www.drone-photography.gr/h-exelixa-ton-drone>
- [23] Παναγιώτης Ι. Αποσπόρης , (2020), ‘Το βιβλίο των Drones’ , Εκδόσεις Παπαζήση, ISBN 978-960-02-3691-0.
- [24] Κοιλιάκου Μαρία (2018), ‘Αξιοποίηση καταγραφών μη επανδρωμένων αεροσκαφών (UAV/Drones) για την κατασκευή γεωχωρικών δεδομένων’, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Σχολή περιβάλλοντος Γεωγραφίας και Εφαρμοσμένων Οικονομικών
- [25] Γεωργία Εμμανουήλ (2021), «Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη και οι Εφαρμογές τους στις παραδόσεις τελευταίου μιλίου», Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Επιστημών Διοίκησης Τμήμα Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών.