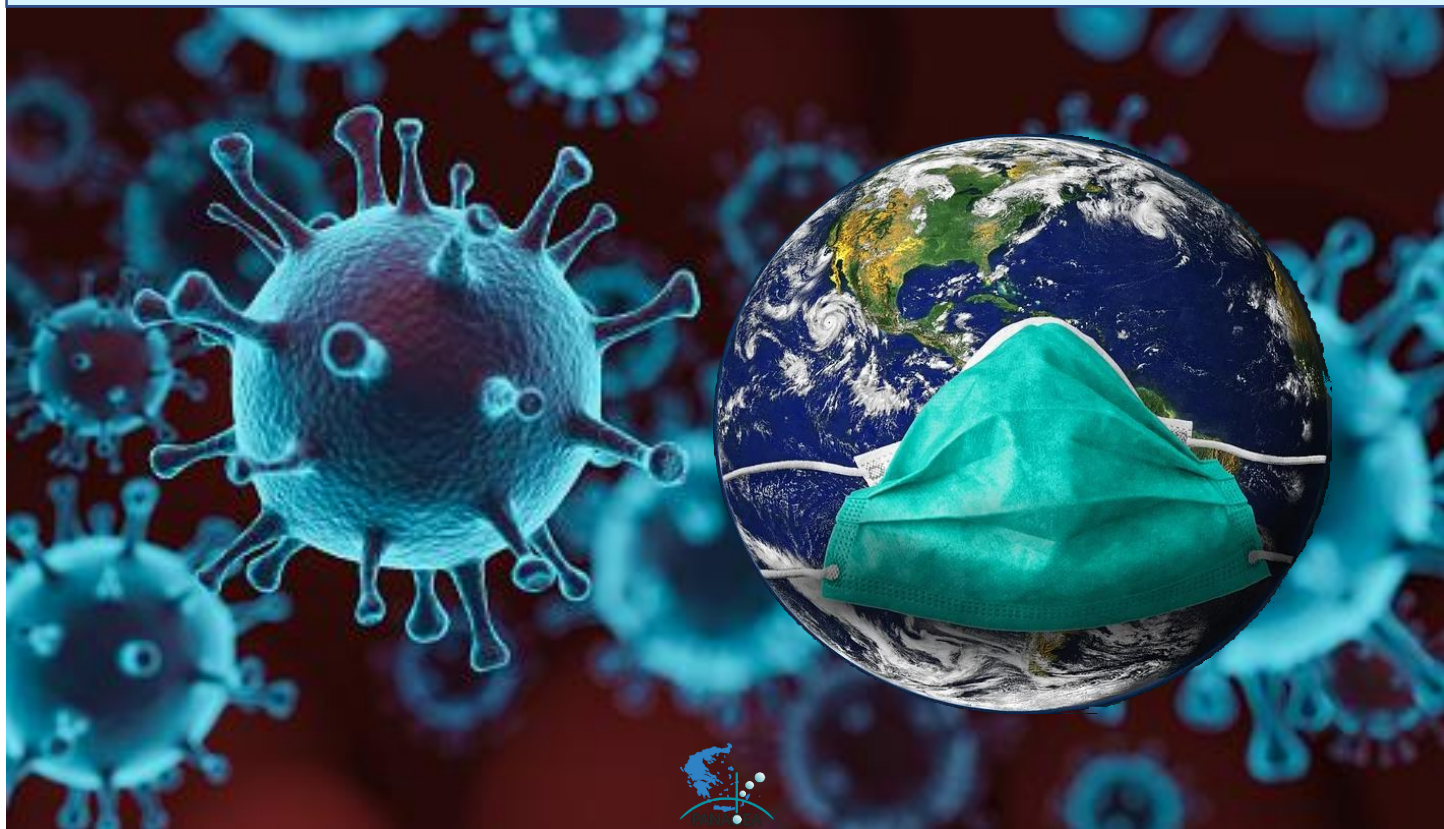




ΑΝΑΦΟΡΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΡΑΝΑΧΕΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΝΔΗΜΙΑ COVID-19





PANhellenic infrastructure for Atmospheric Composition and climate chAnge

<https://panacea-ri.gr>

Συμμετέχοντες στην Ερευνητική Υποδομή

Πανεπιστήμιο Κρήτης, **Νικόλαος Μιχαλόπουλος (Συντονιστής)**

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας - Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών, Ακαδημίας Αθηνών

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Πολυτεχνείο Κρήτης

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Πανεπιστήμιο Πάτρας

Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών

Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης «ΠΑΝελλαδική υποδομή για τη μελέτη της ατμοσφαιρικής σύστασης και κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΝΑΚΕΙΑ)» (MIS 5021516) που εντάσσεται στη Δράση «Ενίσχυση Υποδομών Έρευνας και Καινοτομίας» και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2014-2020, με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης).



Ηράκλειο

03 Αυγούστου 2020

(επικαιροποίηση)

ΑΝΑΦΟΡΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ PANACEA ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΝΔΗΜΙΑ COVID-19

ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Το σύνδρομο οξείας αναπνευστικής ανεπάρκειας CoronaVirus-2, κοινώς γνωστό ως COVID-19, που προκαλείται από τον κορωνοϊό SARS-CoV-2, εμφανίσθηκε αρχικά στην επαρχία Hubei της Κίνας και μέσα στον Δεκέμβριο του 2019 έλαβε επιδημικές διαστάσεις. Η εξάπλωση της επιδημίας ήταν ταχύτατη και από τις 11 Μαρτίου 2020 έχει χαρακτηριστεί ως πανδημία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ενόψει της εκδήλωσης μεγάλου αριθμού κρουσμάτων σε πολλές χώρες της υφηγίου.

Ήδη από τις 27 Φεβρουαρίου 2020 άρχισε στη χώρα μας η λήψη ειδικών μέτρων σε τοπικό επίπεδο (ακύρωση αποκριάτικων εκδηλώσεων), τα οποία σταδιακά επεκτάθηκαν σε εθνική κλίμακα (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 1. Ενέργειες περιορισμού δραστηριοτήτων στην Ελλάδα.

Ημερομηνία	Δραστηριότητα
10 Μαρτίου	Αναστολή Λειτουργίας εκπαιδευτικών δομών
13 Μαρτίου	Αναστολή Λειτουργίας Χώρων Εστίασης
16 Μαρτίου	Αναστολή Λειτουργίας Καταστημάτων
23 Μαρτίου	Γενική Απαγόρευση
4 Μαΐου	Ελεύθερη μετακίνηση εντός των ορίων κάθε περιφερειακής ενότητας
11 Μαΐου	Επανεκκίνηση λειτουργίας μεγαλύτερου μέρους καταστημάτων
25 Μαΐου	Επανεκκίνηση λειτουργίας εστιατορίων

Τα περιοριστικά μέτρα που ελήφθησαν στην Ελλάδα, ως μέσο προστασίας από το COVID-19, έχουν προκαλέσει ακούσιες θετικές επιπτώσεις στα επίπεδα ποιότητας του αέρα της χώρας. Στα πλαίσια της ΠΑΝελλαδικής υποδομής για τη μελέτη της ατμοσφαιρικής σύστασης και κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΝΑΚΕΙΑ), εξετάστηκε η επίδραση που είχαν τα μέτρα στην **ποιότητα του αέρα**, σε διάφορες περιοχές της χώρας μας με τη χρήση επιτόπιων μετρήσεων, μετρήσεων τηλεπισκόπησης, καθώς και δορυφορικών μετρήσεων. Επιπροσθέτως της ποιότητας του αέρα, η εργαστηριακή υποδομή της ΠΑΝΑΚΕΙΑ χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο **καταλληλότητας υλικών** (μάσκες) για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Η ευελιξία της ΕΥ ΠΑΝΑΚΕΙΑ επέτρεψε την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων με μεγάλη ακρίβεια, σε σύντομο χρονικό διάστημα και τα αντίστοιχα ερευνητικά αποτελέσματα δόθηκαν άμεσα στους ενδιαφερόμενους και χρησιμοποιήθηκαν από την ελληνική βιομηχανία και τον νοσηλευτικό τομέα.

Παρακάτω περιγράφονται επιγραμματικά τα ευρήματα στους δύο αυτούς τομείς έρευνας, ενώ λεπτομερής περιγραφή ακολουθεί στο Παράρτημα του παρόντος, όπου παρουσιάζονται και μετρήσεις θορύβου στη Ξάνθη.

1. Επίδραση μέτρων προστασίας της υγείας στην ποιότητα του αέρα

Γενικά παρατηρήθηκε βελτίωση της ποιότητας του αέρα στα περισσότερα αστικά κέντρα, ενώ δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές μεταβολές στο ατμοσφαιρικό υπόβαθρο, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω.

1.1 Επίγειες Μετρήσεις

Μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης πραγματοποιήθηκαν

- 1- στο κέντρο της Αθήνας στον σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Θησείο (Λόφος Νυμφών) (Παράρτημα 1.1.2),
- 2- στην περιαστική ζώνη της Αθήνας και το σταθμό του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος στην Αγία Παρασκευή (Παράρτημα 1.1.3)
- 3- στην Πάτρα από το δίκτυο ατμοσφαιρικών μετρήσεων της πόλης υπό την εποπτεία του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών σε συνεργασία με το Εργαστήριο Μελέτης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του Ινστιτούτου Επιστημών Χημικής Μηχανικής (ΙΕΧΜΗ) (Παράρτημα 1.1.4) και
- 4- στο σταθμό του Πανεπιστημίου Κρήτης στο Φινοκαλιά Λασιθίου (Παράρτημα 1.1.1).

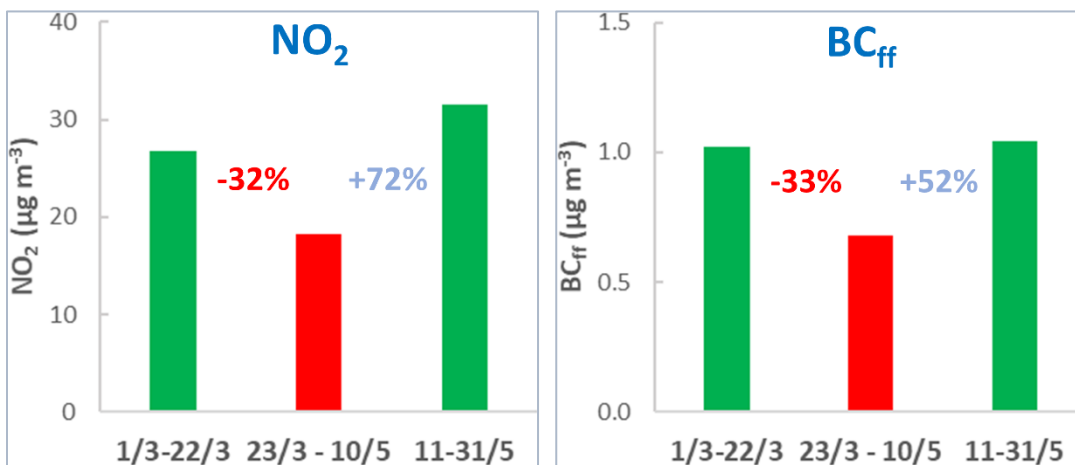
Ο σταθμός στο Θησείο χαρακτηρίζει το αστικό-ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της περιοχής Αθηνών, καθώς απέχει από μεγάλους δρόμους και άλλες σημειακές πηγές, ενώ αυτός του Φινοκαλιά χαρακτηρίζει το περιοχικό ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της Ανατολικής Μεσογείου και για το λόγο αυτό αποτελεί σταθμό αναφοράς στη χώρα μας.

Οι μέσες συγκεντρώσεις των αερίων ρύπων συγκρίθηκαν, κατά τις περιόδους προ της λήψης των γενικευμένων μέτρων (1-22 Μαρτίου), κατά τη διάρκειά τους (23 Μαρτίου – 10 Μαΐου) και μετά την άρση τους (11-31 Μαΐου), καθώς και με μετρήσεις της ίδιας εποχιακής περιόδου των τελευταίων ετών, όπου αυτές ήταν διαθέσιμες.

ΑΘΗΝΑ: Στο Θησείο για όλους τους πρωτογενείς ρύπους καταγράφηκε στατιστικά σημαντική μείωση των επιπέδων τους κατά την περίοδο των γενικευμένων μέτρων σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο. Ενδεικτικά για το NO₂, που θεωρείται δείκτης των εκπομπών από κυκλοφορία οχημάτων σε αστικές περιοχές, η μείωση ήταν 32%, οι συνολικές συγκεντρώσεις αιθάλης μειώθηκαν κατά 40% ενώ μειωμένες κατά 35% ήταν και οι συγκεντρώσεις του CO. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου μέχρι 2.5 μικρόμετρα (εκατομμυριοστά του μέτρου), PM_{2.5}, κατέγραψε επίσης σημαντική μείωση (18%), αλλά συγκριτικά χαμηλότερη

από την μετρηθείσα για τους άλλους ρύπους. Τόσο το NO_2 όσο και το κλάσμα της αιθάλης που σχετίζεται με την καύση ορυκτών καυσίμων (BC_{ff}), κατά την περίοδο 23 Μαρτίου – 10 Μαΐου, είχαν σταθερά χαμηλότερες συγκεντρώσεις από τις αντίστοιχες ελάχιστες που παρατηρήθηκαν κατά την προηγούμενη 4ετία, επιβεβαιώνοντας ότι αυτές οι μειώσεις είναι όντως σχετιζόμενες με τα εφαρμοσθέντα μέτρα.

Κατά το διάστημα που ακολούθησε την άρση των γενικευμένων μέτρων τα επίπεδα των πρωτογενών ρύπων αυξήθηκαν σε σχέση με την περίοδο εφαρμογής των μέτρων, επαληθεύοντας η ορθότητα της απόδοσης της μείωσης των πρωτογενών ρύπων στα μέτρα που πάρθηκαν για τον περιορισμό της εξάπλωσης του κορωνοϊού.



Γράφημα 1: Μέσες συγκεντρώσεις πρωτογενών ρύπων στην Αθήνα (Θησείο), κατά τις περιόδους προ της λήψης των γενικευμένων μέτρων (1-22 Μαρτίου), κατά τη διάρκεια τους (23 Μαρτίου-10 Μαΐου) και μετά την άρση τους (11-31 Μαΐου). NO_2 – διοξείδιο του αζώτου (αριστερά), BC_{ff} – κλάσμα αιθάλης προερχόμενο από καύσεις ορυκτών καυσίμων (δεξιά).

Ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αποτελέσματα προέκυψαν, επίσης, για τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην Αθήνα, του σημαντικότερου θερμοκηπικού αερίου, που προέρχεται από παντός είδους καύσεις. Τα μέσα επίπεδά του μειώθηκαν κατά 2.1% κατά την περίοδο εφαρμογής των γενικευμένων μέτρων, μείωση η οποία παρότι μικρή εξακολουθεί να είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο 0,01 (μη-παραμετρικός έλεγχος). Η συγκεκριμένη μείωση εμφανίζεται μικρή σε σχέση με τους υπόλοιπους ρύπους λόγω του υψηλού περιοχικού υποβάθρου. Για τον προσδιορισμό της συμμετοχής των εκπομπών από την Αθήνα στα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα ($\Delta\text{-CO}_2$), αφαιρέθηκε από τις μετρηθείσες συγκεντρώσεις του στην Αθήνα το υπόβαθρο της περιοχής (μετρήσεις από το σταθμό του περιοχικού υποβάθρου στο Φινοκαλιά). Έτσι υπολογίστηκε η μείωση των αστικών εκπομπών του κατά την περίοδο των γενικευμένων μέτρων να είναι ιδιαίτερα υψηλή (58%) και είναι συγκρίσιμη με τις

παρατηρούμενες στις λίγες μεγαλουπόλεις διεθνώς όπου χρησιμοποιείται αντίστοιχα υψηλής ακρίβειας μεθοδολογία μέτρησης (π.χ. Παρίσι, Πόλη του Μεξικού).

Στην περιαστική ζώνη του λεκανοπεδίου Αττικής και στο σταθμό του ΕΚΕΦΕ-Δ καταγράφηκε κατά την περίοδο των μέτρων ισχυρή μείωση της τάξης του 20% για τα υπέρλεπτα νανοσωματίδια ($N_{0.01-0.1}$) και 49% για τα νιτρικά ιόντα στα αιωρούμενα σωματίδια, ενώ για μεγέθη από 0.1-0.5 μm , που αφορούν στα αιωρούμενα σωματίδια της περιοχής συσσώρευσης, παρατηρήθηκαν μικρότερες μεταβολές.

ΠΑΤΡΑ: Οι επιπτώσεις των περιοριστικών μέτρων στην ποιότητα του αέρα στις χωρικές και χρονικές συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) μελετήθηκαν και στην πόλη της Πάτρας με τη χρήση μετρήσεων ενός εκτεταμένου δικτύου αισθητήρων μέτρησης των συγκεντρώσεων των PM. Οι μετρήσεις που μελετήθηκαν αφορούν τα αιωρούμενα σωματίδια με διαμέτρους έως 2.5 μm (PM_{2.5}) και έως 1 μm (PM₁). Οι 12 σταθμοί του δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν εκτείνονται σχεδόν σε όλη την επικράτεια του Δήμου Πατρέων καλύπτοντας, τόσο, περιοχές αυξημένης κυκλοφορίας στο κέντρο της πόλης, όσο και σε λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές στα προάστια της πόλης. Δεν μετρήθηκε σημαντική (πάνω από 1-2 $\mu\text{g m}^{-3}$) αλλαγή στις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικού υποβάθρου PM_{2.5} στην Πάτρα λόγω περιοριστικών μέτρων. Προέκυψε ότι τα **περιοριστικά μέτρα είχαν μικρή επίδραση στα επίπεδα των PM_{2.5} στις μελετηθείσες περιοχές έξω από την πόλη, ενώ παρατηρήθηκε σημαντική ελάττωση στις εκπομπές από τα εστιατόρια μέσα στην πόλη με αποτέλεσμα την μείωση κατά 50-60% των μέγιστων μέσων νυχτερινών συγκεντρώσεων των PM_{2.5}. Η ελάττωση στις εκπομπές από την κυκλοφορία, προσεγγιστικά εκτιμώμενη στο περίπου 20%, επίσης, συνέβαλε στη μείωση των επιπέδων των PM_{2.5}.**

ΦΙΝΟΚΑΛΙΑ: Από τις μετρήσεις στο σταθμό στο Φινοκαλιά δεν καταγράφηκε καμία σημαντική μεταβολή στις συγκεντρώσεις πρωτογενών ρύπων, και ήταν μέσα στα πλαίσια της παρατηρηθείσας μεταβλητότητας κατά τα προηγούμενα 4 χρόνια και την ίδια περίοδο του έτους. Οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου συνέχισαν την εποχιακή μεταβολή τους και την διαχρονική αυξητική τους τάση χωρίς ένδειξη να έχουν επηρεαστεί τα επίπεδα τους στο ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της Ανατολικής Μεσογείου από τα περιοριστικά μέτρα λόγω COVID19. Η παρατήρηση αυτή είναι σε συμφωνία με μετρήσεις στο σταθμό παγκόσμιας αναφοράς για το διοξείδιο του άνθρακα στη Mauna Loa στη Χαβάη και αποδεικνύει για μια ακόμη φορά ότι χρειάζονται συνεχή μακρόχρονα μέτρα για την σταθεροποίηση και μετέπειτα μείωση των θερμοκηπικών αυτών αερίων λόγω του μεγάλου χρόνου παραμονής τους στην ατμόσφαιρα και των μηχανισμών ανάδρασης που υπάρχουν στο περιβάλλον. **Για το όζον, που είναι δευτερογενής ρύπος, παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση της αυξητικής του τάσης κατά την άνοιξη κατά τη διάρκεια των μέτρων λόγω μείωσης των μεταφερόμενων ρύπων στην περιοχή.**

1.2 Δεδομένα τηλεπισκόπησης

Μετρήσεις τηλεπισκόπησης με επίγεια συστήματα Lidar πραγματοποιήθηκαν από το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας (ΕΦΑ) του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) στη Θεσσαλονίκη (ΑΠΘ), την Μονάδα Τηλεπισκόπησης Laser- (LRSU), του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), στην Αθήνα (ΕΜΠ), και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) στο νησί των Ακτικυθήρων (Παράρτημα 1.2.1.1 και 1.2.1.2)

Επίσης, αναλύθηκαν δορυφορικές παρατηρήσεις από το ΑΠΘ από το υψηλής γεωγραφικής ευκρίνειας δορυφόρο Sentinel 5P με το όργανο τηλεπισκόπησης TROPOMI. (Παράρτημα 1.2.2)

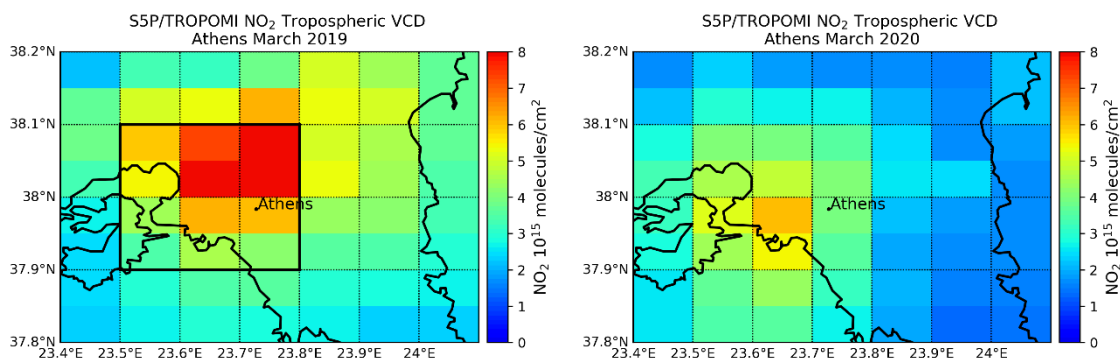
1.2.1 Παρατηρήσεις με επίγεια συστήματα τηλεπισκόπησης

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης laser (τεχνική lidar) της Μονάδας Τηλεπισκόπησης Laser στην Αθήνα (ΕΜΠ) και του ΕΦΑ/ ΑΠΘ στη Θεσσαλονίκη πραγματοποιούν μακρόχρονες κλιματολογικές μετρήσεις από το 2000 έως σήμερα, με τη συνέργεια ηλιακών φωτομέτρων, προσφέροντας τη δυνατότητα υπολογισμού αξιόπιστων κλιματολογικών τιμών. Στη Θεσσαλονίκη, για τον Μάρτιο-Απρίλιο 2020 οι μετρήσεις οπτικού πάχους των αιωρούμενων σωματιδίων (AOD) με φωτόμετρο τύπου CIMEL είναι αισθητά μικρότερες από τη κλιματολογία της περιόδου 01/2004 - 12/2019 (στο -1σ). Τον Μάιο ένα πολύ σημαντικό επεισόδιο αφρικάνικης σκόνης κάλυψε τυχόν μεταβολές οφειλόμενες στις ανθρώπινες δραστηριότητες ιδιαίτερα όπως αυτές αποτυπώθηκαν στις μετρήσεις του lidar. Για την Αθήνα, οι τιμές εντός του Ατμοσφαιρικού Οριακού Στρώματος (ΑΟΣ) βρέθηκαν αρκετά μικρότερες (κατά 33-50%) από τις αντίστοιχες κλιματολογικές τιμές στους χειμερινούς μήνες, σε αντίθεση με τον Μάιο, όπου παρατηρείται μια μικρή μείωση. Η όποια μείωση των εκπομπών στο ΑΟΣ πιθανώς να φανεί σταδιακά και στην Ελεύθερη Τροπόσφαιρα μέσω της διασυνωριακής μεταφοράς ρύπανσης, καθώς η περίοδος εφαρμογής μέτρων ήταν κοινή για αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες.

1.2.2 Δορυφορικές παρατηρήσεις

Οι μέσες μηνιαίες τροποσφαιρικές στήλες διοξειδίου του αζώτου (NO_2) μελετήθηκαν και από το δορυφορικό όργανο S5P/TROPOMI και δείχνουν μια μέση μείωση από -3% σε -26% [εύρος τιμών -1% σε -27%] με μέσο όρο -22% [-11%] για τον Μάρτιο [και τον Απρίλιο] 2020, σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος, στις έξι μεγαλύτερες ελληνικές μητροπολιτικές περιοχές (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλος, Πάτρα, Ηράκλειο) που οφείλονται κυρίως σε μειώσεις εκπομπών οχημάτων. Επιπλέον, **παρατηρήθηκαν σημαντικές επιπτώσεις στις εκπομπές πλοίων στο Αιγαίο καθώς και γύρω από τα μεγάλα Ελληνικά λιμάνια, περίπου -12% [-5%]**. Για την πόλη της Αθήνας, ήταν εφικτή η εβδομαδιαία ανάλυση των δεδομένων και διαφάνηκε σημαντική μείωση

του φορτίου NO_2 μεταξύ -8% και -43% για 7 από τις 8 εβδομάδες που μελετήθηκαν. Προσομοιώσεις από το μοντέλο χημείας και μεταφοράς LOTOS-EUROS δείχνουν ότι το μέγεθος αυτών των μειώσεων δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στη διαφορά μετεωρολογικών παραγόντων που επηρεάζουν τα επίπεδα NO_2 κατά τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2020 και τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους του προηγούμενου έτους. **Λαμβάνοντας υπόψη τυχόν διαφορές μετεωρολογικών παραγόντων από τις προηγούμενες χρονιές, η προκύπτουσα μείωση της τροποσφαιρικής στήλης του διοξειδίου του αζώτου εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 0% και -37% για τις πέντε μεγαλύτερες πόλεις (στη Πάτρα δε παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή), με μέσο όρο ~ -10%.**



Γράφημα 2. Μέσες μηνιαίες τροποσφαιρικές στήλες NO_2 από τον TROPOMI, σε $10^{15} \text{ molecules.cm}^{-2}$, για τον Μάρτη 2019 [αριστερά] και τον Μάρτη 2020 [δεξιά] για την Αθήνα

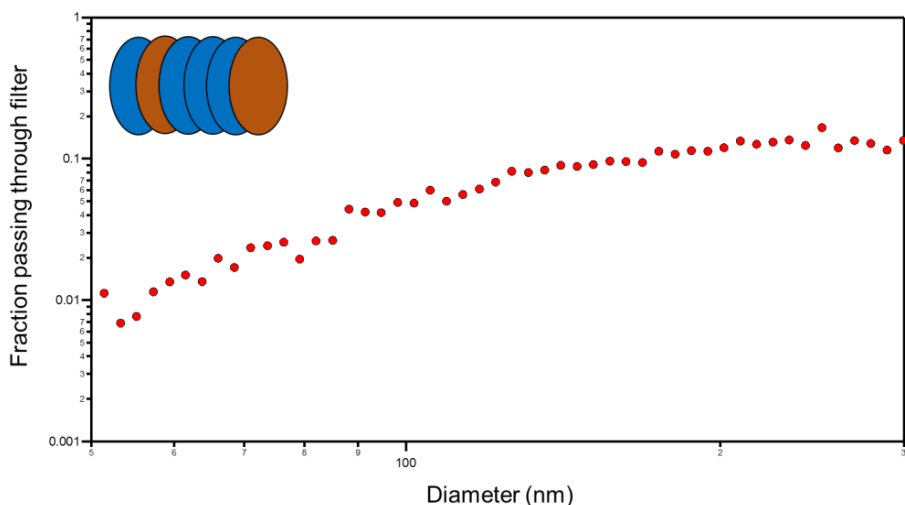
2. Έλεγχος καταλληλότητας υλικών για την προστασία της ανθρώπινης υγείας

Η εργαστηριακή υποδομή της ΠΑΝΑΚΕΙΑ χρησιμοποιήθηκε για τον γρήγορο έλεγχο υλικών για μάσκες υψηλής προστασίας για το υγειονομικό προσωπικό. Η ευελιξία της υποδομής επέτρεψε την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων με μεγάλη ακρίβεια και σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Στον θάλαμο ατμοσφαιρικής προσομοίωσης στο ΙΕΧΜΗ/ΙΤΕ και τα όργανα του Εργαστηρίου τα οποία αποτελούν μέρος της ΕΥ ΠΑΝΑΚΕΙΑ ελέγχθηκαν μια σειρά από πλαστικά υλικά για τη χρήση τους σε μάσκες προστασίας υψηλής ποιότητας, σε συνεργασία με τα Πλαστικά Θράκης και μέλη του Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου Πατρών. Βασικός σκοπός των μετρήσεων ήταν ο χαρακτηρισμός του ποσοστού κατακράτησης σωματιδίων σαν συνάρτηση του μεγέθους τους (Εικόνα 3). Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό μέγεθος του ιού Covid-19 και την πιθανότητα μετάδοσής του με την μορφή αεροζόλ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα μεγέθη 100-300 nm κάτι που δεν συμβαίνει στα τεστ ρουτίνας για αυτά τα υλικά. Έγιναν δεκάδες δομικές οι οποίες

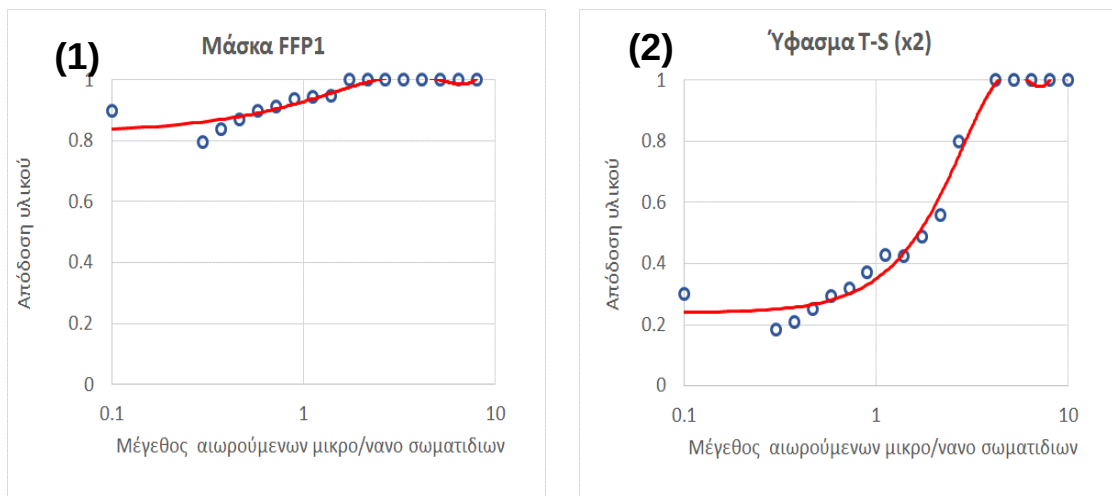
βοήθησαν στο να βρεθούν υποσχόμενα υλικά αλλά και αποκλειστούν λιγότερο κατάλληλα υλικά. Τα αποτελέσματα δόθηκαν άμεσα στους ενδιαφερόμενους (Πλαστικά Θράκης και Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Πατρών).

Γράφημα 3. Κλάσμα των σωματιδίων που διαπερνούν το φίλτρο σαν συνάρτηση του μεγέθους των



σωματιδίων. Σε αυτή την περίπτωση το φίλτρο αποτελείτο από έξι στρώματα δύο υλικών (μπλε και καφέ)

Παρόμοιες μελέτες έγιναν και στο ΕΚΕΦΕ-Δ όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε κοινά υλικά για την απόδοση που έχουν συγκριτικά με μάσκες γνωστών προδιαγραφών (N95, FFP,1,2,3).



Γράφημα 4. Κλάσμα των σωματιδίων που διαπερνούν το υπό εξέταση υλικό (Μάσκα προδιαγραφών FFP1(1), διπλό στρώμα βαμβακερού υφάσματος (2)) σαν συνάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ	1
1.1 Επίγειες Μετρήσεις	1
1.1.1. Επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά της εξάπλωσης του COVID-19 στην ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της Ανατολικής Μεσογείου – μετρήσεις στο Φινοκαλιά, Λασιθίου.	1
1.1.2 Επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά της εξάπλωσης του COVID-19 στην ποιότητα του αέρα στην Αθήνα.....	7
1.1.3 Μεταβολή της ατμοσφαιρική ρύπανσης στην περιφερειακή ζώνη του Λεκανοπεδίου Αττικής κατά την περίοδο των μέτρων προστασίας από το COVID9.....	16
1.1.4 Επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά της εξάπλωσης του COVID-19 στις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην Πάτρα	18
1.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης.....	38
1.2.1. Παρατηρήσεις με επίγεια συστήματα τηλεπισκόπησης.....	38
1.2.1.1 Μελέτη της εξέλιξης του φόρτου, της κατακόρυφης κατανομής και της προέλευσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην περίοδο εφαρμογής των μέτρων προστασίας για την εξάπλωση του ιού Covid-19.σε τρεις ερευνητικούς σταθμούς του δικτύου της PANACEA	38
1.2.1.2 COVID-19: Μετρήσεις αερολυμάτων με την τεχνική Lidar στην Αθήνα κατά τη διάρκεια της ολικής απαγόρευση κυκλοφορίας του 2020 σε σύγκριση με τα έτη 2016-2019.....	43
1.2.2. Δορυφορικές παρατηρήσεις -Αιφνίδιες αλλαγές στις εκπομπές διοξειδίου του αζώτου μετά την απαγόρευση κυκλοφορίας λόγω της πανδημίας COVID-19	47
2. ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΥΓΕΙΑΣ	56
2.1 Έλεγχος καταλληλότητας υλικών για προστατευτικές μάσκες νοσηλευτικού προσωπικού ...	56
2.2 Έλεγχος καταλληλότητας υλικών και προστατευτικών масκών	61
3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	63

1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

1.1 Επίγειες Μετρήσεις

1.1.1. Επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά της εξάπλωσης του COVID-19 στην ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της Ανατολικής Μεσογείου – μετρήσεις στο Φινοκαλιά, Λασιθίου.

Εργαστήριο Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών, Τμήμα Χημείας Πανεπιστημίου Κρήτης

Η πανδημία του COVID-19 ανάγκασε τόσο τη χώρα μας όσο και τις υπόλοιπες πληγείσες χώρες του πλανήτη να προβούν σε μία σειρά περιοριστικών μέτρων για να μειώσουν την εξάπλωση του κορωνοϊού SARS-CoV-2 στον πληθυσμό. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα σημαντική μείωση δραστηριοτήτων και μετακινήσεων με μέσα μεταφοράς με συνέπεια την μείωση των εκπομπών ανθρωπογενών ρύπων και την επακόλουθη αύξησή τους κατά την άρση των μέτρων. Κατά την περίοδο της απαγόρευσης κυκλοφορίας, ο ερευνητικός σταθμός ατμοσφαιρικών μετρήσεων του Πανεπιστημίου Κρήτης στο Φινοκαλιά Λασιθίου συνέχισε να λειτουργεί και να καταγράφει τα επίπεδα του περιοχικού ατμοσφαιρικού υποβάθρου, γεγονός που μας επιτρέπει να τα συγκρίνουμε με την περίοδο πριν την απαγόρευση κυκλοφορίας καθώς και με τη περίοδο της επαναφοράς στην καθημερινότητα. Στην παρούσα μελέτη επικεντρωνόμαστε στη περίοδο 1 Μαρτίου έως τις 31 Μαΐου 2020. Με ημερομηνίες ορόσημα τις 23 Μαρτίου ως ημερομηνία έναρξης της γενικής απαγόρευσης και τις 11 Μαΐου ως ημερομηνία επανεκκίνησης λειτουργίας των περισσότερων καταστημάτων η συνολική περίοδος χωρίζεται σε 3 διαστήματα που παρακάτω αναφέρονται ως pre-lockdown, lockdown και post-lockdown.

Μετρήσεις σύστασης της ατμόσφαιρας στο σταθμό του Παν/μιου Κρήτης στο Φινοκαλιά

Ο σταθμός στο Φινοκαλιά καταγράφει τις τιμές ατμοσφαιρικού υποβάθρου της Ανατολικής Μεσογείου για μια σειρά από ατμοσφαιρικούς ρύπους με επίδραση στην ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και το κλίμα, συμμετέχοντας σε διεθνή δίκτυα μετρήσεων όπως το ACTRIS(ESFRI) και του GAW/WMO και καλύπτοντας τις τυπικές υποχρεώσεις της χώρας μας για την καταγραφή και αναφορά επιπέδων υποβάθρου. Ο σταθμός βρίσκεται στη βόρεια ακτή του νησιού σε απόσταση 50 χιλ από το Ηράκλειο, που είναι η κοντινότερη μεγάλη αστική περιοχή και δέχεται ανέμους θαλάσσιας προέλευσης από ένα ευρύ τομέα από τα ανατολικά έως τα δυτικά. Λόγω της μοναδικότητας της τοποθεσίας του αλλά και των βάσεων δεδομένων που διαθέτει μετά από

πάνω από 25 χρόνια συνεχούς λειτουργίας, θεωρείται αυτή τη στιγμή σταθμός αναφοράς στην Ανατολική Μεσόγειο. Οι μετρήσεις στο σταθμό αυτό έχουν συντελέσει σημαντικά στην κατανόηση της ατμοσφαιρικής σύστασης και της κλιματικής αλλαγής και έχουν τύχει μεγάλης αποδοχής από την επιστημονική κοινότητα. Συγκεκριμένα, στο Φινοκαλιά μετρούνται τα επίπεδα του όζοντος, ατμοσφαιρικός ρύπος με επίδραση στη βλάστηση αλλά και την ανθρώπινη υγεία καθώς και θερμοκηπικό αέριο, σε συνεχή βάση από το 1997, τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) από το 2004, τα επίπεδα του μαύρου άνθρακα (αιθάλης) από το 2003 και τα επίπεδα των κύριων θερμοκηπικών αερίων διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου με όργανα συνεχούς καταγραφής των συγκεντρώσεων τους από το 2014.

Ο σταθμός διαθέτει **μετεωρολογικό σταθμό** που καταγράφει την ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, τη σχετική υγρασία, τη θερμοκρασία, τη συνολική ηλιακή ακτινοβολία, το ύψος βροχόπτωσης και τη βαρομετρική πίεση κάθε 5 λεπτά.



Εικόνα 1. Ο σταθμός παρακολούθησης του ατμοσφαιρικού υπόβαθρου της Ανατολικής Μεσογείου του Παν/μίου Κρήτης, στο Φινοκαλιά Λασιθίου, 50 χιλ ΒΑ της πόλης του Ηρακλείου.

Μετρήσεις αερίων ρύπων – οργανολογία: Οι συγκεντρώσεις του όζοντος και του διοξειδίου του αζώτου μετρούνται με τη χρήση πρότυπων μεθόδων προσδιορισμού (απορρόφηση UV

ακτινοβολίας και χημειοφωταύγεια, αντίστοιχα). Το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το μονοξείδιο του άνθρακα μετρούνται με τη χρήση της βέλτιστης μεθόδου φασματοσκοπικού προσδιορισμού οπτικής κοιλότητας (cavity ring-down) σε συνεργασία με το εργαστήριο LSCE του Ινστιτούτου Pierre et Simon Laplace της Γαλλίας, το οποίο εξασφαλίζει τη βαθμονόμηση των μετρήσεων στο πλαίσιο του διεθνούς δικτύου ICOS. Οι μετρήσεις του διοξειδίου του άνθρακα στο Φινοκαλιά χρησιμοποιούνται ως αναφορά για τις αστικές περιοχές και για τον προσδιορισμό της επιβάρυνσης από τις αστικές περιοχές, όπως η Αθήνα, με βάση τη διαφορά στις μετρούμενες συγκεντρώσεις στις δύο περιοχές.

Μετρήσεις σωματιδιακών ρύπων- οργανολογία: Ο μαύρος άνθρακας (αιθάλη) μετράται με αιθαλόμετρο – δηλαδή φωτόμετρο απορρόφησης ακτινοβολίας σε 7 διαφορετικά μήκη κύματος (370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 nm). Η μέτρηση της απορρόφησης στα 880 nm επιτρέπει το προσδιορισμό της συνολικής ποσότητας του μαύρου άνθρακα, ενώ οι μετρήσεις στα επιπλέον μήκη κύματος επιτρέπουν τον διαχωρισμό του μαύρου άνθρακα που προέρχεται από καύσεις βιομάζας (παρακάτω BC_{bb}) από αυτόν που προέρχεται από καύση ορυκτών καυσίμων (παρακάτω BC_{ff}). Το σύνολο των αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη των 10 μικρομέτρων (εκατομμυριοστό του μέτρου) μετρούνται με πρότυπη μέθοδο εξασθένησης ακτινοβολίας β και παράλληλα με Βαρομετρική μέθοδο. Λόγω βλάβης του εν λόγω οργάνου κατά τη περίοδο μελέτης μετρήθηκαν μόνο με βαρομετρική μέθοδο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε συνεχή βάση, καταγράφονται ανά ένα ή πέντε λεπτά και σταθμίζονται ανά ώρα, εκτός τις βαρομετρικές μετρήσεις σωματιδιακής μάζας που είναι ημερήσιες και τις μετρήσεις του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου και του μονοξειδίου του άνθρακα που είναι ωριαίες. Παρακάτω συζητούνται οι παρατηρήσεις των τριών περιόδων (πρό-, κατά και μετά- μέτρων) και συγκρίνονται με αυτές των αντίστοιχων χρονικών διαστημάτων της τελευταίας 4ετίας (2016-2019) για ομοιομορφία με την αντίστοιχη αναφορά για την Αθήνα.

Μετεωρολογικές συνθήκες κατά την υπό μελέτη περίοδο.

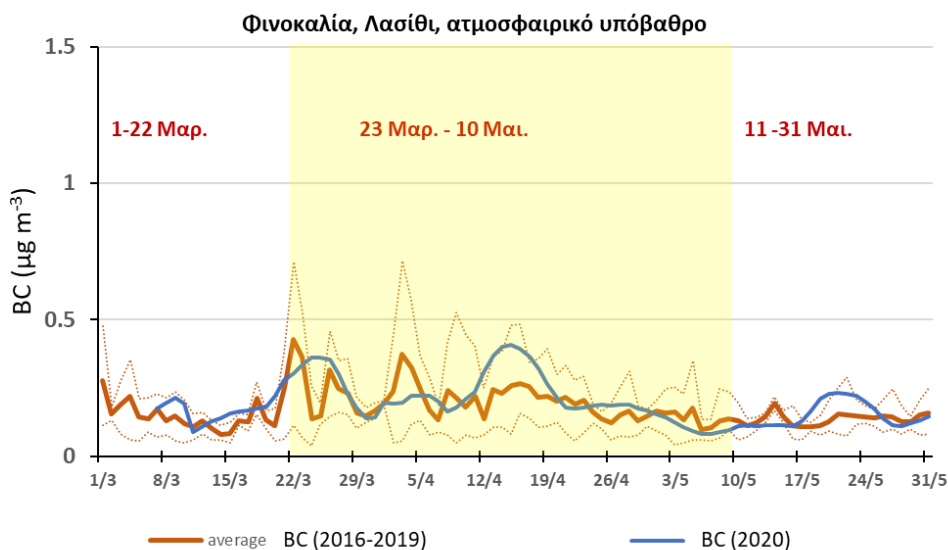
Η καταγραφή των μετεωρολογικών συνθηκών επέτρεψε να διαπιστώσουμε την αναμενόμενη εποχιακή αύξηση της θερμοκρασίας από την πρό-μέτρων περίοδο προς την μετά-μέτρων περίοδο. Η σχετική υγρασία και η βροχόπτωση μεγιστοποιήθηκαν κατά την περίοδο καθολικού περιορισμού με τιμές μεγαλύτερες από αυτές της τελευταίας 4ετίας (2016-2019). Συγκεκριμένα κατά την περίοδο του καθολικού περιορισμού το 2020 η βροχόπτωση ήταν 114.6 mm έναντι 45 (± 22.2) mm κατά την αντίστοιχη περίοδο των 4 προηγούμενων ετών, ενώ παρατηρήθηκε μείωση στην περίοδο χαλάρωσης των μέτρων στα 1.6 mm, χαμηλότερη από το μέσο όρο της αντίστοιχης περιόδου 2016-2019. Αντιθέτως η σχετική υγρασία δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά από τις προηγούμενες χρονιές.

Η μέση ταχύτητα του ανέμου το 2020 μειώθηκε σταδιακά από την προ- γενικευμένων μέτρων περίοδο (6.8 ms^{-1}) στην περίοδο των μέτρων (5.7 ms^{-1}) και στην μετά τα μέτρα περίοδο (4.1 ms^{-1}), χωρίς στατιστική διαφοροποίηση από τις προηγούμενες 4 χρονιές. Η θερμοκρασία

ακολούθησε την εποχιακή τάση με αύξηση από την προ- (13.3 °C) στην κατά (15.0 °C) και την μετά-μέτρων (22.2 °C) περίοδο, χωρίς σημαντική διαφορά από το μέσο όρο των αντίστοιχων περιόδων της προηγούμενης 4ετίας. Επομένως, όποιες μεταβολές παρατηρήθηκαν στα επίπεδα των ατμοσφαιρικών ρύπων δεν αναμένεται να σχετίζονται άμεσα με τις αλλαγές στις μετεωρολογικές συνθήκες.

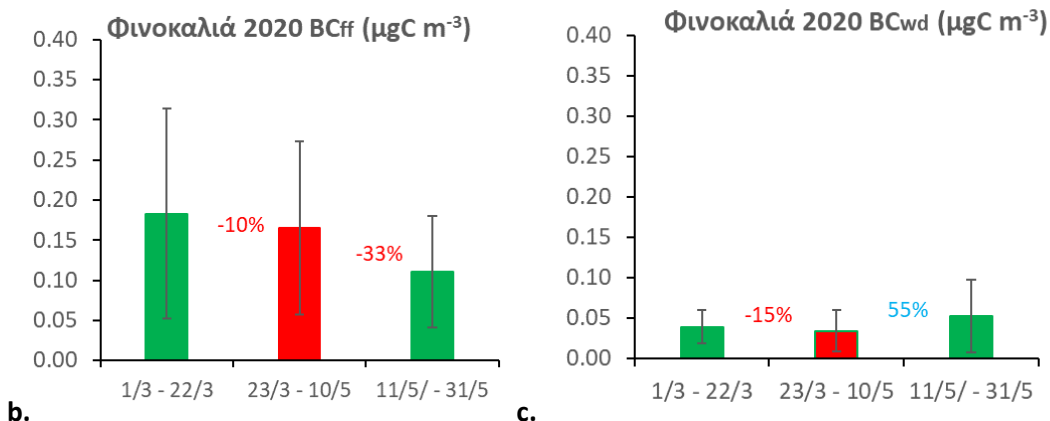
Επίδραση της εφαρμογής των μέτρων στις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικού υποβάθρου.

Μαύρος Άνθρακας: Δεν καταγράφηκε σημαντική επίδραση στο ατμοσφαιρικό υπόβαθρο ρύπανσης για τον μαύρο άνθρακα του οποίου οι συγκεντρώσεις κρατήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, αλλά ίδιας τάξης μεγέθους με αυτές της προηγούμενης τετραετίας. Οι μικρές μεταβολές που μετρήθηκαν εξηγούνται από τις εποχιακές διακυμάνσεις του μαύρου άνθρακα (της χρήσης πετρελαίου θέρμανσης και των αγροτικών δραστηριοτήτων πριν την καλοκαιρινή περίοδο). Αξίζει να σημειωθεί η εποχικότητα που παρουσιάζουν τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀), ο μαύρος άνθρακας (BC) και το όζον, που οφείλεται στην εποχικότητα των εκπομπών και της φωτοχημείας στην ατμόσφαιρα.



a.

Εικόνα 2.α. Κυλιόμενος μέσος όρος επτά ημερών, με βάση τις ημερήσιες συγκεντρώσεις BC κατά την άνοιξη του 2020 (μπλέ γραμμή). Επίσης μέσος όρος BC των αντίστοιχων περιόδων της κατά την τετραετία 2016-2019 (πορτοκαλί γραμμή) καθώς και η μέγιστη και η ελάχιστη παρατηρηθείσα τιμή (με διακεκομμένες γραμμές).



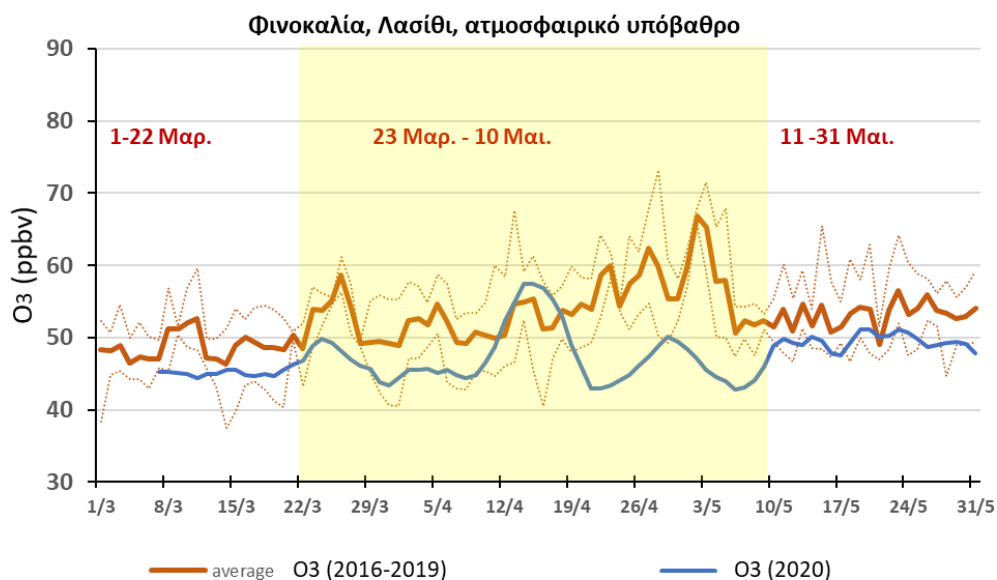
Εικόνα 2.b. μεταβολή της συγκέντρωσης του μαύρου άνθρακα προερχόμενου από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων, που συνδυάζει τη μείωση των μετακινήσεων πληθυσμού αλλά και της χρήσης πετρελαίου θέρμανσης.

c. μεταβολή της συγκέντρωσης του μαύρου άνθρακα προερχόμενου από τις καύσεις βιομάζας, που δείχνει μικρή μετατόπιση των καύσεων βιομάζας – πιθανόν για αγροτικές εργασίες στην μετά τα μέτρα περίοδο.

Επίδραση των μέτρων περιορισμού των μετακινήσεων καταγράφηκε στα επίπεδα του όζοντος (O_3) που μετρούνται στο Φινοκαλιά. Το όζον είναι δευτερογενής ρύπος, παράγεται δηλαδή φωτοχημικά στην ατμόσφαιρα μέσω αντιδράσεων που υποκινούνται από τα οξειδία του αζώτου, που προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από καύσεις, το μονοξείδιο του άνθρακα, αλλά και από υδρογονάνθρακες όπως το μεθάνιο και άλλες οργανικές πτητικές ενώσεις. Η Κρήτη λόγω της γεωγραφικής της θέσης δέχεται αέριες μάζες που μεταφέρουν ρύπανση από τις περιοχές της Κεντρικής Ευρώπης, τα Βαλκάνια και την ηπειρωτική Ελλάδα μεταξύ των οποίων και το μεγάλο αστικό κέντρο του λεκανοπεδίου Αττικής. Έτσι ένα μεγάλο ποσοστό του όζοντος που μετράται στο Φινοκαλιά οφείλεται στη μεταφερόμενη ρύπανση. Η μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου στις αστικές περιοχές της Ανατ. Μεσογείου – όπως καταγράφηκε και στην Αθήνα κατά την περίοδο ισχύος των μέτρων, σε συνδυασμό με την αυξημένη βροχόπτωση στη Κρήτη την ίδια περίοδο, είχε σαν αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση του όζοντος στην περιοχή μας σε χαμηλά για την εποχή επίπεδα κατά τα τέλη Απριλίου και τις αρχές του Μαΐου, περίοδο που τις προηγούμενες χρονιές το O_3 αρχίζει να αυξάνει, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.

Τέλος, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου συνέχισαν την εποχιακή μεταβολή τους και την διαχρονική αυξητική τους τάση χωρίς ένδειξη να έχουν επηρεαστεί τα επίπεδα τους στο ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της Ανατολικής Μεσογείου από τα περιοριστικά μέτρα λόγω COVID19. Η παρατήρηση αυτή είναι σε συμφωνία με μετρήσεις στο σταθμό παγκόσμιας αναφοράς για το διοξείδιο του άνθρακα στη Mauna Loa στη Χαβάη και αποδεικνύει για μια ακόμη φορά ότι χρειάζονται μακρόχρονα μέτρα για την σταθεροποίηση και μετέπειτα μείωση των θερμοκηπικών αυτών αερίων λόγω του μεγάλου χρόνου παραμονής τους στην

ατμόσφαιρα και των μηχανισμών ανάδρασης που υπάρχουν στο περιβάλλον. Οι μετρήσεις του διοξειδίου του άνθρακα στο Φινοκαλιά χρησιμοποιήθηκαν ως επίπεδο αναφοράς (γραμμή βάσης) για τον υπολογισμό της μείωσης του από τις αστικές εκπομπές στην Αθήνα (αναφορά ΕΑΑ).



Εικόνα 3. Κυλιόμενος μέσος επτά ημερών, με βάση τις ημερήσιες συγκεντρώσεις όζοντος κατά την άνοιξη του 2020 (μπλέ γραμμή). Επίσης μέσος όρος όζοντος των αντίστοιχων περιόδων της κατά την τετραετία 2016-2019 (πορτοκαλί γραμμή) καθώς και η μέγιστη και η ελάχιστη παρατηρηθείσα τιμή (με διακεκομμένες γραμμές).

Γενικά συμπεράσματα

Οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικράτησαν κατά το τρίμηνο από 1 Μαρτίου ως τέλη Μαΐου του 2020 δεν διέφεραν σημαντικά από αυτές της προηγούμενης 4ετίας για να αιτιολογήσουν τυχόν παρατηρούμενες μεταβολές στις συγκεντρώσεις των ρύπων, που μετρήθηκαν.

Από τις μετρήσεις στο σταθμό στο Φινοκαλιά δεν καταγράφηκε μεταβολή στις συγκεντρώσεις πρωτογενών ρύπων και οι τιμές ήταν μέσα στα πλαίσια της παρατηρηθείσας μεταβλητότητας κατά τα προηγούμενα χρόνια και την ίδια περίοδο του έτους. Για το όζον, που είναι δευτερογενής ρύπος, παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση της αυξητικής του τάσης κατά την άνοιξη κατά τη διάρκεια των μέτρων, που αποδίδεται κυρίως σε μείωση των μεταφερόμενων ρύπων που το παράγουν.

1.1.2 Επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά της εξάπλωσης του COVID-19 στην ποιότητα του αέρα στην Αθήνα

ΙΕΠΒΑ, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Αντικείμενο μελέτης και εισαγωγικά στοιχεία

Στο ακόλουθο κείμενο παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τις μεταβολές της ποιότητας της ατμόσφαιρας κατά την περίοδο της πανδημίας κορωνοϊού COVID-19 στην Αθήνα, όπως διαπιστώνονται από τα όργανα συνεχούς καταγραφής του ΕΑΑ στον σταθμό παρακολούθησης του Θησείου.

Το σύνδρομο οξείας αναπνευστικής ανεπάρκειας που προκαλείται από τον κορωνοϊό SARS-CoV-2 εμφανίσθηκε αρχικά στην επαρχία Hebei της Κίνας και μέσα στον Δεκέμβριο του 2019 έλαβε επιδημικές διαστάσεις. Η εξάπλωση της επιδημίας ήταν ταχύτατη και από τις 11 Μαρτίου έχει χαρακτηριστεί ως πανδημία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ενόψει της εκδήλωσης μεγάλου αριθμού κρουσμάτων σε πολλές χώρες της υφηγίου, συμπεριλαμβανομένης της Ιταλίας. Από την Ιταλία ήταν και η προέλευση του πρώτου καταγεγραμμένου κρούσματος στην Ελλάδα, στις 26 Φεβρουαρίου του τρέχοντος έτους.

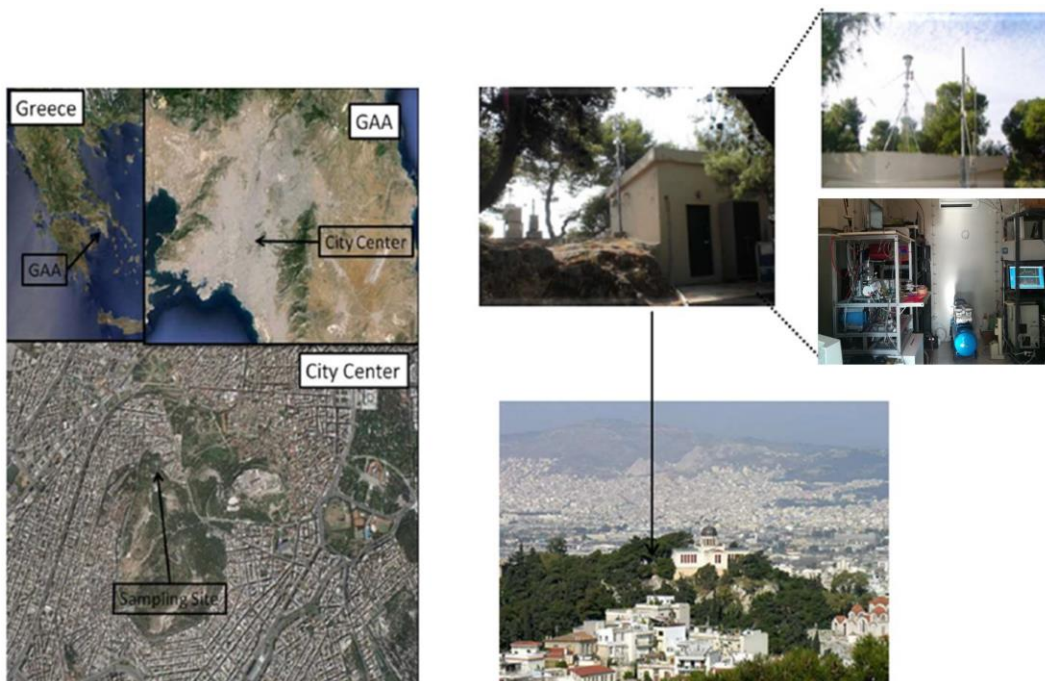
Ήδη από τις 27 Φεβρουαρίου άρχισε στη χώρα η λήψη μέτρων σε τοπικό επίπεδο (ακύρωση αποκριάτικων εκδηλώσεων), τα οποία σταδιακά επεκτάθηκαν σε εθνική κλίμακα (αναστολή λειτουργίας όλων των εκπαιδευτικών κτηριακών δομών στις 10 Μαρτίου, αναστολή λειτουργίας των χώρων εστίασης στις 13 Μαρτίου και των εμπορικών καταστημάτων στις 16 Μαρτίου). Από τις 23 Μαρτίου τέθηκαν σε ισχύ τα γενικευμένα μέτρα περιορισμού μετακίνησης των πολιτών σε όλη τη χώρα. Απαγορεύθηκε η χρήση οχημάτων για μετακινήσεις, εξαιρουμένης της μετάβασης από και προς τους χώρους εργασίας, τις υγειονομικές δομές και τα καταστήματα προμήθειας αγαθών πρώτης ανάγκης. Με τη σταθεροποίηση της κατάστασης και τον περιορισμό της εξάπλωσης, η σταδιακή άρση των μέτρων ξεκίνησε από τις 4 Μαΐου όταν επιτράπηκε η ελεύθερη μετακίνηση εντός των ορίων κάθε περιφερειακής ενότητας. Από τις 11 Μαΐου, ένα μεγάλος αριθμός πολιτών επέστρεψε στους χώρους εργασίας του με την επαναλειτουργία σημαντικού τμήματος των εμπορικών καταστημάτων.

Η μελέτη της επίπτωσης της πανδημίας COVID-19 και των σχετικών μέτρων περιορισμού εξάπλωσης στην Ελλάδα, πραγματοποιείται για την περίοδο 1 Μαρτίου έως 31 Μαΐου 2020. Για τις ανάγκες της μελέτης, ως περίοδος ισχύος των μέτρων έχει τεθεί το διάστημα 23 Μαρτίου (γενικευμένη απαγόρευση κυκλοφορίας) έως 10 Μαΐου (λήξη αναστολής λειτουργίας για το μεγαλύτερο μέρος των εμπορικών καταστημάτων). Με την επιλογή των συγκεκριμένων διαστημάτων είναι δυνατή η αξιολόγηση της κατάστασης κατά τη διάρκεια ισχύος των γενικευμένων μέτρων σε σχέση με τις περιόδους προ- και μετα- την εφαρμογή τους. Επιλέχθηκε

να μην ξεχασθεί η περίοδος προ της 1 Μαρτίου, καθότι τότε είναι ακόμα ιδιαίτερα έντονες οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από την καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση και η σύγκριση θα δημιουργούσε ενδεχομένως πλασματική εικόνα.

Μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο σταθμό του ΕΑΑ στο Θησείο

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται στον κεντρικό σταθμό του ΕΑΑ στο Θησείο (Λόφος Νυμφών). Ο σταθμός χαρακτηρίζεται ως αστικός-υποβάθρου και είναι αντιπροσωπευτικός των συνθηκών ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Αθήνας. Καθώς απέχει από μεγάλους δρόμους και άλλες σημειακές πηγές, παρέχει ρεαλιστική εικόνα για την επίπτωση των μέτρων στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, όπως αυτή γίνεται αισθητή από την πλειοψηφία του πληθυσμού στις κατοικίες του. Στην ακόλουθη εικόνα παρέχεται χαρτογραφική απεικόνιση και εξωτερική/εσωτερική άποψη του σταθμού.



Γράφημα 1: Αστικός σταθμός παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης ΕΑΑ. στην Αθήνα (Θησείο)

Στον σταθμό καταγράφονται οι συγκεντρώσεις των κυρίων αέριων ρύπων, συμπεριλαμβανομένων του μονοξειδίου του άνθρακα (πρότυπη μέθοδος προσδιορισμού απορρόφησης ακτινοβολίας στο υπέρυθρο) και οξειδίων του αζώτου (πρότυπη μέθοδος προσδιορισμού χημειοφωταύγειας). Επίσης, πραγματοποιείται μέτρηση των συγκεντρώσεων

διοξειδίου του άνθρακα με χρήση της βέλτιστης διαθέσιμης μεθόδου φασματοσκοπικού προσδιορισμού οπτικής κοιλότητας (cavity ring-down). Καθώς το διοξείδιο του άνθρακα είναι θερμοκηπικό αέριο με μεγάλη διάρκεια ζωής, οι συγκεντρώσεις του χαρακτηρίζονται από ένα πολύ υψηλό φυσικό υπόβαθρο. Προκειμένου να μελετηθούν οι μεταβολές στο υπόλοιπο τμήμα των επιπέδων του που σχετίζονται με την αστική επίδραση, αφαιρούνται από τις καταγραφόμενες συγκεντρώσεις στην Αθήνα οι συγκεντρώσεις που καταγράφονται κατά την αντίστοιχη περίοδο στον σταθμό υποβάθρου περιοχής, που λειτουργεί από το Παν/μιο Κρήτης στον Φινοκαλιά Λασιθίου. Η παράμετρος που προκύπτει χαρακτηρίζεται ως $\Delta\text{-CO}_2$.

Αναφορικά με τους σωματιδιακούς ρύπους, πραγματοποιείται καταγραφή των συγκεντρώσεων λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων $\text{PM}_{2.5}$ (πρότυπη μέθοδος προσδιορισμού εξασθένησης ακτινοβολίας β). Επιπλέον, καταγράφονται οι συγκεντρώσεις αιθάλης (BC: black carbon) με χρήση αιθαλομέτρου 7 μηκών κύματος. Η μέτρηση των συγκεντρώσεων αιθάλης γίνεται μέσω του προσδιορισμού απορρόφησης ακτινοβολίας στα 880nm, ενώ η συνολική φασματική πληροφορία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των ποσοστών της αιθάλης που προέρχονται από καύση ορυκτών καυσίμων (BC_{ff}) και καύση βιομάζας (BC_{bb}).

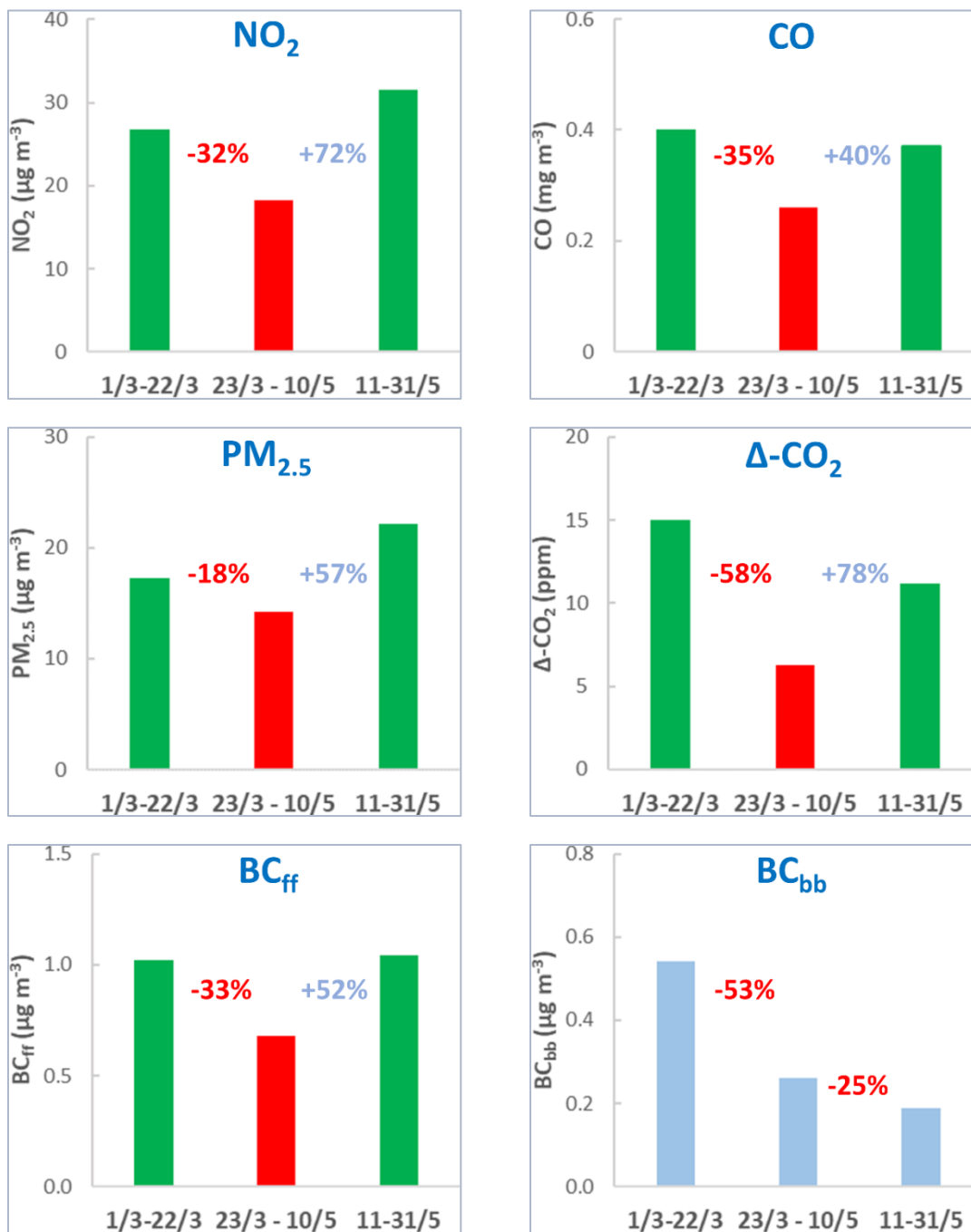
Οι συγκεντρώσεις μετρούνται σε συνεχή βάση και σταθμίζονται ανά 1 ώρα (ανά 3 ώρες για τα $\text{PM}_{2.5}$). Για το διοξείδιο του αζώτου και την αιθάλη (και τα εξαρτώμενα από συγκεκριμένα πηγές τμήματα της), ως ρύποι άμεσα συνδεδεμένοι με πηγές καύσης, εξετάσθηκαν επιπλέον οι μεταβολές των συγκεντρώσεων τους κατά το 2020 και συγκριτικά με τα 4 προηγούμενα έτη (2016-2019), για τα αντίστοιχα διαστήματα του έτους.

Αντιπροσωπευτικότητα και επίδραση μετεωρολογικών συνθηκών

Προκειμένου να είναι δυνατή η απόδοση των παρατηρούμενων μεταβολών σε μεταβολές της έντασης πηγών, πρέπει να εξετασθεί ο ενδεχόμενος ρόλος της επικρατούσας μετεωρολογίας και σε ποιο βαθμό αυτή επηρεάζει συγκριτικά τις παρατηρούμενες συγκεντρώσεις. Έτσι, διερευνήθηκε η σχετική διακύμανση των τιμών των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως καταγράφονται από τον ακτινομετρικό σταθμό του ΕΑΑ στο Θησείο, τόσο κατά τη διάρκεια του 2020 (Μάρτιος-Μάιος), όσο και κατά τα προηγούμενα έτη για το ίδιο διάστημα.

Όπως προκύπτει, η εξεταζόμενη περίοδος του 2020 δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Η μέση ταχύτητα ανέμου – σημαντική παράμετρος για τη συσσώρευση/διασπορά πρωτογενών ρύπων στο αστικό περιβάλλον – κατά την περίοδο 2016-2019 (Μάρτιος – Μάιος) ήταν $2,92 \text{ m s}^{-1}$, σχεδόν ίση με την αντίστοιχη μέση του 2020 ($2,99 \text{ m s}^{-1}$). Αντίστοιχα για τη συνολική βροχόπτωση, η μέση ετήσια για την περίοδο 2016-2019 ήταν 78,6 mm έναντι 76,4mm για το 2020.

Η διακύμανση των μέσων τιμών των μετεωρολογικών παραμέτρων κατά το 2020 για τις τρεις επιλεγμένες περιόδους (προ-, κατά- και μετά- των γενικευμένων μέτρων), ήταν συγκρίσιμη με



Γράφημα 2: Μέσες συγκεντρώσεις πρωτογενών ρύπων, κατά τις περιόδους προ της λήψης των γενικευμένων μέτρων (1-22 Μαρτίου), κατά τη διάρκεια τους (23 Μαρτίου – 10 Μαΐου) και μετά την άρση τους (11-31 Μαΐου). Με Δ-CO₂ συμβολίζεται η αστική ενίσχυση των συγκεντρώσεων CO₂ (μετά την αφαίρεση του περιοχικού υποβάθρου).

Οι συνολικές συγκεντρώσεις αιθάλης μειώνονται κατά 40% και από την ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς πηγών προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Το κλάσμα BC_{ff} που σχετίζεται με την αιθάλη που παράγεται από καύση ορυκτών καυσίμων (κατά κύριο λόγο από τον τομέα της κυκλοφορίας οχημάτων, σε μια αστική περιοχή) καταγράφει μείωση ανάλογη με αυτή του NO_2 (33%). Το κλάσμα BC_{bb} που σχετίζεται με την καύση βιομάζας (σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα για λόγους οικιακής θέρμανσης) μειώνεται κατά 53%. Η συγκεκριμένη μείωση προφανώς είναι ανεξάρτητη των μέτρων και σχετίζεται με τη σταδιακή απενεργοποίηση της οικιακής θέρμανσης ως πηγής, με τη σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας (από 13,8 σε 15,9 °C, για τις μέσες τιμές των δύο περιόδων του 2020).

Μειωμένες κατά 35% παρουσιάζονται και οι συγκεντρώσεις του CO, μείωση η οποία με βάση την καταγεγραμμένη συνεισφορά των διαφόρων τομέων στις πρωτογενείς εκπομπές, τόσο σε εθνικό όσο και σε αστικό επίπεδο στην Αθήνα, πρέπει κατά κύριο λόγο να αποδοθεί στη μείωση των κυκλοφοριακών εκπομπών. Ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αποτελέσματα προκύπτουν για τις συγκεντρώσεις του θερμοκηπικού αερίου CO_2 . Τα μέσα επίπεδα του μειώθηκαν κατά 2.1% κατά την περίοδο εφαρμογής των γενικευμένων μέτρων, μείωση η οποία παρότι μικρή εξακολουθεί να είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο 0,01 (μη-παραμετρικός έλεγχος). Η συγκεκριμένη μείωση εμφανίζεται μικρή σε σχέση με τους υπόλοιπους ρύπους λόγω του υψηλού υποβάθρου. Με την αφαίρεση του υποβάθρου περιοχής και τον επανυπολογισμό για την παράμετρο $\Delta-CO_2$, η μείωση κατά την περίοδο των γενικευμένων μέτρων είναι ιδιαίτερα υψηλή (58%) και συγκρίσιμη με τις παρατηρούμενες στις λίγες μεγαλουπόλεις διεθνώς όπου χρησιμοποιείται αντίστοιχα υψηλής ακρίβειας μεθοδολογία μέτρησης (π.χ. Παρίσι, Πόλη του Μεξικού).

Σχετικά με τη σωματιδιακή παράμετρο των $PM_{2.5}$, καταγράφηκε επίσης μείωση, αλλά συγκριτικά χαμηλότερη (18%). Η περίπτωση των $PM_{2.5}$ παρουσιάζει σημαντικές ιδιαιτερότητες. Τα λεπτά σωματίδια προέρχονται τόσο από πρωτογενείς πηγές (κυκλοφορία, οικιακή θέρμανση) όσο και από δευτερογενείς διεργασίες (π.χ. φωτοχημικές και ετερογενείς αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα), ενώ οι άμεσες εκπομπές τους και οι εκπομπές των πρόδρομων αερίων ενώσεων είναι τόσο ανθρωπογενούς όσο και φυσικής προέλευσης (π.χ. σκόνη, βιογενείς εκπομπές). Κατά συνέπεια, είναι δυνατή η παραγωγή των σωματιδίων τοπικά, αλλά και η μεταφορά τους από μεγάλες αποστάσεις. Όπως έχει γίνει σαφές από σειρά μελετών αποτίμησης πηγών, στις θέσεις υποβάθρου του Λεκανοπεδίου Αττικής, τα δευτερογενή και περιοχικά μεταφερόμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό, που τυπικά υπερβαίνει το 50%. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι σε θέσεις μέτρησης υποβάθρου, όπως στο Θησείο, η επίπτωση της μείωσης των κυκλοφοριακών εκπομπών θα έχει μικρότερο αποτύπωμα.

Μεταβολή συγκεντρώσεων μετά την άρση των μέτρων

Από την εξέταση των συγκεντρώσεων κατά το διάστημα που ακολούθησε την άρση των γενικευμένων μέτρων μπορεί να πραγματοποιηθεί μια αρχική αξιολόγηση για το εάν όντως καταγράφεται επάνοδος των επιπέδων ρύπανσης στα συνήθως παρατηρούμενα. Επίσης, είναι δυνατόν να επαληθευθεί η ορθότητα της αξιολόγησης από την σύγκριση των δύο αρχικών περιόδων, καθώς στην περίοδο μετά των μέτρων δεν υπάρχει πλέον ο συγχυτικός παράγοντας της οικιακής θέρμανσης, που μπορεί να επηρεάσει, έστω σε μικρότερο βαθμό, τα επίπεδα ρύπων που χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες των κυκλοφοριακών εκπομπών (π.χ. CO, CO₂).

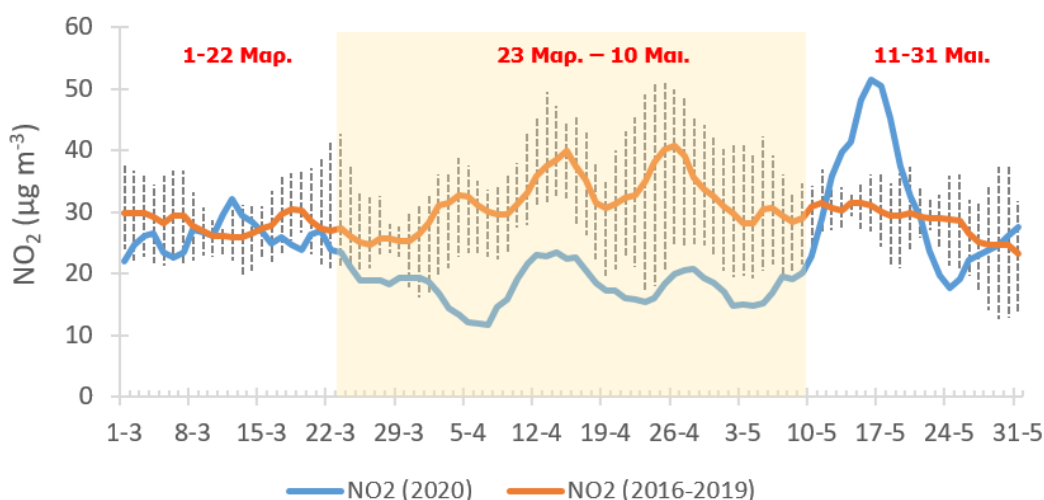
Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα, η αύξηση των επιπέδων κατά την περίοδο άρσης των μέτρων σε σχέση με την περίοδο εφαρμογής τους ήταν σημαντική για όλους τους ρύπους. Οι συγκεντρώσεις Δ-CO₂ και CO αυξήθηκαν κατά 78% και 40% αντίστοιχα, υποδηλώνοντας ότι η αρχική μείωση τους οφείλει κατά κύριο λόγο να αποδοθεί στη μείωση των εκπομπών οχημάτων και όχι στη σταδιακή απενεργοποίηση των οικιακών εκπομπών. Προς επίρρωσιν, είναι εμφανής η διαφορετική πλέον κατεύθυνση της μεταβολής των δύο κλασμάτων αιθάλης, με την αιθάλη που παράγεται από καύση ορυκτών καυσίμων (BC_{ff}) να επανακάμπτει με αύξηση 53%, ενώ για την αιθάλη που παράγεται από καύση βιομάζας (BC_{bb}) να εξακολουθεί η κάμψη των τιμών (όπου κατά τον Μάιο πλέον μετρούνται ουσιαστικά σε επίπεδα υποβάθρου).

Ιδιαίτερα υψηλά ήταν τα ποσοστά αύξησης των συγκεντρώσεων για τα NO₂ και PM_{2.5} (72% και 57%, αντίστοιχα). Για το NO₂, η αύξηση είναι συμβατή με την επάνοδο ενός μεγάλου αριθμού οχημάτων στην κυκλοφορία. Ωστόσο πρέπει να επισημανθεί ότι κατά το διάστημα 14-18 Μαΐου, σημειώθηκε στο Λεκανοπέδιο επεισόδιο ρύπανσης, χαρακτηριζόμενο από ασυνήθιστα υψηλή για την εποχή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας (και αντίστοιχη εντατικοποίηση της φωτοχημικής δραστηριότητας στην ατμόσφαιρα, όπως έγινε αισθητό από την καταγραφή υψηλότερων συγκεντρώσεων όζοντος με υπερβάσεις των οριακών τιμών). Οι συγκεκριμένες συνθήκες θεωρείται ότι έως ένα βαθμό συνέβαλαν και στην καθαρή φωτοχημική παραγωγή πλεονασματικού NO₂, εξηγώντας τη μεγάλη αύξηση. Κατά το ίδιο διάστημα σημειώθηκε ταυτόχρονα και επεισόδιο μεταφοράς σκόνης στην περιοχή του Λεκανοπεδίου (με ιδιαίτερη ένταση κατά το διάστημα 16-18 Μαΐου). Τα επεισόδια μεταφερόμενης σκόνης, αν και κατά κύριο λόγο αφορούν τα μεγαλύτερης διαμέτρου σωματίδια, σε περίπτωση που είναι μεγάλης έντασης είναι δυνατό να οδηγήσουν σε αύξηση και των επιπέδων λεπτών σωματιδίων PM_{2.5}, εξηγώντας έως ένα βαθμό και το πολύ μεγάλο ποσοστό αύξησης κατά την περίοδο άρσης των μέτρων, σε σχέση με το μικρότερο αρχικό ποσοστό μείωσης κατά την περίοδο εφαρμογής τους.

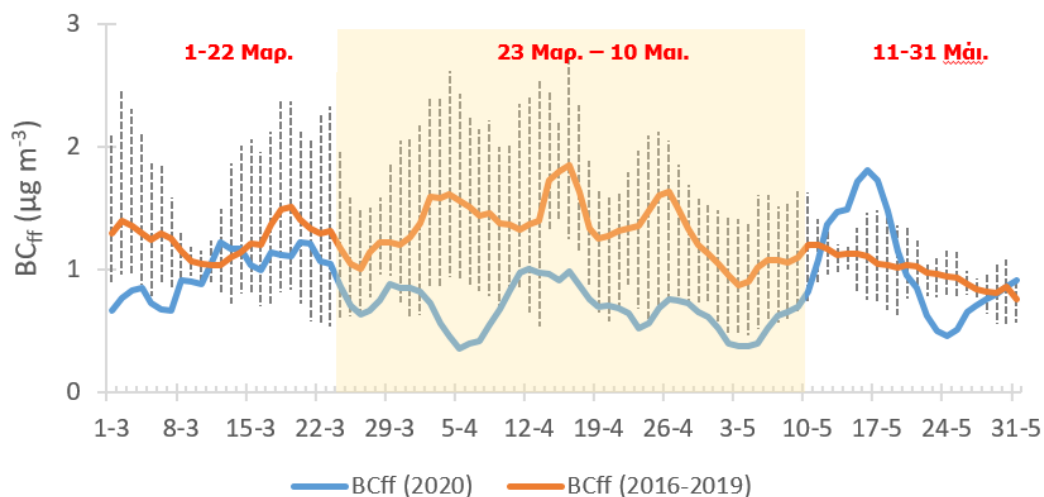
Μεταβολή συγκεντρώσεων κατ' αναλογία με τα παρελθόντα έτη

Προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι η παρατηρούμενες μεταβολές είναι όντως σχετιζόμενες με τα εφαρμοσθέντα μέτρα και όχι με κάποιο διαχρονικά επαναλαμβανόμενο προφίλ εποχικής διακύμανσης, συγκρίθηκαν οι χρονοσειρές των συγκεντρώσεων NO₂ και αιθάλης με τις αντίστοιχες παλαιότερες. Προκειμένου να περιορισθεί ο θόρυβος από την μέρα-προς-μέρα διακύμανση των συγκεντρώσεων αλλά και προκειμένου να καταστεί δυνατή η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ετών (όπου για παράδειγμα σε ένα έτος μια ημερομηνία μπορεί να αντιστοιχεί σε

καθημερινή και σε ένα άλλο σε Σαββατοκύριακο), υπολογίσθηκε ο κυλιόμενος μέσος όρος 7 ημερών για το 2020 και ο μέσος όρος τεσσάρων ετών των αντίστοιχων κυλιόμενων μέσων κατά το 2016-2019. Στα ακόλουθα γραφήματα απεικονίζονται οι δύο χρονοσειρές, καθώς και το εύρος μέγιστης-ελάχιστης τιμής για την τετραετία 2016-2019. Είναι εμφανές ότι για το NO₂ (Γράφημα 3) και το κλάσμα της αιθάλης (Γράφημα 4) που σχετίζεται με την καύση ορυκτών καυσίμων (BC_{ff}), κατά την περίοδο 23 Μαρτίου – 10 Μαΐου, οι συγκεντρώσεις είναι σταθερά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες ελάχιστες που παρατηρήθηκαν κατά την προηγούμενη 4ετία. Αντιθέτως, κατά τις περιόδους προ- και μετά- την εφαρμογή των γενικευμένων μέτρων, κατά κανόνα, τα επίπεδα του 2020 βρέθηκαν εντός των ορίων διακύμανσης των προηγούμενων ετών ή ήταν μεγαλύτερα.



Γράφημα 3: Κυλιόμενος μέσος 7-ημερών, με βάση τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις NO₂ κατά την άνοιξη του 2020 (και τις τρεις εξεταζόμενες περιόδους). Επίσης, μέσος όρος και εύρος μεγίστου-ελάχιστου (μαύρες διακεκομμένες γραμμές) για τις αντίστοιχες χρονοσειρές κυλιόμενου μέσου κατά την τετραετία 2016-2019.



Γράφημα 4 : Κυλιόμενος μέσος 7-ημερών, με βάση τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις BC_{ff}, κατά την άνοιξη του 2020 (και τις τρεις εξεταζόμενες περιόδους). Επίσης, μέσος όρος και εύρος μεγίστου-ελαχίστου (μαύρες διακεκομμένες γραμμές) για τις αντίστοιχες χρονοσειρές κυλιόμενου μέσου κατά την τετραετία 2016-2019.

1.1.3 Μεταβολή της ατμοσφαιρική ρύπανσης στην περιαστική ζώνη του Λεκανοπεδίου Αττικής κατά την περίοδο των μέτρων προστασίας από το COVID9

ΕΚΕΦΕ-Δημόκριτος

Όσον αφορά την περιαστική ζώνη του Λεκανοπεδίου και τις παρατηρήσεις στο σταθμό του ΕΚΕΦΕ «Δ» στην Αγία Παρασκευή συνδυαστικές μετρήσεις όλων των διαθέσιμων παραμέτρων έγιναν διαθέσιμες για την περίοδο 1/2 - 22/3/2020 (περίοδος αναφοράς) και 23/3 – 10/5/2020 (περίοδος lockdown)

Τα δεδομένα παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα για κύριες μικροφυσικές και χημικές παραμέτρους. Παρατηρείται ότι οι παράμετροι που έχουν προέλευση τις εκπομπές της κυκλοφορίας παρουσιάζουν ισχυρή μείωση της τάξης του 20% για τα υπέρλεπτα νανοσωματίδια ($N_{0.01-0.1}$) και 49% για τα νιτρικά (NO_3) συστατικά, ενώ για κάποια άλλα μεγέθη που αφορούν στο αερόλυμα της περιοχής συσσώρευσης (μεγέθη από 0.1-0.5 μm) παρουσιάστηκε και παροδική αύξηση που αποτυπώνεται και στις συγκεντρώσεις $PM_{2.5}$ ή οι μειώσεις ήταν πολύ μικρότερες όπως για παράδειγμα η συγκέντρωση αιθάλης στο αερόλυμα (μείωση 11%)

		Μέσες τιμές περιόδων		Μεταβολή (%) με αναφορά την πρώτη περίοδο
	Φυσικό/χημικό μέγεθος	πριν 1/2-22/3	lockdown περίοδος 23/3-10/5	
Μικροφυσικές ιδιότητες ¹	$N_{0.01-0.1}$ (p/cc)	5154	4125	-20%
	$N_{0.10-0.55}$ (p/cc)	862	922	7%
	$V_{0.01-0.1}$ ($\times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$)	0.49	0.45	-8%
	$V_{0.1-0.5}$ ($\times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ m}^{-3}$)	3.76	4.38	16%
Χημικά συστατικά	OC ($\mu g/m^3$)	2.57	2.26	-21%
	EC ($\mu g/m^3$)	0.72	0.64	-11%
	SO_4 ($\mu g/m^3$)*	1.68	2.2	29%
	NO_3 ($\mu g/m^3$)*	0.47	0.24	-49%
	NH_4 ($\mu g/m^3$)*	0.50	0.38	-24%
Συγκέντρωση	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)**	8.6	10.3	19.5



	T (°C)	11.0	14.4	
	RH (%)	69.0	61.1	
	Rain (Hrs, %)	5.0	7.8	

¹ N (συγκέντρωση αριθμού), V (συγκέντρωση όγκου), ο δείκτης αντιστοιχεί σε κλάσμα μεγέθους σε μm .

*Πριν: 10/02/2020-22/03/2020, lockdown phase: 23/03/2020-13/04/2020

1.1.4 Επίδραση των περιοριστικών μέτρων κατά της εξάπλωσης του COVID-19 στις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην Πάτρα

Γιώργος Κοσμόπουλος, Ανδρέας Καζαντζίδης,
Εργαστήριο Φυσικής Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής, Παν/μιο Πατρών

και

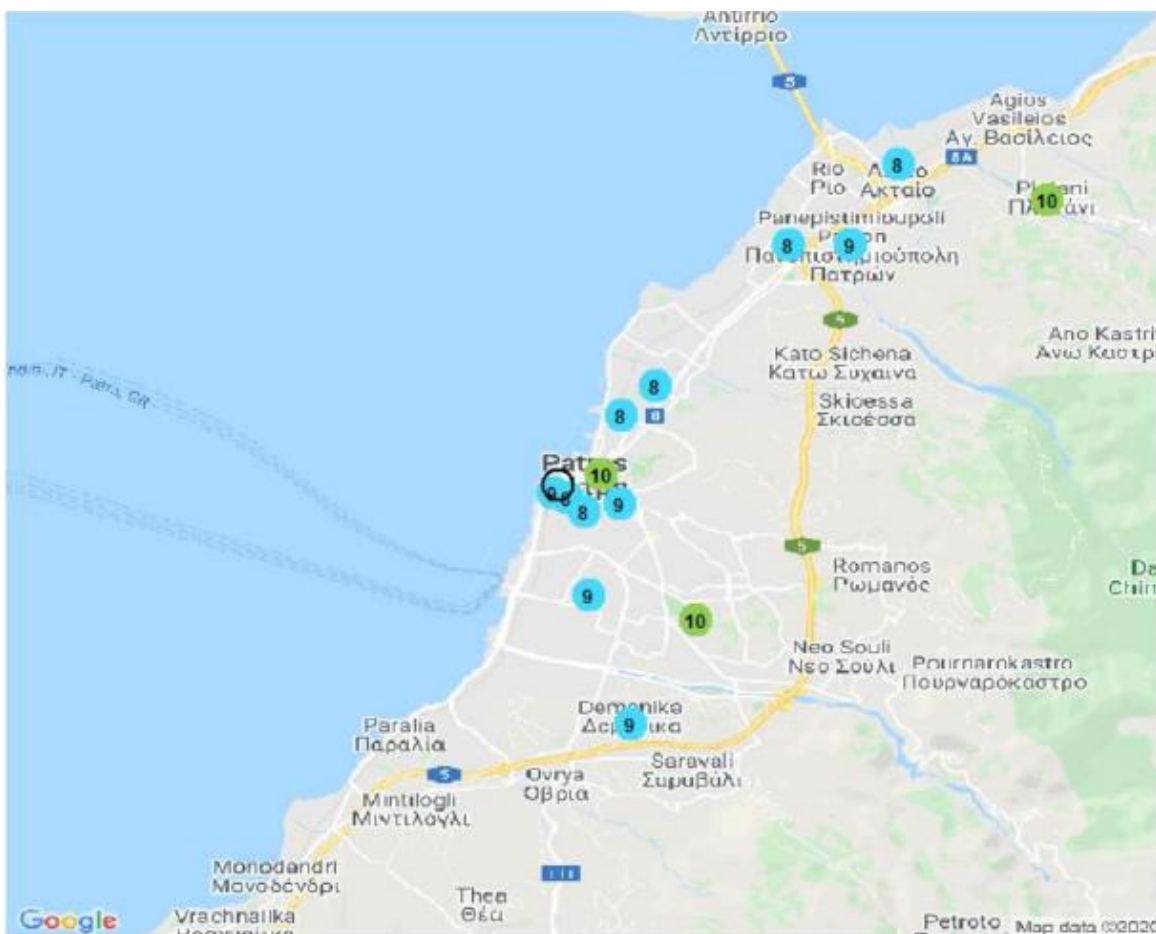
Σπύρος Πανδής
Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής (ΙΕΧΜΗ), ΙΤΕ, Πάτρα και Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Παν/μιο Πατρών

1. Εισαγωγή

Στα πλαίσια του προγράμματος ΠΑΝΑΚΕΙΑ, ΠΑΝελλαδική υποδομή για τη μελέτη της ατμοσφαιρικής σύστασης και κλιματικής Αλλαγής, εξετάστηκε η επίδραση που είχαν τα περιοριστικά μέτρα που ελήφθησαν στην Ελλάδα με σκοπό την πρόληψη κατά της εξάπλωσης του ιού COVID-19 στην ποιότητα του αέρα. Στην παρούσα έκθεση παρουσιάζονται επιπτώσεις στις χωρικές και χρονικές συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) στην πόλη της Πάτρας. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις ενός εκτεταμένου δικτύου μέτρησης των συγκεντρώσεων των PM. Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται αφορούν τα αιωρούμενα σωματίδια με διαμέτρους έως 2.5 μm (PM_{2.5}) και έως 1 μm (PM₁). Η λειτουργία του δικτύου αισθητήρων συγκέντρωσης μάζας σωματιδίων (Εικόνα 1), ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2017 και αποτελείται από σταθμούς μέτρησης οι οποίοι εκτείνονται σχεδόν σε όλη την επικράτεια του δήμου καλύπτοντας τόσο περιοχές αυξημένες κυκλοφορίας στο κέντρο της πόλης όσο και σε λιγότερο πυκνοκατοικημένες περιοχές στα προάστια της πόλης. Η λειτουργία του εποπτεύεται από το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών το οποίο πραγματοποιεί συστηματικούς ελέγχους για την διασφάλιση της ποιότητας λειτουργίας τους. Στην ανάπτυξη του δικτύου και την ανάλυση των δεδομένων συμμετέχει και το Εργαστήριο Μελέτης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του Τμήματος Χημικών Μηχανικών και του Ινστιτούτου Επιστημών Χημικής Μηχανικής.

Για την εξέταση της επίδρασης των περιοριστικών μέτρων για την πρόληψη της εξάπλωσης του COVID-19 που λήφθηκαν κατά την περίοδο 23/03/2020-04/05/2020 στις συγκεντρώσεις των PM στην Πάτρα, εξετάστηκαν οι περιοχές στις οποίες υπήρχαν δεδομένα τουλάχιστον 2 ετών ώστε να μπορούν να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα για τις επιπτώσεις των περιοριστικών μέτρων. Οι σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Στην παρούσα αναφορά παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα μετρήσεων για τα PM_{2.5} για 3 σταθμούς, 2 αστικούς και 1 υποβάθρου. Τα αποτελέσματα για τους υπόλοιπους σταθμούς παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για κάθε σταθμό στο Παράρτημα. Ο πρώτος αστικός

σταθμός (Αγίου Νικολάου) βρίσκεται στο επιβαρυμένο λόγω κυκλοφορίας οχημάτων αστικό κέντρο. Ο δεύτερος σταθμός (Τριών Ναυάρχων) βρίσκεται επίσης στο κέντρο αλλά σε μια περιοχή με πεζοδρόμους και μεγάλη συγκέντρωση εστιατορίων. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει την σημασία των εκπομπών από τα εστιατόρια για τα επίπεδα των σωματιδίων σε αυτή την περιοχή. Τέλος ο σταθμός υποβάθρου του Πανεπιστημίου βρίσκεται περίπου 10 χιλιόμετρα βόρεια του κέντρου αρκετά έξω από τον αστικό ιστό.



Εικόνα 1. Οι θέσεις των σταθμών μέτρησης των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στην Πάτρα. Πηγή: <http://patrasair.gr/>

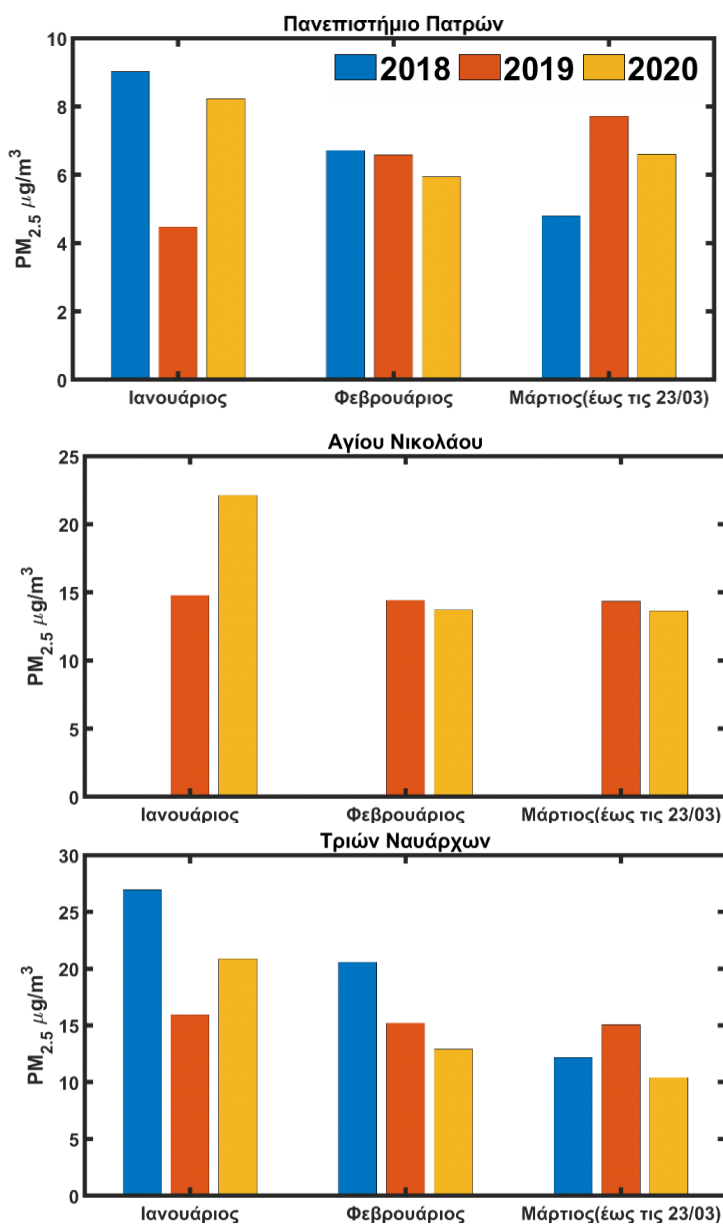
Πίνακας 1. Κατάλογος σταθμών δικτύου Πάτρας που χρησιμοποιήθηκαν

A/A	Σταθμός	Χαρακτηρισμός	Περίοδος Μετρήσεων
1.	Αγυιά	Αστικός	28/01/2017-16/06/2020
2.	Αγία Σοφία	Αστικός	30/01/2018-16/06/2020
3.	Άγιος Ανδρέας	Αστικός	26/10/2018-16/06/2020
4.	Αγίου Νικολάου	Αστικός	17/04/2018-16/06/2020
5.	Παλαιό Τελωνείο	Αστικός	27/01/2019-16/06/2020
6.	Κουκούλι	Αστικός	25/11/2017-16/06/2020
7.	Κυψέλη	Αστικός	10/04/2018-16/06/2020
8.	Πλατάνι	Υποβάθρου	16/06/2017-22/10/2020
9.	Ψηλά Αλώνια	Αστικός	27/01/2018-16/06/2020
10.	Ρίο	Υπαιθρου	13/05/2017-16/06/2020
11.	Τριών Ναυάρχων	Αστικός	18/03/2017-16/06/2020
12.	Πανεπιστήμιο	Υποβάθρου	25/05/2017-16/06/2020

2. Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5}

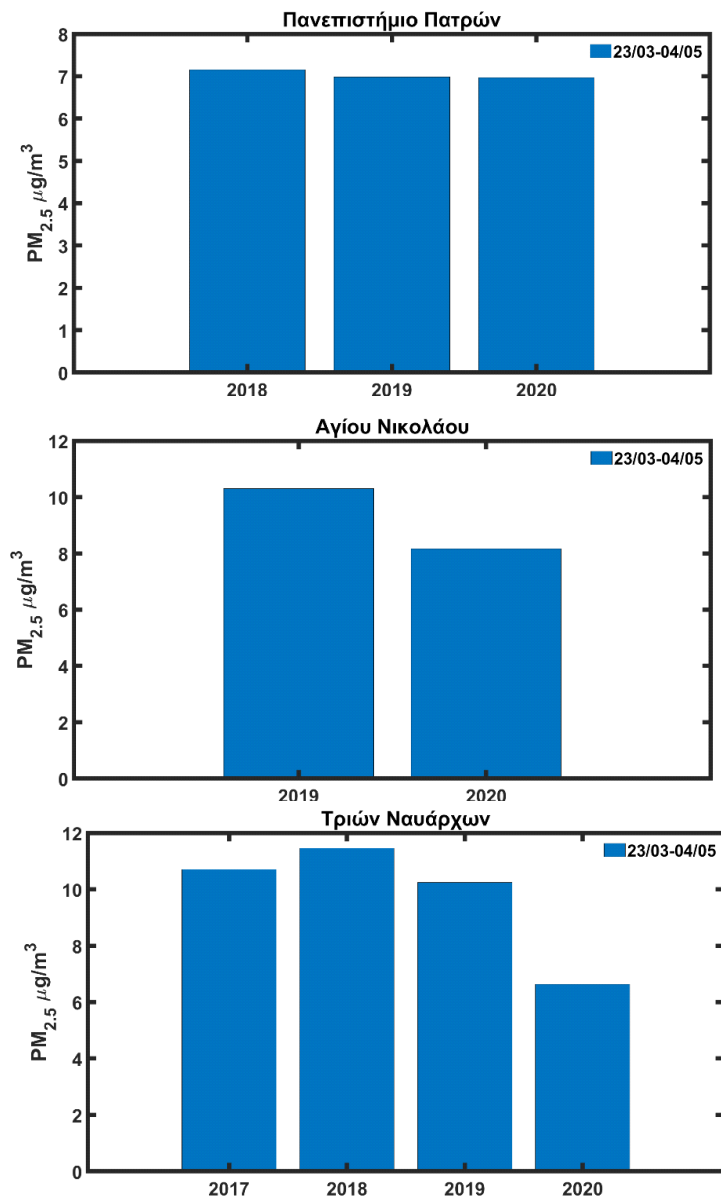
Αρχικά, εξετάστηκε η μέση μηνιαία μεταβολή της συγκέντρωσης των PM_{2.5} κατά την περίπου τρίμηνη περίοδο πριν την εφαρμογή των περιοριστικών μέτρων (01/01-23/03) τα τελευταία τρία έτη (Εικόνα 2). Τα δεδομένα αυτά δείχνουν την σημαντική επίδραση της μετεωρολογίας στις μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για την κάθε χρονιά, καθώς σε αυτές τις περιόδους δεν υπήρχε κάποια αξιοσημείωτη αλλαγή στις τοπικές εκπομπές. Ακόμα και η μεταβολή στον ίδιο σταθμό από μήνα σε μήνα είναι ιδιαίτερα μεταβλητή, καθώς ενώ υπάρχει η τάση για ελάττωση των συγκεντρώσεων όταν προχωράει ο χειμώνας και αρχίζει η άνοιξη, υπάρχουν εξαιρέσεις (πχ Πανεπιστήμιο το 2019). Αυτή η μεταβλητότητα κάνει την ανάλυση των επιδράσεων των μέτρων για τον Covid-19 στις συγκεντρώσεις PM_{2.5} ιδιαίτερα δύσκολη.

Όπως ήταν αναμενόμενο, στον σταθμό υποβάθρου του Πανεπιστημίου εμφανίζονται οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις PM_{2.5} σε σχέση με τους δύο αστικούς σταθμούς. Το Πανεπιστήμιο βρίσκεται στα προάστια της πόλης όπου δεν υπάρχουν σημαντικές πηγές που να συνεισφέρουν και να προκαλούν υψηλές τιμές στις συγκεντρώσεις PM_{2.5}. Σε όλες τις εξεταζόμενες περιόδους, οι μηνιαίες τιμές υποβάθρου είναι χαμηλές και κυμαίνονται από 4.5 έως 9.1 $\mu\text{g m}^{-3}$. Στους δυο αστικούς σταθμούς, όπου οι τοπικές πηγές είναι σημαντικές, παρουσιάζονται αυξημένες συγκεντρώσεις που κυμαίνονται 13.6-22.1 $\mu\text{g m}^{-3}$ για την Αγίου Νικολάου και 10.4-26.95 $\mu\text{g m}^{-3}$ για την Τριών Ναυάρχων.



Εικόνα 2. Μέσες μηνιαίες τιμές $PM_{2.5}$ ($\mu g m^{-3}$) στους σταθμούς μέτρησης Πανεπιστήμιο, Αγίου Νικολάου και Τριών Ναυάρχων κατά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο (έως τις 23/03) για τα έτη 2018, 2019 και 2020.

Στην συνέχεια εξετάστηκε η μέση μηνιαία τιμή συγκεντρώσεων $PM_{2.5}$ κατά την διάρκεια της περιόδου 23/03/2020-04/05/2020 όταν και ήταν σε ισχύ τα περιοριστικά μέτρα (lockdown), σε σχέση με την ίδια περίοδο κατά τα προηγούμενα έτη (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Μέσες τιμές $PM_{2.5}$ ($\mu g \cdot m^{-3}$) στους σταθμούς μέτρησης Πανεπιστήμιο, Αγίου Νικολάου και Τριών Ναυάρχων κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown).

Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων $PM_{2.5}$ και για τα 3 έτη λειτουργίας του σταθμού στο Πανεπιστήμιο παρουσιάζουν σημαντική σταθερότητα κατά την περίοδο των μέτρων με μέση

τιμή περίπου $7 \mu\text{g m}^{-3}$. Αυτή η σταθερότητα των τιμών υποβάθρου είναι ενθαρρυντική: δείχνει ότι παρά την επιβολή των περιοριστικών μέτρων κυκλοφορίας κατά την εξεταζόμενη περίοδο δεν υπήρξε διαφοροποίηση στις μέσες τιμές των $\text{PM}_{2.5}$ στην συγκεκριμένη περιοχή. Αυτό είναι συνεπές με την έλλειψη σημαντικών τοπικών πηγών στην συγκεκριμένη περιοχή αλλά (ως πιο σημαντικό συμπέρασμα) δείχνει μια σχετικά μικρή αλλαγή της μετεωρολογίας στην περιοχή. Την ίδια συμπεριφορά παρατηρούμε και στον σταθμό της πλατείας Τριών Ναυάρχων κατά τα έτη 2017, 2018 και 2019.

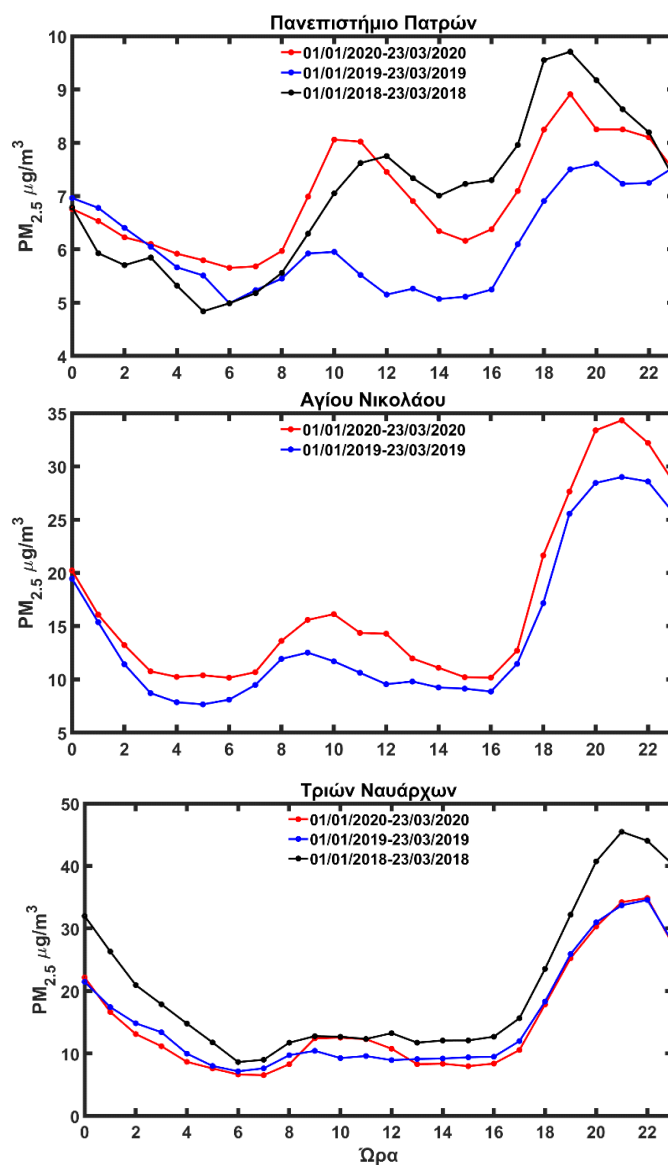
Στους δυο σταθμούς που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης παρουσιάζεται αισθητή μείωση των συγκεντρώσεων των $\text{PM}_{2.5}$ το 2020. Στη Αγίου Νικολάου υπήρξε μια ελάττωση της τάξης των $2 \mu\text{g m}^{-3}$, από τα $10.3 \mu\text{g m}^{-3}$ κατά το 2019 στα $8.1 \mu\text{g m}^{-3}$ το 2020. Ο σταθμός βρίσκεται σε κεντρικό δρόμο της πόλης από όπου διέρχεται μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων. Πιο σημαντική φαίνεται να είναι η μεταβολή που παρουσιάζεται στον σταθμό στην Τριών Ναυάρχων στην οποία η τοπική κυκλοφοριακή επιβάρυνση είναι μικρή. Η μέση τιμή ελαττώθηκε από τα $10.2\text{-}11.5 \mu\text{g m}^{-3}$ των προηγούμενων τριών ετών στα $6.6 \mu\text{g m}^{-3}$ το 2020. Οι λόγοι αυτής της ελάττωσης θα διερευνηθούν πιο προσεκτικά στην συνέχεια μελετώντας τις αντίστοιχες μέσες ωριαίες μεταβολές.

3. Μέση ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των $\text{PM}_{2.5}$

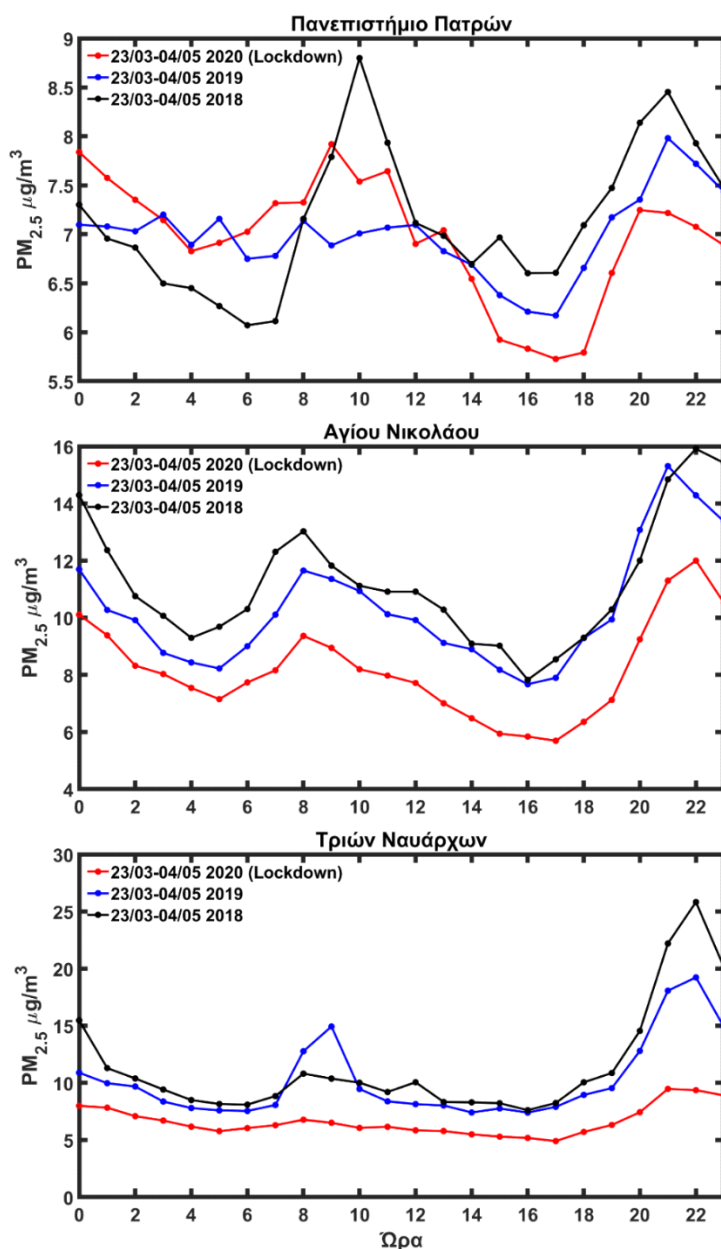
Για την εξέταση της επίδρασης των περιοριστικών μέτρων εξετάσθηκε καταρχήν η μέση ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων στους τρεις σταθμούς για το διάστημα που προηγήθηκε του lockdown (1/1-23/03) σε σχέση με το αντίστοιχο διάστημα των προηγούμενων ετών (2019, 2018 και 2017 όπου είναι διαθέσιμα). Τα αντίστοιχα αποτελέσματα εμφανίζονται στην Εικόνα 4.

Ο μέσος ημερήσιος κύκλος των $\text{PM}_{2.5}$ είναι παρόμοιος, αν και έχει διαφορετική ένταση στους τρεις σταθμούς κατά την διάρκεια αυτής της χειμερινής και ανοιξιάτικης περιόδου. Παρατηρούνται δυο μέγιστα κατά τη διάρκεια της ημέρας, ένα κατά τις πρωινές και ένα κατά τις βραδινές ώρες, με το βραδινό μέγιστο να κυριαρχεί. Τα πρωινά μέγιστα οφείλονται κυρίως στην τοπική κίνηση με μικρή συνεισφορά κατά τους χειμερινούς μήνες από την καύση ξύλων (τζάκια). Το νυχτερινό μέγιστο οφείλεται τόσο στην καύση ξύλων, όσο και στην κυκλοφορία αλλά και στο μαγείρεμα. Κάτι που είναι σημαντικό είναι η σχετικά μικρή αύξηση των συγκεντρώσεων του $\text{PM}_{2.5}$ τις πρωινές ώρες στην Τριών Ναυάρχων, κάτι που εξηγείται από την σχετικά μικρή τοπική κίνηση. Η μεταβλητότητα από χρονιά σε χρονιά για συγκεκριμένες ώρες είναι μέχρι και $2 \mu\text{g m}^{-3}$ για το Πανεπιστήμιο, μέχρι και $5 \mu\text{g m}^{-3}$ για την Αγίου Νικολάου και μέχρι και $10 \mu\text{g m}^{-3}$ για τον σταθμό στην Τριών Ναυάρχων.

Οι αντίστοιχες μέσες ωριαίες μεταβολές για τους τρεις σταθμούς για την περίοδο του lockdown παρουσιάζονται στην Εικόνα 5. Στο σταθμό του Πανεπιστημίου δεν υπάρχει ξεκάθαρη τάση με τις συγκεντρώσεις στις διάφορες ώρες της ημέρας να αλλάζουν μέχρι και $2 \mu\text{g m}^{-3}$. Αυτές οι αυξομειώσεις είναι παρόμοιες με αυτές της περιόδου πριν τα μέτρα και σε μεγάλο βαθμό οφείλονται στις αλλαγές της μετεωρολογίας στις αντίστοιχες περιόδους.



Εικόνα 4. Μέσες ωριαίες τιμές $PM_{2.5}$ ($\mu g m^{-3}$) στους σταθμούς μέτρησης Πανεπιστήμιο, Αγίου Νικολάου και Τριών Ναυάρχων την περίοδο 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020.



Εικόνα 5. Μέσες ωριαίες τιμές $PM_{2.5}$ ($\mu g m^{-3}$) στους σταθμούς μέτρησης Πανεπιστήμιο, Αγίου Νικολάου και Τριών Ναυάρχων την περίοδο την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown).

Στους δύο αστικούς σταθμούς, οι μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις κατά την περίοδο του lockdown του 2020 είναι χαμηλότερες από αυτές των αντίστοιχων περιόδων των προηγούμενων δύο ετών καθόλη τη διάρκεια της ημέρας. Για την Αγίου Νικολάου, οι μειώσεις κυμαίνονται από 1 έως 4 $\mu g m^{-3}$ ανάλογα με την ώρα και το έτος σύγκρισης. Για τον σταθμό της Τριών Ναυάρχων, τα

πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα καθώς η μέση ωριαία συγκέντρωση μεταβάλλεται πολύ λιγότερο από τις προηγούμενες χρονιές. Η μεγάλη μείωση των συγκεντρώσεων στην Τριών Ναυάρχων τις βραδινές ώρες σε σχέση με την Αγίου Νικολάου πιθανότατα οφείλεται στην δραματική μείωση των εκπομπών από τα εστιατόρια σε αυτή την περιοχή. Για παράδειγμα, στις 22:00, η συγκέντρωση ελαττώθηκε κατά 60% σε σχέση με το 2018 και κατά 50% σε σχέση με το 2019. Η αντίστοιχη μείωση στην Αγίου Νικολάου ήταν περίπου 25%. Τα δεδομένα αυτά υπογραμμίζουν και την σημασία των εστιατορίων σαν τοπική πηγή σωματιδίων και ότι τα μέτρα για τον Covid-19 επηρέασαν πολύ τις αντίστοιχες εκπομπές. Αυτή η ελάττωση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε μελλοντικές λεπτομερείς αναλύσεις.

Στο τελευταίο βήμα της ανάλυσης εξετάσαμε την αλλαγή των μέσων ωριαίων συγκεντρώσεων σε κάθε περιοχή κατά τις περιόδους:

- 3 μηνών πριν την εφαρμογή των μέτρων, 01/01/2020-23/03/2020
- κατά την περίοδο της απαγόρευσης κυκλοφορίας (lockdown) 23/03/2020-04/05/2020
- μετά την άρση των μέτρων 05/05/2020-16/06/2020

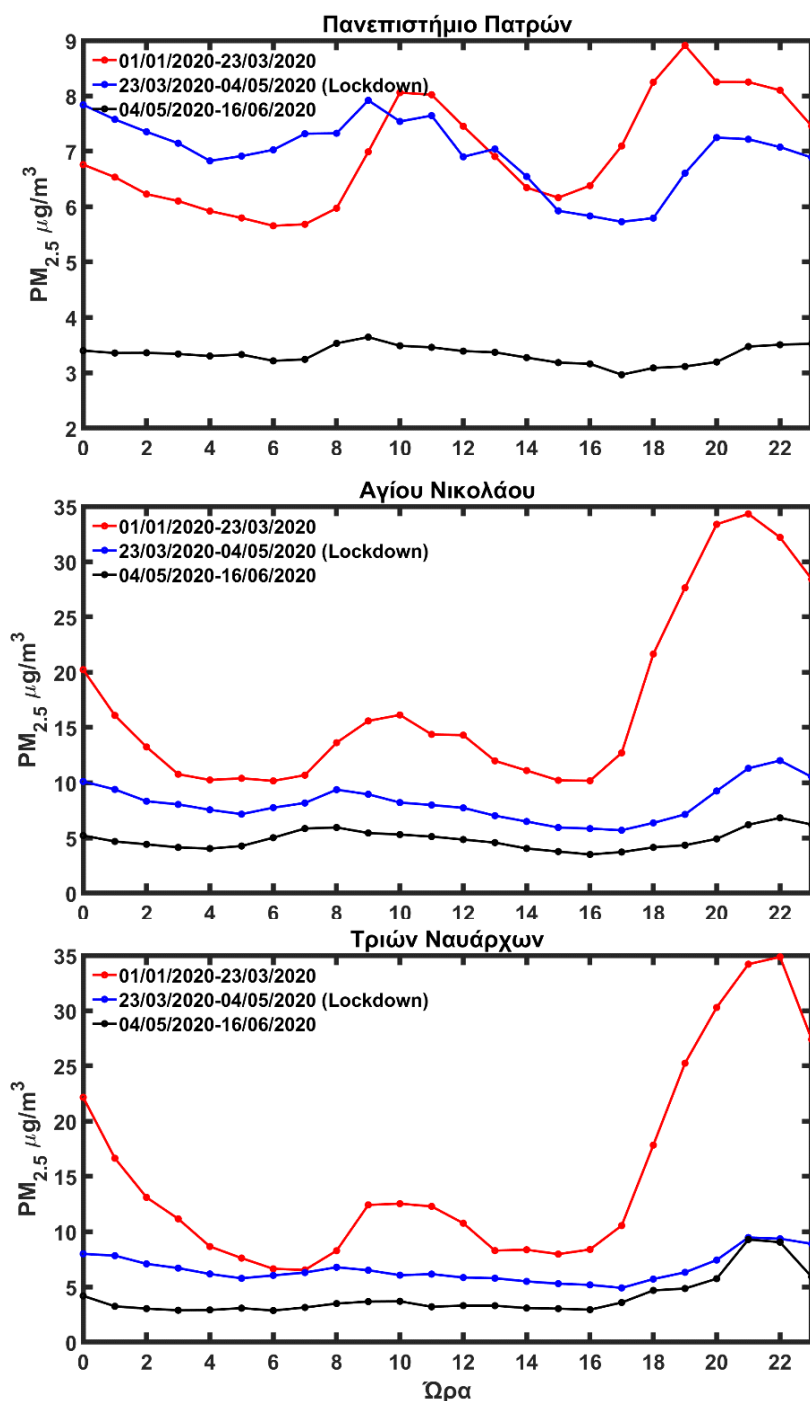
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.

Υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις αντίστοιχες ωριαίες μεταβολές αλλά σε μεγάλο βαθμό αυτές επηρεάζονται από την μετεωρολογία.

Στον σταθμό υποβάθρου του Πανεπιστημίου δεν υπάρχει σημαντική πτώση κατά την περίοδο των μέτρων σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες. Αντίθετα, υπάρχει δραματική πτώση μετά την άρση των μέτρων κάτι που εξηγείται από την μετεωρολογία. Αυτό είναι ένα ακόμα παράδειγμα της δυσκολίας απόδοσης των παρατηρούμενων μεταβολών σε μία αλλαγή των εκπομπών.

Στους δύο αστικούς σταθμούς, υπάρχει ελάττωση των συγκεντρώσεων κατά την διάρκεια του lockdown, αλλά και ακόμα μεγαλύτερη μείωση κατά την περίοδο μετά την άρση των μέτρων. Η περίοδος Ιανουάριος-Ιούνιος είναι γενικά μια περίοδος μειούμενων συγκεντρώσεων στην περιοχή της Πάτρας, οπότε ένα μεγάλο κομμάτι των παρατηρούμενων αλλαγών δεν έχει να κάνει με τα περιοριστικά μέτρα αλλά με αλλαγή της μετεωρολογίας (καλύτερη ανάμιξη της ατμόσφαιρας) και την ελάττωση των εκπομπών από τα τζάκια. Γενικά, η σύγκριση των συγκεντρώσεων πριν και μετά το lockdown φαίνεται να είναι η πιο αδύναμη μέθοδος, τουλάχιστον για την Πάτρα, για τον προσδιορισμό της επίδρασης των συγκεκριμένων μέτρων.

.



Εικόνα 6. Μέσες ωριαίες τιμές $PM_{2.5}$ ($\mu g m^{-3}$) στους σταθμούς μέτρησης Πανεπιστήμιο, Αγίου Νικολάου και Τριών Ναυάρχων την περίοδο 01/01-23/03/2020, την περίοδο του lockdown (23/03-04/05/2020) και την περίοδο 04/05-16/06/2020.

4. Συμπεράσματα

Η προκαταρκτική ανάλυση των μετρήσεων της PANACEA στην Πάτρα οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα:

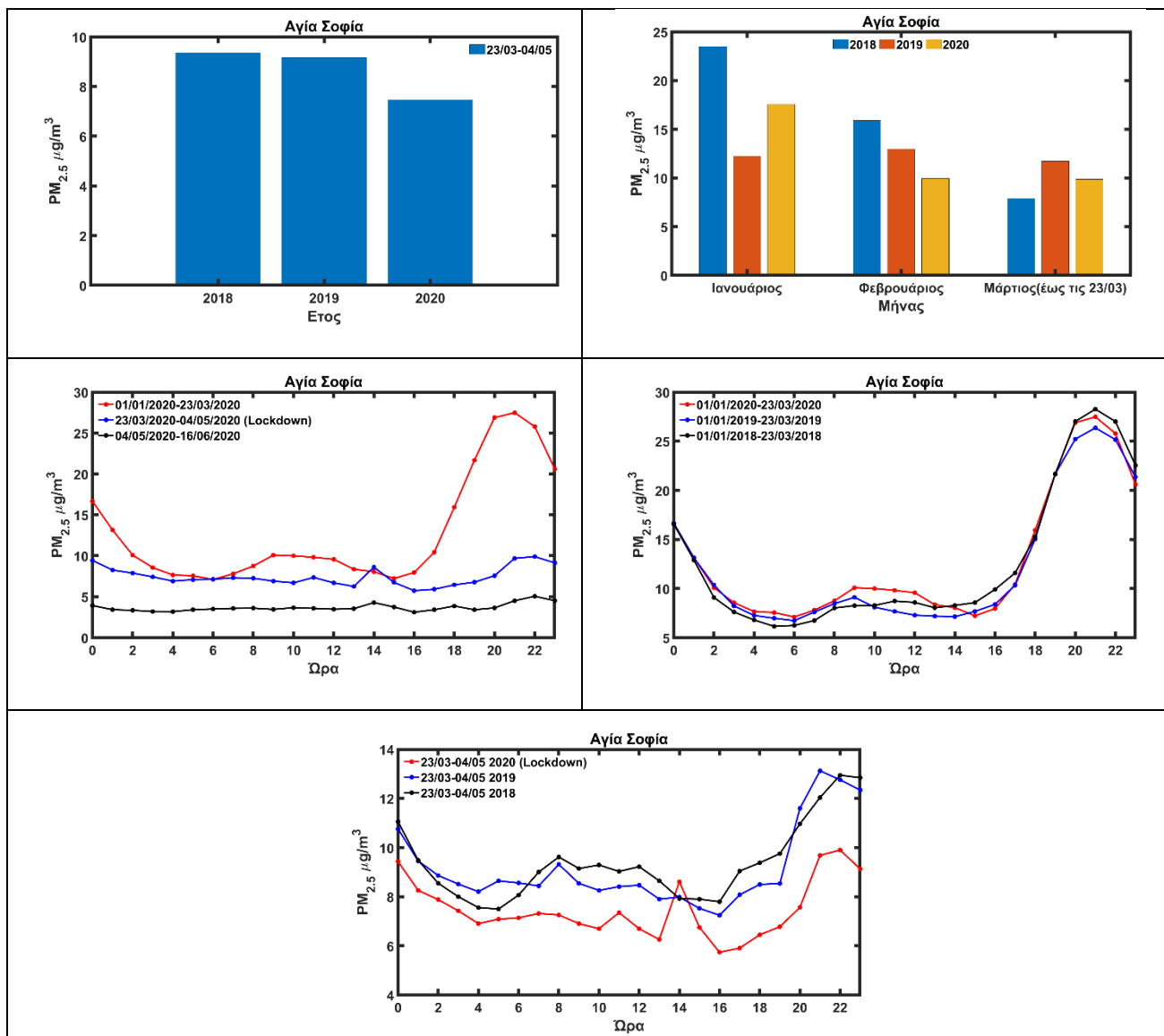
Παρόλο που η περίοδος των μέτρων συνοδεύθηκε με αλλαγές στις συγκεντρώσεις των σωματιδίων στην πόλη της Πάτρας, τόσο σε σύγκριση με προηγούμενα έτη (ίδιες περιόδους) όσο και με τις περιόδους πριν και μετά τα μέτρα (ίδιο έτος), η απόδοση των αλλαγών στα μέτρα είναι δύσκολη. Η καλύτερη μέθοδος ανάλυσης των μετρήσεων φαίνεται να είναι η σύγκριση των μέσων ωριαίων συγκεντρώσεων στις αντίστοιχες περιόδους σε διαφορετικές χρονιές. Αυτό δείχνει και την σημασία συνεχούς συλλογής δεδομένων σε βάθος χρόνου από δίκτυα σαν την PANACEA.

Δεν υπήρξε σημαντική (παραπάνω από $1\text{--}2\text{ }\mu\text{g m}^{-3}$) αλλαγή στις συγκεντρώσεις υποβάθρου για την Πάτρα. Αυτό είναι σημαντικό, γιατί αυτές οι συγκεντρώσεις είναι σημαντικό ποσοστό του $\text{PM}_{2.5}$ στην Πάτρα την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Αυτό σημαίνει ότι τα περιοριστικά μέτρα είχαν μικρή επίδραση σε αυτά τα επίπεδα ρύπανσης έξω από τις πόλεις, τουλάχιστον στην συγκεκριμένη περιοχή.

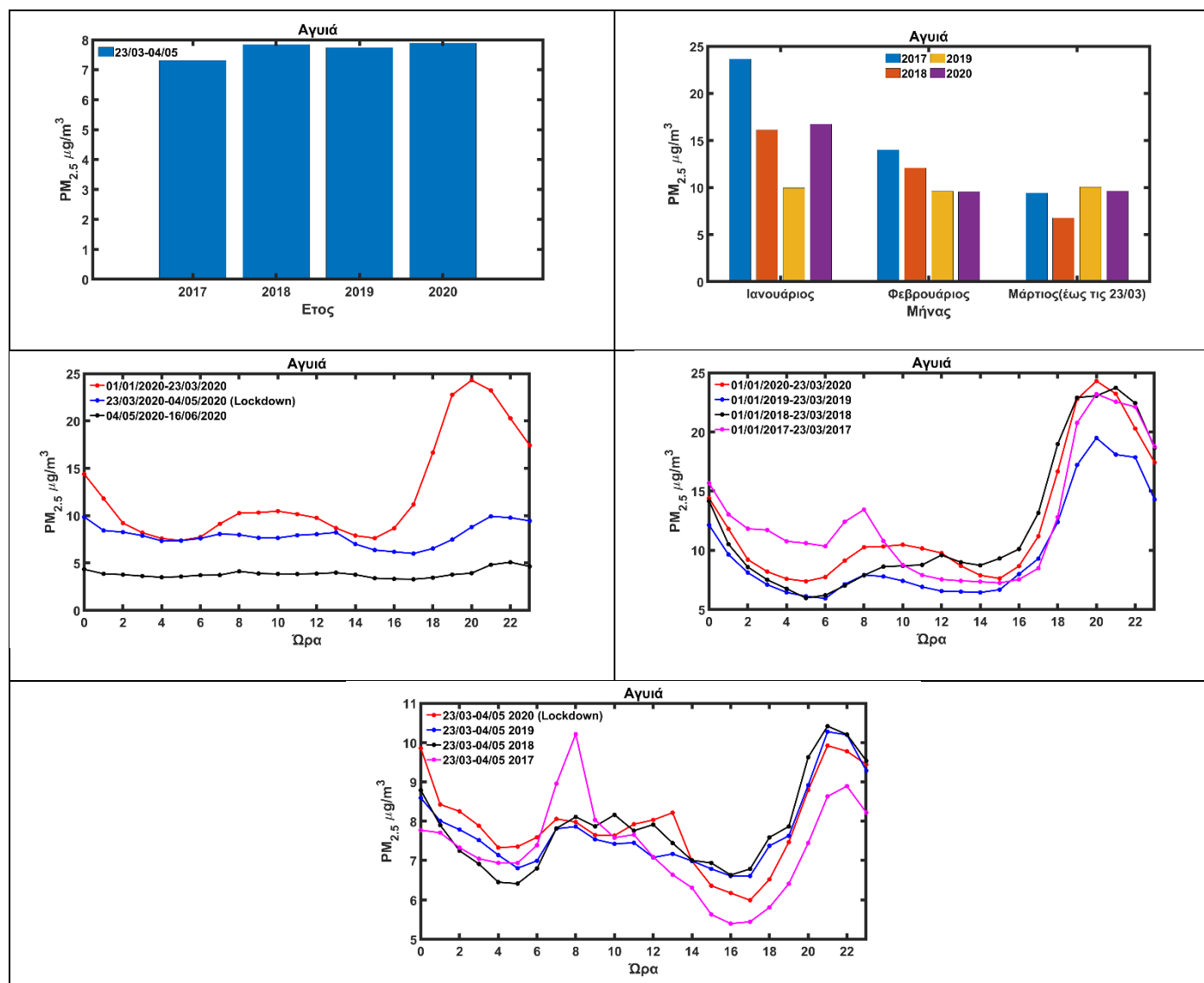
Υπήρξε σημαντική ελάττωση στις εκπομπές από τα εστιατόρια, τα οποία οδήγησαν σε ελάττωση 50-60% τις μέγιστες μέσες νυχτερινές συγκεντρώσεις στην περιοχή της πόλης όπου οι αντίστοιχες εκπομπές είναι έντονες. Η ελάττωση στις εκπομπές από την κυκλοφορία επίσης βοήθησαν. Μια πρώτη εκτίμηση της αντίστοιχης ελάττωσης των $\text{PM}_{2.5}$ είναι περίπου 20% για τον σταθμό με έντονη κυκλοφορία στο κέντρο της πόλης.

Σε μελλοντική δουλειά τα συγκεκριμένα δεδομένα θα αναλυθούν συνδυαστικά και η αβεβαιότητα των παραπάνω εκτιμήσεων θα ελαττωθεί.

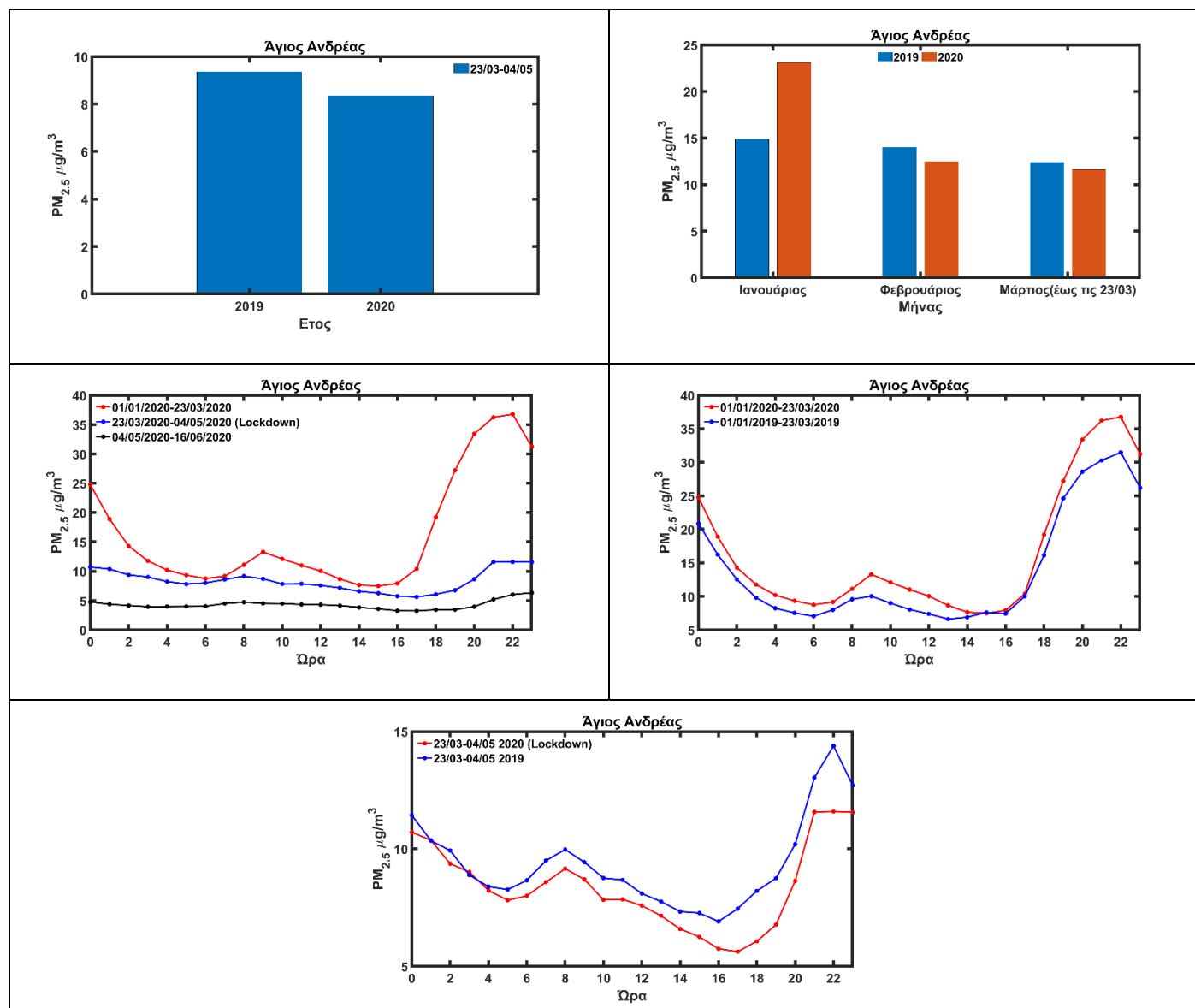
5. Παράρτημα



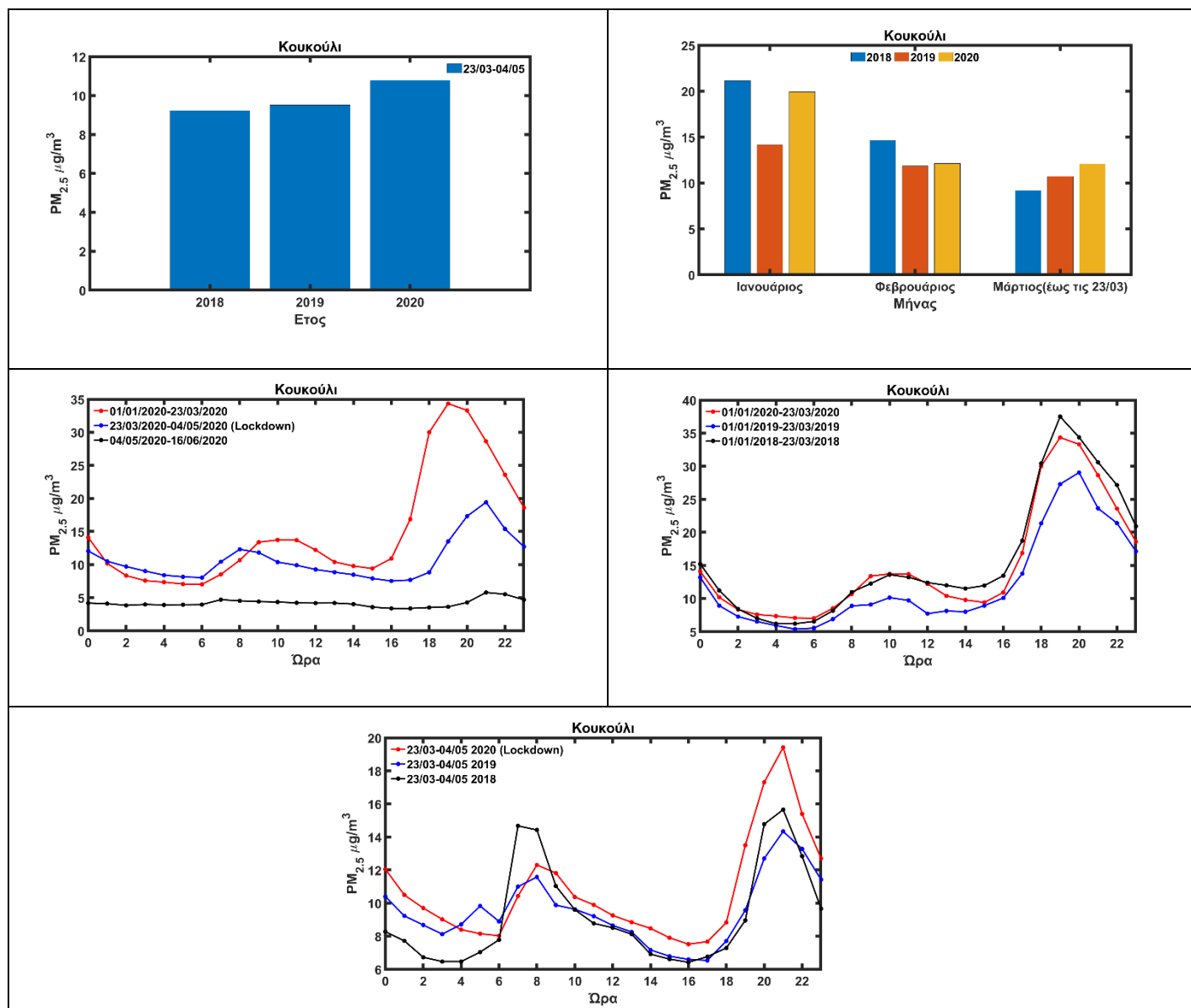
Εικόνα 7. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Αγία Σοφία: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα $PM_{2.5}$.



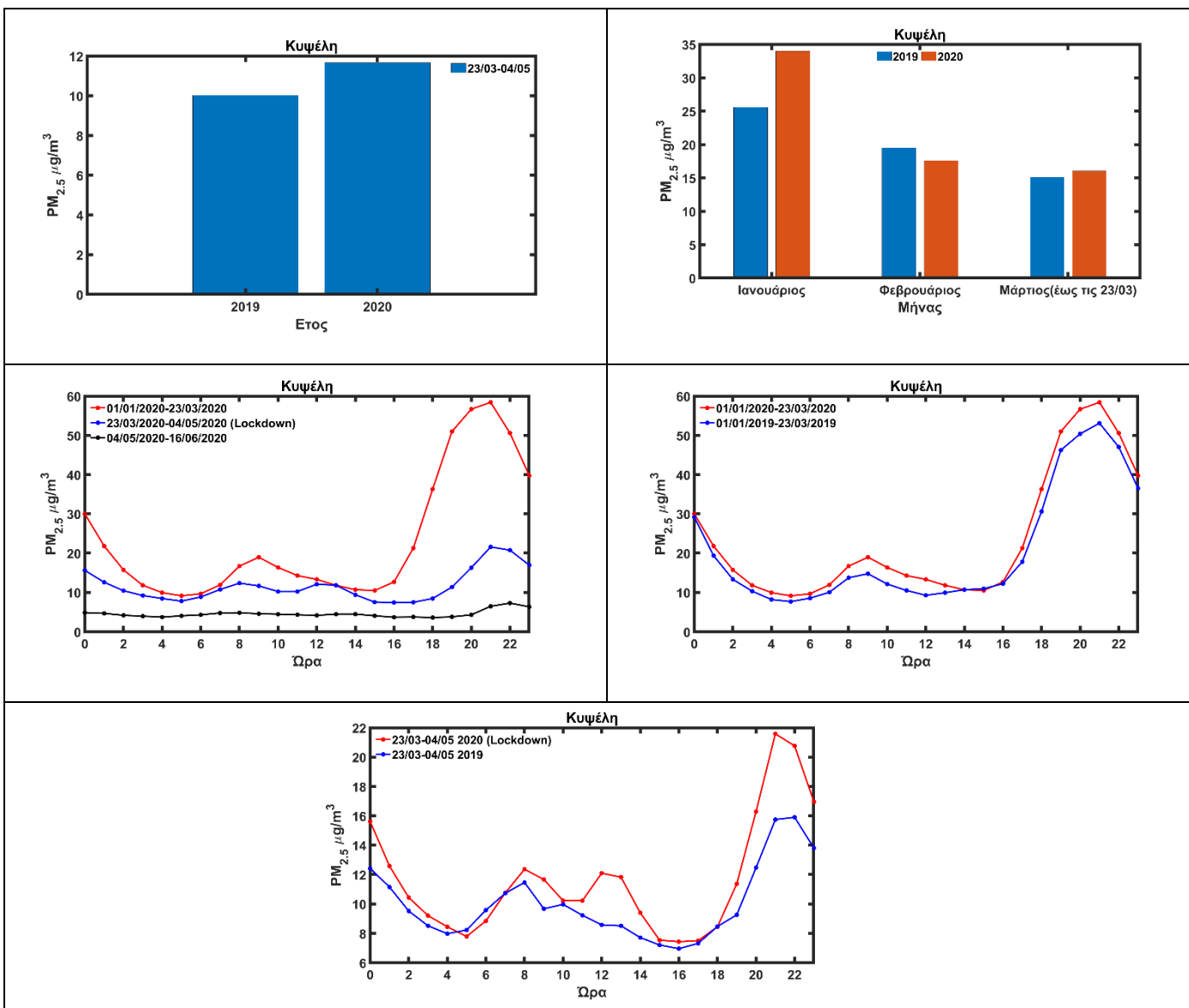
Εικόνα 8. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Αγιά: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα PM_{2.5}.



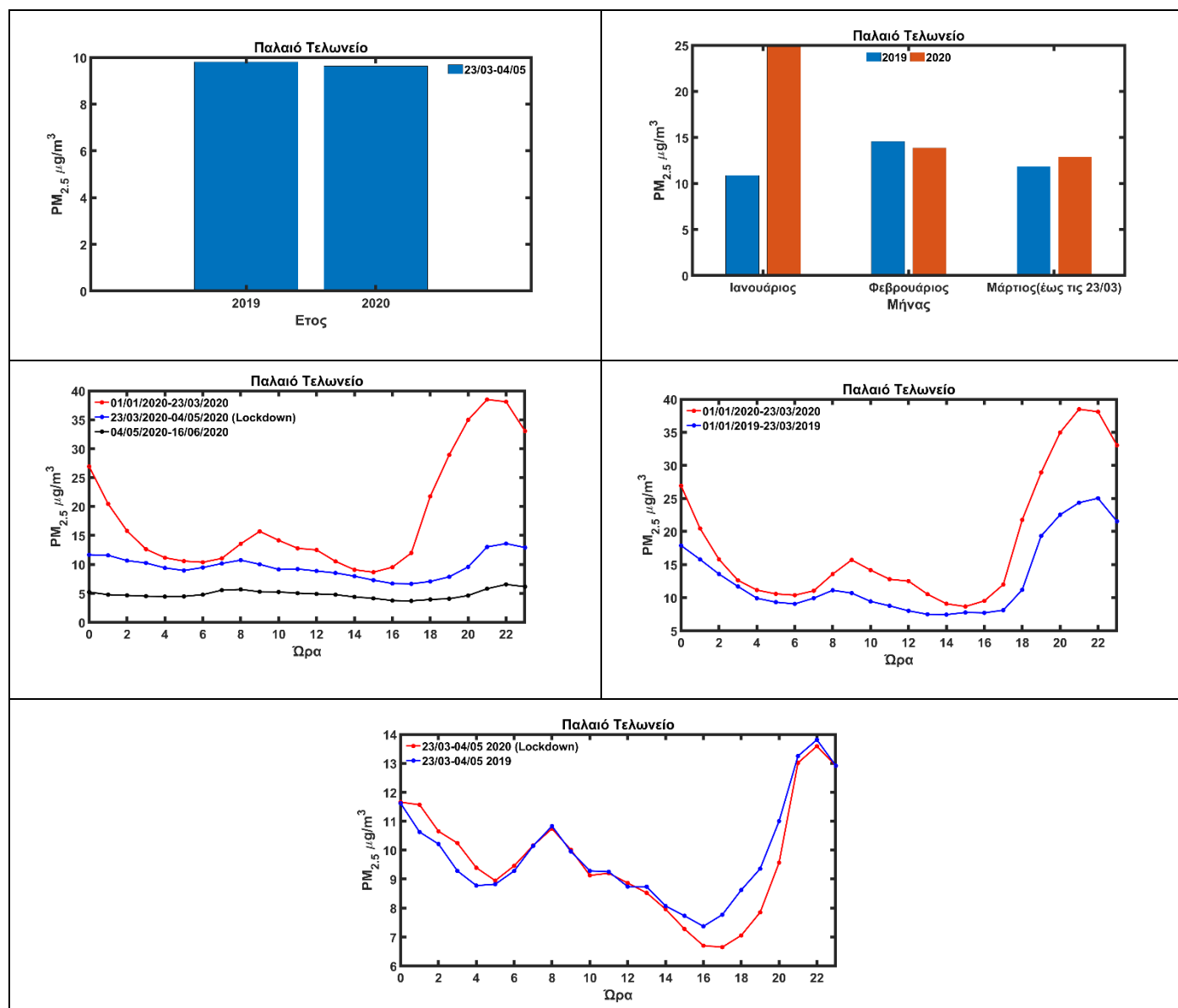
Εικόνα 9. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Άγιος Ανδρέας: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017,2018,2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα PM_{2.5}.



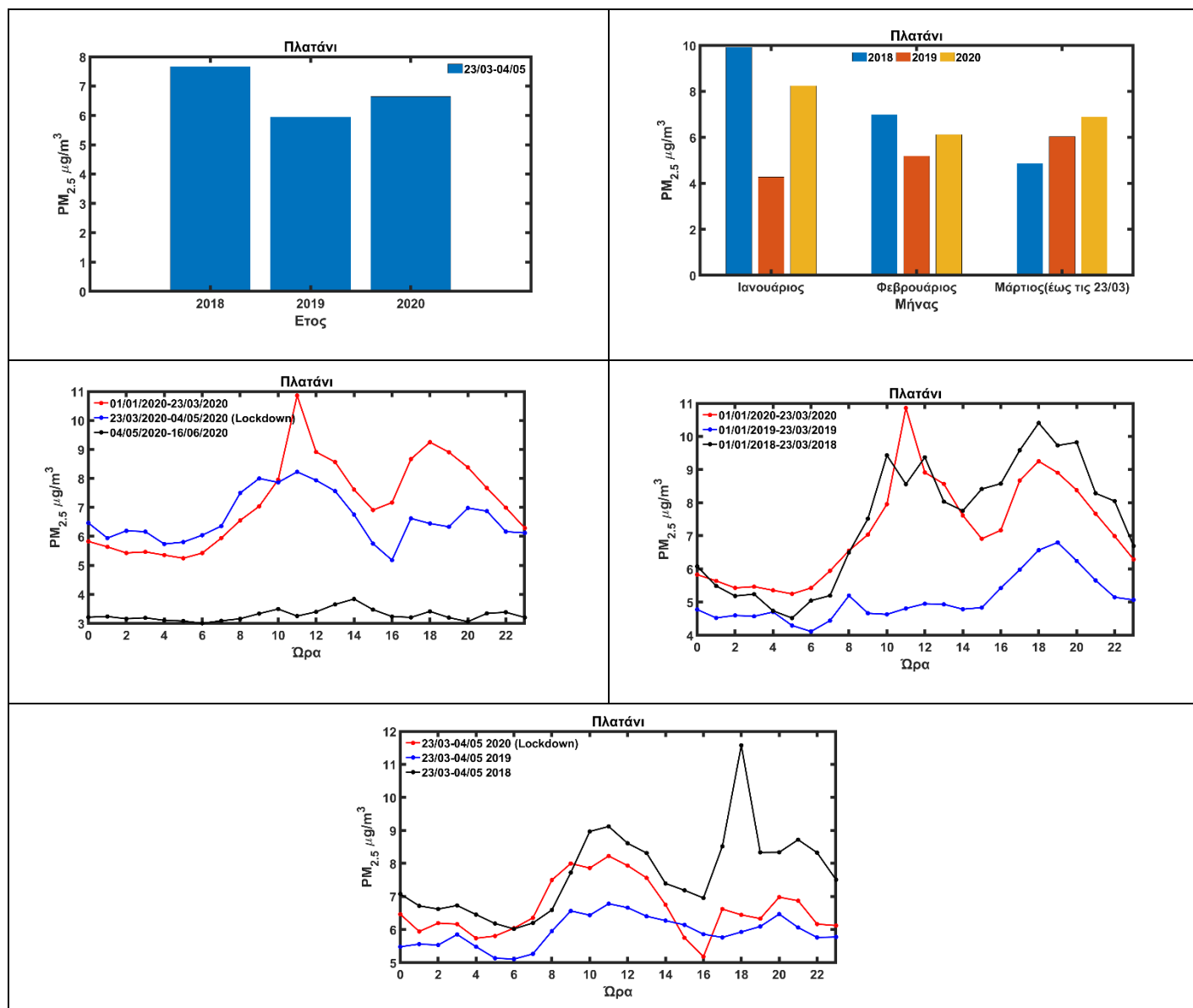
Εικόνα 10. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Κουκούλι: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα PM_{2.5}.



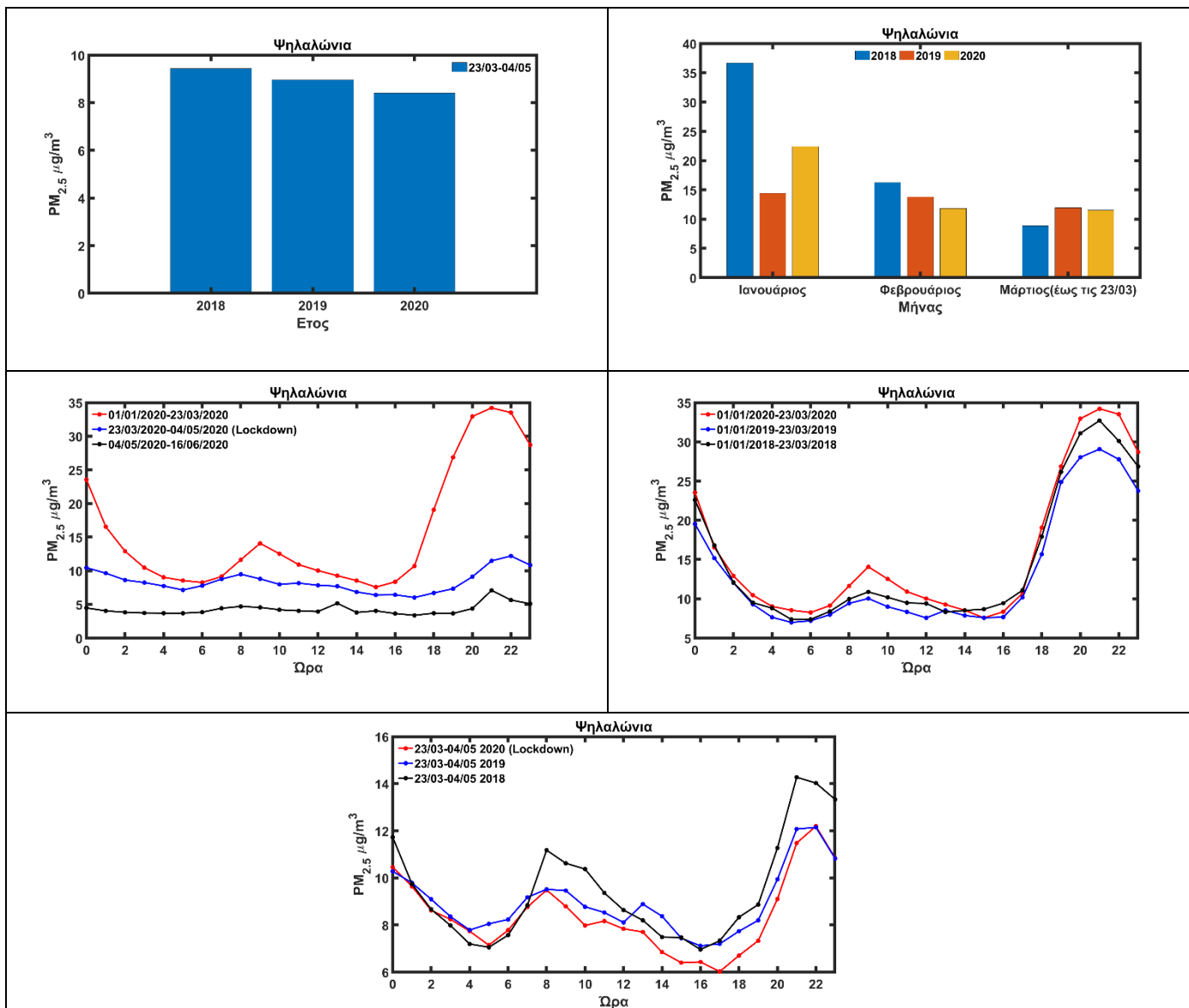
Εικόνα 11. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Κυψέλη: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα $PM_{2.5}$.



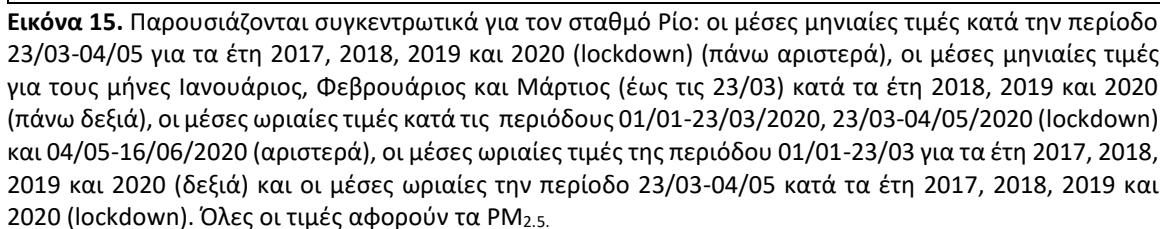
Εικόνα 12. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Παλαιό Τελωνείο: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα PM_{2.5}.



Εικόνα 13. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Πλατάνι: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα $PM_{2.5}$.



Εικόνα 14. Παρουσιάζονται συγκεντρωτικά για τον σταθμό Ψηλά Αλώνια: οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά την περίοδο 23/03-04/05 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown) (πάνω αριστερά), οι μέσες μηνιαίες τιμές για τους μήνες Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος (έως τις 23/03) κατά τα έτη 2018, 2019 και 2020 (πάνω δεξιά), οι μέσες ωριαίες τιμές κατά τις περιόδους 01/01-23/03/2020, 23/03-04/05/2020 (lockdown) και 04/05-16/06/2020 (αριστερά), οι μέσες ωριαίες τιμές της περιόδου 01/01-23/03 για τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (δεξιά) και οι μέσες ωριαίες την περίοδο 23/03-04/05 κατά τα έτη 2017, 2018, 2019 και 2020 (lockdown). Όλες οι τιμές αφορούν τα PM_{2.5}.



1.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης

1.2.1. Παρατηρήσεις με επίγεια συστήματα τηλεπισκόπησης

1.2.1.1 Μελέτη της εξέλιξης του φόρτου, της κατακόρυφης κατανομής και της προέλευσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην περίοδο εφαρμογής των μέτρων προστασίας για την εξάπλωση του ιού Covid-19 σε τρεις ερευνητικούς σταθμούς του δικτύου της PANACEA

Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας (ΕΦΑ), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ),

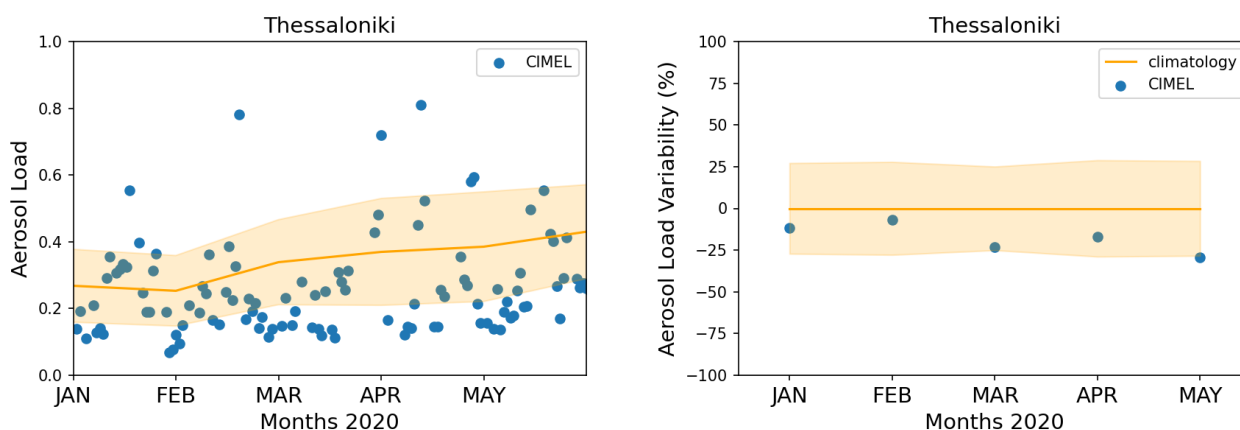
Παρατηρητήριο Γεωεπιστημών και Κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΓΓΑΙΑ), Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ)

Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης Laser, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)

Παρακάτω παρουσιάζονται οι χρονοσειρές οργάνων τριών σταθμών του δικτύου της δράσης PANACEA, οι οποίοι περιλαμβάνουν: το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας (ΕΦΑ) του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), το Παρατηρητήριο Γεωεπιστημών και Κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΓΓΑΙΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) εγκατεστημένο στο νησί των Αντικυθήρων και το Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης Laser του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) στην Αθήνα. Ο εξοπλισμός τους περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, φωτόμετρα τύπου CIMEL και διατάξεις τηλεπισκόπησης lidar, όργανα τηλεπισκόπησης τα οποία εξειδικεύονται στην ανίχνευση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (Baars et al., 2016; Siomos et al., 2018). Δεδομένα συλλέχθηκαν από τους σταθμούς κατά την περίοδο Ιανουαρίου - Μαΐου 2020 και μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μελέτη της εξέλιξης του φόρτου, της κατακόρυφης κατανομής και της προέλευσης των αιωρούμενων σωματιδίων στην περίοδο εφαρμογής των μέτρων προστασίας για την εξάπλωση του ιού Covid-19.

Η εφαρμογή των μέτρων αναμένεται να έχει επηρεάσει τον φόρτο των σωματιδίων ανθρωπογενούς προέλευσης. Για αυτό το λόγο, οι 3 σταθμοί συμμετείχαν στην πειραματική εκστρατεία του δικτύου EARLINET (European Aerosol Research Lidar Network; https://www.earlinet.org/index.php?id=earlinet_homepage) που αφορούσε την επίδραση του Covid-19 lock down στον φόρτο των σωματιδίων ανθρωπογενούς προέλευσης πάνω από την Ευρώπη. Κατά την περίοδο του πειράματος, αποτελέσματα δημοσιεύονταν στο κοινό σε-σχεδόν-πραγματικό-χρόνο με την μορφή εβδομαδιαίων αναφορών τον Μάιο του 2020 (<https://www.earlinet.org/index.php?id=covid-19>). Μέρος των αποτελεσμάτων παρουσιάστηκαν σε διαδικτυακό πανευρωπαϊκό συμπόσιο την περίοδο 6-8 Ιουλίου 2020 (Aerosol Remote Sensing (ARS-ARES) Workshop) (Siomos et al., 2020; Marinou et al. 2020b; Papayannis et al., 2020).

Τα φωτόμετρα CIMEL, CIMEL, μέρος του δικτύου AERONET (AErosol RObotic NETwork; <https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>), πραγματοποιούν αυτοματοποιημένες μετρήσεις του φόρτου των αιωρούμενων σωματιδίων συνολικά σε ολόκληρη την ατμοσφαιρική στήλη και επιτρέπουν τη μελέτη των οπτικών και μικροφυσικών ιδιοτήτων τους. Οι αυτοματοποιημένες μετρήσεις επέτρεψαν τη συνεχή καταγραφή του Οπτικού Βάθους των σωματιδίων (Aerosol Optical Depth) στο υπεριώδες, το οποίο είναι ενδεικτικό της συγκέντρωσής τους. Στο Γράφημα 1 στα αριστερά φαίνεται η εξέλιξη των μέσων ημερήσιων τιμών οπτικού βάθους στην περίοδο Ιανουαρίου - Μαΐου 2020 (μπλε) για το σταθμό της Θεσσαλονίκης. Στο ίδιο γράφημα έχει προστεθεί και ο ετήσιος κύκλος κλιματολογικών μέσων μηνιαίων τιμών και τυπικής διακύμανσης του οπτικού βάθους στη Θεσσαλονίκη, ο οποίος προέκυψε από την ανάλυση των συστηματικών μετρήσεων του οργάνου κατά την περίοδο 01/2004 - 12/2019 (πορτοκαλί).



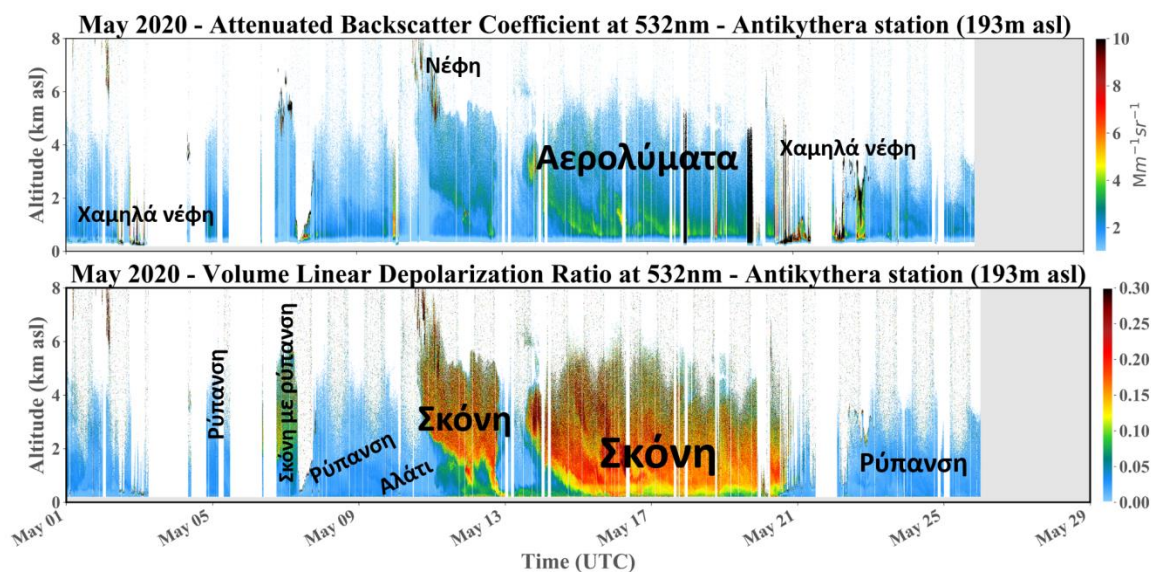
Γράφημα 1: Χρονοσειρές μετρήσεων από το φωτόμετρο CIMEL για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης.

Φαίνεται ότι κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, πριν την εφαρμογή των μέτρων, εμφανίζονται τιμές πιο κοντά στην κλιματολογία, ενώ κατά τους επόμενους μήνες ολοένα και περισσότερες μέσες ημερήσιες τιμές αποκλίνουν. Στο γράφημα στα δεξιά έχει γίνει υπολογισμός των αποκλίσεων (%) των μέσων μηνιαίων τιμών κατά την περίοδο Ιανουαρίου - Μαΐου 2020 από την κλιματολογία (μπλε). Έχει προστεθεί επίσης η σχετική διακύμανση της κλιματολογίας (πορτοκαλί). Και σε αυτό το γράφημα φαίνεται ότι υπάρχει μείωση του φόρτου των σωματιδίων, η οποία μπορεί να συνδέεται με μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών λόγω της εφαρμογής των μέτρων.

Έντονα επεισόδια μεταφερόμενης ερημικής σκόνης μπορούν να επηρεάσουν το συνολικό Οπτικό Βάθος, κρύβοντας έτσι πιθανές μεταβολές στην ανθρωπογενή δραστηριότητα. Οι μήνες της εφαρμογής των μέτρων μάλιστα ενδείκνυνται για τέτοια περιστατικά, καθώς η μεταφορά σαχαριανής σκόνης στην Ελλάδα είναι πιο έντονη κατά τους εαρινούς μήνες. Υπό επεξεργασία βρίσκονται οι χρονοσειρές του φασματοφωτομέτρου τύπου Brewer του ΕΦΑ στη Θεσσαλονίκη, το οποίο παρέχει πληροφορία τόσο για τον φόρτο όσο και για την απορροφητικότητα των αερολυμάτων και μπορεί να συνεισφέρει τόσο στη μελέτη της εξέλιξης του Οπτικού Βάθους στο

υπεριώδες με επιπλέον μετρήσεις, αλλά και στον εντοπισμό των ισχυρών επεισοδίων σκόνης και καύσης βιομάζας. Η ανάλυση αυτών των μετρήσεων σε συνδυασμό με την υπάρχουσα χρονοσειρά του φωτόμετρου Cimel θα οδηγήσει σε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα της μεταβολής των ανθρωπογενών εκπομπών.

Οι τρεις σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με όργανα τηλεπισκόπησης lidar, τα οποία ανήκουν στο Ευρωπαϊκό δίκτυο του EARLINET (European Aerosol Research Lidar Network, https://www.earlinet.org/index.php?id=earlinet_homepage) και η αξιοπιστία των μετρήσεων και προϊόντων τους, έχει πραγματοποιηθεί με πιστοποιημένους ελέγχους, καθορισμένους για την κοινότητα του EARLINET. Τα συστήματα lidar παρέχουν τρισδιάστατη απεικόνιση της ατμοσφαιρικής σύστασης σε νέφη και αιωρούμενα σωματίδια σε αποστάσεις αρκετών χιλιομέτρων από την επιφάνεια του εδάφους, με υψηλή χωρική και χρονική ανάλυση. Από την κατακόρυφη κατανομή των σωματιδίων είναι δυνατόν να εξάγει κανείς το ύψος του στρώματος κοντά στο έδαφος στο οποίο λαμβάνει χώρα ατμοσφαιρική ανάμειξη του αέρα, γνωστό ως Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα (Planetary Boundary Layers - PBL). Το όριο αυτό διαχωρίζει την περιοχή όπου οι εκπεμπόμενοι ρύποι τοπικών πηγών είναι καλά αναμεμιγμένοι (PBL), από τον σχετικά καθαρότερο ατμοσφαιρικό αέρα πιο ψηλά γνωστό ως Ελεύθερη Τροπόσφαιρα (Free Troposphere – FT), όπου η συνεισφορά των ρύπων προκύπτει κυρίως λόγω μεταφοράς αερίων μαζών μεγάλης κλίμακας.



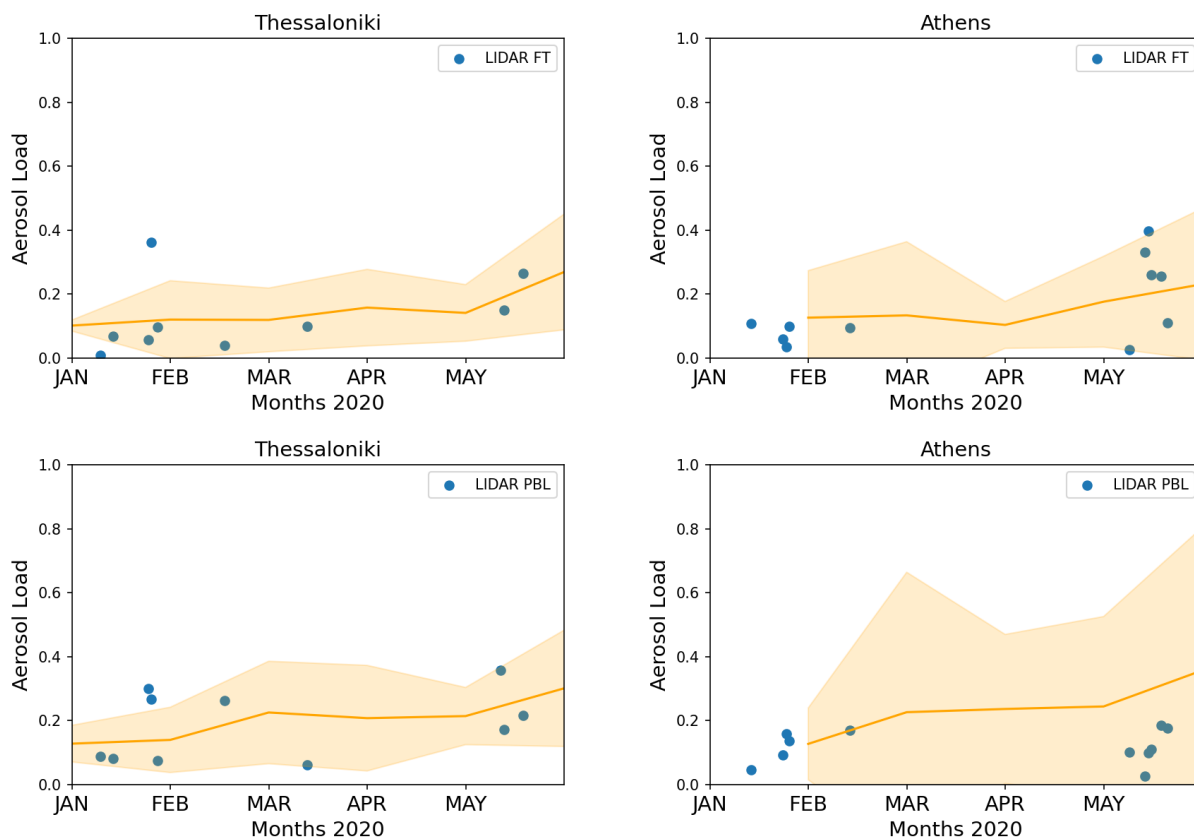
Γράφημα 2: Χρονοσειρά του συντελεστή οπισθοσκέδασης (πάνω) και του συντελεστή αποπόλωσης της ακτινοβολίας (κάτω) από τα σωματίδια και τα νέφη τον Μάιο του 2020 από το lidar του σταθμού ΠΑΓΓΑΙΑ.

Στο Γράφημα 2 φαίνεται η χρονοσειρά μέσων ημερήσιων προφίλ του συντελεστή εξασθένησης και του συντελεστή αποπόλωσης της ακτινοβολίας από τα σωματίδια και τα νέφη, ο οποίος είναι αντιπροσωπευτικός του φόρτου τους και του σχήματος τους, τον Μάιο του 2020 όπως

καταγράφηκε από το αυτόματο σύστημα του σταθμού ΠΑΓΓΑΙΑ στα Αντικύθηρα (Marinou et al., 2020). Ο σταθμός είναι σχετικά νέος και πραγματοποιεί συστηματικές μετρήσεις από το 2018. Η συνεχής λήψη μετρήσεων κατά τα επόμενα χρόνια θα επιτρέψει σταδιακά τον υπολογισμό αξιόπιστων κλιματολογικών τιμών για το σταθμό λόγω της αυτόματης καταγραφής και θα επιτρέψει τη σύγκριση των μετρήσεων της περιόδου εφαρμογής των μέτρων και μεταγενέστερα με μια κλιματολογία.

Τα όργανα lidar του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Laser στην Αθήνα και του ΕΦΑ στη Θεσσαλονίκη πραγματοποιούν μακρόχρονες κλιματολογικές μετρήσεις από το 2000 έως σήμερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό αξιόπιστων κλιματολογικών τιμών. Τα δύο συστήματα δεν είναι αυτόματα, πράγμα το οποίο αναπόφευκτα επηρέασε τη λήψη μετρήσεων κατά την εφαρμογή των μέτρων. Στο Γράφημα 3 παρουσιάζεται το Οπτικό Βάθος των σωματιδίων στο υπεριώδες στην περιοχή εντός του Οριακού Στρώματος (PBL) και εντός της Ελεύθερης Τροπόσφαιρας (FT). Η αριστερή στήλη αντιστοιχεί στον σταθμό της Θεσσαλονίκης ενώ η δεξιά στήλη στο σταθμό της Αθήνας. Για την Αθήνα, οι τιμές εντός του Οριακού Στρώματος είναι αρκετά κοντά στις κλιματολογικές τιμές στους χειμερινούς μήνες, σε αντίθεση με τον Μάιο, όπου παρατηρείται μια μικρή μείωση. Στη Θεσσαλονίκη οι τιμές εντός του οριακού στρώματος είναι σε συμφωνία με τις κλιματολογικές. Στην περιοχή της Ελεύθερης Τροπόσφαιρας οι τιμές είναι κοντά στις κλιματολογικές και για τους δύο σταθμούς, ακόμα και κατά τους εαρινούς μήνες, κάτι το οποίο αναμένεται καθώς η Ελεύθερη Τροπόσφαιρα επηρεάζεται σε πολύ μικρότερο βαθμό από τις εκπομπές. Η όποια μείωση των εκπομπών στο Οριακό Στρώμα πιθανώς να φανεί σταδιακά και στην Ελεύθερη Τροπόσφαιρα μέσω της διασυννοριακής μεταφοράς ρύπανσης, καθώς η περίοδος εφαρμογής μέτρων ήταν κοινή για αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες.

Όσον αφορά την επιρροή των έντονων επεισοδίων μεταφοράς στη χρονοσειρά, και τα τρία όργανα lidar διαθέτουν κατάλληλο εξοπλισμό ώστε να μπορούν να διαχωρίσουν τα σφαιρικά σωματίδια από τα σωματίδια με ακανόνιστο σχήμα, όπως η σκόνη και η γύρη, διαχωρίζοντας τη συνεισφορά τους από αυτή του υπόλοιπου μείγματος. Προσφέρουν έτσι τη δυνατότητα απομόνωσης των επεισοδίων σκόνης για την καλύτερη μελέτη του ανθρωπογενούς παράγοντα σε μεταγενέστερη ανάλυση. Σε επόμενο στάδιο, αυτοματοποιημένες διαδικασίες για την ταξινόμηση των αερολυμάτων οι οποίες συνδυάζουν τη φασματική πληροφορία που παρέχουν τα συστήματα lidar και βασίζονται σε προκαθορισμένες κατηγορίες αερολυμάτων, μπορούν να εφαρμοστούν για τον εντοπισμό των επεισοδίων ρύπανσης από τη μεταφορά σαχαριανής σκόνης ή των επεισοδίων ρύπανσης από καύση βιομάζας. Επιπλέον, με τις συνδυαστικές μετρήσεις lidar και φωτόμετρου τύπου Cimel, είναι δυνατόν να γίνει επιπλέον διαχωρισμός των μεγάλων σωματιδίων, τα οποία είναι κατά βάση φυσικής προέλευσης, από τα μικρά, διευκολύνοντας έτσι τη μελέτη της ανθρωπογενούς συνιστώσας.



Γράφημα 2: Διαχωρισμός Οριακού Στρώματος (κάτω) και Ελεύθερης Τροπόσφαιρας (πάνω) στους σταθμούς ΕΦΑ (αριστερή) και της Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης Laser (δεξιά).

Αναφορές

- Baars, H., Kanitz, T., Engelmann, R., Althausen, D., et al.: An overview of the first decade of PollyNET: an emerging network of automated Raman-polarization lidars for continuous aerosol profiling, *Atmos. Chem. Phys.*, 16, 5111–5137, <https://doi.org/10.5194/acp-16-5111-2016>, 2016.
- Marinou et al.: Observations in aerosol load in Antikythera station during COVID 19 lockdown, *Aerosol Remote Sensing (ARS-ARES) Workshop 6-8 July 2020*.
- Marinou, E., Gialitaki, A., Tsiachla, M., Pietras, C., Baars, H., Sicard, M., Komppula, M., Shang, X., Stachlewska, I., Szczepanik, D., Mattis, I., D'Amico, G., Engelmann, R. and Amiridis, V.: ELIC Retrievals during Covid19 campaign, *Aerosol Remote Sensing (ARS-ARES) workshop, 6–8 July 2020*.
- Papayannis et al.: Ground-based and satellite measurements of air pollutants over Athens, Greece, during the COVID-19 Lockdown 2020, *Aerosol Remote Sensing (ARS-ARES) Workshop 6-8 July 2020*.
- Siomos, N., Balis, D. S., Voudouri, K. A., Giannakaki, E., Filioglou, M., Amiridis, V., Papayannis, A., and Fragkos, K.: Are EARLINET and AERONET climatologies consistent? The case of Thessaloniki, Greece, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 11885–11903, <https://doi.org/10.5194/acp-18-11885-2018>, 2018.
- Siomos et al.: Investigating variations in the aerosol load during the COVID-19 lock down period in Greece using the remote sensing infrastructure of PANACEA, *Aerosol Remote Sensing (ARS-ARES) Workshop 6-8 July 2020*.

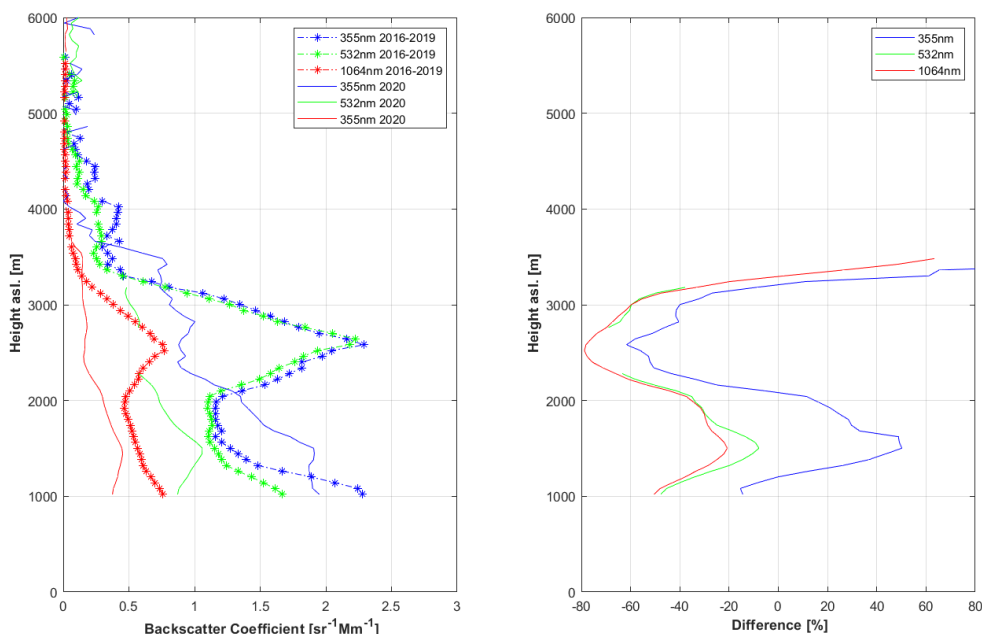
1.2.1.2 COVID-19: Μετρήσεις αερολυμάτων με την τεχνική Lidar στην Αθήνα κατά τη διάρκεια της ολικής απαγόρευση κυκλοφορίας του 2020 σε σύγκριση με τα έτη 2016-2019

Μονάδα Τηλεπισκόπησης Laser- Laser Remote Sensing Unit (LRSU), του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Η περίοδος ολικής απαγόρευση κυκλοφορίας στην Ελλάδα διήρκησε από **23/03 - 08/05/2020**. Το σύστημα lidar EOLE ήταν αυτό που χρησιμοποιήθηκε και το οποίο ανήκει στην Μονάδα Τηλεπισκόπησης Laser- Laser Remote Sensing Unit (LRSU), του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ, 37.97° N, 23.79° E, elev. 212 m a.s.l.). Κατά την διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου, 5 ημερήσιες μετρήσεις lidar και 3 βραδινές πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα lidar EOLE.

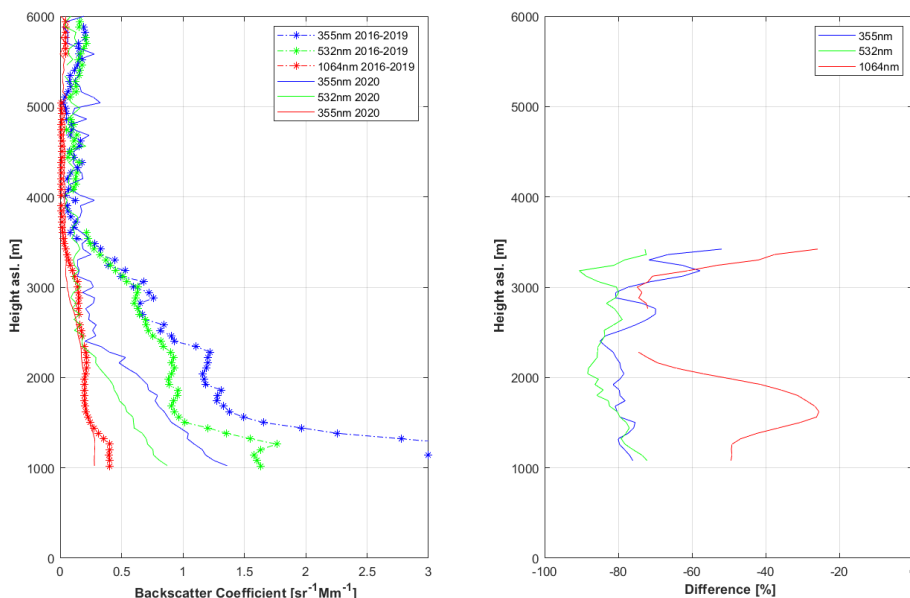
Αντιστοίχως, την ίδια χρονική περίοδο, κατά τα έτη 2016-2019, πραγματοποιήθηκαν 7 ημερήσιες and 7 βραδινές μετρήσεις. Οι μετρήσεις κατά τη διάρκεια του έτους 2020 και οι αντίστοιχες για τα έτη 2016-2019 χρησιμοποιήθηκαν (αφού υπολογίσθηκε ο μέσος όρος τους) ώστε να ανακτηθούν 2 κατακόρυφες κατανομές των συντελεστών οπισθοσκέδασης αερολυμάτων και 1 κατανομή του συντελεστή εξασθένησης αερολυμάτων για την ίδια χρονική περίοδο, στα έτη 2016-2019 και 2020. Οι μέσες τιμές των κατακόρυφων κατανομών των συντελεστών οπισθοσκέδασης (στα 1064, 532 και 355 nm) υπολογίσθηκαν τόσο για τις ημερήσιες, όσο και για τις βραδινές μετρήσεις lidar, όπως επίσης και οι αντίστοιχες κατανομές των συντελεστών εξασθένησης (στα 532 και 355 nm).

Στην **Εικόνα 1** παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των κατακόρυφων κατανομών των συντελεστών οπισθοσκέδασης για τα 3 μήκη κύματος κατά διάρκεια της απαγόρευσης κυκλοφορίας λόγω Covid-19, σε σύγκριση με εκείνες των ετών 2016-2019. Όπως γίνεται εμφανές (βλ. Εικόνα 1), οι συντελεστές οπισθοσκέδασης αερολυμάτων που υπολογίσθηκαν από τις ημερήσιες μετρήσεις του 2020 είναι κατά 25-80% μικρότεροι από τους αντίστοιχους των ετών 2016-2019.



Εικόνα 1. (αριστερά) Οι μέσοι συντελεστές οπισθοσκέδασης αερολυμάτων όπως υπολογίσθηκαν από τις ημερήσιες μετρήσεις (στα 1064, 532 και 355 nm), κατά διάρκεια της απαγόρευσης κυκλοφορίας λόγω Covid-19, και κατά τα έτη 2016-2019. Οι διακεκομμένες γραμμές με το σύμβολο του αστερίσκου αντιστοιχούν στα έτη 2016-2019, ενώ οι συμπαγείς γραμμές στο έτος 2020. (δεξιά) Η ποσοστιαία διαφορά τους στα 3 μήκη κύματος.

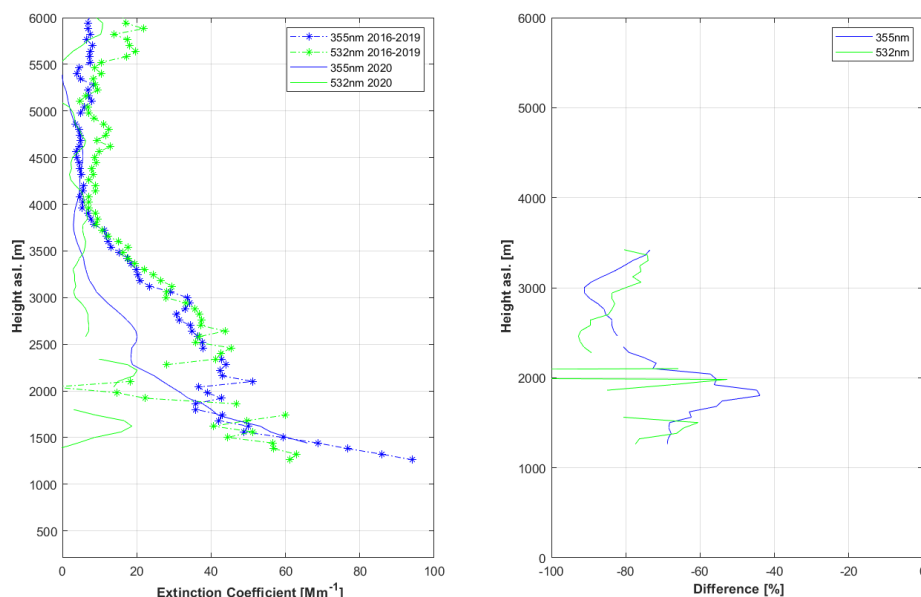
Όσον αφορά τις νυχτερινές μετρήσεις lidar και τις μέσες τιμές των συντελεστών οπισθοσκέδασης και εξασθένησης αερολυμάτων που υπολογίσθηκαν, φαίνεται να ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά με εκείνους των ημερήσιων μετρήσεων που προαναφέρθηκαν. Κατά τη διάρκεια του έτους 2020 οι μέσες τιμές των συντελεστών οπισθοσκέδασης και εξασθένησης αερολυμάτων είναι αισθητά μικρότερες (κυμαινόμενες από -12 έως -79%) από τις αντίστοιχες τα ετών 2016-2019 (βλ. Εικόνες 2-3 και Πίνακα 1).



Εικόνα 2. (αριστερά) Οι μέσοι συντελεστές οπισθοσκέδασης αερολυμάτων όπως υπολογίσθηκαν από τις νυχτερινές μετρήσεις (στα 1064, 532 και 355 nm), κατά διάρκεια της απαγόρευσης κυκλοφορίας λόγω Covid-19, και κατά τα έτη 2016-2019. Οι διακεκομμένες γραμμές με το σύμβολο του αστερίσκου αντιστοιχούν στα έτη 2016-2019, ενώ οι συμπαγείς γραμμές στο έτος 2020. (δεξιά) Η ποσοστιαία διαφορά τους στα 3 μήκη κύματος.

Πίνακας 1. Οι μέσες τιμές και οι ποσοστιαίες διαφορές των συντελεστών οπισθοσκέδασης και εξασθένησης αερολυμάτων όπως υπολογίσθηκαν από τις ημερήσιες και βραδινές μετρήσεις lidar για τα έτη 2016-2019 και 2020.

		2016-2019		2020		Ποσοστιαία διαφορά (%)	
	Μέτρηση lidar	Ημερήσια	Βραδινή	Ημερήσια	Βραδινή	Ημερήσια	Βραδινή
Συντελεστής Οπισθοσκέδασης ($\text{sr}^{-1}\text{Mm}^{-1}$)	1064nm	0.49±0.19	0.20±0.10	0.26±0.12	0.16±0.10	-46.9	-20.0
	532nm	1.26±0.49	0.86±0.39	0.75±0.19	0.34±0.24	-40.5	-60.5
	355nm	1.40±0.53	1.25±0.86	1.23±0.45	0.55±0.37	-12.1	-56.0
Συντελεστής εξασθένησης (Mm^{-1})	532		39.60±18.18		8.24±5.79		-79.2
	355		35.18±15.15		23.67±16.85		-32.7



Εικόνα 3. (αριστερά) Οι μέσοι συντελεστές εξασθένησης αερολυμάτων όπως υπολογίσθηκαν από τις νυχτερινές μετρήσεις (στα 1064, 532 και 355 nm), κατά διάρκεια της απαγόρευσης κυκλοφορίας λόγω Covid-19, και κατά τα έτη 2016-2019. Οι διακεκομμένες γραμμές με το σύμβολο του αστερίσκου αντιστοιχούν στα έτη 2016-2019, ενώ οι συμπαγείς γραμμές στο έτος 2020. (δεξιά) Η ποσοστιαία διαφορά τους στα 2 μήκη κύματος.

1.2.2. Δορυφορικές παρατηρήσεις -Αιφνίδιες αλλαγές στις εκπομπές διοξειδίου του αζώτου μετά την απαγόρευση κυκλοφορίας λόγω της πανδημίας COVID-19

Maria-Elissavet Koukoulis^{1*}, Ioanna Skoulidou¹, Andreas Karavias², Isaak Parcharidis², Dimitris Balis¹, Astrid Manders³, Arjo Segers³, Jos van Geffen⁴ and Henk Eskes⁴

¹ Laboratory of Atmospheric Physics, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.

² Department of Geography, Harokopio University, Athens, Greece.

³ TNO, Climate, Air and Sustainability, Utrecht, The Netherlands.

⁴ Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, The Netherlands.

* Correspondence: mariliza@auth.gr

Αυτή η εργασία αποτελεί μέρος της εργασίας των Koukoulis, M.E., Skoulidou, I., Karavias, A., Parcharidis, I., Balis, D., Manders, A., Segers, A., van Geffen, J and H. Eskes, *Sudden changes in nitrogen dioxide emissions over Greece due to lockdown after the outbreak of COVID-19*, submitted to **Atmospheric Chemistry and Physics**, 2020.

Περίληψη: Η άνευ προηγουμένου οδηγία στις σύγχρονες ειρηνικές εποχές για σχεδόν ολοκληρωτική απαγόρευση κυκλοφορίας του Ελληνικού πληθυσμού, ως μέσο προστασίας από το σοβαρό οξύ αναπνευστικό σύνδρομο CoronaVirus-2, κοινώς γνωστό ως COVID-19, έχει προκαλέσει ακούσιες θετικές επιπτώσεις στα επίπεδα ποιότητας του αέρα της χώρας. Οι μέσες μηνιαίες τροποσφαιρικές στήλες διοξειδίου του αζώτου (NO₂) από το δορυφορικό όργανο S5P/TROPOMI δείχνουν μια μέση μείωση από -3% σε -26% [-1% σε -27%] με μέσο όρο -22% [-11%] για τον Μάρτιο [και τον Απρίλιο] 2020, σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος, στις έξι μεγαλύτερες ελληνικές μητροπολιτικές περιοχές, που οφείλονται κυρίως σε μειώσεις εκπομπών οχημάτων. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν σημαντικές επιπτώσεις στις εκπομπές πλοίων στο Αιγαίο καθώς και γύρω από τα μεγάλα Ελληνικά λιμάνια, περίπου -12% [-5%]. Για την πρωτεύουσα της Αθήνας, ήταν εφικτή η εβδομαδιαία ανάλυση των δεδομένων και φάνηκε σημαντική μείωση του φορτίου NO₂ μεταξύ -8% και -43% για επτά από τις οκτώ εβδομάδες που μελετήθηκαν. Προσομοιώσεις από το μοντέλο χημείας και μεταφοράς LOTOS-EUROS δείχνουν ότι το μέγεθος αυτών των μειώσεων δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στη διαφορά μετεωρολογικών παραγόντων που επηρεάζουν τα επίπεδα NO₂ κατά τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2020 και τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους του προηγούμενου έτους. Λαμβάνοντας υπόψη αυτόν τον παράγοντα, η προκύπτουσα μείωση εκτιμάται ότι κυμαίνεται μεταξύ 0% και -37% για τις μεγαλύτερες Ελληνικές πόλεις, με μέσο όρο ~ -10%. Καθώς οι μεταφορές είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος τομέας που επηρεάζει την ποιότητα του αέρα της Ελλάδας, αυτή η κατάσταση μπορεί να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να εφαρμόσουν πιο στοχοθετημένα μέτρα για να βοηθήσουν την Ελλάδα να μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ποιότητας του αέρα.

Δορυφορικές παρατηρήσεις τροποσφαιρικής στήλης διοξειδίου του αζώτου:

Σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιούμε τα ελεύθερης πρόσβασης τροποσφαιρικά δεδομένα NO₂ από τον S5P/TROPOMI (Veefkind et al., 2012), v1.2 και v1.3, για τον Μάρτιο-Απρίλιο 2019 και για τον Μάρτιο-Απρίλιο του 2020¹. Ο αλγόριθμος που παράγει αυτά τα δεδομένα περιγράφεται από τους van Geffen et al. (2019), ενώ η επικύρωσή τους σε σχεδόν πραγματικό χρόνο παρουσιάζεται μέσω της ιστοσελίδας του S5P Mission Performance Center². Για λεπτομέρειες για τον αλγόριθμο και συγκεκριμένες οδηγίες για την χρήση των δεδομένων παραπέμπουμε στο επίσημο TROPOMI Algorithm Theoretical Basis Document³, στο Product User Manual⁴ καθώς και στο Product Readme File⁵. Σε αυτή την εργασία, οι παρατηρήσεις για την περιοχή της Ελλάδας, του Αιγαίου, της Μικράς Ασίας και της Κωνσταντινούπολης, μεταξύ 19° και 30°Α και 34° και 42°Β, προστέθηκαν σε πλέγμα 0.10x0.05° για διαφορετικά χρονικά σενάρια που συζητούνται παρακάτω. Τα δεδομένα φιλτραρίστηκαν, όπως συνιστάται, χρησιμοποιώντας τον δείκτη ποιότητας qa_flag ≥ 75, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα περιορίζονται σε ανέφελες παρατηρήσεις.

Προσομοιώσεις μοντέλου:

Το μοντέλο χημείας και μεταφορά LOTOS—EUROS v2.2.001 (Manders et al., 2017) χρησιμοποιήθηκε για τις προσομοιώσεις της στήλης διοξειδίου του αζώτου πάνω από τον Ελλαδικό χώρο για τον Μάρτη και τον Απρίλη του 2019 και του 2020. Το μοντέλο LOTOS-EUROS είναι το εθνικό μοντέλο για την ποιότητα αέρα της Ολλανδίας (Vlemmix et al., 2015) και συμμετέχει στην επιχειρησιακή πρόγνωση του Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). Το μοντέλο διαχωρίζει 10 κατακόρυφα επίπεδα από τον επιφάνεια ως τα 175hPa, ενώ τα μετεωρολογικά πεδία ανακτήθηκαν από την ECMWF (European Centre for Medium-range Weather Forecasts) σε χωρική ανάλυση 7x7km. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές προέρχονται από την βάση εκπομπών CAMS-REG (CAMS Regional European emissions) για το έτος σε χωρική ανάλυση 0.1°x0.05° (Kuenen et al., 2014). Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με ωριαία ανάλυση στο ίδιο πλέγμα και χωρική ανάλυση όπως και οι δορυφορικές μετρήσεις. Λεπτομερής αξιολόγηση των προσομοιώσεων NO₂ από το LOTOS-EUROS για όλη την Ελλάδα έδειξαν ότι, σε σύγκριση με τις in situ μετρήσεις συγκέντρωσης, ο συσχετισμός κυμαίνεται μεταξύ 0,42 έως 0,55 για τους διάφορους σταθμούς ποιότητας αέρα που μελετήθηκαν, ενώ σε σύγκριση με τις στήλες MAXDOAS η συσχέτιση κυμαίνεται μεταξύ 0,41 και 0,55 για το αστικό φορτίο και μεταξύ 0,58 και 0,64 για συγκρίσεις σε καθαρότερες περιοχές (Skoulidou et al., 2020.)

Μεθοδολογία:

Για να διασφαλιστεί ότι η παρατηρούμενη μείωση των επιπέδων NO₂ δεν οφείλεται σε διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες μεταξύ ενός έτους και του επόμενου, υπολογίζονται οι σχετικές διαφορές στις στήλες NO₂ που παρέχονται από το μοντέλο LOTOS-EUROS και το μέσο διαφορά τους ορίζεται ως η αναμενόμενη συνεισφορά από τις διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες. Έτσι, διαμορφώνεται ένα τυπικό επίπεδο πάνω από το οποίο

¹ <https://scihub.copernicus.eu/>

² <https://mpc-vdaf-server.tropomi.eu/>

³ <http://www.tropomi.eu/document/atbd-nitrogen-dioxide>

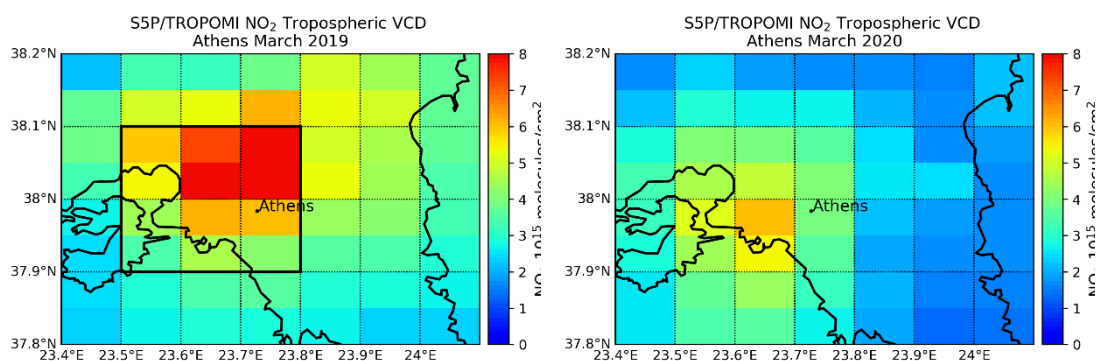
⁴ <http://www.tropomi.eu/document/product-user-manual-nitrogen-dioxide-0>

⁵ <http://www.tropomi.eu/document/product-readme-file-nitrogen-dioxide>

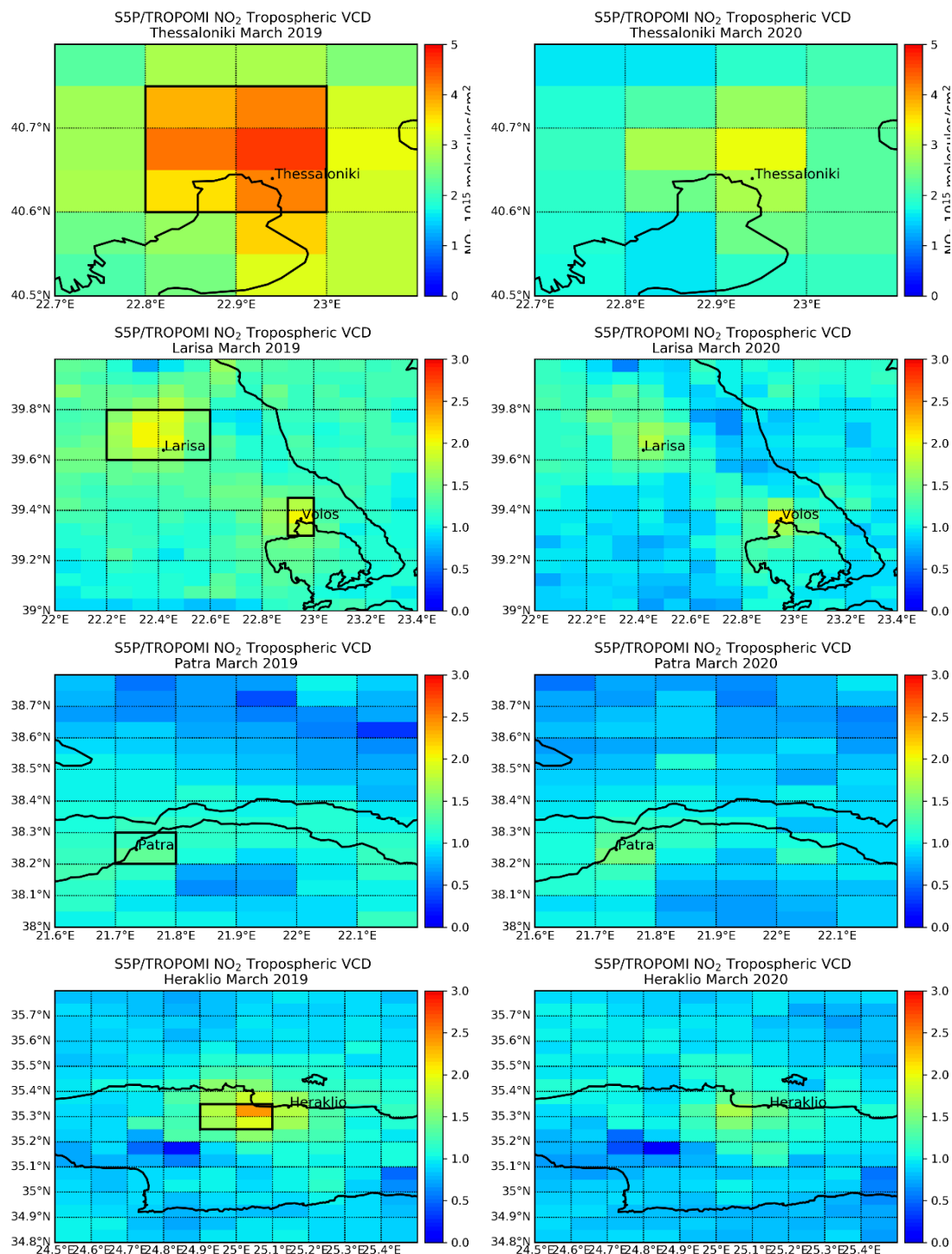
αναμένουμε μειώσεις που σχετίζονται με τις εκπομπές του αερίου. Οι διαφορές στις δορυφορικές παρατηρήσεις θα περιέχουν την αλληλένδετη επίδραση των διαφορών στις συγκεντρώσεις λόγω μετεωρολογίας αλλά και λόγω εκπομπών. Για το μοντέλο διατηρούμε τις εκπομπές σταθερές για τις δύο περιόδους, αλλά χρησιμοποιούμε τις ορθές μετεωρολογικές συνθήκες για το 2019 και το 2020, ώστε να μπορούμε να απομονώσουμε τον αντίκτυπο της μετεωρολογίας στις συγκεντρώσεις. Καθώς οι δορυφορικές παρατηρήσεις δεν είναι διαθέσιμες για όλες τις ημέρες και όλες τις περιοχές, λόγω της πιθανής νεφοκάλυψης, οι προσομοιώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί τελικώς αφορούν μόνο τις ίδιες μέρες και ρίχνει όπου υπάρχει δορυφορική μέτρηση. Συνεπώς, η ανάλυση ήταν εφικτή σε μηνιαία βάση για όλο τον Ελλαδικό χώρο, και μόνο για την περίπτωση της Αθήνας, όπου εμφανίζονται και οι ισχυρότερες εκπομπές λόγω αυτοκίνησης, ήταν εφικτή ανάλυση σε εβδομαδιαία βάση.

Αποτελέσματα:

Στην Εικόνα Εικόνα 3, η μέση τιμή για την τροποσφαιρική στήλη NO_2 από τον TROPOMI, σε 10^{15} molecules/cm², δίνεται για τον Μάρτη 2019 [αριστερά] και 2020 [δεξιά] για τις έξι μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας, από πάνω προς τα κάτω: Αθήνα [37.98° N, 23.72° E], Θεσσαλονίκη [40.64° N, 22.94° E], Λάρισα [39.63° N, 22.41° E], Βόλος [39.36° N, 22.95° E], Πάτρα [38.24° N, 21.73° E] and Ηράκλειο [35.33° N, 25.14° E]. Επικεντρωθήκαμε σε περιοχές όπου αναμένουμε τις μεγαλύτερες διαφορές στις εκπομπές λόγω αυτοκίνησης. Οι έξι αυτές πόλεις, σύμφωνα με τη Ελληνική Στατιστική Αρχή και την απογραφή πληθυσμού του 2011⁶, περιλαμβάνουν τα 4.45 εκ των 10.8 εκατομμυρίων του Ελληνικού πληθυσμού. Οι αντίστοιχες μέσες τιμές και η διαφορά των επιπέδων του 2020 σε σχέση με το 2019 δίνονται στον Πίνακα 1.



⁶ <https://www.statistics.gr/2011-census-pop-hous>

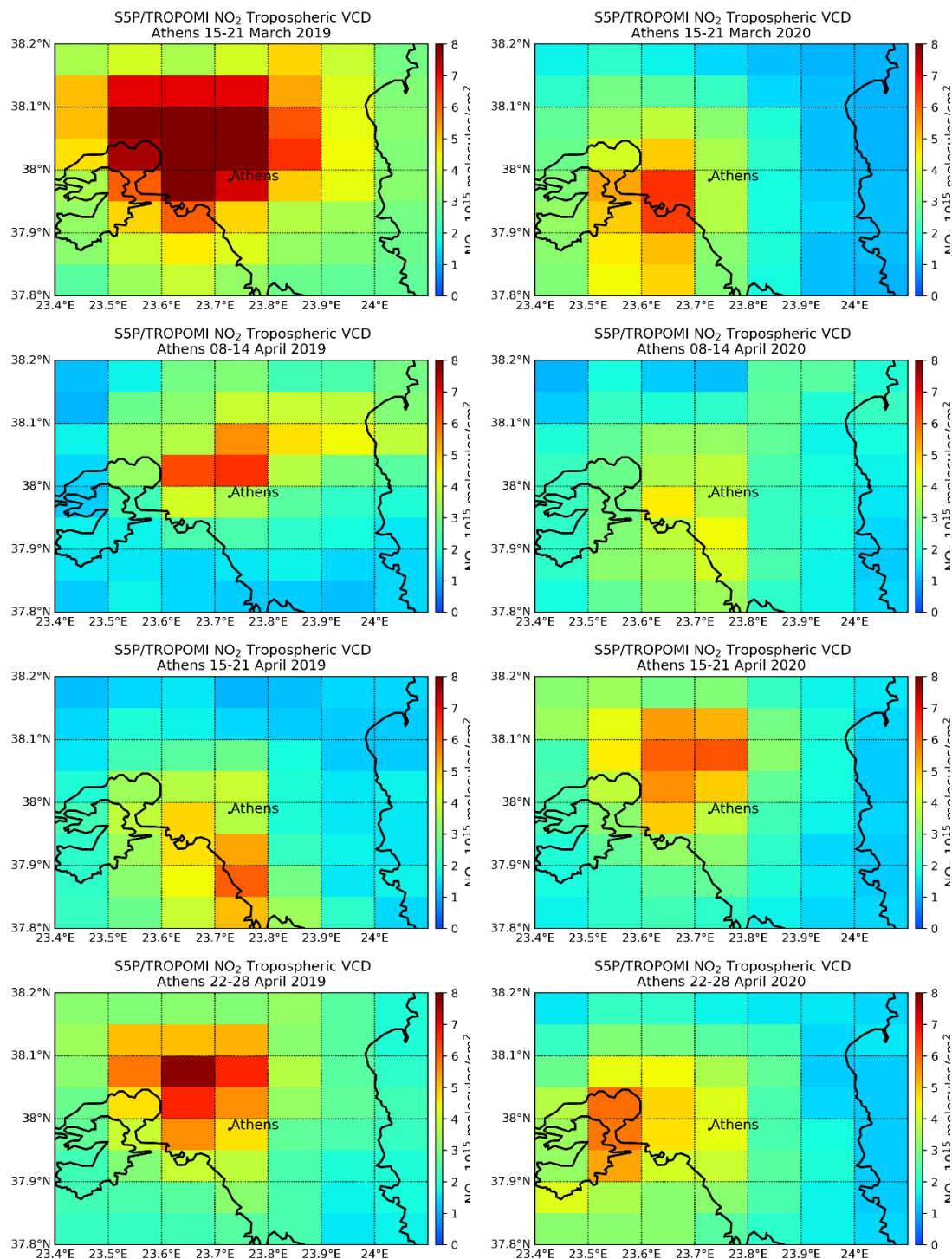


Εικόνα 3. Μέσες μηνιαίες τροποσφαιρικές στήλες NO₂ από τον TROPOMI, σε 10¹⁵ molecules/cm², για τον Μάρτη 2019 [αριστερά] και τον Μάρτη 2020 [δεξιά] για τις έξι μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, από πάνω προς τα κάτω: Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λάρισα και Βόλος στο ίδιο γράφημα, Πάτρα και Ηράκλειο. Τα έντονα τετράγωνα στην αριστερή στήλη δηλώνουν τα pixels που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

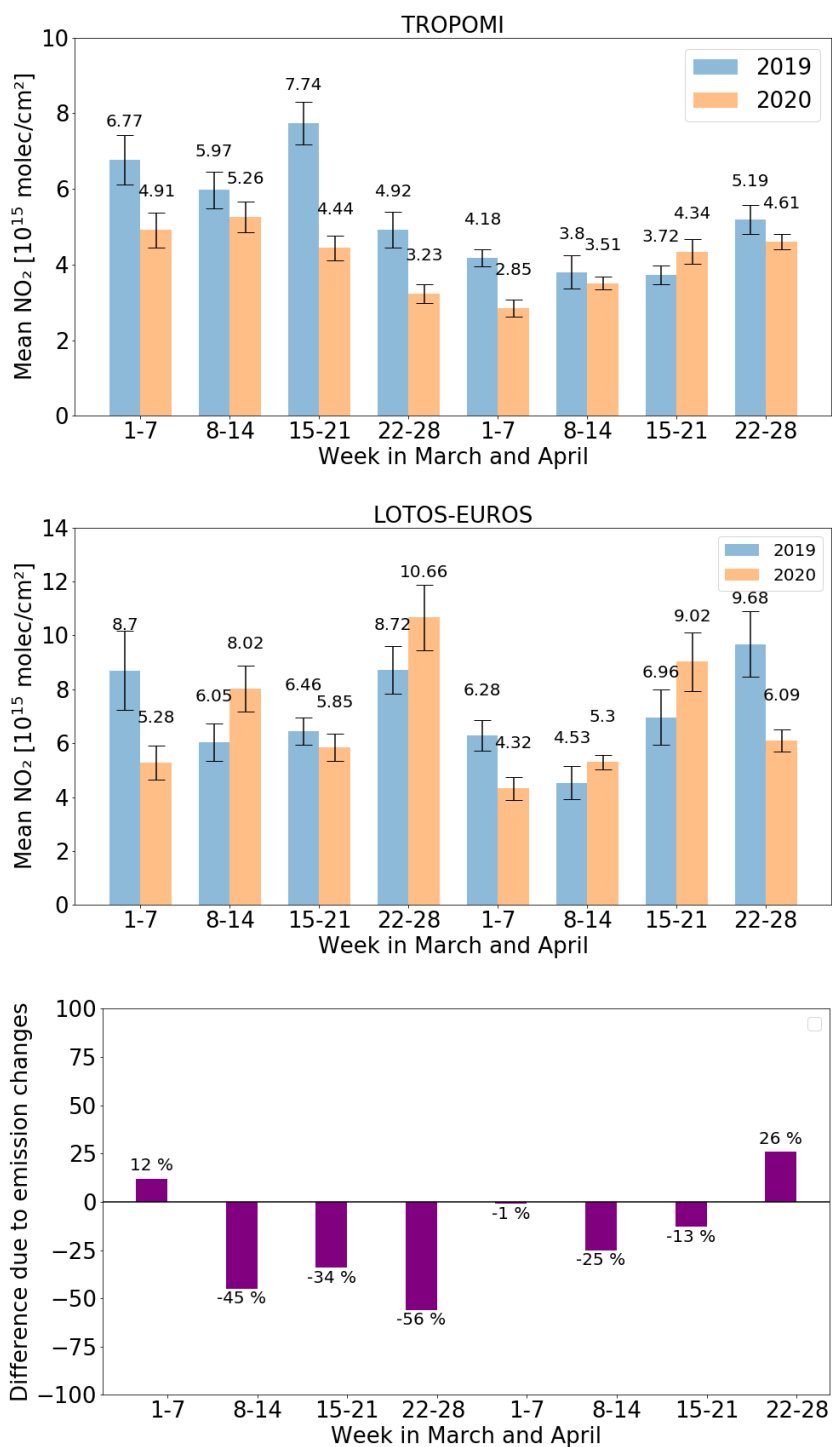
Πίνακας 1. Μέσες μηνιαίες τροποσφαιρικές στήλες NO₂ από τον TROPOMI, σε 10¹⁵ molecules/cm² στις έξι μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας για τον Μάρτη [αριστερές στήλες] και τον Απρίλη [δεξιές στήλες] για τα έτη 2019 και 2020 καθώς και την σχετική τους διαφορά, την τυπική απόκλιση και τον αριθμό των pixel που χρησιμοποιήθηκαν.

Location	03.2019	03.2020	% diff	04.2019	04. 2020	% diff
Αθήνα [12]	6.04±0.48	4.45±0.22	-26%	4.09±0.14	4.03±0.11	-1%
Θεσσαλονίκη [6]	4.13±0.14	2.71±0.16	-34%	2.41±0.09	2.30±0.11	-5%
Λάρισα [6]	1.72±0.06	1.38±0.04	-19%	1.30±0.03	1.24±0.02	-5%
Βόλος [3]	1.84±0.08	1.78±0.12	-3%	1.50±0.08	1.58±0.11	+5%
Πάτρα [2]	1.24±0.07	1.23±0.06	-	1.39±0.01	1.14±0.01	-18%
Ηράκλειο [4]	2.18±0.14	1.61±0.10	-26%	2.24±0.15	1.64±0.07	-27%

Η μεγαλύτερη μείωση λόγω των μέτρων για την αντιμετώπιση του COVID-19 παρατηρείται στην πόλη της Αθήνας και τα περίχωρά της. Στην Εικόνα 4, οι εβδομαδιαίες μέσες τροποσφαιρικές στήλες TROPOMI NO₂, σε 10¹⁵ molecules/cm², πάνω από την Αθήνα για το 2019 [αριστερά] και το 2020 [δεξιά] εμφανίζονται για τις εβδομάδες 15-21 Μαρτίου (πρώτη σειρά), 8-14 Απριλίου (δεύτερη σειρά), 15-21 Απριλίου (τρίτη σειρά) και 22-28 Απριλίου (τέταρτη σειρά). Εκτός από την προφανή μείωση του τιμών, εξίσου εμφανής είναι και η επίδραση των ανέμων τόσο για τη θέση του τοπικού μέγιστου όσο και για την διασπορά του ρύπου, η οποία ενισχύει περαιτέρω την απόφασή μας να μην εκτελέσουμε άμεσες συγκρίσεις μεταξύ των δορυφορικών μετρήσεων και του μοντέλου. Το μέσο εβδομαδιαίο φορτίο NO₂ πάνω από την Αθήνα φαίνεται στο επάνω σχήμα της Εικόνα 5 όπου οι μέσες τιμές του 2019 εμφανίζονται με μπλε χρώμα και οι τιμές του 2020 με πορτοκαλί χρώμα και για τις δύο εβδομάδες του Μαρτίου και του Απριλίου. Παρόλο που η αντιπροσωπευτικότητα των εβδομαδιαίων επιπέδων δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί ίση μεταξύ των ετών, οι δορυφορικές παρατηρήσεις βλέπουν χαμηλότερες στήλες NO₂ που κυμαίνονται μεταξύ -8% και -43%, για όλες τις εβδομάδες πλην της προτελευταίας. Η συμβολή των μετεωρολογικών παραγόντων μπορεί να εκτιμηθεί με τους αντίστοιχους εβδομαδιαίους μέσους όρους του LOTOS-EUROS, όπως στο μεσαίο σχήμα της Εικόνα 5. Επιπλέον, υπολογίστηκαν η ποσοστιαία διαφορά των προσομοιώσεων LOTOS-EUROS μεταξύ των ετών 2019 και 2020, καθώς και η αντίστοιχη ποσοστιαία διαφορά για τις δορυφορικές παρατηρήσεις. Στο κάτω σχήμα της Εικόνα 5 δίνεται η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο σχετικών διαφορών. Το γεγονός ότι το μοντέλο προέβλεπε αύξηση του NO₂ για τις περισσότερες εβδομάδες, με την υπόθεση ότι οι πρωτογενείς εκπομπές των προσομοιώσεων παρέμειναν σταθερές μεταξύ των δύο ετών, καταλήγει σε υψηλότερη εκτιμώμενη μείωση στα επίπεδα του διοξειδίου του αζώτου για την Αθήνα σε εβδομαδιαία βάση, μεταξύ -1% και -56%.



Εικόνα 4. Εβδομαδιαίες μέσες τροποσφαιρικές στήλες TROPOMI NO₂, σε 10¹⁵ molecules/cm², πάνω από την Αθήνα για το 2019 [αριστερά] και το 2020 [δεξιά] δίνονται για τις εβδομάδες 15-21 Μαρτίου (πρώτη σειρά), 8-14 Απριλίου (δεύτερη σειρά), 15-21 Απριλίου (τρίτη σειρά) και 22-28 Απριλίου (τέταρτη σειρά).



Εικόνα 5. Πρώτο γράφημα: Εβδομαδιαίες μέσες τροποσφαιρικές στήλες TROPOMI NO₂, σε 10¹⁵ molecules/cm², πάνω από την Αθήνα για το 2019 [γαλάζιο] και το 2020 [πορτοκαλί]. Δεύτερη γράφημα: οι αντίστοιχες τιμές των προσομοιώσεων LOTOS-EUROS. Τρίτο γράφημα: Οι ποσοστιαίες διαφορές που αποδίδονται στις αλλαγές εκπομπών, αποκαλύπτουν το πραγματικό μέγεθος της μείωσης των εκπομπών NO_x.

Συμπεράσματα: Μελετήθηκαν οι δορυφορικές παρατηρήσεις Sentinel-5P/TROPOMI της τροποσφαιρικής στήλης διοξειδίου του αζώτου, NO₂, προκειμένου να εξεταστεί η πιθανή θετική επίδραση στην ποιότητα του αέρα στον Ελλαδικό χώρο λόγω των έκτακτων μέτρων για την αντιμετώπιση της πανδημίας COVID-19. Η χώρα επέβαλε αυστηρούς περιορισμούς κυκλοφορίας και ολόκληροι οικονομικοί τομείς σταδιακά έκλεισαν, ξεκινώντας από το τελευταίο Σαββατοκύριακο του Φεβρουαρίου και σταδιακά ανά δραστηριότητα από τη Δευτέρα 23 έως τις 4 Μαΐου 2020. Η χρονική περίοδος μεταξύ Μαρτίου και Απριλίου 2020, και των αντίστοιχων εβδομάδων το 2019, αναλύθηκε και συγκρίθηκε για έξι, μεγαλύτερες στον πληθυσμό, πόλεις στην Ελλάδα, καθώς και τις ναυτιλιακές λωρίδες του Αιγαίου. Οι μέσες μηνιαίες τιμές τροποσφαιρικού NO₂, από το όργανο TROPOMI, έδειξαν μείωση μεταξύ -3% και -26% [-1% σε -27%] με μέσο όρο -22% [-11%] για το Μάρτιο [και τον Απρίλιο] 2020, σε σύγκριση με το προηγούμενο έτος, για τις αστικές περιοχές, και περίπου -12% [-5%] για τον ναυτιλιακό τομέα. Για την πρωτεύουσα της Αθήνας βρέθηκαν εβδομαδιαίες μειώσεις, μεταξύ -8% και -43%, για τις επτά από τις οκτώ εβδομάδες που μελετήθηκαν. Παρόμοιες μειώσεις αναφέρθηκαν από έξι επιτόπιους σταθμούς ποιότητας αέρα στην Αθήνα με μηνιαίες μειώσεις που κυμαίνονται μεταξύ 0% και -47% και κατά μέσο όρο -23%. Προκειμένου να εξαλειφθούν οι αναμενόμενες μετεωρολογικές επιπτώσεις στα παρατηρούμενα επίπεδα NO₂, οι προσομοιώσεις ενός χημικού μοντέλου μεταφορά, LOTOS-EUROS, δείχνουν ότι το μέγεθος αυτών των δορυφορικών μειώσεων δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στη διαφορά των μετεωρολογικών παραγόντων που επηρεάζουν σημαντικά τα επίπεδα του NO₂ κατά τη διάρκεια του Μαρτίου και του Απριλίου 2020 και των αντίστοιχων χρονικών περιόδων του προηγούμενου έτους. Λαμβάνοντας υπόψη αυτόν τον παράγοντα, η προκύπτουσα μείωση λόγω των σχετιζόμενων με το COVID-19 μέτρων εκτιμήθηκε ότι κυμαίνεται μεταξύ 0% και -37% για τις μεγαλύτερες ελληνικές πόλεις, με μέσο όρο ~ -10%.

Χρηματοδότηση: Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης «ΠΑΝελλαδική υποδομή για τη μελέτη της ατμοσφαιρικής σύστασης και κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΝΑΚΕΙΑ)» (MIS 5021516) καθώς και στο πλαίσιο της Πράξης «Καινοτόμο Σύστημα Παρακολούθησης και Πρόγνωσης της Ποιότητας του Αέρα (ΚΑΣΤΟΜ)» [code T1EDK-01697, MIS 5031298] που εντάσσονται στη Δράση «Ενίσχυση Υποδομών Έρευνας και Καινοτομίας» και χρηματοδοτούνται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2014-2020, με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης).

Ευχαριστίες: Αναγνωρίζουμε την χρήση modified Copernicus Sentinel data 2019-2020. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται έχουν παραχθεί αξιοποιώντας την Υπολογιστική Συστοιχία και τις παρεχόμενες υπηρεσίες υποστήριξης του Κέντρου Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης του Α.Π.Θ. Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν το Κέντρο Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης του Α.Π.Θ., για την υποστήριξη κατά τη διάρκεια αυτής της ερευνητικής εργασίας.

Αναφορές:

- Bauwens, M., Compornelle, S., Stavrou, et al. Impact of coronavirus outbreak on NO₂ pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. *Geophysical Research Letters*, 47, ε2020GL087978, 2020 <https://doi.org/10.1029/2020GL087978>
- Castellanos, P., Boersma, K. Reductions in nitrogen oxides over Europe driven by environmental policy and economic recession. *Sci Rep* 2, 265, 2012 <https://doi.org/10.1038/srep00265>
- Liu, Fei, Aaron Page, Sarah A. Strode, et al., Abrupt declines in tropospheric nitrogen dioxide over China after the outbreak of COVID-19, preprint, 2020. <https://arxiv.org/abs/2004.06542>
- Manders, A. M. M., Builtjes, P. J. H., Curier, L., et al., Curriculum vitae of the LOTOS-EUROS (v2.0) chemistry transport model, *Geosci. Model Dev.*, 10, 4145–4173, 2017. <https://doi.org/10.5194/gmd-10-4145-2017>
- Skoulidou, I., M. E. Koukouli, A. Manders, A. et al., Evaluation on LOTOS-EUROS NO₂ simulations using ground-based measurements and S5P/TROPOMI observations over Greece, in submission to ACPD, 2020.
- van Geffen, J. H. G. M., Eskes, H. J., Boersma, K. F., et al. TROPOMI ATBD of the total and tropospheric NO₂ data products, Report S5P-KNMI-L2-0005-RP, version 1.4.0, released 6 Feb. 2019, KNMI, De Bilt, The Netherlands, available at <http://www.tropomi.eu/documents/atbd/>, last access: 08 May 2020.
- Veefkind, J. P. et al. TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications. *Rem. Sens. Env.* 120, 70–83, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.027>.
- Vlemmix, T., Eskes, H. J., Piter, A. J. M., et al., MAX-DOAS tropospheric nitrogen dioxide column measurements compared with the Lotos-Euros air quality model, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 1313–1330, 2015. <https://doi.org/10.5194/acp-15-1313-2015>.
- Vrekoussis, M., Richter, A., Hilboll, A., et al., Economic Crisis Detected from Space: Air Quality observations over Athens/Greece, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 458–463, 2013. <https://doi.org/10.1002/grl.50118>
- Zyrichidou, I., D. Balis, M.E. Koukouli, et al., Adverse results of the economic crisis: A study on the emergence of enhanced formaldehyde (HCHO) levels seen from satellites over Greek urban sites, *Atmospheric Research*, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.03.017>



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

2.1 Έλεγχος καταλληλότητας υλικών για προστατευτικές μάσκες νοσηλευτικού προσωπικού

Καλλιόπη Φλώρου, Χρήστος Καλτσονούδης, Jack Kodros, Χριστίνα Βασιλακοπούλου και Σπύρος Πανδής

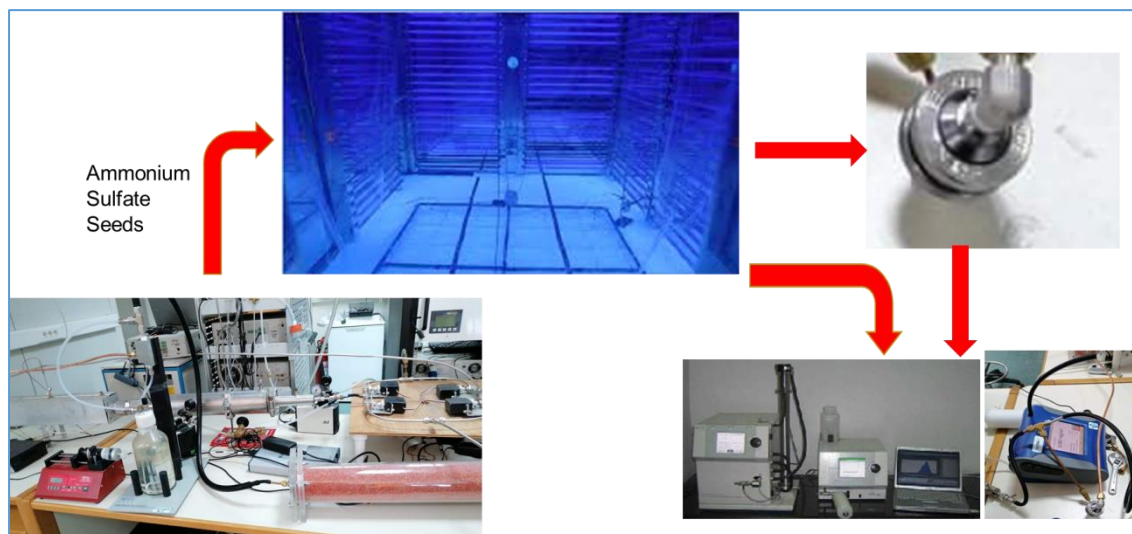
Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής (ΙΕΧΜΗ), ΙΤΕ, Πάτρα και Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Παν/μιο Πατρών

2.2 Εισαγωγή

Σε συνεργασία με τα Πλαστικά Θράκης και μέλη του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Πατρών ελέγχθηκαν μια σειρά από πλαστικά υλικά για την χρήση τους σε μάσκες προστασίας υψηλής ποιότητας. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο θάλαμος ατμοσφαιρικής προσομοίωσης στο ΙΕΧΜΗ/ΙΤΕ και τα όργανα του εργαστηρίου τα οποία αποτελούν μέρος της ΠΑΝελλαδικής υποδομής για τη μελέτη της ατμοσφαιρικής σύστασης και κλιματικής Αλλαγής (ΠΑΝΑΚΕΙΑ). Η έμφαση των μετρήσεων ήταν ο χαρακτηρισμός του ποσοστού κατακράτησης σωματιδίων σαν συνάρτηση του μεγέθους τους. Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό μέγεθος του ιού Covid-19 και την πιθανότητα μετάδοσής του με την μορφή αεροζόλ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα μεγέθη 100-300 nm κάτι που δεν συμβαίνει στα τεστ ρουτίνας για αυτά τα υλικά.

2.3 Πειραματική διαδικασία

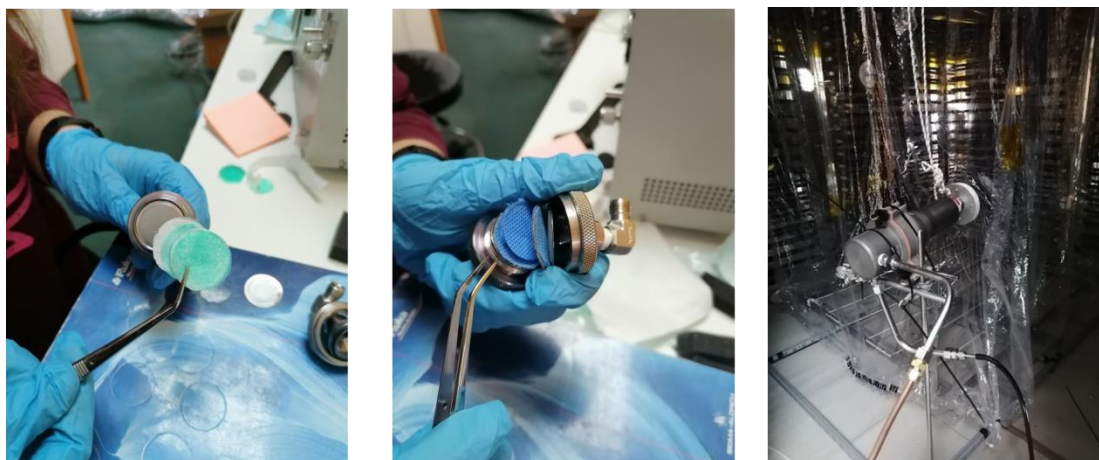
Σωματίδια θειικού αμμωνίου με διαμέτρους από 10 έως 1000 nm παράχθηκαν από υδατικό διάλυμά τους χρησιμοποιώντας το σύστημα παραγωγής τους (Εικόνα 1). Τα σωματίδια αυτά οδηγήθηκαν στον θάλαμο ατμοσφαιρικής προσομοίωσης του ΙΕΧΜΗ.



Εικόνα 1. Πειραματική διαδικασία ελέγχου υλικών για μάσκες υψηλής ποιότητας στον θάλαμο ατμοσφαιρικής προσομοίωσης του ΙΕΧΜΗ.

Μετά από περίπου 30 λεπτά ανάμιξης και εξισορρόπησης τα σωματίδια οδηγήθηκαν εναλλακτικά είτε μέσα από ένα σύστημα φίλτρου που περιείχε το υλικό προς έλεγχο είτε κατ'ευθείαν στα όργανα δειγματοληψίας. Τα όργανα αυτά περιλάμβαναν ένα Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) για μέτρηση της κατανομής από 10 έως 500 nm και ένα Optical Particle Sizer (OPS) για μετρήσεις άνω των 500 nm. Ο ρυθμός δειγματοληψίας ήταν ο αντίστοιχος για την ανθρώπινη αναπνοή ανά μονάδα επιφάνειας της μάσκας. Η χρήση του θαλάμου προσομοίωσης επέτρεψε την σταθερότητα του δείγματος των αεροζόλ με τον χρόνο και την εύκολη σύγκριση των κατανομών των σωματιδίων που είτε περνούσαν είτε όχι μέσα από το εξεταζόμενο φίλτρο. Αυτό επέτρεψε την διεξαγωγή μεγάλου μεγέθους δειγμάτων υλικών σε σύντομο χρόνο και με ακρίβεια.

Ελέγχθηκαν μια σειρά από υλικά σε πολλαπλές διατάξεις (στρώματα) τα οποία ενδιέφεραν τα Πλαστικά Θράκης και άλλα τα οποία ήταν διαθέσιμα στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο.



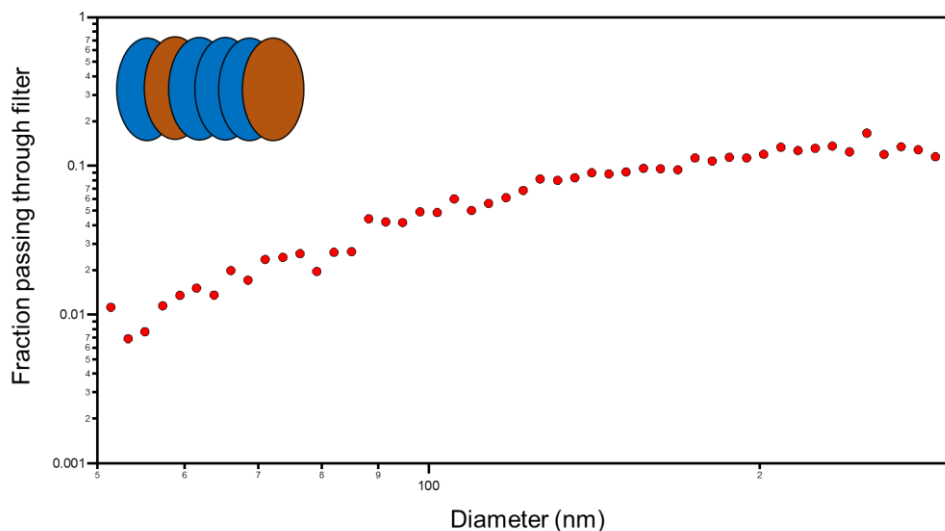
Εικόνα 2. Φωτογραφίες από την διαδικασία ελέγχου με την τοποθέτηση των υλικών σε πολλαπλά στρώματα στο φίλτρο και μετά την τοποθέτηση του συστήματος στον θάλαμο ατμοσφαιρικής προσομοίωσης.

Για λόγους εμπιστευτικότητας δεν θα αναφερθούν λεπτομέρειες για τα συγκεκριμένα υλικά σε αυτή την αναφορά.

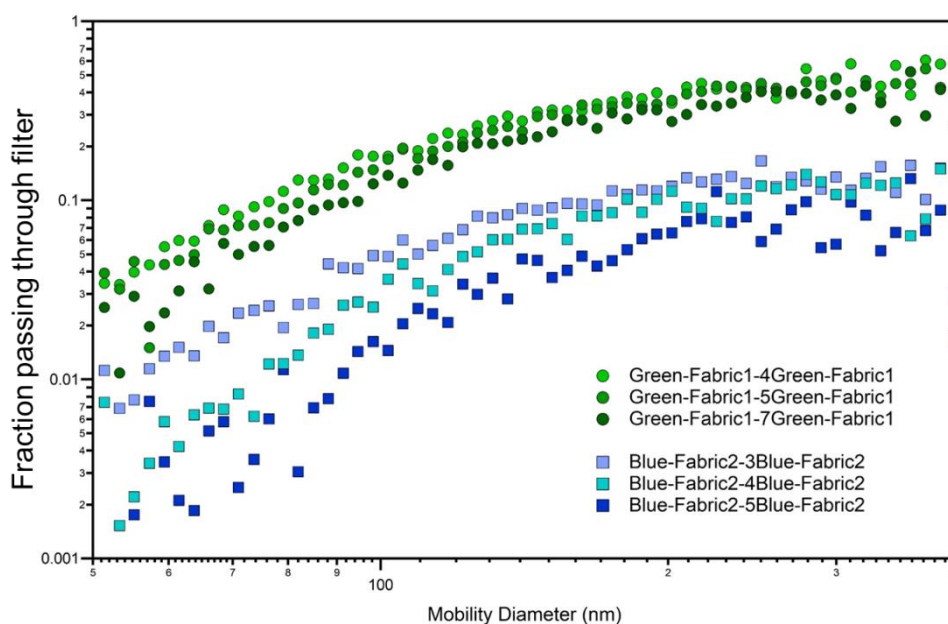
2.4 Χαρακτηριστικά αποτελέσματα

Ο λόγος της μετρούμενης κατανομής μεγέθους των σωματιδίων τα οποία περνούν από το φίλτρο δια της κατανομής μεγέθους των σωματιδίων στον θάλαμο δίνει την διαπερατότητα του φίλτρου σαν συνάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων. Ένα παράδειγμα δίνεται στην Εικόνα 3. Σε αυτή την περίπτωση το φίλτρο κατακρατεί άνω του 95% των σωματιδίων με διάμετρο 100 nm αλλά αυτή η απόδοση πέφτει για τα μεγαλύτερα σωματίδια με διαμέτρους 100-300 nm φθάνοντας στο 90% για τα 300 nm. Η καλύτερη απόδοση για τα μικρότερα σωματίδια πιθανότατα οφείλεται στις ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αεροζόλ και των ινών του φίλτρου κατά την διάρκεια της αντίστοιχης ροής.

Με αυτό τον τρόπο έγιναν δεκάδες δοκιμές οι οποίες βοήθησαν και στο να αποκλειστούν υλικά (για παράδειγμα αυτά που αντιστοιχούν στα πράσινα σημεία στην Εικόνα 4) και στο να βρεθούν υποσχόμενα υλικά.



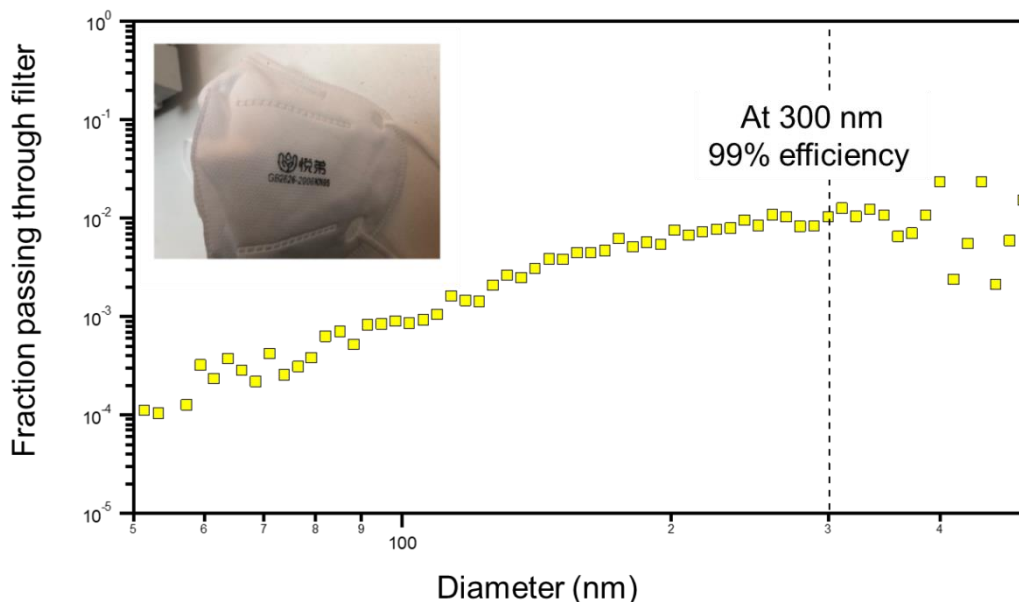
Εικόνα 3. Κλάσμα των σωματιδίων που διαπερνούν το φίλτρο σαν συνάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων. Σε αυτή την περίπτωση το φίλτρο αποτελείτο από έξι στρώματα δύο υλικών (μπλε και καφέ).



Εικόνα 4. Κλάσμα των σωματιδίων που διαπερνούν το φίλτρο σαν συνάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων για έξι διαφορετικά υλικά που δοκιμάστηκαν.

Στην συνέχεια έγινε μια σειρά μετρήσεων σε υλικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση ανάγκης για την κατασκευή масκών από τους πολίτες. Όπως αναμενόταν τα υλικά αυτά έχουν πολύ μικρά ποσοστά κατακράτησης σωματιδίων μικρότερων των 400 nm.

Τέλος έγινε χαρακτηρισμός του υλικού από συγκεκριμένα είδη εμπορικών масκών υψηλής προστασίας για να βεβαιωθεί ότι όντως μπορούν να κατακρατήσουν μικρά μεγέθη σωματιδίων.



Εικόνα 5. Κλάσμα των σωματιδίων που διαπερνούν το φίλτρο σαν συνάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων για μια εμπορικά διαθέσιμη μάσκα.

Στην Εικόνα 5 φαίνονται τα αποτελέσματα για μια τέτοια εμπορική μάσκα η οποία κατακρατεί το 99% των σωματιδίων στα 300 nm το οποίο είναι στην περιοχή στην οποία αναμένεται να είναι ο ιός Covid-19 σε μορφή αεροζόλ.

2.5 Συμπέρασμα

Η εργαστηριακή υποδομή της ΠΑΝΑΚΕΙΑ χρησιμοποιήθηκε για τον γρήγορο έλεγχο υλικών για μάσκες υψηλής προστασίας για το υγειονομικό προσωπικό. Η ευελιξία της υποδομής επέτρεψε την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων με μεγάλη ακρίβεια και σε λίγο χρόνο. Τα αποτελέσματα δόθηκαν άμεσα στους ενδιαφερόμενους (Πλαστικά Θράκης και Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Πατρών).

2.6 Έλεγχος καταλληλότητας υλικών και προστατευτικών масκών

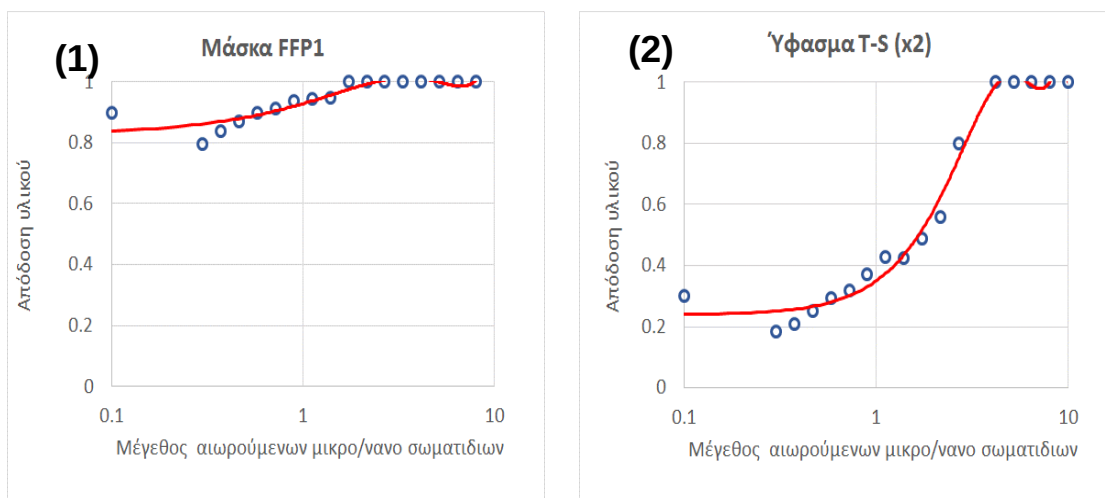
ΕΚΕΦΕ-Δημόκριτος

Το Εργαστήριο Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος κινητοποιήθηκε έτσι ώστε να έχει σε ετοιμότητα σχετική υποδομή υψηλής διακριτότητας που διαθέτει για τη μέτρηση και την καταγραφή ως προς το μέγεθος και τη συγκέντρωση σωματιδίων αερολύματος.



Εικόνα 1. Αναλυτική διάταξη

Η μονάδα αυτή δοκιμάστηκε και μπορεί να προσφέρει αποτελέσματα για το χαρακτηρισμό ημιδιαπερατών υλικών με ικανή αναπνευσιμότητα από τον άνθρωπο ως προς την ικανότητα διήθησης μικρο- και νανοσωματιδίων που δυνητικά μεταφέρουν το νέο κορωνοϊό Covid-19. Έχουν ήδη πραγματοποιηθεί μετρήσεις σε κοινά υλικά για την απόδοση που έχουν συγκριτικά με μάσκες γνωστών προδιαγραφών (N95, FFP,1,2,3) (Γράφημα 1).



Γράφημα 1. Κλάσμα των σωματιδίων που διαπερνούν το υπό εξέταση υλικό (Μάσκα προδιαγραφών FFP1(1), διπλό στρώμα βαμβακερού υφάσματος (2)) σαν συνάρτηση του μεγέθους των σωματιδίων.

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

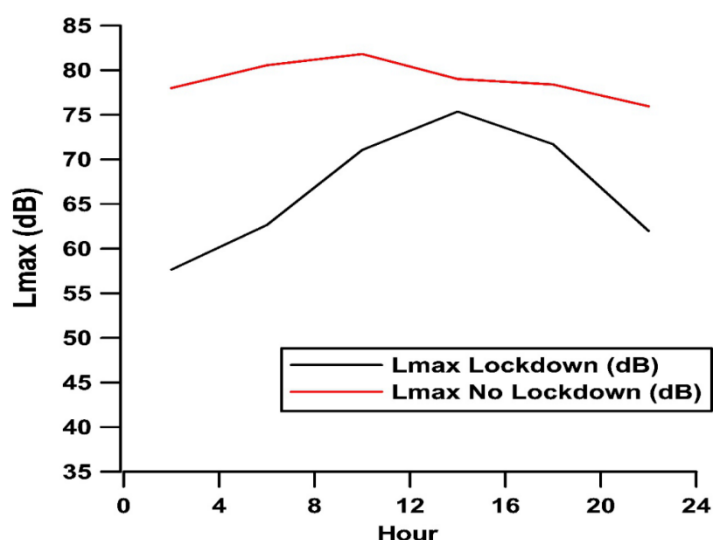
Κ. Κουρτίδης, Α. Καραγιώρας

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θορύβου στην Ξάνθη κατά την διάρκεια των απαγορεύσεων και μετά την ολική άρση τους. Τα επίπεδα θορύβου διαμορφώθηκαν ως εξής:

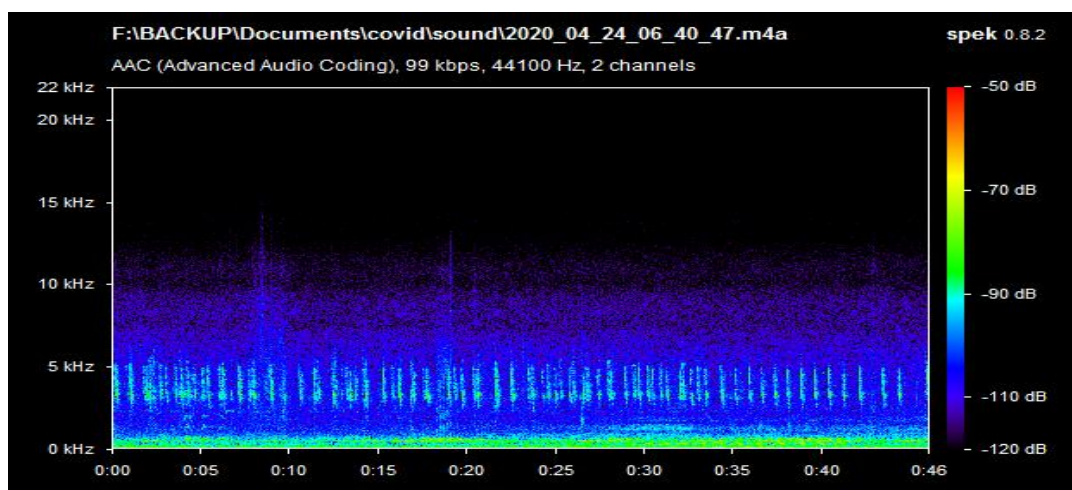
	Περίοδος απαγορεύσεων κυκλοφορίας ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	Περίοδος απαγορεύσεων κυκλοφορίας ΕΛΑΧΙΣΤΟ-ΜΕΓΙΣΤΟ	Ολική άρση απαγορεύσεων κυκλοφορίας ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	Ολική άρση απαγορεύσεων κυκλοφορίας ΕΛΑΧΙΣΤΟ-ΜΕΓΙΣΤΟ
Leq	53 +/- 10	34-74	59 +/- 7	44-83
Lmax	70 +/- 12	46-96	79 +/- 9	59-96

Παρατηρήθηκε μείωση της μέσης στάθμης θορύβου Leq κατά 5,5 db και της Lmax κατά 10 db. Η ημερήσια διακύμανση του επιπέδου Lmax κατά την περίοδο απαγορεύσεων κυκλοφορίας και μετά την ολική άρση των απαγορεύσεων ήταν όπως παρακάτω:

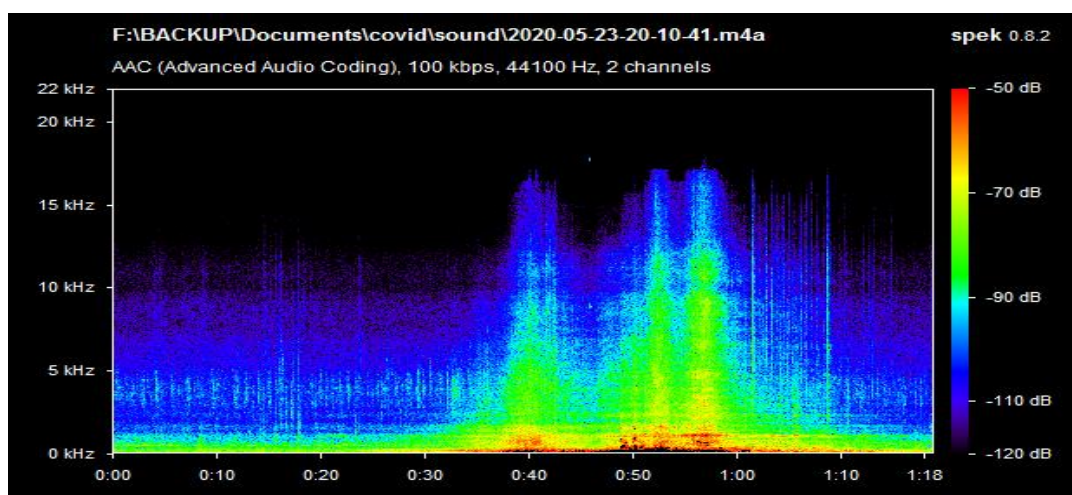


Ιδιαίτερα σημαντικές ήταν και οι ποιοτικές μεταβολές που παρατηρήθηκαν στο ηχητικό τοπίο, όπως φαίνεται από τα ενδεικτικά διαγράμματα του ηχητικού φάσματος παρακάτω:

Πριν την άρση των απαγορεύσεων κυκλοφορίας: 24 Απριλίου 2020, 6:40 τοπική ώρα. Οι σύντομοι επαναλαμβανόμενοι ήχοι στα 3-5 kHz ανά 1 s περίπου, είναι κελάηδημα, όπως και οι ήχοι διάρκειας 1-5 s στα 1-2 kHz.



Μετά την άρση των απαγορεύσεων κυκλοφορίας: 23 Μαΐου 2020, 20:10 τοπική ώρα. Στο ηχητικό φάσμα από το 0:30 έως το 1:10 της καταγραφής υπερσχύουν οι διελεύσεις από ένα αυτοκίνητο και 2 μηχανάκια.





University of Crete



National Observatory of Athens



Aristotle University of Thessaloniki



National Center for Scientific Research "Demokritos"



National Technical University of Athens



Foundation for Research and Technology Hellas



University of Ioannina



Biomedical Research Foundation, Academy of Athens



Democritus University of Thrace



National and Kapodistrian University of Athens



Technical University of Crete



University of the Aegean



University of Patras



Hellenic Centre for Marine Research