

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ-ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΟΥ ΘΕΡΟΥΣ 2007 ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ**

ΜΠΑΡΔΩΣΑ ΑΦΡΟΔΙΤΗ
A.M. 1114200500083

ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΝΑΣΤΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ 1^ο

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

1.1	Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	6
1.2	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	8
1.3	Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	8
1.4	Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ Κ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

2.1	ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	14
2.2	Η ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ	16
2.3	ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	19
2.3.1	ΤΟ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)	19
2.3.1.1	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	20
2.3.2	ΤΑ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO _x)	21
2.3.2.1	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	22
2.3.3	ΤΑ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO _x)	22
2.3.3.1	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	23
2.3.4	ΤΟ ΟΖΟΝ (O ₃)	24
2.3.4.1	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	27
2.3.5	ΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ	29
2.3.5.1	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	29
2.3.6	ΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM)	30
2.3.6.1	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΚΑΥΣΩΝΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

3.1	ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ	34
3.2	Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	34
3.3	Ο ΚΑΥΣΩΝΑΣ ΤΟΥ 2007 ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ	35
3.4	Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΟΥ 2007 ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ	36

ΜΕΡΟΣ 2^ο
ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	38
1.	NO ₂ -ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ	39
2.	PM-ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ	47
3.	SO ₂ -ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ	55
4.	O ₃ -ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ	63
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «**Η Επίδραση της Ποιότητας του αέρα στη Δημόσια Υγεία κατά τη Διάρκεια των Κυμάτων Καύσωνα του Θέρους 2007 στην Αθήνα**» πραγματοποιήθηκε με σκοπό την παρουσίαση της επίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και επιπρόσθετα τη μελέτη της επίπτωσης του καύσωνα σε συνδυασμό με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους στην δημόσια υγεία.

Συγκεκριμένα, η εργασία εκπονήθηκε με βάση τον καύσωνα του 2007 στο λεκανοπέδιο της Αττικής και της επίπτωσης αυτού στη δημόσια υγεία. Έτσι, στο 1ο μέρος, το θεωρητικό κομμάτι, παρουσιάζονται οι παράγοντες ρύπανσης της ατμόσφαιρας, οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι και οι επιπτώσεις τους στον άνθρωπο καθώς και η επίδραση του φαινομένου του καύσωνα στην επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας.

Στο 2ο μέρος, το πρακτικό κομμάτι, γίνεται συσχέτιση των ατμοσφαιρικών ρύπων και των περιστατικών έκτακτων προβλημάτων υγείας κατά την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007 όπου σημειώθηκαν 3 κύματα καύσωνα στην Αττική.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερω τον επιβλέποντα καθηγητή Κλιματολογίας κ. Νάστο Παναγιώτη για την ουσιαστική βοήθεια που μου προσέφερε και για την πολύτιμη συνεργασία μας.

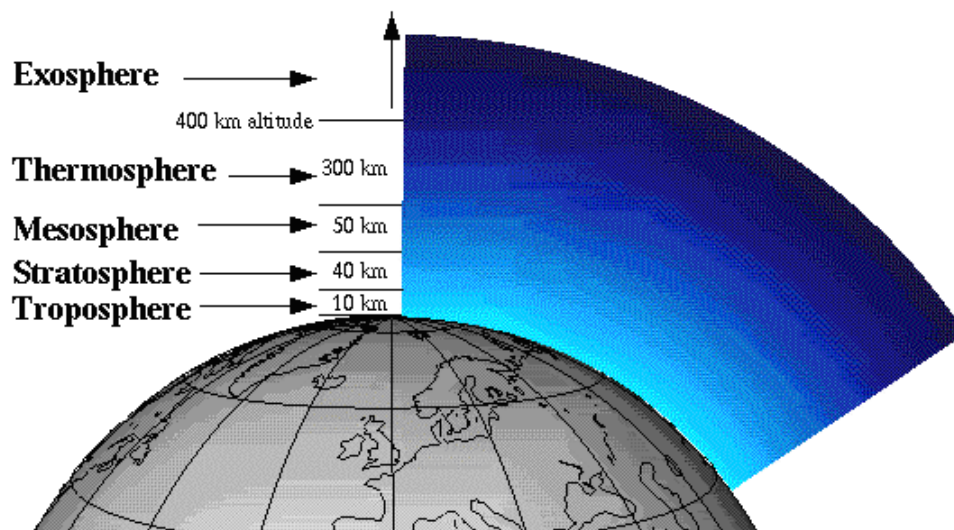
Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το διοικητικό προσωπικό των νοσοκομείων «Ευαγγελισμός», «Γ. Γεννηματάς», «Αλεξάνδρα» και «Σωτηρία» για τη βοήθεια που μου προσέφεραν στη διεκπεραίωση του πρακτικού μέρους της εργασίας.

ΜΕΡΟΣ 1^ο ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

1.1 Η ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η ατμόσφαιρα που περιβάλλει τον πλανήτη μας είναι από τους πιο βασικούς παράγοντες που συνέβαλαν και επέτρεψαν την εμφάνιση και την εξέλιξη της ζωής ως τον άνθρωπο. Η ατμοσφαιρική ζώνη αποτελούμενη από ένα εξαιρετικής σημασίας μείγμα αερίων που έχει συνολική μάζα 5×10^{15} tn φτάνει έως τα 3.500 χλμ. από την επιφάνεια της γης. Η σύστασή της δεν είναι ίδια σε όλο το της το πάχος. Συγκεκριμένα, η κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας έχει ως εξής: η μεγαλύτερη μάζα της βρίσκεται συγκεντρωμένη σε 1) μια λεπτή στοιβάδα 14-15 χλμ. ύψους την καλούμενη **τροπόσφαιρα**. Η τροπόσφαιρα έχει ομοιόμορφη σύσταση ενώ περιέχει το 85% της μάζας της ατμόσφαιρας και το 90% της υγρασίας και της σκόνης της ατμόσφαιρας. Πρόκειται για το σημαντικότερο τμήμα της ατμόσφαιρας γιατί είναι αυτό που ανταλλάσσει θερμότητα, θρεπτικά συστατικά και νερό με την επιφάνεια της γης. Μέσα στην τροπόσφαιρα αναπτύσσεται η 2) **βιόσφαιρα** που συγκεντρώνει τα απαραίτητα στοιχεία για τη διατήρηση ζωής μέσα σε ένα πάχος μόλις 3-4 χλμ. Πάνω από την τροπόσφαιρα υπάρχει 3) η **στρατόσφαιρα** με πάχος περίπου 30-40 χλμ. Η παρουσία της είναι σημαντική γιατί μέσα εκεί βρίσκεται η στοιβάδα του όζοντος η οποία προστατεύει τη ζωή στη γη από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία. Η στρατόσφαιρα είναι επίσης σημαντική γιατί εκεί λαμβάνει χώρα η σημαντικότερη κίνηση των αερίων μαζών, δηλαδή οι άνεμοι που φυσάνε στη γη δημιουργούνται στη στρατόσφαιρα η οποία καταλήγει στην περίφημη 4) **οζονόσφαιρα**. Πάνω από τη στρατόσφαιρα βρίσκεται η 5) **μεσόσφαιρα** με 25 χλμ. πάχος. Η ατμόσφαιρα καταλήγει στην **θερμόσφαιρα** η οποία ξεκινά από τα 80 χλμ. και φτάνει μέχρι τα 500 χλμ., και αυτή με τη σειρά της στην **εξώσφαιρα** η οποία φτάνει ως τα 3.500 χλμ. Η ζώνη όπου μπορεί να αναπτυχθεί ζωή φτάνει μέχρι τα 10-13 χλμ. ύψος αφού πάνω από αυτό το όριο η έλλειψη οξυγόνου κάνει την ύπαρξη ζωής αδύνατη (Κατσαφάδος και Μαυροματίδης, 2010).



Σχήμα 1. Τα στρώματα της ατμόσφαιρας (Πηγή: Cambridge University Graphic)

Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελεί μίγμα πολλών αερίων, με το μεγαλύτερο ποσοστό σε όγκο να κατέχει το άζωτο (78%) και το οξυγόνο (21%). Εκτός αυτών, υπάρχει το διοξείδιο του άνθρακα, ευγενή αέρια, ίχνη υδρογόνου, όζοντος κλπ. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η σύσταση σε ποσοστά επί τις εκατό κατ' όγκο της ατμόσφαιρας.

Πίνακας 1. Τα σημαντικότερα αέρια της ατμόσφαιρα (<http://kee.ideke.edu.gr/>).

Αέριο	% σύσταση κατ' όγκο (ξηρή βάση)
Άζωτο	78
Οξυγόνο	21
Αργό	0,9
Διοξείδιο του άνθρακα	0,03

Στην ατμόσφαιρα επίσης αιωρούνται σχεδόν πάντοτε και μόρια κονιορτού, καπνού, άλατος (από τα σταγονίδια των κυμάτων) κλπ., καθώς και μεγάλη επίσης ποσότητα υδρατμών που προέρχεται από την εξάτμιση θαλασσών, λιμνών κλπ.

1.2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η γήινη ατμόσφαιρα είναι υπεύθυνη για μερικές πολύτιμες λειτουργίες που έχουν άμεση σχέση με τη ζωή στον πλανήτη μας. Προσφέρει ,κατ' αρχήν, τα απαραίτητα στοιχεία ύπαρξης και ανάπτυξης των διαφόρων φυτικών και ζωικών οργανισμών του πλανήτη μας. Έπειτα, η ατμόσφαιρα παρέχει προστασία από την κοσμική και ηλιακή ακτινοβολία υψηλής ενέργειας και κατά συνέπεια βλαβερής για τον άνθρωπο καθώς και από τα διάφορα κοσμικά υλικά (μετεωρίτες) που κατευθύνονται προς τη γη. Επίσης, συμμετέχει στις διάφορες διαδικασίες διαμόρφωσης του γήινου κλίματος. Η διασπορά στην ατμόσφαιρα των διαφόρων ενώσεων που παράγουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες, φυσικές ή τεχνικές, αποτελεί ακόμα μια δραστική συμβολή αυτής.

1.3 Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Όταν επικρατούν υψηλά επίπεδα ρύπανσης έχει επικρατήσει στην καθομιλουμένη να λέγεται ότι έχουμε «Νέφος»(web-pollution). Το νέφος παρουσιάζεται με δύο μορφές:

α) Το **νέφος καπνομίχλης** [smog, σύντμηση των λέξεων smoke (καπνός) και fog (ομίχλη)], που σχηματίζεται όταν στην ατμόσφαιρα υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂) και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή υγρασία. Το φαινόμενο είναι εντονότερο κατά τους χειμερινούς μήνες και κυρίως τις πρωινές ώρες, κατά τις οποίες επικρατούν οι παραπάνω καιρικές συνθήκες. Ονομάζεται και ατμοσφαιρική ρύπανση «τύπου Λονδίνου», καθώς πρώτη φορά παρουσιάστηκε στην πρωτεύουσα της Αγγλίας, με σοβαρότερο επεισόδιο το 1952, οπότε πέθαναν εκατοντάδες άνθρωποι, λόγω των ακραίων συνθηκών ατμόσφαιρας που δημιουργήθηκαν. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα περιστατικά νέφους καπνομίχλης που έχουν σημειωθεί ανά τον κόσμο.

Πίνακας 2. Περιστατικά νέφους καπνομίχλης (Κουιμτζής 1998)

Χρονολογία	Περιοχή	Θύματα
1930	Meuse(Βέλγιο)	68
1948	Donora(Η.Π.Α.)	20
1952	Λονδίνο(Αγγλία)	3.900
1966	Νέα Υόρκη(Η.Π.Α.)	168

Για να δημιουργηθεί νέφος καπνομίχλης, πρέπει να συντρέχουν οι δύο παρακάτω λόγοι:

- (α) Να επικρατεί άπνοια και ταυτόχρονα θερμοκρασιακή αναστροφή (φαινόμενο κατά το οποίο ψυχρές μάζες αέρα εγκλωβίζονται στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας).
- (β) Να υπάρχουν εκπομπές SO_2 και καπνού η σωματιδίων γενικότερα.



Σχήμα 2. Η υψηλή συγκέντρωση ρύπων όπως διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων σε συνδυασμό με χαμηλές θερμοκρασίες και σχετικά μεγάλη υγρασία σχηματίζει το «Νέφος Καπνομίχλης» (http://www.epistimonikomarketing.gr/article_show.php?article_id=2477)

Έχουν υπάρξει κατά καιρούς αρκετά επεισόδια σημαντικών αυξήσεων ανθρώπινων νόσων αλλά και της θνησιμότητας οφειλόμενα στο φαινόμενο της καπνομίχλης, κυρίως σε άτομα υψηλού κινδύνου υγείας με χρόνιες αναπνευστικές και καρδιακές παθήσεις. Επεισόδια αυτού του φαινομένου εκδηλώνονται συνήθως κατά τη διάρκεια παρατεταμένων επεισοδίων ηρεμίας των ατμοσφαιρικών συνθηκών, οι οποίες αποτρέπουν τη διασπορά των εκπεμπόμενων αερίων και σωματιδίων.

β) Το **φωτοχημικό νέφος**, δημιουργείται από την παρουσία πολλών διαφορετικών χημικών ουσιών και παρουσιάζεται όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια, μικρή σχετικά υγρασία και υψηλή συγκέντρωση συγκεκριμένων ενώσεων, όπως τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες και τα προϊόντα των αντιδράσεών τους. Ονομάζεται και ρύπανση «τύπου Λος Άντζελες», καθώς εκεί εμφανίστηκε πρώτη φορά το 1943.

Η φωτοχημική ρύπανση είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο καθώς οι πρωτογενείς ρυπαντές, σε ειδικές συνθήκες ηλιοφάνειας και θερμοκρασίας, αντιδρούν, δημιουργώντας δευτερογενείς ρύπους σε διαδοχικά στάδια. Ευνοϊκές συνθήκες για τη δημιουργία της είναι η ύπαρξη πυκνής κυκλοφορίας βενζινοκίνητων αυτοκινήτων σε συνδυασμό με ηλιοφάνεια και ζέστη. Βοηθητικοί παράγοντες θεωρούνται η σχετική άπνοια και το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής που δημιουργεί συνθήκες συσσώρευσης των ρυπαντών σε χαμηλό ύψος, εμποδίζοντας την προς τα πάνω διασπορά τους (Τζανάκης, 1993).

Το φωτοχημικό νέφος αποτελεί, επίσης, πηγή δημιουργίας λεπτόκοκκων σωματιδίων. Συγκεκριμένα, 5% των οργανικών ατμών του νέφους είναι μικροσωματίδια. Αυτά τα δευτερεύοντα σωματίδια έχουν το πιο αποτελεσματικό μέγεθος (0.1 έως 1 μm) από την άποψη ότι μπορούν να διασκορπίζουν φως και να μειώνουν την ορατότητα προκαλώντας ασάφεια.

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός φωτοχημικού νέφους είναι :

(α) Εκπομπή αζωτοξειδίων (NO_x) και υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα. Τα αζωτοξείδια απορροφούν ενέργεια, διασπώνται, σχηματίζουν όζον ή αντιδρούν με ακόρεστους υδρογονάνθρακες.

(β) Αύξηση των οξειδωτικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα, όπως όζον, αλδεΐδες, υπεροξείδια κ.λ.π. (<http://www.cheng.auth.gr>).

Οι επιδράσεις του φωτοχημικού νέφους είναι επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία, τη βλάστηση, τα διάφορα υλικά και την ορατότητα. Οι ενώσεις που το συνιστούν είναι τοξικές (όζον), ερεθιστικές για τα μάτια (PAN, αλδεΐδες) και ερεθιστικές για τους πνεύμονες (οξέα, HNO₃ και H₂SO₄). Επίσης, το O₃ και τα HNO₃, H₂SO₄ είναι διαβρωτικά για πολλά υλικά. Ιδιαίτερα καταστροφικό είναι το φωτοχημικό νέφος για τη βλάστηση, λόγω του O₃, του PAN και του NO₂. Τα νεαρά φύλλα κιτρινίζουν και υπάρχει επίδραση στην ανάπτυξη του φυτού. Ειδικά το όζον μειώνει στο μισό την ταχύτητα φωτοσύνθεσης του φυτού (Κουιμτζής, 1998).



Σχήμα 3. Το Φωτοχημικό νέφος ή απλά νέφος παρατηρείται πολύ συχνά στις μεγάλες πόλεις όπως η Αθήνα (<http://scienceandjoy.blogspot.com>).

1.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε η ατμόσφαιρα παίζει το ρόλο του φυσικού αποδέκτη των διαφόρων αερίων είτε φυσικών είτε υπό μορφή ρύπων παραγόμενων από την ανθρώπινη δραστηριότητα αφού με τους μηχανισμούς «αυτοκάθαρσης» θα λέγαμε, συμβάλλει στη διατήρηση της σύστασης της φυσιολογική. Τα τελευταία 200 χρόνια όμως με τη βιομηχανική επανάσταση από τη μια και την υπερανάπτυξη της αυτοκίνησης τις τελευταίες 3 δεκαετίες από την άλλη δημιούργησαν τεράστια προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα αστικά κέντρα. Έτσι, με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση καλούμε τη διασπορά στην ατμόσφαιρα ουσιών, οι οποίες λόγω της **φύσης** τους ή της **ποσότητάς** τους δεν μπορούν να απορροφηθούν ή να μετασχηματιστούν από τους φυσικούς αμυντικούς μηχανισμούς της ατμόσφαιρας.

Οι πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης αναφέρονται στις διάφορες θέσεις, τις δραστηριότητες ή τους παράγοντες που είναι αρμόδιοι για την απελευθέρωση των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι πηγές μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες που είναι:

A. Φυσικές πηγές

- Σκόνη από τις φυσικές πηγές, συνήθως μεγάλες περιοχές του εδάφους με ελάχιστη ή καμία βλάστηση.
- Μεθάνιο, εκπεμπόμενο από πέψη τροφίμων από τα ζώα, παραδείγματος χάριν βοοειδή.
- Ραδόνιο αέριο από τη ραδιενεργό αποσύνθεση μέσα στη γήινη κρούστα.

- Καπνός και μονοξείδιο άνθρακα από πυρκαγιές.
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα, η οποία παράγει θείο, χλώριο, και τέφρα.



Σχήμα 4. Η αποσάθρωση του εδάφους από τον άνεμο α) και οι εκρήξεις ηφαιστείων β) αποτελούν σημαντικές φυσικές πηγές ρύπανσης (Wed pollution).

Οι φυσικές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας σε σχέση με τις ανθρωπογενείς έρχονται σε δεύτερη μοίρα γιατί:

- Εκπέμπουν ρύπους των οποίων η φύση και οι ποσότητες μπορούν να αφομοιωθούν σχετικά εύκολα από τους φυσικούς γεωχημικούς κύκλους,
- Είναι τοπικής εμβέλειας,
- Έχουν περιορισμένη χρονική διάρκεια.

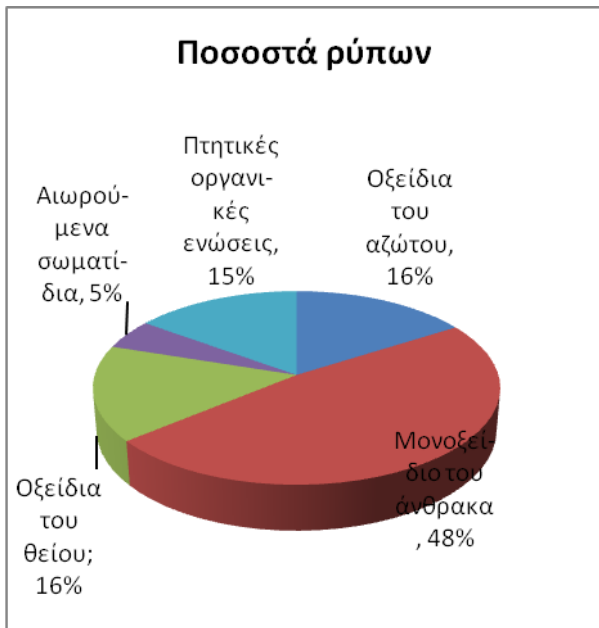
B. Ανθρωπογενείς πηγές (ανθρώπινη δραστηριότητα)

- «Στάσιμες πηγές» ως σωρούς καπνού εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις κατασκευής, αποτεφρωτήρες δημοτικών αποβλήτων.
- «Κινητές πηγές» όπως μηχανοκίνητα οχήματα, αεροσκάφη κ.λπ.
- Θαλάσσια σκάφη, όπως σκάφη εμπορευματοκιβωτίων ή σκάφη κρουαζιέρας, και οι σχετικοί λιμένες.
- Καύση ξύλου, εστίες, σόμπες, φούρνοι και αποτεφρωτήρες.
- Καθαρισμός πετρελαίου, και βιομηχανική δραστηριότητα γενικά.
- Χημικές ουσίες, σκόνη και ελεγχόμενη καύση πρακτικές στη διαχείριση γεωργίας και δασονομίας.

- Καπνοί από χρώμα, ψεκάσμος μαλλιών, βερνίκι, ψεκάσμοι αερολύματος και άλλοι διαλύτες.
- Υλικά οδόστρωσης, τα οποία παράγουν μεθάνιο.
- Πυρηνικά όπλα, τοξικά αέρια, κ.λ.π.

Οι ανθρωπογενείς πηγές αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα ρύπανσης της ατμόσφαιρας γιατί:
 εκπέμπουν **τεράστιες ποσότητες ρύπων, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα** και σε **σχετικά μικρές γεωγραφικά περιοχές**.

Στο σχήμα 5 εμφανίζεται η κατανομή των ανθρωπογενών εκπομπών των πρωτογενών ρύπων ανά κατηγορία πηγής. Όπως είναι φανερό από το σχήμα αυτό, οι μεταφορές και οι βιομηχανικές δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας) είναι μαζί υπεύθυνες για ποσοστό μεγαλύτερο του 90% των εκπομπών πρωτογενών ρύπων.



Σχήμα 5. Κατανομή των ανθρωπογενών πηγών και των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από αυτές στην ατμόσφαιρα(web-pollution).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ Κ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

2.1 ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Πρωτογενείς ονομάζονται οι ρύποι που σχηματίζονται στις πηγές ρύπανσης. Οι πρωτογενείς ρύποι (CO₂, SO₂, HCl, NO_x, Mb, άκαυστοι υδρογονάνθρακες, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, CO, καπνός, στάχτη) είναι αποτέλεσμα των καύσεων, ή των χημικών επεξεργασιών, όπως η επεξεργασία αλουμινίου, ανοξειδωτων, γυαλιού, τούβλων, κεραμικών, λιπασμάτων, ή είναι αποτέλεσμα φυσικών εκπομπών. Οι δευτερογενείς ρύποι δημιουργούνται από τη μετατροπή των πρωτογενών ρύπων στην ατμόσφαιρα με την επίδραση του ηλιακού φωτός. Δευτερογενείς ρύποι είναι το όζον, οξείδια του αζώτου, διάφορες αλδεΐδες και κετόνες, τα PAN (νιτρικά υπεροξυακετύλια) και τα προϊόντα οξειδωσης του θείου (τριοξείδιο του θείου, θειικό οξύ, θειικά άλατα).

Κάθε αέριος ρύπος χαρακτηρίζεται από το χρόνο παραμονής του στην ατμόσφαιρα (Πίνακας 3) ή την ημιπερίοδο ζωής η οποία εξαρτάται από το ρυθμό παραγωγής ή καταστροφής του και από την συνολική κατά μέσο όρο μάζα στην ατμόσφαιρα. Η συγκέντρωση των ρύπων στην ατμόσφαιρα μετράται σε mg/m³, μg/m³, ppm, %, v/v.

Πίνακας 3. Τυπικοί χρόνοι παραμονής των αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Αέριος Ρύπος	Διάρκεια παραμονής στην ατμόσφαιρα
CO	0,3 μέρες
NO ₂	5 μέρες
O ₃	2 μέρες
SO ₂	5 μέρες
H ₂ S	4 μέρες
CH ₄	2 χρόνια
CO ₂	4 χρόνια

Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

- Το **διοξείδιο(CO₂)** και το **μονοξείδιο του άνθρακα(CO)**, τα οποία παράγονται από την τέλεια και την ατελή (αντίστοιχα) καύση ορυκτών καυσίμων τα οποία περιέχουν άνθρακα.

- Τα **οξείδια του αζώτου(NO_x)** (μονοξείδιο, διοξείδιο και υποξείδιο) και η αμμωνία, μια μορφή αέριου ρύπου που περιέχει άζωτο. Από τους σοβαρότερους ρυπαντές με κυρίαρχο το διοξείδιο του αζώτου NO₂. Το 50 % των εκπομπών σε NO_x, έχουν σαν κύρια πηγή το αυτοκίνητο ενώ παράγεται επίσης σαν παραπροϊόν από τις βιομηχανικές κατεργασίες του νιτρικού και θειικού οξέος.

- Τα **οξείδια του θείου(SO_x)** (διοξείδιο και τριοξείδιο).

Το διοξείδιο του θείου SO₂ είναι αέριο άχρωμο και άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αλλά με έντονη μυρωδιά σε υψηλότερες. Φυσικά προέρχεται από τα ηφαίστεια, αλλά οι ανθρωπογενείς και βλαβερές πηγές του είναι οι εκπομπές από τις κεντρικές θερμάνσεις, τα διυλιστήρια πετρελαίου, τις χημικές βιομηχανίες και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα.

- Τους **αέριους υδρογονάνθρακες**, δηλαδή ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου. Ένας από τους υδρογονάνθρακες είναι και το μεθάνιο.

- Τα **αιωρούμενα σωματίδια(PM)**, δηλαδή πολύ μικρά σωματίδια τα οποία λόγω του μικρού μεγέθους και βάρους τους μπορεί να παραμένουν σε αιώρηση. Αποτελούν μείγμα στερεών και υγρών σωματιδίων που βρίσκονται σε ηφαίστεια, θαλάσσια σταγονίδια, σπόρους μυκήτων και σωματίδια του εδάφους. Ακόμα, μπορεί να οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως βιομηχανικές δραστηριότητες, για παράδειγμα βιομηχανίες τσιμέντου και γύψου, καθώς και από τη χρήση των αυτοκινήτων.

- Ο **μόλυβδος (Pb)**: Προέρχεται από την καύση απορριμάτων, τις βαριές βιομηχανίες και από πηγές καυσίμων με μόλυβδο.

- Το **Όζον (O₃)**: Αέριο άοσμο και άχρωμο. Στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας παίζει τον ευεργετικό ρόλο της προστασίας της Γης από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία, αλλά στα κατώτερα στρώματα αποτελεί τον κυριότερο ρύπο του φωτοχημικού νέφους.

- Οι **Τοξικοί ρύποι** (αρσενικό, αμίαντος, βενζόλιο): Προέρχονται από χημικές βιομηχανίες και οικοδομικά υλικά.

2.2 Η ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

Κάθε άνθρωπος εισπνέει περίπου 12 m³ αέρα την ημέρα, τον οποίο χρησιμοποιεί για να μεταβολίσει την τροφή του, να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σώματός του και την εν γένει ομοιοστασία του σταθερή. Η ποσότητα αυτή του εισπνεόμενου αέρα μέσω του αναπνευστικού συστήματος εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό μεταφέροντας μαζί και όλες τις τοξικές ουσίες που τυχόν περιέχονται σε αυτόν. Η ατμοσφαιρική ρύπανση συνεπώς έχει άμεσα επακόλουθα στην ανθρώπινη υγεία.

Σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες, το είδος των παθήσεων που προκαλεί ο ρύπος εξαρτάται από την ικανότητά του να μεταφέρεται στο κατώτερο τραχειοβρογχικό δέντρο στα τελικά βρογχιόλια και στις κυψελίδες, από την ποσότητα και τη χημική δομή του, από την αμυντική ικανότητα και ευαισθησία του οργανισμού έναντι των τοξικών του επιδράσεων και από τη χρονιότητα της έκθεσης.

Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές, αέρια υψηλής διαλυτότητας όπως το διοξείδιο του θείου απορροφώνται κατά πλειοψηφία από τους ανώτερους αεραγωγούς, με αποτέλεσμα να προεξάρχουν ανάλογα συμπτώματα σε οξεία έκθεση (μούκωμα, ρινικός ερεθισμός). Αέρια μικρότερης διαλυτότητας όπως το διοξείδιο του αζώτου, φτάνουν έως τα αναπνευστικά βρογχιόλια και τις κυψελίδες, με αποτέλεσμα πνευμονικό ερεθισμό σε οξεία έκθεση (δύσπνοια, αποδιοργάνωση πνευμονικής λειτουργίας).

Με ανάλογο τρόπο σωματίδια μεγάλης διαμέτρου κατακρατούνται από τους ανώτερους αεραγωγούς ενώ σωματίδια μικρότερης διαμέτρου διεισδύουν στο κατώτερο τραχειοβρογχικό δέντρο και στον πνεύμονα. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 0,1 μm έχουν την τάση να παραμένουν αιωρούμενα στον αέρα και μόνο τυχαία μπορεί να έρθουν σε επαφή με το κυψελιδικό τοίχωμα. Συνήθη συμπτώματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον ανθρώπινο οργανισμό είναι βήχας, μούκωμα, δύσπνοια, οφθαλμικά προβλήματα. Μάλιστα, η χρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει ακόμα πιο σοβαρά προβλήματα, όπως μείωση της αναπνευστικής εφεδρείας, ενώ σύμφωνα με ορισμένες μελέτες αυξάνονται τα ποσοστά καρκινογένεσεων. Επιπρόσθετα, οι δυσμενείς επιδράσεις των ρύπων αυξάνουν αν κάποιος οργανισμός είναι αλλεργικός ή πάσχει από νοσήματα όπως πνευμονοπάθεια, καρδιοπάθεια ή καπνίζει. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται συνοπτικά κάποιοι ρύποι και οι επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία.

Πίνακας 4. Οι επιπτώσεις 4 σημαντικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία (<http://www.european-lung-foundation.org>)

<p>Όζον ή O₃</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ερεθίζει τη μύτη και τον φάρυγγα • Προκαλεί συριγμό, βήχα, πόνο όταν παίρνετε βαθιά ανάσα • Προκαλεί δυσκολίες στην αναπνοή κατά την άσκηση ή υπαίθριες δραστηριότητες • Μειώνει τη χωρητικότητα των πνευμόνων (ποσότητα αέρα που μπορούν να συγκρατήσουν) • Επιδεινώνει το άσθμα και έτσι προκαλεί αύξηση στη χρήση βρογχοδιασταλτικών • Αυξάνει την ευπάθεια σε αναπνευστικές ασθένειες όπως πνευμονία και βρογχίτιδα • Αυξάνει τον κίνδυνο θανάτου από πνευμονικές και καρδιακές παθήσεις • Αυξάνει τις εισαγωγές σε νοσοκομεία για πνευμονικές παθήσεις
<p>Διοξείδιο του αζώτου ή NO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Αυξάνει τη συχνότητα άσθματος • Αυξάνει τον κίνδυνο θανάτου από πνευμονικές παθήσεις • Αυξάνει τις εισαγωγές σε νοσοκομεία για πνευμονικές παθήσεις
<p>Αιωρούμενα Σωματίδια PM</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ερεθίζει τη μύτη και τον φάρυγγα • Αυξάνει τις εισαγωγές σε νοσοκομεία για πνευμονικές παθήσεις • Προκαλεί πρόωρους θανάτους από καρδιακές και πνευμονικές παθήσεις • Πιθανή σύνδεση με το άσθμα
<p>Διοξείδιο του θείου ή SO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Συντελεί στις αναπνευστικές παθήσεις, ιδίως σε παιδιά και ηλικιωμένους • Επιδεινώνει τις υπάρχουσες καρδιακές και αναπνευστικές παθήσεις, ιδίως σε άτομα με άσθμα • Τα θειικά σωματίδια (σχηματίζονται όταν το SO₂ αντιδρά με άλλα χημικά στοιχεία στην ατμόσφαιρα) συγκεντρώνονται στους πνεύμονες και προκαλούν αυξημένα αναπνευστικά συμπτώματα και παθήσεις, δυσκολία στην αναπνοή ακόμα και αυξημένο κίνδυνο πρόωρου θανάτου

Πρωτογενείς ρύποι, όπως το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του αζώτου και ο μαύρος καπνός κυριαρχούν στις αστικές περιοχές. Βιομηχανικές δραστηριότητες και δραστηριότητες παραγωγής ενέργειας αποτελούν τις κυριότερες πηγές παραγωγής διοξειδίου του θείου. Η καύση άνθρακα και πετρελαίου συγκεκριμένα είναι η κύρια προέλευση του διοξειδίου του θείου. Η οδική κυκλοφορία η οποία συναντάται στο μέγιστο βαθμό στις αστικές περιοχές είναι υπαίτια για τη δημιουργία μαύρου καπνού στην ατμόσφαιρα. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης βενζίνης από τη χρήση των μέσων μεταφοράς. Το διοξείδιο του αζώτου είναι ρύπος που προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων από τις διάφορες βιομηχανικές ζώνες (Nastos et al., 2003).

Είναι γεγονός και επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί πλέον σημαντική αιτία αύξησης της θνησιμότητας και της νοσηρότητας και της υποβάθμισης της ποιότητας της ζωής μας. Στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα έχει βελτιωθεί αισθητά τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, αποδεικνύεται, σήμερα, πως η έκθεση σε ρυπογόνο αέρα που κοινώς υφίσταται σε κάποια επίπεδα στην ατμόσφαιρα των διάφορων Ευρωπαϊκών χωρών έχει δυσμενή αποτελέσματα για τον άνθρωπο. Συγκεκριμένα, η έκθεση σε ρύπους όπως αιωρούμενα σωματίδια και αέριο όζον συνδέεται με αύξηση των εισαγωγών σε νοσοκομεία για καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις αλλά ακόμα και με αύξηση της θνησιμότητας σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις και αλλά και σε άλλες ηπείρους.

Το επεισόδιο αιθαλομίχλης του Δεκέμβρη του 1952 που συνέβη στο Λονδίνο είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο περίπου 4,000 ανθρώπων από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αν και η μεγαλύτερη αύξηση της θνησιμότητας ήταν λόγω αναπνευστικών αιτιών, η πλειοψηφία των θανάτων προήλθαν από καρδιαγγειακές παθήσεις. Ξεκινώντας στα τέλη της δεκαετίας του 1980, πολυάριθμες μελέτες έδειξαν συσχέτιση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (κυρίως σωματιδιακής ρύπανσης) και καθημερινών θανάτων σε πόλεις των Ην. Πολιτειών, της Ευρώπης, της Λατινικής Αμερικής και της Ασίας. Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές, η αύξηση του κινδύνου από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους ήταν πολύ μικρότερη από εκείνη στην περίπτωση του Λονδίνου τη δεκαετία του 1952, όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια, αλλά επειδή οι εκθέσεις οι συσχετισμένες με την αύξηση του κινδύνου ήταν καθημερινό φαινόμενο, το ανάλογο νούμερο πρόωρων θανάτων που σημειώθηκαν ήταν σημαντικό. Επιπρόσθετα, η πλειοψηφία των θανάτων αυτών ήταν καρδιαγγειακής προέλευσης. Πιο πρόσφατες έρευνες έδειξαν τη συσχέτιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με εισαγωγές σε νοσοκομεία, λόγω καρδιακών παθήσεων, συμπεριλαμβανομένων μυοκαρδιακών εμφραγμάτων.

Έπειτα, οι μελέτες επικεντρώθηκαν στο πως η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να επηρεάσει τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Μια πιθανότητα είναι ότι η ρύπανση μπορεί να προκαλέσει αρρυθμία. Έρευνες πάνω σε ζώα έδειξαν ότι σωματίδια προερχόμενα από καύση στις αστικές περιοχές, μπορούν να προκαλέσουν μείωση στην μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού, κάτι το οποίο αποτελεί παράγοντα κινδύνου για αιφνίδιο θάνατο και θάνατο από αρρυθμία. Σύμφωνα μάλιστα με δημοσιεύσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) ήταν υπεύθυνα για μείωση της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού. Ακόμα, μια άλλη δημοσίευση ανέφερε ότι το NO_2 και τα $\text{PM}_{2.5}$ συσχετίζονται με απόρριψη του απινιδωτή λόγω κοιλιακών αρρυθμιών σε ασθενείς με εμφυτευμένους καρδιακούς απινιδωτές. Αυξημένος καρδιακός ρυθμός έχει, επίσης, συσχετιστεί με τα αιωρούμενα σωματίδια (PM). Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να αυξήσουν την πνευμονική

φλεγμονή και πιθανόν να εισχωρήσουν στην κυκλοφορία του αίματος, να αλληλεπιδράσουν με τα αιμοπετάλια και να προκαλέσουν αύξηση της πτητικότητας του συστήματος καθώς και αύξηση του κινδύνου για οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου(Seaton et al., 1995). Επίσης, κατεγράφησαν αυξήσεις του ινωδογόνου σε ζώα που εκτέθηκαν σε αστικής προέλευσης αιωρούμενα σωματίδια PM(Gardner et al., 2000). Εθελοντές που εκτέθηκαν σε αέρα με συμμετοχή αιωρούμενων σωματιδίων, έδειξαν επίσης αύξηση στα επίπεδα του ινωδογόνου στο πλάσμα.

2.3 ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι:

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Οξείδια του θείου (SO_x)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Όζον (O₃)
- Υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις
- Αιωρούμενα σωματίδια

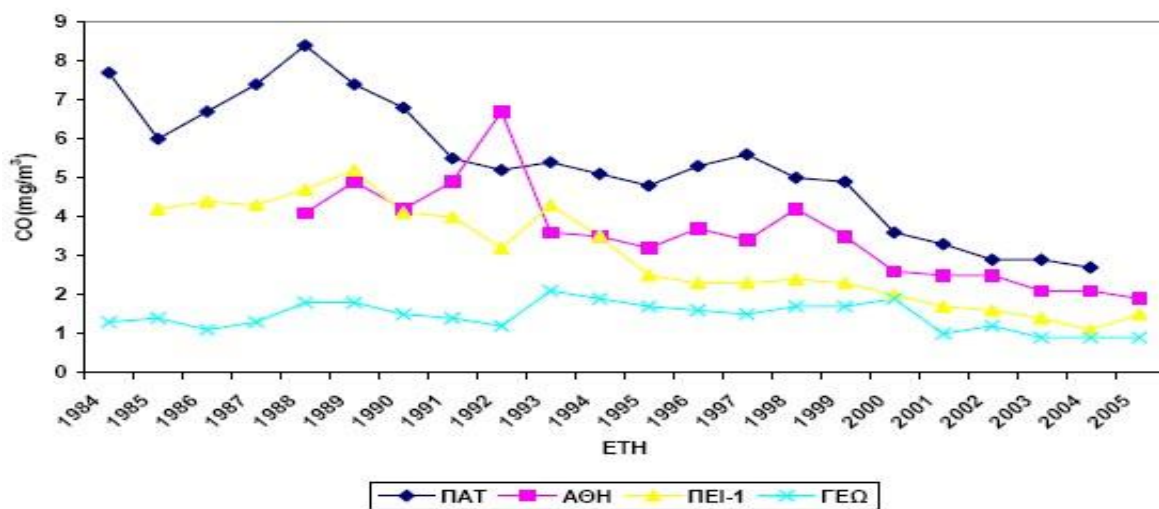
2.3.1 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα κατέχει μια ιδιαίτερη θέση μεταξύ των έξι σημαντικότερων ρυπαντών, επειδή:

- είναι γνωστή η τοξική δράση του με την ένωσή του με την αιμοσφαιρίνη και τη βιολογική δραστική μορφή του, την ανθρακυλαιμοσφαιρίνη.
- κύρια πηγή εκπομπής και έκθεσης είναι το κάπνισμα, ενεργητικό και παθητικό.
- είναι συχνότατο συστατικό τόσο της ενδοοικιακής όσο και της εξωοικιακής ρύπανσης.

Το CO είναι άγευστο, άοσμο και άχρωμο αέριο. Σχηματίζεται από την ατελή καύση των υλικών που περιέχουν άνθρακα. Σε συνηθισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι χημικά αδρανές. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες δρα σα χημική αναγωγική ουσία και οξειδώνεται προς CO₂. Το CO είναι παράγωγο ατελούς καύσης ανθρακούχων καυσίμων και είναι το ενδιάμεσο της οξείδωσης του άνθρακα προς CO₂. Οι μεγαλύτερες ποσότητες CO προέρχονται από πρόχειρες καύσεις όπως

τζάκια, σόμπες, καυστήρες κεντρικών θερμάνσεων. Η σημαντικότερη πηγή εκπομπής CO είναι τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα τα οποία ευθύνονται για παραπάνω από 50% των εκπεμπόμενων ποσοτήτων. Στο σχήμα 6 φαίνεται η εξέλιξη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) από το 1984 έως το 2005.



Σχήμα 6. Διαχρονική εξέλιξη ρύπανσης από το μονοξείδιο του άνθρακα σε τέσσερις σταθμούς μέτρησης στην Αθήνα(1984-2005).
Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2006.

2.3.1.1 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Το μονοξείδιο του άνθρακα πλήττει υγιείς και μη υγιείς ανθρώπους. Αυξημένα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα μειώνουν το ποσό του οξυγόνου που μεταφέρεται από την αιμοσφαιρίνη σε όλο το σώμα με αποτέλεσμα τα ζωτικά όργανα, όπως το μυαλό, οι νευρικοί ιστοί και η καρδιά να μην λαμβάνουν αρκετό οξυγόνο για τη σωστή λειτουργία τους. Οι πρώτες επιπτώσεις στην υγεία ξεκινούν με τη δέσμευση μόνο 2.5% αιμοσφαιρίνης σε διοξείδιο του άνθρακα. Σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, περισσότερο από 40% της αιμοσφαιρίνης μπορεί να δεσμευτεί σε διοξείδιο του άνθρακα.

Για τους υγιείς ανθρώπους, η πιο πιθανή επίπτωση από μικρή αύξηση του επιπέδου του μονοξειδίου του άνθρακα είναι προβλήματα συγκέντρωσης και εύκολη κόπωση.

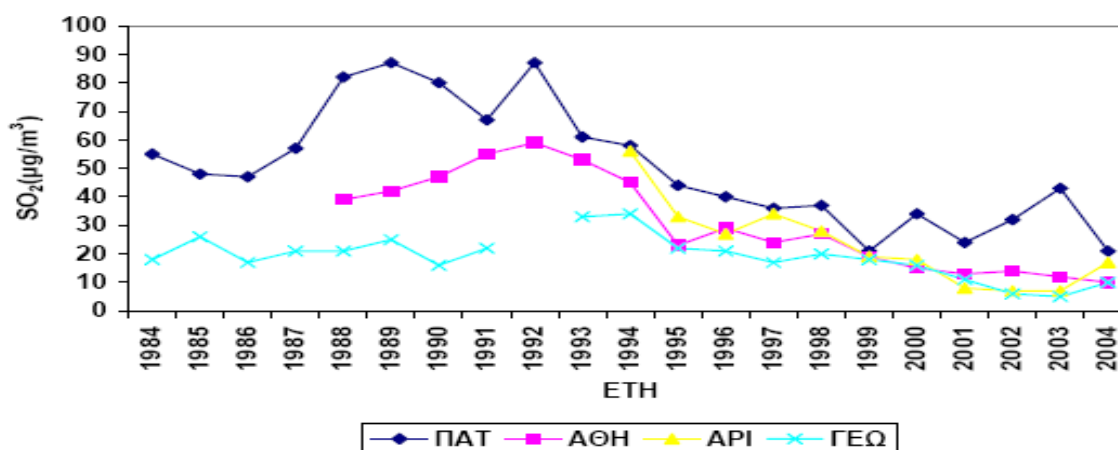
Τα άτομα με καρδιακά προβλήματα είναι πιθανό να υποφέρουν από επεισόδια στηθάγχης και τίθενται σε μεγαλύτερο κίνδυνο καρδιακής προσβολής. Τα παιδιά και τα αγέννητα μωρά διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο, επειδή τα σώματά τους είναι υπό ανάπτυξη (Department of the Environment and Heritage, 2005).

2.3.2 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO_x)

Τα οξείδια του θείου (SO_x), είναι ανόργανες χημικές ενώσεις. Οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο περιέχουν ενώσεις του θείου και έτσι η καύση τους σε συνδυασμό με το οξυγόνο εκλύει διοξείδιο του θείου. Με την παρουσία υγρασίας και περισσότερο κάποιου καταλύτη όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται παραπέρα σε θειικό οξύ, πράγμα που όταν γίνεται στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το φαινόμενο της όξινης βροχής. Επίσης επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και μέταλλα (Κορδαλής, 2010).

Φυσικές πηγές των θειούχων ενώσεων είναι οι κοιλότητες συγκέντρωσης βιολογικής ύλης, η αναερόβια σήψη η διάχυση σταγονιδίων από τη θάλασσα, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, και οι θερμές πηγές.

Κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές προέλευσης του διοξειδίου του θείου είναι οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι κεντρικές θερμάνσεις και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν καύσιμο με ψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές του SO₂ εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό ποσοστό της ροής του θείου στην ατμόσφαιρα. Το θείο υπάρχει στον άνθρακα και στο πετρέλαιο συνήθως σε ποσοότητες 0-6% κ.β. Υπό μορφή οργανικών μορίων που όταν καίγονται παράγουν SO₂. Το επεξεργασμένο πετρέλαιο και βενζίνες περιέχουν λιγότερο από 0.05% θείο (Ζάνης, 2008). Στο σχήμα 7 φαίνεται η εξέλιξη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από το μονοξείδιο του θείου (SO₂) από το 1984 έως το 2005.



Σ

χήμα 7. Διαχρονική εξέλιξη ρύπανσης από το μονοξείδιο του θείου σε τέσσερις σταθμούς μέτρησης στην Αθήνα(1984-2005)

Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2006.

2.3.2.1 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Το SO₂ είναι πάρα πολύ ευδιάλυτο στις υδάτινες φάσεις και συνεπώς στην υδάτινη φάση του αναπνευστικού βλεννογόνου. Το 97% του εισπνεόμενου SO₂ απορροφάται από το ανώτερο αναπνευστικό και είναι μάλιστα μεγαλύτερη με τη ρινική παρά με τη στοματική αναπνοή. Όταν είναι προσροφημένο το SO₂ σε διάφορες νεφέλες ή σωματίδια εισέρχεται σε βάθος στο αναπνευστικό σύστημα.

Το SO₂ σε υγιή άτομα προκαλεί συμπτώματα και ευρήματα βρογχοσπασμού και οξείας βρογχίτιδας σε οξεία έκθεση και σε επίπεδα συνήθως πάνω από 5 ppm. Σε χαμηλότερα επίπεδα που συναντώνται στην ατμόσφαιρα (0,15-0,2 ppm) δεν προκαλούνται σοβαρά συμπτώματα, συνήθως ούτε διαταραχή στις λειτουργικές διαδικασίες του πνεύμονα ακόμα και αν η έκθεση συμπεριλαμβάνει διάφορες συγκεντρώσεις και για διάφορο χρόνο.

Ασθματικά άτομα καθώς και άτομα με αποπία ή άσθμα μετά από άσκηση αποτελούν έναν ευαίσθητο στο SO₂ πληθυσμό. Είναι τεκμηριωμένο ότι προκαλείται σοβαρή κρίση βρογχοσπασμού σε επίπεδα SO₂ χαμηλότερα από το 1 ppm σε ηρεμία, ενώ αν τα άτομα υποβληθούν σε ήπια άσκηση για 10-30 λεπτά η κρίση επέρχεται σε χαμηλότερα επίπεδα SO₂ (0,5 ppm).

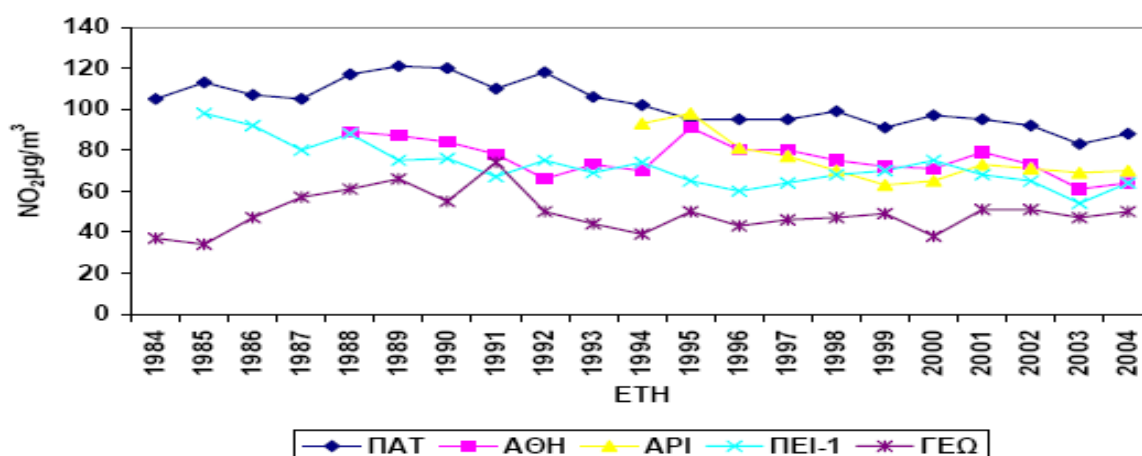
Έχει βρεθεί μετά από έκθεση σε 4, 5 και 8 ppm υγιών εθελοντών, αύξηση των λεμφοκυττάρων, μαστοκυττάρων, μακροφάγων και του ολικού αριθμού των κυττάρων στο βραγχοκεφελιδικό έκπλυμα.

2.3.3 ΟΞΕΙΔΙΑ ΑΖΩΤΟΥ (NO_x)

Οξειδία του αζώτου είναι ένας γενικός όρος που συμπεριλαμβάνει το μονοξείδιο του Αζώτου (NO) το διοξείδιο και του Αζώτου (NO₂). Τα οξειδία αυτά παράγονται από την αντίδραση του Αζώτου και του Οξυγόνου κατά τη διάρκεια της καύσης, ιδιαίτερα σε υψηλές θερμοκρασίες. Οξειδία του Αζώτου ενώνονται προς σχηματισμό αιθαλομίχλης και όξινης βροχής και παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία τροποσφαιρικού όζοντος.

Το NO₂ είναι αέριο με καφέ χρώμα, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού. Τα οξειδία του αζώτου NO και NO₂ εμπλέκονται και ενεργοποιούν τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης και παίζουν καθοριστικό ρόλο στον έλεγχο του τροποσφαιρικού όζοντος. Άλλες σημαντικές ενώσεις του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι το υποξείδιο (N₂O), το νιτρικό οξύ (HNO₃), η αμμωνία (NH₃) και τα διάφορα νιτρικά (NO₃⁻), νιτρώδη (NO₂⁻) και αμμωνιακά άλατα (NH₄⁺)(Ζάνης, 2008).

Οι μεγαλύτερες πηγές των ανθρωπίνων εκπομπών σε οξειδία αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι οι καύσεις των ορυκτών καυσίμων σε θερμάνσεις ή εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής καθώς και οι καύσεις μηχανών εσωτερικής καύσης (αυτοκίνητα). Άλλες δευτερεύουσας σημασίας πηγές είναι ειδικές βιομηχανίες (χωρίς καύσεις), όπως παραγωγή νιτρικού οξέος και παραγωγή εκρηκτικών. Παγκοσμίως, η εκπομπή των οξειδίων του αζώτου είναι περίπου 53 εκ. τόνοι για τα παραγόμενα από την ανθρώπινη δραστηριότητα, ενώ η ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που προέρχονται από φυσικές διαδικασίες υπολογίστηκε σε 1100 εκ. τόνους. Στο σχήμα 8 φαίνεται η εξέλιξη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) από το 1984 έως το 2005.



Σχήμα 8. Διαχρονική εξέλιξη ρύπανσης από το διοξείδιο του αζώτου σε τέσσερις σταθμούς μέτρησης στην Αθήνα(1984-2005)
Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2006.

2.3.3.1 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Κίνδυνοι για την υγεία προερχόμενοι από τα οξειδία του αζώτου μπορεί δυνητικά να προκύψουν από το διοξείδιο του αζώτου καθ' αυτό ή από τα προϊόντα αντιδράσεως αυτού συμπεριλαμβανομένου του όζοντος O₃ και δευτερογενών σωματιδίων. Επιδημιολογικές μελέτες που αφορούν έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου από εξωτερικό αέρα είναι περιορισμένες με αποτέλεσμα να μη μπορούν να διαχωρίσουν αυτούς τους κινδύνους. Επιπρόσθετα, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου σε αρκετές περιπτώσεις συνδέονται στενά με τις εκπομπές των οχημάτων οπότε τα επίπεδα του NO₂ αποτελούν γενικά έναν αξιόλογο δείκτη της έκθεσης σε εκπομπές που σχετίζονται με την οδική κυκλοφορία.

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν λιγότερες επιδημιολογικές μελέτες πάνω στη μακροπρόθεσμη επίδραση του διοξειδίου του αζώτου στο αναπνευστικό σύστημα σε σχέση με αυτές που αφορούν τα αιωρούμενα μικροσωματίδια (PM), τα τελευταία χρόνια κάποια νέα στοιχεία είναι διαθέσιμα. Μακροχρόνιες μελέτες έχουν δείξει τη συσχέτιση του διοξειδίου του αζώτου με τη λειτουργία των πνευμόνων. Μελέτη σε παιδιά στη Ν. Καλιφόρνια έδειξε ότι τα επίπεδα λειτουργίας των πνευμόνων για ηλικίες μεταξύ 9-16 χρονών ήταν χαμηλότερα σε περιοχές με υψηλότερες συγκεντρώσεις NO₂. Η ανάπτυξη της πνευμονικής λειτουργίας, που αξιολογήθηκε από μια επίσης μακροχρόνια μελέτη, έδειξε ότι είναι και αυτή μειωμένη μεταξύ αυτών των παιδιών.

Το NO₂ της ατμόσφαιρας είναι κατά μεγάλο μέρος προερχόμενο από την οξείδωση του NO, η κυριότερη πηγή του οποίου είναι οι εκπομπές καύσης, κυρίως των οχημάτων. Το NO₂ υπόκειται επίσης σε περαιτέρω ευρύτερους ατμοσφαιρικούς μετασχηματισμούς που οδηγούν στο σχηματισμό O₃ και άλλων ισχυρών οξειδωτικών που συμμετέχουν στην μετατροπή του NO₂ σε νιτρικό οξύ και του διοξειδίου του θείου (SO₂) σε θειικό οξύ και τις επακόλουθες μετατροπές στα αμμωνιούχα άλατα εξουδετέρωσης. Έτσι, μέσα από την ακολουθία της φωτοχημικής αντίδρασης που προκαλείται από την ηλιακή ακτινοβολία με επαγόμενη ενεργοποίηση του NO₂, οι νέοι ρύποι που δημιουργούνται αποτελούν σημαντική πηγή νιτρικών, θειικών και οργανικών αερολυμάτων που συνεισφέρουν σημαντικά στη συνολική μάζα των PM₁₀ ή PM_{2.5}. γι' αυτούς τους λόγους, το NO₂ είναι ένας παράγοντας-κλειδί μιας σειράς δευτερογενών ρύπων των οποίων οι επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι καλά τεκμηριωμένη. Σε συγκεντρώσεις NO₂ που υπερβαίνουν αυτές των υπαίθριων ατμοσφαιρικών περιβαλλόντων (με πιθανή εξαίρεση τις οδικές σήραγγες), έχει σημειωθεί ήπια φλεγμονή των αεραγωγών. Έχει, επίσης, βρεθεί ότι σε αλλεργικά άτομα η παρουσία NO₂ μπορεί να ενισχύσει την επίδραση των αλλεργιογόνων. Η βρογχική αντιδραστικότητα αυξάνεται κι αυτή με την παρουσία του NO₂.

Έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες με βάση τις ωριαίες συγκεντρώσεις ή/και τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις NO₂ ως δείκτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι οποίες δείχνουν κάποιο συσχετισμό μεταξύ του αιρούμενου NO₂ με μια σειρά από επιβλαβείς για την υγεία επιπτώσεις. Εισαγωγές σε νοσοκομεία που σχετίζονται με αναπνευστικές ασθένειες έχουν δείξει αύξηση ανάλογη με την αύξηση των επιπέδων NO₂ σε ορισμένες περιοχές. Αν και οι μελέτες αυτές υποστηρίζουν τη σχέση μεταξύ του ατμοσφαιρικού NO₂ με πολλά αναπνευστικού και καρδιαγγειακού τύπου προβλήματα υγείας, δε μπορούν να στηρίξουν την υπαιτιότητα του NO₂ στα προβλήματα αυτά. Είναι πιθανό ότι πολλά προβλήματα υγείας που έχουν παρατηρηθεί, οφείλονται σε έκθεση σε ρύπους προερχόμενους από την οδική κίνηση ή/και δευτερογενείς ρύπους που συμπεριλαμβάνουν O₃, όξινα αερολύματα και σωματίδια.

2.3.4 OZON (O₃)

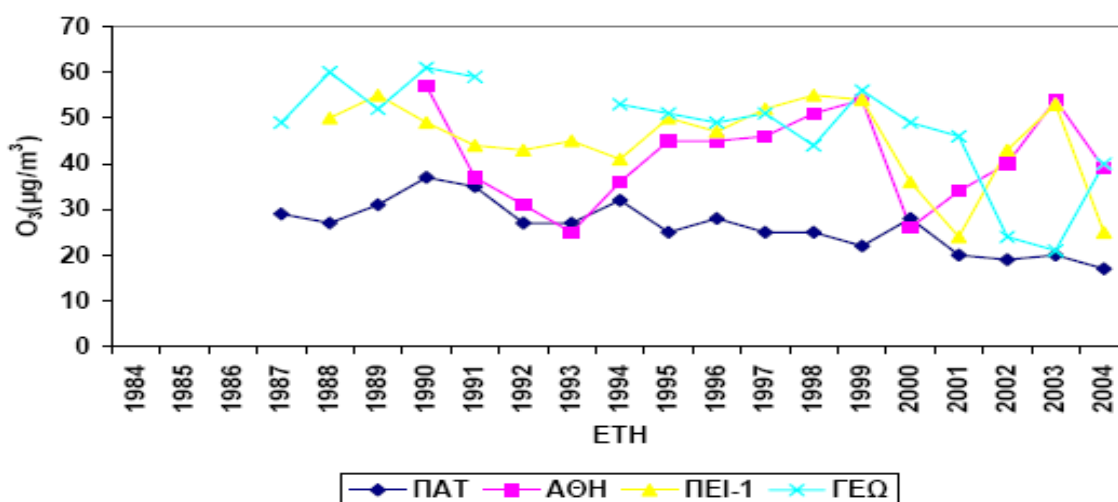
Όπως προαναφέρθηκε, ο αέρας που αναπνέουμε αποτελείται σε ποσοστό περίπου 21% από οξυγόνο (O₂), το οποίο αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου συνδεδεμένα μαζί. Το όζον (O₃) είναι

μα τριατομική μορφή του οξυγόνου, δηλαδή 3 άτομα οξυγόνου συνδέονται μεταξύ τους. Το όζον είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό, το οποίο αντιδρά με διάφορες άλλες χημικές ενώσεις που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα.

Το όζον, ανάλογα με τη θέση του μέσα στην ατμόσφαιρα έχει άλλοτε την ιδιότητα του «κακού» όζοντος και άλλοτε του «καλού» όζοντος. Όταν βρίσκεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, δηλαδή στην τροπόσφαιρα, το όζον αποτελεί το σημαντικότερο δευτερογενή ρύπο και κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους. Αυτό το όζον καλείται «κακό όζον». Από την άλλη μεριά, όταν το όζον βρίσκεται στη στρατόσφαιρα, δημιουργεί μια προστατευτική ασπίδα για τη γη, η οποία μας προστατεύει από τις βλαβερές υπεριώδεις ακτινοβολίες. Τότε καλείται «καλό όζον». Έτσι, 1% μείωση της στοιβάδας του όζοντος συνεπάγεται 1-2% αύξηση της ακτινοβολίας UVB που φτάνει στη γη(<http://kee.ideke.edu.gr/>).

Το όζον αποτελεί τον πιο σημαντικό φωτοχημικό οξειδωτικό παράγοντα της ατμόσφαιρας. Σχηματίζεται από φωτοχημικές αντιδράσεις υπό την παρουσία ρύπων όπως του NOx και πτητικών οργανικών ενώσεων. Σε περιοχές γύρω από ισχυρές πηγές εκπομπών NOx, όπου υπάρχει αφθονία του NO, το όζον O₃ εμφανίζεται μειωμένο και έτσι οι συγκεντρώσεις του είναι συχνά χαμηλές σε πολυάσχολα αστικά κέντρα και υψηλότερες στα προάστια και στις παρακείμενες αγροτικές περιοχές. Από την άλλη πλευρά, το O₃ υπόκειται σε μεγάλου εύρους ατμοσφαιρικής μεταφοράς και γι' αυτό θεωρείται ως ένα διασυνοριακό πρόβλημα.

Ως αποτέλεσμα της φωτοχημικής του καταγωγής, το O₃ παρουσιάζει ισχυρές εποχιακές και ημερήσιες διακυμάνσεις, με υψηλότερες συγκεντρώσεις το καλοκαίρι και κατά τις απογευματινές ώρες. Η συσχέτιση του O₃ με άλλους ρύπους ποικίλει ανάλογα την εποχή και την τοποθεσία. Στην σχήμα 9 φαίνεται η εξέλιξη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από το όζον από το 1984 έως το 2005.



Σχήμα 9. Διαχρονική εξέλιξη ρύπανσης από το όζον σε τέσσερις σταθμούς μέτρησης στην Αθήνα (1984-2005).

Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2006.

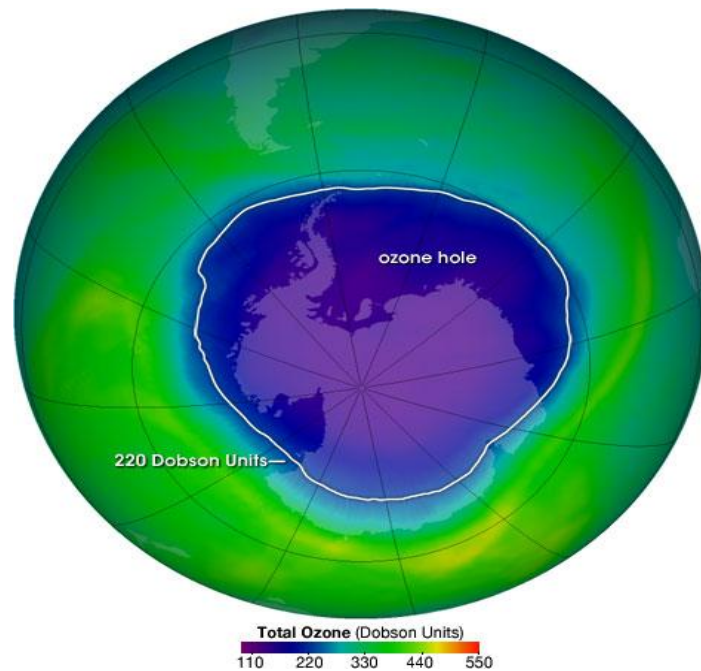
Η ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΣΤΟΙΒΑΔΑΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ:

Άτομα βρωμίου και χλωρίου αποτελούν ουσίες καταστροφικές για το Όζον. Συγκεκριμένα, όταν οι ουσίες αυτές φτάσουν στη στρατόσφαιρα, μέσω χημικών αντιδράσεων που ενεργοποιούνται από την ηλιακή ακτινοβολία, δρουν καταλυτικά σε βάρος του Όζοντος. Καταστρέφουν δηλαδή το όζον χωρίς αυτές οι ίδιες να καταστρέφονται. Οι ουσίες αυτές είναι οι γνωστοί μας χλωροφθοράνθρακες (CFCs), οι υδρογνοφθοράνθρακες (HCFCs) και τα Halons. Στον πίνακα παρουσιάζεται η σχετική δυναμικότητα των κυριότερων από αυτές τις ουσίες.

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά ενώσεων που καταστρέφουν το όζον(<http://kee.ideke.edu.gr>)

Όνομα	Δυναμικό καταστροφής του όζοντος	Χρόνος ζωής (έτη)
CFC-11	1	50
CFC-12	1	102
Halon 1301	10	65
Halon 2402	6	-
HCFC-22	0,05	13,3
HCFC-123	0,02	1,4
HCFC-124	0,02	5,9
HCFC-141b	0,1	9,4

Η καταστροφή της στοιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος έχει επικρατήσει να αποκαλείται ως «τρύπα του όζοντος». Η τρύπα του Όζοντος δεν είναι τεχνικά μια «τρύπα» αλλά στην πραγματικότητα είναι μια περιοχή της στρατόσφαιρας εξαιρετικά απεμπλουτισμένη σε όζον, που βρίσκεται πάνω από την Ανταρκτική και συμβαίνει κατά τη διάρκεια της άνοιξης του Νότιου ημισφαιρίου (Αύγουστος-Οκτώβριος)(<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>). Στο σχήμα 10 απεικονίζονται οι πολύ χαμηλές τιμές (μπλε και μοβ χρώμα) όζοντος πάνω από την Ανταρκτική σύμφωνα με μετρήσεις από δορυφόρους που έγιναν στις 4 Οκτωβρίου 2004.



Σχήμα 10. Η τρύπα του Όζοντος είναι η περιοχή πάνω από την Ανταρκτική με σύνολο όζοντος από 220 μονάδες Dobson ή χαμηλότερη. Αυτός ο χάρτης δείχνει την τρύπα του όζοντος στις 4 Οκτ 2004 (πηγή: <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/hole.html>)

2.3.4.1 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Υπάρχουν στοιχεία από μελέτες ελεγχόμενης έκθεσης ανθρώπων και ζώων σε όζον ότι υπάρχουν πιθανότητες το τελευταίο να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις την υγεία. Ωστόσο, οι επιπτώσεις που έχει στην υγεία η έκθεση σε όζον έχει μελετηθεί λιγότερο σε σχέση με την έκθεση σε αιωρούμενα μικροσωματίδια.

Από το 1996 διάφορες επιδημιολογικές μελέτες έχουν αξιολογήσει τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις του O_3 σε διάφορα θέματα υγείας. Βάση μιας μετα-ανάλυσης μελετών που δημοσιεύτηκαν μεταξύ 1996-2001 σχετικά με τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις του O_3 σε όλες τις μη τυχαίες περιπτώσεις θανάτου όλων των ηλικιών, φάνηκε σημαντική αύξηση του κινδύνου θανάτου (μεταξύ 0,2% και 0,6% για κάθε αύξηση των $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ή 5 ppb), ανεξάρτητα από την διάρκεια υστέρησης, την εποχή διεξαγωγής της μελέτης ή το χρονοδιάγραμμα της μέτρησης του όζοντος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι συντελεστές επίδρασης ήταν υψηλότεροι σε περιοχές με χαμηλές συγκεντρώσεις O_3 . Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας καμπυλόγραμμης συγκέντρωσης ή μπορεί να οφείλεται σε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πληθυσμών όπου διεξήχθησαν αυτές οι μελέτες. Μελέτες περιορισμένες την καλοκαιρινή περίοδο αποκαλύπτουν μεγαλύτερη επίδραση, ενώ η ισχύς της επίδρασης αυξάνει όσο μεγαλώνει ο μέσος χρόνος (>1 ώρα). Επιπλέον, μια μεγάλη πολυκεντρική μελέτη από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ανέφεραν σημαντική επίδραση του O_3 κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, με 0,41% αύξηση της θνησιμότητας που

συνδέεται με μια αύξηση των 10 ppb ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) στην καθημερινή συγκέντρωση όζοντος. Στις περισσότερες μελέτες με 8-ωρες μετρήσεις, τα ημερήσια επίπεδα όζοντος συσχετίστηκαν με εισαγωγές ατόμων όλων των ηλικιών σε νοσοκομεία, λόγω αναπνευστικών προβλημάτων. Μελέτες πάνω σε εισαγωγές παιδιών με άσθμα δεν έδειξαν ξεκάθαρα κάποιον συσχετισμό με τις μετρήσεις όζοντος. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν τα επίπεδα του όζοντος είναι υψηλά, ασθματικά άτομα αυξάνουν τη χρήση των φαρμάκων. Νέα στοιχεία από πειραματικές μελέτες που έχουν γίνει δεν έδωσαν σημαντικά πρόσθετα στοιχεία για τις επιπτώσεις του O_3 στις τρέχουσες περιβάλλουσες συνθήκες. Από μελέτη ελεγχόμενης έκθεσης σε υγιείς και αλλεργικούς ασθματικούς μη-καπνιστές υπάρχει αποδεικτικά στοιχεία για μείωση της πνευμονικής λειτουργίας μετά από 3-ωρη έκθεση σε $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ H_2SO_4 ή NaCl αερολυμάτων που ακολουθείται από $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (180 ppb) O_3 , με σημαντικότερες επιπτώσεις σε αυτούς που εκτέθηκαν σε H_2SO_4 (WHO, 2003).

Οι επιπτώσεις της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας στον άνθρωπο εξαρτώνται από τον τύπο του δέρματος του καθενός μας. Άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα είναι τα πλέον ευάλωτα (<http://kee.ideke.edu.gr>).

- Καρκίνος του δέρματος: Η έκθεση σε αυξημένα επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας προκαλεί μια μορφή δερματικού καρκίνου, το μελάνωμα. Ο χρόνος εκδήλωσης του μελανώματος μπορεί να απέχει 15-25 χρόνια από την αρχική έκθεση. Προβλέπεται 1-2% αύξηση των δερματικών καρκίνων για κάθε 1% μείωση του όζοντος.

- Καταρράκτης: Η έκθεση σε UV-B προκαλεί επίσης καταρράκτη στα μάτια μη ηλικιωμένων. Συγκεκριμένα 10% αύξηση της UV-B προβλέπεται να προκαλέσει 6% περισσότερους καταρράκτες σε ανθρώπους με ηλικία γύρω στα 50.

Για κάθε 1% που αυξάνεται η ακτινοβολία UVB που φτάνει στη γη, προβλέπεται αύξηση των δερματικών καρκίνων κατά 2%.

Επίσης έχουν αναφερθεί ως επιπτώσεις:

- η πρόωρη γήρανση του δέρματος, και
- η εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος των ανθρώπων.

Αντίστοιχα, οι επιπτώσεις της αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά είναι:

- Παρεμπόδιση φωτοσύνθεσης
- Αλλαγή των ρυθμών ανάπτυξης
- Καταστροφή του DNA

2.3.5 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (ΠΟΛΥΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ PAHs)

Οι υδρογονάνθρακες είναι μια ετερογενής ομάδα οργανικών ενώσεων που αποτελούνται κύρια από άνθρακα και μόρια υδρογόνου. Στη σύγχρονη κοινωνία η παρουσία τους είναι αρκετά έντονη καθώς περιλαμβάνονται στη βενζίνη, στα λιπαντικά έλαια, στο φωτιστικό πετρέλαιο, στη κηροζίνη κ.λ.π.

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες αποτελούν μια ομάδα από πάνω από εκατό διαφορετικές χημικές ενώσεις που παράγονται κατά τη διάρκεια της ατελούς καύσης των καυσίμων, των σκουπιδιών και άλλων οργανικών ενώσεων όπως ο καπνός (που περιέχεται στα τσιγάρα), διάφορα φυτικά στοιχεία και κρέας. Οι διεργασίες καύσης, παράγουν ένα χημικό μείγμα με κύριο χαρακτηριστικό την αιθάλη.

Η παρουσία των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων στο περιβάλλον είναι εκτεταμένη και ένα ευρύ κοινό είναι εκτεθειμένο σε ποσότητες αυτών οι οποίες βρίσκονται στο χώμα/σκόνη, στον αέρα, στο νερό, στην τροφή ή και σε οικιακά προϊόντα (<http://www.health.sa.gov.au>).

Δεκαεφτά είδη πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων έχουν επισημανθεί ως αρκετά επικίνδυνοι όσον αφορά πιθανή έκθεση σε αυτούς και επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία και έτσι θεωρούνται ως μια ομάδα. Μερικοί από αυτούς είναι: το ακεναφθένιο, το ανθρακένιο, το βενζοπυρένιο, το πυρένιο κ.α.

2.3.5.1 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Οι επιπτώσεις στην υγεία καθορίζονται ανάλογα με την έκταση της έκθεσης (διάρκεια, κ.α), την ποσότητα στην οποία το άτομο εκτίθεται, την τοξικότητα των PAHs και από το αν η έκθεση συμβαίνει δια εισπνοής, κατάποσης ή δερματικής επαφής.

Η ικανότητα των PAHs να προκαλέσουν βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία δεν είναι ξεκάθαρη. Ωστόσο, εκθέσεις σε υψηλά επίπεδα ρυπογόνων ενώσεων που συμπεριλαμβάνουν PAHs έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση συμπτωμάτων όπως ερεθισμό των ματιών, ναυτία, εμετό, διάρροια και σύγχυση. Μείγματα PAHs είναι γνωστό ότι προκαλούν δερματικές παθήσεις σε ζώα και ανθρώπους όπως ερεθισμό και φλεγμονή.

Οι επιπτώσεις από τη χρόνια ή μακροπρόθεσμη έκθεση σε PAHs πιθανά περιλαμβάνουν καταρράκτη, βλάβες στα νεφρά και στο συκώτι και ίκτερο. Επαναλαμβανόμενη επαφή με το δέρμα μπορεί να προκαλέσει ερυθρότητα και δερματική φλεγμονή.

Εκτενείς μελέτες με εργαζόμενους εκτεθειμένους σε μείγματα PAHs και άλλες χημικές ουσίες στο χώρο εργασίας έχουν δείξει αυξημένο κίνδυνο για καρκίνο του δέρματος, του πνεύμονα, της ουροδόχου κύστης και γαστρεντερικό καρκίνο. Αυτές οι μελέτες έχουν επίσης αναφέρει

συμπτώματα τύπου άσθματος, ανωμαλίες της πνευμονικής λειτουργίας, χρόνια βρογχίτιδα και μειωμένη λειτουργία του ανοσοποιητικού. Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρο από αυτές τις μελέτες αν η έκθεση σε PAHs είναι η αιτία για τις παθήσεις αυτές εφόσον και άλλες καρκινογόνες ουσίες ήταν επίσης παρούσες.

Κάποιες ομάδες ανθρώπων παρουσιάζουν μια αυξημένη ευαισθησία απέναντι στους PAHs. Πρόκειται, κυρίως, για τους ηλικιωμένους που έχουν μια φθίνουσα οργανική λειτουργία και τα νεαρά άτομα που βρίσκονται ακόμα υπό ανάπτυξη . Αν και αυτές οι κατηγορίες ανθρώπων παρουσιάζουν παρόμοια ευαισθησία απέναντι σε όλα τα χημικά στοιχεία, όχι μόνο στην περίπτωση των PAHs.

Επιπρόσθετα, άτομα που είναι καπνιστές (και συνεπώς εισπνέουν PAHs και έτσι έχουν μεγαλύτερη έκθεση), άτομα με ιστορικό εκτεταμένης έκθεσης στον ήλιο (αυξημένη επικινδυνότητα για καρκίνο του δέρματος με την ταυτόχρονη έκθεση σε PAHs μέσω του δέρματος), άτομα με ηπατικές και δερματικές παθήσεις και γυναίκες σε αναπαραγωγική ηλικία παρουσιάζουν αυξημένη ευαισθησία στους PAHs. Είναι επίσης αναγνωρισμένο ότι οι PAHs (για παράδειγμα σε γυναίκες που καπνίζουν) μπορούν να εισχωρήσουν μέσω του πλακούντα και να εισβάλουν στον οργανισμό του εμβρύου(<http://www.health.sa.gov.au/pehs/PDF-files/ph-factsheet-PAHs-health.pdf>).

2.3.6 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM)

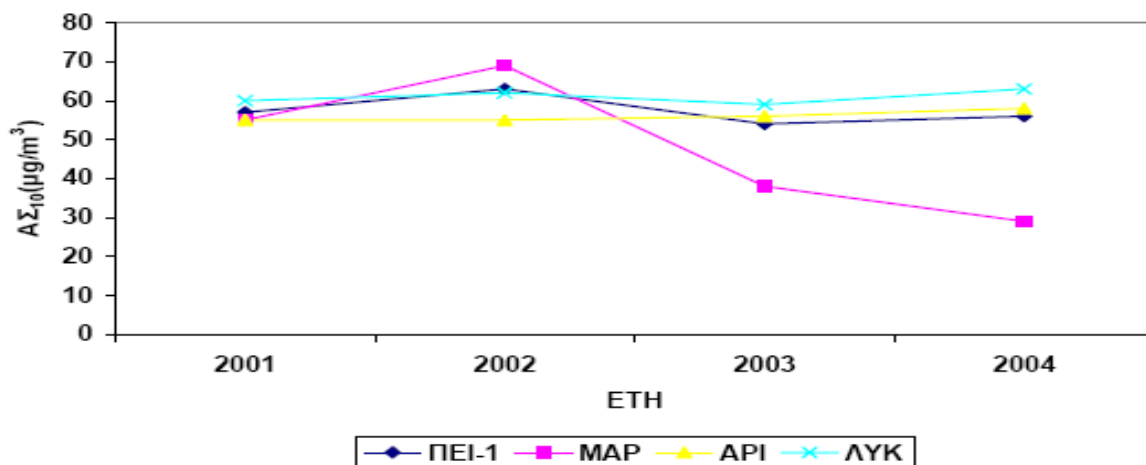
Ως αερομεταφερόμενα σωματίδια καλούμε κάθε σύνθετο μείγμα από οργανικές και ανόργανες ουσίες. Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλει από μερικά νανόμετρα μέχρι δεκάδες μικρόμετρα. Μπορούμε να ταξινομήσουμε τα σωματίδια αυτά με βάση τις αεροδυναμικές τους ιδιότητες επειδή: α)αυτές διέπουν τη μεταφορά και την απομάκρυνση των σωματιδίων από τον αέρα, β) επίσης, καθορίζουν την τοποθέτησή τους και κατ' επέκταση την επίδραση τους στο αναπνευστικό σύστημα, γ) σχετίζονται με τη χημική σύνθεση και τις πηγές των σωματιδίων αυτών.

Τα μεγαλύτερα σωματίδια (χονδρόκοκκα σωματίδια) παράγονται μηχανικώς από τη διάσπαση των μεγαλύτερων στερεών σωματιδίων. Αυτά, μπορεί να συμπεριλαμβάνουν αερομεταφερόμενη σκόνη από γεωργικές δραστηριότητες και γενικά από τη γήινη επιφάνεια καθώς και από μεταλλευτικές δραστηριότητες. Μεγαλύτερα σωματίδια μπορεί να προέρχονται από εξάτμιση της θάλασσας, σε κοντινές ακτές. Σπόροι γύρης και μούχλας καθώς και μέρη φυτών και εντόμων ανήκουν όλα στα σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους. Τα μικρότερα σωματίδια, μικρότερα του 0,1 μm, δημιουργούνται από πυρήνωση, δηλαδή, συμπύεση ουσιών χαμηλής πίεσης ατμών που προέρχονται από υψηλής πίεσης εξάτμιση ή από χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια αυτής της διαδικασίας πυρήνωσης αυξάνουν σε μέγεθος με σύμπτυξη-συνδυασμός δύο ή περισσότερων σωματιδίων προς δημιουργία ενός μεγαλύτερου ή με συμπύεση φυσικού αερίου ή μορίων ατμών, στην επιφάνεια των υφιστάμενων σωματιδίων(WHO, 2003).

Τα σωματίδια χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τα χονδρόκοκκα σωματίδια και τα λεπτόκοκκα σωματίδια. Τα χονδρόκοκκα μικροσωματίδια (PM_{10}) είναι τα αιωρούμενα σωματίδια με μέγεθος έως $10\mu m$. Αποτελούν εκείνο το κλάσμα των σωματιδίων που απεδείχθη ότι κατά κύριο λόγο εισέρχεται στο ανώτερο σύστημα της αναπνευστικής οδού του ανθρώπου, για το λόγο αυτό καλούνται και εισπνεύσιμα σωματίδια. Τα λεπτόκοκκα σωματίδια ($PM_{2,5}$) καλούνται αναπνεύσιμα και μπορούν να διεισδύσουν σε μεγάλο βάθος του αναπνευστικού συστήματος, έως τις κυψελίδες των πνευμόνων. Γι'αυτό καλούνται και αναπνεύσιμα σωματίδια (<http://www.Cheng.auth.gr/>).

Διοξείδιο του θείου οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και σχηματίζει θειικό οξύ, το οποίο μπορεί να εξουδετερωθεί από NH_3 και να σχηματίσει θειικό αμμώνιο. Επίσης, το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) οξειδώνεται σε νιτρικό οξύ (HNO_3), το οποίο με τη σειρά του μπορεί να αντιδράσει με την αμμωνία (NH_3) σχηματίζοντας νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3). Τα σωματίδια που σχηματίζονται από ενδιάμεσες αντιδράσεις αερίων στοιχείων στην ατμόσφαιρα, καλούνται δευτερογενή σωματίδια. Δευτερογενή θειικά και νιτρικά σωματίδια είναι συνήθως τα βασικά συστατικά των μικρόκοκκων σωματιδίων.

Σύμφωνα με εκτενή έρευνα και όσον αφορά την Ευρώπη, το θειικό άλας και η οργανική ύλη αποτελούν τους δύο κύριους συνεισφέροντες παράγοντες στον ετήσιο μέσο όρο της μάζας συγκεντρώσεως των PM_{10} και $PM_{2,5}$. Σε μέρες που τα $PM > 50 \mu g/m^3$, το νιτρικό άλας συνεισφέρει επίσης στη σύσταση των PM_{10} και $PM_{2,5}$. Ο μαύρος άνθρακας συμβάλει κατά 5-10% στα $PM_{2,5}$ και λίγο λιγότερο στα PM_{10} όλων των περιοχών, συμπεριλαμβανομένων και των καθαρά φυσικών περιοχών. Η συνεισφορά του αυξάνεται στο 15-20% στις πιο αστικές περιοχές. Στο σχήμα 11 φαίνεται η εξέλιξη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τα αιωρούμενα σωματίδια από το 1984 έως το 2005.



Σχήμα 11. Διαχρονική εξέλιξη ρύπανσης από τα αιωρούμενα σωματίδια σε τέσσερις σταθμούς μέτρησης στην Αθήνα(1984-2005).

Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ 2006.

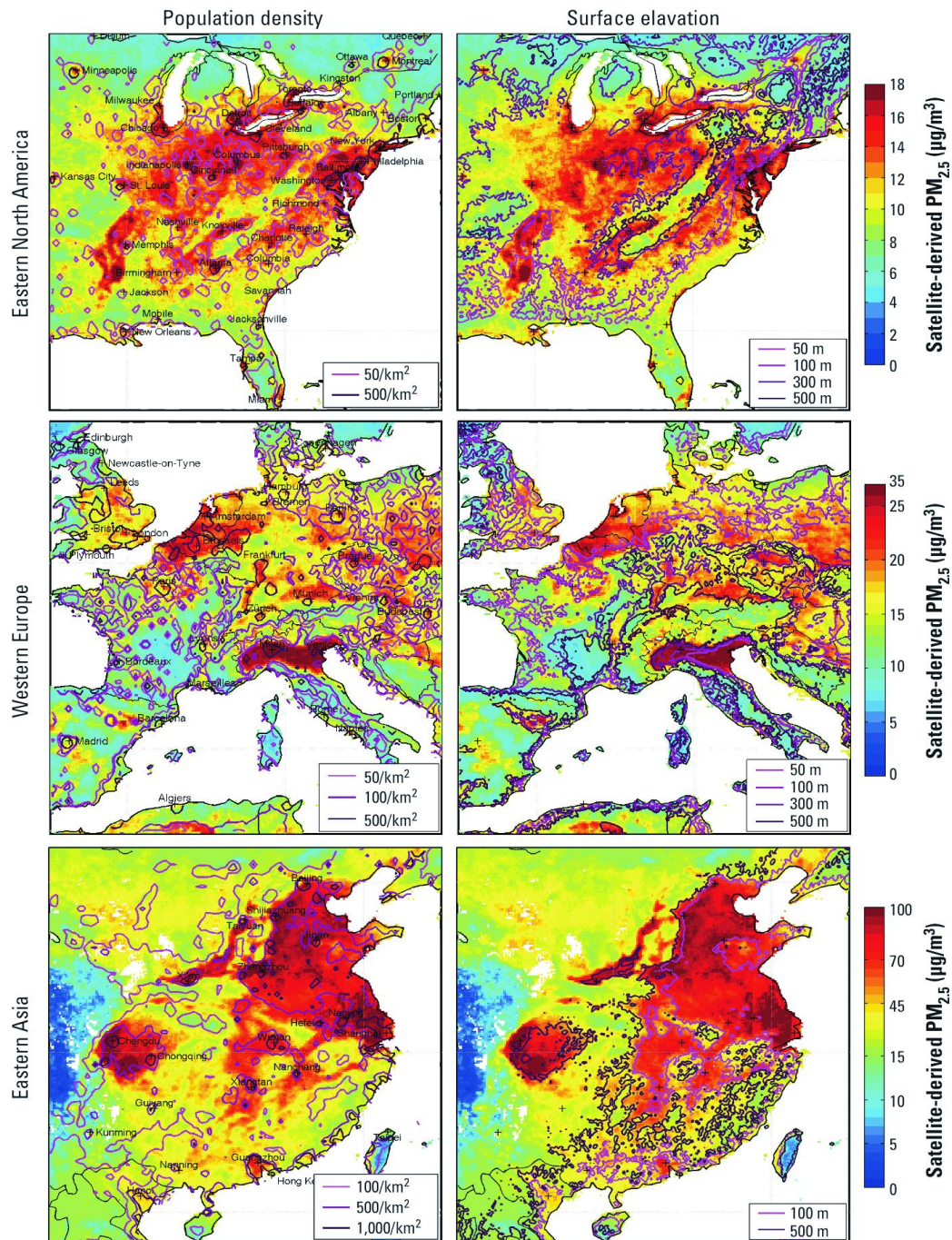
2.3.6.1 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Τοξικολογικές μελέτες έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις των PM στον αέρα των πόλεων είναι υψηλότερες σε σχέση με το κανονικό όριο. Η έκθεση σε ατμοσφαιρικό αέρα με συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων σε ποσοστό 23–311 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για 2 ώρες προκαλεί παροδικά ήπιες πνευμονικές φλεγμονώδεις αντιδράσεις σε υγιή άτομα που εκτίθενται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτών των μικροσωματιδίων, με μέσο όρο τα 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2.5}. Ωστόσο, άλλες ενδείξεις πνευμονικών παθήσεων, αναπνευστικών συμπτωμάτων ή δυσχέρειας της πνευμονικής λειτουργίας δεν έχουν διαπιστωθεί από την έκθεση σε PM.

Ασθματικά άτομα παρουσιάζουν ευαισθησία στην έκθεση σε σωματίδια και αεροδιακύματα όξινης σύστασης. Συμπτωματικός, δοσοεξαρτώμενος βρογχοσπασμός παρατηρήθηκε σε ενήλικες ασθματικούς που αρχίζει σε εκθέσεις H₂SO₄ 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Έφηβοι ασθματικοί έχει περιγραφεί ότι είναι πιο ευαίσθητοι από ότι οι ενήλικες στην έκθεση 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ H₂SO₄.

Τα αποτελέσματα πολλών μελετών δείχνουν ότι υπάρχει αυξημένη συχνότητα ΧΑΠ στους αστικούς πληθυσμούς σε σχέση με τους μη αστικούς, ακόμα και όταν οι συγκρινόμενοι πληθυσμοί είναι όμοιοι ως προς τη συχνότητα καπνίσματος, το επάγγελμα και το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Η αύξηση αυτή αποδίδεται περισσότερο στην επίδραση των PM.

Στο σχήμα 12 φαίνονται οι συγκεντρώσεις των PM_{2.5} στην Α. Ασία, Δ. Ευρώπη και Β.Α Αμερική για τα έτη 2001-2006. Αριστερά παρουσιάζεται η πληθυσμιακή πυκνότητα ενώ δεξιά η επιφανειακή ανύψωση των περιοχών αυτών. Με τις διαφορετικές κλίμακες χρώματος αριστερά παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των PM_{2.5} στις περιοχές αυτές.



Σχήμα 12. Μετρήσεις συγκεντρώσεων PM_{2.5} σε Α. Ασία, Δ. Ευρώπη και Β.Α Αμερική από δορυφόρο(2001-2006). (Τα υψομετρικά στοιχεία της εικόνας είναι από το U.S. Geological Survey (1996)) (Πηγή: Environmental Health Perspectives).

3. ΚΑΥΣΩΝΑΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

3.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ

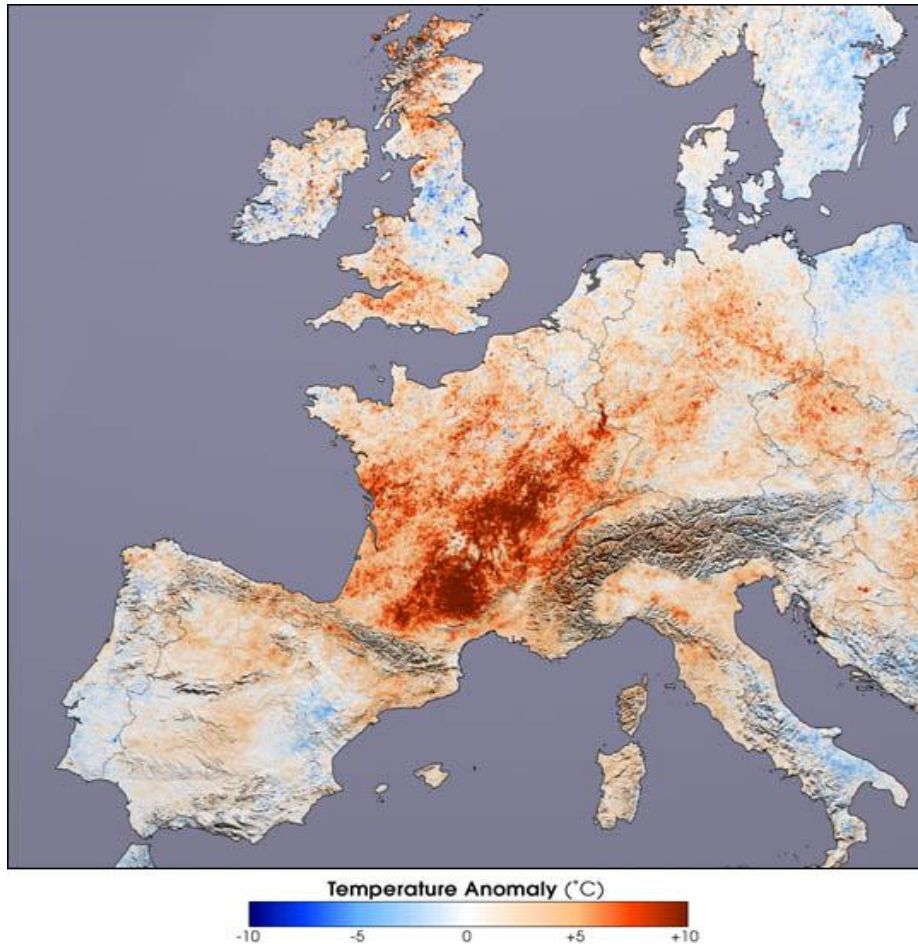
Καύσωνα καλούμε μια παρατεταμένη περίοδο υπερβολικά ζεστών καιρικών συνθηκών που μπορεί να συνοδεύεται από υψηλά επίπεδα υγρασίας και θεωρείται ότι συνδέεται με τη συνοπτική κλίμακας κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Δεν υπάρχει παγκόσμιος ορισμός για τον καύσωνα αλλά ο όρος συνδέεται με το μέσο όρο των ατμοσφαιρικών συνθηκών μιας περιοχής. Θερμοκρασίες τις οποίες οι κάτοικοι θερμών κλιματικών ζωνών θεωρούν φυσιολογικές, μπορεί να είναι υπερβολικά υψηλές για αυτούς που ζουν σε ψυχρότερες περιοχές.

Είναι γνωστό ότι ο καύσωνας μπορεί να προκαλέσει το θάνατο πολλών ανθρώπων σε μικρό χρονικό διάστημα. Διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στη Ισπανία έχουν δείξει μια συσχέτιση μεταξύ των υψηλών θερμοκρασιών και της αύξησης της συχνότητας των θανάτων.

3.2 Ο ΚΑΥΣΩΝΑΣ ΤΟΥ 2003 ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Το καλοκαίρι του 2003 αποτέλεσε μια εξαιρετικά θερμή περίοδο για ένα ευρύ φάσμα περιοχών ανά την Ευρώπη. Στη Νότιο Ιταλία, τα πρώτα κύματα καύσωνα σημειώθηκαν τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, ενώ στη Δυτική Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης και της Νότιας Ιταλίας, οι υψηλότερες θερμοκρασίες σημειώθηκαν μεταξύ της 1^{ης} και 20^{ης} ημέρας του Αυγούστου. Η Πορτογαλία, το κέντρο της Γαλλίας και ορισμένες περιοχές της Ισπανίας και της Βόρειας Ιταλίας ήταν οι περιοχές που πληγήκαν περισσότερο από μια μακρά περίοδο διαδοχικών ημερών υψηλής θερμοκρασίας. Στο Βέλγιο, την Αγγλία και την Ολλανδία, ο καύσωνας αυτός παρουσιάστηκε με μικρότερη διάρκεια και ηπιότερη ένταση ακόμα και την περίοδο του Αυγούστου κατά την οποία έδρασε γενικά το ισχυρότερο κύμα καύσωνα του 2003.

Το αποτέλεσμα της δράσης του καύσωνα του 2003 ήταν αύξηση της θνησιμότητας και συγκεκριμένα στις ιδιαίτερα πληγείσες περιοχές: στη Γαλλία σημειώθηκαν 14.800 θάνατοι μεταξύ 1-20 Αυγούστου, αριθμός που ισοδυναμεί με 55% αύξηση σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, στην Ιταλία ο αριθμός θανάτων έφτασε τον αριθμό των 4.175 ανθρώπων, μεταξύ 15 Ιουλίου και 15 Αυγούστου, στην Πορτογαλία ο αριθμός θανάτων έφτασε τους 1.316 ανθρώπους, μεταξύ 31 Ιουλίου και 12 Αυγούστου, στην Αγγλία τους 2.045 και στην Ολλανδία τους 1.400 από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο του 2003 (Pirard, 2003). Στο σχήμα 13 φαίνεται η θερμοκρασιακή διαφορά στις Ευρωπαϊκές χώρες κατά το καλοκαίρι του 2003 σε σχέση με το έτος 2001.



Σχήμα 13. Διαφορά στη μέση θερμοκρασία ορισμένων Ευρωπαϊκών χωρών κατά τον καύσωνα του 2003 σε σχέση με τα έτη 2001 και 2002. Με κόκκινο καλύπτονται οι περιοχές στις οποίες σημειώθηκε αύξηση θερμοκρασίας ίση με 10° C πάνω από τη μέση θερμοκρασία που επικράτησε κατά το 2001. Με άσπρο σημειώνονται οι περιοχές στις οποίες η μέση θερμοκρασία παρέμεινε ίδια και με μπλε οι περιοχές στις οποίες σημειώθηκαν χαμηλότερες σε σχέση με το 2001 θερμοκρασίες(Πηγή: Nasa, Earth Observatory).

3.3 Ο ΚΑΥΣΩΝΑΣ ΤΟΥ 2007 ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Οι περίοδοι καύσωνα δεν είναι σπάνιοι στον ελληνικό χώρο λόγω του θερμού κλίματος που επικρατεί σε αυτόν. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, ως καύσωνας ορίζεται το φαινόμενο κατά τη διάρκεια του οποίου η ημερήσια ανώτερη θερμοκρασία για τουλάχιστον 5 διαδοχικές ημέρες υπερβαίνει τη μέση μέγιστη θερμοκρασία για 5° C (Frich et al., 2002). Στην περίπτωση της Ελλάδας, σύμφωνα με τους Metaxas and Kallos (1980), ο καύσωνας συμβαίνει όταν επαληθεύονται τα ακόλουθα κριτήρια:

- Η υψηλότερη θερμοκρασία στο Εθνικό Αστεροσκοπείο της Αθήνας (Θησείο), είναι το λιγότερο 37° C.
- Η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι το λιγότερο 31° C, στον προαναφερθέντα σταθμό.
- Η μέγιστη θερμοκρασία στο σταθμό Λαρίσης (Κεντρική Ελλάδα) είναι το λιγότερο 38° C την ίδια ημέρα.
- Οι θερμοκρασίες είναι το λιγότερο 5° C πάνω από τα κανονικά επίπεδα σε τμήματα αυτής της περιοχής για μια περίοδο τουλάχιστον 2 ημερών ή περισσότερο.

Το καλοκαίρι του 2007, το Εθνικό Κέντρο Επιχειρήσεων Υγείας, κήρυξε κατάσταση εθνικού συναγερμού από τις 22 Ιουνίου έως τις 28 Ιουνίου και από τις 23 Ιουλίου έως τις 27. Κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων, όλοι οι ασθενείς των επειγόντων περιστατικών διαγνώστηκαν με θερμική εξάντληση και θερμοπληξία ενώ επιπλέον αυξήθηκαν οι θάνατοι λόγω θερμοπληξίας, σύμφωνα με δεδομένα από όλα τα δημόσια νοσοκομεία του λεκανοπεδίου της Αττικής. Τέλος, ακόμη ένα κύμα καύσωνα μικρότερης διάρκειας και έντασης σημειώθηκε μεταξύ 31 Αυγούστου με 2 Σεπτεμβρίου.

3.4 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΑΥΣΩΝΑ ΤΟΥ 2007 ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ

Η ποιότητα του αέρα υποβαθμίζεται κατά τις περιόδους υψηλών θερμοκρασιών επειδή η ζέστη και ο ήλιος βοηθούν ουσιαστικά στο «ανακάτεμα» του αέρα με τα χημικά στοιχεία που βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Έπειτα, ο αέρας αυτός συνδυάζεται με το φυσικά παραγόμενο οξείδιο του αζώτου και δημιουργούν ένα «νέφος» αερίου του όζοντος σε επίπεδο εδάφους. Αυτό κάνει την αναπνοή δύσκολη κυρίως γι' αυτούς που αντιμετωπίζουν ήδη αναπνευστικά ή καρδιακά προβλήματα αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει και τα υγιή άτομα.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι το μέσο ωριαίο θερμικό φορτίο ήταν θετικά συσχετισμένο με τη μέση ωριαία συγκέντρωση O₃, και για τον καύσωνα του Ιουνίου και γι' αυτόν του Ιουλίου. Αντίθετα, μια μη σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ θερμικού φορτίου και των συγκεντρώσεων των NO₂ και SO₂ με αποτέλεσμα την εξέταση των δυνητικών αποτελεσμάτων αυτού. Το NO₂ έφτασε το ελάχιστο όριο 3 ώρες (Ιούνιος) και 1 ώρα (Ιούλιος) μετά την εκτιμώμενη μέγιστη τιμή του θερμικού φορτίου. Εξάιρεση αποτέλεσε ο σταθμός του Ελληνικού όπου η χαμηλότερη συγκέντρωση του NO₂ καταγράφηκε 7 ώρες μετά την εμφάνιση της μέγιστης τιμής του θερμικού φορτίου. Οι εκτιμώμενοι συντελεστές κυμάνθηκαν μεταξύ 0,52 και 0,90 (p<0.05). Σημαντικά αποτελέσματα, με θετικούς συντελεστές, από 0,48 σε 0,93, λήφθηκαν από την έρευνα της σχέσης μεταξύ του θερμικού φορτίου και της ωριαίας συγκέντρωσης SO₂. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις SO₂ μετρήθηκαν περίπου 3 ώρες (Ιούνιος) και 6 ώρες (Ιούλιος) μετά την καταγραφή της μέγιστης τιμής του θερμικού φορτίου. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στην τοπογραφία της Αττικής και στα φαινόμενα

μεταφοράς. Σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στους διάφορους σταθμούς, τα αποτελέσματα έδειξαν κακή ποιότητα αέρα κατά τη διάρκεια του καύσωνα του Ιουνίου. Οι τιμές του δείκτη ποιότητας κυμάνθηκαν από 0,38 (σταθμός Ελευσίνας) στις 21 Ιουνίου σε 2,56 (σταθμός Ηλιούπολης) στις 30 Ιουνίου. Στους περισσότερους σταθμούς οι τιμές ξεπέρασαν την οριακή τιμή (2,0), καταδεικνύοντας αρκετά ανησυχητικές συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ανάλυση των δεδομένων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τον καύσωνα του Ιουλίου, έδειξαν υψηλότερες ημερήσιες τιμές της ατμοσφαιρικής ποιότητας από ότι αυτές του Ιουνίου. Η χαμηλότερη τιμή ήταν 0,94 (σταθμός Πειραιά) στις 27 Ιουλίου και η υψηλότερη ήταν 3,09 (σταθμός Ζωγράφου) στις 24 Ιουλίου. Στις 6 από τις 7 περιοχές μετρήσεων, το 73% των ημερών χαρακτηρίστηκαν ως αρκετά ανησυχητικές (Theoharatos et al., 2009).

Σταθμοί	Ποιότητα αέρα σε σχέση με το θερμ. φορτίο Ιούνιος 2007	Ποιότητα αέρα σε σχέση με το θερμ. φορτίο Ιούλιος 2007
Ελευσίνα	-0.43	-0,18
Ελληνικό	0.19	0,24
Ηλιούπολη	0	0,52
Άνω Λιόσια	-0,3	0,73
Μαρούσι	-0,6	0,56
Πειραιάς	-0,78	0,24
Ζωγράφου	-0,06	0,94

Πίνακας 6. Συσχέτιση του δείκτη θερμικού φορτίου και της ποιότητας του αέρα σε επτά διαφορετικά σημεία της Αθήνας κατά τις περιόδους καύσωνα του Ιουνίου και του Ιουλίου του 2007 (Theoharatos et al., 2009).

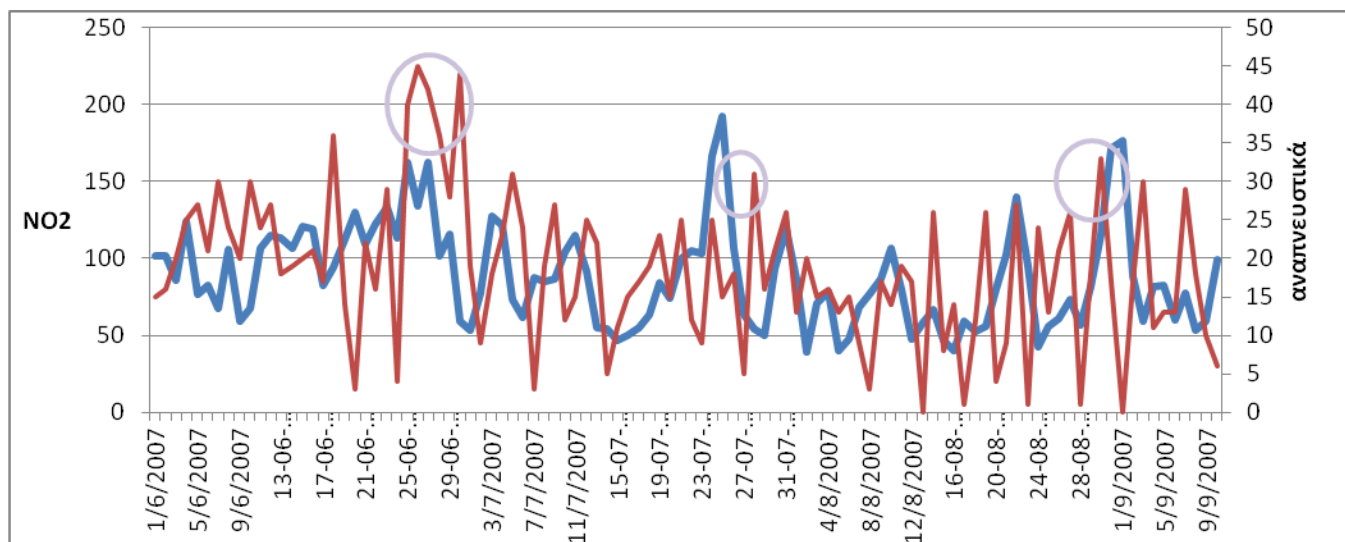
ΜΕΡΟΣ 2^ο
ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα διαγράμματα συσχέτισης τεσσάρων κύριων ρύπων (NO₂, PM, O₃, SO₂) με τα περιστατικά παθήσεων υγείας για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007 καθώς και τα συμπεράσματα της μελέτης των διαγραμμάτων αυτών. Οι τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων κατά την περίοδο που εξετάζουμε προέρχονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, ενώ οι αριθμοί των διαφόρων περιστατικών προβλημάτων υγείας για την περίοδο αυτή προέρχονται από την έρευνά μας σε νοσοκομειακούς χώρους.

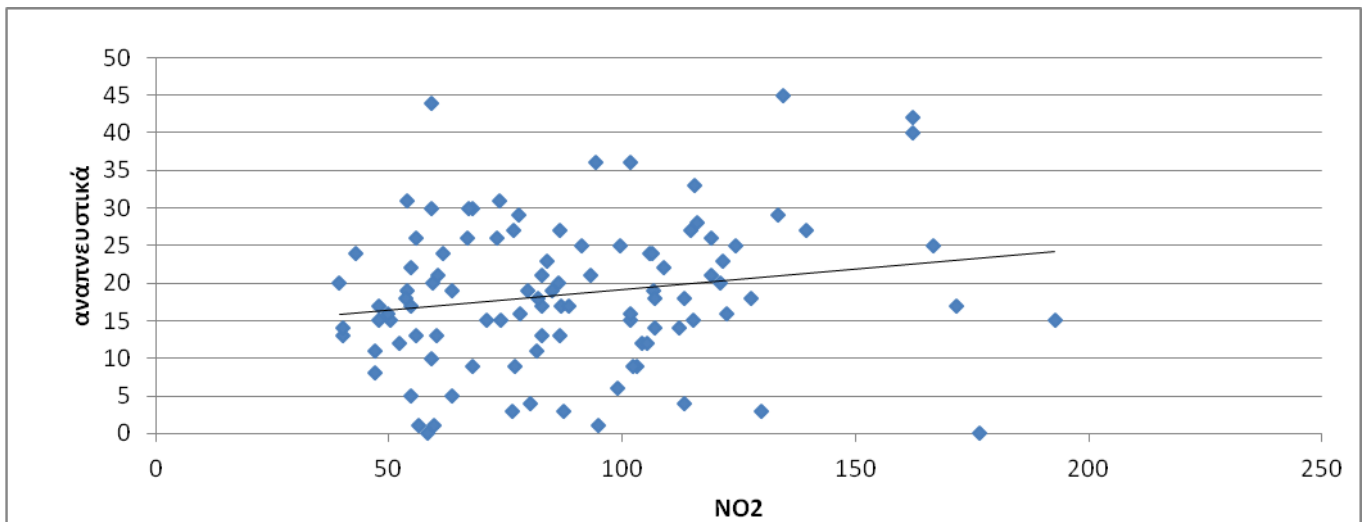
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΜΕ ΤΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ

1. NO₂-ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ



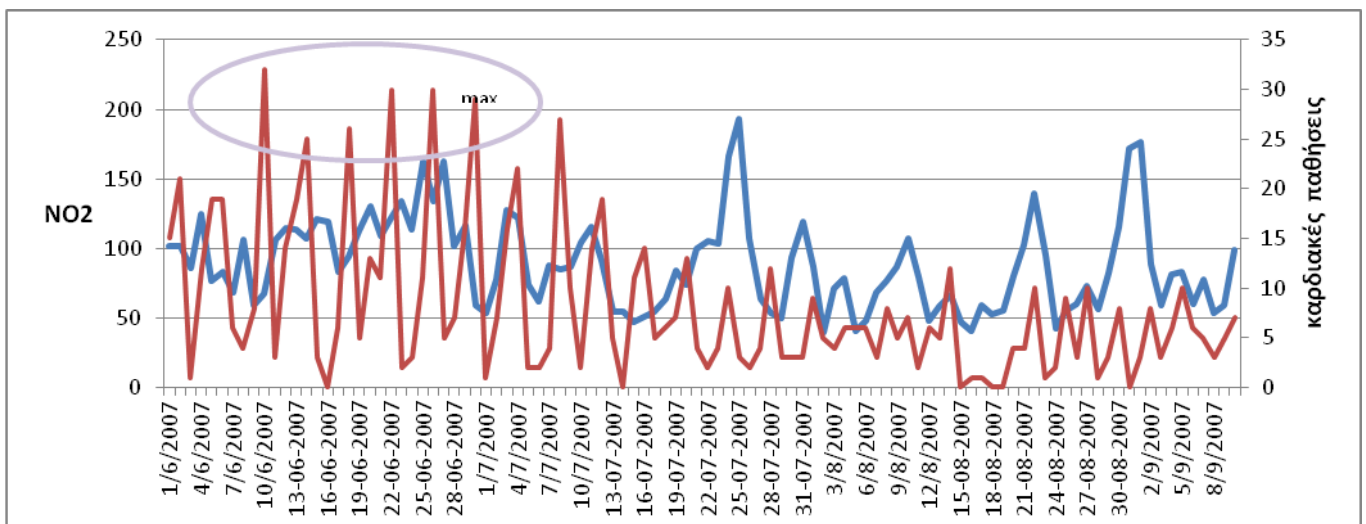
Σχήμα 1. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-αναπνευστικές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τις διακυμάνσεις του αριθμού των αναπνευστικών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) σε σχέση με τις διάφορες τιμές του διοξειδίου του αζώτου(μπλε γραμμή) NO₂ για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007. Αρχικά, παρατηρούμε ότι τις πρώτες μέρες έναρξης της καλοκαιρινής περιόδου, οι τιμές του NO₂ κυμαίνονται γύρω στα 100µg/m³ (συγκεκριμένα αυτό παρατηρείται από 1/6/2007 έως 22/6/2007). Κατά την εμφάνιση του πρώτου κύματος καύσωνα, δηλαδή 22-28 Ιουνίου, οι τιμές του NO₂ παρουσιάζουν άνοδο (γύρω στα 150µg/m³) ενώ στη συνέχεια παρουσιάζουν πτωτική τάση (με ελάχιστη τιμή 50µg/m³) έως ότου φτάσουμε στο δεύτερο κύμα καύσωνα-23-27 Ιουλίου- όπου παρατηρούμε και πάλι αύξηση των τιμών με μέγιστο κοντά στα 200µg/m³. Έπειτα, οι τιμές του NO₂ μειώνονται και πάλι μέχρι να δώσουν μια ακόμη αύξηση στις 30 Αυγούστου με 2 Σεπτεμβρίου, κατά το τρίτο δηλαδή κύμα καύσωνα. Όσον αφορά τον αριθμό των αναπνευστικών παθήσεων, αυτός φαίνεται να ακολουθεί γενικά τις αυξομειώσεις των τιμών του NO₂ σημειώνοντας μέγιστα κατά τις 3 περιόδους καύσωνα. Συγκεκριμένα, στο διάστημα 22-28 Ιουνίου παρατηρούμε το πρώτο μέγιστο, 27-28 Ιουλίου το δεύτερο και 30 Αυγούστου-2 Σεπτεμβρίου το τρίτο. Κατά τις υπόλοιπες περιόδους ο αριθμός των περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων είναι μικρότερος ενώ σημειώνονται κάποιες κατά διαστήματα απότομες αυξήσεις του που δεν ακολουθούν πάντα την αύξηση των τιμών του NO₂. Αυτό, πιθανά οφείλεται σε ύπαρξη αυξημένων τιμών άλλων ρύπων.



Σχήμα 2. Διάγραμμα διασποράς NO₂-αναπνευστικών παθήσεων για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

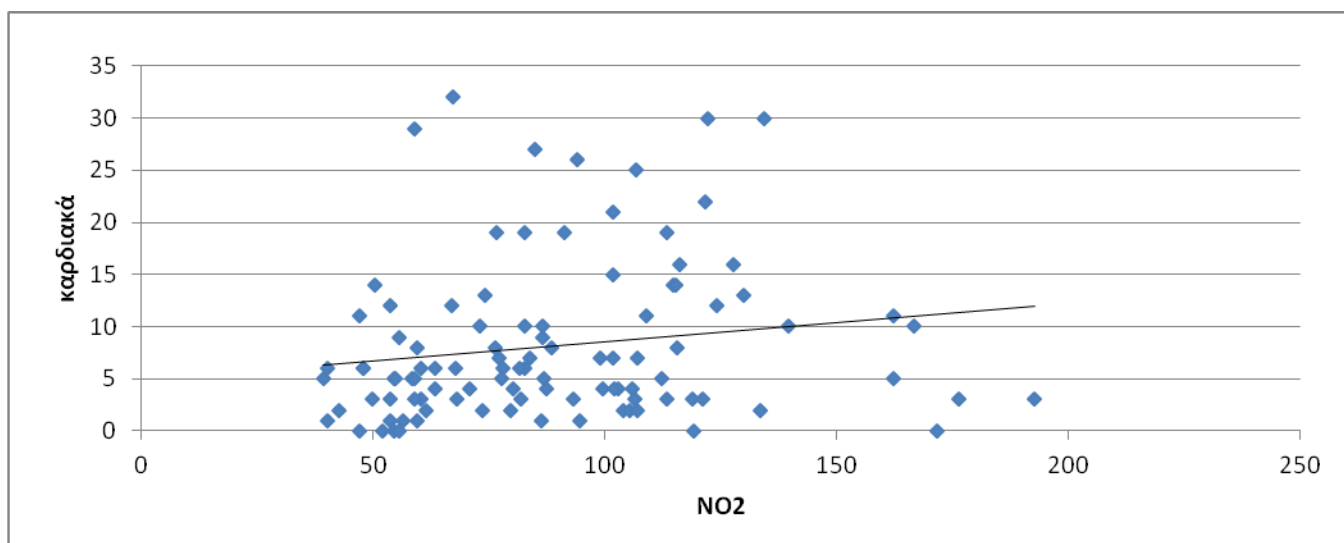
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα διασποράς NO₂-αναπνευστικά επιβεβαιώνεται η αυξητική σχέση μεταξύ των τιμών του διοξειδίου του αζώτου(NO₂) και του αριθμού των περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων αφού η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει πως με την αύξηση των τιμών του NO₂ αυξάνονται και τα περιστατικά αναπνευστικών συμπτωμάτων.



Σχήμα 3. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-καρδιακές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

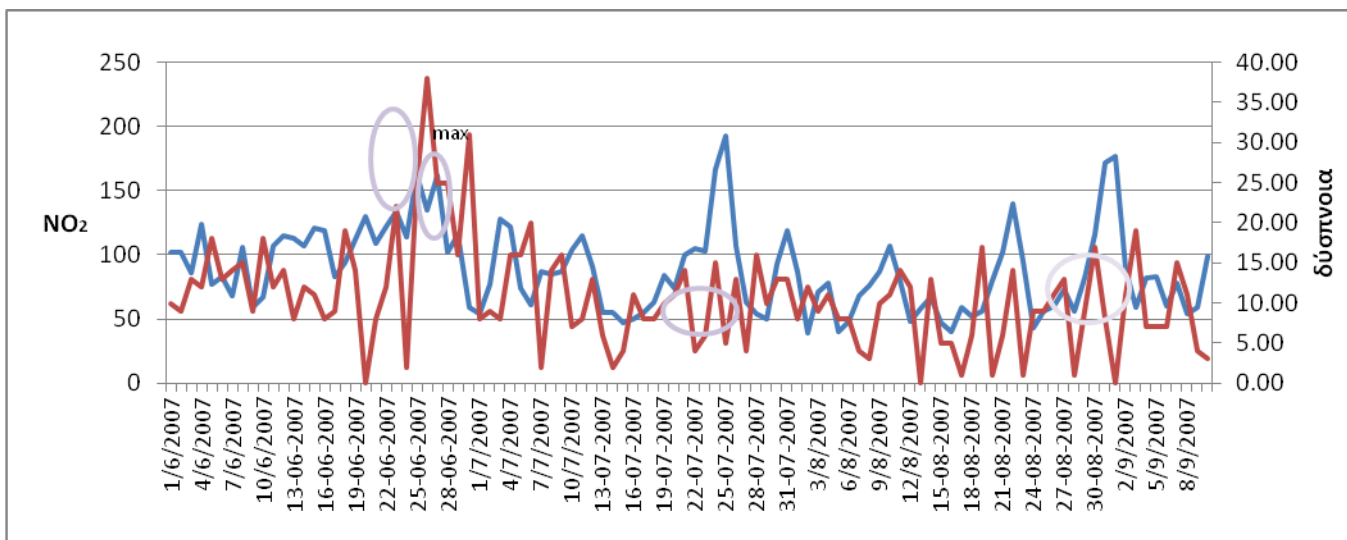
Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τη διακύμανση των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) σε σχέση με αυτή του αριθμού των καρδιακών παθήσεων(κόκκινη γραμμή). Οι τιμές του NO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των καρδιακών παθήσεων παρατηρούμε πως σημειώνει απότομες αυξομειώσεις κατά την έναρξη της καλοκαιρινής περιόδου (1/6/2007) μέχρι

περίπου τα μέσα Ιουλίου (13/7/2007), ενώ στη συνέχεια παρουσιάζει πιο ομαλές τιμές. Εδώ, παρατηρούμε γενικά τις μεγαλύτερες τιμές των καρδιακών παθήσεων να σημειώνονται σε μεγάλο εύρος χρόνου μέχρι τις 13 Ιουλίου, συμπεριλαμβανομένου και του πρώτου κύματος καύσωνα. Στο υπόλοιπο διάστημα όμως, οι τιμές των περιστατικών καρδιακών παθήσεων είναι εμφανώς μικρότερες και δε φαίνεται να ακολουθούν σε ένταση τις τιμές του NO₂ κατά τα 2 άλλα κύματα καύσωνα. Αυτό πιθανά συμβαίνει επειδή οι καρδιακές παθήσεις είναι περισσότερο αποτέλεσμα άλλων παραγόντων και όχι τόσο της επίδρασης του διοξειδίου του αζώτου(NO₂).



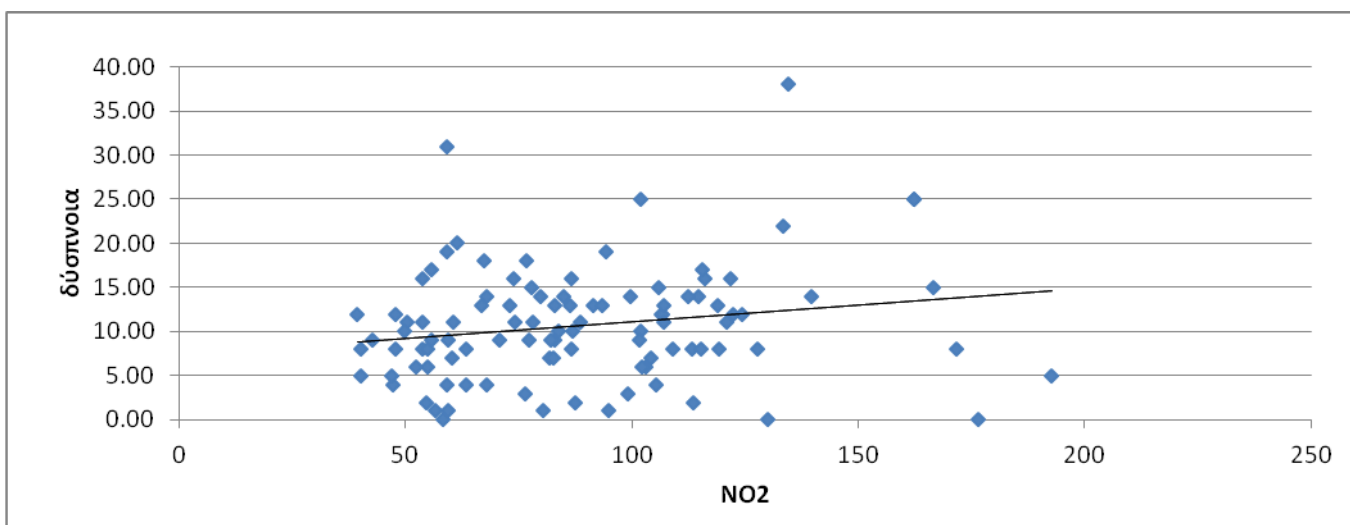
Σχήμα 4. Διάγραμμα διασποράς NO₂-καρδιακές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα διασποράς NO₂-καρδιακές παθήσεις παρατηρούμε μια αυξητική σχέση μεταξύ του διοξειδίου του αζώτου NO₂ και των καρδιακών παθήσεων, δηλαδή, αύξηση των τιμών του NO₂ ισούται με αύξηση των καρδιακών περιστατικών όμως αυτή φαίνεται να μην είναι τόσο μεγάλη όπως υποδηλώνει η μικρή κλίση της γραμμής τάσης(μαύρη γραμμή).



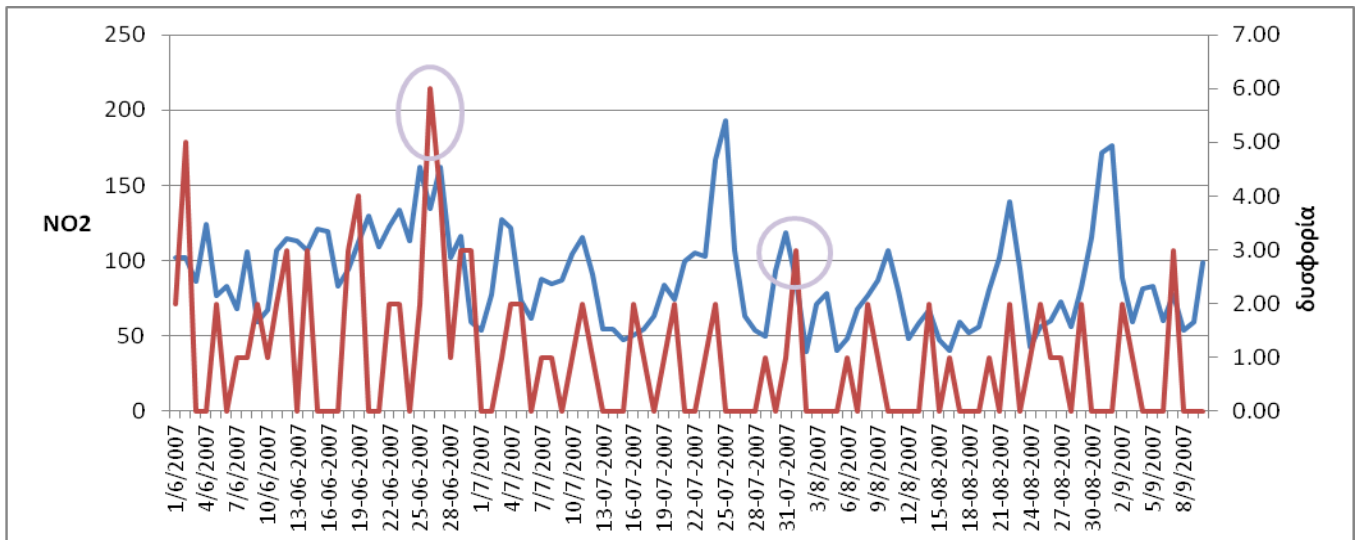
Σχήμα 5. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-δύσπνοια(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τη διακύμανση των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) σε σχέση με αυτή του αριθμού των περιστατικών δύσπνοιας(κόκκινη γραμμή). Οι τιμές του NO₂ διαμορφώνονται όπως ακριβώς έχουμε ήδη περιγράψει παραπάνω (σχ.1). Τα περιστατικά της δύσπνοιας (κόκκινη γραμμη) φαίνεται να ακολουθούν σε γενικές γραμμές τις αυξομειώσεις των τιμών του NO₂ χρονικά. Ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας παρουσιάζει μια κύρια αύξηση μέσα στο διάστημα 22-28 Ιουνίου(πρώτος καύσωνας) αλλά και μια ακόμη στις 29 Ιουνίου με 1 Ιουλίου. Πέρα από τα 2 αυτά εμφανή μέγιστα ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας είναι γενικά μικρότερος παρουσιάζοντας μικρή αύξηση μόνο κατά τα 2 άλλα κύματα καύσωνα 23-28 Ιουλίου και 29 Αυγούστου-3 Σεπτεμβρίου.



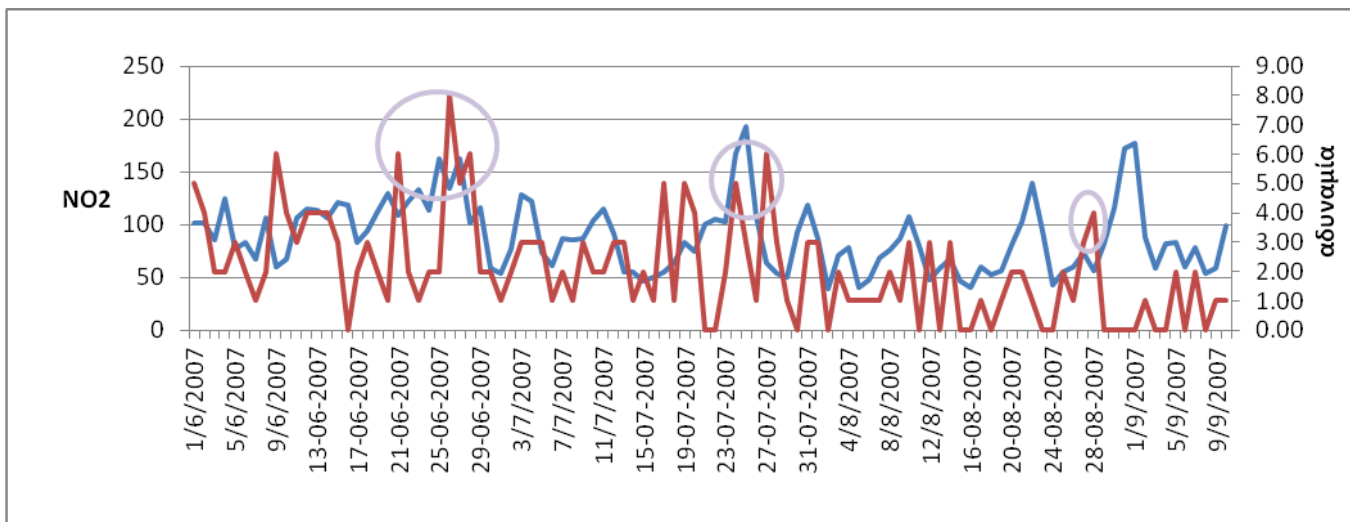
Σχήμα 6. Διάγραμμα διασποράς NO₂-δύσπνοια για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Το διάγραμμα διασποράς NO₂-δύσπνοια επιβεβαιώνει την αυξητική σχέση της δύσπνοιας με το διοξείδιο του αζώτου NO₂ αφού η γραμμή τάσης(μαύρη γραμμή) δείχνει ότι ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας αυξάνει όσο μεγαλώνουν οι τιμές του NO₂.



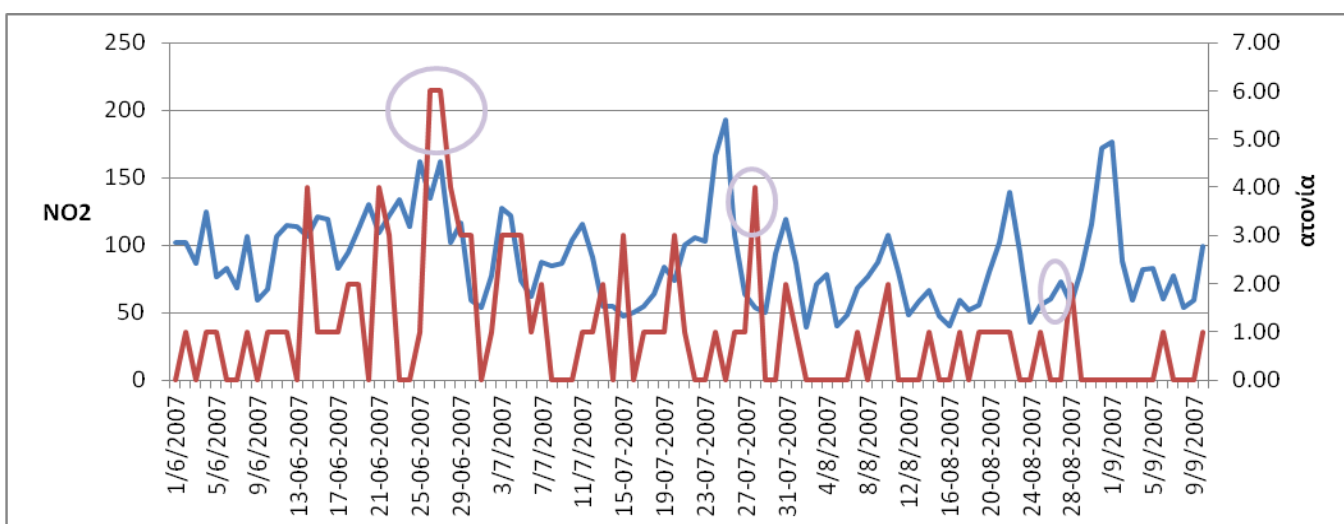
Σχήμα 7. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-δυσφορία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού των περιστατικών δυσφορίας(κόκκινη γραμμή). Οι τιμές του διοξειδίου του αζώτου διαμορφώνονται ως ήδη έχουμε περιγράψει(σχ.1). Ο αριθμός δυσφορίας εμφανίζει απότομες αυξομειώσεις, κυρίως στο διάστημα 1 Ιουνίου με 1 Ιουλίου όπου και παρατηρούμε και τις μεγαλύτερες τιμές αυτού με κύριο μέγιστο στις 24-28 Ιουνίου καθώς και 2 μικρότερα στις 1-3 Ιουνίου και 18-20 Ιουνίου. Στη συνέχεια παρατηρούνται μικρότερες τιμές δυσφορίας και μικρότερες διακυμάνσεις αυτών για όλη την υπόλοιπη περίοδο(1/7 με 10/9) με ένα μέγιστο στις 31 Ιουλίου με 2 Αυγούστου και ακόμα ένα στις 7-8 Σεπτεμβρίου.



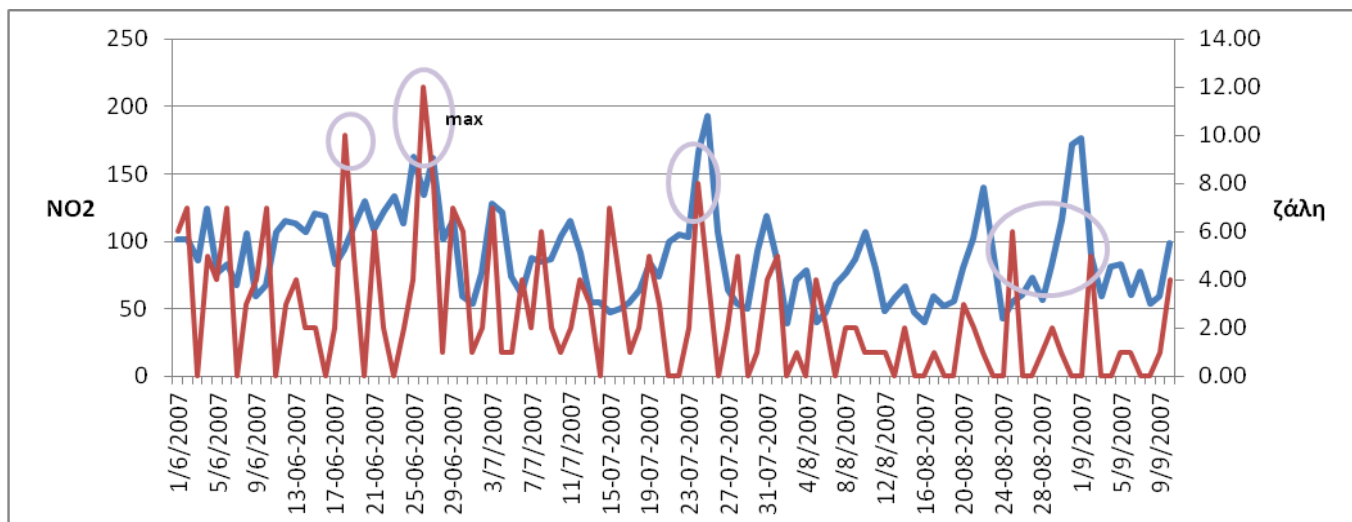
Σχήμα 8. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-αδυναμία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) σε σχέση με αυτή του αριθμού των περιστατικών αδυναμίας(κόκκινη γραμμή). Οι τιμές του διοξειδίου του αζώτου διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει(σχ.1). Παρατηρώντας τη διακύμανση του αριθμού περιστατικών αδυναμίας βλέπουμε πως αυτός ακολουθεί γενικά τις αυξομειώσεις των τιμών του NO₂ σημειώνοντας μέγιστα κατά τις περιόδους των 3 κυμάτων καύσιμα. Συγκεκριμένα, το πρώτο μέγιστο παρατηρείται στο διάστημα 24-26 Ιουνίου ενώ αυξημένη τιμή παρουσιάζει έως και τις 28/6, το δεύτερο μέγιστο παρατηρείται κατά στο διάστημα 23-28 Ιουλίου και το τρίτο 27-29 Αυγούστου. Κατά τις υπόλοιπες περιόδους, ο αριθμός αδυναμίας είναι γενικά μικρότερος σημειώνοντας κάποιες κατά διαστήματα αυξημένες τιμές όπως στις 7-10 Ιουνίου, 21-22 Ιουνίου αλλά και 16-19 Ιουλίου.



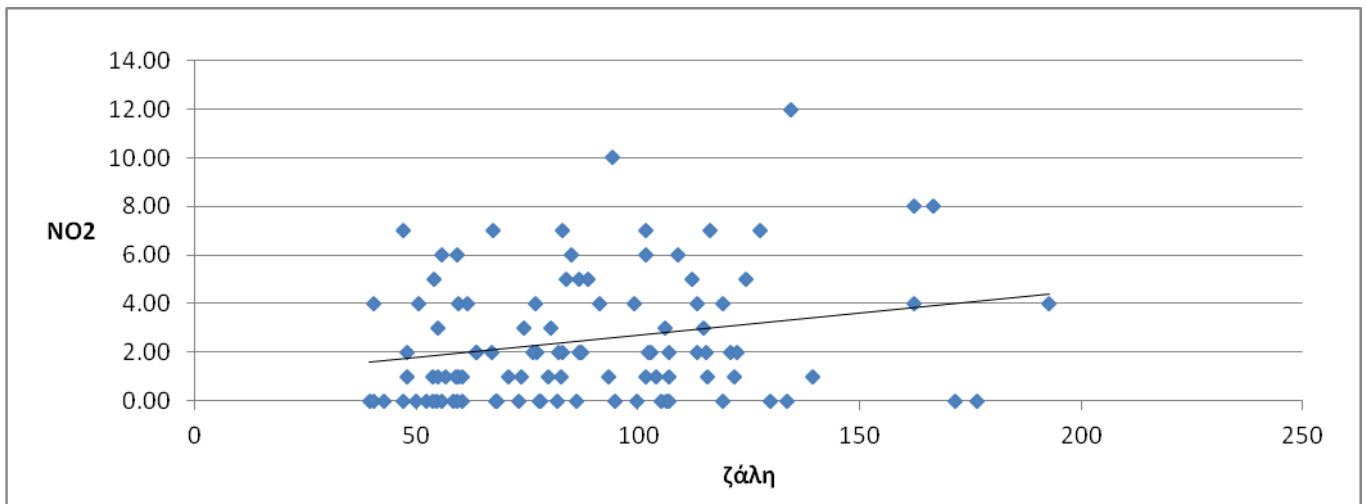
Σχήμα 9. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-ατονία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τη διακύμανση των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) σε σχέση με αυτή του αριθμού των περιστατικών ατονίας(κόκκινη γραμμή). Οι τιμές του NO₂ διαμορφώνονται όπως ακριβώς έχουμε ήδη περιγράψει παραπάνω (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ατονίας είναι γενικά αρκετά μικρός έως μηδενικός ενώ παρουσιάζει μια εμφανή αύξηση στο διάστημα 26-30 Ιουνίου (πρώτο κύμα καύσωνα) και άλλη μια στις 29-30 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσωνα). Δεν παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη αύξηση των περιστατικών ατονίας κατά το τρίτο κύμα καύσωνα.



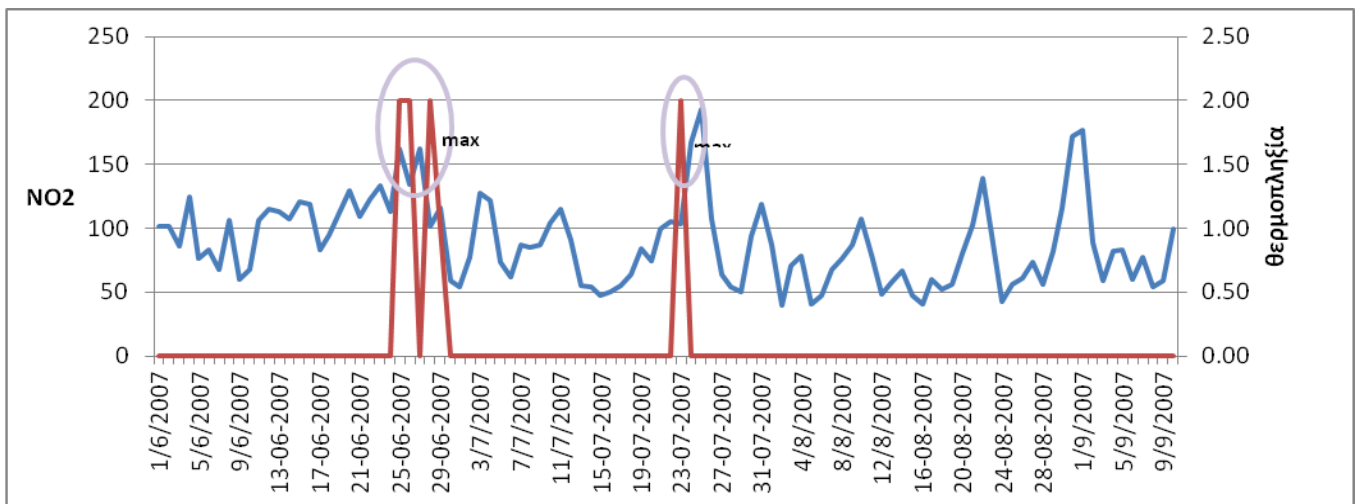
Σχήμα 10. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)-ζάλη(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η σχέση διακύμανσης των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) με τον αριθμό των περιστατικών ζάλης(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007. Οι τιμές του διοξειδίου του αζώτου διαμορφώνονται ως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ζάλης παρουσιάζει απότομες αυξομειώσεις καθ' όλη την περίοδο που εξετάζουμε σημειώνοντας μέγιστα στις 18-20 Ιουνίου και κατά τις 3 περιόδους καύσωνα, συγκεκριμένα στο διάστημα 24-27 Ιουνίου, 24-26 Ιουλίου και 24-26 Αυγούστου και 2-3 Σεπτεμβρίου. Κατά τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα οι τιμές των περιστατικών ζάλης είναι μικρότερες.



Σχήμα 11. Διάγραμμα διασποράς NO₂-ζάλη για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

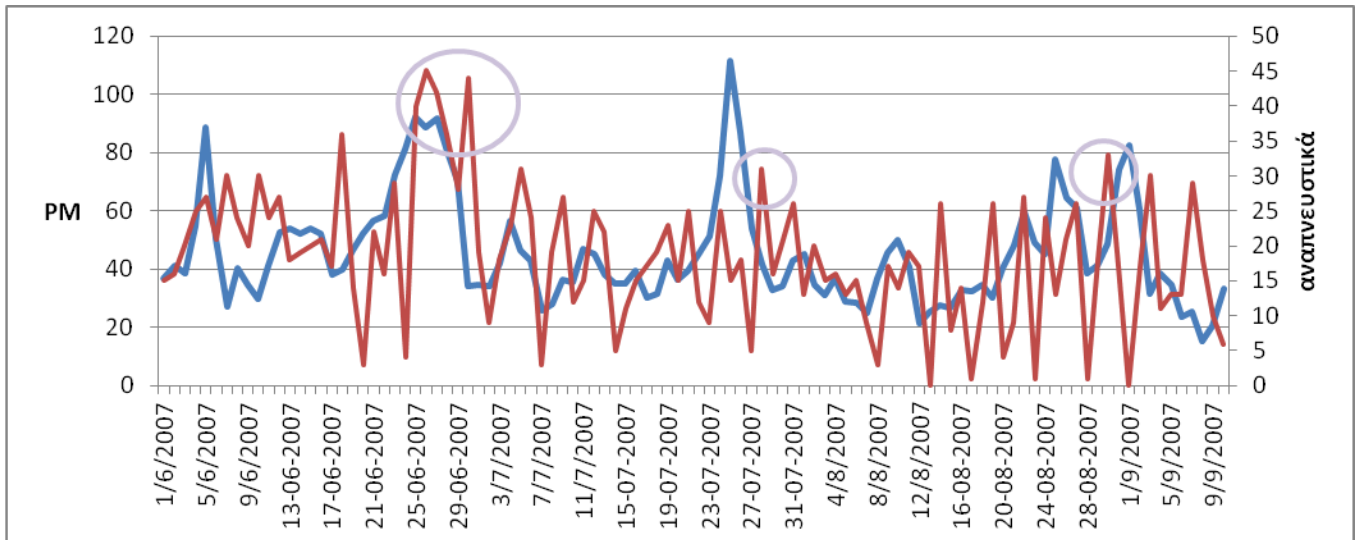
Στο διάγραμμα διασποράς NO₂-ζάλη, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει αυξητική σχέση των περιστατικών ζάλης με τις τιμές του NO₂, αφού με αύξηση του ρύπου NO₂ παρατηρείται επίσης αύξηση στα περιστατικά ζάλης.



Σχήμα 12. Διάγραμμα NO₂(μπλε γραμμή)--θερμοπληξία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

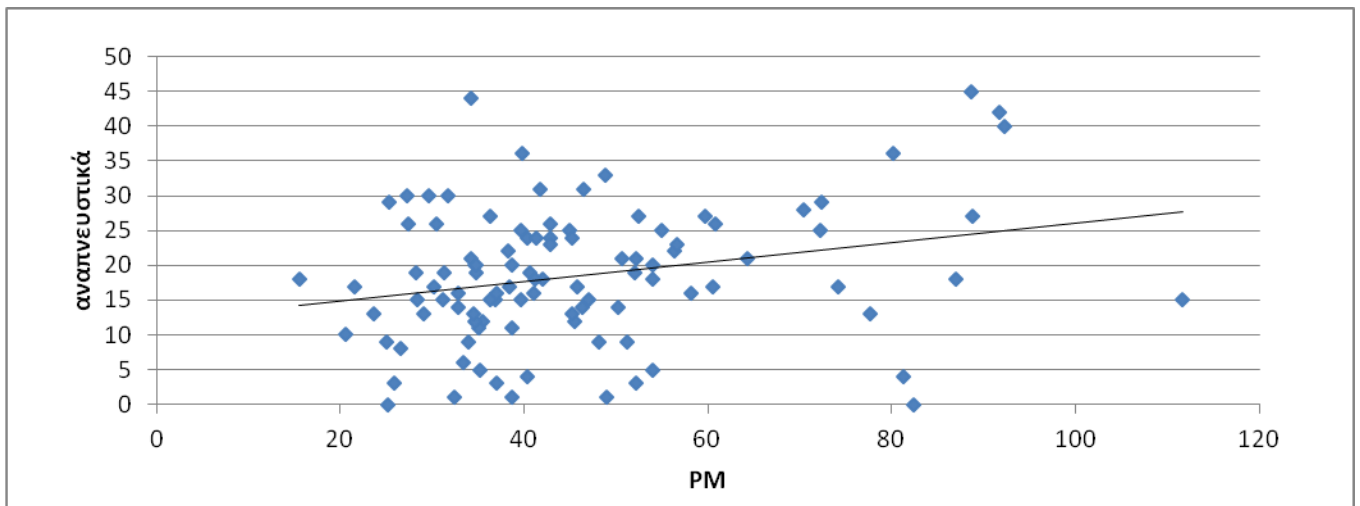
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η σχέση διακύμανσης των τιμών του NO₂(μπλε γραμμή) σε σχέση με αυτή του αριθμού των περιστατικών θερμοπληξίας(κόκκινη γραμμή). Οι τιμές του διοξειδίου του αζώτου διαμορφώνονται ως ήδη έχουμε περιγράψει(σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών θερμοπληξίας είναι μηδενικός με εξαίρεση τις περιόδους των 2 πρώτων κυμάτων καύσινα όπου γίνεται εμφανής η παρουσία τους. Συγκεκριμένα, τα περιστατικά θερμοπληξίας εμφανίζονται 24-30 Ιουνίου και 22-24 Ιουλίου. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι η θερμοπληξία είναι άμεσο αποτέλεσμα του καύσινα.

2. ΡΜ-ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ



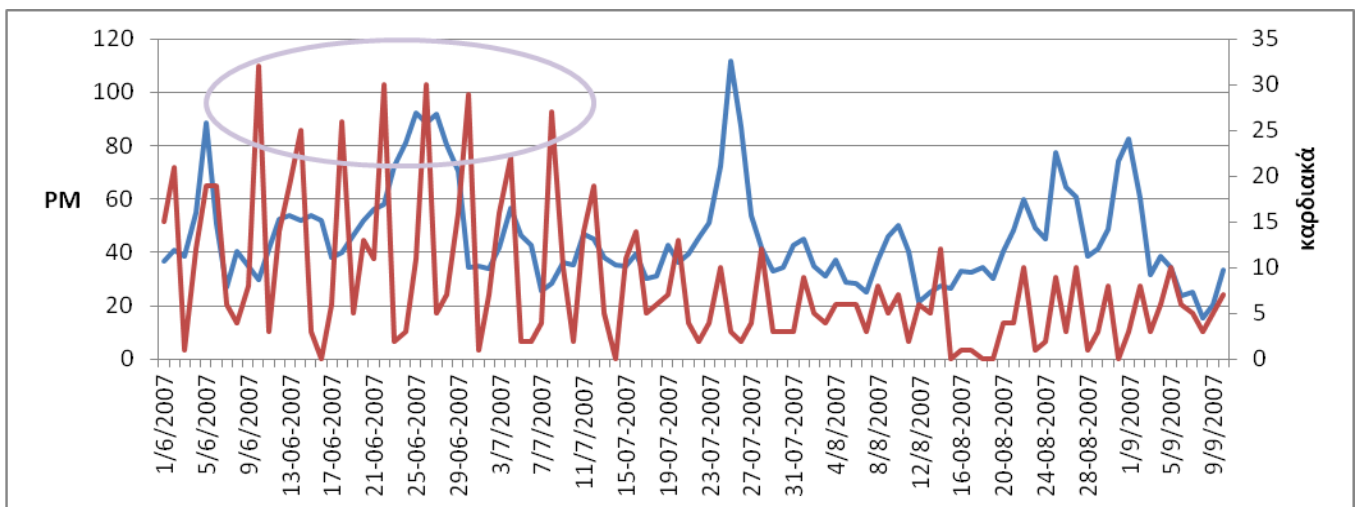
Σχήμα 1. Διάγραμμα ΡΜ(μπλε γραμμή)--αναπνευστικές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα ΡΜ- αναπνευστικά παρουσιάζεται η σχέση διακύμανσης των τιμών των ΡΜ με αυτή του αριθμού περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων κατά την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων ΡΜ (μπλε γραμμή) ξεκινά με τιμές γύρω στα $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τις 1-3 Ιουνίου και παρουσιάζει μια απότομη αύξηση (περίπου $90\mu\text{g}/\text{m}^3$) στις 4-6 Ιουνίου ενώ στη συνέχεια πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα ($30-60\mu\text{g}/\text{m}^3$) μέχρι τις 22 Ιουνίου όπου και σημειώνεται μέγιστο με συγκέντρωση περίπου $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέχρι τις 28 Ιουνίου (22-28 Ιουνίου-πρώτο κύμα καύσωνα). Στη συνέχεια η συγκέντρωση των ΡΜ μειώνεται πάλι σε τιμές γύρω στα $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέχρι τις 23 Ιουλίου. Στις 23-28 Ιουλίου η τιμή των ΡΜ ανέρχεται σημειώνοντας ένα ακόμη μέγιστο με τιμή περίπου $110\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25/7). Έπειτα, μειώνεται και πάλι μέχρι τις 24 Αυγούστου. Στις 24-27 Αυγούστου παρατηρούμε μια ακόμη αύξηση (περίπου $80\mu\text{g}/\text{m}^3$) αμέσως μετά μείωση και τελευταίο μέγιστο στις 1-3 Σεπτεμβρίου (τρίτο κύμα καύσωνα) περίπου $80\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στη συνέχεια οι τιμές των ΡΜ μειώνονται αισθητά. Όσον αφορά τα αναπνευστικά, ο αριθμός τους ακολουθεί διάφορες αυξομειώσεις που σε αρκετά σημεία φαίνεται να ακολουθούν τις αυξομειώσεις των τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των αναπνευστικών παρουσιάζει 3 μέγιστα. Ένα μέγιστο στις 24-29 Ιουνίου ανάλογο αυτού της συγκέντρωσης των ΡΜ, ένα δεύτερο στις 26-28 Ιουλίου και ακόμη ένα στις 28-30 Αυγούστου. Γενικά, γύρω από το πρώτο και δεύτερο μέγιστο ο αριθμός των αναπνευστικών είναι αρκετά μικρότερος ενώ παρουσιάζει κάπως πιο αυξημένες τιμές γύρω από το τρίτο.



Σχήμα 2. Διάγραμμα διασποράς PM-αναπνευστικές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

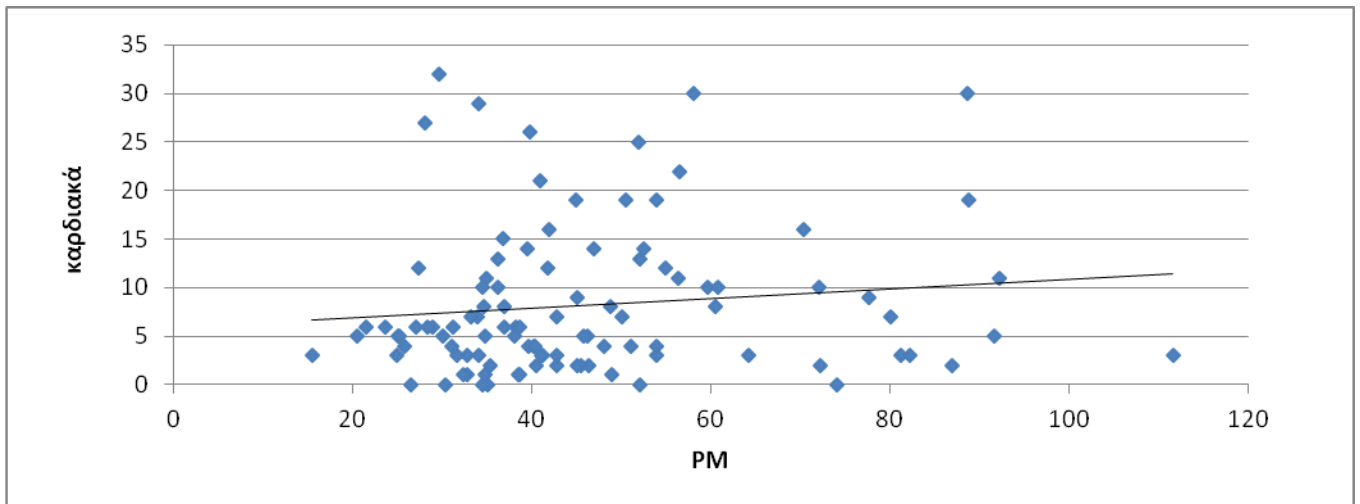
Στο διάγραμμα διασποράς PM-αναπνευστικά φαίνεται σύμφωνα με τη γραμμή τάσης(μαύρη γραμμή) ότι ο αριθμός των αναπνευστικών παθήσεων αυξάνεται με την αύξηση των τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων PM.



Σχήμα 3. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)--καρδιακές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

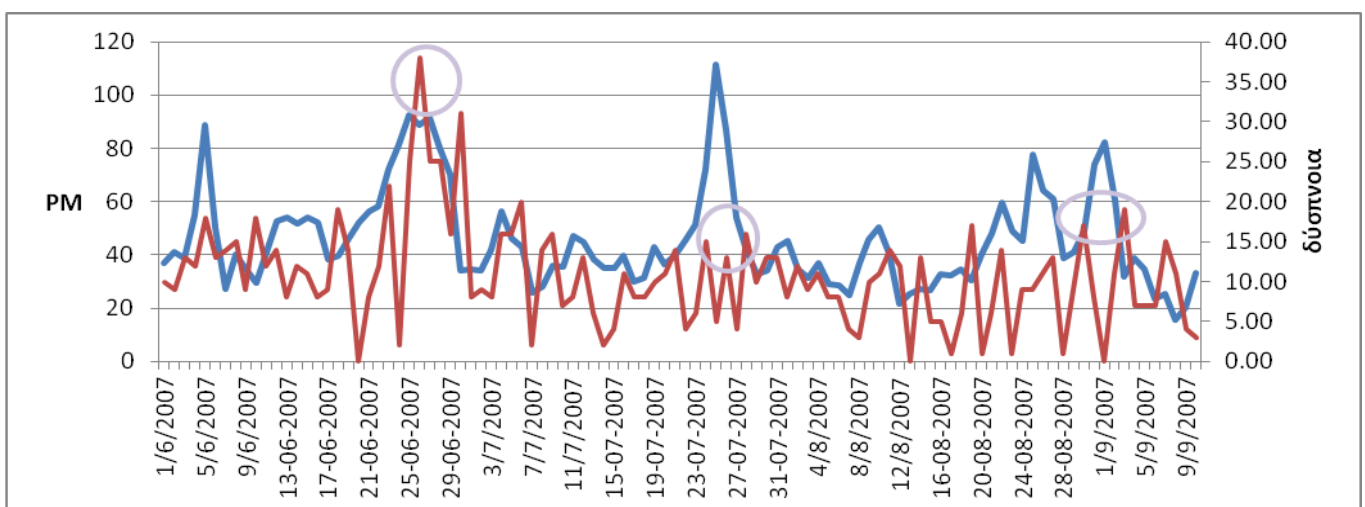
Στο παραπάνω διάγραμμα PM-καρδιακές παθήσεις παρουσιάζεται η σχέση διακύμανσης των τιμών των PM με αυτή του αριθμού περιστατικών καρδιακών παθήσεων κατά την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM (μπλε γραμμή) ξεκινά με τιμές γύρω στα $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τις 1-3 Ιουνίου και παρουσιάζει μια απότομη αύξηση(περίπου $90\mu\text{g}/\text{m}^3$) στις 4-6 Ιουνίου ενώ στη συνέχεια πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα ($30-60\mu\text{g}/\text{m}^3$) μέχρι τις 22 Ιουνίου όπου και σημειώνεται μέγιστο με συγκέντρωση περίπου $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέχρι τις 28 Ιουνίου(22-28 Ιουνίου

πρώτο κύμα καύσωνα). Στη συνέχεια η συγκέντρωση των PM μειώνεται πάλι σε τιμές γύρω στα 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέχρι τις 23 Ιουλίου. Στις 23-28 Ιουλίου η τιμή των PM ανέρχεται σημειώνοντας ένα ακόμη μέγιστο με τιμή περίπου 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25/7). Έπειτα, μειώνεται και πάλι μέχρι τις 24 Αυγούστου. Στις 24-27 Αυγούστου παρατηρούμε μια ακόμη αύξηση(περίπου 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) αμέσως μετά μείωση και τελευταίο μέγιστο στις 1-3 Σεπτεμβρίου(τρίτο κύμα καύσωνα) περίπου 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στη συνέχεια οι τιμές των PM μειώνονται αισθητά.



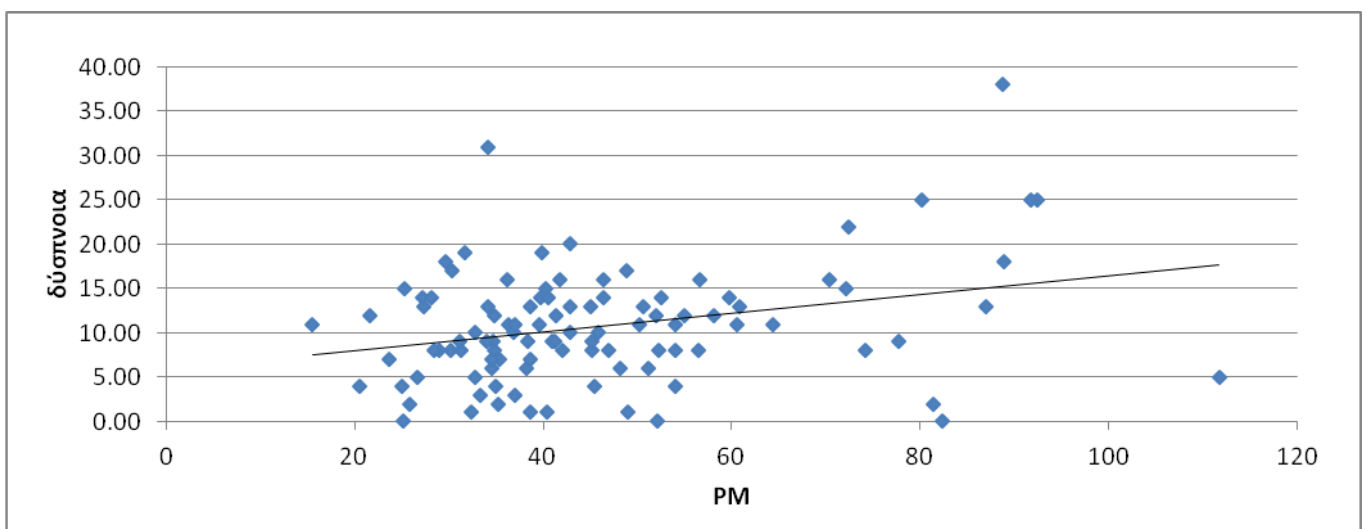
Σχήμα 4. Διάγραμμα διασποράς PM-καρδιακές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα διασποράς PM-καρδιακές παθήσεις, σύμφωνα με τη γραμμή τάσης(μαύρη γραμμή) ο αριθμός των καρδιακών παθήσεων παρουσιάζει σχετικά μικρή αύξηση όταν αυξάνει η τιμή των αιωρούμενων σωματιδίων PM, όπως φαίνεται από τη μικρή κλίση της γραμμής τάσης.



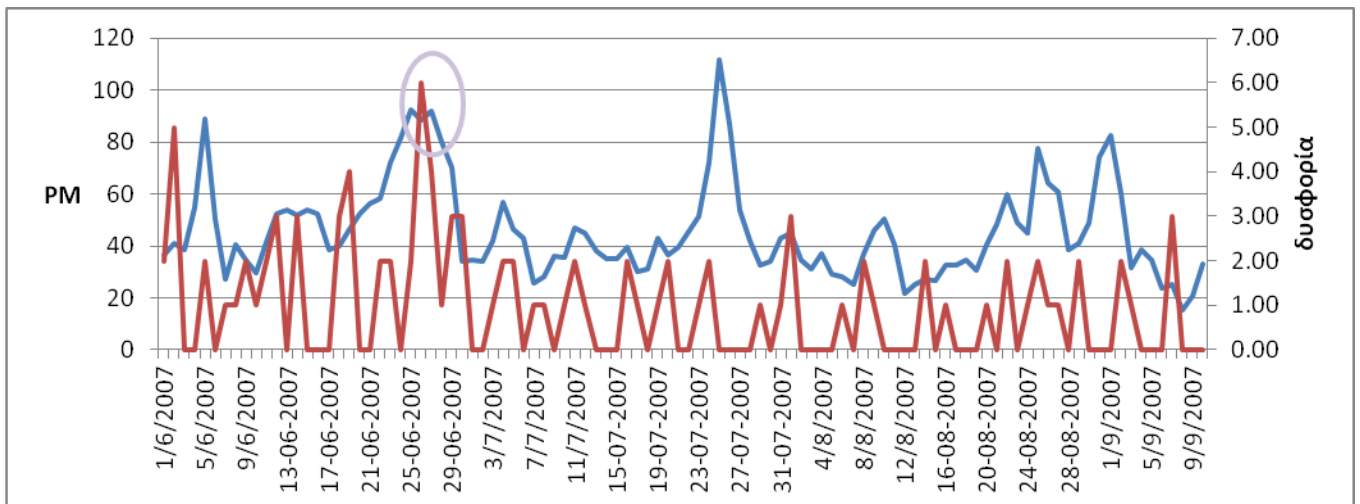
Σχήμα 5. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)--δύσπνοια(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών PM με αυτή του αριθμού περιστατικών δύσπνοιας. Οι τιμές των PM διαμορφώνονται όπως έχουμε ήδη αναφέρει(σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας ξεκινά με σχετικά μικρές διακυμάνσεις το διάστημα 1/6 με 19/6 ενώ μετά παρουσιάζει απότομες διακυμάνσεις μέχρι τη 1/7. Εντωμεταξύ, παρατηρούμε μέγιστο των περιστατικών δύσπνοιας στις 24-28 Ιουνίου(πρώτο κύμα καύσωνα) που παράλληλα συμπίπτει με την αύξηση της συγκέντρωσης των PM. Σε όλο το υπόλοιπο διάστημα δεν παρατηρούμε αλλού τόσο απότομες διακυμάνσεις και εκτός από το διάστημα 29 Αυγούστου-2 Σεπτεμβρίου(τρίτο κύμα καύσωνα) όπου παρατηρούμε πάλι μια σχετική αύξηση των περιστατικών δεν παρατηρούμε το ίδιο κατά το διάστημα 23-27 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσωνα).



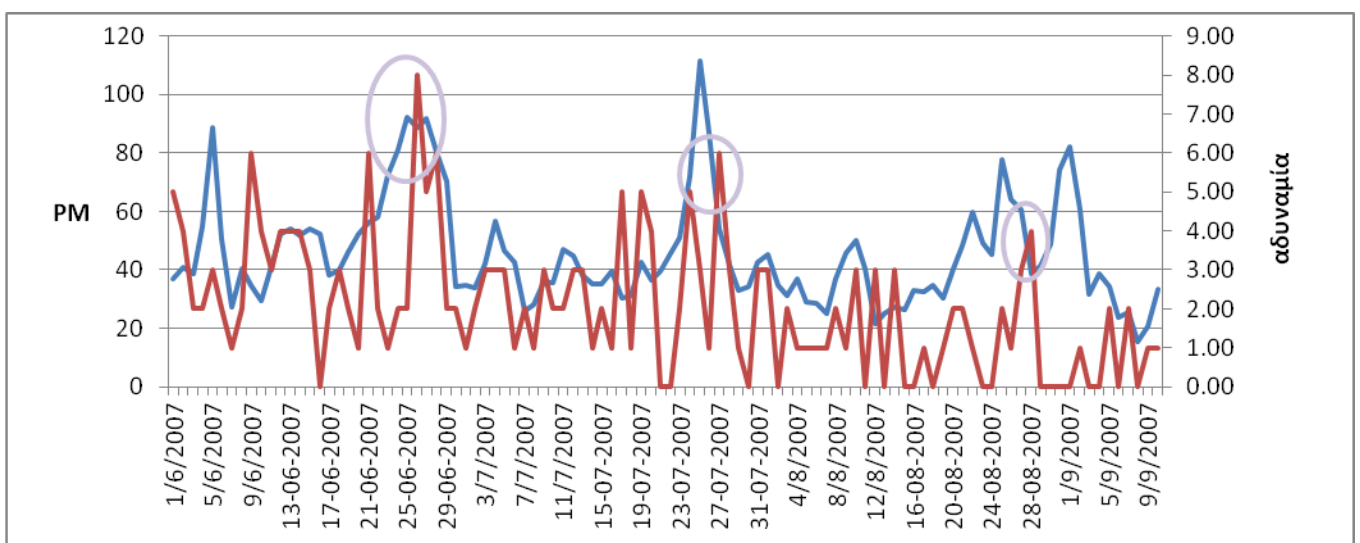
Σχήμα 6. Διάγραμμα διασποράς PM-δύσπνοια για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007

Στο διάγραμμα διασποράς PM-δύσπνοια, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει αυξητική σχέση μεταξύ των περιστατικών δύσπνοιας και των τιμών των PM και συγκεκριμένα αύξηση της δύσπνοιας ανάλογη της αύξησης των τιμών των PM.



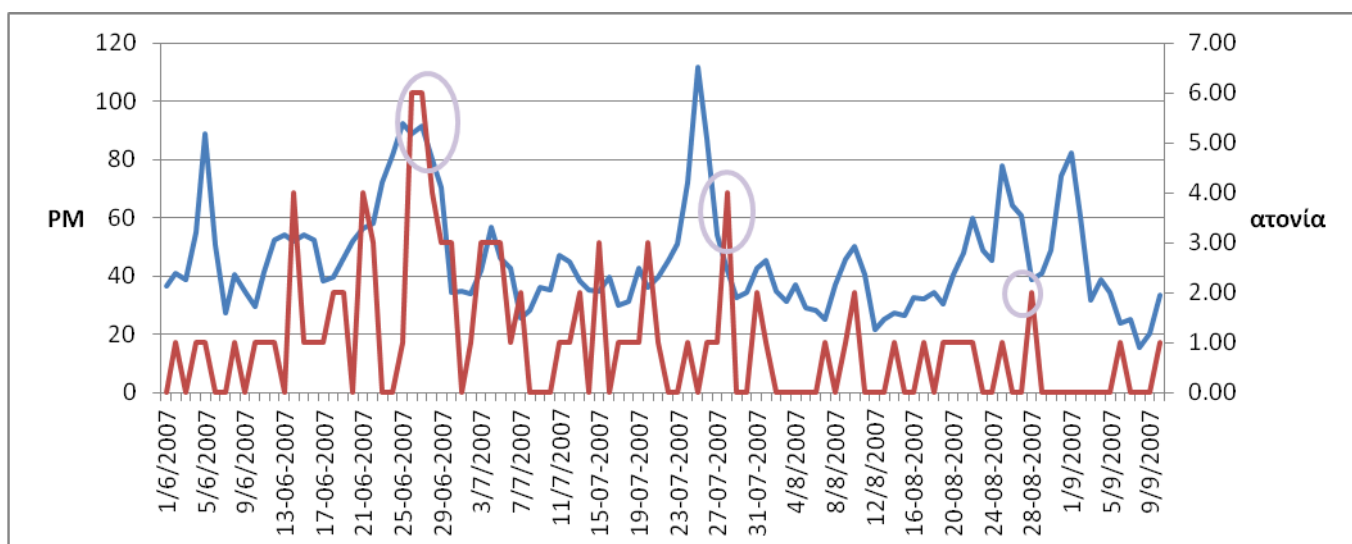
Σχήμα 7. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)--δυσφορία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα PM-δυσφορία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών των PM(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών δυσφορίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών δυσφορίας ξεκινά με ένα μέγιστο στη 1-2 Ιουνίου και στη συνέχεια η τιμή του πέφτει και ακολουθεί κάποιες αρκετά απότομες διακυμάνσεις ώσπου στις 24-28 Ιουνίου(πρώτο κύμα καύσωνα) σημειώνει μέγιστο. Στη συνέχεια ο αριθμός των περιστατικών δυσφορίας μειώνεται πάλι και ακολουθεί μικρότερες σε σχέση με την αρχικές διακυμάνσεις ως και το τέλος της περιόδου που εξετάζουμε σημειώνοντας ένα μέγιστο στις 29 Ιουλίου με 1 Αυγούστου και ακόμη ένα στις 5-7 Σεπτεμβρίου.



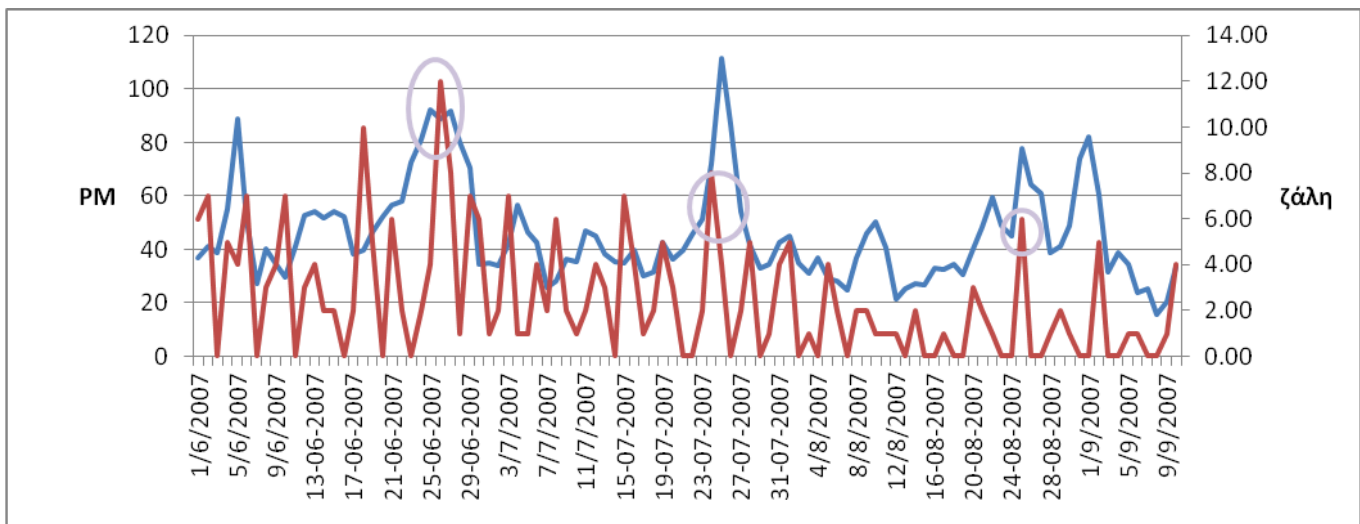
Σχήμα 8. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)-αδυναμία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα PM-αδυναμία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών των PM(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών αδυναμίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών αδυναμίας κατά το πρώτο διάστημα που εξετάζουμε, παρουσιάζει διάφορες διακυμάνσεις σημειώνοντας μέγιστο στις 24-28 Ιουνίου(πρώτος καύσωνας) το οποίο συμπίπτει με το μέγιστο της τιμής των PM. Στη συνέχεια, ο αριθμός περιστατικών αδυναμίας μειώνεται αρκετά και αρχίζει να αυξάνεται και πάλι στις 16 Ιουλίου μέχρι που σημειώνει ένα ακόμη μέγιστο στις 27-29 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσωνα) το οποίο συμπίπτει με αυξημένη συγκέντρωση PM. Έπειτα, ο αριθμός μειώνεται και πάλι ώσπου να δώσει ένα ακόμη μέγιστο στις 26-28 Αυγούστου(τρίτο κύμα καύσωνα) όπου και πάλι συμπίπτει με αυξημένη τιμή PM. Τέλος, ο αριθμός των περιστατικών αδυναμίας ακολουθεί χαμηλότερα επίπεδα τιμών μέχρι το τέλος της περιόδου που εξετάζουμε.



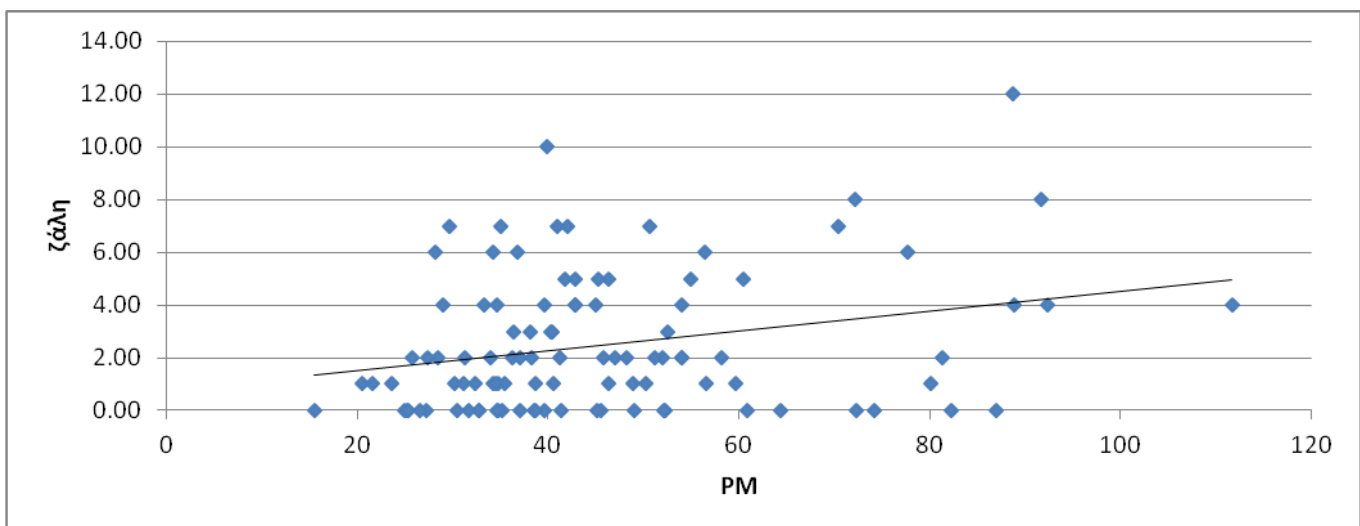
Σχήμα 9. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)--ατονία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών PM με αυτή του αριθμού περιστατικών ατονίας. Οι τιμές των PM διαμορφώνονται όπως έχουμε ήδη αναφέρει(σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ατονίας είναι γενικά αρκετά μικρός έως μηδενικός ενώ παρουσιάζει μια εμφανή αύξηση στο διάστημα 26-30 Ιουνίου (πρώτο κύμα καύσωνα) και άλλη μια στις 29-30 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσωνα). Δεν παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη αύξηση των περιστατικών ατονίας κατά το τρίτο κύμα καύσωνα.



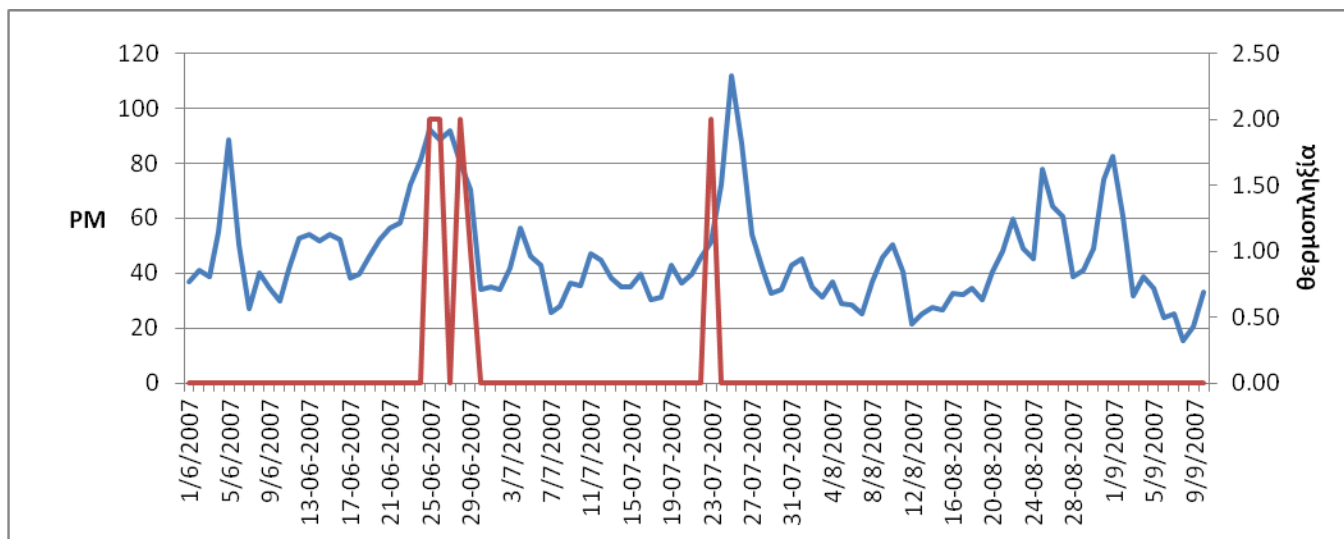
Σχήμα 10. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)--ζάλη(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα PM-αδυναμία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών των PM(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών αδυναμίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ζάλης παρουσιάζει απότομες αυξομειώσεις καθ' όλη την περίοδο που εξετάζουμε σημειώνοντας μέγιστα στις 18-20 Ιουνίου και κατά τις 3 περιόδους καύσινα, συγκεκριμένα στο διάστημα 24-27 Ιουνίου, 24-26 Ιουλίου και 24-26 Αυγούστου και 2-3 Σεπτεμβρίου. Κατά τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα οι τιμές των περιστατικών ζάλης είναι μικρότερες.



Σχήμα 11. Διάγραμμα διασποράς PM-ζάλη για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

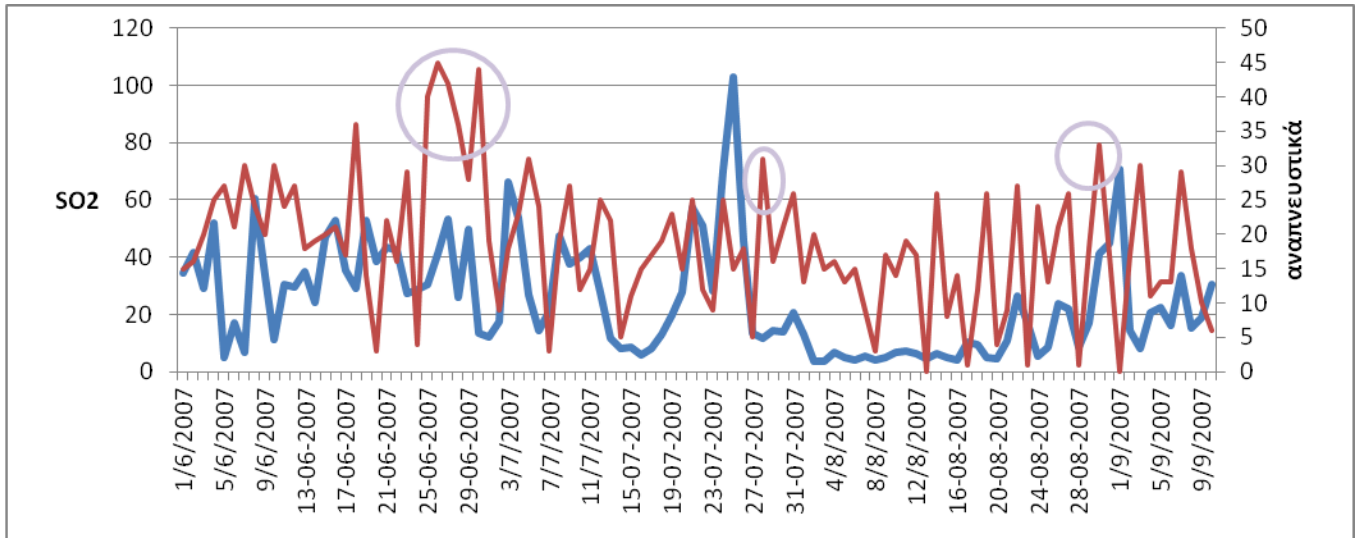
Στο διάγραμμα διασποράς PM-ζάλη, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει αυξητική σχέση μεταξύ των περιστατικών ζάλης και των τιμών των PM και συγκεκριμένα αύξηση της ζάλης ανάλογη της αύξησης των τιμών των PM.



Σχήμα 12. Διάγραμμα PM(μπλε γραμμή)--θερμοπληξία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

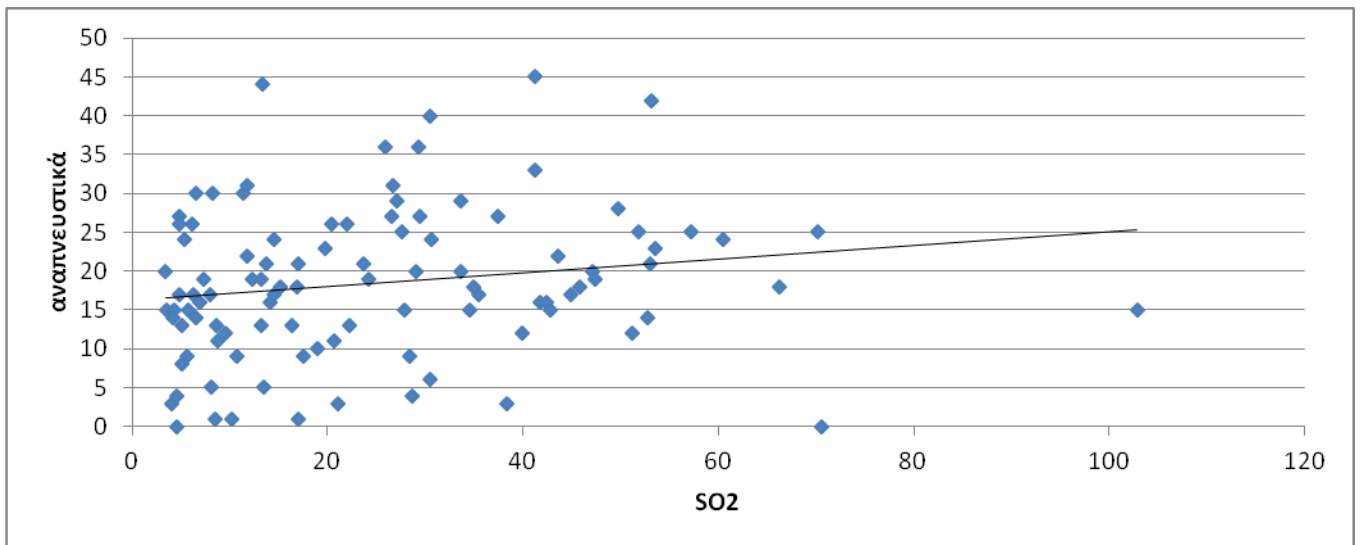
Στο παραπάνω διάγραμμα PM-θερμοπληξία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών των PM(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών θερμοπληξίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών θερμοπληξίας είναι μηδενικός με εξαίρεση τις περιόδους των 2 πρώτων κυμάτων καύσινα όπου γίνεται εμφανής η παρουσία τους. Συγκεκριμένα, τα περιστατικά θερμοπληξίας εμφανίζονται 24-30 Ιουνίου και 22-24 Ιουλίου και συμπίπτουν με την αυξημένη τιμή των αιωρούμενων σωματιδίων.

3. SO₂-ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ



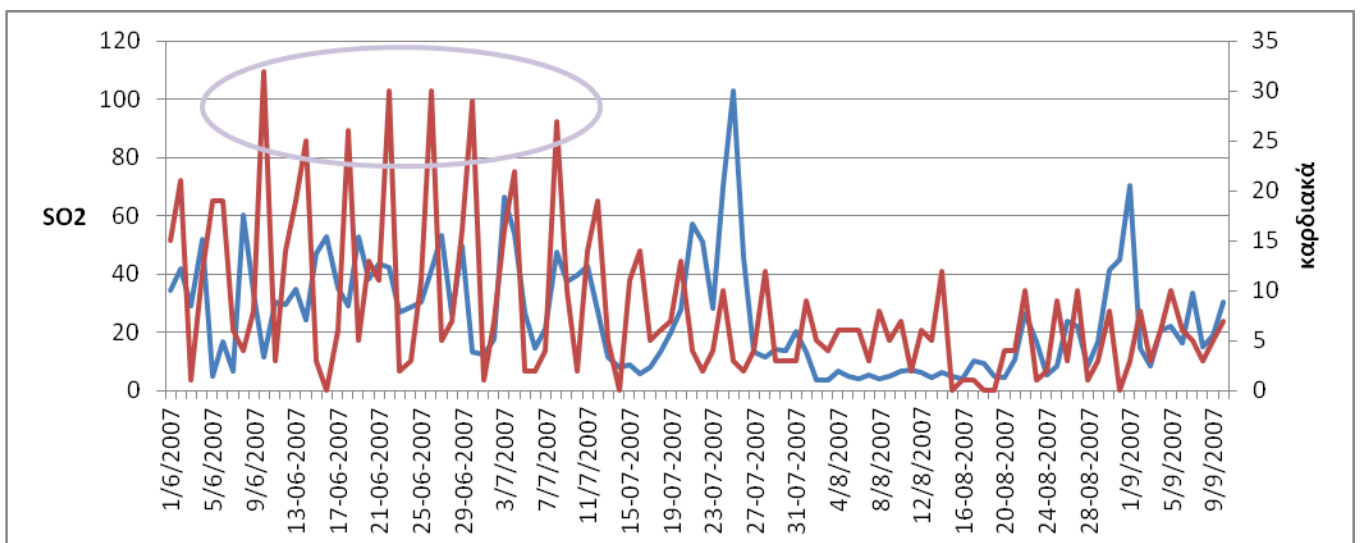
Σχήμα 1. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)-αναπνευστικές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα SO₂-αναπνευστικές παθήσεις, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Η συγκέντρωση του SO₂ ακολουθεί διάφορες διακυμάνσεις τιμών καθ' όλη την περίοδο που εξετάζουμε και περισσότερο απότομες κατά την έναρξη της καλοκαιρινής περιόδου(1/6) και ως τις 26 Ιουνίου και λιγότερο απότομες στη συνέχεια και ως το τέλος της περιόδου που εξετάζουμε(10/9). Χαρακτηριστικά μέγιστα σημειώνονται στο διάστημα 24-25 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσωνα), όπου η τιμή του SO₂ φτάνει τα 100μg/m³, και στο διάστημα 30 Αυγ- 1 Σεπτ(τρίτο κύμα καύσωνα), όπου η τιμή φτάνει τα 70μg/m³ ενώ δεν παρατηρείται κάποια αξιοσημείωτη αύξηση στην τιμή του το διάστημα 23-28 Ιουνίου(πρώτο κύμα καύσωνα). Ο αριθμός των περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων δε φαίνεται γενικά να ακολουθεί τις αυξομειώσεις του SO₂ και παρουσιάζει αυξημένη τιμή και κατά τις 3 περιόδους καύσωνα. Συγκεκριμένα, σημειώνει ένα μέγιστο στις 25-29 Ιουνίου, ένα δεύτερο στις 29-30 Ιουλίου και ένα τρίτο στις 29-30 Αυγούστου. Και στις 3 αυτές περιπτώσεις αυξημένου αριθμού περιστατικών δεν αντιστοιχεί κάποια ανάλογη αύξηση του ρύπου SO₂.



Σχήμα 2. Διάγραμμα διασποράς SO₂-αναπνευστικές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

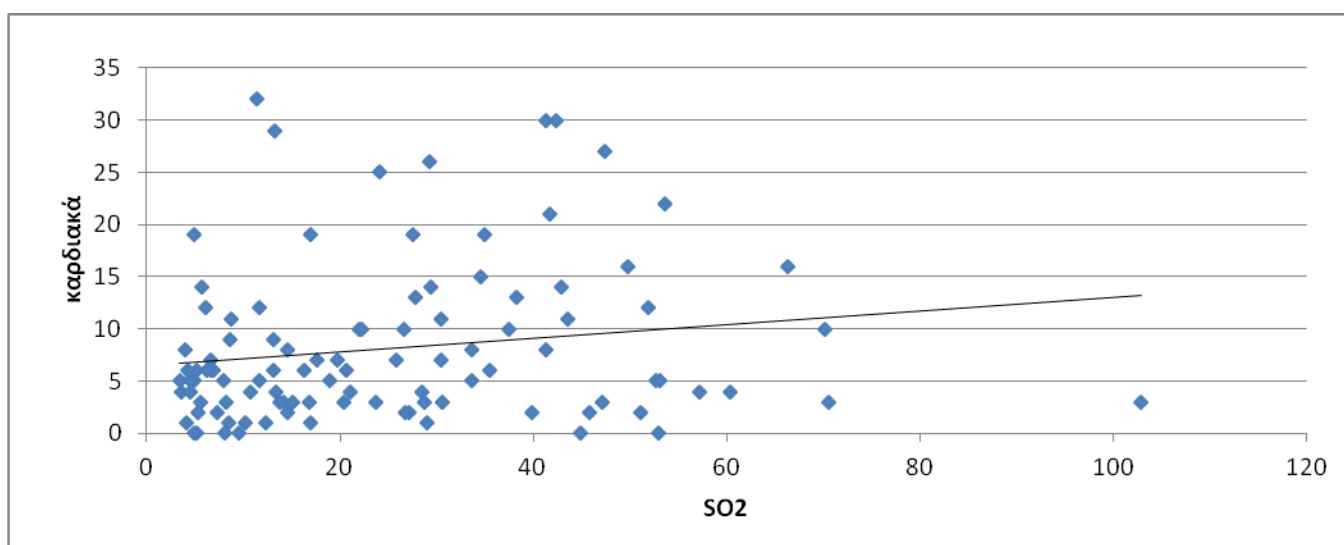
Στο διάγραμμα διασποράς SO₂-αναπνευστικά, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει αύξηση των αναπνευστικών περιστατικών όταν αυξάνει η συγκέντρωση του SO₂.



Σχήμα 3. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--καρδιακές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

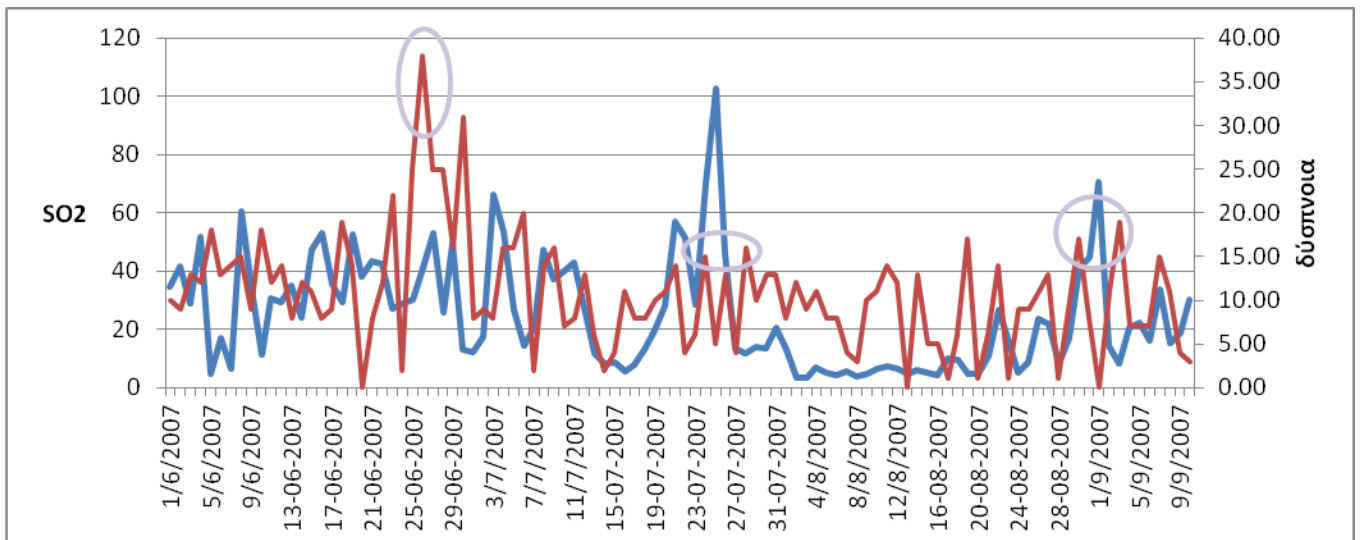
Στο διάγραμμα SO₂-καρδιακές παθήσεις, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών καρδιακών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των καρδιακών παθήσεων παρατηρούμε πως σημειώνει απότομες αυξομειώσεις κατά την έναρξη της καλοκαιρινής περιόδου

(1/6/2007) μέχρι περίπου τα μέσα Ιουλίου (13/7/2007), ενώ στη συνέχεια παρουσιάζει πιο ομαλές τιμές. Εδώ, παρατηρούμε γενικά τις μεγαλύτερες τιμές των καρδιακών παθήσεων να σημειώνονται σε μεγάλο εύρος χρόνου μέχρι τις 13/7, συμπεριλαμβανομένου και του πρώτου κύματος καύσωνα. Στο υπόλοιπο διάστημα όμως, οι τιμές των περιστατικών καρδιακών παθήσεων είναι εμφανώς μικρότερες και δε φαίνεται να ακολουθούν σε ένταση τις τιμές του SO₂ κατά τα 2 άλλα κύματα καύσωνα. Αυτό πιθανά συμβαίνει επειδή οι καρδιακές παθήσεις είναι περισσότερο αποτέλεσμα άλλων παραγόντων και όχι τόσο της επίδρασης του διοξειδίου του αζώτου(SO₂).



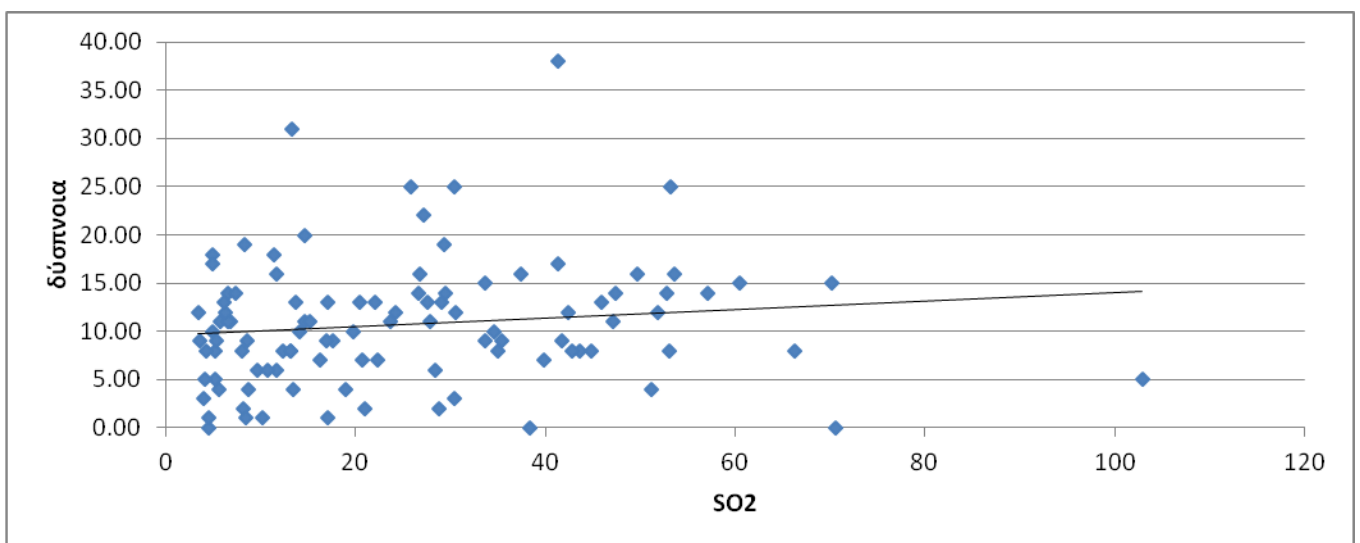
Σχήμα 4. Διάγραμμα διασποράς SO₂-καρδιακές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα διασποράς SO₂-καρδιακά, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει σχετική αύξηση των καρδιακών περιστατικών όταν αυξάνει η συγκέντρωση του SO₂. Βέβαια, οι συγκέντρωση του SO₂, γενικότερα, κυμαίνεται κυρίως σε χαμηλές τιμές, όπως φαίνεται στα αριστερά του διαγράμματος,



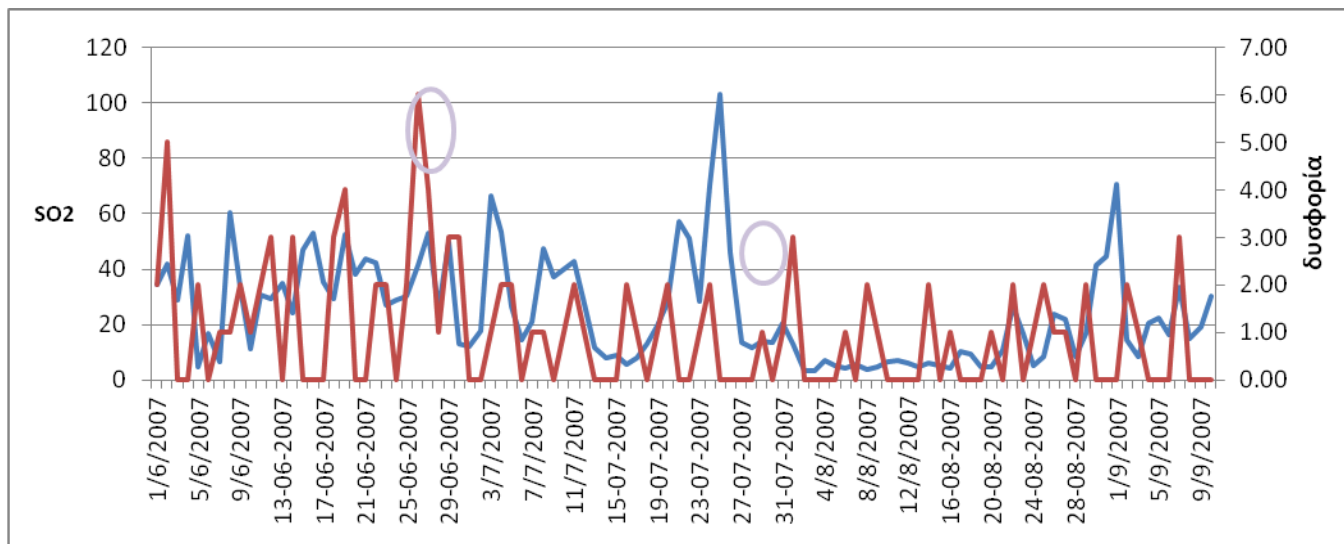
Σχήμα 5. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--δύσπνοια(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα SO₂-καρδιακές παθήσεις, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών καρδιακών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας (κόκκινη γραμμη) αλλού ακολουθεί χρονικά και αλλού όχι τις αυξομειώσεις των τιμών του SO₂ . Παρουσιάζει μια κύρια αύξηση μέσα στο διάστημα 22-28 Ιουνίου(πρώτος καύσωνας) αλλά και μια ακόμη στις 29 Ιουνίου με 1 Ιουλίου. Πέρα από τα 2 αυτά εμφανή μέγιστα ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας είναι γενικά μικρότερος παρουσιάζοντας μικρή αύξηση μόνο κατά τα 2 άλλα κύματα καύσωνα 23-28 Ιουλίου και 29Αυγούστου-3Σεπτεμβρίου.



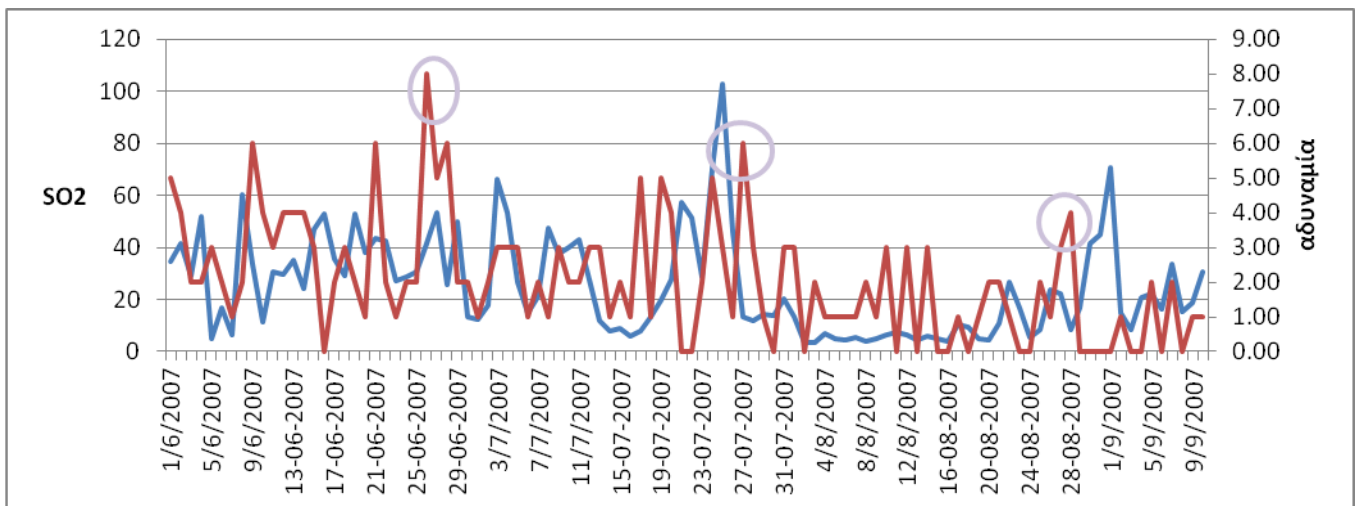
Σχήμα 6. Διάγραμμα διασποράς SO₂-δύσπνοια για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα διασποράς SO₂-δύσπνοια, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει σχετικά μικρή αύξηση των περιστατικών δύσπνοιας όταν αυξάνει η συγκέντρωση του SO₂.



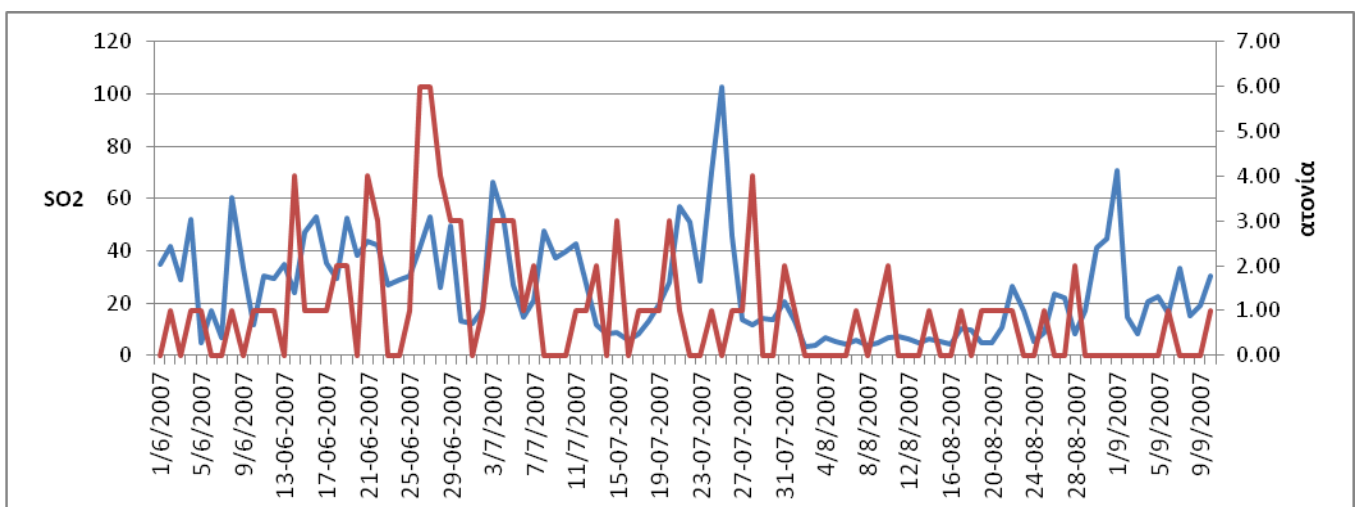
Σχήμα 7. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--δυσφορία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα SO₂-δυσφορία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών δυσφορίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός δυσφορίας εμφανίζει απότομες αυξομειώσεις, κυρίως στο διάστημα 1 Ιουνίου με 1 Ιουλίου όπου και παρατηρούμε και τις μεγαλύτερες τιμές αυτού με κύριο μέγιστο στις 24-28 Ιουνίου καθώς και 2 μικρότερα στις 1-3 Ιουνίου και 18-20 Ιουνίου. Στη συνέχεια παρατηρούνται μικρότερες τιμές δυσφορίας και μικρότερες διακυμάνσεις αυτών για όλη την υπόλοιπη περίοδο(1/7 με 10/9) με ένα μέγιστο στις 31 Ιουλίου με 2 Αυγούστου και ακόμα ένα στις 7-8 Σεπτεμβρίου. Γενικότερα, οι αυξομειώσεις των περιστατικών δυσφορίας δε φαίνεται να ακολουθούν αυτές της συγκέντρωσης του SO₂.



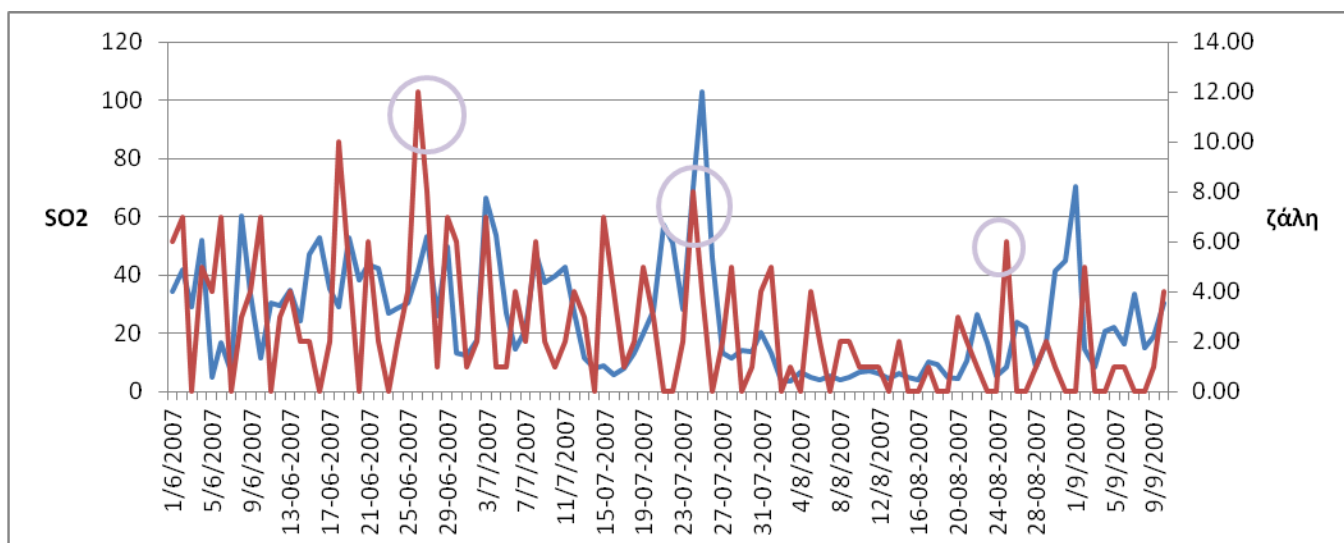
Σχήμα 8. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--αδυναμία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα SO₂-καρδιακές παθήσεις, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών καρδιακών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών αδυναμίας βλέπουμε πως σημειώνει μέγιστα κατά τις περιόδους των 3 κυμάτων καύσωνα. Συγκεκριμένα, το πρώτο μέγιστο παρατηρείται στο διάστημα 24-26 Ιουνίου ενώ αυξημένη τιμή παρουσιάζει έως και τις 28 Ιουνίου, το δεύτερο μέγιστο παρατηρείται κατά στο διάστημα 23-28 Ιουλίου και το τρίτο 27-29 Αυγούστου. Κατά τις υπόλοιπες περιόδους, ο αριθμός αδυναμίας είναι γενικά μικρότερος σημειώνοντας κάποιες κατά διαστήματα αυξημένες τιμές όπως στις 7-10 Ιουνίου, 21-22 Ιουνίου αλλά και 16-19 Ιουλίου. Γενικά, δε φαίνεται οι αυξήσεις των περιστατικών αδυναμίας να συμπίπτουν με τις αυξήσεις της τιμής του SO₂.



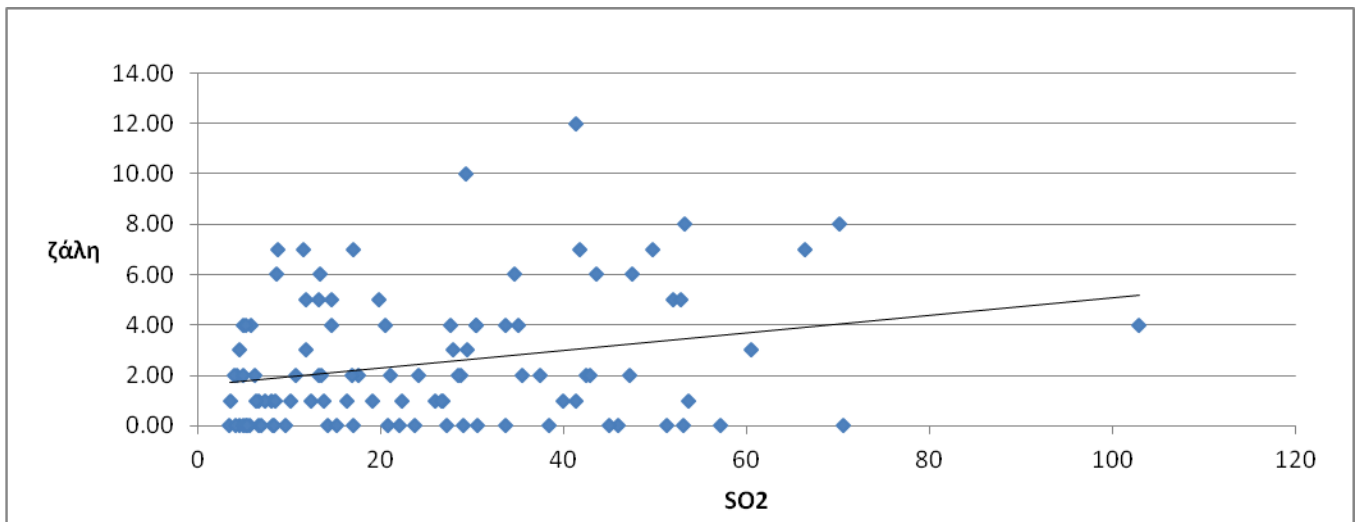
Σχήμα 9. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--ατονία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα SO₂-ατονία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών ατονίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ατονίας είναι γενικά αρκετά μικρός έως μηδενικός ενώ παρουσιάζει μια εμφανή αύξηση στο διάστημα 26-30 Ιουνίου (πρώτο κύμα καύσιων) και άλλη μια στις 29-30 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσιων). Δεν παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη αύξηση των περιστατικών ατονίας κατά το τρίτο κύμα καύσιων.



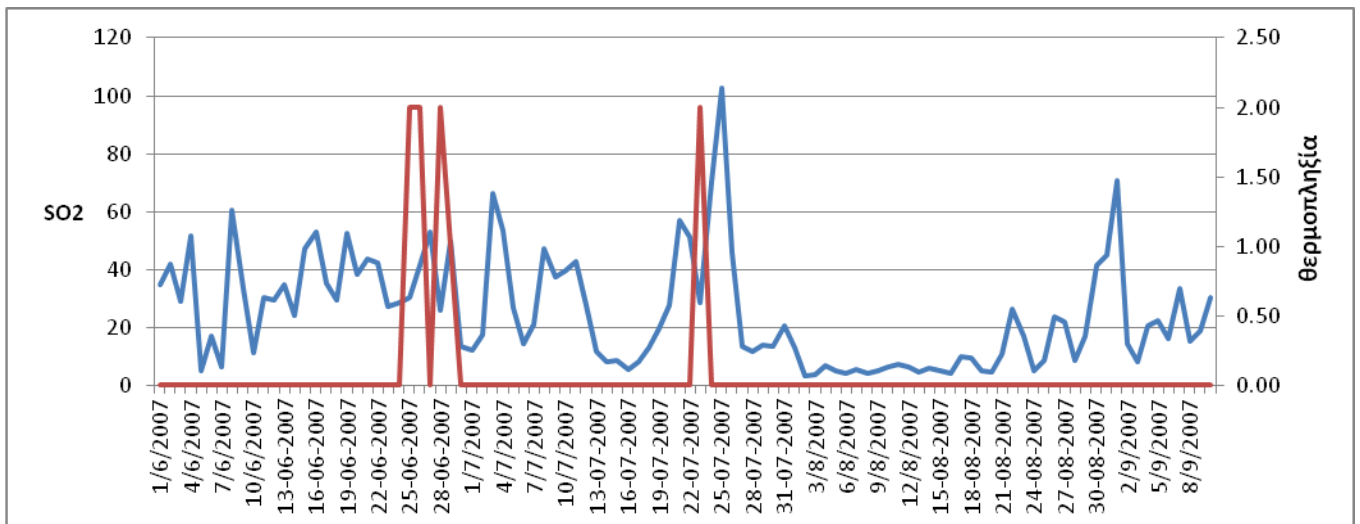
Σχήμα 10. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--ζάλη(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα SO₂-ζάλη, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂ (μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών ζάλης(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ζάλης παρουσιάζει απότομες αυξομειώσεις καθ' όλη την περίοδο που εξετάζουμε σημειώνοντας μέγιστα στις 18-20 Ιουνίου και κατά τις 3 περιόδους καύσιων, συγκεκριμένα στο διάστημα 24-27 Ιουνίου, 24-26 Ιουλίου και 24-26 Αυγούστου και 2-3 Σεπτεμβρίου. Κατά τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα οι τιμές των περιστατικών ζάλης είναι μικρότερες. Παρατηρούμε, γενικά, ότι οι διακυμάνσεις των περιστατικών ζάλης ακολουθούν, άλλοτε σε μικρότερο και άλλοτε σε μεγαλύτερο βαθμό, χρονικά τις διακυμάνσεις της συγκέντρωσης του SO₂.



Σχήμα 11. Διάγραμμα διασποράς SO₂-ζάλη για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

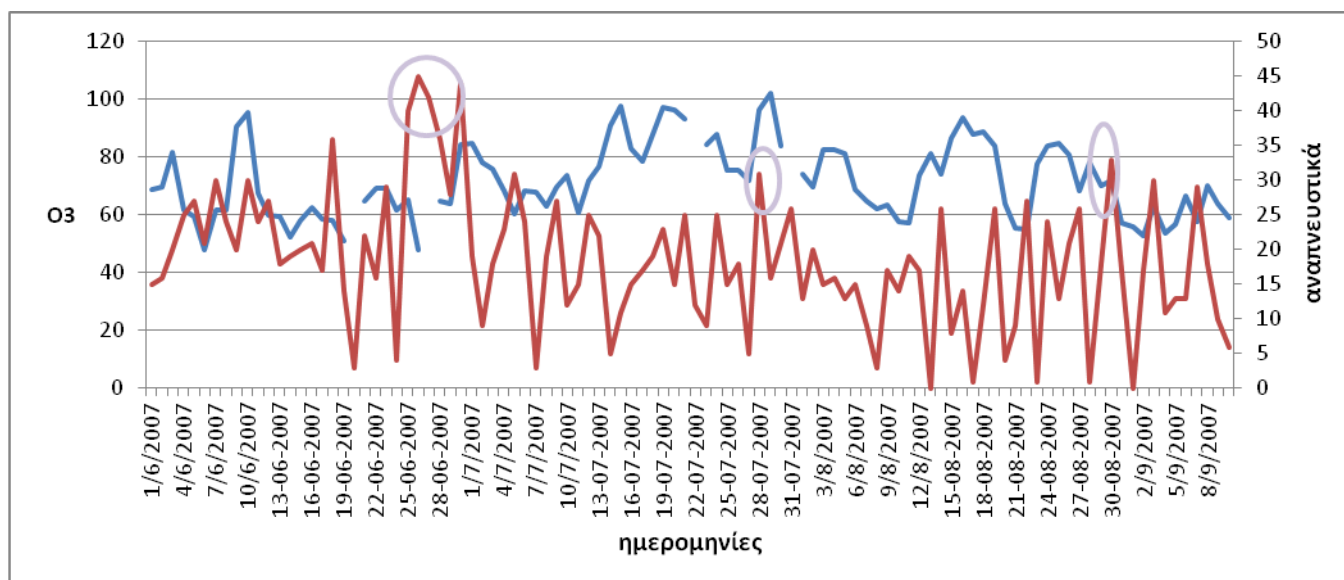
Στο διάγραμμα διασποράς SO₂-ζάλη φαίνεται σύμφωνα με τη γραμμή τάσης(μαύρη γραμμή) ότι ο αριθμός των περιστατικών ζάλης αυξάνεται με την αύξηση των τιμών του SO₂.



Σχήμα 12. Διάγραμμα SO₂(μπλε γραμμή)--θερμοπληξία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

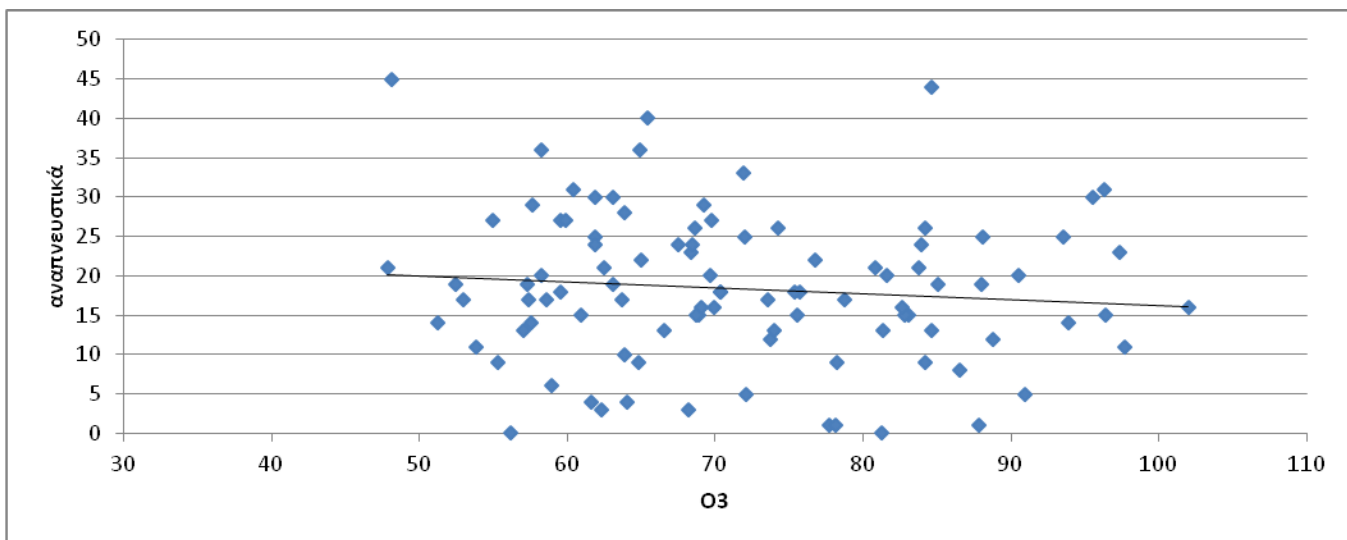
Στο διάγραμμα SO₂-θερμοπληξία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου SO₂(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών θερμοπληξίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του SO₂ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών θερμοπληξίας είναι μηδενικός με εξαίρεση τις περιόδους των 2 πρώτων κυμάτων καύσιων όπου γίνεται εμφανής η παρουσία τους. Συγκεκριμένα, τα περιστατικά θερμοπληξίας εμφανίζονται 24-30 Ιουνίου και 22-24 Ιουλίου και δεν συμπίπτουν με αύξηση του SO₂.

4. Ο3-ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΑΘΗΣΕΩΝ



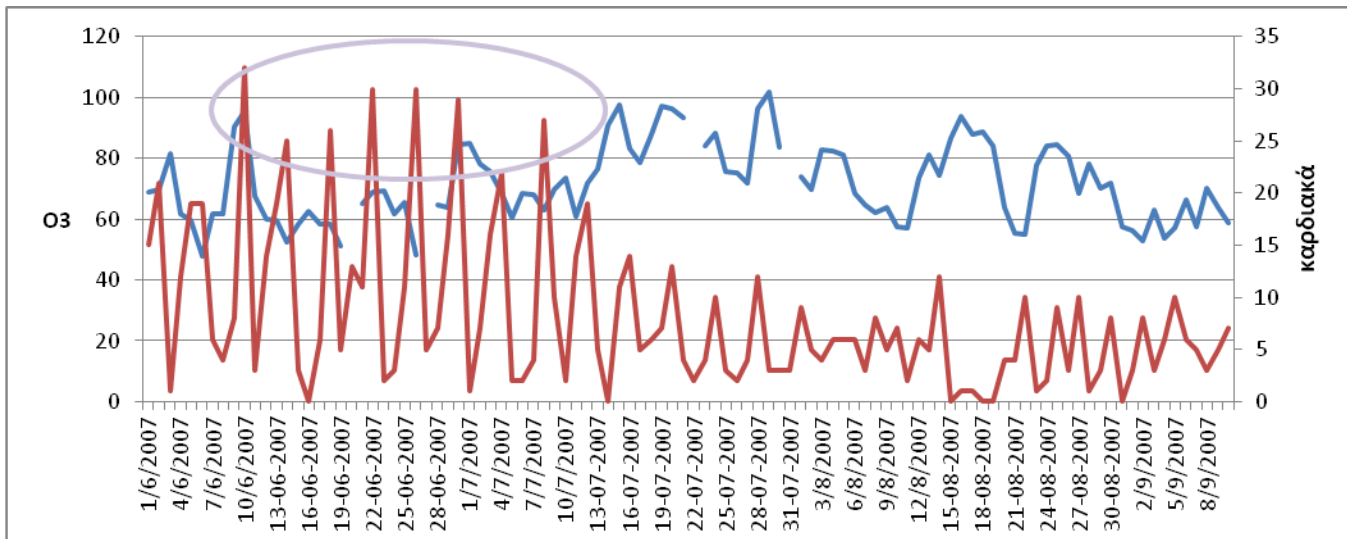
Σχήμα 1. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)--αναπνευστικές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O₃-αναπνευστικά, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του διοξειδίου του θείου O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Η τιμή του O₃ ακολουθεί γενικά ομαλή πορεία με τιμές από 50 µg/m³ μέχρι και 100 µg/m³ με όχι ιδιαίτερα απότομες αυξήσεις. Η μεγαλύτερη τιμή του(100 µg/m³) σημειώνεται στις 28-29 Ιουλίου (δεύτερο κύμα καύσωνα), ενώ κατά το πρώτο και δεύτερο κύμα καύσωνα δεν παρατηρείται ιδιαίτερη αύξηση της συγκέντρωσης του O₃. Όσον αφορά τον αριθμό των αναπνευστικών παθήσεων, αυτός δε φαίνεται να ακολουθεί γενικά τις αυξομειώσεις των τιμών του O₃, ενώ σημειώνει μέγιστα κατά τις 3 περιόδους καύσωνα. Συγκεκριμένα, στο διάστημα 25-28 Ιουνίου παρατηρούμε το πρώτο μέγιστο, 27-28 Ιουλίου το δεύτερο και 30 Αυγούστου έως 2 Σεπτεμβρίου το τρίτο. Κατά τις υπόλοιπες περιόδους ο αριθμός των περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων είναι μικρότερος ενώ σημειώνονται κάποιες κατά διαστήματα απότομες αυξήσεις του. Γενικότερα, η αύξηση των περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων δε συμπίπτει με αύξηση της τιμής του O₃.



Σχήμα 2. Διάγραμμα διασποράς O₃-αναπνευστικές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

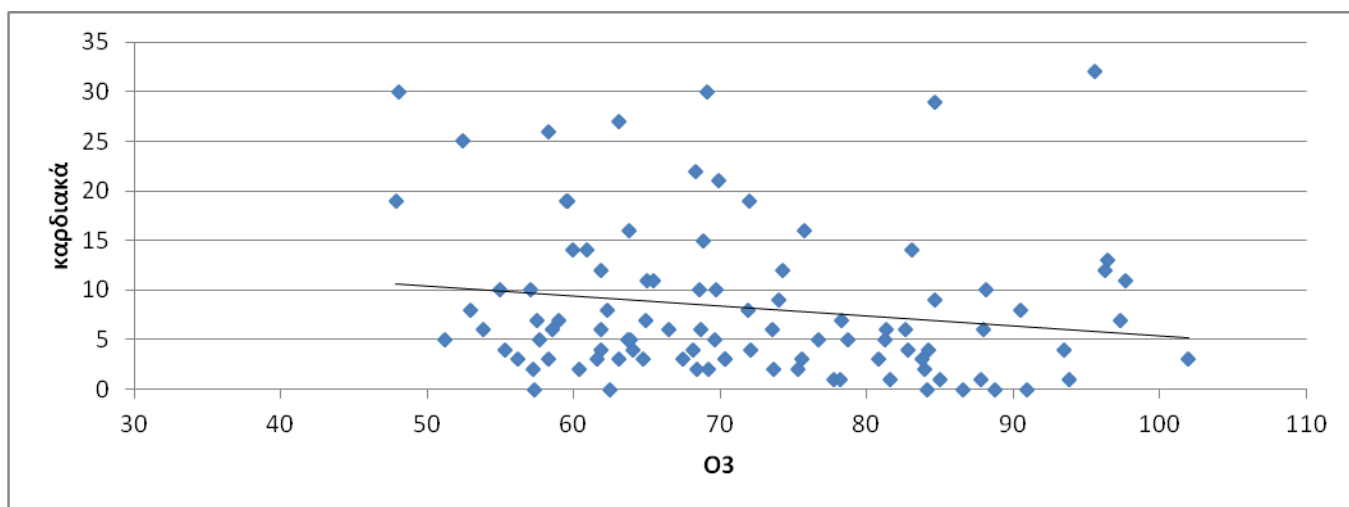
Στο διάγραμμα διασποράς O₃-αναπνευστικές παθήσεις, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει μείωση του αριθμού των περιστατικών αναπνευστικών παθήσεων ενώ η τιμή του O₃ αυξάνει. Επομένως, το O₃ δεν έχει μεγάλη, αν όχι καθόλου, επίδραση στις αναπνευστικές παθήσεις.



Σχήμα 3. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)--καρδιακές παθήσεις(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

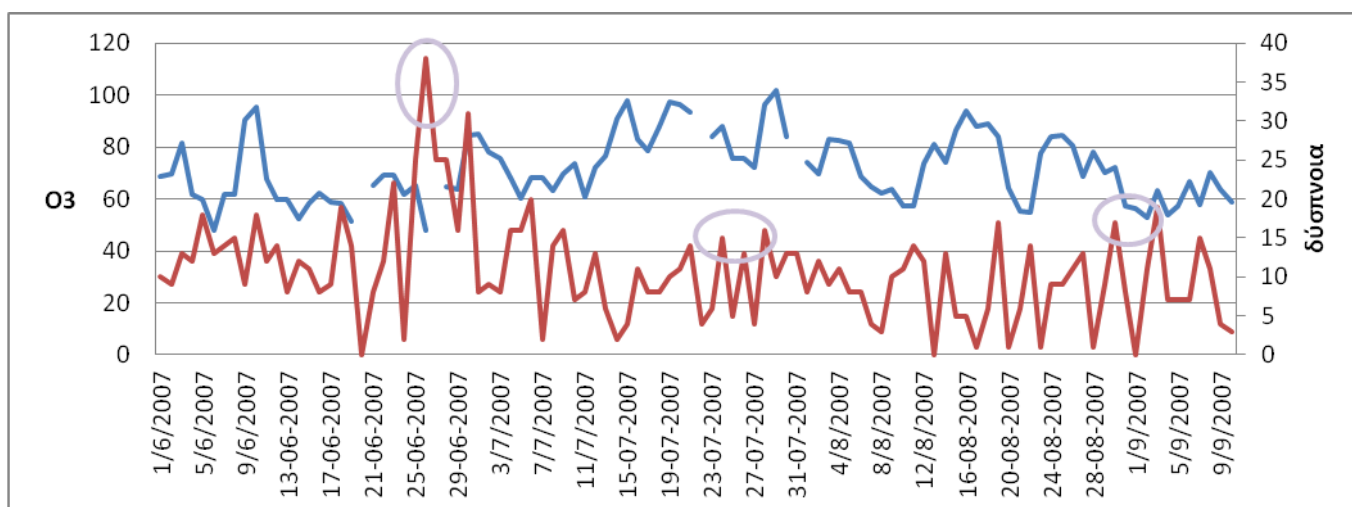
Στο διάγραμμα O₃-καρδιακά, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών καρδιακών παθήσεων(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O₃ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των καρδιακών παθήσεων παρατηρούμε πως σημειώνει απότομες αυξομειώσεις

κατά την έναρξη της καλοκαιρινής περιόδου (1/6/2007) μέχρι περίπου τα μέσα Ιουλίου (13/7/2007), ενώ στη συνέχεια παρουσιάζει πιο ομαλές τιμές. Γενικά, οι αυξομειώσεις των καρδιακών περιστατικών δεν ακολουθούν ούτε σε βαθμό, ούτε χρονικά τις αυξομειώσεις της συγκέντρωσης του O_3 . Οι μεγαλύτερες τιμές των καρδιακών παθήσεων σημειώνονται σε μεγάλο εύρος χρόνου μέχρι τις 13 Ιουλίου, συμπεριλαμβανομένου και του πρώτου κύματος καύσωνα. Στο υπόλοιπο διάστημα όμως, οι τιμές των περιστατικών καρδιακών παθήσεων είναι εμφανώς μικρότερες. πιθανά συμβαίνει οι καρδιακές παθήσεις είναι περισσότερο αποτέλεσμα άλλων παραγόντων και όχι τόσο της επίδρασης του όζοντος(O_3).



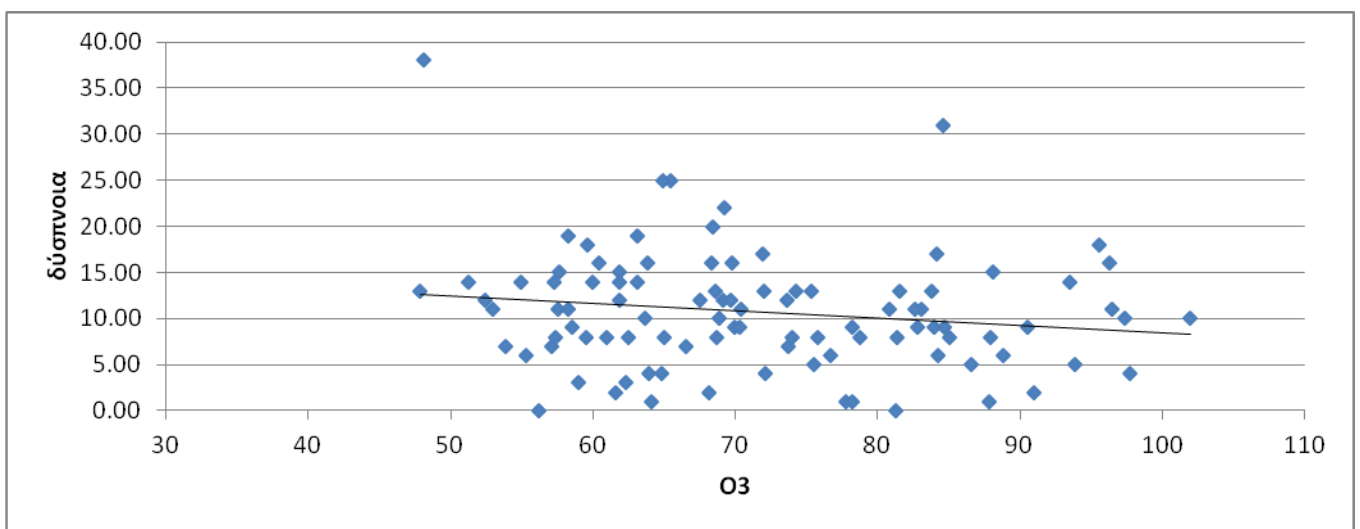
Σχήμα 4. Διάγραμμα διασποράς O_3 -καρδιακές παθήσεις για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα διασποράς O_3 -καρδιακές παθήσεις, η γραμμή τάσης (μαύρη γραμμή) δείχνει μείωση των καρδιακών περιστατικών ενώ η συγκέντρωση του O_3 αυξάνει.



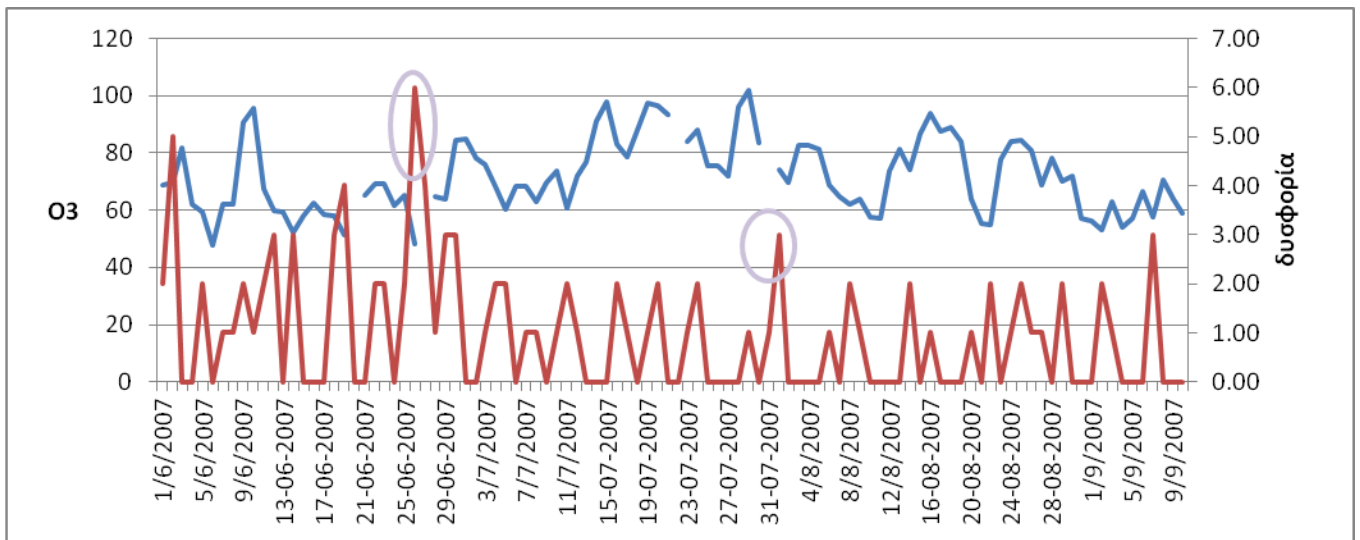
Σχήμα 5. Διάγραμμα O_3 (μπλε γραμμή)--δύσπνοια(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O_3 -δύσπνοια, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O_3 (μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών δύσπνοιας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O_3 διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας παρουσιάζει μια κύρια αύξηση μέσα στο διάστημα 22-28 Ιουνίου(πρώτος καύσωνας) αλλά και μια ακόμη στις 29 Ιουνίου με 1 Ιουλίου. Πέρα από τα 2 αυτά εμφανή μέγιστα ο αριθμός των περιστατικών δύσπνοιας είναι γενικά μικρότερος παρουσιάζοντας μικρή αύξηση μόνο κατά τα 2 άλλα κύματα καύσωνα 23-28 Ιουλίου και 29 Αυγούστου έως 3 Σεπτεμβρίου. Γενικά, οι αυξομειώσεις του αριθμού περιστατικών δύσπνοιας δεν ακολουθούν σε βαθμό αλλά ούτε και χρονικά τις αυξομειώσεις του O_3 .



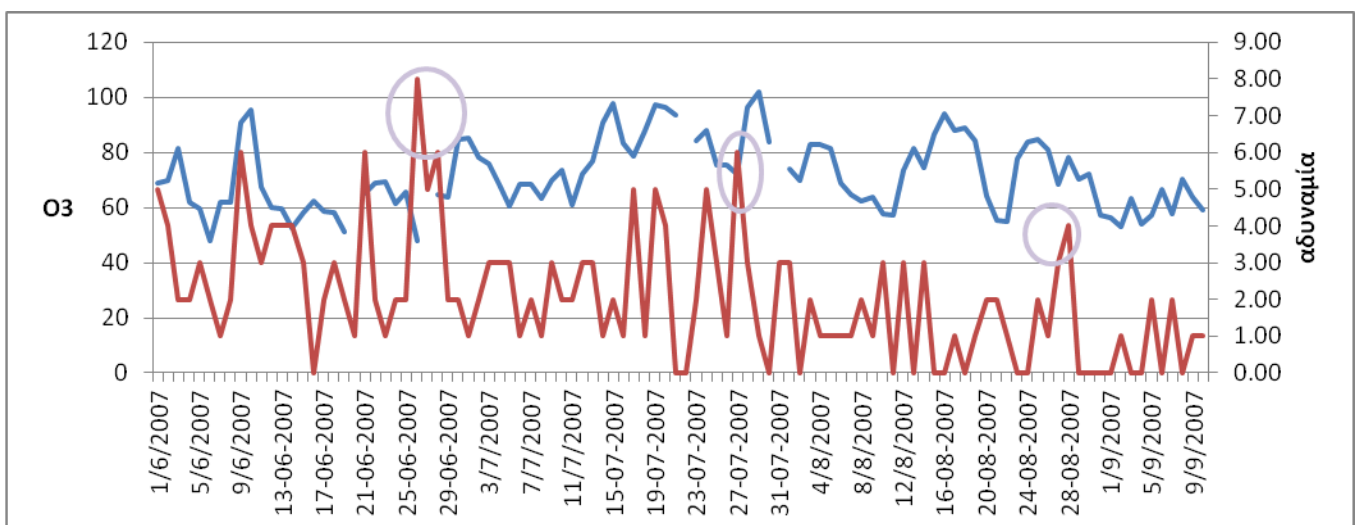
Σχήμα 6. Διάγραμμα διασποράς O_3 -δύσπνοια για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα διασποράς O_3 -δύσπνοιας, η γραμμή τάσης(μαύρη γραμμή) δείχνει μείωση των περιστατικών δύσπνοιας ενώ η τιμή του O_3 αυξάνει.



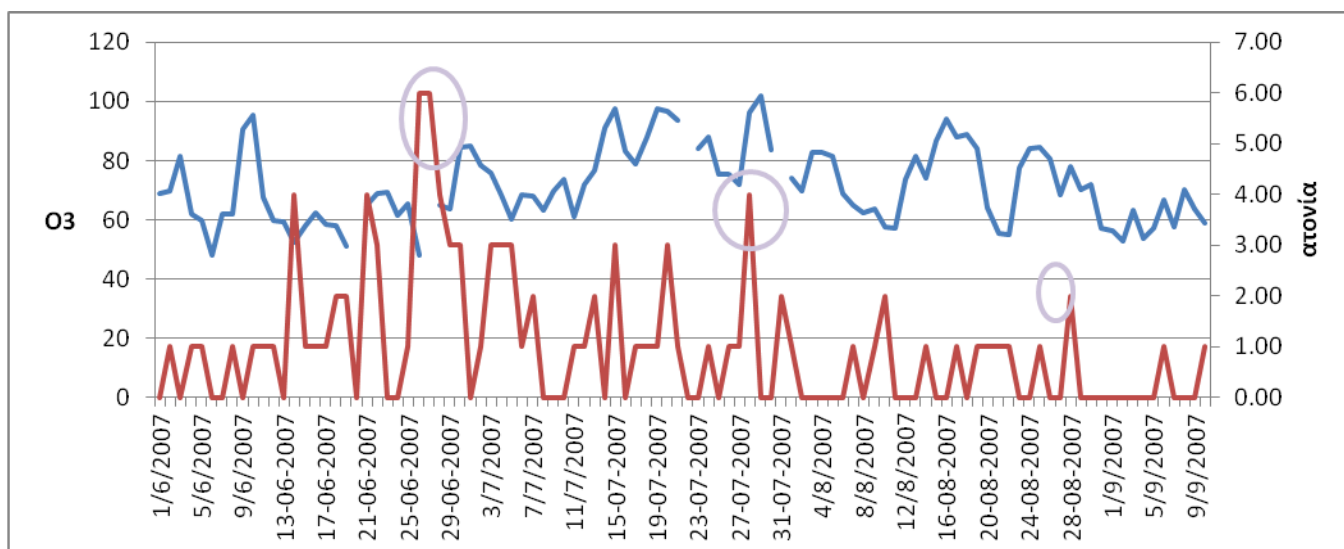
Σχήμα 7. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)--δυσφορία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O₃-δύσπνοια, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών δύσπνοιας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O₃ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός δυσφορίας εμφανίζει απότομες αυξομειώσεις, κυρίως στο διάστημα 1 Ιουνίου με 1 Ιουλίου όπου και παρατηρούμε και τις μεγαλύτερες τιμές αυτού με κύριο μέγιστο στις 24-28 Ιουνίου καθώς και 2 μικρότερα στις 1-3 Ιουνίου και 18-20 Ιουνίου. Στη συνέχεια παρατηρούνται μικρότερες τιμές δυσφορίας και μικρότερες διακυμάνσεις αυτών για όλη την υπόλοιπη περίοδο(1/7 με 10/9) με ένα μέγιστο στις 31 Ιουλίου με 2 Αυγούστου και ακόμα ένα στις 7-8 Σεπτεμβρίου. Γενικότερα, οι αυξομειώσεις των περιστατικών δυσφορίας δε φαίνεται να ακολουθούν αυτές της συγκέντρωσης του O₃.



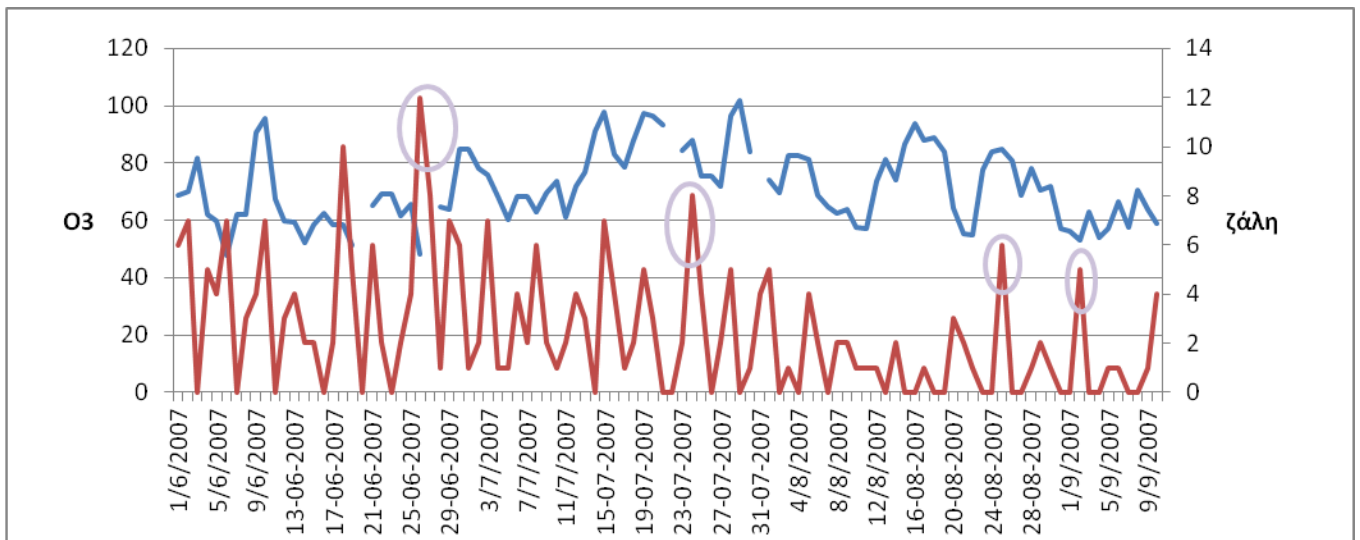
Σχήμα 8. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)--αδυναμία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O₃-αδυναμία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών αδυναμίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O₃ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών αδυναμίας σημειώνει μέγιστα κατά τις περιόδους των 3 κυμάτων καύσωνα. Συγκεκριμένα, το πρώτο μέγιστο παρατηρείται στο διάστημα 24-26 Ιουνίου ενώ αυξημένη τιμή παρουσιάζει έως και τις 28 Ιουνίου, το δεύτερο μέγιστο παρατηρείται κατά στο διάστημα 23-28 Ιουλίου και το τρίτο 27-29 Αυγούστου. Κατά τις υπόλοιπες περιόδους, ο αριθμός αδυναμίας είναι γενικά μικρότερος σημειώνοντας κάποιες κατά διαστήματα αυξημένες τιμές όπως στις 7-10 Ιουνίου, 21-22 Ιουνίου αλλά και 16-19 Ιουλίου. Γενικά, τα περιστατικά αδυναμίας δε φαίνεται να σχετίζονται, σε μεγάλο τουλάχιστον βαθμό, με το O₃.



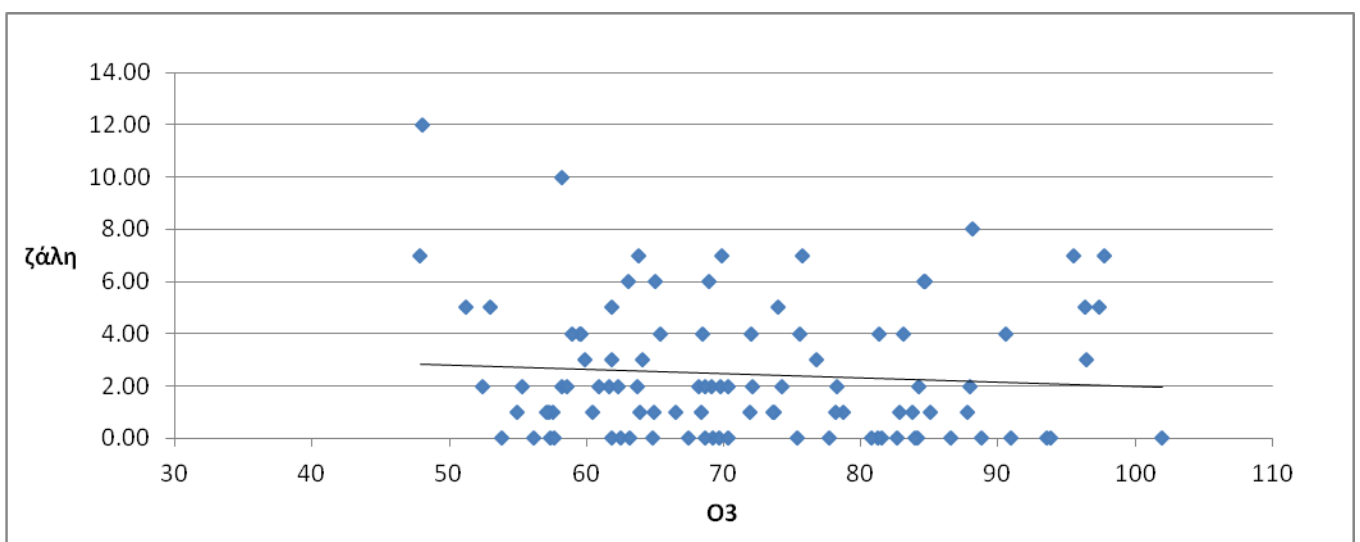
Σχήμα 9. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)—ατονία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O₃-ατονία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών ατονίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O₃ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ατονίας είναι γενικά αρκετά μικρός έως μηδενικός ενώ παρουσιάζει μια εμφανή αύξηση στο διάστημα 26-30 Ιουνίου (πρώτο κύμα καύσωνα) και άλλη μια στις 29-30 Ιουλίου(δεύτερο κύμα καύσωνα). Δεν παρουσιάζεται κάποια αξιοσημείωτη αύξηση των περιστατικών ατονίας κατά το τρίτο κύμα καύσωνα.



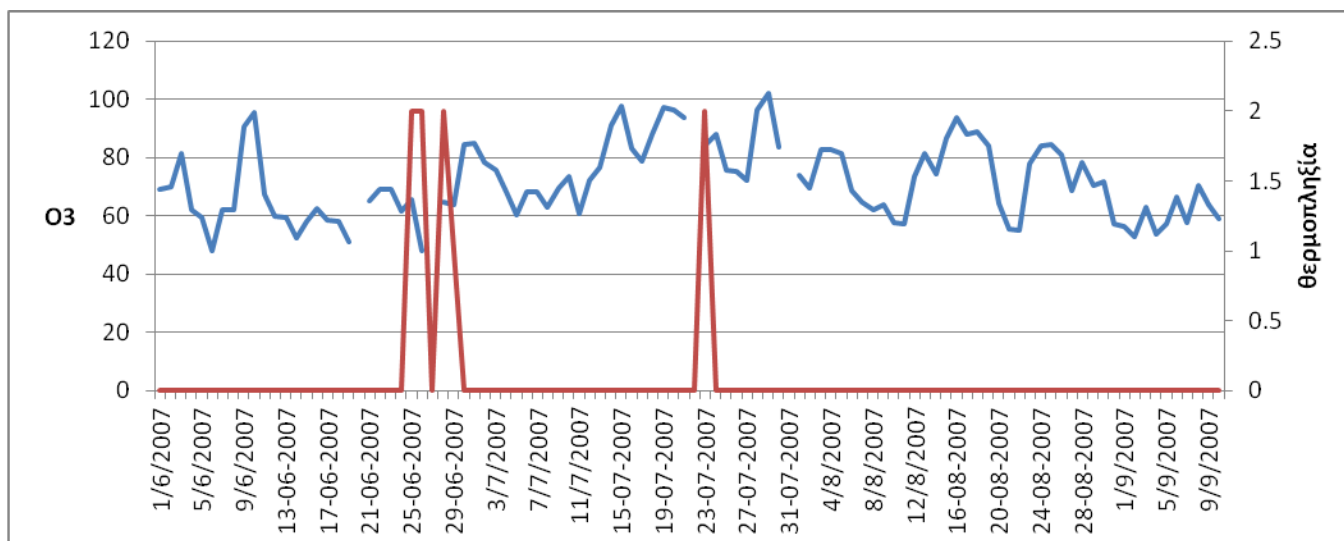
Σχήμα 10. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)--ζάλη(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O₃-ζάλη, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών ζάλης(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O₃ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών ζάλης παρουσιάζει απότομες αυξομειώσεις καθ' όλη την περίοδο που εξετάζουμε σημειώνοντας μέγιστα στις 18-20 Ιουνίου και κατά τις 3 περιόδους καύσωνα, συγκεκριμένα στο διάστημα 24-27 Ιουνίου, 24-26 Ιουλίου και 24-26 Αυγούστου και 2-3 Σεπτεμβρίου. Κατά τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα οι τιμές των περιστατικών ζάλης είναι μικρότερες. Γενικά, τα περιστατικά ζάλης δε φαίνεται να έχουν άμεση σχέση με το O₃ αφού οι αυξήσεις των περιστατικών δεν συμπίπτουν με αντίστοιχες αυξήσεις του ρύπου.



Σχήμα 11. Διάγραμμα διασποράς O₃-ζάλη για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007

Στο διάγραμμα διασποράς O₃-ζάλης, η γραμμή τάσης(μαύρη γραμμή) δείχνει μείωση των περιστατικών ζάλης ενώ η τιμή του O₃ αυξάνει.



Σχήμα 12. Διάγραμμα O₃(μπλε γραμμή)—θερμοπληξία(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 έως 10/9/2007.

Στο διάγραμμα O₃-θερμοπληξία, βλέπουμε τη σχέση διακύμανσης των τιμών του όζοντος O₃(μπλε γραμμή) με αυτή του αριθμού περιστατικών θερμοπληξίας(κόκκινη γραμμή) για την περίοδο 1/6/2007 με 10/9/2007. Οι τιμές του O₃ διαμορφώνονται όπως ήδη έχουμε περιγράψει (σχ.1). Ο αριθμός των περιστατικών θερμοπληξίας είναι μηδενικός με εξαίρεση τις περιόδους των 2 πρώτων κυμάτων καύσωνα όπου γίνεται εμφανής η παρουσία τους. Συγκεκριμένα, τα περιστατικά θερμοπληξίας εμφανίζονται 24-30 Ιουνίου και 22-24 Ιουλίου. έτσι, συμπεραίνουμε ότι η θερμοπληξία είναι άμεσο αποτέλεσμα του καύσωνα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των παραπάνω διαγραμμάτων συμπεραίνουμε ότι: οι αναπνευστικές παθήσεις συσχετίζονται περισσότερο με τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM και του διοξειδίου του αζώτου NO₂ και λιγότερο με τη συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου SO₂ και του όζοντος O₃. Ιδιαίτερα κατά τις 3 περιόδους καύσιμα που εξετάζουμε, τα περιστατικά αναπνευστικών παθήσεων φαίνεται να συμπίπτουν χρονικά σε μεγάλο βαθμό με αύξηση των SO₂ και PM. Οι καρδιακές παθήσεις δε φαίνεται να συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τους ρύπους που εξετάζουμε αφού βλέπουμε πως ο αριθμός των περιστατικών καρδιακών παθήσεων παρουσιάζει αρχικά (1-Ιουν. με 13 Ιουλ.) πολύ απότομες αυξομειώσεις ,ανεξάρτητα από αυτές των ρύπων, και έπειτα (για όλο το υπόλοιπο διάστημα) ο αριθμός των περιστατικών μειώνεται αρκετά και πάλι δεν ακολουθεί τις συγκεντρώσεις των ρύπων. Πιθανά, οι καρδιακές παθήσεις να σχετίζονται περισσότερο με άλλους παράγοντες ή και συνδυασμούς παραγόντων. Τα περιστατικά δύσπνοιας φαίνεται να ακολουθούν γενικά τις αυξομειώσεις των PM, του SO₂ και του NO₂ αλλά όχι του O₃. Τα περιστατικά δυσφορίας, συμπίπτουν περισσότερο με τις αυξήσεις του SO₂ και λιγότερο με τους άλλους 3 ρύπους αλλά γενικά ο αριθμός τους είναι μικρός για την περίοδο που εξετάζουμε και ίσως όχι πολύ κατάλληλος δείκτης συσχέτισης. Ο αριθμός των περιστατικών αδυναμίας ακολουθεί γενικά τις διακυμάνσεις των τιμών των 4 ρύπων που εξετάζουμε και παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές κατά τα 3 κύματα καύσιμα πράγμα που αποδεικνύει την άμεση επίδραση του από το θερμικό φορτίο. Τα περιστατικά ατονίας φαίνεται να ακολουθούν περισσότερο τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας, σημειώνοντας εμφανή μέγιστα κατά τις 3 περιόδους καύσιμα, παρά τις αυξομειώσεις των ρύπων όπως και τα περιστατικά ζάλης φαίνεται να είναι συνδεδεμένα περισσότερο με το θερμικό φορτίο παρά με τους ρύπους, αφού παρατηρούμε εμφανείς αυξήσεις των περιστατικών ζάλης κατά τα 3 κύματα καύσιμα. Τέλος, τα περιστατικά θερμοπληξίας είναι ελάχιστα και αυτά σχετίζονται ακριβώς και μόνο με το θερμικό φορτίο κατά τα 2 πρώτα κύματα καύσιμα όπου και παρουσιάζονται.

ΒΙΒΛΙΟΦΡΑΦΙΑ

Ξένη

Frich et al., 2002, Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Clim. Res.* 19, σελ. 193–212.

Gardner et al., 2000, Oil fly ash-induced elevation of plasma fibrinogen levels in rats, *Toxicol Sci* 56(1):175–180.

Metaxas, D.A., Kallos, G., 1980, Heat waves from a synoptic point of view, *Riv. Meteorol. Aeronaut.* JL 2–3, σελ. 107–119.

Nastos et al, 2003, Associations between primary air pollution and cardiovascular mortality in Athens>>, 8th International Conference on Environmental Science and Technology Lemnos island, Greece.

Pirard P., 2003, Heat wave: a climatic deadly phenomena that can be prevented, *Enf Emerg* 2003;5(3):145-146, France.

Schwartz J., 2001, Air Pollution and Blood Markers of Cardiovascular Risk, *Environmental Health Perspectives*, Boston, σελ. 405-409.

Seaton et al., 1995, . Particulate air pollution and acute health effects, *Lancet* 345:176–178.

Theoharatos et al, 2010, Heat waves observed in 2007 in Athens, Greece: Synoptic conditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects, Elsevier-Environmental Research, Athens.

WHO, 2003, Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, Germany.

Ελληνική

Καζαλής Γ., 2006, Ρύπανση από επιλεγμένες βιομηχανικές-βιοτεχνικές μονάδες στο νομό Ηρακλείου. Ευαισθητοποίηση κοινωνικών ομάδων και φορέων σε θέματα υγείας, Πτυχιακή Εργασία, Ηράκλειο.

Κατσαφάδος Π., Μαυροματίδης Η., 2010, Αρχές Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Αθήνα.

Κορδαλής Κ., 2010, Επιπτώσεις της Μεταβολής των Προδιαγραφών στις Πλοίων-Τεχνολογίες Μείωσης Διοξειδίου του Θείου, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα.

Μελά Δ., Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Πανεπιστημιακή Εργασία, Θεσσαλονίκη.

Ζάνης Π., 2008, Σημειώσεις για την ρύπανση και χημεία της ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, 2008

Τζανάκης Ν., 1993, Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Επιπτώσεις στην Υγεία των Κατοίκων της Πόλης του Ηρακλείου, Διδακτορική Διατριβή, Ηράκλειο.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<http://health.in.gr/>

http://www.cheng.auth.gr/jm/images/lectures/2011_Xim_atm_peribal.pdf

<http://www.physics.ohio-state.edu/~wilkins/energy/Companion/E14.4.pdf.xpdf>

http://kee.ideke.edu.gr/epms/files/material_163.pdf

<http://el.wikipedia.org>

http://www.epistimonikomarketing.gr/article_show.php?article_id=2477

<http://www.minenv.gr/>

<http://www.epa.gov/oar/airpollutants.html>

<http://www.european-lung-foundation.org>

<http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/publications/carbonmonoxide.html>

<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>

<http://www.health.sa.gov.au/pehs/PDF-files/ph-factsheet-PAHs-health.pdf>

<http://www.nasa.gov/>