

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εισαγωγή

Η προσέγγιση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έγινε με βάση την εμπειρία από χώρες που μελετούν το πρόβλημα αυτό συστηματικά επί χρόνια. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή κυρίως μη παραμετρικών μεθόδων, αλλά και της κλασσικής στατιστικής, ουσιαστικά επιβεβαιώνουν διαπιστώσεις που έγιναν και ισχύουν σε άλλες χώρες. Βέβαια για κάθε περιοχή οι παράμετροι των προβλημάτων διαφοροποιούνται και οι ιδιαιτερότητες του φυσικού και αστικού περιβάλλοντος ορίζουν τελικά το κάθε πρόβλημα τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

Η προσπάθεια προσέγγισης του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την άποψη της στατιστικής γίνεται κυρίως με εξειδικευμένες μη παραμετρικές στατιστικές τεχνικές που εξελίσσονται συνεχώς καλύπτοντας τις ανάγκες για εκτενέστερη στατιστική ανάλυση. Η θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος οδηγεί στις κατευθύνσεις που κινείται η έρευνα για την εξέλιξη και βελτίωση των σχετικών τεχνικών, αφού οι προβληματισμοί που θέτονται αυξάνονται λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για το περιβάλλον. Η προσπάθεια εφαρμογής των πιο πρόσφατων στατιστικών τεχνικών στις τιμές των ατμοσφαιρικών ρύπων του Λεκανοπεδίου οδηγεί σε αξιόπιστα συμπεράσματα για την πορεία της τάσης των ρύπων αλλά η έλλειψη πληρέστερων διαθέσιμων δεδομένων καθιστά τελικά αδύνατη την εφαρμογή μεθόδων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε χρήσιμα συμπεράσματα για την επιρροή των παραμέτρων στις τιμές των ατμοσφαιρικών ρύπων που τελικά στην ποιότητα της ατμόσφαιρας. Έτσι διαφαίνεται και η αναγκαιότητα για σύγχρονο και πλήρη τεχνικό εξοπλισμό των σταθμών μέτρησης ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η σωστή αξιοποίηση των μετρήσεων των ρύπων. Έτσι θα δοθεί η δυνατότητα για προβλέψεις ικανοποιητικής ακρίβειας -

προβληματισμός άμεσης πρακτικής σημασίας -, αφού πρέπει να επιτευχθούν συγκεκριμένα όρια-στόχοι στην Αττική για τα έτη 2005 και 2010, όπως προβλέπεται από σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

5.1 Εφαρμογή των μη παραμετρικών στατιστικών τεχνικών σε δεδομένα για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους στο Λεκανοπέδιο της Αττικής

Η εφαρμογή των μη παραμετρικών τεχνικών για την εύρεση της τάσης έγινε στα διαθέσιμα δεδομένα με τα προγραμματιστικά εργαλεία MAKESENS και MULTIMK/PARTIALMK. Ο υπολογισμός της τάσης έγινε αντίστοιχα για ετήσια δεδομένα - ανά σταθμό μέτρησης - για τα έτη 1987-2001 και σε μηνιαία δεδομένα - για το σύνολο των σταθμών - για τα έτη 1997-2001. Η πρώτη εφαρμογή MAKESENS έχει το πλεονέκτημα ότι δίνει τη δυνατότητα της εικόνας για κάθε σταθμό χωριστά και δίνει τη συνολική εικόνα του ελέγχου Mann-Kendall (γράφημα, κατάλοιπα, γραμμικό μοντέλο κλπ), επίσης δίνει εκτίμηση της κλίσης της τάσης όμως δε δίνει δυνατότητα της εύρεσης της εποχικότητας ή της επιρροής άλλων μεταβλητών. Έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι είναι εύκολα εφαρμόσιμο και σε μικρό και σε μεγάλο αριθμό δεδομένων. Η δεύτερη εφαρμογή MULTIMK/PARTIALMK δίνει μόνο την τελική τιμή της συνάρτησης ελέγχου όμως έχει τη δυνατότητα της εφαρμογής του πολυμεταβλητού (multivariate) και του μερικού (partial) ελέγχου Mann-Kendall.

Συνολικά για το Λεκανοπέδιο της Αττικής τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η απόδοση των μέτρων για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τουλάχιστον στο κέντρο της Αθήνας έχουν αποδώσει. Σε όλες τις περιπτώσεις των ρύπων τα αποτελέσματα δείχνουν φθίνουσα τάση και στις δύο εφαρμογές παρόλο που για τα μηνιαία δεδομένα εφαρμόστηκαν για το διάστημα 1997-2001 ενώ τα ετήσια εφαρμόστηκαν για τα έτη 1987-2000. Στη συνέχεια

παρουσιάζονται τα συμπεράσματα για κάθε ρύπο αναλυτικά βάση και των δύο εφαρμογών.

Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) συνολικά στον εποχικό έλεγχο (μηνιαία δεδομένα, έτη μετρήσεων 1997-2001) παρουσιάζει *φθίνουσα* τάση. Ωστόσο κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Αύγουστο εμφανίζεται *αύξουσα* τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 7 Διοξείδιο του Αζώτου-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

$NO_2(\mu g/m^3)$	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	1987-2000	121	91	φθίνουσα
Αριστοτέλους	1994-2000	98	63	φθίνουσα
Αθηνάς	1988-2000	91	66	φθίνουσα
Πειραιάς	1987-2000	88	64	φθίνουσα
Γεωπονική	1987-2000	74	38	φθίνουσα
Περιστέρι	1990-2000	71	46	-
Νέα Σμύρνη	1987-2000	53	29	αύξουσα
Ρέντη	-	-	-	-
Μαρούσι	1990-2000	42	30	-
Λιοσίων	1987-2000	41	23	-
Λυκόβρυσης	1994-2000	36	32	-

Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) συνολικά στον εποχικό έλεγχο (μηνιαία δεδομένα, έτη μετρήσεων 1997-2001) παρουσιάζει *φθίνουσα* τάση. Ωστόσο κατά τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο, Νοέμβριο εμφανίζεται *αύξουσα* τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 8 Μονοξείδιο του Αζώτου-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

$NO(\mu g/m^3)$	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	1987-2000	206	124	φθίνουσα
Αριστοτέλους	1994-2000	98	62	-
Αθηνάς	1988-2000	117	73	-
Πειραιάς	1987-2000	83	45	φθίνουσα
Γεωπονική	1987-2000	88	38	φθίνουσα
Περιστέρι	1990-2000	64	30	-
Νέα Σμύρνη	1987-2000	41	25	-
Ρέντη	-	-	-	-
Μαρούσι	1990-2000	57	20	φθίνουσα
Λιοσίων	1987-2000	35	7	αύξουσα
Λυκόβρυσης	1994-2000	26	18	-

Το όζον (O_3) συνολικά στον εποχικό έλεγχο (μηνιαία δεδομένα, έτη μετρήσεων 1997-2000) παρουσιάζει *φθίνουσα* τάση. Ωστόσο κατά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάιο, Οκτώβριο, Νοέμβριο εμφανίζεται *αύξουσα* τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 9 Όζον-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

$O_3(\mu\text{gr}/\text{m}^3)$	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	1987-2000	37	22	φθίνουσα
Αριστοτέλους	-	-	-	-
Αθηνάς	1990-2000	57	25	-
Πειραιάς	1988-2000	55	36	-
Γεωπονική	1987-2000	61	28	-
Περιστέρι	1990-2000	58	34	-
Νέα Σμύρνη	1987-2000	61	34	αύξουσα
Ρέντη	-	-	-	-
Μαρούσι	1990-2000	76	54	αύξουσα
Λιοσίων	1987-2000	94	44	φθίνουσα
Λυκόβρυσης	1994-2000	70	45	-

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) συνολικά και ανά μήνα στον εποχικό έλεγχο (μηνιαία δεδομένα, έτη μετρήσεων 1997-2001) εμφανίζει μόνο *φθίνουσα* τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 10 Διοξείδιο του Θείου-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

$SO_2(\mu\text{gr}/\text{m}^3)$	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	1987-2000	87	21	φθίνουσα
Αριστοτέλους	1994-2000	56	18	φθίνουσα
Αθηνάς	1988-2000	59	15	φθίνουσα
Πειραιάς	1987-2000	73	26	φθίνουσα
Γεωπονική	1987-2000	34	16	-
Περιστέρι	1990-2000	35	11	φθίνουσα
Νέα Σμύρνη	1987-2000	49	17	-
Ρέντη	-	-	-	-
Μαρούσι	1990-2000	17	14	-
Λιοσίων	1987-2000	53	12	φθίνουσα
Λυκόβρυσης	1994-2000	-	-	-

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) συνολικά και ανά μήνα στον εποχικό έλεγχο (μηνιαία δεδομένα, έτη μετρήσεων 1997-2001) εμφανίζει μόνο φθίνουσα τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 11 Μονοξείδιο του Άνθρακα-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

CO(μg/m ³)	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	1987-2000	8.4	4.8	φθίνουσα
Αριστοτέλους	1994-2000	3.8	2.1	-
Αθηνάς	1988-2000	6.7	2.6	φθίνουσα
Πειραιάς	1987-2000	5.2	2.0	φθίνουσα
Γεωπονική	1987-2000	2.1	1.2	-
Περιστέρι	1990-2000	3.9	1.3	φθίνουσα
Νέα Σμύρνη	1987-2000	2.1	1.5	-
Ρέντη	-	-	-	-
Μαρούσι	1990-2000	3.4	1.5	-
Λιοσίων	-	-	-	-
Λυκόβρυσης	1994-2000	1.5	1.1	αύξουσα

Ο καπνός παρουσιάζει φθίνουσα ή καθόλου τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 12 Καπνός-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

Καπνός (μg/m ³)	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	1987-2000	165	83	-
Αριστοτέλους	1987-2000	118	41	φθίνουσα
Αθηνάς	1988-2000	64	38	-
Πειραιάς	1987-2000	71	33	-
Γεωπονική	1988-1992	37	23	-
Περιστέρι	1990-2000	43	14	φθίνουσα
Νέα Σμύρνη	1988-2000	35	19	-
Ρέντη	1987-1995	37	19	-
Μαρούσι	-	-	-	-
Λιοσίων	-	-	-	-
Λυκόβρυσης	-	-	-	-

Ο μόλυβδος (Pb) συνολικά παρουσιάζει φθίνουσα τάση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα (ετήσια δεδομένα) ανά σταθμό.

Πίνακας 13 Μόλυβδος-Τάση στους Σταθμούς Μέτρησης του Ρύπου

Pb(μgr/m ³)	Έτη μετρήσεων	Μέγιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Τάση
Πατησίων	-	-	-	-
Αριστοτέλους	1987-1999	0.70	0.22	φθίνουσα
Αθηνάς	-	-	-	-
Πειραιάς	-	-	-	-
Γεωπονική	-	-	-	-
Περιστέρι	-	-	-	-
Νέα Σμύρνη	-	-	-	-
Ρέντη	1987-1999	0.49	0.12	φθίνουσα
Μαρούσι	-	-	-	-
Λιοσίων	-	-	-	-
Λυκόβρυσης	-	-	-	-

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μέσοι ετήσιοι και οι μέσοι μηνιαίοι είναι κατά πολύ χαμηλότεροι από τα επιτρεπόμενα όρια ή τα όρια επιφυλακής των ρύπων. Στους σταθμούς που παρατηρούνται οι υψηλότεροι ετήσιοι μέσοι εμφανίζεται παράλληλα φθίνουσα τάση. Το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, ο καπνός και ο μόλυβδος εμφανίζουν αποκλειστικά φθίνουσα τάση. Το μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου εμφανίζουν κυρίως φθίνουσα τάση με εξαίρεση τους σταθμούς της Νέας Σμύρνης και Λιοσίων αντίστοιχα, που όμως παρουσιάζουν από τις χαμηλότερες τιμές.

Διαφορετική εικόνα παρουσιάζει το όζον με αύξουσα τάση σε σταθμούς που εμφανίζονται από τους υψηλότερους μέσους, παρά το γεγονός ότι το όζον είναι παράγωγο των οξειδίων του αζώτου και εμφανίζει αρκετά υψηλή συσχέτιση. Επίσης ενώ υπάρχει αύξουσα τάση και στα οξείδια του αζώτου και στο όζον δεν εμφανίζεται τους ίδιους μήνες ούτε υπάρχει σύμπτωση στους σταθμούς που εμφανίζεται αύξουσα τάση. Γεγονός που εξηγείται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τον τρόπο που λειτουργεί η χημεία της ατμόσφαιρας αλλά και από τη μεταφορά ρύπων σε μεγάλες αποστάσεις.

Οι συσχετίσεις και συνδιακυμάνσεις που υπολογίζονται με βάση τον έλεγχο Mann-Kendall (μηνιαία δεδομένα, έτη μετρήσεων 1997-2001) επιβεβαιώνουν την εξάρτηση των επιπέδων των τιμών των ρύπων. Γεγονός αναμενόμενο αφού πολλές ρυπογόνες πηγές είναι κοινές για πολλούς ρύπους. Οι συσχετίσεις που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο της κλασσικής στατιστικής και βάση των συνολικών ημερήσιων μέσων επίσης έδειξαν σχέση μεταξύ των επιπέδων των τιμών των ρύπων. Όμως τα αποτελέσματα είναι μόνο ενδεικτικά – στην τελευταία περίπτωση – αφού ο συνολικός (για όλους τους σταθμούς) ημερήσιος μέσος οδηγεί σε απώλεια πληροφορίας.

5.2 Σχόλια - Προτάσεις

Τέλος σημειώνεται ότι η προϋπόθεση για τη σωστή μελέτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, την επίτευξη των ορίων που έχουν τεθεί ως στόχος αλλά και τελικά για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην Αττική είναι πρώτιστα ο σωστός τεχνικός εξοπλισμός των σταθμών αλλά και η σωστή κατανομή αυτών στο Λεκανοπέδιο που να δίνει τη συνεχόμενη μέτρηση των τιμών των ρύπων επί σειρά ετών, καθώς και η δυνατότητα μέτρησης μετεωρολογικών δεδομένων σε κάθε σταθμό. Με μία σωστή βάση δεδομένων μπορεί μόνο να γίνει η σωστή μελέτη και σχεδιασμός για λήψη αποφάσεων συνολικά και ανά περιοχή αλλά και να τεθούν οι βάσεις για τη συστηματική και πλήρη παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αττική.

Ωστόσο με τα παρόντα δεδομένα μπορούν να γίνουν και περαιτέρω στατιστικές αναλύσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ χρήσιμα συμπεράσματα.

Παρακάτω παραθέτονται κάποιες προτάσεις:

- Η εμφάνιση ακραίων τιμών και η μεγάλη διακύμανση είναι παρατηρήσεις που χρήζουν διερεύνησης σε συνδυασμό με τις ρυπογόνες πηγές, ώστε να εντοπιστούν τα αίτια και να αποφεύγονται έτσι όχι μόνο οι υπερβάσεις αλλά να προληφθεί η εμφάνιση σοβαρότερων προβλημάτων στο μέλλον.
- Η συχνότητα υπέρβασης του κάθε ρύπου βάση του τρόπου που θέτονται τα όρια του (ανά 8ώρο, 24ώρο, ωριαία κλπ), όπως στην περίπτωση των

αιωρούμενων σωματιδίων που η μέτρηση τους ξεκίνησε πρόσφατα αλλά και στους τοξικούς ρύπους και άλλους επικίνδυνους ρύπους.

- Η εξέταση των χρονολογικών σειρών των ρύπων με βάση τους ημερήσιους μέσους, με εφαρμογή μεθόδων της κλασσικής στατιστικής.