

Πτυχιακή Εργασία

Γεωστατιστική Ανάλυση Χρονοσειρών
Αιωρούμενων Σωματιδίων PM₁₀



Σπουδαστής: Ιωάννης - Κίμων Λέκκας
Εισηγητής: Ιωάννης Καπαγερίδης

Εισαγωγή.....	1
1. Ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή Πτολεμαΐδας – Κοζάνης.....	2
1.1 Γενικά για τα αιωρούμενα σωματίδια.....	2
1.2 Ορατότητα και επίδραση στο κλίμα.....	5
1.3 Οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων.....	6
1.4 Οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας.....	8
1.5 Επιπτώσεις στην υγεία.....	10
1.6 Έλεγχος αιωρούμενων σωματιδίων.....	11
1.7 Προσδιορισμός αιωρούμενων σωματιδίων.....	13
1.8 Επίδραση μετεωρολογικών παραμέτρων στη ρύπανση.....	15
1.9 Όρια τα οποία ισχύουν για τα αιωρούμενα σωματίδια.....	15
2. Γεωστατιστική Ανάλυση.....	16
2.1 Χρονικές Σειρές.....	16
2.2 Βαριόγραμματα.....	18
3. Δεδομένα Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων.....	22
3.1 Χρονική περίοδος δειγματοληψίας.....	22
4. Γεωστατιστική Ανάλυση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων.....	26
4.1 Πειραματικά βαριόγραμματα.....	26
4.2 Βαριόγραμμα μέσης θερμοκρασίας.....	26
4.3 Βαριόγραμμα μέσης σχετικής υγρασίας.....	28
4.4 Βαριόγραμμα μέσης ταχύτητας ανέμου.....	30
4.5 Βαριόγραμμα μέσης διεύθυνσης ανέμου.....	32
4.6 Βαριόγραμμα μέσης συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων (Pm 10).....	34
5. Συμπεράσματα.....	36
Βιβλιογραφία.....	41

Στον πατέρα μου

Εισαγωγή

Στόχος της εργασίας ήταν να δούμε αν σε βάθος χρόνου οι μετρήσεις των αέριων ρύπων και συγκεκριμένα των αιωρούμενων σωματιδίων της τάξης των 10 μικρόμετρων (μm) ή αλλιώς $\text{Pm}10$ μπορούν να συσχετιστούν με παλαιότερες μετρήσεις, έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν κάποιες προβλέψεις για την διασπορά τους. Μαζί με τις μετρήσεις των αέριων ρύπων της ίδιας περιόδου, που ήταν και το κύριο αντικείμενο αυτής της εργασίας, έγιναν και τα πειραματικά βαριογράμματα της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας, της μέσης σχετικής υγρασίας, της μέσης ταχύτητας του ανέμου και της μέσης διεύθυνσης του ανέμου.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αιωρούμενων σωματιδίων, σύσταση, προέλευση φυσικά-χημικά χαρακτηριστικά, τάξεις μεγέθους. Την επίδραση αυτών στο μικροκλίμα της κάθε περιοχής και τις επιδράσεις που έχουν στον ανθρώπινο οργανισμό. Τρόποι μέτρησης, ελέγχου και κατάταξης τους. Επίδραση που έχουν οι καιρικές συνθήκες επάνω τους και τέλος οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή μελέτης μας, Κοζάνη- Πτολεμαΐδα. Τέλος επιτρεπτά όρια στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερόμαστε στην γεωστατική ανάλυση και τις θεωρητικές μεθόδους που υπάρχουν. Τύποι βαριογραμμάτων και χρονοσειρών και πως αυτά λειτουργούν (μαθηματικοί τύποι, διαγράμματα).

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται η χρονική περίοδος δειγματοληψίας, το πλήθος και η οργάνωση των μετρήσεων μας όσο και η παρουσίαση των περιγραφικών στατιστικών δεδομένων για την κάθε ομάδα μετρήσεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των πειραματικών βαριογραμμάτων όλων των ομάδων μετρήσεων και του κανονικού βαριογράμματος των αιωρούμενων σωματιδίων. Ακόμη γίνεται ο σχολιασμός του κάθε βαριογράμματος ξεχωριστά με κάποια συμπεράσματα που προκύπτουν από το κάθε ένα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από την ανάλυση των στοιχείων.

Ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή Πτολεμαΐδας – Κοζάνης

1.1 Γενικά για τα αιωρούμενα σωματίδια.

Τι είναι τα αιρούμενα σωματίδια (προέλευση και σύσταση).

Ως αιωρούμενα σωματίδια (Suspended Particulate Matter ή SPM σε συντομογραφία) χαρακτηρίζουμε κάθε σώμα, στερεό ή υγρό, εκτός του ύδατος, που βρίσκεται σε διασπορά και έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0,0002 μm και μικρότερη από 500 μm περίπου.

Η σκόνη, ο καπνός, η ιπτάμενη τέφρα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Κάποια σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα ή σκουρόχρωμα, ώστε καθίστανται ορατά σαν καπνός, ενώ άλλα είναι τόσο μικρά που δύναται να ανιχνευθούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο .

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν μία από τις κυριότερες παραμέτρους της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, περιέχουν διάφορα συστατικά πολλά από τα οποία είναι τοξικά και επικίνδυνα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η εκτίμηση της συμμετοχής διαφόρων πηγών τους

Ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται είναι πιθανό να περιέχουν τοξικά μέταλλα όπως π.χ. κάδμιο, μόλυβδο, νικέλιο, αρσενικό κλπ. ή καρκινογόνες ενώσεις όπως π.χ. πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs).

Είναι γνωστό ότι η πρώτη εμφάνιση ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως (οπτική ρύπανση) προήλθε από τον καπνό και τη σκόνη, δηλαδή από την αιωρούμενη σωματιδιακή μάζα (SPM).

Φυσικά χαρακτηριστικά.

Το γενικό φυσικό χαρακτηριστικό των αιωρουμένων σωματιδίων είναι το μέγεθός τους, η διάμετρος η οποία κυμαίνεται από μερικά, χιλιοστά του μέτρου μέχρι περίπου τις διαστάσεις των φυσικών μορίων, δισεκατομμυριοστά του μέτρου (nm) .

Ο όρος σκόνη αναφέρεται στα μικρά στερεά σωματίδια, με διάμετρο μικρότερη των 75 μm, που μπορούν να αιωρούνται για κάποιο χρονικό διάστημα και τα οποία κατακάθονται λόγω του βάρους τους.

Χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Η χημική σύσταση (chemical composition) των αιωρούμενων σωματιδίων στην τροπόσφαιρα εξαρτάται κυρίως από τις δύο σημαντικότερες πηγές τους, τη θάλασσα και την ξηρά.

Τα γήινα σωματίδια περιέχουν συστατικά από την επιφάνεια της ξηράς, τα οποία είναι είτε προϊόντα ανθρώπινης δραστηριότητας είτε εκπομπές φυσικών διεργασιών.

Από τη θάλασσα προέρχονται σωματίδια (κυρίως Na) κατόπιν εκτινάξεως και εξατμίσεως σημαντικών ποσοτήτων θαλασσινού νερού με την ενέργεια των ανέμων.

Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα δεν εξαρτάται μόνον από την πηγή προελεύσεως των σωματιδίων αλλά και από το μέγεθός τους (πίνακας 1.1).

Σύσταση αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή Κοζάνης- Πτολεμαΐδας	
Ιπτάμενη τέφρα από τους Α.Η.Σ.	Mg, Al, Si, Ca, S, Sr F>50% ποσοστό συμμετοχής Διοξίνες, Φουράνια, Πολυχρωρωμένα διφαινύλια(PCBs, PCDFs,PCDDs)
Λατομεία αδρανών	Σκόνη ασβεστολιθικής σύστασης
Ορυχεία εξόρυξης λιγνίτη	Σκόνη εδάφους και από την επεξεργασία του λιγνίτη

Πίνακας 1.1

Ταχύτητα κατακρημνίσεως:

Ο κύριος τρόπος απομακρύνσεως των ατμοσφαιρικών σωματιδίων είναι η κατακρημνιση (precipitation), η δε ταχύτητα πτώσεως (U_0) εξαρτάται από την πυκνότητα (ρ_1) και τη διάμετρο των σωματιδίων (d), καθώς και την πυκνότητα του αέρα (ρ_2) και από το ιξώδες αυτού (η), σύμφωνα με το νόμο του Stokes:

$$U_0 = \frac{gd^2(\rho_1 - \rho_2)}{18\eta}$$

Ταξινόμηση σωματιδίων κατά μέγεθος.

Κλάσματα	Τάξη μεγέθους
PM10	$\leq 10 \mu\text{m}$
PM2.5	$\leq 2.5 \mu\text{m}$
PM1	$\leq 1 \mu\text{m}$
Πολύ λεπτομερή	$\leq 0.1 \mu\text{m}$
PM10- PM2.5	$2.5 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$

Πίνακας 1.2

1. Τα μικρότατα σωματίδια, γνωστά και ως σωματίδια Aitken ή μεταβατικοί πυρήνες, με διάμετρο ίση ή μικρότερη του $0,080 \mu\text{m}$, προέρχονται από διαδικασίες καύσεως και κυρίως παρατηρούνται σε σημαντικές συγκεντρώσεις κοντά σε τέτοιες πηγές.

2. Η μεσαία περιοχή σωματιδίων ($0,080 \mu\text{m} < d < 2,5 \mu\text{m}$) προέρχεται από τη συσσωμάτωση μεταβατικών πυρήνων και από τη σάρωση προϊόντων μικρής τάσεως ατμών αντιδράσεων αερίου φάσεως, καθώς επίσης και από διεργασίες καύσεως. Οι δύο αυτές κατηγορίες αποτελούν το κλάσμα των μικρών σωματιδίων.

3. Τα χονδρά σωματίδια ($> 2,5 \mu\text{m}$) προέρχονται, από μηχανικές διεργασίες, όπως είναι η άλεση και η διάβρωση που προκαλούνται από τους ανέμους (πίνακας 1.2).

Η διαφορά μεταξύ βιομηχανικής και αστικής περιοχής έγκειται στον εμπλουτισμό σε χονδροκόκκα σωματίδια της βιομηχανικής περιοχής, έναντι του εμπλουτισμού σε λεπτόκοκκα σωματίδια, τα οποία είναι και τα πιο επικίνδυνα, στην αστική περιοχή και στην περιοχή περιαστικού υποβάθρου.

1.2 Ορατότητα και επίδραση στο κλίμα

Άλλη χαρακτηριστική ιδιότητα των σωματιδίων, που σχετίζεται με το μέγεθός τους είναι η μείωση της ορατότητας. Σωματίδια μικρότερα του 0,1 μm συμπεριφέρονται, όπως τα μόρια και προκαλούν σκεδασμό με αμελητέα επίδραση στην ορατότητα.

Σωματίδια με διαμέτρους στην περιοχή 0,1- 1μm προκαλούν τη μεγαλύτερη επίδραση, διότι η διάμετρος τους κείται στην περιοχή των μηκών κύματος της ορατής ακτινοβολίας και λαμβάνουν χώρα φαινόμενα συμβολής. Για σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη του 1 μm, ο σκεδασμός είναι ανάλογος της διαμέτρου.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1.3) αναφέρεται η ορατότητα σε χιλιόμετρα, σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων.

Περιοχή	Συγκέντρωση σωματιδίων $\mu\text{g}/\text{m}^{-3}$	Ορατότητα σε km
Ύψαιθρος	30	40
Κοντά σε πόλη	100	12
Μέσα σε πόλη	200	6
Βαρεία ρύπανση	700	1.6

Πίνακας 1.3

Επακόλουθο της ελαττώσεως της ορατότητας από τα αιωρούμενα σωματίδια είναι και η ελάττωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στη γη. Αυτή η ιδιότητα πιθανόν να προκαλεί μείωση της εντάσεως του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Κατάλληλες συγκεντρώσεις σωματιδίων στην περιοχή 0,11 μm μπορούν να χρησιμεύουν ως κέντρα πυρηνώσεως για το σχηματισμό σωματιδίων, αυξάνοντας τα σύννεφα και τις βροχοπτώσεις πάνω στις πόλεις. Έχει πράγματι παρατηρηθεί αύξηση των βροχοπτώσεων σε ορισμένες βιομηχανικές πόλεις.

1.3 Οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων

Οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων διακρίνονται:

1. στις φυσικές διεργασίες
2. στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι κυριότερες φυσικές πηγές είναι:

1. οι ωκεανοί: Τα κύματα των ωκεανών εκτινάσσουν σε μεγάλες αποστάσεις σταγονίδια ύδατος, τα οποία εξατμιζόμενα αφήνουν στον αέρα σωματίδια αλάτων, διαμέτρου μεταξύ 1 και 10 μm . Τέτοια σωματίδια μπορούν να φθάνουν σε ύψος 500 m πάνω από τη θάλασσα και έχουν ανευρεθεί μέχρι 1500 km εντός της ξηράς.
2. τα ηφαίστεια: Κατά την έκρηξη των ηφαιστείων τα σωματίδια μπορεί να φθάσουν εντός της τροπόσφαιρας, καθώς και στη στρατόσφαιρα. Παρατηρήθηκε ότι σε μέτριες εκρήξεις ηφαιστείων, έχει σχηματισθεί αχλή (σκοτεινιά) 3000 km μακριά από το ηφαίστειο.
3. οι βιολογικές διαδικασίες: Σπόροι γύρης, ιοί, βακτήρια έχουν βρεθεί ακόμη και στη στρατόσφαιρα. Φωτοχημική αποσύνθεση των τερπενίων που παράγονται από τα δέντρα, προκαλεί αχλή (ομίχλη) χαρακτηριστικού τύπου. Οι αγροί, το γρασίδι, οι πυρκαγιές θάμνων παράγουν μεγάλο αριθμό σωματιδίων της τάξης 10^{18} m^{-2} . Τέλος χώμα, σκόνη, άμμος καθώς και οικοδομικά υλικά παρασύρονται με τις ανεμοθύελλες και παράγουν κυρίως γιγαντώδη σωματίδια.

Οι κυριότερες ανθρώπινες πηγές σωματιδίων.

Οι βιομηχανικές δραστηριότητες, παραγωγή τσιμέντου, γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, αυτοκίνητα (κυρίως πετρελαιοκίνητα οχήματα και δίκυκλα), πυρκαγιές, αγροτικές δραστηριότητες, κατασκευές. Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου, στη φθορά των ελαστικών και στην επαναιώρηση.

Μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις αερίων ρύπων. Οι αντιδράσεις αυτές επιταχύνονται παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας και σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η ιπτάμενη τέφρα που παράγεται, περιέχει άνθρακα, οξείδια του πυριτίου, του σιδήρου, του αργιλίου, του ασβεστίου, του νικελίου ή φωσφορικά και θειικά άλατα, ραδιενεργές ουσίες.

Πηγή σωματιδίων	Συστατικά
Φυσικές πηγές	Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Si^{4+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cl^- , Br^- , J^- , Ti^{4+}
Ανθρώπινες δραστηριότητες	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Pb^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ba^{2+} , Mn^{2+} , Ti^{4+} , Cl^- , Br^-
Ατμοσφαιρικές αντιδράσεις	H_2O , NH_4^+ , S_4^{2-} , NO_3^- , SO_3^{2-}

Πίνακας 1.4

Η σύσταση των βιομηχανικών σωματιδίων εξαρτάται από τον τύπο της παραγωγικής διαδικασίας, η δε διάμετρος τους είναι γύρω στο 1 μm .

1.4 Οι πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας.

Ειδικότερα στην λεκάνη Κοζάνης- Πτολεμαΐδας εκτός των συνηθισμένων πηγών παραγωγής αιωρούμενων σωματιδίων υπάρχουν και κάποιοι ακόμη παράγοντες που συμβάλουν όπως:

1. Σταθμοί ατμοηλεκτρικής ενέργειας (Α.Η.Σ.)
2. Ορυχεία λιγνίτη
3. Λατομεία παραγωγής αδρανών υλικών
4. Καύση απορριμμάτων
5. Καύση βιομάζας (καύση χωραφιών, εποχιακά)
6. Δευτερογενή θειικά

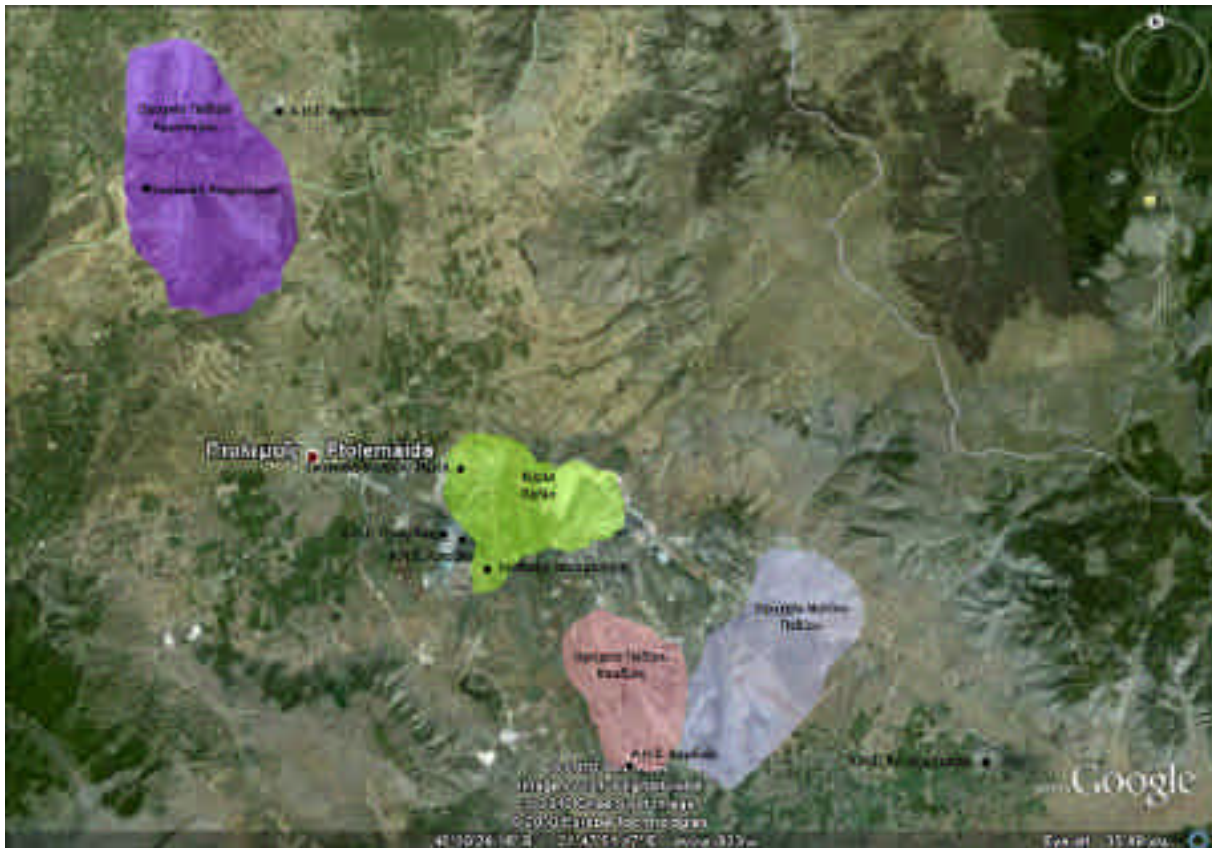
Και ακόμη υπάρχουν οι κοινοί παράγοντες όπως:

1. Καύση πετρελαίου κίνησης, θέρμανσης
2. Καύση κάρβουνου
3. Σκόνη εδάφους από δρόμους και χώμα
(με μεγαλύτερη παραγωγή σε περιόδους ξηρασίας)
4. Κίνηση καταλυτικών αυτοκινήτων και μη

Βάση των αποτελεσμάτων έρευνας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης, με τίτλο "Μελέτη χημικής σύστασης αιωρούμενων σωματιδίων για τον προσδιορισμό του ποσοστού συμμετοχής των πηγών εκπομπής τους στην ατμόσφαιρα του Λεκανοπεδίου Εορδαίας", δείχνουν ότι:

- Κυριότερη πηγή εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι η καύση πετρελαίου κίνησης (φορτηγά, λεωφορεία, ταξί, αγροτικά οχήματα κ.α.) που κυμαίνεται κατά την ψυχρή περίοδο από 30% έως 51% και κατά τη θερμή περίοδο από 22% έως 62%.
- Σε ότι αφορά τη συμμετοχή της τέφρας, αυτή κυμαίνεται κατά την ψυχρή περίοδο από 2% έως 18% και κατά τη θερμή περίοδο από 2% έως 22%.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας χάρτης της ευρύτερης περιοχής Κοζάνης-Πτολεμαΐδας όπου είναι σημειωμένες οι πλέον ρυπογόνες περιοχές της περιοχής (Α.Η.Σ., ορυχεία λιγνίτη.)



Εικόνα 1.1

Ευρύτερη περιοχή λεκάνης Πτολεμαΐδας- Κοζάνης

Οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων κεντρικά της πόλης της Κοζάνης, αν και μικρότερες από τις αντίστοιχες σε κεντρικά σημεία Αθήνας και Θεσσαλονίκης, ξεπερνούν τα ισχύοντα όρια της ΕΕ.

1.5 Επιπτώσεις στην υγεία.

Τα αιωρούμενα σωματίδια περιέχουν διάφορα συστατικά πολλά από τα οποία είναι τοξικά και επικίνδυνα. Ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται είναι πιθανό να περιέχουν τοξικά μέταλλα όπως π.χ. κάδμιο, μόλυβδο, νικέλιο, αρσενικό κλπ ή καρκινογόνες ενώσεις όπως π.χ. πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs).

Οι επιπτώσεις στην υγεία από την εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων συνδέονται άμεσα, πέρα από το μέγεθός τους, με τη χημική τους σύσταση, τη συνολική εισπνεόμενη μάζα και τη διαλυτότητά τους. Στο αναπνευστικό σύστημα εισέρχονται σωματίδια με διάμετρο $< 10 \mu\text{m}$.

Τα μεγαλύτερα από αυτά αποτίθενται στη ρινική κοιλότητα, ενώ όσο μικραίνει η διάμετρος τους εισχωρούν βαθύτερα στους αεραγωγούς και τις κυψελίδες. Έτσι, το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στα εσπνεύσιμα σωματίδια (PM10) τα οποία είναι σε μεγάλο ποσοστό ανθρωπογενούς προέλευσης, έχουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και είναι δυνατή η μεταφορά και διασπορά τους σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής.

Ανάλογα με τη συγκέντρωση τους στον αέρα που αναπνέουμε, μπορεί να προκαλέσουν βλάβες από μόνα τους ή ως αποτέλεσμα συνέργειας με άλλους αέριους ρύπους. Βρέθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση της συγκέντρωσης των PM10 με αναπνευστικά και καρδιολογικά προβλήματα. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες στην Ευρώπη και τη Β. Αμερική, κάθε αύξηση της συγκέντρωσης PM10 κατά $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ συνεπάγεται αύξηση της ημερήσιας θνησιμότητας κατά 0.7 – 1.6 %.

Οι πιο ευαίσθητες κατηγορίες πληθυσμού είναι οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και τα άτομα που πάσχουν από άσθμα και καρδιαγγειακές παθήσεις.

1.6 Έλεγχος αιωρούμενων σωματιδίων

Αρχικά, οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων αναφερόταν στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (Total Suspended Particulates ή σε συντομία TSP), δίχως να γίνεται διαφοροποίηση αυτών ανάλογα με το μέγεθός τους.

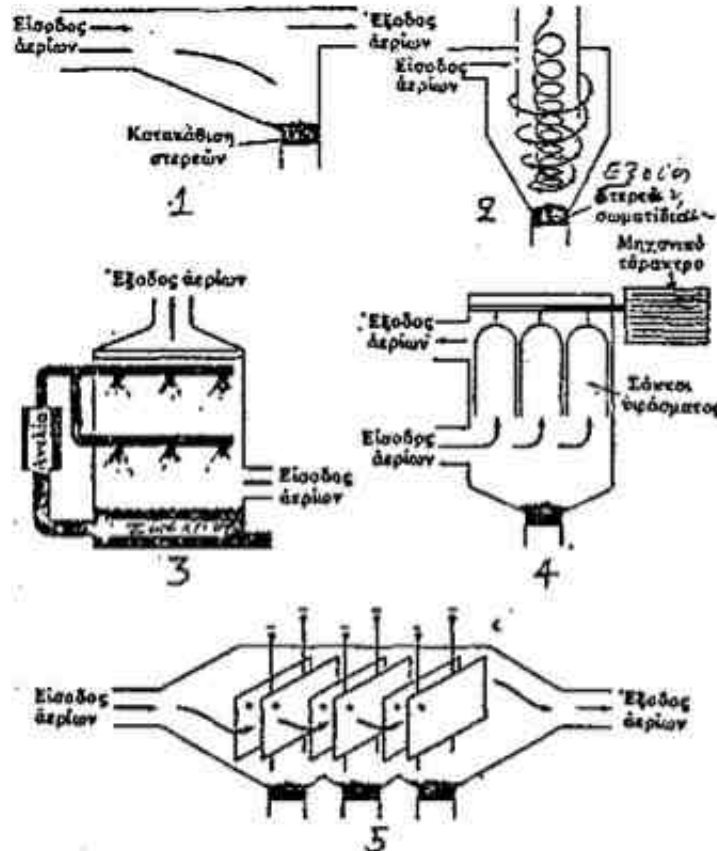
Η προσέγγιση αυτή ωστόσο, εξελίχθηκε με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την ανακάλυψη των διαφορετικών επιπτώσεων των σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρό τους.

Συσκευές ελέγχου των αιωρουμένων σωματιδίων στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Τα συστήματα για τη συλλογή των εκατομμυρίων τόνων των σωματιδίων τα οποία παράγονται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες, κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες:

1. Θάλαμος κατακαθίσεως με τη βαρύτητα.
2. Φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες (cyclones)
3. Πύργοι καταιονισμού (wet scrubbers).
4. Σακκόφιλτρα.
5. Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστήρες (ηλεκτροστατικά φίλτρα).

Ο θάλαμος κατακαθίσεως χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση σωματιδίων μεγαλύτερων από 50 μm , ενώ τα ηλεκτροστατικά φίλτρα χρησιμοποιούνται για σωματίδια μεγαλύτερα των 0,005 μm (εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 (γραφική αναπαράσταση ηλεκτροστατικού κατακρημνιστήρα).

Έλεγχος παραγωγής σωματιδίων από διάφορες πηγές.

■ Έλεγχος σωματιδίων από αυτοκίνητα

Αναφορικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση του Λεκανοπεδίου Αθηνών από τα αιωρούμενα σωματίδια (καπνός, σκόνη), τα συμπεράσματα των πρώτων μελετών (1980-1985) που πραγματοποιήθηκαν από το ΥΠΕΧΩΔΕ Διεύθυνση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και θορύβων ενοχοποιούν το αυτοκίνητο ως την κυριότερη πηγή ρύπανσης και υπολογίστηκε ότι 4.000 σωματιδίων (καπνός) προέρχονται από τα αυτοκίνητα, ενώ μόνον 1.800 σωματιδίων προέρχονται από τη βιομηχανική δραστηριότητα.

Στα μέτρα που πρότεινε το ΠΕΡΠΑ για τα αυτοκίνητα περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

α) Καθιέρωση περιοδικού ελέγχου, όσον αφορά τις εκπομπές καπνού και αιθάλης, για πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα στα κέντρα τεχνικού ελέγχου οχημάτων (ΚΤΕΟΦ).

β) Υγραεριοκίνηση των ταξί, καθώς και καύση υγραερίου ή φυσικού αερίου από ορισμένες βιομηχανίες.

Το πρώτο μέτρο όμως δεν μπόρεσε να αποδώσει σημαντικά, εφόσον οι κυκλοφοριακές συνθήκες των αυτοκινήτων μέσα στην Αθήνα παρέμειναν δυσμενείς (μικρή ταχύτητα κινήσεως περίπου 12 km , με συνέπεια την πολλαπλάσια κατανάλωση καυσίμων ανά χιλιομετρική μονάδα).

Το δεύτερο μέτρο αντιμετώπισε μερικώς το πρόβλημα του καπνού και της αιθάλης, όμως η εκτεταμένη χρησιμοποίηση του υγραερίου δημιουργεί άλλα προβλήματα ρυπάνσεως με την εκπομπή άλλων τοξικών ουσιών στα απαέρια.

Σήμερα η μεγαλύτερη προσπάθεια επικεντρώνεται στην ευρεία χρήση του φυσικού αερίου τόσο στη βιομηχανία και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην κίνηση των λεωφορείων με φυσικό αέριο αλλά και στον οικιακό τομέα.

■ Έλεγχος εκπομπών καπνού από κεντρική θέρμανση

Η κεντρική θέρμανση για την οποία χρησιμοποιείται πετρέλαιο, μέσα στο Λεκανοπέδιο Αττικής, συμβάλλει κατά τους χειμερινούς μήνες μόνο κατά 14% στον καπνό της ατμόσφαιρας των Αθηνών. Αυτό επιτεύχθηκε μετά τη νομοθετική καθιέρωση (Π.Δ. 922/1977) του ετήσιου ελέγχου λειτουργίας των καυστήρων των λεβήτων, ώστε η καύση να είναι πλήρης (να μην καπνίζει η καπνοδόχος και ταυτόχρονα να γίνεται οικονομία καυσίμων, που η εκπομπή τους ως άκαυστων ρυπαίνει το περιβάλλον).

Πέρα των παραπάνω μέτρων, καθοριστικό ρόλο για τη μείωση της ρυπάνσεως της ατμόσφαιρας από καπνό έχει η ποιότητα των καυσίμων, για τα οποία γίνεται λόγος ότι είναι καλής μεν ποιότητας αλλά γίνονται εκτεταμένες νοθείες στις βενζίνες αλλά κυρίως στο πετρέλαιο κίνησης, θέρμανσης και ναυτιλίας.

1.7 Προσδιορισμός αιωρούμενων σωματιδίων.

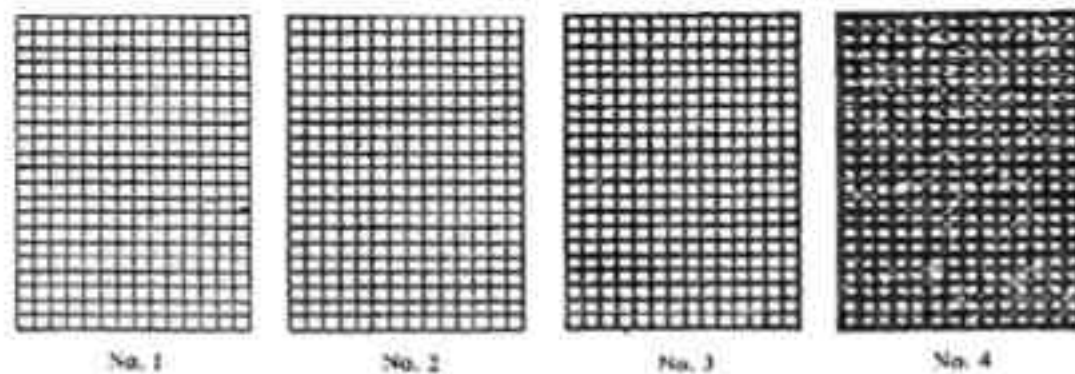
Ο προσδιορισμός και ο έλεγχος των σωματιδίων είναι αλληλένδετα θέματα. Ο προσδιορισμός είναι απαραίτητος για να καθοριστεί η ανάγκη για έλεγχο των σωματιδίων. Πολλές μέθοδοι συλλογής σωματιδίων για προσδιορισμό είναι μικρογραφικές τροποποιήσεις των μεθόδων απομακρύνσεως σωματιδίων από τα διάφορα απαέρια και τα καυσαέρια.

Παρακάτω αναφέρονται οι συνηθέστερες μέθοδοι προσδιορισμού σωματιδίων.

Η παλαιότερη, ευκολότερη και φθηνότερη μέθοδος εκτιμήσεως των σωματιδίων στις εκπομπές είναι η κλίμακα Ringelmann (Ringelmann scale). Ο βαθμός ελαττώσεως της εντάσεως του φωτός από τον καπνό συγκρίνεται με τέσσερις αποχρώσεις του γκρι, και το 0% μαύρο, δηλαδή λευκό (#0) και 100% μαύρο (#5). (εικόνα 1.3)

Αριθμός χάρτου κατά Ringelmann	Πλάτος μαύρων γραμμών σε mm	Πλάτος λευκών γραμμών σε mm	Μαύρο %
0	Λευκό	-	0
1	1,0	9,0	20
2	2,3	7,7	40
3	3,7	6,3	60
4	5,5	4,5	80
5	Μαύρο	-	100

Πίνακας 1.5



Εικόνα 1.3 αποχρώσεις κλίμακας Ringelmann

■ Συλλογή των σωματιδίων επί λευκού φίλτρου

Βασίζεται στη συλλογή των σωματιδίων επί λευκού φίλτρου και κατόπιν στην εκτίμηση της αμαυρότητας με τη χρησιμοποίηση ανακλωμέτρου (anacloimeter) (το λευκό φίλτρο ανακλά το φως 100% και τα μαυρισμένα φίλτρα το ανακλούν λιγότερο). Ο υπολογισμός της συγκεντρώσεως γίνεται με βάση πρότυπο διεθνή διάγραμμα βαθμονόμησης, που παρέχει την επιφανειακή συγκέντρωση ($\mu\text{g cm}^{-2}$) σε συνάρτηση με το δείκτη αμαυρότητας. Η παραπάνω οπτική μέθοδος δεν προσδιορίζει επακριβώς τη μάζα των σωματιδίων, διότι δίνει λανθασμένα αποτελέσματα στην περίπτωση λευκών σωματιδίων (σκόνη τσιμέντου).

■ Σταθμική μέθοδος

Η σταθμική μέθοδος βασίζεται στη χρησιμοποίηση δειγματολήπτη μεγάλου όγκου (high volume sampler) , με τον οποίο συλλέγονται επί προζυγισμένου φίλτρου τα σωματίδια του αέρα για 24 ώρες και υπολογίζεται η μάζα των σωματιδίων μετά τη ζύγιση του φίλτρου με τα σωματίδια.

Τα σωματίδια του φίλτρου μπορούν να διαχωριστούν, με εκχύλιση με βενζόλιο (extraction with benzene), σε μη πολικές οργανικές ενώσεις και σε μεταλλικά οξείδια και ανόργανα άλατα. Συνήθως στο βενζολικό κλάσμα προσδιορίζονται με χρωματογραφικές μεθόδους οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), στους οποίους ανήκει το βενζοαπυρένιο (BaP) που είναι ισχυρά καρκινογόνος ουσία.

■ Διήθηση

Η διήθηση (infiltration) δεν μπορεί να διαχωρίσει τα σωματίδια, σύμφωνα με το μέγεθός τους, διότι αφού οι πόροι του φίλτρου στομαθθούν από τα μεγάλα σωματίδια, δεν θα μπορούν να περάσουν σωματίδια μικρότερου μεγέθους.

Η ταξινόμηση των σωματιδίων, ανάλογα με τη διάμετρό τους, γίνεται με συστοιχία κρουστικών διαχωριστήρων (cascade impactor), ρυθμίζοντας τις οπές των επιφανειών συλλογής και την ταχύτητα κίνησης του αερίου .

Για την εκτίμηση της ρυπάνσεως από αιωρούμενα σωματίδια είναι επίσης απαραίτητο, σε μερικές περιπτώσεις, εκτός από την συγκέντρωση της να είναι γνωστή, και η κατανομή κατά μέγεθος, και η χημική σύσταση των σωματιδίων σε ανόργανα και οργανικά συστατικά, καθώς επίσης και η χημική δομή των κυριοτέρων χημικών ουσιών.

1.8 Επίδραση μετεωρολογικών παραμέτρων στη ρύπανση

Οι παράμετροι της μετεωρολογίας που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι:

1. η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου
2. η ευστάθεια της ατμόσφαιρας και ειδικά για τους φωτοχημικούς ρύπους
3. η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας
4. η διάρκεια της ηλιοφάνειας
5. η βροχόπτωση
6. η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας
έμμεσα η θερμοκρασία

1.9 Όρια τα οποία ισχύουν για τα αιωρούμενα σωματίδια.

Η Ευρωπαϊκή ένωση προσδιόρισε οριακές τιμές για τα PM10, με έτος έναρξης ισχύος το 2005 και 2010. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την οδηγία 1999/30, από 1/1/2005 ισχύουν τα όρια :

Για τη μέση ημερήσια συγκέντρωση PM10 η τιμή 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η τιμή αυτή δεν πρέπει να ξεπερνιέται περισσότερες από 35 φορές το χρόνο.

Για τη μέση ετήσια συγκέντρωση η τιμή 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Για το έτος 2010 τα όρια διαμορφώνονται ως εξής :

Για τη μέση ημερήσια συγκέντρωση PM10 το όριο παραμένει ίδιο, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, μειώνεται ωστόσο ο αριθμός των υπερβάσεων. Η τιμή αυτή δεν πρέπει να ξεπερνιέται περισσότερες από 7 φορές το χρόνο.

Για τη μέση ετήσια συγκέντρωση το όριο από 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ το 2005, μειώνεται στο μισό το 2010, δηλαδή γίνεται 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Παράλληλα δίνεται και ένα περιθώριο ανοχής (ποσοστό της οριακής τιμής κατά το οποίο επιτρέπεται να γίνεται υπέρβαση της), το οποίο προστίθεται στην οριακή τιμή, δίνοντας έτσι την τιμή που ισχύει στο μεσοδιάστημα μέχρι τη θέση σε ισχύ της οριακής τιμής.

Η Αμερικάνικη Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (USEPA), από το 1997, πρότεινε την παρακολούθηση, παράλληλα με τα PM10, και των συγκεντρώσεων PM2.5, για τις συγκεντρώσεις των οποίων έχει ορίσει οριακές τιμές (μέση ετήσια συγκέντρωση όχι μεγαλύτερη από 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν έχει ακόμη θεσπίσει όριο για τις συγκεντρώσεις των PM2.5. Ωστόσο "τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν σταθμοί μέτρησης για την παροχή στοιχείων σχετικά με τις συγκεντρώσεις PM2.5". Σήμερα είναι υπό διαμόρφωση καινούργια οδηγία για τα PM10 και, για πρώτη φορά σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οδηγία για τα PM2.5.

Γεωστατιστική Ανάλυση

2.1 Χρονικές Σειρές

Ορισμός

Με τον όρο χρονοσειρά εννοούμε μία σειρά από παρατηρήσεις που παίρνονται σε ορισμένες χρονικές στιγμές ή περιόδους που ισαπέχουν μεταξύ τους. Υπάρχει ένα μεγάλο εύρος στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση χρονοσειρών. Γενικά οι μέθοδοι αυτοί ανήκουν σε δύο κατηγορίες:

1. αυτές που βασίζονται στη μελέτη συναρτήσεων που εξαρτώνται από τον χρόνο
2. αυτές που εξαρτώνται από τις συχνότητες και οι οποίες ερευνούν τις περιοδικές ιδιότητες που μπορεί να έχει η σειρά.

Τα τρία κυριότερα στοιχεία της ανάλυσης χρονοσειρών είναι:

■ η περιγραφή

Η περιγραφή επιτυγχάνεται με την βοήθεια διαφόρων γραφημάτων

■ η επεξήγηση

η επεξήγηση χρησιμοποιώντας κάποια μορφή μοντέλα για να εξερευνηθούν οι μηχανισμοί δημιουργίας της χρονοσειράς

■ η πρόβλεψη

η πρόβλεψη περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση ενός μοντέλου για προβλεφθούν μελλοντικές τιμές της σειράς

Κατηγορίες προσεγγίσεων στην ανάλυση χρονοσειρών

- Η πρώτη κατηγορία αναπαριστά τη χρονοσειρά με ένα κινητικό μοντέλο(ανάλυση συνιστωσών)

$$X_t = f(t)$$

οι παρατηρήσεις θεωρούνται μια συνάρτηση του χρόνου.

- Η δεύτερη κατηγορία αναπαριστά τη χρονοσειρά με ένα δυναμικό μοντέλο(μοντέλο ARIMA, διαδικασία Box-Jenkins)

$$X_t = f(x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-3}...)$$

οι παρατηρήσεις θεωρούνται ως συναρτήσεις του παρελθόντος τους (και πιθανόν του παρελθόντος και άλλων μετρούμενων ή παρατηρούμενων μεταβλητών.

Διαδικασίες που ακολουθούνται για τις χρονοσειρές.

■ Μακροχρόνια Τάση (Secular Trend)

Η τιμή της μεταβλητής τείνει να αυξηθεί ή να ελαττωθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα

■ Κυκλική Κύμανση (Cyclical Fluctuation)

Αυξομειώσεις της τιμής της μεταβλητής γύρω από μια γραμμή τάσης σε μια μακροχρόνια περίοδο

Στην πράξη τα σημεία της χρονοσειράς για μια σειρά ετών βρίσκονται κάτω από τη γραμμή τάσης και στη συνέχεια για μια άλλη σειρά ετών πάνω από τη γραμμή τάσης. Ο χρόνος για να έχουμε μια κυκλική αυξομείωση δεν είναι σταθερός

■ Περιοδική – Εποχιακή μεταβολή (Seasonal Variation)

Έχουμε στις χρονοσειρές που παρουσιάζουν κάποια περιοδικότητα στις χαρακτηριστικές κινήσεις σε ορισμένα χρονικά διαστήματα

Ακολουθούν κανονικό μοντέλο και είναι χρήσιμες για να κάνουμε προβλέψεις για το μέλλον

■ Ακανόνιστη μεταβολή (Irregular Variation)

Οι μεταβολές που είναι άλλοτε μικρές, άλλοτε μεγάλες, θετικές ή αρνητικές χωρίς καμία κανονικότητα

Διακρίνονται σε συμπτωματικές (οφειλόμενες σε απρόβλεπτα γεγονότα) και τυχαίες.

Στην πράξη οι χρονοσειρές παρουσιάζουν μία ή περισσότερες από τις παραπάνω συνιστώσες.

2.2 Βαριογράμματα

Ορισμός

Το βαριόγραμμα αποτελεί βασικό διαγνωστικό εργαλείο για τον χωρικό χαρακτηρισμό μίας χωρομεταβλητής και είναι κεντρικό στοιχείο σε μεθόδους παρεμβολής (kriging).

1. Βαριογράμματα τα οποία έχουν εύρος αναφέρονται ως «μεταβατικά» ή αλλιώς «περιορισμένα» βαριογράμματα. Τα φαινόμενα που περιγράφονται από αυτού του τύπου τα βαριογράμματα ονομάζονται μεταβατικά φαινόμενα.

2. Τα βαριογράμματα τα οποία δεν έχουν εύρος ονομάζονται «μη- μεταβατικά» ή «απεριόριστα».

Βαριογραφία

Η βαριογραφία είναι ο υπολογισμός πειραματικών βαριογραμμμάτων και η προσαρμογή κατάλληλων μοντέλων βαριογραμμμάτων.

■ Παροχή δεδομένων στα βαριογράμματα

Τα δεδομένα προέρχονται από ένα ομοιογενή πληθυσμό.

- Ορισμός διαφόρων ζωνών σε μερικές περιπτώσεις όταν τα δείγματα δεν είναι ομοιογενή (ακολουθούντα τα εξής βήματα)
- Ανάλυση δεδομένων πριν ξεκινήσουμε
- Μέσος όρος
- Διακύμανση και τυπική απόκλιση
- Συντελεστής μεταβλητότητας
- Σχετική τυπική απόκλιση
- Ιστόγραμμα
- Συσχετισμός ζευγών(σε περιπτώσεις που το πρόβλημα είναι πολλών μεταβλητών)

Τύποι βαριογραμμμάτων

■ Σφαιρικό

Το ποιο κοινό χρησιμοποιούμενο μοντέλο.

■ Μοντέλο δύναμης

Δεν έχει οριακή τιμή και δεν είναι μεταβατικό.

■ Εκθετικό

Η χρήση του γίνεται για να μοντελοποιήσει μεταβατικά φαινόμενα

■ Gaussian

Η χρήση του είναι για συνεχείς μεταβλητές μόνο.

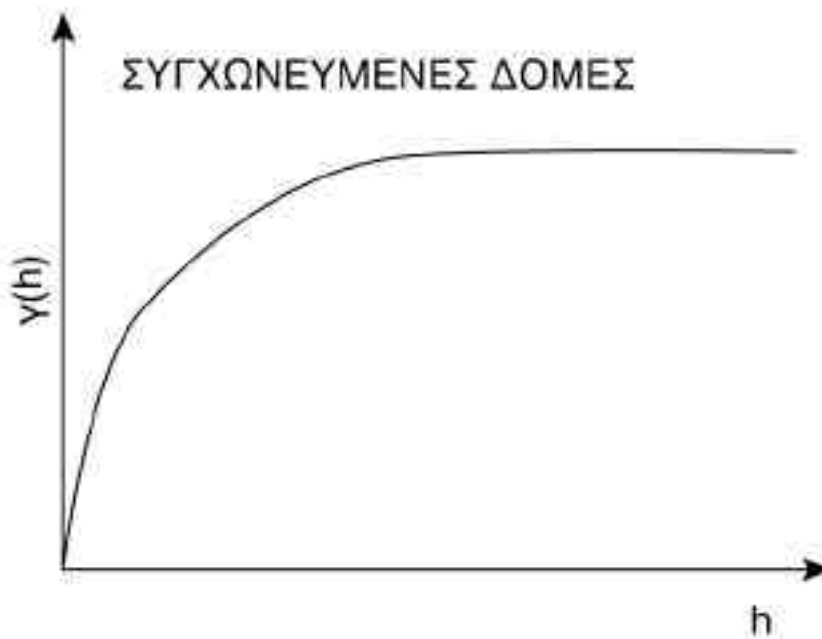
Τρόπος εξέτασης βαριογραμμάτων

Τα σημεία τα οποία ελέγχουμε κατά την εξέταση ενός βαριογράμματος είναι:

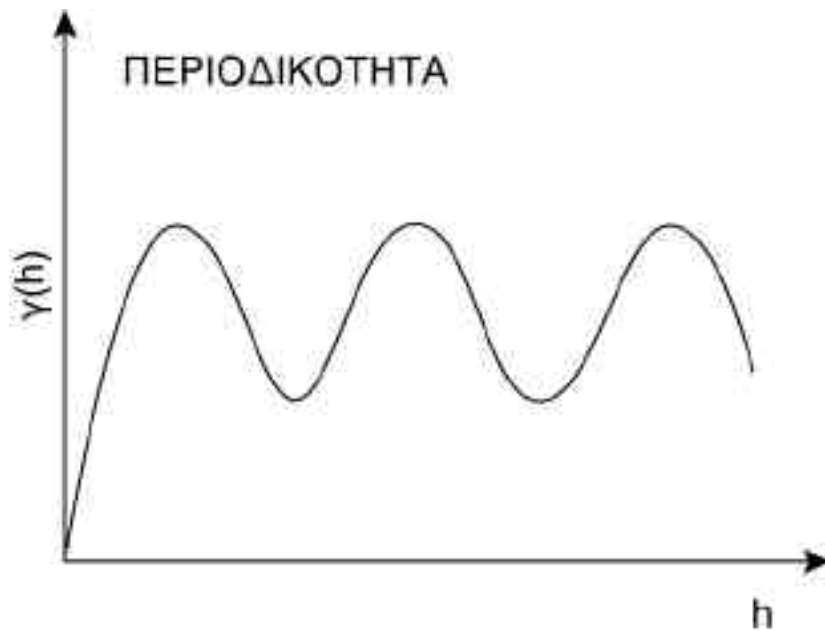
- Αριθμός ζευγών σε κάθε διάστημα του πειραματικού βαριογράμματος
- Ομαλότητα του πειραματικού βαριογράμματος
- Εξέταση του σχήματος του βαριογράμματος στην αρχή του

Συγχωνευμένες δομές βαριογραμμάτων

Οι συγχωνευμένες δομές η συνδυασμένες δομές δείχνουν την παρουσία ενός χωρικού συσχετισμού σε διαφορετικές κλίμακες. Αυτές οι διαφορετικές κλίμακες μεταβολής επικαλύπτονται. Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε ένα βαριόγραμμα με συγχωνευμένες δομές.



Διάγραμμα 2.1



Διάγραμμα 2.2

Περιοδικότητα

Θεωρητικά ένα πολύ κανονικά διαχωρισμένο σύμπλεγμα ζωνών υψηλής και χαμηλής περιεκτικότητας πολύ ομοίου πλάτους μπορεί να οδηγήσει σε ένα περιοδικό βαριόγραμμα. Μερικά μη-μεταλλευτικά δείγματα θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην παραγωγή περιοδικών βαριογραμμάτων.



Διάγραμμα 2.3

Φαινόμενο οπής

Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρούμε μια αναπήδηση στο βαριόγραμμα. Αυτό θα αντιστοιχούσε σε κάποιο κενό των μετρήσεων. Ένα εμφανές φαινόμενο οπής είναι το αποτέλεσμα έλλειψης δειγμάτων για κάποιο διάστημα ή άλλες μεταβολές και ανωμαλίες του πειραματικού βαριογράμματος (το οποίο αποτελεί μια εκτίμηση του πραγματικού βαριογράμματος). Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα εμφανή φαινόμενα οπής μπορούν και θα πρέπει να αγνοηθούν εκτός εάν υπάρχει κάποια λογική εξήγηση διαθέσιμη.

Δεδομένα Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων

3.1 Χρονική περίοδος δειγματοληψίας

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η χρονική περίοδος δειγματοληψίας των μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την περάτωση της εργασίας. Οι μετρήσεις έγιναν το διάστημα μεταξύ 1ης Ιουνίου 2004 και 31ης Μαΐου 2005. Η τοποθεσία του σταθμού από τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις είναι στην πλατεία Αριστοτέλους στο κέντρο της Κοζάνης, παρακάτω στην εικόνα 3.1 φαίνεται η ακριβής τοποθεσία του σταθμού σημειωμένη με αστερίσκο.



Εικόνα 3.1

Τα στοιχεία τα οποία μετρήθηκαν ήταν πέντε:

1. μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων(Pm10)
2. μέση ωριαία θερμοκρασία (Temp)
3. μέση ωριαία σχετική υγρασία(Rh)
4. μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου (Ws)
5. μέση ωριαία διεύθυνση ανέμου(Wd).

Τα στοιχεία αφού συλλέχθηκαν, αρχειοθετήθηκαν σε φύλλο εργασίας του Excel. Με την βοήθεια του Excel υπολογίστηκαν τα στατιστικά στοιχεία τα οποία παραθέτονται στους παρακάτω πίνακες.

Μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων (Pm10)

Μέσος	22,99350401
Τυπικό σφάλμα	0,310188271
Διάμεσος	19
Επικρατούσα τιμή	16
Μέση απόκλιση τετραγώνου	15,8681842
Διακύμανση	251,7992697
Κύρτωση	11,67460503
Ασυμμετρία	2,246558579
Εύρος	177
Ελάχιστο	0
Μέγιστο	177
Άθροισμα	60174
Πλήθος	2617

Πίνακας 3.1

Μέση ωριαία θερμοκρασία (Temp)

Μέσος	11,04012228
Τυπικό σφάλμα	0,170152577
Διάμεσος	12
Επικρατούσα τιμή	15
Μέση απόκλιση τετραγώνου	8,704431083
Διακύμανση	75,76712047
Κύρτωση	-0,68234348
Ασυμμετρία	-0,05197148
Εύρος	45
Ελάχιστο	-10
Μέγιστο	35
Άθροισμα	28892
Πλήθος	2617

Πίνακας 3.2

Μέση ωριαία σχετική υγρασία(Rh)

Μέσος	77,45204433
Τυπικό σφάλμα	0,433913409
Διάμεσος	82
Επικρατούσα τιμή	100
Μέση απόκλιση τετραγώνου	22,19754435
Διακύμανση	492,7309754
Κύρτωση	-1,001410313
Ασυμμετρία	-0,531934744
Εύρος	83
Ελάχιστο	17
Μέγιστο	100
Άθροισμα	202692
Πλήθος	2617

Πίνακας 3.3

Μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου (Ws)

Μέσος	2,671494077
Τυπικό σφάλμα	0,042280218
Διάμεσος	2,2
Επικρατούσα τιμή	0,5
Μέση απόκλιση τετραγώνου	2,162913132
Διακύμανση	4,678193218
Κύρτωση	1,708350701
Ασυμμετρία	1,308885826
Εύρος	12,5
Ελάχιστο	0,1
Μέγιστο	12,6
Άθροισμα	6991,3
Πλήθος	2617

Πίνακας 3.4

Μέση ωριαία διεύθυνση ανέμου(Wd).

Μέσος	152,9438288
Τυπικό σφάλμα	1,510602438
Διάμεσος	165
Επικρατούσα τιμή	160
Μέση απόκλιση τετραγώνου	77,2773183
Διακύμανση	5971,783923
Κύρτωση	-0,894490279
Ασυμμετρία	-0,004985362
Εύρος	354
Ελάχιστο	4
Μέγιστο	358
Άθροισμα	400254
Πλήθος	2617

Πίνακας 3.5

Γεωστατιστική Ανάλυση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων

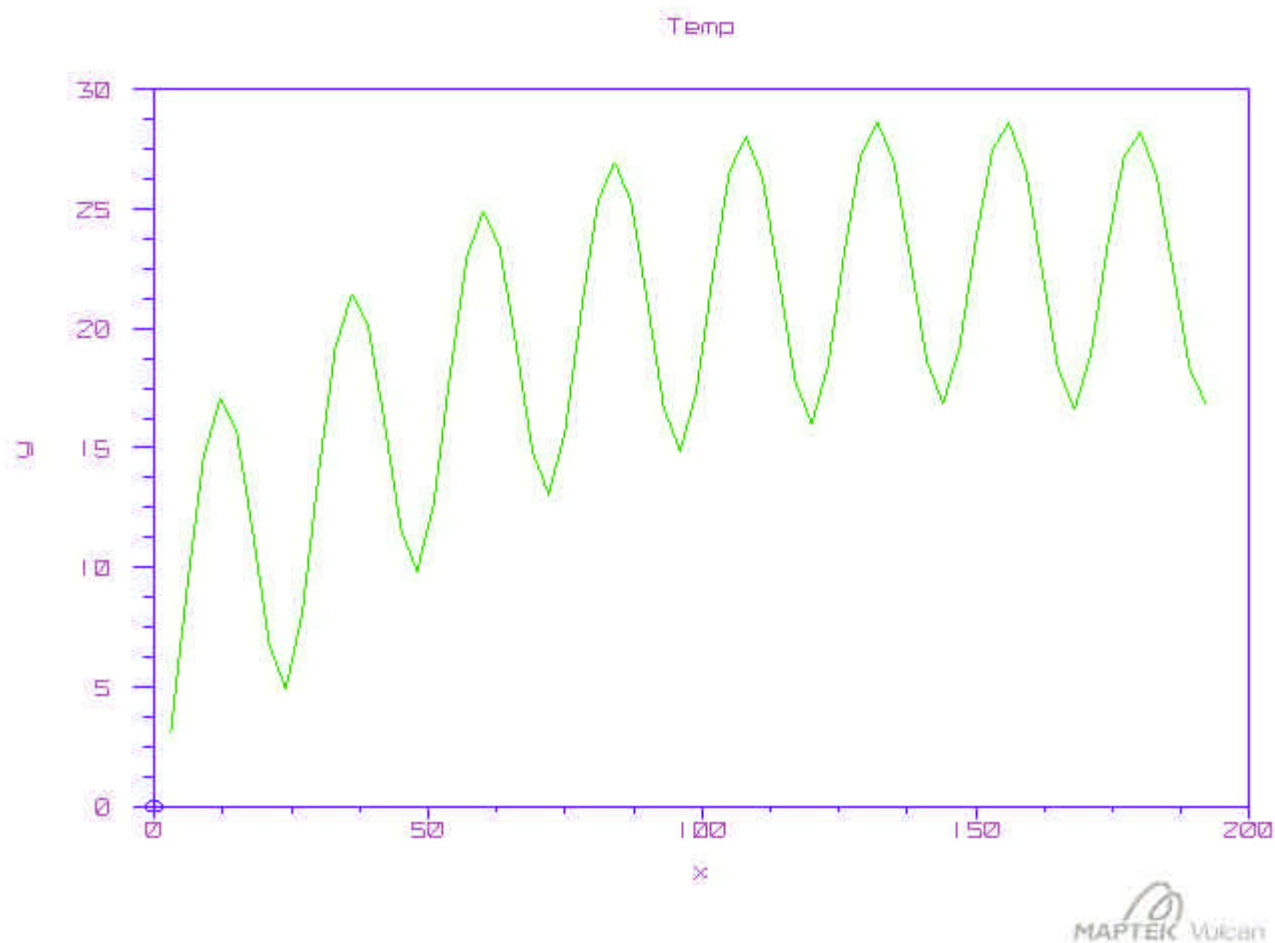
4.1 Πειραματικά βαριόγραμματα

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των πειραματικών βαριόγραμμάτων που δημιουργήθηκαν βάση των μετρήσεων που έγιναν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Κοζάνης- Πτολεμαΐδας.

Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται αναφέρονται στη μέση ωριαία μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων (PM10), μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου (Ws), μέση ωριαία διεύθυνση ανέμου (Wd), μέση ωριαία θερμοκρασία (Temp) και μέση ωριαία σχετική υγρασία (Rh). Όλα τα διαγράμματα έχουν ως άξονα (x) τον χρόνο και ως άξονα (y) τις τιμές που αφορούν το κάθε σχετικό βαριόγραμμα.

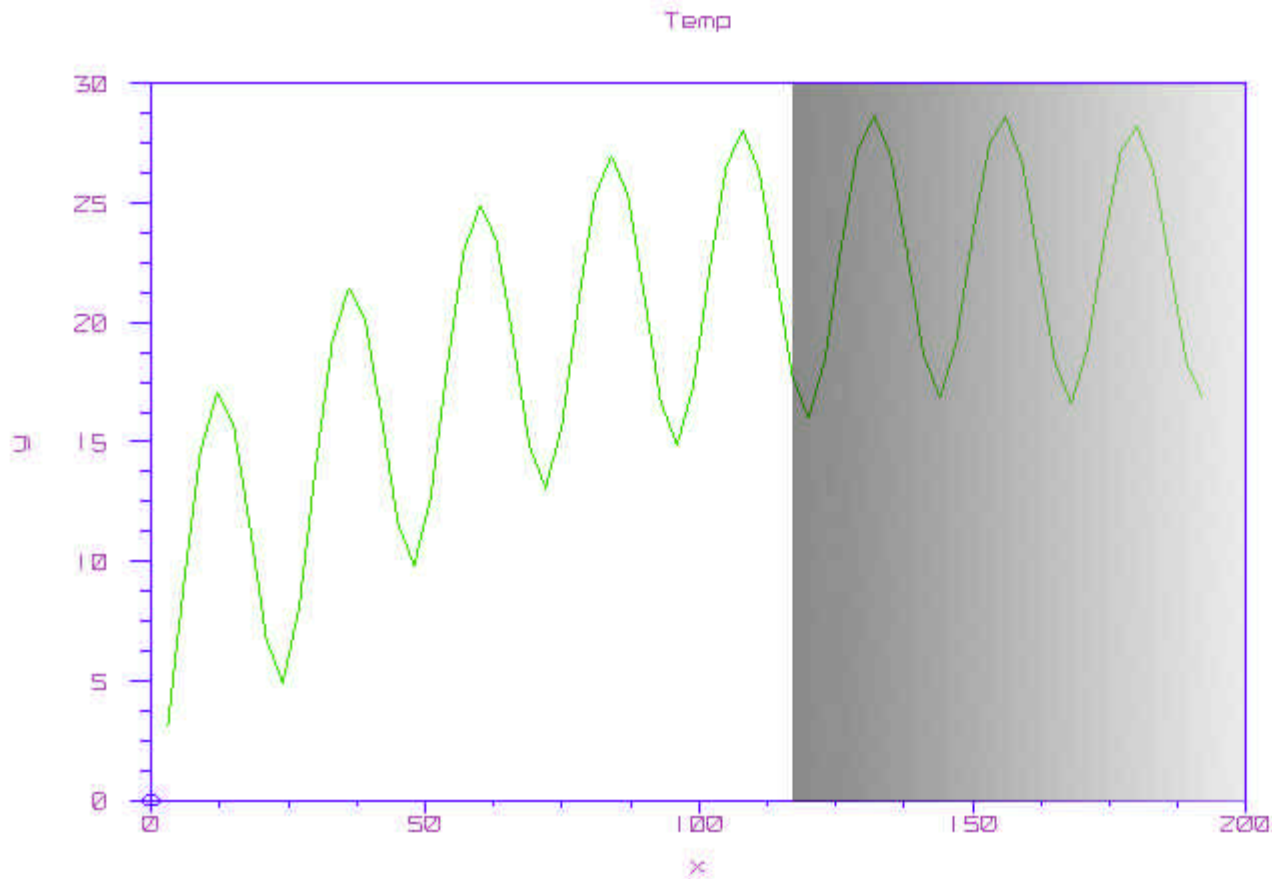
Για την δημιουργία των βαριόγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Martek (Vulcan 8.0.3). Η μοντελοποίηση έγινε με την χρήση του σφαιρικού μοντέλου.

4.2 Βαριόγραμμα μέσης θερμοκρασίας



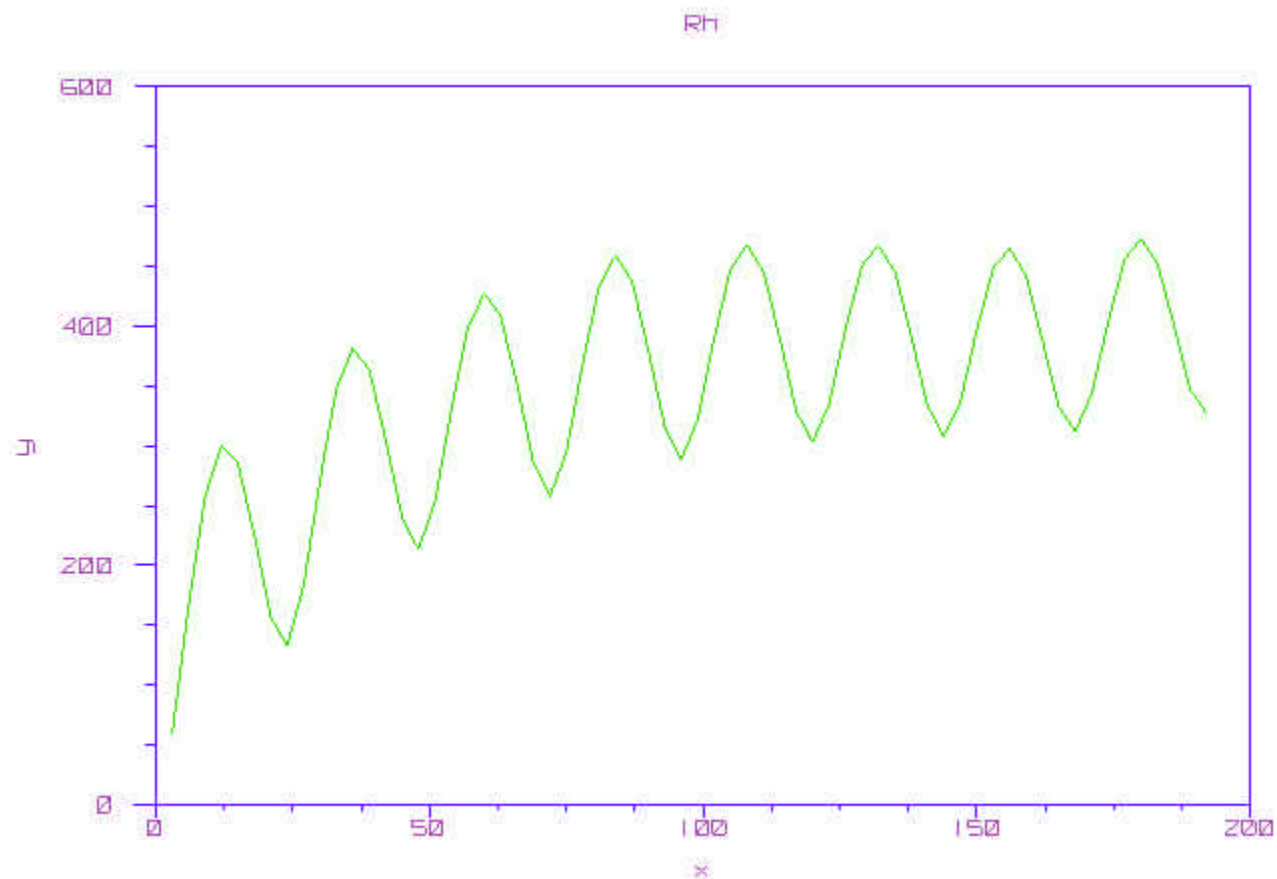
Διάγραμμα 1

Στο βαριόγραμμα της μέσης θερμοκρασίας (Temp) παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις της θερμοκρασίας κατά την ίδια χρονική περίοδο (ημέρα- νύχτα) ακόμη και σε διαφορετικά 24ωρα παρουσιάζουν περιοδικότητα. Στο βαριόγραμμα της μέσης θερμοκρασίας (Temp) δεν είναι ξεκάθαρο το που ξεκινάνε οι μετρήσεις να μην συσχετίζονται μεταξύ τους. Παρόλα αυτά μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι μια ομοιομορφία- οριζόντιωση φαίνεται μετά της 120 ημέρες (κατά προσέγγιση) στο βαριόγραμμα.



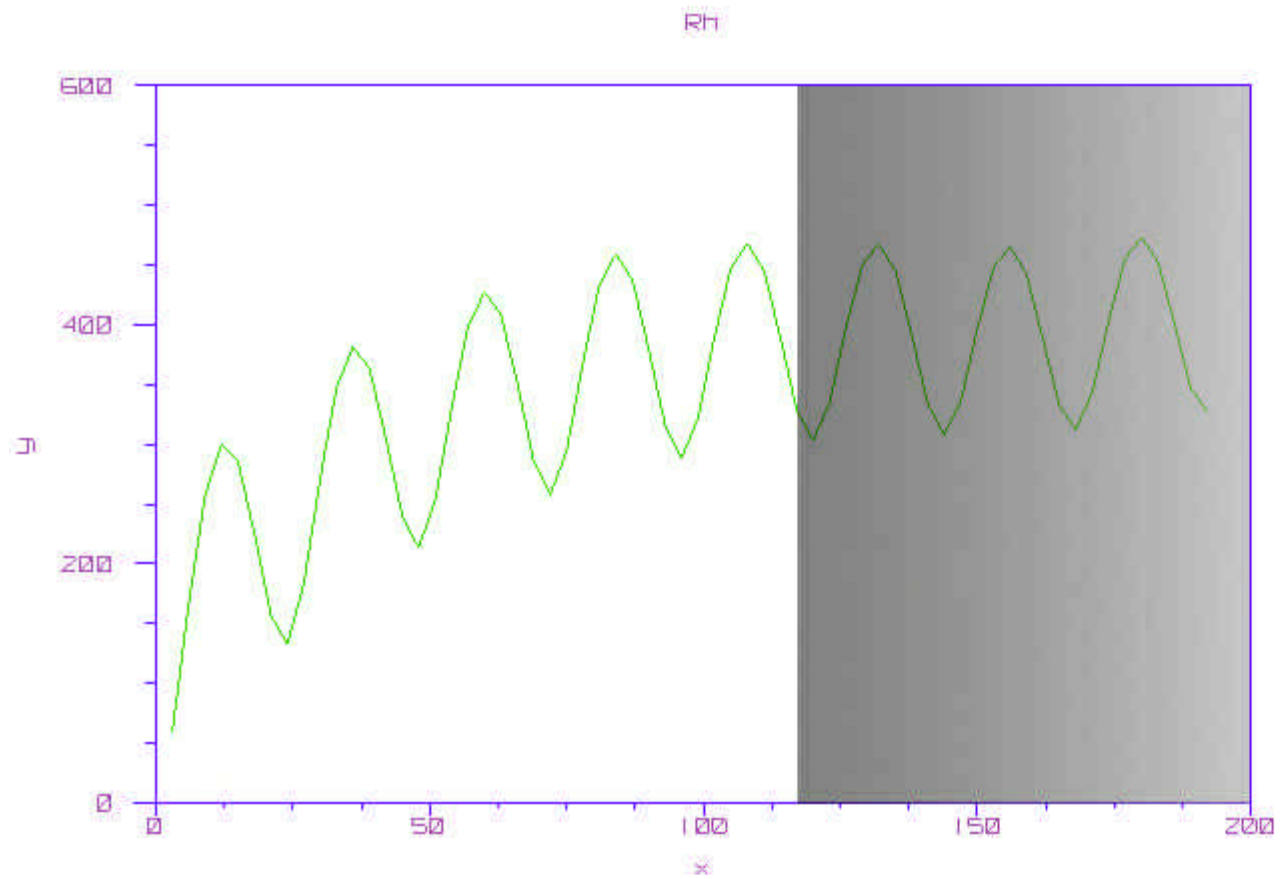
Διάγραμμα 2

4.3 Βαριόγραμμα μέσης σχετικής υγρασίας



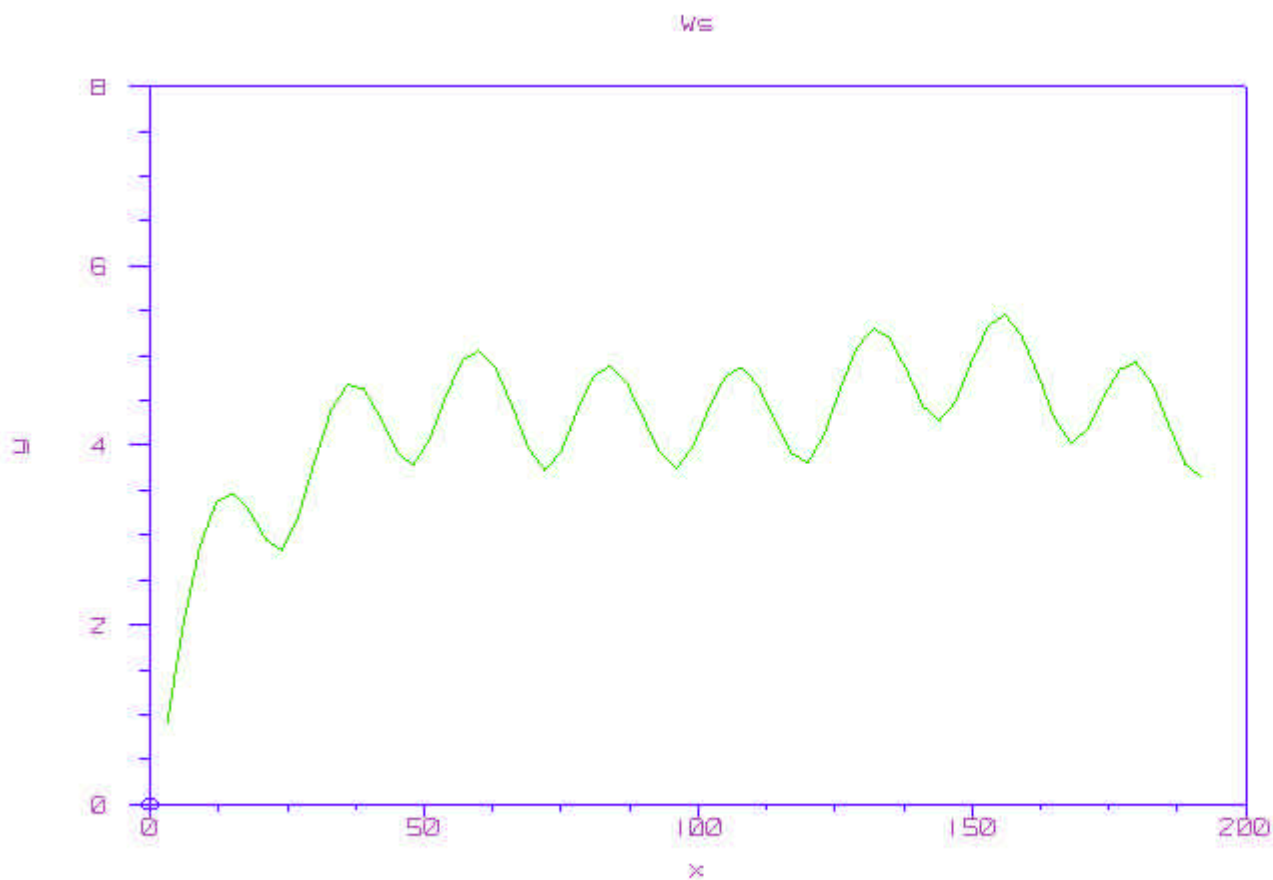
Διάγραμμα 3

Στο βαριόγραμμα της μέσης σχετικής υγρασίας (Rh) παρατηρούμε όπως και στο βαριόγραμμα της θερμοκρασίας (Temp) ότι υπάρχει περιοδικότητα και αυτό και πάλι οφείλεται στην εναλλαγή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Στο διάγραμμα 4 όπως φαίνεται μετά το πέρας των 120 ημερών και πάλι το βαριόγραμμα γίνεται πιο ομοιόμορφο χωρίς να παρουσιάζει έντονες εναλλαγές σε σύγκριση με την αρχή του. Αυτό δείχνει πως μετά από αυτό το χρονικό διάστημα οι τιμές παύουν να συσχετίζονται με τις προηγούμενες.



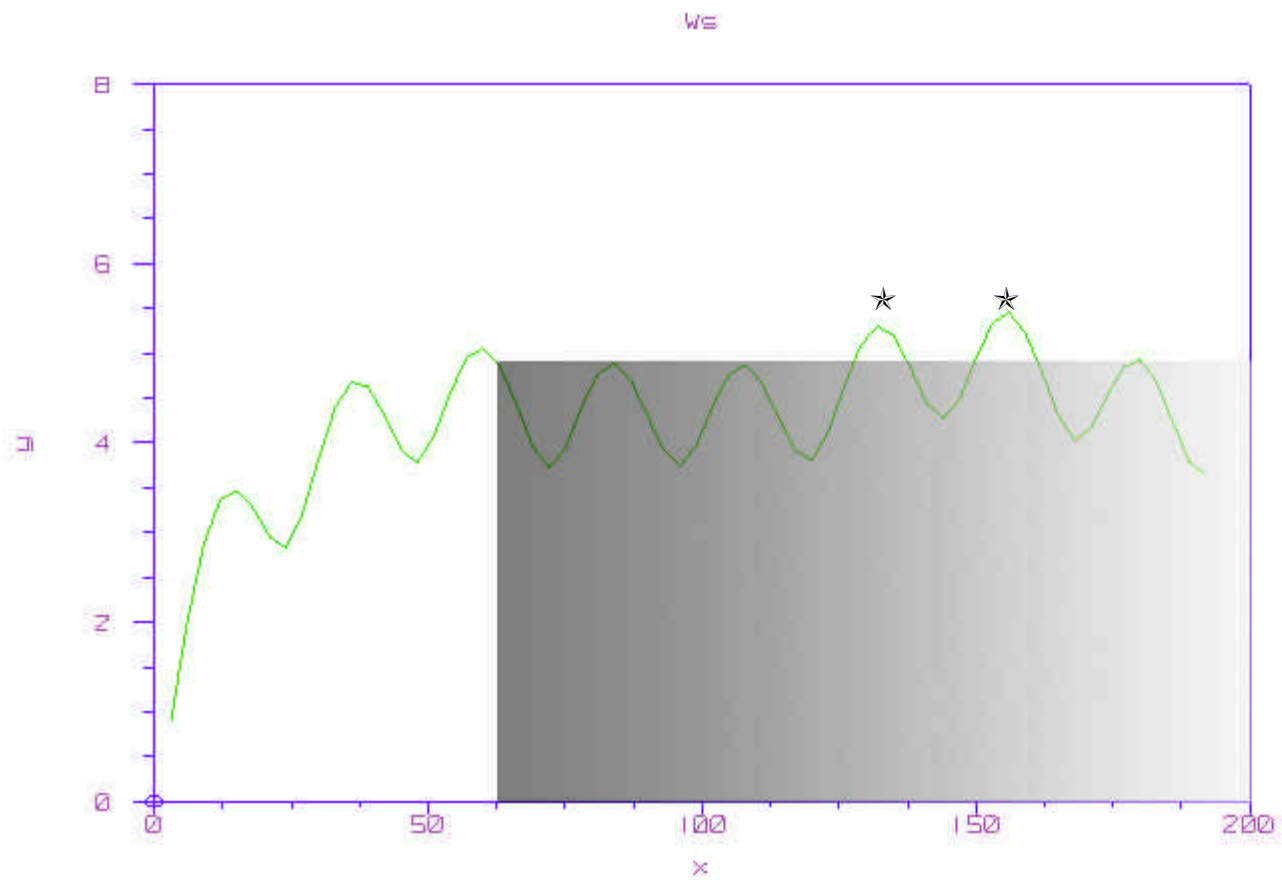
Διάγραμμα 4

4.4 Βαριόγραμμα μέσης ταχύτητας ανέμου



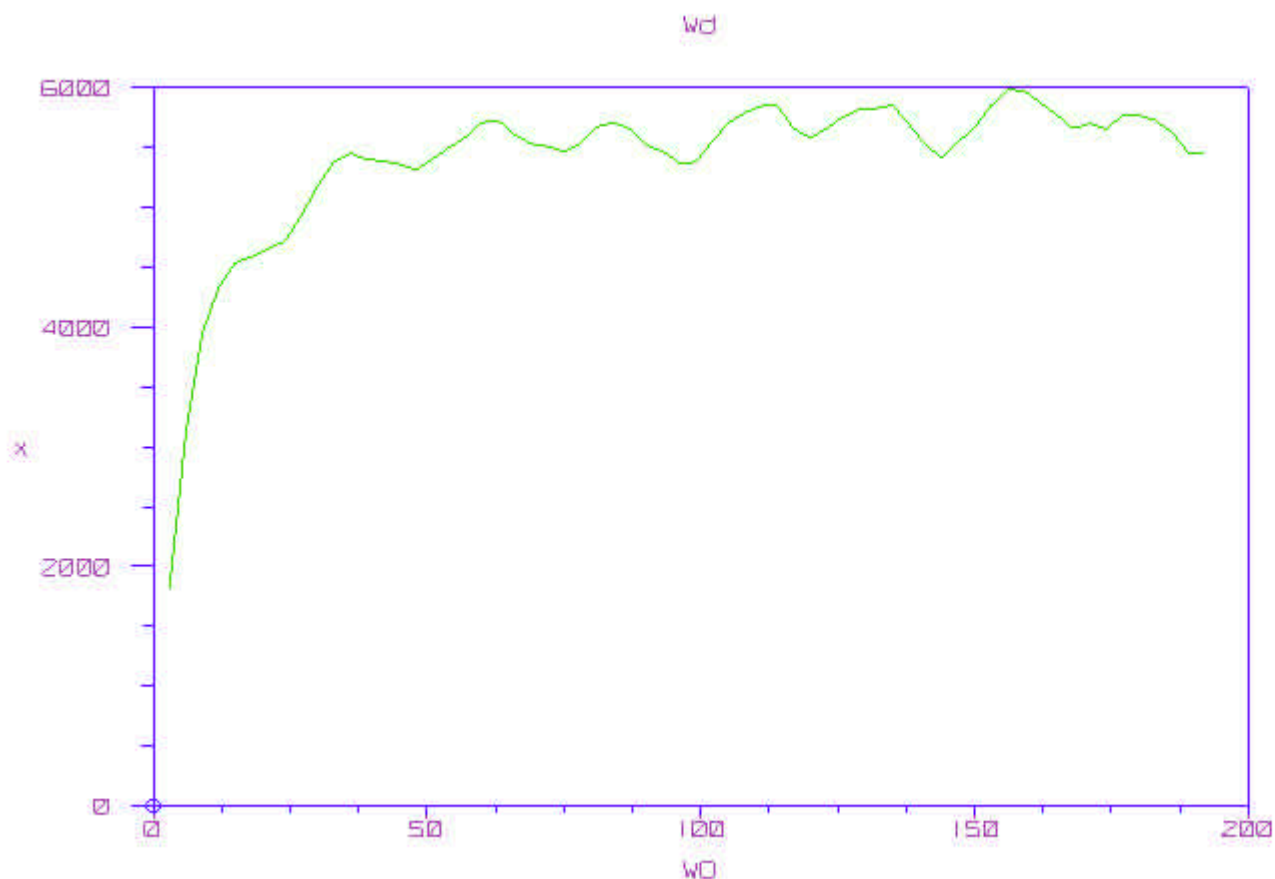
Διάγραμμα 5

Στο βαριόγραμμα της μέσης ταχύτητας του ανέμου (W_s) μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχει και πάλι περιοδικότητα, όχι όμως τόσο έντονη όπως στα προηγούμενα βαριογράμματα. Η χρονική περίοδος που μπορούμε να παρατηρήσουμε να συσχετίζονται οι τιμές στο βαριόγραμμα είναι μέχρι τις πρώτες 70 περίπου ημέρες. Μετά από αυτό το διάστημα παρατηρείται η οριζοντίωση του βαριογράμματος πλην δύο περιπτώσεων που φαίνονται στο διάγραμμα 6 και είναι σημειωμένα με αστερίσκο.



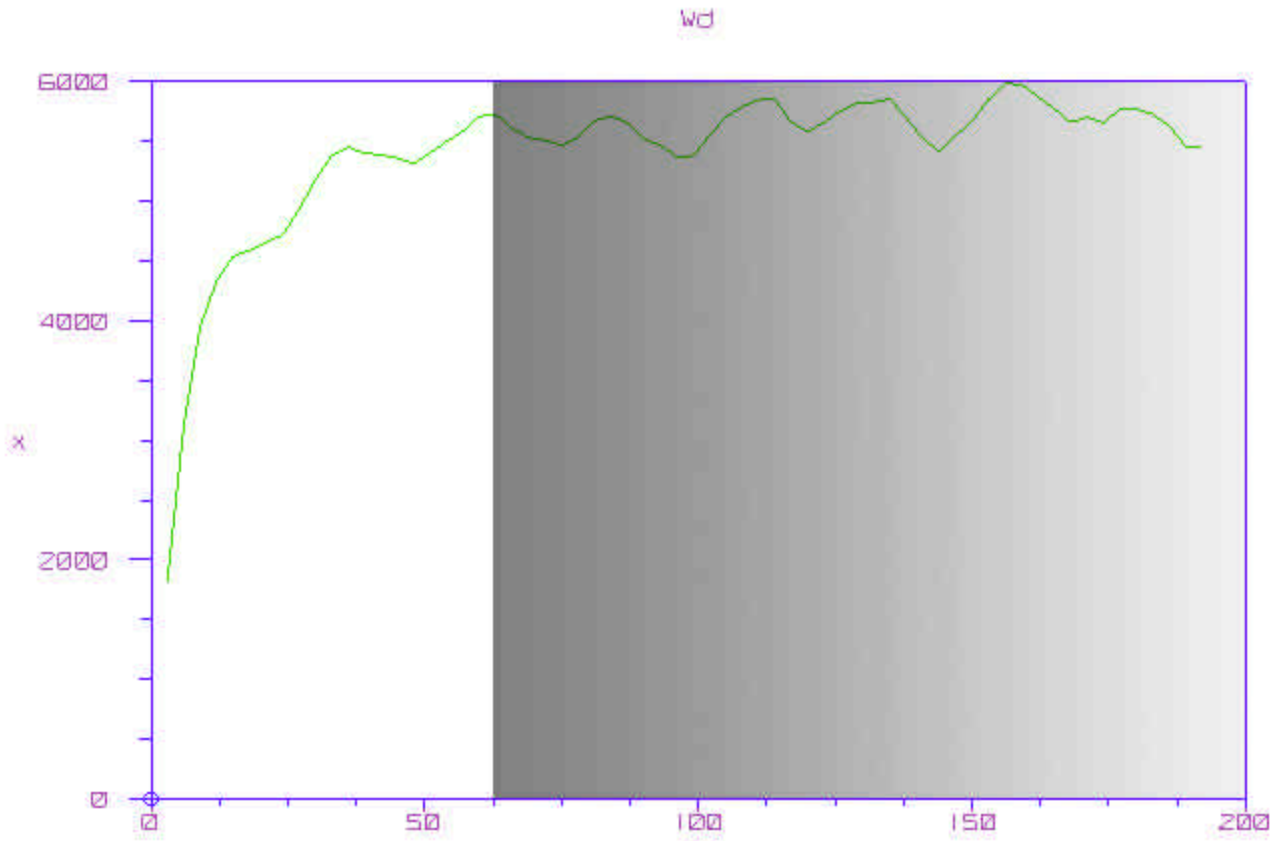
Διάγραμμα 6

4.5 Βαριόγραμμα μέσης διεύθυνσης ανέμου



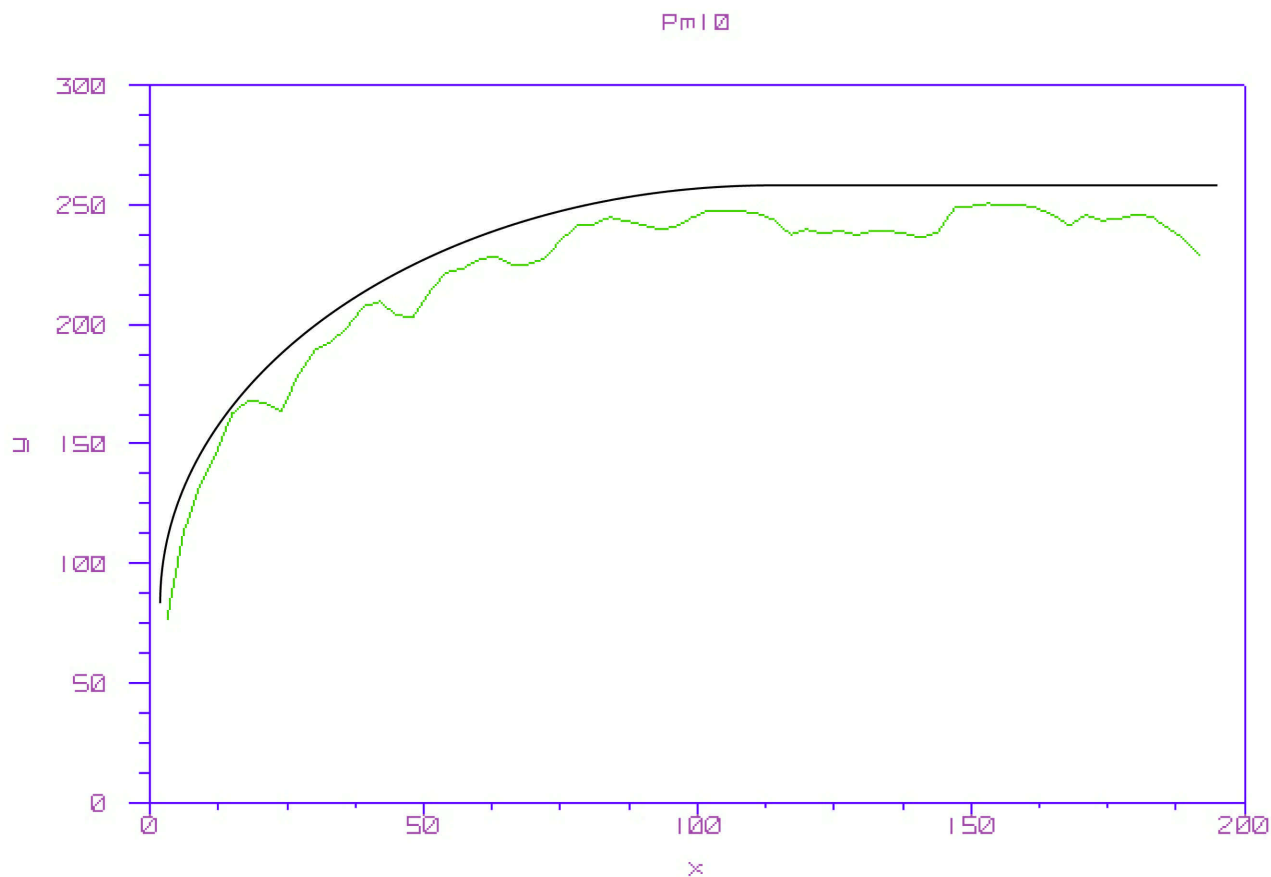
Διάγραμμα 7

Στο βαριόγραμμα της διεύθυνσης (W_d) του ανέμου παρατηρούμε ότι σε σχέση με το βάθος του χρόνου το διάγραμμα αποκτά μία πιο οριζόντια πορεία και όχι τόσο περιοδική όπως τα προηγούμενα, αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι μετά από ένα χρονικό σημείο η καμπύλη της μέσης διεύθυνσης του ανέμου σταματά να συσχετίζεται με τις προηγούμενες μετρήσεις σε βάθος χρόνου. Ακόμη παρατηρούμε ότι το βαριόγραμμα της μέσης διεύθυνσης του ανέμου (W_d) σχετίζεται με το βαριόγραμμα της μέσης ταχύτητας του ανέμου (W_s) στο οποίο παρατηρούμε την αρχή της οριζοντίωσης την ίδια χρονική περίοδο. Παρακάτω παρουσιάζεται γραφικά η περιοχή που παρατηρούμε την οριζοντίωση του βαριογράμματος (Διάγραμμα 8).



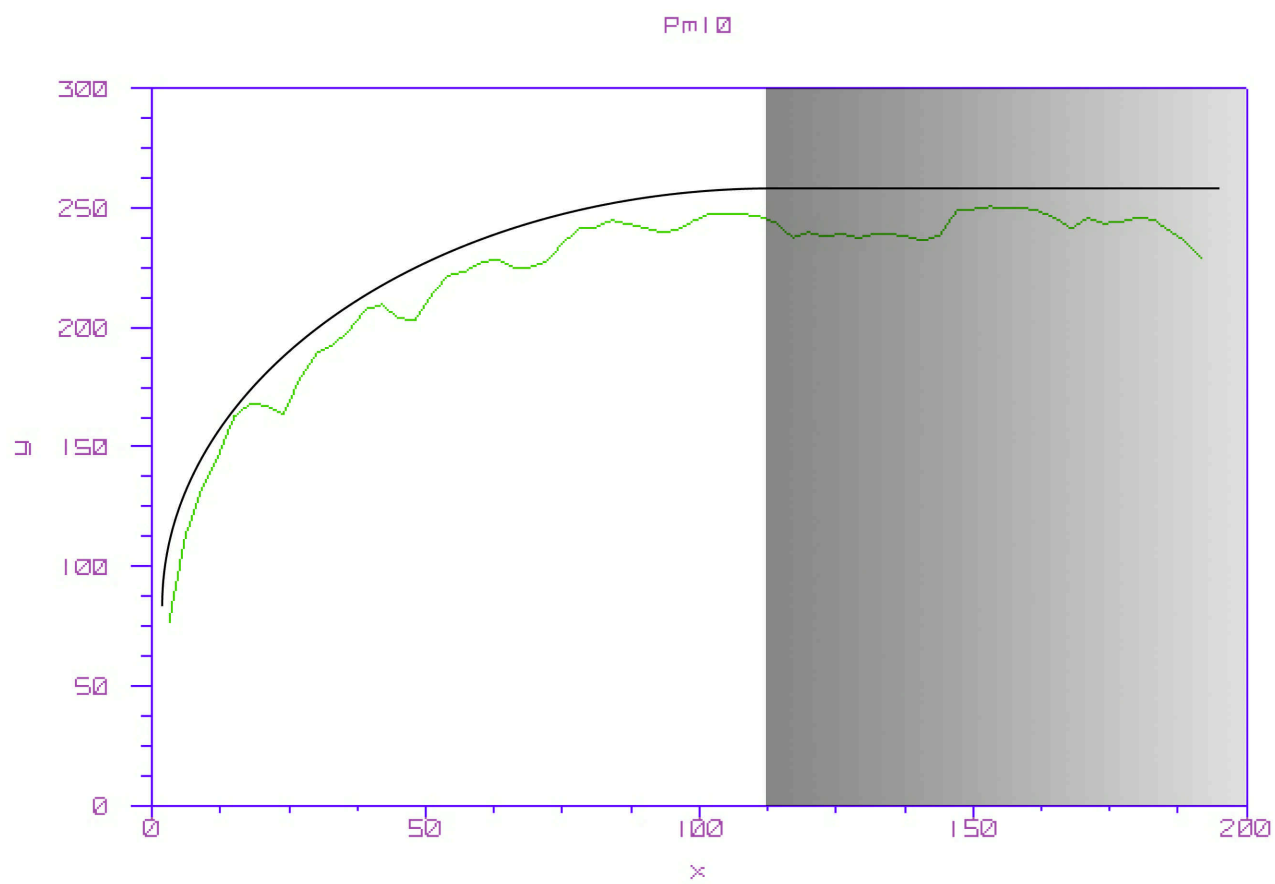
Διάγραμμα 8

4.6 Βαριόγραμμα μέσης συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων (Pm 10)



Διάγραμμα 9

Στο βαριόγραμμα της μέσης ωριαίας συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων(Pm10) παρατηρούμε μία ανοδική πορεία μέχρι ένα σημείο, το οποίο δείχνει πως μέχρι την συγκεκριμένη χρονική περίοδο υπάρχει συσχετισμός μεταξύ αιωρούμενων σωματιδίων και χρόνου. Κάτι που μπορούμε να σχολιάσουμε είναι πως το βαριόγραμμα της μέσης συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων(Pm10) με αυτά της μέσης σχετικής υγρασίας(Rh) και μέσης θερμοκρασίας(Temp) μπορούν να συσχετιστούν, αφού την ίδια χρονική περίοδο και τα τρία τείνουν να οριζοντιωθούν. Το σημείο από το οποίο το βαριόγραμμα παύει να έχει ανοδική πορεία και ξεκινά η οριζόντιωση του παρουσιάζεται γραφικά στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 10).

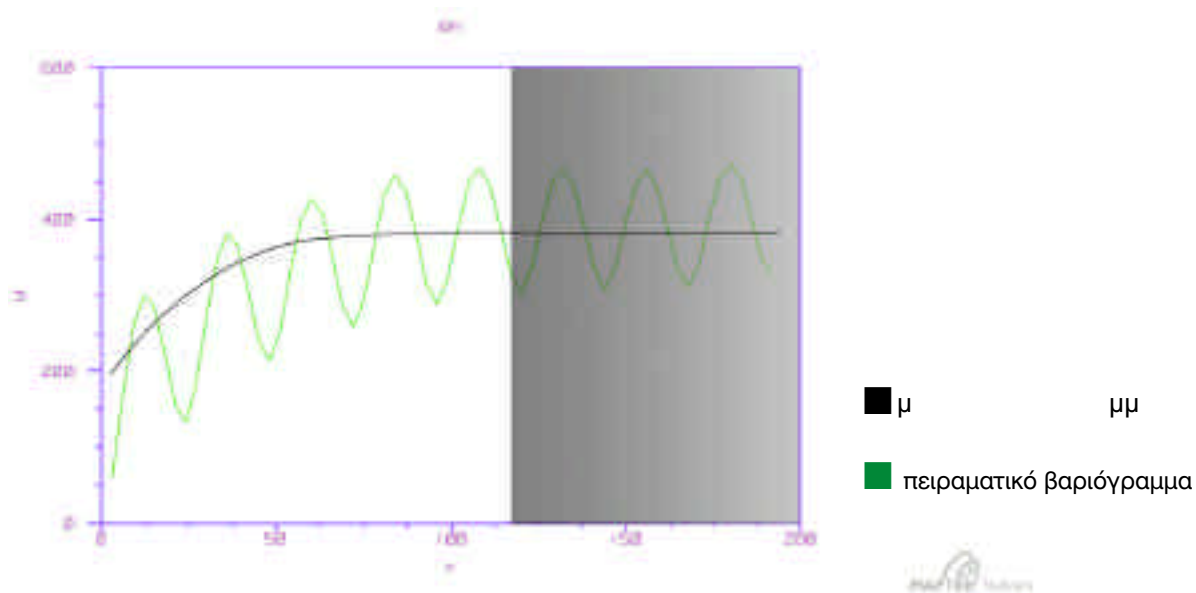


Διάγραμμα 10

Συμπεράσματα

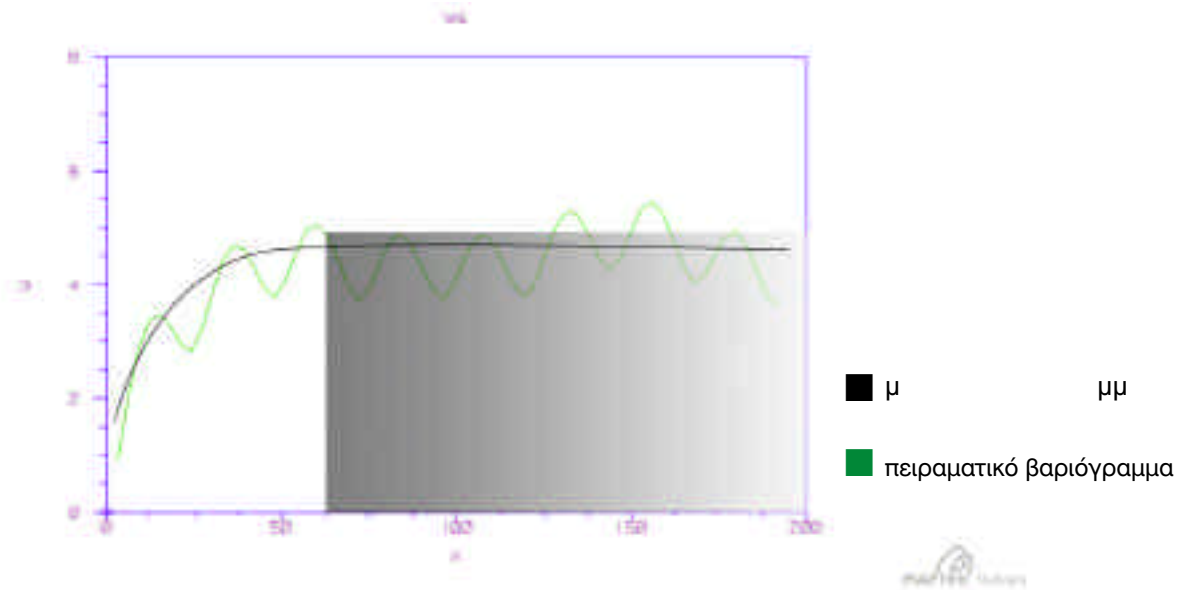
Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν
 βαριογραμμάτων. Στα πειραματικά βαριογράμματα τα οποία έχουν παρουσιαστεί
 παραπάνω έχουν προστεθεί και τα πραγματικά, τα οποία έγινε προσπάθεια να είναι
 όσο το δυνατόν πιο πιστά στην πραγματικότητα, αφού σε πολλά από αυτά παρουσιάζ
 ζεται μεγάλη περιοδικότητα καθιστώντας την δημιουργία τους δυσκολότερη. Τα πραγ
 μικού ορίου μετά το οποίο οι μετρήσεις παύουν να συσχετίζονται με την προηγούμε
 ποιο το πειραματικό βαριόγραμμα.

Βαριόγραμμα μέσης σχετικής υγρασίας



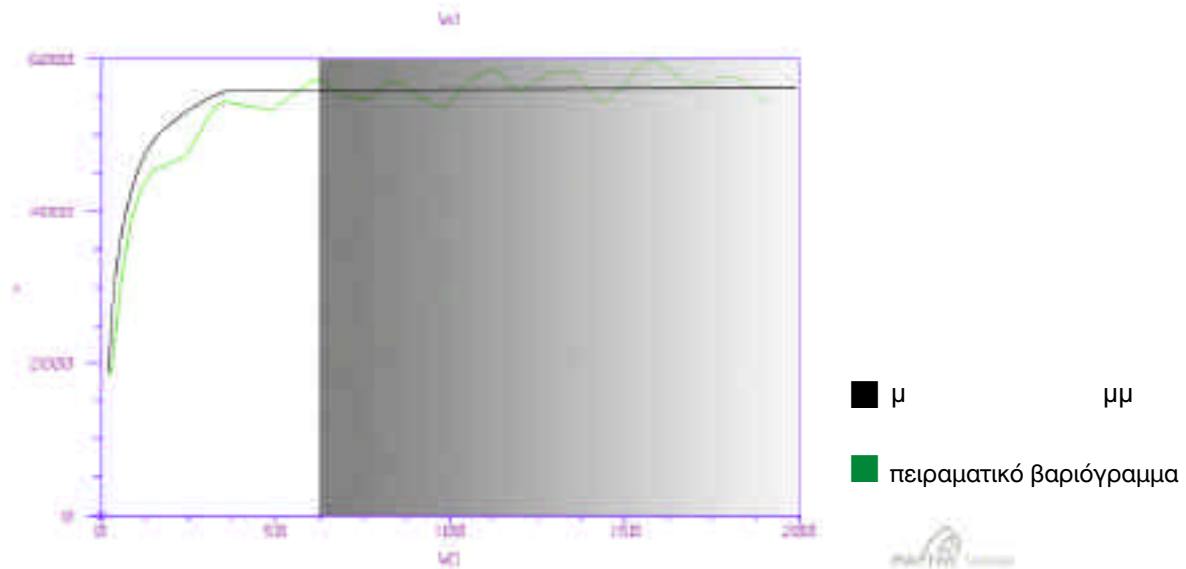
ματικό και σε αρκετά σημεία ειδικά προς το τέλος περνάει από το κέντρο του έτσι
 ώστε τα συμπεράσματα τα οποία θα προκύψουν να είναι πιο βάσιμα. Όπως είναι φανε
 προσέγγιση ενώ η οριακή τιμή του είναι 380.

Βαριόγραμμα μέσης ταχύτητας ανέμου



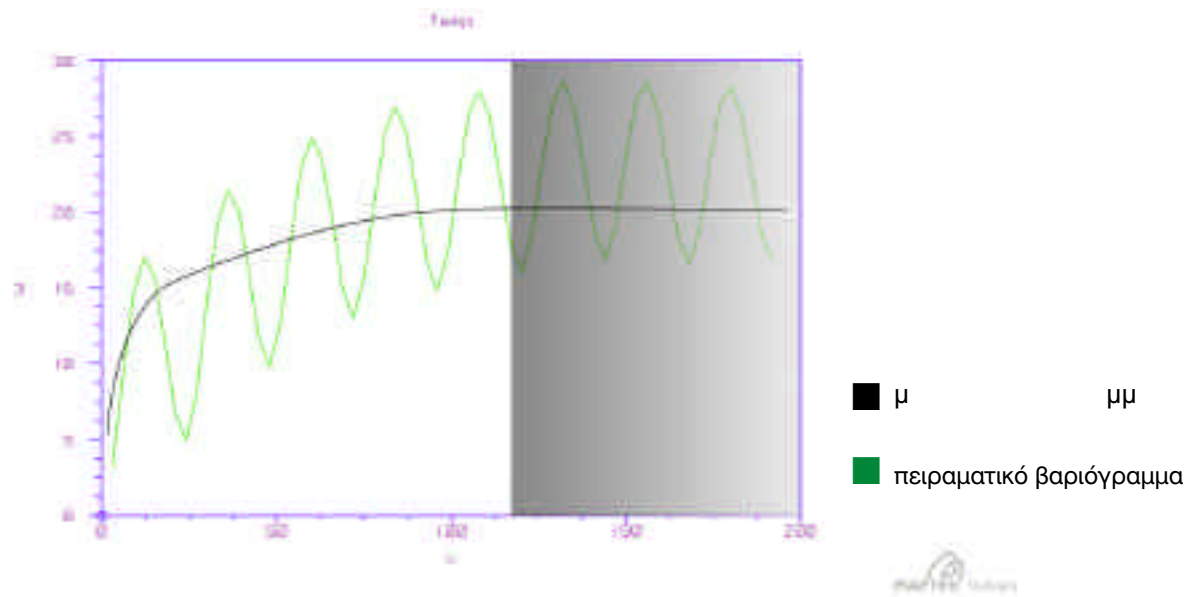
Στο βαριόγραμμα της μέσης ταχύτητας του ανέμου όπως βλέπουμε το εύρος του είναι 70 ημέρες κατά προσέγγιση ενώ η οριακή τιμή του όπου και ξεκινά η οριζοντίωση είναι κοντά στο 5.

Βαριόγραμμα μέσης διεύθυνσης ανέμου



Στα βαριογράμματα της διεύθυνσης του ανέμου ήταν πιο εύκολο να βγουν κάποια συμπεράσματα αφού το πειραματικό ακολουθούσε μια ανοδική πορεία έως το σημείο των 50 ημερών και μετά ξεκίνησε να οριζοντιώνεται χωρίς μεγάλες αποκλίσεις όπως τα υπόλοιπα. Το εύρος αυτού είναι 70 ημέρες κατά προσέγγιση ενώ η οριακή του τιμή είναι κοντά στις 55.000.

Βαριόγραμμα μέσης θερμοκρασίας



Το πραγματικό βαριόγραμμα της μέσης θερμοκρασίας ήταν δύσκολο να υπολογιστεί λόγω των μεγάλων αποκλίσεων καθ' όλο το μήκος του. Όπως βλέπουμε μέχρι και το σημείο των 120 ημερών αν και είναι έντονα περιοδικό ακολουθεί μία εμφανή ανοδική πορεία η οποία μετά από αυτό το σημείο, το οποίο αποτελεί και το εύρος του, παραμένει έντονα περιοδικό αλλά δεν έχει πλέον ανοδική πορεία. Η οριακή του τιμή είναι κοντά στους 20 βαθμούς.

Συνολικά από όλα τα βαριογράμματα αυτά τα οποία προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Κάποια από τα βαριογράμματα σχετίζονται μεταξύ τους όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο.
2. Όλα τα βαριογράμματα παρουσιάζουν τάση για οριζοντίωση, αν και όχι όλα έντονη, το οποίο μπορεί να οφείλεται στη φύση των δεδομένων τα οποία παρουσιάζουν.
3. Όλα τα στοιχεία τα οποία έχουν παρουσιαστεί μέσω των βαριογραμμάτων έχουν εύρος κατά το οποίο οι μετρήσεις τους συσχετίζονται ή μπορούν να συσχετιστούν με τις προηγούμενες.

Πέρα του συσχετισμού μεταξύ διαφορετικών βαριογραμμάτων (αιωρούμενα σωματίδια- σχετική υγρασία- θερμοκρασία) και (ταχύτητας ανέμου- διεύθυνση ανέμου) τα οποία τείνουν να οριζοντιώνονται την ίδια χρονική περίοδο, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι υπάρχει σύνδεση των μετρήσεων σε κοντινές χρονικές περιόδους αλλά πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη και άλλες παραμέτρους όπως στην περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων και του ανέμου.

Βιβλιογραφία

- Αθανάσιος Γ. Τριανταφύλλου, « Πειραματική και θεωρητική μελέτη των συνθηκών διασποράς- διάχυσης ατμοσφαιρικών ρύπων στον άξονα Αμυνταίου- Πτολεμαΐδας- Κοζάνης- Σερβίων», 1994, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Δρ. Αθανάσιος Γ. Τριανταφύλλου, «Ατμοσφαιρική ρύπανση, ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, σύγχρονες τεχνικές μέτρησης», Κοζάνη 2004
- Δρ Ιωάννης Καπαγερίδης, « Εισαγωγή στην γεωστατιστική» 2006, εκδόσεις ΙΩΝ
- Ιωάννης Κ. Καλδέλης, Κωνσταντίνος Ι. Χαλβατζής, « Περιβάλλον και βιομηχανική ανάπτυξη», 2005, εκδόσεις Αθ. Σταμούλης
- Κ. Σαμαρά – Κωνσταντίνου, «Αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα της Θεσσαλονίκης: Προέλευση επικινδυνότητα», Εργαστήριο ελέγχου ρύπανσης περιβάλλοντος, τμήμα χημείας, Α.Π.Θ.
- Γεντεκάκης Ι. Β., «Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος & εναλλακτικές τεχνολογίες», 1999, εκδόσεις Τζιόλα
- Ν. Αβούρης, Η. Καλαπανίδας, « Έμπειρα συστήματα και μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης στην πρόγνωση επιπέδων αέριας ρύπανσης», Πανεπιστήμιο Πατρών
- Ομάδα εργασίας ΤΕΕ/ΤΚΜ για την ατμοσφαιρική ρύπανση, « Ατμοσφαιρική ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια στην Θεσσαλονίκη»
- Πόρισμα ομάδας εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ, « Καταγραφή και μελέτη αιωρούμενων σωματιδίων στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης», Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας, τμήμα κεντρικής Μακεδονίας
- Δελτίο αποτελεσμάτων δείκτη, Μάιος 2010, Εγνατία Οδός
- Pincocock Perspectives, Consultants for mining and financial solutions, issue no.84, may 2007
- Environmental Quarterly, winter 2009 issue, Trinity consultants
- Journal of the Air & Waste Management Association, March 2007 issue
- Athanasios G. Triantafyllou, " Levels and trend of suspended particles around large lignite power stations", 2002, Kluwer Academic Publishers
- Kapageridis I., Triantafyllou A.G, "A genetically optimized neural network for prediction of maximum hourly Pm10"
- Ioannis Kapageridis, Vasilios Evagelopoulos, Athanasios Triantafyllou, " Prediction of Pm10 concentrations using a modular neural system and intergration with an online air quality management system
- A.G Triantafyllou, " Pm10 pollution episodes as a function of synoptic climatology in a mountainous industrial area", April 2000
- A.G Triantafyllou, " Aspects of atmospheric flow and dispersion of air pollutants in a mountainous basin", February 2002

- ❑ A.G Triantafyllou, Elias S. Kyros, Vasilis G. Evaggelopoulos, " Respirable particulate matter at an urban and nearby industrial location: Concentrations and variability and synoptic weather conditions during high pollution episodes ", March 2002
- ❑ Geoff Bohling, "Introduction to geostatistics and variogram analysis", 17 October 2005, Kansas Geological survey
- ❑ Randal Barnes, "Variogram tutorial", Golden software Inc.
- ❑ Thompson S. K., "Sampling", 1992, John Willey and Sons

Ιστοσελίδες

- ❑ www.chem.uoa.gr
- ❑ www.econews.gr
- ❑ <http://airlab.teikoz.gr>
- ❑ <http://www.efkozani.gr/2007a/022007/triantafilloy.htm>
- ❑ http://en.wikipedia.org/wiki/Particulate_matter
- ❑ <http://www.oikologio.gr/content/view/2398/2/>
- ❑ http://pythagoras.ntua.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=224&Itemid=184
- ❑ <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/1079&format=HTML&aged=0&language=EL&guiLanguage=en>
- ❑ <http://www.air-quality.gr/pm.php>

Λογισμικό

- ❑ Microsoft Word
- ❑ Microsoft Excel
- ❑ Microsoft Power Point
- ❑ Maptek Vulcan
- ❑ QuarkXPress