

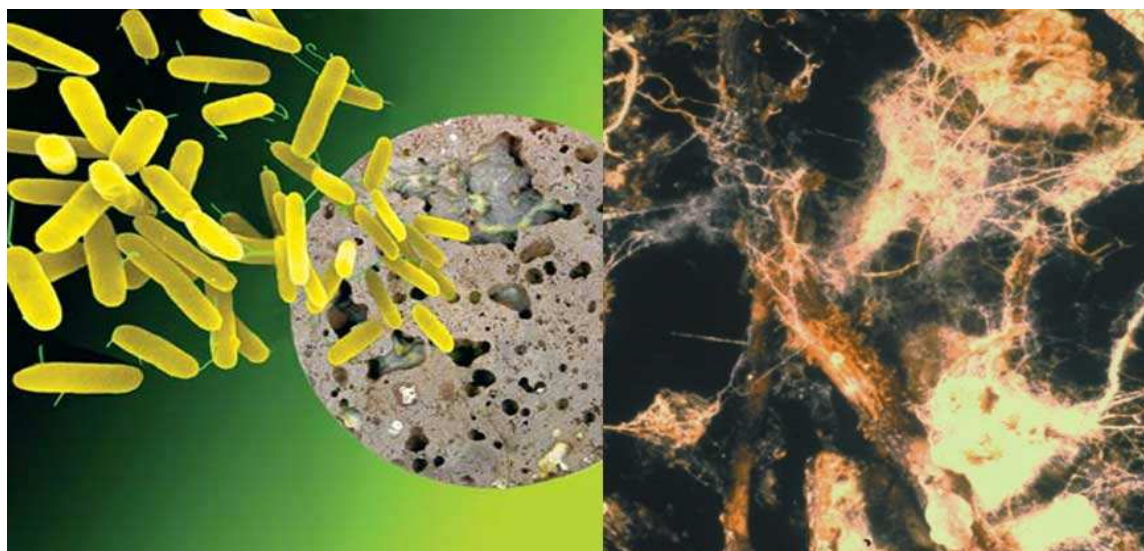
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***"ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ
ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΑΕΡΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ"***

ΛΟΥΪΖΑ ΡΑΪΣΗ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια

Αναπλ. Καθ. ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΚΑΤΣΙΒΕΛΑ

ΧΑΝΙΑ 2009

Στους γονείς μου...για την μεγάλη τους υπομονή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

- Στο καροτσάκι που βρέθηκε στο «προαύλιο» του Τ.Ε.Ι. και «έλυσε» τα χέρια στην μεταφορά των οργάνων, αλλά και σε όσους τα κουβαλούσαν μέχρι τότε...
- Στην καθηγήτρια μου, Κατσίβελα Ελευθερία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, για τις γνώσεις που μου μετέδωσε, την ευχάριστη συνεργασία και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.
- Στον Αναπληρωτή Καθηγητή Μιχάλη Λαζαρίδη, υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ατμοσφαιρικών Αιωρούμενων Σωματιδίων του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την ευγενική παραχώρηση των οργάνων μέτρησης των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς και του 6-θέσιου δειγματολήπτη μικροοργανισμών στον αέρα.

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αναπλ. Καθ. Ελευθερία Κατσίβελα
MSc Μ. Αιβαλιώτη
MSc Κοπανάκης Ηλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι συγκεντρώσεις των ζώντων αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων και των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10 μm (PM_{10}), 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) και 1 μm (PM_1) στον περιβάλλοντα αέρα. Επίσης εξετάστηκε η μεταξύ τους συσχέτιση καθώς και η συσχέτιση με μετεωρολογικούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας.

Για τις μικροβιακές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν ο δειγματολήπτης Andersen 6 επιπέδων και ο δειγματολήπτης MAS 100. Συλλέχθηκαν διπλά δείγματα στο χρόνο της κάθε δειγματοληψίας (20 δειγματοληψίες συνολικά), σε μια κατοικημένη περιοχή στην πόλη των Χανίων (Κρήτη, Ελλάδα) κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο του 2008.

Η μέση συγκέντρωση του συνολικού αθροίσματος των 6 επιπέδων ήταν 79 ± 41 CFU/ m^3 για τα μεσόφιλα ετερότροφα βακτήρια, ενώ για τους μύκητες ήταν 395 ± 338 CFU/ m^3 . Την ίδια χρονική περίοδο και στον ίδιο τόπο δειγματοληψίας, οι μέσες συγκεντρώσεις των PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 ήταν 46 ± 14 , 35 ± 14 και 28 ± 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα, ενώ η μέση αριθμητική συγκέντρωση των σωματιδίων PM_1 ήταν 5.059 ± 1.973 σωματίδια/ cm^3 .

Η κατανομή των μέσων συγκεντρώσεων, στα 6 επίπεδα, των αερομεταφερόμενων μυκήτων παρουσιάζει μέγιστο στο επίπεδο 4 με αεροδυναμικές διαμέτρους μεταξύ 2,1 και 3,3 μm . Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε μέγιστο για την κατανομή των μέσων συγκεντρώσεων, στα 6 επίπεδα, των αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων.

Παρατηρήθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων στο εξωτερικό περιβάλλον παρουσιάζουν μεταβαλλόμενη κατανομή και δεν συσχετίζονται με τον αριθμό των PM_1 σωματιδίων ή τις συγκεντρώσεις μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 . Οι συντελεστές συσχέτισης R^2 σε όλες τις συσχετίσεις ήταν μικρότεροι του 0,3. Γενικότερα παρατηρήθηκε η τάση μείωσης των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων με αυξανόμενες συγκεντρώσεις των σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 , ενώ παρατηρήθηκε τάση αύξησης με αυξανόμενη αριθμητική συγκέντρωση των PM_1 σωματιδίων. Επίσης, οι συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων βακτηρίων παρουσίαζαν αύξηση με τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μυκήτων.

Τέλος, δεν υπήρχε συσχέτιση μεταξύ των μικροβιακών και των μετεωρολογικών δεδομένων, όπως θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, διεύθυνσης και ταχύτητας του ανέμου. Ωστόσο, η σχετική υγρασία ήταν η παράμετρος με τον υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης ($R^2 = 0,19 - 0,25$).

ABSTRACT

The aim of the present work was the study of the viable airborne bacterial and fungal concentrations, as well as, of particulate matter with aerodynamic diameter less than 10 μm (PM_{10}), 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), and 1 μm (PM_1) in the ambient air and the correlations among them.

An Andersen six stage viable particle sampler and a MAS 100 sampler were used for microbial measurements. Duplicates of samples were collected at each sampling period (19 campaigns in total) at a residential area of the city of Chania (Crete, Greece) during April, May and June 2008.

Mean concentration of the total sum of the six stages was 79 ± 41 CFU/m³ for mesophilic heterotrophic bacteria, whereas for fungi was 395 ± 338 CFU/m³. At the same time period and sampling area, the mean concentrations of PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, and PM_1 were 46 ± 14 , 35 ± 14 , and 28 ± 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively, whereas the mean cumulate counts of PM_1 particles was $5,059 \pm 1,973$ particles/cm³.

The mean mass size distribution of the six different stages of the airborne fungi had a maximum at the fourth stage with aerodynamic diameters between 2.1 and 3.3 μm . However, a maximum was not observed for the mean mass size distribution of the six different stages of the airborne heterotrophic bacteria.

It was observed that concentrations of airborne bacteria and fungi outdoors were highly variable and do not correlate with the particle number (PM_1) or mass concentration of PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ and PM_1 . Thereby, the R^2 -values in all correlations were less than 0.3. However, the concentrations of airborne bacteria and fungi were decreased with increasing mass concentrations of PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, or PM_1 while were increased with increasing number concentration of PM_1 . In parallel, the concentrations of airborne bacteria were increased with increasing concentrations of airborne fungi.

Finally, the microbial data did not correlate with meteorological parameters, such as temperature, relative humidity, wind direction and wind speed. However, the relative humidity was the parameter with the highest correlation coefficient (R^2 0.19 – 0.249).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	
2.1 Εισαγωγή.....	12
2.2 Πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων.....	12
2.2.1 Πηγές των πρωτογενών αεροζόλ.....	12
2.2.2 Πηγές των δευτερογενών αεροζόλ.....	13
2.3 Βασικές ιδιότητες αιωρούμενων σωματιδίων.....	13
2.3.1 Μέγεθος σωματιδίου.....	13
2.3.2 Πυκνότητα σωματιδίου.....	14
2.3.3 Σχήμα σωματιδίου.....	14
2.4 Χημικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων.....	14
2.5 Ατμοσφαιρική συμπεριφορά, μεταφορά και κατάληξη των αιωρούμενων σωματιδίων.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ	
3.1 Βιοαεροζόλ ή βιολογικής προέλευσης σωματίδια.....	16
3.1.1 Πηγές των Βιοαεροζόλ.....	16
3.2 Βακτήρια.....	17
3.2.1 Μορφολογία και πολλαπλασιασμός.....	17
3.2.2 Ταξινόμηση.....	17
3.2.3 Ανάπτυξη και μεταβολισμός.....	18
3.3 Μύκητες.....	18
3.3.1 Μορφολογία και πολλαπλασιασμός.....	18
3.3.2 Ταξινόμηση.....	19
3.3.3 Ανάπτυξη και μεταβολισμός.....	19
3.3.3.1 Υγρασία.....	20
3.3.3.2 Θερμοκρασία.....	20
3.3.3.3 Φως.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΟΖΟΛ	
4.1 Εισαγωγή.....	21
4.2 Τοπική αέρια ρύπανση – Μείωση της ορατότητας.....	21
4.3 Η επίδραση των αεροζόλ στην ενεργειακή πίεση της γης.....	23
4.4 Τα σωματίδια σαν πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών.....	24
4.5 Σωματιδιακοί ρύποι – επιπτώσεις στην υγεία.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	
5.1 Οδηγία 96/62/ΕΚ.....	27
5.2 Οδηγία 99/39/ΕΚ.....	32
5.3 Οδηγία 2008/50/ΕΚ.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6.1 Περιγραφή των δειγματοληψιών.....	51
6.2 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις δειγματοληψίες.....	54
6.3 Θρεπτικά υποστρώματα και καλλιέργεια μικροοργανισμών.....	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων.....	57
7.1.1 Δειγματοληψίες Απριλίου 2008.....	57
7.1.2 Δειγματοληψίες Μαΐου 2008.....	62
7.1.3 Δειγματοληψίες Ιουνίου 2008.....	75
7.2 Συσχέτιση αποτελεσμάτων.....	84
7.2.1 Συσχέτιση ανάμεσα στους αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς.....	84
7.2.2 Συσχέτιση αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με αιωρούμενα σωματίδια.....	86
7.2.3 Συσχέτιση των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με τις περιβαλλοντικές συνθήκες.....	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....92

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....95

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....97

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη εργασία είχε σαν στόχο την μελέτη των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και των αιωρούμενων σωματιδίων στον ατμοσφαιρικό αέρα του αστικού περιβάλλοντος, στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Στόχο επίσης αποτέλεσε η μεταξύ τους συσχέτιση καθώς και η συσχέτιση με περιβαλλοντικούς μετεωρολογικούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου του περιβάλλοντος.

Στο μικροβιακό φορτίο του αέρα προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις των καλλιεργήσιμων ετερότροφων βακτηρίων και των μεσόφιλων μυκήτων, ενώ από τα αιωρούμενα σωματίδια μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις της μάζας των PM_{10} , $PM_{2.5}$ και PM_{10} σωματιδίων, καθώς και η συγκέντρωση του αριθμού των PM_{10} σωματιδίων.

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν από 11/4/2008 έως 27/6/2008 και από ώρα 10:00 – 16:00, σε συγκεκριμένο εξωτερικό χώρο του Τ.Ε.Ι Κρήτης Παράρτημα Χανίων, στην περιοχή της Χαλέπας. Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών Διεργασιών του Τομέα Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Τ.Ε.Ι Κρήτης στο Παράρτημα Χανίων.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της παρούσας εργασίας στην θεματική ενότητα της μελέτης του αερομεταφερόμενου μικροβιακού φορτίου στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τα αιωρούμενα σωματίδια και τις περιβαλλοντικές παραμέτρους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται πώς αυτά ορίζονται, ποιες είναι οι πηγές εκπομπής τους, οι φυσικές αλλά και χημικές ιδιότητές τους. Επίσης αναφορά γίνεται και στην ατμοσφαιρική συμπεριφορά, την μεταφορά και κατάληξη των αιωρούμενων σωματιδίων.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην ύπαρξη των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, με εκτενέστερη αναφορά στα βακτήρια και τους μύκητες. Υπάρχουν πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή την μορφολογία και τον πολλαπλασιασμό τους, την ταξινόμηση τους, καθώς επίσης τον τρόπο ανάπτυξής τους και τον μεταβολισμό τους.

Το τέταρτο κεφάλαιο ασχολείται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αεροζόλ. Αναπτύσσεται η συμβολή των αεροζόλ στην μείωση της ορατότητας, που ανήκει στο επίπεδο της τοπικής αέριας ρύπανσης, στην ενεργειακή πίεση της γης, καθώς και στη συμπεριφορά των αιωρούμενων σωματιδίων σαν πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην υπάρχουσα νομοθεσία που αφορά κυρίως στις οριακές τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια και στα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται όταν γίνεται υπέρβαση των οριακών τιμών.

Το έκτο κεφάλαιο αναλύει το πειραματικό μέρος αυτής της πτυχιακής. Αναφέρεται μεταξύ άλλων στην παρασκευή θρεπτικών υποστρωμάτων, στα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, στην καλλιέργεια των μικροοργανισμών.

Το έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζει τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών με διαγράμματα, τη συσχέτιση ανάμεσα στους αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς και στα αιωρούμενα σωματίδια καθώς και ανάμεσα στους αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς και τις περιβαλλοντικές μετεωρολογικές συνθήκες.

Στο όγδοο κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα και παρουσιάζονται τα συνοπτικά συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- **PM_x** : Particulate Matter – Σωματιδιακή ύλη, όπου x είναι η αεροδυναμική διάμετρος των σωματιδίων
- **ACGIH** : American Conference of Governmental Industrial Hygienists - Αμερικανική Συνδιάσκεψη Κυβερνητικών Υγιεινολόγων στη Βιομηχανία
- **DNA** : Deoxyribonucleic acid - Δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (κυριότερο δομικό τμήμα του γενετικού υλικού όλων των έμβιων όντων)
- **CCN** : Cloud Condensation Nuclei – Πυρήνες Συμπύκνωσης Νεφών
- **ΠΟΥ** : Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
- **M.H.T** : Μέση Ημερήσια Τιμή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας στα τέλη του 20^{ου} αιώνα συνοδεύτηκε με μια εκτεταμένη ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένου του αέρα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση παρ' όλο που είχε αναγνωριστεί ως πρόβλημα εδώ και εκατοντάδες χρόνια, άρχισε να απασχολεί την παγκόσμια κοινότητα ιδιαίτερα από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Κατά τον Μεσαίωνα, η καύση του άνθρακα στις πόλεις, απελευθέρωνε αυξημένες ποσότητες καπνού και διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα. Στα τέλη του 18^{ου} αιώνα, η Βιομηχανική Επανάσταση, οδήγησε στην κλιμάκωση της εκπομπής ρύπων βασιζόμενη κυρίως στη χρήση του άνθρακα στον οικιακό και βιομηχανικό τομέα. Οι πηγές ρύπανσης του αέρα συνεχίζουν να αυξάνονται τον 19^ο και 20^ο αιώνα, οδηγώντας στην αναγκαιότητα λήψης μέτρων προστασίας της ποιότητας του αέρα.

Η θεσμοθέτηση της σχετικής με την ποιότητα του αέρα νομοθεσίας, οδήγησε στην οριοθέτηση ανώτατων επιτρεπτών τιμών ατμοσφαιρικών ρύπων, λόγω του ότι η έκθεση του ανθρώπου σε ατμοσφαιρικούς ρύπους αλλά και σε μολυσματικούς παράγοντες μπορεί να επιφέρει βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα επιπτώσεις στην υγεία.

Παρ' όλο που είναι γνωστές οι αρνητικές επιδράσεις των υψηλών συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων αλλά και των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών στον αέρα, λίγες εργασίες ασχολούνται με την μελέτη μιας πιθανής συσχέτισης μεταξύ τους. Οι περισσότερες από αυτές τις εργασίες ασχολούνται με την μελέτη του αέρα εσωτερικών χώρων ή του ατμοσφαιρικού αέρα κοντά σε συγκεκριμένες πηγές εκπομπής, π.χ. μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων [11, 26].

Οι περισσότερες εργασίες που ασχολούνται με μελέτη των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών εστιάζουν στους παθογόνους και γι' αυτό ελάχιστες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με την ανάπτυξη, μεταφορά, μεταβολή και βιοποικιλία των αυτόχθονων μικροβίων στον αέρα.

Η παρούσα εργασία μελετά τη διακύμανση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων, καθώς και των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων στον ατμοσφαιρικό αέρα αστικού περιβάλλοντος, κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο του 2008, σε μια παραθαλάσσια περιοχή με μεσογειακό κλίμα. Στόχος της είναι η εύρεση συσχέτισης τόσο ανάμεσα στα αερομεταφερόμενα μικρόβια και τα σωματίδια, όσο και ανάμεσα σε αυτά και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Ελάχιστες εργασίες έχουν ασχοληθεί με την συγκεκριμένη θεματολογία στην γεωγραφική περιοχή της μεσογείου, όπου οι θερμοκρασίες, ήδη την άνοιξη, είναι υψηλότερες των 20°C κατά τη διάρκεια της ημέρας, υπάρχει υψηλή ηλιοφάνεια και η σχετική υγρασία κυμαίνεται σε μεγάλο εύρος (30 – 75%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

2.1 Εισαγωγή

Τα αεροζόλ (aerosols) μπορούν να οριστούν σαν στερεά ή υγρά σωματίδια αιωρούμενα στον αέρα. Τα μεγέθη των σωματιδίων κυμαίνονται από περίπου 2nm έως και περισσότερο από 100 μm. Αυτό μας δείχνει ότι δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Ο όρος αεροζόλ αναφέρεται σε σύστημα δυο φάσεων και σε μίγμα αποτελούμενο από τα σωματίδια και τα αέρια στα οποία αιωρούνται. Η εκπομπή τους μπορεί να είναι άμεση ως πρωτογενή σωματίδια (primary aerosols) ή μπορεί να είναι δευτερογενής εάν σχηματιστούν ως αποτέλεσμα των χημικών αντιδράσεων στον αέρα (δευτερογενή αεροζόλ, secondary aerosols). Τα αεροζόλ προέρχονται από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές [1], [2].

2.2 Πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων

2.2.1 Πηγές των πρωτογενών αεροζόλ

- Θαλάσσια αεροζόλ. Σχηματίζονται από το spray της θάλασσας, το οποίο προέρχεται από τα κύματα που δημιουργούνται σε υψηλές ταχύτητες ανέμου. Αυτή η διαδικασία παράγει τα μεγαλύτερα αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία είναι εμπλουτισμένα με χλωριούχο νάτριο. Περίπου 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι θαλάσσιων αεροζόλ εισάγονται στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο [2].
- Ορυκτά αεροζόλ. Ο αέρας εξυψώνει σωματίδια από την επιφάνεια της γης, κυρίως όταν το έδαφος είναι ξηρό και δεν καλύπτεται από φυτά, ενώ ταυτόχρονα τα μεταφέρει σε μεγάλες αποστάσεις μακριά από τις περιοχές εκπομπής τους. Αυτά τα αεροζόλ δημιουργούνται από υλικά που προέρχονται από τον εξωτερικό φλοιό της γης και συνεπώς είναι πλούσια σε σίδηρο, οξειδία αλουμινίου, ανθρακικό ασβέστιο και άλλα. Περίπου τα μισά από το σύνολο των ορυκτών αεροζόλ, που βρίσκονται στον αέρα της Ευρώπης, έρχονται αρχικά από την έρημο της Σαχάρας [2].
- Ηφαιστειακά αεροζόλ. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις προσφέρουν τεράστιες ποσότητες αερίων και αεροζόλ στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα προς τις άλλες πηγές των αεροζόλ, το πλούμιο (θύσανος) της στάχτης που προέρχεται από το ηφαιστειο μπορεί να μεταφέρει σε μεγάλες αποστάσεις κάθετα στην ατμόσφαιρα που τα σωματίδια και τα αέρια μπορούν να διεισδύσουν στην στρατόσφαιρα. Το ηφαιστειακό πλούμιο του Pinatubo, το οποίο βρίσκεται στις Φιλιππίνες, άγγιξε τα 40km σε ύψος. Τα σωματίδια που εισέρχονται στην ανώτερη ατμόσφαιρα δεν μπορούν να αποβληθούν από τον αέρα πίσω στο έδαφος και το ηφαιστειακό υλικό παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτά τα στρατοσφαιρικά σωματίδια έχουν μεγάλη επίδραση στο κλίμα [2].
- Βιογενή αεροζόλ ή βιοαεροζόλ. Τα σωματίδια που παράγονται από ζώντες οργανισμούς ονομάζονται βιογενή αεροζόλ ή βιοαεροζόλ. Πρωτογενή αεροζόλ μπορεί να είναι η γύρη των λουλουδιών, τα σπόρια μυκήτων, τα βακτήρια και οι ιοί [2].
- Ανθρωπογενή αεροζόλ. Είναι σωματίδια που εκπέμπονται κατά τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα ανθρωπογενή aerosols μπορούν να είναι είτε μεγάλα (χονδρόκοκκα σωματίδια) είτε μικρά (λεπτά σωματίδια). Η σκόνη από τους δρόμους και τις οικοδομικές κατασκευές παράγουν χονδρόκοκκα σωματίδια, ενώ λεπτά σωματίδια παράγονται από την καύση ορυκτών καυσίμων από τα οχήματα, την παραγωγή ενέργειας και τις βιομηχανικές

διαδικασίες υψηλής θερμοκρασίας, όπως η τήξη μετάλλων. Ο καπνός από ανθρωπογενείς δασικές πυρκαγιές, στη Μαλαισία το 1997, είχε ως αποτέλεσμα σωματιδιακή ρύπανση 15 φορές υψηλότερη από την κανονική για αρκετές εβδομάδες [2].

2.2.2 Πηγές των δευτερογενών αεροζόλ

Όπως προαναφέρθηκε τα πρωτογενή αεροζόλ παράγονται από πολλές διαφορετικές πηγές και συμμετέχοντας σε χημικές αντιδράσεις σχηματίζουν νέα δευτερογενή σωματίδια. Αυτό συμβαίνει όταν φορτισμένα ιόντα ή/ και πυρήνες Aitken συσσωρεύονται στον αέρα για να σχηματίσουν ένα νέο είδος αρκετά μεγάλο για να θεωρείται σωματίδιο. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή σαν πυρηνοποίηση (σωματίδια με διάμετρο $< 0,1\mu\text{m}$). Τα αέρια μπορούν επίσης να συμπυκνωθούν σε ήδη υπάρχοντα σωματίδια για να σχηματίσουν μεγαλύτερα (σωματίδια με διάμετρο από $0,1\mu\text{m}$ έως $1,0\mu\text{m}$) [2].

2.3 Βασικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων

2.3.1 Μέγεθος σωματιδίων

Το μέγεθος των σωματιδίων είναι η σημαντικότερη παράμετρος που χαρακτηρίζει τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά των αεροζόλ στην ατμόσφαιρα. Τα σύμβολα d , d_p ή D είναι αυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την αεροδυναμική διάμετρο των σωματιδίων. Το μέγεθος του σωματιδίου εκφράζεται σε μικρόμετρα (μm), αλλά και σε νανόμετρα (nm) για σωματίδια μικρότερα από $0,1\mu\text{m}$ [1].

Ως προς το μέγεθός τους διακρίνονται σε δυο περιοχές κατανομής [19] :

1. Στην περιοχή πυρηνοποίησης ανήκουν σωματίδια με διάμετρο $< 0,1\mu\text{m}$, τα οποία σχηματίζονται από την συμπύκνωση θερμών ατμών ή τη διάχυση ατμών σε προϋπάρχοντα σωματίδια.
2. Στην περιοχή συσσωμάτωσης ανήκουν σωματίδια με διάμετρο $0,1-1,0\mu\text{m}$, τα οποία σχηματίζονται από τα σωματίδια πυρηνοποίησης με συσσωμάτωση ή συμπύκνωση ατμών.

Τα αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται επίσης σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθός τους σε σχέση με την επίδρασή τους στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Οι κατηγορίες αυτές είναι τα εισπνεύσιμα ($d \leq 10\mu\text{m}$), τα θωρακικά ($d \leq 7,0\mu\text{m}$) και τα αναπνεύσιμα σωματίδια PM_{2,5} ($d \leq 2,5\mu\text{m}$)

Ως *εισπνεύσιμο κλάσμα* ορίζονται τα σωματίδια, τα οποία μπορούν να εισέλθουν είτε από τη μύτη, είτε από το στόμα στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα. Η ικανότητα των αερομεταφερόμενων σωματιδίων, δεδομένου του μεγέθους τους, να εισέλθουν στη μύτη ή το στόμα εξαρτάται από την κατεύθυνση και το μέγεθος του περιβάλλοντος ανέμου [1]. Το εισπνεύσιμο κλάσμα (PM₁₀, Particulate Matter 10) αναφέρεται σε σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη ή ίση των $10\mu\text{m}$ [19].

Το *θωρακικό κλάσμα*, αποτελείται από αυτά τα εισπνεύσιμα σωματίδια τα οποία μπορούν να φτάσουν στο θώρακα. Συνήθως αναφέρεται σε σωματίδια με μέγεθος μικρότερο από $7,5\mu\text{m}$ [1].

Το *αναπνεύσιμο κλάσμα* περιλαμβάνει εκείνα τα σωματίδια τα οποία μπορούν να φτάσουν στην κυψελώδη περιοχή των πνευμόνων, του αναπνευστικού συστήματος, αλλά όχι απαραίτητα να εναποτεθούν εκεί. Το αναπνεύσιμο κλάσμα αναφέρεται σε σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο

μικρότερη ή ίση των $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$). Τα $\text{PM}_{2,5}$ χαρακτηρίζονται από τις επιδράσεις που έχουν στην υγεία και αναφέρονται σε εκείνα τα σωματίδια τα οποία είναι στην περιοχή συσσωμάτωσης. Περιλαμβάνουν όλα τα σωματίδια που ανήκουν στην περιοχή συσσωμάτωσης και ένα μικρό κλάσμα των χονδρόκοκκων σωματιδίων που σχηματίζουν άλλα σωματίδια [1, 19].

2.3.2 Πυκνότητα σωματιδίου

Η πυκνότητα ενός σωματιδίου ορίζει την μάζα ανά μονάδα όγκου του σωματιδίου. Η πυκνότητα των σταγονιδίων ή των σωματιδίων από συνθλιμμένο υλικό, θα είναι η ίδια με το μητρικό υλικό. Τα συσσωρευμένα σωματίδια ποικίλης προέλευσης, συμπεριλαμβανομένων κάποιων σωματιδίων καπνού και αναθυμιάσεων, έχουν πυκνότητες μικρότερες από το μητρικό υλικό τους, λόγω του κενού διαστήματος στη συσσωρευμένη δομή τους [1].

2.3.3 Σχήμα σωματιδίου

Η φυσική ιδιότητα των σωματιδίων είναι το σχήμα τους. Τα υγρά σταγονίδια και μερικά σωματίδια που έχουν σχηματιστεί μέσω της συμπύκνωσης ατμών είναι ελλειψοειδή - σφαιρικά, τα σωματίδια που σχηματίστηκαν μέσω της θραύσης έχουν ακανόνιστο σχήμα και κάποια κρυσταλλικά σωματίδια, όπως τα σωματίδια του κυβικού θαλασσινού αλατιού, παρουσιάζουν κανονικά γεωμετρικά σχήματα. Στη θεωρητική περιγραφή των ιδιοτήτων των σωματιδίων, το σφαιρικό σχήμα συνήθως θεωρείται αληθές. Στην εφαρμογή αυτών των θεωριών στα μη σφαιρικά σωματίδια χρησιμοποιούνται παράγοντες διόρθωσης ή ισοδύναμες αεροδυναμικές διάμετροι για να εκτιμηθούν οι ιδιότητές τους. Η ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρος είναι η διάμετρος ενός μη σφαιρικού σωματιδίου εάν [1]

1. ήταν σφαιρικό σωματίδιο,
2. είχε πυκνότητα ίση με 1g/cm^3 και
3. είχε την ίδια ταχύτητα πτώσης με το εξεταζόμενο σωματίδιο.

2.4 Χημικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων

Η χημεία των αεροζόλ αντανακλά τις πηγές τους και τις διαδοχικές αντιδράσεις. Αυτές οι αντιδράσεις μπορούν να περιλαμβάνουν αντιδράσεις μεταξύ διαφορετικών ουσιών μέσα σε ένα σωματίδιο ή μεταξύ του σωματιδίου και των ουσιών του περιβάλλοντος αερίου ή άλλων σωματιδίων. Τα περισσότερα σωματίδια που βρίσκονται σε εσωτερικό ή εξωτερικό περιβάλλον είναι πολύπλοκα χημικά μίγματα. Εξαιρέσεις αποτελούν τα αεροζόλ που σχηματίζονται μέσω της τριβής αγνών ουσιών ή μέσω της αερόλυσης υγρών, όπως αυτά που μπορεί να βρεθούν σε συγκεκριμένους επαγγελματικούς χώρους ή στο καθαρό θαλάσσιο περιβάλλον. Στη συμπύκνωση από διαδικασίες υψηλής θερμοκρασίας, ουσίες με υψηλό μοριακό βάρος συμπυκνώνονται πρώτες για να σχηματίσουν ένα στερεό πυρήνα, πάνω στον οποίο ουσίες με χαμηλότερο μοριακό βάρος συμπυκνώνονται για να σχηματίσουν το επιφανειακό στρώμα [1].

Υλικά που βρέθηκαν σε φυσικά ατμοσφαιρικά αεροζόλ περιέχουν επαναιωρούμενα σωματίδια εδάφους, θαλασσινού αλατιού, σωματίδια από ξερά υπολείμματα βοτάνων, πυρκαγιές δασών, ηφαίστεια και άλλα. Έχουν βρεθεί επίσης σωματίδια που σχηματίστηκαν στην ατμόσφαιρα μέσω της μετατροπής αερίων σε σωματίδια μέσω φωτοχημικών διαδικασιών. Για παράδειγμα σωματίδια που περιέχουν θειικά άλατα έχουν σχηματιστεί από διοξείδιο του θείου (SO_2) και υδρόθειο (H_2S), αμμωνιακά άλατα από την αμμωνία (NH_3), νιτρικά άλατα από τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και σωματίδια με οργανικές ενώσεις από τερπένια εκπεμπόμενα από φυτά και ανθρωπογενείς πηγικές οργανικές ενώσεις [1].

Τα σωματίδια έχουν υψηλή ειδική επιφάνεια ή εμβαδόν επιφάνειας ανά μονάδα μάζας των σωματιδίων. Τα πιο μικρά σωματίδια έχουν επιφάνειες συγκρίσιμες με εκείνες του ενεργού άνθρακα. Όταν είναι πρόσφατα σχηματισμένα η επιφάνεια των σωματιδίων μπορεί αμέσως να απορροφήσει μόρια ατμού και αυτό διευκολύνει τις αντιδράσεις διάφορων ουσιών μεταξύ τους [1].

Όπως κινείται και αλλάζει συνέχεια η ατμόσφαιρα έτσι μεταβάλλεται συχνά και η χημική σύσταση ενός σωματιδίου κατά τη διάρκεια του χρόνου της ατμοσφαιρικής παραμονής, ο οποίος είναι μερικά δευτερόλεπτα, λεπτά, ώρες ημέρες ή και χρόνια. Δυο συνθήκες χημικής μίξης συναντώνται: η εσωτερική και η εξωτερική ανάμειξη. Στην εξωτερική ανάμειξη, σωματίδια από διαφορετικές πηγές παραμένουν διαχωρισμένα και αδρανή, χωρίς να αντιδράσουν μεταξύ τους. Στην εσωτερική ανάμειξη διαφορετικά χημικά στοιχεία αναμειγνύονται σε ένα μόνο σωματίδιο και αντιδρούν σχηματίζοντας νέες ενώσεις. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος παραμονής των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός της εσωτερικής ανάμειξης [1,2].

2.5 Ατμοσφαιρική συμπεριφορά, μεταφορά και κατάληξη των αιωρούμενων σωματιδίων.

Τα μεγάλα σωματίδια έχουν τέτοιο μέγεθος, ώστε η δύναμη της βαρύτητας να υπερέχει των δυνάμεων της άνωσης του αέρα. Τα μεγάλα σωματίδια παραμένουν στην ατμόσφαιρα από μερικά λεπτά της ώρας έως και κάποιες ώρες, πέφτουν γρήγορα, εκτός κι αν μεταφερθούν με δυνατά ρεύματα αέρα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια των θυελλών σκόνης και των ισχυρών ανέμων. Τα μεγάλα σωματίδια διασκορπίζονται λιγότερο ομοιόμορφα γύρω από αστικές περιοχές, σε σύγκριση με τα λεπτά σωματίδια, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν περισσότερο σε τοπικό επίπεδο [1-3].

Τα λεπτά σωματίδια μπορούν να εκπέμπονται κατευθείαν ή να σχηματίζονται νέα σωματίδια από τον ατμοσφαιρικό μετασχηματισμό αερίων ή/ και σωματιδίων. Εφόσον τα λεπτά σωματίδια παραμένουν σε αιώρηση για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους και ταξιδεύουν πολύ μακρύτερα από τα μεγάλα σωματίδια, τείνουν να είναι διασκορπισμένα πιο ομοιόμορφα από τα μεγάλα σωματίδια σε αστικές ή μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές. Τα λεπτά σωματίδια είναι αρκετά μικρά και μπορούν να κρατηθούν ψηλά από τις δυνάμεις άνωσης του αέρα, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να αποδοθούν στην πηγή προέλευσής τους. Τα λεπτά σωματίδια έχουν τη δύναμη να παραμένουν στην ατμόσφαιρα για ημέρες ή εβδομάδες ταξιδεύοντας εκατοντάδες έως χιλιάδες χιλιόμετρα. Ειδικότερα τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη του 1 μm (PM1) επηρεάζονται από τη διάχυση Brown και παραμένουν σε αιώρηση μέχρι να αντιδράσουν με άλλα σωματίδια ή αέρια και να αυξήσουν το μέγεθός τους. Όταν αυτά τα σωματίδια απορροφούν νερό, αναπτύσσονται σε σταγονίδια σύννεφων και σε σταγόνες της βροχής και πέφτουν ως κατακρημνίσματα [1-3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΕΡΟΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Τα 4/5 του χρονικού διαστήματος από την εμφάνιση της ζωής έως σήμερα, υπήρχαν μόνον οι μικροοργανισμοί στη γη. Σε αυτό το μακρό διάστημα αναπτύχθηκε η τεράστια ποικιλία των βακτηρίων, ιών, μικρών φυκών και μυκήτων. Χωρίς τους μικροοργανισμούς δεν υπήρχε και δεν υπάρχει ζωή στη γη. Σήμερα οι μικροοργανισμοί είναι στις περισσότερες περιπτώσεις απαραίτητοι συνεργάτες των υπολοίπων μορφών ζωής. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως είναι ανταγωνιστές.

3.1 Βιοαεροζόλ ή βιολογικής προέλευσης σωματίδια

Τα βιοαεροζόλ (*bioaerosols*) είναι εκείνα τα αερομεταφερόμενα σωματίδια στα οποία ζουν μικροοργανισμοί ή προέρχονται από ζωντανούς οργανισμούς. Τα βιοαεροζόλ μπορούν να περιλαμβάνουν μικροβιακά κύτταρα (μικροοργανισμούς), τις αναπαραγωγικές μονάδες τους και τους παραγόμενους μεταβολίτες, που είναι πτητικοί ή αρκετά μικροί, ώστε να επιτυγχάνεται επαρκώς η αέρια διασπορά τους. Οι κατηγορίες των βιοαεροζόλ μπορούν να περιλαμβάνουν ιούς, βακτήρια, μύκητες, γύρη, άλγη, πρωτόζωα, τμήματα ζώντων ή νεκρών οργανισμών (φυτών, ζώων, ανθρώπων) ή/και προϊόντα του μεταβολισμού τους. Οι μικροοργανισμοί είναι ένα φυσιολογικό και θεμελιώδες συστατικό των εδαφικών και υδάτινων οικοσυστημάτων της γης. Επίσης, αυτοί και τα υποπροϊόντα τους είναι μέρος της βιόσφαιρας των ανθρώπων και ευρέως διαδεδομένοι στον περιβάλλοντα αέρα. Τα βακτήρια και οι μύκητες συμβάλλουν στην ανακύκλωση των χημικών στοιχείων του φλοιού της γης, διασπώντας για παράδειγμα συμπλέγματα μορίων που βρίσκονται σε νεκρά οργανικά υλικά, από ζώα και φυτά, ή μετατρέποντας ορυκτά και άνθρακα σε απλές ουσίες, όπως διοξείδιο του άνθρακα και νιτρικά άλατα [4, 5].

Τα βιοαεροζόλ είναι ευρέως διαδεδομένα στην φύση και μπορούν να τροποποιηθούν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Όλοι οι ζώντες οργανισμοί είναι εκτεθειμένοι επανειλημμένα, για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε μια ευρεία ποικιλία τέτοιων βιογενών σωματιδίων. Η American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, (Αμερικανική Συνδιάσκεψη Κρατικών Υγιεινολόγων της Εργασίας) χρησιμοποιεί τον όρο *βιολογικώς παραγόμενοι αερομεταφερόμενοι ρύποι* (*biologically derived airborne contaminants*) για να περιγράψει τα βιοαεροζόλ, τα αέρια και τους ατμούς που παράγονται από ζωντανούς οργανισμούς ή που περιέχουν ζωντανούς οργανισμούς. Τα υλικά, που παράγονται βιολογικά, είναι φυσικά συστατικά των εσωτερικών και εξωτερικών περιβαλλόντων χώρων, αλλά κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, κάποια μπορούν να θεωρηθούν ως μολυσματικά υλικά όταν βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις στο εσωτερικό περιβάλλον. Στην παρούσα πτυχιακή πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός με δειγματοληψία και καλλιέργεια των ετερότροφων βακτηρίων και των μυκήτων του εξωτερικού αστικού περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα θα αναφερθούν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 6 [4, 5].

3.1.1 Πηγές των βιοαεροζόλ

Η κύρια πηγή εκπομπής είναι η μικροβιακή αποσύνθεση των οργανικών υλικών σε όλες τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται στη φύση. Επιπροσθέτως υψηλές συγκεντρώσεις βιοαεροζόλ σχετίζονται με ανθρώπινες δραστηριότητες. Η παρακάτω λίστα μας δείχνει συνοπτικά ενδεχόμενες δραστηριότητες που σχετίζονται με τις πηγές εκπομπής των βιοαεροζόλ [5].

- ❖ Δραστηριότητες διαχείρισης και τελικής διάθεσης απορριμμάτων και αποβλήτων
 - Βιολογική επεξεργασία των απορριμμάτων
 - Υγειονομική ταφή απορριμμάτων
 - Μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

- ❖ Γεωργία και κτηνοτροφία
 - Φυτική και ζωική παραγωγή
- ❖ Παραγωγή τροφίμων
- ❖ Άλλες δραστηριότητες
 - Χάρτινη και ξύλινη επεξεργασία
 - Εγκαταστάσεις δενδροκηποκομίας
 - Εγκαταστάσεις ψύξης

3.2 Βακτήρια

Τα βακτήρια ανήκουν στο βασίλειο των πρωτίστων, είναι μονοκύτταροι προκαρυωτικοί οργανισμοί, οι οποίοι έχουν κυτταρικές μεμβράνες, αλλά όχι οργανωμένους πυρήνες ή μεμβρανικές εγκολπώσεις (π.χ. μιτοχόνδρια). Είναι, παρά τη συγκριτικά απλή δομή τους, μια εξαιρετικά επιτυχημένη μορφή ζωής με πολλά είδη και μορφές στους πλέον διαφορετικούς χώρους ζωής [4].

3.2.1 Μορφολογία και πολλαπλασιασμός των βακτηρίων

Τα περισσότερα βακτήρια παίρνουν την μορφή πολύ μικρών σφαιρών (κόκκοι), ίσιων ή κυρτών ράβδων (βάκιλλοι), ελικοειδών ράβδων (σπειρίλλια) ή περιπλεγμένων ινών (ακτινομύκητες). Τα βακτήρια έχουν γενικά διάμετρο από 1 έως 5μm, παρ' όλο που μερικά είναι στενότερα ή φαρδύτερα, καθώς και κάποιες ράβδοι είναι αρκετά μακριές. Τα βακτήρια είναι μονοκυτταρικά και αναπαράγονται με απλή διαίρεση του κυττάρου. Πολλαπλασιάζονται αφυλετικά μέσω διχοτόμησης. Αφού το DNA των χρωμοσωμάτων διπλασιαστεί, το κύτταρο δημιουργεί ένα εγκάρσιο τοίχωμα και διαιρείται στα δύο θυγατρικά κύτταρα. Μετά τη διαίρεση, τα βακτηριακά κύτταρα μπορούν να παραμείνουν ομαδοποιημένα σε ζευγάρι, τετράδες ή αλυσίδες. Μερικά βακτήρια παράγουν ενδοσπόρια τα οποία είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις περιβαλλοντικές πιέσεις. Ένα βακτηριακό ενδοσπόριο είναι μια «κοιμώμενη» δομή, ικανή να επιβιώσει σε δύσκολες καταστάσεις για μεγάλες περιόδους (έως και 100 χρόνια!). Βακτηριακά σπόρια μπορούν να γίνουν αερομεταφερόμενα όταν απελευθερωθούν από το κύτταρο [4, 6].

3.2.2 Ταξινόμηση των βακτηρίων

Τα βακτήρια σχηματίζουν ένα βασίλειο από χιλιάδες γνωστά, ζωντανά είδη. Ταξινομούνται βάσει της ανάλυσης του γονιδιώματός τους, της διαφοράς στο κυτταρικό τοίχωμα (gram-θετικά, gram-αρνητικά), του σχήματος του κυττάρου, της απαίτησης σε οξυγόνο, της παραγωγής ενδοσπορίων, του υποστρώματος που αναπτύσσονται, της παραγωγής μεταβολιτών και της δυνατότητας να προκαλούν ασθένειες. Τα περισσότερα βακτήρια, που απομονώνονται από τον αέρα, είναι σαπροφυτικά και χρησιμοποιούν μη ζωντανό οργανικό υλικό, π.χ. γλυκόζη. Μερικά είναι αυτότροφα και μπορούν να συνθέσουν οργανικές ενώσεις από ανόργανα συστατικά, π.χ. CO₂, παρ' όλο που δεν είναι τόσο αποτελεσματικά όσο τα φυτά. Άλλα βακτήρια πάλι (π.χ. rickettsiae, chlamydiae και ehrlichiae) είναι υποχρεωτικά παράσιτα, απαιτώντας ζωντανούς «οικοδεσπότες» για τους οποίους είναι παθογόνοι. Κάποια σαπροφυτικά βακτήρια είναι δυνητικά παθογόνα και παρασιτούν εισβάλλοντας σε ζωντανούς «οικοδεσπότες» μόνο υπό ασυνήθιστες συνθήκες, οι οποίες επικρατούν όταν το ανοσοποιητικό σύστημα του «οικοδεσπότη» δεν λειτουργεί καλά [4, 8].

3.2.3 Ανάπτυξη και μεταβολισμός

Τα βακτήρια έχουν προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος οικοσυστημάτων, ακόμη και με ακραία θερμοκρασία, οξύτητα και οξυγόνο. Μεταβολίζουν οργανικά μείγματα με την παρουσία (αερόβια) ή μη (αναερόβια) του οξυγόνου. Στη δεύτερη περίπτωση ο δέκτης ηλεκτρονίων είναι άλλη ένωση ή στοιχείο εκτός του οξυγόνου, π.χ. θειικά και νιτρικά ανιόντα, τρισθενής σίδηρος και άλλα. Τέλος, προαιρετικά αναερόβια ονομάζονται τα βακτήρια που μεταβολίζουν είτε παρουσία οξυγόνου ή και άλλου στοιχείου, ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες θα βρεθεί ο μικροοργανισμός [4, 8].

Τα βακτήρια είναι χωρισμένα σε τέσσερις ομάδες βάσει της προτίμησής τους στη θερμοκρασία [4] :

- α) τα ψυχρόφιλα που έχουν εύρος θερμοκρασιών από 0°C - 10°C,
- β) τα μεσόφιλα βακτήρια που αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος από 18°C έως 30°C. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα αυτόχθονα περιβαλλοντικά βακτήρια με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης στους 22°C και τα αλλόχθονα μεσόφιλα βακτήρια, τα οποία αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες από 35°C – 44°C, πολλά εκ των οποίων είναι παθογόνα.
- γ) τα θερμόφιλα βακτήρια με εύρος θερμοκρασιών από 50°C έως 55°C. Απαντώνται σε πολύ ζεστό περιβάλλον (π.χ. σε σωρούς λιπασμάτων).

3.3 Μύκητες

Οι μύκητες σχηματίζουν ένα βασίλειο ευκαρυωτικών μικροοργανισμών, χωρίς να περιέχουν χλωροφύλλη, οι οποίοι έχουν κύτταρα που περικλείονται με άκαμπτα τοιχώματα που σχηματίζονται συνήθως από χιτίνη και γλυκάνες [4].

3.3.1 Μορφολογία και πολλαπλασιασμός των μυκήτων

Οι μύκητες μπορεί να είναι μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι χωρίς διαφοροποίηση (κοινοκυτταρικοί). Οι μύκητες έχουν πολύπλοκους κύκλους ζωής, οι οποίοι περιλαμβάνουν και φυλετικά και αφυλετικά στάδια. Τα σπόρια, τα οποία παράγουν, είναι συχνά μικρά, ελαφριά και εύκολα μεταφερόμενα με τον αέρα και μπορούν να παραχθούν κατά τη διάρκεια του ενός ή του άλλου σταδίου. Τα φυλετικά σπόρια παράγονται ακολουθώντας α) τη συγχώνευση δύο συμβατών πυρήνων και β) την κυτταρική διαίρεση που οδηγεί σε τέσσερις θυγατρικούς πυρήνες. Τα αφυλετικά σπόρια παράγονται μέσω της μίτωσης χωρίς τη συγχώνευση πυρήνων. Τα αφυλετικά σπόρια ονομάζονται σποριαγγειόσπορια εάν σχηματίζονται και παραμένουν μέσα στα σποριάγγεια και κονίδια εάν σχηματίζονται εξωτερικά του κυττάρου που παράγει σπόρια [4].

Οι ζυμομύκητες είναι μονοκύτταροι μύκητες, που αναπαράγονται κυρίως μέσω εκβλάστησης, σπάνια μέσω διχοτόμησης ή αμφιγονικά. Όταν καλλιεργούνται σχηματίζουν αποικίες παρόμοιες με εκείνες των βακτηρίων. Ο πλέον δημοφιλής ζυμομύκητας είναι ο *Saccharomyces cerevisiae* (μαγιά), που χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή αλκοολούχων ποτών (αναερόβια ζύμωση) ή για την παρασκευή του ψωμιού (αερόβια ζύμωση). Οι ευρωτομύκητες είναι πολυκύτταροι μύκητες που σχηματίζουν μικροσκοπικές υφές. Η αποικία είναι μια ορατή μάζα από περιπλεγμένες υφές που σχηματίζουν το μυκήλιο. Οι αποικίες των μυκήτων μπορεί να έχουν μια εμφάνιση μαλακή, βελουδίνη, κοκκώδη και μπορεί να είναι άσπρες, γκρι, καφέ, μαύρες, κίτρινες, πρασινωπές κ.ά.. Οι μυκηλιακοί μύκητες που αναπτύσσονται σε υγρό και σκοτεινό περιβάλλον, κυρίως σε εσωτερικό περιβάλλον, ονομάζονται στην καθομιλουμένη και μούχλες (π.χ. είδη των *Penicillium*, *Aspergillus* και *Cladosporium*). Στους μύκητες ανήκουν επίσης τα μανιτάρια. Μανιτάρια της οικογένειας *Lycoperdaceae*, *Morchella* και οι τρούφες, οι βασιδιομύκητες, μύκητες της τάξης *Pezizales*, είναι επίσης μυκηλιακοί μύκητες, πολλοί από τους οποίους σχηματίζουν αποικίες στο εργαστήριο [4], [9].

3.3.2 Ταξινόμηση των μυκήτων

Η ταξινόμηση των μυκήτων είναι ακόμη και σήμερα ιδιαίτερα δύσκολη και πολύπλοκη. Η απλούστερη ταξινόμηση των μυκήτων είναι η φαινοτυπική και βασίζεται στην παρατήρησή της μορφολογίας τους. Η φαινοτυπική ταξινόμηση συντέλεσε στο παρελθόν στην ομαδοποίηση γενετικά μη συγγενών ειδών. Σαν παράδειγμα, ο όρος μούχλα έχει χρησιμοποιηθεί γενικά για κάθε ορατή μυκητιακή ανάπτυξη. Μια μούχλα μπορεί να ανήκει σε μια από τις τρεις διαφορετικές κλάσεις των μυκήτων. «Περονόσπορος» είναι ένας όρος που μπορεί να χρησιμοποιεί ένας κοινός άνθρωπος για να περιγράψει τους μύκητες που εμφανίζονται στα υφάσματα, στα παράθυρα ή στα πλακάκια του μπάνιου. Οι μυκητολόγοι χρησιμοποιούν αυτόν τον όρο για να αναφερθούν σε συγκεκριμένο μύκητα που προκαλεί ασθένειες στα φυτά. Ο όρος ζύμη αναφέρεται σε μύκητα ο οποίος, τουλάχιστον στην καλλιέργεια, είναι μονοκύτταρος. Οι ζύμες περιλαμβάνουν μύκητες από τρεις διαφορετικές κλάσεις. Η φυλετική αναπαραγωγή είναι το σταθερότερο χαρακτηριστικό στα περισσότερα συστήματα βιολογικής ταξινόμησης και οι μύκητες χωρίζονται σε τρεις κλάσεις : τους ζυγομύκητες, τους ασκομύκητες και τους βασιδιομύκητες. Για πολλούς μύκητες όμως είναι γνωστά μόνο τα αφυλετικά στάδια. Αυτοί οι μύκητες έχουν ονομαστεί δευτερομύκητες [4].

Στη συνέχεια αναφέρονται οι επτά ομάδες (κλάσεις) μυκήτων που είναι μέχρι σήμερα διεθνώς αναγνωρισμένες. Οι *φυκομύκητες* (phycomycetes) είναι υδρόβιοι και μοιάζουν με φύκη, δεν έχουν όμως τη δυνατότητα φωτοσύνθεσης. Οι *ζυγομύκητες* (zygomycetes), έχουν σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα την παραγωγή ζυγοσπορίων, πολλά είδη εκ των οποίων χρησιμοποιούνται στη βιομηχανική προϊόντων (π.χ. ένζυμα, οργανικά οξέα, αμινοξέα, κ.ά.). Οι *ασκομύκητες* (ascomycetes), οι οποίοι ανήκουν στους ανώτερους μύκητες και αναπαράγονται με τη δημιουργία ασκοσπορίων, όπως οι ζυμομύκητες. Σε αυτήν την κλάση ανήκουν και οι ζύμες. Το μεγαλύτερο ποσοστό ζυμώσεων που πραγματοποιούνται σε βιομηχανική κλίμακα είναι με τους ασκομύκητες, π.χ. η παραγωγή πενικιλίνης από *Penicillium chrysogenum* και κιτρικού οξέος από *Aspergillus niger*. Οι *βασιδιομύκητες* (basidiomycetes) παράγουν τα βασιδιοσπόρια επάνω στα βασίδια, τα οποία είναι βασικές αναπαραγωγικές δομές. Τα μανιτάρια που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου, ανήκουν σε αυτή την κλάση. Οι *δευτερομύκητες* (deuteromycetes, Fungi imperfecti) αναπαράγονται μόνο με τα κονίδια (αφυλετικά σπόρια). Τέλος, οι *κυτταρομυξομύκητες* (cellular slime molds) είναι μονοκύτταροι, μονοπύρρηνοι, απλοειδείς μικροοργανισμοί χωρίς κυτταρικό τοίχωμα. Σε αυτή την ομάδα ανήκουν και οι μυξομύκητες [21].

3.3.3 Ανάπτυξη και μεταβολισμός των μυκήτων

Όλοι οι μύκητες είναι ετερότροφοι, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να έχουν εξωτερικές πηγές άνθρακα και ενέργειας. Οι εξωτερικές πηγές ενέργειας μπορεί να είναι απλά ζάχαρα ή άμυλο ή περισσότερο πολύπλοκες ουσίες που περιέχουν άνθρακα. Οι μύκητες απελευθερώνουν ένζυμα για να διασπάσουν αυτές τις πολύπλοκες οργανικές ουσίες και να τις μετατρέψουν σε γλυκόζη, την οποία μετά θα μεταβολίσουν. Η διαθεσιμότητα επαρκούς υγρασίας έχει πολύ μεγάλη σημασία σε αυτή τη διαδικασία [4].

Οι μύκητες μπορεί να είναι σαπροφυτικοί, δηλαδή να χρησιμοποιούν μη ζωντανό οργανικό υλικό, παρασιτικοί, δηλαδή επιβιώνουν αρχικά σαν σαπροφυτικοί και εισβάλλουν σε ζωντανούς ιστούς μόνο όταν είναι διαθέσιμοι οι κατάλληλοι «οικοδεσπότες» ή και τα δύο, ή ακόμη και συμβιωτικοί, όπου η ανάπτυξή τους είναι σε στενή σχέση με έναν άλλο ζωντανό οργανισμό και ωφελούν και τους δύο [4].

Κατά τη διαδικασία της αποδόμησης των υποστρωμάτων για την απελευθέρωση της ενέργειας που περιέχεται στους υδρογονάνθρακες τους, οι μύκητες παράγουν πολλά μεταβολικά προϊόντα. Οι

κύριοι μεταβολίτες είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Υπό κάποιες συνθήκες, μερικοί μύκητες μπορούν να παράγουν αιθανόλη ή άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις. [4]

Οι κύριοι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την μυκητιακή επιβίωση και ανάπτυξη είναι α) το νερό, β) η θερμοκρασία, γ) το φως και δ) το είδος και η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών. Για κάθε μύκητα υπάρχουν συγκεκριμένες συνθήκες, όπου ο ρυθμός ανάπτυξης είναι ο μέγιστος [4].

3.3.3.1 Υγρασία

Η διαθεσιμότητα του νερού είναι ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες που ελέγχουν την ανάπτυξη των μυκήτων. Οι μυκητολόγοι ορίζουν τη διαθεσιμότητα του νερού με τον όρο της ενεργότητας του νερού (a_w), η οποία είναι η ποσότητα του νερού που βρίσκεται εντός ενός υποστρώματος και μπορεί να τη χρησιμοποιήσει ένας οργανισμός για να αναπτυχθεί. Για τους περισσότερους μύκητες, ανεξάρτητα από το εάν είναι υδρόφιλοι ή ξηροανεκτικοί, η καταλληλότερη a_w είναι πάνω από 0,90 [4].

3.3.3.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επηρεάζει την ανάπτυξη των μυκήτων, άμεσα αλλά και μέσω της ρύθμισης της ενεργότητας του νερού. Η θερμοκρασία ελέγχει το ρυθμό με τον οποίο οι βιοχημικές αντιδράσεις οδηγούν στο να επιτευχθεί η ανάπτυξη. Οι περισσότεροι οργανισμοί έχουν ελάχιστη, μέγιστη και βέλτιστη θερμοκρασιακή κλίμακα για ανάπτυξη. Οι μύκητες διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την ανεκτικότητα στη θερμοκρασία. Οι περισσότεροι μύκητες είναι μεσόφιλοι, με βέλτιστη θερμοκρασία μεταξύ 15°C και 30°C. Οι ψυχρόφιλοι (π.χ. *Acremonium psychrophilum*) μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασία υπό του 0°C, ενώ ο ρυθμός ανάπτυξής τους επιβραδύνεται πάνω από περίπου 17°C. Οι ψυχροανεκτικοί μύκητες (π.χ. *Cladosporium herbarum*) έχουν ελάχιστη θερμοκρασία τους 15°C, ενώ μπορούν να αναπτυχθούν εξίσου καλά και σε θερμοκρασία ανώτερη από αυτή των 20°C. Οι θερμόφιλοι (π.χ. *Thermomyces spp.*) συνήθως δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασίες κάτω των 20°C περίπου και ο ρυθμός ανάπτυξής τους είναι ιδανικός ανάμεσα στους 35°C και 50°C. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι μύκητες μπορούν να προσαρμοστούν στις θερμοκρασίες [4].

Όπως αναφέρθηκε και πριν, η θερμοκρασία επίσης ελέγχει και την a_w και έτσι τη διαθεσιμότητα του νερού του υποστρώματος. Επιπροσθέτως, οι μετρήσεις των απαιτήσεων της a_w για συγκεκριμένους μύκητες εξαρτώνται πολύ από τις θερμοκρασίες στις οποίες διεξάγονται τα πειράματα [4].

3.3.3.3 Φως

Το φως αρχικά επηρεάζει το σχηματισμό των σπορίων των μυκήτων, πολύ περισσότερο από την μυκηλιακή ανάπτυξη. Πολλοί μύκητες απαιτούν κάποια έκθεση στον ήλιο για να προκαλέσουν την παραγωγή σπορίων. Γενικά, οι μύκητες που παράγουν σπόρια στο σκοτάδι είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία – ένα βασικό χαρακτηριστικό γιατί τα σπόρια τους ταξιδεύουν στον εξωτερικό αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας [4].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

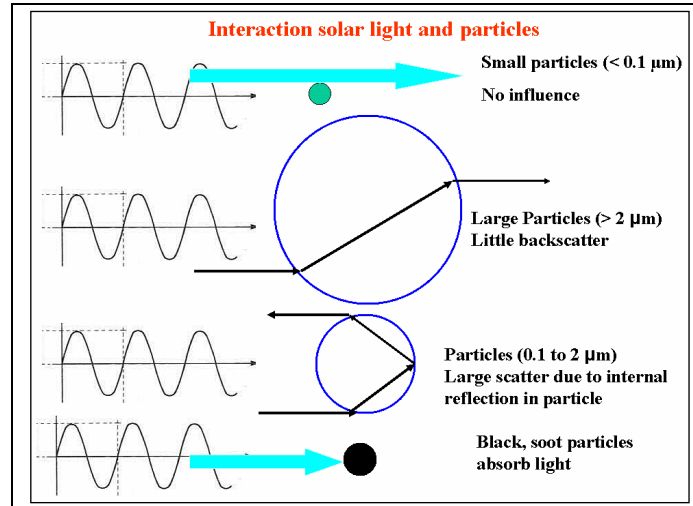
ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΟΖΟΛ

4.1 Εισαγωγή

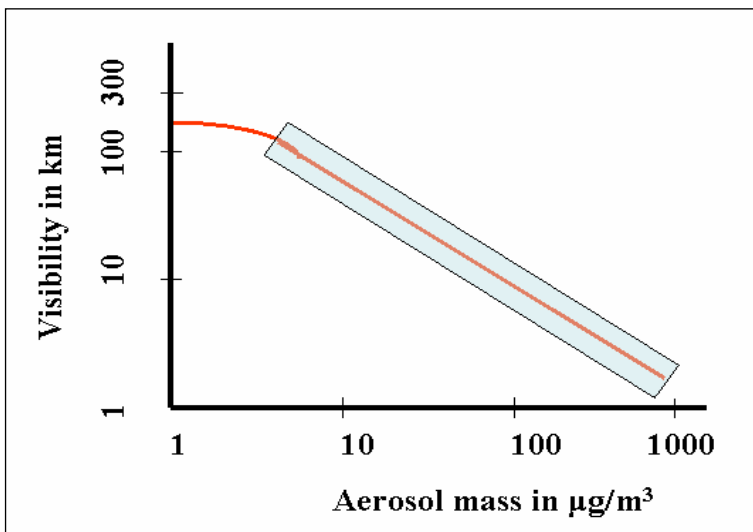
Τα αιωρούμενα σωματίδια βρίσκονται παντού στην τροπόσφαιρα και ασκούν μια σημαντική επίδραση στο παγκόσμιο κλίμα και περιβάλλον. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν, σε τοπικό επίπεδο, να εντείνουν ή να μειώνουν τις επιδράσεις των αερίων του θερμοκηπίου μέσω της σκέδασης, της διάχυσης ή της απορρόφησης της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης. Τα αεροζόλ επίσης δρουν ως πυρήνες συμπύκνωσης νεφών (Cloud Condensation Nuclei). Οι επιδράσεις των ατμοσφαιρικών αεροζόλ είναι εντυπωσιακές, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις υπερβολικά χαμηλές συγκεντρώσεις τους : η ογκομετρική αναλογία των αεροζόλ σωματιδίων προς τα ατμοσφαιρικά αέρια είναι κατά προσέγγιση μεταξύ 10^{-10} και 10^{-14} , δηλαδή 1 μονάδα όγκου σωματιδίων ανά 10^{10} μονάδων όγκου αερίων. [17]

4.2 Μείωση της ορατότητας

Τα αεροζόλ συγκεκριμένου μεγέθους, αεροδυναμικής διαμέτρου μεταξύ 0,1 και 1,5 μm , σκεδάζουν το ορατό φως (Εικόνα 4.1). Με τον όρο σκέδαση της ακτινοβολίας περιγράφεται το φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο όταν μια φωτεινή δέσμη συγκρουστεί με την ύλη θραύεται και αποκλίνει προς τυχαίες κατευθύνσεις. Δεν είναι μόνο μειωμένη (λόγω της παρουσίας των αεροζόλ) η ποσότητα του φωτός, που παρατηρούμε ότι εκπέμπεται από ένα αντικείμενο, αλλά και η ποσότητα του ηλιακού φωτός, που σκεδάζεται μέσω των σωματιδίων, που σχηματίζουν ένα φόντο ελαφριάς ομίχλης, το οποίο περιορίζει επίσης την ορατότητα. Έχουν παρατηρηθεί δύο τύποι σκέδασης, η σκέδαση «Mei» και η σκέδαση «Rayleigh». Η σκέδαση Rayleigh είναι ο τύπος σκέδασης που εμφανίζεται αρχικά ως αποτέλεσμα των αέριων μορίων, περιορίζοντας την οριζόντια ορατότητα. Το φως σκεδάζεται ελαστικά, από τα άτομα του αέρα χωρίς να υποστεί καμιά μεταβολή ως προς τη συχνότητά της. Είναι μια λειτουργία του μήκους κύματος του φωτός και περιορίζει την ορατότητα σε περίπου 130 – 260 χλμ. Στη σκέδαση Mei, εάν το μήκος κύματος του εισερχόμενου φωτός είναι περίπου ίσο με το μέγεθος του σωματιδίου, το φως μπορεί να σκεδαστεί προς όλες τις κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένης και της οπισθοσκέδασης. Είναι επίσης μια ελαστική σκέδαση ακτινοβολίας από μικροσωματίδια, χωρίς μεταβολή στη συχνότητα, αλλά το ποσοστό του σκεδαζόμενου φωτός είναι μεγαλύτερο από εκείνο της σκέδασης Rayleigh. Επιπλέον, τα σωματίδια που περιέχουν άνθρακα (αιθάλη, σωματίδια καπνού), απορροφούν ορατό φως (Εικόνα 4.1). Εάν τα σωματίδια ή τα αεροζόλ δεν απορροφούν το φως, τότε ένα μέρος αυτού μπορεί να τα διαπεράσει. [15], [16], [19].



Εικόνα 4.1 Απεικόνιση της αλληλεπίδρασης του ηλιακού φωτός και των σωματιδίων. Στην 1^η απεικόνιση με σωματίδια $< 0,1\mu\text{m}$, δεν υπάρχει καμία επίδραση. Στη 2^η, με σωματίδια $> 2\mu\text{m}$, υπάρχει μικρή οπισθοσκέδαση. Στην 3^η, με σωματίδια από 0,1 έως 2 μm , υπάρχει μεγάλη σκέδαση λόγω της εσωτερικής αντανάκλασης μέσα στο σωματίδιο. Στην 4^η απεικόνιση, βλέπουμε ένα μαύρο σωματίδιο αιθάλης, το οποίο απορροφά το φως [22].



Διάγραμμα 4.1 Απεικόνιση της μεταβολής της ορατότητας σε km, ανάλογα με τη συγκέντρωση της μάζας των αεροζόλ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [22].

4.3 Η επίδραση των αεροζόλ στην ενεργειακή πίεση της γης

Αρχικά θα αναλυθεί η έννοια του όρου «ενεργειακή πίεση». Ο όρος «ενεργειακή» χρησιμοποιείται γιατί τα αεροζόλ επιδρούν στο ενεργειακό ισοζύγιο που υπάρχει μεταξύ της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και της εξερχόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα της γης. Ο όρος «πίεση» χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει ότι το ενεργειακό ισοζύγιο της γης ωθείται να παρεκκλίνει από τη φυσιολογική του κατάσταση. Ο ποσοτικός ορισμός της ενεργειακής πίεσης εκφράζεται με το ρυθμό μεταβολής της ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας της γης. Η μονάδα μέτρησής του είναι τα Watts/m^2 [18].

Η ενεργειακή πίεση που προκύπτει από τα αεροζόλ ονομάζεται άμεση, όταν αυτή προκύπτει από την οπισθοσκέδαση και την απορρόφηση της ακτινοβολίας μέσω των ίδιων των αιωρούμενων σωματιδίων. Έμμεση ονομάζεται, όταν αυτή προκύπτει από την επίδραση των σωματιδίων στην ορατότητα, την ποσότητα και το χρόνο ζωής των σύννεφων. Η θετική πίεση συμβάλλει με ένα ζεστό «δίχτυ» στην επιφάνεια της γης, ενώ η αρνητική με ένα δροσερό «δίχτυ». Το μέγεθος των ενεργειακών επιδράσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, εξαρτάται από τη σύνθεσή τους, τα μεγέθη και τις κατανομές των μεγεθών τους, τις συγκεντρώσεις, τις υγροσκοπικότητες, τις ιδιότητες της επιφάνειας, τις πυκνότητες και τους δείκτες διάθλασης. [17]

Τα θειικά άλατα θεωρούνται οι σημαντικότεροι σκευαστές της ηλιακής ακτινοβολίας σε παγκόσμια κλίμακα, παράγοντας ένα δροσερό «δίχτυ» στην επιφάνεια της γης, ενώ η αιθάλη απορροφά ηλιακή ακτινοβολία και απλώνει το θερμό της «δίχτυ». Ο ρόλος της αιωρούμενης ορυκτής σκόνης είναι πιο διττός και εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων. Γενικά τα σωματίδια τείνουν να σκεδάζουν ακτινοβολία, με μήκη κύματος συγκρίσιμα με τα φυσικά μεγέθη τους. Σωματίδια σκόνης με διαμέτρους μικρότερες του $1\mu\text{m}$ σκεδάζουν το εισερχόμενο φως και έτσι μπορούν να έχουν μια δροσερή επίδραση, ειδικά κοντά στην επιφάνεια της γης. Από την άλλη μεριά, τα ορυκτά αιωρούμενα σωματίδια απορροφούν το φως και έτσι έχουν θερμές επιδράσεις, στο ύψος στο οποίο συναντώνται. Λόγω του ότι η εξερχόμενη ακτινοβολία είναι υπέρυθρη και π.χ. τα ορυκτά πυριτικά άλατα έχουν ζώνες στις οποίες απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία, μπορούν να δράσουν ως σωματίδια του θερμοκηπίου. Τα μεγαλύτερα ορυκτά αιωρούμενα σωματίδια τείνουν να έχουν μικρότερο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα και να είναι συγκεντρωμένα στην χαμηλότερη τροπόσφαιρα, δίπλα στις περιοχές απ' όπου πηγάζουν, με αποτέλεσμα να έχουν τοπικές επιδράσεις [17].

4.4 Τα σωματίδια ως πυρήνες συμπύκνωσης των νεφών

Τα σύννεφα δεν είναι μια εσωτερική μίξη των σταγονιδίων του νερού (ή των κρυστάλλων του χιονιού) και των σωματιδίων. Τα σωματίδια που επιτρέπουν να σχηματισθούν τα σύννεφα, ονομάζονται πυρήνες συμπύκνωσης νεφών (CCN). Αυτά τα σωματίδια έχουν διαφορετική χημική σύσταση, η οποία εξαρτάται από τις πηγές προέλευσής τους. Μπορεί να έχουν φυσικές πηγές εκπομπής και να προέρχονται π.χ. από τις ερήμους, τους ωκεανούς, τα ηφαίστεια ή από ανθρώπινες διαδικασίες. Τα σύννεφα περιέχουν επίσης αέρια, τα οποία μπορούν να αλλάξουν τη χημική σύσταση των σταγονιδίων. [2]

Τέσσερις κύριες διαδικασίες παίρνουν μέρος μέσα στα σταγονίδια των νεφών. Αυτές είναι [2] :

1. Η αλλαγή της σύνθεσης και του μεγέθους του σωματιδίου συμπύκνωσης των νεφών μετά την εξάτμιση του σταγονιδίου.
2. Η διάλυση του διαλυτού μέρους του σωματιδίου.
3. Χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν μέρος μέσα στο σταγονίδιο του νερού
4. Η αμοιβαία μεταφορά μεταξύ των ατμοσφαιρικών αερίων και της υγρής φάσης των σταγονιδίων.

Η χημική σύνθεση των πυρήνων συμπύκνωσης νεφών επηρεάζει την αρχική χημική σύνθεση των σταγονιδίων ενός νέφους, καθώς το διαλυτό μέρος του διαλύεται στο συμπυκνωμένο νερό. Τα λιγότερο διαλυτά στο νερό σωματίδια, για παράδειγμα η σκόνη του εδάφους, η γύρη και σωματίδια που προέρχονται από την καύση της βιομάζας, κυρίως παραμένουν στον περιβάλλοντα αέρα και κατά τη βροχόπτωση συμπαρασύρονται με τα σταγονίδια στην επιφάνεια της γης σαν υγρή εναπόθεση. Τα περισσότερα σύννεφα δεν οδηγούν σε βροχή και απλά εξατμίζονται. Σαν αποτέλεσμα των χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται μέσα στο σύννεφο, τα σωματίδια τα οποία παραμένουν μετά την εξάτμιση του νερού, έχουν διαφορετική χημική σύνθεση σε σχέση με αυτά που εισήχθησαν από την πρώτη στιγμή στο σύννεφο. Μερικά χημικά στοιχεία επιστρέφουν στην αέρια φάση και κινούνται μακριά από το σταγονίδιο. Άλλα, αφού έχουν καλυφθεί, παραμένουν και συσχετίζονται με την υγρή φάση, εκτός και αν πραγματοποιηθεί ολική εξάτμιση. [2]

4.5 Επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία

Τα αιωρούμενα σωματίδια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και είναι κάποιου μεγέθους δυστυχώς εισπνέονται και κατακρατούνται από το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα. Σωματίδια έως περίπου 0,5μm κατακρατούνται από τη μύτη, ενώ αυτά κάτω των 0,5μm συνήθως εναποθέτονται στην τραχεία των πνευμόνων. Όσον αφορά στην τοξικολογία των σωματιδίων είναι απαραίτητη η γνώση του μεγέθους και της χημικής σύνθεσής τους [19].

Η έκθεσή μας σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να έχει πολλές επιπτώσεις στην υγεία. Για παράδειγμα, πολυάριθμες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των σωματιδίων με τις αυξημένες εισαγωγές στο νοσοκομείο, τις επισκέψεις στην αίθουσα των επειγόντων περιστατικών, ακόμα και με θανάτους που προέρχονται από ασθένειες της καρδιάς και των πνευμόνων. Οι βραχυπρόθεσμες και οι μακρυπρόθεσμες σωματιδιακές εκθέσεις έχουν συνδεθεί με προβλήματα υγείας. Οι μακρυπρόθεσμες εκθέσεις, στις οποίες υποβάλλονται οι άνθρωποι που ζουν για πολλά χρόνια σε περιοχές με υψηλά επίπεδα σωματιδίων, έχουν συσχετιστεί με προβλήματα όπως η μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων και η ανάπτυξη της χρόνιας βρογχίτιδας. Οι βραχυπρόθεσμες εκθέσεις σε σωματίδια (ώρες ή ημέρες) μπορούν να επιδεινώσουν την ασθένεια των πνευμόνων, προκαλώντας άσθμα και οξεία βρογχίτιδα και μπορούν επίσης να αυξήσουν την ευαισθησία σε αναπνευστικές μολύνσεις. Σε κόσμο με καρδιακές ασθένειες, οι βραχυπρόθεσμες εκθέσεις έχουν συνδεθεί με καρδιακά επεισόδια και αρρυθμίες. Τα υγιή παιδιά και άνθρωποι δεν έχει αναφερθεί ότι υποφέρουν από σοβαρές επιδράσεις από βραχυπρόθεσμες εκθέσεις, παρ' όλο που μπορεί να έχουν μια μικρή ενόχληση όταν τα επίπεδα των σωματιδίων είναι αυξημένα [23].

Όλα αυτά συμπεραίνονται από την ανάλυση παρατηρήσεων σχετικών με εισαγωγές σε νοσοκομεία σε περιόδους επεισοδίων ρύπανσης ενώ η εξακρίβωση των μηχανισμών επίδρασης επιτυγχάνεται με τοξικολογικές μελέτες. Οι μελέτες τοξικότητας πραγματοποιούνται σε ζώα, με την εισαγωγή σωματιδίων συγκεκριμένης κατανομής και σύστασης στο αναπνευστικό τους σύστημα, και έτσι δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα για την τοξικότητα των σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά ούτε και η εύρεση μιας σχέσης δόσης – απόκρισης. Υπάρχουν ωστόσο ενδείξεις, πως η τοξικότητα σχετίζεται με την περιεκτικότητα των σωματιδίων σε διαλυτά συστατικά, ραδιενεργά μέταλλα και πιθανόν σε οργανικές ενώσεις (π.χ. PAHs). Ακόμα το μέγεθος επιδρά στο βαθμό που μεταβάλλει τη διεισδυτική τους ικανότητα στους πνεύμονες και τον χρόνο παραμονής τους σε μια περιοχή των πνευμόνων. Έτσι στις μελέτες τοξικότητας τα αεροζόλ διακρίνονται σε σωματίδια οξέων, μετάλλων, βιοαεροζόλ, σωματίδια πολύ μικρών διαστάσεων και σε άλλα αιωρούμενα σωματίδια (σκόνη, τέφρα κ.α.). Για παράδειγμα τα σωματίδια οξέων σε μικρές συγκεντρώσεις επηρεάζουν τον μηχανισμό απομάκρυνσης στη βλέννα ενώ τα πολύ μικρά σωματίδια προκαλούν βήχα, δύσπνοια, πνευμονικό οίδημα και φλεγμονές [25].

Από τις επιδημιολογικές κυρίως μελέτες αλλά και από ελάχιστα πειράματα *in vivo* (έτσι ονομάζονται τα πειράματα που πραγματοποιούνται σε ζωντανούς οργανισμούς, σε ανθρώπους ή ζώα) σε ζώα και *in vitro* (πραγματοποιούνται σε εργαστήρια χωρίς να περιλαμβάνουν την εφαρμογή σε ζωντανούς οργανισμούς) σε κύτταρα ανθρώπων και ζώων έχουν εντοπιστεί κάποιοι πιθανοί μηχανισμοί, με τους οποίους τα σωματίδια προκαλούν τοξικές αντιδράσεις στον οργανισμό. Ένας τρόπος είναι η εξασθένηση των φυσικών λειτουργιών του ατόμου με αποτέλεσμα δυσλειτουργίες στο νευρικό σύστημα, στην δεξιά κοιλία της καρδιάς και στην κυκλοφορία του αίματος στους πνεύμονες. Ακόμα έχει βρεθεί πως προκαλούν οξειδωτικό στρες, οίδημα, φλεγμονές στους πνεύμονες, ανοσοτοξικότητα, αύξηση της πυκνότητας του πλάσματος και θρόμβωση του αίματος καθώς και υποτοξικό στρες λόγω της μικρής διάχυσης των αερίων. Αν και δεν έχει βρεθεί ακριβώς ο τρόπος, με τον οποίο προκαλούνται αυτές οι δυσλειτουργίες του οργανισμού, θεωρείται πως σημαντικό ρόλο έχουν τα κύτταρα του επιθηλίου και οι μακροφάγοι. Τα κύτταρα αυτά ενεργοποιούνται κατά την επαφή τους με σωματίδια και πιθανόν απελευθερώνουν ουσίες (προ-

πτητικές και προ-φλεγμονικές οξειδωτικές ουσίες) που επηρεάζουν τα άλλα κύτταρα. Για παράδειγμα τα μακροφάγα κύτταρα για να προστατεύσουν τον οργανισμό έχει βρεθεί πως παράγουν διάφορες ελεύθερες ρίζες, πρωτεΐνες και ένζυμα που ενεργοποιούν τους μηχανισμούς ανάπλασης των φλεγμονωδών ιστών. Με τον ίδιο τρόπο αντιδρά και το επιθήλιο ελευθερώνοντας ουσίες που προκαλούν χημειόταξη. Οι ίδιοι αυτοί μηχανισμοί άμυνας του οργανισμού εξαιτίας της διαρκούς δράσης τους μπορεί να προκαλέσουν δομικές αλλαγές στους ιστούς του αναπνευστικού, ίνωμα και νεοπλάσματα [25].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σύντομη αναφορά στο σχετικό ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο ορίζει τα ανώτατα επιτρεπτά όρια αερίων και σωματιδιακών ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως επίσης και την εκτίμηση, πρόληψη ή και μείωση των επιβλαβών ατμοσφαιρικών ρύπων.

5.1 Οδηγία 96/62/ΕΚ

Στην Οδηγία 96/62/ΕΚ του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 1996, γίνεται ο καθορισμός των μακροπρόθεσμων στόχων όσον αφορά στην ποιότητα του αέρα, ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον και η ανθρώπινη υγεία. Παραθέτονται παρακάτω αποσπάσματα της Οδηγίας αυτής [10].

Άρθρο 1 Στόχοι

Γενικός στόχος της παρούσας οδηγίας είναι ο καθορισμός των βασικών αρχών μιας κοινής στρατηγικής με σκοπό:

- τον προσδιορισμό και καθορισμό των στόχων για την ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος στην Κοινότητα, ώστε να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο σύνολο του περιβάλλοντος,
- την, βάσει κοινών μεθόδων και κριτηρίων, εκτίμηση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος στα κράτη μέλη,
- τη συγκέντρωση κατάλληλων πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος και την ενημέρωση του κοινού, μεταξύ άλλων, μέσω ορίων συναγερμού,
- τη διατήρηση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, όταν είναι καλή και τη βελτίωσή της στις άλλες περιπτώσεις.

Άρθρο 4 Καθορισμός των οριακών τιμών και του ορίων συναγερμού όσον αφορά τον αέρα του περιβάλλοντος

3. Κατά τον καθορισμό των οριακών τιμών και των ορίων συναγερμού ορίζονται κριτήρια και τεχνικές όσον αφορά:

α) τις μετρήσεις που πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή της νομοθεσίας η οποία αναφέρεται στην παράγραφο 1:

- τη θέση των σημείων δειγματοληψίας,
- τον ελάχιστο αριθμό σημείων δειγματοληψίας,
- τις τεχνικές αναφοράς για μέτρηση και δειγματοληψία

β) τη χρήση άλλων τεχνικών αξιολόγησης της ποιότητας του αέρα, ιδίως της προσομοίωσης:

- την πυκνότητα των σημείων στο χώρο για την προσομοίωση και τις μεθόδους αντικειμενικής αξιολόγησης,
- τις τεχνικές αναφοράς για την προσομοίωση.

Τα κριτήρια και οι τεχνικές αυτές καθορίζονται για κάθε ρύπο και λαμβάνουν υπόψη το μέγεθος των οικισμών ή τα επίπεδα ρύπων στις εξεταζόμενες ζώνες.

Άρθρο 6 Εκτίμηση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος

1. Όταν καθορισθούν οι οριακές τιμές και τα όρια συναγερμού, η ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος θα εκτιμηθεί σε ολόκληρη την επικράτεια των κρατών μελών, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος άρθρου.

2. Σύμφωνα με τα κριτήρια του άρθρου 4 παράγραφος 3 και για τους ρύπους τους οποίους αφορά, οι μετρήσεις είναι υποχρεωτικές στις ακόλουθες ζώνες:

- στους οικισμούς, όπως ορίζονται στο άρθρο 2 παράγραφος 10,
- στις ζώνες όπου τα επίπεδα κυμαίνονται μεταξύ των οριακών τιμών και των επιπέδων που προβλέπονται στην παράγραφο 3, και
- στις λοιπές ζώνες όπου τα επίπεδα υπερβαίνουν τις οριακές τιμές.

Οι προβλεπόμενες μετρήσεις μπορούν να συμπληρώνονται από τεχνικές προσομοίωσης ώστε να παρέχεται η δέουσα πληροφόρηση σχετικά με την ποιότητα του αέρα.

3. Για την αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα μπορεί να χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός μετρήσεων και τεχνικών προσομοίωσης όταν τα επίπεδα, για ένα αντιπροσωπευτικό χρονικό διάστημα, είναι κατώτερα από την οριακή τιμή, κατά το άρθρο 4 παράγραφος 5.

4. Όταν τα επίπεδα είναι κατώτερα ενός επιπέδου το οποίο καθορίζεται στο άρθρο 4 παράγραφος 5, η εκτίμηση των επιπέδων είναι δυνατόν να πραγματοποιείται απλώς μέσω τεχνικών προσομοίωσης ή αντικειμενικής εκτίμησης. Η διάταξη αυτή δεν εφαρμόζεται στους οικισμούς όταν πρόκειται για ρύπους για τους οποίους έχουν καθοριστεί όρια συναγερμού κατά το άρθρο 4 παράγραφος 5.

5. Όταν πρόκειται να μετρηθούν ρύποι, οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε σταθερά σημεία, είτε συνεχώς, είτε με τυχαία δειγματοληψία. Ο αριθμός των μετρήσεων πρέπει να είναι επαρκής ώστε να επιτρέπει τον καθορισμό επιπέδων.

Άρθρο 8 Μέτρα εφαρμοστέα στις ζώνες όπου τα επίπεδα υπερβαίνουν την οριακή τιμή

1. Τα κράτη μέλη καταρτίζουν κατάλογο των ζωνών και των οικισμών όπου τα επίπεδα ενός ή περισσότερων ρύπων υπερβαίνουν την οριακή τιμή προσαυξημένη κατά το περιθώριο ανοχής. Όταν δεν έχει καθοριστεί περιθώριο ανοχής για δεδομένο ρύπο, οι ζώνες και οι οικισμοί όπου το επίπεδο του ρύπου αυτού υπερβαίνει την οριακή τιμή εξομοιώνονται προς τις ζώνες και τους οικισμούς που αναφέρονται στο πρώτο εδάφιο και εφαρμόζονται οι παράγραφοι 3 έως 5.

2. Τα κράτη μέλη καταρτίζουν κατάλογο των ζωνών και οικισμών όπου τα επίπεδα ενός ή περισσότερων ρύπων κυμαίνονται μεταξύ της οριακής τιμής και της οριακής τιμής προσαυξημένης κατά το περιθώριο ανοχής.

3. Στις ζώνες και τους οικισμούς της παραγράφου 1, τα κράτη μέλη μεριμνούν για την εκπόνηση ή την εφαρμογή σχεδίου ή προγράμματος, προς επίτευξη της οριακής τιμής εντός της οριζόμενης προθεσμίας.

Το σχέδιο ή πρόγραμμα, το οποίο θα πρέπει να είναι προσιτό στο κοινό, περιλαμβάνει τουλάχιστον τις πληροφορίες που απαριθμούνται στο παράρτημα IV.

4. Στις ζώνες και τους οικισμούς που αναφέρονται στην παράγραφο 1 όπου περισσότεροι του ενός ρύποι υπερβαίνουν τις οριακές τιμές, τα κράτη μέλη υποβάλλουν ολοκληρωμένο σχέδιο που καλύπτει όλους τους εν λόγω ρύπους.

5. Η Επιτροπή ελέγχει τακτικά την εφαρμογή των σχεδίων ή προγραμμάτων τα οποία υποβάλλονται σύμφωνα με την παράγραφο 3, εξετάζοντας την πρόοδο που έχει επιτευχθεί και τις προοπτικές όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση.

6. Όταν το επίπεδο ενός ρύπου υπερβαίνει ή υπάρχει κίνδυνος να υπερβεί την οριακή τιμή προσαυξημένη κατά το περιθώριο ανοχής ή, κατά περίπτωση, το όριο συναγερμού, λόγω σημαντικής ρύπανσης η οποία προέρχεται από άλλο κράτος μέλος, τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη πραγματοποιούν διαβουλεύσεις προκειμένου να αντιμετωπισθεί η κατάσταση. Η Επιτροπή μπορεί να συμμετέχει στις διαβουλεύσεις αυτές.

Άρθρο 10 Μέτρα σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων συναγερμού

Σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων συναγερμού, τα κράτη μέλη μεριμνούν για τη λήψη μέτρων ενημέρωσης του κοινού (παραδείγματος χάρι, μέσω του ραδιοφώνου, της τηλεόρασης και του Τύπου). Τα κράτη μέλη διαβιβάζουν επίσης, προσωρινά, στην Επιτροπή πληροφορίες σχετικά με τα σημειωθέντα επίπεδα κατά τη διάρκεια του επεισοδίου ή των επεισοδίων ρύπανσης, το αργότερο τρεις μήνες μετά την επέλευσή τους. Παράλληλα με τα όρια συναγερμού καταρτίζεται κατάλογος στοιχειωδών πληροφοριών που πρέπει να παρέχονται στο κοινό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι Κατάλογος των ατμοσφαιρικών ρύπων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος

I. Ρύποι εξεταζόμενοι στο αρχικό στάδιο καθώς και ρύποι καλυπτόμενοι από υφιστάμενες οδηγίες στον τομέα της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος

1. Διοξείδιο του θείου
2. Διοξείδιο του αζώτου
3. Λεπτά σωματίδια όπως οι αιθάλες (περιλαμβανομένου του PM₁₀)
4. Αιωρούμενα σωματίδια
5. Μόλυβδος
6. Οζόν

II. Λοιποί ατμοσφαιρικοί ρύποι

7. Βενζόλιο
8. Μονοξειδίο του άνθρακα
9. Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες
10. Κάδμιο
11. Αρσενικό
12. Νικέλιο
13. Υδράργυρος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον καθορισμό των οριακών τιμών και των ορίων συναγερμού

Κατά τον καθορισμό της οριακής τιμής και, κατά κατάλληλο τρόπο, του ορίου συναγερμού, θα μπορούν μεταξύ άλλων να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- ο βαθμός έκθεσης του πληθυσμού και ιδίως των ευαίσθητων πληθυσμιακών ομάδων,
- οι κλιματολογικές συνθήκες,
- η ευαισθησία της πανίδας και της χλωρίδας, καθώς και των οικοτόπων τους,
- η ιστορική κληρονομιά που εκτίθεται στους ρύπους,
- η οικονομική και τεχνική σκοπιμότητα,
- η μεταφορά των ρύπων σε μεγάλες αποστάσεις, μεταξύ των οποίων και των δευτερευόντων ρύπων, καθώς και του όζοντος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ Κριτήρια επιλογής των ατμοσφαιρικών ρύπων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη

1. Πιθανότητα, σοβαρότητα και συχνότητα των επιπτώσεων. Όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον γενικά, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στις μη αναστρέψιμες επιπτώσεις.
2. Ευρεία διάδοση και αυξημένη συγκέντρωση του ρύπου στην ατμόσφαιρα.
3. Περιβαλλοντικές ή μεταβολικές αλλαγές στο βαθμό που ενδέχεται να οδηγήσουν στην παραγωγή χημικών ουσιών με μεγαλύτερη τοξικότητα.
4. Μεγάλη διάρκεια ζωής στο περιβάλλον, ιδιαίτερα εάν ο ρύπος δεν είναι βιοδιασπόμενος και είναι δυνατόν να συσσωρευτεί στον ανθρώπινο οργανισμό, το περιβάλλον ή τις τροφικές αλυσίδες.
5. Επιπτώσεις του ρύπου:
 - μέγεθος του εκτιθέμενου πληθυσμού, βιολογικών πόρων ή οικοσυστημάτων,
 - ύπαρξη ιδιαίτερα ευαίσθητων στόχων στην εξεταζόμενη ζώνη.
6. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιούνται και μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου.
Κατά την επιλογή των ρύπων λαμβάνονται υπόψη τα περί κινδύνου κριτήρια που καθορίζονται στην οδηγία 67/548/ΕΟΚ (1) και τις μετέπειτα τροποποιήσεις της. (1) ΕΕ αριθ. 169 της 16. 8. 1967, σ. 1 7 οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 91/632/ΕΟΚ της Επιτροπής (ΕΕ αριθ. L 338 της 10. 12. 1991, σ. 23).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV Πληροφορίες που πρέπει να περιλαμβάνονται σε τοπικά, περιφερειακά ή εθνικά προγράμματα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος

Πληροφορίες που πρέπει να παρέχονται σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 3

1. Τόπος όπου σημειώθηκε η υπέρβαση
 - περιφέρεια
 - πόλη (χάρτης)
 - σταθμός μετρήσεως (χάρτης, γεωγραφικές συντεταγμένες)
2. Γενικές πληροφορίες
 - τύπος ζώνης (πόλη, βιομηχανική ή αγροτική περιοχή)
 - εκτίμηση της πληγείσας εκτάσεως (km²) και του πληθυσμού που έχει εκτεθεί στη ρύπανση
 - χρήσιμα κλιματολογικά δεδομένα
 - χρήσιμα τοπογραφικά δεδομένα
 - επαρκείς πληροφορίες για το είδος των προστατευόμενων στόχων στην εξεταζόμενη ζώνη
3. Αρμόδιες αρχές
Ονοματεπώνυμο και διεύθυνση των υπευθύνων για την κατάρτιση και την εφαρμογή των σχεδίων βελτίωσης του αέρα
4. Φύση και εκτίμηση της ρυπάνσεως
 - συγκεντρώσεις που έχουν παρατηρηθεί κατά τα προηγούμενα έτη (πριν από την εφαρμογή των βελτιωτικών μέτρων)
 - συγκεντρώσεις που έχουν μετρηθεί μετά την έναρξη εφαρμογής του σχεδίου
 - τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για τις εκτιμήσεις

5. Προέλευση της ρύπανσεως

- κατάλογος των κυρίων πηγών εκπομπής στις οποίες οφείλεται η ρύπανση (χάρτες)
- συνολική ποσότητα εκπομπών από τις πηγές αυτές (t/ έτος)
- πληροφορίες σχετικά με τη μεταφερόμενη ρύπανση από άλλες περιοχές

6. Ανάλυση της καταστάσεως

- λεπτομέρειες για τους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η υπέρβαση (μεταφορές, περιλαμβανομένων των διασυνοριακών μεταφορών, διαμόρφωση)
- λεπτομέρειες σχετικά με τα μέτρα που είναι δυνατόν να ληφθούν για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα

7. Πληροφορίες για τα μέτρα ή τα σχέδια βελτίωσης του αέρα τα οποία υπήρχαν πριν από την έναρξη της ισχύος της παρούσας οδηγίας

- τοπικά, περιφερειακά, εθνικά, διεθνή μέτρα
- παρατηρούμενες επιπτώσεις αυτών

8. Πληροφορίες σχετικά με τα μέτρα ή τα σχέδια για τη μείωση της ρύπανσης τα οποία έχουν εγκριθεί μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας

- κατάλογος και περιγραφή όλων των μέτρων που περιλαμβάνονται στο σχέδιο
- χρονοδιάγραμμα εφαρμογής
- εκτίμηση της προσδοκώμενης βελτίωσης της ποιότητας του αέρα και εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για την επίτευξη των στόχων αυτών

9. Πληροφορίες για τα μέτρα ή τα σχέδια που προβλέπονται ή σχεδιάζονται μακροπρόθεσμα

10. Κατάλογος δημοσιεύσεων, εγγράφων, εργασιών κ.λπ. τα οποία συμπληρώνουν τις πληροφορίες που ζητούνται στο παρόν παράρτημα.

Αξίζει όμως εδώ να αναφέρουμε ότι οι Οδηγίες 96/62/EK και 99/30/EK αποτελούν σημαντικές «ανοιχτές υποθέσεις» για την Ελλάδα, για τις οποίες έχει κινηθεί προδικαστική διαδικασία από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και εκκρεμεί παραπομπή στο ΔΕΚ λόγω μη συμμόρφωσης με τις διατάξεις που αφορούν στα σχέδια μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης [12].

5.2 Οδηγία 99/39/ΕΚ

Στην Οδηγία 1999/39/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 22ας Απριλίου 1999 αναφέρονται οι οριακές τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων. Ακολουθούν κάποια αποσπάσματα από την Οδηγία.

Άρθρο 2 Ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, νοούνται ως:

- 1) «αέρας του περιβάλλοντος»: ο εξωτερικός αέρας της τροπόσφαιρας, εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας
- 2) «ρύπος»: κάθε ουσία η οποία διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον στο σύνολό του.
- 3) «επίπεδο»: η συγκέντρωση ενός ρύπου στον αέρα του περιβάλλοντος ή η εναπόθεσή σε μια επιφάνεια σε δεδομένη χρονική στιγμή
- 4) «εκτίμηση»: κάθε μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση, τον υπολογισμό, την πρόβλεψη ή την εκτίμηση του επιπέδου ενός ρύπου στον αέρα του περιβάλλοντος
- 5) «οριακή τιμή»: ένα επίπεδο καθοριζόμενο βάσει επιστημονικών γνώσεων, με σκοπό να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο σύνολο του περιβάλλοντος το οποίο πρέπει να επιτευχθεί εντός της δεδομένης προθεσμίας χωρίς εν συνεχεία υπερβάσεις
- 6) «όριο συναγερμού»: ένα επίπεδο πέραν του οποίου υπάρχει κίνδυνος υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία ακόμα και αν η έκθεση είναι βραχύχρονη, και κατά το οποίο τα κράτη μέλη λαμβάνουν αμέσως τα μέτρα που προβλέπει η οδηγία 96/62/ΕΚ
- 7) «περιθώριο ανοχής»: το ποσοστό της οριακής τιμής κατά το οποίο επιτρέπεται να γίνεται υπέρβαση της σύμφωνα με τους όρους της οδηγίας 96/62/ΕΚ
- 8) «ζώνη»: οριοθετημένο από τα κράτη μέλη τμήμα του εδάφους τους
- 9) «οικισμός»: μια ζώνη με συγκέντρωση πληθυσμού άνω των 250.000 κατοίκων ή, όταν η συγκέντρωση πληθυσμού είναι κατώτερη ή ίση προς 250.000 κατοίκους, με πυκνότητα πληθυσμού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο η οποία δικαιολογεί, κατά τη γνώμη των κρατών μελών, την ανάγκη εκτίμησης και διαχείρισης της ποιότητας αέρα περιβάλλοντος.
- 10) «οξειδία του αζώτου»: το άθροισμα του μονοξειδίου του αζώτου και του διοξειδίου του αζώτου, προστιθέμενα ως μέρη ανά δισεκατομμύριο και εκφραζόμενα ως διοξείδιο του αζώτου σε μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο.
- 11) «ΑΣ₁₀»: τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου κατά μέγεθος το οποίο συγκρατεί το 50% των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 10μm
- 12) «ΑΣ_{2,5}»: τα σωματίδια που διέρχονται δια στομίου κατά μέγεθος το οποίο συγκρατεί το 50% των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 2,5μm
- 13) «ανώτερο όριο εκτίμησης»: επίπεδο καθοριζόμενο στο παράρτημα V, κάτω του οποίου επιτρέπεται η χρήση ενός συνδυασμού μετρήσεων και τεχνικών προσομοίωσης για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφος 3 της οδηγίας 96/62/ΕΚ
- 14) «κατώτερο όριο εκτίμησης»: επίπεδο, καθοριζόμενο στο παράρτημα V, κάτω του οποίου επιτρέπεται μόνον η χρήση τεχνικών προσομοίωσης ή αντικειμενικής εκτίμησης για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφος 4 της οδηγίας 96/62/ΕΚ
- 15) «φυσικά φαινόμενα»: οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι σεισμικές δονήσεις, οι γεωθερμικές δραστηριότητες, οι πυρκαγιές φυσικών εκτάσεων, τα περιστατικά ισχυρών ανέμων ή η

επαναιώρηση ή η μεταφορά με τον ατμοσφαιρικό αέρα φυσικών σωματιδίων από ξηρές περιοχές.

Άρθρο 5 Σωματίδια

1. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα προκειμένου να εξασφαλίσουν ότι οι συγκεντρώσεις AS_{10} στον αέρα του περιβάλλοντος, όπως εκτιμώνται σύμφωνα με το άρθρο 7, δεν υπερβαίνουν τις οριακές τιμές που αναφέρονται στο μέρος I του παραρτήματος III από τις καθοριζόμενες στο μέρος αυτό ημερομηνίες.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (AS_{10})

	Περίοδος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης προς την οριακή τιμή
ΣΤΑΔΙΟ 1				
1. 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AS_{10} των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	50 % κατά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας, μειούμενο από 1ης Ιανουαρίου 2001, και κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσιο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0 % την 1η Ιανουαρίου 2005	1η Ιανουαρίου 2005
2. Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AS_{10}	20 % κατά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας, μειούμενο από 1ης Ιανουαρίου 2001, και κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσιο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0 % την 1η Ιανουαρίου 2005	1η Ιανουαρίου 2005
ΣΤΑΔΙΟ 2 (*)				
1. 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AS_{10} των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 7 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Θα υπολογιστεί δάσει δεδομένων και θα είναι ισοδύναμο με την οριακή τιμή του σταδίου 1	1η Ιανουαρίου 2010
2. Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AS_{10}	50 % την 1η Ιανουαρίου 2005, μειούμενο κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσιο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0 % την 1η Ιανουαρίου 2010	1η Ιανουαρίου 2010

(*) Ενδεικτικές οριακές τιμές που θα αναθεωρηθούν δάσει των νέων πληροφοριών για τις επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον, την τεχνική εφικτότητα και δάσει της πείρας από την εφαρμογή των οριακών τιμών του σταδίου 1 στα κράτη μέλη.

Τα περιθώρια ανοχής που καθορίζονται στο μέρος I του παραρτήματος III, εφαρμόζονται σύμφωνα με το άρθρο 8 της οδηγίας 96/92/ΕΚ.

2. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν σταθμοί μέτρησης για την παροχή στοιχείων σχετικά με τις συγκεντρώσεις $AS_{2,5}$. Ο αριθμός και η θέση των σταθμών μέτρησης $AS_{2,5}$ επιλέγονται από τα κράτη μέλη, ώστε τα στοιχεία να είναι αντιπροσωπευτικά των συγκεντρώσεων $AS_{2,5}$ εντός του κράτους μέλους αυτού. Ει δυνατόν, τα σημεία δειγματοληψίας πρέπει να συνδυάζονται με σημεία δειγματοληψίας για τα AS_{10} .

Τα κράτη μέλη διαβιβάζουν ετησίως στην Επιτροπή, εντός εννέα μηνών μετά το τέλος κάθε έτους, τον αριθμητικό μέσο, το διάμεσο, το 98ο εκατοστημόριο και τη μέγιστη συγκέντρωση που υπολογίζονται από τις μετρήσεις $AS_{2,5}$ επί 24 ώρες εντός του έτους αυτού. Το 98ο εκατοστημόριο υπολογίζεται σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στο μέρος 4 του παραρτήματος I της απόφασης 97/101/EΚ του Συμβουλίου, της 27^{ης} Ιανουαρίου 1997, για την καθιέρωση διαδικασίας για την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων που προέρχονται από τα δίκτυα και τους μεμονωμένους σταθμούς μετρήσεως της ρυπάνσεως του αέρα του περιβάλλοντος στα κράτη μέλη.

3. Τα σχέδια δράσης για τα AS_{10} που καταρτίζονται σύμφωνα με το άρθρο 8 της οδηγίας 96/62/EΚ και οι γενικές στρατηγικές για τη μείωση των συγκεντρώσεων AS_{10} , αποσκοπούν επίσης στη μείωση των συγκεντρώσεων $AS_{2,5}$.
4. Όταν σημειώνεται υπέρβαση των οριακών τιμών για τα AS_{10} που αναφέρονται στο μέρος I του παραρτήματος III λόγω συγκεντρώσεων AS_{10} στον αέρα του περιβάλλοντος, οφειλομένων σε φυσικά φαινόμενα, η υπέρβαση δε αυτή συνεπάγεται συγκεντρώσεις υπερβαίνουσες σημαντικά τα συνήθη βασικά επίπεδα από φυσικές πηγές τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή σύμφωνα με το άρθρο 11 παράγραφος 1 της οδηγίας 96/62/EΚ, και παρέχουν την αναγκαία αιτιολόγηση ώστε να αποδεικνύεται ότι οι υπερβάσεις αυτές οφείλονται σε φυσικά φαινόμενα. Στις περιπτώσεις αυτές, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να εφαρμόζουν σχέδια δράσης σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 3 της οδηγίας 96/62/EΚ, μόνον όταν οι οριακές τιμές που αναφέρονται στο μέρος I του παραρτήματος III σημειώνουν υπέρβαση οφειλόμενη σε άλλες αιτίες εκτός των φυσικών φαινομένων.
5. Τα κράτη μέλη δύνανται να ορίζουν ζώνες ή οικισμούς εντός των οποίων οι οριακές τιμές για τα AS_{10} που αναφέρονται στο μέρος I του παραρτήματος III σημειώνουν υπέρβαση λόγω συγκεντρώσεων AS_{10} στον αέρα του περιβάλλοντος, οφειλομένων στην επαναιώρηση σωματιδίων μετά την χειμερινή επίστρωση των οδών με άμμο. Τα κράτη μέλη διαβιβάζουν στην Επιτροπή κατάλογο αυτών των ζωνών ή οικισμών, συνοδευόμενο από πληροφορίες για τις εντός αυτών συγκεντρώσεις και πηγές AS_{10} . Όταν ενημερώνουν την Επιτροπή σύμφωνα με το άρθρο 11 παράγραφος 1 της οδηγίας 96/62/EΚ, τα κράτη μέλη παρέχουν την αναγκαία αιτιολόγηση, ώστε να αποδεικνύεται ότι οι υπερβάσεις αυτές οφείλονται στα επαναιωρούμενα σωματίδια, και ότι έχουν ληφθεί εύλογα μέτρα για τη μείωση των συγκεντρώσεων.

Εντός αυτών των ζωνών, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να εφαρμόζουν σχέδια δράσης σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 3 της οδηγίας 96/62/EΚ, μόνον όταν οι οριακές τιμές που αναφέρονται στο μέρος I του παραρτήματος III σημειώνουν υπέρβαση λόγω επιπέδων AS_{10} μη οφειλόμενων στη χειμερινή επίστρωση των οδών με άμμο [10].

5.3 Οδηγία 2008/50/EK

Στην οδηγία 2008/50/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 2008 γίνεται αναφορά στην εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, στην οποία συμπεριλαμβάνονται και τα σημεία δειγματοληψίας, στη διαχείριση της ποιότητάς του,

Άρθρο 1 Αντικείμενο

Τα μέτρα που θεσπίζονται με την παρούσα οδηγία έχουν ως στόχο:

1. τον προσδιορισμό και καθορισμό των στόχων για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο σύνολο του περιβάλλοντος
2. την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στα κράτη μέλη βάσει κοινών μεθόδων και κριτηρίων
3. τη συγκέντρωση πληροφοριών όσον αφορά την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να διευκολυνθεί η καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των οχλήσεων καθώς και η παρακολούθηση των μακροπρόθεσμων τάσεων και βελτιώσεων που προκύπτουν από τα εθνικά και κοινοτικά μέτρα
4. την εξασφάλιση της διάθεσης αυτών των πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα του αέρα στο κοινό
5. τη διατήρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, όταν είναι καλή, και τη βελτίωσή της στις άλλες περιπτώσεις
6. την προαγωγή μεγαλύτερης συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών σε ό,τι αφορά τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Άρθρο 3 Αρμοδιότητες

Τα κράτη μέλη ορίζουν στο κατάλληλο επίπεδο τις αρμόδιες αρχές και φορείς που είναι αρμόδιοι για τα εξής:

- α) εκτίμηση της ποιότητας του αέρα
- β) έγκριση των συστημάτων μέτρησης (μέθοδοι, εξοπλισμός, δίκτυα και εργαστήρια)
- γ) εξασφάλιση της ακρίβειας των μετρήσεων
- δ) ανάλυση των μεθόδων εκτίμησης
- ε) συντονισμός, στην επικράτειά τους, των προγραμμάτων διασφάλισης της ποιότητας, τα οποία ενδεχομένως οργανώνονται από την Επιτροπή για ολόκληρη την Κοινότητα
- στ) συνεργασία με άλλα κράτη μέλη και την Επιτροπή.

Ανάλογα με την περίπτωση, οι αρμόδιες αρχές και φορείς συμμορφώνονται προς το τμήμα Γ του παραρτήματος I.

Άρθρο 5 Καθεστώς εκτίμησης

1. Όσον αφορά το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του αζώτου και τα οξείδια του αζώτου, τα σωματίδια (ΑΣ₁₀ και ΑΣ_{2,5}), το μόλυβδο, το βενζόλιο και το μονοξειδίο του άνθρακα, ισχύουν τα ανώτερα και κατώτατα όρια εκτίμησης του τμήματος Α του παραρτήματος ΙΙ.
2. Κάθε ζώνη και οικισμός κατατάσσονται σύμφωνα με τα εν λόγω όρια εκτίμησης.
3. Η κατάταξη της παραγράφου 1 επανεξετάζεται τουλάχιστον ανά πενταετία, σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται στο τμήμα Β του παραρτήματος ΙΙ.

Ωστόσο, οι κατατάξεις αναθεωρούνται συχνότερα σε περιπτώσεις σημαντικών μεταβολών των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις συγκεντρώσεις, στον περιβάλλοντα αέρα, διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου ή, κατά περίπτωση, οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων (ΑΣ₁₀ και ΑΣ_{2,5}), μολύβδου, βενζολίου ή μονοξειδίου του άνθρακα.

Άρθρο 6 Κριτήρια εκτίμησης

1. Τα κράτη μέλη πραγματοποιούν εκτιμήσεις της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα για τους ρύπους που αναφέρονται στο άρθρο 5 σε όλες τις ζώνες και τους οικισμούς του σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζονται στις παραγράφους 2, 3 και 4 του παρόντος άρθρου και σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζονται στο παράρτημα ΙΙΙ.
2. Σε όλες τις ζώνες και τους οικισμούς, όπου το επίπεδο των ρύπων της παραγράφου 1 υπερβαίνει το ανώτερο όριο εκτίμησης που καθορίζεται για τους εν λόγω ρύπους, χρησιμοποιούνται σταθερές μετρήσεις για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι εν λόγω σταθερές μετρήσεις μπορούν να συμπληρώνονται με τεχνικές προσομοίωσης ή/και ενδεικτικές μετρήσεις ώστε να λαμβάνονται κατάλληλες πληροφορίες για τη χωροταξική κατανομή της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.
3. Σε όλες τις ζώνες και τους οικισμούς, όπου το επίπεδο των ρύπων της παραγράφου 1 είναι χαμηλότερο του ανωτέρου ορίου εκτίμησης που καθορίζεται γι' αυτούς, μπορεί να χρησιμοποιείται συνδυασμός σταθερών μετρήσεων και τεχνικών προσομοίωσης ή/και ενδεικτικές μετρήσεις για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.
4. Σε όλες τις ζώνες και τους οικισμούς, όπου το επίπεδο των ρύπων της παραγράφου 1 είναι χαμηλότερο του ανωτέρου ορίου εκτίμησης που καθορίζεται γι' αυτούς, αρκεί να χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα τεχνικές προσομοίωσης ή τεχνικές αντικειμενικής εκτίμησης των στόχων ή αμφότερες.
5. Επιπλέον των εκτιμήσεων που αναφέρονται στις παραγράφους 2, 3 και 4, εκτελούνται, σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια, μετρήσεις σε μη εκτεθειμένες αγροτικές τοποθεσίες μακριά από σημαντικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σκοπό την παροχή τουλάχιστον πληροφοριών σχετικά με τη συνολική συγκέντρωση κατά μάζα και τη χημική ταυτότητα των λεπτών σωματιδίων (ΑΣ_{2,5}) σε μέση ετήσια βάση:
 - α) εγκαθίσταται ένα σημείο δειγματοληψίας ανά 100.000 km²
 - β) κάθε κράτος μέλος εγκαθιστά έναν τουλάχιστον σταθμό μέτρησης ή μπορεί, κατόπιν συμφωνίας με γειτονικά κράτη μέλη, να εγκαθιστά έναν ή περισσότερους κοινούς σταθμούς μέτρησης για την κάλυψη γειτονικών ζωνών, ώστε να επιτυγχάνεται η αναγκαία χωρική ευκρίνεια
 - γ) ανάλογα με την περίπτωση, η παρακολούθηση συντονίζεται προς τη στρατηγική παρακολούθησης και το πρόγραμμα μετρήσεων του προγράμματος συνεργασίας για τη

συνεχή παρακολούθηση και την εκτίμηση της μεταφοράς σε μεγάλη απόσταση των ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη (EMEP)

δ) τα τμήματα Α και Γ του παραρτήματος Ι εφαρμόζονται όσον αφορά τους στόχους για την ποιότητα των δεδομένων σχετικά με τις μετρήσεις της συγκέντρωσης κατά μάζα σωματιδίων και το Παράρτημα ΙV εφαρμόζεται εξ ολοκλήρου.

Τα κράτη μέλη ενημερώνουν επίσης την Επιτροπή σχετικά με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της χημικής σύστασης των λεπτών σωματιδίων (ΑΣ_{2,5}).

Άρθρο 7 Σημεία δειγματοληψίας

1. Οι τοποθεσίες των σημείων δειγματοληψίας για τη μέτρηση του διοξειδίου του θείου, του διοξειδίου του αζώτου και των οξειδίων του αζώτου, των σωματιδίων (ΑΣ₁₀ και ΑΣ_{2,5}), του μολύβδου, του βενζολίου και του μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα καθορίζονται σύμφωνα με τα κριτήρια του παραρτήματος ΙΙΙ.
2. Σε κάθε ζώνη ή οικισμό όπου σταθερές μετρήσεις αποτελούν τη μόνη πηγή πληροφοριών για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα, ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας για κάθε σχετικό ρύπο είναι τουλάχιστον ίσος προς τον ελάχιστο αριθμό σημείων δειγματοληψίας που αναφέρεται στο τμήμα Α του παραρτήματος V.
3. Στις ζώνες και τους οικισμούς όπου οι πληροφορίες από σημεία δειγματοληψίας για σταθερές μετρήσεις συμπληρώνονται με πληροφορίες από σημεία δειγματοληψίας που ορίζεται στο τμήμα Α του παραρτήματος V μπορεί ωστόσο να μειωθεί έως και κατά 50% εφόσον:

α) οι συμπληρωματικές μέθοδοι παρέχουν επαρκείς πληροφορίες για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα ως προς τις οριακές τιμές ή τα όρια συναγερμού καθώς και κατάλληλες πληροφορίες για την ενημέρωση του κοινού.

β) ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας που εγκαθίστανται και η χωρική ευκρίνεια άλλων τεχνικών επαρκούν για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του αντίστοιχου ρύπου σύμφωνα με τους στόχους για την ποιότητα των δεδομένων οι οποίοι καθορίζονται στο τμήμα Α του παραρτήματος Ι, και οδηγούν σε αποτελέσματα εκτιμήσεων που ικανοποιούν τα κριτήρια του τμήματος Β του παραρτήματος Ι.

Για την εκτίμηση της ποιότητας του αέρα σε σχέση με τις οριακές τιμές, λαμβάνονται υπόψη τα αποτελέσματα προσομοίωσης ή/ και ενδεικτικών μετρήσεων.

Άρθρο 12 Απαιτήσεις όταν τα επίπεδα είναι χαμηλότερα από τις οριακές τιμές

Στις ζώνες και τους οικισμούς, όπου τα επίπεδα διοξειδίου του θείου, του διοξειδίου του αζώτου, ΑΣ₁₀, ΑΣ_{2,5}, του μολύβδου, του βενζολίου και του μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι χαμηλότερα από τις αντίστοιχες οριακές τιμές που αναφέρονται στα παραρτήματα ΧΙ και ΧΙV, τα κράτη μέλη διατηρούν τα επίπεδα αυτών των ρύπων σε επίπεδα κάτω των οριακών τιμών και επιδιώκουν να διασφαλίζουν την καλύτερη δυνατή ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, που να είναι συμβατή με την αειφόρο ανάπτυξη.

Άρθρο 13 Οριακές τιμές και όρια συναγερομού για την προστασία της υγείας του ανθρώπου

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε τα επίπεδα διοξειδίου του θείου, AS_{10} , μολύβδου και μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα να μην υπερβαίνουν στις ζώνες και τους οικισμούς τους τις οριακές τιμές του παραρτήματος XI.

Άρθρο 15 Εθνικός στόχος μείωση της έκθεσης σε σωματίδια $AS_{2,5}$ για την προστασία της υγείας του ανθρώπου

1. τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα που δεν συνεπάγονται υπερβολικό κόστος, για να μειώσουν την έκθεση στα σωματίδια $AS_{2,5}$ με σκοπό να επιτύχουν τον εθνικό στόχο μείωσης που προβλέπεται στο τμήμα Β του παραρτήματος XIV εντός του έτους που ορίζεται σ' αυτό.
2. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι ο δείκτης μέσης έκθεσης για το έτος 2015 που θεσπίζεται σύμφωνα με το τμήμα Α του παραρτήματος XIV δεν υπερβαίνει την υποχρέωση όσον αφορά τη συγκέντρωση της έκθεσης που καθορίζεται στο τμήμα Γ του εν λόγω παραρτήματος.
3. Ο δείκτης μέσης έκθεσης για τα $AS_{2,5}$ εκτιμάται σύμφωνα με το τμήμα Α του παραρτήματος XIV.
4. Κάθε κράτος μέλος μεριμνά, σύμφωνα με το παράρτημα III, ώστε η κατανομή και ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας, επί των οποίων βασίζεται ο υπολογισμός του δείκτη μέσης έκθεσης για τα $AS_{2,5}$, να αντανακλά δεόντως τη γενική έκθεση του πληθυσμού. Ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας δεν πρέπει να είναι χαμηλότερος από αυτόν που καθορίζεται κατ' εφαρμογή του τμήματος Β του παραρτήματος V.

Άρθρο 16 Τιμές στόχοι και οριακές τιμές $AS_{2,5}$ για την προστασία της υγείας του ανθρώπου

1. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα χωρίς υπερβολικό κόστος προκειμένου να διασφαλίζουν ότι οι συγκεντρώσεις $AS_{2,5}$ στον ατμοσφαιρικό αέρα δεν υπερβαίνουν την τιμή στόχο που καθορίζεται στο τμήμα Δ του παραρτήματος XIV, από την προβλεπόμενη ημερομηνία.
2. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε οι συγκεντρώσεις $AS_{2,5}$ στον ατμοσφαιρικό αέρα να μην υπερβαίνουν την οριακή τιμή που ορίζεται στο τμήμα Ε του παραρτήματος XIV σε όλες τις ζώνες και τους οικισμούς τους, από την προβλεπόμενη σε αυτό ημερομηνία. Η συμμόρφωση προς αυτή την απαίτηση εκτιμάται σύμφωνα με το παράρτημα III.
3. Το περιθώριο ανοχής που ορίζεται στο τμήμα Ε του παραρτήματος XIV εφαρμόζεται σύμφωνα με το άρθρο 23 παράγραφος 1.

Άρθρο 22 Αναβολή της τήρησης των προθεσμιών και εξαίρεση από την υποχρέωση εφαρμογής ορισμένων οριακών τιμών

1. Όταν, σε μια ζώνη ή έναν οικισμό, είναι αδύνατον να επιτευχθεί συμμόρφωση προς τις οριακές τιμές για τα σωματίδια ΑΣ₁₀ όπως προσδιορίζονται στο παράρτημα XI, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών διασποράς που προσιδιάζουν στη συγκεκριμένη τοποθεσία, αντίξων κλιματικών συνθηκών ή διαμεθοριακών συμβόλων, ένα κράτος μέλος απαλλάσσεται από την υποχρέωση να τηρεί τις εν λόγω οριακές τιμές έως τις 11 Ιουνίου 2011, εφόσον τηρούνται οι προϋποθέσεις της παραγράφου 1 και το κράτος μέλος αποδεικνύει ότι έχουν ληφθεί όλα τα κατάλληλα μέτρα σε εθνικό, τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, προκειμένου να τηρηθούν οι προθεσμίες.

Άρθρο 23 Σχέδια για την ποιότητα του αέρα

1. Όταν, σε συγκεκριμένες ζώνες ή οικισμούς, τα επίπεδα των ρύπων υπερβαίνουν κάθε οριακή τιμή ή τιμή στόχο, καθώς και κάθε αντίστοιχο περιθώριο ανοχής, τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να εκπονούνται σχέδια για την ποιότητα του αέρα για τις εν λόγω ζώνες ή οικισμούς με σκοπό να επιτευχθούν οι αντίστοιχες οριακές τιμές ή τιμές στόχοι που αναφέρονται στα παραρτήματα XI και XIV.

Σε περίπτωση υπερβάσεως αυτών των οριακών τιμών, για τις οποίες έχει ήδη παρέλθει η προβλεπόμενη προθεσμία, τα σχέδια για την ποιότητα του αέρα θα θεσπίζουν κατάλληλα μέτρα ώστε η περίοδος υπέρβασης να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη. Τα σχέδια για την ποιότητα του αέρα μπορούν επιπροσθέτως να περιέχουν ειδικά μέτρα που αποσκοπούν στην προστασία ευαίσθητων ομάδων του πληθυσμού, περιλαμβανομένων και των παιδιών.

Τα εν λόγω σχέδια για τη ποιότητα του αέρα περιλαμβάνουν τουλάχιστον τις πληροφορίες που αναφέρονται στο τμήμα Α του παραρτήματος XV και μπορεί να περιέχουν μέτρα σύμφωνα με το άρθρο 24. Τα εν λόγω σχέδια κοινοποιούνται αμελλητί στην Επιτροπή, το αργότερο δε δύο έτη μετά το τέλος του έτους κατά το οποίο παρατηρήθηκε η πρώτη υπέρβαση.

Όταν πρέπει να εκπονηθούν ή να εφαρμοστούν σχέδια για περισσότερους του ενός ρύπους τα κράτη μέλη εκπονούν και εφαρμόζουν, ανάλογα με την περίπτωση, ολοκληρωμένα σχέδια για την ποιότητα του αέρα που καλύπτουν όλους τους συγκεκριμένους ρύπους.

Άρθρο 32 Αναθεώρηση

1. Η Επιτροπή θα επανεξετάσει το 2013 τις διατάξεις σχετικά με τα ΑΣ_{2,5} και, ενδεχομένως, άλλους ρύπους και θα υποβάλλει πρόταση στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και στο Συμβούλιο.

Όσον αφορά τα ΑΣ_{2,5}, η επανεξέταση πραγματοποιείται με σκοπό τη θέσπιση νομικά δεσμευτικών, σε επίπεδο κράτους μέλους, υποχρεώσεων σχετικά με τη μείωση της έκθεσης που αποσκοπεί στην αντικατάσταση του εθνικού στόχου μείωσης και στην ανασκόπηση της υποχρέωσης όσον αφορά τη συγκέντρωση της έκθεσης, που ορίζεται στο άρθρο 15, λαμβάνοντας υπόψη μεταξύ άλλων τα ακόλουθα στοιχεία:

- τις πλέον πρόσφατες πληροφορίες από την ΠΟΥ και άλλους συναφείς οργανισμούς,
- τις καταστάσεις της ποιότητας του αέρα και τις δυνατότητες μείωσης στα κράτη μέλη,
- την αναθεώρηση της οδηγίας 2001/81/ΕΚ,

- την πρόοδο που έχει σημειωθεί στην εφαρμογή των κοινοτικών μέτρων μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- 2. Η Επιτροπή λαμβάνει υπόψη πόσο εφικτή είναι η έγκριση περισσότερο φιλόδοξης οριακής τιμής για τα $AS_{2,5}$, προβαίνει σε ανασκόπηση της ενδεικτικής οριακής τιμής του δευτέρου σταδίου για τα $AS_{2,5}$, και εξετάζει την επιβεβαίωση ή αλλαγή της εν λόγω τιμής.
- 3. Στο πλαίσιο της επανεξέτασης, η Επιτροπή εκπονεί επίσης έκθεση σχετικά με την εμπειρία από την παρακολούθηση των AS_{10} και $AS_{2,5}$ και με την αναγκαιότητα της παρακολούθησης, λαμβάνοντας υπόψη την τεχνική πρόοδο των τεχνικών αυτόματης μέτρησης. Ενδεχομένως θα προταθούν νέες μέθοδοι αναφοράς για τη μέτρηση των AS_{10} και $AS_{2,5}$.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι Στόχοι για την ποιότητα των δεδομένων**Α. Στόχοι για την ποιότητα των δεδομένων όσον αφορά την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα**

	Διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου και μονοξείδιο του άνθρακα	Βενζόλιο	Σωματίδια (ΛΣ ₁₀ και ΛΣ _{2.5}) και μόλυβδος	Όζον και αντίστοιχα NO και NO ₂
Σταθερές μετρήσεις (1)				
Αβεβαιότητα	15 %	25 %	25 %	15 %
Ελάχιστη συλλογή δεδομένων	90 %	90 %	90 %	90 % το καλοκαίρι 75 % το χειμώνα
Ελάχιστη χρονική κάλυψη:				
— μη εκτεθειμένες αστικές τοποθεσίες και κυκλοφορία	—	35 % (2)	—	—
— βιομηχανικοί τόποι	—	90 %	—	—
Ενδακτικές μετρήσεις:				
Αβεβαιότητα	25 %	30 %	50 %	30 %
Ελάχιστη συλλογή δεδομένων	90 %	90 %	90 %	90 %
Ελάχιστη χρονική κάλυψη	14 % (4)	14 % (3)	14 % (4)	> 10 % το καλοκαίρι
Αβεβαιότητα μοντελοποίησης:				
Ωριαία	50 %	—	—	50 %
Μέσοι όροι οκτώ ωρών	50 %	—	—	50 %
Ημερήσιοι μέσοι όροι	50 %	—	—	—
Ετήσιοι μέσοι όροι	30 %	50 %	δεν έχουν προσδιο- ριστεί ακόμη 50 %	—
Αντικειμενικός υπολογισμός:				
Αβεβαιότητα	75 %	100 %	100 %	75 %

(1) Τα κράτη μέλη μπορούν να πραγματοποιούν τυχαίες αντί συνεχών μετρήσεων για το βενζόλιο, το μόλυβδο και τα σωματίδια, εφόσον μπορούν να αποδείξουν στην Επιτροπή ότι η αβεβαιότητα, συμπεριλαμβανομένης της αβεβαιότητας που οφείλεται στην τυχαία δειγματοληψία, καταννοποιεί το στόχο ποιότητας του 25 % και ότι η χρονική κάλυψη εξακολουθεί να είναι μεγαλύτερη της ελάχιστης χρονικής κάλυψης για τις ενδακτικές μετρήσεις. Η τυχαία δειγματοληψία πρέπει να εκτελείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ώστε να αποφεύγεται η στρέβλωση των αποτελεσμάτων. Η αβεβαιότητα που οφείλεται στην τυχαία δειγματοληψία μπορεί να καθορίζεται βάσει της διαδικασίας που προβλέπεται στο ISO 11222 (2002) «Ποιότητα του αέρα — Καθορισμός του επιπέδου αβεβαιότητας του χρονικού μέσου όρου των μετρήσεων της ποιότητας του αέρα». Εάν χρησιμοποιούνται τυχαίες μετρήσεις για την εκτίμηση της οριακής τιμής ΛΣ₁₀, αξιολογείται το 90,4 εκατοστημόριο (που θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο προς 50 μg/m³ αντί του αριθμού των υπερβάσεων, που επηρεάζεται πολύ από την κάλυψη των δεδομένων.

(2) Κατανέμεται καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου ώστε να αντανακλά τις διακυμάνσεις των κλιματικών συνθηκών και της κυκλοφορίας.

(3) Τυχαία μέτρηση μιας ημέρας εβδομαδιαίως, με ομαλή κατανομή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ή σε οκτώ εβδομάδες ομαλά κατανομημένες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

(4) Μία τυχαία μέτρηση εβδομαδιαίως, με ομαλή κατανομή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ή σε οκτώ εβδομάδες ομαλά κατανομημένες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Ως αβεβαιότητα της προσομοίωσης ορίζεται η μέγιστη απόκλιση των μετρούμενων και των υπολογιζόμενων επιπέδων συγκέντρωσης για το 90% των επιμέρους σημείων παρακολούθησης, κατά τη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου, από την οριακή τιμή (ή την τιμή στόχο στην περίπτωση του όζοντος) χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο ακριβής χρόνος των συμβάντων. Η αβεβαιότητα της προσομοίωσης πρέπει να ερμηνεύεται ως ισχύουσα για την περιοχή της αντίστοιχης οριακής τιμής (ή της τιμής στόχο στην περίπτωση του όζοντος). Οι σταθερές μετρήσεις που θα πρέπει να επιλέγονται για σύγκριση με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα είναι αντιπροσωπευτικές της κλίμακα που καλύπτεται από το μοντέλο.

Ως αβεβαιότητα αντικειμενικής εκτίμησης ορίζεται η μέγιστη απόκλιση των μετρούμενων και των υπολογιζόμενων επιπέδων συγκέντρωσης κατά τη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου, από την οριακή τιμή (ή την τιμή στόχο στην περίπτωση του όζοντος) χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο ακριβής χρόνος των συμβάντων.

Στις απαιτήσεις για την ελάχιστη συλλογή δεδομένων και τη χρονική κάλυψη δεν περιλαμβάνονται οι απώλειες δεδομένων λόγω της τακτικής βαθμονόμησης ή της συνήθους συντήρησης των οργάνων.

B. Αποτελέσματα εκτίμησης της ποιότητας του αέρα

Για τις ζώνες ή τους οικισμούς όπου χρησιμοποιούνται άλλες πηγές, εκτός των μετρήσεων, για τη συμπλήρωση στοιχείων από μετρήσεις ή ως αποκλειστικό μέσο εκτίμησης της ποιότητας του αέρα, συγκεντρώνονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- περιγραφή των δραστηριοτήτων εκτίμησης που εκτελέστηκαν,
- οι χρησιμοποιούμενες συγκεκριμένες μέθοδοι, με περιγραφές της εκάστοτε μεθόδου,
- οι πηγές δεδομένων και πληροφοριών,
- περιγραφή των αποτελεσμάτων, συμπεριλαμβανομένης της αβεβαιότητάς τους και, ιδίως, της έκτασης της περιοχής ή, ανάλογα με την περίπτωση, του μήκους του δρόμου εντός της ζώνης ή οικισμού, όπου οι συγκεντρώσεις υπερβαίνουν οριακή τιμή, τιμή στόχο ή μακροπρόθεσμο στόχο, συν το τυχόν περιθώριο ανοχής, και της περιοχής στην οποία οι συγκεντρώσεις υπερβαίνουν το ανώτερο ή το κατώτερο όριο εκτίμησης, ο πληθυσμός που ενδέχεται να εκτεθεί σε επίπεδα που υπερβαίνουν οριακές τιμές για την προστασία της υγείας του ανθρώπου.

Γ. Διασφάλιση της ποιότητας κατά την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα: Επικύρωση δεδομένων

- Για να εξασφαλισθεί η ακρίβεια των μετρήσεων και η συμμόρφωση προς τους στόχους για την ποιότητα των δεδομένων που αναφέρονται στο τμήμα Α, οι ενδεδειγμένες αρμόδιες αρχές και φορείς που ορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 3 εξασφαλίζουν:
- την ιχνηλασιμότητα όλων των μετρήσεων που εκτελούνται για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σύμφωνα με τα άρθρα 6 και 9, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που καθορίζονται στο τμήμα 5.6.2.2 του ISO/ IEC 17025:2005,
- ότι οι φορείς που εκμεταλλεύονται δίκτυα και μεμονωμένους σταθμούς έχουν καθιερώσει σύστημα διασφάλισης και ελέγχου της ποιότητας, το οποίο προβλέπει τακτική συντήρηση ώστε να εξασφαλίζεται η ακρίβεια των συσκευών μέτρησης,
- ότι έχει καθιερωθεί διαδικασία ελέγχου/ διασφάλισης της ποιότητας για τη συλλογή δεδομένων και την υποβολή εκθέσεων και ότι οι φορείς στους οποίους έχει ανατεθεί το έργο αυτό συμμετέχουν ενεργά στα αντίστοιχα προγράμματα διασφάλισης της ποιότητας που καλύπτουν το σύνολο της Κοινότητας,

- ότι τα εθνικά εργαστήρια, όταν ορίζονται από τις ενδεδειγμένες αρμόδιες αρχές ή φορείς σύμφωνα με το άρθρο 3, τα οποία λαμβάνουν μέρος σε συγκρίσεις, για ολόκληρη την Κοινότητα, ρύπων που διέπονται από την παρούσα οδηγία, είναι πιστοποιημένα σύμφωνα με το πρότυπο EN/ISO 17025 έως το 2010 για τις μεθόδους αναφοράς που αναφέρονται στο παράρτημα VI. Τα εν λόγω εργαστήρια συμμετέχουν στο συντονισμό των ανά την επικράτεια των κρατών μελών προγραμμάτων διασφάλισης της ποιότητας που εφαρμόζονται για ολόκληρη την Κοινότητα και οργανώνονται από την Επιτροπή, ενώ παράλληλα εξασφαλίζουν το συντονισμό, σε εθνικό επίπεδο, της ορθής εφαρμογής των μεθόδων αναφοράς και της απόδειξης της ισοδυναμίας των μεθόδων που δεν είναι μέθοδοι αναφοράς.
2. Όλα τα υποβαλλόμενα δυνάμει του άρθρου 27 δεδομένα θεωρούνται έγκυρα, εκτός από τα δεδομένα που έχουν χαρακτηριστεί προσωρινά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II Καθορισμός των απαιτήσεων για την εκτίμηση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων ($A\Sigma_{10}$ και $A\Sigma_{2,5}$), μολύβδου, βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα εντός ζώνης ή οικισμού

A. Ανώτερα και κατώτερα όρια εκτίμησης

Ισχύουν τα ακόλουθα, ανώτερα και κατώτερα, όρια εκτίμησης:

3. Σωματίδια ($A\Sigma_{10}/A\Sigma_{2,5}$)

	Μέσος όρος 24 ωρών $A\Sigma_{10}$	Μέσος ετήσιος όρος $A\Sigma_{10}$	Μέσος ετήσιος όρος $A\Sigma_{2,5}$ (*)
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	70 % της οριακής τιμής ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	70 % της οριακής τιμής ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	50 % της οριακής τιμής ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	50 % της οριακής τιμής ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

(*) Το ανώτερο όριο εκτίμησης και το κατώτερο όριο εκτίμησης για τα $A\Sigma_{2,5}$ δεν ισχύουν για τις μετρήσεις για την εκτίμηση της συμμόρφωσης προς το στόχο μείωσης της έκθεσης σε σωματίδια $A\Sigma_{2,5}$ που αποσκοπεί στην προστασία της ανθρώπινης υγείας.

B. Καθορισμός των υπερβάσεων των ανωτάτων και κατωτάτων ορίων εκτίμησης

Οι υπερβάσεις των ανωτέρων και κατωτέρων ορίων εκτίμησης προσδιορίζονται βάσει των συγκεντρώσεων των προηγούμενων πέντε ετών, εφόσον υπάρχουν επαρκή δεδομένα. Υπέρβαση ορίου εκτίμησης τεκμαίρεται, εάν έχουν σημειωθεί υπερβάσεις τουλάχιστον κατά τρία από τα πέντε τελευταία έτη λαμβανόμενα κεχωρισμένως.

Εάν τα διαθέσιμα στοιχεία αφορούν διάστημα μικρότερο της πενταετίας, τα κράτη μέλη μπορούν να συνδυάζουν σύντομες εκστρατείες μετρήσεων κατά τη διάρκεια του έτους και σε τοποθεσίες που είναι πιθανό να αποτελούν τυπικά παραδείγματα ανώτατων επιπέδων ρύπανσης με αποτελέσματα από στοιχεία απογραφών των εκπομπών και προσομοίωσης για να προσδιορίζουν τις υπερβάσεις των ανωτέρων και κατωτέρων ορίων εκτίμησης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ Εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για τις μετρήσεις διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων (ΑΣ10 και ΑΣ2,5), μολύβδου, βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα

A. Γενικά

Η εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα γίνεται σε όλες τις ζώνες και τους οικισμούς σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

1. Η εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα γίνεται σε όλες τις τοποθεσίες, εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στην παράγραφο 2, σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζονται στα τμήματα Β και Γ πιο κάτω, για την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για σταθερές μετρήσεις. Οι αρχές που ορίζονται στα τμήματα Β και Γ ισχύουν επίσης εφόσον μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό των συγκεκριμένων τοποθεσιών στις οποίες παρατηρείται συγκέντρωση των συγκεκριμένων ρύπων, όπου έχει γίνει εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα με ενδεικτικές μετρήσεις ή προσομοίωση.
2. Δεν γίνεται εκτίμηση της συμμόρφωσης προς τις οριακές τιμές που αποσκοπεί στην προστασία της ανθρώπινης υγείας στις ακόλουθες τοποθεσίες:
 - α) σε τοποθεσίες που βρίσκονται εντός περιοχών στις οποίες το κοινό δεν έχει πρόσβαση και δεν υπάρχουν σταθερές κατοικίες
 - β) σύμφωνα με το άρθρο 2 παράγραφος 1, σε χώρους εργοστασίων ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες ισχύουν όλες οι συναφείς διατάξεις που αφορούν την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία
 - γ) στα οδοστρώματα και στα κεντρικά διαζώματα των οδών, εκτός από τα σημεία από τα οποία οι πεζοί έχουν πρόσβαση στο κεντρικό διάζωμα.

B. Χωροθέτηση μεγάλης κλίμακας των σημείων δειγματοληψίας

1. Προστασία της ανθρώπινης υγείας

- α) Τα σημεία δειγματοληψίας που προορίζονται για την προστασία της υγείας του ανθρώπου τοποθετούνται κατά τρόπον ώστε να παρέχουν στοιχεία:
 - για τις περιοχές μέσα σε ζώνες και οικισμούς, όπου απαντούν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στις οποίες είναι ενδεχόμενο να εκτεθεί, άμεσα ή έμμεσα, ο πληθυσμός για χρονικό διάστημα που είναι σημαντικό σε σχέση με την περίοδο αναφοράς της ή των οριακών τιμών,
 - για τα επίπεδα σε άλλες περιοχές μέσα στις ζώνες και τους οικισμούς, που να είναι αντιπροσωπευτικές της έκθεσης του γενικού πληθυσμού.

β) Τα σημεία δειγματοληψίας τοποθετούνται, κατά κανόνα, έτσι ώστε να αποφεύγεται η μέτρηση της κατάστασης στα μικροπεριβάλλοντα της άμεσης γειτονίας τους. Αυτό σημαίνει ότι ένα σημείο δειγματοληψίας πρέπει να τοποθετείται κατά τρόπον ώστε ο αέρας στον οποίο γίνονται οι δειγματοληψίες να είναι αντιπροσωπευτικός της ποιότητας του αέρα σε τμήμα οδού μήκους 100 m τουλάχιστον για θέσεις με κυκλοφορία ή με διαστάσεις τουλάχιστον 250 × 250 m για θέσεις με βιομηχανία, όπου αυτό είναι εφικτό.

γ) Στις μη εκτεθειμένες αστικές τοποθεσίες, το σημείο δειγματοληψίας τοποθετείται κατά τρόπο ώστε τα αντίστοιχα επίπεδα ρύπανσης να επηρεάζονται από την ολοκληρωμένη συμβολή όλων των πηγών ανάντη του ανέμου ως προς το σταθμό. Το επίπεδο ρύπανσης δεν θα πρέπει να επηρεάζεται αποκλειστικά και μόνο από μία πηγή, εκτός των περιπτώσεων κατά τις οποίες ανάλογη κατάσταση θεωρείται τυπική για ευρύτερη μη εκτεθειμένη αστική περιοχή. Τα εν λόγω σημεία δειγματοληψίας είναι, κατά κανόνα, αντιπροσωπευτικά για πολλά τετραγωνικά χιλιόμετρα.

δ) Όταν ο στόχος είναι η εκτίμηση των επιπέδων του μη εκτεθειμένου αγροτικού περιβάλλοντος, το σημείο δειγματοληψίας δεν πρέπει να επηρεάζεται από γειτονικούς οικισμούς ή βιομηχανικούς τόπους, δηλαδή τόπους που απέχουν λιγότερο από 5 km.

ε) Όταν επιχειρείται εκτίμηση της συμβολής βιομηχανικών πηγών, τουλάχιστον ένα σημείο δειγματοληψίας εγκαθίσταται κατάντη του ανέμου ως προς την πηγή στην πλησιέστερη οικιστική περιοχή. Εάν δεν είναι γνωστή η συγκέντρωση στο μη εκτεθειμένο περιβάλλον, επιπλέον σημείο δειγματοληψίας εγκαθίσταται στην κύρια κατεύθυνση του ανέμου.

στ) Τα σημεία δειγματοληψίας πρέπει επίσης να είναι κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικά ανάλογων τοποθεσιών που δεν βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με αυτά.

ζ) Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ανάγκη σημείων δειγματοληψίας σε νησιά, όταν απαιτείται για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

2. Προστασία της βλάστησης και των φυσικών οικοσυστημάτων

Τα σημεία δειγματοληψίας που αποσκοπούν στην προστασία της βλάστησης και των φυσικών οικοσυστημάτων τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 20 km από οικισμούς ή τουλάχιστον 5 km από άλλες δομημένες περιοχές, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αυτοκινητόδρομους ή οδικές αρτηρίες από τις οποίες περνούν περισσότερα από 50 000 οχήματα ημερησίως. Αυτό σημαίνει ότι κάθε ανάλογο σημείο δειγματοληψίας πρέπει να τοποθετείται κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι η ποιότητα του αέρα από τον οποίο λαμβάνονται τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτική της ποιότητας του αέρα από περιβάλλουσα περιοχή εμβαδού τουλάχιστον 1 000 km². Τα κράτη μέλη μπορούν να επιτρέπουν ένα σημείο δειγματοληψίας να βρίσκεται σε μικρότερη απόσταση ή να είναι αντιπροσωπευτικό της ποιότητας του αέρα σε περιοχή μικρότερης έκτασης, λαμβάνοντας υπόψη τις γεωγραφικές συνθήκες ή τις δυνατότητες προστασίας ιδιαίτερως ευαίσθητων περιοχών.

Λαμβάνεται επίσης υπόψη η ανάγκη εκτίμησης της ποιότητας του αέρα σε νησιά.

Γ. Χωροθέτηση μικρής κλίμακας των σημείων δειγματοληψίας

Ισχύουν κατά το δυνατόν τα εξής:

- η ροή γύρω από το στόμιο του σωλήνα δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι ανεμπόδιστη (ελεύθερη σε τόξο τουλάχιστον 270°) χωρίς εμπόδια που να επηρεάζουν τη ροή του αέρα κοντά στη συσκευή δειγματοληψίας, (ήτοι συνήθως σε απόσταση μερικών μέτρων από κτίρια, μπαλκόνια, δέντρα και άλλα εμπόδια και τουλάχιστον 0,5 m από το πλησιέστερο κτίριο για τα αντιπροσωπευτικά σημεία δειγματοληψίας της ποιότητας του αέρα στη γραμμή των κτιρίων),
- γενικά, το σημείο εισόδου του δείγματος πρέπει να απέχει 1,5 m (ζώνη αναπνοής) έως 4 m από το έδαφος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρειάζονται υψηλότερες θέσεις (μέχρι 8 m).

Μπορεί επίσης να ενδείκνυται η τοποθέτηση σε υψηλότερο σημείο, εάν ο σταθμός είναι αντιπροσωπευτικός ευρύτερης περιοχής,

- το στόμιο του σωλήνα δειγματοληψίας δεν πρέπει να γειτνιάζει άμεσα με πηγές εκπομπών, ώστε να αποφεύγεται η απευθείας πρόσληψη εκπομπών που δεν έχουν αναμειχθεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα,
- το στόμιο εξαγωγής του δειγματολήπτη πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να αποφεύγεται η ανακυκλοφορία του εξερχόμενου αέρα προς την είσοδο της συσκευής,
- για όλους τους ρύπους, οι καθετήρες δειγματοληψίας που καλύπτουν την οδική κυκλοφορία πρέπει να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 25 m από το όριο των κύριων οδικών κόμβων και να μην υπερβαίνουν τα 10 m από το ρείθρο του οδοστρώματος.

Μπορούν επίσης να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- πηγές παρεμβολής
- ασφάλεια
- πρόσβαση
- διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεφωνικών επικοινωνιών,
- ορατότητα της τοποθεσίας σε σχέση με το περιβάλλον της,
- ασφάλεια του κοινού και των χειριστών,
- σκοπιμότητα κοινών σημείων δειγματοληψίας για διαφορετικούς ρύπους,
- απαιτήσεις σχεδιασμού.

Δ. Τεκμηρίωση και επανεξέταση της επιλογής τοποθεσιών

Οι διαδικασίες επιλογής θέσης πρέπει να τεκμηριώνονται πλήρως στο στάδιο της ταξινόμησης με μέσα όπως φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου με συγκεκριμένα σημεία προσανατολισμού και λεπτομερή χάρτη. Οι θέσεις πρέπει να επανεξετάζονται τακτικά με νέα τεκμηρίωση για να διασφαλίζεται ότι τα κριτήρια επιλογής παραμένουν έγκυρα με την πάροδο του χρόνου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V Κριτήρια καθορισμού των ελάχιστων αριθμών σημείων δειγματοληψίας για σταθερές μετρήσεις συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου, του διοξειδίου του αζώτου και των οξειδίων του αζώτου, των σωματιδίων (A_{Σ10} και A_{Σ2,5}), του μολύβδου, του βενζολίου και του μονοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα

A. Ελάχιστος αριθμός των σημείων δειγματοληψίας σταθερής μέτρησης για την αξιολόγηση της συμμόρφωσης προς τις οριακές τιμές για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και όρια συναγερμού σε ζώνες και οικισμούς όπου η σταθερή μέτρηση αποτελεί τη μόνη πηγή ενημέρωσης

1. Διάχυτες πηγές

Πληθυσμός του οικισμού ή της ζώνης (χιλιάδες)	Εάν οι συγκεντρώσεις υπερβαίνουν το ανώτερο όριο εκτίμησης (1)		Εάν οι μέγιστες συγκεντρώσεις είναι μεταξύ του ανωτέρου και του κατωτέρου ορίου εκτίμησης	
	Ρύποι πλην ΑΣ	ΑΣ (άθροισμα ΑΣ ₁₀ και ΑΣ _{2,5}) (2)	Ρύποι πλην ΑΣ	ΑΣ (άθροισμα ΑΣ ₁₀ και ΑΣ _{2,5}) (2)
0-249	1	2	1	1
250-499	2	3	1	2
500-749	2	3	1	2
750-999	3	4	1	2
1 000-1 499	4	6	2	3
1 500-1 999	5	7	2	3
2 000-2 749	6	8	3	4
2 750-3 749	7	10	3	4
3 750-4 749	8	11	3	6
4 750-5 999	9	13	4	6
≥ 6 000	10	15	4	7

(1) Για το διοξείδιο του αζώτου, τα σωματίδια, το βενζόλιο και το διοξείδιο του άνθρακα περιλαμβάνεται τουλάχιστον ένας μη εκτεθειμένος αστικός σταθμός παρακολούθησης και ένας σταθμός για την κυκλοφορία, εφόσον δεν αυξάνεται ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας. Για τους ρύπους αυτούς, ο συνολικός αριθμός των μη εκτεθειμένων αστικών σταθμών και ο συνολικός αριθμός των σταθμών κυκλοφορίας σε ένα κράτος μέλος οι οποίοι απαιτούνται δυνάμει του τμήματος Α σημείο 1 δεν πρέπει να διαφέρουν κατά παράγοντα μεγαλύτερο του 2. Τα σημεία δειγματοληψίας όπου παρατηρούνται υπερβάσεις των οριακών τιμών για τα ΑΣ₁₀ εντός της τελευταίας τριετίας διατηρούνται, εκτός εάν είναι απαραίτητη μια μεταγκατάσταση λόγω ειδικών περιστάσεων, και ιδίως λόγω χωροταξικής ανάπτυξης.

(2) Όταν τα ΑΣ_{2,5} και ΑΣ₁₀ μετρώνται σύμφωνα με το άρθρο 8 στον ίδιο σταθμό παρακολούθησης, θεωρούνται ως δύο χωριστά σημεία δειγματοληψίας. Ο συνολικός αριθμός των σημείων δειγματοληψίας ΑΣ_{2,5} και ΑΣ₁₀ σε ένα κράτος μέλος που απαιτείται δυνάμει του τμήματος Α, σημείο 1, δεν πρέπει να διαφέρει κατά παράγοντα μεγαλύτερο του 2, και ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας των ΑΣ_{2,5} σε μη εκτεθειμένους αστικούς οικισμούς και σε αστικές περιοχές πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις του τμήματος Β του παραρτήματος V.

2. Σημειακές πηγές. Για την εξακρίβωση της ρύπανσης κοντά σε σημειακές πηγές, ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας για σταθερές μετρήσεις, υπολογίζεται με βάση τις πυκνότητες εκπομπής, την πιθανή μορφή κατανομής της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα και τη δυνητική έκθεση του πληθυσμού.

Β. Για την εξακρίβωση της ρύπανσης κοντά σε σημειακές πηγές, ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας για σταθερές μετρήσεις, υπολογίζεται με βάση τις πυκνότητες εκπομπής, την πιθανή μορφή κατανομής της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα και τη δυνητική έκθεση του πληθυσμού.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένα σημείο δειγματοληψίας ανά εκατομμύριο κατοίκων αθροιστικά για τους οικισμούς και τις συμπληρωματικές αστικές περιοχές που υπερβαίνουν τους 100 000 κατοίκους. Αυτά τα σημεία δειγματοληψίας μπορούν να συμπίπτουν με τα σημεία δειγματοληψίας του τμήματος Α.

Γ. Ελάχιστος αριθμός σημείων δειγματοληψίας για σταθερές μετρήσεις προς εκτίμηση της συμμόρφωσης με τα κρίσιμα επίπεδα για την προστασία της βλάστησης σε άλλες ζώνες, εκτός οικισμών.

Εάν οι μέγιστες συγκεντρώσεις υπερβαίνουν το ανώτερο όριο εκτίμησης	Εάν οι μέγιστες συγκεντρώσεις είναι μεταξύ του ανωτέρου και του κατωτέρου ορίου εκτίμησης
1 σταθμός ανά 20 000 km ²	1 σταθμός ανά 40 000 km ²

Στις νησιωτικές ζώνες, ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας για τις σταθερές μετρήσεις θα πρέπει να υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις πιθανές μορφές κατανομής της ρύπανσης στον ατμοσφαιρικό αέρα και τη δυνητική έκθεση της βλάστησης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI Μέθοδοι αναφοράς για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων (ΑΣ10 και ΑΣ2,5), μολύβδου, βενζολίου, μονοξειδίου του άνθρακα και όζοντος

A. Μέθοδοι μετρήσεων αναφοράς

4. Μέθοδος αναφοράς για τη δειγματοληψία και τη μέτρηση των ΑΣ10

Η μέθοδος αναφοράς για τη δειγματοληψία και τη μέτρηση των σωματιδίων ΑΣ10 περιγράφεται στο πρότυπο EN 12341:1999 «Ποιότητα του αέρα — Προσδιορισμός του κλάσματος ΑΣ10 των αιωρούμενων σωματιδίων — Μέθοδος αναφοράς και διαδικασία ελέγχου στο πεδίο για την απόδειξη της ισοδυναμίας αναφοράς των μεθόδων μέτρησης».

5. Μέθοδος αναφοράς για τη δειγματοληψία και τη μέτρηση των ΑΣ2,5

Η μέθοδος αναφοράς για τη δειγματοληψία και τη μέτρηση των σωματιδίων ΑΣ2,5 περιγράφεται στο πρότυπο EN 14907:2005 «Πρότυπη σταθμική μέθοδος για τον προσδιορισμό του κλάσματος μάζας των ΑΣ2,5 των αιωρούμενων σωματιδίων».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ XI Οριακές τιμές για την προστασία της υγείας του ανθρώπου

A. Κριτήρια

Με την επιφύλαξη του παραρτήματος I, για τον έλεγχο της εγκυρότητας κατά τη συγκέντρωση στοιχείων και τον υπολογισμό στατιστικών παραμέτρων χρησιμοποιούνται τα κάτωθι κριτήρια:

Παράμετρος	Απατούμενη αναλογία έγκυρων δεδομένων
Τιμές 1 ώρας	75 % (δηλαδή 45 λεπτά)
Τιμές 8 ωρών	75 % των τιμών (δηλαδή 6 ώρες)
Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος 8 ωρών	75 % κυλιόμενων 8ώρων από ωριαίες τιμές (δηλαδή 18 μέσοι όροι 8 ωρών ημερησίως)
Τιμές 24 ωρών	75 % των ωριαίων μέσων όρων (δηλαδή τιμές τουλάχιστον 18 ωρών)
Ετήσιος μέσος όρος	90 % ⁽¹⁾ των ωριαίων τιμών ή (εάν δεν υπάρχουν) των τιμών 24 ωρών κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους

⁽¹⁾ Στην απαίτηση για τον υπολογισμό του ετήσιου μέσου όρου δεν περιλαμβάνονται οι απώλειες δεδομένων λόγω της τακτικής βαθμονόμησης ή της συνήθους συντήρησης των οργάνων.

B. Οριακές τιμές

ΑΣ ₁₀			
1 ημέρα	50 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	50 %	— ⁽¹⁾
Ημερολογιακό έτος	40 μg/m ³	20 %	— ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Ισχύει ήδη από 1ης Ιανουαρίου 2005.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ XIV Εθνικός στόχος μείωσης της έκθεσης, τιμή στόχος και οριακή τιμή για τα ΑΣ2,5.

A. Δείκτης μέσης έκθεσης

Ο δείκτης μέσης έκθεσης εκφράζεται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ΔME) και υπολογίζεται με μετρήσεις από μη εκτεθειμένες αστικές τοποθεσίες σε ζώνες και οικισμούς ανά την επικράτεια κράτους μέλους. Πρέπει να υπολογίζεται ως κυλιόμενη ετήσια μέση συγκέντρωση για τρία ημερολογιακά έτη όλων των σημείων δειγματοληψίας που εγκαθίστανται σύμφωνα με το τμήμα Β του παραρτήματος V. Ο ΔME για το έτος αναφοράς 2010 είναι η μέση συγκέντρωση για τα έτη 2008, 2009 και 2010.

Ωστόσο, στις περιπτώσεις όπου δεν διατίθενται δεδομένα για το 2008 τα κράτη μέλη ενδέχεται να χρησιμοποιήσουν τη μέση τιμή συγκέντρωσης των ετών 2009 και 2010 ή τη μέση τιμή συγκέντρωσης των ετών 2009, 2010 και 2011. Τα κράτη μέλη που χρησιμοποιούν τη δυνατότητα αυτή, κοινοποιούν την απόφασή τους στην Επιτροπή έως τις 11 Σεπτεμβρίου 2008.

Ο ΔME για το έτος 2020 είναι η τριετής τρέχουσα μέση συγκέντρωση που προκύπτει από το μέσο όρο όλων των ανωτέρω σημείων δειγματοληψίας για τα έτη 2018, 2019 και 2020. Ο ΔME χρησιμοποιείται για να εξεταστεί εάν τηρείται ο εθνικός στόχος μείωσης της έκθεσης.

Ο ΔME για το έτος 2015 είναι η τριετής τρέχουσα μέση συγκέντρωση που προκύπτει από το μέσο όρο όλων των ανωτέρω σημείων δειγματοληψίας για τα έτη 2013, 2014 και 2015. Ο ΔME χρησιμοποιείται για να εξεταστεί εάν έχει επιτευχθεί ο εθνικός στόχος μείωσης της έκθεσης.

B. Εθνικός στόχος μείωσης της έκθεσης

Στόχος μείωσης της έκθεσης σε σχέση με τον ΔME το 2010		Έτος κατά το οποίο πρέπει να επιτευχθεί ο στόχος μείωσης της έκθεσης
Αρχική συγκέντρωση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Στόχος μείωσης σε %	2020
< 8,5 = 8,5	0 %	
> 8,5 — < 13	10 %	
= 13 — < 18	15 %	
= 18 — < 22	20 %	
≥ 22	Όλα τα δέοντα μέτρα προς επίτευξη $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

Εάν ο δείκτης μέσης έκθεσης κατά το έτος αναφοράς είναι μικρότερος ή ίσος των $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ο στόχος μείωσης της έκθεσης είναι μηδέν. Ο στόχος μείωσης της έκθεσης ισούται προς μηδέν και στις περιπτώσεις που ο δείκτης μέσης έκθεσης φθάνει στο επίπεδο των $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε οποιαδήποτε στιγμή κατά την περίοδο 2010-2020 και διατηρείται στο επίπεδο αυτό ή κάτω του επιπέδου αυτού.

Γ. Υποχρέωση όσον αφορά τη συγκέντρωση της έκθεσης

Υποχρέωση όσον αφορά τη συγκέντρωση της έκθεσης	Έτος στο οποίο πρέπει να έχει επιτευχθεί η τιμή της υποχρέωσης
$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2015

Δ. Τιμή στόχος

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή στόχος	Ημερομηνία κατά την οποία πρέπει να έχει επιτευχθεί η τιμή στόχος
Ημερολογιακό έτος	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1η Ιανουαρίου 2010

Ε. Οριακή τιμή

Περίοδος μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περίωριο ανοχής	Ημερομηνία κατά την οποία πρέπει να έχει επιτευχθεί η οριακή τιμή
ΣΤΑΔΙΟ 1			
Ημερολογιακό έτος	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 % στις 11 Ιουνίου 2008, μειούμενο έως την 1η του επόμενου Ιανουαρίου και εν συνεχεία ανά εφεξής δωδεκάμηνο κατά ίσα ετήσια ποσοστά ώστε να καταλήξει σε 0 % έως την 1η Ιανουαρίου 2015	1η Ιανουαρίου 2015
ΣΤΑΔΙΟ 2 (*)			
Ημερολογιακό έτος	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1η Ιανουαρίου 2020

(*) Στάδιο 2 — Ενδεικτική οριακή τιμή που θα επανεξετασθεί από την Επιτροπή το 2013 υπό το φως περαιτέρω πληροφοριών σχετικά με τις επιδράσεις στην υγεία και το περιβάλλον, του τεχνικός εφικτού και της εμπειρίας από την τιμή στόχο στα κράτη μέλη.

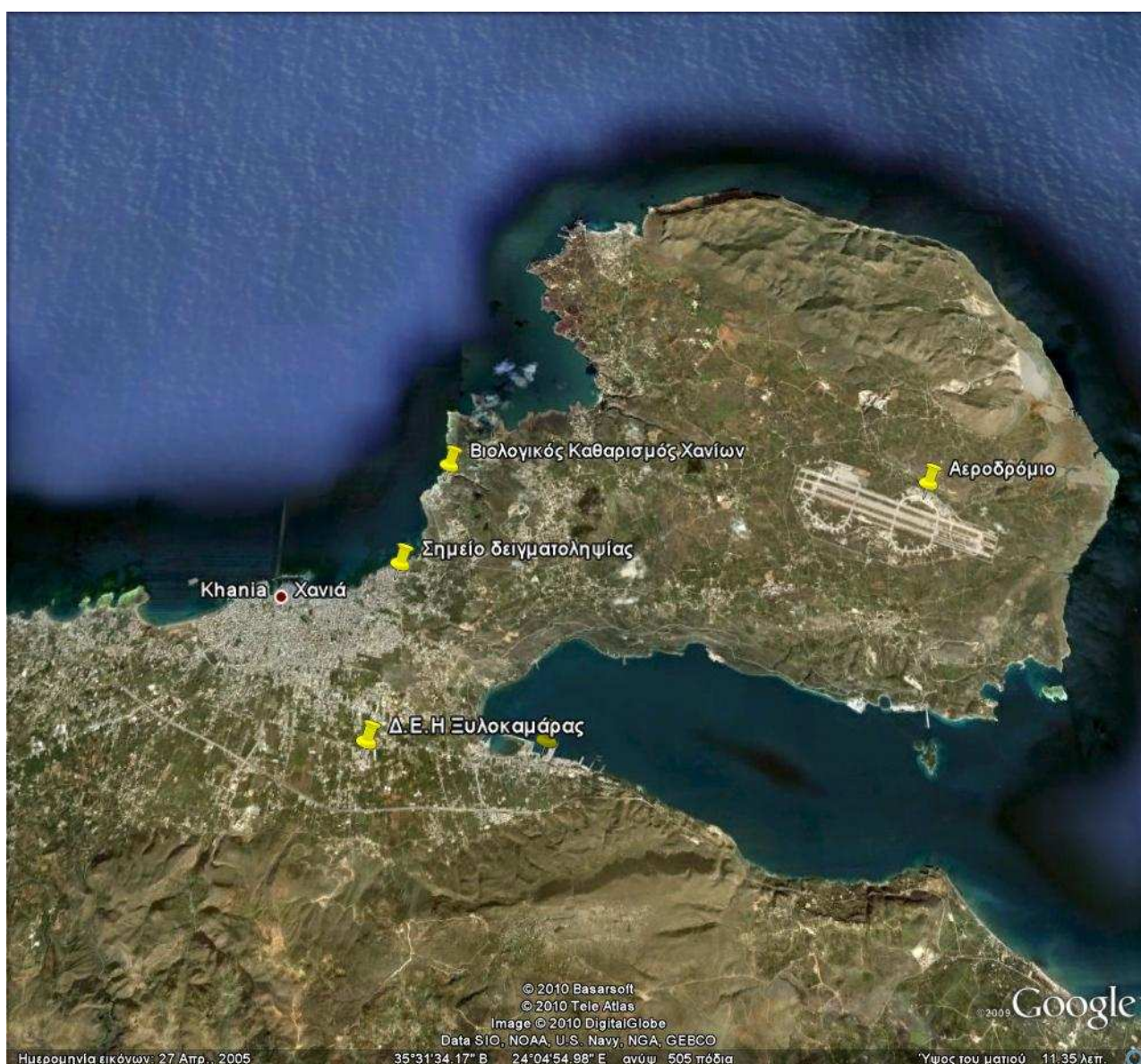
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6.1 Περιγραφή των δειγματοληψιών

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες αέρα για τον προσδιορισμό και τη συσχέτιση των συγκεντρώσεων του μικροβιακού φορτίου και των αιωρούμενων σωματιδίων που υπάρχουν στο εξωτερικό, αστικό περιβάλλον, σε προαύλιο χώρο του Τ.Ε.Ι Κρήτης.

Το Τ.Ε.Ι Κρήτης, Παράρτημα Χανίων, βρίσκεται στην περιοχή της Χαλέπας στην πόλη των Χανίων. Το σημείο δειγματοληψίας απέχει 300 m από τη θάλασσα σε Β-ΒΔ διεύθυνση. Πιθανές πηγές αιωρούμενων σωματιδίων και μικροοργανισμών αποτελούν κυρίως τα αερομεταφερόμενα με τον αέρα σωματίδια, νέφος Σαχάρας σε συγκεκριμένες ημερομηνίες η αυτοκίνηση, η κίνηση στο λιμάνι της Σούδας σε απόσταση 4,39 km από το Τ.Ε.Ι και σε διεύθυνση ΝΑ, οι εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού Χανίων, που απέχουν 2km από το Τ.Ε.Ι σε ΒΑ διεύθυνση και οι εγκαταστάσεις της Δ.Ε.Η στην Ξυλοκαμάρα, οι οποίες απέχουν περίπου 3km από το Τ.Ε.Ι σε Δ-ΝΔ διεύθυνση.



Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 19 δειγματοληψίες κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο του 2008, όλες στο ίδιο σημείο και όσον αφορά στις ώρες πραγματοποίησης των δειγματοληψιών αυτές ήταν πρωινές και μεσημβρινές, μεταξύ 10:00 – 15:00. Στο μεγαλύτερο μέρος των δειγματοληψιών, πραγματοποιήθηκαν διπλές μετρήσεις μόνο για τα ετερότροφα βακτήρια. Στόχος αυτών των δειγματοληψιών είναι η ποσοτική εκτίμηση των ετερότροφων βακτηρίων, των μυκήτων αλλά και των εισπνεύσιμων αιωρούμενων σωματιδίων. Το ζητούμενο είναι εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους αλλά και αυτών με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους. Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε για τα βιοαεροζόλ ήταν ο αριθμός των αποικιών ανά κυβικό μέτρο (1000 L) αέρα, (Colony Forming Units) (CFU/m³), ενώ για τα αιωρούμενα σωματίδια ήταν η συγκέντρωσή τους σε μg ανά κυβικό μέτρο αέρα (μg/m³) Εκτός της συγκέντρωσης μετρήθηκε και ο αριθμός των PM₁ σωματιδίων ανά κυβικό εκατοστό αέρα (pt/cc).

Παράλληλα, γινόταν η μέτρηση τριών περιβαλλοντικών παραμέτρων, της ταχύτητας του ανέμου U_{av} σε (m/sec), της θερμοκρασίας T σε °C και η σχετική υγρασία RH σε (%) του περιβάλλοντος στο σημείο της δειγματοληψίας, για να διαπιστώσουμε εάν αυτές έχουν κάποια επίδραση στις συγκεντρώσεις των βιοαεροζόλ και των αιωρούμενων σωματιδίων. Οι τιμές των περιβαλλοντικών παραμέτρων καταγράφονταν μία φορά, στην αρχή της δειγματοληψίας. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα από την ιστοσελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για τον μετεωρολογικό σταθμό των Χανίων [14], που υπάρχει στα Κουνουπιδιανά, στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Ο σταθμός αυτός είναι σε απόσταση 2,7 km και σε ΒΑ διεύθυνση από το σημείο δειγματοληψίας. Οι μέσες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου του μετεωρολογικού σταθμού Χανίων χρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστεί πιθανή συσχέτιση με τις υπόλοιπες μετρηθείσες παραμέτρους των δειγματοληψιών. Η συγκέντρωση των PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ καταγραφόταν στην αρχή της λήψης κάθε αέριου δείγματος, ενώ ο αριθμός των PM₁ καταγραφόταν καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι ημερομηνίες των δειγματοληψιών, οι επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, οι προσδιορισθέντες παράμετροι πιθανές αποκλίσεις (ιδιαιτερότητες).

Πίνακας 6.1 Παρουσίαση των ημερομηνιών των δειγματοληψιών, των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούσαν, των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν και των τυχών ιδιαιτεροτήτων των δειγματοληψιών

Ημερομηνία & Ώρα	Μετεωρολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου)	Προσδιορισθέντες παράμετροι	Ιδιαιτερότητες
11/04/2008 14:27 – 15:33	23,4 οC, 61,5 %RH, 0,45 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, U_{av} , PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
14/4/2008 14:10 – 15:03	23,5 °C, 55,5 %RH, 0,61 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, U_{av} , PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
15/4/2008 10:44 – 11:54	18,8°C, 51,7 %RH, 1,4 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, U_{av} , PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
06/05/2008 10:45 – 11:53	19,6 °C, 61,7 %RH, 0,4 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, U_{av} , PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
07/05/2008 10:51 – 11:58	20,6°C, 59,2 %RH, 0,54 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, U_{av} , PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
12/05/2008	21,9 °C, 55,2 %RH, 0,17 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T,	Την προηγούμενη

Ημερομηνία & Ωρα	Μετεωρολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου)	Προσδιορισθέντες παράμετροι	Ιδιαιτερότητες
11:43 – 12:54		RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	ημέρα είχε βρέξει
13/5/2008 12:01 – 13:10	22,6 °C, 31 %RH, 0,6 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
14/5/2008 13:47 – 14:51	20,7 °C, 64,3 %RH, 0,5 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
15/5/2008 11:20 – 12:25	19,7 °C, 63,1 %RH, 0,7 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
20/5/2008 13:06 – 14:10	27,7 °C, 51,4 %RH, 0,35 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
21/5/2008 11:43 – 12:50	24 °C, 72 %RH, 0,3 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
22/5/2008 10:40 – 11:40	22,7 °C, 58,7 %RH, 0,5 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
27/5/2008 12:30 – 13:34	28,5 °C, 35 %RH, 0,8 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
03/06/2008 12:40 – 13:43	28 °C, 40 %RH, 1 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	περίπου στη μέση της διάρκειας των μετρήσεων, ψιχάλισε
04/06/2008 11:13 – 12:17	24 °C, 59 %RH, 1,7 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
10/06/2008 13:23 – 14:48	24 °C, 60 %RH, 1,65 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	ήλιος
11/06/2008 12:12 – 13:38	26,7 °C, 50,7 %RH, 0,4 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
17/6/2008 11:48 – 12:54	26,7 °C, 58,1 %RH, 0,7 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
18/6/2008 11:51 – 12:56	30 °C, 42,2 %RH, 0,09 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	σκιά
27/6/2008 12:40 – 13:43	36,5 °C, 33 %RH, 1,18 m/sec	Ετερ.βακτήρια, Μύκητες, T, RH, Uαν., PM10, PM2,5, PM1, PM1	ήλιος

Να σημειώσουμε ότι στη στήλη με τίτλο «Προσδιορισθέντες παράμετροι», το μικροβιακό φορτίο μετρήθηκε σε CFU/m³, η θερμοκρασία σε °C, η σχετική υγρασία σε % και τα PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ σε µg/m³. Τα αιωρούμενα σωματίδια PM₁ αναφέρονται δυο φορές διότι έχουν διαφορετικές εκφράσεις των συγκεντρώσεων τους (µg/m³ και pt/cm³) και η δειγματοληψία των σωματιδίων έγινε με δύο διαφορετικά όργανα μέτρησης. Στη στήλη με τίτλο «Ιδιαιτερότητες», βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος των δειγματοληψιών πραγματοποιήθηκαν υπό σκιά, δύο απο αυτές στον ήλιο, ενώ σε δύο απο αυτές υπάρχουν σχόλια σχετικά με τη βροχή.

6.2 Όργανα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις δειγματοληψίες



Εικόνα 6.1 Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στη δειγματοληψία. Από αριστερά προς τα δεξιά φαίνονται τα όργανα :

1. VelociCalc (TSI),
2. MAS 100 (Merck Γερμανίας),
3. Andersen 6 επιπέδων,
4. Dust-Track (TSI),
5. P-Track (TSI)

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτές τις δειγματοληψίες και αφορούν στη συλλογή του μικροβιακού φορτίου του αέρα είναι ο δειγματολήπτης Andersen 6 επιπέδων και ο δειγματολήπτης MAS 100 (Merck Γερμανίας). Ο δειγματολήπτης Andersen έχει το πλεονέκτημα ότι τα 6 επίπεδα στα οποία διαχωρίζεται, εκπροσωπούν και μικροοργανισμούς διαφορετικών αεροδυναμικών διαμέτρων. Έτσι, το επίπεδο 1 αντιπροσωπεύει μικροοργανισμούς με μέγεθος $\geq 7,1 \mu\text{m}$, το επίπεδο 2 αφορά στους μικροοργανισμούς με αεροδυναμική διάμετρο από 4,7 έως 7,1 μm , το επίπεδο 3 από 3,3 έως 4,7 μm , το επίπεδο 4 από 2,1 έως 3,3 μm , το επίπεδο 5 από 1,1 έως 2,1 μm και το επίπεδο 6 από 0,65 έως 1,1 μm .

Τα όργανα που αφορούν στην καταμέτρηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων είναι τα φορητά όργανα Dust-Track (TSI), με το οποίο αλλάζοντας τις ειδικές κεφαλές υπάρχει η δυνατότητα για την μέτρηση της συγκέντρωσης των PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PM_1 , και P-Track (TSI), με το οποίο υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης του αριθμού των PM_1 . Τέλος, για την μέτρηση των περιβαλλοντικών μετεωρολογικών παραμέτρων, δηλαδή της ταχύτητας του αέρα, της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος, χρησιμοποιήθηκε το φορητό όργανο VelociCalc (TSI). Όλα τα όργανα ήταν τοποθετημένα σε ένα τραπέζι ύψους περίπου ενός μέτρου.

6.3 Θρεπτικά υποστρώματα και καλλιέργεια μικροοργανισμών

Για τη συλλογή και ανάλυση των δειγμάτων του μικροβιακού φορτίου ήταν απαραίτητα τα θρεπτικά υποστρώματα και η καλλιέργειά τους σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες, ανάλογα με τον μικροοργανισμό.

Ως *μικροβιολογικό θρεπτικό υπόστρωμα* ορίζεται κάθε στερεό ή υγρό μέσο, το οποίο μπορεί να καλύψει τις θρεπτικές ανάγκες ενός μικροβιακού κυττάρου. Περιέχει απαραίτητα : νερό, πηγή άνθρακα, πηγή ενέργειας, πηγή αζώτου και πηγή αλάτων. Συχνά η πηγή άνθρακα και η πηγή αζώτου εξυπηρετείται από την ίδια χημική ουσία [7].

Η παρασκευή των θρεπτικών υποστρωμάτων παρουσιάζεται στα ακόλουθα τρία βήματα. *Πρώτο βήμα* αποτελούσε η παρασκευή των θρεπτικών υποστρωμάτων. Για τον προσδιορισμό των ετερότροφων βακτηρίων χρησιμοποιήθηκε το Tryptone Soy Broth (Merck, Γερμανία), από το οποίο προστίθενται 3gr σε 100ml απιονισμένου νερού και αφού διαλυθούν καλά προστίθεται και 1,5 gr άγαρ. Για τον προσδιορισμό των μυκήτων που βρίσκονται στον ατμοσφαιρικό αέρα χρησιμοποιήθηκε το Malt Extract Broth (Lab M, Αγγλία), από το οποίο προστίθενται 2gr σε 100ml απιονισμένου νερού και αφού διαλυθούν καλά προστίθεται και 1,5 gr άγαρ. Αναδεύονται καλά. Η αναλυτική σύνθεση των προαναφερόμενων θρεπτικών υποστρωμάτων συνοψίζεται στον πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2 Η αναλυτική σύνθεση των θρεπτικών υποστρωμάτων TSA και MEA.

TSA		MEA	
Συστατικά	Συγκέντρωση (g/L)	Συστατικά	Συγκέντρωση (g/L)
Tryptone (Casein Digest USP)	17	Malt Extract	17
Soy Peptone	3	Mycological Peptone	3
Sodium Chloride	5	Agar	15
Dipotassium phosphate	2,5	pH	5,4 + 2
Agar	15		
Dextrose	2,5		
pH	7,4 ± 0,2		

Δεύτερο βήμα αποτελεί η τοποθέτηση των θρεπτικών υποστρωμάτων στον κλίβανο αποστείρωσης για 20 λεπτά. Οι συνθήκες στον κλίβανο είναι οι εξής : η θερμοκρασία βρίσκεται στους 121°C και η πίεση στα 1,2 bar. Όταν ολοκληρωθεί η αποστείρωση και μηδενιστεί η πίεση ανοίγεται ο κλίβανος.

Τρίτο βήμα, μόλις κρυώσουν τόσο τα θρεπτικά υποστρώματα ώστε να πιάνονται με γυμνό χέρι (~50°C), περιχύνονται στα τρυβλία. Μόλις στερεοποιηθούν είτε μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δειγματοληψία, είτε να αποθηκευτούν για 24 ώρες στους 20-25 °C ή στο ψυγείο, για τουλάχιστον 72 ώρες, και να χρησιμοποιηθούν αργότερα.

Μετά το τέλος της δειγματοληψίας, πραγματοποιήθηκε η καλλιέργεια των μικροοργανισμών. Τα ετερότροφα βακτήρια τοποθετούνταν σε επωαστικό θάλαμο, στους 37 °C για 48 ώρες. Η καταμέτρηση των αποικιών πραγματοποιούνταν μετά από 24 και 48 ώρες. Η επιλογή της θερμοκρασίας των 37 °C, είχε σαν στόχο την καταμέτρηση των ετερότροφων βακτηρίων που

βρίσκονται στον ατμοσφαιρικό αέρα και μπορεί να είναι παθογόνοι ή μπορούν να επιβιώσουν σε ένα ανθρώπινο σώμα το οποίο έχει αυτήν τη θερμοκρασία (αλλόχθονα ετερότροφα βακτήρια). Οι μύκητες επωάστηκαν στους 20 °C για 72 ώρες. Η καταμέτρησή τους γινόταν μετά από 48 και 72 ώρες. Όπως έχει προαναφερθεί οι περισσότεροι μύκητες είναι μεσόφιλοι και η θερμοκρασία των 20 °C βρίσκεται μέσα στο εύρος των βέλτιστων θερμοκρασιών για τον ιδανικό ρυθμό ανάπτυξης των μυκήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πραγματοποιηθεισών δειγματοληψιών ανά μήνα.

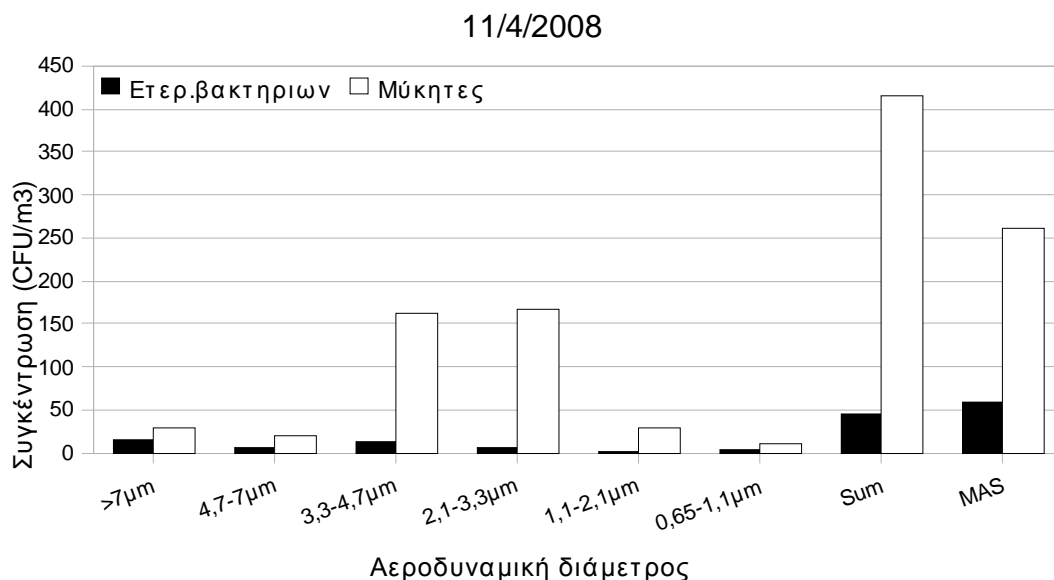
7.1.1. Δειγματοληψίες Απριλίου 2008

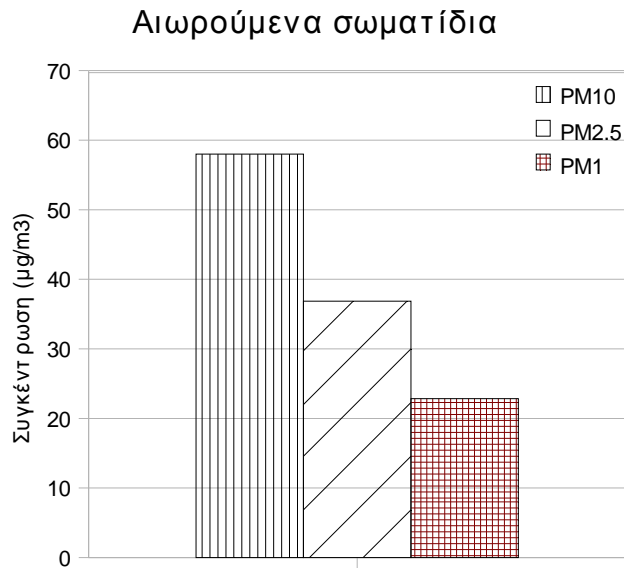
Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι μέσες συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, των αιωρούμενων σωματιδίων και των περιβαλλοντικών παραμέτρων κατά τον μήνα Απρίλιο.

ΑΠΡΙΛΙΟΣ						
Αεροδυναμική διάμετρος	Ετερ.βακτ. (cfu/m ³)	Μύκητες (cfu/m ³)	PM10 (μg/m ³)	PM2.5 (μg/m ³)	PM1 (μg/m ³)	PM1 (pt/cc)
>7μm	22	49	59			
4,7-7μm	12	35				
3,3-4,7μm	10	103				
2,1-3,3μm	10	167		39		
1,1-2,1μm	8	75				
0,65-1,1μm	7	13			18	4720
SUM	69	443				
MAS	92	353				
Περιβαλλοντικές παράμετροι :			T=21,9 °C	RH=56,23 %	U=0,82 m/sec	

1^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 11/4/2008, από τις 14:27 – 15:33 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 23,4°C, η σχετική υγρασία 61,5%, η ταχύτητα ανέμου 0,45 m/sec, στο σημείο της δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 4,8 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Α – ΝΑ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.





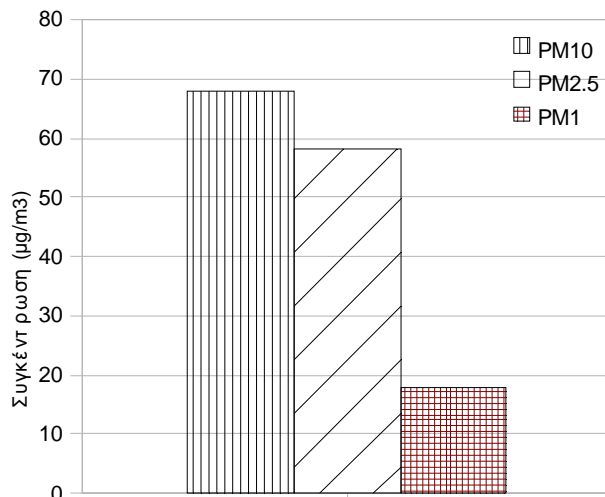
Διαγράμματα 7.1 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 11/4/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχών μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (15 CFU/m³) και 3 (12 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (162 CFU/m³) και 4 (166 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (414 CFU/m³) είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (44 CFU/m³). Αυτό συμβαίνει πιθανότατα γιατί οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως 30 °C, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1m/sec.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 58µg/m³, των PM_{2,5} 37µg/m³ και των PM₁ 23µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 2,52 : 1,61 : 1. Η ημερήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 50 µg/m³ για τα PM₁₀, βάσει της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 6.119 pt/cm³.

2^η Δειγματοληψία

Αυτή η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 14/4/2008, από τις 14:10 – 15:03 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 23,5°C, η σχετική υγρασία 55,5%, η ταχύτητα ανέμου κυμαινόταν από 0,22 – 1m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 6 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Δ - ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

**Αιωρούμενα σωματίδια**

Διαγράμματα 7.2 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 14/4/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στο επίπεδο 5 (10 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 4 (58 CFU/m³) και 5 (20 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (118 CFU/m³) είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (23 CFU/m³). Αυτό συμβαίνει πιθανότατα γιατί οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα

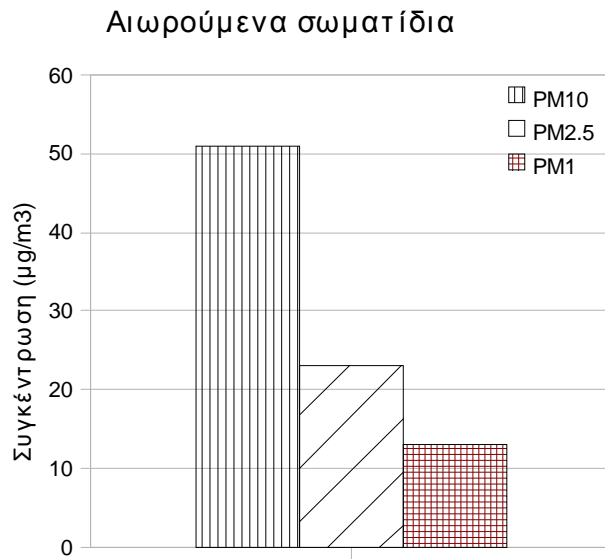
με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως 30 °C, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1m/sec. Στη δειγματοληψία όμως της 14^{ης} Απριλίου, το άθροισμα των συγκεντρώσεων των 6 επιπέδων των μυκήτων είναι πολύ μικρότερο σε σύγκριση με την προηγούμενη δειγματοληψία.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ είναι 68μg/m³ (είναι η μεγαλύτερη που εμφανίζεται στις δειγματοληψίες), των PM_{2,5} είναι 58μg/m³ και των PM₁ είναι 18μg/m³. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 3,78 : 3,22 : 1 και μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Η ημερήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 50 μg/m³ για τα PM₁₀, βάσει της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Σε αυτή τη δειγματοληψία εμφανίζονται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις των PM₁₀ και PM_{2,5}. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό είναι 4824 pt/cm³.

3^η Δειγματοληψία

Αυτή η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 15/4/2008, από τις 10:44 – 11:54 πμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 18,8°C, η σχετική υγρασία 51,7%, η ταχύτητα ανέμου 1,4 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 24,3 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Δ - ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.





Διαγράμματα 7.3 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 15/4/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (48 CFU/m³) και 2 (28 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 4 (276 CFU/m³) και 5 (178 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (796 CFU/m³) είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (141 CFU/m³). Σε σχέση με τις προηγούμενες δυο δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τον Απρίλιο, στις 15/4/2008 έχουμε μείωση της θερμοκρασίας κατά 5 °C περίπου, δεδομένου όμως ότι και η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε 4 περίπου ώρες νωρίτερα, αλλά πολύ υψηλότερη μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου. Παρ' όλα αυτά είναι από τους υψηλότερους αριθμούς αποικιών των μικροοργανισμών που εμφανίζονται κατά τις δειγματοληψίες.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ είναι 51µg/m³, των PM_{2,5} είναι 23µg/m³ και των PM₁ είναι 13µg/m³. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 3,92 : 1,77 : 1 και μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό είναι 3217 pt/cm³.

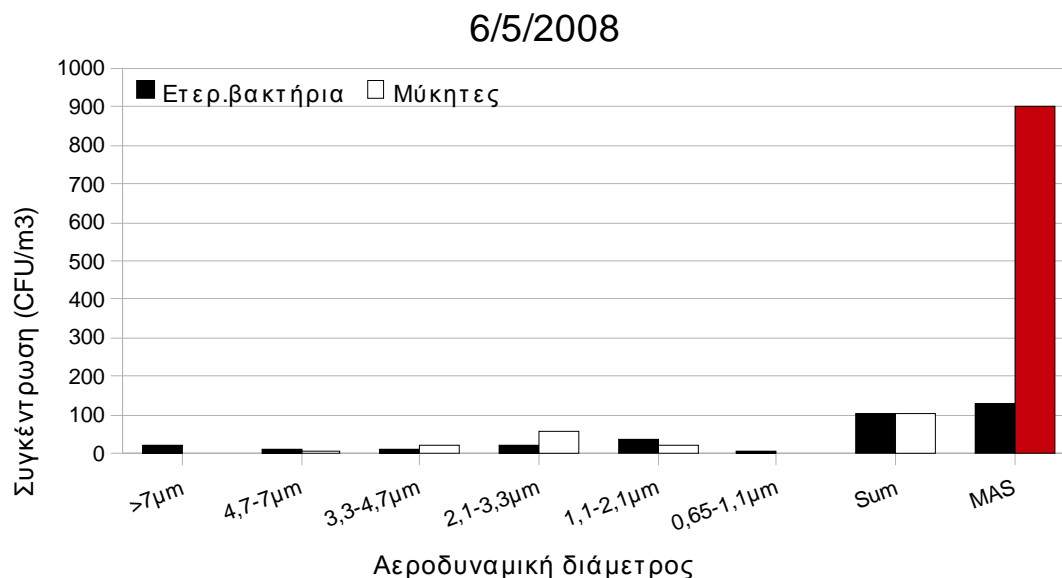
7.1.2. Δειγματοληψίες Μαΐου 2008

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι μέσες συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, των αιωρούμενων σωματιδίων και των περιβαλλοντικών παραμέτρων κατά τον μήνα Μάιο.

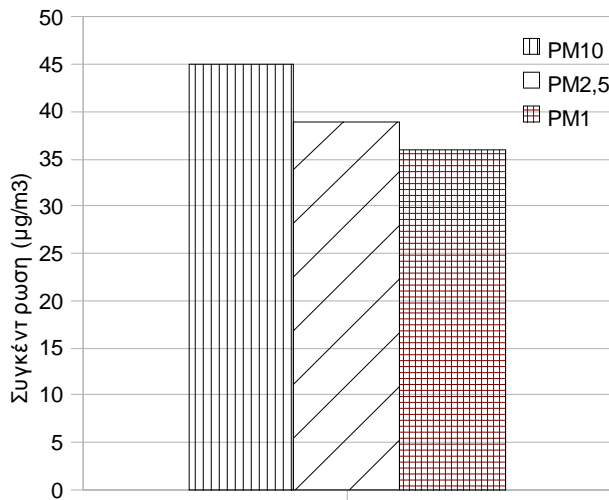
ΜΑΪΟΣ						
Αεροδυναμική διάμετρος	Ετερ.βακτ. (cfu/m3)	Μύκητες (cfu/m3)	PM10 (μg/m3)	PM2,5 (μg/m3)	PM1 (μg/m3)	PM1 (pt/cc)
>7μm	16	33	46			
4,7-7μm	12	33				
3,3-4,7μm	16	102				
2,1-3,3μm	14	170		35		
1,1-2,1μm	23	44				
0,65-1,1μm	7	3			30	5084
SUM	87	384				
MAS	101	515				
Περιβαλλοντικές παράμετροι :			T=22,8 °C	RH=55,16 %	U=0,49 m/sec	

1^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 6/5/2008, από τις 10:45 – 11:53 πμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 19,6°C, η σχετική υγρασία 61,7%, η ταχύτητα ανέμου 0,4 m/sec στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 5,6 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Β. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.



Αιωρούμενα σωματίδια



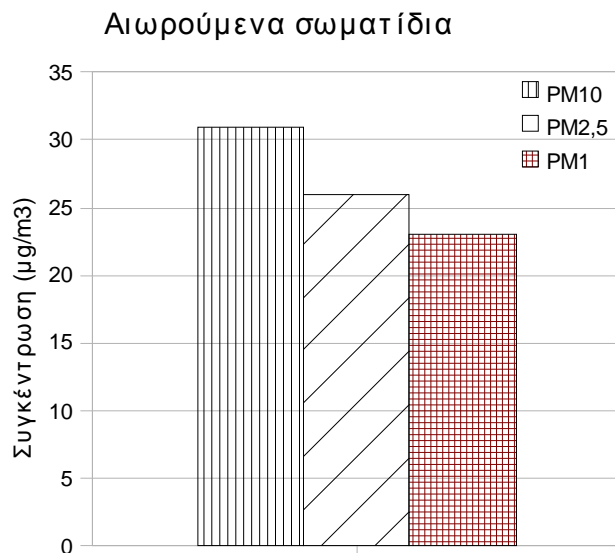
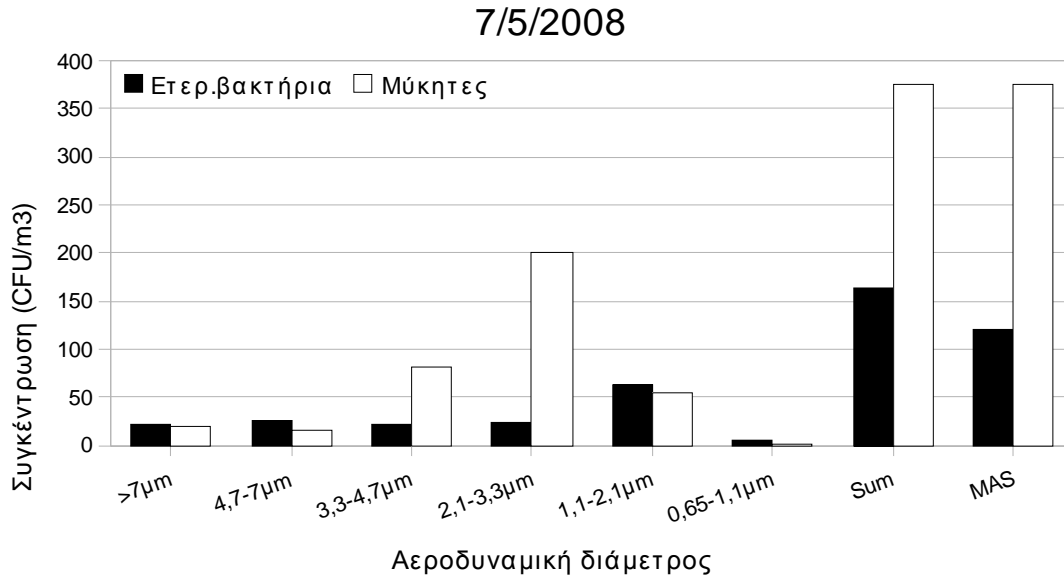
Διαγράμματα 7.4 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 6/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (22 CFU/m³) και 5 (38 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 4 (56 CFU/m³) και 3, 5 (20 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (104 CFU/m³) είναι σχεδόν ίσο με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (106 CFU/m³). Παρ' όλα αυτά η συγκέντρωση των μυκήτων που προσδιορίστηκε στον δειγματολήπτη MAS 100 είναι 6 φορές μεγαλύτερη της συγκέντρωσης των βακτηρίων. Κατά τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως 30 °C, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1m/sec.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 45µg/m³, των PM_{2,5} 39µg/m³ και των PM₁ 36µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,25 : 1,08 : 1. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 3.411 pt/cm³.

2^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 7/5/2008, από τις 10:51 – 11:58 πμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 20,6 °C, η σχετική υγρασία 59,2 %, η ταχύτητα ανέμου 0,54 m/sec στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 11,7 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.



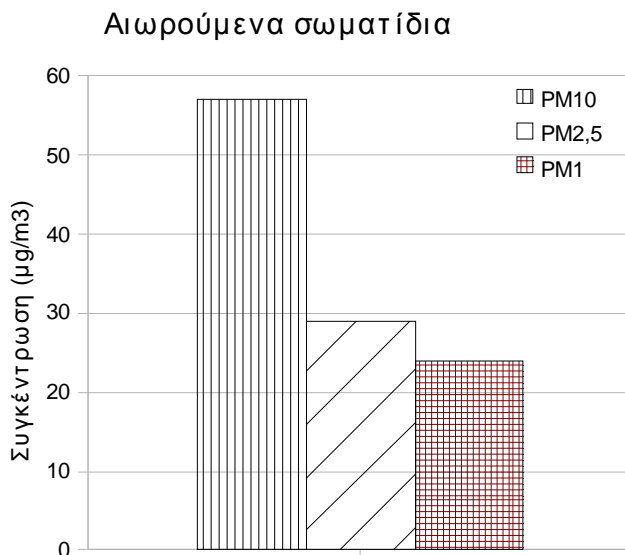
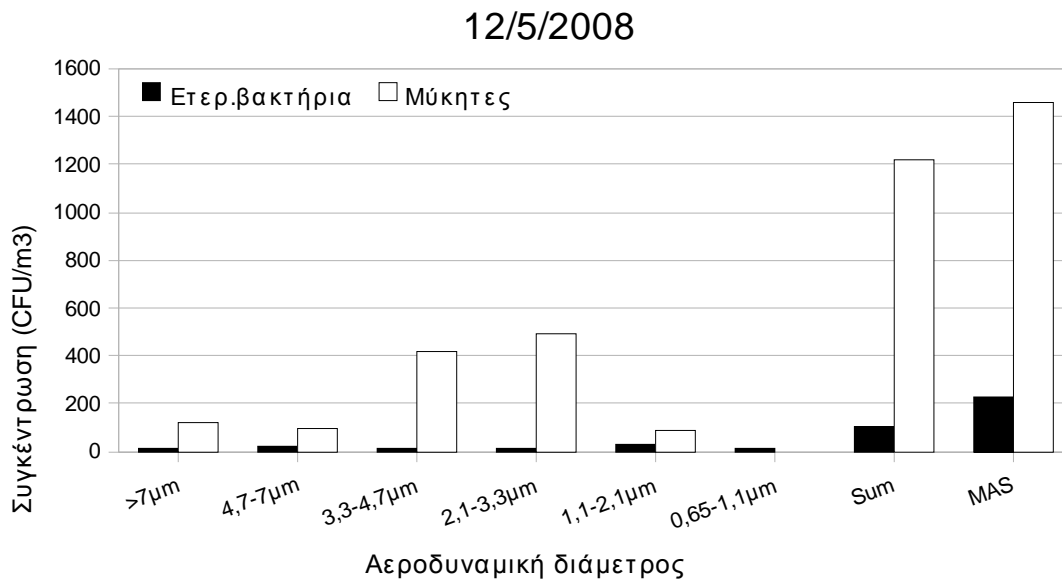
Διαγράμματα 7.5 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 7/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 2 (26 CFU/m³) και 5 (64 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (81 CFU/m³) και 4 (200 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (376 CFU/m³) είναι τουλάχιστον διπλάσιο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (164 CFU/m³). Κατά τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως 30 °C, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1m/sec. Είναι ενδιαφέρον να συγκριθεί αυτή η δειγματοληψία με την προηγούμενη και αυτό γιατί έχουν πραγματοποιηθεί την ίδια ώρα, έχουν 1 °C διαφορά στη θερμοκρασία, 2,5% διαφορά στη σχετική υγρασία, μηδαμινή διαφορά στην ταχύτητα ανέμου, αλλά έχει διαφορά κατά 6,1 m/sec στην μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου. Έτσι παρατηρείται μεγάλη αύξηση του αριθμού των αποικιών των μυκήτων στα επίπεδα 3 και 4, ενώ παρατηρείται αύξηση στα βακτήρια των επιπέδων 2 (αντί του επιπέδου 1 στις 6/5/2008) και 5.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, των $PM_{2,5}$ $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και των PM_1 $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα. Η αναλογία $PM_{10} : PM_{2,5} : PM_1$ είναι $1,35 : 1,13 : 1$. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 ανά κυβικό εκατοστό αέρα ήταν $5.778 \text{ pt}/\text{cm}^3$.

3^η Δειγματοληψία

Αυτή η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 12/5/2008, από τις 11:43 – 12:54 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν $21,9 \text{ }^\circ\text{C}$, η σχετική υγρασία $55,2 \%$, η ταχύτητα ανέμου $0,17 \text{ m}/\text{sec}$, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν $7,4 \text{ m}/\text{sec}$ και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Α. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.



Διαγράμματα 7.6 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 12/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $PM_{2,5}$ και PM_1 αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

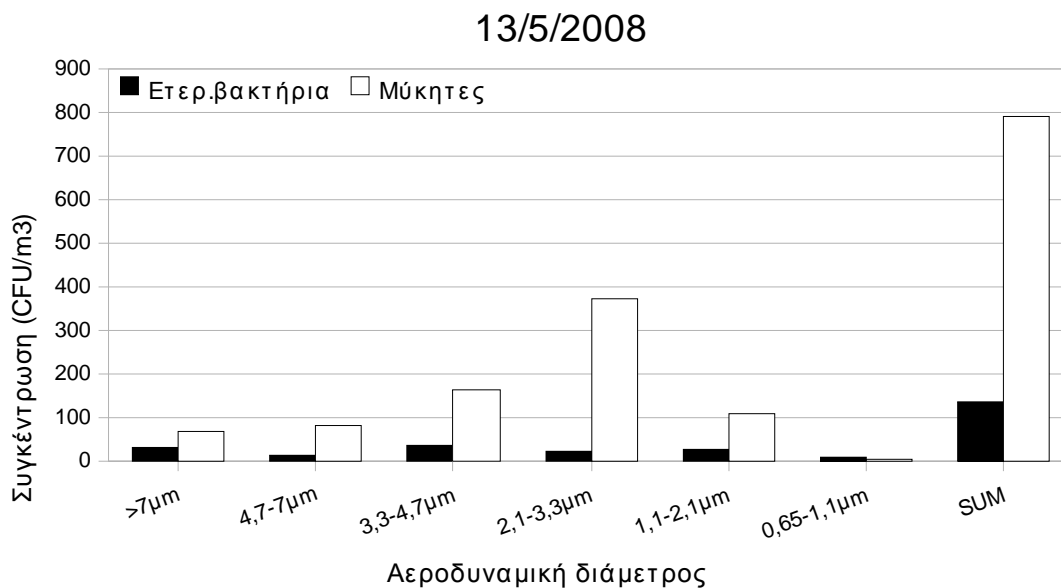
Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 2 ($20 \text{ CFU}/\text{m}^3$) και 5 ($31 \text{ CFU}/\text{m}^3$), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 ($422 \text{ CFU}/\text{m}^3$) και 4 ($492 \text{ CFU}/\text{m}^3$). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων ($1222 \text{ CFU}/\text{m}^3$) είναι περίπου δωδεκαπλάσιο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων ($108 \text{ CFU}/\text{m}^3$).

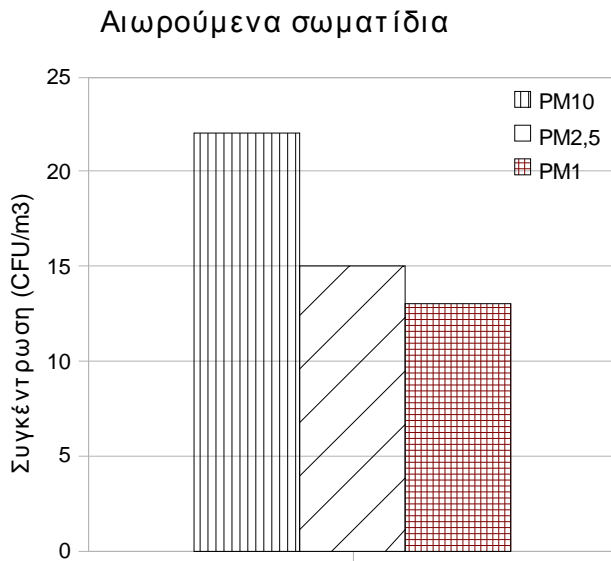
Κατά τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως 30 °C, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1m/sec. Η ιδιαιτερότητα αυτής της δειγματοληψίας είναι ότι την προηγούμενη ημέρα είχε βρέξει. Σε αυτήν επίσης εμφανίστηκε και ο μεγαλύτερος αριθμός των αποικιών των μυκήτων με 1.222 CFU/m³, ενώ ο μέσος όρος των αποικιών των βακτηρίων παρέμεινε στα ίδια επίπεδα όπως στις προηγούμενες δειγματοληψίες (108 CFU/m³). Οι υψηλές συγκεντρώσεις μυκήτων έχουν πιθανότατα σχέση με το υγρό περιβάλλον λόγω της βροχόπτωσης της προηγούμενης ημέρας

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 57 μg/m³, των PM_{2,5} 29 μg/m³ και των PM₁ 24 μg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 2,38 : 1,21 : 1. Η PM₁₀ συγκέντρωση ήταν ελαφρώς υψηλότερη της ημερήσιας οριακής τιμής για την προστασία της ανθρώπινης υγείας (50 μg/m³ για τα PM₁₀, βάσει της ευρωπαϊκής νομοθεσίας). Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό αέρα ήταν 8.882 pt/cm³, υψηλότερος των προηγούμενων μετρήσεων.

4^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 13/5/2008, από τις 12:01 – 13:10 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 22,6 °C, η σχετική υγρασία 31 %, η ταχύτητα ανέμου 0,6 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 9,8 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Α. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων, ενώ δεν πραγματοποιήθηκαν με τον δειγματολήπτη MAS 100.





Διαγράμματα 7.7 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 13/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (32 CFU/m³) και 3 (34 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (164 CFU/m³) και 4 (370 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (788 CFU/m³) είναι πολύ μεγαλύτερο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (133 CFU/m³).

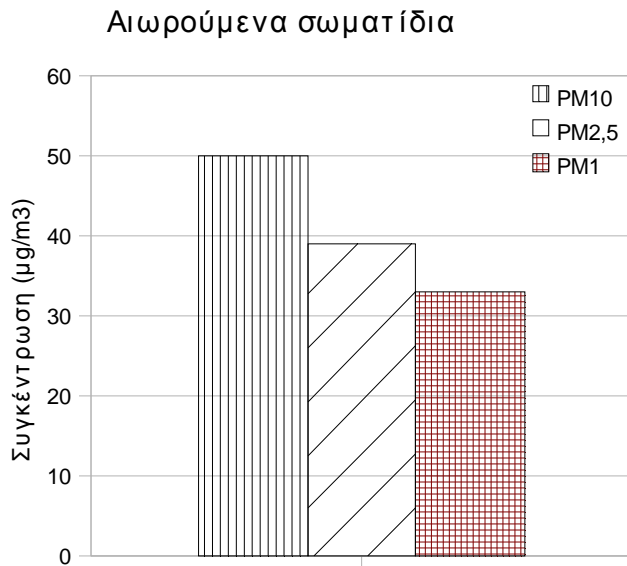
Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 22 μg/m³, των PM_{2,5} 15 μg/m³ και των PM₁ 13 μg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,69 : 1,15 : 1. Οι μέσες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν σε χαμηλά επίπεδα. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 4.952 pt/cm³.

5^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 14/5/2008, από τις 13:47 – 14:51 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 20,7 °C, η σχετική υγρασία 64,3 %, η ταχύτητα ανέμου 0,5 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 6,3 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Α - ΒΑ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

14/5/2008





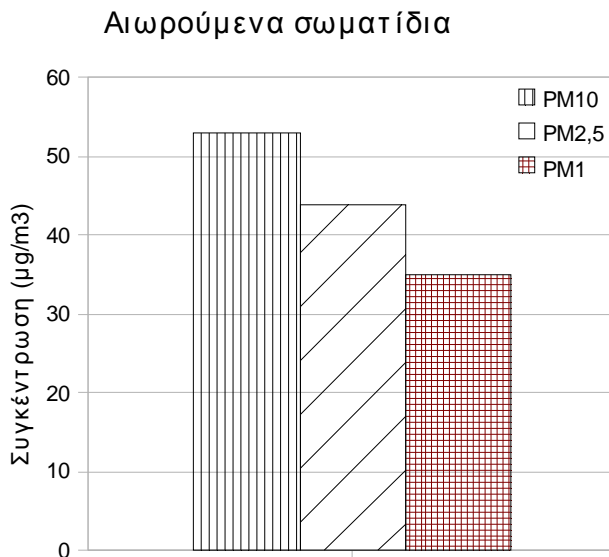
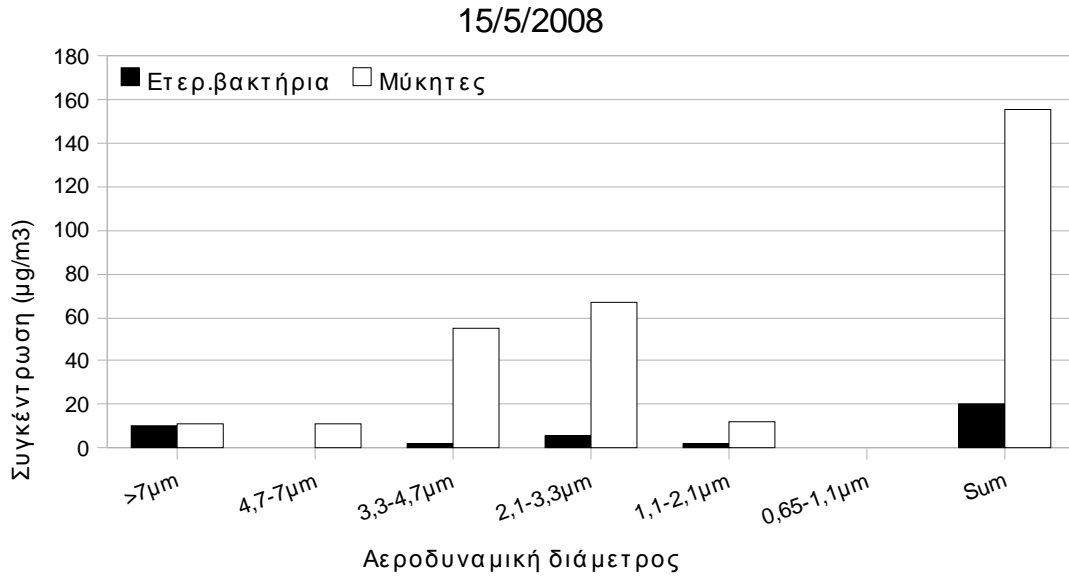
Διαγράμματα 7.8 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 14/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (7 CFU/m³) και 5 (8 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (36 CFU/m³) και 4 (48 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (106 CFU/m³) είναι τουλάχιστον τριπλάσιο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (31 CFU/m³). Στη συγκεκριμένη δειγματοληψία μετρήθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων. Κατά τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως 30 °C, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1m/sec.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 50 µg/m³ (αντίστοιχη της ημερήσιας οριακής τιμής), των PM_{2,5} 39 µg/m³ και των PM₁ 33µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,51 : 1,18 : 1 και σίγουρα μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 4.554 pt/cm³. 14.7

6^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 15/5/2008, από τις 11:20 – 12:25 µμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 19,7 °C, η σχετική υγρασία 63,1 %, η ταχύτητα ανέμου 0,7 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 9,7 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων.



Διαγράμματα 7.9 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 15/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

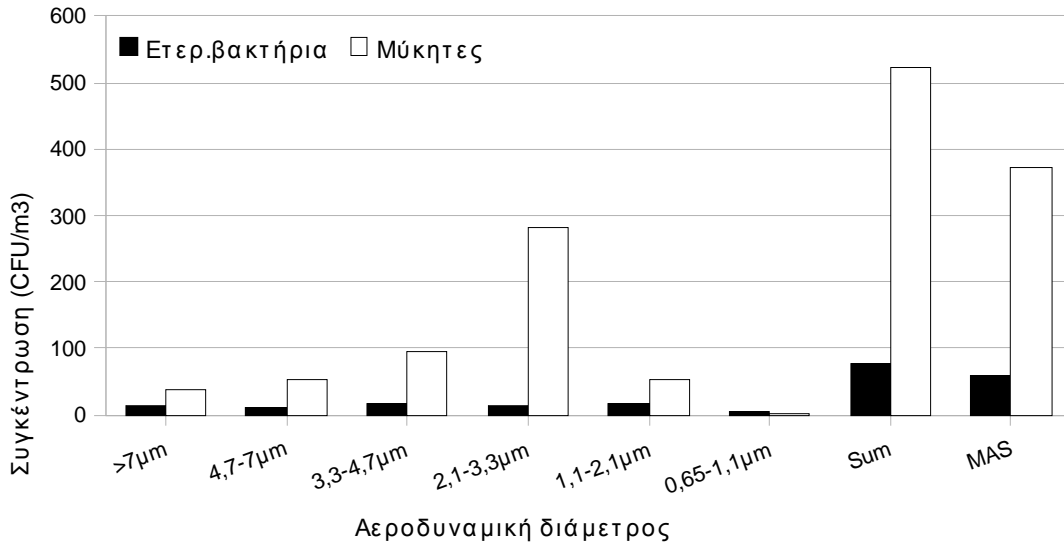
Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (10 CFU/m³) και 4 (6 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (55 CFU/m³) και 4 (67 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (156 CFU/m³) είναι σχεδόν οκταπλάσιο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (20 CFU/m³). Οι συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων ήταν στη συγκεκριμένη δειγματοληψία επίσης ιδιαίτερα χαμηλές, αντίστοιχες αυτών της προηγούμενης ημέρας.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 53 µg/m³, των PM_{2,5} 44 µg/m³ και των PM₁ 35µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,51 : 1,26 : 1. Η ημερήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι 50 µg/m³ για τα PM₁₀, βάσει της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 4.841 pt/cm³.

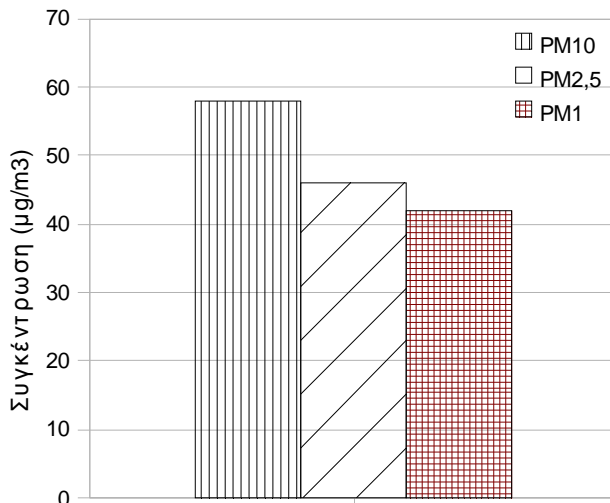
7^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 20/5/2008, από τις 13:06 – 14:10 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 27,7 °C, η σχετική υγρασία 51,4 %, η ταχύτητα ανέμου 0,35 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 4,5 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Δ - ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

20/5/2008



Αιωρούμενα σωματίδια



Διαγράμματα 7.10 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 20/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 3 (17 CFU/m³) και 5 (16 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (94 CFU/m³) και 4 (282 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (522 CFU/m³) είναι σχεδόν επταπλάσιο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (522 CFU/m³). Οι συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων ήταν στη συγκεκριμένη δειγματοληψία επίσης ιδιαίτερα χαμηλές, αντίστοιχες αυτών της προηγούμενης ημέρας.

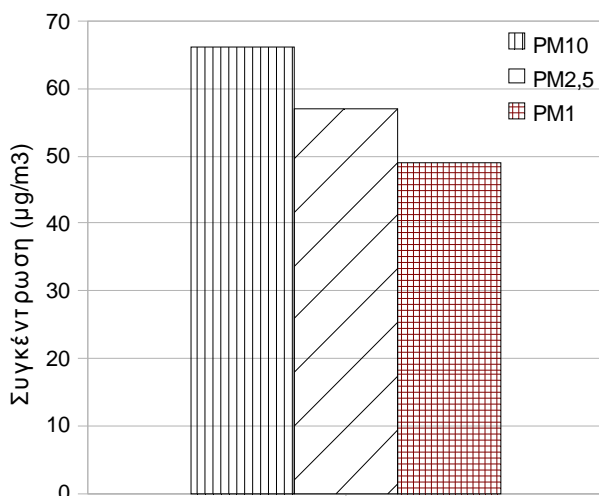
Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, των $PM_{2,5}$ $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και των PM_1 $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα. Παρατηρούνται αυξημένες και οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{2,5}$ και PM_1 . Η αναλογία $PM_{10} : PM_{2,5} : PM_1$ είναι $1,38 : 1,09 : 1$. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 ανά κυβικό εκατοστό ήταν $4.510 \text{ pt}/\text{cm}^3$.

8^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 21/5/2008, από τις 11:43 – 12:50 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 24°C , η σχετική υγρασία 72 %, η ταχύτητα ανέμου $0,30 \text{ m}/\text{sec}$, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν $7,2 \text{ m}/\text{sec}$ και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Δ - ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.



Αιωρούμενα σωματίδια



Διαγράμματα 7.11 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 21/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $PM_{2,5}$ και PM_1 αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 ($14 \text{ CFU}/\text{m}^3$) και 3 ($16 \text{ CFU}/\text{m}^3$), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 ($60 \text{ CFU}/\text{m}^3$) και 4 ($84 \text{ CFU}/\text{m}^3$).

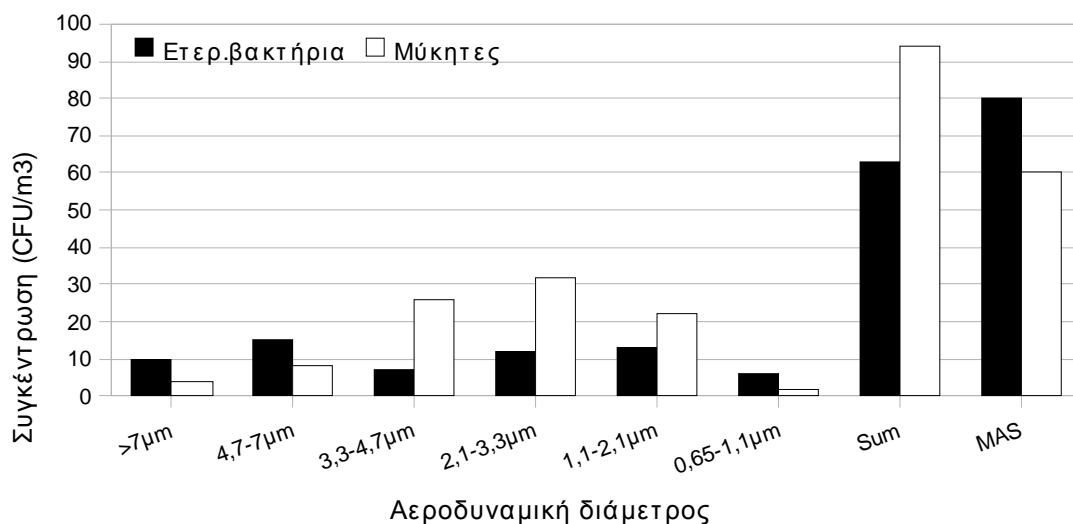
Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (230 CFU/m^3) είναι σχεδόν πενταπλάσιο σε σύγκριση με αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (49 CFU/m^3), ενώ είναι πολύ μικρότερο συγκρίνοντάς το με αυτό της χθεσινής δειγματοληψίας. Κατά τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων σύμφωνα με τους συγγραφείς Lin και Li [13], οι οποίοι κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές των αποικιών των μυκήτων κάτω από τις εξής συνθήκες : 25 έως $30 \text{ }^\circ\text{C}$, 60 έως 70% RH και ταχύτητα ανέμου μικρότερη του 1 m/sec . Συγκρίνοντας τους δειγματολήπτες Andersen και MAS 100 στις 20/5/2008 και 21/5/2008 φαίνεται ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων των μικροοργανισμών είναι εμφανώς μικρότερες στις 21/5/2008 με τον δειγματολήπτη Andersen, ενώ με τον MAS 100 έχουμε σχεδόν τις ίδιες τιμές και για τις δύο δειγματοληψίες.

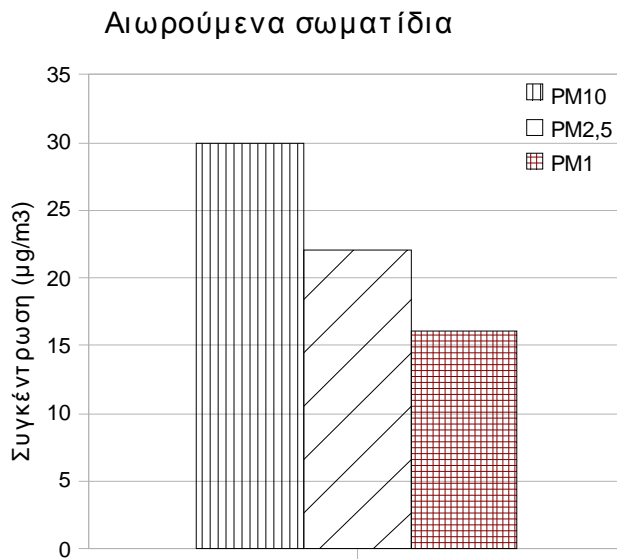
Οι συγκεντρώσεις και των τριών κλασμάτων των εισπνεύσιμων σωματιδίων ήταν αυξημένες κατά την συγκεκριμένη δειγματοληψία. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν $66 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, των $\text{PM}_{2,5}$ $57 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ και των PM_1 $49 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, αντίστοιχα. Η αναλογία $\text{PM}_{10} : \text{PM}_{2,5} : \text{PM}_1$ είναι 1,35 : 1,16 : 1 και μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 ανά κυβικό εκατοστό ήταν 4.240 pt/cm^3 .

9^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 22/5/2008, από τις 10:40 – 11:44 πμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν $22,7 \text{ }^\circ\text{C}$, η σχετική υγρασία 58,7 %, η ταχύτητα ανέμου $0,50 \text{ m/sec}$, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν $19,5 \text{ m/sec}$ και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Δ - ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

22/5/2008





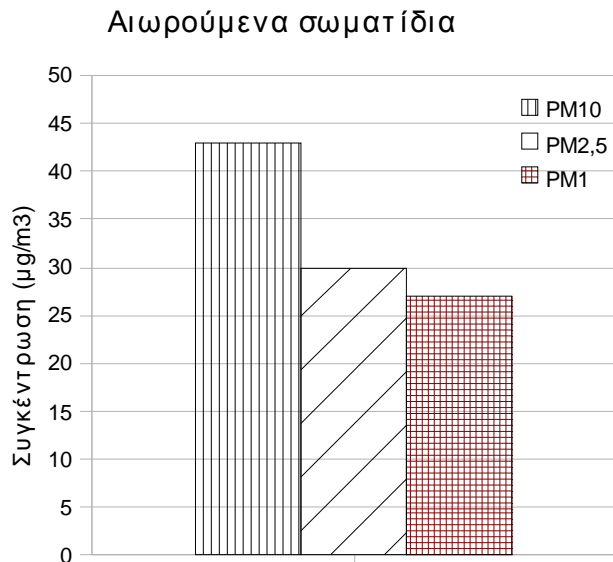
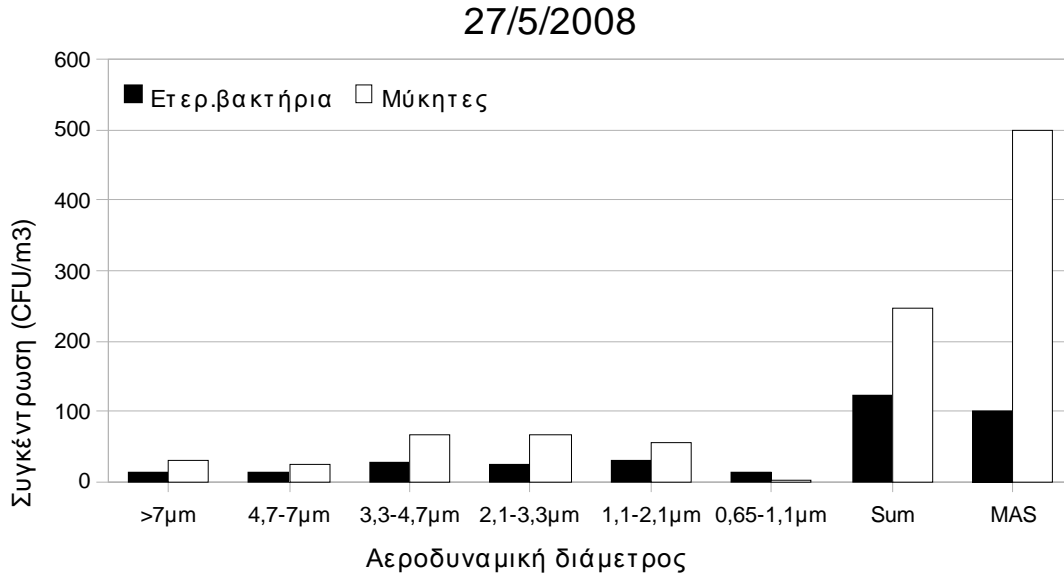
Διαγράμματα 7.12 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 22/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα 2 (15 CFU/m³) και 5 (13 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (26 CFU/m³) και 4 (32 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι συγκριτικά το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των συγκεντρώσεων των μυκήτων (94 CFU/m³) είναι κατά 1/3 υψηλότερο αυτού των ετερότροφων βακτηρίων (63 CFU/m³), ενώ ταυτόχρονα τα αποτελέσματα από τον δειγματολήπτη MAS 100 παρουσιάζουν την αντίστοιχη συσχέτιση των συγκεντρώσεων των μικροοργανισμών (80 CFU/m³ για τα βακτήρια και 60 CFU/m³ για τους μύκητες). Παρ' όλο που κατά τη συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας οι περιβαλλοντικές παράμετροι είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη των μυκήτων [13] μετρήθηκαν μειωμένες συγκεντρώσεις μυκήτων, οι οποίες πιθανόν να οφείλονται στην μεταφορά αυτών λόγω της μεγάλης μέσης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου (19,5 m/sec), σε σύγκριση με τις δυο προηγούμενες δειγματοληψίες.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 30 µg/m³, των PM_{2,5} 22 µg/m³ και των 16 µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,88 : 1,38 : 1. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 4.590 pt/cm³. Παρ' όλο που στη δειγματοληψία της προηγούμενης ημέρας ο αριθμός των PM₁ σωματιδίων ήταν στα ίδια επίπεδα με τη συγκεκριμένη δειγματοληψία, η συγκέντρωσή τους έχει μειωθεί στο 1/3.

10^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 27/5/2008, από τις 12:30 – 13:34 µμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 28,5 °C, η σχετική υγρασία 35 %, η ταχύτητα ανέμου 0,80 m/sec στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 5,5 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν ΝΑ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 100L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.



Διαγράμματα 7.13 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 27/5/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 3 (28 CFU/m³) και 5 (30 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (66 CFU/m³) και 4 (68 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (246 CFU/m³) είναι μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (122 CFU/m³), ενώ ταυτόχρονα ο δειγματολήπτης MAS 100 μας δίνει το διπλάσιο αριθμό αποικιών για τους μύκητες (500 CFU/m³).

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 43 μg/m³, των PM_{2,5} 30 μg/m³ και των PM₁ 27 μg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,59 : 1,11 : 1. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 5.086 pt/cm³.

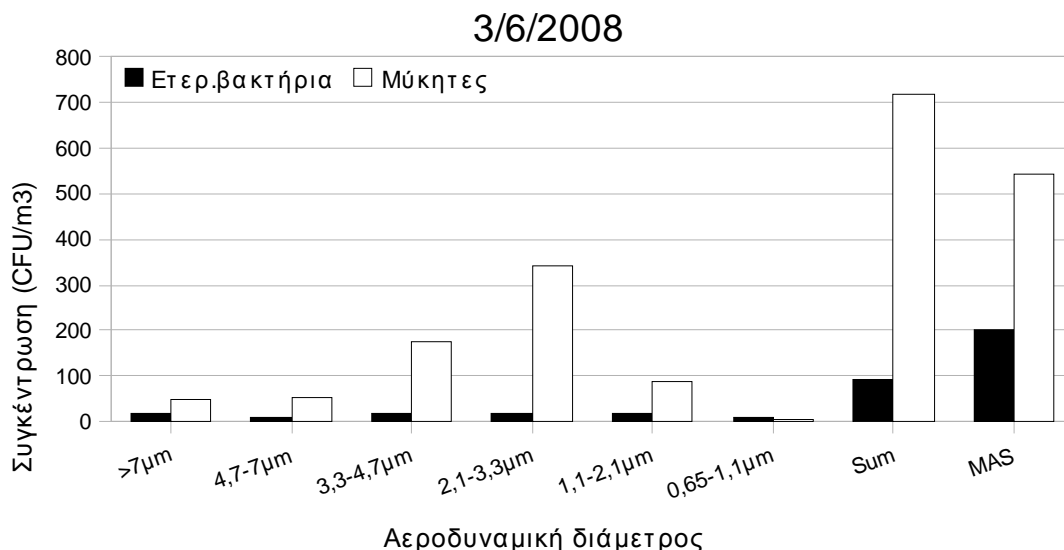
7.1.3 Δειγματοληψίες Ιουνίου 2008

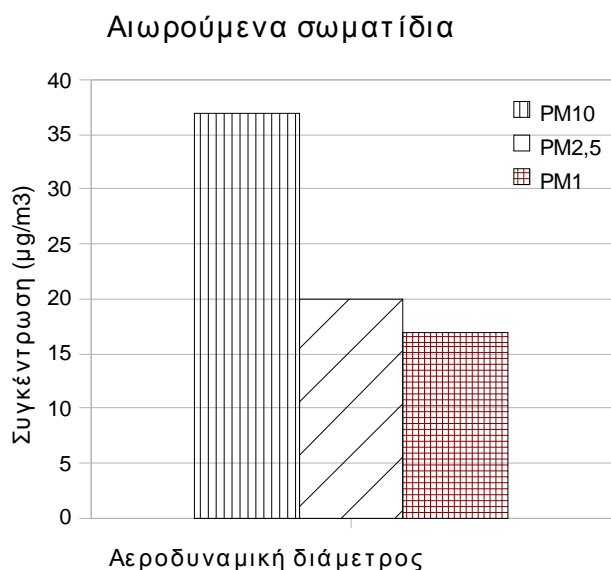
Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι μέσες συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, των αιωρούμενων σωματιδίων και των περιβαλλοντικών παραμέτρων κατά τον μήνα Ιούνιο.

ΙΟΥΝΙΟΣ						
Αεροδυναμική διάμετρος	Ετερ.βακτ. (cfu/m3)	Μύκητες (cfu/m3)	PM10 (μg/ m3)	PM2,5 (μg/m3)	PM1 (μg/m3)	PM1 (pt/cc)
>7μm		15	34	43		
4,7-7μm		11	48			
3,3-4,7μm		9	148			
2,1-3,3μm		15	170	33		
1,1-2,1μm		20	42			
0,65-1,1μm		5	3		30	4993
SUM		75	445			
MAS		142	578			
Περιβαλλοντικές παράμετροι :			T=28 °C	RH=49 %	U=0,96 m/sec	

1^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 3/6/2008, από τις 12:40 – 13:43 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 28 °C, η σχετική υγρασία 40 %, η ταχύτητα ανέμου 1 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 8,2 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Α. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 250L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.





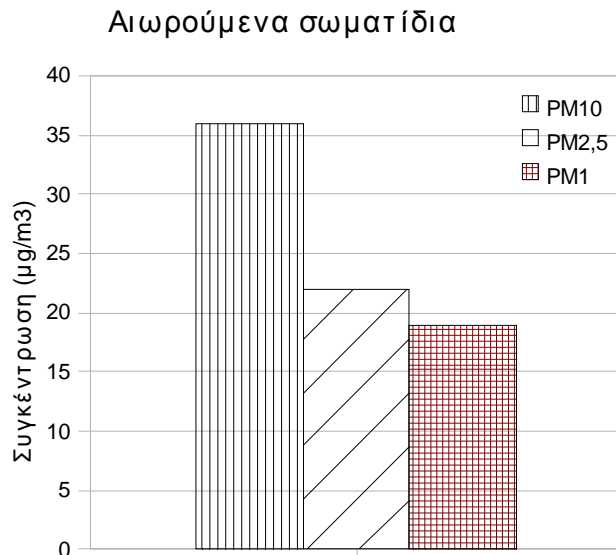
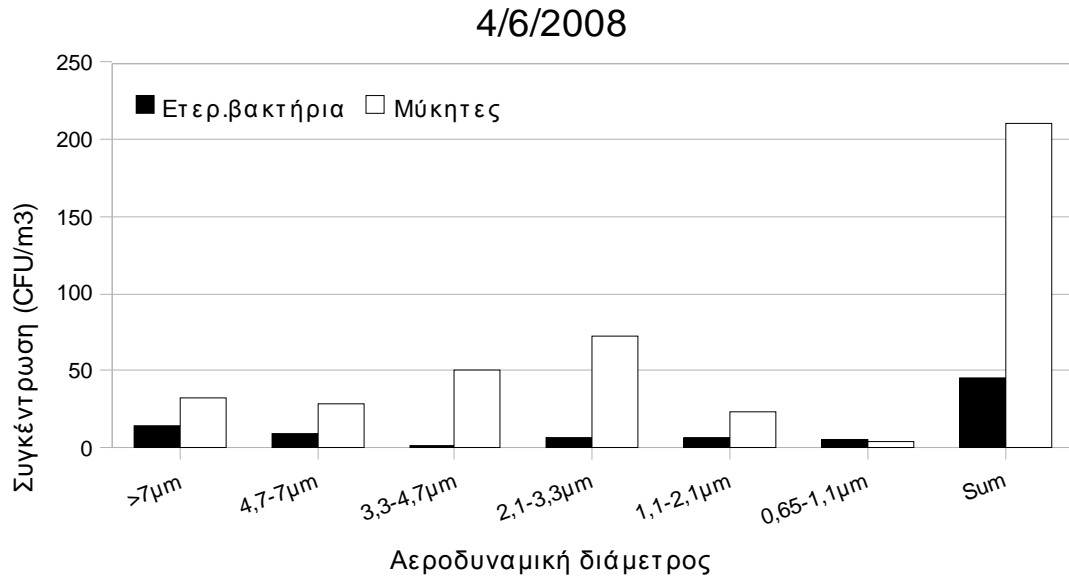
Διαγράμματα 7.14 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 3/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1, 5 (18 CFU/m³) και 4 (30 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (174 CFU/m³) και 4 (344 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των συγκεντρώσεων των μυκήτων (718 CFU/m³) είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (91 CFU/m³), ενώ ταυτόχρονα με τον δειγματολήπτη MAS 100 προσδιορίστηκε 2,24 υψηλότερη συγκέντρωση βακτηρίων (204 CFU/m³) και ελαφρώς χαμηλότερη συγκέντρωση μυκήτων (544 CFU/m³). Η ιδιαιτερότητα αυτών των αποτελεσμάτων έγκειται στο γεγονός ότι ψιχάλισε κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Σε αυτό πιθανότατα να οφείλεται η καταμέτρηση του μεγάλου αριθμού αποικιών μυκήτων, ενώ οι περιβαλλοντικές συνθήκες στο χώρο της δειγματοληψίας δεν ήταν ιδιαίτερα ευνοϊκές (RH= 40% και U_{av}= 1m/sec) [13].

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 61 µg/m³ (υψηλότερη της ημερήσιας οριακής τιμής), των PM_{2,5} 50 µg/m³ και των PM₁ 46 µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,33 : 1,09 : 1. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 5.367 pt/cm³.

2^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 4/6/2008, από τις 11:13 – 12:17 µμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 24 °C, η σχετική υγρασία 59 %, η ταχύτητα ανέμου 1,7 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 7,2 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Α. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων.



Διαγράμματα 7.16 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 4/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

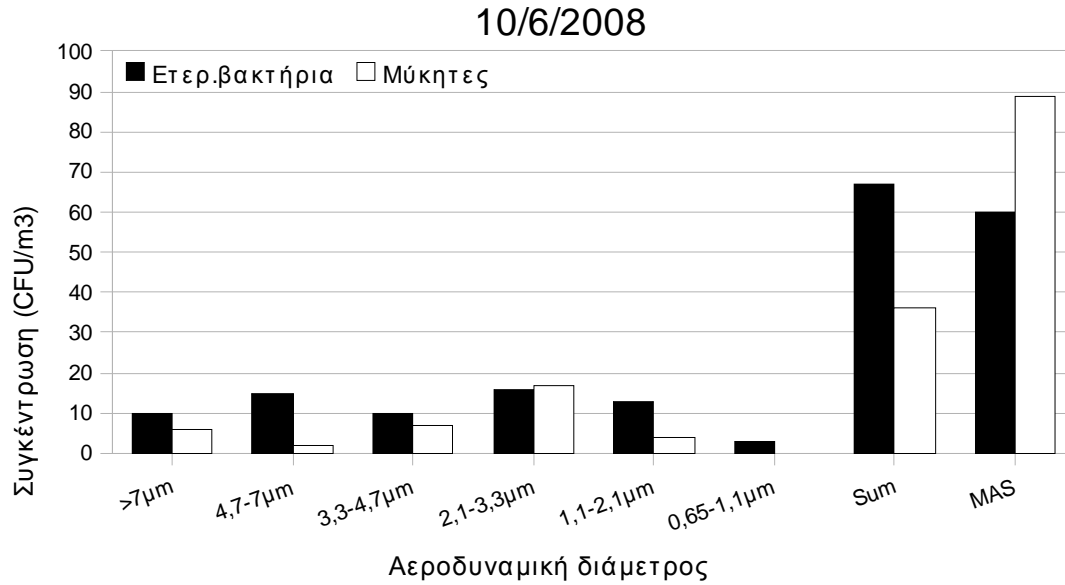
Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (15 CFU/m³) και 2 (9 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (50 CFU/m³) και 4 (72 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (210 CFU/m³) είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (46 CFU/m³).

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 36 μg/m³, των PM_{2,5} 22 μg/m³ και των PM₁ 19 μg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,89 : 1,16 : 1 και μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 4.539 pt/cm³.

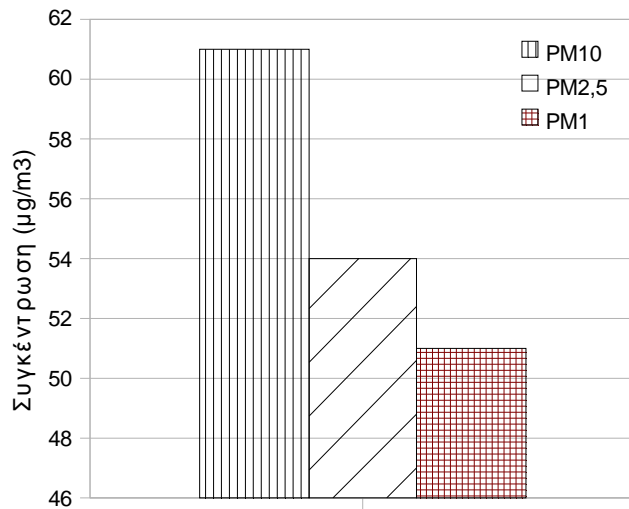
3^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 10/6/2008, από τις 13:23 – 14:48 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 24 °C, η σχετική υγρασία 60 %, η ταχύτητα ανέμου 1,65 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 6 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Β-ΒΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που

συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 250L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.



Αιωρούμενα σωματίδια



Διαγράμματα 7.17 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 10/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε μg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

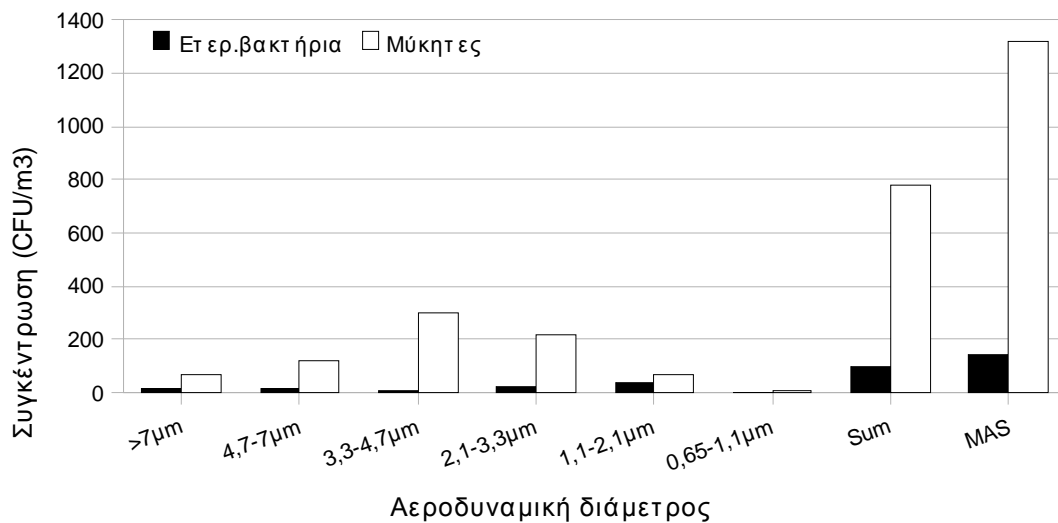
Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 2 (15 CFU/m³) και 4 (16 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (7 CFU/m³) και 4 (17 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των συγκεντρώσεων των μυκήτων (36 CFU/m³) είναι για πρώτη φορά μικρότερο, σχεδόν το 1/2, από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (67 CFU/m³), ενώ ταυτόχρονα με τον δειγματολήπτη MAS 100 μετρήθηκαν συγκεντρώσεις μυκήτων τουλάχιστον διπλάσιες (89 CFU/m³) και σχεδόν ίδιες συγκεντρώσεις βακτηρίων (60 CFU/m³). Παρ' όλο που οι περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας είναι σχετικά ευνοϊκές [13], λόγω της τιμής της ταχύτητας του ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας, οι συγκεντρώσεις των μυκήτων είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στον ήλιο, πράγμα που σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις των μυκήτων επηρεάζονται από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μεγαλύτερη της ημερήσιας οριακής τιμής), των $PM_{2,5}$ $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και των PM_1 $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα. Η αναλογία $PM_{10} : PM_{2,5} : PM_1$ είναι $1,2 : 1,06 : 1$. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 ανά κυβικό εκατοστό ήταν ο χαμηλότερος μέχρι αυτή τη δειγματοληψία με τιμή $2.773 \text{ pt}/\text{cm}^3$.

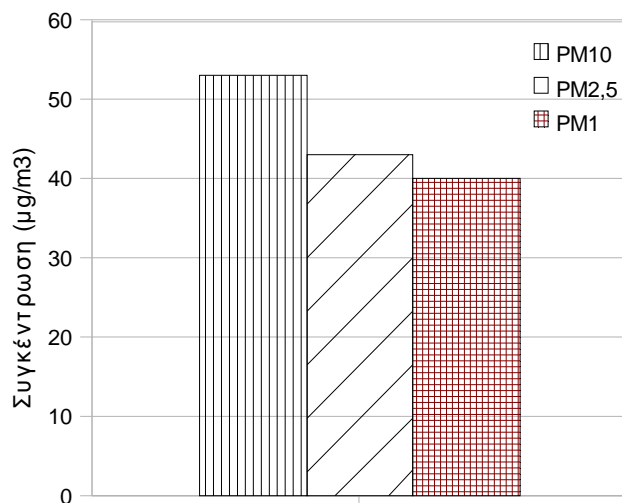
4^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 11/6/2008, από τις 12:12 – 13:38 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν $26,7 \text{ }^\circ\text{C}$, η σχετική υγρασία $50,7 \%$, η ταχύτητα ανέμου $0,4 \text{ m}/\text{sec}$, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν $4,8 \text{ m}/\text{sec}$ και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν ΒΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 250L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

11/6/2008



Αιωρούμενα σωματίδια



Διαγράμματα 7.18 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 11/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $PM_{2,5}$ και PM_1 αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 4 ($22 \text{ CFU}/\text{m}^3$) και 5 ($34 \text{ CFU}/\text{m}^3$), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 ($299 \text{ CFU}/\text{m}^3$) και 4 ($220 \text{ CFU}/\text{m}^3$). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων ($778 \text{ CFU}/\text{m}^3$)

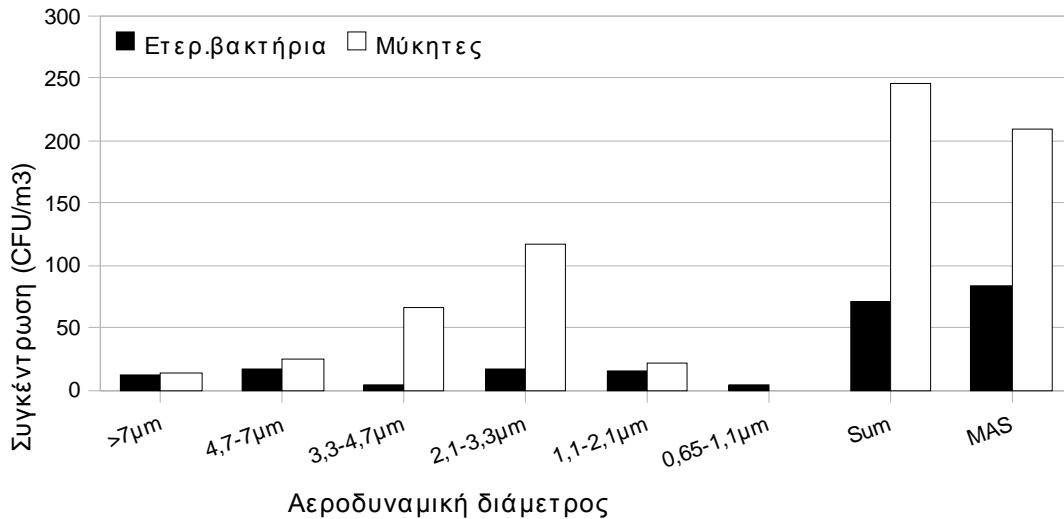
είναι σχεδόν επταπλάσιο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (95 CFU/m^3). Η συγκέντρωση των μυκήτων που μετρήθηκε με τον δειγματολήπτη MAS 100 είναι από τις υψηλότερες (1320 CFU/m^3) σε σχέση με προηγούμενες δειγματοληψίες

Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν $53 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, των $\text{PM}_{2,5}$ $43 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ και των PM_1 $40 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, αντίστοιχα. Η αναλογία $\text{PM}_{10} : \text{PM}_{2,5} : \text{PM}_1$ είναι $1,33 : 1,08 : 1$ και μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 ανά κυβικό εκατοστό ήταν 3.825 pt/cm^3 .

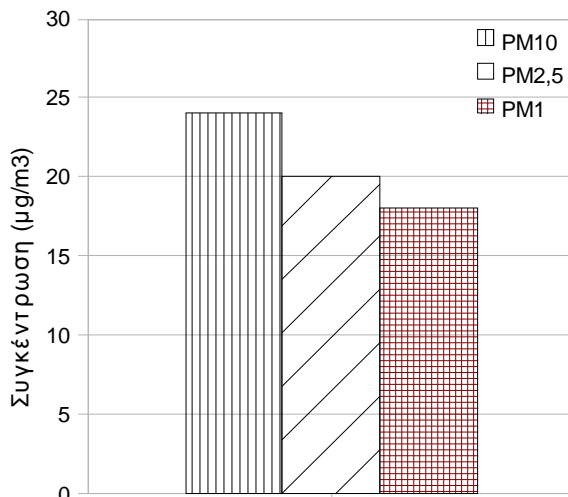
5^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 17/6/2008, από τις 11:48 – 12:54 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν $26,7 \text{ }^\circ\text{C}$, η σχετική υγρασία $58,1 \text{ } \%$, η ταχύτητα ανέμου $0,4 \text{ m/sec}$ στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν $3,7 \text{ m/sec}$ και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν ΝΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 250L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

17/6/2008



Αιωρούμενα σωματίδια



Διαγράμματα 7.19 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 17/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε $\mu\text{g/m}^3$ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

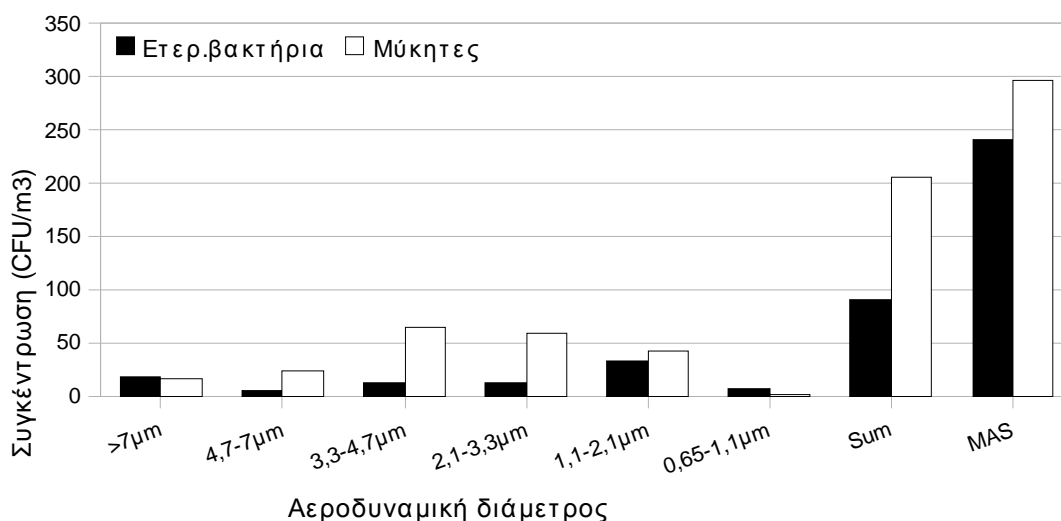
Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 2 και 4 (17 CFU/m^3) και 5 (15 CFU/m^3), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (66 CFU/m^3) και 4 (118 CFU/m^3). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (246 CFU/m^3) είναι αρκετά μεγαλύτερο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (71 CFU/m^3). Η συγκέντρωση των μυκήτων που μετρήθηκε με τον δειγματολήπτη MAS 100 είναι 209 CFU/m^3 , ενώ των βακτηρίων 84 CFU/m^3 .

Οι μέσες τιμές των PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 αιωρούμενων σωματιδίων ήταν σε χαμηλά επίπεδα. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM_{10} ήταν $24 \mu\text{g/m}^3$, των $\text{PM}_{2,5}$ $20 \mu\text{g/m}^3$ και των PM_1 $18 \mu\text{g/m}^3$, αντίστοιχα. Η αναλογία $\text{PM}_{10} : \text{PM}_{2,5} : \text{PM}_1$ είναι $1,33 : 1,11 : 1$. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 ανά κυβικό εκατοστό ήταν 3.512 pt/cm^3 .

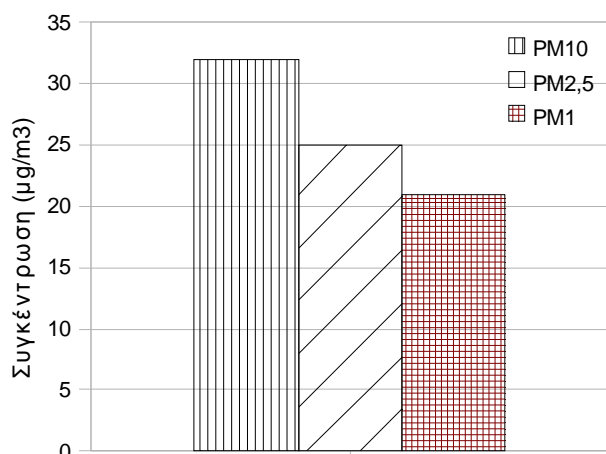
6^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 18/6/2008, από τις 11:51 – 12:56 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 30°C , η σχετική υγρασία 42,2 %, η ταχύτητα ανέμου 0,9 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 3,5 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Β-ΒΔ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 250L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.

18/6/2008



Αιωρούμενα σωματίδια



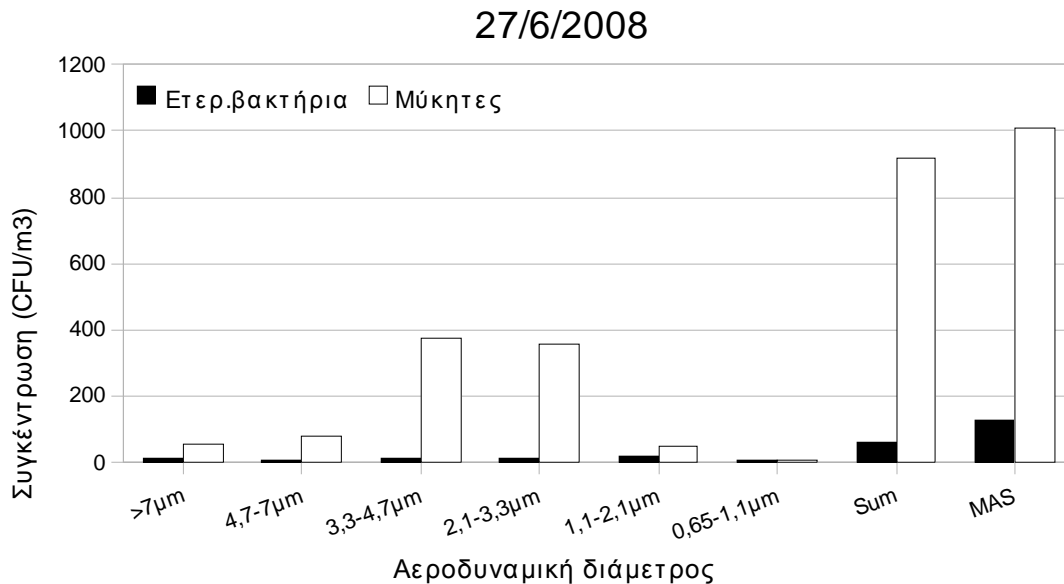
Διαγράμματα 7.20 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 18/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ και PM_1 αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε $\mu\text{g/m}^3$ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

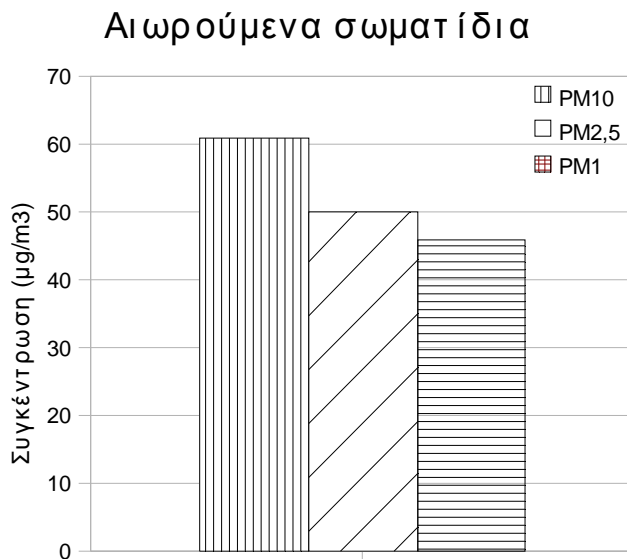
Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 1 (18 CFU/m³) και 5 (34 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (64 CFU/m³) και 4 (60 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (206 CFU/m³) είναι τουλάχιστον διπλάσιο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (90 CFU/m³). Η συγκέντρωση των μυκήτων που μετρήθηκε με τον δειγματολήπτη MAS 100 είναι 297 CFU/m³, ενώ των βακτηρίων 241 CFU/m³, σχεδόν τριπλάσια από αυτή που μετρήθηκε με τον δειγματολήπτη Andersen. Επίσης φαίνεται ότι παρ' όλο που δεν είναι ιδανικές οι συνθήκες για την ανάπτυξη μυκήτων, λόγω της χαμηλής σχετικής υγρασίας, οι συγκεντρώσεις τους είναι μεγαλύτερες σε σύγκριση με την δειγματοληψία της προηγούμενης ημέρας που πραγματοποιήθηκε την ίδια ώρα.

Οι μέσες συγκεντρώσεις των PM₁, PM_{2,5} και PM₁₀ αιωρούμενων σωματιδίων ήταν σε χαμηλά επίπεδα όπως κατά την προηγούμενη ημέρα δειγματοληψίας. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 32 μg/m³, των PM_{2,5} 25 μg/m³ και των PM₁ 21 μg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,52 : 1,19 : 1. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 3.826 pt/cm³.

7^η Δειγματοληψία

Η συγκεκριμένη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 27/6/2008, από τις 12:40 – 13:43 μμ. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος ήταν 36,5 °C, η σχετική υγρασία 33 %, η ταχύτητα ανέμου 1,18 m/sec, στο σημείο δειγματοληψίας, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου ήταν 6,8 m/sec και η κύρια διεύθυνση του ανέμου αυτή την ημέρα ήταν Δ. Οι όγκοι των αέριων δειγμάτων που συλλέχθηκαν ήταν 500L για τα ετερότροφα βακτήρια και τους μύκητες με τον δειγματολήπτη Andersen 6 επιπέδων και 250L για τους ίδιους μικροοργανισμούς με τον δειγματολήπτη MAS 100.





Διαγράμματα 7.21 Απεικόνιση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και αιωρούμενων σωματιδίων κατά την δειγματοληψία από 27/6/2008. Τα ραβδογράμματα των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2,5} και PM₁ αναφέρονται σε συγκεντρώσεις σωματιδίων σε µg/m³ κατά την διάρκεια των αντίστοιχων μετρήσεων των απεικονιζόμενων μικροοργανισμών.

Σε σχέση με την κατανομή των αερομεταφερόμενων μικροβίων ανά μέγεθος παρατηρούνται οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βακτηρίων στα επίπεδα 4 (14 CFU/m³) και 5 (17 CFU/m³), ενώ οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστες συγκεντρώσεις στα επίπεδα 3 (376 CFU/m³) και 4 (358 CFU/m³). Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των 6 επιπέδων (sum) των αποικιών των μυκήτων (918 CFU/m³) είναι τουλάχιστον δεκαπλάσιο από αυτό των ετερότροφων βακτηρίων (918 CFU/m³). Η συγκέντρωση των μυκήτων που μετρήθηκε με τον δειγματολήπτη MAS 100 είναι 1006 CFU/m³, ενώ των βακτηρίων 124 CFU/m³, σχεδόν διπλάσια από αυτή που μετρήθηκε με τον δειγματολήπτη Andersen.

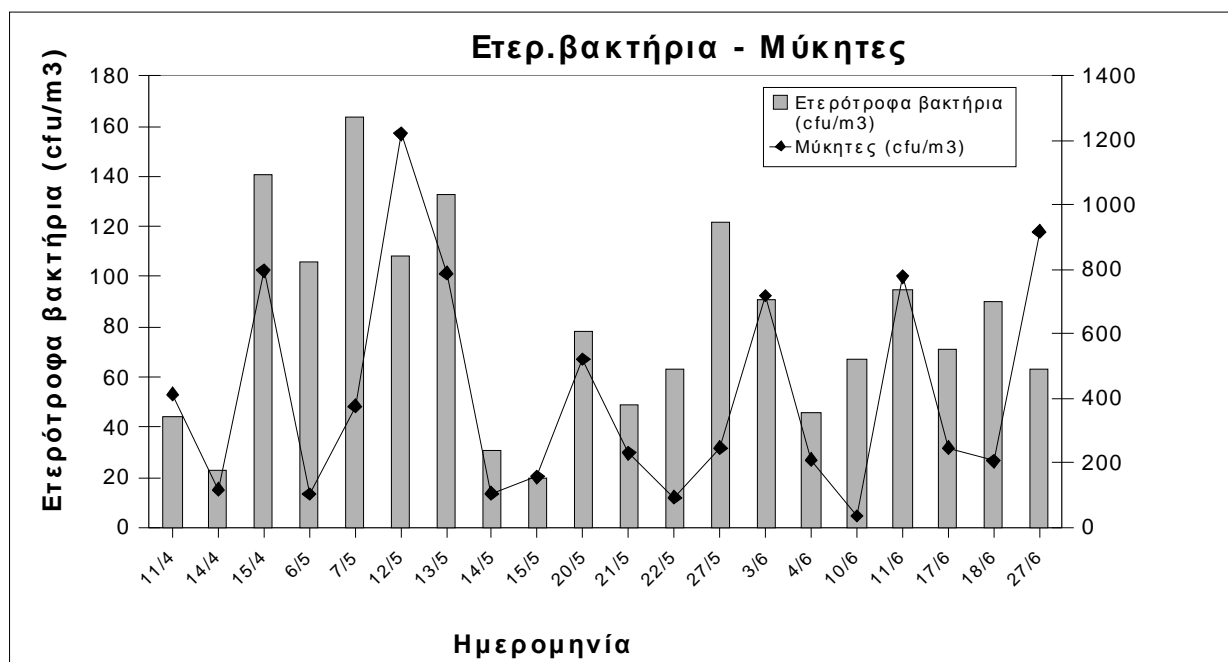
Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των PM₁₀ ήταν 61 µg/m³ (μεγαλύτερη της ημερήσιας οριακής τιμής), των PM_{2,5} 50 µg/m³ και των PM₁ 46 µg/m³, αντίστοιχα. Η αναλογία PM₁₀ : PM_{2,5} : PM₁ είναι 1,33 : 1,09 : 1 και πολύ μεγαλύτερη από την προηγούμενη. Ο αριθμός των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ ανά κυβικό εκατοστό ήταν 5.367 pt/cm³. Η αύξηση των συγκεντρώσεων και του αριθμού των αιωρούμενων σωματιδίων συμβαδίζει με την αύξηση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μυκήτων.

7.2 Συσχέτιση αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των διάφορων μετρηθέντων παραμέτρων μεταξύ τους καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων (11/04/2008 – 27/06/2008).

7.2.1. Συσχέτιση ανάμεσα στους αερομεταφερόμενους μικροοργανισμούς

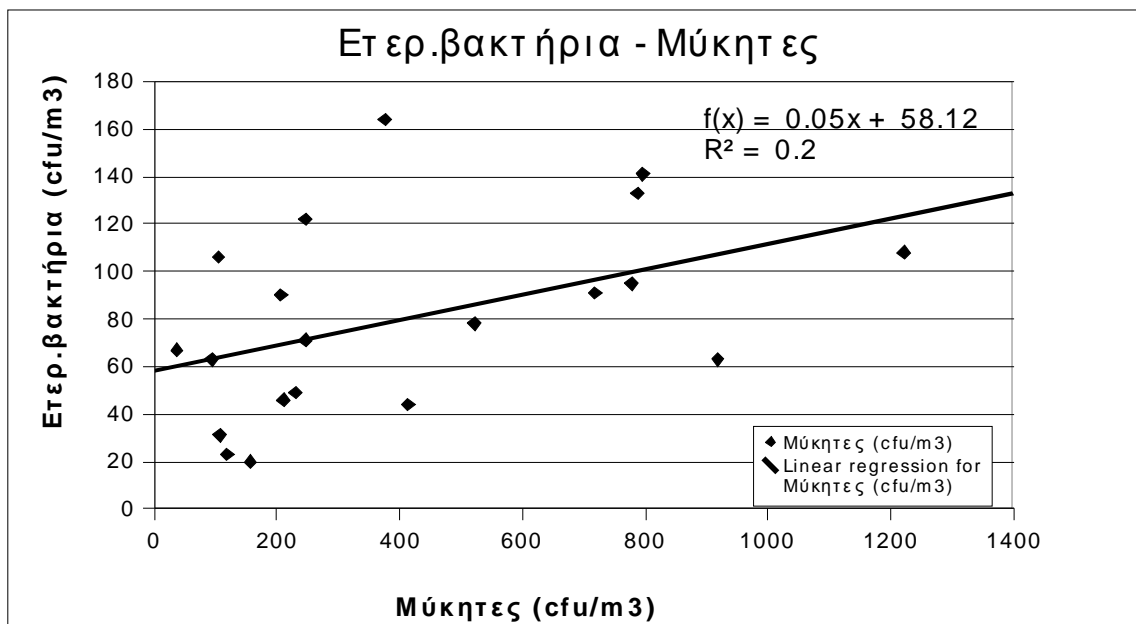
Στο διάγραμμα 7.2.1 παρουσιάζεται γραφικά η συσχέτιση των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών σε όλη την περίοδο μετρήσεων από 11/04/2008 έως 27/06/2008.



Διάγραμμα 7.2.1 Συσχέτιση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων. Εδώ απεικονίζεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των επιπέδων του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 7.2.1 παρατηρούνται αυξομειώσεις στις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Σε συγκεκριμένες ημερομηνίες παρατηρούνται παρόμοιες αυξητικές ή μειωτικές τάσεις, ενώ αντίθετα σε διαφορετικές ημερομηνίες διαπιστώνονται αντίστροφες τάσεις.

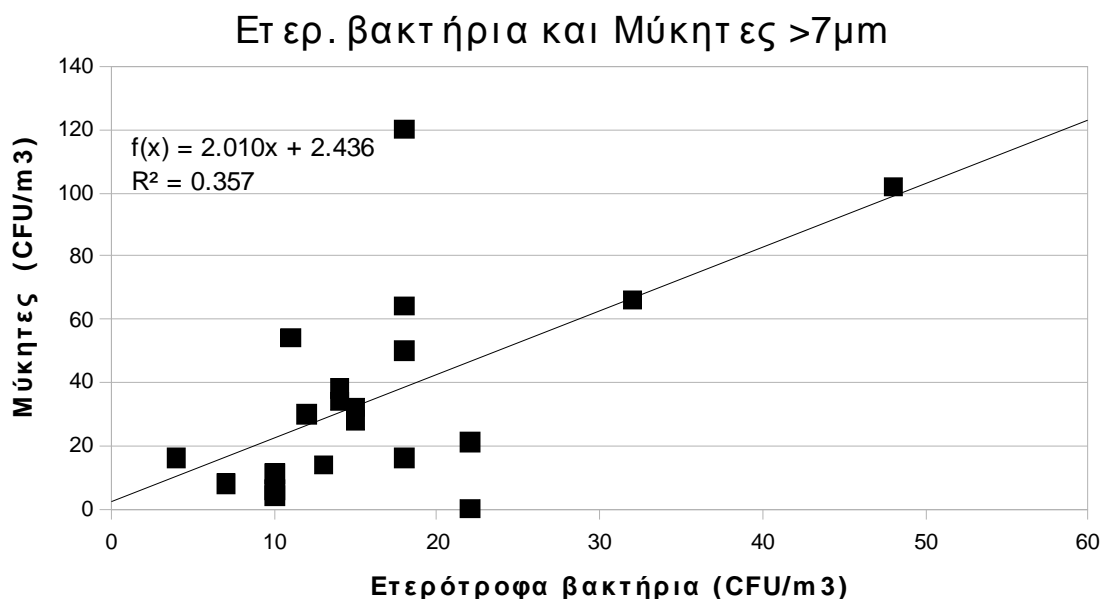
Ο συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα στις συνολικές συγκεντρώσεις των 6 επιπέδων του δειγματολήπτη Andersen των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και των αερομεταφερόμενων μυκήτων είναι πολύ χαμηλός $R^2 = 0,2$, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.2.2.



Διάγραμμα 7.2.2 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών. Αφορά επίσης το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των επιπέδων του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen και όλο το διάστημα των μετρήσεων.

Η συσχέτιση ανάμεσα στις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων βακτηρίων και μυκήτων που προσδιορίστηκαν με τον MAS 100 είναι ελαφρώς μόνο καλύτερη με τιμή $R^2 = 0,299$.

Ελαφρά μόνο καλύτερη συσχέτιση με τιμή $R^2 = 0,357$ παρουσιάζεται ανάμεσα στις συγκεντρώσεις του επιπέδου 1 του δειγματολήπτη Andersen, δηλαδή ανάμεσα στις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με αεροδυναμική διάμετρο συλλογής μεγαλύτερη από 7 μ m (διάγραμμα 7.2.3).

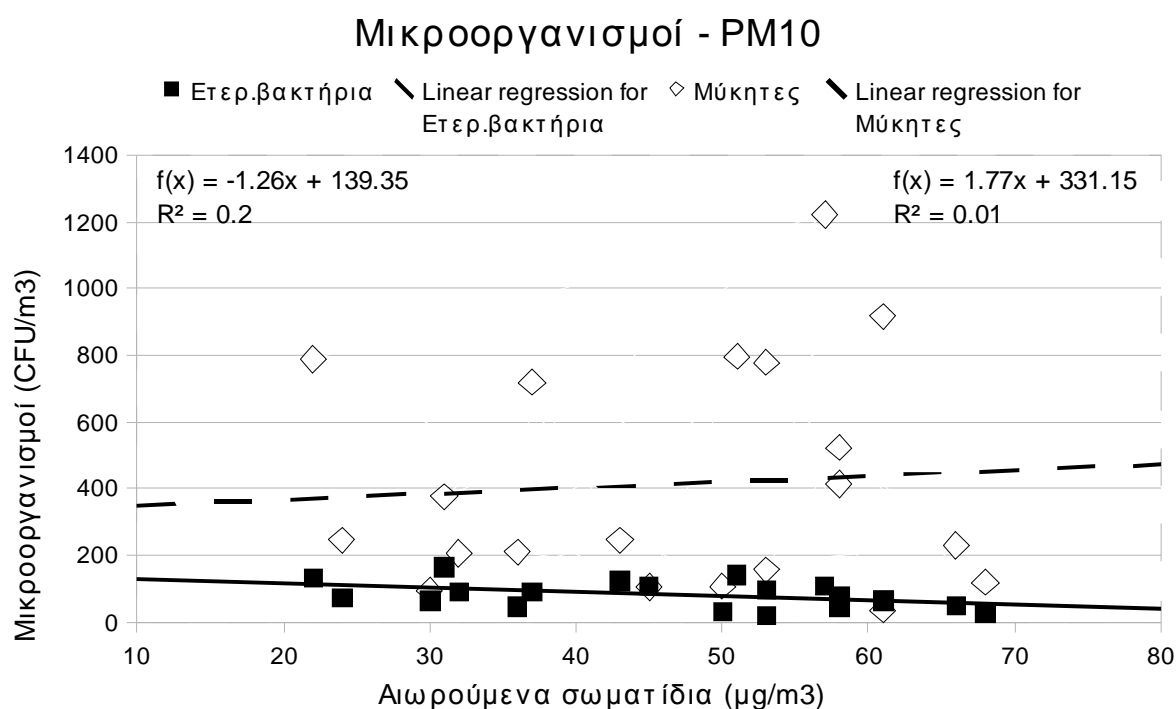


Διάγραμμα 7.2.3 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών. Αφορά την συγκέντρωση του 1ου επιπέδου του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen και όλο το διάστημα των μετρήσεων.

7.2.2. Συσχέτιση αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με αιωρούμενα σωματίδια

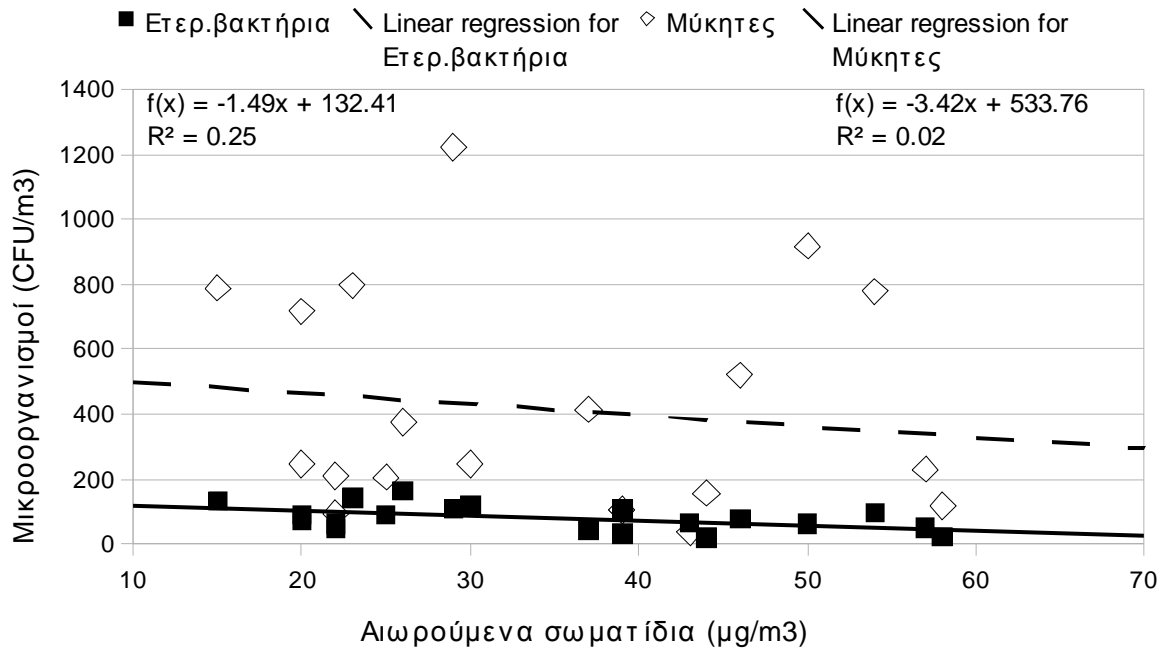
Στη συνέχεια εξετάστηκε η συσχέτιση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων αιωρούμενων σωματιδίων εισπνεύσιμου κλάσματος PM_{10} , $PM_{2,5}$ και PM_1 .

Στα διαγράμματα 7.2.4 έως 7.2.7 παρουσιάζονται γραφικά οι συσχετίσεις των συνολικών συγκεντρώσεων (άθροισμα των συγκεντρώσεων των 6 επιπέδων του δειγματολήπτη Andersen) με τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων που μετρήθηκαν στις αντίστοιχες δειγματοληψίες.



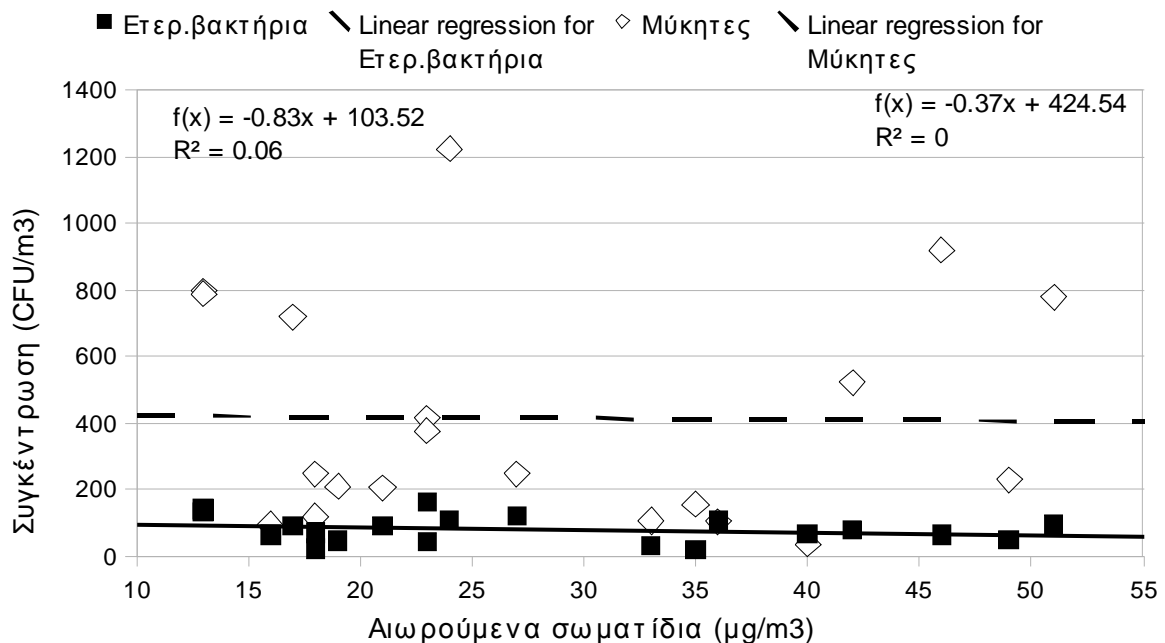
Διάγραμμα 7.2.4 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με την συγκέντρωση μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} . Εδώ απεικονίζεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των επιπέδων του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen σε όλο το διάστημα των μετρήσεων.

Μικροοργανισμοί - PM_{2,5}

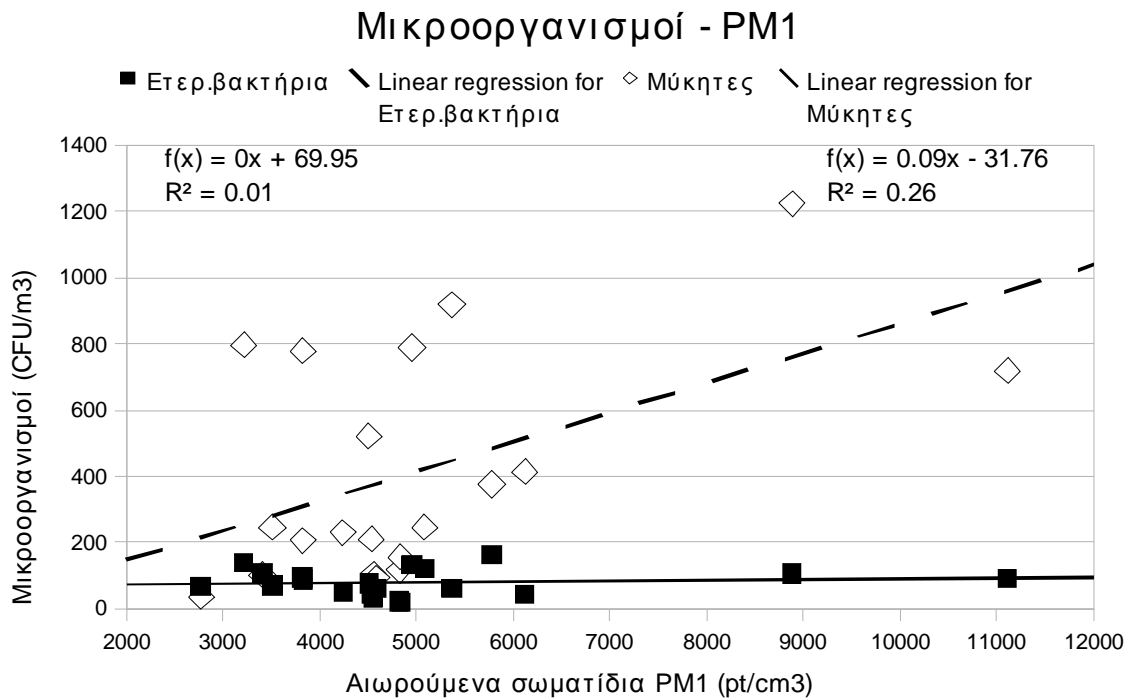


Διάγραμμα 7.2.5 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με την συγκέντρωση μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2,5}. Αφορά επίσης το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των επιπέδων του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen σε όλο το διάστημα των μετρήσεων.

Μικροοργανισμοί - PM₁



Διάγραμμα 7.2.6 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με την συγκέντρωση μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁. Εδώ απεικονίζεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των επιπέδων του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen σε όλο το διάστημα των μετρήσεων.



Διάγραμμα 7.2.7 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με την αριθμητική συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁. Εδώ απεικονίζεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των επιπέδων του 6-θέσιου δειγματολήπτη Andersen σε όλο το διάστημα των μετρήσεων.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα 7.2.4 έως 7.2.7 και από τους υπολογισθέντες συντελεστές R^2 , η συσχέτιση των συνολικών συγκεντρώσεων των ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων με τις συγκεντρώσεις μάζας των PM₁, PM_{2.5} και PM₁₀ αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς και την αριθμητική συγκέντρωση των PM₁ σωματιδίων είναι πολύ χαμηλή και κυμαίνεται από 0 έως 0,26.

Οι υψηλότερες συσχετίσεις 0,2 – 0,25 παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις συνολικές συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων και στις συγκεντρώσεις μάζας των PM₁₀ και PM_{2.5} σωματιδίων. Αντίθετα οι συνολικές συγκεντρώσεις ετερότροφων βακτηρίων με την αριθμητική και τη συγκέντρωση μάζας των PM₁ σωματιδίων ήταν σχεδόν μηδενική. Σε σύγκριση οι συνολικές συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μυκήτων παρουσιάζουν μια χαμηλή συσχέτιση μόνο με την αριθμητική συγκέντρωση των PM₁ σωματιδίων ($R^2 = 0,26$)

7.2.3 Συσχέτιση αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με περιβαλλοντικές συνθήκες

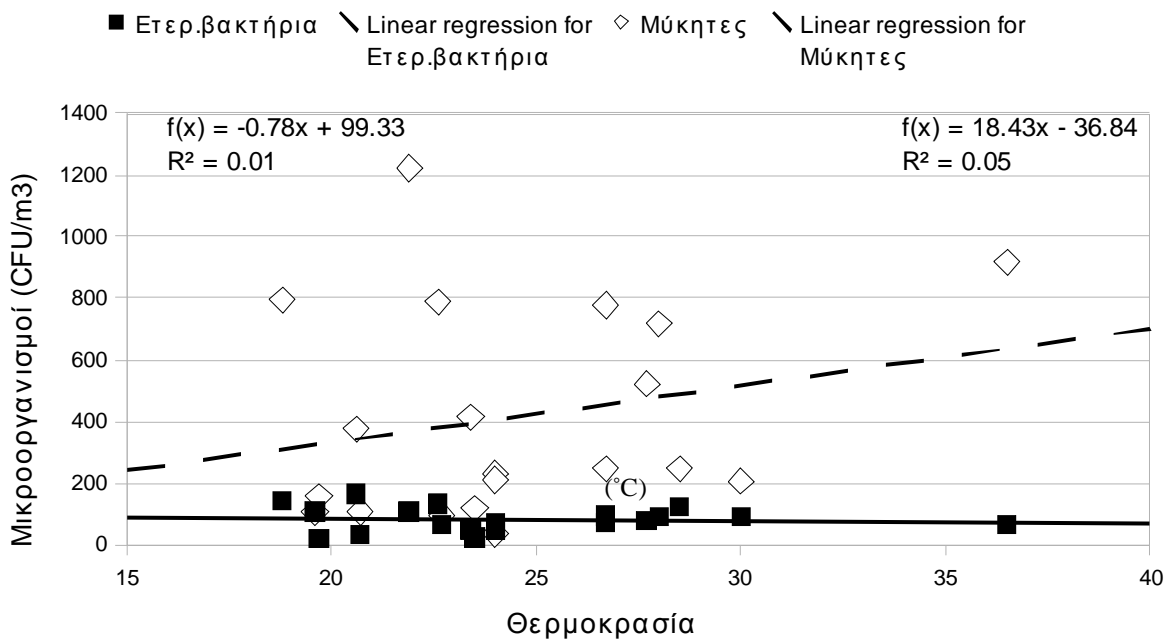
Η σχέση της συγκέντρωσης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και των περιβαλλοντικών μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας, μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου) εξετάστηκε μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή συσχέτισης R^2 .

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των ολικών συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών που προέρχονται από το άθροισμα των 6 επιπέδων συλλογής του δειγματολήπτη Andersen, με τη θερμοκρασία (Διάγραμμα 7.2.6), την σχετική υγρασία (Διάγραμμα 7.2.7), την ταχύτητα ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας (Διάγραμμα 7.2.8) και την μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου (Διάγραμμα 7.2.9).

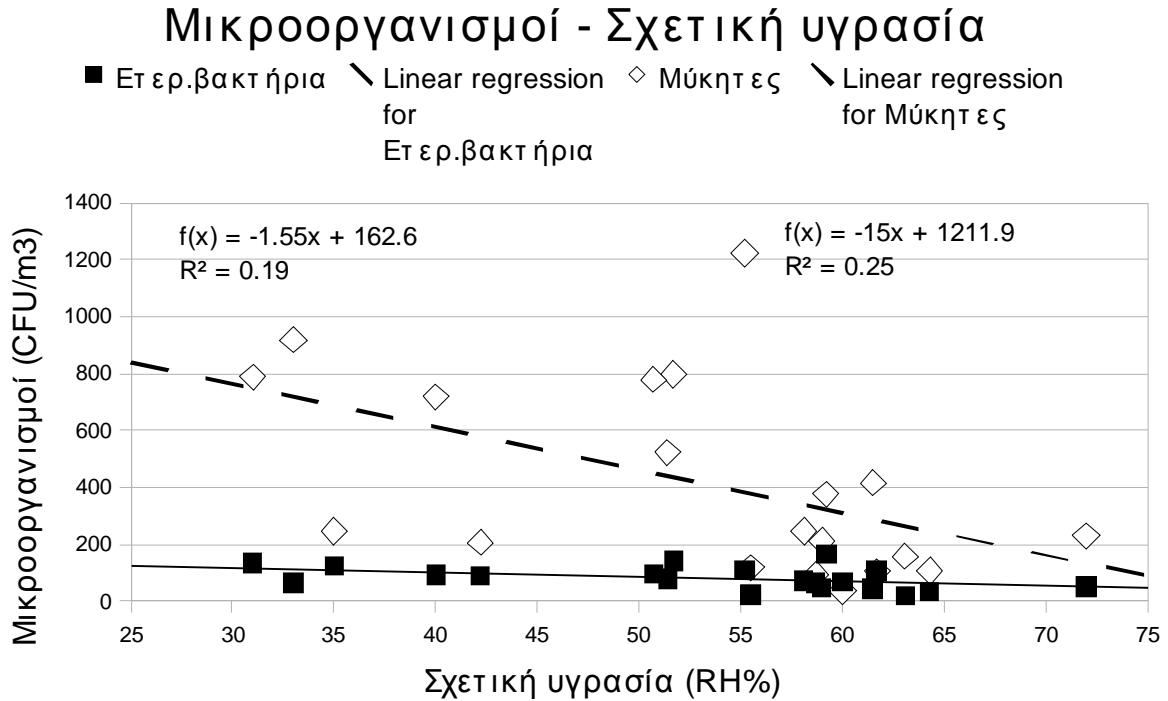
Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.2.6 πολλή χαμηλή συσχέτιση διαπιστώθηκε σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την ώρα δειγματοληψίας, η οποία τόσο για τα ετερότροφα βακτήρια όσο και για τους μύκητες είναι μικρότερη από 0,1. Με τις συγκεντρώσεις των βακτηρίων παρουσιάζεται σταθερή σχέση ενώ με τις συγκεντρώσεις των μυκήτων, αύξουσα τάση όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Χαμηλή συσχέτιση διαπιστώθηκε και με την σχετική υγρασία, η οποία εμφανίζεται σταθερή όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των ετερότροφων βακτηρίων με $R^2 = 0,19$ και φθίνουσα τάση με αυξανόμενη σχετική υγρασία όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των μυκήτων με $R^2 = 0,25$ (Διάγραμμα 7.2.7).

Οι συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών παρουσιάζουν μηδενική συσχέτιση με την στιγμιαία ταχύτητα ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας ($R^2 = 0$, Διάγραμμα 7.2.8.), ενώ ιδιαίτερα χαμηλή με R^2 μικρότερο από 1 παρουσιάζεται η συσχέτιση και με την μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου στην περιοχή δειγματοληψίας (Διάγραμμα 7.2.9).

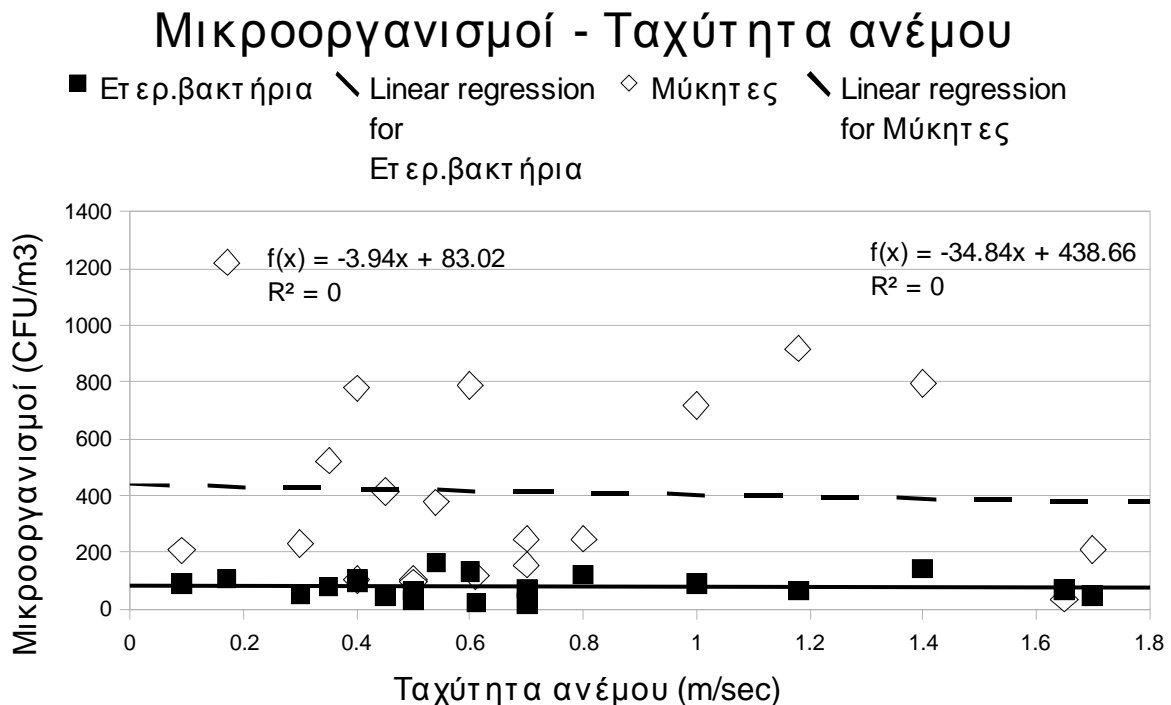
Μικροοργανισμοί- Θερμοκρασία



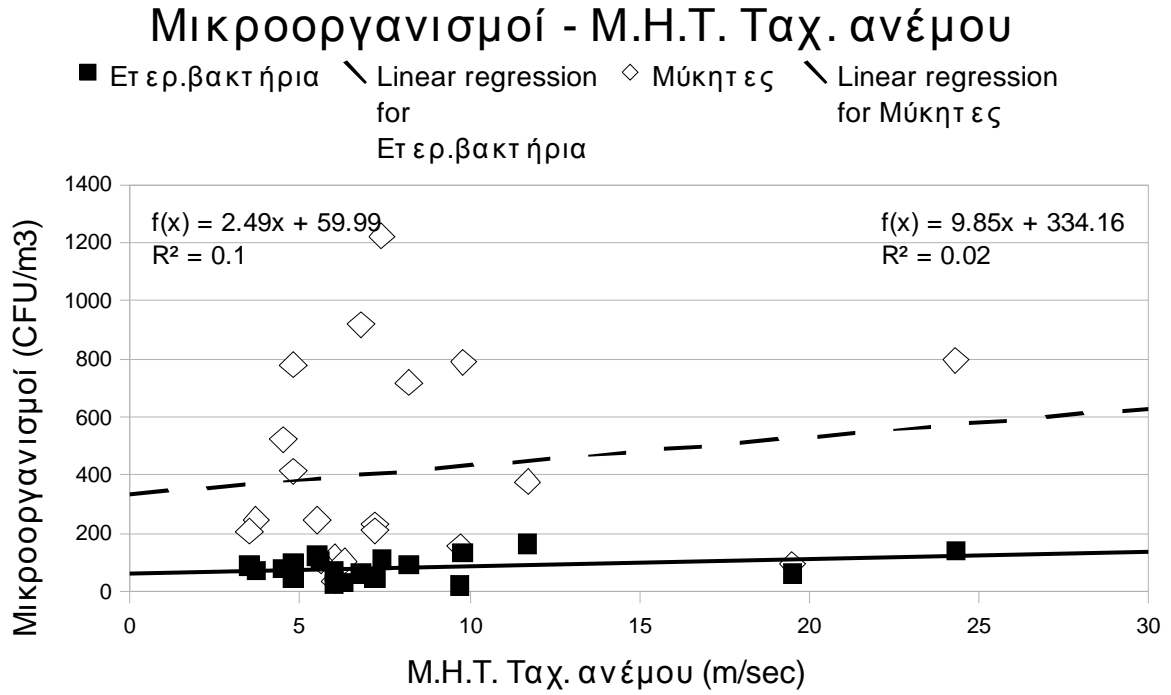
Διάγραμμα 7.2.6 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Διάγραμμα 7.2.7 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.



Διάγραμμα 7.2.8 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με την ταχύτητα του ανέμου του περιβάλλοντος.



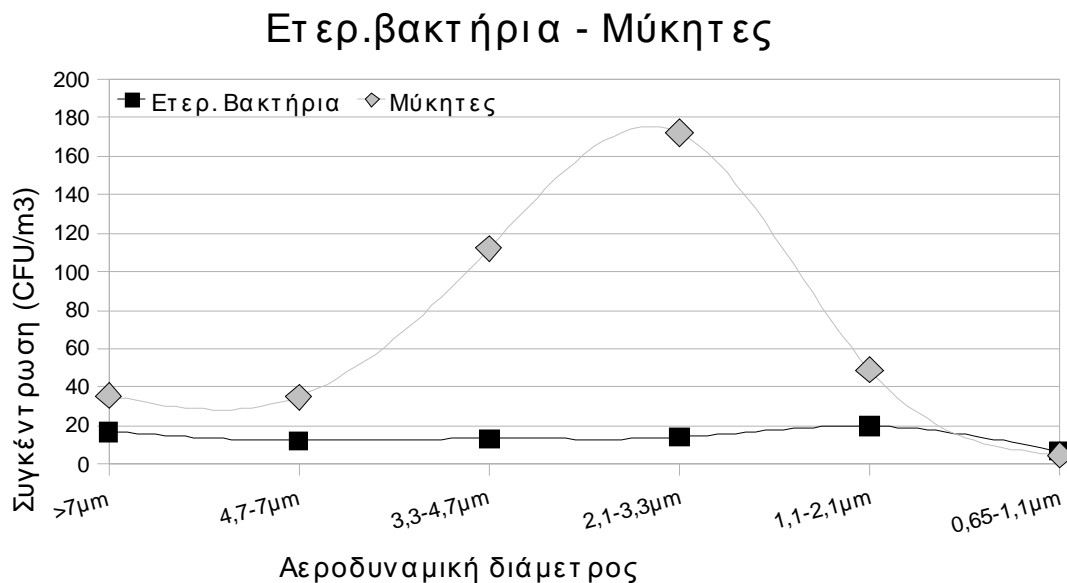
Διάγραμμα 7.2.9 Παρουσίαση της συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με την μέση ημερήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται και στα προηγούμενα κεφάλαια, η συγκεκριμένη εργασία είχε ως στόχο την μελέτη των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και των αιωρούμενων σωματιδίων στον εξωτερικό αέρα του αστικού περιβάλλοντος, στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Επίσης εξετάστηκε η μεταξύ τους συσχέτιση καθώς και η συσχέτιση με μετεωρολογικούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας.

Σχετικά με τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων παρατηρήθηκε σε όλες τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο 2008, ότι οι αερομεταφερόμενοι μύκητες ήταν πολλαπλάσιοι των ετερότροφων βακτηρίων. Ο αριθμητικός μέσος όρος των συγκεντρώσεων των μυκήτων ήταν 395 ± 338 CFU/m³, ενώ των ετερότροφων βακτηρίων 79 ± 41 CFU/m³, 5 φορές χαμηλότερος των μυκήτων. Όσον αφορά στην κατανομή των μέσων συγκεντρώσεων στα 6 επίπεδα παρατηρήθηκε ότι οι μύκητες παρουσιάζουν μέγιστα στα επίπεδα 3 και 4, ενώ τα βακτήρια παρουσιάζουν μεταβαλλόμενη κατανομή από δειγματοληψία σε δειγματοληψία και έτσι η κατανομή των μέσων συγκεντρώσεων δεν παρουσιάζει μέγιστο, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 8.1.



Διάγραμμα 8.1 Κατανομή των μέσων συγκεντρώσεων των ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων στα 6 επίπεδα του δειγματολήπτη Andersen. Αφορά τους μέσους όρους κάθε επιπέδου όλων των δειγματοληψιών

Την ίδια χρονική περίοδο και στον ίδιο τόπο δειγματοληψίας, οι μέσες συγκεντρώσεις των PM_{10} , $PM_{2,5}$ και PM_1 ήταν 46 ± 14 , 35 ± 14 και 28 ± 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα, ενώ η μέση αριθμητική συγκέντρωση των σωματιδίων PM_1 ήταν 5.059 ± 1.973 σωματίδια/ cm^3 . Η συσχέτιση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων με τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 , $PM_{2,5}$ και PM_{10} (εισπνεύσιμο κλάσμα) ήταν γενικά χαμηλή και κυμαινόταν από 0 έως 0,356. Ο μέσος όρος των συντελεστών συσχέτισης του αθροίσματος των συγκεντρώσεων των 6 επιπέδων ήταν 0,2. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και από τη συσχέτιση των αερομεταφερόμενων μικροβίων με τις περιβαλλοντικές μετεωρολογικές παραμέτρους. Η στιγμιαία συσχέτιση του ανέμου στο σημείο της δειγματοληψίας είχε μηδενική επίδραση στις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, ενώ η μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου είχε συντελεστές συσχέτισης μικρότερους από $R^2 = 0,1$. Η μηδενική επίδραση της στιγμιαίας ταχύτητας ανέμου μπορεί να συσχετίζεται με τις χαμηλές τιμές που είχε (0,3 έως 1,65 m/sec) κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των ετερότροφων βακτηρίων στα επίπεδα 5 και 6 με αεροδυναμικές διαμέτρους μεγαλύτερες των 4,5 μm διαπιστώθηκε μια υψηλότερη συσχέτιση με την μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου, όπου ο συντελεστής συσχέτισης κυμαινόταν από 0,325 έως 0,339.

Αντίστοιχη ήταν και η συσχέτιση της μέσης ημερήσιας ταχύτητας ανέμου με τις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μυκήτων των επιπέδων 5 και 6 με αεροδυναμικές διαμέτρους από 0,65 μm έως 2,1 μm , όπου ο συντελεστής συσχέτισης κυμαινόταν από 0,304 έως 0,403.

Η περιβαλλοντική θερμοκρασία που μετρήθηκε κατά τις δειγματοληψίες δεν έδειξε επίσης να έχει κάποια σημαντική επίδραση στις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι οι μετρηθείσες θερμοκρασίες κυμαίνονταν από 18,8 °C έως 36,5 °C και δεν παρουσίαζαν μέγιστες ή ελάχιστες τιμές, οι οποίες θα οδηγούσαν σε απενεργοποίηση και καταστροφή των κυττάρων των μικροοργανισμών.

Η μόνη περιβαλλοντική παράμετρος από εκείνες που προσδιορίστηκαν στην παρούσα εργασία, η οποία παρουσιάζει μια σχετικά υψηλότερη συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, είναι η σχετική υγρασία. Καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων κυμάνθηκε από 31% έως 64,3% και παρουσιάζει συντελεστές συσχέτισης για τις συγκεντρώσεις των ετερότροφων βακτηρίων $R^2 = 0,19$ και για τις συγκεντρώσεις των μυκήτων $R^2 = 0,249$. Η ύπαρξη υψηλότερης συσχέτισης μεταξύ σχετικής υγρασίας και επιβίωσης των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών έχει επιβεβαιωθεί και από άλλους ερευνητές [15].

Η χαμηλή συσχέτιση των αερομεταφερόμενων μικροβίων και αιωρούμενων σωματιδίων με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους μπορεί να σχετίζεται και με το γεγονός ότι οι εξεταζόμενες τιμές των παραμέτρων ήταν στο εύρος που μετρήθηκαν κατά τις δειγματοληψίες.

Γι' αυτό το λόγο παρ' όλο που η συσχέτιση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών με συγκεκριμένους παράγοντες, οδήγησε σε χαμηλούς συντελεστές συσχέτισης, θεωρείται ότι μπορεί να δείξει κάποιες τάσεις, οι σημαντικότερες των οποίων είναι :

1. η αριθμητική συγκέντρωση των PM_1 σωματιδίων σχετίζεται με την διασπορά των μυκήτων με αεροδυναμική διάμετρο μεταξύ 2,1 και 4,7 μm . ($R^2 = 0,357$ και $R^2 = 0,235$)
2. Η συγκέντρωση μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{2,5}$ σχετίζεται με τη διασπορά ετερότροφων βακτηρίων, ιδιαίτερα αυτών με αεροδυναμική διάμετρο μεγαλύτερη των

4,7 μm και εκείνων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη του 1,1 μm . ($R^2 = 0,243$ και $R^2 = 0,254$)

3. Από τις περιβαλλοντικές μετεωρολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, η σχετική υγρασία είχε την μεγαλύτερη επίδραση στις συγκεντρώσεις των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών. ($R^2 = 0,2 - 0,25$)

Λαμβάνοντας υπόψη τους χαμηλούς συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών και των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς και των εξετασθέντων περιβαλλοντικών μετεωρολογικών παραμέτρων συμπεραίνεται ότι μια πολυπαραγοντική ανάλυση ίσως θα μπορούσε καλύτερη κατανόηση του εξεταζόμενου θέματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. L. S. Ruzer, N. H. Harley, 2005, *Aerosols Handbook ; Measurement, Dosimetry and Health Effects*, CRC Press, Florida
2. ESPERE Climate Encyclopaedia (Εγκυκλοπαίδεια του Κλίματος), *Clouds and Particles*, διαθέσιμο από www.espere.net
3. Environmental Protection Agency, 2003, *PM10 Plan – Modeling Analysis*, USA
4. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1999, *Bioaerosols : Assessment and Control*, ACGIH, U.S.A
5. V. Kummer, W. R. Thiel, 2007 *Bioaerosols – Sources and Control Measures*, Int. J. Hyg. Environ.-Health, doi: 10.1016/j.ijheh.2007.06.006
6. C. – D. Paul, 1997, *Βιολογία – Τεχνολογία & Περιβάλλον*, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, Αθήνα
7. Α. Δ. Καραγκούνη – Κύρτσου, 1999, *Μικροβιολογία*, Εκδόσεις Αθην. Σταμούλης, Αθήνα
8. Μ. Πανταζίδου, Α. Ξενίδης, Ν. Παπασιώπη, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Μεταπτυχιακών Σπουδών “Αποκατάσταση ρυπασμένων χώρων”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, διαθέσιμο από http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/48/papasiopi/biologikes_methodoi_pres.pdf
9. Ν. Καλογεράκης, 2003, Σημειώσεις μαθήματος Τεχνικής Βιοχημικών Διεργασιών – Αρχές Βιοχημικών διεργασιών, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
10. Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 1999, *Οδηγία 1999/30/ΕΚ*, 1996, *Οδηγία 1996/62/ΕΚ*. Διαθέσιμες από : www.eur-lex.europa.eu
11. Σ. Καρρά, 2006, Πτυχιακή εργασία : *Προσδιορισμός μικροβιακού φορτίου σε αεροζόλ σε εγκατάσταση ΕΕΑΥΑ*, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τ.Ε.Ι Κρήτης Παράρτημα Χανίων.
12. WWF, 2006, *Παρατηρητήριο Περιβαλλοντικής Νομοθεσίας*. Διαθέσιμο από: www.politics.wwf.gr
13. W.H Lin, and C.S. Li, *Associations of fungal aerosols, air pollutants and meteorological factors*, *Aerosol Sci. Technol.*, 32,359, 2000
14. Μετεωρολογικός σταθμός Χανίων – Περιοχή Πολυτεχνείου Κρήτης, Κουνουπιδιανά, Χανιά. Διαθέσιμο από : www.meteo.gr/stations/chania
15. The Encyclopaedia of Earth, 2008, *Aerosols*. Διαθέσιμο από www.eoearth.org/article/Aerosols
16. Α. Παπαγιάννης, 2003 – 2004, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, “*Lasers και εφαρμογές τους στη Βιοφυσική και το Περιβάλλον*”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, διαθέσιμο από <http://users.ntua.gr/apdlidar/kefalaio2.pdf>

17. P. R. Buseck, M. Pósfai, *Airborne minerals and related aerosol particles: Effects on climate and environment*, Proc. Natl. Acad. Sci USA (96), 1999
18. Το δίκτυο των Ερευνητών στην Κοινωνία, 2007, Μετάφραση του κεφαλαίου Frequently Asked Questions στην έκθεση “Climate Change 2007 – The Physical Science Basis contribution of Working Group/ to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, *Με ποιό τρόπο συμβάλλουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στις κλιματικές αλλαγές και πόσο σημαντική είναι αυτή η συμβολή σε σχέση με τις φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν το κλίμα*; διαθέσιμο από www.rewebis.gr/material/3.pdf
19. Ι.Β. Γεντεκάκης, 2003, *Ατμοσφαιρική ρύπανση, Επιπτώσεις, Έλεγχος και Εναλλακτικές Τεχνολογίες*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
20. Ε. Κατσιβέλα, Δ. Μαρουκλή, Α. Παντίδου, 2006, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, “*Εργαστήριο Τεχνολογίας Ελέγχου Ποιότητας Αέρα*”. Εκδόσεις Τ.Ε.Ι Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Παράρτημα Χανίων.
21. Ε. Κατσιβέλα, Δ. Βενιέρη, Ν. Καλογεράκης (2006), Πανεπιστημιακές Σημειώσεις “*Περιβαλλοντική Μικροβιολογία*“. Εκδόσεις Πολυτεχνείου Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά.
22. S. Sjoak, P. Saundyn, W. Davis, Sidney Draggan, *Smog*, 2009, διαθέσιμο από www.eoearth.org/article/Smog
23. Environmental Protection Agency, 2003, *Particle pollution and your Health*, διαθέσιμο από www.epa.gov/air/particlepollution/pdfs/pm-color.pdf
24. R.M. Maier, J.L. Pepper, C.P. Gerba, 2002, *Environmental Microbiology*, Academic Press, Canada
25. Μ. Λαζαρίδης, 2005, *Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας*, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
26. S. Karra and E. Katsivela, 2007, *Microorganisms in Bioaerosol Emissions from Wastewater Treatment Plant during Summer at Mediterranean Site*, Water Research 41, 13.55 – 13.65.