

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**<<ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ & ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
(ΕΜΑΚ) ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΕ
ΑΕΡΙΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ ΚΑΙ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ
ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΤΟΥ ΕΜΑΚ>>**

ΚΟΝΤΑΞΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δρ.ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ Μ.(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Δρ.ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ Ν.

Δρ.ΜΑΝΤΖΑΒΙΝΟΣ Δ.

ΧΑΝΙΑ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ποιότητας αέρας στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ του Νομού Χανίων για την προστασία της υγείας των εργαζόμενων από την έκθεση τους σε αέριους ρύπους και αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης στοχεύει στην πρόληψη της υποβάθμισης του τοπικού ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος με την ελαχιστοποίηση των εκπομπών και την έγκαιρη λειτουργία συστήματος ελέγχου και αξιοποίησης του βιοαερίου. Για την μελέτη της ποιότητας αέρα πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται στον ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους με την χρήση φορητού οργάνου και παρατηρήσαμε τόσο στους εσωτερικούς όσο και στους εξωτερικούς χώρους ότι έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} μεγαλύτερες από $50 \mu g/m^3$ που είναι η $24^{ωρη}$ οριακή τιμή για την προστασία της δημόσιας υγείας. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο κατά τις ώρες λειτουργίας του εργοστασίου και όχι όλο το $24^{ωρο}$ (νυκτερινές ώρες) όπως προβλέπει η νομοθεσία ώστε να έχουμε ασφαλή συμπεράσματα για πιθανή υπέρβαση των ανώτατων νομοθετικών ορίων. Επίσης πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις των αέριων ρύπων που παράγονται στον χώρο υγειονομικής ταφής και ελέγχτηκε αν το παραγόμενο μεθάνιο βρίσκεται μέσα στο όριο εκρηξιμότητας, όπου παρατηρήσαμε ότι αρκετές μετρήσεις του μεθανίου βρίσκεται μέσα στο επικίνδυνο διάστημα 5-15 % με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η άμεση συλλογή και καύση του βιοαερίου. Τέλος πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις για την χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στον

Κουρουπητό και πραγματοποιήθηκε σύγκριση με την χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων που κατεγράφησαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης και παρατηρήσαμε ότι οι συγκεντρώσεις των περισσότερων στοιχείων (ανιόντων, κατιόντων) στον Κουρουπητό είναι σημαντικά υψηλότερες από αυτές του Πολυτεχνείου Κρήτης(χρονική περίοδο ενδιάμεσης φάσης αποκατάστασης και εκτέλεσης χωματουργικών εργασιών διαμόρφωσης του παλαιού ΧΑΔΑ) .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΧΥΤΥ	Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΕΜΑΚ	Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης
ΔΕΔΙΣΑ	Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων
ΔσΠ	Διαλογή στην Πηγή
ΧΔΑ	Χώρος διάθεσης απορριμμάτων
ΤΕΔΚ.	Τοπική ένωση δήμων και κοινοτήτων νομού Χανίων
ΔΕΥΑΧ	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Χανίων
PM ₁₀	Αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο ≤ 10 μm
PM _{2.5}	Αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο ≤ 2,5 μm

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1. Γενικές αρχές διαχείρισης ΑΣΑ
- 1.2. Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων

2. ΕΜΑΚ ΚΑΙ ΧΥΤΥ ΧΑΝΙΩΝ

- 2.1. Σύντομο ιστορικό
- 2.2. Γενικά στοιχεία για τον ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ του Ν. Χανίων
- 2.3. Περιγραφή των παραγωγικών διαδικασιών της μονάδας
- 2.4. Μετεωρολογικά-κλιματολογικά στοιχεία
 - 2.4.1. Βροχοπτώσεις
 - 2.4.2. Ένταση και διεύθυνση ανέμων
 - 2.4.3. Θερμοκρασία

3. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

- 3.1. Εισαγωγή στα αιωρούμενα σωματίδια
- 3.2. Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων
- 3.3. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων
- 3.4. Επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα
- 3.5. Μηχανισμοί απομάκρυνσης των αιωρούμενων σωματιδίων από το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα
- 3.6. Περιγραφή των οργάνων μέτρησης των αιωρούμενων σωματιδίων
- 3.7. Πειραματικά αποτελέσματα
 - 3.7.1 Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων
 - 3.7.2 Χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στον Κουρουπητό

4. ΒΙΟΑΕΡΙΟ

- 4.1. Γενικά στοιχεία για το βιοαερίο

- 4.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή του βιοαερίου
- 4.3. Επιπτώσεις από τις ανεξέλεγκτες εκπομπές του βιοαερίου
- 4.4. Περιγραφή του οργάνου παρακολούθησης των αερίων ρύπων
- 4.5. Πειραματικά αποτελέσματα

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΕΜΑΚ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικές αρχές διαχείρισης ΑΣΑ

Το πρόβλημα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων είναι αρκετά σοβαρό και περίπλοκο, αφού στη διαδικασία επίλυσης τους εμπλέκονται τεχνολογικοί, οικονομικοί, κοινωνικοί και θεσμικοί παράμετροι, γεγονός που καθιστά δυσχερή τη λήψη αποφάσεων. Όμως σήμερα που υπάρχει μια αρκετά μεγάλη εμπειρία στο θέμα της διαχείρισης των απορριμμάτων – περισσότερο στην υπόλοιπη Ευρώπη και την Αμερική, και λιγότερο στη Χώρα μας - έχει αποδειχθεί ότι καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία της διαχείρισης των απορριμμάτων είναι :

1. Η ένταξη της διαχείρισης μέσα σε συνολικά διαχειριστικά προγράμματα.
2. Η οργανωμένη παρέμβαση του Κράτους με κίνητρα και αντικίνητρα για τους παραγωγούς και τους καταναλωτές, καθώς και με ενέργειες (θεσμικές, οικονομικές) για τη δημιουργία αγορών ανακυκλωμένων προϊόντων.
3. Επίσης, υπάρχουν πολύ περισσότεροι λόγοι από ότι στο παρελθόν, για την εφαρμογή ολοκληρωμένων προγραμμάτων διαχείρισης απορριμμάτων, όπως (Νομαρχιακή αυτοδιοίκηση Χανίων , 2000) :
 - η αύξηση του όγκου των απορριμμάτων και ταυτόχρονα η δραστική μείωση των διαθέσιμων χώρων εναπόθεσης τους,
 - η ανάγκη προστασίας και χρήσης των διαθέσιμων φυσικών πόρων,
 - η αύξηση του κόστους διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων,

- ευρύτερες οικονομικές ωφέλειες, όπως η μείωση των εισαγωγών και της σπατάλης συναλλάγματος.

1.2. Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων



Εικόνα 1: Η Υγειονομική ταφή απορριμμάτων στο Ακρωτήρι Χανίων.

Σύμφωνα με την παραδοσιακή προσέγγιση η υγειονομική ταφή (Εικόνα 1) είναι η διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα που πρόκειται να διατεθούν διαστρώνονται σε στρώσεις ύψους 2-3 m, συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο αδρανές υλικό στο τέλος της καθημερινής λειτουργίας. Όταν ο χώρος διάθεσης φθάσει στην τελική του χωρητικότητα, τοποθετείται μια τελική στρώση αδρανούς υλικού πάχους 0,60 – 1,0 m περίπου και μετά επάλληλα στρώματα (στραγγιστήριες και στεγανοποιητικές στρώσεις), με τελική στρώση

χώματος κατάλληλο για δενδροφύτευση, ώστε να αποκατασταθεί τελικά το τοπίο.

Οι σύγχρονες εξελίξεις επιβάλλουν να εμπλουτιστεί ο παραδοσιακός ορισμός και να αποκτήσει περισσότερες παραμέτρους. Έτσι ένας πιο πλήρης ορισμός είναι ότι ως χώρος υγειονομικής ταφής μπορεί να οριστεί ως η μέθοδος διάθεσης στερεών αποβλήτων επί ή υπό του εδάφους που τηρεί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Κατασκευή του χώρου: κατασκευάζονται όλοι οι τεχνητοί φραγμοί που εμποδίζουν ή ελαχιστοποιούν τη διασπορά ρύπων, ανεξάρτητα από τη φυσική μορφή των ρύπων (στραγγίσματα, βιοαέριο, μικροαπορρίμματα, οσμές κ.λ.π).
- Λειτουργία του χώρου: τα στερεά απόβλητα τοποθετούνται σε ημερήσιο κελί, κατάλληλα διαστασιολογημένο, επικαλύπτονται καθημερινά με υλικό επικάλυψης. Τα ημερήσια κελιά κτίζονται με βάση συγκεκριμένο σχέδιο ανάπτυξης ανάγλυφου, μέχρι την πλήρωση του χώρου, ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του χώρου παρακολουθούνται και αντιμετωπίζονται συνεχώς.
- Κλείσιμο του χώρου: μετά το κλείσιμο του χώρου, υλοποιείται συγκεκριμένο σχέδιο αποκατάστασης που έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την επαναφορά – αποκατάσταση του χώρου στις παλαιότερες ή και σε νέες χρήσεις.

Για αρκετά χρόνια μετά το κλείσιμο, ο χώρος παρακολουθείται συστηματικά.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υγειονομικής ταφής σε σχέση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης τα οποία την επέβαλαν σαν την πιο διαδεδομένη μέθοδο διεθνώς, είναι τα ακόλουθα:

1. Είναι μία μέθοδος τεχνικά απλή και αποτελεσματική ενώ η εφαρμογή της δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις. Ο σχετικός μηχανολογικός εξοπλισμός είναι οικείος σε όλον τον πληθυσμό, ανθεκτικός, με ευχέρεια επισκευής και προμήθειας ανταλλακτικών.
2. Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του χώρου υγειονομικής ταφής από τις αρχές και το κοινό γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες.
3. Η υγειονομική ταφή έχει χαμηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος, συγκρινόμενη με τις άλλες μεθόδους, με την προϋπόθεση ότι ο αρχικός σχεδιασμός του έργου έχει γίνει σωστά.
4. Η υγειονομική ταφή είναι εξαιρετικά λειτουργική μέθοδος δεδομένου ότι:
 - Ο χώρος διάθεσης μπορεί εύκολα να δεχθεί ετερογενή απορρίμματα.
 - Η λειτουργία του Χώρου Υγειονομικής Ταφής δεν επηρεάζεται από τις έντονες εποχιακές διακυμάνσεις της ποσότητας και σύστασης των απορριμμάτων. Αυξημένες ποσότητες απορριμμάτων μπορεί να τις

δεχθεί με μια απλή προσθήκη ενός ακόμη μηχανήματος (ενεργοποίηση εφεδρικού, προσωρινή μίσθωση).

- Δεν απαιτεί άλλη εγκατάσταση διάθεσης στερεών αποβλήτων πράγμα που συμβαίνει με τις άλλες μέθοδες που απαιτούν συμπληρωματικά και ένα μικρό χώρο υγειονομικής ταφής για την διάθεση των στερεών τους αποβλήτων.

5. Η υγειονομική ταφή μπορεί να συμβάλει στην αναμόρφωση υποβαθμισμένων τοπίων ή στην αποκατάσταση άλλων, που έχουν πληγεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. λατομική δραστηριότητα), διαμορφώνοντας χώρο πράσινου, αθλητικών δραστηριοτήτων, εγκαταστάσεις θερμοκηπίων κλπ.

Απέναντι στα τόσα σοβαρά πλεονεκτήματα, η υγειονομική ταφή εμφανίζει το ουσιώδες, καθοριστικό για την ώρα, μειονέκτημα, ότι έχει ταυτιστεί στην συνείδηση πολλών ανθρώπων με την ανεξέλεγκτη διάθεση και αντιμετωπίζει, συχνά, προβλήματα κοινωνικής αποδοχής. Ένα άλλο αρνητικό της είναι η αυξημένη επιμέλεια που απαιτεί για την αντιμετώπιση των εκπομπών δηλ. του βιοαερίου που όμως βρίσκεται σαφώς μέσα στις σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες. Ένα ακόμη μειονέκτημα της μεθόδου είναι η απαίτηση σημαντικών εκτάσεων σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης πράγμα ανέφικτο σε περιοχές π.χ. έντονα τουριστικές ή άλλες με μεγάλη οικοπεδική ή γεωργική αξία. Επιπρόσθετα, με τη μέθοδο της υγειονομικής ταφής οι δυνατότητες αξιοποίησης των πόρων που περιέχονται στα στερεά απόβλητα (υλικά που μπορεί να ανακτηθούν, ενεργειακό δυναμικό) είναι σαφώς πιο

περιορισμένες, ακόμα και στην περίπτωση της σχεδιασμένης αξιοποίησης βιοαερίου.

Η υγειονομική ταφή ως μέθοδος τελικής διάθεσης έχει αποδειχθεί η πιο οικονομική και συνηθέστερη για τη διάθεση των οικιακών απορριμμάτων. Τα τελευταία χρόνια όμως λόγω της δυσκολίας εξεύρεσης νέων χώρων που θα αναπληρώσουν τους κορεσμένους, των ολοένα αυξανόμενων απαιτήσεων για μέτρα προστασία του περιβάλλοντος και της ανάγκη μείωσης των υλικών που διατίθενται σε αυτές, η μέθοδος της υγειονομικής ταφής υποχωρεί σε όφελος της ανακύκλωσης και της καύσης.

Η υγειονομική ταφή μπορεί να εφαρμοστεί με διαφορετικές τεχνικές/μεθόδους, οι οποίες είναι:

- Η επιφανειακή μέθοδος (area method), με την οποία τα απορρίμματα διατίθενται σε στρώσεις σε ολόκληρη την επιφάνεια του διαθέσιμου χώρου.
- Η μέθοδος της «τάφρου» (trench method), κατά την οποία τα απορρίμματα τοποθετούνται σε τάφρους που έχουν διανοιγεί, οι οποίοι κατόπιν καλύπτονται με χώμα.
- Η μέθοδος των «κυττάρων» (cell method) όπου η διάθεση των απορριμμάτων γίνεται μέσα σε προκατασκευασμένα και περιβαλλόμενα με αναχώματα τμήματα εδάφους, τα οποία καταλαμβάνουν μέρος μόνο του διαθέσιμου χώρου. Η μέθοδος των κυττάρων αποτελεί σήμερα την προτιμητέα μέθοδο υγειονομικής ταφής.

Ένας χώρος υγειονομικής ταφής θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά (ΟΑΝΑΚ, 1994):

- Να βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από κατοικημένες περιοχές, να είναι περιφραγμένος και να μην είναι ορατός από τους πλησιέστερους δρόμους.
- Η διαθέσιμη έκταση γης να είναι αρκετή για να εξυπηρετήσει μακροπρόθεσμα τις ανάγκες της περιοχής. Αν και δεν υπάρχουν κανόνες που να καθορίζουν την απαιτούμενη έκταση απαιτείται αυτή να είναι επαρκής για λειτουργία του χώρου για δέκα τουλάχιστον χρόνια.
- Τα υδρογεωλογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής να είναι τέτοια ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για την ποιότητα των νερών. Αν οι απαιτήσεις αυτές δεν εξασφαλίζονται από τον ίδιο τον χώρο θα πρέπει να γίνουν πρόσθετα έργα υποδομής με συνέπεια την αύξηση του κόστους κατασκευής του χώρου.
- Να είναι χωροθετημένος κεντροβαρικά σε σχέση με την εξυπηρετούμενη περιοχή, ώστε οι αποστάσεις μεταφοράς των απορριμμάτων να ελαχιστοποιούνται. Συχνά όμως επειδή πολιτικοί και περιβαλλοντικοί λόγοι επηρεάζουν τη θέση ενός χώρου, η απόσταση αυτή μπορεί να είναι μεγάλη και γι' αυτό έχει παραστεί η ανάγκη δημιουργίας σταθμών μεταφόρτωσης.
- Να μη βρίσκεται σε περιοχή με τρέχουσα ή στάσιμα νερά.

- Να είναι προσβάσιμος από δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και να μην παρεμποδίζει την κυκλοφορία.
- Να υπάρχουν κοντά ηλεκτρισμός, νερό και εγκαταστάσεις αποχέτευσης.
- Να υπάρχει διαθέσιμο αρκετό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την επικάλυψη των απορριμμάτων, άλλως θα πρέπει να μεταφέρεται στο χώρο από αλλού, με συνέπεια την αύξηση του κόστους λειτουργίας του.
- Οι κλιματολογικές συνθήκες και τα τοπικά χαρακτηριστικά (π.χ. χρήσεις γης) πρέπει να μην δημιουργούν προβλήματα.
- Μία πολύ σημαντική παράμετρος στην επιλογή ενός χώρου υγειονομικής διάθεσης των αστικών απορριμμάτων είναι η εξασφάλιση της κοινωνικής αποδοχής.

2. ΕΜΑΚ ΚΑΙ ΧΥΤΥ ΧΑΝΙΩΝ

2.1 Σύντομο ιστορικό

Από το 1965 μέχρι και το έτος 2000 τα οικιακά απορρίμματα της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Χανίων, διατίθενται ανεξέλεγκτα στη χαράδρα του «Κουρουπητού» Ακρωτηρίου. Η ανεξέλεγκτη διάθεση απορριμμάτων οδηγούσε στη ρύπανση του περιβάλλοντος επιβαρύνοντας σημαντικά τη γύρω περιοχή. Για την αντιμετώπιση του μεγάλου αυτού προβλήματος, η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χανίων από κοινού και με τους αρμόδιους τοπικούς φορείς και ιδιαίτερα την Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Χανίων (ΔΕΔΙΣΑ.) και την τοπική ένωση δήμων και κοινοτήτων νομού Χανίων (Τ.Ε.Δ.Κ.) είχαν ήδη αποφασίσει από τις αρχές του 1999 σε συνεργασία και με το ΥΠΕΧΩΔΕ την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου και σύγχρονου προγράμματος διαχείρισης των απορριμμάτων, η υλοποίηση του οποίου προέβλεπε δύο στάδια:

- Το πρώτο στάδιο περιλάμβανε την εγκατάσταση και λειτουργία ενός συγκροτήματος συμπίεσης, δεματοποίησης και αποθήκευσης των απορριμμάτων, ώστε να μπορεί να γίνει άμεσα εφικτή η οριστική διακοπή της ανεξέλεγκτης λειτουργίας του «Κουρουπητού» (Επείγον Πρόγραμμα).
- Το δεύτερο στάδιο περιλάμβανε το σχεδιασμό, την μελέτη, την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός Εργοστασίου Μηχανικής Διαλογής και Κομποστοποίησης και ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής με σύγχρονες προδιαγραφές (Οριστική λύση).

Έτσι, σε σύντομο χρονικό διάστημα, εγκρίθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ η αναγκαία πίστωση για την προμήθεια του μηχανολογικού εξοπλισμού για το Συγκρότημα συμπίεσης και δεματοποίησης των απορριμμάτων, διενεργήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Χανίων, τον Ιούλιο του 1999, διεθνής ανοικτός διαγωνισμός για την προμήθεια του και μισθώθηκε από τη ΔΕΔΙΣΑ. οικοπεδική έκταση 50 περίπου στρεμμάτων στη θέση «Μεσομούρι» Ακρωτηρίου για την εγκατάσταση του Συγκροτήματος συμπίεσης – δεματοποίησης και τη λειτουργία πλατείας εκτάσεως περίπου 16 στρεμμάτων για την αποθήκευση των δεματοποιημένων απορριμμάτων. Η επιλογή της συγκεκριμένης οικοπεδικής έκτασης κρίθηκε κατάλληλη κυρίως για το λόγο ότι επειδή η περιοχή αυτή, που βρίσκεται στις παρυφές του Κουρουπητού, ήταν ήδη υποβαθμισμένη λόγω της μακρόχρονης ανεξέλεγκτης λειτουργίας του «Κουρουπητού». Για τον ίδιο λόγο επίσης επιλέχθηκε η γειτονική θέση «Κορακιά» έπειτα από Μελέτη Συγκριτικής Αξιολόγησης εναλλακτικών λύσεων για την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων της οριστικής λύσης του Εργοστασίου Μηχανικής Διαλογής και Κομποστοποίησης και του Χώρου Υγειονομικής Ταφής.

Οι εργασίες για την εγκατάσταση του Συγκροτήματος και τη διαμόρφωση του χώρου αποθήκευσης των δεματοποιημένων απορριμμάτων στη θέση «Μεσομούρι» ξεκίνησαν τον Οκτώβριο του 2000 και ολοκληρώθηκαν το Φεβρουάριο του 2001, οπότε και διακόπηκε ορίστηκα η λειτουργία του «Κουρουπητού». Έκτοτε, το Συγκρότημα λειτουργούσε ανελλιπώς συμπιέζοντας, δεματοποιώντας και αποθηκεύοντας τα απορρίμματα της Ε Διαχειριστικής Ενότητας και συγκεκριμένα των Δήμων Χανίων, Ακρωτηρίου,

Σούδας, Κεραμειών, Ελ. Βενιζέλου, Θερίσου, Νέας Κυδωνίας, Πλατανιά, και Μουσούρων έως και τον Φεβρουάριο του 2003. Πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι από τα δεματοποιημένα απορρίμματα που είχαν εναποτεθεί στο «Μεσομούρι» πριν την έναρξη λειτουργίας του νέου ΧΥΤΥ. στην «Κορακιά», μεταφέρθηκαν στο νέο ΧΥΤΥ. όσα ήταν σε θέση να επαναφορτωθούν και να μεταφερθούν χωρίς πρόβλημα. Η ποσότητα αυτή εκτιμάται σε 4.000 τόνους περίπου. Επίσης κατά την διάρκεια λειτουργίας του ΧΔΑ. στη θέση «Μεσομούρι» η ΔΕΥΑΧ απόθετε λυματολάσπη προερχόμενη από το βιολογικό καθαρισμό Χανίων.

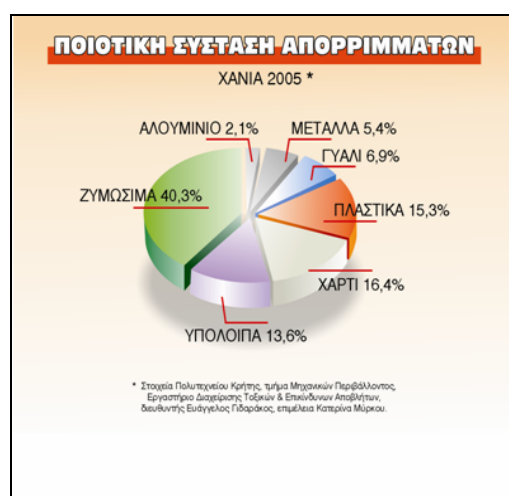
Μετά την διακοπή της εναπόθεσης δεματοποιημένων απορριμμάτων και λυματολάσπης στο «Μεσομούρι» και συγκεκριμένα κατά το Φεβρουάριο του 2003, πραγματοποιήθηκε επιφανειακή χωματοκάλυψη του μεγαλύτερου μέρους του απορριμματικού όγκου, ώστε να αποφευχθούν κατά το δυνατό οι οχλήσεις στο περιβάλλον μέχρι την τελική αποκατάσταση του χώρου. Οι εργασίες αποκατάστασης ξεκίνησαν τον Νοέμβριο του 2006 και ολοκληρώθηκαν το Απρίλιο του 2007. Οι εργασίες για την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός Εργοστασίου Μηχανικής Διαλογής και Κομποστοποίησης και ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής των Υπολειμμάτων στη θέση «Κορακιά» ξεκίνησαν τον Μάιο του 2002 και ολοκληρώθηκαν το Φεβρουάριο του 2003. Έκτοτε το εργοστάσιο λειτουργεί κανονικά και επεξεργάζεται τα ανακυκλώσιμα και ένα μέρος των απορριμμάτων της 1^{ης} Διαχειριστικής Ενότητας (Ξυνίδης, 2007).

2.2 Γενικά στοιχεία για τον ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ του Ν. Χανίων



Εικόνα 2: ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ του Ν. Χανίων.

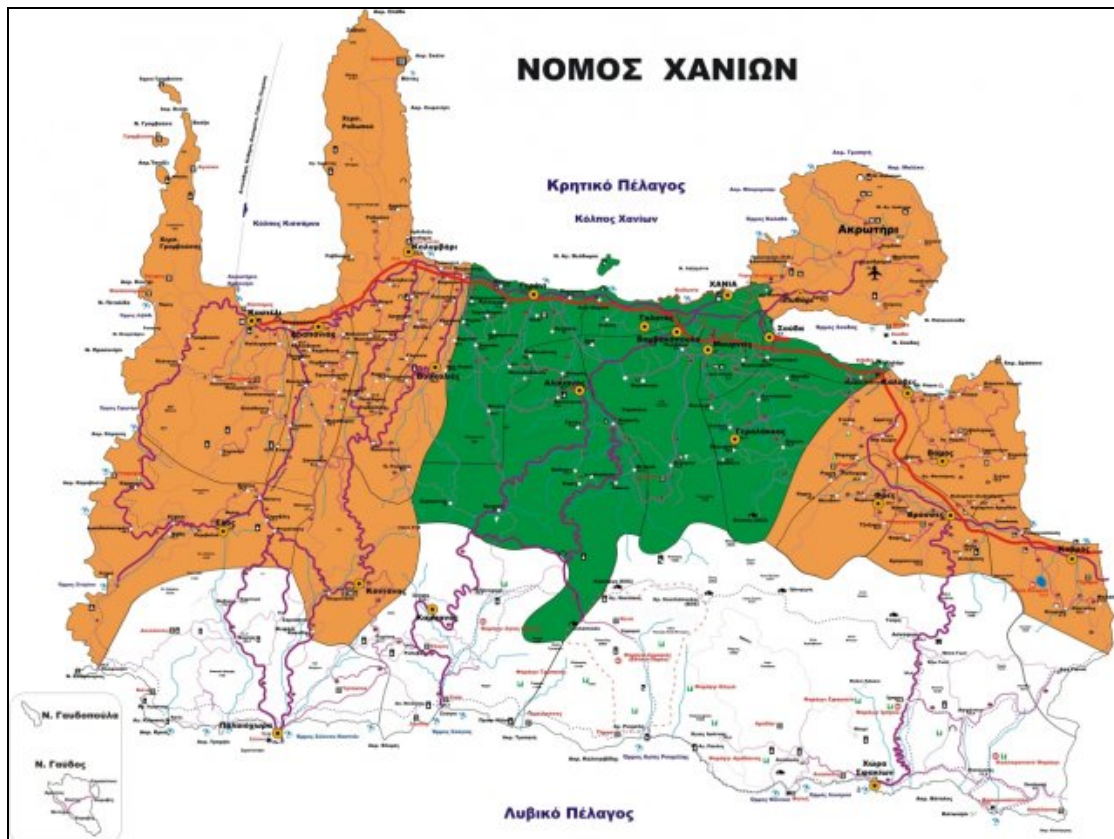
Το ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ του Ν. Χανίων (Εικόνα 2) σχεδιάστηκε να δέχεται και να επεξεργάζεται τα απορρίμματα των Δήμων Χανίων, Ακρωτηρίου, Σούδας, Κεραμειών, Ελ. Βενιζέλου, Θερίσου, Ν. Κυδωνίας, Πλατανιά και Μουσούρων, έχει όμως σημαντικά μεγαλύτερη δυναμικότητα. Έτσι σήμερα δέχεται το σύνολο των αστικών απορριμμάτων του Νομού Χανίων (Εικόνα 4) και το σύνολο των υλικών του προγράμματος διαλογής στην πηγή (ΔσΠ), πλην των Δήμων Σφακίων, Αρμένων, Πελεκάνου και Ανατολικού Σελίνου, τα οποία έχουν την παρακάτω ποιοτική σύσταση (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Ποιοτική σύσταση απορριμμάτων.

ΕΞΥΠΗΡΕΤΟΥΜΕΝΟΙ ΔΗΜΟΙ	
ΔΗΜΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	10.321
ΒΑΜΟΥ	2.932
ΒΟΥΚΟΛΙΩΝ	3.296
ΓΕΩΡΓΙΟΥΠΟΛΗΣ	2.483
ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ	10.586
ΘΕΡΙΣΣΟΥ	6.313
ΙΝΝΑΧΩΡΙΟΥ	1.443
ΚΕΡΑΜΙΩΝ	1.630
ΚΑΝΔΑΝΟΥ	1.607
ΚΙΣΣΑΜΟΥ	7.463
ΚΟΛΥΜΒΑΡΙΟΥ	5.346
ΚΡΥΟΝΕΡΙΔΑΣ	2.330
ΜΗΘΥΜΝΗΣ	2.914
ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ	4.755
ΝΕΑΣ ΚΥΔΩΝΙΑΣ	7.301
ΠΛΑΤΑΝΙΑ	5.225
ΣΟΥΔΑΣ	7.840
ΦΡΕ	1.122
ΧΑΝΙΩΝ	53.373
ΣΥΝΟΛΟ	138.280

Πίνακας 1: Πληθυσμός εξυπηρετούμενων δήμων



Εικόνα 4: Χάρτης Συνεργαζόμενων - Μετόχων Δήμων (ΔΕΔΙΣΑ Χανίων).

Ο συνολικός χώρος που διατίθεται για την Υγειονομική Ταφή είναι 130 στρέμματα από τα 235,5 στρέμματα της συνολικής έκτασης του ΕΜΑΚ. Η λειτουργία του ΧΥΤΥ σχεδιάστηκε να γίνει σε δυο φάσεις, με την Α΄ φάση (440.000 m^3 , 35.100 m^2) να έχει ολοκληρωθεί η διάθεση απορριμμάτων και να εκκρεμεί η συλλογή του βιοαερίου μετά την προσωρινή αποκατάσταση του χώρου και την Β΄ φάση (660.000 m^3 , 39.120 m^2) να βρίσκεται σε λειτουργία.

Οι λεκάνες απόθεσης είναι στεγανοποιημένες τόσο στον πυθμένα όσο και στα πρηνή τους. Οι στεγανοποιητικές στρώσεις που έχουν τοποθετηθεί στις λεκάνες απόθεσης είναι οι ακόλουθες:

Για ολόκληρη τη λεκάνη της Α΄ φάσης του ΧΥΤΥ

- Αργιλική στρώση πάχους 50 cm με συντελεστή διαπερατότητας $K=1 \times 10^{-9}$ m/sec.
- Γεωμεμβράνη από HDPE πάχους 1,5 mm.
- Γεωύφασμα προστασίας της γεωμεμβράνης βάρους 350 gr/m².
- Στρώση άμμου προστασίας πάχους 10 cm.
- Αποστραγγιστική στρώση από χαλίκι πάχους 30 cm.

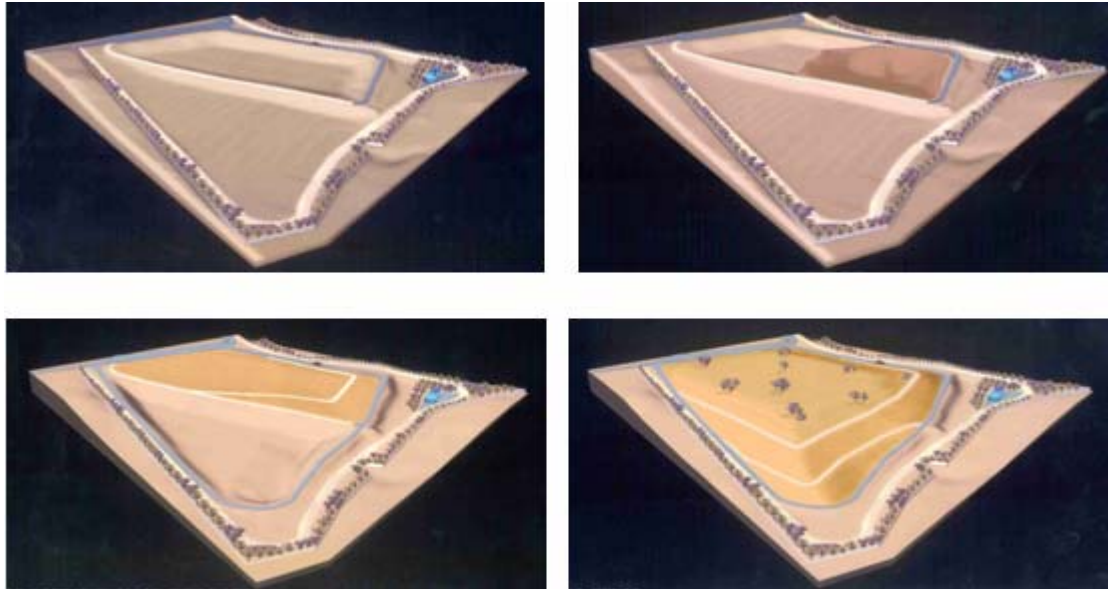
Για τον πυθμένα της Β΄ φάσης του ΧΥΤΥ

- Γεωσυνθετικός φραγμός G.S.L. (Geosynthetic Clay Liner) με συντελεστή διαπερατότητας $K=5 \times 10^{-11}$ m/sec.
- Γεωμεμβράνη από HDPE πάχους 1,5 mm.
- Γεωύφασμα προστασίας της γεωμεμβράνης βάρους 350gr/m².
- Στρώση άμμου προστασίας πάχους 10 cm
- Αποστραγγιστική στρώση από χαλίκι πάχους 40 cm.

Για τα πρανή της Β΄ φάσης του ΧΥΤΥ

- Γεωσυνθετικός φραγμός G.S.L. (Geosynthetic Clay Liner) με συντελεστή διαπερατότητας $K=5 \times 10^{-11}$ m/sec.
- Γεωμεμβράνη από HDPE πάχους 1,5 mm.
- Γεωύφασμα προστασίας της γεωμεμβράνης βάρους 350 gr/m².
- Γεωσυνθετική αποστραγγιστική στρώση GEONET.
- Γεωύφασμα προστασίας της αποστραγγιστικής στρώσης βάρους 150 gr/m².

Στη συνέχεια οι δύο αυτές φάσεις θα ενοποιηθούν, σχηματίζοντας ένα ενιαίο απορριμματικό ανάγλυφο, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4:



Εικόνα 4: Ενοποίηση των δυο φάσεων.

2.3. Περιγραφή των παραγωγικών διαδικασιών της μονάδας



Εικόνα 5: Είσοδος εγκαταστάσεων- Ζυγιστήριο.

Αρχικά τα απορριμματοφόρα κατευθύνονται στην είσοδο-ζυγιστήριο (Εικόνα 5). Η ζύγιση των εισερχομένων οχημάτων γίνεται μέσω δύο γεφυροπλαστιγγών τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται στη θέση εκφορτώσεως τους. Η κίνηση των οχημάτων πρέπει να γίνεται με τρόπο οργανωμένο και λειτουργικά εύκολο. Γι' αυτό το σκοπό η είσοδος του χώρου του εργοστασίου διαμορφώνεται ως εξής:

- Η κεντρική πύλη εισόδου είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και τηλεχειριζόμενη.
- Το πλάτος της πύλης εισόδου θα είναι τουλάχιστον 7 m για τη διευκόλυνση της εισόδου των οχημάτων.



Εικόνα 6: Ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα.

Η ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα (Εικόνα 6) εδράζεται εντός φρεατίου από μπετόν και θα έχει διαστάσεις $12\text{ m} \times 3\text{ m}$. Έχει δυναμικότητα 60 tn με υποδιαίρεση των 10 kg και διαθέτει πλατφόρμα από ενισχυμένο χαλύβδινο έλασμα καταλλήλων διαστάσεων ώστε να είναι δυνατή η ζύγιση όλων των τύπων οχημάτων που θα μεταφέρουν υλικά από και προς τη μονάδα. Ήταν συνδεδεμένη με τον Η/Υ του συστήματος SCADA που θα υπάρχει στο κέντρο ελέγχου της μονάδας. Διαφοροποιήθηκε ο σχεδιασμός και η βάση δεδομένων των ζυγίσεων είναι ηλεκτρονικά αυτόνομη. Κατοχυρώνονται περίπου 31.500 ζυγίσεις ετησίως (2008), καταγράφοντας τις κινήσεις όλων των οχημάτων ανεξαιρέτως (σε επίπεδο ζυγίσεων), έτσι υπάρχει η δυνατότητα για στατική επεξεργασία κάθε επιμέρους δραστηριότητας του εργοστασίου ή του ΧΥΤΥ.



Εικόνα 7: Κτίριο υποδοχής.

Στο κτίριο υποδοχής (Εικόνα 7) γίνεται η εκκένωση των απορριμματοφόρων και η παραλαβή των σύμμεικτων ΑΣΑ. Επιπλέον, παρέχεται αποθηκευτική ικανότητα για την παραλαβή της παραγόμενης ποσότητας ΑΣΑ και τη σταδιακή επεξεργασία τους κατά τη διάρκεια της εβδομάδας. Αυτή την χρονική στιγμή η ΔΕΔΙΣΑ εκτρέπει από τον ΧΥΤΥ το 30% του συνόλου των απορριμμάτων που παράγονται. Το κτίριο περιλαμβάνει δύο δεξαμενές υποδοχής με χοάνες παραλαβής ΑΣΑ για την τροφοδοσία των δύο σχιστών σάκων. Τα ΑΣΑ που συλλέγονται στη δεξαμενή υποδοχής, παραλαμβάνονται από σύστημα γερανογέφυρας-αρπάγης και απορρίπτονται στη χοάνη παραλαβής και τροφοδοτούν το σχίστη σάκων. Ο σχίστης σάκων τροφοδοτεί εν συνεχεία μεταφορική ταινία, η οποία μεταφέρει τα απορρίμματα προς επεξεργασία στην μονάδα μηχανικής διαλογής και χειροδιαλογής. Από το

σχίστη σάκων τα ΑΣΑ οδηγούνται στις μεταφορικές ταινίες για το εργοστάσιο μηχανικής διαλογής.



Εικόνα 8: Πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμια κοσκίνισης.

Μετά από ένα πρώτο στάδιο χειροδιαλογή των ανεπιθύμητων υλικών ακολουθεί η φάση της πρωτοβάθμιας κοσκίνισης (Εικόνα 8) στο κυρίως κτίριο μηχανικής διαλογής όπου διαχωρίζονται τα ευμεγέθη υλικά από το υπόλοιπο ρεύμα των ΑΣΑ που οδεύει προς περαιτέρω επεξεργασία στο δευτεροβάθμιο κόσκινο. Το κόσκινο αυτό διαχωρίζει το κυρίως οργανικό ρεύμα των ΑΣΑ που έχει κατά κύριο λόγο μέγεθος μικρότερο των 70 mm από τα υπόλοιπα ανακτήσιμα υλικά.



Εικόνα 9: Κτίριο μηχανικής διαλογής.

Στο κτίριο μηχανικής διαλογής (Εικόνα 9) πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των εισερχόμενων σύμμεικτων απορριμμάτων προς παραγωγή τεσσάρων κλασμάτων, από τα οποία ανακτώνται τα παρακάτω κλάσματα:

- του κλάσματος προς ταχεία κομποστοποίηση, με ελεγχόμενη βιοαποδόμηση οργανικών για την παραγωγή compost,
- ορισμένων κατηγοριών πλαστικών,
- ορισμένων κατηγοριών χαρτιού,
- σιδηρούχων μετάλλων και
- αλουμίνιο.

Στο τμήμα της χειροδιαλογής πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών εκτός από τα σιδηρούχα και αλουμινούχα. Τα υλικά που ανακτώνται σε αυτό το τμήμα είναι τα παρακάτω:

- τρία είδη χαρτιού,
- πέντε είδη πλαστικού (PET, HDPE, LDPE, PP, PS) και
- το οργανικό κλάσμα.

Μετά τη συμπίεση και την δεματοποίηση τους οδηγούνται προς αποθήκευση.



Εικόνα 10: Μαγνήτης.

Το ρεύμα υπολειμμάτων που εξέρχεται από την ταινία της κύριας χειροδιαλογής αποτελείται ως επί το πλείστον αδρανή, άχρηστα, γυαλί, σιδερένια αντικείμενα και κουτάκια αλουμινίου, εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη (Εικόνα 10) , όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των σιδηρούχων υλικών από το υπόλοιπο κλάσμα. Στη συνέχεια, το ρεύμα, οδηγείται στο διαχωριστή αλουμινούχων, στον οποίο διαχωρίζονται τα υλικά αλουμινίου.



Εικόνα 11: Τμήμα ταχείας κομποστοποίησης.

Το οργανικό κλάσμα που διαχωρίζεται από τα σύμμεικτα ΑΣΑ στο τμήμα μηχανικής διαλογής, οδηγείται στο τμήμα ταχείας κομποστοποίησης (Εικόνα 11) μαζί με την ημερήσια ποσότητα κλαδιών και χόρτων που έχουν συγκεντρωθεί από την υπηρεσία ογκωδών της ΔΕΔΙΣΑ. Τα πράσινα απορρίμματα (κλαδιά, φύλλα, χόρτα) αποτελούν ιδανικό υλικό για την παραγωγή άριστης ποιότητας compost οπότε η συμμετοχή τους στην κομποστοποίηση της μονάδας είναι ιδιαίτερα επιθυμητή. Για την επίτευξη μικρού μεγέθους οργανικών χρησιμοποιείται τεμαχιστής των κλαδοκάθαρων. Τα τεμαχισμένα οργανικά προωθούνται στην συνέχεια προς την μονάδα ταχείας κομποστοποίησης μαζί με το κλάσμα που έχει διαχωριστεί από την μηχανική κοσκίνισης (>70 mm), η οποία πραγματοποιείται σε αντιδραστήρα λιπασματοποίησης υπό ταυτόχρονο αερισμό και ανάδευση.



Εικόνα 12: Αντιδραστήρας λιπασματοποίησης.

Ο αντιδραστήρας λιπασματοποίησης (Εικόνα 12) αποτελείται από κλίνη που περιέχει το προς κομποστοποίηση οργανικό υλικό και από μια γέφυρα που φέρει δύο φορεία έκαστο εκ των οποίων φέρει δύο περιστρεφόμενους κεκλιμένους κοχλίες. Η δράση του κοχλία είναι διπλή: αφ' ενός προωθεί το υλικό προς την έξοδο του αντιδραστήρα και αφ' ετέρου το αναδεύει και το ομογενοποιεί. Το υλικό παραμένει στην μονάδα ταχείας κομποστοποίησης για χρονικό διάστημα περίπου 4 έως 6 εβδομάδων υπό διαρκή αερισμό και υπό μηχανική ανάδευση τις 2 έως 3 πρώτες εβδομάδες και υπό ανάδευση τις υπόλοιπες 2 έως 3 εβδομάδες.



Εικόνα 13: Χώρος Ραφινάρισματος

Το παραγόμενο compost από τη μονάδα ταχείας κομποστοποίησης οδηγείται προς ραφινάρισμα (Εικόνα 13). Η διαδικασία αυτή συνίσταται στο διαχωρισμό του compost από ξένες προσμίξεις καθώς και από τα μη πλήρως κομποστοποιημένα οργανικά στερεά. Μετά το ραφινάρισμα του compost, τυχόν υπολείμματα μικρομεγεθών σιδηρούχων υλικών διαχωρίζονται με τη βοήθεια ενός μαγνητικού διαχωριστή από τα τυχόν υπάρχοντα σιδηρούχα αντικείμενα.



Εικόνα 14: Πλατεία κομποστοποίησης.

Το compost μετά το ραφινάρισμα παραλαμβάνεται από άλλη μεταφορική ταινία για τη μεταφορά του στην πλατεία κομποστοποίησης (Εικόνα 14) όπου διαστρώνεται σε μορφή σωρών συγκεκριμένων διαστάσεων. Το υλικό παραμένει εκεί για διάστημα 10 εβδομάδων, προκειμένου να ολοκληρωθούν οι διεργασίες ωρίμανσης πριν την τελική του διάθεση στην αγορά. Το εν λόγω υλικό προτού εισέλθει στο σύστημα τυποποίησης, αποθηκεύεται σε κλειστή αποθήκη για διάστημα 4 εβδομάδων, προκειμένου να ολοκληρωθεί η ωρίμανσή του. Μετά την ωρίμανσή του ενσακίζεται και αποθηκεύεται μέχρι την διάθεσή του στην αγορά.

2.4. Μετεωρολογικά-κλιματολογικά στοιχεία

2.4.1 Βροχοπτώσεις

Στην περιοχή του Ακρωτηρίου ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός είναι ο σταθμός της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που βρίσκεται στη Σούδα. Στον παρακάτω Πίνακα 2, φαίνεται το ολικό ύψος των βροχοπτώσεων ανά μήνα για το χρονικό διάστημα 1959 έως 1995.

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Σύνολο
1959	161	67,8	30,6	63,6	9,7	5,6	1,5		1,3	71,5	55,4	97,4	565,7
1960	158	34,8	150,5	124	13,5	15,7			10,3	2,2	41,1	50,9	601,1
1961	95,3	95,3	196	49	4,9	10,3	15,4		0,2	168	5,1	161	704,6
1962	119	128,3	128,3	7,5	4,5	36,5	1,5		24,8	230	12,2	153	716,9
1963	171	188,9	138,3	64,4	41,4	0,3				163	25,8	43,1	836,9
1964	208	69,2	60,4	23,8	14,3	19,1			12,8	4,8	38	65,4	515,3
1965	195	144	139,4	60,2	11,4	11,6				2,6	11,9	58,2	634,6
1966	166	10,7	115,2	28,5	24,6	26,7			94,8	8,3	34,4	82,9	592,5
1967	147	129,2	133,3	49,5	9,8				0,5	215	39,6	208	933
1968	191	211,1	31,7	5,2	5,2	10		4	7,1	115	173	83,5	836,3
1969	181	26,9	109	52,7	11,1	0,1			0,3	8,6	14,4	129	532,5
1970	85	59,2	38	36	9,6	1,3			51,8	82,7	67,5	36,3	467,4
1971	268	268,1	52,4	34,7	2,1	0,4		2,8	22,6	43,5	100	28	822,7
1972	61,9	61,4	69,4	16,9	14,9			3,9	2	187	66,7	102	586,2
1973	121	98,5	51,5	58,3			1,2			136	74	27,9	567,7
1974	152	71,7	92,5	3	2,1			0,7	51	19,7	124	109	625,2
1975	177	166,2	15	33,5	2,4	8,2				117	133	179	930,9
1976	239	136,1	274,5	49,3	9,2	2,8		5		83,4	88	69,6	957,1
1977		31	54,7	54,6	0,4		1,8		102	19,7	21,9	179	465,4
1978	141	65,5	116,1	20,5	2,2				34,3	51,3	21,4	57,6	509,5
1979	99,9	135,8	110,3	34,2	47,8	14,9			0,8	117	125	133	817,4
1980	95,1	202,1	46,9	27,5	2,3			3,6	2,6	106	16,3	101	602,7
1981	516	137,4	22,7	20,1	4,7					5,3	148	65,6	920,1
1982	72,5	209,5	101,6	44,6	46,9			2,9		14,3	35,2	132	659,5
1983	63	81,4	60,7	25,8	10,5	20,6	11,7		13,1	209	147	39,6	682,3
1984	97	231	80,8	69,1	1,5		25			21,2	184	152	862,1
1985	120	29,4	46,3	13,6	6,4					65,6	25,9	53,3	360,3
1986	61,2	55,9	21,8	0,4	34,4	3,9			116	52,6	88,6	100	534,6
1987	77,4	66,4	97,2	97,2	97,2	1,1				16,8	62,3	76,1	494,5
1988	80	86,4	84,9	8,5	6,9				1	67,2	83,1	96,1	514,1
1989	83,8	23,9	200,1		20,4					51,5	165	27,2	571,4
1990	26	49,7	1	13,2		1,9		21,2	24,6	21,5	54,5	69,8	283,4
1991	111	64,4	30,1	36,6	16,4			1,3	1,5	43,1	24	197	525,8
1992	33,7	121,2	115,7	10,5	4,2	0,3				0,2	33,3	107	425,8
1993	98,3	187,4	46,5	15,2	70,6	6,4			1,2	6,8	168	105	705,9
1994	173	91,4	43	11,8	3,8					159	92,7	61,3	635,9
1995	88	60	89,6	13,9	7,2	0,4			8,5	10,1	92,8	49,5	420

Πίνακας 2: Ολικό ύψος βροχοπτώσεων (mm).

2.4.2 Ένταση και διεύθυνση ανέμων

Τα ανεμολογικά δεδομένα στην περιοχή των έργων για τη χρονική περίοδο 1958 έως 1993 που προέρχονται από το Σταθμό Σούδας (Αεροδρόμιο), φαίνονται στους Πίνακες 3 και 4.

ΜΗΝΕΣ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΑΝΕΜΩΝ (%)								
	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BΔ	ΑΠΝΟΙΑ
ΙΑΝ	14.062	8.243	7.811	4.219	2.111	3.120	19.236	10.062	31.136
ΦΕΒ	14.317	8.397	9.483	5.390	3.196	3.185	17.855	10.415	27.762
ΜΑΡ	11.784	6.896	13.203	5.671	2.228	1.979	17.982	13.321	26.936
ΑΠΡ	6.853	3.944	14.775	6.165	1.733	2.287	21.631	16.487	26.125
ΜΙΑ	6.357	3.151	16.659	4.936	1.194	1.097	19.241	21.768	25.597
ΙΟΥΝ	9.423	3.022	12.812	3.245	0.522	0.721	21.770	27.369	21.116
ΙΟΥΛ	16.304	4.711	5.689	1.635	0.322	0.711	17.703	29.414	23.511
ΑΥΓ	16.699	4.710	4.204	1.387	0.356	0.871	17.161	26.624	27.988
ΣΕΠ	16.172	6.586	7.676	2.788	1.033	1.011	14.151	17.539	33.044
ΟΚΤ	14.051	10.300	12.857	4.912	1.818	1.473	10.213	10.127	34.249
ΝΟΕ	9.553	8.775	11.731	4.722	3.044	3.111	14.941	8.453	35.670
ΔΕΚ	11.584	9.102	8.747	5.083	3.127	3.471	18.547	8.749	31.590
Μ.Ο.	12.263	6.486	10.471	4.179	1.724	1.920	17.536	16.694	28.727

Πίνακας 3 : Διευθύνσεις ανέμων.

ΜΗΝΕΣ	ΕΝΤΑΣΗ (Beaufort)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	> 11
ΙΑΝ	31.136	1.474	15.215	21.304	17.787	7.435	3.680	1.517	0.420	0.032	0.00	0.00
ΦΕΒ	27.762	1.628	15.614	22.150	17.324	9.541	3.846	1.322	0.671	0.083	0.024	0.035
ΜΑΡ	26.936	1.410	16.419	25.105	17.497	7.545	3.345	1.259	0.452	0.032	0.00	0.00
ΑΠΡ	26.125	1.856	18.953	25.198	15.499	7.330	3.477	1.264	0.210	0.088	0.00	0.00
ΜΙΑ	25.597	2.430	20.951	25.941	16.067	5.744	2.452	0.721	0.097	0.00	0.00	0.00
ΙΟΥΝ	21.116	2.767	21.448	25.869	18.802	6.088	3.210	0.567	0.133	0.00	0.00	0.00
ΙΟΥΛ	23.511	2.893	20.640	28.478	16.681	5.303	1.753	0.623	0.118	0.00	0.00	0.00
ΑΥΓ	27.988	3.128	20.043	27.226	16.076	3.936	1.452	0.151	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣΕΠ	33.044	2.643	18.883	25.470	14.762	3.811	1.087	0.300	0.00	0.00	0.00	0.00
ΟΚΤ	34.249	2.537	18.705	24.157	14.342	4.247	1.409	0.236	0.118	0.00	0.00	0.00
ΝΟΕ	35.670	2.622	16.830	24.839	12.008	5.121	1.923	0.799	0.133	0.055	0.00	0.00
ΔΕΚ	31.590	1.988	16.786	21.011	15.487	8.156	2.729	1.653	0.418	0.128	0.054	0.00

Πίνακας 4: Ένταση ανέμων.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα, οι μεγαλύτερες συχνότητες ανέμων είναι οι δυτικής και βορειοδυτικής κατεύθυνσης που δεν επηρεάζουν δυσμενώς την ευρύτερη περιοχή.

2.4.3 Θερμοκρασία

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία για την περίοδο 1959 - 1993 όπως έχει προέλθει από τις μετρήσεις του Μετεωρολογικού Παρατηρητήριου στη Σούδα, φαίνεται στον Πίνακα 5.

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μ.Ο.
1959	10,8	8,6	13,1	15,6	19,9	23,1	26,3	26,2	22,1	16,7	15	13,3	17,6
1960	11,6	12,9	12,3	15,4	20,6	24,3	26,6	27,4	22,9	21,9	17,9	14,7	19
1961	11	9,9	13	17	20,6	23,9	26,3	25,6	21,7	18,4	17,4	13,5	18,2
1962	12	10,2	14,4	16	21,1	24,5	26,7	26,4	23,8	18,9	17,7	13	18,7
1963	11,9	12,4	12,3	15,3	18,6	24,5	26,8	27,2	23,7	19,5	16,6	14,4	18,6
1964	9,5	10,4	13	15,2	18,7	24,1	25,8	25,3	21,7	20,7	16,2	13,2	17,8
1965	11	10,3	12,7	15	19,1	24,4	27,6	24,9	23,3	17,4	16,4	13,1	17,9
1966	11,1	13,1	12,8	16,7	18,8	23,9	27	27,3	22,2	21,4	17,6	12,6	18,7
1967	10,5	9,8	11,9	15	20	23,5	25,8	26,7	23,3	19,3	15,5	13,2	17,9
1968	9,9	12	11,9	16,7	22,9	24,4	27,1	25,8	22,9	17,9	15	12,2	18,2
1969	9,6	12,2	12,5	13,5	21	24,8	24,9	25,6	23,5	17,6	16,4	13	17,9
1970	12,2	12,3	13,5	17	18,4	24,6	26	26,4	22,3	17,8	15,2	12,1	18,2
1971	12,2	10,5	13,1	14,8	20,7	24,8	24,9	25,6	22,3	17,1	15,1	11,4	17,7
1972	10,8	11,1	11,7	16,6	19,6	25,1	25,7	25,9	24,1	18,2	14,5	11,3	17,9
1973	10,3	11,5	11,6	14,8	21,2	24,1	27,6	24,6	23,4	19,6	14,4	13,4	18
1974	9,8	11,4	12,2	15,1	19,6	24,7	26	25	22,6	21,2	15	11,2	17,8
1975	10,1	10	14,4	16,3	20,7	23,5	26,2	25	23,6	18,7	14,9	11,8	17,9
1976	10,5	9,4	11,8	15,4	19,3	23,3	25,4	24,3	22,4	19,6	14,9	12,8	17,4
1977		13,7	13	15,5	21,2	24,9	27,8	26,6	22,4	16,9	16,8	11	17,5
1978	10,6	12,8	12,9	15,6	20,6	25,1	26,5	24,8	21,9	18,4	13,3	13,5	18
1979	11,3	12,3	14	15,1	19,7	25	26,3	26	23,1	19,7	15,4	12,5	18,4
1980	10,2	9,6	12,4	14,8	19	24,3	27	25,7	22,4	20,5	17,1	12,2	17,9
1981	9,1	10,6	14,2	16,5	19,1	26	25,7	25,5	23,3	21,5	13,8	14,4	18,3
1982	11,8	9,4	11,4	15,5	18,9	25,1	25,9	26,2	23,5	20,3	14,5	11,9	17,9
1983	10,3	9,5	12,2	16,7	20,9	22,7	26,1	24,9	22,4	18	15,3	12,6	17,6
1984	11,3	11,5	12,6	14,2	20,9	23,6	26	25	23,6	20,5	15,6	12,3	18,1
1985	12,1	10,6	12,5	17,6	21,1	25,1	26,1	26,2	22,4	16,9	16,7	13,5	18,4
1986	12,1	12,4	12,6	17,5	19,3	24,8	26,6	26,7	23,1	18,3	13,7	11,4	18,2
1987	12,6	11,7	9,4	14,4	18,5	24,5	27	26,1	24,4	18,6	15,5	12,9	18
1988	11,9	10,6	12,4	15,7	21	25,8	28,3	26,5	24	18,3	13,4	11,5	18,3
1989	9,2	11	13	17,9	18,7	23,4	25,8	25,8	23,5	17,7	15,2	12,9	17,8
1990	9,6	11,2	13,5	16,5	20,3	24,5	26,9	25,2	23,4	19,8	17,5	12,8	18,4
1991	10,4	10,8	13,2	15,1	18,2	24,8	25,7	25,5	23	20,7	15,2	9,2	17,7
1992	10,1	8,7	11,7	16,1	18,4	24,2	25,2	26,1	22,1	22,7	16,4	10,9	17,7
1993	10,2	8,9	11,8	16,2	19,7	25	26,6	26,5	23,5	21	15,3	13,6	18,2
Μ.Ο.	10,5	11	12,6	15,8	19,9	24,4	26,3	25,8	23	19,2	15,6	12,6	

Πίνακας 5: Μέση μηνιαία και ετήσια θερμοκρασία (βαθμούς κελσίου).

3. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

3.1 Εισαγωγή στα αιωρούμενα σωματίδια

Είναι, γνωστό ότι, η πρώτη εμφάνιση ατμοσφαιρικής ρυπάνσεως (οπτική ρύπανση) προήλθε από τον καπνό και τη σκόνη δηλαδή από τα αιωρούμενη σωματιδιακή μάζα (suspended particulate matter). Με τον όρο αυτό νοούνται, όλα τα λεπτός διαμερισμένα στερεά σωματίδια ή υγρά σταγονίδια ανεξαρτήτως χημικής συστάσεως και προελεύσεως, που αιωρούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα ή σε άλλο αέριο φορέα. Τα αιωρούμενα σωματίδια περιέχουν διάφορα συστατικά πολλά από τα οποία είναι τοξικά και επικίνδυνα. Ανάλογα με την πηγή από την οποία προέρχονται είναι πιθανό να περιέχουν τοξικά μέταλλα όπως π.χ. κάδμιο, μόλυβδο, νικέλιο, αρσενικό κλπ ή καρκινογόνες ενώσεις όπως π.χ. πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs).

Οι επιπτώσεις στην υγεία από την εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων συνδέονται άμεσα - πέρα από το μέγεθός τους - με τη χημική τους σύσταση, τη συνολική εισπνεόμενη μάζα και τη διαλυτότητά τους. Στο αναπνευστικό σύστημα εισέρχονται σωματίδια με διάμετρο $\leq 10 \mu\text{m}$. Τα μεγαλύτερα από αυτά αποτίθενται στη ρινική κοιλότητα, ενώ όσο μικραίνει η διάμετρός τους εισχωρούν βαθύτερα στους αεραγωγούς και τις κυψελίδες. Έτσι, το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται κυρίως στα εισπνεύσιμα σωματίδια ($\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$) τα οποία είναι σε μεγάλο ποσοστό ανθρωπογενούς προέλευσης, έχουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και είναι δυνατή η μεταφορά και διασπορά τους σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής.

Οι σημαντικότερες φυσικές ιδιότητες των σωματιδίων είναι το μέγεθος, η μάζα, το πλήθος και η επιφάνεια τους, καθώς και οι κατανομές αυτών συναρτήσει του μεγέθους, το σχήμα, την πτητικότητα, τη διαλυτότητα, την υγροσκοπικότητα και το ηλεκτρικό φορτίο τους. Όλες οι παραπάνω ιδιότητες επηρεάζουν την εναπόθεση και τη μεταφορά των σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα. Επίσης οι χημικές ιδιότητες των σωματιδίων σχετίζονται κυρίως με τις επιπτώσεις τους στον οργανισμό (Λαζαρίδης, 2005). Τέλος, δεν θα πρέπει να παραληφθεί ως περιβαλλοντική επίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων και η μείωση της ορατότητας που αυτά προκαλούν. Η σκέδαση και η απορρόφηση που αυτά επιφέρουν στο ορατό κυρίως τμήμα του φάσματος του φωτός (400-800 nm) είναι καθοριστική (Βουλγαράκης, 2004).

Για τον έλεγχο των επιπέδων σωματιδιακής ρύπανσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε οδηγία η οποία προβλέπει οριακή μέση ετήσια συγκέντρωση σωματιδίων PM_{10} ($40\mu g/m^3$) και μέγιστο αριθμό υπερβάσεων (35) μιας 24-ωρης οριακής τιμής ($50\mu g/m^3$), μέσα σε ένα ημερολογιακό έτος. Αμφότερα τα πρότυπα ποιότητας της ατμόσφαιρας έχουν επίσημη έναρξη ισχύος την 1/1/2005. Η λήψη μέτρων ελέγχου για τα αιωρούμενα σωματίδια, πέρα από την παρακολούθηση των επιπέδων συγκεντρώσεων, προϋποθέτει την έρευνα διάφορων σχετικών παραμέτρων, όπως την κατανομή μεγέθους, τις πηγές εκπομπής και τους φυσικούς παράγοντες που επηρεάζουν τις διαδικασίες παραγωγής, εφόσον είναι γνωστό ότι τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν σύνολο ετερογενούς σύστασης και προέλευσης.

3.2 Σχηματισμός αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα, σχηματίζονται με τρεις τρόπους.

Αυτοί είναι οι εξής:

- Ομογενής πυρηνοποίηση (homogenous nucleation)

Πρόκειται για συμπύκνωση αερίων ουσιών με χαμηλή τάση ατμών, με αποτέλεσμα το σχηματισμό σωματιδίων.

- Ετερογενής πυρηνοποίηση (heterogeneous nucleation)

Πρόκειται για δευτερογενή σχηματισμό σωματιδίων λόγω σύλληψης (scavenging) ουσιών με χαμηλή τάση ατμών από προϋπάρχοντα σωματίδια.

- Χημικές αντιδράσεις

Πολλές φορές μέσα στο ίδιο το αερόλυμα λαμβάνουν χώρα χημικές μετατροπές, με αποτέλεσμα τη δημιουργία στερεού προϊόντος (π.χ. οξείδωση $\text{SO}_2 \Rightarrow \text{SO}_4^{2-}$).

3.3 Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων

Οι φυσικές ιδιότητες των σωματιδίων με την μεγαλύτερη επίδραση στην συμπεριφορά τους στο αναπνευστικό σύστημα είναι η μάζα ,το πλήθος και οι κατανομές τους συναρτήσει του μεγέθους. Το μέγεθος ενός σωματιδίου εκφράζεται με την διάμετρο του, για την οποία υπάρχουν αρκετοί ορισμοί. Για σφαιρικό σωματίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φυσική διάμετρος του ενώ σωματίδια άλλων σχημάτων μπορούν να χαρακτηριστούν από την ισοδύναμη κατά όγκο διάμετρο (d_e) που είναι η διάμετρος ενός σφαιρικού σωματιδίου που έχει τον ίδιο όγκο με αυτά. Ένας ακόμα όρος που χρησιμοποιείται συχνά στην περιγραφή του μεγέθους των σωματιδίων ενός αεροζόλ είναι η

ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρος που εκφράζει το μέγεθος τους με ομοιόμορφο τρόπο. Πρόκειται για τη διάμετρο μιας σφαίρας με πυκνότητα 1g/cm^3 που έχει την ίδια ταχύτητα καθίζησης με το σωματίδιο υπό εξέταση (Αλεξανδροπούλου, 2003).

Η αεροδυναμική διάμετρος είναι μια πολύ χρήσιμη παράμετρος, επειδή σχετίζεται με το χρόνο παραμονής των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, καθώς και με την απόθεση τους στο αναπνευστικό σύστημα (EPA, 2002). Τα σωματίδια ταξινομούνται σε μεγάλα και μικρά (ή ως χονδρά και λεπτά) συναρτήσει της διαμέτρου τους. Ιδιαίτερα όσο αφορά την ποιότητα του αέρα διακρίνονται στα $\text{PM}_{2,5}$ και PM_{10} (EPA, 2002). Μικρά (fine) θεωρούνται τα $\text{PM}_{2,5}$, δηλαδή τα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης των $2,5\mu\text{m}$ ενώ μεγάλα (coarse) η διαφορά $\text{PM}_{10}-\text{PM}_{2,5}$ (Schwela κ.ά., 2002). Τα μικρά διακρίνονται σε σωματίδια διαμέτρου πυρήνα ή πολύ μικρά σωματίδια ($<0,2\mu\text{m}$) και σε συσσωματώματα ($0,2-2,5\mu\text{m}$).

Η μάζα και το πλήθος των σωματιδίων εκφράζουν την συγκέντρωση τους στην ατμόσφαιρα και επομένως καθορίζουν την δόση τους στο αναπνευστικό σύστημα. Ενώ η επιφάνεια των σωματιδίων σχετίζεται κυρίως με ιδιότητες τους στην ατμόσφαιρα, όπως ο σκεδασμός του ηλιακού φωτός που προκαλεί μείωση της ορατότητας. Μπορεί να επηρεάσει το μέγεθος των σωματιδίων αφού η μεγάλη επιφάνεια ισοδυναμεί με ανάλογη διαθεσιμότητα για συμπύκνωση υδρατμών, χημικές αντιδράσεις ρόφησης συστατικών αλλά και εξάτμιση στον αέρα (Seinfeld και Pandis, 1998). Από τις παραπάνω διεργασίες σημαντικότερες για τη συμπεριφορά των σωματιδίων στο

αναπνευστικό είναι η απορρόφηση υγρασίας και η εξάτμιση. Η ικανότητα απορρόφησης υγρασίας από τα σωματίδια είναι γνωστή ως υγροσκοπικότητα και είναι υπεύθυνη για την αύξηση του μεγέθους των σωματιδίων καθώς κινούνται στο αναπνευστικό σύστημα. Είναι χαρακτηριστική διεργασία για αεροζόλ που περιέχουν υγροσκοπικά γενικά σωματίδια όπως σωματίδια ανόργανων αλάτων (π.χ. θειικά) και/ή άφθονο οργανικό υλικό όπως ο καπνός του τσιγάρου και τα θαλάσσια αεροζόλ (NaCl) (Robinson και Yu, 2001; ICRP, 1994; Winter-Sorkina κ.ά., 2002).

Το σχήμα των σωματιδίων σχετίζεται με την αεροδυναμική τους διάμετρο και άρα επηρεάζει έμμεσα τόσο την εναπόθεση όσο και τον καθαρισμό τους από το αναπνευστικό (ICRP, 1994). Για παράδειγμα σωματίδια με σχήμα ίνας (π.χ. αμίαντος) έχουν χαμηλούς ρυθμούς απομάκρυνσης από το αναπνευστικό και έτσι προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις στον οργανισμό. Επίσης το ηλεκτρικό φορτίο των σωματιδίων επιδρά στον τρόπο καθίζησης τους, όπως θα μελετηθεί παρακάτω στους μηχανισμούς εναπόθεσης, και τέλος η διαλυτότητα στα υγρά της αναπνευστικής οδού καθορίζει την ταχύτητα απομάκρυνσης των σωματιδίων από το αναπνευστικό σύστημα (EPA, 2002).

Οι χημικές ιδιότητες των σωματιδίων που σχετίζονται με τη δόση και απόκριση του οργανισμού είναι η σύσταση και η μορφή (π.χ. ιοντική) τους συναρτήσει του μεγέθους, οι οποίες εξαρτώνται από την προέλευση τους. Η χημική σύσταση των σωματιδίων σχετίζεται κυρίως με τις επιπτώσεις που έχει στον οργανισμό και διακρίνεται στη στοιχειακή, ανόργανη και οργανική σύσταση τους (EPA, 2002; Schwella κ.ά., 2002).

3.4 Επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα

Η σωματιδιακή ρύπανση σε μια αστική περιοχή δεν είναι μονάχα ένα πρόβλημα αισθητικής εξαιτίας της καλούμενης «αιθαλομίχλης» που δημιουργείται, αλλά και ένα σημαντικό θέμα που αφορά την ανθρώπινη υγεία. Η αναπνοή αποτελεί έναν από τους κυριότερους τρόπους έκθεσης του ανθρώπου σε επικίνδυνες για την υγεία του ουσίες. Επιδημιολογικές έρευνες και πειραματικά δεδομένα αποδεικνύουν τη σύνδεση ανάμεσα στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στην αναπνευστική τους λειτουργία οργανισμοί, μεταξύ των οποίων φυσικά και ο άνθρωπος, και στη συγκέντρωση των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα αστικής περιοχής (Pagano et al., 1996, Dockery et al., 1993, Schenelle-Kreis κ.ά., 2001).

Τα σωματίδια προκαλούν άμεσες και χρόνιες επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό (Schwella κ.α., 2002). Σύμφωνα με επιδημιολογικές μελέτες τα σωματίδια σχετίζονται με αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα (Pope κ.ά., 1999, Schwartz κ.ά., 1999). Συγκεκριμένα προκαλούν άμεσες επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα όπως βρογχίτιδα και πνευμονία, καρδιακά προβλήματα και επιδείνωση χρόνιων αποφρακτικών νόσων του αναπνευστικού (COPD) (EPA, 2002; Schwella κ.ά., 2000).

Από τις επιδημιολογικές μελέτες 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 την κυκλοφορία του αίματος στους πνεύμονες. Ακόμα έχει βρεθεί πως προκαλούν oxidative stress, οίδημα, φλεγμονές στους πνεύμονες, ανοσοτοξικότητα, αύξηση της πυκνότητας του πλάσματος και θρόμβωση του αίματος καθώς και hypoxic stress λόγω της μικρής διάχυσης των αερίων (Rombout κ.ά., 2000; Donaldson κ.ά., 2000).

3.5 Μηχανισμοί απομάκρυνσης των αιωρούμενων σωματιδίων από το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα

Οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των σωματιδίων από το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δυο διεργασίες που δρουν ανταγωνιστικά (ICRP, 1994; EPA, 2002):

- Μεταφορά σωματιδίων

Τα σωματίδια μεταφέρονται προς το γαστρεντερικό σύστημα και τους λεμφαδένες αλλά και από το ένα μέρος του αναπνευστικού συστήματος σε άλλο. Η μεταφορά πραγματοποιείται με το στρώμα βλέννας, τη λειτουργία των βλεφαρίδων και τη δράση των μακροφάγων κυττάρων (Chang κ.ά., 1991).

- Απορρόφηση στο αίμα

Αναφέρεται στη μεταφορά των συστατικών των σωματιδίων ή και των ίδιων των σωματιδίων (πολύ μικρά) στο αίμα. Πραγματοποιείται σε δύο γενικά στάδια, την διάσπαση των σωματιδίων σε συστατικά και την ανάληψη τους-διάλυση στο αίμα (ICRP, 1994).

Με στόχο την μελέτη των επιπτώσεων των σωματιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό, τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί ένα μεγάλο πλήθος μοντέλων υπολογισμού της δόσης και συσσώρευσης σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα. Τα μοντέλα αυτά διακρίνονται σε στατιστικά, ημιεμπειρικά και μηχανιστικά ανάλογα με τον τρόπο υπολογισμού του ποσοστού εναπόθεσης σωματιδίων σε κάθε περιοχή του αναπνευστικού συστήματος. Το πιο γνωστό ημιεμπειρικό μοντέλο είναι το Μοντέλο του Ανθρώπινου Αναπνευστικού Συστήματος (HRTM) της διεθνούς υπηρεσίας για τη προστασία από τη ραδιενέργεια (ICRP) (ICRP, 1994). Στο μοντέλο αυτό η εναπόθεση σε κάθε περιοχή του αναπνευστικού συστήματος υπολογίζεται θεωρώντας το αναπνευστικό σύστημα ως μια ακολουθία φίλτρων σε σειρά

3.6. Περιγραφή των οργάνων μέτρησης των αιωρούμενων σωματιδίων



Εικόνα 15: Όργανο μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων Dusttrak (TSI, 2003)

Για την μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων στο ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ Χανίων χρησιμοποιήσαμε το DUSTTRAK™ Aerosol Monitor (Εικόνα 15). Το βέλος 1 στην εικόνα 13 δείχνει την οθόνη, το βέλος 2 μας δείχνει το πληκτρολόγιο και τέλος τα βέλη 3 και 4 μας δείχνουν το κάλυμμα της μπαταρίας. Το όργανο

είναι φορητό που λειτουργεί με μπαταρία και με λέιζερ-φωτόμετρο το οποίο μετρά και καταγράφει τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων. Το DUSTTRAK έχει περίβλημα ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες του περιβάλλοντος για την πραγματοποίηση ακριβείς μετρήσεις στους εξωτερικούς χώρους και μπορεί να μετρήσει σωματίδια PM₁₀, PM_{2.5} και PM_{1.0} στην περίπτωση μας μετρήσαμε σωματίδια PM₁₀. Το όργανο έχει μία ψηφιακή οθόνη που δείχνει σε πραγματικό χρόνο τις συγκεντρώσεις σε mg/m³ και ταυτόχρονα καταγράφει τα δεδομένα στην μνήμη.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι προδιαγραφές του οργάνου:

- Τύπος αισθητήρα : 90 ° σκέδαση φωτός.
- Κλίμακα: 0,001 έως 100 mg/m³ (βαθμονομείται με το πρότυπο ISO 12103-1).
- Ανάλυση: 1 % της ένδειξης ή 0,001 mg/m³, όποια είναι μεγαλύτερη.
- Ταχύτητα ροής: 1,4 έως 2,4 Ρυθμιζόμενα l / min (1,7 ονομαστικά).
- Συντελεστής θερμοκρασίας : 0,001 °C ανά mg/m³ (για τις διακυμάνσεις από θερμοκρασία στην οποία το DUSTTRAK μηδενίζεται).
- Θερμοκρασία λειτουργίας : 32 ° F έως 120 ° F (0 ° C έως 50 ° C).
- Θερμοκρασία Αποθήκευσης : -4 ° F έως 140 °F (-20 °C έως 60 ° C).
- Υγρασία λειτουργίας: 0 έως 95% RH (μη συμπύκνωση).
- Εξωτερικές διαστάσεις: 8,7 in x 5,9 in x 3,4 in (221 mm x 150 mm x 87 mm).
- Μέσο βάρος: 1,5 kg με τις μπαταρίες.
- Χρόνος αλκαλικής μπαταρίας: 16 ώρες.

Το DUSTTRAK έχει τα παρακάτω αξεσουάρ

- TRAKPRO Data Analysis Software.
- Interface καλώδιο.
- 10 mm κυκλώνα.
- Ροόμετρο.
- Φίλτρο.
- AC adapter.
- Τέσσερις αλκαλικές μπαταρίες C μεγέθους.
- Τσάντα μεταφοράς.
- Φίλτρα για αντικατάσταση (8).
- Manual (εγχειρίδιο λειτουργίας).

Το TRAKPRO Data Analysis Software είναι ένα λογισμικό ανάλυσης δεδομένων όπου μπορούμε να δημιουργήσουμε λεπτομερή διαγράμματα και εκθέσεις για τις μετρήσεις μας (TSI, 2003).

Στον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης για την μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) χρησιμοποιήσαμε το όργανο **DUST MONITOR FH 62 I – R** (Εικόνα 16).



Εικόνα 16: Όργανο μέτρησης σωματιδίων FH 62 I-R.

Το όργανο μέτρησης σωματιδίων FH 62 I-R είναι σχεδιασμένο για συνεχείς μετρήσεις εκπομπών σε δίκτυα παρακολούθησης ποιότητας αέρα και για χρήση στη βιομηχανική ασφάλεια. Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση και την παρακολούθηση της συγκέντρωσης ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) των αιωρούμενων σωματιδίων σε συνεχή λειτουργία. Οι δυνατές εφαρμογές είναι μέτρηση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων TSP (Total Suspended Particulate) και μέτρηση διαφορετικών κλασμάτων σωματιδίων με ειδικούς διαχωριστές (συλλέκτες PM_{10} ή $\text{PM}_{2.5}$) για τη μέτρηση των εκπομπών σε πραγματικό χρόνο για περιβαλλοντικές εφαρμογές. Η ακρίβεια μέτρησης που παρέχεται είναι μεγάλη και η ένδειξη της συγκέντρωσης γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Υπάρχει δυνατότητα μέτρησης διαφορετικού μεγέθους σωματιδίων και η ένδειξη του μετρητή δεν εξαρτάται από το σχήμα και τη χημική σύσταση των σωματιδίων. Ανάλυση της χημικής σύστασης μπορεί να γίνει στη συνέχεια αφού η μάζα των σωματιδίων έχει συγκεντρωθεί στην ταινία του FH 62 I-R.

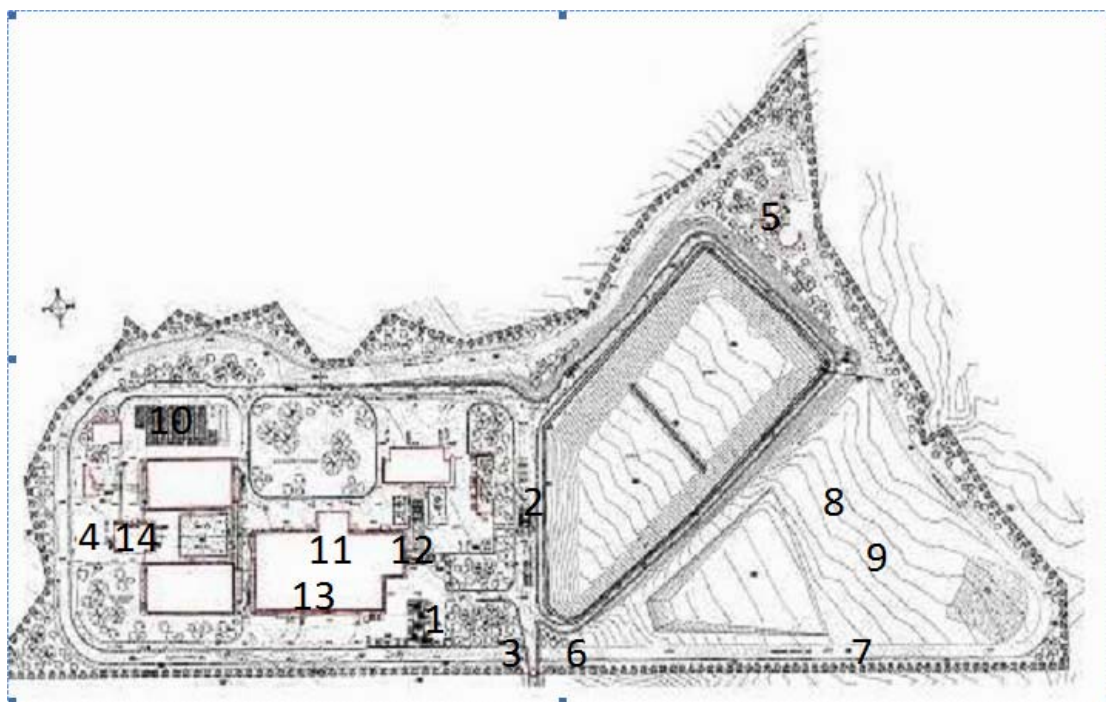
Το όργανο χρησιμοποιεί τη ραδιομετρική αρχή της εξασθένησης σωματιδίων β δύο ακτινών με τη μέθοδο της αντιστάθμισης. Ένα καθαρό τμήμα της ταινίας φίλτρου μετακινείται στη θέση μέτρησης . Ο αέρας του περιβάλλοντος αναρροφάται από το σύστημα δειγματοληψίας. Τα σωματίδια σκόνης που περιέχονται στον αέρα εναποτίθενται στο φίλτρο. Για τη δειγματοληψία των σωματιδίων χρησιμοποιείται η αρχή της μοναδικής κηλίδας στο φίλτρο. Ένα κομμάτι φίλτρου παραμένει για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα στο θάλαμο συλλογής και μέτρησης των σωματιδίων μέχρι να αποκτήσει το μέγιστο φορτίο που έχουμε ορίσει, ή να ξεπεραστεί κάποια από τις παραμέτρους αλλαγής του φίλτρου (χρόνος ημέρας, προεπιλεγμένος χρόνος δειγματοληψίας, παροχή αέρα). Έπειτα το γεμάτο τμήμα του φίλτρου μετακινείται και το αντικαθιστά ένα καθαρό τμήμα στο σημείο μέτρησης.

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας στο φίλτρο ο αριθμός των σωματιδίων που κατακάθονται στο φίλτρο αυξάνεται. Το στρώμα των σωματιδίων με αυξανόμενο πάχος, εξασθενίζει την ένταση της ακτινοβολίας β . Το ηλεκτρικό σήμα στην έξοδο αυξάνεται. Αυτό το σήμα εξόδου δίνει ανά πάσα στιγμή τη μάζα σωματιδίων που έχει συλλεχθεί στην κηλίδα του φίλτρου. Αυτό το σύστημα είναι λοιπόν ένας άμεσος παρατηρητής της μάζας της σκόνης στο σημείο . Με τη μάζα στην κηλίδα του φίλτρου γνωστή ανά πάσα στιγμή μπορεί κανείς να υπολογίσει την ταχύτητα της δειγματοληψίας σωματιδίων. Το σήμα μέτρησης στην έξοδο ενισχύεται και φτάνει μέσω ενός αναλογικού/ ψηφιακού μετατροπέα στην κεντρική υπολογιστική μονάδα. Από τη χρονική αύξηση της μάζας της σκόνης υπολογίζεται και δίνεται στην οθόνη μέτρησης η συγκέντρωση (Βουλγαράκης, 2004).

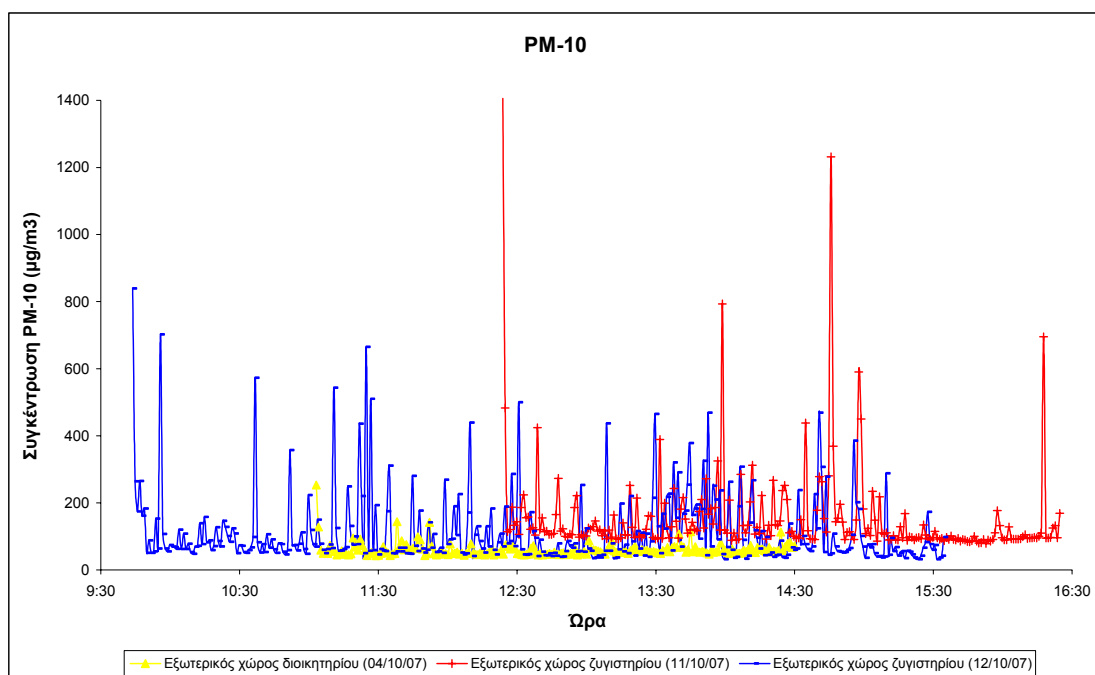
3.7 Πειραματικά αποτελέσματα

3.7.1 Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.

Στην Εικόνα 17 φαίνονται τα σημεία στα οποία έγιναν οι πειραματικές μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους από τον Οκτώβριο του 2007 έως τον Απρίλιο του 2009. Οι ονομασίες των σημείων είναι οι εξής: (1): Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου, (2): Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου, (3): Πύλη ΕΜΑΚ, (4): Εξωτερικός χώρος ραφιναρίας, (5): Βιολογικός, (6): ΧΥΤΥ- Αποθήκη αδρανών υλικών χωματοκάλυψης, (7): ΧΥΤΥ-Ράμπα εισόδου, (8): ΧΥΤΥ-Γεννήτρια, (9): ΧΥΤΥ-Μέτωπο απόθεσης, (10): Πλατεία κομποστοποίησης, (11): Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής, (12): Εσωτερικός χώρος ανεπιθύμητων ΑΣΑ, (13): Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (εσωτερικός χώρος), (14): Εσωτερικός χώρος ραφιναρίας.



Εικόνα 17: Κάτοψη ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.

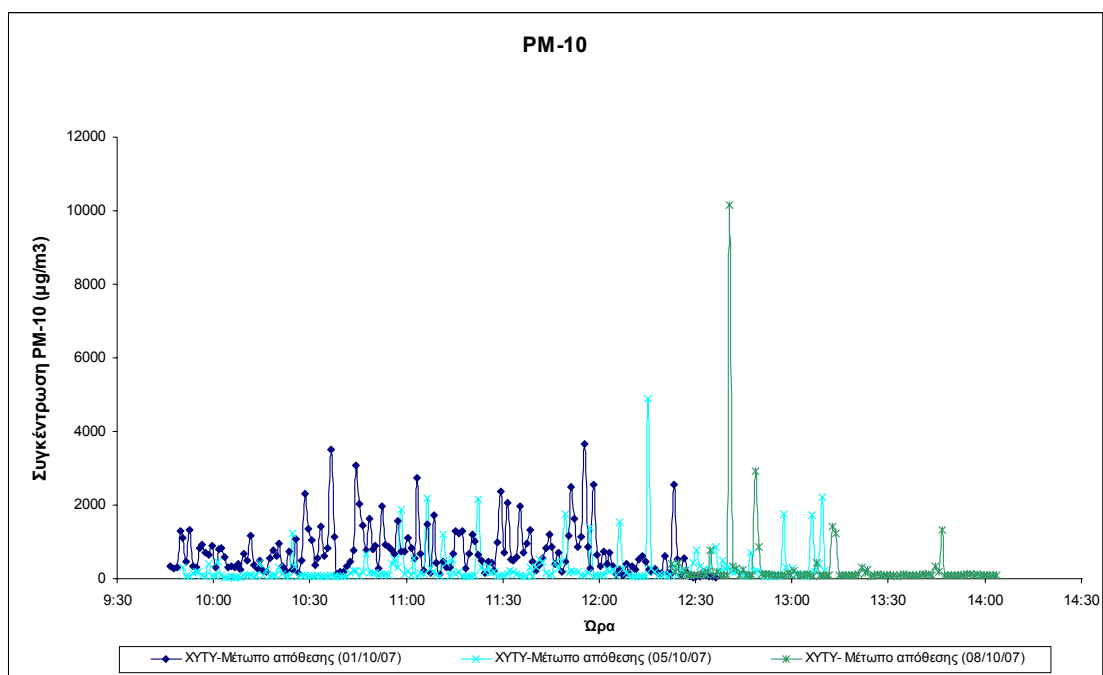


Διάγραμμα 1 : Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

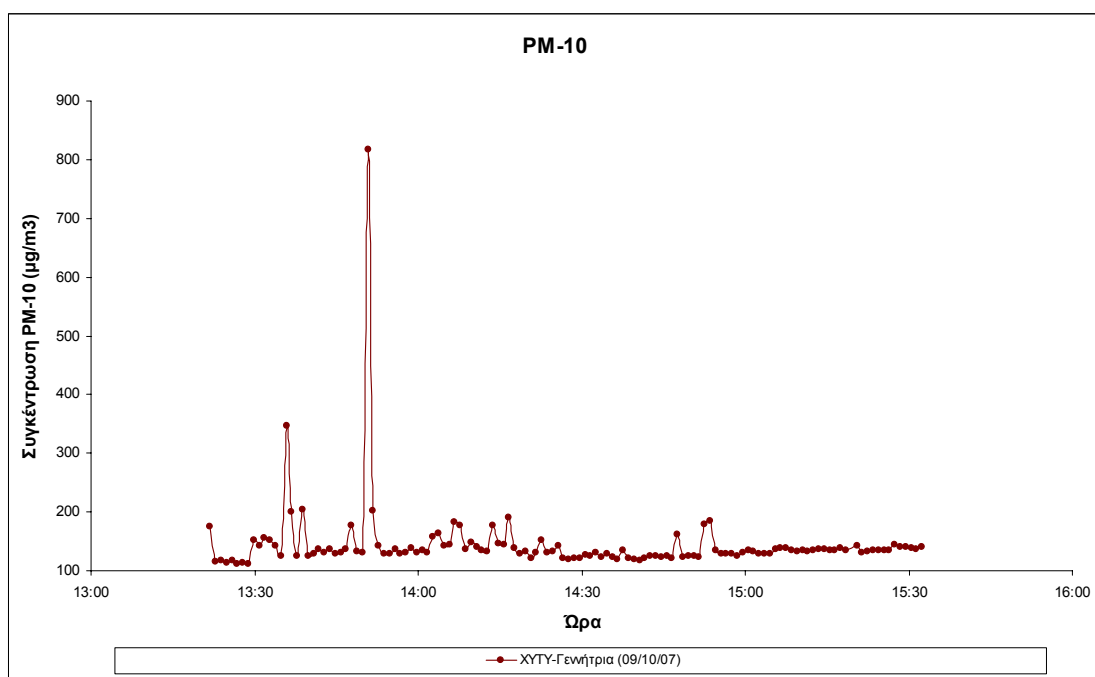
PM_{10}				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου (04-10-07, 11:03, 14:30)	253	42	60	21
Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου (11-10-07, 12:24-16:25)	1406	79	152	141
Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου (12-10-07, 9:44-15:35)	839	32	113	111

Πίνακας 6: Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

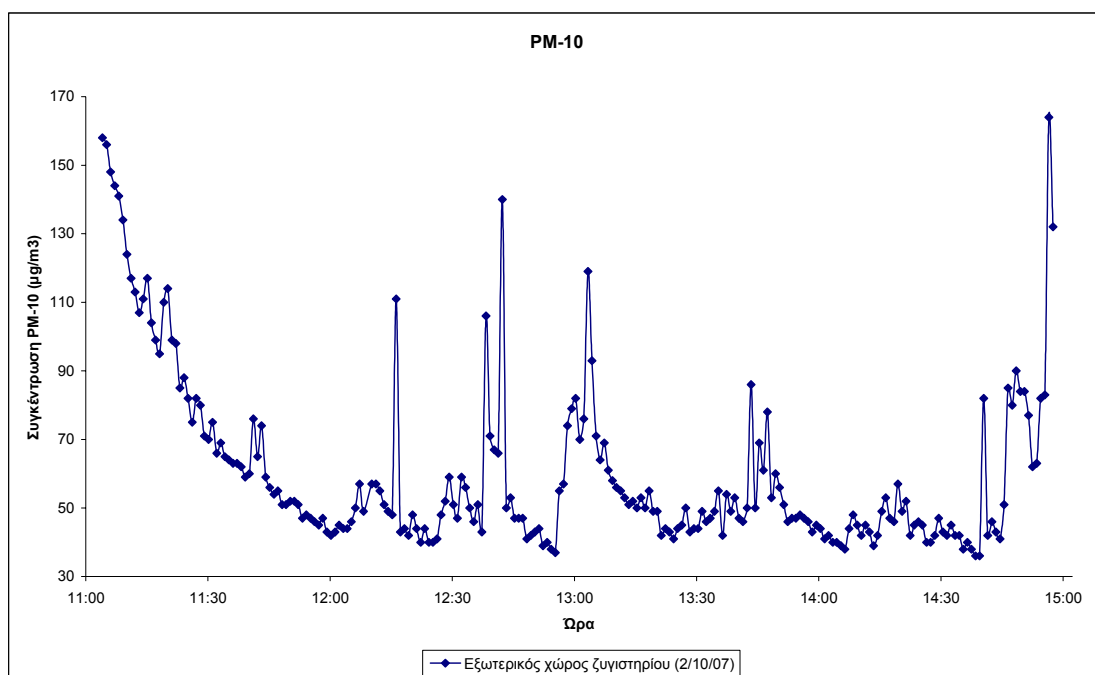
Στο Διάγραμμα 1 και στον Πίνακα 6 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) είναι μεγαλύτερες από $50 \mu g/m^3$ που είναι η 24^{ωρη} οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας (κυμαίνονται μεταξύ $60 \mu g/m^3$ - $152 \mu g/m^3$) και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα $1406 \mu g/m^3$. Επίσης παρατηρούμε ότι στον εξωτερικό χώρο του ζυγιστηρίου έχουμε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τον εξωτερικό χώρο του διοικητηρίου λόγω της μεγαλύτερης ροής των φορτηγών. Στον πρώτο χώρο, η ροή είναι πολύ μεγαλύτερη, καθώς προσέρχεται το σύνολο των οχημάτων και ζυγίζεται κάθε μετακινούμενο φορτίο από και προς το Εργοστάσιο και τον ΧΥΤΥ (απορρίμματα/ υλικά ανακύκλωσης /πωλήσεις ανακύκλωσης/ υλικά επικαλύψεων, περίπου 31500 ζυγίσεις σε ετήσια βάση) ,ενώ στον δεύτερο χώρο διέρχεται μόνο ένα μέρος των οχημάτων που εξυπηρετεί την λειτουργία του Εργοστασίου ,απορριμματοφόρα ανακύκλωσης και HOOKLIFT (οχήματα μεταφοράς υπολειμμάτων). Κατά συνέπεια θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη μείωση της αιωρούμενης σκόνης που προέρχεται από την κίνηση των φορτηγών, όπως συχνή διαβροχή της περιοχής εισόδου-ζύγισης των φορτηγών και κατασκευή ράμπας εκπλυσης τροχών απορριμματοφόρων ,απαίτηση που είναι ταυτόχρονα και νομική υποχρέωση



Διάγραμμα 2 : Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) στο μέτωπο απόθεσης του ΧΥΤΥ.



Διάγραμμα 3 : Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) στην γεννήτρια.



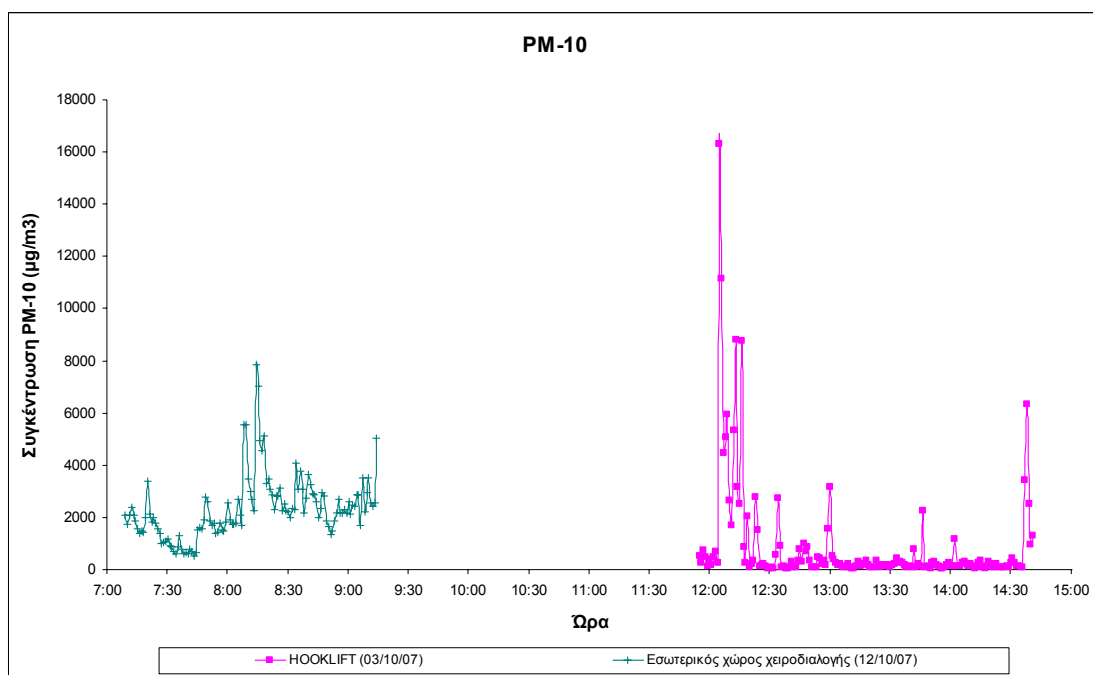
Διάγραμμα 4 : Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) στον εξωτερικό χώρο του ζυγιστηρίου.

PM_{10}				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
ΧΥΤΥ- Μέτωπο απόθεσης (01-10-07,9:46-12:36)	3661	44	736	665
ΧΥΤΥ- Μέτωπο απόθεσης (05-10-07, 9:50-13:10)	4883	34	284	509
ΧΥΤΥ- Μέτωπο απόθεσης (08-10-07,12:23-14:04)	10160	74	298	1050
ΧΥΤΥ-Γεννήτρια (09/10/07, 13:22-15:33)	818	112	143	65

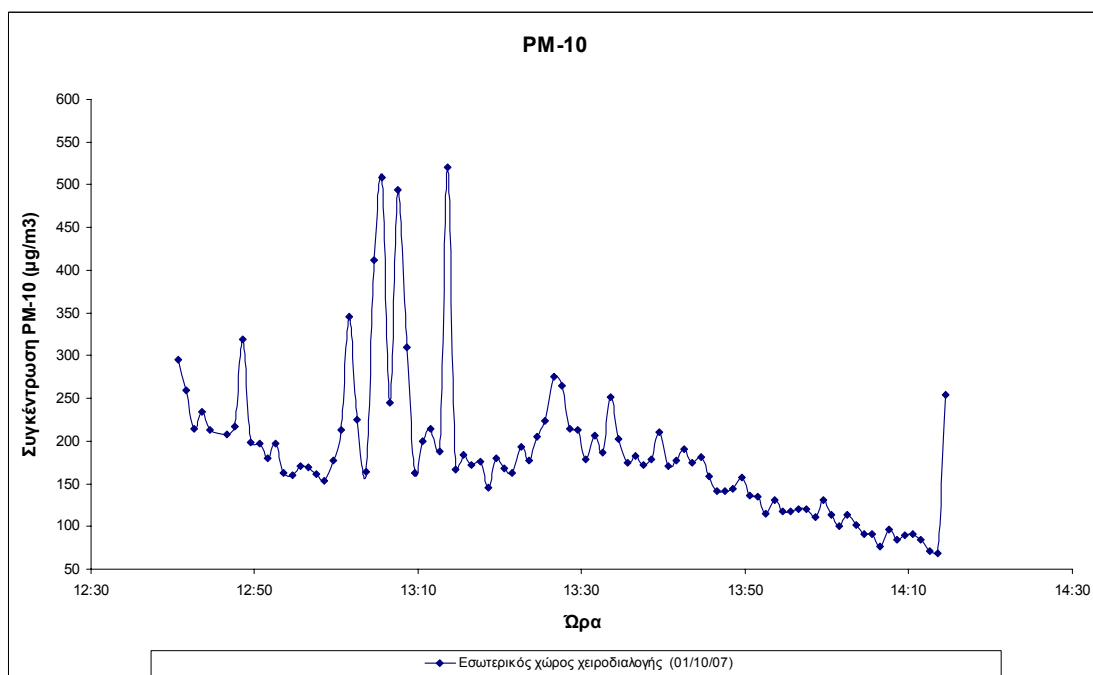
Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου (02/10/07,11:05-14:58)	164	36	61	26
---	-----	----	----	----

Πίνακας 7 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο ΕΜΑΚ ΚΑΙ ΧΥΤΥ Χανίων.

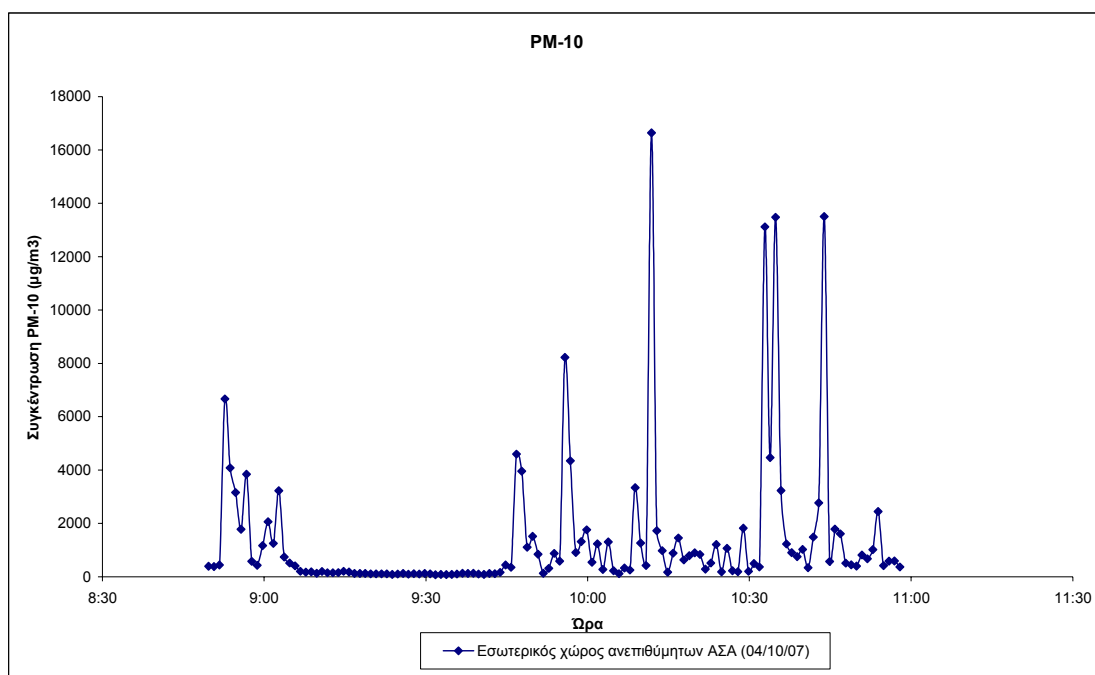
Στα Διαγράμματα 2, 3, 4 και στον Πίνακα 7 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που είναι η 24^{ωρη} οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 10160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στον εξωτερικό χώρο του ζυγιστηρίου αφαιρέσαμε μια τιμή που παρουσιάστηκε στις 12:10 και ήταν ίση με 3301 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μετά από σχετική διερεύνηση διαπιστώθηκε ότι η μέτρηση που καταγράφηκε οφειλόταν σε παρέμβαση εργαζομένου και εκπνοή καπνού τσιγάρου). Για τον ίδιο λόγο αφαιρέσαμε μια τιμή στο σημείο ΧΥΤΥ-Γεννήτρια το οποίο παρουσιάστηκε στις 15:20 και ήταν ίση με 5683 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο μέτωπο απόθεσης απορριμμάτων του ΧΥΤΥ και στην θέση ΧΥΤΥ-γεννήτρια μπορεί να παρατηρηθεί ακόμα και οπτικά, σύννεφο σκόνης και άρα υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων από την διαδικασία επικάλυψης των υπολειμμάτων με κατάλληλο γαιώδες υλικό (χώμα, μπάζα), φαινόμενο που μπορεί να επιταθεί περιστασιακά, ανάλογα με τους επικρατούντες ανέμους στην περιοχή και τον αριθμό οχημάτων που ξεφορτώνουν παράλληλα, ενώ στον εξωτερικό χώρο του ζυγιστηρίου από την αυξημένη ροή των φορτηγών.



Διάγραμμα 5 : Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.



Διάγραμμα 6 : Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) στον εσωτερικό χώρο χειροδιαλογής.



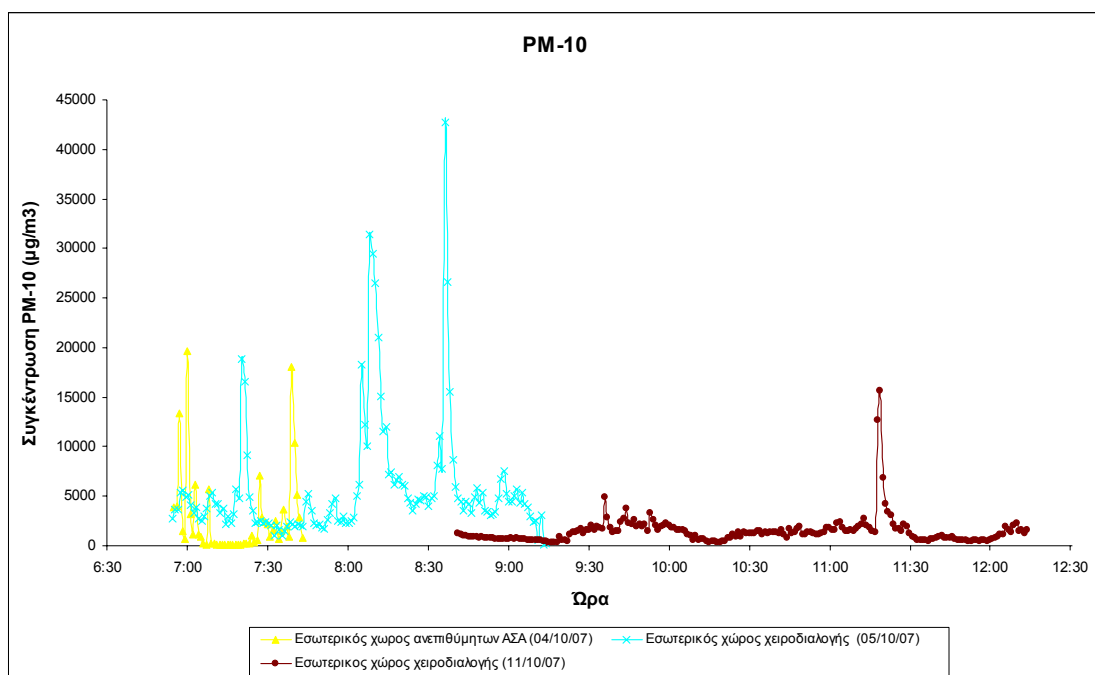
Διάγραμμα 7 : Συγκεντρώσεις PM₁₀ (μg/m³) στον εσωτερικό χώρο ανεπιθύμητων.

PM ₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m ³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m ³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (μg/m ³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
HOOKLIFT (03-10-07,11:55-14:41)	16325	51	834	2021
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (12-10-07,07:09-09:14)	7863	532	2312	1205
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (01-10-07, 12:40-14:14)	520	69	186	84
Εσωτερικός χώρος	16642	77	1369	2664

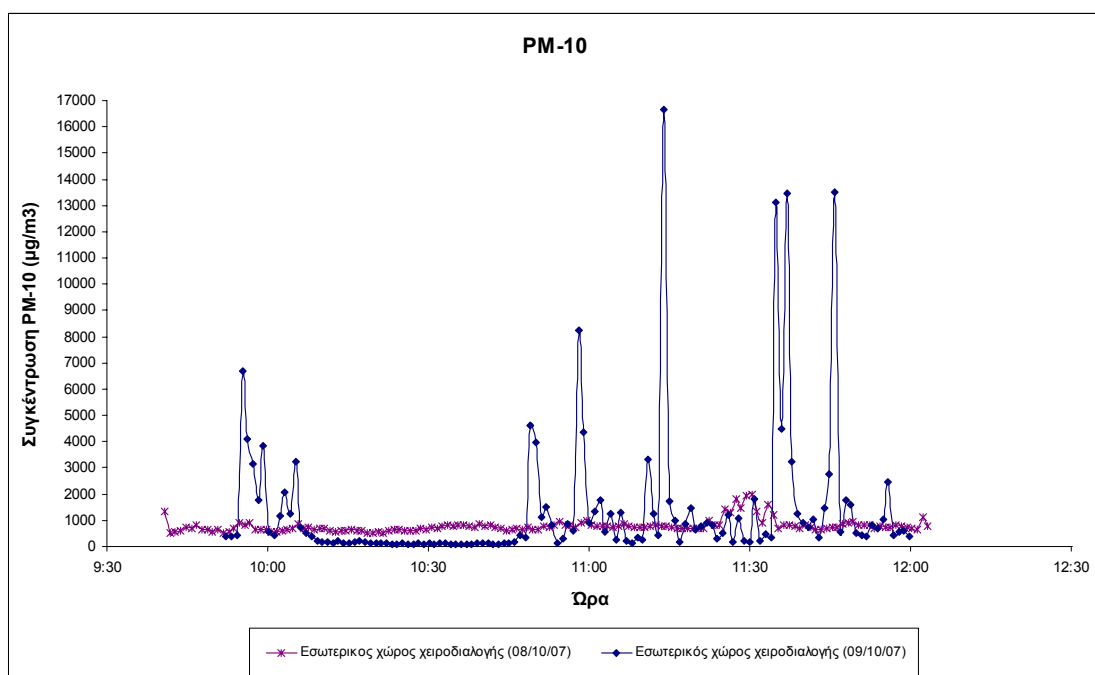
ανεπιθύμητων ΑΣΑ (04/10/07, 08:50-10:58)				
---	--	--	--	--

Πίνακας 8 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στα Διαγράμματα 5, 6, 7 και στον Πίνακα 8 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50 µg/m³ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 16325 µg/m³. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στον εξωτερικό χώρο του ζυγιστηρίου αφαιρέσαμε μια τιμή που παρουσιάστηκε στις 12:45 και ήταν ίση με 24268 µg/m³ θεωρώντας ότι προκλήθηκε από διέλευση εργαζομένου που επανέλαβε την εκπνοή καπνού. Το Hooklift είναι το όχημα – φορτηγό που μεταφέρει τα υπολείμματα στον ΧΥΤΥ αγκιστρώνοντας κάδους και εισέρχεται στον χώρο ταφής (με την μεγαλύτερη ημερήσια συχνότητα περίπου 10.000 δρομολόγια σε ετήσια βάση κατανεμημένα σε 3 οχήματα αυτής της κατηγορίας) σχεδόν πάντα παράλληλα με άλλα οχήματα και με αυξημένη ταχύτητα προξενώντας σύννεφα αιωρούμενης σκόνης ,ιδιαίτερα κατά την θερινή περίοδο. Το συγκεκριμένο όχημα HOOKLIFT που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις στερείται A/C και λειτουργεί με ανοιχτά παράθυρα ,για αυτό το λόγο παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων ενώ ο εσωτερικός χώρος ανεπιθύμητων ΑΣΑ είναι το πρώτο στάδιο χειροδιαλογής μετά το κτίριο υποδοχής και τους σκίστες σακών και έχουν παρατηρηθεί επικαλύψεις σκόνης στον παράπλευρο εξοπλισμό των θέσεων εργασίας .



Διάγραμμα 8: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.



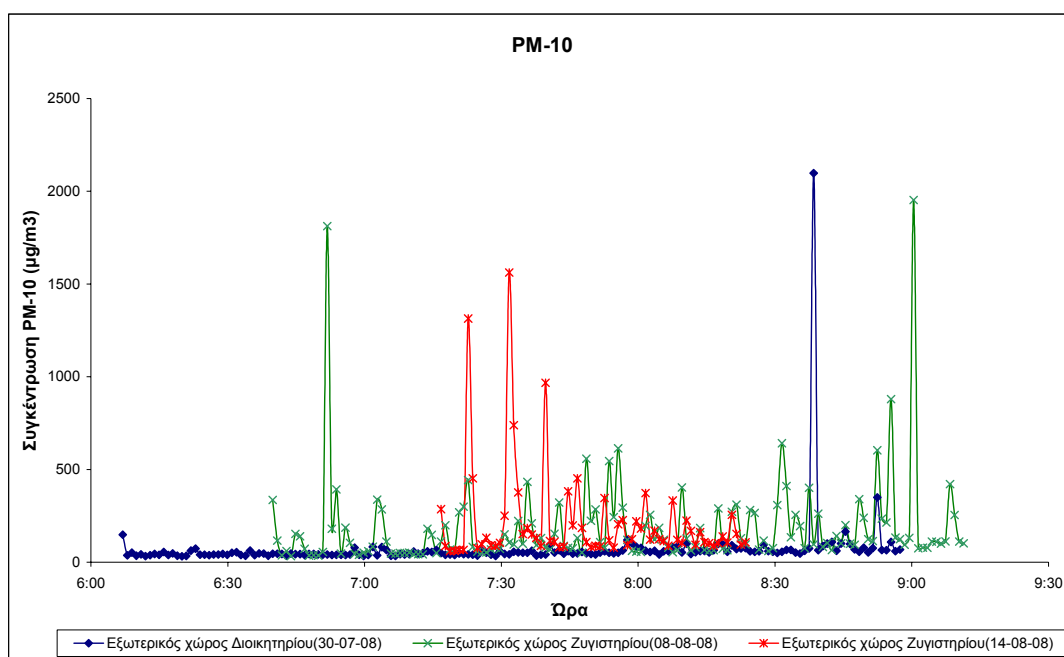
Διάγραμμα 9: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) στον εσωτερικό χώρο χειροδιαλογής.

PM₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (µg/m³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εσωτερικός χώρος ανεπιθύμητων ΑΣΑ (04-10-07,06:55-07:43)	19598	71	2675	4337
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (05-10-07, 06:54-9:14)	42713	168	5715	6146
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (11-10-07, 08:41-12:14)	15683	355	1431	1497
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (08/10/07,09:41-12:04)	1966	504	780	244
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (09-10-07, 09:52-13:00)	5374	240	447	400

Πίνακας 9 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στα Διαγράμματα 8, 9 και στον Πίνακα 9 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50 µg/m³ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 42713 µg/m³. Ο εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής είναι η κύρια αίθουσα διαλογής με ανθρώπινα χέρια: υπάρχουν 2 γραμμές μεταφοράς που μπορούν να λειτουργούν παράλληλα ή μόνο η κάθε μια. Οι θέσεις εργασίας σε βέλτιστη στελέχωση είναι 32 και τροφοδοτούν 8 σιλό υλικών. Στην υφιστάμενη κατάσταση η μια γραμμή

τροφοδοτείται με υλικό του προγράμματος διαλογή στην πηγή (ΔσΠ) και η άλλη με υλικό του πράσινου κάδου (Σύμμεικτο).

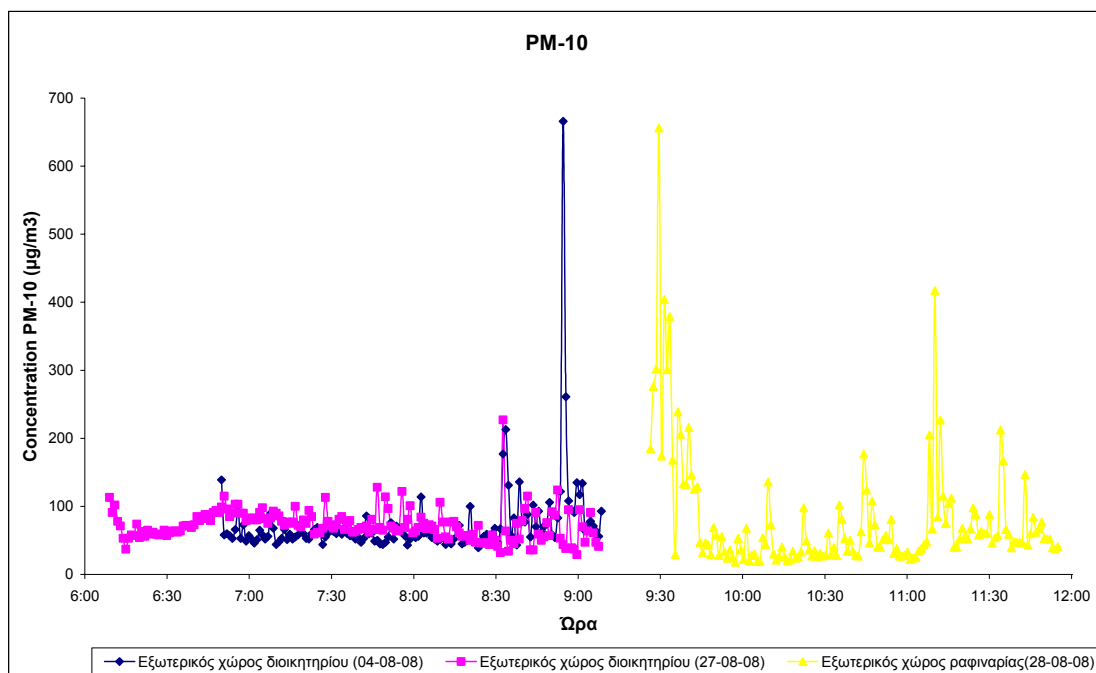


Διάγραμμα 10: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM-10				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου (30-07-08, 06:07-08:58)	2098	32	70	159
Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου (08-08-08, 06:40-09:12)	1952	33	183	241
Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου (14-08-08, 07:17-08:24)	1562	60	215	264

Πίνακας 10 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στο Διάγραμμα 10 και στον Πίνακα 10 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) είναι μεγαλύτερες από $50 \mu g/m^3$ που είναι η 24^{ωρη} οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα $2098 \mu g/m^3$. Επίσης παρατηρούμε ότι στον εξωτερικό χώρο του ζυγιστηρίου έχουμε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τον εξωτερικό χώρο του διοικητηρίου λόγω της διέλευσης των φορτηγών με αποτέλεσμα την επαναιώρηση σωματιδίων μεγάλου μεγέθους. Προτείνεται η τακτική ρίψη νερού στους συγκεκριμένους χώρους για να μειωθούν οι τιμές της συγκέντρωσης των PM_{10} .

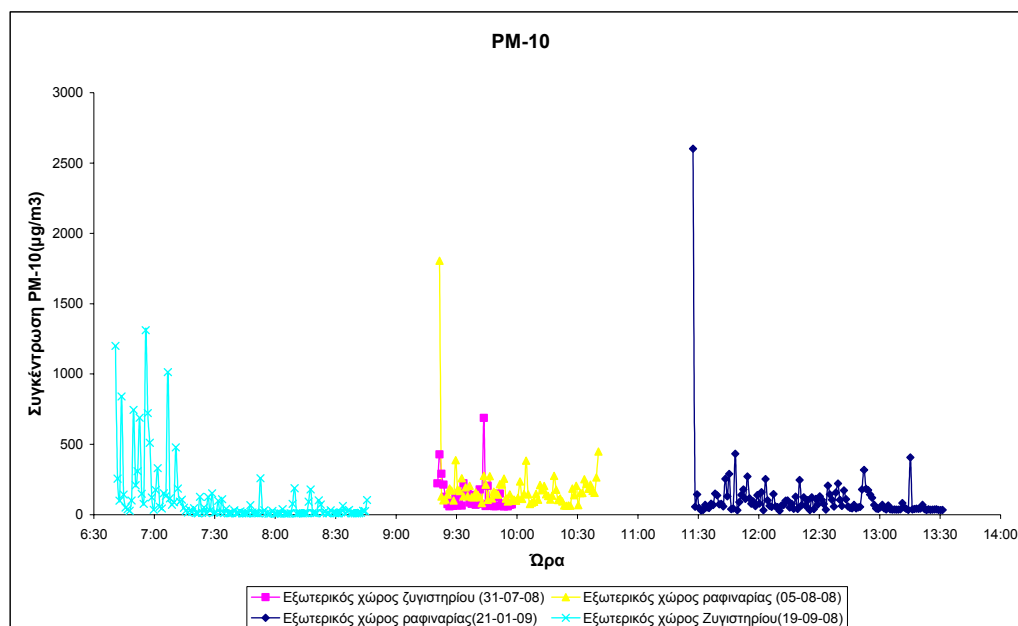


Διάγραμμα 11: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM ₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου (04-08-08, 06:50-09:09)	666	39	73	59
Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου (27-08-08, 06:09-09:08)	227	29	72	22
Εξωτερικός χώρος ραφιναρίας (28-08-08, 09:27-11:56)	656	18	79	88

Πίνακας 11 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στο Διάγραμμα 11 και στον Πίνακα 11 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50 µg/m³ και κυμαίνονται μεταξύ 72,5-79 µg/m³ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 666 µg/m³ (συνεχή διέλευση ΗΟΟΚΛΙFT με αυξημένη ταχύτητα).

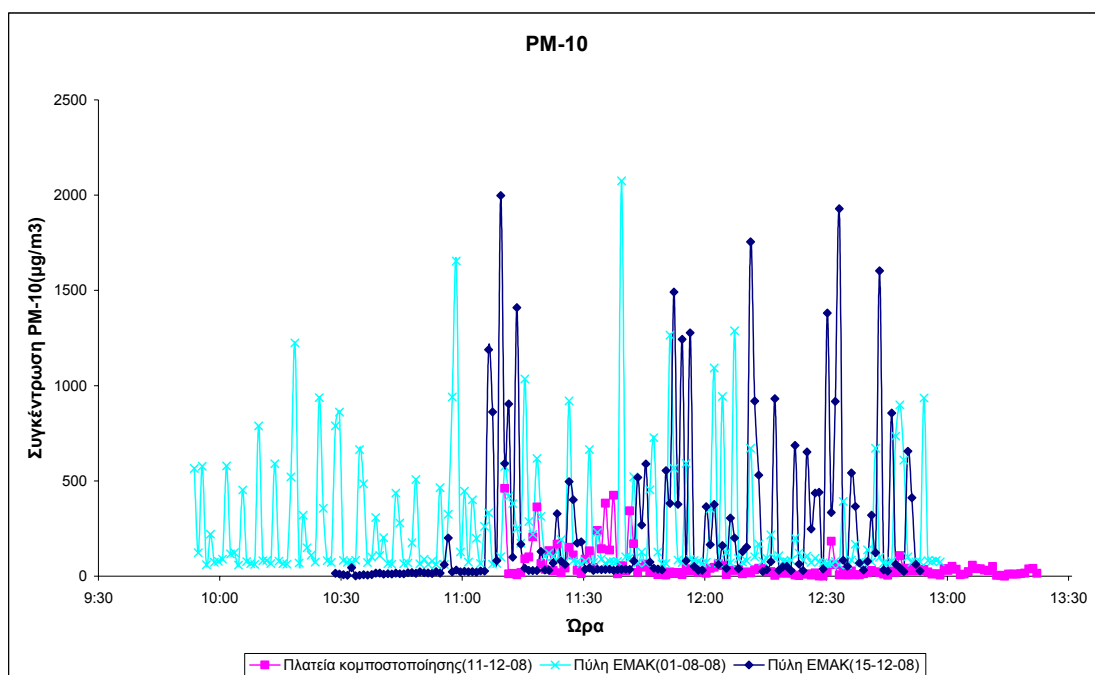


Διάγραμμα 12: Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (μg/m³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου (31-07-08, 09:21-09:58)	688	58	135	121
Εξωτερικός χώρος ραφιναρίας (05-08-08, 09:22-10:41)	1806	64	181	198
Εξωτερικός χώρος ραφιναρίας (21-01-09, 11:28-13:32)	2602	28	112	236
Εξωτερικός χώρος Ζυγιστηρίου (19-09-08, 06:41-08:46)	1311	6	109	224

Πίνακας 12 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

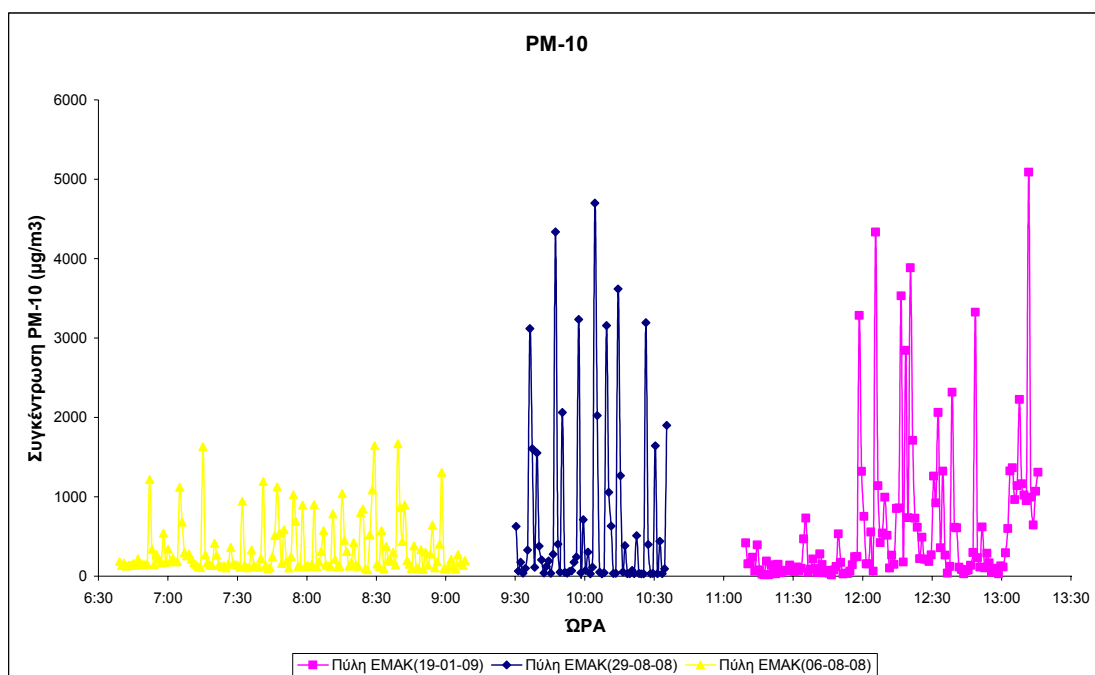
Στο Διάγραμμα 12 και στον Πίνακα 12 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50 μg/m³ (24^{ωρη} οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας) και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 2602 μg/m³.



Διάγραμμα 13: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM_{10}				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Πλατεία κομποστοποίησης (11-12-08, 11:11-13:23)	461	0	51	81
Πύλη ΕΜΑΚ (01-08-08, 09:54-12:59)	2075	58	261	325
Πύλη ΕΜΑΚ (15-12-08, 10:29-12:54)	1998	2	253	419

Πίνακας 13 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

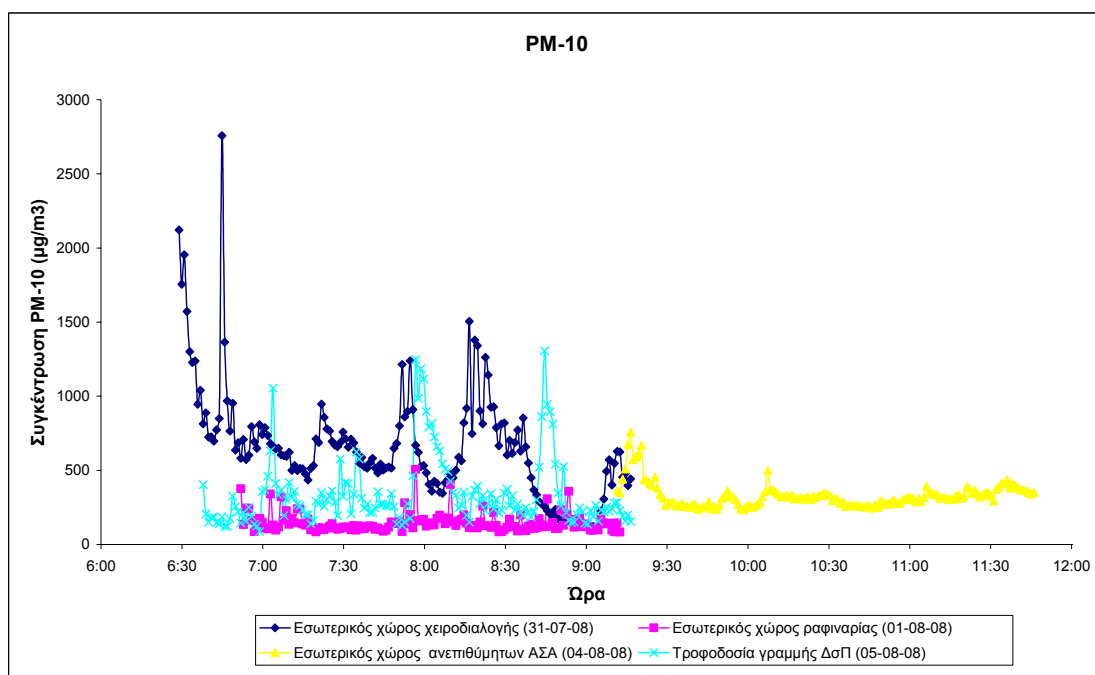


Διάγραμμα 14: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) στην πύλη ΕΜΑΚ.

PM_{10}				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Πύλη ΕΜΑΚ (19-01-09, 11:10-13:16)	5090	17	594	917
Πύλη ΕΜΑΚ (29-08-08, 09:31-10:36)	4699	30	707	1155
Πύλη ΕΜΑΚ (06/08/08, 06:40-09:09)	1670	83	327	340

Πίνακας 14 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στο Διάγραμμα 14 και στον Πίνακα 14 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) είναι μεγαλύτερες από $50 \mu g/m^3$ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα $5090 \mu g/m^3$.

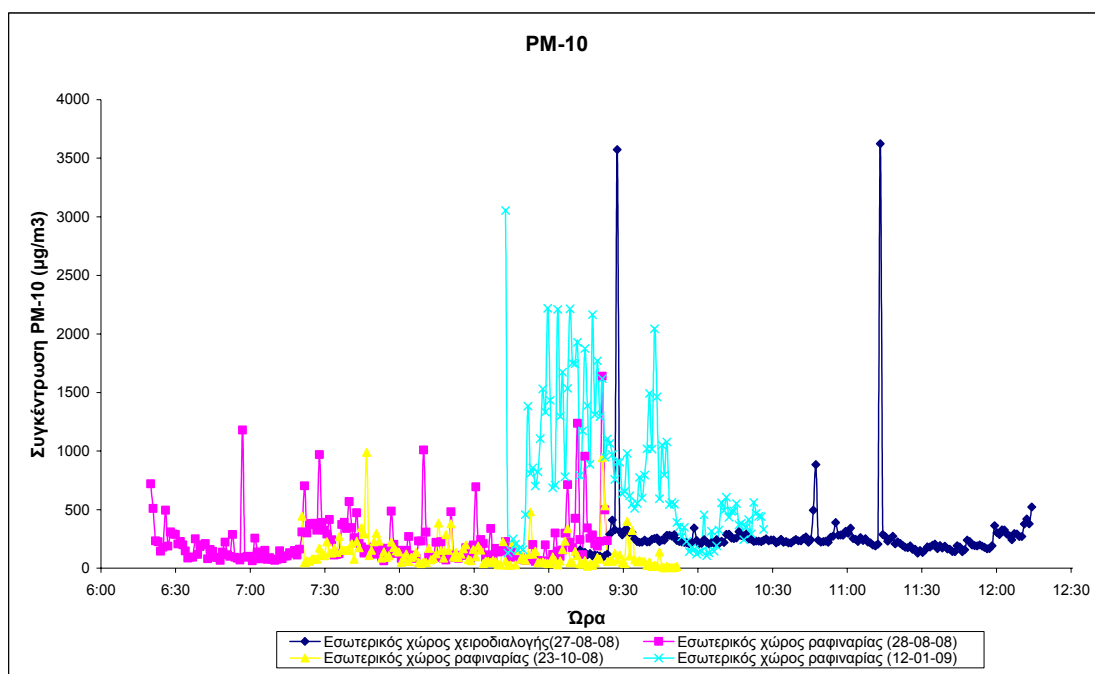


Διάγραμμα 15: Συγκεντρώσεις PM₁₀ (μg/m³) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM ₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m ³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m ³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (μg/m ³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (31-07-08, 06:29-09:17)	2757	112	656	376
Εσωτερικός χώρος ραφinaρίας (01-08-08, 06:52-09:13)	507	84	148	66
Εσωτερικός χώρος ανεπιθύμητων ΑΣΑ (04-08-08, 09:12-11:47)	758	235	330	83
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (05-08-08, 06:38-09:17)	1307	88	340	233

Πίνακας 15 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στους εσωτερικούς χώρους οι υψηλές συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) οφείλονται στη σκόνη που δημιουργείται κατά την εκφόρτωση των απορριμμάτων στο κτίριο υποδοχής και κατά τη διαλογή τους. Στο διάγραμμα 15 και στον πίνακα 15 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) είναι μεγαλύτερες από $50 \mu g/m^3$ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα $2757 \mu g/m^3$. Επίσης παρατηρούμε πως ο εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής παρουσιάζει υψηλότερες συγκεντρώσεις από τους άλλους εσωτερικούς χώρους.

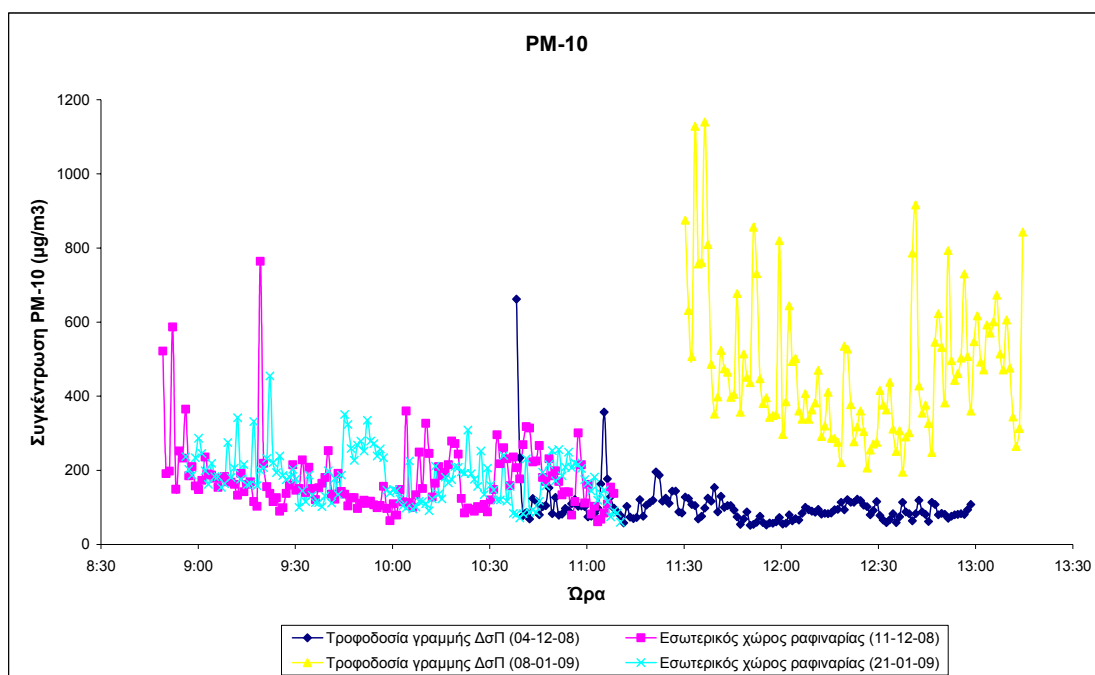


Διάγραμμα 16: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (µg/m³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (27-08-08, 09:12-12:15)	3624	88	275	359
Εσωτερικός χώρος ραφίναρίας (28-08-08, 06:20-09:24)	1639	57	224	221
Εσωτερικός χώρος ραφίναρίας (23-10-08, 07:21-09:52)	989	3	128	138
Εσωτερικός χώρος ραφίναρίας (12-01-09, 08:43-10:27)	3054	107	813	604

Πίνακας 16 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στο Διάγραμμα 16 και στον Πίνακα 16 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50 µg/m³ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 3624 µg/m³. Οι υψηλές τιμές αιωρούμενων σωματιδίων στον εσωτερικό χώρο ραφίναρίας οφείλτε στο ότι είναι ο χώρος που ραφινάρετε το compost και περνάνε δονητικά κόσκινα και βαρυμετρική τράπεζα. Το υλικό κομποστοποίησης έχει ήδη μειωμένη υγρασία και πολύ μικρή κοκομετρία και επιβάλλει τον καθημερινό καθαρισμό των διατάξεων ραφίναρίσματος μετά το πέρας της ημερήσιας λειτουργίας

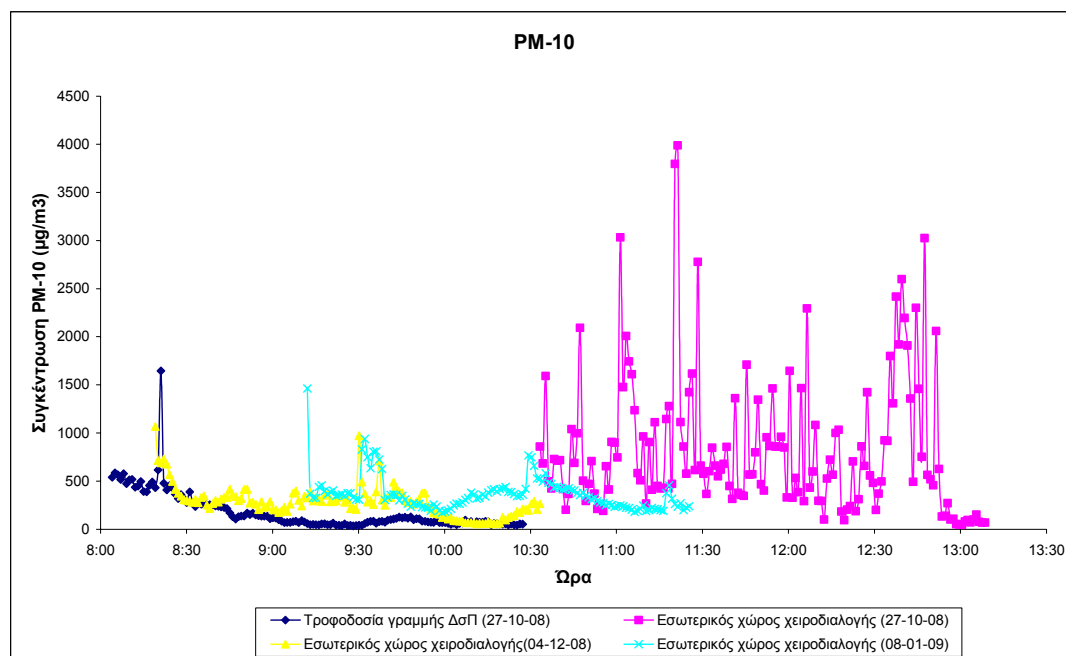


Διάγραμμα 17: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM_{10}				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu g/m^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (04-12-08, 10:39-12:59)	662	52	101	60
Εσωτερικός χώρος ραφιναρίας (11-12-08, 08:50-11:09)	764	61	175	93
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (08-01-09, 11:31-13:15)	1140	195	471	190
Εσωτερικός χώρος ραφιναρίας (21-01-09, 08:57-11:11)	455	60	181	67

Πίνακας 17 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στο Διάγραμμα 17 και στον Πίνακα 17 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) είναι μεγαλύτερες από $50 \mu g/m^3$ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα $1140 \mu g/m^3$. Η Τροφοδοσία της γραμμής ΔσΠ είναι ο χώρος που ξεφορτώνουν τα απορριμματοφόρα και δημιουργείται αποθήκη υλικού για επεξεργασία, το οποίο προωθείται με έναν μικρό φορτωτή στην σκαλιέρα που ανεβάζει το υλικό στην κύρια χειροδιαλογή (υπάρχουν 2 θέσεις εργασίας στο σημείο για εργάτες που ομαλοποιούν την τροφοδοσία του υλικού), επομένως έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων από τις μετακινήσεις των οχημάτων (τα Hooklift μετακινούν κάδους υπολειμμάτων, τα απορριμματοφόρα ξεφορτώνουν το υλικό που έχουν συλλέξει και μικρή φορτωτές προωθούν υλικό στην σκαλιέρα). Θεωρητικά τα οχήματα έπρεπε να είναι ηλεκτροκίνητα και όχι πετρελαιοκίνητα.

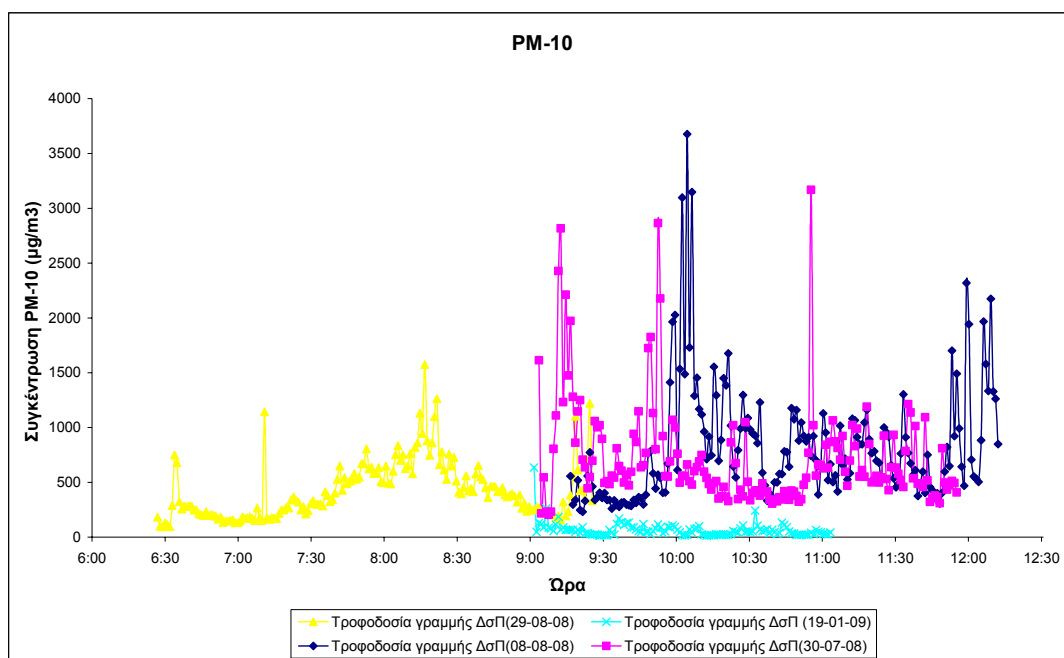


Διάγραμμα 18: Συγκεντρώσεις PM_{10} ($\mu g/m^3$) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

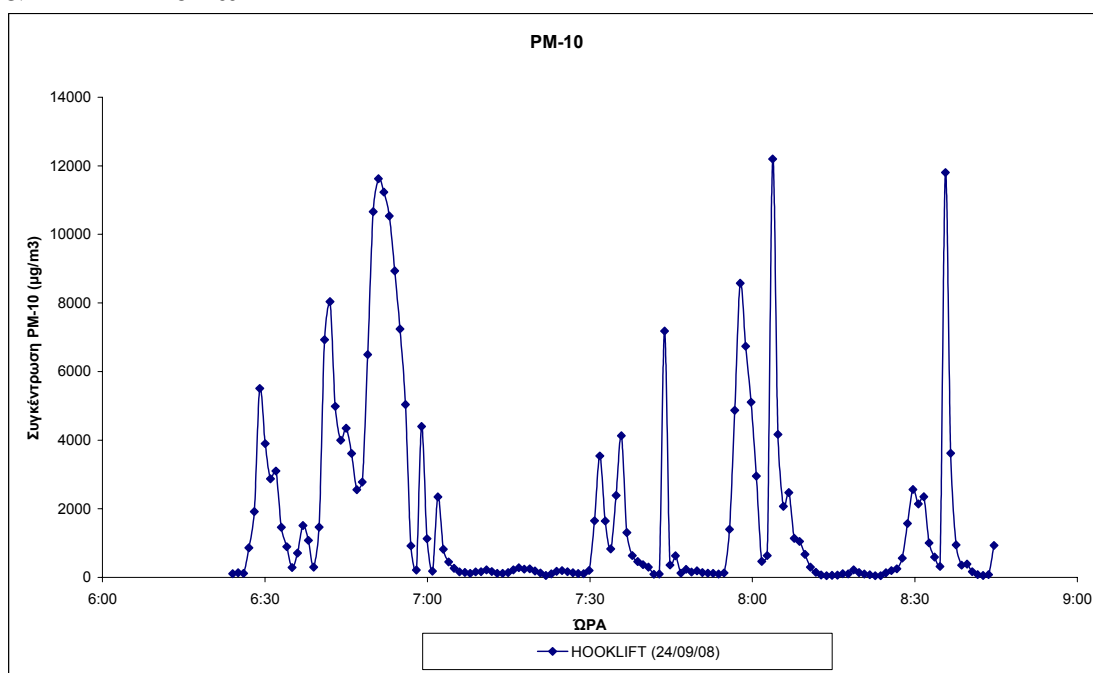
PM₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (μg/m³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (μg/m³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (27-10-08, 08:05-10:28)	1646	34	177	197
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (27-10-08, 10:34-13:09)	3989	45	832	726
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (04-12-08, 08:20-10:34)	1067	56	284	165
Εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής (08-01-09, 09:13-11:27)	1462	174	364	177

Πίνακας 18 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

Στο Διάγραμμα 18 και στον Πίνακα 18 παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι μεγαλύτερες από 50μg/m³ και μάλιστα έχουμε στιγμιαίες τιμές που φτάνουν τα 3989μg/m³. Επίσης παρατηρούμε πως εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις PM₁₀ από τους άλλους εσωτερικούς χώρους.



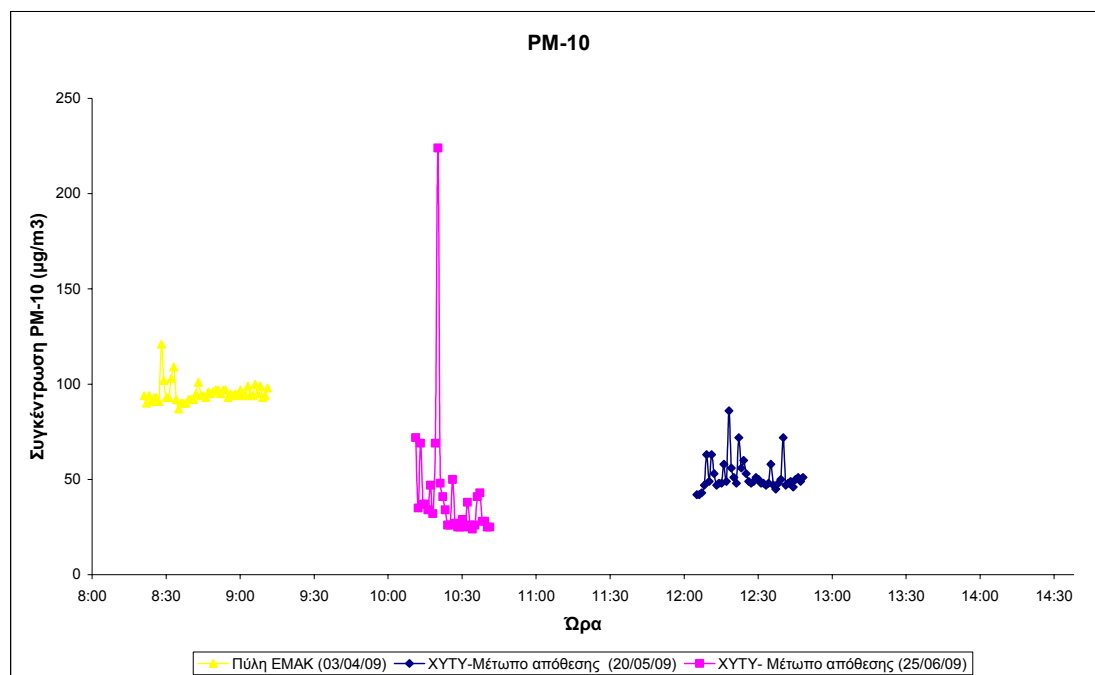
Διάγραμμα 19: Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.



Διάγραμμα 20: Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) στο Hooklift.

PM ₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (29-08-08, 06:27-09:26)	1575	97	422	258
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (19-01-09, 09:02-11:04)	636	13	67	68
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (08-08-08, 09:17-12:13)	3677	231	827	536
Τροφοδοσία γραμμής ΔσΠ (30-07-08, 09:04-11:56)	3169	204	728	477
HOOKLIFT (24/09/08, 06:24-08:45)	12200	45	1852	2838

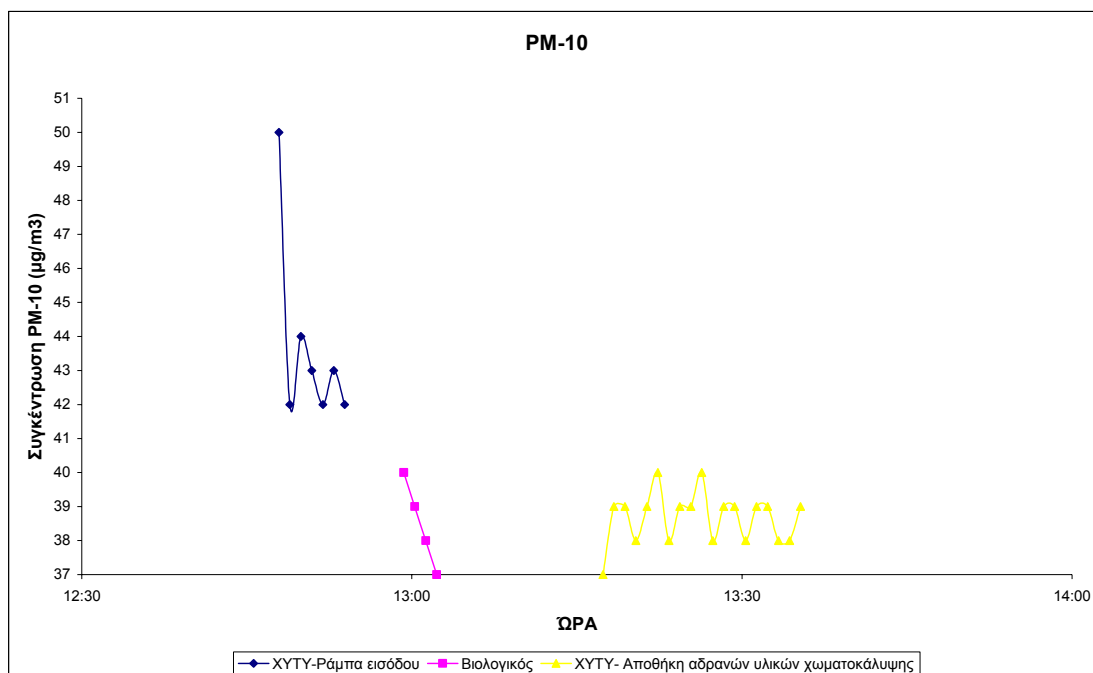
Πίνακας 19 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.



Διάγραμμα 21: Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM ₁₀				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (µg/m ³)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Πύλη ΕΜΑΚ (03/04/09, 08:22-09:12)	121	87	95	5,2
ΧΥΤΥ- Μέτωπο απόθεσης (20-05-09, 12:05-12:48)	86	42	52	8,4
ΧΥΤΥ-Μέτωπο απόθεσης (25-06-09, 10:11-10:41)	224	24	42	36

Πίνακας 20 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

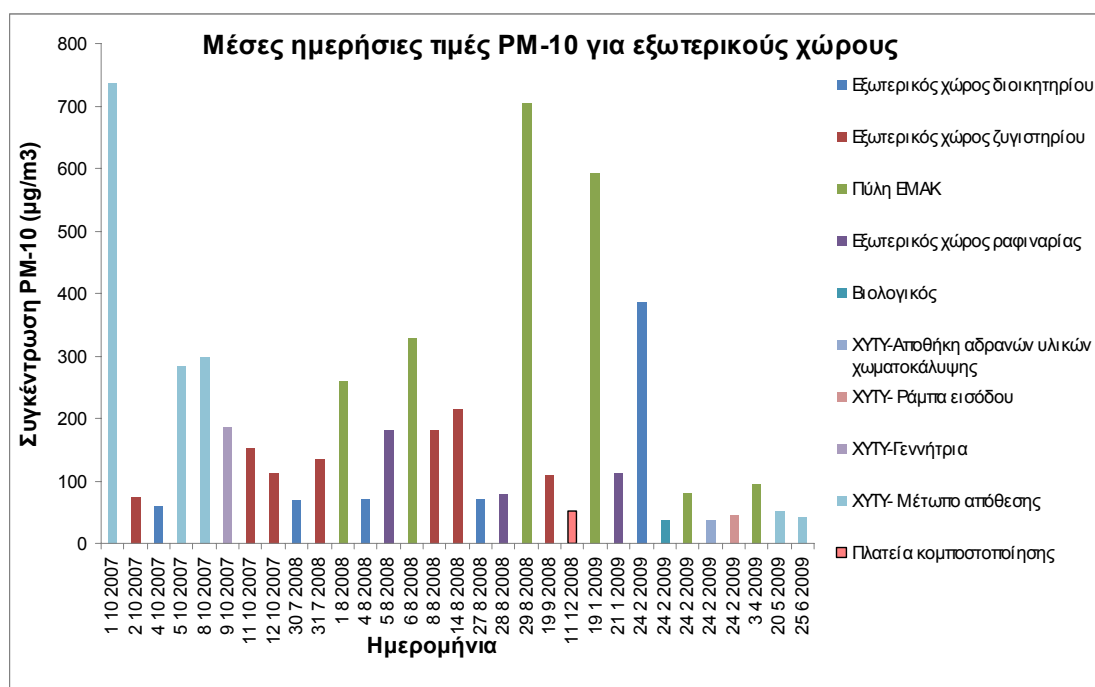


Διάγραμμα 22: Συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ& Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

PM-10 24/2/2009				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
ΧΥΤΥ-Ράμπα εισόδου (12:48-12:54)	50	42	44	2,9
Βιολογικός (12:59-13:03)	40	37	39	1,3
ΧΥΤΥ- Αποθήκη αδρανών υλικών χωματοκάλυψης (13:17-13:35)	40	37	39	0,7

Πίνακας 21 : Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}) σε διάφορα σημεία στο Ε.Μ.Α.Κ & Χ.Υ.Τ.Υ Χανίων.

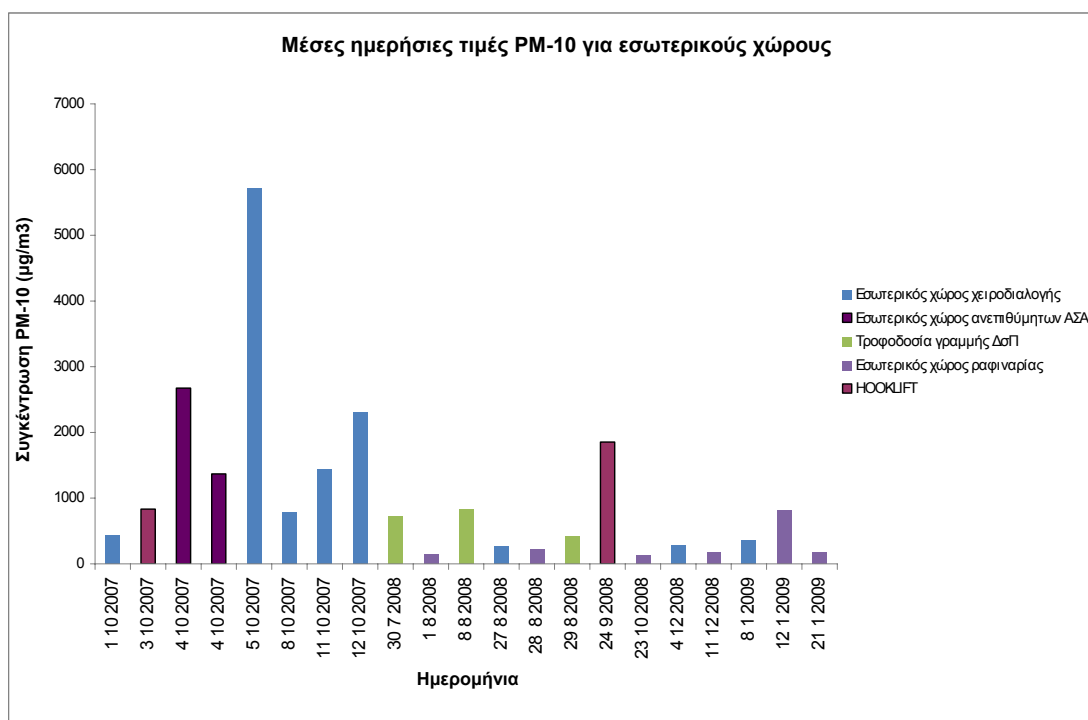
Στην συνέχεια κάνουμε την γραφική παράσταση (διάγραμμα 23) των μέσων ημερήσιων τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται στους εξωτερικούς χώρους του ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.



Διάγραμμα 23: Μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε εξωτερικούς χώρους.

Στο Διάγραμμα 23 παρατηρούμε ότι η πύλη ΕΜΑΚ και ο ΧΥΤΥ-Μέτωπο απόθεσης έχουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Οι υψηλές συγκεντρώσεις στην πύλη ΕΜΑΚ οφείλονται στην ροή των φορτηγών κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις στον ΧΥΤΥ από την σκόνη που δημιουργείται από την διαδικασία επικάλυψης των υπολειμμάτων με κατάλληλο γαιώδες υλικό (χώμα, μπάζα), φαινόμενο που μπορεί να επιταθεί περιστασιακά, ανάλογα με τους επικρατούντες ανέμους στην περιοχή.

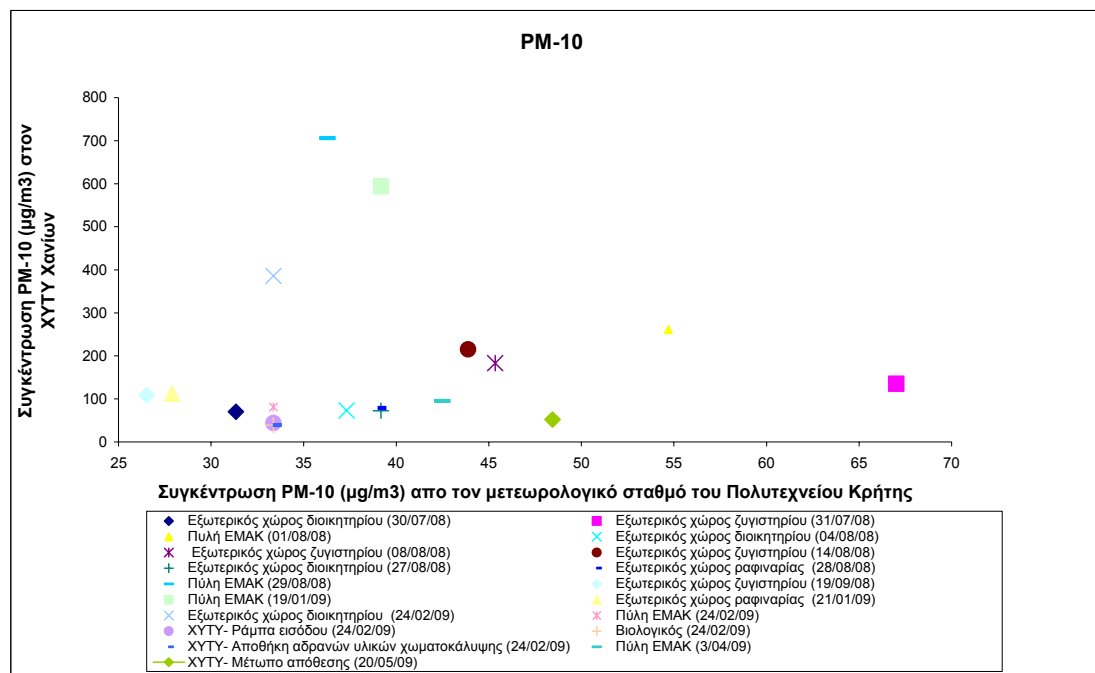
Στο Διάγραμμα 24 έχουμε τις μέσες ημερήσιες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται στους εσωτερικούς χώρους του Ε.Μ.Α.Κ και παρατηρούμε ότι ο εσωτερικός χώρος χειροδιαλογής έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων.



Διάγραμμα 24: Μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις PM₁₀ (µg/m³) σε εσωτερικούς χώρους.

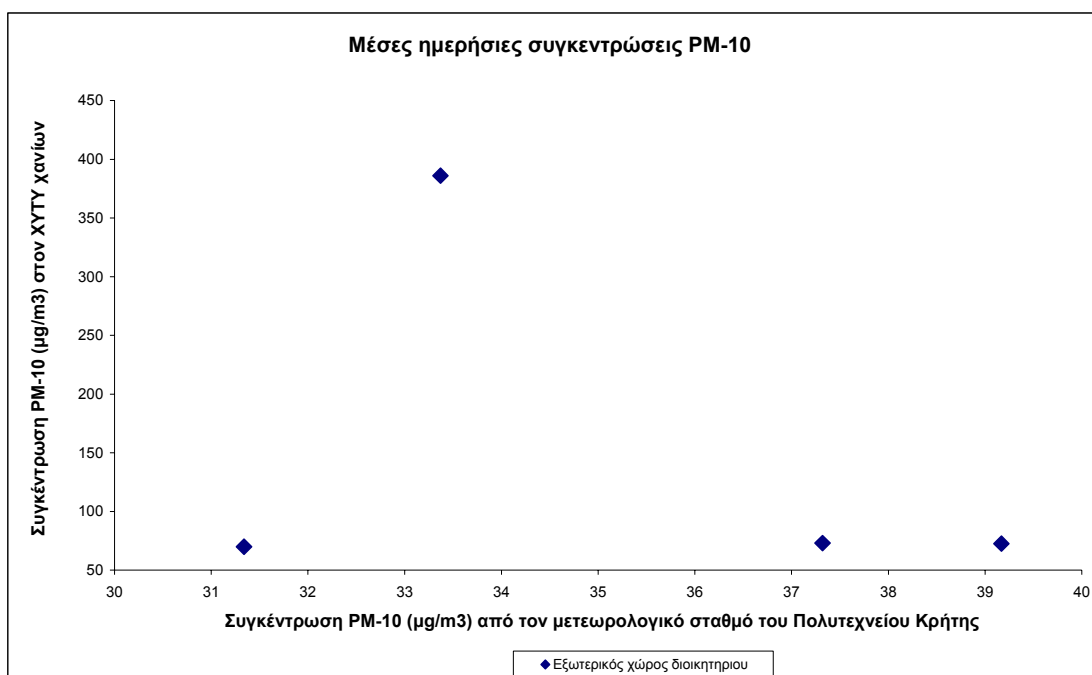
Στην συνέχεια συγκρίνουμε τις συγκεντρώσεις των PM₁₀ που παράγονται στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων με τις συγκεντρώσεις PM₁₀ που μετρήθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του πολυτεχνείου Κρήτης. Ο μετεωρολογικός σταθμός βρίσκεται το παρκινγκ του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων σε απόσταση 10 m περίπου. Η κίνηση των οχημάτων μέσα στην Πολυτεχνειούπολη είναι αυξημένη από τις πρωινές μέχρι τις μεσημβρινές ώρες, ενώ στον κεντρικό δρόμο της περιοχής καθ 'όλη τη διάρκεια της ημέρας. Σημειώνεται επίσης ότι στην περιοχή του Ακρωτηρίου βρίσκεται ο Αερολιμένας Χανίων, η Αμερικανική στρατιωτική βάση και η 115 Πτέρυγα Μάχης, όλα σε απόσταση 8-12 περίπου km ανατολικά. Τέλος, η απόσταση από τη θάλασσα είναι περίπου 1.5 km προς τη δύση. Στην περιοχή του σταθμού δεν υπάρχουν ψηλά δέντρα τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετεωρολογικές μετρήσεις. Υπάρχει όμως ένα αξιοσημείωτα ψηλό κτίριο

(Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων) σε απόσταση ~50 m από το σταθμό. Το ύψος του κτιρίου είναι γύρω στα 15 m. Γύρω από το σταθμό επίσης υπάρχουν θαμνώδεις εκτάσεις, από το έδαφος των οποίων μπορεί να προέρχεται σκόνη (Βουλγαράκης 2004).

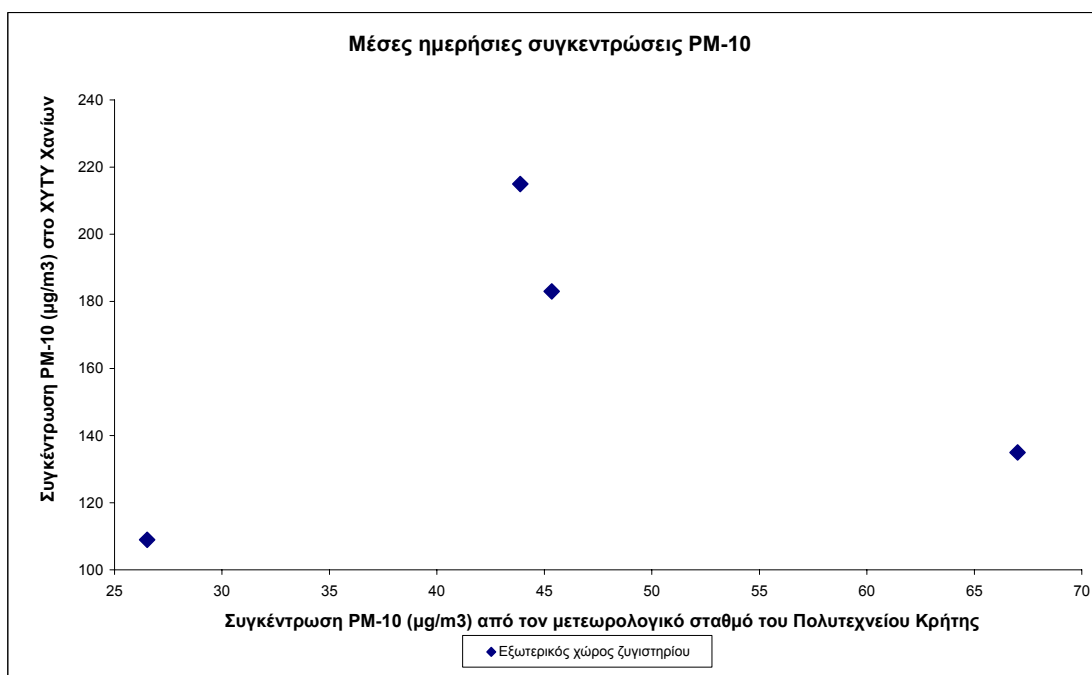


Διάγραμμα 25: Σύγκριση συγκεντρώσεων PM_{10} ($\mu g/m^3$) του ΧΥΤΥ Χανίων με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στο Διάγραμμα 25 παρατηρούμε ότι οι μέσες συγκεντρώσεις PM_{10} στο ΧΥΤΥ Χανίων κυμαίνονται $39 \mu g/m^3$ - $706 \mu g/m^3$ ενώ οι μέσες συγκεντρώσεις PM_{10} από τον μετεωρολογικό σταθμό του πολυτεχνείου κυμαίνονται $26 \mu g/m^3$ - $67 \mu g/m^3$ άρα έχουν μεγάλη απόκλιση οι συγκεντρώσεις μεταξύ τους επομένως ο ΧΥΤΥ Χανίων παράγει υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων υπερβολικά αυξημένες από τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα του Ακρωτηρίου.

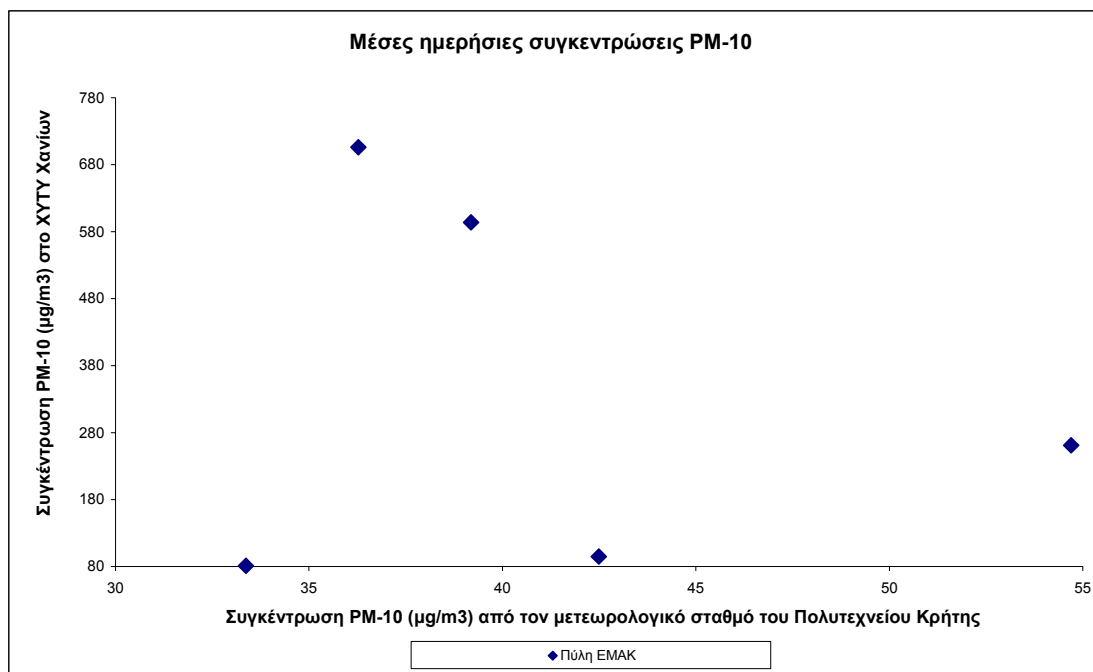


Διάγραμμα 26: Σύγκριση συγκεντρώσεων PM₁₀ (µg/m³) του ΧΥΤΥ Χανίων (εξωτερικός χώρος διοικητηρίου) με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



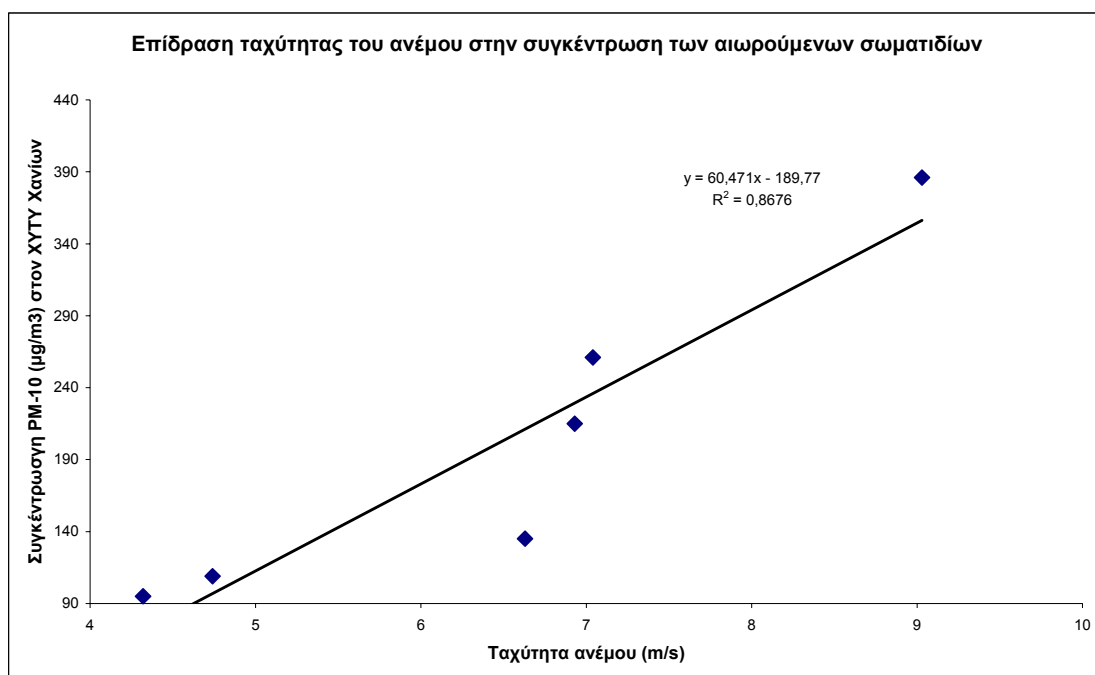
Διάγραμμα 27: Σύγκριση συγκεντρώσεων PM₁₀ (µg/m³) του ΧΥΤΥ Χανίων (εξωτερικός χώρος ζυγιστηρίου) με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στα Διαγράμματα 26 , 27 και 2 παρατηρούμε ότι το R^2 είναι ίσο με 0,124 0,0203 και 0,0305 αντίστοιχα και άρα οι τιμές μας έχουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους αφού το R^2 δεν πλησιάζει την μονάδα.

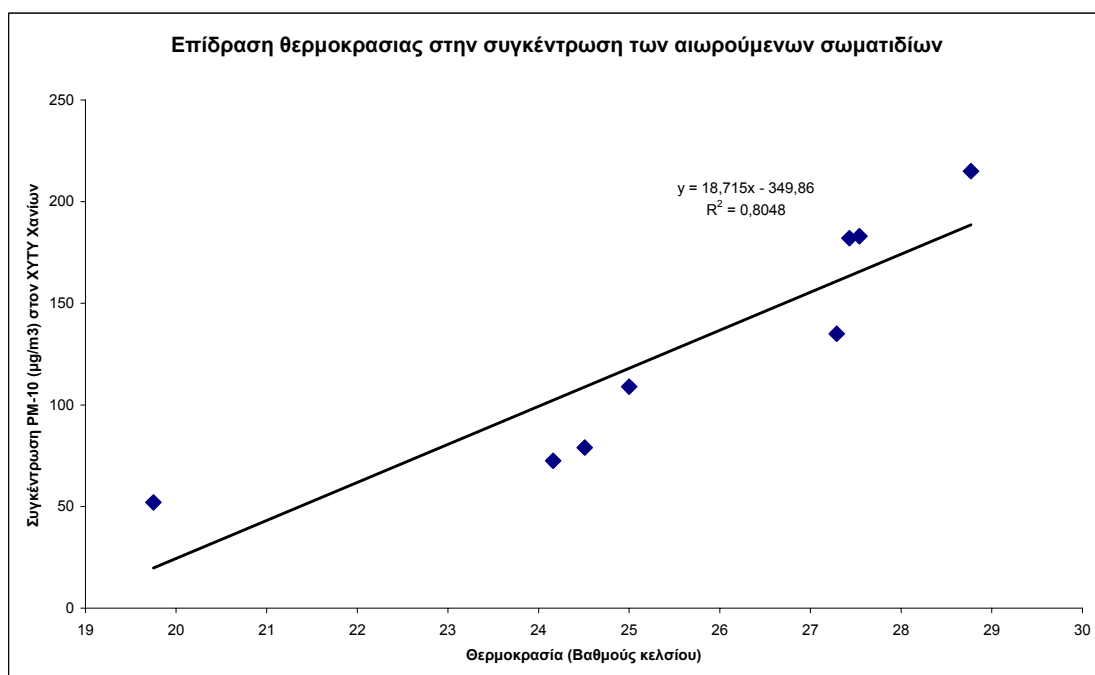


Διάγραμμα 28: Σύγκριση συγκεντρώσεων PM_{10} ($\mu g/m^3$) του ΧΥΤΥ Χανίων (Πύλη ΕΜΑΚ) με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.

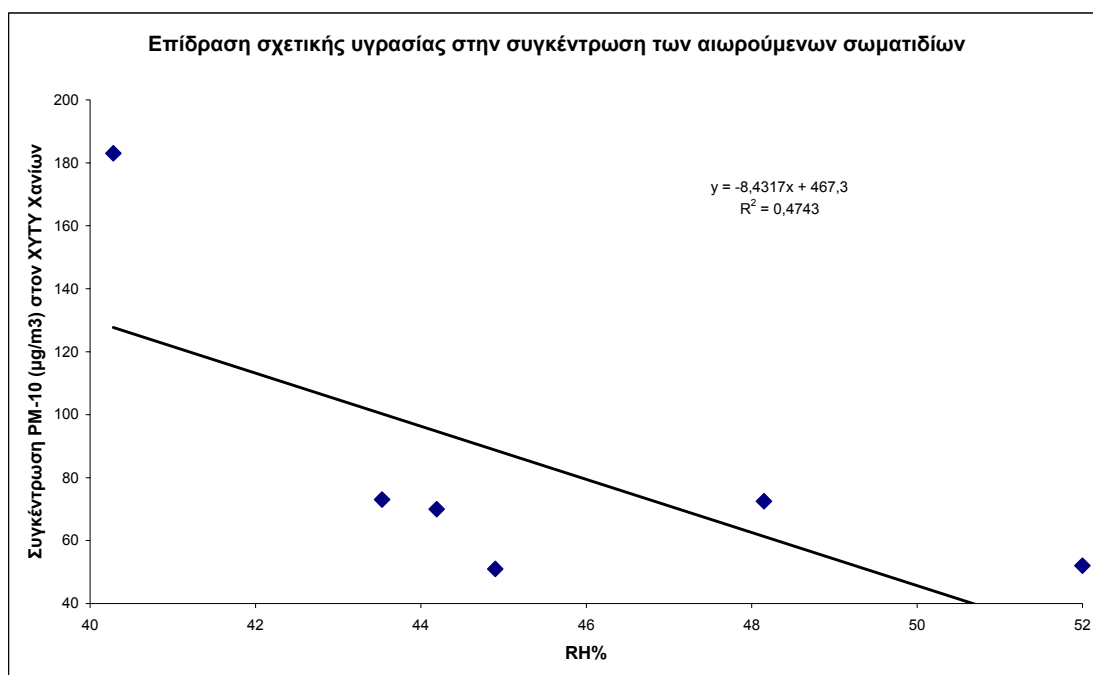
Στα Διαγράμματα 29 & 30 εξετάζουμε την επίδραση της ταχύτητας του ανέμου και της θερμοκρασίας στην συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων και παρατηρούμε πως όταν έχουμε αύξηση της ταχύτητας του ανέμου και της θερμοκρασίας έχουμε αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται στον χώρο υγειονομικής ταφής του Ακρωτηρίου. Στο Διάγραμμα 31 παρατηρούμε πως αύξηση της σχετικής υγρασίας προκαλεί μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται στον ΧΥΤΥ Χανίων.



Διάγραμμα 29: Επίδραση ταχύτητας ανέμου στην συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων του ΧΥΤΥ Χανίων.



Διάγραμμα 30: Επίδραση θερμοκρασίας στην συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων του ΧΥΤΥ Χανίων.



Διάγραμμα 31: Επίδραση σχετική υγρασίας στην συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων του XYTY Χανίων.

Το πρόβλημα της δημιουργίας σκόνης, συνήθως βρίσκει την επίλυσή του μέσω της διαβροχής και της τακτικής συντήρησης των οδών εντός και εκτός του χώρου διάθεσης, όπως επίσης και με τη διαβροχή των αποθηκευτικών σωρών γαιώδους υλικού, όποτε αυτό απαιτείται.

Συνοπτικά τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για τον περιορισμό της σκόνης είναι:

- Τοποθέτηση φίλτρων στις καμπίνες των οχημάτων.
- Κατάβρεγμα των ουσιών οι οποίες τείνουν να δημιουργήσουν σύννεφο σκόνης.
- Κατάλληλη κάλυψη των ουσιών που πιθανόν να προκαλέσουν σκόνη.
- Κατάβρεγμα της σκόνης με ειδικά για την εργασία αυτή οχήματα.

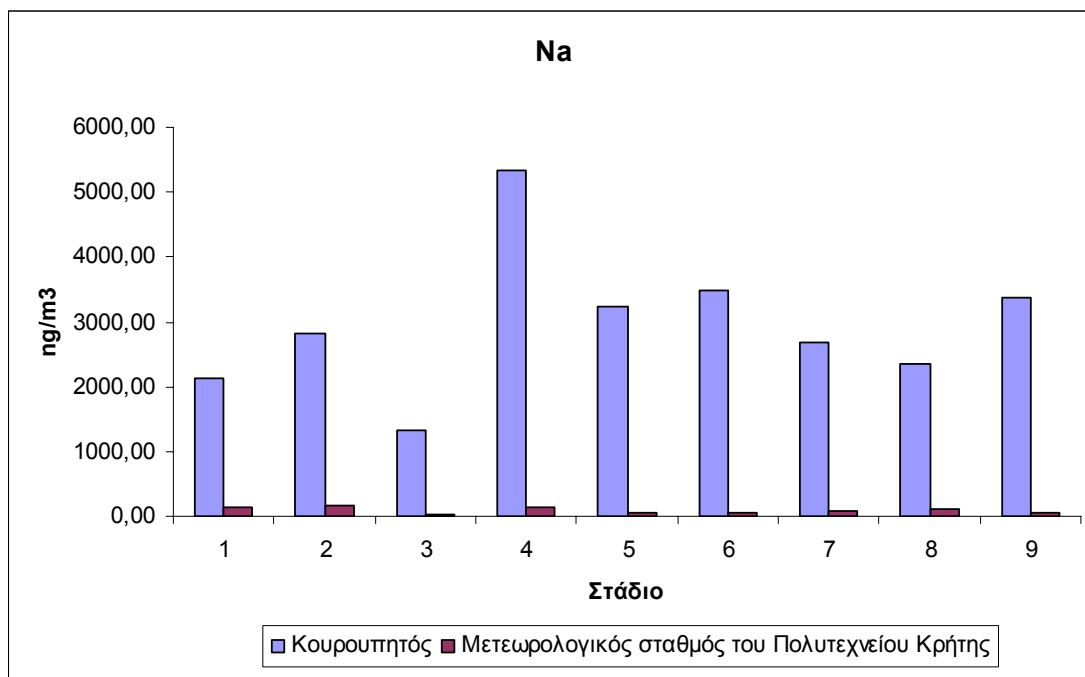
- Η περιμετρική φύτευση αποτελεί άλλο ένα πρόσθετο μέτρο προστασίας του περιβάλλοντα χώρου λόγω της ικανότητας κατακράτησης σκόνης από τα φυλλώματα των θάμνων και των δέντρων.

Όσον αφορά στη σκόνη που παράγεται στο χώρο της εγκατάστασης στα πλαίσια της παραγωγικής διαδικασίας και των εργασιών εκφόρτωσης και φόρτωσης των υλικών θα πρέπει να γίνει εγκατάσταση συστήματος εξαερισμού που θα καλύπτει ολόκληρο το χώρο της μονάδας, το οποίο θα συνδέεται με σύστημα αποκονίωσης (σακόφιλτρα), προκειμένου ο εξερχόμενος αέρας να είναι απαλλαγμένος από αιωρούμενα σωματίδια. Το σύστημα αποκονίωσης που θα επιλεγεί δεν θα πρέπει να έχει απόδοση μικρότερη του 98 %, και θα πρέπει να καθαρίζεται σε τακτά διαστήματα και η σκόνη που θα συλλέγεται να μεταφέρεται σε ειδικούς κλειστούς σάκους.

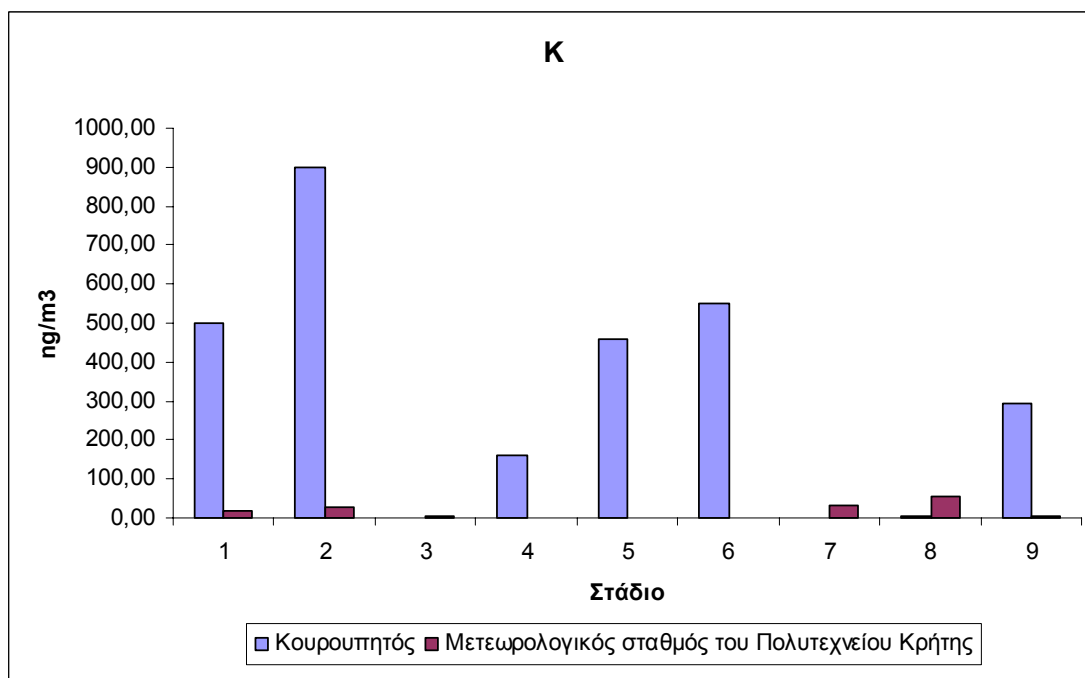
3.7.2 Χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στον Κουρουπητό

Γενικά, τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούνται από μία ανόργανη φάση (στερεό υλικό, υδατοδιαλυτά άλατα, στοιχειακός άνθρακας κ.α.) και από μία οργανική (οργανικός άνθρακας). Τα βασικά συστατικά των αιωρούμενων σωματιδίων είναι τα εξής: θείο, αμμωνία, αζωτούχες ενώσεις, χλωριούχες ενώσεις, νάτριο, άνθρακας και μέταλλα (Βουλγαράκης, 2004). Όσον αφορά τη σύσταση των σωματιδίων αυτή έχει άμεση σχέση με την πηγή από την οποία προήλθαν τα σωματίδια καθώς και από την μέχρι τη στιγμή που τα εξετάζουμε πορεία τους στην ατμόσφαιρα (θερμοκρασία, υγρασία, ύπαρξη και άλλων ρυπαντών, άνεμος κ.ά.). Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στον Κουρουπητό παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 32-42 και παρατηρούμε

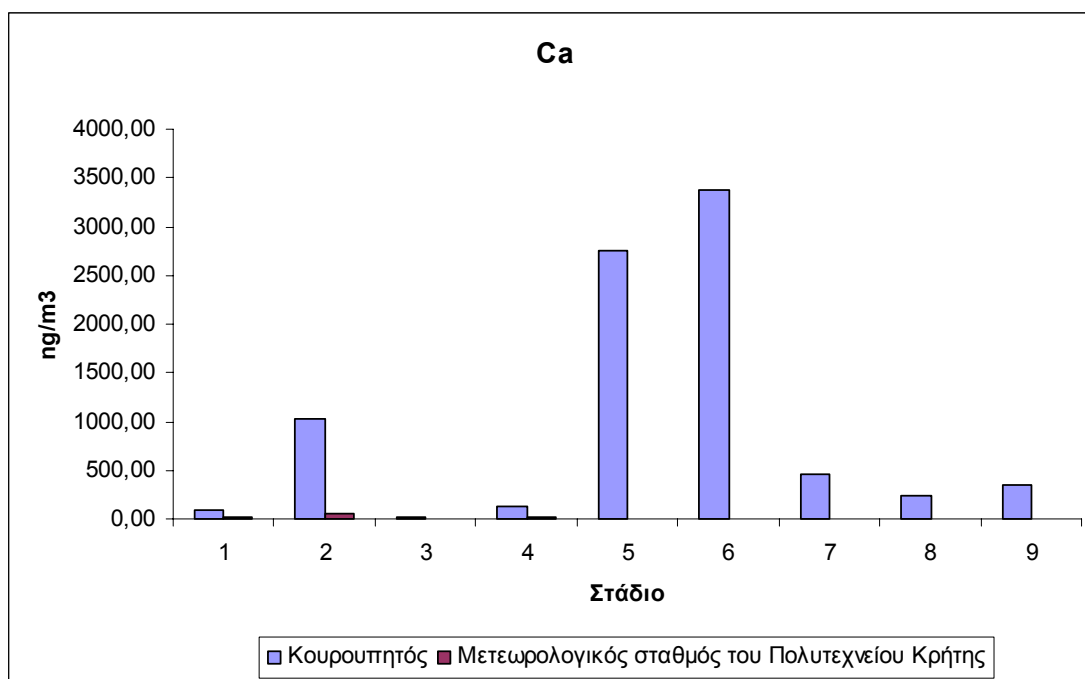
ότι οι συγκεντρώσεις των περισσότερων στοιχείων (ανιόντα, κατιόντα) για τον Κουρουπητό είναι σημαντικά υψηλότερες από του σταθμού του Πολυτεχνείου. Θα πρέπει να εξηγήσουμε ότι ο δειγματολήπτης έχει 8 στάδια και ένα back up, σύνολο 9, εκεί διαχωρίζονται τα σωματίδια ανάλογα με το μέγεθος τους. Είναι αναμενόμενο να υπάρχουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις καθώς οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε εξελισσόμενη φάση της αποκατάστασης της χαράδρας του κουρουπητού, που μετακινήθηκαν μεγάλες εναπομένουσες απορριμματικές μάζες και υπολείμματα ατελούς καύσης (διαδικασία χρόνια που λάμβανε χώρα σ αυτόν τον ανεξέλεγκτο ΧΑΔΑ). Εφόσον εξεταστήκαν όλα τα πρακτικά δεδομένα μετακίνησης μιας απορριμματικής μάζας της τάξης των 300.000 m³ καθορίστηκε ότι δεν υπήρχε δυνατότητα να μεταφερθούν ούτε ουσιαστικά να υπάρξει η όποια επεξεργασία τους έτσι έγινε επιφανειακή διαμόρφωση με μερική αποκατάσταση τη χαράδρας και παρέμειναν στο εσωτερικό της με χωματοκάλυψη και προστασία γεωμεμβράνης.



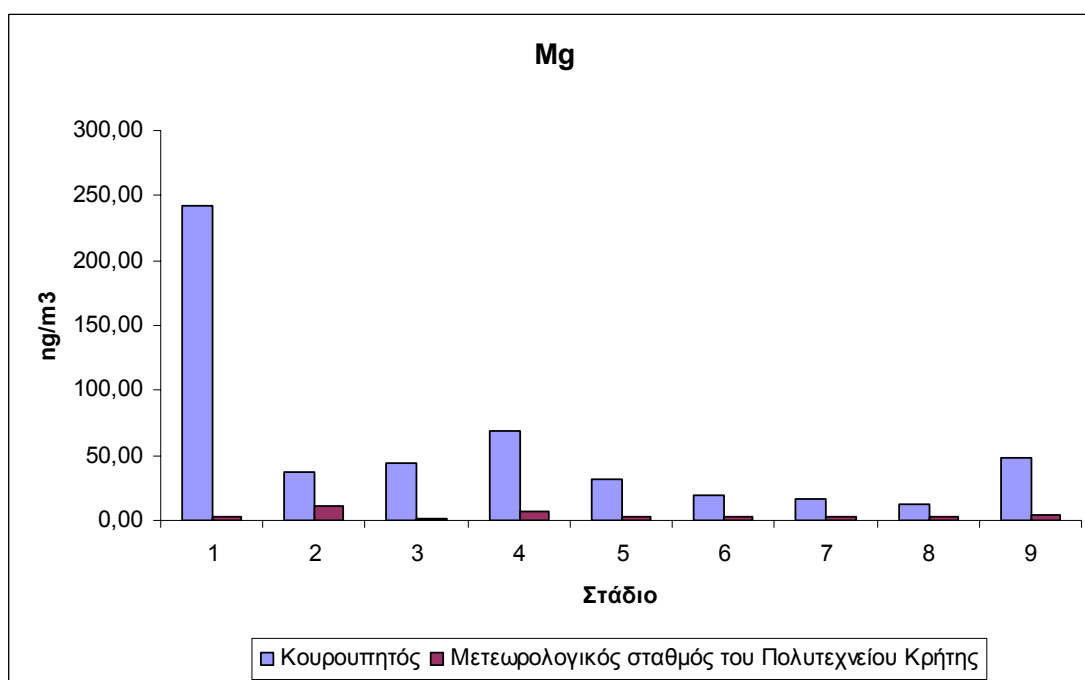
Διάγραμμα 32 : Σύγκριση της χημικής σύστασης (Na) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



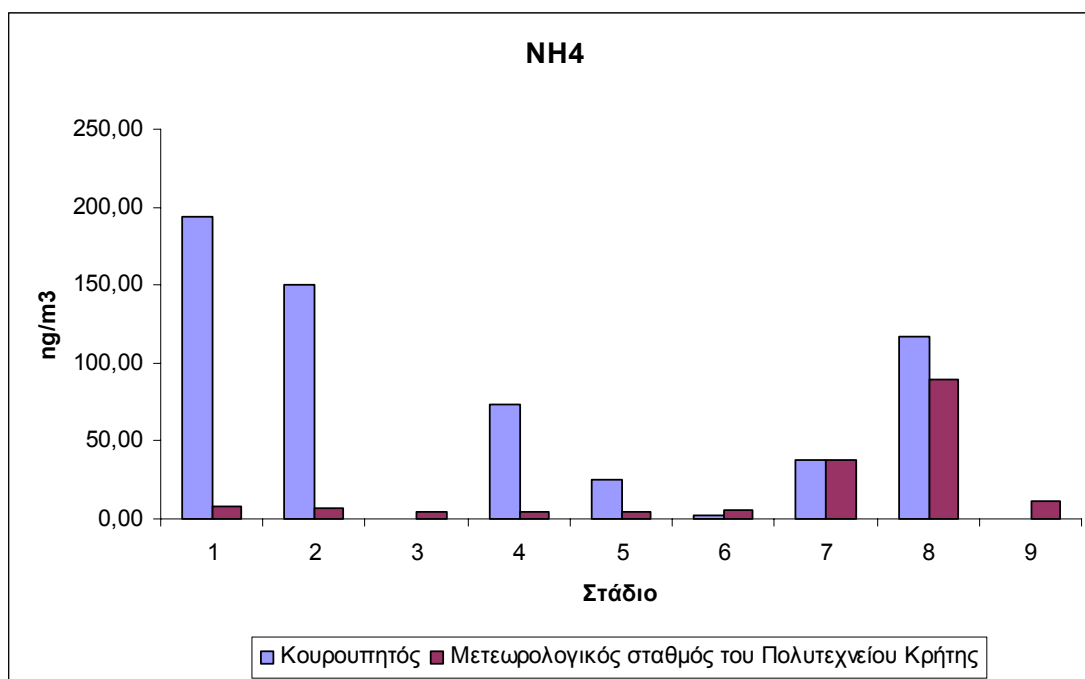
Διάγραμμα 33: Σύγκριση της χημικής σύστασης (K) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



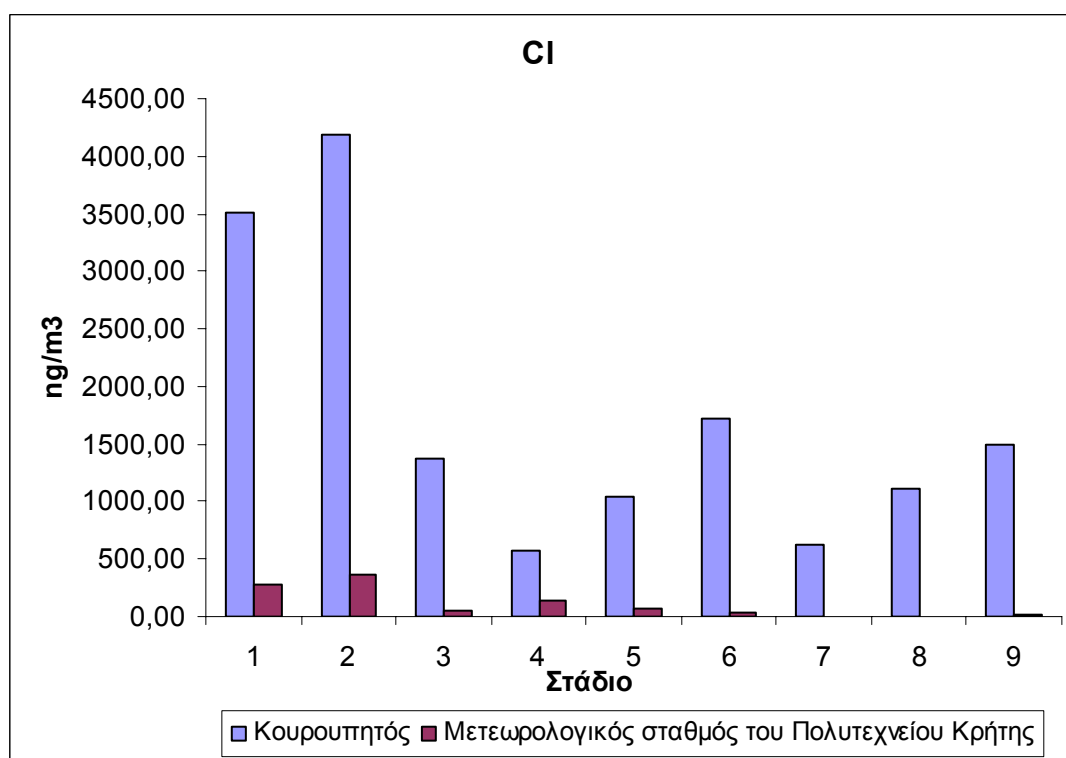
Διάγραμμα 34: Σύγκριση της χημικής σύστασης (Ca) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



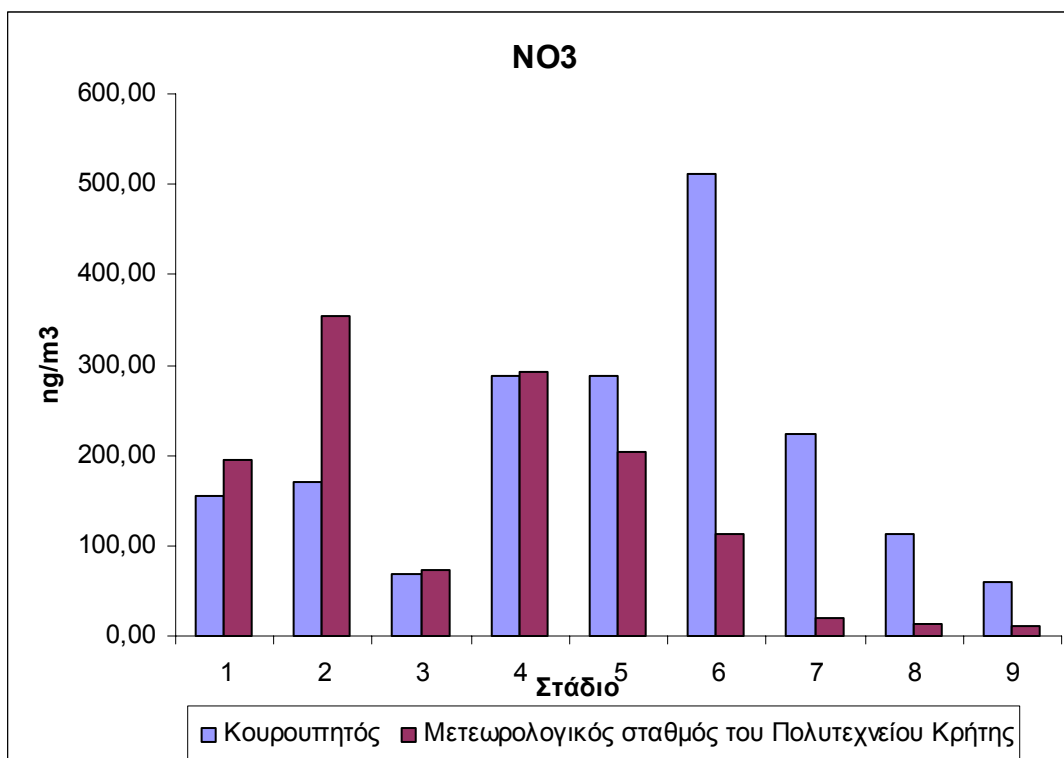
Διάγραμμα 35: Σύγκριση της χημικής σύστασης (Mg) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



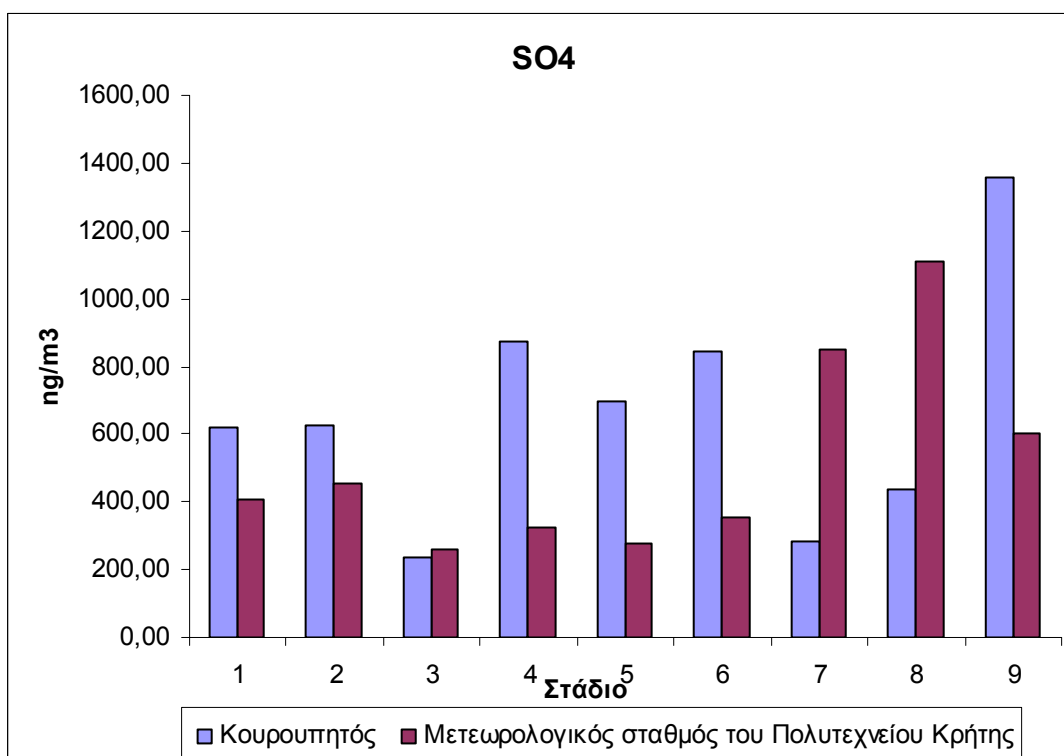
Διάγραμμα 36: Σύγκριση της χημικής σύστασης (NH₄) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



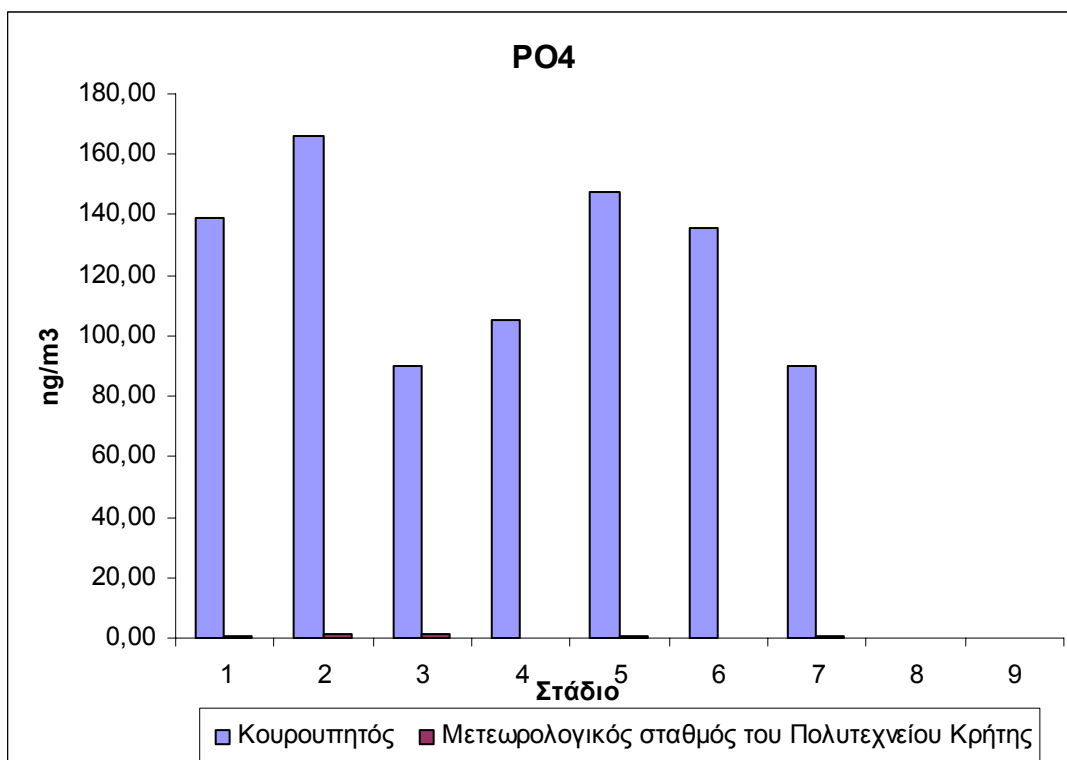
Διάγραμμα 37: Σύγκριση της χημικής σύστασης (Cl) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



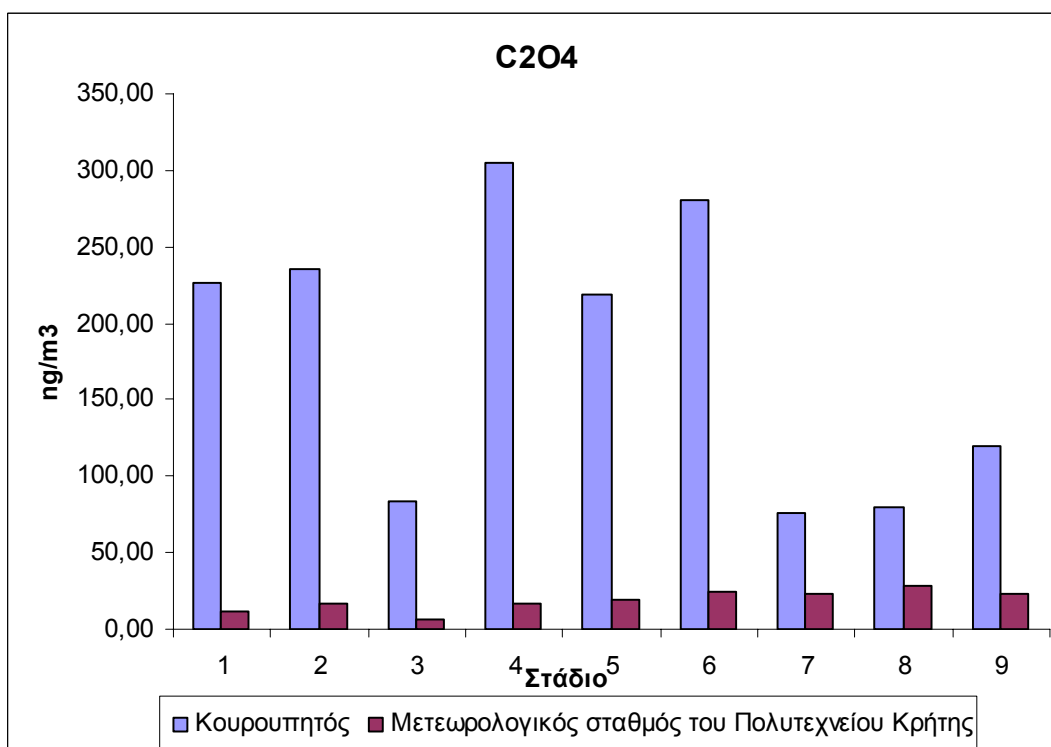
Διάγραμμα 38: Σύγκριση της χημικής σύστασης (NO₃) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



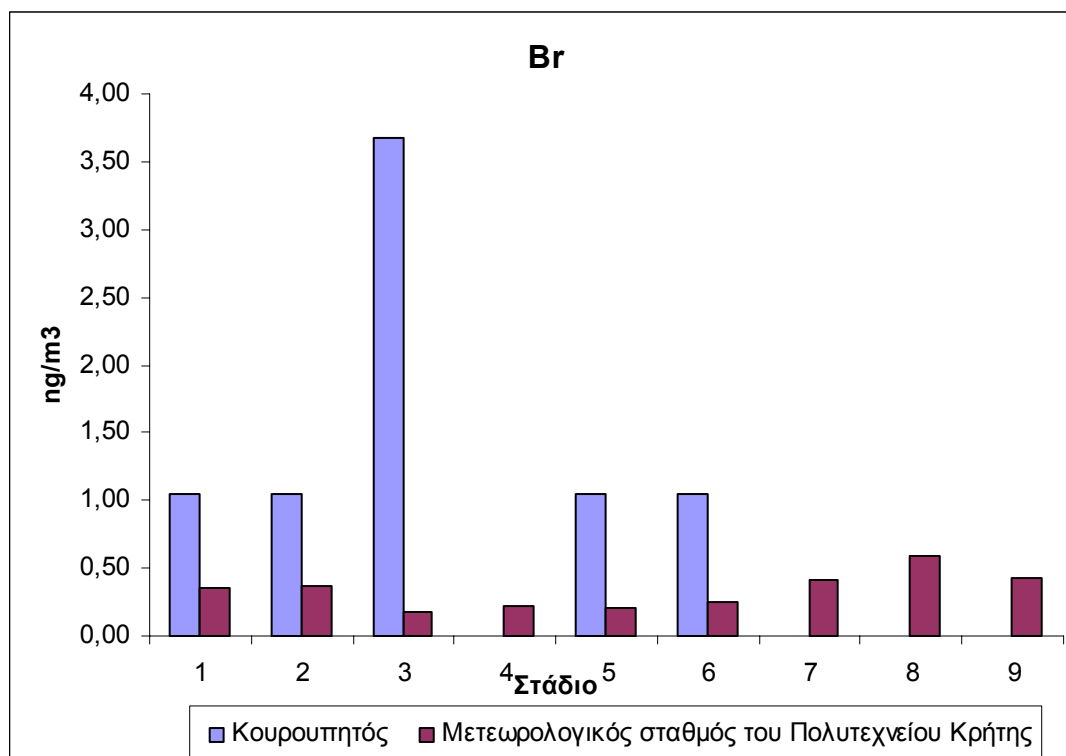
Διάγραμμα 39: Σύγκριση της χημικής σύστασης (SO₄) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Διάγραμμα 40: Σύγκριση της χημικής σύστασης (PO₄) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Διάγραμμα 41: Σύγκριση της χημικής σύστασης (C₂O₄) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.



Διάγραμμα 42: Σύγκριση της χημικής σύστασης (Br) των αιωρούμενων σωματιδίων του Κουρουπητού με τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης.

4. ΒΙΟΑΕΡΙΟ

4.1 Γενικά στοιχεία για το βιοαέριο

Το βιοαέριο παράγεται κατά την αναερόβια αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Οι 5 χρονικές φάσεις βιοαποδόμησης του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων είναι (Σκορδίλης, 1993):

- Φάση αερόβιας αποδόμησης (μικρή χρονική διάρκεια, παρατηρείται τις πρώτες εβδομάδες μετά την ταφή των απορριμμάτων).
- Φάση υδρόλυσης (έναρξη αναερόβιας βιοαποδόμησης με μετατροπή των πολυμερών σε μόρια χαμηλότερου μοριακού βάρους).
- Όξινη φάση.
- Φάση μεθανογένεσης (σταθερή σύσταση του βιοαερίου σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα).

- Φάση ωρίμανσης ή οξείδωσης (μειωμένη παραγωγή βιοαερίου).

Τα βασικά συστατικά του βιοαερίου είναι το μεθάνιο (CH_4), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), άζωτο (N_2), οξυγόνο (O_2), αμμωνία (NH_3), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογόνο (H_2), υδρόθειο (H_2S). Μια τυπική κατανομή επί της εκατό κατανομή και χαρακτηριστικά των συστατικών του βιοαερίου φαίνεται στον Πίνακα 21.

Συστατικό	% ξηρού όγκου	Χαρακτηριστικά
Μεθάνιο (CH_4)	45-60	Το μεθάνιο είναι ένα φυσικό αέριο. Είναι άχρωμο και άοσμο. Οι ΧΥΤΑ είναι η μεγαλύτερη πηγή ανθρώπινης παραγωγής μεθανίου.
Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)	40-60	Το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται φυσικά στην ατμόσφαιρα σε μικρές συγκεντρώσεις (0,03%). Είναι άχρωμο, άοσμο και λίγο όξινο.
Άζωτο (N_2)	2-5	Το άζωτο αποτελεί περίπου το 79% της ατμόσφαιρας. Είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο.
Οξυγόνο (O_2)	0,1-1	Το οξυγόνο αποτελεί περίπου το 21% της ατμόσφαιρας. Είναι άχρωμο, άγευστο και άοσμο.
Αμμωνία (NH_3)	0,1-1	Η αμμωνία είναι άχρωμο αέριο με έντονη οσμή.
Σουλφίδια	0-1	Σουλφίδια (όπως υδρόθειο, μερκαπτάνες κ.ά.) είναι φυσικά αέρια που δίνουν στο βιοαέριο την οσμή του χαλασμένου αυγού. Τα σουλφίδια μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστες οσμές ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.
Υδρογόνο (H_2)	0-0,2	Το υδρογόνο είναι ένα άοσμο και άχρωμο αέριο.
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	0-0,2	Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άοσμο και άχρωμο αέριο.
Ιχνοαέρια (NMOCs)	0.01-0.6	Τα NMOCs είναι οργανικά μίγματα (όπως μίγματα που περιέχουν άνθρακα). (Το μεθάνιο είναι ένα οργανικό μίγμα αλλά δεν λαμβάνεται ως NMOCs). Τα NMOCs μπορεί να βρεθούν φυσικά ή να σχηματιστούν από συνθετικές χημικές διαδικασίες.

Πίνακας 21: Τυπική κατανομή και χαρακτηριστικά βιοαερίου (Μουσιόπουλος 2002).

4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή του βιοαερίου

Ο ρυθμός του βιοαερίου που παράγεται από απορρίμματα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που έχουν σχέση με τα απορρίμματα και το περιβάλλον στο οποίο έχουν διατεθεί. Οι πιο βασικοί παράγοντες περιγράφονται παρακάτω:

- **Θερμοκρασία :** Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου. Η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται δραματικά σε θερμοκρασίες κάτω των 10°C. Με την κάλυψη των απορριμμάτων διατηρείται μια σταθερή θερμοκρασία, που μεγιστοποιεί την παραγωγή του βιοαερίου.
- **Υγρασία:** Η υγρασία στα απορρίμματα αυξάνει την παραγωγή του βιοαερίου καθώς βελτιώνει τις συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την ταχύτερη αποδόμηση των απορριμμάτων. Περιεχόμενο υγρασίας 40% του βάρους των απορριμμάτων ή υψηλότερο, προκαλεί τη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου. Η συμπίεση των απορριμμάτων επιβραδύνει την παραγωγή του βιοαερίου καθώς αυξάνεται η πυκνότητα των

απορριμμάτων με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού διήθησης του νερού στα απορρίμματα. Ο ρυθμός παραγωγής του βιοαερίου είναι υψηλότερος εάν εισαχθεί νερό στα απορρίμματα λόγω διαπερατότητας ή θραύσης της κάλυψης. Η υγρασία προκαλεί επίσης και επιτάχυνση των χημικών αντιδράσεων από τις οποίες παράγεται το βιοαέριο.

- Η σύσταση των απορριμμάτων: Η ποσότητα του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων έχει άμεση σχέση με τη ποσότητα του βιοαερίου που παράγεται. Όσο μεγαλύτερο είναι το οργανικό κλάσμα τόσο περισσότερο βιοαέριο παράγεται μέσω της βακτηριακής αποδόμησης. Η σύσταση των οργανικών απορριμμάτων είναι πολύ σημαντική καθώς θρεπτικά όπως νάτριο, ασβέστιο, μαγνήσιο και κάλιο βοηθούν στην ανάπτυξη των βακτηρίων που αποσυνθέτουν τα απορρίμματα. Με την ύπαρξη αυτών των θρεπτικών αυξάνεται η παραγωγή του βιοαερίου. Αντιθέτως ορισμένες ενώσεις που υπάρχουν σε κάποια απορρίμματα είναι τοξικές για τα βακτήρια, καταστρέφοντας ή εμποδίζοντας την ανάπτυξη τους, όπως η ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων για τα βακτήρια παραγωγής μεθανίου με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής του βιοαερίου.

- Η ηλικία των απορριμμάτων: Τα απορρίμματα τα πρώτα 10 χρόνια από την ενταφίαση τους παράγουν την μεγαλύτερη ποσότητα βιοαερίου. Μετά από 20 χρόνια από την ταφή των απορριμμάτων το βιοαέριο που παράγεται είναι

ελάχιστο αλλά συνεχίζεται η παραγωγή του ακόμα και 60 ή περισσότερα χρόνια.

- Η παρουσία οξυγόνου μέσα στα απορρίμματα: Η παραγωγή μεθανίου αρχίζει μόνο όταν εξαλειφθεί το οξυγόνο που βρίσκεται στα απορρίμματα. Η αερόβια αποδόμηση των απορριμμάτων στο Στάδιο Ι διαρκεί μέχρι την πλήρη κατανάλωση του οξυγόνου. Αν τα απορρίμματα δεν συμπιέζονται κατακρατούν περισσότερο οξυγόνο με αποτέλεσμα την επιμήκυνση της ζωής των αερόβιων μικροοργανισμών και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και νερού για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της αναερόβιας ζύμωσης είναι το pH και η σχέση άνθρακα προς άζωτο (C/N).

4.3 Επιπτώσεις από τις ανεξέλεγκτες εκπομπές του βιοαερίου

Η εκπομπή αερίων στην ατμόσφαιρα από τους ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ έχει επίδραση σε πολλά επίπεδα με αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον. Η προστασία του περιβάλλοντος επιβάλλει την αντιμετώπιση του προβλήματος της ανεξέλεγκτης διαφυγής του βιοαερίου, για την αποφυγή σοβαρών παρενεργειών και κινδύνων που περιγράφονται παρακάτω:

- Μερικά από τα συστατικά της βιοαποδόμησης, όπως το υδρόθειο (H_2S) και οι μερκαπτάνες, δημιουργούν σοβαρότατα προβλήματα δυσοσμίας στις περιοχές που βρίσκονται κοντά σε ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ. Το γεγονός αυτό δημιουργεί σημαντικά προβλήματα αισθητικής του χώρου.
- Το βιοαέριο μπορεί να αποτελέσει πηγή αναφλέξεων και εκρήξεων όταν βρεθεί σε αναλογία 5-15 % στον αέρα.

- Έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη φυσιογνωμία των ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ και ιδιαίτερα κατά τη φάση της ανάπτυξής του, λόγω της ασφυξίας την οποία υφίστανται τα φυτά από την είσοδο του βιοαερίου στις ρίζες τους και την αφαίρεση του οξυγόνου από αυτές.
- Εγκυμονεί κινδύνους ανεξέλεγκτης ρύπανσης λόγω διαρροών σε υπόγεια ρήγματα, με κινδύνους σε γειτονικές περιοχές. Η μετανάστευση του βιοαερίου αποτελεί σημαντικό κίνδυνο και επηρεάζεται από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά, το κλίμα και τις εδαφικές συνθήκες.

4.4 Περιγραφή οργάνου παρακολούθηση των αέριων ρύπων



Εικόνα 18: Όργανο μέτρησης CH₄, CO₂ και O₂.

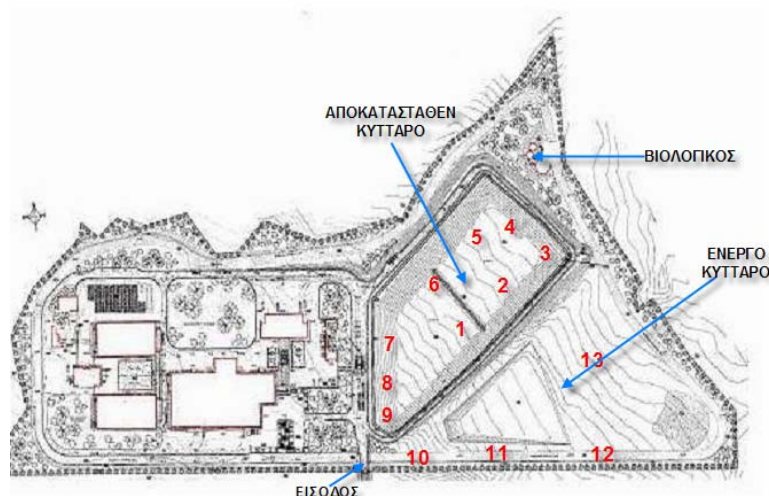
Για τη μέτρηση μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου χρησιμοποιήσαμε το GA94 landfill gas analyzer (Εικόνα 18). Το όργανο διαθέτει μικροεπεξεργαστή το οποίο υπολογίζει την ποσότητα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που απορροφάται σε διάφορα μήκη κύματος και προσδιορίζει την συγκέντρωση των αερίων. Οι μετρήσεις εμφανίζονται στην οθόνη υγρών κρυστάλλων (LCD) ως % κατ' όγκο.

Το όργανο έχει σχεδιαστεί για :

- Να μέτρα και να αποθηκεύει δεδομένα για τις συγκεντρώσεις του μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου.
- Να μέτρα και να αποθηκεύει δεδομένα για την βαρομετρική πίεση.
- Να μετρά και αποθηκεύει δεδομένα για την θερμοκρασία του αερίου.
- Τη λήψη δεδομένων μέσω ενός καλωδίου στον υπολογιστή.

4.5 Πειραματικά αποτελέσματα

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε 14 διαφορετικά σημεία τα οποία παρουσιάζονται στην Εικόνα 19 (το 14 σημείο κάθε φορά αλλάζει είναι το σημείο που γίνονται οι εργασίες) :



Εικόνα 19: Κάτοψη του ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.

Οι τιμές που κατεγράφησαν με το όργανο GA94 για τους μήνες Απρίλιος-Δεκέμβριος του 2009 παρουσιάζονται στους Πίνακες 22, 23 & 24:

ΣΗΜΕΙΑ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2009			ΜΑΙΟΣ 2009			ΙΟΥΝΙΟΣ 2009		
	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %
1	3	2,5	15,6	30,1	19,7	8,8	6,8	4,9	15,9
2	33	24,2	7,1	19,1	11	10,5	31,1	23,2	7,8

3	31,7	22,8	7,3	5,3	3,7	4,8	14,3	10	13,3
4	9,7	7,1	13,4	3	2,1	15,6	3,5	3,3	15,9
5	5,1	3,8	15,3	1,03	1,1	16	1,4	1,4	17,1
6	52,9	35,2	1	18,7	13,3	11,1	54	36,1	1,3
7	32,2	23,1	7	37,6	27	5,2	7,1	5,3	15,5
8	6,7	5,1	14,7	7,1	5,3	14,2	0	0	17,9
9	-	-	-	6,1	3,5	15,5	46,1	34,8	7,2
10	4,6	3,5	15,1	9,2	14,4	12,2	6,7	6,5	15,2
11	44,3	35,6	2,8	-	-	-	27,2	23	9,1
12	4,3	3,3	15,3	6,8	5,5	13,4	0,3	0,4	17,6
13	0	0	-	0	0	-	0	0	17,9
14	-	-	-	0	0	-	0	0	17,6

Πίνακας 22: Μετρούμενες τιμές αερίων για τους μήνες Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος.

ΣΗΜΕΙΑ	ΙΟΥΛΙΟΣ 2009			ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2009			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009		
	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %
1	41,6	28,6	5,1	27,2	19,4	8,6	7,1	5,2	16,3
2	34,3	24,6	6,4	34,8	24,8	6,6	36,4	25,9	6,7
3	12,2	8,9	13,3	13,6	9,7	13,2	19,3	13,8	11,1
4	4,6	3,7	15,8	2,9	2,5	16,5	1,9	1,8	16,7
5	5,3	4	15,8	4,7	3,4	16,2	0	0	17,7
6	44,7	31,6	3,3	56,8	38,7	1,2	55	37,3	1,4
7	21,2	16,4	10,1	29,1	22,8	7,2	29,5	22,8	6,2
8	0,2	0,4	17,4	0,3	0,2	17,6	4,3	2,9	16,3
9	51,8	36,3	1,2	51,1	37,6	0,9	52,3	37,1	1,1
10	26,3	22,7	8,6	27,6	23,3	8,4	17,4	14,9	11,2
11	28,4	23,8	7,1	31,6	23,9	7,8	53,7	36,8	1,3
12	10,3	8,1	14,2	48,4	35,7	2,3	11,3	8,3	13,4
13	0	0	17,9	0	0	17,8	0	0	17,9
14	0	0	17,8	0	0	17,9	0	0	17,8

Πίνακας 23: Μετρούμενες τιμές αερίων για τους μήνες Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος.

ΣΗΜΕΙΑ	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2009			ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009			ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009		
	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %
1	34,9	23,8	6,5	38,2	26,4	5,2	23,8	15,8	11,2
2	27,5	19,9	7,7	31,9	23,1	6,3	27,3	18,8	10,9
3	16,4	11,4	11,2	18,7	13	9,9	4,1	2,6	18,8
4	3,6	2,8	14,4	2,7	2,2	14,8	6,2	4,2	18,4
5	1,4	1,3	15,5	0,5	0,6	15,8	0,2	0,1	20,4
6	42,8	30,1	4,1	44,6	31,1	3,9	57	38,5	0,9
7	31	22,5	6,5	29,2	20,9	6,7	16,6	10,5	14,6

8	5,3	4	14,1	8,5	6,1	13,6	1,6	1	19,6
9	52,9	37,6	0,03	51,9	36,4	0,1	50,2	34,1	1,6
10	2,3	2,4	15,3	0,3	0,5	15,1	0,7	0,5	19,9
11	57,3	40,5	0,02	58,7	39,7	0,2	31,8	17,4	9,8
12	4,8	3,6	14,4	4,7	3,5	13,9	25,1	16,5	11,4
13	0	0	17,8	0	0	17,9	0	0	17,8
14	0	0	17,9	0	0	17,8	0	0	17,9

Πίνακας 24: Μετρούμενες τιμές αερίων για τους μήνες Οκτώβριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος.

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές για τα 14 σημεία για όλους τους μήνες (Απρίλιος 2009 –Δεκέμβριος 2009).

	ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ		
ΣΗΜΕΙΑ	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %
1	23,6	16,3	10,4
2	30,6	21,7	7,8
3	15,1	10,7	11,4
4	4,2	3,3	15,7
5	2,2	1,7	16,6
6	47,4	32,4	3,1
7	25,9	19	8,8
8	3,8	2,8	16,2
9	45,3	32,2	3,5
10	10,6	9,9	13,4
11	41,6	30,1	4,8
12	12,9	9,4	12,9
13	0	0	17,9
14	0	0	17,8

Πίνακας 25: Μέσος όρος των 12 σημείων για την χρονική περίοδο Απρίλιος 2009-Δεκέμβριος 2009

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009					
ΣΗΜΕΙΑ	H ₂ S (ppm)	max VOC _S (ppm)	NH ₃ (ppm)	NO (ppm)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	0	51	121	0	
2	-	39,9	5	0	Απόσταση 60 cm από την έξοδο του σωλήνα

3	-	1,2	1	0	Απόσταση 60 cm από την έξοδο του σωλήνα
4	-	11,3	1	0	Διάτρητος σωλήνας, ισχυρός άνεμος
5	-	2,6	1	0	
6	3	114	18	0	
7	0	29,5	0	0	
8	-	2,2	-	0	
9	0	41,7	42	0	5,5 χρόνια απορρίμματα
10	0	17,1	12	4,5	8 μήνες-1 χρόνος απορρίμματα
11	0	52,1	22	0	
12	-	22,6	0	0	

Πίνακας 26: Μετρούμενες τιμές αερίων ρύπων.

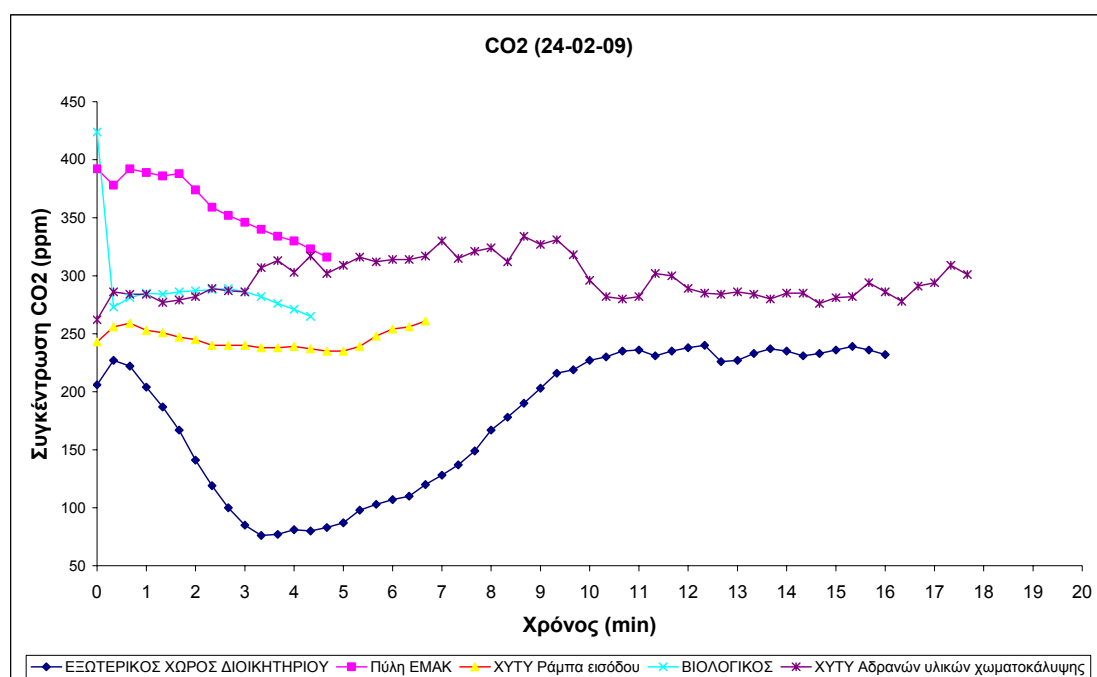
Σχετικά με τις μετρήσεις να τονίσουμε ότι οι σωλήνες συλλογής του βιοαερίου στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις είναι διάτρητες στο άνω μέρος τους και ως εκ τούτου οι τιμές ενδεχομένως να παρουσιάζουν σφάλμα εξαιτίας της ανάμιξης του παραχθέντος βιοαερίου με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ένας ιδιαίτερα σημαντικός κίνδυνος που σχετίζεται με την παραγωγή βιοαερίου που αφορά την πιθανότητα έκρηξης και αυτανάφλεξής του με δεδομένο ότι το μεθάνιο δημιουργεί εκρηκτικό μίγμα σε αναλογία 5 – 15 % με ατμοσφαιρικό αέρα (Tchobanoglous et al., 1993). Σε συγκεντρώσεις μεθανίου πάνω από 15 %, το οξυγόνο είναι ανεπαρκές για την πρόκληση εκρήξεων, αλλά οι κίνδυνοι παραμένουν ακόμα υψηλοί . Όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου πέσει κάτω από το 12,8 % δεν μπορούν τα μείγματα να αναφλεγούν.

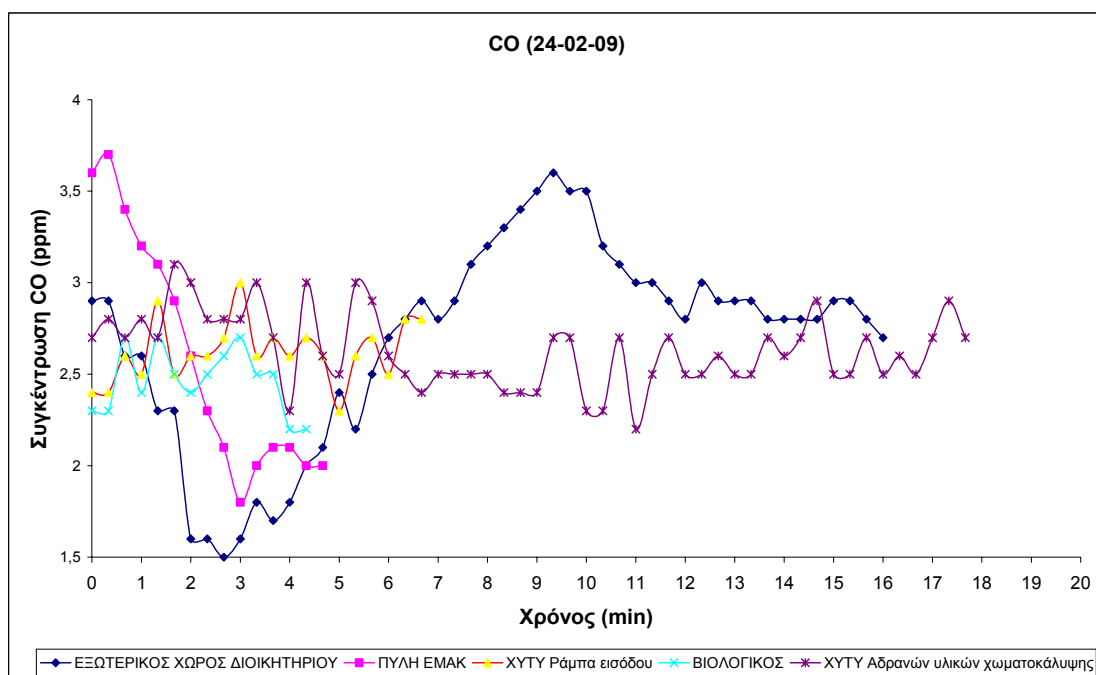
Παρατηρούμε ότι αρκετές τιμές του μεθανίου βρίσκονται στο επικίνδυνο διάστημα 5 – 15 % (Πίνακας 22, 23 & 24, κόκκινες τιμές) . Ταυτόχρονα η συγκέντρωση οξυγόνου σε ορισμένα εκ των σημείων δειγματοληψίας παραμένει σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις μεθανίου

καθιστούν αναγκαία την άμεση συλλογή και καύση του βιοαερίου, είτε για την αποφυγή αυτανάφλεξής του και πρόκληση πυρκαγιάς, με συνέπεια την παραγωγή επικίνδυνων καρκινογόνων ημιπτητικών οργανικών ενώσεων, είτε για την οικονομική εκμετάλλευσή του. Επομένως είναι αναγκαία η καταγραφή της ροής του βιοαερίου (παροχή αερίου από τους σωλήνες συλλογής) προκειμένου να εξεταστεί το ενδεχόμενο οικονομικής αξιοποίησής του.

Εκτός από το όργανο GA94 landfill gas analyzer χρησιμοποιήσαμε και το όργανο **IAQ-CALC** για την μέτρηση της συγκέντρωσης του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Διαγράμματα 43-45.



Διάγραμμα 43: Συγκεντρώσεις CO₂ (ppm) σε διάφορα σημεία στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.



Διάγραμμα 44: Συγκεντρώσεις CO (ppm) σε διάφορα σημεία στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.

CO₂ 24/2/2009				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου (12:13-12:29)	240	76	178	60,46
Πύλη ΕΜΑΚ (12:32-12:36)	392	316	360	27,27
ΧΥΤΥ- Ράμπα εισόδου (12:46-12:53)	261	235	245	8,36
Βιολογικός (12:57-13:02)	424	265	291	38,89
ΧΥΤΥ- αποθήκη αδρανών υλικών	334	262	297.5	17,31

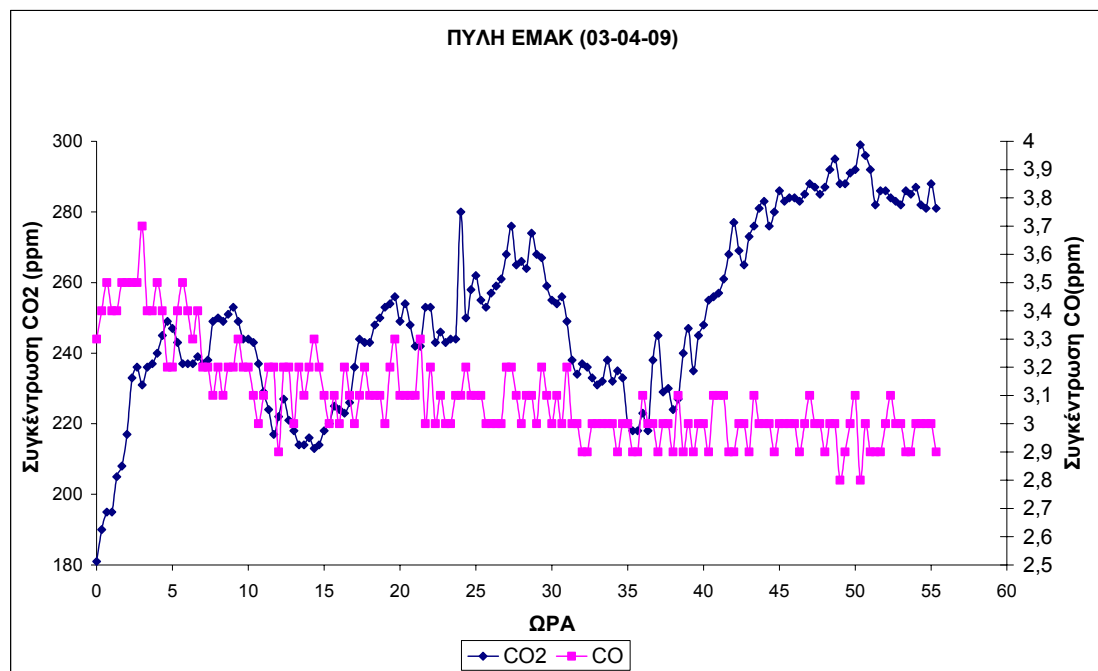
χωματοκάλυψης (13:16-13:33)				
--------------------------------	--	--	--	--

Πίνακας 27: Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης του CO₂ σε διάφορα σημεία στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.

CO 24/2/2009				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Εξωτερικός χώρος διοικητηρίου (12:13-12:29)	3,6	1,5	2,69	0,55
Πύλη ΕΜΑΚ (12:32-12:36)	3,7	1,8	2,59	0,66
ΧΥΤΥ- Ράμπα εισόδου (12:46-12:53)	3	2,3	2,62	0,17
Βιολογικός (12:57-13:02)	2,7	2,2	2,46	0,17
ΧΥΤΥ- Αποθήκη αδρανών υλικών χωματοκάλυψης	3,1	2,2	2,63	0,20

(13:16-13:33)				
---------------	--	--	--	--

Πίνακας 28: Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης του CO σε διάφορα σημεία στο ΕΜΑΚ & ΧΥΤΥ Χανίων.



Διάγραμμα 45: Συγκεντρώσεις CO (ppm) & CO₂ (ppm) στη πύλη ΕΜΑΚ.

ΠΥΛΗ ΕΜΑΚ (24/2/2009, 09:11-10:07)				
	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (ppm)	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
CO ₂	299	181	250,5	25,04
CO	3,7	2,8	3,1	0,16

Πίνακας 29: Παρουσίαση των μέγιστων, ελάχιστων, μέσων τιμών και της τυπικής απόκλισης του CO₂ & CO στην είσοδο.

Οι παραπάνω τιμές των οξειδίων του άνθρακα κρίνονται φυσιολογικές και δεν συνιστούν κίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} που παράγονται στο ΕΜΑΚ και ΧΥΤΥ του Ν. Χανίων έδειξαν ότι έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Στους εξωτερικούς χώρους έχουμε μέσες τιμές που κυμαίνονται από $39 \mu g/m^3$ έως $736 \mu g/m^3$ και στιγμιαίες τιμές να φτάνουν τα $10160 \mu g/m^3$ για αυτό το λόγο θα πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα όπως συχνή διαβροχή της περιοχής εισόδου -ζύγισης των φορτηγών και επίστρωση όπου είναι δυνατόν των επιφανειών χώματος με μπετόν. Στους εσωτερικούς χώρους έχουμε μέσες τιμές που κυμαίνονται από $148 \mu g/m^3$ - $5715 \mu g/m^3$ και στιγμιαίες τιμές να φτάνουν τα $42713 \mu g/m^3$ για αυτό το λόγο θα πρέπει να γίνει επέκταση και αναβάθμιση του συστήματος εξαερισμού - το οποίο ενώ ήδη υφίσταται και συνδέεται με σύστημα αποκονίωσης (σακόφιλτρα) , υπολειτουργεί και δεν δείχνει να έχει την απαιτούμενη απόδοση - προκειμένου ο εξερχόμενος αέρας να είναι απαλλαγμένος από αιωρούμενα σωματίδια και χρήση στους εσωτερικούς χώρους ηλεκτροκίνητων οχημάτων και όχι πετρελαιοκίνητων οχημάτων .

Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για τους αέριους ρύπους που παράγονται στον χώρο υγειονομικής ταφής έδειξαν ότι αρκετές μετρήσεις του μεθανίου βρίσκονται στο επικίνδυνο διάστημα 5-15 %. Οι συγκεντρώσεις μεθανίου στο επικίνδυνο διάστημα 5-15 % καθιστούν αναγκαία την άμεση

συλλογή και καύση του βιοαερίου, είτε για την αποφυγή αυτανάφλεξής του και πρόκληση πυρκαγιάς, με συνέπεια την παραγωγή επικίνδυνων καρκινογόνων ημιπτητικών οργανικών ενώσεων, είτε για την οικονομική εκμετάλλευσή του.

Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για την χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων στον Κουρουπητό έδειξαν ότι έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις ανιόντων και κατιόντων σε σχέση με αυτές του σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Λαζαρίδης Μ. (2005) “Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας”. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.
- 2.Νομαρχιακή αυτοδιοίκηση Χανίων (2000). Μελέτη Περιβαλλοντικών επιπτώσεων “Μονάδας μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης και χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στη θέση « Κορακιά» νότια της χαράδρας του Κουρουπητού Ακρωτηρίου Χανίων”. Τεύχος II.
- 3.Βουλγαράκης Απόστολος (2004) “Μελέτη τροποσφαιρικού όζοντος και αιωρούμενων σωματιδίων στην περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων”. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

- 4.Ξυνίδης Νικόλαος (2007) “Μοντελοποίηση οξείδωσης μεθανίου σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων και χώρους υγειονομικής ταφής” Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- 5.Μουσιόπουλος Μ. (2002) “Διαχείριση απορριμμάτων” ,Σημειώσεις διαλέξεων διαχείρισης απορριμμάτων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.
- 6.Σκορδίλης Α.(1993) “Τεχνολογίες Διάθεσης Απορριμμάτων: Η Υγειονομική Ταφή.” ,Εκδόσεις ΙΩΝ.
7. ΟΑΝΑΚ (1994) “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ανατολική Κρήτη”, Φάση Γ’, Διεύρυνση Λύσεων.
8. Αλεξανδροπούλου Β, (2003). “Μελέτη της εναπόθεσης και μεταφοράς σωματιδίων στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα”. Μεταπτυχιακή εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- 9.Schwela, D., Morawska, L., Kotzias, D.,(2002), “Guidelines for concentration and exposure-response measurement of fine and ultra fine particulate matter for use in epidemiological studies”, European Communities, World Health Organization.
10. Schwartz, J., Norris, G., Larson, T., Sheppard, L., Claiborne, C., Koenig, J. (1999), “Episodes of high coarse particle concentrations are not associated with increased mortality”, *Environ. Health Perspect.* 107, 339 - 342.
11. Pope, C., Hill, R., Villegas, G.,(1999), “Particulate air pollution and daily mortality on Utah’s Wasatch Front”, *Environ. Health Perspect.* 107, 567 – 573.
- 12.EPA, (2002), “Air Quality Criteria for Particulate Matter”, Report EPA/600/P-99/002aC, 2002.

13. Donaldson, K., Stone, V., Gilmour, P. S., Brown, D. M. and Macnee, W. (2000), "Ultrafine particles: mechanisms of lung injury", *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 358, 2741 – 2749.
14. Rombout, P., Bloemen, H., Bree, L., Buringh, E., Cassee, F., Fischer, P., Freijer, J., Kruize, H., Marra M., Opperhuizen, A., (200). "Health risks in relation to air quality, specially particulate matter", RIVM Report No 650010 020.
15. TSI (2003) " Model 8520 DustTRAK Aerosol Monitor ". Operation and Service Manual.
16. Tchobanoglous G. Theisen H. Vigil S. (1993) "Integrated solid waste management". Engineering principles and management issues.
17. Dockery D.W., Pope II C.A., Xu X., Spengler J.D., Ware J.H., Martha E.F., Ferris Jr., B.G. Speizer F.E., (1993). "An association between air pollution and mortality in six US cities", *New England Journal of Medicine*, 329, 1753-1759.
18. Pagano P., De Zaiacomo T., Scarcella E., Bruni S., Calamosca M., (1996). "Mutagenic activity of total and particle-sized fractions of urban particulate matter", *Environ. Sci. Technol.*, 30, 3512-3516.
19. Schenelle-Kreis J., Gebefugi I., Welzi G., Jaensch T., Kettrup A., (2001). "Occurrence of particle-associated polycyclic aromatic compounds in ambient air of the city of Munich", *Atmospheric Environment*, 35, (Suppl. No.1), S71-S81.
20. Schwela, D., Morawska, L., Kotzias, D. (2002), "Guidelines for concentration and exposure-response measurement of fine and ultra fine

particulate matter for use in epidemiological studies”, European Communities, World Health Organization.

21. Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N. (1998), “Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change”, Wiley-Interscience, New York, 1326 pp.

22. Robinson, R. J. and Yu, C. P. (2001), “Deposition of cigarette smoke particles in the human respiratory tract”, *Aerosol Sci. and Technol.* 34, 202 – 215.

23. International Commission on Radiological Protection (ICRP) 1994, “Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection”, ICRP Publication 66, *Annals of the ICRP* 24 (4), Pergamon, Oxford, 482 pp.

24. Winter-Sorkina, R., Cassee, F., (2002) “From concentration to dose: factors influencing airborne particulate matter deposition in humans and rats” RIVM Report no. 650010031.

25. Chang I., Griffith W., Shyr L., Yeh H., Cuddihy G., Seiler A., (1991). “Software for the draft NCRP respiratory tract dosimetry model”, *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 38, No. 1/3, 193-199.

26. www.dedisa.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΕΜΑΚ

