
Τεχνική Έκθεση

για τη Μελέτη Παρακολούθησης Πεδίου

στις εγκαταστάσεις του εργοστασίου παραγωγής ασφαλικού

σκυροδέματος «Προμηθέας Λτδ»

για τις ενεργές εκπομπές επί-του-εδάφους κατά την λειτουργία της

31 Ιουλίου 2021



Πανεπιστήμιο Κύπρου
Kıbrıs Üniversitesi
University of Cyprus

Ομάδα Υλοποίησης Μετρητικής Διαδικασίας:

Δρ Πέτρος Μουζουρίδης, Ανδρέας Ελευθερίου, Καθ. Μαρίνα Νεοφύτου
Νησίδα Αριστείας Περιβαλλοντικής Ρευστομηχανικής, Πολυτεχνική Σχολή

Συμβουλευτική Ομάδα:

Μαρίνα Νεοφύτου, Καθηγήτρια (Συντονίστρια)

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνική Σχολή

Ανδρέας Κυπριανού, Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής, Πολυτεχνική Σχολή

Μιχάλης Πέτρου, Καθηγητής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνική Σχολή

Λουκάς Λουκά, Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής, Πολυτεχνική Σχολή

Η παρούσα έκθεση αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Κύπρου βάσει του περί Δικαιωμάτων Πνευματικής Ιδιοκτησίας Νόμου, Ν. 59/76 και απαγορεύεται η αναδημοσίευση μέρους της ή ολόκληρης χωρίς την άδεια των συγγραφέων. Για λόγους διαφάνειας, η έκθεση διατίθεται ως δημόσια προσβάσιμο έγγραφο αναφοράς, για λογαριασμό του Τμήματος Περιβάλλοντος (Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος) για τους σκοπούς σύνταξης κατάλληλου προγράμματος παρακολούθησης και αδειοδότησης λειτουργίας των βιομηχανιών ασφατικού σκυροδέματος. Τα πρωτογενή δεδομένα αποτελούν νέα γνώση που αποκτήθηκε με τον εργαστηριακό εξοπλισμό και την ερευνητική τεχνογνωσία του Πανεπιστημίου Κύπρου και ως εκ τούτου ανήκουν στην αποκλειστική κυριότητα του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Περίληψη

Η παρούσα έκθεση καταγράφει τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα που εξάγονται από την παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας ασφαλικού σκυροδέματος στις εγκαταστάσεις της εταιρείας «Προμηθέας Λτδ» που εκπονήθηκε κατά την περίοδο Μαρτίου – Μαΐου 2021 από ερευνητές της Νησίδας Αριστείας «Περιβαλλοντικής Ρευστομηχανικής» του Πανεπιστημίου Κύπρου με την συνεπικούρηση της Συμβουλευτικής Ομάδας Ακαδημαϊκών του Πανεπιστημίου Κύπρου στο πλαίσιο εξέτασης της μετακίνησης αυτών των μονάδων και του απαιτούμενου προγράμματος παρακολούθησης τους. Σκοπός της μετρητικής διαδικασίας ήταν αποκλειστικά ο εντοπισμός και η παρακολούθηση των ενεργών πηγών αερίων εκπομπών στην παραγωγική διαδικασία από τη μονάδα παραγωγής ανά παρτίδα (batch plant) και έχει σχεδιαστεί ως τέτοια. Η μετρητική διαδικασία δεν έχει σχεδιαστεί και ούτε μπορεί να αξιοποιηθεί για σκοπούς συσχέτισης πηγής-αποδέκτη η οποία προϋποθέτει άλλες παραμέτρους σχεδιασμού παρακολούθησης που δεν πληρούνται στον παρόντα σχεδιασμό. Η διαδικασία παρακολούθησης έδειξε ότι **σημαντική πηγή αερίων εκπομπών δεν είναι μόνο το φουγάρο των σακκόφιλτρων, αλλά εξίσου ή ακόμα σημαντικότερη (τόσο σε είδος εκπομπών όσο και σε ένταση εκπομπής) αποτελεί η περιοχή εκφόρτωσης**. Επιπρόσθετα, η διαδικασία παρακολούθησης έδειξε επίσης ότι είναι αρκετά πιθανό, λόγω αστοχιών ή σχεδιασμού **στον πύργο ανάμειξης των υλικών, να παρατηρούνται σημαντικές εκροές σημαντικών ρύπων**. Ως εκ τούτου απαραίτητο σημείο επιβεβαίωσης της προδιαγεγραμμένης λειτουργίας είναι ο πύργος ανάμειξης υλικών για επιβεβαίωση μη-ύπαρξης άλλων πηγών αερίων εκπομπών. Κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης, υπήρξε και μια μικρότερη περίοδος κατά την οποία είχε εγκατασταθεί η αντιρρυπαντική τεχνολογία στην περιοχή εκφόρτωσης. Η διαδικασία εγκατάστασης της εν λόγω τεχνολογίας που επιλέγηκε από το εργοστάσιο φαίνεται να συναρτάται με πολλές ειδικές προσαρμογές στα επί τόπου λειτουργικά χαρακτηριστικά και για αυτό το λόγο φάνηκε να είναι αναγκαία μια σχετικά μεγάλη περίοδος προσαρμογής τύπου «δοκιμής και λάθους»/"trial and error" μέχρι την τελική της λειτουργία. Αυτή η σχετικά μεγάλη σε διάρκεια περίοδος προσαρμογής περιόρισε, πρακτικά, και σε διάρκεια, και το χρήσιμο χρονικό διάστημα παρακολούθησης με την αντιρρυπαντική τεχνολογική σε αποτελεσματική λειτουργία. Η μετρητική διαδικασία **με την αντιρρυπαντική τεχνολογία**, στο σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα παρακολούθησής της, έδειξε ότι **επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των αερίων εκπομπών, το ποσοστό της οποίας δεν είναι χρονικά σταθερό, χαρακτηριστικό που εισαγάγει σημαντική, για χειρισμό, αβεβαιότητα**. Στο συγκεκριμένο διάστημα παρακολούθησης η μείωση που επιτυγχάνεται είναι **κυμαινόμενη με μέσο όρο μείωσης της τάξης του 50%**.

Παρακολούθηση Μονάδων Ασφαλτικού Σκυροδέματος σε τρέχουσα λειτουργία για την διερεύνηση της πραγματικής ενεργοποιημένων πηγών εκπομπών επί του εδάφους

1. Εισαγωγή

Η διαδικασία υλοποίησης της απόφασης για μετακίνηση των βιομηχανικών μονάδων παραγωγής ασφαλτικού σκυροδέματος έχει αναδείξει την ανάγκη κατάρτισης ενός επαρκούς και αξιόπιστου προγράμματος περιβαλλοντικής παρακολούθησης - κατάλληλο για τα κυπριακά δεδομένα. Η δημόσια διαβούλευση με τις κοινότητες έχει πολύ εύστοχα αναδείξει την απουσία γνώσης για την πρακτική λειτουργία επί του εδάφους τέτοιων βιομηχανικών μονάδων ως πηγών ρύπανσης. Ως εκ τούτου, έχει συσταθεί, με πρωτοβουλία της Συμβουλευτικής Ομάδας του Πανεπιστημίου Κύπρου, ένα έκτακτο πρόγραμμα παρακολούθησης της λειτουργίας των εργοστασίων στην υφιστάμενη τοποθεσία τους με τις υφιστάμενες πρακτικές τους, όσον αφορά την επιβάρυνση της ποιότητας αέρα που προκαλούν για τον σκοπό εντοπισμού των κύριων πηγών προέλευσης αυτής της επιβάρυνσης από συγκεκριμένα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Την υλοποίηση του προγράμματος αυτής της παρακολούθησης ανέλαβε το Εργαστήριο-Νησίδα Αριστείας Περιβαλλοντικής Ρευστομηχανικής του Πανεπιστημίου Κύπρου υπό την εποπτεία της Συμβουλευτικής Ομάδας.

Διευκρινίζεται, ότι η ανάγκη για αυτήν την παρακολούθηση σχετίζεται και με την απόφαση για μετακίνηση των δύο βιομηχανικών μονάδων, «Προμηθέας» από την Βιομηχανική Περιοχή Τσερίου, και «Cyfield» από τη βιομηχανική περιοχή Γερίου. Σημειώνεται επίσης, ότι οι μονάδες αυτές, βάσει του Περί Βιομηχανικών Εκπομπών Νόμου δεν υπόκειτο μέχρι στιγμής σε οποιοδήποτε έλεγχο για την αδειοδότηση της λειτουργίας τους. Στόχος της μελέτης αυτής ήταν να συμπεριλάβει και τις δύο αυτές βιομηχανικές μονάδες, λόγω της διαφορετικής κατάστασης στην οποία βρίσκονται οι μονάδες για να καλυφθεί ένα μεγαλύτερο και συνεπώς αντιπροσωπευτικότερο φάσμα της επιβάρυνσης και συνεπώς να συνταχθεί αντίστοιχα ένα κατάλληλο πρόγραμμα παρακολούθησης και για αυτό το σκοπό είχαν αποσταλεί από το Τμήμα Περιβάλλοντος σχετικές επιστολές. Η ανταπόκριση ήταν πολύ διαφορετική από τις δύο εταιρείες. Η εταιρία «Προμηθέας» ήταν θετική, δίνοντας κάθε δυνατή πρόσβαση στις εγκαταστάσεις της, διευκολύνοντας με κάθε δυνατό τρόπο την ευχέρεια απρόσκοπτης πρόσβασης της Συμβουλευτικής ομάδας. Η εταιρία «Cyfield» όχι μόνο δεν ανταποκρίθηκε, αλλά απέστειλε προσωπική επιστολή εκφοβιστικού χαρακτήρα στην Συντονίστρια της Συμβουλευτικής Ομάδας.

Οι διαφορετικές αυτές εταιρικές συμπεριφορές στην ανταπόκριση τους, καταδεικνύουν την αναγκαιότητα αυστηρής ρύθμισης τόσο της λειτουργίας όσο και της παρακολούθησης, λόγω ακριβώς της διαφορετικής αντίληψης της επαγγελματικής ευσυνειδησίας και της εταιρικής κοινωνικής υποχρέωσης.

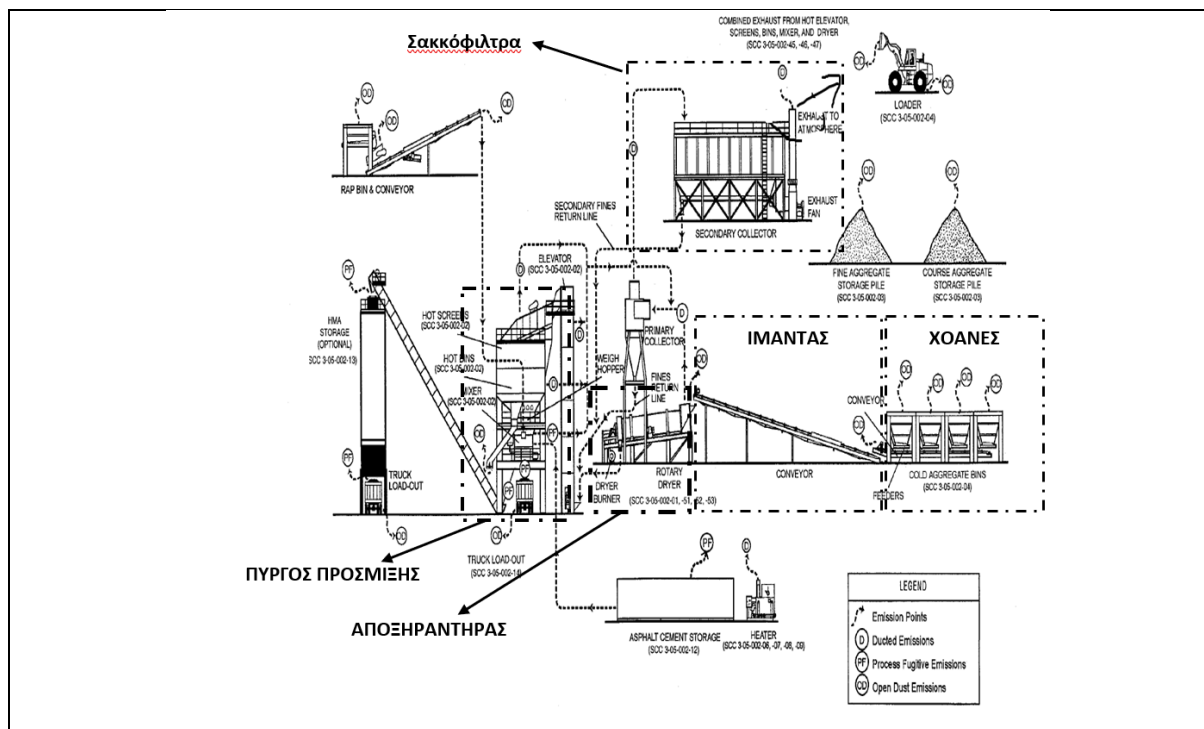
Ως εκ τούτου, η παρακολούθηση έγινε αποκλειστικά και μόνο στις εγκαταστάσεις της εταιρείας «Προμηθέας» την οποία και ευχαριστούμε θερμά για την εξαιρετική συνεργασία, τα αποτελέσματα της οποίας θα φωτίσουν μια άγνωστη μέχρι στιγμής επί του εδάφους πρακτική λειτουργία, και πρόκειται για μια υπεύθυνη εταιρική συμπεριφορά. Ευελπιστούμε ότι τα αποτελέσματα αυτά θα αποτελέσουν τη βάση για σύνταξη ενός κατάλληλου προσαρμοσμένου προγράμματος στα δεδομένα της Κύπρου τόσο για σκοπούς αδειοδότησης όσο και για την μετέπειτα περιβαλλοντική παρακολούθηση τέτοιων εγκαταστάσεων για τους σκοπούς διασφάλισης της περιβαλλοντικής υγείας.

2. Υπόβαθρο και Στόχοι Μελέτης

Οι βιομηχανικές μονάδες ασφαλτικού σκυροδέματος δεν υπόκεινται μέχρι στιγμής σε οποιοδήποτε έλεγχο βάσει του Περί Βιομηχανικών Εκπομπών Νόμου για σκοπούς αδειοδότησης της λειτουργίας τους. Είναι παράδοξο το ότι οι μονάδες σκυροδέματος που δεν περιέχουν την ασφαλτική πρόσμιξη (και η οποία βασίζεται σε παράγωγα πετρελαίου) υπόκεινται στον σχετικό Νόμο. Σε σχετικά ερωτήματα που θέσαμε στο Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (Κλάδος Βιομηχανικών Εκπομπών), διαφαίνεται ότι υπάρχει η αντίληψη πως μοναδική πηγή εκπομπής σε μια τέτοια μονάδα, που θα μπορούσε να υπόκειται σε έλεγχο είναι του φουγάρο των σακκόφιλτρων, που αποτελεί τις εκπομπές της διαδικασίας αποξήρανσης των αδρανών και συνεπώς θα αφορούσε μόνο πολύ περιορισμένες εκπομπές σωματιδίων και υδρατμών. Στην παράγραφο 2.1 περιγράφεται διαγραμματικά η διαδικασία παραγωγής με ενδείξεις στην μονάδα των σημείων από τα οποία δύναται να υπάρχουν εκπομπές.

2.1 Παραγωγική Διαδικασία και σημεία πιθανών εκπομπών

Η Εικόνα 1 συνοψίζει διαγραμματικά τη μονάδα και διαδικασία παραγωγής σε παρτίδες (batch) ασφαλτικού μίγματος. Στην ίδια εικόνα επίσης φαίνονται οι εν δυνάμει πηγές εκπομπής ρύπων. Αρχικά εκσκαφείς γεμίζουν τις χοάνες τροφοδοσίας με διαβαθμισμένα σε μέγεθος αδρανή. Ακολούθως αυτά πέφτουν από το κάτω μέρος των χοανών στον ιμάντα μεταφοράς που τα μεταφέρει στον αποξηραντήρα (φούρνο). Η αποξήρανση επιτυγχάνεται από φλόγα που δημιουργεί ο καυστήρας βαρεού πετρελαίου του αποξηραντήρα. Οι εξατμίσεις από τα αδρανή και τα καυσαέρια που δημιουργεί η καύση διοχετεύονται μέσω κλειστού κυκλώματος στα σακκόφιλτρα. Τα αποξηραμένα και θερμά σκύρα μεταφέρονται στον πύργο πρόσμιξης όπου μετά από κοσκίνισμα και ζύγισμα αναμιγνύονται με υγρή άσφαλτο (bitumen). Το τελικό προϊόν που δημιουργείται αποθηκεύεται προσωρινά και μετά εκκενώνεται σε φορτηγά για μεταφορά στο χώρο ασφαλτόστρωσης.



Εικόνα 1: Διάγραμμα διαδικασίας παραγωγή ασφαλτικού μίγματος¹ Τα σημεία στα οποία μπορεί να υπάρξουν εκπομπές ρύπων είναι: το φουγάρο των σακκόφιλτρων, στο σημείο εκφόρτωσης του τελικού προϊόντος στα φορτηγά μεταφοράς,

¹ Από Hot Mix Asphalt Plants, Emission Assessment Report, EPA-454/R-00-19

άλλα σημεία, συνήθως λόγω μη καλής συντήρησης ή από ειδική σχεδιαστική λύση και από το φουγάρο ηλεκτρογεννήτριας που χρησιμοποιείται ως εναλλακτική πηγή ηλεκτροδότησης.



Εικόνα 2: Σημεία τοποθέτησης αισθητήρων στη μονάδα

Κατόπιν επίσκεψης στη μονάδα παρασκευής ασφαλτικού «Προμηθέας» αποφασίστηκε να τοποθετηθούν αισθητήρες στα σημεία που φαίνονται στην Εικόνα 2. Τα σημεία αυτά ορίστηκαν κατόπιν μελέτης της διεργασίας και επιτόπου επίσκεψης στην εν λόγω μονάδα παραγωγής. Όλα τα σημεία που επιλέχθηκαν, εκτός του σημείου 2 στην Εικόνα 2, ήταν αναμενόμενα και συνάδαν με τη σχετική βιβλιογραφία. Το σημείο 2 αποφασίστηκε μετά από την επιτόπια επίσκεψη όπου διαπιστώθηκε ότι στο σημείο αυτό υπήρχε πιθανή εκπομπή ρύπων.

2.2. Πηγές Εκπομπών και Διασαφήνιση μεταξύ όρων «Ατμοσφαιρικοί Ρύποι» και «Οσμές»

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να γίνει η διευκρίνιση και η διάκριση της έννοιας των «ρύπων» και των «οσμών» μέσα στο υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί την ύπαρξη σωματιδιακής ύλης ή/και χημικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα, των οποίων οι επιπτώσεις στην υγεία έχουν επαρκώς τεκμηριωθεί στη βιβλιογραφία και ως εκ τούτου ρυθμίζεται με σχετικό εθνικό νόμο (που απορρέει από τον ευρωπαϊκό) που καθορίζει τα επιτρεπτά όρια συγκεντρώσεων διαφόρων ρύπων. Λόγω της φύσης της έντονης χρονομεταβλητότητας του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα επιτρεπτά όρια καθορίζονται όχι μόνο ετήσια, αλλά, σε κάποιες περιπτώσεις και ημερήσια ή και σε πιο μικρές χρονικές περιόδους όπως π.χ. ανά 8ωρο, ανάλογα με την τοξικότητα του ρύπου.

Οι οσμές είναι χημικές ενώσεις που γίνονται αισθητές μέσω της αίσθησης της όσφρησης, δεν είναι επίσημα αναγνωρισμένες ως ρύποι (παρά το ότι κάποιοι από τους αναγνωρισμένους ρύπους έχουν οσμή), ενώ η οχληρία που μπορεί να προκαλέσουν σε έναν συγκεκριμένο αποδέκτη, μέχρι στιγμής,

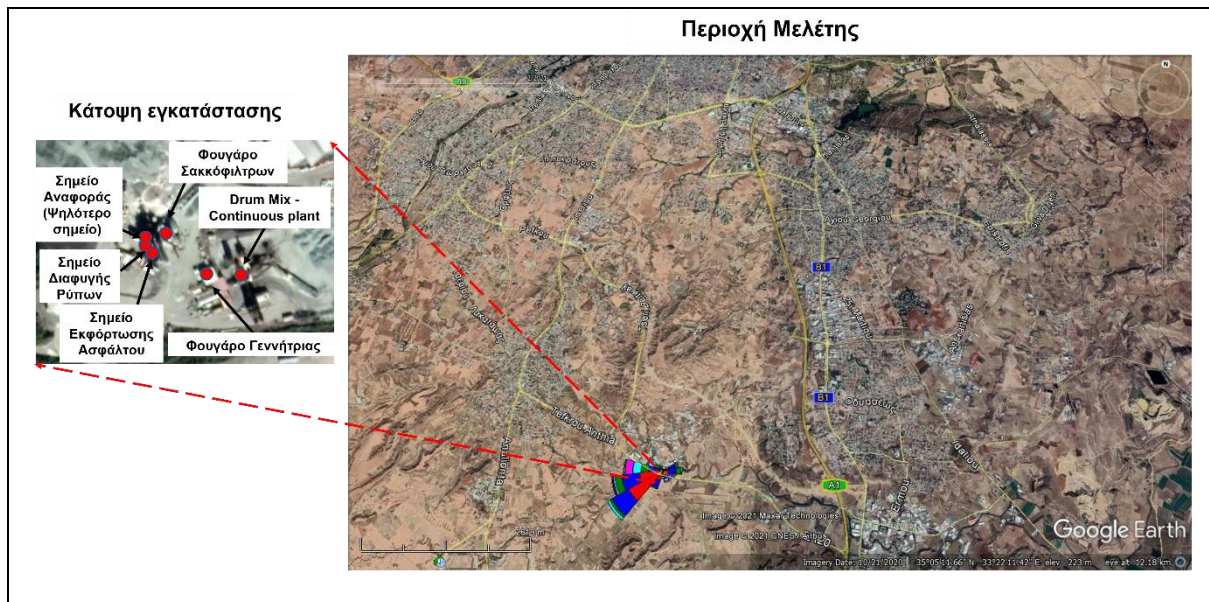
δεν ρυθμίζεται από εθνικό (ή ευρωπαϊκό) νόμο στη βάση επιτρεπτών ορίων. Η υφιστάμενη πρακτική για την εκτίμηση της όχλησης, σε αντίθεση με την ατμοσφαιρική ρύπανση, δεν βασίζεται στην χημική ταυτοποίηση της πηγής ή των πηγών προέλευσης της δυσοσμίας και κατ' επέκταση της οχληρίας που προκύπτει για έναν συγκεκριμένο αποδέκτη σε ένα συγκεκριμένο σημείο, αλλά συνολικά αποτιμά την ποσότητα καθαρού αέρα που θα χρειαζόταν για να διαλυθεί η οσμή (συνολική/αθροιστική) ή δυσοσμία, σε συγκεκριμένο σημείο-αποδέκτη, έτσι ώστε να σταματήσει να είναι αισθητή. Ως εκ τούτου, μέσα από το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο, καμία μελέτη ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή διασφάλιση της ατμοσφαιρικής ποιότητας δεν μπορεί να αντιπροσωπεύσει και αντίστοιχα να διασφαλίσει την ποιότητα ζωής και την υγεία που συναρτάται με τις οσμές ή τη δυσοσμία στο περιβάλλον. Παρόλα αυτά η διασπορά των οσμών στο περιβάλλον καθορίζεται από παρόμοια φαινόμενα μεταφοράς και συναρτάται με την μετεωρολογία, τη φύση των εκπομπών, το τοπογραφικό ανάγλυφο και οποιεσδήποτε άλλες φυσικοχημικές διεργασίες είναι παρούσες στο υπό-μελέτη περιβάλλον.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μόνο η ομοσπονδιακή κυβέρνηση της Γερμανίας αναγνώρισε σχετικές συστάσεις του Γερμανικού Συνδέσμου Μηχανικών σε ομοσπονδιακό νόμο, για τη διασφάλιση της υγείας και της ποιότητας ζωής που προκύπτει από την οχληρία, ο οποίος καθορίζει ότι οι οσμές δεν πρέπει να γίνονται αντιληπτές/αισθητές από τους κατοίκους εντός των οικιστικών ζωνών πιο συχνά από το 10% του χρόνου.

3. Περιγραφή Περιοχής

Η παρακολούθηση της παραγωγικής διαδικασίας ασφαλτικού σκυροδέματος έγινε στις εγκαταστάσεις της εταιρείας «Προμηθέας Λτδ» η οποία είναι τοποθετημένη στη Βιομηχανική Περιοχή Τσερίου. Η βιομηχανική περιοχή βρίσκεται νότια της πόλης της Λευκωσίας και εντός των Δημοτικών Ορίων του Δήμου Τσερίου. Η Μονάδας Παραγωγής Ασφαλτικού Σκυροδέματος έχει συντεταγμένες Γ.Μ: 35° 3'38.88"Β και Γ.Π: 33°21'10.52"Α. Επίσης, οι εγκαταστάσεις της εταιρείας βρίσκονται δυτικά του Αυτοκινητόδρομου Α1 (Λευκωσίας-Λεμεσού) σε ακτίνα 2.4 χμ καθώς επίσης και σε απόσταση ακτίνας 135 μ από τον αυτοκινητόδρομο Ε120 που συνδέει τον Α1 με το Δήμο Τσερίου (Εικόνα 3).

Εντός των ορίων της εταιρείας, είναι εγκαταστημένες 2 ξεχωριστές μονάδες παραγωγής ασφαλτικού σκυροδέματος, μια τύπου παραγωγής ανά παρτίδα (batch plant) και μια τύπου συνεχούς παραγωγής (continuous). Οι δύο μονάδες έχουν απόσταση μεταξύ τους περίπου 70 μ και υψομετρική διαφορά (από τη βάση των δύο μονάδων), λιγότερη από 4 μ. Ο σχεδιασμός της μετρητικής διαδικασίας έγινε και πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά για τη μονάδα παραγωγής τύπου batch plant.



Εικόνα 3: Η ευρύτερη περιοχή μελέτης καθώς και η κάτοψη των εγκαταστάσεων της εταιρείας «Προμηθέας Λτδ» με τα ανεμορόδα της περιόδου παρακολούθησης από το σημείο αναφοράς στην εγκατάσταση.

Ο περιβάλλοντας χώρος της εγκατάστασης αποτελείται από χωμάτινη επιφάνεια η οποία λόγω της χρήσης της από βαρέου τύπου οχήματα (κυρίως φορτηγά), είναι έντονη η παρουσία λεπτόκοκκης σκόνης. Επίσης, εντός των ορίων της εταιρείας, αποθηκεύονται τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για το ασφαλτικό σκυρόδεμα καθώς επίσης και σωροί από απορριπτόμενο ασφαλτικό σκυρόδεμά (ravement milling).

Στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τόσο επιτόπιες μετεωρολογικές μετρήσεις με κινητό μετεωρολογικό σταθμό, όσο και μετρήσεις από τον Σταθμό Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Δυναμικής και Ποιότητας –“ΑΥΡΑ” του Πανεπιστημίου Κύπρου, για να εξακριβωθούν οι επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή. Οι επιτόπιες μετρήσεις έδειξαν ότι οι ανεμολογικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης είναι ίδιες με αυτές που επικρατούν στην περιοχή της Πανεπιστημιούπολης του Πανεπιστημίου Κύπρου, όπου είναι εγκατεστημένος ο Σταθμός. Οι κύριες κατευθύνσεις του ανέμου στην περιοχή είναι κυρίως Νοτιοδυτικές και Δυτικές, ενώ κατά το μεσημέρι λόγω των θαλάσσιων αύρων είναι ισχυρή η εμφάνιση ανατολικών ανέμων για περίοδο μια με δυο ωρών. Η προκαταρκτική αυτή μελέτη βοήθησε στο σχεδιασμό και τοποθέτηση των αισθητήρων. Με βάση τα πιο πάνω ευρήματα, οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν κατάντι της επικρατούσας κατεύθυνσης του ανέμου δηλαδή στην βορειοδυτική πλευρά των σημείων παρακολούθησης.

4. Μετρητική Διαδικασία, Όργανα, Διαδικασία Παρακολούθησης

Για την μετρητική διαδικασία που ακολουθήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν 2 είδη φορητών οργάνων μέτρησης Αιωρούμενων Σωματιδίων ΑΣ₁-ΑΣ₁₀ και Συνολικών Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (Total VOCs) καθώς και μια πρότυπη μέθοδος για την παρακολούθηση Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (BTEX).

Συγκεκριμένα 5 αισθητήρες PurpleAir PA-II-SD (Εικόνα 4) με χρήση μετρητή σωματιδίων λέιζερ (laser particle counter) Plantower PMS5003, είχαν τοποθετηθεί σε διάφορα σημεία της Βιομηχανικής μονάδας «Προμηθέας». Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες είναι κατάλληλοι για εσωτερική και εξωτερική χρήση με ρυθμό δειγματοληψίας ανά 5 δευτερόλεπτα και δυνατότητα καταγραφής ανά λεπτό. Για την ανάλυση και επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν οι μονόλεπτες μετρήσεις για τον υπολογισμό ωριαίων μέσων τιμών των συγκεντρώσεων. Επίσης οι συγκεκριμένοι αισθητήρες έχουν

την δυνατότητα καταγραφής της θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος. Τα δεδομένα καταγράφονται σε εσωτερική κάρτα μνήμης ενώ υπήρχε η δυνατότητα ταυτόχρονα να στέλνονται σε ειδική πλατφόρμα της εταιρείας για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των μετρήσεων.



Εικόνα 4: Αισθητήρας PurpleAir PA-II-SD

Το δεύτερο είδος αισθητήρων είναι οι Air Quality Egg (Εικόνα 5) οι οποίοι έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τους PurpleAir PA-II-SD. Δηλαδή έχουν τη δυνατότητα καταγραφής ΑΣ₁-ΑΣ₁₀ με μετρητή σωματιδίων λέιζερ, καταγραφή θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος, εσωτερική κάρτα μνήμης και σύνδεση με online πλατφόρμα μέσω wi-fi. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι μια μέτρηση ανά 5 δευτερόλεπτα και δυνατότητα καταγραφής ανά λεπτό. Επιπλέον, ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει τη δυνατότητα καταγραφής Συνολικών Πτητικών Οργανικών Ενώσεων με χρήση ηλεκτροχημικών αισθητήρων αερίου, οι οποίοι αισθητήρες έχουν προηγουμένως βαθμονομηθεί στο εργαστήριο από τον κατασκευαστή.



Εικόνα 5: Αισθητήρας Air Quality Egg

Όλοι οι πιο πάνω αισθητήρες, ελέγχονται καθημερινά μέσω της online πλατφόρμας και γίνονται οπτικός έλεγχος και καθαρισμός τους, μια φορά τη βδομάδα. Και τα δύο είδη αισθητήρων έχουν δοκιμαστεί και αξιολογηθεί από τον Οργανισμό ρύθμισης των σταθερών πηγών ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Καλιφόρνιας South Coast (AQMD)

Για την καταμέτρηση των Πτητικών Οργανικών Ενώσεων BTEX, χρησιμοποιήθηκε μια πρότυπη μέθοδος με χρωματογράφο GC955 600 BTEX (Εικόνα 6) ο οποίος βαθμονομείται σε εύρος τιμών με

PAMS πιστοποιημένο κύλινδρο. Ο χρωματογράφος χρησιμοποιεί Photoionization Detector (PID) με ελάχιστο επίπεδο ανίχνευσης ενώσεων Benzene, $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03 ppbV) και λειτουργεί σε κύκλους των 15 λεπτών (μια μέτρηση ανά 15 λεπτά). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι πρωτογενείς μετρήσεις αξιολογούνται και επικυρώνονται μετά από διαδικασία βαθμονόμησης του οργάνου. Η βαθμονόμηση του οργάνου γίνεται μια φορά τη βδομάδα από διαπιστευμένο τεχνικό της προμηθεύτριας εταιρείας Medisell LTD. Για την αξιόπιστη χρησιμοποίηση των μετρήσεων, ακολουθούσαμε τη διαδικασία προσεκτικού ελέγχου των καταγραφών του χρωματογράφου της κάθε μέρας. Ο έλεγχος και η προσαρμογή των μετρήσεων γινόταν πάντοτε σε διάστημα μιας βδομάδας με βάση τις καμπύλες της πιο πρόσφατης βαθμονόμησης. Σκοπός ήταν οι κορυφές (peaks) των καμπύλων χρωματογραφίας, να αντιστοιχίζονται στη χρονική στιγμή και στην καμπύλη βαθμονόμησης της κάθε ένωσης (compound) αφού η χρωματογραφία επηρεαζόταν από εξωγενείς παράγοντες όπως η θερμοκρασία.

Στην ανάλυση μας χρησιμοποιήθηκαν οι προσαρμοσμένες δεκαπεντάλεπτες μετρήσεις για τον υπολογισμό ωριαίων μέσων τιμών για περαιτέρω ανάλυση.



Εικόνα 6: Χρωματογράφος GC955 600 BTEX

Τέλος, για την συνεχή παρακολούθηση των μετεωρολογικών συνθηκών της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο φορητός σταθμός Davis Wireless Vantage Pro2 6153 (Εικόνα 7). Ο μετεωρολογικός σταθμός, τοποθετήθηκε στο ψηλότερο σημείο του πύργου της παραγωγικής μονάδας batch plant.



Εικόνα 7: Φορητός Μετεωρολογικός Σταθμός Davis Wireless Vantage Pro2 6153

Ο σταθμός έχει τη δυνατότητα ακριβούς και αξιόπιστης παρακολούθησης του καιρού με ενημέρωση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο κάθε 2.5 δευτερόλεπτα. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες μέσες τιμές. Εκτός από την εξωτερική θερμοκρασία και υγρασία περιβάλλοντος, ο σταθμός έχει τη δυνατότητα καταγραφής της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου, της βαρομετρικής πίεσης, βροχόπτωσης καθώς και άλλων υπολογιζόμενων μετεωρολογικών παραμέτρων (π.χ heat index, dew point, rain rate κ.α). Τα δεδομένα μεταδίδονται ασύρματα προς τον φορητό υπολογιστή που ήταν συνδεδεμένος αλλά και σε ειδική πλατφόρμα της εταιρείας Davis Instruments Corporation.

5. Επεξεργασία, Αποτελέσματα, Συζήτηση

5.1 Αποτελέσματα χωρίς εγκατάσταση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στην εκφόρτωση

Τα αποτελέσματα της μετρητικής διαδικασίας στους διάφορους σταθμούς παρακολούθησης καταγράφονται στα Διαγράμματα 1-10. Τα διαγράμματα δείχνουν τη χρονική μεταβολή (οριζόντιος άξονας) των συγκεντρώσεων των ρύπων (κατακόρυφος άξονας) στους επί μέρους σταθμούς-εκπομπές παρακολούθησης εντός της περιοχής του εργοστασίου. Λόγω της μη-συνεχούς λειτουργίας του εργοστασίου, τα διαγράμματα δείχνουν παράλληλα με αντίστοιχες κατακόρυφες σκιασμένες περιοχές, για καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων, τις περιόδους λειτουργίας του εργοστασίου – τόσο για τη μονάδα κατά παρτίδες, όσο και για τη συνεχή μονάδα, καθώς επίσης και τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά που έχουν καταμετρηθεί στον πύργο του εργοστασίου, ενδεικτικά των συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή την αντίστοιχη χρονική περίοδο. Τα διαγράμματα δείχνουν τις μέσες ωριαίες τιμές των συγκεντρώσεων καθώς και τις ακριβείς ώρες λειτουργίες της παραγωγικής διαδικασίας που καταγράφηκαν στο αυτοματοποιημένο καταγραφικό της μονάδας ανά παρτίδα.

Στο Διάγραμμα 1, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα Αιωρούμενα Σωματίδια για την περίοδο καταγραφής στη συνήθη λειτουργία του εργοστασίου (δηλ. χωρίς την εγκατάσταση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας), από τις 16/3 μέχρι τι 31/3/21, για τους πέντε (5) σταθμούς παρακολούθησης: α) στο ψηλότερο σημείο των εγκαταστάσεων (στην οροφή του πύργου) ως σημείο αναφοράς, β) στο σημείο

εκφόρτωσης, γ) στην έξοδο του φουγάρου των σακκόφιλτρων, δ) στο μεσοπάτωμα του πύργου ως ενδεικτικό διαρροών και ε) στην έξοδο του φουγάρου της ηλεκτρογεννήτριας.

Καθ' όλη την περίοδο παρακολούθησης, ακόμα και όταν δεν λειτουργούν οι μονάδες, οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων δεν είναι αμελητέες, αλλά κοντά στο ημερήσιο όριο των $40\mu\text{g}/\text{m}^3$. Μόλις λειτουργήσουν οι εγκαταστάσεις παραγωγής (ανά παρτίδα – batch plant) παρατηρείται κατακόρυφη αύξηση των συγκεντρώσεων σε όλα τους σταθμούς παρακολούθησης και κατακόρυφη μείωση με την ολοκλήρωση της ημερήσιας λειτουργίας της μονάδας.

Στους 5 σταθμούς παρακολούθησης παρατηρείται ότι:

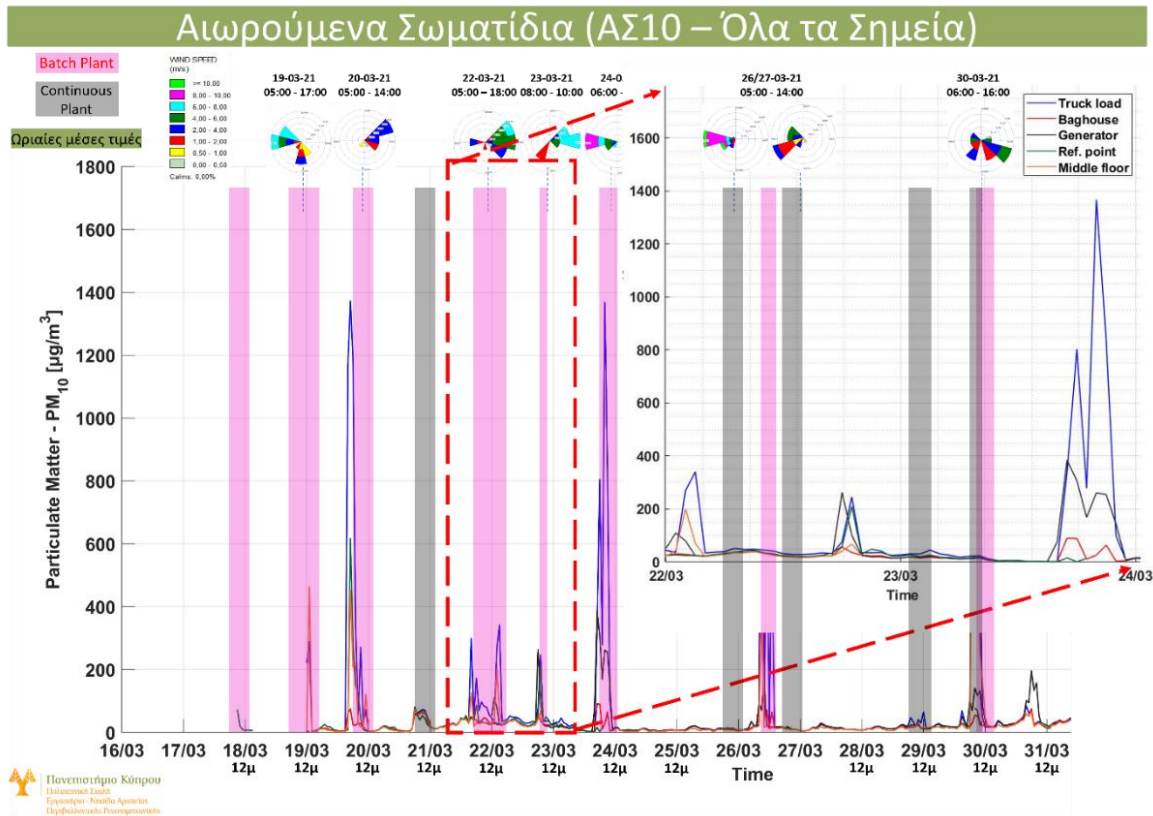
- Οι ψηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων καταγράφονται συστηματικά στο σημείο εκφόρτωσης.
- Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων από την παραγωγική διαδικασία καταγράφονται συστηματικά στην έξοδο του φουγάρου των σακκόφιλτρων ενώ από τις όλες εγκαταστάσεις οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στο φουγάρο της ηλεκτρογεννήτριας.
- Οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων που καταγράφονται στο σημείο αναφοράς της περιοχής και στο σημείο διαρροής στο μεσοπάτωμα του πύργου είναι περίπου σε ενδιάμεσα επίπεδα.

Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις των Συνολικών Πτητικών Οργανικών Ενώσεων όπως καταγράφηκαν κατά την περίοδο παρακολούθησης 16/3-31/3 σε δύο σταθμούς. Η παρακολούθηση των Συνολικών Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (TVOC) στους δύο (2) σταθμούς παρακολούθησης (β & δ) δείχνει ότι:

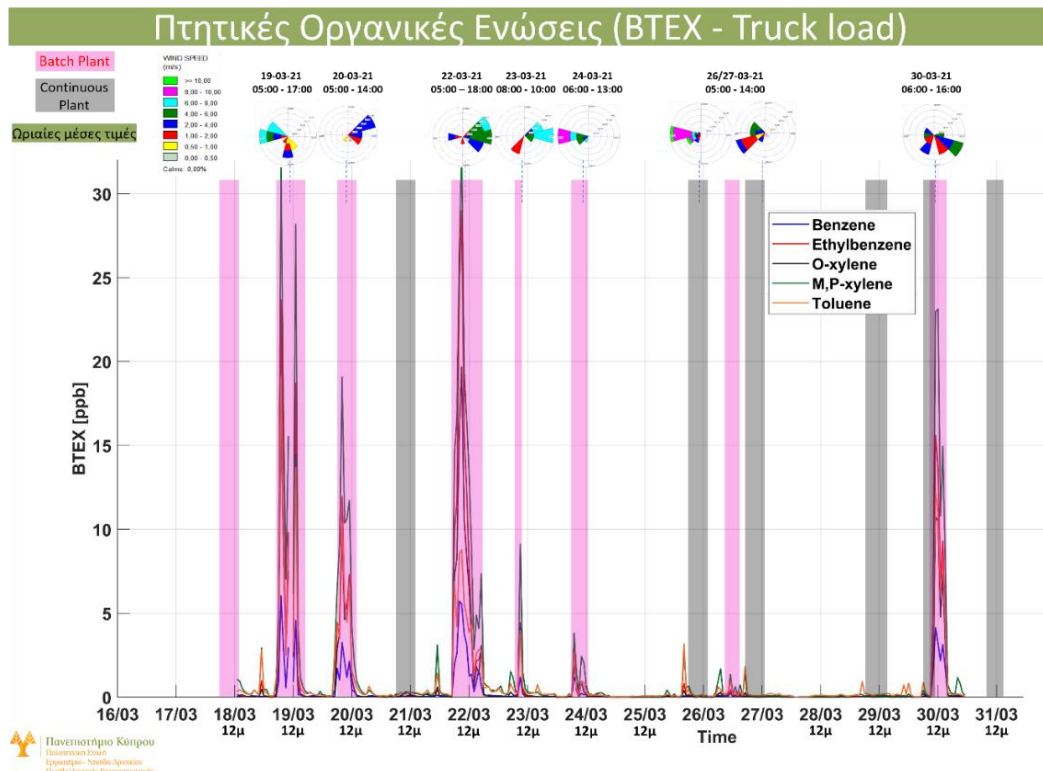
- Οι Συνολικές Πτητικές Οργανικές Ενώσεις παραμένουν στην κοντά-του-εδάφους ατμόσφαιρα για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (σε σχέση με τα αιωρούμενα σωματίδια λόγω μερικής καθίζησης) με αποτέλεσμα ακόμα και στις ενδιάμεσες ώρες των περιόδων λειτουργίας οι συγκεντρώσεις να είναι σχετικά ψηλές.
- Κατά την διάρκεια λειτουργίας της παραγωγικής μονάδας ανά-παρτίδα οι συγκεντρώσεις φτάνουν μέχρι και 700ppb ενώ η διαρροή στο μεσοπάτωμα είναι στα ίδια επίπεδα όπως και στο σημείο εκφόρτωσης – σε κάποιες περιπτώσεις (όπως π.χ. στις 24/3) τις ξεπερνά.

Στα Διαγράμματα 3 και 4 παρουσιάζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων Πτητικών Οργανικών Ενώσεων όπως καταγράφηκαν κατά την περίοδο παρακολούθησης 16/3-31/3 στο σταθμό εκφόρτωσης.

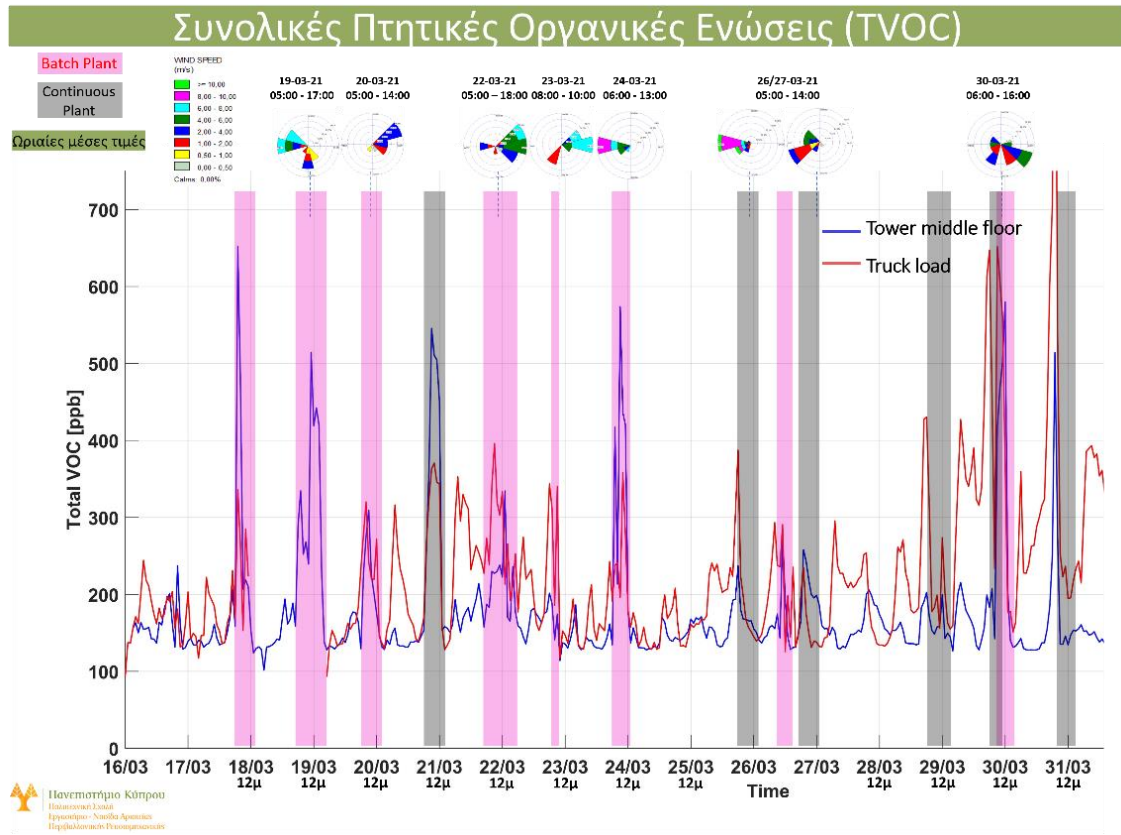
Στο Διάγραμμα 3 φαίνεται η χρονομεταβολή των ωριαίων συγκεντρώσεων των Πτητικών Οργανικών Ενώσεων Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene – BTEX, στον σταθμό εκφόρτωσης (σταθμός β) σε ογκομετρική μορφή ενώ στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται και η αντίστοιχη μεταβολή σε βαρυμετρική συγκέντρωση συγκριτικά και με το ετήσιο επιτρεπτό όριο για το Βενζόλιο (των $5\mu\text{g}/\text{m}^3$). Η νομοθεσία θέτει όριο μόνο για το Βενζόλιο. Οι συγκεντρώσεις δείχνουν ότι οι ωριαίες τιμές μπορούν να φθάσουν και μέχρι $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ με τις απότομες αυξήσεις να συναρτώνται άμεσα με την ώρα λειτουργίας.



Διάγραμμα 1: Χρονοσειρές συγκέντρωσης Αιωρούμενων Σωματιδίων ΑΣ10 στα 5 σημεία καταγραφής (α) Σημείο εκφόρτωσης (truck load), (β) Σακκόφιλτρα (Baghouse), (γ) Ηλεκτρογεννήτρια (generator) (δ) Ψηλότερο σημείο πύργου (Ref. Point) και (ε) Μεσοπάτωμα πύργου (Middle floor) Οι μετρήσεις έγιναν με αισθητήρες PurpleAir PA-II-SD

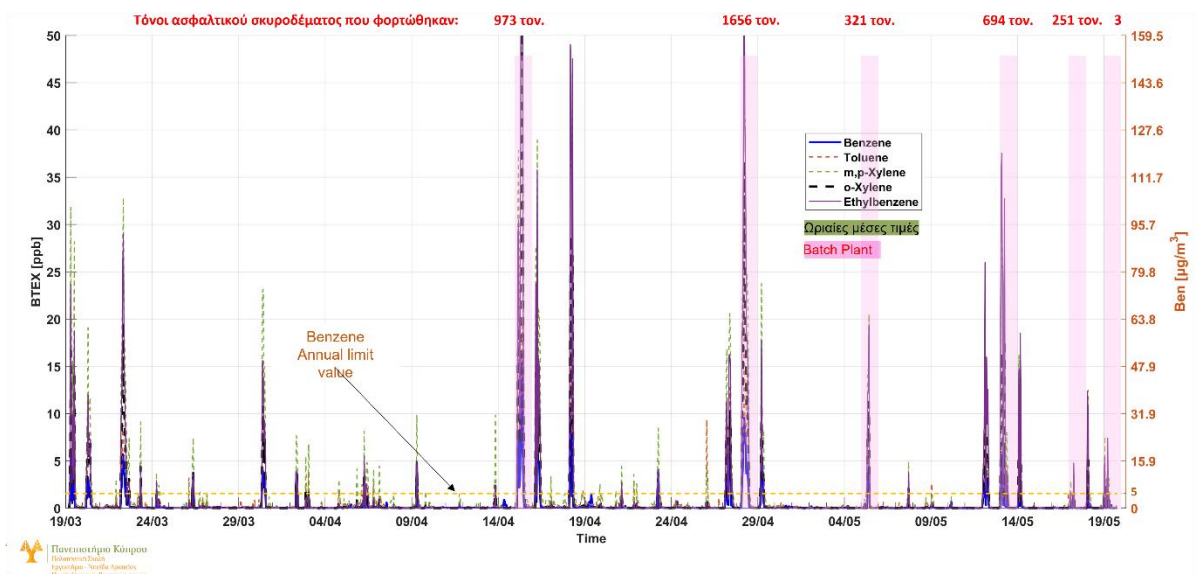


Διάγραμμα 2: Χρονοσειρές συγκέντρωσης πτητικών οργανικών ενώσεων ΒΤΕΧ στο σημείο εκφόρτωσης ασφαλτικού σκυροδέματος από τον αναλυτή GC955 600.



Διάγραμμα 3: Χρονοσειρές συγκέντρωσης συνολικών πτητικών οργανικών ενώσεων TVOCs (α) στο σημείο εκφόρτωσης ασφαλτικού σκυροδέματος (κόκκινο χρώμα) και (β) στο μεσοπάτωμα του πύργου (μπλε χρώμα) από τους αισθητήρες Air Quality Egg.

Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (BTEX - Truck load)



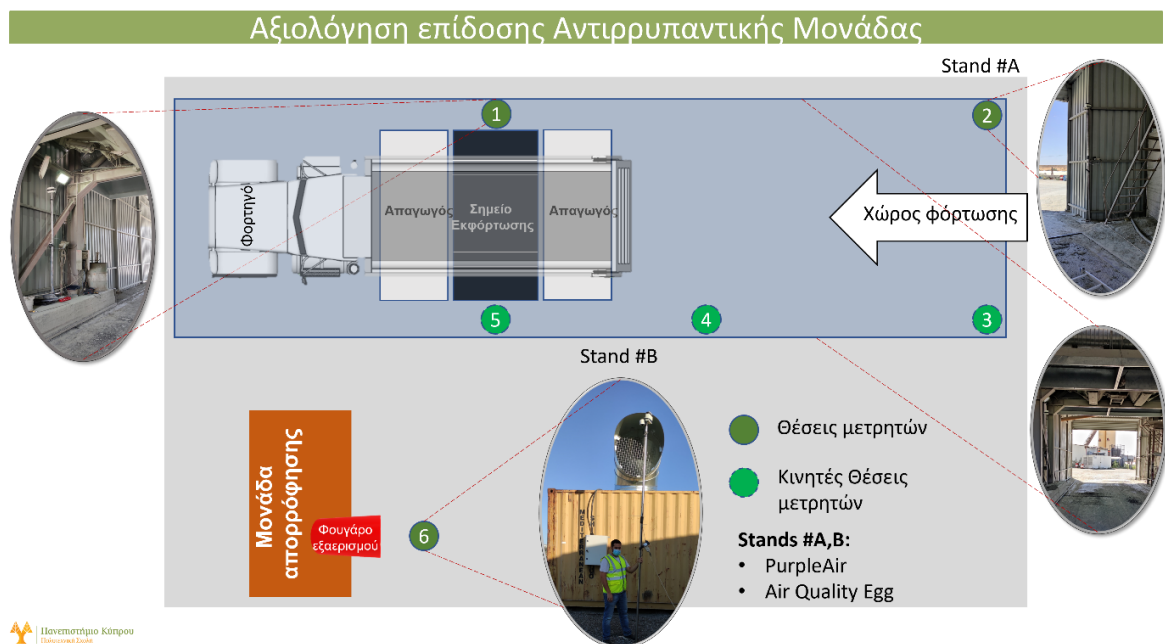
Διάγραμμα 4: Χρονοσειρές συγκέντρωσης πτητικών οργανικών ενώσεων ΒΤΕΧ στο σημείο εκφόρτωσης ασφαλτικού σκυροδέματος από τον αναλυτή GC955 600 για όλη την περίοδο παρακολούθησης.

5.2 Αποτελέσματα με την εγκατάσταση αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στην εκφόρτωση

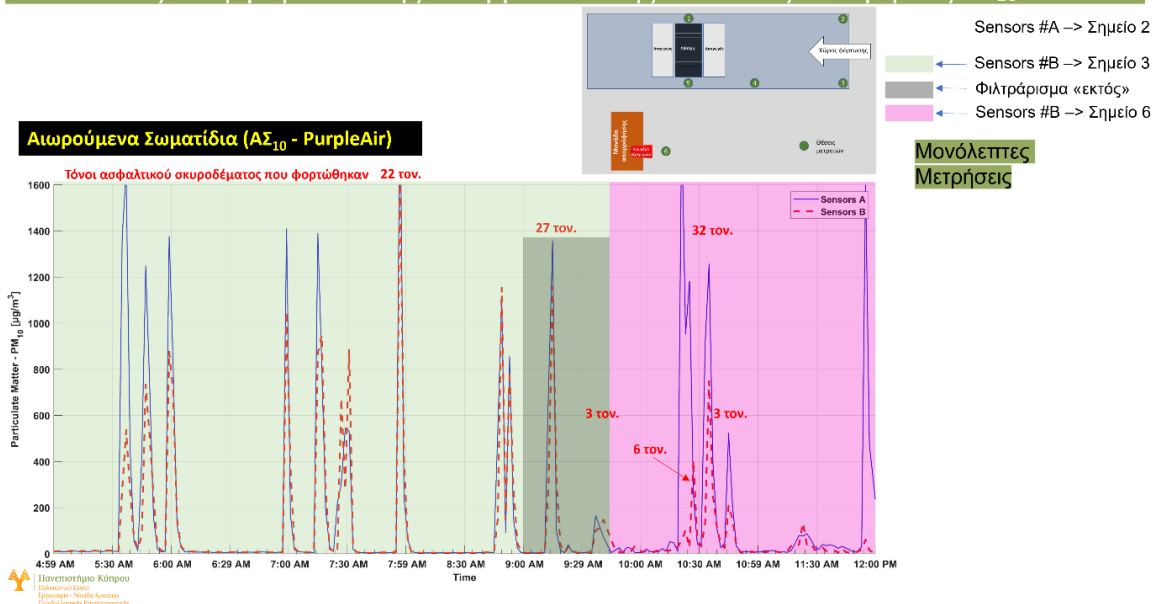
Στη εν λόγω μονάδα εγκαταστάθηκε αντιρρυπαντική τεχνολογία, της οποίας η χωροθέτηση απεικονίζεται διαγραμματικά στην Εικόνα 8. Οι δύο απαγωγείς της αντιρρυπαντικής μονάδας τοποθετήθηκαν σε εγγύτητα του σημείου εκφόρτωσης με τον υπόλοιπο μηχανισμό εξαγωγής να τοποθετείται εκτός του υποστατικού εκφόρτωσης όπως φαίνεται στο αριστερό μέρος του διαγράμματος και στη φωτογραφία στο κάτω μέρος της εικόνας. Οι μετρητές τοποθετήθηκαν στα σημεία 1, 2 και 6 ενώ τα σημεία 3,4 και 4 στην εικόνα αναπαριστούν κινητές θέσεις μετρητών.

Τα διαγράμματα 5 και 6 δείχνουν τις μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ₁₀ και Ολικών Πτητικών Ενώσεων αντίστοιχα, που έγιναν στις 19/05/2021 κατά τη λειτουργία της μονάδας παραγωγής. Στα διαγράμματα αναγράφονται ο αριθμός τόνων ασφαλτικού μίγματος που παρασκευάζονται ανά παρτίδα. Οι με μπλε χρώμα χρονοσειρές αναπαριστούν τις μετρήσεις από τους αισθητήρες που τοποθετήθηκαν στο σημείο 2 ενώ οι κόκκινες χρονοσειρές τις μετρήσεις από αισθητήρες που κινούνταν διαδοχικά από το σημείο 3 στο 6. Οι πράσινες και ροζ περιοχές των γραφημάτων αναπαριστούν τις ώρες που η αντιρρυπαντική τεχνολογία βρισκόταν σε λειτουργία ενώ οι γκριζες περιοχές τις ώρες που βρισκόταν εκτός λειτουργίας. Παρατηρώντας και συγκρίνοντας τις χρονοσειρές με μπλε χρώμα στα Διαγράμματα 1 και 5 συμπεραίνουμε ότι η ύπαρξη της αντιρρυπαντικής τεχνολογίας δεν μείωσε την εκπομπή των ΑΣ₁₀ στο εσωτερικό υπόστεγο της εκφόρτωσης. Οι μετρήσεις στο σημείο 6, φουγάρο εξαερισμού, που αναπαριστούνται με την κόκκινη χρονοσειρά στο διάγραμμα 5 δείχνουν ψηλότερες τιμές εκπομπών ΑΣ₁₀ από ότι στα σακκόφιλτρα, Διάγραμμα 1.

Στο Διάγραμμα 6 επίσης παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις συνολικών πτητικών οργανικών ενώσεων. Είναι αξιοσημείωτο ότι για περίπου την ίδια ποσότητα παραγωγής τελικού προϊόντος στις 8 π.μ και 9.25 π.μ οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων ήταν οι ίδιες ενώ στις 9.25 π.μ η αντιρρυπαντική μονάδα ήταν εκτός λειτουργίας. Τονίζεται το ότι το μικρό, μίας ημέρας, δείγμα μετρήσεων μαζί με το γεγονός ότι οι μετρήσεις λήφθηκαν ευθύς μετά την τοποθέτηση του αντιρρυπαντικού συστήματος αποτελούν απαγορευτικούς παράγοντες για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της αντιρρυπαντικής μονάδας.

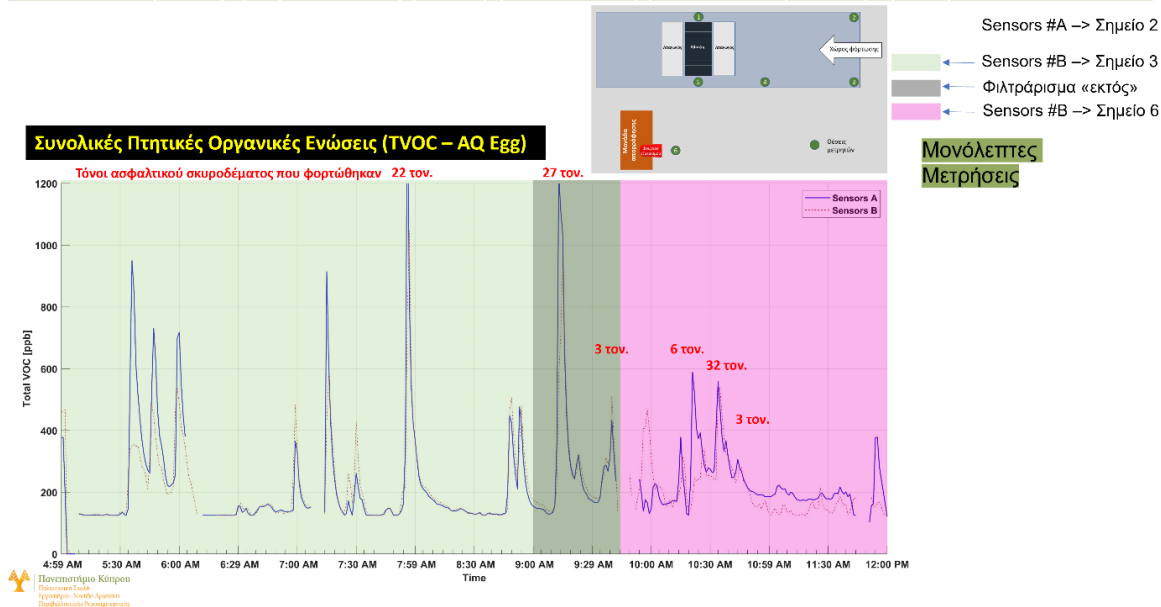


Αξιολόγηση επίδοσης Αντιρρυπαντικής Μονάδας: Μετρήσεις ΑΣ₁₀



Διάγραμμα 5: Χρονοσειρές συγκέντρωσης Αιωρούμενων Σωματιδίων ΑΣ₁₀ στις 19/05/2021 για την της επίδοσης της αντιρρυπαντικής μονάδας. Κατά την περίοδο του συγκεκριμένου διαγράμματος, το σετ αισθητήρων Sensors #A (μπλε γραμμή) βρισκόταν σταθερά τοποθετημένος στο σημείο 2 ενώ το σετ αισθητήρων Sensors #B (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή), μετακινόταν διαδοχικά στα σημεία 3 και 6. Στην γκριζα περιοχή του διαγράμματος, φαίνεται η περίοδος που η αντιρρυπαντική μονάδα τέθηκε προσωρινά εκτός λειτουργίας, ενώ την περίοδο στην πράσινη και ροζ περιοχή, ήταν σε λειτουργία.

Αξιολόγηση επίδοσης Αντιρρυπαντικής Μονάδας: Μετρήσεις TVOC



Διάγραμμα 6: Χρονοσειρές συγκέντρωσης των συνολικών πτητικών οργανικών ενώσεων στις 19/05/2021 για την αξιολόγηση της επίδοσης της αντιρρυπαντικής μονάδας. Κατά την περίοδο του συγκεκριμένου διαγράμματος, το σετ αισθητήρων Sensors #A (μπλε γραμμή) βρισκόταν σταθερά τοποθετημένος στο σημείο 2 ενώ το σετ αισθητήρων Sensors #B (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή), μετακινόταν διαδοχικά στα σημεία 3 και 6. Στην γκριζα περιοχή του διαγράμματος, φαίνεται η περίοδος που η αντιρρυπαντική μονάδα τέθηκε προσωρινά εκτός λειτουργίας, ενώ την περίοδο στην πράσινη και ροζ περιοχή, ήταν σε λειτουργία.

6. Συμπεράσματα

Τα συνολικά συμπεράσματα που εξάγονται από τη διαδικασία παρακολούθησης των εκπομπών στις εγκαταστάσεις μονάδας παραγωγής ασφαλτικού σκυροδέματος είναι τα εξής:

I. **Σημαντική πηγή αερίων εκπομπών δεν είναι μόνο το φουγάρο των σακκόφιλτρων, αλλά εξίσου ή ακόμα σημαντικότερη (τόσο σε είδος εκπομπών όσο και σε ένταση εκπομπής) αποτελεί η περιοχή εκφόρτωσης.**

II. Επιπρόσθετα, η διαδικασία παρακολούθησης έδειξε επίσης ότι είναι αρκετά πιθανό, λόγω αστοχιών ή σχεδιασμού **στον πύργο ανάμειξης των υλικών, να παρατηρούνται σημαντικές εκροές σημαντικών ρύπων.** Ως εκ τούτου απαραίτητο σημείο επιβεβαίωσης της προδιαγεγραμμένης λειτουργίας είναι ο πύργος ανάμειξης υλικών για επιβεβαίωση μη-ύπαρξης άλλων πηγών αέριων εκπομπών.

III. Όσον αφορά τα Αιωρούμενα Σωματίδια σημαντικότερη πηγή εκπομπής είναι η περιοχή εκφόρτωσης ενώ στην έξοδο του φουγάρου των σακκόφιλτρων είναι σχετικά αρκετά χαμηλότερη. Συνολικά όμως, οι συγκεντρώσεις των Αιωρούμενων Σωματιδίων, όποτε συμβαίνει εκφόρτωση προκύπτει ως ένα επεισόδιο σκόνης με συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν πολλαπλάσιες φορές το ημερήσιο όριο.

IV. Όσον αφορά τις Πτητικές Οργανικές Ενώσεις, σημαντικές εκπομπές αποτελούν η περιοχή εκφόρτωσης και οι διαρροές στον πύργο ανάμειξης, με σημαντικότερη την περιοχή εκφόρτωσης. Μάλιστα η βαρομετρική συγκέντρωση στο Βενζόλιο, όποτε υπάρχει διαδικασία λειτουργίας, παρατηρείται να είναι δεκάδες φορές μεγαλύτερη του ετήσιου ορίου.

V. Κατά τη διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης, υπήρξε και μια μικρότερη περίοδος κατά την οποία είχε εγκατασταθεί η αντιρρυπαντική τεχνολογία στην περιοχή εκφόρτωσης. Η διαδικασία εγκατάστασης της εν λόγω τεχνολογίας που επιλέγηκε από το εργοστάσιο φαίνεται να συναρτάται με πολλές ειδικές προσαρμογές στα επί τόπου λειτουργικά χαρακτηριστικά και για αυτό το λόγο φάνηκε να είναι αναγκαία μια σχετικά μεγάλη περίοδος προσαρμογής τύπου «δοκιμής και λάθους»/"trial and error" μέχρι την τελική της αποτελεσματική λειτουργία. Αυτή η σχετικά μεγάλη σε διάρκεια περίοδος προσαρμογής περιόρισε, πρακτικά, και σε διάρκεια, και το χρονικό διάστημα παρακολούθησης με την αντιρρυπαντική τεχνολογική σε αποτελεσματική λειτουργία.

VI. Η μετρητική διαδικασία **με την αντιρρυπαντική τεχνολογία**, στο σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα παρακολούθησής της, έδειξε ότι **επιτυγχάνεται σημαντική μείωση των αέριων εκπομπών, το ποσοστό της οποίας δεν είναι χρονικά σταθερό, χαρακτηριστικό που εισαγάγει σημαντική, για χειρισμό, αβεβαιότητα.** Στο συγκεκριμένο διάστημα παρακολούθησης η μείωση που επιτυγχάνεται είναι **κυμαινόμενη με μέσο όρο μείωσης της τάξης του 50%.**

VII. Η σχετική μικρή σε χρονική διάρκεια λειτουργία της αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, σε συνδυασμό και με την σχετικά πολλαπλάσια μεγαλύτερη σε χρονική διάρκεια διαδικασία για προσαρμογή της τεχνολογίας με «δοκιμή και λάθος», δείχνει ότι δεν υπάρχουν επαρκή αξιόπιστα στοιχεία για εξαγωγή συμπερασμάτων, ούτε για την επιτυχή ούτε για ανεπιτυχή λειτουργία της αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και όποια συμπεράσματα για βέλτιστες πρακτικές απαιτούν πιο λεπτομερή και εμπεριστατωμένη μελέτη της αντιρρυπαντικής διαδικασίας.