

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



«Χαρακτηρισμός Οχλήσεων της Χοιροτροφικής Μονάδας Ρεθύμνου
της CRETA FARM»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χρίστος Δ. Μπασιάκος
Μηχανικός Περιβάλλοντος

ΧΑΝΙΑ
2011

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο χαρακτηρισμός των οχλήσεων στη χοιροτροφική μονάδα της Creta Farm στο Ρέθυμνο. Ειδικότερα θα μας απασχολήσει η καταγραφή των δύο ανόργανων ενώσεων που μετέχουν στο φαινόμενο των οσμών, της αμμωνίας (NH_3) και του υδρόθειου (H_2S), η παρουσία των οποίων προέρχεται από την αποδόμηση των αζωτούχων και θειούχων οργανικών ενώσεων αντίστοιχα. Οι μετρήσεις της αμμωνίας έλαβαν χώρα με τη χρήση ενός φορητού ηλεκτροχημικού αισθητήρα ανίχνευσης (TG-501, Gray Wolf Co., Ireland), ο οποίος έχει την δυνατότητα να μετράει τις συγκεντρώσεις στην περιοχή των 0-500 ppmV, περιλαμβάνοντας έτσι εκ του ασφαλούς την ευρεία περιοχή τιμών του κατωφλίου οσμής της (0.13-50 ppmV). Οι δε μετρήσεις του υδρόθειου έγιναν με τον αναλυτή Jerome 631-X (Arizona Instruments Co. Ltd) ο οποίος έχει το πλεονέκτημα να καταγραφεί τις συγκεντρώσεις υδρόθειου στην ευρεία περιοχή των 1ppb – 50 ppm. Μετρήσεις πάρθηκαν από όλους τους θαλάμους της εγκατάστασης (πάχυνσης, ανάπτυξης, κυοφορίας), από τους διαχωριστήρες περιττωμάτων καθώς και από τη μονάδα κομποστοποίησης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	.....1
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	.....3
2.1 Ενώσεις που προκαλούν οσμές	.....3
2.2 Τεχνικές χαρακτηρισμού-ποσοτικοποίησης των οσμών.....	6
2.3 Περιγραφή Οργάνων Μέτρησης	.....9
2.3.1 Μέτρηση Υδρόθειου	.....9
2.3.2 Μέτρηση Αμμωνίας	.....11
2.3.3 Μέτρηση Αέριων Εκπομπών	.....12
3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	.....13
3.1 Θάλαμοι Πάχυνσης (FAT)	.....16
3.2 Θάλαμοι Ανάπτυξης (BAT)	.....22
3.3 Θάλαμοι Τοκετών (GES)	.....28
3.4 Διαχωριστήρες Περιττωμάτων	.....31
3.5 Μονάδα Κομποστοποίησης	.....33
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	.....36
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	.....37

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Ενώσεις που προκαλούν οσμές

Οι οσμές αποτελούν αναμφισβήτητα ένα από τα μείζονα προβλήματα περιβαλλοντικής όχλησης που σχετίζονται με διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες. Ανάμεσα σε αυτές ανήκουν αναμφισβήτητα οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και διάφορες χαρακτηριστικές βιομηχανικές μονάδες όπως πτηνοτροφεία, χοιροτροφεία βυρσοδεψεία κτλ. Σε διάφορα στάδια επεξεργασίας των εν λόγω μονάδων καθίσταται αναπόφευκτο να λάβουν χώρα ορισμένες αέριες εκπομπές, οι οποίες αποτελούν ένα πολυσύνθετο μίγμα πρωτίστως οργανικών και δευτερευόντως ανόργανων πτητικών ενώσεων που φέρουν μια χαρακτηριστική άσχημη και αποκρουστική οσμή. Η πλειονότητα των εν λόγω ενώσεων είναι είτε αζωτούχες είτε θειούχες οργανικές ενώσεις (αμίνες, οξέα, σουλφίδια, θειόλες κτλ.) η συγκέντρωση των οποίων στην ατμόσφαιρα ακόμη και σε πολύ μικρές τιμές δύναται να προκαλέσει φαινόμενα ύπαρξης οσμών. Οι μόνες δύο ανόργανες ενώσεις που μετέχουν στο φαινόμενο των οσμών είναι η αμμωνία (NH_3) και το υδρόθειο (H_2S), η παρουσία των οποίων προέρχεται από την αποδόμηση των αζωτούχων και θειούχων οργανικών ενώσεων αντίστοιχα.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των οχληρών ενώσεων είναι ότι φέρουν μια χαρακτηριστική οσμή. Συγκεκριμένα, η πλειονότητα των θειούχων οργανικών ενώσεων χαρακτηρίζονται από μια οσμή που μοιάζει με αποσυντεθειμένα λαχανικά ή τρόφιμα. Το υδρόθειο μάλιστα που θεωρείται η πιο συνηθισμένη και πιο επικρατούσα ένωση, φέρει χαρακτηριστική οσμή σάπιου αυγού. Οι αζωτούχες οχληρές οργανικές ενώσεις χαρακτηρίζονται από μια οσμή ψόφιου ψαριού ή αποσυντιθέμενου πτώματος. Κοινό σημείο όλων των οχληρών ενώσεων καθίσταται το γεγονός ότι μπορούν πολύ εύκολα να γίνουν αντιληπτές από τον ανθρώπινο οργανισμό σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Συγκεκριμένα, αν οι συγκεντρώσεις εκφραστούν σε λόγους ανάμιξης (αναλογία όγκων οσμηρής ένωσης προς όγκο ατμοσφαιρικού αέρα), τότε ένα εκατομμυριοστό (ppmV, part per million as volume) ή και δισεκατομμυριοστό (ppbV, part per billion as volume) μιας οσμηρής ένωσης δύναται να προκαλέσει την δημιουργία οχλήσεων προερχόμενων από την παρουσία της.

Το γεγονός αυτό καθιστά την ανίχνευση των ουσιών αυτών πολύ δύσκολη δεδομένου ότι δεν έχουν θεσπιστεί αναλυτικές τεχνικές εντοπισμού και ποσοτικοποίησης πτητικών ενώσεων σε τόσο χαμηλές συγκεντρώσεις. Επιπλέον, οι ενώσεις που συνεισφέρουν στο συνολικό πρόβλημα των οσμών είναι ουκ ολίγες και μάλιστα κάθε μια από αυτές δύναται να ανιχνευτεί από τον ανθρώπινο οργανισμό σε διαφορετική συγκέντρωση, με αποτέλεσμα ο χαρακτηρισμός των οσμηρών ενώσεων που περιέχονται σε ένα αέριο ρεύμα συστατικών να καθίσταται εξαιρετικά δύσκολος. Οι βασικότερες ενώσεις που προκαλούν το πρόβλημα των οχλήσεων λόγω οσμών μαζί με το αντίστοιχο κατώφλι όσφρησής του από τον άνθρωπο, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

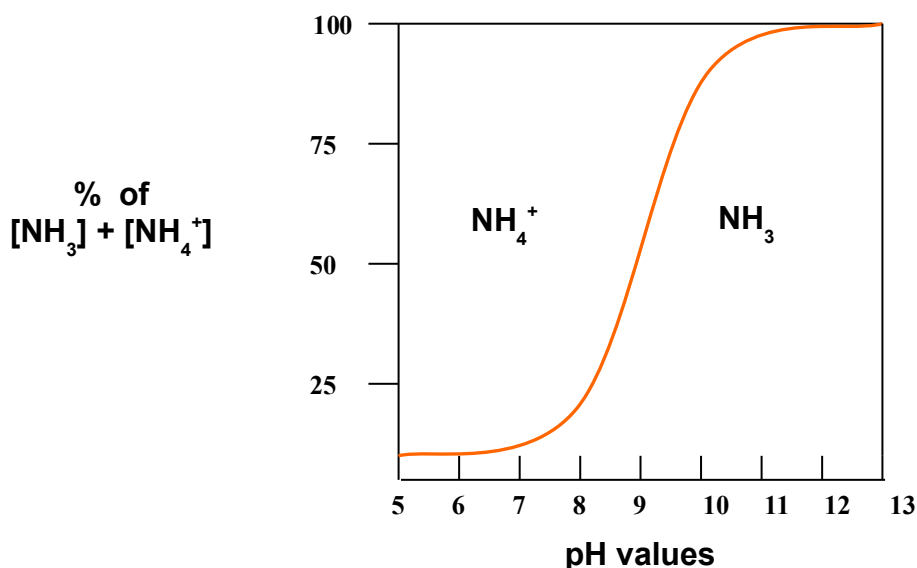
Κατηγοριοποίηση κύριων οχηρών ουσιών (Gostelow et al. 2001)

Οχηρές Ενώσεις	Συστατικά	Περιγραφή Οσμής	Κατώφλι Οσμής (ppbV)
Θειώδεις	υδροθείο	σάπιο αυγό	0.5
	Μέθυλο-μερκαπτάνη	αποσυντιθέμενα απορρίμματα, σκό ρδο	0.0014-18
	Έθυλο-μερκαπτάνη	αποσυντιθέμενα απορρίμματα	0.02
	Διοξείδιο του θείου	έντονη, όξινη	---
	Διμέθυλο-σουλφίδιο	αποσυντιθέμενα λαχανικά	0.12-0.4
	Διμέθυλο-δισουλφίδιο	περιττωματική	0.3-11
	Θειοκρεσόλη	διαπεραστική, απεχθής	---
Αζωτούχες	Αμμωνία		130-50000
	Μεθυλαμίνη	αποσυντιθέμενο πτώμα, διαπεραστική	130-15300
	Εθυλαμίνη	νεκρό ψάρι υπό σήψη	0.9-53
	Διμεθυλαμίνη	αμμωνία	2400
	Πυρριδίνες	ψάρι	23-80
	Σκατόλη	περιττωματική, ερεθιστική	---
	Ινδόλη	περιττωματική, απ εχθής	0.002-0.06
Οξέα	Οξικό	όξινη, ερεθιστική	1.4
	Βουτυρικό	ξύδι	16
	Βαλερικό	γλυκιά, ευχάριστη	1.8-2630
Αλδεΐδες- Κετόνες	Φορμαλδεΐδη	έντονη, μεθυστική	370
	Ακεταλδεΐδη	φρουτώδης, μήλο	0.005-2
	Βουτυραλδεΐδη	διαπεραστική, γλυκιά	4.6
	Ισοβουτυραλδεΐδη	Φρουτώδης	4.7-7
	Βαλεραλδεΐδη	φρουτώδης, μήλο	0.7-9
	Ακετόνη	φρουτώδης, γλυκιά	4580
	Βουτανόνη	πράσινο μήλο	270

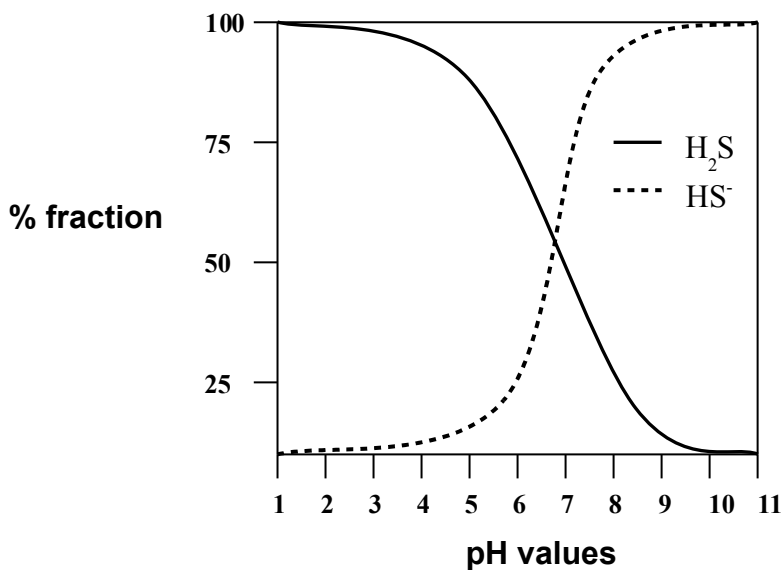
Η πλειονότητα των εν λόγω ενώσεων είναι είτε αζωτούχες είτε θειούχες οργανικές ενώσεις (αμίνες, οξέα, σουλφίδια, θειόλες κτλ.) η παρουσία των οποίων ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις προκαλεί προβλήματα οσμών. Ωστόσο ο εντοπισμός τους και η ποσοτικοποίησή τους σε καθημερινή βάση καθίσταται εξαιρετικά δύσκολος διότι διέπνεται από χημική αστάθεια και κυρίως διότι δύναται να ανιχνευτούν μόνο με τεχνικές αέριας χρωματογραφίας. Αυτό σημαίνει πως η καταγραφή της διακύμανσης της συγκέντρωσης τους σε καθημερινή βάση καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη μιας και δεν υπάρχει αυτόματο σύστημα μέτρησης των συγκεντρώσεών τους. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο σε αρχική βάση να καταγραφεί η συγκέντρωση δύο πολύ αντιπροσωπευτικών ενώσεων που και συμβάλουν πολύ σημαντικά στην περιβαλλοντική όχληση αλλά και ποσοτικοποιούνται επιτόπου με ειδικά φορητά όργανα μέτρησης που μετρούν τις συγκεντρώσεις τους στα όρια του κατωφλιού όσφρησης. Οι ενώσεις αυτές είναι η αμμωνία (NH_3) και το υδρόθειο (H_2S).

Η κύρια πηγή αζώτου που συμβάλει στη δημιουργία οσμών αμμωνίας προέρχεται από την ουρία και το ουρικό οξύ που ευρίσκεται στα περιττώματα των χοίρων. Η μετατροπή του αζώτου στη μορφή ουρίας ή ουρικού οξέος καταλύεται από το ένζυμο ουρεάση, το οποίο ήδη βρίσκεται στα περιττώματα των χοίρων. Αυτή η μετατροπή λαμβάνει χώρα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (εντός μίας εβδομάδας ή έως και 10 ημέρες), σε αντίθεση με τη δημιουργία αζώτου από τις πρωτεϊνούχες οργανικές ενώσεις των στερεών περιττωμάτων, όπου απαιτούνται πολύ μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (μερικοί μήνες έως και ένας χρόνος). Σε κάθε περίπτωση πάντως, το αμμωνιακό άζωτο που δημιουργείται, εμγανίζεται είτε με τη μορφή ιόντων αμμωνίου (NH_4^+) σε όξινο ή ουδέτερο περιβάλλον, είτε με τη μορφή αέριας αμμωνίας (NH_3) σε αλκαλικό περιβάλλον ου μεταφέρεται στην αέρια φάση.

Επομένως η ισορροπία μεταξύ των ιόντων NH_3 και NH_4^+ στην υγρή φάση παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο και επηρεάζεται άμεσα από την τιμή του pH των υγρών αποβλήτων. Επίσης δεδομένου ότι η αμμωνία (NH_3) έχει αρκετά χαμηλότερη διαλυτότητα στο νερό από τα ιόντα NH_4^+ , οι αλκαλικές συνθήκες θα ευνοούν τις συνθήκες δημιουργίας οσμών, εν αντιθέσει με το όξινο περιβάλλον το οποίο θα διατηρεί το άζωτο υπό μορφή NH_4^+ όπου η υψηλή τους διαλυτότητα στην υδατική φάση τους επιτρέπει να παραμένουν διαλυμένα στο απόβλητο και να μην διαφεύγουν στην αέρια φάση. Ένα κατατοπιστικό διάγραμμα που παριστάνει το ποσοστό του αμμωνιακού αζώτου ανάλογα με την τιμή του pH, παριστάνεται παρακάτω:



Όπως καθίσταται αντιληπτό, οι εκπομπές NH_3 θα παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις αφού επηρεάζεται άμεσα από διάφορους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, η ταχύτητα του αέρα, η επιφάνεια εκπομπής (επιφάνεια καναλιών), ο ρυθμός απαγωγής του αέρα, η συγκέντρωση ολικού αζώτου στα υγρά απόβλητα, τιμή pH, τύρβη της ροής στα κανάλια, και ο χρόνος παραμονής στα κανάλια. Εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι η ρύθμιση του pH στην όξινη περιοχή θα αποτελούσε ένα γρήγορο και πολύ αποτελεσματικό τρόπο αποφυγής της έκλυσης των οσμών αμμωνίας από τους χοιροτροφικούς θαλάμους. Ωστόσο μια τέτοια πρακτική θα δημιουργούσε πολύ σοβαρά προβλήματα έκλυσης υδροθείου μιας και η δημιουργία του τελευταίου ευνοείται σε όξινο περιβάλλον όπως φαίνεται από το ακόλουθο διάγραμμα:



2.2 Τεχνικές χαρακτηρισμού-ποσοτικοποίησης των οσμών.

Ο πλήρης χαρακτηρισμός των οσμών αυτών απαιτεί μία επίπονη και εξαιρετικά ευαίσθητη αναλυτική τεχνική μιας και οι ενώσεις που συνεισφέρουν στην ύπαρξη του εν λόγω προβλήματος είναι αφενός πολλές και αφετέρου μπορεί να ευρίσκονται σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις. Η πιο επικρατούσα και διαδεδομένη μέθοδος ταυτοποίησης πτητικών οργανικών ενώσεων που εμπεριέχονται σε αέρια δείγματα είναι η αέρια χρωματογραφία. Η τεχνική αυτή είναι εξαιρετικά ευαίσθητη και έχει το βασικό πλεονέκτημα ότι είναι η μόνη μέθοδος που μπορεί να παρέχει "χημικές" πληροφορίες, δηλαδή να ανιχνεύσει το πλήθος και το είδος των πτητικών ενώσεων που απαρτίζουν ένα αέριο δείγμα. Πολύ σημαντικό ρόλο στην απόπειρα αυτή, παίζει η διαδικασία προσυγκέντρωσης των οσμηρών ουσιών και λήψης των αέριων δειγμάτων.

Έχουν κατά καιρούς αναφερθεί διάφορες τεχνικές μεταξύ των οποίων είναι η χρήση ειδικών σωλήνων ρόφησης (sorbent tubes), όπου τα δείγματα αφού ροφηθούν σε ειδικούς σωλήνες ρόφησης τύπου Tenax, κατόπιν εκροφόνται θερμικά στη συσκευή αέριας χρωματογραφίας (Shiffman et al.2001, Keener et al.2000). Παρόλο που η τεχνική αυτή έχει εφαρμοστεί επιτυχώς κατά καιρούς και έχει ταυτοποιήσει ουκ ολίγες ενώσεις, εντούτοις εμπεριέχει σημαντικό παράγοντα σφαλμάτων που σχετίζονται με την αποδόμηση των υπό εξέταση ενώσεων στην επιφάνεια του εκροφητή (Kim-Yang et al.2001). Μια ακόμη τεχνική που έχει εφαρμοστεί είναι η συλλογή των αέριων δειγμάτων σε ειδικούς σάκους δειγματοληψίας (Tedlar Bags), ωστόσο υστερεί ως προς το γεγονός ότι η περιεχόμενη υγρασία στα δείγματα αποδομεί τις συλλεγόμενες ενώσεις που περιέχονται σε αυτό με αποτέλεσμα ο ανιχνευτής μαζών να μην δύναται να ανιχνεύσει τις πρωταρχικές ενώσεις που δημιουργούν το πρόβλημα των οσμών, αλλά ενώσεις που προέκυψαν από την αποδόμηση αυτών (Carrion and Guillot 2006). Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς ότι ακόμη και η χρησιμοποίηση μιας ευαίσθητης τεχνικής όπως η αέρια χρωματογραφία, δεν μπορεί να εγγυηθεί έναν σίγουρο τρόπο ανίχνευσης των οχληρών ενώσεων.

Το γεγονός αυτό ισχυροποιείται ακόμη περισσότερο, λαμβάνοντας υπόψη ότι η πλειοψηφία των οχληρών ουσιών διακρίνεται από πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις εντοπισμού από την ανθρώπινη όσφρηση (κατώφλι οσμής), οι οποίες φτάνουν σε επίπεδα ppt (parts per trillion), ενώ αντίθετα το όριο ανίχνευσης των ουσιών αυτών μέσω αναλυτικών τεχνικών μέτρησης σε πολλές περιπτώσεις είναι πάνω από το κατώφλι οσμής (Winter and Duckman, 2000). Αποτέλεσμα αυτού είναι πολλές ενώσεις να “μυρίζουν” και να μην δύναται να ποσοτικοποιηθούν μέσω αέριας χρωματογραφίας. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που η τεχνική της ολφακτομετρίας βρίσκει ολοένα και περισσότερες εφαρμογές στην απόπειρα χαρακτηρισμού των οσμών (Livermore and Laing, 1998).

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη λήψη αέριων δειγμάτων από την κύρια πηγή όχλησης και αραίωσης αυτών με γνωστή ποσότητα αέρα ή κάποιου άλλου μέσου αραίωσης. Οι αραιώσεις του δείγματος αποσκοπούν στον καθορισμό της “έντασης” της οσμής. Συγκεκριμένα, κατά την διεξαγωγή πειραμάτων ολφακτομετρίας, υπάρχει ειδικό προσωπικό που έχει εκπαιδευτεί στη δυνατότητα όσφρησης των διαφόρων οσμηρών αερίων. Κατόπιν πολλαπλών αραιώσεων των αέριων δειγμάτων, το προσωπικό αυτό θα αποφανθεί πότε η χαρακτηριστική οσμή μιας ένωσης παύει να υφίσταται. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται ταυτόχρονα σε περισσότερα του ενός άτομα, ούτως ώστε να ελέγχονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη γνώμη του καθενός και να επεξεργάζονται στατιστικώς. Παρόλο που σαν τεχνική δεν εμπεριέχει ισχυρό επιστημονικό υπόβαθρο, εντούτοις είναι η μόνη μέθοδος που δύναται να ανιχνεύσει πολλές οχληρές ενώσεις και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, δεδομένου ότι η ανθρώπινη όσφρηση αποτελεί ένα πολύ ευαίσθητο και ακριβές εργαλείο ανίχνευσης. Ωστόσο μια τέτοια τεχνική απαιτεί την ύπαρξη ειδικής εργαστηριακής υποδομής αλλά και ειδικά εκπαιδευμένου προσωπικού που θα συμμετάσχει στις

δοκιμές των οσμών, με αποτέλεσμα να δύναται να εφαρμοστεί μόνο σε ειδικά εξοπλισμένα εργαστήρια.

Βασιζόμενοι στις παραπάνω παρατηρήσεις, καθίσταται σαφές ότι ο εντοπισμός και η ποσοτικοποίηση όλων των ενώσεων που συνεισφέρουν στο πρόβλημα των οσμών καθίσταται εξαιρετικά δύσκολος διότι διέπονται από χημική αστάθεια και κυρίως διότι δεν δύναται να ανιχνευτούν με αναλυτικές τεχνικές σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Αυτό σημαίνει πως η καταγραφή της διακύμανσης της συγκέντρωσης τους σε καθημερινή βάση καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη μιας και δεν υπάρχει αυτόματο σύστημα μέτρησης των συγκεντρώσεων τους. Επίσης η οσμή από τη φύση της είναι ένα φαινόμενο το οποίο μεταβάλλεται πολύ απότομα σε διάστημα ελάχιστων δευτερολέπτων, εξαιτίας της έντονης διακύμανσης των δυναμικών παραγόντων που την επηρεάζουν. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις η μέτρηση του κύριου συστατικού που σχετίζεται με τις οσμές μπορεί να περιγράψει και την “ένταση” του φαινομένου, αρκεί αυτό να μετράται σωστά και σε συνεχείς ρυθμούς. Ένα τέτοιο συστατικό είναι και το υδρόθειο (H_2S) το οποίο είναι το κυριότερο και πιο συχνά εμφανιζόμενο οσμαέριο σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (Gostelow et al. 2001).

Η πλειοψηφία των οσμηρών συστατικών που συναντώνται σε μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, ανήκουν στις οργανικές ενώσεις του θείου (θειόλες, σουλφίδια) και το μοριακό τους βάρος κυμαίνεται από 30 έως 150. Όσο πιο χαμηλό είναι το μοριακό βάρος των ενώσεων τόσο πιο πτητικές είναι αυτές με αποτέλεσμα να διαφεύγουν ευκολότερα στην αέρια φάση και να δημιουργούν έτσι το πρόβλημα των οσμών. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι το υδρόθειο αποτελεί μια πολύ αντιπροσωπευτική ένωση τέτοιας φύσεως εξαιτίας του γεγονότος ότι φέρει ταυτόχρονα και χαμηλό μοριακό βάρος αλλά και χαμηλό κατώφλι οσμής. Επομένως αποτελεί μια ένωση η οποία εμφανίζεται σχεδόν πάντα σε περιπτώσεις ύπαρξης οσμών διότι είναι πολύ πτητική και το κατώφλι οσμής της, αν και χαμηλό, είναι υψηλότερο σε σύγκριση με άλλες οργανικές ενώσεις (θειόλες, σουλφίδια) με αποτέλεσμα να δύναται να ανιχνευτεί ευκολότερα. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος όπου η καταγραφή του υδρόθειου μπορεί να υποδηλώσει έμμεσα και την παρουσία των υπόλοιπων ενώσεων του θείου οι οποίες δεν δύναται να ανιχνευτούν (Suffet et al. 2004).

Συγκεκριμένα αποτελεί το μοναδικό κύριο και επικρατών συστατικό από αυτά που “μυρίζουν” το οποίο μπορεί να ανιχνευτεί από πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (τάξεως ppb, όπου και αρχίζει να γίνεται αντιληπτό από την ανθρώπινη όσφρηση) έως αρκετά υψηλές (τάξεως ppm), με τη χρήση ειδικής φορητής συσκευής συνεχούς καταγραφής της συγκέντρωσης του. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την διεξαγωγή συνεχών πολλαπλών μετρήσεων με αποτέλεσμα να μπορούμε να αποφανθούμε επί τόπου για τη συνεχή διακύμανση των τιμών της συγκέντρωσης και να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε με ακρίβεια και επί τόπου το μέγεθος της υπέρβασης του ορίου ανίχνευσης αυτού.

Τέτοιου είδους μετρήσεις δεν μπορούν να ληφθούν με τη χρήση αναλυτικών τεχνικών αφού απαιτείται η λήψη μεμονωμένων δειγμάτων και η μετέπειτα μεταφορά τους στο εργαστήριο για την τελική καταγραφή μιας μόνο στιγμιαίας τιμής συγκέντρωσης κάποιου συστατικού, με αποτέλεσμα να μην μελετάται το φαινόμενο των οσμών δυναμικά.

Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να καταγραφεί η συγκέντρωση δύο πολύ αντιπροσωπευτικών ενώσεων που συμβάλουν σημαντικά στην περιβαλλοντική όχληση αλλά και ποσοτικοποιούνται επιτόπου με ειδικά φορητά όργανα μέτρησης που μετρούν τις συγκεντρώσεις τους στα όρια του κατωφλιού όσφρησης. Οι ενώσεις αυτές είναι η αμμωνία (NH_3) και το υδρόθειο (H_2S).

2.3 Περιγραφή Οργάνων Μέτρησης

2.3.1 Μέτρηση Υδρόθειου

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω και με το γεγονός ότι για την διαχείριση των οσμών απαιτείται η συνεχής επί τόπου καταγραφή αυτών, το εργαστήριο μας προχώρησε στη προμήθεια του αναλυτή υδρόθειου Jerome 631-X (Arizona Instruments Co. Ltd) ο οποίος έχει το πλεονέκτημα να καταγραφεί τις συγκεντρώσεις υδρόθειου στην ευρεία περιοχή των 1ppb – 50 ppm. Το όργανο αυτό περιέχει ένα ηλεκτροχημικό αισθητήρα κατασκευασμένου από φύλλο χρυσού, ο οποίος έχει ρυθμιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι μεταβολές στην ηλεκτρική του αντίσταση να είναι ανάλογες της ποσότητας των προσροφημένων μορίων υδρόθειου κατά τη διάρκεια λήψης δειγμάτων, και αυτό να αποτυπώνεται υπό μορφή μετρούμενων συγκεντρώσεων υδρόθειου.

Ο χρόνος που απαιτείται για την καταγραφή των τιμών ποικίλει από 5-20 sec αντιστρόφως ανάλογα της μετρούμενης συγκέντρωσης. Έτσι για τη καταγραφή συγκεντρώσεων στη χαμηλή περιοχή τιμών 1-100 ppb απαιτείται και ο μέγιστος χρόνος δηλαδή περί τα 20 s. Αντίστοιχα για μετρούμενες συγκεντρώσεις στη περιοχή 100 ppb – 1 ppm, ο μέσος χρόνος καταγραφής κυμαίνεται από 10-15 s, ενώ για συγκεντρώσεις στη περιοχή 1-50 ppm οι μετρήσεις καταγράφονται εντός μόλις 5 s. Η ακρίβεια των τιμών μέτρησης εξαρτάται επίσης από τη μετρούμενη περιοχή συγκεντρώσεων. Έτσι για συγκεντρώσεις υδρόθειου στη πρώτη περιοχή τιμών (1-100 ppb), η ακρίβεια των μετρήσεων κυμαίνεται στα $\pm 3\text{ppb}$, ενώ στη δεύτερη περιοχή τιμών (100 ppb – 1 ppm) καθίσταται ίση με $\pm 30\text{ppb}$. Αντίστοιχα στη τελευταία περιοχή μετρούμενων τιμών (1-50 ppm) η ακρίβεια των μετρήσεων κυμαίνεται στα $\pm 0.3\text{ ppm}$. Τυπικές αποκλίσεις στη μέτρηση του οργάνου σε σχέση με τις μετρούμενες τιμές υδρόθειου παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ακρίβεια τιμών μέτρησης του Jerome 631-X

Συγκέντρωση H ₂ S (ppm)	Τυπική απόκλιση μέτρησης (%)
0.002	32.2
0.005	10.8
0.13	11.6
0.43	4.3
0.72	6.0
0.87	2.1
33	1.6

Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του εν λόγω οργάνου μέτρησης είναι ότι δεν απαιτεί βαθμονόμηση, μετά το πέρας διεξαγωγής πολλών μετρήσεων. Το μόνο που καθίσταται απαραίτητο είναι η 'αναγέννηση' του αισθητήρα ανίχνευσης, όποτε αυτός έχει καταστεί κορεσμένος σε ατμούς υδρόθειου. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, στην οθόνη του οργάνου εμφανίζονται κάποιες ενδεικτικές παύλες (-, --, ---) οι οποίες υποδηλώνουν το αντίστοιχο επίπεδο κορεσμού του αισθητήρα (25%, 50%, 75%) αντίστοιχα. Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, όσο υψηλότερες είναι οι τιμές των μετρούμενων συγκεντρώσεων τόσο πιο γρήγορα θα κορεστεί και ο αισθητήρας. Η αναγέννηση αυτού καθίσταται επιτακτική, όταν τα αντίστοιχα επίπεδα κορεσμού φτάνουν στο 75%. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ απλή και το μόνο που απαιτείται είναι να συνδεθεί η συσκευή με ηλεκτρικό ρεύμα και πατώντας το αντίστοιχο κουμπί επιλογής, να αρχίσει η διαδικασία αναγέννησης του αισθητήρα. Κατά τη διαδικασία αυτή το μόνο που λαμβάνει χώρα είναι μια μικρή θέρμανση αυτού ώστε να εξατμιστούν οι όποιες ποσότητες υδρόθειου έχουν επικαθίσει σε αυτόν. Μόλις ολοκληρωθεί ο κύκλος αναγέννησης του αισθητήρα, λαμβάνονται μετρήσεις σε καθαρό και απαλλαγμένο από οσμές περιβάλλον ώστε να διαπιστωθεί αν το όργανο επιδεικνύει μηδενικές τιμές υδρόθειου.

Το εν λόγω όργανο έχει τη δυνατότητα να διεξάγει μετρήσεις συνεχείς (survey mode) αλλά και μεμονωμένες (sample mode). Δεδομένου ότι το φαινόμενο των οσμών παρουσιάζει πολύ έντονες διακυμάνσεις εντός ολίγων δευτερολέπτων, όλες οι μετρήσεις ελήφθησαν υπό συνεχή ρυθμό. Για τον λόγο αυτό η κάθε τιμή υδρόθειου που έχει καταγραφεί πρόκειται για μια μέση τιμή τουλάχιστον 20 τιμών αυτού που προέκυψαν από τη λειτουργία του οργάνου σε συνεχή ρυθμό. Επομένως κάθε μέτρηση που παριστάνεται προέκυψε κατόπιν λήψης πολλαπλών ενδιάμεσων μετρήσεων. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι μόνο έτσι μπορούμε να γνωρίζουμε την ακριβή περιοχή τιμών των συγκεντρώσεων στην οποία ανήκει ένα δείγμα, δεδομένου ότι η περιοχή ανίχνευσης του οργάνου είναι πολύ μεγάλη.

Δεδομένου ότι η λειτουργία του εν λόγω οργάνου βασίζεται στην προσρόφηση των μορίων

υδρόθειου, καθίσταται ευαίσθητο στη παρεμβολή διαφόρων οργανικών ενώσεων του θείου που σχετίζονται με οσμές (σουλφίδια,μερκαπτάνες κτλ.). Ωστόσο, επειδή η συνεισφορά των ενώσεων αυτών στην ολική παρουσία των οσμών είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με αυτή του υδρόθειου, η ποσοτικοποίηση του τελευταίου επηρεάζεται ελάχιστα από την παρουσία τους (Winnegar and Schmidt, 1998). Στον παρακάτω πίνακα παριστάνεται η απόκριση του Jerome 631-X στις διάφορες θειούχες οργανικές ενώσεις. Όλες σχεδόν οι ενώσεις αυτές φέρουν χαμηλότερο κατώφλι οσμής από το υδρόθειο και είναι συνάμα λιγότερο πτητικές, με αποτέλεσμα η ακρίβεια στις μετρήσεις του υδρόθειου να μην επηρεάζεται.

Απόκριση Jerome 631-X στις θειούχες οργανικές ενώσεις
(Winnegar and Schmidt 1998)

Συστατικό	Απόκριση Οργάνου (%)
Υδρόθειο	100
Μέθυλο-μερκαπτάνη	45
Διμέθυλο-μερκαπτάνη	40
n-πρότυλο-μερκαπτάνη	40
Διθειάνθρακας	36
t-βούτυλο-μερκαπτάνη	35
n-βούτυλο-μερκαπτάνη	33
Διμέθυλο-δισουλφίδιο	25
Διέθυλο-δισουλφίδιο	17
Διμέθυλο-δισουλφίδιο	7

2.3.2. Μέτρηση Αμμωνίας

Οι μετρήσεις της αμμωνίας έλαβαν χώρα με τη χρήση ενός φορητού ηλεκτροχημικού αισθητήρα ανίχνευσης (TG-501, Gray Wolf Co., Ireland), ο οποίος έχει την δυνατότητα να μετράει τις συγκεντρώσεις στην περιοχή των 0-500 ppmV, περιλαμβάνοντας έτσι εκ του ασφαλούς την ευρεία περιοχή τιμών του κατωφλίου οσμής της (0.13-50 ppmV). Το εν λόγω όργανο έχει την ικανότητα να καταγράφει συνεχώς τις τιμές της αμμωνίας, ανά 10 sec, με αποτέλεσμα να παρέχει και την δυνατότητα να εξεταστούν λεπτομερώς οι διακυμάνσεις των οσμών της σε κάθε κύκλο συνεχούς δειγματοληψίας.

Η τυπική απόκλιση των μετρήσεων του οργάνου φτάνει έως 10% για συγκεντρώσεις μετρούμενης αμμωνίας στη περιοχή 0-99 ppmV και δεν ξεπερνά το 5% για την περιοχή των 100-500 ppmV. Κατά την διάρκεια των μετρήσεων, οι τιμές που προέκυψαν αποθηκεύτηκαν σε ειδικό καταχωρητή δεδομένων. Κατόπιν υπολογιζόταν ο μέσος όρος των τιμών της εκπεμπόμενης

αμμωνίας, ανά σημείο δειγματοληψίας. Επομένως τόσο οι μετρήσεις της αμμωνίας όσο και του υδρόθειου επρόκειτο για μέσους όρους συνεχών μετρήσεων, γεγονός απαραίτητο για την αντικειμενική λήψη μετρήσεων σχετικών με οσμές, εξαιτίας της μεταβλητότητας του φαινομένου.

2.3.3. Μέτρηση Αέριων Εκπομπών

Οι οσμές όταν εκπέμπονται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις, πρόκειται ουσιαστικά για αέριους ρύπους όπου η εκτίμηση των αντίστοιχων εκπομπών τους είναι μεγάλης σημασίας, προκειμένου να γνωρίζουμε την συνεισφορά της κάθε πηγής στο συνολικό πρόβλημα όχλησης. Για να καθοριστούν αυτές οι μαζικές εκπομπές, είναι απαραίτητο να λάβουν χώρα μετρήσεις της ογκομετρικής παροχής των εξερχόμενων οσμεαρίων σε συνδυασμό με τη μέτρηση των μέσων συγκεντρώσεων. Για τον σκοπό αυτό έλαβαν χώρα μετρήσεις της ταχύτητας ροής του αέρα, η οποία σε συνδυασμό με τη γνώση της διαμέτρου των αεραγωγών επιτρέπει τον υπολογισμό της ογκομετρικής παροχής. Η μέτρηση της ταχύτητας ροής του αέρα έγινε με ειδικό όργανο μέτρησης (Testo 445, Omni Instruments Co. UK) ο αισθητήρας του οποίου έχει τη δυνατότητα να καταγράφει τιμές ροής αέρα στην περιοχή 0.4-60 m/s με απόκλιση μετρήσεων τα ± 0.2 m/s. Το εν λόγω όργανο έχει την δυνατότητα να υπολογίζει τον μέσο όρο των συνεχών μετρούμενων τιμών σε διάστημα 15 min και να μετατρέψει από μόνο του τη μέτρηση αυτή σε μέση ογκομετρική παροχή, έχοντας προηγουμένως καταχωρήσει στη περιοχή μέτρησης τη διάμετρο του αντίστοιχου αεραγωγού από τον οποίο πάρθηκαν οι μετρήσεις.

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι προκειμένου να καταστρωθεί ένα ολοκληρωμένο πλάνο διαχείρισης των οσμών θα πρέπει να διεξαχθούν ταυτόχρονες μετρήσεις και των δύο ενώσεων. Η καθημερινή καταγραφή της διακύμανσης των τιμών τους σε θαλάμους διαφορετικής χρήσεως (ανάπτυξης, πάχυνσης, γένεσης) αλλά και σε εξωτερικές δραστηριότητες της μονάδας (decanter, compost) σε συσχέτιση με την ηλικία και τον αριθμό των ζώων θα μπορεί να αποτελέσει μία σημαντική βάση δεδομένων που θα εμπεριέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικές με τη διαχείριση των εν λόγω οχλήσεων. Με γνώμονα τα παραπάνω, έλαβαν χώρα οι ακόλουθες δράσεις:

- Διεξαγωγή συστηματικών μετρήσεων NH₃, H₂S σε θαλάμους ανάπτυξης, πάχυνσης, και τοκετών.
- Μελέτη διακύμανσης τιμών ανά ημέρα και ανά κτίριο.
- Ημερήσια καταγραφή τιμών σε decanters και μονάδα κομποστοποίησης
- Έλεγχος αποδοτικότητας βιοφίλτρων

Εκτίμηση εκπομπών υδρόθειου και αμμωνίας

Η καταχώρηση των μετρούμενων συγκεντρώσεων αμμωνίας και υδρόθειου στο μοντέλο έπρεπε να γίνει υπό μορφή μαζικών ροών, δηλαδή να εισαχθούν στο μοντέλο οι μάζες υδροθείου και αμμωνίας στη μονάδα του χρόνου. Γνωρίζοντας λοιπόν ότι η μαζική ροή μιας ουσίας προκύπτει από το γινόμενο της μετρούμενης συγκέντρωσης (g/m³) επί την αντίστοιχη παροχή (m³/h), έπρεπε να γίνει εκτίμηση αυτών των συγκεκριμένων παραμέτρων. Ωστόσο όλες οι μετρούμενες συγκεντρώσεις αμμωνίας και υδρόθειου από τα όργανα μέτρησης ήταν εκφρασμένες σε ppmV (ή mL/m³), με αποτέλεσμα να απαιτείται η μετατροπή τους σε ισοδύναμες συγκεντρώσεις εκφρασμένες όμως σε g/m³. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες εξισώσεις, οι οποίες βασίζονται στο νόμο των ιδανικών αερίων, θεωρώντας ότι 1 mol ιδανικού αερίου σε πίεση 1 atm και θερμοκρασία 273.15 K, καταλαμβάνει όγκο 22.414 L. Θεωρώντας λοιπόν τις αντίστοιχες μέσες θερμοκρασίες που ελήφθησαν οι μετρήσεις συγκέντρωσης αμμωνίας και υδροθείου θα ισχύει ότι:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1 \text{ mole}) \cdot (0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mole} \cdot \text{K}) \cdot [(273.15 + \theta) \text{K}]}{1.0 \text{ atm}} \quad (7.3),$$

όπου:

θ : μέση θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$) για κάθε κύκλο μέτρησης συγκεντρώσεων H_2S , NH_3

Υπολογίζοντας λοιπόν από την παραπάνω εξίσωση τον όγκο που καταλαμβάνει 1 mole αμμωνίας και υδροθείου στις αντίστοιχες θερμοκρασίες μετρήσεων, τον αντικαθιστούμε στην παρακάτω εξίσωση, όπου και γίνεται μετατροπή των μετρούμενων μέσων συγκεντρώσεων (ppm_v) σε αντίστοιχες μονάδες συγκέντρωσης (g/m^3), ως εξής:

$$\mu\text{g} / \text{m}^3 = \frac{(\text{concentration, ppm}_v) \cdot (\text{MW, g / mol of gas}) \cdot (10^6 \mu\text{g} / \text{g})}{(V \cdot 10^{-3} \text{m}^3 / \text{mol of gas})} \quad (7.4),$$

όπου:

concentration, ppm_v : μέσος όρος μετρούμενων συγκεντρώσεων NH_3 , H_2S .

V : Όγκος (σε L) που καταλαμβάνει 1 mol αερίου, από εξίσωση (7.3)

MW : μοριακό βάρος οσμερίου (17 για NH_3 , 34 για H_2S)

Βασιζόμενοι λοιπόν στις παραπάνω εξισώσεις είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τις συγκεντρώσεις αμμωνίας και υδροθείου εκφρασμένες σε κανονικές μονάδες (g/m^3). Το επόμενο στάδιο λοιπόν, προκειμένου να υπολογιστούν οι μαζικές ροές των οσμερίων, είναι να καθοριστούν οι ρυθμοί εκπομπής αυτών, δηλαδή οι ογκομετρικές παροχές.

Για τον σκοπό αυτό έλαβαν χώρα μετρήσεις της ταχύτητας ροής του αέρα, η οποία σε συνδυασμό με τη γνώση της διαμέτρου των αεραγωγών επιτρέπει τον υπολογισμό της ογκομετρικής παροχής. Η μέτρηση της ταχύτητας ροής του αέρα έγινε με ειδικό όργανο μέτρησης (Testo 445, Omni Instruments Co. UK) ο αισθητήρας του οποίου έχει τη δυνατότητα να καταγράφει τιμές ροής αέρα στην περιοχή 0.4-60 m/s με απόκλιση μετρήσεων τα ± 0.2 m/s. Συγκεκριμένα το εν λόγω όργανο έχει την δυνατότητα να υπολογίσει τον μέσο όρο των συνεχών μετρούμενων τιμών σε διάστημα 15 min και να μετατρέψει από μόνο του τη μέτρηση αυτή σε ογκομετρική παροχή, έχοντας προηγουμένως καταχωρήσει στη περιοχή μέτρησης τη διάμετρο του αντίστοιχου αεραγωγού. Η διαδικασία αυτή λοιπόν τηρήθηκε για τον υπολογισμό των ογκομετρικών παροχών και μάλιστα έλαβε χώρα ταυτόχρονα με τις μετρήσεις των συγκεντρώσεων των οσμών από κάθε σημείο της χοιροτροφικής μονάδας.

Ωστόσο, δεδομένου ότι η χοιροτροφική μονάδα φέρει 52 χοιροτροφικούς θαλάμους καθένας εκ των οποίων, ανάλογα με τις διαστάσεις που φέρει, εμπεριέχει από 1 μέχρι και 12 ανεμιστήρες καθίσταται σαφές ότι ήταν αδύνατο να παρθούν τιμές ροής από όλους αυτούς

τους ανεμιστήρες. Για το λόγο αυτό έγινε καταμέτρηση του πλήθους και του είδους των ανεμιστήρων για κάθε χοιροτροφικό θάλαμο ξεχωριστά. Συγκεκριμένα υπήρχαν 3 είδη ανεμιστήρων, των 450 W, 500W και 560 W. Γνωρίζοντας λοιπόν ήδη τις τιμές ογκομετρικών παροχών που είχαν προκύψει για κάθε είδος ανεμιστήρα ξεχωριστά, έγινε η παραδοχή ότι οι τιμές αυτές παραμένουν σταθερές ανά είδος και θάλαμο αντίστοιχα. Μάλιστα προκειμένου η παραδοχή αυτή να έχει βάση, οι μετρήσεις ελήφθησαν τουλάχιστον 4 φορές για κάθε είδος ανεμιστήρα και η επαλήθευση ήταν πολύ καλή με μια μέγιστη απόκλιση περί το $\pm 10\%$.

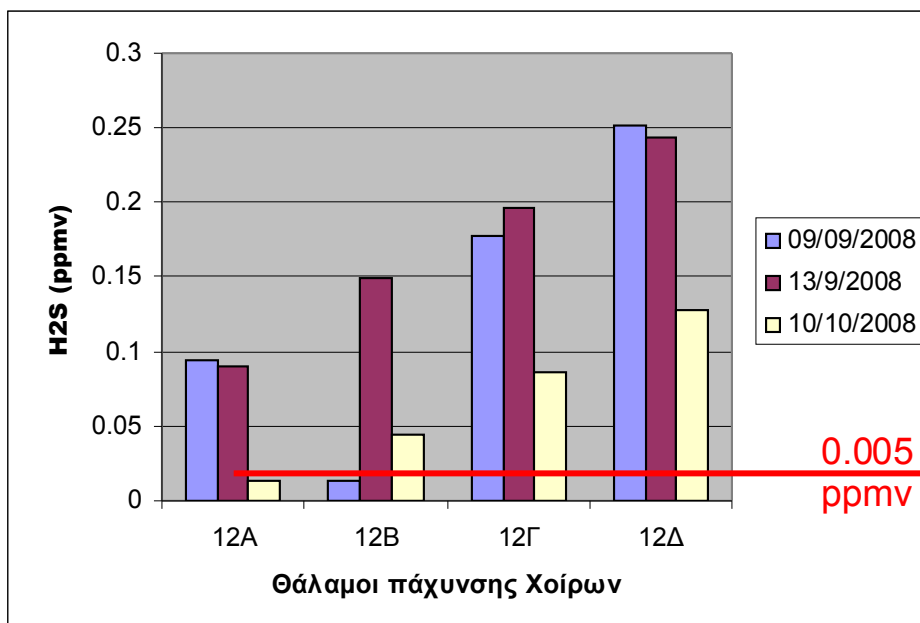
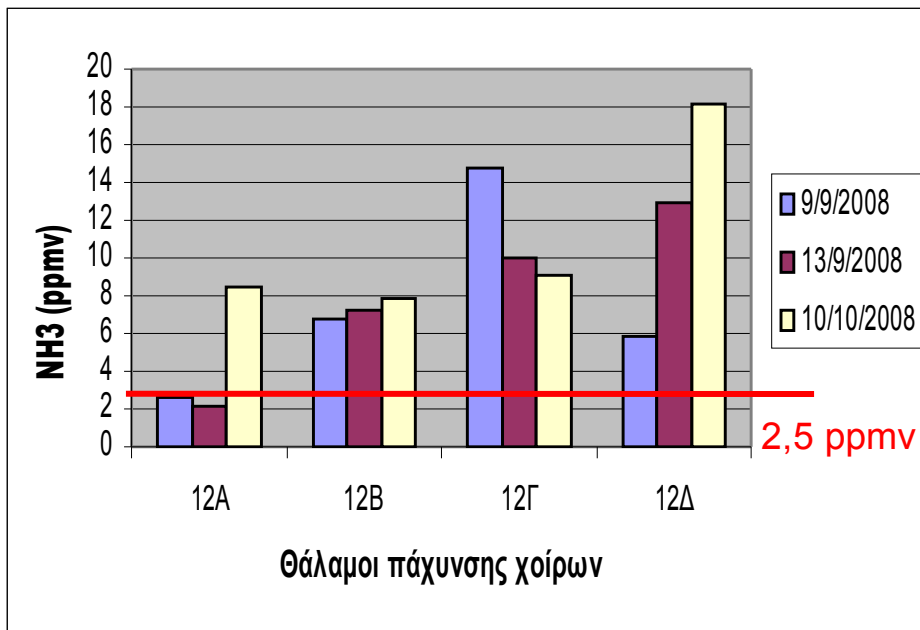
Οι τιμές παροχών που προέκυψαν λοιπόν για κάθε είδος ανεμιστήρων ισχύος 450 W, 500W και 560 W ήταν ίσες με 6600 m³/h, 8500 m³/h και 11600 m³/h αντίστοιχα. Επομένως για κάθε θάλαμο είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την συνολική παροχή εξόδου των οσμεαρίων και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις αυτών με αποτέλεσμα από το γινόμενο αυτών να γνωρίζουμε και τις αντίστοιχες μαζικές ροές αυτών. Η ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό της ογκομετρικής παροχής των βιόφιλτρων που ήταν εγκατεστημένα στη μονάδα κομποστοποίησης. Οι τιμές παροχών που υπολογίστηκαν από τα βιόφιλτρα ήταν 32.600 m³/h για τα βιόφιλτρα #2 και #3 και 42.200 m³/h για τα βιόφιλτρα #1,#4 αντίστοιχα.

ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1 Θάλαμοι Πάχυνσης (FAT)

Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν για κάθε κτίριο χωριστά δίδονται αναλυτικά στα παρακάτω γραφήματα:

Κτήριο 12



Για το **Κτήριο 12** ,λοιπόν, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

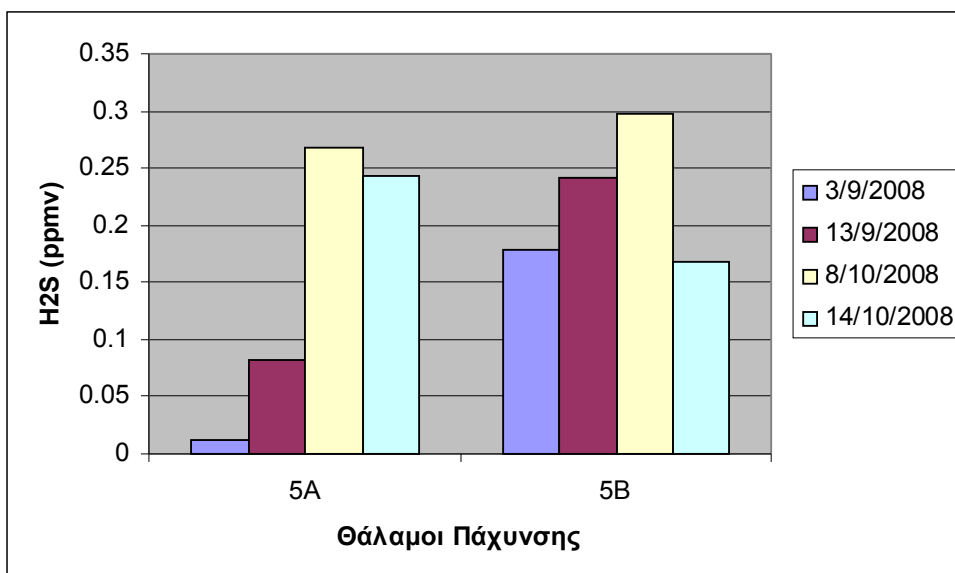
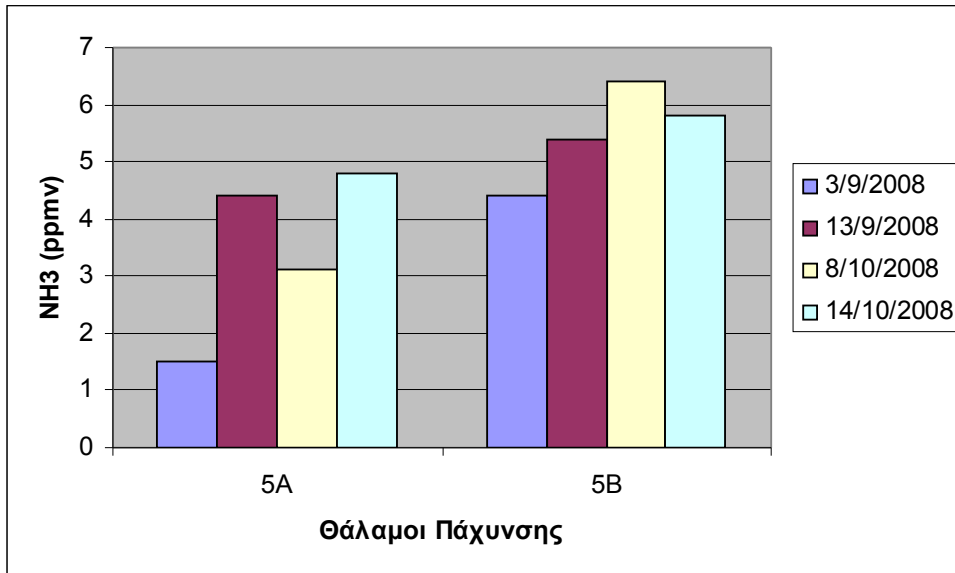
- Οι μέσες τιμές της εκλυόμενης αμμωνίας ποικίλουν ανά ημέρα και ανά θάλαμο. Παρατηρούμε λοιπόν ότι οι συγκεντρώσεις αυτές κυμαίνονται στη περιοχή 2-18 ppmV με την πλειονότητα αυτών να υπερβαίνουν τα 6 ppmV. Επίσης παρατηρείται ότι οι θάλαμοι 12Γ και 12Δ φαίνεται να παρουσιάζουν εντονότερο πρόβλημα από τους υπόλοιπους αφού διατηρήθηκαν σε σταθερά υψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων τόσο αμμωνίας όσο και υδρόθειου.
- Σε κάθε περίπτωση οι μέσες τιμές υδρόθειου ήταν πολύ υψηλές και έφτασαν σε επίπεδα 40-50 φορές πάνω από το κατώφλι όσφρησης.
- Τα αντίστοιχα δεδομένα για την κατάσταση των θαλάμων παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΔΙΟ	ΘΑΛΑΜΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΖΩΩΝ	Ημέρες Ανοίγματος
09/09/08	FAT	12A	336	2
09/09/08	FAT	12B	649	1
09/09/08	FAT	12Γ	613	0 (9)
09/09/08	FAT	12Δ	783	0 (9)
13/9/2008	FAT	12A	825	6
13/9/2008	FAT	12B	648	5
13/9/2008	FAT	12Γ	611	4
13/9/2008	FAT	12Δ	783	4
10/10/08	FAT	12A	704	2
10/10/08	FAT	12B	671	2
10/10/08	FAT	12Γ	641	2
10/10/08	FAT	12Δ	816	2

Φαίνεται λοιπόν ότι στις 9/9/2008 οι υψηλές τιμές τόσο σε NH₃ αλλά κυρίως σε H₂S για τους θαλάμους 12Γ και 12Δ σχετίζονται με τις περισσότερες ημέρες παραμονής των λυμάτων εντός των καναλιών (ημέρες ανοίγματος). Στις 13/9/2008 διαπιστώνουμε ότι ενώ οι ημέρες ανοίγματος των καναλιών δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, εντούτοις ο 12Δ παραμένει σταθερά υψηλότερος σε τιμές NH₃ , H₂S (ακόμη υψηλότερες και από τον 12Γ με τις ίδιες μέρες ανοίγματος) γεγονός που οφείλεται μάλλον στο σαφώς μεγαλύτερο αριθμό ζώων. Εντούτοις στο 12A που επίσης είχε πολύ υψηλό αριθμό ζώων αλλά και περισσότερες ημέρες παραμονής των λυμάτων, δεν παρουσιάστηκαν τόσο υψηλές τιμές συγκεντρώσεων. Ενδεχομένως λοιπόν η διαφοροποίηση αυτή να σχετίζεται με τη συχνότητα καθαρισμού των δύο θαλάμων. Στις 10/10/2008 για ακριβώς τις ίδιες ημέρες ανοίγματος για όλα τα κανάλια, ο θάλαμος 12Δ παρουσίασε πάλι υψηλότερες τιμές γεγονός που πιθανότερα οφείλεται στο σαφώς μεγαλύτερο αριθμό ζώων από τους υπολοίπους.

Κτίριο 5

Οι μέσες συγκεντρώσεις NH_3 , H_2S που καταγράφηκαν για τους θαλάμους 5A και 5B παριστάνονται αναλυτικά παρακάτω:



Με βάση τα παραπάνω γραφήματα διαπιστώνονται τα εξής:

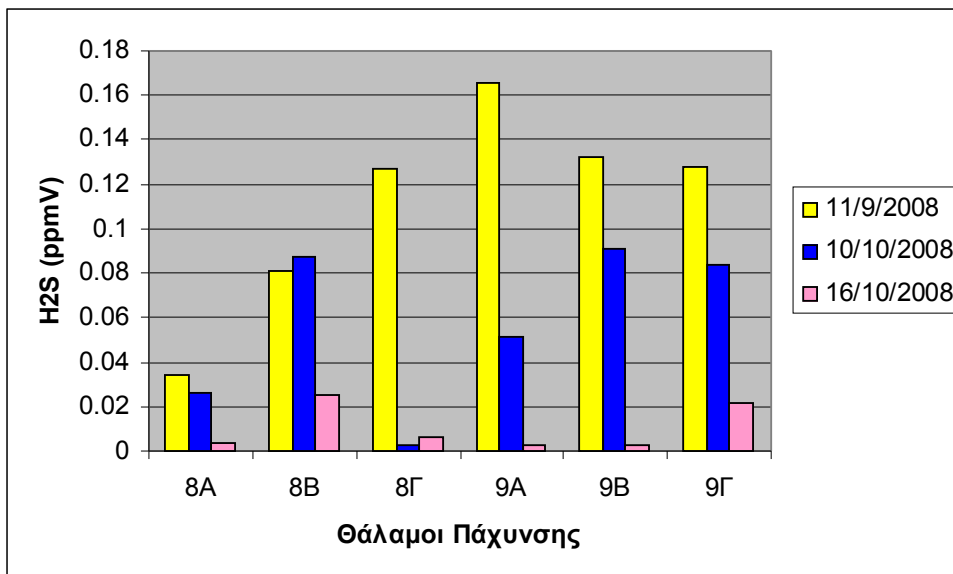
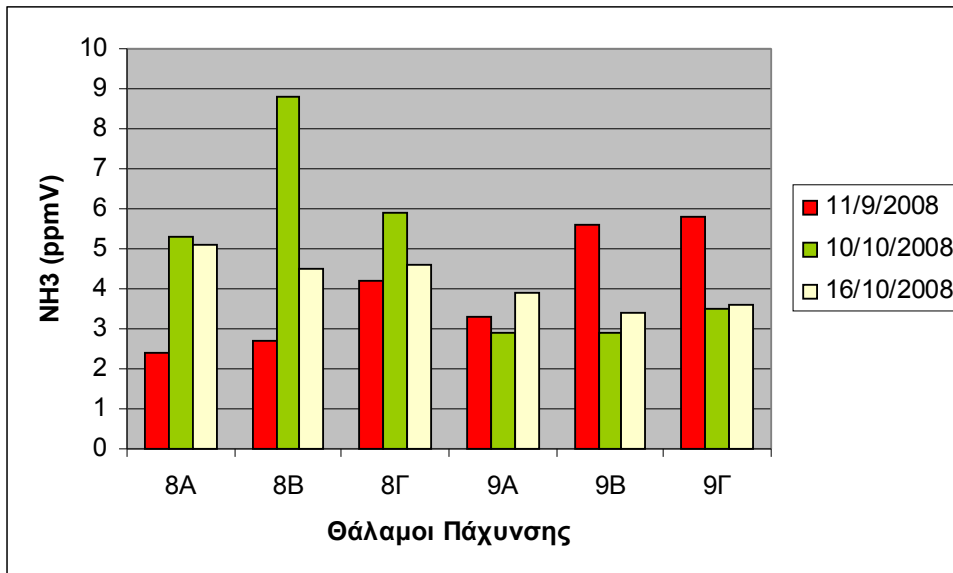
- Σχεδόν σε κάθε περίπτωση ο θάλαμος 5B εκπέμπει περισσότερες οσμές σε σχέση με τον 5A
- Οι τιμές υδροθείου κυμάνθηκαν και πάλι σε πολύ υψηλά επίπεδα παρά την ελάττωση της θερμοκρασίας κατά $\sim 5^{\circ}\text{C}$ κατά την πάροδο των ημερών.
- Εν αντιθέσει με τους θαλάμους του κτιρίου 12 όπου η αμμωνία χαρακτηρίζονταν από μία ευρεία περιοχή διακύμανσης τιμών (2-18 ppmV) εδώ παρατηρούμε μια σαφώς μικρότερη διακύμανση τιμών στη περιοχή 3-6 ppmV.
- Τα δεδομένα για τη κατάσταση των θαλάμων έχουν ως εξής:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ ΙΑ	ΣΤΑΔΙ Ο	ΘΑΛΑΜ ΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΖΩΩΝ	Ημέρες Ανοίγματος
03/09/08	FAT	5A	419	2
03/09/08	FAT	5B		2
13/9/2008	FAT	5A	951	4
13/9/2008	FAT	5B		4
08/10/08	FAT	5A	873	4
08/10/08	FAT	5B		4
14/10/2008	FAT	5A	872	0 (5)
14/10/2008	FAT	5B		0 (5)

Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι η αύξηση του χρόνου παραμονής των λυμάτων στα κανάλια φαίνεται να επιδρά πολύ σημαντικά στο θάλαμο 5A όπου παρατηρείται μία αύξηση τιμών υδροθείου με την αύξηση των ημερών. Αυτό που προκαλεί εντύπωση είναι ότι στον θάλαμο 5A για 13/9/2008 και 8/10/2008 τα χαρακτηριστικά (αριθμός ζώων/ημέρες ανοίγματος) είναι παραπλήσια και εντούτοις οι τιμές υδροθείου είναι σαφώς υψηλότερες στις 8/10/2008. Ωστόσο ο θάλαμος 5B φέρει σε κάθε περίπτωση υψηλότερες τιμές και η γνώση του αριθμού των ζώων θα ήταν πολύ χρήσιμη.

Κτήρια 8 & 9

Τα αντίστοιχα γραφήματα για τα κτήρια αυτά έχουν ως εξής:



Από την αξιολόγηση των γραφημάτων προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι συγκεντρώσεις αμμωνίας κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα με τους θαλάμους 5A, 5B (δηλαδή στην περιοχή 3-6 ppmV)
- Παρατηρείται μία σαφής ελάττωση των τιμών υδρόθειου με την πάροδο των ημερών, γεγονός που ενδέχεται να έχει να κάνει με την κατάσταση των καναλιών.

Η κατάσταση των θαλάμων τις συγκεκριμένες ημερομηνίες είχε ως εξής:

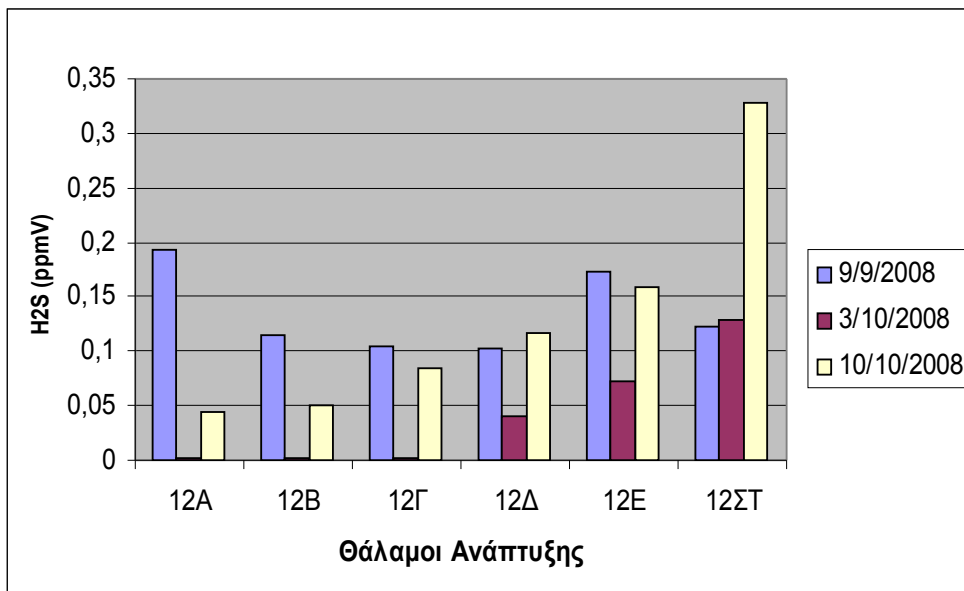
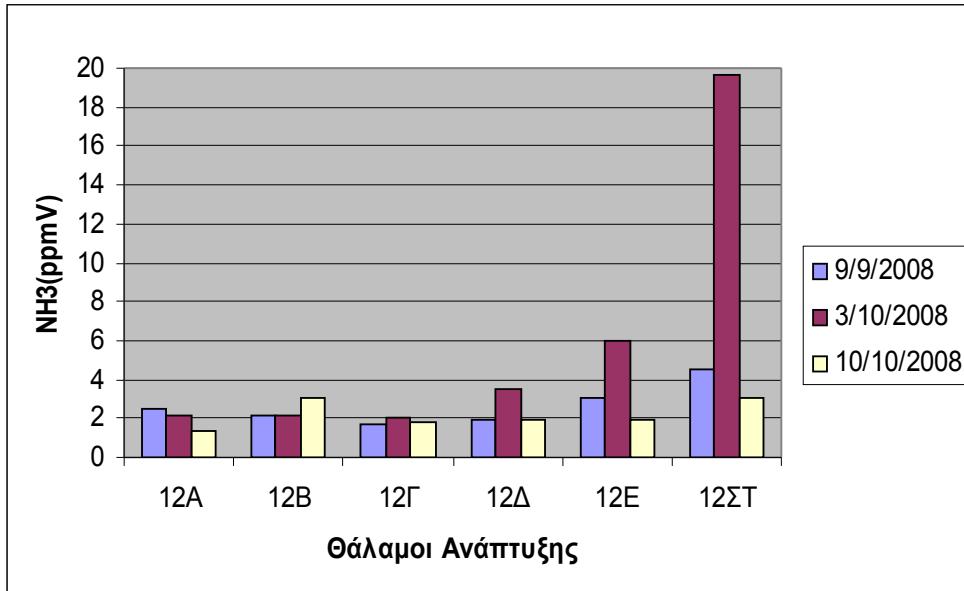
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΔΙΟ	ΘΑΛΑΜΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΖΩΩΝ	Ημέρες Ανοίγματος
11/09/08	FAT	8Α	422	5
11/09/08	FAT	8Β	386	5
11/09/08	FAT	8Γ	748	4
11/09/08	FAT	9Α	575	0 (8)
11/09/08	FAT	9Β	517	6
11/09/08	FAT	9Γ	832	5
10/10/08	FAT	8Α	419	2
10/10/08	FAT	8Β	384	2
10/10/08	FAT	8Γ	745	2
10/10/08	FAT	9Α	566	4
10/10/08	FAT	9Β	515	4
10/10/08	FAT	9Γ	829	3
16/10/2008	FAT	9Α	564	4
16/10/2008	FAT	9Β	515	4
16/10/2008	FAT	9Γ	828	4

Στις 11/9/2008 όπου οι ημέρες ανοίγματος για κάθε θάλαμο ήταν και οι περισσότερες διαπιστώνεται αντίστοιχα ότι μετρήθηκαν και οι υψηλότερες τιμές υδρόθειου, γεγονός που άλλωστε ήταν αναμενόμενο. Το γεγονός αυτό φαίνεται να ισχυροποιείται ακόμη περισσότερο από τον θάλαμο 9Α όπου για τις μέγιστες δυνατές ημέρες ανοίγματος (8) καταγράφηκε και η μέγιστη συγκέντρωση υδρόθειου.

3.2 Θάλαμοι Ανάπτυξης (BAT)

Κτήριο 12

Ομοίως τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά την επεξεργασία των μετρήσεων στα κτίρια 12, 8 και 10 παριστάνονται υπό μορφή γραφημάτων με τα αντίστοιχα σχόλια για κάθε ένα ξεχωριστά:



Τα βασικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω γραφήματα είναι τα ακόλουθα:

- Η αμμωνία κυμάνθηκε σε σταθερές και σχετικά χαμηλές μέσες συγκεντρώσεις (2-3

ppmV)

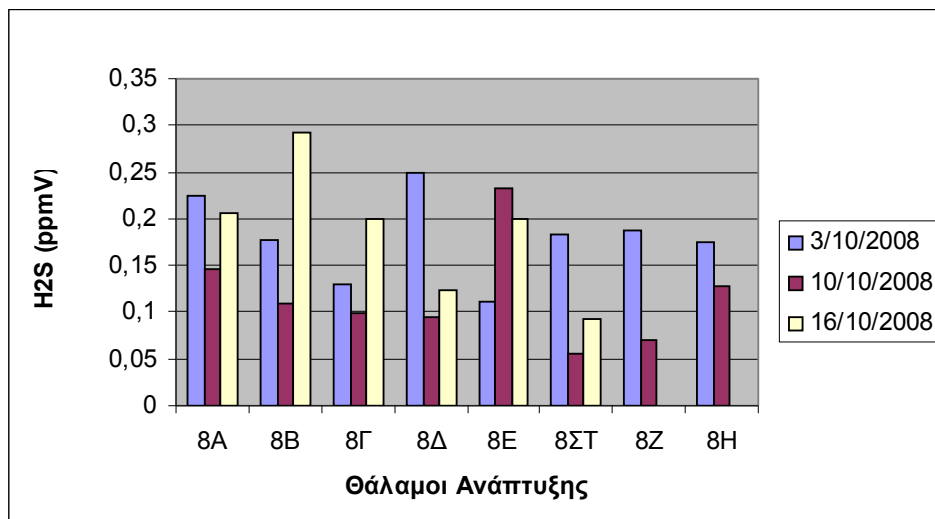
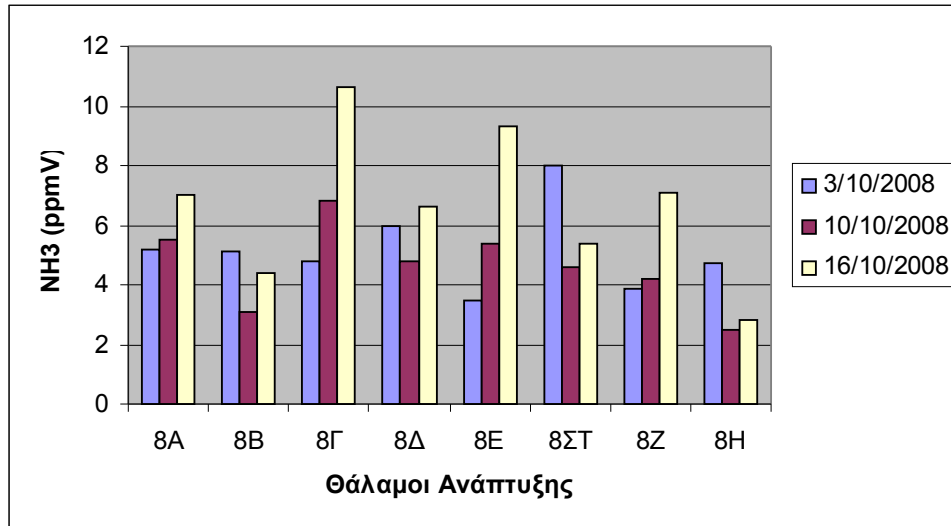
- Απρόσμενα πολύ υψηλή τιμή αμμωνίας για θάλαμο 12-ΣΤ στις 3/10/2008 (9 φορές πάνω από τον αριθμητικό μέσο όρο)
- Έντονη διακύμανση τιμών H₂S ανά θάλαμο και ανά ημέρα (οι 12 Α, Β, Γ είχαν σχεδόν μηδενικές τιμές ενώ η πλειονότητα των τιμών κυμάνθηκε σε επίπεδα < 0.2 ppmV) .
- Ο θάλαμος 12-ΣΤ παρουσίασε πάλι απρόσμενα υψηλή τιμή μέσης συγκέντρωσης υδρόθειου.
- Για τις 9/9/2008 διαπιστώνουμε ότι για σχεδόν το ίδιο πλήθος ζώων για κάθε θάλαμο και για τις ελάχιστες μέρες ανοίγματος, η αμμωνία κυμάνθηκε σε αρκετά χαμηλά επίπεδα εν αντιθέσει με το υδρόθειο όπου ο κάθε θάλαμος εμφάνισε μέσες τιμές >0,1 ppmV. Αντίθετα για 3/10/2008 υπάρχουν πολύ σημαντικές διαφοροποιήσεις ανά θάλαμο. Θα αναμέναμε λοιπόν ότι για σχετικά φρέσκα λύματα (μόνο 1 ημέρα ανοίγματος) οι θάλαμοι θα παρουσίαζαν όλοι σχετικά χαμηλές τιμές. Αυτό φαίνεται να ισχύει για το υδρόθειο για όλους τους θαλάμους πλην του 12-ΣΤ, ο οποίος είχε σχετικά υψηλή τιμή. Το γεγονός αυτό φαίνεται ακόμα πιο έντονα στις τιμές της αμμωνίας όπου ο 12-ΣΤ έφτασε σε μια μέση τιμή ~ 20ppmV εν αντιθέσει με τους υπόλοιπους οι οποίοι κυμάνθηκαν σχεδόν όλοι σε πολύ χαμηλά επίπεδα (<2 ppmV) πλην του 12 Ε όπου η μέση τιμή ήταν ~ 6ppmV. Άξιο παρατήρησης είναι και το γεγονός ότι ο 12-ΣΤ που εμφάνισε τις υψηλότερες τιμές είχε πολύ μικρό αριθμό ζώων σε σύγκριση με τους υπόλοιπους θαλάμους, γεγονός που σημαίνει ότι η λειτουργία του φαίνεται σαφώς να εμφανίζει κάποιο πρόβλημα. Για τις 10/10/2008 όπου επίσης οι ημέρες ανοίγματος ήταν λίγες, ο 12-ΣΤ εμφάνισε εξαιρετικά υψηλές τιμές υδρόθειου όπως και ο 12-Ε, μόνο που αυτήν τη φορά το πλήθος των ζώων ήταν πολύ μεγαλύτερο σε σύγκριση με 3/10/2008.

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των θαλάμων για τις εν λόγω ημέρες μετρήσεων παραιστάνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΔΙΟ	ΘΑΛΑΜΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΖΩΩΝ	Ημέρες Ανοίγματος
09/09/08	BAT	12Α	299	0 (8)
09/09/08	BAT	12Β	281	0 (8)
09/09/08	BAT	12Γ	274	0 (8)
09/09/08	BAT	12Δ	259	0 (8)
09/09/08	BAT	12Ε	280	0 (8)
09/09/08	BAT	12ΣΤ	277	0 (8)
03/10/08	BAT	12Α	315	1
03/10/08	BAT	12Β	276	1
03/10/08	BAT	12Γ	285	1
03/10/08	BAT	12Δ	282	1
03/10/08	BAT	12Ε	118	1
03/10/08	BAT	12ΣΤ	133	1
10/10/08	BAT	12Α	315	2
10/10/08	BAT	12Β	276	2
10/10/08	BAT	12Γ	285	2
10/10/08	BAT	12Δ	282	2
10/10/08	BAT	12Ε	321	2
10/10/08	BAT	12ΣΤ	324	2

Κτήριο 8

Τα αντίστοιχα γραφήματα για NH₃ και H₂S εμφάνισαν την εξής κατανομή:



- Παρατηρείται μία διακύμανση τιμών NH₃ με την πλειονότητα αυτών να είναι > 4 ppmV και σε ορισμένες περιπτώσεις να γίνεται 2-3 φορές μεγαλύτερη.
- Οι μέσες τιμές H₂S κυμάνθηκαν γενικά σε επίπεδα > 0.1 ppmV και σε ορισμένους θαλάμους έφτασε μέχρι και 0.2-0.3 ppmV (40-60 φορές πάνω από το κατώφλι οσμής)
- Οι θάλαμοι Ζ,Η εμφάνισαν μηδενικές τιμές H₂S στις 16/10/2008

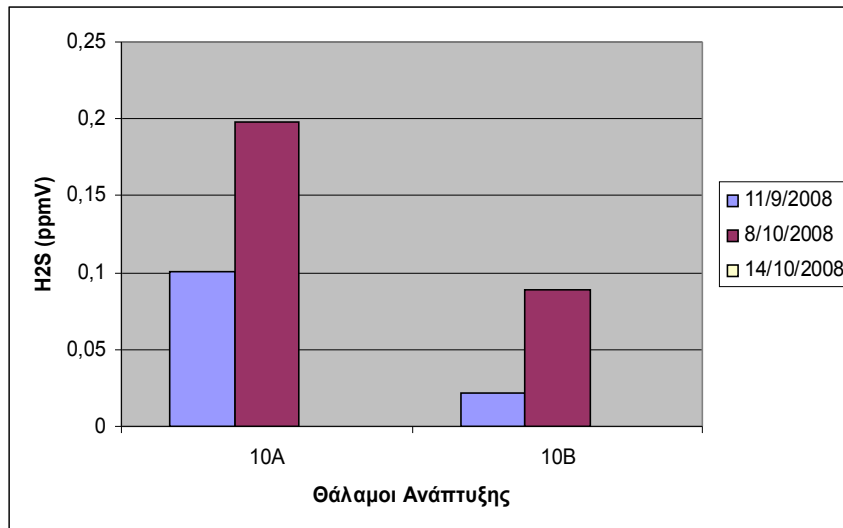
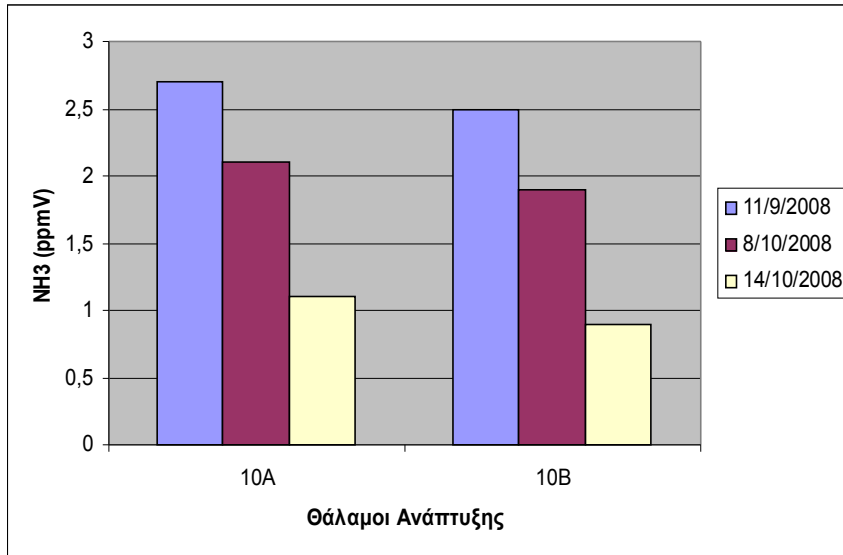
Τα δεδομένα για την κατάσταση των θαλάμων είχαν ως εξής:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΤΑΔΙΟ	ΘΑΛΑΜΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΖΩΩΝ	Ημέρες Ανοίγματος
03/10/08	BAT	8Α	287	0 (6)
03/10/08	BAT	8Β	305	0 (7)
03/10/08	BAT	8Γ	288	0 (7)
03/10/08	BAT	8Δ	307	0 (7)
03/10/08	BAT	8Ε	293	0 (7)
03/10/08	BAT	8ΣΤ	287	0 (6)
03/10/08	BAT	8Ζ	287	6
03/10/08	BAT	8Η	284	6
10/10/08	BAT	8Α	283	0 (7)
10/10/08	BAT	8Β	303	0 (7)
10/10/08	BAT	8Γ	284	0 (7)
10/10/08	BAT	8Δ	307	0 (7)
10/10/08	BAT	8Ε	293	0 (7)
10/10/08	BAT	8ΣΤ	286	0 (7)
10/10/08	BAT	8Ζ	287	0 (6)
10/10/08	BAT	8Η	284	0 (6)
16/10/2008	BAT	8Α	281	6
16/10/2008	BAT	8Β	301	6
16/10/2008	BAT	8Γ	282	6
16/10/2008	BAT	8Δ	302	6
16/10/2008	BAT	8Ε	292	6
16/10/2008	BAT	8ΣΤ	285	6
16/10/2008	BAT	8Ζ	287	6
16/10/2008	BAT	8Η	284	6

- Στις 3/10/2008 παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση για κάποιον συγκεκριμένο θάλαμο και το προφίλ συγκεντρώσεων τόσο για NH_3 όσο και για H_2S είναι παρόμοιο για όλους τους θαλάμους με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Πάντως οι τιμές υδρόθειου βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα ($>0,15$ ppmV). Μια παρόμοια συμπεριφορά τιμών ισχύει και για 10/10/2008 όπου τόσο ο αριθμός των ζώων όσο και οι ημέρες ανοίγματος των καναλιών ήταν ίδιες με 3/10/2008. Το μόνο αξιοσημείωτο γεγονός είναι στις τιμές υδρόθειου οι οποίες κυμάνθηκαν σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με 3/10/2008, ενώ η αμμωνία κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα. Για τις 16/10/2008 σε μεγάλο χρόνο παραμονής λυμάτων στα κανάλια παρατηρείται μία αύξηση των τιμών έκλυσης αμμωνίας (όπου σημειώθηκαν και οι μέγιστες μέσες τιμές) ενώ το υδρόθειο παρέμεινε σε εξίσου υψηλά επίπεδα. Αυτό που προκαλεί εντύπωση είναι οι σχεδόν μηδενικές τιμές υδρόθειου στους θαλάμους 8Ζ,8Η παρά το γεγονός ότι δεν διαφέρουν στα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά από τους υπολοίπους. Συγκεκριμένα η μέγιστη μέση τιμή H_2S σημειώθηκε στον θάλαμο 8Β(~ 0.3 ppmV) για την ίδια ημέρα όπου με βάσει τις τιμές των πινάκων δεν υπάρχει κάποια σημαντική λειτουργική διαφορά σε σχέση με τους υπόλοιπους θαλάμους.

Κτήριο 10

Οι μέσες συγκεντρώσεις NH_3 , H_2S που καταγράφηκαν για τους θαλάμους 10A και 10B παριστάνονται αναλυτικά παρακάτω:



Ο αντίστοιχος πίνακας με τα χαρακτηριστικά των θαλάμων έχει ως εξής:

ΗΜΕΡΟΜΗ ΝΙΑ	ΣΤΑΔΙ Ο	ΘΑΛΑΜ ΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΖΩΩΝ	Ημέρες Ανοίγματος
11/09/08	BAT	10A	300	7
11/09/08	BAT	10B	292	7
08/10/08	BAT	10A	114	4
08/10/08	BAT	10B	281	4
14/10/2008	BAT	10A	324	5
14/10/2008	BAT	10B	462	5

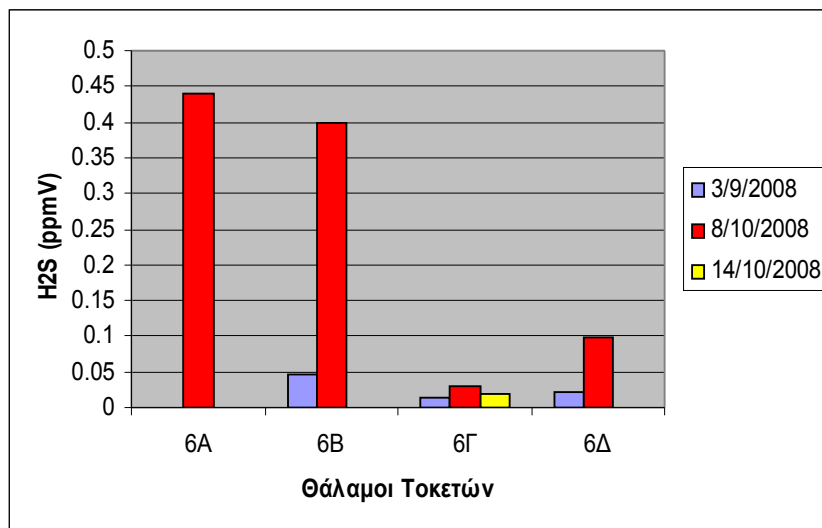
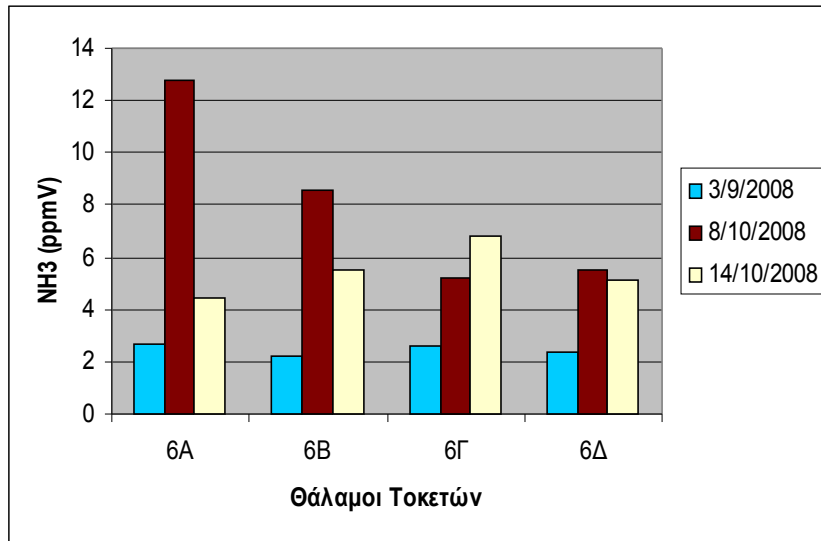
Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- Η αμμωνία κυμαίνεται σε γενικά χαμηλά επίπεδα και δείχνει να ελαττώνεται για μικρότερους χρόνους παραμονής των λυμάτων. Ωστόσο για 14/10/2008 παρόλο που οι ημέρες ανοίγματος ήταν περισσότερες σε σχέση με 8/10/2008 (5 και 4 ημέρες αντίστοιχα) καταγράφηκαν μικρότερες τιμές NH_3 και μάλιστα για σαφώς μεγαλύτερο πλήθος ζώων.
- Συγκρίνοντας τις H_2S μεταξύ 11/09/2008 και 8/10/2008 παρατηρούμε ότι ενώ για 11/09/2008 έχουμε και περισσότερες ημέρες ανοίγματος αλλά και μεγαλύτερο πλήθος ζώων, εντούτοις στις 8/10/2008 καταγράφηκαν υψηλότερες τιμές.
- Όσον αφορά τις μετρήσεις για 14/10/2008 παρατηρούμε ότι οι πολύ χαμηλές τιμές αμμωνίας (<1 ppmV) συνδυάστηκαν με σχεδόν μηδενικές τιμές υδρόθειου παρά το γεγονός ότι το πλήθος των ζώων ήταν το μεγαλύτερο από όλες τις ημέρες.

3.3 Θάλαμοι Τοκετών (GES)

Κτήριο 6

Η καταγραφή των τιμών NH_3 και H_2S έδειξε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

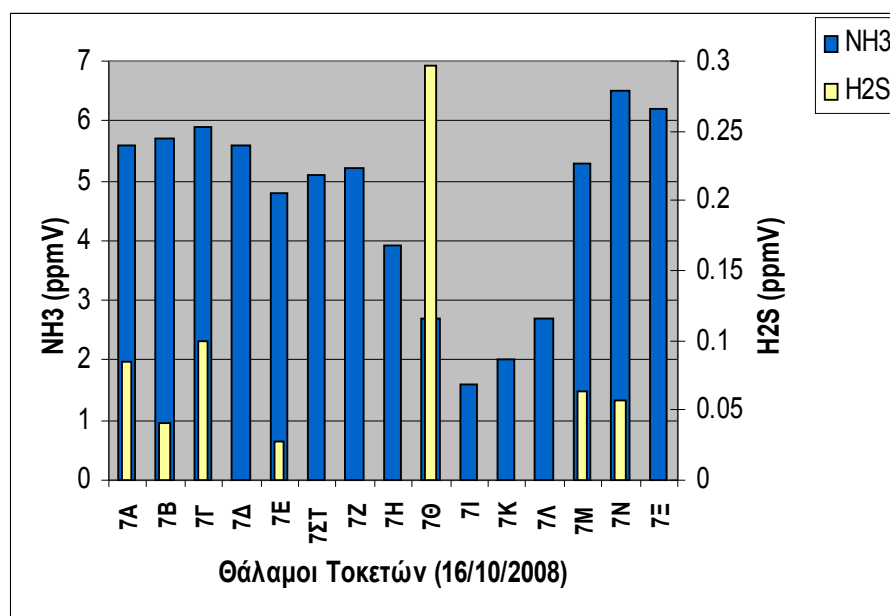


Ο πίνακας με τα χαρακτηριστικά των θαλάμων έχει ως εξής:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ ΙΑ	ΣΤΑΔΙ Ο	ΘΑΛΑΜ ΟΣ	Ημέρες Ανοίγματος
03/09/08	GES	6Α	1
03/09/08	GES	6Β	1
03/09/08	GES	6Γ	0 (4)
08/10/08	GES	6Α	6
08/10/08	GES	6Β	6
08/10/08	GES	6Γ	5
08/10/08	GES	6Δ	5

- Με εξαίρεση στις 3/9/2008 η αμμωνία ξεπέρασε τα 4 ppmV και μάλιστα στις 8/10/2008 στους 6Α και 6Β έφτασε στα 12 ppmV και 8 ppmV, τιμές που συνδυάστηκαν με αντίστοιχες πολύ υψηλές τιμές υδρόθειου. Συγκεκριμένα οι εν λόγω θάλαμοι έφτασαν σε μέσες τιμές υδρόθειου 70-80 φορές μεγαλύτερες από το όριο όσφρησης.
- Παρατηρούμε ότι οι πολύ υψηλές τιμές στους 6Α, 6Β σχετίζονται με το μεγάλο χρόνο παραμονής λυμάτων (6 ημέρες ανοίγματος) αφού σε αντίστοιχες που διεξήχθησαν για χρόνο ανοίγματος ίσο με 1 ημέρα οι τιμές υδρόθειου και αμμωνίας ήταν πολύ χαμηλότερες. Αντίθετα οι 6Γ και 6Δ δεν επέδειξαν υψηλές τιμές για 8/10/2008, γεγονός που μπορεί να οφείλεται και στον αριθμό ζώων για τα οποία δεν υπάρχουν δεδομένα.

Για το κτίριο 7 εξαιτίας της ύπαρξης πολλών θαλάμων αποφασίστηκε να γίνει μια λεπτομερής ημερήσια καταμέτρηση όλων των θαλάμων και να συγκριθούν οι αντίστοιχες τιμές αμμωνίας και υδρόθειου με τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά. Το γράφημα που προέκυψε και ο αντίστοιχος πίνακας με τα χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:

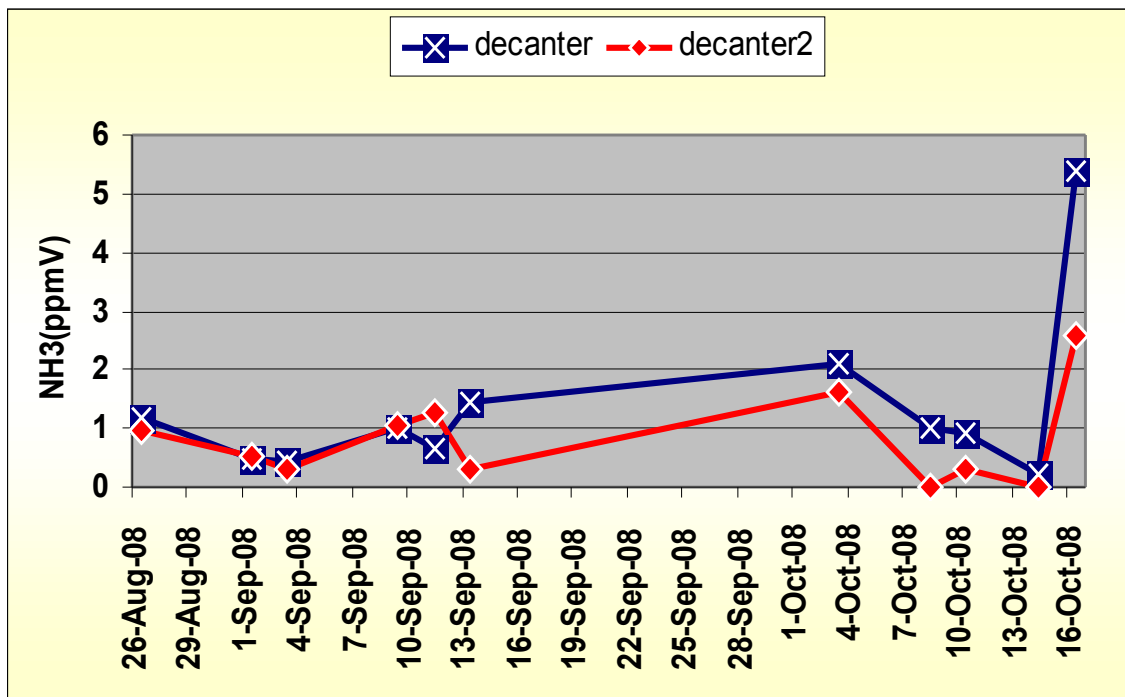


ΗΜΕΡΟΜΗ ΝΙΑ	ΣΤΑ ΔΙΟ	ΘΑΛΑΜ ΟΣ	Ημέρες Ανοίγματος
16/10/2008	GES	7Α	4
16/10/2008	GES	7Β	4
16/10/2008	GES	7Γ	4
16/10/2008	GES	7Δ	4
16/10/2008	GES	7Ε	4
16/10/2008	GES	7Ζ	4
16/10/2008	GES	7Η	4
16/10/2008	GES	7Θ	15
16/10/2008	GES	7Ι	10
16/10/2008	GES	7Κ	7
16/10/2008	GES	7Λ	7
16/10/2008	GES	7Μ	7
16/10/2008	GES	7Ν	4
16/10/2008	GES	7Ξ	2

- Η πλειονότητα των θαλάμων ξεπερνά την τιμή των 4 ppmV για την αέρια αμμωνία. Θα λέγαμε ότι οι μέσες τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τον θάλαμο 6.
- Ο θάλαμος 7Θ παρουσίασε πολύ υψηλές τιμές H₂S (60 φορές πάνω από το όριο όσφρησης) γεγονός που επαληθεύεται από τις υπερβολικά πολλές ημέρες ανοίγματος (15 στον αριθμό) με αποτέλεσμα την δημιουργία έντονα αναερόβιων συνθηκών και συνεπώς την ύπαρξη θειοαναγωγικών βακτηρίων.
- Με εξαίρεση τον θάλαμο 7Θ όπου πρόκειται για μεμονωμένη περίπτωση σε γενικά επίπεδα το υδρόθειο κυμάνθηκε σε γενικά χαμηλά επίπεδα με αυξομειώσεις ανά θάλαμο. Ωστόσο οι πολύ χαμηλές (έως μηδενικές) τιμές υδροθείου για τον θάλαμο 7Ι (με 10 ημέρες ανοίγματος) μάλλον σχετίζονται με τον αριθμό των ζώων για το οποίο δεν υπάρχουν δεδομένα.

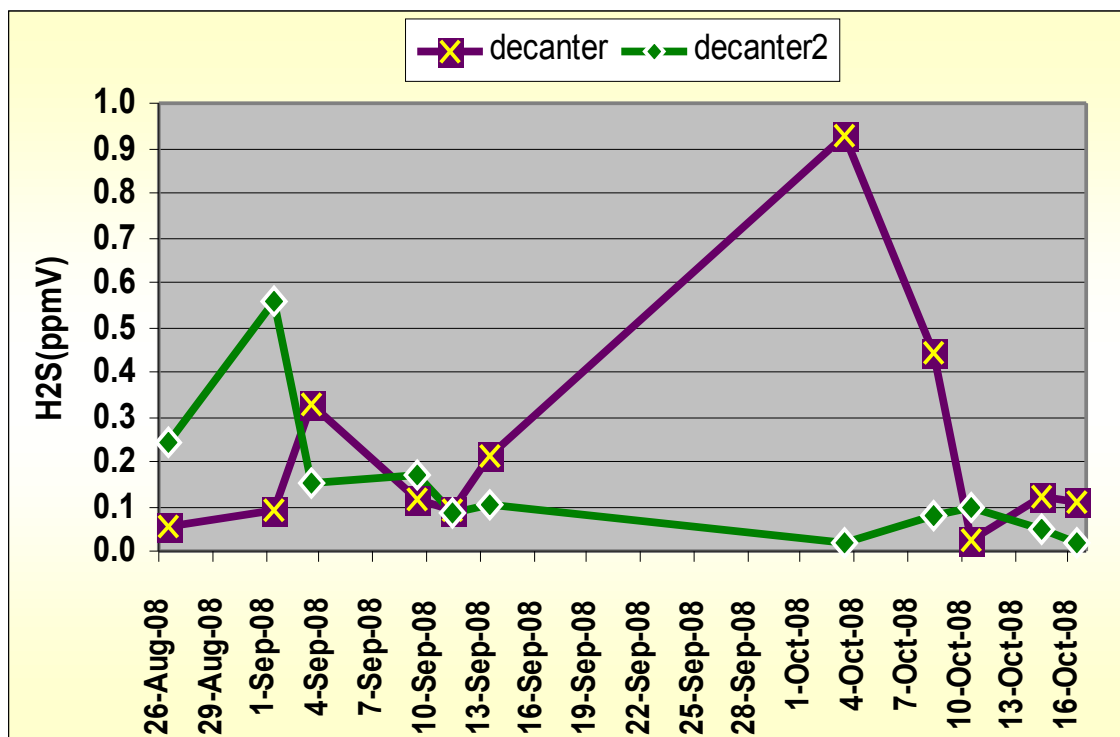
3.4 Διαχωριστήρας Περιπτώσεων

Στη συγκεκριμένη περιοχή το πρόβλημα των οχλήσεων από οσμές καθίσταται άμεσα αντιληπτό μέσω της όσφρησης αφού το τελικό προϊόν που παράγεται είναι εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα και συνεπώς οι οχλήσεις διαχέονται απευθείας στις γύρω περιοχές. Οι μετρήσεις NH_3 και H_2S έγιναν σε καθημερινή βάση για χρόνους περίπου 10 min ώστε να συμπεριληφθούν όλες οι πιθανές διακυμάνσεις. Οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις που καταγράφηκαν παριστάνονται αναλυτικά στα παρακάτω γραφήματα:



Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι η αμμωνία κυμάνθηκε σε επίπεδα χαμηλότερα των 2 ppmV και σε κάθε περίπτωση σε τιμές σαφώς χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των θαλάμων. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο αφού η φυγοκέντριση έχει ως αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να βρίσκεται υπό στερεά μορφή και να έχει διαχωριστεί από την υγρή φάση η οποία είναι και η κύρια πηγή ουρίας και συνεπώς εκλύσεων αμμωνίας. Εντούτοις στις 16/10/2008 σημειώθηκαν αρκετά υψηλές τιμές που ο μέσος όρος τους ξεπέρασε τα 5 ppmV, τιμή που κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα με αυτές των θαλάμων. Φαίνεται λοιπόν βάσει των μετρήσεων ότι στη περιοχή που είναι εγκατεστημένα τα decanters, οι εκλύσεις αμμωνίας δεν συνεισφέρουν σημαντικά στο συνολικό πρόβλημα των οχλήσεων.

Κάτι αντίστοιχο δεν συμβαίνει με το υδρόθειο όπου σε κάθε περίπτωση οι ημερήσιες μέσες τιμές ξεπέρασαν κατα πολύ την οριακή τιμή κατωφλιού όσφρησης. Το αντίστοιχο γράφημα έχει ως εξής:



Παρατηρούμε λοιπόν σε ορισμένες ημέρες οι μέσες συγκεντρώσεις του εκπεμπόμενου υδρόθειου στην ατμόσφαιρα έφτασαν σε επίπεδα 80-200 φορές πάνω από το κατώφλι οσμής, με αποτέλεσμα να αποτελεί μια πολύ βεβαρημένη περιοχή για τη δημιουργία οχλήσεων. Μάλιστα ορισμένες ενδιάμεσες τιμές που είχαν καταγραφεί στο χρονικό διάστημα των 10 min που γινόντουσαν οι μετρήσεις ήταν ακόμη υψηλότερες και σημειώθηκαν κυρίως σε ημέρες όπου υπήρχε συσσώρευση μεγάλης ποσότητας του τελικού προϊόντος. Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις οι τιμές υδρόθειου που ελήφθησαν πλησίον του κοχλία μεταφοράς της λάσπης (decanter 2) ήταν υψηλότερες από αυτές στο ίδιο το decanter. Ενδεχομένως αυτό να προέκυψε λόγω κάποιων διαρροών από τη δεξαμενή παραμονής των λυμάτων.

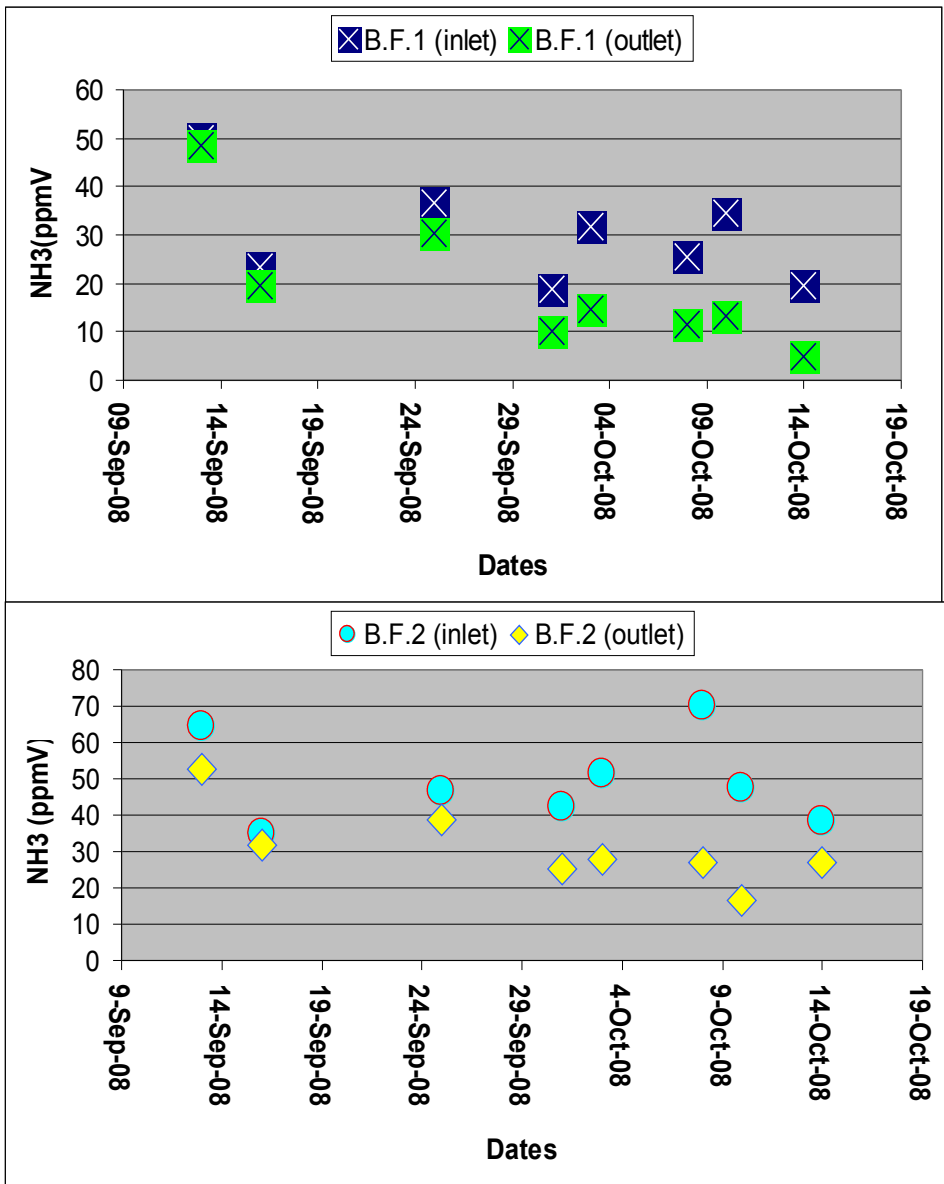
Φαίνεται λοιπόν ότι η διαχείριση των εκλυόμενων οσμών στην εν λόγω εγκατάσταση καθίσταται επιτακτική αφού πρόκειται για μια συνεχή πηγή παροχής οχλήσεων στο περιβάλλον και επιβάλλει τη μείωση του χρόνου παραμονής της παραγόμενης λάσπης και συνεπώς την απευθείας μεταβίβαση της στη μονάδα κομποστοποίησης. Δεδομένου ότι κατά την διάρκεια της μεταφοράς του προϊόντος θα δημιουργούνται ακόμη περισσότερες οχλήσεις, επιβάλλεται η εγκατάσταση ενός συστήματος «σκεπής/πλαϊνών» για εγκλωβισμό των οσμών και απαγωγού των αερίων σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα απόσμησης.

3.5 Μονάδα Κομποστοποίησης

Από τις μετρήσεις που ελήφθησαν στη μονάδα κομποστοποίησης τα σημαντικότερα άμεσα συμπεράσματα είναι τα εξής:

- Εξαιρετικά υψηλές τιμές NH₃ (έφτασε και τα 100 ppmV) και μάλιστα 10-20 φορές υψηλότερες από τους μέσους όρους τιμών των θαλάμων ανάπτυξης-πάχυνσης-τοκετών.
- Μηδενικές συγκεντρώσεις υδρόθειου (αναμενόμενο λόγω αερισμού λάσπης και αλκαλικού pH). Το υδρόθειο δημιουργείται υπό αναερόβιες συνθήκες και σε σχετικά όξινο περιβάλλον

Φαίνεται λοιπόν ότι ενώ αρχικά στα decanters η κύρια οχλούσα ουσία είναι το υδρόθειο, αντίθετα στη μονάδα κομποστοποίησης το πρόβλημα εστιάζεται στην αμμωνία. Οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας καθιστούν απαραίτητη την αποδοτική λειτουργία των βιοφίλτρων. Προκειμένου να ελεγχθεί η αποδοτικότητά τους ελήφθησαν μετρήσεις στην είσοδο και στην έξοδο του καθενός από αυτά και προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:



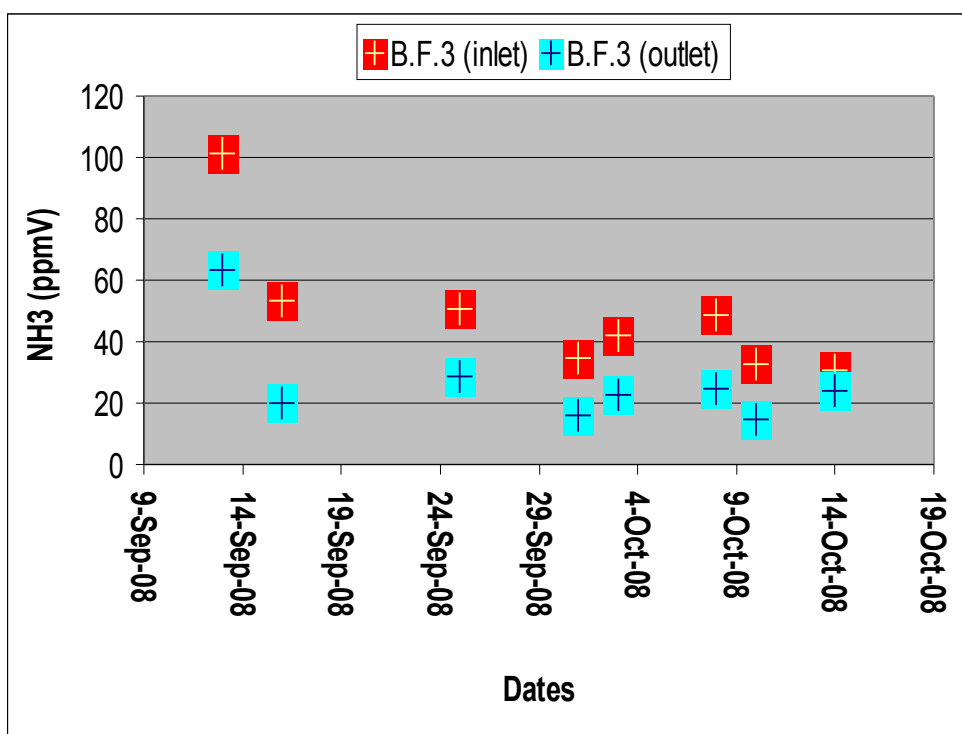
Οι αντίστοιχες αποδόσεις που προκύπτουν από τα παραπάνω γραφήματα έχουν ως εξής:

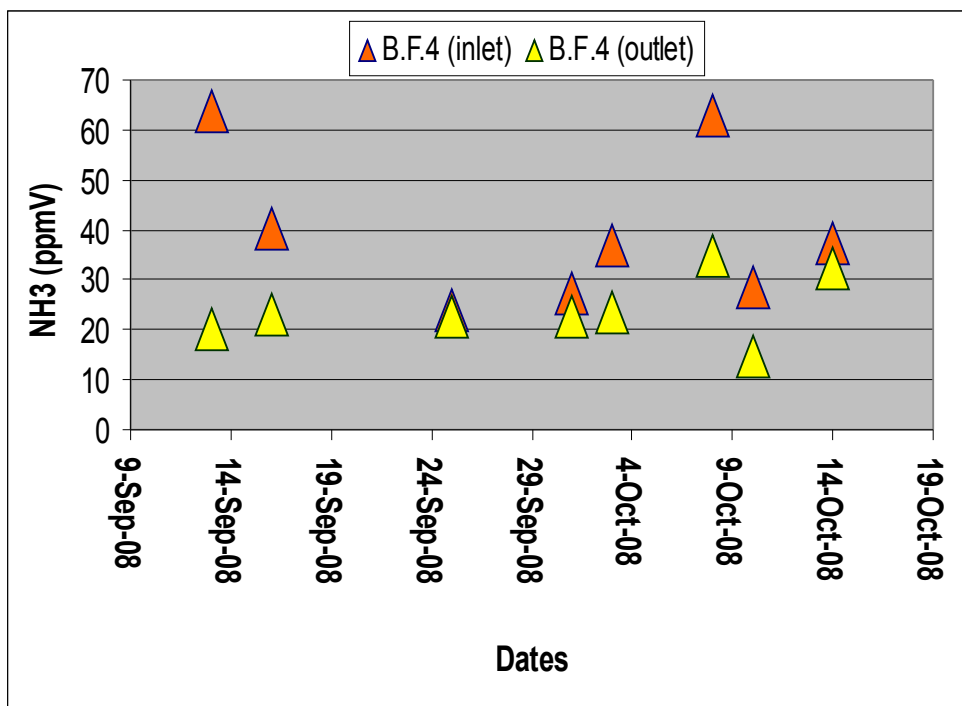
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	A1 (%)	A2 (%)
13/9/08	2,81	18,32
16/9/08	15,88	9,20
25/9/08	17,66	17,38
1/10/08	47,37	39,67
3/10/08	54,11	45,53
8/10/08	54,51	61,3
10/10/08	64,63	64,9
14/10/08	75,51	29,06

Παρατηρούμε λοιπόν ότι:

- Οι αποδόσεις των βιοφίλτρων κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα και δεν παραμένουν σταθερά, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει εμφανές πρόβλημα στη δημιουργία βιοφίλμ στο πληρωτικό υλικό των βιοφίλτρων και στη αδυναμία προσέγγισης μόνιμων καταστάσεων λειτουργίας (λόγω αδυναμία δημιουργίας βιοφίλμ στο υλικό πλήρωσης)
- Οι υψηλές συγκεντρώσεις εισόδου σε συνδυασμό με τις χαμηλές αποδόσεις λειτουργίας καθιστούν τη μονάδα κομποστοποίησης μια à πολύ σημαντική πηγή οχλήσεων αμμωνίας στις γύρω περιοχές.

Παρόμοια εικόνα εμφανίστηκε και για τα άλλα δύο βιόφιλτρα:





Οι αντίστοιχες αποδόσεις λειτουργίας ως προς την αμμωνία φαίνονται παρακάτω:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	A3 (%)	A4 (%)
13/9/08	37,44	68,23
16/9/08	62,50	43,03
25/9/08	43,08	4,6
1/10/08	52,76	17,15
3/10/08	46,19	36,76
8/10/08	48,67	44,52
10/10/08	53,99	47,89
14/10/08	22,22	13,48

Ομοίως διαπιστώνουμε η απομάκρυνση της αμμωνίας όχι μόνο δεν έφτασε στο 90-95% αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις η έξοδος των βιοφίλτρων εμφάνισε μέσες τιμές σχεδόν ίσες με την είσοδο. Συμπερασματικά λοιπόν ισχύουν τα ακόλουθα:

- Η απόδοση των βιοφίλτρων είναι σαφώς κάτω των προδιαγραφών του κατασκευαστή και σε καμία περίπτωση δεν επιτυγχάνεται απόσμηση.
- Η υγρασία που υπάρχει εντός των βιοφίλτρων χρήζει άμεσης διερεύνησης αφού όταν αυτή κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα βουλώνουν οι πόροι και δεν έρχεται το αέριο σε επαφή με τους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα το σύστημα να υπολειτουργεί.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας έχω:

➤ **ΣΤΟΥΣ ΘΑΛΑΜΟΥΣ** το υδρόθειο επηρεάζεται από την ηλικία των ζώων και από τις μέρες ανοίγματος των καναλιών, ενώ η αμμωνία είναι πιο αστάθμητος παράγοντας αφού τίποτα από τα δύο δεν δείχνει να την επηρεάζει.

➤ **ΣΤΟΥΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΩΝ** η αμμωνία κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα καθώς η φυγοκέντριση έχει ως αποτέλεσμα το τελικό προϊόν να βρίσκεται υπό στερεά μορφή και να έχει διαχωριστεί από την υγρή φάση η οποία είναι και η κύρια πηγή ουρίας και συνεπώς εκλύσεων αμμωνίας. Οι δε μέσες συγκεντρώσεις του εκπεμπόμενου υδρόθειου στην ατμόσφαιρα έφτασαν σε επίπεδα 80-200 φορές πάνω από το κατώφλι οσμής, με αποτέλεσμα να αποτελεί μια πολύ βεβαρημένη περιοχή για τη δημιουργία οχλήσεων.

➤ **ΣΤΑ ΒΙΟΦΙΛΤΡΑ** η απόδοση τους είναι σαφώς κάτω των προδιαγραφών του κατασκευαστή και σε καμία περίπτωση δεν επιτυγχάνεται απόσμηση. Η υγρασία που υπάρχει εντός των βιοφίλτρων χρήζει άμεσης διερεύνησης αφού όταν αυτή κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα βουλώνουν οι πόροι και δεν έρχεται το αέριο σε επαφή με τους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα το σύστημα να υπολειτουργεί.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adid, F., Bagreev, A., and Bandosz, T.J. 1999. Effect of surface characteristics of wood-based activated carbons on adsorption of hydrogen sulphide. *J. Colloid. Interface. Sci.* 214, 407-415.
- AIHA, 1989. *Odor Thresholds for Chemicals with Established Occupational Health Standards*. American Industrial Hygiene Association, 2700 Prosperity Avenue, Suite 250, Fairfax, Virginia 22031.
- Amoores, J. E. 1985. *The perception of hydrogen sulfide odor in relation to setting an ambient standard*. Olfacto-Labs, Berkeley, CA: prepared for the California Air Resources Board
- ASCE, 1989. *Sulfide in wastewater collection and treatment systems*. American Society of Civil Engineering- Manuals and reports on engineering practice. 69,324.
- Arogo, J., Westerman, P.W., and Heber, A.J. 2003. A review of ammonium emissions from confined swine feeding operations. *Trans. ASAE.* 46,805–817.
- Augusto, F., Koziel, J.A., and Pawliszyn, J. 2001. Design and validation of portable SPME devices for rapid field air sampling and diffusion based calibration. *Anal. Chem.* 73,481-486.
- Bandocz, T.J., Bagreev, A., Adib, F., and Turk, A. 2000. Unmodified versus caustic-impregnated carbons for control of hydrogen sulphide emissions from sewage plants. *Envir. Sci. Technol.* 34, 1069-1074.
- Bjerre, H.L., Hvitved-Jacobsen, T., and Schlegel, S. 1998. Biological activity of biofilm and sediment in the Emscher River. *Water Sci. Technol.* 37(1), 9-16.
- Boon, A.G., and Lister, A.R. 1975. Formation of sulfide in rising main sewers and its prevention by injection of oxygen. *Prog. Water Tech.* 7(2), 289-300.
- Boon, A.G. 1995. Septicity in sewers: causes, consequences and containment. *Water Sci. Techn.* 31(7), 237-253.
- Cariou, S., and Guillot, J.M. 2006. Double-layer tedlar bags: a means to limit humidity evolution of air samples and to dry humid air samples. *Annals of Bioanal. Chem.* 384,468-474.
- Cooper, P.F., and Wheeldom, D.H. 1991. Complete treatment of sewage in a two-fluidised bed system. In: *Biological fluidized bed treatment of water and wastewater*, Ellis Horwood Ltd., London.
- Everett, D.H. and Powl, J.C. 1976. Adsorption in slit-like and cylindrical micropores in the Henry's Law region. *J. Chem. Soc. Farad. Trans.* 72, 619-636.
- Gostelow, P., Parsons, S.A. and Stwetz, R.M. 2001. Odour measurements for sewage treatment works. *Water Res.* 35, 579-597.
- Gregg, S.J. and Sing, K.S.W. 1982. *Adsorption, Surface Area and Porosity*. Academic Press, New York.
- Hobson, J. 1995. The odour potential—a new tool for odour management. *Water Environ. Manag.* 9, 458-463.
- Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J. and Nielsen, P.H. 1998a. A process and model concept for microbial wastewater transformations in gravity sewers. *Water Sci. Technol.* 37(1), 233-241.
- Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J. and Tanaka, N. 1998b. Wastewater quality changes during transport in sewers—an integrated aerobic and anaerobic model concept for carbon and sulfur microbial transformations. *Water Sci. Technol.* 38(10), 257-264.
- Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J. and Nielsen, P.H. 2001. Sulfur transformations during sewage transport. In: *Environmental technologies to treat sulfur pollution – principles and engineering*, IWA Publishing, London, pp. 131-151.
- Hwang, Y., Matsuo, T., Hanaki, K. and Suzuki, N. 1995. Identification and quantification of sulfur and nitrogen containing odors compounds in wastewater. *Water Res.* 29(2), 711-718.
- Kai, P. *Production and Emission of Odor and Gases from Pig Housing*. 2005. Ph.D. Dissertation. Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark.
- Karageorgos, P., Kotsifaki, C. and Kalogerakis, N. 2007. *Use of oxidants for odour control in municipal wastewater treatment plants*. In 10th International conference on environmental science and technology (CEST-2007). September 2007, Kos Island, Greece.
- Karageorgos, P., Latos, M., Lazaridis, M. and Kalogerakis, N. 2008. *Combating unpleasant odours in*

- the municipal wastewater treatment plant of Chania.* In 9th International Conference on Protection and Restoration of the environment (PRE-9). June 2008, Kefalonia Island, Greece.
- Karageorgos,P., Latos,M., Lazaridis, M. and Kalogerakis, N.2009. *Identification of odorous emissions at a piggery facility in rethymno-Crete.* In 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE). June 2009, Mykonos Island, Greece.
 - Karageorgos,P., Latos,M., Kotsifaki,C., Lazaridis,M. and Kalogerakis,N. 2010a. Treatment of unpleasant odors in municipal wastewater treatment plants. *Water Sci. Technol.* 61(10), 2635-2644.
 - Karageorgos,P., Latos,M., Mpasiakos,C.,Chalarakis,E.,Dimitrakakis,E., Daskalakis,C.,Psillakis,E.,Lazaridis,M. and Kalogerakis,N.2010b. Characterization and dispersion modeling of odors from a piggery facility. *J. Environ. Quality* (accepted for publication).
 - Keener,K.M., Zhang,J., Bottcher,R.W. and Munilla,R.D.2000.Evaluation of thermal desorption for the measurement of artificial swine odorants in the vapor phase. *Trans.ASAE.* 43,1229-1239.
 - Kim-Yang,H.,Davies,S.,Von Bermuth,R.D. and Kline, E.A. 2001. *A Comparison of sampling methods for the characterization of odorous compounds in livestock facilities using gas chromatography-mass spectrometry.* American Society of Agricultural Engineers :St.Joseph,Michigan, ASAE Meeting paper No.01-4037
 - Koziel,J.A, Lingshuang,C.,Wright,D.W and Hoff,J.S. 2006. Solid phase microextraction as a novel air sampling technology for improved, GC-Olfactometry-Based assessment of livestock odors, *J. Chrom. Scien.* 44,451-457.
 - Latos,M., Karageorgos,P., Mpasiakos,C., Kalogerakis,N. and Lazaridis,M.2010a. Dispersion modeling of odors emitting from pig farms: winter-spring measurements. *Glob. Nest J.*10(1), 46-53.
 - Latos,M., Karageorgos,P., Kalogerakis,N. and Lazaridis,M. 2010b. Dispersion of odorous gaseous compounds emitted from wastewater treatment plants. *Wat.Air.Soil.Poll.* (accepted for publication)
 - Le, P.D., Aamink, A.J, Becker, P.M. and Versteegen, M.W. 2005. Odor from animal production facilities: Its relationship to diet. *Nutr. Res. Rev.*18,3-30.
 - Livermore, A. and Laing, D.G.1998.The influence of chemical complexity on the perception of multicomponent odor mixtures. *Percept. Psychophys.* 60,650-661.
 - Matos, J.S and de Sousa, E.R.1996.Prediction of dissolved oxygen concentration along sanitary sewers. *Water Sci.Technol.* 34(5-6),525-532.
 - Mc Ginn, S.M, Jansen, H. and Coates, T. 2003. Atmospheric ammonia, volatile fatty acids and other odorants near beef feedlots. *J. Environ. Quality.*32,1173-1182.
 - Nagata, Y. 1990. Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method, *Bull. Japan Environ. Sanit. Center.* 17,77-89.
 - Ni, J.Q. and Heber, A.J.2001. *Sampling and measurement of ammonia concentration at animal facilities.* American Society of Agricultural Engineers: Sacramento,USA. ASAE Meeting paper No.01-4090.
 - Nicell, J. and Henshaw,P. 2007. Odor Impact Assessments Based on Dose-Response Relationships and Spatial Analyses of Population Response. *Wat. Pract.* 1,1-14.
 - Nicell, J.2003.Expressions to Relate Population Responses to Odor Concentration. *Atmosph. Environ.* 37,4955-4964.
 - O'Neill,D.H and Philips,V.R.1992. A review of the control of odor nuisance from livestock buildings. *J.Agric.Eng.Res.* 53(1), 23-50.
 - Pawliszyn,J.1997.*Applications in Solid Phase Microextraction - Theory and Practise.* Wiley-VCH:New York.
 - Pomeroy, R.D and Parkhurst,J.D.1977.The forecasting of sulfide build-up rates in sewers. *Prog.Water.Techn.* 9(3),621-628.
 - Razote,E., Edna,J., Maghirand,R. and Chobpattana,W. 2002.Dynamic air sampling of volatile organic compounds using solid phase microextraction. *J.Env.Sci.Health.* 37(4),365-378.
 - Schauberger, G. and Piringer, M. 2004. Assessment of the odour concentration in the near-field of

small sources. *Environ. Odor Manag. VDI-Berichte*. 1850,343-352.

- Schlegelmilch, M., Streese, J. and Stegmann, R. 2005. Odour management and treatment technologies: An overview. *Waste Manag.* 25, 928–939.
- Shareefdeen, Z., Herner, B., Webb, D. and Wilson, S. 2003. Biofiltration eliminates nuisance chemical odors from industrial air streams. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 30, 168-174.
- Schiffman, S.S., Bennett, J.L. and Raymer, J.H. 2001. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. *Agric. Forest Meteorol.* 108, 213-240.
- Schiffman, S.S. 1998. Livestock odors: Implications for human health and well being. *J. Anim. Science.* 76, 1343-1355.
- Smith, M.E. 1973. *Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents*. ASME. New York.
- Steins, M. and Mars, P. 1977. Catalytic oxidation of hydrogen sulfide. Influence of pore structure and chemical composition of various porous substances. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.* 16, 35-41.
- Suffet, I.H., Burlingame, G.A., Rosenfeld, P.E. and Bruchet, A. 2004. The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater plants. *Water Sci Technol.* 50(4), 25-32
- Tchobanoglous, G. and Burton, F.L. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf and Eddy Inc., McGraw Hill Inc., New York.
- Thistlethwayte, D.K.B. and Goleb, E.E. 1972. *The composition of sewer air*. In: Proc. 6th International Conference on Water Pollution Research, Israel, June 1972, 281-289.
- Turk, A., Rago, O. and Karamitsos, H. 1992. Activated carbon systems for removal of light gases. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 661, 221-227.
- U.S. EPA. 2004. *AERMOD: Description of the model formulation*. EPA-454/R-03-004. U.S. Environmental Protection Agency, RTP, NC.
- U.S. E.P.A. 1985. *Design Manual for Odor and Corrosion Control in Sanitary Sewerage Systems and Treatment Plants*. EPA/625/1-85/018, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Vincent, A., and Hobson J. 1999. *Odour Control*. CIWEM Monographs on Best Practices 2. Terence Dalton, London.
- WEF. 1995. *Odor Control in Wastewater Treatment Plants*. WEF Manual of Practice No. 22, Water Environment Federation, Alexandria, VA.
- Winegar, E.D. and Schmidt, C.C. 1998. Jerome 631-X portable hydrogen sulfide sensor : laboratory and field evaluation. In: *Report to Arizona Instrument Corporation*, pp 15.
- Winter, P. and Duckman, S.C. 2000. Analysis of volatile odour compounds in digested sewage sludge and aged sewage sludge cake. *Water Sci. Technol.* 41(6), 73-80.
- Yang, Y. and Allen, E.R. 1994. Biofiltration Control of hydrogen sulfide: Design and Operational Parameters. *J. Air and Water Manag. Assoc.* 44, 863-868.
- Yongsiri, C. 2004. *Emission and fate of hydrogen sulfide in sewer networks*. Ph.D. Dissertation, Aalborg University, Denmark.
- Zhang, L., De Scryver, P. and Schegel, S. 2008. Chemical and Biological Technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: A review. *Water Res.* 42, 1-12.
- Στάμου, Α.Ι. 2004. *Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.