ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αφιερώνεται
σε όσους με στήριξαν

Ευχαριστίες

Νοιώθω ευτυχής που βρέθηκα στο τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης όπου και σπούδασα στο προπτυχιακό τμήμα.

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέπων αναπληρωτή καθηγητή κ. Λαζαρίδη Μιχάλη για την ανάθεση της εργασίας, την βοήθεια και την υπομονή που επέδειξε καθ'όλη την διάρκεια της μελέτης.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω και στα μέλη της επιτροπής κ. Καλογεράκη Νικόλαο και Μαντζαβίνο Διονύσιο.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ οφείλω στον εργαστηριακό βοηθό Λάτο Μανώλη. Χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του η περαίωση της εργασίας θα ήταν πολύ πιο δύσκολη.

Ενα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους γονείς μου και την αδερφή μου για την υπομονή τους και την κάθε είδους βοήθεια που μου προσέφεραν όλα αυτα τα χρόνια της φοίτησης μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου οι οποίοι κατά καιρούς ο καθένας με τον τρόπο του βοήθησαν στην ζωή μου στα Χανιά, στις καλές και στις κακές στιγμες μου και χωρίς αυτούς δεν θα ήταν τόσο ωραία. Αντώνη, Δημήτρη, Χριστίνα, Στέλιο, Αντιγόνη, Γιάννη, Δήμο, Νανή, Αντώνη, Παναγιώτη, Δημήτρη, Νώντα, Νεκτάριε σας ευχαριστώ…..

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι μια μελέτη της εκτίμησης της όχλησης που μπορεί να προκληθεί από την εκπομπή υδροθείου απο τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων Χανίων στις γύρω κατοικιμένες περιοχές. Η μελέτη των επιπτώσεων των οσμηρών χημικών ενώσεων διαφοροποιείται απο την μελέτη των «κλασσικών» ρύπων.

Αυτή την στιγμή υπάρχουν πολλά μοντέλα τα οποία μπορούν να προσομοιώσουν την διασπορά των οσμών στην ατμόσφαιρα. Είναι πολύ βασικό λοιπόν να γίνει μια προσεκτική επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί στην εργασία. Για τον λόγο αυτό μελετήθηκαν αναλυτικά τα κυριότερα μοντέλα που χρησιμοποιούνται και σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η μελέτη της διασποράς των οσμών επιλέχθηκε ως καταλληλότερο το μοντέλο ISC και συγκεκριμένα η long-term εκδοχή του.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορεί να είναι μικρότερα απο το όριο ανίχνευσης του υδροθείου στην ατμόσφαιρα αλλα παρόλα αυτά να παρατηρείται όχληση. Αυτό συμβαίνει διότι το όριο ανίχνευσης αντιστοιχεί στην συγκέντρωση που η οσμή γίνεται αντιληπτή απο το 50% των ανθρώπων που εκτίθεται σε αυτή οπότε σε μικρότερες συγκεντρώσεις η οσμή μπορεί να ανιχνευθεί απο μικρότερο ποσοστό ανθρώπων.

Το μοντέλο διασποράς εφαρμόστηκε στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων Χανίων. Για την εισαγωγή αντιπροσωπευτικών μετεωρολογικών δεδομένων στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα απο τον μετεωρολογικό σταθμό της Σούδας. Οι εκπομπές υπολογίστηκαν βάσει μετρήσεων που έγιναν στην υπο μελέτη εγκατάσταση (in situ). Οι παροχές λυμάτων που εισήχθησαν στο μοντέλο είναι τα επίσιμα στοιχεία τα οποία δόθηκαν απο την Δ.Ε.Υ.Α.Χανίων.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις συγκεντρώσεις του υδροθείου στην ατμόσφαιρα στις μελετούμενες κατοικιμένες περιοχές υποδεικνύουν οτι δεν υπάρχει ισχυρή πιθανότητα όχλησης λόγω των οσμών παρα μόνο σε ακραίες καιρικές

συνθήκες και σε χρονικές περιόδους οπου παρατηρούνται αυξημένες εκπομπές. Επίσης, εφαρμόστηκαν διάφορα σενάρια με διαφορετικά δεδομένα εισόδου ώστε να μελετηθεί η επίδραση διαφορετικών μετεωρολογικών συνθηκών ή διαφορετικών εκπομπών του υδροθείου στην όχληση που προκαλείται.

Abstract

The present study focus on the development of an approach for the study of the impacts caused from hydrogen sulfide emissions from the wastewater treatment plant of Chania to the inhabited areas. This study requires a different approach in relation to the study of “classical” pollutants.

Nowdays, there are many models used for modeling the dispersion of pollutants in the air. Therefore, it is very important to choose the appropriate model for the specific study whch focus on odour emissions. For this reason the main models currently used for pollutant dispersion in air were studied in detail, and taking into account the peculiarities in the analysis of the dispersion of odors, the ISC model was adopted.

The ISC dispersion model was applied to the wastewater treatment plant of Chania. In order to use representative meteorological data observations from the meteorological station of Souda was used. The emissions were calculated from measurements which occurred in the study facilities (in situ measurements). The wastewater supplies data which are used in this model are the official data given by the public service of water and sewerage treatment of the Chania Municipality (DEYACH)

The results of the concentrations of hydrogen sulfide in air over the studied inhabited areas indicate that there is no strong likelihood of nuisance except in cases of extreme meteorological conditions or seasons with large emissions (summer) . Furthermore, some scenarios with different input data were applied in order to study the influence of different weather conditions and emissions characteristics to ambient hydrogen sulfide concentrations.

Εισαγωγή αντικείμενο και στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται η εισαγωγή στην ατμόσφαιρα χημικών ενώσεων, ρύπων, ακτινοβολίας, θερμότητας, θορύβου ή οσμών ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης κυρίως δραστηριότητας. Η ρύπανση προκαλείται έμμεσα ή άμεσα και ενδέχεται να πλήξει την ανθρώπινη υγεία, τα οικοσυστήματα και το περιβάλλον, να υποβαθμίσει την ποιότητα των δομικών υλικών. (Directive 2008/1/EC).

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό ως ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται και η έκλυση των οσμών που προέρχονατι απο ανθρωπογενείς πηγές. Η μελέτη και η αντιμετώπιση της οσμητικής ρύπανσης απασχολεί ολοένα και περισσότερο την επιστημονική κοινότητα τις τελευταίες δεκαετίες καθώς εκφράζονται παράπονα απο τους κατοίκους γειτονικών περιοχών από περιοχές με εγκαταστάσεις που εκλύουν οσμές. Τέτοιες εγκαταστάσεις είναι συνήθως εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, κτηνοτροφικές μονάδες, εργοστάσια και χώροι συλλογής απορριμάτων. Τα παράπονα αυτά αυξάνονται τα τελευταία χρόνια αφενός γιατί υπάρχει πλέον οικιστική ανάπτυξη στις περιοχές που προυπήρχαν εγκαταστάσεις και αφετέρου γιατί υπάρχει η ανάγκη δημιουργίας νέων μονάδων κοντά σε κατοικημένες περιοχές.

Η παρουσία οσμηρών ουσιών στην ατμόσφαιρα δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Η κυριότερη επίπτωση της οσμητικής ρύπανσης είναι η όχληση που προκαλείται στους ανθρώπους. Η ανίχνευση και η αντίληψη των οσμών είναι μια σύνθετη διαδικασία του ανθρώπινου οργανισμού και οι παράγοντες που επηρεάζουν την όχληση που δημιουργείται είναι η συγκέντρωση της οσμητικής χημικής ένωσης στην ατμόσφαιρα, η συχνότητα εμφάνισης της, ο «χαρακτήρας» της και η διάρκεια της.

Οι εκπομπές των οσμών μετρούνται είτε με απευθείας μετρήσεις κοντά στην πηγή των ρύπων που ευθύνονται για την οσμή είτε χρησιμοποιώντας μεθόδους οσφρησιμετρίας. Στην παρούσα διπλωματική εργασία οι συγκεντρώσεις του υδροθείου μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας ειδικό φορητό εξοπλισμό για να υπολογιστεί ο ρυθμός εκπομπής του απο την συγκεκριμένη πηγή.

Για την προσομοίωση της μεταφοράς και της διασποράς των οσμών στην ατμόσφαιρα υπάρχουν διάφορα μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς. Τα μοντέλα αυτά είναι ως επί το πλείστον Γκαουσιανά και τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είναι το AERMOD , το ISC (Industrial Source Complex) και το CALPUFF. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την εκτίμηση της διασποράς των οσμών αλλά και για να υπολογιστούν οι μέγιστες επιτρεπόμενες εκπομπές ουσίας απο μια πηγή ωστε να μην δημιουργηθεί όχληση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι εκπομπές υδροθείου απο τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων Χανίων. Το υδρόθειο είναι η κύρια οσμή που εκλύεται απο τα ΚΕΛ ενώ εκλύονται και άλλες θειούχες ενώσεις, σουλφίδια αμμωνία και άλλες αζωτούχες ενώσεις. Το υδρόθειο είναι η ένωση που μελετάται τις περισσότερες φορές καθώς έχει χαρακτηριστική και έντονη οσμή και αποτελεί δείκτη ατμοσφαιρικής οσμητικής ρύπανσης.

Η περιοχή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων Χανίων χαρακτηρίζεται απο έντονο ανάγλυφο και η λειτουργία της μονάδας είναι συνεχής. Αφορμή για την μελέτη είναι το πλήθος των παραπόνων που έχουν διατυπωθεί απο τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών και κυρίως απο την περιοχή του Κουμπελί. Οι πηγές των οσμών είναι οι ανοιχτές δεξαμενές και χαρακτηρίζονται ως επιφανειακές.

Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίχθηκε η παρούσα μελέτη στο οποίο περιγράφεται η ιδιαιτερότητα της μελέτης των οσμών καθώς και γίνεται μία πλούσια αναφορά στον ρύπο που μελετάται (υδρόθειο) και στα χαρακτηριστικά του.

Στο κεφάλαιο 2 αναφέρονται οι κλάσεις ευστάθειας της ατμόσφαιρας και περιγράφεται η συμπεριφορά του πλουμίου ανάλογα με αυτές. Επίσης αναφέρονται τα κυριότερα μοντέλα διασποράς ρύπων που χρησιμοποιούνται σήμερα. Απο τα μοντέλα αυτά έγινε η επιλογή του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε (ISC) ,η περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του και η τροποποίηση του κώδικα λειτουργίας του ανάλογα με τα δεδομένα της μελέτης για την παραγωγή ρεαλιστικών αποτελεσμάτων.

Στο κεφάλαιο 3 περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ποσοτικοποίηση των εκπομπών υδροθείου απο το ΚΕΛ Χανίων. Γίνεται περιγραφή του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε (JEROME 631-X) και ο τρόπος λειτουργίας του. Επίσης γίνεται περιγραφή των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και των σημείων δειγματοληψείας.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται εφαρμογή του μοντέλου διασποράς για το ΚΕΛ Χανίων. Επίσης περιγράφονται τα δεδομένα εισόδου που χρησιμοποιεί το μοντέλο δηλαδή τα μετεωρολογικά δεδομένα και το ανάγλυφο της περιοχής. Στο ίδιο κεφάλαιο περιγράφονται τα σενάρια μελέτης, το πρώτο με τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν και τα επτά υποθετικά σενάρια με τροποποιημένες τις εκπομπές υδροθείου και τις διαφορετικές κλάσεις ευστάθειας της ατμόσφαιρας. Επίσης εμφανίζονται και οι κατόψεις της περιοχής μελέτης με την διασπορά του υδροθείου πάνω απο αυτή.

Τέλος στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν απο τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου καθώς και κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα που μπορεί να πραγματοποιηθεί στο πεδίο αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας έχει στραφεί στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ποιότητα του αέρα επηρεάζεται από τους κλασσικούς ρύπους όπως NO_x , O_3 , SO_2 , CO , CO_2 , καθώς δημιουργούν ένα ρυπογόνο νέφος το οποίο μπορεί να γίνει ορατό ακόμα και με γυμνό μάτι. Εκτός από τους ρύπους αυτούς όμως υπάρχουν και χημικές ενώσεις με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως είναι οι οσμές.

Οι οσμές έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά από τους «κλασσικούς» ρύπους. Μερικά χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν μελετάμε τις οσμές είναι τα παρακάτω (C.P.C.B, 2008):

- Ενώσεις διαφορετικής χημικής σύστασης μπορεί να έχουν παρόμοια οσμητικά αποτελέσματα.
- Ασθενείς οσμές δεν γίνονται αντιληπτές όταν συνυπάρχουν με ισχυρές οσμές.
- Το οσμητικό αποτέλεσμα ύπαρξης πολλών διαφορετικών οσμών μπορεί να είναι εντελως διαφορετικό απο το αποτέλεσμα που θα προέκυπτε απο κάθε μία οσμή ξεχωριστά.
- Η συνεχόμενη έκθεση σε μία οσμή προκαλεί την εξοικείωση του αποδέκτη που οδηγεί σε μη αντίληψη της οσμής.
- Κάποιες οσμητικές ενώσεις μπορεί να αλληλοεξουδετερώνονται και να μην δημιουργούν όχληση.

Η οσμή γίνεται αντιληπτή μέσω της όσφρησης η οποία εξασφαλίζει ένα μεγάλο εύρος πληροφοριών για το περιβάλλον. Ως οσμή χαρακτηρίζεται η αίσθηση που προκαλεί η εισπνοή κάποιων χημικών ενώσεων. Η οσφρητική αντίληψη μας δίνει συμπεράσματα για το πόσο δυνατή είναι μια οσμή, για το αν είναι ευχάριστη ή δυσάρεστη αλλά δεν μπορεί να αποτελέσει μέσο αναγνώρισης της. Οι δυσάρεστες οσμές συσχετίζονται συνήθως με βοθρολύμματα και την αποδιοργάνωση της οργανικής ύλης.

Παρόλο που οι περισσότερες οσμές δεν έχουν σχέση με τοξικές ενώσεις υπάρχει μια τάση αποφυγής τους για υγειονομικούς λόγους. Η οσμητική όχληση δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου αλλά η παρατεταμένη έκθεση του αποδέκτη σε ισχυρές οσμές μπορεί να προκαλέσει ναυτία, ζάλη ή αδιαθεσία. (Schiffman & Williams , 2005)

Οι οσμές επηρεάζουν την ποιότητα της ζωης και δημιουργούν στρες, απώλεια όρεξης, αυπνίες και οδηγούν σε περίεργες συμπεριφορές. (Brennan,1993). Η κύρια συνέπεια της παρουσίας των οσμών στην ατμόσφαιρα είναι η όχληση που προκαλεί στους ανθρώπους. Κάποιοι απο τους παράγοντες που επηρεάζουν το αν μια οσμή δημιουργεί όχληση είναι οι παρακάτω:

- Η συγκέντρωση της οσμής στην ατμόσφαιρα
- Πόσο δυσάρεστη είναι η οσμή
- Η συχνότητα εμφάνισης
- Η διάρκεια της εμφάνισης

1.2 Βασικά χαρακτηριστικά των οσμών

1.2.1 Όριο ανίχνευσης και όριο αναγνώρισης οσμής

Για να αποφευχθεί η δημιουργία όχλησης έχουν οριστεί κάποια όρια συγκεντρώσεων των οσμητικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα. Τα όρια αυτά είναι το όριο ανίχνευσης και το όριο αναγνώρισης. (Leonardos et. al., 1988)

Όριο ανίχνευσης οσμής : ως όριο ανίχνευσης ορίζεται η ελάχιστη συγκέντρωση της ουσίας που μπορεί να γίνει αντιληπτή ως οσμή μέσω της όσφρησης. Η διαδικασία κατα την οποία ορίζεται το όριο ανίχνευσης είναι η εξής:
Μια ομάδα εξειδικευμένων ανθρώπων εκτίθεται σε διάφορες συγκεντρώσεις μιας χημικής ένωσης. Η ελάχιστη συγκέντρωση της ουσίας στην οποία αυτή γίνεται

αντιληπτή απο το 50% της ομάδας είναι το όριο ανίχνευσης. Η συγκέντρωση αυτή ορίζεται και ως
1 odour unit*.

Όριο αναγνώρισης οσμής: ως όριο αναγνώρισης ορίζεται η συγκέντρωση εκείνη της ουσίας για την οποία τουλάχιστον το 50% της ομάδας θα μπορέσει να αναγνωρίσει την ¨ταυτότητα¨ της οσμής.

Odour Units (OU): είναι η συγκέντρωση της οσμής στην ατμόσφαιρα και ισούται με τον αριθμό των αραιώσεων ενός δείγματος αέρα με ίσους όγκους άοσμου αέρα ωστε το δείγμα να έχει συγκέντρωση ίση με το όριο ανίχνευσης της συγκεκριμένης οσμής.

Τα όρια αναγνώρισης μιας οσμής είναι συνήθως υψηλότερα απο τα όρια ανίχνευσης της.

1.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις επιπτώσεις των οσμών

Τα χαρακτηριστικά των οσμών είναι ορισμένες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τις οσμές και επηρεάζουν την αντίληψη τους από τον άνθρωπο.

Τα χαρακτηριστικά των οσμών είναι τα εξής :

- Συγκέντρωση της χημικής ένωσης
- Ένταση του ερεθίσματος
- Χαρακτηριστικά της οσμής (χαρακτηριστικές ιδιότητες που κάνουν μια οσμή να διαφέρει απο μια άλλη)
- «Ποιότητα» της οσμής (πόσο ευχάριστη ή δυσάρεστη θεωρείται)
- Διάρκεια έκθεσης στο ερέθισμα
- Ανοχή του αποδέκτη

1.2.2.1 Συγκέντρωση της οσμής

Η συγκέντρωση της οσμητικής χημικής ένωσης είναι το μόνο χαρακτηριστικό που μετριέται με αναλυτικές μεθόδους σε αντίθεση με τις άλλες διαστάσεις που αποτελούν εμπειρικά αποτελέσματα βασιζόμενα στην όσφρηση του ανθρώπου. Η συγκέντρωση είναι το χαρακτηριστικό που μετριέται συχνότερα και μετριέται με αναλυτικούς τρόπους αλλά και βάση της όσφρησης. Οι αναλυτικές μετρήσεις δίνουν συγκέντρωση για μια συγκεκριμένη οσμητική χημική ένωση. Επίσης ο αποδέκτης οριοθετεί την χαμηλότερη συγκέντρωση της ένωσης στην οποία η οσμή μπορεί να γίνει αντιληπτή (όριο ανίχνευσης).

1.2.2.2 Ένταση του ερεθίσματος

Η ένταση της οσμής είναι η ένταση του ερεθίσματος που προκαλείται στον αποδέκτη απο αυτήν. Η ένταση συνήθως περιγράφεται χρησιμοποιώντας μια υποκειμενική κλίμακα (ασθενής-μέτρια-ισχυρή) αλλά και από ποσοτικές εκτιμήσεις (π.χ η οσμή Α είναι πιο ισχυρή απο την οσμή Β) .

Η ένταση μιας οσμής προσδιορίζεται εμπειρικά βασιζόμενη στην όσφρηση ειδικά εκπαιδευμένων ανθρώπων των οποίων καταγράφεται η αντίδραση καθώς εκτίθονται σε διαφορετικές συγκεντρώσεις οσμητικών χημικών ενώσεων.

Υπάρχει μία αριθμητική κλίμακα η οποία περιγράφει την ένταση των οσμών και φαίνεται στον πίνακα 1.

Ένταση οσμής	**Κατηγορία**
Εξαιρετικά ισχυρή	6
Πολύ ισχυρή	5
Ισχυρή	4
Αισθητή	3
Ασθενής	2
Πολύ ασθενής	1
Μη ανιχνεύσιμη	0

Πίνακας 1: Αριθμητική κλίμακα περιγραφής της έντασης της οσμής (VDI, 1992)

Η συγκέντρωση και η ένταση μιας οσμής είναι άμεσα συνδεδεμένες. Η αντιλαμβανόμενη ένταση αυξάνεται όσο αυξάνεται και η συγκέντρωση μιας οσμής αλλα η σχέση αυτή δεν είναι γραμμική. Η ένταση μπορεί να προσδιοριστεί και εμπειρικά χωρίς να γνωρίζουμε την συγκέντρωση της οσμής.

Κάποιες οσμές σε συγκεντρώσεις 2OU θα είναι αντιληπτές ενώ κάποιες άλλες θα είναι απλά αισθητές και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (5 OU) κάποιες θα είναι αντιληπτές ενώ κάποιες άλλες ισχυρές.

Υπάρχουν δυο νόμοι που εξηγούν την σχέση έντασης-συγκέντρωσης. Ο νόμος των **Weber+Fechner** μπορεί να γραφεί ώς :

$$I = k_w \log\left(\frac{C}{C_0}\right) + k \qquad (1)$$

I : η ένταση της οσμής

C: η συγκέντρωση της οσμής

C_o: συγκέντρωση οσμής ίση με το όριο ανίχνευσης (1OU)

k_w: σταθερά Weber+Fechner

k: σταθερά

Επίσης υπάρχει και ο νόμος του **Steven's.**

$$I = k\, C^n \qquad (2)$$

όπου k,n σταθερές

Ο νόμος των Weber+Fechner παρουσιάζει μια γραμική συνάρτηση της έντασης με τον λογάριγμο της συγέντρωσης ενώ ο νόμος του Steven's μια γραμμική συνάρτηση του λογάριθμου της έντασης με τον λογάριθμο της συγκέντρωσης. Η επιλογή του μοντέλου εξαρτάται απο την έκφραση της έντασης της οσμής. Αν χρησιμοποιούμε μια υποκειμενική κλίμακα τοτε χρησιμοποιούμε τον νόμο των Weber+Fechner.

1.2.2.3 Χαρακτηριστικά της οσμής

Τα χαρακτηριστικά μιας οσμής είναι επίσης εμπειρικά υποκειμενικά αποτελέσματα βασιζόμενα στην όσφρηση του αποδέκτη και περιγράφουν την μυρωδιά των οσμών αναλογικά, π.χ το υδρόθειο έχει την μυρωδιά σάπιου αυγού.

Στον πίνακα 2 φαίνονται κάποιες χαρακτηριστικές μυρωδιές συγκεκριμένων χημικών ενώσεων :

Table 1. Odorants associated with sewage treatment works (Abbott, 1993; Bonnin et al., 1990; Brennan, 1993; Cheremisinoff, 1988; Koe, 1989; Metcalf and Eddy, 1991; Vincent & Hobson, 1998; Young, 1984)

Κλάση	Στοιχείο	Χημικός τύπος	Οσμή
Θειούχα	Υδρόθειο	H_2S	Σαπισμένο αυγό
	Διμεθυλοσουλφίδιο	$(CH_3)_2S$	Σάπια λαχανικά,σκόρδο
	Διαιθυλ-σουλφίδιο	$(C_2H_5)_2S$	Αιθέρας
	Διαλλυλ-σουλφίδιο	$(CH_2CH_2CH_2)^2S$	Σκόρδο
	Διθειάνθρακας	CS_2	Σάπια λαχανικά

	Διμεθυλο-δισουλφίδιο	$(CH_3)_2 S_2$	Putri®cation
	Μεθυλομερκαπτάνη	CH_3SH	Σάπιο λάχανο,σκόρδο
	Αιθυλομερκαπτάνη	C_2H_5SH	Σάπιο λάχανο
	Προπυλομερκαπτάνη	C_3H_7SH	Δυσάρεστη
	Βουτυλομερκαπτάνη	C_4H_9SH	Δυσάρεστη
	t-Βουτυλομερκαπτάνη	$(CH_3)_3CSH$	Δυσάρεστη
	Αλλυλομερκαπτάνη	CH_2CHCH_2SH	Σκόρδο
	Κροτυλομερκαπτάνη	$CH_3CHCHCH_2SH$	Ασβός
	Βενζομερκαπτάνη	$C_6H_5CH_2SH$	Δυσάρεστη
	Διοκρεσόλη	$CH_3C_6H_4SH$	Ασβός
	Διοφαινόλη	C_6H_5SH	σάπιο, αποσύνθεση
	Διοξείδιο του θείου	SO_2	Πικάντικη ενοχλητική
Νιτρογενή	Αμμωνία	NH_3	πικάντικη
	Μεθυλαμίνη	CH_3NH_2	Ψάρι
	Διμεθυλαμίνη	$(CH_3)_2NH$	Ψάρι
	Τριμεθυλαμίνη	$(CH_3)_3N$	Ψάρι αμμωνία
	Αιθυλαμίνη	$C_2H_5NH_2$	Αμμωνία
	Διαιθυλαμίνη	$(C_2H_5)_2NH_2$	
	Τριαιθυλαμίνη	$(C_2H_5)_3N$	
	Διαμίνη	$NH_2(CH_2)_5NH_2$	Αποσυνθεμένο κρέας
	Πυριδίνη	C_6H_5N	Δυσάρεστη, ενοχλητική
	Ινδόλη	C_8H_6NH	κόπρανα
	Σκατόλη	C_8H_8NH	Κόπρανα
Οξέα	Οξικό	CH_3COOH	Ξίδι
	Βουτυρικό	C_3H_7COOH	Γλυκιά
	Πεντανικό	C_4H_9COOH	Γλυκιά
Αλδεύδες και κετόνες	Φορμαλδεύδη	$HCHO$	ασφυκτική
	Ακεταλδεύδη Βουταλδεύδη	CH_3CHO C_3H_7CHO	Φρουτώδης,μήλο Γλυκιά

	ισοβουταλδεύδη	$(CH_3)_2CHCHO$	Φρουτώδης
	Ισοβαλεραλδεύδη	$(CH_3)_2CHCH_2CHO$	Φρουτώδης, μήλο
	Ακετόνη	CH_3COCH_3	Φρουτώδης γλυκιά
	Βουτανόνη	$C_2H_5COCH_3$	Πράσινο μήλο

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικές οσμές χημικών ενώσεων.

Εδώ πρέπει να αναφέρθεί οτι τα χαρακτηριστικά της οσμής πολλών διαφορετικών ενώσεων στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικά απο τα χαρακτηριστικά της κάθε οσμής ξεχωριστά.

1.2.2.4 «Ποιότητα» της οσμής

Η ποιότητα της οσμής είναι επίσης υποκειμενική και είναι ο βαθμός που κάποια οσμή είναι ενοχλητική ή οχι. Τυπικά αυτό γίνεται με καταγραφή απόψεων πολλών δεκτών και σχηματίζοντας μια αριθμητική κλίμακα που στο ένα άκρο είναι οι ενοχλητικές και στο άλλο οι μη-ενοχλητικές. Συνήθως, με αρνητικό πρόσημο εμφανίζονται οι ενοχλητικές οσμές.
Μεγάλο ρόλο στην ποιότητα της οσμής παίζει και ο τόπος προελεύσεως της οσμής, οπως για παράδειγμα ένα εργοστάσιο ή ένας κήπος. Επίσης, η ιδιότητα χαρακτηρισμού της οσμής εξαρτάται άμεσα απο την ένταση της συγκεκριμένης οσμής και απο την διάρκεια της έκθεσης των ανθρώπων σε αυτήν. (Miedema et. al., 2000, Both et. al., 2004). Το γεγονός όμως οτι ο χαρακτηρισμός είναι υποκειμενικός η ψυχολογία παίζει σημαντικό ρόλο καθώς η ίδια χημική ένωση μπορεί να χαρακτηριστεί ευχάριστη ή δυσάρεστη αν προέρχεται απο διαφορετικές πηγες (π.χ. εργοστάσιο – κήπος).

1.2.2.5 Διάρκεια έκθεσης του αποδέκτη

Όταν ένας αποδέκτης εκτίθεται σε μία οσμή απαιτείται κάποιο χρονικό διάστημα μέχρι να γίνει η αντίληψη της συγκεκριμένης οσμής και ύστερα η αναγνώριση της. Η μεγάλη διάρκεια έκθεσης του αποδέκτη όμως σε μία χημική ένωση οδηγεί στο φαινόμενο της «εξοικείωσης του υποδοχέα». (Dravnieks και Jarke , 1980)

Η εξοικείωση του υποδοχέα είναι το φαινόμενο κατα το οποίο άτομα με φυσιολογική όσφρηση όταν είναι εκτεθιμένοι σε μία ουσία για πολλή ώρα παύουν να την αντιλαμβάνονται ή την αντιλαμβάνονται με μικρότερη ένταση χωρίς αυτό να επηρεάζει την ικανότητα αντίληψης άλλων οσμών. Σε περίπτωση που η έκθεση στην χημική ένωση είναι μακροχρόνια τότε το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται το όριο ανίχνευσης της ουσίας αυτής στο συγκεκριμένο άτομο.Υπάρχει και η αντίθετη περίπτωση κατά την οποία η έκθεση σε μία χημική ένωση για μικρό χρονικό διάστημα να ενοχλήσει τον υποδοχέα αλλά η μεγαλύτερη διάρκεια έκθεσης να προκαλεί μεγαλύτερη αίσθηση δυσαρέσκειας.

Συνεπώς ο ρόλος της διάρκειας έκθεσης έχει άμεση σχέση τόσο με τον χαρακτήρα της οσμής όσο και απο την ένταση της.

1.2.2.6 Ανοχή του αποδέκτη

Ο τρόπος που αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι τις οσμές διαφέρει απο άνθρωπο σε άνθρωπο. Τα στοιχεία εκείνα που επηρεάζουν την ευαισθησία αντίληψης της οσμής είναι μεταξύ άλλων η ηλικία, τυχόν προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα αλλα και απο την ικανότητα της όσφρησης. Συνεπώς, η πιθανότητα εμφάνισης ευαίσθητων αποδεκτών μιας οσμής σε έναν πλυθησμό είναι ανάλογη του μεγέθους του πλυθησμού ο οποίος βρίσκεται εκτεθιμένος στην οσμή αυτή.

1.3 Πηγές των οσμών

Οι πηγές των οσμών χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Σημειακές πηγες (π.χ καμινάδες)
- Επιφανειακές πηγές (π.χ δεξαμενές)
- Διαφεύγουσες πηγές (π.χ διαρροές)

Οι πιο συνήθεις πηγές δυσάρεστων οσμών είναι οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων.

Οι ενώσεις που εκπέμπονται περιέχουν κυρίως οργανικά και ανόργανα αέρια καθώς και αιωρούμενα σωματίδια (VOCs). Οι περισσότερες απο αυτές προέρχονται απο την αποσύνθεση της οργανικής ύλης και περιέχουν συνήθως άζωτο και θείο.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι κύριες ενώσεις που εκπέμπονται απο διάφορες μονάδες.

Πηγή	**Ενώσεις**
Βιομηχανία παραγωγής χάρτου	Μερκαπτάνες, υδρόθειο
Βιομηχανία λιπασμάτων	Αμμωνία, ενώσεις αζώτου
Βιομηχανία πετρελαίου	Θειούχες ενώσεις
Βιομηχανία τροφίμων	Οργανικές ενώσεις
Χοιροστάσια	Υδρόθειο, αμμωνία
Κέντρα επεξεργασίας λυμάτων	Υδρόθειο
ΧΥΤΑ	Υδρόθειο

Πίνακας 3: Κύριες ανθρωπογενείς πηγές οσμών και οι εκπεμπόμενες ενώσεις (C.P.C.B.,2008)

Στα κέντρα επεξεργασίας λυμμάτων γίνεται επεξεργασία κυρίως των υγρών αποβλήτων. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας παράγονται τόσο στερεά όσο και αέρια απόβλητα, τα οποία αν δεν αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά οδηγούν σε δευτερογενή μόλυνση. Κάποιες απο τις χημικές ενώσεις που παράγονται κατά την επεξεργασία των λυμμάτων μέσα απο αερόβιες και αναερόβιες διεργασίες περιέχουν θείο και άζωτο είναι οσμηρές. Οι ενώσεις αυτές διαχέονται στην ατμόσφαιρα με την βοήθεια του ανέμου με αποτέλεσμα την οσμητική ρύπανση των γύρω περιοχών.

Οι πηγές οσμών στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας βοθρολυμμάτων χορίζονται σε δύο κατηγορίες :

- Σε αυτές οπου γίνεται μαζική εκπομπή οσμών απο ενώσεις που έχουν ήδη δημιουργηθεί
- Σε αυτές που σχηματίζονται νέες ενώσεις.

Στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης εκπέμπονται οσμές τόσο απο την επιφάνεια των λυμμάτων λόγω των αερόβιων αντιδράσεων που γίνονται με τον αέρα της ατμόσφαιρας, όσο και απο τις τυρβώδεις κινήσεις που γίνονται στο εσωτερικό των δεξαμενών ή στα τοιχώματα τους. Στην αερόβια επεξεργασία (αερισμό) δημιουργούνται οσμητικές ουσίες υγρής μορφής κατά την διάρκεια της βιολογικής οξείδωσης και δημιουργούνται πετροχημικές ενώσεις και διαλύτες ενώσεις επίσης οσμητικές . Επίσης σε σημεία συγκέντρωσης ιλύως αναπτύσσονται αναερόβιες συνθήκες στο εσωτερικό της που να οδηγεί σε δημιουργία νέων οσμών. Οι κύριες πηγες οσμών στους βιολογικούς καθαρισμους είναι οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης και τα σημεία στα οποία υπάρχει συγκέντρωση λυμμάτων ή ιλύως . Για τους παραπάνω λόγους τα σημεία δειγματοληψίας της συγκεκριμένης μελέτης είναι στις δύο δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης και στο σημείο υποδοχής των βοθρολυμμάτων.

Κατά την επεξεργασία των λυμμάτων συνεπώς παράγονται πολλές χημικές ενώσεις οι οποίες διαχέονται στην ατμόσφαιρα σαν οσμές. Οι ενώσεις αυτές έχουν αναχθεί σε θειικές ενώσεις, σε νιτρικές ενώσεις, οργανικά οξέα, αλδεύδες και κετόνες. Οι ενώσεις που σχηματίζονται κατα κύριο λόγο κατα την επεξεργασία είναι θειικές ενώσεις (H_2S , SO , SO_2 , H_2SO_4). Αυτό συμβαίνει διότι τα οικιακά λύμματα περιέχουν 3-6 mg l^{-1} οργανικό θείο, προερχόμενο κυρίως απο τις πρωτείνες και μπορεί να περιέχουν επίσης και οργανικό θείο (εως 4 mg l^{-1}), προερχόμενο απο τα απολυμαντικά οικιακής χρήσης. Ανόργανο θείο περιέχεται στα λύμματα σε ποσότητες που εξαρτόνται απο την σκληρότητα του νερού, σε ποσοστό 30-60 mg l^{-1}. Αξιοσημείωτα μεγαλύτερες συγκεντρώσεις υπάρχουν σε νερό γεώτρησης και σε νερό βιομηχανικών πηγών.

Οι κυριότερες οσμές που παράγονται από τις εκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων είναι :

Υδρόθειο (H_2S)

Αμμωνία (NH_3)

Μεθάνιο (CH_4)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η διασπορά του υδροθείου πάνω απο την περιοχή των Χανίων.

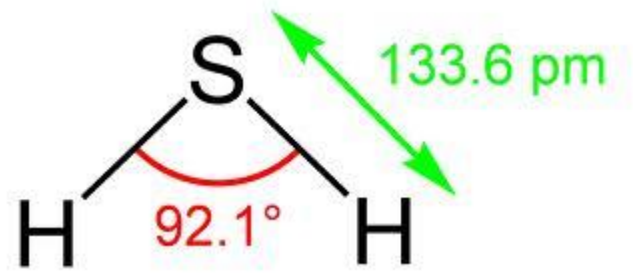
1.4 Μέτρηση οσμών

Η μέτρηση των οσμών διαφέρει κατά πολύ απο την μέτρηση των συμβατικών ρύπων λόγω της πολυπλοκότητας της. Αυτό συμβαίνει διότι απο μία πηγή εκπέμπεται συνήθως ένα μεγάλο σύνολο χημικών ενώσεων και η οσμή που προκύπτει οφείλεται στον συνδυασμό των οσμών όλων των ενώσεων και όχι σε μια. Η μέτρηση λοιπόν συγκεκριμένων ενώσεων δεν είναι εύκολη και εύχρηστη μέθοδος. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η μέθοδος της οσφρησημετρίας.

Η μέθοδος της οσφρησημετρίας εκτιμάει ποιοτικά και ποσοτικά την ένταση της οσμής αλλά όχι τις συγκεντρώσεις των ενώσεων που την προκαλούν. Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής υπάρχουν εξειδικευμένοι άνθρωποι οι οποίοι περνούνα κάποιες δοκιμασίες σε σχέση με την οσφρητική τους ικανότητα. Μία ομάδα τέτοιων ανθρώπων χρησιμοποιώντας κατάλληλο εξοπλισμό εισπνέουν δείγματα αέρα που έχουν ληφθεί απο την υπο μελέτη περιοχή. Αρχικά εισπνέουν αραιωμένα δείγματα αέρα ωστε να μην γίνεται αντιληπτή η οσμή και η αραίωση του δείγματος με καθαρό αέρα σταδιακά μειώνεται μέχρι το σημείο που θα αρχίσουν να αντιλαμβάνονται μία οσμή. Το πλήθος των αραιώσαιων που έχει υποστεί το δείγμα εκφράζει το όριο ανίχνευσης της οσμής μετρημένο σε odour units (OU). Έπειτα συνεχίζεται η διαδικασία ώσπου να γίνει αντιληπτή η χαρακτηριστική οσμή της ένωσης που περιέχεται στο δείγμα. Ο αριθμός των αραιώσεων που έχει υποστεί το δείγμα μέχρι να αναγνωριστεί η οσμή είναι το όριο αναγνώρισης της οσμής.

Για την μέτρηση των εκάστοτε οσμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένα όργανα μέτρησης συγκεκριμένων ενώσεων σε περίπτωση που έχουν εντοπιστεί οι ενώσεις που προκαλούν οσμητική όχληση στον χώρο δειγματοληψίας. Εάν υπάρχει περίπτωση συλλογής μίγματος ενώσεων, τότε ο ποιοτικός αλλα και ο ποσοτικός προσδιορισμός των ενώσεων γίνεται με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας – φασματομετρίας μάζας. Οι τεχνικές της μέτρησης των συγκεντρώσεων των ενώσεων με όργανα μέτρησης έχουν το πλεονέκτημα της επαναληψιμότητας και του ακριβούς ποσοτικού προσδιορισμόυ των συγκεντρώσεων των οσμών

1.5 Υδρόθειο (H_2S)



Το υδρόθειο (H_2S) είναι η ουσία με την χαρακτηριστικότερη οσμή που εξάγεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις από τα λύμματα. Ο σχηματισμός του στο αποχαιτευτικό σύστημα και στις διεργασίες επεξεργασίας λυμμάτων έχει μελετηθεί εκτενώς τα τελευταία χρόνια λόγω της τοξικότητας του και των διαβρωτικών του ικανοτήτων, όσο και για την συμβολή του στις οσμές των βοθρολυμμάτων.

Το υδρόθειο είναι ένα άχρωμο, τοξικό, εύφλεκτο αέριο το οποίο έχει ιδιαίτερα έντονη οσμή που παρομοιάζεται με τη μυρωδιά του σάπιου αυγού. Η τοξικότητα του είναι συγκρίσιμη με αυτήν του υδροκυάνιου. Είναι διαλυτό σε πολλά υγρά συμπεριλαμβανομένου του νερού και της αλκοόλης και προκύπτει από την αναερόβια αποσύνθεση οργανικής ύλης σε βάλτους, υπονόμους και κέντρα επεξεργασίας λυμάτων. Συναντάται επίσης και σε ηφαιστειακά αέρια, θερμές πηγές αλλά και σε μερικά πηγάδια. (USEPA, 1993)

Η μέση συγκέντρωση του υδρόθειου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι 0.1-0.2 ppb. Σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε γεωθερμικά ενεργά πεδία οι συγκεντρώσεις μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερες. Επίσης κοντά σε σημειακές πηγές υδροθείου οι συγκεντρώσεις μπορεί να είναι ακόμα πιο αυξημένες ενώ σε περιπτώσεις ατυχημάτων από βιομηχανικές μονάδες που εκλύουν υδρόθειο οι συγκεντρώσεις στις γύρω περιοχές έχουν φτάσει από 100 ppm μέχρι και 12000 ppm. (W.H.O., 1981)Περίπου το 10% των παγκόσμιων εκπομπών υδρόθειου οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. (USEPA, 1993)

Το υδρόθειο τείνει να συσσωρεύεται στο κάτω μέρος χώρων που δεν αερίζονται επαρκώς. Η οσμή του είναι πολύ έντονη στην αρχή αλλά γρήγορα «νεκρώνει» την αίσθηση της οσμής με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επικινδυνότητά του επειδή μπορεί κάποιος να εκτεθεί σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις υδρόθειου χωρίς να το καταλάβει.

Ο σχηματισμός του υδροθείου προκύπτει με δύο τρόπους..

1 Με μετατροπή των θειικών σε υδρόθειο

2 Με δημιουργία του απο οργανικές ενώσεις που περιέχουν θείο

Η δημιουργία του απο θειικά φαίνεται στις παρακάτω αντιδράσεις

$$SO_4^{2-} + \text{organic matter} \rightarrow S^{2-} + H_2O + CO_2 \qquad (3)$$

$$S^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2S \qquad (4)$$

Το εκτιμόμενο δυναμικό οξειδοαναγωγής (E_h) της παραπάνω αντίδρασης είναι –200 με –300 m V. (boon 1995). Το θείο υπάρχει σε μία αναγμένη μορφή στα αμινοξέα ως ένας δομικός σύνδεμος ενδομοριακά των πρωτεινών. Μια απλοποιημένη αποικόνιση της υδρόλυσης φαίνεται παρακάτω:

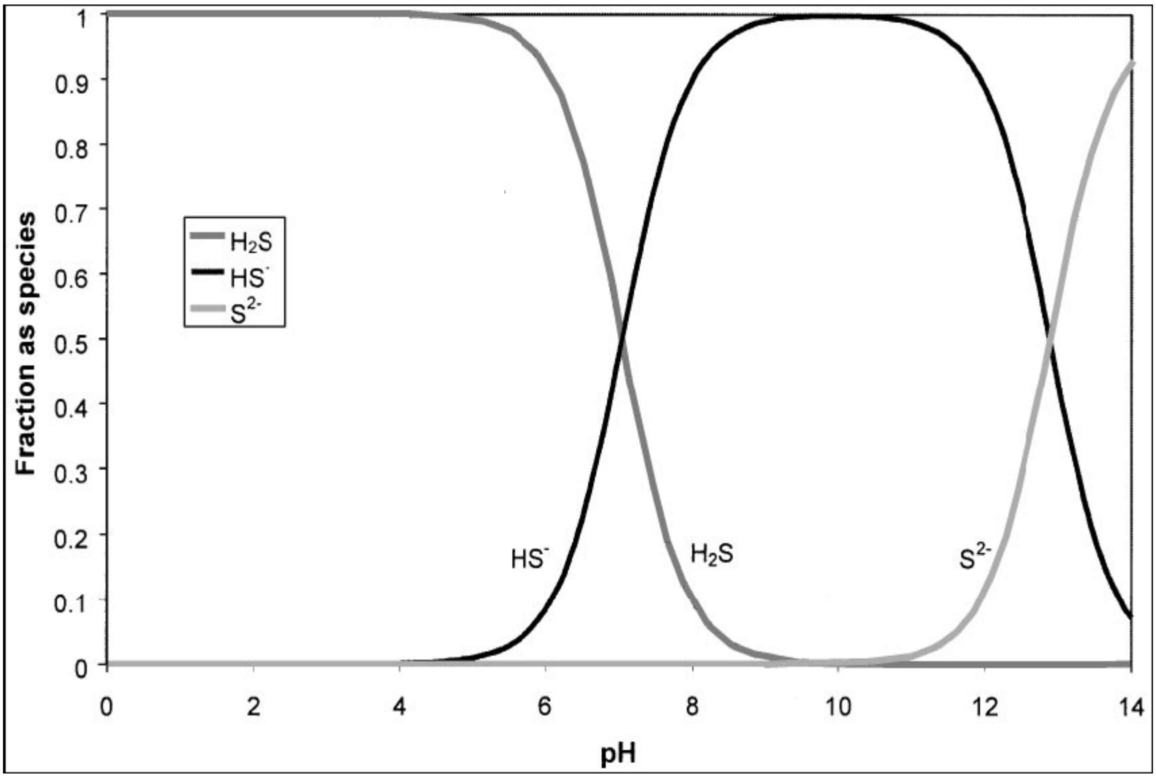
$$SHCH_2CH_2NH_2COOH + H_2O \rightarrow CH_3COCOOH + NH_3 + H_2S \quad (5)$$

Το υδρόθειο είναι ένα ασθενές διβασικό οξύ και διασπάται ως εξής:

$$H_2S \rightarrow HS^- + H^+ \quad (6)$$

$$HS^- \rightarrow H^+ + S^{2-} \quad (7)$$

Οι κλασματικές συγκεντρώσεις των ουσιών ανάλογα με το PH του περιβάλλοντος φαίνονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: κλάσμα διάσπασης υδροθείου

Το υδρόθειο στην μοριακή του μορφή είναι εκείνο που δημιουργεί το μεγαλύτερο πρόβλημα με την οσμή του. Σε ουδέτερο PH (PH=7) περίπου το 50% του υδροθείου βρίσκεται σε αυτή την μορφή. Σε οξειδοτικό περιβάλλον το ποσοστό αυξάνεται ενώ σε βασικό περιβάλλον μειώνεται. Οσμητικές ενώσεις επίσης παράγονται από χημικές διεργασίες αμινοξέων που περιέχουν θείο και άλλες σαν προιόντα αντιδράσεων του υδροθείου με ακόρεστες κετόνες.

Οι επιδράσεις του υδροθείου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι ανάλογες με την συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα. Το υδρόθειο επηρεάζει τα περισσότερα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού αλλά πλήττει κυρίως το νευρικό σύστημα.
Το υδρόθειο προκαλεί κάποιες επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου, ανάλογα με την συγκέντρωση του. Πλήττει κυρίως το νευρικό σύστημα αλλά μπορεί να πλήξει πολλά συστήματα του σώματος. Δημιουργεί ένα πολύπλοκο δεσμό με το σίδηρο στα

κυτόχρωμα (κάθε σύνθετη πρωτεΐνη αποτελούμενη από σίδηρο και πρωτεΐνη της κατηγορίας των αναπνευστικών χρωστικών με σημαντικό καταλυτικό ρόλο στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις των κυττάρων) εμποδίζοντας το οξυγόνο να έρθει σε επαφή και σταματώντας έτσι την κυτταρική αναπνοή. Το υδρόθειο αντιμετωπίζεται απο τον οργανισμό μέσω ενζύμων τα οποία το μετατρέπουν σε θειικά άλατα. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (5-50 ppm) το υδρόθειο προκαλεί ερεθισμό των ματιών, της μύτης και του λάρυγγα. Σε συγκεντρώσεις 100 - 200 ppm η έκθεση του αποδέκτη επί οχτώ ώρες προκαλεί υπνηλία, θαμπή όραση, αιμμοραγία ακόμα και θάνατο. Σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις (1000-2000 ppm) η εισπνοή υδροθείου προκαλεί ασφυξία η οποία οδηγει σε λιποθυμία, κόμα ακόμα και θάνατο. (Bateset et. al. 2002 , Legator, 2001 , Hirch & Zavala, 1999)

Η συνεχόμενη έκθεση σε υδρόθειο προκαλεί πονοκεφάλους, ζαλάδες, ιλλίγγους και ναυτία. Η επαναλαμβανόμενη έκθεση προκαλεί πονοκεφάλους, ανοραξία, αυπνίες, μυνηγκίτιδα, ψυχικές διαταραχές, αργή λειτουργία της καρδιάς και βρογχίτιδα.

Η οσμή του υδροθείου αρχικά είναι πολύ έντονη αλλά σταδιακά αναισθητοποιεί την αίσθηση της οσμής, πράγμα επικύνδυνο καθώς ο αποδέκτης μπορεί να εκτεθεί σε μεγάλες συγκεντρώσεις υδροθείου χωρις να το καταλάβει.

Μια κλίμακα επιρροής του υδροθείου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η παρακάτω στην οποία αναφέρονται και κάποια τυπικά όρια χαρακτηρισμού του υδροθείου:

1 **0,142-1,42 ppb**: Όριο ανίχνευσης
2 **3-4 φορές μεγαλύτερο από το όριο ανίχνευσης**: Όριο αναγνώρισης (η συγκέντρωση στην οποία το 50% των ανθρώπων μπορούν να ανιχνεύσουν την χαρακτηριστική οσμή του υδρόθειου)
3 **10-20 ppm:** Αρχίζει ο ερεθισμός των ματιών
4 **50-100 ppm**: Πιθανή πρόκληση βλαβών στα μάτια
5 **150-250 ppm**: Το κέντρο της όσφρησης απενεργοποιείται μετά από μερικές εισπνοές με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η αίσθηση της όσφρησης η οποία είναι αυτή που προειδοποιεί για τον κίνδυνο που υπάρχει.
6 **320-530 ppm**: Πρόκληση πνευμονικού οιδήματος με την πιθανότητα θανάτου
7 **530-1000 ppm**: Ισχυρή διέγερση του κεντρικού νευρικού συστήματος και πρόκληση γρήγορης αναπνοής με αποτέλεσμα την διακοπή της.

8 >1000 ppm: Άμεση κατάρρευση με διακοπή της αναπνοής ακόμα και με μία μόνο εισπνοή.

Για την ασφαλή διαβίωση των εργατών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων και σε βιομηχανίες αλλά και των κατοικων σε περιοχές με φυσικές πηγές θείου και βιομηχανικές περιοχές αυτές έχουν θεσπιστεί όρια βραχυχρόνιας έκθεσης στο υδρόθειο. Τα όρια αυτά είναι 3 -110 ppbv για 24ωρη έκθεση και 6-210 ppbv για έκθεση 30 λεπτών. Μια πόλη κοντα σε μία γεωθερμική πηγή είναι εκτεθιμένη σε περίπου 50 ppb H_2S το 35% του χρόνου.

Η μέτρηση του υδροθείου είναι η πιο διαδεδομένη στον καθορισμό των οσμητικών οχλήσεων απο εγκαταστάσεις επεξεργασίας βοθρολυμμάτων και προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα:

- είναι η κύρια οσμητική ουσία που σχετίζεται με τα βοθρολύμματα
- ακόμα και αν δεν είναι η κύρια οσμή δρα σαν καθοριστικός παράγοντας
- οι συγκεντρώσεις του αερίου υδροθείου μπορούν να συσχετιστούν με μετρήσεις υγρής φάσης και θεωρητικά μοντέλα δημιουργίας υδροθείου
- είναι πολύ εύκολα και γρήγορα μετρήσιμο σε χαμηλών ppb συγκεντρώσεις με όργανα χεριού. Σαν αποτέλεσμα μπορούμε να έχουμε πολλές μετρήσεις σε μικρό χρονικό διάστημα και με σχετικά χαμηλό κόστος.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης του υδροθείου στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται σαν δείκτης ποιότητας αέρα μέχρι το στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των λυμμάτων και επίσης μπορεί να χρησιμεύσει και σαν δείκτης στην διαδικασία του αερισμόυ μόνο στην περίπτωση που οι διαδικασία αυτή είναι υπερφορτισμένη.

Η μέτρηση του υδροθείου είναι η πιο διαδεδομένη μέτρηση ρύπων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων τόσο γιατί είναι ένας βασικός δείκτης οσμητικής ρύπανσης της ατμόσφαιρας όσο και γιατί η in-situ μέτρηση του είναι πολύ εύκολη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΡΥΠΩΝ

2.1 Περιγραφή λειτουργείας μοντέλων διασποράς

Τα μοντέλα ατμοσφαιρικής διασποράς είναι συστήματα μαθηματικών εξισώσεων τα οποία προσομοιάζουν τις φυσικές και τις χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα και περιγράφουν την συμπεριφορά και την κίνηση μιας μάζας αέρα στην ατμόσφαιρα μετα την εκπομπή της. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται ως χωρικές και χρονικές κατανομές των ατμοσφαιρικών ρύπων.

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της ατμοσφαιρικής διασποράς είναι τα γκαουσιανά μοντέλα (Bosanquet-Pearson, 1936). Τα μοντέλα αυτά εμφανίζουν ένα τρισδιάστατο πεδίο τιμών συγκεντρώσεων ενός ρύπου το οποίο έχει διοχετευτεί στη ατμόσφαιρα απο μία σημειακή πηγή κάτω από γνωστές μετεωρολογικές συνθήκες και σταθερές εκπομπές. Η βασική παραδοχή που γίνεται είναι οτι η διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα ακολουθεί μια Γκαουσιανή κατανομή.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την διασπορά των αερίων στην ατμόσφαιρα και λαμβάνονται υπόψη κατά την μοντελοποίηση της είναι :

- Τα χαρακτηριστικά της εκπομπής
- Μετεωρολογικές συνθήκες
- Ιδία σταθερότητα αέρα
- Ταχύτητα και κατεύθυνση αέρα

Στην περίπτωση που μελετάμε οσμηρές ενώσεις, υπάρχουν κι άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την διασπορά τους στην ατμόσφαιρα και λαμβάνονται υπόψην τους απο τα μοντέλα διασποράς. Οι διαφορές τους οφείλονται στο διαφορετικό είδος πηγής ρύπων, το διαφορετικό είδος αποδέκτη (οσφρητικό σύστημα) και την «διαδρομή» απο την πηγή στον αποδέκτη. Συνήθως οι πηγές οσμών είναι μεγάλες σε έκταση (π.χ δεξαμενές, χώροι συλλογής απορριμάτων) και η υπό μελέτη περιοχή είναι σχετικά μικρή. Επίσης τα αποτελέσματα πρέπει να είναι εκφρασμένα σε OU και όχι σε μονάδες συγκέντρωσης.

Τα μοντέλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με δύο αμφίδρομους τρόπους.
Ο ένας τρόπος είναι να κάνουμε την εκτίμηση της ατμοσφαιρικής διασποράς των οσμών με βάση τα δεδομένα εκπομπών απο την πηγή ώστε να μελετηθεί η πιθανότητα όχλησης των γύρω περιοχών. Ο δεύτερος τρόπος είναι να υπολογίσουμε το ανώτατο όριο εκπομπής ενός ρύπου απο μία συγκεκριμένη πηγή ώστε να μην δημιουργείται όχληση στις γύρω περιοχές. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται ώστε να επιβάλλονται όρια εκπομπής συγκεκριμένων ρύπων σε βιομηχανικές μονάδες και εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων.

Πολύ σημαντικό ρόλο στην διασπορά των οσμών στην ατμόσφαιρα παίζουν οι μετεωρολογικές συνθήκες. Ανάλογα με την ένταση και την κατεύθυνση του αέρα, δημιουργείται μια τύρβη του πλουμίου του ρύπου. Καθώς η τύρβη του πλουμίου αυξάνεται, εισέρχεται περισσότερος ατμοσφαιρικός αέρας ο οποίος αναμειγνύεται με τους ρύπους με αποτέλεσμα να μειώνεται η συγκέντρωση τους εντός του πλουμίου και να αυξάνεται η διασπορά τους στην ατμόσφαιρα.

Έτσι, η κατηγοριοποίηση της τύρβης του πλουμίου είναι πολύ σημαντική στην μοντελοποίησης της διασποράς των ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Η παλαιότερη και η πιο χρησιμοποιούμενη κατηγοριοποίηση της ατμοσφαιρικής τύρβης είναι η κλίμακα του **Pasquill** την οποία δημιούργησε το 1961. Ο **Pasquill** κατηγοριοποίησε τις τύρβης σε έξι ***κλάσεις ευστάθειας (stability classes)*** , τις A, B, C, D, E, F.
Στις κλάσεις ευστάθειας οι σταθερότητα της τύρβης είναι αντιστρόφως ανάλογη της έντασης της. Η κλάση A είναι η πιο ασταθής και η πιό τυρβώδης κλάση και αντίστοιχα η κλάση F είναι η πιο σταθερή και λιγότερο τυρβώδης . Στον πίνακα 4 βλέπουμε τις κλάσεις και το χαρακτηριστικό τους και στον πίνακα 5 βλέπουμε τις μετεωρολογικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν την κάθε κλάση. (emd.wa.gov website. Description Of Weather Stability Categories)

Stability	Definition
A	Πολύ ασταθής
B	Ασταθής
C	Ελαφρώς ασταθής
D	Ουδέτερη
E	Ελαφρώς σταθερή
F	Σταθερή

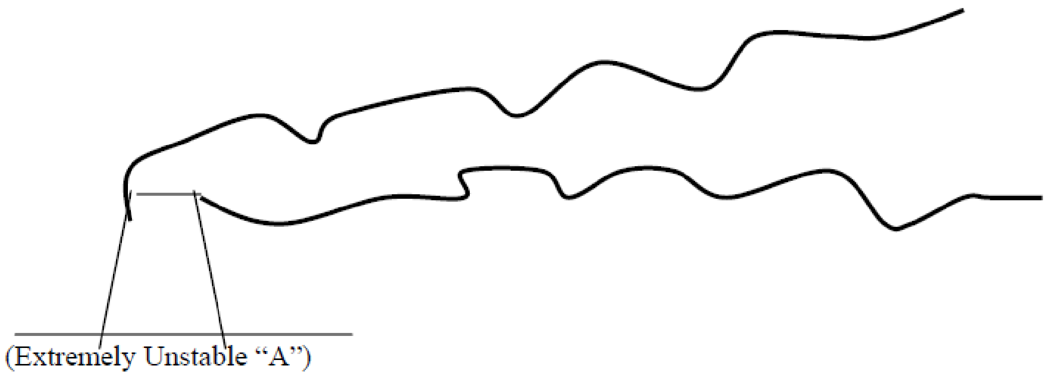
Πίνακας 4: Χαρακτηρισμός της ατμόσφαιρας ανάλογα με την κλάση ευστάθειας.

Επίγεια ταχύτητα αέρα		**Ημερήσια εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία**			**Βραδυνή κάλυψη νεφών**	
m/s	mi/h	Δυνατή	Μέτρια	Ελαφρά	>50%	<50%
<2	<5	A	A-B	B	E	F
2-3	5-7	A-B	B	C	E	F
3-5	7-11	B	B-C	C	D	E
5-6	11-13	C	C-D	D	D	D
>6	>13	C	D	D	D	D

Πίνακας 5: Κατάταξη ατμόσφαιρας σε κλάσεις ευστάθειας αναλόγως της ταχύτητας του ανέμου και της κάλυψης των νεφών κατά την διάρκεια της ημέρας.

Κλάση ευστάθειας A

Σε αυτή την κλάση οι μετεωρολογικες συνθήκες είναι απρόβλεπτες και η ταχύτητα ανέμου είναι περίπου 1m/sec. Η θερμοκρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το ύψος και η κλάση αυτή εμφανίζεται τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού. Το πλούμιο χαρακτηρίζεται απρόβλεπτο,η τύρβη όπως και η κατακόρυφη διασπορά είναι μεγάλη και αυτό περιορίζει την οριζόντια διασπορά. Το πλούμιο συμπεριφέρεται όπως στο σχήμα 2.



Σχήμα 2: Γραφική αναπαράσταση της συμπεριφοράς του πλουμίου στην κλάση ευστάθειας Α.

Κλάση ευστάθειας Β

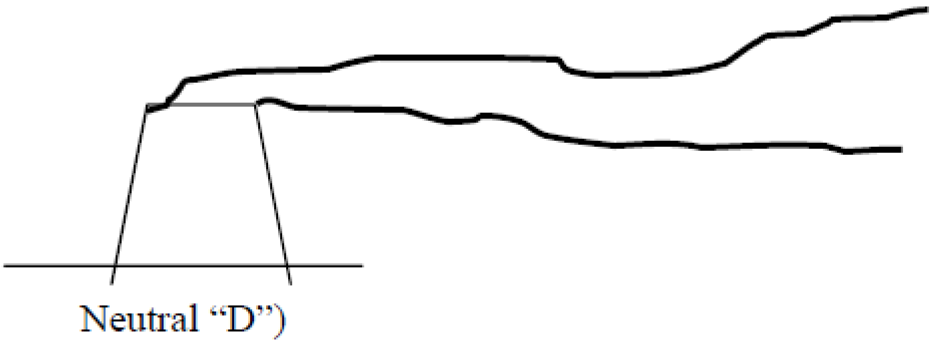
Σε αυτή την κλάση οι μετεωρολογικές συνθήκες εξακολουθούν να είναι απρόβλεπτες αλλά λιγότερο απο την κλάση ευστάθειας Α. Εδώ η ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 2m/sec και η θερμοκρασία είναι επίσης αντιστρόφως ανάλογη με το υψόμετρο αλλά όχι τόσο ταχέως όσο στην κλάση ευστάθειας Α.

Κλάση ευστάθειας C

Στην κλάση ευστάθειας C οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι λιγότερο απρόβλεπτες και η ταχύτητα ανέμου είναι περίπου 5m/sec. Και εδώ η θερμοκρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη του υψόμετρου αλλά μειώνεται σταδιακά πιο αργά απο τις δύο προηγούμενες κλάσεις. Η κλάση αυτή εμφανίζεται συνήθως σε συννεφιασμένες μέρες.

Κλάση ευστάθειας D

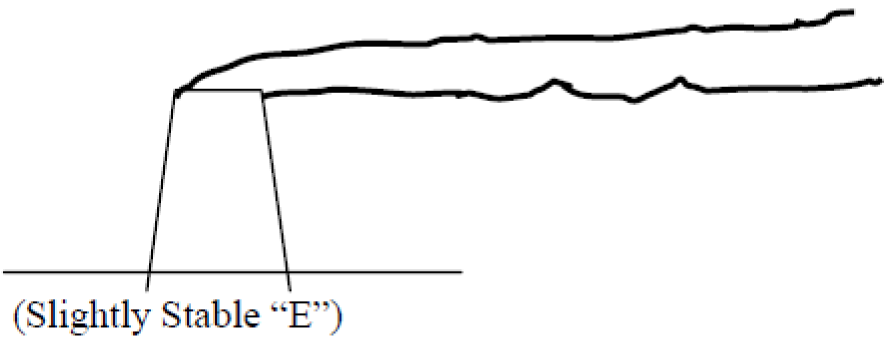
Σε αυτή την κλάση ευστάθειας οι συνθήκες είναι πιο προβλέψιμες και πάλι η θερμοκρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη του υψόμετρου. η ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 5m/sec. Η κλαση αυτή θεωρείται η πιο ουδέτερη και το πλούμιο είναι πιο προβλέψιμο χωρις να εμφανίζει τόση τύρβη όσο στις προηγούμενες κλάσεις και συμπεριφέρεται όπως στο σχήμα 3.



Σχήμα 3: Γραφική αναπαράσταση της συμπεριφοράς του πλουμίου στην κλάση ευστάθειας D.

Κλάση ευστάθειας Ε

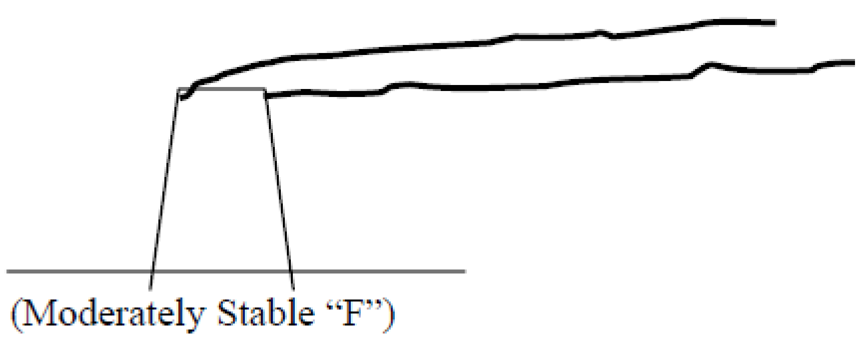
Οι μετεωρολογικές συνθήκες στην κλάση αυτή είναι ακόμα πιο προβλέψιμες απο την κλάση ευστάθειας D και η ταχύτητα ανέμου είναι περίπου 3m/sec. Η θερμοκρασία εδώ δεν αλλάζει ανάλογα με το υψόμετρο και η κλάση αυτή ονομάζεται και ισόθερμη και εμφανίζεται συνήθως τις νύχτες . εδώ η τύρβή του πλουμίου είναι ακόμα μικρότερη και συμπεριφέρεται όπως στο σχήμα 4.



Σχήμα 4: Γραφική αναπαράσταση της συμπεριφοράς του πλουμίου στην κλάση ευστάθειας Ε.

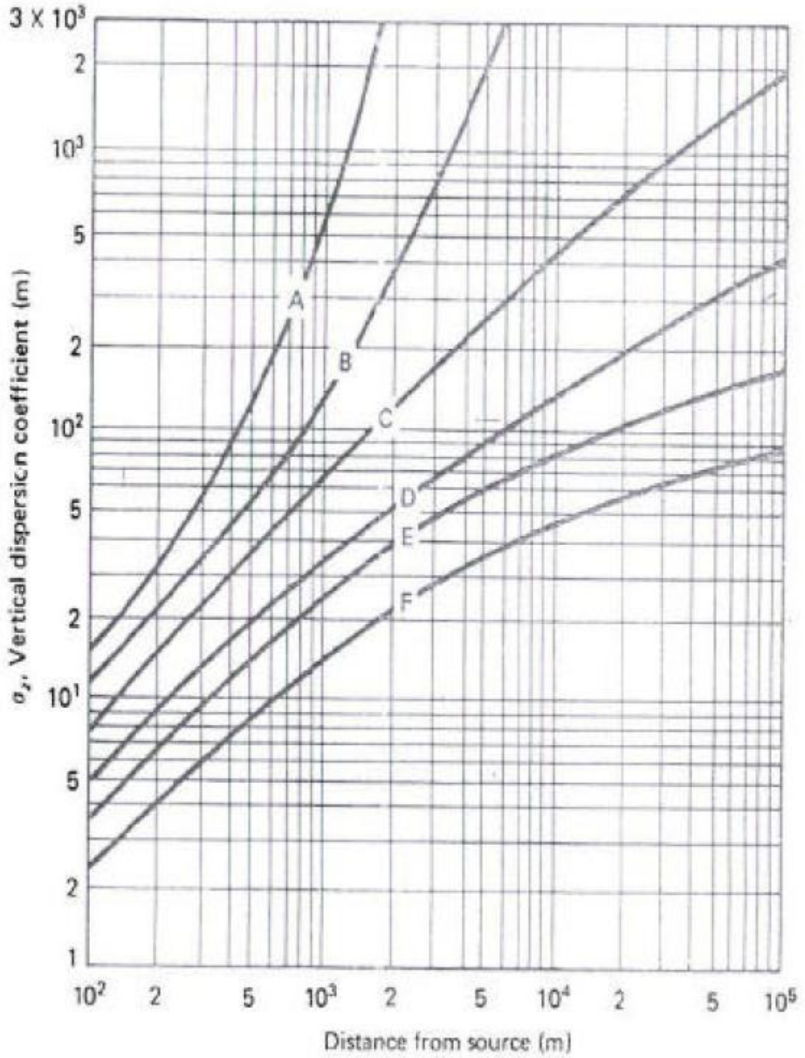
Κλάση ευστάθειας F

Η κλάση ευστάθειας F είναι η πιο σταθερή και οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι οι πιο προβλέψιμες απο όλες τις άλλες κλάσεις. Η κλάση αυτή είναι η μοναδική στην οποία η θερμοκρασία ανεβαίνει καθώς αυξάνει το υψόμετρο και η ταχύτητα ανέμου είναι περίπου 2m/sec. Σε αυτή την κλάση δεν υπάρχει καθόλου τύρβη και η κατακόρυφη διασπορά είναι σχεδόν ανύπαρκτη οπότε η οριζόντια διασπορά είναι εκτεταμένη. Το πλούμιο συμπεριφέρεται όπως στο σχήμα 5.



Σχήμα 5: Γραφική αναπαράσταση της συμπεριφοράς του πλουμίου στην κλάση ευστάθειας F.

Στο σχήμα 6 φαίνεται η κατακόρυφη διασπορά των ρύπων σε σχέση με την απόσταση απο την πηγή ανάλογα με την κλάση ευστάθειας.



Σχήμα 6: Κατακόρυφη διασπορά ρύπων ανάλογα της απόστασης απο την πηγή στις κλάσεις ευστάθειας.

Στην περίπτωση που μελετάμε οσμηρές ενώσεις πολλά απο τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της διασποράς ρύπων κρίνονται ανεπαρκή ως προς την μελέτη οσμών κυρίως λόγω της χωρικής και χρονικής κλίμακας στην οποία μπορούν να εφαρμοστούν ή εξαιτίας της απαιτούμενης κατηγορίας πηγής εκπομπών.

2.2 Μοντέλα διασποράς

Παρακάτω παρουσιάζονται τα πιο γνωστά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την μελέτη διασποράς αερίων ρύπων καθώς και οι λόγοι που απορρίφθηκαν για την συγκεκριμένη μελέτη διασποράς οσμών. Τα μοντέλα αυτά είναι παρεμφερή σε λογική και χρήση αλλά παρουσιάζουν κάποιες διαφορές οι οποίες παίζουν ρόλο στην επιλογή τους απο τους χρήστες.

- **ISC**

Το μοντέλο ISC χρησιμοποιείται στις περισσότερες μελέτες διασποράς οσμών απο την EPA. Υπάρχουν δύο λειτουργίες του μοντέλου ISC, η short-term και η long-term. Η επιλογή της λειτουργίας εξαρτάται από την χρονική διάρκεια για την οποία γίνεται η κάθε μελέτη καθώς αλλάζουν κάποιοι κώδικες λειτουργίας του μοντέλου για την ρεαλιστικότερη παραγωγή αποτελεσμάτων. Ένα απο τα μεγάλα πλεονεκτήματα που έχει το συγκεκριμένο μοντέλο είναι οτι λαμβάνει υπόψην του το ανάγλυφο της περιοχής.

- **AERMOD**

Το AERMOD είναι ένα μοντέλο πλουμίου σταθερής κατάστασης (steady-state plume model). Το μοντέλο αυτό αποτελείται απο το κύριο πρόγραμμα AERMOD και δύο προεπεξεργαστές, έναν για τα μετεωρολογικά δεδομένα AERMET και έναν για τα εδαφικά δεδομένα AERMAP.
Το μοντέλο AERMOD είναι παρόμοιο σε χρήση, λογική και δυνατότητες με το μοντέλο ISC το οποίο επιλέχθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη αλλά κρίθηκε ακατάλληλο για την εφαρμογή του λόγω της μεγάλης χρονικής κλίμακας η οποία χρησιμοποιήθηκε.

- **CTDMPLUS**

Το CTDMPLUS είναι ένα γκαουσιανό μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση διασποράς ρύπων απο ανυψωμένες σημειακές πηγές (π.χ καμινάδες) και είναι σχεδιασμένο να εκτιμάει ωριαίες συγκεντρώσεις ρύπων, γι’αυτό κρίθηκε ακατάλληλο για την παρούσα μελέτη.

- **CAL3QHC**

Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείτε συνήθως για μέτρηση ρύπων σε πόλεις κοντά σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους καθώς ειδικεύεται σε μέτρηση μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και αιωρούμενων σωματιδίων (particular matters, PM), ρύποι που συνδέονται κυρίως με τα καυσαέρια των οχημάτων.

- **SCREEN3**

Το μοντέλο αυτό ασχολείται με την διασπορά ρύπων απο μία μόνο πηγή και υπολογίζει την μέγιστη συγκέντρωση για πιό σπάνιους ρύπους. Η ιδιαιτερότητα του είναι οτι απαιτεί το έδαφος στο οποίο γίνεται η μελέτη να είναι επίπεδο και απλό. Χρησιμοποιείται συνήθως για μέτρηση ρύπων της ακτογραμμής και μέτρηση ρύπων καύσης και γι’αυτό κρίθηκε ακατάλληλο για την μελέτη.

- **CALINE3**

Το μοντέλο αυτό μοντελοποιεί διασπορά ρύπων μόνο απο γραμμικές πηγές και χρησιμοποιείται για να υπολογίζει τις συγκεντρώσεις μη-αντιδρόντων ρύπων απο τα καυσαέρια των οχημάτων. (Caltrans, 1989)

- **AODM**

Το μοντέλο αυτό κρίθηκε ακατάλληλο για την μελέτη μας καθώς δεν μπορεί να χειριστεί πάνω απο μια σημειακή πηγή και δεν λαμβάνει υπόψην του το ανάγλυφο της περιοχής το οποίο στην περίπτωση μας κρίνεται σημαντικό.

- **INPUFF2**

Το μοντέλο αυτό είναι χρησιμοποιείται συχνά σε μελέτες διασποράς οσμών. Στην παρούσα μελέτη κρίθηκε ακατάλληλο διότι δέχεται μόνο σημειακές πηγές που δεν ταιριάζουν με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων και επίσης γιατί δεν υπολογίζει το ανάγλυφο της περιοχής.

- **AFTOX**

Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται για μοντελοποίηση διασποράς τοξικών ουσιών στην ατμόσφαιρα οπότε είναι ακατάλληλο για μελέτη διασποράς οσμών. (Kunket, 1991)

- **CALPUFF**

Το μοντέλο αυτό έχει πολλά πλεονεκτήματα για την μελέτη διασποράς οσμών καθώς υπολογίζει το ανάγλυφο της περιοχής, χειρίζεται πολλές πηγές ταυτόχρονα και είναι διαθέσιμο δωρεάν. Παρ'όλα αυτά δεν ανταποκρίνεται στην παρούσα μελέτη διότι η χωρική κλίμακα που απαιτεί πρέπει να είναι μεγαλύτερη απο 5km, απόσταση που δεν ενδύκνειται για μελέτη διασποράς οσμών καθώς οι οσμές δημιουργούν οχλήσεις σε μικρότερες αποστάσεις. (Pratt, 1999)

2.3 Μοντέλο διασποράς ISC

2.3.1 Εισαγωγή

Το μοντέλο ISC (Industrial Source Complex) είναι ένα μοντέλο πλουμίου σταθερής κατάστασης (steady state plume model) το οποίο δέχεται κάποιες τροποποιήσεις ανάλογα με τον τύπο πηγής εκπομπών τις οποίες μελετάμε. Στο ευσταθές οριακό στρώμα η κατανομή των συγκεντρώσεων θεωρείται γκαουσιανή και στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο άξονα. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση πολλών τυπων εκπομπών, εκπομπές απο σημειακές πηγές, εκπομπές απο καπνοδόχους λαμβάνοντας υπόψην το φαινόμενο κατωρεύματος καμινάδας, απομονωμένες πηγές, πολλαπλές πηγές, σωρούς αποθήκευσης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιείται η long-term εκδοχή του μοντέλου ISC. Στην εκδοχή αυτή , η περιοχή μελέτης γύρω απο μία πηγή συνεχόμενων εκπομπών διαιρείται σε τομείς ίσου γωνιακού πλάτους ανάλογους με την εποχιακή και την ετήσια κατανομή της έντασης και της κατεύθυνσης του ανέμου και της κλάσης ευστάθειας. Οι εκπομπές απο την πηγή χωρίζονται στους τομείς ανάλογα με την συχνότητα εμφάνισης του ανέμου στον κάθε τομέα.

2.3.2 Υπολογισμός μέσης συγκέντρωσης

Για μία σημειακή πηγή η μέση εποχιακή συγκέντρωση δίνεται απο τον τύπο:

$$x_1 = \frac{K}{\sqrt{2\pi}R\Delta\theta'} \sum_{i,j,k} \frac{QfSVD}{u_s \sigma_z} \qquad (8)$$

Όπου:

K : μεταβλητή σταθερά που μετατρέπει την μετρούμενη συγκέντρωση στην επιθυμητή μονάδα μέτρησης ($1x10^{-6}$ για Q σε g/s και συγκέντρωση σε μg/m^3)

Q : η παροχή μολυντή (σωματίδια ανα χρόνο) για την i ταχύτητα ανέμου, k κλάση ευστάθειας

f :συχνότητα εμφάνισης της i ταχύτητας ανέμου, j κατεύθυνσης ανέμου και k κλάσης ευστάθειας.

Δθ' :το πλάτος του τομέα σε ακτίνια

R :ακτινική απόσταση του δέκτη απο την πηγή = $\left[(x + x_y)^2 + y^2\right]^{1/2}$ (m)

X :απόσταση του κέντρου της πηγής απο τον δέκτη μετρούμενη κατά το ρεύμα του πλουμίου

Y: πλευρική απόσταση του πλουμίου απο τον δέκτη

X_y : πλευρική απόσταση, ισούτε με 0 για σημειακές πηγές

S: συντελεστής ομαλοποίησης

V : vertical term

D : decay term,

σ_z : τυπική απόκλιση της κατακόρυφης κατανομής συγκέντρωσης (m)

u_s : ταχύτητα αέρα (m/s)

Η μέση ετήσια συγκέντρωση στο σημείο (r,θ) υπολογίζεται απο τις μέσες εποχιακές συγκεντρώσεις σύμφωνα με τον τύπο :

$$\chi_a = 0.25 \sum_{l=1}^{4} \chi_1 \quad (9)$$

2.3.3 Υπολογισμός συντεταγμένων

Το ISC χρησιμοποιεί καρτεσιανές ή πολικές συντεταγμένες. Τα σημεία των δεκτών έχουν χαρακτηριστεί σε καρτεσιανές συντεταγμένες (X,Y) ώστε να γίνουν οι υπολογισμοί της διασποράς. Στο πολικό σύστημα συντεταγμένων, η ακτινική συντεταγμένη του σημείου (r,2) μετριέται απο την αρχή που έχει ορίσει ο χρήστης και η γωνιακή συντεταγμένη μετριέται απο τον βορρά με κατεύθυνση των δεικτών του ρολογιού. Στο καρτεσιανό σύστημα, ο X άξονας είναι θετικός προς την ανατολή και ο Y άξονας θετικός προς τον βορρά.

Στο πολικό σύστημα,η αρχή είναι το (X_0, Y_0) και το οποιοδήποτε σημείο δίνεται αποτις σχέσεις:

$$X = r\sin\theta - X_0 \qquad (10)$$

$$Y = r\sin\theta - Y_0 \qquad (11)$$

Άν οι συντεταγμένες της πηγής είναι X(S) και Y(S) τότε η απόσταση χ και y του δέκτη απο αυτήν κατά την διεύθυνση του πλουμίου δίνεται απο τον τύπο :

$$x = (X(R) - X(S))\sin(WD) - (Y(S))\cos(WD) \qquad (12)$$

$$y = (X(R) - X(S))\cos(WD) - (Y(R) - Y(S))\sin(WD) \qquad (13)$$

όπου WD είναι η διεύθυνση κατα την οποία πνέει ο άνεμος.

2.3.4 Υπολογισμός ταχύτητας αέρα

Η ταχύτητα του αέρα u_s δίνεται απο τον τύπο:

$$u_s = u_{ref}\left(\frac{h_s}{z_{ref}}\right)^p \qquad (14)$$

Όπου:

u_{ref} : ταχύτητα ανέμου στο ύψος αναφοράς

z_{ref} : ύψος αναφοράς

h_s : ύψος εκπομπής

p : συντελεστής ανάλογος με το προφίλ του αέρα ο οποίος βρίσκεται απο τον πίνακα 6.

Κλάση ευστάθειας	**Αγροτική περιοχή**	**Αστική περιοχή**
A	0,07	0,15
B	0,07	0,15
C	0,10	0,20
D	0,15	0,25
E	0,35	0,30
F	0,55	0,30

Πίνακας 6: Τιμή συντελεστή p αναλόγως της κλάσης ευστάθειας ατμόσφαιρας και εδάφους.

Τα μοντέλα διασποράς ρύπων αναβαθμίζονται ανα τακτά χρονικά διαστήματα έχοντας κάποιες διορθώσεις στον κώδικα τους και αλλαγές παραμέτρων χωρίς να αλλάζουν οι βασικές παραδοχές του γκαουσιανού πλουμίου σταθερής κατάστασης με σκοπό την καλύτερη μελέτη της διασποράς και εξαλοιφή σφαλμάτων των προηγούμενων εκδόσεων. Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιείται η έκδοση ISC-LT3. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται η έκδοση ISC-LT3 η οποία έχει νέους αλγόριθμους για την υγρή και την ξηρή απόθεση, νέο τρόπο προσωμοίωσης των πηγών πεδίου και νέα μέθοδο εξομείωσης του ανάγλυφου του εδάφους.

Το μοντέλο ISC δέχεται ωριαίες μετεορολογικές μετρήσεις για να ορίσει τις συνθήκες για την εξαγωγή του πλουμίου, την διασπορά, την μεταφορά, και την απόθεση. Το μοντέλο εκτιμάει την απόθεση ή την συγκέντρωση για κάθε συνδυασμό πηγής-δέκτη για κάθε ωριαία διάρκεια της μετεορολογίας και υπολογίζει τον μέσο όρο που έχει επιλέξει ο χρήστης. Για τιμές απόθεσης μπορεί να υπολογιστούν ή η υγρή ή η ξηρή ή η ολική απόθεση. Η ολική απόθεση είναι το άθροισμα της υγρής και της ξηρής απόθεσης. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα του υπολογισμού του μέσου όρου για την συνολική περίοδο των μετορολογικών μετρήσεων.

Σημειακές πηγες

Το long-term μοντέλο όπως και το short-term μοντέλο χρησιμοποιούν την ίδια υπόθεση, ότι η περιοχή η οποία περιβάλλει μία πηγή συνεχούς ρύπανσης είναι χωρισμένη σε τομείς ίσου μεγέθους αντίστοιχους με την εποχιακή και την ετήσια κατανομή της κατεύθυνσης του αέρα, της ταχύτητας του και της κλάσης σταθερότητας του. Οι εποχιακές ή οι ετήσιες εκπομπές της πηγής χωρίζονται σε τομείς ανάλογα με την συχνότητα κατα την οποία φυσάει ο αέρας σε αυτους. Τα πεδία συγκεντρώσεων τα οποία μετριούνται για κάθε πηγή μεταφράζονται σε ένα σύστημα συντεταγμένων, είτε πολικό είτε καρτεσιανό, προστείθονται ωστε να να ωγεί το σύνολο όλων των πηγών.

Τύποι ανάπτυξης πλουμίου

Η ανάπτυξη του πλουμίου γίνεται με διάφορους τρόπους και έτσι το ISC διαφοροποιεί τους τύπους αυτούς για τον υπολογισμό.

Έτσι οι κατηγορίες είναι οι εξής:

Stack-tip Downwash

Ορμητικές και ανοδικές ροές

Ευμετάβλητες ή ουδέτερες ροές − διαστάυρωση μεταξύ ορμητικής και ανοδικής ροής

Ευμετάβλητες ή ουδέτερες ροές − ορμητική ροή.

Ευμετάβλητες ή ουδέτερες ροές − ανοδική ροή.

Σταθερή ροή − διαστάυρωση μεταξύ ορμητικής και ανοδικής ροής .

Σταθερή ροή − ορμητική ροή

Σταθερή ροή – ανοδική ροή.

Όλες οι συνθήκες – απόσταση μικρότερη απο ολική απόσταση ανάπτυξης πλουμίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΟΣΜΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των οσμών είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία είναι πολύ δυσκολότερη απο τον ποσοτικό προσδιορισμό των «κλασικών» ρύπων. Αυτό συμβαίνει γιατί αρχικά πρέπει να αναγνωριστεί η ουσία που προκαλεί το πρόβλημα η οποία μπορεί να μην είναι και η μοναδική και αργότερα χρειάζονται πολλές μετρήσεις της συγκέντρωσης της οσμής αυτής κοντά στην πηγή της.
Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι εκπομπές υδροθείου απο τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμμάτων Χανίων.

3.2 Μέτρηση συγκεντρώσεων υδροθείου

Η ευκολία της in-situ μέτρησης του υδροθείου με τα κατάλληλα όργανα αλλά και η χαρακτηριστική οσμή του που λειτουργεί ως δείκτης οσμητικής ρύπανσης έχει ως αποτέλεσμα την διαδεδομένη μέτρηση του στις περιπτώσεις που μελετάται διασπορά οσμών απο ΚΕΛ. Η πιο διαδεδομένη χρήση της μέτρησης του υδροθείου είναι σε διαδικασίες χαρτογράφησης των οσμών πάνω απο μελετούμενες περιοχές οπου μετρούνται εκπομπές υδροθείου απο ορισμένες πηγές και στην συνέχεια γίνεται σχεδίαση ισότιμων καμπυλών συγκέντρωσης υδροθείου πάνω απο την υπο μελέτη περιοχή με την βοήθεια ενός μοντέλου ατμοσφαιρικής διασποράς.

Για την μέτρηση εκπομπών υδροθείου στο ΚΕΛ Χανίων χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής JEROME 631-X (Arizona Instruments USA) ο οποίος φαίνεται στο σχήμα 7. (Winegar & Schmidt, 1998)

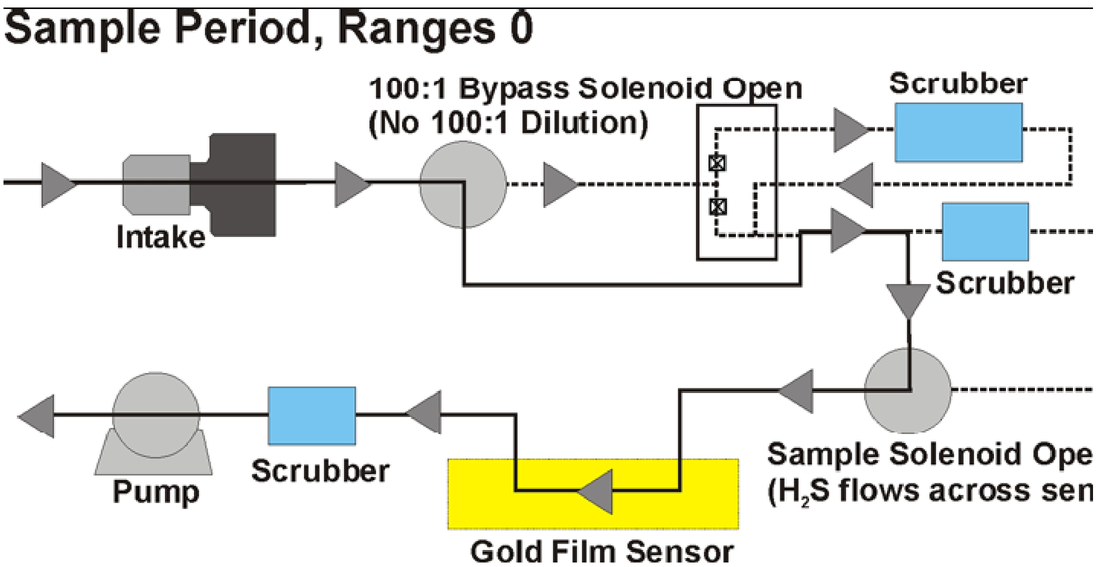
Σχήμα 7: αναλυτής JEROME 631-X.

Τα χαρακτηριστικά του οργάνου JEROME 631-X είναι τα εξής:

- Ακριβής ανάλυση του υδροθείου σε λίγα δευτερόλεπτα
- Περισκοπική λειτουργία για αναζήτηση διάσπαρτων πηγών εκπομπής υδροθείου
- Επαναφορτιζόμενη μπαταρία για καλύτερη μεταφερσιμότητα
- Αυτόματος φωτισμός της οθόνης σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού
- Ο μικροεπεξεργαστής διασφαλίζει μια γραμμική απόκριση σε όλο το φάσμα του αισθητήριου οργάνου
- Μόνιμα ενσωματομένο αισθητήρα χρυσού.

Η λειτουργία του οργάνου βασίζεται στην μέθοδο του αισθητήρα χρυσού φιλμ. Μια λεπτή ταινία χρυσού, παρουσία του υδροθείου, υφίσταται μια αύξηση της ηλεκτρικής αντίδρασης του ανάλογη της ποσότητας του υδροθείου που βρίσκεται στο διάλλειμα. Όταν το κουμπί ‘SAMPLE’ είναι πατημένο, μια εσωτερική τρόμπα αέρα εισάγει ποσότητα ατμοσφαιρικού αέρα πάνω απο τον αισθητήρα χρυσού φιλμ για έναν ορισμένο χρόνο. Ο αισθητήρας απορoφά το υδρόθειο. Ο μετρητής προσδιορίζει την ποσότητα του υδροθείου που απορροφήθηκε και εμφανίζει την συγκέντρωση του υδροθείου σε ppm. Κατα την διάρκεια της δειγματοληψίας ο μικροεπεξεργαστής του οργάνου μηδενίζει αυτόματα τον ψηφιακό μετρητή στην αρχή του κάθε κύκλου δειγματοληψίας και παγώνει την ένδειξη μέχρι να ξεκινήσει η επόμενη δειγματοληψία και έτσι εξαλείφουμε την ανάμιξη των μετρούμενων δειγμάτων.

Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας, οι φωτιζόμενες μπάρες στην οθόνη LCD αντιπροσωπεύουν το ποσοστό του κορεσμού του δέκτη. Το όργανο μπορεί να κάνει 50 με 500 δειγματοληψίες μέχρι να φτάσουμε σε κορεσμό του δέκτη, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις του υδροθείου που μετράται. Στο σημείο αυτό, πρέπει να ζεστάνουμε τον δέκτη για 10 λεπτα ώστε να απομακρύνουμε το συσσωρευμένο υδρόθειο. Κατά την διάρκεια του κύκλου ανάπλασης του δέκτη, και τα δύο σωληνάκια του οργάνου είναι κλειστά ωστε να αναγκάσουν τον αέρα να περάσει απο ένα φίλτρο καθαρισμού εξασφαλίζοντας καθαρό αέρα για την διαδικασία ανάπλασης.



Σχήμα 8: γραφική αποικόνιση λειτουργείας αναλυτή JEROME 631-X.

Η παροχή του οργάνου είναι 0.15lt/min. Στις μετρήσεις οι συγκεντρώσεις του υδροθείου επηρεάζουν τόσο τον χρόνο απόκρισης του οργάνου όσο και την ακρίβεια του. Στον πίνακα 7φαίνονται οι απόκριση και η ακρίβεια του οργάνου ανάλογα με κάποια εύρη συγκεντρώσεων. (Winegar & Schmidt, 1998)

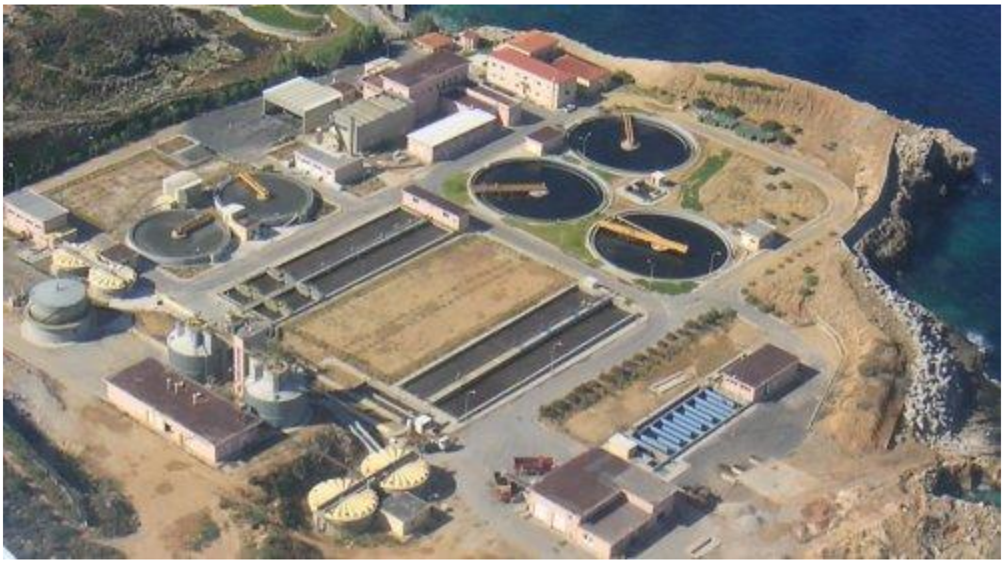
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	ΣΦΑΛΜΑ
0,001-0,099ppm	30 sec	±0,003 ppm στα 0,050 ppm
0,10-0,99 ppm	25 sec	±0,03 ppm στα 0,50 ppm
1,0-9,9 ppm	16 sec	±0,3 ppm στα 5,0 ppm
10-50 ppm	13sec	±2 ppm στα 25 ppm

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά λειτουργείας αναλυτή JEROME 631-X αναλόγως των μετρούμενων συγκενρώσεων.

Το σφάλμα που παρουσιάζεται στον πίνακα 7 αναφέρεται σε μέτρηση στο μέσο του εύρεως συγκεντρώσεων.

3.3 Περιοχή δειγματοληψίας

Εικόνα 1



Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετάει τις εκπομπές υδροθείου απο το κέντρο επεξεργασίας λυμμάτων Χανίων το οποίο βρίσκεται στην περιοχή Κουμπελί των Χανίων, 4 χιλιόμετρα βορειοανατολικά του κέντρου των Χανίων και είναι η περιοχή στην οποία υπάρχουν και οι περισσότερες διαμαρτυρίες για όχληση.

Η εγκατάσταση, που βρίσκεται σε λειτουργία από το 1995 προβλέπει την επεξεργασία αστικών λυμάτων που αντιστοιχούν σε 105.500 κατοίκους, βιομηχανικά απόβλητα που αντιστοιχούν σε 5.000 ισοδυνάμους κατοίκους και βοθρολύματα που αντιστοιχούν σε 7.000 ισοδυνάμους κατοίκους, δηλαδή συνολικά θα εξυπηρετεί 117.500 ισοδύναμους κατοίκους και 26.000 m3/d. Η μέγιστη ημερήσια παροχή το καλοκαίρι του 2007 έφθασε τα 22194 m3/d.

Η επεξεργασία των λυμάτων γίνεται με την μέθοδο της ενεργοποιημένης λάσπης και η επεξεργασία της λάσπης με την μέθοδο της αναερόβιας χώνευσης με παράλληλη αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί για την απομάκρυνση του BOD5 κατά 96% και των αιωρούμενων στέρεων κατά 95% . (Δ.Ε.Υ.Α.Χ. website)

Η παροχή λυμμάτων σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της ΔΕΥΑΧ για το έτος 2008 παρουσιάζονται στον πίνακα 8.

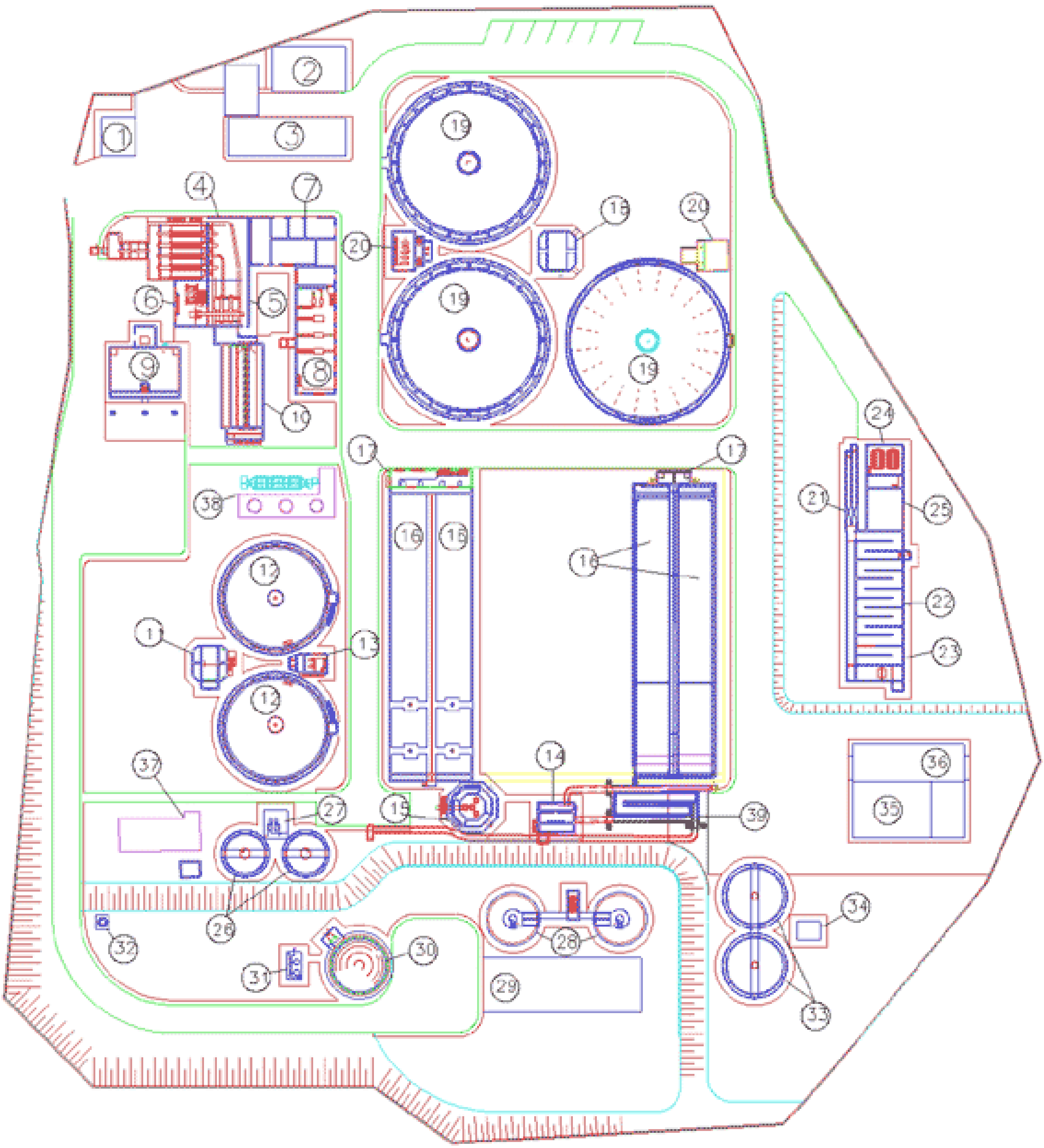
ΜΗΝΑΣ	**ΠΑΡΟΧΗ ΛΥΜΜΑΤΩΝ (m^3 /d)**	**ΕΠΟΧΗ**	**ΠΑΡΟΧΗ ΛΥΜΜΑΤΩΝ (m^3 /d)**
Ιανουάριος	17890	Χειμώνας	18612
Φεβρουάριος	19576		
Μάρτιος	18227	Άνοιξη	18706
Απρίλιος	18581		
Μάιος	19310		
Ιούνιος	19252	Καλοκαίρι	19575
Ιούλιος	19897		
Αύγουστος	19576		
Σεπτέμβριος	18401	Φθινόπωρο	17488
Οκτώβριος	17179		
Νοέμβριος	16884		
Δεκέμβριος	18369	Χειμώνας	
Μέσος μηνιαίος όρος	**18595**		

Πίνακας 8: Μηνιαία και εποχική παροχή λυμάτων στο ΚΕΛ Χανίων έτους 2008.

Όπως παρατηρούμε κατα την καλοκαιρινή περίοδο, τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο το συνολικό ποσό των λυμμάτων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση με τις υπόλοιπες περιόδους. Αυτό συμβαίνει διότι την περίοδο αυτή ο πλυθησμός στην πόλη των Χανίων αυξάνεται λόγω του τουρισμού και οι ανάγκες σε νερό αυξάνονται. Για τον λόγο αυτόν εξετάσαμε και ένα σενάριο με αυξημένη μάζα λυμμάτων για να μελετήσουμε την διασπορά των αυξημένων εκπομπών υδροθείου σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες την περίοδο αυτή που εντείνουν το πρόβλημα όχλησης .

Τα βασικά τμήματα της εγκατάστασης των Χανίων είναι τα παρακάτω:

- Αντλιοστάσιο εισόδου εγκατάστασης
- Εγκατάσταση υποδοχής βοθρολυμμάτων
- Εσχάρωση
- Εξάμμωση-αφαίρεση λιπών
- Πρωτοβάθμια καθίζηση
- Δεξαμενή επιλογής
- Δεξαμενές αερισμού
- Δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης
- Δεξαμενή χλωρίωσης
- Μηχανική πάχυνση της λάσπης
- Προπάχυνση
- Αναερόβιοι χωνευτές
- Μεταπάχυνση
- Αφυδάτωση
- Επιπλέον κτιριακές εγκαταστάσεις
- Συγκρότημα απόσμησης



Σχήμα 9: Γραφική κάτοψη της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων Χανίων.

Η μονάδα απόσμησης έχει δυναμικότητα 45.000 m3/h με σκοπό την μείωση των οσμών που παράγονται από το έργο σε ποσοστό 99%. Η απόσμηση γίνεται με πλυντηρίδα τριών σταδίων με την χρήση χημικών. Η αμμωνία και το υδρόθειο απομακρύνονται από τον αέρα με την χρήση υδατικών διαλυμάτων θειικού οξέος, καυστικού νατρίου και υπεροξειδίου του υδρογόνου. Η απόσμηση εξυπηρετεί τα έργα εισόδου, τα φρεάτια και τις δεξαμενές λάσπης και την μονάδα αφυδάτωσης.

Για τις εκπομπές υδροθείου απευθηνθήκαμε στην Δ.Ε.Υ.Α.Χανίων. Για να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη έρευνα και μελέτη των εκπομπών χρησιμοποιήσαμε 3 δέκτες μέτρησης εκπομπών υδροθείου σε διαφορετικά σημεία του βιολογικού καθαρισμού.

Τα σημεία αυτά είναι :

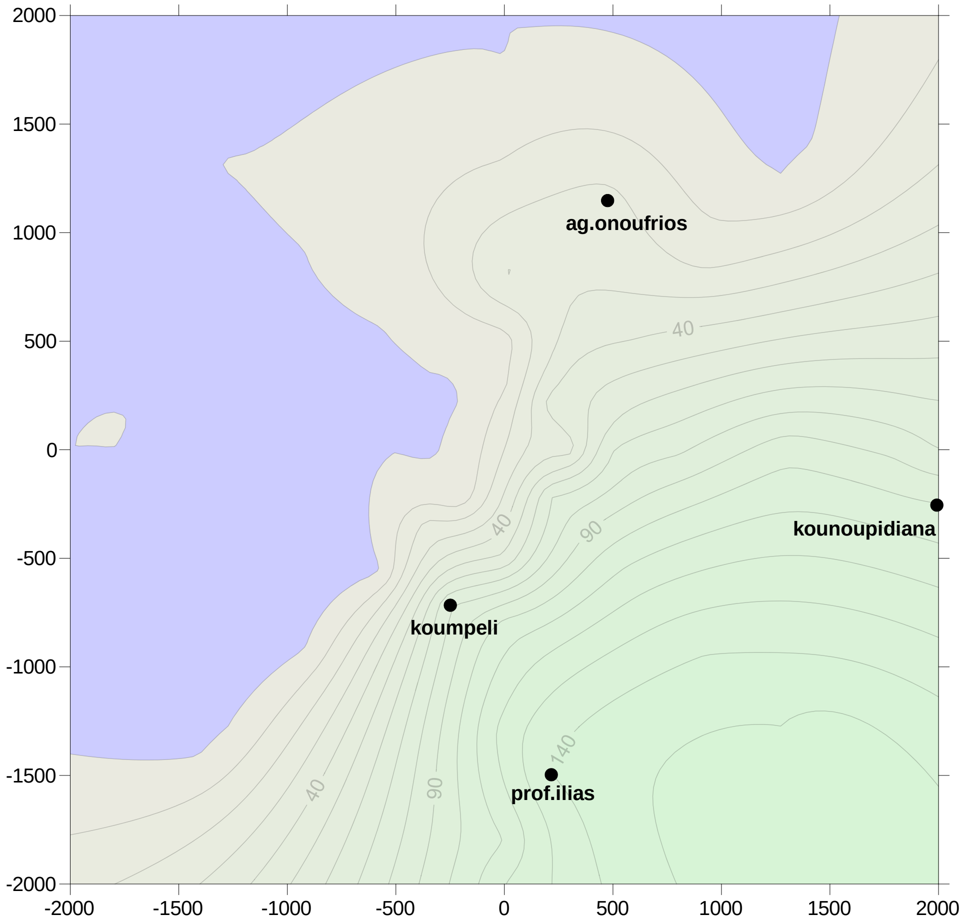
1)το σημείο υποδοχής των βοθρολυμμάτων

2)οι δύο δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Τα σημεία αυτά επιλέχθηκαν καθώς εκεί τα λύμματα δεν έχουν υποστεί καμία επεξεργασία και ο όγκος τους είναι μεγαλύτερος οπότε και οι οσμές άρα και οι συγκεντρώσεις των οσμητικών ουσιών,οπότε και του υδροθείου είναι μεγαλύτερες οπότε επηρεάζουν και περισσότερο την ατμόσφαιρα.

Το μοντέλο εφαρμόστηκε σε μία περιοχή 16 km^2 . η περιοχή αυτή είναι ένα τετράγωνο πλευράς 4 km με κέντρο του τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Μέσα στην περιοχή αυτή βρίσκονται οι περιοχές του Αγίου Ονουφρίου, το Κουμπελί, το Σόδυ, τα Κουνουπιδιανά, περιοχές που έχουν εδώ και καιρό εκφράση τα παράπονα τους για ενοχλητικές οσμές προερχόμενες απο τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού.

Οι θέσεις των οικισμών αυτών φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 10: Θέση της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων σε σχέση με τους γειτονικούς οικισμούς.

Οι αποστάσεις των οικισμών αυτών φαίνονται στον πίνακα 9.

ΟΙΚΙΣΜΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΛ (m)
Κουμπελί	400
Προφήτης Ηλίας	1200
Άγιος Ονούφριος	1500
Κουνουπιδιανά	2000

Πίνακας 9: Αποστάσεις κατοικιμένων περιοχών απο την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΟΣΜΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Το μοντέλο διασποράς ISC που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2 εφαρμόστηκε για την μελέτη της διασποράς των εκπομπών υδροθείου απο το κέντρο επεξεργασίας λυμμάτων Χανίων πλησίον του οποίου οι κάτοικοι έχουν εκφράσει παράπονα για ενοχλητικές οσμές. Στις περιοχές αυτές έχουν γίνει μετρήσεις αλλά οι μετρούμενες συγκεντρώσεις υδροθείου ήταν κάτω του ορίου ανίχνευσης. Εφαρμόζοντας το μοντέλο ISC για τις συγκεκριμένες περιοχές, οι τιμές των συγκεντρώσεων επίσης είναι μικρότερες απο το όριο ανίχνευσης ακόμα και σε μικρότερες αποστάσεις απο τις αποστάσεις των υπο μελέτη περιοχών. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή το μοντέλο χρησιμοποιεί μέσες ωριαίες τιμές συγκεντρώσεων χωρίς να λαμβάνει υπόψην του τυχόν έντονες διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων σε μικρότερη χρονική κλίμακα ή εντονότερα καιρικά φαινόμενα. Παρακάτω περιγράφονται τα μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσωμοίωση και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Τα τοπογραφικά δεδομένα εισόδου προέκυψαν απο ψηφιοποίηση των χαρτών της υπο μελέτη περιοχής.

4.2 Εφαρμογή του μοντέλου για την διασπορά οσμών απο το ΚΕΛ Χανίων

4.2.1 Μετεωρολογικά δεδομένα εισόδου

Οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι απο τις πιο σημαντικές παραμέτρους που επηρρεάζουν την διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα οπότε και των οσμών. Τα μοντέλα διασποράς υπολογίζουν την διασπορά λαμβάνοντας υπόψην τους μετεωρολογικές παραμέτρους όπως η ένταση και η κατεύθυνση του αέρα, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία.

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε όπως προαναφέρθηκε η long-term εκδοχή του μοντέλου ISC. Το μοντέλο σε αυτήν την εκδοχή αναλύει μετεωρολογικά δεδομένα μεγάλης χρονικής περιόδου για καλύτερη μελέτη της διασποράς των οσμών. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα απο τον μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται στην περιοχή της Σούδας και αφορούν δεδομένα μιας χρονικής περιόδου 28 ετών, απο το 1970 εως το 1997. Τα δεδομένα αυτά αφορούν την ένταση και την κατεύθυνση του ανέμου, στοιχεία που επηρεάζουν άμεσα την διασπορά των οσμών και έχουν ως πιθανό αποτέλεσμα την εμφάνιση τους στις κατοικημένες περιοχές. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι σε μορφή συχνότητας εμφάνισης ανέμου συγκεκριμένης έντασης και κατεύθυνσης ανα μήνα καθ’όλη την χρονική περίοδο των 28 ετών. Στον πίνακα 10 φαίνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα ενός μήνα της χρονικής περιόδου που μελετήθηκε.

PERIOD 1970-1997

MONTHLY FREQUENCY(PER CENT) OF WIND DIRECTION AND FORCES IN BEAUFORT SCALE

FROM OBSERVATIONS 06H,12H,18H GMT

MONTH =12 YEAR =00

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0									27.348	27.348
1	.408	.187	.551	1.290	1.631	1.025	1.080	.650		6.822
2	2.777	2.998	2.755	3.472	4.265	2.469	1.752	2.160		22.648
3	4.001	3.064	2.127	4.486	2.943	1.532	.882	2.855		21.890
4	2.414	1.290	1.984	3.163	1.940	.628	.595	2.535		14.549
5	.595	.452	.959	1.488	.507	.099	.121	.474		4.695
6	.242	.077	.529	.452	.143	.044	.044	.187		1.718
7	.000	.044	.209	.077	.000	.000	.000	.000		.330
8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000

```
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
|  9  |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |       |  .000  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 10  |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |       |  .000  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| >11  |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |  .000 |       |  .000  |
| =    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| SUM  | 10.437 |  8.112 |  9.114 | 14.428 | 11.429 |  5.797 |  4.474 |  8.861 | 27.348 | 100.000  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
```

Πίνακας 10: Ανεμολογικά δεδομένα μηνός Δεκεμβρίου για την περίοδο 1970-1997

Όπως φαίνεται παραπάνω, υπάρχουν μετρήσεις για 8 διαφορετικές κατευθύνσεις ανέμου (Β,ΒΑ,Α,ΝΑ,Ν,ΝΔ,Δ,ΒΔ) και για 12 τιμές έντασης, απο 0 εώς 11 μποφώρ.
Για παράδειγμα, η συχνότητα εμφάνισης βορειοδυτικού ανέμου εντάσεως 3 μποφώρ τον μήνα Δεκέμβριο για την περίοδο 1970-1997 είναι 2.855%.
Οι συχνότητες αυτές είναι ποσοστιαίες, δηλαδή το άθροισμα όλων των συχνοτήτων είναι 100% .
Στον πίνακα 11 φαίνονται τα ανεμολογικά δεδομένα επεξεργασμένα ωστε να μελετηθούν οι πιθανότητες εμφάνισης ανέμων διαφόρων εντάσεων και κατευθύνσεων για το διάστημα των 28 χρόνων.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
0	3.4425	3.4425	3.4425	3.4425	3.4425	3.4425	3.4425	3.4425	27.54
1	0.937	0.213	0.363	0.702	1.816	1.533	1.865	0.625	8.054
2	3.755	1.431	1.423	2.77	3.303	2.901	2.582	4.37	22.535
3	4.651	1.422	1.249	2.953	2.44	1.477	1.886	6.035	22.113
4	3.752	0.868	1.078	2.041	1.326	0.419	0.621	4.707	14.812
5	0.731	0.211	0.508	0.735	0.368	0.083	0.073	0.889	3.598
6	0.177	0.065	0.252	0.244	0.153	0.014	0.018	0.134	1.057
7	0.009	0.025	0.078	0.06	0.03	0	0	0.009	0.211
8	0.004	0.017	0.058	0.022	0.018	0.007	0	0	0.126
9	0	0	0.004	0	0	0	0	0	0.004
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17.4585	7.6945	8.4555	12.9695	12.8965	9.8765	10.4875	20.2115	100

Πίνακας 11 : πιθανότητα εμφάνισης ανέμου συγκεκριμένης έντασης και διεύθυνσης

Όπως παρατηρούμε στον παραπάνω πίνακα η επικρατούσα διεύθυνση αέρα είναι η βοριοδυτική με συχνότητα εμφάνισης 20,21% . Επίσης η ένταση του ανέμου ήταν κατά κανόνα μικρή (εώς 5 μποφώρ).

4.2.2 Σενάρια - αποτελέσματα

Εφαρμόζοντας το μοντέλο διασποράς ISC για την διασπορά των οσμών υδροθείου απο το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμμάτων Χανίων σε γειτονικούς οικισμούς παρατηρήθηκε ότι οι συγκεντρώσεις υδροθείου στις κατοικιμένες περιοχές δεν δικαιολογούν τα εκτεταμένα παράπονα που έχουν εκφράσει οι κάτοικοι. Για τον λόγο αυτό μελετήθηκαν και κάποια υποθετικά σενάρια τα οποία δείχνουν αν μεταποιημένες τιμές εισερχόμενης μάζας λυμμάτων και άλλα μετεωρολογικά δεδομένα επηρεάζουν την διασπορά.

Τα σενάρια που μελετήθηκαν είναι τα εξής:

Σενάριο 1

Εδώ χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα εισόδου τα επίσημα δεδομένα που έχουμε από την ΔΕΥΑΧ για την μάζα των εισερχόμενων λυμμάτων και έχουμε επιλέξει ως κλάση ευστάθειας την κλάση D.

Σενάριο 2

Σε αυτό το σενάριο εξετάζεται η διασπορά των οσμών υδροθείου με μείωση της συγκέντρωσης της μάζας των αποβλήτων που εισέρχονται στον βιολογικό κατα 50%, δηλαδή:

$$V_{\sigma\varepsilon\nu} = 0.5\ V_{\mu.o} \qquad (15)$$

Το σενάριο αυτό μπορεί να συγκριθεί με τις συνθήκες που επικρατούν την χειμερινή περίοδο στα Χανιά λόγω έλλειψης τουρισμού. Και εδώ η κλάση ευστάθειας είναι η κλάση D.

Σενάριο 3

Σε αυτό το σενάριο η μάζα των εισερχόμενων λυμμάτων είναι αυξημένη σε σχέση με τον μέσο όγκο λυμμάτων σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία τα οποία πήραμε απο την Δ.Ε.Υ.Α.Χανίων. Αυτό το σενάριο είναι πολύ σημαντικό και λαμβάνει χώρα τις τουριστικές περιόδους όπου ο πλυθησμός των Χανίων είναι αυξημένος. Εδώ ο όγκος των εισερχόμενων λυμμάτων στις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού είναι αυξημένος κατα 50%, δηλαδή:

$$V_{\sigma\varepsilon\nu} = 1.5V_{\mu.o} . \qquad (16)$$

Κλάση ευστάθειας των αερίων είναι και εδώ η κλάση D.

Σενάριο 4

Σε αυτό το σενάριο αλλάζει η κλάση ευστάθειας των αερίων απο την κλάση D στην κλάση A. Όπως είπαμε παραπάνω, οι ρύποι αλλάζοντας κλάση ευστάθειας γίνονται πιο ασταθείς με αποτέλεσμα να συμπεριφέρονται αλλιώς ανάλογα με τα καιρικά φαινόμενα και την φορά του αέρα και η διασπορά τους να είναι διαφορετική πάνω απο την ευρύτερη περιοχή των Χανίων.

Σενάριο 5

Σε αυτό το σενάριο αλλάζουμε την κλάση ευστάθειας των αερίων απο την κλάση D στην κλάση B.

Σενάριο 6

Σε αυτό το σενάριο αλλάζουμε την κλάση ευστάθειας των αερίων απο την κλάση D στην κλάση C.

Σενάριο 7

Σε αυτό το σενάριο αλλάζουμε την κλάση ευστάθειας των αερίων απο την κλάση D στην κλάση E.

Σενάριο 8

Σε αυτό το σενάριο αλλάζουμε την κλάση ευστάθειας των αερίων απο την κλάση D στην κλάση F.

Συνοψίζοντας , το πρώτο σενάριο εμφανίζει την κατάσταση που επικρατεί αυτήν την στιγμή στο ΚΕΛ Χανίων, το δεύτερο σενάριο εμφανίζει την χειρότερη κατάσταση που μπορεί να προκύψει και το τρίτο σενάριο εμφανίζει μια ακραία κατάσταση μεγάλης μείωσης μάζας λυμμάτων. Στα υπόλοιπα σενάρια δίνουν μια εικόνα για τις αλλαγές συμπεριφοράς των αερίων με την μέση παροχή λυμμάτων λόγω της αλλαγής κλάσης ευστάθειας.

Οι συγκεντρώσεις που υπολογίζονται απο το μοντέλο είναι μετρημένες σε μονάδες μg/m^3 . Παρ'όλα αυτά τα όρια ανίχνευσης και αντίληψης είναι μετρημένα σε ppb οπότε θα είναι χρήσιμο να μετατρέψουμε τα αποτελέσματα αυτά απο μg/m^3 σε ppb.

Η μετατροπή αυτή γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$X_{ppm} = \frac{\left(Y_{mg/m^3}\right)\left(24.45\right)}{\left(molecular.weight\right)} \qquad (17)$$

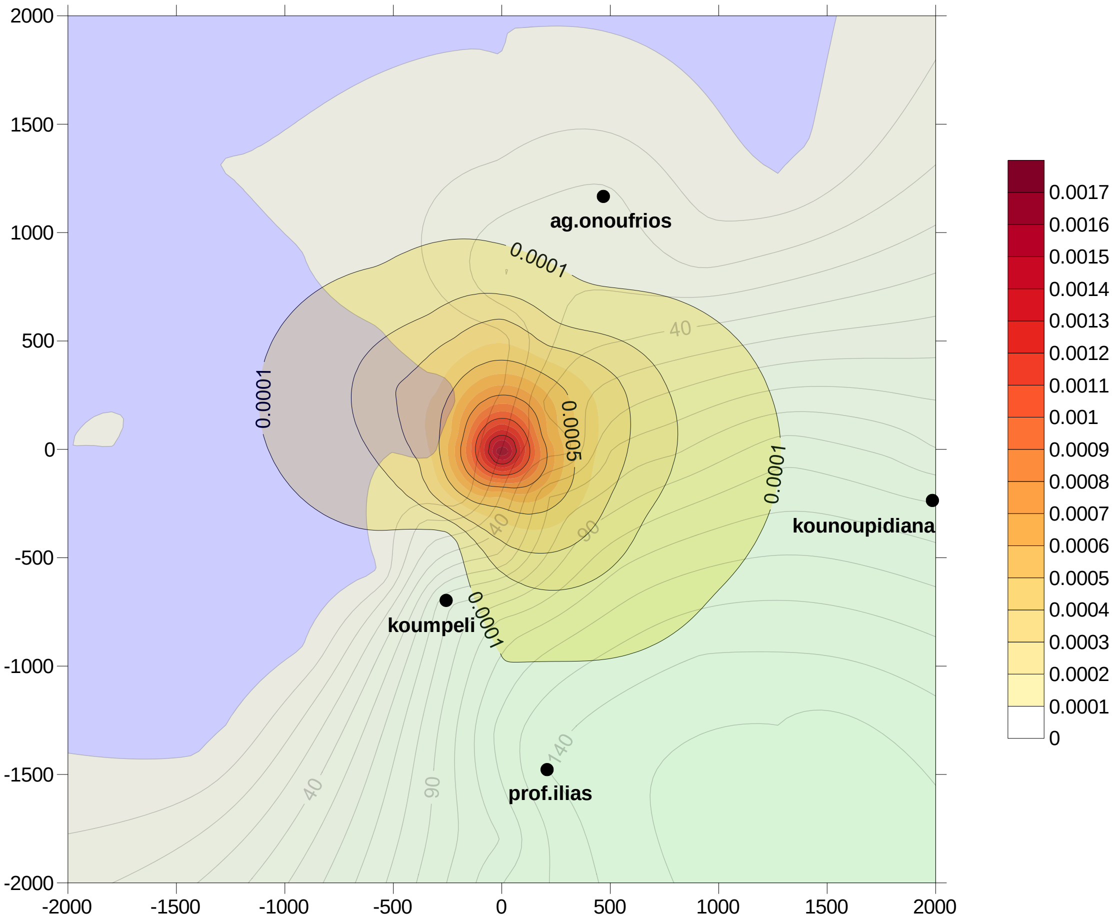
Όπου $\mathbf{X_{ppm}}$ η συγκέντρωση σε ppm

$\mathbf{Y_{mg/m^3}}$ η συγκέντρωση σε mg/m^3

Molecular weight το μοριακό βάρος της εκάστοτε ένωσης

4.2.3 Αποτελέσματα Σεναρίου 1

Στο σχήμα 10 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου



Σχήμα 10: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 1.

πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 1.

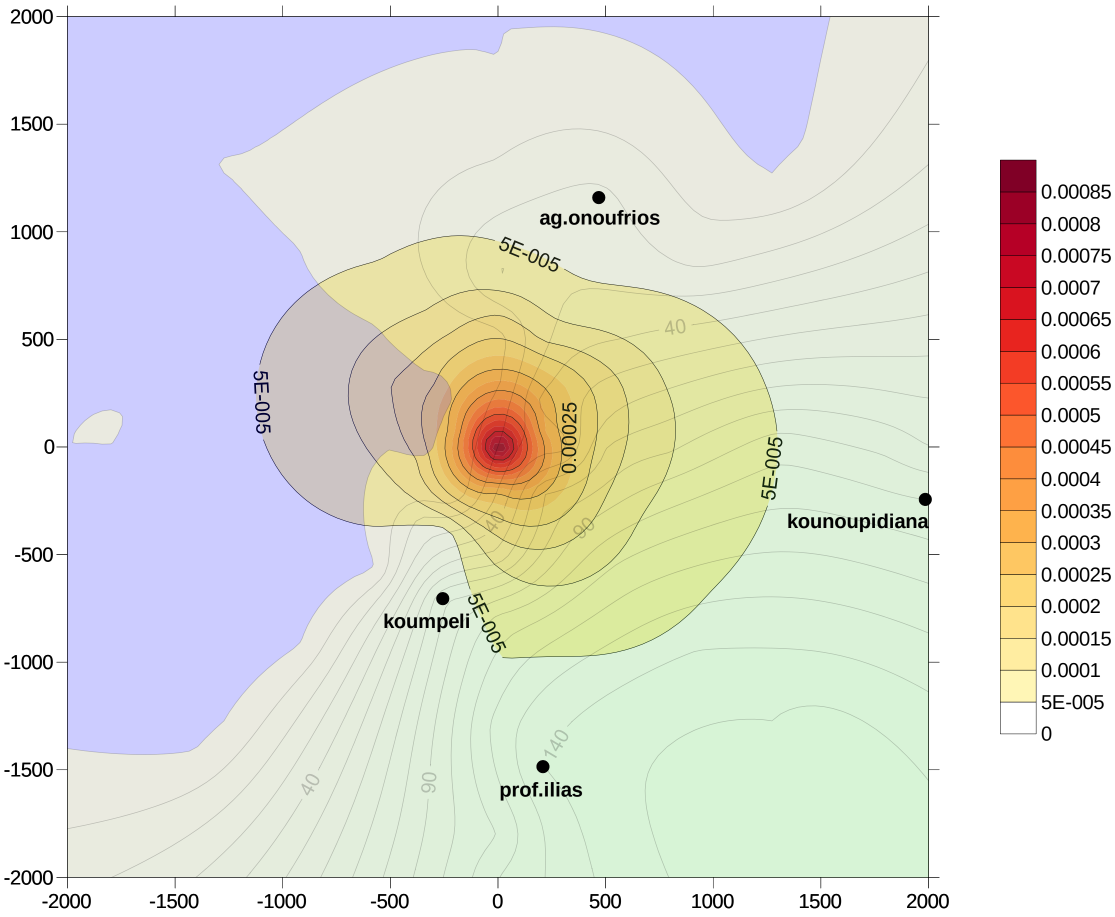
Τα αποτελέσματα σε ppb των συγκεντρώσεων του υδροθείου είναι ακόλουθα:

mg/m3	ppb
0.0017	1.22
0.0016	1.15
0.0015	1.08

0.0014	1.01
0.0013	0.93
0.0012	0.86
0.0011	0.79
0.01	0.72
0.0009	0.65
0.0008	0.58
0.0007	0.5
0.0006	0.43
0.0005	0.36
0.0004	0.29
0.0003	0.22
0.0002	0.14
0.0001	0.07
0	0

Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα, η κύρια διεύθυνση διασποράς των οσμών είναι η νότια εξαιτίας αφενός της κατεύθυνσης του ανέμου και αφετέρου του ανάγλυφου της περιοχής. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση υδροθείου στην ατμόσφαιρα είναι 1.22 ppb ,η οποία κατατάσσεται εντός του πεδίου του ορίου ανίχνευσης και εμφανίζεται εντός της περιοχής του βιολογικού καθαρισμού. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν ότι η συγκέντρωση του υδροθείου μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση απο την πηγή. Όπως φαίνεται και στο γράφημα, οι συγκεντρώσεις υδροθείου στις περιοχές που έχουν παραπονεθεί για οχλήσεις όπως το Κουμπελί οι συγκεντρώσεις είναι σχεδόν μηδενικές και δεν δικαιολογούν κάποια όχληση.

4.2.4 Αποτελέσματα Σεναρίου 2



Σχήμα 11: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 2.

Μετατρέπουμε τις αέριες συγκεντρώσεις σε ppb.

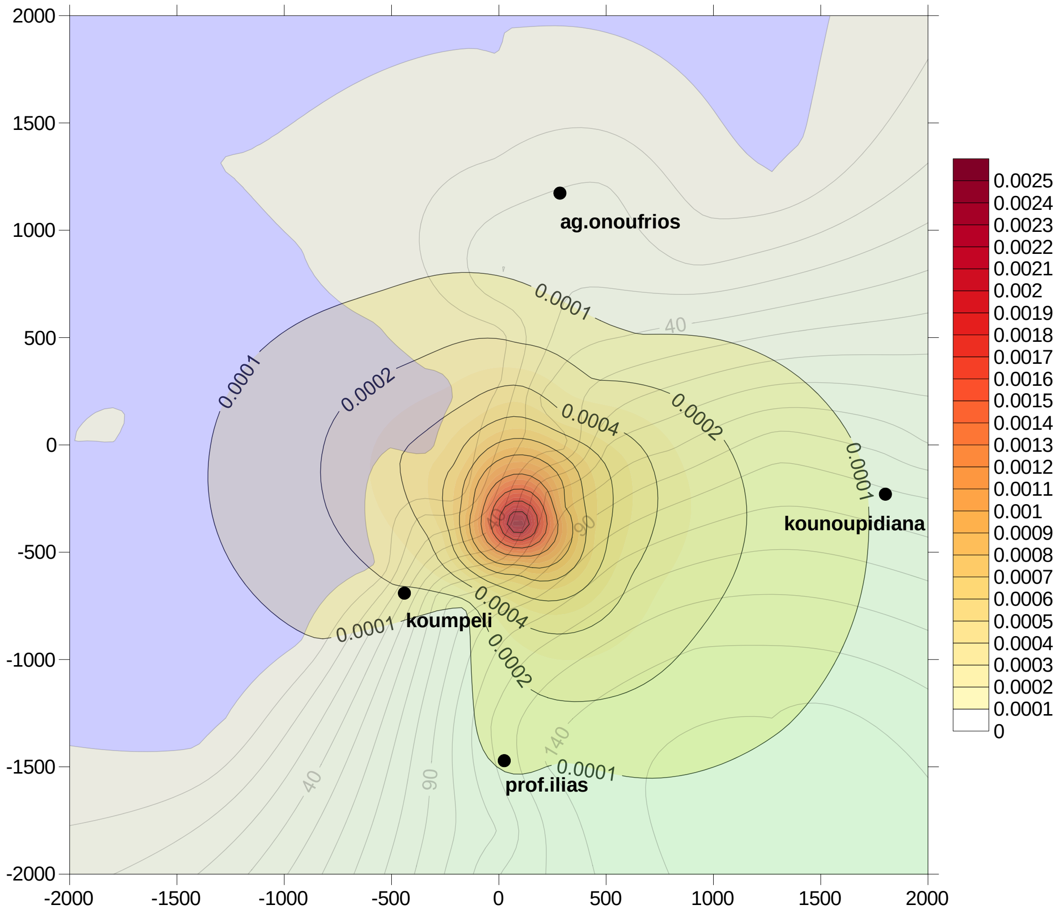
mg/m3	Ppb
0.00085	0.61
0.0008	0.58
0.00075	0.54
0.0007	0.5
0.00065	0.47
0.0006	0.43
0.00055	0.4
0.0005	0.36
0.00045	0.32

0.0004	0.29
0.00035	0.25
0.0003	0.22
0.00025	0.18
0.0002	0.14
0.00015	0.11
0.0001	0.07
0.00005	0.04
0	0

Στο σχήμα 11 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 2.

Όπως παρατηρούμε οι συγκεντρώσεις υδροθείου στην ατμόσφαιρα είναι όπως ήταν αναμενόμενο μειωμένες και στα όρια των περιοχών στις οποίες έχει δημιουργηθεί πρόβλημα οι συγκεντρώσεις είναι πολύ μικρότερες απο τα όρια ανίχνευσης του υδροθείου οπότε δεν δημιουργείται πρόβλημα όχλησης.

4.2.5 Αποτελέσματα Σεναρίου 3



Σχήμα 12: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 3.

Οι συγκεντρώσεις σε ppb δίνονται στον παρακάτω πίνακα

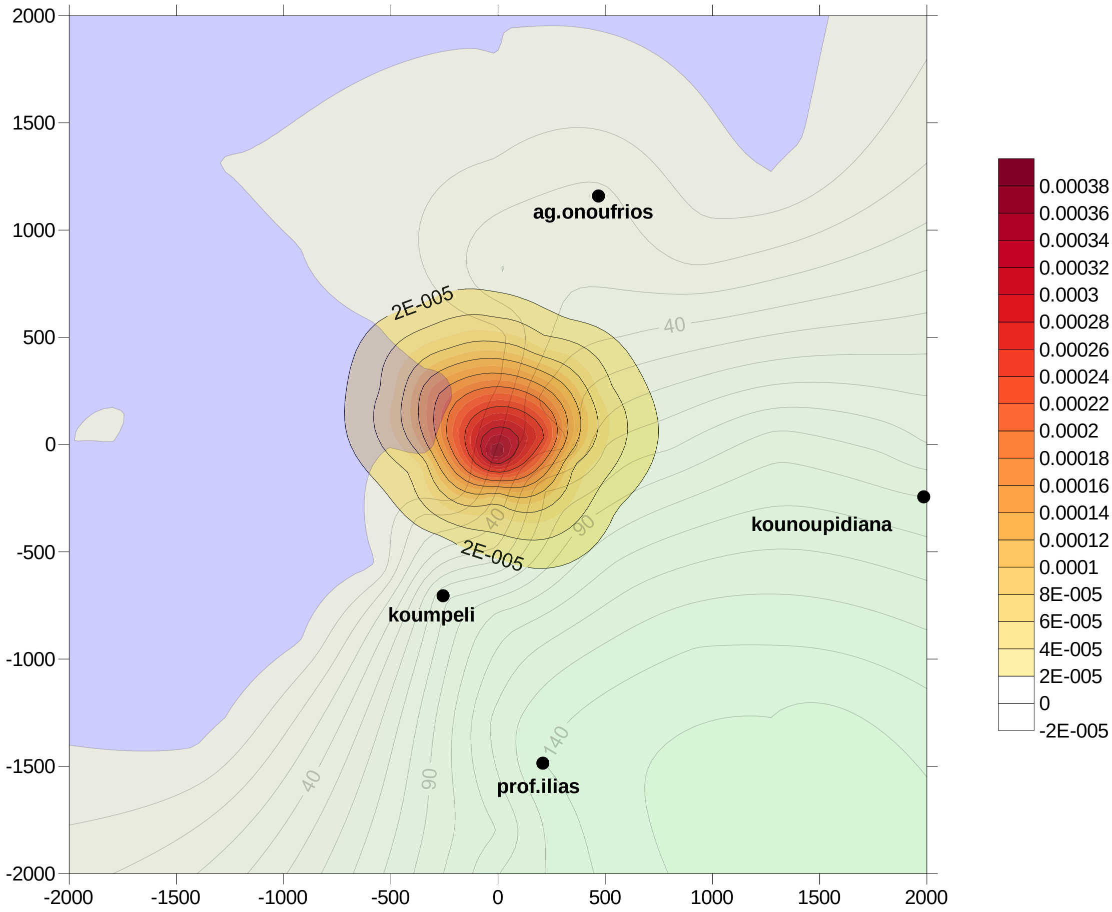
mg/m3	ppb
0.0025	1.797775
0.0024	1.725864
0.0023	1.653953
0.0007	0.503377
0.0022	1.582042

0.0021	1.510131
0.002	1.43822
0.0019	1.366309
0.0018	1.294398
0.0017	1.222487
0.0016	1.150576
0.0015	1.078665
0.0014	1.006754
0.0013	0.934843
0.0012	0.862932
0.0011	0.791021
0.001	0.71911
0.0009	0.647199
0.0008	0.575288
0.0007	0.503377
0.0006	0.431466
0.0005	0.359555
0.0004	0.287644
0.0003	0.215733
0.0002	0.143822
0.0001	0.071911
0	0

Στο σχήμα 12 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 3.

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση που παρατηρείται και είναι εντός των εγκαταστάσεων του βιολογικού καθαρισμού ειναι 1.798ppb και η μεγαλύτερη συγκέντρωση κοντά σε κατοικημένη περιοχή η οποία είναι το Κουμπελί είναι 0.21 ppb. Όπως βλέπουμε λοιπόν, και σε αυτήν την περίπτωση, η οποία είναι και η πιο ακραία και έχει τις περισσότερες πιθανότητες να δημιουργήσει οχλήσεις στις κατοικημένες περιοχές η συγκέντρωση του υδροθείου στις περιοχές αυτές είναι κοντά στο κάτω όριο του πεδίου τιμών του ορίου ανίχνευσης και μόνο εντός των εγκαταστάσεων η τιμή αυτή ξεπερνάει το όριο αυτό και μπαίνει στο όριο αναγνώρισης.

4.2.6 Αποτελέσματα Σεναρίου 4



Σχήμα 13: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 4.

Οι αέριες συγκεντρώσεις σε ppb είναι οι εξής:

mg/m3	ppb
0.00038	0.27
0.00036	0.26
0.00034	0.24
0.00032	0.23

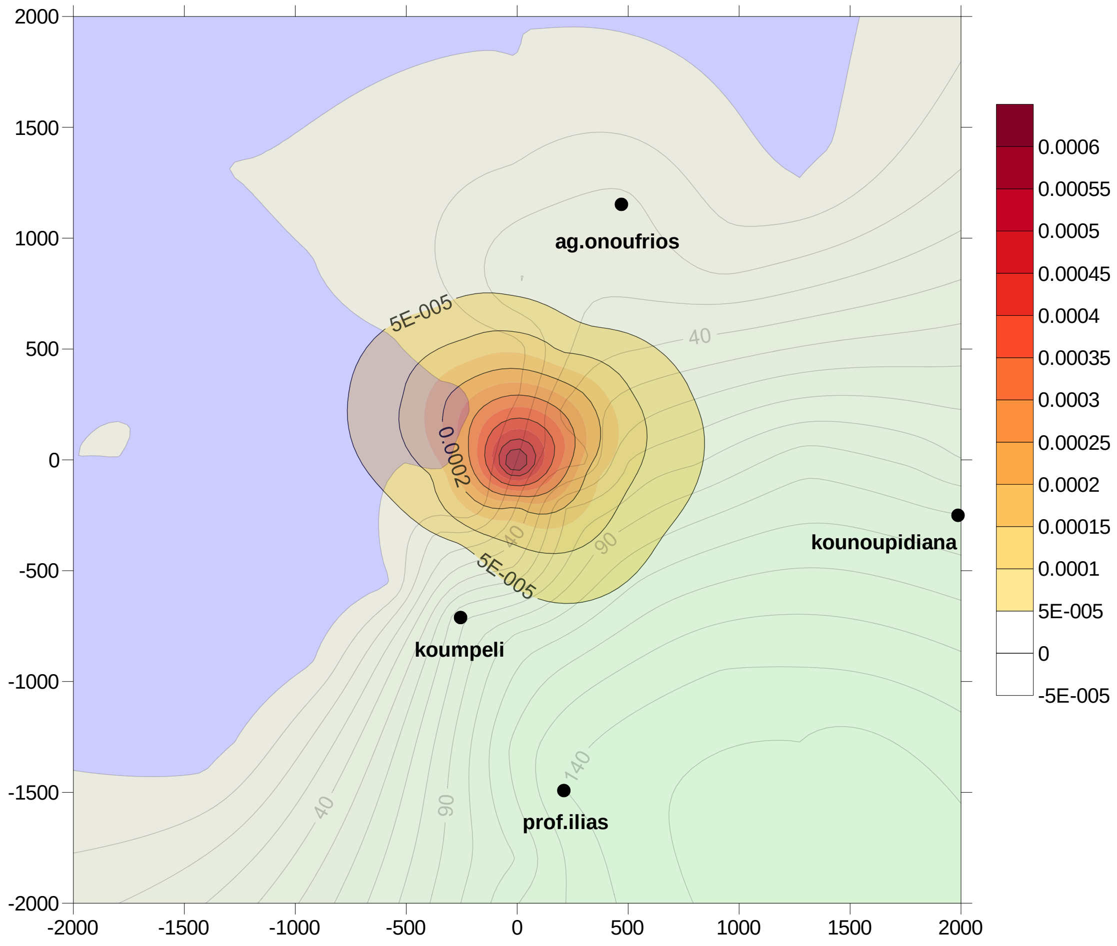
0.0003	0.22
0.00028	0.2
0.00026	0.19
0.00024	0.17
0.00022	0.16
0.0002	0.14
0.00018	0.13
0.00016	0.12
0.00014	0.1
0.00012	0.09
0.0001	0.07
0.00008	0.06
0.00006	0.04
0.00004	0.03
0.00002	0.01
0	0

Στο σχήμα 13 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 4.

Όπως παρατηρούμε, η περιοχή διασποράς των ρύπων είναι πιο περιορισμένη απο την περιοχή διασποράς του σεναρίου Α και οι συγκεντρώσεις σαφώς μικρότερες. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς η κλάση ευστάθειας Α είναι πιο ασταθής απο την κλάση ευστάθειας D και έτσι η διασπορά των ρύπων είναι πιο περιορισμένη και με χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου με αποτέλεσμα να μειώνεται η τυρβώδης ανάμιξη και η μεταφορά των ρύπων.

Όπως παρατηρούμε επίσης οι συγκεντρώσεις του υδροθείου στις κατοικημένες περιοχές είναι μηδενική και ακόμα και στην περιοχή των εγκαταστάσεων της επεξεργασίας λυμάτων η συγκέντρωση είναι 0.27 ppb η οποία κατατάσσεται εντός του εύρους του ορίου ανίχνευσης.

4.2.7 Αποτελέσματα Σεναρίου 5



Σχήμα 14: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 5.

mg/m3	ppb
0.0006	0.431466
0.00055	0.395511
0.0005	0.359555
0.00045	0.3236
0.0004	0.287644
0.00035	0.251689
0.0003	0.215733
0.00025	0.179778
0.0002	0.143822

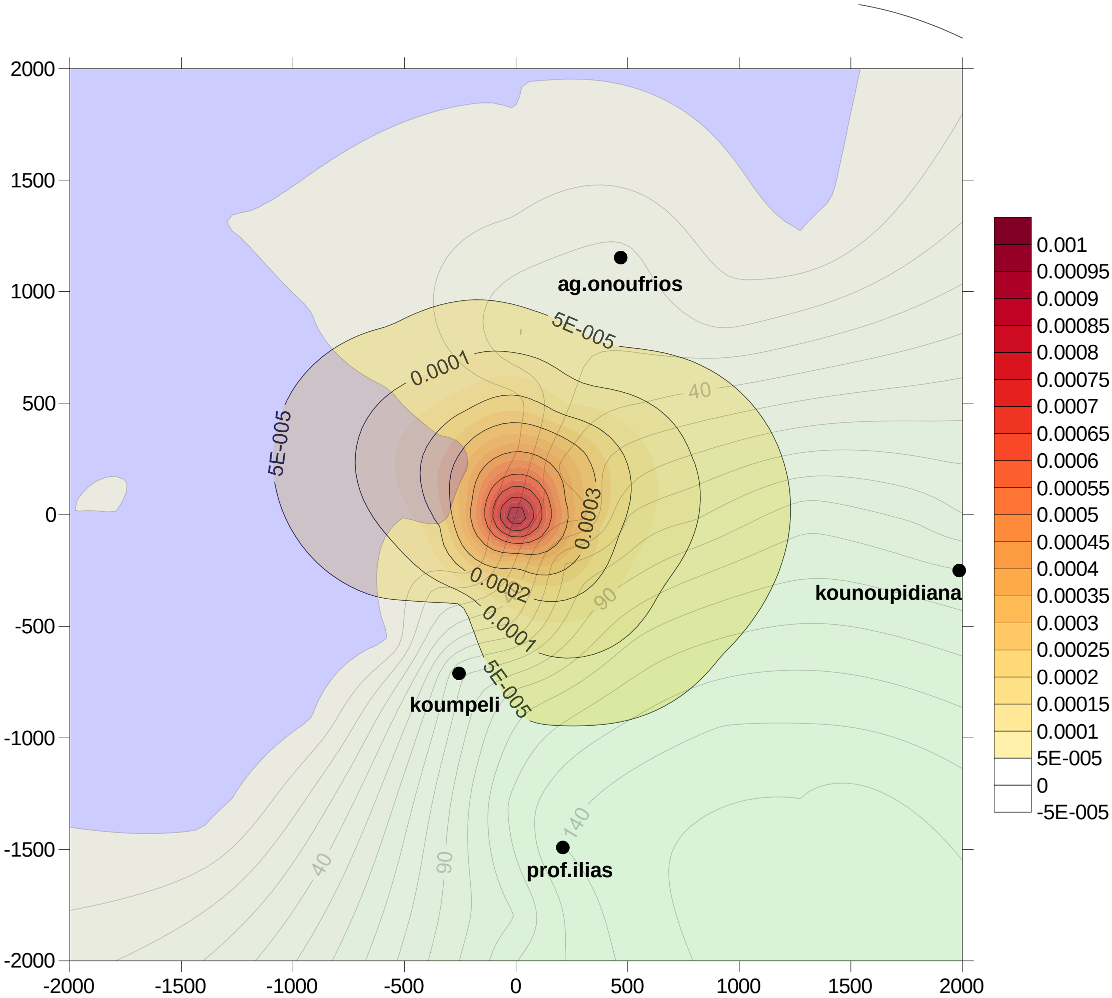
0.00015	0.107867
0.0001	0.071911
0.00005	0.035956
0	0

Στο σχήμα 14 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 5.

Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω γράφημα, η διασπορά των ρύπων είναι σαφώς πιο περιορισμένη απο το πρώτο σενάριο με τις πραγματικές συνθήκες αλλά πιο εκτεταμένη απο την διασπορά των ρύπων του προηγούμενου σεναρίου. Αυτο είναι αναμενόμενο διότι η ατμόσφαιρα γίνεται πιο σταθερή και με υψηλότερες ταχύτητες ανέμου.

Και σε αυτό το σενάριο μελέτης οι συγκεντρώσεις του υδροθείου στις κατοικημένες περιοχές είναι μηδενικές και η μεγαλύτερη συγκέντρωση που μετράται είναι εντός των εγκαταστάσεων και είναι 0.432 ppb, συγκέντρωση εντός του πεδίου τιμών του ορίου ανίχνευσης του υδροθείου.

4.2.8 Αποτελέσματα Σεναρίου 6



Σχήμα 15: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 6.

mg/m3	ppb
0.001	0.71911
0.00095	0.683155
0.0009	0.647199
0.00085	0.611244
0.0008	0.575288
0.00075	0.539333

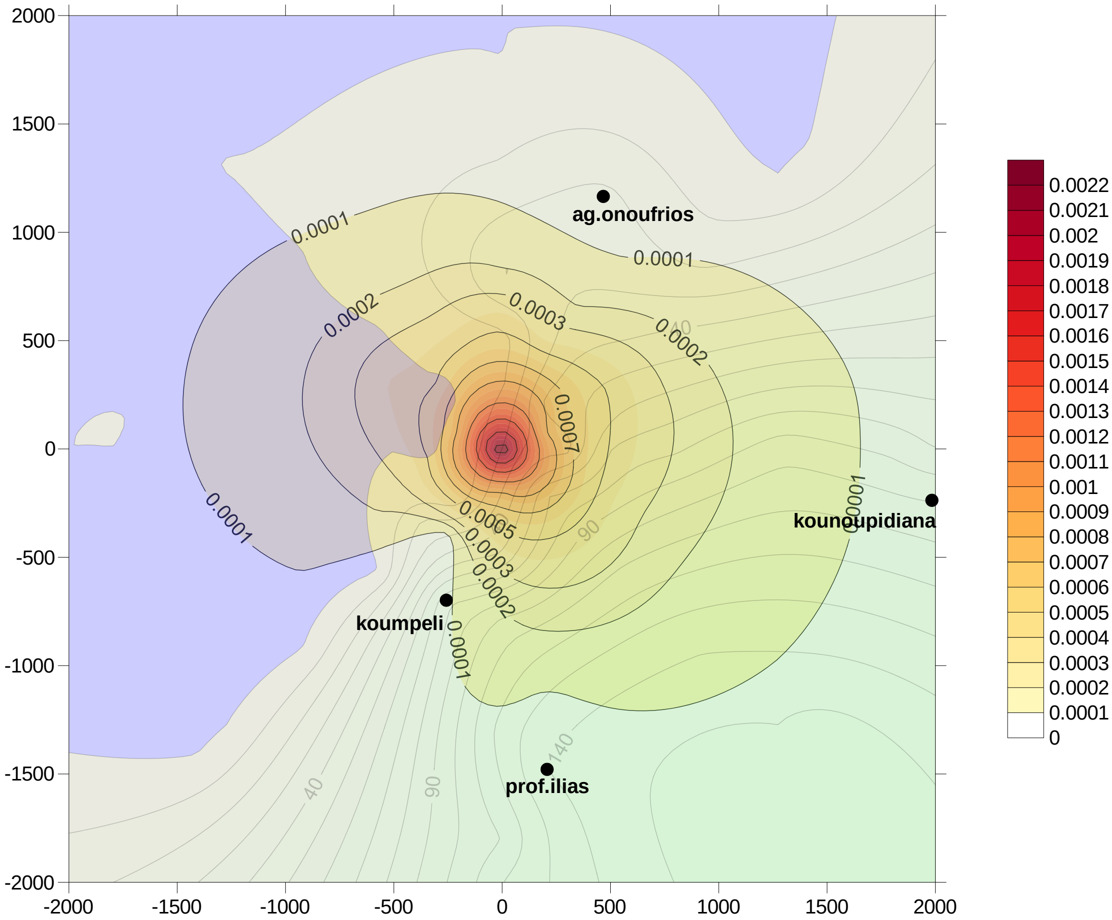
0.0007	0.503377
0.00065	0.467422
0.0006	0.431466
0.00055	0.395511
0.0005	0.359555
0.00045	0.3236
0.0004	0.287644
0.00035	0.251689
0.0003	0.215733
0.00025	0.179778
0.0002	0.143822
0.00015	0.107867
0.0001	0.071911
0.00005	0.035956
0	0

Στο σχήμα 15 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 6.

Όπως είναι αναμενόμενο,η διασπορά του υδροθείου στην ατμόσφαιρα είναι λιγότερο εκτεταμένη από το σενάριο 1 με τις πραγματικές συνθήκες καθώς η ατμόσφαιρα με την κλάση ευστάθειας C του παρόντος σεναρίου χαρακτηρίζεται ως πιο ασταθής και αυτό δεν ευνοεί την διασπορά αλλά και πιο εκτεταμένη απο το προηγούμενο σενάριο.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα, και πάλι οι συγκεντρώσεις του υδροθείου στις κατοικημένες περιοχές της περιοχής μελέτης είναι μηδενικές. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση που εμφανίζεται εντός των εγκαταστάσεων της επεξεργασίας λυμάτων είναι ίση με 0,72 ppb και είναι εντός του εύρους τιμών του πεδίου ανίχνευσης του υδροθείου.

4.2.9 Αποτελέσματα Σεναρίου 7



Σχήμα 16: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 7.

mg/m3	ppb
0.0022	1.582042
0.0021	1.510131
0.002	1.43822
0.0019	1.366309
0.0018	1.294398
0.0017	1.222487
0.0016	1.150576
0.0015	1.078665
0.0014	1.006754

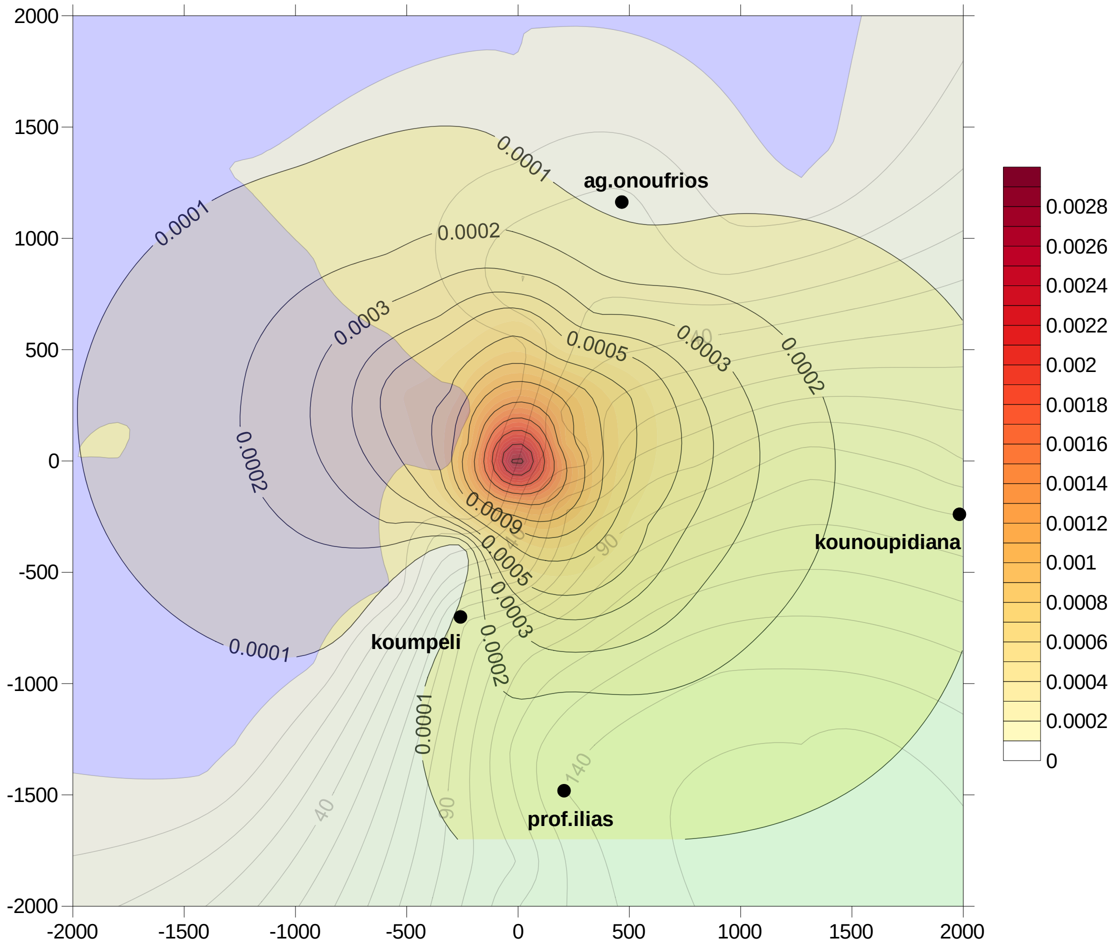
0.0013	0.934843
0.0012	0.862932
0.0011	0.791021
0.001	0.71911
0.0009	0.647199
0.0008	0.575288
0.0007	0.503377
0.0006	0.431466
0.0005	0.359555
0.0004	0.287644
0.0003	0.215733
0.0002	0.143822
0.0001	0.071911
0	0

Στο σχήμα 16 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 7.

Όπως φαίνεται, σε αυτό το σενάριο η διασπορά του υδροθείου είναι αρκετά εκτεταμένη και αυτο οφείλεται στο ότι η ατμόσφαιρα στην κλάση ευστάθειας Ε του παρόντος σεναρίου είναι πιο σταθερή γεγονός που ευνοεί την διασπορά. Όπως είναι αναμενόμενο η διασπορά είναι μεγαλύτερη απο την διασπορά του υδροθείου υπο τις πραγματικές συνθήκες όπου η κλάση ευστάθειας είναι η κλάση D.

Και σε αυτό το σενάριο οι συγκεντρώσεις του υδροθείου στις κατοικημένες περιοχές είναι μηδενικές. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση υδροθείου εμφανίζεται οπως είναι αναμενόμενο εντός του βιολογικού καθαρισμού Χανίων και είναι ίση με 1,58 ppb. Η τιμή αυτή είναι εντός του πεδίου ανίχνευσης του υδροθείου αλλά είναι χαμηλότερη από το τρίτο σενάριο που εξετάστηκε, δηλαδή το σενάριο με τις αυξημένες εκπομπές υδροθείου.

4.2.10 Αποτελέσματα Σεναρίου 8



Σχήμα 17: γραφική αναπαράσταση της διασποράς υδροθείου στην μελετούμενη περιοχή για το σενάριο 8.

mg/m3	ppb
0.0028	2.013508
0.0026	1.869686
0.0024	1.725864
0.0022	1.582042
0.002	1.43822
0.0018	1.294398
0.0016	1.150576
0.0014	1.006754

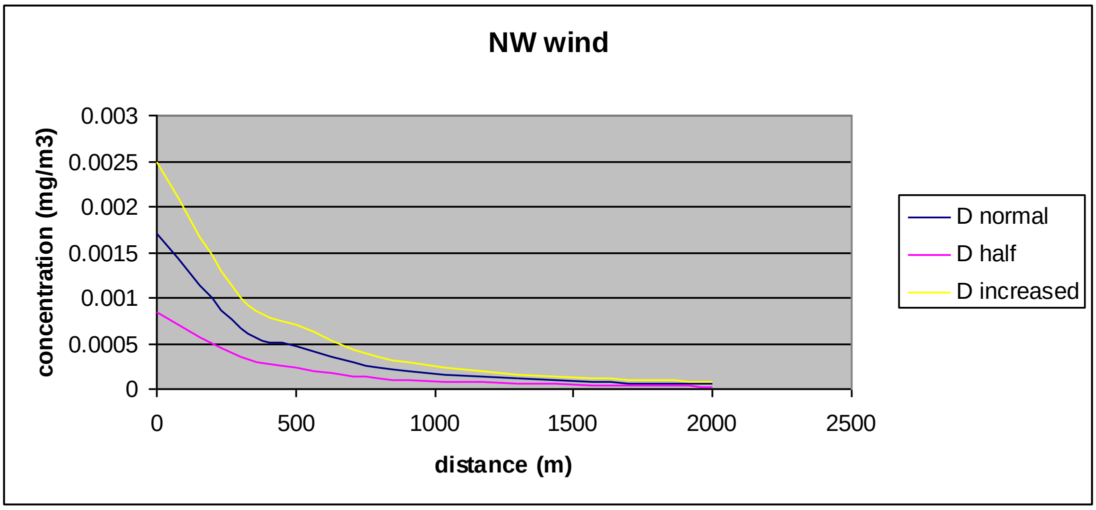
0.0012	0.862932
0.001	0.71911
0.0008	0.575288
0.0006	0.431466
0.0004	0.287644
0.0002	0.143822
0	0

Στο σχήμα 17 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσων συγκεντρώσεων του υδροθείου πάνω απο την εξετάζουσα περιοχή των Χανίων γύρω απο το ΚΕΛ όπως προέκυψαν απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC για το σενάριο 8.

Το σενάριο αυτό είναι το πιο ακραίο το οποίο μελετήθηκε και αυτό αποικονίζεται και στο παραπάνω γράφημα. Όπως παρατηρείται, η διασπορά του υδροθείου είναι πολύ εκτεταμένη και αυτό είναι το μοναδικό σενάριο στο οποίο η διασπορά του υδροθείου καλύπτει τις κατοικημένες περιοχές .

Η μέγιστη συγκέντρωση υδροθείου εμφανίζεται εντός των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και είναι ίση με 2.013 ppb. Η συγκέντρωση αυτή είναι η μεγαλύτερη συγκέντρωση που εμφανίζεται σε όλα τα μελετούμενα σενάρια και είναι εντός του πεδίου τιμών του ορίου αναγνώρισης του υδροθείου. Η τιμή αυτή εντάσσεται στο πεδίο τιμών του ορίου αναγνώρισης του υδροθείου.

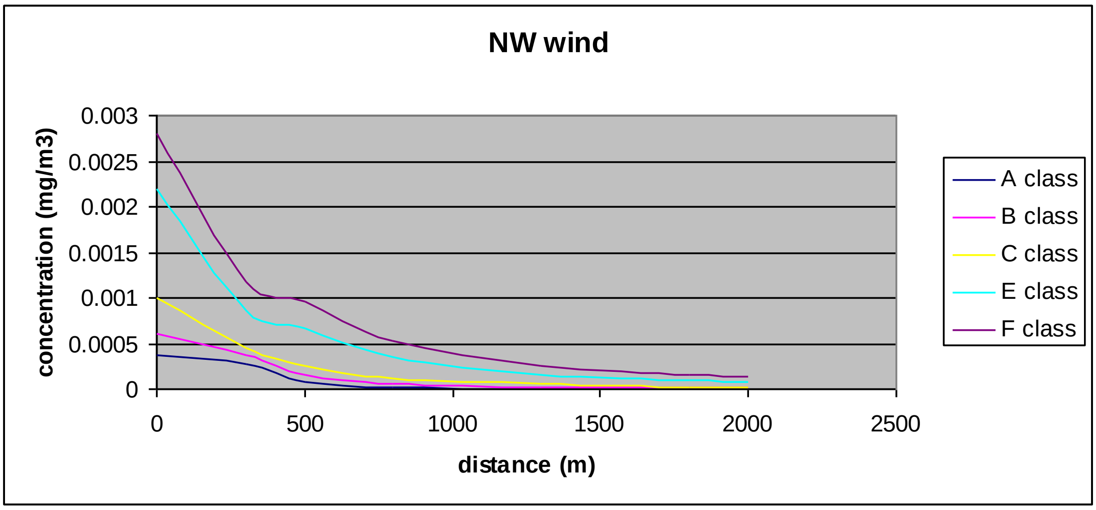
Καθώς το υδρόθειο διαχέεται στην ατμόσφαιρα,η συγκέντρωση του είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης του σημείου απο την πηγή εκπομπής του. Επίσης η διασπορά του εξαρτάται απο τις μετεωρολογικές συνθήκες και από την συγκέντρωση εκπομπής του υδροθείου . Όπως φαίνεται στα παραπάνω γραφήματα, η έκταση της διασποράς διαφέρει απο σενάριο σε σενάριο. Στο σχήμα 18 φαίνεται η μείωση της συγκέντρωσης του υδροθείου σε σχέση με την απόσταση απο τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού για τα τρία πρώτα σενέρια κατά την βορειοδυτική διεύθυνση ανέμου, η οποία είναι και η πιο συχνά εμφανιζόμενη διεύθυνση ανέμου της περιοχής. Τα σενάρια αυτά είναι τα σενάρια στα οποία μελετήθηκε η συμπεριφορά των ρύπων με αυξομείωση της αρχικής μάζας λυμάτων.



Σχήμα 18: μέγιστη συγκέντρωση υδροθείου σε διάφορες αποστάσεις κατά την κύρια φορά κατεύθυνσης αέρα για τα σενάρια 1,2,3.

Όπως παρατηρείται στο σχήμα, στο σενάριο με την αυξημένη αρχική μάζα λυμμάτων η συγκέντρωση του υδροθείου στην ατμόσφαιρα είναι σε όλες τις αποστάσεις μεγαλύτερη απο τα άλλα σενάρια, ακολουθεί το σενάριο με τις πραγματικές παραμέτρους και το σενάριο με τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις είναι το σενάριο με την μισή αρχική μάζα λυμμάτων το οποίο είναι και το αναμενόμενο αποτέλεσμα.

Στο σχήμα 19 παρουσιάζονται οι κατανομές των συγκεντρώσεων του υδροθείου σε σχέση με την απόσταση απο τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού για τα σενάρια στα οποία αλλάζει η κλάση ευστάθειας των αερίων.



Σχήμα 19: μέγιστη συγκέντρωση υδροθείου σε διάφορες αποστάσεις κατά την κύρια φορά κατεύθυνσης αέρα για τα σενάρια 4,5,6,7,8.

Σε αυτό το σχήμα φαίνεται ότι η συγκέντρωση του υδροθείου είναι μεγαλύτερη στην ατμόσφαιρα στην κλάση F και μικρότερη στην κλάση A, γεγονός το οποίο φαινεται και στα γραφήματα των κατόψεων που υπάρχουν παραπάνω. Αυτό είναι αναμενόμενο αποτέλεσμα καθώς όπως έχει προαναφερθεί παραπάνω (κεφ. 2.1) πηγαίνοντας απο την κλάση ευστάθειας A προς την κλάση ευστάθειας F η ατμόσφαιρα γίνεται πιο σταθερή και με λιγότερη τύρβη γεγονός που ευνοεί την μεγαλύτερη διασπορά των αερίων ρύπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Συμπεράσματα – Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

5.1 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή γίνεται μία προσπάθεια εκτίμησης της όχλησης που μπορεί να προκληθεί απο τις εκπομπές υδροθείου απο τις εγκαταστάσεις του κέντρου επεξεργασίας λυμμάτων Χανίων. Οι συγκεντρώσεις που παρατηρήθηκαν βρίσκονται σε επίπεδα κάτω του ορίου ανίχνευσης του υδροθείου οπότε δέν υπάρχουν επιπτώσεις τόσο για το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων όσο και για την υγεία τους.

Το πρώτο πράγμα που έπαιξε βασικό ρόλο ήταν η επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση της διασποράς των οσμών στην ατμόσφαιρα. Μετά από προσεκτική μελέτη των κυριότερων μοντέλων διασποράς και λαμβάνοντας υπόψην τις συνθήκες και τις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης μελέτης επιλέχθηκε ώς καταλληλότερο το μοντέλο ISC και συγκεκριμένα η long-term εκδοχή του.

Για την απαραίτητη τροποποίηση του μοντέλου διασποράς χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα απο το κέντρο επεξεργασίας λυμμάτων Χανίων καθώς έχουν επανειλημένα διατυπωθεί παράπονα απο τους κατοίκους των γύρω περιοχών για οσμητικές οχλήσεις που προκαλούνται απο την λειτουργία των εγκαταστάσεων αυτών. Παρ'όλα αυτά, απο την εφαρμογή του μοντέλου ISC , οι συγκεντρώσεις που υπολογίστηκαν σε διάφορες αποστάσεις απο την πηγή ήταν μικρότερες απο το όριο ανίχνευσης της συγκεκριμένης οσμής.

Για την εφαρμογή του μοντέλου απαιτούνται μετεωρολογικά δεδομένα αντιπροσωπευτικά της μελετούμενης περιοχής και δεδομένα εκπομπών υδροθείου απο τις εγκαταστάσεις. Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήσαμε ανεμολογικά δεδομένα απο τον μετεωρολογικό σταθμό της Σούδας τα οποία εισήχθησαν στο μοντέλο για την εφαρμογή του.

Για τα αρχεία εισόδου των εκπομπών υδροθείου, έγιναν μετρήσεις στον χώρο του κέντρου επεξεργασίας λυμμάτων. Τα σημεία τα οποία είναι οι κύριες πηγές εκπομπών υδροθείου είναι ο χώρος υποδοχής των βοθρολυμμάτων και οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης. Οι μετρήσεις έγιναν με τον αναλυτή JEROME 631-X. Η λειτουργία του οργάνου στηρίζεται στην μέθοδο του αισθητήρα χρυσού φίλμ.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του μοντέλου για την διασπορά των εκπομπών υδροθείου απο το κέντρο επεξεργασίας λυμάτων υποδεικνύουν οτι δεν υπάρχει ισχυρή πιθανότητα όχλησης λόγω των οσμών στις γύρω κατοικημένες περιοχές. Πιθανές οχλήσεις μπορεί να δημιουργηθούν στην περίπτωση που υπάρχουν ακραία καιρικά φαινόμενα με κατεύθυνση προς τις κατοικημένες περιοχές και επίσης σε περίπτωση ιδιαίτερα αυξημένων εκπομπών υδροθείου. Εφαρμόστηκαν επίσης κάποια σενάρια με διαφορετικά δεδομένα εισόδου ώστε να να μελετηθούν οι επιδράσεις διαφορετικών μετεωρολογικών συνθηκών ή διαφορετικών εκπομπών υδροθείου στην όχληση που προκαλείται.

5.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε η εκτίμηση της όχλησης που προκαλείται από την εκπομπή υδροθείου στην ατμόσφαιρα απο το κέντρο επεξεργασίας λυμάτων. Η επίδραση των οσμών στους ανθρώπους που εκτίθενται σε αυτές είναι πολυσύνθετη και η μελέτη της απαιτεί τον υπολογισμό του συνόλου των οσμηρών ενώσεων που εκλύονται απο τις μελετούμενες εγκαταστάσεις. Ο λόγος είναι οτι η όχληση που δημιουργείται από την συνύπαρξη πολλών οσμητικών ενώσεων δεν ισούται με το άθροισμα των οχλήσεων που δημιουργείται απο την κάθε ένωση ξεχωριστά. Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιούμε ως ένωση-δείκτη το υδρόθειο. Για καλύτερη μελέτη λοιπόν θα πρέπει να μελετηθούν και οχλήσεις και απο άλλες χημικές ενώσεις π.χ την αμμωνία, ουσία με ιδιαίτερη οσμή, καθώς και μελέτη για μίγματα χημικών ενώσεων.

Επίσης, σημαντικά στοιχεία για τις οχλήσεις που μπορεί να δημιουργούνται στις περιοχές γύρω από τις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού των Χανίων θα δώσει η μελέτη της διασποράς των οσμών με συγκεκριμένη διεύθυνση ανέμου διαφορετικών εντάσεων. Η κατευθύνσεις αυτές θα είναι προς τις κατοικημένες περιοχές οι οποίες έχουν εκφράσει παράπονα για οχλήσεις.

Βιβλιογραφία

Abbott J, (1993) , enclosed wastewater treatment plants-health and safety considerations

Bates , M.N., Garrett, N. and Shoemack, P., 2002. Investigation of health effects of hydrogen sulfide from a geothermal source.

Bonnin, C., A. Laborie, and H. Paillard. 1990. Odor nuisances created by sludge treatment : problems and solutions.

Both R., Sucker K., Winneke G., Koch E., (2004). Odour intensity and hedonic tone-important parameters to describe odour annoyance to residents.

Brennan, B. 1993. Odour nuisance. Waste water treat.

Caltrans, (1989) ‘CALINE4 – A dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways, final report prepared by the Caltrans Division of New Technology and Research.

Cheremisinoff NP (1998). Biotechnology for Waste and Wastewater Treatment.

C.P.C.B (Central Pollution Control Board) (2008) “Guidelines on odour pollution & its control), Ministry of Enviropment & Forests, Government of India.

DEYACH website

Dravnieks A. & Jarke F. (1980). Odor threshold measurement by dynamic olfactometry: significant operational variables.

emd.wa.gov website. Description Of Weather Stability Categories

Hirch AR, Zavala G (1999). Long term effects on the olfactory system of exposure to hydrogen sulphide.

Koe L. C. C., 1989, Sewage odors quantification. In Encyclopedia of Environmental Control Technology, Wastewater Treatment Technology

Kunkel, B.A., 1991: AFTOX 4.0 – The Air Force Toxic Chemical Disersion Model – A user’s quide .

Legator, M.S., 2001. Health effects from chronic low-level exposure to hydrogen sulfide.

Leonardos, G., D.A. Kendall, and N.J Barnard (1969). Odor threshold determinations of 53 odorant chemicals.

Metcalf & Eddy, 1991, Wastewater engineering; treatment, disposal and reuse

Miedema, H.M.E., Walpot J.J., Vos H., Steunenberg C.F., (2000). Exposure-annoyance relationships for odour from industrial sources.

Pratt G., Reccomendations on the Combined Impact of Air Emissions from multiple feedlots – drafts.

Schiffman Susan S., Williams C. M. (2005). Science of odor as a pontential health issue.

US EPA (1993) Report to Congress on hydrogen sulfide air emissions associated with the extraction of oil and natural gas.

U.S EPA (1995) Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Model User's Guide – Volumes I and II.

U.S. EPA (1998) : AERMOD : Description of model Formulation.

Vincent, A. and Hobson, J. 1998. Odour Control, CIWEM Monographs onBest Practice No. 2.

W.H.O (World Health Organization) (1981). *Hydrogen sulfide*. Geneva, Enviropmental Health Criteria 19.

Winegar ED, Schmidt CC., (1998), "Jerome 631-X portable hydrogen sulfide sensor. Laboratory and field evaluation.

Young P.J. and Parker A., (1984). Origin and Control of Landfill Odors, Chemistry and Industry