ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας ΙΙ: Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων

Εκτίμηση Επικινδυνότητας σε Εγκαταστάσεις Υγραερίου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΣΙΜΑΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Επιβλέπων: Ζιώμας Ιωάννης

Καθηγητής

Αθήνα, Ιούνιος 2013

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας ΙΙ: Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων

Εκτίμηση Επικινδυνότητας σε Εγκαταστάσεις Υγραερίου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΣΙΜΑΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Επιβλέπων: Ζιώμας Ιωάννης

Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις ...../...../.....

Ασημακόπουλος	**Ζιώμας**	**Κροκίδα**
Διονύσης	**Ιωάννης**	**Μαγδαληνή**
Καθηγητής	**Καθηγητής**	**Αναπλ. Καθηγήτρια**
.....	**.....**	**.....**

Αθήνα, Ιούνιος 2013

Copyright© Κασιμάτης Παναγιώτης, 2013
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος.
All rights reserved.

Πρόλογος

Ο σύγχρονος κόσμος είναι ένας ταχέα εξελισσόμενος οργανισμός, ο οποίος, λόγω των συνεχόμενων αλλαγών, βρίσκεται αντιμέτωπος διαρκώς με νέες προκλήσεις, κινδύνους και απειλές.

Μέσα στα όρια αυτού του κόσμου, εντάσσονται και οι μεγάλες βιομηχανίες, οι οποίες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα μέρη των εθνικών οικονομιών όσο και της παγκόσμιας οικονομίας. Λόγω όμως των μεγεθών τους και της πολυπλοκότητας των εργασιών τους αλλά και των εγκαταστάσεων τους, ο παγκόσμιος πληθυσμός γίνεται μάρτυρας τρομακτικών ατυχημάτων που έχουν ως συνέπεια την απώλεια ανθρώπινων ζωών αλλά και μεγάλων περιβαλλοντικών καταστροφών.

Ένα τέτοιο ατύχημα, το 1976 στο Seveso της Ιταλίας, οδήγησε στην ψήφιση και θεσμοθέτηση της ευρωπαϊκής κοινοτικής οδηγίας 82/501/ΕΟΚ, γνωστότερη ως Seveso I, η οποία και αναθεωρήθηκε τα επόμενα χρόνια και τελικά αντικαταστάθηκε το 1996 από την οδηγία Seveso II (96/82/ΕΚ), η οποία κάλυψε σημαντικά κενά και η οποία θα αντικατασταθεί σε λίγα χρόνια από την Seveso III. Παρόλο όμως τις διαρκείς προσθήκες, βελτιώσεις και αλλαγές των ισχυουσών νομοθεσιών, ατυχήματα συνεχίζουν να συμβαίνουν με ολέθριες συνέπειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η έκρηξη που σημειώθηκε τα ξημερώματα της 18^{ης} Απριλίου 2013, σε εργοστάσιο λιπασμάτων, στο Γουάκο του Τέξας, λόγω διαρροής αμμωνίας, η οποία στοίχησε τις ζωές σε τουλάχιστον 15 άτομα.

Το σίγουρο είναι ότι κάθε νέο ατύχημα, θα οδηγήσει στη συνεχή βελτίωση των μέτρων που λαμβάνονται και της ισχύουσας νομοθεσίας, ώστε να εξαλείφονται όσο το δυνατόν περισσότεροι κίνδυνοι.

Η διπλωματική αυτή εργασία πραγματεύεται διάφορες πιθανές καταστάσεις που μπορεί να προκύψουν σε μια μονάδα αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου (LPG) κατά την πραγματοποίηση ενός μεγάλου ατυχήματος, που θα έχει ως αποτέλεσμα την διαρροή του περιεχομένου των δεξαμενών.

Η παρούσα εργασίας εκπονήθηκε κατά το διάστημα Νοέμβριος 2012 – Ιούνιος 2013, υπό την εποπτεία του καθηγητή Ιωάννη Ζιώμα, τον οποίο και ευχαριστώ ιδιαιτέρως για την εμπιστοσύνη του στο πρόσωπο μου καθώς και για την στήριξη, τη βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε καθ’ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασία.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους φίλους μου, εντός και εκτός σχολής, χάρη στους οποίους η διάρκεια των σπουδών φάνηκε πολύ μικρότερη από ότι φαινόταν τον Σεπτέμβριο του 2008, όταν και εισήχθηκα στη σχολή Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., καθώς και για την συνεργασία τους κατά την εκπόνηση των εργασιών κατά την διάρκεια των εξαμήνων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου την οικογένεια μου για την αμέριστη, υλική αλλά κυρίως ψυχολογική, υποστήριξη τους κατά τη διάρκεια των σπουδών.

Περίληψη

Η εξέλιξη του βιομηχανικού τομέα και η ολοένα μεγαλύτερη απαίτηση για καθαρότερη, αποδοτικότερη και πιο φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια, έχει συντελέσει στην διαμόρφωση ιδιαίτερα πολύπλοκων και αυτοματοποιημένων διαδικασιών παραγωγής. Η επέκταση, ταυτόχρονα, της οικιστικής ζώνης σε περιοχές κοντά σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, έχει αυξήσει σημαντικά τον επικινδυνότητα ενός βιομηχανικού ατυχήματος.

Είναι, επομένως, απόλυτα λογικό, η ανάδειξη του ζητήματος της βιομηχανικής ασφάλειας σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες ως ένα ζήτημα εξέχουσας σημασίας, το οποίο είναι διαχρονικά επίκαιρο και το οποίο πρέπει να εξετάζεται, να επικαιροποιείται και να αναθεωρείται διαρκώς ώστε να είναι σύμφωνο με τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής.

Η αναγκαιότητα αυτή αναδεικνύει την απαίτηση ύπαρξης ενός κατάλληλου θεσμικού πλαισίου, με καθολική εφαρμογή, για την πρόληψη των μεγάλων βιομηχανικών ατυχημάτων, την ελαχιστοποίηση των συνεπειών τους και τη διαχείριση της επικινδυνότητας κατανέμοντας ρητά καθορισμένες αρμοδιότητες στις υπεύθυνες αρχές.

Η απαίτηση αυτή καλύφθηκε από την θεσμοθέτηση της ευρωπαϊκής οδηγίας Seveso και την εναρμόνιση της με το εθνικό δίκαιο κάθε κράτους-μέλους, έχοντας ως γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται ανάλυση και παρουσίαση των ρυθμιστικών διατάξεων και των αρμοδιοτήτων των φορέων που είναι υπεύθυνοι για τη διαχείριση ενός μεγάλου βιομηχανικού ατυχήματος, όπως αυτές ορίζονται από την εναρμονισμένη με την ευρωπαϊκή οδηγία (96/82/ΕΚ), Κοινή Υπουργική Απόφαση 12044/613/2007. Επίσης παρουσιάζονται οι γενικές διατάξεις που αφορούν την χωροθέτηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου, όπως αυτές ορίζονται από τις διατάξεις που προβλέπονται από την Κοινή Υπουργική Απόφαση Δ3/14858/93.

Η βιομηχανική ασφάλεια αποτέλεσε το έναυσμα για να πραγματοποιηθούν ορισμένες προσομοιώσεις βιομηχανικών ατυχημάτων σε μια εγκατάσταση αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου, χρησιμοποιώντας το λογισμικό ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), το οποίο αναπτύχθηκε από τις Η.Π.Α., με σκοπό την μοντελοποίηση διαρροής χημικών ουσιών.

Τα σενάρια που μελετήθηκαν παρουσιάζονται ανά κατηγορία πηγής και περιλαμβάνουν ανάλυση ευαισθησίας για διαφορετικές τιμές της ταχύτητας του ανέμου, της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της διατομής της διάρρηξης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας υποδεικνύουν αρκετά ενδιαφέροντα στοιχεία, όπως προκύπτουν από την μεταβολή των κρίσιμων παραμέτρων που μελετήθηκαν. Η επίδραση του κάθε ένα παράγοντα, συγκεντρωτικά για όλα τα σενάρια, συνοψίζεται στο τελευταίο κομμάτι της διπλωματικής εργασίας, προκειμένου να είναι ευχερέστερη η εκτίμηση της επίδρασης του.

Abstract

The development of the industrial sector and the growing demand for cleaner, more efficient and more environmentally friendly energy, has contributed to the formation of very complex and automated manufacturing processes. The simultaneous expansion of residential zones in areas close to industrial facilities has significantly increased the risk of an industrial accident.

Therefore, it makes perfect sense, the emergence of the issue of industrial safety at facilities that manage hazardous substances as a matter of utmost importance, which is always in the spotlight, which must be examined, updated and constantly being revised to be consistent with modern production methods.

This necessity highlights the requirement of an appropriate institutional framework for universal application, aiming to prevent major industrial accidents, minimize their impact and risk management by allocating explicitly defined responsibilities to the authorities in charge.

This requirement was covered by the institutionalization of the Seveso Directive, which was adopted by the European Union (EU) and the harmonization of it with the national law of each Member State, with the view to protecting the environment and the safety of human life.

In this thesis, there is an analysis and a presentation of regulatory provisions and powers of the bodies responsible for managing a large industrial accident, as defined by the Joint Ministerial Decision 12044/613/2007. It also presents the general provisions relating to the siting of facilities engaged in the storing, bottling, handling and distribution of LPG, as defined by the provisions of the Joint Ministerial Decision D3/14858/93.

The industrial safety motivated me to make some simulations of industrial accidents in a facility responsible for storing, bottling, handling, and distributing gas, using ALOHA software (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), which was developed by the U.S., for modeling chemical spills.

The scenarios studied are presented according to the source of the spill and include sensitivity analysis for different values of wind speed, ambient temperature and the area of the failure of the tank.

The results of the sensitivity analysis indicate several interesting features, derived from the variation of critical parameters that were studied. The effects of any one factor, aggregated for all scenarios, are summarized in the last part of the thesis, in order to make an easier assessment of its effects.

Περιεχόμενα

Πρόλογος 7

Περίληψη 9

Abstract 11

Λίστα Εικόνων 16

Λίστα Πινάκων 19

1 Εισαγωγή 20

1.1 Υγραέριο 20

1.1.1 Βασικά Στοιχεία Υγραερίου 20

1.1.2 Πλεονεκτήματα Υγραερίου 24

1.1.3 Μειονεκτήματα Υγραερίου 25

2 Νομοθετικό πλαίσιο 26

2.1 Ιστορικό της οδηγίας Seveso 26

2.2 Εφαρμογή της οδηγίας Seveso II στην Ελλάδα 28

2.2.1 Υποχρεώσεις των ασκούντων την εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων 29

2.2.2 Κοινοποίηση 29

2.2.3 Πολιτική Πρόβλεψης Μεγάλων Ατυχημάτων 30

2.2.4 Μελέτη Ασφαλείας 32

2.2.5 Διαδικασία Αξιολόγησης 33

2.2.5.1 Επανεξέταση της μελέτης ασφαλείας 35

2.2.6 Σχέδια έκτακτης ανάγκης 35

2.2.7 Πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα (φαινόμενο Domino) 36

2.2.8 Σχεδιασμός χρήσεων γης 37

2.2.9 Πληροφορίες για τα μέτρα ασφαλείας - Ενημέρωση κοινού 37

2.2.10 Περίπτωση μεγάλου ατυχήματος 38

2.2.11 Επιθεωρήσεις – έλεγχοι 38

2.2.12 Αρμοδιότητες των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων 39

2.2.13 Αρμοδιότητες Πρωτοβάθμιων ΟΤΑ 41

2.3 Seveso III 42
2.4 Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο για Εγκαταστάσεις Υγραερίου 44
2.4.1 Γενικές Διατάξεις 45
2.4.2 Αποθήκευση Υγραερίου υπό Πίεση 46
2.4.2.1 Διάταξη και Αποστάσεις 46
2.4.2.2 Μέτρα Αντιμετώπισης Διαρροής Υγραερίου 50
2.4.2.3 Διάταξη Δεξαμενών 51
2.4.2.4 Περίφραξη 51
2.4.3 Αποθήκευση Υγραερίου υπό Ψύξη και Χαμηλή Πίεση 51
2.4.3.1 Διάταξη και Αποστάσεις 51
2.4.3.2 Λεκάνες Ασφαλείας 52
2.4.3.3 Εξαρτήματα Δεξαμενών 53
3 Λογισμικό Εργαλείο 55
3.1 Εισαγωγή στο ALOHA 55
3.2 Μοντέλα Διασποράς 56
3.2.1 Μοντέλο Διασποράς Gauss 57
3.2.2 Οι εξισώσεις του μοντέλου διασποράς του Gauss 59
3.2.3 Μοντέλο αερίου βαρύτερου του αέρα 61
3.2.4 Οι εξισώσεις του μοντέλου DEGADIS 63
4 Case Studies 64
4.1 Εισαγωγή 64
4.2 Διαρροή από Σφαιρική Δεξαμενή 64
4.2.1 Περιγραφή του ατυχήματος 64
4.2.1.1 Διάρρηξη στο πάνω μέρος της δεξαμενής 64
4.2.1.1.1 Ανάλυση Ευαισθησίας 65
4.2.1.1.1.1 Ταχύτητα ανέμου 65
4.2.1.1.1.2 Θερμοκρασία Περιβάλλοντος 68
4.2.1.1.1.3 Διάμετρος διάρρηξης 70
4.2.1.2 Διάρρηξη στο κάτω μέρος της δεξαμενής 73

4.2.1.2.1 Ανάλυση Ευαισθησίας ... 73
4.2.1.2.1.1 Ταχύτητα ανέμου ... 73
4.2.1.2.1.2 Θερμοκρασία Περιβάλλοντος ... 75
4.2.1.2.1.3 Διάμετρος διάρρηξης ... 77
4.3 Διαρροή από Οριζόντια Κυλινδρική Δεξαμενή ... 80
4.3.1 Περιγραφή του ατυχήματος ... 80
4.3.1.1 Διάρρηξη στο πάνω μέρος της δεξαμενής ... 80
4.3.1.1.1 Ανάλυση Ευαισθησίας ... 80
4.3.1.1.1.1 Ταχύτητα ανέμου ... 80
4.3.1.1.1.2 Θερμοκρασία Περιβάλλοντος ... 83
4.3.1.1.1.3 Διάμετρος διάρρηξης ... 85
4.3.1.2 Διάρρηξη στο κάτω μέρος της δεξαμενής ... 88
4.3.1.2.1 Ανάλυση Ευαισθησίας ... 88
4.3.1.2.1.1 Ταχύτητα ανέμου ... 88
4.3.1.2.1.2 Θερμοκρασία Περιβάλλοντος ... 90
4.3.1.2.1.3 Διάμετρος διάρρηξης ... 93
4.4 Εξάτμιση υγρού από λίμνη ... 96
4.4.1 Περιγραφή του ατυχήματος ... 96
4.4.1.1.1 Ανάλυση Ευαισθησίας ... 96
4.4.1.1.1.1 Ταχύτητα ανέμου ... 96
4.4.1.1.1.2 Θερμοκρασία Περιβάλλοντος ... 98
5 Συμπεράσματα ... 102
6 Βιβλιογραφία ... 104

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1	Προπάνιο	Σελίδα 22
Εικόνα 2	Βουτάνιο	Σελίδα 22
Εικόνα 3	Το ύψος του τοίχου προσδιορίζεται - ανάλογα με την θέση του - τραβώντας μία γραμμή που ξεκινά 1 m υψηλότερο από την ανακουφιστική βαλβίδα της δεξαμενής ή το υψηλότερο σημείο του στοιχείου και καταλήγει επί του εδάφους σε οριζόντια απόσταση καθοριζομένη από τους σχετικούς πίνακες αποστάσεων ασφαλείας για το έτερο διαχωριζόμενο στοιχείο.	Σελίδα 49
Εικόνα 4	Γκαουσιανή συνάρτηση	Σελίδα 57
Εικόνα 5	Διασπορά βαρύ αερίου	Σελίδα 62
Εικόνα 6	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.	Σελίδα 65
Εικόνα 7	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s	Σελίδα 67
Εικόνα 8	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=10 m/s	Σελίδα 67
Εικόνα 9	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.	Σελίδα 68
Εικόνα 10	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C	Σελίδα 69
Εικόνα 11	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C	Σελίδα 70
Εικόνα 12	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 70
Εικόνα 13	Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 71
Εικόνα 14	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2 inches	Σελίδα 72
Εικόνα 15	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches	Σελίδα 72
Εικόνα 16	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.	Σελίδα 73
Εικόνα 17	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.	Σελίδα 74
Εικόνα 18	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=10 m/s.	Σελίδα 75
Εικόνα 19	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.	Σελίδα 75
Εικόνα 20	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C	Σελίδα 76
Εικόνα 21	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C	Σελίδα 77

Εικόνα 22	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 78
Εικόνα 23	Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 78
Εικόνα 24	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2 inches	Σελίδα 79
Εικόνα 25	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches	Σελίδα 79
Εικόνα 26	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του βουτανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.	Σελίδα 81
Εικόνα 27	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.	Σελίδα 82
Εικόνα 28	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=6 m/s.	Σελίδα 82
Εικόνα 29	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.	Σελίδα 83
Εικόνα 30	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C	Σελίδα 84
Εικόνα 31	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C	Σελίδα 84
Εικόνα 32	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 85
Εικόνα 33	Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 86
Εικόνα 34	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2,5 inches	Σελίδα 87
Εικόνα 35	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches	Σελίδα 87
Εικόνα 36	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του βουτανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.	Σελίδα 88
Εικόνα 37	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.	Σελίδα 89
Εικόνα 38	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=7,5 m/s.	Σελίδα 90
Εικόνα 39	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.	Σελίδα 91
Εικόνα 40	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C	Σελίδα 92
Εικόνα 41	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C	Σελίδα 92
Εικόνα 42	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 93
Εικόνα 43	Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.	Σελίδα 94
Εικόνα 44	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2,5 inches	Σελίδα 95
Εικόνα 45	Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches	Σελίδα 95

Εικόνα 46	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του προπανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.	Σελίδα 96
Εικόνα 47	Η μεταβολή του ρυθμού εξάτμισης του προπανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.	Σελίδα 97
Εικόνα 48	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.	Σελίδα 98
Εικόνα 49	Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=10 m/s.	Σελίδα 98
Εικόνα 50	Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.	Σελίδα 99
Εικόνα 51	Η μεταβολή του ρυθμού εξάτμισης του προπανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.	Σελίδα 100
Εικόνα 52	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C	Σελίδα 101
Εικόνα 53	Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C	Σελίδα 101

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1	Ιδιότητες Υγραερίου	Σελίδα 23
Πίνακας 2	Σύγκριση Υγραερίου με άλλα καύσιμα	Σελίδα 25
Πίνακας 3	Αρμοδιότητες των αρχών σύμφωνα με την ΚΥΑ 12044/613/2007	Σελίδα 41
Πίνακας 4	Αποστάσεις Δεξαμενών Υγραερίου υπό πίεση σε Εγκαταστάσεις Αποθήκευσης, Εμφιάλωσης, Διακίνησης και Διανομής Υγραερίου	Σελίδα 47
Πίνακας 5	Αποστάσεις Μεταξύ Στοιχείων της Εγκατάστασης	Σελίδα 48
Πίνακας 6	Αποστάσεις Δεξαμενών Υγραερίου υπό Ψύξη και Χαμηλή Πίεση	Σελίδα 52
Πίνακας 7	Τάξεις ατμοσφαιρικής σταθερότητας	Σελίδα 60
Πίνακας 8	Ταξινόμηση τάξεων ατμοσφαιρικής σταθερότητας	Σελίδα 60
Πίνακας 9	Σχέσεις υπολογισμού συντελεστών διασποράς	Σελίδα 61

1 Εισαγωγή

1.1 Υγραέριο

1.1.1 Βασικά Στοιχεία Υγραερίου

Το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου, γνωστό ως υγραέριο (LPG - Liguefied Petroleum Gas) είναι γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγραφούν τα υγροποιημένα αέρια, που αποτελούνται κυρίως από κορεσμένους υδρογονάνθρακες (C_vH_{2v+2}) με τρία ή τέσσερα άτομα άνθρακα. Αυτοί οι υδρογονάνθρακες υπάρχουν σαν αέρια σε συνήθεις θερμοκρασίες και πιέσεις περιβάλλοντος, αλλά μπορούν να υγροποιούνται υπό μέσες πιέσεις. Εάν η πίεση στη συνέχεια μειωθεί οι υδρογονάνθρακες εκ νέου γίνονται αέριοι.

Οι παραπάνω υδρογονάνθρακες στην υγρή φάση καταλαμβάνουν μόνο το 1/250 του χώρου (όγκου) που χρειάζονται εάν αποθηκευθούν στην αέρια φάση. Από εμπορική άποψη είναι λοιπόν πρακτικό να αποθηκεύονται και να διακινούνται οι υδρογονάνθρακες αυτοί σε υγρή φάση και όχι σε αέρια.

Το υγραέριο έχει το πλεονέκτημα της φορητότητας ως υγρό αλλά και όλα τα πλεονεκτήματα ενός αερίου, συμπεριλαμβανομένου την ευκολία στον χειρισμό καθώς και την καθαρότητα της καύσης και της ελάχιστης ρύπανσης.

Το υγραέριο μπορεί να αποθηκεύεται σε υγρή φάση είτε στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος υπό μέση πίεση ή υπό ψύξη σε χαμηλότερη πίεση. Εάν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι επαρκώς χαμηλή, το υγραέριο μπορεί να αποθηκευθεί στην ατμοσφαιρική πίεση.

Το υγραέριο σε υγρή φάση είναι άχρωμο, και το βάρος του είναι περίπου το μισό του βάρους, ίσου όγκου νερού. Οι ατμοί (αέρια φάση) του υγραερίου είναι πυκνότεροι του αέρα. Το βουτάνιο του εμπορίου έχει περίπου διπλάσιο βάρος από ίσο όγκο αέρα και το προπάνιο του εμπορίου είναι περίπου μιάμιση φορά βαρύτερο από ίσο όγκο αέρα. Γι’ αυτό η αέρια φάση του υγραερίου «ρέει» στο έδαφος και στις αποχετεύσεις, συσσωρευόμενη στο χαμηλότερο σημείο της περιοχής. Σε συνθήκες άπνοιας κάθε συγκέντρωση υγραερίου απαιτεί κάποιο χρονικό διάστημα για τον διασκορπισμό της.

Όταν είναι αναμειγμένο με τον αέρα, υπό ορισμένες συνθήκες, το υγραέριο σχηματίζει εκρηκτικό μίγμα. Η αναλογία κατ’ όγκο αέριας φάσης υγραερίου στον ατμοσφαιρικό αέρα όπου σχηματίζεται εκρηκτικό μίγμα είναι 2% έως 10% περίπου.

Όταν το μίγμα υγραερίου-αέρα είναι εκτός της παραπάνω περιοχής είναι ή πολύ φτωχό ή πολύ πλούσιο για να αναφλεγεί υπό μορφή έκρηξης. Διαρροή μικρής σχετικά ποσότητας υγρού υγραερίου μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο όγκο αέριας φάσης και συνεπώς μεγάλο όγκο εκρηκτικού μίγματος. Για τον έλεγχο ύπαρξης υγραερίου στον αέρα και μάλιστα σε μίγμα εκρηκτικό χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα ανίχνευσης εκρηκτικού μίγματος.

Λόγω των χαρακτηριστικών που περιγράφονται παραπάνω, οποιοδήποτε μίγμα αερίου υγραερίου-αέρα που δημιουργείται από διαρροή ή άλλη αιτία, μπορεί να ανάψει σε κάποια απόσταση από το σημείο διαφυγής και η φλόγα μπορεί να επιστρέψει προς τα πίσω δηλαδή προς την κατεύθυνση της αρχικής πηγής διαρροής.

Η αέρια φάση του υγραερίου δημιουργεί ελαφρά αναισθησία και μπορεί επίσης να προξενήσει ασφυξία λόγω έλλειψης οξυγόνου, εάν υπάρχει σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις.

Στο υγραέριο προσδίδεται οσμή πριν διατεθεί στην κατανάλωση με την προσθήκη οσμογόνου ουσίας όπως η αιθυλομερκαπτάνη (CH_3CH_2SH) ή το διμεθυλοσουλφίδιο (DMS - CH_3SCH_3), ώστε να καταστεί δυνατή η ανίχνευση του αερίου, μέσω της όσφρησης, σε συγκεντρώσεις μικρότερες από το 1/5 του κάτω ορίου εκρηκτικότητας (δηλ. περίπου 0,4% κατ' όγκο αέριο στον αέρα). Σε μερικές περιπτώσεις όμως, όπου η οσμογόνος ουσία είναι βλαπτική για ορισμένη παραγωγική διαδικασία ή δεν εξυπηρετεί σαν προειδοποίηση, δεν προσδίδεται στο υγραέριο οσμή.

Διαφυγή του υγραερίου μπορεί να ανιχνευθεί και με άλλο τρόπο πλην της οσμής. Όταν το υγρό αεριοποιείται, η ψυκτική επίδραση στον περιβάλλοντα αέρα προκαλεί συμπύκνωση και ακόμα και ψύξη των υδρατμών στον αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει φανερό ως δρόσος στο σημείο διαφυγής και έτσι είναι ευκολότερο να διαπιστωθεί η διαρροή.

Λόγω της ταχείας εξαερίωσης και της συνακόλουθης πτώσης της θερμοκρασίας, το υγραέριο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα αν έρθει σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα (ψυχρό έγκαυμα). Οι χειριστές πρέπει να χρησιμοποιούν προστατευτικά μέσα όπως γάντια και γυαλιά, εάν ενδέχεται να εκτεθούν σε τέτοιες βλαπτικές επιδράσεις.

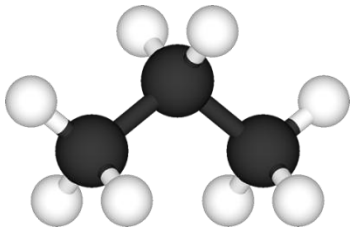
Εάν δοχείο που περιέχει υγραέριο εκκενωθεί, ενδέχεται να περιέχει ακόμα υγραέριο σε αέρια μορφή και είναι πιθανό να είναι επικίνδυνο. Σ' αυτή τη μορφή η

εσωτερική πίεση είναι σχεδόν ίση με την ατμοσφαιρική, και εάν η βαλβίδα παρουσιάζει διαρροή ή αφήνεται ανοικτή, ο αέρας μπορεί να διαχυθεί μέσα στο δοχείο, σχηματίζοντας εκρηκτικό μίγμα και δημιουργώντας κίνδυνο έκρηξης, ενώ το υγραέριο μπορεί να διαφεύγει προς την ατμόσφαιρα. Διαρροή μικρής σχετικά ποσότητας υγρού υγραερίου μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο όγκο αέριας φάσης και συνεπώς μεγάλο όγκο εκρηκτικού μίγματος.

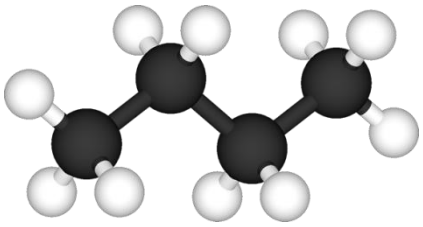
Σε γενική χρήση δύο είδη υγραερίου είναι γνωστά: Το Βουτάνιο και το εμπορικό Προπάνιο ή μίγματα αυτών. Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών καθορίζονται στις σχετικές ελληνικές προδιαγραφές (ΦΕΚ 824/Β/30.8.77).

Το προπάνιο και το βουτάνιο έχουν παρόμοιες ιδιότητες, αλλά διαφέρουν κατά πολύ στις συνθήκες αποθήκευσής τους. Το προπάνιο έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού σε σχέση με το βουτάνιο, πράγμα που σημαίνει ότι μετατρέπεται σε αέριο σε χαμηλότερη θερμοκρασία και η πίεση αποθήκευσης του είναι επομένως υψηλότερη. Σε θερμοκρασία 20°C το βουτάνιο του εμπορίου έχει τάση ατμών περίπου 2 bar και το προπάνιο του εμπορίου 7 bar.

Αυτή η σημαντική ιδιότητα το καθιστά κατάλληλο για χρήση στον οικιακό και τουριστικό τομέα, σε συστήματα θέρμανσης, για την παροχή ζεστού νερού και το μαγείρεμα καθώς και για ένα μεγάλο αριθμό χρήσεων στον αγροτικό τομέα και τη βιομηχανία.



Εικόνα 1-Προπάνιο



Εικόνα 2-Βουτάνιο

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι φυσικές ιδιότητες του προπανίου και του βουτανίου.

Πίνακας 1 – Ιδιότητες Υγραερίου

	Προπάνιο	**n-Βουτάνιο**
Χημικός Τύπος	C_3H_8	C_4H_{10}
Μοριακό Βάρος	44,094	58,120
Σημείο πήξης υγρού σε 760mmHg (^{C}C)	-187,7	-138,3
Σημείο βρασμού υγρού σε 760mmHg (°C)	-42,1	-0,5
Ειδικό βάρος υγρού σε 15,5°C (kg/lt)	0,507	0,583
Σχετική πυκνότητα αερίου (αέρας = 1) σε S.C.	1,522	2,006
Κρίσιμη θερμοκρασία (°C)	96,8	152,0
Κρίσιμη πίεση-απόλυτη (bar)	42,6	38,0
Λόγος όγκου αερίου προς υγρό σε S.C.	272,7	237,8
<u>Λανθάνουσα θερμότητα στο σημείο βρασμού</u>		
760mmHg (kcal/kg)	101,7	92,3
(kcal/Lit)	51,5	53,1
Ανώτερη θερμογόνος δύναμη σε S.C. (kcal/kg)	12048	11851
(kcal/m^3)	22766	29875
<u>Απαιτούμενος αέρας καύσης σε S.C.</u>		
(m^3 αέρα/lm^3 αερίου)	23,82	30,97
(kg αέρα/lkg αερίου)	15,71	13,49
<u>Ειδική θερμότητα αερίου σε S.C</u>		
C_o (kcal/kg °C)	0,388	0,397
C_v (kcal/kg °C)	0,343	0,361
Σημείο ανάφλεξης - Flash Point (°C)	-105	-60

Σημείο αυτανάφλεξης - Ignition Point (°C)	470	365
Όρια ανάφλεξης μίγματος αερίου-αέρα (Vo\-%)		
Κατώτερο	2,37	1,86
Ανώτερο	9,50	8,41
Αριθμός Οκτανίων	125	91

[1]

1.1.2 Πλεονεκτήματα Υγραερίου

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης υγραερίου, τα οποία και το καθιστούν κατάλληλο για κάθε σχεδόν χρήση, είναι ότι το LPG είναι:

1. **Φιλικό προς το περιβάλλον:** Η καύση του υγραερίου είναι πολύ καθαρή και έχει χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από οποιοδήποτε άλλο ορυκτό καύσιμο. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) είναι ως και 20% χαμηλότερες από το πετρέλαιο θέρμανσης καθώς επίσης έχει μειωμένες εκπομπές SO_x, NO_x και αιωρούμενων σωματιδίων. Προερχόμενο κυρίως από την παραγωγή φυσικού αερίου, είναι επίσης μη τοξικό και σε περίπτωση διαρροής του δεν υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα.
2. **Μεγάλη ενεργειακή απόδοση:** Η αυξημένη ενεργειακή απόδοση, η οποία είναι ως και πέντε φορές μεγαλύτερη από άλλα ορυκτά καύσιμα, του υγραερίου έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, από την οποία προκύπτει βέβαια οικονομικό όφελος που είναι τόσο μεγαλύτερο όσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή του κόστους του καυσίμου στη διαμόρφωση του συνολικού κόστους μιας δραστηριότητας. Στον παρακάτω πίνακα πραγματοποιείται σύγκριση του υγραερίου με άλλα καύσιμα.

Πίνακας 2 – Σύγκριση Υγραερίου με άλλα καύσιμα

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤ. ΘΕΡΜ. ΙΣΧΥΣ	ΟΦΕΛΙΜΗ ΘΕΡΜ. ΙΣΧΥΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
ΠΡΟΠΑΝΙΟ	11000 kcal/kg	10450 kcal/kg	95%
ΜΙΓΜΑ	10920 kcal/kg	10374 kcal/kg	95%
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	8200 kcal/Lt	6560 kcal/kg	80%
ΜΑΖΟΥΤ 1500	9350 kcal/kg	7480 kcal/kg	80%
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	8000 kcal/m^3	7600 kcal/ m^3	95%

Η ενέργεια που παράγεται από 1 κιλό υγραερίου, ισοδυναμεί με την ενέργεια που παράγεται από 1,6lt πετρελαίου ή 1,39kg μαζούτ 1500 ή 1.375m^3 φυσικού αερίου.

3. **<u>Χαμηλό κόστος συντήρησης εξοπλισμού</u>:** Η έλλειψη θείου στο υγραέριο και συνεπώς η μη ύπαρξη οξειδίων του θείου στα καυσαέριο, επιτρέπει τη συντήρηση και τον καθαρισμό του λέβητα, του καυστήρα ή της καμινάδας σε αραιότερα χρονικά διαστήματα.

[2,3,4]

1.1.3 <u>Μειονεκτήματα Υγραερίου</u>

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της χρήσης υγραερίου, είναι:

1. Σε ψυχρές συνθήκες, κάτω από τους 0^oC, η εκκίνηση του κινητήρα θα μπορούσε να είναι ένα πρόβλημα λόγω της χαμηλής πίεσης ατμών του προπανίου σε χαμηλές θερμοκρασίες.
2. Ένα γαλόνι LPG (1 γαλόνι ≈ 3,8 λίτρα) περιέχει λιγότερη ενέργεια από ένα γαλόνι βενζίνης. Η αυτονομία του οχήματος προπανίου είναι περίπου 14 τοις εκατό χαμηλότερο σε σχέση με ένα βενζινοκίνητο όχημα.
3. Περιορισμένο δίκτυο σταθμών ανεφοδιασμού.

[5]

2 Νομοθετικό πλαίσιο

Η λειτουργία των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου ανήκουν στην κατηγορία των μονάδων όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες και ως εκ τούτου διέπονται από τους κανονισμούς της ευρωπαϊκής οδηγίας Seveso.

2.1 Ιστορικό της οδηγίας Seveso

Η αυξανόμενη εκβιομηχάνιση μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο είχε ως αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση των ατυχημάτων όπου περιελάμβαναν επικίνδυνες χημικές ουσίες. Κατά την διάρκεια των τεσσάρων δεκαετιών μετά την λήξη του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου, υπήρξαν πάνω από 100 καταγεγραμμένα σοβαρά περιστατικά σε όλο τον κόσμο, με εκπομπή τοξικών σύννεφων, τα οποία οδήγησαν στην απώλεια περίπου 360 ανθρώπων, καθώς και σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Στην Ευρώπη, τη δεκαετία του 1970, σημειώθηκαν δύο σημαντικά ατυχήματα που οδήγησαν στη θέσπιση νομοθεσίας με στόχο την πρόληψη και τον έλεγχο των ατυχημάτων αυτών.

Το ατύχημα στο Flixborough, στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1974, ήταν ένα ιδιαίτερα θεαματικό παράδειγμα. Μια τεράστια έκρηξη και πυρκαγιά είχε ως αποτέλεσμα 28 θανάτους, τραυματισμούς τόσο εντός όσο και εκτός του χώρου της εγκατάστασης, καθώς και την πλήρη καταστροφή του βιομηχανικού χώρου. Δημιουργήθηκε, επίσης, το φαινόμενο του ντόμινο σε άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες στην περιοχή, προκαλώντας ακόμα και απώλεια ψυκτικού υγρού σε ένα κοντινό χαλυβουργείο που θα μπορούσε να οδηγήσει σε περαιτέρω σοβαρό ατύχημα.

Το Σάββατο 10 Ιουλίου 1976, στο εργοστάσιο ICMESA στο Seveso της Ιταλίας, μία πόλη 17.000 κατοίκων κοντά στο Μιλάνο, ο ασφαλιστικός δίσκος ενός αντιδραστήρα έσκασε και, μαζί με άλλες οργανικές ενώσεις, διέφυγαν στην ατμόσφαιρα (όπως υπολογίστηκε αργότερα) περίπου 2kg διοξίνης (TCDD 2,3,7,8 Τετραχλωροδιβενζοπαραδιοξίνη). Περισσότερα από 600 άτομα απομακρύνθηκαν από τα σπίτια τους και περισσότερα από 2.000 χρειάστηκαν θεραπεία λόγω δηλητηρίασης από διοξίνη. Από το ατύχημα περίπου 20 άτομα έπαθαν δερματίτιδες και μια μεγάλη περιοχή ρυπάνθηκε και εκκενώθηκε. Αν και κανείς δεν έχασε τη ζωή του, το ατύχημα του Seveso έγινε ένα από τα πιο γνωστά και είχε σαν αποτέλεσμα το

1982 να δημιουργηθεί από την, τότε, ΕΟΚ ειδική Οδηγία (SEVESO I) για περιπτώσεις μεγάλων βιομηχανικών ατυχημάτων. Στην Ελλάδα, σε εφαρμογή της Οδηγίας, εκδόθηκε ειδική Υπουργική Απόφαση, (ΚΥΑ 18187/272/88 με συμπληρωματική την ΚΥΑ 77119/4607/1993).

Το 1987 στο Bhopal της Ινδίας, στο εργοστάσιο τις Union Carbide, σημειώθηκε διαρροή ισοκυανικού μεθυλεστέρα (C_2H_3NO), η οποία προκάλεσε τον θάνατο σε πάνω από 2.500 ανθρώπους. Αυτό το ατύχημα, σε συνδυασμό με το συμβάν στην Sandoz της Βασιλείας, στην Ελβετία το 1986, όπου πυροσβεστικό νερό που είχε μολυνθεί με υδράργυρο, οργανοφωσφορικά φυτοφάρμακα και άλλες χημικές ουσίες, προκάλεσε εκτεταμένη ρύπανση του Ρήνου και τον θάνατο μισού εκατομμυρίου ψαριών, οδήγησαν στην διπλή τροποποίηση της Seveso I: το 1987 με την οδηγία 87/216/ΕΟΚ και το 1988 από την οδηγία 88/610/ΕΟΚ. Και οι δύο τροπολογίες σκόπευαν στην διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής της οδηγίας, κυρίως όσον αφορά την αποθήκευση των επικίνδυνων ουσιών.

Στη συνέχεια, η Οδηγία SEVESO II αντικατέστησε την Οδηγία 82/501/ΕΟΚ (SEVESO I). Πραγματοποιήθηκαν σημαντικές αλλαγές και εισήχθησαν νέες έννοιες. Τονίζεται ιδιαιτέρως η προστασία του περιβάλλοντος, εισάγοντας για πρώτη φορά στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας, τις ουσίες που θεωρούνται επικίνδυνες για το (υδατικό) περιβάλλον. Έχουν συμπεριληφθεί νέες απαιτήσεις που αναφέρονται ιδιαίτερα σε συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας, σε σχέδια έκτακτης ανάγκης, σε θέματα χωροταξίας ή στην ενίσχυση των διατάξεων που αφορούν τις επιθεωρήσεις ή την πληροφόρηση του κοινού. Το πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας διευρύνθηκε και ταυτοχρόνως απλοποιήθηκε. Εφαρμόζεται στις μονάδες όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες ή όπου προκύπτει ότι είναι πιθανόν να απελευθερωθούν σε περίπτωση ατυχήματος.

Η οδηγία υποχρεώνει τα κράτη μέλη να μεριμνούν ώστε όλοι οι φορείς που καλύπτονται από την οδηγία να έχουν καθιερώσει πολιτική πρόληψης σοβαρών ατυχημάτων. Οι εταιρείες που χειρίζονται επικίνδυνες ουσίες πάνω από ορισμένα όρια οφείλουν να ενημερώνουν τακτικά το κοινό που ενδέχεται να πληγεί σε περίπτωση ατυχήματος, παρέχοντας εκθέσεις για την ασφάλεια, σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας καθώς και εσωτερικό σχέδιο αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων. Η νομοθεσία επιβάλλει στα κράτη μέλη να διασφαλίζουν ότι τα σχέδια έκτακτης ανάγκης έχουν τεθεί σε εφαρμογή για τις γειτονικές περιοχές και ότι έχουν

προγραμματισθεί οι δέουσες δράσεις μετριασμού των επιπτώσεων. Οι στόχοι αυτοί επιβάλλεται να λαμβάνονται υπόψη κατά τον χωροταξικό σχεδιασμό.

Η νομοθεσία Seveso θεωρείται ότι έχει συμβάλει στη μείωση της πιθανότητας και των συνεπειών των μεγάλων ατυχημάτων που οφείλονται στις επικίνδυνες ουσίες, δεδομένου ότι ο αριθμός των αναφερθέντων ατυχημάτων μειώθηκε κατά 10% μεταξύ 2000 και 2008, παρά την αύξηση του αριθμού των αντίστοιχων εγκαταστάσεων. Πρόκειται για προσέγγιση που έχει καταστεί αντικείμενο μίμησης ανά την υφήλιο.

Η οδηγία καλύπτει περίπου 10.000 βιομηχανικούς τόπους όπου χρησιμοποιούνται ή αποθηκεύονται επικίνδυνες ουσίες σε μεγάλες ποσότητες, κυρίως στους τομείς των χημικών ουσιών, των πετροχημικών προϊόντων, της αποθήκευσης και της μεταλλουργίας. Προβλέπεται κλιμακωτή προσέγγιση ως προς το επίπεδο ελέγχων: όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών σε μια μονάδα, τόσο αυστηρότεροι καθίστανται και οι αντίστοιχοι κανόνες (οι μονάδες της ανώτερης βαθμίδας έχουν μεγαλύτερες ποσότητες από ότι οι εγκαταστάσεις των χαμηλότερων βαθμίδων, με αποτέλεσμα να υποβάλλονται σε αυστηρότερο έλεγχο). [6,7,8,9,10]

2.2 Εφαρμογή της οδηγίας Seveso II στην Ελλάδα

Η κοινοτική οδηγία 96/82/ΕΚ, πέρασε και στο ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο και εκφράζεται από την Κ.Υ.Α 12044/613/2007, η οποία είναι η αναθεωρημένη, σύμφωνα με τις αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, μορφή της Κ.Υ.Α 5697/590/2000.

Η υπουργική απόφαση εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις, όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες, οι οποίες ταξινομούνται αναλυτικά στην Κ.Υ.Α 12044/613/2007 σε καταλόγους με κατονομαζόμενες επικίνδυνες ουσίες, καθώς και κατηγορίες επικίνδυνων ουσιών (εύφλεκτες, τοξικές, κτλ) οι οποίες αποτελούν τη βάση για τον προσδιορισμό του κινδύνου σε μία εγκατάσταση.

Οι εγκαταστάσεις, στις οποίες εφαρμόζεται η Κ.Υ.Α. 12044/613/2007, ανάλογα με την ποσότητα των επικινδύνων ουσιών, ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: στις εγκαταστάσεις κάτω ορίου και εγκαταστάσεις άνω ορίου.

Από την εφαρμογή της οδηγίας εξαιρούνται:

- οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις, μονάδες ή αποθήκες,

- οι κίνδυνοι από ιοντίζουσα ακτινοβολία,
- η οδική, σιδηροδρομική, εσωτερική πλωτή, θαλάσσια ή αεροπορική μεταφορά και ενδιάμεση προσωρινή αποθήκευση επικίνδυνων ουσιών, συμπεριλαμβανομένης της φόρτωσης, εκφόρτωσης και μεταφόρτωσης από και προς άλλο μεταφορικό μέσο στις αποβάθρες, προβλήτες και σιδηροδρομικούς σταθμούς διαλογής,
- η μεταφορά επικίνδυνων ουσιών μέσω αγωγών, συμπεριλαμβανομένων των σταθμών άντλησης,
- η εκμετάλλευση (ανίχνευση, εξόρυξη και επεξεργασία) ορυκτών σε ορυχεία, λατομεία, ή μέσω γεωτρήσεων, εξαιρουμένων των εργασιών χημικής και θερμικής επεξεργασίας και της αποθήκευσης που σχετίζεται με τις εργασίες αυτές, στις οποίες υπεισέρχονται επικίνδυνες ουσίες,
- η αναζήτηση και εκμετάλλευση ορυκτών, συμπεριλαμβανομένων των υδρογονανθράκων, στη θάλασσα,
- οι χώροι υγειονομικής ταφής αποβλήτων, πλην των εν ενεργεία εγκαταστάσεων διάθεσης αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των λεκανών ή φραγμάτων συγκράτησης υπολειμμάτων, οι οποίοι περιέχουν επικίνδυνες ουσίες, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την χημική και θερμική επεξεργασία ορυκτών.

2.2.1 Υποχρεώσεις των ασκούντων την εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων

Τα στοιχεία που προβλέπονται ως γενικές υποχρεώσεις από την Οδηγία και κατ' επέκταση από την Κ.Υ.Α. υποβάλλονται από τις εγκαταστάσεις στην αδειοδοτούσα αρχή. Ως αδειοδοτούσα αρχή μπορεί να είναι οι διευθύνσεις Ανάπτυξης των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων ή το Υπουργείο Ανάπτυξης (ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης από πλευράς ΥΠ.ΑΝ αρμόδιες διευθύνσεις είναι η διεύθυνση Εγκαταστάσεων Πετρελαιοειδών και η διεύθυνση Ηλεκτροπαραγωγής).

2.2.2 Κοινοποίηση

Η κοινοποίηση υποβάλλεται στην αδειοδοτούσα αρχή η οποία αποστέλλει σε χρονικό διάστημα ενός μήνα από ένα αντίγραφο της κοινοποίησης για ενημέρωση στα Υπουργεία Ανάπτυξης, ΠΕΧΩΔΕ, Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Απασχόλησης και Κοινωνικής Προστασίας, στη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (Γ.Γ.Π.Π.), στην Τοπική Πυροσβεστική Υπηρεσία και στο Γενικό Χημείο του Κράτους, καθώς και στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

σε περίπτωση που οι επικίνδυνες ουσίες χαρακτηρίζονται ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα, βιοκτόνα ή/και λιπάσματα, στο οποίο και αποστέλλονται εννέα αντίγραφα.

Η κοινοποίηση πρέπει να περιλαμβάνει τις παρακάτω πληροφορίες:

- το όνομα και την εμπορική επωνυμία του ασκούντος την εκμετάλλευση και τη διεύθυνση της σχετικής εγκατάστασης,
- την έδρα και τη διεύθυνση του ασκούντος την εκμετάλλευση,
- το όνομα, το τηλέφωνο και fax του υπεύθυνου της μονάδας,
- επαρκείς πληροφορίες (Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας Προϊόντων - Material Safety Data Sheet – MSDS) για την αναγνώριση των επικίνδυνων ουσιών που παράγονται στην εγκατάσταση ή που μπορεί να προκύψουν από πιθανά ατυχήματα,
- την ποσότητα και τη φυσική μορφή της ή των σχετικών επικίνδυνων ουσιών,
- την εκτελούμενη ή προβλεπόμενη δραστηριότητα στην εγκατάσταση ή στο χώρο αποθήκευσης,
- πληροφορίες για το άμεσο περιβάλλον της μονάδας,
- εκτίμηση της πιθανότητας πρόκλησης ατυχήματος μεγάλης έκτασης καθώς και πιθανών πολλαπλασιαστικών αποτελεσμάτων(domino).

Σε περίπτωση οποιαδήποτε μεταβολής της λειτουργίας της μονάδας ή/και της παραγωγικής διαδικασίας, ο ασκών την εκμετάλλευση υποχρεούται να ενημερώσει αμέσως την αδειοδοτούσα αρχή.

2.2.3 Πολιτική Πρόβλεψης Μεγάλων Ατυχημάτων

Η Κ.Υ.Α. 12044/613/2007 προβλέπει την ύπαρξη μέσων, μελετών ασφαλείας και συστημάτων διαχείρισης ασφαλείας ως εργαλεία για την επίτευξη και την εξασφάλιση της ομαλής και ασφαλούς λειτουργίας των εγκαταστάσεων και την εφαρμογή της οικείας πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων.

«Για την εφαρμογή της πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και του διαχειριστικού συστήματος ασφαλείας του ασκούντος την εκμετάλλευση, λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία.

- Η πολιτική πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων θα πρέπει να διατυπώνεται εγγράφως και να περιλαμβάνει τους γενικούς στόχους και αρχές δράσης που

καθορίζει ο ασκών την εκμετάλλευση για τον έλεγχο των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων.

- Το διαχειριστικό σύστημα ασφαλείας θα πρέπει να ενσωματώνει το τμήμα του γενικού διαχειριστικού συστήματος το οποίο περιλαμβάνει την οργανωτική δομή, τις αρμοδιότητες, τις πρακτικές, τις διαδικασίες, τις διεργασίες και τους πόρους για τον καθορισμό και την εφαρμογή της πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων.
- Στα πλαίσια του διαχειριστικού συστήματος ασφαλείας θίγονται τα ακόλουθα θέματα:
    i. οργάνωση και προσωπικό - ρόλοι και αρμοδιότητες του προσωπικού που συμμετέχει στη διαχείριση μεγάλων κινδύνων σε όλα τα επίπεδα της οργάνωσης. Προσδιορισμός των εκπαιδευτικών αναγκών του προσωπικού αυτού και παροχή της σχετικής εκπαίδευσης. Σύμπραξη των εργαζομένων και, ενδεχομένως των υπεργολάβων,
    ii. προσδιορισμός και αξιολόγηση των κινδύνων μεγάλου ατυχήματος - θέσπιση και εφαρμογή διαδικασιών για το συστηματικό προσδιορισμό κινδύνων μεγάλου ατυχήματος που προκύπτουν από την κανονική και τη μη κανονική λειτουργία, και αξιολόγηση της πιθανότητας και της έκτασης τους,
    iii. έλεγχος λειτουργίας - θέσπιση και εφαρμογή διαδικασιών και οδηγιών για την ασφαλή λειτουργία, συμπεριλαμβανομένων των όσων αφορούν τη συντήρηση της εγκατάστασης, τις διεργασίες, τον εξοπλισμό και τις προσωρινές διακοπές λειτουργιών,
    iv. διαχείριση των αλλαγών - θέσπιση και εφαρμογή διαδικασιών για τον σχεδιασμό τροποποιήσεων στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις, διεργασίες ή αποθηκευτικούς χώρους ή για το σχεδιασμό νέων εγκαταστάσεων, διεργασιών ή αποθηκευτικών χώρων,
    v. σχεδιασμός για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης - θέσπιση και εφαρμογή διαδικασιών για τον προσδιορισμό προβλέψεων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης μέσω της συστηματικής ανάλυσης και για την προετοιμασία, τη δοκιμή και την αναθεώρηση σχεδίων έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των καταστάσεων αυτών,
    vi. παρακολούθηση επιδόσεων - θέσπιση και εφαρμογή διαδικασιών για τη συνεχή αξιολόγηση της τήρησης των στόχων της πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων του ασκούντος την εκμετάλλευση και

του διαχειριστικού συστήματος ασφαλείας καθώς και των μηχανισμών για τη διερεύνηση και τα διορθωτικά μέτρα σε περίπτωση μη τήρησής τους. Οι διαδικασίες θα πρέπει να καλύπτουν το σύστημα του ασκούντος την εκμετάλλευση για την αναφορά μεγάλων ατυχημάτων ή ατυχημάτων που παραλίγο να συμβούν, ιδίως δε εκείνων στα οποία παρατηρήθηκε αστοχία των προστατευτικών μέτρων, καθώς και τη διερεύνησή του και τη συνέχεια που δόθηκε με βάση των αποκομισθέντων διδαγμάτων,

vii. έλεγχος και επανεξέταση - θέσπιση και εφαρμογή διαδικασιών για την περιοδική συστηματική αξιολόγηση της πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και της αποτελεσματικότητας και καταλληλότητας του διαχειριστικού συστήματος ασφαλείας. Τεκμηριωμένη επανεξέταση, εκ μέρους των διευθυντικών στελεχών, των επιδόσεων της πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και του διαχειριστικού συστήματος ασφαλείας και ενημέρωσή του.

Οι προδιαγραφές που διατυπώνονται στο έγγραφο που προβλέπεται στο άρθρο 7 θα πρέπει να είναι ανάλογες με τους κινδύνους μεγάλου ατυχήματος που παρουσιάζει η μονάδα.» [11]

2.2.4 Μελέτη Ασφαλείας

Η μελέτη ασφαλείας, που υποβάλλεται στην αδειοδοτούσα αρχή από τον ασκών την εκμετάλλευση, πρέπει να καταδεικνύει ότι:

- εφαρμόζεται μια πολιτική πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και ένα σύστημα διαχείρισης ασφαλείας,
- έχουν επισημανθεί οι κίνδυνοι μεγάλου ατυχήματος και έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη και τον περιορισμό των συνεπειών τους στον άνθρωπο και το περιβάλλον,
- ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η λειτουργία και η συντήρηση των εγκαταστάσεων, των χώρων αποθήκευσης, του εξοπλισμού και της υποδομής που συνδέονται με τη λειτουργία της, οι οποίες έχουν σχέση με τους κινδύνους μεγάλου ατυχήματος εντός της εγκατάστασης, παρέχουν επαρκή αξιοπιστία και ασφάλεια,
- υπάρχουν εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης,
- παρέχονται τα στοιχεία που επιτρέπουν την εκπόνηση του εξωτερικού σχεδίου, για την λήψη των αναγκαίων μέτρων,

- είναι εξασφαλισμένη η επαρκής πληροφόρηση των αρμόδιων αρχών,
- σε περίπτωση εγγύτητας της εγκατάστασης με άλλες επικίνδυνες εγκαταστάσεις (φαινόμενο domino), έχει συνεκτιμηθεί η φύση και η έκτασης ενός συνολικού κινδύνου ατυχήματος μεγάλης έκτασης.

«Η αδειοδοτούσα αρχή, εάν πεισθεί ότι συγκεκριμένες ουσίες που υπάρχουν στη εγκατάσταση ή σε οποιοδήποτε μέρος της δεν ενέχουν κίνδυνο μεγάλου ατυχήματος, μπορεί, σύμφωνα με τα εναρμονισμένα κριτήρια που περιλαμβάνονται στην Απόφαση 98/433/ΕΚ (ΕΕL 192/19/8.7.1998) κατ' εφαρμογή του άρθρου 9 (παραγ. 6β) της οδηγίας 96/82/ΕΚ, να περιορίζει τις απαιτούμενες στις μελέτες ασφαλείας πληροφορίες σε όσες σχετίζονται με την πρόληψη των υπόλοιπων κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων και τον περιορισμό των συνεπειών τους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.»

2.2.5 <u>Διαδικασία Αξιολόγησης</u>

Η αδειοδοτούσα αρχή αποστέλλει αντίγραφα της μελέτης ασφαλείας μέσα σε ένα (1) μήνα από την παραλαβή της, στις ακόλουθες αρμόδιες αρχές:

- Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων – 1 αντίγραφο,
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α) – 1 αντίγραφο,
- Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης – 1 αντίγραφο,
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, σε περίπτωση εγκαταστάσεων στις οποίες υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες ποτ χαρακτηρίζονται ως φυτοπροστατευτικά ή/και λιπάσματα – 1 αντίγραφο,
- Τοπική Πυροσβεστική Υπηρεσία – 1 αντίγραφο,
- Υπουργείο Εργασίας, Κοινωνικής Ασφάλισης και Πρόνοιας – 2 αντίγραφα,
- Γενικό Χημείο του Κράτους – 1 αντίγραφο,
- Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας – 1 αντίγραφο.

Το Γενικό Χημείο του Κράτους, εντός 15 ημερών από την παραλαβή του αντιγράφου της μελέτης ασφαλείας βεβαιώνει εγγράφως την αδειοδοτούσα αρχή εάν

η εγκατάσταση υπάγεται ή όχι στις διατάξεις της Κ.Υ.Α. 12044/613/2007 και η βεβαίωση διαβιβάζεται στις αρμόδιες Διευθύνσεις των Υπουργείων Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων και Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Η πιστοποίηση αυτή αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία αξιολόγησης της μελέτης ασφαλείας.

Ο ρόλος των αρμόδιων αρχών είναι:

- **Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων**: Εξέταση και αξιολόγηση της μελέτης ασφαλείας ως προς την πληρότητα των σεναρίων ατυχημάτων, των συστημάτων και του εξοπλισμού ασφαλείας της εγκατάστασης, ενημερώνει εγγράφως τις αρμόδιες αρχές ως προς την αναγκαιότητα υποβολής πρόσθετων σεναρίων.
- **Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής**: Γνωμοδότηση επί των επιπτώσεων στο περιβάλλον από ένα ενδεχόμενο ατύχημα, ενημερώνεται από το Νομαρχιακό Συμβούλιο για τις ενέργειες ενημέρωσης των πολιτών.
- **Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης**: Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία των περιοίκων από ένα ενδεχόμενο ατύχημα, πιθανή συμμετοχή σε επιθεωρήσεις και ελέγχους στις εγκαταστάσεις.
- **Υπουργείο Απασχόλησης και Κοινωνικής Προστασίας**: Συνεργασία με το Γραφείο Πολιτικής Προστασίας καθώς και τις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος, Ανάπτυξης και Υγείας της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι ελήφθησαν τα αναγκαία μέτρα που προβλέπονται από τα ΣΑΤΑΜΕ καθώς και για την αποφυγή επανάληψης του ατυχήματος. Γνωμοδότηση επί της επαναλειτουργίας της εγκατάστασης.
- **Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων**: Γνωμοδότηση σε θέματα σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων από ένα ενδεχόμενο ατύχημα, στις αγροτικές καλλιέργειες, στις παραγωγικές μονάδες εκτροφής ζώων, στις ιχθυοκαλλιέργειες, στα γεωργικά εδάφη, βοσκότοπους και στα ύδατα που χρησιμοποιούνται για αρδεύσεις φυτών μεγάλης καλλιέργειας και κηπευτικών. Μπορεί να συμμετάσχει σε επιθεωρήσεις και ελέγχους στις εγκαταστάσεις.
- **Τοπική Πυροσβεστική Υπηρεσία**: Γνωμοδότηση σε θέματα σχεδιασμού για την αντιμετώπιση και καταστολή ενός ατυχήματος, στα οποία

περιλαμβάνεται και το εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Μέριμνα για την πραγματοποίηση ασκήσεων ετοιμότητας σε συνεργασία με τον ασκούντα την εκμετάλλευση. Συμμετοχή σε επιθεωρήσεις και ελέγχους στις εγκαταστάσεις.

Πριν ο ασκών την εκμετάλλευση αρχίσει την κατασκευή ή την εκμετάλλευση, η αδειοδοτούσα αρχή, εντός ενός εύλογου χρονικού διαστήματος από την παραλαβή των γνωμοδοτήσεων των συναρμόδιων Υπουργείων επί της μελέτης ασφαλείας και πριν καταχωρηθεί οριστικά, ανακοινώνει στον ασκούντα την εκμετάλλευση τα συμπεράσματα της με βάση της γνωμοδοτήσεις των αρμόδιων αρχών, αφού ζητήσει πιθανώς συμπληρωματικά στοιχεία. Η αδειοδοτούσα αρχή, ανάλογα με τις γνωμοδοτήσεις που της έχουν σταλεί, έχει τη δυνατότητα να απαγορεύσει την έναρξη ή τη συνέχιση της λειτουργίας μιας εγκατάστασης.

Η καταχώρηση της μελέτης ασφαλείας γίνεται από την αδειοδοτούσα αρχή, εντός ενός (1) μήνα από την παραλαβή και της τελευταίας εμπρόθεσμης γνωμοδότησης, με βάση τις αναφερόμενες παραπάνω γνωμοδοτήσεις και γνωστοποιείται εγγράφως στον ασκούντα την εκμετάλλευση, με κοινοποίηση στις αναφερθείσες αρμόδιες αρχές.

2.2.5.1 <u>Επανεξέταση της μελέτης ασφαλείας</u>

Η μελέτη ασφαλείας πρέπει να επανεξετάζεται και εν' ανάγκη, ενημερώνεται τουλάχιστον κάθε πέντε (5) χρόνια αλλά και οποιαδήποτε χρονική στιγμή ύστερα από πρωτοβουλία του ασκούντος την εκμετάλλευση ή μετά από αίτημα της αδειοδοτούσας αρχής, όταν το δικαιολογούν νέα δεδομένα ή νέες τεχνικές γνώσεις που υπόκεινται σε θέματα ασφαλείας. Επίσης, η μελέτη ασφαλείας επανεξετάζεται σε περίπτωση που υπάρχει μετατροπή μια εγκατάστασης, μονάδας, αποθήκης, παραγωγικής διαδικασίας ή της φύσης και των ποσοτήτων των επικινδύνων ουσιών.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επανεξέταση υποβάλλονται από τις αρμόδιες αρχές στην αδειοδοτούσα αρχή.[12]

2.2.6 <u>Σχέδια έκτακτης ανάγκης</u>

Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης διακρίνονται σε εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης και σε εξωτερικά σχέδια αντιμετώπισης τεχνολογικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης (Εξωτερικά Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε.).

Οι εγκαταστάσεις άνω ορίου καταρτίζουν τα εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης, τα οποία υποβάλλονται μαζί με την έκθεση ασφαλείας και πρέπει να

αναθεωρούνται τουλάχιστον ανά τριετία. Η τοπική πυροσβεστική υπηρεσία μεριμνά για την αποτελεσματική εφαρμογή και εκπαίδευση στα εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης, πραγματοποιώντας σε συνεργασία με τον ασκούντα την εκμετάλλευση, στον χώρο της εγκατάστασης, ασκήσεις ετοιμότητας.

Τα εξωτερικά Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. καταρτίζονται από τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις και σύμφωνα με το γενικό σχέδιο πολιτικής προστασίας «Ξενοκράτης». Προκειμένου να εναρμονίζονται με τις διατάξεις του σχεδίου «Ξενοκράτης», χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων και Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. Περιφερειών. Τα εξωτερικά Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. καταστρώνονται, μετά την κατάρτιση του Γενικού Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. και την έγκριση του από την Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής μέσω της Κεντρικής Διεύθυνσης Π.Σ.Ε.Α.(Πολιτικού Σχεδιασμού Εκτάκτου Ανάγκης) μεριμνά για την κατάρτιση ενός του Γενικού Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. σε συνεργασία με τα Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, Εθνικής Άμυνας, Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, Απασχόλησης και Κοινωνικής Προστασίας, το Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος και άλλους κατά περίπτωση συναρμόδιους φορείς. Το σχέδιο αυτό αναφέρεται στο χώρο έξω από τις εγκαταστάσεις που υπάγονται στη συγκεκριμένη νομοθεσία για συγκεκριμένες βιομηχανικές περιοχές.

Η Υπηρεσία Πολιτικής Προστασία της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης μεριμνά ώστε σε συνεργασία με τις υπηρεσίες της οικείας νομαρχιακής αυτοδιοίκησης και της περιφέρειας, άλλα κατά περίπτωση συναρμόδια υπουργεία, καθώς και με έναν εκπρόσωπο του Πυροσβεστικού Σώματος του νομού και έναν εκπρόσωπο της εγκατάστασης, να καταρτίσει το Ειδικό Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε., με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται στον εκτός της εγκατάστασης χώρο, με βάση το γενικό Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. και την καταχωρημένη μελέτη ασφάλειας, συνεκτιμώντας και το ενδεχόμενο των πολλαπλασιαστικών φαινομένων (φαινόμενο Domino).

2.2.7 Πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα (φαινόμενο Domino)

Η αδειοδοτούσα αρχή στηριζόμενη στις πληροφορίες που παρέχονται από τον υπεύθυνο της εγκατάστασης, καθορίζει σε ποιες μονάδες ή ομάδες μονάδων υπάρχει σοβαρός κίνδυνος η πιθανότητα και η δυνατότητα ή οι συνέπειες μεγάλου ατυχήματος, να αυξάνονται λόγω της θέσης και της εγγύτητας τους, των ειδών και των ποσοτήτων των επικίνδυνων ουσιών που διαθέτουν.

Η αδειοδοτούσα αρχή μεριμνά ώστε γι' αυτές τις εγκαταστάσεις να ανταλλάσσονται κατάλληλα σχετικές πληροφορίες που τους επιτρέπουν να συνεκτιμούν δεόντως τη φύση και έκταση του συνολικού κινδύνου μεγάλου ατυχήματος. Σε συνεργασία με τις κατά περίπτωση αρμόδιες νομαρχιακές υπηρεσίες πρέπει να παρέχονται σχετικές πληροφορίες στις αρμόδιες αρχές κατά την εκπόνηση των εξωτερικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης και να ενημερώνεται ο πληθυσμός που κατοικεί στην ευρύτερη περιοχή.

2.2.8 Σχεδιασμός χρήσεων γης

Οι αρμόδιες αρχές σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις για το χωροταξικό, περιβαλλοντικό και πολεοδομικό σχεδιασμό, μεριμνούν ώστε οι στόχοι της πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και του περιορισμού των συνεπειών τους να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατάρτιση των σχεδίων χρήσεων γης μέσα από τις κείμενες διαδικασίες σχεδιασμού του χώρου και κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις. Για την υλοποίηση των στόχων ελέγχεται η ίδρυση νέων εγκαταστάσεων, οι μετατροπές στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, τα νέα έργα και οι γενικότερες δραστηριότητες που λόγω της θέσης και της γειτνίασής τους με αυτές ενδέχεται να αυξήσουν τον κίνδυνο μεγάλου ατυχήματος ή να επιδεινώσουν τις συνέπειές του.[13]

2.2.9 Πληροφορίες για τα μέτρα ασφαλείας - Ενημέρωση κοινού

Μια από τις σημαντικότερες αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν με την κατάρτιση της κοινοτικής οδηγίας Seveso II σε σχέση με την Seveso I και αντίστοιχα της Κ.Υ.Α. 12044/613/2007 σε σχέση με την Κ.Υ.Α. 18187/272/1988, αφορά την ενημέρωση και την πληροφόρηση των πολιτών που διαμένουν σε περιοχές όπου βρίσκονται εγκαταστάσεις που μπορεί να προκαλέσουν ατύχημα μεγάλης έκτασης.

Η Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και το Νομαρχιακό Συμβούλιο είναι υποχρεωμένοι να ενημερώνουν πλήρως το κοινό για την επικινδυνότητα των εγκαταστάσεων που λειτουργούν στην περιοχή, για τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας που έχουν ληφθεί και τη στάση που θα πρέπει να τηρείται σε περίπτωση ατυχήματος, για τη διενέργεια ασκήσεων ετοιμότητας του πληθυσμού, σε συνεργασία με την Υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας της Νομαρχιακής αυτοδιοίκησης και τον(τους) οικείο(-ους) δήμο(-ους) του(ων) οποίου(-ων) οι κάτοικοι είναι δυνατόν να προσβληθούν από ατύχημα μεγάλης

έκτασης. Οι πληροφορίες πρέπει να ανανεώνονται και να αναθεωρούνται τουλάχιστον μια φορά κάθε πέντε χρόνια.

Επιπλέον, η αδειοδοτούσα αρχή μεριμνά ώστε το κοινό να μπορεί να δίνει τη γνώμη του σε θέματα που αφορούν το σχεδιασμό για νέες εγκαταστάσεις που αναφέρονται που υποχρεούνται να συντάξουν μελέτη ασφαλείας, στη μετατροπή υφιστάμενων εγκαταστάσεων και στη διαρρύθμιση των χώρων γύρω από αυτές.

Στη περίπτωση εγκαταστάσεων που υποχρεούνται να συντάξουν μελέτη ασφαλείας, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης μεριμνά, ώστε να τίθεται στη διάθεση του κοινού ο κατάλογος των επικίνδυνων ουσιών.

2.2.10 Περίπτωση μεγάλου ατυχήματος

Εάν πραγματοποιηθεί ένα μεγάλο ατύχημα σε μια εγκατάσταση, ο ασκών την εκμετάλλευση, είναι υποχρεωμένος να ενημερώνει άμεσα την αδειοδοτούσα αρχή, την Υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας και την Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, παρέχοντας τους, εντός ενός μήνα, πληροφορίες όσον αφορά τις συνθήκες του ατυχήματος, τις ενεχόμενες επικίνδυνες ουσίες, τα μέτρα έκτακτης ανάγκης που ελήφθησαν καθώς και στοιχεία που να δίνουν την δυνατότητα εκτίμησης των επιπτώσεων του ατυχήματος. Πρέπει επίσης να ενημερώνει σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι μελλοντικές επιπτώσεις του ατυχήματος καθώς επίσης και για τις ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να αποφευχθεί ένα ανάλογο ατύχημα.

Η Υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας σε συνεργασία με τις Υπηρεσίες Περιβάλλοντος, Ανάπτυξης, Υγείας και Απασχόλησης και Κοινωνικής Προστασίας της εν λόγω Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, είναι υπεύθυνη να εξασφαλίζει ότι ο ασκών την εκμετάλλευση λαμβάνει τα παραπάνω μέτρα, ενώ η αδειοδοτούσα αρχή έχει τη δυνατότητα να απαγορεύσει την επαναλειτουργία της εγκατάστασης.

2.2.11 Επιθεωρήσεις – έλεγχοι

Η αδειοδοτούσα αρχή οργανώνει, σε συνεργασία με τις συναρμόδιες αρχές σύστημα επιθεωρήσεων ή άλλων μέτρων ελέγχου ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης. Αυτές οι επιθεωρήσεις ή τα μέτρα ελέγχου δεν εξαρτώνται από την παραλαβή της μελέτης ασφαλείας, ή άλλων υποβαλλόμενων στοιχείων και πρέπει να

σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν οργανωμένη και συστηματική εξέταση των τεχνικών, οργανωτικών και διαχειριστικών συστημάτων της εγκατάστασης, ώστε ο ασκών την εκμετάλλευση να αποδεικνύει ότι έχουν ληφθεί όλα τα αναγκαία μέτρα και μέσα έκτακτης ανάγκης.

Η αδειοδοτούσα αρχή πρέπει, επίσης, να καταρτίζει πρόγραμμα επιθεωρήσεων όπου θα προβλέπεται μία τουλάχιστον επιτόπια επιθεώρηση κάθε χρόνο.

Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα των επιθεωρήσεων σύμφωνα με τη νομοθεσία, πρέπει να κοινοποιούνται και στο προσωπικό της εγκατάστασης.

2.2.12 Αρμοδιότητες των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων

Οι αρμοδιότητες ανά Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση για την εφαρμογή της ΚΥΑ 12044/613/2007 είναι:

- **Διεύθυνση Ανάπτυξης:** Έχει αρμοδιότητες αδειοδοτούσας αρχής κατά περίπτωση και σε περίπτωση μεγάλου ατυχήματος συνεργάζεται με το Γραφείο Πολιτικής Προστασίας και τις Διευθύνσεις Περιβάλλοντος και Υγείας της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης καθώς και με τις αρμόδιες Περιφερειακές Υπηρεσίες του Υπουργείου Απασχόλησης και Κοινωνικής Προστασίας, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι ελήφθησαν όλα τα μέτρα που προβλέπονται από τα Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. και που δεν θα επιτρέψουν να επαναληφθεί το ατύχημα.
- **Διεύθυνση Περιβάλλοντος:** Διαβιβάζει στοιχεία από τη μελέτη ασφαλείας στο Νομαρχιακό Συμβούλιο για την ενημέρωση των πολιτών, σε διάστημα ένα μήνα από την παραλαβή της μελέτης ασφαλείας και επανεξετάζει τις παραπάνω παρεχόμενες πληροφορίες ανά τριετία. Για τις εγκαταστάσεις άνω ορίου θέτει στη διάθεση των πολιτών κατάλογο των επικίνδυνων ουσιών που υπάρχουν στην εγκατάσταση, εφόσον δε συντρέχουν λόγοι διατήρησης απορρήτου ή εμπιστευτικότητας. Επίσης, μετά την καταστολή του ατυχήματος, εκφράζει γνώμη στην αδειοδοτούσα αρχή για την επαναλειτουργία της εγκατάστασης.
- **Διεύθυνση Υγείας:** Γνωμοδοτεί στην αδειοδοτούσα αρχή για την επαναλειτουργία της εγκατάστασης και είναι μία από τους υπεύθυνους για την εξασφάλιση ότι λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και όσο προβλέπονται από τα Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε., μετά από ένα μεγάλο ατύχημα.

- **Νομαρχιακό Συμβούλιο:** Αναλαμβάνει την ενημέρωση των πολιτών με βάση τα στοιχεία που παρέχονται από τη Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και συγκεκριμένα:
  - ✓ Δημοσιεύει περίληψη των στοιχείων στον τύπο.
  - ✓ Αναρτά τη δημοσίευση στον πίνακα ανακοινώσεων της Νομαρχίας.
  - ✓ Παρέχει πλήρη ενημέρωση στο κοινό σχετικά με τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται και τη στάση που πρέπει να τηρείται σε περίπτωση ατυχήματος.
  - ✓ Ενημερώνει τη Γ.Γ.Π.Π. σχετικά με τις ενέργειες στις οποίες πρόκειται να προβεί για την ενημέρωση κοινού
  - ✓ Αποστέλλει στη Γ.Γ.Π.Π. και στο Υ.Π.Ε.Κ.Α. έκθεση για τις ενέργειες στις οποίες έχει προβεί σχετικά με την ενημέρωση κοινού.

  Επίσης είναι αρμόδιο να διενεργεί ασκήσεις ετοιμότητας των πολιτών σε συνεργασία με το γραφείο Πολιτικής Προστασίας της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και τους οικείους δήμους των οποίων οι κάτοικοι μπορεί να προσβληθούν από ατύχημα μεγάλης έκτασης. Αποστέλλει στη Γ.Γ.Π.Π. έκθεση σχετικά με τις ασκήσεις ετοιμότητας στις οποίες έχει προβεί.
- **Γραφείο Πολιτικής Προστασίας:** Λαμβάνει από την αδειοδοτούσα αρχή αντίγραφο μελέτης ασφαλείας ένα μήνα μετά την οριστική της καταχώρηση προκειμένου να μεριμνήσει για την κατάρτιση του εξωτερικού Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε.. Αναλαμβάνει τη δημοσιοποίηση του Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε. της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης ώστε οι πολίτες να μπορούν να εκφράσουν τη γνώμη τους. Μεριμνά για τη διενέργεια ασκήσεων ετοιμότητας. Μπορεί μετά από σύμφωνη γνώμη της Γ.Γ.Π.Π. να αποφασίσει με βάση τα στοιχεία της μελέτη ασφαλείας για τη μη κατάρτιση εξωτερικού σχεδίου Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε.. Είναι υπεύθυνο να εξασφαλίζει ότι λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και όσο προβλέπονται από τα Σ.Α.Τ.Α.Μ.Ε., μετά από ένα μεγάλο ατύχημα. Ενημερώνεται συνεχώς από την αδειοδοτούσα αρχή για τις ενέργειες αντιμετώπισης του ατυχήματος και αναλαμβάνει την ενημέρωση της Γ.Γ.Π.Π.. Λαμβάνει από την αδειοδοτούσα αρχή όλες τις πληροφορίες και τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν σχετικά με το ατύχημα. Εκφράζει γνώμη στην αδειοδοτούσα αρχή για την επαναλειτουργία της εγκατάστασης, μετά την καταστολή του ατυχήματος.

2.2.13 Αρμοδιότητες Πρωτοβάθμιων ΟΤΑ

- Συνεργάζονται με το οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο και το Γραφείο Πολιτικής Προστασίας της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης στη διενέργεια ασκήσεων ετοιμότητας .
- Σε περίπτωση ατυχήματος, ενημερώνονται για αυτό από το Γραφείο Πολιτικής Προστασίας της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης. [14]

Οι αρμοδιότητες όλων των αρχών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3 – Αρμοδιότητες των αρχών σύμφωνα με την ΚΥΑ 12044/613/2007

Υπηρεσίες	Αναφέρεται στο άρθρο 6 της ΚΥΑ	Αναφέρεται στο άρθρο 8 της ΚΥΑ	Αδειοδοτούσα αρχή	Γνωμοδότηση – Έλεγχος Μ.Α.	Ενημέρωση Πολιτών	Κατάρτιση Γενικού Σ.Α.ΤΑ.Μ.Ε.*	Σ.Α.ΤΑ.Μ.Ε.Ν.Α.	Εμπλοκή σε περίπτωση ατυχήματος	Εκπροσώπηση στην Ε.Κ.	Ασκήσεις Ετοιμότητας	Επιθεωρήσεις	Κυρώσεις
Υπουργεία												
Ανάπτυξης	X	X	X	X		X					X	X
ΥΠΕΚΑ	X	X		X		X			X		X	
Υγείας	X	X		X		X					X	
Απασχόλησης	X	X		X		X					X	
Απασχόλησης/ Περιφερειακές Υπηρεσίες					X		X	X			X	
Οικονομίας	X	X				X					X	
Αγροτικής Ανάπτυξης	X	X		X		X					X	
Εσωτερικών / ΓΓΠΠ	X	X				X					X	
Εσωτερικών/ Αρχηγείο Π.Σ.						X					X	
Εσωτερικών/Τοπική Π.Υ.	X	X		X		X	X			X	X	
Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση												
Δ/νση Ανάπτυξης			X		X		X	X			X	X
Δ/νση Περιβάλλοντος					X		X	X			X	
Δ/νση Υγείας					X		X	X			X	
Νομαρχιακό Συμβούλιο					X		X			X		

Γραφείο Πολιτικής Προστασίας					X		X	X		X		
Πρωτοβάθμιοι ΟΤΑ								X		X		

[12]

2.3 Seveso III

Στις 4 Ιουλίου 2012 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο αποφάσισαν την κατάργηση της κοινοτικής οδηγίας 2003/105/ΕΚ, η οποία είναι η αναθεωρημένη έκδοση της οδηγίας 96/82/ΕΚ, γνωστότερη ως Seveso II και την αντικατάσταση της από την κοινοτική οδηγία 2012/18/ΕΕ, ή αλλιώς Seveso III, με την οποία θα πρέπει κάθε κράτος-μέλος να εναρμονίσει την νομοθεσία του με την νέα κοινοτική οδηγία ως την 31η Μαΐου 2015 και η οποία τίθεται σε ισχύ από την 1η Ιουνίου 2015.

Οι νέοι κανόνες, που θα τεθούν σε ισχύ θα επιτρέψουν την καλύτερη ενημέρωση των πολιτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά μείζονες απειλές από βιομηχανικές εγκαταστάσεις πλησίον τους. Οι κανόνες αυτοί αποτελούν μέρος μιας τεχνικής επικαιροποίησης της οδηγίας Seveso, που αποτελεί βασικό μέσο για τη διαχείριση των βιομηχανικών κινδύνων και προσαρμόζεται δεόντως ώστε να αντικατοπτρίζει τις πλέον πρόσφατες αλλαγές στη διεθνή και ευρωπαϊκή ταξινόμηση των χημικών ουσιών. Η οδηγία υποχρεώνει τα κράτη μέλη να καταρτίζουν σχέδια έκτακτης ανάγκης για τις περιοχές γύρω από βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου συγκεντρώνονται πολύ μεγάλες ποσότητες επικίνδυνων ουσιών. Επίσης η νέα οδηγία προσαρμόζεται και ευθυγραμμίζεται με τον κανονισμό CLP για την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία ουσιών και μειγμάτων, προσαρμόζοντας το σύστημα της Ε.Ε. στη νέα διεθνή ταξινόμηση των χημικών ουσιών που προβλέπουν τα Ηνωμένα Έθνη (GHS ή παγκοσμίως εναρμονισμένο σύστημα).

Με την ευθυγράμμιση αυτή, η κατηγορία «Πολύ Τοξικό – Τ+», θα αντιστοιχεί στην κατηγορία «Οξεία τοξικότητα 1», ενώ η κατηγορία «Τοξικό - Τ» χωρίζεται στις κατηγορίες «Οξεία τοξικότητα 2» (όλες οι οδοί έκθεσης) και «Οξεία τοξικότητα 3» (έκθεση του δέρματος και έκθεση μέσω εισπνοής). Επίσης στις κατονομαζόμενες ουσίες συμπεριλαμβάνεται η άνυδρη αμμωνία, το τριφθοριούχο βόριο και το υδρόθειο που καλύπτονται προηγουμένως από τις κατηγορίες επικινδυνότητας τους, ώστε να διατηρούνται αμετάβλητα τα κατώτατα όρια τους.

Μια ακόμα αλλαγή αφορά την ένταξη του μαζούτ και άλλων εναλλακτικών καυσίμων που εξυπηρετούν τους ίδιους σκοπούς κι έχουν τις ίδιες ιδιότητες, όσον

αφορά την ευφλεκτότητα και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους, με την βενζίνη, τη νάφθα και το μαζούτ. Επίσης προστίθενται διευκρινήσεις σχετικά με το αναβαθμισμένο βιοαέριο, το οποίο ανάλογα με την επεξεργασία που υφίσταται για να έχει την εφάμιλλη ποιότητα με το φυσικό αέριο και αν η περιεκτικότητα του σε οξυγόνο δεν υπερβαίνει το 1%, μπορεί να ταξινομηθεί ως εξαιρετικά εύφλεκτο υγροποιημένο αέριο.

Επικαιροποιήθηκαν, επίσης, οι συντελεστές τοξικής ισοδυναμίας για τα πολυχλωροδιβενζοφουρένια και τις πολυχλωροδιβενζοδιοξίνες, καθώς επίσης στις κατηγορίες επικίνδυνων ουσιών εντάχθηκαν τα εύφλεκτα αερολύματα (aerosols) και τα πυροφορικά υγρά και στερεά. Επιπλέον, στην νέα Seveso, υπάρχουν νέες πιο εξειδικευμένες κατηγορίες για κινδύνους οξείδωσης, πυρκαγιάς και έκρηξης.

Στο άρθρο 4 της κοινοτικής οδηγίας 2003/105/ΕΚ αναφέρεται ότι η Επιτροπή έχει τη δυνατότητα, αν θεωρηθεί σκόπιμο, να υποβάλλει νομοθετική πρόταση στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, προκειμένου να εξαιρεθεί κάποια ουσία από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας σε περίπτωση που κρίνει ότι παρουσιάζει κίνδυνο μεγάλου ατυχήματος.

Στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας εντάσσονται υπόγεια αποθήκευση φυσικού αερίου στα φυσικά πετρώματα, σε θόλους άλατος και σε εγκαταλελειμμένα ορυχεία, και οι εργασίες χημικής και θερμικής επεξεργασίας και αποθήκευσης που σχετίζονται με τις εργασίες αυτές, στις οποίες υπεισέρχονται οι επικίνδυνες ουσίες.

Όσον αφορά τις μελέτες ασφαλείας και την κοινοποίηση τους, ο φορέας εκμετάλλευσης πρέπει να παρέχει στην αρμόδια αρχή πληροφορίες και λεπτομέρειες σχετικά με τις γειτονικές μονάδες, όπως επίσης και τοποθεσιών που δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας, περιοχών και έργων που θα ήταν δυνατόν να αποτελέσουν αιτία για αύξηση της επικινδυνότητας ή των συνεπειών μεγάλου ατυχήματος και των πολλαπλασιαστικών αποτελεσμάτων.

Ο Επίτροπος περιβάλλοντος Janez Potočnik, δήλωσε: «Η Seveso III θα σημαίνει καλύτερη προστασία των πολιτών και του περιβάλλοντος από μείζονα ατυχήματα. Επίσης, θα σημαίνει ότι οι πολίτες είναι καλύτερα ενημερωμένοι και συμμετέχουν περισσότερο στις αποφάσεις χωροταξικού σχεδιασμού.»

Εκτός από τις τεχνικές επικαιροποιήσεις για να ληφθούν υπόψη οι αλλαγές στην ταξινόμηση των χημικών ουσιών στην Ε.Ε., οι κύριες βελτιώσεις για τους πολίτες έχουν ως εξής:

- Βελτίωση της πρόσβασης των πολιτών σε πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους που πηγάζουν από δραστηριότητες παρακείμενων βιομηχανικών εγκαταστάσεων και σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οφείλουν να συμπεριφερθούν σε περίπτωση ατυχήματος. Τοιουτοτρόπως θα ενισχυθεί και η εμπιστοσύνη στη λειτουργία των αντιστοίχων εταιρειών.
- Αποτελεσματικότεροι κανόνες συμμετοχής του άμεσα ενδιαφερομένου κοινού στα έργα χωροταξικού σχεδιασμού που σχετίζονται με εγκαταστάσεις καλυπτόμενες από την οδηγία Seveso και στην κατάστρωση των εξωτερικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης.
- Πρόσβαση στη δικαιοσύνη για τους πολίτες στους οποίους δεν έχει παραχωρηθεί η δέουσα πρόσβαση στις αντίστοιχες πληροφορίες ή η συμμετοχή στις σχετικές διαδικασίες.
- Αυστηρότερα πρότυπα για τις επιθεωρήσεις των εγκαταστάσεων ώστε να διασφαλίζεται ενεργότερη επιβολή των κανόνων ασφαλείας.

Εφεξής, η ενημέρωση του κοινού σχετικά με τους εν λόγω κινδύνους πρέπει να διατίθεται σε ηλεκτρονική μορφή. Οι πάσης φύσεως εγκαταστάσεις που καλύπτονται από τη νομοθεσία θα χρειάζεται να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους ήχους των συναγερμών, καθώς και όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο καλούνται να ενεργήσουν οι πολίτες σε περίπτωση μείζονος ατυχήματος. Όταν συμβαίνει ατύχημα, οι αρμόδιες αρχές επιβάλλεται να ενημερώνουν όσους ενδέχεται να επηρεαστούν από αυτό και να γνωστοποιούν τα κύρια μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπισή του. Ορισμένες αλλαγές στους νόμους χωροταξικού σχεδιασμού θα προβλέπουν στα σχέδια ενδεδειγμένη απόσταση «ασφαλείας» για τις νέες μονάδες και υποδομές πλησίον ήδη υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Οι διαδικαστικές απαιτήσεις για δημόσια διαβούλευση σχετικά με έργα, σχέδια και προγράμματα έχουν καταστεί αυστηρότερες. Όταν οι αρχές και οι υπεύθυνοι εγκαταστάσεων αποτιμούν τις πιθανότητες ατυχήματος και υιοθετούν μέτρα για την αντιμετώπισή του οφείλουν να λαμβάνουν καλύτερα υπόψη τη δυνητική αύξηση των κινδύνων λόγω της γειτνίασης με άλλες βιομηχανικές περιοχές και τις πιθανές επιπτώσεις στις παρακείμενες εγκαταστάσεις. [1,7,15]

2.4 Ελληνικό Θεσμικό Πλαίσιο για Εγκαταστάσεις Υγραερίου

Η διαμόρφωση, σχεδίαση, κατασκευή, ασφαλής λειτουργία και πυροπροστασία των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου

ρυθμίζεται από τις διατάξεις που προβλέπονται από την Κοινή Υπουργική Απόφαση με αριθμό Δ3/14858/93.

2.4.1 Γενικές Διατάξεις

Οι φορείς της εκμετάλλευσης αυτών εγκαταστάσεων υποχρεούνται να υποβάλλουν στην κατά τόπο αρμόδια Πυροσβεστική Υπηρεσία μελέτη πυροπροστασίας για έγκριση, η οποία συντάσσεται και υπογράφεται από τεχνικό επιστήμονα που έχει τα προσόντα σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις.

Η παραπάνω μελέτη πυροπροστασίας πρέπει να περιλαμβάνει:

- Τα προληπτικά μέτρα πυροπροστασίας του συνόλου της εγκατάστασης.
- Τα κατασταλτικά μέσα καταπολέμησης πυρκαγιάς.
- Τη συγκρότηση ομάδας (ή ομάδων) πυροπροστασίας από το προσωπικό της
- εγκατάστασης.
- Επίσης θα καθορίζει το είδος της εκπαίδευσης και τα ειδικά καθήκοντα της ομάδας (ή των ομάδων) πυροπροστασίας, σε θέματα πρόληψης, περιστολής και καταστολής της πυρκαγιάς, καθώς και τον τρόπο δράσης της (ή δράσης τους).

Προκειμένου να εγκριθεί η μελέτη Πυροπροστασίας κάθε εγκατάστασης από την αρμόδια Πυροσβεστική Υπηρεσία, απαιτείται να υποβληθούν εκτός των άλλων απαραίτητων εντύπων, μελετών και σχεδίων και τα παρακάτω στοιχεία:

1. Λεπτομερής κατάσταση των πιθανών κινδύνων περιλαμβανομένων των τοποθεσιών εκδήλωσης, της διάταξης των επικίνδυνων περιοχών και των επικίνδυνων (εύφλεκτων ή εκρηκτικών) υλικών που διακινεί ή επεξεργάζεται η εγκατάσταση.
2. Απαίτηση σε νερό (για την ταυτόχρονη λειτουργία των συστημάτων πυρόσβεσης, ψύξης κ.λπ.).
3. Διατιθέμενη συνολική ποσότητα νερού, χρόνος, παροχή, πίεση, χωρητικότητα δεξαμενής νερού, αναφορά μόνιμων ψυκτικών συστημάτων και συστημάτων καταιονισμού.
4. Σχέδιο με υδρολήψεις, κατανομή δικτύου νερού, μηχανισμός λειτουργίας, βάνες κ.λπ.
5. Συνολικά γραμμικά σχέδια των παραπάνω.
6. Λεπτομέρειες και επεξηγήσεις των ειδικών περιπτώσεων και χαρακτηριστικών.

7. Συστήματα ανιχνευτών (αν υπάρχουν), μηχανισμών χειρισμού, θέσεις σημείων σύνδεσης πυροσβεστικών αυτοκινήτων (αν υπάρχουν) ή άλλων βοηθητικών πυροσβεστικών μηχανισμών.

2.4.2 Αποθήκευση Υγραερίου υπό Πίεση

2.4.2.1 Διάταξη και Αποστάσεις

Οι δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου εγκαθίστανται πάνω από το έδαφος (υπέργειες), υπόγειες ή επιχωματωμένες και δεν επιτρέπεται να εγκαθίστανται σε στεγασμένους χώρους, ούτε σε ταράτσες κτιρίων. Εάν πρόκειται να εγκατασταθούν υπογείως, πρέπει η επιφάνεια της δεξαμενής να καθαριστεί με αμμοβολή ή χημική επεξεργασία και κατόπιν, πριν τοποθετηθεί υπόγεια, να επικαλυφθεί με προστατευτικό επίστρωμα ανθεκτικό σε συνθήκες διάβρωσης από το έδαφος. Το μέγεθος της εκσκαφής να είναι αρκετό για να επιτρέψει άνετη εγκατάσταση της υπόγειας δεξαμενής. Οι υπόγειες δεξαμενές πρέπει να στηρίζονται σε στηρίγματα από σκυρόδεμα ή λιθοδομή και όπου είναι απαραίτητο, κατόπιν ειδικής μελέτης, να γίνεται καθοδική προστασία της δεξαμενής για αποφυγή διάβρωσης, αλλά ποτέ δεν επιτρέπεται να εγκαθίστανται σε υπόγειους στεγασμένους χώρους.

Στον Πίνακα 4 δίνονται οι ελάχιστες επιτρεπόμενες και αναφέρονται στην οριζόντια απόσταση σε κάτοψη μεταξύ των πλησιέστερων σημείων της δεξαμενής και ενός χαρακτηριστικού στοιχείου της εγκατάστασης (π.χ. γειτονική δεξαμενή, κτίριο όριο ιδιοκτησίας). Οι αποστάσεις αφορούν και σφαιρικές και κυλινδρικές δεξαμενές.

Πίνακας 4- Αποστάσεις Δεξαμενών Υγραερίου υπό πίεση σε Εγκαταστάσεις Αποθήκευσης, Εμφιάλωσης, Διακίνησης και Διανομής Υγραερίου

Από άλλη δεξαμενή υγραερίου υπό πίεση	0,75 d, όπου d η διάμετρος της μεγαλύτερης δεξαμενής, αλλά τουλάχιστον 1,5μ.					
Από ψυχόμενη δεξαμενή υγραερίου υπό χαμηλή πίεση.	d της μεγαλύτερης σε διάμετρο δεξαμενής, αλλά τουλάχιστο 30m. Επί πλέον: 15m από την κορυφή της λεκάνης ασφαλείας της ψυχόμενης δεξαμενής					
Από μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία, αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερικούς δρόμους με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας και σταθερές πηγές εναύσεως.	Χωρητικότητα της μεγαλύτερης δεξαμενής σε μια ομάδα		Μεγίστη χωρητικότητα της ομάδας.	Υπέργειες δεξαμενές	Υπόγειες δεξαμενές	Επιχωματωμένες δεξαμενές
	Από(m^3)	Έως(m^3)	m^3	m	m	m
	0	0,5	1,5	1,5	1,5	2,5
	0,5	2,5	5	3	3	3
	2,5	9	27	7,5	3	3
	9	9	600	15	3	5
	200	200	1250	22,5	5	10
	200	30	2250	30	7,5	10
Από σημεία εμφιάλωσης υγραερίου	Για δεξαμενές	Από(m^3)		Έως(m^3)		m
		0		9		7,5
		9		200		15
		200				25
Από σημεία μετάγγισης (φόρτωσης ή εκφόρτωσης) υγρών καυσίμων ή υγραερίων σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία και σιδηροδρομικά βαγόνια. Αν δεν υπάρχει σημείο μετάγγισης, τότε η απόσταση νοείται από τις παρειές του μεταφορικού μέσου	Για δεξαμενές	Από(m^3)		Έως(m^3)		m
		70		70		7,5
		70		1000		10
		1000				15
Από φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες που είναι εκτός εμφιαλωτηρίου και αποτελούν χωριστή αποθήκη φιαλών	Για δεξαμενές	Από(m^3)		Έως(m^3)		m
		0		70		15
		70				10
Από λεκάνη ασφαλείας αποθήκης εύφλεκτων υγρών στην ίδια εγκατάσταση	20m και όταν η μια αποθήκη είναι υπόγεια 10m. Επί πλέον όταν η αποθήκη υγραερίου έχει συνολική χωρητικότητα πάνω από 4.000m^3 τότε η απόσταση μεταξύ δεξαμενής υγραερίου και δεξαμενής εύφλεκτου υγρού με σημείο ανάφλεξης μέχρι και 55°C: 40m με σημείο ανάφλεξης πάνω από 55°C: 25m.					
Από σταθερές αντλίες Πυρόσβεσης	Για δεξαμενές	Από(m^3)		Έως(m^3)		m
		0		70		10
		70				30 (εκτός εάν το αντλιοστάσιο προστατεύεται επαρκώς έναντι ακτινοβολίας από πυρκαγιά, οπότε η απόσταση μειώνεται στα 10m.)
Μεταξύ παρειών υπέργειας και υπόγειας δεξαμενής υγραερίου	2m					
Μεταξύ παρειών υπόγειων δεξαμενών υγραερίου	1m					
Μεταξύ παρειάς υπέργειας και στομίου εξόδου βαλβίδας ασφαλείας υπόγειας δεξαμενής	Για υπέργειες δεξαμενές	Από(m^3)		Έως(m^3)		m
		0		200		5
		200				10

Οι παραπάνω χωρητικότητες νοούνται για κάθε μία δεξαμενή, εκτός εάν αναφέρεται ρητά η έννοια της ομάδας. Κάθε ομάδα μπορεί να έχει το μέγιστο έξι δεξαμενές.

Στον Πίνακα 5 δίνονται οι ελάχιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών στοιχείων της εγκατάστασης, συναρτήσει της συνολικής αποθηκευόμενης ποσότητας υγραερίου Q ($3m^3$).

Πίνακας 5 - Αποστάσεις Μεταξύ Στοιχείων της Εγκατάστασης

Στοιχείο της Εγκατάστασης	Μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερικοί δρόμοι με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας σταθερές πηγές εναύσεως	Σημεία εμφιάλωσης υγραερίου	Σημεία μετάγγισης υγραερίου σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία σιδηροδρομικά βαγόνια (1)	Φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες (2)	Αντλίες και συμπιεστές διακίνησης υγραερίου.
Μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερικοί δρόμοι με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας σταθερές πηγές εναύσεως	0	Q ≤ 70: 10m 70<Q≤600:15m 600<Q :20m	Q ≤ 70: 7,5m 70<Q≤600:10m 600<Q : 15m	Q ≤ 70: 7,5m 70<Q :10m	Q ≤ 5: 3m 5<Q≤70:7,5m 70<Q≤600: 10m 600<Q : 15m
Σημεία εμφιάλωσης υγραερίου	Q≤ 70: 10m 70<Q≤600:15m 600<Q : 20m	0	10m	10m	10m
Σημεία μετάγγισης υγραερίου σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία σιδηροδρομικά βαγόνια[1]	Q≤ 70: 7,5m 70≤Q≤600:10m 600<Q : 15m	10m	0	Q≤ 70: 5m 70≤Q≤600:7,5m 600<Q : 10m	Q≤ 70: 5m 70≤Q≤600:7,5m 600<Q : 10m
Φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες[2]	Q≤ 70: 7,5m 70<Q : 10m	10m	Q≤ 70: 5m 70<Q≤600:7,5m 600<Q : 10m	0	Q≤ 70: 5m 70<Q≤600: 7m 600<Q : 10m
Αντλίες και συμπιεστές διακίνησης υγραερίου	Q≤ 5: 3m 5<Q≤ 70: 7,5m 70<Q≤600:10m 600<Q : 15m	10m	Q≤ 70: 5m 70<Q≤600:7,5m 600<Q : 10m	Q≤ 70: 5m 70<Q≤600:7,5m 600<Q : 10m	0

Εάν μεταξύ δεξαμενής και χαρακτηριστικού στοιχείου εντός της εγκατάστασης, άλλου πλην δεξαμενής, παρεμβάλλονται ειδικοί διαχωριστικοί τοίχοι από άκαυστα υλικά (π.χ. τούβλα, μπετόν κ.λπ.) οι αναγραφόμενες στον Πίνακα 2 αποστάσεις ασφαλείας μπορούν να μειωθούν, εφ' όσον η δεξαμενή υγραερίου έχει χωρητικότητα μέχρι και $300m^3$.

[1] Αν δεν υπάρχει σημείο μετάγγισης, τότε η απόσταση νοείται από τις παρειές του μεταφορικού μέσου
[2] Στην κατηγορία αυτή των φιαλών οι φιάλες που είναι αποθηκευμένες εκτός του χώρου του εμφιαλωτηρίου και αποτελούν χωριστή αποθήκη φιαλών

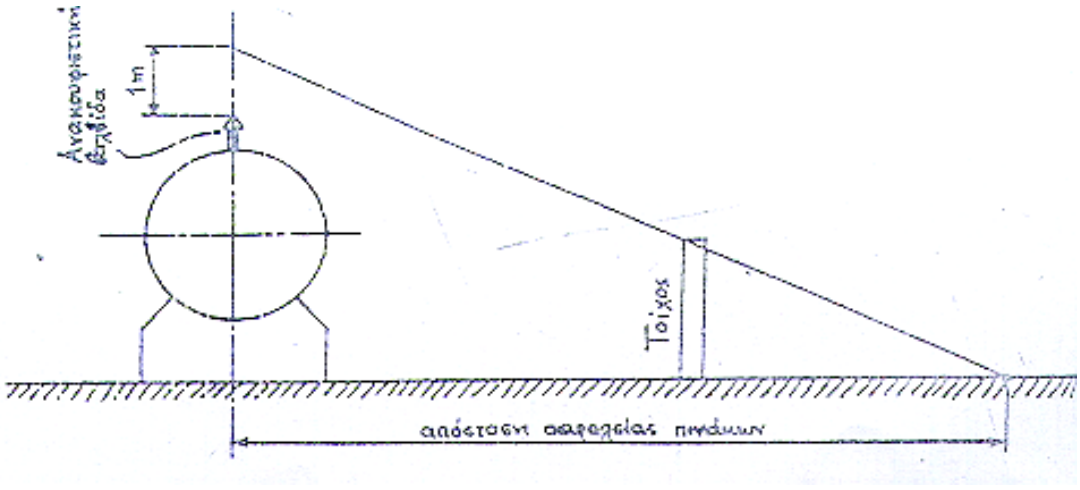
Ομοίως μπορούν να μειωθούν και οι αποστάσεις του Πίνακα 3 μεταξύ των λοιπών χαρακτηριστικών στοιχείων της εγκατάστασης με την παρεμβολή διαχωριστικών ως ανωτέρω τοίχων. Σε τέτοιες περιπτώσεις οι διαχωριστικοί τοίχοι πρέπει να εξασφαλίζουν ότι ο συντομότερος δρόμος (παρακαμπτήριος του τοίχου), από το τυχόν σημείο διαρροής υγραερίου μέχρι το υπ' όψη χαρακτηριστικό στοιχείο της εγκατάστασης δεν είναι μικρότερος από το αναφερόμενο στον Πίνακα 4 ή 5. Η απόσταση από τον τοίχο εκάστου των διαχωριζομένων στοιχείων πρέπει να είναι τουλάχιστον 2m.

Οι αναγραφόμενες στον Πίνακα 4 αποστάσεις μεταξύ των δεξαμενών δεν επιτρέπεται να μειωθούν έστω και αν παρεμβάλλεται διαχωριστικός τοίχος.

Οι αποστάσεις των στοιχείων της εγκατάστασης από τα όρια της ιδιοκτησίας εμπίπτουν και στις διατάξεις του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού, στις περιπτώσεις όπου απαιτείται για την εγκατάστασή τους οικοδομική άδεια.

Το ύψος του διαχωριστικού τοίχου, ανάλογα και με τη θέση του μεταξύ δεξαμενής και χαρακτηριστικού στοιχείου, καθορίζεται σύμφωνα με το σχήμα στην εικόνα 3.

Διαχωριστικοί τοίχοι επιτρέπονται μόνο δύο σε κάθε περίπτωση, τοποθετούμενοι είτε απέναντι είτε συνεχόμενοι υπό γωνία μεταξύ τους.



Εικόνα 3-Το ύψος του τοίχου προσδιορίζεται - ανάλογα με την θέση του - τραβώντας μία γραμμή που ξεκινά 1 m υψηλότερο από την ανακουφιστική βαλβίδα της δεξαμενής ή το υψηλότερο σημείο του στοιχείου και καταλήγει επί του εδάφους σε οριζόντια απόσταση καθοριζομένη από τους σχετικούς πίνακες αποστάσεων ασφαλείας για το έτερο διαχωριζόμενο στοιχείο.

[1]

2.4.2.2 **Μέτρα Αντιμετώπισης Διαρροής Υγραερίου**

Προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος πραγματοποίησης ενός μεγάλου ατυχήματος και των όποιων συνεπειών του, που μπορεί να προκύψει από πιθανή διαρροή υγραερίου από δεξαμενή, όπου είναι αποθηκευμένο υπό πίεση, έχουν προβλεφθεί από την κείμενη νομοθεσία κάποια μέτρα πρόληψης.

Το έδαφος κάτω από τις δεξαμενές πρέπει να επενδύεται με σκυρόδεμα ή να είναι συμπαγές και να είναι κεκλιμένο, ώστε να παρεμποδίζεται η συγκέντρωση οποιουδήποτε υγρού κάτω από τις δεξαμενές και να εξασφαλίζεται η διοχέτευση υγραερίου μακριά από τις δεξαμενές και κάθε επικίνδυνη περιοχή. Στα σημεία όπου όλες οι συνδέσεις της δεξαμενής ομαδοποιούνται σε μια άκρη, όλες οι παραπάνω, προϋποθέσεις πρέπει να πληρούνται μόνο κάτω από τις συνδέσεις. Επίσης πρέπει να προβλεφθεί ώστε το νερό ψύξης να απομακρύνεται από τις δεξαμενές και κάθε άλλη επικίνδυνη περιοχή σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Επιπλέον, είναι δυνατόν να απαιτηθούν διαχωριστικά τοιχία, μέγιστου ύψους 60 εκατοστών, προκειμένου να είναι δυνατό να κατευθυνθεί η διαρροή σε κατάλληλους χώρους μακριά από τις δεξαμενές και τις άλλες επικίνδυνες περιοχές.

Για την αποφυγή σχηματισμού θυλάκων αερίου, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν δυσμενώς την ασφάλεια των δεξαμενών, ο χώρος γύρω από τις δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου πρέπει να είναι ελεύθερος από αύλακες, κοιλότητες ή ανοίγματα, εκτός από εκείνα που κατ' ανάγκη απαιτούνται για την συγκέντρωση διαρροής.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου πρέπει να τοποθετούνται σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις από δεξαμενές αποθήκευσης υγρού οξυγόνου ή άλλες επιβλαβείς επικίνδυνες ουσίες, και πάντοτε κατόπιν σχετικής άδειας εγκατάστασης από την αρμόδια Υπηρεσία, για τις απαιτούμενες (επιτρεπόμενες) αποστάσεις. Σε κάθε περίπτωση, καμία δεξαμενή υγραερίου δεν πρέπει να τοποθετείται σε λεκάνη ή περίφραξη όπου υπάρχει διαρκής πηγή θερμότητας (π.χ. σωληνώσεις μεταφοράς ατμού) ή μέσα σε περίφραγμα ή περιοχή (λεκάνη):

- Δεξαμενής που περιέχει εύφλεκτο υγρό με σημείο ανάφλεξης κάτω των 65°C.
- Δεξαμενής που περιέχει υγρό οξυγόνο ή άλλη επικίνδυνη ουσία.
- Δεξαμενής αποθήκευσης υγραερίου από ψύξη και χαμηλή πίεση.
- Κάθε θερμαινόμενης δεξαμενής αποθήκευσης (π.χ. δεξαμενή μαζούτ).

2.4.2.3 **Διάταξη Δεξαμενών**

Η διάταξη και η ομαδοποίηση των δεξαμενών, εκτός από τις αποστάσεις ασφαλείας, πρέπει να λαμβάνει υπόψη την δυνατότητα προσπέλασης πυροσβεστικών οχημάτων και μέσων και την αποφυγή διαρροών από τις δεξαμενές προς άλλες δεξαμενές και λοιπές επικίνδυνες περιοχές. Ο αριθμός των δεξαμενών αποθήκευσης ανά ομάδα δεν πρέπει να υπερβαίνει τις έξι (6), οι δε αποστάσεις ασφαλείας, που αναφέρονται στον Πίνακα 2 πρέπει να προσδιορίζονται λαμβάνοντας υπόψη, τόσο την χωρητικότητα της μεγαλύτερης δεξαμενής, όσο και της ομάδας (λαμβάνεται η μεγαλύτερη απόσταση). Κάθε δεξαμενή στην ομάδα πρέπει να απέχει τουλάχιστον 7,5 m από κάθε δεξαμενή άλλης ομάδας εκτός εάν ενδιάμεσα υπάρχει τοίχος προστασίας από ακτινοβολία θερμότητας μεταξύ των ομάδων, οπότε η απόσταση αυτή μπορεί να μειωθεί στο μισό.

2.4.2.4 **Περίφραξη**

Για να αποφευχθεί η είσοδος ασχέτων προσώπων ή παραβιάσεις, η περιοχή που περιλαμβάνει δεξαμενές και αντλητικό εξοπλισμό πρέπει να περιφράσσεται με συρματόπλεγμα βιομηχανικού τύπου σε απόσταση τουλάχιστον 1,5 m από τις δεξαμενές ή τις αντλίες, εκτός εάν η περίφραξη συμπίπτει με όριο ιδιοκτησίας της όλης εγκατάστασης, οπότε πρέπει να τηρούνται οι αποστάσεις του Πίνακα 2. Η περίφραξη αυτή πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο εξόδους, μη γειτονικές μεταξύ τους, οι πόρτες των οποίων πρέπει να ανοίγουν προς τα έξω ώστε να διευκολύνεται η έξοδος.

Η περίφραξη του ορίου ιδιοκτησίας της όλης εγκατάστασης πρέπει να αποτελείται από τοιχίο κατασκευασμένο από μπετόν, ύψους 0,50m περίπου και από εκεί και πάνω από συρματόπλεγμα βιομηχανικού τύπου.

Το συνολικό ύψος της περίφραξης αυτής πρέπει να είναι:

- 2m για εγκαταστάσεις συνολικής χωρητικότητας μέχρι 600m^3.
- 2,5m για εγκαταστάσεις συνολικής χωρητικότητας άνω των 600m^3.

2.4.3 **Αποθήκευση Υγραερίου υπό Ψύξη και Χαμηλή Πίεση**

2.4.3.1 **Διάταξη και Αποστάσεις**

Οι αποστάσεις του Πίνακα 6. είναι οι ελάχιστες επιτρεπόμενες και αναφέρονται στην οριζόντια απόσταση σε κάτοψη ανάμεσα στο πλησιέστερο σημείο πάνω στη

δεξαμενή και στο πλησιέστερο σημείο του αναφερόμενου στον πίνακα στοιχείου της εγκατάστασης (π.χ. γειτονική δεξαμενή αποθήκευσης, κτίριο, όριο).

Σημείωση: Αποθήκευση υπό ψύξη και χαμηλή πίεση νοείται:

- όσον αφορά την πίεση, η ατμοσφαιρική(1atm).

- όσον αφορά την θερμοκρασία για το προπάνιο περίπου -40°C και για το βουτάνιο 0°C.

Πίνακας 6 - Αποστάσεις Δεξαμενών Υγραερίου υπό Ψύξη και Χαμηλή Πίεση

Από άλλη δεξαμενή υγραερίου υπό ψύξη και χαμηλή πίεση.	d της μεγαλύτερης σε διάμετρο δεξαμενής.
Από δεξαμενή υγραερίου υπό πίεση.	d της μεγαλύτερης σε διάμετρο δεξαμενής, αλλά τουλάχιστον 30 m. Επιπλέον: 15 m από την κορυφή της λεκάνης ασφαλείας της ψυχόμενης δεξαμενής.
Από μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία, αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερικούς δρόμους με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας και σταθερές πηγές εναύσεως.	45 m
Από σημεία εμφιάλωσης υγραερίου.	35 m
Από σημεία φόρτωσης ή εκφόρτωσης πετρελαιοειδών σε ή από βυτιοφόρο οχήματα, πλοία και σιδηροδρομικά βαγόνια.	25 m
Από φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες (εκτός εμφιαλωτηρίου).	15m
Από δεξαμενή εύφλεκτου υγρού στην ίδια εγκατάσταση.	d της μεγαλύτερης σε διάμετρο δεξαμενής, αλλά τουλάχιστον 30m
Από σταθερές αντλίες πυρόσβεσης.	45 m εκτός εάν το αντλιοστάσιο προστατεύεται επαρκώς έναντι ακτινοβολίας από πυρκαγιά, οπότε η απόσταση μειώνεται στα 20 m.

2.4.3.2 **Λεκάνες Ασφαλείας**

Γύρω από δεξαμενές που αποθηκεύουν υγραέριο υπό ψύξη και χαμηλή πίεση πρέπει να κατασκευάζονται λεκάνες ασφαλείας, οι οποίες πρέπει να περικλείουν πλήρως τις δεξαμενές, εκτός εάν η τοπογραφία της περιοχής είναι τέτοια που είτε

λόγω φυσικής διαμόρφωσης είτε λόγω κατασκευής, εξασφαλίζει την ασφαλή και ταχεία κατεύθυνση των διαρροών με την βαρύτητα ή μέσω τοιχίων απόκλισης εάν κριθεί αναγκαίο, προς μία υποκείμενη κοιλότητα ή λεκάνη μέσα στα όρια της εγκατάστασης. Οι λεκάνες πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να έχουν επαρκή αντοχή στην πίεση που αναπτύσσεται, όταν η λεκάνη πληρωθεί με νερό. Η περιοχή μέσα στην λεκάνη ή την κοιλότητα πρέπει να απομονώνεται από κάθε εξωτερικό σύστημα αποχέτευσης ή αποστράγγισης με βαλβίδα που κανονικά είναι στη θέση «κλειστή», εκτός εάν η περιοχή αποστραγγίζεται από το νερό υπό ελεγχόμενες συνθήκες.

Όταν μία μόνο δεξαμενή περικλείεται από λεκάνη ασφαλείας, η καθαρή χωρητικότητα της περικλειόμενης περιοχής, συμπεριλαμβανομένης και της χωρητικότητας κάθε κοιλότητας ή αυλάκωσης, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 75% της χωρητικότητας της δεξαμενής. Όταν περισσότερες από μία δεξαμενές είναι μέσα στην κύρια λεκάνη ασφαλείας, πρέπει να προβλέπονται και ενδιάμεσες λεκάνες, ώστε να παρέχεται μία λεκάνη ασφαλείας σε κάθε δεξαμενή χωρητικότητας τουλάχιστον 50% της χωρητικότητας της δεξαμενής και η ελάχιστη ενεργός χωρητικότητα της κύριας λεκάνης συμπεριλαμβανομένων τυχόν κοιλοτήτων ή αυλακώσεων, πρέπει να είναι το 100% της χωρητικότητας της μεγαλύτερης δεξαμενής, μετά την αφαίρεση του όγκου που καταλαμβάνουν τα τοιχία των ενδιάμεσων λεκανών ασφαλείας των υπολοίπων δεξαμενών.

Ο αριθμός των δεξαμενών αποθήκευσης μέσα στην κύρια λεκάνη ασφαλείας δεν πρέπει να υπερβαίνει τις τρεις (3). Η περιοχή μέσα στην λεκάνη πρέπει να διαβαθμίζεται σε στάθμες που να εξασφαλίζουν ότι οποιαδήποτε διαρροή θα ακολουθεί κατάλληλη διαδρομή εκροής από την δεξαμενή. Δεν επιτρέπεται να υπάρχουν μέσα στην λεκάνη άλλες δεξαμενές πλην των δεξαμενών αποθήκευσης υγραερίου υπό ψύξη και χαμηλή πίεση.

2.4.3.3 **Εξαρτήματα Δεξαμενών**

Κάθε δεξαμενή πρέπει να φέρει τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω εξαρτήματα, τα οποία πρέπει να είναι κατάλληλα για χρήση του προς αποθήκευση υγραερίου σε μια πίεση όχι μικρότερη από την πίεση υπολογισμού της δεξαμενής, στην οποία θα προσαρμοστούν και σε θερμοκρασίες κατάλληλες για τα χαρακτηριστικά του υγραερίου και τις συνθήκες λειτουργίας:

i. Ανακουφιστική βαλβίδα πιέσεως (ασφαλιστικό) συνδεδεμένη άμεσα με τον χώρο αέριας φάσης του υγραερίου.
ii. Αποστράγγιση ή άλλα μέσα αφαίρεσης των ακαθαρσιών του υγρού υγραερίου.
iii. Όργανο ένδειξης ποσότητας περιεχομένου (ή στάθμης) ή και δείκτη μέγιστης στάθμης.
iv. Όργανο ένδειξης πίεσης (μανόμετρο) συνδεδεμένο άμεσα με τον χώρο αέριας φάσης του υγραερίου.
v. Σε περίπτωση μη προσαρμογής δείκτη μέγιστης στάθμης υγρού, διατάξεις για την μέτρηση της θερμοκρασίας του περιεχομένου της δεξαμενής. Για δεξαμενές χωρητικότητας άνω των 70 m^3 συνιστάται η τοποθέτηση οργάνου μέτρησης θερμοκρασίας ανεξάρτητα από την ύπαρξη δείκτη μέγιστης στάθμης.

Η πίεση υπολογισμού της δεξαμενής πρέπει να μην είναι μικρότερη από την τάση κορεσμένων ατμών του υγραερίου που θα αποθηκευθεί, υπό την μεγίστη θερμοκρασία που θα φθάσει το περιεχόμενο της δεξαμενής κατά την λειτουργία, η οποία πρέπει να λαμβάνεται ίση με 50°C.

3 Λογισμικό Εργαλείο

3.1 Εισαγωγή στο ALOHA

Για τον σκοπό της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), το οποίο αποτελεί κομμάτι ενός λογισμικού ηλεκτρονικών υπολογιστών, το CAMEO (Computer Aided Management of Emergency Operations) που αναπτύχθηκε το 1986 από το Γραφείο Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος, σε συνεργασία με την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA) και το Εθνικό Συμβούλιο Ασφάλειας στις Η.Π.Α., με σκοπό την μοντελοποίηση διαρροής χημικών ουσιών.

Η βάση δεδομένων του λογισμικού περιέχει πάνω από 1.000 καθαρές χημικές ουσίες, παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα στον χρήστη να εισάγει μία καινούρια.

Το ALOHA είναι ένα μοντέλο αέριας διασποράς, το οποίο χρησιμοποιείται για να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν σενάρια με επικίνδυνα χημικά, καθώς και για να προσδιοριστεί το πιθανό «αποτύπωμα» από μια τέτοια διαρροή. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη, της εκτίμησης σεναρίου ακόμα και όπου υπάρχουν άχρωμα νέφη χημικών που βρίσκονται με την μορφή ατμού. Επίσης δίνεται η δυνατότητα μελέτης σεναρίων όπου πέρα από διαρροή υπάρχει φωτιά ή/και έκρηξη. Άλλα πιθανά σενάρια περιλαμβάνουν αποθήκευση υγρών υπό ψύξη, τα οποία μπορεί να βράσουν μόλις εκτεθούν στον ατμοσφαιρικό αέρα, προκαλώντας ταχεία και καταστροφική επέκταση.

Τα αποτελέσματα της μελέτης ενός σεναρίου με το ALOHA δίνονται ως εκτίμηση της ζώνης απειλής, η οποία είναι μια περιοχή όπου κάποια πηγή κινδύνου (όπως τοξικότητα, ευφλεκτότητα, θερμική ακτινοβολία κτλ) έχει υπερβεί ένα καθορισμένο από το χρήση επίπεδο ανησυχίας (LOC – Level of Concern). Ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει τον ρυθμό με τον οποίο οι χημικές ουσίες διαρρέουν από τις δεξαμενές, λίμνες (τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό) και αγωγούς αερίου καθώς και να προβλέψει πώς θα μεταβάλλεται ο ρυθμός της διαρροής με το χρόνο.

Κατά τη διαμόρφωση του σεναρίου, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την πηγή της διαρροής, επιλέγοντας αν είναι δεξαμενή, λίμνη, αγωγός ή απευθείας από την πηγή. Το πρόγραμμα, κατά την εισαγωγή των δεδομένων, θα ζητήσει συγκεκριμένες πληροφορίες, όπως τις διαστάσεις ή την περιοχή των δεξαμενών, των λιμνών, τις

περιφραγμένες με αναχώματα περιοχές, το μέγεθος και το σχήμα της οπής και (κατά περίπτωση) τη θερμοκρασία.

Το ALOHA συνδέει χημικά, τοξικολογικά και μετεωρολογικά δεδομένα. Το πρόγραμμα μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα των χημικών τα οποία έχουν διαρρεύσει από κάποια δεξαμενή, που είναι πιθανό να παρεισφρήσουν σε γειτονικά, στην πηγή της διαρροής, κτίρια, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες στις ομάδες που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν το περιστατικό (π.χ. πυροσβεστική, αστυνομία), καθώς τους επιτρέπει να επιλέξουν τον τύπο των κτιρίων καθώς και τον ρυθμό εξαερισμού μέσα σε αυτά.

Ανάλογα με τον τύπο των κτιριακών εγκαταστάσεων έχουμε και τον αντίστοιχο ρυθμό εναλλαγής του αέρα. Το ALOHA παρέχει στον χρήστη μια βάση δεδομένων με ρυθμούς εξαερισμού για διάφορους τύπους κτιρίων αλλά ταυτόχρονα επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει τα δικά του δεδομένα. Για ένα συγκρότημα γραφείων, ανεξάρτητα με το αν είναι εξωτερικά προστατευμένο ή εκτεθειμένο, ο ρυθμός αερισμού είναι 0,5 φορές ανά ώρα, για ένα κτίριο ενός ορόφου, το οποίο προστατεύεται τριγύρω από δέντρα και θάμνους, ο ρυθμός αερισμού είναι 0,52 φορές ανά ώρα, ενώ για ένα αντίστοιχο κτίριο, το οποίο όμως δεν περιτριγυρίζεται από βλάστηση ο ρυθμός είναι 0,62.

Το πρόγραμμα κατά την πραγματοποίηση των υπολογισμών λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη ενός ατυχήματος, όπως το υψόμετρο, την ηλιακή ακτινοβολία, που επηρεάζεται από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, καθώς και την ποσότητα του αέρα που αναμιγνύεται μεταξύ της ανώτερης και κατώτερης ατμόσφαιρας αλλά και της αντιστροφής του αέρα. Η αντιστροφή του αέρα τείνει να περιορίζει τα χημικά αέρια από το να διασπείρονται και να διαχέονται προς τα πάνω, με αποτέλεσμα το πλούμιο να «ταξιδεύει» σε μεγαλύτερη απόσταση. Επίσης ζητούνται οι μετεωρολογικές μετρήσεις για να αξιολογηθεί η εξέλιξη του ατυχήματος.

3.2 Μοντέλα Διασποράς

Το υπολογιστικό πρόγραμμα ALOHA προκειμένου να υπολογίσει την διασπορά ενός χημικού νέφους χρησιμοποιεί το Γκαουσιανό μοντέλο διασποράς και το μοντέλο DEGADIS που υπολογίζει την διασπορά αερίου που είναι βαρύτερο του αέρα (heavy gas).

3.2.1 Μοντέλο Διασποράς Gauss

Τα Γκαουσιανά μοντέλα (ή μοντέλα θυσάνου του Gauss) είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη προσέγγιση για τον υπολογισμό της διασποράς αδρανών ρύπων, όπου η κατανομή της συγκέντρωση ακολουθεί την κανονική κατανομή. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας μοντέλων είναι η απλότητα στη χρήση και οι περιορισμένες απαιτήσεις σε στοιχεία εισαγωγής.

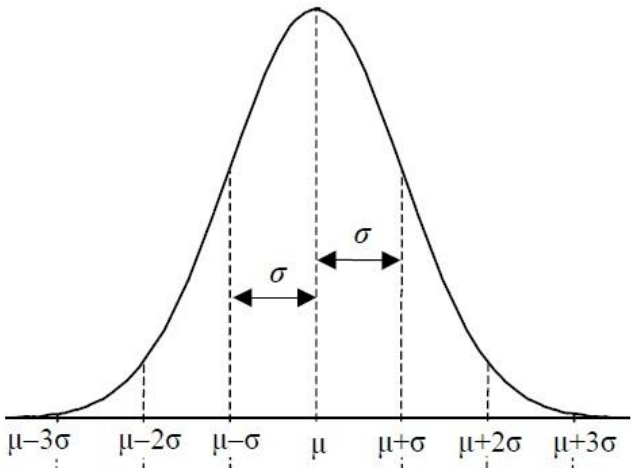
Η κανονική κατανομή αποτελεί το περισσότερο χρησιμοποιούμενο πρότυπο κατανομής λόγω του ότι περιγράφει με επιτυχία πολλά φαινόμενα τα οποία εξαρτώνται από τυχαίες συνεχείς μεταβλητές. Η μαθηματική περιγραφή της κανονικής κατανομής δίνεται από τη σχέση πυκνότητας πιθανότητας:

$$y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-M)^2}{2\sigma^2}}$$ (σχέση 1)

όπου:

- σ, η τυπική απόκλιση
- M, η μέση τιμή
- N, ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων (όταν η συχνότητα δίνεται επί της εκατό τότε N = 100%)

Η γραφική απεικόνιση της σχέσης 1, έχει σχήμα "καμπάνας", και είναι γνωστή ως Γκαουσιανή συνάρτηση ή κωδωνοειδής καμπύλη:



Εικόνα 4 - Γκαουσιανή συνάρτηση

Η εφαρμογή του μοντέλου θυσάνου του Gauss, απαιτεί να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις, οι οποίες είναι:

- Η εκπομπή είναι συνεχής ή τουλάχιστον η εκπομπή γίνεται για χρονική περίοδο η οποία είναι μεγαλύτερη του χρόνου διαδρομής από την πηγή ως το σημείο στο οποίο εξετάζονται οι συγκεντρώσεις. Αν βέβαια η εφαρμογή του μοντέλου θυσάνου του Gauss γίνεται σε ωριαία βάση τότε η εκπομπή θα πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον μία ώρα.
- Οι ρύποι είναι σχετικά αδρανείς και στην περίπτωση των αερολυμάτων η διάμετρός τους είναι μικρότερη από 20μm και επομένως παραμένουν αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα για τις μελετώμενες χρονικές κλίμακες. Πρέπει πάντως να τονιστεί ότι σε πολλά μοντέλα χρησιμοποιούνται τεχνικές οι οποίες επιτρέπουν την παράκαμψη αυτού του περιορισμού.
- Στην ατμόσφαιρα επικρατούν συνθήκες στασιμότητας, δηλαδή οι μετεωρολογικές συνθήκες δεν αλλάζουν για το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να μεταφερθούν οι ρύποι από την πηγή ως τους αποδέκτες. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτή η συνθήκη ικανοποιείται σχετικά εύκολα. Για παράδειγμα, στις περιπτώσεις που μελετάται η διασπορά σε τοπική κλίμακα (x<=10km) και ο άνεμος είναι 5 m/s τότε ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταφερθούν οι ρύποι από την πηγή ως το άκρο της υπό μελέτη περιοχής είναι μικρότερος των περίπου 35 λεπτών. Αν η εφαρμογή του μοντέλου θυσάνου του Gauss γίνεται σε ωριαία βάση τότε θα πρέπει να πληρούται το αυστηρότερο των δύο κριτηρίων (σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει οι συνθήκες στασιμότητας να επικρατούν τουλάχιστον για 60 λεπτά).
- Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου δεν παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές με το ύψος, τουλάχιστον στο στρώμα που καλύπτει ο θύσανος.
- Η βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή του μοντέλου του θυσάνου του Gauss είναι ότι οι κατανομές της μέσης συγκέντρωσης τόσο στην εγκάρσια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση είναι περίπου κανονικές (ανεξάρτητες η μία της άλλης).

[16]

3.2.2 Οι εξισώσεις του μοντέλου διασποράς του Gauss

Η βασική εξίσωση υπολογισμού της συγκέντρωσης c σε πλούμιο τύπου Gauss δίνεται από τη ακόλουθη σχέση:

$$c(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z\overline{U_h}} e^{\left[-\frac{1}{2}(\frac{y}{\sigma_y})^2\right]} * \left[e^{(-\frac{1}{2}\left(\frac{h_e-z}{\sigma_z}\right)^2)} + e^{(-\frac{1}{2}\left(\frac{h_e+z}{\sigma_z}\right)^2)}\right] \quad \text{(σχέση 2)}$$

όπου:

- x,y,z : η απόσταση από την πηγή,
- Q : η μαζική παροχή της πηγής,
- h_e : το ενεργό ύψος ανύψωσης του κέντρου του πλουμίου πάνω από το έδαφος,
- $\overline{U_h}$: η μέση οριζόντια ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πηγής,
- σ_y, σ_z : οι τυπικές αποκλίσεις της κατανομής της συγκέντρωσης κατά τις διευθύνσεις y και z.

Η μαζική παροχή της πηγής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q = \iint_{-\infty}^{+\infty} c * \bar{u} * dy * dz \quad \text{(σχέση 3)}$$

Από την σχέση 2 προκύπτει ότι τα μοντέλα διασποράς Gauss δεν εφαρμόζονται σε περιστατικά όπου επικρατεί άπνοια.

Σημαντικό ρόλο στην διασπορά ενός αερίου παίζουν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες. Μεταξύ άλλων, ένας τρόπος για τον καθορισμό τους είναι ο προσδιορισμός της ατμοσφαιρικής σταθερότητας (atmospheric stability) με βάση την ταξινόμηση κατά Pasquill-Gifford. Η ατμοσφαιρική σταθερότητα είναι μια εκτίμηση της τυρβώδους ανάμιξης και συνεπώς σταθερές ατμοσφαιρικές συνθήκες οδηγούν σε μικρότερο βαθμό ανάμιξης, ενώ ασταθείς συνθήκες σε μεγαλύτερο.

Οι συντελεστές διασποράς είναι τόσο μεγαλύτεροι, σε οριζόντιο αλλά και σε κατακόρυφο επίπεδο, όσο περισσότερο ασταθής είναι η ατμόσφαιρα αλλά και όσο το εκπεμπόμενο αέριο απομακρύνεται από την πηγή. [17]

Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κατατάσσονται σε έξι τάξεις σταθερότητας κατά Pasquill (A-F), ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και την ένταση του ηλιακού φωτός. Αν ο άνεμος έχει μεγάλη ταχύτητα, τότε θα επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ατμοσφαιρική σταθερότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας έναντι της νύχτας, λόγω της μεταβολής της θερμοκρασιακής μεταβολής μέσα σε μια μέρα. Οι τάξεις που χαρακτηρίζουν την ατμοσφαιρική σταθερότητα είναι οι εξής:

Πίνακας 7 – Τάξεις ατμοσφαιρικής σταθερότητας

A	Πολύ ασταθής
B	Ασταθής
C	Λίγο ασταθής
D	Ουδέτερη
E	Λίγο ευσταθής
F	Ευσταθής
G	Πολύ ευσταθής

Η ταξινόμηση των τάξεων σταθερότητας κατά Pasquill-Gifford, ανάλογα με την ένταση του ηλιακού φωτός παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8 – Ταξινόμηση τάξεων ατμοσφαιρικής σταθερότητας

Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιοφάνεια την ημέρα			Νύχτα		Οποτεδήποτε
	Έντονη	Μέση	Ελαφρά	Νέφωση >4/8	Νέφωση <3/8	Βαριά Νέφωση
<2	A	A-B	B	F	G	D
2-3	A-B	B	C	E	F	D
3-4	B	B-C	C	D	E	D
4-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

Οι συντελεστές διασποράς σ_x,σ_y,σ_z σε μοντέλο πλουμίου υπολογίζονται κατά Pasquill-Gifford, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 9.

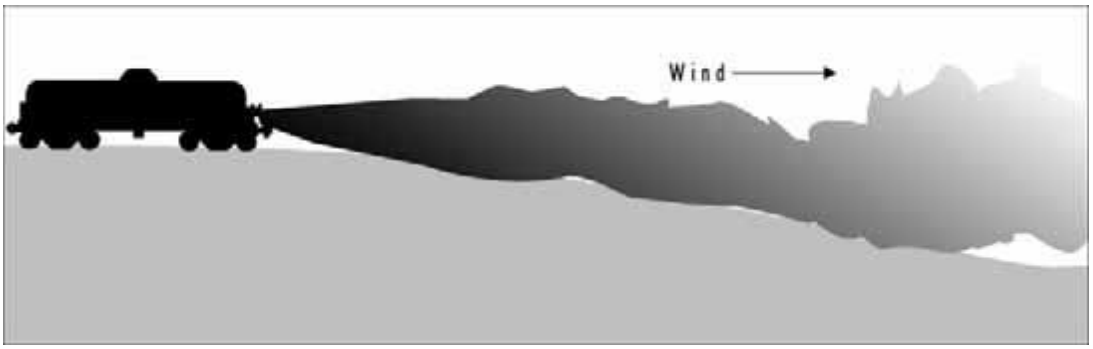
Πίνακας 9 – Σχέσεις υπολογισμού συντελεστών διασποράς

Τάξη Σταθερότητας	σ_y ή σ_x (m)	σ_z (m)
Αγροτικές Συνθήκες		
A	$0{,}22x * \sqrt{(1+0{,}0001\text{x})}^{-\frac{1}{2}}$	0,20x
B	$0{,}16x * \sqrt{(1+0{,}0001\text{x})}^{-\frac{1}{2}}$	0,12x
C	$0{,}11x * \sqrt{(1+0{,}0001\text{x})}^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}08x * (1+0{,}0002\text{x})^{-\frac{1}{2}}$
D	$0{,}08x * (1+0{,}0001\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}06x * (1+0{,}0015\text{x})^{-\frac{1}{2}}$
E	$0{,}06x * (1+0{,}0001\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}03x * (1+0{,}0003\text{x})^{-\frac{1}{2}}$
F	$0{,}04x * (1+0{,}0001\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}016x * (1+0{,}0003\text{x})^{-\frac{1}{2}}$
Αστικές Συνθήκες		
A-B	$0{,}32x * (1+0{,}0004\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}24x * (1+0{,}001\text{x})^{-\frac{1}{2}}$
C	$0{,}22x * (1+0{,}0004\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	0,20x
D	$0{,}16x * (1+0{,}0004\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}14x * (1+0{,}003\text{x})^{-\frac{1}{2}}$
E-F	$0{,}11x * (1+0{,}0004\text{x})^{-\frac{1}{2}}$	$0{,}08x * (1+0{,}0015\text{x})^{-\frac{1}{2}}$

[18]

3.2.3 Μοντέλο αερίου βαρύτερου του αέρα

Κατά τη διασπορά αερίου βαρύτερου του αέρα (heavy gas), το εκλυόμενο νέφος επηρεάζεται από τη βαρύτητα και παρασυρόμενο από τον αέρα ακολουθεί πτωτική πορεία, έως ότου φτάσει στο έδαφος και αρχίσει να μετακινείται παράλληλα με αυτό. Καθώς το νέφος αερίου κινείται προσήνεμα, διασκορπίζεται όλο και περισσότερο, με αποτέλεσμα να αρχίσει να συμπεριφέρεται ως ελαφρύ (ελαφρύτερο του αέρα) αέριο. Αυτό συμβαίνει όταν η συγκέντρωση του χημικού αερίου στον περιβάλλοντα αέρα, πέσει στο 1% (10000ppm). Για μικρές διαρροές, αυτό θα συμβεί μέσα στα πρώτα λίγα μέτρα.



Εικόνα 5- Διασπορά βαρύ αερίου

Η απελευθέρωση ενός πυκνού αερίου μπορεί να αρχίσει σε θερμοκρασίες σημαντικά χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική, είτε ως αποτέλεσμα διαφυγής αερίου που διατηρείται σε υγρή μορφή υπό ψύξη, είτε ως αποτέλεσμα της απότομης εκτόνωσης ενός δοχείου που αποθηκεύει αέριο σε υγρή μορφή υπό πίεση.[19]

Για τον υπολογισμό της διασποράς ενός τέτοιου αερίου, το ALOHA χρησιμοποιεί το μοντέλο DEGADIS (Spicer and Havens 1989).

Το μοντέλο DEGADIS επεξεργάζεται τις περιπτώσεις:

- Συνεχούς ή πεπερασμένης διάρκειας απελευθέρωση αερίου με τη μορφή πίδακα κατακόρυφης διεύθυνσης
- Εξάτμιση λίμνης πτητικού υγρού
- Συνεχείς ή πεπερασμένης διάρκειας εκλύσεις που γίνονται σε μηδενικό ύψος από το έδαφος (όπως π.χ. η έκλυση αερίων από πυρκαγιά σε λίμνη καύσιμου υγρού).

Το μοντέλο DEGADIS υπολογίζει την ατμοσφαιρική διασπορά αερίων βαρύτερων του αέρα και είναι ενδυναμωμένο με αλγόριθμους υπολογισμού μεταφοράς θερμότητας και υγρασίας μεταξύ νέφους και περιβάλλοντος

Το DEGADIS υπόκειται στους ακόλουθους περιορισμούς:

- Δεν μπορεί να υπολογίσει τη διασπορά πάνω από επικλινές έδαφος.
- Το DEGADIS είναι κατάλληλο για κατακόρυφους πίδακες και δεν είναι τόσο κατάλληλο για οριζόντιους.
- Δεν συνεκτιμούν την επίδραση που έχουν στη διασπορά εμπόδια όπως δέντρα και σπίτια.

3.2.4 Οι εξισώσεις του μοντέλου DEGADIS

Η βασική εξίσωση υπολογισμού της συγκέντρωσης c δίνεται από τη ακόλουθη σχέση:

$$c(x,y,z) = c_c(x) * e^{\left(-\frac{|y|-b(x)}{S_y(x)} - \left[\frac{z}{S_z(x)}\right]^{(1+a)}\right)}$$

(σχέση 4)

όπου:

- C(x, y, z) = η χωρική κατανομή συγκέντρωσης (kg/m^3)
- Cc(x) = η συγκέντρωση στο επίπεδο του εδάφους κατά τη διεύθυνση διασποράς (x–διεύθυνση) (kg/m^3).
- x, y, z = οι χωρικές συντεταγμένες στο καρτεσιανό σύστημα (m)
- b = το ήμισυ του πλάτους της οριζόντιας διατομής στο μέσο του νέφους (m)
- Sy(x) = η παράμετρος οριζόντιας ανηγμένης συγκέντρωσης (m)
- Sz(x) = η παράμετρος κατακόρυφης ανηγμένης συγκέντρωσης (m)
- α = η αδιάστατη παράμετρος που υπεισέρχεται στον εκθετικό νόμο για το προφίλ ταχυτήτων του ανέμου.

[20]

4 Case Studies

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή συγκεκριμένων ατυχημάτων, οι επιπτώσεις των οποίων προκύπτουν από το λογισμικό ALOHA. Τα εν λόγω περιστατικά λαμβάνουν χώρα σε διυλιστήριο, σε μία από τις περιοχές που υπάρχουν αποθηκευμένες στο λογισμικό.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα παρουσιαστούν πιθανά ατυχήματα, όπου παρουσιάζεται διαρροή υγραερίου, καθώς και οι επιπτώσεις αυτών καθώς επίσης πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας για κάθε ένα σενάριο, τα αποτελέσματα των οποίων προκύπτουν από το λογισμικό.

Κατά την ανάλυση ευαισθησίας, χρησιμοποιήθηκε ένα τυχαίο σημείο, όπου μελετήθηκε η συγκέντρωση του επικίνδυνου αερίου που διαφεύγει, το οποίο βρίσκεται 300 μέτρα από την πηγή (300 μέτρα στον οριζόντιο άξονα και 0 μέτρα στον κατακόρυφο), προς την φορά του ανέμου.

4.2 Διαρροή από Σφαιρική Δεξαμενή

4.2.1 Περιγραφή του ατυχήματος

Το σενάριο που επιλέχθηκε αφορά την εκροή προπανίου από σφαιρική δεξαμενή διαμέτρου D=69,6 ft (περίπου 21,21m) και όγκου V=5000m^3. [21] Τα ατυχήματα αφορούσαν την διαρροή του προπανίου όταν υπάρχει διάρρηξη της δεξαμενής: 1) στο τμήμα των ατμών και 2) στο τμήμα του υγρού. Η θερμοκρασία του προπανίου θεωρήθηκε ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η δεξαμενή θεωρήθηκε ότι έχει πληρωθεί με προπάνιο σε υγρή μορφή, σε ποσότητα ίση με το 80% της χωρητικότητας της. Επίσης, μετά την εισαγωγή των δεδομένων, το λογισμικό επέλεξε αυτόματα τον ρυθμό αερισμού ίσο με 0,80.

4.2.1.1 Διάρρηξη στο πάνω μέρος της δεξαμενής

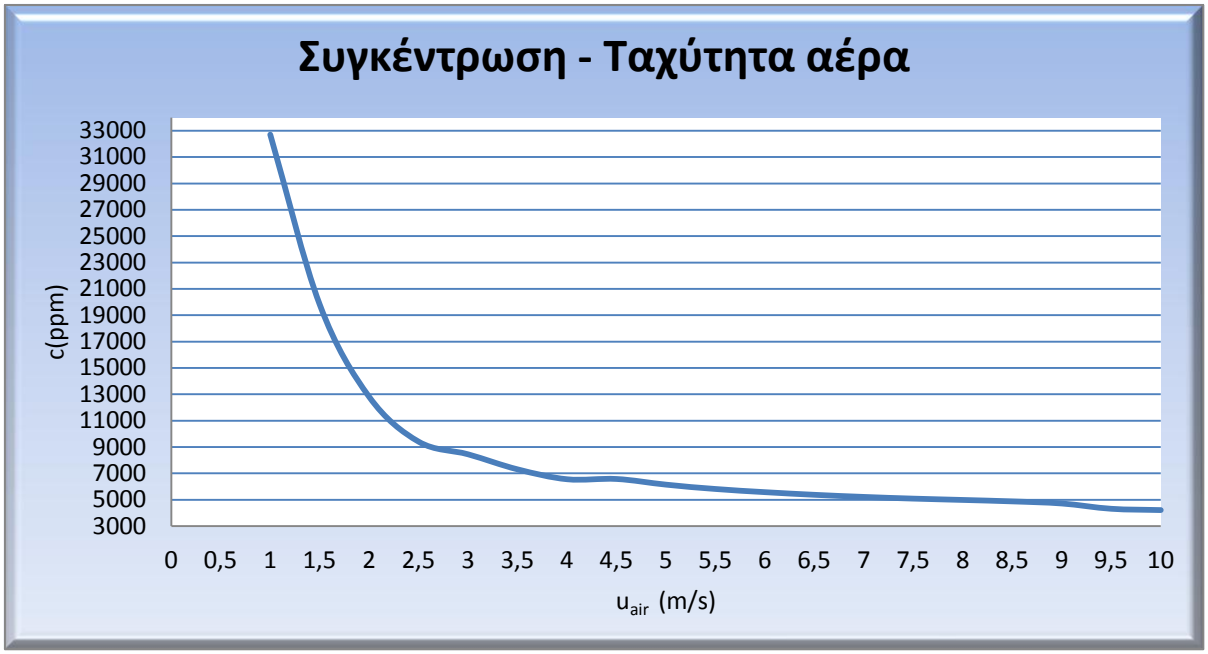
Κατά την μελέτη αυτού του σεναρίου, θεωρήθηκε ότι στην σφαιρική δεξαμενή υπάρχει διάρρηξη στο τμήμα των ατμών και συγκεκριμένα σε ύψος 18 μέτρων από τον πυθμένα της δεξαμενής και ότι στην περιοχή πνέει άνεμος Νότιος-Νοτιοδυτικός, η ταχύτητα του οποίου αποτέλεσε, ένα από τα αντικείμενα μελέτης για την ανάλυσης ευαισθησίας.

4.2.1.1.1 **Ανάλυση Ευαισθησίας**

4.2.1.1.1.1 **Ταχύτητα ανέμου**

Ο πρώτος παράγοντας που μελετήθηκε ήταν η ταχύτητα του ανέμου. Έτσι, θεωρώντας κάθε φορά σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 27°C και διάμετρος της αστοχίας ίση με 4 ίντσες (10,16 cm), μελετήθηκε πώς επηρεάζεται η συγκέντρωση του αερίου όταν μεταβάλλεται ο άνεμος για ένα εύρος ταχυτήτων από 1 έως 10 m/s.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 6 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

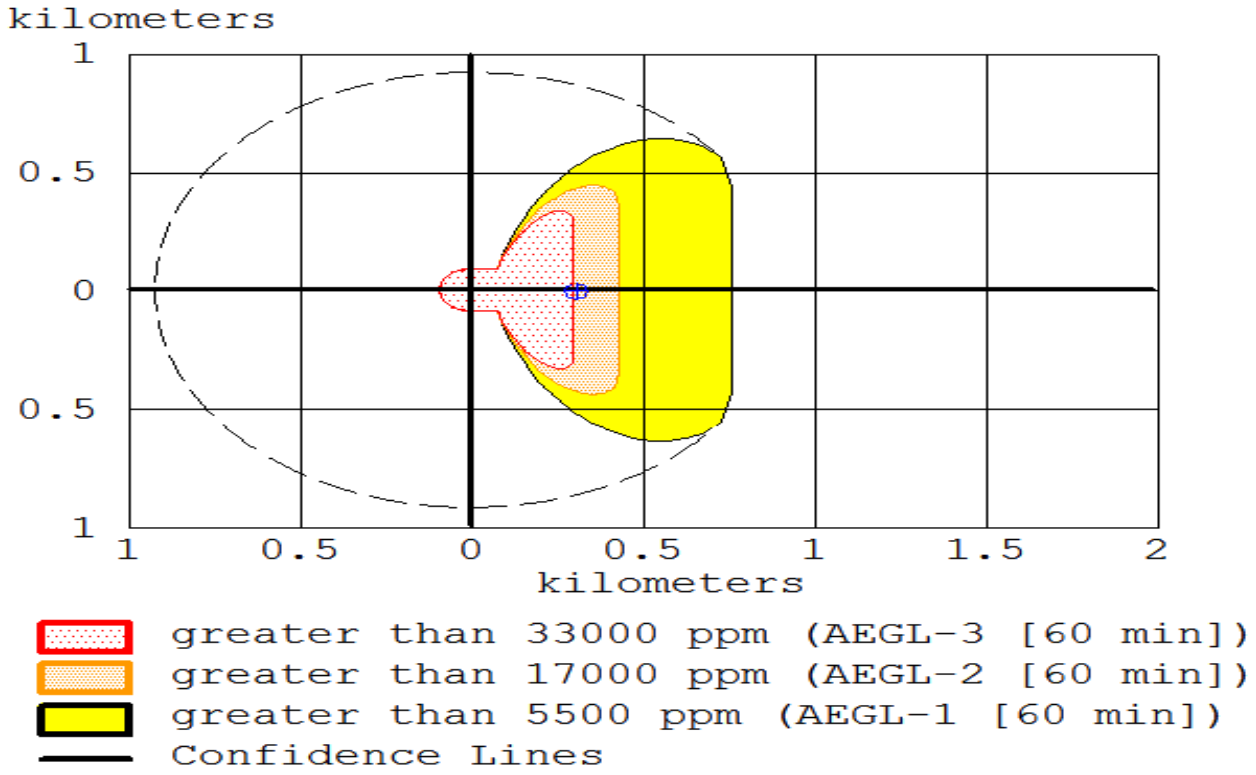
Τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν για την μεταβολή της συγκέντρωσης του προπανίου που έχει διαφύγει στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου είναι τα εξής:

1. Όπως γίνεται φανερό από το διάγραμμα, η συγκέντρωση του προπανίου στην ατμόσφαιρα μειώνεται εκθετικά με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου.
2. Όσο μεγαλώνει η ταχύτητα του ανέμου, αυξάνεται η διασπορά του αερίου, με αποτέλεσμα να μειώνεται και η ζώνη κινδύνου. Η ζώνη κινδύνου αποτελείται από τρεις περιοχές, όπως τις αναπαριστά το ALOHA:

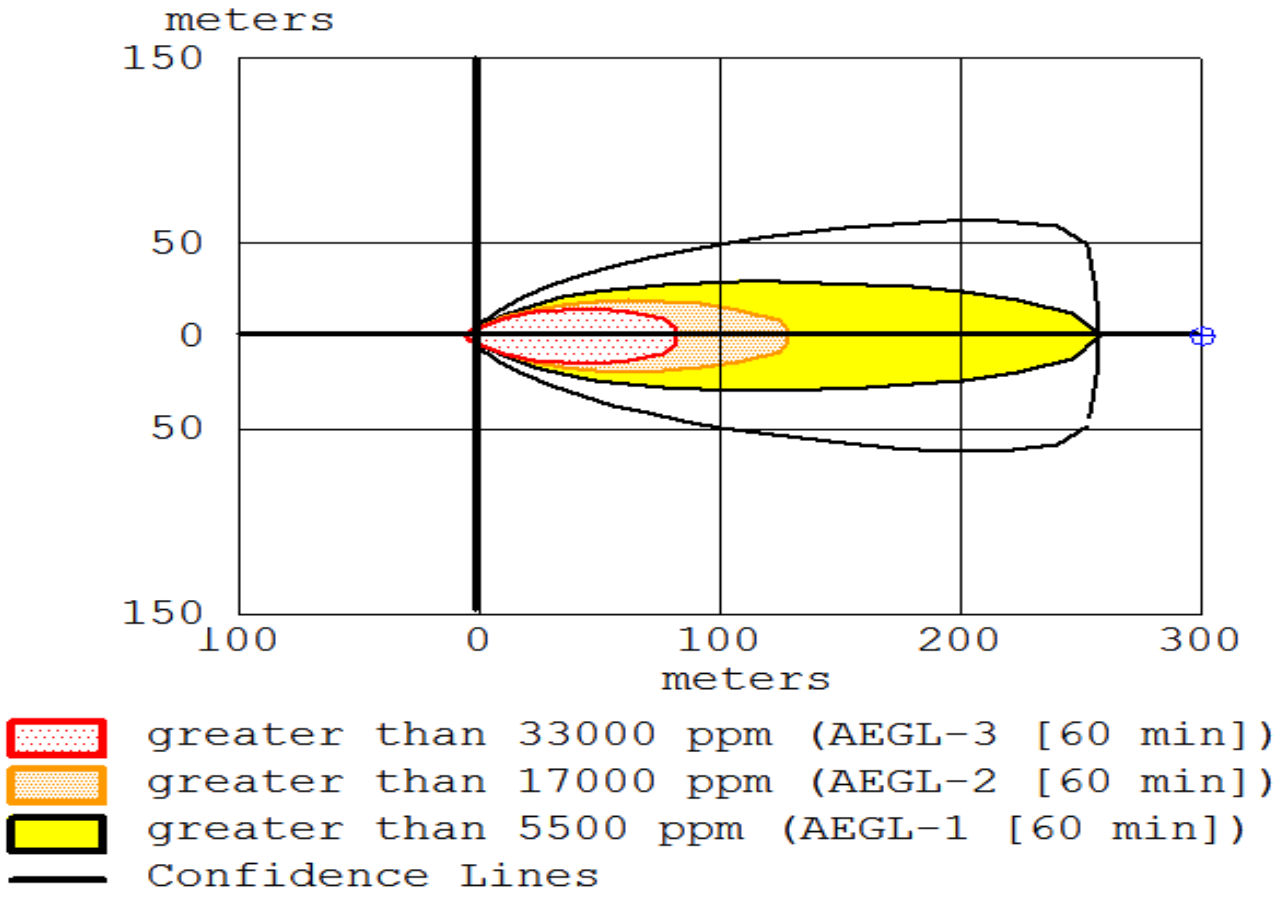
- την κόκκινη περιοχή (ζώνη υψηλού κινδύνου), στα όρια της οποίας βρίσκονται οι περιοχές που καταγράφονται συγκεντρώσεις, όσον αφορά το προπάνιο, άνω των 33000ppm,
- την πορτοκαλί περιοχή (ζώνη μεσαίου κινδύνου), στα όρια της οποίας βρίσκονται οι περιοχές που καταγράφονται συγκεντρώσεις, όσον αφορά το προπάνιο, άνω των 17000ppm, και
- την κίτρινη περιοχή (ζώνη χαμηλού κινδύνου), στα όρια της οποίας βρίσκονται οι περιοχές που καταγράφονται συγκεντρώσεις, όσον αφορά το προπάνιο, άνω των 5500ppm.

Χαρακτηριστικά, πρέπει να αναφερθεί ότι ενώ για ταχύτητα ανέμου 1m/s τα όρια αυτών των περιοχών είναι στα 299 μέτρα η κόκκινη, στα 434 μέτρα η πορτοκαλί, μέσα στην οποία, οριακά, είναι το σημείο πραγματοποίησης της ανάλυσης ευαισθησίας και στα 764 μέτρα η κίτρινη (εικόνα 7), για ταχύτητα ανέμου 10 m/s οι αποστάσεις είναι 83, 130 και 259 μέτρα αντίστοιχα (εικόνα 8), θέτοντας το σημείο μελέτης σε ασφαλή περιοχή, μακριά από τις ζώνες κινδύνου.

3. Από το διάγραμμα γίνεται φανερό ότι για μικρές ταχύτητες ανέμου, καταγράφονται μεγάλες συγκεντρώσεις λόγω του ότι το προπάνιο, όντας βαρύτερο του αέρα έχει την τάση να κατακάθεται στο έδαφος. Με την αύξηση όμως της ταχύτητας του αέρα και συγκεκριμένα για τιμές ως 4m/s, οι τιμές της συγκέντρωσης μειώνονται δραματικά, μείωση η οποία συνεχίζεται, με μικρότερο ρυθμό όμως, και για μεγαλύτερες τιμές u_{air}, λόγω του ότι η ταχύτητα του ανέμου είναι αρκετά δυνατή ώστε να παρασύρει και να διασπείρει το προπάνιο.



Εικόνα 7 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s

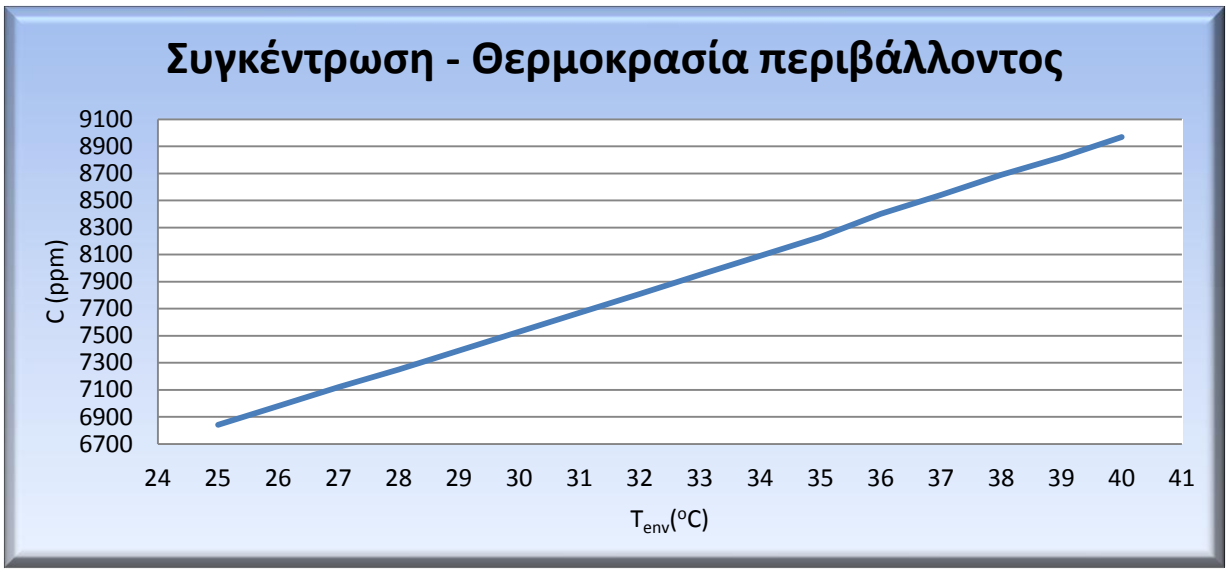


Εικόνα 8 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=10 m/s

4.2.1.1.1.2 **Θερμοκρασία Περιβάλλοντος**

Μια άλλη παράμετρος που μελετήθηκε είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και πώς επιδρά η μεταβολή της στην συγκέντρωση του αερίου που έχει διαφύγει. Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε θεωρώντας σταθερή ταχύτητα ανέμου και ίση με 3,61 m/s και διάμετρο διάρρηξης 4 ίντσες (10,16 cm), ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λάμβανε τιμές από 25 ^{o}C έως 40 ^{o}C.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.



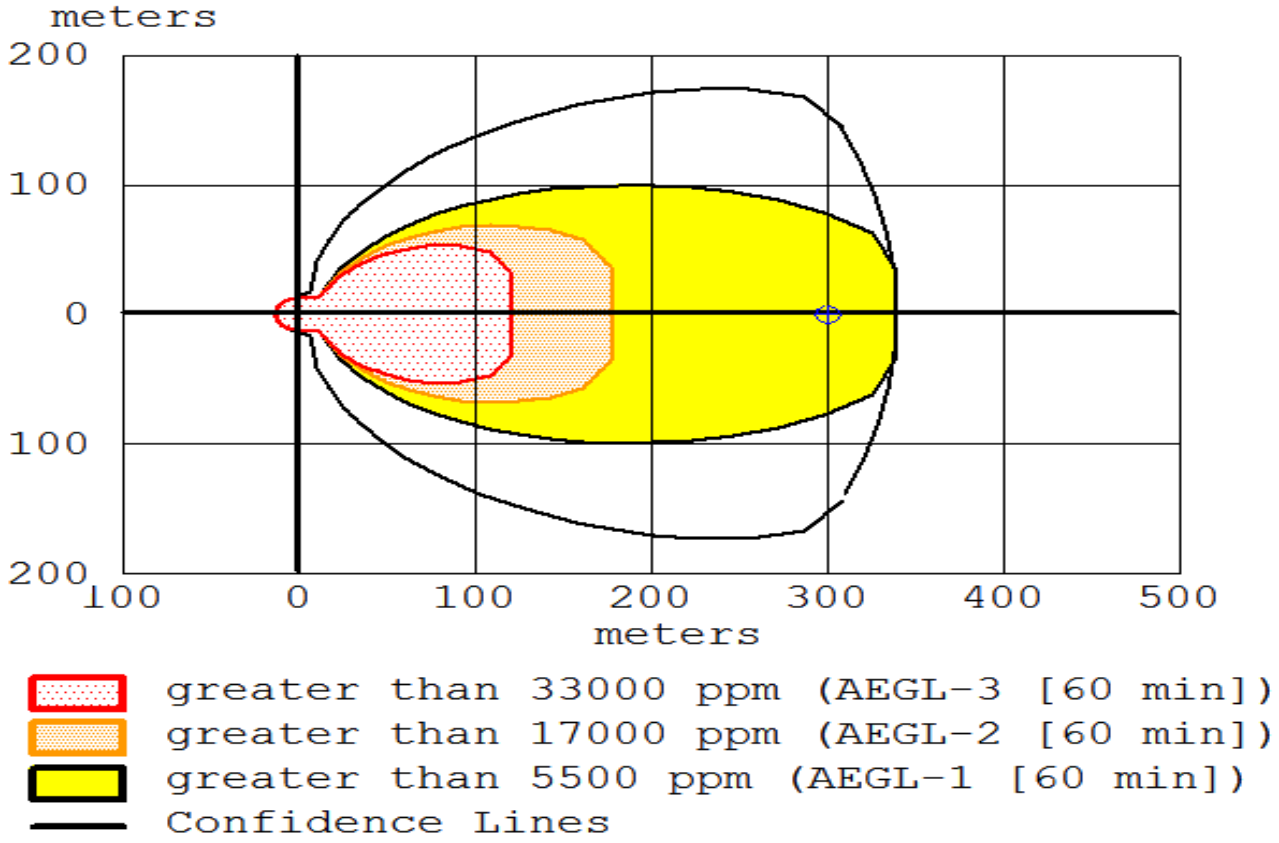
Εικόνα 9 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης που καταγράφεται και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, που σημαίνει ότι μια μεταβολή της θερμοκρασίας επιφέρει μια ίδιου προσήμου μεταβολή της συγκέντρωσης.

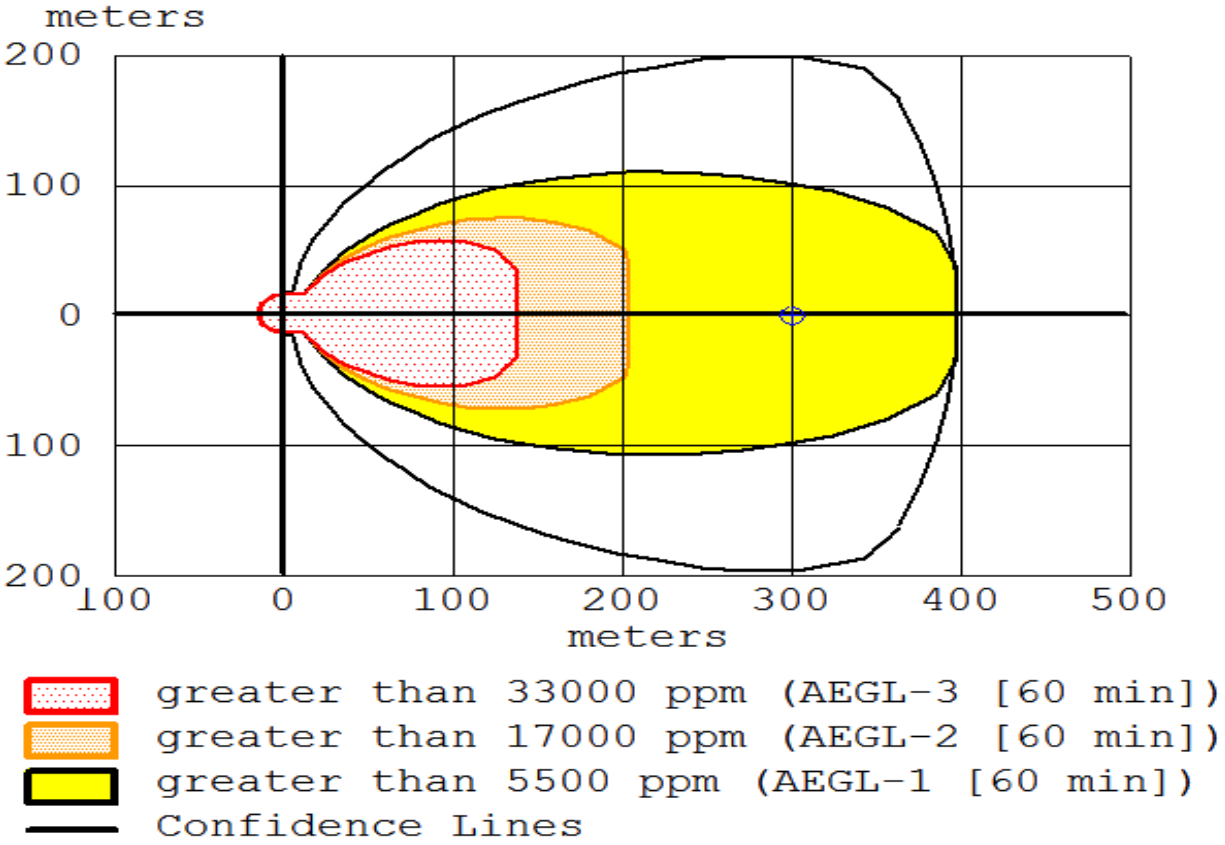
Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, μειώνεται η πυκνότητα του προπανίου με αποτέλεσμα τα μόρια που έχουν πέσει στο έδαφος, να παρασύρονται ευκολότερα από τον άνεμο.

Επίσης, οι ζώνες κινδύνου δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την μεταβολή της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 10, εάν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 25°C, η κόκκινη ζώνη εκτείνεται ως τα 122 μέτρα από την πηγή, η πορτοκαλί ως τα 179 μέτρα και η κίτρινη και λιγότερο επικίνδυνη ως τα 340 μέτρα. Εάν αυξηθεί η θερμοκρασία στους 40 ^{o}C (εικόνα 11), οι αντίστοιχες περιοχές εκτείνονται ως τα 138, 206 και 399 μέτρα αντίστοιχα.

Έτσι, σε απόσταση 300 μέτρων, πάνω στον οριζόντιο άξονα, από την πηγή, η συγκέντρωση που υπολογίστηκε κατατάσσει την περιοχή στην κίτρινη ζώνη, όπου υπάρχει μικρή επικινδυνότητα, για οποιαδήποτε θερμοκρασία που βρίσκεται εντός του εύρους θερμοκρασιών, στις οποίες πραγματοποιήθηκε η ανάλυση ευαισθησίας.



Εικόνα 10 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C



Εικόνα 11 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C

4.2.1.1.1.3 **Διάμετρος διάρρηξης**

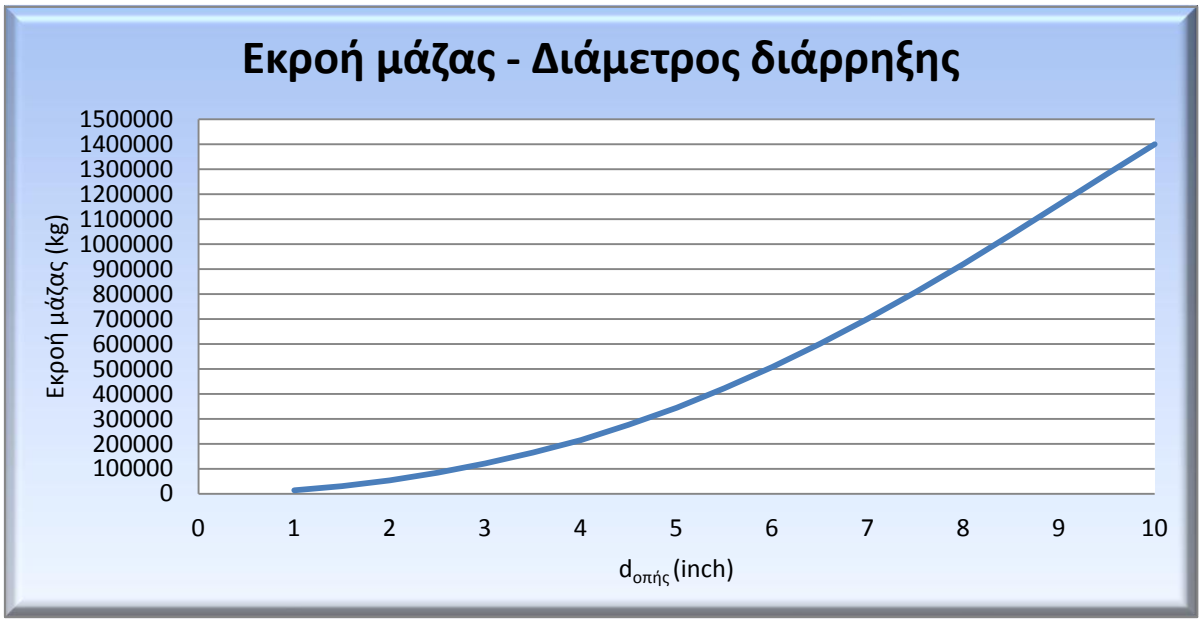
Η τελευταία παράμετρος που εξετάστηκε είναι η διάμετρος της διάρρηξης της δεξαμενής, θεωρώντας σταθερή ταχύτητα ανέμου 3,61 m/s και θερμοκρασία περιβάλλοντος 27°C, ενώ η διάμετρος της διάρρηξης λάμβανε τιμές από 1 έως 10 ίντσες (2,54-25,4 cm).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Εικόνα 12 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

Μια αύξηση της διαμέτρου διάρρηξης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της παρατηρούμενης συγκέντρωσης. Το φαινόμενο δικαιολογείται από το γεγονός ότι καθώς αυξάνεται η διάμετρος της οπής, αυξάνεται και η εκροή μάζας από την δεξαμενή, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.

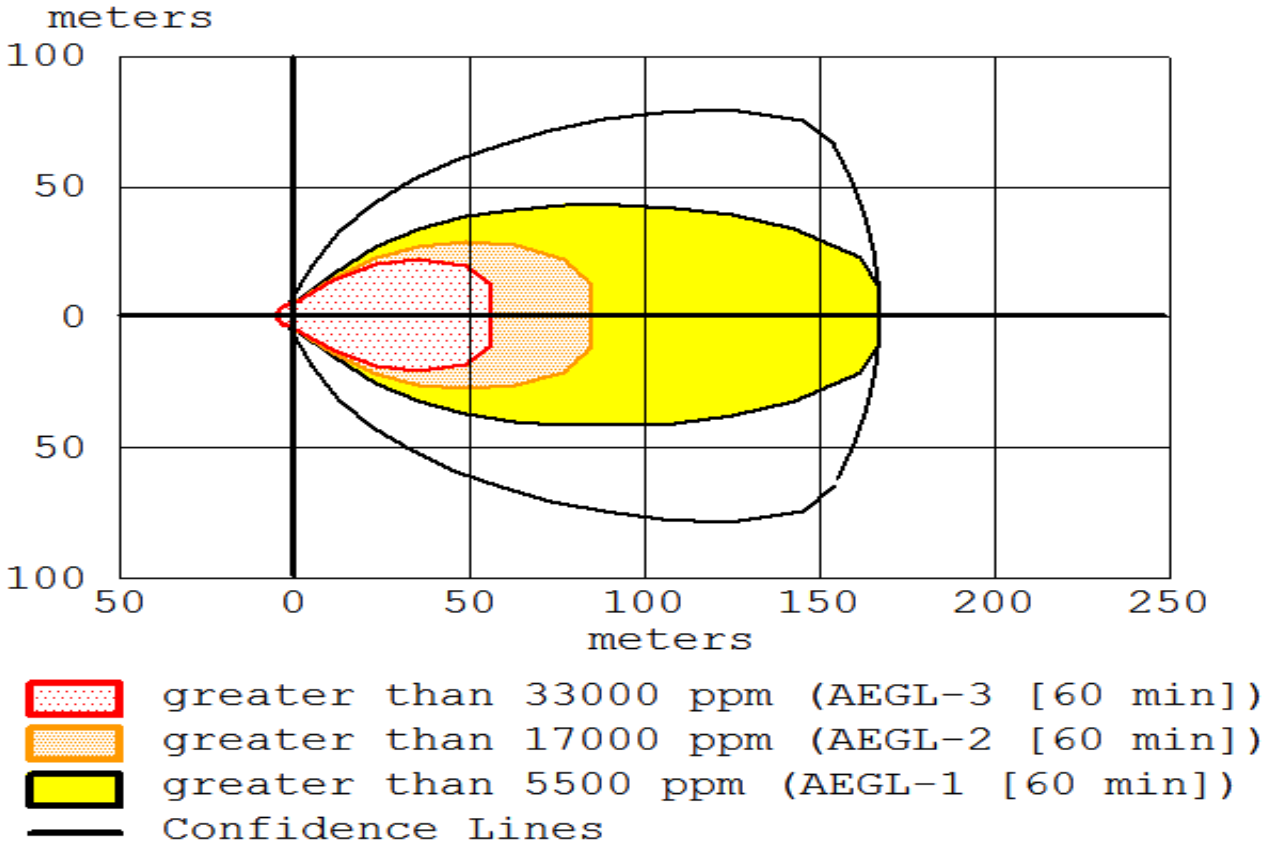
Οι τιμές της εκροής μάζας υπολογίστηκαν από το λογισμικό για χρονικό διάστημα 1 ώρας.



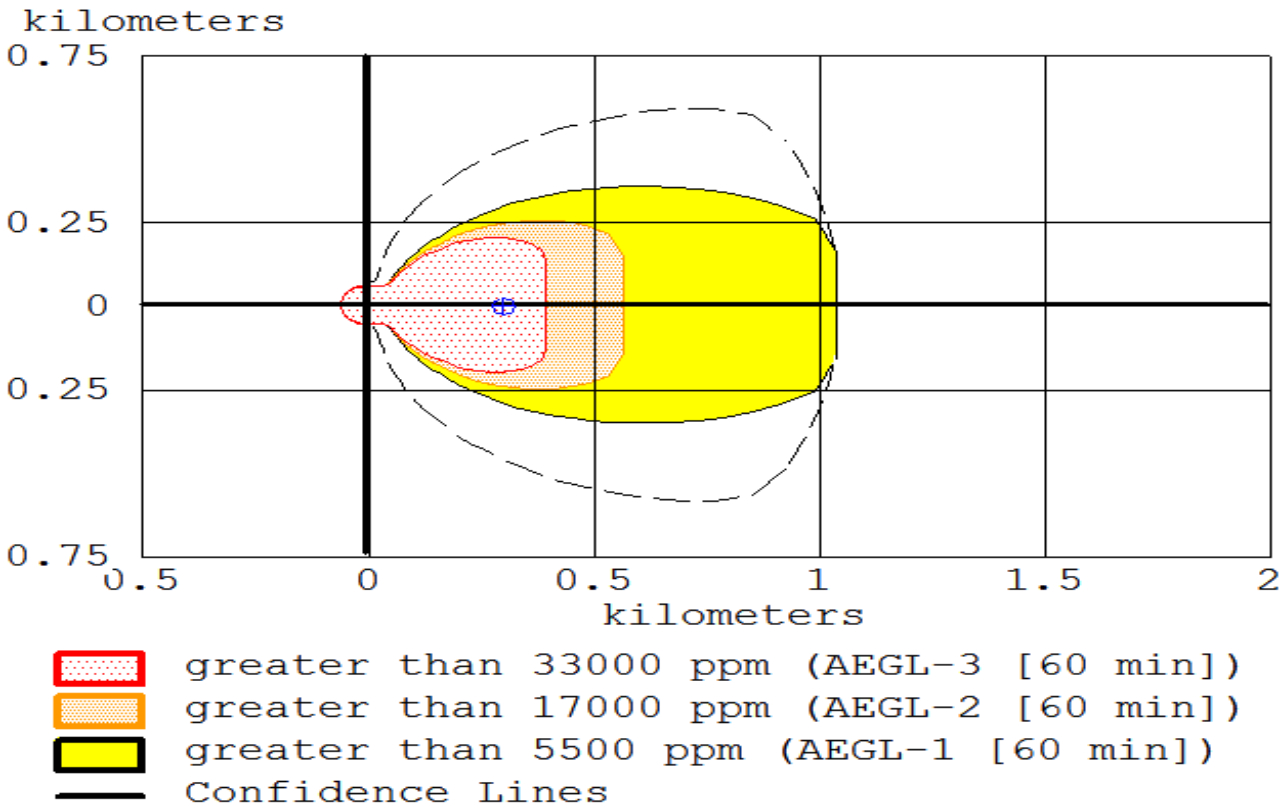
Εικόνα 13 Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 14, όταν η διάμετρος της διάρρηξης είναι 2 ίντσες, το σημείο πραγματοποίησης της ανάλυσης ευαισθησίας βρίσκεται εκτός των ζωνών κινδύνου, μιας και η κίτρινη ζώνη φτάνει ως τα 167 μέτρα από την πηγή.

Αν όμως η διάμετρος της διάρρηξης της δεξαμενής είναι 10 ίντσες, τότε οι ζώνες κινδύνου καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερη έκταση, με αποτέλεσμα το σημείο μελέτης να βρίσκεται εντός της ζώνης υψηλού κινδύνου, η οποία εκτείνεται ως τα 394 μέτρα, ενώ η πορτοκαλί ζώνη ως τα 569 μέτρα και η κίτρινη έως ένα χιλιόμετρο από την πηγή της διαρροής. (Εικόνα 15).



Εικόνα 14 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2 inches



Εικόνα 15 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches

4.2.1.2 Διάρρηξη στο κάτω μέρος της δεξαμενής

Κατά την μελέτη αυτού του σεναρίου, θεωρήθηκε ότι στην σφαιρική δεξαμενή υπάρχει διάρρηξη στο τμήμα του υγρού και συγκεκριμένα σε ύψος 3 μέτρων από τον πυθμένα της δεξαμενής και ότι στην περιοχή πνέει άνεμος Νότιος-Νοτιοδυτικός. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι οι ίδιοι με την ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε όταν η διάρρηξη της δεξαμενής βρίσκεται στην περιοχή των ατμών.

4.2.1.2.1 Ανάλυση Ευαισθησίας

4.2.1.2.1.1 Ταχύτητα ανέμου

Θεωρώντας, σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 27°C και διάμετρο διαρροής ίση με 4 ίντσες (10,16 cm), μελετήθηκε πώς επηρεάζεται η συγκέντρωση του αερίου όταν μεταβάλλεται ο άνεμος για ένα εύρος ταχυτήτων από 1 έως 10 m/s.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Εικόνα 16 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

Αν συγκριθεί το διάγραμμα της εικόνας 16 με το διάγραμμα της εικόνας 6 γίνεται εμφανές ότι οι για κάθε τιμή που παίρνει η ταχύτητα του ανέμου, η υπολογιζόμενη συγκέντρωση, όταν η διάρρηξη βρίσκεται στο τμήμα του υγρού, είναι διπλάσια σε σχέση με την περίπτωση όπου έχουμε διαρροή προπανίου από το πάνω μέρος της σφαιρικής δεξαμενής.

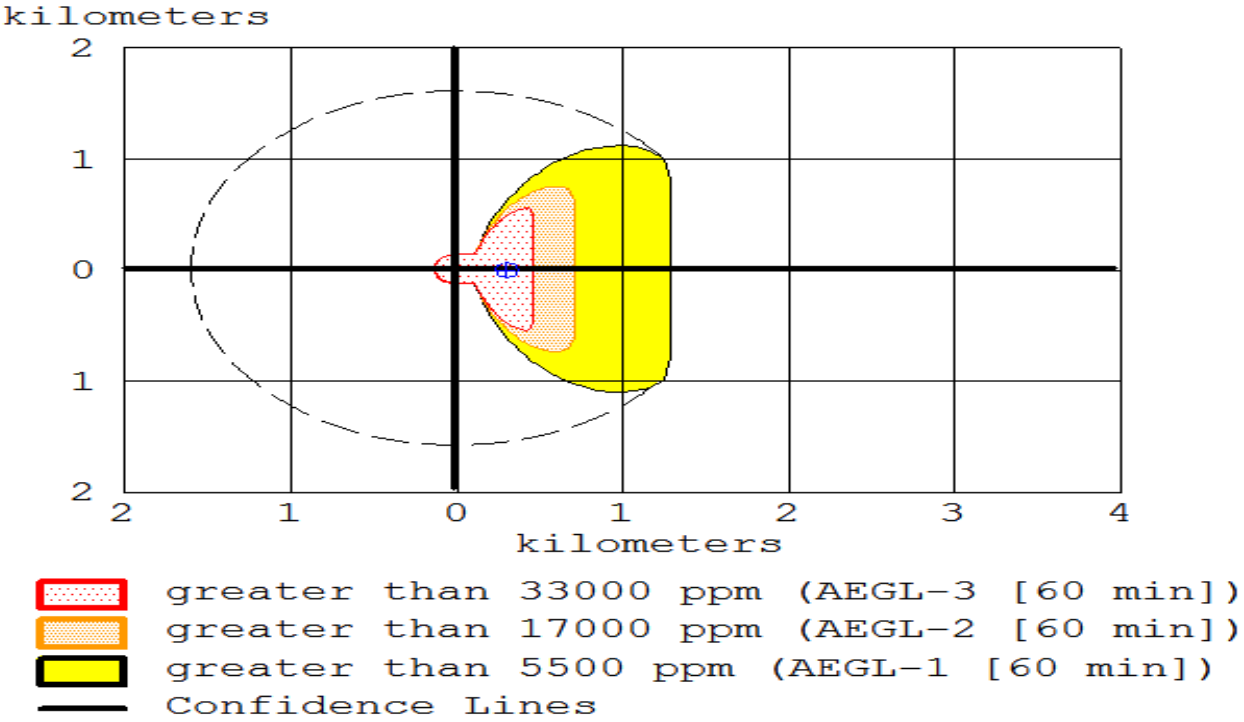
Επιπλέον, όπως και στην περίπτωση όπου έχουμε διάρρηξη στο πάνω μέρος της δεξαμενής, η συγκέντρωση του προπανίου μειώνεται σχεδόν εκθετικά με την αύξηση

της ταχύτητας του ανέμου, λόγω ότι όσο δυναμώνει ο άνεμος, τόσο περισσότερα μόρια προπανίου που έχουν κατακάτσει στο έδαφος, παρασέρνονται μακριά από την πηγή.

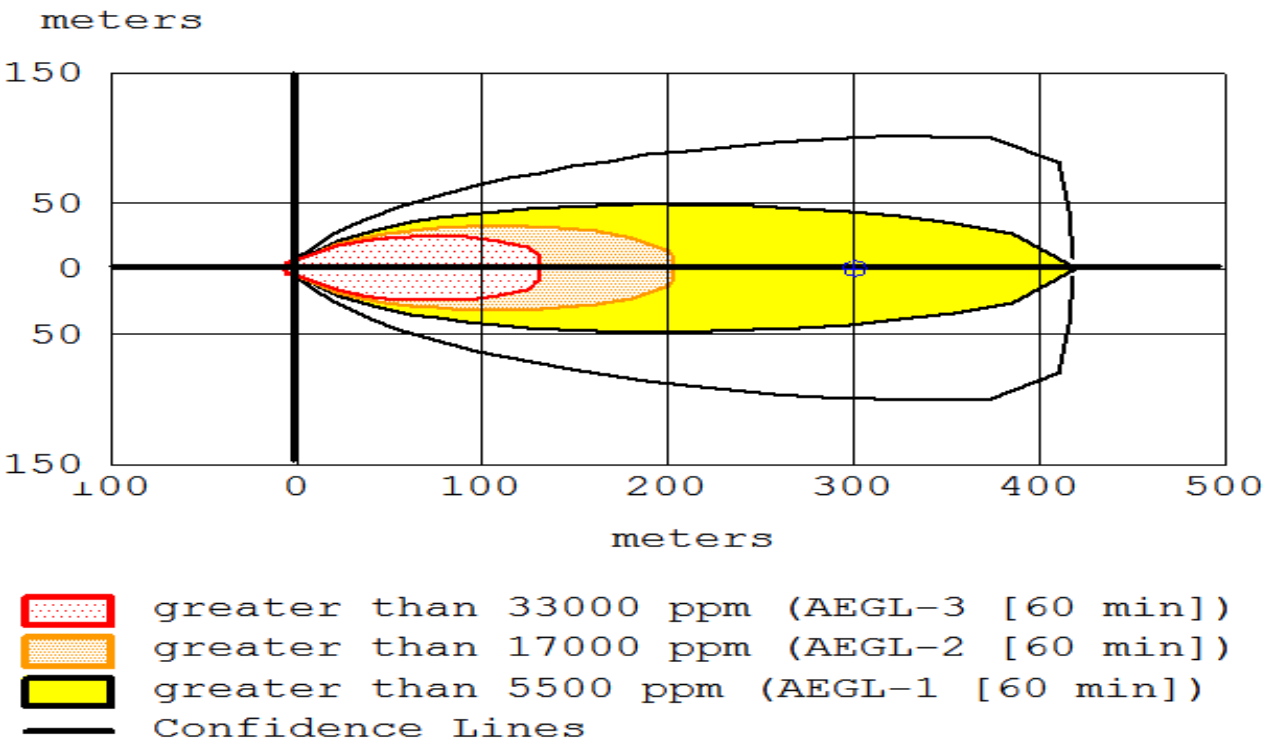
Όσον αφορά τις ζώνες κινδύνου, στο συγκεκριμένο σενάριο καλύπτουν μια αρκετά μεγάλη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα όταν στην περιοχή του ατυχήματος πνέει άνεμος ταχύτητας 1 m/s τότε η κόκκινη ζώνη εκτείνεται ως τα 468 μέτρα, η πορτοκαλί ως τα 712 μέτρα και η κίτρινη ως τα 1.300 μέτρα από την πηγή (εικόνα 17).

Όταν όμως σημειωθεί αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, για παράδειγμα στα 10m/s οι ζώνες διαμορφώνονται στα 132, 204 και 421 μέτρα αντίστοιχα, λόγω της μεγαλύτερης παράσυρσης των μορίων του προπανίου, μειώνοντας έτσι την έκταση που καταλαμβάνουν οι ζώνες κινδύνου και την πιθανότητα εκδήλωσης καταστρεπτικών επιπτώσεων, όπως την πραγματοποίηση έκρηξης (εικόνα 18).

Το σημείο όπου πραγματοποιείται η ανάλυση ευαισθησίας βρίσκεται εντός των ορίων της ζώνης υψηλού κινδύνου (κόκκινη περιοχή) για άνεμο ταχύτητας έως και 2,3 m/s, στη ζώνη μεσαίου κινδύνου (πορτοκαλί περιοχή) για ταχύτητες αέρα έως και 3,7 m/s περίπου, ενώ για υψηλότερες ταχύτητες το σημείο μελέτης βρίσκεται στην κίτρινη ζώνη.



Εικόνα 17 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.

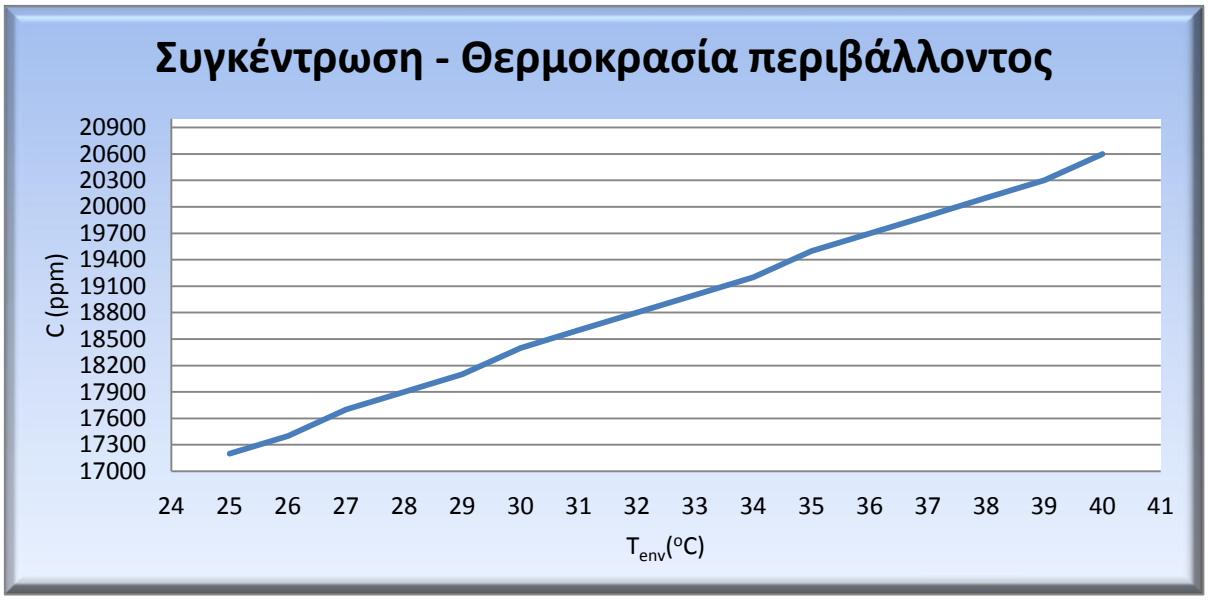


Εικόνα 18 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=10 m/s.

4.2.1.2.1.2 **Θερμοκρασία Περιβάλλοντος**

Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε θεωρώντας σταθερή ταχύτητα ανέμου και ίση με 3,61 m/s και διάμετρο διάρρηξης 4 ίντσες (10,16cm), ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λάμβανε τιμές από 25°C έως 40°C.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

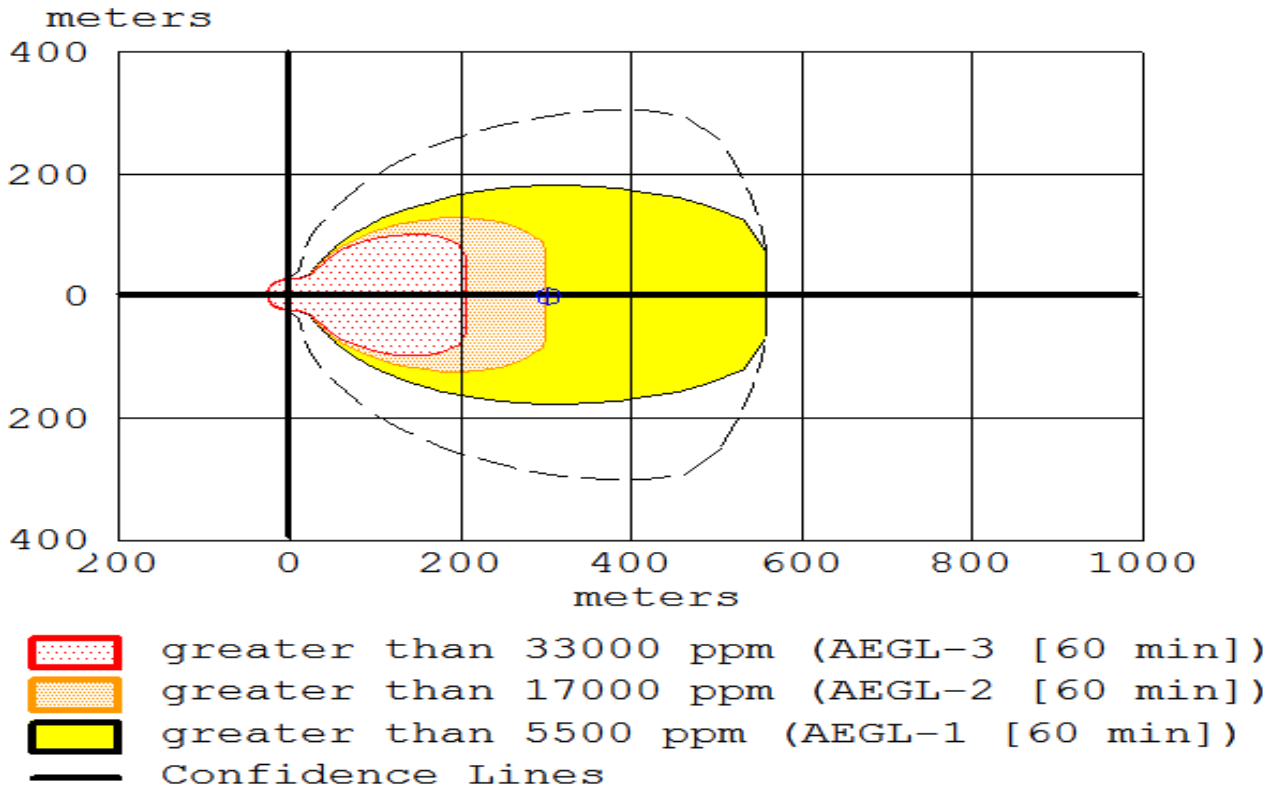


Εικόνα 19 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

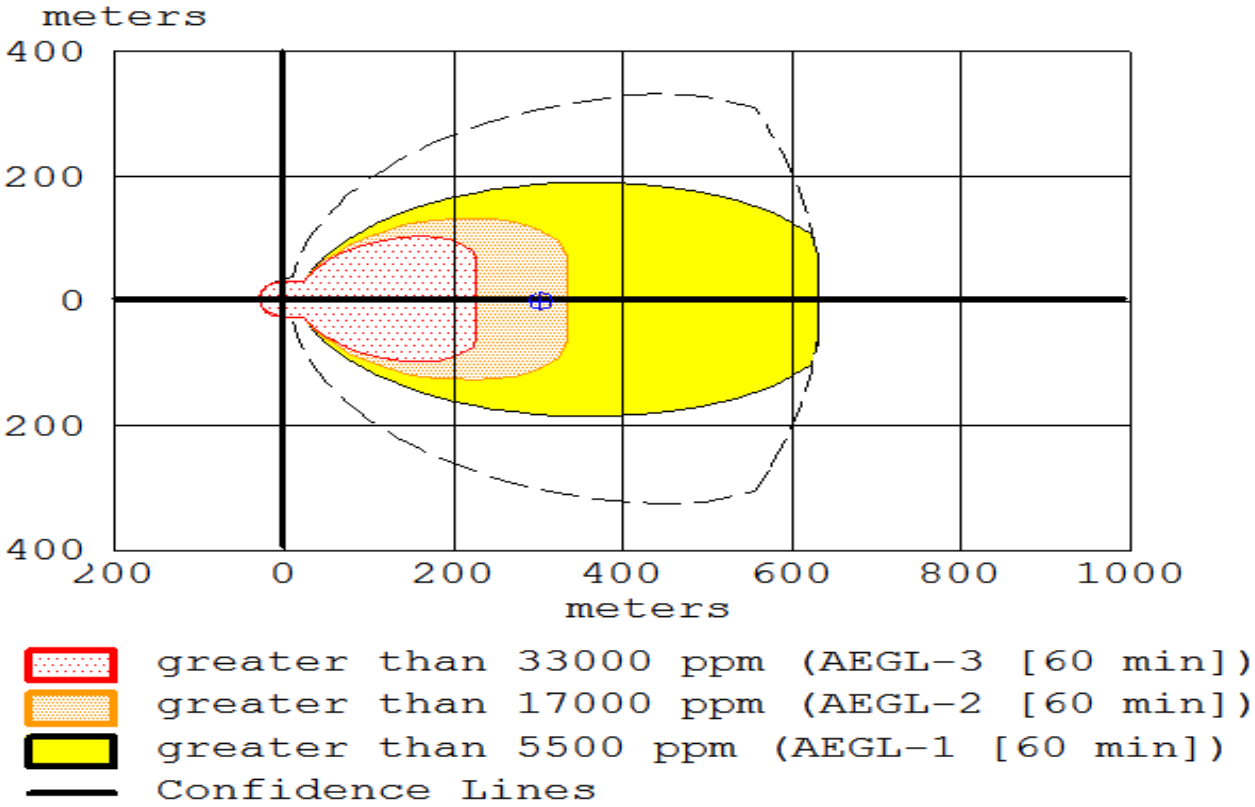
Η συγκέντρωση του προπανίου στο σημείο μελέτης, 300 μέτρα μακριά από την πηγή της διαρροής, φαίνεται να μεταβάλλεται γραμμικά σε συνάρτηση με την μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Με την μεταβολή της θερμοκρασίας, μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα και η πυκνότητα του προπανίου, με αποτέλεσμα όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία, τόσο πιο εύκολα να παρασύρονται τα μόρια του προπανίου από τον άνεμο, τα οποία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τείνουν να συσσωρεύονται στο έδαφος.

Επίσης, οι ζώνες κινδύνου δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την μεταβολή της θερμοκρασίας. Εάν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, για παράδειγμα, είναι 25°C, η κόκκινη ζώνη εκτείνεται ως τα 208 μέτρα από την πηγή, η πορτοκαλί ως τα 302 μέτρα και η κίτρινη ως τα 563 μέτρα. Εάν η θερμοκρασία ανέλθει στους 40°C, οι αντίστοιχες περιοχές εκτείνονται ως τα 227, 335 και 634 μέτρα αντίστοιχα (εικόνες 20 & 21).

Το σημείο αναφοράς, σε όλο το εύρος των θερμοκρασιών από 25°C έως 40°C βρίσκεται εντός των ορίων της ζώνης μεσαίου κινδύνου (πορτοκαλί περιοχή).



Εικόνα 20 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C



Εικόνα 21 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C

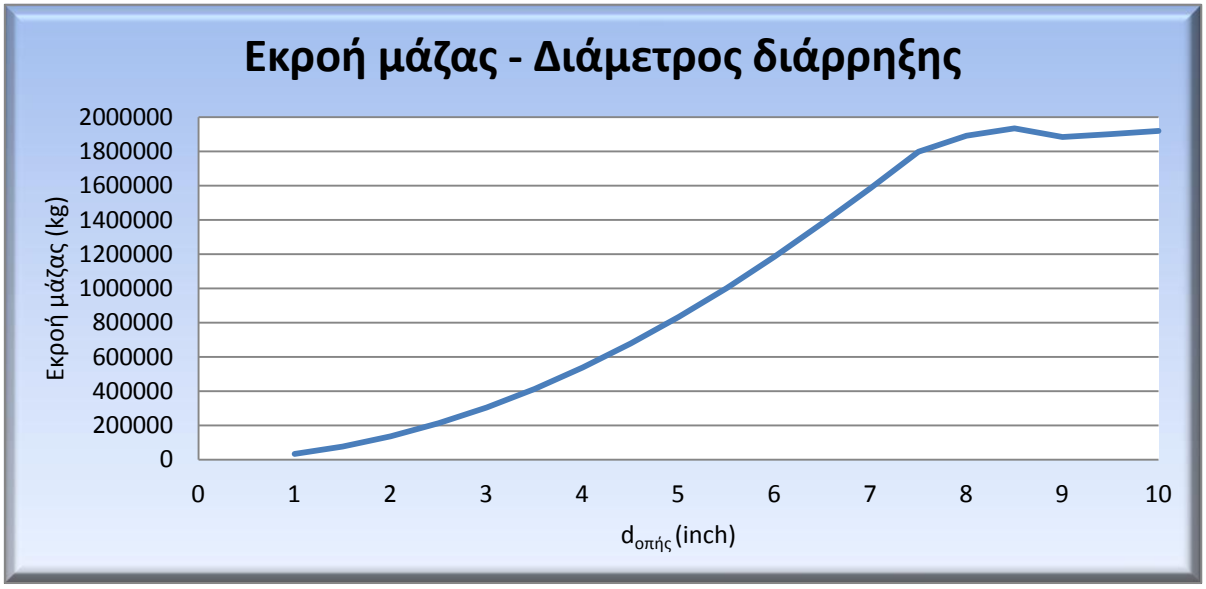
4.2.1.2.1.3 **Διάμετρος διάρρηξης**

Όπως και στο σενάριο όπου έχουμε διαρροή από την δεξαμενή στο τμήμα των ατμών, έτσι και σε αυτή την περίπτωση, μελετήθηκε πώς επηρεάζεται η υπολογιζόμενη συγκέντρωση στο σημείο μελέτης, όταν μεταβάλλεται η διάμετρος της διάρρηξης στην δεξαμενή. Θεωρώντας, γι' αυτό το σκοπό, σταθερή ταχύτητα ανέμου 3,61 m/s και θερμοκρασία περιβάλλοντος 27°C, η διάμετρος της διάρρηξης λάμβανε τιμές από 1 έως 10 ίντσες (2,54-25,4 cm).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο διάγραμμα της εικόνας 23. Όπως γίνεται φανερό, όσο αυξάνεται η διάμετρος της διάρρηξης τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση του προπανίου. Το φαινόμενο δικαιολογείται από το γεγονός ότι καθώς αυξάνεται η διάμετρος της οπής, αυξάνεται και η μάζα που εκρέει από την δεξαμενή, όπως φαίνεται και διάγραμμα της εικόνας 24.

Οι τιμές της εκροής μάζας υπολογίστηκαν από το λογισμικό για χρονικό διάστημα 1 ώρας. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 23, για διάμετρο διάρρηξης 9 ίντσες, η εκροή μάζας μειώνεται, ανακόπτοντας την ανοδική κλίση της καμπύλης, η οποία επανέρχεται σε ανοδική πορεία για τιμές διαμέτρου μεγαλύτερες από 9,5 ίντσες. Αυτή η παράξενη συμπεριφορά, πιθανώς να οφείλεται σε κάποια αστάθεια του μοντέλου κατά την πραγματοποίηση των υπολογισμών του μοντέλου.

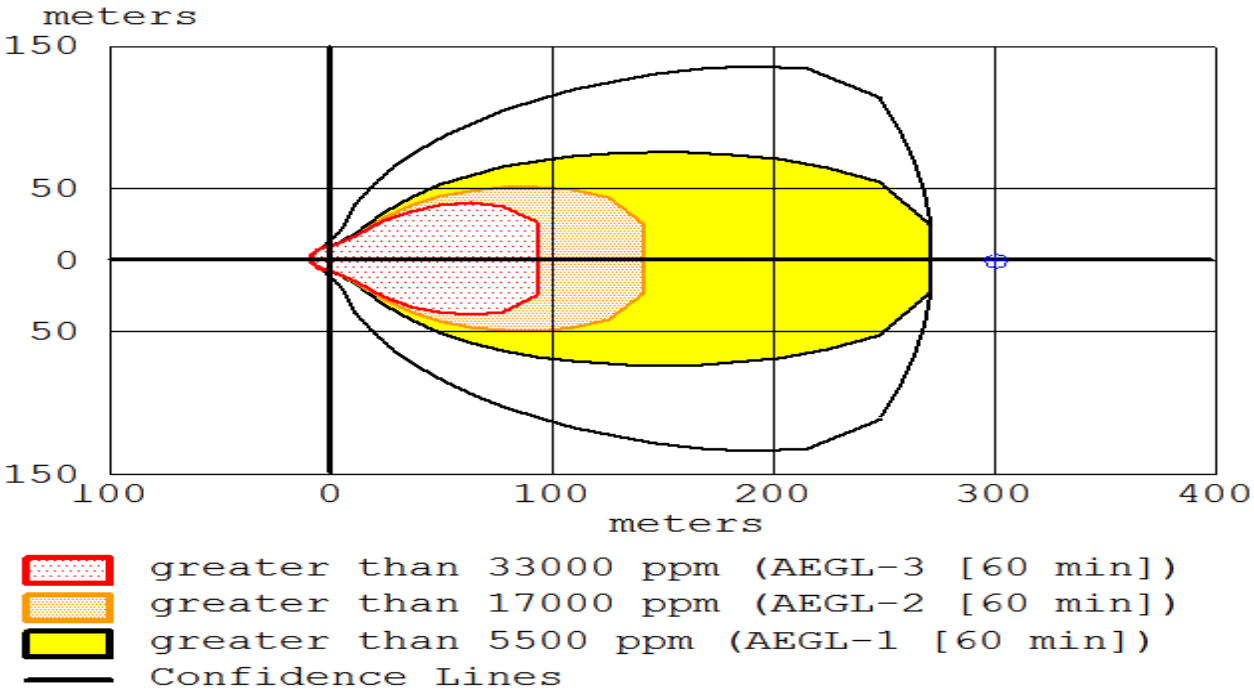
Εικόνα 22 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.



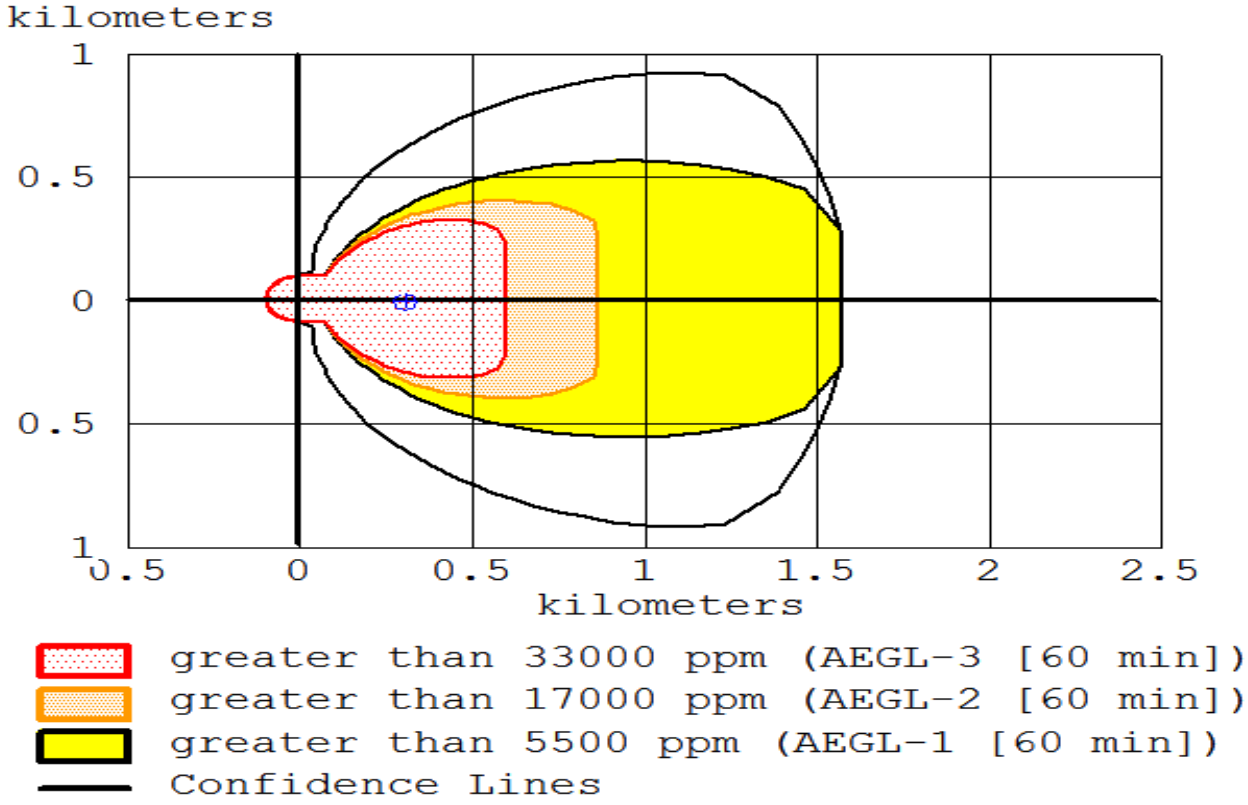
Εικόνα 23 Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

Οι ζώνες κινδύνου, όπως είναι επακόλουθο, μεταβάλλονται σημαντικά όταν αυξάνεται η διάμετρος της διάρρηξης στην δεξαμενή. Αν η διάμετρος της διαρροής είναι 2 ίντσες, η κόκκινη ζώνη εκτείνεται ως τα 94 μέτρα, η πορτοκαλί ως τα 141 μέτρα και η κίτρινη ως τα 272 μέτρα, θέτοντας το σημείο μελέτης εκτός ζώνης κινδύνου. Εάν η διάμετρος μεγαλώσει και φτάσει τις 10 ίντσες, οι αντίστοιχες περιοχές εκτείνονται ως τα 605, 870 και 1600 μέτρα από την πηγή αντίστοιχα, με αποτέλεσμα λόγω της μεγαλύτερης εκροής του περιεχομένου της σφαιρικής

δεξαμενής, το σημείο μελέτης να βρίσκεται εντός της ζώνης υψηλού κινδύνου. (Εικόνες 24 & 25)



Εικόνα 24 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2 inches



Εικόνα 25 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches

4.3 Διαρροή από Οριζόντια Κυλινδρική Δεξαμενή

4.3.1 Περιγραφή του ατυχήματος

Το σενάριο που επιλέχθηκε αφορά την εκροή βουτανίου από οριζόντια κυλινδρική δεξαμενή διαμέτρου D=4,6m και όγκου V=200m^3 [21]. Τα ατυχήματα αφορούσαν την διαρροή του βουτανίου όταν υπάρχει διάρρηξη της δεξαμενής: 1) στο τμήμα των ατμών και 2) στο τμήμα του υγρού. Η θερμοκρασία του προπανίου θεωρήθηκε ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η δεξαμενή θεωρήθηκε ότι έχει πληρωθεί με βουτάνιο, σε ποσότητα ίση με το 80% της χωρητικότητας της. Επίσης, μετά την εισαγωγή των δεδομένων, το λογισμικό επέλεξε αυτόματα τον ρυθμό αερισμού ίσο με 0,71.

Κατά την πραγματοποίηση της ανάλυσης ευαισθησίας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο του πυκνού αερίου, για την πραγματοποίηση του υπολογισμού της συγκέντρωσης, όταν μεταβαλλόταν η εκάστοτε εξεταζόμενη παράμετρος.

4.3.1.1 Διάρρηξη στο πάνω μέρος της δεξαμενής

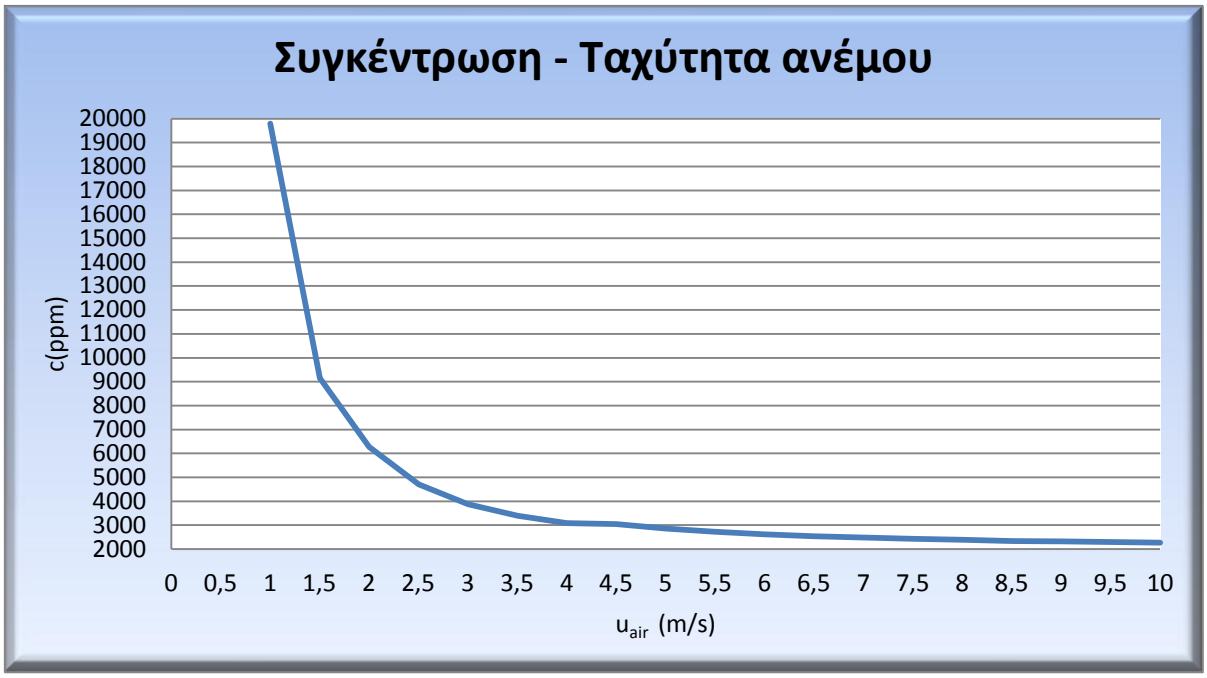
Σε αυτό το σενάριο, θεωρήθηκε ότι στην κυλινδρική δεξαμενή υπάρχει διάρρηξη στο τμήμα των ατμών και συγκεκριμένα σε ύψος 3,92 μέτρων από τον πυθμένα της δεξαμενής και ότι στην περιοχή πνέει άνεμος Ανατολικός-Νοτιοανατολικός, η ταχύτητα του οποίου αποτέλεσε, ένα από τα αντικείμενα μελέτης για την ανάλυσης ευαισθησίας.

4.3.1.1.1 Ανάλυση Ευαισθησίας

4.3.1.1.1.1 **Ταχύτητα ανέμου**

Ο πρώτος παράγοντας που μελετήθηκε ήταν η ταχύτητα του ανέμου. Έτσι θεωρώντας, κάθε φορά σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 29°C και διάμετρος της αστοχίας ίση με 3 ίντσες (7,62 cm), μελετήθηκε πώς επηρεάζεται η συγκέντρωση του αερίου όταν μεταβάλλεται ο άνεμος για ένα εύρος ταχυτήτων από 1 έως 10 m/s.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 26 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του βουτανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

Η συγκέντρωση του βουτανίου στο σημείο x=300m y=0m, μειώνεται εκθετικά όταν αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου, όπου έχουμε και μεγαλύτερη διασπορά του επικίνδυνου αερίου

Όσον αφορά τις ζώνες κινδύνου, το λογισμικό, όσον αφορά το βουτάνιο, θέτει ως:

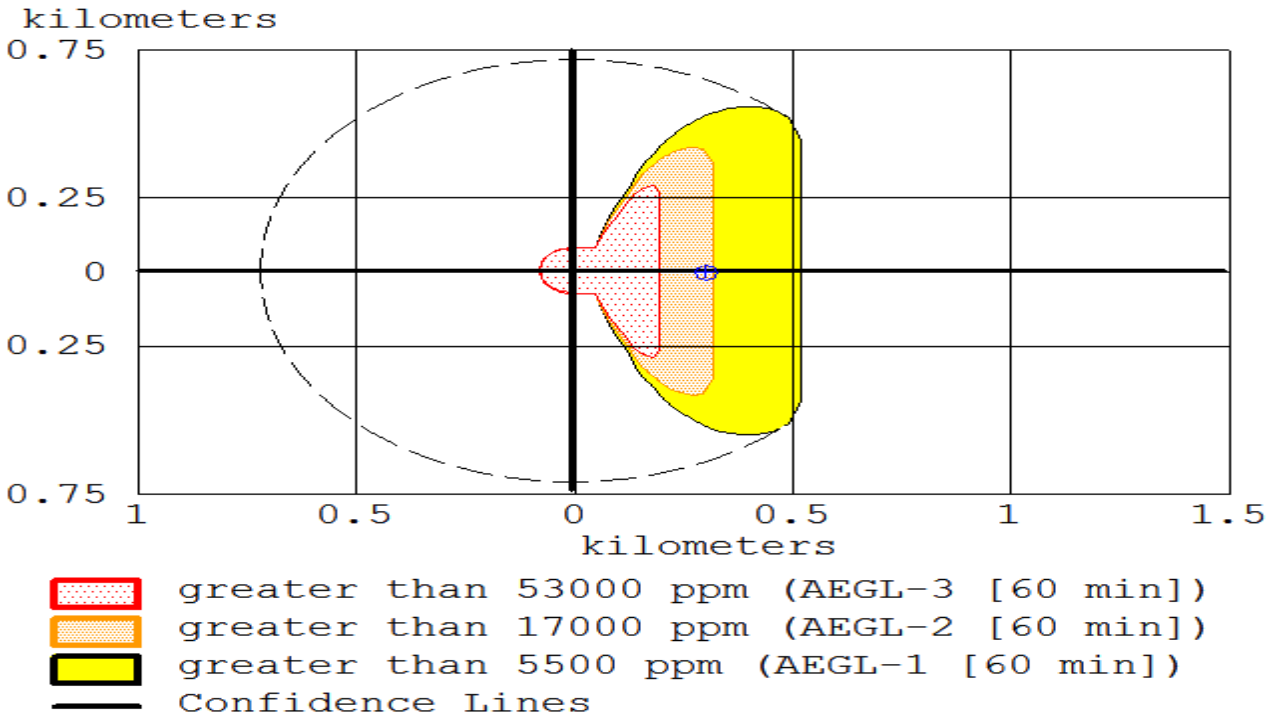
- κόκκινη ζώνη, τις περιοχές όπου η συγκέντρωση του βουτανίου υπερβαίνει τα 53000 ppm,
- πορτοκαλί ζώνη, τις περιοχές όπου η συγκέντρωση υπερβαίνει τα 17000 ppm,
- κίτρινη ζώνη, τις περιοχές όπου η συγκέντρωση που υπολογίζεται είναι πάνω από τα 5500 ppm.

Έτσι οι ζώνες κινδύνου όταν στην περιοχή φυσάει άνεμος ταχύτητας 1 m/s διαμορφώνονται ως τα 194 μέτρα η ζώνη υψηλού κινδύνου, ως τα 321 μέτρα η πορτοκαλί ζώνη και ως τα 520 μέτρα η κίτρινη ζώνη, τοποθετώντας έτσι το σημείο μελέτης στην περιοχή μεσαίου κινδύνου.

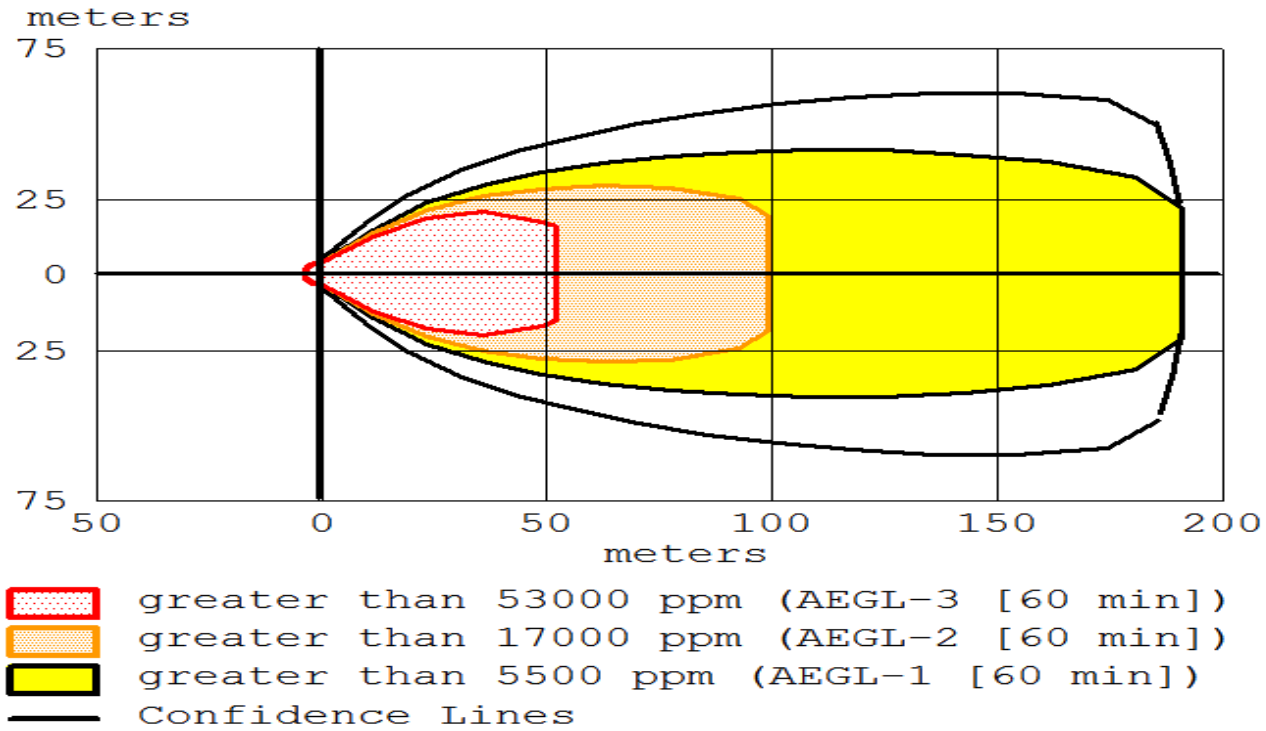
Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 6 m/s, οι ζώνες κινδύνου διαμορφώνονται ως τα 52, 100 και 192 μέτρα αντίστοιχα. Σε αυτή την περίπτωση το σημείο όπου εκτελείται η ανάλυση να βρίσκεται σε ασφαλή περιοχή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σημείο μελέτης βρίσκεται σε ασφαλή περιοχή, για οποιαδήποτε ταχύτητα άνω των 2,3 m/s περίπου.

Τα παραπάνω στοιχεία, παρουσιάζονται στις εικόνες 27 και 28.



Εικόνα 27 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.

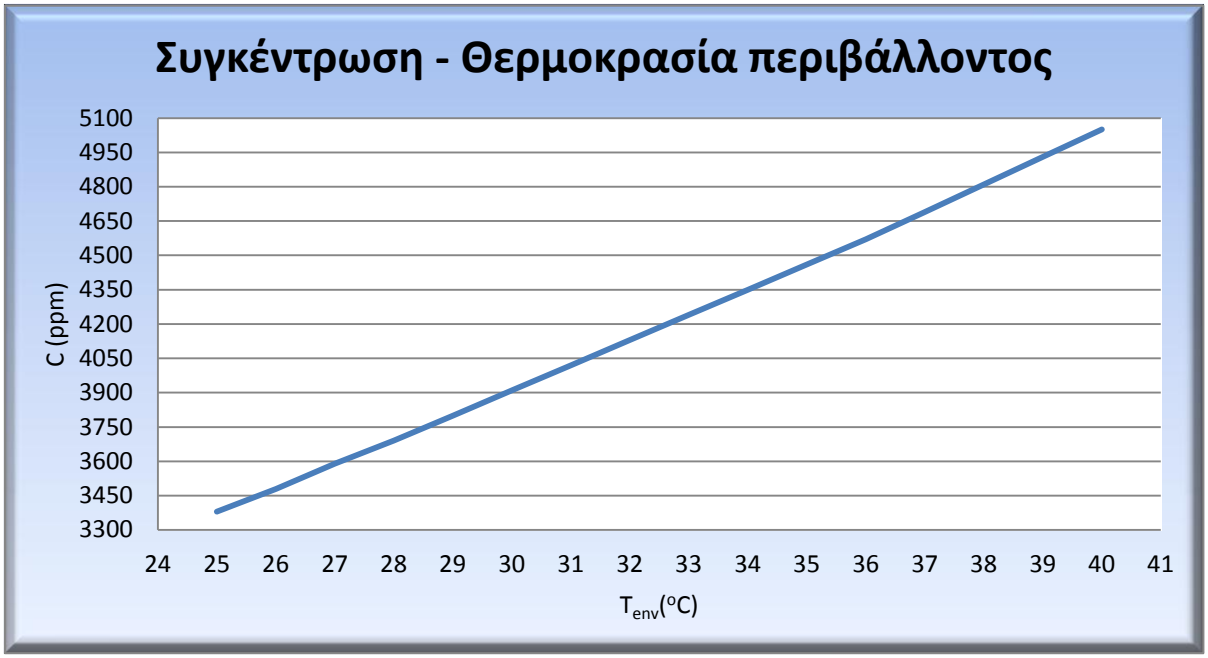


Εικόνα 28 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=6 m/s.

4.3.1.1.1.2 **Θερμοκρασία Περιβάλλοντος**

Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε θεωρώντας σταθερή ταχύτητα ανέμου, ίση με 3,06 m/s και διάμετρο διάρρηξης 3 ίντσες, ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λάμβανε τιμές από 25°C έως 40°C.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

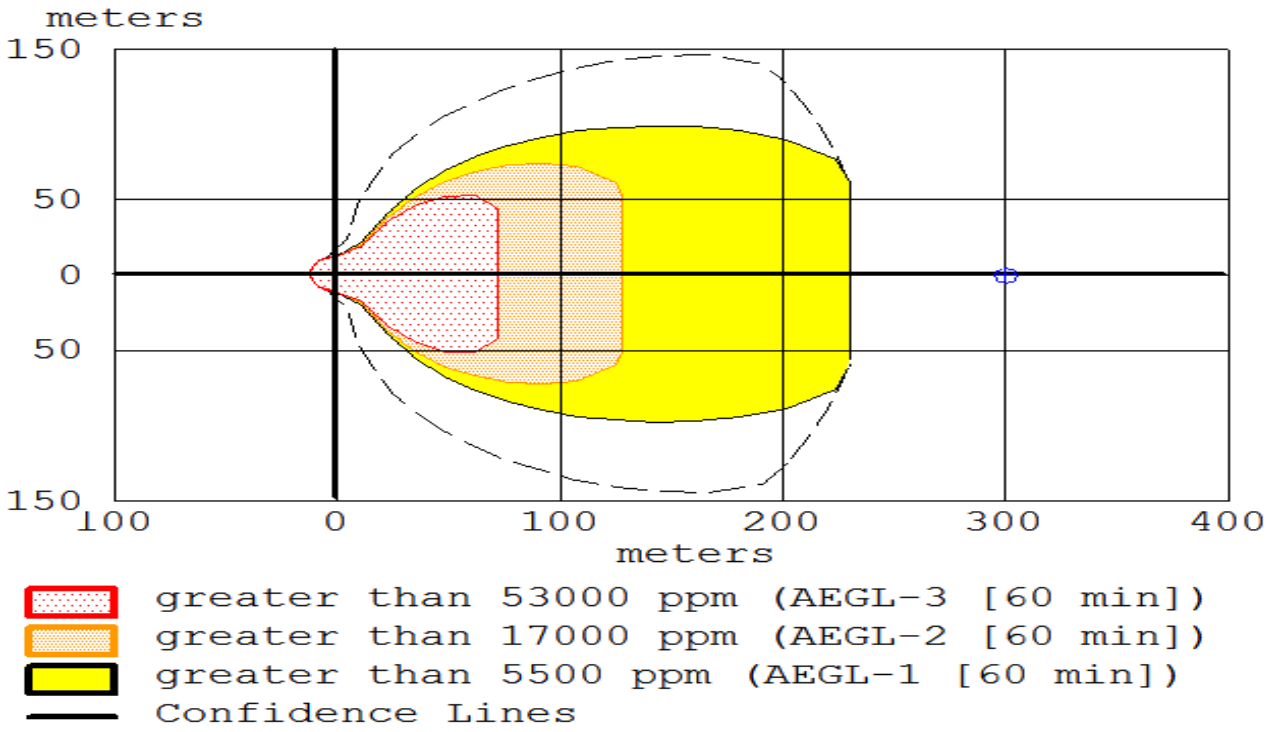


Εικόνα 29 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

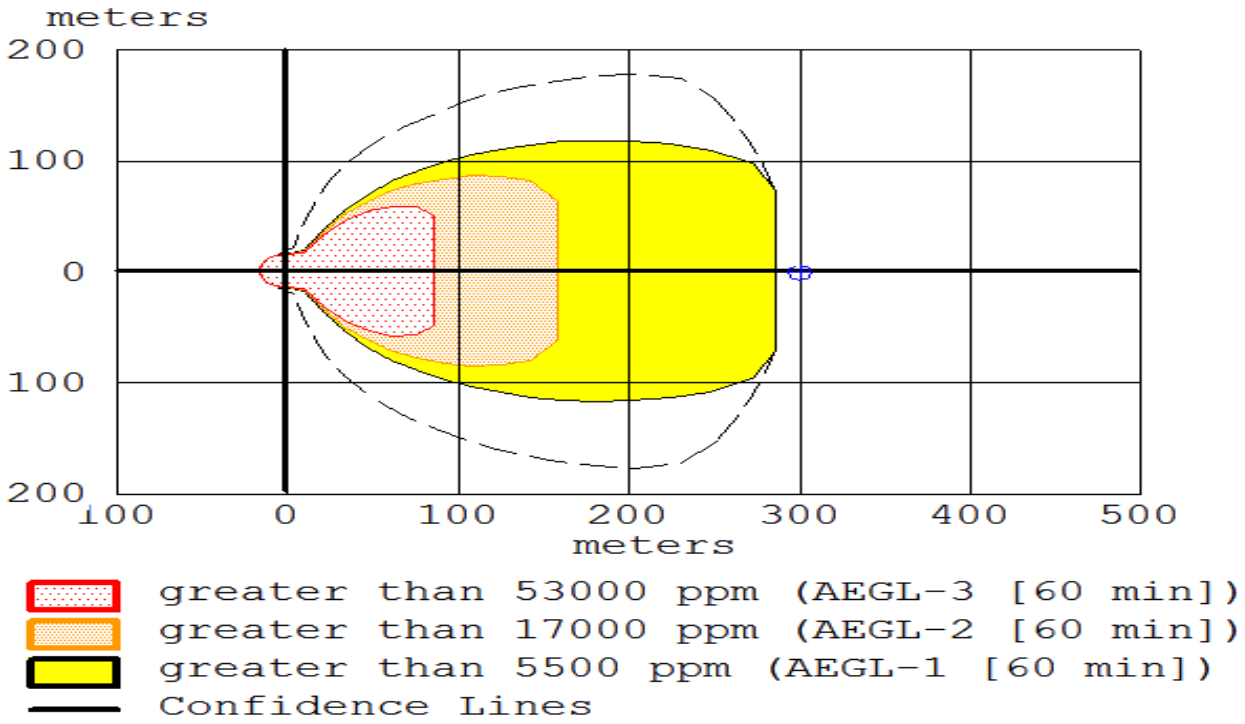
Η συγκέντρωση του βουτανίου στο σημείο μελέτης μεταβάλλεται γραμμικά σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Όταν αλλάζει η θερμοκρασία, πραγματοποιείται μια αντιστρόφως ανάλογη μεταβολή της πυκνότητας του βουτανίου, με αποτέλεσμα, με σταθερή ταχύτητα ανέμου, τα μόρια του βουτανίου που έχουν συσσωρευτεί στο έδαφος, να παρασύρονται ευκολότερα όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία.

Επίσης, όπως και στο σενάριο όπου υπάρχει διαρροή προπανίου από σφαιρική δεξαμενή, οι ζώνες κινδύνου δεν επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την μεταβολή της θερμοκρασίας. Έτσι, για θερμοκρασία 25°C, η ζώνη υψηλού κινδύνου φτάνει ως τα 73 μέτρα, η ζώνη μεσαίου κινδύνου ως τα 129 μέτρα, ενώ η ζώνη χαμηλού κινδύνου εκτείνεται ως τα 231 μέτρα. Στην περίπτωση μιας πολύ ζεστής μέρας, όπου η θερμοκρασία κυμαίνεται στους 40°C, οι περιοχές αυτές εκτείνονται ως τα 87,159 και 286 μέτρα αντίστοιχα.

Το σημείο μελέτης και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις και συνεπακόλουθα σε όλο το εύρος των θερμοκρασιών από 25°C έως 40°C βρίσκεται εκτός των ορίων των περιοχών κινδύνου.



Εικόνα 30 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C



Εικόνα 31 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C

4.3.1.1.1.3 **Διάμετρος διάρρηξης**

Η διάμετρος της διάρρηξης αποτέλεσε κι αυτή αντικείμενο μελέτης στην ανάλυση ευαισθησίας. Θεωρώντας, γι' αυτό το σκοπό, σταθερή ταχύτητα ανέμου 3,06 m/s και θερμοκρασία περιβάλλοντος 29°C, η διάμετρος της διάρρηξης λάμβανε τιμές από 1 έως 10 ίντσες (2,54-25,4 cm).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο διάγραμμα της εικόνας 32. Όπως γίνεται φανερό, όσο αυξάνεται η διάμετρος της διάρρηξης τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση του βουτανίου.

Εικόνα 32 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

Η κλίση της καμπύλης του διαγράμματος στην εικόνα 32 οφείλεται στο ότι καθώς μεγαλώνει το ρήγμα της δεξαμενής, εκρέει μεγαλύτερη ποσότητα βουτανίου. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της εικόνας 33, η μάζα που εκρέει αυξάνεται, όσο αυξάνεται και η διάμετρος της διάρρηξης, αλλά φτάνει σε ένα μέγιστο, τα 83.685 κιλά για τιμές της διαμέτρου της διαρροής μεγαλύτερες των 4 ιντσών.

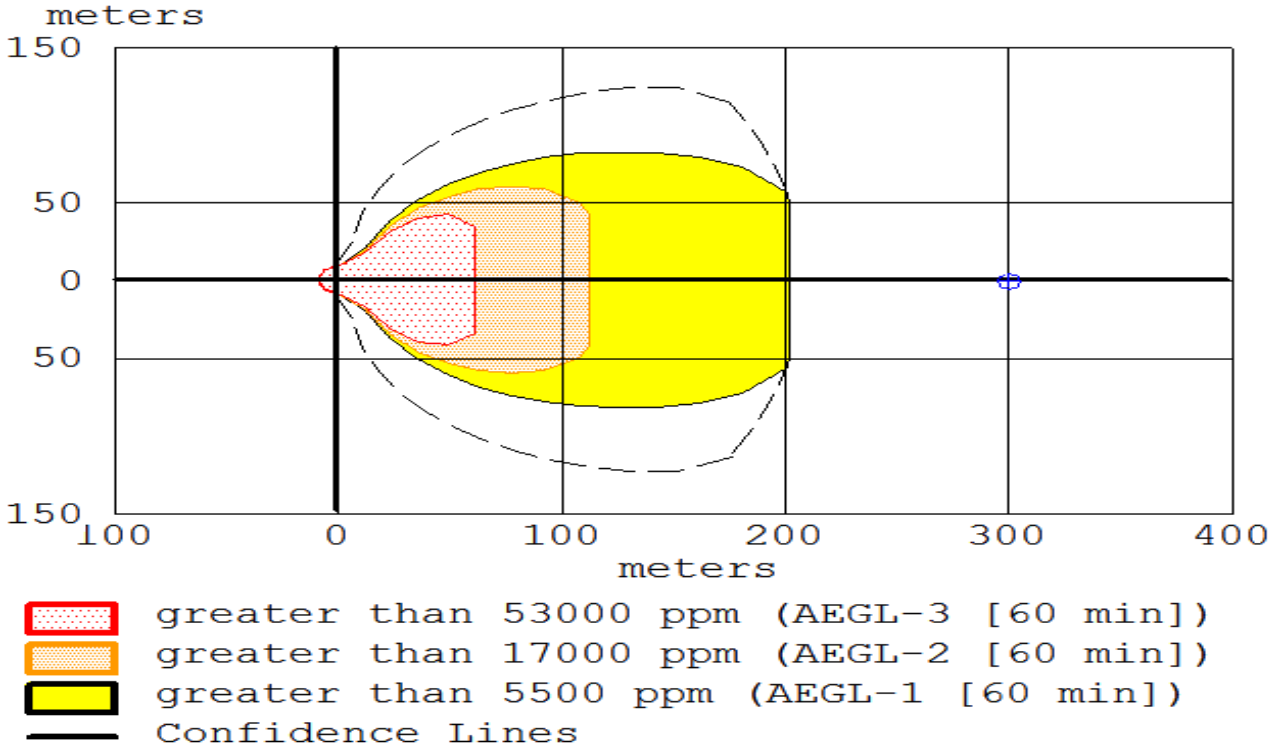
Εικόνα 33 Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

Η μεγάλη μεταβολή της συγκέντρωσης σε κάθε μεταβολή της διαμέτρου της διάρρηξης στην κυλινδρική δεξαμενή, για σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος και ταχύτητα ανέμου, αντικατοπτρίζεται και στις επικίνδυνες περιοχές, όπως αναπαρίστανται από τις τρεις διαφορετικές ζώνες, με την αντίστοιχη χρωματική απεικόνιση, από το λογισμικό.

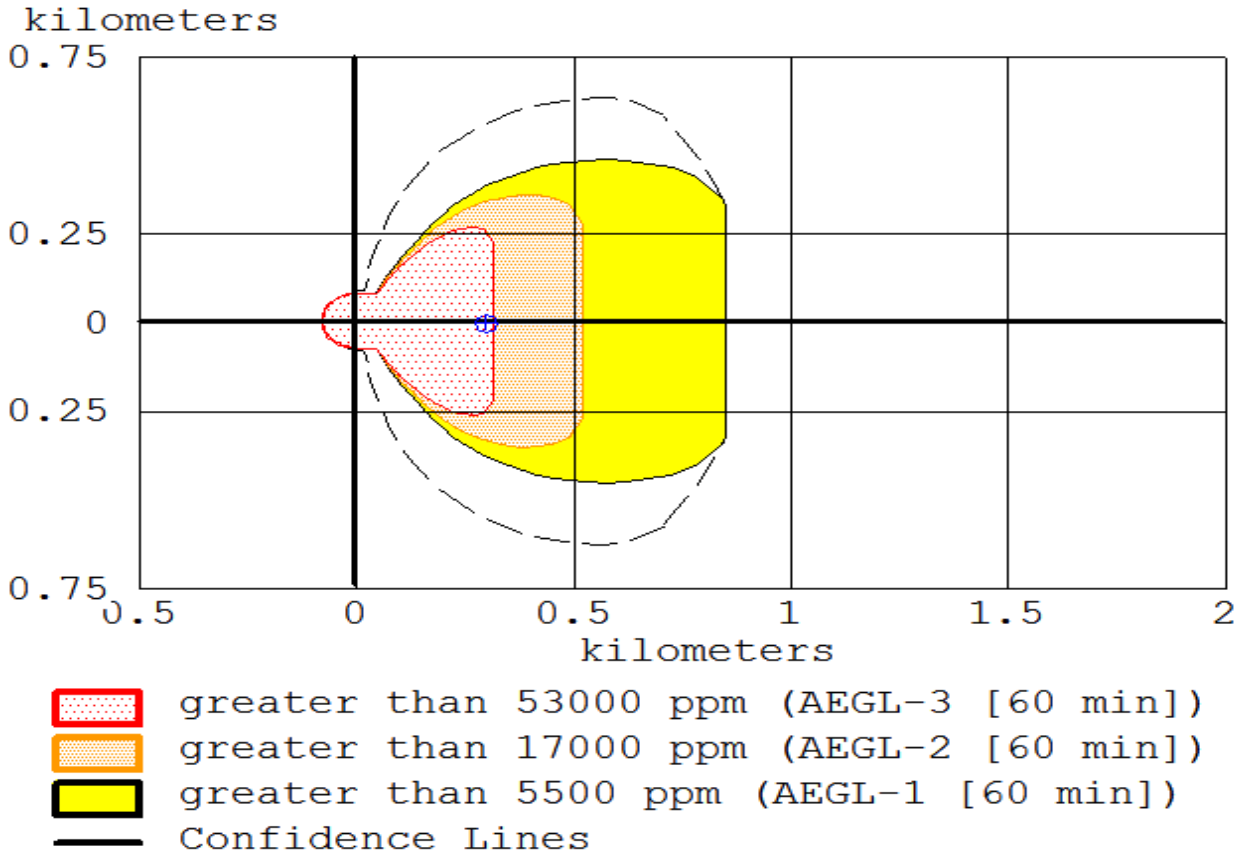
Όταν, υπάρχει διαρροή βουτανίου, από διάρρηξη στο τμήμα των ατμών, διαμέτρου 2 ιντσών (6,35 cm), η πιο επικίνδυνη ζώνη εκτείνεται ως τα 61 μέτρα, η πορτοκαλί ως τα 113 μέτρα, ενώ η κίτρινη περιοχή ως τα 203 μέτρα, με αποτέλεσμα το σημείο στο οποίο εκτελείται η ανάλυση ευαισθησίας να βρίσκεται σε ασφαλή περιοχή.

Εάν, όμως, η διατομή της διάρρηξης επεκταθεί και η διάμετρος της ανέλθει στις 10 ίντσες (25,4 cm), το σημείο μελέτης βρίσκεται εντός των ορίων της κόκκινης ζώνης, η οποία τώρα φτάνει ως και 319 μέτρα από την πηγή, η πορτοκαλί ως τα 523 μέτρα, ενώ η κίτρινη ζώνη ως τα 858 μέτρα.

Οι παραπάνω αποστάσεις, όπως υπολογίστηκαν από το λογισμικό για χρονική διάρκεια 1 ώρας, παρουσιάζονται στις εικόνες 34 και 35.



Εικόνα 34 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2.5 inches



Εικόνα 35 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches

4.3.1.2 Διάρρηξη στο κάτω μέρος της δεξαμενής

Κατά την μελέτη αυτού του σεναρίου, θεωρήθηκε ότι στην σφαιρική δεξαμενή υπάρχει διάρρηξη στο τμήμα του υγρού και συγκεκριμένα σε ύψος 0,69 μέτρων από τον πυθμένα της δεξαμενής και ότι στην περιοχή πνέει άνεμος Νότιος-Νοτιοδυτικός. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι οι ίδιοι με την ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε όταν η διάρρηξη της δεξαμενής βρίσκεται στην περιοχή των ατμών.

4.3.1.2.1 Ανάλυση Ευαισθησίας

4.3.1.2.1.1 Ταχύτητα ανέμου

Θεωρώντας, σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 29°C και διάμετρο διάρρηξης 3 ίντσες (7,62 cm), μελετήθηκε και αναλύθηκε πώς επηρεάζεται η συγκέντρωση του αερίου όταν μεταβάλλεται ο άνεμος για ένα εύρος ταχυτήτων από 1 έως 10 m/s.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Εικόνα 36 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του βουτανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

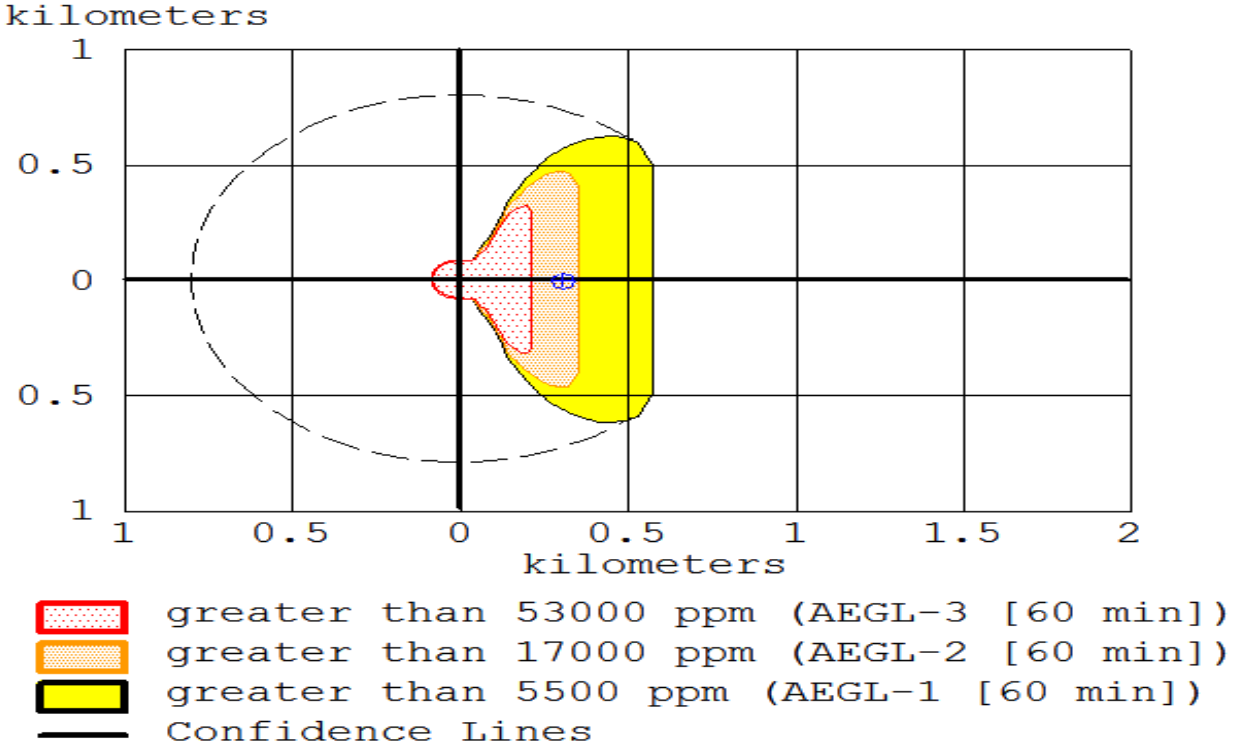
Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, η συγκέντρωση του βουτανίου μειώνεται εκθετικά όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου, καταγράφοντας έντονη και απότομη μείωση για τιμές ανέμου από 0 έως 3-3,5 m/s, ενώ για δυνατότερο άνεμο, η κλίση της καμπύλης γίνεται λιγότερο έντονη.

Μια αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, εκτός ότι μειώνει την συγκέντρωση του βουτανίου στο σημείο πραγματοποίησης της ανάλυσης ευαισθησίας λόγω μεγαλύτερης διασποράς, έχει σημαντική επίδραση και στον καθορισμό των ζωνών που υπάρχει κίνδυνος, λόγω υψηλής συγκέντρωσης.

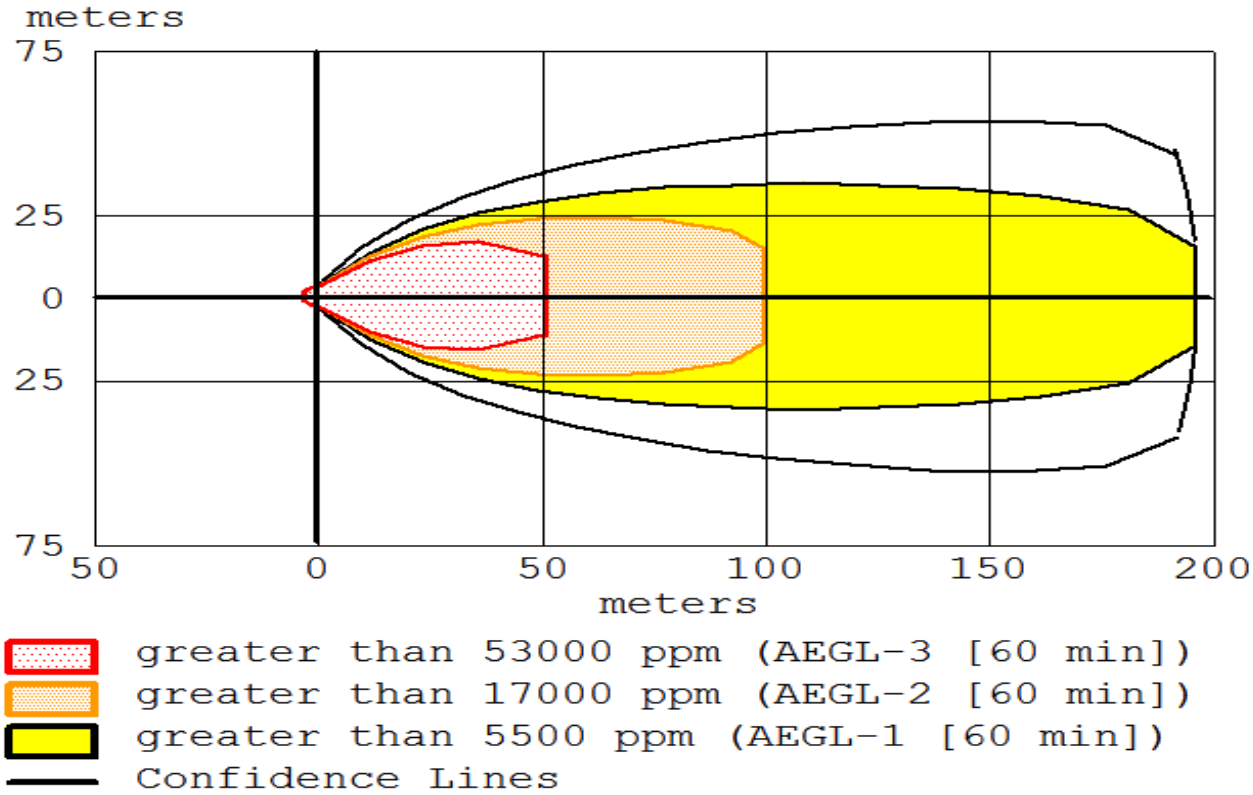
Όταν, για παράδειγμα, η ταχύτητα του ανέμου είναι 1 m/s, οι περιοχές στις οποίες η συγκέντρωση υπερβαίνει το όριο των 53.000 ppm εκτείνονται σε απόσταση 213 μέτρων από την διαρρηγμένη δεξαμενή (κόκκινη ζώνη), ενώ η πορτοκαλί, μέσα στην οποία βρίσκεται και το σημείο μελέτης και η κίτρινη ζώνη εκτείνονται ως τα 355 και 579 μέτρα αντίστοιχα.

Αν, όμως, αυξηθεί η ταχύτητα του ανέμου στα 7,5 m/s, οι ζώνες διαμορφώνονται ως τα 51, 100 και 197 μέτρα αντίστοιχα, θέτοντας έτσι το σημείο μελέτης σε ασφαλές σημείο.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις απεικονίζονται στις εικόνες 37 και 38.



Εικόνα 37 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.

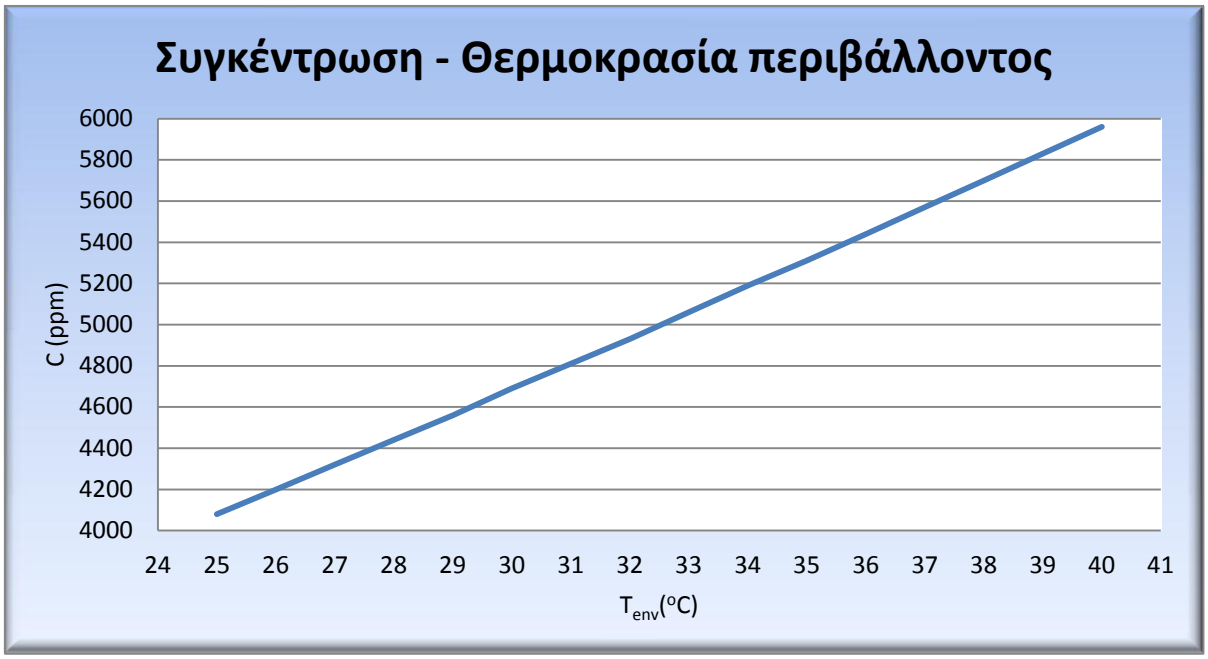


Εικόνα 38 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=7,5 m/s.

4.3.1.2.1.2 **Θερμοκρασία Περιβάλλοντος**

Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε θεωρώντας σταθερή ταχύτητα ανέμου και ίση με 3,06 m/s και διάμετρο διάρρηξης 3 ίντσες (7,62 cm), ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λάμβανε τιμές από 25°C έως 40°C.

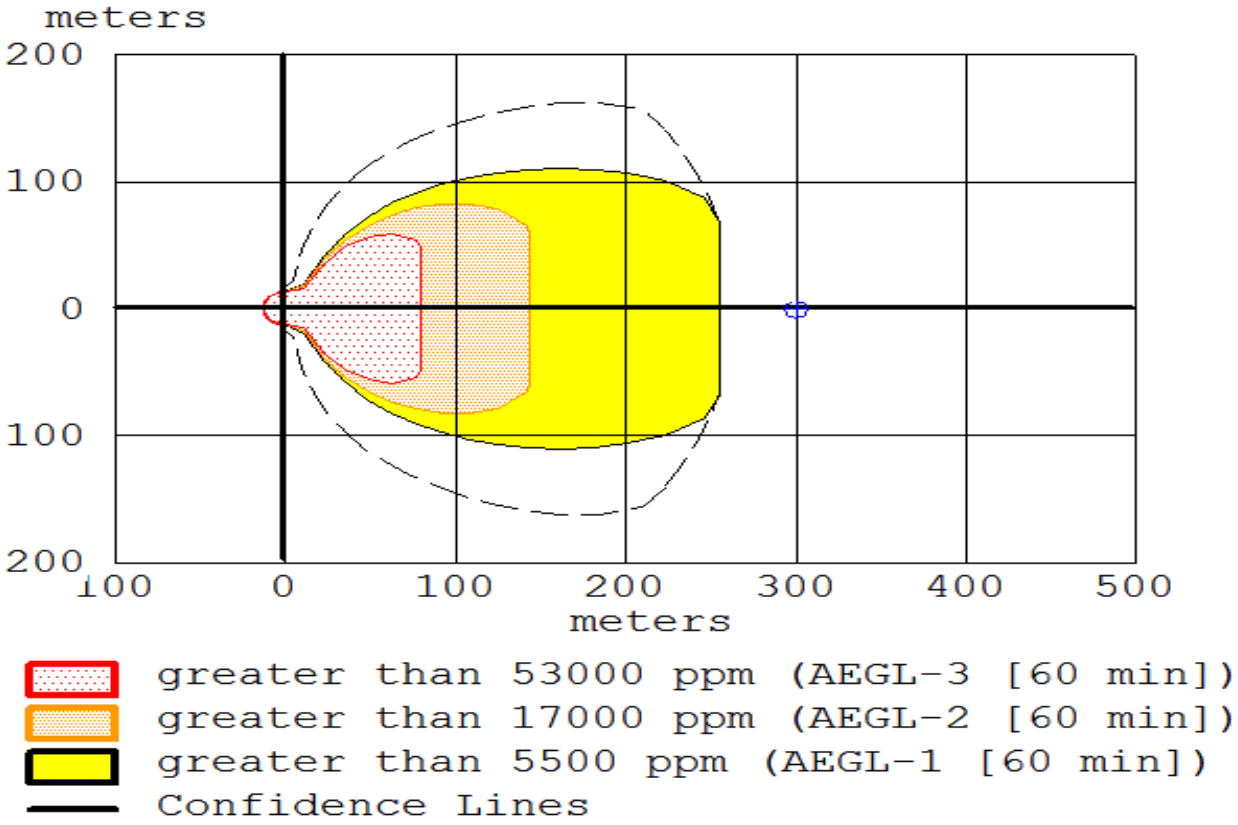
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.



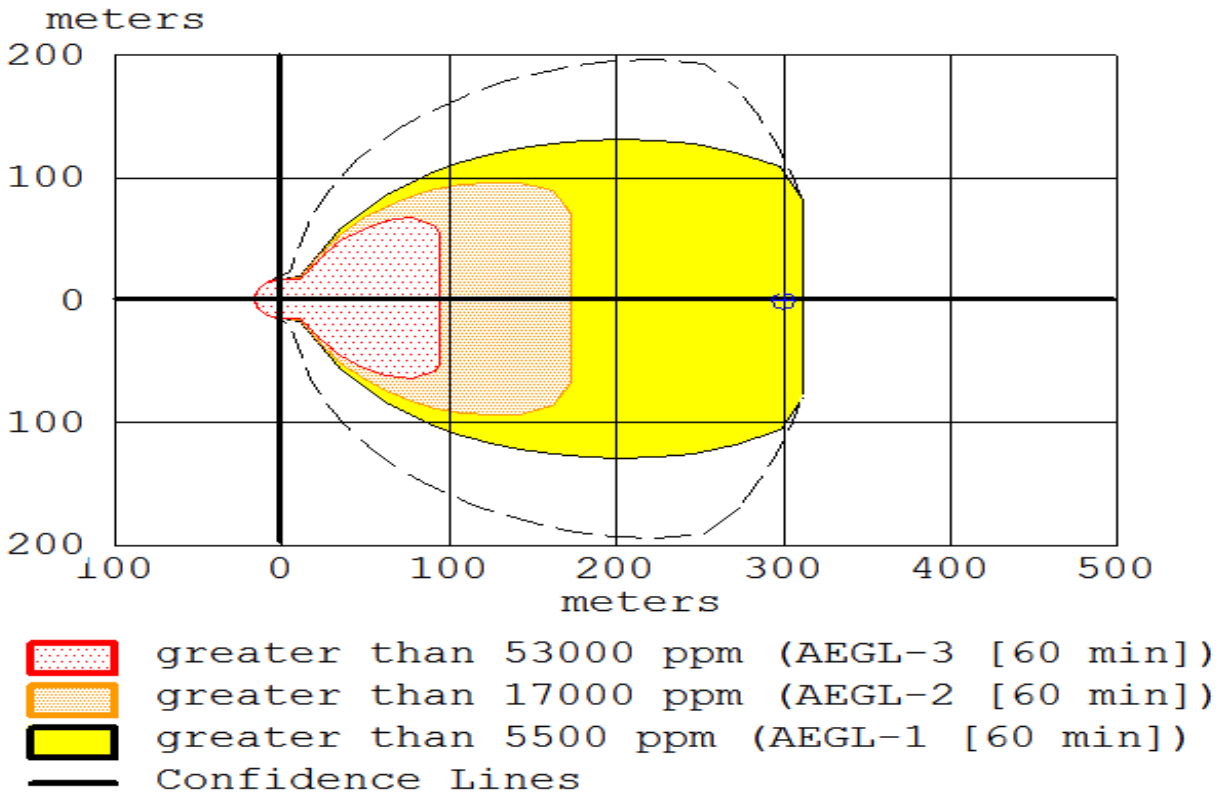
Εικόνα 39 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται φανερό ότι υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης, όπως υπολογίζεται με το μοντέλο του πυκνού αερίου, σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, πραγματοποιώντας μεταβολές ανάλογες της μεταβολές της θερμοκρασίας. Η σχέση αυτή, οφείλεται στο ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο πιο εύκολα παρασέρνεται από τον άνεμο, το βουτάνιο που έχει διαρρεύσει και το οποίο έχει την τάση να συσσωρεύεται χαμηλά στο έδαφος. Αυτό έχει καταλυτική επίδραση και στην διαμόρφωση των ζωνών κινδύνου.

Αν, κατά την μελέτη αυτού του σεναρίου, θεωρηθεί ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος την στιγμή του ατυχήματος είναι 25°C, τότε η κόκκινη ζώνη εκτείνεται ως τα 80 μέτρα μακριά από την δεξαμενή, η πορτοκαλί ως τα 144 μέτρα και η κίτρινη ως τα 256 μέτρα, με αποτέλεσμα το σημείο μελέτης να είναι σε ασφαλή περιοχή.



Εικόνα 40 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C



Εικόνα 41 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C

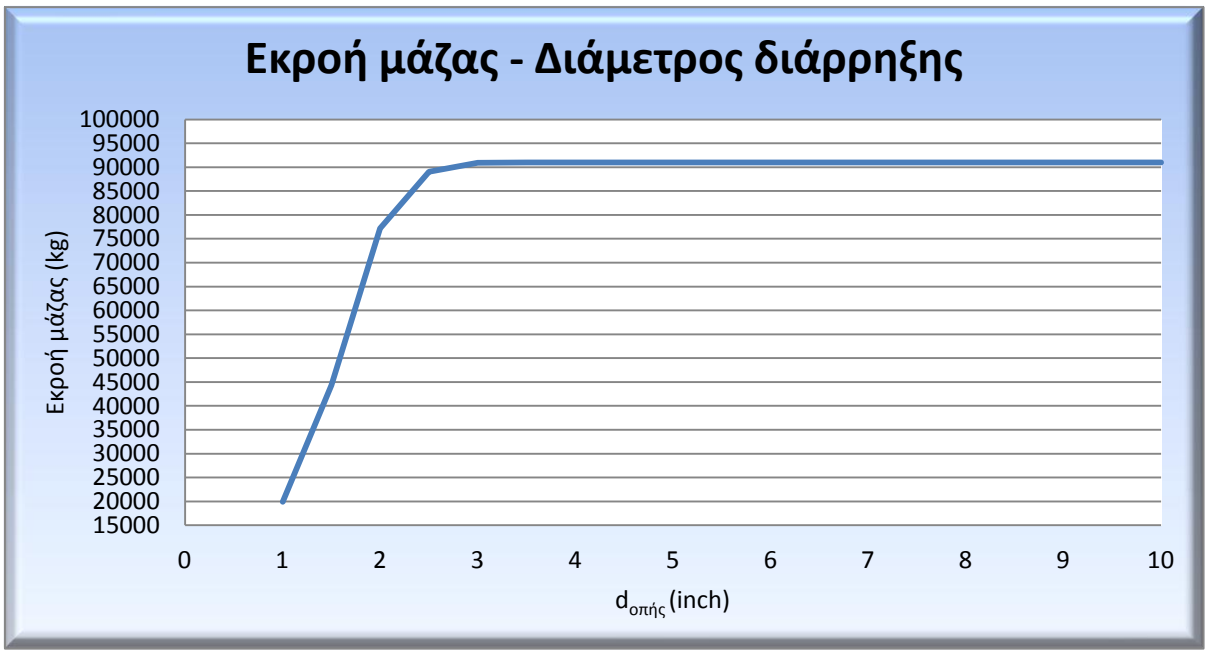
4.3.1.2.1.3 **Διάμετρος διάρρηξης**

Η διάμετρος της διάρρηξης αποτέλεσε, όπως και στα προηγούμενα σενάρια, αντικείμενο μελέτης στην ανάλυση ευαισθησίας. Θεωρώντας, σταθερή ταχύτητα ανέμου 3,06 m/s και θερμοκρασία περιβάλλοντος 29°C, η διάμετρος της διάρρηξης λάμβανε τιμές από 1 έως 10 ίντσες (2,54-25,4 cm).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το ALOHA παρουσιάζονται στο διάγραμμα της εικόνας 42, όπου γίνεται φανερό, ότι όσο αυξάνεται η διάμετρος της διάρρηξης, αυξάνεται και η συγκέντρωση του βουτανίου στο σημείο μελέτης, 300 μέτρα από την διαρρηγμένη δεξαμενή.

Εικόνα 42 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

Στην εικόνα 43, δίνεται το διάγραμμα που συνδέει την διάμετρο της διάρρηξης με την μάζα που εκρέει από την δεξαμενή. Η μάζα του βουτανίου που διαρρέει από την δεξαμενή αυξάνεται, όσο αυξάνεται και η διάμετρος της διάρρηξης, αλλά για διάμετρο διαρροής μεγαλύτερη των 3,5 ιντσών, η ποσότητα που έχει διαρρεύσει δεν αυξάνεται περεταίρω, έχοντας φτάσει σε μια μέγιστη ποσότητα ίση με 91.015 κιλά.

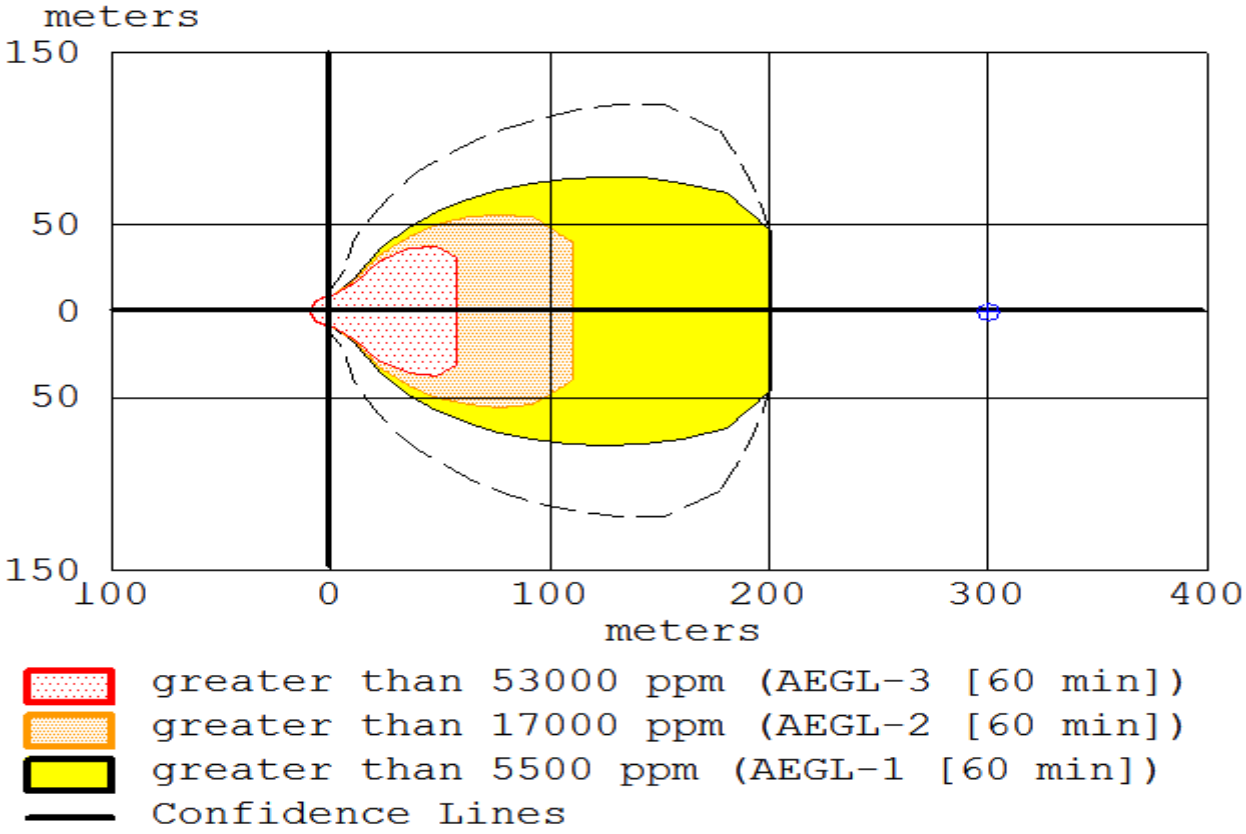


Εικόνα 43 Η μεταβολή της μάζας που εκρέει συναρτήσει της διάμετρος διάρρηξης.

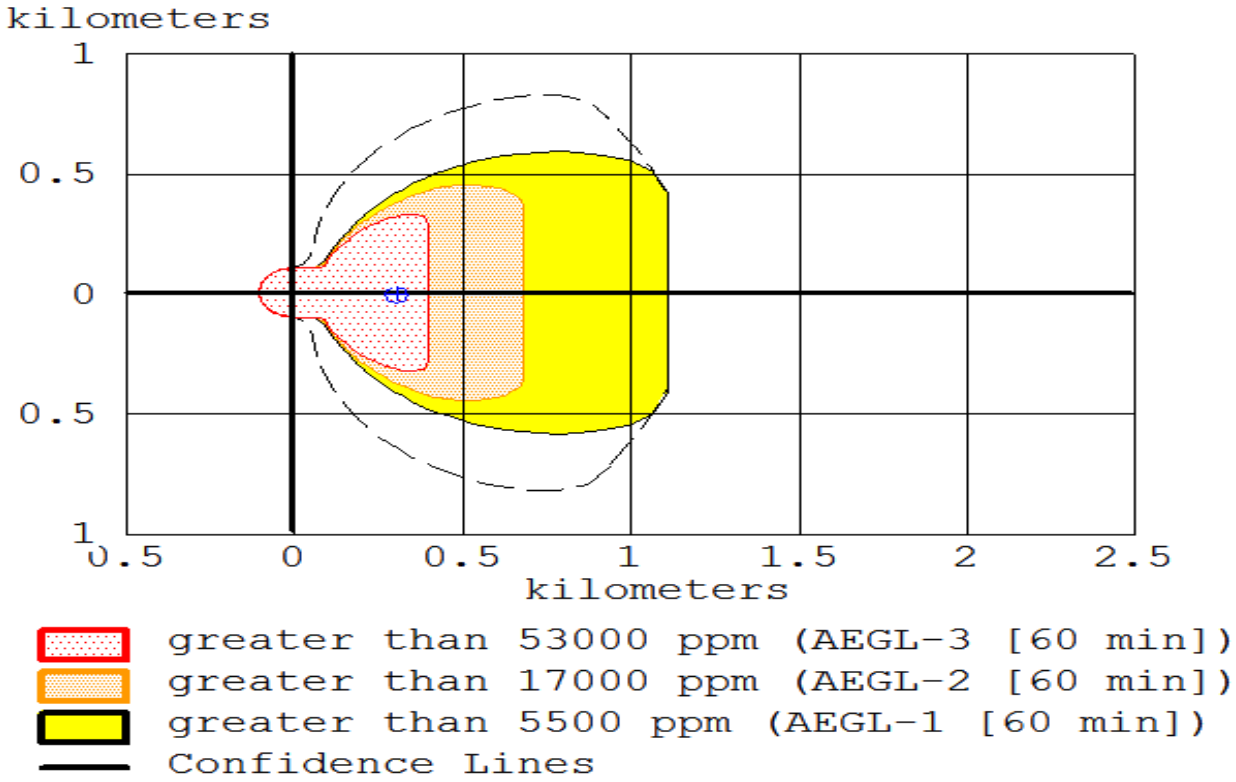
Σημαντική επίσης είναι η επίδραση της διαμέτρου της οπής και στην διαμόρφωση των επικίνδυνων περιοχών. Μια αύξηση της διάρρηξης έχει ως αποτέλεσμα μια συνεπακόλουθη αύξηση της απόστασης των ορίων των ζωνών κινδύνου.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 44, αν η διάμετρος της διάρρηξης είναι 2 ίντσες, η επικίνδυνη περιοχή (κόκκινη ζώνη) εκτείνεται ως τα 59 μέτρα, η ζώνη μεσαίου κινδύνου ως τα 111 μέτρα και η λιγότερο επικίνδυνη ζώνη ως τα 201 μέτρα, με αποτέλεσμα το σημείο στο οποίο εκτελείται η ανάλυση ευαισθησίας να βρίσκεται σε ασφαλή περιοχή. (Εικόνα 44)

Εάν, όμως, η διάμετρος της διάρρηξης επεκταθεί στις 10 ίντσες (25,4 cm), το σημείο μελέτης βρίσκεται εντός των ορίων της κόκκινης ζώνης, η οποία τώρα φτάνει ως και 402 μέτρα μακριά από την πηγή, η πορτοκαλί ως τα 683 μέτρα, ενώ η κίτρινη ζώνη ως τα 1.100 μέτρα. (Εικόνα 45)



Εικόνα 44 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=2 inches



Εικόνα 45 Ζώνες κινδύνου όταν $d_{οπής}$=10 inches

4.4 Εξάτμιση υγρού από λίμνη

4.4.1 Περιγραφή του ατυχήματος

Το σενάριο αφορά την δημιουργία λίμνης από προπάνιο που έχει διαρρεύσει. Η λίμνη έχει διάμετρο 40,43 μέτρα και το μέσο βάθος της είναι 50 εκατοστά, ενώ το έδαφος είναι τσιμέντο. Στην περιοχή του ατυχήματος φυσάει άνεμος Νοτιοανατολικός, ενώ η υγρασία είναι 43%.

Επίσης, ο ρυθμός αερισμού επιλέχθηκε από το λογισμικό ίσος με 0,54 και οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με το μοντέλο του πυκνού αερίου.

4.4.1.1.1 Ανάλυση Ευαισθησίας

4.4.1.1.1.1 Ταχύτητα ανέμου

Θεωρώντας, σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος ίση με 27°C μελετήθηκε πώς επηρεάζεται η συγκέντρωση του αερίου καθώς και ο ρυθμός εξάτμισης, όπως υπολογίστηκε για χρονική διάρκεια 60 λεπτών, όταν μεταβάλλεται ο άνεμος για ένα εύρος ταχυτήτων από 1 έως 10 m/s.

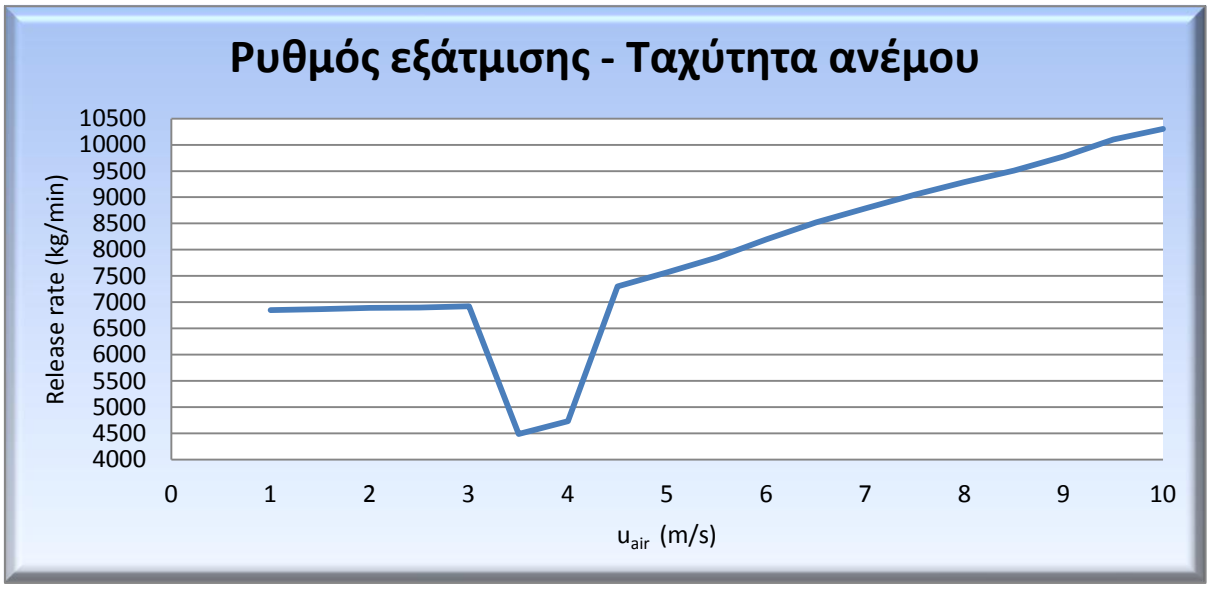
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

Εικόνα 46 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του προπανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της εικόνας 46, η κλίση της συγκέντρωσης του προπανίου είναι αρνητική, ακολουθώντας μια κατά προσέγγιση εκθετική συμπεριφορά, ως προς τη μεταβολή του ανέμου. Όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι 3,5 m/s, η καμπύλη πραγματοποιεί μια απότομη πτώση, η πορεία της οποία

ανακόπτεται για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 4,5 m/s. Αυτή η συμπεριφορά οφείλεται σε κάποια αστάθεια του μοντέλου.

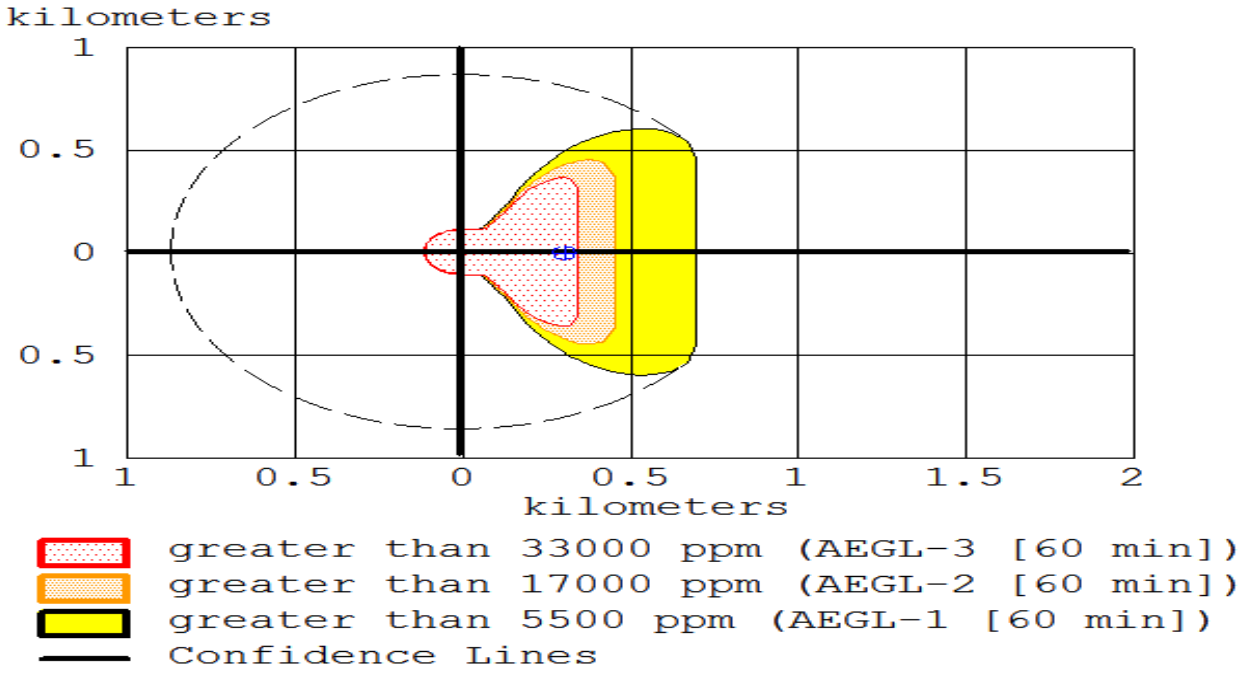
Επιπλέον, όπως φαίνεται στην εικόνα 47, ο ρυθμός εξάτμισης μεταβάλλεται, κατά κύριο λόγο, γραμμικά με την μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου. Όπως, όμως, και στην περίπτωση της μεταβολής της συγκέντρωσης σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου, έτσι και σε αυτή την περίπτωση, η καμπύλη παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά για άνεμο ταχύτητας 3,5 – 4,5 m/s, ενώ για μεγαλύτερες τιμές η καμπύλη συνεχίζει την ανοδική της πορεία.



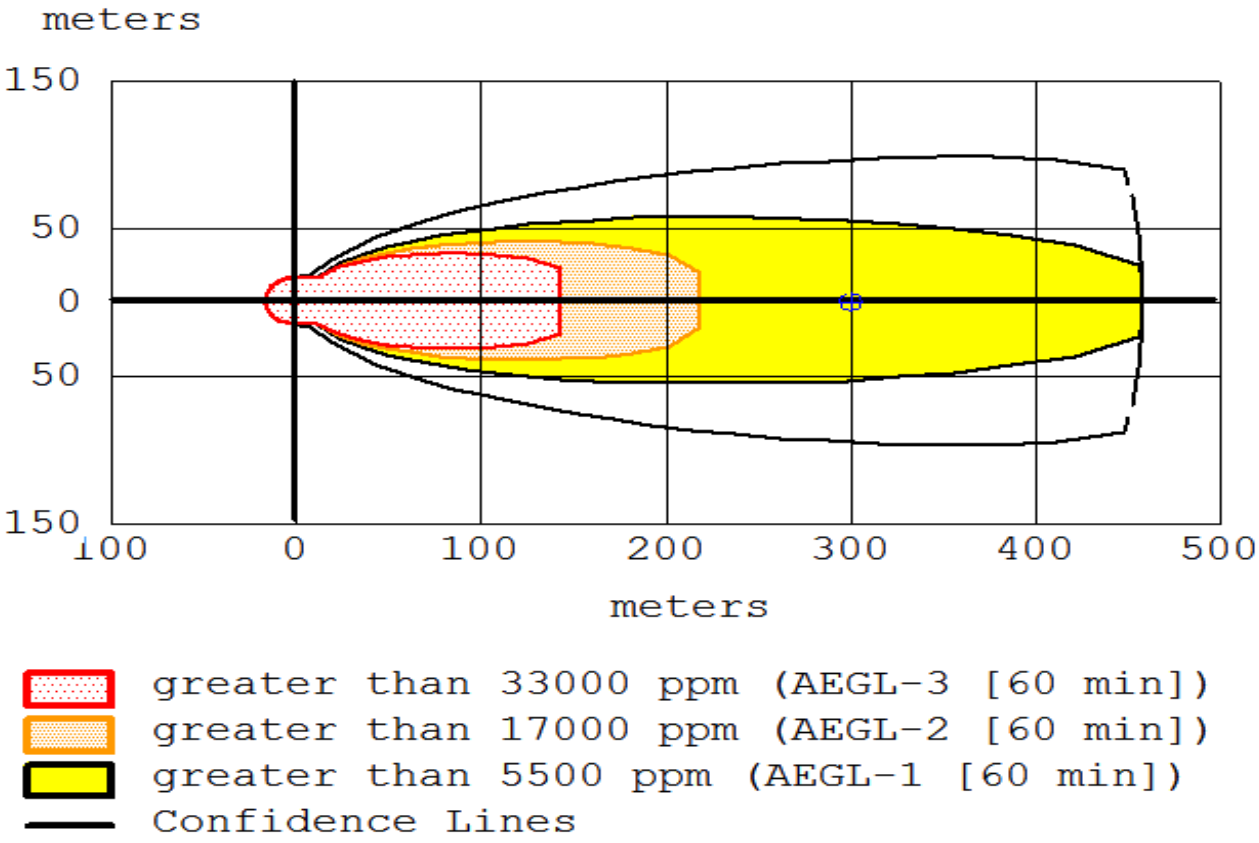
Εικόνα 47 Η μεταβολή του ρυθμού εξάτμισης του προπανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου.

Όπως και στα σενάρια όπου έχει συμβεί διάρρηξη δεξαμενής, με αποτέλεσμα να εκρέει το αποθηκευμένο υγρό, έτσι και σε αυτή την περίπτωση, η ταχύτητα του ανέμου έχει σημαντική επίδραση στην διαμόρφωση των επικίνδυνων περιοχών.

Ενδεικτικά, για ταχύτητα ανέμου 1m/s τα όρια αυτών των περιοχών είναι στα 347 μέτρα η κόκκινη, μέσα στην οποία, είναι το σημείο πραγματοποίησης της ανάλυσης ευαισθησίας στα 458 μέτρα η πορτοκαλί και στα 703 μέτρα η κίτρινη (εικόνα 48), για ταχύτητα ανέμου 10 m/s οι αποστάσεις είναι 143, 219 και 458 μέτρα αντίστοιχα (εικόνα 49), θέτοντας το σημείο μελέτης στην μεσαίου κινδύνου ζώνη.



Εικόνα 48 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=1 m/s.



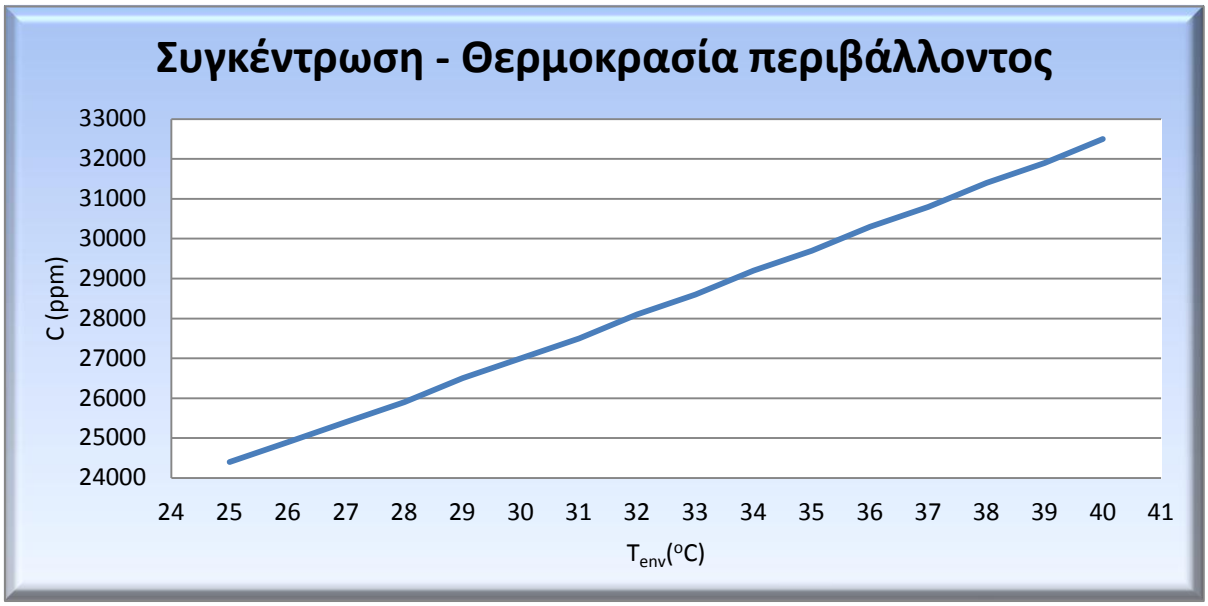
Εικόνα 49 Ζώνες κινδύνου όταν u_{air}=10 m/s.

4.4.1.1.1.2 **Θερμοκρασία Περιβάλλοντος**

Μια άλλη παράμετρος που μελετήθηκε είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και πώς επιδρά η μεταβολή της στην συγκέντρωση του αερίου και τον ρυθμό

εξάτμισης του. Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε θεωρώντας σταθερή ταχύτητα ανέμου και ίση με 2,24 m/s, ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λάμβανε τιμές από 25 ^{o}C έως 40 ^{o}C.

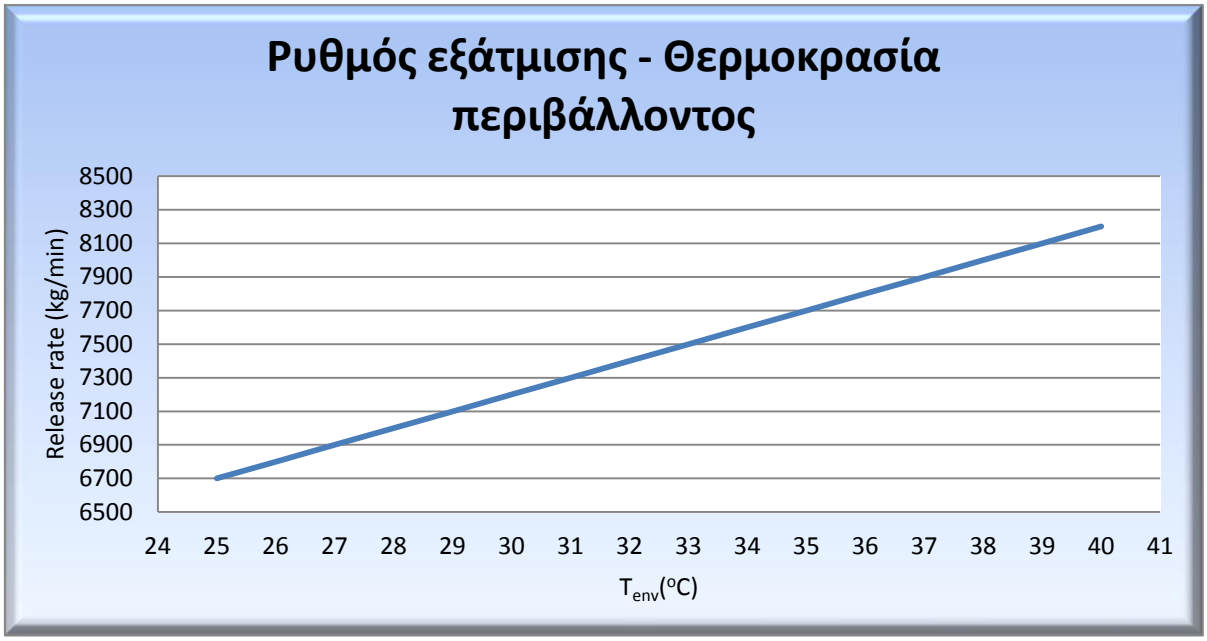
Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.



Εικόνα 50 Η μεταβολή της συγκέντρωσης του αερίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Η συγκέντρωση του προπανίου, 300 μέτρα μακριά από την λίμνη κατά τη διεύθυνση του ανέμου, μεταβάλλεται γραμμικά σε σχέση με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, λόγω της αντιστρόφως ανάλογης σχέσης που συνδέει την πυκνότητα και την θερμοκρασία, με αποτέλεσμα, με δεδομένη ταχύτητα ανέμου, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο πιο εύκολα παρασύρεται το προπάνιο.

Ανάλογη πορεία, εμφανίζει και ο ρυθμός εξάτμισης, ο οποίος μεταβάλλεται γραμμικά συναρτήσει της θερμοκρασίας. Λόγω της μεγάλης ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης (127 m^2 περίπου), οποιαδήποτε αύξηση θερμοκρασίας, έχει ως αποτέλεσμα να εξατμίζεται όλο και περισσότερη ποσότητα προπανίου.

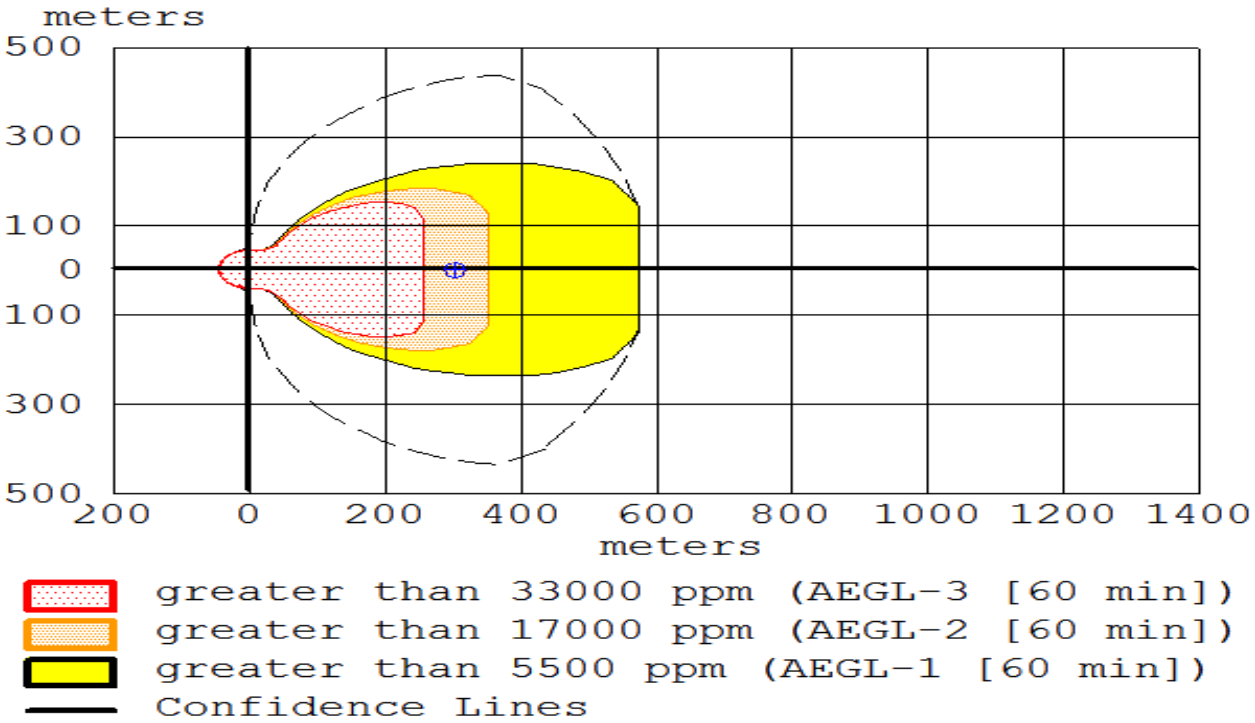


Εικόνα 51 Η μεταβολή του ρυθμού εξάτμισης του προπανίου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

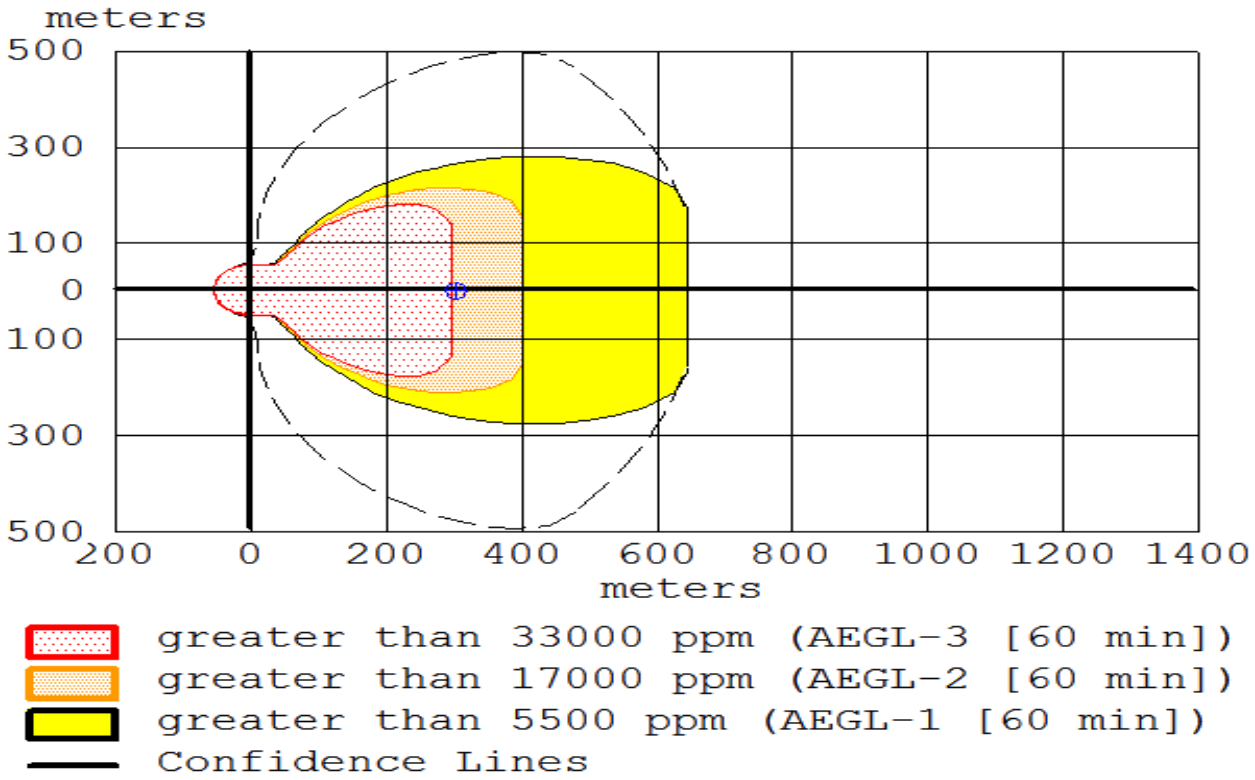
Καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία, δεν σημειώνεται κάποια μεγάλη αλλαγή στην έκταση την οποία καλύπτει η κάθε ζώνη κινδύνου. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 52, εάν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 25°C, η κόκκινη ζώνη εκτείνεται ως τα 259 μέτρα από την πηγή, η πορτοκαλί ως τα 355 μέτρα και η κίτρινη και λιγότερο επικίνδυνη ως τα 578 μέτρα. Εάν αυξηθεί η θερμοκρασία στους 40 ^{o}C (εικόνα 53), οι αντίστοιχες περιοχές εκτείνονται ως τα 297, 403 και 645 μέτρα αντίστοιχα.

Παρατηρείται λοιπόν μια μικρή μεταβολή της απόστασης που καλύπτει η κάθε ζώνη, η οποία είναι της τάξης των 51 μέτρων κατά μέσο όρο, όταν η αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας είναι 15°C.

Έτσι, σε απόσταση 300 μέτρων, κατά την οριζόντια διεύθυνση του ανέμου, από την πηγή, η συγκέντρωση που υπολογίστηκε κατατάσσει την περιοχή στην κίτρινη ζώνη, όπου υπάρχει μικρή επικινδυνότητα, για οποιαδήποτε θερμοκρασία που βρίσκεται εντός του εύρους θερμοκρασιών, στις οποίες πραγματοποιήθηκε η ανάλυση ευαισθησίας.



Εικόνα 52 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=25°C



Εικόνα 53 Ζώνες κινδύνου όταν T_{env}=40°C

5 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστίασε στην μελέτη τριών διαφορετικών πιθανών σεναρίων εκδήλωσης ατυχήματος σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου, καθώς και στην εκτίμηση της επίδρασης που έχει η μεταβολή ορισμένων παραγόντων, στην επικινδυνότητα του ατυχήματος σε ένα σημείο το οποίο βρίσκεται 300 μέτρα ανάντη από την πηγή.

Από την ανάλυση της ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα πιθανό σενάριο, εξάχθηκαν ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία είναι τα εξής:

- ✓ Η ταχύτητα του ανέμου που πνέει στην περιοχή του ατυχήματος, αποτελεί ένα παράγοντα με καταλυτική επίδραση στην εκτίμηση της επικινδυνότητας του ατυχήματος. Σε κάθε σενάριο που μελετήθηκε, η υπολογιζόμενη συγκέντρωση στο σημείο μελέτης, παρουσίαζε εκθετικά μειούμενη συμπεριφορά συναρτήσει της αυξανόμενης έντασης του ανέμου. Επίσης, στην περίπτωση όπου έχουμε τον σχηματισμό λίμνης από το υγρό που έχει εκρεύσει, ο ρυθμός εξάτμισης μεταβάλλεται αναλόγως με την ταχύτητα του ανέμου. Όσο δυνατότερος είναι ο άνεμος στην περιοχή όπου εκδηλώνεται το βιομηχανικό ατύχημα, τόσο μεγαλύτερη είναι η διασπορά της ουσίας που εκρέει, που στην προκειμένη περίπτωση τόσο το βουτάνιο, όσο και το προπάνιο, λόγω μεγαλύτερου βάρους από τον ατμοσφαιρικό αέρα έχουν την τάση να συσσωρεύονται στο έδαφος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του κινδύνου, η οποία αντικατοπτρίζεται και στην απεικόνιση των ζωνών κινδύνου, οι οποίες μειώνονται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου.
- ✓ Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος φαίνεται να επιδρά γραμμικά στην υπολογιζόμενη συγκέντρωση. Από τις αναλύσεις ευαισθησίας των σεναρίων που μελετήθηκαν, προέκυψε ότι τόσο η συγκέντρωση, όσο και ο ρυθμός εξάτμισης από λίμνη, αυξάνονται όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αυτή η συμπεριφορά, οφείλεται στην πυκνότητα, η οποία μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, με αποτέλεσμα με σταθερή ταχύτητα ανέμου, να παρασύρεται πιο εύκολα η ουσία που έχει κατακάτσει. Παρόλη όμως την σημαντική επίδραση, της θερμοκρασίας στην υπολογιζόμενη συγκέντρωση, δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή των ζωνών κινδύνου στις μεταβολές της θερμοκρασίας, οι οποίες παρουσιάζουν ανάλογου προσήμου μεταβολή.

- ✓ Η διάμετρος διάρρηξης έχει επίσης σημαντική επίδραση στην συγκέντρωση που καταγράφεται καθώς επίσης και στην ποσότητα της μάζας που διαρρέει. Όπως, είναι αναμενόμενο, όσο μεγαλύτερη είναι η διατομή της αστοχίας στην δεξαμενή, τόσο περισσότερη ποσότητα διαρρέει, με αποτέλεσμα να καταγράφονται μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης, καθώς επίσης αυξάνεται και η περιοχή που καλύπτουν οι ζώνες κινδύνου.
- ✓ Οι συγκεντρώσεις που υπολογίστηκαν από το λογισμικό είναι μεγαλύτερες όταν η αστοχία βρίσκεται χαμηλά στην δεξαμενή, σε σχέση με την περίπτωση που είναι ψηλά. Έτσι, για το σενάριο με τη σφαιρική δεξαμενή, οι συγκεντρώσεις που υπολογίστηκαν, όταν έχουμε διάρρηξη χαμηλά, είναι κατά μέσο όσο 2,3 φορές μεγαλύτερες σε σχέση με το αν σημειώνεται διαρροή ψηλά στη δεξαμενή. Στην περίπτωση της οριζόντιας κυλινδρικής δεξαμενής, ο λόγος αυτός ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 1,2.
- ✓ Το λογισμικό παρουσίασε κάποιες αστάθειες, κατά την μελέτη των σεναρίων, οι οποίες προκαλούσαν μη λογικές συμπεριφορές στην μεταβολή της συγκέντρωσης συναρτήσει ορισμένων παραμέτρων καθώς επίσης δεν του επέτρεπαν τον υπολογισμό και την απεικόνιση των ζωνών κινδύνου σε ορισμένες περιπτώσεις.

6 Βιβλιογραφία

1. Υπουργική Απόφαση: Αριθ. Δ3/14858/93 - Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών διαμόρφωσης, σχεδίασης, κατασκευής, ασφαλούς λειτουργίας και πυροπροστασίας εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου καθώς και εγκαταστάσεων για τη χρήση αυτού σε βιομηχανικές, βιοτεχνικές και επαγγελματικές δραστηριότητες.(ΦΕΚ 477/Β/1-7-93)
2. http://www.ntailianisgas.gr
3. http://www.worldlpgas.com/
4. http://www.viakel.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=8
5. http://www.extraordinaryroadtrip.org/research-library/technology/liqufied-petroleum/ad-draw.asp
6. http://www.aegpl.eu/
7. http://ec.europa.eu/environment/seveso/index.htm
8. «THE SEVESO II DIRECTIVE», Jürgen Wettig, Sam Porter, 1999
9. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-897_el.htm
10. «Επιμόρφωση στελεχών και εκπαιδευτικών περιβαλλοντικής εκπαίδευσης», Ε. Κουτσόπουλος, Αθήνα 2006
11. http://www.minenv.gr/1/12/121/12102/g1210231.html
12. http://civilprotection.pamth.gov.gr/civ/nomothesia/nomothesia_titlos/%CE%93%CE%93%CE%A0%CE%A0%20%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%99%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A9%CE%A0%CE%99%CE%A3%CE%97%20%CE%9A%CE%99%CE%9D%CE%94%CE%A5%CE%9D%CE%A9%CE%9D%20%CE%91%CE%A0%CE%9F%20%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%9C%CE%95%20%28SEVESO%29.pdf
13. «Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης», Γεωργιάδου Παρασκευή, Κέντρο Ασφάλειας της Εργασίας του ΕΛΙΝΥΑΕ
14. http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/376b_07.1174993333049.pdf
15. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-897_el.htm?locale=FR
16. «Ατμοσφαιρική Διάχυση και Διασπορά», σελ. 66-68, Δημήτρης Μελάς, Θεσσαλονίκη 2012
17. «Ατμόσφαιρα – Ατμοσφαιρική Ρύπανση», σελ. 126-127, Ιωάννης Ζιώμας, Αθήνα 2007

18. «Στάθμιση Διακινδύνευσης και Διαχείριση Ασφάλειας στις Βιομηχανίες Διεργασιών», σελ. 53-62, Φώτης Ρήγας, Αθήνα 2009

19. http://www.firesecurity.gr/bibliothiki/biomasf22.htm

20. Διδακτορική Διατριβή «Διερεύνηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης σε Χημικές Εγκαταστάσεις», σελ. 61, Σπυρίδωνας Σκλαβούνος, Αθήνα 2006

21. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety: Industries and occupations, Volume 3, σελ. 102.58-102.59, Geneva 1998, Jeanne Mager Stellman

22. http://chemistry.about.com/od/factsstructures/ig/Chemical-Structures---P/Propane.-hxh.htm (Εικόνα 1)

23. http://chemistry.about.com/od/factsstructures/ig/Chemical-Structures---B/Butane.-hxi.htm (Εικόνα 2)