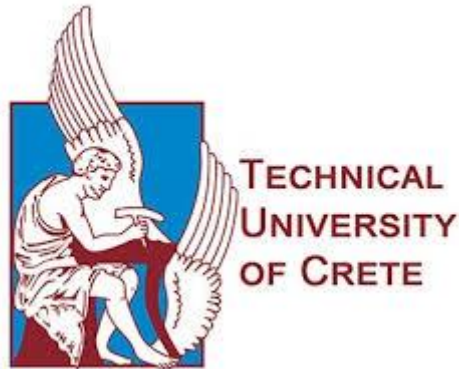


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΚΑΛΥΜΝΟΥ

Risk assessment study in Kalymnos LPG site

ΓΑΛΟΥΖΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου σε προπτυχιακό επίπεδο στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Θα ήθελα λοιπόν σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσω όσους με βοήθησαν να ολοκληρώσω αυτόν τον κύκλο.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κύριο Παπαδάκη Γεώργιο, για την εμπιστοσύνη, την βοήθεια, την κατανόηση και την υπομονή που έδειξε απέναντί μου όλο αυτό το διάστημα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την εταιρία υγραερίων ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε για την εμπιστοσύνη τους και την παροχή πληροφοριών, καθώς και την δημαρχία Καλύμνου για την πρόσβαση σε τοπογραφικά διατάγματα του αρχείου της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αγάπη και την υποστήριξη που μου έδωσαν όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την Έλλη και το Μάνο για την βοήθεια τους.

Γαλουζής Νικόλαος

Περίληψη

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα μελετηθεί η εγκατάσταση υγραερίων ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε η οποία βρίσκεται στα Γιαννοχώραφα Καλύμνου. Στόχος μας είναι η εκτίμηση του βαθμού επικινδυνότητας της εγκατάστασης και η δημιουργία ζωνών προστασίας (consultation zones) για τις χρήσεις στην ευρύτερη περιοχή.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά τόσο η υφιστάμενη εγκατάσταση ,όσο και ο μελλοντικός σχεδιασμός επέκτασής της. Στην συνέχεια αναφέρονται οι ποσότητες και τα είδη των επικίνδυνων ουσιών που χρησιμοποιούνται , καθώς και εγκυμονούντες κίνδυνοι για την υγεία και το περιβάλλον. Τέλος περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η παραλαβή, η αποθήκευση και η διακίνηση του υγραερίου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η γεωγραφική θέση της εγκατάστασης, η πρόσβαση σε αυτή, οι κοντινοί οικισμοί και οι γειτονικές χρήσεις γης. Επίσης παρατίθενται μετεωρολογικά δεδομένα ,καθώς και τοπογραφικά διατάγματα και δορυφορικές εικόνες της περιοχής.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά σε ατυχήματα που συνέβησαν σε άλλες χώρες στο παρελθόν ,και στην συνέχεια αναλύονται τα σενάρια , οι αιτίες διαφυγών του υγραερίου και τα μέτρα προστασίας από πιθανά ατυχήματα.

Στην συνέχεια του τρίτου, στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι επιπτώσεις διαφυγής του υγραερίου, κατηγοριοποιούνται οι κίνδυνοι και επεξηγούνται τα πολλαπλασιαστικά φαινόμενα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο χρησιμοποιείται ποσοτικοποίηση επικινδυνότητας με αποδεκτά κριτήρια και λογισμικό QRA (Quantitative Risk Assessment) εισάγοντας ως κύρια δεδομένα τις ζώνες επιπτώσεων σεναρίων μεγάλων ατυχημάτων και συχνότητες αστοχίας του υφιστάμενου εξοπλισμού.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο γίνεται σύγκριση των δυσμενέστερων σεναρίων της υπάρχουσας μελέτης ασφαλείας με τα αποτελέσματα της εργασίας και απεικονίζονται σε υπόβαθρο οι επιτρεπτές χρήσεις γης στην περιοχή μετά από την επέκταση της δυναμικότητας της μονάδας.

Πίνακας περιεχομένων

Παραρτήματα.....	7
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	10
1.1. Υφιστάμενη εγκατάσταση και σχεδιασμός επέκτασης.....	10
1.2. Ποσότητες και είδη επικίνδυνων ουσιών της εγκατάστασης.....	15
1.3. Παραλαβή- Αποθήκευση –Διακίνηση υγραερίου.....	20
2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	22
2.1. Περιγραφή γεωγραφικής θέσης εγκατάστασης	22
2.2. Πρόσβαση στην εγκατάσταση- Δίκτυα μεταφορών.	23
2.3. Οικισμοί – χρήσεις γης- γειτονικές επιχειρήσεις.	23
2.4. Μετεωρολογικά δεδομένα – Ρόδο ανέμου (wind rose) περιοχής.	25
3. ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ.....	28
3.1. Ατυχήματα που συνέβησαν σε άλλες χώρες στο παρελθόν.....	28
3.2. Σενάρια και αιτίες διαφυγών υγραερίου.....	32
3.3. Κατάλογος σεναρίων διαφυγών.	34
3.4. Μέτρα προστασίας από ατυχήματα.	36
4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ	38
4.1. Κατηγορίες κινδύνων	38
4.1.1. Φωτιά λίμνης.....	39
4.1.2. Πύρινη σφαίρα	40
4.1.3. Γλώσσα φωτιάς (jet flame).....	42
4.1.4. Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους	42
4.1.5. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους.....	43
4.2. Πολλαπλασιαστικά φαινόμενα (Domino).....	44
5. ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	46
5.1. Δημιουργία υποβάθρου	46
5.2. Λογισμικό QRA	48
5.3. Αποτελέσματα	53
6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	62
6.1. Οδηγίες SEVESO/ SEVESO III (ΚΥΑ 172058/ 17.2.2016)	62
6.2. Σύγκριση Αποτελεσμάτων.....	67
7. Βιβλιογραφία.....	71

Παραρτήματα

σχήμα 1.1.....	13
σχήμα 1.2.....	13
σχήμα 2.1.....	26
σχήμα 4.1.....	38
σχήμα 4.2.....	39
σχήμα 5.1.....	50
σχήμα 5.2.....	50
σχήμα 5.3.....	51
σχήμα 5.4.....	51
σχήμα 5.5.....	52
σχήμα 5.6.....	52

Πίνακας 1.1.....	14
Πίνακας 1.2.....	15
Πίνακας 1.3.....	15
Πίνακας 1.4.....	16
Πίνακας 1.5.....	17
Πίνακας 1.6.....	18
Πίνακας 1.7.....	20
Πίνακας 2.1.....	26
Πίνακας 3.1.....	28
Πίνακας 3.2.....	29
Πίνακας 3.3.....	30
Πίνακας 3.4.....	31
Πίνακας 3.5.....	34
Πίνακας 3.6.....	35
Πίνακας 5.1.....	48
Πίνακας 5.2.....	49
Πίνακας 6.1.....	63
Πίνακας 6.2.....	63
Πίνακας 6.3.....	67

Εικόνα 1.1	11
Εικόνα 2.1	23
Εικόνα 2.2	25
Εικόνα 4.1 pool fire	40
Εικόνα 4.2 bleve	41
Εικόνα 4.3 jet flame.....	42
Εικόνα 4.4 flash fire	43
Εικόνα 4.5 U.V.C.E	43
Εικόνα 5.1	46
Εικόνα 5.2	47
Εικόνα 5.3	47
Εικόνα 6.1.....	63
Εικόνα 6.2 (μελέτη ασφαλείας)	70
Εικόνα 6.3 (διπλωματική- προπάνιο).....	70
διάγραμμα 5.1 (σχέση ακτινοβολίας-απόστασης)	55
διάγραμμα 5.2(σχέση θερμικού φορτίου -απόστασης)	56
διάγραμμα 5.3 (ζώνες επικινδυνότητας)	57
διάγραμμα 5.4 (σχέση ακτινοβολίας -απόστασης).....	59
διάγραμμα 5.5 (σχέση θερμικού φορτίου-απόστασης)	60
διάγραμμα 5.6(ζώνες επικινδυνότητας)	61
σχέδιο 2.1	22

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1.1.Υφιστάμενη εγκατάσταση και σχεδιασμός επέκτασης

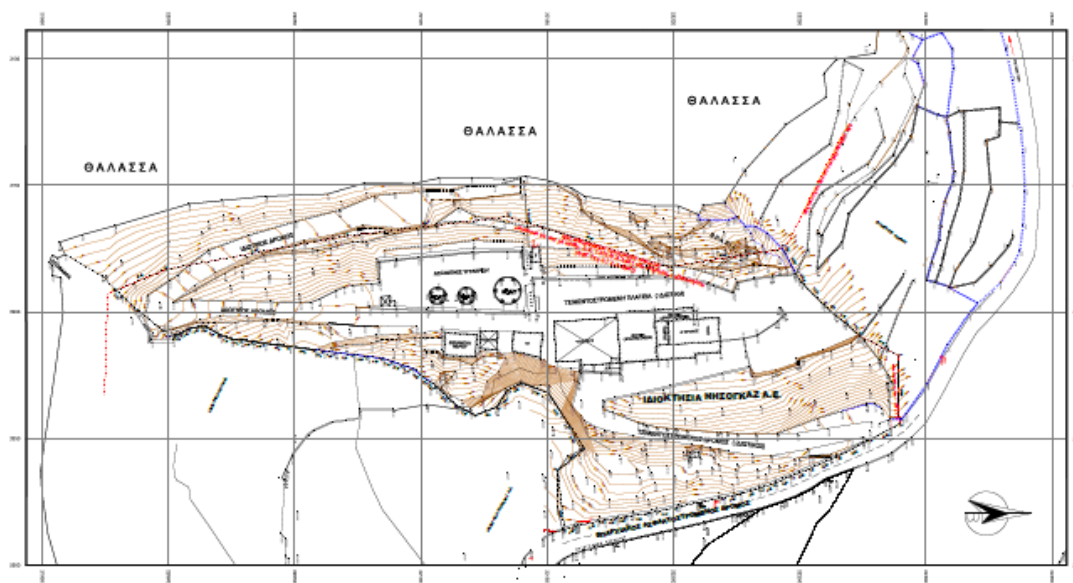
Η εγκατάσταση αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου της ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε. είναι εγκατεστημένη στη θέση Γιαννοχώραφα επί της επαρχιακής οδού Πόθιας-Βαθύ στο νησί της Καλύμνου . Η υφιστάμενη εγκατάσταση διαθέτει τρεις σφαιρικές δεξαμενές υγραερίου με όγκους 500 m³ (Δ1) , 120 m³ (Δ2) και 120 m³ (Δ3) αντίστοιχα, ενώ υπάρχει σχεδιασμός της εταιρείας για επέκταση της αποθηκευτικής δυναμικότητας της εγκατάστασης , με την προσθήκη: μιας (1) σφαιρικής δεξαμενής υγραερίου όγκου 500 m³, μιας (1) σφαιρικής δεξαμενής υγραερίου 120 m³ , τεσσάρων (4) οριζόντιων κυλινδρικών δεξαμενών όγκου έκαστης 100 m³ και δύο (2) οριζόντιων κυλινδρικών δεξαμενών υγραερίου όγκου έκαστης 200 m³. Η νέα εγκατάσταση της ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε. που θα προκύψει θα περιλαμβάνει :

- δύο (2) σφαιρικές δεξαμενές υγραερίου υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όγκου έκαστης 500 m³,
- τρεις (3) σφαιρικές δεξαμενές υγραερίου υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όγκου έκαστης 120 m³ ,
- τέσσερις (4) οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές υγραερίου υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όγκου έκαστης 100 m³,
- δύο (2) οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές υγραερίου υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όγκου έκαστης 200 m³

Επιπλέον στην διάθεση της εγκατάστασης υπάρχουν :

- γεμιστήριο (θέση φόρτωσης) βυτιοφόρου οχήματος,
- αντλιοστάσια υγραερίου,
- εμφιαλωτήριο φιαλών δυναμικότητας 800 φιαλών/ημέρα των 15 kg/φιάλη,
- συνεργείο ελέγχου φιαλών (ΣΕΦ) και βαφείο φιαλών υγραερίου δυναμικότητας 50 φιαλών/ημέρα,
- γραφεία,
- οικία για τον φύλακα της εγκατάστασης.

Στην παρακάτω εικόνα 1.1 βλέπουμε το τοπογραφικό διάγραμμα της υφιστάμενης εγκατάστασης.



Εικόνα 1.1

Η εγκατάσταση είναι κτισμένη στο πρανές λόφου και διαθέτει 2 επίπεδα. Στο επίπεδο των 25 m από το επίπεδο της θάλασσας, βρίσκονται πέντε (5) σφαιρικές δεξαμενές, τέσσερις (4) οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές, το κτιριακό συγκρότημα των γραφείων/ οικίας φύλακα (1ος όροφος), ΣΕΦ/ βοηθητικών αποθηκών (ισόγειο), παραπλεύρως του οποίου και σε άμεση επαφή με αυτό βρίσκεται το εμφιαλωτήριο, ενώ σε κοντινή απόσταση βρίσκεται το αντλιοστάσιο πυροπροστασίας και η υπέργεια δεξαμενή νερού.

Σε υψηλότερο επίπεδο του πρανούς (περίπου 38 m. από το επίπεδο της θάλασσας) είναι εγκατεστημένες δύο (2) οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές της εγκατάστασης. Όλες οι παραπάνω περιοχές είναι τσιμεντοστρωμένες. Χωματόδρομος οδηγεί από τη θέση φόρτωσης βυτιοφόρων στην ακτή στο σημείο όπου καταλήγουν οι σωληνώσεις τροφοδοσίας της εγκατάστασης με υγραέριο από πλοίο. Επίσης στον 1ο όροφο του κτιριακού συγκροτήματος βρίσκονται τα γραφεία και η οικία του φύλακα, η είσοδος των οποίων βρίσκεται στην ανατολική πλευρά κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης, ενώ υπάρχει δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε σημείο του ισόγειου μεταξύ εμφιαλωτηρίου και αντλιοστασίου πυροπροστασίας. Στο ισόγειο του παραπάνω κτιριακού συγκροτήματος βρίσκεται εκτός από το ΣΕΦ, η αποθήκη χρώματος βαφής φιαλών, και συνεργείο συντήρησης. Στο ίδιο επίπεδο βρίσκεται και το αντλιοστάσιο πυροπροστασίας και η υπέργεια δεξαμενή νερού πυροπροστασίας.

Αντλιοστάσια υγραερίου

Η εγκατάσταση διαθέτει δύο αντλιοστάσια, εκ των οποίων το ένα διαθέτει τρεις αντλίες με αντεκρηκτικό κινητήρα των 15 kW και καλύπτει το γεμιστήριο φιαλών και το άλλο διαθέτει

δυο αντλίες με αντεκρηκτικούς κινητήρες των 15 kW και καλύπτει το γεμιστήριο φιαλών και το γεμιστήριο Βυτιοφόρων οχημάτων.

Εμφιαλωτήριο

Η εγκατάσταση διαθέτει εμφιαλωτήριο για φιάλες μέχρι 15 kg. Οι φιάλες είναι κατακόρυφα δοχεία κυλινδρικής μορφής με σπειροσφαιρικούς ή ελλειπτικούς πυθμένες. Στον κάτω πυθμένα υπάρχει συγκολλημένη στεφάνη βάσης για την ευσταθή στήριξη της φιάλης αλλά και για την προστασία του πυθμένα. Στην κεφαλή (άνω πυθμένα) υπάρχει συγκολλημένη η χειρολαβή η οποία χρησιμεύει επίσης και ως προστασία της στρόφιγγας, που είναι βιδωμένη σε ειδική υποδοχή συγκολλημένη στο πάνω μέρος της φιάλης.

Η στρόφιγγα είναι μια γωνιακή βαλβίδα από την οποία παραλαμβάνεται το υγραέριο σε αέρια φάση (όταν η φιάλη είναι όρθια), που διοχετεύεται μέσω ειδικού ρυθμιστή και αγωγού κάποιων άλλων εξαρτημάτων προς την κατανάλωση. Από την στρόφιγγα επίσης γίνεται και η πλήρωση της φιάλης στις ειδικές εγκαταστάσεις εμφιάλωσης.

Το κτίριο του εμφιαλωτηρίου διαθέτει οροφή και είναι ανοικτό στις δυο πλευρές του για τον αερισμό του χώρου και τη διακίνηση των φιαλών. Το εμφιαλωτήριο είναι υπερυψωμένο από το έδαφος και δεν φέρει χαντάκια, οχετούς, κανάλια ή άλλα κοιλώματα στα οποία θα μπορούσε να εγκλωβιστεί ή συσσωρευτεί υγραέριο.

Η μέγιστη δυναμικότητα του εμφιαλωτηρίου είναι 800 φιάλες/ημέρα των 15 kg. Η πλήρωση των φιαλών γίνεται μέσω των αντλιών της εγκατάστασης. Η υπερβάλλουσα ποσότητα υγραερίου επιστρέφει αυτόματα στις δεξαμενές μέσω αυτόματων διαφορικών βαλβίδων πίεσης. Η μέγιστη ποσότητα των γεμάτων φιαλών που μπορούν να παραμείνουν αποθηκευμένες στο χώρο του εμφιαλωτηρίου, περιλαμβάνει 120 φ. των 10 kg/φ (1.200 kg) και 60 φ. των 15 kg/φ (900 kg). Αντίστοιχα, ο μέγιστος αριθμός των άδειων φιαλών, που μπορούν να παραμείνουν στο χώρο του εμφιαλωτηρίου ανέρχεται σε 120 φ των 10 kg και σε 45 φ. των 15 kg. δηλ συνολικά 165 κενές φιάλες. Κατά την παραλαβή τους οι φιάλες ελέγχονται κατ' αρχήν για τυχόν διαρροές με βάση τη χαρακτηριστική οσμή που έχει το υγραέριο, την ύπαρξη τυχόν συριγμού ή συμπύκνωσης υδρατμών.

Κατόπιν, όλες οι φιάλες, πριν από την πλήρωσή τους, επιθεωρούνται και κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Φιάλες που πρέπει να υποστούν περιοδικό επανέλεγχο.
- Ελαττωματικές φιάλες και φιάλες με ελαττωματικές βαλβίδες και εξαρτήματα (χειρολαβές, βάσεις).
- Καινούργιες φιάλες ή φιάλες που προέρχονται από συντήρηση με ανοιχτές βαλβίδες και άλλες φιάλες με υποψία για υπερβολική περιεκτικότητα σε ατμοσφαιρικό αέρα.
- Φιάλες που απαιτούν εξωτερική επιφανειακή συντήρηση ή καθαρισμό, οι οποίες όμως είναι κατάλληλες για πλήρωση.
- Φιάλες κατάλληλες για πλήρωση που δεν έχουν ανάγκη συντήρησης ή επανελέγχου.

Γενικά όλες οι φιάλες, καινούργιες ή μη, πριν από την πλήρωσή τους εξετάζονται για την καταλληλότητά τους να υποδεχθούν υγραέριο. Αυτό φαίνεται κατ' αρχήν από τα εμφανή στοιχεία σήμανσης της κάθε φιάλης, καθώς και από το χαρακτηριστικό χρώμα ή την επιγραφή (στάμπα σφραγίδα) που αποδεικνύουν ότι η προς πλήρωση φιάλη ανήκει σε μία από τις εταιρείες Υγραερίων με νόμιμη άδεια εμπορίου υγραερίου.

Η ορθή πλήρωση και ο βαθμός πλήρωσης για κάθε τύπο φιάλης ελέγχεται κατά την πλήρωση σύμφωνα με το σχετικό Αναγνωρισμένο Κανονισμό. Μετά την πλήρωση, κάθε φιάλη ελέγχεται για διαρροές με βάση τη χαρακτηριστική οσμή που έχει το υγραέριο, την ύπαρξη τυχόν συριγμού ή συμπύκνωσης υδρατμών. Σε κάθε περίπτωση (παραλαβής ή μετά από

εμφιάλωση) οι φιάλες που παρουσιάζουν διαρροές απομονώνονται χωρίς καθυστέρηση σε ανοικτό χώρο και αφήνονται να εκκενωθούν.

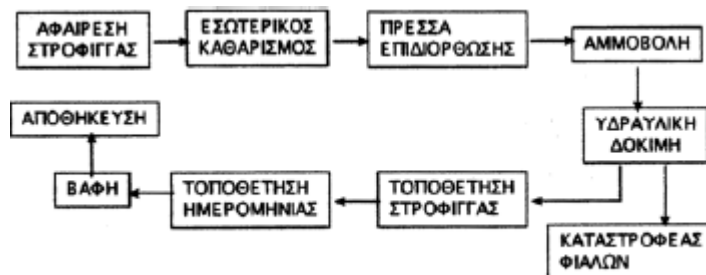
Στο ακόλουθο σχήμα 1.1 φαίνεται το διάγραμμα ροής πλήρωσης φιαλών.



σχήμα 1.1

Συνεργείο επανελέγχου φιαλών

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει επίσης συνεργείο ελέγχου φιαλών (ΣΕΦ) με προδιαγραφές που καλύπτουν τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας. Η δυναμικότητα του ΣΕΦ είναι 50 φιάλες/ημέρα. Το ΣΕΦ βρίσκεται στο ισόγειο του κτιριακού συγκροτήματος γραφείων/οικίας φύλακα/ΣΕΦ/βοηθητικών αποθηκών. Στο ΣΕΦ εκτελούνται οι εργασίες που παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα (σχήμα 1.2). Στο τμήμα βαφείου του ΣΕΦ χρησιμοποιείται βαφή, η οποία αποθηκεύεται σε αποθήκη στο ισόγειο του κτιριακού συγκροτήματος παραπλεύρως του εμφιαλωτηρίου.



σχήμα 1.2

Λοιπές εγκαταστάσεις

Η εγκατάσταση διαθέτει γραφεία στον 1ο όροφο του κτιριακού συγκροτήματος γραφείων /οικίας φύλακα αποθηκών. Στον ίδιο όροφο βρίσκεται και η οικία του φύλακα. Τα γραφεία και η οικία έχουν είσοδο από την ανατολική πλευρά αυτών κοντά στην είσοδο της εγκατάστασης, ενώ από την είσοδο των γραφείων υπάρχει δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε σημείο του ισόγειου μεταξύ εμφιαλωτηρίου και αντλιοστασίου πυροπροστασίας. Στο ισόγειο του παραπάνω κτιριακού συγκροτήματος βρίσκεται εκτός από το ΣΕΦ, η αποθήκη χρώματος βαφής φιαλών, και συνεργείο συντήρησης. Στο ίδιο επίπεδο βρίσκεται και το αντλιοστάσιο πυροπροστασίας και η υπέργεια δεξαμενή νερού πυροπροστασίας.

Σωληνώσεις υγραερίου

Οι σωληνώσεις υγραερίου είναι κατασκευασμένες από χάλυβα. Οι σωληνώσεις είναι στο σύνολο τους υπέργειες, με εξαίρεση μικρό τμήμα των σωληνώσεων από τα αντλιοστάσια έως το εμφιαλωτήριο και από τη θέση φόρτωσης βυτιοφόρου προς τα αντλιοστάσια που είναι υπόγειες.

Στον πίνακα 1.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι διάμετροι των σωληνώσεων υγραερίου που υπάρχουν στην εγκατάσταση.

Τμήμα	Σωλήνωση	Διάμετρος in
Αγωγός από πλοίο	Τροφοδοσία υγρού σε δεξαμενή από πλοίο	4
	Επιστροφή αερίου σε δεξαμενή από πλοίο	2,5
	Εύκαμπτος σωλήνας σύνδεσης υγρής ή αέριας φάσης με πλοίο	2,5
Δεξαμενές	Είσοδος υγρού σε δεξαμενή από πλοίο	4
	Επιστροφή αερίου σε δεξαμενή από πλοίο	2,5
	Έξοδος υγρού από δεξαμενή προς βυτιοφόρο ή αντλιοστάσιο	2,5
	Επιστροφή υγρού σε δεξαμενή από εμφιαλωτήριο	1
	Επιστροφή αερίου σε δεξαμενή από βυτιοφόρο	1
Θέση φόρτωσης βυτιοφόρου	Τροφοδοσία υγρού από δεξαμενή προς βυτιοφόρο	2,5
	Επιστροφή αερίου από βυτιοφόρο προς δεξαμενή	1
	Εύκαμπτος σωλήνας φόρτωσης υγρού σε βυτιοφόρο	1,25
	Εύκαμπτος σωλήνας επιστροφής αερίου σε βυτιοφόρο	1,25
Εμφιάλωση	Είσοδος υγρού από αντλιοστάσιο σε εμφιάλωση	2,5
	Επιστροφή υγρού από εμφιάλωση σε δεξαμενές	1

Πίνακας 1.1

Ποσότητες και είδη επικίνδυνων ουσιών της εγκατάστασης

Οι επικίνδυνες ουσίες τις οποίες χρησιμοποιεί η εγκατάσταση της ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε είναι σε κύριο βαθμό Υγραέριο Μίγμα και Προπάνιο καθώς επίσης και οι χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται στο βαφείο των μεταλλικών φιαλών της εγκατάστασης. Στις ουσίες αυτές, που βρίσκονται αποθηκευμένες σε μικρές ποσότητες, ανήκουν το χρώμα αλκυδικής βάσης, το αστάρι και ένας διαλύτης. Επιπλέον, στο παρόν κεφάλαιο περιέχονται στοιχεία για τα αέρια προϊόντα που μπορούν να προκύψουν από διαδικασία εκτός ελέγχου, όπως από ανάφλεξη και πυρκαγιά σε δεξαμενή που περιέχει υγραέριο.

Παρακάτω, στον Πίνακα 1.2 περιέχονται οι επικίνδυνες ουσίες τις μέγιστες ποσότητες που μπορούν να βρεθούν αποθηκευμένες οποιαδήποτε στιγμή στην Εγκατάσταση, ενώ στον επόμενο Πίνακα 1.3, περιλαμβάνονται τα στοιχεία των επικίνδυνων ουσιών που μπορούν να προκύψουν σε περίπτωση απώλειας ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας (όπως π.χ. από πυρκαγιά σε δεξαμενή υγραερίου).

±

Ονομασία επικίνδυνης ουσίας/ μείγματος	Χημική Ονομασία ουσίας/ συστατικού μείγματος	% Ποσοστό του συστατικού στο μείγμα	Αριθμός CAS	Ταξινόμηση συστατικού μείγματος	Ταξινόμηση Ουσίας/ μείγματος (CLP)	Μεγίστη αποθηκευμένη ποσότητα (tn)
Προπάνιο εμπορίου C3	προπάνιο, υδρογονάνθρακες C3	100%	68606-26-8		Εξαιρετικά Εύφλεκτο Αέριο Κατ.1 (H220), Αέριο υπό πίεση (H280)	208
Υγραέριο μίγμα	Υδρογονάνθρακες, πλούσιοι σε C3-C4	100%	68512-91-4		Εξαιρετικά Εύφλεκτο Αέριο Κατ.1 (H220), Αέριο υπό πίεση (H280), Μεταλλαξιγόνο Κατ.1A (H340), Καρκινογόνο Κατ.1B (H350)	792
Χρώμα βαφής Wilkotex BTD orange semigloss	Χρώμα αλκυδικής βάσης	ξυλένιο 30-40%, BaSO4 14-19%, TiO2 1-3%, Αιθυλβενζένιο 5-7%			Εύφλεκτο Υγρό Κατ.2 (H225), Ερεθιστ.Οφθαλμ.Κατ.1 (H319), Ερεθιστικό Δέρματος Κατ.2 (H315), STOT SE-Cat.3 (H335)	0,5
Χρώμα βαφής Wilkotex BTD white	Χρώμα αλκυδικής βάσης	ξυλένιο 29-34%, TiO2 14-19%, Χαλαζίας 7-9%, Αιθυλβενζένιο 5-7%			Εύφλεκτο Υγρό Κατ.2 (H225), Ερεθιστ.Οφθαλμ.Κατ.1 (H319), Ερεθιστικό Δέρματος Κατ.2 (H315), STOT SE-Cat.3 (H335), Αλλεργ.Αντίδρ.(EUH208)	0,2
Primer Grey 117 (αστάρι)	Αστάρι αλκυδικής βάσης	Ευλένιο 24-29%, TiO2 3-5%, Αιθυλβενζένιο 3-5%, Ορθοφωσφορικός Zn 2,5-4,5%			Εύφλεκτο Υγρό Κατ.3 (H226), Οφθαλμ.Ερεθ.Κατ.1 (H319), Ερεθ.Δέρμ.Κατ.2 (H315), STOT-SE-Cat.3 (H335), Επικίνδυνο για Υδάτινο Περιβάλλον, Χρονίου Κινδ. Κατ.2 (H411)	0,5
Wilkor Thinner (διαλυτικό, "νέφτι")		Ευλένιο 60-80%, Αιθυλβενζένιο 19-24%, Ν-Οξικό Βουτύλιο 3-5%			Εύφλεκτο Υγρό Κατ.3 (H226), Οξεία Τοξικ.Κατ.4 (H312+H332), Κίνδυνος από αναρρόφηση Κατ.1 (H304), STOT RE Κατ.2 (H373), Οφθαλμ.Ερεθ.Κατ.1 (H319), Ερεθ.Δέρμ.Κατ.2 (H315), STOT SE Κατ.3 (H335)	0,1

Πίνακας 1.2

Ονομασία επικίνδυνης ουσίας/ μείγματος	Χημική Ονομασία ουσίας/ συστατικού μείγματος	% Ποσοστό του συστατικού στο μείγμα	Αριθμός CAS ή άλλος αναγνωριστικός κωδικός	Ταξινόμηση συστατικού μείγματος	Ταξινόμηση Ουσίας/ μείγματος (CLP)	Μεγίστη αποθηκευμένη ποσότητα (tn)
Μονοξείδιο του Άνθρακα	Carbon Monoxide, CO	100%	630-08-0	-	Εύφλεκτο Αέριο Κατ.1 (H220), Πεπιεσμένο Αέριο (H360D), Αναπαραγ. Κατ. 1A (H331), Οξεία Τοξ.Κατ.3 (H372), STOT RE 1	-

Πίνακας 1.3

Στον πίνακα 1.4 που ακολουθεί καταγράφεται, στη στήλη 3, η μέγιστη ποσότητα της κάθε επικίνδυνης ουσίας που μπορεί να βρεθεί αποθηκευμένη στην Εγκατάσταση και στις δυο τελευταίες στήλες (5 & 6) σημειώνονται τα όρια για τις απαιτήσεις της κατώτερης και της ανώτερης βαθμίδας. Στη στήλη 4 σημειώνεται η Κατηγορία κινδύνου που αντιστοιχεί στην κάθε ουσία

1	2	3	4	5	6
Ονομασία επικίνδυνης ουσίας/ μείγματος	Αριθμός CAS	Μεγίστη αποθηκευόμενη ποσότητα (tn)	Κατηγορίες Κινδύνου (SEVESO Categories)	Qlower (Οριακή ποσότητα κάτω ορίου, tn)	Qupper (Οριακή ποσότητα άνω ορίου, tn)
προπάνιο εμπορίου	68606-26-8	208	P2	50	200
Υγραέριο μίγμα	68512-91-4	792	P2	50	200
Χρώμα βαφής		0,7	P5c	5.000	50.000
Αστάρι		0,5	P5c, E2	5.000	50.000
Διαλυτικό		0,1	P5c	5.000	50.000
Μονοξειδίο του Άνθρακα	630-08-0	-	H2, P2	10	50

Πίνακας 1.4

Η μέγιστη ποσότητα του Υγραερίου μίγματος που μπορεί να βρεθεί αποθηκευμένη οποιαδήποτε στιγμή (1000 tn), είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη οριακή ποσότητα του άνω ορίου (που είναι 200 tn, βλ. στήλη 6 του Πιν. 1.4) και οδηγεί στην εφαρμογή των απαιτήσεων για Εγκατάσταση της ανώτερης βαθμίδας.

Ο κίνδυνος για την Υγεία συνδέεται με το μονοξείδιο του άνθρακα που αποτελεί ένα από τα προϊόντα από διαδικασία εκτός ελέγχου (πυρκαγιά) και ως εκ τούτου δεν μπορεί να εκφραστεί ποσοτικά. Οι Φυσικοί κίνδυνοι υπολογίζονται από τα Υγροποιημένα αέρια (Προπάνιο και Υγραέριο Μίγμα) και το μονοξείδιο του άνθρακα που όμως δεν εκφράζεται ποσοτικά καθώς δεν βρίσκεται αποθηκευμένο. Η μικρή ποσότητα (500 κιλά) του ασταριού καθιστά αμελητέα τη τιμή του Περιβαλλοντικού κινδύνου ($0,5/500=0,001$)

Υγραέρια

Οι επικίνδυνες ουσίες στην εγκατάσταση της ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε. στη Κάλυμνο παρουσιάζονται στον Πιν.1.5 και αφορούν σε δύο είδη υγραερίου. Το υγραέριο μίγμα αποτελείται από προπάνιο και βουτάνιο σε τυπική αναλογία 20/80 κατά βάρος. Οι δεξαμενές υγραερίου λειτουργούν υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για τον υπολογισμό της ποσότητας των αποθηκευμένων υγραερίων γίνεται η παραδοχή πως οι νέες δεξαμενές θα γεμίσουν μέχρι το 85% της χωρητικότητας τους με υγραέριο μίγμα πυκνότητας 0,56 kg/lit. Η πλήρωση των δεξαμενών ανέρχεται στο 85% για τη δεξαμενή υγραερίου μίγματος και στο 82% για τις δεξαμενές υγραερίου προπανίου και πυκνότητα για το μίγμα ίση με 0,56 kg/lit και 0,507 kg/lit για το υγραέριο προπάνιο.

Επικίνδυνες ουσίες	CAS Number	Δυναμικότητα Υφιστάμενων δεξαμενών	Επέκταση δυναμικότητας δεξαμενών	Δυναμικότητα μετά την επέκταση
		tn	tn	tn
Υγραέριο Προπάνιο	68606-26-8	100	108	208
Υγραέριο Μίγμα	68512-91-4	238	552	790
σύνολο		338	660	998

Πίνακας 1.5

Επιπλέον, στο εμφιαλωτήριο η μέγιστη ποσότητα υγραερίου που μπορεί να είναι αποθηκευμένο σε γεμάτες φιάλες ανέρχεται σε 2 tn (110 φιάλες*10 κιλ/φ + 60*15 κιλ/φ =2.000 κιλά υγραερίων σε φιάλες). Με τη προσθήκη της ποσότητας υγραερίου του εμφιαλωτηρίου, η συνολική μέγιστη ποσότητα του υγραερίου ανέρχεται σε 1.000 tn.

Οι δεξαμενές υγραερίου λειτουργούν υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην εγκατάσταση προβλέπεται η διατήρηση μικρής ποσότητας πετρελαίου κίνησης (25 kg Ντίζελ σε μπιτόνια) για την εξυπηρέτηση της πετρελαιοκίνητης αντλίας πυρόσβεσης. Ακολούθως παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ειδών υγραερίου που διακινούνται από την εγκατάσταση. Σημειώνεται ότι η μεγάλη πλειονότητα των χαρακτηριστικών είναι κοινή για τα διάφορα είδη υγραερίου.

Χαρακτηριστικά του υγραερίου :

Τα υγραέριο αποτελείται από υδρογονάνθρακες με 3 ή 4 άτομα άνθρακα. Σε ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι αέριο, βαρύτερο του αέρα. Υγροποιείται με εφαρμογή υψηλών πιέσεων και αποθηκεύεται και διακινείται σε υγρή μορφή. Σε καθαρή μορφή, τα συστατικά του υγραερίου είναι άοσμα, αλλά στα διυλιστήρια πετρελαίου όπου παράγεται προστίθενται σε χαμηλή συγκέντρωση οσμητικά πρόσθετα (αιθυλομερκαπτάνη), ώστε να είναι εύκολα αντιληπτή τυχόν διαρροή του.

Η τάση ατμών των συστατικών του υγραερίου σε 20 °C είναι για προπάνιο 8,2 bar, ενώ για το βουτάνιο η αντίστοιχη τιμή είναι 2 bar.

Η πυκνότητα του υγραερίου στους 15,5 °C είναι 0,507 kg/lit για υγραέριο προπάνιο, 0,58 kg/lit για υγραέριο βουτάνιο, ενώ για το υγραέριο μίγμα η τιμή είναι 0,56 kg/lit.

Το υγραέριο αποτελείται από σταθερές ενώσεις με πολύ μικρή χημική δραστηριότητα. Αντιδρά βίαια με αλογόνα ενώ είναι ασύμβατο με ισχυρά οξειδωτικά. Είναι αδιάλυτο σε νερό (<0,1%), διαλύεται σε αιθέρα, χλωροφόρμιο, αιθάνιο. Είναι άριστος διαλύτης των προϊόντων του πετρελαίου και του καουτσούκ.

Τα όρια αναφλεξιμότητας στον αέρα των συστατικών των υγραερίων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (1.6). (LFL Lower Flammability Level, UFL: Upper Flammability Level) και αναφέρονται σε ποσοστά επί τοις εκατό (%).

	Κατώτερο (LFL)	Ανώτερο (UFL)
Προπάνιο	2,1	9,5
Βουτάνιο	1,8	8,4

Πίνακας 1.6

Κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον :

Σε κανονικές συνθήκες αποθήκευσης και χρήσης, το υγραέριο δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία. Σε περίπτωση διαρροών υγραερίου, υπάρχει πιθανότητα εισπνοής αέρα με υψηλή συγκέντρωση σε υγραέριο, η οποία είναι δυνατή να προκαλέσει βλάβες στην υγεία, όταν ο εκτιθέμενος είναι κοντά στην πηγή της διαρροής. Όμως, για τόσο υψηλές συγκεντρώσεις υγραερίου, ο σημαντικότερος κίνδυνος αφορά στην πιθανότητα πρόκλησης πυρκαγιάς ή έκρηξης λόγω του εξαιρετικά εύφλεκτου χαρακτήρα του υγραερίου.

Κίνδυνοι έκρηξης ή φωτιάς:

Στην περίπτωση διαρροής υγραερίου, οι ατμοί του, επειδή είναι βαρύτεροι από τον αέρα, διασπείρονται σε μεγάλη απόσταση στο επίπεδο του εδάφους, σχηματίζοντας εύφλεκτο νέφος σε μεγάλη απόσταση. Εάν υπάρχουν πηγές έναυσης είναι πιθανό να συμβεί “επιστροφή” της φλόγας κατά μήκος του ίχνους του αερίου/ατμού, ενώ εάν υπάρχει και περιορισμός χώρου, το νέφος μπορεί να εκραγεί.

Έκρηξη είναι δυνατό να προκληθεί και κατά την έκθεση δοχείων/δεξαμενών υγραερίου σε φωτιά. Τα θραύσματα των δοχείων που αστοχούν είναι δυνατό να εκτοξευτούν σε μεγάλες αποστάσεις. Η έκθεση δεξαμενών υγραερίου σε φωτιά είναι δυνατό να οδηγήσει σε σφαίρα φωτιάς (πύρινη σφαίρα, fireball, BLEVE).

Σημειώνεται ότι, κατά την καύση υγραερίου, εάν αυτή είναι ατελής, είναι δυνατό να σχηματιστεί μονοξείδιο του άνθρακα, όμως ο κύριος παράγοντας κινδύνου από τη φωτιά σε περίπτωση ατυχήματος εστιάζεται στην παραγόμενη θερμική ακτινοβολία.

Κίνδυνοι για την υγεία :

Πέρα από τον κίνδυνο έκρηξης ή φωτιάς, οι κίνδυνοι για την υγεία εντοπίζονται κύρια στον κίνδυνο πρόκλησης κρυοπαγημάτων όταν υγραέριο σε υγρή φάση έρθει σε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια, λόγω του υψηλού ρυθμού εξάτμισής του σε ατμοσφαιρική πίεση.

Κίνδυνοι από εισπνοή ατμών υγραερίου υπάρχουν στην περίπτωση πολύ υψηλής συγκέντρωσης του στον αέρα (άνω των 10.000 ppm), οπότε και παρατηρείται καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος. Σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις υγραερίου είναι δυνατό να προκληθεί και ασφυξία λόγω περιορισμού του διαθέσιμου οξυγόνου. Στις παραπάνω περιπτώσεις πάντως, ο σοβαρότερος κίνδυνος προέρχεται από τον κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης καθώς οι εν λόγω συγκεντρώσεις, βρίσκονται στην περιοχή του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας.

Κίνδυνοι για το περιβάλλον :

Ο κίνδυνος για το περιβάλλον στην περίπτωση διαρροής υγραερίου είναι πολύ μικρός, λόγω της ταχύτατης εξάτμισης του. Στον αέρα υφίσταται φωτοχημική αποσύνθεση αντιδρώντας με υδροξυλικές ρίζες. Δεν έχει βλαβερές συνέπειες στη χερσαία και υδρόβια πανίδα, ενώ αποικοδομείται άμεσα από τα βακτήρια του εδάφους. Είναι δυσδιάλυτο στο νερό. Από την καύση του παράγονται τυπικά προϊόντα καύσης υδρογονανθράκων.

Χρώματα και ουσίες για την βαφή των φιαλών υγραερίου :

Στο βαφείο φιαλών της εγκατάστασης χρησιμοποιούνται μικρές ποσότητες χρωμάτων αλκυδικής βάσης, ασταριού και διαλύτη. Η επικινδυνότητα των ουσιών που χρησιμοποιούνται στο βαφείο προκύπτει από τα συστατικά τους. Στα συστατικά των τριών ουσιών του βαφείου φιαλών (χρώματος, ασταριού και διαλύτη) περιλαμβάνονται το ξυλένιο και το αιθυλβενζένιο. Τα ποσοστά του ξυλενίου και του αιθυλβενζενίου στις ουσίες του βαφείου κυμαίνονται από 29-80% και από 3-24% αντίστοιχα. Οι μέγιστες αποθηκευόμενες ποσότητες του ξυλενίου που αντιστοιχούν σε αυτά τα ποσοστά ανέρχονται σε 444 κιλά, ενώ οι ποσότητες του αιθυλβενζενίου ανέρχονται σε 84 κιλά.

Ουσίες που μπορεί να σχηματιστούν σε περίπτωση ατυχήματος :

Σε περίπτωση ατυχήματος με διαρροή υγραερίου, και εφόσον το υγραέριο αναφλεχθεί με εκδήλωση είτε γλώσσας φωτιάς (jet flame), ή ανάφλεξης αερίου νέφους (flash fire), ή έκρηξης αερίου νέφους (UVCE), ή σφαίρας φωτιάς (πύρινη σφαίρα, fireball, BLEVE), σχηματίζονται τυπικά προϊόντα καύσης ελαφρών υδρογονανθράκων, όπως οξείδια του άνθρακα.

1.2.Παραλαβή- Αποθήκευση –Διακίνηση υγραερίου

Παραλαβή υγραερίου

Το υγραέριο παραλαμβάνεται από υγραεριοφόρο πλοίο το οποίο πρυμνοδετεί κοντά στην ακτή και συνδέεται με υπέργειες σωληνώσεις υγρής και αέριας φάσης της εγκατάστασης μέσω εύκαμπτων σωλήνων («μάνικες»). Η τροφοδοσία υγραερίου γίνεται με τις αντλίες του πλοίου, ενώ επικουρικά είναι δυνατή και η χρήση και των συμπιεστών της εγκατάστασης. Η συχνότητα τροφοδοσίας υγραερίου από πλοίο είναι περίπου 1 ανά 40 ημέρες.

Αποθήκευση υγραερίου (δεξαμενές)

Η εγκατάσταση διαθέτει δύο σφαιρικές δεξαμενές υγραερίου με όγκο 500 m³ (Δ1, Δ2), τρεις σφαιρικές με όγκο 120 m³ (Δ3, Δ4 και Δ5), τέσσερις οριζόντιες κυλινδρικές όγκου 100 m³ (Δ6,Δ7,Δ8,Δ9) και δύο οριζόντιες κυλινδρικές όγκου 200 m³ (Δ10, Δ11). Όλες οι δεξαμενές λειτουργούν υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι χωρητικότητες και διαστάσεις των δεξαμενών παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 1.7.

A/A	Τύπος Δεξαμενής	Περιεχόμενο	Πυκνότητα. tn/m ³	Διάμετρος m	Μήκος m	Όγκος Δεξαμενών m ³	ποσοστό πλήρωσης	χωρητικότητα tn
Δ1	Σφαιρική Δεξαμενή Υγραερίων	προπάνιο	0,507	9,84		500	82%	208
Δ2	Σφαιρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	9,84		500	85%	238
Δ3	Σφαιρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	6,11		120	85%	57
Δ4	Σφαιρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	6,11		120	85%	57
Δ5	Σφαιρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	6,11		120	85%	57
Δ6	Κυλινδρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	3,2	13,2	100	85%	48
Δ7	Κυλινδρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	3,2	13,2	100	85%	48
Δ8	Κυλινδρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	3,2	13,2	100	85%	48
Δ9	Κυλινδρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	3,2	13,2	100	85%	48
Δ10	Κυλινδρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	3,8	18,3	200	85%	95
Δ11	Κυλινδρική Δεξαμενή Υγραερίων	Υγρ.Μίγμα	0,56	3,8	18,3	200	85%	95
	Σύνολο					2.160	82%	998

Πίνακας 1.7

Η πίεση σχεδιασμού των δεξαμενών είναι 18 bar που αντιστοιχεί στην τάση ατμών κεκορεσμένου προπανίου σε θερμοκρασία 50°C. Η θερμοκρασιακή περιοχή σχεδιασμού των δεξαμενών είναι -25 °C έως 50 °C, έτσι ώστε τα υλικά κατασκευής των δεξαμενών να ικανοποιούν την ελάχιστη θερμοκρασία (-10 °C) στην οποία μπορεί να φτάσει η δεξαμενή σε λειτουργία, λαμβανομένων υπόψη των υψηλών ρυθμών εκκένωσης. Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRV) οι οποίες ανοίγουν όταν η πίεση ξεπεράσει τα 18 bar για τη δεξαμενή Δ1 και 12 bar για τις δεξαμενές Δ2 έως Δ11. Οι

δεξαμενές διαθέτουν αποστραγγιστικά, ενδεικτικό όργανο στάθμης υγρού (υαλοδείκτης), ενδεικτικό όργανο θερμοκρασίας, και μανόμετρο. Σε κάθε δεξαμενή υπάρχουν 2 εν σειρά εγκατεστημένες βάνες για υψηλό βαθμό ασφάλειας.

Τα στόμια εισόδου- εξόδου των δεξαμενών διαθέτουν τηλεχειριζόμενες πνευματικές βάνες απομόνωσης, τόσο σε ότι αφορά στα στόμια υγρής φάσης, όσο και στα στόμια αέριας φάσης, ενώ όλα τα στόμια εξόδου υγρής φάσης διαθέτουν αντεπίστροφες βάνες.

Διακίνηση υγραερίου από την εγκατάσταση

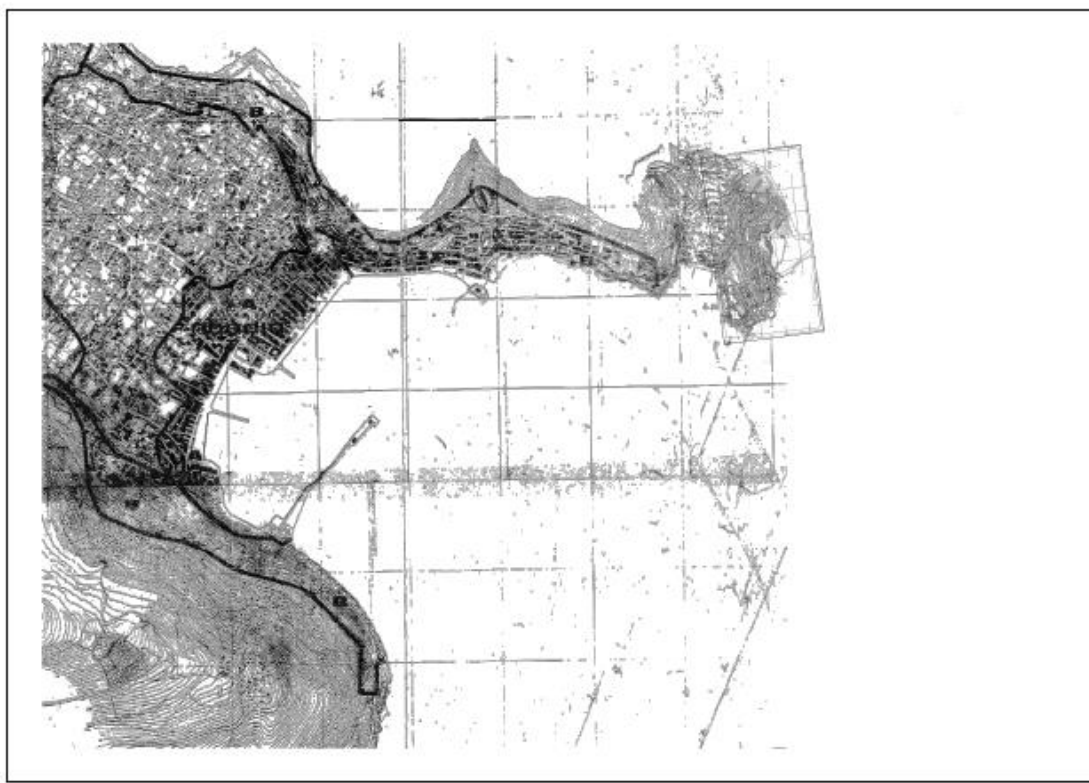
Η διακίνηση υγραερίου από την εγκατάσταση σε πελάτες αυτής αφορά σε διακίνηση χύμα υγραερίου προπανίου και υγραερίου μίγματος και διακίνηση φιαλών υγραερίου προπανίου και υγραερίου μίγματος.

Η διακίνηση χύμα πραγματοποιείται από θέση φόρτωσης («γεμιστήριο») βυτιοφόρων με χρήση των αντλιών υγραερίου της εγκατάστασης. Η εγκατάσταση διαθέτει 3 βυτιοφόρα οχήματα, με χωρητικότητα 20 m³ τα δύο και 16 m³ το τρίτο εξ αυτών. Όλα τα βυτιοφόρα είναι πλήρως συμμορφωμένα με τις απαιτήσεις της σχετικής Νομοθεσίας (ADR), κατάλληλα και για προπάνιο και διαθέτουν ογκομετρικό δείκτη στάθμης για την παρακολούθηση της στάθμης του υγραερίου κατά τη φόρτωση, όπως και δείκτη μέγιστης στάθμης. Η διακίνηση φιαλών γίνεται με φορτηγά αυτοκίνητα.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

2.1.Περιγραφή γεωγραφικής θέσης εγκατάστασης

Το οικόπεδο της ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε. καταλαμβάνει έκταση 19.254,67 m² στη θέση Γιαννοχώραφα επί της επαρχιακής οδού Ποθίας-Βαθύ. Η περιοχή γύρω από την εγκατάσταση είναι άγονη και βραχώδης και δεν εμφανίζονται σπάνια είδη πουλιών ή ζώων, ούτε προστατεύεται με βάση το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο. Η Κάλυμνος ανήκει στην ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης, όπου το κλίμα χαρακτηρίζεται από ανοιξιάτικες και φθινοπωρινές βροχοπτώσεις και μεγάλη διάρκεια ξηράς περιόδου (4-5 μήνες). Τα κύρια είδη δένδρων είναι τα κωνοφόρα (πεύκα, κυπαρίσσια), λίγα εκ των οποίων απαντώνται σε ελάχιστες περιοχές σαν υπόλειμμα δάσους ανάμεσα σε άλλες καλλιέργειες ή δέντρα. Η περιοχή του Δήμου Καλυμνίων ανήκει στη Ζώνη 1 σεισμικής επικινδυνότητας με επιτάχυνση σχεδιασμού 0,16 g. Στο παρακάτω τοπογραφικό σχέδιο 2.1, κλίμακας 1:500, βλέπουμε σε κάτοψη την γενική διάταξη της ευρύτερης περιοχής.



σχέδιο 2.1

Στην παρακάτω εικόνα 2.1 , βλέπουμε σε κοντινότερη κάτοψη την υπάρχουσα εγκατάσταση



Εικόνα 2.1

2.2.Πρόσβαση στην εγκατάσταση- Δίκτυα μεταφορών.

Η πρόσβαση στην εγκατάσταση γίνεται από την επαρχιακή οδό Ποθίας-Βαθύ, όπου είναι και η μοναδική σημαντική οδός της γύρω περιοχής, μέσω ασφαλτοστρωμένου δρόμου που ανήκει στην εγκατάσταση και οδηγεί στην κύρια είσοδο στη ΒΑ πλευρά της.

Η Καλύμνος διαθέτει επιβατηγό και εμπορικό λιμάνι σε απόσταση περίπου 1,2 χιλιομέτρων δυτικά της εγκατάστασης, ενώ το αεροδρόμιο της Καλύμνου βρίσκεται σε απόσταση περίπου 6 χιλιομέτρων δυτικά της εγκατάστασης.

Οι γειτονικές εγκαταστάσεις υγρών καυσίμων της ΑΡΓΩ και Jet Oil διαθέτουν λιμενικές εγκαταστάσεις με απλή προβλήτα.

2.3.Οικισμοί – χρήσεις γης- γειτονικές επιχειρήσεις.

Οικισμοί:

Ο πλησιέστερος οικισμός στην εγκατάσταση είναι ο οικισμός της Καλύμνου που αποτελείται από δύο συνοικίες, της Πόθιας (περιοχή λιμανιού) και της Χώρας (ή Χωριό, σε απόσταση περί τα 3 km δυτικά από το λιμάνι). Ο πραγματικός πληθυσμός του οικισμού της Καλύμνου κατά την απογραφή πληθυσμού του έτους 2011 ήταν 18.621.

Το οικιστικό σύνολο του οικισμού της Καλύμνου πρακτικά σταματά στην περιοχή της ΔΕΗ σε απόσταση 800 m δυτικά της εγκατάστασης. Μεμονωμένες κατοικίες εντοπίζονται πολύ κοντά στην εγκατάσταση, σε απόσταση περί τα 100 m νοτιοανατολικά από τις δεξαμενές υγραερίου.

Σε σχέση με προστατευόμενες περιοχές, ο πλησιέστερος παραδοσιακός οικισμός είναι αυτός της Καλύμνου. Ο σημαντικότερος αρχαιολογικός χώρος στην περιοχή αφορά στο Κάστρο της Χώρας της Καλύμνου σε απόσταση περίπου 4 km βορειοδυτικά της εγκατάστασης, ενώ σε λίγο μεγαλύτερη απόσταση (5 km βορειοδυτικά της εγκατάστασης) βρίσκεται και ο «Χριστός της Ιερουσαλήμ», τρίκλιτη παλαιοχριστιανική βασιλική στην περιοχή Λιμνιώτισσα κοντά στη Χώρα Καλύμνου. Ο Ιερός Ναός Παναγίας Κεχαριτωμένης Καλύμνου της Βυζαντινής/Μεταβυζαντινής περιόδου στη Χώρα έχει χαρακτηριστεί ως οικοδόμημα που χρήζει ειδικής κρατικής προστασίας.

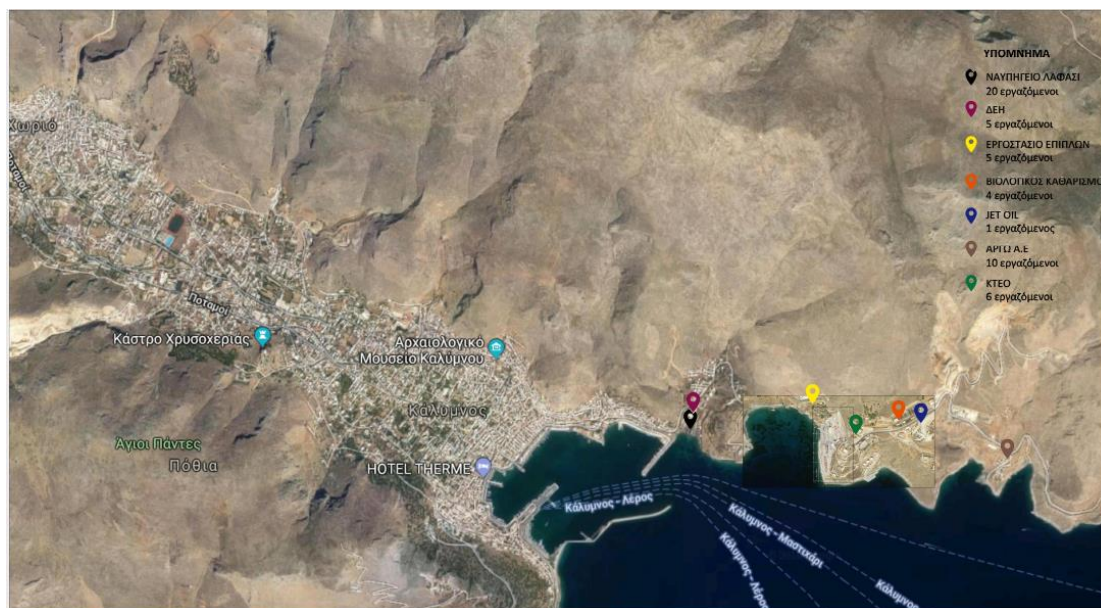
Χρήσεις γης - γειτονικές επιχειρήσεις :

Η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως βιομηχανική στο πλαίσιο της Ε.Π.Α. Στην περιοχή γύρω από την εγκατάσταση εντοπίζονται και καταγράφονται οι ακόλουθες εγκαταστάσεις ,καθώς και ο αριθμός των εργαζομένων που απασχολούν:

- Ιδιωτικό ΚΤΕΟ, σε απόσταση 120 m ανατολικά της εγκατάστασης, με 6 εργαζόμενους
- Εργοστάσιο επίπλων σε απόσταση 200 m βόρεια της εγκατάστασης, με 5 εργαζόμενους
- Εγκατάσταση υγρών καυσίμων (Jet Oil A.E.) σε απόσταση 230 m νοτιοανατολικά της εγκατάστασης, με 1 εργαζόμενο
- Εγκατάσταση επεξεργασίας αστικών λυμάτων («βιολογικός καθαρισμός») σε απόσταση 350 m νοτιοανατολικά της εγκατάστασης, με 4 εργαζόμενους
- Ναυπηγείο Λαφασίου σε απόσταση 400 m δυτικά της εγκατάστασης ,με 20 εργαζόμενους.
- εγκατάσταση υγρών καυσίμων της Αργώ Α.Ε. (εγκατάσταση Γιαννοχώρων) σε απόσταση 900 m ανατολικά της εγκατάστασης, με 10 εργαζόμενους
- εργοστάσιο της ΔΕΗ Α.Ε. σε απόσταση 700 m δυτικά της εγκατάστασης, με 5 εργαζόμενους

Έχουν διακόψει τη λειτουργία τους οι μονάδες της Αποθήκης Ψαριών που βρισκόταν σε απόσταση 120m νοτιοανατολικά της εγκατάστασης και του Εργοστασίου Σφουγγαριών σε απόσταση 170m βόρεια της εγκατάστασης. Όλες οι παραπάνω αποστάσεις έχουν οριστεί με σημείο αναφοράς την περιοχή των δεξαμενών της ΝΗΣΟΓΚΑΖ.

Στην παρακάτω εικόνα 2.2 φαίνεται ο προσανατολισμός της εγκατάστασης καθώς και η ακριβής τοποθεσία των χρήσεων γης.



Εικόνα 2.2

2.4.Μετεωρολογικά δεδομένα – Ρόδο ανέμου (wind rose) περιοχής.

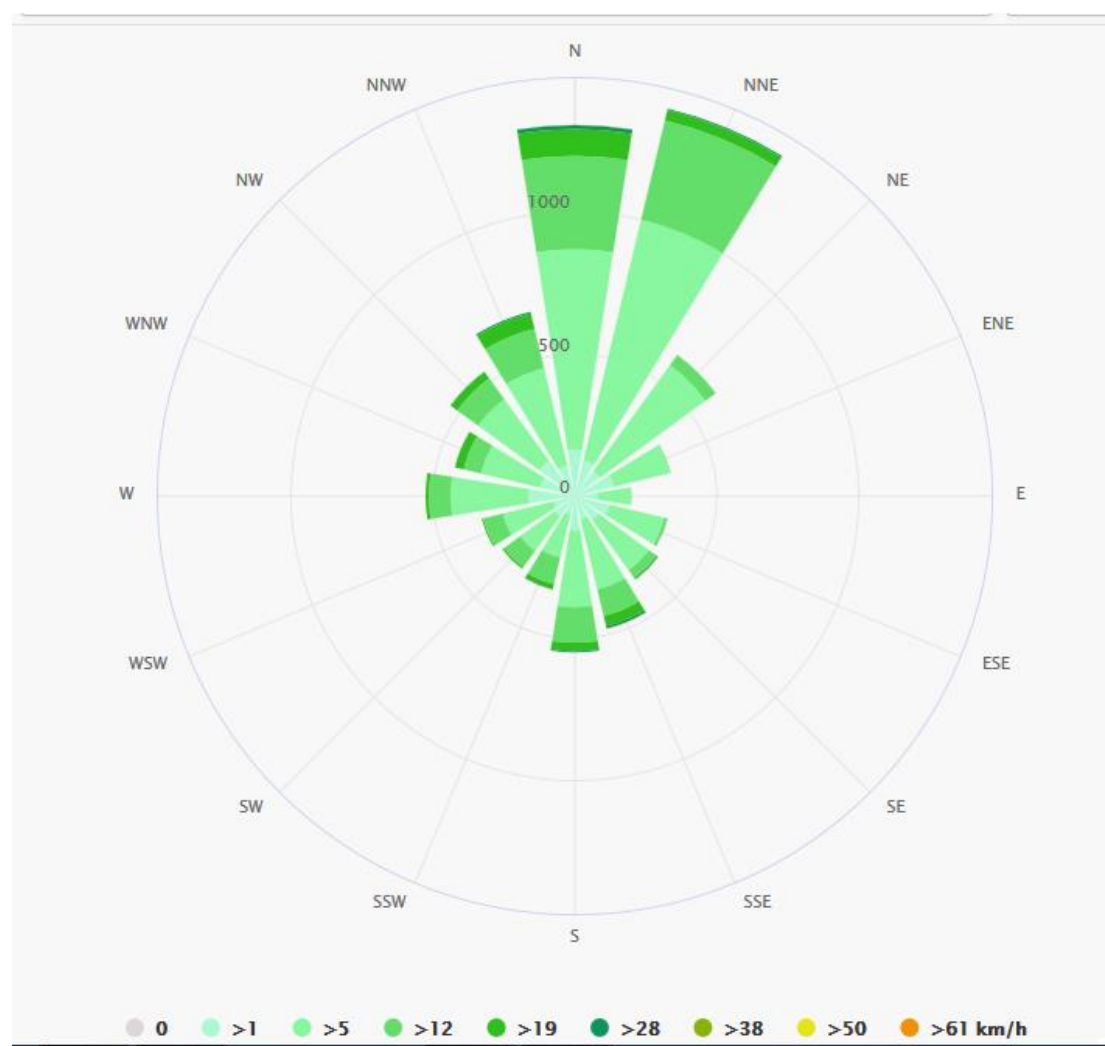
Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής προέρχονται από σταθμό της ΕΜΥ στο αεροδρόμιο Ιπποκράτης της Κω (18 km νότια της εγκατάστασης), ο οποίος βρίσκεται σε ύψος 129,3 m από το επίπεδο της θάλασσας.

Πολύ μεγάλη συχνότητα εμφάνισης σε ετήσια βάση έχουν οι βόρειοι και βορειοδυτικοί άνεμοι (31% και 27% αντίστοιχα) και ακολουθούν με πολύ μικρότερη συχνότητα οι νοτιοανατολικοί άνεμοι (10%). Ως προς την ένταση του ανέμου, την υψηλότερη συχνότητα (28,5%) παρουσιάζουν οι άνεμοι εντάσεως 3-4 Beaufort, ενώ οι καταστάσεις άπνοιας έχουν πολύ μικρή συχνότητα (8,6%) σε σχέση με άλλες περιοχές της χώρας.

Παρακάτω, στον πίνακα 2.1 και στο σχήμα 2.1(wind rose) βλέπουμε αναλυτικότερα τα ετήσια ποσοστά και τις διευθύνσεις των ανέμων στην περιοχή.

Wind Blowing from		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM
% of wind occurrence per direction		31,076	4,155	1,76	10,333	6,706	3,517	6,563	27,251	8,639
Direction of Cloud Dispersion from Source towards		S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	

Πίνακας 2.1



σχήμα 2.1

Η μέση (mean) θερμοκρασία στην περιοχή είναι από 10,7 °C (Ιανουάριος) έως 26 °C (Ιούλιος) με ετήσια μέση τιμή 18 °C. Η μέση τιμή των μέγιστων τιμών της θερμοκρασίας (average max) κατά το καλοκαίρι είναι περίπου 30,4 °C (Ιούλιος και Αύγουστος), ενώ η μέση τιμή των ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας (average min) κατά το χειμώνα είναι περίπου 8,6 °C (Ιανουάριος και Φεβρουάριος). Η απόλυτα μέγιστη (abs max) θερμοκρασία είναι 39,4 °C (Ιούλιος), ενώ η απόλυτα ελάχιστη (abs min) θερμοκρασία είναι -1,2 °C (Φεβρουάριος). Ο μέσος αριθμός ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία χαμηλότερη από 0 °C είναι πολύ μικρός (0 για όλο το έτος με εξαίρεση το Φεβρουάριο και Μάρτιο με τιμές 0,2 και 0,1 αντίστοιχα). Η μέση μηνιαία υγρασία κυμαίνεται από 63,3% κατά το μήνα Αύγουστο έως 74,2% κατά το μήνα Δεκέμβριο. Το ύψος βροχόπτωσης παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή κατά τη χειμερινή περίοδο και ειδικότερα κατά το Δεκέμβριο (106,3 mm). Οι μήνες Νοέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος έχουν ύψος βροχόπτωσης περί τα 87 mm, ενώ οι λοιποί μήνες έχουν πολύ μικρότερες τιμές ύψους βροχόπτωσης. Τα ελάχιστα ύψη βροχόπτωσης παρουσιάζονται κατά τη θερινή περίοδο και ειδικότερα κατά τον μήνα Ιούλιο με ύψος βροχόπτωσης 0 mm. Ο αριθμός ημερών με χιονόπτωση είναι πρακτικά πολύ σπάνιος, καθώς η μέγιστη τιμή που παρατηρείται είναι 0,3 και αφορά στο μήνα Φεβρουάριο.

3. ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

3.1.Ατυχήματα που συνέβησαν σε άλλες χώρες στο παρελθόν

Ακολούθως παρατίθεται ενδεικτικός κατάλογος με ατυχήματα που έχουν συμβεί στο παρελθόν σε άλλες χώρες σε εγκαταστάσεις υγραερίων ή άλλων συναφών χημικών ουσιών (π.χ. προπυλένιο). Στον κατάλογο παρουσιάζονται οι αιτίες κάθε ατυχήματος καθώς και η εμπειρία που αποκτήθηκε μετά από το ατύχημα.

Έτος-Τόπος	Περιγραφή ατυχήματος	Αιτίες	Αποκτηθείσα εμπειρία
1966, Feyzin, Γαλλία	Κataστροφική αστοχία 7 δεξαμενών αποθήκευσης υγραερίου (BLEVE). Θάνατοι : 18 Τραυματισμοί : 80	Λάθος τρόπος αποστράγγισης από σφαίρα υγραερίου προκάλεσε “πάγωμα” της βαλβίδας αποστράγγισης με αποτέλεσμα την έκλυση μεγάλης ποσότητας υγρού. Το αέριο νέφος ανεφλέγη και η φωτιά μεταδόθηκε ταχέως προς τη σφαίρα. Η σφαίρα υπερθερμάνθηκε και οδήγησε σε BLEVE, με αποτέλεσμα να προκληθεί BLEVE και σε άλλες σφαίρες.	Αναθεωρήθηκαν τα πρότυπα και οι προδιαγραφές για την αποθήκευση και τη διακίνηση υγραερίων. Προτάσεις για μέτρα πρόληψης έναντι έναρξης πυρκαγιάς (μέγεθος και θέση βαλβίδων αποστράγγισης, τηλεχειριζόμενες βαλβίδες απομόνωσης, ανιχνευτές αερίου). Προτάσεις για μέτρα πρόληψης έναντι εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς (μόνωση δοχείων, επιχωμάτωση, παροχή νερού, κλίση εδάφους, βαλβίδες αποσυμπίεσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης).
1972 Duque de Caxias, Βραζιλία	Κataστροφική αστοχία σε δεξαμενή υγραερίου (BLEVE). Θάνατοι :37	Αστοχία βαλβίδας PSV. Οι χειριστές άνοιξαν τη μοναδική βαλβίδα αποστράγγισης η οποία “πάγωσε”, και η ροή δεν μπόρεσε να αναχαιτιστεί. Το υγραέριο ανεφλέγη με αποτέλεσμα να προκληθεί BLEVE στο δοχείο.	Συμπεράσματα παρόμοια με αυτά από το ατύχημα στο Feyzin. Οι χειριστές προσπάθησαν να μειώσουν την πίεση μέσω της αποστράγγισης, χωρίς να κατανοούν ότι η τάση ατμών πάνω από το υγρό είναι η ίδια ανεξάρτητα από την παρούσα ποσότητα.

Πίνακας 3.1

Έτος-Τόπος	Περιγραφή ατυχήματος	Αιτίες	Αποκτηθείσα εμπειρία
1977 Qatar	Πυρκαγιά και έκρηξη λόγω μεγάλης διαρροής σε σφαίρα υδροποιημένου προπανίου. Θάνατοι : 7	Ρωγμή σε ψυχόμενη δεξαμενή υγραερίου (πιθανόν λόγω προηγούμενων επισκευών ή διάβρωση από θαλάσσιο νερό). Η αρχική ρωγμή διευρύνθηκε γρήγορα λόγω αστοχίας του υλικού της δεξαμενής. Το εκλυόμενο υλικό εκτονώθηκε με τέτοια δύναμη ώστε υπερέβη το συμβατικό προστατευτικό τοίχιο.	Οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά που να έχουν ιδιότητες παρεμπόδισης διεύρυνσης ρωγμών. Οι κρυογενικές δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να περιβάλλονται από κατάλληλο τοίχιο από σκυρόδεμα.
1978 Τέξας, ΗΠΑ	Καταστροφική αστοχία (BLEVE) δεξαμενών διωλιστηρίου. Θάνατοι : 7 Τραυματισμοί : 10	Υπερπλήρωση σφαίρας ισοβουτανίου, λόγω δυσλειτουργίας του δείκτη στάθμης, δημιούργησε ρωγμή στη σφαίρα σε μια κακής ποιότητας συγκόλληση και κατέληξε σε μερική διαρροή του περιεχομένου της. Το διαρρέυσαν αέριο ανεφλέγη στη συνέχεια, και η φωτιά μεταδόθηκε ταχέως προς τη σφαίρα, προκαλώντας BLEVE. Η πύρινη σφαίρα προκάλεσε BLEVE και σε άλλες δεξαμενές.	Πέρα από τις πύρινες σφαίρες, οι καταστροφικές αστοχίες των δεξαμενών (BLEVEs) προκάλεσαν σημαντικές ζημιές από την εκτόξευση θραυσμάτων.
1980 Ηνωμ. Βασίλειο	Φωτιά λόγω διαρροής και ανάφλεξης προπυλениού. Τραυματισμοί : 4	Διαρροή προπυλениού από την κατάθλιψη αντλίας παλινδρομικής λειτουργίας λόγω αστοχίας των υποστηρίγμάτων του τμήματος κατάθλιψης. Η αντλία (που είχε σχεδιαστεί και χρησιμοποιηθεί για βενζίνη) είχε τοποθετηθεί σε μη αεριζόμενο χώρο. Ο ατμός διέφυγε από δίοδο μεγάλου πλάτους και ανεφλέγη σε φούρνο 75 μέτρα μακριά.	Ο εξοπλισμός που σχεδιάζεται και χρησιμοποιείται για τη διακίνηση υγρών υδρογονανθράκων μπορεί να μην είναι κατάλληλος για τη διακίνηση υγραερίων (η απόσταση διασποράς ατμού από έκλυση βενζίνης είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με την απόσταση από διαρροή προπυλениού). Εγκαταστάθηκαν ανιχνευτές αερίου, βαλβίδες απομόνωσης έκτακτης ανάγκης.

Πίνακας 3.2

Έτος-Τόπος	Περιγραφή ατυχήματος	Αιτίες	Αποκτηθείσα εμπειρία
1984 San Juanito, Μεξικό	Καταστροφική αστοχία (BLEVE) σε 19 δεξαμενές υγραερίου. Θάνατοι : 542 Τραυματισμοί 4.248 Άστεγοι : 10.000	Διάρρηξη γραμμής υγραερίου 8'' (πιθανόν λόγω υπερπλήρωσης δεξαμενής και υπερπίεσης της γραμμής εισαγωγής). Το αέριο νέφος ανεφλέγη και κήκε αφήνοντας μία εστία φωτιάς κοντά στον σπασμένο σωλήνα, η οποία προκάλεσε υπερθέρμανση της σφαίρας και ακολούθως BLEVE. Αυτό προκάλεσε περαιτέρω ζημιές και περαιτέρω BLEVEs.	Δεν είχαν εφαρμοστεί οι προτάσεις του Feyzin (απουσία ανιχνευτών αερίου, ανεπαρκές σύστημα νερού και απομόνωσης πυρκαγιάς, κ.λ.π.).
1985	“Γλώσσα φωτιάς” (jet fire) και έκρηξη (BLEVE) σε μονάδα πυρόλυσης Θάνατοι : 1 Τραυματισμοί : 4 Υλικές ζημιές	Ανάφλεξη αερίου από διαρροή από φλάντζα προκάλεσε “γλώσσα φωτιάς” (jet fire) και ακολούθως, έκρηξη στη στήλη κλασματώσεως και έκρηξη τριών δεξαμενών που περιείχαν αιθυλένιο, προπυλένιο και υγραέριο. Ένα άτομο βρέθηκε νεκρό έξω από την εγκατάσταση λόγω καρδιακής προσβολής.	Η εκκένωση δεν ήταν αναγκαία. Η φωτιά, αν και υπό έλεγχο, συνεχίστηκε για πολλές ημέρες. Οι “γλώσσες φωτιάς” δεν κατασβέσθηκαν για να αποφευχθεί η δημιουργία εκρηκτικών νεφών. Πυρσός συνδεδεμένος με διάφορα σημεία της εγκατάστασης ρυθμίστηκε ώστε να επιταχυνθεί η εκτόνωση της φωτιάς.

Πίνακας 3.3

Έτος-Τόπος	Περιγραφή ατυχήματος	Αιτίες	Αποκτηθείσα εμπειρία
1985	Έκρηξη (UVCE) και φωτιά σε μονάδα αιθυλενίου. Τραυματισμοί: 7 Υλικές ζημιές εντός και εκτός του συγκροτήματος.	Αστοχία σωλήνωσης μιας μη χρησιμοποιούμενης παράκαμψης (bypass) από απρόβλεπτο σχηματισμό πάγου, λόγω συσσώρευσης νερού και χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος (-100C). Το εκλυόμενο νέφος προπυλενίου ανεφλέγη 4 λεπτά αργότερα, προκαλώντας έκρηξη και φωτιά μεγάλης έκτασης. Από την υπερπίεση, έσπασε το 80% των συνήθων γυάλινων παραθύρων κοντά στο σημείο έκρηξης, 50% των παραθύρων σε αποστάσεις 200-400 m, και μέχρι και το 20% σε αποστάσεις 400-1000 m. Περιορισμένες ζημιές σε κατασκευές ή κτίρια.	Η αποτελεσματικότητα των ομάδων διάσωσης και των υπηρεσιών πυρόσβεσης αποκάλυψε τη σημασία των υφιστάμενων Σχεδίων Έκτακτης Ανάγκης για τη μείωση της έκτασης των ζημιών. Λήψη κατάλληλων κατασκευαστικών μέτρων (διάταξη σωληνώσεων, εξωτερική θέρμανση) για την αποφυγή συσσώρευσης και παγώματος του νερού (η χειροκίνητη αποστράγγιση απορρίφθηκε). Αξιόπιστες βαλβίδες ταχείας απομόνωσης, με κατάλληλη σήμανση, εγκατεστάθηκαν σε διάφορα σημεία. Επιβεβαιώθηκε η καταλληλότητα των κτιρίων και των κριτηρίων σχεδιασμού των κατασκευών καθώς και των γυάλινων παραθύρων ασφαλείας και έγιναν και περαιτέρω βελτιώσεις.
1987	Έκρηξη και πυρκαγιά σε πετροχημική βιομηχανία. Τραυματισμοί: 2 Εκτεταμένες υλικές ζημιές στην εγκατάσταση και γειτονικά συγκροτήματα.	Διάρρηξη σωλήνα με εύφλεκτο αέριο από τρομοκρατική ενέργεια. Οι υδρογονάνθρακες που διέφυγαν εξερράγησαν προκαλώντας πυρκαγιά μεγάλης έκτασης, η οποία κατασβέσθηκε μετά από 4 ημέρες.	Ενεργοποιήθηκε το εξωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης.
1990	Έκρηξη και μεγάλης έκτασης πυρκαγιά σε πετροχημική βιομηχανία. Σοβαρές υλικές ζημιές στο συγκρότημα.	Έκρηξη σε σωλήνα προπυλενίου σε συστοιχία σωληνώσεων λόγω τρομοκρατικής ενέργειας δημιούργησε μεγάλης έκτασης πυρκαγιά. Ακολούθησε δεύτερη έκρηξη σε σωλήνα βουτανίου/ προπανίου περίπου μισή ώρα αργότερα, λόγω της πυρκαγιάς.	Τέθηκε σε εφαρμογή το εξωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης. Η πυροσβεστική υπηρεσία παρένεβη με προσπάθειες ψύξης των γειτονικών εγκαταστάσεων, αφήνοντας τα εύφλεκτα αέρια στους 4 σωλήνες να καούν. Η κατάσβεση της φωτιάς έγινε μετά από 60 ώρες.

Πίνακας 3.4

3.2.Σενάρια και αιτίες διαφυγών υγραερίου.

Παρακάτω παρατίθενται γενικευμένες πληροφορίες για τα διάφορα πιθανά συμβάντα σε εγκαταστάσεις υγραερίου και τα αίτια πρόκλησής τους.

Δεξαμενές

Ατυχήματα μεγάλης έκτασης που σχετίζονται με την αποθήκευση εύφλεκτων υδροποιημένων αερίων έχουν αναφερθεί ως αποτέλεσμα καταστροφικών αστοχιών δεξαμενών αποθήκευσης με εκδήλωση του φαινομένου BLEVE. Ο όρος BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ταχεία απώλεια περιεχομένου, ενός υγρού που βρίσκεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από το κανονικό σημείο βρασμού τη χρονική στιγμή της αστοχίας.

Διάφορες αιτίες μπορεί να οδηγήσουν μία δεξαμενή αποθήκευσης σε αστοχία όπως η παραπάνω. Πρόσκρουση αντικειμένων μπορεί να προκαλέσει ρωγμή, η οποία ακολούθως μπορεί να επεκταθεί ως αποτέλεσμα, είτε της εσωτερικής πίεσης, είτε της ψαθυρότητας του υλικού του δοχείου, είτε και των δύο. Εξασθένηση του μετάλλου του δοχείου, πέρα από το σημείο αντοχής στην εσωτερική πίεση, μπορεί επίσης να προκαλέσει μεγάλες ρωγμές, ή ακόμα και να προκαλέσει διάρρηξη του δοχείου σε δύο ή περισσότερα κομμάτια. Εξασθένηση μπορεί να προκληθεί από διάβρωση, εσωτερική υπερθέρμανση, κατασκευαστικές ατέλειες, κ.λ.π.

Όταν μια δεξαμενή εγκλωβίζεται σε πυρκαγιά, το μέταλλό της θερμαίνεται και χάνει τη μηχανική αντοχή του. Στο τμήμα της επιφάνειας δεξαμενής που διαβρέχεται από υγρό, η παρεχόμενη θερμότητα μεταφέρεται προς το υγρό και αυξάνει τη θερμοκρασία του, αλλά το τμήμα της διαβρεχόμενης επιφάνειας του δοχείου διατηρείται σχετικά ψυχρό. Η ειδική θερμοχωρητικότητα της αέριας φάσης είναι ωστόσο πολύ χαμηλότερη από αυτή του υγρού. Επιπροσθέτως, ο ατμός είναι σχετικά μέτριο μέσο μεταφοράς θερμότητας. Επομένως, η θερμότητα που παρέχεται στη μη διαβρεχόμενη περιοχή της δεξαμενής (χώρος ατμού) αυξάνει τη θερμοκρασία του τοιχώματος και εξασθενίζει το μέταλλό του.

Οι “γλώσσες φωτιάς” (jet fires) είναι δυνατό να επηρεάσουν τη μηχανική αντοχή του μετάλλου ακόμα και κάτω από τη στάθμη του υγρού. Η βαλβίδα ασφαλείας, ακόμη και αν έχει σχεδιαστεί κατάλληλα και λειτουργεί σωστά, δεν θα αποτρέψει το φαινόμενο BLEVE.

Η παραπάνω περίπτωση αστοχίας αποτελεί τη χειρότερη δυνατή για δεξαμενή. Μικρότερης κλίμακας αστοχίες, χωρίς την καταστροφική διάρρηξη της δεξαμενής, είναι δυνατό να συμβούν, εάν η ένταση των αιτίων τους δεν είναι ισχυρή και, ως αποτέλεσμα, η ρωγμή που δημιουργείται είναι μικρού μεγέθους. Μικρής κλίμακας ρωγμές είναι δυνατό να προκληθούν από διάβρωση, εάν η συντήρηση (τακτικοί έλεγχοι) και προστασία (βαφή) της δεξαμενής είναι ανεπαρκής. Σημειώνεται ότι και σε αστοχίες περιορισμένης κλίμακας, η εκδήλωση πυρκαγιάς είναι δυνατό να προκαλέσει κλιμάκωση της αστοχίας, μέσω των μηχανισμών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Βυτιοφόρα

Τα σενάρια που αφορούν σε βυτιοφόρα και τα αίτια πρόκλησής τους είναι παρόμοια με αυτά των δεξαμενών. Επιπρόσθετα, αστοχίες σε σταθμούς φόρτωσης είναι δυνατό να συμβούν στους εύκαμπτους σωλήνες φόρτωσης/ εκφόρτωσης. Αιτίες για αστοχίες τέτοιου είδους μπορεί να αποτελέσουν η ανεπαρκής συντήρηση των σωλήνων ή η μετακίνηση των βυτιοφόρων κατά τη διαδικασία φόρτωσης.

Αντλίες- συμπιεστές

Ιστορικά, συχνές εστίες διαρροών αποτελούν τα μηχανήματα με περιστροφική και παλινδρομική λειτουργία, στα οποία χρησιμοποιούνται φραγές για την αποτροπή πιθανής διαρροής των περιεχομένων ρευστών. Η τεχνική μελέτη των μηχανημάτων αυτού του τύπου, και ειδικότερα των επιλεγέντων συστημάτων στεγανοποίησης, έχει οδηγήσει στην εκτίμηση ότι δεν μπορεί να αναμένεται μαζική διαρροή προς την ατμόσφαιρα από τον εξοπλισμό αυτό. Πιθανές αιτίες διαφυγών από αντλίες -συμπιεστές είναι κατασκευαστικές ατέλειες, λάθος τύπος ή τοποθέτηση ή γήρανση παρεμβύσματος, ανεπαρκής συντήρηση, καταπόνηση από πίεση και εκδήλωση φαινομένου σπληαίωσης λόγω χαμηλής πίεσης αναρρόφησης.

Σωληνώσεις

Αστοχία σωληνώσεων μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα είδη διαφυγής, τα οποία μπορεί να συμπεριληφθούν σε δύο κύριες κατηγορίες :

- μικρές διαρροές από σωληνογραμμές,
- σοβαρές ζημιές (διαρρήξεις, μερικές ή ολικές) σωληνογραμμών.

Η έκταση των ζημιών εξαρτάται σημαντικά από το πάχος και τη διαβάθμιση (rating) των σωληνώσεων. Οι μικρές διαρροές από σωληνογραμμές, είναι πιο πιθανά περιστατικά απ' ότι οι διαρρήξεις σωληνογραμμών.

Ολικές διαρρήξεις σωληνογραμμών παρατηρούνται συνήθως κατά τις εργασίες φόρτωσης/εκφόρτωσης προϊόντων ή πρώτων υλών, ως αποτέλεσμα σφαλμάτων χειρισμού. Ωστόσο, ιστορικά στοιχεία αναφέρουν ότι καταστροφικές διαρρήξεις αφορούν και σε αστοχίες σωληνώσεων μικρής διαμέτρου (π.χ. <2½") λόγω κόπωσης ή μηχανικής καταπόνησης.

Μικρές διαρροές από σωληνογραμμές μπορεί να προκληθούν από διάφορες αιτίες, όπως, καταπόνηση από θερμοκρασία και πίεση, δονήσεις, διάβρωση, κ.λ.π. Τέτοια περιστατικά συμβαίνουν, συνήθως, στις συνδέσεις των σωληνώσεων και του σχετικού εξοπλισμού, με εξαίρεση τη διάβρωση pitting (σπληαίωση), η οποία μπορεί να προσβάλει οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος. Καταπόνηση λόγω πίεσης και δονήσεων παρουσιάζεται συνήθως στα σημεία σύνδεσης των σωληνώσεων με αντλίες-συμπιεστές. Επομένως, οι φλάντζες σύνδεσης στα σημεία κατάθλιψης των αντλιών και των συμπιεστών θεωρούνται ως οι πλέον πιθανές πηγές διαρροής. Πιθανό αίτιο αστοχίας σωληνώσεων αποτελεί και η πρόσκρουση αντικειμένων σε αυτές, π.χ. διερχόμενα οχήματα.

3.3.Κατάλογος σεναρίων διαφυγών.

Οι περιπτώσεις διαφυγής που μελετήθηκαν αφορούν στις δεξαμενές υγραερίου, τις σωληνώσεις διασύνδεσης των διαφόρων στοιχείων του εξοπλισμού και των αντλιών-συμπιεστών και αποτελούν τις πλέον αντιπροσωπευτικές για εγκαταστάσεις υγραερίων.

Με βάση όλα τα παραπάνω, τα σενάρια που εξετάστηκαν παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες, και καλύπτουν όλα τα τμήματα της εγκατάστασης.

Οι επιπτώσεις από τις διαφυγές εξαρτώνται από την ποσότητα και τη μορφή του εκλυόμενου υλικού. Για τον υπολογισμό των ρυθμών διαρροής, σημαντική παράμετρος είναι αυτή που αφορά στη διάμετρο της οπής μέσω της οποίας θεωρείται ότι διαφεύγει το υλικό. Όπως προκύπτει από τους παρακάτω πίνακες, αρκετά σενάρια είναι ταυτόσημα ως προς το μέγεθος της οπής διαφυγής, και συνεπώς οι ρυθμοί διαρροής και οι αντίστοιχες επιπτώσεις είναι κοινές.

Τύπος διαφυγής	Μέγεθος οπής διαφυγής, mm
Διαρροή λόγω διάβρωσης ή διαρροή από φλάντζες	ως 20 mm
Διαρροές από κύριες σωληνογραμμές	ως το 20% της διαμέτρου του σωλήνα
Καταστροφική αστοχία σωληνώσεων	100% της διαμέτρου του σωλήνα (FBR-Full Bore Rupture)
Διάτρηση δεξαμενής αποθήκευσης	ως 50 mm
Υπερπλήρωση δεξαμενής	Διάμετρος συνδετήριας φλάντζας δεξαμενής με ασφαλιστικό
Υπερπλήρωση βυτιοφόρου	Διάμετρος ασφαλιστικού βυτιοφόρου

Πίνακας 3.5

Περιοχή	A/A σενα- ρίου	Περιγραφή	Μέγεθος οπής (mm)
Σωληνώσεις μεταξύ πλοίου και δεξαμενών	Π1	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας δεξαμ. με υγρό LPG από πλοίο	20
	Π2	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας δεξαμενής με υγρό LPG από πλοίο	100
	Π3	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG από δεξαμ. σε πλοίο	12,5
	Π4	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG από δεξαμενή σε πλοίο	62,5
	Π5	Πλήρης διάρρηξη εύκαμπτου σωλήνα φόρτωσης υγρού LPG από πλοίο	62,5
	Π6	Πλήρης διάρρηξη εύκαμπτου σωλήνα επιστροφής αερίου LPG από πλοίο	62,5
Δεξαμενές	Δ1	Ακαριαία διάρρηξη δεξαμενής	-
	Δ2	Διαρροή λόγω διάβρωσης σε δεξαμενή	20
	Δ3	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία δεξαμενής	50
	Δ4	Διαρροή από δεξαμενή λόγω υπερπλήρωσης	75
	Δ5	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG από δεξαμενή προς αντλιοστάσιο	12,5
	Δ6	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG από δεξαμενή προς αντλιοστάσιο	62,5
Αντλιοστάσιο	A1	Αστοχία των φραγών στις αντλίες μεταφοράς	20
Βυτιοφόρο και εξοπλισμός μεταξύ αντλιοστασίου και θέσης φόρτωσης βυτιοφόρου	B1	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου	-
	B2	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία βυτιοφόρου	50
	B3	Διαφυγή από βυτιοφόρο λόγω υπερπλήρωσης	38
	B4	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς θέση φόρτωσης βυτιοφόρου	12,5
	B5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς θέση φόρτωσης βυτιοφόρου	62,5
	B6	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG από θέση φόρτωσης βυτιοφόρου προς δεξαμενή	5
	B7	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG από θέση φόρτωσης βυτιοφόρου προς δεξαμενή	25
	B8	Διάρρηξη εύκαμπτου σωλήνα φόρτωσης υγρ. LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρου	34
	B9	Διάρρηξη εύκαμπτου σωλήνα επιστροφής αερίου LPG σε σταθμό φόρτ. βυτιοφόρου	34
Εμφιάλωση και εξοπλισμός μεταξύ αντλιοστασίου και εμφιάλωσης	E1	Διαρροή ή αστοχία στη γραμμή υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς εμφιάλωση	12,5
	E2	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς εμφιάλωση	62,5
	E3	Διαρροή ή αστοχία στη γραμμή επιστροφής υγρού LPG από εμφιάλωση σε δεξαμενή	5
	E4	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής υγρού LPG από εμφιάλωση σε δεξαμενή	25

Πίνακας 3.6

3.4.Μέτρα προστασίας από ατυχήματα.

Τα μέτρα προστασίας και επέμβασης αφορούν στον περιορισμό των συνεπειών τυχόν ατυχημάτων.

Πηγές νερού και αντλιοστάσιο πυροπροστασίας :

Η εγκατάσταση διαθέτει τσιμεντένια υπόγεια δεξαμενή νερού πυροπροστασίας με χωρητικότητα 80 m³, κάτω από το εμφιαλωτήριο, στην οποία συλλέγεται και το νερό της βροχής. Εκτός από την παραπάνω, η εγκατάσταση διαθέτει 1 τσιμεντένια υπέργεια δεξαμενή χωρητικότητας 160 m³

Η εγκατάσταση διαθέτει, επίσης, δίδυμο σύστημα κρουνών με το οποίο, μέσω αντεπίστροφης βάνας και σωλήνωσης, είναι δυνατή η σύνδεση του πυροσβεστικού δικτύου της εγκατάστασης με οχήματα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.

Οι δεξαμενές πυροπροστασίας, όπως και το σύστημα καταιονισμού των δεξαμενών και της θέσης φόρτωσης βυτιοφόρων, συνδέονται επίσης και με το δίκτυο ύδρευσης της περιοχής.

Συστήματα καταιονισμού (sprinkler) :

Όλα τα κρίσιμα σημεία της εγκατάστασης προστατεύονται με σύστημα καταιονισμού νερού με ακροφύσια ανοικτού τύπου. Σε περίπτωση πυρκαγιάς σε μία δεξαμενή ψύχονται με καταιονισμό και οι λοιπές δεξαμενές της εγκατάστασης. Η ελάχιστη παροχή ανά ακροφύσιο καταιονισμού είναι 1 m³/h.

Δεξαμενές υγραερίου :

Η κάθε δεξαμενή υγραερίου προστατεύεται από κλάδους με καταιονιστήρες σε κατάλληλη διάταξη, η οποία εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή του νερού πυροπροστασίας σε όλη την επιφάνεια της δεξαμενής. Οι κλάδοι έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτηθούν και από το δίκτυο ύδρευσης της περιοχής

Εμφιαλωτήριο :

Το σύστημα καταιονισμού περιλαμβάνει 48 καταιονιστήρες ½" ανοικτού τύπου. Το σύστημα αποτελείται από κεντρικό διανομέα και κλάδους που οδεύουν στην οροφή του εμφιαλωτηρίου.

Αντλιοστάσια υγραερίου :

Τα αντλιοστάσιο υγραερίου διαθέτουν από ένα κλάδο με 3 καταιονιστήρες ½" ανοικτού τύπου.

Θέση φόρτωσης βυτιοφόρου :

Η θέση φόρτωσης βυτιοφόρου διαθέτει δύο κλάδους με 4 καταιονιστήρες ½" ανοικτού τύπου σε κάθε κλάδο. Οι κλάδοι έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτηθούν και από το δίκτυο ύδρευσης της περιοχής.

Πυροσβεστικές φωλεές :

Το δίκτυο νερού πυροπροστασίας διαθέτει 16 πυροσβεστικές φωλεές, η διάταξη των οποίων εξασφαλίζει την πλήρη κάλυψη των εγκαταστάσεων.

Σύστημα διακοπής ρεύματος έκτακτης ανάγκης :

Στην εγκατάσταση είναι δυνατή η διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος για την αντιμετώπιση περιστατικών έκτακτης ανάγκης. Η διακοπή γίνεται από :

- τα γραφεία
- τον κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα πλησίον των γραφείων.

Με την ενεργοποίηση της διακόπτεται το ρεύμα στους χώρους της εγκατάστασης πλην των γραφείων.

Σύστημα απομόνωσης εξοπλισμού εγκατάστασης :

Το σύστημα απομόνωσης του κύριου εξοπλισμού της εγκατάστασης περιλαμβάνει χειροκίνητες βάνες απομόνωσης σε διάφορα σημεία του εξοπλισμού και τηλεχειριζόμενες σφαιρικές βάνες απομόνωσης σε όλα τα στόμια των δεξαμενών.

Σύστημα απομόνωσης βυτιοφόρων :

Όσον αφορά στην απομόνωση των βυτιοφόρων, αυτά διαθέτουν αντεπίστροφες βαλβίδες και τηλεχειριζόμενες βάνες απομόνωσης, η ενεργοποίησή των οποίων γίνεται με μπουτόν από σημείο εύκολα προσπελάσιμο.

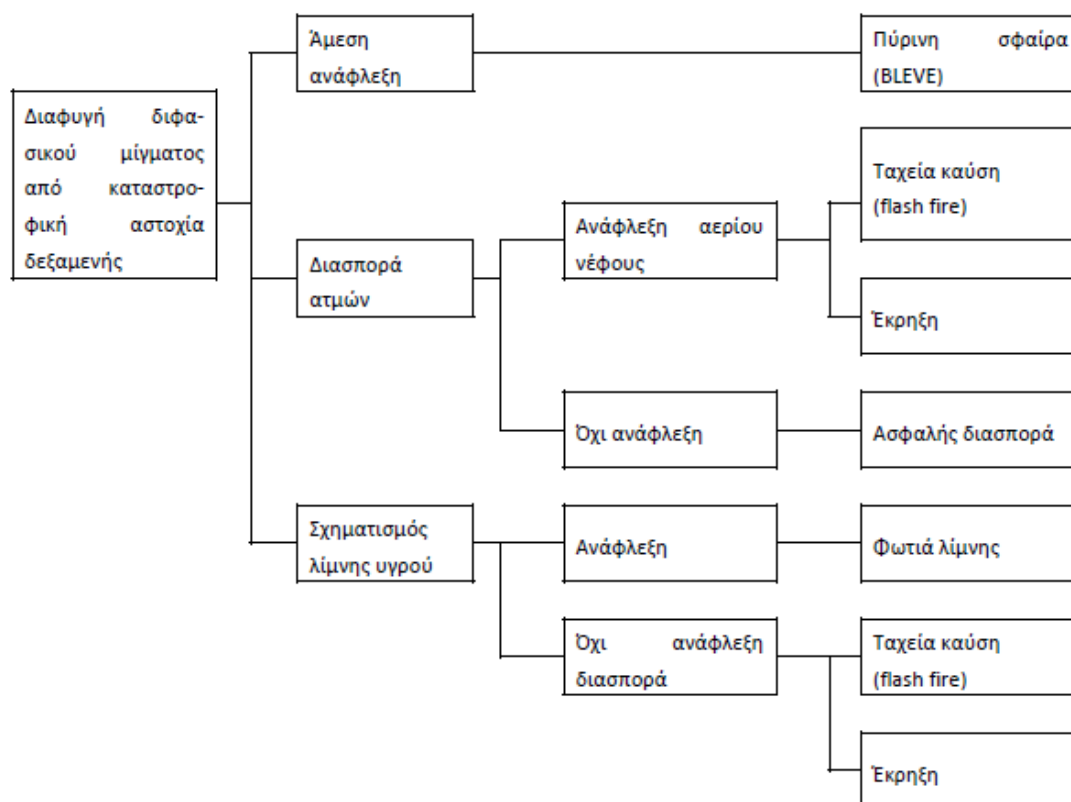
4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

4.1.Κατηγορίες κινδύνων

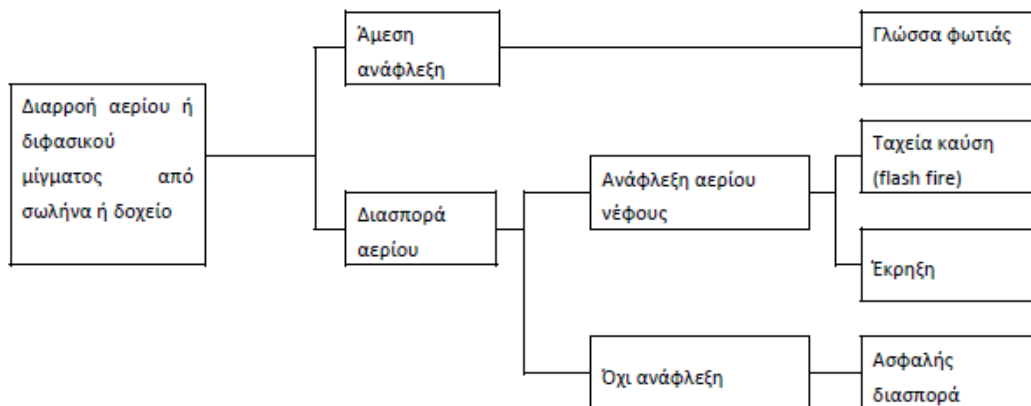
Οι πιθανοί κίνδυνοι που συνδέονται με τη διαφυγή υγραερίου είναι οι ακόλουθοι.

- φωτιά λίμνης (pool fire),
- πύρινη σφαίρα (fireball, BLEVE),
- γλώσσα φωτιάς (jet flame),
- διασπορά αερίου νέφους και ανάφλεξη (flash fire),
- έκρηξη αερίου νέφους (UVCE, unconfined vapour cloud explosion).

Στα παρακάτω σχήματα 4.1 και 4.2 βλέπουμε τα σενάρια επιπτώσεων διαφυγής υγραερίου από αστοχία δεξαμενής ή βυτιοφόρου και από σωλήνωση ή άλλο εξοπλισμό αντίστοιχα



σχήμα 4.1



σχήμα 4.2

4.1.1. Φωτιά λίμνης

Φωτιά λίμνης από ανάφλεξη υγρού μπορεί να συμβεί όταν έχει διαφύγει σημαντική ποσότητα υγρού και αναφλέγεται ακαριαία. Η περίπτωση αυτή δεν αφορά, πρακτικά, διαφυγές από σωληνώσεις ή φραγές, καθώς οι διαρρέουσες ποσότητες είναι μικρές για τον σχηματισμό λίμνης (λόγω της διαμέτρου της οπής και της άμεσης απομόνωσης των σχετικών διαρροών μέσω των βανών απομόνωσης). Επομένως η φωτιά λίμνης, σχετίζεται μόνο με περιστατικά διαφυγών σε δεξαμενές ή βυτιοφόρα.

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος από την εκδήλωση φωτιάς λίμνης είναι η εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας προς τους ανθρώπους. Εάν υπάρχει λεκάνη ασφαλείας, η έκταση της λίμνης περιορίζεται από αυτή. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει λεκάνη ασφαλείας, το μέγεθος της λίμνης εξαρτάται από το ρυθμό διαρροής και τη θερμοκρασία (άμεσα συσχετιζόμενη με το ποσοστό της διαρρέουσας ουσίας που εξαερώνεται καθώς διαφεύγει).



Εικόνα 4.1 pool fire

4.1.2. Πύρινη σφαίρα

Μια μεγάλη διαρροή υγραερίου σε υγρή κατάσταση, αν αναφλεχθεί ακαριαία, μπορεί να καεί ως πύρινη σφαίρα. Οι πύρινες σφαίρες αφορούν κυρίως καταστροφικές αστοχίες δεξαμενών γνωστές ως BLEVEs. Ο όρος BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ξαφνική απώλεια περιεχομένου ενός υγρού, που βρίσκεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από το κανονικό σημείο βρασμού τη στιγμή της αστοχίας. Εάν αυτό οφείλεται σε φωτιά, η αστοχία της δεξαμενής θα οδηγήσει μάλλον στο σχηματισμό πύρινης σφαίρας.

Το φαινόμενο έχει μικρή διάρκεια (συνήθως τάξη μεγέθους 30 sec) αλλά η παραγόμενη θερμική ακτινοβολία είναι πολύ ισχυρή. Η υπερπίεση που παράγεται κατά την εκδήλωση φαινομένων BLEVE είναι αμελητέα σε σχέση με τις επιπτώσεις από την αντίστοιχη θερμική ακτινοβολία.

Επισημαίνεται ότι από την εκδήλωση φαινομένων BLEVE είναι πιθανή η πρόκληση θραυσμάτων τα οποία είναι δυνατό να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις. Οι επιπτώσεις από τα θραύσματα δεν είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθούν, καθώς εξαρτώνται από παραμέτρους (όπως μέγεθος και σχήμα θραύσματος) οι οποίες είναι, σε μεγάλο βαθμό, στοχαστικές.



Εικόνα 4.2 **bleve**

4.1.3.Γλώσσα φωτιάς (jet flame)

Διαρροή υγραερίου υπό πίεση, αν αναφλεχθεί άμεσα, θα καεί ως “γλώσσα” φωτιάς (jet fire). Ο εξοπλισμός στον οποίο προσπίπτει η “γλώσσα” φωτιάς υπόκειται σε υψηλά θερμικά φορτία, που πολλές φορές υπερβαίνουν τη δυναμικότητα των εγκατεστημένων συστημάτων πυροπροστασίας με διαβροχή νερού (water spray).

Εκτός των ορίων της “γλώσσας”, οι κίνδυνοι από ακτινοβολία είναι ελάχιστοι. Κατά συνέπεια, η ζώνη κινδύνου ορίζεται από το μήκος και το πλάτος της “γλώσσας”. Το μέγεθος της γλώσσας εξαρτάται από την πίεση του δοχείου από το οποίο διαρρέει το υγραέριο και τη διάμετρο της οπής διαφυγής.



Εικόνα 4.3 jet flame

4.1.4.Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους

Οι διαρροές υγραερίου, αν δεν αναφλεχθούν, θεωρείται ότι διασπείρονται ως νέφη βαρέος αερίου. Όταν η συγκέντρωση στο νέφος είναι μεγαλύτερη από το Κατώτερο Όριο Αναφλεξιμότητας (Lower Flammability Limit, LFL), υπάρχει πιθανότητα ανάφλεξης με συνέπεια φωτιά ή έκρηξη. Το μέγεθος του κινδύνου εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, δηλαδή, ατμοσφαιρική σταθερότητα και ταχύτητα ανέμου. Εκτός από την περίπτωση εξατμιζόμενης λίμνης όπου η ποσότητα που διασπείρεται είναι σε αέρια φάση, όλες οι άλλες διαρροές μπορεί να είναι είτε αέριες είτε μίγμα αερίου και σταγονιδίων υγρού.



Εικόνα 4.4 flash fire

4.1.5. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους

Αν η μάζα του διεσπαρμένου αερίου νέφους από διαρροή υγραερίου είναι μεγαλύτερη των 1000 κιλών, η ανάφλεξη της μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Για την εκδήλωση έκρηξης απαιτείται η ύπαρξη περιορισμού στο χώρο, γεγονός που δεν είναι αναμενόμενο για εγκαταστάσεις υγραερίου που βρίσκονται σε ανοικτούς χώρους.



Εικόνα 4.5 U.V.C.E

4.2.Πολλαπλασιαστικά φαινόμενα (Domino)

Τα πολλαπλασιαστικά φαινόμενα αφορούν στην πρόκληση ατυχήματος (δευτερογενές) λόγω των επιπτώσεων ενός πρωτογενούς ατυχήματος. Ως ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων θεωρείται η απόσταση από το σημείο του πρωτογενούς ατυχήματος μέχρι το σημείο που αντιστοιχεί σε χαρακτηριστική τιμή θερμικής ακτινοβολίας ή υπερπίεσης (οστικό κύμα).

Φωτιά λίμνης

Οι επιπτώσεις από φωτιά λίμνης είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές της πύρινης σφαίρας. Το επίπεδο ακτινοβολίας στην επιφάνεια της φλόγας LPG είναι της τάξης των 100 kW/m². Η ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων είναι η απόσταση από το κέντρο της λίμνης ως το σημείο του κύκλου που αντιστοιχεί σε τιμή θερμικής ακτινοβολίας 37,5 kW/m².

Πύρινη σφαίρα (fireball)

Το φαινόμενο της πύρινης σφαίρας μπορεί να προκληθεί από εκτεταμένη διαρροή υγρού LPG, εάν συμβεί ακαριαία ανάφλεξη. Η φωτιά διαδίδεται ως σφαίρα που μεγαλώνει και κινείται προς τα πάνω λόγω ανώσεως. Η χρονική διάρκεια μιας τέτοιας φωτιάς είναι μικρή (<40 sec), τα επίπεδα ακτινοβολίας όμως είναι εξαιρετικά υψηλά (της τάξης των 200 kW/m²). Η ακτίνα της πύρινης σφαίρας θεωρείται συμβατικά ως ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων. Εντός των ορίων της σφαίρας μπορεί να συμβούν σημαντικές καταστροφές εξοπλισμού και κτιρίων. Εκτός των ορίων της σφαίρας, ο κίνδυνος αφορά κυρίως τους ανθρώπους, λόγω πιθανών τραυματισμών από τη θερμική ακτινοβολία.

Γλώσσα φωτιάς (jet fire)

Οι ζώνες κινδύνου από φωτιά τύπου jet είναι μικρές και αφορούν κυρίως σε γειτονικό εξοπλισμό που έρχεται σε επαφή με τη γυμνή φλόγα και κατά συνέπεια εκτίθεται σε πολύ υψηλά θερμικά φορτία, τα οποία μπορεί να ξεπερνούν τη δυναμικότητα των συστημάτων καταιονισμού νερού. Το μήκος της φλόγας θεωρείται ως η ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων.

Φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (flash fire)

Εκτεταμένη διαρροή και διασπορά υγραερίου μπορεί, αν αναφλεχθεί, να οδηγήσει σε φωτιά αερίου νέφους ή έκρηξη. Σε περίπτωση φωτιάς, αυτή θα καλύψει το τμήμα του νέφους που

βρίσκεται εντός των ορίων αναφλεξιμότητας και θα επιστρέψει ταχύτατα στην πηγή της διαρροής. Εντός του καιγόμενου νέφους υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης εξοπλισμού. Ωστόσο, ο κίνδυνος πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων είναι μικρός λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας του φαινομένου (μερικά δευτερόλεπτα).

Έκρηξη αερίου νέφους

Εκτεταμένη διαρροή, διασπορά και καθυστερημένη ανάφλεξη υγραερίου μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη αερίου νέφους. Οι ζώνες κινδύνου προσδιορίζονται από την υπερπίεση που δημιουργεί η έκρηξη και την απόσταση από το κέντρο του αερίου νέφους, δηλαδή την πηγή του ωστικού κύματος.

Υπερπίεση ίση με 700 mbar μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε βαρύ εξοπλισμό και θεωρείται ως το όριο πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων. Ωστόσο, για την πρόκληση έκρηξης απαιτούνται συνήθως σημαντικές ποσότητες αερίου (>1 tn) και κάποια μορφή περιορισμού του νέφους, όπως σε μονάδες με πολύ εξοπλισμό σε μικρή επιφάνεια. Στις περιπτώσεις αυτές, το κέντρο του αερίου νέφους μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται πολύ κοντά στο χώρο που συμβαίνει το ατύχημα.

5. ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

5.1.Δημιουργία υποβάθρου

Για την ποσοτικοποίηση και απεικόνιση της επικινδυνότητας της εγκατάστασης ήταν απαραίτητη η δημιουργία του κατάλληλου υποβάθρου.

Στην εικόνα 5.1 ,με χρήση της δορυφορικής εικόνας 2.1 της εγκατάστασης αλλά και είδη υπάρχον σχέδιο της επέκτασής της , δημιουργήθηκε μια κάτοψη σε κλίμακα 1:500.



Εικόνα 5.1

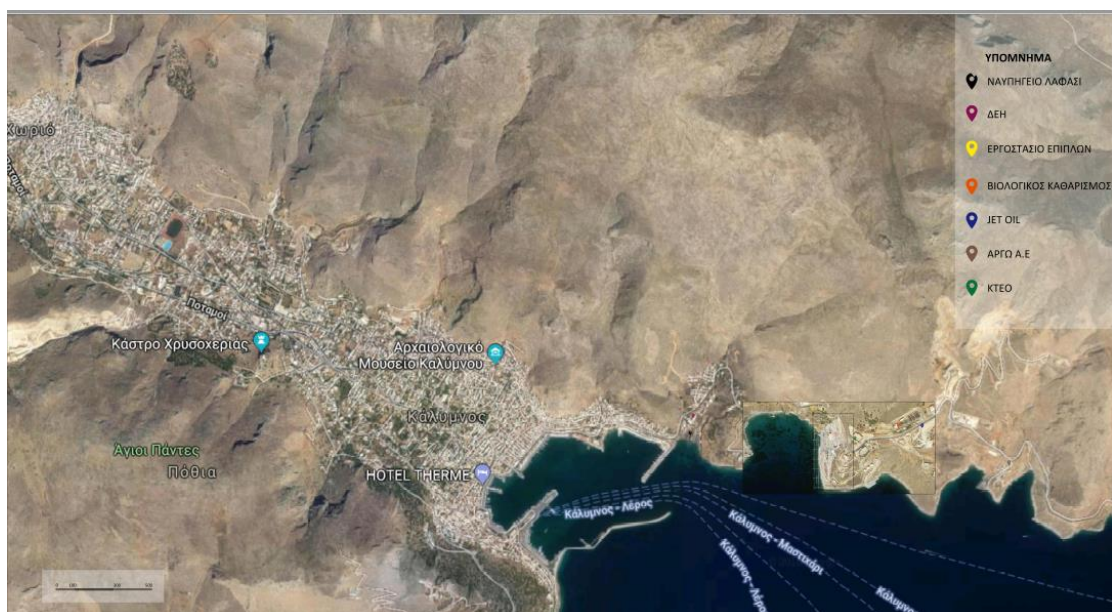
Έπειτα , με τη χρήση δορυφορικής φωτογραφίας , απεικονίστηκε μία κάτοψη της ευρύτερης περιοχής στην οποία περιλαμβάνονται η εγκατάσταση καθώς και η πόλη της Καλύμνου

(Πόθια). Επίσης έχουν σημειωθεί πάνω στο σχέδιο της εγκατάστασης με χρώμα οι δεξαμενές, όπου με μαύρο απεικονίζονται οι υπάρχουσες και με κόκκινο η επέκταση.



Εικόνα 5.2

Τέλος, για την δημιουργία του τελικού υποβάθρου, τοποθετήθηκαν γραφικά οι χρήσεις γης καθώς και γραφική κλίμακα πεντακοσίων (500) μέτρων για καλύτερη κατανόηση των αποστάσεων πάνω στο υπόβαθρο.



Εικόνα 5.3

5.2.Λογισμικό QRA

Τα QRA (Quantitative risk assessment) είναι λογισμικά που παρέχουν ποσοτικές εκτιμήσεις κινδύνου, οι οποίοι καθορίζονται από παραμέτρους τις οποίες εισάγει ο χρήστης. Στην βιομηχανία ασχολούνται κυρίως με τον προσδιορισμό πιθανής απώλειας ζωής που μπορεί να προκληθεί από ατυχήματα.

Χρησιμοποιώντας ως παραμέτρους το ρόδο ανέμου (πίνακας 2.1) καθώς και τις χρήσεις γης της περιοχής προέκυψαν οι παρακάτω πίνακες.

Στον πίνακα 5.1 βλέπουμε τις ζώνες ανάφλεξης (ignition zones) που προκύπτουν σε περίπτωση ατυχήματος, ενώ στον πίνακα 5.2 βλέπουμε την κατά αντιστοιχία ποσοτικοποίηση επικινδυνότητας.

0° = E, αριστερόστροφα (vag)		180°-225°	225°-270°	270°-315°	315°-360°	0°-45°	45°-90°	90°-135°	135°-180°
Wind Blowing from		W	SW	S	SE	E	NE	N	NW
Direction of Cloud Dispersion from Source towards		E	NE	N	NW	W	SW	S	SE
Distance of Release Source to potential ignition point		ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΗΣΟΓΚΑΖΑΕ
	< 100 m	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΚΤΕΟ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΠΙΠΛΩΝ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ
	100-300	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ/ΘΑΛΑΣΣΑ	ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ
	300-500	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ
	500-700	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	JET OIL	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΔΕΗ, ΝΑΥΠΗΓΕΙΟ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ
	700-900	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΓΗ	ΛΑΦΑΣΙ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ	ΘΑΛΑΣΣΑ

Πίνακας 5.1

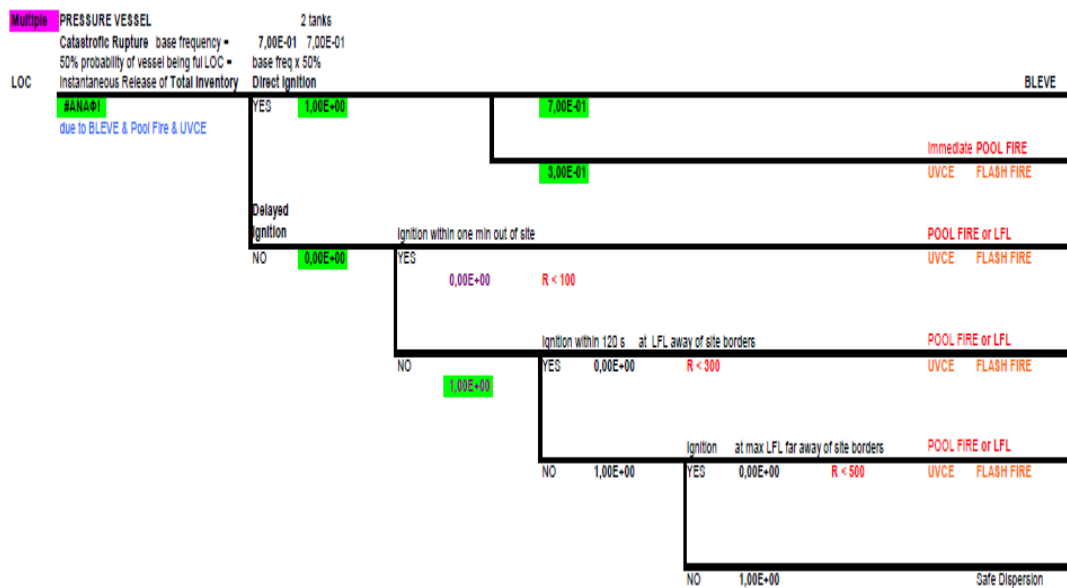
Wind Blowing from		W	SW	S	SE	E	NE	N	NW
Direction of Cloud Dispersion from Source towards		E	NE	N	NW	W	SW	S	SE
Distance of Release Source to potential ignition point m									
	100	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
	300	1%	16%	10%	15%	20%	20%	20%	1%
	500	20%	14%	1%	10%	20%	50%	50%	50%
	500-700	20%	50%	1%	1%	10%	50%	50%	50%
	700-900	50%	1%	1%	1%	70%	50%	50%	50%

Πίνακας 5.2

Δέντρα γεγονότων (event trees)

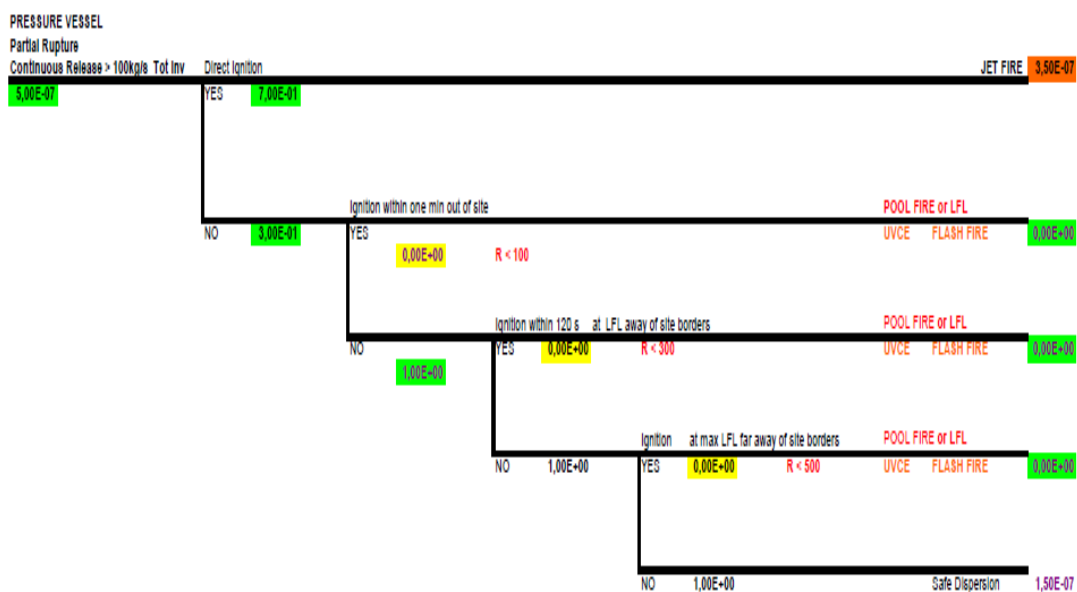
Στα παρακάτω δέντρα γεγονότων βλέπουμε τις πιθανότητες εξέλιξης πιθανού ατυχήματος έχοντας ως κριτήρια τα δυσμενέστερα σενάρια. Τα δέντρα γεγονότων αφορούν σε ολική ή μερική ρήξη των δεξαμενών, καθώς και σε διαρροή σε σωλήνες.

Στο σχήμα 5.1 βλέπουμε το δέντρο γεγονότων σε περίπτωση ολικής ρήξης δεξαμενών.



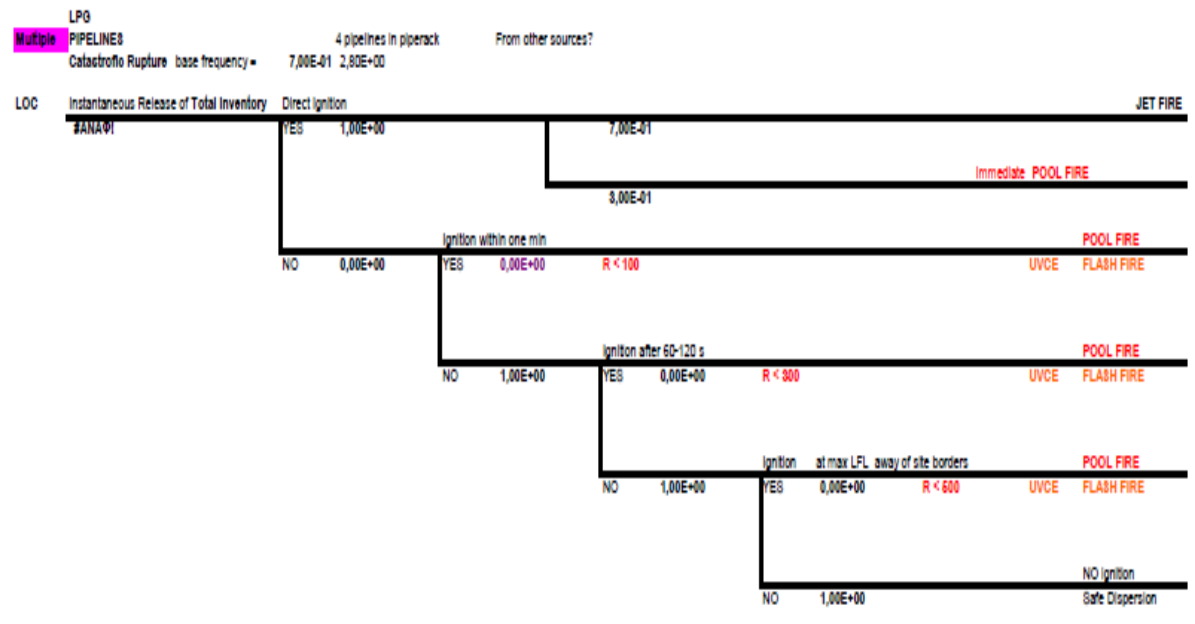
σχήμα 5.1

Στο σχήμα 5.2 βλέπουμε το δέντρο γεγονότων σε περίπτωση μερικής ρήξης των δεξαμενών.



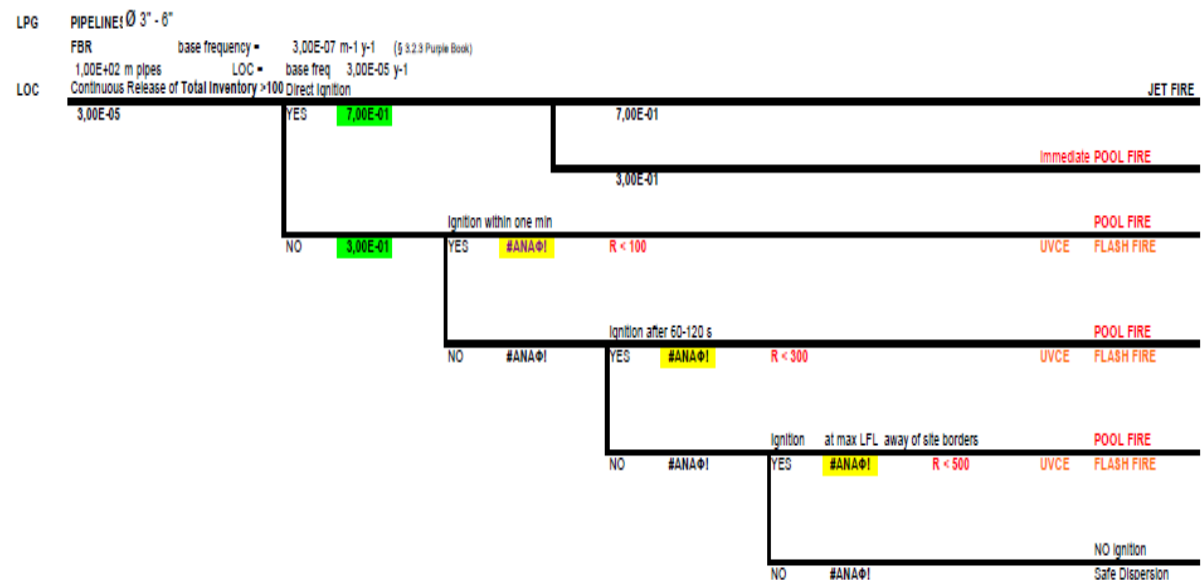
σχήμα 5.2

Στο σχήμα 5.3 βλέπουμε το δέντρο γεγονότων στην περίπτωση ολικής ρήξης σωλήνα



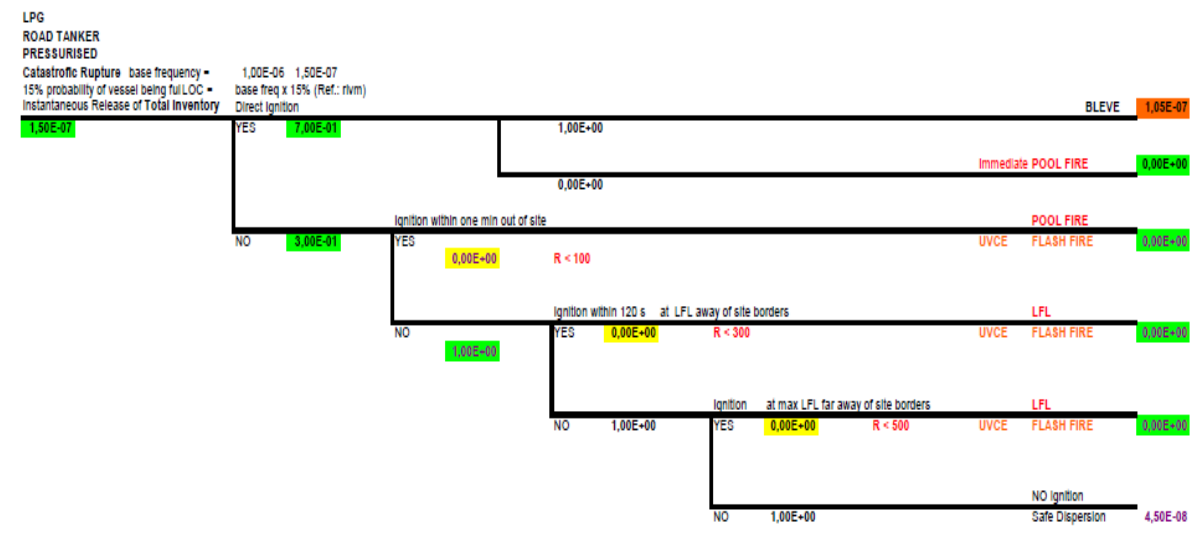
σχήμα 5.3

Στο σχήμα 5.4 βλέπουμε το δέντρο γεγονότων σε περίπτωση μερικής ρήξης σωλήνα.



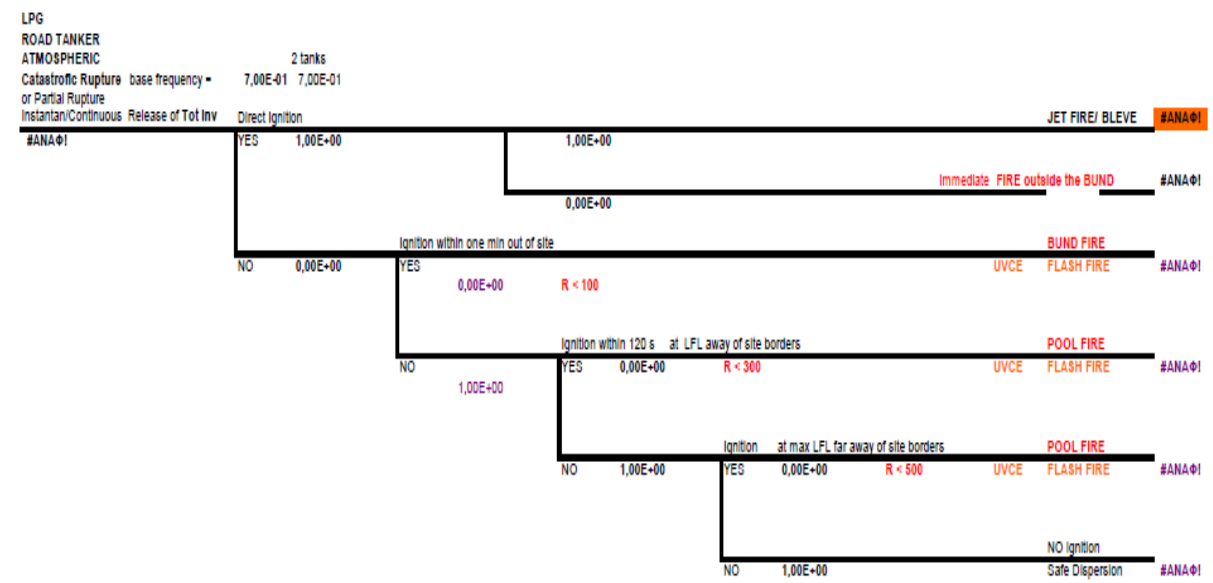
σχήμα 5.4

Στο σχήμα 5.5 βλέπουμε το δέντρο γεγονότων σε περίπτωση ολικής ρήξης βυτιοφόρου.



σχήμα 5.5

Στο σχήμα 5.6 βλέπουμε το δέντρο γεγονότων σε περίπτωση μερικής ρήξης βυτιοφόρου.



σχήμα 5.6

5.3.Αποτελέσματα

Στα αποτελέσματα προέκυψε ότι ο μεγαλύτερος κίνδυνος προέρχεται από πιθανή έκρηξη και πύρινη σφαίρα (bleve) σε μία από τις κεντρικές δεξαμενές της εγκατάστασης, χωρητικότητας 500m³ έκαστη. Οι ζώνες επικινδυνότητας που προκύπτουν από την εκλυόμενη θερμική ακτινοβολία στα 15 kW/m² , 6 kW/m² και 3 kW/m², ορίζονται από την SEVESO III (ΚΥΑ 172058/ 17.2.2016) όπως φαίνεται παρακάτω.

Εκτίμηση Επιπτώσεων: Νέα ΚΥΑ 172058 SEVESO III
Κριτήρια για τρεις Ζώνες Επιπτώσεων **ZI, ZII, ZIII** με σαφή κριτήρια (Παράρτημα ΙΧ)

Επιπτώσεις	Θερμική Ακτινοβολία				Ωστικό Κύμα	Τοξικές ουσίες
Ζώνες	Δόση (TDU) (kW/m ²) _{4/3 s}	Ένταση (kW/m ²)	Ένταση (kW/m ²) για 40 s	Ένταση (kW/m ²) για 15 s (BLEVE)	Υπερπίεση (mbar)	Συγκέντρωση (mg/m ³)
ΖΩΝΗ Ι (Προστασία Δυνάμεων Καταστολής)	1500	$q = 241,0/t^{3/4}$	15	31,6	350	LC₅₀
ΖΩΝΗ II (Προστασίας Πληθυσμού Σοβαρές Επιπτώσεις)	450	$q = 97,7/t^{3/4}$	6	12,8	140	LC₁
ΖΩΝΗ III (Προστασίας Πληθυσμού Μέτριες Επιπτώσεις)	170	$q = 47,1/t^{3/4}$	3	6,2	50	IDLH

Παρακάτω φαίνονται τα δεδομένα και τα αποτελέσματα του λογισμικού.

Υγραέριο Μείγμα.

Model: BLEVE Fireball LPG sphere 500m3

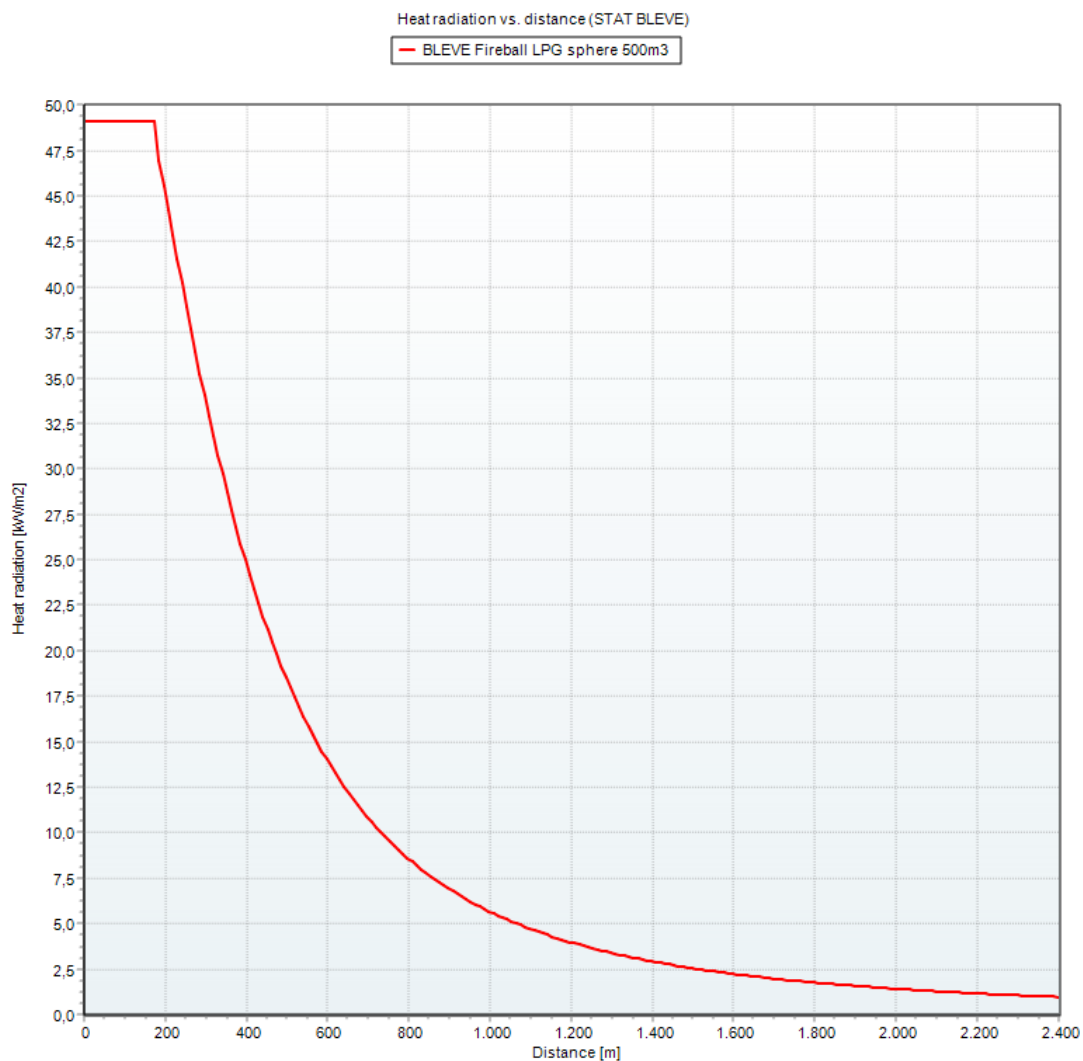
Model: BLEVE Fireball

version: v2018.05.10780 (8/5/2018)

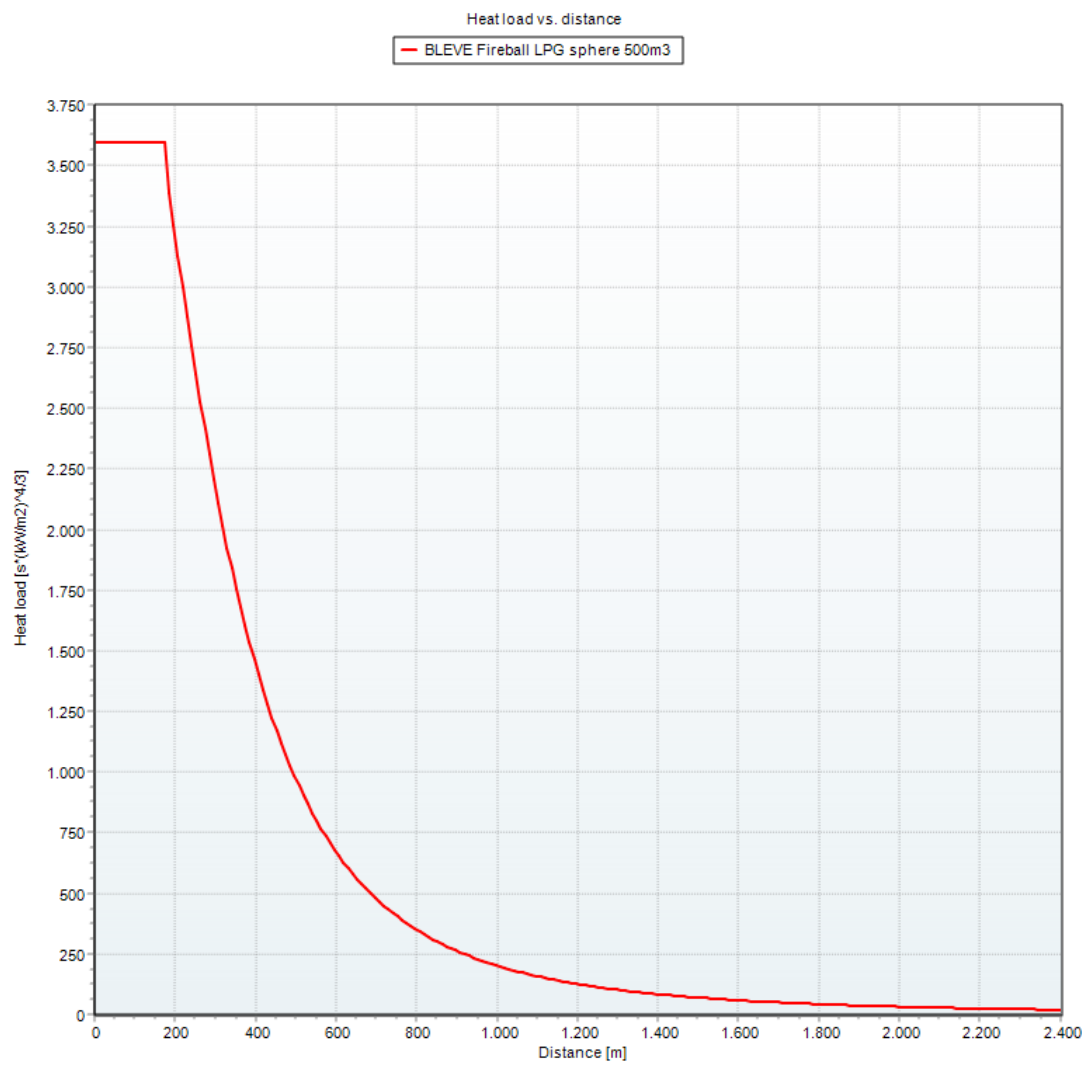
Reference: Static BLEVE: Yellow Book (CPR-14E), 3rd edition 1997, Paragraph 6.5.7
Dynamic BLEVE: W.E. Martinsen and J.D. Marx, An improved model for the prediction of radiant heat from fireballs, In: proceedings of the international conference and workshop on modelling the consequences of accidental releases of hazardous materials, sept. 28 - oct. 1 1999, San Francisco, California p.p. 605-621. BLEVE Blast: A.C. van den Berg, Blast Charts for Explosive Evaporation of Superheated Liquids, In: Process Safety Progress Volume 27, Issue 3, 17 MAR 2008

Parameters	
Inputs	
Chemical name	LPG Sample (Sample mixtures)
Type of BLEVE calculation	Static BLEVE model (Yellow Book)
Initial temperature in vessel (°C)	30
<i>Initial (absolute) pressure in vessel (bar)</i>	<i>10,184</i>
Vessel volume (m3)	500
Filling degree (%)	85
Burst pressure of the vessel (bar)	17
Ambient temperature (°C)	30
Ambient relative humidity (%)	65
Ambient pressure (bar)	1,0151
Amount of CO2 in atmosphere (-)	0,0003
Reporting distance (Xd) (m)	500
Maximum heat exposure duration (s)	20
Height of the receiver (m)	1,5
Include BLEVE overpressure effects	Yes
Threshold overpressure (mbar)	50
Heat radiation level (lowest) for first contour plot (kW/m2)	3
Heat radiation level for second contour plot (kW/m2)	6
Heat radiation level (highest) for third contour plot (kW/m2)	15
Take protective effects of clothing into account	No
<i>Correction lethality protection clothing (-)</i>	
Percentage of mortality for contour calculations (%)	1
Heat radiation lethal damage Probit A ((sec*(W/m2)^n))	-36,38
Heat radiation lethal damage Probit B	2,56
Heat radiation damage Probit N	1,3333
Results	
Initial mass in vessel (kg)	2,1027E05
Liquid temperature at burst pressure (°C)	52,112
Adiabatic vapour flash fraction (-)	0,58212
Total mass involved in BLEVE (kg)	2,1027E05
Duration of the Fire Ball (s)	20,624
Max Diameter of the Fire Ball (m)	347,92
Max Height of the Fire Ball (m)	347,92
Surface emissive power (max) (kW/m2)	349,07
3 kW/m2 Heat radiation distance (m)	1379,7

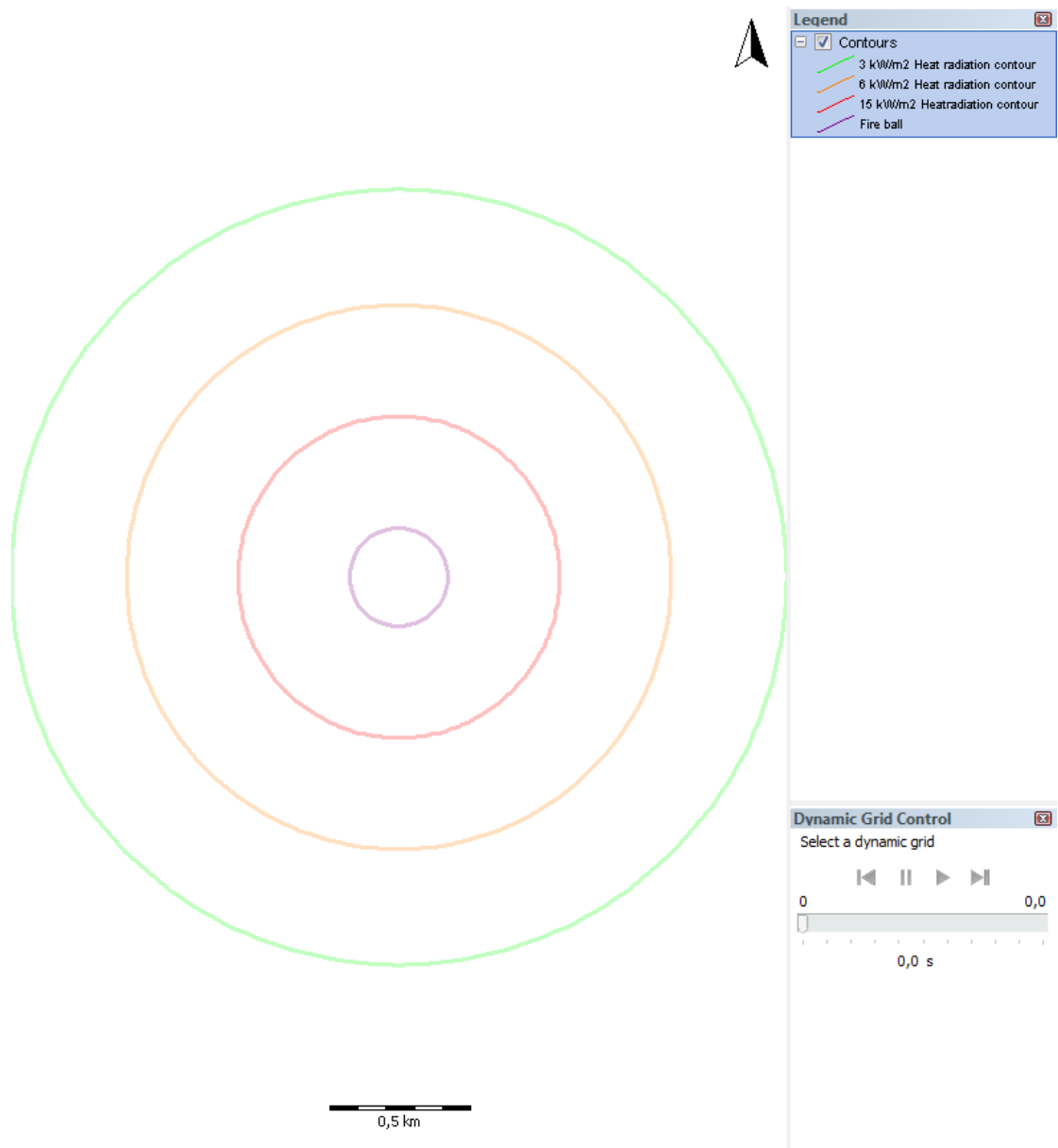
6 kW/m2 Heat radiation distance (m)	968,01
15 kW/m2 Heat radiation distance (m)	572,53
(Max) heat radiation level at Xd (kW/m2)	18,387
(Max) Viewfactor at Xd (-)	0,081788
Atmospheric transmissivity at Xd (%)	64,404
Heat radiation dose at Xd ($s \cdot (kW/m^2)^{4/3}$)	970,62
Percentage first degree burns at Xd (%)	100
Percentage second degree burns at Xd (%)	66,425
Percentage third degree burns at Xd (%)	42,309
Flame temperature (°C)	1302,5
1% First degree burns distance (m)	1182,3
1% Second degree burns distance (m)	763,28
1% Third degree (Lethal) burns distance (m)	738,48
Peak overpressure at (100,00 m) (mbar)	79,53
Pressure impulse at (100,00 m) (Pa*s)	358,97
Distance from BLEVE center to treshold overpressure (m)	150,35



διάγραμμα 5.1 (σχέση ακτινοβολίας-απόστασης)



διάγραμμα 5.2(σχέση θερμικού φορτίου -απόστασης)



διάγραμμα 5.3 (ζώνες επικινδυνότητας)

Προπάνιο.

Model: BLEVE Fireball LPG sphere 500m3

Model: BLEVE Fireball

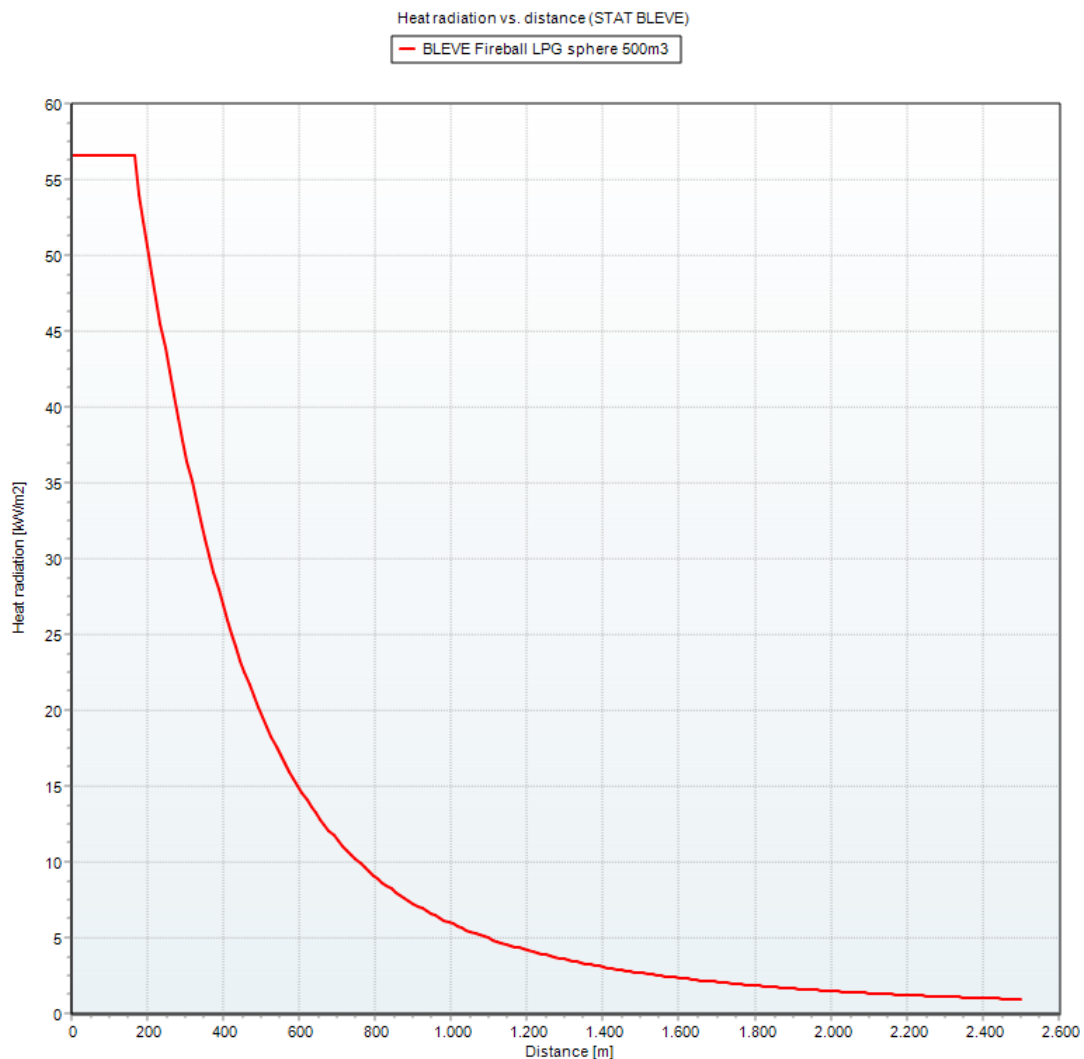
version: v2018.05.10780 (8/5/2018)

Reference: Static BLEVE: Yellow Book (CPR-14E), 3rd edition 1997, Paragraph 6.5.7
Dynamic BLEVE: W.E. Martinsen and J.D. Marx, An improved model for the prediction of radiant heat from fireballs, In: proceedings of the international conference and workshop on modelling the consequences of accidental releases of hazardous materials, sept. 28 - oct. 1 1999, San Francisco, California p.p. 605-621. BLEVE Blast: A.C. van den Berg, Blast Charts for Explosive Evaporation of Superheated Liquids, In: Process Safety Progress Volume 27, Issue 3, 17 MAR 2008

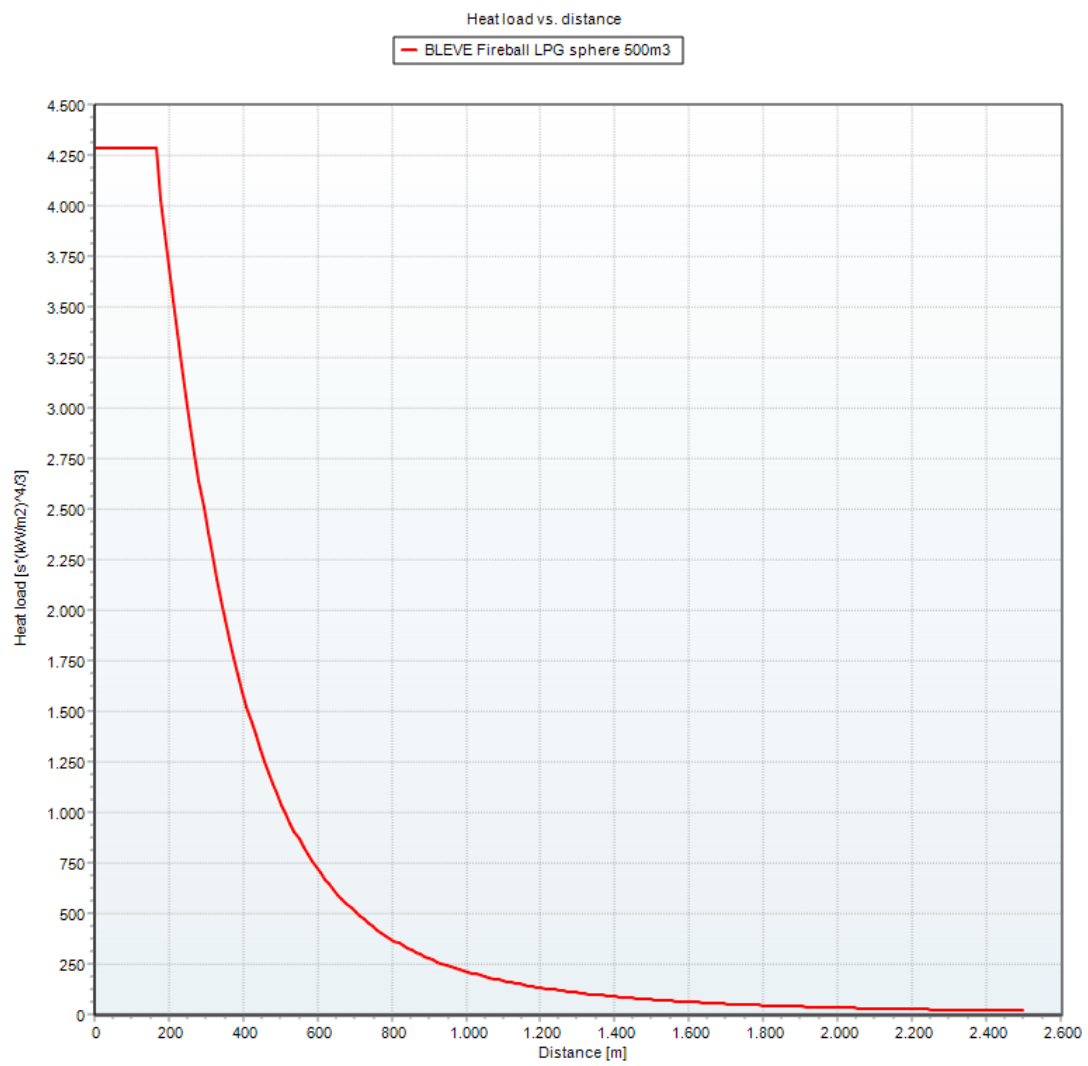
Parameters	
Inputs	
Chemical name	PROPANE (DIPPR)
Type of BLEVE calculation	Static BLEVE model (Yellow Book)
Initial temperature in vessel (°C)	80
<i>Initial (absolute) pressure in vessel (bar)</i>	31,285
Vessel volume (m3)	500
Filling degree (%)	95
Burst pressure of the vessel (bar)	31,285
Ambient temperature (°C)	30
Ambient relative humidity (%)	65
Ambient pressure (bar)	1,0151
Amount of CO2 in atmosphere (-)	0,0003
Reporting distance (Xd) (m)	500
Maximum heat exposure duration (s)	20
Height of the receiver (m)	1,5
Include BLEVE overpressure effects	Yes
Threshold overpressure (mbar)	50
Heat radiation level (lowest) for first contour plot (kW/m2)	3
Heat radiation level for second contour plot (kW/m2)	6
Heat radiation level (highest) for third contour plot (kW/m2)	15
Take protective effects of clothing into account	No
<i>Correction lethality protection clothing (-)</i>	
Percentage of mortality for contour calculations (%)	1
Heat radiation lethal damage Probit A ((sec*(W/m2)^n))	-36,38
Heat radiation lethal damage Probit B	2,56
Heat radiation damage Probit N	1,3333

Results	
Initial mass in vessel (kg)	1,7827E05
Liquid temperature at burst pressure (°C)	80
Adiabatic vapour flash fraction (-)	0,96824
Total mass involved in BLEVE (kg)	1,7827E05
Duration of the Fire Ball (s)	19,757
Max Diameter of the Fire Ball (m)	329,75
Max Height of the Fire Ball (m)	329,75
Surface emissive power (max) (kW/m2)	393,81
3 kW/m2 Heat radiation distance (m)	1416,3
6 kW/m2 Heat radiation distance (m)	995,56

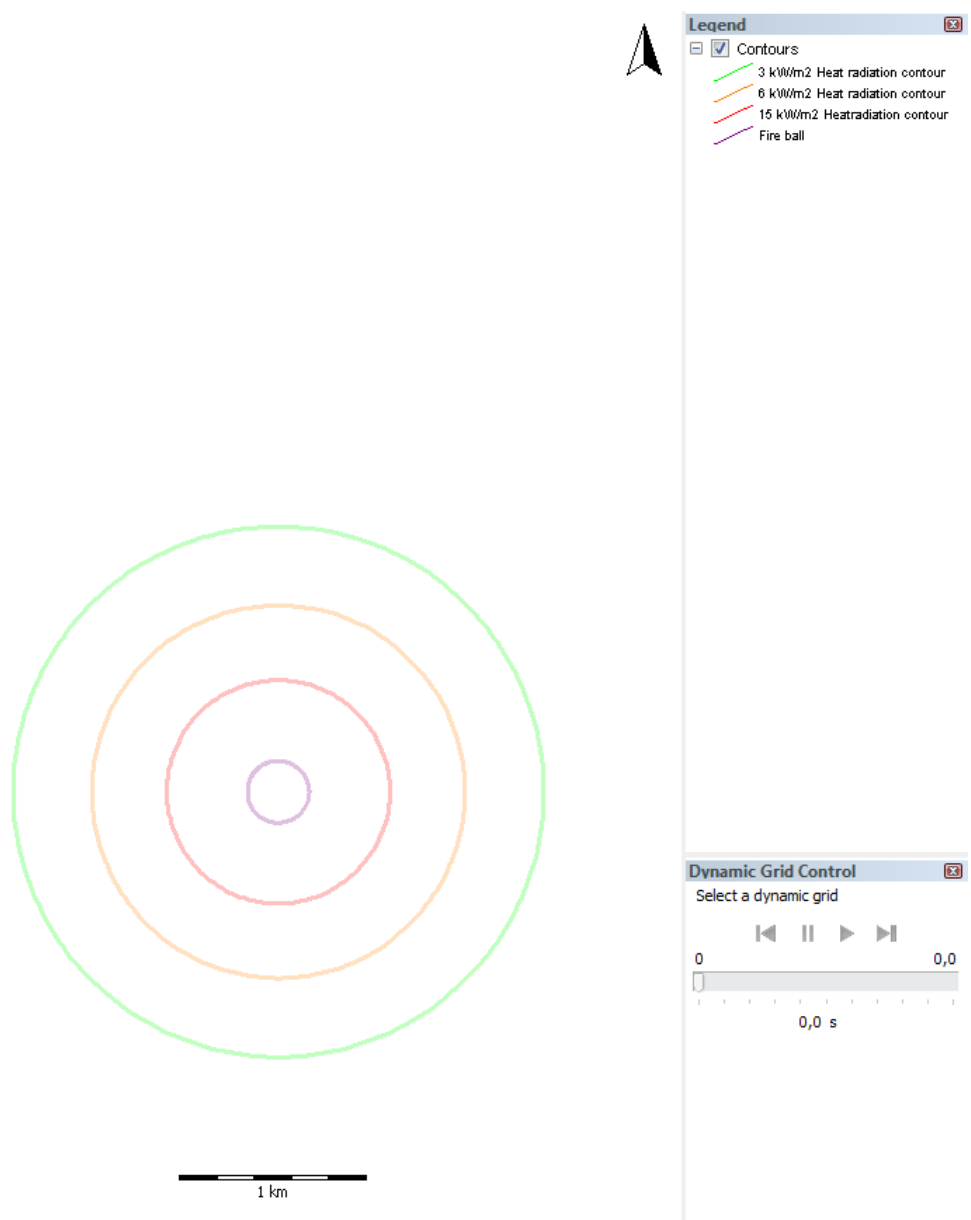
15 kW/m2 Heat radiation distance (m)	596,01
(Max) heat radiation level at Xd (kW/m2)	19,722
(Max) Viewfactor at Xd (-)	0,075984
Atmospheric transmissivity at Xd (%)	65,907
Heat radiation dose at Xd (s*(kW/m2)^4/3)	1052,7
Percentage first degree burns at Xd (%)	100
Percentage second degree burns at Xd (%)	74,832
Percentage third degree burns at Xd (%)	50,553
Flame temperature (°C)	1350,7
1% First degree burns distance (m)	1208,6
1% Second degree burns distance (m)	783,65
1% Third degree (Lethal) burns distance (m)	758,65
Peak overpressure at (100,00 m) (mbar)	236,43
Pressure impulse at (100,00 m) (Pa*s)	1021,2
Distance from BLEVE center to treshold overpressure (m)	362,43



διάγραμμα 5.4 (σχέση ακτινοβολίας -απόστασης)



διάγραμμα 5.5 (σχέση θερμικού φορτίου-απόστασης)



διάγραμμα 5.6(ζώνες επικινδυνότητας)

6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1.Οδηγίες SEVESO/ SEVESO III (ΚΥΑ 172058/ 17.2.2016)

Το 1976 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα χρηματοδότησε τη μελέτη των κινδύνων που σχετίζονται με επικίνδυνες βιομηχανικές δραστηριότητες. Η μελέτη αυτή αποκάλυψε ότι οι περισσότεροι υφιστάμενοι νόμοι και κανονισμοί σχετικά με τις επικίνδυνες βιομηχανικές δραστηριότητες απευθύνονταν κυρίως στη διασφάλιση της προστασίας των εργαζομένων, της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και στον έλεγχο της ρύπανσης, αλλά μόνο κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Έτσι, η συγκεκριμένη μελέτη επιβεβαίωσε το γεγονός ότι δεν υπήρχε νομοθετική κάλυψη για την περίπτωση μη κανονικών συνθηκών λειτουργίας μιας εγκατάστασης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση λαμβάνοντας υπόψη τη βιομηχανική και οικιστική ανάπτυξη, τα βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης έκτασης που συνέβησαν, την πολυπλοκότητα των νέων βιομηχανικών εγκαταστάσεων και την ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος, προχώρησε στη δημιουργία της Οδηγίας SEVESO (24/6/1982), για τον έλεγχο των κινδύνων ατυχημάτων μεγάλης έκτασης, που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 άρχισαν οι συζητήσεις για την επανεξέταση της Οδηγίας. Η Επιτροπή προχώρησε στην έκδοση μιας πρότασης για την αντικατάσταση της SEVESO από μία νέα Οδηγία η οποία περιελάμβανε όλες τις βασικές αρχές της προηγούμενης, ενώ παράλληλα ενσωμάτωνε επιπρόσθετα μέτρα καλής πρακτικής της διαχείρισης επικινδυνότητας, καθώς και διατάξεις για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας εφαρμογής της. Η πρόταση αυτή, μετά από τροποποιήσεις είχε ως αποτέλεσμα το Δεκέμβριο του 1996 να εκδοθεί και από τον Φεβρουάριο του 1997 να τεθεί σε ισχύ η νέα Οδηγία SEVESO II. Το 2008 αποφασίστηκε να ξεκινήσει ευρύτερη επανεξέταση. Παρόλο που η επανεξέταση κατέδειξε ότι συνολικά οι υφιστάμενες διατάξεις είναι κατάλληλες για τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται και ότι δεν απαιτούνται μείζονες αλλαγές, εντοπίστηκαν ορισμένοι τομείς στους οποίους θα ήταν σκόπιμες περιορισμένες τροποποιήσεις. Στις 21/12/2010, η Επιτροπή προχώρησε στην έκδοση της οδηγίας SEVESO III η οποία ισχύει μέχρι και σήμερα.

Στους παρακάτω πίνακες 6.1 και 6.2, καθώς και στην εικόνα 6.1 (όπου αποτελούν αποσπάσματα της Οδηγίας SEVESO III) φαίνονται οι πιθανές επιπτώσεις σεναρίων ατυχήματος που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 4, καθώς και ο λόγος για τον οποίο η κεντρική δεξαμενή της εγκατάστασης αποτελεί σημείο αναφοράς των αποτελεσμάτων.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΥΦΛΕΚΤΩΝ ΥΓΡΩΝ & ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ.		
ΠΙΘΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΣΤΟΧΙΑ
<p>Λίμνη Φωτιάς (Pool fire) - Φωτιά δεξαμενής και αναχώματος (Tank fire)</p> <p>Στιγμιαία ανάφλεξη (Flash fire)</p> <p>Έκρηξη αερίου νέφους (VCE)</p> <p>Διασπορά τοξικών/ εύφλεκτων χωρίς ανάφλεξη σε συνθήκες που τεκμηριώνονται από τις συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος της εγκατάστασης ή ενδεικτικά D5 και F2</p> <p>Αναβρασμός (Boil over)</p>	<p>Εσωτερική (λάθος χειρισμός, αστοχία υλικών εισαγωγή λάθους προϊόντος κλπ)</p> <p>Εξωτερική (σεισμός, ακραία καιρικά φαινόμενα κλπ)</p>	<p>Δεξαμενή / Βυτιοφόρο</p> <p>1) Μικρή διαρροή,</p> <p>2) Μερική θραύση,</p> <p>3) Καταστροφική θραύση της δεξαμενής και διαφυγή όλου του περιεχομένου</p> <p>4) Υπερχείλιση δεξαμενής σε συνθήκες άπνοιας</p> <p>Σωλήνώσεις</p> <p>1) Μικρή διαρροή,</p> <p>2) Μερική θραύση με το 20% της διαμέτρου της σωλήνωσης,</p> <p>3) Καταστροφή θραύση της σωλήνωσης</p> <p>Γραμμή τροφοδοσίας - εκροής</p> <p>Διαχείριση προϊόντος</p> <p>Αντλίες</p>

Πίνακας 6.1

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ LPG / ΥΓΡΑΕΡΙΟ & ΑΕΡΙΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ.		
ΠΙΘΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΣΤΟΧΙΑ
<p>BLEVE - Πύρινη σφαίρα (Fireball)</p> <p>Γλώσσα Φωτιάς (Jet fire)</p> <p>Στιγμιαία ανάφλεξη (Flash fire)</p> <p>Έκρηξη αερίου νέφους (VCE / UVCE)</p> <p>Διασπορά τοξικών χωρίς ανάφλεξη σε συνθήκες που τεκμηριώνονται από τις συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος της εγκατάστασης ή ενδεικτικά D5 και F2</p> <p>Λίμνη Φωτιάς (Pool fire)</p> <p>Ανατροπή φάσεων (Roll over)(για καταψυγόμενα προϊόντα μόνο)</p>	<p>Εσωτερική (λάθος χειρισμός, αστοχία υλικών κλπ)</p> <p>Εξωτερική (σεισμός, ακραία καιρικά φαινόμενα κλπ)</p>	<p>Μερική θραύση της δεξαμενής</p> <p>Καταστροφική θραύση της δεξαμενής και διαφυγή όλου του περιεχομένου</p> <p>Δεξαμενή / Αποθήκη Φιαλών / Βυτιοφόρα</p> <p>Σύνδεσμοι Αγωγού- Δεξαμενής - Βαλβίδας</p> <p>Γραμμή τροφοδοσίας – αγωγοί (μικρή, μερική και καταστροφική θραύση)</p> <p>Διαχείριση προϊόντος</p> <p>Αντλίες</p>

Πίνακας 6.2

Παρατηρήσεις:

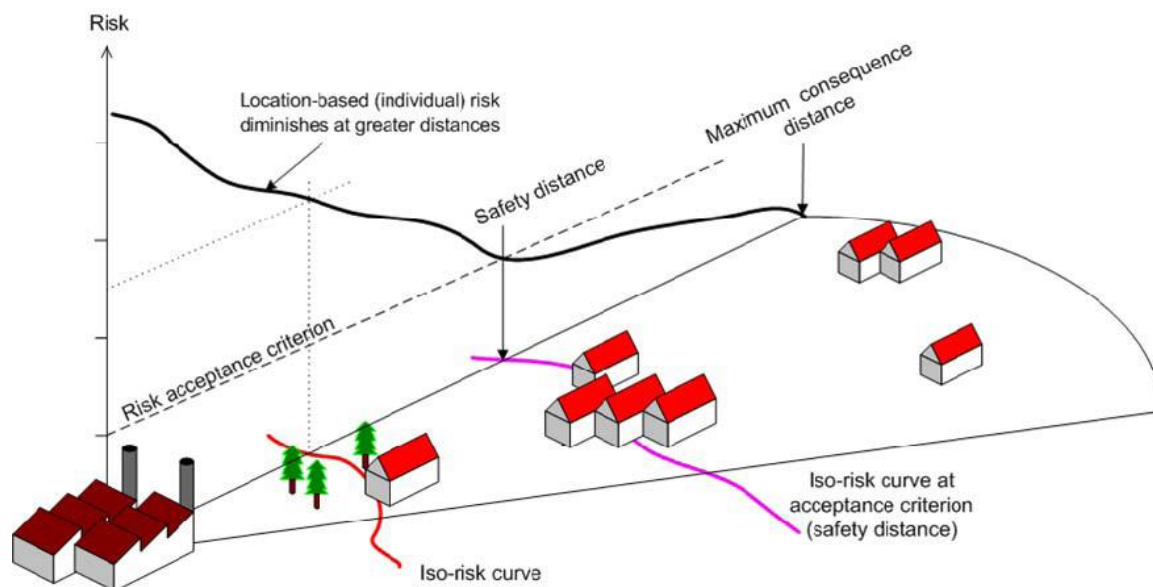
- Σε ότι αφορά τις εγκαταστάσεις Παραγωγής και Αποθήκευσης Εύφλεκτων Υγρών & Πετρελαιοειδών, LPG/Υγραερίων και αερίων υπό πίεση, θα πρέπει ανά επικίνδυνη ουσία, να εξετάζονται τα σενάρια ατυχημάτων **τουλάχιστον**:
 - Για την **μεγαλύτερη σε ποσότητα δεξαμενή**.
 - Για τη δεξαμενή που μπορεί να προκαλέσει **τα δυσμενέστερα Πολλαπλασιαστικά Φαινόμενα** (Δευτερογενή Εσωτερικά ή/και Εξωτερικά Ατυχήματα)
 - Για την **σωλήνωση με τη μεγαλύτερη διατομή**.
- Σε περιπτώσεις που κάποιο σενάριο ατυχήματος του Παραρτήματος δεν μπορεί να εφαρμοσθεί, θα πρέπει να αναφέρεται στη Μελέτη Ασφαλείας. . Στις περιπτώσεις αυτές αναμένεται να εξετάζονται τα σχετικά σενάρια που μπορούν να τεκμηριωθούν από τις εκάστοτε συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος της εγκατάστασης.

Εικόνα 6.1

Παρακάτω βλέπουμε την κατάταξη των φαινομένων domino ,των τριών ζωνών προστασίας καθώς και το μέγεθος των επιπτώσεων που αντιστοιχούν σε αυτές.

Δυσμενέστερα Σενάρια	Domino	Z I	Z II	Z III
SEVESO III	37,5 kW/m ² 700 mbar	15 kW/m ² 350 mbar LC50 (3000 ppm 2 min)	6 kW/m ² 140 mbar LC1 (880 ppm 2min)	3 kW/m ² 50 mbar IDLH (30 min) (100 ppm)
LPG 100m ³	Fire Ball	31,6 kW/m ² (15s):	12,8 kW/m ² (15s):	6,2 kW/m ²
55000 kg, 17,5bar	R =113 m	198 m (15s)	399 m (15s)	604 m(15s)
BLEVE (15s)	160 m	360 m	610 m	880 m
Διασπορά Τοξικών : - Υδρόθειο 100kg		F2 400 m 180s max max exposure 40 s (< 26% fatality)	F2 670 m 320s max max exposure 80 s (< 1% fatality)	F2 1030m (300ppm) 490s max F2 1580 m (100ppm) 13 min max
Ακαριαία διαρροή		D5 212 m 40s max	D5 341 m	D5 515 m (300ppm)

για εγκαταστάσεις SEVESO και τις γειτονικές χρήσεις



- Η επικινδυνότητα είναι ΑΜΕΛΗΤΕΑ σε οποιαδήποτε απόσταση μεγαλύτερη από την Μέγιστη Ζώνη Επιπτώσεων (Maximum Consequence Distance)
- Απόσταση Ασφάλειας (Consultation Distance) καθορίζεται από το σημείο στο οποίο η επικινδυνότητα γίνεται μικρότερη από τα Κριτήρια Αποδοχής Επικινδυνότητας (Risk Acceptance Criteria). Σε μεγαλύτερες αποστάσεις η επικινδυνότητα σε κάθε άτομο είναι αποδεκτή.
- Οι καμπύλες ίσης επικινδυνότητας (Iso-Risk Curves) αποτυπώνουν τη γεωγραφική κατανομή της ατομικής επικινδυνότητας στο πεδίο: LSIR (Location Specific Individual Risk)
- Η επικινδυνότητα είναι ΑΜΕΛΗΤΕΑ σε οποιαδήποτε απόσταση μεγαλύτερη από την Μέγιστη Ζώνη Επιπτώσεων (Maximum Consequence Distance)
- Απόσταση Ασφάλειας (Consultation Distance) καθορίζεται από το σημείο στο οποίο η επικινδυνότητα γίνεται μικρότερη από τα Κριτήρια Αποδοχής Επικινδυνότητας
- (Risk Acceptance Criteria). Σε μεγαλύτερες αποστάσεις η επικινδυνότητα σε κάθε άτομο είναι αποδεκτή.
- Οι καμπύλες ίσης επικινδυνότητας (Iso-Risk Curves) αποτυπώνουν τη γεωγραφική κατανομή της ατομικής επικινδυνότητας στο πεδίο: LSIR (Location Specific Individual Risk)

Παρακάτω βλέπουμε την ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση επικινδυνότητας της Οδηγίας SEVESOIII.

Ζώνη	Ποιοτική εκτίμηση επικινδυνότητας			Ποσοτική εκτίμηση επικινδυνότητας
	Θερμική ακτινοβολία (Kw/m ²)	Ωστικό κύμα (υπερπίεση) (mbar)	Τοξικά (συγκέντρωση)	Ατομική διακινδύνευση
Ζώνη I	15 Εγκαύματα γ' βαθμού σε ποσοστό πάνω από το 50% του πληθυσμού	350 Σοβαρές και μη επισκευάσιμες ζημιές στο φέροντα οργανισμό και τους τοίχους των κτιρίων	LC50 Πρόκληση θανάτου στο 50% του πληθυσμού	10⁻⁵
Ζώνη II	6 Εγκαύματα γ' βαθμού στο 1% του πληθυσμού	140 Ζημιές στο φέροντα οργανισμό και εξωτερικούς ή εσωτερικούς τοίχους	LC1 Πρόκληση θανάτου στο 1% του πληθυσμού	10⁻⁶
Ζώνη III	3 Εγκαύματα α' σε σημαντικό μέρος του πληθυσμού	50 Ζημιές σε πόρτες, παράθυρα, ελαφρές ρηγματώδεις σε τοίχους	IDLH Άμεσος κίνδυνος για τη ζωή	3x10⁻⁷

Όλα τα αποτελέσματα τα οποία θα παρατεθούν (διπλωματικής –υπάρχουσας μελέτης ασφαλείας εγκατάστασης) υπόκεινται στην Οδηγία SEVESO III.

6.2.Σύγκριση Αποτελεσμάτων.

Ο παρακάτω πίνακας 6.5 ,είναι ο πίνακας σεναρίων και επιπτώσεων της υπάρχουσας μελέτης κατά την Οδηγία SEVESO III. Παρατηρούμε ότι η μέγιστη επικινδυνότητα αφορά στο σενάριο Δ1α για την ακαριαία διάρρηξη σφαιρικής δεξαμενής 500m³. Η μέγιστη απόσταση επικινδυνότητας εντοπίζεται στην ζώνη III στα 1190m και αντιστοιχεί σε 170 TDU.Οι ζώνες I και II ορίζονται στα 1500TDU και 450TDU αντίστοιχα ,ενώ οι αποστάσεις επικινδυνότητας τους βρίσκονται στα 465m και 806m αντίστοιχα.Η ακτίνα του BLEVE προκύπτει στα 188m. Διευκρινίζεται ότι το κριτήριο επικινδυνότητας της μελέτης είναι η δόση της εκλυόμενης θερμικής ακτινοβολίας, η οποία μετράται σε TDU ((kW/m²)^{4/3} s).

Σενάριο	Περιγραφή	ουσία	Ποσότητα διαρροής kg	Ακτίνα σφαίρας φωτιάς, m	Διάρκεια σφαίρας, sec	Δόση θερμικής ακτινοβολίας				Ακτίνα * πολ/κών φαινομένων m
						1500 TDU	450 TDU	170 TDU	40 TDU	
						Ζώνη I, m	Ζώνη II, m	Ζώνη III, m	m	
Δ1α	Ακαριαία διάρρηξη Σφαιρικής δεξαμενής (500 m ³)	μίγμα υγραερίου	275.000	188	21	465	806	1190	2010	188
Δ1απ	Ακαριαία διάρρηξη Σφαιρικής δεξαμενής (500 m ³)	προπάνιο	250.000	182	20	448	776	1148	1939	182
Δ1γ	Ακαριαία διάρρηξη Οριζ.δεξαμενής (200 m ³)	προπάνιο	100.000	134	17,7	313	543	811	1373	134
Δ1β	Ακαριαία διάρρηξη Σφαιρικής δεξαμενής (120 m ³)	προπάνιο	60.000	113	16	257	447	671	1138	113
Δ1δ	Ακαριαία διάρρηξη Οριζ.δεξαμενής (100 m ³)	προπάνιο	50.000	106	15,8	238	413	623	1057	106
B1	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου (20 m ³)	μίγμα υγραερίου	11.000	64	10	119	208	325	554	64
B1π	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου (20 m ³)	προπάνιο	10.150	63	10	115	200	314	535	63

Πίνακας 6.3

Παρακάτω φαίνονται αποσπασματικά τα αποτελέσματα της διπλωματικής που προέκυψαν από το QRA λογισμικό και αφορούν στην απόσταση επικινδυνότητας της κάθε ζώνης. Το κριτήριο επικινδυνότητας του λογισμικού είναι η ένταση της θερμικής ακτινοβολίας και μετράται σε kw/m². Για το Ipg η ακτίνα του BLEVE προκύπτει στα 188m ενώ οι ζώνες επικινδυνότητας I,II και III ορίζονται στα 465m ,806m και 1190m αντίστοιχα. . Για το προπάνιο (το οποίο και θα κρατήσουμε σαν δυσμενέστερο) η ακτίνα του BLEVE προκύπτει στα 165m ενώ οι ζώνες επικινδυνότητας I,II και III ορίζονται στα 550m ,900m και 1300m αντίστοιχα.

lpg

Max Diameter of the Fire Ball (m)	347,92
Max Height of the Fire Ball (m)	347,92
Surface emissive power (max) (kW/m2)	349,07
3 kW/m2 Heat radiation distance (m)	1379,7
6 kW/m2 Heat radiation distance (m)	968,01
15 kW/m2 Heat radiation distance (m)	572,53

propane

Max Diameter of the Fire Ball (m)	329,75
Max Height of the Fire Ball (m)	329,75
Surface emissive power (max) (kW/m2)	393,81
3 kW/m2 Heat radiation distance (m)	1416,3
6 kW/m2 Heat radiation distance (m)	995,56
15 kW/m2 Heat radiation distance (m)	596,01

Συγκεντρωτικά παρακάτω φαίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων μελέτης-διπλωματικής. Για να μπορέσει να επιτευχθεί η σύγκριση, έγινε μετατροπή της έντασης θερμικής ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο επικινδυνότητας στην διπλωματική (kW/m2) σε δόση θερμικής ακτινοβολίας (TDU).

BLEVE 500m3	Διάρκεια BLEVE	Ζώνη Domino	Ζώνη I (m)	Ζώνη II (m)	Ζώνη III (m)
Κριτήρια Ένταση Θερμικής Ακτινοβολίας		Domino 37,5 kW/m² 700 mbar Ακτίνα Πύρινης Σφαίρας m	Z I 15 kW/m² 350 mbar	Z II 6 kW/m² 140 mbar	Z III 3 kW/m² 50 mbar
Διπλωματική (προπάνιο 178270 kg)	23,6 s	165	596,01	995,56	1416,3
Διπλωματική (LPG 210270 kg)	19,7 s	174	572,53	968,0	1379,7
Κριτήρια Δόση Θερμικής Ακτινοβολίας (kW/m ²) ^{4/3} s		Domino Ακτίνα Πύρινης Σφαίρας m	Z I 1500 TDU (kW/m ²) ^{4/3} s	Z II 450 TDU	Z III 170 TDU
Μελέτη Ασφάλειας εγκατάστασης (LPG 275000 kg)	21 s	188	465	806	1190
Διπλωματική (LPG 210270 kg)	19,7 s	174	390	~720	~1000
Διπλωματική (προπάνιο 178270 kg)	23,6 s	165	~550	~900	~1300

Προκύπτουν λοιπόν οι εικόνες 6.4 και 6.5 που απεικονίζουν τις ζώνες επικινδυνότητας ,τόσο για την μελέτη ασφαλείας όσο και για την διπλωματική, στο υπόβαθρο.



7. Βιβλιογραφία

- Μελέτη Ασφαλείας ΝΗΣΟΓΚΑΖ Α.Ε (Ιούνιος 2016)
- Τοπογραφικά διατάγματα από το αρχείο της Δημαρχίας Καλύμνου
- Μετεωρολογικά δεδομένα από την ιστοσελίδα της ΕΜΥ και του αερολιμένα Καλύμνου
- SEVESO III GR KYA 172058-17022016
- Γενικές πληροφορίες Οδηγιών SEVESO από διάφορες διαδικτυακές εγκυκλοπαίδειες.