



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Πυρανίχνευση – Πυροπροστασία
Εγκαταστάσεων Αποθήκευσης Εκρηκτικών υλών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Α. Αγγελόπουλος

Επιβλέπων : Κ.Γ Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα Σεπτέμβριος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
 ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
 ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

**Πυρανίχνευση – Πυροπροστασία
 Εγκαταστάσεων Αποθήκευσης Εκρηκτικών υλών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Γ. Αγγελόπουλος

Επιβλέπων : Κ.Γ Καραγιαννόπουλος
 Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την.....2010

.....
 Κ. Καραγιαννόπουλος
 Καθηγητής ΕΜΠ

.....
 Ν. Θεοδώρου
 Καθηγητής ΕΜΠ

.....
 Π. Μπούρκας
 Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα Σεπτέμβριος 2010

.....
Αναστάσιος Γ. Αγγελόπουλος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ

Copyright © Αναστάσιος Γ Αγγελόπουλος, 2010.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται στοιχεία πυρανίχνευσης και Πυροπροστασίας γενικά, ενώ γίνεται επίσης μια εκτενής αναφορά στη φύση και λειτουργία των εκρηκτικών υλών. Τέλος γίνεται μελέτη εφαρμογής ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πυρκαγιάς που χρησιμοποιεί θερμικό καλώδιο γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας, για την προστασία μιας αποθήκης εκρηκτικών υλών του τού Ελληνικού Στρατού.

Λέξεις Κλειδιά

Πυρασφάλεια, Πυροπροστασία, Πυρανίχνευση, Πυρόσβεση, Εκρηκτική ύλη, Εκρηκτικά, Έκρηξη, Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης πυρκαγιάς, Θερμικό Καλώδιο γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας, Αποθήκη εκρηκτικών.

Abstract

The present thesis presents fire safety and fire prevention elements as well as a short reference to the properties of high explosives. Finally an implementation of an existing early fire warning system is made to a military explosives storage building

Keywords

Fire safety, fire protection, fire detection, fire suppression, sprinklers, fire agents high explosives, explosion, explosives storage and safety, early fire warning system, thermal wire of linear detection of heat.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον καθηγητή μου κ. Π Μπούρκα ο οποίος με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το αντικείμενο μου ανέθεσε και με ενέπνευσε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και τον καθηγητή μου Κ. Καραγιανόπουλο. Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Υ.Δ Σταύρο Αναγνωστάτο για την αμέριστη βοήθεια του.

Αναστάσιος Αγγελόπουλος
Αθήνα Σεπτέμβριος 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΦΩΤΙΑΣ ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

1.1	Εισαγωγή	10
1.1.1	Πυρκαγιές Γενικά	12
1.1.2	Κατηγορίες Πυρκαγιών	13
1.2	Επιστημονική Ανάλυση του φαινομένου της πυρκαγιάς	16
1.2.1	Τα συνθετικά στοιχεία της πυρκαγιάς	16
1.2.2	Τρίγωνο και πυραμίδα πυρκαγιάς	17
1.2.3	Καύσιμα	18
1.3	Πυρασφάλεια Πυροπροστασία	29
1.3.1	Ενεργητική και παθητική πυροπροστασία	30
1.4	Πυρανίχνευση	31
1.4.1	Σκοπός εγκατάστασης πυρανίχνευσης	31
1.4.2	Στοιχεία συστήματος πυρανίχνευσης	31
1.4.3	Τεχνική πρόοδος και ασφάλεια	33
1.5	Τρόποι Κατάσβεσης Πυρκαγιών	35
1.5.1	Εισαγωγή	35
1.5.2	Τα μέσα πυρόσβεσης	37
1.5.3	Τα υλικά κατάσβεσης αναλυτικά	38
1.5.4	Υποκατάστατα HALON	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ - ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

2.1	Ιστορική Αναδρομή	46
2.2	Ορισμός Εκρηκτικής Ύλης	46
2.2.1	Σύσταση εκρηκτικών υλών	47
2.2.2	Ανάφλεξη και έκρηξη	47
2.2.3	Κοινή δυναμίτιδα και ANFO	50
2.2.4	Ισοζύγιο TNT	50
2.2.5	Ιδανική και μη ιδανική έκρηξη	50
2.3	Μορφή του Μετώπου της Έκρηξης	51
2.3.1	Αποτελέσματα έκρηξης	52
2.4	Αρχές Αποθήκευσης Εκρηκτικών Υλών	53
2.4.1	Εισαγωγή	53
2.4.2	Μέτρα προστασίας - κατάταξη επικινδυνότητας εγκαταστάσεων σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία.	54
2.4.3	Προληπτικά μέτρα προστασίας κατηγορίας Cγ	56
2.5	Προδιαγραφές Αποθήκευσης Στρατιωτικών Εκρηκτικών	58
2.5.1	Κατηγορίες κινδύνου	58
2.5.2	Κατηγορίες Πυρκαγιών Εκρηκτικών και Σήμανση κατά NATO	59

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ
ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΩΤΙΑΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΑΠΟΘΗΚΗ
ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ.**

3.1	Κίνδυνοι εκδήλωσης φωτιάς κοντά σε αποθήκες εκρηκτικών.	62
3.2	Σύγχρονες μέθοδοι έγκαιρης προειδοποίησης πυρκαγιάς	63
3.2.1	Η διαδικασία της τηλεπισκόπισης	63
3.3	Κυριότερα Χαρακτηριστικά και είδη τηλεπισκοπικών αισθητήρων	65
3.3.1	Ενεργοί αισθητήρες	65
3.3.2	Παθητικοί αισθητήρες	66
3.3.3	Απεικονιστικοί και μη απεικονιστικοί αισθητήρες	66
3.3.4	Ανιχνευτική και μη λειτουργία	67
3.3.5	Συστήματα Πλαισίωσης	67
3.3.5.1	Χωρική ανάλυση	68
3.3.5.2	Χρονική Ανάλυση	68
3.3.5.3	Πολυφασματική Ανάλυση	69
3.3.6	Θερμική Απεικόνιση	70
3.4	Σύγχρονοι αισθητήρες προειδοποίησης πυρκαγιάς.	71
3.5	Αρχή λειτουργίας Προτεινόμενου Συστήματος Έγκαιρης Προειδοποίησης και Αντιμετώπισης Πυρκαγιάς.	74
3.5.1	Περιγραφή του συστήματος	76
3.6	Εφαρμογή Συστήματος έγκαιρης Προειδοποίησης σε Αποθήκη Εκρηκτικών τύπου "Α" του Ελληνικού Στρατού.	81
3.7	Συμπεράσματα	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

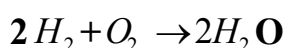
ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΦΩΤΙΑΣ

ΠΥΡΑΝΙΧΝΕΥΣΗ - ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

1.1 Εισαγωγή

Η καύση, αναπόσπαστος και πρωταρχικός παράγοντας ζωής στη φύση, μέσα από μια στενά επιστημονική οπτική, είναι απλά μια συνηθισμένη εξώθερμη χημική αντίδραση μεταξύ του οξυγόνου και μιας τεράστιας ποικιλίας άλλων στοιχείων ή ενώσεων. Η αντίδραση αυτή συνοδεύεται πάντα από κάποιο ποσό εκλυόμενης στο περιβάλλον θερμότητας. Η καύση ξεκινάει όταν το καύσιμο υλικό (αναγωγικό σώμα) και το οξειδωτικό (συνήθως οξυγόνο) συναντηθούν, ευρισκόμενα σε τέτοια ενεργειακή κατάσταση, που ξεπερνά κάποιο δεδομένο όριο. Εάν μάλιστα η αντίδραση είναι ακαριαία πρόκειται για έκρηξη. Παρόλη την πρωταρχική της σημασία και χρησιμότητα, η καύση όταν γίνεται άμεσα αντιληπτή από τον άνθρωπο σαν ορατό και θερμικό φαινόμενο όταν δηλαδή υπάρχει φλόγα, είναι δυνατό να προκαλέσει τεράστιες καταστροφές. Για αυτό το λόγο είναι απολύτως απαραίτητη η μελέτη του φαινομένου και η κατανόηση του με σκοπό την αποφυγή η τον περιορισμό των καταστροφικών συνεπειών της φωτιάς.

Σε μια πολύ απλή οξείδωση που συναντάται στις περισσότερες φωτιές, δύο μόρια υδρογόνου, που είναι που είναι εξαιρετο καύσιμο, ενώνονται με ένα μόριο οξυγόνου σχηματίζοντας δυο μόρια νερού,



Επειδή το νερό είναι πιο σταθερό στοιχείο από τα αέρια, η αντίδραση είναι ζωνρή και με έκλυση μεγάλης θερμότητας.



Εικόνα 1.1 φωτιά σε δάσος

Βασικές Έννοιες

Με τον όρο **πυρκαγιά** (σύνθεση των λέξεων πυρ και καίω) εννοούμε την εκτός ελέγχου καύση που συνοδεύεται από φλόγα και η οποία μεταδίδεται εκτός της κανονικής της εστίας με ανεπιθύμητα καταστροφικά αποτελέσματα. **Εστία** λογίζεται το μέρος που διεξάγεται η καύση ενώ έκρηξη είναι η ταχύτατη και βίαιη έκλυση ενέργειας που οφείλεται στην αύξηση η μείωση της πίεσης αερίου ή ατμού.

Καύσιμη ύλη είναι κάθε υλικό στερεό, υγρό, ή αέριο που μπορεί να καεί. **Ανάφλεξη** ονομάζεται η έναρξη του φαινομένου της καύσης. Αυτό συμβαίνει με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

Αν το καύσιμο είναι αέριο, ανάφλεξη μπορεί να γίνει μόνο όταν υπάρξει ένα μίγμα αερίου/ατμ. Αέρα του οποίου η αναλογία κυμαίνεται μεταξύ ενός κατώτερου και ενός ανώτερου **ορίου αναφλεξιμότητας** με την συνδρομή μιας μικρής πηγής θερμότητας (πχ φλόγα σπέρτου).

Αν το καύσιμο είναι υγρό, η ανάφλεξη συμβαίνει όταν αρκετή ποσότητα ατμού εξατμιστεί από την επιφάνεια του υγρού (ή ήδη βρίσκεται στον αέρα), έτσι ώστε να σχηματισθεί πάλι μίγμα ατμού/ατμ. Αέρα σε αναλογίες που κυμαίνονται εντός των ορίων αναφλεξιμότητας. Για μερικά υγρά αυτό γίνεται σε θερμοκρασίες δωματίου η κατώτερες ενώ για άλλα μπορεί να χρειασθεί θέρμανση πριν την παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας ατμών.

Για στερεά καύσιμα η ανάφλεξη συμβαίνει με τους εξής δύο τρόπους:

Όταν το στερεό θερμανθεί σε μια ορισμένη θερμοκρασία αρχίζει η χημική του αποσύνθεση (πυρόλυση), με την δημιουργία ατμών. Η απαιτούμενη ένταση της πηγής ανάφλεξης εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες και το σχήμα του αναφλέξιμου υλικού. Αν ο λόγος επιφανείας του προς τη μάζα του είναι μεγάλος, τότε μια μικρή πηγή ανάφλεξης είναι αρκετή (πχ ανάφλεξη φύλλων χαρτιού με σπέρτα), ενώ όταν αντίστοιχα ο λόγος είναι μικρός χρειάζεται έντονη και μακρόχρονη θέρμανση (πχ ανάφλεξη χονδρόξυλων).

Ορισμένα στερεά όπως ο άνθρακας και τα περισσότερα μέταλλα που έχουν υψηλό σημείο τήξης, αναφλέγονται αφού προηγηθεί μια έντονη επιφανειακή οξειδωση. Αυτό προϋποθέτει μεγάλες τιμές του λόγου επιφανείας προς μάζα καθώς και έντονες πηγές εξωτερικής θερμότητας.

Σημείο ανάφλεξης ενός ρευστού ονομάζεται η κατώτερη θερμοκρασία στην οποία σχηματίζεται το κατάλληλο μίγμα ατμών/αέρα όπου με μια μικρή πηγή θερμότητας αρχίζει η ανάφλεξη.

Θερμοκρασία ανάφλεξης είναι η θερμοκρασία εκείνη στην οποία πρέπει να θερμανθεί το καύσιμο για να ξεκινήσουν οι αντιδράσεις της καύσης. Στην περίπτωση που η απαιτούμενη θερμότητα παράγεται μέσα στο ίδιο το καύσιμο έχουμε την λεγόμενη **αυτανάφλεξη**.

ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ
Μαλλί, βαμβάκι, μετάξι κλπ	Από 180 °C έως 220 °C
Άνθρακας ξύλο	Από 240 °C έως 350 °C
PVC	391 °C
Άχυρα	175 °C
Μαγνήσιο	510 °C

ΥΓΡΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Φωτιστικό πετρέλαιο	250 °C
Ακάθαρτο πετρέλαιο	300 °C
Μαζούτ	350 °C
Ασετόν	500 °C
Παραφίνη	320 °C

ΑΕΡΙΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Μονοξείδιο του άνθρακα	650 °C
Αμμωνία	650 °C
Υδρογόνο	600 °C
Μεθάνιο	700 °C

Πίνακας 1.2 θερμοκρασίες ανάφλεξης μερικών καυσίμων υλικών

Στις πυρκαγιές το τρίπτυχο καύσιμη ύλη – θερμοκρασία – οξυγόνο αποτελεί βασική συνθήκη για να υπάρξει καύση. Γενικά για να συντηρηθεί η καύση και να εξελιχθεί η πυρκαγιά χρειάζεται παραπέρα να γίνουν ανεξέλεγκτες αλυσωτές αντιδράσεις.

1.1.1 Πυρκαγιές Γενικά

Σε αυτό το σημείο είναι σκόπιμο να διευκρινίσουμε πλήρως τους όρους πυρκαγιά και καύση οι οποίοι συχνά συγχέονται λανθασμένα. Με τον όρο «**καύση**» εννοούμε την χημική αντίδραση μιας ουσίας με το οξυγόνο ή με άλλο αέριο που διατηρεί την συνέχιση της αντίδρασης και η οποία προκαλεί έκλυση θερμότητας ή/και φωτός. Με τον όρο «**πυρκαγιά**» εννοούμε την μη ελεγχόμενη καύση παρουσία φλόγας κατά την οποία εκλύονται μεγάλα ποσά θερμότητας και η οποία έχει καταστροφικά αποτελέσματα σε ανθρώπους, κατασκευές ή/και στο φυσικό περιβάλλον.

Η εξέλιξη της πυρκαγιάς περιλαμβάνει τρία στάδια. Την φάση της ανάπτυξης της φωτιάς, όπου η θερμοκρασία και ο ρυθμός καύσης συνεχώς αυξάνονται, τη φάση της πλήρως ανεπτυγμένης φωτιάς όπου ο ρυθμός καύσης παραμένει σταθερός και την φάση της κατάσβεσης.

Για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών χρησιμοποιούμε είτε **προληπτικά** είτε **κατασταλτικά** μέτρα. Αναλυτικότερα:

Προληπτικά μέτρα κατά των πυρκαγιών είναι το σύνολο των ισχυόντων νόμων κανονισμών και διατάξεων της ελληνικής πολιτείας που υπαγορεύουν τα μέτρα πυρασφαλείας πυρανίχνευσης δομικής πυραντοχής σε κάθε είδους εγκατάσταση και γενικά όλα τα μέτρα ασφαλείας έναντι φωτιάς που λαμβάνουμε πριν την εκδήλωση πυρκαγιάς ώστε να εμποδίσουμε την δημιουργία της. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προληπτικού μέτρου είναι οι αντιπυρικές ζώνες στα δάση.

Κατασταλτικά μέτρα είναι όλες οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν μετά την έναρξη της πυρκαγιάς με σκοπό την ελαχιστοποίηση των καταστροφικών αποτελεσμάτων της. Η εγκατάσταση ενός συστήματος αυτόματου ψεκασμού νερού (sprinkler) είναι ίσως το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα κατασταλτικού μέτρου.

Είναι βέβαια προφανές ότι οι δυο παραπάνω τρόποι αντιμετώπισης λειτουργούν αποδοτικότερα όταν συνδυάζονται. Ουσιαστικά όσο νωρίτερα γίνει αντιληπτή η πυρκαγιά τόσο καλύτερα και ευκολότερα θα γίνει η κατάσβεση.

Η ποσότητα και η ποιότητα του καυσίμου υλικού καθώς και ο χρόνος και ο χώρος –από άποψη έκτασης και συνθηκών- στον οποίο διεξάγεται η καύση καθορίζουν την διεργασία της πυρκαγιάς –ανάπτυξη, εξέλιξη, εξάπλωση. Τελικά η φύση του καυσίμου υλικού είναι προσδιοριστική των προληπτικών και κατασταλτικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν.[1]

1.1.2 Κατηγορίες Πυρκαγιών

Ανάλογα με το καίόμενο καύσιμο οι πυρκαγιές χωρίζονται κατ' αρχάς σε 4 βασικές κατηγορίες και χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **A, B, C, D** με σκοπό την απλούστευση της γραπτής και προφορικής αναφοράς σε αυτές. Η κατάταξη αυτή είναι σύμφωνη με το πρότυπο **EN2** και είναι εγκεκριμένη από την ευρωπαϊκή επιτροπή τυποποίησης (CEN). Τέλος έχει καθιερωθεί και η κατηγορία **E** για πυρκαγιές που προέρχονται από ηλεκτρικό ρεύμα η εμφανίζονται σε χώρους όπου υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα και επομένως είναι ανάγκη η καταπολέμηση της φωτιάς α γίνει κοντά σε συσκευές υπό τάση. Στις περιπτώσεις αυτές το εκτοξευόμενο υλικό κατάσβεσης πρέπει να είναι δυσαγώγιμο.[1]

Οι κατηγορίες αναλυτικότερα καθώς και τα σύμβολα κάθε μιας έχουν ως εξής:

Κατηγορία Α



Είναι πυρκαγιές που προέρχονται από την καύση στερεών υλικών οργανικής συνήθως συνθέσεως, στις οποίες η ανάφλεξη λαμβάνει χώρα κανονικά με σχηματισμό τεφροανθράκων (ξύλο, χαρτί, υφάσματα. Ελαστικό, διάφορα πλαστικά κ.α)

Κατηγορία Β



Είναι πυρκαγιές που προέρχονται από υγρά καύσιμα ή υγροποιημένα αέρια (πχ αιθέρας, οινόπνευμα, βενζίνη, λάδια, λίπη, λάκες, στεαρίνη, παραφίνη κ.λ.π).

Κατηγορία C



Είναι πυρκαγιές που προέρχονται από αέρια καύσιμα (μεθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, ασετιλίνη, υδρογόνο).

Κατηγορία D



Είναι πυρκαγιές που οφείλονται σε καύση μετάλλων, όπως νάτριο, κάλιο, μαγνήσιο, τιτάνιο και ζirkόνιο.

Κατηγορία E



Είναι πυρκαγιές που προέρχονται από καύσιμα των προηγούμενων κατηγοριών (Α,Β,С, D) πάνω ή κοντά σε ηλεκτρικές συσκευές ή εγκαταστάσεις υπό τάση.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ – ΕΙΔΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗΡΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ
ΝΕΡΟΥ	W	A
ΑΦΡΟΥ	WF	A,B
ΕΛΑΦΡΟΥ ΥΔΑΤΟΣ	WL	A,B
ΞΗΡΑΣ ΚΟΝΕΩΣ	P	B,C,E
ΞΗΡΑΣ ΚΟΝΕΩΣ	PA	A,B,C,E Volt

Πίνακας 1.3 καταλληλότητα χρησιμοποίησεως πυροσβεστήρων [2]

Επιπλέον των παραπάνω υπάρχουν και κάποια είδη πυρκαγιών που παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον και είναι τα εξής:

α. Πυρκαγιές χημικών προϊόντων

Αναφέρονται σε πυρκαγιές που εκδηλώνονται σε χώρους αποθήκευσης ή μεταφοράς επικίνδυνων χημικών υλών. Η καταπολέμηση τους απαιτεί ειδικά υλικά κατάσβεσης ανάλογα με το χημικό που φλέγεται και πρέπει να γίνεται από **ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό**, μιας και τα φαινόμενα που εκτυλίσσονται με κυριότερο τον καπνό είναι πολλές φορές άκρως επικίνδυνα για τον άνθρωπο.

β. Πυρκαγιές εκρηκτικών υλών

Αυτή η κατηγορία αναφέρεται πυρκαγιές σε χώρους αποθήκευσης ή μεταφοράς εκρηκτικών υλών. Οι ιδιότητες των εκρηκτικών υλών ως καύσιμη ύλη και οι τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης τέτοιων πυρκαγιών αναφέρονται αναλυτικότερα σε επόμενο κεφάλαιο, σε αυτό το σημείο θα αρκεστούμε στο αναφέρουμε ότι λόγω της έκρηξης που προκαλείται και του ωστικού κύματος οι πυρκαγιές αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται **μόνο από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό**.

Τέλος από άποψη έντασης οι πυρκαγιές κατατάσσονται ως εξής:

ΕΝΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Μεγάλη	1000 - 1200
Μεσαία	800 – 1000
Μικρή	Μέχρι 800

Πίνακας 1.4: κλίμακα εντάσεως

1.2 Επιστημονική Ανάλυση του φαινομένου της Πυρκαγιάς.

1.2.1 Τα συνθετικά στοιχεία της πυρκαγιάς

Η δημιουργία και ανάπτυξη μιας πυρκαγιάς έχει ως απαραίτητα συστατικά τα εξής:

1. ΑΕΡΑ (οξυγόνο)
2. ΚΑΥΣΙΜΗ ΥΛΗ
3. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Αέρας

Με την λέξη αέρας στην παρούσα εργασία εννοούμε κατά κύριο λόγο το οξυγόνο που υπάρχει σε αυτόν. Διότι το οξυγόνο είναι αυτό που συντηρεί μια καύση. Το ποσοστό του οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα ανέρχεται στο 21% περίπου ενώ το υπόλοιπο 78% είναι άζωτο και 1% μοιράζονται το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι μείωση της περιεκτικότητας του οξυγόνου σε ποσοστό κάτω του 15% δεν είναι δυνατό να συντηρήσει καύση και συνεπώς οδηγούμαστε σε τερματισμό της καύσης.

Καύσιμη Υλη

Οι καύσιμες ύλες γενικά είναι στερεά υγρά ή αέρια που μπορούν να καούν. Πρακτικά, όλα τα σώματα καίγονται, με διαφορετική βέβαια «προθυμία» υπ' αυτή την έννοια οι καύσιμες ύλες είναι δυνατό να διακριθούν σε δύσκολα και εύκολα αναφλέξιμες ύλες.

Σε όλες τις περιπτώσεις καύσης η καύσιμη ύλη αποτελεί τον αναγωγικό παράγοντα, σύμφωνα με την χημική ορολογία και πρέπει να αποκτήσει ορισμένη θερμοκρασία για να παρατηρηθεί η έναρξη του φαινομένου – γνωστή ως ανάφλεξη.

Στερεά και υγρά καύσιμα καίγονται στην ελεύθερη επιφάνεια και όχι στην μάζα τους όπως τα αέρια καύσιμα. Αυτό συμβαίνει γιατί μόνο στην επιφάνειά τους συνυπάρχουν και τα τρία απαραίτητα συστατικά της καύσης, οξυγόνο, καύσιμη ύλη και θερμότητα.

Θερμότητα

Ο όρος θερμότητα στην καθημερινή ζωή περιγράφει κατά κύριο λόγο το αίτιο που προκαλεί το αίσθημα του ψυχρού ή θερμού.

Επιστημονικά στη φυσική η ενέργεια που περικλείει ένα σώμα ονομάζεται **Εσωτερική Ενέργεια ή Ενθαλπία**. Η ενέργεια αυτή είναι το άθροισμα της κινητικής και της

δυναμικής ενέργειας των μορίων που αποτελούν το κάθε σώμα. Η κινητική ενέργεια του σώματος ονομάζεται επίσης θερμική ενέργεια.

Η **Θερμότητα** μπορεί να οριστεί ως η ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από ένα υλικό σώμα (ή και μεταξύ μορίων) σε ένα άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, ενώ θερμοκρασία είναι το μέγεθος που χαρακτηρίζει την θερμική κατάσταση ενός σώματος. Η μεταφορά ενέργειας γίνεται πάντα από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία.

Η θερμότητα μεταδίδεται με τρεις τρόπους:

Με αγωγή

Με ακτινοβολία

Με μεταφορά

Σύμφωνα με τον Νόμο του Φουριέ, η μεταφορά θερμότητας με **αγωγή** εκφράζει τη ροή θερμότητας Q από ένα σώμα στο άλλο μέσω επαφής και είναι ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας τους. Ειδικότερα ισχύει: $Q = \lambda A \Delta T / \Delta x$ Όπου λ ονομάζεται η θερμική αγωγιμότητα του θερμαινόμενου υλικού και εξαρτάται από το υλικό που χρησιμοποιούμε προς μελέτη, A είναι η επιφάνεια επαφής και Δx το πάχος του υλικού.

Για την μετάδοση της θερμότητας με αγωγή ή με μεταφορά χρειάζεται η παρουσία της ύλης (στερεά, υγρά ή αέρια). Η θερμότητα όμως διαδίδεται και στο κενό. Γνωστό παράδειγμα στη φύση είναι η θέρμανση της Γης από τον Ήλιο, όπου δεν υπάρχει μέσο διάδοσης. Ο τρόπος αυτός διάδοσης της θερμότητας λέγεται διάδοση με **ακτινοβολία**. Η θερμική ακτινοβολία διαδίδεται στο χώρο με ηλεκτρομαγνητικά κύματα (όμοια με τα φωτεινά), απορροφάται από τα διάφορα σώματα και τα θερμαίνει. Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία θεωρείται συνήθως αμελητέα σε χαμηλές θερμοκρασίες και έτσι δεν λαμβάνεται υπόψη. Για μέταλλα ρ_{χ} δεν συνυπολογίζεται για θερμοκρασίες χαμηλότερες της θερμοκρασίας ερυθροποίησης του μετάλλου. Στα υγρά και τα αέρια η θερμότητα διαδίδεται με μεταφορά. Κατά την μεταφορά αυτή, ποσότητες υγρού ή αερίου θερμαίνονται και μεταφέρονται σε ψυχρότερη περιοχή, όπου και προκαλούν την θέρμανσή της. Μπορεί να υπάρξει διάδοση μεταξύ στερεού και υγρού ή αερίου σώματος. Η γενική σχέση είναι: $Q = h \cdot A \cdot \Delta T$ όπου **h ο συντελεστής μεταφοράς** ο οποίος εξαρτάται από το ρευστό και από την ταχύτητα του **A η επιφάνεια με την οποία το ρευστό βρίσκεται σε επαφή, ΔT η διαφορά θερμοκρασιών ρευστού και επιφάνειας**

Η μεταφορά (ή συναγωγή) διακρίνεται σε Ελεύθερη (Free Convection) και Εξαναγκασμένη (Forced Convection).

1.2.2 Τρίγωνο και Πυραμίδα Πυρκαγιάς

Μέχρι πρόσφατα ως ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ύπαρξη και συντήρηση μίας πυρκαγιάς θεωρούσαμε την συνύπαρξη των τριών προαναφερθέντων στοιχείων, καύσιμης ύλης, οξειδωτικού παράγοντα (συνήθως οξυγόνο) και της απαιτούμενης θερμοκρασίας. Τα τρία αυτά συνθετικά στοιχεία της πυρκαγιάς αποτελούν το λεγόμενο

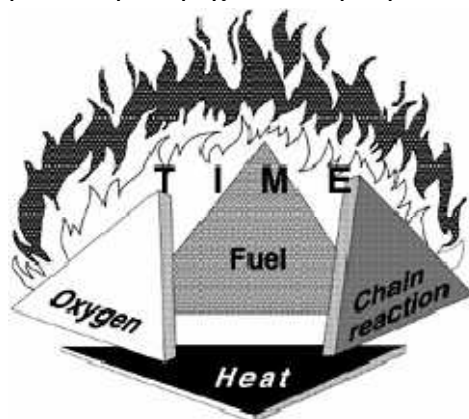
«*Τρίγωνο της Πυρκαγιάς*». Στο οποίο αν λείπει έστω και ένα συστατικό δεν είναι δυνατή η δημιουργία και ύπαρξη φωτιάς.



Εικόνα 1.5. Το τρίγωνο της πυρκαγιάς

Νεώτερες επιστημονικές έρευνες έδειξαν ότι υπάρχει και ένα τέταρτο απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη της πυρκαγιάς, οι «*ελεύθερες ρίζες*» (free radicals), που δημιουργούν τελικά την λεγόμενη πια «*Πυραμίδα της φωτιάς*» (εικόνα 1.6) Οι ελεύθερες ρίζες αντιδρούν με το οξυγόνο και τα αέρια της καιγόμενης ύλης, κατά εξελισσόμενο τρόπο ως *αλυσιδωτή αντίδραση*.

Η επιστημονική γνώση του φαινομένου της πυρκαγιάς, βάθος είναι απολύτως απαραίτητη για την σωστή κατάστρωση σχεδίων πυροπροστασίας και πυρανίχνευσης.



Εικόνα 1.6. Η Πυραμίδα της πυρκαγιάς

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να εξεταστούν σε βάθος οι τέσσερις αυτές συνιστώσες της *πυραμίδας της πυρκαγιάς*.

1.2.3 Καύσιμα

Σαν καύσιμο, αναφέρεται οποιοδήποτε υλικό που μπορεί να καεί. Όπως είναι γνωστό, η ύλη χωρίζεται σε τρεις καταστάσεις:

Στερεά, υγρά και αέρια.

Τα στερεά καύσιμα:

Τα **στερεά καύσιμα**, στο περιβάλλον είναι άφθονα: ξύλο, πλαστικό, χαρτί, ύφασμα κ.λ.π., είναι όμως δύσκολο να έρθουν σε κατάσταση ανάφλεξης. Για να φθάσει ένα στερεό σε κατάσταση ανάφλεξης, πρέπει πρώτα να μετατραπεί (να εκπέμψει ατμούς) σε εύφλεκτο ατμό, αφού θερμανθεί από μια εξωτερική πηγή θερμότητας.

Μελετώντας το ξύλο, είναι γνωστό ότι όταν αυτό βρίσκεται σε στερεά κατάσταση, αποτελείται από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και διάφορα άλλα στοιχεία, όπως κυτταρίνη, σάκχαρα, ρητίνες, ελαστικό κόμμι, εστέρες και μέταλλα. Όταν θερμαίνεται, η κυτταρίνη καταστρέφεται και όταν καίγεται, ο άνθρακας, το υδρογόνο και το άζωτο συμμετέχοντας στην καύση σχηματίζουν νέες ενώσεις, ενώ τα σάκχαρα, οι ρητίνες, το ελαστικό κόμμι, οι εστέρες και τα μέταλλα παράγουν την τέφρα. Το ξύλο μπορεί να αντέξει στη θέρμανση χωρίς να παράγει εύφλεκτα αέρια, μέχρι τη θερμοκρασία των 100°C. Αν η θέρμανση συνεχιστεί, αρχίζει η παραγωγή εύφλεκτων ατμών από την επιφάνειά του στην αρχή και μετά από όλη του τη μάζα. Όταν η θερμοκρασία φθάσει στους 204°C, οι ατμοί αυτοί είναι αρκετοί και μπορούν να αναφλεγούν, με την προϋπόθεση ότι στην περιοχή όπου έχουν δημιουργηθεί, η θερμοκρασία υπερβαίνει τη θερμοκρασία αναφλέξεως αυτών των ατμών.

Τα στερεά στο φυσικό περιβάλλον, δεν καίγονται υπό την ευρέως γνωστή μορφή τους, πρέπει να γίνουν αέρια. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της θερμότητας. Η διαδικασία μετατροπής του στερεού σε εύφλεκτο ατμό με τη βοήθεια της θερμότητας, ονομάζεται πυρόλυση. Αυτό δεν ισχύει όμως, μόνο για τα στερεά. Ο κανόνας είναι γενικός:

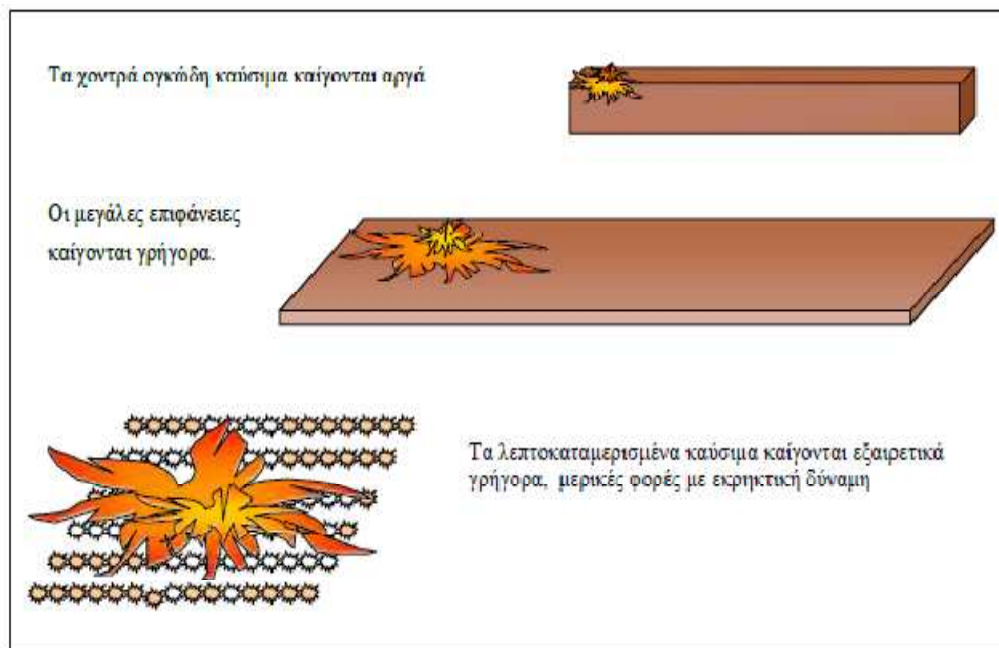
Η ύλη πρέπει να έρθει σε αέρια κατάσταση για να καεί.

Όσον αφορά τα στερεά, ορισμένα πυρολύονται ευκολότερα και άλλα δυσκολότερα. Ευκολότερα πυρολύονται τα πορώδη υλικά (όπως ο φελλός) και πιο δύσκολα τα συμπαγή υλικά (όπως η σκληρή ξυλεία, οι ρόζοι του ξύλου κ.λ.π.). Ευκολότερα, επίσης, πυρολύονται τα στερεά που παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιφάνεια στον αέρα, ανά μονάδα μάζας.

Παράδειγμα: Δίνονται ένα κιλό από συμπαγές ξύλο σε μορφή δοκού, ένα κιλό από το ίδιο ξύλο σε μορφή κόντρα πλακέ και ένα κιλό πάλι από το ίδιο ξύλο σε πριονίδι, η μορφή της ύλης που παρουσιάζει την μεγαλύτερη επιφάνεια στη μονάδα της μάζας, δηλαδή το πριονίδι, θα πρέπει να πυρολυθεί και να αναφλεγεί ευκολότερα από το κόντρα πλακέ και τη δοκό αντίστοιχα, που παρουσιάζουν μικρότερη επιφάνεια.

Το κλάσμα (πηλίκον) της επιφάνειας ενός σώματος προς τη μάζα του, ονομάζεται *ειδική επιφάνεια του υλικού* (Specific Surface) και η τιμή του, είναι ανάλογη με τον βαθμό ευκολίας της ανάφλεξης του υλικού. Η ειδική επιφάνεια εκφράζεται σε τετραγωνικά εκατοστά ανά γραμμάριο. Όσο πιο μεγάλη είναι η ειδική επιφάνεια, τόσο πιο εύκολα αναφλέγεται το υλικό.

$$\text{Ειδική επιφάνεια} = \frac{\text{Εξωτερική επιφάνεια σώματος}}{\text{Ολική μάζα σώματος}}$$



Εικόνα 1.3. αύξηση ρυθμού καύσεως ανάλογα με την επιφάνεια του καυσίμου

Παρατηρείται επίσης ότι ορισμένα υλικά, που έχουν περίπου ίδια ειδική επιφάνεια και είναι στον ίδιο περίπου βαθμό πορώδη, έχουν τελείως διαφορετική συμπεριφορά ως προς την παραγωγή εύφλεκτων ατμών λόγω φύσεως, π.χ. ένα κομμάτι έβενος (πολύ σκληρό ξύλο) και μια πέτρα.

Όσο περισσότερο άνθρακα ή κάποιο άλλο στοιχείο που ενώνεται εύκολα με το οξυγόνο περιέχει η ύλη η οποία εξετάζεται, τόσο πιο εύφλεκτη είναι.

Συνοψίζοντας όσα ειπώθηκαν πιο πάνω για τα **στερεά**, αναφέρεται ότι:

Η καύση των στερεών προϋποθέτει τη φάση της πυρόλυσης (χημική αποσύνθεση του στερεού με την επίδραση εξωτερικής θερμότητας) κατά την οποία το στερεό μετατρέπεται σε καύσιμο ατμό. Αν ο ατμός αναμιχθεί επαρκώς με αέρα και θερμανθεί σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία, τότε προκύπτει η καύση.

Περισσότερο δε εύφλεκτα, είναι τα στερεά που:

Έχουν στη χημική τους σύσταση στοιχεία, που ενώνονται εύκολα με το οξυγόνο (όπως ο άνθρακας) είναι πορώδη και έχουν μεγάλη ειδική επιφάνεια.

Τα εύφλεκτα υγρά:

Τα εύφλεκτα **υγρά** χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Τα πτητικά και τα μη πτητικά.

Τα πτητικά, είναι υγρά που παράγουν από την επιφάνειά τους μεγάλη ποσότητα εύφλεκτων ατμών σε συνηθισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (-20°C έως +50°C). Οι παραγόμενοι ατμοί θεωρούνται εύφλεκτοι, αν προέρχονται από υγρό το οποίο είναι εύφλεκτο.

Εύφλεκτα υγρά, θεωρούνται οι ενώσεις υδρογόνου και άνθρακα, οι γνωστοί υδρογονάνθρακες. Αυτοί χωρίζονται σε τρεις κλάσεις.

Κλάση Α	Σημείο αναφλέξεως μικρότερο των 23°C. (Λείαν εύφλεκτα) (π.χ. πετρέλαιο, οινόπνευμα)
Κλάση Β	Σημείο αναφλέξεως από 23°C έως 66°C. (Εύφλεκτα) (π.χ. κηροζίνες)
Κλάση Γ	Σημείο αναφλέξεως μεγαλύτερο των 66°C. (π.χ. μαγειρικό λάδι, λιπαντικό λάδι, πετρέλαιο Diesel)

Πίνακας 1.7 : Κλάσεις διαχωρισμού των εύφλεκτων υγρών.

Η ποσότητα των παραγομένων ατμών είναι αρκετή για να προκαλέσει ανάφλεξη στην επιφάνεια του υγρού, αν μια πηγή ανάφλεξης πλησιάσει εκεί.

Γενικά, όλα τα υγρά παρουσιάζουν ένα νέφος, το οποίο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες.

Αν το υγρό είναι πτητικό ή όχι - αν από μόνο του έχει την τάση να εξατμίζεται ή όχι.

Από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος γύρω από το υγρό.

Από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

Από την υγρασία της ατμόσφαιρας.

Από τα υπάρχοντα ρεύματα αέρα (οριζόντια και κατακόρυφα), στο χώρο που έχει δημιουργηθεί το νέφος των ατμών.

Έτσι, η βενζίνη και το ασετόν που θεωρούνται πτητικά υγρά, έχουν σχεδόν μόνιμα πάνω από την επιφάνειά τους ένα νέφος εύφλεκτων ατμών. Αυτό συμβαίνει π.χ. στους 15°C, που είναι μια συνηθισμένη θερμοκρασία, αλλά και στους -15°C, που είναι αρκετά χαμηλή και συνηθισμένη μόνο σε πολικές περιοχές.

Αντίθετα, το πετρέλαιο, παράγει αρκετούς εύφλεκτους ατμούς από την επιφάνειά του, ικανούς να προκαλέσουν την ανάφλεξή του, μόνο αν βρεθεί σε αφύσικα υψηλές θερμοκρασίες, που συναντώνται στα πολύ θερμά μέρη της γης.

Μια απλή αναδρομή στη Φυσική, θα έκανε περισσότερο κατανοητό το θέμα της εξάτμισης της ύλης. Θεωρείται, λοιπόν, ότι τα μόρια της ύλης δεν παραμένουν ποτέ ακίνητα. Αντίθετα, χαρακτηρίζονται από μια έντονη κινητικότητα. Αυτή παρατηρείται και στα στερεά και στα υγρά και στα αέρια. Τα στερεά θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν σαν σώματα που έχουν πολύ νοθρά (τεμπέλικα) και πολύ κοντά το ένα στο άλλο μόρια, τα υγρά σαν σώματα που τα μόριά τους είναι αρκετά ζωηρά και

περισσότερο απομακρυσμένα μεταξύ τους από τα μόρια των στερεών και τα αέρια σαν σώματα, των οποίων τα μόρια είναι πολύ άτακτα, αεικίνητα και πολύ απομακρυσμένα.

Η κινητικότητα των μορίων σ' ένα σώμα, αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό συμβαίνει, γιατί δίνοντας θερμική ενέργεια σ' ένα σώμα, αυτή μετατρέπεται εν μέρει σε κινητική ενέργεια των μορίων που πάλλονται τώρα ταχύτερα.

Η θερμοκρασία στην οποία τα μόρια μιας συγκεκριμένης ουσίας αρχίζουν να “ξεκολλούν” από την επιφάνειά της και να συμπεριφέρονται σαν αέρια, είναι γνωστή σαν **θερμοκρασία ή σημείο εξάτμισης** για τα υγρά και σαν **θερμοκρασία ή σημείο πυρολύσεως** στα στερεά. Για τα αέρια, φυσικά, δε γεννάται θέμα, γιατί βρίσκονται ήδη στην αέρια κατάσταση.

Επομένως, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία εξάτμισης, τόσο γρηγορότερα ένα εύφλεκτο υγρό γίνεται επικίνδυνο. Και φυσικά, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία εξάτμισής του, τόσο περισσότερο πτητικό θεωρείται ένα υγρό.

Τα εύφλεκτα υγρά απελευθερώνουν καύσιμο ατμό με τον ίδιο περίπου τρόπο που απελευθερώνουν και τα στερεά. Ο ρυθμός απελευθέρωσης του ατμού στα υγρά είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνο των στερεών, δεδομένου ότι τα μόριά τους είναι συνδεδεμένα πιο χαλαρά και μπορούν να απελευθερώσουν ατμό σε μια πολύ ευρύτερη θερμοκρασιακή περιοχή (π.χ. η βενζίνη αναδίδει ατμό στους -43°C).

Η καύση των εύφλεκτων υγρών γίνεται πολύ πιο εύκολα και μάλιστα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Ο ατμός που παράγεται από ένα εύφλεκτο υγρό είναι συνήθως βαρύτερος από τον αέρα και αυτό τον καθιστά πολύ επικίνδυνο, γιατί καταλαμβάνει τις χαμηλές περιοχές, διαχέεται αργά και ταξιδεύει σε μια απομακρυσμένη πηγή αναφλέξεως. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μια τρομακτική έκρηξη ή πυρκαγιά.

Οι ρυθμοί καύσεως των υγρών μετρούνται σε cm βάθος του υγρού που καίγεται ανά ώρα. Ο τρόπος αυτός μέτρησης είναι βασικός, γιατί η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού μπορεί να επηρεάζει τη συνολική μάζα του υγρού που καίγεται.

Παράδειγμα: Σαν παραδείγματα των ρυθμών καύσεως, αναφέρονται:

<i>Βενζίνη</i>	<i>15,2 – 30,5 cm/ώρα</i>
<i>Κηροζίνη</i>	<i>12,7 – 20,3 cm/ώρα</i>

Ένα βαρέλι που περιέχει βενζίνη σε βάθος 1 μέτρο, καίγεται σε 4 ώρες και 23 λεπτά, ενώ αν περιέχει κηροζίνη καίγεται σε 6 ώρες και 4 λεπτά.

Συνοψίζοντας όσα αναφέρθηκαν για τα **υγρά**, αυτά διαχωρίζονται σε:

καύσιμα και μη καύσιμα
εύφλεκτα και μη εύφλεκτα
πτητικά και μη πτητικά.

Τα καύσιμα αέρια:

Τα **καύσιμα αέρια**, δηλαδή η πρώτη πλευρά του τριγώνου της πυρκαγιάς, συναντώνται συσκευασμένα υπό πίεση, σε φιάλες πίεσεως μεγάλης αντοχής ή πάλι υπό πίεση σε δεξαμενές ειδικής κατασκευής. Για να δημιουργήσουν εύφλεκτο σύννεφο, πρέπει να ελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα (λόγω διαρροής από το χώρο αποθήκευσης τους) και να αναμειχθούν με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Τα αέρια καύσιμα όταν ελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα, βρίσκονται διαρκώς σε αναφλέξιμη κατάσταση. Για μια ...”καλή” πυρκαγιά, χρειάζεται μόνο η κατάλληλη ανάμειξή τους με οξυγόνο και επαρκής θερμότητα.

Η καύση των αερίων προϋποθέτει την κατάλληλη ανάμειξη αερίου-αέρα για το σχηματισμό αναφλέξιμου μείγματος.

Τα **αέρια** διαχωρίζονται σε: **καύσιμα και μη καύσιμα εύφλεκτα και μη εύφλεκτα**

Οξυγόνο

Το **οξυγόνο** αποτελεί τη δεύτερη πλευρά του τριγώνου της πυρκαγιάς και είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και απαραίτητο για τη ζωή. Το αέριο αυτό βρίσκεται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε συγκέντρωση 21% κατ’ όγκο κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας και αραιώνει όσο αυξάνει το υψόμετρο. Βρίσκεται, όμως, και στη χημική σύσταση ορισμένων ενώσεων και σε ορισμένες μάλιστα όπως τα οξειδία και τα υπεροξειδία, σε αφθονία. Το οξυγόνο, παρ’ όλο που δεν καίγεται, αποτελεί βασικό στοιχείο για την καύση.

Το οξυγόνο, υπάρχει και στη χημική σύσταση ορισμένων ουσιών, που ονομάζονται “οξειδωτικά μέσα”. Αυτά είναι υλικά που απελευθερώνουν οξυγόνο όταν θερμαίνονται ή σε μερικές περιπτώσεις, όταν έρχονται σε επαφή με νερό ή κάποια άλλη ουσία. Το οξυγόνο και τα άλλα οξειδωτικά αέρια, είναι άκαυστα. Όταν η καύση γίνεται με πολύ γρήγορο ρυθμό, παράγονται μεγάλες ποσότητες θερμότητας, φως, καπνός και αέρια. Ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η καύση συντελείται αλλά με πολύ βραδύ ρυθμό και χωρίς φλόγα όπως για παράδειγμα το σκούριασμα της λαμαρίνας.

Όλα τα χημικά στοιχεία οξειδώνονται, αν βρεθούν στην κατάλληλη θερμοκρασία, η οποία είναι το βασικό μέτρο, για να χαρακτηριστεί κάποιο υλικό σαν εύφλεκτο και σαν καύσιμο ή μη καύσιμο.

Ορισμένες «**κρίσιμες συγκεντρώσεις**» οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, αναφέρονται παρακάτω.

21%	Φυσιολογική συγκέντρωση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα.
16%	Ελάχιστη συγκέντρωση για φωτιά με φλόγες.
15%	Στη συγκέντρωση αυτή «πέφτει ο μυϊκός τόνος» και ελαττώνεται ο έλεγχος του μυϊκού συστήματος.
14 – 10%	Ελαττώνεται η κρίση και επέρχεται κόπωση.
11 – 10%	Ο άνθρωπος λιποθυμά.
10 – 9%	Επέρχεται ο θάνατος.

9%	Σβήνουν οι περισσότερες συνηθισμένες φωτιές.
3%	Συντηρούνται οι ατελείς καύσεις (χωρίς φλόγες).

Πίνακας 1.8: Κρίσιμες συγκεντρώσεις του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα.

Πρέπει, τέλος, να διευκρινισθεί, ότι οι απαιτήσεις των διαφόρων υλικών σε οξυγόνο είναι διαφορετικές για να είναι δυνατή η συντήρηση της καύσης τους.

Παράδειγμα: Η νάφθα, απαιτεί για την καύση της, τουλάχιστον 15% συγκέντρωση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Αν η συγκέντρωση είναι μικρότερη, η φωτιά της νάφθας σβήνει, ενώ οι περισσότερες συνηθισμένες φωτιές, σβήνουν όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα, πέσει κάτω από το 9%.

Η θερμότητα

Η θερμότητα αποτελεί το τρίτο σκέλος του τριγώνου της πυρκαγιάς. Πριν διευκρινισθεί ποια ακριβώς είναι αυτή η θερμότητα που αναφέρεται στο τρίγωνο της πυρκαγιάς, θεωρείται απαραίτητο να δοθούν μερικοί ορισμοί και διευκρινίσεις. Οι ορισμοί για τις έννοιες **θερμοκρασία, θερμότητα, θερμίδα, ταχύτητα καύσης, θερμοκρασία πυρολύσεως, τήξεως, εξατμίσεως, αναφλέξεως, καύσης και αυτομάτου αναφλέξεως**, αναφέρονται στο **Κεφάλαιο «Ορισμοί»**.

Λέγοντας τις λέξεις θερμότητα και θερμοκρασία, μερικές φορές γίνεται σύγχυση και δεν είναι εύκολος ο διαχωρισμός τους. Στην πραγματικότητα, είναι δύο τελείως διαφορετικές έννοιες και για να γίνει ευκολότερος ο διαχωρισμός τους αναφέρεται το παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα: Λέγεται ότι χρειάζεται αρκετή **θερμότητα** (θερμική ενέργεια), για να ανέβει η **θερμοκρασία** του νερού στους 100°C και να αρχίσει ο βρασμός του.

Από το παραπάνω παράδειγμα γίνεται σαφές ότι **η θερμότητα είναι ενέργεια**, ενώ **η θερμοκρασία είναι μια τιμή** που δείχνει, με ακρίβεια, πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα.

Πολύ συχνά συναντάται η ορολογία **σημείο αναφλέξεως ατμών** που αναφέρεται συνήθως σε υγρά και καύσιμα αέρια. Αυτός ο όρος είναι συνώνυμος με τη θερμοκρασία αναφλέξεως, στην οποία το καύσιμο αναδύει αρκετό ατμό, ώστε να σχηματιστεί ένα αναφλέξιμο μείγμα κοντά στην επιφάνειά του. Ένα τέτοιο μείγμα συνίσταται από ατμό και αέρα και είναι σε θέση να αναφλεγεί (και μάλιστα εκρηκτικά) από μια πηγή αναφλέξεως, αλλά δεν είναι επαρκές για να συντηρήσει την καύση. Η καύση συντηρείται σε μια ελαφρά υψηλότερη θερμοκρασία, η οποία αναφέρεται σαν σημείο ή θερμοκρασία καύσης.

Οι θερμοκρασίες ή σημεία αναφλέξεως, καύσεως και αυτομάτου αναφλέξεως, ονομάζονται με έναν γενικό όρο κρίσιμες θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες αυτές, προσδιορίζονται εργαστηριακά, με ελεγχόμενες δοκιμές.

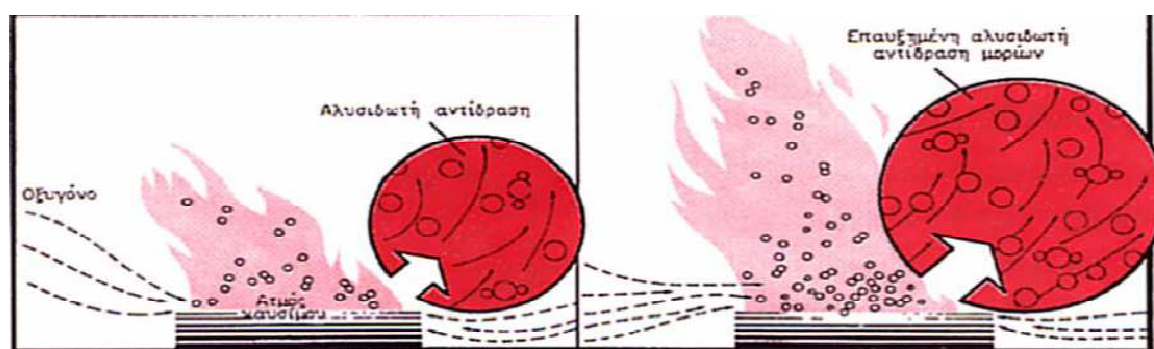
Αλυσιδωτή Αντίδραση:

Στην χημεία μια αντίδραση ονομάζεται αλυσιδωτή, όταν από την στιγμή που αρχίσει συνεχίζει να διεξάγεται διαδοχικά, δηλαδή σε μια σειρά αλληπάλλληλων σταδίων.

Με πιο απλά λόγια, όταν μερικά μόρια αντιδρούν με κάποια άλλα και σχηματίζουν ένα τελικό προϊόν, έχουμε την κλασική απλή αντίδραση. Όταν όμως παράλληλα με το τελικό προϊόν έχουμε και την δημιουργία ενός ενδιάμεσου προϊόντος το οποίο τυγχάνει να αντιδρά με τα αρχικά στοιχεία τότε έχουμε μια συνεχώς «αυτοτροφοδοτούμενη» κατάσταση που λέγεται αλυσιδωτή αντίδραση. Θεωρητικά αυτή η αλληλουχία αντιδράσεων συνεχίζεται επ' άπειρον, στην πράξη όμως σταματάει με την εξάντληση των αρχικών ποσοτήτων των στοιχείων της βασικής αντίδρασης.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την διάρκεια μιας εξώθερμης αντίδρασης, προκαλεί την δημιουργία **ελευθέρων ριζών** οι οποίες είναι φορείς αλυσιδωτών αντιδράσεων. Με αυτό τον τρόπο ως επί το πλείστον πραγματοποιούνται όλες οι καύσεις αερίων και υγρών καυσίμων.

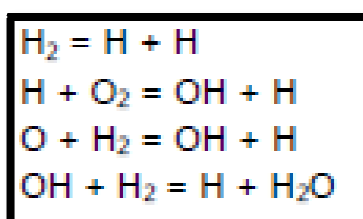
Σε όλων των ειδών τις φλόγες άλλωστε, έχουν παρατηρηθεί πειραματικά με το φασματοσκόπιο, ελεύθερες ρίζες όπως OH, CH κτλ. Καθώς επίσης φαινόμενα αυτόματης διάσπασης του πυκνού υπεροξειδίου του υδρογόνου κ.α που χαρακτηρίζονται σαν οξειδώσεις διαλυμάτων στον αέρα, και αποτελούν αλυσιδωτές αντιδράσεις οι οποίες εξελίσσονται με την βοήθεια της ρίζας OH.



Εικόνα 1.9 Η αλυσιδωτή αντίδραση της καύσης. Α) Ο ατμός από το θερμό καύσιμο ανέρχεται, αναμιγνύεται με αέρα και καίγεται. Παράγει θερμότητα αρκετή για να απελευθερώσει περισσότερο ατμό και να τραβήξει αέρα, ώστε να κάψει αυτόν τον ατμό. Β) Καθώς καίγεται περισσότερος ατμός, αυξάνει η παραγωγή φλογών. Παράγεται περισσότερη θερμότητα, απελευθερώνεται περισσότερος ατμός, περισσότερος αέρας έλκεται προς τις φλόγες και καίγεται περισσότερος ατμός. Η αλυσιδωτή αντίδραση εξακολουθεί να αυξάνει το μέγεθος της φωτιάς(Θειόπουλος, 1996).

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των αλυσιδωτών αντιδράσεων είναι το γεγονός ότι μπορούν να επιβραδυνθούν ή να σταματήσουν εφόσον δεχθούν προσμίξεις κάποιου στοιχείου/ένωσης. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η αποτροπή δημιουργίας μιας ρητινοειδούς ουσίας στην βενζίνη όταν αυτή αποθηκεύεται σε μεγάλες δεξαμενές. Η δημιουργία της είναι αποτέλεσμα αλυσιδωτής αντίδρασης και προκαλεί προβλήματα κατά την χρήση της βενζίνης στις μηχανές εσωτερικής καύσης.

Κάτω από κάποιες συνθήκες η αλυσιδωτή αντίδραση εκδηλώνεται σαν έκρηξη. Αυτό γίνεται όταν κατά την εξέλιξη της αντίδρασης σχηματίζονται περισσότερες ρίζες από όσες καταναλώνονται. Δηλαδή η αντίδραση είναι διακλαδισμένη. Τέτοια περίπτωση αποτελεί η καύση του υδρογόνου, που παριστάνεται ως εξής:



Η δεύτερη και η Τρίτη αντίδραση παράγουν ένα άτομο και μία ρίζα ενώ στη συνέχεια από τις προηγούμενες αντιδράσεις προκύπτουν συνεχώς νέες αντιδράσεις εξακολουθητικά. Ουσιαστικά έχουμε συνεχή αύξηση ατόμων και ριζών οπότε μοιραία οδηγούμαστε σε έκρηξη.

Με βάση τα παραπάνω ένας ορισμός για την έκρηξη θα ήταν ότι πρόκειται για διακλαδισμένες αλυσιδωτές αντιδράσεις.

Εδώ για λόγους πληρότητας θα ήταν σκόπιμο να αναφέρουμε και την ύπαρξη μιας άλλης κατηγορίας αλυσιδωτών αντιδράσεων, τις πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης. Οι συγκεκριμένες μάλιστα αντιδράσεις όταν ο άνθρωπος καταφέρνει να τις δαμάσει προσφέρουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Όταν όμως ξεφύγουν από τον έλεγχο του προκαλούν ανυπολόγιστες καταστροφές.

Μετάδοση της Πυρκαγιάς

Στις πυρκαγιές επικρατεί μία δυναμική κατάσταση, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε διάφορα γεγονότα (υποβόσκουσα φωτιά, εκτίναξη των σωμάτων που καίγονται, π.χ. κουκουνάρια πευκοδάσους, κ.λπ.).

Όταν υπάρχει επάρκεια καύσιμης ύλης (αναγωγικού μέσου) και οξυγόνου (οξειδωτικού μέσου, γενικότερα), η εξέλιξη της πυρκαγιάς έχει τις προϋποθέσεις να συνεχισθεί ανεμπόδιστα, εάν δεν επέμβουμε.

Η μετάδοση της πυρκαγιάς γίνεται με διακίνηση μάζας, ορμής και ενέργειας δηλαδή με φαινόμενα μεταφοράς.

Βασικά Φαινόμενα Μεταφοράς στη Μετάδοση Πυρκαγιάς

A) Μεταφορά μάζας

Με τον όρο αυτό νοούμε τη διεργασία στην οποία έχουμε «διακίνηση» μάζας: η διακίνηση αυτή οφείλεται στη διαφορά συγκέντρωσης των συστατικών του καιόμενου συστήματος που προκαλείται από πυρκαγιά.

B) Μεταφορά ορμής

Με τον όρο αυτό περιγράφουμε την διακίνηση ορμής η οποία δικαιολογείται με την βοήθεια της μοριακής συμπεριφοράς των αερίων. Η ορμή που κατέχει ένα μόριο μεταβάλλεται κατά την διάρκεια των συγκρούσεων του με άλλα μόρια.

Γ) Μεταφορά ενέργειας

Δηλαδή «διακίνηση» θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο ή από ένα σημείο ενός σώματος στο γειτονικό του σημείο.

Η διακίνηση αυτή οφείλεται στο δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, το οποίο ορίζει ότι πάντα έχουμε διάδοση θερμικής ενέργειας από το θερμότερο σώμα (υψηλότερη θερμοκρασία) στο ψυχρότερο σώμα (χαμηλότερη θερμοκρασία).

Τρόποι μετάδοσης θερμότητας

Μετάδοση με αγωγή.

Η μετάδοση της θερμότητας με τον τρόπο αυτό γίνεται από μόριο σε μόριο που είναι σε επαφή (δεν προκαλείται από μεταφορά ύλης· στηρίζεται στη ροή θερμικής ενέργειας μέσω των συστατικών του θεωρούμενου συστήματος —μορίων υλικού σώματος). Με άλλες λέξεις, η θερμότητα περνά από το ένα σημείο του συστήματος (ύλης) στο άλλο, διαδοχικά. **Ο χρόνος (t) διάδοσης της θερμότητας με αγωγή ενδιαφέρει την πυροπροστασία χώρων κ.λπ.** και μπορεί να εκτιμηθεί με τις φυσικές ιδιότητες των υλικών: πυκνότητα ρ , ειδική θερμότητα C , την θερμική αγωγιμότητα, μέτρο της οποίας αποτελεί ο συντελεστής της K , που εκφράζει το ποσό της θερμότητας (π.χ. Kcal) που διέρχεται στη μονάδα χρόνου (π.χ. 1 sec, 1h κ.λπ.), από μία τομή (π.χ. 1 cm²) κάθετα προς τη ροή, όταν η θερμοκρασιακή διαφορά ανά μονάδα μήκους (π.χ. 1 cm) είναι ένας θερμοκρασιακός βαθμός π.χ. 1grad (1°C). Έτσι, εάν επιφάνεια υλικού υποστεί ξαφνικά αυξανόμενη θερμική επίδραση, η θερμοκρασία σε βάθος χ μέσα στο υλικό θα αρχίσει να μεταβάλλεται σημαντικά σε χρόνο (t):

$$t = \chi^2 \cdot \rho \cdot C / K$$

Ο τρόπος αυτός μετάδοσης της θερμότητας απαιτεί την ύπαρξη ενός υλικού φορέα (συνήθως στερεής κατάστασης) και ευνοείται ιδίως στην περίπτωση των μετάλλων. εμφανίζεται —σχεδόν πάντοτε— και άλλος τρόπος μετάδοσης θερμότητας: η Μπορεί, επίσης, η μετάδοση θερμότητας με αγωγή να εμφανίζεται και σε υγρά ή αέρια. Στα σώματα, όμως, αυτά συναγωγή.

Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή

Η μετάδοση θερμότητας με τον τρόπο αυτό γίνεται κατά κύριο λόγο με τη μεταφορά μάζας· υπάρχει, όμως, πιθανότητα όπως στην περίπτωση της —με επαφή μεταφοράς θερμότητας, η μετάδοση αυτή να οφείλεται σε συνδυασμό μεταφοράς μάζας και αγωγής θερμότητας. Σε καιόμενο τοίχο π.χ. ο αέρας του χώρου εφάπτεται με τη θερμή επιφάνεια του και η θερμότητα μεταβαίνει από αυτόν προς τον αέρα. Με τη πρόσδοση θερμότητας ο αέρας γίνεται ελαφρότερος και κινείται προς τα πάνω (του κτιρίου). Λόγω αυτής της κατάστασης, νέα μάζα αέρα έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια (του τοίχου) και δημιουργείται πάλι κίνηση του αέρα από τη θέρμανση του. Η θερμότητα μεταβαίνει από το στερεό σώμα (τοίχος) προς το ρευστό (αέρα) που μεταφέρει την κίνηση του. Λεπτομερέστερα, το ρευστό μεταφέρει τη θερμότητα και την οδηγεί μακριά από το αρχικό μέρος, από όπου προέρχεται.

Την ονομασία συναγωγή συνθέτουν οι λέξεις συν και άγω· έτσι, ο όρος σημαίνει ότι η θερμότητα άγεται (μεταφέρεται) μαζί με το ρευστό.

Στα πολυώροφα κτήρια μια πυρκαγιά πχ στο ισόγειο, δημιουργεί οριζόντια ρεύματα αέρα προς την εστία της, διότι τα θερμαινόμενα αέρια έχοντας γίνει ελαφρύτερα, ανέρχονται και εγκαταλείπουν την περιοχή χαμηλής πίεσης. Έτσι τα ανερχόμενα μέσω φρεατίων (ανελκυστήρες, φωταγωγοί) αυτά αέρια ευθύνονται για την μετάδοση της φωτιάς σε άλλους ορόφους καθώς και για φαινόμενα ασφυξίας και δηλητηριάσεων των ενοίκων.

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

Η μετάδοση της θερμότητας με τον τρόπο αυτό γίνεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαδοθούν μέσα στα σώματα καθώς επίσης και μέσα στο κενό. Το χαρακτηριστικό, λοιπόν, του τρόπου αυτού διάδοσης της θερμότητας είναι ότι η θερμότητα «διακινείται» χωρίς απαραίτητα να μεσολαβεί υλικό σώμα. Στη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία εμφανίζονται οι εξής παράγοντες που επιδρούν στο φαινόμενο

Θερμοκρασία

Είδος επιφανείας

Γεωμετρική διάταξη των σωμάτων μεταξύ τους

Μέγεθος επιφανείας

Οι παράγοντες αυτοί πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά σε κάθε περίπτωση· μόνο μία σε βάθος ανάλυση θα ωθήσει σε λήψη αποτελεσματικών μέσων π.χ. πυροπροστασίας κτιρίων.

Η ακτινοβολία από κάποια πηγή μεταβάλλεται με την τετάρτη δύναμη της απόλυτης θερμοκρασίας της πηγής. Κατ' ακολουθία η ποσότητα της θερμότητας από (σημειακή) πηγή εξαρτάται από τη διαφορά της τετάρτης δύναμης της απόλυτης θερμοκρασίας της θερμικής πηγής και της τετάρτης δύναμης της απόλυτης θερμοκρασίας του (προσβαλλόμενου από τη θερμότητα) αντικειμένου.

Πολλά προβλήματα (πυρασφάλειας) μπορούν να λυθούν με δεδομένο ότι η ακτινοβολία μεταβάλλεται αντίστροφα ανάλογα του τετραγώνου της απόστασης πηγής προσβαλλόμενου αντικειμένου. Εάν, όμως, η πηγή είναι εκτεταμένη και μεγάλη συγκριτικά με την απόσταση από το προσβαλλόμενο σώμα, μικρές μεταβολές στην απόσταση δεν επιφέρουν κάποιο αποτέλεσμα στη σημαντικότητα της διαδιδόμενης με ακτινοβολία θερμότητας, υπό την έννοια ότι σημαντικότητα είναι ένας γενικός όρος που αναφέρεται στη σοβαρότητα (θερμικών συνθηκών και επιπτώσεων) της ακτινοβολού θερμότητας.

1.3 Πυρασφάλεια – Πυροπροστασία

Με τον όρο «**πυρασφάλεια**» εννοούμε την ασφάλεια έναντι του πυρός. Με επιστημονικούς όρους, πυρασφάλεια θεωρείται η δραστηριότητα τόσο της οργάνωσης όσο και το αποτέλεσμα των προσπαθειών για οργάνωση, με την μορφή νέων καταστάσεων και θεσμών. Ως οργάνωση, γενικά νοείται η ρυθμιστική δραστηριότητα, δηλαδή εδώ ο συνδυασμός ανθρώπων προς πράγματα, ανθρώπων προς ανθρώπους καθώς και πραγμάτων προς πράγματα για την εξάλειψη των κινδύνων από πυρκαγιά. Ως αποτέλεσμα των προσπαθειών για οργάνωση θεωρείται ότι πετυχαίνετε με την συγκρότηση (διαμόρφωση, σχηματισμό) του προηγούμενα μνημονευόμενου συνδυασμού. Από την λογική αυτή πηγάζει ο ειδικός χαρακτήρας των διαμορφωτικών διαδικασιών της πυρασφάλειας. Ειδικότερα, είναι δυνατό να λογισθεί ότι η πυρασφάλεια ως ρυθμιστική διαμόρφωση συνιστά διεργασία και έχει έννοια «υπερκείμενη» όλων των ενεργειών οι οποίες – με την μορφή **πυροπροστασίας** – αποβλέπουν στην εκπλήρωση του σκοπού (της ασφάλειας έναντι πυρός) που έχει τεθεί. Οι όροι λοιπόν, πυρασφάλεια και πυροπροστασία είναι διαφορετικοί.

Τόσο η πυρασφάλεια, όσο και η πυροπροστασία εμπλέκονται στο γενικότερο προβληματισμό του ανθρώπου για λήψη σωστών αποφάσεων. Για τις αναγκαίες δράσεις είναι απαραίτητη η γνώση της φύσης της φωτιάς.

Εν κατακλείδι **πυρασφάλεια** σημαίνει εγγύηση, συναίσθηση ή βεβαιότητα για την έλλειψη κινδύνων από πυρκαγιές. Ωστόσο, αν θέλουμε να δοθεί έμφαση στο μηχανισμό της εξασφάλισης διαφόρων (εργασιακών και άλλων) χώρων, μεταφορικών μέσων κλπ από τα ατυχήματα, που μπορεί να προκαλέσει κάποια πυρκαγιά, πιο σωστό είναι να μιλάμε για **πυροπροστασία**.

Με τον όρο πυροπροστασία νοείται η υπεράσπιση διαφόρων αξιών με υιοθέτηση μέτρων, ανάλογα με την σημασία των αξιών αυτών, που όσον αφορά τα υλικά – τουλάχιστον – αγαθά, συχνά εκτιμούνται σε εμπορική βάση. Συγκεκριμένα, επιδιώκεται σύγκριση των εξόδων των μερών πυροπροστασίας και της αξίας των πυροπροστατευόμενων αγαθών. Έτσι το πρόβλημα εμπίπτει σε εκείνο της οργάνωσης, η ορθολογιστική διεξαγωγή της οποίας βασίζεται στη λήψη καταλλήλων για την αποσόβηση πυρκαγιών αποφάσεων.

1.3.1 Ενεργητική και Παθητική πυροπροστασία.

Η **ενεργητική πυροπροστασία** περιλαμβάνει όλα τα κατασταλτικά ή ενεργητικά μέτρα πυροπροστασίας που απαιτούνται κατά την έναρξη και κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Περιλαμβάνει το σύνολο του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για την κατάσβεση της πυρκαγιάς είτε με χειροκίνητη επέμβαση, είτε μέσω αυτόματης ενεργοποίησης κατά την εμφάνιση πυρκαγιάς από κάποιο αισθητήριο που μπορεί να είναι η θερμοκρασία, ο καπνός κ.λπ. Στα μέτρα ενεργητικής πυροπροστασίας περιλαμβάνονται (ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του κτιρίου):

- τοποθέτηση φορητών μέσων πυρόσβεσης (πυροσβεστήρες)
- τοποθέτηση συστήματος πυρανίχνευσης
- τοποθέτηση χειροκίνητου συστήματος συναγερμού (κομβία συναγερμού)
- τοποθέτηση μονίμου υδροδοτικού πυροσβεστικού δικτύου (πυροσβεστικές φωλιές)
- τοποθέτηση συστήματος καταιονητήρων (sprinklers)

Η παθητική πυροπροστασία

Περιλαμβάνει τις δομικές απαιτήσεις που είναι συνυφασμένες αφενός με τη δυνατότητα αποφυγής έναρξης πυρκαγιάς και αφετέρου με τον περιορισμό της διάδοσης της πυρκαγιάς μέσα στο κτίριο αλλά και την επίτευξη ικανοποιητικού βαθμού πυραντίστασης των διαφόρων οικοδομικών στοιχείων. Παράλληλα, επιδιώκεται η ύπαρξη των αναγκαίων οδεύσεων διαφυγής για την ασφαλή εκκένωση του κτιρίου στην περίπτωση έναρξης πυρκαγιάς και περιλαμβάνει τα κάτωθι:

Υπολογισμό του πλήθους των εξόδων κινδύνου ανάλογα με τον θεωρητικό πληθυσμό του κτηρίου

Καθορισμό του απαιτούμενου πλάτους των οδεύσεων διαφυγής.

Έλεγχο των μέγιστων αποστάσεων απροστάτευτης όδευσης διαφυγής

Καθορισμός πλάτους τελικών εξόδων

Διαίρεση σε πυροδιαμείσματα
Φωτισμό ασφαλείας.

1.4 Πυρανίχνευση

Σύστημα πυρανίχνευσης ονομάζεται μία ομάδα από συσκευές που σκοπό έχουν να ανιχνεύσουν έγκαιρα μία εστία φωτιάς και να δώσουν το σήμα κινδύνου με ηχητικά, οπτικά και άλλα μέσα.

1.4.1 Σκοπός της Εγκατάστασης Πυρανίχνευσης

Σκοπός της εγκατάστασης ενός αυτομάτου συστήματος ανίχνευσης πυρκαγιάς είναι ν' ανιχνεύσει έγκαιρα την πυρκαγιά και να σημάνει συναγερμό (εσωτερικά και εξωτερικά) στον χώρο, καθώς και να ενεργοποιήσει τα μέσα πυρόσβεσης. Ο συναγερμός δίνεται με ηχητικά ή οπτικά μέσα στην ελεγχόμενη περιοχή ή σ' ένα πίνακα ενδείξεων τοποθετημένο σε ειδικό χώρο ελέγχου.

Εγκαταστάσεις ειδικού ενδιαφέροντος όπως είναι οι αποθήκες εκρηκτικών, λόγω μεγάλης επικινδυνότητας, είναι απαραίτητο να έχουν κάποιο σύστημα πυρανίχνευσης διότι, **αν η φωτιά φτάσει στα εκρηκτικά τότε οι δυνατότητες κατάσβεσης είναι σχεδόν μηδαμινές**. Η φύση των εκρηκτικών κάνει αδύνατη την προσέγγιση του χώρου και την απόπειρα κατάσβεσης με τα συνήθη μέσα. Ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης τέτοιων καταστάσεων στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι η απομάκρυνση προσωπικού και υλικών από την γύρω περιοχή έως ότου ολοκληρωθεί η έκρηξη. Τα μετρά ασφαλείας αυτά (αποστάσεις προδιαγραφές κτλ) θα αναφερθούν αναλυτικά σε σχετικό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

1.4.2 Στοιχεία Συστήματος Πυρανίχνευσης

Ένα σύστημα πυρανίχνευσης αποτελείται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- Τον κεντρικό πίνακα ελέγχου του συστήματος
- Τα εξαρτήματα ανίχνευσης της φωτιάς
- Τα μέσα ένδειξης και σήμανσης

Είδη Πυρανιχνευτών

- ⊕ Ιονισμού
- ⊕ Θερμοκρασίας
- ⊕ Φλόγας
- ⊕ Καπνού
- ⊕ Αερίων
- ⊕ Θερμοδιαφορικοί (π.χ $\Delta\Theta = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- ⊕ Αισθητήρες Στοιχείων CCD
- ⊕ Υπέρυθροι ανιχνευτές (IR)
- ⊕ Ανιχνευτές τύπου LIDAR και RADAR
- ⊕ Δορυφορικοί ανιχνευτές.



• Μέσα ένδειξης και σήμανσης

Όλες εκείνες οι συσκευές που όταν ενεργοποιηθούν μας ειδοποιούν για πιθανή ύπαρξη φωτιάς. Περιλαμβάνουν συσκευές ηχητικής και οπτικής σήμανσης.

• Σειρήνα πυρασφάλειας

Είναι ένα σημαντικό τμήμα οποιουδήποτε συστήματος πυρασφάλειας διότι όταν ενεργοποιηθεί από τον πίνακα παράγει το χαρακτηριστικό ήχο της πυρασφάλειας, με σκοπό την προειδοποίηση του κοινού ή/και την εκκένωση του κτιρίου. Όλες οι σειρήνες πυρασφάλειας του ίδιου συστήματος πρέπει να έχουν παρόμοιο ήχο και να διαφέρουν από ηχητικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για άλλους σκοπούς.

• Κουδούνι πυρασφάλειας

Χρησιμοποιείται εναλλακτικά αντί για σειρήνα παράγοντας τον χαρακτηριστικό ήχο. Είναι κόκκινου χρώματος, με διάμετρο από 150 - 200mm. Μερικές φορές χρησιμοποιείται μαζί με τις σειρήνες για να δηλώσουν συναγερμό άλλου επιπέδου (π.χ. σειρήνες για απλό συναγερμό φωτιάς και κουδούνια για τις περιοχές κατάσβεσης).

• Φάρος πυρασφάλειας

Χρησιμοποιείται μαζί με τις σειρήνες ή τα κουδούνια για οπτική σήμανση. Υπάρχουν διάφορες μορφές, με λάμπα πυράκτωσης, περιστρεφόμενοι, με λάμπα XENON. Σήμερα, για λόγους μείωσης της κατανάλωσης, οι περισσότεροι παράγονται με LED's υψηλής φωτεινότητας.

Καλωδιώσεις

Γενικά τα καλώδια του συστήματος πυρανίχνευσης πρέπει να εξασφαλιστεί ότι θα λειτουργήσουν για ορισμένο χρόνο σε περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία ή φλόγες. Μία κατάλληλη κατηγορία καλωδίων είναι η NHXH FE 180/E30. Στα συμβατικά συστήματα, στις ζώνες ανίχνευσης, το απαιτούμενο καλώδιο είναι πολύκλωνο 2 x

0,75mm² μέχρι 2 x 1,5mm² ανάλογα με την απόσταση από τον πίνακα μέχρι το τελευταίο εξάρτημα τη ζώνης. Στα συμβατικά συστήματα, στις γραμμές των σειρήνων που η κατανάλωση σε περίπτωση συναγερμού είναι μεγάλη (μπορεί να φτάσει και τα 500 mA), το απαιτούμενο καλώδιο είναι πολύκλωνο 2 x 1,5mm² ανεξάρτητα από την απόσταση του πίνακα από την τελευταία σειρήνα. Μικρότερης διατομής καλώδιο χρησιμοποιείται μόνον όταν η συνδεδεμένη κατανάλωση είναι μικρή. Σε διευθυνσιοδοτούμενα συστήματα, στους βρόχους ανίχνευσης, απαιτείται θωρακισμένο καλώδιο. Για κάθε βρόχο, το καλώδιο που απαιτείται εξαρτάται από το είδος και το πλήθος των εξαρτημάτων και από το συνολικό μήκος του καλωδίου. Επειδή ο τρόπος υπολογισμού της απαιτούμενης διατομής είναι πολύπλοκος υπάρχουν ειδικά προγράμματα, που παρέχονται από τους κατασκευαστές των συστημάτων, που υπολογίζουν τη διατομή του καλωδίου λαμβάνοντας υπ όψιν κάποιες παραμέτρους της κάθε εγκατάστασης. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι απαιτείται καλώδιο με διατομή 2 x 1,5mm² αν στο βρόχο δεν υπάρχουν εξαρτήματα που καταναλώνουν μεγάλο ρεύμα (π.χ. σειρήνες βρόχου) και 2 x 2mm² αν υπάρχουν. Σε διευθυνσιοδοτούμενα συστήματα, για τις γραμμές των σειρήνων, ισχύει ότι και στα συμβατικά.

Πάντως, πρέπει να τονισθεί ότι τα συστήματα πυρανίχνευσης δεν κάνουν τίποτα για να κατασβήσουν την πυρκαγιά (εκτός εάν απομονώνουν και διακόπτουν μια πηγή ισχύος που μπορεί π.χ. να προκαλεί υπερθέρμανση καλωδίου), έτσι η υιοθέτηση μόνο πυρανίχνευσης αποτελεί σημαντική αλλαγή στην φιλοσοφία πυροπροστασίας μιας επιχείρησης που προηγουμένως εφάρμοζε σύστημα ενεργητικής κατάσβεσης.

1.4.3 Τεχνική Πρόοδος και Πυρασφάλεια

Η πρόληψη και η καταστολή πυρκαγιών είναι δυνατές με την τήρηση της πρέπουσας επιστημονικής μεθοδολογίας. Επιβάλλεται, λοιπόν, η χρησιμοποίηση τεχνολογίας (ικανότητας δημιουργίας προϋποθέσεων αντιμετώπισης κινδύνων πυρκαγιάς) τεχνολογίας, που όπως είναι γνωστό, παρέχεται με τη συνδρομή της σύγχρονης επιστήμης (εδώ, γνώσης ως προς τους νόμους που διέπουν την πυρκαγιά) και της τεχνικής (διεργασίας/κανόνων πυροσβεστικής κάλυψης ή/και κατασκευής πυροσβεστικών μέσων και συστημάτων). Ο όρος τεχνολογία - σε αρκετές περιπτώσεις πυροπροστασίας - ισοδυναμεί με το σύνολο των διαδικασιών που απαιτούνται για την πραγματοποίηση μιας λειτουργικής πράξης και των θεωριών που θεμελιώνουν το πιο πάνω σύνολο. Από το πλήθος των παραδειγμάτων που μπορούν να τεκμηριώσουν το συμπέρασμα αυτό, αναφέρονται: Η προβληματική κατάτμησης των κτιρίων σε διαμερίσματα (ανάλογη προσπάθεια καταβάλλεται στις μεταφορές π.χ. με πλοία στην στοιβία επικίνδυνων φορτίων. **Η πυρασφάλεια**, ως διαδικασία ενεργειών με στενή αλληλουχία, αποτελεί θέμα, τη σοβαρότητα του οποίου δεν πρέπει να παραγνωρίζει όποιος εμπλέκεται σ' αυτή. Η σε βάθος μελέτη του ζητήματος υπαγορεύει να γίνουν δεκτές οι σύγχρονες απόψεις περί συστημάτων, με την αναγκαία προσαρμογή τους στην εξεταζόμενη κάθε φορά περίπτωση. Τα διάφορα επιστημονικά δεδομένα επιτρέπουν να διαθέτουμε ένα χρήσιμο πλαίσιο για την ανάλυση και επίλυση πολλών προβλημάτων,

όπως παραγωγής, ασφάλειας, κ.λπ. Το πλαίσιο είναι η έννοια του συστήματος και η συσχέτιση του με το περιβάλλον.

Η συστημική επισκόπηση είναι εφαρμόσιμη για ποικίλους σκοπούς π.χ. για αντιμετώπιση λειτουργικών προβλημάτων, προσδιορισμό της βέλτιστης πολιτικής κ.λπ. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τωρινές προσπάθειες, που καταβάλλονται για εξέταση μεγάλων συστημάτων και γενικά επίλυση προβλημάτων «άμορφης διάρθρωσης», δηλαδή με έντονη την παρουσία παραγόντων που δεν προσφέρονται πάντοτε για ποσοτική ανάλυση, έχουν ευρύτερη σημασία: κι αυτό, γιατί επιζητείται η μεταφορά του μεγαλύτερου αριθμού τύπων προβλημάτων από τη σφαίρα της υποκειμενικής ή ενστικτώδους αντιμετώπισης στο χώρο της αντικειμενικής και ορθολογικής θεώρησης, γεγονός που πρέπει να παίρνει κεντρική θέση στο σημερινό προβληματισμό για πυρασφάλεια. Ένα σύστημα μεγάλης κλίμακας μπορεί να περιέχει υποσυστήματα διαφορετικής φύσης, π.χ. φυσικά, χημικά, βιολογικά, οικονομικά, ψυχολογικά, κοινωνικά, διοικητικά κ.λπ. και για τη μελέτη του απαιτούνται διακλαδικές (διεπιστημονικές) γνώσεις. Η συμπεριφορά οποιουδήποτε τέτοιου συστήματος μεταβάλλεται όταν διαφοροποιηθεί η διαγωγή των συνιστωσών (υποσυστημάτων) του. Κάτι τέτοιο θα συμβεί όταν προκληθεί η πυρκαγιά. Έτσι, στο παραγωγικό κύκλωμα, για παράδειγμα, η φωτιά μπορεί να επηρεάσει τους συντελεστές της παραγωγής, που, σύμφωνα με τις κλασσικές απόψεις της οικονομολογίας, είναι:

1. Οι φυσικοί πόροι (έδαφος, αέρας, νερό, κατεργάσιμες ύλες, ενεργειακές πηγές, κ.λπ.).
2. Το εργασιακό δυναμικό (ανθρώπινος παράγοντας)
3. Τα κεφαλαιουχικά αγαθά (κεφάλαιο - κίνησης, μηχανήματα, οικοδομήματα, αποθέματα). Αν συμβεί φαινόμενο πυρκαγιάς, έχουμε επιπτώσεις - δυσμενείς - στο αποτέλεσμα (ποιότητα, ποσότητα παραγωγής). Με χρήση μαθηματικών, η αλληλεξάρτηση αυτή εκφράζεται με μία συνάρτηση παραγωγής:

$$A = f(P, E, K)$$

Όπου:

A: το αποτέλεσμα της παραγωγής

P: οι φυσικοί πόροι

E: η εργατική δύναμη

K: τα κεφαλαιουχικά αγαθά.

Στις πυρκαγιές, δεν αποκλείεται να παρατηρηθούν έμμεσες συνέπειες, εξίσου σοβαρές με τις προαναφερόμενες επιπτώσεις, π.χ. στην περίπτωση των λιμένων δυσφήμιση του λειτουργικού καθεστώτος τους, μεταγενέστερα, όταν είναι δυνατό στις ζημιές που εκτιμώνται ως άμεσες συνέπειες της. Για την αναζήτηση πυρασφαλών χώρων μπορεί:

α) να γίνει δεκτό ότι σε ένα υποσύστημα (π.χ. φυσικό) περιέχεται άλλο (π.χ. χημικό), όπως - άλλωστε - επιτρέπει η σύλληψη της προαναφερόμενης έννοιας του συστήματος μεγάλης κλίμακας και

β) να αποφευχθούν λεπτομερειακοί εννοιολογικοί προσδιορισμοί, π.χ. σε μία μελέτη η έκφραση εργασιακός χώρος είναι ενδεχόμενο να αφορά ένα παραγωγικό κύκλωμα γενικά. Για το γενικότερο, πάλι, προβληματισμό πρέπει να σημειωθεί ότι ο άνθρωπος είναι υποκείμενος στο φυσικό του περιβάλλον μια και αυτό προσφέρει όλα τα συστατικά που του είναι απαραίτητα για να ζήσει και δημιουργήσει η επιβίωση του, π.χ., εξαρτάται από το οξυγόνο, το νερό, τις τροφές κ.λπ., δηλαδή από διάφορα φυσικά συστήματα· ο μετασχηματισμός υλικών σε προϊόντα και ενέργεια χρειάζεται γνώσεις, τεχνικά μέσα, εξειδικευμένη διανοητική εργασία (έρευνα) κ.λπ. — τελικά προσπάθεια και ειδικότερα κατάλληλα συστήματα. Πιο κάτω, για την απλούστευση των συλλογισμών, τα συστήματα όπου άνθρωποι/εργαζόμενοι και τεχνικά μέσα όχι μόνο «κυριαρχούν» αλλά και συνεργάζονται αρμονικά για να γίνουν παραγωγικές διαδικασίες θα αναφέρονται ως εργασιακά συστήματα. Ένα - οποιοδήποτε τέτοιο - σύστημα μπορεί να παύσει να υπάρχει λόγω πυρκαγιάς. Ύστερα από τη σκιαγράφιση αυτή για την πυρκαγιά, προχωρούμε σε ειδικότερη αναφορά των φυσικών και εργασιακών συστημάτων όταν απειλούνται από πυρκαγιά, είτε πρόκειται για «σύνολα» ή για «υποσύνολα» (συστατικών μερών που συνδέονται λειτουργικά για να υλοποιηθεί προκαθορισμένος σκοπός). Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις δανεισμός γνώσεων από τη Θερμοδυναμική είναι απαραίτητος.

1.5 Τρόποι κατάσβεσης Πυρκαγιών

1.5.1 Εισαγωγή

Είναι προφανές ότι αν αποτραπεί η δημιουργία τριγώνου πυρκαγιάς σε κάποιο χώρο, δεν θα υπάρξει κίνδυνος ανάφλεξης. Η βασική αρχή για την κατάσβεση της πυρκαγιάς είναι απλώς η αφαίρεση της μιας πλευράς του τριγώνου. Οι τρεις αντίστοιχοι τρόποι κατάσβεσης είναι οι εξής:

Η ψήξη: Με τη μέθοδο αυτή αφαιρείται η πλευρά της θερμότητας.

Η κατάπνιξη: Με τη μέθοδο αυτή, οι ατμοί του υλικού παγιδεύονται (π.χ. κάτω από ένα στρώμα αφρού), δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν την πυρκαγιά, και η φωτιά σβήνει λόγω ελλείψεως καυσίμων.

Η απομάκρυνση και η αραιώση του οξυγόνου: Με τη μέθοδο αυτή, το οξυγόνο απομακρύνεται εντελώς από την περιοχή της πυρκαγιάς, χρησιμοποιώντας κάποιο αδρανές αέριο ή αραιώνεται η περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε οξυγόνο, πάλι με κάποιο αδρανές αέριο, έτσι ώστε να πέσει κάτω του 9%, οπότε η πυρκαγιά θα σβήσει, λόγω ελλείψεως ή ανεπάρκειας [1].

Για να επιτευχθεί η διάσπαση του τριγώνου της πυρκαγιάς, απαραίτητα είναι τα “πυροσβεστικά υλικά” ή “πυροσβεστικά μέσα”, τα οποία επεμβαίνουν στο τρίγωνο και εξαλείφουν μία ή περισσότερες πλευρές του, με αποτέλεσμα το σβήσιμο της πυρκαγιάς.

Ο πίνακας που ακολουθεί [1], αναφέρει τις κατηγορίες της πυρκαγιάς, τα υλικά που εμπλέκονται, καθώς και το καταλληλότερο κατασβεστικό μέσο για τον κάθε τύπο πυρκαγιάς. Σαν κριτήρια καταλληλότητας για την επιλογή του κατασβεστικού υλικού έχουν ληφθεί υπόψη η οικονομία, η παρεχόμενη ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα καθενός από αυτά.

Κατηγορία Πυρκαγιάς	Υλικά που εμπλέκονται	Κατασβεστικό υλικό
A	Στερεά καύσιμα (ξύλο, χαρτί, άχυρο, ύφασμα, λάστιχο, πλαστικό)	Νερό
B	Υγρά καύσιμα	Αφρός
C	Αέρια και αεριοποιημένα στερεά	Ξηρά χημικά σκόνη
D	Καύσιμα μέταλλα (κάλιο, νάτριο, μαγνήσιο, τιτάνιο)	Σκόνες τύπου “D”
E	A, B, C και D σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και ηλεκτρικές συσκευές, ή πλησίον τους.	Διοξείδιο του άνθρακα

Πίνακας 1.10: Κατηγορίες πυρκαγιών, υλικά που εμπλέκονται, και το κατασβεστικό μέσο για τον κάθε τύπο πυρκαγιάς.

1.5.2 Τα Μέσα Πυρόσβεσης

Τα μέσα πυρόσβεσης χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- **κινητά**
- **μόνιμα**
- **βοηθητικά**

A. Τα κινητά μέσα πυρόσβεσης (πυροσβεστήρες)

Πρόκειται κυρίως για πυροσβεστήρες **CO₂** και πυροσβεστήρες **σκόνης** (σπανίως υπάρχουν επίσης νερού, Halon και αφρού)

Ανάλογα με την κατηγορία της πυρκαγιάς χρησιμοποιούνται:

▶ **Πυροσβεστήρες Σκόνης:** για κατηγορίες πυρκαγιάς *A, B, C* (και με ειδική γόμωση για *D*). Όχι σε χώρους με ηλεκτρονικά ή άλλα μηχανήματα που μπορεί να υποστούν βλάβη από τη σκόνη.

▶ **Πυροσβεστήρες CO₂:** για κατηγορίες πυρκαγιάς *B, C, D* και *E* (και για *A* με μικρά αποτελέσματα)

Οι πυροσβεστήρες ως προς το βάρος τους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- ▶ *Φορητοί* – μέχρι 20 Kgr.
- ▶ *Πυροσβεστικοί σταθμοί* – 60 ÷ 70 Kgr.
- ▶ *Τροχήλατοι* – μέχρι 300 Kgr.
- ▶ *Ρυμουλκούμενοι* – μέχρι 750 Kgr.
- ▶ *Πυροσβεστικά οχήματα.*

B. Τα μόνιμα μέσα (εγκαταστάσεις) πυρόσβεσης

Για οικονομικούς λόγους καλύπτουν, συνήθως, περιορισμένους χώρους ή εγκαταστάσεις. Πρόκειται για μόνιμα μέσα πυρόσβεσης, που ενεργοποιούνται αυτομάτως. Οι υπόλοιποι χώροι, που δεν διαθέτουν μόνιμα μέσα πυρόσβεσης, προστατεύονται με πυροσβεστήρες και με εκτόξευση νερού μέσω κατάλληλων φορητών σωλήνων.

Τα **μόνιμα μέσα πυρόσβεσης** είναι:

▶ Εγκαταστάσεις καταιονισμού νερού με δίκτυο σωληνώσεων στην οροφή και ακροφύσια **Sprinkler**. Τα ακροφύσια Sprinkler λειτουργούν αυτομάτως σε θερμοκρασία της τάξεως των 65 ÷ 70°C. Αυτό επιτυγχάνεται με την απελευθέρωση του ελατηρίου μιας βαλβίδας, μέσω εύτηκτου μεταλλικού ελάσματος ή με την θράυση φιαλιδίου που περιέχει διασταλτικό υγρό.

▶ Εγκαταστάσεις **ομίγλης νερού** (πολύ λεπτά σταγονίδια νερού) με δίκτυο νερού και ειδικά ακροφύσια.

▶ Συστοιχία φιαλών **CO₂** με δίκτυο σωληνώσεων και ακροφύσια εκτόξευσης CO₂.

▶ **Σκόνη** με πεπιεσμένο άζωτο (περίπου 15 bar). Αντενδείκνυται σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές εγκαταστάσεις.

▶ **Αφρός** – κυρίως για να μην εξαπλωθεί η φωτιά στην επιφάνεια χυμένων υγρών. Αντενδείκνυται σε εγκαταστάσεις υπό τάση και σε διαρροές επί δεξαμενών.

Γ. Τα βοηθητικά μέσα πυρόσβεσης

Σε περίπτωση εγκαταστάσεων με μόνιμο πυροσβεστικό δίκτυο νερού προβλέπονται βοηθητικά μέσα πυρόσβεσης, όπως: κάδοι με νερό, δοχεία με άμμο, φτυάρια, λοστούι, κόφτες, σκάλες, σχοινιά, γάντζοι, φακοί, μπαλαντέζες, κ.λ.π. Αυτά φυλάσσονται σε

ειδικές ντουλάπες, που ονομάζονται σταθμοί (1^{ος} Σταθμός, 2^{ος} Σταθμός, κ.λ.π.). Σύμφωνα, μάλιστα, με την Υπουργική Απόφαση 7755/160 ΦΕΚ Β 241/22-4-1988 (όπου αφορά βιομηχανίες, βιοτεχνίες και αποθήκες) καθορίζονται πρόσθετα βοηθητικά μέσα ανά 6 και ανά 12 Πυροσβεστικές Φωλιές.

1.5.3 Τα Υλικά Κατάσβεσης Αναλυτικά

Τα υλικά κατάσβεσης πυρκαγιάς, καθώς και ο τρόπος δράσης τους παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

► NEPO

Το νερό χρησιμοποιείται με πέντε τρόπους στην πυρόσβεση:

1. Με συμπαγή βολή.
2. Με ομίχλη υψηλής ταχύτητας.
3. Με ομίχλη χαμηλής ταχύτητας.
4. Με τη μέθοδο της κατάκλυσης χώρου.
5. Σαν ατμός (1 λίτρο νερού παράγει 1700 λίτρα ατμού).

Όσον αφορά τις ψυκτικές του ικανότητες, το νερό είναι κυρίως ψυκτικό μέσο. **Απορροφά θερμότητα και ψύχει τα καιόμενα υλικά, με τον αποτελεσματικότερο και αποδοτικότερο τρόπο από όλα τα άλλα ψυκτικά μέσα.** Η αποτελεσματικότητά του αυξάνεται, όταν η θερμοκρασία του, λόγω της απορρόφησης θερμότητας, ανέβει στους 100 °C. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το νερό απορροφά ακόμα μεγαλύτερη θερμότητα από το καιόμενο σώμα, καθώς μετατρέπεται σε ατμό.

Το νερό έχει και μια δευτερεύουσα δράση, μεγάλης σπουδαιότητας. Κατά τη μετατροπή του σε ατμό, περνά από την υγρή κατάσταση στην αέρια και κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβολής του διαστέλλεται περίπου σε όγκο κατά 1700 φορές. Αυτό το μεγάλο σύννεφο που δημιουργείται, περιβάλλει τη φωτιά, εκτοπίζει τον ατμοσφαιρικό αέρα γιατί έχει μεγαλύτερο βάρος από αυτόν, εκτοπίζοντας ταυτόχρονα και το οξυγόνο που τροφοδοτεί τη φωτιά, παρέχοντας έτσι και μια καταπνικτική δράση, ταυτόχρονα με την ψυκτική.




Στην πυρόσβεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί θαλασσίνο νερό, γλυκό νερό, νερό μειωμένης επιφανειακής τάσης, νερό μεγάλου ιξώδους ή νερό μειωμένου ιξώδους.

Το νερό μειωμένης επιφανειακής τάσης (λέγεται και υγρό νερό) είναι επεξεργασμένο με ένα χημικό μέσο, έτσι ώστε η επιφανειακή του τάση να μειωθεί. Το νερό αυτό διεισδύει σε πορώδη υλικά, όπως μπάλες βαμβακιού και ρολά υφασμάτων, πιο εύκολα από το κοινό νερό. Με αυτό τον τρόπο, μπορεί να διαπεράσει μέσα και να σβήσει φωτιές, που έχουν εξαπλωθεί στο εσωτερικό της μπάλας ή του ρολού. Το νερό μεγάλου ιξώδους είναι επεξεργασμένο έτσι ώστε να μειωθεί η ικανότητά του να ρέει. Το νερό αυτό δημιουργεί ένα παχύ στρώμα, που προσκολλάται στο καιόμενο υλικό και παραμένει στη θέση του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από το κοινό νερό. Όμως δεν διεισδύει τόσο

εύκολα, όπως το νερό μειωμένης επιφανειακής τάσεως ή το νερό που δεν έχει υποστεί καμία επεξεργασία. Το νερό μεγάλου ιξώδους καθιστά τα καταστρώματα ολισθηρά, με αποτέλεσμα να κάνει το περπάτημα επάνω σε αυτά δύσκολο. Στο νερό μειωμένου ιξώδους (λέγεται και γρήγορο ή γλιστερό νερό) έχουν προστεθεί μικρές ποσότητες οξειδίου του πολυαιθυλενίου. Η χημική αυτή ουσία μειώνει το ιξώδες του νερού και τις απώλειες πίεσεως λόγω τριβών στις μάνικες. Το αποτέλεσμα είναι μια αύξηση στην ακτίνα ενέργειας του ρεύματος. Το θαλασσινό νερό είναι εξίσου κατάλληλο με το γλυκό νερό για την πυρόσβεση. Στην πραγματικότητα, το σκληρό νερό, το μαλακό, το θαλάσσιο και το γλυκό, καθώς και το απεσταγμένο, είναι εξίσου αποτελεσματικά στις **πυρκαγιές τύπου Α**.

Η πιο συνηθισμένη συσκευή εκτόξευσης νερού είναι το ακροφύσιο. Το συνδυασμένο ακροφύσιο παράγει ένα συνεχές ρεύμα νερού ή ένα εκνεφώμενο ρεύμα νερού υψηλής ταχύτητας, ανάλογα με τη θέση της χειρολαβής του. Τα συνδυασμένα ακροφύσια είναι διαθέσιμα για χρήση με μάνικα 3,8 και 6,4 cm (1 ¼ & 2 ¼ in). Τραβώντας τη χειρολαβή του ακροφυσίου εντελώς πίσω προς το χειριστή, προκύπτει συνεχές ρεύμα νερού. Τραβώντας τη χειρολαβή προς τα πίσω κατά το ήμισυ και φέροντάς την καθέτως προς το επίπεδο του ακροφυσίου, προκύπτει εκνεφώμενο ρεύμα νερού. Το ακροφύσιο κλείνει εντελώς σπρώχνοντας τη χειρολαβή προς τα εμπρός, όσο μπορεί να πάει. Τα εκνεφώμενα και ευθύγραμμα ρεύματα νερού μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικά, όταν χρησιμοποιούνται σε **πυρκαγιές κατηγορίας Α** και **Β**, στα χέρια επιδέξιων χειριστών.

Συνοψίζοντας, η χρήση του νερού σαν πυροσβεστικό μέσο είναι εύκολη και αποτελεσματική, πρώτον διότι υπάρχει άφθονο νερό στο περιβάλλον, και δεύτερον για τις άριστες κατασβεστικές του ιδιότητες, που συνοψίζονται στις εξής:

-  Στην ψήξη της καιόμενης ύλης κάτω του σημείου ανάφλεξης.
-  Στις καταπνικτικές ικανότητες του νερού, που καλύπτοντας την καιόμενη ύλη, 'απαγορεύει' την επικοινωνία της με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας.
-  Στις καταπνικτικές ικανότητες του ατμού, που παράγεται από την εξάτμιση του πυροσβεστικού νερού. Ο ατμός βαρύτερος από τον ατμοσφαιρικό αέρα καθώς είναι, εκτοπίζει και στερεί από την καιόμενη ύλη το οξυγόνο.

Η στατιστική έχει δείξει πως οι πιο πιθανοί κίνδυνοι που παρουσιάζονται από τη χρήση νερού είναι η βλάβη και η καταστροφή των ηλεκτρικών συστημάτων μιας εγκατάστασης και η αντίδραση του νερού με υλικά που παράγουν εύφλεκτα ή τοξικά αέρια.

► CO₂

Το CO₂ είναι ένα άριστο κατασβεστικό υλικό. Χρησιμοποιείται είτε με φορητό πυροσβεστήρα, είτε με μόνιμο σύστημα. Αποθηκεύεται υγροποιημένο υπό πίεση, σε φιάλες με ισχυρά τοιχώματα και εκτοξεύεται μέσω σωλήνα, που απολήγει σε χοάνη εκτόνωσης, η οποία διαθέτει ξύλινη χειρολαβή, για προστασία από εγκαύματα ψύχους που μπορούν να προκληθούν από την ταχύτατη εκτόνωση του υγρού διοξειδίου σε αέρια κατάσταση.

Οι χημικές και οι πυροσβεστικές ιδιότητες του CO₂ είναι οι παρακάτω:

- ⊕ Είναι άκαυστο.
- ⊕ Δε συντηρεί την καύση, ούτε και τη ζωή.
- ⊕ Είναι 1,5 φορά βαρύτερο του ατμοσφαιρικού αέρα.
- ⊕ Είναι κακός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος, μέχρι τα 3.000 Volt. Για προστασία από ηλεκτροπληξία σε μεγαλύτερα Volt, πρέπει ο ψεκαμός να εφαρμόζεται από απόσταση ενός (1) τουλάχιστον μέτρου και ο πυροσβεστήρας να κρατείται μόνο από την ξύλινη χειρολαβή του.

- ⊕ Είναι άχρωμο.
- ⊕ Είναι άοσμο.
- ⊕ Δεν είναι δηλητηριώδες, αλλά είναι ασφικτικό για κάθε ζωντανό οργανισμό.

- ⊕ Είναι αέριο, αλλά μπορεί να υγροποιηθεί ή να στερεοποιηθεί, όταν συμπιεστεί.

- ⊕ Η κρίσιμη θερμοκρασία του είναι 31°C. Επάνω από αυτήν, είναι πάντοτε αέριο, ανεξαρτήτως πίεσεως.

- ⊕ **Κατ' εξαίρεσιν, αντιδρά με το καιόμενο μαγνήσιο και σχηματίζει άνθρακα, οξυγόνο και οξείδιο του μαγνησίου, συντηρώντας έτσι την πυρκαγιά.**

- ⊕ Δεν είναι αποτελεσματικό σαν κατασβεστικό μέσο στο νάτριο, το κάλιο, το μαγνήσιο και το ζirkόνιο.

- ⊕ Σε θερμοκρασία -78°C βρίσκεται σε στερεά κατάσταση και ονομάζεται Ξηρός Πάγος.

► **ΑΦΡΟΙ**

Οι αφροί διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Ο ουσιαστικότερος διαχωρισμός τους είναι αυτός που τους ξεχωρίζει, λόγω του τρόπου παραγωγής τους, σε:

- ⊕ Μηχανικούς
- ⊕ Χημικούς

Σημαντικός διαχωρισμός, επίσης, είναι αυτός που ξεχωρίζει τους Μηχανικούς Αφρούς, σε:

- ⊕ Χαμηλής διαστολής ή εκτόνωσης
- ⊕ Μέσης διαστολής ή εκτόνωσης
- ⊕ Υψηλής διαστολής ή εκτόνωσης

Ο αφρός υψηλής διαστολής, χρησιμοποιείται για την κατάκλυση μεγάλων χώρων που πήραν φωτιά. Ο αφρός γεμίζει το χώρο, εκτοπίζει τον ατμοσφαιρικό αέρα, διώχνει μαζί και το οξυγόνο και η φωτιά σβήνει.

Η κύρια προφύλαξη, για την κατάκλυση κάποιου χώρου με αφρό υψηλής διαστολής, είναι η εξασφάλιση της διαφυγής των καυσαερίων μακριά από το χώρο αυτό, πριν αρχίσει η κατάκλυση. Άλλες προφυλάξεις έχουν σχέση με τη φύση του αφρού, ο οποίος κατά 94 – 97% αποτελείται από νερό. **Πρέπει να μην πέσει αφρός επάνω σε**

ηλεκτρικές συσκευές και πίνακες, πριν απομονωθεί η τάση. Επίσης, δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί αφρός σε φωτιές κατηγορίας “D” (δραστικών μετάλλων), γιατί τα λεπτότατα σταγονίδια του νερού που περιέχει, καθώς θα πέσουν στην υπέρθερμη επιφάνεια του καιόμενου μετάλλου θα εισχωρήσουν στη μάζα του, θα μετατραπούν ακαριαία σε ατμό και θα εκσφενδονιστούν γύρω – γύρω παρασύροντας μαζί τους και κομμάτια του πυρακτωμένου μετάλλου. **Ακόμη δεν πρέπει να χρησιμοποιείται υπό υψηλή πίεση στο κέντρο φωτιάς πετρελαιοειδών, γιατί μπορεί να διασκορπίσει κηλίδες της καύσιμης ύλης, οι οποίες θα προκαλέσουν νέες εστίες πυρκαγιάς.**

Ο αφρός μέσης και χαμηλής διαστολής, χρησιμοποιείται συνήθως για την **κατάσβεση πυρκαγιών πετρελαιοειδών**. Καθώς είναι πιο ελαφρύς από το υγρό καύσιμο, επιπλέει στην επιφάνειά του και δεν επιτρέπει στους θερμούς ατμούς του καυσίμου να έρθουν σε επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας και να αναφλεγούν.

Συνοψίζοντας για τους αφρούς:

- ⊕ Η κύρια κατασβεστική τους δράση είναι να δημιουργούν μια “κουβέρτα” που σκεπάζει την πυρκαγιά και δεν επιτρέπει στους ατμούς της ύλης να “ξεκολλήσουν” από αυτήν, να απελευθερωθούν στο περιβάλλον και να καούν.

- ⊕ Απαιτείται η καλή χρήση του, χωρίς σπατάλη.

- ⊕ Δίνεται η επιλογή παραγωγής αφρού χαμηλής, μέσης ή υψηλής διαστολής, ανάλογα με την περίπτωση.

- ⊕ Κάθε ένας από τους αναφερόμενους αφρούς, όμως, έχει το δικό του τρόπο παραγωγής και απαιτεί το δικό του εξάρτημα εκτόξευσης (ακροφύσιο, αερογεννήτρια, κ.λ.π.)

- ⊕ Οι αφροί υψηλής διαστολής πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε κλειστούς χώρους.

- ⊕ Ο αφρός, λόγω του ότι αποτελείται από νερό κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του, έχει και μια σημαντική ψυκτική επίδραση στην πυρκαγιά.

- ⊕ Ο αφρός προκαλεί τις ίδιες περίπου καταστροφές με το νερό και πρέπει να παίρνονται οι ίδιες προφυλάξεις.

► **ΣΚΟΝΕΣ**

Οι σκόνες ή ξηρές χημικές σκόνες είναι διαφόρων κατηγοριών. Οι ξηρές χημικές σκόνες που χρησιμοποιούνται για την πυρόσβεση, μπορεί να είναι:

- ⊕ Δισανθρακικό Νάτριο
- ⊕ Δισανθρακικό Κάλιο
- ⊕ Χλωριούχο Κάλιο
- ⊕ Ουρία + Δισανθρακικό Κάλιο
- ⊕ Φωσφοριακό Μονοαμμώνιο
- ⊕ Ξηρές Σκόνες Τύπου ‘D’

Οι κατασβεστικές ιδιότητες των ξηρών χημικών κόνεων είναι πολυποίκιλες. Μερικές από αυτές αναφέρονται παρακάτω:

- ⊕ Κάνουν ψύξη, γιατί όταν εκτοξεύονται έχουν μικρότερη θερμοκρασία από το καϊόμενο υλικό.

- ⊕ Κάνουν κατάπνιξη με την παραγωγή CO₂ και υδρατμών.

- ⊕ Παρεμποδίζουν την ακτινοβολούμενη θερμότητα, δημιουργώντας ένα θερμοαπορροφητικό σύννεφο.

Οι διάφοροι τύποι κόνεων, έχουν διαφορετική κατασβεστική ισχύ. Από τη μελέτη των διαφόρων τύπων σκόνης, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ⊕ Αποτελεσματικότερη σκόνη είναι η Ουρία σε συνδυασμό με Δισανθρακικό Κάλιο.

- ⊕ Πιο συνηθισμένη είναι το Δισανθρακικό Νάτριο, και

- ⊕ Η μοναδική που μπορεί να σβήσει φωτιές στερεών καυσίμων, είναι το Φωσφορικό Μονοαμμώνιο.

Οι **σκόνες τύπου “D”**, χρησιμοποιούνται για την κατάσβεση πυρκαγιών κατηγορίας D, δηλαδή των δραστικών μετάλλων, όπως το Μαγνήσιο, Κάλιο, Νάτριο, τα κράματά τους, Τιτάνιο, Ζιρκόνιο, Αλουμινόσκονη κ.λ.π. Χρησιμοποιούνται σε πυροσβεστήρες ή φτυάρια και κουβάδες, χύμα. Καθώς σκεπάζουν τα υλικά που καίγονται, δημιουργούν επάνω τους μια κρούστα και με την υπερθέρμανση τους παράγεται μαύρος, βαρύς, διεισδυτικός καπνός, που σβήνει τη φωτιά με χημική διαδικασία. Για θετικότερα αποτελέσματα, πρέπει η κρούστα να μην σπάσει σε κανένα σημείο.

Συνοψίζοντας, για τις ξηρές χημικές σκόνες προκύπτει:

- ⊕ Η κύρια πυροσβεστική τους δράση είναι η διακοπή της σειράς των γεγονότων που οδηγούν σε ανάφλεξη της ύλης και διατηρούν την πυρκαγιά σε εξέλιξη.

- ⊕ Η χρήση τους πρέπει να γίνεται χωρίς άσκοπη σπατάλη.

- ⊕ Προκαλούν καταστροφές στα ηλεκτρικά και ηλεκτρολογικά εξαρτήματα.

► **Αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες (HALON 1301 ή 1211)**

Είναι αέρια, άχρωμα και άοσμα. Κατασβήνουν όλων των ειδών τις πυρκαγιές. Λειτουργούν κατασβεστικά είτε με διακοπή της χημικής αντίδρασης της καύσης και δέσμευση των «ελευθέρων ριζών». Ή με απομόνωση λόγω εκδίωξης του αέρα.

1.5.4 Υποκατάστατα HALON

Επειδή τα αέρια αυτά όμως περιέχουν αλογόνα (δηλ. φθόριο (F), χλώριο (Cl) και βρώμιο (Br), κατά την χρήση τους δημιουργούνται ενώσεις οι οποίες καταστρέφουν το όζον (O₃) της ατμόσφαιρας. Έτσι έχει αποφασισθεί να σταματήσει η παραγωγή και η διακίνηση πυροσβεστήρων HALON και παρ' όλο που θεωρείται από τα καλύτερα κατασβεστικά υλικά, έχει καταργηθεί και αντικατασταθεί.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα αποδεκτά κατασβεστικά με την εμπορική ονομασία τους, τη χημική σύστασή τους, καθώς και το είδος χρήσης τους.

α/α	Εμπορική Ονομασία	Χημική Σύσταση	Χρήση
1.	CEA - 410	C ₄ F ₁₀ (περφθοροβουτάνιο)	σε μόνιμα συστήματα ολικής κατάκλισης
2.	CEA - 614	C ₆ H ₁₄	σε φορητούς πυροσβεστήρες
3.	FM - 200	C ₃ HF ₇ (επταφθοροπροπάνιο)	σε μόνιμα συστήματα ολικής κατάκλισης
4.	ARGONITE	* N ₂ (άζωτο) 50% * Ar (Αργό) 50%	σε μόνιμα συστήματα ολικής κατάκλισης
5.	POLYFOAM	Βασίζεται σε αφρό AFFF (Aqueous Film Forming Foam) που παράγεται από την συνένωση υγρών, αφρού και αδρανών αερίων που αναμιγνύονται με το νερό και τα οποία έχουν διαφορετικό σημείο βρασμού.	Σε φορητούς πυροσβεστήρες
6.	FUEL BUSTER	Αποτελείται από: * Το μετανατρίου -Κ- άλας ανωτέρων οξέων - αλκοολών. * Άνυδρες ανόργανες ύλες (πυριτικά) ειδικώς επεξεργασθείσες. * Καρβοξυμέθυλο - CELLOSE (CMC) εστεροποιημένο. * Γαλακτοματοποιητές με φωσφορική βάση.	Σε φορητούς πυροσβεστήρες

7.	INERGEN - 541	* N ₂ (άζωτο) 52% * Ar (αργό) 40% * CO ₂ (διοξείδιο του άνθρακα) 8%	σε μόνιμα συστήματα ολικής κατάκλισης
8.	COLD FIRE -502	Μίγμα από Ιονικές και μη ιονικές επιφανειακά ενεργές ουσίες ως αφροποιητικά μέσα. Παράγωγα κυτταρίνης ως κατασταλτικά του πυρός. Εκχυλίσματα φυτών.	Σε φορητούς πυροσβεστήρες
9.	PETROTECH	Μίγμα διαφόρων επιφανειακών ενεργών μέσων με βάση το νερό, όπου δεν υπάρχουν βαρέα μέταλλα, αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες και οργανικοί διαλύτες.	Σε φορητούς πυροσβεστήρες
10.	AEROSOL GENERATOR	Μίγμα με βάση το ανθρακικό κάλιο	Σε μόνιμα συστήματα και φορητούς πυροσβεστήρες

Πίνακας 1.11: υποκατάστατα HALON

Έπειτα από χρόνια ερευνών και ελέγχων σε διάφορα προϊόντα που προτεινόταν ως εναλλακτικά προϊόντα στο Halon 1301 και με συμμετοχή σε διεθνή συνέδρια HARC (Halon Alternatives Research Corporation), η καλύτερη επιλογή είναι το FM-200, είναι ένας από τους νέους πυροσβεστικούς επάξιους καθαρούς παράγοντες (clean agents).

Οι πυροσβεστικές εγκαταστάσεις με FM-200 ολοκληρώνουν την παροχέτευση σε 10 δευτερόλεπτα από την στιγμή της εντολής ενεργοποίησης. Αυτό σημαίνει τη δραστική μείωση του χρόνου στον οποίο μπορεί η πυρκαγιά να αναπτυχθεί και να εξαπλωθεί, και συνεπώς να προκαλέσει ζημιές. Παροχετευμένο σε αέρια μορφή, το FM-200 φθάνει σε οποιοδήποτε σημείο του προστατευόμενου χώρου, δεν προκαλεί ζημιές σε ευαίσθητες συσκευές, και δεν αφήνει κατάλοιπα. Επιτρέπει την αποφυγή, μεταξύ των άλλων, του κόστους που αφορά στην καθαριότητα, και στην επαναφορά λειτουργίας, και για αυτό το λόγο επιτρέπει την άμεση επαναφορά στην κανονική δραστηριότητα. Το FM-200 είναι το πιο σίγουρο αέριο πυροσβεστικό προϊόν για τους ανθρώπους διότι όχι μόνο σβήνει την πυρκαγιά χωρίς να μειώνει την ποσότητα του Οξυγόνου, αλλά και διότι στις ειδικές συγκεντρώσεις όπου χρησιμοποιείται, δεν είναι τοξικό. Για αυτούς τους λόγους το FM-200 είναι απόλυτα κατάλληλο για χώρους οι οποίοι κανονικά χρησιμοποιούνται από άτομα. Το FM-200 έχει μια μηδενική ικανότητα μείωσης του Όζοντος (ODP, Ozone Depletion Potential), ένα χαμηλό δυναμικό του φαινομένου του θερμοκηπίου (GWP, Global Warming Potential), και ένα πολύ περιορισμένο χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα (ALT, Atmospheric Lifetime 31 χρόνια). Η U.S. EPA εκτίμησε ότι η επίπτωση που έχει στο περιβάλλον είναι αποδεκτή, και ως εκ τούτου, δεν έθεσε κανένα όριο στη χρήση του. Το FM-200 δίνει κατά αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα στους χρήστες να τηρούν τους ισχύοντες κανονισμούς προστασίας του περιβάλλοντος. Τα συστήματα FM-200 μας επιτρέπουν να ικανοποιούμε κάθε ανάγκη εγκατάστασης με τη

βοήθεια του υψηλού δείκτη μηχανεύσης. Συνεπάγεται η καλύτερη αναλογία κόστους - ωφελειών για κάθε μία εφαρμογή. Αποτελούν το πιο προηγμένο στάδιο της τεχνολογίας Πυρόσβεσης στον τομέα της που είναι διαθέσιμη σήμερα.

Η χρήση ενός μεμονωμένου πυροσβεστικού υλικού δεν είναι πάντα η καλύτερη λύση για την κατάσβεση μιας πυρκαγιάς. Τα πυροσβεστικά υλικά, έχουν πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Συνοψίζοντας τα σπουδαιότερα από αυτά σχηματίστηκε ο παρακάτω Πίνακας.



Πυροσβεστικό Υλικό	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Νερό	Μεγάλη ψυκτική ικανότητα. Μεγάλη εμβέλεια εκτόξευσης.	Αύξηση εκτοπίσματος. Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.
Αφροί	Κάλυψη των καιόμενων υλικών. Ψύξη. Κατάπνιξη.	Μικρή εμβέλεια εκτόξευσης. Ηλεκτροπληξία.
CO₂	Δεν αφήνει κατάλοιπα. Απομακρύνει το O ₂ .	Δεν είναι εύκολο να μείνει σφραγισμένο στο χώρο και η κατασβεστική δράση του είναι πολύ βραδεία.
Σκόνες	Εκτοξεύονται πολύ μακριά. Αναχαιτίζουν άμεσα τη χημική αντίδραση και τις φλόγες.	Δεν ψύχουν και δημιουργείται πιθανότητα επανάφλεξης.

Πίνακας 1.12 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πυροσβεστικών υλικών.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πυροσβεστικών υλικών είναι παράγοντες που απαιτούν τη χρήση συνδυασμού δύο πυροσβεστικών υλικών, σε περιπτώσεις που η χρήση ενός μόνο υλικού δεν είναι αποτελεσματική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ- ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΥΛΩΝ

Εισαγωγή.

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη αλλά πλήρης περιγραφή των ιδιοτήτων των εκρηκτικών υλών, των ειδών τους, καθώς και μια γενικότερη αναφορά στο φαινόμενο της έκρηξης, έτσι ώστε να έχουμε εικόνα των υλικών των οποίων την αποθήκευση θέλουμε να καταστήσουμε ασφαλή. Τέλος θα αναφέρουμε αρχές και νόμους που διέπουν διεθνώς την ασφαλή αποθήκευση, τέτοιων υλικών, έναντι πυρκαγιάς.

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Ιστορικά τα εκρηκτικά εμφανίζονται πρώτη φορά με το λεγόμενο «υγρό πυρ» κατά την βυζαντινή περίοδο. Η μαύρη πυρίτιδα (μίγμα νιτρικού καλίου, θείου, ξυλάνθρακα) ανακαλύφθηκε πιθανά στην κίνα τον 6^ο αιώνα. Στην Ευρώπη ο berthold Schwarz ήταν αυτός που επινόησε το πρώτο πυροβόλο το 14^ο αιώνα. Επόμενος σταθμός στην εξέλιξη των εκρηκτικών υλών ήταν η ανακάλυψη του βροντώδους υδραργύρου το 1800, ακολούθησε η νιτρογλυκερίνη το 1845, ενώ στα 1945 ο σουηδός Alfred Nobel επινόησε την δυναμίτιδα. Ακολούθησαν οι ζελατινοδυναμίτες το ANFO (μίγμα νιτρικού αμμωνίου και πετρελαίου ντίζελ) κ.α.

2.2 Ορισμός Εκρηκτικής Ύλης

Ως εκρηκτική ύλη ορίζεται μια χημική ουσία ή μίγμα ουσιών, η οποία όταν ενεργοποιηθεί είτε υπό επίδραση θερμότητας είτε από κρούση, λόγω της

θερμοδυναμικής αστάθειας στις συνθήκες που βρίσκεται, υφίσταται μια ταχύτατη και αυτοδιαδιδόμενη με σταθερή ταχύτητα εξώθερμη αντίδραση με ξαφνική έκλυση αερίων που ασκούν υψηλές πιέσεις στο περιβάλλον [12]. Με άλλα λόγια **Εκρηκτικές ύλες** ονομάζονται κάποιες απλές ή σύνθετες ουσίες, οι οποίες περιέχουν μεγάλη ποσότητα αποθηκευμένης ενέργειας που κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να απελευθερωθεί απότομα προκαλώντας έκρηξη, δηλαδή έκλυση μεγάλης ποσότητας ενέργειας σε εξαιρετικά μικρό χρονικό διάστημα, παράγοντας αέρια υψηλής πίεσης και πολλαπλάσιου όγκου.

Όταν ο ρυθμός αντίδρασης έχει ταχύτητα μεγαλύτερη της ταχύτητας διάδοσης του ήχου έχουμε **έκρηξη**, ενώ για μικρότερες ταχύτητες αντίδρασης, ταχεία ανάφλεξη ή **κατάκαυση**. Η αντίδραση αυτή προκαλεί μετάδοση της ενέργειας που περιέχουν τα μόρια των προϊόντων της αντίδρασης (CO_2 νερό, κτλ) στο περιβάλλον υπο την μορφή:

- Κρουστικής ενέργειας (Shock energy).
- Ωστικής ενέργειας (gas energy).

Συμπερασματικά η εκλυόμενη ενέργεια από μια έκρηξη εξαρτάται από την ποσότητα θερμότητας, που απελευθερώνεται, ενώ η ισχύς από την ταχύτητα της αντιδράσεως. Ακριβώς αυτή η ιδιότητα των εκρηκτικών υλών να παρέχουν την ενέργειά τους σε ταχύτατο χρονικό διάστημα τις καθιστά τόσο χρήσιμες.

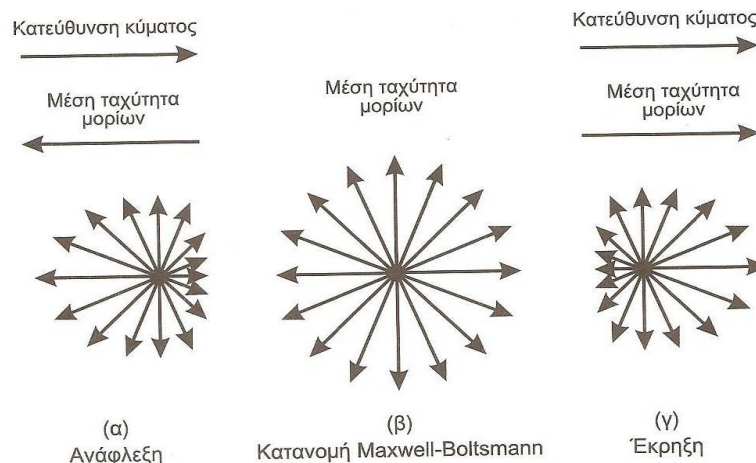
2.2.1 Σύσταση των εκρηκτικών υλών

Οι εκρηκτικές ύλες αποτελούνται κατά κανόνα από δυο ή περισσότερες χημικές ουσίες από τις οποίες η μία τουλάχιστον είναι **καύσιμη ύλη**, δηλαδή ουσία ελλιπής σε οξυγόνο (κυρίως ανθρακούχος) και η άλλη **οξειδωτική**, δηλαδή φορέας οξυγόνου, που συνήθως είναι κάποιο νιτρικό άλας. (πχ $\text{NH}_4 \text{NO}_3$). Με τον τρόπο αυτό η εκρηκτική ύλη καθίσταται αυτάρκης σε οξυγόνο. Τα συστατικά όλων των ουσιών αυτών είναι άτομα άνθρακα (C) υδρογόνου (H), οξυγόνου (O) και αζώτου (N). Ορισμένες εκρηκτικές ύλες με στρατιωτική κυρίως χρήση όπως το PETN το RDX και το TNT αποτελούνται από μια μόνο χημική ουσία, η οποία η ίδια παρέχει το απαραίτητο οξυγόνο για την αντίδραση [12].

2.2.2 Ανάφλεξη και Έκρηξη

Η χημική αντίδραση των εκρηκτικών υλών λαμβάνει χώρα κατά δυο τρόπους. Σε λίγες εκρηκτικές ύλες με ανάφλεξη ή αλλιώς κατάκαυση και στις υπόλοιπες με έκρηξη ή εκρηκτική αντίδραση. Η κύρια διαφορά μεταξύ των δυο αυτών τρόπων, είναι ότι η ταχύτητα αντίδρασης της έκρηξης, είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή της κατάκαυσης. Σύμφωνα με την σχέση των charman – jouguet $D=W+C_p$ η ταχύτητα αντιδράσεως της έκρηξης D είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα διάδοσης του ήχου C_p κατά την ποσότητα W που είναι η μέση ταχύτητα των σωματιδίων (CO_2 νερό N_2) που παρήχθησαν κατά την αντίδραση. Στην περίπτωση της αναφλέξεως όπως φαίνεται στο

παρακάτω σχήμα 2.1.α, η διεύθυνση διάδοσης και εκείνη της μέσης ταχύτητας των προϊόντων της αντιδράσεως, είναι αντίθετες, ενώ στην έκρηξη, που δείχνει το σχήμα 2.1.γ τα υψηλής θερμοκρασίας σωματίδια (μόρια) κινούνται προς την κατεύθυνση διαδόσεως του κύματος της αντίδρασης, δηλαδή προς αραιότερο περιβάλλον.



Σχήμα 2.1. κίνηση μορίων στην ζώνη αντιδράσεως κατά την (α) ανάφλεξη, (γ) και την έκρηξη σε σύγκριση με ήρεμες συνθήκες (β) .

Οι εκρηκτικές ύλες **χωρίζονται με βάση τον μηχανισμό αντιδράσεως τους** σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν εκείνες που η αντίδραση λαμβάνει χώρα υπό μορφή ταχείας αναφλέξεως και ονομάζονται **βραδυκαυστικές**. Όλες οι εκρηκτικές ύλες αυτής της κατηγορίας εναύονται με θερμική επέμβαση (φλόγα ερυθροπύρωση κ.τ.λ.) Παράδειγμα τέτοιας εκρηκτικής ύλης είναι η γνωστή μαύρη πυρίτιδα. Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι λεγόμενες **διαρρηκτικές** εκρηκτικές ύλες οι οποίες αντιδρούν με υπερηχητική ταχύτητα. Περαιτέρω διάκριση αυτών γίνεται σε **πρωτογενείς**, όταν εναύονται με απλή θερμική διέγερση ή κρούση ή τριβή και σε **δευτερογενείς**, οι οποίες δεν εκήγνυονται συνήθως με απλή διέγερση αλλά απαιτούν ισχυρή διέγερση. Συνήθως αυτή η διέγερση είναι η έκρηξη μιας μικρής ποσότητας ισχυρής εκρηκτικής ύλης πρωτογενούς εκρήξεως.

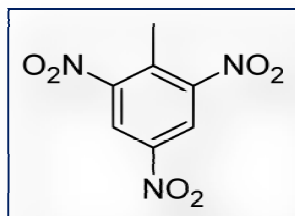
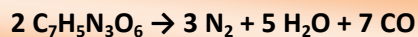
Πρωτογενή Εκρηκτικά

Βροντώδης Υδράργυρος
Υδραζωτικός μόλυβδος
Διαζωδινιτροφαινόλη
Στυφνικός μόλυβδος
Νιτρομαννίτης

Πίνακας 2.2. στρατιωτικά και βιομηχανικά πρωτογενή εκρηκτικά [13]

Στα δευτερογενή ισχυρά εκρηκτικά συμπεριλαμβάνονται το **TNT** (τρινιτροτολουόλιο), η τετράλη, **RDX**, **PETN**, πικρικό αμμώνιο, νιτρικό αμμώνιο, δινιτροτολουόλιο (DNT).

Για παράδειγμα το γνωστότερο ίσως εκρηκτικό TNT του οποίου το μόριο δίνεται στο **σχήμα 2.3**, αντιδρά εξώθερμα ως εξής:



Σχήμα 2.3 χημικός τύπος TNT

Οι δευτερογενείς εκρηκτικές ύλες ανάλογα με την κύρια εκρηκτική ουσία (**νιτρογλυκερίνη ή νιτρικό αμμώνιο**) που περιέχουν, διακρίνονται σε δύο ομάδες:

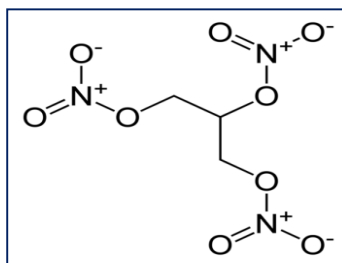
α) Με βάση την **νιτρογλυκερίνη (NG)**. Στην ομάδα αυτή ανήκουν οι επόμενοι τύποι εκρηκτικών υλών:

- Κοινή δυναμίτιδα
- Ζελατίνη
- Ζελατινοδυναμίτιδες
- Αμμωνιοδυναμίτιδες

Οι εκρηκτικές αυτές ύλες ονομάζονται δυναμίτιδες.

β) Με βάση το νιτρικό αμμώνιο (AN):

- ANFO
- Slurries
- Γαλακτώματα
- Βαρύ ANFO



Σχήμα 2.4 χημικός τύπος Νιτρογλυκερίνης

2.2.3 Κοινή δυναμίτιδα και ANFO

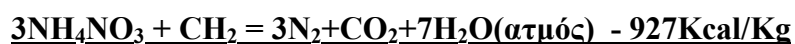
Εδώ κρίνεται σκόπιμο να γίνει σύντομη αναφορά στις δύο αυτές σημαντικότερες εκρηκτικές ύλες.

Κοινή δυναμίτιδα

Μοιάζει πολύ με την αρχική δυναμίτιδα, που ανακάλυψε ο nobel με την διαφορά ότι η **νιτρογλυκερίνη (NG)** έχει απορροφηθεί από κυτταρινούχες ουσίες, όπως το ροκανίδι. Μια τυπική σύνθεση της κοινής δυναμίτιδας περιέχει 40% νιτρογλυκερίνη 44% νιτρικό νάτριο, 2% αντιόξινες ουσίες, 14% ανθρακούχες ουσίες.

ANFO

Η λέξη **ANFO**, με την οποία είναι πλέον διεθνώς γνωστή η εκρηκτική αυτή ύλη, είναι αρχικά των λέξεων Ammonium Nitrate (νιτρικό αμμώνιο) και Fuel Oil (πετρέλαιο ντήζελ). Το ANFO είναι μίγμα των δυο αυτών ουσιών σε αναλογία κατά βάρος πρακτικά 94% AN και 6% FO. Στην αναλογία αυτή το O₂ νιτρικού αμμωνίου επαρκεί για την πλήρη οξείδωση των συστατικών του καυσίμου σύμφωνα με την εξίσωση:



2.2.4 Ισοζύγιο TNT

Το ισοζύγιο TNT είναι μια μέθοδος ποσοτικοποίησης της ποσότητας ενέργειας που εκλύεται σε μια έκρηξη. Ένας τόνος TNT είναι μια μονάδα ενέργειας που ισούται με 4.184 gigajoules. Αυτή είναι περίπου η ενέργεια που εκλύεται κατά την έκρηξη 1 τόνου TNT. Ένας κιλοτόνος TNT μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένας κύβος με μήκος πλευράς 10 μέτρα και εκλύει 4.184×10^{15} J.

2.2.5 Ιδανική και μη ιδανική έκρηξη

Ανάλογα με επιτυγχανόμενη ταχύτητα αντιδράσεως η έκρηξη χαρακτηρίζεται ως **ιδανική** ή **μη ιδανική**.

Ιδανική είναι μία έκρηξη στην οποία επιτυγχάνεται ταχύτητα εκρήξεως ιση προς την μέγιστη θεωρητική ταχύτητα αντιδράσεως της υπόψη εκρηκτικής ύλης. Μη ιδανική είναι μια έκρηξη στην οποία η ταχύτητα που επιτυγχάνεται, είναι μικρότερη εκείνης της ιδανικής έκρηξης.

2.3 Μορφή του μετώπου της έκρηξης

Εισαγωγή

Για την μορφή του μετώπου της έκρηξης μιας διαρρηκτικής εκρηκτικής ύλης έχουν διατυπωθεί δυο μοντέλα. Εκείνο του Langweiler (1938), που θεωρεί το μέτωπο της εκρήξεως επίπεδο και εκείνο του Cook (1974), που θεωρεί το επίπεδο αυτό κυρτό.

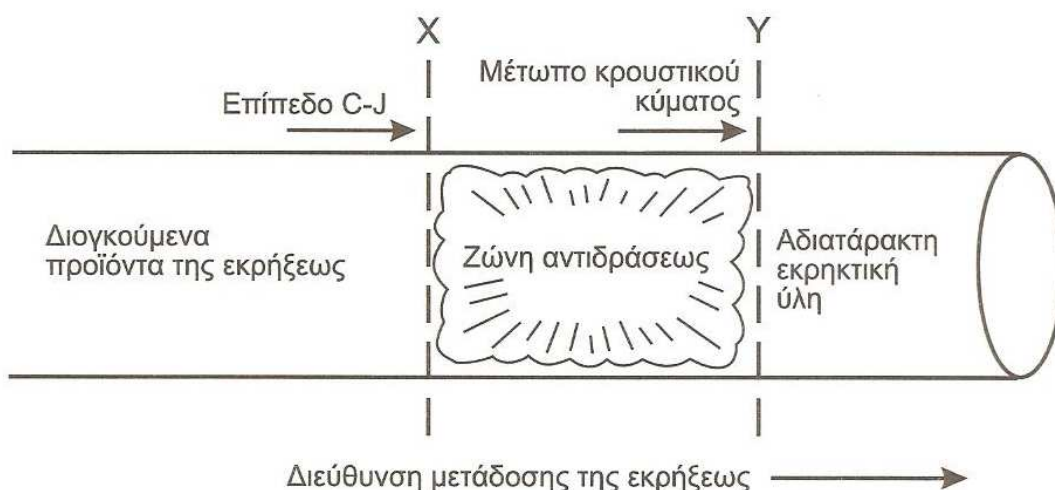
Σύμφωνα με το **μοντέλο Langweiler** όπως φαίνεται **στο σχήμα 2.5** και με θεωρητικά δεδομένη άπειρη διάμετρο ώστε να μην υπάρχουν πλευρικές απώλειες στο χώρο εκρήξεως διακρίνονται τρεις περιοχές.

- ▶ Περιοχή της εκρηκτικής ύλης που δεν έχει ακόμα αντιδράσει.
- ▶ Ζώνη αντιδράσεως και μεγάλης πυκνότητας εντός της οποίας αρχίζει και ολοκληρώνεται η αντίδραση και
- ▶ Περιοχή αραιώσεως. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από μικρή πυκνότητα σε σύγκριση προς εκείνη της ζώνης αντιδράσεως.

Οι παραπάνω περιοχές διαχωρίζονται μεταξύ τους από δυο παράλληλα επίπεδα:

✦ Εκείνο του μετώπου της έκρηξης, το οποίο διαχωρίζει την εκρηκτική ύλη, που δεν έχει αντιδράσει από την ζώνη αντιδράσεως. Κατά το επίπεδο αυτό γίνεται η προσβολή της εκρηκτικής ύλης.

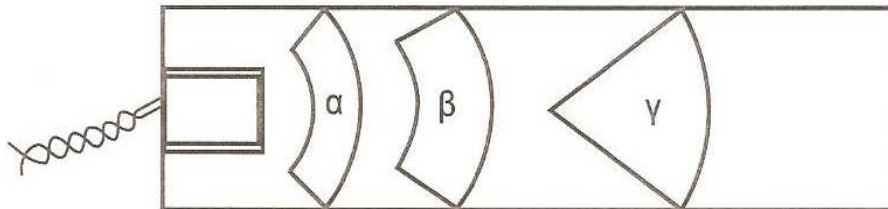
✦ Εκείνο του μετώπου της αραιώσεως, που διαχωρίζει την ζώνη αντιδράσεως από την περιοχή αραιώσεως.



Σχήμα 2.5 Το μοντέλο μετώπου εκρήξεως Langweiler

Κατά τον Cook επίπεδα μέτωπα δεν υφίστανται τουλάχιστον στην περίπτωση σταθεράς εκρήξεως, ανεξάρτητα, αν πρόκειται για ιδανική ή μη ιδανική έκρηξη. Η

μορφή της έκρηξης κατά Cook δίνεται στο **σχήμα 2.6**. Αρχικά η μορφή του μετώπου είναι ημισφαιρική (α) και στην συνέχεια λαμβάνει μορφή κόλουρου κώνου με καμπύλη επιφάνεια εμπρός και πίσω. Καθώς η αντίδραση απομακρύνεται από το σημείο εναύσεως η ακτίνα καμπυλότητας του μετώπου αυξάνει και παράλληλα το μήκος του μεγαλώνει, επειδή η επίδραση της πλευρικής αραίωσης γίνεται μεγαλύτερη μέχρις ότου τα πλευρικά κύματα συναντηθούν στον άξονα γομώσεως, οπότε η αντίδραση σταθεροποιείται στην κωνική μορφή (γ).



Σχήμα 2.6 Το μέτωπο εκρήξεως κατά Cook

2.3.1 Αποτελέσματα έκρηξης

Η έκρηξη ενός ισχυρού εκρηκτικού έχει σαν αποτέλεσμα, εκτός της οποιασδήποτε επιδράσεως στο άμεσο περιβάλλον, την δημιουργία ισχυρών κρουστικών κυμάτων αέρος και εδάφους. Τα κρουστικά αυτά κύματα πλήττουν μια ευρύτερη περιοχή και αυξάνουν το καταστροφικό αποτέλεσμα.

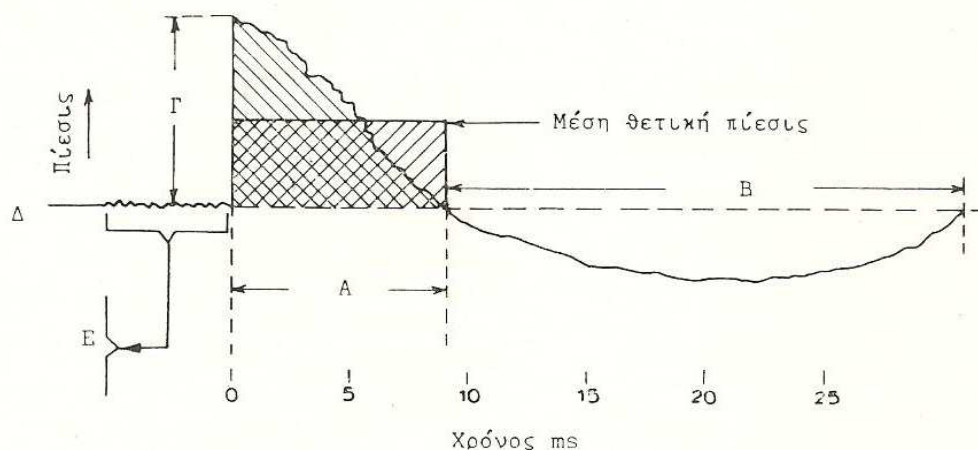
Αποτελέσματα εκρήξεως στον αέρα.

Όταν συμβαίνει έκρηξη ενός εκρηκτικού, τότε τα προϊόντα της εκρήξεως εκτονώνονται και συμπιέζουν τον περιβάλλοντα αέρα. Το στρώμα του συμπιεσθέντος αέρα μετατοπίζεται και η όδευση του χαρακτηρίζεται σαν **όδευση κρουστικού κύματος**. Το οδεύον στρώμα αέρα, έχει ένα εξαιρετικά απότομο μέτωπο και αυτό χαρακτηρίζεται σαν μέτωπο κρούσεως.

Το κρουστικό κύμα αέρος που δημιουργείται, οδεύει με μια αρχική ταχύτητα μεγαλύτερη εκείνης του ήχου. Επειδή κατά την όδευση του δεν ενισχύεται ενεργειακά, το κρουστικό κύμα υποβαθμίζεται σε μικρό χρονικό διάστημα, μεταπίπτει σε ηχητικό κύμα. Τα **προϊόντα της έκρηξης** οδεύουν πίσω από το μέτωπο του κρουστικού κύματος και μπορούν να παρομοιαστούν με «άνεμο».

Ταυτόχρονα στην περιοχή της έκρηξης παρατηρείται ένας ταχύς υποβιβασμός της πίεσης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η εμφάνιση ενός φαινομένου αραίωσης. Όταν η πίεση γίνει μικρότερη της ατμοσφαιρικής τότε η όδευση των προϊόντων της έκρηξης (άνεμος) αλλάζει φορά και οδεύει προς το σημείο της έκρηξης. Στο σχήμα 2.4 δίνεται η γραφική παράσταση της οδεύσεως ενός αναλόγου κύματος, υπό την μορφή διαγράμματος πίεσεως χρόνου. Ενδιαφέροντα μεγέθη είναι η **πίεση αιχμής**, η οποία αποτελεί ένα

μέτρο της μέγιστης δυνάμεως που μπορεί να ασκηθεί από το κύμα. Το μέγεθος της ωθήσεως, το οποίο μαθηματικά είναι ανάλογο της **θετικής φάσης**, είναι ένα μέτρο του γινομένου της δύναμης επί τον χρόνο άσκησης της. Η **αρνητική φάση** διαρκεί πολύ περισσότερο αλλά η μέγιστη τιμή πίεσης είναι πολύ μικρότερη.



Εικόνα 2.7 Τυπικό διάγραμμα πίεσης-χρόνου έκρηξης. A= θετική φάση. B= Αρνητική φάση.
Γ= Πίεση αιχμής. Δ= Συνήθης ατμοσφαιρική πίεση. E= Διαταραχές αέρος λόγω διόδου θραυσμάτων.

2.4 Αρχές Αποθήκευσης Εκρηκτικών Υλών

2.4.1 Εισαγωγή

Στην παράγραφο αυτή θα αναφέρουμε τις κάποιες από τις βασικές αρχές, που διέπουν την αποθήκευση των εκρηκτικών υλών τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Αυτές οι αρχές προέρχονται από τους αντίστοιχους Ελληνικούς και διεθνείς κανονισμούς και νόμους. Παρακάτω δε γίνεται ειδική αναφορά στις στρατιωτικές προδιαγραφές κατά NATO. Σκοπός των αρχών αυτών είναι η ασφαλής αποθήκευση και χειρισμός των εκρηκτικών, ώστε να αποτραπούν ατυχήματα τα οποία λόγω και της φύσης των εκρηκτικών, θα έχουν ιδιαίτερα καταστρεπτικά αποτελέσματα.

Για τα εκρηκτικά υλικά πρέπει να λαμβάνονται πολύ αυξημένα μέτρα ασφάλειας, για να προστατεύονται οι εργαζόμενοι σ' αυτές τις εγκαταστάσεις και το κοινό που βρίσκεται στην περιοχή μιας τέτοιας αποθήκης. Οι αποθήκες εκρηκτικών, μόνιμες ή κινητές, θα πρέπει να είναι απρόσβλητες από βλήμα, πυρκαγιά, κλοπή, δολιοφθορά και καιρικά φαινόμενα (πτώση κεραυνού κλπ.).

Σύμφωνα με τις *προδιαγραφές των ΗΠΑ* τα εκρηκτικά του εμπορίου κατατάσσονται κατά σειρά μείωσης της ευαισθησίας τους ως εξής:

- **Εκρηκτικά κατηγορίας Α:** Τα εκρηκτικά αυτής της κατηγορίας ενέχουν τον μέγιστο κίνδυνο έκρηξης. Περιλαμβάνει το δυναμίτη, την νιτρογλυκερίνη, η μαύρη πυρίτιδα κ.α
- **Εκρηκτικά κατηγορίας Β:** Τα εκρηκτικά αυτής της κατηγορίας ενέχουν μεγάλο κίνδυνο ανάφλεξης και περιλαμβάνουν τα περισσότερα προωθητικά υλικά, θεωρούνται όμως λιγότερο επικίνδυνα από τα εκρηκτικά της κατηγορίας Α.
- **Εκρηκτικά κατηγορίας Γ:** περιλαμβάνονται βιομηχανοποιημένα αντικείμενα, τα οποία περιέχουν περιορισμένες ποσότητες εκρηκτικών κατηγορίας Α και Β σαν ένα από τα συστατικά τους. Τα υλικά αυτής της κατηγορίας δεν εκπυρσοκροτούν ομαδικά σε συνθήκες πυρκαγιάς.

Πολλά ατυχήματα έχουν συμβεί από προσπάθειες να κατασβεσθεί μια πυρκαγιά σε εκρηκτικά υλικά. Μια πυρκαγιά, εκεί όπου υπάρχουν ποσότητες εκρηκτικών των κατηγοριών Α,Β,Γ μπορεί να καταπολεμηθεί μέχρι ενός σημείου σχετικής ασφαλείας.

Όμως δεν μπορεί να γίνει προσπάθεια κατάσβεσης πυρκαγιάς από την στιγμή που αυτή θα εξαπλωθεί στα εκρηκτικά. Η μόνη ασφαλής ενέργεια σε αυτές τις συνθήκες είναι η εκκένωση της περιοχής που περιβάλλει το χώρο της πυρκαγιάς.

2.4.2 Μέτρα πυροπροστασίας - Κατάταξη επικινδυνότητας εγκαταστάσεων σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία.

Στην παράγραφο αυτή γίνεται αναφορά στους ειδικούς κανονισμούς που διέπουν τα της αποθήκευσης εκρηκτικών υλών στην Ελλάδα, σύμφωνα με τα άρθρα 48 έως 52 του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΦΕΚ 931ΤΒ 31-12-1984)[1], την υπουργική απόφαση 3329/15-2-1989 (ΦΕΚ 132 ΤΒ 21-2-1989)[1] με τίτλο κανονισμοί για την αποθήκευση παραγωγή και διάθεση σε κατανάλωση εκρηκτικών υλών, τον νόμο Ν2168/93(ΦΕΚ 268 ΤΑ 29-12-95) [1] καθώς επίσης και με την οδηγία της ΕΕ 93/15[1].

Σύμφωνα με το (Φεκ 241/22.4.88)[1], οι διάφορες βιομηχανίες βιοτεχνίες και αποθήκες εύφλεκτων και εκρηκτικών υλών κατατάσσονται σε πέντε μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη φύση των πρώτων υλών που επεξεργάζονται και των προϊόντων, που παράγουν ή αποθηκεύουν:

- ▶ **Κατηγορία Ο**
- ▶ **Κατηγορία Α**
- ▶ **Κατηγορία C**
- ▶ **Κατηγορία D**

Ανάλογα με το μέγεθος του κινδύνου της πυρκαγιάς κάθε μια από τις **O,A,C,D** υποδιαιρείται επιπλέον σε τρεις κατηγορίες που συμβολίζονται με τα γράμματα **α, β, γ** και υποδηλώνουν αντίστοιχα (α) μικρό κίνδυνο, (β) μεσαίο κίνδυνο (γ) μεγάλο κίνδυνο πυρκαγιάς.

Για την περίπτωση που θα μελετήσουμε δηλαδή εγκαταστάσεις αποθήκευσης εκρηκτικών εμπίπτουμε στην κατηγορία **Cγ**.

Το προαναφερθέν ΦΕΚ. προβλέπει για την κατηγορία **Cγ** .

1) Εφοδιασμός των μονάδων με φορητά μέσα πυρόσβεσης, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

ΕΙΔΟΣ ΤΥΠΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΗΡΑ	Κατανομή πυροσβεστήρων ανα 100m² επιφάνειας στεγασμένου χώρου	Ελάχιστος αριθμός πυροσβεστήρων ανεξάρτητα από επιφάνεια	Μέγιστη διαδρομή προσέγγισης σε m
Διοξείδιο του άνθρακα CO₂ (C6)	1	2	15
Σκόνης (PA12)	1	2	15
HALON 3Kg	1	2	15

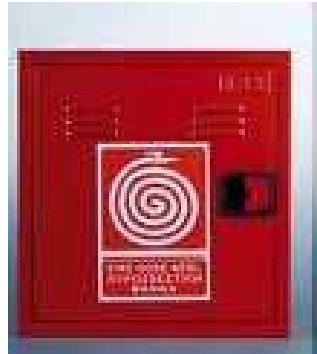
Πίνακας 2.8 κατανομή φορητών πυροσβεστήρων σε εγκαταστάσεις κατηγορίας **Cγ**

2) Εγκατάσταση μόνιμου υδροδοτικού πυροσβεστικού δικτύου υποχρεωτικά για επιχειρήσεις που έχουν πάνω από 500m² στεγασμένη επιφάνεια. Το δίκτυο αυτό θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο σύμφωνα με τα εθνικά πρότυπα και τις ισχύουσες πυροσβεστικές διατάξεις.

3) Επιχειρήσεις που δεν εμπίπτουν στα παραπάνω υποχρεούνται να διαθέτουν σημεία υδροληψίας με μόνιμα προσαρμοσμένους ελαστικούς σωλήνες νερού νε ακροφύσιο, που να καλύπτουν όλους τους στεγασμένους χώρους, και να βρίσκονται μέσα σε ειδικά ερμάρια.

4) Σύστημα αυτόματης κατάσβεσης με κατάλληλο κατασβεστικό υλικό υποχρεωτικά για κλειστούς χώρους αποθήκευσης υλικών της ομάδας αυτής, άνω των 300m². Αυτό θα πρέπει να κατασκευάζεται σύμφωνα με τα εθνικά πρότυπα και τις ισχύουσες πυροσβεστικές διατάξεις.

5) Εφοδιασμός των μονάδων της συγκεκριμένης κατηγορίας, με σύστημα πυρανίχνευσης για κλειστούς χώρους αποθήκευσης άνω των 500m² στεγασμένης επιφάνειας.



πυροσβεστικό ερμάριο (φωλιά)

2.4.3 Προληπτικά μέτρα πυρασφαλείας κατηγορίας Cγ

1. Ανάρτηση πινακίδων σε εμφανή σημεία της εγκατάστασης, με οδηγίες πρόληψης πυρκαγιάς και τρόπους ενέργειας του προσωπικού σε περίπτωση πυρκαγιάς.
2. Σήμανση θέσεων πυροσβεστικού υλικού, οδών διαφυγής και εξόδων κινδύνου.
3. Σήμανση επικίνδυνων υλικών και χώρων.
4. Απαγόρευση καπνίσματος και χρήσης γυμνής φλόγας σε επικίνδυνους χώρους.
5. Κατάλληλη διευθέτηση χώρων αποθήκευσης
6. Απομάκρυνση όλων των ακρήστων υλικών από τους επικίνδυνους χώρους.
7. Τήρηση διόδων μεταξύ αποθηκευμένων υλικών για εύκολη πρόσβαση.
8. Απομάκρυνση εύφλεκτων υλικών από πηγές θερμότητας ή φλόγας.
9. Επιμελής καθαριότητα των χώρων.
10. Επιμελημένη συντήρηση ηλεκτρικών εγκαταστάσεων
11. Θέση εκτός τάσεως των μηχανολογικών εγκαταστάσεων τις μη εργάσιμες μέρες και ώρες εφόσον είναι δυνατό.
12. Επαρκής και φυσικός ή τεχνητός αερισμός των χώρων.
13. Τακτικές επιθεωρήσεις από υπεύθυνο προσωπικό.

Επιπλέον των παραπάνω για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης εκρηκτικών απαιτούνται:

- a. Εγκατάσταση αποθηκών εκρηκτικών μακριά από κατοικημένες περιοχές και οδικές αρτηρίες.

b. Κατάλληλη περιφραξη ύψους 1.80μ από τοιχοποιία ή μόνιμο δικτυωτό πλέγμα, που να αποκλείει την είσοδο προσώπων ή ζώων στους χώρους αποθήκευσης εκρηκτικών.

c. Δημιουργία τεχνητών αναχωμάτων ή αξιοποίηση φυσικών τέτοιων, αν υπάρχουν και είναι δυνατή η εκμετάλλευσή τους, που να περιβάλλουν τις αποθήκες σε ύψος, όχι λιγότερο από μισό μέτρο, πάνω από τη στέγη. (τα τεχνητά αναχώματα τομής ισοσκελούς τραπεζίου πρέπει να έχουν πλάτος κατά την στέγη 0,5μ τουλάχιστον. Σε όλη την εσωτερική περίμετρο των αναχωμάτων πρέπει να κατασκευάζονται τοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα ύψους 1μ τουλάχιστον για την υποστήριξή τους.)

d. Κατασκευή προσπελάσεων και θυρών στα ανωτέρω αναχώματα σε διαφορετικούς άξονες.

e. Δημιουργία αποθηκών από ελαφρά εύθραυστα υλικά στερεάς όμως κατασκευής (πχ τοιχοποιία από οπτοπλινθοδομή, κισηροτσιμέντο στέγη από αμιαντοτσιμέντο) με, επίσης ελαφράς κατασκευής, στέγη στην οποία να υπάρχει πάντα ψευδοροφή από πλάκες ξυλοπολτού ή φύλλα αλουμινίου ή από άλλα παρόμοια υλικά.

f. Άνοιγμα θυρών μόνο προς τα έξω και με απλή ώθηση (το πλάτος των θυρών δεν μπορεί να μικρότερο των 0,80μ).

g. Κατασκευή παραθύρων στις αποθήκες εκρηκτικών, τέτοια ώστε ανά δύο να είναι απέναντι, να ανοίγουν εύκολα προς τα έξω και σε περίπτωση ανάγκης να επιτρέπουν την γρήγορη έξοδο προσώπων.

h. Εκλογή κατάλληλων υλικών επίστρωσης δαπέδων και εσωτερικών τοίχων σκελετών και ορόφων των αποθηκών για πρόληψη επικίνδυνης αντενέργειας σε περίπτωση επαφών, κρούσεων ή τριβών με τα δάπεδα ή τους τοίχους.

i. Επαρκής ηλεκτροφωτισμός **μόνο εξωτερικά** των αποθηκών και αποψίλωση του γύρω χώρου.

j. Απαγόρευση συν-αποθήκευσης δυναμίτιδων και καψυλλίων

k. Εφοδιασμός του προσωπικού που εργάζεται στους επικίνδυνους χώρους με ειδικά ρούχα.

l. Ανάρτηση σε εμφανή μέρη των αποθηκών, πχ κοντά στις θύρες, ειδικής διαταγής ασφαλείας, που να αναγράφει κάθε χρήσιμο στοιχείο και ιδίως το ανώτατο όριο ποσοτήτων εκρηκτικών υλών, ή μιγμάτων τους, που επιτρέπεται να βρίσκονται σε αυτές.



2.5 Προδιαγραφές Αποθήκευσης Στρατιωτικών Εκρηκτικών

Γενικά

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται σύντομη μνεία στις βασικότερες προδιαγραφές ασφαλείας που προβλέπονται για την αποθήκευση στρατιωτικών εκρηκτικών στην Ελλάδα και διεθνώς (προδιαγραφές NATO).

2.5.1 Κατηγορίες κινδύνου

Για την ασφαλή αποθήκευση των στρατιωτικών εκρηκτικών έχει καθιερωθεί ένα διεθνές σύστημα κατάταξης. Πιο συγκεκριμένα έχουν καθιερωθεί 9 (1-9) κατηγορίες εκ των οποίων η κατηγορία 1 αναφέρεται σε εκρηκτικά και πυρομαχικά. Η κατηγορία αυτή υποδιαιρείται σε επιπλέον υποκατηγορίες που δείχνουν τον βαθμό επικινδυνότητας που εμπεριέχει κάθε μια από αυτές όπως φαίνεται παρακάτω.

Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τύπου τόσο μικρότερος ο κίνδυνος.

κατηγορία κινδύνου 1.1

Περιλαμβάνει υλικά τα οποία ενέχουν κίνδυνο μαζικής (μεγάλης) έκρηξης, δηλαδή περίπτωση κατά την οποία όλα τα εκρηκτικά ταυτόχρονα εκρήγνυνται. Προκαλούνται μεγάλες καταστροφές από ταχέως κινούμενα θραύσματα αλλά και σοβαρές ζημιές σε κτήρια ανάλογα με την ποσότητα των εκρηκτικών. Επίσης σοβαρός κίνδυνος προκύπτει από την εκτίναξη υλικών από τα κατεστραμμένα κτήρια ή από τον κρατήρα της έκρηξης.

κατηγορία κινδύνου 1.2

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν υλικά τα οποία καίγονται και εκρήγνυνται διαδοχικά, λίγα την φορά. Επιπλέον θραύσματα και μη εκραγέντα υλικά εκτοξεύονται αρκετά μακριά και μπορεί να εκραγούν στο σημείο πτώσης δημιουργώντας καταστροφές

κατηγορία κινδύνου 1.3

Υλικά τα οποία έχουν κίνδυνο πυρκαγιάς και είτε μικρό κίνδυνο έκρηξης είτε μικρό κίνδυνο θραυσμάτων ή και τα δύο και δεν εγκυμονούν κίνδυνο μαζικής έκρηξης.

Κυρίως περιλαμβάνει υλικά που εκλύουν μεγάλα ποσά θερμότητας αλλά όταν εκρήγνυνται δεν δημιουργούνται επικίνδυνα θραύσματα.



κατηγορία κινδύνου 1.4

υλικά και ουσίες οι οποίες δεν εγκυμονούν σοβαρό κίνδυνο. κυρίως περιλαμβάνει υλικά που δεν προκαλούν μετάδοση της φωτιάς και τα αποτελέσματα της περιορίζονται στα ίδια τα υλικά μόνο.

Αποστάσεις ασφαλείας.

Απόσταση ασφαλείας ονομάζεται η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να έχει μια αποθήκη πυρομαχικών από άλλες εγκαταστάσεις, όπως κατοικημένες περιοχές, σιδηροδρομικούς και οδικούς άξονες καθώς και κάθε σημείο ενδιαφέροντος. Εξαρτάται δε κάθε φορά από το είδος των αποθηκευμένων εκρηκτικών και καθορίζεται λεπτομερώς από ειδικούς πίνακες. [7],[8]

Αποψίλωση του γύρω χώρου σε ακτίνα 15 μέτρων, από ξερά χόρτα, σκουπίδια και οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει έμμεσα ή άμεσα φωτιά.

Πλήρης και αναλυτική περιγραφή των προδιαγραφών, μέτρων ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται κατά την αποθήκευση στρατιωτικών εκρηκτικών δίδεται στα αντίστοιχα στρατιωτικά εγχειρίδια [3],[4],[7],[8].

2.5.2 Κατηγορίες πυρκαγιών εκρηκτικών και Σήμανση Αποθηκών κατά NATO

Σύμφωνα με τα πρότυπα που τηρεί ο αμερικανικός στρατός και τα οποία μέσω NATO τείνουν να γίνουν διεθνή ο κίνδυνος πυρκαγιάς αριθμείται από 1 έως 4 κατηγορίες σε αντιστοιχία με τις κατηγορίες κινδύνου που αναφέρθηκαν παραπάνω. **Όσο μικρότερο το νούμερο της κατηγορίας πυρκαγιάς τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος.**

Κατηγορία Πυρκαγιάς 1: Μαζική έκρηξη. Για παράδειγμα: εκρηκτικά όπως TNT ή πλαστικά C4 κτλ.

Μια φωτιά σε υλικά κατηγορίας 1 αντιμετωπίζεται κατά την διάρκεια της έναρξης με όλα τα μέσα. Αν δεν κατασβεσθεί στο αρχικό αυτό στάδιο η περιοχή εκκενώνεται άμεσα.

Κατηγορία Πυρκαγιάς 2: Έκρηξη με μεγάλο κίνδυνο θραυσμάτων (χειροβομβίδες νάρκες κτλ)

Μια φωτιά σε υλικά κατηγορίας 2 αντιμετωπίζεται κατά την διάρκεια της έναρξης με όλα τα μέσα. Τα υλικά της κατηγορίας αυτής δεν εκρήγνυνται αμέσως μόλις η φωτιά φτάσει εκεί. Συνήθως εκρήξεις προκαλούνται μετά από θέρμανση για ικανό χρονικό

διάστημα (10 - 40 λεπτά). Αν η φωτιά δεν αντιμετωπισθεί στο στάδιο ενάρξεως της τότε η περιοχή εγκαταλείπεται. Στη συνέχεια η προσπάθεια κατάσβεσης επικεντρώνεται στη μη εξάπλωση της πυρκαγιάς. Η φωτιά μπορεί να καταπολεμηθεί από κάποιο κοντινό, προστατευόμενο από θραύσματα μέρος.

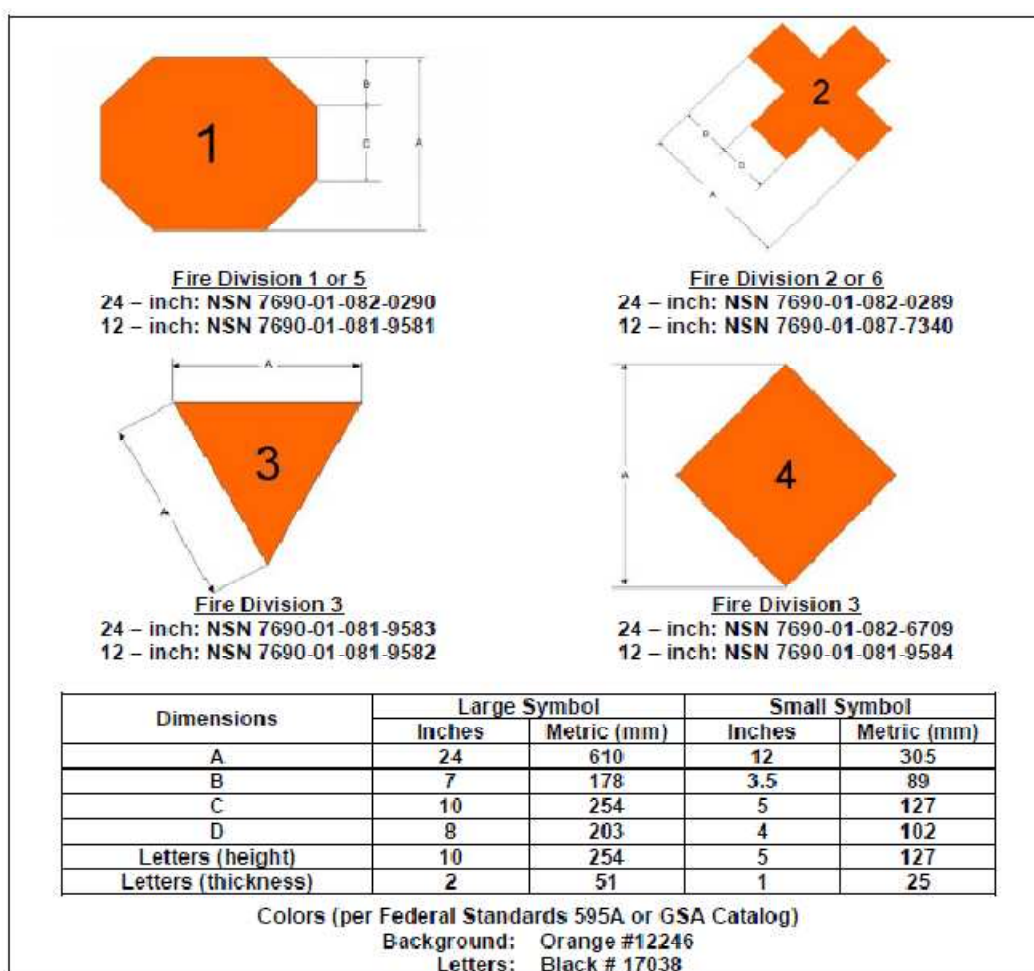
Κατηγορία Πυρκαγιάς 3: Φωτιά μεγάλης έκτασης (καπνογόνα κινητήρες πυράυλων κτλ).

Μια φωτιά σε υλικά κατηγορίας 3 αντιμετωπίζεται κατά την διάρκεια της έναρξης με όλα τα μέσα. Αν δεν κατασβεσθεί στο αρχικό αυτό στάδιο η περιοχή εκκενώνεται άμεσα.

Κατηγορία Πυρκαγιάς 4: Μικρής έκτασης πυρκαγιά (πυρομαχικά φορητού οπλισμού και παρεμφερή υλικά)

Πυρκαγιές υλικών αυτής της κατηγορίας καταπολεμώνται σε κάθε περίπτωση με όλα τα μέσα.

παρακάτω φαίνονται οι πινακίδες σημάσεως που πρέπει να αναρτώνται εξωτερικά των αποθηκών στρατιωτικών εκρηκτικών καθώς και οι απαιτούμενες διαστάσεις τους πάντοτε σύμφωνα με τα αμερικανικά πρότυπα και διατάξεις [8].



Σχήμα 2.9 σημάσεις ασφαλείας αποθηκών εκρηκτικών σύμφωνα με τα Αμερικάνικα - ΝΑΤΟικά πρότυπα [4]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

Προτεινόμενο Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης Φωτιάς, Μελέτη Εφαρμογής του σε Πραγματικές Αποθήκες Εκρηκτικών.

Εισαγωγή

Η πυρανίχνευση σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης εκρηκτικών είναι μέγιστης σημασίας, διότι τα αποτελέσματα τυχόν εξάπλωσης φωτιάς σε εκρηκτικά μπορούν να είναι (και συνήθως είναι) **εξαιρετικά καταστροφικά για ανθρώπους, υλικά και περιβάλλον**. Η έγκαιρη προειδοποίηση κινδύνων φωτιάς κοντά σε τέτοιες εγκαταστάσεις είναι απαραίτητη, ώστε να είναι δυνατή η κατάσβεσή της πριν αυτή φτάσει κοντά στα εκρηκτικά όπου πλέον συνήθως δεν υπάρχει δυνατότητα επέμβασης.

Τα εφαρμοζόμενα μέτρα ασφαλείας στις αποθήκες εκρηκτικών του Ελληνικού στρατού όπως αυτά αναφέρθηκαν συνοπτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι αυστηρά και παρέχουν μεγάλη ασφάλεια, όμως υποφέρουν στο γεγονός ότι σε πολλά σημεία η ασφάλεια τίθεται σε κίνδυνο από την **εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα** που πάντα είναι πιθανόν να κάνει λάθος.

Επιπλέον η ασφάλεια έναντι έκρηξης αποθήκης εκρηκτικών ποτέ δεν είναι αρκετή!, αν αναλογιστούμε τους κινδύνους που ελλοχεύουν.

Έτσι προτείνεται σε αυτή την εργασία ένα σύστημα ανίχνευση φωτιάς εξωτερικού χώρου που σε συνδυασμό με τα ήδη υπάρχοντα μέτρα ασφαλείας θα κάνει τις αποθήκες αυτές σχεδόν απολύτως ασφαλείς έναντι κινδύνου φωτιάς.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι, που αφορούν την ανίχνευση φωτιάς εξωτερικού χώρου. Το προτεινόμενο σε αυτή την εργασία σύστημα είναι πρώιμης πυρανίχνευσης (έγκαιρης προειδοποίησης) καθώς επίσης και πυρόσβεσης το οποίο ενσωματώνει GSM τεχνολογία και αισθητήρες που αποτελούνται από βρόχους θερμικά ευαίσθητου καλωδίου ή και άλλων οργάνων παρατήρησης όπως θερμοκάμερες. Επιπλέον ενεργοποιεί άμεσα αντλίες προς κατάσβεση της φωτιάς τη στιγμή που το συμβάν της φωτιάς θα εκδηλωθεί. Επίσης δίνεται μια μέθοδος για τον υπολογισμό της τοποθεσίας (ακριβούς σημείου στο καλώδιο), που εκδηλώθηκε η φωτιά.

3.1 Κίνδυνοι Εκδήλωσης Φωτιάς κοντά σε αποθήκες Εκρηκτικών

Γενικά

Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε ότι οι αποθήκες **εκρηκτικών - πυρομαχικών κτλ** αποτελούν εγκαταστάσεις μέγιστης επικινδυνότητας για πρόκληση πυρκαγιάς και συνεπώς τα εφαρμοζόμενα σε αυτές μέτρα ασφαλείας είναι αυστηρά. Παρόλα πάντα υπάρχει δυνατότητα και περιθώριο βελτίωσης. Στην συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα εξετάσουμε την δυνατότητα μείωσης του κινδύνου πυρκαγιάς για τέτοιου είδους εγκαταστάσεις. Αυτό θα γίνει με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών στον τομέα της πυρασφάλειας και πυρανίχνευσης.

► Οι αποθήκες εκρηκτικών-πυρομαχικών του Ε.Σ. βρίσκονται σχεδόν όλες τοποθετημένες σε **δυσπρόσιτες περιοχές μακριά από κατοικημένους τόπους και διασκορπισμένες μεταξύ τους, για λόγους ασφαλείας**. Αυτό όμως συνεπάγεται συχνά την ελλιπή παρακολούθηση και προστασία τους από το εντεταλμένο προσωπικό. Λόγω χρόνου, αποστάσεων (πολλές φορές ο απαιτούμενος χρόνος απλά για να περάσει κανείς, χωρίς να ελέγξει, με αυτοκίνητο από όλες τις αποθήκες σε ένα στρατόπεδο με αποθήκες εκρηκτικών-πυρομαχικών απαιτεί πάνω από μια ώρα) ή συνθηκών (καιρικών, εδαφικών και άλλα). Επίσης η δυσκολία πρόσβασης λόγω μη ύπαρξης παντού ασφαλτοστρωμένων δρόμων επιβαρύνει την παρακολούθηση από το προσωπικό που έχει την ευθύνη των εγκαταστάσεων αυτών. Έτσι είναι δυνατό μια κρίσιμη παρατήρηση να μην γίνει έγκαιρα. Εξάλλου σε ένα τόσο επικίνδυνο θέμα η επιπλέον προστασία είναι πάντα καλοδεχούμενη.

► **Το φυσικό περιβάλλον της Ελλάδος** (υψηλές θερμοκρασίες χαμηλή βλάστηση ξερή τους καλοκαιρινούς μήνες,) σε συνδυασμό με το προηγουμένως αναφερθέν πρόβλημα του διασκορπισμού των αποθηκών, δημιουργεί έναν εξαιρετικά επικίνδυνο συνδυασμό για φωτιά.

► Η πιθανότητα **εσκεμμένης πρόκλησης πυρκαγιάς** για λόγους δολιοφθοράς.

► Τέλος ο συνδυασμός όλων των παραπάνω με το γεγονός ότι ο έλεγχος για έγκαιρη προειδοποίηση φωτιάς, γίνεται από το διατιθέμενο ανθρώπινο δυναμικό, εγκυμονεί πάντα την πιθανότητα **του ανθρώπινου λάθους**.

► Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το προτεινόμενο σύστημα είναι ιδανικό για την προστασία των περιοχών **αποθήκευσης εκρηκτικών στο ύπαιθρο**, ουσιαστικά δηλαδή

σε περιπτώσεις πραγματικών επιχειρήσεων ή ασκήσεων μεγάλης κλίμακας. Σε αυτές τις περιπτώσεις εκρηκτικά είναι υποχρεωτικό να αποθηκευθούν σε προσωρινές κατασκευές (σκηνές) στο ύπαιθρο. Μάλιστα τις περισσότερες φορές οι τοποθεσίες που επιλέγονται είναι εντός πυκνών δασών για κάλυψη από την παρατήρηση αεροπλάνων. Τα ίδια ισχύουν και σε μεγάλης κλίμακας ασκήσεις όπου προσομοιώνονται οι πραγματικές συνθήκες. Είναι λοιπόν φανερό από τα παραπάνω ότι ο κίνδυνος έκρηξης πολλαπλασιάζεται σε αυτή την περίπτωση. Το σύστημα που προτείνεται εδώ έχει μάλιστα την δυνατότητα να λειτουργεί αυτόνομα χωρίς σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ, χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά πάνελ και μπαταρίες. Χαρακτηριστικό που το καθιστά ακόμη πιο χρήσιμο στις παραπάνω περιπτώσεις.

Σαν συμπέρασμα προκύπτει ότι ο συνδυασμός του αυτοματοποιημένου συστήματος που προτείνεται και του ήδη υπάρχοντος συστήματος ασφαλείας είναι προτιμότερος, διότι μειώνει δραστικά την επίδραση του παράγοντα "ανθρώπινο λάθος". Εξασφαλίζει δε σχεδόν απολύτως το ζητούμενο, που είναι η μεγιστοποίηση της ασφάλειας των αποθηκών εκρηκτικών έναντι φωτιάς.

3.2 Σύγχρονες Μέθοδοι Έγκαιρης Προειδοποίησης Πυρκαγιάς

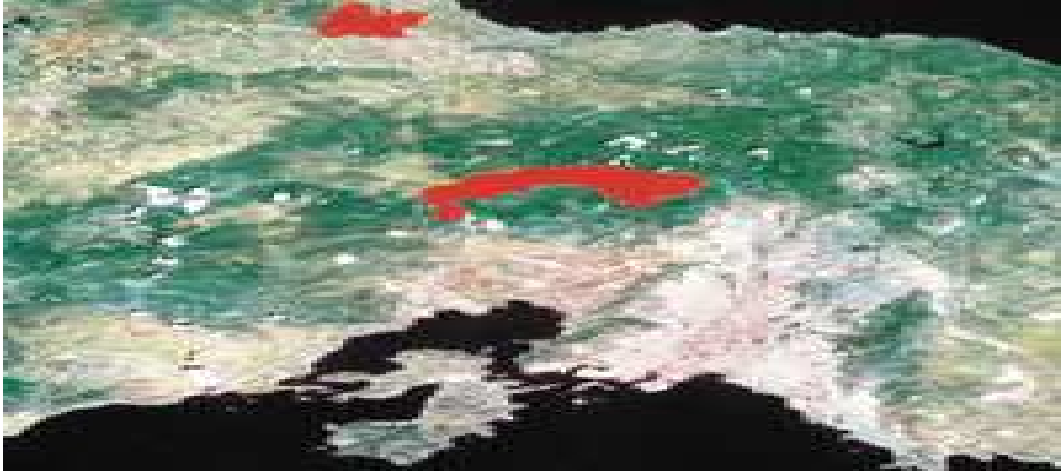
Εισαγωγή.

Εκτός των κλασικών μεθόδων πυρανίχνευσης που είναι τα επανδρωμένα παρατηρητήρια και οι περιπολίες, οι αυτόματοι ανιχνευτές διεκδικούν πλέον μεγάλο μέρος στον τομέα της πρόληψης πυρκαγιάς. Τα τελευταία χρόνια η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας προσέφερε στον κρίσιμο τομέα της πυρανίχνευσης πολλά νέα μέσα (αισθητήρες) και μεθόδους έγκαιρης ανίχνευσης πυρκαγιάς. Υφίσταται πλέον μια μεγάλη γκάμα από αισθητήρες φωτιάς [3],[4] όπως θα δούμε παρακάτω.

3.2.1 Η διαδικασία της Τηλεπισκόπησης [4]

Ο όρος τηλεπισκόπηση ορίζει την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τις ιδιότητες ενός φαινομένου, ενός αντικειμένου ή ενός υλικού μέσω μιας καταγραφικής συσκευής, η οποία βρίσκεται σε φυσική και άμεση επαφή με τα παρατηρούμενα αντικείμενα. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές, οι οποίες επεξεργάζονται συσσωρευμένες πληροφορίες σχετικές με περιβαλλοντικά φαινόμενα και οι οποίες έχουν προκύψει από μετρήσεις πεδιακών δυνάμεων, ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή

ακουστικής ενέργειας με τη χρήση ραδιομέτρων, ανιχνευτών lasers, συστημάτων ρανταρ, ηχοβολιστικών και θερμικών συσκευών, φασματομέτρων και άλλων οργάνων. Η παραγόμενη πληροφορία από τα διάφορα όργανα παρατήρησης μπορεί να είναι σε μορφή εικόνας ή σε μορφή χαρτών ή γραφημάτων.



Η κύρια διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά την τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην προσπίπτουσα ακτινοβολία και τους στόχους που προκαλούν ενδιαφέρον. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επεξηγηθεί μέσω των χρησιμοποιούμενων απεικονιστικών συστημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν 7 διαφορετικά στάδια. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει επίσης και τη μέτρηση της εκπεμπόμενης ενέργειας με τη χρήση μη απεικονιστικών συστημάτων. Τα 7 στοιχεία που αποτελούν την τηλεπισκοπική διαδικασία είναι τα εξής:

1. Πηγή ενέργειας ή ακτινοβολία: η πρώτη απαίτηση για την τηλεπισκόπηση είναι η ύπαρξη μιας πηγής ενέργειας, η οποία φωτίζει ή παρέχει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στον ενδιαφέροντα στόχο.
2. Ακτινοβολία και ατμόσφαιρα: καθώς η ενέργεια διαδίδεται από την πηγή προς το στόχο, έρχεται σε επαφή και αλληλεπιδρά με την ατμόσφαιρα μέσα από την οποία διέρχεται. Αυτή η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα και δεύτερη φορά, καθώς η ενέργεια διαδίδεται από τον στόχο προς τον αισθητήρα.
3. Αλληλεπίδραση με το στόχο: καθώς η ενέργεια προσπίπτει στον στόχο περνώντας μέσα από την ατμόσφαιρα, αλληλεπιδρά με το στόχο ανάλογα με τις ιδιότητες, τόσο του στόχου, όσο και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
4. Καταγραφή της ενέργειας από τον αισθητήρα: μετά τη σκέδαση ή την εκπομπή της ακτινοβολίας από το στόχο απαιτείται ένας αισθητήρας (τηλεπισκοπικός, όχι σε επαφή με το στόχο) για τη συλλογή και την καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.
5. Εκπομπή, λήψη και επεξεργασία: η καταγραφόμενη ενέργεια από τον αισθητήρα πρέπει να μεταδοθεί, συνήθως σε ηλεκτρονική μορφή, σε έναν σταθμό λήψης

και επεξεργασίας, όπου λαμβάνει χώρα η διαδικασία επεξεργασίας της πληροφορίας σε εικόνα.

6. Ερμηνεία και ανάλυση: η παραγόμενη πληροφορία αναλύεται οπτικά ή/και ψηφιακά ή ηλεκτρονικά για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τον αρχικά ακτινοβολούμενο στόχο.
7. Εφαρμογή: το τελευταίο στάδιο της τηλεπισκοπικής διαδικασίας περιλαμβάνει την εφαρμογή της εξαγόμενης πληροφορίας από την εικόνα, για την καλύτερη κατανόησή της, την απόκτηση καινούριας πληροφορίας ή τη συμβολή της στην επίλυση κάποιου συγκεκριμένου προβλήματος.

3.3 Κυριότερα χαρακτηριστικά και είδη τηλεπισκοπικών αισθητήρων

Δύο είναι οι κύριες κατηγορίες αισθητήρων. Οι παθητικοί και οι ενεργοί αισθητήρες.

3.3.1 Ενεργοί αισθητήρες

Οι ενεργοί αισθητήρες, αποτελούν οι ίδιοι την πηγή ακτινοβολίας του στόχου που πρόκειται να ανιχνευτεί. Συγκεκριμένα, εκπέμπουν ακτινοβολία, η οποία κατευθύνεται απευθείας στον ενδιαφέροντα στόχο. Η ακτινοβολία που ανακλάται από το στόχο αυτό, ανιχνεύεται και μετράται από τον αισθητήρα. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των ενεργών αισθητήρων περιλαμβάνεται και η ικανότητά τους να λαμβάνουν μετρήσεις οποτεδήποτε, ανεξάρτητα από την ώρα της ημέρας ή από την εποχή.

Τέτοιοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρατήρηση σε εκείνες τις περιοχές μηκών κύματος, στις οποίες δεν υπάρχει επαρκής ηλιακή ακτινοβολία, όπως στα μικροκύματα ή για τον καλύτερο έλεγχο του τρόπου με τον οποίο ακτινοβολείται κάποιος στόχος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανίχνευση των αναταράξεων που δημιουργούνται στη στήλη αέρα πάνω από τη φωτιά. Εντούτοις, τα ενεργά συστήματα απαιτούν την παραγωγή μιας αρκετά υψηλής ποσότητας ενέργειας για την επαρκή ακτινοβολία των στόχων.



3.3.2 Παθητικοί αισθητήρες

Τα τηλεπισκοπικά συστήματα που μετρούν την ενέργεια, η οποία είναι φυσικά διαθέσιμη, ονομάζονται **παθητικοί αισθητήρες**. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες παρατηρούν την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα ίδια τα παρατηρούμενα αντικείμενα, όπως τη θερμική ακτινοβολία ή την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία από το παρατηρούμενο αντικείμενο.

Οι παθητικοί αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση της ενέργειας, μόνο όταν είναι διαθέσιμη η ενέργεια που ακτινοβολείται με φυσικό τρόπο. Έτσι, η ανάκλαση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μπορεί να λάβει χώρα μόνο κατά τη διάρκεια που ο ήλιος φωτίζει τη γη. Δεν μπορεί να ανιχνευτεί καμία ανακλώμενη ενέργεια, η οποία να διατίθεται από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η ενέργεια, όμως, που εκπέμπεται φυσικά, μπορεί να ανιχνευτεί μέρα ή νύχτα, αρκεί η ποσότητα της λαμβανόμενης ενέργειας να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να μπορεί να ανιχνευτεί. Ως παραδείγματα θα μπορούσαν να αναφερθούν τα **ραδιόμετρα**, τα **φασματόμετρα** και τα **βαρόμετρα**.

3.3.3 Απεικονιστικοί και μη απεικονιστικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες μπορεί να είναι απεικονιστικοί ή μη απεικονιστικοί. Στους αισθητήρες που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια χρησιμοποιούνται για τη διέγερση ή τον ιονισμό ενός υλικού, όπως ο άργυρος, πάνω σε μια μεμβράνη (film) ή για την τροφοδοσία μιας συσκευής παραγωγής εικόνων, όπως μιας τηλεόρασης ή μιας οθόνης υπολογιστή ή μιας καθοδικής λυχνίας ή ενός παλμογράφου ή μιας μπαταρίας ηλεκτρονικών ανιχνευτών, με τελικό αποτέλεσμα μια εικόνα ή μια απεικόνιση raster.

Οι μη απεικονιστικοί αισθητήρες μετρούν την ακτινοβολία που λαμβάνεται από όλα τα σημεία του υπό παρατήρηση αντικειμένου, συνυπολογίζοντας όλη τη μετρούμενη πληροφορία και αναφέροντας το αποτέλεσμα ως ισχύ του καταγραφόμενου

ηλεκτρικού σήματος ή ως κάποιο άλλο ποσοτικό χαρακτηριστικό ή ιδιότητα, όπως η ανακλαστικότητα.

3.3.4 Ανιχνευτική και μη ανιχνευτική λειτουργία

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που ταξινομεί τους αισθητήρες σε δύο επιπλέον κατηγορίες, σχετίζεται με το αν ο αισθητήρας λειτουργεί σε **ανιχνευτική** ή σε **μη ανιχνευτική λειτουργία**.

3.3.5 Συστήματα πλαισίωσης

Οι αισθητήρες που μετρούν ακαριαία την ακτινοβολία που προέρχεται από ολόκληρη την περιοχή ενδιαφέροντος, ονομάζονται **συστήματα πλαισίωσης**. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα μάτια μας, καθώς, και οι φωτογραφικές μηχανές.

Το μέγεθος της παρατηρούμενης περιοχής, το οποίο πλαισιώνεται από τον αισθητήρα, καθορίζεται από τις οπές και τα οπτικά μέρη του συστήματος, τα οποία καθορίζουν και το αποκαλούμενο πεδίο παρατήρησης FOV (Field Of View). Αν η περιοχή ενδιαφέροντος ανιχνεύεται σημείο προς σημείο κατά μήκος διαδοχικών γραμμών, κατά τη διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος, τότε ο συγκεκριμένος τρόπος μέτρησης προσδιορίζει τα **ανιχνευτικά συστήματα**.

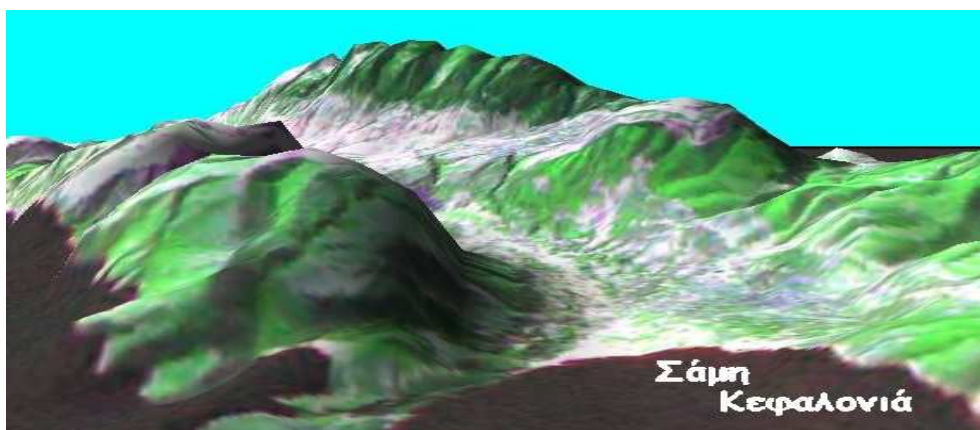
Ο όρος ανιχνευτική λειτουργία προϋποθέτει κίνηση μεταξύ των διαφόρων σημείων μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος, ενώ ο όρος μη ανιχνευτική λειτουργία προϋποθέτει ότι είτε ο αισθητήρας κρατείται σταθερός πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος, είτε ο στόχος ενδιαφέροντος παραμένει σταθερός, καθώς βρίσκεται υπό παρατήρηση κατά τη διάρκεια ενός σύντομου χρονικού διαστήματος. Μια κάμερα που κρατείται σταθερή στο χέρι είναι μια μη ανιχνευτική συσκευή που συλλαμβάνει το φως σχεδόν ακαριαία, όταν το διάφραγμα είναι ανοιχτό. Όταν όμως η κάμερα ή ο στόχος κινείται, τότε πραγματοποιείται μια ανιχνευτική λειτουργία.



Σχήμα 3.1 Σύστημα τηλεπισκόπισης με κάμερες

3.3.5.1 Χωρική Ανάλυση

Για τα περισσότερα τηλεπισκοπικά όργανα, η απόσταση ανάμεσα στον παρατηρούμενο στόχο και στην πλατφόρμα του αισθητήρα παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της λεπτομέρειας της συλλεγόμενης πληροφορίας και στην ολική περιοχή που μπορεί να παρατηρηθεί και να απεικονιστεί από τον αισθητήρα. Αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε πλατφόρμες πολύ μακριά από το στόχο τους, τυπικά μπορούν να παρατηρήσουν μια ευρύτερη περιοχή, αλλά δεν είναι ικανοί να παρέχουν μεγάλη λεπτομέρεια.



Η ευδιάκριτη λεπτομέρεια σε μια εικόνα εξαρτάται από τη **χωρική ανάλυση** του αισθητήρα και σχετίζεται με το μέγεθος του μικρότερου δυνατού αντικειμένου που μπορεί να ανιχνευτεί. Η χωρική ανάλυση των παθητικών αισθητήρων εξαρτάται κυρίως από το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησής τους IFOV (Instantaneous Field Of View). Το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης αναφέρεται στη στερεά γωνία που περικλείεται μέσα στον κώνο ορατότητας του αισθητήρα και καθορίζει την περιοχή της επιφάνειας της γης, η οποία μπορεί να παρατηρηθεί από ένα δοσμένο ύψος σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

3.3.5.2 Χρονική Ανάλυση

Εκτός από τη χωρική και τη ραδιομετρική ανάλυση, η έννοια της χρονικής ανάλυσης είναι σημαντική για ένα τηλεπισκοπικό σύστημα. Η χρονική ανάλυση σχετίζεται με την έννοια της επαναληπτικής περιόδου, δηλαδή με το μήκος του χρόνου που απαιτείται προκειμένου ο δορυφόρος να συμπληρώσει έναν ολόκληρο κύκλο τροχιάς. Η επαναληπτική περίοδος για έναν δορυφόρο είναι συνήθως μερικές ημέρες, έτσι, η απόλυτη χρονική ανάλυση ενός τηλεπισκοπικού συστήματος, προκειμένου να απεικονίσει την ίδια ακριβώς περιοχή με την ίδια οπτική γωνία για δεύτερη φορά, ισούται με την περίοδο αυτή. Εντούτοις, εξαιτίας του βαθμού επικάλυψης που λαμβάνει χώρα στα απεικονιστικά μονοπάτια των γειτονικών τροχιών για τους περισσότερους δορυφόρους και της αύξησης στην επικάλυψη αυτή με την αύξηση του γεωγραφικού

πλάτους, ορισμένες περιοχές της γης παρουσιάζουν την τάση να απεικονίζονται περισσότερο συχνά από τις υπόλοιπες.

Ανιχνεύοντας και απεικονίζοντας τις περιοχές ενδιαφέροντος σε συνεχή βάση και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, γίνεται η παρακολούθηση στις μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης, είτε αυτές προκαλούνται από φυσικές αιτίες, είτε ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

3.2.5.3 Πολυφασματική Ανάλυση

Πολλοί ηλεκτρονικοί τηλεπισκοπικοί αισθητήρες λαμβάνουν την επιθυμητή πληροφορία χρησιμοποιώντας ανιχνευτικά συστήματα, τα οποία προϋποθέτουν αισθητήρες με ένα στενό στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης IFOV που σαρώνει το έδαφος, ώστε να παράγουν δισδιάστατες εικόνες της επιφάνειας της γης. Τα ανιχνευτικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στα αεροσκάφη, όσο και στις δορυφορικές πλατφόρμες, και στηρίζονται ουσιαστικά στις βασικές αρχές.



Ένα ανιχνευτικό σύστημα που χρησιμοποιείται για συλλογή πληροφορίας σε μια ποικιλία διαφορετικών ζωνών μηκών κύματος, ονομάζεται **πολυφασματική συσκευή σάρωσης MSS (MultiSpectral Scanner)** και αποτελεί το πλέον συνηθισμένο ανιχνευτικό σύστημα. Υπάρχουν δύο βασικές λειτουργίες ή μέθοδοι ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση πολυφασματικής πληροφορίας: ανίχνευση εγκάρσια ως προς την τροχιά και ανίχνευση κατά μήκος της τροχιάς.

Τα ανιχνευτικά συστήματα, οποιαδήποτε από τις παραπάνω δύο λειτουργίες και αν χρησιμοποιούν, παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των φωτογραφικών μεθόδων. Το φασματικό πεδίο των φωτογραφικών συστημάτων περιορίζεται στην ορατή και στην εγγύς υπέρυθρη περιοχή, ενώ τα πολυφασματικά ανιχνευτικά συστήματα επεκτείνουν το πεδίο αυτό, ώστε να περιλαμβάνει και την θερμική υπέρυθρη περιοχή. Επίσης είναι ικανά να παρέχουν πολύ μεγαλύτερη φασματική ανάλυση από ότι τα φωτογραφικά.

Τα πολυφασματικά φωτογραφικά συστήματα χρησιμοποιούν συστήματα ξεχωριστών φακών για την απόκτηση της κάθε φασματικής ζώνης. Το γεγονός αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην εξασφάλιση της συγκρισιμότητας των φασματικών ζωνών, τόσο χωρικά, όσο και ραδιομετρικά, αλλά και με την εγγραφή των πολλαπλών εικόνων. Τα πολυφασματικά ανιχνευτικά συστήματα αποκτούν πληροφορία για όλες τις φασματικές περιοχές ταυτόχρονα, μέσω των ίδιων οπτικών συστημάτων προκειμένου να ανταπεξέλθουν στα παραπάνω προβλήματα.

Τα φωτογραφικά συστήματα καταγράφουν την ανιχνευόμενη ενέργεια μέσω μιας φωτοχημικής διαδικασίας που καθιστά δύσκολη και μη σταθερή τη μέτρηση. Από την άλλη μεριά, τα πολυφασματικά ανιχνευόμενα δεδομένα καταγράφονται με ηλεκτρονικό τρόπο, επομένως καθίσταται πιο εύκολος ο προσδιορισμός της ακριβούς ποσότητας της μετρούμενης ενέργειας και επιπλέον η καταγραφή μπορεί να γίνει με ένα μεγάλο εύρος τιμών σε ψηφιακή μορφή. Τα φωτογραφικά συστήματα απαιτούν μια συνεχή παροχή film και επεξεργασία στο έδαφος με τη συλλογή των φωτογραφιών. Η ψηφιακή καταγραφή των πολυφασματικών ανιχνευτικών συστημάτων διευκολύνει τη μετάδοση της πληροφορίας στους σταθμούς λήψης στο έδαφος και την άμεση επεξεργασία της σε κάποιο κατάλληλο υπολογιστικό περιβάλλον.

3.3.6 Θερμική Απεικόνιση

Εισαγωγή

Η θερμική κάμερα είναι μια κάμερα κινούμενης εικόνας βίντεο η οποία απεικονίζει με χρώματα την θερμοκρασία των αντικειμένων. Αυτό σημαίνει ότι δεν βλέπουμε τα αντικείμενα με τα φυσικά τους χρώματα αλλά με τεχνητά τα οποία αντιπροσωπεύουν και μια θερμοκρασία: Το ψυχρό απεικονίζεται με μπλε και όσο περνάμε στα θερμότερα, τα χρώματα γίνονται πιο κοκκινωπά, κίτρινα έως το άσπρο που απεικονίζει το θερμότερο αντικείμενο ή με τη μορφή επιπέδων του γκρι, με τις θερμότερες θερμοκρασίες να αναπαρίστανται με πιο ανοιχτούς τόνους και τις ψυχρότερες με σκούρους τόνους.



Οι θερμικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν φωτογραφικούς ανιχνευτές ευαίσθητους στην απευθείας επαφή των φωτονίων στην επιφάνειά τους, προκειμένου να ανιχνεύσουν την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία. Οι ανιχνευτές αυτοί ψύχονται σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν προκειμένου να περιορίσουν τις δικές τους θερμικές εκπομπές. Οι θερμικοί αισθητήρες μετρούν κυρίως τη θερμοκρασία επιφάνειας, καθώς και τις θερμικές ιδιότητες των στόχων.

Τα θερμικά όργανα είναι ανιχνευτές εγκάρσια ως προς την τροχιά. Οι θερμικοί αισθητήρες περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες αναφορές στην εσωτερική θερμοκρασία για σύγκριση με την ανιχνευόμενη ακτινοβολία. Η πληροφορία συνήθως καταγράφεται

σε φιλμ ή σε μαγνητική ταινία, ενώ η θερμοκρασιακή ανάλυση των συγκεκριμένων οργάνων μπορεί να φτάσει τους $0,1^{\circ}\text{C}$. Αναλόγως με τον τύπο του ανιχνευτή το σήμα εξόδου μπορεί να είναι είτε τάση είτε ρεύμα.

Για τις περισσότερες εφαρμογές επαρκούν εικόνες που αναπαριστούν τις σχετικές θερμοκρασιακές διαφορές στις αντίστοιχες χωρικές θέσεις τους. Απόλυτες θερμοκρασιακές μετρήσεις μπορούν να υπολογιστούν, αλλά απαιτούν ακριβείς ρυθμίσεις (βαθμονόμηση, αρχικοποίηση), μέτρηση των αναφορών θερμοκρασίας και λεπτομερή γνώση των θερμικών ιδιοτήτων του στόχου, των γεωμετρικών παραμορφώσεων και των ραδιομετρικών επιδράσεων.

Η χωρική ανάλυση των θερμικών αισθητήρων είναι αρκετά χαμηλή. Η θερμική απεικόνιση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέρα ή νύχτα, ακριβώς επειδή μετράται η εκπεμπόμενη και όχι η ανακλώμενη ακτινοβολία και χρησιμοποιείται για μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών, όπως η χαρτογράφηση δασικών και γενικώς πυρκαγιών υπαίθρου. και παρακολούθηση απώλειας της θερμότητας.

3.4 Σύγχρονοι αισθητήρες Προειδοποίησης Πυρκαγιάς.

Οι αισθητήρες καπνού

από τους οποίους αξιοποιείται για την ανίχνευση της φωτιάς ο περιορισμός της **ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας** από τον καπνό [5] και λέγονται **οπτικοί αισθητήρες καπνού** ή φωτοηλεκτρικοί ή οπτικοηλεκτρικοί ανιχνευτές. Σε αυτούς τους αισθητήρες εκπέμπεται μια δέσμη φωτός από μια λυχνία LED μέσα σε έναν θάλαμο όπου δεν μπαίνει ατμοσφαιρικό φως αλλά μπαίνει αέρας. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα στα οποία είναι συνδεδεμένος ο δέκτης συγκρίνουν την ακτινοβολία με μια προρυθμισμένη ποσότητα για να αποφασίσουν αν ο καπνός έχει ξεπεράσει τα όρια του συναγερμού. Για λόγους μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, οι πομποί των ανιχνευτών αυτού του τύπου δεν εκπέμπουν μόνιμα αλλά περιοδικά και για μικρά χρονικά διαστήματα (για 20 - 30ms κάθε 7 - 10s). Ο θάλαμος τους είναι καλυμμένος σε άλατα ανοίγματα με μεταλλική ή πλαστική λεπτή σήτα για να μην μπαίνουν μέσα μικρά έντομα. Αποτελούν σήμερα τους ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο από κάθε άλλο τύπο. Η αξιοπιστία τους βρίσκεται σε πολύ υψηλά επίπεδα, η ενέργεια που καταναλώνουν είναι ελάχιστη και οι απαιτήσεις για συντήρηση σχετικά μικρές. Δεν περιέχουν εξαρτήματα βλαβερά για τον άνθρωπο ή το περιβάλλον. Συνήθως είναι η πρώτη επιλογή για κάθε χώρο. Δεν προτείνεται η τοποθέτηση τους μόνο εκεί που υπάρχουν συνθήκες που τους κάνουν να δίνουν ψευδείς συναγερμούς (π.χ. χώροι με αυξημένη ποσότητα σκόνης ή υδρατμών).

Άλλο είδος αισθητήρα καπνού που ονομάζεται **ιονισμού**, το οποίο είναι σχετικά φθηνότερο χρησιμοποιεί τον ισότοπο **αμερίκιο 241**. Αυτό παράγει σωματίδια Α τα οποία βρίσκονται μέσα σε έναν θάλαμο ιονισμού που περιέχει αέρα και δύο ηλεκτρόδια. Όταν ο αέρας δεν περιέχει καπνό τα σωματίδια Α, δημιουργούν μια ροή ρεύματος μεταξύ των ηλεκτροδίων. Αν όμως εισέλθει στο θάλαμο καπνός, αυτός απορροφά μέρος των σωματιδίων Α με αποτέλεσμα την μεταβολή του ρεύματος και στην συνέχεια την πυροδότηση του συναγερμού. Η ανίχνευση καπνού με τη μέθοδο του ιονισμού είναι η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε. Έχει όμως το βασικό μειονέκτημα της εκπομπής ραδιενέργειας, η οποία αν και είναι μικρή δεν παύει να είναι υπολογίσιμη, ειδικά σε συστήματα πυρανίχνευσης που χρησιμοποιούν πολλούς ανιχνευτές.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν κράτη, όπως η Ιταλία, που απαγορεύουν τη χρήση ανιχνευτών ιονισμού. Κάποια άλλα, μέσα σε αυτά και η Ελλάδα, θέτουν αυστηρότατους περιορισμούς στη χρήση τους, υποχρεώνοντας τους κατασκευαστές, εισαγωγείς και εγκαταστάτες να συγκεντρώνουν τους ανιχνευτές μετά την λήξη του ορίου ζωής τους (συνήθως 10 με 12 χρόνια) και να τους αποστέλλουν σε χώρες όπου μπορεί να αφαιρεθεί το επικίνδυνο πλέον ραδιενεργό υλικό τους. Οι πιο πάνω λόγοι κάνουν όλο και περισσότερους χρήστες και εγκαταστάτες να αποφεύγουν τη χρησιμοποίηση τέτοιων ανιχνευτών και να τους αντικαθιστούν από ανιχνευτές ορατού καπνού.



(α)

(β)

εικόνα 3.2 (α) εσωτερικό αισθητήρα ιονισμού, (β) εσωτερικό οπτικού αισθητήρα

Αισθητήρες IR

Άλλη κατηγορία αισθητήρων καπνού είναι οι **αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας (infra red)**. Οι αισθητήρες αυτοί εκπέμπουν μία συνεχή ακτίνα υπέρυθρης ακτινοβολίας στον χώρο που εποπτεύουν. Οποτεδήποτε, καπνός βρεθεί στην "τροχιά" της ακτίνας, σημαίνει ο συναγερμός.

• Θερμοδιαφορικός ανιχνευτής

Είναι ανιχνευτές που ενεργοποιούνται με την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούν δύο αισθητήρια θερμοκρασίας, τοποθετημένα σε τέτοιες θέσεις, που το ένα να επηρεάζεται γρήγορα από την αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και

το δεύτερο αργά. Τα εσωτερικά τους κυκλώματα μετρούν το ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας, συγκρίνοντας τις μετρήσεις από τα δύο αισθητήρια. Αν ο ρυθμός είναι μεγαλύτερος του επιτρεπομένου για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, τότε δίνεται συναγερμός φωτιάς. Οι δύο ρυθμοί αύξησης της θερμοκρασίας στους οποίους ο ανιχνευτής

πρέπει να δώσει συναγερμό είναι προδιαγεγραμμένοι στον Ευρωπαϊκό κανονισμό EN 54-6.

• Θερμικός ανιχνευτής

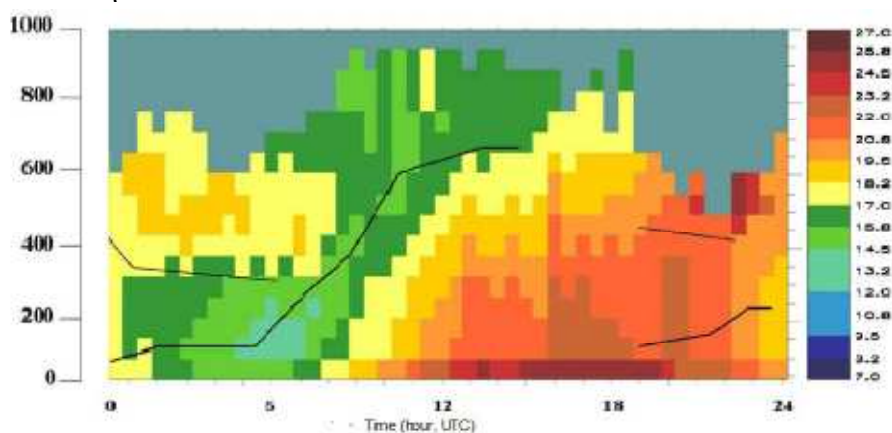
Είναι ανιχνευτές που ενεργοποιούνται όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει ένα σταθερό όριο. Υπάρχουν ανιχνευτές που ενεργοποιούνται στους 60, 70 ή 90 °C, ανάλογα με τις απαιτήσεις

του χώρου στον οποίο θα τοποθετηθούν. Παρ' όλο που σαν ανιχνευτές είναι αξιόπιστοι, είναι αυτοί που θα αντιδράσουν τελευταίοι σε περίπτωση φωτιάς, γι' αυτό και τοποθετούνται σε χώρους όπου οι συνθήκες δεν επιτρέπουν την τοποθέτηση άλλου τύπου ανιχνευτή.

Χρήση ακουστικών - ηχητικών σημάτων (ακουστικό radar)

Σε αυτή την μέθοδο [3] χρησιμοποιούνται ραδιοκύματα για να πάρουμε πληροφορίες σχετικά με την θερμοκρασία μιας περιοχής. Αυτό είναι δυνατό αφού γνωρίζουμε ότι τα κύματα ήχου είναι ιδιαίτερος ευαίσθητα στη θερμοκρασία και στον άνεμο. Έτσι παράμετροι του ηχητικού κύματος που χαρακτηρίζουν την διάδοση του στην ατμόσφαιρα, όπως η ταχύτητα κύματος, μπορούν να μας δώσουν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κ.α. Εφαρμόζοντας μερικές σχετικά άπλες μαθηματικές σχέσεις συσχετίζουμε το χρόνο μετάδοσης του κύματος με την θερμοκρασία αέρα.

Στην συνέχεια παίρνουμε αποτελέσματα της μορφής της **εικόνας 3.3**. Επειδή ο θερμός αέρας έχει την τάση να ανέρχεται γρήγορα, μπορούμε να έχουμε δημιουργήσει με διαδοχικές περιοδικές μετρήσεις έναν "θερμικό χάρτη της περιοχής", που ελέγχεται. Συνέπεια αυτού είναι ότι κάθε αλλαγή σε αυτόν τον χάρτη (δηλαδή αύξηση της θερμοκρασίας) γίνεται άμεσα αντιληπτή και αντιμετωπίζεται κατάλληλα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής είναι δυνατό να καθορισθεί η διακύμανση που θα θεωρείται "επικίνδυνη".



εικόνα 3.4 Θερμοκρασιακό Προφίλ περιοχής ελεγχόμενης με ακουστικό ραντάρ

LASER

Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούν την ίδια αρχή λειτουργίας με τους οπτικούς, αλλά αντί για δέσμη απλού φωτός από LED εκπέμπουν δέσμη λέιζερ. Όμως εξαιτίας της ίδιας της φύσης του λέιζερ, η συσκευή αυτές είναι πολύ πιο ευαίσθητες και μπορούν να ανιχνεύσουν μια φωτιά σε πολύ πρώιμο στάδιο. Το κόστος όμως είναι υψηλό.

Δορυφορική Παρακολούθηση

Σε αυτή την μέθοδο ειδικοί περιβαλλοντικοί δορυφόροι παρατηρούν το έδαφος και συλλέγουν συνεχώς εικόνες. Έπειτα γίνεται σύγκριση των εικόνων αυτών μεταξύ τους και με την χρήση ενός εξειδικευμένου αλγόριθμου εντοπίζονται διαφορές που προέρχονται από εκδήλωση φωτιάς. Παρόλα τα πλεονεκτήματα πάντως που μπορεί να έχουν οι μέθοδοι με λέιζερ και με χρήση δορυφόρων, σπάνια χρησιμοποιούνται σπάνια και για πολύ μεγάλες εκτάσεις.

Κλειστό Κύκλωμα Τηλεόρασης

Ένα κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV) χρησιμοποιείται για επιτήρηση, για οπτική επιβεβαίωση συναγερμών και για εντοπισμό εισβολέων (Εάν συνοδεύεται από την δυνατότητα Video).

Στην απλούστερη μορφή του ένα σύστημα CCTV αποτελείται από:

1. *Κάμερα και φακό* (συνδεδεμένη μέσω του κατάλληλου καλωδίου). *Οθόνες*.
 2. *Αναλογικός ή Ψηφιακός καταγραφέας VIDEO*, για σκοπούς καταγραφής και αναπαραγωγής.
 3. *Συσκευή ελέγχου* για κινητές κάμερες, που ελέγχει την κάμερα κατά στροφή, ύψωση και άνοιγμα του φακού (ZOOM).
 4. *Ζεύγη πομπού και δέκτη* για την μετάδοση της εικόνας.
 5. *Κέντρα ελέγχου* για την λήψη και την αξιοποίηση των εικόνων που στέλνουν οι κάμερες.
- Όλα τροφοδοτημένα με την κατάλληλη τάση.

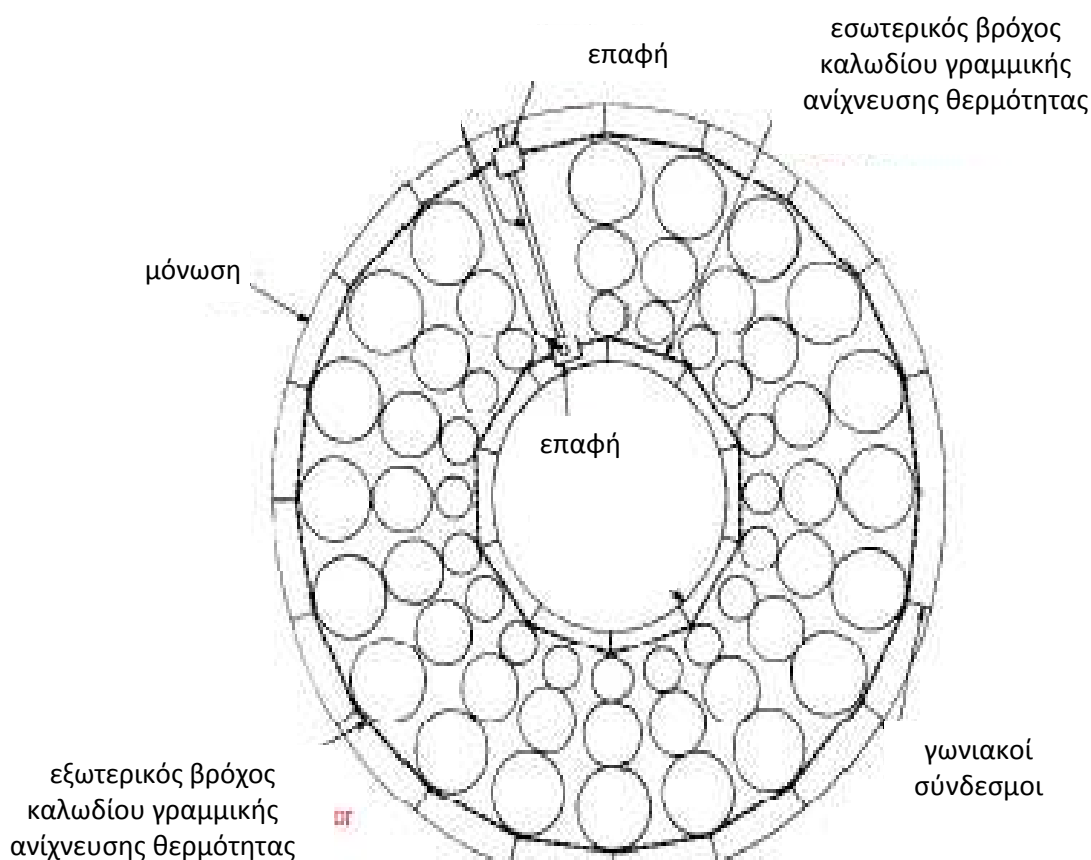


Το σύστημα κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες και απεικονίσεις του χώρου, όπου είναι τοποθετημένες οι κάμερες και έχει σημαίνει συναγερμός, συντελώντας στην αποτελεσματική αντιμετώπιση της πυρκαγιάς.

3.5 Αρχή λειτουργίας Προτεινόμενου Συστήματος Έγκαιρης Προειδοποίησης και αντιμετώπισης Φωτιάς.

Το προτεινόμενο σε αυτή την εργασία σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης και κατάσβεσης πυρκαγιάς το οποίο αναπτύχθηκε από το **ΕΜΠ και ειδικότερα από τον τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων αι Συστημάτων Αποφάσεων** [1] αποτελεί μια φθηνή και αξιόπιστη λύση για την έγκαιρη ανίχνευση προειδοποίηση αλλά και καταπολέμηση πυρκαγιών σε εξωτερικούς χώρους. Στην προκειμένη περίπτωση θα εφαρμοστεί σε **εγκαταστάσεις αποθήκευσης εκρηκτικών του Ελληνικού Στρατού**. Είναι προφανές ότι το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε είδους εγκατάσταση ευαίσθητη σε φωτιά στην οποία απαιτείται μεγιστοποίηση της ασφάλειας έναντι πυρός.

Ο βασικός αισθητήρας που χρησιμοποιεί το σύστημα ένας σχηματισμός διαφόρων βρόχων καλωδίου που περιβάλλουν εκτάσεις γης. Οι βρόχοι καλωδίου αποτελούνται

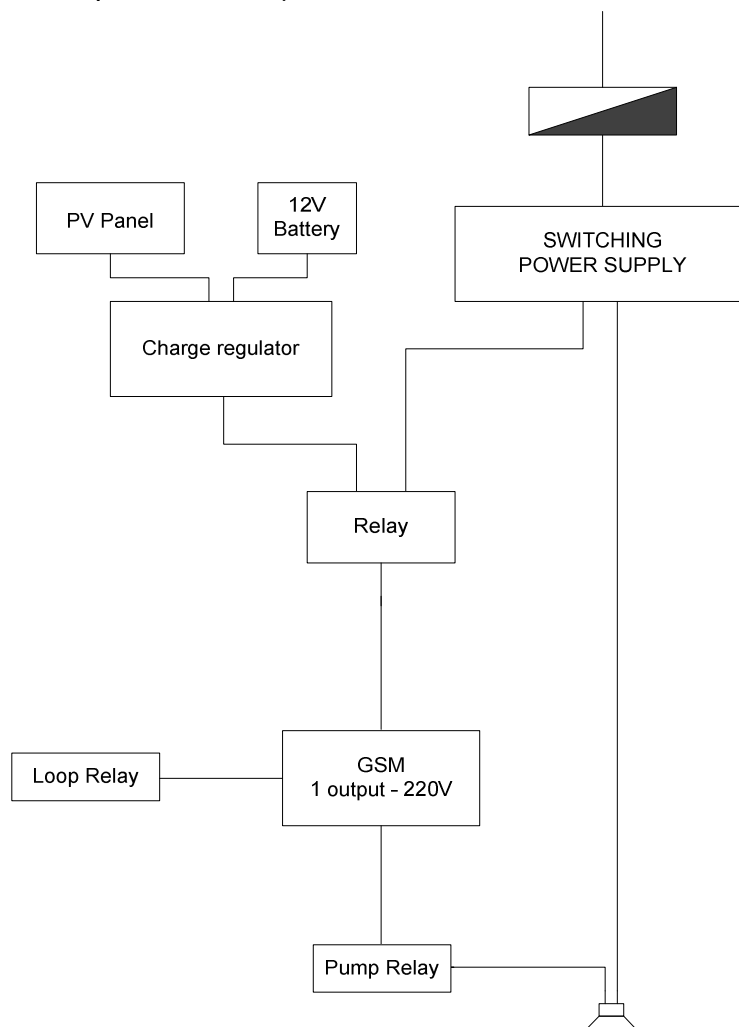


Σχήμα 3.5 Τομή θερμικού Καλωδίου

καλώδιο γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας [15] το οποίο ανταποκρίνεται σε ασυνήθιστες ανοδικές μεταβολές θερμοκρασίας και έτσι προλαμβάνει φωτιές. Χρησιμοποιείται για να ενεργοποιήσει μια μονάδα ελέγχου που ενσωματώνει GSM τεχνολογία [16] με όλα τα πλεονεκτήματα που μπορεί να έχει αυτό αναλόγως της περιπτώσεως (τηλεφωνική ενημέρωση, ενεργοποίηση αντλίας νερού, πτώση αυτόματου διακόπτη ηλεκτροδότησης, κ.λ.π.).

3.5.1 Περιγραφή του Συστήματος

Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε πυρκαγιές υπαίθρου (θαμνώδης βλάστηση και δένδρα) είναι της τάξεως 750 ± 1000 °C [13]. Όπως είναι γνωστό από περιπτώσεις γραμμών διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας σε περιβάλλον πυρκαγιών η θερμοκρασία αυτή προκαλεί συχνά αποκοπή των αγωγών αλουμινίου γιατί η θερμοκρασία τήξης του αλουμινίου είναι της τάξεως των 660 °C [14]. Σύμφωνα με την εμπειρία αυτή, η πυρανίχνευση μίας υπαίθριας περιοχής ορισμένων km^2 μπορεί να γίνει μέσω ενός αγωγού που την περιβάλλει, αν η αποκοπή του αγωγού, λόγω τήξης του από τη φωτιά, ενεργοποιήσει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, που με τη σειρά του θα μπορεί να εκπέμψει σήμα, ανάλογα με την επιθυμητή περίπτωση: φωτεινό ή ηχητικό ή τηλεφωνικό ή οποιοδήποτε συνδυασμό αυτών.



σχήμα 3.6 Μπλόκ διάγραμμα του συστήματος.

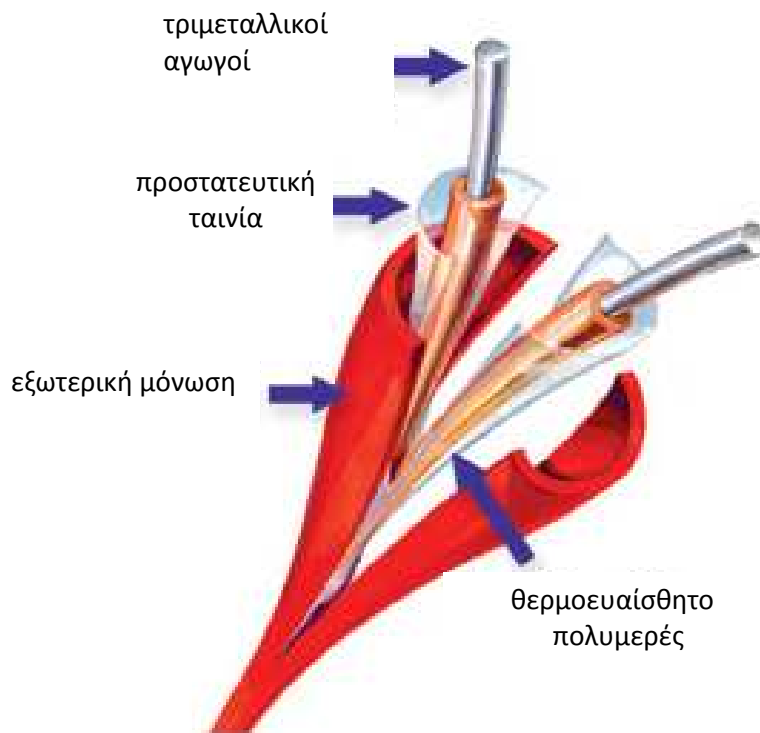
Το σύστημα αποτελείται από 3 διακριτά μέρη:

Το κύκλωμα ισχύος που τροφοδοτεί τις αντλίες και τις λοιπές κατασβεστικές εγκαταστάσεις καθώς επίσης και το ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου που απαιτείται για την ενεργοποίηση των αντλιών όταν οι αισθητήρες ανιχνεύσουν ένα συμβάν φωτιάς.

Περιλαμβάνει πρόβλεψη για μερική αυτονομία του συστήματος αντιμετώπισης φωτιάς μέσω της υλοποίησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα παρέχει 12 Volt dc τάση στο ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου, κατάλληλα διαστασιολογημένο για αυτονομία του συστήματος ελέγχου έως και 3 ημέρες δίχως ηλιοφάνεια.

Την μονάδα ελέγχου που ενσωματώνει τεχνολογία GSM, σχεδιασμένη να αποστέλλει sms μήνυμα, ή να καλεί με αναπάντητες κλήσεις προκαθορισμένα κινητά τηλέφωνα μόλις οι αισθητήρες ανιχνεύσουν συμβάν και την ενεργοποιήσουν. Οι αριθμοί των κινητών τηλεφώνων είναι προγραμματιζόμενοι εντός της μονάδας ελέγχου είτε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή άμεσα συνδεδεμένου σε αυτή με σειριακή θύρα, είτε απομακρυσμένα από κινητό τηλέφωνο μέσω sms μηνυμάτων. Η μονάδα ελέγχου ταυτόχρονα με την ειδοποίηση που παρέχει στην Πυροσβεστική, ή σε οποιοδήποτε άλλο τηλέφωνο θα θέλαμε να αποστείλουμε κλήση ή sms μήνυμα συναγερμού, εκκινεί ακαριαία με την ανίχνευση του συμβάντος και τις αντλίες για την έναρξη της διαδικασίας κατάσβεσης. Τέλος μέσω της μονάδος ελέγχου μπορεί να πραγματοποιείται απομακρυσμένος χειρισμός όλων των αντλιών του συστήματος κατάσβεσης μέσω κινητού τηλεφώνου σε περιπτώσεις λανθασμένου συναγερμού, ή ανάγκης εξουσιοδοτημένης επέμβασης στο σύστημα κατάσβεσης από κάποιον υπεύθυνο και επίσης υπάρχει πρόβλεψη κατά το σχεδιασμό, απάντησης της μονάδας στο χειρισμό αυτό προς επιβεβαίωση και επαλήθευσή του στο χρήστη μέσω του κινητού του.

Το κύκλωμα των αισθητήρων που αποτελείται από ειδικά διαμορφωμένους βρόχους θερμικού καλωδίου γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας [15]. Δημιουργεί διάφορους σχηματισμούς από βρόχους προκειμένου να σχηματίσει ζώνες πυρασφάλειας σύμφωνα με τις πρακτικές ανάγκες και τη μορφολογία της προστατευόμενης περιοχής. Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται στο σύστημα ανήκει στην κατηγορία των συσκευών που ανιχνεύουν και αντιδρούν στη θερμότητα. Είναι γνωστός ως γραμμικού τύπου θερμικός ανιχνευτής ή ως θερμικά ευαίσθητο καλώδιο. Η βασική κατασκευή όλων αυτών των συσκευών αποτελείται από δύο ή περισσότερους κλώνους σύρματος διαχωριζόμενους από μόνωση μέσα σε ένα μακρύ, λεπτό καλώδιο **σχήμα 3.7**.



σχήμα 3.7 Κατά μήκος τομή θερμικού καλωδίου

Μόλις αισθανθούν θερμοκρασιακή αλλαγή, δεν παράγουν κάποια έξοδο μέτρησης θερμοκρασίας. Η λειτουργία τους είναι να αντιδράσουν σε αντικανονική άνοδο της θερμοκρασίας και καταυτό τον τρόπο να εμποδίσουν φωτιές, βλάβες εξοπλισμού κ.τ.λ. Στον πυρήνα του θερμοκά ευαίσθητου καλωδίου υπάρχει ένα συνεστραμμένο ζεύγος τριμεταλλικών αγωγών, εξαιρετικά χαμηλής αντίστασης, οι οποίοι περιβάλλονται από προηγμένης τεχνολογίας θερμοκά πολυμερή **σχήμα 3.6**.



σχήμα 3.8 συνεστραμμένο ζεύγος αγωγών

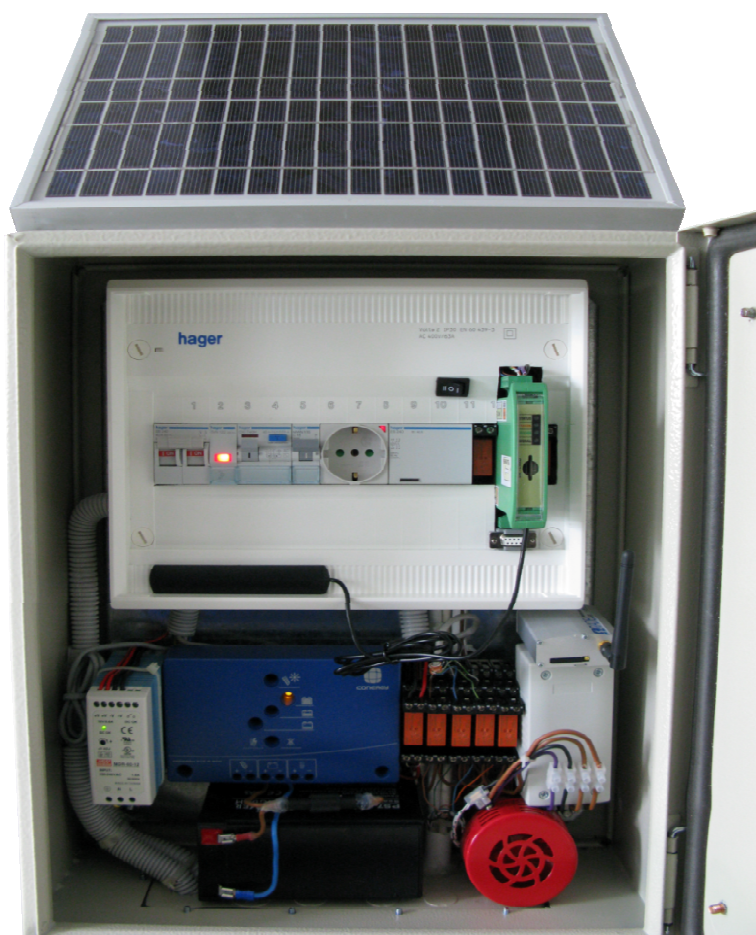
Αυτά τα πολυμερή είναι χημικά κατασκευασμένα ώστε να αποσυντίθενται σε συγκεκριμένες και προκαθορισμένες θερμοκρασίες, επιτρέποντας την επαφή των συνεστραμμένων αγωγών και εκκινώντας έναν συναγερμό χωρίς την ανάγκη βαθμονόμησης για τυχόν αλλαγές εξωτερικής θερμοκρασίας. Υπάρχουν διάφορες μέγιστες θερμοκρασίες περιβάλλοντος εγκατάστασης και συναγερμού του καλωδίου θερμοκά αντίδρασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την τοποθεσία εγκατάστασης και τις περιβαλλοντικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Η πρωτεύουσα είναι η αντίδραση του συμβάντος φωτιάς ακαριαία και αξιόπιστα και η ενεργοποίηση της μονάδας ελέγχου κατά το δυνατόν γρηγορότερα μόλις το συμβάν λάβει χώρα.

Στη παρακάτω φωτογραφία **σχήμα 3.9** φαίνεται η φυσική υλοποίηση του κέντρου ελέγχου του συστήματος Έγκαιρης προειδοποίησης. Σε αυτό περιλαμβάνονται η μονάδα

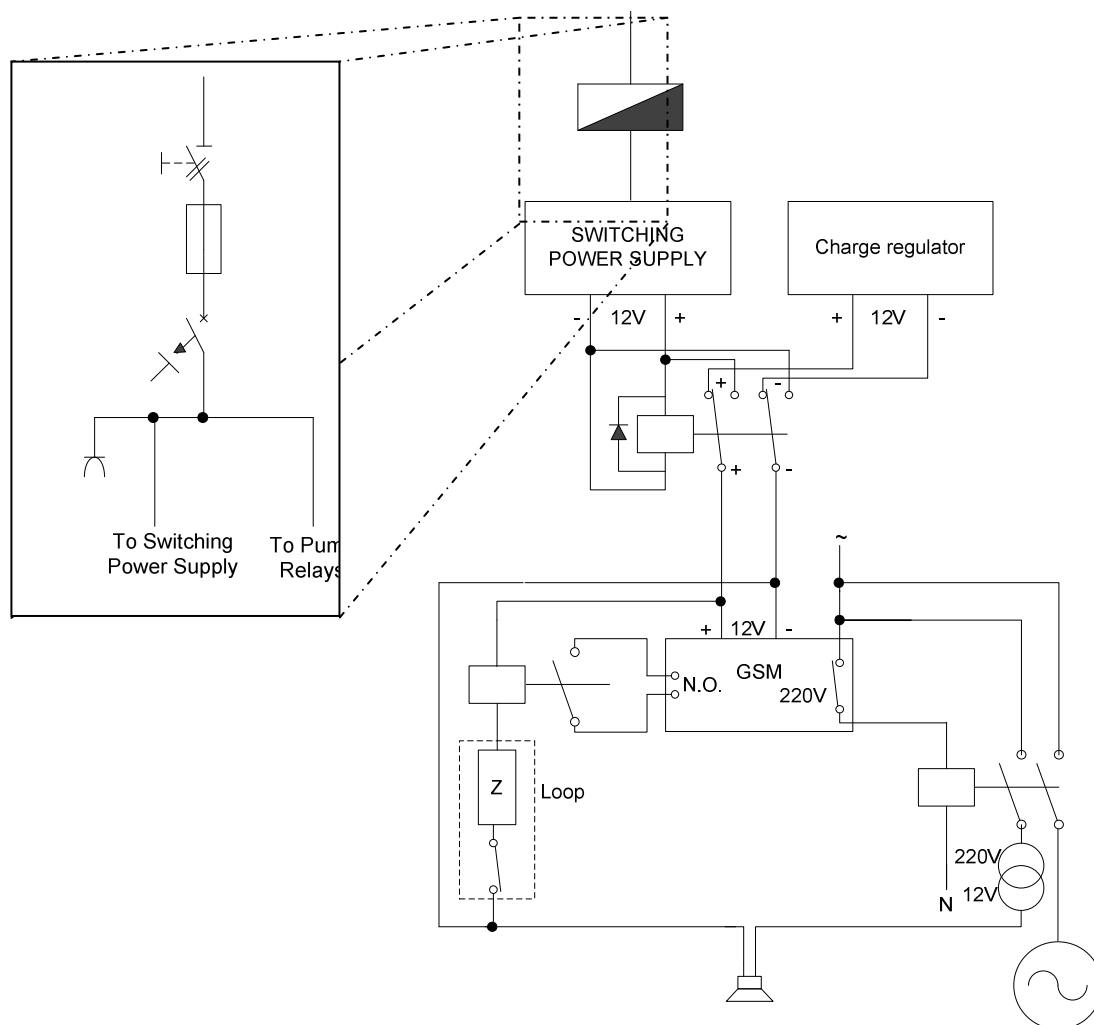
ηλεκτρικού - ηλεκτρονικού ελέγχου του συστήματος, η οποία είναι υπεύθυνη για τις λειτουργίες GSM, και την ακαριαία εκκίνηση των αντλιών κατάσβεσης.

Το κύκλωμα ισχύος που τροφοδοτεί τις αντλίες και τις λοιπές κατασβεστικές εγκαταστάσεις καθώς επίσης και το ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου που απαιτείται για την ενεργοποίηση των αντλιών όταν οι αισθητήρες ανιχνεύσουν ένα συμβάν φωτιάς. Περιλαμβάνει πρόβλεψη για μερική αυτονομία του συστήματος αντιμετώπισης φωτιάς μέσω της υλοποίησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα παρέχει 12 Volt dc τάση στο ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου, κατάλληλα διαστασιολογημένο για αυτονομία του συστήματος ελέγχου έως και 3 ημέρες δίχως ηλιοφάνεια.

Τέλος μέσω της μονάδος ελέγχου μπορεί να πραγματοποιείται απομακρυσμένος χειρισμός όλων των αντλιών του συστήματος κατάσβεσης μέσω κινητού τηλεφώνου σε περιπτώσεις λανθασμένου συναγερμού, ή ανάγκης εξουσιοδοτημένης επέμβασης στο σύστημα κατάσβεσης από κάποιον υπεύθυνο και επίσης υπάρχει πρόβλεψη κατά το σχεδιασμό, απάντησης της μονάδας στο χειρισμό αυτό προς επιβεβαίωση και επαλήθευσή του στο χρήστη μέσω του κινητού του [11].



σχήμα 3.9 Η φυσική υλοποίηση του συστήματος έγκαιρης Προειδοποίησης Πυρκαγιάς



σχήμα 3.10 κυκλωματικό διάγραμμα

Το κυκλωματικό διάγραμμα του συστήματος που αφορά μόνο μία είσοδο και μια έξοδο για λόγους απλότητας δίδεται στο σχήμα

Το παλμοτροφοδοτικό παρέχει αδιαλείπτως 12V dc τάση στη μονάδα ελέγχου GSM για όσο καιρό είναι διαθέσιμη η τάση δικτύου. Σε περίπτωση διακοπής της τάσης του δικτύου, το φωτοβολταϊκό πάνελ αναλαμβάνει να παρέχει την απαιτούμενη τάση για την μονάδα GSM κάνοντας χρήση ενός 12V ρελέ. Το πάνελ τροφοδοτεί το σύστημα μέσω ενός ρυθμιστή φόρτισης οποίος είναι υπεύθυνος για τη φόρτιση της 12V εφεδρικής μπαταρίας των 7,2 Ah και παράλληλα εμποδίζει το ενδεχόμενο βαθείας εκφόρτισής της σε συνθήκες παρατεταμένης απώλειας ισχύος. Η λειτουργία του συστήματος είναι η εξής:

Η εκδήλωση ενός συμβάντος φωτιάς πλησίον ζώνης πυρασφάλειας οριοθετημένης από καλώδιο γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας, θα προκαλέσει τήξη του εξωτερικού μανδύα του καλωδίου όπως και τήξη των εσωτερικών περιβλημάτων των συνεστραμμένων κλώνων του, πράγμα που θα οδηγήσει στο βραχυκύκλωμα των κλώνων. Αυτό στο κυκλωματικό διάγραμμα περιγράφεται με την κλειστή επαφή (1,2). Η σύνθετη αντίσταση Z αντιπροσωπεύει την ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση που εισαγάγει ο βρόχος μετά το βραχυκύκλωμα. Με την ενεργοποίηση του ρελέ που

ελέγχεται από τον βρόχο μέσω του βραχυκυκλώματος του δεύτερου, έχουμε κλείσιμο της (N.O.) επαφής της μονάδας GSM, η οποία βρίσκεται συνεχώς σε κατάσταση αναμονής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της ρουτίνας που έχει προγραμματιστεί η μονάδα να εκτελέσει, που είναι αφενός, η κλήση προκαθορισμένων τηλεφωνικών αριθμών ή η αποστολή γραπτού μηνύματος, και αφετέρου το κλείσιμο της επαφής (3,4) που οπλίζει το ρελέ ισχύος 230V ac της αντλίας και θέτει σε λειτουργία την αντλία και τη σειρήνα.

Τέλος, θα πρέπει να σχολιαστεί η χρήση του ρελέ που οδηγεί την ψηφιακή είσοδο της μονάδας GSM προκειμένου να διαχειριστεί την αντίσταση που εισαγάγει ο βρόχος του καλωδίου. Λαμβάνοντας υπόψη την μικρή αντίσταση ανά μέτρο του βρόχου καλωδίου, η οποία είναι της τάξεως των 0,164 Ω/m, ανάλογα με το μήκος του βρόχου, η συνολική αντίσταση Z που εισαγάγει μπορεί να είναι σημαντικά υψηλή. Έτσι η μονάδα GSM δεν μπορεί να οδηγηθεί από την (N.O.) ψηφιακή επαφή μετά το βραχυκύκλωμα του βρόχου, εξαιτίας της σημαντικής πτώσης τάσης που λαμβάνει χώρα στην αντίσταση Z. Αυτό το πρόβλημα διευθετείται με τη χρήση ενός κατάλληλα επιλεγμένου ρελέ (όσον αφορά στην DC τάση του πηνίου), ανάλογα με το μήκος του υλοποιούμενου βρόχου καλωδίου, σε μια ζώνη πυρασφάλειας.

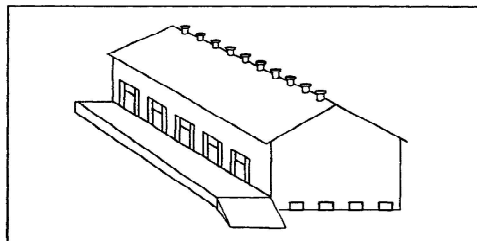
3.6 Εφαρμογή Συστήματος Έγκαιρης προειδοποίησης Φωτιάς σε Αποθήκη Εκρηκτικών τύπου "Α" του Ελληνικού Στρατού.

Δεδομένα

θα μελετήσουμε εδώ, ως προς την πυρανίχνευση, την περίπτωση μιας υπαρκτής αποθήκης εκρηκτικών του Ελληνικού Στρατού.

Η αποθήκη που θα μελετηθεί ονομάζεται **ΤΥΠΟΥ "Α"** και έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

1. Είναι αποθήκη κτιστή από απλή λιθοδομή επιφανειακή και όχι υπόγεια. της μορφής που φαίνεται στο διπλανό σχήμα.
2. Διαστάσεις εσωτερικές (20X10X4 μέτρα). σχήμα 3.12
3. χωρητικότητα 400 τόνων (καθαρής εκρηκτικής ύλης).

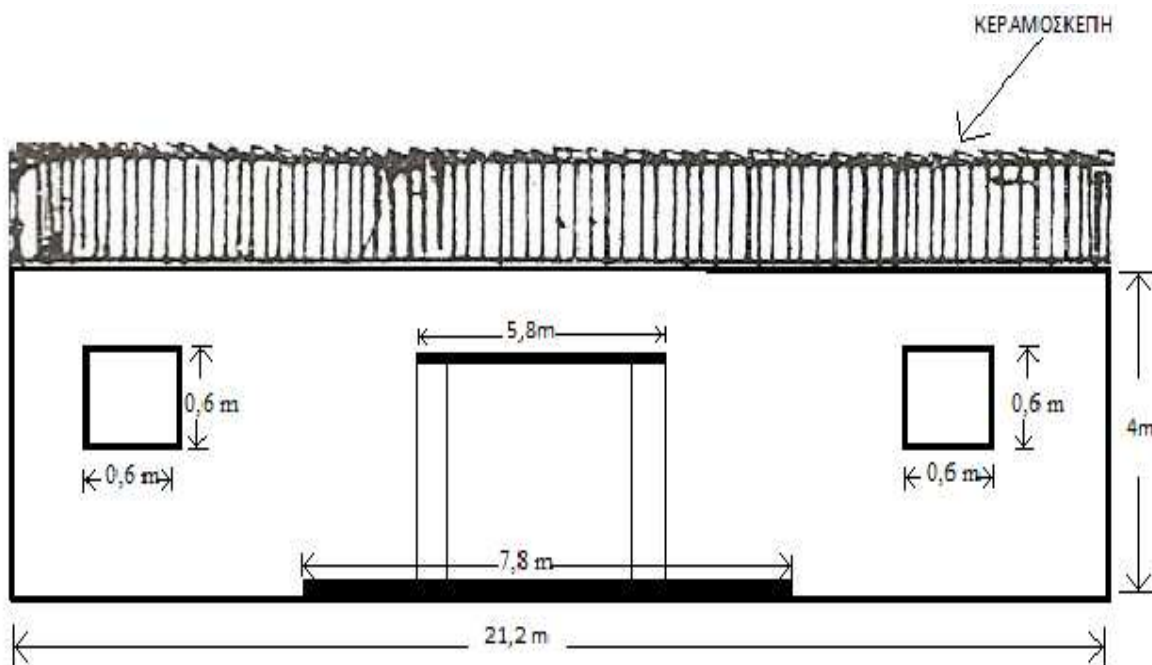


4. δάπεδο από σκυρόδεμα με αντοχή 4,5 τόνων ανά τετραγωνικό μέτρο
5. Κεραμοσκεπή
6. Κρηπίδωμα πλάτους 1 μέτρου και ύψους 0,46 μέτρων και μήκους 7,8μ.
7. Έχει δύο πόρτες, μια στην πρόσθια μεγάλη πλευρά και μια στην πίσω πλάτους 5,8μ
8. 6 ζητοειδή παράθυρα διαστάσεων 0,60Χ0,60 μέτρων.
9. Προστατεύεται από αλεξικέραυνο τύπου κλωβού.

Επίσης θεωρούμε ότι η αποθήκη βρίσκεται μόνη της, στην περιοχή και σε κάθε περίπτωση σε απόσταση από άλλα κτήρια, οδούς κτλ, μεγαλύτερη αυτής που ορίζεται ως απόσταση ασφαλείας κατά περίπτωση από τους ισχύοντες κανονισμούς .

Επίσης η αποθήκη που εξετάζουμε δεν διαθέτει προστατευτικά αναχώματα.

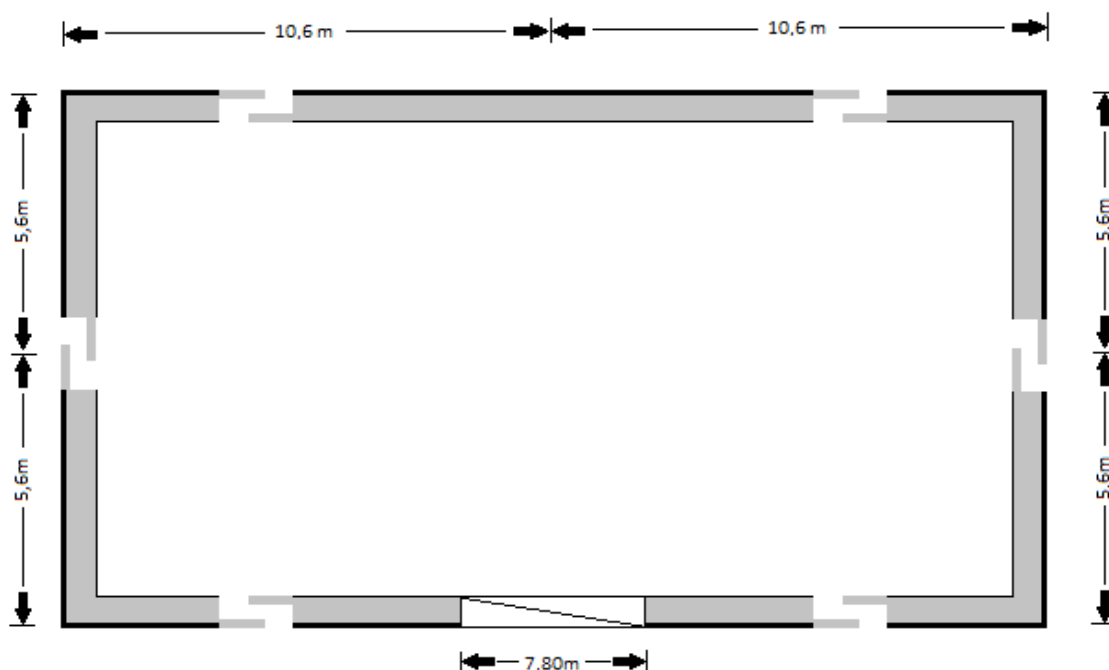
Στο **σχήμα 3.11** δίνεται η πρόσοψη του υπόψη κτιρίου με τις διαστάσεις του (όχι υπό κλίμακα), ως εποπτικό βοήθημα. Η διαφορά στις διαστάσεις μεταξύ αυτών που βλέπουμε στο **σχήμα 3.11** και των αναφερόμενων παραπάνω, οφείλεται στο ότι οι τελευταίες είναι εξωτερικές διαστάσεις και αυξάνονται αναπόφευκτα από το πάχος της τοιχοποιίας.



Σχήμα 3.11 Πρόσοψη Αποθήκης Εκρηκτικών τύπου Α

Στο **σχήμα 3.12** παρακάτω φαίνεται μια κάτοψη της ίδιας αποθήκης υπό κλίμακα.. Εδώ φαίνονται τόσο οι εσωτερικές όσο και οι εξωτερικές διαστάσεις, καθώς επίσης και

θέσεις και διαστάσεις των εισόδων. Επίσης φαίνονται οι θέσεις των παραθύρων και ο τρόπος κατασκευής τους (ζητοειδής) ώστε να μην επιτρέπεται είσοδος αντικειμένων από τα αυτά.



Σχήμα 3.12 Κάτοψη Αποθήκης Εκρηκτικών τύπου Α

Σκοπός μας, σε αυτή την μελέτη είναι η προστασία από φωτιά, μιας αποθήκης εκρηκτικών, με την τοποθέτηση περιμετρικά της υπόψη αποθήκης, βρόχου θερμικού καλωδίου γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας [1]. Μπορούμε μάλιστα να δημιουργήσουμε και περισσότερους του ενός βρόχους θερμικού καλωδίου ανάλογα με τις ανάγκες και την μορφολογία εδάφους για καλύτερα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με τους ισχύοντες στρατιωτικούς κανονισμούς ασφαλείας [1],[2], η απόσταση του κοντινότερου στύλου μεταφοράς ρεύματος πρέπει να είναι 15 μέτρα. Οι ίδιοι κανονισμοί ορίζουν σαν ελάχιστη απόσταση αποψίλωσης (ξερά χόρτα, ακαθαρσίες γενικά) τα 15 μέτρα επίσης.

Συνεπώς μια λογική απόσταση για να τοποθετηθεί το καλώδιο είναι τα 15 μέτρα. Με τον τρόπο αυτό καλύπτουμε και πιθανούς κινδύνους προερχόμενους από τις γραμμές μεταφοράς ρεύματος. Κάνοντας την παραδοχή ότι η μορφολογία του εδάφους επιτρέπει αυτή τοποθέτηση, μια απλοποιημένη σχηματική αναπαράσταση για το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί, φαίνεται στο **σχήμα 3.13**.

Το καλώδιο θερμικής ανίχνευσης του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης φωτιάς, συμβολίζεται με την μαύρη κυκλική γραμμή γύρω από την κάτοψη του κτηρίου της

αποθήκης εκρηκτικών. Το κόκκινο παραλληλόγραμμο δείχνει μια πιθανή θέση του ηλεκτρικού-ηλεκτρονικού κέντρου του προτεινόμενου συστήματος πυρανίχνευσης.

Η θέση αυτή πρέπει να πληρή τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

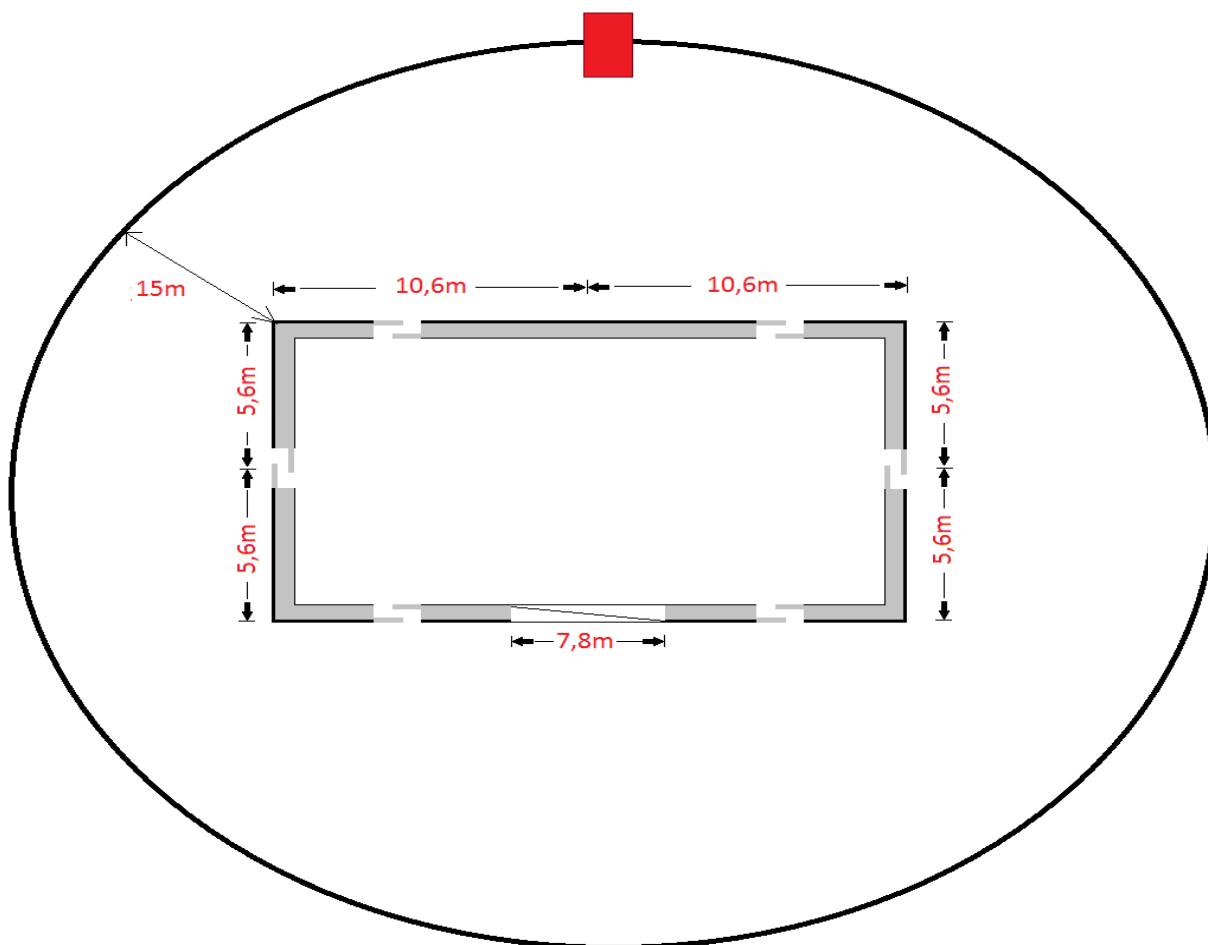
- Πρέπει να βρίσκεται σε θέση χαμηλού κινδύνου είτε φωτιάς είτε καταστροφής από άλλες αιτίες όπως δολιοφθορά ή κλοπή.
- θέση ορατή και εύκολα προσβάσιμη από το προσωπικό πυρασφαλείας.

Για να καθορίσουμε την μέγιστη θερμοκρασία στην οποία θα αντιδρά το καλώδιο γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας εξετάζουμε το είδος του περιβάλλοντος χώρου της αποθήκης. Με αυτό το τρόπο προσπαθούμε να εντοπίσουμε τα υλικά γύρω από την αποθήκη που είναι επικίνδυνα και μπορεί να αναφλεγούν.

Στην περίπτωση που εξετάζουμε εδώ και με δεδομένο το φυσικό περιβάλλον της Ελλάδας και τους χώρους που συνήθως τοποθετούνται τέτοιες αποθήκες (ελληνική ύπαιθρος). Θεωρούμε ως πιθανότερο επικίνδυνο υλικό το οποίο μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά, τα ξερά χόρτα, λεπτά ξύλα, και φύλλα (συνήθως πευκοβελόνες)

Η θερμοκρασία καύσης του ξύλου που είναι 250 °C. Η θερμοκρασία αυτή μειώνεται όταν το ξύλο είναι κομμένο σε μικρά κομμάτια και έχει μυτερές αιχμές.

Οπότε μια λογική θερμοκρασία ενεργοποίησης του συναγερμού από το θερμικό καλώδιο θα ήταν οι 200 °C.



Σχήμα 3.13 Κάτοψη του χώρου κάλυψης από το σύστημα πυρανίχνευσης.

Η θερμοκρασία των 200 °C, μας προστατεύει από το ενδεχόμενο άσκοπων συναγερωμών για φωτιά αφού είναι αρκετά υψηλή και αν ξεπεραστεί το πιο πιθανό είναι να υπάρχει πράγματι εστία φωτιάς.

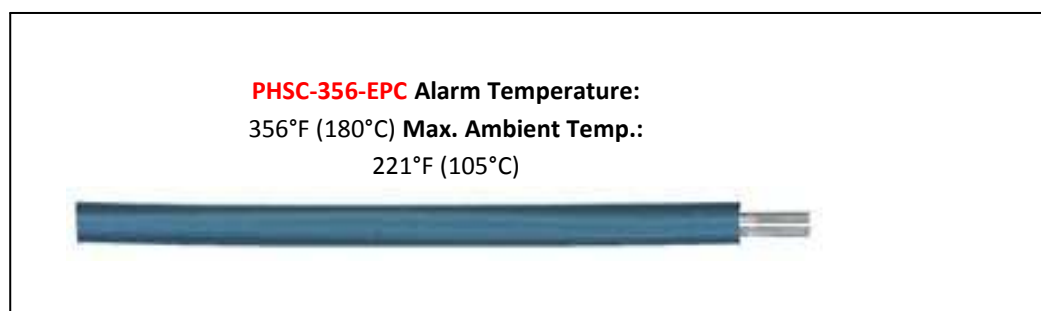
Μια έρευνα στο διαδίκτυο, για τέτοιου είδους καλώδιο μας οδήγησε σε έναν ικανό αριθμό εταιριών που κατασκευάζουν τέτοια καλώδια γραμμικής ανίχνευσης θερμοκρασίας για σκοπούς πυρανίχνευσης.

Η γκάμα του εμπορίου περιελάμβανε πολλά είδη καλωδίου γραμμικής ανίχνευσης θερμότητας. Οι διαφορές τους βρίσκονταν στην εξωτερική επένδυση του συνεζευγμένου ζεύγους αγωγών. Ουσιαστικά δηλαδή παρέχεται μια ποικιλία συνδυασμών μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και θερμοκρασίας συναγερωμού όπως φαίνεται στην **εικόνα 3.14**.

Product Type	Model Number	Alarm Temperature	Max. Recommended Ambient Temperature	Approvals/Max. Listed Spacing UL/cUL FM	
<u>EPC</u> Multi-Purpose/ Commercial & Industrial Applications	PHSC-155-EPC	155° F (68° C)	100° F (38° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-190-EPC	190° F (88° C)	150° F (66° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-220-EPC	220° F (105° C)	175° F (79° C)	N/A	25 ft. (7.6m)
	PHSC-280-EPC	280° F (138° C)	200° F (93° C)	50 ft. (15.2m)	25 ft. (7.6m)
	PHSC-356-EPC	356° F (180° C)	221° F (105° C)	50 ft. (15.2m)	See Note 1
<u>EPR</u> Good Weathering Properties & High Temperature Jacket Performance	PHSC-155-EPR	155° F (68° C)	100° F (38° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-190-EPR	190° F (88° C)	150° F (66° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-280-EPR	280° F (138° C)	200° F (93° C)	50 ft. (15.2m)	25 ft. (7.6m)
	PHSC-356-EPR	356° F (180° C)	250° F (121° C)	50 ft. (15.2m)	See Note 1
<u>TRI</u> Applications Requiring Pre-alarm	PHSC-6893-TRI	Pre-alarm: 155° F (68° C) Alarm: 200° F (93° C)	100° F (38° C)	N/A	15 ft. (4.6m)
<u>XCR</u> High Performance/ Industrial Applications Excellent Abrasion & Chemical Resistance	PHSC-155-XCR	155° F (68° C)	100° F (38° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-190-XCR	190° F (88° C)	150° F (66° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)
	PHSC-220-XCR	220° F (105° C)	175° F (79° C)	N/A	25 ft. (7.6m)
	PHSC-280-XCR	280° F (138° C)	200° F (93° C)	50 ft. (15.2m)	25 ft. (7.6m)
	PHSC-356-XCR	356° F (180° C)	250° F (121° C)	50 ft. (15.2m)	See Note 1
<u>XLT</u> Multi-Purpose/ Excellent Low Temp. Properties	PHSC-135-XLT	135° F (57° C)	100° F (38° C)	50 ft. (15.2m)	30 ft. (9.1m)

εικόνα 3.14 ενδεικτικοί τύποι καλωδίων γραμμικής ανίχνευσης θερμοκρασίας

Από τα υπάρχοντα προϊόντα το καλώδιο τύπου **PHSC-356-EPC** (εικόνα 3.15.) θα μπορούσε να επιλεγεί για την εφαρμογή μας



εικόνα 3.15 τμήμα καλωδίου PHSC-356-EPC

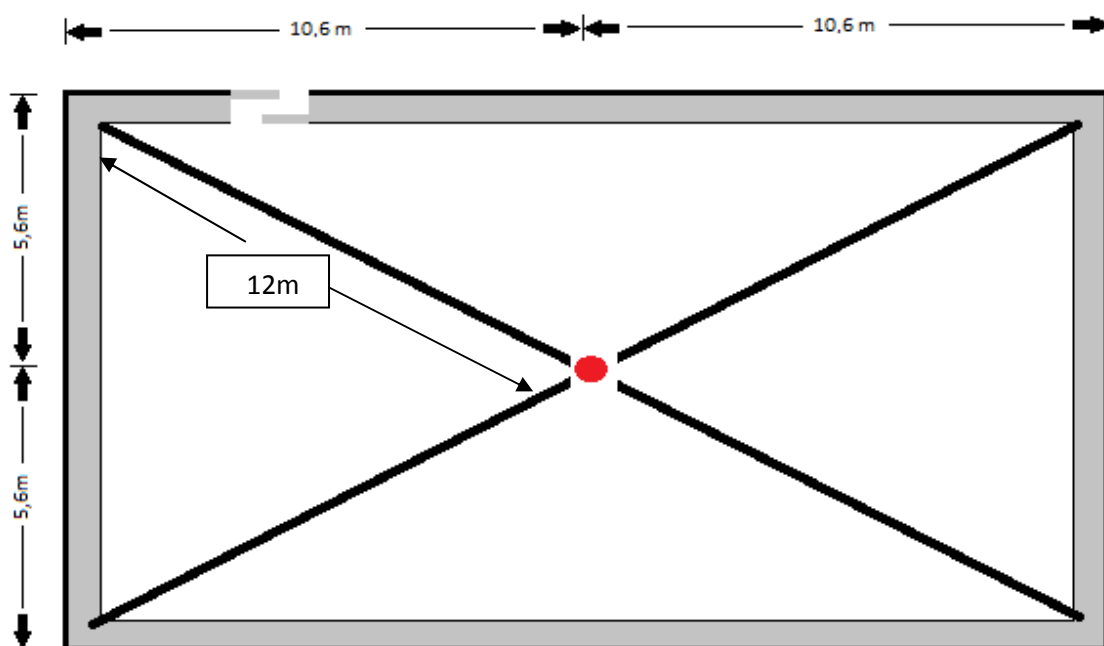
Διότι η θερμοκρασία συναγερμού του (**180 °C**), είναι η κοντινότερη στην επιλεγμένη από εμάς θερμοκρασία (**200 °C**).

Ακόμα η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος, λειτουργίας του (**105 °C**) καλύπτει πλήρως τις θερμοκρασιακές συνθήκες που μελετάμε.

Ενώ τέλος έχει το **μικρότερο κόστος** από όλους τους συναφείς τύπους με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Με αναφορά στο **Σχήμα 3.16** , για να υπολογίσουμε το μήκος καλωδίου **PHSC-356-EP** που θα χρειαστούμε έχουμε:

Θεωρούμε κύκλο με κέντρο στο σημείο τομής των διαγωνίων του κτηρίου μας. Με γνωστές τις κάθετες πλευρές υπολογίζουμε ότι το σημείο αυτό θα είναι 12 μέτρα από κάθε γωνία.



Σχήμα 3.16

Συνεπώς έχουμε κύκλο ακτίνας $12+15=27$ μέτρα. Άρα και αφού περιφέρεια κύκλου = $2\pi r$ με $r=27$, τελικά χρειαζόμαστε 169,56 μέτρα καλωδίου γραμμικής ανίχνευσης θερμοκρασίας. **Με αυτό το μήκος πετυχαίνουμε κάλυψη περιμετρικά της αποθήκης εκρηκτικών και η ελάχιστη απόσταση μεταξύ καλωδίου και κτηρίου είναι 15μ όπως αρχικά απαιτήσαμε.**

Η μονάδα ελέγχου του συστήματος με το που θα αντιληφθεί φωτιά, θέτει σε λειτουργία συναγερμό ηχητικό (σειρήνα) και οπτικό (φάρος φωτιάς και άλλα είδη φωτεινών σημάτων), στην περιοχή της αποθήκης και στον χώρο που βρίσκεται ο υπεύθυνος ασφαλείας της αποθήκης.

Ειδικότερα προβλέπονται από τον Ελληνικό κανονισμό πυρασφαλείας μερικοί κανόνες που βοηθούν στον σωστό υπολογισμό του πλήθους και των θέσεων των σειρήνων:

- Η ένταση του ήχου πυρανίχνευσης σε οποιοδήποτε σημείο πρέπει να είναι 65db ή 5db πάνω από τον θόρυβο που επικρατεί συνήθως.

- Η ένταση δεν πρέπει να είναι τέτοια που να προκαλεί μόνιμη βλάβη στην ακοή.
- Οι σειρήνες πρέπει να κατανεμηθούν απαραίτητα σε δυο κυκλώματα άστε ακόμα και αν ένα από τα δυο εμφανίσει βλάβη, το σύστημα να μπορεί να λειτουργήσει.
- Αν το σύστημα πυρασφάλειας είναι τοποθετημένο σε χώρους όπου πρέπει να ξυπνήσουν άτομα, τότε η ένταση του ήχου πρέπει να είναι τουλάχιστον 75db στο ύψος του κρεβατιού.
- Τα μέσα οπτικής σήμανσης πρέπει να βρίσκονται σε τέτοιες θέσεις ώστε να είναι ορατά από όλες τις κατευθύνσεις.

Επίσης καλεί τα τηλέφωνα που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη της για αυτό το σκοπό. Αυτά θα είναι τα τηλέφωνα του υπεύθυνου ασφαλείας της αποθήκης, καθώς και της τμήματος άμεσης επέμβασης για κατάσβεση της πυρκαγιάς ή όποιου άλλου προσώπου κρίνεται σκόπιμο αφού τα νούμερα αυτά είναι προγραμματιζόμενα και μπορούν να αλλάζουν.

3.7 Συμπεράσματα

Το προτεινόμενο σύστημα πυρασφάλειας είναι σχεδιασμένο για εξωτερική χρήση και στοχεύει στην προστασία κρίσιμων υποδομών ή μεγάλων εκτάσεων γης και φυσικά στρατιωτικών εγκαταστάσεων όπως οι αποθήκες εκρηκτικών, οι οποίες εγκυμονούν μεγάλους κινδύνους σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Τα αξιόπιστα επιμέρους στοιχεία του συστήματος μπορούν να αντιληφθούν άμεσα το συμβάν της φωτιάς κατά τα πρώτα στάδια της εκδήλωσης του με συνέπεια την αποτελεσματική αντιμετώπιση της.

Το χαμηλό κόστος της υλοποίησης και η ευκολία εγκατάστασης του, αποτελούν επιπλέον παράγοντα που μπορεί να βαρύνει υπέρ της επιλογής του υπόψη συστήματος ως μέσου προστασίας αποθηκών με εκρηκτικά η και οποιασδήποτε άλλης στρατιωτικής εγκατάστασης υψηλού κινδύνου.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το προτεινόμενο σύστημα έχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό και με άλλου είδους αισθητήρες εκτός του θερμικού καλωδίου, όπως για παράδειγμα οι θερμικές κάμερες IR. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία που μας προσφέρει το σύστημα. Μπορούμε δηλαδή να έχουμε μεγαλύτερη γκάμα επιλογών ανάλογα με τις ειδικές κάθε φορά συνθήκες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Σελούντος Β, Παπαϊωάννου, Περδίας, Χουσιανάκος, , εφαρμοσμένη πυρασφάλεια και στοιχεία πυρόσβεσης. Αθήνα 1998
- [2] Κέντρα δεδομένων - Πυροπροστασία και Συστήματα Πυρόσβεσης. Σταύρος Αναγνωστάτος 2008
- [3] MANUAL OF NATO SAFETY PRINCIPLES FOR THE STORAGE OF MILITARY AMMUNITION AND EXPLOSIVES AASTP-1 MAY 2006
- [4] DoD 4145.26-M Contractor's safety Manual for Ammunition and Explosives March 2008
- [5] Κανονισμός πυροπροστασίας κτιρίων: Προεδρικό διάταγμα 71/88 (ΦΕΚ 32/Α/17-2-88).
- [6] Κώνστας Α. Εφαρμοσμένη Πυρασφάλεια Αθήνα 1998
- [7] FIRE FIGHTING OPERATIONS Department of the army Washington 1999
- [8] DoD AMMUNITION AND EXPLOSIVES SAFETY STANDARDS 2008
- [9] ΤΕ 34-205 ΤΕΧΝΙΚΑΙ ΟΔΗΓΙΑΙ ΠΥΡΟΜΑΧΙΚΩΝ 1959
- [10] ΣΚ 80-51 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΠΥΡΑΚΑΪΩΝ 1995
- [11] GSM ENABLED SYSTEM FOR OUTDOOR FIRE DETECTION AND SUPPRESION. Anagnostatos, Polykrati, Tsarabaris, P.D Bourkas/ IASTED 2009 Palma de Mallorca
- [12] Εκρηκτικές ύλες / Χαραλάμπους Ε. Τσουτρέλη.
- [13] Εκρηκτικές ύλες και τεχνική των ανατινάξεων / Χαραλάμπους Ε. Τσουτρέλη