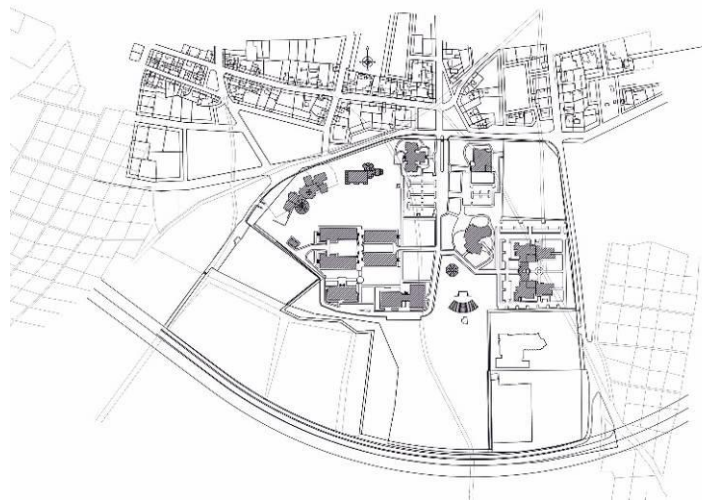




ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



*«Μέθοδοι αποκατάστασης κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν  
πληγεί από πυρκαγιά – υψηλό θερμικό φορτίο»*

ΜΕΤΑΞΙΩΤΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΜΙΤΟΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΕΡΡΕΣ | ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ | ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Μέθοδοι αποκατάστασης κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν  
πληγεί από πυρκαγιά – υψηλό θερμικό φορτίο»*

ΜΕΤΑΞΙΩΤΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΜΙΤΟΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΕΡΡΕΣ | ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023

*Στην οικογένεια μου*

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στη διερεύνηση του φαινομένου της πυρκαγιάς και στις μεθόδους αποκατάστασης κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν πληγεί από πυρκαγιά-υψηλό θερμικό φορτίο. Η πυρκαγιά αποτελεί ένα σημαντικό φαινόμενο, καθώς οι συνέπειες της δύναται να έχουν καταστροφικό χαρακτήρα όχι μόνο για τις κτιριακές εγκαταστάσεις, αλλά και για την ίδια την ανθρώπινη ζωή, η οποία απειλείται αρκετά συχνά. Είναι απαραίτητο τα κτίρια να πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη πυρασφάλειά τους, ανάλογα τη φύση των κτιρίων. Στο πλαίσιο αυτό, τα υφιστάμενα κτίρια απαιτούν παρεμβάσεις έτσι ώστε να αποκαθίστανται, ειδικότερα μάλιστα όταν αυτά είναι πυρόπληκτα. Για τον λόγο αυτό, εκτός από την ανάλυση του φαινομένου διερευνώνται οι μέθοδοι και υλικά τα οποία εντάσσονται στις παρεμβάσεις αποκατάστασης που αναφέρθηκαν. Εξετάζεται συγκεκριμένα, πολυώροφο κτίριο στην πόλη της Καβάλας, τμήμα του οποίου αποκαταστάθηκε έπειτα από πυρκαγιά. Αναλύεται η μέθοδος αποκατάστασης του τμήματος του κτιρίου μέσω αναλυτικών βημάτων. Τέλος, αναλύονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία.

### **Λέξεις Κλειδιά:**

Πυρκαγιά, μέθοδοι, αποκατάσταση, κτίριο

# Summary

The present thesis refers to the investigation of the phenomenon of fire and the restoration methods of reinforced concrete structures affected by fire-high thermal load. Fire is an important phenomenon, as its consequences can be devastating not only for building facilities, but also for human life itself, which is threatened quite often. It is necessary that the buildings meet the necessary specifications so that the required fire safety is achieved, depending on the nature of the buildings. In this context, the existing buildings require interventions so that they can be restored, especially when they are damaged by fire. For this reason, in addition to the analysis of the phenomenon, the methods and materials included in the mentioned restoration interventions are investigated. Specifically, a multi-storey building in the city of Kavala, part of which was restored after a fire, is being examined. The restoration method of the part of the building is analyzed through analytical steps. Finally, conclusions are drawn from this thesis.

**Keywords:**

Fire, methods, restoration, building

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Περίληψη</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
Κατάλογος Πινάκων .....	9
Κατάλογος Σχημάτων .....	10
Κατάλογος Εικόνων .....	11
<b>Κεφάλαιο 1</b> .....	<b>12</b>
1. Εισαγωγή.....	12
1.1 Θεμελιώδεις ορισμοί.....	13
1.2 Διαχείριση κινδύνων.....	14
1.3 Κίνδυνος πυρκαγιάς σε υφιστάμενα κτίρια .....	16
1.4 Εύφλεκτα υλικά.....	18
1.5 Αντικείμενο και σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας .....	21
<b>Κεφάλαιο 2</b> .....	<b>22</b>
2. Πυρκαγιά σε κτίρια.....	22
2.1 Πυρκαγιά και βασικές έννοιες .....	22
2.1.1 Ανάλυση του φαινομένου- Φάσεις τυπικής πυρκαγιάς σε κτίρια .....	25
2.2 Πυρκαγιά σε κτιριακά έργα .....	27
2.3. Συνέχιση και συνοχή διαδικασιών λειτουργικότητας. Κριτήρια Ακεραιότητας, Θερμομόνωσης και ευστάθειας δομικών στοιχείων.....	33
2.4. Δομική Πυροπροστασία .....	34
2.4.1 Γενικές αρχές δομικής πυροπροστασίας .....	34
2.4.1.1. Παθητική Πυροπροστασία .....	34
2.4.1.2. Ενεργητική Πυροπροστασία .....	35
2.4.2 Ισχύουσα νομοθεσία- Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (ΠΔ 41/2018) .....	36
2.4.2.1. Πεδίο εφαρμογής κανονισμού.....	37
2.4.3 Περιορισμός εξάπλωσης της φωτιάς- Διαμερισματοποίηση .....	39
2.4.4 Ταξινόμηση των κτιρίων ανάλογα με τη χρήση τους .....	39
2.5. Προληπτική και κατασταλτική πυρασφάλεια .....	41

2.5.1 Πρόληψη πυρκαγιών .....	41
2.5.2 Προληπτικά μέσα .....	42
<b>Κεφάλαιο 3 .....</b>	<b>44</b>
3. Συμπεριφορά Δομικών Υλικών, Αξιολόγηση Κτιρίων και Υλικά Αποκατάστασης .....	44
3.1 Συμπεριφορά των δομικών υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες .....	44
3.1.1 Χάλυβας σπλισμού .....	44
3.1.2 Σκυρόδεμα .....	47
3.1.3 Τοιχοποιία .....	48
3.1.4 Ξύλο .....	48
3.1.5 Αλουμίνιο .....	49
3.1.6 Γυαλί .....	49
3.1.7 Πλαστικό .....	50
3.2 Συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού σε υψηλές θερμοκρασίες .....	50
3.2.1 Υποστυλώματα .....	50
3.2.2 Δοκοί .....	51
3.2.3 Πλάκες .....	51
3.3 Βλάβες στον φέροντα οργανισμό .....	52
3.3.1 Είδη βλαβών .....	52
3.3.2 Αιτίες βλαβών λόγω υψηλών θερμοκρασιών .....	53
<b>Κεφάλαιο 4 .....</b>	<b>54</b>
4.1 Αξιολόγηση κτιρίων έπειτα από πυρκαγιά .....	54
4.1.1 Κριτήρια και μεθοδολογία αξιολόγησης .....	54
4.1.2 Αξιολόγηση βλαβών στο πεδίο .....	55
4.1.3 Εργαστηριακοί έλεγχοι-Αποτελέσματα .....	55
4.2 Αποκατάσταση πυρόπληκτων κτιρίων .....	55
4.2.1 Υλικά αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων .....	55
4.2.1.1. Ειδικοί τύποι σκυροδέματος .....	56
4.2.1.2. Πολυμερικές κόλλες .....	58
4.2.1.3. Επισκευαστικά κονιάματα .....	58
4.2.1.4. Φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή .....	59

4.3 Μέθοδοι αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων.....	60
<b>Κεφάλαιο 5</b> .....	<b>63</b>
5. Εξεταζόμενο παράδειγμα: Πολυώροφη οικοδομή στην πόλη της Καβάλας.....	63
Περιγραφή γεγονότος.....	63
5.1 Περιγραφή κατάστασης κτιρίου μετά την πυρκαγιά.....	63
5.2 Οπτικός έλεγχος.....	65
<b>Κεφάλαιο 6</b> .....	<b>73</b>
6. Συμπεράσματα.....	73
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>75</b>
<i>Βιβλιογραφικές πηγές:</i> .....	75
<i>Ηλεκτρονικές Πηγές</i> .....	78
<b>Παράρτημα Α</b> .....	<b>80</b>
Φωτογραφικό υλικό.....	80



# Κατάλογος Πινάκων

**Πίνακας 1:** Ταξινόμηση σύμφωνα με την επικινδυνότητα των εύφλεκτων υγρών

σελ. **19-20**

**Πίνακας 2:** Πεδίο εφαρμογής κανονισμών πυροπροστασίας

σελ. **39**

# Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 1:** Στάδια διαχείρισης κινδύνου πυρκαγιάς σελ.14
- Σχήμα 2 & 3:** Μεταβολή ορ. Διαρροής χαλύβων οπλισμού σε υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια πυρκαγιάς και εφελκυστική αντοχή χαλύβων σε υψηλές θερμοκρασίες «μετά την απόψυξη» σελ.45
- Σχήμα 4:** Θερμική επιμήκυνση χάλυβα, όπου η καμπύλη [1] είναι ο χάλυβας οπλισμού, και η καμπύλη [2] ο προεντεταμένος χάλυβας σελ.46
- Σχήμα 5:** Μειωτικός συντελεστής  $k_s$  ( $\theta$ ) επί της χαρακτηριστικής τάσης διαρροής ( $f_{yk}$ ) εφελκυόμενου και θλιβόμενου οπλισμού (Κατηγορία N), όπου Καμπύλη [1] εφελκυόμενος οπλισμός θερμής εξέλασης για παραμορφώσεις  $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$ , καμπύλη [2] εφελκυόμενος οπλισμός ψυχρής κατεργασίας για παραμορφώσεις  $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$  και καμπύλη [3] θλιβόμενος ή εφελκυόμενος οπλισμός για παραμορφώσεις  $< 2\%$  σελ.47
- Σχήμα 6:** Μηχανισμός ανακατανομής της εντάσεως λόγω πυρκαγιάς σε μία συνεχή δοκό δύο ανοιγμάτων σελ.51

## Κατάλογος Εικόνων

- Εικόνα 1:** «Επώαση»: Μετά την αρχική ανάφλεξη, ένα στρώμα θερμών αερίων αρχίζει να δημιουργείται στην οροφή, ενώ αρχίζουν να θερμαίνονται η βιβλιοθήκη και το τραπέζι, δια μεταφοράς και ακτινοβολίας θερμότητας από την αρχική πηγή σελ.25
- Εικόνα 2:** «Φούντωμα». Το στρώμα των θερμών αερίων που συσσωρεύεται στην οροφή προκαλεί την ανάφλεξη ενός μεγάλου μέρους της καύσιμης ύλης μέσα στο πυροδιαμέρισμα. Αρχίζουν τα πρώτα φαινόμενα εξαπλώσεως της φωτιάς εκτός του πυροδιαμερίσματος, συνήθως δια μέσου των ανοιγμάτων σελ.26
- Εικόνα 3:** «Πλήρης ανάπτυξη»: Το μεγαλύτερο μέρος της καύσιμης ύλης του πυροδιαμερίσματος καίγεται (εμπειρικός περίπου το 60%). Φλόγες και υπέρθερμα αέρια μεταφέρονται δια μέσου των ανοιγμάτων σε άλλα πυροδιαμερίσματα ή και κτίρια σελ.27
- Εικόνα 4:** «Απόσβεση»: Μετά την εξάντληση των καυσίμων μέσα στο πυροδιαμέρισμα, ακολουθεί το στάδιο της αποσβέσεως. Πάντως, είναι πιθανό η πυρκαγιά να έχει διαδοθεί σε άλλα πυροδιαμερίσματα ή και κτίρια σελ.27
- Εικόνα 5:** Κάτοψη όπου φαίνεται η αρίθμηση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων σελ.65
- Εικόνα 6:** α. Εκτίναξη επικάλυψης οπλισμών – β. Θερμομονωτικές πλάκες σελ.66
- Εικόνα 7:** Επίχρισμα που διατηρήθηκε σελ.66
- Εικόνα 8:** Στο βάθος φαίνεται το υποστύλωμα K37 το οποίο διατήρησε το επίχρισμα του και είναι μόνο καπνισμένο στο ανώτερο τμήμα του σελ.67
- Εικόνα 9:** Τοποθέτηση ικριωμάτων βαρέως τύπου σελ.68
- Εικόνα 10:** Καθαίρεση επικάλυψης βλαμένου σκυροδέματος σε δοκούς σελ.69
- Εικόνα 11:** Διάτρηση πλάκας πυλωτής και τοποθέτηση διαμήκους οπλισμού υποστυλωμάτων σελ.70

# Κεφάλαιο 1

## 1. Εισαγωγή

Η διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής αποτελεί πρωταρχική επιδίωξη τόσο των ανθρώπων σε ατομικό επίπεδο, όσο και σε συλλογικό. Τα κτίρια χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα του ανθρώπου, καθώς μέσα σε αυτά διαβιούν, μορφώνονται, εργάζονται, διασκεδάζουν, και γενικότερα πραγματοποιούν το μεγαλύτερο μέρος των δραστηριοτήτων τους. Τα κτίρια είναι σημαντικό να είναι ασφαλή, έτσι ώστε να παραμένουν ασφαλείς και οι πολίτες που τα επισκέπτονται καθημερινά. Η ασφάλεια των κτιρίων απειλείται καθημερινά από πολλούς, φυσικούς ή και ανθρώπινους παράγοντες, οι οποίοι δύναται να έχουν καταστροφικό χαρακτήρα ανάλογα με την ένταση και το εύρος τους. Η πυρκαγιά, η οποία μπορεί να προκληθεί από διάφορους παράγοντες, απειλεί τόσο τη «ζωή» του κτιρίου όσο και του ανθρώπου. Η έννοια της πυρασφάλειας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανθεκτικότητα και την προστασία των νέων ή και των υφιστάμενων κτιρίων, προστατεύοντας κατ' επέκταση και την ανθρώπινη ζωή. Για τον λόγο αυτό, η κατασκευή και η συντήρηση των κτιρίων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η πυρασφάλειά τους, είναι απαραίτητη. Με το ζήτημα της πυρκαγιάς και των μεθόδων αποκατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε θερμικά φορτία (πυρκαγιά) σχετίζεται και η εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Όσο αφορά στη δομή της παρούσας εργασίας, αυτή απαρτίζεται από δύο βασικά μέρη· το θεωρητικό και το πρακτικό, το οποίο αποτελείται από την μελέτη περίπτωσης. Πιο συγκεκριμένα, και όσον αφορά στο θεωρητικό μέρος της εργασίας, αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί εισαγωγικό, καθώς εισάγει τον αναγνώστη σε βασικές έννοιες όπως αυτή της διαχείρισης κινδύνων, της πυρκαγιάς ως ενδεχόμενου κινδύνου, καθώς και των εύφλεκτων υλικών. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται η πυρκαγιά όσον αφορά στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Παρατίθενται βασικές έννοιες γύρω από την πυρκαγιά, ενώ πραγματοποιείται και η απαραίτητη ανάλυση του φαινομένου. Στη συνέχεια η πυρκαγιά συγκεκριμενοποιείται, ως παράγοντας κινδύνου σε κτιριακά έργα. Στα πλαίσια αυτά παρατίθενται και αναλύονται οι διαφορετικές κατηγορίες κτιρίων, τα είδη και οι αιτίες οι οποίες δύναται να ευθύνονται για την εκδήλωση πυρκαγιών σε αυτά. Τέλος, καταγράφονται οι επιπτώσεις που μπορεί να ακολουθήσουν της εκδήλωσης πυρκαγιάς, όσον αφορά στις κτιριακές εγκαταστάσεις.

Στο τρίτο κεφάλαιο του θεωρητικού μέρους αναλύεται η συμπεριφορά τόσο των δομικών υλικών όσο και του φέροντα οργανισμού ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια έκθεσης τους σε υψηλές θερμοκρασίες. Στο τέταρτο και τελευταίο θεωρητικό κεφάλαιο αναλύονται οι τρόποι αξιολόγησης ενός κτιρίου έπειτα από την έκθεση του σε υψηλά θερμικά φορτία καθώς και οι διαθέσιμες μέθοδοι και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την απαραίτητη αποκατάσταση των πυρόπληκτων κτιρίων.

Όσο αφορά το πρακτικό μέρος αποτελείται από συγκεκριμένο παράδειγμα, το οποίο αποτελείται από μία πολυώροφη οικοδομή που βρίσκεται στην πόλη της Καβάλας τμήμα της οποίας υπέστη φθορές από το φαινόμενο της πυρκαγιάς. Αναλυτικότερα, περιγράφεται η κατάσταση του κτιρίου έπειτα από

την πυρκαγιά και την αξιολόγηση του. Στη συνέχεια αναλύονται οι μέθοδοι οι οποίες πραγματοποιήθηκαν για την αποκατάσταση των βλαβών, με τις απαραίτητες επεμβατικές τεχνικές και υλικά αποκατάστασης.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και έπειτα από αυτό ακολουθούν τα παραρτήματα φωτογραφιών.

## 1.1 Θεμελιώδεις ορισμοί

Είναι πρωταρχικής σημασίας πριν εντρυφήσουμε σε έννοιες ή μελέτες, υπολογισμούς και μεθοδολογίες, να ορίσουμε το «γλωσσάρι» της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας. Έτσι λοιπόν, στο σημείο αυτό αναφέρονται κάποιοι θεμελιώδεις ορισμοί οι οποίοι θα αποδώσουν αναλυτικά τη σημασία των βασικών λέξεων. Πιο συγκεκριμένα:

### •Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής

Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής είναι χημικές αντιδράσεις που συμπεριλαμβάνουν τη μεταφορά ηλεκτρονίων από ένα χημικό είδος σε ένα άλλο. Σε αυτές τις αντιδράσεις, ένα χημικό είδος αποκτά ηλεκτρόνια (ονομάζεται αναγωγέας), ενώ ένα άλλο χημικό είδος χάνει ηλεκτρόνια (ονομάζεται οξειδωτής). Οι αντιδράσεις αυτές συμβαίνουν όταν υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ χημικών ειδών που έχουν διαφορετική ηλεκτρονική δομή, και η μεταφορά ηλεκτρονίων προκαλεί αλλαγές στην κατάσταση οξείδωσης των χημικών ειδών.

Π.χ.  $2\text{Cr} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ .

### •Καύσεις

Είναι οι οξειδοαναγωγές εκείνες, αντιδράσεις του οξυγόνου, οι οποίες συνοδεύονται από έκλυση φωτός και ανύψωση της θερμοκρασίας.

Π.χ.  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

### •Πυρκαγιά (φωτιά)

Πρόκειται για μια αντίδραση καύσης, συνοδευόμενη από ταχεία έκλυση σημαντικού ποσού θερμότητας και από ισχυρή φωταύγεια (φλόγες). Από την εκλυόμενη θερμότητα, ένα ποσοστό απορροφάται από τα καιόμενα υλικά (διαβίβαση, αγωγιμότητα) και ένα ποσοστό διαχέεται προς το περιβάλλον, μέσω θερμικής ακτινοβολίας και μέσω της κίνησης του θερμού ( η υπέρθερμου) αέρα (μετάδοση, μεταφορά), ο οποίος παρασύρει σπίθες και καιόμενα υλικά.

### •Καπνός

Μίγμα σωματιδίων άνθρακα και πίσσας, αλλά και προϊόντων πυρόλυσης και ατελούς καύσης.

### •Φλόγα

Συγκέντρωση υπέρθερμων ή διάπυρων αερίων και μορίων των καιόμενων υλικών.

### •Ανάφλεξη

Επαφή καύσιμου υλικού με οξυγόνο, οπότε υπό θέρμανση (φλόγα) παρατηρείται έναρξη καύσης. Ως θερμοκρασία αναφλέξεως ενός σώματος, ορίζεται η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία το σώμα αρχίζει να καίγεται, ενούμενο με το οξυγόνο του αέρα. (Πρακτικός Οδηγός σε Πυρόπληκτα TEE\_ΕΜΠ 2008).

## 1.2 Διαχείριση κινδύνων

Γενικά η διαχείριση κινδύνων είναι η διαδικασία εντοπισμού, αξιολόγησης και ελέγχου των απειλών για το κεφάλαιο και τα κέρδη ενός οργανισμού. Αυτές οι απειλές, ή οι κίνδυνοι, θα μπορούσαν να προέρχονται από ένα ευρύ φάσμα πηγών, όπως χρηματοοικονομική αβεβαιότητα, νομικές υποχρεώσεις, σφάλματα στρατηγικής διαχείρισης, ατυχήματα και φυσικές καταστροφές. Η διαχείριση κινδύνων είναι η διαδικασία εντοπισμού, αξιολόγησης και μετριασμού των κινδύνων για την αύξηση της πιθανότητας επιτυχίας του έργου. Η έννοια της διαχείρισης κινδύνου αποτελεί μία έννοια της οποίας το νόημα δύναται να διαφοροποιείται ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιείται (Ζαμπράνης, 2009).

Ο κίνδυνος αποτελεί μια αρκετά συχνά χρησιμοποιούμενη έννοια και χρησιμοποιείται εναλλακτικά με λέξεις όπως τύχη, πιθανότητα, κ.α.. Πιθανότητα η οποία δύναται να καταδείξει μία κατάσταση αβεβαιότητας, για το αντικείμενο, το θέμα ή τη δραστηριότητα που συζητείται. Ωστόσο, ακόμη αν και δύναται κανείς να καταλάβει από το πλαίσιο της συζήτησης, τι σημαίνει κίνδυνος έστω και με τις διαφορετικές λέξεις που καταγράφονται βιβλιογραφικά, είναι απαραίτητο στο πλαίσιο της μηχανικής λήψης αποφάσεων να υπάρχει ακρίβεια και συνέπεια στην κατανόηση του κινδύνου (Elms, 1998).

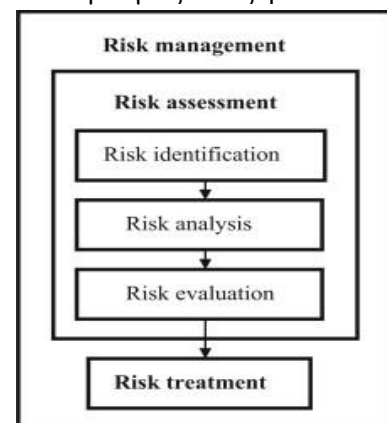
Αυτή η διαδικασία παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάλυση κινδύνου λόγω του γεγονότος ότι μόνο οι εντοπισμένοι πιθανοί κίνδυνοι, οι οποίοι είναι υποκειμενικά και αντικειμενικά γνωστοί, μπορούν να ληφθούν υπόψη. Εάν δεν εντοπίζονται όλοι οι σχετικοί κίνδυνοι τότε η ανάλυση κινδύνου θα οδηγήσει σε μεροληπτική λήψη αποφάσεων, που γενικά θα είναι αναποτελεσματικό από το κόστος και τελικά θα μπορούσε οδηγούν σε σημαντικά υψηλούς κινδύνους, τόσο για τα άτομα, όσο και για το περιβάλλον (Faber - Stewart, 2003).

Η Διαχείριση Κινδύνων ξεκινά νωρίς στον κύκλο ζωής ενός έργου, επιλέγοντας το ορθότερο και το καταλληλότερο έργο το οποίο θα εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής, με την ομάδα του έργου και την αλυσίδα εφοδιασμού προμηθευτών, εξοπλισμού, υλικών και εργολάβων κατασκευών. Η διαχείριση έργων πολιτικού μηχανικού απαιτεί αντιμετώπιση της αβεβαιότητας - γεγονός που θα μπορούσε να επηρεάσει την παράδοση έργου. Οι Διαχειριστές Κινδύνου εστιάζουν την προσοχή των ομάδων του έργου στον εντοπισμό κινδύνων, αξιολογούν τους πιο κρίσιμους και θέτουν σε εφαρμογή σχέδια για τον μετριασμό τους.

Σύμφωνα με τον ορισμό, η διαχείριση κινδύνου περιλαμβάνει εκτίμηση κινδύνου, αντιμετώπιση κινδύνων και διάφορα στάδια των διαδικασιών διαχείρισης κινδύνου πυρκαγιάς όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας ενός συστήματος συνίσταται στη χρήση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών για την εκτίμηση του κινδύνου για άτομα ή πληθυσμούς, περιουσία ή περιβάλλον, από προσδιορισμένους κινδύνους, τη σύγκριση με στόχους και την αναζήτηση βέλτιστων λύσεων. Η δομή και η λειτουργία των κτιρίων γίνονται όλο και πιο περίπλοκα και διάφορες νέες τεχνολογίες και τεχνικές εμφανίζονται συνεχώς, οι οποίες έχουν οδηγήσει στην ολοένα και πιο σοβαρή κατάσταση των πυρκαγιών.

Σύμφωνα με το αμερικανικό Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων, «κίνδυνος είναι ένα αβέβαιο γεγονός ή μία αβέβαιη κατάσταση



Σχήμα 1. Στάδια διαχείρισης κινδύνου πυρκαγιάς, ιδία επεξεργασία

που, εφόσον επέλθει έχει θετικό ή αρνητικό αντίκτυπο στο στόχο ενός έργου» (Best, 2001). Οι συνέπειες που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν τραυματισμός ή απώλεια ζωής, κόστος ανοικοδόμησης, απώλεια οικονομικής δραστηριότητας, περιβαλλοντικές απώλειες κ.λ.π.. Σε όλες τις περιπτώσεις, το ζήτημα της ασφάλειας πρέπει να αντιμετωπιστεί είτε ρητά είτε έμμεσα. Όταν αναφέρεται η ρητή αντιμετώπιση, σημαίνει πως οι στόχοι ασφαλείας τίθενται ως προς τους μέγιστους αποδεκτούς κινδύνους (Vrouwenvelder et al, 2001). Ωστόσο, δεν είναι ο μηχανικός που αποφασίζει πάντα για την αποδοχή επικίνδυνων δραστηριοτήτων. Οι αποφάσεις λαμβάνονται από πολιτικούς που με τη σειρά τους επηρεάζονται από τον τύπο, την κοινή γνώμη, ομάδες πίεσης και ούτω καθεξής. Κατά συνέπεια, υπάρχει ανάγκη επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων μερών.

Ένας κίνδυνος δύναται να χαρακτηριστεί ανάλογα με τις πιθανότητες εκδήλωσής του ή και τα αποτελέσματα ως υψηλός, μέτριος, ή χαμηλός. Σύμφωνα με τον Wideman (1992), οι κίνδυνοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις επιμέρους κατηγορίες με βάση α) τις διαθέσιμες πληροφορίες, β) τις συνέπειες, και γ) τη φύση.

Η διαχείριση του κινδύνου (risk management) στον τομέα της διαχείρισης ενός έργου αποτελεί το σύνολο των διαδικασιών αναγνώρισης, ανάλυσης, ανταπόκρισης και παρακολούθησης των κινδύνων κατά τη διάρκεια της ζωής ενός έργου, με σκοπό την επίτευξη των αρχικών στόχων του (Charman – Ward, 2002). Η κατασκευή είναι μια επικίνδυνη επιχείρηση. Κάθε κατασκευαστικό έργο είναι μοναδικό και έρχεται με το δικό του σύνολο προκλήσεων και ευκαιριών. Ο εντοπισμός και η διαχείριση των κινδύνων κατασκευαστικών έργων μπορεί να είναι δύσκολος, αλλά όχι αδύνατος με προσεκτικό σχεδιασμό και εκτέλεση. Όταν ένας κίνδυνος μετατρέπεται σε πραγματικότητα, μπορεί να διαταράξει και να εκτροχιάσει ένα έργο και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η διαχείριση του κινδύνου κατασκευής είναι τόσο σημαντική.

Ως συνέπεια της τεράστιας ζήτησης για ανάλυση αποφάσεων βάσει των κινδύνων σε εφαρμογές εφαρμοσμένης μηχανικής και της προφανούς έλλειψης αναγνώρισης της ανάλυσης κινδύνου ως ξεχωριστής μεθόδου, έχει αναπτυχθεί ένα αρκετά ευρύ φάσμα πρακτικών για την ανάλυση κινδύνου, στην πάροδο των ετών. Η ανάλυση κινδύνου μπορεί στην πραγματικότητα να αντιπροσωπεύει πολύ διαφορετικά πράγματα ανάλογα με τους «επαγγελματίες» που εκτελούν την ανάλυση και τους πελάτες που τους την ζητούν. Αυτή η κατάσταση δεν είναι ικανοποιητική και ειδικότερα όσο αφορά το επάγγελμα του μηχανικού πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για τον προσδιορισμό της ανάλυσης κινδύνου, για τον προσδιορισμό της καλύτερης μεθόδου για την ανάλυση κινδύνου και επιπλέον να καθοριστεί ένα πλαίσιο για την κατηγοριοποίηση και την τυποποίηση ανάλυσης αυτής (Faber - Stewart, 2003).

Η διαχείριση κινδύνου πυρκαγιάς αποτελεί ένα από τα πεδία όσο αφορά τους κινδύνους, και είναι σημαντικό τα κτίρια είτε να κατασκευάζονται είτε να ανακατασκευάζονται σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα, έτσι ώστε να αποφεύγεται η πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς, είτε να μειώνονται οι αρνητικές συνέπειες όταν αυτή εκδηλωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο, προστατεύοντας τόσο το ίδιο το κτίριο, όσο και τους ανθρώπους οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε αυτό. Είναι σημαντικό και απαιτείται να πρέπει να διενεργείται εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς σε όλους τους τύπους κτιρίων. Στη συνέχεια του συγκεκριμένου κεφαλαίου θα αναλυθεί εκτενέστερα ο κίνδυνος πυρκαγιάς και συγκεκριμένα σε υφιστάμενα κτίρια.

### 1.3 Κίνδυνος πυρκαγιάς σε υφιστάμενα κτίρια

Η φωτιά είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας, καθώς αποτελεί ένα σημαντικό και ζωτικής σημασίας μέρος του ανθρώπινου πολιτισμού. Μεταξύ των διαφορετικών τύπων καταστροφών οι οποίες έχουν ήδη καταγραφεί, η πυρκαγιά συνιστά σημαντική απειλή για τη ζωή και την παρουσία των ανθρώπων, τόσο σε αγροτικές, όσο και σε αστικές περιοχές. Οι πυρκαγιές κτιρίων, ιδίως οι πυρκαγιές κατοικιών, εξακολουθούν να αποτελούν κρίσιμη ανησυχία, καθώς πυρκαγιές διαφορετικών μεγεθών που σημειώνονται ανά διαστήματα τόσο στον Ελλαδικό χώρο, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν ή δύναται να έχουν ως αποτέλεσμα την άμεση ζημιά της ιδιοκτησίας και των κτιρίων, τον τραυματισμό πολιτών, ή ακόμα και τον θάνατό τους σε πολλές περιπτώσεις. Η κοινωνία έχει ανταποκριθεί στην απειλή πυρκαγιάς σε κτίρια με πολλούς τρόπους, όπως η επέμβαση πυροσβεστικών υπηρεσιών, η ασφάλιση, οι οικοδομικοί κανονισμοί, η εκπαίδευση σχετικά με τους κινδύνους πυρκαγιάς, οι έλεγχοι στη χρήση υλικών και προϊόντων σε κτίρια και ο σχεδιασμός κτιρίων για την αντίσταση στις επιπτώσεις μίας πυρκαγιάς.

Ο κίνδυνος πυρκαγιάς ορίζεται ως το προϊόν της πιθανότητας εμφάνισης πυρκαγιάς και της αναμενόμενης συνέπειας ή έκτασης της ζημιάς στην εμφάνιση πυρκαγιάς (*Watts – Hall, 2002*). Επιπλέον, αποτελεί συνάρτηση τριών παραγόντων: απώλεια ή ζημιά σε κάτι που εκτιμάται (π.χ. ζωή, παρουσία, επιχειρηματική συνέχεια, κληρονομιά, το περιβάλλον ή κάποιος συνδυασμός αυτών), το σενάριο που μπορεί να προκαλέσει την απώλεια ή ζημιά και μια απόφαση σχετικά με την πιθανότητα να προκύψει η απώλεια ή η βλάβη (*Xin - Huang, 2013*).

Σε κάθε κτίριο ή και γενικότερα σε μία έκταση, εντοπίζεται η πιθανότητα/ο κίνδυνος πρόκλησης πυρκαγιάς, όταν οι συνθήκες οι οποίες θα υφίστανται ή και θα δημιουργηθούν θα προσφέρουν πρόσφορο έδαφος για την εκδήλωση της. Το σύνολο των κτιρίων δύναται να χωρισθεί σε δύο κατηγορίες. Έτσι, ανεξάρτητα από τη χρήση τους, διακρίνονται από άποψη πυροπροστασίας σε υφιστάμενα και νέα (Πυροσβεστική Υπηρεσία Ελλάδος, 2021). Καθοριστικό ρόλο για τη διάκριση αυτή, αποτελεί η εναρκτήρια ημερομηνία ισχύος του Προεδρικού Διατάγματος 71/1998 για τον «Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων», όπως αναφέρεται αναλυτικότερα και στο ΦΕΚ Α' 32 και όπως αυτός αναθεωρήθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα 41/2018 ΦΕΚ 80/Α' 7.5.2018. Σε αντίθεση με τον ορισμό των υφιστάμενων κτιρίων, νέα κτίρια θεωρούνται εκείνα των οποίων η άδεια κατατέθηκε μετά την ημερομηνία έναρξης του ισχύοντος (νεότερου) προεδρικού διατάγματος. Ακόμα, ως υφιστάμενο κτίριο αποτελεί το κτίριο το οποίο υπήρχε και κατασκευάστηκε πλήρως κατά την ημερομηνία κατά την οποία ο αιτών υπέβαλε για πρώτη φορά την αίτησή του. Τα υφιστάμενα κτίρια υφίστανται συχνά αλλαγές κατά τη διάρκεια της ζωής τους για αλλαγή, τροποποίηση ή βελτίωση της απόδοσής τους ή της φύσης της χρήσης τους.

Ο κίνδυνος πυρκαγιάς αποτελεί μία εξαιρετικά σημαντική παράμετρο, η οποία πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την κατασκευή νέων κτιρίων, καθώς και για την αναβάθμιση και την προστασία των υφιστάμενων. Οι πυρκαγιές κτιρίων χαρακτηρίζονται από υψηλή αβεβαιότητα, επομένως η εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς τους είναι πολύ δύσκολη. Πολλοί δείκτες και παράμετροι που σχετίζονται με πυρκαγιές κτιρίων είναι ασαφείς και αβέβαιες. Ως αποτέλεσμα, απαιτείται μια ευέλικτη και στιβαρή μέθοδος για την επεξεργασία ποσοτικών ή ποιοτικών δεδομένων και την ενημέρωση των υπαρχουσών πληροφοριών όταν υπάρχουν νέα δεδομένα (*Mi et al, 2020*).

Η εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς σε κτίρια περιλαμβάνει τρία στάδια, την αναγνώριση κινδύνου πυρκαγιάς, την ανάλυση κινδύνου πυρκαγιάς και την αξιολόγηση κινδύνου πυρκαγιάς. Η αναγνώριση



κινδύνου πυρκαγιάς είναι η συστηματική διαδικασία για να κατανοήσουμε πώς, πότε και γιατί μπορεί να συμβεί πυρκαγιά. Η ανάλυση κινδύνου πυρκαγιάς είναι η διαδικασία εκτίμησης των μεγεθών των συνεπειών και των πιθανοτήτων των δυσμενών επιπτώσεων από την πυρκαγιά σε ένα κτίριο. Το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης κινδύνου πυρκαγιάς εκφράζεται είτε σε ποιοτικούς, μεικτούς είτε ποσοτικούς όρους ανάλογα με το είδος του κινδύνου, τον σκοπό της ανάλυσης κινδύνου, πόσο λεπτομερής είναι η ανάλυση και τους διαθέσιμους πόρους πληροφοριών. Η αξιολόγηση κινδύνου πυρκαγιάς συνεπάγεται και την εφαρμογή των ανεπτυγμένων κριτηρίων κινδύνου και τη λήψη απόφασης σχετικά με το επίπεδο κινδύνου πυρκαγιάς.

Η αντιμετώπιση του κινδύνου πυρκαγιάς είναι η διαδικασία βελτίωσης των υπάρχοντων μέτρων ελέγχου του κινδύνου, η ανάπτυξη νέων μέτρων ελέγχου κινδύνου και η εφαρμογή αυτών των μέτρων για τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς (Xin - Huang, 2013). Επομένως, η ανάλυση του κινδύνου πυρκαγιάς αποτελεί μόνο ένα στάδιο στην διαδικασία διαχείρισης των κινδύνων και λειτουργεί ως βάση για τον καθορισμό κανονιστικών διαδικασιών και των αποφάσεων σχετικά με το εάν πρέπει να αναληφθούν μέτρα για τη μείωση του κινδύνου. ή θα επιλέξει κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης κινδύνων ή όχι (Bedford – Cooke, 2001). Η έρευνα που σχετίζεται με την ανάλυση κινδύνου πυρκαγιάς είναι επομένως κρίσιμη και απαραίτητη.

Εάν τα κτίρια, τα οποία έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με παλαιότερες προδιαγραφές για τις πυρκαγιές και κτιριακούς κανονισμούς, κριθούν από το ισχύον νομοθετικό πρότυπο, μπορεί να θεωρηθούν ότι έχουν ελλείψεις για την προστασία πυρασφάλειας. Οι εργασίες βελτίωσης μπορεί να θεωρηθούν απαραίτητες, ανάλογα την περίπτωση. Ωστόσο, εάν οι εργασίες βελτίωσης πρόκειται να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα, μπορεί να επιφέρουν μεγάλο οικονομικό βάρος. Έτσι, η ιεράρχηση της βελτίωσης που λειτουργεί με βάση μια ολιστική αξιολόγηση της πυρασφάλειας, θα επιβαρύνει ακόμη και το κόστος για μια χρονική περίοδο και θα διατηρεί την πυρασφάλεια σε υπάρχοντα κτίρια σε λογικό επίπεδο. Μέθοδοι κατάταξης πυρασφάλειας έχουν αναπτυχθεί σε πολλές χώρες για να βοηθήσουν στην αξιολόγηση του επιπέδου πυρασφάλειας των κτιρίων (Lo et al, 2005). Ορισμένες από τις μεθόδους που υιοθετούν για την προσέγγιση αξιολόγησης πολλαπλών χαρακτηριστικών μπορεί να παρέχουν έλεγχο πυρασφάλειας στο σύνολο του κτιρίου ακροθιγώς. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να προσφέρει μια απλή αξιολόγηση και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για πολύπλοκα πολυώροφα κτίρια.

Ένα από τα προβλήματα της χρήσης της αξιολόγησης πολλαπλών χαρακτηριστικών είναι ο χειρισμός των ανακριβών πληροφοριών και ορισμός ορισμένων από τα χαρακτηριστικά πυρασφάλειας. Σε αυτή την περίπτωση, γίνονται παραδοχές για το χειρισμό των σταθμίσεων των χαρακτηριστικών και χρησιμοποιείται ένα συνθετικό μοντέλο με βάση τη θεωρία του γκρίζου συστήματος. Η θεωρία του γκρίζου συστήματος, θεωρείται ως μία από τις μεθόδους για τον χειρισμό ανεπαρκών πληροφοριών και για τη δημιουργία ενός πλαισίου αξιολόγησης κατάταξης πυρασφάλειας.

Οι αλλαγές στη διάταξη ενός κτηρίου, τον τρόπο χρήσης του ή το είδος των ατόμων που χρησιμοποιούν ή ζουν στο κτίριο μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τα σχέδια πυρασφάλειας του. Σε πολλές περιπτώσεις, είναι πολύ σημαντικό να διενεργηθεί επανεξέταση της εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς, ειδικότερα μάλιστα όσο αφορά τα υφιστάμενα κτίρια, καθώς λόγω της παλαιότητας που τα χαρακτηρίζει παρουσιάζουν μεγαλύτερη προβληματική όσο αφορά την πυρασφάλεια και χρήζουν μεγαλύτερης επεμβατικής για τη διασφάλισή της. Η προσέγγιση αξιολόγησης της κατάταξης πυρασφάλειας για υπάρχοντα κτίρια μπορεί να πραγματοποιηθεί με κρίσεις εμπειρογνομόνων ή

χρησιμοποιώντας μια υπολογιστική προσέγγιση για την εξαγωγή αντικειμενικής αξιολόγησης για να βοηθήσει την αξιολόγηση κατάταξης.

#### 1.4 Εύφλεκτα υλικά

Τα εύφλεκτα υλικά αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ο οποίος συμβάλλει στην εκδήλωση μίας πυρκαγιάς. Αναλυτικότερα, όσον αφορά στα εύφλεκτα υγρά και αέρια, για να ξεκινήσει μία φωτιά θα πρέπει οι ατμοί του εύφλεκτου υγρού ή αερίου να βρίσκονται σε κατάλληλη συγκέντρωση στον αέρα του εργασιακού χώρου (όρια αναφλεξιμότητας ή εκρηκτικότητας) (Γεωργιάδου, 2008). Τα εύφλεκτα υλικά είναι εκείνα που αναφλέγονται αμέσως όταν έρχονται σε επαφή με φωτιά ή υψηλή θερμοκρασία στον αέρα και συνεχίζουν να καίνε ή να φλέγουν ελαφρώς όταν αφήνουν φωτιά, όπως κόντρα πλακέ, ινοσανίδες, ξύλο κ.α. Εάν ένα εύφλεκτο υλικό συναντήσει πηγή ανάφλεξης παρουσία οξυγόνου, μόνο η χαμηλή ισχύς (επίπεδο ενέργειας) της πηγής ανάφλεξης ή η χαμηλή (ή υψηλή) σχετική συγκέντρωση είτε του εύφλεκτου υλικού είτε του οξυγόνου μπορεί να αποτρέψει την ανάφλεξη (Zhang, 2011).

Ουσίες και παρασκευάσματα με εξαιρετικά χαμηλό σημείο ανάφλεξης και χαμηλό σημείο ζέσης, καθώς και αέριες ουσίες οι οποίες, υπό κανονική θερμοκρασία και πίεση, αναφλέγονται στον αέρα (Ανδρεάδης – Παπαϊωάννου, 2004). Τα εύφλεκτα υγρά εξατμίζονται και σχηματίζουν εύφλεκτα μείγματα με αέρα όταν βρίσκονται σε ανοιχτά δοχεία, όταν συμβαίνουν διαρροές ή όταν θερμαίνονται. Για τον έλεγχο αυτών των πιθανών κινδύνων, πρέπει να γίνουν κατανοητές αρκετές ιδιότητες αυτών των υλικών, όπως το σημείο ανάφλεξης, η πίεση ατμών, η πυκνότητα ατμών, η συμβατότητα, το σημείο βρασμού και οι θερμοκρασίες αυτόματης ανάφλεξης.

Οι χημικές ουσίες σε υγρή μορφή δεν καίγονται, σε αντίθεση με τους ατμούς τους. Η γνώση του ποσού ατμού που εκλύει μια χημική ουσία είναι σημαντική για την κατανόηση του κινδύνου αναφλεξιμότητας. Η αντίσταση στη φλόγα είναι η ιδιότητα μιας ουσίας να μην καίγεται σε περίπτωση επαφής με φωτιά στον αέρα. Τα υλικά μπορούν να χωριστούν σε μη εύφλεκτα υλικά, επιβραδυντικά πυρκαγιάς και εύφλεκτα υλικά ανάλογα με την αντίδρασή τους στη φωτιά.

Ενώ οι περισσότεροι τύποι ξύλου που χρησιμοποιούνται για κατασκευαστικούς σκοπούς θεωρούνται εύφλεκτα υλικά, υπάρχουν ακόμη πολλά οικοδομικά υλικά που δεν είναι στο ίδιο ποσοστό ευάλωτα. Παραδείγματα μη καύσιμων οικοδομικών υλικών περιλαμβάνουν τοιχοποιία από τούβλα, τσιμεντόλιθους, τσιμέντο, μέταλλο και λαμαρίνα. Οι αξιολογήσεις και οι δοκιμές πυρασφάλειας παρέχουν οδηγίες για θέματα πυρασφάλειας. Έχουν σχεδιαστεί για να αξιολογήσουν την ικανότητα ενός υλικού ή συναρμολόγησης να συγκρατεί πυρκαγιά μέσα σε διαμέρισμα ή κτίριο ή να συνεχίσουν να παρέχουν δομική λειτουργία σε περίπτωση (εσωτερικής) πυρκαγιάς (Beitel 1995). Για παράδειγμα, οι βαθμολογίες αντοχής στη φωτιά θα βοηθήσουν να προσδιοριστεί εάν μια υφιστάμενη κατασκευή κτιρίου θα επιτρέψει αρκετό χρόνο στους ανθρώπους να βγουν από ένα καιόμενο κτίριο πριν καταρρεύσει (Kjurra, 1997).

Τα εύφλεκτα υλικά διαθέτουν κάποια χαρακτηριστικά τα οποία είναι :

- Τα εύφλεκτα υγρά αναφλέγονται εύκολα και καίγονται με εξαιρετική ταχύτητα.
- Η ευφλεκτότητα καθορίζεται από το σημείο ανάφλεξης ενός υλικού.
- Το σημείο ανάφλεξης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία ένα υγρό σχηματίζει ατμό πάνω από την επιφάνειά του σε επαρκή συγκέντρωση ώστε να μπορεί να αναφλεγεί.

- Τα εύφλεκτα υγρά έχουν σημείο ανάφλεξης μικρότερο από 100 ° F. Τα υγρά με χαμηλότερα σημεία ανάφλεξης αναφλέγονται ευκολότερα.
- Τα εύφλεκτα υγρά έχουν σημείο ανάφλεξης σε θερμοκρασία άνω των 100 ° F.
- Ο ατμός καίγεται, όχι το ίδιο το υγρό. Ο ρυθμός με τον οποίο ένα υγρό παράγει εύφλεκτους ατμούς εξαρτάται από την πίεση ατμών του.
- Ο ρυθμός εξάτμισης αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Επομένως, εύφλεκτα και εύφλεκτα υγρά είναι πιο επικίνδυνα σε αυξημένες θερμοκρασίες από ό, τι σε θερμοκρασία δωματίου.
- Τα εύφλεκτα υγρά της πρώτης κατηγορίας πρέπει να συγκολλούνται και να γειώνονται κατά τη μεταφορά υγρών.

Ακόμα, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των υγρών τα οποία είναι εύφλεκτα αποτελεί ο τρόπος εξάπλωσης της πυρκαγιάς, όταν αυτή εκδηλωθεί. Η εξάπλωση πραγματοποιείται σε κάθετες καθώς και οριζόντιες επιφάνειες, ενώ μερικά μπορεί επίσης να σχηματίζουν επικίνδυνες χημικές ενώσεις με άλλες ουσίες που συναντούν (Λαψάτης, 2004). Όταν ένα υγρό καίγεται, το μείγμα των ατμών και του ατμοσφαιρικού αέρα είναι εκείνο το οποίο αναφλέγεται. Η καύση απαιτεί καύσιμο, οξυγόνο και πηγή ανάφλεξης. Η συγκέντρωση στην οποία ο ατμός μιας χημικής ουσίας μπορεί να καεί καθορίζει το εύφλεκτο εύρος της.

Επειδή οι ατμοί τους αναφλέγονται και καίγονται εύκολα, τα εύφλεκτα και εύφλεκτα υγρά έχουν αυστηρές απαιτήσεις αποθήκευσης. Η ταξινόμηση κινδύνου ενός υγρού καθορίζει τον τύπο και το μέγεθος του δοχείου στον οποίο μπορεί να αποθηκευτεί. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας ταξινόμησης σύμφωνα με την επικινδυνότητα των εύφλεκτων υγρών.

<b>Hazard classification for flammable liquids</b>			
<b>Class</b>	<b>Flash point</b>	<b>Boiling point</b>	<b>Examples</b>
<b>I-A</b>	below 73°F (23°C)	below 100°F (38°C)	diethyl ether, pentane, ligroin, petroleum ether
<b>I-B</b>	below 73°F (23°C)	at or above 100°F (38°C)	acetone, benzene, cyclohexane, ethanol
<b>I-C</b>	73-100°F (24-38°C)	----	p-xylene
<b>Hazard classification for combustible liquids</b>			
<b>II</b>	101-140°F (39-60°C)	----	diesel fuel, motor oil, kerosene, cleaning solvents

III-A	141-199°F (61-93°C)	----	paints (oil base), linseed oil, mineral oil
III-B	200°F (93°C) or above	----	paints (oil base), neatsfoot oil

Πίνακας 1: Ταξινόμηση σύμφωνα με την επικινδυνότητα των εύφλεκτων υγρών, πηγή: ίδια επεξεργασία

Τα εύφλεκτα στερεά, που συναντώνται συχνά στο εργαστήριο, περιλαμβάνουν αλκαλικά μέταλλα, μέταλλο μαγνησίου, μεταλλικά υβρίδια, ορισμένες οργανομεταλλικές ενώσεις και θείο. Πολλά εύφλεκτα στερεά αντιδρούν με νερό και δεν μπορούν να σβήσουν με συμβατικά ξηρά χημικά ή πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα, ορισμένοι υδρογονωμένοι καταλύτες, όπως το παλλάδιο, το οξείδιο του λευκόχρυσου και το νικέλιο Raney, όταν ανακτώνται από αντιδράσεις υδρογόνωσης, μπορεί να κορεστούν με υδρογόνο και να παρουσιάσουν κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης. Οι διαφορές στην απόδοση της πυρκαγιάς μεταξύ διαφορετικών υλικών μπορούν να αξιολογηθούν συγκρίνοντας τις βαθμολογίες διάδοσης της φλόγας, καθώς επίσης και ο ρυθμός απελευθέρωσης θερμότητας. Τα μη καύσιμα υλικά ορίζονται ως έχουν στον κώδικα δόμησης ή πληρούν τις απαιτήσεις μιας τυπικής δοκιμής.

Ένα εύφλεκτο στερεό είναι ένα συμπαγές αντικείμενο που είναι εύφλεκτο ή που μπορεί να συμβάλει σε φωτιά μέσω τριβής ή σύντομης επαφής με πηγή ανάφλεξης. Τα πιο εύφλεκτα στερεά είναι σκόνες, κοκκώδεις ή κολλώδεις χημικές ουσίες. Οι δύο κατηγορίες εύφλεκτων στερεών είναι η Κατηγορία 1 και η Κατηγορία 2. Τα εύφλεκτα στερεά της κατηγορίας 1 είναι μέταλλα και ενώσεις που καίγονται γρήγορα και είναι δύσκολο να σβήσουν από το νερό, όπως το δημήτριο. Τα εύφλεκτα στερεά κατηγορίας 2 είναι μέταλλα και ενώσεις που καίγονται πιο αργά και μπορούν να σβήσουν γρήγορα από νερό, όπως σκόνη αλουμινίου. Τα εύφλεκτα στερεά ταυτοποιούνται με ένα εικονόγραμμα φλόγας.

Η πυραντίσταση συνήθως συνδέεται με μια κατασκευή συναρμολόγησης και συνεπώς λαμβάνει υπόψη την απόδοση ενός αριθμού υλικών που θα ενσωματώνονταν σε τοίχο, δάπεδο ή στέγη. Το εξωτερικό υλικό (δηλ. αυτό που εκτίθεται στη φωτιά) μπορεί να είναι εύφλεκτο, ανθεκτικό στην ανάφλεξη ή μη καύσιμο, καθώς ολόκληρο το συγκρότημα συμβάλλει στην εκτίμηση. Ενώ οι πληροφορίες για την αντίσταση στη φωτιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κρίνουν την ικανότητα αντίστασης στη διείδυση της φλόγας στο κτίριο, δεν παρέχει απαραίτητα πληροφορίες σχετικά με την εξάπλωση της φλόγας. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα επειδή αυτός ο τύπος κατασκευής χρησιμοποιείται μόνο όταν η καύσιμη πλευρά χρησιμοποιείται ως το εξωτερικό υλικό (Smith, 2020).

Τα εύφλεκτα μέταλλα απαιτούν πηγή ανάφλεξης και η αντιδραστικότητα και η αναφλεξιμότητά τους επηρεάζεται από το μέγεθος και το σχήμα των σωματιδίων. Τα έντονα καύσιμα στερεά είναι χημικές ουσίες που περιέχουν άζωτο και οξυγόνο, οι οποίες συμβάλλουν στην τάση τους να καίγονται έντονα και να είναι δύσκολο να σβήσουν. Τα στερεά σημείου ανάφλεξης είναι μια μικρή ομάδα υλικών που μπορούν να μετατραπούν σε αμούς χωρίς να περάσουν από υγρή κατάσταση και, ως αποτέλεσμα, να αναφλεγούν με τρόπο παρόμοιο με τα καύσιμα υγρά. Η ανάφλεξη στο σημείο ανάφλεξης τους προκαλεί τήξη και ροή παρόμοια με ένα υγρό.

Οι συμβουλές για το υλικό δεν μπορούν να απομονωθούν από θέματα ευθύνης και λογοδοσίας στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η αυξανόμενη χρήση ποιοτικών επιτραπέζιων μελετών δεν υποστηρίζεται από αξιόπιστα δεδομένα κατασκευαστή ή ποσοτική επικύρωση. Έτσι, στέκονται ή εμπίπτουν στη δέουσα

επιμέλεια, την εμπειρία, την πείρα και τη στάση απέναντι στον μηχανικό. Αυτό δεν είναι βιώσιμο μακροπρόθεσμα, λόγω δυσμενών αποζημιώσεων κινδύνου και της πιθανότητας εμφάνισης αστοχιών μεγάλης κλίμακας εάν οι δείκτες επιτυχίας / αποτυχίας δοκιμής αποδειχθούν σε ευρύτερη κλίμακα.

### **1.5 Αντικείμενο και σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας**

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η διερεύνηση του φαινομένου της πυρκαγιάς και οι μέθοδοι αποκατάστασης κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν πληγεί από πυρκαγιά-υψηλό θερμικό φορτίο. Η πυρκαγιά αποτελεί ένα σημαντικό φαινόμενο, καθώς οι συνέπειες της δύνανται να έχουν καταστροφικό χαρακτήρα όχι μόνο για τις κτιριακές εγκαταστάσεις, αλλά και για την ίδια την ανθρώπινη ζωή, η οποία απειλείται αρκετά συχνά. Είναι απαραίτητο τα κτίρια να πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη πυρασφάλειά τους, ανάλογα τη φύση των κτιρίων. Στα πλαίσια αυτά, τα υφιστάμενα κτίρια απαιτούν παρεμβάσεις έτσι ώστε να αποκαθίστανται, ειδικότερα μάλιστα όταν αυτά είναι πυρόπληκτα. Για τον λόγο αυτό, εκτός από την ανάλυση του φαινομένου διερευνώνται οι μέθοδοι και υλικά τα οποία εντάσσονται στις παρεμβάσεις αποκατάστασης που αναφέρθηκαν.

# Κεφάλαιο 2

## 2. Πυρκαγιά σε κτίρια

### 2.1 Πυρκαγιά και βασικές έννοιες

Οι πυρκαγιές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες κατηγορίες βάσει διαφόρων κριτηρίων, όπως η αιτία προέλευσης, η έκταση, η διάρκεια και η επικινδυνότητά τους. Ορισμένες από τις κύριες κατηγορίες πυρκαγιών περιλαμβάνουν:

- ❖ Φυσικές πυρκαγιές
  - Δασικές: πυρκαγιές που εκδηλώνονται σε δασικές περιοχές
  - Χορτολιβαδικές: πυρκαγιές που εκδηλώνονται σε χορτολιβαδικές εκτάσεις ή παραθαλάσσιες περιοχές με χαμηλή βλάστηση
- ❖ Ανθρωπογενείς πυρκαγιές
  - Αστικές : πυρκαγιές που εκδηλώνονται σε αστικές περιοχές με ανθρώπινη δραστηριότητα (σπίτια, καταστήματα, επιχειρήσεις)
  - Βιομηχανικές : πυρκαγιές που συμβαίνουν σε εγκαταστάσεις και εργοστάσια
  - Πυρκαγιές Μεταφορικών Μέσων: πυρκαγιές που συμβαίνουν σε μέσα μεταφοράς όπως αυτοκίνητα, πλοία, τρένα και αεροπλάνα.
  - Αγροτικές: πυρκαγιές που εκδηλώνονται σε γεωργικές περιοχές
- ❖ Ειδικές κατηγορίες
  - Υποθαλάσσιες: πυρκαγιές που συμβαίνουν υποθαλάσσια, συνήθως σε πετρελαιοφόρα ή υποβρύχιες εγκαταστάσεις
  - Αέριες Πυρκαγιές: πυρκαγιές που προκαλούνται από διαρροές αερίων, όπως φυσικού αερίου ή υδρογονανθράκων.

Από άποψη μεγέθους και έντασης οι πυρκαγιές κατηγοριοποιούνται σε μεγάλες, μεσαίες και μικρές. Εξαρτώνται δε, από την ποσότητα του καιόμενου υλικού και την έκταση του χώρου. Πιο συγκεκριμένα:

- ο Εκτεταμένες πυρκαγιές: ονομάζονται εκείνες των οποίων η έκταση εκτείνεται σε επιφάνειες πολλών χιλιάδων στρεμμάτων και τα καιγόμενα υλικά ξεπερνούν τις θερμοκρασίες των 1200 βαθμών κελσίου.
- ο Μεγάλες πυρκαγιές: ονομάζονται εκείνες των οποίων η έκταση ξεπερνά τα 1.000 τμ και τα καιγόμενα υλικά ξεπερνούν τις θερμοκρασίες των 1000-1200 βαθμών κελσίου.
- ο Μεσαίες πυρκαγιές: καλούνται αυτές που η έκταση τους δεν ξεπερνά τα 1.000 τμ και οι θερμοκρασίες των καιγόμενων υλικών κυμαίνεται μεταξύ 800 – 1000 βαθμών κελσίου.
- ο Μικρές πυρκαγιές: στις περιπτώσεις αυτές η έκταση είναι πολύ μικρή και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται δεν ξεπερνούν τους 800 βαθμούς κελσίου.

Τέλος, ανάλογα με τη φύση των καιόμενων υλικών, οι πυρκαγιές κατατάσσονται σε πέντε (5) κατηγορίες:

➤ *Κοινές πυρκαγιές ή στερεών ή Α' κατηγορίας*

Οι πυρκαγιές κατηγορίας Α είναι πυρκαγιές που περιλαμβάνουν στερεά. Αυτός ο τύπος καυσίμου θα μπορούσε να είναι χαρτί και χαρτόνι, κοινός στα γραφεία και την κατασκευή. Θα μπορούσε να είναι έπιπλα, ή φωτιστικά και εξαρτήματα. Θα μπορούσε ακόμη και να είναι η δομή του κτιρίου. Αυτός είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους πυρκαγιάς, επειδή τα στερεά είναι ο πιο κοινός τύπος καυσίμου και είναι δύσκολο να εξαλειφθεί. Η καλή καθαριότητα θα πρέπει να συμβάλλει στη μείωση των υλικών όπως η συσκευασία και τα απορρίμματα, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους. Ο μόνος τύπος πυροσβεστήρα που πρέπει να χρησιμοποιήσετε σε μια κατηγορία Α είναι ο απλός πυροσβεστήρας. Αυτός είναι ο πιο δημοφιλής τύπος πυροσβεστήρα επειδή μπορεί να αντιμετωπίσει τις περισσότερες πυρκαγιές που περιλαμβάνουν στερεά. Όμως, ως αγωγός, δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιείται κοντά σε ηλεκτρικό εξοπλισμό (ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών, 2013).

➤ *Πυρκαγιές εύφλεκτων υγρών ή Β' κατηγορίας*

Οι πυρκαγιές κατηγορίας Β είναι πυρκαγιές που περιλαμβάνουν υγρά. Πολλά από τα υγρά, τα υγρά και τα χημικά που χρησιμοποιούνται στους χώρους εργασίας μπορεί να είναι εύφλεκτα ή εκρηκτικά. Όπως καθαριστικά υγρά, διαλύτες, καύσιμα, μελάνια, κόλλες και χρώματα. Αυτές οι πυρκαγιές είναι σπάνιες αλλά πιο θανατηφόρες από άλλες μορφές πυρκαγιάς. Πώς μπορείτε λοιπόν να προστατευτείτε; Βεβαιωθείτε ότι γνωρίζετε ποια εύφλεκτα υγρά χρησιμοποιούνται στο χώρο εργασίας σας και πραγματοποιήστε μια αξιολόγηση COSHH. Οι αξιολογήσεις COSHH αποτελούν νομική απαίτηση για τυχόν επικίνδυνες ουσίες. Αυτό αφορά την ασφαλή αποθήκευση και χρήση αυτών των ουσιών, τη διατήρησή τους σε δοχεία με ετικέτα και μακριά από πηγές ανάφλεξης. Σε

περίπτωση ανάφλεξης πυρκαγιάς κατηγορίας Β, οι πυροσβεστήρες αφρού ή σκόνης είναι οι καλύτεροι τύποι πυροσβεστήρων για επίθεση αυτού του τύπου πυρκαγιάς (*ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών*, 2013).

➤ *Πυρκαγιές αερίων καυσίμων ή Γ' κατηγορίας*

Οι πυρκαγιές κατηγορίας Γ είναι πυρκαγιές που περιλαμβάνουν αέρια. Αυτό μπορεί να είναι φυσικό αέριο, υγραέριο ή άλλοι τύποι αερίων που σχηματίζουν εύφλεκτη ή εκρηκτική ατμόσφαιρα. Η εργασία με αέριο είναι επικίνδυνη και αυξάνει τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Διατηρήστε τα υποθηκευμένα αέρια σε σφραγισμένα δοχεία σε ασφαλή χώρο αποθήκευσης και βεβαιωθείτε ότι η εργασία αερίου εκτελείται από αρμόδια άτομα. Ενώ οι πυροσβεστήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πυρκαγιές αερίου κατηγορίας Γ, η μόνη ασφαλής μέθοδος επίθεσης αυτού του τύπου πυρκαγιάς είναι να διακόψετε την παροχή αερίου. Ο καλύτερος τύπος πυροσβεστήρα για να σβήσει τη φωτιά μόνο η παροχή αερίου διακόπτεται, είναι ένας πυροσβεστήρας ξηρής σκόνης.

➤ *Πυρκαγιές μετάλλων ή Δ' κατηγορίας*

Τα μέταλλα δεν θεωρούνται συχνά ως εύφλεκτα υλικά, ορισμένοι τύποι μετάλλων μπορεί να είναι, όπως το νάτριο. Τα μέταλλα είναι επίσης καλοί αγωγοί, βοηθώντας την εξάπλωση της φωτιάς. Όλα τα μέταλλα θα μαλακώσουν και θα λιώσουν σε υψηλή θερμοκρασία, κάτι που μπορεί να είναι ένα μεγάλο πρόβλημα όταν οι μεταλλικοί δοκοί και οι κολώνες βρίσκονται σε φωτιά ως δομικά στοιχεία. Το νερό μπορεί πραγματικά να λειτουργήσει ως επιταχυντής σε μεταλλικές πυρκαγιές, οπότε πώς θα αντιμετωπίσετε μια πυρκαγιά κατηγορίας Δ; Υπάρχουν πυροσβεστήρες ξηρής σκόνης που έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση μεταλλικών πυρκαγιών. Η σκόνη μέσα στον πυροσβεστήρα μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του κινδύνου μετάλλων για τον οποίο έχει σχεδιαστεί. Μικρές μεταλλικές πυρκαγιές μπορεί μερικές φορές να πνίγονται με ξηρή γη ή άμμο (*ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών*, 2013).

➤ *Πυρκαγιές παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος ή Ε' κατηγορίας*

Μια κατηγορία πρόκλησης φωτιάς, αποτελεί η ηλεκτρική ενέργεια η οποία είναι μεγαλύτερη πηγή ανάφλεξης από ένα καύσιμο. Ωστόσο, πυρκαγιές σε ηλεκτρικές συσκευές αποτελούν πρόσθετους κινδύνους. Δεν θέλετε να χρησιμοποιείτε νερό ή οποιοδήποτε άλλο αγωγό, όπως αυτό θα μπορούσε να αποβεί μοιραία. Βεβαιωθείτε ότι ο ηλεκτρικός εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις έχουν εγκατασταθεί σωστά και ότι επιθεωρούνται και συντηρούνται, αυτό θα βοηθήσει στη μείωση του κινδύνου αυτού του τύπου πυρκαγιάς. Ενώ δεν πρέπει να χρησιμοποιείτε νερό για να επιτεθείτε σε ηλεκτρική πυρκαγιά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε άλλους τύπους πυροσβεστήρων. Όπως το διοξείδιο του άνθρακα και η ξηρή σκόνη σε καταστάσεις χαμηλής τάσης. Απενεργοποιείτε πάντα το τροφοδοτικό εάν μπορείτε.

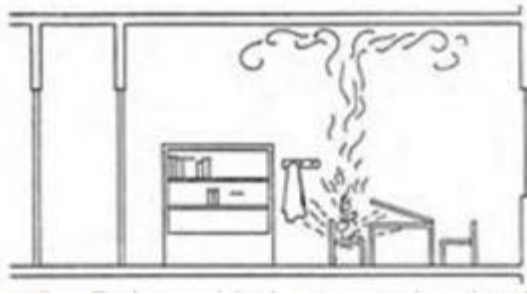


### 2.1.1 Ανάλυση του φαινομένου- Φάσεις τυπικής πυρκαγιάς σε κτίρια

Έπειτα από αρκετές μελέτες έχει παρατηρηθεί ότι κάθε πυρκαγιά (εσωτερική-ενδοκτιριακή-ενδοοικιακή) ακολουθεί κάποια συγκεκριμένα στάδια τα οποία είναι τα εξής :

#### I. Αρχικό στάδιο: Η επώαση

Αρχικά το φαινόμενο ξεκινά με τη δημιουργία μικροσκοπικών σωματιδίων, τα οποία είναι αόρατα για το ανθρώπινο μάτι και αντιπροσωπεύουν ένα αόρατο καπνικό φαινόμενο, εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας. Σ' αυτό το στάδιο με την δράση της αργής καύσης και της μεγάλης θερμότητας τα αρχικά αόρατα σωματίδια αρχίζουν αποκτούν σώμα . Εδώ έχουμε το στάδιο φλόγας κατά το οποίο μέσα από την διεργασία της καύσης το υλικού έχει έρθει πλέον στο σημείο της ανάφλεξης και και ο καπνός και η θερμότητα είναι σημαντικά υψηλά.



Εικόνα : «Επώαση»: Μετά την αρχική ανάφλεξη, ένα στρώμα θερμών αερίων αρχίζει να δημιουργείται στην οροφή, ενώ αρχίζουν να θερμαίνονται η βιβλιοθήκη και το τραπέζι, δια μεταφοράς και ακτινοβολίας θερμότητας από την αρχική πηγή, πηγή: ΤΕΕ, 2008

Αποφασιστικοί παράγοντες για τη διαδικασία της αναφλέξεως είναι:

- Τα χαρακτηριστικά της πηγής ενεργείας.
- Το είδος και οι γεωμετρικές διαστάσεις των εκτεθειμένων καύσιμων υλικών.
- Ο χρόνος εκθέσεως στην πηγή ενεργείας.

Μετά την αρχική έναυση, η φωτιά παράγει θερμική ενέργεια, ένα μέρος της οποίας χρησιμεύει για τη διατήρηση της καύσεως. Το υπόλοιπο ποσό μεταφέρεται δι' ακτινοβολίας και δια μεταφοράς(μετάδοσης) σε άλλα υλικά, τα οποία θερμαινόμενα αναφλέγονται, συνεισφέροντας στην περαιτέρω εξάπλωση της φωτιάς.

Η διαδικασία αναπτύξεως και εξαπλώσεως μιας πυρκαγιάς σε ένα κτίριο ή πυροδιαμέρισμα εξαρτάται από:

- Το μέγεθος, τον όγκο, το ύψος , την κατανομή, τη στοιβάξη και της ιδιότητες καύσεως του καύσιμου υλικού.
- Τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά και το σχήμα του κτιρίου/πυροδιαμερίσματος.
- Το μέγεθος και το σχήμα του κτιρίου/ πυροδιαμερίσματος.
- Τα συστήματα κατασβέσεως (αν υπάρχουν).

Κατά το στάδιο της επώασης, ένα στρώμα υπέρθερμων αερίων συγκεντρώνεται κάτω από την οροφή και, υπό ορισμένες συνθήκες, μπορεί να προκαλέσει απότομη εξάπλωση της πυρκαγιάς σε μεγάλα μέρη του καύσιμου υλικού.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «φούντωμα» (flash over) σημειώνει δε τη μετάβαση από το στάδιο της επώασης, στο στάδιο της πλήρους αναπτύξεως.



Εικόνα 2: «Φούντωμα». Το στρώμα των θερμών αερίων που συσσωρεύεται στην οροφή προκαλεί την ανάφλεξη ενός μεγάλου μέρους της καύσιμης ύλης μέσα στο πυροδιαμέρισμα. Αρχίζουν τα πρώτα φαινόμενα εξαπλώσεως της φωτιάς εκτός του πυροδιαμερίσματος, συνήθως δια μέσου των ανοιγμάτων, πηγή: ΤΕΕ, 2008

## II. Δεύτερο στάδιο: Η πλήρης ανάπτυξη

Αυτό το στάδιο είναι αποφασιστικής σημασίας για την συμπεριφορά των φερόντων μελών της κατασκευής, καθώς και για την εξάπλωση της πυρκαγιάς από πυροδιαμερίσματα σε πυροδιαμερίσματα, από όροφο σε όροφο η και από κτίριο σε κτίριο. Τα χαρακτηριστικά του σταδίου αυτού εξαρτώνται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Ποσόν και είδος του καύσιμου υλικού
- Πορώδες και σχήμα των κόκκων του καύσιμου υλικού
- Στοιβάξη του καύσιμου υλικού στο πυροδιαμέρισμα/κτίριο
- Ποσόν αέρος που διοχετεύεται μέσα στο πυροδιαμέρισμα/ κτίριο στη μονάδα του χρόνου (αερισμός)
- Γεωμετρία του χώρου που λαμβάνει χώρα το φαινόμενο
- Θερμικές ιδιότητες των επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα/κτίριο.

Οι πυρκαγιές σε στάδιο πλήρους αναπτύξεως μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: τις αερο-ελεγχόμενες και τις καυσιμο-ελεγχόμενες.

Στην πρώτη κατηγορία, η καύση ελέγχεται από τον αερισμό του πυροδιαμερίσματος/κτιρίου και δεν εξαρτάται σημαντικά από το ποσό και τον τρόπο στοιβάξεως του καύσιμου υλικού. Ενώ στη δεύτερη κατηγορία, η καύση ελέγχεται από την ποσότητα του καύσιμου υλικού και είναι ανεξάρτητη του αερισμού.



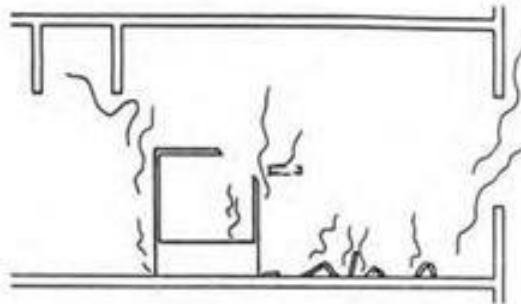
Εικόνα 3: «Πλήρης ανάπτυξη»: Το μεγαλύτερο μέρος της καύσιμης ύλης του πυροδιαμερίσματος καίγεται (εμπειρικάς περίπου το 60%). Φλόγες και υπέρθερμα αέρια μεταφέρονται δια μέσου των ανοιγμάτων σε άλλα πυροδιαμερίσματα ή και κτίρια, πηγή: TEE, 2008

### III. Τελικό στάδιο: Η απόσβεση

Στην περίπτωση της καυσιμο-ελεγχόμενης πυρκαγιάς, το τρίτο αυτό στάδιο διαδέχεται την πλήρη ανάπτυξη, όταν καεί το μεγαλύτερο μέρος του καύσιμου υλικού μέσα στο πυροδιαμέρισμα/ κτίριο.

Στην περίπτωση της αερο-ελεγχόμενης πυρκαγιάς, η απόσβεση αρχίζει όταν ο διατιθέμενος για την καύση αέρας μειωθεί κάτω από κάποιο όριο.

Από διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, καθώς και από συγκεντρωμένα στατιστικά στοιχεία, υπαίτιος για την πρόκληση μεγάλων πυρκαγιών, δυστυχώς, είναι ο άνθρωπος, είτε από σφάλμα είτε ηθελημένα και σε πολύ μικρότερο βαθμό άλλοι παράγοντες όπως τα καιρικά φαινόμενα, δυσλειτουργίες από διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, αυταναφλέξεις. (Quintiere J. G, Μαχαίρας Δ., 2000)



Εικόνα 4: «Απόσβεση»: Μετά την εξάντληση των καυσίμων μέσα στο πυροδιαμέρισμα, ακολουθεί το στάδιο της αποσβέσεως. Πάντως, είναι πιθανό η πυρκαγιά να έχει διαδοθεί σε άλλα πυροδιαμερίσματα ή και κτίρια, πηγή: TEE, 2008

## 2.2 Πυρκαγιά σε κτιριακά έργα

Οποιοδήποτε κτίριο (βιομηχανική δομική κατασκευή, κατοικία, θέατρο, ξενοδοχείο κ.λπ.) είναι δυνατό να θεωρηθεί ως ένα σύστημα. Όταν στο σύστημα αυτό επικρατεί πυρκαγιά έχουμε συγχρόνως ροή υλικών και αντίδραση. Η ίδια αντικειμενική αντίληψη αποκτάται από φωτιά σε τμήμα (διαμέρισμα) κτιρίου, το οποίο με «ανοχή» (από άποψη ορολογίας) ταυτίζεται —και πάλι— με σύστημα (αντί υποσύστημα που θα ήταν πιο σωστός χαρακτηρισμός) (*Fires in buildings under construction or demolition* | NFCC CPO, 2021).

Σε ένα τέτοιο (καιόμενο) σύστημα έχουμε τα γνωστά προϊόντα καύσης που, από ορισμένους μελετητές, διακρίνονται (NFPA) σε μη θερμικά (καπνός, τοξικά αέρια) και θερμικά (φλόγες, θερμότητα) προϊόντα καύσης. Τα προϊόντα αυτά μπορούν να προκαλέσουν σε ανθρώπους που βρίσκονται στον χώρο σημαντικές σωματικές βλάβες μέχρι και θάνατο, ενώ στα κτίρια προκαλούν σοβαρές ζημιές, το κόστος επισκευής των οποίων μπορεί να είναι σημαντικά μεγάλο. Η ποσότητα της θερμικής ενέργειας, το μέγεθος των φλογών καθώς και το είδος και η πυκνότητα των αερίων και του καπνού σχετίζεται άμεσα με τη χημική σύσταση και ποσότητα της καιγόμενης ύλης, με το πόση περιεκτικότητα σε οξυγόνο υπάρχει στον αέρα, καθώς και με γεγονότα που σχετίζονται με την εξάπλωση της φωτιάς, όπως για παράδειγμα ελεύθερα ανοίγματα (*Fires in buildings under construction or demolition | NFCC CPO, 2021*).

Γι' αυτό όσοι επιχειρούν κατάσβεση πυρκαγιών και όταν οι συνθήκες το επιβάλλουν πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με ειδικές προστατευτικές στολές, προσωπίδες και εξοπλισμό (φωτιστικούς φακούς, αναπνευστικές συσκευές κ.λπ.).

Τα τελευταία έτη, η κίνηση καπνού στα κτίρια έχει τύχει σημαντικής προσοχής. Όταν επικρατεί πυρκαγιά εντός κλειστού χώρου (π.χ. δωματίου) η ατμόσφαιρα του είναι μίγμα καπνού, καυσαερίων, αέρα. Από άποψη κίνησης το μίγμα καπνού, καυσαερίων, αέρα («καπνική» ατμόσφαιρα) και η κανονική (πριν από την εκδήλωση της πυρκαγιάς) ατμόσφαιρα συμπεριφέρονται όμοια. Καθώς η πυρκαγιά μεγαλώνει η πίεση και η θερμοκρασία αυξάνουν.

Κατά τη διάρκεια της πλήρους ανάπτυξης της φωτιάς (στο δωμάτιο) η θερμοκρασία μπορεί να ξεπεράσει τους 220°C.

Σύμφωνα με τη καταστατική εξίσωση των αερίων που εκφράζει ο τύπος :

$$P * Vm = R * T$$

για τις δύο καταστάσεις (κανονική ατμόσφαιρα δωματίου —όγκος αέρα  $V_1$ , πίεση  $P_1$ , απόλυτη θερμοκρασία  $T_1$  και καπνική ατμόσφαιρα του δωματίου —όγκος  $V_2$ , πίεση  $P_2$  και απόλυτη θερμοκρασία  $T_2$ ) ισχύει η σχέση:  $P_1 * \frac{V_1}{T_1} = P_2 * \frac{V_2}{T_2}$

Μικρή μεταβολή της πίεσης —τέτοια ώστε να μπορεί να θεωρηθεί  $P_1$  ίσο (περίπου) με  $P_2$  - είναι αρκετή να προκαλέσει σημαντική ροή καπνού και αέρα από φωτιά.

Αν δεχθούμε ότι είναι 21°C η σχετική θερμοκρασία του χώρου πριν από τη φωτιά και 650°C η σχετική θερμοκρασία στις συνθήκες πυρκαγιάς, οι αντίστοιχες απόλυτες θερμοκρασίες είναι:

$$T_1 = 273^\circ + 21^\circ = 294^\circ$$

$$T_2 = 273^\circ + 650^\circ = 923^\circ$$

Η μεταβολή του όγκου μπορεί να προσδιορισθεί ως εξής:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

$$V_1 / 294 = V_2 / 923$$

$$V_2 \approx 3V_1$$

Έτσι, ο όγκος των αερίων αυξάνει κατά ένα συντελεστή 3 ή μεγαλύτερο.

Κάθε κυβικό καθαρού αέρα εισερχόμενου στον καιόμενο χώρο διαστέλλεται με αυτό τον συντελεστή πριν αντικατασταθεί από το καπνικό μίγμα. Τα θερμά αέρια, κινούμενα μακριά από τη φωτιά,

ψύχονται επανακτώντας τον αρχικό (κανονικό) όγκο τους. Ωστόσο ακόμη και με σταδιακή τέτοια ψύξη το αποτέλεσμα της χωρικής διαστολής είναι ότι τα αέρια στις συνθήκες της πυρκαγιάς αποκτούν διπλάσιο όγκο του αέρα που εμπλέκεται στο φαινόμενο (σύμφωνα με την πληροφόρηση NFPA).

Αν και οι ποσότητες (καθαρού) αέρα και καπνού είναι αρκετές, συχνά είναι λιγότερο σημαντικές από την ποσότητα του αέρα που διέρχεται μέσω του κτιρίου στη διάρκεια της πυρκαγιάς (με τις ευνοήτες επιπτώσεις και στην πυκνότητα ατμών).

Η κτιριακή γεωμετρία, οι διευθετήσεις χώρων έχουν σοβαρή επίδραση στη κίνηση καπνού και τη διάδοση θερμότητας, όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα.

Ο κτιριακός σχεδιασμός, λοιπόν, επιβάλλει ρεαλιστικές εκτιμήσεις αν θέλουμε να έχουμε πυροπροστασία κατασκευών.

Τεράστια χρηματικά ποσά χάνονται και από δυσμενείς επιδράσεις των (θερμικών και μη) προϊόντων καύσης επί των μέσα σε καιόμενα κτίρια περιουσιακών στοιχείων (επιπλώσεις, τάπητες, σκεύη, χειρόγραφα, υφάσματα, μηχανήματα κ.λπ.) για τα οποία έγιναν ορισμένες οικονομικές θυσίες με διάφορα κριτήρια (έργα τέχνης κ.α.).

Οι σύγχρονες γνώσεις επιτρέπουν την παραγωγή και επιλογή διαφόρων (δομικών κ.α.) υλικών, εκπόνηση (στατικών κ.λπ.) μελετών και ανέγερση κτιρίων από υλικά (π.χ. σιδηροπαγές σκυρόδεμα) που διαθέτουν πολύτιμες ιδιότητες τόσο σε ότι αφορά τη μετάδοση θερμότητας όσο και τη συμπεριφορά που πρέπει να δείξουν τα κτίρια σε περίπτωση πυρκαγιάς (δομική αντοχή).

Επίσης, είναι σημαντικό να δοθούν απαντήσεις σε ερωτήματα τα οποία αφορούν τα εξής ζητήματα:

### 1. Ασφάλεια ζωής

A. Καπνός. Τοξικά αέρια

B. Φλόγες, θερμότητα

### 2. Δυναμική φωτιάς και το πρόβλημα εξασφάλισης περιουσιών

A. Εξέλιξη πυρκαγιάς

B. Εξάπλωση πυρκαγιάς

Γ. Οικονομικό κόστος

Δ. Παρεμπόδιση εξάπλωσης πυρκαγιάς. Πυρ αντοχή κτιρίων

### 3. Συνέχιση και συνοχή διαδικασιών λειτουργικότητας

A. Κριτήρια ακεραιότητας, θερμομόνωσης, ευστάθειας δομικών στοιχείων

Πιο αναλυτικά:

### 1. Ασφάλεια Ζωής

#### **1.A. Καπνός- Τοξικά αέρια**

Έπειτα από αρκετές μελέτες πυρκαγιών και συλλέγοντας αρκετά στατιστικά στοιχεία (ΗΠΑ, κ.α.) πιστοποιείται ότι το 75% των θανάτων από τέτοιες πυρκαγιές οφείλονται στα μη θερμικά αυτά προϊόντα καύσης.

Ο καπνός από μόνος του δεν αποτελεί αιτία θανάτου αλλά η δυσκολία στην όραση που είναι αποτέλεσμα αυτού, αυξάνει τα επίπεδα επικινδυνότητας στις πυρκαγιές. Η πηγή του προβλήματος ξεκινά από τη διασπορά φωτός και την (οπτική) συσκότιση που η καπνική πυκνότητα προκαλεί. Το (φυσικό) φαινόμενο διέπεται από το γνωστό (π.χ. φασματοσκοπία, εξήγηση απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από την ύλη κ.λπ.) λογαριθμικό νόμο των Lambert και Beer και συνεπάγεται, συχνά, πανικό κ.λπ. επειδή δεν αναγνωρίζονται οι έξοδοι διαφυγής κ.λπ.

Τα καυσαέρια εξαιτίας της μεγαλύτερης τοξικότητας των συστατικών τους, σε σχέση με εκείνα του καπνού, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων —π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα (ατελής καύση), υδροθείο, υδροκυάνιο, υδροχλώριο κ.λπ. επιβλαβή (επιζήμια, δηλητηριώδη) αέρια. Σε πυρκαγιές με πλήρη καύση άνθρακα (συνήθους συστατικού των καυσίμων υλικών σωμάτων), ο, εντός κλειστών χώρων, ανθρώπινος παράγοντας βρίσκεται υπό την επενέργεια (και) του διοξειδίου του άνθρακα (ασφυκτικού αερίου).

### **B. Φλόγες, θερμότητα**

Τα περισσότερα ανθρώπινα ατυχήματα συμβαίνουν από την θερμότητα, η οποία προκαλεί μεγάλες ζημιές, όπως αφυδάτωση, δύσπνοια κλπ., στο ανθρώπινο σώμα και τις φλόγες, οι οποίες είναι αιτίες εγκαυμάτων. Επίσης η θέα και μόνο των φλογών προκαλεί τον πανικό, οπότε η αποφυγή ατυχημάτων γίνεται ακόμα πιο δύσκολη. Τα αποτελέσματα αυτής της έκθεσης (ατμόσφαιρα υψηλής θερμοκρασίας) επηρεάζονται από το ποσοστό της υγρασίας (η υγρασία είναι συνάρτηση τριών παραγόντων:

α) του νερού που τυχόν παράγει η καύση

β) της, από την πυρκαγιά, διαφοροποίησης της φυσικής υγρασίας και

γ) του νερού που είτε αυτούσιο ή ως συστατικό (π.χ. αφρός) χρησιμεύει για πυρόσβεση, όταν επιδιώκεται κατάσβεση της φωτιάς.

Για να καεί ένα σύστημα (κτίριο, υλικό σώμα) πρέπει να προηγηθεί ανάφλεξη. Η ανάφλεξη προϋποθέτει θερμότητα (παροχή ενέργειας). Η θερμότητα αυτή, είτε δίνεται στο σύστημα από έξω ή προκαλείται μέσα στο σύστημα. Η θερμική ενέργεια προέρχεται στην πρώτη περίπτωση από διάφορα αίτια (σπινθήρες, τριβή, ακτινοβολία κ.α.) και στη δεύτερη περίπτωση από διεργασία που διεξάγεται στο ίδιο το σύστημα, όταν αυτό διακρίνεται για τέτοιο αυθορμητισμό (παραγωγή θερμότητας). (*Fire Security Technical - ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ, Δομικές κατασκευές και φωτιά, 2021*)

## **2. Δυναμική Φωτιάς και το Πρόβλημα: Εξασφάλιση Περιουσιών**

### **A. Εξέλιξη Πυρκαγιάς**

Η εξάπλωση της πυρκαγιάς, επειδή γίνεται απροσδόκητα, δίνει την εντύπωση ότι δεν υπακούει σε κάποιο νόμο. Τα αποτελέσματα, όμως, ποικίλων ερευνών οδηγούν στο αντίθετο συμπέρασμα.

Μία αποφασιστική φάση εξέλιξης των πυρκαγιών αρχίζει με το σχηματισμό φλογών. Μελετήθηκε ότι η ταχύτητα εξέλιξης της πυρκαγιάς διπλασιάζεται με μία ανύψωση θερμοκρασίας κατά 10°C και γίνεται χίλιες φορές πιο μεγάλη με μία αύξηση της θερμοκρασίας κατά 100°C.

Όσο υπάρχει επάρκεια καύσιμης ύλης (αναγωγικού μέσου) και οξυγόνου (οξειδωτικού μέσου) η εξέλιξη της πυρκαγιάς έχει τις προϋποθέσεις να συνεχισθεί ανεμπόδιστα.

Η πυρκαγιά, τότε, μπορεί να εξαπλωθεί ακαριαία, λόγω εκπομπής μεγάλου ποσού θερμότητας που (ως μία συνέπεια) ανυψώνει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Σε κλειστούς χώρους, ο δημιουργούμενος θερμός αέρας κατευθύνεται προς τα πάνω, αγγίζει την οροφή, διασκορπίζεται προς όλες τις κατευθύνσεις (τοίχους κ.λπ.), παρασύρει και διασπείρει τα αέρια καύσης σχηματιζόμενων και (μακριά από την εστία φωτιάς) αεριωδών μιγμάτων που (έχουν άκαυστα μόρια και) είναι έτοιμα για ανάφλεξη.

Η από τις φλόγες δημιουργουμένη θερμότητα και η μεγάλη πίεση αερίων συντελούν στη θραύση τζαμιών, θυρών, παραθύρων αφήνοντας στον καθαρό αέρα ελεύθερες εισόδους για να μπει στο σύστημα (καιόμενο κτίριο). Με την παροχή νέου οξυγόνου από τον αέρα, η ένταση της καύσης μεγαλώνει, γεγονός που επιτρέπει εξάπλωση της πυρκαγιάς σε γειτονικούς χώρους.

Τα (τυχόν) εύφλεκτα ή καύσιμα υλικά (τοίχων, δαπέδων/πατωμάτων, αντικειμένων π.χ. επίπλων κλπ.), με την προσβολή τους από τη θερμότητα της φωτιάς εκλύουν αέρια καύσης και α) χρησιμεύοντας ως γέφυρες φωτιάς προωθούν την εξάπλωση της ενώ β) εγκυμονούν κινδύνους δηλητηρίασης, ασφυξίας, περιορισμού ορατότητας και δυνατότητας επέμβασης του ανθρώπινου παράγοντα.

Παράλληλα, υπάρχει το πρόβλημα εξάπλωσης των αερίων καύσης μέσω των οποιωνδήποτε ανοιγμάτων (αγωγών αερισμού, ψευδοροφών, αγωγών καλωδίων, ανελκυστήρων κ.λπ.).

## **B. Εξάπλωση Πυρκαγιάς**

Στις περιπτώσεις πυρκαγιών βιομηχανικών και μη δομικών κατασκευών διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις:

- 1) Ένα κτίριο μπορεί να γίνει πομπός φωτιάς για ένα γειτονικό κτίριο.
- 2) Ένα κτίριο μια εγκατάσταση αποτελεί δέκτη μια πυρκαγιάς από γειτονικό κτίριο.
- 3) Η πυρκαγιά σε ένα κτίριο να παραμείνει στα όρια του κτιρίου χωρίς να εξαπλωθεί σε γειτονικό κτίριο.

Η εξάπλωση πυρκαγιάς από σύστημα (κτίριο) σε σύστημα εγκυμονεί πάντα κινδύνους, είτε υπάρχει συμμετοχή βιομηχανικής δομικής κατασκευής ή όχι.

Ως δομικές βιομηχανικές κατασκευές καλούνται τα κτίρια των βιομηχανιών, χώροι κατεργασίας, κεντρικοί σταθμοί παραγωγής, αποθήκες κ.λπ., διάφορες εγκαταστάσεις: αναβατήρων, αερισμού, απορρόφησης, κλιματιστικές κλπ.) και οι ειδικές κατασκευές (δεξαμενές αερίων, υγρών, κάμινοι/φούρνοι, θεμέλια μηχανών, καπνοδόχοι κ.λπ. Επιπλέον, στην περίπτωση των μεταλλείων, στις ειδικές κατασκευές συμπεριλαμβάνονται: γέφυρες, υδραγωγεία κ.λπ.).

Μη βιομηχανικές κατασκευές είναι οι κατοικίες, τα θέατρα, οι χώροι συγκέντρωσης κοινού κ.α. Στην κατηγορία των δομικών αυτών κατασκευών έχουμε, πάλι, κύριους και βοηθητικούς χώρους καθώς και ειδικές κατασκευές (π.χ. λεβητοστάσια, αποθήκες υγρών καυσίμων για θέρμανση κ.λπ.).

Βιομηχανικές ή μη κατασκευές μπορεί να συνιστούν εργασιακούς χώρους (π.χ. εργοστάσια με πρατήρια των ειδών τους στο ίδιο, από άποψη χωροθέτησης, συγκρότημα· εμπορικές επιχειρήσεις κ.α.). Η παραγωγική -εργασιακή- δραστηριότητα των ανθρώπων, καθώς και όλες οι άλλες δραστηριότητες τους εκδηλώνονται και αναπτύσσονται στο φυσικό χώρο. Επομένως η πυρκαγιά σε ένα κτίριο μπορεί να εξαπλωθεί και σε άκτιστο χώρο αλλά και αντιστρόφως.

Η μετάδοση πυρκαγιάς από κτίριο σε κτίριο διακρίνεται στις εξής περιπτώσεις:

α) από κτίριο ψηλότερο σε πιο χαμηλό

β) ανάμεσα σε κτίρια ίδιου ύψους

γ) από κτίριο χαμηλό σε πιο υψηλό

Για κτίρια που είναι σε απόσταση, η πυρκαγιά εξαπλώνεται κυρίως με ακτινοβολία και, σε μεγάλο βαθμό, κατά την οριζόντια έννοια- στην τρίτη περίπτωση, παράλληλα με την ακτινοβολία αυτή, μεγάλο ρόλο παίζει η επιστέγαση του χαμηλού κτιρίου.

Για κτίρια εφαπτόμενα, ή βιομηχανικές δομικές κατασκευές, η εξάπλωση της πυρκαγιάς είναι και πάλι πολύπλοκο θέμα, δεδομένου ότι μπορεί η αγωγή και η συναγωγή να παίζουν εξαιρετικά μεγάλα ρόλο στην εξελικτικότητα της πυρκαγιάς.

### Γ. Οικονομικό Κόστος

Ο απολογισμός των υλικών ζημιών και το κόστος που επιφέρει κάθε πυρκαγιά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, αποζημιώσεις, πυρασφαλίσεις κ.λπ. Το κόστος πυρκαγιών ενδιαφέρει πάντα την πυροπροστασία. Για να κοστολογηθεί η ζημιά από την πυρκαγιά θα πρέπει να συνυπολογιστούν:

α) οι απώλειες από άμεσες και έμμεσες ζημιές και

β) οι δαπάνες που διαμορφώνονται από τα έξοδα για την διατήρηση του ελέγχου της φωτιάς σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο καθώς και το κόστος που προκύπτει από την επανάκτηση των απωλειών.

Σε τέτοιες εκτιμήσεις τεκμηριώνονται οι απόψεις των υπευθύνων πυρασφάλειας για πυροπροστατευτικό σχεδιασμό (κτιρίων κλπ.).

### Δ. Παρεμπόδιση Εξάπλωσης Πυρκαγιάς- Πυραντοχή Κτιρίων

Η, σχετική με τη δυναμική της φωτιάς, ανάλυση που προηγήθηκε εξηγεί την σπουδαιότητα που έχει η πυραντοχή των κτιρίων. Ο όρος πυραντοχή (πυρ & αντοχή) διευκολύνει ποικίλες εκφράσεις (π.χ. «κούφωμα με αντίσταση στη φωτιά» μπορεί μονολεκτικά να χαρακτηριστεί ως «πυράντοχο») ενώ οι όροι που προέρχονται από τη λέξη: αντίσταση προσφέρονται περισσότερο, σύμφωνα με ορισμένες απόψεις, π.χ. για περιφραστικές διατυπώσεις.

Σε ό,τι αφορά τα κτίρια, η εξελικτικότητα της πυρκαγιάς που σκιαγραφήθηκε εξαρτάται πολύ από την πυραντοχή όχι μόνο των εξωτερικών τοιχοποιιών αλλά και των δομικών στοιχείων.

Γενικά, η προαναφερόμενη πυραντοχή προβλέπεται σε Διατάξεις, Κώδικες, Κανονισμούς και Πρότυπα. Ενδεικτικά, σε κτίρια που είναι σε επαφή, η διαχωριστική μεσοτοιχία πρέπει να έχει πυραντοχή τουλάχιστον 3 ωρών.

Στη χώρα μας έχουν καταβληθεί διάφορες προσπάθειες τυποποίησης στα πλαίσια αυτά. Για παράδειγμα ως αντοχή των δοκιμών σε φωτιά ορίζεται το χρονικό διάστημα θέρμανσης εκφρασμένο σε πρώτα λεπτά της ώρας (min), μέχρι τη στιγμή που παρατηρείται αστοχία ως προς τα κριτήρια (ικανότητα ανάληψης φωτιών, ακεραιότητα σε φωτιά, θερμομονωτική ικανότητα) που έχουν τεθεί για το δοκίμιο.

Η ανύψωση της θερμοκρασίας (θέρμανση) γίνεται σε κλίβανο και λαμβάνεται υπόψη ότι:

$$T - T_0 = 3451 \log (8t + 1)$$



όπου:

$t$  = ο χρόνος σε λεπτά

$T$  = η θερμοκρασία κλιβάνου στη χρονική στιγμή  $t$  σε βαθμούς Κελσίου

$T_0$  = η αρχική θερμοκρασία κλιβάνου σε βαθμούς Κελσίου

Ένα βασικό προληπτικό μέτρο πυρασφάλειας, στο οποίο μπορεί κανείς να προσφύγει, στο μελετητικό στάδιο των (όχι σε επαφή) κτιρίων είναι η αύξηση της απόστασης τους προκειμένου, σε (τυχόν) πυρκαγιά, η ένταση της ακτινοβολούμενης θερμότητας να μειωθεί κάτω του επικίνδυνου επίπεδου για τα υλικά των γειτονικών κτιρίων. Όπως είναι ευνόητο, στην πράξη το μέτρο θα αποδώσει, όχι μόνο εφόσον είναι δυνατή η υλοποίηση του αλλά και υπό την αίρεση ότι εξασφαλίζονται οι λοιπές προϋποθέσεις πυρασφαλούς συμπεριφοράς των κτιρίων, π.χ. χρησιμοποίηση κατάλληλων υλικών, ύπαρξη μέσων και διευκολύνσεων για την Πυροσβεστική Υπηρεσία (που εάν η χωροθέτηση των κτιρίων παρουσιάζει προβλήματα έγκαιρης επέμβασης, λόγω απόστασης, κυκλοφοριακής συμφόρησης κ.α., θα πρέπει να είναι πιθανόν «προηγμένης» τεχνολογίας: αυτόματα συστήματα πυρασφάλειας σε εργασιακούς, νοσοκομειακούς, εργαστηριακούς χώρους).

Εάν το μέγεθος ενός μελλοντικού γειτονικού κτίσματος είναι άγνωστο και δεν έχει προσδιορισθεί η θέση του ως προς μελετώμενη δομική κατασκευή, τότε η απόσταση ασφάλειας του προσδιορίζεται με την παραδοχή ότι το μελλοντικό κτίσμα θα γίνει σύμφωνα με τους όρους δόμησης που ισχύουν (Burke, Bisby, & Green, 2013).

### **2.3. Συνέχιση και συνοχή διαδικασιών λειτουργικότητας. Κριτήρια Ακεραιότητας, Θερμομόνωσης και ευστάθειας δομικών στοιχείων.**

Ο χρόνος εξάπλωσης της φωτιάς σε μία απρόσβλητη μεριά δομικού στοιχείου ορίζεται από τα κριτήρια ακεραιότητας και θερμομόνωσης με τα οποία γίνονται εκτιμήσεις αναφορικά με τη δημιουργία προϋποθέσεων λειτουργικότητας και ταυτοχρόνως τον περιορισμό της φωτιάς σε περίπτωση πυρκαγιάς. Η πυραντοχή τοιχωμάτων και δαπέδων ορίζεται με βάση τα δύο αυτά κριτήρια.

Η ακεραιότητα σε φλόγες και καυσαέρια και η θερμομόνωση καθορίζουν επίσης τη δημιουργία των βασικών στοιχείων πυροπροστασίας του εξωτερικού περιβλήματος των κτιρίων καθώς επίσης και των αδυνάτων σημείων μιας δομικής κατασκευής, όπως παράθυρα και πόρτες.

Το κριτήριο της ευστάθειας αφορά την ικανότητα ενός δομικού στοιχείου, το οποίο είναι φορτισμένο με μέγιστο φορτίο, να μη παραμορφώνεται πέρα από ορισμένο όριο σε περίπτωση πυρκαγιάς. Συνεπώς, τα φέροντα στοιχεία, όπως δοκοί, στύλοι κ.λπ., πρέπει να διαθέτουν τέτοια ευστάθεια. (Burke, Bisby, & Green, 2013)

Οι κανονισμοί επιβάλλουν απαιτήσεις ενός ελάχιστου βαθμού πυραντοχής για διάφορα δομικά στοιχεία ανάλογα με το μέγεθος και τη χρήση των δομικών κατασκευών- δεδομένα για το θέμα, κατάλληλα και για γενικότερες σκέψεις, υπάρχουν στις σχετικές, με την εξεταζόμενη πυρασφάλεια, Ελληνικές Κανονιστικές Διατάξεις.

Η εύρεση κριτηρίων για την πυροπροστασία των δομικών κατασκευών συνεχίζει να είναι αιτία προβληματισμού για τους ειδικούς/ερευνητές, πολλά ζητήματα όπως για παράδειγμα η υπόδειξη πυρασφαλών θυρών, παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία (αν και οι κανονισμοί ορίζουν σε διάφορες περιπτώσεις την αντίσταση σε φωτιά των θυρών, π.χ. σε 1, 1 1/2 ώρα για θύρες εξωτερικής

τοιχοποιίας κ.λ.π.). Γενικά, η παρεμπόδιση εξάπλωσης της φωτιάς επιβάλλει πολύ μελετητική δουλειά. Ένα σημαντικό εμπόδιο είναι η υιοθέτηση προτύπων διαφορετικών μεταξύ τους, όπως DIN, ASTM κ.α., από διάφορα κράτη, γεγονός που συνηγορεί στην ανάληψη πρωτοβουλιών υπόδειξης εκπόνησης Κανονισμών που να έχουν δυνατότητα ομοιόμορφης εφαρμογής (συστάσεις Ε.Ο.Κ., ΙΜΟ για θαλάσσιες μεταφορές κ.λπ.). Η επίγνωση της σημασίας των κριτηρίων ακεραιότητας, θερμομόνωσης και ευστάθειας ενός δομικού στοιχείου έχει την δυνατότητα μείωσης της εξάπλωσης της πυρκαγιάς, ελαττώνοντας το θερμικό φορτίο (κάτι το οποίο είναι δύσκολο να υλοποιηθεί), διαλέγοντας πιο μικρούς χώρους (συχνά μη εφικτή οικονομικά λύση) και καταφεύγοντας σε ειδικά μέσα (π.χ. αυτόματη ανίχνευση και σβήσιμο της φωτιάς, κάτι που αποκτά όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον).

Τέλος, ειδικά για την πυροπροστασία κτιρίων στη χώρα μας, εκδόθηκε το Π.Δ. 71 «Κανονισμός Πυροπροστασίας των Κτιρίων» όπως αυτός τροποποιήθηκε από το Π.Δ. 41 του 2018.

## 2.4. Δομική Πυροπροστασία

### 2.4.1 Γενικές αρχές δομικής πυροπροστασίας

Με τον όρο δομική πυροπροστασία επιδιώκεται να γίνουν οι κατάλληλες προβλέψεις, ώστε σε περίπτωση πυρκαγιάς, να διασφαλιστούν οι ανθρώπινες ζωές και τα αποτελέσματα της να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο καταστρεπτικά για τους ενοίκους, το άψυχο περιεχόμενο, αυτό το ίδιο το κτίριο και την περιοχή που το περιβάλλει, ακόμη και αν δεν γίνει επέμβαση για κατάσβεση του πυρός, με τα μέσα της ενεργού πυροπροστασίας.

Για τα μέτρα πυροπροστασίας των κατασκευών είναι υπεύθυνη τόσο η ισχύουσα νομοθεσία κάθε χώρας όσο και οι νόρμες της ηπείρου στην οποία ανήκει (ευρωπαϊκές, αμερικανικές, ασιατικές κλπ). Το νομοθετικό αυτό πλαίσιο που ισχύει τόσο για τη φάση της μελέτης όσο και της κατασκευής ενός κτιρίου, αποβλέπει στην πρόληψη του κινδύνου εκδήλωσης ενδεχόμενης πυρκαγιάς στο κτίριο και αφετέρου στην αντιμετώπιση της πυρκαγιάς σε περίπτωση που αυτή εκδηλωθεί και εξαπλωθεί.

Εδώ πρέπει αναφέρουμε ότι η πυροπροστασία κτιρίων χωρίζεται σε δυο κατηγορίες,

- ο την παθητική πυροπροστασία η οποία αφορά τις κατασκευαστικές προβλέψεις και τα προληπτικά μέτρα πυροπροστασίας και
- ο την ενεργητική που αναφέρεται στην κατάσβεση και στις ενέργειες που θα ακολουθηθούν κατά την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς και γενικότερα στο σύνολο των κατασταλτικών μέτρων πυροπροστασίας. (*“Προεδρικό Διάταγμα 41/2018 - ΦΕΚ 80/Α/7-5-2018 (Κωδικοποιημένο),” 2018*).

Έτσι κατά τη σχεδίαση ενός κτιρίου από τους μελετητές (αρχιτέκτονα, πολιτικό μηχανικό, μηχανολόγο μηχανικό και τοπογράφο μηχανικό) αντιμετωπίζεται και το θέμα της πρόληψης και αντιμετώπισης της πιθανότητας εμφάνισης πυρκαγιάς σε ένα κτίριο.

#### 2.4.1.1. Παθητική Πυροπροστασία

Η παθητική πυροπροστασία ενός κτιρίου στοχεύει στον έλεγχο της εξάπλωσης της φωτιάς και στην έγκαιρη και ασφαλή εκκένωση του κτιρίου από όσους βρίσκονται μέσα σε αυτό κατά την εκδήλωση της πυρκαγιάς. Τα μέτρα του τύπου παθητικής πυροπροστασίας αποτελούν την δομική

πυροπροστασία του κτιρίου και είναι ενσωματωμένα στην αρχιτεκτονική και στατική σχεδίαση όπως και κατασκευή του κτιρίου από τον αρχιτέκτονα και τον πολιτικό μηχανικό.

Για να πραγματοποιηθούν οι στόχοι της παθητικής πυροπροστασίας πρέπει κατά τη σχεδίαση του κτιρίου να προβλεφθούν:

α) Η δυνατότητα σε κάθε νέο κτίριο εφαρμόζετε διαμερισματοποίηση, δηλαδή διαιρείται το κτίριο σε τμήματα έτσι ώστε οι κατασκευαστικές διατάξεις και επιλογές για καθυστέρηση της εξάπλωσης της φωτιάς από τη μία στην άλλη. Είναι από τα βασικά μέτρα πυροπροστασίας γιατί εξυπηρετεί 3 σκοπούς :

- Επιτυγχάνεται περιορισμός στην διάδοση της πυρκαγιάς.
- Εξασφαλίζουν αρκετό χρόνο στους ενοίκους ώστε να απομακρυνθούν από το κτίριο. Κατά τη σχεδίαση των κτιρίων πρέπει να προβλέπεται εξασφάλιση οδών διαφυγής των ενοίκων προς το ύπαιθρο ή προς άλλα διαμερίσματα, εξασφαλισμένα από την πυρκαγιά. Το τελευταίο αυτό γίνεται κατ' ανάγκη στα πολύ μεγάλα πολυώροφα κτίρια, που η έγκαιρη εκκένωση τους είναι πρακτικά αδύνατη.
- Εξασφαλίζει χρόνο στις πυροσβεστικές δυνάμεις για την άφιξη τους και πρόσβαση τους σε χώρους ώστε για να γίνει η κατάσβεση της πυρκαγιάς.

Παράλληλα προς τη μελέτη των οδών διαφυγής πρέπει να γίνεται πρόβλεψη της διαδρομής καπνού και αερίων, έτσι που οι οδοί διαφυγής να διατηρούνται ελεύθερες και ακόμη πρέπει να γίνονται προβλέψεις για την επαρκή εισροή αέρα μέχρις ότου απομακρυνθούν οι άνθρωποι. Στη συνέχεια πρέπει να είναι δυνατή η διακοπή (κατά το δυνατόν) της εισροής αέρα για να παρεμποδίζεται η εξάπλωση της πυρκαγιάς. Φυσικά οι ελεύθερες αυτές οδοί διαφυγής χρησιμεύουν και για την ασφαλή προσέγγιση των πυροσβεστών στην εστία της πυρκαγιάς. Για την επιδίωξη των παραπάνω στόχων χρειάζεται να γίνει προσεκτική εξέταση μιας ποικιλίας θεμάτων και κατά τη σχεδίαση να γίνει μια επιλογή λογικών παραδοχών, την οποία θα ακολουθήσει μια βασική σειρά συλλογισμών και υπολογισμών.

Κατά την προσπάθεια υλοποίησης των κυρίων επιδιώξεων της παθητικής πυροπροστασίας, παραβλάπτεται (σε πρώτη φάση) η πιθανή άμεση εξωτερική παρέμβαση με πυροσβεστικά μέσα και θεωρείται ότι η πυρκαγιά θα σβήσει όταν εξαντληθούν τα εύφλεκτα υλικά του χώρου. Ο μελετητής πρέπει να υπολογίσει τα εξής:

1. Ποσό χρόνο θα διαρκέσει χρονικά μια πιθανή πυρκαγιά και ποιες μπορεί να είναι οι μέγιστες θερμοκρασίες που θα φτιάσουν τα κατασκευαστικά υλικά.
2. Να κάνει συσχετισμό αντοχής των υλικών του κτιρίου σε σχέση με τα διπλά κτίρια με σκοπό να περιορίσει σε μεγάλο βαθμό πιθανές παράπλευρες καταστροφές.
3. Να γίνει μια πιθανή πρόβλεψη των αερίων και της φλόγας σε μια πυρκαγιά και να σχεδιαστεί πιθανή διαδρομή εξόδου αυτών προς το εξωτερικό περιβάλλον.
4. Να πραγματοποιήσει μια στατιστική μελέτη για τα υλικά που θα χρησιμοποιήσει.

#### 2.4.1.2. Ενεργητική Πυροπροστασία

Η ενεργητική πυροπροστασία ενός κτιρίου αποβλέπει στην αντιμετώπιση και καταστολή της φωτιάς σε περίπτωση που αυτή έχει ήδη εκδηλωθεί. Τα προβλεπόμενα μέτρα από τον μελετητή μηχανολόγο

μηχανικό, αφορούν τον απαραίτητο εξοπλισμό και τις προγραμματισμένες ενέργειες που ενεργοποιούνται αν εμφανιστεί πυρκαγιά ή και κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς.

Στα μέτρα ενεργητικής πυροπροστασίας περιλαμβάνονται (ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του κτιρίου):

- η τοποθέτηση φορητών μέσων πυρόσβεσης (πυροσβεστήρες)
- η τοποθέτηση συστήματος πυρανίχνευσης στο κτίριο
- η τοποθέτηση χειροκίνητου συστήματος συναγερμού (κομβία συναγερμού)
- η τοποθέτηση μονίμου υδροδοτικού πυροσβεστικού δικτύου (πυροσβεστικές φωλιές) τιμή μονάδος πυροσβεστικής φωλιάς
- η τοποθέτηση συστήματος καταιονητήρων (sprinklers)

#### **2.4.2 Ισχύουσα νομοθεσία- Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (ΠΔ 41/2018)**

Ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων ορίζει τις απαιτήσεις και τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται στα κτίρια για τους ακόλουθους σκοπούς:

α) Προστασία της ζωής και της υγείας των ατόμων που βρίσκονται σε αυτά σε περίπτωση πυρκαγιάς, εξασφαλίζοντας την ασφαλή εκκένωση τους.

β) Πρόληψη της εξάπλωσης της φωτιάς από τον χώρο όπου εκδηλώθηκε σε άλλα μέρη του κτιρίου.

γ) Πρόληψη της μετάδοσης της φωτιάς από τον χώρο όπου ξεκίνησε στα γειτονικά ακίνητα και στις γειτονικές περιοχές.

δ) Προστασία του ίδιου του κτιρίου και των περιεχομένων του.

Βασικός στόχος του Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων παραμένει η ασφάλεια του κοινού σε περίπτωση φωτιάς. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού του κτιρίου και των χώρων του, της εγκατάστασης ενεργητικών συστημάτων και μέσων, καθώς και μέσω της σωστής επιλογής υλικών και εξοπλισμού.

Συγκεκριμένα, καθορίζονται:

- ❖ Μέτρα για την προστασία του κτιρίου από την κατάρρευση λόγω φωτιάς, προσφέροντας αρκετό χρόνο για την ασφαλή εκκένωση.
- ❖ Ελάχιστες απαιτήσεις για τον σχεδιασμό των οδεύσεων διαφυγής, ώστε να διασφαλίζεται η ταχεία εκκένωση του κτιρίου και η ασφαλής διαφυγή των χρηστών του, χωρίς να εκτίθενται σε καπνό, τοξικά αέρια και υψηλές θερμοκρασίες κατά την εκδήλωση πυρκαγιάς.
- ❖ Τα μέγιστα επιτρεπόμενα μεγέθη των πυροδιαμερισμάτων, προκειμένου να περιορίζεται η εξάπλωση της φωτιάς.
- ❖ Μέτρα για την πρόληψη της μετάδοσης της φωτιάς από ένα κτίριο στα γειτονικά κτίρια.
- ❖ Απαιτήσεις για τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, λαμβάνοντας υπόψη τη θέση και τη χρήση τους, προκειμένου να αποτρέπεται η ταχεία εξάπλωση της φωτιάς.

- ❖ Ενεργητικά μέτρα και συστήματα πυροπροστασίας για την έγκαιρη ανίχνευση, την κατάσβεση και την ασφαλή διαφυγή των χρηστών του κτιρίου, προσφέροντας αυτούς τον απαραίτητο χρόνο για εκκένωση και προστασία από τη φωτιά.

Οι κύριες παράμετροι που ελήφθησαν υπόψη για τον καθορισμό των ανωτέρων απαιτήσεων και την επίτευξη των στόχων του κανονισμού είναι:

- α) Οι πιθανοί χρήστες του κτιρίου, τα χαρακτηριστικά αυτών και η ενδεχόμενη εξοικείωση τους με το κτίριο.
- β) Η αλληλεπίδραση χώρων από άποψη κινδύνου πυρκαγιάς.
- γ) Ο τρόπος σχεδιασμού και κατασκευής των κτιρίων στην Ελλάδα.

Ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων, ως ειδικός κανονισμός, προσδιορίζει απαιτήσεις ασφαλείας που εξειδικεύουν άλλους γενικούς κανονισμούς σχεδιασμού κτιρίων, όπως ο Οικοδομικός ή ο Κτιριοδομικός Κανονισμός, και ισχύουν παράλληλα με αυτούς, σε εκείνα τα τμήματα που αντιμετωπίζουν αντίστοιχα θέματα. Εστιάζεται στην κτιριοδομική απαίτηση της πυρασφάλειας των κτιρίων και ισχύει παράλληλα με τις άλλες κτιριοδομικές απαιτήσεις που καθορίζονται από άλλους κανονισμούς ή ειδικές διατάξεις. Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο Κανονισμός Πυροπροστασίας αναφέρεται κυρίως σε πηγές ανάφλεξης και δεν εξετάζει περιστάσεις όπως εμπρησμός, δολιοφθορά, πυρκαγιά που προκαλείται μετά από τρομοκρατική ενέργεια, καθώς και άλλες παρόμοιες καταστάσεις.

#### 2.4.2.1. Πεδίο εφαρμογής κανονισμού

Ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων έχει υποχρεωτική εφαρμογή:

- α) Στα κτίρια ή τμήματα κτιρίων, που ανεγείρονται μετά την έναρξη ισχύος του και των οποίων οι χρήσεις εμπίπτουν στις χρήσεις που αναλύονται στον Κανονισμό.
- β) Στην περίπτωση ανέγερσης ανεξάρτητων λειτουργικά προσθηκών σε υφιστάμενα κτίρια.
- γ) Στις περιπτώσεις κτιρίων ή τμημάτων αυτών τα οποία ενέπιπταν στο πεδίο εφαρμογής του κεφ. Α' του προϋσχύοντος Π.Δ. 71/1988 (Α'32), για τα οποία είχε συνταχθεί μελέτη πυροπροστασίας σύμφωνα με τις διατάξεις αυτού και στα οποία πραγματοποιείται μετά την ισχύ του παρόντος Κανονισμού αλλαγή χρήσης τους, συνολικά ή μερικά, ή/και προσθήκη δόμησης λειτουργικά εξαρτημένη.
- δ) Στις περιπτώσεις κτιρίων ανεγερθέντων πριν τη ισχύ του Π.Δ. 71/1988 στα οποία συντελείται, μετά την ισχύ του παρόντος Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων, αλλαγή της χρήσης τους συνολικά.
- ε) Στις περιπτώσεις λειτουργικά εξαρτημένων προσθηκών με κύρια χρήση, σε κτίρια ανεγερθέντα πριν την ισχύ του κεφ. Α' του Π.Δ. 71/1988, εφ' όσον υπερβαίνουν το 50% της συνολικής επιφάνειας χώρων κύριας χρήσης του υπάρχοντος κτιρίου και συγχρόνως έχουν επιφάνεια άνω των 300 τ.μ.
- στ) Στους υποσταθμούς της εταιρίας διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που ανεγείρονται μετά την ισχύ του παρόντος, με την εν λόγω υπηρεσία να είναι υπεύθυνη για την ορθή εφαρμογή του, στους συγκεκριμένους χώρους ιδιοκτησίας της.

Σε κάθε άλλη περίπτωση όπου απαιτείται η σύνταξη μελέτης πυροπροστασίας σε υφιστάμενα κτίρια, εφαρμόζονται οι κατά περίπτωση Πυροσβεστικές Διατάξεις, όπως εκάστοτε ισχύουν.

Εξαιρούνται όλων των ανωτέρω προϋποθέσεων, κτίρια που έχουν χαρακτηριστεί μνημεία ή διατηρητέα ή παραδοσιακά από τα αρμόδια Υπουργεία, στα οποία οι απαιτήσεις πυροπροστασίας καθορίζονται αναλόγως της χρήσης τους από την κατά περίπτωση ισχύουσα Πυροσβεστική Διάταξη, με δυνατότητα αποκλίσεων μέσω της επιβολής πρόσθετων αντισταθμιστικών μέτρων πυροπροστασίας από την αρμόδια Πυροσβεστική Υπηρεσία, εφ' όσον τούτο επιβάλλεται για λόγους διαφύλαξης των στοιχείων που καθόρισαν τον προστατευόμενο χαρακτήρα τους. Οι ανωτέρω λόγοι αναγράφονται σε τεχνική έκθεση του αρμόδιου μηχανικού, η οποία υποβάλλεται στην Πυροσβεστική Υπηρεσία θεωρημένη από την κατά περίπτωση αρμόδια για τον χαρακτηρισμό του κτιρίου.

Ειδικές διατάξεις που ρυθμίζουν ζητήματα εγκατάστασης μέσων ενεργητικής πυροπροστασίας ειδικών κατηγοριών κτιρίων ή χρήσεων, ισχύουν επιπρόσθετα των απαιτήσεων που ορίζονται στον παρόντα κανονισμό.

Στις περιπτώσεις κτιρίων που εμπίπτουν στις κατηγορίες Συνάθροιση Κοινού, Βιομηχανία - Βιοτεχνία και Αποθήκευση του άρθρου 4 του παρόντος, τα οποία είναι μεγάλης κλίμακας με ιδιαίζουσα μορφή και λειτουργία και στα οποία είναι αποδεδειγμένα αδύνατη η πλήρης εφαρμογή των διατάξεων παθητικής πυροπροστασίας των γενικών και ειδικών άρθρων του παρόντος, είναι δυνατόν να συντάσσεται κατά παρέκκλιση μελέτη παθητικής πυροπροστασίας με αύξηση των παθητικών μέτρων και ενεργητικών μέσων πυροπροστασίας κατά τρόπο που να επιτυγχάνεται τουλάχιστον ισοδύναμος βαθμός πυρασφαλείας κτιρίου και κοινού. Η μελέτη αυτή εγκρίνεται από πενταμελή επιτροπή ειδικών για το θέμα επιστημόνων, ιδιωτών και δημοσίων υπαλλήλων μετά από αιτιολογημένη πρόταση του αρμόδιου για τη λειτουργικότητα του κτιρίου φορέα. Η υπαγωγή του ειδικού κτιρίου στην ως άνω παρέκκλιση και η σύσταση της επιτροπής γίνεται με κοινή απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας και των συναρμοδίων για το θέμα Υπουργών, κατόπιν αιτιολογημένης εισήγησης της αρμόδιας Δ/σης του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Το πεδίο εφαρμογής του παρόντος κανονισμού αποτυπώνεται στον Πίνακα 1.

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΙΣ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	
Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων	Νέα κτίρια	Κτίρια ή τμήματα κτιρίων που ανεγείρονται με άδεια δόμησης, της οποίας η αίτηση υποβάλλεται μετά την ισχύ του παρόντος κανονισμού	
	Ανεξάρτητες λειτουργικά προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια	Αντιμετωπίζονται ως νέα κτίρια λόγω αυτοτέλειας	
	Υφιστάμενα κτίρια μετά 17.2.1989	Αλλαγή χρήσης ή προσθήκη δόμησης σε κτίρια μελετημένα με το π.δ. 71/1988	
	Υφιστάμενα ξενοδοχεία πριν 17.3.1988		
Υφιστάμενα κτίρια προ 17.2.1989 (πλην ξενοδοχείων)	Εξ' ολοκλήρου αλλαγή χρήσης	Προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια με δόμηση > 50 % και επιφάνεια > 300 τ.μ.	
Πυροσβεστικές Διατάξεις - Υπόδειξη μέτρων	Υφιστάμενα κτίρια προ 17.2.1989 (πλην ξενοδοχείων)	Αναλόγως της χρήσης τους	
	Μνημεία, διατηρητέα κτίρια, παραδοσιακά κτίρια	Αναλόγως της χρήσης τους και με δυνατότητα αποκλίσεων	

Πίνακας 2: Πεδίο εφαρμογής κανονισμών πυροπροστασίας, πηγή: Π.Δ.41, άρθρο 2, 2018

### 2.4.3 Περιορισμός εξάπλωσης της φωτιάς- Διαμερισματοποίηση

Ο κυριότερος στόχος της δομικής πυροπροστασίας είναι η μείωση της ταχύτητας διάδοσης και μετάδοσης της πυρκαγιάς μέσα σε ένα κτίριο. Αυτό το επιταχύνεται ακολουθώντας δυο βασικούς κανόνες :

1. Κατά την κατασκευή πρέπει να γίνει χρήση υλικών βραδείας καύσης η υλικά όσον των δυνατών λιγότερο εύφλεκτα.
2. Η κατάτμηση του κτιρίου σε τμήματα πυροδιαμερίσματα, ώστε με κατάλληλη διάταξη και κατασκευή των περιμετρικών στοιχείων (τοιχών, δαπέδων, θυρών, κ.λπ.), να εμποδίζεται η διάδοση της φωτιάς από το ένα τμήμα στο άλλο.

Η κατασκευή πυροδιαμερισμάτων πρέπει να εφαρμόζεται σχολαστικά στα μεγάλα κτίρια. Κάθε κτίριο πρέπει να χωρίζεται οριζόντια και κατακόρυφα από τείχους που επικοινωνούν μεταξύ τους με ανοίγματα, όπου και τα υλικά κατασκευή τους αναστέλλουν τη μετάδοση της φωτιάς, τουλάχιστον έως ότου δράσει η πυροσβεστική υπηρεσία. Στις αρχές του 20ου αιώνα που άρχισαν να κατασκευάζονται τα μεγάλα και υψηλά κτίρια, διαπιστώθηκε η ανάγκη να εφαρμοστεί η αρχή της διαμερισματοποίησης και σε τμήματα του ίδιου κτιρίου. Έτσι αναπτύχθηκαν συστήματα κατάλληλα χωρίσματα, τοίχοι και πατώματα που, διαχωρίζουν το κτίριο οριζόντια και κατακόρυφα. Τα λεγόμενα διαμερίσματα πυρκαγιάς επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ανοιγμάτων ειδικής κατασκευής, όπως πυρίμαχες πόρτες που κλείνουν αυτόματα όταν εκδηλωθεί πυρκαγιά και εμποδίζουν την εξάπλωση της φωτιάς και των προϊόντων της, μέχρις ότου εκδηλωθεί κατασβεστική επέμβαση.

Οι γερμανικές π.χ. διατάξεις προστασίας εργαζομένων, προβλέπουν στις βιομηχανίες επίπλων χωριστό κτίριο για την χρήση βερνικιού. Μια τέτοια διάταξη και στην Ελλάδα θα είχε προλάβει πολλές πυρκαγιές που έγιναν σε τέτοιες βιομηχανίες. Κατά τη μελέτη επομένως κτιρίων, το θέμα της διαμερισματοποίησης θα πρέπει να εξετάζεται ιδιαίτερα για ορισμένους χώρους όπως:

1. Περιοχές γκαράζ και επισκευών οχημάτων
- 2) Περιοχές εναποθέσεως απορριμμάτων
- 3) Λεβητοστάσια, εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης
- 4) Αποθήκες καυσίμων
- 5) Μετασηματιστές μέσης και υψηλής τάσης
- 6) Εγκαταστάσεις μηχανημάτων αερισμού

### 2.4.4 Ταξινόμηση των κτιρίων ανάλογα με τη χρήση τους

Η ανάγκη ομαδοποίησης των κτιρίων για να τεθούν προδιαγραφές οδηγίες και επιταγές από τον «Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων», οδήγησε σε ταξινόμηση τους σε 9 κατηγορίες (*Fire Security Technical ΔΟΜΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ, 2021*). Οι κατηγορίες είναι οι κάτωθι:

- A. Κατοικίες, Κτίρια διαμερισμάτων, Ξεχωριστές κατοικίες, Οικοτροφεία.
- B. Ξενοδοχεία, Ξενώνες.

Γ. Εκπαιδευτήρια- Σχολικά κτίρια όλων των κατηγοριών και βαθμίδων εκπαίδευσης.

Δ. Γραφεία, Κτίρια με δημόσια η και ιδιωτικά γραφεία.

Ε. Καταστήματα Κτίρια για αποθήκευση, έκθεση και πώληση εμπορευμάτων.

ΣΤ. Χώροι συνάθροισης κοινού.

Κτίρια που χρησιμοποιούνται για τη συνάθροιση ατόμων, για κοινωνικές, οικονομικές, πνευματικές, ψυχαγωγικές ή αθλητικές δραστηριότητες. Βιομηχανίες -Αποθήκες.

Κτίρια που στεγάζουν βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες η και χρησιμοποιούνται για αποθήκευση πρώτων υλών και βιομηχανικών προϊόντων.

Η. Νοσηλευτικές εγκαταστάσεις - Φυλακές Νοσοκομειακά κτίρια. Γηροκομεία ,βρεφονηπιακοί σταθμοί. Κτίρια σωφρονισμού (φυλακές - αναμορφωτήρια).

Θ. Χώροι στάθμευσης οχημάτων και πρατήρια υγρών καυσίμων υπαίθρια, υπόγεια και υπέργεια κτίρια στάθμευσης αυτοκινήτων και πρατήρια υγρών καυσίμων.

Στην κατηγορία «Α. Κατοικίες» περιλαμβάνονται όλα τα κτίρια που χρησιμοποιούνται για κατοικία, δηλαδή μονοκατοικίες, διπλοκατοικίες και πολυκατοικίες ανεξάρτητα από το σύστημα δόμησης τους ή τον αριθμό των ορόφων τους.

Στην κατηγορία «Β. Ξενοδοχεία» περιλαμβάνονται όλες οι τουριστικές εγκαταστάσεις που αναφέρονται στις προδιαγραφές του ΕΟΤ με την ονομασία ξενοδοχεία, όπως αυτές αναλύονται σε διάφορους τύπους κτιρίων και χρησιμοποιούνται για ύπνο και προσωρινή διαμονή, δυναμικότητας τουλάχιστον 20 ατόμων. Ως μονάδα διαμονής ορίζεται ο κοιτώνας ξενοδοχείου με τους βοηθητικούς χώρους ή το αυτοτελές διαμέρισμα σε ξενοδοχειακό κτίριο.

Για τα υφιστάμενα ξενοδοχεία ισχύουν μεταβατικές διατάξεις που θεσμοθετήθηκαν με τα άρθρα 16,17,18 και 19 του Κ.Π.Κ.

Στην κατηγορία «Γ. Εκπαιδευτήρια» (άρθρο 7) περιλαμβάνονται τα κτίρια της δημόσιας και ιδιωτικής εκπαίδευσης, όλων των βαθμίδων, τα φροντιστήρια, τα νηπιαγωγεία και οι παιδικοί σταθμοί.

Στην κατηγορία «Δ. Γραφεία» (άρθρο 8) περιλαμβάνονται κτίρια ή μέρη κτιρίων που χρησιμοποιούνται από δημόσιες υπηρεσίες ή ιδιωτικές επιχειρήσεις ή άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα, για διοικητικές, πνευματικές και επιχειρηματικές δραστηριότητες, χωρίς να ανήκουν στην κατηγορία των καταστημάτων. Σε περιπτώσεις ύπαρξης αίθουσας συνάθροισης κοινού με «πληθυσμό» μεγαλύτερο των 50 ατόμων, μέρα σε κτίρια γραφείων, ισχύουν για τις περιπτώσεις αυτές οι αντίστοιχες διατάξεις που αναφέρονται στους χώρους συνάθροισης κοινού (κατηγορία ΣΤ). Εξ άλλου όταν στο κτίριο υπάρχουν και άλλες χρήσεις, αρμόδια για την κατάταξη του στη συγγενέστερη κατηγορία είναι η ελέγχουσα δημόσια αρχή.

Στην κατηγορία «Ε. Καταστήματα» (άρθρο 9) περιλαμβάνονται κτίρια ή τμήματα κτιρίων που χρησιμοποιούνται σαν καταστήματα, για την έκθεση, πώληση και αποθήκευση εμπορευμάτων, τον καλλωπισμό ατόμων και την επεξεργασία αγαθών (χωρίς να ανήκουν στην κατηγορία «βιομηχανίες-αποθήκες»). Ειδικότερα περιλαμβάνονται καταστήματα και πολυκαταστήματα, αγορές και υπεραγορές, φαρμακεία, κουρεία, κομμωτήρια, ινστιτούτα καλλωπισμού, ραφεία, υποδηματοποιεία κ.λπ.

Η κατηγορία «Η. Νοσηλευτικές Εγκαταστάσεις - Φυλακές» (άρθρο 12) διαχωρίζεται στην Η, που περιλαμβάνει όλα τα νοσηλευτικά ιδρύματα (νοσοκομεία, κλινικές, ψυχιατρεία, ιδρύματα χρόνιων



παθήσεων, κέντρα υγείας, κ.λπ.) και τα ιδρύματα κοινωνικής πρόνοιας (γηροκομεία, βρεφονηπιακοί σταθμοί, παιδικοί σταθμοί με νυχτερινή διαμονή κ.λπ.) και στην κατηγορία Η2 που περιλαμβάνει όλα τα σωφρονιστικά κτίρια (φυλακές, αναμορφωτήρια, κ.λπ.)

Στην κατηγορία «Θ. Χώρος στάθμευσης οχημάτων και πρατήρια υγρών καυσίμων» (άρθρο 13) περιλαμβάνονται κτίρια ή τμήματα κτιρίων ή ημιυπαίθριοι χώροι που χρησιμοποιούνται για στάθμευση αυτοκινήτων ή και στεγάζουν πρατήρια υγρών καυσίμων. Διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

Θ1 Μονώροφα ή και ημιυπαίθριοι.

Θ2: Υπέργεια πολυώροφα.

Θ3: Υπόγεια.

Εάν σε τμήμα κτιρίου άλλης χρήσης στεγάζεται πρατήριο υγρών καυσίμων ή υπάρχει χώρος στάθμευσης για περισσότερα από 10 αυτοκίνητα, το τμήμα αυτό εξετάζεται με τις διατάξεις αυτού του κεφαλαίου ανεξάρτητα από το εμβαδό του και πρέπει να αποτελεί ξεχωριστό πυροδιαμέρισμα με τις δικές του οδεύσεις διαφυγής. Όπου συνυπάρχουν στο ίδιο κτίριο ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων με συνεργείο επισκευών αυτοκινήτων, ο χώρος ταξινομείται στην κατηγορία Ζ (βιομηχανίες - αποθήκες).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, ένα κτίριο ή κάποια διαμερίσματα του κτιρίου κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την κύρια χρήση αυτού για κάθε δευτερεύουσα χρήση κάθε διαμέρισμα εξετάζεται ξεχωριστά και χαρακτηρίζεται ακολουθώντας τον παρακάτω κανόνα :

πυροθερμικό φορτίο < 1000 MJ/m<sup>2</sup>

πυροθερμικό φορτίο 1000- 2000 MJ/m<sup>2</sup>

πυροθερμικό φορτίο > 2000MJ/m<sup>2</sup> (“ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α΄: ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ – Άρθρο 4: Ταξινόμηση κτιρίων σύμφωνα με τη χρήση τους / Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας,” 2017).

## 2.5. Προληπτική και κατασταλτική πυρασφάλεια

### 2.5.1 Πρόληψη πυρκαγιών

Για τη σπουδαιότητα των μέτρων αυτών δίνεται μεγάλη έμφαση, χωρίς πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα (κατανόηση, υλοποίηση). Αμέλεια, αδιαφορία, άγνοια Κανονισμών και Διατάξεων πυρασφάλειας μπορεί να έχουν καταστρεπτικές συνέπειες.

Τα προληπτικά μέτρα κατά της πυρκαγιάς που μας απαλλάσσουν από ηθικές, ποινικές, διοικητικές κ.λπ. ευθύνες είναι, βασικά, απλά. Τέτοιου εί-δους μέτρα μπορεί να συνοψισθούν στα εξής:

1) Συνεχής καθαρισμός όλων των χώρων.

2) Καλός και συνεχής αερισμός των χώρων.

3) Αποθήκευση εύφλεκτων υλών σε χώρους ξεχωριστά από τους υπολοίπους μακριά από πηγές θερμότητας κ.λπ., π.χ. στα εργοστάσια, εκτός των χώρων της παραγωγικής διαδικασίας.

4) Αποφυγή χρησιμοποίησης ανοικτής φλόγας σε χώρους της παραγωγής• κατά τις εργασίες συγκόλλησης, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

5) Σε χώρους υψηλής επικινδυνότητας καθολική απαγόρευση του καπνίσματος.

6) Επιμελής συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, δημιουργία ζωνών ασφάλειας μέσα στους χώρους της παραγωγής, τις αποθήκες, τα δάση κ.λπ.

7) Λήψη κάθε κατάλληλου μέτρου που με την απλή λογική αποδεικνύεται απαραίτητο (π.χ. συμβουλή για να σβήσει το τσιγάρο του επισκέπτη χώρου όπου απαγορεύεται το κάπνισμα, αποψίλωση γηπέδου δεξαμενής/ων υγρών καυσίμων κ.λπ.).

### 2.5.2 Προληπτικά μέσα

Με τον όρο προληπτικά μέσα καλούμε κάθε πιθανή πρόβλεψη για την αποφυγή ατυχημάτων και ιδιαίτερα σε χώρους εργασίας κάθε μορφή προληπτικής προστασίας. Η εξέλιξη της τεχνολογίας μας έχει βοηθήσει πάρα πολύ στην ανάπτυξη αυτόματων συστημάτων εντοπισμού και καταστολής πυρκαγιών.

Κάποια από τα βασικά μέσα προληπτικές πυρασφάλειας είναι τα εξής :

- 1) Σημάνσεις, επιγραφές, σημαίες με ειδικά 'σύμβολα ή χρώματα.
- 2) Οδηγίες (π.χ. πινακίδες με συστάσεις χειρισμού επικινδύνων ειδών).
- 3) Αυτόματα συστήματα συναγερμού , εξαερισμού.

Προληπτικά μέτρα ορίζονται και νομοθετικά (π.χ. η λήψη μέτρων πυροπροστασίας επιβάλλεται σήμερα στις επιχειρήσεις με τη σχετική Υ.Α. 7755/88, ΦΕΚ 241/Β/22-4-88. Σε ορισμένες περιπτώσεις, επίσης, εξακολουθεί να ισχύει το Π.Δ. 460/1976 «Περί Λήψεως Μέτρων Πυρασφάλειας υπό Βιομηχανικών και Βιοτεχνικών Επιχειρήσεων και των Αποθηκών αυτών», ΦΕΚ 170/Α/6-7-1976) στα μέτρα αυτά δεν αγνοούνται γενικότερες απαιτήσεις (εναρμονισμός σε οδηγίες ΕΟΚ, ανάγκης εκπαίδευσης κ.α.) και οι τεχνολογικές δυνατότητες που προαναφέρθηκαν ιδιαίτερα σε ορισμένες επιχειρήσεις, η ανάγκη συνεχούς επιτήρησης των χώρων τους, έγκαιρης ανίχνευσης και επακριβούς εντοπισμού της εστίας της φωτιάς στη γένεση της, κατάλληλης σήμανσης συναγερμού και ενεργοποίησης των αυτομάτων συστημάτων εφαρμόζονται σε πολλές περιπτώσεις για το διπλό σκοπό: ανίχνευση-αναγγελία πυρκαγιάς.

Μερικοί από τους πιο βασικούς τύπους ανιχνευτών πυρκαγιάς είναι οι εξής :

- 1) Ανιχνευτής ιόντωσης ο οποίος διεγείρεται όταν αντιληφθεί διαφορά στον ιοντισμό αερίων σε ένα χώρο.
- 2) Θερμοδιαφορικός ανιχνευτής , διεγείρεται από απότομη αύξηση της θερμοκρασίας.
- 3) Ηλεκτρονικός ανιχνευτής φλόγας αντιλαμβάνεται τις υπεριώδης ακτίνες που παράγουν οι φλόγες με συχνότητες που κυμαίνονται από 5 ως 25 HZ.
- 4) Ανιχνευτής καπνού η διέγερση τους προκαλείται κατά την εισχώρηση καπνού μέσα τους.

- 5) Ανιχνευτής μέγιστων θερμοκρασιών έχουμε ορίσει σε αυτούς στην εγκατάσταση τους ένα ανώτατο όριο θερμοκρασίας σε κάθε χώρο όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει αυτό το όριο τότε ο ανιχνευτής διεγείρεται.

Γενικά, τα συστήματα αναγγελίας πυρκαγιάς παρέχουν τη δυνατότητα να δοθεί συναγερμός. Συνοψίζοντας, αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης είναι το σύστημα που, με αυτόματο τρόπο:

- 1) Αντιλαμβάνεται τον κίνδυνο πυρκαγιάς από τα φαινόμενα που προηγούνται ή που συνοδεύουν τη φωτιά, όπως είναι τα αόρατα προϊόντα καύσης, ο καπνός, η φλόγα και η θερμότητα
- 2) Ανιχνεύει έγκαιρα την πυρκαγιά —πριν αναπτυχθεί η ανεξέλεγκτη καύση (πρώιμη ανίχνευση), για να μη προκληθούν ζημιές ή κινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές και
- 3) Ειδοποιεί (οπτικά και ακουστικά) για την απειλή (πυρκαγιά).

Βασικά όργανα ενός αυτόματου συστήματος ανίχνευσης και αναγγελίας πυρκαγιάς είναι:

- 1) Οι αυτόματοι ανιχνευτές (που τοποθετούνται επί της οροφής καθώς και στην —τυχόν— ψευδοροφή του χώρου τον οποίο πρόκειται να προστατεύσουν οι ανιχνευτές συνδέονται ανά ομάδες και κάθε ομάδα αποτελεί ιδιαίτερη γραμμή η οποία συνδέεται με τον κεντρικό πίνακα, που διαρρέεται μόνιμα από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα οπού, σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτρικής παροχής της πόλης, το δίνει συστοιχία συσσωρευτών. Σε κάθε γραμμή ανιχνευτών μπορούν να τοποθετηθούν όλοι οι τύποι των ανιχνευτών).
- 2) Τα χειροκίνητα μέσα συναγερμού («κουμπιά συναγερμού»)
- 3) Ύπαρξη ενός κεντρικού πίνακα σηματοδότησης η λειτουργία του οποίου είναι να τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα συνεχώς τους ανιχνευτές περιλαμβάνεται σ αυτόν και εφεδρική τροφοδοσία με σκοπό την αναγγελία και σήμανση συναγερμού, τον επακριβή εντοπισμό της εστίας πυρκαγιάς και την ενεργοποίηση του συστήματος κατάσβεσης, εάν υπάρχει τέτοιο σύστημα στο — αυτόματο— συγκρότημα πυρασφάλειας.
- 4) Η οπτικοακουστική ειδοποίηση με την χρήση σειρήνων και λυχνιών σε επίκαιρες θέσεις των προστατευμένων χώρων.
- 5) Η αυτόματη μετάδοση του σήματος συναγερμού (π.χ. στην Κρατική Πυροσβεστική Υπηρεσία, τους υπεύθυνους πυρασφάλειας μιας βιομηχανίας σε ορισμένες βιομηχανίες αλλά και σε άλλες περιπτώσεις αυτόματα συστήματα πυρανίχνευσης είναι υποχρεωτικά από τις σχετικές Κανονιστικές Διατάξεις) (*Fire Security Technical - Μέτρα και μέσα πυρασφάλειας*. 2021).

# Κεφάλαιο 3

## 3. Συμπεριφορά Δομικών Υλικών, Αξιολόγηση Κτιρίων και Υλικά Αποκατάστασης

### 3.1 Συμπεριφορά των δομικών υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες

Οι κύριες ιδιότητες των υλικών που μεταβάλλονται κατά την πυρκαγιά παρουσιάζονται παρακάτω ξεχωριστά, τόσο για το σκυρόδεμα όσο και για τον χάλυβα οπλισμού.

Η επίδραση της πυρκαγιάς στα δομικά στοιχεία μιας κατασκευής απαιτεί την προσεκτική ανάλυση και μελέτη της συμπεριφοράς των υλικών που αποτελούν την κατασκευή. Αυτό είναι αναγκαίο, επειδή κανένα υλικό δεν παρουσιάζει απεριόριστη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες που προκύπτουν κατά τις συνήθεις πυρκαγιές.

Συνεπώς, η πυρκαγιά επηρεάζει αμέσως τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών. Αυτές οι ιδιότητες, όπως η τάση διαρροής και η ελαστικότητα, μεταβάλλονται διαφορετικά ανάλογα με τον ρόλο του δομικού στοιχείου (π.χ., υποστύλωμα, δοκός) και τον τρόπο φόρτισης (π.χ., εφελκυσμός, θλίψη) και τις διαστάσεις του.

Η κατανόηση αυτών των αλλαγών είναι κρίσιμη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων με αποτελεσματικά μέτρα πυροπροστασίας, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η ανθεκτικότητα τους σε περίπτωση πυρκαγιάς.

#### 3.1.1 Χάλυβας οπλισμού

Οι μηχανικές ιδιότητες όλων των κοινών υλικών των κτιρίων ελαττώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ο χάλυβας οπλισμού, αν και θεωρείται άκαυστο υλικό, δεν αντέχει επί πολύ ώρα τις υψηλές θερμοκρασίες μιας συνηθισμένης πυρκαγιάς. Σημειώνεται επίσης ότι όντας καλός αγωγός της θερμότητας οι λεπτές διατομές του ακολουθούν την ανύψωση της θερμοκρασίας του πυροδιαμερίσματος.

Σε εργαστηριακή δοκιμασία συνηθισμένου μαλακού χάλυβα, παρατηρήθηκε πως η αντοχή (σε εφελκυσμό) αυξάνει αρχικά, για θέρμανση μέχρι 250°C, για να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση στους 400°C, από όπου αρχίζει να πέφτει και στους 550°C, φθάνει στην επιτρεπόμενη τάση με τους συνηθισμένους συντελεστές ασφαλείας. Πάνω από αυτή τη θερμοκρασία έχουμε αστοχία του δομικού στοιχείου. Ένα χαρακτηριστικό του χάλυβα είναι ότι δεν ανακτά την αρχική του αντοχή μετά από απόψυξη.

Η θερμή εξέλαση του χάλυβα (ή αναφέρεται και ως θερμή ανοδότηση) είναι μια διαδικασία στην οποία ο χάλυβας υποβάλλεται σε υψηλές θερμοκρασίες και ακολουθεί μια σταδιακή απώλεια της αντοχής του καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Σε αυτήν τη διαδικασία, ο χάλυβας μπορεί να υποστεί αλλαγές στην κρυσταλλική δομή του, που επηρεάζουν τις μηχανικές του ιδιότητες.

Κατά τη θερμή εξέλαση, ο χάλυβας αρχικά αποδυναμώνεται σταδιακά και χάνει την αντοχή του καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται. Οι αλλαγές στη δομή του χάλυβα συνήθως αρχίζουν να εμφανίζονται σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες, ανάλογα με τη σύσταση του χάλυβα και την ποσότητα του άνθρακα που περιέχει.

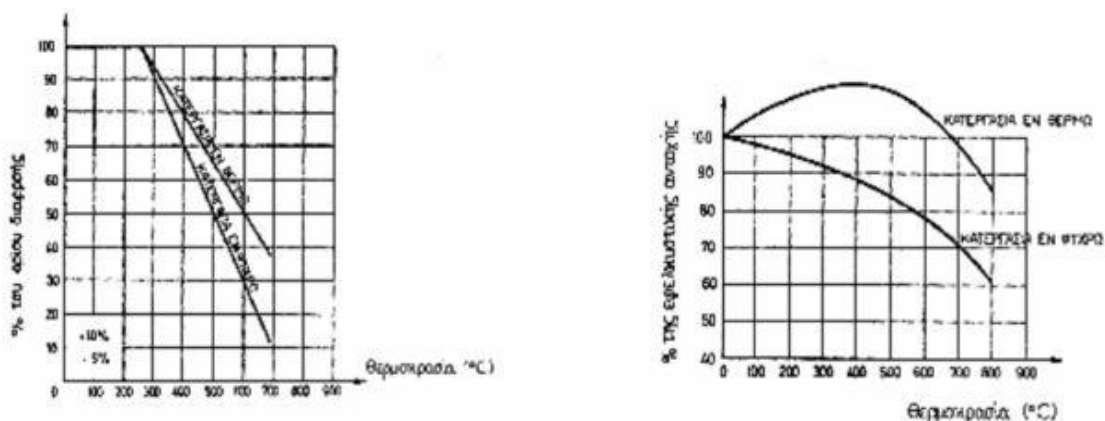
Οι πολλές διαφορετικές ποικιλίες χάλυβα έχουν διάφορες θερμοκρασίες θερμής εξέλασης, αλλά συνήθως αυτή η διαδικασία αρχίζει να είναι προβληματική για το χάλυβα σε θερμοκρασίες περίπου 400-450°C.

Η εξέλαση χάλυβα «εν ψυχρώ» αναφέρεται στην διαδικασία επεξεργασίας του χάλυβα που γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου, δηλαδή σε θερμοκρασίες που δεν απαιτούν θέρμανση για την εκτέλεσή της. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται συνήθως για τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα.

Κατά τη διάρκεια της εξέλασης εν ψυχρώ, ο χάλυβας υποβάλλεται σε μηχανική επεξεργασία, όπως εφελκυσμό ή θλίψη, ενώ διατηρείται σε θερμοκρασία δωματίου. Αυτή η διαδικασία μπορεί να αυξήσει την αντοχή, τη σκληρότητα και την αντοχή στην διαρροή του χάλυβα.

Η εξέλαση εν ψυχρώ χρησιμοποιείται συχνά στην παραγωγή χάλυβα για δομικές εφαρμογές και άλλες βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτούνται συγκεκριμένες μηχανικές ιδιότητες. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει τον έλεγχο των μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα για να προσαρμοστούν σε συγκεκριμένες απαιτήσεις και εφαρμογές.

Γενικά προτιμούνται οι χάλυβες με θερμή εξέλαση μιας και οι χάλυβες «εν ψυχρώ» να μην αποκτούν υψηλή αντοχή, έχουν όμως σαφώς ταχύτερη πτώση, γιατί με την ανόπτηση που επέρχεται χάνεται η πρόσθετη αντοχή και η κρίσιμη θερμοκρασία τους είναι 400-450° C (σχήμα 3-4).

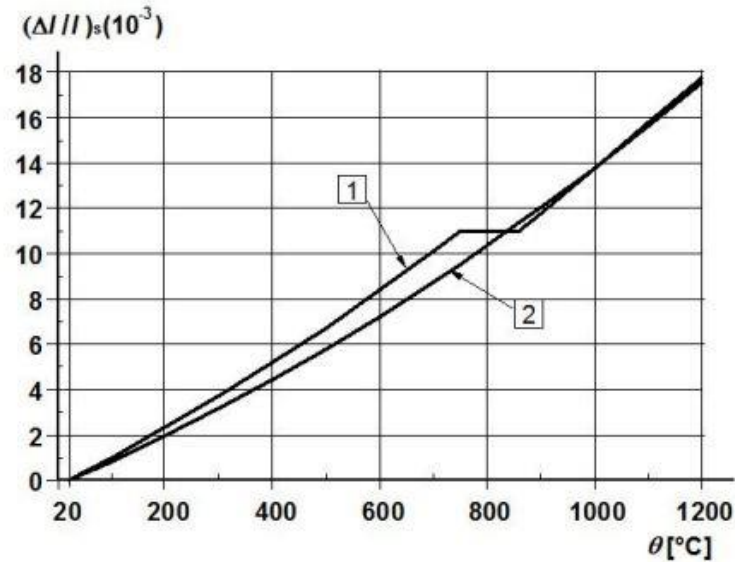


Σχήμα 2 & 3: Μεταβολή ορ. Διαρροής χαλύβων οπλισμού σε υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια πυρκαγιάς και εφελκυστική αντοχή χαλύβων σε υψηλές θερμοκρασίες «μετά την απόψυξη», πηγή: 10<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών», 2004

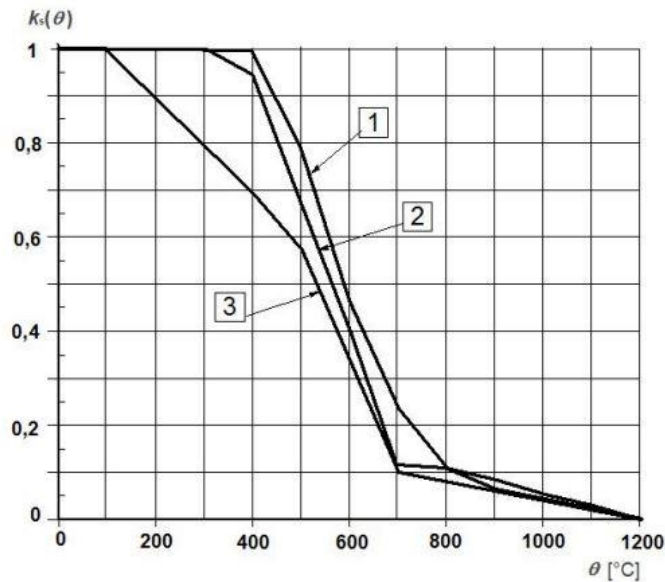
Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι κατά την έκθεση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζεται δυσμενώς από τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά κυρίως η εφελκυστική αντοχή και η παραμόρφωση θραύσεως τους. Λόγω των παραπάνω παραγόντων είναι αρκετά πιθανή και η πρόωρη εμφάνιση φαινομένων όπως ο ερπυσμός, η χαλάρωση και η μεταβολή της μικροδομής του χάλυβα. Ανάλογα αφενός με τον χρόνο και τη θερμοκρασία έκθεσης, και αφετέρου με την σύσταση και τη μέθοδο παραγωγής τους, καθορίζεται εάν μετά την επάνοδο σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος οι μεταβολές αυτές των χαλύβων παραμένουν ή αίρονται μερικώς ή ολικώς.

Τέλος, ο χάλυβας, ως οπλισμός του σκυροδέματος, πρέπει να έχει επαρκή επικάλυψη, σύμφωνα πάντα με τα όσα προβλέπουν οι κανονισμοί, γιατί τότε αποκτά αρκετά από τα πλεονεκτήματα του σκυροδέματος. Επίσης, ο χάλυβας των προεντεταμένων κατασκευών, λόγω της ευαισθησίας του σε υψηλές θερμοκρασίες, πρέπει να προστατεύεται αρκετά και το κριτήριο αυτό ικανοποιείται μόνο αν τοποθετηθεί σε κατάλληλο βάθος από την επιφάνεια του σκυροδέματος .

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μεταβολές ορισμένων μηχανικών χαρακτηριστικών του χάλυβα κατά την έκθεσή αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2.



Σχήμα 4 : Θερμική επιμήκυνση χάλυβα, όπου η καμπύλη [1] είναι ο χάλυβας οπλισμού, και η καμπύλη [2] ο προεντεταμένος χάλυβας, πηγή: Κάκκος Ε.



Σχήμα 5: Μειωτικός συντελεστής  $k_s(\theta)$  επί της χαρακτηριστικής τάσης διαρροής ( $f_{yk}$ ) εφελκόμενου και θλιβόμενου οπλισμού (Κατηγορία N), όπου Καμπύλη [1] εφελκόμενος οπλισμός θερμής εξέλασης για παραμορφώσεις  $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$ , καμπύλη [2] εφελκόμενος οπλισμός ψυχρής κατεργασίας για παραμορφώσεις  $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$  και καμπύλη [3] θλιβόμενος ή εφελκόμενος οπλισμός για παραμορφώσεις  $< 2\%$ , πηγή: (Eurocode 2: Design of concrete structures - Part1-2: General rules - Structural fire design EN 1992-1-2 (December 2004), σελίδες 26-33)

### 3.1.2 Σκυρόδεμα

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το σκυρόδεμα είναι το καλύτερο από τα συνηθισμένα δομικά υλικά, από την άποψη συμπεριφοράς σε πυρκαγιά (κατηγορία A1 κατά EN-1305), για τους εξής λόγους:

1. Τα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερης μάζας, από τα αντίστοιχα χαλύβδινα ή ξύλινα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση ανύψωσης της θερμοκρασίας προς το εσωτερικό της διατομής.
2. Το beton, ακόμη και σε ξηρό περιβάλλον, εμπεριέχει νερό, που συγκρατείται με τρεις τρόπους:
  - Με φυσικές δυνάμεις, όπως είναι η ικανότητα των τριχοειδών πόρων να συγκρατούν νερό, ανάλογα με τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.
  - Με φυσικοχημικές δυνάμεις, όπως είναι οι τάσεις συνάφειας προς τους κόκκους των λίθινων υλικών, και
  - Με χημικές δυνάμεις, όπως είναι το κρυσταλλικό νερό ενυδάτωσης του τσιμεντοπολτού.

Κατά την προσβολή του από υψηλές θερμοκρασίες, το νερό εξατμίζεται, αρχικά στην επιφάνεια και στη συνέχεια βαθύτερα, όσο διαρκεί η πυρκαγιά. Κατά την εξάτμιση του απορροφά θερμότητα και έτσι καθυστερεί τη θέρμανση των εσωτερικών στρωμάτων. Ουσιώδης στόχος είναι, οι εξωτερικές στρώσεις (όπου ο τσιμεντοπολτός αποσυντίθεται στους 600° C), να μην αποκολληθούν και καταπέσουν. Σ' αυτό συντελεί σημαντικά η παρουσία πυκνού λεπτού οπλισμού (συνδετήρων ή μεταλλικού πλέγματος) που έχει τοποθετηθεί γι' αυτό το σκοπό.

Το είδος των αδρανών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σκυροδέματος παίζει σημαντικό ρόλο. Τα ασβεστολιθικά αδρανή είναι τα καλύτερα, γιατί ο ασβεστόλιθος χάνει τις μηχανικές του

ικανότητες στους 900° C, οπότε και αρχίζει η ασβεστοποίηση, με ταυτόχρονη έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (διαδικασία που απορροφά επίσης σημαντικά ποσά θερμότητας). Επίσης, καλή συμπεριφορά δείχνουν οι σκωρίες υψικαμίνων (εφόσον βέβαια εκπληρώσουν τους όρους καταλληλότητας) για να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή στην παραγωγή *beton*. Αντίθετα τα πυριτικά αδρανή (συνήθως χαλαζίτης από κοιτάσματα φυσικού αμμοχάλικου), που κυρίως χρησιμοποιούνται στην κεντρική Ευρώπη, παρουσιάζουν διόγκωση και σπάζουν όταν θερμανθούν στους 530° C. Πάντως αυτά τα φαινόμενα αρχίζουν να εμφανίζονται μετά το πρώτο ημίωρο, τουλάχιστον σε συνηθισμένη ένταση πυρκαγιές.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι η έκθεση του σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική υποβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων του, οι οποίες ακόμη και μετά την επάνοδο σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος δεν επανέρχονται στις αρχικές τους τιμές, ή τις ανακτούν κατά μικρό μόνο ποσοστό.

### 3.1.3 Τοιχοποιία

Σχετικά με τη συμπεριφορά της τοιχοποιίας κατά την πυρκαγιά, παρατηρείται ότι υπάρχουν περιορισμένα διαθέσιμα δεδομένα. Πάρα ταύτα παρατίθενται ορισμένες πληροφορίες για τη θερμική συμπεριφορά των λιθοσωμάτων, ενώ για το (τσιμεντο)κονίαμα της τοιχοποιίας μπορεί να θεωρηθεί συμπεριφορά ανάλογη προς αυτή του σκυροδέματος. Ο συνδυασμός αυτών των δύο συμπεριφορών, θα μπορούσε να οδηγήσει σε κάποια θεωρητική πρόβλεψη της θερμικής συμπεριφοράς της Τοιχοποιίας ως συνόλου. Ή ακόμη απλούστερα, σε μια εκτίμηση μείωσης του ενεργού πάχους της τοιχοποιίας, με αντίστοιχη μείωση της αντοχής της ανάλογα με τη διείσδυση θερμοκρασιών (Κεφ. II Πρακτικός Οδηγός για αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και τις δομητικές επισκευές μετά από πυρκαγιά, Αθήνα 2008- ΤΕΕ-ΕΜΠ)

Αναφορικά με τα συνήθη τούβλα από άργιλο, παρατηρείται ότι αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες, ακόμη και άνω των 1000°C, χωρίς να υφίστανται σοβαρές ζημιές. Ενώ κατά τη διάρκεια έντονης και διατεταμένης θέρμανσης, μπορεί να παρουσιάσουν επιφανειακή τήξη, τα συμπαγή τούβλα θεωρούνται προτιμότερα από τα διάτρητα ή κοίλα. Επίσης, οι τσιμεντόλιθοι και τα ασβεστοπυριτικά τούβλα εμφανίζουν ικανοποιητική συμπεριφορά σε πυρκαγιά. Κατά κανόνα, η πιθανή κατάρρευση των τοίχων που κατασκευάζονται από αυτά τα υλικά δεν οφείλεται στην αδυναμία τους απέναντι στη φωτιά, αλλά σε κινήσεις των δοκών στις οποίες στηρίζονται. Συνεπώς, οι τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομές θεωρούνται συνήθως δομικά στοιχεία με ικανοποιητική αντοχή στη φωτιά και μπορούν να αντέξουν ακόμη και σε σοβαρές πυρκαγιές.

### 3.1.4 Ξύλο

Γενικά, το ξύλο δεν είναι τόσο επικίνδυνο υλικό όσο πολλοί πιστεύουν. Κατά την καύση του, δημιουργείται ένα επιφανειακό απανθρακωμένο στρώμα, το οποίο έχει μικρή αγωγιμότητα και καθυστερεί την πυρόλυση του υποκειμένου υλικού. Αυτή η διαδικασία απανθράκωσης συνεχίζεται με ένα ρυθμό περίπου 0,6 έως 0,7 mm/min. Το καίον ξύλο παράγει μεγάλες ποσότητες καπνού, η πυκνότητα του οποίου εξαρτάται από παράγοντες όπως ο ρυθμός καύσης, η θερμοκρασία και η ποσότητα του προσαγόμενου αέρα.

Τα ξύλα με ειδικό βάρος μικρότερο από 400 kg/m<sup>3</sup>, όπως το έλατο και το πεύκο, κατατάσσονται στην κατηγορία των "κανονικά αναφλέξιμων υλικών" (κατηγορία B2), όταν το πάχος τους υπερβαίνει τα 2



mm. Αντίθετα, τα ξύλα με μεγαλύτερο ειδικό βάρος, όπως η δρυς και η καστανιά, είναι λιγότερο εύφλεκτα και μπορούν ακόμη και να καταταχθούν στην κατηγορία των «δύσκολα αναφλέξιμων υλικών» αν υποστούν εμποτισμό με κατάλληλα χημικά διαλύματα και εκτεθούν σε ειδικούς λέβητες υπό πίεση.

Τα ξύλα που χρησιμοποιούνται σε δομικές κατασκευές μπορούν να υποστούν προληπτική επεξεργασία προκειμένου να αυξηθεί η πυραντοχή τους. Οι περισσότεροι διαδεδομένοι τρόποι επεξεργασίας του ξύλου με στόχο τη βελτίωση της συμπεριφοράς του σε περίπτωση πυρκαγιάς περιλαμβάνουν:

- Εμποτισμό με αντιπυρικές ουσίες: Κατά την επεξεργασία αυτή, το ξύλο εμποτίζεται με ειδικές αντιπυρικές ουσίες που εμποδίζουν την εξάπλωση της φλόγας και αυξάνουν το χρόνο πυραντοχής του. Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει σε εργοστάσια επεξεργασίας ξύλου ή στην ίδια την τοποθεσία της κατασκευής. Για τη βελτίωση των αντιπυρικών ιδιοτήτων του ξύλου χρησιμοποιούνται διάφορες χημικές ουσίες, συνήθως υδατοδιαλυτά άλατα με βάση τη θειική αμμωνία  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  και διάφοροι φωσφορικοί ανάμικτες, μαζί με κάποιο αντιοξειδωτικό παράγοντα, διάφορα συντηρητικά του ξύλου, καθώς και άλλες αντιπυρικές ουσίες, όπως βορικό οξύ ή χλωριούχος ψευδάργυρος ( $\text{ZnCl}_2$ ). Τα άλατα αυτά εφαρμόζονται με πίεση, γιατί με μεθόδους εφαρμογής χωρίς πίεση (με επάλειψη, ψεκασμό, εμβάπτιση, κλπ.) δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητικός βαθμός εμποτισμού.
- Επικάλυψη με αντιπυρικές ουσίες: Στην κατηγορία αυτή υπάγονται διάφορα αντιπυρικά βερνίκια ή χρώματα, που επιστρώνονται στην επιφάνεια του ξύλου. Η εφαρμογή τους γίνεται με πινέλο, με ρολό με ψεκασμό. Οι επικαλυπτικές αντιπυρικές ουσίες, δεν πρέπει να συγχέονται με τα “διακοσμητικά” χρώματα ή βερνίκια. Τα αντιπυρικά βερνίκια ή χρώματα πρέπει να εφαρμόζονται σε ορισμένο πάχος διαστρώσεως, γιατί διαφορετικά δεν είναι επαρκής η αποτελεσματικότητά τους.
- Χρήση πυροανθυγρών υλικών: Ορισμένα υλικά, όπως τα γύψινα υλικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δομικές κατασκευές για να προσθέσουν πυροανθυγρές ιδιότητες, καθιστώντας το ξύλο λιγότερο ευαίσθητο στην πυρκαγιά.

Αυτοί οι τρόποι επεξεργασίας μπορούν να βελτιώσουν την αντίσταση του ξύλου στη φωτιά και να αυξήσουν τον χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη της φλόγας και την εξάπλωσή της.

### 3.1.5 Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο, αν και μη αναφλέξιμο υλικό, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι παρουσιάζει αντοχή έναντι της φωτιάς. Με σημείο τήξεως στους  $650^\circ\text{C}$ , μικρή θερμοχωρητικότητα και μεγάλη αγωγιμότητα, εμφανίζει γρήγορη θέρμανση και υψηλό συντελεστή θερμικής διαστολής (3πλάσιο του χάλυβα). Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν ευάλωτο στην πυρκαγιά και δεν μπορεί να συμπεριληφθεί στα υλικά που συμβάλλουν στην πυρασφάλεια.

### 3.1.6 Γυαλί

Οι υαλοπίνακες από συνηθισμένο γυαλί ρηγματώνονται μόλις έλθουν σε επαφή με τα θερμά καυσαέρια, εξ' αιτίας της διαφορετικής θερμοκρασίας στις δύο όψεις τους. Σε πολλές περιπτώσεις, για αρκετή ώρα, οι υαλοπίνακες μπορούν να παραμείνουν ρηγματωμένοι στη θέση τους. Επειδή όμως δε μπορεί να γίνει καμία αξιόπιστη πρόβλεψη, πρέπει να θεωρείται ότι παρουσιάζουν μηδενική αντοχή στη φωτιά. Ούτε όμως οι διπλοί υαλοπίνακες θεωρούνται αποτελεσματικοί γιατί η θραύση του εσωτερικού φύλλου προκαλεί “θερμικό σοκ” και θραύση και στο ψυχρό εξωτερικό τζάμι.

Πλεονεκτικοί θεωρούνται οι διπλοί υαλοπίνακες με ενσωματωμένο συρμάτινο πλέγμα (οπλισμένοι υαλοπίνακες), οι οποίοι φαίνεται να παρέχουν μεγαλύτερη πυραντοχή, καθώς το πλέγμα μπορεί να συγκρατήσει τα θραύσματα και να αποτρέψει την άμεση αποσύνθεση του υαλοπίνακα. Αυτό επιτρέπει στους οπλισμένους υαλοπίνακες να παραμείνουν στη θέση τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά την πυρκαγιά. Η σχετική αυτή πυραντοχή επιτρέπει να χρησιμοποιούνται (μέχρις ορισμένου μεγέθους) σε πόρτες πυροπροστασίας (π.χ. σε μικρά ανοίγματα ανελκυστήρων).

### 3.1.7 Πλαστικό

Η μεγάλη ποικιλία και η ραγδαία διάδοση των πλαστικών δυσκολεύει την ενιαία αντιμετώπιση τους. Πάντως υπάρχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά και κυρίως, τα πλαστικά σε όλες τις μορφές τους είναι αναφλέξιμα υλικά.

Για πολλά είδη πλαστικών έχουν επισημανθεί διαβαθμίσεις ως προς τη δυσκολία ανάφλεξης και την ιδιότητα της αυτοσβέσεως. Μερικά πλαστικά δίνουν αξιόλογη βοήθεια στην προσπάθεια μειώσεως της ταχύτητας μεταδόσεως της φωτιάς. Όταν όμως αναπτυχθεί πυρκαγιά, από την ανάφλεξη άλλων υλικών του χώρου, διασπώνται και αυτά από πυρόλυση σε αναφλέξιμα αέρια. Επειδή μάλιστα τα ειδικά πρόσθετα που περιέχουν είναι τοξικά, κατά κανόνα αλογόνα (βρώμιο, χλώριο, φθόριο), τα παραγόμενα τότε καυσαέρια είναι ακόμη πιο επικίνδυνα. Αυτά τα τοξικά αέρια μπορούν να αποτελέσουν σοβαρή απειλή για την υγεία των ανθρώπων που βρίσκονται στον χώρο κατά την εκδήλωση μιας πυρκαγιάς. Επιπλέον, η παραγωγή πυκνών μαύρων καπνών μπορεί να δυσκολέψει σημαντικά την αποφυγή του καπνού και την εκκένωση του χώρου από τους ενοίκους και την πρόσβαση των πυροσβεστών, πολύ περισσότερο από αντίστοιχες ποσότητες ξύλου.

## 3.2 Συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού σε υψηλές θερμοκρασίες

Η συμπεριφορά δομικών στοιχείων κατά τη φωτιά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, και όχι μόνο από το υλικό τους. Παίζουν σημαντικό ρόλο οι εξής παράγοντες:

1. **Μορφή και διαστάσεις:** Η γεωμετρία του δομικού στοιχείου επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο η θερμότητα μεταφέρεται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Για παράδειγμα, λεπτής διατομής υποστυλώματα μπορεί να αποδειχθούν περισσότερο ευαίσθητα στην πυρκαγιά από μεγαλύτερης διατομής.
2. **Σύνδεση και συνεργασία:** Ο τρόπος με τον οποίο τα δομικά στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους επηρεάζει τη συμπεριφορά τους σε περίπτωση πυρκαγιάς. Σωστές συνδέσεις στα κρίσιμα σημεία (κόμβοι, αρμοί διακοπής εργασιών κλπ) μπορούν να εμποδίσουν την απότομη κατάρρευση και να επιτρέψουν την ασφαλή εκκένωση των ανθρώπων.
3. **Συνδυασμός με άλλα υλικά:** Σε ένα κτίριο, διάφορα δομικά υλικά συνεργάζονται. Για παράδειγμα, αν η ξύλινη δοκός είναι συνδεδεμένη με ατσάλινα εξαρτήματα, η συμπεριφορά τους στην πυρκαγιά θα εξαρτηθεί από την αντοχή και τη θερμοκρασία της σύνδεσης.

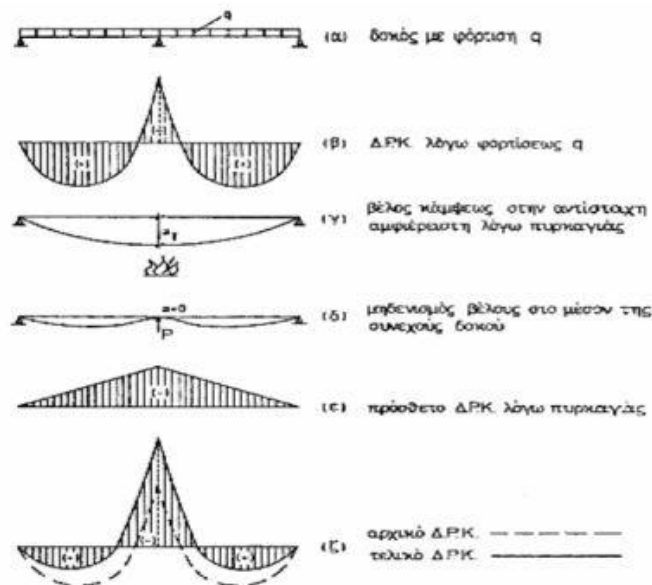
### 3.2.1 Υποστυλώματα

Ο κυριότερος κίνδυνος κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς αποτελεί η απόσχιση-αποφλοίωση του μπετόν. Σε αυτήν την περίπτωση, ο οπλισμός του μπετόν εκτίθεται στην προσβολή των φλογών, και εάν η θερμοκρασία αυξηθεί πάνω από τους 600°C, φθάνοντας το όριο διαρροής του για συνήθεις

φορτίσεις, μπορεί να προκαλέσει την αποτυχία της δομικής σύνθεσης. Αξίζει να σημειώσουμε ότι ακόμη και σε περιπτώσεις όπου οι επιφάνειες του μπετόν αποφλοιώνονται, εάν τα υποστυλώματα έχουν μεγάλες διαστάσεις, αυτά δεν καταρρέουν. Υποστυλώματα με διατομή πάνω από 40x40 cm αντέχουν σε πυρκαγιά 1 h και 30 min με το φορτίο του στατικού υπολογισμού. Υποστυλώματα διατομής 25x25cm αντέχουν σε πυρκαγιά 60 min. Σοβαρό πρόβλημα υπάρχει για υποστυλώματα πλευράς 20cm, που κατά την πυρκαγιά δεν καταστρέφονται από υπέρβαση αντοχής σε θλίψη αλλά από λυγισμό. Έτσι, συμπεραίνουμε πως πρόσθετη επένδυση χρειάζεται κατά κανόνα μόνο σε υποστυλώματα με διάσταση κάτω των 25 cm.

### 3.2.2 Δοκοί

Σημαντικό ρόλο στην αντοχή σε πυρκαγιά παίζουν το πλάτος διατομής της δοκού, το βάθος του οπλισμού από την επιφάνεια και η ύπαρξη πυκνού επιφανειακού οπλισμού (συνδετήρων). Ουσιώδη σημασία έχει το σύστημα στατικής λειτουργίας της δοκού: αμφιέριστες δοκοί ή πλαίσια είναι ασφαλέστερα, γιατί από τη θερμοκρασία προσβάλεται ο κάτω οπλισμός (ανοιγμάτων), ενώ στις στηρίξεις ο οπλισμός είναι κοντά στο δάπεδο (του υπερκείμενου ορόφου), όπου κυκλοφορεί ο εισερχόμενος αέρας και οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες. Σε περίπτωση που ο οπλισμός των ανοιγμάτων φθάσει στο όριο διαρροής, οι ροπές ανακατανέμονται με αύξηση των ροπών στηρίξης. Ο εκεί ψυχρότερος οπλισμός είναι ικανός να αναλάβει αυτά τα επιπλέον φορτία. Για να βελτιωθεί η ικανότητα των συνεχών δοκών, συχνά προτείνεται η συνέχιση μέρους των ράβδων στο άνοιγμα. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τον μηχανισμό ανακατανομής της ροπής σε μια συνεχή δοκό με δύο ανοίγματα:



Σχήμα 6: Μηχανισμός ανακατανομής της εντάσεως λόγω πυρκαγιάς σε μία συνεχή δοκό δύο ανοιγμάτων, πηγή: 10<sup>ο</sup> Φοιτητικό Συνέδριο «Επισκευές Κατασκευών», 2004

### 3.2.3 Πλάκες

Η αντοχή των πλακών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε πυρκαγιά εξαρτάται σημαντικά από το πάχος της πλάκας και τον οπλισμό της. Σύμφωνα με τους κανονισμούς πλάκες σκυροδέματος συνήθους πάχους 8-9 cm (με χαλαρό οπλισμό) θεωρούνται ανασταλτικές του πυρός (αντοχή 30 min). Πλάκες πάνω από

10cm θεωρούνται πυράντοχες για 1 h και 30 min. Επαύξηση της αντοχής συνεχών πλακών γίνεται με την τοποθέτηση οπλισμού στο πάνω μέρος των ανοιγμάτων, ως επέκταση του οπλισμού στηρίξεων.

Η φορτοϊκανότητα μια πλάκας είναι συνάρτηση του βέλους κάμψης και της ταχύτητας αύξησής του. Η πλήρης απώλεια φορτοϊκανότητας παρουσιάζεται όταν οι παρακάτω τύποι ικανοποιούνται:

- Βέλος κάμψης:  $f=l^2/800d^2$  (cm)

Όπου  $l$  το μήκος ανοίγματος (m) και  $d$  το ύψος διατομής (cm)

- Ταχύτητα αύξησης βέλους:  $u=l2/900d$  (mm/min)

### 3.3 Βλάβες στον φέροντα οργανισμό

Οι βλάβες οπλισμένου σκυροδέματος επικεντρώνονται σε δύο κύριες κατηγορίες :

α) βλάβες που προέρχονται από την επίδραση της θερμοκρασίας στις μηχανικές ιδιότητες των υλικών σκυροδέματος και χάλυβα. Κατά την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, τα υλικά μπορεί να υποστούν απώλεια αντοχής και ελαστικότητας, καθώς και αλλαγές στις μηχανικές τους ιδιότητες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως την απώλεια αντοχής των δομικών στοιχείων και την αύξηση της επικινδυνότητας για κατάρρευση.

β) βλάβες που προέρχονται από την πρόσθετη εντατική κατάσταση, που επιφέρει η θερμοκρασία. Η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει διαστολή των υλικών, συμπεριλαμβανομένου του σκυροδέματος και του χάλυβα. Αυτή η διαστολή μπορεί να οδηγήσει σε αποκλίσεις από την αρχική σχεδίαση και να προκαλέσει τάσεις στον οπλισμό και τα δομικά στοιχεία, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν καταστροφικές βλάβες.

#### 3.3.1 Είδη βλαβών

Οι βλάβες που καταγράφονται κατά την έκθεση των δομικών στοιχείων σε υψηλές θερμοκρασίες λόγω πυρκαγιάς είναι πολύ σημαντικές και ποικίλες,:

- Αποσύνθεση (ασβεστοποίηση) του σκυροδέματος (κυρίως σε πλάκες)
- Επιφανειακές ρηγματώσεις διάφορου βαθμού
- Αποφλοίωση σκυροδέματος
- Αποκοπή γωνιών
- Απόσχιση σκυροδέματος σε υποστυλώματα και δοκούς
- Αχρήστευση οπλισμού από παραμόρφωση (διαστολή) ή αποκόλληση από το σκυρόδεμα
- Οξείδωση οπλισμού
- Σημαντικό βέλος κάμψης προβόλων, κλιμάκων και πιθανά πλακών
- Πιθανή επικάλυψη χλωριδίων λόγω καύσης στοιχείων από PVC και τήξης της εξηλασμένης πολυστερίνης, η οποία χρησιμοποιείται ως μονωτικό. Ουσιαστικά πρόκειται για λεπτότατες στρώσεις υδροχλωρικού οξέος που δημιουργούν οξειδώσεις δομικών στοιχείων της κατασκευής.

### 3.3.2 Αιτίες βλαβών λόγω υψηλών θερμοκρασιών

Οι αιτίες ζημιών και κινδύνου κατά την πυρκαγιά, που περιγράφετε, είναι σημαντικές και επηρεάζουν την ανθεκτικότητα των κατασκευών. Ας τις αναλύσουμε λεπτομερώς:

- Ο χάλυβας χάνει την αντοχή του λόγω της θερμότητας και μηκύνεται υπέρμετρα, πράγμα που οδηγεί σε αστοχία της θλιβόμενης ζώνης των καμπτόμενων φορέων και σε απόσχιση της επικάλυψης του σκυροδέματος ή αποκόλληση των χαλύβων από αυτό (απώλεια συνάφειας).
- Το σκυρόδεμα υπόκειται λόγω εμποδιζόμενης θερμικής διαστολής σε τάσεις εξαναγκασμού και θραύεται.
- Το μπετόν εκρήγνυται λόγω αλματώδους ογκομετρικής μεταβολής των συστατικών του από χαλαζία.
- Πιθανή επικάθιση χλωρίδων λόγω καύσης στοιχείων PVC και τήξης της εξηλασμένης πολυστερίνης, η οποία χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό κυρίως σε καλωδιώσεις και θερμομονώσεις δωματίων. Ουσιαστικά πρόκειται για λεπτότατες στρώσεις υδροχλωρικού οξέος που δημιουργούν οξειδώσεις σε δομικά υλικά της κατασκευής.
- Στο σκυρόδεμα αναπτύσσονται ανομοιόμορφες θερμικές τάσεις με μερική καταστροφή του, λόγω επίδρασης του νερού κατάσβεσης. Το τελευταίο προκαλεί μεγάλες διαταράξεις μιας και η απότομη ψύξη δημιουργεί τάσεις στο σκυρόδεμα (ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες άνω των 300° C)

Αυτές οι αιτίες μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές ζημιές και κινδύνους για την ασφάλεια των κατασκευών κατά πυρκαγιά, και είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την αντιμετώπιση των κατασκευαστικών έργων.

# Κεφάλαιο 4

## 4.1 Αξιολόγηση κτιρίων έπειτα από πυρκαγιά

Τα εμπορικά και δημόσια κτίρια που έχουν πληγεί από πυρκαγιά είναι συχνά ικανά να επισκευαστούν και όχι να αντικατασταθούν. Η επιλογή επισκευής και όχι αντικατάστασης προτιμάται συχνά από τους ιδιοκτήτες και τους ασφαλιστές τους, καθώς μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση δαπανών και να επιτρέψει την προηγούμενη επανένταξη. Η απόφαση επισκευής εξαρτάται όχι μόνο από την τεχνική σκοπιμότητα, αλλά και από παράγοντες όπως η αισθητική εμφάνιση και η επίδραση στη διάρκεια ζωής και τη συντήρηση της δομής. Ένα θεμελιώδες μέρος της κατανόησης της τεχνικής σκοπιμότητας της επισκευής είναι η συμμετοχή τεχνικών εμπειρογνομόνων για να πραγματοποιήσουν μια μηχανική εκτίμηση της κατεστραμμένης κατασκευής.

### 4.1.1 Κριτήρια και μεθοδολογία αξιολόγησης

Το παραδοτέο μιας αξιολόγησης είναι συνήθως ένα έγγραφο ταξινόμησης ζημιών, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί στην επιλογή των κατάλληλων τεχνικών επισκευής. Η αξιολόγηση θα πρέπει να παρέχει αρκετές πληροφορίες για την προετοιμασία λεπτομερών σχεδίων με οδηγίες για τον τρόπο επισκευής της κατασκευής. Ένα πρόγραμμα αξιολόγησης θα αποτελείται από επιτόπιες και εκτός χώρου εργασίες. Αρχικά, όλα τα διαθέσιμα δεδομένα που σχετίζονται με την αιτία, την πηγή καυσίμου, την εξέλιξη/διάρκεια της πυρκαγιάς πρέπει να αναζητηθούν εκτός τόπου, συμπεριλαμβανομένων πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο κατάσβεσης της πυρκαγιάς. Πριν από την επιτόπια επιθεώρηση, ο ερευνητής πρέπει να είναι πεπεισμένος ότι η δομή είναι ασφαλής για είσοδο. Ενδέχεται να απαιτηθούν προσωρινά στηρίγματα για τη διασφάλιση μεμονωμένων μελών και τη σταθεροποίηση της δομής. Η κύρια τεχνική επιτόπιας έρευνας είναι η οπτική επιθεώρηση, η οποία καταγράφει χαρακτηριστικά όπως κατάρρευση, παραμόρφωση, εκτροπές, βαθμός ζημιάς στα υλικά και ζημιά από καπνό. Κανονικά θα σχεδιαζόταν ένα σύστημα ταξινόμησης για τη ζημιά.

Ως εναλλακτική λύση ή προσθήκη στην επιθεώρηση και τη δοκιμή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εργαλεία πρόβλεψης μηχανικής πυρκαγιάς, όπως εμπειρικές εξισώσεις ή μοντέλα υπολογιστών που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό, για την εκτίμηση της σοβαρότητας της πυρκαγιάς στη δομή. Αυτές οι προβλέψεις βασίζονται στο φορτίο πυρκαγιάς στο κτίριο, τις συνθήκες εξαερισμού, το μέγεθος και το σχήμα του διαμερίσματος και τις ιδιότητες των επενδύσεων τοίχων.

Με βάση τα ευρήματα της εκτίμησης των ζημιών από τη φωτιά, μπορούν να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με τυχόν μειωμένη φέρουσα ικανότητα στη δομή. Οι δοκιμές φορτίου με όργανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιβεβαιώσουν εάν έχει μειωθεί η χωρητικότητα φορτίου. Οι δοκιμές φορτίου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των επισκευών σε δομικούς όρους.

### 4.1.2 Αξιολόγηση βλαβών στο πεδίο

Είναι σημαντικό οι βλάβες οι οποίες εντοπίζονται να ελέγχονται από τους κατάλληλους μηχανικούς στο πεδίο με επιτόπια έρευνα όπως προαναφέρθηκε, έτσι ώστε να καταγράφονται αναλυτικά και με σε πλήρεις αναφορές οι βλάβες που έχει υποστεί ένα κτίριο.

### 4.1.3 Εργαστηριακοί έλεγχοι-Αποτελέσματα

Κατά την αρχική οπτική αξιολόγηση των λιγότερο κατεστραμμένων μελών, ενδέχεται να μην εντοπιστούν αλλαγές στην εμφάνιση του σκυροδέματος. Οι εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές παρέχουν ακριβέστερες πληροφορίες για την κατάσταση του σκυροδέματος και την εσωτερική του δομή. Η πιο σημαντική παράμετρος που πρέπει να αξιολογηθεί είναι η αντοχή σε συμπίεση σκυροδέματος. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να προσδιοριστεί το πάχος του εξωτερικού στρώματος του μέλους στο οποίο το σκυρόδεμα είναι κατεστραμμένο σε τέτοιο βαθμό ώστε να θεωρείται κατεστραμμένο. Προκειμένου να εκτιμηθεί η έκταση της ζημιάς από σκυρόδεμα, μπορούν να εφαρμοστούν εργαστηριακές μέθοδοι δοκιμής σε δείγματα που λαμβάνονται με κοπή πυρήνων κάθετα στους άξονές τους. Αυτές οι μέθοδοι είναι: δοκιμές αντοχής σε θλίψη που εκτελούνται σε επόμενα στρώματα πυρήνα, FBTest, δοκιμή δυναμικού ελαστικού συντελεστή και δοκιμή δείκτη διαπερατότητας αέρα.

Οι μέθοδοι διεξάγονται στο εργαστήριο σε δείγματα που συλλέγονται από τη δομή. Η υπερηχητική δοκιμή ταχύτητας παλμού, η οποία είναι μια μη καταστρεπτική μέθοδος δοκιμής, εφαρμόζεται ευρέως για την αξιολόγηση της ποιότητας μιας δομής σκυροδέματος. Αυτή είναι μια πολύ απλή δοκιμή και μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μια δομή με ταχύτερο ρυθμό. Οι υπερηχητικές μετρήσεις ταχύτητας παλμού που έγιναν σε μια δομή θα παρέχουν μια ποιοτική εκτίμηση των χαλασμένων μελών με το άθικτο (Hung-Wan Chung, 1987).

## 4.2 Αποκατάσταση πυρόπληκτων κτιρίων

### 4.2.1 Υλικά αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων

Η επιλογή της κατάλληλης λύσης για την επισκευή ή την ενίσχυση μιας κατασκευής από Ο.Σ. έπειτα από την έκθεση αυτής σε θερμικό φορτίο (πυρκαγιά) προϋποθέτει ότι ο μηχανικός γνωρίζει κατά τα υλικά και τις τεχνικές που διατίθενται για τέτοιου είδους επεμβάσεις (*Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα- ΔΡΙΤΣΟΣ Σ.Η.*).

Συχνά, απαιτείται να χρησιμοποιηθούν νέα υλικά και τεχνολογίες σε συνδυασμό με παραδοσιακά υλικά. Επειδή λοιπόν, τα παραπάνω υλικά και τεχνολογίες εφαρμόζονται κάτω από ειδικές συνθήκες, χρειάζεται να διασφαλιστεί ένα σύστημα ποιοτικού ελέγχου σε επίπεδο σημαντικά υψηλότερο από αυτό που εφαρμόζεται στις νέες κατασκευές. Επίπλέον θα πρέπει να αντιμετωπιστούν νέα κρίσιμα θέματα που ανακύπτουν, όπως αυτό της διασφάλισης της συνεργασίας των παλαιών και νέων υλικών.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα διάφορα υλικά και οι τεχνολογίες που δύναται να χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση των κτιρίων από Ο.Σ. .Πιο αναλυτικά:

- Ειδικοί τύποι σκυροδέματος

- Πολυμερικές κόλλες
- Επισκευαστικά Κονιάματα
- Επικολητά φύλλα από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRPs)

Θέματα όπως το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οι ρητινένες, τα ινοπλισμένα πολυμερή και τα επισκευαστικά κονιάματα που κρίνονται σημαντικά, σε σχέση με τον τρόπο που εφαρμόζεται σήμερα η τεχνολογία των επεμβάσεων στην Ελλάδα, αναπτύσσονται περισσότερο.

#### 4.2.1.1. Ειδικοί τύποι σκυροδέματος

Οι ειδικοί τύποι σκυροδέματος χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπιστούν μειονεκτήματα που παρουσιάζονται στο συμβατικό έγχυτο σκυρόδεμα, όπως η συστολή ξήρανσης και η μειωμένη συνάφεια του με το παλιό σκυρόδεμα. Επιπλέον, συχνά, απαιτείται αυξημένη αντοχή του νέου σκυροδέματος, για να μειωθεί το μέγεθος της αισθητικής παρέμβασης. Οι ειδικοί τύποι σκυροδέματος είναι:

##### α) Έγχυτο σκυρόδεμα σταθερού όγκου

Παράγεται με χρήση είτε διογκούμενου τσιμέντου, είτε συνηθέστερα με ειδικά πρόσθετα που προκαλούν σταδιακή αύξηση του όγκου, εξουδετερώνοντας έτσι τη συστολή ξηράνσεως. Ο λόγος νερού προς τσιμέντο N/T κυμαίνεται συνήθως από 0,50 έως 0,60 και οι αντοχές του είναι σχετικά υψηλότερες σε σχέση με το συμβατικό έγχυτο σκυρόδεμα για τον ίδιο λόγο N/T. Τα βασικά πλεονεκτήματα του έγχυτου σκυροδέματος σταθερού όγκου είναι η παρεμπόδιση της ρηγμάτωσης τόσο στην επιφάνεια του, όσο και στις θέσεις επαφής με τα υφιστάμενα στοιχεία σκυροδέματος. Επιπλέον, εξασφαλίζει καλύτερη πρόσφυση στο παλιό σκυρόδεμα. Εξάλου ως πρόσθετο θετικό χαρακτηριστικό του μπορεί να καταγραφεί η αυξημένη αντοχή του σε επιφανειακή φθορά και σε δράση χημικών (CEB. Bul. 162,1983)

##### β) Σκυρόδεμα με πολυμερή

Τα σκυροδέματα με πολυμερή παράγονται είτε με αντικατάσταση του τσιμέντου με πολυμερές (χρησιμοποιώντας πολυεστερικές ή εποξειδικές ρητίνες), είτε με μερική αντικατάσταση του νερού με υδατοδιαλυτό πολυμερές (latex), είτε εμποτίζοντας σκληρυμένο συμβατικό σκυρόδεμα με μονομερές που στη συνέχεια πολυμερίζεται.

Τα πλεονεκτήματα παρά το υψηλό κόστος παρασκευής είναι:

- Τετραπλάσιες αντοχές σε θλίψη ( $f'_c=4f_c$ ), εικοσαπλάσια αντοχή σε εφελκυσμό ( $f'_t=20f_t$ )
- Σκλήρυνση γρηγορότερα με αύξηση θερμοκρασίας ( $T=70^\circ\text{C}$ ,  $f_c=140\text{MPa}$  σε 5 ώρες από τον χρόνο σκυροδέτησης)
- Καλή πρόσφυση με το παλιό σκυρόδεμα (σχεδόν μονολιθική συμπεριφορά)
- Ανθεκτικότερο σε επιφανειακή φθορά, χημικά, παγετό.
- Μείωση πορώδους και συστολής ξήρανσης

Τα βασικά όμως μειονεκτήματα είναι:

- Υψηλός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.
- Μειωμένη αντίσταση σε ενανθράκωση.



- Μικρή αντοχή σε πυρκαγιά.
- Υψηλός ερπυστικός συντελεστής.
- Μείωση βελτίωσης χαρακτηριστικών με αύξηση θερμοκρασίας.

Συνήθως αυτός ο τύπος σκυροδέματος δεν επιλέγεται για αποκατάσταση κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε θερμικά φορτία.

#### γ) Σκυροτσιμεντόπηγμα

Το σκυροτσιμεντόπηγμα δημιουργείται με αρχική διάστρωση αδρανών μεγάλης διαμέτρου στα καλούπια του προς σκυροδέτηση στοιχείου και στη συνέχεια πλήρωση των κενών των αδρανών με τσιμεντοκονία που εισάγεται υπό πίεση. Τα αδρανή έχουν έλαχιστο μέγεθος κόκκων 10-15 mm. Το σκυροτσιμεντόπηγμα έχει αρχικά μικρότερη αντοχή από το αντίστοιχο σκυρόδεμα. Με την πάροδο του χρόνου όμως, η διαφορά μειώνεται συνεχώς μέχρι που παύει να υπάρχει. Εξάλλου πλεονεκτεί ως προς το συμβατικό σκυρόδεμα επειδή έχει μικρότερη συστολή ξήρανσης, μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο, μεγαλύτερη στεγανότητα και ικανοποιητική πρόσφυση στο παλαιό σκυρόδεμα.

#### δ) Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή gunitite που χρησιμοποιείται σε έργα επεμβάσεων, είναι σκυρόδεμα λεπτής διαβάθμισης αδρανών που σκυροδετείται με εκτόξευση.

Συντίθεται από τσιμέντο, λεπτόκοκκα αδρανή και νερό, μπορεί δε να περιλαμβάνει πρόσθετα υλικά όπως ιπτάμενη τέφρα, σκωρία υψικάμινων, οξείδια του πυριτίου και βελτιωτικά (όπως επιταχυντικά πήξης και σκλήρυνσης, πρόσμικτα για αύξηση της πρόσφυσης, θιξοτροπικά πρόσμικτα που εμποδίζουν το «κρέμασμα» του υλικού κ.α.) καθώς και χαλυβδίνες ή πλαστικές ίνες ή από γυαλί. Η εφαρμογή του απαιτεί πάντα ειδικό εξοπλισμό και συγκεκριμένη μεθοδολογία εκτόξευσης από εξειδικευμένο προσωπικό.

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται ευρέως στις επισκευές ή και ενισχύσεις των κατασκευών από Ο.Σ. σε ποσοστό πάνω από 40% των επεμβάσεων. Τα βασικά πλεονεκτήματά του είναι:

- Η υψηλή θλιπτική αντοχή του επειδή ο υδατοσυντελεστής N/T είναι χαμηλός και επειδή επιτυγχάνεται υψηλή συμπίκνωση λόγω της μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης.
- Λόγω της μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης παρατηρείται πολύ καλή πρόσφυση με το υλικό βάσης. Οι διαστάσεις των κόκκων των αδρανών παρέχουν μεγάλη ικανότητα διείσδυσης μέσα στις μικροανωμαλίες της επιφάνειας βάσης, η οποία συνήθως έχει προηγουμένως εκταχυνθεί.
- Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αυτοστηρίζεται, δηλαδή δεν απαιτείται η χρήση ξυλοτύπων και μπρεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και στο κάτω μέρος οριζόντιων στοιχείων.
- Η εγκατάσταση είναι κινητή πράγμα που σημαίνει ότι επιτρέπεται η σκυροδέτηση σε δύσκολες ή δυσπρόσιτες θέσεις.

Ας σημειωθεί, ότι παρά τη διευρυμένη χρήση του δεν υπάρχει κάποιο κανονιστικό πλαίσιο που να ορίζει την σωστή εφαρμογή του ή έστω σαφείς προδιαγραφές εφαρμογής σε έργα αποκαταστάσεων.

#### 4.2.1.2. Πολυμερικές κόλλες

Οι πολυμερικές κόλλες αποτελούν ειδικά συγκολλητικά υλικά που δημιουργούνται μέσω της ανάμιξης δύο κύριων συστατικών: του πολυμερούς υγρού (συστατικό Α) και του σκληρυντή (συστατικό Β) κατά τη διάρκεια της εφαρμογής. Η ανάμειξή τους δημιουργεί ένα εξαιρετικά ανθεκτικό και ισχυρό υλικό συγκόλλησης με μοναδικές ιδιότητες, κάτι που τις καθιστά αναπόσπαστο μέρος των εργασιών επισκευής και ενίσχυσης στον κλάδο της κατασκευής.

Οι πολυμερικές κόλλες έχουν το πλεονέκτημα να κατανέμουν τα φορτία σε μεγαλύτερη επιφάνεια σε σύγκριση με άλλα μέσα σύνδεσης, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι τοπικές εντάσεις. Επιπλέον, επιτρέπουν την πλήρη επαφή μεταξύ των στοιχείων προς σύνδεση χωρίς την ανάγκη για τροποποιήσεις στο σχήμα ή την επιφάνεια επαφής τους. Ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα των πολυμερικών κολλών είναι η δημιουργία ενός αδιαπέραστου φράγματος για την υγρασία.

Υπάρχουν πολλά είδη πολυμερών κολλών, αλλά στον τομέα της επισκευής και της ενίσχυσης κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, οι εποξειδικές ρητίνες κυρίως, και δευτερευόντως οι πολυεστερικές ρητίνες, αποτελούν τις πλέον διαδεδομένες και κατάλληλες επιλογές. Στην πράξη, συχνά αναφερόμαστε απλά στις "ρητίνες," υπονοώντας τον ευρύτερο όρο των ρητινοειδών κολλών.

#### 4.2.1.3. Επισκευαστικά κονιάματα

Τα επισκευαστικά κονιάματα χρησιμοποιούνται συχνά σε εφαρμογές αποκατάστασης και ενίσχυσης των κατασκευών, όταν το απαιτούμενο πάχος του υλικού είναι μικρό και απαιτείται πολύ καλή πρόσφυση. Βασικό μειονέκτημα αυτών των υλικών είναι το υψηλό τους κόστος, που όμως συχνά εξουδετερώνεται από το γεγονός ότι η ποσότητα που απαιτείται είναι μικρή και το μέγεθος της προστασίας που προσφέρεται είναι υψηλό. Στην πράξη εφαρμόζονται σήμερα δύο τύποι κονιαμάτων. Τα κονιάματα με πολυμερή και τα κονιάματα με βάση το τσιμέντο.

##### 1. Κονιάματα με πολυμερή

Τα κονιάματα με πολυμερή παράγονται με δύο τρόπους:

A) με αντικατάσταση του τσιμέντου με πολυμερές

B) με αντικατάσταση μέρους του νερού με υδατοδιαλυτό πολυμερές (latex)

Στην πράξη έχει επικρατήσει η ονομασία ρητινοκονίαμα επειδή συνήθως ως πολυμερές χρησιμοποιείται ρητίνη.

Κονιάματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για να αποκατασταθούν βλάβες μικρού βαθμού σε δομικά στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως αποφλοιώσεις σκυροδέματος ή άλλες περιπτώσεις όπου το απαιτούμενο πάχος του επισκευαστικού υλικού είναι ιδιαίτερα μικρό (π.χ. στην περίπτωση οπλισμών χωρίς επικάλυψη λόγω κακής σκυροδέτησης).

Τα πλεονεκτήματα των κονιαμάτων αυτού του τύπου είναι σημαντικά, και ανάλογα με αυτά που αναφέρθηκαν για την περίπτωση του σκυροδέματος με πολυμερή. Αν και το κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό σε σύγκριση με τα ανταγωνιστικά κονιάματα που έχουν βάση το τσιμέντο, πρέπει να τονιστεί ότι στο πεδίο εφαρμογής που αναφέρθηκε παραπάνω έχουν σαφές προβάδισμα.

##### 2. Κονιάματα με βάση το τσιμέντο

Τα κονιάματα αυτά δημιουργούνται από ειδικές κονίες με προσθήκη μικρής ποσότητας νερού, της τάξεως 10-20% του βάρους του κονιάματος. Οι κονίες είναι μίγματα τσιμέντου με λεπτόκοκκα αδρανή

που η διάμετρός τους συνήθως δεν ξεπερνά τα 2,5 mm, σε συνδυασμό με υπερευστοποιητικά υλικά και πρόσμικτα που παρεμποδίζουν τη συστολή ξήρανσης. Σε μερικές περιπτώσεις τα αδρανή μπορεί να έχουν διάμετρο μέχρι και 10 mm. Συνήθως τα αδρανή περιέχονται στο μίγμα, που προσφέρεται στην αγορά σε συσκευασμένους σάκους έτοιμο προς χρήσης απαιτώντας μόνο την προσθήκη κατάλληλης ποσότητας νερού. Σε μερικές περιπτώσεις τα αδρανή προβλέπεται να προστίθενται σε προκαθορισμένη αναλογία, που συνήθως δεν ξεπερνά την 1:1 ακολουθώντας πάντοτε τις οδηγίες του παραγωγού.

Κονιάματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται όταν απαιτούνται μικρά μεν πάχη υλικού, αλλά όμως μεγαλύτερα από ότι στις περιπτώσεις που περιεγράφηκαν προηγουμένως για εφαρμογές με κονιάματα πολυμερών. Συνήθεις εφαρμογές τους είναι η αποκατάσταση περιοχών αποδιοργανωμένου σκυροδέματος και η πλήρωση φωλεών σε στοιχεία σκυροδέματος με κακή συμπίκνωση.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα αυτών των κονιαμάτων είναι:

A) Οι υψηλές αντοχές που οφείλονται στον χαμηλό υδατοτσιμεντοσυντελεστή.

B) Η ταχεία ανάπτυξη αντοχής.

B) Η μεγάλη ρευστότητα, που μπορεί να επιτευχθεί χωρίς μείωση της αντοχής λόγω παρουσίας υπερευστοποιητών.

Δ) Η εξουδετέρωση της συστολής ξήρανσης λόγω της παρουσίας των ειδικών πρόσθετων που προκαλούν σταδιακή αύξηση του όγκου του κονιάματος.

Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι το υλικό, έχει χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του σκυροδέματος και υψηλότερη αντοχή. Επίσης έχει πολύ καλή πρόσφυση στο υλικό βάσης που μπορεί να είναι σκυρόδεμα ή τοιχοποιία και δεν παρουσιάζει ρηγματώσεις ή κενά κακής χύτευσης.

#### 4.2.1.4. Φύλλα από ινοπλισμένα πολυμερή

Η χρήση επικολλητών φύλλων με ίνες πολυμερών (Fiber Reinforced Polymers) για την ενίσχυση φερόντων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί μια ιδιαίτερα δημοφιλή τεχνική στη σύγχρονη οικοδομική βιομηχανία. Αυτή η προηγμένη τεχνική αντιπροσωπεύει μια εξέλιξη της παλαιότερης τεχνικής χρήσης χαλύβδινων επικολλητών ελασμάτων και έχει αντιμετωπίσει με επιτυχία πολλά από τα προβλήματα αυτής της τεχνικής. Τα ενισχυμένα ινοπλισμένα πολυμερή χαρακτηρίζονται από το εξαιρετικά χαμηλό τους βάρος και την υψηλή αντοχή τους. Είναι διαθέσιμα σε μεγάλα μήκη και δεν είναι ευαίσθητα στη διάβρωση (Δέμης κ.ά., 1999).

Επιπλέον, η εφαρμογή της τεχνικής είναι απλή και απαιτεί ελάχιστο χρόνο για την ολοκλήρωση των εργασιών, καθιστώντας την ανώτερη ακόμη και σε σχέση με την παλαιότερη τεχνική των χαλύβδινων επικολλητών ελασμάτων. Αν και το κόστος αυτών των υλικών είναι αρχικά υψηλό, αναμένεται να μειωθεί όσο αυξάνεται η ζήτηση και, συνεπώς, η παραγωγή τους. Εντούτοις, λόγω της σχετικά νέας φύσης αυτών των υλικών, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να αντιμετωπιστούν κρίσιμα ζητήματα στην πράξη.

Τα ινοπλισμένα πολυμερή είναι ουσιαστικά σύνθετα υλικά, κατασκευασμένα από ίνες υψηλής εφελκυστικής αντοχής που έχουν εμποτιστεί με ρητίνη που σκληραίνει με θερμότητα. Αυτές οι ίνες συνήθως κατασκευάζονται από γυαλί, αραμίδιο (επίσης γνωστό ως κέβλαρ) ή άνθρακα, με διάμετρο στο εύρος των 5-25 μικρομέτρων.

### 4.3 Μέθοδοι αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επισκευή σκυροδέματος που έχει υποστεί πυρκαγιά αποσκοπούν στην προστασία της από μελλοντική πυρκαγιά καθώς και στην εξασφάλιση της ανθεκτικότητας των υλικών της (πχ μέσω της προστασίας χαλύβδινου οπλισμού από την διάβρωση ή μέσω της αποκατάστασης της συνάφειας μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος). Οι μέθοδοι αυτές δεν διαφέρουν από αυτές που χρησιμοποιούνται για την επισκευή του σκυροδέματος που έχει υποστεί ζημιά από τη διάβρωση του οπλισμού, με συμβουλές από διάφορες πηγές (συμπεριλαμβανομένων των Concrete Society Technical Reports 26, Επισκευή σκυροδέματος που έχει υποστεί ζημιά από διάβρωση οπλισμού και, Επισκευή μπαλωμάτων σκυροδέματος που υπόκειται σε διάβρωση οπλισμού).

Βέβαια, σε ένα κτίριο που έχει υποστεί βλάβες, μετά την καταγραφή των ζημιών και τους μακροσκοπικούς εργαστηριακούς ελέγχους που πρέπει να πραγματοποιηθούν, πρέπει να ακολουθήσει και μια μελέτη σκοπιμότητας. Αυτή έχει ως αντικείμενο κατά πρώτο λόγο την σύγκριση της δαπάνης επισκευής με τη δαπάνη κατεδάφισης και επανακατασκευής και κατά δεύτερο λόγο την επιλογή της μεθόδου επισκευής, στην περίπτωση που αυτή είναι οικονομικότερη. Δηλαδή πρέπει όχι μόνο το κτίριο να είναι επισκευάσιμο από στατικής άποψης, αλλά και από πλευράς κόστους να μην έχει επέλθει «λογιστική κατάρρευση». Κατά συνέπεια, πρέπει να υλοποιείται μια πλήρης μελέτη και έπειτα από σύγκριση των αποτελεσμάτων να λαμβάνεται η ορθή απόφαση.

Σε ότι αφορά στην επιλογή της μεθόδου επισκευής, αυτή εκτός από το κόστος, εξαρτάται και από τον βαθμό της βλάβης, τη διάρκεια της επέμβασης, το μέγεθος της ενόχλησης των ενοίκων καθώς επίσης και από τη διαθεσιμότητα κατάλληλου και εξειδικευμένου προσωπικού. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο, για το οπλισμένο σκυρόδεμα, οι κύριες διαδικασίες που πρέπει να γίνουν είναι οι εξής:

- Αφαίρεση της επιφανειακής στρώσης του κατεστραμμένου ή εξασθενημένου σκυροδέματος σε πάχος περίπου 3-5 cm. Ο θρυμματισμός της στρώσης γίνεται μέχρι να αποκαλυφθεί ο οπλισμός.
- Καθάρισμα και τράχυνση της επιφάνειας με αμμοριπή, σε βαθμό που να μη δημιουργούνται αισθητές αιχμές ή απότομες μεταβολές της διατομής, χωρίς να έχουμε απότομη μεταβολή του πάχους του σκυροδέματος πλήρωσης.
- Ευθυγράμμιση των ενδεχομένως καμπυλωμένων οπλισμών ή/και αντικατάσταση εξασθενημένου οπλισμού με προσθήκη νέων ραβδών ανάλογα προς την απώλεια αντοχής και στερέωσή τους.
- Ενσωμάτωση νέων συνδετήρων και ενδεχομένως νέων διαμήκων ραβδών όπου χρειάζονται, στις δοκούς και στα υποστυλώματα.
- Αντικατάσταση σκυροδέματος με εκτοξευόμενο (κυρίως για ενίσχυση του κάτω πλέγματος των πλακών και για ενίσχυση και επισκευή με μανδύα δοκών και υποστυλωμάτων) ή έγχυτο σκυρόδεμα (εάν υπάρχει χώρος για σκυροδέτηση και αν η πυκνότητα του οπλισμού επιτρέπει τη διέλευση του) τόσο για την επαναφορά της αρχικής μορφής όσο και για την παροχή επαρκούς δομικής ικανότητας, αντοχής και αντοχής στη φωτιά. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί επίσης να υπάρχει απαίτηση για επαναφορά ειδικών τελειωμάτων και εμφάνισης.

Πριν από την οριστικοποίηση των προδιαγραφών των επανορθωτικών έργων, το σκυρόδεμα θα πρέπει να αξιολογηθεί διεξοδικά για να διασφαλιστεί ότι οι επισκευές και οι αποκαταστάσεις αντιμετωπίζουν τυχόν εγγενή ή προϋπάρχοντα προβλήματα, όπως χαμηλά καλύμματα, υπερβολικά

επίπεδα χλωρίου ή βάθη ανθρακώματος. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις τυχόν ρύπων που προέρχονται από τη φωτιά στη μακροπρόθεσμη αντοχή της κατασκευής.

Σε περιπτώσεις που προβλέπεται η αφαίρεση επιφανειακής στρώσης του σκυροδέματος σε αρκετό βαθμό, αυτό σημαίνει ότι η διατομή των στοιχείων και συνεπώς και η φέρουσα ικανότητα τους μειώνεται αισθητά. Επειδή λοιπόν ο φέρων οργανισμός χάνει ένα μέρος της φορτοϊκανότητάς τους, χρειάζεται προσωρινή υποσύλωση-αντιστήριξη, η οποία μπορεί να έχει πραγματοποιηθεί και νωρίτερα, δηλαδή κατά το στάδιο της έρευνας και αξιολόγησης, πριν ακόμη εκτιμηθεί η έκταση των βλαβών της κατασκευής.

Έπειτα για την ολοκλήρωση των βημάτων αποκατάστασης της κατασκευής μπορεί να επιλεγούν οι παρακάτω μέθοδοι:

- Μανδύες από οπλισμένο σκυρόδεμα σε όλα τα στοιχεία που χρειάζονται ενίσχυση.
- Μανδύες από άοπλο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα τοπικά στα στοιχεία που δεν χρειάζονται ενίσχυση αλλά εμφανίζουν αποφλοιώσεις και περιορισμένες αποκαλύψεις οπλισμών.
- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα σε λίγες περιπτώσεις υποστυλωμάτων του υπογείου, όπου η μεγάλη αύξηση της διατομής τους δεν παρουσίαζε λειτουργικά προβλήματα.
- Πλήρωση όλων των ρωγμών με εποξειδικές ρητίνες είτε με τσιμεντενέσεις (κυρίως για ρήγματα υπό θλιπτική ένταση).
- Κατεδάφιση και ανακατασκευή με έγχυτο σκυρόδεμα του τελευταίου ορόφου της κατασκευής (όταν αυτό απαιτείται) και όλων των πλακών που παρουσιάζουν μεγάλο βέλος κάμψης.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αποκατάστασης των ζημιών όμως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του δομικού στοιχείου που επρόκειτο να επισκευαστεί καθώς και από το βαθμό που αυτό έχει καταπονηθεί. Πιο συγκεκριμένα:

Στην περίπτωση των δοκών οι μέθοδοι αποκατάστασης που θα επιλεγούν εξαρτώνται από το πόσο έχουν αυτές ρηγματωθεί. Πιο συγκεκριμένα:

1. Εάν έχουν υποστεί απλή ρηγμάτωση θα μπορούσαν να επιλεγούν οι εξής μέθοδοι:
  - Εφαρμογή εποξειδικών ρητίνων
  - Ενσωμάτωση και κάλυψη συνδετήρων εξωτερικά
  - Συγκόλληση και κάλυψη ελασμάτων
2. Εάν έχουν ρηγματωθεί έντονα χωρίς όμως να σημειωθεί αποδιοργάνωση του σκυροδέματος θα μπορούσε να εφαρμοστεί:
  - Εφαρμογή ειδικής εποξειδικής ρητίνης (μετά την υποσύλωση) σε συνδυασμό με τοποθέτηση εξωτερικών συνδετήρων ή επικόλληση μεταλλικών ελασμάτων, επικαλυμμένων με εκτοξευμένο σκυρόδεμα.

Στην περίπτωση που παρουσιαστεί έντονη ρηγμάτωση της δοκού με αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τότε θα μπορούσαν να εφαρμοστούν τα παρακάτω:

- Μετά την υποσύλωση, πρέπει να αφαιρεθεί το τμήμα εκείνο της δοκού που έχει υποστεί την έντονη αυτή βλάβη και να εγχυθεί στην θέση του σκυρόδεμα (είτε έγχυτο είτε εκτοξευμένο).

- Ενσωμάτωση και κάλυψη συνδετήρων εξωτερικά μόνο στην περίπτωση εμφάνισης βλάβης στον οπλισμό διάτμησης.
- Επικόλληση λεπτών ελασμάτων στο πέλμα που εφελκύεται ή εάν απαιτηθεί συγκόλληση νέων οπλισμών στους παλιούς.

Στην περίπτωση των υποστυλωμάτων ομοίως οι μέθοδοι αποκατάστασης που θα επιλεγούν εξαρτώνται από το πόσο έχουν ρηγματωθεί.

1. Εάν έχουν υποστεί απλή ρηγμάτωση τότε εμποτίζονται με εποξειδικές ρητίνες.
2. Εάν έχουν ρηγματωθεί έντονα και έχει αποδιοργανωθεί και το σκυρόδεμα τότε συνίστανται:
  - Καθαίρεση του σκυροδέματος που έχει αποδιοργανωθεί
  - Ανακατασκευή του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος (είτε με έγχυτο είτε με εκτοξευμένο είτε με μανδύα)
  - Συγκόλληση νέων ράβδων στις παλιές
  - Ενσωμάτωση και κάλυψη συνδετήρων εξωτερικά

Στην περίπτωση των πλακών και ανάλογα με το εάν αυτές σχηματίσουν απλή ή έντονη ρηγμάτωση τότε οι μέθοδοι που προτείνονται είναι:

1. Εάν επρόκειτο για απλή ρηγμάτωση τότε όπως και στα υποστυλώματα εμποτίζονται με ειδική εποξειδική ρητίνη.
2. Εάν παρουσιάσουν έντονη ρηγμάτωση, αφού εμποτιστούν με τις κατάλληλες εποξειδικές ρητίνες, στην συνέχεια επισκευάζονται το πάνω και το κάτω πέλμα (όπου στο κάτω πρώτα πρέπει να πραγματοποιηθεί ηλεκτροσυγκόλληση των οπλισμών) και τοποθετείται δομικό πλέγμα είτε με έγχυτο είτε με εκτοξευμένο σκυρόδεμα .

# Κεφάλαιο 5

## 5. Εξεταζόμενο παράδειγμα: Πολυώροφη οικοδομή στην πόλη της Καβάλας

### Περιγραφή γεγονότος

Τα ξημερώματα της Κυριακής 13 Σεπτεμβρίου 2020, εκδηλώθηκε πυρκαγιά σε παρκαρισμένα οχήματα στην ισόγεια πυλωτή πολυκατοικίας που βρίσκεται στην οδό 16ης Ταξιαρχίας 7, στην πόλη της Καβάλας.

Σύμφωνα με τον τοπικό τύπο καθώς και την αναφορά της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας Καβάλας, η ώρα εκδήλωσης της πυρκαγιάς ήταν τέτοια (02:40 π.μ.) με αποτέλεσμα το σύνολο των ενοίκων να βρίσκονται στα διαμερίσματά τους. Όταν έγινε αντιληπτή η πυρκαγιά, η έξοδος των ενοίκων δεν ήταν δυνατή με αποτέλεσμα να εγκλωβιστούν στους ψηλότερους ορόφους της οικοδομής εως ότου γίνει η κατάσβεση της φωτιάς.

Με την άμεση παρέμβαση της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, η φωτιά τέθηκε υπό μερικό έλεγχο τις πρώτες πρωινές ώρες. Οι πυροσβέστες προχώρησαν σε εκκένωση της πολυκατοικίας, καθώς και στη διάσωση μιας γυναίκας η οποία είχε εγκλωβιστεί στο διαμέρισμα που διέμενε.

Το αποτέλεσμα της πυρκαγιάς, σύμφωνα με το πόρισμα της Π.Υ. αναφέρει πως πρόκειται για εμπρησμό. Το αποτέλεσμα ήταν να καταστραφούν ολοσχερώς 6 Ι.Χ. αυτοκίνητα που ήταν σταθμευμένα στην πυλωτή της πολυκατοικίας. Το ίδιο συνέβη και στην κεντρική είσοδο της οικοδομής, η οποία καταστράφηκε ολοσχερώς, όπως και οι αποθήκες του ισογείου μαζί με το περιεχόμενό τους, ενώ η φωτιά εξαπλώθηκε και σε στύλο της ΔΕΗ με αποτέλεσμα να προκληθούν και φθορές στο ηλεκτρολογικό δίκτυο τόσο της οικοδομής όσο και της περιοχής. Η όψη της οικοδομής υπέστη φθορές (όχι σημαντικές).

Στις 16 Σεπτεμβρίου 2020, το Τμήμα Ελέγχου Κατασκευών της Διεύθυνσης Δόμησης και Πολεοδομικού Σχεδιασμού του Δήμου Καβάλας, με σύνταξη και έκδοση Έκθεσης Επικινδύνου, ενημέρωσε τους ενοίκους της πολυκατοικίας ότι λόγω των φθορών που υπέστη ο φορέας από την πυρκαγιά, κρίνεται στατικά ακατάλληλος έως ότου αποκατασταθούν οι φθορές.

### 5.1 Περιγραφή κατάστασης κτιρίου μετά την πυρκαγιά

Το κτίριο αποτελεί συμβατική κατασκευή. Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι τοιχοποιίες πλήρωσης είναι από οπτοπλινθοδομή.

Έπειτα από την απόσβεση της πυρκαγιάς στο κτίριο, πραγματοποιήθηκαν επιτόπου και εργαστηριακοί έλεγχοι οι οποίοι αποτίμησαν την κατάσταση του κτιρίου (καθορισμός μηχανικών χαρακτηριστικών του σκυροδέματος που εκτέθηκε σε υψηλές θερμοκρασίες και πως αυτό έχει επηρεαστεί, σύγκριση με υγιές σκυρόδεμα, δειγματοληπτικές ανιχνεύσεις οπλισμών προς επιβεβαίωση των στοιχείων της εγκεκριμένης από την πολεοδομία στατικής μελέτης).

Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω έλεγχοι:

1. Οπτικός έλεγχος αποτύπωσης παθολογίας με κάμερα υψηλής ανάλυσης και μικροσκόπιο
2. Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών σκυροδέματος. Λήψη πυρήνων σκυροδέματος από προσβεβλημένα δομικά στοιχεία, κρουσιμετρήσεις σκυροδέματος, pull -off test και αντίσταση σκυροδέματος σε διάτρηση στις προσβεβλημένες περιοχές, αντίστοιχες δοκιμές σε υγιείς περιοχές ώστε να εκτιμηθεί η μείωση της αντοχής του σκυροδέματος λόγω έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες και το βάθος προσβολής
3. Εκτίμηση βάθους ενανθράκωσης-αβεστοποίησης, μέσω μέτρησης της αλκαλικότητας του σκυροδέματος, λόγω της έκθεσης σε πυρκαγιά στους πυρήνες που αποκόπηκαν από προσβεβλημένες περιοχές συγκριτικά με αυτούς από μη προσβεβλημένες
4. Ανιχνεύσεις οπλισμών με εκτίμηση θέσης, πάχους επικάλυψης και διαμέτρου οπλισμών



## 5.2 Οπτικός έλεγχος

Στην παρακάτω εικόνα δίνεται το σχέδιο της θεμελίωσης το οποίο ήταν διαθέσιμο, όπου φαίνεται η αρίθμηση των τοιχών και υποστυλωμάτων και η οποία ακολουθείται στην παρούσα ανάλυση. Από



Εικόνα 5: Κάτοψη όπου φαίνεται η αρίθμηση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων, πηγή: ίδια επεξεργασία  
τα σημεία που ήταν προσβάσιμα, φαίνεται ότι εκτέθηκε περισσότερο σε υψηλές θερμοκρασίες η περιοχή μεταξύ K3-K29-K31-K5. Τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία και οι δοκοί ήταν επενδεδυμένα με επιχρίσματα πάχους 3 cm περίπου, τα οποία στην περιοχή που αναφερόμαστε είχε καταρρεύσει με συνέπεια να φαίνονται οι επιφάνειες του σκυροδέματος. Στις πλάκες επίσης υπήρχε επίχρισμα που καταστράφηκε με την φωτιά, με ορατές πλέον τις θερμομονωτικές πλάκες πιθανόν από σκληρό πετροβάμβακα.



Εικόνα 6: α. Εκτίναξη επικάλυψης οπλισμών – β. Θερμομονωτικές πλάκες, ίδια επεξεργασία



Εικόνα 7: Επίχρισμα που διατηρήθηκε, πηγή: ίδια επεξεργασία



Εικόνα 8: Στο βάθος φαίνεται το υποστύλωμα K37 το οποίο διατήρησε το επίχρισμα του και είναι μόνο καπνισμένο στο ανώτερο τμήμα του, πηγή: ίδια επεξεργασία

Ανακόπηκαν συνολικά 6 πυρήνες, 4 από κατακόρυφα δομικά στοιχεία της πυλωτής που εκτέθηκαν σε πυρκαγιά και 2 από το υπόγειο του κτιρίου από υγιή δομικά στοιχεία, μετά από υπόδειξη των θέσεων από τους μελετητές μηχανικούς του έργου (Εικόνα 1,4). Το ύψος λήψης των πυρήνων ήταν ίδιο (περίπου 1,5 m) ώστε οι μετρήσεις να μην επηρεαστούν από τη διαφορά θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς (χαμηλότερες αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες χαμηλά, υψηλότερες στην οροφή). Τα δοκίμια με κωδικές ονομασίες K11, K12, K29 και T1 της πυλωτής λήφθηκαν από τα αντίστοιχα δομικά στοιχεία που φαίνονται στην Εικόνα 1, ενώ τα δοκίμια K36 και K38 είναι από το υπόγειο. Το K36 αποκόπηκε από το τοίχιο πλήρωσης δίπλα από το υποστύλωμα K36. Μόνο τα T1 και K36 που αποκόπηκαν από τοίχια έχουν διάμετρο 100mm. Τα υπόλοιπα έχουν διάμετρο 50 mm καθώς κρίθηκε ότι με μεγαλύτερη διάμετρο θα διαταράσσονταν σημαντικά η διατομή των δομικών στοιχείων. Τα δοκίμια αφού διαμορφώθηκαν σε τροχό, καπελώθηκαν με ειδικούς δίσκους από νεοπρένιο, σύμφωνα με το πρότυπο ASTM C1231. Στα δοκίμια μετρήθηκαν μετά τη διαμόρφωση:

- Πυκνότητα μετά από μέτρηση διαστάσεων και βάρους (EN 12390-7)
- Θλιπτική αντοχή (EN 12390-3)
- Μέτρηση ταχύτητας υπερήχων (EN 12504-4)

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών των πυρήνων. Η αντοχή πυρήνων με διάμετρο 50mm αυξήθηκε κατά 7%, έστε να προκύψει αντοχή πυρήνα διαμέτρου 100 mm, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12504-1. Στο δοκίμιο K1 μετά τη θραύση αποκαλύφθηκε στο κέντρο του κόκκος ποταμίσιου αδρανούς ονομαστικής διαμέτρου περίπου 30mm που επηρέασε αρνητικά την αντοχή του, και γι αυτό το λόγο δεν λήφθηκε υπόψη στους επόμενους υπολογισμούς.

### **Ανιχνευτές Οπλισμών**

Χρησιμοποιήθηκαν ανιχνευτές οπλισμού για την εκτίμηση θέσης, πάχους επικάλυψης και διαμέτρου χάλυβα οπλισμού σε θέσεις και δομικά στοιχεία που υποδείχθηκαν από τους μηχανικούς μελετητές του έργου. Από σημεία όπου ο οπλισμός είχε αποκαλυφθεί λόγω εκτίναξης επικάλυψης, φαίνεται ότι πρόκειται για λείο χάλυβα.

### **Συμπεράσματα ελέγχου**

Ο οπτικός έλεγχος της πυλωτής στα σημεία όπου υπήρχε πρόσβαση και έγινε καταγραφή της παθολογίας έδειξε ότι υπάρχει διαφορά στο επίπεδο έκθεσης των δομικών στοιχείων σε υψηλές θερμοκρασίες. Το παραπάνω φάνηκε και από τους ελέγχους μηχανικών χαρακτηριστικών που πραγματοποιήθηκαν. Επίσης διαπιστώθηκε ότι το προσβεβλημένο σκυρόδεμα έχει μειωμένα χαρακτηριστικά μέχρι βάθους τουλάχιστον 2 cm από την επιφάνεια ενώ έχει ενανθρακωθεί μέχρι βάθους τουλάχιστον 3,5 cm από την επιφάνεια.

### **Μεθοδολογία αποκατάστασης**

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω συμπεράσματα της αξιολόγησης, οι μελετητές κατέληξαν στον τρόπο αποκατάστασης των βλαβών των δομικών στοιχείων, ακολουθώντας την κάτωθι μεθοδολογία.

Αρχικά υποστυλώθηκαν τα δομικά στοιχεία του φορέα (πλάκα και δοκοί) με κριώματα βαρέως τύπου. Οι υποστυλώσεις κρίθηκε απαραίτητο να γίνουν στο σύνολο του φορέα και πιο συγκεκριμένα στη στάθμη της πυλωτής, του Α' ορόφου, του Β' ορόφου και του Γ' ορόφου. Πραγματοποιήθηκε κατάλληλη σφήνωση για την αποφόρτιση των δομικών στοιχείων.



*Εικόνα 9: Τοποθέτηση κριωμάτων βαρέως τύπου, πηγή: ίδια επεξεργασία*

Έπειτα πραγματοποιήθηκε καθαίρεση της επικάλυψης του σκυροδέματος από τις δοκούς και τα υποστυλώματα του ισογείου. Η καθαίρεση έγινε σε βάθος, μέχρι την αφαίρεση του σκυροδέματος που είχε προσβληθεί από την πυρκαγιά και σε κάθε περίπτωση σε βάθος μεγαλύτερο από 3 cm. Λήφθηκαν υπόψη όλα τα ευρήματα από τους επιτόπιους εργαστηριακούς ελέγχους των υλικών στα διαφορετικά σημεία.



Εικόνα 10: Καθαίρεση επικάλυψης βλαμένου σκυροδέματος σε δοκούς, πηγή: ιδία επεξεργασία

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε εμποτισμός των επιφανειών του σκυροδέματος υποστυλωμάτων και δοκών με ρητίνη υψηλής διείσδυσης και αντοχής για τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών πρόσφυσης.

Έγινε διάτρηση των πεδίων και τοποθέτηση- αγκύρωση αναμονών οπλισμών με εποξειδική ρητίνη, αφού είχε προηγηθεί καλός καθαρισμός των οπών από σκόνη. Επίσης, ο κατασκευαστής προχώρησε σε διερευνητική τομή για την διακρίβωση της θέσης της άνω στάθμης των πεδίων. Στη συνέχεια διατρήθηκε η πλάκα της πυλωτής και τοποθετήθηκαν διαμήκεις οπλισμοί υποστυλωμάτων με βλήτρωσή τους στην πλάκα.

#### Υποστυλώματα

Στα υποστυλώματα K19, K20 K,23 τοποθετήθηκαν οπλισμοί για σύνδεση μεταξύ των μανδύων της πυλωτής και του Α' ορόφου. Για τα τρία αυτά υποστυλώματα, κρίθηκε σημαντικό να τοποθετηθούν μανδύες και στον Α' όροφο για την αποτελεσματικότερη μεταφορά των φορτίων.

Τοποθετήθηκαν οι διαμήκεις οπλισμοί μανδύων των υποστυλωμάτων και των συνδετήρων. Για τη σύνδεση του παλαιού και νέου σκυροδέματος στα υποστυλώματα, τοποθετήθηκαν-αγκυρώθηκαν τεμάχια οπλισμών σύνδεσης (βλήτρα Φ12 με βάθος έμπηξης 10 εκ.). Στο παράρτημα παρατίθενται σχέδια κατασκευής μετά από σχετική διαστασιολόγηση των βλήτρων.

Αφού λοιπόν, ολοκληρώθηκε η παραπάνω διαδικασία, έγινε η σκυροδέτηση των μανδύων των υποστυλωμάτων με χρήση σκυροδέματος τύπου Sika Monotop Dynamic (ή υλικό αντίστοιχων προδιαγραφών), δηλαδή ενός ινοπλισμένου επισκευαστικού κονιάματος ενός συστατικού, τσιμεντοειδούς βάσης, ελεγχόμενης συρρικνωσης και υψηλής θιζοτροπίας, τροποποιημένο με συνθετικά πολυμερή, πυριτική παιπάλη, επιλεγμένα αδρανή και συνθετικές ίνες που χρησιμοποιείται για υψηλής απόδοσης δομητικές επισκευές.



Εικόνα 11: Διάτρηση πλάκας πυλωτής και τοποθέτηση διαμήκους οπλισμού υποστυλωμάτων, πηγή: ίδια επεξεργασία

Επόμενο βήμα ήταν η διαμορφωση-επιπέδωση- επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας των υποστυλωμάτων.

#### Α΄ οροφος

Οι εργασίες αποκατάστασης της στατικής επάρκειας του φορέα επεκτάθηκαν και στον Α΄ όροφο, σε ορισμένα δομικά στοιχεία (3 υποστυλώματα K198, K20, K23). Πιο συγκεκριμένα έγινε:

- καθαίρεση επιχρισμάτων και τοποθέτηση-αγκύρωση των τεμαχίων οπλισμών σύνδεσης(βλήτρων) του παλαιού και νέου σκυροδέματος στα τρία υποστυλώματα του Α΄ ορόφου.
- Τοποθέτηση των διαμήκων οπλισμών μανδύων των υποστυλωμάτων και των συνδετήρων.
- Σκυροδέτηση μανδύων υποστυλωμάτων με χρήση σκυροδέματος τύπου Sika Monotor Dynamic (ή αντίστοιχου) σε στρώσεις τεσσάρων εκατοστών.
- Διαμόρφωση-επιπέδωση- επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας των υποστυλωμάτων.
- Κατασκευή των επιχρισμάτων και αποκατάσταση βλαβών των αρχιτεκτονικών στοιχείων του Α΄ ορόφου, λόγω κατασκευής των μανδύων.

#### Δοκοί

Παρόμοια διαδικασία αποκατάστασης ακολουθήθηκε και στις δοκούς του φορέα (στα σημεία που απαιτήθηκε). Πιο συγκεκριμένα έγινε:

- Διάνοξη οπών για την τοποθέτηση συνδετήρων στην κάτω ίνα της πλάκας στην στάθμη της οροφής της πυλωτής. Η τοποθέτηση έγινε σύμφωνα με τα σχέδια των κατασκευαστικών λεπτομερειών (βλ. παράρτημα).
- Τοποθέτηση διαμήκων οπλισμών αρχικά και συνδετήρων στην άλλη παρειά των δοκών. Έγινε κλείσιμο και παράθεση των κάτω οριζόντιων σκελών των συνδετήρων.
- Σκυροδέτηση των μανδύων δοκών με χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος τύπου Sika Monotor Dynamic (ή αντίστοιχου υλικού ίδιων ιδιοτήτων) σε στρώσεις τεσσάρων εκατοστών. Ή έγχυση σε ξυλότυπους έγχυτου μη συρρικνούμενου τσιμεντοειδούς τύπου Sika Monotor 634 (ή αντίστοιχο).
- Διαμόρφωση-επιπέδωση- επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας των δοκών.

#### Πλάκες

Επόμενο βήμα ήταν η αποκατάσταση των πλακών. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω:

- Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση της θερμομόνωσης και τσιμεντοεπιδερμίδας πλακών σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή των FRPs.
- Τοποθέτηση ελασμάτων FRPs στα ανοίγματα των πλακών στην οροφή πυλωτής σύμφωνα με το σχετικό σχέδιο. Τοποθέτηση ενός ελάσματος πάχους 1.2 mm και πλάτους 10 cm ανά 50 cm, σύμφωνα με τα σχετικά σχέδια. Επικάλυψη των FRPs με πυράντοχη βαφή.
- Αντικατάσταση στοιχείων θερμομόνωσης στο κάτω μέρος των πλακών με πλάκες από πετροβάμβακα και επικάλυψη με τσιμεντοειδή υλικά.

Τέλος, αφού ολοκληρώθηκαν τα παραπάνω έγινε επιμελής καθαρισμός των στοιχείων του κτιρίων σε όλους τους ορόφους από υπολείμματα καπνού, αντικαταστάθηκαν όλα τα βλαμένα αρχιτεκτονικά στοιχεία του κτιρίου και έγινε αποκατάσταση και χρωματισμός του κτιρίου στα σημεία που απαιτούνταν.

Η χρονική διάρκεια των εργασιών ήταν 6 μήνες, ενώ το τελικό αποτέλεσμα που προέκυψε φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



# Κεφάλαιο 6

## 6. Συμπεράσματα

Αποτέλεσμα της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των μεθόδων αποκατάστασης σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχουν υποστεί ζημιές από υψηλό θερμικό φορτίο (πυρκαγιά). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πυρκαγιά, εκτός από τις καταστροφικές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει σε μία κατασκευή, αποτελεί απειλή για την ανθρώπινη ζωή, πράγμα το οποίο καθιστά την ίδια την αντιμετώπισή της, πρωτεύουσας σημασίας.

Η πυρκαγιά έχει πολύ επιβλαβείς επιδράσεις σε μια κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα και μπορεί να προκαλέσει ακόμα και την αχρήστευση αυτής. Τις περισσότερες φορές όμως οι βλάβες είναι επισκευάσιμες ακολουθώντας τις κατάλληλες τεχνικές μεθόδους αποκατάστασης. Βέβαια, πρέπει κάθε φορά να λαμβάνεται υπόψη το κόστος αποκατάστασης των κατασκευών που έχουν εκτεθεί σε θερμικό φορτίο, καθώς αποτελεί σημαντικό κριτήριο για το αν θα πραγματοποιηθεί η επισκευή ή όχι.

- Κόστος επισκευών

Το κόστος των επισκευαστικών εργασιών που θα προκύψει, αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιλογή της μεθόδου αποκατάστασης. Φυσικά, σε σχέση με το συνολικό κόστος της αρχικής κατασκευής, είναι αρκετά πιο χαμηλό, όμως θα πρέπει να γίνεται μια οικονομοτεχνική μελέτη-μελέτη σκοπιμότητας εκ των προτέρων. Σε σπάνιες περιπτώσεις δύναται να προκύψει τόσο υψηλό κόστος αποκατάστασης της κατασκευής, το οποίο να είναι αποτρεπτικό. Σε κάθε περίπτωση, λόγω της ιδιαιτερότητας/μοναδικότητας της κάθε κατασκευής και κατά συνέπεια της αποκατάστασης αυτής θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το κόστος αποκατάστασης της.

- Επιπτώσεις στην κατασκευή-στα υλικά

Η πυρκαγιά, επηρεάζει σημαντικά την στατική επάρκεια της κατασκευής. Οι κατασκευές με οπλισμένο σκυρόδεμα σχετικά υψηλότερης αντοχής έχουν μικρότερο ρυθμό πτώσεως της θλιπτικής τους αντοχής κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, σε αντίθεση με τις κατασκευές με σχετικά χαμηλότερης αντοχής οπλισμένα σκυροδέματα. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο χάλυβας που υπέστη κατεργασία εν θερμώ είναι ανθεκτικότερος από αυτόν που υπέστη κατεργασία εν ψυχρώ. Αυτό ισχύει, είτε η μέτρηση γίνεται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς είτε μετά την απόψυξη. Γενικότερα, οι κύριες βλάβες που παρατηρούνται στον φέροντα οργανισμό κατά την πυρκαγιά είναι οι αποφλοιώσεις, ρηγματώσεις, η αποσύνθεση μάζας σκυροδέματος καθώς και η ύπαρξη αισθητών μόνιμων παραμορφώσεων. Η ένταση της πυρκαγιάς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την ύλη, που αυτή έχει στη διάθεσή της να κάψει, καθώς και από τον χρόνο καύσης έως την αντίδραση και απόσβεση της πυρκαγιάς.

- Αξιολόγηση πυρόπληκτου κτιρίου-Επιλογή μεθόδου αποκατάστασης

Η επιλογή της μεθόδου αποκατάστασης θα πρέπει να γίνεται έπειτα από την ορθή αξιολόγηση του τμήματος ή του συνόλου της κατασκευής που έχει εκτεθεί σε υψηλό θερμικό φορτίο. Άρα, το πρώτο και σημαντικότερο βήμα για την ορθή επιλογή της μεθόδου αποκατάστασης είναι η σωστή

καταγραφή και αξιολόγηση (εργαστηριακά και στο πεδίο) του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας από ειδικούς.

Επίσης, συχνά, απαιτείται να χρησιμοποιηθούν νέα υλικά και τεχνολογίες σε συνδυασμό με παραδοσιακά υλικά. Επειδή λοιπόν, τα παραπάνω υλικά και τεχνολογίες εφαρμόζονται κάτω από ειδικές συνθήκες, χρειάζεται να διασφαλιστεί ένα σύστημα ποιοτικού ελέγχου σε επίπεδο σημαντικά υψηλότερο από αυτό που εφαρμόζεται στις νέες κατασκευές. Για τον λόγο αυτό, είναι σημαντικό οι εργασίες να γίνονται από εξειδικευμένο εργατοτεχνικό προσωπικό με την κατάλληλη γνώση και εμπειρία στο πεδίο της αποκατάστασης, υπό την διαρκή επίβλεψη μηχανικών άρτια καταρτισμένων στον τομέα αυτό. Επιπλέον, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν νέα κρίσιμα θέματα που ανακύπτουν, όπως αυτό της διασφάλισης της συνεργασίας των παλαιών και νέων υλικών.

Η μέθοδος επισκευής που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το μέγεθος της βλάβης, το είδος του δομικού στοιχείου που θα αποκατασταθεί, τον προϋπολογισμό καθώς και το είδος της καταπόνησής του.

- Κανονισμοί-Νομοθεσία

Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να γίνει μια ιδιαίτερη αναφορά στην έλλειψη του νομοθετικού-κανονιστικού περιεχομένου που υπάρχει στην χώρα μας. Αν δούμε τα στατιστικά των τελευταίων ετών, θα διαπιστώσουμε ότι είτε από δασικές πυρκαγιές, είτε από αστικές πυρκαγιές ο αριθμός των κατοικιών που εκτίθενται σε υψηλά θερμικά φορτία είναι υψηλός (πολύ πιο πάνω από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο). Μοιάζει, λοιπόν, παράλογο να μην υπάρχουν συγκεκριμένες κανονιστικές και νομοθετικές διατάξεις, τόσο για την αξιολόγηση των πυρόπληκτων κτιρίων, όσο και για τις μεθόδους αποκατάστασης τους. Οι τρόποι αποκατάστασης σήμερα βασίζονται σε νόρμες και εμπειρικές μεθόδους, στις μεθόδους που ακολουθούνται για τις στατικές ενισχύσεις σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ ή/και μεθοδολογίες που προτείνουν οι κατασκευαστές των νέων υλικών αποκατάστασης.

Ως εκ τούτου, η κατεύθυνση η οποία θα πρέπει να δοθεί, θα πρέπει να είναι η άμεση δημιουργία αναλυτικού κανονιστικού περιεχομένου για τα κτίρια που έχουν εκτεθεί σε υψηλό θερμικό φορτίο, από το επιστημονικό προσωπικό της χώρας, με την στήριξη της πολιτείας.

Απαραίτητο για την πρόληψη των δυσμενών επιπτώσεων της πυρκαγιάς είναι να ληφθούν υπόψη και να εφαρμοστούν, τα κατάλληλα μέτρα πυροπροστασίας που είναι απαραίτητα για την ασφάλεια των πολιτών και της κατασκευής. Γι αυτό τον λόγο ο μελετητής κάθε κατασκευής θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν το, κατά τη φάση του σχεδιασμού όλους τους ισχύοντες κανονισμούς πυροπροστασίας, προκειμένου να τηρούνται στο ακέραιο όλες οι δικλίδες ασφαλείας που θέτει ο κανονισμός πυροπροστασίας.

# Βιβλιογραφία

## Βιβλιογραφικές πηγές:

- «Επίδραση της Πυρκαγιάς σε Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα» ΣΤΥΛΙΑΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΦΟΡΟΣ, 1997
- «Πρακτικός Σχεδιασμός Κατασκευών Έναντι Πυρκαγιάς» Θ.Π. ΤΑΣΙΟΣ, Γ. ΛΕΟΔΑΤΗΣ, Αθήνα 1984 και « Πρακτικά-Διδακτικά Εγχειρίδια, Μέθοδοι για την επιτόπου Αποτίμηση των Χαρακτηριστικών των Υλικών» ΧΡ. ΣΠΑΝΟΣ- Σ.ΣΠΙΘΑΚΗΣ-Κ. ΤΡΕΖΟΣ ΤΕΕ, Αθήνα 2002
- 16ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, 21-23/10/2009, Πάφος, Κύπρος, Πρακτικός Οδηγός για την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και τις δομικές επεμβάσεις μετά από πυρκαγιά, σε μικρά κτίρια από σκυρόδεμα και από τοιχοποιία
- 16ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, 21-23/10/2009, Πάφος, Κύπρος, Πρακτικός Οδηγός για την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και τις δομητικές επεμβάσεις μετά από πυρκαγιά, σε μικρά κτίρια από σκυρόδεμα και από τοιχοποιία
- Bedford, T., & Cooke, R. (2001). *Probabilistic risk analysis: foundations and methods*. Cambridge University Press.
- Beitel, J.J. (1995). Current Controversies of Fire Resistance Testing. In: Fire Standards in the International Marketplace, Ed. A.F. Grand, ASTM STP 1163, Philadelphia, PA. pp. 89-99.
- Best, J., (2001). "Damned Lies and Statistics: Untangling Numbers from the Media, Politicians and Activists," University of California Press.
- Burke, P. J., Bisby, L. A., & Green, M. F. (2013). Effects of elevated temperature on near surface mounted and externally bonded FRP strengthening systems for concrete. *Cement and Concrete Composites*, 35(1), 190-199.
- Chapman, C., Ward, S. (2002). "Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights," John Wiley and Sons Ltd., England.
- Elms, D. (1998). *Owning the future: integrated risk management in practice*. Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury.
- Eurocode 2: Design of concrete structures - Part1-2: General rules - Structural fire design EN 1992-1-2 (December 2004), σελίδες 26-33
- Faber, M. H., & Stewart, M. G. (2003). Risk assessment for civil engineering facilities: critical overview and discussion. *Reliability engineering & system safety*, 80(2), 173-184.
- Gernay, T., 2019. Fire resistance and burnout resistance of reinforced concrete columns. *Fire Safety Journal*.
- Giannopoulos, P. I. (2009, October). Seismic Assessment of RC Building according to FEMA 356 and Eurocode 8. In *16th Conference on Concrete, TEE, ΕΤΕΚ* (pp. 21-23).

- Klinoff, R. (2019). Introduction to fire protection and emergency services. Jones & Bartlett Learning.
- Kruppa, J. (1997). Performance-Based Code in Fire Resistance: a First Attempt by Eurocodes. In: Proceedings 1996 International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, Ed. D. Peter Lund. Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA pp. 217-228.
- Lee, P. K., Ho, D., & Chung, H. W. (1987). Static and dynamic tests of concrete bridge. *Journal of Structural Engineering*, 113(1), 61-73.
- Lo, S. M., Hu, B. Q., Liu, M., & Yuen, K. K. (2005). On the use of reliability interval method and grey relational model for fire safety ranking of existing buildings. *Fire technology*, 41(4), 255-270.
- Mi, H., Liu, Y., Wang, W., & Xiao, G. (2020). An Integrated Method for Fire Risk Assessment in Residential Buildings. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020.
- National Fire Codes Set. (2020). Retrieved August 2, 2021, from Nfpa.org website: <https://catalog.nfpa.org/National-Fire-Codes-Set-P13881.aspx>
- Post-fire residual properties of GFRP reinforced concrete slabs: A holistic investigation. (2018) Composite Structures.
- Quintiere J. G, Μαχαίρας Δ., 2000. Βασικές αρχές συμπεριφοράς της φωτιάς.- 257 σ. ISBN 960-411-054-3 (6520). Περιστέρι : ΙΩΝ
- Trezos, C. G., & Sagias, D. (2006). Influence of high temperatures on the bond behavior of reinforced concrete. In *15th Greek Conference of Reinforced Concrete*.
- Vrouwenvelder, A. C. W. M., Holicky, B. M., Tanner, C. P., Lovegrove, D. R., & Canisius, E. G. (2001). Risk assessment and risk communication in civil engineering. *CIB REPORT*.
- Wang, Y., Yuan, G., Huang, Z., Lyv, J., Li, Z. Q., & Wang, T. Y. (2016). Experimental study on the fire behaviour of reinforced concrete slabs under combined uni-axial in-plane and out-of-plane loads. *Engineering Structures*, 128, 316-332.
- Wang, Y., Yuan, G., Huang, Z., Lyv, J., Li, Z.-Q., Wang, T.-Y., 2016.
- Watts, J.M., Hall J.R. (2002) Introduction to Fire Risk Analysis SFPE Handbook for Fire Protection Engineering (third ed.), NFPA, Quincy, MA.
- Wideman, R. M. (1992). *Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities* (Doctoral dissertation, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta).
- Xin, J., & Huang, C. (2013). Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. *Fire Safety Journal*, 62, 72-78.
- Zhang, H. (2011). The Basic Properties of Building Materials. *Building materials in civil engineering*, 7-28.
- Ανδρεάδης, Π., Παπαιωάννου, Γ. (2004). «Ασφάλεια εργαζομένου», Αθήνα: Εκδόσεις Ιων

- Βιάζης Γ.Α., 1997. «Πυροπροστασία Νομοθεσία - μελέτες, βοηθήματα μελετών», Αθήνα ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.
- Γεωργιάδου, Ε., & Παπαδόπουλος, Μ. (2008). Κίνδυνοι πυρκαγιάς–εκρήξεων, μέτρα προστασίας. Μέτρα προστασίας ΕΛΙΝΙΑΕ, ΑΘΗΝΑ.
- Δρίτσος, Σ. (2005). Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. *Πάτρα, Γ Έκδοση αναθεωρημένη*. Τριανταφύλλου Θ. (2000) « Ενισχύσεις Κατασκευών με Σύνθετα Υλικά-Υπολογισμοί», Δελτ. Συλ. Πολιτικών Μηχανικών.
- Ζαπράνης, Α. (2009). Διαχείριση χρηματοοικονομικών κινδύνων με το Matlab. *Μια Εφαρμοσμένη Προσέγγιση. Αθήνα, Κλειδάριθμος*.
- Θ.Π. Τάσιος, Γ. Δεοδάτης, “Πρακτικός Σχεδιασμός Κατασκευών από Ωπλ. Σκυρόδεμα έναντι Πυρκαγιάς”, Εργαστήριο Ω.Σ./ Ε.Μ.Π., σελ. 3-17 και 58-62, Αθήνα, 1984.
- Κεφ. ΙΙ Πρακτικός Οδηγός για αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και τις δομητικές επισκευές μετά από πυρκαγιά, Αθήνα 2008- ΤΕΕ-ΕΜΠ
- Κώνστας Α., 1970. «Συστημική Θεώρηση Πυρασφάλειας», Εκδ. Παπαζήση
- Λαψάτης, Γ. (2006). *Πυρασφάλεια αποθηκών* (Master's thesis).
- Μαλαχίας Γ., 2004. «Πυροπροστασία Κτιρίων», Εκδ . Ιων.
- Μιπολίδης, Γ. (2009). *Πειραματική διερεύνηση της συμπεριφοράς δοκών από σκυρόδεμα ενισχυμένων με πολυμερή οπλισμένα με χάλυβα ή άνθρακα* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Πολυτεχνική. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Επιστήμης και Τεχνολογίας των Κατασκευών).
- ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών. (2013). Retrieved August 2, 2021, from Pkm.gov.gr website: <https://www.pkm.gov.gr/default.aspx?lang=el-GR&page=104>
- Παπαϊωάννου Κ., 1992. «Εισαγωγή στην Πυροπροστασία των Κατασκευών», Εκδ. University Studio Press
- Πρακτικός Οδηγός για την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και τις επεμβάσεις σε Πυρόπληκτα ΤΕΕ-ΕΜΠ 2008
- Πτυχιακή εργασία Ραφαήλ Όλγα, Παπαδόπουλος Κωνσταντίνος, «πρόληψη και αποκατάσταση σκυροδέματος από διάφορους παράγοντες», Θεσσαλονίκη 2012
- Ρήγας Φ. 2005. «Βιομηχανική Ασφάλεια» Εκδ. Παπασωτηρίου
- Σελλούντος, Β., Χουσιανάκος, Κ., Παπαϊωάννου, Γ., & Πέρδιος, Σ. (1988). Πυρασφάλεια: Εφαρμοσμένη Πυροπροστασία και Στοιχεία Πυρόσβεσης. Φοίβος, Αθήνα.
- ΤΕΕ / Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, πρόχειρος οδηγός για τη συγκέντρωση πληροφοριών που αφορούν την απομείωση φέρουσας ικανότητας μικρών κτιρίων (από Σκυρόδεμα ή Τοιχοποιία) μετά από πυρκαγιά, Αύγουστος 2007 σελίδες 20-21.
- ΤΕΕ Αντισεισμική Θωράκιση υφιστάμενων κατασκευών, πρακτικά- διδακτικά εγχειρίδια, μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών, Χρ.Σπανός, Μ.Σπιθάκης, Κ. Τρέζος, Αθήνα, Μάιος 2001

## Ηλεκτρονικές Πηγές

- <https://www.kavalapost.gr/kinonia/254734/kavala-aponera-pyrkagia-20-oikogeneies-dromo-16is-taxiarchias/>
- <https://www.kavalanews.gr/14225-kavala-fotia-se-pyloti-polykatoikias-odo-16is-taxiarchias.html>
- <https://www.kavala-portal.gr/megali-fotia-stin-odo-16is-taxiarchias/>
- [http://www.firesecurity.gr/domika\\_ylika.html](http://www.firesecurity.gr/domika_ylika.html)
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας -Μονάδα Τεκμηρίωσης και Πληροφόρησης. (n.d.). Retrieved from <https://www.firesecurity.gr/Pdf/pyrasfaleia.pdf>
- Πυρασφάλεια - Σχετική Νομοθεσία - Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος. (2014). Retrieved October 2, 2023, from Fireservice.gr website: [https://www.fireservice.gr/el\\_GR/pyrasphaleia](https://www.fireservice.gr/el_GR/pyrasphaleia)
- Smith, G. (2020). Flammable Building Materials. Διαθέσιμο στο : [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Flammable\\_building\\_materials](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Flammable_building_materials)
- WO2009133261A1 - Dispositif de calfeutrement et de garnissage coupe feu - Google Patents. (2009, March 27). Retrieved August 2, 2021, from Google.com website: <https://patents.google.com/patent/WO2009133261A1/nl>
- Fires in buildings under construction or demolition | NFCC CPO. (2023). Retrieved October 2, 2023, from Ukfrs.com website: <https://www.ukfrs.com/guidance/fires-buildings-under-construction-or-demolition>
- Κοινή Υπουργική Απόφαση 27152 οικ. Φ.700.19 - ΦΕΚ 2757/Β/28-6-2021. (2021, June 29). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-pyrkagies-emprismo-purosbestiko-soma/purosbestikes-diataxeis/koine-upourgike-apophase-27152-oik-ph700-19.html>
- Προεδρικό Διάταγμα 41/2018- ΦΕΚ 80/Α/7-5-2018 (Κωδικοποιημένο). Retrieved June 2, 2023, from elinyae.gr| Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας website: <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/pd-412018-fek-80a-752018>
- Π.Δ. 71/1988 (ΦΕΚ 32/Α` 17.2.1988) | ΕΛΙΝΥΑΕ. (2021). Retrieved August 2, 2021, from Elinyae.gr website: <https://elinyae.gr/ethniki-nomothesia/pd-711988-fek-32a-1721988>
- Προεδρικό Διάταγμα 71/1988 - ΦΕΚ 32/Α/17-2-1988 (Κωδικοποιημένο). (2020, March 5). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-pyrkagies-emprismo-purosbestiko-soma/purosbestikes-diataxeis/pd-71-1988.html>
- Π.Δ. 71/1988 - ΦΕΚ Α 32/17.02.1988. (2021). Retrieved August 2, 2021, from Kodiko.gr website: <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/427207/p.d.-71-1988>
- Υ.Α. οικ. 7755/160/1988 (ΦΕΚ 241/Β` 22.4.1988) | ΕΛΙΝΥΑΕ. (2021). Retrieved August 2, 2021, from Elinyae.gr website: <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-oik-77551601988-fek-241b-2241988>

- Κοινή Υπουργική Απόφαση 34458/90 Φ. 846/Β/31-12-90 Retrieved June 28, 2021, from <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/846-90.1111229977571.pdf>
- Υ.Α. 5905/Φ15/839/1995 (ΦΕΚ 611/Β` 12.7.1995) | ΕΛΙΝΥΑΕ. (2021). Retrieved August 2, 2021, from Elinyae.gr website: <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-5905f158391995-fek-611b-1271995>
- Πυροσβεστική Διάταξη 9/2000 - ΦΕΚ Β-1459/30-11-2000. (2016, January 17). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-pyrkagies-emprismoι-purosbestiko-soma/purosbestikes-diataxeis/purosbestike-diataxe-9-2000.html>
- Προεδρικό Διάταγμα 188/2001 - ΦΕΚ 152/Α/10-7-2001 (Καταργημένο). (2021, April 20). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-astynomikos-astynomia/genika-nomothetimata/pd-188-2001.html>
- Νόμος 3446/2006 - ΦΕΚ 49/Α/10-3-2006 (Κωδικοποιημένος). (2006, March 10). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-aytokinita/tekhnikos-elegkhos-kteo/n-3446-2006.html>
- Απόφαση Δ3/Γ/12041/2861/2011 - ΦΕΚ 1109/Β/3-6-2011. (2011, June 3). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-aerodromia-aeroporia/apophase-d3g-12041-2861-2011-phek-1109b-3-6-2011.html>
- Προεδρικό Διάταγμα 41/2018 - ΦΕΚ 80/Α/7-5-2018 (Κωδικοποιημένο). (2018, May 8). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kat-pyrkagies-emprismoι-purosbestiko-soma/purosbestikes-diataxeis/proedriko-diatagma-41-2018-phek-80a-7-5-2018.html>
- Νόμος 1558/1985 - ΦΕΚ 137/Α/26-7-1985. (2020, August 28). Retrieved August 2, 2021, from e-nomothesia.gr | Τράπεζα Πληροφοριών Νομοθεσίας website: <https://www.e-nomothesia.gr/kubernese/n-1558-1985.html>
- <http://el.wikipedia.org> (Πληροφορίες για την πυροπροστασία)
- [http://www.firesecurity.gr/domika\\_ylika.html](http://www.firesecurity.gr/domika_ylika.html)- πληροφορίες για χάλυβα και σκυρόδεμα σε πυρκαγιά
- ΝΕΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ, 2020. Εκδόσεις Δεδεμάδης Retrieved August 2, 2021, from Dedemadis.gr website: <http://www.dedemadis.gr/product/283/%CE%BD%CE%B5%CE%BF%CF%83-%CE%BA%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%83-%CF%80%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%83-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CF%89%CE%BD>

# Παράρτημα Α

Φωτογραφικό υλικό



Εικόνες 1,2: Πυρκαγιά







Εικόνα 3: Όψη κτιρίου έπειτα από την πυρκαγιά



Εικόνα 4: Πυλωτή κτιρίου έπειτα από την πυρκαγιά



Εικόνα 5: Κατάσταση πυλωτής έπειτα από την πυρκαγιά



Εικόνα 6: Πυροσβεστικό όχημα κατά τη διάρκεια της πυρόσβεσης



*Εικόνα 7. Κατάσταση υποστυλώματος (οπλισμός και αποφλοίωση σκυροδέματος)*



*Εικόνα 8: Καθαρισμός πυλωτής από αποκολλημένα επιχρίσματα και σκυρόδεμα*



*Εικόνα 9: Υποσύλωση φορέα με ικριώματα*



Εικόνα 10: Επεξεργασία FRPs



Εικόνες 10,11. Εφαρμογή FRPs





*Εικόνα 12: Τελική όψη πυλωτής έπειτα από την αποκατάσταση*

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται στον Οργανισμό και στον Εσωτερικό Κανονισμό του Ιδρύματος, δηλώνω υπεύθυνα ότι για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου συγγραφέα χωρίς να γίνεται αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό ή εφημερίδα, ιστοσελίδα κ.λπ.) και ότι χρησιμοποίησα μόνο τις πηγές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.



Μεταξιώτης Πέτρος