



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ
ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ
ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ | ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ | ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΝΑΠΛΑΣΕΙΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ ΣΕΡΡΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές
οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά
φορτία (πυρκαγιά)

ΠΑΣΧΑΛΗΣ ΛΙΟΛΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΙΤΟΛΙΔΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ | ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2023

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ | ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές
οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά
φορτία (πυρκαγιά)

ΠΑΣΧΑΛΗΣ ΛΙΟΛΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΙΤΟΛΙΔΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ | ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2023

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Πρόλογος

Οι συνέπειες μιας πυρκαγιάς μπορεί να είναι καταστροφικές, τόσο για τα κτίρια όσο και για τους ενοίκους τους. Βασική παράμετρος για την αντιμετώπιση του κινδύνου της πυρκαγιάς, αποτελεί ο προσδιορισμός της απόκρισης των υλικών σε αυτή από τα οποία είναι δομημένες οι κατασκευές. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί ο έλεγχος η αποτίμηση και η αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής όταν επιβάλλονται σε αυτά πολύ υψηλά θερμικά φορτία από πυρκαγιά. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται και όλες οι σχετικές κανονιστικές διατάξεις και συστάσεις που αφορούν την αποτίμηση και την ενίσχυση κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί ο έλεγχος η αποτίμηση και η αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής όταν επιβάλλονται σε αυτά πολύ υψηλά θερμικά φορτία από πυρκαγιά. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται και όλες οι σχετικές κανονιστικές διατάξεις και συστάσεις που αφορούν την αποτίμηση και την ενίσχυση κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά. Τα παραπάνω εφαρμόζονται σε ένα εξεταζόμενο παράδειγμα, το οποίο αφορά μια πολυώροφη οικοδομή από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία έχει υποστεί πυρκαγιά

Λέξεις Κλειδιά: πυρκαγιά, αποτίμηση, ενίσχυση, αποτίμηση κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά, ενίσχυση κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά

Summary

The subject of this thesis is the control, assessment and evaluation of the mechanical characteristics of the structural elements when they are subjected to very high thermal loads from a fire. At the same time, all the relevant regulatory provisions and recommendations concerning the valuation and strengthening of buildings exposed to fire are also presented. The above is applied to an example under consideration, which concerns a multi-storey building made of reinforced concrete, which has suffered a fire

k e y w o r d s :

fire, valuation, reinforcement, assessment of buildings exposed to fire, reinforcement of buildings exposed to fire

Πίνακας Περιεχομένων

| | |
|---|----|
| Κεφάλαιο 1 ^ο Γενικές έννοιες | 9 |
| 1.1 Εισαγωγή | 9 |
| 1.2 Διαχείριση Κινδύνων | 11 |
| 1.3 Κίνδυνος Πυρκαγιάς σε Υφιστάμενα Κτίρια | 14 |
| 1.4 Εύφλεκτα Υλικά | 16 |
| 1.5 Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής | 21 |
| Κεφάλαιο 2. Πυρκαγιά σε κτίρια | 22 |
| 2.1 Πυρκαγιά και βασικές έννοιες | 22 |
| 2.2.1 Ανάλυση του φαινομένου | 24 |
| 2.2.2 Πυρκαγιά σε κτιριακά έργα | 25 |
| 2.3. Κανονισμός πυροπροστασίας των κτιρίων | 35 |
| 2.4. Δομική πυροπροστασία | 36 |
| 2.4.1.Γενικές αρχές δομικής πυροπροστασίας | 36 |
| 2.4.1.1. Μέθοδοι και μέσα παθητικής πυροπροστασίας. | 37 |
| 2.4.1.2. Περιορισμός εξάπλωσης της φωτιάς – διαμερισματοποίηση | 38 |
| 2.5. Ταξινόμηση των κτιρίων ανάλογα με τη χρήση τους | 39 |
| 2.6. Προληπτική και κατασταλτική πυρασφάλεια | 40 |
| 2.6.1.Πρόληψη πυρκαγιών | 40 |
| 2.6.2. Προληπτικά μέσα | 41 |
| Κεφάλαιο 3. Μέθοδοι και υλικά αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων | 44 |
| 3.1 Ελληνική νομοθεσία σε θέματα πυροπροστασίας κτιρίων | 44 |
| 3.1.1 Ιστορική αναδρομή στην Ελληνική νομοθεσία. | 44 |
| 3.1.2 Ισχύουσα νομοθεσία | 48 |
| 3.1.3 Πρότυπα | 53 |
| 3.2 Αξιολόγηση κτιρίων έπειτα από πυρκαγιά | 55 |
| 3.2.1 Κριτήρια και μεθοδολογία αξιολόγησης | 55 |
| 3.2.2 Αξιολόγηση βλαβών στο πεδίο | 59 |
| 3.2.3 Εργαστηριακοί έλεγχοι-Αποτελέσματα | 75 |
| 3.2.3.α. Πυρηνοληψία-προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής. | 76 |
| 3.3 Αποκατάσταση πυρόπληκτων κτιρίων. | 81 |
| 3.3.1 Νομοθεσία | 81 |
| 3.3.2 Μέθοδοι αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων | 81 |

| | |
|---|-----|
| 3.3.2.α. Άμεσα μέτρα. | 82 |
| 3.3.2.α.1 Υποστυλώσεις | 82 |
| 3.3.2.α.2 Αντιστηρίξεις | 89 |
| 3.3.2.α.3 Καθαιρέσεις | 91 |
| 3.3.3.Επεμβάσεις σε επιχρίσματα | 91 |
| 3.3.4.Επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα | 92 |
| 3.3.4.α.Τοιχοπληρώσεις | 93 |
| 3.3.4.β. Σκελετός Ο.Σ. | 94 |
| 3.3.5. Υλικά αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων | 96 |
| 3.3.5.α. Εποξειδικές κόλλες | 96 |
| 3.3.5.β. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα | 99 |
| 3.3.5.γ. Οπλισμένο ή ινοπλισμένο επίχρισμα | 100 |
| Κεφάλαιο 4 ^ο Εξεταζόμενο παράδειγμα: Πολύροφη οικοδομή στην πόλη της Καβάλας | 101 |
| 4.1 Περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης κτιρίου – οπτικός έλεγχος. | 101 |
| 4.2 Αξιολόγηση εργαστηριακού ελέγχου | 105 |
| 4.2.1 Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών σκυροδέματος | 105 |
| 4.2.1.α. Πυρηνοληψία και έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών | 105 |
| 4.2.1.β.Κρουσιμετρήσεις | 108 |
| 4.2.2 Επιμέρους έλεγχοι | 110 |
| 4.2.2.α. Δοκιμή Pull off | 110 |
| 4.2.2.β. Αντίσταση σε διάτρηση | 112 |
| 4.2.2.γ. Ανιχνεύσεις οπλισμών | 115 |
| 4.2.3 Εκτίμηση βάθους ενανθράκωσης | 116 |
| Κεφάλαιο 5 ^ο Συμπεράσματα | 119 |
| Βιβλιογραφία | 121 |

Κατάλογος Σχημάτων-Εικόνων

| | |
|--|------|
| Εικόνα 1.1 Διαφορετικά στάδια στις διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου πυρκαγιάς..... | 12 |
| Σχήμα | 3.1 |
| Μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων για των προσδιορισμό του βάθους του κατεστραμένου στρώματος..... | 70 |
| Σχήμα | 3.2 |
| Υποστύλωμα ή φέρουσα τοιχοποιία για επισκευή/ενίσχυση ή για αντικατάσταση (υποστύλωση σε πολλούς ορόφους)..... | 84 |
| Σχήμα | 3.3 |
| Λήψη πρόσθετων μέτρων ασφαλείας, εξαιτίας των οριζόντιων ωθήσεων στην κατακόρυφη παρειά του υπογείου..... | 84 |
| Σχήμα 3.4 Βιομηχανικά χαλύβδινα ικριώματα..... | 85 |
| Σχήμα | 3.5 |
| Υποστύλωση με την βοήθεια κορμών δέντρων εκατέρωθεν βλαμμένου υποστυλώματος..... | 86 |
| Σχήμα 3.6 Υποστύλωση και περίσφιγξη υποστυλώματος με γωνιακά..... | 87 |
| Σχήμα 3.7 Υποστύλωση με τακαρία εκατέρωθεν βλαμμένου υποστυλώματος..... | 88 |
| Σχήμα | 3.8 |
| Αρχική σύνθεση κλωβού από δύο τμήματα σχήματος ορθής γωνίας, και κάτοψη του άμεσου μανδύα «σπασμένου» υποστυλώματος..... | 89 |
| Σχήμα 3.9 Παραδείγματα οριζόντιας αντιστήριξης..... | 91 |
| Σχήμα 3.10 Οπλισμένο επίχρισμα (*: πυκνή στερέωση, π.χ. καρφίδες $4/m^2$ όψεως)..... | 92 |
| Σχήμα 3.11 Ενίσχυση υποστυλώματος με προσθήκη μανδύα Ο.Σ..... | 95 |
| Σχήμα | 3.12 |
| Τοπική αποκατάσταση ίσης διατομής υποστυλώματος, σε περίπτωση πλήρους αποδιοργάνωσης της βλαβείσας περιοχής..... | 95 |

| | |
|---|-----|
| Σχήμα 3.13 Επίδραση θερμοκρασίας στο Μέτρο Ελαστικότητας..... | 98 |
| Σχήμα 4.1 Κάτοψη όπου φαίνεται η αρίθμηση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων..... | 102 |
| Εικόνα 4.1 α. Εκτίναξη της επικάλυψης οπλισμών, β. Θερμομονωτικές πλάκες..... | 103 |
| Εικόνα 4.2 Επίχρισμα που διατηρήθηκε..... | 103 |
| Εικόνα 4.3 Υποστύλωμα K37..... | 103 |
| Εικόνα 4.4 Αριστερά δείγμα σκυροδέματος από το τοιχίο T1 που εκτέθηκε σε φωτιά και δεξιά δείγμα από υγιή περιοχή..... | 103 |
| Εικόνα 4.5 Εξέταση δείγματος με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο..... | 104 |
| Εικόνα 4.6 Δείγμα σκυροδέματος από περιοχή που εκτέθηκε σε φωτιά..... | 104 |
| Εικόνα 4.7 Καμένη επιφάνεια σκυροδέματος..... | 104 |
| Εικόνα 4.8 Υγιής επιφάνεια σκυροδέματος..... | 104 |
| Εικόνα 4.9 Λήψη πυρήνα από τοιχίο..... | 106 |
| Εικόνα 4.10 Το σύνολο των πυρήνων που αποκόπηκαν..... | 106 |
| Εικόνα 4.11 Θραύση πυρήνων..... | 106 |
| Εικόνα 4.12 Κόκκος αδρανούς στο δοκίμιο K11 που επηρέασε αρνητικά την αντοχή..... | 106 |
| Εικόνα 4.13 Συσκευή εξόλκευσης..... | 110 |
| Εικόνα 4.14 Μορφή αστοχίας του T1 της πιλοτής..... | 110 |
| Εικόνα 4.15. Σύγκριση των T1 και K38 που βρίσκονται σε προβεβλημένη και υγιή περιοχή αντίστοιχα..... | 111 |
| Εικόνα 4.16. Δοκιμή αντίστασης σε διείσδυση του σκυροδέματος κατά τη διάτρηση με κρουστικό δράπανο..... | 112 |
| Σχήμα 4.3 Αποτελέσματα για τα K36, K38. Βάθος διείσδυσης σε σχέση με το χρόνο και υπολογισμός μέσης ταχύτητας διείσδυσης από την κλίση της μέσης ευθείας..... | 113 |
| Σχήμα 4.4 Αποτελέσματα για τις δυο μετρήσεις στο T1..... | 113 |
| Σχήμα 4.5 Σύγκριση διαγραμμάτων βάθους διείσδυσης/χρόνου για τα K38 και T1..... | 114 |
| Σχήμα 4.6 Μεταβολή ταχύτητας διείσδυσης με το βάθος για τα K38 και T1..... | 114 |
| Εικόνα 4.16 Ανιχνευτής Proseq Profoscope+..... | 115 |
| Εικόνα 4.17 Μέτρηση απόστασης συνδετήρων..... | 115 |
| Εικόνα 4.18 Μέτρηση pH με μολύβι ουράνιου τόξου στο T1..... | 116 |
| Εικόνα 4.19 Μέτρηση στο ίδιο δοκίμιο με ηλεκτρονικό πεχάμετρο..... | 116 |
| Εικόνα 4.20 Μέτρηση στο δοκίμιο K36 του υπογείου..... | 117 |
| Εικόνα 4.21 Μέτρηση στο ίδιο δοκίμιο K36 με ηλεκτρονικό πεχάμετρο..... | 117 |
| Εικόνα 5.1 Αποτελέσματα θραύσης πυρήνων και κρουσιμετρήσεων..... | 119 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|------------|
| Πίνακας 1.1 Ταξινόμηση κινδύνου ανάφλεξης υγρών..... | 19 |
| Πίνακας 3.1 Ισχύουσα νομοθεσία πυρασφάλειας..... | 50 |
| Πίνακας 3.2 Εξωτερική πυρκαγιά..... | 60 |
| Πίνακας 3.3 Εσωτερική πυρκαγιά..... | 60 |
| Πίνακας 3.4 Αλλοιώσεις και φθορές συνηθισμένων υλικών υπό πυρκαγιά..... | 61 |
| Πίνακας 3.5 Ενδεικτικές τιμές μέγιστων θερμοκρασιών αέρος, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου..... | 65 |
| Πίνακας | 3.6 |
| Χαρακτηριστικά χρώματα πυρακτώσεως, αναλόγως της θερμοκρασίας του καιόμενου στερεού σώματος..... | 66 |
| Πίνακας 3.7 Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες φλογών καύσιμων υλικών..... | 67 |
| Πίνακας 3.8 Επίδραση της παρουσίας οπλισμού..... | 77 |
| Πίνακας 3.9 Τιμές του συντελεστή λ_1 | 79 |
| Πίνακας 3.10 Τιμές του συντελεστή λ_2 | 79 |
| Πίνακας 3.11 Τιμές του συντελεστή λ_3 | 79 |
| Πίνακας 3.12 Σύνοψη οδηγιών για πυρηνοληψίες..... | 80 |
| Πίνακας 4.1 Αποτελέσματα ελέγχου πυρήνων σκυροδέματος..... | 107 |
| Πίνακας 4.2 Υπολογισμοί σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 344..... | 108 |
| Πίνακας 4.3 Βαθμονόμηση τιμών κρουσιμέτρου..... | 109 |
| Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα κρουσιμετρήσεων..... | 109 |
| Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα δοκιμής εξόλκευσης..... | 111 |
| Πίνακας 4.6 Ανιχνεύσεις ράβδων οπλισμού στην πιλοτή..... | 115 |
| Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα μετρήσεων ενανθράκωσης..... | 118 |
| Πίνακας 5.1 Μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών προσβεβλημένου σκυροδέματος σε σχέση με το υγιές..... | 119 |

Κεφάλαιο 1^ο Γενικές έννοιες

1.1 Εισαγωγή

Σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, πρωταρχική επιδίωξη είναι η διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής. Τα κτίρια συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο μέρος των δραστηριοτήτων του ανθρώπου (διαβίωση, μόρφωση, εργασία, ψυχαγωγία κ.α.) συγκεντρώνεται στα κτίρια. Επομένως είναι σημαντικό να διασφαλίζεται η ασφάλεια των κτιρίων, έτσι ώστε και οι άνθρωποι που δραστηριοποιούνται εντός τους να είναι ασφαλείς. Οι κυριότεροι παράγοντες που απειλούν την ασφάλεια των κτιρίων είναι οι εξής:

- Οι διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες, (υγρασία, ενανθράκωση σκυροδέματος, διάβρωση οπλισμών κτλ.)
- Τα φορτία τα οποία διακρίνονται σε:
 - μόνιμα
 - κινητά
 - τυχηματικά (σεισμικά κ.α.)
 - θερμικά (πυρκαγιά κ.α.)

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η συμπεριφορά των κτιρίων έναντι των θερμικών φορτίων και συγκεκριμένα της πυρκαγιάς. Η πυρκαγιά μπορεί να προκληθεί από διάφορα αίτια και απειλεί τόσο τη ζωή των κτιρίων όσο και των ανθρώπων. Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί διάφορες κανονιστικές διατάξεις οι οποίες εξασφαλίζουν την πυρασφάλεια των κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα, στο παρόν πύνημα επιχειρείται η αξιολόγηση:

- των μηχανικών χαρακτηριστικών κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος εκτιθέμενων σε φορτία πυρκαγιάς.
- των μεθόδων αποκατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων που έχουν εκτεθεί σε θερμικά φορτία (πυρκαγιά)
- Η δομή της παρούσας ερευνητικής εργασίας, αποτελείται από δύο βασικά μέρη:
- το θεωρητικό και

- το πρακτικό, το οποίο αποτελείται από την μελέτη περίπτωσης.

Το θεωρητικό μέρος της εργασίας, ολοκληρώνεται σε τρία κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή στη διαχείριση κινδύνων σχετικών με πυρκαγιά. Το δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην έκθεση των κτιριακών κατασκευών σε υψηλά θερμικά φορτία πυρκαγιάς. Παρουσιάζονται βασικές έννοιες γύρω από την πυρκαγιά, ενώ πραγματοποιείται και η απαραίτητη ανάλυση του φαινομένου. Γίνεται κατηγοριοποίηση των κτιρίων και αναλύονται 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 και τελευταίο κεφάλαιο του θεωρητικού μέρους παρουσιάζονται οι διαθέσιμες μέθοδοι και τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την απαραίτητη αποκατάσταση των πυρόπληκτων κτιρίων. Γίνεται αναφορά στα σχετικά με την πυροπροστασία των κτιρίων ελληνικά κανονιστικά κείμενα και πρότυπα.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η αξιολόγηση των βλαβών των πυρόπληκτων κτιριακών έργων, αφού παρουσιαστούν τα κριτήρια και η μεθοδολογία της εν λόγω αξιολόγησης. Το τελευταίο υποκεφάλαιο σχετίζεται με την αποκατάσταση των παραπάνω βλαβών.

Στο πρακτικό μέρος γίνεται εφαρμογή των όσων έχουν εκτεθεί στο θεωρητικό, σε συγκεκριμένο παράδειγμα, το οποίο αποτελείται από μία πολυώροφη οικοδομή που βρίσκεται στην πόλη της Καβάλας. Περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση στην οποία βρίσκεται το εν λόγω κτίριο, και αξιολογούνται τα αποτελέσματα του επιτόπιου και εργαστηριακού ελέγχου. Στη συνέχεια αναλύονται οι μέθοδοι οι οποίες προτείνονται για την αποκατάσταση των βλαβών, οι απαραίτητες επεμβατικές τεχνικές και τα υλικά αποκατάστασης. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η Ελληνική Νομοθεσία, σύμφωνα με την οποία πραγματοποιείται η αποκατάσταση του κτιρίου. Κλείνοντας, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

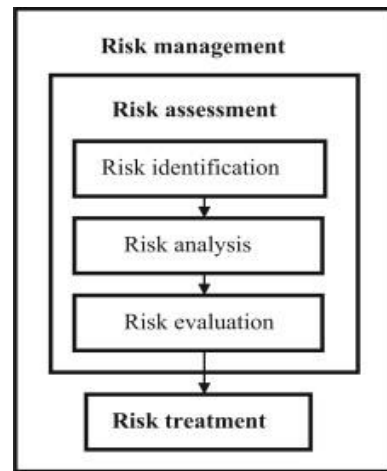
1.2 Διαχείριση Κινδύνων

Το νόημα της έννοιας της διαχείρισης κινδύνου δύναται να διαφοροποιείται ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιείται (Ζαμπράνης, 2009). Σχετικά με τα τεχνικά έργα, η διαχείριση κινδύνου αφορά τη διαδικασία εντοπισμού, αξιολόγησης και μετριασμού των κινδύνων για την αύξηση της πιθανότητας επιτυχίας του εκάστοτε έργου. Η έννοια του κινδύνου είναι συνυφασμένη με την κατάσταση αβεβαιότητας, για το αντικείμενο, το θέμα ή τη δραστηριότητα που αφορά.

Σημαντικότερος παράγοντας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων αντιμετώπισης και διαχείρισης κινδύνων, είναι η ακρίβεια και συνέπεια στον εντοπισμό και στην κατανόηση τους (Elms, 1998). Λόγω του ότι μόνο οι εντοπισμένοι πιθανοί κίνδυνοι οι οποίοι είναι υποκειμενικά και αντικειμενικά γνωστοί, μπορούν να ληφθούν υπόψη στην παραπάνω διαδικασία, το στάδιο του εντοπισμού τους παίζει καθοριστικό ρόλο στη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων για τη διαχείριση και αντιμετώπισή τους. Σε περίπτωση που δεν εντοπίζονται όλοι οι σχετικοί κίνδυνοι τότε η διαδικασία ανάλυσης τους θα οδηγήσει σε μεροληπτική λήψη αποφάσεων η οποία με τη σειρά της θα έχει ως αποτέλεσμα εκτός από την πιθανή αύξηση του κόστους αντιμετώπισής τους, την αύξηση της επικινδυνότητας (Faber - Stewart, 2003).

Η Διαχείριση Κινδύνων αποτελεί ένα από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού ενός έργου. Περιλαμβάνει την επιλογή των ορθότερων και καταλληλότερων υποέργων ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι, τα οποία θα εφαρμοστούν σύμφωνα με το σχεδιασμό της ομάδας του έργου. Σχετικά με τα έργα του πολιτικού μηχανικού η διαχείριση κινδύνων απαιτούν την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας γεγονότων τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν την παράδοση τους. Η Διαχείριση Κινδύνων υλοποιείται από τους Διαχειριστές Κινδύνου οι οποίοι 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 και τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η διαχείριση κινδύνου περιλαμβάνει τα στάδια της εκτίμησης και της αντιμετώπισης, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στην παρακάτω εικόνα 1.



Εικόνα 1.1 Διαφορετικά στάδια στις διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου πυρκαγιάς.

Για την εκτίμηση επικινδυνότητας ενός συστήματος απαιτείται η χρήση όλων των διαθέσιμων πληροφοριών έτσι ώστε να είναι δυνατή τόσο η εκτίμηση του κινδύνου για άτομα, πληθυσμούς, περιουσία ή περιβάλλον όσο και η επιλογή των βέλτιστων σχετικά με τους στόχους που επιτυγχάνονται, λύσεων. Όσον αφορά τα κτίρια, που αποτελούν και το κυρίως αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η εφαρμογή νέων τεχνολογιών και τεχνικών έχουν οδηγήσει σε ολοένα και πιο σοβαρές καταστάσεις πυρκαγιών.

Ο ορισμός του κινδύνου σύμφωνα με το αμερικανικό Ινστιτούτο Διαχείρισης Έργων, είναι ο εξής: «κίνδυνος είναι ένα αβέβαιο γεγονός ή μία αβέβαιη κατάσταση που, εφόσον επέλθει έχει θετικό ή αρνητικό αντίκτυπο στο στόχο ενός έργου» (Best, 2001). Οι συνέπειες των κινδύνων που λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν τραυματισμός ή απώλεια ζωής, κόστος ανοικοδόμησης-αποκατάστασης, απώλεια οικονομικής δραστηριότητας, περιβαλλοντικές απώλειες κ.λπ. Οι στόχοι ασφαλείας τίθενται ως προς τους μέγιστους αποδεκτούς κινδύνους (Vrouwenvelder et al, 2001). Ωστόσο, οι αποφάσεις αντιμετώπισης δεν λαμβάνονται μόνο από τον μηχανικό. Οι αποφάσεις λαμβάνονται κυρίως από πολιτικούς που με τη σειρά τους επηρεάζονται από τον τύπο, από την κοινή γνώμη, από ομάδες πίεσης και ούτω καθεξής. Κατά συνέπεια, είναι αναγκαία η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων μερών, έτσι ώστε να ληφθούν οι καταλληλότερες αποφάσεις.

Μια βασική κατηγοριοποίηση των κινδύνων αφορά τις πιθανότητες εκδήλωσής τους ή/ και τις αντίστοιχες συνέπειες. Με τον τρόπο αυτό ένας κίνδυνος είναι δυνατόν να χαρακτηριστεί ως υψηλός, μέτριος, ή χαμηλός. Σύμφωνα με τον Wideman (1992), οι κίνδυνοι κατηγοριοποιούνται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες σύμφωνα με:

α) τις διαθέσιμες πληροφορίες

β) τις συνέπειες

γ) τη φύση

Όσον αφορά τα τεχνικά έργα, η διαχείριση του κινδύνου (risk management) 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). Σε σχέση με τη διαχείριση των κινδύνων, η κατασκευή χαρακτηρίζεται ως μια επικίνδυνη επιχείρηση, η οποία εμπεριέχει και μια μοναδικότητα και ιδιαιτερότητα στο σύνολο των προβλημάτων και των λύσεων που την αφορούν. Ο εντοπισμός και η διαχείριση των κινδύνων σε ένα τεχνικό έργο απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και εκτέλεση. Λόγω του ότι οι συνέπειες ενός κινδύνου, μπορούν να διαταράξουν και να εκτροχιάσουν ένα έργο σημαντικά, η διαχείριση των κινδύνων είναι προέχουσας σημασίας.

Τα τελευταία χρόνια, η πρακτική της αντιμετώπισης κινδύνων έχει οδηγήσει έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός ευρέως φάσματος πρακτικών για την ανάλυση τους. Η ανάλυση των κινδύνων εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τους επαγγελματίες που την εκτελούν και από τις απαιτήσεις όσον αφορά τους επιθυμητούς στόχους που τίθενται από τους “πελάτες” (ιδιώτες ή δημόσιοι φορείς). Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι είναι αναγκαίο να υπάρχει μια σχετική τυποποίηση και κατηγοριοποίηση στον τομέα της ανάλυσης των κινδύνων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η βέλτιστη αντιμετώπιση τους. (Faber - Stewart, 2003).

Η διαχείριση κινδύνου πυρκαγιάς που αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας ερευνητικής εργασίας, απαιτεί την εφαρμογή συγκεκριμένων προτύπων στην κατασκευή των κτιρίων έτσι ώστε μειώνεται η εκδήλωση πυρκαγιάς, ή σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό, να ελαχιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις της όταν εκδηλωθεί τόσο στο κτίριο όσο και στο ανθρώπινο δυναμικό που βρίσκεται μέσα σε αυτό. Η εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς είναι σημαντικό να διενεργείται για όλους τους τύπους των κτιρίων (κατοικίες, καταστήματα, βιοτεχνίες-βιομηχανίες, κ.τ.λ.). Η ανάλυση του κινδύνου πυρκαγιάς σε υφιστάμενα κτίρια παρουσιάζεται εκτενέστερα στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

1.3 Κίνδυνος Πυρκαγιάς σε Υφιστάμενα Κτίρια

Η πυρκαγιά αποτελεί μια από τις σημαντικότερες απειλές για την ανθρώπινη ζωή τόσο σε αγροτικές όσο και σε αστικές περιοχές. Η πυρκαγιά σε ένα κτίριο, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τόσο την απώλεια περιουσιών όσο και ανθρώπινων ζωών. Η αντιμετώπιση της πυρκαγιάς, σύμφωνα με την επικρατούσα πρακτική συνίσταται στους εξής γενικούς άξονες:

- σε επιχειρησιακό επίπεδο, στην επέμβαση των πυροσβεστικών υπηρεσιών
- σε προληπτικό επίπεδο:
 - στην ασφάλιση
 - στην εφαρμογή των οικοδομικών κανονισμών και των κανονισμών πυροπροστασίας
 - στον έλεγχο της αντίστασης στην πυρκαγιά των οικοδομικών υλικών

Ο κίνδυνος πυρκαγιάς ορίζεται από (Watts – Hall, 2002):

- την πιθανότητα εμφάνισής της πυρκαγιάς
- την πιθανότητα εμφάνισής των συνεπειών της πυρκαγιάς

Οι παράγοντες οι οποίοι συνιστούν τον κίνδυνο πυρκαγιάς είναι οι εξής (Xin - Huang, 2013):

- η απώλεια ή ζημία σε υλικά και ανθρώπους (π.χ. ζωή, περιουσία, επιχειρηματική συνέχεια, κληρονομιά, το περιβάλλον ή κάποιος συνδυασμός αυτών),

- το σενάριο που μπορεί να προκαλέσει την απώλεια ή ζημία και
- μια απόφαση σχετικά με την πιθανότητα να προκύψει η απώλεια ή η βλάβη

Το σύνολο των κτιρίων σχετικά με την πυροπροστασία και ανεξάρτητα από τη χρήση τους χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: σε υφιστάμενα και νέα (Πυροσβεστική Υπηρεσία Ελλάδος, 2021). Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση την εναρκτήρια ημερομηνία ισχύος του Προεδρικού Διατάγματος 71/1998 για τον «Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων», (Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως Α'32). Υφιστάμενα κτίρια θεωρούνται αυτά των οποίων η οικοδομική άδεια κατατέθηκε πριν την ημερομηνία έναρξης του ανωτέρω προεδρικού διατάγματος σε αντίθεση με τα νέα των οποίων η άδεια κατατέθηκε μετά την έναρξη του.

Τόσο ο σχεδιασμός των νέων κτιρίων όσο και η αναβάθμιση των υφιστάμενων πρέπει να βασίζεται στην πρόληψη του κινδύνου της πυρκαγιάς. Η εκτίμηση των συνεπειών μιας πυρκαγιάς χαρακτηρίζεται από παράγοντες οι οποίοι ενέχουν μεγάλη αβεβαιότητα με αποτέλεσμα ο προσδιορισμός τους να είναι δυσχερής. Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία την υιοθέτηση μιας ευέλικτης και στιβαρής μεθόδου για τη επεξεργασία των νέων (όταν υπάρχουν) ποσοτικών ή/και ποιοτικών δεδομένων και την ενημέρωση των υπαρχουσών πληροφοριών. (Mi et al, 2020).

Η εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς σε κτίρια περιλαμβάνει τα εξής τρία στάδια:

- αναγνώριση του κινδύνου πυρκαγιάς
- ανάλυση του κινδύνου πυρκαγιάς
- αξιολόγηση του κινδύνου πυρκαγιάς

Το πρώτο στάδιο της αναγνώρισης αφορά τη συστηματική διαδικασία για την κατανόηση του τρόπου και της αιτίας εμφάνισης πυρκαγιάς. Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης αφορά την εκτίμηση των μεγεθών των συνεπειών και των πιθανοτήτων εμφάνισης των δυσμενών επιπτώσεων από την πυρκαγιά στο κτίριο. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης εκφράζεται με ποιοτικούς, ποσοτικούς ή με συνδυασμό ποιοτικών και ποσοτικών όρων, ανάλογα με το είδος του κινδύνου, τον σκοπό της ανάλυσης του και τους διαθέσιμους πόρους

πληροφοριών. Το αποτέλεσμα της αξιολόγησης του κινδύνου πυρκαγιάς οδηγεί στην εφαρμογή των ανεπτυγμένων κριτηρίων κινδύνου και στη λήψη της σχετικής απόφασης.

Επιπλέον, σημαντικοί παράγοντες στην αντιμετώπιση του κινδύνου πυρκαγιάς είναι οι εξής:

- η διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης των υπάρχοντων μεθόδων ελέγχου του, καθώς και η ανάπτυξη νέων μεθόδων και η εφαρμογή τους. (Xin - Huang, 2013).
- η βελτίωση της πυρασφάλειας των κτιρίων.

Η αξιολόγηση του επιπέδου πυρασφάλειας των κτιρίων γίνεται μέσω μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες χώρες (Lo et al, 2005).

Οι αλλαγές στην εσωτερική διαρρύθμιση του κτηρίου και στη χρήση του, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το επίπεδο πυρασφάλειας του. Επομένως, στις περιπτώσεις αυτές είναι αναγκαίο να διενεργηθεί επανεξέταση της εκτίμησης του κινδύνου πυρκαγιάς. Η αναγκαιότητα αυτή είναι μεγαλύτερη στα υφιστάμενα κτίρια, καθώς λόγω της παλαιότητας τους παρουσιάζουν μειωμένη πυρασφάλεια και απαιτούν μεγαλύτερες επεμβάσεις για τη διασφάλισή της. Η εκτίμηση της πυρασφάλειας των υφιστάμενων κτιρίων μπορεί να πραγματοποιηθεί με κρίσεις εμπειρογνομόνων ή με χρήση υπολογιστικών μεθόδων.

1.4 Εύφλεκτα Υλικά

Ως αντίσταση μιας ουσίας στην καύση, ορίζεται η δυσκολία που παρουσιάζει στην ανάφλεξή της, όταν αυτή έρθει σε επαφή με φωτιά στον αέρα. Βάσει της ιδιότητας αυτής, τα υλικά μπορούν να χωριστούν σε:

- μη εύφλεκτα υλικά
- επιβραδυντικά πυρκαγιάς
- εύφλεκτα υλικά

Στην παράγραφο αυτή, γίνεται μια εισαγωγή στις ιδιότητες των εύφλεκτων υλικών.

Τα εύφλεκτα υλικά αποτελούν ένα από τα βασικότερα αίτια τα οποία οδηγούν στην εκδήλωση πυρκαγιάς. Βασική ιδιότητα των υλικών αυτών, από την οποία έλκουν και την ονομασία τους, είναι η ανάφλεξη που υφίστανται όταν έρθουν σε επαφή με φωτιά ή φλόγα ή με στρώμα αέρα υψηλής θερμοκρασίας.

Σε γενικές γραμμές για την πραγματοποίηση καύσης, απαιτούνται η καύσιμη ουσία, οξυγόνο και μια πηγή ανάφλεξης. Οι ατμοί του υλικού, που δημιουργούνται με την ανάφλεξη, όταν έχουν την κατάλληλη συγκέντρωση, οδηγούν σε εκδήλωση πυρκαγιάς. Η συγκέντρωση αυτή, ορίζεται ως όριο αναφλεξιμότητας ή εκρηκτικότητας. (Γεωργιάδου, 2008). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η συγκέντρωση στην οποία ο ατμός μιας χημικής ουσίας μπορεί να καεί καθορίζει το εύφλεκτο εύρος της.

Επιπλέον, κάποιες βασικές παράμετροι και χαρακτηριστικά των ιδιοτήτων και του τρόπου ανάφλεξης των εύφλεκτων υλικών παρατίθενται συνοπτικά παρακάτω:

- Η ανάφλεξη των εύφλεκτων υλικών είναι σχετικά εύκολη και η καύση τους γίνεται με μεγάλη ταχύτητα.
- Το σημείο ανάφλεξης ενός υγρού ορίζεται ως η ελάχιστη θερμοκρασία στην οποία το υγρό σχηματίζει ατμό πάνω από την επιφάνειά του σε επαρκή συγκέντρωση ώστε να μπορεί να αναφλεγεί.
- Το σημείο ανάφλεξης ενός υλικού καθορίζει την ευφλεκτότητα του.
- Τα εύφλεκτα υγρά έχουν σημείο ανάφλεξης μικρότερο από $100^{\circ} F$. Τα υγρά με χαμηλότερα σημεία ανάφλεξης αναφλέγονται ευκολότερα.
- Κατά την ανάφλεξη καίγεται ο ατμός και όχι το ίδιο το υγρό. Ο ρυθμός παραγωγής εύφλεκτων ατμών από ένα υγρό εξαρτάται από την πίεση ατμών του.
- Ο ρυθμός εξάτμισης αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Επομένως, τα εύφλεκτα υλικά αναφλέγονται ευκολότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες.

Στα επόμενα παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές παράμετροι και τρόποι ανάφλεξης των διαφόρων υλικών.

Εύφλεκτα υγρά

Η εξάτμιση των υλικών αυτών, όταν περιέχονται σε ανοιχτά δοχεία, οδηγεί σε σχηματισμό εύφλεκτων μειγμάτων με αέρα. Για τον προσδιορισμό και έλεγχο της επικινδυνότητας πυρκαγιάς στην περίπτωση αυτή, είναι αναγκαία η γνώση αρκετών παραμέτρων και ιδιοτήτων των υλικών αυτών, οι βασικότερες των οποίων είναι οι εξής:

- το σημείο ανάφλεξης
- η πίεση ατμών
- η πυκνότητα ατμών
- το σημείο βρασμού
- οι θερμοκρασίες αυτόματης ανάφλεξης

Όσον αφορά τις χημικές ουσίες, η υγρή τους μορφή δεν είναι εύφλεκτη, σε αντίθεση με τους ατμούς τους. Προκύπτει επομένως, η αναγκαιότητα προσδιορισμού της συγκέντρωσης του ατμού που εκλύει μια χημική ουσία έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση του κινδύνου αναφλεξιμότητας.

Ακόμα, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των εύφλεκτων υγρών αποτελεί ο τρόπος με τον οποίο εξαπλώνεται η πυρκαγιά, όταν αυτή εκδηλωθεί. Η εξάπλωση πραγματοποιείται τόσο σε κατακόρυφες όσο και σε οριζόντιες επιφάνειες. Επίσης πρέπει να σημειωθεί, ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατόν να σχηματιστούν επικίνδυνες χημικές ενώσεις με άλλες ουσίες που μπορεί να αναφλεγούν (Λαψάτης, 2004). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κατά την καύση ενός υγρού, η ανάφλεξη πραγματοποιείται στο μείγμα των ατμών και του ατμοσφαιρικού αέρα.

Επειδή οι ατμοί των εύφλεκτων υγρών αναφλέγονται και καίγονται εύκολα, η αποθήκευσή τους, απαιτείται να γίνεται υπό την τήρηση αυστηρών προδιαγραφών. Ο τύπος και το μέγεθος του δοχείου αποθήκευσης ενός εύφλεκτου υγρού προσδιορίζεται από την ταξινόμηση του υγρού σε σχέση με τον κίνδυνο ανάφλεξης του. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας ταξινόμησης των εύφλεκτων υγρών σύμφωνα με την επικινδυνότητα ανάφλεξης τους.

Πίνακας 1.1 Ταξινόμηση κινδύνου ανάφλεξης υγρών

| H a z a r d c l a s s i f i c a t i o n f o r f l a m m a b l e l i q u i d s | | | |
|--|---------------------------|----------------------------------|---|
| Class | Flash point | Boiling point | Examples |
| I-A | below 73°F (2 3 ° C) | below 100°F (3 8 ° C) | diethyl ether, pentane, ligroin, petroleum ether |
| I-B | below 73°F (2 3 ° C) | at or above 100°F (3 8 ° C) | acetone, benzene, cyclohexane, ethanol |
| I-C | 73-100°F (24-38 ° C) | --- | p - x y l e n e |
| H a z a r d c l a s s i f i c a t i o n f o r c o m b u s t i b l e l i q u i d s | | | |
| II | 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 |

Οικοδομικά υλικά

Οι περισσότεροι τύποι ξύλου που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές αποτελούν εύφλεκτα υλικά. Αντιθέτως, υπάρχουν πολλά οικοδομικά υλικά που δεν εύφλεκτα. Παραδείγματα μη

εύφλεκτων οικοδομικών υλικών αποτελούν τα στοιχεία πλήρωσης του κελύφους των κτιρίων όπως οι τοιχοποιίες από τούβλα ή τσιμεντόλιθους, και άλλα οικοδομικά υλικά όπως το τσιμέντο, το μέταλλο και η λαμαρίνα.

Η ευφλεκτότητα των δομικών υλικών προκύπτει από δοκιμές οι αξιολογήσεις των οποίων παρέχουν τις απαραίτητες οδηγίες για θέματα πυρασφάλειας. Συγκεκριμένα, από τις δοκιμές αυτές προκύπτει η ικανότητα των υλικών να συγκρατούν την πυρκαγιά σε ένα διαμέρισμα ή κτίριο και να εμποδίζουν την εξάπλωσή της. Επίσης μέσω των συγκεκριμένων δοκιμών, προσδιορίζεται και η απομένουσα ικανότητα των υλικών να λειτουργούν δομικά, ως φέροντα στοιχεία ή ως στοιχεία πλήρωσης σε περίπτωση εσωτερικής πυρκαγιάς (Beitel 1995). Μέσω των παραπάνω αποτελεσμάτων, προκύπτει και ο διαθέσιμος χρόνος των ενόικων του κτιρίου ώστε να εγκαταλείψουν το κτίριο πριν αυτό καταρρεύσει λόγω της πυρκαγιάς (Kruppa, 1997).

Στερεά υλικά

Ένα εύφλεκτο στερεό είναι ένα συμπαγές αντικείμενο το οποίο μπορεί να συμβάλλει σε πυρκαγιά μέσω της ευφλεκτοτητάς του, μέσω τριβής ή σύντομης επαφής με πηγή ανάφλεξης. Τα πιο εύφλεκτα στερεά είναι σκόνες, κοκκώδεις ή κολλώδεις χημικές ουσίες. Επίσης ως εύφλεκτα στερεά χαρακτηρίζονται τα αλκαλικά μέταλλα, το μέταλλο του μαγνησίου, τα μεταλλικά υβρίδια, ορισμένες οργανομεταλλικές ενώσεις και το θείο. Η καύση των εύφλεκτων μετάλλων απαιτεί πηγή ανάφλεξης. Τα εύφλεκτα στερεά κατηγοριοποιούνται σε δυο βασικές κατηγορίες, την Κατηγορία 1 και την Κατηγορία 2. Τα εύφλεκτα στερεά της κατηγορίας 1 είναι μέταλλα και ενώσεις με σχετικά μεγάλη ταχύτητα καύσης, ενώ ταυτόχρονα είναι δύσκολο να σβήσουν με νερό, όπως το δημήτριο. Τα εύφλεκτα στερεά κατηγορίας 2 είναι μέταλλα και ενώσεις με μικρότερη ταχύτητα καύσης σε σχέση με τα υλικά της κατηγορίας 1 και μπορούν να σβήσουν γρήγορα με το νερό, όπως σκόνη αλουμινίου. Τα εύφλεκτα στερεά ταυτοποιούνται μέσω ενός εικονογράμματος φλόγας.

Λόγω του ότι πολλά εύφλεκτα στερεά αντιδρούν με το νερό δεν μπορούν να σβήσουν με συμβατικά ξηρά χημικά ή πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, ο κορεσμός με υδρογόνο ορισμένων υδρογονωμένων καταλυτών όπως το παλλάδιο, το οξειδίο του λευκόχρυσου και το νικέλιο Raney, οι οποίοι έχουν ανακτηθεί από αντιδράσεις υδρογόνωσης, μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης. Η απόδοση

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 21

πυρκαγιάς ενός υλικού μπορεί να αξιολογηθεί από τις βαθμολογίες διάδοσης της φλόγας. Σε γενικές γραμμές, η ευφλεκτότητα ενός υλικού προκύπτει από τα αποτελέσματα σχετικών δοκιμών.

Τα έντονα καύσιμα στερεά είναι χημικές ουσίες που περιέχουν άζωτο και οξυγόνο τα οποία συμβάλλουν στην τάση τους να καίγονται έντονα με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να σβήσει η πυρκαγιά που προκαλείται από τα συγκεκριμένα υλικά. Μια άλλη κατηγορία εύφλεκτων στερεών είναι τα στερεά σημείου ανάφλεξης. Βασική ιδιότητα των υλικών της κατηγορίας αυτής είναι η ικανότητά τους να μπορούν να μετατραπούν σε ατμούς χωρίς να περάσουν από την υγρή κατάσταση με αποτέλεσμα, να αναφλεγούν με παρόμοιο τρόπο με τα καύσιμα υγρά. Η ανάφλεξη στο σημείο ανάφλεξης τους προκαλεί τήξη και ροή παρόμοια με ένα υγρό.

1.5 Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής

Οι συνέπειες μιας πυρκαγιάς μπορεί να είναι καταστροφικές, τόσο για τα κτίρια όσο και για τους ενοίκους τους. Βασική παράμετρος για την αντιμετώπιση του κινδύνου της πυρκαγιάς, αποτελεί ο προσδιορισμός της απόκρισης των υλικών σε αυτή από τα οποία είναι δομημένες οι κατασκευές. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί ο έλεγχος η αποτίμηση και η αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής όταν επιβάλλονται σε αυτά πολύ υψηλά θερμικά φορτία από πυρκαγιά. Είναι απαραίτητο τα δομικά υλικά να πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη πυρασφάλεια τους και κατ' επέκταση η πυρασφάλεια των κατασκευών που δομούν. Στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής εργασίας, διερευνώνται οι μέθοδοι ελέγχου, αποτίμησης και αξιολόγησης των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών υλικών που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά.

Κεφάλαιο 2. Πυρκαγιά σε κτίρια

2.1 Πυρκαγιά και βασικές έννοιες

Σε μια πρώτη προσέγγιση του φαινομένου της πυρκαγιάς κρίνεται αναγκαίο να παρουσιαστούν τα διάφορα είδη πυρκαγιάς που υπάρχουν, έτσι ώστε στη συνέχεια να αναπτυχθούν και να αναλυθούν οι σχετικές βασικές έννοιες.

Μια πρώτη διάκριση αφορά την τοποθεσία που συμβαίνει η πυρκαγιά. Βάσει της διάκρισης αυτής οι πυρκαγιές διακρίνονται σε:

1. αστικές πυρκαγιές (καταστήματα, κατοικίες)
2. πυρκαγιές σε βιομηχανικές ζώνες
3. σε μέσα μεταφοράς και σταθμούς μέσων μεταφοράς, όπως πλοία, αεροδρόμια, οχήματα, τραίνα, κ.τ.λ.
4. σε δάση.

Μια άλλη διάκριση γίνεται σχετικά με το μέγεθος και την ένταση της πυρκαγιάς. Με τον τρόπο αυτό οι πυρκαγιές διακρίνονται σε μεγάλες, μεσαίες και μικρές ενώ ταυτόχρονα κατηγοριοποιούνται σε σχέση με την ποσότητα του καιόμενου υλικού και την έκταση του χώρου. Σύμφωνα με τα παραπάνω έχουμε τις εξής κατηγορίες πυρκαγιάς:

1. *Μεγάλες πυρκαγιές*: ονομάζονται εκείνες των οποίων η έκταση ξεπερνά τα 100 τμ και τα καιγόμενα υλικά ξεπερνούν τις θερμοκρασίες των 1000-1200 βαθμών κελσίου.
2. *Μεσαίες πυρκαγιές*: καλούνται αυτές που η έκταση τους δεν ξεπερνά τα 100 τμ και οι θερμοκρασίες των καιγόμενων υλικών κυμαίνεται μεταξύ 800 – 1000 βαθμών κελσίου.
3. *Μικρές πυρκαγιές*: στις περιπτώσεις αυτές η έκταση είναι πολύ μικρή και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται δεν ξεπερνούν τους 800 βαθμούς κελσίου. (ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών, 2013)

Επιπλέον οι πυρκαγιές κατηγοριοποιούνται με βάση τη φύση των υλικών που καίγονται. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν οι εξής πέντε (5) κατηγορίες πυρκαγιάς:

1. Κοινές πυρκαγιές ή στερεών ή Α κατηγορίας

Η συγκεκριμένη κατηγορία αφορά πυρκαγιές που πλήττουν στερεά. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι πρόκειται για ένα πολύ μεγάλο εύρος καυσίμων, δεδομένου ότι τα στερεά αποτελούν τον πιο κοινό τύπο καυσίμου, από απλά αντικείμενα όπως χαρτί ή χαρτόνι μέχρι έπιπλα και εξαρτήματα, όπως και το φέροντα οργανισμό του κτιρίου. Για το λόγο αυτό, πρόκειται για έναν από τους πιο συνηθισμένους τύπους πυρκαγιάς. Το σημαντικότερο προληπτικό μέσο για την αποφυγή αυτού του τύπου πυρκαγιάς, αφορά την απομάκρυνση των εύφλεκτων υλικών, όπως απορρίματα, χόρτα κ.τ.λ.

2. Πυρκαγιές εύφλεκτων υγρών ή Β κατηγορίας

Στην κατηγορία αυτή, εντάσσονται πυρκαγιές όπου το καύσιμο υλικό είναι υγρό. Πολλά υγρά και κυρίως αυτά που χρησιμοποιούνται στους χώρους εργασίας μπορεί να είναι εύφλεκτα ή εκρηκτικά. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα εύφλεκτων υγρών αφορούν τα καθαριστικά υγρά, τους διαλύτες, τα καύσιμα, τα μελάνια, τις κόλλες, τα χρώματα κ.α. Οι πυρκαγιές της κατηγορίας αυτής είναι σπάνιες αλλά πιο θανατηφόρες από τις άλλες μορφές πυρκαγιάς. Ο βασικότερος τρόπος πρόληψης αυτού του είδους πυρκαγιάς αποτελεί η καλή γνώση των ουσιών που βρίσκονται στο χώρο που μπορεί να αναπτυχθεί πυρκαγιά καθώς και η ασφαλής αποθήκευση και χρήση τους. Σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς της κατηγορίας αυτής οι πυροσβεστήρες αφρού ή σκόνης είναι οι καταλληλότεροι (ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών, 2013).

3. Πυρκαγιές αερίων καυσίμων ή Γ κατηγορίας

Στην συγκεκριμένη κατηγορία εντάσσονται πυρκαγιές όπου το υλικό ανάφλεξης είναι αέριο, το οποίο μπορεί να είναι φυσικό αέριο, υγραέριο ή οποιοσδήποτε τύπος αερίου που μπορεί να σχηματίσει εύφλεκτη ή εκρηκτική ατμόσφαιρα. Και σε αυτή την περίπτωση, το καλύτερο μέτρο πρόληψης πυρκαγιάς είναι η σωστή διατήρηση και αποθήκευση των αερίων και σε περίπτωση εργασίας με αέρια, η πιστοποίηση ότι αυτή εκτελείται από κατάλληλα εξειδικευμένα άτομα. Το καλύτερο μέτρο αντιμετώπισης αυτού του είδους πυρκαγιάς είναι η διακοπή της παροχής του αερίου. Κλείνοντας, σε περίπτωση που κρίνεται αναγκαία η

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 24

χρήση πυροσβεστήρα, ο καταλληλότερος τύπος είναι ο πυροσβεστήρας ξηρής σκόνης (ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών, 2013).

4. Πυρκαγιές μετάλλων ή Δ κατηγορίας

Αν και τα μέταλλα δεν θεωρούνται εύφλεκτα υλικά, ωστόσο, είναι καλοί αγωγοί και βοηθούν στην εξάπλωση της πυρκαγιάς. Δεδομένου ότι όλα τα μέταλλα μαλακώνουν και λιώνουν όταν υποβάλλονται σε υψηλή θερμοκρασία, η εκδήλωση πυρκαγιάς σε μεταλλική κατασκευή αποτελεί σημαντικό πρόβλημα λόγω του ότι προσβάλλεται ο φέροντας οργανισμός της κατασκευής. Επιπλέον το νερό μπορεί να λειτουργήσει ως επιταχυντής σε πυρκαγιές που εκδηλώνονται σε μεταλλικά κτίρια. Για τον λόγο αυτό καταλληλότεροι για την κατάσβεση αυτού του είδους πυρκαγιάς αποτελούν οι πυροσβεστήρες ξηρής σκόνης. Η σκόνη που χρησιμοποιείται στον πυροσβεστήρα ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του μετάλλου που προσβάλλεται από πυρκαγιά. Κλείνοντας, μικρής έκτασης πυρκαγιές σε μεταλλικά κτίρια μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να αντιμετωπίζονται με ξηρή γη ή άμμο (ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών, 2013).

5. Πυρκαγιές παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος ή Ε κατηγορίας

Στην κατηγορία αυτή, εντάσσονται πυρκαγιές που οφείλονται στο ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο αποτελεί μεγαλύτερη πηγή ανάφλεξης από ένα καύσιμο. Ωστόσο, πυρκαγιές που μπορεί να συμβούν σε ηλεκτρικές συσκευές αποτελούν πρόσθετους κινδύνους. Η σωστή εγκατάσταση, αποθήκευση και συντήρηση του ηλεκτρικού εξοπλισμού μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Η χρήση νερού για την αντιμετώπιση αυτού του είδους πυρκαγιάς είναι απαγορευτική. Για το λόγο αυτό σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης για παράδειγμα, καταλληλότεροι είναι οι πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα και η ξηρής σκόνης. (ΠΑΜ-ΠΣΕΑ - Κατηγορίες Πυρκαγιών, 2013).

2.2.1 Ανάλυση του φαινομένου

Η επιστημονική διερεύνηση του φαινομένου της πυρκαγιάς, απέδειξε ότι η εξέλιξή της ακολουθεί τα εξής στάδια:

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 25

1. Αρχικό στάδιο. Αρχικά δημιουργούνται μικροσκοπικά σωματίδια και καπνός μη ορατά από το ανθρώπινο μάτι χαρακτηριστικό των οποίων είναι η υψηλή τιμή θερμότητας.
2. Στο επόμενο στάδιο τα αρχικά αόρατα σωματίδια με την δράση της αργής καύσης και της υψηλής θερμότητας αρχίζουν αποκτούν σώμα .
3. Στη συνέχεια δημιουργείται η φλόγα η οποία συνοδεύεται με καπνούς και υψηλή θερμότητα.
4. Στο τελικό στάδιο παράγεται σε πολύ μεγάλο βαθμό, θερμότητας, φλόγα και αέρια.

Όσον αφορά το αίτιο της πυρκαγιάς, η διερεύνηση των αιτιών και η στατιστική τους επεξεργασία, απέδειξε ότι είτε από σφάλμα είτε ηθελημένα ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ο κύριος υπαίτιος για την πρόκληση μεγάλων πυρκαγιών. Αντιθέτως, οι δυσλειτουργίες των ηλεκτρικών συσκευών ή τα καιρικά φαινόμενα συμβάλουν στην ανάπτυξη πυρκαγιάς σε πολύ μικρότερο βαθμό. (*Quintiere J. G, Μαχαίρας Δ., 2000*)

2.2.2 Πυρκαγιά σε κτιριακά έργα

Στην ανάλυση του φαινομένου της πυρκαγιάς στα κτίρια, κάθε κτίριο ή τμήμα κτιρίου (π.χ. διαμέρισμα), ανεξάρτητα με την χρήση του (κατοικία, κατάστημα, βιομηχανία, κ.τ.λ.), στο οποίο αναπτύσσεται πυρκαγιά, θεωρείται ως ένα σύστημα.

Η πυρκαγιά σε ένα σύστημα συνοδεύεται από ροή υλικών και αντίδραση καύσης. Τα προϊόντα της καύσης διακρίνονται από ορισμένους μελετητές σε μη θερμικά (π.χ. καπνός, τοξικά αέρια, κ.α.) και θερμικά (φλόγες, θερμότητα, κ.α.). Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων της καύσης, όπως η ποσότητα της θερμικής ενέργειας, το μέγεθος των φλογών καθώς και το είδος και η πυκνότητα των αερίων και του καπνού εξαρτώνται από:

- τη χημική σύσταση και την ποσότητα της καιγόμενης ύλης
- την περιεκτικότητα του αέρα σε οξυγόνο με την γεωμετρία του χώρου όπου αναπτύσσεται η πυρκαγιά, όπως για παράδειγμα ο αριθμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων (*Fires in buildings under construction or demolition | NFCC CPO, 2021*).

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 26

Τα προϊόντα της καύσης μπορούν να προκαλέσουν στους ανθρώπους που βρίσκονται στον χώρο σημαντικά προβλήματα υγείας μέχρι και θάνατο. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο το προσωπικό που επιχειρεί την κατάσβεση πυρκαγιάς να φέρει κατάλληλο εξοπλισμό και ρουχισμό (προστατευτικές στολές, προσωπίδες, φωτιστικούς φακούς, αναπνευστικές συσκευές κ.λπ.).

Επιπλέον σημαντικές είναι οι επιπτώσεις των προϊόντων της καύσης στα κτίρια όπου αναπτύσσεται πυρκαγιά, όπου μπορούν να προκληθούν σημαντικές βλάβες, με άμεση συνέπεια το μεγάλο κόστος επισκευής. Για αυτό το λόγο, τα προϊόντα της καύσης αποτελούν σημαντικό αντικείμενο έρευνας. Η ατμόσφαιρα ενός κλειστού χώρου στον οποίο συμβαίνει πυρκαγιά, είναι μίγμα καπνού, καυσαερίων και αέρα. Καθώς η πυρκαγιά αναπτύσσεται, οι τιμές της πίεσης και της θερμοκρασίας αυξάνονται. Στο στάδιο όπου η πυρκαγιά έχει αναπτυχθεί πλήρως η τιμή της θερμοκρασίας μπορεί να φτάσει τους 220°C.

Η καταστατική εξίσωση των αερίων δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Εξ. 2.1

όπου:

- P η πίεση του αερίου
- V ο όγκος του αερίου
- n ο αριθμός mol του αερίου
- R η παγκόσμια σταθερά των αερίων
- T η απόλυτη θερμοκρασία

Εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση για τις εξής δύο καταστάσεις:

- αρχική κατάσταση ατμόσφαιρας δωματίου όπου έχουμε όγκο πίεση και απόλυτη θερμοκρασία αέρα V_1 , P_1 και T_1 αντίστοιχα

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 27

• κατάσταση ατμόσφαιρας δωματίου κατά την πλήρη ανάπτυξη της πυρκαγιάς δωματίου όπου έχουμε όγκο πίεση και απόλυτη θερμοκρασία αέρα V_2 , P_2 και T_2 αντίστοιχα προκύπτει:

$$P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2 \quad \text{Εξ.2.2}$$

Από την παραπάνω έκφραση προκύπτει ότι μια απειροστή μεταβολή της πίεσης λόγω πυρκαγιάς, έτσι ώστε να μπορεί να θεωρηθεί η αρχική πίεση P_1 περίπου ίση με την P_2 , είναι ικανή να οδηγήσει σε σημαντική ροή καπνού και αέρα.

Πράγματι, κάνοντας την παραδοχή ότι:

- η αρχική σχετική θερμοκρασία του χώρου πριν την εκδήλωσή της πυρκαγιάς ισούται με 21°C
- και η σχετική θερμοκρασία του χώρου κατά την πυρκαγιά ισούται με 650°C

οι αντίστοιχες απόλυτες θερμοκρασίες παίρνουν τις τιμές:

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

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

Η μεταβολή του όγκου υπολογίζεται εφαρμόζοντας την παραπάνω έκφραση:

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

Θεωρώντας μια απειροστή μεταβολή της πίεσης ($P_1 \approx P_2$) και αντικαθιστώντας τις τιμές των απόλυτων θερμοκρασιών T_1 και T_2 με τις αντίστοιχες που υπολογίστηκαν παραπάνω, προκύπτει:

$$V_1 / 294 = V_2 / 923 \rightarrow V_2 = 3.14 V_1$$

Εξ. 2.3

Επομένως προκύπτει ότι ο όγκος των αερίων υπερτριπλασιάζεται. Πιο συγκεκριμένα, συμπεραίνεται ότι κάθε κυβικό καθαρού αέρα που εισέρχεται στον χώρο της πυρκαγιάς, διαστέλλεται με αυτό τον συντελεστή. Η διαστολή αυτή συμβαίνει σε αρχικό στάδιο, με την

εισαγωγή του αέρα στον καιόμενο χώρο. Στη συνέχεια, ο εισερχόμενος αέρας αντικαθίσταται από το καπνικό μίγμα. Τα θερμά αέρια κινούνται μακριά από τη φωτιά, με αποτέλεσμα να ψύχονται και να επανακτούν τον αρχικό (κανονικό) όγκο τους.

Οι ποσότητες (καθαρού) αέρα και καπνού είναι αρκετές με αποτέλεσμα να παίζουν σημαντικό ρόλο στην κίνηση του καπνού της πυρκαγιάς. Ωστόσο, σημαντικότερο ρόλο έχει η ποσότητα του αέρα που κινείται μέσω του κτιρίου. Η τελευταία, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την γεωμετρία του κτιρίου και τη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων του.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι ο σχεδιασμός του κτιρίου έχει πρωταρχική σημασία στην πυροπροστασία του. Η επιστημονική έρευνα έχει δώσει μια πληθώρα δομικών τα οποία διαθέτουν τις κατάλληλες ιδιότητες ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή πυροπροστασία των κτιρίων, τόσο σε επίπεδο μετάδοσης θερμότητας, όσο και σε επίπεδο απομένουσας δομικής αντοχής μετά την πυρκαγιά. Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις, η εξασφάλιση της πυρασφάλειας ενός κτιρίου, αντιτίθεται λόγω των απαιτήσεων που προβάλλει, στην λειτουργικότητα του. Σε γενικές γραμμές ο σχεδιασμός της πυροπροστασίας ενός κτιρίου, πρέπει να ικανοποιεί τα εξής κύρια αιτήματα:

1. Ασφάλεια ζωής.
2. Ασφάλεια περιουσίας
3. Λειτουργικότητα του κτιρίου μετά την πυρκαγιά.

Παρακάτω, παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την αντιμετώπιση των ανωτέρω αιτημάτων, η ανάπτυξη των οποίων, παρουσιάζεται στη συνέχεια της παρούσας παραγράφου.

1. Ασφάλεια ζωής
 - Καπνός. Τοξικά αέρια
 - Φλόγες, θερμότητα
2. Ασφάλεια περιουσίας

- Εξέλιξη πυρκαγιάς
- Εξάπλωση πυρκαγιάς
- Οικονομικό κόστος
- Παρεμπόδιση εξάπλωσης πυρκαγιάς. Πυρ αντοχή κτιρίων

3. Λειτουργικότητα του κτιρίου μετά την πυρκαγιά.

- Κριτήρια ακεραιότητας, θερμομόνωσης, ευστάθειας δομικών στοιχείων

1. Ασφάλεια Ζωής

A. Καπνός. Τοξικά Αέρια

Η διερεύνηση περιστατικών πυρκαγιών και η στατιστική επεξεργασία τους, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το 75% των θανάτων οφείλονται στα μη θερμικά προϊόντα καύσης. Αν και ο καπνός δεν αποτελεί αιτία θανάτου ωστόσο η δυσκολία που προκαλεί στην όραση, αυξάνει τα επίπεδα επικινδυνότητας στις πυρκαγιές. Η καπνική πυκνότητα προκαλεί συσκότιση με άμεση συνέπεια την πρόκληση πανικού λόγω του ότι δεν εντοπίζονται οι έξοδοι διαφυγής. Η μεγάλη τοξικότητα των συστατικών των καυσαερίων (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα-ατελής καύση, διοξειδίου του άνθρακα-πλήρης καύση, υδρόθειο, υδροκυάνιο, υδροχλώριο κ.λπ.) οδηγεί σε σημαντικές επιπτώσεις την υγεία των ανθρώπων.

B. Φλόγες, Θερμότητα

Τα περισσότερα ανθρώπινα ατυχήματα είναι αποτέλεσμα της θερμότητας, η οποία προκαλεί μεγάλες βλάβες στο ανθρώπινο σώμα, όπως αφυδάτωση, δύσπνοια κλπ., και των φλογών, οι οποίες προκαλούν εγκαύματα. Επιπλέον, η θέα και μόνο των φλογών οδηγεί σε πολλές περιπτώσεις στον πανικό, με αποτέλεσμα η αποφυγή ατυχημάτων να γίνεται ακόμα πιο δύσκολη. Τα αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπου σε ατμόσφαιρα υψηλής θερμοκρασίας εξαρτώνται από το ποσοστό της υγρασίας, η οποία συναρτάται από τις εξής τρεις παραμέτρους:

α) του νερού που —τυχόν— παράγει η καύση

β) την διαφοροποίηση της φυσικής υγρασίας από την πυρκαγιά

γ) του νερού που χρησιμοποιείται για την κατάσβεση της φωτιάς, είτε αυτούσιο ή ως συστατικό (π.χ. αφρός)

Το αρχικό στάδιο της καύσης ενός συστήματος (κτίριο, υλικό σώμα) είναι η ανάφλεξη. Για να συμβεί ανάφλεξη, απαιτείται παροχή ενέργειας με την μορφή θερμότητας. Η θερμότητα αυτή, μπορεί να δοθεί στο σύστημα είτε εξωτερικά, είτε να προκληθεί εντός του. Στην πρώτη περίπτωση θερμότητα μπορεί να παραχθεί από διάφορα αίτια όπως σπινθήρες, τριβή, ακτινοβολία κ.α. ενώ στην δεύτερη περίπτωση από διεργασίες που συμβαίνουν εντός του συστήματος, π.χ. παραγωγή θερμότητας (Fire Security Technical - ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ, Δομικές κατασκευές και φωτιά, 2021).

2. Ασφάλεια περιουσίας

A. Εξέλιξη πυρκαγιάς

Το απροσδόκητο της εξάπλωσης της πυρκαγιάς, δίνει την εσφαλμένη εντύπωση ότι η εξακρίβωση του μηχανισμού του φαινομένου αυτού είναι αδύνατη. Ωστόσο, η διερεύνηση του φαινομένου της πυρκαγιάς οδηγεί σε αντίθετα συμπεράσματα.

Καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της πυρκαγιάς παίζει ο σχηματισμός των φλογών, ο οποίος οδηγεί και σε άνοδο της θερμοκρασίας. Έχει αποδειχθεί ότι η άνοδος της θερμοκρασίας κατά 10°C οδηγεί σε διπλασιασμό της ταχύτητας εξέλιξης της πυρκαγιάς, ενώ αντίστοιχη άνοδος κατά 100°C σε αύξηση της ανωτέρω ταχύτητας κατά χίλιες φορές.

Απαραίτητα στοιχεία για την εξέλιξη της πυρκαγιάς είναι η καύσιμη ύλη (αναγωγικό μέσο) και το οξυγόνο (οξειδωτικό μέσο). Με τα δυο αυτά στοιχεία η πυρκαγιά, μπορεί να εξαπλωθεί ακαριαία. Σε αυτό συμβάλλει και η εκπομπή μεγάλου ποσού θερμότητας η οποία αυξάνει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Σε κλειστούς χώρους, ο παραγόμενος θερμός αέρας λόγω μικρότερου ειδικού βάρους, κατευθύνεται προς την οροφή του χώρου, από την οποία διακόπτεται η ανοδική του πορεία. Στη συνέχεια διασκορπίζεται προς όλες τις κατευθύνσεις

(τοιίχους κ.λ.π.), παρασύροντας και διασπείροντας τα αέρια καύσης και τα σχηματιζόμενα αεριώδη μίγματα τα οποία έχουν άκαυστα μόρια και είναι έτοιμα για ανάφλεξη.

Η θερμότητα που παράγεται από τις φλόγες σε συνδυασμό με μεγάλη πίεση αερίων συντελούν στη θραύση τζαμιών, θυρών, παραθύρων δίνοντας στον εξωτερικό αέρα ελεύθερες διόδους για να εισέλθει στο κτίριο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παροχή νέου οξυγόνου από τον εισερχόμενο αέρα, η οποία οδηγεί στην αύξηση της έντασης της καύσης με επακόλουθο την εξάπλωση της πυρκαγιάς στους γειτονικούς χώρους.

Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της πυρκαγιάς διαδραματίζουν και τα εύφλεκτα ή καύσιμα υλικά που πιθανόν να υπάρχουν στον χώρο (όπως π.χ. σε τοίχους, δάπεδα/πατώματα, διάφορα αντικείμενα, έπιπλα κ.τ.λ.) τα οποία με την προσβολή τους από τη θερμότητα της φωτιάς εκλύουν αέρια. Τα τελευταία οδηγούν στις εξής επιβαρυντικές συνέπειες:

- α) χρησιμεύουν ως γέφυρες φωτιάς με αποτέλεσμα να προωθούν την εξάπλωση της
- β) τα συστατικά τους εγκυμονούν κινδύνους δηλητηρίασης, ασφυξίας, έλλειψης ορατότητας με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό της δυνατότητας επέμβασης του ανθρώπου.

Κλείνοντας, πρέπει να σημειωθεί ότι τα αέρια καύσης είναι δυνατόν να εξαπλωθούν μέσω ανοιγμάτων που σχετίζονται με τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου (αγωγοί αερισμού, ψευδοροφές, αγωγοί καλωδίων, ανελκυστήρες, κ.λπ.)

B. Εξάπλωση Πυρκαγιάς

Για την εξέταση του φαινομένου της εξάπλωσης της πυρκαγιάς είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός των κτιρίων σε βιομηχανικά και μη βιομηχανικά κτίρια. Σύμφωνα με την διάκριση αυτή έχουμε την εξής ομαδοποίηση των κτιριακών κατασκευών:

1. Στα βιομηχανικά κτίρια, εκτός των συγκεκριμένων κτιρίων συμπεριλαμβάνονται και:

- οι χώροι κατεργασίας, κεντρικοί σταθμοί παραγωγής, αποθήκες κλπ.
- οι διάφορες εγκαταστάσεις: αναβατήρων, αερισμού, απορρόφησης, κλιματιστικές κλπ.

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 32

• οι ειδικές κατασκευές όπως δεξαμενές αερίων, υγρών, κάμινοι/φούρνοι, θεμέλια μηχανών, καπνοδόχοι κ.λπ. Επιπλέον, στην περίπτωση των μεταλλείων, στις ειδικές κατασκευές συμπεριλαμβάνονται: γέφυρες, υδραγωγεία κλπ.

2. Στα μη βιομηχανικά κτίρια συμπεριλαμβάνονται οι κατοικίες, τα θέατρα, οι χώροι συγκέντρωσης κοινού κ.α. Οι χώροι των κτιρίων της κατηγορίας αυτής, διακρίνονται σε:

- κύριους χώρους
- βοηθητικούς χώρους
- σε ειδικές κατασκευές, π.χ. λεβητοστάσια, αποθήκες υγρών καυσίμων για θέρμανση κλπ.

Η εξάπλωση πυρκαγιάς από ένα σύστημα (κτίριο) σε ένα άλλο σύστημα (κτίριο) είναι το ίδιο επικίνδυνη, είτε πρόκειται για βιομηχανικό κτίριο είτε για μη βιομηχανικό.

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

1. από το ψηλότερο κτίριο στο πιο χαμηλό
2. μεταξύ κτιρίων που έχουν ίδιο ύψος
3. από το χαμηλότερο κτίριο στο ψηλότερο

Η μετάδοση πυρκαγιάς μεταξύ κτιρίων που βρίσκονται σε απόσταση, γίνεται μέσω ακτινοβολίας και κυρίως κατά την οριζόντια διεύθυνση. Ειδικά για την μετάδοση από το χαμηλότερο κτίριο στο ψηλότερο, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η επιστέγαση του χαμηλότερου κτιρίου.

Γ. Οικονομικό Κόστος

Ο προσδιορισμός του κόστους και ο απολογισμός των υλικών ζημιών που προκαλεί μια πυρκαγιά συναρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως για παράδειγμα πιθανές αποζημιώσεις, ασφάλειες πυρός, κτλ. Επιπλέον όπως είναι αυτονόητο, το κόστος μιας πυρκαγιάς είναι από τους βασικούς παράγοντες σχεδιασμού της πυροπροστασίας ενός κτιρίου. Για τον προσδιορισμό του κόστους από την πυρκαγιά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

α. οι άμεσες και έμμεσες ζημιές

β. οι δαπάνες που προκύπτουν από την απαίτηση για τον περιορισμό της φωτιάς σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο

γ. το απαιτούμενο κόστος για την αποκατάσταση των βλαβών

Με βάση τα παραπάνω πραγματοποιείται ο σχεδιασμός των κτιρίων σε πυροπροστασία. Επιπλέον, οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξής:

- Κύριες απώλειες
- Απώλειες ζωής
- Απώλειες περιουσιών
- Απώλειες χρησιμότητας
- Απώλειες από επιβλαβή προσβολή
- Δαπάνες (πυρ)ασφάλισης Δαπάνες έρευνας
- Κύρια κονδύλια εξόδων πυρκαγιάς
- Δαπάνες απόσχισης κινδύνων
- Δαπάνες πρόληψης
- Δαπάνες προστασίας

Δ. Παρεμπόδιση Εξάπλωσης Πυρκαγιάς. Πυραντοχή Κτιρίων

Στις προηγούμενες παραγράφους, παρουσιάστηκε συνοπτικά η δυναμική της φωτιάς, από την οποία προκύπτει η αναγκαιότητα της πυραντοχής των κτιρίων. Η απαιτούμενη πυραντοχή που πρέπει να έχει ένα κτίριο και τα δομικά στοιχεία του, έχει τυποποιηθεί και προσδιορίζεται από Διατάξεις, Κώδικες, Κανονισμούς και ελληνικά και ξένα Πρότυπα. Σύμφωνα με την επικρατούσα τυποποίηση, η αντοχή ενός δοκιμίου σε φωτιά ορίζεται από το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να θερμανθεί έτσι ώστε να αστοχήσει. Η αστοχία καθορίζεται

από συγκεκριμένα κριτήρια όπως για παράδειγμα η παραμένουσα φέρουσα ικανότητα ανάλυσης φορτίων, η ακεραιότητα σε φωτιά και η θερμομονωτική ικανότητα. Το ανωτέρω χρονικό διάστημα συνήθως μετράται σε λεπτά και προσδιορίζεται για τα διάφορα δομικά στοιχεία, πειραματικά σε κλίβανο.

Ένα βασικό προληπτικό μέτρο για την πυρασφάλεια, το οποίο μπορεί να ληφθεί υπόψη στο στάδιο σχεδιασμού, είναι η αύξηση της απόστασης των κτιρίων μεταξύ τους έτσι ώστε να επιτευχθεί η μείωση της έντασης της ακτινοβολούμενης θερμότητας κάτω από το επικίνδυνο επίπεδο για τα υλικά των γειτονικών κτιρίων. Ταυτόχρονα, για την εξασφάλιση επαρκούς παρεμπόδισης εξάπλωσης της πυρκαγιάς θα πρέπει να ληφθούν και άλλα μέτρα, όπως:

- η χρήση υλικών με επαρκή πυραντοχή
- εξασφάλιση διόδων ώστε η επέμβαση της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας στο σημείο της πυρκαγιάς να είναι έγκαιρη
- σε περίπτωση που λόγω χωροθέτησης των κτιρίων ή κυκλοφοριακούς συμφόρησης δεν είναι εφικτό το παραπάνω, θα πρέπει να υπάρχουν στο χώρο αυτόματα συστήματα πυρασφάλειας, κυρίως σε χώρους εργασίας, σε εργαστηριακούς χώρους, σε νοσοκομειακούς, κτλ.

Κλείνοντας, στο στάδιο σχεδιασμού ενός νέου κτιρίου, όπου δεν έχει οριστικοποιηθεί η γεωμετρία του κτιρίου, τότε η απόσταση του από τα γειτονικά κτίρια καθορίζεται από τους όρους δόμησης που ισχύουν (Burke, Bisby, & Green, 2013).

3.Λειτουργικότητα του κτιρίου μετά την πυρκαγιά. Κριτήρια ακεραιότητας, θερμομόνωσης, ευστάθειας δομικών στοιχείων

Ο σχεδιασμός της πυραντοχής των δομικών στοιχείων, καθορίζεται από τα παρακάτω δύο βασικά κριτήρια:

- τον περιορισμό της φωτιάς κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς
- την επιθυμητή λειτουργικότητα των δομικών στοιχείων μετά την πυρκαγιά

Σε επίπεδο κτιρίου, η πυροπροστασία του κτιριακού περιβλήματος καθορίζεται από την ακεραιότητα σε φλόγες και καυσαέρια και την θερμομόνωση. Επιπλέον, η πυροπροστασία ενός κτιρίου εξαρτάται και από τα αδύνατα σημεία του, που κατά κύριο αποτελούνται από τα ανοίγματα (παράθυρα-πόρτες).

Βασικό κριτήριο για την λειτουργικότητα ενός δομικού στοιχείου μετά την πυρκαγιά είναι το κριτήριο της ευστάθειας. Το συγκεκριμένο κριτήριο, αφορά τον περιορισμό των παραμορφώσεων κάτω από ένα όριο, μετά την πυρκαγιά, ενός δομικού στοιχείου στο οποίο ασκούνται τα μέγιστα φορτία σχεδιασμού. Με άλλα λόγια το συγκεκριμένο κριτήριο αφορά την απομένουσα δυσκαμψία ενός δομικού στοιχείου μετά την πυρκαγιά. Συνεπώς, όλα τα φέροντα στοιχεία (δοκοί, υποστυλώματα, τοιχία, κτλ) πρέπει να διαθέτουν επαρκή απομένουσα δυσκαμψία (Burke, Bisby, & Green, 2013).

Τα κριτήρια για την εξασφάλιση της πυρασφάλειας των δομικών στοιχείων αποτελούν αντικείμενο συνεχούς έρευνας. Τα ερευνητικά αποτελέσματα έχουν ενσωματωθεί σε μια πληθώρα κανονιστικών κειμένων όπως *DIN*, *ASTM* κ.α., τα οποία έχουν υιοθετηθεί από διάφορες χώρες. Όσον αφορά τη χώρα μας, οι κανονιστικές διατάξεις για την πυροπροστασία, περιλαμβάνονται στο Π.Δ. 71 «Κανονισμός Πυροπροστασίας των Κτιρίων» όπως τροποποιήθηκε από το Π.Δ. 41 του 2018.

2.3. Κανονισμός πυροπροστασίας των κτιρίων

Στην παρούσα παράγραφο κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια συνοπτική και εισαγωγική παρουσίαση των κανονιστικών διατάξεων πυροπροστασίας που εφαρμόζονται στη χώρα μας. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ισχύει το Π.Δ. 41/2018 το οποίο αντικαθιστά τον προηγούμενο κανονισμό ο οποίος περιλαμβάνεται στο Π.Δ. 71/1988 εκτός από τις κατασκευές για τις οποίες διευκρινίζεται ότι ισχύει ακόμα το Π.Δ. 71/1988.

Για παράδειγμα για υφιστάμενα ξενοδοχεία τα οποία έχουν ανεγερθεί με οικοδομική άδεια μέχρι και 06/08/2018, εφαρμόζονται οι διατάξεις του άρθρου 18 του Π.Δ. 71/1988. Σε περίπτωση όμως που πρόκειται να γίνουν εργασίες για αλλαγή χρήσης ή για προσθήκη, εφαρμόζεται το Π.Δ. 41/2018. Για ξενοδοχεία με οικοδομική άδεια από 7/9/2018 εφαρμόζεται το Π.Δ. 41/2018.

Για υφιστάμενα κτίρια με οικοδομική άδεια πρό 17/2/1989, εκτός των ξενοδοχείων και για παραδοσιακά κτίρια, μνημεία και διατηρητέα κτίρια, προβλέπεται η εφαρμογή αντίστοιχων πυροσβεστικών διατάξεων ή η εφαρμογή των απαραίτητων μέτρων από την Πυροσβεστική Υπηρεσία.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση, αρχική μέριμνα του μηχανικού που εκπονεί την μελέτη πυροπροστασίας, είναι να απευθυνθεί στην Πυροσβεστική Υπηρεσία, και να ενημερώσει τον υπεύθυνο για την πυρασφάλεια αξιωματικό για το έργο έχει αναλάβει από τον οποίο θα πάρει τις κατάλληλες οδηγίες. Το αρχικό αυτό στάδιο είναι πολύ σημαντικό, λόγω του ότι οι ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις δεν καλύπτουν τυχούσες ιδιαιτερότητες και εξαιρέσεις της τοπικής κοινότητας που αφορά το έργο. Λόγω του ότι οι τελευταίες μπορεί να είναι γνωστές μόνο στον υπεύθυνο αξιωματικό πυρασφάλειας, θεωρείται απαραίτητη μια αρχική επικοινωνία του μηχανικού με την τοπική Πυροσβεστική Υπηρεσία. (Θ. Λικιαρδόπουλος, 2022)

2.4. Δομική πυροπροστασία

2.4.1. Γενικές αρχές δομικής πυροπροστασίας

Ο όρος δομική πυροπροστασία αφορά όλες τις κατάλληλες προβλέψεις έτσι ώστε στο ενδεχόμενο πυρκαγιάς να εξασφαλίζονται τα εξής:

- οι ανθρώπινες ζωές
- να εξασφαλίζεται τόσο η προστασία των ανθρώπων όσο και των υλικών.

- να περιορίζονται στο μέγιστο δυνατό οι βλάβες τόσο στο κτίριο που συμβαίνει η πυρκαγιά όσο και στην ευρύτερη περιοχή του

Τα παραπάνω πρέπει να εξασφαλίζονται ακόμη και με τη χρήση της ενεργού πυροπροστασίας, σε περίπτωση που δεν γίνεται επέμβαση της πυροσβεστικής. Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν οι δυο κατηγορίες πυροπροστασίας οι οποίες είναι οι εξής:

- η παθητική πυροπροστασία η οποία αφορά τις κατασκευαστικές προβλέψεις
- η ενεργητική που αναφέρεται στην κατάσβεση και στις ενέργειες που θα ακολουθηθούν κατά την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς (“Προεδρικό Διάταγμα 41/2018 - ΦΕΚ 80/Α/7-5-2018 (Κωδικοποιημένο),” 2018).

2.4.1.1. Μέθοδοι και μέσα παθητικής πυροπροστασίας.

Η παθητική πυροπροστασία αφορά τη δομική πυροπροστασία των κτιρίων και περιλαμβάνει μέτρα για τη εξάλειψη των κινδύνων, τον περιορισμό της έκτασης της πυρκαγιάς καθώς και των συνεπειών της. Συνεπώς, η παθητική πυροπροστασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέτρα (Θ. Λικιαρδόπουλος, 2022) :

1. Την κατασκευή δομικών στοιχείων από πυράντοχα υλικά
2. Την διαμόρφωση πυροδιαμερισμάτων και την κατάλληλη διαρρύθμιση χώρων για τον περιορισμό της επέκτασης της πυρκαγιάς
3. Την διασφάλιση οδών διαφυγής και εξόδων κινδύνου
4. Την διασφάλιση ασφαλούς πρόσβασης της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας για κατάσβεση της πυρκαγιάς

Παράλληλα με τη διασφάλιση των οδών διαφυγής πρέπει να γίνεται πρόβλεψη και για την διαδρομή του καπνού και των αερίων, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής εισροή καθαρού αέρα για το διάστημα που απομακρύνονται οι ένοικοι. Αφού ολοκληρωθεί

η ασφαλής απομάκρυνση των τελευταίων, θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα να διακόπτεται η παροχή του αέρα, έτσι ώστε να παρεμποδίζεται η εξάπλωση της πυρκαγιάς.

Ο σχεδιασμός της παθητικής πυροπροστασίας γίνεται με την υπόθεση του δυσμενέστερου σεναρίου σύμφωνα με το οποίο δεν γίνεται εξωτερική παρέμβαση για την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Συνεπώς θεωρείται ότι η πυρκαγιά διαρκεί μέχρι να εξαντληθούν τα εύλεκτα υλικά που υπάρχουν στο χώρο. Οι παράμετροι που πρέπει να προσδιοριστούν και να ληφθούν υπόψη στη μελέτη της παθητικής πυροπροστασίας είναι οι εξής:

1. Ο πιθανός χρόνος διάρκειας της πυρκαγιάς και οι μέγιστες θερμοκρασίες που μπορεί να αναπτυχθούν.
2. Η απομένουσα μετά την πυρκαγιά αντοχή των υλικών του κτιρίου έτσι ώστε να περιοριστούν παράπλευρες καταστροφές σε γειτονικά κτίρια.
3. Η εκτίμηση της ποσότητας των αερίων και της φλόγας έτσι ώστε να είναι δυνατός ο σχεδιασμός της διαδρομής εξόδου των ενοίκων από το κτίριο.

2.4.1.2. Περιορισμός εξάπλωσης της φωτιάς - διαμερισματοποίηση

Βασική επιδίωξη της δομικής πυροπροστασίας είναι η επιβράδυνση της εξάπλωσης της πυρκαγιάς μέσα σε ένα κτίριο. Η επίτευξη του στόχου αυτού, μπορεί να γίνει εφαρμόζοντας τους παρακάτω δύο βασικούς κανόνες:

1. Τα υλικά κατασκευής πρέπει να είναι βραδείας καύσης και όσο το δυνατόν λιγότερο εύφλεκτα.
2. Το κτίριο πρέπει να διαιρείται σε πυροδοαμερίσματα τα οποία να περιβάλλονται από πυράντοχα υλικά (περιμετρικά δάπεδα, τοίχοι, ανοίγματα, κλπ) έτσι ώστε να παρεμποδίζεται η εξάπλωση της φωτιάς από το ένα διαμέρισμα στο άλλο.

Όπως αναφέρεται παραπάνω, κάθε κτίριο πρέπει να χωρίζεται οριζόντια και κατακόρυφα με τοίχους οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ανοιγμάτων. Τα υλικά κατασκευής των

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 39

τοιχών και των ανοιγμάτων πρέπει να έχουν την ικανότητα να δρουν ανασταλτικά όσον αφορά την εξάπλωση της πυρκαγιάς τουλάχιστον μέχρι την επέμβαση της πυροσβεστικής. Η διαίρεση σε πυροδιαμερίσματα πρέπει να οπωσδήποτε να εφαρμόζεται σε μεγάλα κτίρια και κυρίως στους εξής χώρους:

1. Περιοχές γκαράζ και επισκευών οχημάτων
2. Περιοχές εναποθέσεως απορριμμάτων
3. Λεβητοστάσια, εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης
4. Αποθήκες καυσίμων
5. Μετασχηματιστές μέσης και υψηλής τάσης
6. Εγκαταστάσεις μηχανημάτων αερισμού (Fire Security Technical ΔΟΜΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ, 2021), (“Π.Δ. 71/1988 (ΦΕΚ 32/Α` 17.2.1988) | ΕΛΙΝΥΑΕ,” 2021)

2.5. Ταξινόμηση των κτιρίων ανάλογα με τη χρήση τους

Οι συνέπειες της πυρκαγιάς σχετίζονται άμεσα με τη χρήση του κτηρίου. Για παράδειγμα, διαφορετικές είναι οι συνέπειες μεταξύ ενός κτιρίου κατοικιών και ενός κτηρίου συναθροίσεων, ή ενός πρατηρίου καυσίμων. Για το λόγο αυτό προκύπτει η ανάγκη για ταξινόμηση των κτιρίων ανάλογα με τη χρήση τους έτσι ώστε να οριστούν προδιαγραφές οδηγίες και επιταγές από τον «Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων». Η συνήθης ταξινόμηση των κτιρίων που έχει υιοθετηθεί από τους περισσότερους κανονισμούς πυροπροστασίας των διαφόρων χωρών, είναι η εξής: (Fire Security Technical ΔΟΜΙΚΗ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ, 2021).

- 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.

Ζ. Χώροι συνάθροισης κοινού (Κανονισμός Πυροπροστασίας Νέων κτιρίων, Παθητική πυροπροστασία, Ταξινόμηση κτιρίων, 2021).

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

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

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

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

Στο επόμενο κεφάλαιο όπου παρουσιάζεται ο Ελληνικός κανονισμός πυροπροστασίας, γίνεται μια εκτενέστερη παρουσίαση των παραπάνω κατηγοριών.

2.6. Προληπτική και κατασταλτική πυρασφάλεια

2.6.1. Πρόληψη πυρκαγιών

Τα κυριότερα μέτρα πρόληψης πυρκαγιάς είναι τα εξής:

- 1) Τακτικός καθαρισμός όλων των χώρων, έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλα τα εύφλεκτα υλικά
- 2) Συνεχής και επαρκής αερισμός των χώρων.
- 3) Αποθήκευση των εύφλεκτων υλών σε ξεχωριστούς χώρους και κυρίως μακριά από πηγές θερμότητας κ.λπ., π.χ. σε βιομηχανικά κτίρια, σε χώρους εκτός των χώρων παραγωγής

4) Αποφυγή χρησιμοποίησης ανοικτής φλόγας στους χώρους παραγωγής. Επιπλέον όταν εκτελούνται εργασίες συγκόλλησης, πρέπει να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

5) Καθολική απαγόρευση του καπνίσματος σε χώρους υψηλής επικινδυνότητας.

6) Τακτική και επιμελής συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, διαμόρφωση ζωνών ασφάλειας σε όλους τους χώρους και περιοχές όπου είναι πιθανό να εκδηλωθεί πυρκαγιά, π.χ., σε χώρους παραγωγής, σε αποθήκες, δάση κ.λπ.

7) Λήψη κάθε κατάλληλου μέτρου το οποίο θα μπορούσε να αποτρέψει το ενδεχόμενο πυρκαγιάς (π.χ. υπενθύμιση για σβήσιμο του τσιγάρου σε χώρο όπου απαγορεύεται το κάπνισμα, αποψίλωση γηπέδου δεξαμενής/ων υγρών καυσίμων κ.λπ.).

Τα προληπτικά μέτρα καθορίζονται και νομοθετικά. Το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

2.6.2. Προληπτικά μέσα

Τα μέτρα πρόληψης πυρκαγιάς που εκτέθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, μπορούν να υλοποιηθούν με τη χρησιμοποίηση ορισμένων μέσων, τα κυριότερα των οποίων είναι τα εξής:

1. Κατάλληλη σήμανση.
2. Τοποθέτηση κατάλληλων οδηγιών (πχ πινακίδες όπου παρουσιάζονται οδηγίες χειρισμού εύφλεκτων υλικών)
3. Χρήση αυτόματων συστημάτων συναγερμού και ανίχνευσης πυρκαγιάς, πυρόσβεσης και εξαερισμού.

Ορισμένοι από τους βασικότερους τύπους ανιχνευτών πυρκαγιάς είναι οι εξής :

1. Ανιχνευτής ιόντωσης ο οποίος διεγείρεται με την μεταβολή της ιόντωσης των αερίων σε ένα χώρο.

2. Θερμοδιαφορικός ανιχνευτής, ο οποίος διεγείρεται με την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας.
3. Ηλεκτρονικός ανιχνευτής φλόγας ο οποίος ανιχνεύει τις υπεριώδης ακτίνες που παράγονται από τις φλόγες με συχνότητες που κυμαίνονται από 5 έως 25 HZ.
4. Ανιχνευτής καπνού του οποίου η διέγερση τους προκαλείται από την είσοδο καπνού στο εσωτερικό τους.
5. Ανιχνευτής μέγιστων θερμοκρασιών ο οποίος λειτουργεί μόλις ξεπεραστεί ένα καθορισμένο ανώτατο όριο θερμοκρασίας.

Γενικά, τα συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιάς παρέχουν τη δυνατότητα έγκαιρης ειδοποίησης για την εκδήλωση πυρκαγιάς. Σε γενικές γραμμές, τα συστήματα αυτά, δίνουν τις εξής δυνατότητες:

1. Έγκαιρης αντίληψης του κινδύνου πυρκαγιάς μέσω των φαινομένων που προηγούνται ή που εξελίσσονται ταυτόχρονα με την πυρκαγιά, όπως είναι τα μη ορατά προϊόντα καύσης, ο καπνός, η φλόγα και η θερμότητα.
2. Έγκαιρης ανίχνευσης της πυρκαγιάς, πριν την ανάπτυξη ανεξέλεγκτης καύσης (πρώιμη ανίχνευση), έτσι ώστε την αποτροπή πρόκλησης ζημιών και κινδύνου ανθρώπινων ζωών.
3. Οπτικής και ακουστικής ειδοποίησης του κινδύνου πυρκαγιάς.

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα αυτόματο σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς είναι τα εξής:

- 1) Οι αυτόματοι ανιχνευτές. Τοποθετούνται στην οροφή ή στην ψευδοροφή του χώρου και συνδέονται ανά ομάδες. Διαρρέονται μόνιμα από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο παρέχεται από συστοιχία συσσωρευτών έτσι ώστε σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης, να λειτουργούν.
- 2) Τα πλήκτρα με τα οποία δίνονται εντολές λειτουργίας.
- 3) Ο κεντρικός πίνακας σηματοδότησης μέσω του οποίου:

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 43

Εξασφαλίζεται η συνεχής παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στους ανιχνευτές. Περιλαμβάνεται και εφεδρική τροφοδοσία.

Επιτυγχάνεται ο ακριβής εντοπισμός της εστίας της πυρκαγιάς

Ενεργοποιείται το σύστημα κατάσβεσης σε περίπτωση που περιλαμβάνεται το σύστημα αυτό στο σύστημα πυρασφάλειας του χώρου

4) Το σύστημα οπτικοακουστικής ειδοποίησης μέσω σειρήνων και λυχνιών σε επίκαιρες θέσεις του χώρου που προστατεύεται.

5) Το σύστημα αυτόματης μετάδοσης του σήματος συναγερμού (π.χ. στην Πυροσβεστική Υπηρεσία ή στους υπεύθυνους πυρασφάλειας μιας βιομηχανίας.

Σε ορισμένες βιομηχανίες όπως και σε άλλες περιπτώσεις κτιρίων η εγκατάσταση αυτόματων συστημάτων πυρανίχνευσης ορίζεται υποχρεωτικά από σχετικές Κανονιστικές Διατάξεις) (Fire Security Technical - Μέτρα και μέσα πυρασφάλειας. 2021).

Κεφάλαιο 3. Μέθοδοι και υλικά αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων

3.1 Ελληνική νομοθεσία σε θέματα πυροπροστασίας κτιρίων

3.1.1 Ιστορική αναδρομή στην Ελληνική νομοθεσία.

Στο σημείο αυτό και πριν την παρουσίαση της ισχύουσας νομοθεσίας κρίνεται αναγκαίο να παρουσιαστούν οι πυροσβεστικές διατάξεις που έχουν εφαρμοστεί και έχουν τεθεί σε ισχύ μέχρι σήμερα, έτσι ώστε να προκύψει μια ολοκληρωμένη εικόνα της εξέλιξης της πυροσβεστικής νομοθεσίας και του τρόπου με τον οποίο έχει περιέλθει στην σημερινή της μορφή. Ανατρέχοντας στις νομοθετικές διατάξεις που έχουν ισχύσει μέχρι σήμερα, βρίσκουμε τα εξής:

- τον Ν.4461/1930 περί διοργάνωσης Πυροσβεστικής Υπηρεσίας εν τω Κράτει.
 - Το άρθρο 8 παραγρ. ζ' του Νόμου 5273/1931 «περί τροποποίησης και συμπληρώσεως του Νόμου 4661/1930 περί διοργάνωσης Πυροσβεστικής Υπηρεσίας εν τω Κράτει».
 - Τα άρθρα 264, 265, 266, 267, 270, 271, 272, 288, 433 και 434 του Ποινικού Κώδικος «περί εμπρησμού, παραβάσεως διατάξεων προφυλακτικών από του πυρός κ.λ.π.»
- Τις υπ' αριθ. 975/Δ.37/15-4-1954 και 483/28-1-60 Διαταγές Υπουργείου Εσωτερικών Δ/νσεως Πυροσβεστικής Υπηρεσίας «περί λήψεως προληπτικών μέτρων κατά του κινδύνου του πυρός, της παρακολουθήσεως και ελέγχου των Επιχειρήσεων εν γένει»
- την εγκύκλιο διαταγή Α.Π.Σ. 7600/700 Φ.51/1/6-7-1960 «Περί υποδείξεως και εφαρμογής προληπτικών και κατασταλτικών μέτρων και μέσων πυροπροστασίας».
 - το Π.Δ. της 22.2/5.7.1976 (Φ.Ε.Κ. 169 Α') «Περί όρων και προϋποθέσεων ιδρύσεως και λειτουργίας σταθμών αυτοκινήτων και εγκαταστάσεως εντός αυτών πλυντηρίων – λιπαντηρίων αυτοκινήτων, αντλιών παροχής καυσίμων ως και προϋποθέσεων χορηγήσεως των προς τούτο απαιτούμενων αδειών». Στο συγκεκριμένο Π.Δ. περιγράφονται οι σχετικές απαιτούμενες προδιαγραφές πυρασφάλειας.
 - τον Ν.616/1977 «Περί εκδόσεως Πυροσβεστικών Διατάξεων» (Α' 166)

- την Πυροσβεστικής Διάταξης 2/1979 «Περί λήψεως βασικών μέτρων πυροπροστασίας στα Ξενοδοχειακά καταστήματα» (B' 100)
- Τον Ν. 998/1979 (Α' 289) «Περί προστασίας των δασών και των δασικών εν γένει εκτάσεων της χώρας» όπως τροποποιήθηκε και συμπληρώθηκε με το ν.3208/2003 (Α' 303)
- Το Π.Δ. 575/1980 «Περί κηρύξεως ιδιαιτέρως ευαίσθητων εις πυρκαγιάς περιοχών δασών και δασικών εκτάσεων ως επικινδύνων» (Α' 157)
- Την Πυροσβεστικής Διάταξης 3/1981 (B' 20) «Περί λήψεως βασικών μέτρων πυροπροστασίας εις αιθούσας συγκεντρώσεως κοινού», όπως τροποποιήθηκε με τις Πυροσβεστικές Διατάξεις 3α/1981 (B' 538), 3β/1983 (B' 457), 3γ/1995 (B' 717) και 3δ/1995 (B' 959).
- Το Π.Δ. 71/1988 «Κανονισμός πυροπροστασίας κτιρίων» (ΦΕΚ Α'32).
- Τον Ν.1845/1989 «Δασοπροστασία και άλλες διατάξεις» (Α' 102)
- Την παράγρ. 2 του άρθρου 5 του Ν. 2612/1998 «Ανάθεση της δασοπυρόσβεσης στο Πυροσβεστικό Σώμα και άλλες διατάξεις» (Α' 112).
- το Φ.Ε.Κ. 117/29-07-1991 στο οποίο περιέχεται το Π.Δ. 326 που αφορά την τροποποίηση του Π.Δ. 455/76 «περί όρων και προϋποθέσεων ιδρύσεως και λειτουργίας σταθμών αυτοκινήτων και εγκαταστάσεως εντός αυτών πλυντηρίων - λιπαντηρίων αυτοκινήτων, αντλιών παροχής καυσίμων ως και προϋποθέσεων χορηγήσεως των προς τούτο απαιτούμενων αδειών» (Α-169), όπου αναφέρονται και οι σχετικές απαιτήσεις πυρασφάλειας.
- Την υπ' αριθ. 5/1991 πυροσβεστική διάταξη «Καθορισμός της διάρκειας ισχύος των βεβαιώσεων πυρασφαλείας».
- Την Πυροσβεστική Διάταξη 6/1996 «Λήψη μέτρων πυροπροστασίας σε αποθήκες» (B' 150).
- την πυροσβεστική διάταξη υπ' αριθμ. 7 (Φ.Ε.Κ. 155 τ.Β'/13-3-1996) «Λήψη μέτρων πυροπροστασίας κατά την εκτέλεση θερμών εργασιών.»
- Την υπ' αριθμ. 12030 Φ.109.1/10.5.1999 κοινή υπουργική απόφαση «Ρύθμιση θεμάτων συνεργασίας του Πυρ/κού Σώματος με τους άλλους εμπλεκόμενους Φορείς στην πρόληψη και καταστολή των δασικών πυρκαγιών» (B' 713)
- την υπ' αριθμ. 9/2000 Πυροσβεστική Διάταξη «Κανονισμός ρύθμισης μέτρων για την πρόληψη και αντιμετώπιση πυρκαγιών σε δασικές και αγροτικές εκτάσεις» (B' 1459)

- την πυροσβεστική διάταξη υπ' αριθμ. 10/2002 (Φ.Ε.Κ. Β' 844/8-7-2002) «Λήψη μέτρων πυροπροστασίας σε τουριστικούς λιμένες σκαφών αναψυχής.»
- την πυροσβεστική διάταξη υπ' αριθμ. 11/2003 «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας σε λυόμενες στεγασμένες κατασκευές με εύκαμπτο περίβλημα (τέντα)»
- την υπ' αριθμ. 9Α/2005 Τροποποίηση και συμπλήρωση των διατάξεων της υπ' αριθμ. 9/2000 Πυροσβεστικής Διάταξης «Κανονισμός ρύθμισης μέτρων για την πρόληψη και αντιμετώπιση πυρκαγιών σε δασικές και αγροτικές εκτάσεις» (Β' 1459).
- Της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 618/43/13-01-2005 «Προϋποθέσεις διάθεσης στην αγορά πυροσβεστήρων, διαδικασίες συντήρησης, επανελέγχου και αναγόμωσης» (Β' 52), όπως τροποποιήθηκε με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 17230/671/29-07-2005 (Β' 1218)
- Την Πυροσβεστική Διάταξη 8γ/2007 «Λήψη μέτρων πυροπροστασίας σε εμπορικά καταστήματα και κατάργηση των υπ' αριθ. 1/1978, 8/1997, 8α/2002 και 8β/2004 Πυροσβεστικών Διατάξεων» (Β' 276).
- Την υπ' αριθμ. 57165 Φ. 701.6/2011 Υπουργική απόφαση «Συγκρότηση, σύνθεση και λειτουργία Επιτροπών αξιολόγησης υλικών και συστημάτων ενεργητικής πυροπροστασίας» (ΦΕΚ Β' 382).
- την Πυροσβεστική Διάταξη 13/2012 «Διαδικασία χορήγησης πιστοποιητικού (ενεργητικής) πυροπροστασίας σε επιχειρήσεις – εγκαταστάσεις» (Β' 1794).
- την υπ' αριθμ. 12/2012 απόφαση: «Καθιέρωση βιβλίου ελέγχου συντήρησης και καλής λειτουργίας των μέσων ενεργητικής πυροπροστασίας των επιχειρήσεων - εγκαταστάσεων.»
- την υπ' αριθμ. 4/2012 πυροσβεστική διάταξη: «Καθορισμός προληπτικών μέτρων πυροπροστασίας οικοπεδικών και λοιπών ακάλυπτων χώρων, που βρίσκονται εντός πόλεων, κωμοπόλεων και οικισμών.»
- την υπ' αριθμ. 13/2013 πυροσβεστική διάταξη: «Απλοποίηση διαδικασίας χορήγησης πιστοποιητικού (ενεργητικής) πυροπροστασίας σε επιχειρήσεις-εγκαταστάσεις και τροποποίηση της υπ' αριθ. 12/2012 Πυροσβεστικής Διάταξης.»

- την υπ' αριθμ. 14/2014 Πυροσβεστική Διάταξη που αφορά τον καθορισμό της διαδικασίας οργάνωσης, εκπαίδευσης και ενημέρωσης του προσωπικού των πάσης φύσης επιχειρήσεων-εγκαταστάσεων, με σκοπό την πρόληψη και καταστολή πυρκαγιών, καθώς και τη διάσωση ατόμων και υλικών αγαθών που βρίσκονται ή διακινούνται σε αυτές.
 - την έγκριση της υπ' αριθμ. 15/2014 Πυροσβεστικής Διάταξης με θέμα: «Προδιαγραφές μελέτης, σχεδίασης και εγκατάστασης των φορητών, μόνιμων και λοιπών προληπτικών και κατασταλτικών μέτρων και μέσων της ισχύουσας νομοθεσίας πυροπροστασίας».
 - την υπ' αριθμ. 3/2015 Πυροσβεστική Διάταξη: «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας χώρων συνάθροισης κοινού» (B' 529).
 - την υπ' αριθμ. 16/2015 Πυροσβεστική Διάταξη: «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εκπαιδευτηρίων.»
 - την υπ' αριθμ. 24738 Φ.701.2 [1]/3/2015 Τροποποίηση της υπ' αριθ. 3/2015 πυροσβεστικής διάταξης σύμφωνα με το ΦΕΚ 2089/2017
 - την υπ' αριθμ. 74088 Φ.8 Πυροσβεστική Διάταξη 8/2016 (ΦΕΚ Β 165 - 26.01.2017): «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εμπορικών καταστημάτων .»
 - την υπ' αριθμ. 3275 Φ.700.17 Πυροσβεστική Διάταξη 17/2016 (ΦΕΚ Β' 388/19-2-2016): «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας γραφείων.»
 - την υπ' αριθμ. 6/2018 Πυροσβεστική Διάταξη (ΦΕΚ Β' 1576/8-5-2018): «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εμπορικών αποθηκών.»
 - την υπ' αριθμ. 18/2019 Πυροσβεστική Διάταξη (ΦΕΚ Β' 1514/7-5-2019): «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εγκαταστάσεων (μονάδων) υγείας και κοινωνικής πρόνοιας.»
 - την υπ' αριθμ. 13/2021 Πυροσβεστική Διάταξη (ΦΕΚ Β' 5519/29-11-2021): «Καθορισμός της διαδικασίας υποβολής των απαιτούμενων δικαιολογητικών, ελέγχου και έκδοσης των διοικητικών πράξεων πυροπροστασίας σε επιχειρήσεις - εγκαταστάσεις, κατ' εφαρμογή του άρθρου 167 του Ν. 4662/2020».
 - την υπ' αριθμ. 20/2022 Πυροσβεστική Διάταξη (ΦΕΚ Β' 1301/18-03-2022): «Καθορισμός προληπτικών μέτρων πυροπροστασίας οικοπεδικών και λοιπών ακάλυπτων χώρων εντός εγκεκριμένων ρυμοτομικών σχεδίων και οικισμών».
- Στην επόμενη παράγραφο παρουσιάζεται συνοπτικά η νομοθεσία που ισχύει σήμερα, όπως διαμορφώθηκε με τις παραπάνω διατάξεις.

3.1.2 Ισχύουσα νομοθεσία

Όπως αναφέρθηκε στην §2.3 της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ισχύει το Π.Δ. 41/2018, στο Άρθρο 2 του οποίου αναφέρονται οι εξής περιπτώσεις όπου είναι υποχρεωτική η εφαρμογή του Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων:

α) Στα κτίρια ή τμήματα κτιρίων, που ανεγείρονται μετά την έναρξη ισχύος του και των οποίων οι χρήσεις εμπίπτουν σε μία από τις περιπτώσεις του άρθρου 4 του παρόντος κανονισμού.

β) Στην περίπτωση ανέγερσης ανεξάρτητων λειτουργικά προσθηκών σε υφιστάμενα κτίρια.

γ) Στις περιπτώσεις κτιρίων ή τμημάτων αυτών τα οποία ενέλιπταν στο πεδίο εφαρμογής του κεφ. Α' του προϊσχύοντος 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 της χρήσης τους, συνολικά ή μερικά, ή/και προσθήκη δόμησης λειτουργικά εξαρτημένη.

δ) Στις περιπτώσεις κτιρίων ανεγερθέντων πριν την 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 εταιρείας 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

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 49

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 υπηρεσία.

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

Στις περιπτώσεις κτιρίων που εμπίπτουν στις κατηγορίες (Γ) Συνάθροιση Κοινού, (Ι) Βιομηχανία - Βιοτεχνία και (Κ) Αποθήκευση του άρθρου 4 του παρόντος κανονισμού, τα οποία είναι μεγάλης κλίμακας με ιδιάζουσα 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. Η ισχύουσα νομοθεσία συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα:

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 50

Πίνακας 3.1 Ισχύουσα νομοθεσία πυρασφάλειας

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΧΥΟΥΣΑΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
(συνημμένο στην υπ' αριθ. 73841 Φ.701.1/18.11.2019 Διαταγή Α.Π.Σ.)

| ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ | | | |
|--|--|---|---|
| ΧΡΗΣΗ ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ | Π.Δ. 41/2018⁽¹⁾ (Α' 80/2018) | Π.Δ. 71/1988⁽²⁾ (Α' 32/1988) | ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΕΣ⁽³⁾ ή ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ |
| ΚΑΤΟΙΚΙΑ⁽⁴⁾ | Άρθρα 1 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 5 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ⁽⁵⁾ Υπ' αριθ. 31415 Φ. 700.5/23.5.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: Ω02546ΜΚ6Π-807) ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΕΝΤΟΣ ή ΠΛΗΘΙΟΝ ΔΑΣΙΩΝ⁽⁵⁾ Υπ' αριθ. 35380 Φ. 700.5/11.6.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: ΩΤΨ246ΜΚ6Π-351) |
| ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ | | Π.Δ. 922/1977 (Α' 315) | |
| ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΔΙΑΜΟΝΗ | Άρθρα 2 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) (για ≥ 20 κλίνες) | Άρθρα 6 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) (για ≥ 20 κλίνες κτιρίων μετά την 17-3-1988) Άρθρα 5 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) (για < 20 κλίνες κτιρίων μετά την 17-2-1989) | ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ⁽⁵⁾ Υπ' αριθ. 31415 Φ. 700.5/23.5.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: Ω02546ΜΚ6Π-807) ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΕΝΤΟΣ ή ΠΛΗΘΙΟΝ ΔΑΣΙΩΝ⁽⁵⁾ Υπ' αριθ. 35380 Φ. 700.5/11.6.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: ΩΤΨ246ΜΚ6Π-351) |
| | Άρθρα 1 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) (για < 20 κλίνες) | Άρθρα 16-22 (Κεφάλαιο Β') ⁽⁶⁾ (για > 12 κλίνες κτιρίων πριν την 17-3-1988) Άρθρα 16-18 (Κεφάλαιο Β') ⁽⁶⁾ (για ≤ 12 κλίνες κτιρίων πριν την 17-3-1988) | |
| ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ | Άρθρα 4 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 7 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Πυροσβεστική Διάταξη 16/2015 (Β' 2326) |
| ΓΡΑΦΕΙΑ | Άρθρα 8 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 8 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Πυροσβεστική Διάταξη 17/2016 (Β' 388) |
| ΕΜΠΟΡΙΟ | Άρθρα 7 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 9 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Πυροσβεστική Διάταξη 8/2016 (Β' 165/2017) |
| ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗ ΚΟΙΝΟΥ | Με θεωρητικό πληθυσμό (θ.π.) ≥ 50 άτομα Άρθρα 3 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Με θεωρητικό πληθυσμό (θ.π.) > 50 άτομα Άρθρα 10 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Πυροσβεστική Διάταξη 3/2015, όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει (Β' 529/2015 & Β' 2089/2017) & για Κ.Υ.Ε.: Κ.Υ.Α. 16228/2017 (Β' 1723) |
| | Με θ.π. < 50 άτομα Κατά περίπτωση άρθρο της συγγενέστερης κατηγορίας. Ενδεικτικά: • Άρθρα 7 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) (όπως Καταστήματα Υγειονομικού Ενδιαφέροντος, κλπ.) • Άρθρα 4 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) (όπως σχολές χορού, αθλητικές σχολές, αίθουσες γυμναστικής, κλπ.) | Με θ.π. ≤ 50 άτομα Κατά περίπτωση άρθρο της συγγενέστερης κατηγορίας. Ενδεικτικά: • Άρθρα 9 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) (όπως Καταστήματα Υγειονομικού Ενδιαφέροντος, κλπ.) • Άρθρα 7 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) (όπως σχολές χορού, αθλητικές σχολές, αίθουσες γυμναστικής, κλπ.) | Θέατρα & Χώροι Παραστάσεων (για κτίρια πριν την 17-2-1989) • Με θεωρητικό πληθυσμό (θ.π.) > 50 άτομα Άρθρα 10 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) Π.Δ. 71/1988 (Α' 32), Ν. 4229/2014 (Α' 8) • Με θεωρητικό πληθυσμό (θ.π.) ≤ 50 άτομα Άρθρα 9 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) Π.Δ. 71/1988 (Α' 32), Ν. 4229/2014 (Α' 8), Κ.Υ.Α. 16228/2017 (Β' 1723) |
| ΥΓΕΙΑ & ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΠΡΟΝΟΙΑ⁽⁷⁾ | Άρθρα 5 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 12Α & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Πυροσβεστική Διάταξη 18/2019 (Β' 1514) |

| ΧΡΗΣΗ ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ | Π.Δ. 41/2018 ⁽²⁾ (Α' 80/2018) | Π.Δ. 71/1988 ⁽³⁾ (Α' 32/1988) | ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΕΣ ⁽⁴⁾ ή ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ |
|---|---|--|---|
| ΣΩΦΡΟΝΙΣΜΟΣ | Άρθρα 6 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 12B & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Υπ' αριθ. 70818 Φ.701.3/5.11.2019 Απόφαση Αρχηγού Π.Σ. (ΑΔΑ:6ΨΗΑ46ΜΚ6Π-28Ψ) |
| ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ | Άρθρα 11 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 13 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Π.Δ. 455/1976 (Α' 169), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει |
| ΜΕΤΑΠΟΙΗΤΙΚΕΣ και ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ | Άρθρα 9 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. Α.Π. 136860/1673/Φ15/2018 (Β' 6210) | Άρθρα 11 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. Α.Π. 136860/1673/Φ15/2018 (Β' 6210) | Κ.Υ.Α. Α.Π. 136860/1673/Φ15/2018 (Β' 6210) |
| ΛΟΙΠΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ⁽⁸⁾ | Άρθρα 9 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. Φ15/1589/2006 (Β' 90), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει (Β' 3284/2014) | Άρθρα 11 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. Φ15/1589/2006 (Β' 90), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει (Β' 3284/2014) | Κ.Υ.Α. Φ15/1589/2006 (Β' 90), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει (Β' 3284/2014) |
| ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ | Άρθρα 10 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) | Άρθρα 11 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) | Πυροσβεστική Διάταξη 6/2018 (Β' 1576) |
| ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ, Ι.Κ.Τ.Ε.Ο., ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ, ΣΤΑΘΜΟΙ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΛΕΩΦΟΡΕΙΩΝ, ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ - ΛΙΠΑΝΤΗΡΙΑ | <u>Για Συνεργεία αυτοκινήτων:</u> Άρθρα 9 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. 16085/2009 (Β' 770) & Ν. 4512/2018 (Α' 5) <u>Για Πλυντήρια Αυτοκινήτων:</u> Άρθρα 11 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. 16085/2009 (Β' 770) & Ν. 4512/2018 (Α' 5) | Άρθρα 11 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) & Κ.Υ.Α. 16085/2009 (Β' 770) & Ν. 4512/2018 (Α' 5) | Κ.Υ.Α. 16085/2009 (Β' 770) & Ν. 4512/2018 (Α' 5) |
| ΠΡΑΤΗΡΙΑ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ | Άρθρα 11 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) & όπως στήλη Πυροσβεστικές ή Ειδικές Διατάξεις Πυροπροστασίας | Άρθρα 13 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) & όπως στήλη Πυροσβεστικές ή Ειδικές Διατάξεις Πυροπροστασίας | Π.Δ. 1224/1981 (Α' 303), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει <u>(εντός σχεδίου)</u> Π.Δ. 465/1970 (Α' 50), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει <u>(εκτός σχεδίου)</u> Ν.2801/2000 (Α' 46), Ν. 3897/2010 (Α' 208), Ν. 4439/2016 (Α' 222), όπως ισχύουν |
| ΠΡΑΤΗΡΙΑ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ | Άρθρα 11 (Ειδικές Διατάξεις) & 1-8 (Γενικές Διατάξεις) & όπως στήλη Πυροσβεστικές ή Ειδικές Διατάξεις Πυροπροστασίας | Άρθρα 13 & 1-4 (Γενικές Διατάξεις) & όπως στήλη Πυροσβεστικές ή Ειδικές Διατάξεις Πυροπροστασίας | <u>Πρατήρια Υγραερίου</u> Π.Δ. 595/1984 (Α' 218), όπως τροποποιήθηκε, συμπληρώθηκε και ισχύει <u>Πρατήρια Φυσικού Αερίου</u> Κ.Υ.Α. οικ. 93067/1083/2018 (Β' 5661) |

| ΛΟΙΠΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ | |
|---|---------------------------------------|
| ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΟΙ ΛΙΜΕΝΕΣ ΣΚΑΦΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ (ΜΑΡΙΝΕΣ) | Πυροσβεστική Διάταξη 10/2002 (Β' 844) |
| ΣΤΕΓΑΣΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΕΥΚΑΜΠΤΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ (ΤΕΝΤΕΣ) | Πυροσβεστική Διάταξη 11/2003 (Β' 817) |
| ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ - ΛΑΤΟΜΕΙΑ | Κ.Υ.Α. Δ7/Φ1/4817/1990 (Β' 188) |
| ΣΗΡΑΓΓΕΣ ΔΙΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΝΩ ΤΩΝ 500M | Π.Δ. 230/2007 (Α' 264) |

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 52

| ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | |
|---|--|
| ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΟΙΚΟΠΕΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΑΚΑΛΥΠΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΕΝΤΟΣ ΠΟΛΕΩΝ, ΚΟΜΩΠΟΛΕΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΙΣΜΩΝ | Πυροσβεστική Διάταξη 4/2012 (Β' 1346/2012) |
| ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΘΕΡΜΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ | Πυροσβεστική Διάταξη 7/1996 (Β' 155) |
| ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ | Πυροσβεστική Διάταξη 9/2000, όπως τροποποιήθηκε με την 9α/2005 Πυροσβεστική Διάταξη και ισχύει (Β' 1459/2000 & Β' 1554/2005) |

| ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ | |
|---|--|
| ΒΙΒΛΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕΣΩΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | Πυροσβεστική Διάταξη 12/2012, όπως ισχύει (Β' 1794/2012 & Β' 1586/2013) |
| ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ (ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ) ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | Πυροσβεστική Διάταξη 13/2013 (Β' 1586) |
| ΟΡΓΑΝΩΣΗ, ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | Πυροσβεστική Διάταξη 14/2014, όπως ισχύει (Β' 2434/2014 & Β' 2089/2017) |
| ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΣΩΝ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | Πυροσβεστική Διάταξη 15/2014, όπως ισχύει (Β' 3149/2014 & Β' 2089/2017) |
| ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ ΕΓΚΡΙΣΗΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | Υπ' αριθ. 70942 Φ. 701.2/5.11.2019 Απόφαση Αρχηγού Π.Σ. (ΑΔΑ:Ω70346ΜΚ6Π-Μ00) |

| ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΥΠΑΓΟΝΤΑΙ ΣΕ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ | |
|---|--|
| Υπ' αριθ. 70818 Φ.701.3/5.11.2019 Απόφαση Αρχηγού Π.Σ. (ΑΔΑ:6ΨΗΑ46ΜΚ6Π-28Ψ) | |
| ΚΑΤΑΣΚΗΝΩΣΕΙΣ – ΠΑΙΔΙΚΕΣ ΕΞΟΧΕΣ | Υπ' αριθ. 66418 Φ. 701.2/21.10.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: 6Σ2Μ46ΜΚ6Π-ΒΞ8) |

| | |
|---|---|
| ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ | Υπ' αριθ. 40002 Φ.701.2/2.7.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: 7ΜΠΔ46ΜΚ6Π-Η4Υ) & Υπ' αριθ. 62233 Φ. 701.2/8.10.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: ΨΞΛΣ46ΜΚ6Π-ΝΣΗ) |
| ΣΤΕΓΕΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ ΑΤΟΜΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΗΡΙΑ | Κ.Υ.Α. αριθ. Δ12/ΓΠουκ.13107/283/8.4.2019 (Β' 1160) & Υπ' αριθ. 23898 Φ. 701.2/16.4.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. |
| ΟΡΕΙΒΑΤΙΚΑ ΚΑΤΑΦΥΓΙΑ | Κ.Υ.Α. αριθ. 549/2019 (Β' 100) & Υπ' αριθ. 6020 Φ.701.2/28.1.2019 έγγραφο Α.Π.Σ. |
| ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ | Ν. 4497/2017 (Α' 171) & Υπ' αριθ. 78897 Φ. 701.2/15.12.2017 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ:78Ζ3465ΧΘ7-ΟΙ3) |
| ΔΟΜΕΣ ΦΙΛΟΞΕΝΙΑΣ ΠΡΟΣΦΥΓΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΝΑΣΤΩΝ | Υπ' αριθ. 43697 οικ. Φ.702.1/14.7.2016 έγγραφο Α.Π.Σ. |
| ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ | Υπ' αριθ. 44761 Φ. 701.2/4.11.2011 έγγραφο Α.Π.Σ. (ΑΔΑ: 458ΣΙ-ΛΑΗ) |
| ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ | Υπ' αριθ. 16986 Φ.701.2/13.3.2013 έγγραφο Α.Π.Σ. & Υπ' αριθ. 44749 Φ.701.2/18.9.2006 έγγραφο Α.Π.Σ. |
| ΥΠΟΣΤΕΓΑ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ - ΕΛΙΚΟΠΤΕΡΩΝ | Υπ' αριθ. 1509 φ.701.2/5.1.2008 έγγραφο Α.Π.Σ. |
| ΠΛΩΤΑ, ΧΕΡΣΑΙΑ ή ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΡΟΧΙΑΣ ΜΕΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΙ ΧΩΡΟΙ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ ΚΟΙΝΟΥ | Υπ' αριθ. 50353 Φ.705.3/16.10.2005 έγγραφο Α.Π.Σ. |

ΥΠΟΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- (1) α. Με το π.δ. 41/2018 (Α' 80), εξετάζονται τα κτίρια που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της παρ. 2.1 του άρθρου 2 του Κεφαλαίου Α'.
- β. Στην περίπτωση κτιρίων πολλαπλών χρήσεων ή κτιρίων με μία χρήση, τα μέσα ενεργητικής πυροπροστασίας εφαρμόζονται σύμφωνα με τα οριζόμενα των παρ. 1 και 2 της παρ. 7.1. του άρθρου 7 του Κεφαλαίου Α' του π.δ. 41/2018 (Α' 80) αντίστοιχα.
- γ. Στα κτίρια ή τμήματα κτιρίων των οποίων η χρήση δεν είναι καθορισμένη (δεν περιλαμβάνεται στις κατηγορίες 4.1. του άρθρου 4 του Κεφαλαίου Α' του π.δ. 41/2018), για την εφαρμογή του εκάστοτε κανονισμού πυροπροστασίας ακολουθούνται οι απαιτήσεις της συγγενέστερης κατηγορίας, η οποία υποδεικνύεται από την αρμόδια Διεύθυνση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
- δ. Σε περίπτωση αμφισβήτησης μιας χρήσης ως συμπληρωματικής σε σχέση με την κυριαρχούσα αποφαίνεται οριστικά η αρμόδια Διεύθυνση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
- (2) Με το π.δ. 71/1988 (Α' 32), εξετάζονται τα κτίρια που έχουν ανεγερθεί μετά την έναρξη ισχύος του π.δ. 71/1988 (αίτηση για έκδοση οικοδομικής άδειας) και δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής των εδ. (β) και (γ) της παρ. 2.1. του άρθρου 2 του Κεφαλαίου Α' του π.δ. 41/2018 (Α' 80).
- (3) Με τις πυροσβεστικές διατάξεις εξετάζονται κτίρια με αίτηση για έκδοση οικοδομικής άδειας πριν την 17.2.1989, ημερομηνία έναρξης ισχύος του π.δ. 71/1988 (Α' 32), τα οποία δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής των εδ. (β), (δ) και (ε) της παρ. 2.1. του άρθρου 2 του Κεφαλαίου Α' του π.δ. 41/2018 (Α' 80).
- (4) Δραστηριότητες – εγκαταστάσεις που από άποψη πυροπροστασίας κατατάσσονται στη χρήση κτιρίων «Κατοικίες», όπως ενοικιαζόμενα – επιπλωμένα δωμάτια - διαμερίσματα (ΕΕΔΔ), προστατευόμενα διαμερίσματα επανένταξης ψυχικά ασθενών, υποστηριζόμενα διαμερίσματα επανένταξης αστέγων, κλπ.
- (5) Δίνονται τα ελάχιστα προτεινόμενα μέτρα και μέσα πυροπροστασίας υφιστάμενων κατοικιών χωρίς αυτά να επιβάλλονται, ούτε να τίθενται δεσμευτικοί όροι ή κυρώσεις, είτε περαιτέρω ανάμιξη των Υπηρεσιών του Πυροσβεστικού Σώματος.
- (6) Στις διατάξεις του Κεφαλαίου Β' του π.δ. 71/1988 (Α' 32), υπάγονται και τα τουριστικά καταλύματα που είχαν εξεταστεί με το Κεφάλαιο Β', κατ' εξουσιοδότηση του άρθρου 34 του ν. 3498/2006 (Α' 230) ή του άρθρου 1 του ν. 3766/2009 (Α' 102).
- (7) Σε περίπτωση αμφισβήτησης μιας μονάδας υγείας και κοινωνικής πρόνοιας ως προς την υπαγωγή της στις κατηγορίες Ε1, Ε2 ή Ε3, αποφαίνεται οριστικά η αρμόδια Διεύθυνση του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
- (8) Εξετάζονται οι βιομηχανικές και λοιπές εγκαταστάσεις που δεν υπάγονται στο Παράρτημα Α της Κ.Υ.Α. Α.Π. 136860/1673/Φ15/2018 (Β' 6210).

3.1.3 Πρότυπα

Για την εκπόνηση μελετών πυροπροστασίας εφαρμόζονται τα εξής πρότυπα μελετών, ανάλογα με το κτίριο που εξετάζεται (Νομοθεσία Πυρασφάλειας, έκδοση 3η, Μάρτιος 2021):

1. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με υπ' αριθ. 3-2015 Πυροσβεστική Διάταξη και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας χώρων συνάθροισης κοινού» σε κτίρια ή τμήματα κτιρίων που η ημερομηνία αίτησης για έκδοση οικοδομικής άδειας είναι πριν την έναρξη ισχύος του Προεδρικού Διατάγματος 71/1988 (ΦΕΚ Α' 32)
2. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την υπ' αριθ. 6-2018 Πυροσβεστική Διάταξη και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εμπορικών αποθηκών»
3. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την υπ' αριθ. 8-2016 Πυροσβεστική Διάταξη και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εμπορικών καταστημάτων» σε κτίρια με αίτηση για έκδοση Άδειας Οικοδομής πριν την έναρξη ισχύος του Προεδρικού Διατάγματος 71/1988 (Α' 32)
4. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την υπ' αριθ. 16-2015 Πυροσβεστική Διάταξη και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εκπαιδευτηρίων» σε κτίρια ή τμήματα κτιρίων που η ημερομηνία αίτησης για έκδοση οικοδομικής άδειας είναι πριν την έναρξη ισχύος του Προεδρικού Διατάγματος 71/1988 (ΦΕΚ Α' 32)

5. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την υπ' αριθ. 17-2016 Πυροσβεστική Διάταξη και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας γραφείων» σε κτίρια ή τμήματα κτιρίων που η ημερομηνία αίτησης για έκδοση οικοδομικής άδειας είναι πριν την έναρξη ισχύος του Προεδρικού Διατάγματος 71/1988 (ΦΕΚ Α' 32)

6. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την παρούσα απόφαση και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας εγκαταστάσεων (μονάδων) υγείας και κοινωνικής πρόνοιας».

7. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με:

- Την υπ' Αριθ. Α.Π. 136860/1673/Φ15 (ΦΕΚ 6210/τ.Β'/31-12-2018)
- Το Προεδρικό Διάταγμα 41/2018 (ΦΕΚ Α' 80)
- Το Προεδρικό Διάταγμα 71/1988 (ΦΕΚ Α' 32) και αφορά «Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας στις εγκαταστάσεις μεταποιητικών και συναφών δραστηριοτήτων».

8. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 1589/Φ.15/104/2006 (Φ.Ε.Κ. 90/Β/30-1-2006) Απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών - Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Ανάπτυξης και Δημόσιας Τάξης, «Λήψη μέτρων πυροπροστασίας στις βιομηχανικές- βιοτεχνικές εγκαταστάσεις, επαγγελματικά εργαστήρια, αποθήκες και μηχανολογικές εγκαταστάσεις παροχής υπηρεσιών, που υπάγονται στις διατάξεις του Ν.3325/2005 (ΦΕΚ Α'68) και σε λοιπές δραστηριότητες»

9. Έντυπο μελέτης σύμφωνα με την παρούσα Απόφαση των Υπουργών, Μεταφορών & Επικοινωνιών και Εσωτερικών για λήψη μέτρων πυροπροστασίας σε Ιδιωτικά Κέντρα Τεχνικού Ελέγχου Οχημάτων (ΙΚΤΕΟ), σε συνεργασία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων -μοτοποδηλάτων, σε εμπορευματικούς σταθμούς αυτοκινήτων (Ε.Σ.Α.) για φορτοεκφόρτωση εμπορευμάτων, σε Σταθμούς Υπεραστικών Λεωφορείων καθώς και σε λοιπές εγκαταστάσεις που υπάγονται στην αρμοδιότητα των κατά τόπους Υπηρεσιών Μεταφορών και Επικοινωνιών των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων της χώρας.

10. Έκθεση Επιθεώρησης σύμφωνα με την υπ' αριθ. 70818 Φ.701.3/5.11.2019 Απόφαση Αρχηγού Π.Σ. (ΑΔΑ: 6ΨΗΑ46ΜΚ6Π-Ζ8Ψ) και αφορά «Πυροπροστασία δραστηριοτήτων - εγκαταστάσεων που δεν υπάγονται σε νομοθετικό πλαίσιο πυροπροστασίας κτιρίων - εγκαταστάσεων».

11. Συμπληρωματική μελέτη πυροπροστασίας για την εγκατάσταση υγραερίου σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 31856/2003 (Φ.Ε.Κ. 1257/Β'/3-9-2003) «Τεχνικός Κανονισμός εγκαταστάσεων υγραερίου στα κτίρια (πλην βιομηχανιών-βιοτεχνιών).

3.2 Αξιολόγηση κτιρίων έπειτα από πυρκαγιά

3.2.1 Κριτήρια και μεθοδολογία αξιολόγησης

Πριν την παρουσίαση των κριτηρίων και των μεθοδολογιών αξιολόγησης, κρίνεται αναγκαίο να παρουσιαστούν οι ορισμοί του πυροδιαμερίσματος, του καύσιμου φορτίου πυροδιαμερίσματος και της πυκνότητας του καύσιμου φορτίου, οι οποίες είναι βασικές παράμετροι για την αξιολόγηση (Πρακτικός οδηγός, ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008).

Πυροδιαμέρισμα (ΠΔ)

Είναι κάθε κλειστός (ή ανοικτός) χώρος ο οποίος περιβάλλεται από όλες τις πλευρές είτε από τοίχους, είτε από πόρτες και παράθυρα. Έτσι, «πυροδιαμέρισμα» είναι ένα δωμάτιο σε ένα διαμέρισμα ή μια αποθήκη ή μια αίθουσα κινηματογράφου.

Καύσιμο φορτίο πυροδιαμερίσματος

Είναι το συνολικό ποσό θερμότητας το οποίο απελευθερώνεται κατά την πλήρη καύση όλης της καύσιμης ύλης που περιέχεται μέσα στο πυροδιαμέρισμα. Στην καύσιμη αυτή ύλη περιλαμβάνονται τα κάθε είδους αποθηκευμένα υλικά, έπιπλα, υλικά επικαλύψεως τοίχων, πατώματος και οροφής, καθώς και τα φέροντα (ή μη) στοιχεία του σκελετού τα οποία μπορούν να καούν (π.χ.ξύλινα).

Πυκνότητα καυσίμου φορτίου

Η πυκνότητα καυσίμου φορτίου προκύπτει από την διαίρεση του καυσίμου φορτίου του πυροδιαμερίσματος με την επιφάνεια της κατόψεως του πυροδιαμερίσματος. Υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$q_f = \sum m_n \cdot m_n \cdot H_n / A_f$$

Εξ. 3.1

Όπου:

- n : δείκτης σειράς των καιόμενων υλικών.
- q_f : η πυκνότητα καύσιμου φορτίου (MJ/m^2), ανηγμένου ως προς την κάτοψη
- m_n : η ολική μάζα της καύσιμης ύλης n [kg]

- H_v : θερμαντική ικανότητα της καύσιμης ύλης v [MJ/kg]
- μ_v : βαθμός καύσεως της καύσιμης ύλης v
- A_f : επιφάνεια κατόψεως του πυροδιαμερίσματος [m^2]

Ο βαθμός καύσεως μ_v είναι ένας καθαρός αριθμός μεταξύ 0 και 1, ο οποίος υποδεικνύει το ποσοστό της καύσιμης ύλης v , το οποίο τελικά καίγεται. Ο συντελεστής αυτός έχει εισαχθεί στον παραπάνω τύπο, γιατί σχεδόν ποτέ δεν διαπιστώθηκε πλήρης καύση όλου του καυσίμου υλικού σε ένα πυροδιαμέρισμα κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Ο συντελεστής αυτός είναι συνάρτηση του:

- είδους της καύσιμης ύλης,
- του τρόπου στιβάξεώς της, και
- των χαρακτηριστικών της πυρκαγιάς.

Δυστυχώς δεν υπάρχει αξιόπιστη μέθοδος υπολογισμού του συντελεστή μ_v . Συχνά έχουν εκτιμηθεί ή μετρηθεί τιμές του μ_v αρκετά μικρότερες της μονάδας. Εναπόκειται επομένως στον Μηχανικό να κάνει τις δικές του εκτιμήσεις. Εκτός από τον ορισμό της πυκνότητας καυσίμου φορτίου που δίνεται από τον παρακάτω τύπο (με αναγωγή ως προς την κάτοψη του $\Pi\Delta$), ένας άλλος συχνά χρησιμοποιούμενος ορισμός βασίζεται στο συνολικό εσωτερικό εμβαδό του $\Pi\Delta$, κατα τον παρακάτω τύπο:

$$q_f = \sum \mu_v \cdot m_v \cdot H_v / A_t$$

Εξ. 3.2

Όπου:

- v : δείκτης σειράς των καιόμενων υλικών.
- q_f : η πυκνότητα καυσίμου φορτίου (MJ/m^2), ανηγμένου ως προς την κάτοψη
- m_v : η ολική μάζα της καύσιμης ύλης v [kg]
- H_v : θερμαντική ικανότητα της καύσιμης ύλης v [MJ/kg]

- μ : βαθμός καύσεως της καύσιμης ύλης ν
- A_t : συνολικό εσωτερικό εμβαδόν όλων των επιφανειών που περικλείουν το πυροδιαμέρισμα, συμπεριλαμβανομένων και των ανοιγμάτων. [m^2]

Η πυκνότητα του καυσίμου φορτίου μπορεί επίσης να εκφραστεί μέσω του ισοδύναμου βάρους (μάζας) καιόμενου ξύλου (ή ισόποσου ξύλου) ανά m^2 κατόψεως ($IBK\Xi$, kg/m^2), αναλόγως της θερμαντικής ικανότητας (kg υλικών/ kg ξύλου ή MJ/kg) των επιμέρους καύσιμων υλικών. Σχετικώς υπενθυμίζεται πως: $1 kg \xi \approx 4.500 kcal$, ή, ισο-

δυνάμως, $1 kg \xi \approx 17 \div 19 MJ$. Όπου χρησιμοποιείται ή αναφέρεται η πυκνότητα καυσίμου φορτίου, πρέπει να δηλώνεται σαφώς εάν πρόκειται για την q_f ή την q_t (γενικώς, υποδιπλάσια).

Έχοντας παρουσιάσει τους ορισμούς των παραπάνω παραμέτρων αξιολόγησης, μπορούμε να προχωρήσουμε στην παρουσίαση των μεθόδων εκτίμησης της θερμικής καταπόνησης ενός κτιρίου που έχει υποστεί πυρκαγιά. Το πρώτο και βασικό στάδιο είναι η εκτίμηση των μέγιστων θερμοκρασιών που έχουν αναπτυχθεί στο εσωτερικό του και στην εξωτερική του περίμετρο, καθώς και η εκτίμηση της διάρκειας της πυρκαγιάς. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό της κατανομής των θερμοκρασιών στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων και της επίδρασης του θερμικού φορτίου στις τεχνικές ιδιότητες των υλικών, στις παραμέτρους αντοχής τους και κατ' επέκταση στην απομένουσα φέρουσα ικανότητα του κτιρίου. (Πρακτικός οδηγός, ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008) Συνοψίζοντας, τα βασικά στοιχεία τα οποία θα επιτρέψουν την εκτίμηση της τρωτότητας ενός κτιρίου το οποίο έχει εκτεθεί σε ισχυρό θερμικό φορτίο (πυρκαγιά) είναι τα εξής (Θ.Π. Τάσιος και Μ. Χρονόπουλος, ΤΕΕ, 2007):

- Η ένταση του φαινομένου της πυρκαγιάς και
- Η κρίσιμη διάρκειά του

Τα κριτήρια με τα οποία γίνεται η εκτίμηση της έντασης του φαινομένου της πυρκαγιάς εξαρτώνται από το αν πρόκειται για εξωτερική ή εσωτερική πυρκαγιά και είναι τα εξής (Θ.Π. Τάσιος και Μ. Χρονόπουλος, ΤΕΕ, 2007):

- Κριτήρια για εξωτερική πυρκαγιά:

- η πυκνότητα της φυτείας κοντά στο κτίριο

- η απόσταση της φυτείας από το κτίριο

- η διάρκεια των φλογών

• Κριτήρια για εσωτερική πυρκαγιά:

- Το είδος της καύσιμης ύλης

- η διάρκεια των φλογών

- η συμπεριφορά της στέγης κατά την πυρκαγιά

Τα παραπάνω στοιχεία συλλέγονται από υπεύθυνες και αξιόπιστες πληροφορίες χρηστών και περιοίκων. Για την εκτίμηση των μέγιστων εξωτερικών θερμοκρασιών χρησιμοποιούνται τα εξής δύο είδη κριτηρίων:

• Ποιοτικά κριτήρια.

Βάσει της γενικής συνοπτικής περιγραφής της πυρκαγιάς σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω και των τοπικών ενδείξεων από υλικά που κάηκαν σύμφωνα με όσα αναπτύσσονται στα επόμενα, γίνεται κατηγοριοποίηση σε τρεις (ή το πολύ τέσσερις) κλάσεις θερμοκρασιών αέρος

• Ποσοτικά κριτήρια.

Εντοπίζονται διάφορα συνηθισμένα και χαρακτηριστικά υλικά πάνω ή κοντά στα δομικά στοιχεία. Η έναντι πυρκαγιάς συμπεριφορά τους (βεβαίως ανάλογα με τη θέση τους και τον βαθμό έκθεσής τους), δίνει ενδείξεις μέγιστης θερμοκρασίας αέρος, κοντά στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων.

Βάσει της εκτίμησης της μέγιστης θερμοκρασίας που έχει αναπτυχθεί στα δομικά υλικά (σκυρόδεμα, χάλυβας, κ.τ.λ.) προσδιορίζεται η απομένουσα αντοχή τους. Από την απομένουσα αντοχή των υλικών γίνεται η εκτίμηση της απομένουσας αντοχής των δομικών στοιχείων που απαρτίζουν και ο προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου.

3.2.2 Αξιολόγηση βλαβών στο πεδίο

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, πρώτο βήμα για την αξιολόγηση του μεγέθους των βλαβών είναι η συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με (ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008):

α. την πυρκαγιά

β. τις αναπτυχθείσες θερμοκρασίες

γ. τις αλλοιώσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών κατασκευής

δ. τις βλάβες στον φέροντα οργανισμό και στα λοιπά στοιχεία της κατασκευής

Η διαδικασία της αυτοψίας πρέπει να ξεκινήσει άμεσα μόλις είναι δυνατή η είσοδος στο κτίριο και αφού εξασφαλισθεί ότι δεν υπάρχει κίνδυνος τοπικών καταρρεύσεων ή συνολικής αστάθειας του κτιρίου, ώστε οι σχετικές εργασίες να πραγματοποιηθούν με ασφάλεια. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες προκαλούν μεταβολές στα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών με αποτέλεσμα το κτίριο κατά την πυρκαγιά συμπεριφέρεται τελείως διαφορετικά από ότι σχεδιάστηκε. Επιπλέον είναι πιθανό μετά την πυρκαγιά να έχουν συμβεί σημαντικές μεταβολές εντάσεως. Τα παραπάνω πρέπει να ληφθούν υπόψη στην αξιολόγηση της ευστάθειας του κτιρίου πριν την είσοδο σε αυτό για τη διενέργεια της αυτοψίας. Κλείνοντας, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι για να είναι δυνατή η συλλογή περισσότερων στοιχείων τα καμένα υπολείμματα δεν πρέπει να απομακρυνθούν. Στα επόμενα περιγράφονται αναλυτικά οι μέθοδοι με τις οποίες συλλέγονται στοιχεία για κάθε μία παράμετρο (α-δ) που παρουσιάστηκαν παραπάνω (Θ.Π. Τάσιος και Μ. Χρονόπουλος, ΤΕΕ, 2007).

α. Συνοπτική περιγραφή της πυρκαγιάς

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, περιγράφονται συνοπτικότερα οι συνθήκες και τα δεδομένα της τοπικής πυρκαγιάς (στην περιοχή του κτιρίου), με κύριο σκοπό να εκτιμηθούν:

- Η ένταση του φαινομένου και
- Η κρίσιμη διάρκειά του προκειμένου να χρησιμεύσουν για την αδρομερή εκτίμηση των μέγιστων θερμοκρασιών που αναπτύχθηκαν στα δομικά στοιχεία. Προς τούτο, αρκεί να

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 60 συμπληρωθούν οι ακόλουθοι πίνακες, με βάση υπεύθυνες και αξιόπιστες πληροφορίες χρηστών και περιοίκων.

Πίνακας 3.2 Εξωτερική πυρκαγιά (Θ.Π. Τάσιος και Μ. Χρονόπουλος, ΤΕΕ, 2007)

| Πυκνότητα φυτείας κοντά στο κτίριο | | | Απόσταση φυτείας από το κτίριο | | | Διάρκεια φλογών | | |
|------------------------------------|--------|-------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|---------|-------|
| Μεγάλη | Μέτρια | Μικρή | <10 ^m | ~20 ^m | >30 ^m | >60λ. | 30÷60λ. | <30λ. |
| | | | | | | | | |

Πίνακας 3.3 Εσωτερική πυρκαγιά (Θ.Π. Τάσιος και Μ. Χρονόπουλος, ΤΕΕ, 2007)

| Καύσιμη ύλη | | Διάρκεια φλογών | | | Συμπεριφορά στέγης | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------|-------|--------------------|------------------------|-------|
| Αποθηκευμένα εύφλεκτα υλικά | Συνήθης οικιακή | >60λ. | 30÷60λ. | <30λ. | Έμμενη | Κατέρρευσε χωρίς καύση | Κάηκε |
| | | | | | | | |

β. Εκτίμηση μέγιστων εξωτερικών θερμοκρασιών.

Για την εκτίμηση των μέγιστων εξωτερικών θερμοκρασιών μπορούν να εφαρμοστούν τα ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, σε συνδυασμό με τις πρακτικές πληροφορίες που παρέχονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.4 Αλλοιώσεις και φθορές συνηθισμένων υλικών υπό πυρκαγιά. (πηγή: Πρακτικός οδηγός, ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008)

A) Απολεπίσεις, αποφλοιώσεις, αποκολλήσεις και εκτινάξεις επιφανειακών στοιβάδων σκυροδέματος και συμπαγών λίθων, πλίνθων κ.λπ.

Ο τύπος, η ένταση και η έκτασή τους εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, βλ. και ιδιαίτερη Σημείωση 1.
Έτσι, δεν είναι ευχερής η άμεση και ευθεία εξάρτηση του φαινομένου από τις αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες.

B) Χρωματικές αλλαγές

Συνήθεις σε σκυροδέματα (καί με πυριτιακά και με ασβεστολιθικά αδρανή), αλλά και σε επιχρίσματα (αν δεν αποκολληθούν), αναλόγως της θερμοκρασίας παρείας ($T_{\text{παρ.}}$), ως εξής :

- Για $T_{\text{παρ.}} < 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Φυσιολογικό χρώμα σκυροδέματος (γκρί-πράσινο), και καπνιά (αρκετή)
- Για $300 \text{ }^{\circ}\text{C} < T_{\text{παρ.}} < 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Ροζ (ελαφρό), και καπνιά (αρκετή)
- Για $600 \text{ }^{\circ}\text{C} < T_{\text{παρ.}} < 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Γκρί (-άσπρο), και καπνιά (αρκετή)
- Για $T_{\text{παρ.}} > 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Φαιό, κίτρινο (ελαφρό, κίτρινωπό).

Γ) Μεταβολές δομής (και όγκου και άλλων χαρακτηριστικών)

Τα πυριτιακά αδρανή υφίστανται μεταβολές δομής στους 550 °C και 850 °C (περίπου), ενώ τα ασβεστολιθικά αδρανή υφίστανται ασβεστοποίηση στους 750 °C (περίπου).

Μεταβολές δομής υπό υψηλές θερμοκρασίες υφίσταται και ο χάλυβας οπλισμών (π.χ. ωστενίτης, στους 750 °C περίπου, με έντονη συστολή). Σχετικώς, βλ. και Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων (ΚΤΧ 2008) [4].

Δ) Αλλοιώσεις και τήξεις υλικών

- Χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC)
Έναρξη αποσύνθεσης στους 125 °C (περίπου), ανάφλεξη (350 °C) και έκλυση ατμών HCl (με ενδεχόμενους κινδύνους)
- Ελαστικά και πλαστικά
Αλλοιώσεις στους 100 ÷ 150 °C, τήξη στους 150 ÷ 250 °C
- Μόλυβδος
Τήξη στους 300 ÷ 350 °C, και από τους 150 °C για κράματα Pb/Sn
- Ψευδάργυρος
Τήξη στους 400 ÷ 450 °C, και από τους 350 °C για κράματα
- Αλουμίνιο
Τήξη στους 650 °C (περίπου), και από τους 500 °C για κράματα
- Αργυρος
Τήξη στους 950 °C (περίπου)

- Μπρούντζος, κρατέρωμα (Cu/Sn)
Τήξη στους 850 ÷ 950 °C
- Ορείχαλκος (Cu/Zn)
Τήξη στους 900 ÷ 1050 °C
- Χρυσός
Τήξη στους 1050 °C (περίπου)
- Χαλκός
Τήξη στους 1050 ÷ 1100 °C
- Χυτοσίδηρος και χάλυβας (με αρκετόν C)
Τήξη από τους 1150 °C (περίπου), έως και τους 1350 °C
- Σίδηρος (καθαρός)
Τήξη στους 1500 °C
- Σκυρόδεμα
Τήξη στους 1600 °C
- Γυαλί (SiO₂, με Ca, Na, Al και Fe, K, Pb κ.λπ.)
Παραμόρφωση στους 600 ÷ 700 °C και
τήξη στους 750 ÷ 950 °C, βλ. και ιδιαίτερη Σημείωση 2
- Μαγειρικό αλάτι, μαγειρική σόδα
Τήξη στους 800 ÷ 850 °C (περίπου)

Ε) Καύση ξύλου

Για χοντρές διατομές (π.χ. με πάχος μεγαλύτερο των 100 mm), και αναλόγως του είδους, της πυκνότητας και της υγρασίας, η καύση (για πλήρως αναπτυγμένη πυρκαγιά) γίνεται με ταχύτητα της τάξεως των 25 ÷ 60 mm την ώρα (για πεύκο ή έλατο).

Σημείωση 1: Για τις αποκολλήσεις και εκτινάξεις επιφανειακών στοιβάδων σκυροδέματος (spalling)

Το υπόψη φαινόμενο, διαφορετικό απ' αυτό των αποκολλήσεων των επιχρισμάτων, παρατηρείται γενικώς είτε στα πρώτα στάδια έντονης πυρκαγιάς (π.χ. στα πρώτα 30min) είτε κατά την απότομη απόψυξη (θερμικό σοκ, με νερό), και είναι συνήθως εκρηκτικό.

Συμβαίνει σε πλάκες και τοιχεία, καθώς και σε λεπτά γραμμικά στοιχεία υπό υψηλή καταπόνηση, σε δοκούς (κυρίως στις στηρίξεις και εδράσεις) και σε στύλους.

Ο τύπος, η ένταση (το βάθος, από λίγα mm έως και αρκετά cm) και η έκταση των αποκολλήσεων (από αρκετά cm² έως και λίγα m²) εξαρτάται απ' τις θερμοκρασίες και τη διάρκεια της πυρκαγιάς, καθώς και από τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος (τα αδρανή, το πορώδες και την υγρασία) και του δομικού στοιχείου καθ' εαυτό (λεπτομέρειες όπλισης, πάχος και διατομή, έκθεση, καταπόνηση).

Εκ προοιμίου επισημαίνεται πως οι αποκολλήσεις συνιστούν ιδιαίτερο κίνδυνο :

Αφενός μπορεί να συνεπάγονται έντονη (και βεβαίως απότομη) απομείωση των διατομών (σκυροδέματος), και αφετέρου οδηγούν σε πρόωρη έκθεση των οπλισμών και του εσωτερικού των δομικών στοιχείων σε υψηλές θερμοκρασίες.

Αντίστοιχα φαινόμενα, υπό υψηλές θερμοκρασίες, παρατηρούνται και σε συμπαγείς λίθους, πλίνθους κ.λπ., με ιδιαίτερο κίνδυνο (π.χ. βαριάς αστοχίας και καταρρεύσεως) για κίονες, πεσσούς κ.λπ. υπό υψηλή θλιπτική καταπόνηση.

Σημείωση 2: Για την συμπεριφορά των υαλοπινάκων (κάθε είδους)

Για την συμπεριφορά του γυαλιού στην πυρκαγιά (παραμόρφωση, τήξη), δόθηκαν στοιχεία στον Πίνακα Π.4, ενώ η συμπεριφορά των υαλοπινάκων καθ' εαυτούς εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, όπως το είδος και η ποιότητα των γυαλιών, το πάχος και οι διαστάσεις των φατνωμάτων, η διάταξή τους (κατακορύφως ή οριζοντίως), οι λεπτομέρειες των περιμετρικών στηρίξεων και σφραγισμάτων, η εν θερμώ συμπεριφορά της κόλλας και των ενδεχόμενων μηχανικών στηριγμάτων κ.λπ.

Σχετικώς, αναφέρεται πως οι συνδυασμένες διαφορές (μέσα – έξω) πίεσης και θερμοκρασίας υπό πυρκαγιά (εσωτερική ή εξωτερική) οδηγούν σε πρόωρη και εκρηκτική αστοχία των (άοπλων, συνήθως) υαλοπινάκων, ακόμη και για θερμοκρασία μικρότερη ή αρκετά μικρότερη των 250 °C, που είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης των περισσότερων και συνηθέστερων υλικών.

Έτσι, όλοι οι συνήθεις τύποι (άοπλων) υαλοπινάκων, σε φατνώματα συνήθων διαστάσεων, με απλά/μονά γυαλιά ή γυαλιά διπλά/με «κενό» ή γυαλιά σύνθετα/triplex (laminated, με εσωτερική μεμβράνη), παρουσιάζουν πρόωρη, σχετικώς, ρηγματώση και θραύση υπό υψηλές θερμοκρασίες, ενώ μόνον ειδικά γυαλιά («ασφαλείας»/securit, με ειδική θερμική κατεργασία/σκληρυνση – βαφή, tempered/toughened), σε ειδικά πλαισιώματα υαλοστασίων και με ειδικό σχεδιασμό/ειδική μελέτη, μπορούν να παρουσιάσουν αυξημένη πυραντίσταση.

Στην κατηγορία των «πυρασφαλών» γυαλιών, περιλαμβάνονται (i) οι «πυρίμαχοι» υαλοπίνακες (για βιομηχανικές εφαρμογές), με ειδική σύσταση και ειδική παραγωγή, χωρίς ρηγματώση ακόμη και για $T \approx 750$ °C, και (ii) οι «πυράντοχοι» υαλοπίνακες (για οικοδομικές εφαρμογές), επίσης ειδικοί, οπλισμένοι ή όχι, που ικανοποιούν τα κριτήρια φέρουσας ικανότητας και ακεραιότητας, ή και (πυρο-)μόνωσης, για φωτιές ακόμη και 120 min ($T > 1000$ °C).

Οι οπλισμένοι υαλοπίνακες, με βροχίδες συρμάτινων πλεγμάτων 12,5 ή 25,0 mm, μπορεί να είναι κοινοί (με μη-λειασμένες επιφάνειες) ή μορφής κρυστάλλου (με επίπεδες και λείες επιφάνειες), ενώ γενικώς παρουσιάζουν μικρότερες μηχανικές αντοχές έως και κατά 25% έναντι των αντίστοιχων άοπλων γυαλιών και ταχύτερη ρηγματώση υπό πυρκαγιά.

Αντιθέτως, λόγω του ενσωματωμένου πλέγματος, παρουσιάζουν καλύτερη φέρουσα ικανότητα αλλά και «ακεραιότητα», έναντι φλόγας, καπνού κ.λπ.

Τέλος, για λόγους διαφορικής διάγνωσης σε πυρκαγιά, αναφέρονται και τα εξής χαρακτηριστικά :

- (i) Θόλωμα/θάμπωμα σύνθετων υαλοπινάκων (triplex), σε χαμηλές σχετικώς θερμοκρασίες, από (100 + 150) °C, λόγω της αλλοίωσης των εσωτερικών μεμβρανών τους (συνήθως από PVB).
- (ii) Έντονη ρηγματώση, παραμόρφωση και κατάπτωση (ακόμη και πάνω στις ποδιές/στα περβάζια) υαλοπινάκων με εγκιβωτισμένο συρμάτινο πλέγμα (οπλισμένων), σε υψηλές θερμοκρασίες, από (550 + 600) °C.

Επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές του παρακάτω πίνακα, οι οποίες δίνουν τις μέγιστες θερμοκρασίες αέρος, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου (R. Rybicki, 1979).

Πίνακας 3.5 Ενδεικτικές τιμές μέγιστων θερμοκρασιών αέρος, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου. (R. Rybicki, 1979)

| Χρήση | $T_{αερ.}, ^\circ C$ | Συνέπειες |
|---|----------------------|--|
| Κατοικίες, Γραφεία | 800 ÷ 900 | Έντονες αποφλοιώσεις, έντονες λοξές ρωγμές |
| Αποθήκες με πολλά και αναφλέξιμα υλικά | 800 ÷ 1000 | Όπως πριν, σε μεγάλη έκταση |
| Αποθήκες με πολύ εύφλεκτα υλικά | 1000 ÷ 1200 | Όπως πριν, σύν τήξεις υλικών |

Πρακτική σημασία έχει και η εξής παρατήρηση :

Για (πλήρεις) πυρκαγιές, κτιρίων με $max. IBK\Xi \approx 250 kg/m^2$, δηλαδή συνήθως για κατοικίες, γραφεία, βιοτεχνίες, εργοστάσια και καταστήματα (όχι αποθήκες), η θερμοκρασία αέρος μπορεί να εκτιμηθεί με την ημιεμπειρική σχέση :

$$max. T_{αερ.} \approx 50 t (min) + 500 (σε ^\circ C),$$

Εξ. 3.3

για $t > 15 min$ (διάρκεια φλογών) και $T < 1000 ^\circ C$.

(Π.χ. $t \approx 30 min \rightarrow T_{αερ.} \approx 775 ^\circ C$, $t \approx 90 min \rightarrow T_{αερ.} \approx 975 ^\circ C$)

Εκτός των προηγούμενων πρακτικών πληροφοριών, για την εκτίμηση της $T_{αερ.}$ και της $T_{παρ.}$ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες ενδείξεις, κατά τα επόμενα. Όλα τα συνήθη καιόμενα στερεά σώματα παρουσιάζουν διάφορα χαρακτηριστικά χρώματα πυρακτώσεως, αναλόγως της θερμοκρασίας, κατά τον Πίνακα 3.6.

Πίνακας

3.6

Χαρακτηριστικά χρώματα πυρακτώσεως, αναλόγως της θερμοκρασίας του καιόμενου στερεού σώματος. (R. Rybicki, 1979)

| Χρώμα πυρακτώσεως | Θερμοκρασία σε °C |
|------------------------|-------------------|
| • Στο σκοτάδι, κόκκινο | περίπου 500 |
| • Κόκκινο βαθύ | 700 |
| • Βαθύ βυσσινί | 800 |
| • Βυσσινί | 900 |
| • Ανοιχτό κόκκινο | 1000 |
| • Βαθύ πορτοκαλί | 1100 |
| • Ανοιχτό πορτοκαλί | 1200 |
| • Ερυθρόλευκο | 1300 |
| • Ισχυρά λευκοπυρωμένο | 1350 |
| • Αστραφτερό λευκό | 1500 |

Επίσης, και οι φλόγες των (συνηθισμένων) καύσιμων υλικών έχουν χαρακτηριστικές θερμοκρασίες, κατά τον Πίνακα 3.7, χρήσιμο σε περιπτώσεις που οι φλόγες έγλειφαν δομικά στοιχεία (για αρκετό χρονικό διάστημα).

Πίνακας 3.7 Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες φλογών καύσιμων υλικών. (R. Rybicki, 1979)

| Καύσιμο | Θερμοκρασία σε °C |
|----------------------------------|-------------------|
| • Πολυστερόλη | 1100 ÷ 1150 |
| • Βενζίνη, πετρέλαιο, ορυκτέλαιο | 1200 ÷ 1300 |
| • Ελαστικό, καουτσούκ | 1200 |
| • Ξύλο πεύκου και έλατου | 1100 |
| • Υγροποιημένα αέρια | 1500 |

Χρήσιμες λεπτομερέστερες ενδείξεις σχετιζόμενες με τις αλλοιώσεις των υλικών και τις μεταβολές της δομής τους είναι και οι ακόλουθες (πηγή: Πρακτικός οδηγός, ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008) :

- **Γύψος** (ορυκτή, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (κρυσταλλικό)+ελεύθερο νερό)

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος
εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 67
~ 100 °C (-) Εξάτμιση ελεύθερου νερού

~ 200 °C (-) Εξάτμιση κρυσταλλικού νερού

~ 350 °C CaSO₄ διαλυτό → αδιάλυτο

~ 1250 °C CaSO₄ → CaO + SO₃

Ακόμη και οι πυράντοχες γυψοσανίδες (συνήθως με πρόσμιξη διογκωμένου περλίτη και οπλισμένες με ίνες γυαλιού ή υαλοϋφάσματα), παρουσιάζουν έντονη αλλοίωση και έναρξη τήξης στους 700 °C (περίπου), οπότε έχει πλήρως εξατμισθεί όλο το κρυσταλλικό νερό και έχει αρχίσει η τήξη των γυάλινων ινών.

Σε υψηλές θερμοκρασίες, παρατηρείται μείωση του πάχους των συνηθισμένων γυψοσανίδων, αποσύνθεση και πτώση της «πούδρας» της άνυδρης γύψου. Σχετικώς, έχει παρατηρηθεί πως θραύση τμήματος καμμένης γυψοσανίδας μπορεί να οδηγήσει σε εκτίμηση του βάθους της μεταβατικής ζώνης μεταξύ της μαλακής άνυδρης γύψου (πούδρας, σκόνης) και της σκληρής ένυδρης γύψου. Το φαινόμενο της προβολής της γύψου εξελίσσεται, για συνηθισμένες γυψοσανίδες, με ρυθμό της τάξεως του 0,5 mm/min, ενώ (όπως ήδη αναφέρθηκε) η καύση του ξύλου γίνεται με ταχύτητα περίπου 0,7 mm/min.

• **Σκυρόδεμα (ή τσιμεντοκονία) με ασβεστολιθικά αδρανή**

~ 100 °C (-) Εξάτμιση ελεύθερου νερού

~ 500 °C Εξάτμιση κρυσταλλικού νερού

~ 750 °C Εξάτμιση κρυσταλλικού νερού

~ 750/800 °C Ασβεστοποίηση αδρανών (τήξη, κρυσταλλική θραύση Ca)

~ 900/950 °C CaCO₃ → CaO + CO₂ (διάλυση, απασβέστωση)

(ενώ η εξάτμιση νερού συνοδεύεται από συστολή)

• Άνθρακας τήξη στους 3000 °C (+)

• Νικέλιο τήξη στους 1450 °C

• Χρόμιο τήξη στους 1800 °C

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 69

(γί αυτό και οι ανοξείδωτοι χάλυβες, με Cr και Ni, έχουν αρκετά καλύτερη συμπεριφορά στην πυρκαγιά, με σχετικώς μικρότερη απομείωση των χαρακτηριστικών τους υπό υψηλές θερμοκρασίες συγκριτικώς με τους κοινούς χάλυβες)

γ. Εκτίμηση των μηχανικών ιδιοτήτων μετά την επαναφορά σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Για τον έλεγχο των υλικών επιτόπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής μέθοδοι (πηγή: Πρακτικός οδηγός, ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008):

- Οπτικός έλεγχος
- Υπέρηχοι
- Πυρηνοληψία
- Ορυκτολογικές εξετάσεις
- Ανιχνεύσεις οπλισμών
- Λήψη δειγμάτων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος.
- Αντίσταση σε διάτρηση
- Ενανθράκωση
- δοκιμή εξόλκευσης (pull-off)

Παρακάτω αναπτύσσεται συνοπτικά για κάθε μέθοδο ο τρόπος εφαρμογής της.

γ1. Οπτικός έλεγχος

Ο οπτικός έλεγχος είναι απαραίτητος για:

- τον εντοπισμό των πλέον θερμικά επηρεασμένων περιοχών,
- την έκταση των αποφλοιώσεων, ρηγματώσεων και αποδιοργανώσεων
- την ύπαρξη τυχόν παραμενουσών παραμορφώσεων-μετατοπίσεων
- την κατάσταση της κατασκευής γενικώς (διάβρωση, κατασκευαστικά σφάλματα, κατάσταση αρμών διαστολής κ.λπ.)

γ2. Υπέρηχοι

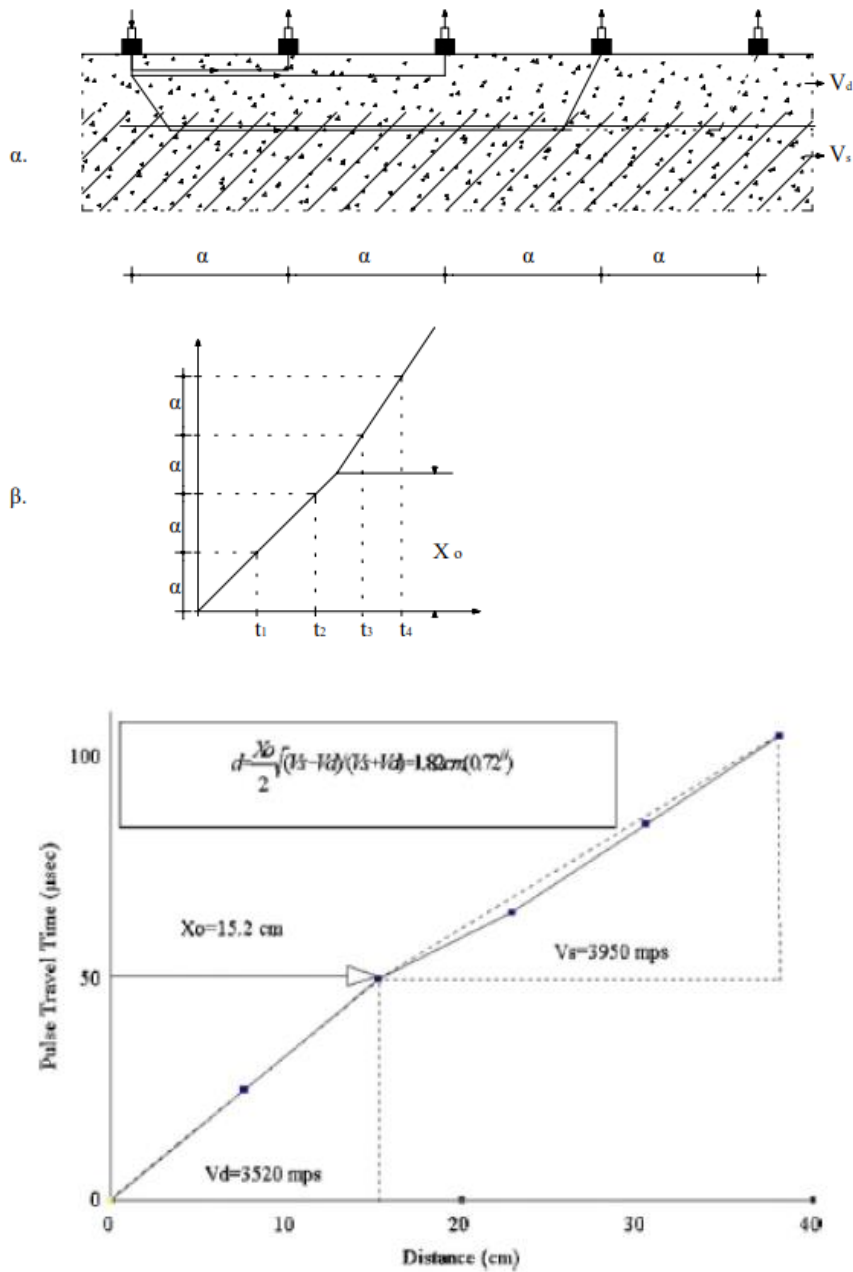
Η μέθοδος είναι κατ'εξοχήν κατάλληλη για την εκτίμηση της έκτασης των επιφανειακών αλλοιώσεων μέσω της διαφοροποίησης της ταχύτητας των υπερήχων στις διάφορες θέσεις. Με την μέθοδο των υπερήχων μπορεί επίσης να εκτιμηθεί και το πάχος του θερμικώς επηρεασμένου επιφανειακού σκυροδέματος. Η μέθοδος βασίζεται στο ότι η ταχύτητα των υπερήχων στο θερμικώς επηρεασμένο σκυρόδεμα, v_d , είναι μικρότερη από την ταχύτητα στο

μή επηρεασμένο σκυρόδεμα, v_s . Γίνεται η υπόθεση ότι τα κύματα μπορούν να φθάσουν στον δέκτη κατά μήκος δύο διαδρομών: η διαδρομή 1 είναι ευθεία κατά μήκος του κατεστραμμένου σκυροδέματος και η διαδρομή 2 είναι τεθλασμένη η οποία ξεκινά από το κατεστραμμένο στρώμα, εισέρχεται στο υγιές και ξανά στο κατεστραμμένο. Για μικρές αποστάσεις μεταξύ των δύο κρυστάλλων, συντομότερη είναι η διαδρομή 1, ενώ για μεγαλύτερες αποστάσεις συντομότερη είναι η διαδρομή 2 (Σχήμα 3.1).

Η διαδικασία έχει ως εξής: Γίνονται μετρήσεις των χρόνων διαδόσεως σε διαδοχικώς αυξανόμενες αποστάσεις και συντάσσεται η γραφική παράσταση του χρόνου συναρτήσει της απόστασεως των κρυστάλλων. Αν η ταχύτητα των υπερήχων είναι σταθερή, τότε όλα τα σημεία θα βρεθούν σε μία ευθεία η κλίση της οποίας είναι η ταχύτητα των υπερήχων. Η ύπαρξη κατεστραμμένης επιφάνειας φαίνεται από την αλλαγή της κλίσεως των δεδομένων (Σχ.3.1). Η απόσταση x_0 όπου οι χρόνοι διαδόσεως των δύο διαδρομών είναι ίσοι βρίσκεται από την τομή των δύο ευθειών όπως φαίνεται στο Σχ. 3.1. Από τις κλίσεις των ευθειών υπολογίζονται οι ταχύτητες των υπερήχων στο κατεστραμμένο και στο υγιές σκυρόδεμα, v_d και v_s αντίστοιχα. Το πάχος του κατεστραμμένου στρώματος βρίσκεται από την παρακάτω σχέση (Chung και Law, 1985)

$$d = (x_0/2) \sqrt{(v_s - v_d)/(v_s + v_d)}$$

Εξ. 3.4



Σχήμα

3.1

Μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων για των προσδιορισμό του βάθους του κατεστραμένου στρώματος. (πηγή: Πρακτικός οδηγός, ΤΕΕ, ΕΜΠ, 2008).

Επειδή η μείωση της ταχύτητας των υπερήχων σε σκυρόδεμα το οποίο έχει υποστεί πυρκαγιά είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη μείωση της αντοχής, οι υπέρηχοι μετά από πυρκαγιά υποεκτιμούν την αντοχή του σκυροδέματος. Ωστόσο, η μέθοδος των υπερήχων πλεονεκτεί έναντι της μεθόδου του κρουσιμέτρου, διότι με τους υπέρηχους ελέγχεται το εσωτερικό της διατομής και όχι μόνον η επιφανειακή στρώση όπως συμβαίνει με το κρουσίμετρο.

γ3. Πυρηνοληψία

Συνήθως λαμβάνονται πυρήνες διαμέτρου 10cm. Η εκτίμηση του βάθους που επηρεάσθηκε από την πυρκαγιά μπορεί να γίνει ως εξής: από μία εξεταζόμενη περιοχή λαμβάνονται 3 πυρήνες σε κοντινές αποστάσεις (περίπου 15cm, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ότι οι 3 αυτές θέσεις βρέθηκαν σε ίδιες συνθήκες πυρκαγιάς). Από τον 1ο πυρήνα αποκόπτεται και εξετάζεται το πλησιέστερο προς την πυρκαγιά τμήμα (μήκους περίπου ίσο με το 1/3 του μήκους του πυρήνα), από τον 2ο πυρήνα εξετάζεται το μεσαίο τρίτο του μήκους του πυρήνα και τέλος από τον 3ο πυρήνα εξετάζεται το εξώτερο 1/3 του μήκους του. Κατά την αξιολόγηση της διαφοράς των πυρήνων, να λαμβάνεται υπόψη και η εγγενής αυξημένη διασπορά αντοχών που παρουσιάζουν οι πυρήνες. Προϋπόθεση βεβαίως για την εφαρμογή της μεθόδου είναι το στοιχείο να έχει επαρκές πάχος και να είναι δυνατή η λήψη πυρήνων σε κοντινές αποστάσεις.

Επιπλέον, στα δοκίμια προσδιορίζονται και τα εξής:

- Πυκνότητα μετά μέτρηση διαστάσεων και βάρους
- Θλιπτική αντοχή

Η διαδικασία προσδιορισμού της θλιπτικής αντοχής περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

- Μέτρηση ταχύτητας υπερήχων, όπως περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο.

γ4. Κρουσίμετρο

Το κρουσίμετρο μπορεί μόνον να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές που δεν έχουν υποστεί βλάβες από την πυρκαγιά. Η κρουσιμέτρηση σε επιφάνειες που έχουν υποστεί πυρκαγιά δεν δίνει αξιόπιστες τιμές της αντοχής του σκυροδέματος και γενικώς υπερεκτιμά την αντοχή (οι αντίστοιχες καμπύλες της θλιπτικής αντοχής συναρτήσεως της ενδείξεως του κρουσιμέτρου θα έπρεπε να μετατοπισθούν.)

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου, ότι δηλαδή μετρά τοπικά την επιφανειακή σκληρότητα του σκυροδέματος σε μια μικρή περιοχή, γίνεται ακόμη πιο έντονο στην περίπτωση της πυρκαγιάς, μιας και η προκαλούμενη από την πυρκαγιά αλλοίωση συμβαίνει κατεξοχήν στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Γι' αυτό η μέθοδος δεν προσφέρεται για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής σκυροδεμάτων που έχουν υποστεί πυρκαγιά.

γ5. Ορυκτολογικές εξετάσεις

Μελέτη των μη αναστρέψιμων θερμοχημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν σε ορισμένες θερμοκρασίες με σάρωση σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

γ6. Ανιχνεύσεις οπλισμών

Γίνεται εκτίμησης της θέσης, του πάχους επικάλυψης και της διαμέτρου του χάλυβα οπλισμού.

γ7. Λήψη δειγμάτων χάλυβα

Σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρήσιμη είναι η λήψη δοκιμίων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος (τόσο από θερμικώς επηρεασμένες περιοχές όσο και από ανέπαφες περιοχές) προκειμένου να διαπιστωθεί η κατάσταση του οπλισμού από μηχανικής απόψεως αλλά και η συγκολλησιμότητά του.

γ8 Αντίσταση σε διάτρηση.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης δοκιμής έναντι των συμβατικών μη καταστροφικών ελέγχων της επιφάνειας του σκυροδέματος (κρουσιμέτρηση, ταχύτητα διέλευσης υπερήχων) είναι ότι το υλικό ελέγχεται σε βάθος (Δομοδιάγνωση, 2020). Σε περιπτώσεις έκθεσης του σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για την εκτίμηση του βάθους μέχρι το οποίο το σκυρόδεμα έχει επηρεαστεί. ([Felicetti, R.The drilling resistance test for the assessment of fire damaged concrete, *Cement & Concrete Composites* 28 (2006), 321–329). Η μέθοδος εφαρμόζεται επί τόπου στο έργο μετρώντας την ταχύτητα διείσδυσης του τρυπανιού κατά τη διάτρηση με κρουστικό δράπανο. Η ταχύτητα διείσδυσης μετρείται πιέζοντας το δράπανο με την ίδια δύναμη κάθε φορά στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για διαφορετικά βάθη διείσδυσης. Με τις τιμές που λαμβάνονται κατασκευάζεται τα διαγράμματα του βάθους διείσδυσης με το χρόνο. Ταυτόχρονα υπολογίζεται για κάθε βάθος διείσδυσης η αντίστοιχη ταχύτητα διείσδυσης, η οποία αυξάνεται με την μείωση της αντοχής του σκυροδέματος.

γ9 Ενανθράκωση.

Μια καλά ενυδατωμένη τσιμεντόπαστα Portland αποτελείται από (Δομοτεχνική, 2018):

- 50-60% ένυδρες πυριτιούχες ενώσεις αλάτων ασβεστίου (C-S-H)
- 20-25% από υδροξείδιο του ασβεστίου
- 10-15% από ένυδρες θειοαργλικές ενώσεις ασβεστίου.

Επιπλέον, μια κορεσμένη πάστα περιέχει μεγάλη ποσότητα ελεύθερου και τριχοειδούς νερού, εκτός από το προσροφημένο νερό. Σε θερμοκρασία δωματίου το 30-60% του όγκου της κατέχεται από νερό που μπορεί να εξατμιστεί. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη χημική σύνθεση και την μικροδομή της σκληρυμένης τσιμεντόπαστας. Τα στάδια των αλλαγών με την αύξηση της θερμοκρασίας είναι τα εξής:

- μέχρι τους 105°C, το ελεύθερο τριχοειδές νερό, και για αρκετό χρόνο έκθεσης, θα έχει εξατμιστεί.
- Μετά από αυτή τη θερμοκρασία το προσροφημένο νερό αρχίζει σταδιακά να χάνεται.
- Στη θερμοκρασία των 300°C, το νερό των ενδιάμεσων στρωμάτων C-S-H και μερικά από τα συνδυασμένα μόρια νερού στο C-S-H και στις θειοαργλικές ενώσεις ασβεστίου θα απομακρυνθούν.

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 75

- Μέχρι τους 400°C η αφυδάτωση του υδροξειδίου του ασβεστίου ($Ca(OH)_2$) είναι ουσιαστικά μηδενική, αυξάνεται σημαντικά στους 535°C και ολοκληρώνεται στους 600°C με την ολοκληρωτική μετατροπή του CaO και μείωση της αλκαλικότητας του σκυροδέματος, επηρεάζοντας σημαντικά τις αντοχές του σκυροδέματος για μεγαλύτερες θερμοκρασίες.
- Για θερμοκρασίες άνω των 900°C επέρχεται πλήρης αποσύνθεση του C-S-H.

Το βάθος προσβολής του σκυροδέματος γίνεται με μέτρηση της αλκαλικότητας του επιτόπου στο έργο, σε διαφορετικά βάθη στους πυρήνες που έχουν ληφθεί. Χρησιμοποιούνται δυο μέθοδοι μέτρησης σύμφωνα με το *ASTM D4262*, με χρωματικό δείκτη ουράνιου τόξου σε μορφή μολυβιού βήματος $pH=1$ και με ηλεκτρονικό πεχάμετρο επαφής με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων.

γ10 δοκιμή εξόλκευσης (pull-off)

Με τη συγκεκριμένη δοκιμή μπορεί να εκτιμηθεί η επίδραση της φωτιάς στα μηχανικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος και ταυτόχρονα να ελεγχθεί η καταλληλότητα της επιφανειακής στρώσης του ώστε να εφαρμοστούν πιθανά υλικά επισκευής. Η δοκιμή γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο *EN 1015-12* το οποίο αφορά τη δοκιμή συνάφειας μεταξύ επιχρίσματος και σκυροδέματος. Θεωρείται ότι η επιφανειακή στρώση σκυροδέματος πάχους 30 mm είναι διαφορετικό υλικό σε σχέση με το υπόλοιπο σκυρόδεμα. Η δοκιμή ολοκληρώνεται στα εξής στάδια:

- Αρχικά γίνεται χρήση ανιχνευτή οπλισμού έτσι ώστε να εντοπιστεί περιοχή σκυροδέματος χωρίς οπλισμό.
- Στη συνέχεια, με αδιατάρακτη κοπή, χαράσσεται μια κυκλική εγκοπή διαμέτρου 50 mm και πάχους 4 mm μέχρι βάθους 30 mm από την επιφάνεια του σκυροδέματος.
- Ακολουθεί η απόξεση των σαθρών τμημάτων της επιφάνειας του σκυροδέματος και συγκόλληση μεταλλικού στελέχους με εποξειδική πάστα.
- Μετά από 72 ώρες, το μεταλλικό στέλεχος εξολκεύεται από το σκυρόδεμα και καταγράφονται το φορτίο και η μορφή αστοχίας.

Συνήθως σχετικά κοντά στην επιφάνεια του σκυροδέματος που εκτέθηκε σε φωτιά, παρατηρείται μεγάλη διασπορά τιμών και αστοχία υλικού.

δ. Απογραφή βλαβών.

Κατά την οπτική επιθεώρηση, η οποία είναι η πρώτη επιτόπου ενέργεια για την αξιολόγηση των βλαβών στο πεδίο, καταγράφονται ενδεχόμενες καταρεύσεις, μεγάλες παραμορφώσεις, ρηγματώσεις, αποφλοιώσεις, κ.λ.π.

Η υποβάθμιση των μηχανικών χαρακτηριστικών καθώς και ο βαθμός αυτής της υποβάθμισης φαίνεται μέσω των χρωματικών αλλοιώσεων. Γενικά η μεταβολή του χρώματος εξαρτάται από το είδος των αδρανών και είναι πιο έντονη στα πυριτικά αδρανή.

Η οπτική επιθεώρηση μπορεί να υποβοηθηθεί από έναν μεγεθυντικό φακό χειρός ($X10$) ή από ένα εργοταξιακό μικροσκόπιο ($X50$).

Ένα μικρό σφυρί είναι απαραίτητο για την ακουστική επιθεώρηση των καμμένων επιφανειών και της ύπαρξης αποφλοιώσεων.

Ενόργανες μη καταστροφικές μέθοδοι: θερμογραφία, ραντάρ, υπέρηχοι, ακουστική εκπομπή, αντίσταση διεισδύσεως ηλεκτρικού δράπανου. Το κρουσίμετρο όπως αναφέρθηκε παραπάνω,

δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε επιφάνειες σκυροδέματος που έχουν υποστεί πυρκαγιά (μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον επικουρικός στις μή προσβεβλημένες επιφάνειες και με προσοχή ως προς τα συμπεράσματα).

Ημικαταστροφικές μέθοδοι: πυρηνοληψία (για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν ρωγμές στο εσωτερικό του εξεταζόμενου στοιχείου).

Θερμοχημικές μέθοδοι (diffractometry, scanning electron microscope *SEM*) για την διαπίστωση των μεγίστων αναπτυχθεισών θερμοκρασιών.

3.2.3 Εργαστηριακοί έλεγχοι-Αποτελέσματα

Οι εργαστηριακοί έλεγχοι που απαιτούνται για την αξιολόγηση της απομένουσας ικανότητας του κτιρίου μετά από πυρκαγιά είναι οι εξής:

- α. Πυρηνοληψία-προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής.
- β. Ορυκτολογικές εξετάσεις
- γ. Λήψη δειγμάτων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος.

Η διαδικασία των ορυκτολογικών εξετάσεων και της λήψης δειγμάτων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος έχουν παρουσιαστεί στην προηγούμενη παράγραφο. Στα επόμενα, παρουσιάζονται η διαδικασία προσδιορισμού της θλιπτικής αντοχής μέσω πυρηνοληψίας και της δοκιμής εξόλκευσης (Pull off).

3.2.3.α. Πυρηνοληψία-προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε όταν χρησιμοποιούμε την μέθοδο των πυρήνων για την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος μιας κατασκευής είναι το πρόβλημα της παρουσίας ράβδων οπλισμού (Χρ. Σπανός κ.α., ΤΕΕ, 2001) . Οι διεθνείς κανονισμοί συνιστούν να αποφεύγεται η κοπή πυρήνων από περιοχές δομικών στοιχείων που περιέχουν οπλισμούς, (ISO DIS7034). Στις περιπτώσεις που η αποφυγή κοπής οπλισμού είναι αδύνατη η επίδραση της παρουσίας τους στην αντοχή των πυρήνων εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως:

- το μέγεθος των ράβδων οπλισμού,
- το λόγο L/D των πυρήνων,
- τη θέση των ράβδων οπλισμού μέσα στους πυρήνες καθώς και
- τη συμβατική αντοχή του σκυροδέματος της κατασκευής.

Στο BS 6089 (1981) προτείνεται ο πολλαπλασιασμός της αντοχής των πυρήνων που περιέχουν οπλισμό με τον διορθωτικό συντελεστή:

$$1.0+1.50 \cdot \Sigma [D_r \cdot H / (D_c \cdot L)]$$

Εξ. 3.4

όπου:

- D_r : διάμετρος οπλισμού
- D_c : διάμετρος πυρήνα
- H : απόσταση οπλισμού απ' την κοντινότερη πλευρά του πυρήνα
- L : μήκος πυρήνα

Η διορθωμένη αντοχή πυρήνα $f_{c,core,red}$, προκύπτει από την αρχική με εφαρμογή της σχέσης:

$$f_{c,core,red} = f_{c,core} \cdot (1.0 + 1.50 \cdot \Sigma [D_r \cdot H / (D_c \cdot L)]) \quad \text{Εξ. 3.5}$$

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται οι απόψεις διαφόρων ερευνητών, σχετικά με την μείωση της αντοχής των πυρήνων που περιέχουν οπλισμό (Loo et al 1989).

Πίνακας 3.8 Επίδραση της παρουσίας οπλισμού (Χρ. Σπανός κ.α., ΤΕΕ, 2001)

| Συγγραφέας | Μεταβολή αντοχής (%) | L/D (μήκος / διάμετρο) |
|--------------------|----------------------|------------------------|
| Gaynor | -4 έως -18 | 2 |
| Plowman et al 1974 | -3 έως -12 | 2 |
| Lewandowski | -3 | 1.5 |
| Petersons, 1971 | -4 | |
| Loo et al, 1989 | Σημαντική | 2 |
| | Μηδενική* | 1 |

* Ενδέχεται να παρατηρηθεί και αύξηση μέχρι 9% για πυρήνες $D/L=100/100mm$.

Η ύπαρξη μιας ράβδου οπλισμού μέσα στους αποκοπτόμενους πυρήνες έχει ως συνέπεια την μείωση της μετρούμενης αντοχής κατά 8-9% (Plowman et al 1974), ενώ με δύο ράβδους οπλισμού η μείωση γίνεται 11-13%.

Οι πυρήνες μετά την κοπή και την λείανσή τους συνηθίζεται να καλύπτονται (καπέλωμα) με διάφορα υλικά (high alumina cement mortar, sulphur-sand mixture), για την διόρθωση των ατελειών που δημιουργούνται κατά την κοπή / επιπέδωση των παράλληλων επιφανειών τους. Οι διαφοροποιήσεις της θλιπτικής αντοχής που εισάγονται από το καπέλωμα οφείλονται στο υλικό του καπελώματος αλλά και στην αντοχή του ίδιου του πυρήνα. Οι διαφοροποιήσεις αυτές ενδέχεται να είναι σημαντικές: κατά τον Petersons (1971) μπορεί να φθάσουν και στο 30%. Γενικώς το καπέλωμα προκαλεί μείωση της αντοχής από 2% έως και 20% (Petersons 1971, Tassios 1984). Για την αποφυγή της μεταβλητής αυτής επιδράσεως του καπελώματος συνιστάται (Petersons 1971) να αποφεύγεται το καπέλωμα και η απαραίτητη επιπέδωση των επιφανειών να γίνεται με ειδικά μηχανήματα λειάνσεως.

Η θέση του πυρήνα καθύψος του δομικού στοιχείου από το οποίο αποκόπτεται έχει πολύ μεγάλη σημασία. Η γενική άποψη που επικρατεί στην διεθνή βιβλιογραφία (Plowman et al

1974, Tassios 1984, BS 6089, Murrey-Long 1987) είναι ότι παρουσιάζεται, κατά μέσον όρο, μια μείωση της τάξεως του 25% της αντοχής ενός πυρήνα ο οποίος έχει αποκοπεί από το “πάνω” μέρος ενός δομικού στοιχείου σε σχέση με την αντοχή πυρήνα ο οποίος έχει αποκοπεί από το “κάτω” μέρος του ίδιου δομικού στοιχείου. Η τιμή όμως αυτή εξαρτάται από το είδος του δομικού στοιχείου.

Η διεύθυνση κοπής των πυρήνων μπορεί να είναι κάθετη ή παράλληλη προς την διεύθυνση σκυροδετήσεως των δομικών στοιχείων. Αποκοπή πυρήνων με διεύθυνση παράλληλη με την διεύθυνση σκυροδετήσεως έχουμε στις πλάκες, ενώ με διεύθυνση κάθετη προς τη σκυροδέτηση στα υποστυλώματα, στα τοιχεία και στις δοκούς. Η επίδραση της διεύθυνσης κοπής στην μετρούμενη αντοχή του σκυροδέματος εξετάστηκε από πολλούς ερευνητές. Η πλειοψηφία τους (Lyse-Johansen 1962, Τάσιος 1984, Sullivant 1991, Bangey 1990) δίνει ότι ο λόγος $f_{c,core,horiz}/f_{c,core,vert}$ κυμαίνεται από 0.90 έως 0.95. Πάντως είναι πρακτικώς δύσκολο να δοκιμασθούν οι πυρήνες σε θλίψη κατά διεύθυνση που να αντιστοιχεί στην διεύθυνση κατά την οποία επιβάλλονται και τα φορτία στην κατασκευή (έτσι η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας υποεκτιμάται).

Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι η συσχέτιση της αντοχής του πυρήνα με την αντίστοιχη αντοχή κύβου. Στην διεθνή αλλά και Ελληνική βιβλιογραφία έχουν προταθεί πολλές σχέσεις αναγωγής της αντοχής του πυρήνα σε (συμβατική) αντοχή κύβου (Facaoaru (1976), Plowman et al (1974), British Standard 6089 (1981), Bugney J. (1990).

Στη χώρα μας εφαρμόζονται το σχέδιο προτύπου ΕΛΟΤ 344 και ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (1997α) σε συνδυασμό με την Εγκύκλιο Ε7 (1997β). Ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (1997α) και η Εγκύκλιος Ε7 (1997β), βασίζονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ αλλά με συντηρητικότερες τιμές των παραμέτρων.

Όσον αφορά το πρότυπο ΕΛΟΤ 344, η αναγωγή της αντοχής πυρήνα σε συμβατική αντοχή γίνεται με την εξής σχέση:

$$f_c = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 f_{c,core} / K_\phi \cdot K_c \cdot K_d$$

Εξ. 3.6

όπου:

- K_ϕ συντελεστής εξαρτώμενος απ' την διάμετρο του πυρήνα.
 - 0.85 για πυρήνες διαμέτρου 100mm
 - 0.95 για πυρήνες διαμέτρου 150mm
- K_c συντελεστής εξαρτώμενος απ' την συντήρηση του έργου.
 - 1.00 για υγρές συνθήκες συντήρησης
 - 0.90 για καλές συνθήκες συντήρησης
 - 0.80 για κακές συνθήκες συντήρησης
- K_d συντελεστής εξαρτώμενος απ' το πάχος του στοιχείου απ' όπου ελήφθη ο πυρήνας.
 - 1.00 για πάχη μεγαλύτερα των 25cm
 - 0.95 για πάχη μικρότερα των 15cm
- λ_1 συντελεστής γεωμετρίας του πυρήνα, συναρτήσει του λόγου h/d (ύψους h προς διάμετρο d) βλ. Πίνακα 3.9 (υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται περί σκυροδέματος κατηγορίας ίσης ή ανώτερης του B160).
- λ_2 συντελεστής διαμέτρου (βλ. Πίνακα 3.10)
- λ_3 συντελεστής κατηγορίας σκυροδέματος (βλ. Πίνακα 3.11)

Πίνακας 3.9 Τιμές του συντελεστή λ_1 (Χρ. Σπανός κ.α., ΤΕΕ, 2001)

| | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|
| h/d | 1.75 | 1.50 | 1.25 | 1.00 | 0.90 |
| λ_1 | 0.98 | 0.95 | 0.91 | 0.85 | 0.82 |

Πίνακας 3.10 Τιμές του συντελεστή λ_2 (Χρ. Σπανός κ.α., ΤΕΕ, 2001)

| | | | |
|-------------|------|------|------|
| d(cm) | 10.0 | 12.5 | 15.0 |
| λ_2 | 0.96 | 0.98 | 1.00 |

Πίνακας 3.11 Τιμές του συντελεστή λ_3 (Χρ. Σπανός κ.α., ΤΕΕ, 2001)

| | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| f_c (kg/cm ²) | 120 | 160 | 225 | 300 | 450 |
| λ_3 | 1.30 | 1.25 | 1.22 | 1.18 | 1.14 |

Κλείνοντας, στον παρακάτω πίνακα 3.12 συνοψίζονται οι οδηγίες για της πυρηνοληψίες.

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 81

Πίνακας 3.12 Σύνοψη οδηγιών για πυρηνοληψίες. (Χρ. Σπανός κ.α., ΤΕΕ, 2001)

| Προ-έλευση | Γεωμ. Μεγέθη | | Αριθμός Πυρήνων | Επίδρ. Καπελώματος στην αντοχή | Απόσταση από ακμή (cm) | Απόσταση μεταξύ (cm) | Επίδραση οπλισμού στην αντοχή | Διαφοροποίηση της αντοχής καθύψος και ανά δομικό στοιχείο $f_{c,bot}/f_{c,top}$ | | | | Διεύθυνση κοπής f_{hor}/f_{ver} | Μεταβλητότητα | |
|-------------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|--|---|--------------|-------|--------|-----------------------------------|---------------|--------------|
| | D(cm) | L/D | | | | | | υποστ | τοιχ | δοκοί | πλάκες | | Πυρήνες | Συμβ. Δοκίμ. |
| NEKΩΣ | ≥ 10 ή $> 0.9 \cdot 3d_{agg}$ | > 1.75 | - | | | | Να αποφεύγεται | | | | | | | |
| ISO DIS7034 | 10 ή 15 | 0.95 2.1 | - | | | | Να αποφεύγεται | | | | | | | |
| BS 6089 | 10 ή 15 | > 0.5 | | | | | *(1) | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.09 | | |
| Sullivan (1991) | 10 ή 15 | 1.0 1.2 | - | | | | | | | | | <1.00 | | |
| Petersons (1971) | 7 έως 15 | 1.0 | > 3 | +30% | 4D | | | 1.40 | 1.25 | 1.20 | 1.15 | 0.90 | | |
| Plowman-Smith (1974) | 10 ή 15 | > 0.95 | | | | | μείωση 8-13% | | | | 1.25 | | | |
| Cample-Tubin (1967) | | | | | | | | | | | | | | |
| Szypula-Crossman (1990) | | | | | | | | | | | | | | |
| Mahlorta-Carette (1980) | | 2.0 | | | 8cm | 4cm | | | | | | | 3.3% | 4.6% |
| Loo et al (1989) | | | | | | | L/D= =2.0 σημαντική μείωση =1.0 μηδενική επίδρ =100/100 αύξηση 9% | | | | | | | |
| ACI 228 (1988) | | | 3 αν $f_{c,core} = 0.85f_c$ | | | | | | | | | | 5.0% | 4.0% |
| Tassios (1984) | | | | μείωση 2-20% | | | | 1.25 | | | | 0.95 | | |
| Marrey-Long (1987) | | | | | | | | 1.10 1.15 | 1.10 1.15 | | | | | |
| Bugney (1990) | 10 ή 15 | 1.0 2.0 | - | | 30cm | | | | | | | 0.93 | 6.0% | 3.0% |
| Lyse-Johansen (1962) | | | | | | | | | | | | 0.93 | | |
| Bloem (1968) | | | | | | | | | | | | | 6.0% | 2.3% |

*(1)

$$f_{c,core,red} = f_{c,core} \cdot [(1.0 + 1.50 \cdot \Sigma [D_r \cdot H / (D_c \cdot L)])]$$

3.3 Αποκατάσταση πυρόπληκτων κτιρίων.

3.3.1 Νομοθεσία

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των μεθόδων αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων. Για το σκοπό αυτό κρίνεται αναγκαίο, να γίνει αρχικά μια συνοπτική παρουσίαση της σχετικής νομοθεσίας και των κανονιστικών κειμένων τα οποία είναι τα εξής:

- Το *ΦΕΚ 2774/Β/18-12-2015* όπου γίνεται ο καθορισμός των ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για τη σύνταξη μελετών αποκατάστασης κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και φέρουσα τοιχοποιία, που έχουν υποστεί βλάβες από πυρκαγιά και την έκδοση των σχετικών αδειών επισκευής.

- Ο Κανονισμός Επεμβάσεων (*ΚΑΝ.ΕΠΕ.-3η* αναθεώρηση, *ΦΕΚ 3197/Β/22-6-2022*)

Ο οποίος αφορά αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις σε κτίρια από σκυρόδεμα

- Ο Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας (*ΚΑ.Δ.Ε.Τ., ΦΕΚ 2493/Β/18-4-2023*)

Ο οποίος αφορά αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία

- Το Μέρος 3 του Ευρωκώδικα 8 το οποίο αφορά την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και τις ενισχύσεις των κτιρίων τα οποία έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό.

3.3.2 Μέθοδοι αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι μέθοδοι επέμβασης που εφαρμόζονται στις περιπτώσεις πυρόπληκτων κτιρίων είναι παρόμοιες με αυτές που εφαρμόζονται σε άλλες περιπτώσεις βλαβών (π.χ. λόγω σεισμού).

Ταυτόχρονα με τις δομητικές επεμβάσεις, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα και για τα εξής:

Παράλληλα με τις δομητικές επεμβάσεις, κατά τις επόμενες παραγράφους, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα και για τα εξής :

(α) Βελτίωση της δομικής πυραντίστασης

(β) Βελτίωση της ανθεκτικότητας στο χρόνο, ιδίως αν παρατηρούνται σχετικές έντονες φθορές από φυσικοχημικά αίτια

(γ) Βελτίωση της αντίστασης στο σεισμό, στο μέτρο του αναγκαίου και εφικτού. (π.χ. άρση μη-κανονικότητας, όχι βαριές ή/και ασύμμετρες επεμβάσεις, όχι υπερβολές, ιδιαίτερη μέριμνα για κτίρια σε παραδοσιακούς οικισμούς.

Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το υπέδαφος και η θεμελίωση.

3.3.2.α. Άμεσα μέτρα.

Με σκοπό να αρθεί η επικινδυνότητα μετά από μια έντονη πυρκαγιά, ενδέχεται να είναι αναγκαία η εφαρμογή ορισμένων μέτρων άμεσης επέμβασης, η επιλογή των οποίων εξαρτάται από τον τύπο και τη χρήση του δομήματος, τις βλάβες που παρουσιάζονται, το διαθέσιμο εξοπλισμό κ.τ.λ. Τα κυριότερα μέτρα άμεσης επέμβασης είναι τα εξής:

- Υποστυλώσεις (πολύ συχνά υποχρεωτικώς).
- Αντιστηρίξεις (ενδεχομένως).
- Καθαιρέσεις στοιχείων (μισοκαμμένων, επικρεμάμενων, επικίνδυνων), φυσικά μετά την επείγουσα καταγραφή και αποτύπωσή τους.

Ακόμη, ενδέχεται να χρειαστεί η προσωρινή κάλυψη δωματίων, στεγών κ.λπ. που κάηκαν, έτσι ώστε να περιοριστούν οι πιθανές δευτερογενείς βλάβες και οι πρόσθετες φθορές, από βροχές κ.λπ.

3.3.2.α.1 Υποστυλώσεις

Υποστύλωση συνιστάται σε δομήματα τα οποία έχουν υποστεί σοβαρές βλάβες στα κατακόρυφα κυρίως στοιχεία τους (θραύση υποστυλωμάτων, σοβαρή ρηγμάτωση φερόντων τοίχων κ.λπ.), αλλά και σε οριζόντια στοιχεία (δοκοί, πλάκες, στέγες κ.λπ.), σε τέτοιο βαθμό ώστε να υπάρχει κίνδυνος τοπικής κατάρρευσης ή μη-ασφαλούς εκτέλεσης των σκοπούμενων επεμβάσεων.

Με την υποστύλωση επιτυγχάνεται :

- Ανακούφιση των βλαμμένων κατακόρυφων φερόντων στοιχείων από τα φορτία τους , μέσω κατάλληλα τοποθετημένων πρόσθετων προσωρινών στοιχείων.

- Μείωση του κινδύνου κατάρρευσης του κτιρίου, έστω τοπικής.

- Προφύλαξη των βλαμμένων στοιχείων του δομήματος από φαινόμενα ερπυσμού, στο διάστημα που μεσολαβεί από την πυρκαγιά μέχρι την οριστική επέμβαση.

- Μερική μεταφορά φορτίων σε άλλα στοιχεία του δομήματος που δεν έχουν αστοχήσει.

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι υποστυλώσεις είναι οι εξής:

- Η υποστύλωση πρέπει να γίνεται σε όσο το δυνατόν μικρότερη απόσταση (20-30 cm) από το βλαμμένο κατακόρυφο στοιχείο, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι δεν θα δημιουργεί προβλήματα στην μεταγενέστερη εκτέλεση της εργασίας επισκευής, ενίσχυσης ή αντικατάστασης του στοιχείου.

- Δίνεται προτεραιότητα στην υποστύλωση των κατακόρυφων στοιχείων του φορέα που υπέστησαν βλάβη, καθώς και στην υποστύλωση στεγών, πλακών, δοκών κ.λπ. με έντονα βέλη κάμψευς.

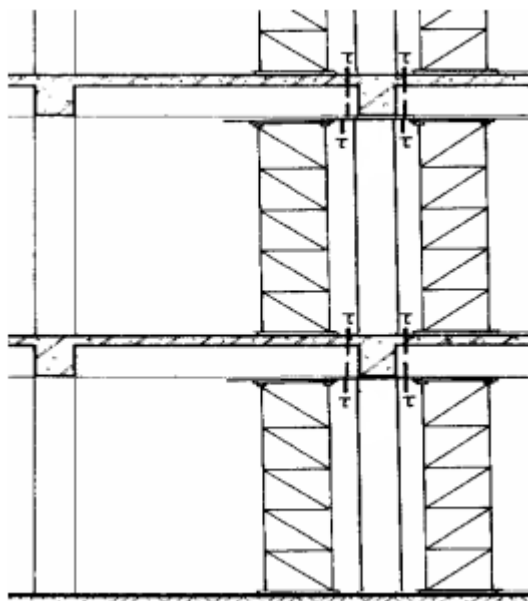
- Η υποστύλωση πρέπει να γίνεται κατ' αρχήν στον όροφο όπου βρίσκονται τα βλαμμένα κατακόρυφα στοιχεία. Πάντως, συνιστάται ιδιαίτερα η υποστύλωση σε περισσότερους ή και σε όλους τους ορόφους, καθώς αφενός οδηγεί σε ευνοϊκότερη κατανομή των φορτίων του βλαμμένου στοιχείου και αφετέρου μετριάζει την διατμητική καταπόνηση στις διατομές τ-τ εκατέρωθεν του στοιχείου (σχ. 3.2).

- Η καλή σφήνωση είναι απαραίτητη προϋπόθεση μιας αποτελεσματικής υποστύλωσης. Οι σφήνες (συνήθως ξύλινες) πρέπει να στερεώνονται ισχυρώς, και να εξασφαλίζεται η μή-χαλάρωσή τους.

- Στην περίπτωση που απαιτούνται επεμβάσεις σε περισσότερα από ένα στοιχεία, πρέπει να ακολουθείται η εξής διαδικασία: κατάλληλη υποστύλωση όλων των βλαμμένων στοιχείων, επισκευή/ενίσχυση ενός στοιχείου, απομάκρυνση της προσωρινής υποστύλωσής του και (μετά από έλεγχο) σταδιακή επισκευή/ενίσχυση του επόμενου στοιχείου κ.ο.κ.

- Στην περίπτωση που υπάρχει υπόγειο (σχ.3.3), ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην μεταφορά των φορτίων της προσω

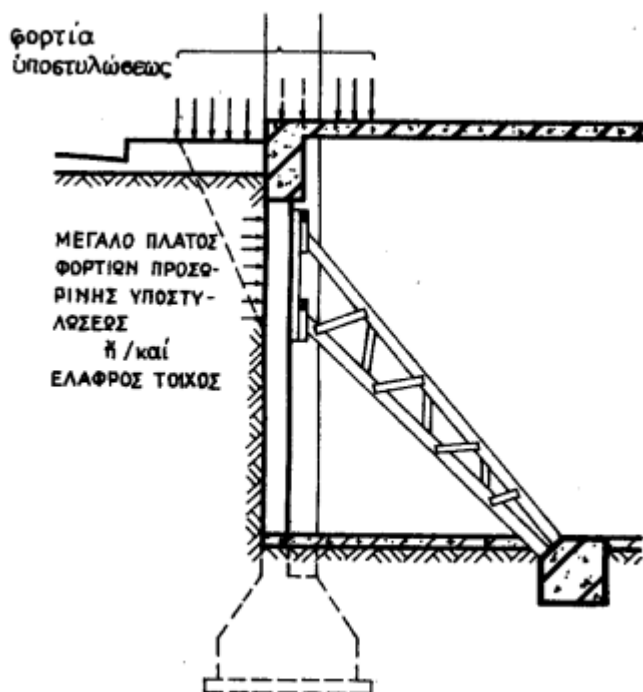
Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 86
ρινης υποστυλώσεως στο έδαφος (πιθανώς είναι αναγκαία η λήψη πρόσθετων μέτρων ασφαλείας).



Σχήμα

3.2

Υποστύλωμα ή φέρουσα τοιχοποιία για επισκευή/ενίσχυση ή για αντικατάσταση (υποστύλωση σε πολλούς ορόφους)



Σχήμα

3.3

Λήψη πρόσθετων μέτρων ασφαλείας, εξαιτίας των οριζόντιων ωθήσεων στην κατακόρυφη παρειά του υπογείου.

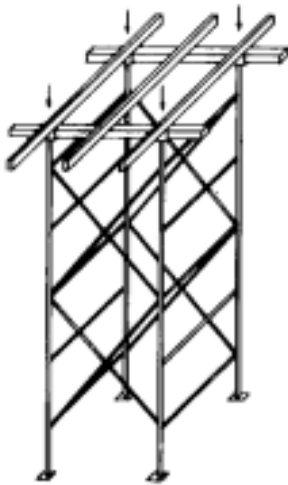
Η επιλογή της μεθόδου υποσύλωσης εξαρτάται από:

- τα διατιθέμενα μέσα
- την σοβαρότητα της βλάβης
- το μέγεθος του έργου

Οι μέθοδοι υποστύλωσης είναι οι εξής:

(α) Υποστύλωση με την βοήθεια βιομηχανικών ικριωμάτων (σχ.3.4):

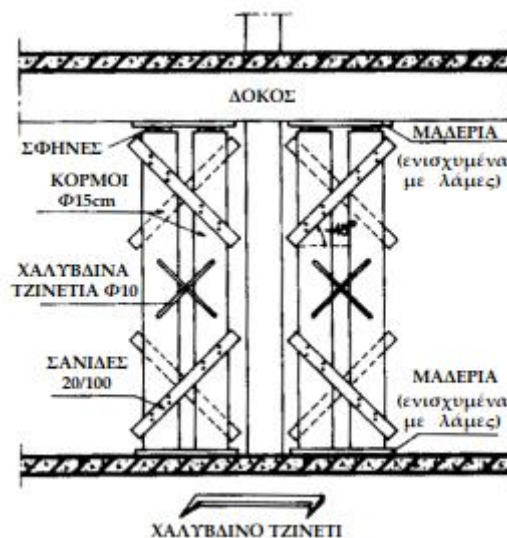
Εφαρμόζεται μόνο σε περίπτωση ελαφρών βλαβών και για παραλαβή μικρών κατακόρυφων φορτίων, ή σε περίπτωση ανακουφίσεως καμπτόμενων στοιχείων (δοκών ή πλακών, στεγών κ.λπ.). Τα χαλύβδινα αυτά ικριώματα συναρμολογούνται ανά δύο σε πύργους με τη χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων (με τρόπο απλό και γρήγορο από ανειδίκευτο εργατικό προσωπικό), και σε συνδυασμό με ξύλινα λατάκια χρησιμοποιούνται σαν τυποποιημένα στοιχεία στις υποστυλώσεις.



Σχήμα 3.4 Βιομηχανικά χαλύβδινα ικριώματα.

(β) Υποστύλωση με την βοήθεια κορμών δέντρων:

Πρόκειται για μια εύκολη και ταχεία μέθοδο υποστύλωσης, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί και από μη ειδικευμένα άτομα. Απαιτούνται τουλάχιστον δύο κορμοί διαμέτρου min. 15cm εκατέρωθεν του βλαμμένου κατακόρυφου στοιχείου. Οι κορμοί κάθε ομάδας συνδέονται μεταξύ τους με 4 τουλάχιστον σανίδες (πάχους 2 cm και πλάτους 10 cm) που καρφώνονται υπό γωνία 45° περίπου στους κορμούς, και με τζινέτια (τουλάχιστον $\Phi 10$), τοποθετούμενα κατά προτίμηση ανά δύο χιαστί. Στη βάση των κορμών τοποθετούνται μαδέρια ελάχιστου πάχους 4cm, ικανά να εξασφαλίσουν το ανένδοτο της βάσεως της υποστυλώσεως. Ίδια μαδέρια τοποθετούνται και στο άνω μέρος της υποστυλώσεως.



Σχήμα

3.5

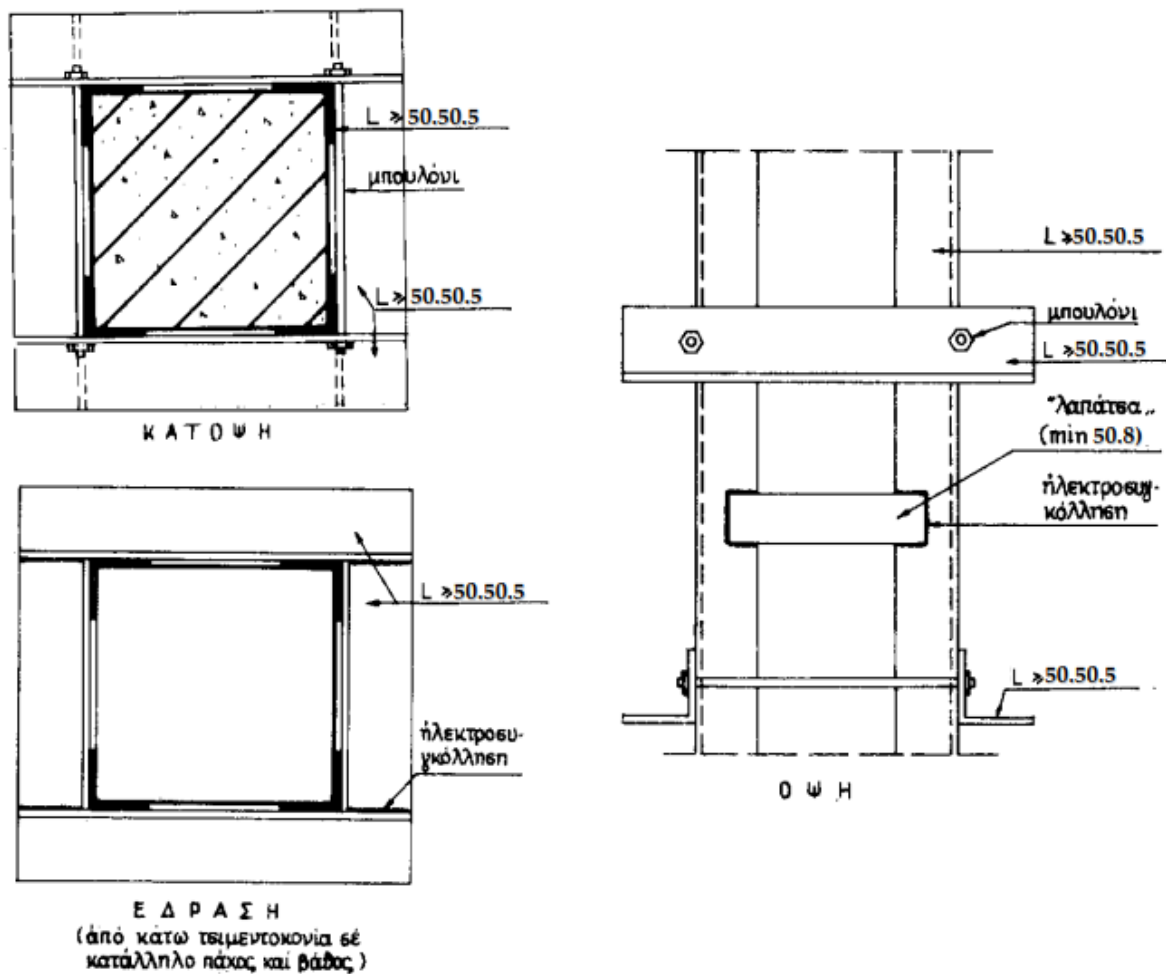
Υποστύλωση με την βοήθεια κορμών δέντρων εκατέρωθεν βλαμμένου υποστυλώματος.

γ) Υποστύλωση με την βοήθεια τυποποιημένων χαλύβδινων στοιχείων:

Η προσωρινή υποστύλωση με εξωτερική σιδηροκατασκευή και περίσφιξη μπορεί να εφαρμοστεί όταν παρίσταται ανάγκη παραλαβής ενός τμήματος του αξονικού φορτίου του βλαμμένου υποστυλώματος, ή όταν υπάρχουν ελαφρές βλάβες στο υποστύλωμα που μπορούν να επισκευαστούν με ενέσεις εποξειδικής κόλλας. Σπανίως, η τεχνική αυτή εφαρμόζεται και όταν απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του υποστυλώματος.

Τοποθετούνται τέσσερα γωνιακά ελάσματα, (σχ.3.6) τουλάχιστον 50x50x5, στις γωνίες του βλαμμένου υποστυλώματος καθ' όλο του το ύψος. Έξω από αυτά τα γωνιακά και ανά 50cm, τοποθετούνται ζευγάρια από εγκάρσιες γωνίες (ίδιας διατομής) κατά τη μία και

την άλλη διεύθυνση του υποστυλώματος εναλλάξ. Τα ζευγάρια των γωνιακών συσφίγγονται μεταξύ τους με ντίζες και μπουλόνια, και στη συνέχεια συγκολλούνται λαπάτσες πάνω στα κατακόρυφα γωνιακά (ανά 50cm), και ξανασφίγγονται τα μπουλόνια. Η προσωρινή αυτή υποστύλωση μπορεί να ενσωματωθεί στην σκυροδέτηση της μόνιμης επισκευής/ενίσχυσης του βλαμμένου υποστυλώματος.

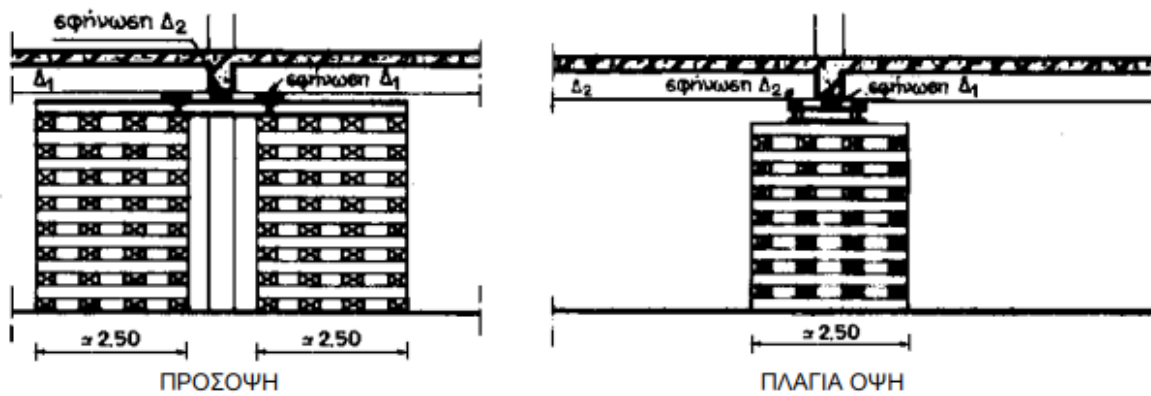


Σχήμα 3.6 Υποστύλωση και περίσφιγξη υποστυλώματος με γωνιακά.

(δ) Υποστύλωση με τακαρία (σχ. 3.7):

Εφόσον είναι διαθέσιμοι πολυπληθείς ξύλινοι στρωτήρες σιδηροδρόμων ή άλλα ανάλογα είδη ξυλείας, η υποστύλωση μπορεί να γίνει με τακαρία (χρονοβόρα και υψηλού

κόστους μέθοδος). Οι στρωτήρες τοποθετούνται σε στρώσεις εναλλάξ και εκατέρωθεν του βλαμμένου υποστυλώματος, ενώ στο πάνω μέρος της τακαρίας εδράζονται και σφηνώνονται πλατύπελμα χαλύβδινα I.

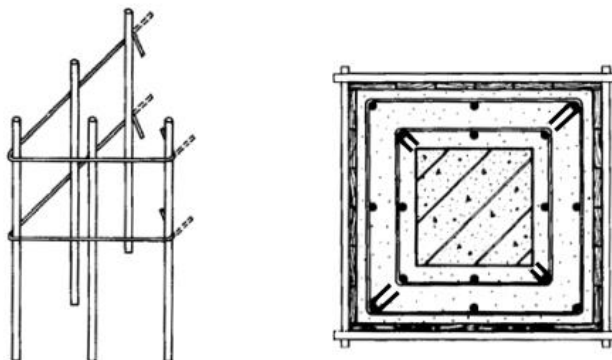


Σχήμα 3.7 Υποστύλωση με τακαρία εκατέρωθεν βλαμμένου υποστυλώματος.

(ε) Άμεσος μανδύας «σπασμένου» υποστυλώματος (σχ. 3.8):

Εφαρμόζεται είτε όταν η έκταση των βλαβών είναι τόσο μεγάλη ώστε να δημιουργεί προβλήματα στην ευστάθεια του κτιρίου, είτε σε περίπτωση που η εργασία σφήνωσης με την κρουστική επιβολή φορτίων θα δημιουργούσε προβλήματα ασφαλείας. Η μέθοδος συνίσταται στην χύτευση ενός μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος γύρω από το υποστύλωμα, με τσιμέντα ταχείας πήξεως ή έτοιμα τσιμεντοκονιάματα. Για τον οπλισμό του μανδύα χρησιμοποιούνται δύο

κλωβοί οπλισμού, ένας εσωτερικός παρά την περίμετρο του υποστυλώματος και ένας εξωτερικός. Μεταξύ των τμημάτων του κάθε κλωβού δένονται (και ηλεκτροσυγκολλούνται) εναλλάξ ισχυροί και πυκνοί συνδετήρες.



Σχήμα

3.8

Αρχική σύνθεση κλωβού από δύο τμήματα σχήματος ορθής γωνίας, και κάτοψη του άμεσου μανδύα «σπασμένου» υποστύλωματος.

3.3.2.α.2 Αντιστηρίξεις

Αντιστήριξη συνιστάται σε δομήματα τα οποία παρουσιάζουν προβλήματα πλευρικής ευστάθειας, λόγω έντονων και αισθητών οριζόντιων μετακινήσεων.

Με την αντιστήριξη επιτυγχάνεται :

- Μείωση του κινδύνου περαιτέρω απόκλισης του δομήματος από την κατακόρυφο.
- Μείωση του κινδύνου μερικής ή ολικής κατάρρευσης του κτιρίου.
- Παρεμπόδιση των πλευρικών παραμορφώσεων, των φαινομένων ερπυσμού κ.λπ..
- Εξασφάλιση προσωρινής ευστάθειας της κατασκευής έναντι οριζόντιων δράσεων.

Η εξασφάλιση μιας βλαμμένης κατασκευής έναντι οριζόντιων φορτίων είναι αναγκαία, ιδίαιτερα σε κατασκευές με εύκαμπτους ορόφους, λόγω μικρού αριθμού ή απουσίας τοιχωμάτων από Ο.Σ., σε συνδυασμό με την απουσία τοίχων πληρώσεως. Η αντιστήριξη μπορεί να γίνει με μία από τις ακόλουθες μεθόδους :

(α) Αντιστήριξη με αντηρίδες (λοξή):

Είναι η πιο συνηθισμένη προσωρινή μέθοδος παραλαβής οριζόντιων δυνάμεων, οι οποίες αναπτύσσονται λόγω απόκλισης του κτιρίου από την κατακόρυφο, λόγω

θραύσης κατακόρυφων στοιχείων ή λόγω υποχώρησης της θεμελίωσης. Ως υλικό χρησιμοποιείται συνήθως χονδροξυλεία, σπανιότερα δε και χαλύβδινα στοιχεία.

(β) Αντιστήριξη με διαγώνιους συνδέσμους:

Εφαρμόζεται όταν δεν είναι δυνατή η εξωτερική αντιστήριξη με αντηρίδες λόγω ελλείψεως χώρου. Η μέθοδος συνίσταται στην κατασκευή πλαισίου σχήματος Π ή □, του οποίου οι κατακόρυφοι στύλοι συνδέονται με χιαστί διαγώνιους συνδέσμους. Τα πλαίσια και οι διαγώνιοι αυτοί σύνδεσμοι είναι συνήθως από χονδροξυλεία ή χάλυβα.

(γ) Αντιστήριξη με εσωτερικούς ελκυστήρες:

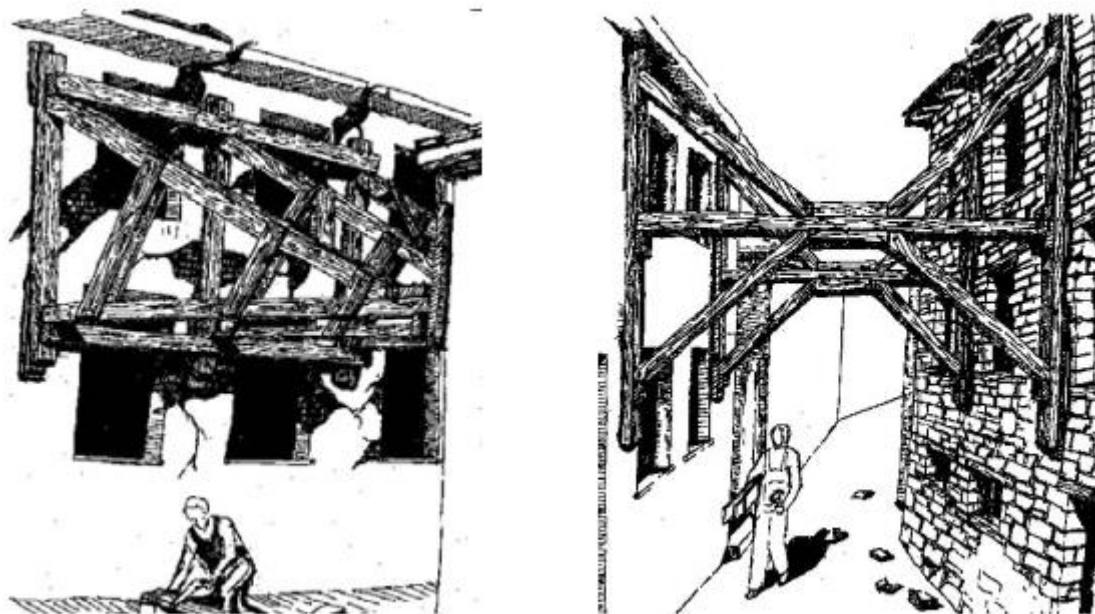
Εφαρμόζεται για την συγκράτηση τοίχων που αποκλίνουν από την κατακόρυφο, ή εξωτερικών τοίχων που έχουν αποκολληθεί. Χρησιμοποιούνται κατάλληλοι ελκυστήρες (με ακραίες αγκυρώσεις) και προεντείνονται με αρμοκλείδες (συνήθως).

(δ) Αντιστήριξη με εξωτερικούς δακτυλίους:

Εφαρμόζεται για την εξωτερική περίδεση μικρών κτιρίων, για τρούλους, θόλους κ.λπ.. Συνήθως χρησιμοποιούνται ελκυστήρες ή χαλύβδινες ταινίες, με κατάλληλα στοιχεία αγκύρωσης, εκτροπής κ.λπ..

(ε) Οριζόντια αντιστήριξη («αιωρούμενη») (σχ. 3.9):

Εφαρμόζεται όταν είναι αδύνατη η κατασκευή λοξής αντιστήριξης λόγω ελλείψεως χώρου, ή όταν απαιτείται η δημιουργία στοάς για διέλευση πεζών ή συνεργείων κ.λπ.. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η δυνατότητα στερέωσης των σανιδωμάτων και των αντηρίδων σε ένα ασφαλές απέναντι κτίριο (σε μικρή απόσταση).



Σχήμα 3.9 Παραδείγματα οριζόντιας αντιστήριξης.

3.3.2.α.3 Καθαιρέσεις

Πολλές φορές απαιτείται η άμεση καθαίρεση/ απομάκρυνση των μισοκαμμένων και επικρεμάμενων δομικών στοιχείων τα οποία είναι πιθανόν να αποκολληθούν από προσόψεις κτιρίων, ή στο εσωτερικό τους. Παράλληλα, επιδιώκεται η εξασφάλιση της ασφαλούς και απρόσκοπτης διακίνησης πεζών και οχημάτων, μέσω της οποίας επιταχύνεται η επαναφορά του κανονικού ρυθμού ζωής στην περιοχή.

3.3.3.Επεμβάσεις σε επιχρίσματα

Οι κυριώτερες επεμβάσεις που εφαρμόζονται στα επιχρίσματα είναι οι εξής, ανάλογα με την περίπτωση:

α. Ρηγμάτωση επιχρισμάτων

Εφαρμόζεται συνήθως απλή σφράγιση των ρωγμών (τσιμεντοκονία με ψιλό μυστρί). Για πολλές ρωγμές, ίσως έντονες, μπορεί να εφαρμοστεί αντικατάσταση επιχρισμάτων

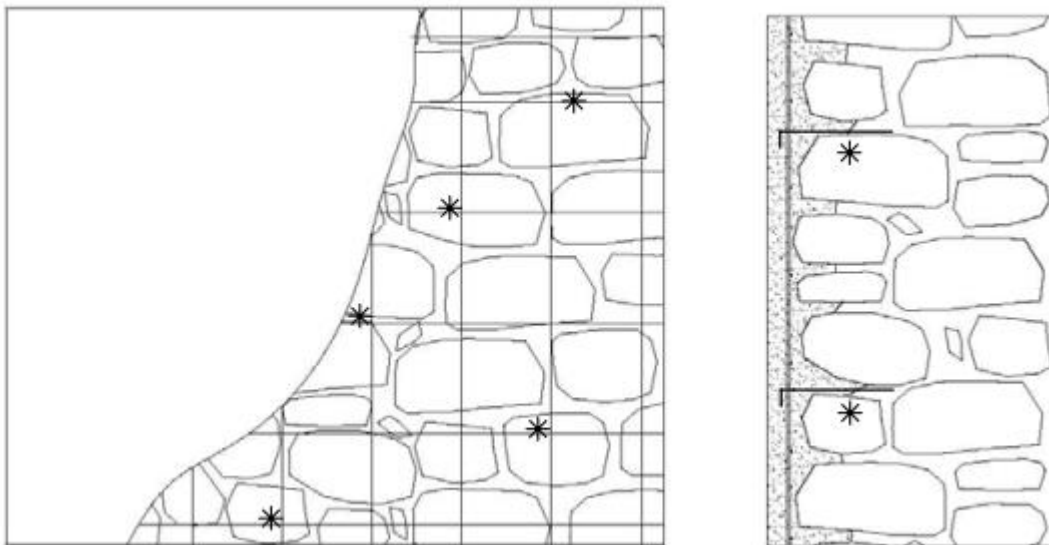
β. Αποκόλληση και πτώση επιχρισμάτων:

Εφαρμόζεται αντικατάσταση των επιχρισμάτων, με φροντίδα για την εξασφάλιση καλής πρόσφυσης (π.χ. μέσω τραχύτητας, ασταρώματος, χρήσης ινών κ.λπ.).

Σε περίπτωση που το πάχος του επιχρίσματος υπερβαίνει τα $15\text{mm} \div 20\text{mm}$, υποχρεωτικά ενισχύεται/οπλίζεται με (σχ. 3.10):

(α) Ελαφρά πλέγματα (τα οποία στερεώνονται με μηχανικά μέσα στα φέροντα στοιχεία), από χάλυβα (κοτετσόσυρμα, κουνελόσυρμα) ή γυαλί, και

(β) Ίνες (σε κατάλληλη δόση), από χάλυβα ή πολυπροπυλένιο.



Σχήμα 3.10 Οπλισμένο επίχρισμα (*: πυκνή στερέωση, π.χ. καρφίδες $4/m^2$ όψεως).

3.3.4.Επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα

Δεδομένου ότι το κτίριο που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα, κρίνεται αναγκαίο στο σημείο αυτό να παρουσιαστούν οι κυριότερες επεμβάσεις σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

3 . 3 . 4 . α . Τ ο ι χ ο π λ η ρ ώ σ ε ι ς

Οι επεμβάσεις που εφαρμόζονται στις τοιχοπληρώσεις, ανάλογα με τη βλάβη που υφίστανται είναι οι εξής:

α. Βλάβη (ή και φθορά) διαζωμάτων, κυρίως διαμπερείς ρωγμές:

Εφαρμογή απλών τεχνικών επισκευής όπως είναι η σφράγιση ή/και πλήρωση των ρωγμών, με εποξειδική κόλλα κατάλληλου ιξώδους. Σημειώνεται ότι ενδέχεται οι ρωγμές αυτές να είναι δηλωτικές ανάγκης ενίσχυσης (π.χ. μέσω μεθόδων για δοκούς Ο.Σ.) και όχι απλής επισκευής.

β. Ρωγμές στα σώματα των τοίχων (γενικώς διαμπερείς):

Εφαρμογή συμβατικών τεχνικών όπως είναι η απλή σφράγιση ή/και συρραφή των ρωγμών, μέσα στο σώμα του τοίχου ή στα επιχρίσματα, με λωρίδες πλεγμάτων.

γ. Αποσύνδεση τοιχοπληρώσεων και σκελετού:

- Σε περίπτωση ελαφρών ρωγμών αποκόλλησης ($t < 5mm$) εφαρμόζεται η τεχνική της απλής σφράγισης με ψιλό μυστρί.
- Σε περίπτωση έντονων ρωγμών αποκόλλησης ($t > 5mm$) εφαρμόζεται η τεχνική της συρραφής, με χαλύβδινα στοιχεία.
- Σε περίπτωση καί μετακίνησης του τοίχου εκτός επιπέδου (μεγαλύτερης π.χ. των $15mm$) επιβάλλεται η καθαίρεση/ανακατασκευή.

δ. Αποδιοργάνωση της πλινθοδομής:

Είναι αναγκαία η καθαίρεση/ ανακατασκευή του «καμμένου» τοίχου, εάν παρατηρείται έντονη αποσύνθεση του κονιάματος των αρμών και θραύση των φλοιών των τοιχοσωμάτων. Αλλιώς, όταν βεβαιωμένα μόνο το κονίαμα έχει φθαρεί, θα αποκαθίσταται με μεθόδους και υλικά αρμολόγησης.

3.3.4.β. Σκελετός Ο.Σ.

Οι επεμβάσεις που εφαρμόζονται στο σκελετό του οπλισμένου σκυροδέματος, ανάλογα με τη βλάβη που υφίσταται είναι οι εξής:

α. Ρωγμές σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος:

Εφαρμογή απλών τεχνικών επισκευής όπως είναι η σφράγιση ή/και πλήρωση των ρωγμών, με εποξειδική κόλλα κατάλληλου ιξώδους. Σημειώνεται ότι ενδέχεται οι ρωγμές αυτές να είναι δηλωτικές ανάγκης ενίσχυσης και όχι απλής επισκευής.

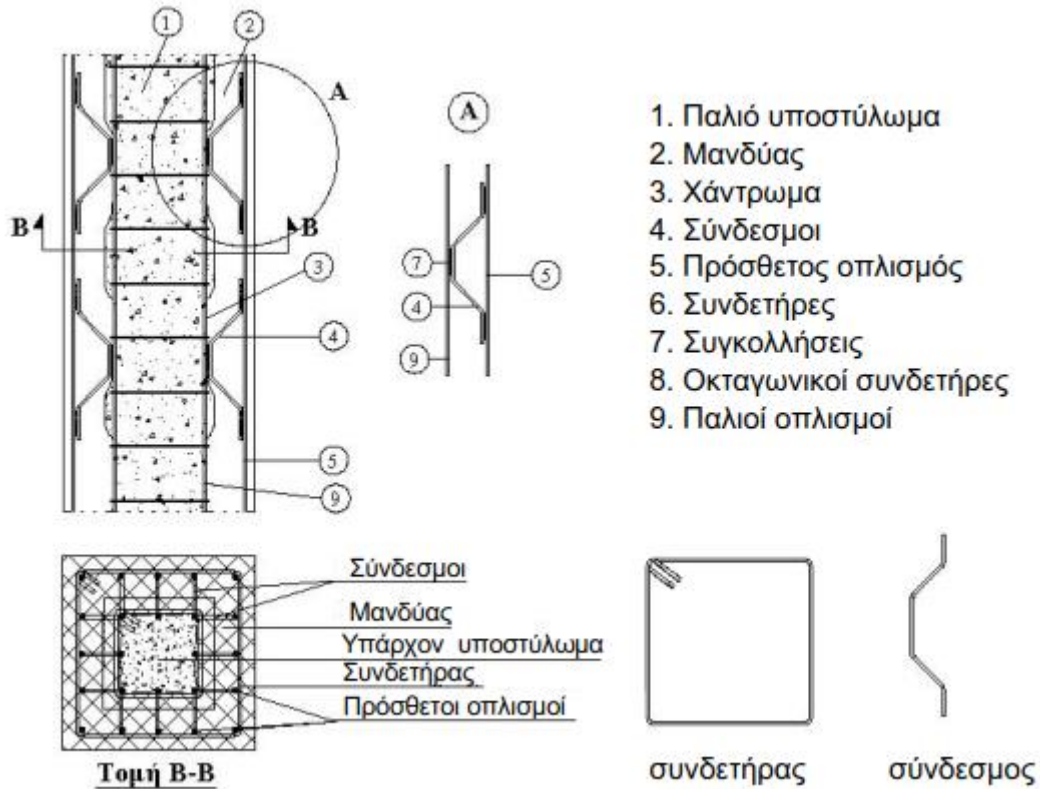
β. Κάτω καμμένες πλάκες/δοκοί (σε ανοίγματα), εκτινάξεις σκυροδέματος (τοπικές ή μή) χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα:

Επισκευή με την βοήθεια εκτοξευόμενου λεπτοσκυροδέματος (shotcrete), με ή χωρίς ελαφρά πλέγματα.

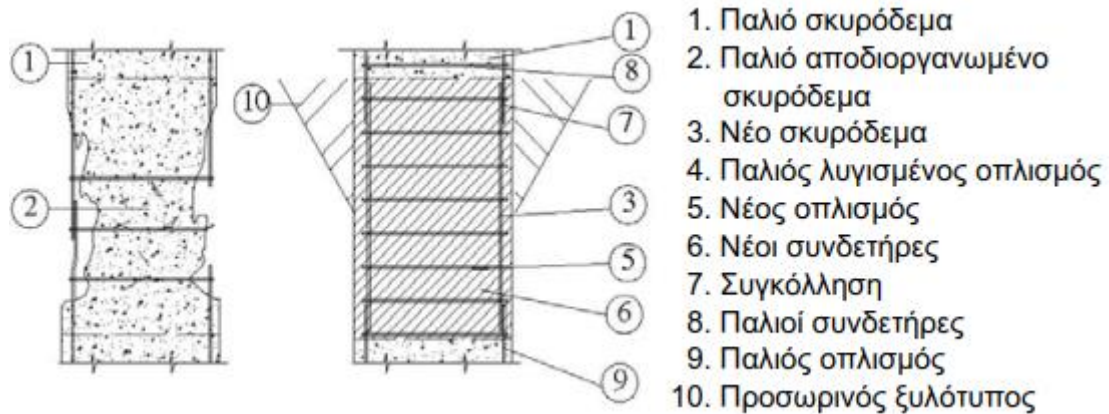
γ. Αστοχίες υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων:

(1) Σε περίπτωση βαθιών εκτινάξεων σκυροδέματος σε υποστυλώματα ή τοιχώματα, με εκτεθειμένους/λυγισμένους ή και κομμένους οπλισμούς και προβλήματα συνδετήρων, ενδέχεται να είναι αναγκαία η προσθήκη μανδύα Ο.Σ..(σχ.3.11)

(2) Σε περίπτωση ύπαρξης πολλαπλών (ίσως έντονων) ρωγμών σε υποστυλώματα ή τοιχώματα, σε συνδυασμό πάντα με προβλήματα οπλισμού και αποδιοργάνωση σκυροδέματος, ενδέχεται να είναι αναγκαία η προσθήκη μανδύα Ο.Σ. Σημειώνεται ότι πριν από την ενίσχυση του στοιχείου με μανδύα Ο.Σ., προηγείται η τοπική αποκατάσταση στην περιοχή της βλάβης (π.χ. ενέσεις ή/και εφαρμογή της μεθόδου «ίσης διατομής»-σχ. 3.12).



Σχήμα 3.11 Ενίσχυση υποστυλώματος με προσθήκη μανδύα Ο.Σ..



Σχήμα

3.12

Τοπική αποκατάσταση ίσης διατομής υποστυλώματος, σε περίπτωση πλήρους αποδιοργάνωσης της βλαβείσας περιοχής.

δ1. Μεγάλα παραμένοντα βέλη κάμψης (έως και $l/25$) σε πλάκες και δοκούς:

Είναι αναγκαία είτε η καθαίρεση/ανακατασκευή των στοιχείων (όχι εύκολη, λόγω αναπόφευκτων πληγών στους παλιούς οπλισμούς), είτε η τοποθέτηση στρώσεων οπλισμένου λεπτοσκυροδέματος πάνω/κάτω, οπότε όμως τα πρόσθετα βάρη ενδέχεται να είναι σημαντικά.

δ2. Εκτεθειμένοι/λυγισμένοι ή και κομμένοι οπλισμοί, μάλλον τοπικώς:

Εφαρμόζεται κοπή / ηλεκτροσυγκόλληση και κάρφωμα των ράβδων οπλισμού (με βλήτρα/αγκύρια), έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η σύνδεσή τους με το σκυρόδεμα. Για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις εφαρμόζεται ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων (ΚΤΧ 2008), ενώ για την καλή συνάφεια του οπλισμού και του σκυροδέματος χρησιμοποιούνται κατάλληλα αστάρια και ειδικές κονίες (π.χ. με βάση το τσιμέντο).

ε. Πλάκες με νευρώσεις, μέ ή χωρίς κάτω πλάκα:

Τέτοιες καμμένες πλάκες με νευρώσεις, είναι πιο εύτρωτες στην πυρκαγιά, ενώ και η επισκευή ή ενίσχυσή τους είναι πιο δύσκολη. Συνήθως, εφαρμόζονται καθολικοί μανδύες στο κάτω πέλμα τους, αφού προηγηθεί η διάταξη (εμφάνιση) και στερέωση νέων ελαφροσωμάτων πλήρωσης (από πολυστερίνη).

3.3.5. Υλικά αποκατάστασης πυρόπληκτων κτιρίων

Στην παρούσα παράγραφο, γίνεται μια αναλυτικότερη παρουσίαση των υλικών με τα οποία γίνεται η αποκατάσταση των πυρόπληκτων κτιρίων, τα οποία αναφέρονται στα προηγούμενα.

3.3.5.α. Εποξειδικές κόλλες

Οι εποξειδικές κόλλες ανήκουν στην κατηγορία των πολυμερικών κολλών και αποτελούν τα πλέον διαδεδομένα και ενδεδειγμένα πολυμερή για τις διαδικασίες επισκευής και ενίσχυσης κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος εκτεθειμένων σε υψηλά θερμικά φορτία (πυρκαγιά) 101

Γενικά οι πολυμερικές κόλλες είναι συγκολλητικά υλικά που δημιουργούνται από την "επί τόπου" ανάμιξη των δύο συστατικών . Το πρώτο είναι το πολυμερές που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση (συστατικό Α) και το δεύτερο είναι ο σκληρυντής (συστατικό Β). Η ανάμιξη τους σ' ένα ομοιογενές υλικό δημιουργεί ένα ισχυρό συγκολλητικό υλικό, με ασυναγώνιστες σε πολλές περιπτώσεις ιδιότητες. Αυτός είναι ο λόγος που οι πολυμερικές κόλλες έχουν ευρύτατη εφαρμογή στον τομέα των επισκευών και των ενισχύσεων. Επιπλέον, τα πλεονεκτήματα χρήσης των πολυμερικών κολών είναι τα εξής:

- κατανέμουν τα φορτία σε μεγαλύτερη επιφάνεια μειώνοντας έτσι τις τοπικές εντάσεις
- η χρήση τους επιτρέπει την πλήρη επαφή των προς σύνδεση στοιχείων χωρίς να απαιτούνται τροποποιήσεις στο σχήμα ή την επιφάνεια επαφής τους
- δημιουργούν ένα αδιαπέραστο φράγμα υγρασίας

Τα κυριώτερο μειονεκτήματα των εποξειδικών κολών είναι ότι απαιτούν ειδικό προγραμματισμό των εργασιών επέμβασης επειδή:

(α) ο χρόνος εργασιμότητας τους (pot life) δηλαδή ο χρόνος που η ρευστότητά τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν , είναι μικρός και

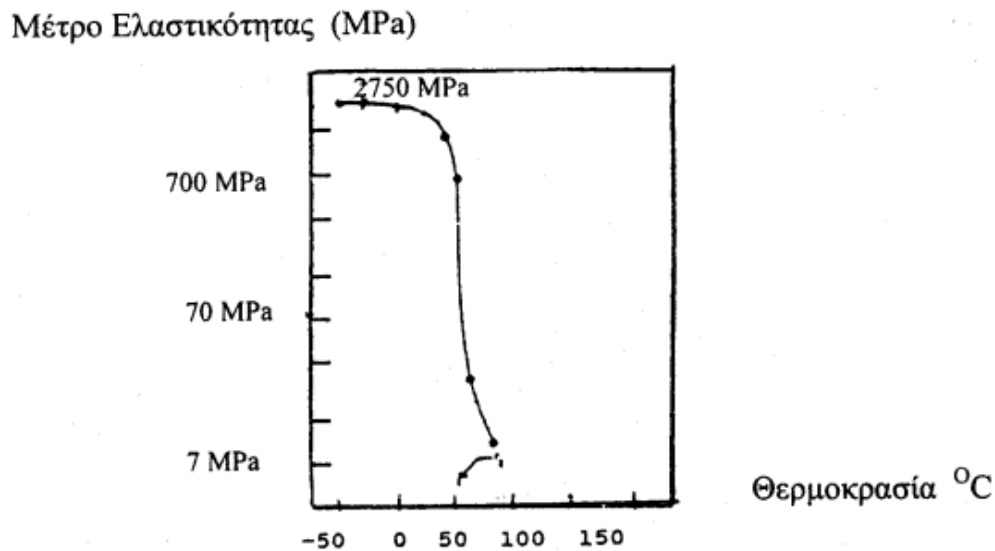
(β) τα στοιχεία που συγκολλήθηκαν θα πρέπει να παραμείνουν αδιατάρακτα για όσο χρόνο (ώρες ή ημέρες) διαρκεί η συγκόλλησή τους.

Εξάλλου δεν πρέπει να λησμονούνται τα βασικά προβλήματα, όλων των ρητινοειδών υλικών, που οφείλονται στο γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά τους είναι διαφορετικά από αυτά του σκυροδέματος και πολλές φορές καθορίζουν τα όρια εφαρμογής της παραπάνω τεχνικής.

Ως τέτοια μπορούν να επισημανθούν:

α) Η μικρή αντοχή του υλικού σε υψηλές θερμοκρασίες. Όπως είναι γνωστό από την βιβλιογραφία τα χαρακτηριστικά της κόλλας, αρχίζουν να αλλάζουν και η αντοχή της μειώνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των $50^{\circ}C$. Στο Σχήμα 3.13, παρουσιάζεται αυτή η

επίδραση στο Μέτρο Ελαστικότητας. Τελικά η κόλλα καίγεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 250° C. Γίνεται ως εκ τούτου προφανής ο κίνδυνος που δημιουργείται σε περίπτωση πυρκαγιάς και γι' αυτό απαιτείται να ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας των επισκευασμένων δομικών στοιχείων.



Σχήμα 3.13 Επίδραση θερμοκρασίας στο Μέτρο Ελαστικότητας

β) Το Μέτρο Ελαστικότητας του υλικού είναι πολύ μικρότερο από αυτό του σκυροδέματος. Εν γένει είναι μικρότερο από το 1/10 της τιμής του Μέρου Ελαστικότητας του συνηθισμένου σκυροδέματος.

Κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας της συγκόλλησης είναι η προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να είναι υγιής και καθαρή. Εξάλλου επισημαίνεται ότι εάν δεν έχουν αποκαλυφθεί τα χονδρόκοκκα αδρανή, η αντοχή της σύνδεσης θα είναι μειωμένη. Αυτό επιβάλλεται από το γεγονός ότι η αντοχή της σύνδεσης εξαρτάται από την αντοχή του ασθενέστερου συγκολλημένου στοιχείου ενώ η επιδερμική στρώση σκυροδέματος είναι πάντοτε ασθενέστερη από το σκυρόδεμα που είναι κάτω από την επιφάνεια.

Οι συνηθέστερες χρήσεις της κόλλας στο τομέα των επισκευών και ενισχύσεων είναι:

- (α) η συγκόλληση νωπού ή σκληρυμένου σκυροδέματος σε σκληρυμένο σκυρόδεμα,
- (β) η συγκόλληση άλλων υλικών στο σκυρόδεμα,
- (γ) οι αγκυρώσεις ράβδων σε σκληρυμένο σκυρόδεμα και
- (δ) η επισκευή ρωγμών στο σκυρόδεμα.

3.3.5.β. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (shotcrete ή gunite) είναι σκυρόδεμα λεπτής διαβάθμισης αδρανών που σκυροδετείται με εκτόξευση. Η εφαρμογή του απαιτεί πάντα, ειδικό εξοπλισμό και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Η ευρέως διαδεδομένη χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στις επισκευές/ενισχύσεις κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος ή ακόμα και κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία οφείλεται κυρίως στα παρακάτω τέσσερα χαρακτηριστικά του:

1. Έχει υψηλή θλιπτική αντοχή επειδή ο υδατοσυντελεστής N/T είναι χαμηλός και επειδή επιτυγχάνεται υψηλή συμπύκνωση λόγω της μεγάλης ταχύτητας εκτόξευσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι αντοχές της τάξης των 70 MPa βρίσκονται μέσα στα πλαίσια συνήθους εφαρμογής της τεχνικής. Πάντως στην καθ' ημέρα πράξη, οι αντοχές που επιδιώκονται δεν ξεπερνούν τα 50 MPa, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι αντοχές μέχρι 35 MPa επιτυγχάνονται σχετικά εύκολα.
2. Η μεγάλη ταχύτητα εκτόξευσης παρέχει δυνατότητα πολύ καλής πρόσφυσης με το υλικό βάσης. Οι διαστάσεις των κόκκων των αδρανών παρέχουν μεγάλη ικανότητα διείσδυσης μέσα στις μικροανωμαλίες της επιφάνειας βάσης.
3. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αυτοστηρίζεται δηλαδή δεν απαιτείται ξυλότυπος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και στο κάτω μέρος οριζοντίων στοιχείων σε στρώσεις πάχους μέχρι και 50 mm.
4. Η εγκατάσταση είναι κινητή και σε συνδυασμό με το είδος του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται επιτρέπει την σκυροδέτηση σε δύσκολες και δυσπρόσιτες θέσεις. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθεί ότι "αν υπάρχει χώρος για έναν άνθρωπο και ένα λάστιχο, μπορούμε να σκυροδετήσουμε".

3.3.5.γ. Οπλισμένο ή ινοπλισμένο επίχρισμα

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις όπου δεν είναι απαιτητή η διατήρηση της όψης της λιθοδομής και με στόχο την αύξηση των αντοχών της τοιχοποιίας. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί είτε μονόπλευρα (Σχ. 3.10), μέσω κατάλληλων φωλιών στην τοιχοποιία για την αποτελεσματική αγκύρωση του επιχρίσματος, είτε αμφίπλευρα, με κατάλληλες διαμπερείς συνδέσεις.

Το οπλισμένο επίχρισμα εφαρμόζεται στα εξής στάδια:

Στάδιο 1: Διαμόρφωση αγκυρώσεων σε ικανοποιητικό βάθος στην επιφάνεια του τοίχου και στο περιμετρικό σύστημα δαπέδου, οροφής και σημείων επαφής με εγκάρσιους τοίχους για την καλή στήριξη του επιχρίσματος.

Στάδιο 2: Δημιουργία εύπλαστου επιχρίσματος με τη χρήση ινών ή εναλλακτικά διάταξη ελαφρού δομικού πλέγματος ή κοτετσούρματος καλά τεντωμένου και αγκυρωμένου βαθιά στους αρμούς του τοίχου.

Στάδιο 3: Τοποθέτηση επιχρίσματος σε διαδοχικές φάσεις και διαμόρφωση της τελικής όψης, απαλλαγμένης από ίνες (σε περίπτωση χρήσης ινοπλισμένου επιχρίσματος). Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται συστηματική και προσεκτική συντήρηση με συχνά καταβρέγματα και για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα.

Κεφάλαιο 4^ο – Εξεταζόμενο παράδειγμα: Πολυώροφη οικοδομή στην πόλη της Καβάλας

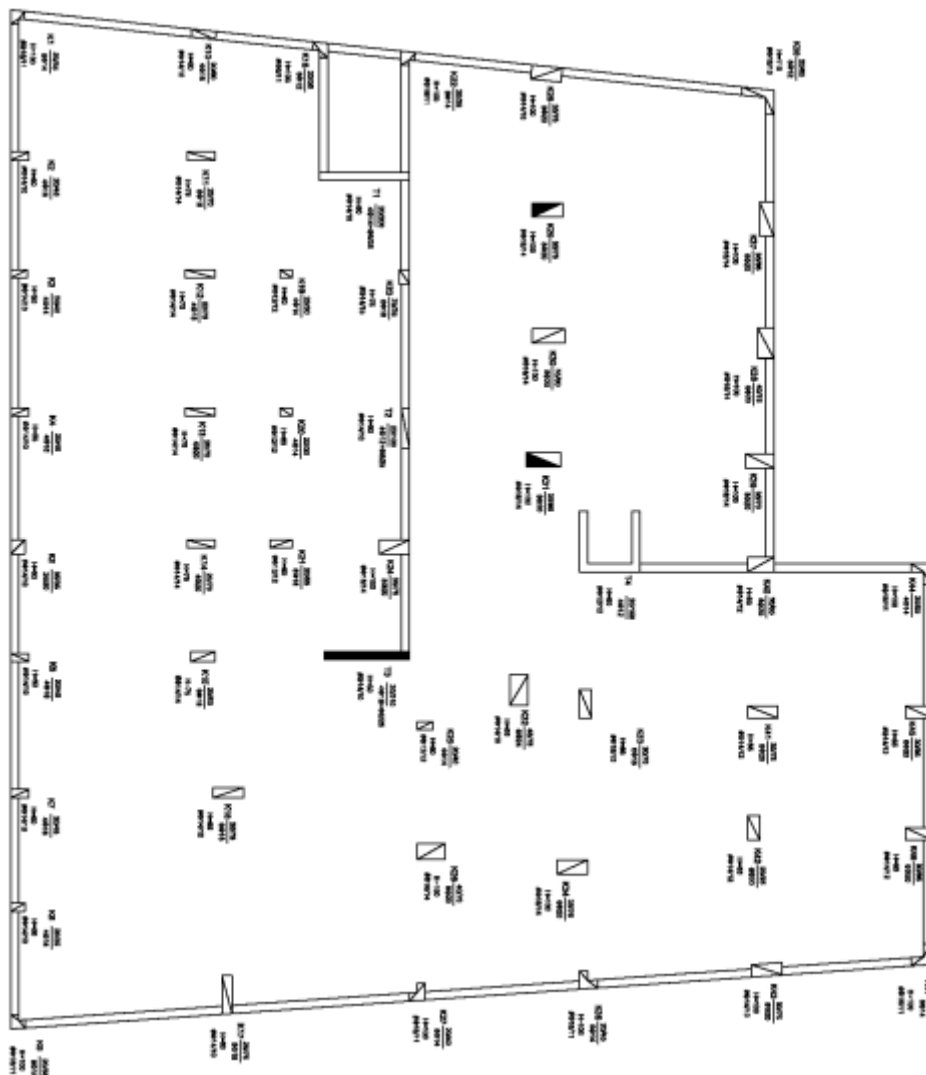
4.1 Περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης κτιρίου – οπτικός έλεγχος.

Αντικείμενο της παρούσας ερευνητικής εργασίας αποτελεί μια πολυώροφη οικοδομή από οπλισμένο σκυρόδεμα, η πιλοτή της οποίας εκτέθηκε σε φωτιά. Πραγματοποιήθηκε μια σειρά από διερευνητικές εργασίες από την εταιρεία Δομοδιάγνωση. Σκοπός των διερευνητικών εργασιών είναι να προσδιοριστεί το κατά πόσο και μέχρι ποιο βάθος επηρεάστηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος που έχει εκτεθεί στις υψηλές θερμοκρασίες της πυρκαγιάς. Ταυτόχρονα, με στόχο την επιβεβαίωση της υλοποίησης της εγκεκριμένης στατικής μελέτης από την πολεοδομία, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληπτικές ανιχνεύσεις οπλισμών. Συγκεκριμένα, οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής:

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-ασβεστοποίησης, μέσω μέτρησης της αλκαλικότητας του σκυροδέματος, λόγω της έκθεσης σε φωτιά στους πυρήνες που αποκόπηκαν από προσβεβλημένες περιοχές συγκριτικά με αυτούς από μη προσβεβλημένες
4. Ανιχνεύσεις οπλισμών με εκτίμηση θέσης, πάχους επικάλυψης και διαμέτρου οπλισμών.

Στα επόμενα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων που πραγματοποιήθηκαν όπως αναφέρθηκε παραπάνω από την εταιρεία Δομοδιάγνωση.

Για τον οπτικό έλεγχο, χρησιμοποιήθηκε το σχέδιο θεμελίωσης της εγκεκριμένης στατικής μελέτης το οποίο παρουσιάζεται στο σχ. 4.1. Από 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 επίχρισμα πάχους περίπου 3 cm το οποίο στην περιοχή που αναφέρεται έχει καταρρεύσει και φαίνονται οι επιφάνειες σκυροδέματος. Στην Εικόνα 4.3 φαίνεται το υποσύλωμα K37 το οποίο διατήρησε το επίχρισμά του και καπνισμένο μόνο στο ανώτερο τμήμα του. Στις πλάκες επίσης υπήρχε επίχρισμα που καταστράφηκε με τη φωτιά, με ορατές πλέον θερμομονωτικές πλάκες ξυλόμαλλου Heraklith. (Είκ. 4.1 και 4.2).



Σχήμα 4.1 Κάτοψη όπου φαίνεται η αρίθμηση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων.



Εικόνα 4.1 α. Εκτίναξη της επικάλυψης οπλισμών, β. Θερμομονωτικές πλάκες



Εικόνα 4.2 Επίχρισμα που διατηρήθηκε



Εικόνα 4.3 Υποστύλωμα K37



Εικόνα 4.4 Αριστερά δείγμα σκυροδέματος από το τοίχιο T1 που εκτέθηκε σε φωτιά και δεξιά δείγμα από υγιή περιοχή

Στην Εικόνα 4.4 παρουσιάζονται δύο δείγματα σκυροδέματος από περιοχή που εκτέθηκε σε φωτιά και συγκεκριμένα από το τοίχιο T1 και από υγιή περιοχή. Το σκυρόδεμα που εκτέθηκε σε φωτιά έχει μια ροζ απόχρωση σε αντίθεση με το υγιές που είναι γκρι. Οι συγκεκριμένες ενδείξεις οδηγούν στην εκτίμηση ότι η μέγιστη πιθανή αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο σκυρόδεμα είναι:

- σύμφωνα με τον Πρακτικό Οδηγό των ΤΕΕ και ΕΜΠ 2008 μεταξύ 300 °C και 600 °C
- σύμφωνα με την οδηγία fib (2008) “Fire design of concrete structures – structural behaviour and assessment” State of the art report, fib bulletin 46, 2008, 600 °C

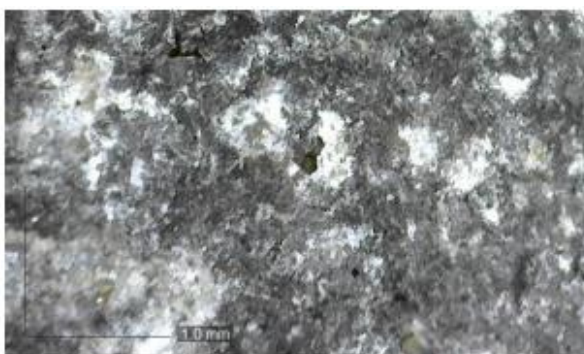
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται φωτογραφίες που λήφθηκαν επιτόπου στο έργο αλλά και εργαστηριακά στα δοκίμια σκυροδέματος με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Στην Εικόνα 4.5 φαίνεται δείγμα σκυροδέματος από περιοχή που εκτέθηκε σε φωτιά με επιφανειακές μικρορηγματώσεις εύρους 0.10 mm. Στις εικόνες 4.6 και 4.7 φαίνονται δείγματα από περιοχή καμμένης και υγιούς επιφάνειας σκυροδέματος αντίστοιχα.



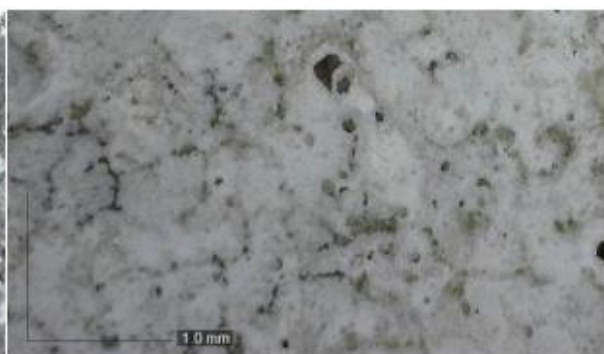
Εικόνα 4.5 Εξέταση δείγματος με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο



Εικόνα 4.6 Δείγμα σκυροδέματος από περιοχή που εκτέθηκε σε φωτιά



Εικόνα 4.7 Καμένη επιφάνεια σκυροδέματος



Εικόνα 4.8 Υγιής επιφάνεια σκυροδέματος

4.2 Αξιολόγηση εργαστηριακού ελέγχου

4.2.1 Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών σκυροδέματος

4.2.1.α. Πυρηνοληψία και έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών

Αποκόπηκαν συνολικά 6 πύρινες, 4 από κατακόρυφα δομικά στοιχεία της πυλωτής που εκτεθήκαν σε φωτιά και 2 από το υπόγειο του κτιρίου από υγιή δομικά στοιχεία, μετά από υπόδειξη των θέσεων από τούς μελετητές μηχανικούς του έργου (Εικόνα 4.8. 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 φωτιάς (χαμηλότερε αναπτυσσόμενες θερμοκρασίας χαμηλά, υψηλότερες στην οροφή). Τα δοκίμια με κωδικές ονομασίες *K11*, *K12*, *K29* και *T1* της πυλωτής ελήφθησαν από τα αντίστοιχα δομικά στοιχεία που φαίνονται στο Σχήμα 4.1, 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 ζουν διάμετρο 100 mm. Τα υπόλοιπα ζουν διάμετρο 50 mm καθώς κρίθηκε ότι με μεγαλύτερη διάμετρο θα διαταράσσονταν σημαντικά η διατομή των δομικών στοιχείων. Τα δοκίμια αφού διαμορφώθηκαν σε τροχό, καπελωθήκαν με ειδικούς δίσκους από νετρόνιο, 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)



Εικόνα 4.9 Λήψη πυρήνα από τοίχιο



Εικόνα 4.10 Το σύνολο των πυρήνων που αποκόπηκαν

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών των πυρήνων. Η αντοχή πυρήνων με διάμετρο 50 mm αυξήθηκε κατά 7% , ώστε 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 30 mm που επηρέασε αρνητικά την αντοχή του, και για αυτό το λόγο δεν λήφθηκε υπόψη στους επόμενους υπολογισμούς (Εικόνα 4.11).



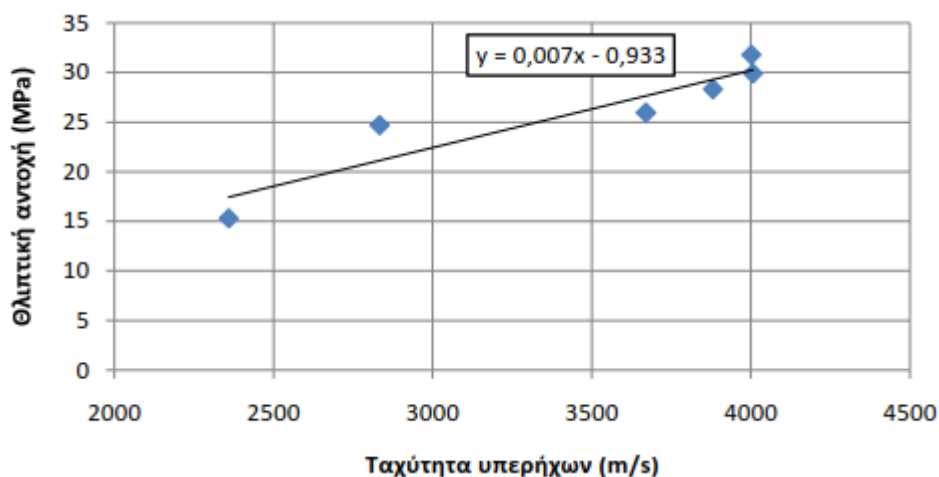
Εικόνα 4.11 Θραύση πυρήνων



Εικόνα 4.12 Κόκκος αδρανούς στο δοκίμιο *K11* που επηρέασε αρνητικά την αντοχή

Πίνακας 4.1 Αποτελέσματα ελέγχου πυρήνων σκυροδέματος

| Δοκίμιο | Διάμετρος D (mm) | H/D | Πυκνότητα (g/cm ³) | Ταχύτητα διέλευσης υπερήχων P-wave (km/s) | Θλιπτική αντοχή (MPa) | Διόρθωση αντοχής λόγω διαφορετικής διαμέτρου (EN12504-1) (MPa) |
|-------------|---------------------|-----|-----------------------------------|--|--------------------------|---|
| K11 | 50 | 1,3 | 2,050 | 2,360 | 12,38 | 13,25 |
| K12 | 50 | 1,4 | 1,972 | 3,672 | 20,66 | 22,11 |
| K29 | 50 | 1,5 | 2,080 | 3,881 | 22,19 | 23,74 |
| T1 | 100 | 1,1 | 2,190 | 2,834 | 21,81 | 21,81 |
| M.O. | | | 2,073 | 3,187 | 21,55 | 22,55 |
| K36 | 100 | 1,1 | 2,251 | 4,002 | 28,07 | 28,07 |
| K38 | 50 | 1,6 | 2,084 | 4,007 | 23,18 | 24,81 |
| M.O. | | | 2,168 | 4,005 | 25,63 | 26,44 |



Σχήμα 4.2 Διάγραμμα ταχύτητας υπερήχων – αντοχής όπως προέκυψε από τις δοκιμές πυρήνων

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., για την μετατροπή της αντοχής των πυρήνων σε κατηγορία σκυροδέματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σχέδιο προτύπου ΕΛΟΤ 344 το οποίο παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με κατάλληλη προσαρμογή στις ανάγκες της

μελέτης, εάν απαιτείται. Ακολουθούν οι υπολογισμοί χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο συντελεστής λ_3 ώστε να προκύψει αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου $15 \times 30 \text{ cm}$:

Πίνακας 4.2 Υπολογισμοί σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 344

| Δοκίμιο | k_ϕ | k_c | k_d | λ_1 | λ_2 | Ανηγγεμένη αντοχή κυλίνδρου 15 x 30 cm (MPa) | Μεταβολή σε σχέση με υγιές |
|-------------|----------|-------|-------|-------------|-------------|--|----------------------------------|
| K11 | 0,85 | 0,9 | 1 | 0,92 | 0,96 | - | - |
| K12 | 0,85 | 0,9 | 1 | 0,935 | 0,96 | 25,94 | -16% |
| K29 | 0,85 | 0,9 | 1 | 0,95 | 0,96 | 28,31 | -8% |
| T1 | 0,85 | 0,9 | 0,97 | 0,875 | 0,96 | 24,69 | -20% |
| M.O. | | | | | | 26,31 | -15% |
| K36 | 0,85 | 0,9 | 0,97 | 0,875 | 0,96 | 31,77 | |
| K38 | 0,85 | 0,9 | 1 | 0,96 | 0,96 | 29,89 | |
| M.O. | | | | | | 30,83 | |

Για το υγιές σκυρόδεμα προκύπτει μέση χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου $15 \times 30 \text{ mm}$ ίση με $30,83 \text{ MPa}$, ενώ για το σκυρόδεμα της πυλωτής $26,31 \text{ MPa}$. Η μέση μείωση της αντοχής στα δοκίμια σκυροδέματος που εκτέθηκε σε φωτιά είναι 15% σε σχέση με το υγιές. Ωστόσο, η μείωση για κάθε δοκίμιο και άρα δομικό στοιχείο διαφέρει, πιθανών λόγω της διαφορετικής διάρκειας έκθεσης ή μέγιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της φωτιάς.

4.2.1.β. Κρουσιμετρήσεις

Επιτόπου στο έργο για την εκτίμηση της επιφανειακής προσβολής του σκυροδέματος λόγω της φωτιάς πραγματοποιήθηκαν κρουσιμετρήσεις σε 6 δομικά στοιχεία της πυλωτής και σε 2 στο υπόγειο ως μετρήσεις αναφοράς υγιούς σκυροδέματος σύμφωνα με το πρότυπο *EN 12504-2*. Για κάθε θέση πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον 6 κρουσιμετρήσεις και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους $R_{average}$. Δεν υιοθετήθηκε απευθείας το διάγραμμα μετατροπής της ένδειξης κρουσιμέτρου σε αντοχή, αλλά πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση όπως προδιαγράφει το πρότυπο *EN 13791* λαμβάνοντας ως δεδομένα την ανηγμένη αντοχή πυρήνων. Προέκυψε συντελεστής διόρθωσης τιμών κρουσιμέτρου 1.73 για την πιλοτή, και 1.2 για το υπόγειο. Τα σχετικά αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.3 Βαθμονόμηση τιμών κρουσιμέτρου

| Δοκίμιο | Ανηγγμένη αντοχή (MPa) | Εκτίμηση αντοχής από διάγραμμα οργάνου (MPa) | Συντελεστής διόρθωσης τιμών κρουσιμέτρου |
|-------------|---------------------------|---|--|
| K11 | - | 12 | |
| K12 | 25,94 | 12 | |
| K29 | 28,31 | 14 | 1,73 |
| T1 | 24,69 | 14 | |
| M.O. | 26,31 | 13 | |
| K36 | 31,77 | 20 | |
| K38 | 29,89 | 24 | 1,20 |
| M.O. | 30,83 | 22,00 | |

Ακολουθούν τα αποτελέσματα εκτίμησης της αντοχής σκυροδέματος από κρουσίμετρο, όπου φαίνεται ότι τα δοκίμια της πυλωτής εμφανίζουν μειωμένες τιμές σε σχέση με το υγιές σκυρόδεμα. Ωστόσο, η μείωση της αντοχής δεν είναι ίδια καθώς κυμαίνεται από 2 έως 26%, ανάλογα με τη θέση του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα κρουσιμετρήσεων

| Στάθμη | Θέση | Ένδειξη κρουσιμέτρου R average | Εκτίμηση αντοχής από διάγραμμα οργάνου (MPa) | Εκτίμηση αντοχής (MPa) | Μεταβολή σε σχέση με υγιές |
|---------|------|-----------------------------------|---|---------------------------|----------------------------|
| Πυλωτή | K11 | 23 | 12 | 20,82 | -26% |
| | K12 | 23 | 12 | 20,82 | -26% |
| | K29 | 25 | 14 | 24,29 | -14% |
| | T1 | 25 | 14 | 24,29 | -14% |
| | K28 | 32 | 23 | 27,64 | -2% |
| | K37 | 32 | 23 | 27,64 | -2% |
| Υπόγειο | K36 | 32 | 23 | 27,64 | |
| | K38 | 33 | 24 | 28,84 | |

4.2.2 Επιμέρους έλεγχοι

4.2.2.α. Δοκιμή Pull off

Η συγκεκριμένη δοκιμή πραγματοποιήθηκε ως συμπληρωματική των υπολοίπων ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση της φωτιάς στα μηχανικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος, καθώς και για να ελεγχθεί το σκυρόδεμα σχετικά επιφανειακά ως υλικό πάνω στο οποίο θα εφαρμοστούν πιθανά υλικά επισκευής. Χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία του προτύπου *EN1015-12* που αφορά τη δοκιμή συνάφειας μεταξύ επιχρίσματος και σκυροδέματος. Η στρώση σκυροδέματος μέχρι βάθους *30 mm* θεωρείται ότι είναι ένα διαφορετικό υλικό σε σχέση με το σκυρόδεμα σε μεγαλύτερο βάθος. Η διαδικασία περιελάμβανε αρχικά την χρήση ανιχνευτή οπλισμού για την εύρεση περιοχής σκυροδέματος χωρίς οπλισμό. Στη συνέχεια, με αδιατάρακτη κοπή χαράχθηκε μια κυκλική εγκοπή διαμέτρου *50 mm* και πάχους *4 mm* μέχρι βάθους *30 mm* από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Ακολούθησε η απόξεση σαθρών τμημάτων της επιφάνειας του σκυροδέματος και συγκόλληση με εποξειδική πάστα μεταλλικού στελέχους. Μετά από *72* ώρες, το μεταλλικό στέλεχος εξόλκευτηκε από το σκυρόδεμα και καταγράφηκε το φορτίο και η μορφή αστοχίας (Εικόνες *4.12-4.13*). Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω Πίνακα. Οι τιμές της μέγιστης τάσης εξόλκευσης στις θέσεις της πιλοτής παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά τιμών και αστοχία υλικού σχετικά κοντά στην επιφάνεια του σκυροδέματος που εκτέθηκε σε φωτιά.



Εικόνα 4.13 Συσκευή εξόλκευσης



Εικόνα 4.14 Μορφή αστοχίας του *T1* της πιλοτής. Φαίνεται το μικρό βάθος στο οποίο συνέβη η αστοχία. Τα αδρανή φαίνεται να έχουν αποκολληθεί από την τσιμεντόπαστα



Εικόνα 4.15. Σύγκριση των *T1* και *K38* που βρίσκονται σε προβεβλημένη και υγιή περιοχή αντίστοιχα. Στο πρώτο η αστοχία συνέβη σε βάθος μόλις *0,3 cm* και τάση *0,05 MPa* με εμφανή τα σημεία αποκόλλησης των αδρανών. Στο *K38* η θραύση συνέβη στο μέγιστο βάθος των *3 cm* με τάση *1,78 MPa*, σημαντικά υψηλότερη καθώς παρατηρούνται θραυσμένα αδρανή τα οποία συμμετείχαν στον μηχανισμό παραλαβής δυνάμεων

Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα δοκιμής εξόλκευσης

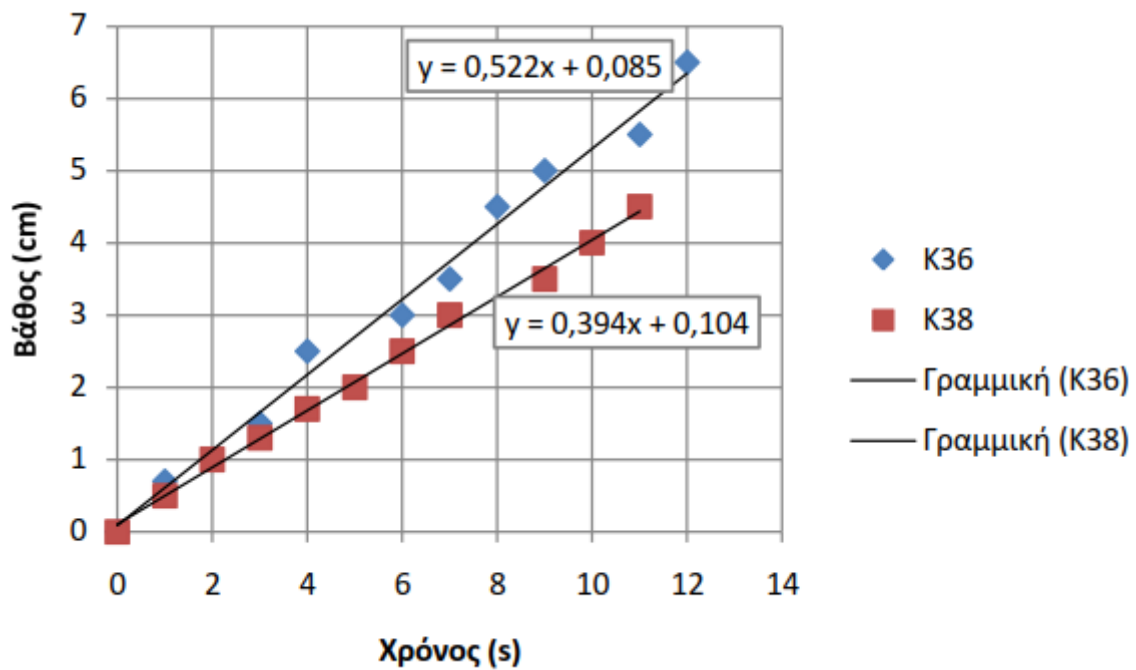
| Δοκίμιο | Μέγιστη τάση εξόλκευσης (MPa) | Ελάχιστο βάθος στο οποίο ξεκινά η αστοχία (cm) |
|-------------|----------------------------------|---|
| K11 | 0,20 | 0,5 |
| K12 | 0,05 | 0,3 |
| K29 | 0,05 | 0,3 |
| T1 | 0,05 | 0,3 |
| M.O. | 0,09 | |
| K36 | 1,58 | 2,8 |
| K38 | 1,78 | 3,0 |
| M.O. | 1,68 | |

4.2.2.β. Αντίσταση σε διάτρηση

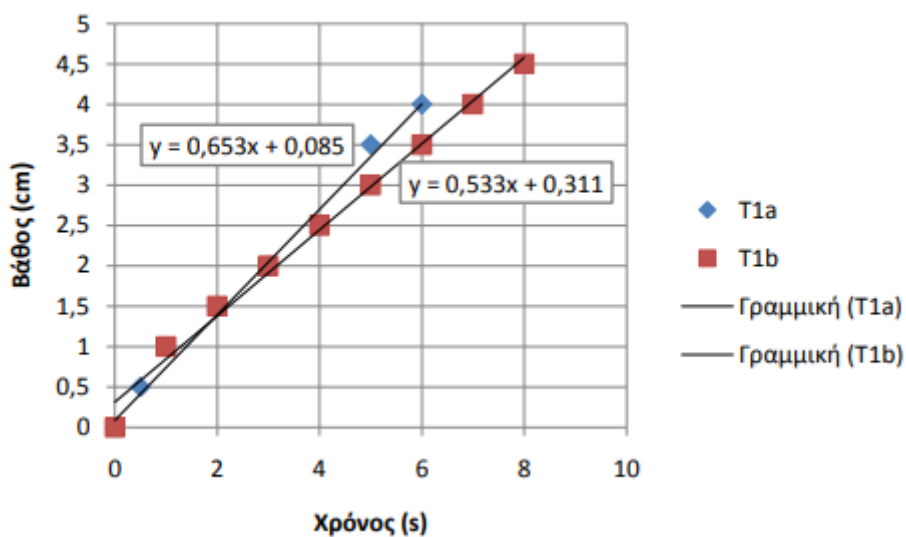
Ένα από τα πλεονεκτήματα της μέτρησης της αντίστασης του σκυροδέματος σε διάτρηση (drilling resistance) έναντι των συμβατικών μη καταστροφικών ελέγχων της επιφάνειας του σκυροδέματος (κρισιμότερους, ταχύτητα διέλευσης υπερήχων), είναι ότι το υλικό ελέγχεται σε βάθος. Σε περιπτώσεις έκθεσης σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες, η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για την εκτίμηση του βάθους μέχρι το οποίο το σκυρόδεμα έχει επηρεαστεί [Felicetti, R. The drilling resistance test for the assessment of fire damaged concrete, *Cement & Concrete Composites* 28 (2006), 321–329]. Η μέθοδος εφαρμόστηκε επιτόπου στο έργο μετρώντας την ταχύτητα διείσδυσης του τρυπανιού διαμέτρου 16 mm κατά τη διάτρηση με κρουστικό δράπανο. Μετρήθηκε η ταχύτητα διείσδυσης, πιέζοντας το δράπανο με την ίδια δύναμη κάθε φορά στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Ελεγχθήκαν τα υγιή δομικά στοιχεία του υπογείου K36 και K38, και το τοίχιο T1 σε δυο θέσεις στην πιλοτή. Μετρήθηκε το βάθος διείσδυσης με το χρόνο και σχεδιάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα, ενώ υπολογίστηκε επίσης και η ταχύτητα διείσδυσης για διαφορετικά βάθη η οποία μεγαλώνει όταν μικραίνει η αντοχή του σκυροδέματος.



Εικόνα 4.16. Δοκιμή αντίστασης σε διείσδυση του σκυροδέματος κατά τη διάτρηση με κρουστικό δράπανο



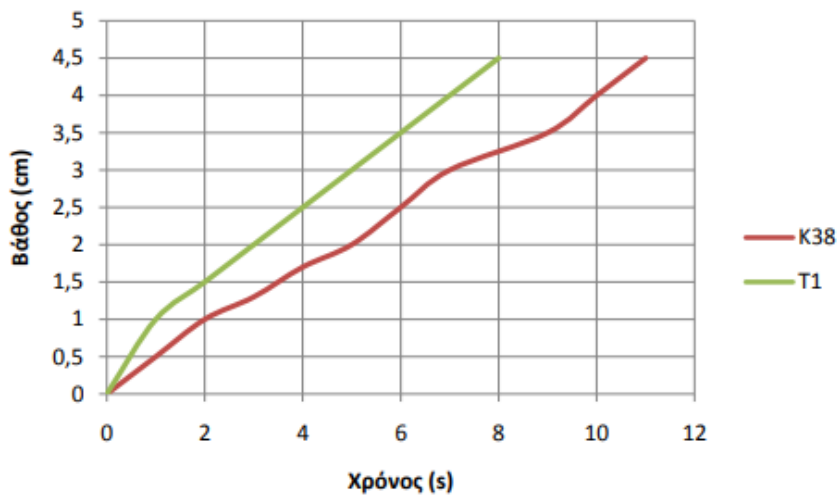
Σχήμα 4.3 Αποτελέσματα για τα K36, K38. Βάθος διείσδυσης σε σχέση με το χρόνο και υπολογισμός μέσης ταχύτητας διείσδυσης από την κλίση της μέσης ευθείας. Για το K36 0,5cm/s και για το K38 0,4cm/s



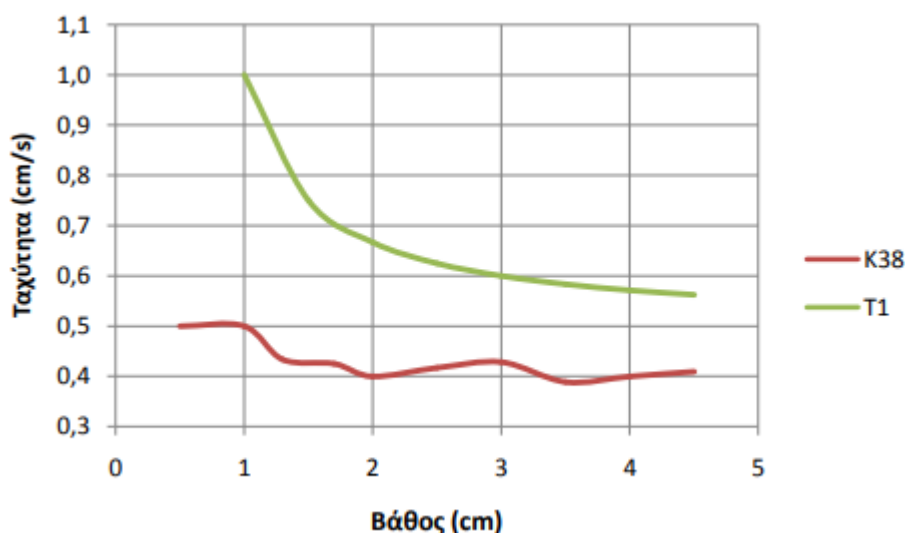
Σχήμα 4.4

Αποτελέσματα για τις δυο μετρήσεις στο T1. Βάθος διείσδυσης σε σχέση με το χρόνο και υπολογισμός μέσης ταχύτητας διείσδυσης από την κλίση της μέσης ευθείας 0,6cm/s

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η μέση ταχύτητα διείσδυσης αυξάνεται για το *T1* που εκτέθηκε σε φωτιά. Όσον αφορά τη διακύμανση των τιμών της ταχύτητας ανάλογα με το βάθος από την επιφάνεια του σκυροδέματος, φαίνεται ότι δεν παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις για τα *K36*, *K38*, ενώ αντίθετα στο *T1* η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη για μικρά βάθη και σταθεροποιείται μετά τα 2 cm περίπου, ένδειξη απομείωσης της αντοχής στα πρώτα 2 cm σε σχέση με το σκυρόδεμα σε μεγαλύτερο βάθος (Εικόνες 4.5, 4.6).



Σχήμα 4.5 Σύγκριση διαγραμμάτων βάθους διείσδυσης/χρόνου για τα *K38* και *T1*. Μεγαλύτερη κλίση καμπύλης στην αρχή για το *T1*, άρα μεγαλύτερη ταχύτητα διείσδυσης, άρα μικρότερη αντοχή σε εκείνο το βάθος



Σχήμα 4.6 Μεταβολή ταχύτητας διείσδυσης με το βάθος για τα *K38* και *T1*. Μεγαλύτερη ταχύτητα για το *T1* μέχρι το βάθος περίπου 2 cm, στη συνέχεια σταθεροποίηση

4.2.2.γ. Ανιχνεύσεις οπλισμών

Χρησιμοποιήθηκαν οι ανιχνευτές οπλισμού HILTI PS50 και PROCEQ PROFOSCOPE+ για την εκτίμηση θέσης, πάχους επικάλυψης και διαμέτρου χάλυβα οπλισμού σε θέσεις και δομικά στοιχεία που υποδείχθηκαν από τούς μηχανικούς μελετητές του έργου. Από σημεία όπου ο οπλισμός είχε αποκαλυφθεί λόγω εκτίναξης επικάλυψη, φαίνεται ότι πρόκειται για λείο χάλυβα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται στον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 4.6 Ανιχνεύσεις ράβδων οπλισμού στην πιλοτή

| A/A | Δομικό στοιχείο | Φ_L | Φ_w/s |
|-----|-----------------|---------------------------|-------------|
| 1 | K11 | 4 Φ 18 | Φ 6/40 |
| 2 | K13 | 4 Φ 18 | Φ 6/30 |
| 3 | T2 | 4 Φ 12 + Φ 8/25 | Φ 6/30 |
| 4 | K29 | 8 Φ 20 | Φ 6/40 |



Εικόνα 4.16 Ανιχνευτής Proseq Profoscope+.

Ανίχνευση διαμήκους οπλισμού υποστυλώματος Φ 18 με πάχος επικάλυψης 49 mm



Εικόνα 4.17 Μέτρηση απόστασης συνδετήρων Φ 6 μετά από την ανίχνευση τους ίση με 40 cm στο υποστύλωμα K11.

4.2.3 Εκτίμηση βάθους ενανθράκωσης

Για τις ανάγκες της μελέτης, κρίθηκε σκόπιμο να μετρηθεί η αλκαλικότητα του σκυροδέματος επιτόπου στο έργο σε διαφορετικά βάθη πάνω στους πυρήνες που ελήφθησαν ώστε να διευκρινιστεί σε τι βάθος έχει προσβληθεί το σκυρόδεμα. Χρησιμοποιηθήκαν δυο μέθοδοι μέτρησης σύμφωνα με το *ASTM D4262*, με χρωματικό δείκτη ουράνιου τόξου σε μορφή μολυβιού βήματος $pH=1$, και με ηλεκτρονικό πεχάμετρο επαφής με ακρίβεια δυο δεκαδικών ψηφίων. Σημειώνεται ότι τα δομικά στοιχεία της πιλοτής που εκτεθήκαν σε φωτιά ήταν επιχρισμένα ενώ αυτά του υπογείου όχι. Το επιχρισμένο σκυρόδεμα πριν τη φωτιά πιθανώς είχε μικρότερο βάθος ενανθράκωσης από ότι το ανεπίχριστο.



Εικόνα 4.18 Μέτρηση pH με μολύβι ουράνιου τόξου στο *T1*. Βάθος ενανθρακωμένου σκυροδέματος με pH κάτω από 9 στα πρώτα 2 cm



Εικόνα 4.19 Μέτρηση στο ίδιο δοκίμιο με ηλεκτρονικό πεχάμετρο. Τιμή pH 9.54 στα πρώτα 2 cm και 11.42 σε μεγαλύτερο βάθος



Εικόνα 4.20 Μέτρηση στο δοκίμιο K36 του υπογείου. Το σκυρόδεμα δεν φαίνεται να είναι ενανθρακωμένο καθώς το pH ακόμα και κοντά στην επιφάνεια είναι πάνω από 10



Εικόνα 4.21 Μέτρηση στο ίδιο δοκίμιο K36 με ηλεκτρονικό πεχάμετρο. Τιμή pH 10,91 στα πρώτα 2 cm και 11,20 σε μεγαλύτερο βάθος

Ακολουθεί ο Πίνακας με τις μετρήσεις αλκαλικότητας:

Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα μετρήσεων ενανθράκωσης

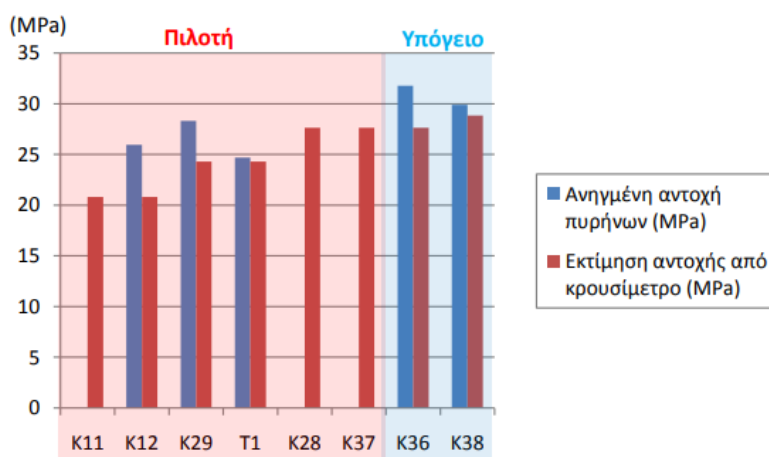
| Στάθμη | Θέση | Πάχος ενανθρακωμένου σκυροδέματος με $pH < 9,5$ (cm) |
|---------|------|--|
| Πιλοτή | K11 | 3,5 |
| | K12 | 3,5 |
| | K29 | 3,5 |
| | T1 | 2 |
| Υπόγειο | K36 | 0 |
| | K38 | 0 |

Κεφάλαιο 5° Συμπεράσματα

Ο οπτικός έλεγχος της πιλοτής 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 τούς ελέγχους μηχανικών χαρακτηριστικών που πραγματοποιήθηκαν. Στον Πίνακα 5.1 δίνεται η μεταβολή της ταχύτητας υπερήχων (μεγαλύτερη μείωση-ένδειξη ύπαρξης περισσότερων ρηγματώσεων) και της θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος δομικών στοιχείων της πιλοτής σε σχέση με το υγιές. Η δοκιμή κρουσίμετρησης έδειξε αντίστοιχα αποτελέσματα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1. Το K28 και K37 που βρίσκονται στην πίσω πλευρά της πιλοτής, και από τον οπτικό έλεγχο φάνηκε ότι δεν εκτεθήκαν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, έχουν σχεδόν ίδια τιμή εκτίμησης αντοχής με το υγιές σκυρόδεμα.

Πίνακας 5.1 Μεταβολή των μηχανικών χαρακτηριστικών προσβεβλημένου σκυροδέματος σε σχέση με το υγιές.

| Δομικό στοιχείο | Ταχύτητα διέλευσης υπερήχων P-wave | Θλιπτική αντοχή |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| K12 | -8% | -16% |
| K29 | -3% | -8% |
| T1 | -29% | -20% |
| Μ.Ο. | -20% | -15% |



Εικόνα 5.1 Αποτελέσματα θραύσης πυρήνων και κρουσιμετρήσεων

Η δοκιμή αντίστασης σε διείσδυση και pull off έδειξε ότι το προσβεβλημένο σκυρόδεμα έχει μειωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά μέχρι βάθους τουλάχιστον 2 cm από την επιφάνεια.

| Δοκίμιο | Μέγιστη τάση εξόλκευσης (MPa) | Ελάχιστο βάθος στο οποίο ξεκινά η αστοχία (cm) |
|-------------|----------------------------------|---|
| K11 | 0,20 | 0,5 |
| K12 | 0,05 | 0,3 |
| K29 | 0,05 | 0,3 |
| T1 | 0,05 | 0,3 |
| M.O. | 0,09 | |
| K36 | 1,58 | 2,8 |
| K38 | 1,78 | 3,0 |
| M.O. | 1,68 | |

Οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για την εκτίμηση βάθους ενανθράκωσης έδειξαν ότι το προσβεβλημένο σκυρόδεμα έχει ενανθρακωθεί μέχρι βάθους τουλάχιστον 3,5 cm από την επιφάνεια

| Στάθμη | Θέση | Πάχος ενανθρακωμένου σκυροδέματος με pH<9,5 (cm) |
|---------|------|---|
| Πιλοτή | K11 | 3,5 |
| | K12 | 3,5 |
| | K29 | 3,5 |
| | T1 | 2 |
| Υπόγειο | K36 | 0 |
| | K38 | 0 |

Αναλύοντας οι μελετητές όλα τα παραπάνω αποτελέσματα των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και εξετάζοντας το κόστος της επισκευής του κτιρίου που έχει προσβληθεί από πυρκαγιά, κατέληξαν στη μέθοδο ενίσχυσης των δομικών στοιχείων με μανδύες στα υποστηλώματα και στις δοκούς κυρίως της πυλωτής και την ενίσχυση στην πλάκα της πυλωτής με ελάσματα frp.

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε ήταν η εξής:

- Υποστύλωση του φορέα με ικριώματα
- Καθαίρεση της επικάλυψης του σκυροδέματος των δομικών στοιχείων
- Εμποτισμός επιφανειών σκυροδέματος υποστυλωμάτων και δοκών με ρητίνη υψηλής διείσδυσης και αντοχής
- Διάτρηση της πλάκας πυλωτής και τοποθέτηση διαμήκων οπλισμών υποστυλωμάτων με βλήτρωση τους στην πλάκα
- Τοποθετήθηκαν μανδύες οπλισμού σε υποστυλώματα του Α' ορόφου, όπου το έκρινε η μελέτη
- Για τη σύνδεση του παλαιού και του νέου σκυροδέματος στα υποστυλώματα αγκυρώθηκαν τεμάχια οπλισμών σύνδεσης (βλήτραΦ12μεβάθοςέμπηξης10εκ)
- Σκυροδέτηση μανδύων με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ινοπλισμένου επισκευαστικού κοινιάματος
- Διαμόρφωση – επιπέδωση – επικάλυψη της εξωτερικής επιφάνειας των υποστυλωμάτων



Ενίσχυση των υποστηλωμάτων με μανδύες



Ενίσχυση της πλάκας με ελάσματα FRP

Οι παραπάνω έλεγχοι και η μελέτη αποκατάστασης του κτιρίου πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη της εταιρείας Δομοδιάγνωση

Βιβλιογραφία

- Ανδρεάδης, Π., Παπαιωάννου, Γ. (2004). «Ασφάλεια εργαζομένου», Αθήνα: Εκδόσεις Ιων
- Βιτζηλαίου Ε. κ.α., 2001 Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτίρια
- Βιτζηλαίου Ε. κ.α., 2008. Πρακτικός Οδηγός για την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας και τις δομητικές επισκευές μετά από πυρκαγιά, σε μικρά κτίρια από σκυρόδεμα και από τοιχοποιία.
- Γεωργιάδου, Ε. (2008). Κίνδυνος Πυρκαγιάς- Εκρήξεων. Μέτρα Προστασίας, Αθήνα. Διαθέσιμο στο: <https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2019-07/Purkagia.1232542719390.pdf>
- Δομοδιάγνωση (2018) Τεχνική έκθεση αποτελεσμάτων ελέγχου
- Ζαπράνης, Α. (2009). Διαχείριση χρηματοοικονομικών κινδύνων με το Matlab. *Μια Εφαρμοσμένη Προσέγγιση. Αθήνα, Κλειδάριθμος.*
- Λαψάτης, Γ. (2006). *Πυρασφάλεια αποθηκών* (Master's thesis).
- Πυροσβεστική Υπηρεσία Ελλάδος/ Νομοθεσία. Διαθέσιμο στο <https://www.fireservice.gr/el/pyr/site/home/LC+Primary+Menu/Nomothesia/Piroprostasi>
- Θ.Π. Τάσιος, Μ. Χρονόπουλος, 2007. Πρόχειρος οδηγός για τη συγκέντρωση πληροφοριών που αφορούν την απομείωση της φέρουσας ικανότητας μικρών κτιρίων (απο Σκυρόδεμα ή Τοιχοποιία) μετά από πυρκαγιά.
- Χρ. Σπανός κ.α., 2001 Πρακτικά-διδασκτικά εγχειρίδια. Μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών
- 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. 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Smith, G. (2020). Flammable Building Materials. Διαθέσιμο στο : https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Flammable_building_materials
- 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*.
- 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).
- Watts, J.M., Hall J.R. (2002) Introduction to Fire Risk Analysis SFPE Handbook for Fire Protection Engineering (third ed.), NFPA, Quincy, MA.
- 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.

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Κανονισμός για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ)

ΦΕΚ 2493/Β/18-4-2023

Κανονισμός επεμβάσεων σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) (3η αναθεώρηση)

ΦΕΚ 3197/Β/22-6-2022

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-emprismoι-purosbestikosoma/purosbestikes-diataxeis/koine-upourgike-arophase-27152-oik-ph700-19.html>

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-emprismoι-purosbestikosoma/purosbestikes-diataxeis/pd-71-1988.html>

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>

Φ.Ε.Κ. 2774/Β 18.12.2015 Καθορισμός ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για τη σύνταξη μελετών αποκατάστασης κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και φέρουσα τοιχοποιία, που έχουν υποστεί βλάβες από πυρκαγιά και την έκδοση των σχετικών αδειών επισκευής.

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-emprismoι-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-aeropororia/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-purosbestikosoma/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>