

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΕΞΩΣΤΗ ΣΤΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΑΙ ΡΟΪΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΑΣ ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΑΝΟΙΓΜΑ

Χ. Κόντης, Χ. Τσίγλας, Δ. Κολαΐτης*, Μ. Φούντη

Εργαστηριακή Μονάδα Πυρομηχανικής, Εργαστ. Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης,
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Ζωγράφου 15780

*e-mail: dkol@central.ntua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της γεωμετρίας εξώστη στα θερμικά και ροϊκά χαρακτηριστικά φωτιάς εξερχόμενης από άνοιγμα. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν 21 πειραματικές δοκιμές φωτιάς σε πειραματική διάταξη διαμερίσματος-πρόσοψης σύμφωνα με το πρότυπο ISO9705, σε κλίμακα 1/4, το οποίο είχε κατασκευαστεί στο Εργαστήριο Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π. Χρησιμοποιήθηκαν μετρητικά όργανα τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις εντός και εκτός του διαμερίσματος, τα οποία συνδέθηκαν με κατάλληλο τρόπο με Η/Υ για την καταγραφή και μετέπειτα αξιολόγηση των πειραματικών τιμών. Συνολικά τοποθετήθηκαν 109 θερμοστοιχεία, 4 δικατευθυντικοί μετρητές ταχύτητας, 2 σωλήνες pitot-static, 3 μετρητές ροής θερμότητας, 2 ψηφιακά παροχόμετρα, ένας αναλυτής καυσαερίων και ένας μετρητής παροχής καυσαερίων. Μελετήθηκαν τρία διαφορετικά επίπεδα ισχύος, τέσσερα διαφορετικά βάθη εξώστη και δύο διαφορετικά ύψη τοποθέτησης εξώστη προκειμένου να μελετηθεί πώς ο κάθε ένας από αυτούς τους παράγοντες επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της φλόγας εξερχόμενης από άνοιγμα. Παράλληλα, με χρήση ψηφιακών καμερών ελήφθησαν video για κάθε μία δοκιμή φωτιάς, από τα οποία απομονώθηκαν τα διαστήματα αποκατάστασης μονίμων συνθηκών ροής. Μέσω κατάλληλης ανάλυσης και επεξεργασίας εικόνας, υπολογίστηκαν οι ισοπιθανοτικές καμπύλες της φωτιάς, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των βασικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών της φωτιάς (ύψος, προέκταση και πλάτος). Οι πειραματικές τιμές που προέκυψαν συγκρίθηκαν με τις προβλέψεις των αντίστοιχων εξισώσεων του Ευρωκώδικα.

Λέξεις Κλειδιά: Πειραματικές μετρήσεις, Αντιδρώσες ροές, Φωτιά, Πυρομηχανική, Σχεδιασμός πυροπροστασίας

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Φωτιά Εξερχόμενη από Άνοιγμα

Όταν μια φωτιά σε ένα διαμέρισμα είναι πλήρως αναπτυγμένη, οι φλόγες είναι δυνατόν να εξέλθουν στο περιβάλλον μέσω των ανοιγμάτων του διαμερίσματος, δημιουργώντας μια Φωτιά Εξερχόμενη από Άνοιγμα (ΦΕΑ). Κατά τα αρχικά στάδια μιας τυπικής φωτιάς, η καύση περιορίζεται στο εσωτερικό του διαμερίσματος, ενώ στη συνέχεια, μετά το στάδιο της καθολικής ανάφλεξης (flashover), η φωτιά καθίσταται συνήθως υπο-αεριζόμενη, με αποτέλεσμα άκαυστα πτητικά να εξέρχονται από το άνοιγμα και να αναμειγνύονται με τον αέρα του περιβάλλοντος, γεγονός το οποίο μπορεί να οδηγήσει στην ανάφλεξη τους και τη δημιουργία σταθερής φλόγας στο εξωτερικό του διαμερίσματος, φαινόμενο γνωστό ως ΦΕΑ. Στην περίπτωση που εκδηλώνεται πυρκαγιά στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου είναι πιθανό, λόγω της απότομης αύξησης της θερμοκρασίας, οι υαλοπίνακες να αστοχήσουν καταστροφικά,

δημιουργώντας έτσι επιπλέον ανοίγματα, γεγονός το οποίο αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης ΦΕΑ. Η γεωμετρία και η ανάπτυξη μιας ΦΕΑ επηρεάζεται από μία πληθώρα παραγόντων, όπως η γεωμετρία του διαμερίσματος, η γεωμετρία και το πλήθος των ανοιγμάτων, τα δομικά υλικά του κελύφους κ.α. Γενικά, οι ΦΕΑ τείνουν να στροβιλίζονται προς τα πίσω και να προσπίπτουν στον τοίχο επάνω από το άνοιγμα, παράγοντας θερμικές ροές συναγωγής και ακτινοβολίας προς το τοίχωμα. Όπως έχει παρατηρηθεί σε πρόσφατες πυρκαγιές υψηλών κτιρίων, το μέτρο αυτής της συνισταμένης θερμοροής είναι αρκετά υψηλό ώστε να εγκυμονεί κινδύνους εξάπλωσης της φωτιάς σε υψηλότερους ορόφους.

Οι ΦΕΑ αποτελούν τον πρωτεύοντα κίνδυνο εξάπλωσης της φωτιάς από όροφο σε όροφο μέσω της πρόσωσης. Πυρκαγιές τέτοιου τύπου αποτελούν το 1.3 - 3 % των συνολικών πυρκαγιών σε κτίρια (White and Delichatsios, 2014). Σε μια φωτιά πρόσωσης το πιο σημαντικό καθήκον του μηχανικού πυρασφάλειας προκειμένου να διασφαλιστεί το απαραίτητο επίπεδο ασφαλείας στα πλαίσια του Σχεδιασμού Πυρομηχανικής όπως αυτός επιβάλλεται μέσω των Κανονισμών Πυροπροστασίας, είναι να αποτρέψει την κάθετη εξάπλωση της φλόγας. Μέτρα πυροπροστασίας προβλέπονται από την νομοθεσία κάθε χώρας κατά τη μελέτη και κατασκευή ενός κτιρίου συμβάλλοντας τόσο στην πρόληψη όσο και στην αντιμετώπιση του ενδεχομένου πυρκαγιάς σε ένα κτίριο. Προκειμένου να επιτευχθεί ένας αποδεκτός βαθμός πυροπροστασίας, βάσει των αρχών της πυρομηχανικής, είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται νομοθετικές απαιτήσεις συναρτήσει τριών βασικών αξόνων: την προστασία της ανθρώπινης ζωής και υγείας, την προστασία της περιουσίας και της επιχείρησης και την προστασία του περιβάλλοντος. Βασικές ενέργειες που απαιτούνται κατά τον σχεδιασμό των κτιρίων περιλαμβάνουν την επιλογή κατάλληλων υλικών που αποτρέπουν τη μετάδοση της φωτιάς μέσα στους χώρους του κτιρίου, το διαχωρισμό του κτιρίου σε πυροδιαμερίσματα με στόχο τον περιορισμό της κατά το δυνατόν στο χώρο όπου εκδηλώνεται, την επιλογή κατάλληλων δομικών στοιχείων (τοίχοι, οροφή, δάπεδο) με έναν ελάχιστο δείκτη πυραντίστασης και την τοποθέτηση πυράντοχων υλικών στην πρόσωση του κτιρίου. Επίσης, μία πληθώρα πειραμάτων απέδειξε (Yokoi, 1960, Oleskiewicz, 1990, Mammoser and Battaglia, 2003) ότι η ύπαρξη εξώστη ή οριζόντιας προεξοχής πάνω από το άνοιγμα επηρεάζει πολύ τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της φωτιάς και συμβάλλει στην αποτροπή διάδοσής της σε ανώτερους ορόφους μειώνοντας δραστικά τη θερμική ακτινοβολία.

1.2 Επίδραση Εξωστών σε ΦΕΑ

Ένας τυπικός «εξώστης» (μπαλκόνι) αποτελείται συνήθως από μια οριζόντια προεξοχή, κάθετη στο εξωτερικό επίπεδο ενός κατακόρυφου τοίχου. Ως «βάθος εξώστη» (P), ορίζεται το μήκος του εξώστη που προεξέχει από τον τοίχο. Απουσία εξωστών, η ΦΕΑ τείνει να κινείται, λόγω φαινομένων θερμικής άνωσης, κατακόρυφα προς τα πάνω. Αντιθέτως, η παρουσία ενός εξώστη εξαναγκάζει τη ΦΕΑ να εκτραπεί προς τα έξω, μακριά από το τοίχωμα, παρεμποδίζοντας την κατακόρυφη εξάπλωσή της και μειώνοντας την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τους υπερκείμενους ορόφους. Κατά το σχεδιασμό πυροπροστασίας των κτιρίων είναι πολύ σημαντική η σωστή επιλογή της γεωμετρίας του ανοίγματος και του εξώστη. Συνήθως, οι κώδικες πυροπροστασίας περιορίζουν τους κινδύνους αυτούς προβλέποντας ένα ελάχιστο ύψος μεταξύ δύο διαδοχικών ανοιγμάτων (spandrel wall) ή εναλλακτικά την εγκατάσταση μιας αρχιτεκτονικής προεξοχής («γείσωμα»), η οποία τοποθετείται αποκλειστικά για λόγους πυροπροστασίας, συνήθως επάνω από παράθυρα. Η ενδιάμεση τοιχοποιία θα πρέπει να αποτελείται υποχρεωτικά από πυράντοχο άκαυστο υλικό χωρίς ανοίγματα (Oleszkiewicz, 1991).

1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

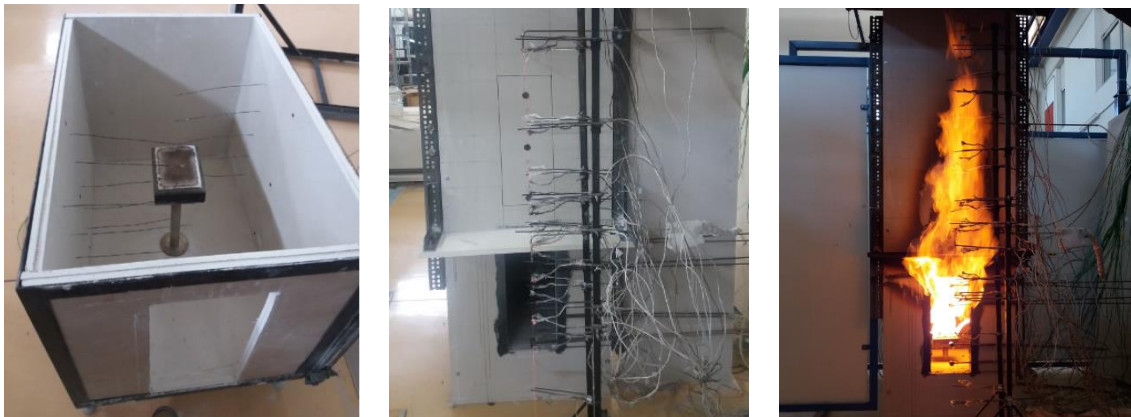
Τα τελευταία 60 χρόνια έχουν διεξαχθεί περιορισμένες έρευνες σχετικά με τη χρήση της οριζόντιας προεξοχής ως μέτρο προστασίας για την κατακόρυφη διάδοση της φωτιάς κατά μήκος της πρόσωσης ενός κτιρίου. Είτε κατασκευάστηκαν πειραματικές διατάξεις μεγάλης ή μικρής κλίμακας με σκοπό την παραμετρική μελέτη της συμπεριφοράς της φωτιάς με και χωρίς την παρουσία εξώστη, είτε πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις φωτιάς σε πυροδιαμέρισμα με τη χρήση εξειδικευμένων υπολογιστικών προγραμμάτων. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνητικών ομάδων έχει ασχοληθεί με την επίδραση του βάθους μιας οριζόντιας προεξοχής στη θερμοκρασία της ΦΕΑ, στη θερμοκρασία του τοιχώματος επάνω και κάτω από τον εξώστη, στην τροχιά της ΦΕΑ κ.α. Γενικά, υπάρχει συμφωνία των υπολογιστικών και πειραματικών ερευνών στη διαπίστωση ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος του εξώστη, τόσο περισσότερο αποτελεσματικά εμποδίζεται η κατακόρυφη διάδοση φλόγας κατά μήκος της πρόσωσης, ελαττώνοντας σημαντικά τις θερμοκρασίες του τοιχώματος πάνω από τον εξώστη (Yokoi, 1960, Yung and Oleszkiewicz, 1988, Oleszkiewicz, 1991, Suzuki et al., 2000, Ohmiya et al.,

2001, Luo et al., 2001, Mammoser and Battaglia, 2003, Cao and Guo, 2003, Xing et al., 2013, Zhao et al., 2014, Fu et al., 2015, An et al., 2017, Nilsson et al., 2018). Μελετώντας τα αποτελέσματα ερευνών κατά τις οποίες έγιναν πειραματικές και υπολογιστικές δοκιμές με μεταβλητά πλάτη εξώστη, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του εξώστη, τόσο περισσότερο παρεμποδίζεται η κατακόρυφη διάδοση της φλόγας. Επίσης, οι θερμοκρασίες επάνω από τον εξώστη είναι χαμηλότερες, καθότι η ΦΕΑ διατηρείται μακριά από το τοίχωμα της πρόσοψης. Μια σημαντική παράμετρος που φαίνεται να επηρεάζει τη γεωμετρία της ΦΕΑ και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης είναι η κατακόρυφη απόσταση του εξώστη από το ανώφλι του ανοίγματος.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

2.1 Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά και Πηγή Φωτιάς

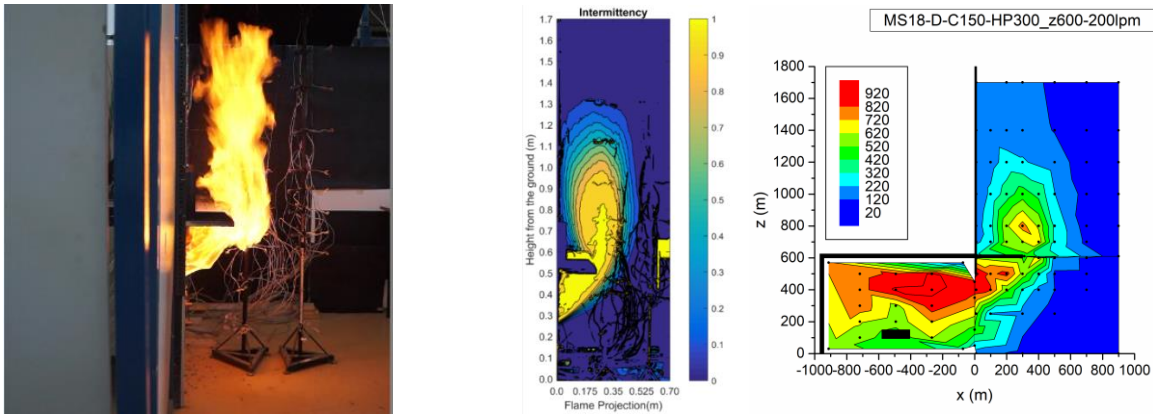
Με στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης των εξωστών στα βασικά θερμικά και ροϊκά χαρακτηριστικά των ΦΕΑ, πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραματικών δοκιμών φωτιάς στο Εργαστήριο Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης, της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Για τα πειράματα έγινε χρήση ενός διαμερίσματος υπό κλίμακα $\frac{1}{4}$, ως προς το διαμέρισμα που περιγράφεται στο διεθνές πρότυπο ISO 9705, με στόχο την όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικότερη απεικόνιση ενός τυπικού δωματίου. Το πειραματικό διαμέρισμα έχει εσωτερικές διαστάσεις 900 mm (μήκος) * 600 mm (πλάτος) * 600 mm (ύψος), και άνοιγμα 200 mm (πλάτος) * 500 mm (ύψος), το οποίο αντιστοιχεί σε άνοιγμα τύπου πόρτας. Τέλος, προστέθηκε πρόσοψη (façade), ύψους 1800 mm, στην εξωτερική πλευρά του νοτίου τοίχου, όπου βρίσκεται και το άνοιγμα, ενώ για την πραγματοποίηση των πειραμάτων προσαρμόστηκαν, κατά περίπτωση, εξώστες βάθους 100, 200, 300 και 400 mm από πυράντοχο υλικό πάχους 20 mm. Στο κέντρο του διαμερίσματος τοποθετήθηκε πορώδης καυστήρας, διαστάσεων 175 mm * 125 mm, διαμέσου του οποίου τροφοδοτείτο αέριο μεθάνιο (CH_4), καθαρότητας 99,95%. Στο Σχήμα 1 (αριστερά) απεικονίζεται το διαμέρισμα κατά το στάδιο κατασκευής του, ενώ στο Σχήμα 1 (κέντρο, δεξιά) παρουσιάζεται η πλήρης πειραματική εγκατάσταση, μαζί με τις μετρητικές διατάξεις.



Σχήμα 1. Φωτογραφίες του υπό κατασκευή διαμερίσματος (αριστερά), της πλήρους πειραματικής εγκατάστασης (κέντρο) και τυπικό στιγμιότυπο της εγκατάστασης κατά τη διεξαγωγή δοκιμής φωτιάς (δεξιά).

2.2 Μετρητικές διατάξεις

Για τη μέτρηση των θερμικών και ροϊκών χαρακτηριστικών της φωτιάς, τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά του διαμερίσματος, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 109 θερμοστοιχεία (βλ. Σχήμα 2, δεξιά), 3 μετρητές ροής θερμότητας, 4 δικατευθυντικοί μετρητές ταχύτητας και 2 σωλήνες Pitot-static. Η παροχή καυσίμου ρυθμιζόταν από ψηφιακά παροχόμετρα ακριβείας και οι συγκεντρώσεις των προϊόντων της καύσης μετρούνταν από αναλυτή καυσαερίων. Για κάθε δοκιμή φωτιάς, αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο πρόγραμμα σε περιβάλλον LabVIEW για τον έλεγχο, την καταγραφή και την αποθήκευση των μετρήσεων των μετρητικών διατάξεων.



Σχήμα 2. Φωτογραφία τυπικού στιγμιότυπου της πλάγιας όψης της εγκατάστασης σε πείραμα φωτιάς (αριστερά), αποτελέσματα του λογισμικού επεξεργασίας εικόνας στην πλάγια όψη (κέντρο) και μετρήσεις κατανομής θερμοκρασιών στο εσωτερικό και εξωτερικό του διαμερίσματος (δεξιά).

3. ΔΟΚΙΜΕΣ ΦΩΤΙΑΣ

3.1 Παραμετρική Μελέτη

Στο πλαίσιο της εργασίας διεξήχθησαν συνολικά 21 διαφορετικές δοκιμές φωτιάς (βλ. Πίνακα 1). Οι παράμετροι οι οποίες μεταβάλλονταν ήταν η ισχύς της φωτιάς (Q), το βάθος του εξώστη (P) και η κατακόρυφη απόσταση του εξώστη από το δάπεδο του διαμερίσματος (Z). Η διάταξη των θερμοστοιχείων εξωτερικά του διαμερίσματος μεταβαλλόταν ανά περίπτωση, ενώ οι θέσεις των μετρητών ροής θερμότητας και των δικατευθυντικών μετρητών ταχύτητας παρέμειναν σταθερές σε όλες τις δοκιμές. Ο ένας σωλήνας Pitot-static είχε σταθερή θέση επί της πρόσοψης, ενώ ο δεύτερος απείχε, σε κάθε περίπτωση, 100 mm από την ακμή του εξώστη.

Πίνακας 1: Βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά των 21 δοκιμών φωτιάς που πραγματοποιήθηκαν.

| Κωδικός δοκιμής | Q (kW) | P (mm) | Z (mm) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Q90/120/144-P0 | 90, 120, 144 | Χωρίς εξώστη | Χωρίς εξώστη |
| Q90/120/144-P100-Z600 | 90, 120, 144 | 100 | 600 |
| Q90/120/144-P200-Z600 | 90, 120, 144 | 200 | 600 |
| Q90/120/144-P300-Z600 | 90, 120, 144 | 300 | 600 |
| Q90/120/144-P400-Z600 | 90, 120, 144 | 400 | 600 |
| Q90/120/144-P100-Z500 | 90, 120, 144 | 200 | 500 |
| Q90/120/144-P200-Z500 | 90, 120, 144 | 200 | 500 |

3.2 Πειραματικές Μετρήσεις

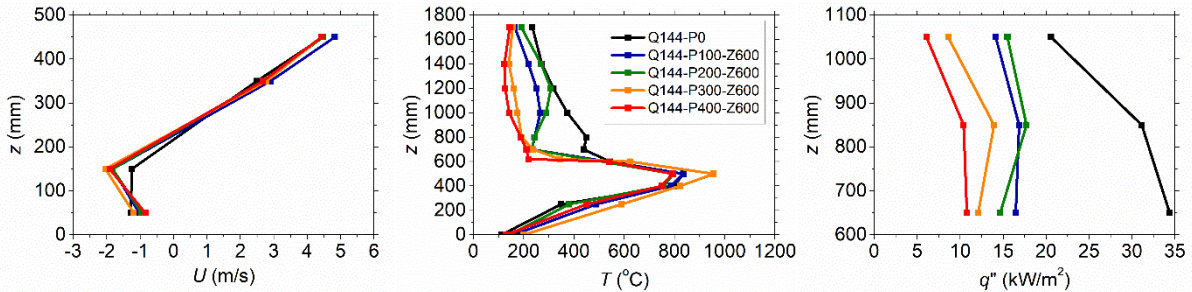
Ενδεικτικά πειραματικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στα Σχήματα 3, 4 και 5, όπου απεικονίζονται, συναρτήσει του ύψους z , οι ταχύτητες στο άνοιγμα (αριστερά), οι θερμοκρασίες του αερίου μείγματος σε απόσταση $x = 10$ mm από την πρόσοψη (κέντρο) και η θερμορροή στην πρόσοψη $x = 0$ mm (δεξιά). Η ενδεδειγμένη ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων οδήγησε στη διατύπωση μιας σειράς συμπερασμάτων για την επίδραση των εξωστών στα ροϊκά και θερμικά χαρακτηριστικά της αναπτυσσόμενης ΦΕΑ. Ενδεικτικά, ανά μετρούμενο μέγεθος, αναφέρονται τα παρακάτω:

Θερμοκρασίες διαμερίσματος: Η αύξηση του βάθους εξώστη επιφέρει μείωση της μέσης θερμοκρασίας του άνω τμήματος του διαμερίσματος, ενώ η αύξηση της ισχύος της φωτιάς προκαλεί αύξηση των θερμοκρασιών εντός του διαμερίσματος. Η τοποθέτηση του εξώστη σε υψηλότερη θέση προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του διαμερίσματος.

Θερμοκρασίες και ταχύτητες στο άνοιγμα: Η αύξηση της ισχύος της φωτιάς, καθώς και η τοποθέτηση του εξώστη σε υψηλότερη θέση, προκαλεί αύξηση των θερμοκρασιών και των ταχυτήτων στο άνοιγμα.

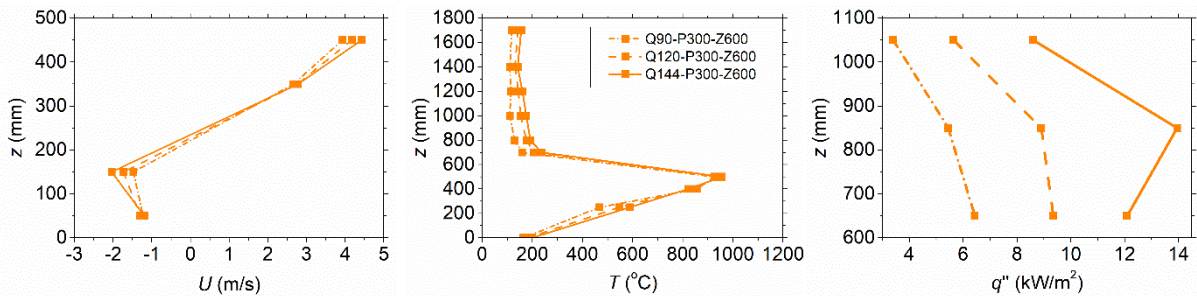
Θερμοκρασίες ΦΕΑ: Η αύξηση του βάθους του εξώστη προκαλεί μεγάλη μείωση των καθ' ύψος θερμοκρασιών κοντά στην πρόσοψη ($x = 10 - 200$ mm) ενώ, αντίθετα, για μεγαλύτερες οριζόντιες

αποστάσεις ($x > 200$ mm) προκαλεί αύξηση των θερμοκρασιών στα αντίστοιχα ύψη. Η αύξηση της ισχύος της φωτιάς προκαλεί αύξηση των θερμοκρασιών της ΦΕΑ κατά μήκος του οριζόντιου άξονα x για σταθερό ύψος z και αντίστοιχα αύξηση των θερμοκρασιών της ΦΕΑ κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα z για σταθερή οριζόντια απόσταση x . Με την τοποθέτηση του εξώστη σε υψηλότερη θέση παρατηρείται μείωση των καθ' ύψος θερμοκρασιών κοντά στην πρόσοψη ($x = 10 - 100$ mm) και αύξηση των καθ' ύψος θερμοκρασιών μακριά από την αυτήν ($x > 100$ mm).



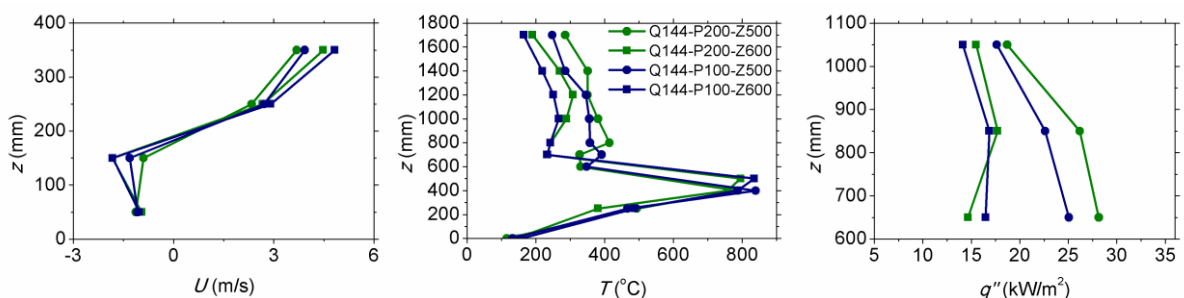
Σχήμα 3. Ενδεικτικά αποτελέσματα της επίδρασης του βάθους εξώστη (P), για $Q = 144$ kW.

Θερμοκρασίες στην πρόσοψη: Με την αύξηση του βάθους εξώστη παρατηρείται μεγάλη μείωση των καθ' ύψος θερμοκρασιών του τοιχώματος της πρόσοψης, ιδιαίτερα για τα μεγάλα βάθη εξώστη (300 και 400 mm). Η αύξηση της ισχύος της φωτιάς προκαλεί αύξηση των καθ' ύψος θερμοκρασιών της πρόσοψης. Με την τοποθέτηση του εξώστη σε υψηλότερη θέση, παρατηρείται αύξηση των καθ' ύψος θερμοκρασιών του τοιχώματος της πρόσοψης.



Σχήμα 4. Ενδεικτικά αποτελέσματα της επίδρασης της θερμικής ισχύος (Q), για $P = 300$ mm.

Θερμορροή στην πρόσοψη: Η παρουσία εξώστη μειώνει πολύ αποτελεσματικά την έκθεση της πρόσοψης στη ροή θερμότητας. Με την αύξηση του βάθους εξώστη, τα επίπεδα θερμορροής στην πρόσοψη μειώνονται ολοένα και περισσότερο. Η αύξηση της ισχύος της φωτιάς προκαλεί αύξηση της θερμορροής στην πρόσοψη, ενώ η τοποθέτηση του εξώστη σε υψηλότερη θέση προκαλεί σημαντική μείωση της θερμορροής.



Σχήμα 5. Ενδεικτικά αποτελέσματα επίδρασης ύψους τοποθέτησης εξώστη (Z), για $Q = 144$ kW.

3.3 Προσδιορισμός Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών Φλόγας

Για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της φλόγας (ύψος, προέκταση και πλάτος), αναπτύχθηκε κατάλληλος κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού MATLAB. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η κάτωθι:

1. Με τη χρήση δύο οπτικών καμερών, ρυθμού δειγματοληψίας 25 fps, κατεγράφησαν τα πειράματα από δύο διαφορετικές θέσεις, την εμπρόσθια (πρόσοψη) και την πλάγια όψη.
2. Στη συνέχεια, για κάθε δοκιμή ξεχωριστά, απομονώθηκαν τα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια των οποίων επικρατούσαν μόνιμες συνθήκες ροής (steady state).
3. Κάθε επιμέρους βίντεο μόνιμων συνθηκών διαιρέθηκε σε στιγμιότυπα (frames).
4. Ο αλγόριθμος MATLAB χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των επιλεγμένων στιγμιότυπων σύμφωνα με κατάλληλα χρωματικά κριτήρια, επιτρέποντας την αναγνώριση της ύπαρξης ή μη φλόγας σε κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της εικόνας.
5. Η ανωτέρω διαδικασία είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή μίας εικόνας, η οποία αποτελούσε τη σύνθεση (χρονικός μέσος όρος) όλων των στιγμιότυπων και ποσοτικοποιούσε την πιθανότητα ύπαρξης της φλόγας σε κάθε εικονοστοιχείο.

Στο Σχήμα 1 (δεξιά) και Σχήμα 2 (αριστερά) απεικονίζονται τυπικά στιγμιότυπα, εμπρόσθιας και πλάγιας όψης αντίστοιχα, της ΦΕΑ που αναπτυσσόταν κατά τις δοκιμές φωτιάς. Στο Σχήμα 2 (κέντρο) παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα (πιθανότητα ύπαρξης φωτιάς) της διαδικασίας επεξεργασίας εικόνας. Ο αριστερός κατακόρυφος άξονας αντιστοιχεί στο ύψος της φλόγας, ενώ ο οριζόντιος στην οριζόντια προέκτασή της. Ο χρωματικός κατακόρυφος άξονας που απεικονίζεται στα δεξιά του σχήματος αναπαριστά την πιθανότητα ύπαρξης της φλόγας και κυμαίνεται από 0 έως 1. Βάσει τυπικού κανόνα της βιβλιογραφίας, τα όρια της φλόγας ταυτίζονται με τον υπολογιζόμενο χρονικά μέσο όρο, ο οποίος αντιστοιχεί στην πιθανότητα ύπαρξης φλόγας 50%. Κατά συνέπεια, με χρήση των ισοπιθανοτικών καμπύλων που απεικονίζονται στα σχήματα, είναι εφικτό να προσδιοριστούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ΦΕΑ.

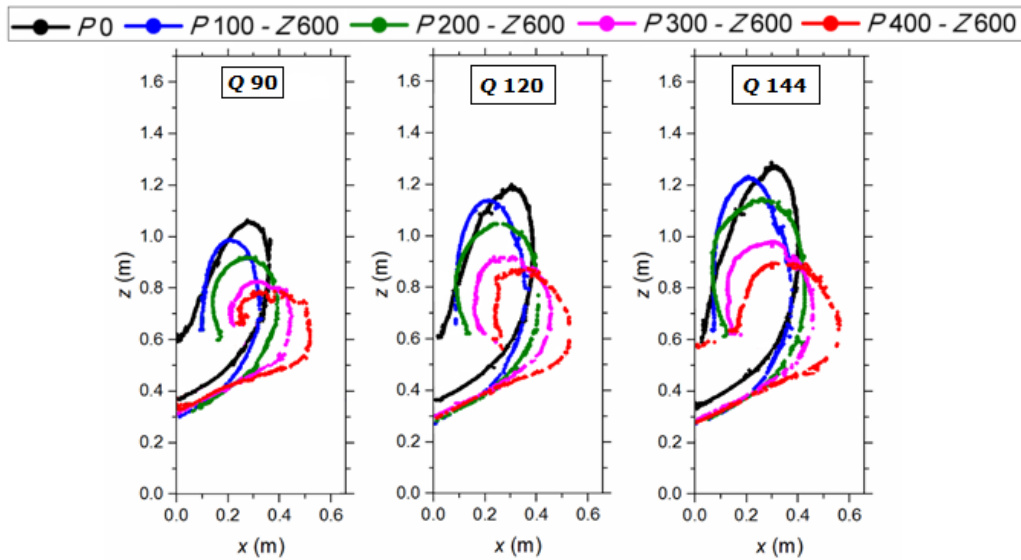
3.4 Σύγκριση με Εξισώσεις Ευρωκώδικα

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ΦΕΑ (ύψος, προέκταση και πλάτος) προσδιορίστηκαν πειραματικά με χρήση του αλγορίθμου επεξεργασίας εικόνας και συγκρίθηκαν με τα θεωρητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή των αντίστοιχων εξισώσεων του Ευρωκώδικα (EN 1991-1-2, 2002). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα, το ύψος και η προέκταση της ΦΕΑ υπολογίζονται με χρήση των Εξισώσεων (1) και (2), αντίστοιχα, όπου h_{eq} (m) ο σταθμισμένος μέσος των υψών των κατακόρυφων ανοιγμάτων όλων των τοίχων, Q (kW) η θερμική ισχύς της φωτιάς, A_v (m²) το συνολικό εμβαδόν όλων των κατακόρυφων ανοιγμάτων του διαμερίσματος, ρ_g (kg/m³) η πυκνότητα των προϊόντων της καύσης, P (m) η οριζόντια προέκταση του εξώστη και w_i (m) το πλάτος του ανοίγματος.

$$L_L = \max \left\{ 0; h_{eq} \left[2.37 \left(\frac{\dot{Q}}{A_v \rho_g (h_{eq} g)^{1/2}} \right)^{2/3} - 1 \right] - P \right\} \quad (1)$$

$$L_H = 0.3 h_{eq} (h_{eq} / w_i)^{0.54} + P \quad (2)$$

Στο Σχήμα 6 απεικονίζονται συγκεντρωτικά όλες οι ισοπιθανοτικές καμπύλες 50% για όλα τα βάθη εξώστη, κατακόρυφης απόστασης από το δάπεδο 600 mm. Παρατηρείται ότι με την αύξηση της ισχύος αυξάνεται τόσο το ύψος όσο και η προέκταση της φλόγας για όλα τα βάθη εξώστη. Για σταθερή ισχύ παρατηρείται ότι με την αύξηση του βάθους εξώστη αυξάνεται η προέκταση της φλόγας και μειώνεται το ύψος της. Δεδομένου ότι το ύψος εξώστη ορίζεται ως η διαφορά του ελάχιστου από το μέγιστο ύψος φλόγας παρατηρείται ότι παρόλο που για την περίπτωση P0 (απουσία εξώστη) η κορυφή της φλόγας βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο από αυτήν του εξώστη P100, το ίδιο συμβαίνει και για τη βάση της. Συνεπώς, το μεγαλύτερο ύψος φλόγας αποδίδεται στον εξώστη P100 και η μέγιστη προέκταση της φλόγας στον εξώστη P400.



Σχήμα 6: Απεικόνιση των ισοπιθανοτικών καμπυλών 50% για όλα τα βάθη εξώστη, σε κατακόρυφη απόσταση από το δάπεδο 600 mm και επίπεδο ισχύος 90 kW (αριστερά), 120 kW (κέντρο) και 144 kW (δεξιά).

Επίσης, είναι εμφανές ότι σε αντίθεση με την περίπτωση απουσίας εξώστη (P0), για όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις οι ισοπιθανοτικές καμπύλες δεν καταλήγουν στο τοίχωμα, γεγονός που καταδεικνύει ότι η προσθήκη εξώστη έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της προσκόλλησης της φλόγας στο τοίχωμα. Τέλος, διαπιστώνεται ότι η μορφή των καμπυλών είναι παρόμοια για τα μικρά βάθη εξώστη (P100 και P200) όπως επίσης και για τα μεγάλα βάθη εξώστη (P300 και P400). Τα πειραματικά και τα υπολογιστικά (Ευρωκώδικας) αποτελέσματα του ύψους της ΦΕΑ για όλες τις δοκιμές, με τα σχετικά σφάλματά υπολογισμού της εξίσωσης του Ευρωκώδικα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Παρατηρείται ότι για τις περιπτώσεις P0 και P200-Z500 το σχετικό σφάλμα μεταξύ των πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων είναι πολύ μικρό, πλην της δοκιμής Q90-P200-Z500. Αυτό σημαίνει ότι τα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τον Ευρωκώδικα σε πολύ μεγάλο βαθμό.

Πίνακας 2: Πειραματικά και υπολογιστικά αποτελέσματα ύψους ΦΕΑ για όλες τις δοκιμές.

| Δοκιμή | Πειραματική τιμή | Ύψος φλόγας $L_{L,tot}$ (m) | |
|----------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | Υπολογισμός Ευρωκώδικα | Σφάλμα Ευρωκώδικα (%) |
| Q90-P0 | 0.6920 | 0.7171 | 3.63 |
| Q120-P0 | 0.8390 | 0.8922 | 6.34 |
| Q144-P0 | 0.9360 | 1.0104 | 7.95 |
| Q90-P100-Z600 | 0.6930 | 0.6063 | -12.51 |
| Q120-P100-Z600 | 0.8476 | 0.7597 | -10.37 |
| Q144-P100-Z600 | 0.9696 | 0.9170 | -5.42 |
| Q90-P200-Z600 | 0.6287 | 0.4454 | -29.15 |
| Q120-P200-Z600 | 0.7763 | 0.5888 | -24.16 |
| Q144-P200-Z600 | 0.8741 | 0.7562 | -13.49 |
| Q90-P300-Z600 | 0.5146 | 0.3474 | -32.49 |
| Q120-P300-Z600 | 0.6187 | 0.5023 | -18.82 |
| Q144-P300-Z600 | 0.6908 | 0.5267 | -23.75 |
| Q90-P400-Z600 | 0.4534 | 0.1849 | -59.22 |
| Q120-P400-Z600 | 0.5682 | 0.2647 | -53.42 |
| Q144-P400-Z600 | 0.6279 | 0.4147 | -33.95 |
| Q90-P100-Z500 | 0.7271 | 0.6259 | 13.92 |
| Q120-P100-Z500 | 0.7942 | 0.7868 | 0.93 |
| Q144-P100-Z500 | 0.8267 | 0.8320 | -0.65 |
| Q90-P200-Z500 | 0.5053 | 0.3571 | -29.34 |
| Q120-P200-Z500 | 0.6848 | 0.6123 | -10.58 |
| Q144-P200-Z500 | 0.7241 | 0.7257 | 0.22 |

Για τους εξώστες οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε ύψος Z600 παρατηρείται ότι για τη μεν περίπτωση του εξώστη P100 το σχετικό σφάλμα λαμβάνει χαμηλές τιμές για όλα τα επίπεδα ισχύος, για τις περιπτώσεις P200 και P300 το σχετικό σφάλμα κυμαίνεται μεταξύ 13% και 29%, ενώ για την περίπτωση P400 λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές (34-59%). Είναι εμφανές ότι για τις περιπτώσεις τοποθέτησης του εξώστη σε ύψος 600 mm οι προβλέψεις του Ευρωκώδικα δεν είναι συντηρητικές, καθότι οι θεωρητικές τιμές είναι μικρότερες από τις πειραματικές (αρνητικά σφάλματα).

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα πειραματικά και τα υπολογιστικά (Ευρωκώδικας) αποτελέσματα της προέκτασης της ΦΕΑ για όλες τις δοκιμές, καθώς και τα σχετικά σφάλματά υπολογισμού της εξίσωσης του Ευρωκώδικα. Είναι εμφανές ότι τα μεγαλύτερα σχετικά σφάλματα παρουσιάζονται για την περίπτωση P0 (31.5-37%) ενώ μεγάλες αποκλίσεις εμφανίζουν οι περιπτώσεις P300 (19-21%) και P400 (14-24%). Για όλες τις υπόλοιπες δοκιμές τα σχετικά σφάλματα κυμαίνονται σε χαμηλά ποσοστά (3-15%). Γενικά, συμπεραίνεται ότι για τις περιπτώσεις εξωστών μικρού βάθους (P100, P200) υπάρχει σχετικά καλή σύγκλιση των πειραματικών και των υπολογιστικών τικών αποτελεσμάτων. Στην περίπτωση αυτή, οι προβλέψεις του Ευρωκώδικα όσον αφορά την προέκταση της φλόγας είναι συντηρητικές.

Πίνακας 3: Πειραματικά και υπολογιστικά αποτελέσματα προέκτασης της ΦΕΑ για όλες τις δοκιμές.

| Δοκιμή | Πειραματική τιμή | Προέκταση φλόγας L_H (m) | |
|----------------|------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | Υπολογισμός Ευρωκώδικα | Σφάλμα Ευρωκώδικα (%) |
| Q90-P0 | 0.3590 | 0.2460 | -31.47 |
| Q120-P0 | 0.3752 | 0.2460 | -34.43 |
| Q144-P0 | 0.3902 | 0.2460 | -36.95 |
| Q90-P100-Z600 | 0.3220 | 0.3460 | 7.46 |
| Q120-P100-Z600 | 0.3570 | 0.3460 | -3.07 |
| Q144-P100-Z600 | 0.3728 | 0.3460 | -7.18 |
| Q90-P200-Z600 | 0.3955 | 0.4460 | 12.77 |
| Q120-P200-Z600 | 0.4130 | 0.4460 | 7.80 |
| Q144-P200-Z600 | 0.4270 | 0.4460 | 4.46 |
| Q90-P300-Z600 | 0.4500 | 0.5460 | 21.34 |
| Q120-P300-Z600 | 0.4554 | 0.5460 | 19.90 |
| Q144-P300-Z600 | 0.4572 | 0.5460 | 19.43 |
| Q90-P400-Z600 | 0.5220 | 0.6460 | 23.76 |
| Q120-P400-Z600 | 0.5274 | 0.6460 | 22.49 |
| Q144-P400-Z600 | 0.5670 | 0.6460 | 13.94 |
| Q90-P100-Z500 | 0.3636 | 0.3460 | 4.83 |
| Q120-P100-Z500 | 0.3880 | 0.3460 | 10.82 |
| Q144-P100-Z500 | 0.4093 | 0.3460 | 15.46 |
| Q90-P200-Z500 | 0.3893 | 0.4460 | 14.57 |
| Q120-P200-Z500 | 0.4063 | 0.4460 | 9.78 |
| Q144-P200-Z500 | 0.4302 | 0.4460 | 3.68 |

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα του πλάτους της φλόγας, καθώς και σχετικές τιμές που προβλέπει ο Ευρωκώδικας, μαζί με τα αντίστοιχα σφάλματα. Ο Ευρωκώδικας προβλέπει ότι το πλάτος της ΦΕΑ ταυτίζεται με το πλάτος του ανοίγματος διαμέσου του οποίου διέρχεται η ΦΕΑ, γεγονός το οποίο δεν επαληθεύεται από τις πειραματικές μετρήσεις. Είναι εμφανές ότι η συνθήκη που ορίζεται από τον Ευρωκώδικα δεν είναι ακριβής, καθώς τα σφάλματα λαμβάνουν πολύ υψηλές τιμές (33-77%). Βάσει των πειραματικών αποτελεσμάτων, διαπιστώνεται ότι το πλάτος της φλόγας αυξάνεται με την αύξηση της ισχύος για σταθερό βάθος εξώστη. Επίσης, για σταθερό επίπεδο ισχύος το πλάτος της φλόγας αυξάνεται όταν αυξάνεται το βάθος του εξώστη. Το μέγιστο πλάτος φλόγας παρατηρείται για τη δοκιμή Q144-P400-Z600, κατά την οποία είναι 4,3 φορές μεγαλύτερο από το πλάτος του ανοίγματος. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι για την περίπτωση του μέγιστου βάθους εξώστη, το πλάτος της φλόγας είναι μεγαλύτερο από το πλάτος της πρόσοψης και κατ' επέκταση του εξώστη. Είναι εμφανές ότι για όλες τις πειραματικές δοκιμές οι προβλέψεις του Ευρωκώδικα είναι μη συντηρητικές, καθότι οι θεωρητικές τιμές είναι πολύ μικρότερες από τις πειραματικές (αρνητικά σφάλματα).

Πίνακας 4: Πειραματικά και υπολογιστικά αποτελέσματα πλάτους της ΦΕΑ για όλες τις δοκιμές.

| Δοκιμή | Πλάτος φλόγας (m) | | |
|----------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| | Πειραματική τιμή | Υπολογισμός Ευρωκώδικα | Σφάλμα Ευρωκώδικα (%) |
| Q90-P0 | 0.2984 | 0.2000 | -32.98 |
| Q120-P0 | 0.3188 | 0.2000 | -37.26 |
| Q144-P0 | 0.3245 | 0.2000 | -38.37 |
| Q90-P100-Z600 | 0.2867 | 0.2000 | -30.24 |
| Q120-P100-Z600 | 0.3196 | 0.2000 | -37.42 |
| Q144-P100-Z600 | 0.3255 | 0.2000 | -38.56 |
| Q90-P200-Z600 | 0.3721 | 0.2000 | -46.25 |
| Q120-P200-Z600 | 0.4130 | 0.2000 | -51.57 |
| Q144-P200-Z600 | 0.4232 | 0.2000 | -52.74 |
| Q90-P300-Z600 | 0.5376 | 0.2000 | -62.80 |
| Q120-P300-Z600 | 0.5984 | 0.2000 | -66.58 |
| Q144-P300-Z600 | 0.6394 | 0.2000 | -68.72 |
| Q90-P400-Z600 | 0.7141 | 0.2000 | -71.99 |
| Q120-P400-Z600 | 0.8209 | 0.2000 | -75.64 |
| Q144-P400-Z600 | 0.8564 | 0.2000 | -76.65 |
| Q90-P100-Z500 | 0.4277 | 0.2000 | -53.24 |
| Q120-P100-Z500 | 0.5410 | 0.2000 | -63.03 |
| Q144-P100-Z500 | 0.6032 | 0.2000 | -66.84 |
| Q90-P200-Z500 | 0.4138 | 0.2000 | -51.67 |
| Q120-P200-Z500 | 0.5922 | 0.2000 | -66.23 |
| Q144-P200-Z500 | 0.5951 | 0.2000 | -66.39 |

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επίδραση του εξώστη στην κατακόρυφη διάδοση της ΦΕΑ από όροφο σε όροφο έχει απασχολήσει στο παρελθόν την επιστημονική κοινότητα τόσο σε πειραματικό όσο και θεωρητικό επίπεδο. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη πολλά σημεία που δεν έχουν καλυφθεί επαρκώς από τα υπάρχοντα πειραματικά δεδομένα και χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Στην παρούσα εργασία, ερευνήθηκε πειραματικά η επίδραση του εξώστη στα ροϊκά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά φωτιάς εξερχόμενης από άνοιγμα σε διάταξη δωματίου-πρόσοψης υπό κλίμακα. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μία σειρά δοκιμών χωρίς εξώστη και στη συνέχεια τοποθετήθηκε εξώστης μεταβλητού βάθους και σε δύο διαφορετικά ύψη από τη βάση της πόρτας, ενώ διερευνήθηκαν 3 διαφορετικά επίπεδα θερμικής ισχύος φωτιάς για την κάθε περίπτωση.

Στον Πίνακα 5 γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της επίδρασης που προκαλεί η **αύξηση** των βασικών παραμέτρων που εξετάστηκαν (βάθος εξώστη, ισχύς φωτιάς, ύψος τοποθέτησης του εξώστη) στα κύρια μετρούμενα μεγέθη (θερμοκρασίες εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, θερμοκρασίες και θερμοροή στην πρόσοψη, θερμοκρασίες τοιχώματος εξώστη, ταχύτητες στο άνοιγμα, κατακόρυφες ταχύτητες, συγκεντρώσεις αερίων και βαθμός απόδοσης καύσης).

Πίνακας 5: Επίδραση αύξησης τιμής βασικών παραμέτρων στα μετρούμενα μεγέθη

| Παράμετρος | Βάθος εξώστη | Ισχύς φωτιάς | Ύψος εξώστη |
|--|--------------|--------------|-------------|
| Θερμοκρασία διαμερίσματος | - | ↑ | ↑ |
| Θερμοκρασία στο άνοιγμα | - | ↑ | ↑ |
| Ταχύτητες στο άνοιγμα | - | ↑ | ↑ |
| Ταχύτητα στη θέση $(x, z) = (50, 1200)$ | - | ↑ | ↓ |
| Ταχύτητα στην θέση $(x, z) = (P+100, 600)$ | ↓ | ↑ | - |
| Θερμοκρασία κοντά στην πρόσοψη | ↓ | ↑ | ↓ |
| Θερμοκρασία μακριά από την πρόσοψη | ↑ | ↑ | ↑ |
| Θερμοκρασία στο τοίχωμα της πρόσοψης | ↓ | ↑ | ↑ |

| Παράμετρος | Βάθος εξώστη | Ισχύς φωτιάς | Ύψος εξώστη |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Θερμορροή στην πρόσοψη | ↓ | ↑ | ↓ |
| Συγκέντρωση O ₂ | - | - | - |
| Συγκέντρωση CO ₂ | - | ↑ | - |
| Συγκέντρωση CO | ↑ | ↓ | ↓ |
| Βαθμός απόδοσης καύσης | ↓ | ↓ | - |
| Ύψος φλόγας | ↓ | ↑ | ↑ |
| Προέκταση φλόγας | ↑ | ↑ | - |
| Πλάτος φλόγας | ↑ | ↑ | ↓ |

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- An W., Meng Q., Pan R. and Zhu H. (2017), "Influence of horizontal projection on upward flame spread over XPS thermal insulation material", *Fire and Materials* 42, 527-536.
- Cao L., and Guo Y. (2003), "Large eddy simulation of external fire spread through openings", *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes* 5(4), 176-180.
- EN 1991-1-2, Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire, CEN - European Committee for Standardization, 2002.
- Fu J., Li Y. and Zhang J., Effects of the Horizontal Projection on the Distribution of the Façade Temperature, in Intern. Conf. on Advances in Energy and Environmental Science (ICAEES), 2015.
- Lu K.H., Mao S.H., Wang J. Hu L.H. (2017), "Flame extension length beneath a horizontal eave in fire-induced thermal plume ejected from a compartment", *Appl. Thermal Eng.* 127, 729-735.
- Luo M., Zhao L., Cheng V. and Yau R., Performance - based fire engineering design: Application of a CFD model for the prevention of external fire spread, In Proceedings of the 5th AOSFST, Newcastle, Australia, 2001.
- Mammoser J.H., and Battaglia F. (2004), "A computational study on the use of balconies to reduce flame spread in high-rise apartment fires", *Fire Safety Journal* 39, 277-296.
- Morgado H.J.L. and Rodrigues J.P.C., Avaliação experimental e numérica da propagação de incêndio entre pisos sucessivos através de vãos de fachada em edifícios. The Congresso Ibero-Latino-Americano sobre Segurança contra Incêndio, 29 May – 1 June, Coimbra, Portugal, 2013.
- Nilsson M., Husted B., Mossberg A., Anderson J. and McNamee R.J. (2018), "A numerical comparison of protective measures against external fire spread", *Fire and Materials* 42, 493-507.
- Ohmiya Y., S. Yusa S., Matsuyama K. and Harada K., Prediction method of opening jet plume behaviour in the presence of an opening soffit, In Proceedings of the 5th AOSFST, Newcastle, Australia, 2001.
- Oleszkiewicz I. (1991), "Vertical separation of windows using spandrel walls and horizontal projections" *Fire Technology* 27(4).
- Suzuki T., Sekizawa A., Yamada T., Yanai E., Satoh H., Kurioka H. and Kimura Y. An experimental study of ejected flames of a high-rise buildings. Technical report, National Research Institute of Fire and Disaster, Japan, 363-73, 2000.
- Wang T., Zhao H. and Zhou Y. (2016), "Analysis on the influence of fire overhangs on the window to exterior wall vertical fire plume spreading under external wind", *Procedia Eng.* 135, 384-392.
- Xing X., Zhang J. and Li Y. (2013), "A Computational Study on Structural Barrier to Vertical Spread of Window Spill Plume along Building Exterior Façade", *Procedia Eng.* 52, 475-482.
- Yokoi S., "Study on the prevention of fire spread caused by hot upward current", Building Research Institute, Report No 34, Tokyo, Japan, 1960.
- Yung O. and Oleszkiewicz I., Fire Spread Via Exterior Walls of Buildings, Proceedings of the Fourth Conference on Building Science and Technology, Toronto, Canada, pp. 1-12, 1988.
- Zhao N., Zhang J. and Xing X. (2014), "A Computational Study on Effect of Balcony on Vertical Spread of Window Spill Plume along Building Exterior Façade", *Procedia Eng.* 71, 523-528.

ABSTRACT

The main subject of this work is the study of the effect of the geometry of a balcony on the thermal and flow characteristics of externally venting flames (EVF). In this context, a compartment-façade experimental setup was used to perform a number of fire tests. The compartment corresponded to a ¼ scale model of the standard ISO 9705 compartment and was constructed in the Laboratory of Heterogeneous Mixtures and Combustion Systems, School of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens. A large variety of measuring sensors were used and the obtained data series were analyzed to determine the thermal and flow characteristics of EVF. Altogether, 109 thermocouples, 4 bi-directional velocity probes, 2 pitot-static tubes, 3 heat flux meters, one exhaust gas analyzer and one exhaust gas meter were employed. An extensive parametric study was performed, aiming to evaluate the impact of several operational parameters on the EVF characteristics. To that end, 21 overall fire tests were performed, employing three different fire power levels (90, 120 and 144 kW) four different balcony depths (100, 200, 300 and 400 mm) and two balcony heights (500 and 600 mm). In addition, using two digital cameras, videos were captured for each fire test performed, from which the steady state time intervals were isolated. By using specifically developed image processing techniques and software, the time-averaged flame intermittency contours for each fire test were produced. Finally, by analyzing these data, the EVF height, horizontal projection and width were determined; these experimental results were compared to the numerical results obtained by using the corresponding correlations of Eurocode.