

# Νέες ιδέες για τον αερισμό

Το International Fire Instructors Workshop (IFIW) συγκεντρώθηκε τον Μάρτιο του 2011 στην Ινδιανάπολη. Πολλοί πυροσβέστες και επιστήμονες ήταν εκεί για να δώσουν διαλέξεις. Πολλές από αυτές τις διαλέξεις αφορούσαν την αλλαγή της συμπεριφοράς στη φωτιά και την επίδραση του αερισμού. Ο αερισμός ορίζεται στο παρόν ως η προγραμματισμένη, συστηματική και συντονισμένη απομάκρυνση θερμότητας, καπνού και άλλων αερίων πυρκαγιάς με την αντικατάστασή τους με καθαρό αέρα.

## 1. Η φόρμουλα της φωτιάς

Υπάρχει μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση ότι η συμπεριφορά της φωτιάς αλλάζει γρήγορα. Στις ΗΠΑ η έννοια της «φόρμουλας πυρκαγιάς» χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει αυτή τη μεταβαλλόμενη συμπεριφορά πυρκαγιάς. Αυτή η φόρμουλα αποτελείται από πέντε στοιχεία: μεγαλύτερα σπίτια, ανοιχτοί χώροι, μεγαλύτερα φορτία καυσίμων, κρυφοί χώροι και νέα οικοδομικά υλικά. Αναφέρεται ότι αυτά τα πέντε στοιχεία ισοδυναμούν με ταχύτερη εξάπλωση της πυρκαγιάς, λιγότερο χρόνο μέχρι το flashover, πιο γρήγορες αλλαγές στη συμπεριφορά της πυρκαγιάς, μικρότερες χρονικές περιόδους εκκένωσης και ταχύτερη κατάρρευση κατασκευών.

### 1.1 Μεγαλύτερες κατοικίες

Στις ΗΠΑ μπορεί να φανεί ξεκάθαρα η εξέλιξη στο μέγεθος των κατοικιών. Τα τελευταία 30 χρόνια, η επιφάνεια των κατοικιών έχει αυξηθεί κατά 40%. Στο Βέλγιο τα πράγματα δεν έχουν προχωρήσει με αυτόν τον ρυθμό σε αυτόν τον τομέα ωστόσο, ένα φαινόμενο που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες είναι η αύξηση των επιπέδων δόμησης. Ένας αυξανόμενος αριθμός κωμοπόλεων αναπτύσσεται με πολυκατοικίες χαμηλού και μεσαίου ύψους. Λόγω της έλλειψης εκτάσεων γης που προορίζονται για κατασκευή κατοικιών, τα διαμερίσματα κατασκευάζονται τώρα μεγαλύτερα από πριν.

### 1.2 Ανοιχτοί χώροι

Στο παρελθόν, η κουζίνα ήταν συχνά διαχωρισμένη από την τραπεζαρία. Το σαλόνι ήταν ένας άλλος χώρος. Αυτά τα δωμάτια χωρίζονταν από έναν τοίχο και συνήθως υπήρχε μια πόρτα που έκλεινε τους χώρους. Στις μέρες μας η τραπεζαρία και το σαλόνι αποτελούν έναν ενιαίο χώρο. Η έννοια της ανοιχτής κουζίνας εφαρμόζεται συχνότερα. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία μιας ενιαίας μεγάλης περιοχής. Μια τέτοια ανοιχτή περιοχή περιέχει ουσιαστικά περισσότερα καύσιμα και μεγαλύτερο όγκο αέρα (οξυγόνο). Αυτό θα οδηγήσει σε αυξημένη μέγιστη ισχύ που παράγεται από τη φωτιά.

### 1.3 Μεγαλύτερο φορτίο καυσίμου

Η φύση των επίπλων έχει επίσης αλλάξει δραστικά τα τελευταία 50 χρόνια. Σήμερα τα μαλακά τμήματα των επίπλων κατασκευάζονται με πολυουρεθάνη. Η πολυουρεθάνη είναι ένα προϊόν που προέρχεται από το πετρέλαιο. Επομένως, μια σύγχρονη πολυθρόνα περιέχει πολύ περισσότερη ενέργεια από τα καθίσματα των προηγούμενων δεκαετιών. Εξαιτίας αυτού, τέτοια καθίσματα περιγράφονται συχνά ως «στερεά βενζίνη». Ένα σύγχρονο κάθισμα μπορεί να απελευθερώσει ισχύ 3 έως 4 μεγαβάτ (MW) με την

προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετό οξυγόνο στο δωμάτιο. Μια ισχύς 2 έως 3 MW είναι επαρκής για να προχωρήσει μια πυρκαγιά διαμερίσματος σε flashover. Ένας καναπές τριών ατόμων θα παράγει ισχύ τρεις φορές μεγαλύτερη από την ισχύ ενός μονού καθίσματος. Εκτός από ένα κάθισμα και έναν καναπέ, ένα σαλόνι θα περιέχει πολλά άλλα αντικείμενα που προσθέτουν στο φορτίο καυσίμου. Σήμερα αυτά τα αντικείμενα είναι κυρίως συνθετικά προϊόντα. Τις περισσότερες φορές, η μέγιστη ισχύς δεν θα επιτευχθεί λόγω έλλειψης οξυγόνου. Εξαιτίας αυτού, μια σημαντική ποσότητα πυρολυμάτων δεν θα καεί, αλλά θα παραμείνει μέσα στο δωμάτιο σε αέρια μορφή. Όταν κάποια στιγμή διατεθεί επιπλέον οξυγόνο, η ένταση της φωτιάς θα αυξηθεί γρήγορα.

#### 1.4 Κρυφοί χώροι και νέα οικοδομικά υλικά



**Εικ. 1.1** Ξύλινος φέροντας οργανισμός. (Φωτογραφία: NIST).

Στις ΗΠΑ πολλές κατοικίες κατασκευάζονται με ξύλο. Στο παρελθόν αυτό γινόταν με τη χρήση συμπαγών ξύλινων δοκών. Τον τελευταίο καιρό χρησιμοποιούνται όλο και συχνότερα «υπολογισμένα δοκάρια»: οι μηχανικοί έχουν αναπτύξει ξύλινα δοκάρια και πλαίσια σε σχήμα I στα οποία συνδυάζονται ξύλο και μέταλλο. Στη Βόρεια Αμερική αυτό αναφέρεται ως «αντικατάσταση της μάζας με τα μαθηματικά».

Όταν αυτού του είδους οι κατασκευές τελειώνουν στο κάτω μέρος με υλικό επικάλυψης (πχ σανίδες), σχηματίζεται ένας μεγάλος κρυφός χώρος όπου μπορούν να συσσωρευτούν αέρια καπνού. Ομοίως, κατά την επένδυση τοίχων με γυψοσανίδες, δημιουργούνται κρυφοί χώροι στους οποίους τα αέρια καύσης μπορούν να μετακινηθούν και ακόμη και να προκαλέσουν φωτιά σε ξύλινες κατασκευές. Σε περίπτωση (μερικής) κατάρρευσης, μια τέτοια κρυμμένη φωτιά θα μπορούσε να μεταφερθεί στο κάτω πάτωμα και να εξαπλωθεί εκεί. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η αντοχή στη φωτιά μιας τέτοιας κατασκευής περιορίζεται μόνο στα 10 λεπτά. Ως εκ τούτου, στις ΗΠΑ, οι πυροσβέστες αντιμετωπίζουν συχνά το πρόβλημα της πτώσης από τα δάπεδα. Στο Βέλγιο η χρήση τέτοιων κατασκευών δαπέδου είναι μάλλον σπάνια. Ωστόσο, το ξύλο χρησιμοποιείται όλο και πιο συχνά ως δομικό υλικό, επομένως αυτό που συμβαίνει αυτή τη στιγμή στις ΗΠΑ θα μπορούσε να εκληφθεί ως προειδοποίηση για τα επόμενα χρόνια.

## 2. Έρευνα του UL

Η Underwriters Laboratories (UL) είναι ένα πολύ γνωστό ινστιτούτο στις ΗΠΑ. Πραγματοποιούν κάθε είδους έρευνα σχετικά με τη φωτιά, δοκιμές πυραντίστασης, επιθεωρήσεις, ... Η έρευνά τους επικεντρώνεται κυρίως σε βιομηχανίες, αλλά πρόσφατα γίνονται μελέτες και στον τομέα της πυρόσβεσης. Οι ερευνητές ήταν περίεργοι για την επίδραση του αερισμού στη συμπεριφορά της πυρκαγιάς σε νέες κατοικίες. Το UL έχει πρόσβαση σε ένα μεγάλο υπόστεγο έρευνας (1.338 m<sup>2</sup>). Μέσα στο υπόστεγο κατασκευάστηκαν δύο σπίτια: ένα μονώροφο και ένα διώροφο. Μέσα σε αυτά τα σπίτια

μελετήθηκαν συνολικά 15 πυρκαγιές. Παρατηρήθηκε η συμπεριφορά πυρκαγιάς και στη συνέχεια τα σπίτια αερίστηκαν. Μελετήθηκαν πέντε διαφορετικά σενάρια:

1. Άνοιγμα της μπροστινής πόρτας
2. Άνοιγμα της μπροστινής πόρτας και αερισμός οριζόντια κοντά στη φωτιά
3. Άνοιγμα της μπροστινής πόρτας και αερισμός οριζόντια μακριά από τη φωτιά
4. Οριζόντιος αερισμός πριν το άνοιγμα της πόρτας
5. Άνοιγμα της μπροστινής πόρτας και οριζόντιος αερισμός από 5 παράθυρα

Τα αποτελέσματα της έρευνας δημοσιεύτηκαν υπό τη μορφή διαδικτυακού εκπαιδευτικού μαθήματος. Κάθε πυροσβέστης που ενδιαφέρεται για το θέμα θα πρέπει να εξετάσει αυτό το μάθημα. Το εκπαιδευτικό σεμινάριο ονομάζεται «Επίδραση του αερισμού στη συμπεριφορά της φωτιάς στη σύγχρονη και παλαιού τύπου οικιστική κατασκευή». Μπορεί να βρεθεί στο [www.ul.com/fireservice](http://www.ul.com/fireservice).



**Εικ. 2.1** Μονοκατοικία (112 m<sup>2</sup>)(Φωτογραφία: UL)



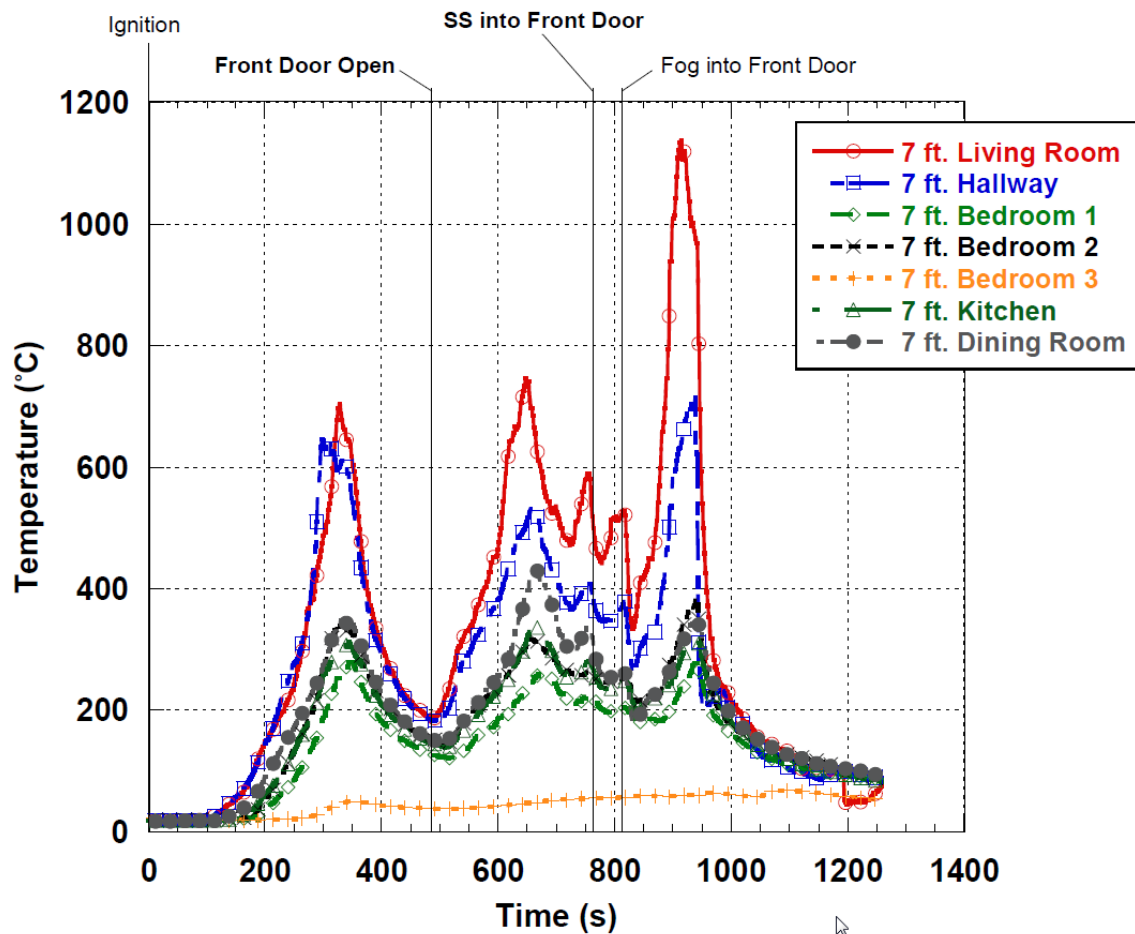
**Εικ. 2.2** Διώροφη κατοικία (297 m<sup>2</sup>)(Φωτογραφία: UL)

### 3. Άνοιγμα της εξώπορτας = αερισμός

#### 3.1 Πείραμα

Από όλες τις διαφορετικές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν από το UL, μία συγκεκριμένη επέφερε μια πραγματικά συγκλονιστική αποκάλυψη. Η φωτιά ξεκίνησε για ένα σενάριο στο οποίο επρόκειτο να ανοίξει μόνο η εξώπορτα. Στη συνέχεια δόθηκε χρόνος στη φωτιά να μεγαλώσει. Όπως ήταν αναμενόμενο, η φωτιά εξελίχθηκε σε κατάσταση υποαερισμού. Η άφιξη της πυροσβεστικής ήταν χρονικά υπολογισμένη. Στη συνέχεια, η μπροστινή πόρτα άνοιξε ακριβώς όπως θα είχε γίνει από τις ομάδες πυρόσβεσης για να εισέλθουν και να επιτεθούν στη φωτιά. Είναι πολύ ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε πώς εξελίσσεται ο ρυθμός απελευθέρωσης θερμότητας (η ισχύς) της φωτιάς μετά το άνοιγμα της μπροστινής πόρτας. Μέχρι αυτό το σημείο η φωτιά ήταν υποαερισμένη και η ισχύς της περιοριζόταν από έλλειψη οξυγόνου. Ανοίγοντας την μπροστινή πόρτα, επιτρέπεται και πάλι να εισχωρήσει ο αέρας. Η φωτιά δέχεται ευχαρίστως αυτή την παροχή αέρα για να αυξήσει τη δύναμή της. Ο χρόνος που μεσολάβησε από το άνοιγμα της μπροστινής πόρτας και η γρήγορη αύξηση της ισχύος είναι περίπου 80 δευτερόλεπτα. Στην πραγματικότητα αυτός είναι ο χρόνος που

κάνουν οι πυροσβέστες για να εισέλθουν στην κατοικία. Η προώθηση στο κτίριο θα πραγματοποιηθεί υπό μάλλον «δροσερές» συνθήκες έως ότου εμφανιστεί ξαφνικό flashover που προκαλείται από αερισμό. Οι πυροσβέστες που πιάνονται απροειδοποίητα σε μια τέτοια κατάσταση είναι καταδικασμένοι.



**Εικ. 3.1** Το διάγραμμα θερμοκρασίας-χρόνου του πειράματος δείχνει την έναρξη της αύξησης της ισχύος λίγο μετά το άνοιγμα της πόρτας. (Γράφημα: Underwriters Laboratories)

### 3.2 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος δείχνουν ξεκάθαρα ότι δεν είναι σκόπιμο να ανοίξει μια πόρτα χωρίς ανεπτυγμένη και «οπλισμένη» με νερό εγκατάσταση, έτοιμη να προσβάλλει την πυρκαγιά. Από τη στιγμή που ανοίγει η πόρτα, το ρολόι αρχίζει να μετράει αντίστροφα. Πολύ λίγο μετά το άνοιγμα της πόρτας, η ένταση της φωτιάς θα αυξηθεί βίαια. Κλείνοντας την πόρτα, το ρολόι μπορεί να σταματήσει.

## 4. Έρευνα από το NIST σε κτίριο που περιέχει φοιτητικά διαμερίσματα.

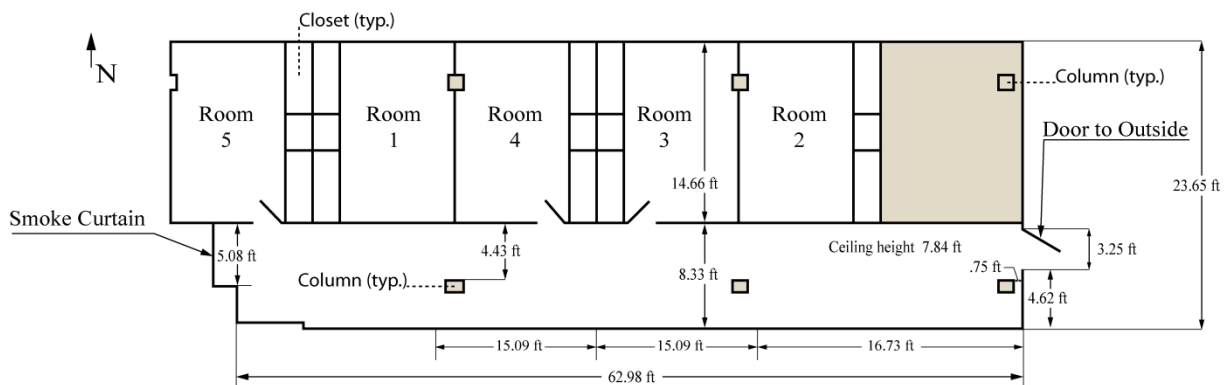
### 4.1 Το κτίριο

Στο αμερικανικό NIST παραχωρήθηκε ένα κτίριο από το πανεπιστήμιο του Αρκάνσας. Το κτίριο περιείχε φοιτητικά διαμερίσματα και ήταν προγραμματισμένο να κατεδαφιστεί. Χτισμένη τη δεκαετία του '50, η φέρουσα κατασκευή ήταν κατασκευασμένη από σκυρόδεμα. Οι τοίχοι που χωρίζουν τα διάφορα διαμερίσματα κατασκευάστηκαν με τοιχοποιία.

Το ισόγειο χρησιμοποιήθηκε για τα πειράματα. Εδώ, πέντε ξεχωριστά φοιτητικά διαμερίσματα συνδέονταν με ένα μεγάλο διάδρομο μήκους 19 μέτρων, πλάτους 2,5 μέτρων και ύψους 2,4 μέτρων. Κάθε διαμέρισμα είχε διαστάσεις 3,44 επί 4,48 μέτρα.



Εικ. 4.1 Θέα στο διάδρομο(Εικόνα: NIST)



Εικ. 4.2 Κάτοψη για το ισόγειο.(Εικόνα: NIST)

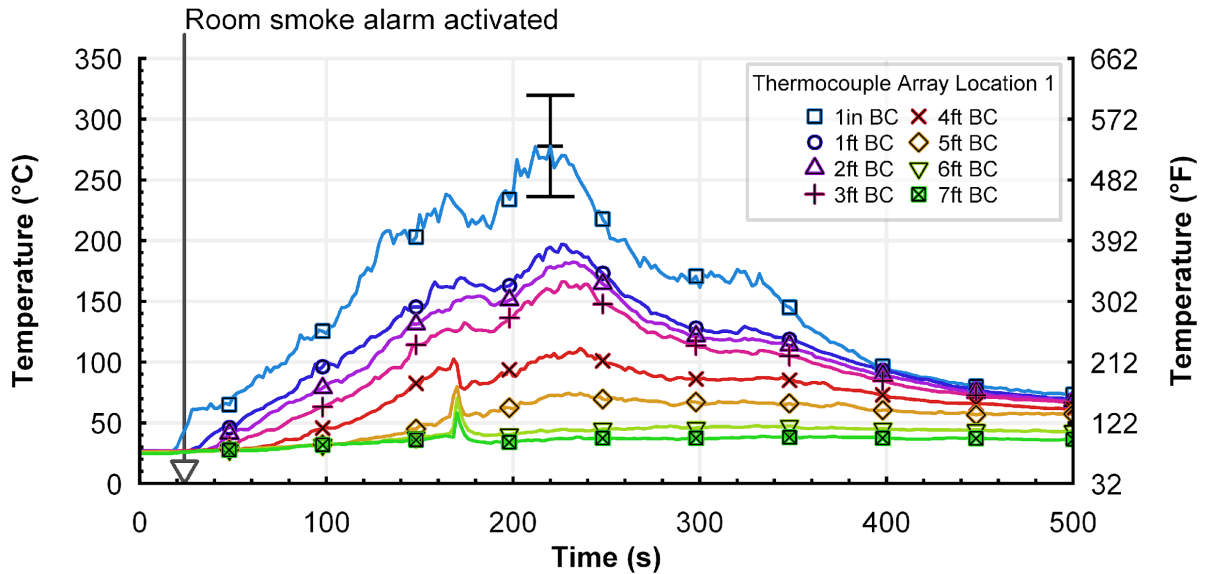
### 4.2 Τα πειράματα

#### 4.2.1 Το φορτίο καυσίμου

Κάθε διαμέρισμα ήταν επιπλωμένο με φορτίο καυσίμου παρόμοιο με αυτό ενός τυπικού φοιτητικού δωματίου. Ένα χαλί τοποθετήθηκε στο έδαφος. Υπήρχε επίσης ένα κρεβάτι με μερικά μαξιλάρια, ένα γραφείο με έναν υπολογιστή, βιβλία μελέτης, αφίσες στον τοίχο, μια ντουλάπα,...

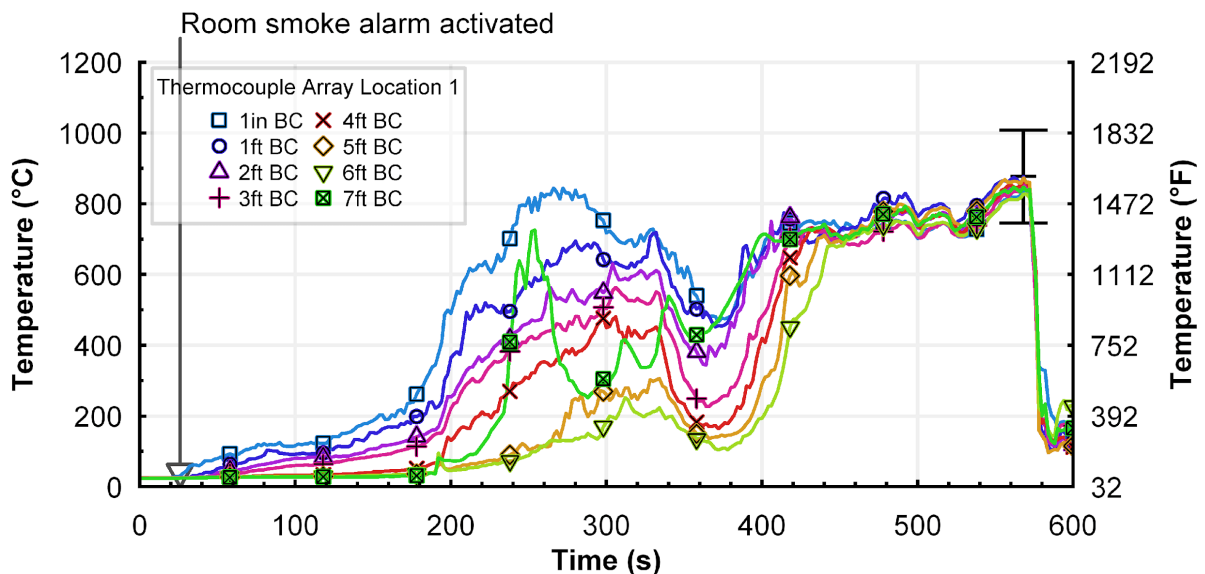
#### 4.2.2 Οι δοκιμές

Στην πρώτη δοκιμή ξεκίνησε φωτιά στο δωμάτιο 1. Η πόρτα ήταν κλειστή. Η πυρκαγιά έφτασε σε περιορισμένη μέγιστη ένταση μετά από 210 δευτερόλεπτα και μετά εισήλθε στο στάδιο της απόσβεσης. Η μέγιστη θερμοκρασία καταγράφηκε 30 cm κάτω από την οροφή και έφτασε τους 200 °C (βλ. Εικ. 4.3)



**Εικ. 4.3** Ανάπτυξη της θερμοκρασίας μέσα στο δωμάτιο με την πόρτα κλειστή. (Γράφημα: NIST)

Για τη δοκιμή πραγματικής πυρκαγιάς στο δωμάτιο 5 η πόρτα έμεινε ανοιχτή. Επομένως, ένα παρόμοιο δωμάτιο παρήγαγε εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα. Αρχικά σχηματίστηκε ένα στρώμα καπνού του οποίου η θερμοκρασία ήταν σημαντικά υψηλότερη από ό,τι κατά το πρώτο πείραμα. Μετά από 200 δευτερόλεπτα, η θερμοκρασία κάτω από το ανώτατο όριο άρχισε να αυξάνεται γρήγορα και μετά από 400 δευτερόλεπτα εμφανίστηκε flashover. Σε αντίθεση με την πρώτη δοκιμή, ολόκληρο το διαμέρισμα τυλίχτηκε στις φλόγες. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η φωτιά στην πραγματικότητα θα έθετε σε κίνδυνο ολόκληρο το κτίριο. Εφόσον υπάρχουν ανιχνευτές καπνού, οι κάτοικοι θα μπορούν να φτάσουν σε ασφαλές σημείο. Ωστόσο, η φωτιά θα ωθήσει τα θερμά αέρια καπνού στο διάδρομο και στα γειτονικά δωμάτια. Αυτό θα προκαλέσει ταχεία επέκταση της φωτιάς εάν οι πυροσβέστες δεν επέλθουν γρήγορα.



**Εικ. 4.4** Ανάπτυξη θερμοκρασίας στο δωμάτιο με ανοιχτή πόρτα. Η θερμοκρασία αυξάνεται σημαντικά μετά από 200sec. Το Flashover εμφανίζεται περίπου στα 400 sec. (Γράφημα: NIST)

### 4.3 Συμπέρασμα

Και πάλι αυτό το σύνολο πειραμάτων μας δείχνει ξεκάθαρα ότι ο αερισμός έχει μεγάλη σημασία σε σχέση με τη συμπεριφορά της φωτιάς. Σε δωμάτια κανονικού μεγέθους, η φωτιά δεν μπορεί να εξελιχθεί σε flashover, υπό την προϋπόθεση ότι η πόρτα και τα παράθυρα είναι κλειστά. Τα πληρώματα της πυροσβεστικής μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτές τις πληροφορίες με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Είναι δυνατό να επιβραδύνετε μια αναπτυσσόμενη φωτιά κλείνοντας μια ανοιχτή πόρτα. Η άλλη πλευρά είναι ότι οι πυροσβέστες πρέπει οπωσδήποτε να συνειδητοποιήσουν ότι το άνοιγμα μιας πόρτας επιτρέπει στον αέρα να εισχωρήσει ορμητικά στο δωμάτιο. Αυτή η νέα παροχή αέρα θα επιτρέψει στη φωτιά να αυξήσει την έντασή της. Σε ακραίες συνθήκες, αυτό θα οδηγήσει σε flashover που προκαλείται από αερισμό. Επομένως, ο αερισμός μπορεί να είναι είτε ευεργετικός είτε δυσμενής για τις επιχειρήσεις πυρόσβεσης. *Αυτός που ελέγχει τον αέρα, ελέγχει τη φωτιά...*

### 5. Βιβλιογραφία

- [1] Kerber Stephen & Madrzykowski Dan, *Fire Dynamics for the fire service, presentation at FDIC, 2011*
- [2] Kerber Stephen, *Ventilating today's residential fires, presentation at FDIC, 2011*
- [3] Madrzykowski Dan, *The impact of ventilation on Line-of-duty Deaths, presentation at FDIC, 2011*
- [4] Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)
- [5] Kerber Steve, *Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*

Karel Lambert