

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΠΜΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΡΟΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΥΠΟΑΕΡΙΖΟΜΕΝΩΝ
ΦΩΤΙΩΝ

ΒΛΑΓΚΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

Μ.ΦΟΥΝΤΗ
(ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ)

ΑΘΗΝΑ 2013

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, ευχαριστίες ανήκουν, στη κ. Μ. Φούντη, Καθηγήτρια ΕΜΠ, επιβλέπουσα της εργασίας, για την εμπιστοσύνη και ενθάρρυνση, στο να ασχοληθώ με το παρόν θέμα. Επίσης ευχαριστίες ανήκουν στο κ. Διονύσιο Κολαϊτή, Δρ. ΕΜΠ, για τη πολύτιμη και σημαντική βοήθειά του στα θέματα που άπτονται στη μηχανική και διάδοση της φωτιάς, και την υπολογιστική προσομοίωσή της γενικότερα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Εισαγωγή</i>	4
<i>Abstract</i>	6
1. Η φωτιά σε κτιριακές εγκαταστάσεις	8
1.1 Το φαινόμενο της φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις.....	8
1.2 Η υποαεριζόμενη φωτιά.....	9
1.3 Εξέλιξη της υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις..	10
1.4 Πειραματικές σχέσεις υπολογισμού καταστατικών μεγεθών υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις.....	12
2. Υπολογιστική προσομοίωση φωτιάς	28
2.1 Εισαγωγή.....	28
2.2 Το πρόγραμμα FDS.....	29
3. Υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς στο χώρο δωματίου διαμερίσματος	44
3.1 Πειραματική διάταξη.....	44
3.2 Πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων στο πρότυπο δωμάτιο-διαμέρισμα.....	51
3.3 Υπολογιστική προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος με το πρόγραμμα FDS.....	57
4. Υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς σε επίμηκες διαμέρισμα με πρόσοψη	106
4.1 Η Πειραματική διάταξη.....	106
4.2 Πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα μετρήσεων στο επίμηκες διαμέρισμα.....	109
4.3 Υπολογιστική προσομοίωση του διαμερίσματος-διαδρόμου με το πρόγραμμα FDS.....	114
5. Συμπεράσματα, συνολική αποτίμηση	165
6. Βιβλιογραφία	173
7. Παράρτημα 1	177
8. Παράρτημα 2	197

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η μελέτη και η υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς, σε κτιριακούς χώρους. Ο όρος υποαεριζόμενη φωτιά, αφορά σε φωτιά στη οποία, κατά την εξέλιξή της, το καύσιμο βρίσκεται σε περίσσεια ποσότητα σε σχέση με το οξειδωτικό συστατικό (αέρας καύσης). Τα συμπεράσματα που ανακύπτουν από τη μελέτη της συμπεριφοράς και της εξάπλωσης φωτιάς σε κτίριο, αποτελούν σημαντική πηγή πληροφορίας τόσο για τη μελέτη της ασφάλειας και υγείας, των ατόμων που ζουν και εργάζονται στο ίδιο το κτίριο, αλλά και σε διπλανά κτίρια, όσο και για τη μελέτη της δομικής κατασκευής και των πυροσβεστικών και κατασταλτικών μέσων που πρέπει να εγκατασταθούν σε αυτό.

Η εργασία στηρίχθηκε στη τεχνική οδηγία 1483 του Εθνικού Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST-National Institute for Standards and Technology) των ΗΠΑ[8] και στη δημοσίευση [6].

Για την υπολογιστική προσομοίωση των φαινομένων της φωτιάς, χρησιμοποιήθηκε το διαδεδομένο και ελεύθερο λογισμικό υπολογιστικής ρευστομηχανικής ανοικτού κώδικα FDS (Fire Dynamics Simulator) το οποίο αναπτύχθηκε από το Εθνικό Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST-National Institute for Standards and Technology) των ΗΠΑ, το οποίο εξειδικεύεται στην υπολογιστική προσομοίωση φωτιάς.

Στόχος και σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση δυνατότητας υπολογιστικής προσομοίωσης υποαεριζόμενης φωτιάς σε χώρους κτιρίων διαφορετικής γεωμετρίας, στον οποίο υπάρχει μόνο φυσικός αερισμός, και η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ακρίβεια προσομοίωσης, ως προς τα υπολογιζόμενα μεγέθη του πεδίου ροής, σε σχέση με αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα, που υπάρχουν στις παραπάνω δημοσιεύσεις.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 5 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά το φαινόμενο της υποαεριζόμενης φωτιάς όπως επίσης και εμπειρικές και πειραματικές σχέσεις και συσχετίσεις από τη διεθνή βιβλιογραφία σε σχέση με τη μελέτη του πεδίου ροής υποαεριζόμενων φωτιών, σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η δυνατότητα υπολογιστικής προσομοίωσης φωτιών και τα χαρακτηριστικά τυπικού κώδικα υπολογιστικής ρευστομηχανικής για τη προσομοίωση πεδίου ροής φωτιάς, και παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και υπομοντέλα που περιλαμβάνει ο κώδικας FDS (Fire Dynamics Simulator), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία, σε σχέση με τη προσομοίωση φωτιάς. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς, με το πρόγραμμα FDS, ενός πειραματικού δωματίου κτιρίου, στο οποίο έχει διερευνηθεί πειραματικά το πεδίο ροής υποαεριζόμενης φωτιάς, και η εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με τη δυνατότητα ικανοποιητικής υπολογιστικής προσομοίωσής του. Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς, με το πρόγραμμα FDS, επιμήκους δωματίου διαμερίσματος κτιρίου το οποίο

συνοδεύεται από πρόσοψη, στο οποίο έχει διερευνηθεί πειραματικά το πεδίο ροής υποαεριζόμενης φωτιάς, και η εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με τη δυνατότητα ικανοποιητικής υπολογιστικής προσομοίωσής του. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια συνολική αποτίμηση της εξέλιξης φαινομένου της υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις, σε σχέση με τη δυνατότητα υπολογιστικής προσομοίωσής της, με τη χρήση του υπάρχοντος λογισμικού.

Συμπερασματικά, η υπολογιστική προσομοίωση του φαινομένου της υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις με τα υπάρχοντα υπολογιστικά εργαλεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα εργασία, σε γενικές γραμμές, αποδεικνύεται επιτυχής. Λόγω των πολύπλοκων διαδικασιών που συμβαίνουν κατά την εξέλιξη των φαινομένων της φωτιάς, κρίνεται αναγκαία η παραπέρα πρόοδος των υπολογιστικών εργαλείων προσομοίωσης, σε συνάρτηση με τη τεχνολογία εξέλιξης των υπολογιστικών συστημάτων ώστε να αυξηθεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων και να μειωθεί ο χρόνος προσομοίωσης.

Abstract

The object of this postgraduate thesis is the study and the computational simulation of the under-ventilated fires in building structures. The definition “under-ventilated fire”, refers to fires that during their growth, the available fuel to be burnt, is in abundance, in relation to the available oxidant substance (air of combustion). The deductions that emerge from the study of the behavior and the spread of an under-ventilated fire in a building structure, form a significant source of knowledge, not only for the safety and health of the individuals that live and work in the same building, and the adjacent residential area, but for the endurance of the structural elements against the fire heat, and the appropriate repressive means that have to be installed in it, to encounter the devastating consequences of a hazardous fire.

The present thesis is based on the technical note No. 1483 of the US National Institute of Standards and Technology-NIST [8] and the technical report [6]. For the computational simulation of the fire cases studied in the present thesis, the well known, free and open source software FDS (Fire Dynamics Simulator), that is specialized in the computational simulation of a fire, is used. The software core code developed and is still under the development and optimization, by the US National Institute for Standards and Technology in cooperation with the technical research centre of Finland (VTT).

The aim of the present thesis is to explore the scope of the computational efficiency of the present software in simulating under-ventilated fires in building structures with different geometries, with natural ventilation only, and the inferences that emerge, about the accuracy of the values of the considered computed quantities of the fire flow field, in relation to experimental values of the same quantities on the same node of the flow field grid, published in the reports mentioned above.

The present thesis, comprises five chapters. The first chapter presents analytically, the under-ventilated fire phenomenon, as well as, experimental and empirical correlations from the international bibliography and literature, about the under-ventilated fire flow field in building structures. In the second chapter, is presented the potential and the feasibility of numerical simulation of fires, and a typical computational mechanics code characteristics for the fire simulation. In addition, are presented analytically, the characteristics and the submodels included in the FDS code, for the simulations performed in this thesis. In the third chapter, is presented an under-ventilated fire computational simulation, in a full scale model compartment of a building, for which there are experimental data about the under-ventilated fire flow field that occurs inside it, and the inference in relation to its computational simulation feasibility. In the fourth chapter, is presented an under-ventilated fire computational simulation, in a corridor like compartment model with external facade, for which there are experimental data about the under-ventilated fire flow field that occurs inside it, and the inference in relation to its computational simulation feasibility. In the fifth chapter, is presented a total evaluation and

assessment about the growth and evolution of an under-ventilation fire in different geometry building structures, in relation to the computational simulation potential, using the existing fire simulation software.

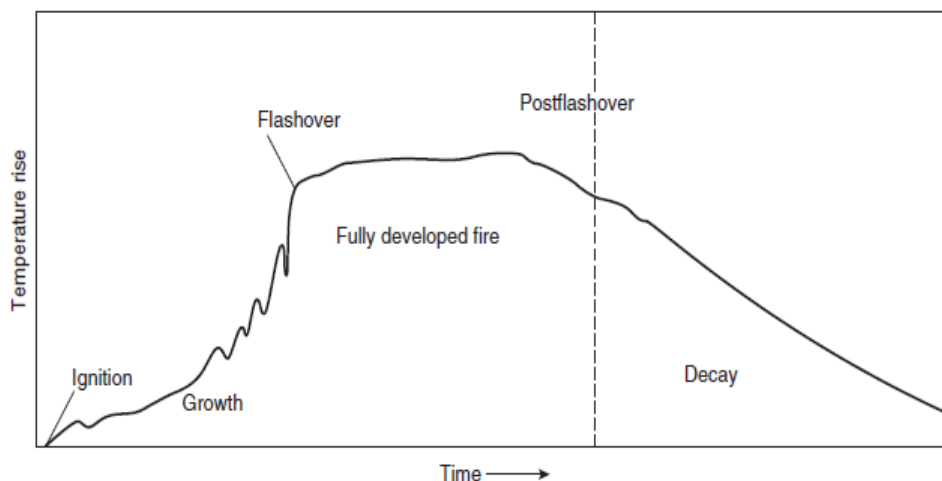
Generally, the computational simulation of building under-ventilation fires, with the existing computational tools, that are used in this present thesis, is satisfactory enough, and the experimental results are in good agreement, with the corresponding computational. Because of the intricate phenomena that occur during the under-ventilated fire process, it is necessary for the fire engineers society, the continuous development and progress of the existing computational tools, in relation to the evolution of the performance of the computing systems, for the decrease of the simulation time, and the increase of the simulation accuracy.

1.Η ΦΩΤΙΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

1.1 Το φαινόμενο της φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις.

Το φαινόμενο της φωτιάς σε κτίρια χρονικά, μπορεί να μελετηθεί και να χωριστεί σε φάσεις εξέλιξης [17,24]. Οι φάσεις αυτές, οι οποίες απεικονίζονται στο σχήμα 1.1 είναι:

- A) Έναυση της φωτιάς (fire ignition).
- B) Ανάπτυξη της φωτιάς (fire growth).
- Γ) Flashover.
- Δ) Πλήρως αναπτυγμένη φωτιά (fully developed fire).
- E) Εξασθένηση της φωτιάς (fire decay).



Σχήμα 1.1, Φάσεις εξέλιξης φωτιάς σε κτίριο, με τη πάροδο του χρόνου

Η φάση της έναυσης, είναι η περίοδος όπου η φωτιά αρχίζει, με εμφάνιση της πρώτης φλόγας στο σημείο της πηγής της φωτιάς.

Η φάση της ανάπτυξης της φωτιάς ακολουθεί τη φάση της έναυσης και η φωτιά αναπτύσσεται εξαρτώμενη από τη τοπική διαθέσιμη ποσότητα καυσίμου. Η γεωμετρία του κτιρίου παίζει μικρό ρόλο στο αρχικό στάδιο της φάσης ανάπτυξης. Αν υπάρχει επαρκές στοιχειομετρικό καύσιμο και οξυγόνο, η φωτιά συνεχίζει να αναπτύσσεται. Η μέγιστη έκταση της φωτιάς, εξαρτάται από τη διαθέσιμη ποσότητα καυσίμου σε σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα οξειδωτικού (αέρα). Αν η ποσότητα του οξειδωτικού είναι μεγαλύτερη από τη ποσότητα του καυσίμου η φωτιά είναι υπεραεριζόμενη, ενώ στην αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως υποαεριζόμενη.

Η φάση << flashover >>, είναι η μεταβατική κατάσταση μεταξύ της φάσης της ανάπτυξης της φωτιάς και της φάσης της πλήρους αναπτυγμένης φωτιάς. Κατά τη φάση του flashover, η φωτιά μεταδίδεται σε όλο χώρο στον οποίο υπάρχει διαθέσιμο

καύσιμο, όπου η θερμότητα λόγω ακτινοβολίας των θερμών αερίων προκαλεί έναυση όλων των εύφλεκτων ουσιών του χώρου.

Στη φάση της πλήρους αναπτυγμένης φωτιάς, η ισχύς υπό μορφή θερμότητας που απελευθερώνει η φωτιά, φτάνει στη μέγιστη τιμή της. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής, η εσωτερική γεωμετρία του κτιρίου και οι συνθήκες που επικρατούν εσωτερικά αυτού επηρεάζουν την εξέλιξη της φωτιάς. Η διάρκεια της φάσης αυτής εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα του εσωτερικού του κτιρίου, τη φύση, τη ποσότητα και τη κατανομή του καυσίμου εσωτερικά του κτιρίου, τη ποσότητα και γεωμετρία των ανοιγμάτων που υπάρχουν στο κτίριο και τις φυσικές ιδιότητες των υλικών των τοιχωμάτων του κτιρίου.

Κατά τη φάση της εξασθένησης της φωτιάς, η ποσότητα του καυσίμου προς καύση μειώνεται δραστικά, και οδηγείται σε σβέση με την ολοκληρωτική οξειδωση του καυσίμου.

1.2 Η υποαεριζόμενη φωτιά

Η υποαεριζόμενη φλόγα και κατά συνέπεια, η υποαεριζόμενη φωτιά συμβαίνει με περίσσεια ποσότητας καυσίμου σε σχέση με τη διαθέσιμη ποσότητα του οξειδωτικού συστατικού. Δηλαδή [1] αν υποθεθεί ένα ρεύμα μάζας καυσίμου και ένα ρεύμα μάζας οξειδωτικού (αέρας) προς καύση, όπου το κλάσμα μίγματος z του ρεύματος καυσίμου στο μίγμα ρεύματος καυσίμου και ρεύματος οξειδωτικού είναι:

$$z = (sY_F - Y_{O_2} + Y_{O_2,2}) / (sY_{F,1} + Y_{O_2,2}) \quad (1.1)$$

όπου $Y_{F,1}$ είναι το κλάσμα μάζας του καθαρού καυσίμου στο ρεύμα του καυσίμου, Y_F είναι το κλάσμα μάζας του καθαρού καυσίμου στο μίγμα ρεύματος καυσίμου και ρεύματος οξειδωτικού (αέρας) με:

$$Y_F = z Y_{F,1} \quad (1.2)$$

$Y_{O_2,2}$ είναι το κλάσμα μάζας του καθαρού οξυγόνου στο ρεύμα του οξειδωτικού, Y_{O_2} είναι το κλάσμα μάζας του καθαρού οξυγόνου στο μίγμα ρεύματος καυσίμου και οξειδωτικού με:

$$Y_{O_2} = Y_{O_2,2} (1-z) \quad (1.3)$$

ο στοιχειομετρικός λόγος μάζας s θα είναι:

$$s = (Y_{O_2}/Y_F)_{st} \quad (1.4)$$

και θα ισχύει $z < z_{st}$ στη ζώνη καύσης. Το στοιχειομετρικό κλάσμα μίγματος του ρεύματος καυσίμου στο μίγμα ρεύματος καυσίμου και οξειδωτικού z_{st} ορίζεται ως:

$$z_{st} = 1 / (1 + (s Y_{F,1} / Y_{O_2,2})) \quad (1.5)$$

και προκύπτει για λόγο αέρα $\lambda=1$, όπου:

$$\lambda = Y_{O_2} / s Y_F \quad (1.6)$$

Έτσι για υποαεριζόμενη φλόγα, παρατηρείται κατανάλωση του συνόλου της μάζας του οξυγόνου, με τη στοιχειομετρική ποσότητα του καυσίμου, και το κλάσμα μάζας του άκαυστου καυσίμου είναι:

$$Y''_F = Y_{F,1} (z - z_{st}) / (1 - z_{st}) \quad (1.7)$$

Επίσης ο τοπικός λόγος ισοδυναμίας καυσίμου:

$$\phi = [(A/F)_{st}] / [(A/F)] \quad (1.8)$$

θα είναι μεγαλύτερος του 1, $\phi > 1$, και το μίγμα θα είναι πτωχό σε αέρα καύσης. Ο όρος $(A/F)_{st}$ αποτελεί το στοιχειομετρικό λόγο αέρα-καυσίμου, που ορίζεται ως η μάζα του αέρα που χρειάζεται για τη στοιχειομετρική καύση μιας ποσότητας μάζας του καυσίμου, $((A/F)_{st} = (m_{αέρα}/m_{καυσίμου})_{st})$ και ο όρος (A/F) αποτελεί το λόγο αέρα καυσίμου, που επικρατεί σε υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης, όπου $m_{F,st} < m_F$.

Συνήθως, στις κτιριακές εγκαταστάσεις, υποαεριζόμενες συνθήκες εμφανίζονται σε κλειστούς χώρους (δωμάτιο ή διαμέρισμα), στους οποίους οι διαστάσεις του ανοίγματος ή των ανοιγμάτων, πλάτους W και ύψους H , που έχουν αυτοί οι χώροι, προς το εξωτερικό περιβάλλον, να θεωρούνται μικροί σε σχέση με τις διαστάσεις των χώρων, και διαθέτουν μόνο φυσικό αερισμό μέσω των ανοιγμάτων προς το εξωτερικό περιβάλλον.

1.3 Εξέλιξη της υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις

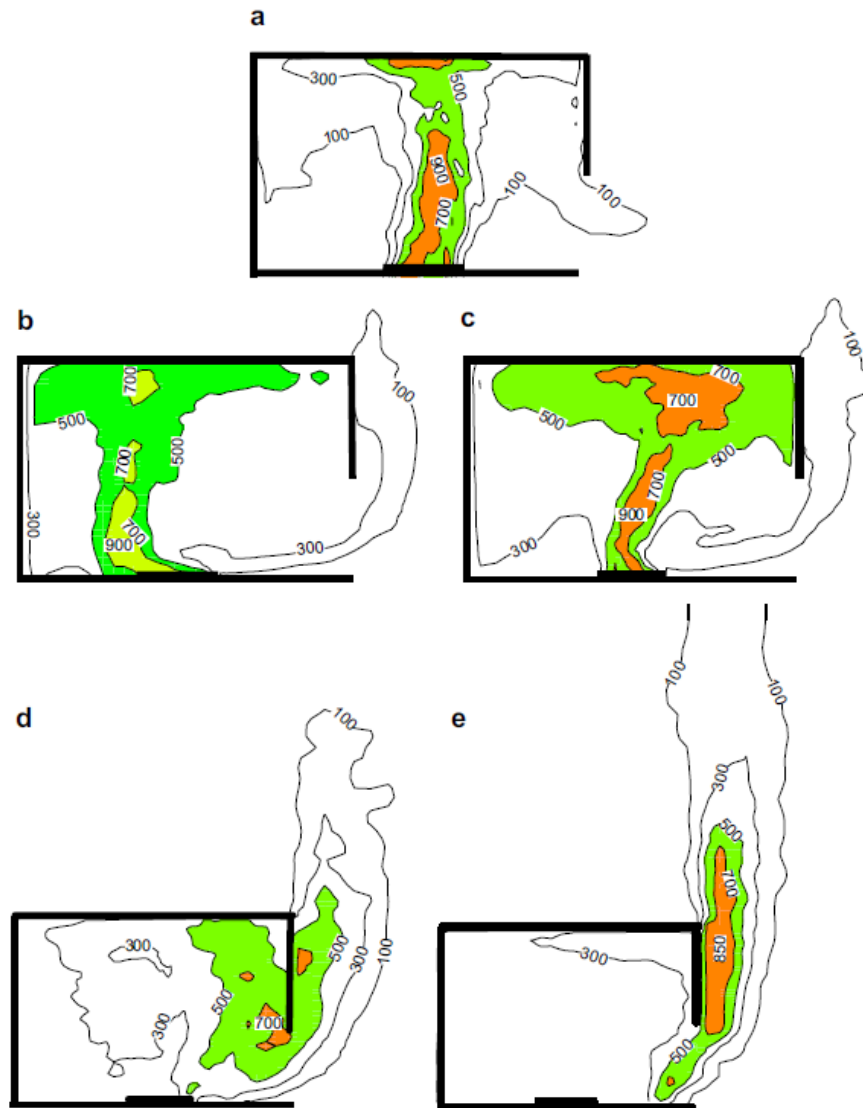
Η φωτιά σε αυτούς τους χώρους, αρχικά εμφανίζεται ως υπεραεριζόμενη με $z > z_{st}$ και $\phi < 1$. Σε πρώτο στάδιο [2], η φωτιά εμφανίζεται προσκολλημένη στη πηγή της, και θεωρείται υπεραεριζόμενη, αφού υπάρχει αρκετή ποσότητα οξειδωτικού προς καύση, μέσα στο κλειστό χώρο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2a. Το καύσιμο καίγεται στοιχειομετρικά, με τον υπάρχοντα αέρα μέσα στο κλειστό χώρο, και τον αέρα που εισέρχεται από το άνοιγμα. Το ύψος της φλόγας εσωτερικά του κλειστού χώρου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του καυσίμου και τη ροή του καυσίμου \dot{m}_F προς καύση. Παρατηρείται ανοδική πορεία του πλουμίου των θερμών προϊόντων, και εμφάνιση στρώματος καυσαερίων κοντά στην οροφή. Τα θερμότερα προϊόντα της καύσης, εξέρχονται από το πάνω μέρος του ανοίγματος, λόγω της υπερπίεσης μεταξύ του εσωτερικού του κλειστού χώρου, σε σχέση με τη πίεση του περιβάλλοντος εξωτερικά του χώρου, εμποδίζοντας, την εισαγωγή αέρα προς καύση, από το άνοιγμα. Το χρονικό διάστημα t_1 του αρχικού αυτού σταδίου, μπορεί να περιγραφεί από τη θεωρητική σχέση [2]:

$$t_1 = \rho_\infty V / \dot{m}_F s \quad (1.9)$$

όπου ρ_∞ είναι η πυκνότητα του αέρα του περιβάλλοντος, V είναι ο όγκος του εσωτερικού χώρου και s είναι $s = (Y_{O_2}/Y_F)st$ ο στοιχειομετρικός λόγος μάζας.

Στο δεύτερο στάδιο, παρατηρείται παλμική φλόγα, κατά την οποία η ποσότητα του αέρα μειώνεται συνεχώς, καθότι τα θερμά προϊόντα της καύσης φράσσουν προοδευτικά το άνοιγμα. Στο στρώμα των καυσαερίων, κοντά στην οροφή εμφανίζονται αυξανόμενες συγκεντρώσεις άκαυστου καυσίμου, μονοξειδίου του άνθρακα, και αιθάλης, και το ίδιο το στρώμα αυξάνεται σε πάχος. Λόγω της έλλειψης οξυγόνου, η καύση καθίσταται προοδευτικά ατελής με $\dot{m}_F > \dot{m}_{air}/s$ ή $\lambda < 1$, και εμφανίζονται υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης (σχήματα 1.2b, 1.2c). Το μέγεθος του ρυθμού της τροφοδοσίας καυσίμου επηρεάζει τη ποσότητα CO και αιθάλης, που θα παραχθεί.

Στο τρίτο στάδιο μέσα στο κλειστό χώρο, τα αντιδρώντα αραιώνονται από τη μεγάλη συγκέντρωση CO και αιθάλης που σχηματίζονται καθώς το οξυγόνο του αέρα καταναλώνεται γρήγορα. Το μήκος της φλόγας μειώνεται δραματικά, και αποκολλάται από την επιφάνεια του καυστήρα, οδηγούμενη προς το άνοιγμα, όταν η ποσότητα του αέρα εσωτερικά του χώρου είναι ανεπαρκής για τη καύση του καυσίμου που υπάρχει εσωτερικά του χώρου (σχήμα 1.2d). Στο τελικό στάδιο, το οξυγόνο εσωτερικά του κλειστού χώρου έχει καταναλωθεί και η φλόγα στο καυστήρα οδηγείται σε κατάσταση σβέσης. Ενώ η παροχή του καυσίμου παραμένει σταθερή, θερμά αέρια πλούσια σε καύσιμο, και CO, εξέρχονται του ανοίγματος, έρχονται σε επαφή και αναμιγνύονται με το οξυγόνο του αέρα που υπάρχει εξωτερικά και αναφλέγονται, οπότε εμφανίζεται φλόγα εξωτερικά του κλειστού χώρου, η οποία προσκολλάται στην επιφάνεια της πρόσοψης του κτιρίου όπως και το παραγόμενο πλούμιό της (σχήμα 1.2e). Στο εσωτερικό παρατηρείται ανακυκλοφορία των θερμών αερίων πλούσιων σε αιθάλη και καύσιμο. Το CO εσωτερικά του χώρου εμφανίζει μικρές συγκεντρώσεις, λόγω του ότι η φλόγα βρίσκεται εξωτερικά του κτιρίου, και καίγεται στοιχειομετρικά.



Σχήμα 1.2, Φάσεις εξέλιξης υποαεριζόμενης φωτιάς στο χώρο κτιρίου

1.4 Πειραματικές σχέσεις υπολογισμού καταστατικών μεγεθών υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις

Στη διεθνή βιβλιογραφία, και σε επιστημονικές δημοσιεύσεις υπάρχουν πειραματικές και εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού καταστατικών μεγεθών της υποαεριζόμενης φωτιάς σε χώρους κτιρίων, όπως η ισχύς φωτιάς, θερμοκρασία και ταχύτητα αερίων, ροή θερμότητας αερίων στην επιφάνεια τοιχώματος, ροή μάζας αερίων κ.α. Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότερες σχέσεις οι οποίες αφορούν στα μεγέθη που εξετάζονται και υπολογίζονται στη παρούσα εργασία.

A) Θερμική ισχύς υποαεριζόμενης φωτιάς

Η συνολική θερμική ισχύς \dot{Q} (heat release rate-hrr) που απελευθερώνεται κατά τη καύση του καυσίμου σε υποαεριζόμενη φωτιά σε χώρο κτιρίου στον οποίο υπάρχει άνοιγμα προς το εξωτερικό περιβάλλον, σε όλη την εξέλιξη του φαινομένου της φωτιάς, μέχρι τη σβέση της, δίνεται από τη σχέση [24]:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_W + \dot{Q}_G + \dot{Q}_o + \dot{Q}_R + \dot{Q}_{ex} \quad (1.10)$$

όπου \dot{Q}_W είναι οι θερμικές απώλειες προς τη τοιχοποιία του χώρου, \dot{Q}_G είναι η θερμική ισχύς που χρειάζεται για την αύξηση της θερμικής ενέργειας των αερίων που υπάρχουν στο εσωτερικό του χώρου, \dot{Q}_o είναι η θερμική ισχύς που χάνεται με τα αέρια που οδηγούνται μέσω του ανοίγματος στο περιβάλλον, \dot{Q}_R είναι οι απώλειες θερμικής ισχύος ακτινοβολίας, \dot{Q}_{ex} είναι η θερμική ισχύς του καυσίμου που δε καίγεται και οδηγείται μαζί με τα προϊόντα της καύσης στο εξωτερικό του κτιρίου, όπου καίγεται με οξειδωτικό τον αέρα περιβάλλοντος. Με βάση τη σχέση (1.10), η συνολική θερμική ισχύς για υποαεριζόμενες φωτιές δίνεται από τη σχέση [17]:

$$\dot{Q} \approx 1500AH^{1/2} + \dot{Q}_{ex} \quad (1.11)$$

όπου

$$\dot{Q} = n \dot{m}_F Hu_{,F} \quad (1.12)$$

και n είναι ο συντελεστής απόδοσης της καύσης ($n = 1$ τέλεια καύση, $n < 1$ ατελής καύση), \dot{m}_F είναι η ροή του καυσίμου προς καύση, $Hu_{,F}$ είναι η κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του καυσίμου. Στο τύπο (1.11), A είναι το εμβαδόν του ανοίγματος που τυχόν υπάρχει στο δωμάτιο του κτιρίου και H είναι το ύψος του ανοίγματος. Με βάση τη σχέση (1.11) η σχέση (1.10) θα είναι:

$$\dot{Q}_W + \dot{Q}_G + \dot{Q}_o + \dot{Q}_R \approx 1500AH^{1/2} \quad (1.13)$$

Ο όρος $1500AH^{1/2}$ [17] εκφράζει την ισχύ της θερμότητας \dot{Q}_{in} που απελευθερώνεται στο εσωτερικό του δωματίου-κτιρίου, και δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_{air,in} \Delta h_{,air} \quad (1.14)$$

Η $\dot{m}_{air,in}$ δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{m}_{air,in} = k_o A H^{1/2} \quad (1.15)$$

όπου $k_0 = 0.5 \text{ kg/sec m}^{5/2}$, $\dot{m}_{\text{air,in}}$ είναι η ροή μάζας αέρα στην εστία της φωτιάς και Δh_{air} είναι η θερμότητα που παράγεται από τη καύση 1 kgf αέρα που είναι κατά μέση τιμή περίπου ίση με 3000 kJ/kgf για τα κοινά καύσιμα.

Ο ρυθμός καυσίμου προς καύση [50], δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{m}_F = (\dot{m}_{\text{air,in}})/s + \dot{m}_{\text{ex}} \quad (1.16)$$

Μεταξύ της υπεραεριζόμενης και της υποαεριζόμενης φάσης εξέλιξης της φωτιάς σε κτιριακό χώρο, υπάρχει μια ενδιάμεση φάση, η οποία ονομάζεται διακοπτόμενη, κατά την οποία, εμφανίζεται διακοπτόμενη φλόγα μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού του κλειστού χώρου. Οι Longhua Hu et al [4], μέσω διεξαγωγής πειραμάτων, προσδιόρισαν τα χαρακτηριστικά αυτής της φάσης, μέσω της πιθανότητας P η οποία εκφράζει το κλάσμα του χρονικού διαστήματος κατά τον οποίο μέρος της φλόγας βρίσκεται εκτός του κλειστού χώρου μέσω του ανοίγματος, στο τέλος της υπεραεριζόμενης φάσης, σε σχέση με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μέρος της φλόγας βρίσκεται στο εσωτερικό του διαμερίσματος. Η κρίσιμη τιμή $P=0$ της πιθανότητας, δηλώνει ότι, η φλόγα βρίσκεται ολόκληρη στο εσωτερικό του διαμερίσματος (τέλος της υπεραεριζόμενης φάσης), ενώ η κρίσιμη τιμή $P=1$, δηλώνει ότι η φλόγα βρίσκεται ολόκληρη μόνιμα εκτός του εσωτερικού χώρου (τέλος της υποαεριζόμενης φάσης). Η πιθανότητα αυτή εξαρτάται από τη συγκέντρωση του καυσίμου στο εξωτερικό του χώρου, και τη θερμοκρασία εξόδου των θερμών αερίων από το κλειστό χώρο, μέσω του ανοίγματος.

Υπάρχει μία ανώτερη κρίσιμη τιμή της συγκέντρωσης του καυσίμου στο εξωτερικό του χώρου, κάτω από την οποία η φλόγα βρίσκεται συνεχώς εντός του κλειστού χώρου, και μια κατώτερη κρίσιμη τιμή της συγκέντρωσης του καυσίμου στο εξωτερικό του χώρου, πάνω από την οποία η φλόγα βρίσκεται συνεχώς εκτός του κλειστού χώρου (οι συγκεντρώσεις αυτές του καυσίμου, προέρχονται από το καύσιμο που δε κάηκε εσωτερικά του χώρου του διαμερίσματος και διέφυγε μέσω του ανοίγματος στο εξωτερικό περιβάλλον). Κατά τη διεξαγωγή πειραματικών μετρήσεων [4], παρατηρήθηκε ότι οι δύο κρίσιμες τιμές των συγκεντρώσεων, αυξάνονται γραμμικά με την αύξηση του μεγέθους VF (Ventilation Factor) που ονομάζεται παράγοντας αερισμού:

$$VF = AH^{1/2} \quad (1.17)$$

όπου A είναι το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος που τυχόν υπάρχει στο χώρο του διαμερίσματος κτιρίου, και H το ύψος του ανοίγματος. Ωστόσο ο ρυθμός αύξησης της ανώτερης κρίσιμης συγκέντρωσης καυσίμου είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τη κατώτερη. Επίσης η διαφορά μεταξύ της ανώτερης μείων τη κατώτερη κρίσιμη συγκέντρωση καυσίμου, αυξάνεται με την αύξηση του παράγοντα αερισμού, δηλαδή με την αύξηση του παράγοντα αερισμού η διακοπτόμενη περίοδος αυξάνεται. Επιπρόσθετα, η διαφορά μεταξύ της κατώτερης κρίσιμης συγκέντρωσης του καυσίμου, εξωτερικά του χώρου, και της συγκέντρωσης του καυσίμου που καίγεται εσωτερικά, αυξάνεται με τη μείωση του παράγοντα αερισμού. Αυτό σημαίνει ότι οι απώλειες θερμότητας στα τοιχώματα του χώρου, είναι μεγαλύτερες για μικρούς

παράγοντες αερισμού, καταλήγοντας σε μικρότερες θερμοκρασίες αερίων εσωτερικά του χώρου, με συνέπεια την αργοπορία καύσης του καυσίμου που βρίσκεται εκτός του κλειστού χώρου. Οι Longhua Hu et al [4], προσδιόρισαν πειραματικά τη κατώτερη κρίσιμη τιμή θερμικής ισχύος $Q\dot{e}x_{,l}$ που αντιστοιχεί στη καύση της κατώτερης κρίσιμης συγκέντρωσης του καυσίμου, το οποίο δεν έχει καεί εσωτερικά του χώρου και βρίσκεται εκτός του χώρου, κατά την οποία η φλόγα βρίσκεται ολόκληρη μέσα στο κλειστό χώρο και έχει πιθανότητα $P=0$, και την ανώτερη κρίσιμη τιμή ροής θερμότητας $Q\dot{e}x_{,u}$ που αντιστοιχεί στη καύση της ανώτερης κρίσιμης συγκέντρωσης του καυσίμου, που δεν έχει καεί εσωτερικά του διαμερίσματος και βρίσκεται εξωτερικά του χώρου του διαμερίσματος, κατά την οποία η φλόγα βρίσκεται ολόκληρη εκτός του κλειστού χώρου, και έχει πιθανότητα $P=1$. Η $Q\dot{e}x_{,l}$ προσδιορίστηκε πειραματικά ως:

$$Q\dot{e}x_{,l} = [(-0.58 \rho_{\infty} c_{p\infty} VF g^{1/2} / h_c A_{tot}) + 2.22](\rho_{\infty} c_p g^{1/2} T_{\infty} VF) \quad (1.18)$$

όπου ρ_{∞} , T_{∞} , $c_{p\infty}$ είναι η πυκνότητα, θερμοκρασία και η ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση του αέρα του περιβάλλοντος, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, h_c είναι ο συνολικός συντελεστής απωλειών λόγω συναγωγής και ακτινοβολίας από το εσωτερικό του διαμερίσματος, και A_{tot} είναι η συνολική επιφάνεια των τοιχωμάτων του εσωτερικού του διαμερίσματος. Η διαφορά $Q\dot{e}x_{,u} - Q\dot{e}x_{,l}$ ονομάζεται $Q\dot{e}x_{,range}$, και προσδιορίστηκε ότι έχει περίπου σταθερή τιμή και ίση με:

$$Q\dot{e}x_{,range} = 1.32 (\rho_{\infty} c_p g^{1/2} T_{\infty} VF) \quad (1.19)$$

Οπότε: $Q\dot{e}x_{,u} = Q\dot{e}x_{,range} + Q\dot{e}x_{,l}$ άρα:

$$Q\dot{e}x_{,u} = [(-0.58 \rho_{\infty} c_p VF g^{1/2} / h_c A_{tot}) + 3.52](\rho_{\infty} c_p g^{1/2} T_{\infty} VF) \quad (1.20)$$

Τελικά οι σχέσεις της πιθανότητας P όπου P ανήκει στο διάστημα $[0,1]$, δίνεται από τους τύπους:

$$P=0, \text{ αν } \dot{Q} < Q\dot{e}x_{,l} \quad (1.21)$$

$$P=0.758 (Q\dot{e}x - Q\dot{e}x_{,l}) / (\rho_{\infty} c_p g^{1/2} T_{\infty} VF), \\ \text{αν } 0 \leq Q\dot{e}x - Q\dot{e}x_{,l} \leq 1.32 (\rho_{\infty} c_p g^{1/2} T_{\infty} VF) \quad (1.22)$$

$$P=1, \text{ αν } Q\dot{e}x > Q\dot{e}x_{,l} + 1.32 (\rho_{\infty} c_p g^{1/2} T_{\infty} VF) \quad (1.23)$$

B) Θερμοκρασία στο εσωτερικό του διαμερίσματος-δωματίου

B.1) Μέγιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό του διαμερίσματος

Στη δημοσίευση [25], προτείνεται η πειραματική σχέση της μέγιστης θερμοκρασίας T_{\max} σε ($^{\circ}\text{C}$) σε χώρο διαμερίσματος-δωματίου όπου υπάρχει φωτιά και δίνεται από τη σχέση:

$$T_{\max} = 6000(1-e^{-0.1\Omega})/\Omega^{1/2} \quad (1.24)$$

με $\Omega = (A_{\text{tot}}-A)/VF$, σε $\text{m}^{-1/2}$, όπου A_{tot} είναι το εμβαδόν της επιφάνειας του εσωτερικού του διαμερίσματος.

B.2) Μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό διαμερίσματος ως συνάρτηση του χρόνου

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναλυτικές πειραματικές σχέσεις της μέσης θερμοκρασίας T_{mean} που επικρατεί σε δωμάτιο-διαμέρισμα στο οποίο επικρατεί φωτιά, ως συνάρτηση του χρόνου t από την έναυση της φωτιάς.

Αρχικά το British Standard [26] προτείνει τη σχέση:

$$T_{\text{mean}} = T_{\infty} + 345 \log(0,133t+1) \quad (1.25)$$

όπου t ο χρόνος σε (sec) και η θερμοκρασία T σε ($^{\circ}\text{C}$).

Το ISO-834 [26] προτείνει τις σχέσεις:

$$T_{\text{mean}} = T_{\infty} + 504 t^{0.141}, \text{ αν } t \leq 10 \text{ min} \quad (1.26)$$

$$T_{\text{mean}} = T_{\infty} + 345 \log(8t+1), \text{ αν } t \geq 10 \text{ min} \quad (1.27)$$

όπου ο χρόνος t σε (min) και η θερμοκρασία T σε ($^{\circ}\text{C}$). Επίσης σύμφωνα με τη δημοσίευση [26], η μέση θερμοκρασία T_{mean} που επικρατεί σε δωμάτιο στο οποίο επικρατεί φωτιά, δίνεται από τη σχέση:

$$T_{\text{mean}} = T_{\infty} + 532(1-e^{-0.6t}) - 186(1-e^{-3t}) + 820(1-e^{-12t}) \quad (1.28)$$

όπου ο χρόνος t σε (min) και η θερμοκρασία T σε ($^{\circ}\text{C}$). Η σχέση αναφέρεται και ως σχέση Williams-Leir. Η δημοσίευση [27], προτείνει τη πειραματική σχέση:

$$T_{\text{mean}} = T_{\infty} + 750(1 - \exp(-3.79553t^{1/2})) + 170.41 t^{1/2} \quad (1.29)$$

όπου ο χρόνος t σε (hours) και η θερμοκρασία T_{mean} σε ($^{\circ}\text{C}$). Η σχέση αυτή αναφέρεται και ως σχέση J.P Fackler. Η δημοσίευση [28] προτείνει τη πειραματική σχέση T.T Lie:

$$T_{\text{mean}} = 250(10F)^{0.1/(F)^{0.3}} \exp(-F^2t) [3(1-e^{-0.6t}) - (1-e^{-3t}) + 4(1-e^{-12t})] + C(600/F)^{0.5} \quad (1.30)$$

όπου T_{mean} η μέση θερμοκρασία σε ($^{\circ}\text{C}$), t ο χρόνος σε (hr) και F είναι ο παράγοντας του ανοίγματος του διαμερίσματος σε ($\text{m}^{1/2}$) που δίνεται από τη σχέση:

$$F = AH^{1/2}/A_{\text{tot}} \quad (1.31)$$

όπου A είναι το εμβαδόν όλων των ανοιγμάτων του διαμερίσματος, H το ύψος των ανοιγμάτων, A_{tot} είναι το εμβαδόν των τοιχωμάτων του διαμερίσματος (τοιχοποιία, δάπεδο, οροφή), C είναι σταθερά που εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του υλικού των τοιχωμάτων και είναι ίση με $C = 0$ για υλικά με πυκνότητα $\rho \geq 1600 \text{ kg/m}^3$ (μέταλλα, σκυρόδεμα, κεραμικά), ή $C = 1$ υλικά με πυκνότητα $\rho \leq 1600 \text{ kg/m}^3$ (μονωτικά υλικά, γυψοσανίδα). Η σχέση (1.30) ισχύει για $t \leq (0.08/F) + 1$ και $0.01 \leq F \leq 0.15$. Αν $t \geq (0.08/F) + 1$, τότε στη σχέση (1.30) θα χρησιμοποιείται $t = (0.08/F) + 1$. Αν $F > 0.15$, τότε στη σχέση (1.30) θα χρησιμοποιείται $F = 0.15$. Στη δημοσίευση [19] προτείνεται η πειραματική σχέση του BS EN 2002 (1991-1-2):

$$T_{\text{mean}} = T_{\infty} + 1080(1 - 0.325\exp(-0.167t) - 0.675\exp(-2.5t)) \quad (1.32)$$

όπου ο χρόνος t σε (min) και η θερμοκρασία T_{mean} σε ($^{\circ}\text{C}$).

Στη δημοσίευση [61] των Michael A. Delichatsios et al. προτείνεται τρόπος υπολογισμού της μέσης θερμοκρασίας T^*_g στο εσωτερικό δωματίου, αν αυτό αποτελείται από αδιαβατικά τοιχώματα (μονωτικό υλικό) και η φλόγα δεν έχει μεταβεί στο εξωτερικό μέρος του δωματίου. Η σχέση (1.13) γίνεται:

$$1500AH^{1/2} = \dot{m}_g c_p (T^*_g - T_{\infty}) + \sigma A(T^*_g{}^4 - T_{\infty}{}^4) \quad (1.33)$$

όπου \dot{m}_g η ροή αερίων που κατευθύνονται στο εξωτερικό του δωματίου, c_p η μέση ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση των αερίων εσωτερικά του δωματίου, T_{∞} είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος, σ είναι η σταθερά Stefan-Boltzman ($\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$). Για υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης μπορεί να θεωρηθεί ότι $\dot{m}_g = \dot{m}_{\text{air,in}} = 0.5AH^{1/2}$ οπότε η σχέση (1.33) γίνεται:

$$1500AH^{1/2} = 0.5AH^{1/2} c_p (T^*_g - T_{\infty}) + \sigma A(T^*_g{}^4 - T_{\infty}{}^4) \quad (1.34)$$

από τη σχέση (1.34), προσδιορίζεται η θερμοκρασία T^*_g .

B.3) Μέση θερμοκρασία στο πάνω μέρος του εσωτερικού χώρου διαμερίσματος.

Στη δημοσίευση [29], προτείνεται η σχέση (1.35) η οποία ονομάζεται σχέση MQH (McCaffrey, Quintiere, Harkleroad) για το προσδιορισμό της μέσης θερμοκρασίας στο πάνω μέρος του εσωτερικού χώρου δωματίου στον οποίο εξελίσσεται φωτιά:

$$T_u = T_\infty + 480 (\dot{Q}/(g^{1/2} \rho_\infty c_{p\infty} T_\infty A H^{1/2}))^{2/3} (h_{\text{eff}} A_{\text{tot}} / (g^{1/2} \rho_\infty c_{p\infty} A H^{1/2}))^{-1/3} \quad (1.35)$$

όπου ρ_∞ η πυκνότητα του αέρα, $c_{p\infty}$ η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα. Ο παράγοντας h_{eff} δίνεται από τις σχέσεις:

$$h_{\text{eff}} = (k\rho c/t)^{1/2}, \text{ αν } t \leq t_p \quad (1.36)$$

$$h_{\text{eff}} = (k/\delta), \text{ αν } t > t_p \quad (1.37)$$

όπου t ο χρόνος σε (sec) και t_p είναι σταθερά χρόνου, που δίνεται από τη σχέση:

$$t_p = (\rho c/k) (\delta/2)^2 \quad (1.38)$$

k είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού των τοιχωμάτων του διαμερίσματος σε (kW/m²K), ρ η πυκνότητα των τοιχωμάτων σε (kg/m³), c η ειδική θερμοχωρητικότητα των τοιχωμάτων σε (kJ/kg °K), δ το πάχος των τοιχωμάτων σε (m).

B.4) Μέγιστη θερμοκρασία στο πάνω μέρος του εσωτερικού χώρου διαμερίσματος.

Στη δημοσίευση [32], προτείνεται πειραματική σχέση για τη μέγιστη θερμοκρασία σε σημείο κοντά στην οροφή διαμερίσματος, το οποίο απέχει απόσταση r , από το σημείο της κάθετης απόστασης μεταξύ πηγής της φωτιάς και οροφής του διαμερίσματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3. Η σχέση αυτή ισχύει για μήκος φλόγας μικρότερο από το ύψος h του διαμερίσματος και για φωτιά σταθερής ισχύος (heat release rate) \dot{Q} . Οι σχέσεις της μέγιστης θερμοκρασίας T_{max} είναι:

$$T_{\text{max}} = T_\infty + 16.9 (\dot{Q}^{2/3} / h^{5/3}), \text{ αν } r/h \leq 0.18 \quad (1.39)$$

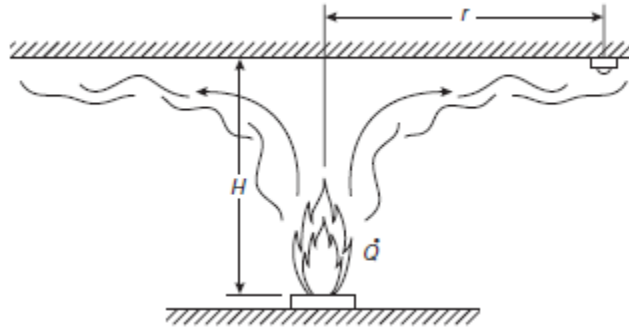
$$T_{\text{max}} = T_\infty + 5.38 \dot{Q}^{2/3} / (hr^{2/3}), \text{ αν } r/h > 0.18 \quad (1.40)$$

όπου η θερμοκρασία T σε (°C), η ισχύς της φωτιάς \dot{Q} σε (kW), η απόσταση r σε (m), και το h είναι το ύψος μεταξύ της εστίας της φωτιάς και της οροφής του διαμερίσματος σε (m) και ονομάζονται σχέσεις Alpert. Αν η πηγή της φωτιάς είναι γειτονική σε κάθετη τοιχοποιία, τότε στις σχέσεις (1.39), (1.40) αντικαθίσταται όπου \dot{Q} ο παράγοντας $2\dot{Q}$, ενώ αν είναι γειτονική σε τοιχοποιία η οποία είναι κάθετη σε οριζόντια οροφή, στις σχέσεις (1.39), (1.40) αντικαθίσταται όπου \dot{Q} ο παράγοντας $4\dot{Q}$. Στη δημοσίευση [33], προτείνονται αντίστοιχες σχέσεις με τις (1.39), (1.40) για τη μέγιστη θερμοκρασία κοντά στη οροφή του διαμερίσματος, για τις ίδιες προδιαγραφές φωτιάς. Οι σχέσεις αυτές οι οποίες ονομάζονται σχέσεις Heskestad είναι:

$$T_{\text{max}} = T_\infty + (6.3\dot{Q}^{2/3} T_\infty^{1/3}) / ((\rho_\infty c_{p\infty})^{2/3} g^{1/3} h^{5/3}), \text{ αν } r/h \leq 0.2 \quad (1.41)$$

$$T_{\text{max}} = T_\infty + ((0.225 + 0.27 r/h)^{-4/3} \dot{Q}^{2/3} T_\infty^{1/3}) / ((\rho_\infty c_{p\infty})^{2/3} g^{1/3} h^{5/3}),$$

$$\text{αν } 0.2 \leq r/h < 4 \quad (1.42)$$



Σχήμα 1.3, Έκταση πλουμίου της φωτιάς κοντά στην οροφή χώρου

Στη δημοσίευση [34], προτείνεται σχέση για τη μέγιστη θερμοκρασία σε σημείο κοντά στην οροφή διαμερίσματος, το οποίο απέχει απόσταση r , από το σημείο της κάθετης απόστασης μεταξύ πηγής της φωτιάς και οροφής του διαμερίσματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3. Η σχέση αυτή ισχύει για μήκος φλόγας συγκρίσιμο με το ύψος του διαμερίσματος και για φωτιά σταθερής ισχύος (heat release rate) \dot{Q} . Η σχέση είναι:

$$T_{\max} = T_{\infty} + (16.99 \dot{Q}^{2/3} / h^{5/3})(1.92(r/b)^{-1} - \exp(1.61(1-(r/b)))) \quad (1.43)$$

όπου $1.0 \leq r/b \leq 40$, και b είναι η χαρακτηριστική ακτίνα του πλουμίου της φωτιάς που δίνεται από τη σχέση ($\dot{Q}c = \eta$ ισχύς της θερμότητας που μεταδίδεται με συναγωγή στην οροφή του διαμερίσματος):

$$b = 0.077((\rho_{\infty}c_{p\infty})^{4/3} T_{\infty}^{3/5} g^{2/5})^{-1/2} h(T_{\infty} + (16.99 \dot{Q}c^{2/3} / h^{5/3}))^{1/2} \quad (1.44)$$

Όπως προτείνεται στη δημοσίευση [35], οι σχέσεις (1.35) έως (1.44) ισχύουν για πάχος αερίων l_T κοντά στην οροφή του διαμερίσματος που δίνεται από τη σχέση:

$$l_T = 0.112H (1 - \exp(-2.24r/H)) \quad (1.45)$$

όταν ισχύει: $0.26 \leq r/H \leq 2$. $\langle H \rangle$ είναι η απόσταση μεταξύ της εστίας της φωτιάς και της οροφής του διαμερίσματος. Η σχέση (1.45) ονομάζεται σχέση Motevalli-Marks.

Γ) Προσδιορισμός ταχυτήτων

Γ.1) Μέγιστη ταχύτητα αερίων στο πάνω μέρος του εσωτερικού χώρου διαμερίσματος.

Στη δημοσίευση [32], προτείνεται πειραματική σχέση για τη μέγιστη ταχύτητα σε σημείο κοντά στην οροφή διαμερίσματος, το οποίο απέχει απόσταση r , από το σημείο της κάθετης απόστασης μεταξύ πηγής της φωτιάς και οροφής του διαμερίσματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3. Η σχέση αυτή ισχύει για μήκος φλόγας

μικρότερο από το ύψος h του διαμερίσματος και για φωτιά σταθερής ισχύος (heat release rate) \dot{Q} . Οι σχέσεις της μέγιστης ταχύτητας u_{\max} είναι:

$$u_{\max} = 0.96 (\dot{Q} / h)^{1/3}, \quad \text{αν } r/h \leq 0.15 \quad (1.46)$$

$$u_{\max} = 0.195 \dot{Q}^{1/3} h^{1/2} / r^{5/6}, \quad \text{αν } r/h > 0.15 \quad (1.47)$$

όπου η ταχύτητα u σε (m/sec), η ισχύς της φωτιάς \dot{Q} σε (kW), η απόσταση r σε (m), και το ύψος h του διαμερίσματος σε (m). Αν η πηγή της φωτιάς είναι γειτονική σε κάθετη τοιχοποιία, τότε στις σχέσεις (1.46), (1.47) αντικαθίσταται όπου \dot{Q} ο παράγοντας $2\dot{Q}$, ενώ αν είναι γειτονική σε τοιχοποιία η οποία είναι κάθετη σε οριζόντια οροφή, στις σχέσεις (1.46), (1.47) αντικαθίσταται όπου \dot{Q} ο παράγοντας $4\dot{Q}$. Στη δημοσίευση [33], προτείνονται αντίστοιχες σχέσεις με τις (1.46), (1.47) για τη μέγιστη θερμοκρασία κοντά στη οροφή του διαμερίσματος, για τις ίδιες προδιαγραφές φωτιάς. Οι σχέσεις αυτές είναι:

$$u_{\max} = 3.61 [(\dot{Q} g) / (\rho \infty c p \infty T \infty h)]^{1/3}, \quad \text{αν } r/h \leq 0.17 \quad (1.48)$$

$$u_{\max} = 1.06 r^{-0.69} [(\dot{Q} g) / (\rho \infty c p \infty T \infty)]^{1/3} (1/h^{-0.3567}), \quad \text{αν } 0.17 \leq r/h < 4 \quad (1.49)$$

Γ.2) Μέση ταχύτητα αερίων στην έξοδο του ανοίγματος διαμερίσματος.

Όπως αναφέρθηκε στη παράγραφο 1.3, η φωτιά σε διαμέρισμα, προκαλεί θέρμανση του εσωτερικού υπάρχοντος αέρα, με συνέπεια τη διαστολή του, η οποία προκαλεί αντίστοιχη ώθηση αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω των ανοιγμάτων του, λόγω της υπερπίεσης των αερίων στο εσωτερικό του διαμερίσματος. Παράλληλα, στο πάνω μέρος του διαμερίσματος, κοντά στην οροφή, εμφανίζεται στρώμα αερίων που αποτελείται από προϊόντα της καύσης και θερμό αέρα. Όταν το θερμό αυτό στρώμα αποκτήσει ικανό πάχος, μέρος του εξέρχεται από το πάνω μέρος του ανοίγματος. Καθώς η φωτιά εξελίσσεται, η πίεση των καυσαερίων της καύσης, προοδευτικά γίνεται μεγαλύτερη από τη πίεση του αέρα εσωτερικά του διαμερίσματος με συνέπεια η πίεση στο κάτω μέρος του δωματίου να είναι μικρότερη της ατμοσφαιρικής και αέρας από το εξωτερικό περιβάλλον να εισρέει μέσω κάτω μέρους του ανοίγματος, στο κάτω μέρος του διαμερίσματος. Επίσης στο πάνω μέρος του δωματίου, η πίεση γίνεται μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής, με συνέπεια προϊόντα καύσης και θερμός αέρας, από το πάνω μέρος του διαμερίσματος, να εξέρχονται μέσω του πάνω μέρους του ανοίγματος στο εξωτερικό περιβάλλον. Κατά συνέπεια υπάρχει ένα επίπεδο κάθετο στο επίπεδο του ανοίγματος το οποίο ονομάζεται ουδέτερο επίπεδο H_n στο οποίο η διαφορά πίεσης Δp_{i0} μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού του διαμερίσματος να είναι μηδενική, και δε παρατηρείται ροή ρευστού εκατέρωθεν του ανοίγματος, οπότε η ταχύτητα του ρευστού στο ουδέτερο επίπεδο είναι μηδέν. Στο πάνω μέρος του ανοίγματος όπου ρευστό εξέρχεται από το διαμέρισμα παρατηρούνται θετικές τιμές ταχύτητας, ενώ στο κάτω μέρος όπου αέρας

εισέρχεται στο διαμέρισμα, παρατηρούνται αρνητικές τιμές ταχύτητας (διάνυσμα ταχύτητας αντίθετης φοράς).

Σύμφωνα με το SFPE (Society of Fire Protection Engineers) handbook [24], έχοντας υπόψη ότι τα αέρια προϊόντα της καύσης θεωρούνται μη συμπιεστά ρευστά, η ταχύτητα των αερίων τα οποία εισέρχονται στο/εξέρχονται από το διαμέρισμα δίνεται από το τύπο:

$$u = ((2 |\Delta p_{io}|)/\rho)^{1/2} \quad (1.50)$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του αερίου που εισέρχεται στο ή εξέρχεται από το διαμέρισμα μέσω του ανοίγματος. Για το μέγεθος Δp_{io} προτείνεται [20,21] η σχέση:

$$\Delta p_{io} = (\dot{Q} T_{\infty} A)^2 / 2 \rho_{\infty} c_{p\infty}^2 \quad (1.51)$$

Θεωρώντας τα αέρια της καύσης ως τέλεια αέρια, για κάθε ένα από αυτά θα ισχύει η καταστατική εξίσωση:

$$p M = \rho \underline{R} T \quad (1.52)$$

με p , M , ρ , \underline{R} , T , οι: πίεση, το μοριακό βάρος του αερίου, η πυκνότητα, η παγκόσμια σταθερά των αερίων ($\underline{R} = 8,3143 \text{ kJ}/(\text{kmol } ^\circ\text{K})$) και η θερμοκρασία του αερίου αντίστοιχα. Για τη σταθερά του κάθε αερίου ισχύει $R = \underline{R} / M$. Θεωρώντας ότι το σύνολο των αερίων στο διαμέρισμα μπορούν πρακτικά να θεωρηθούν ως ατμοσφαιρικός αέρας με μοριακό βάρος $M = 28.95 \text{ kgr}/\text{kmol}$, και ότι η επίδραση της διαφοράς πίεσης στη πυκνότητα είναι αμελητέα, από τη σχέση (1.52) μπορεί να υπολογιστεί η πυκνότητα των αερίων εντός του διαμερίσματος, θέτοντας όπου $p = p_{\infty} = 1.0132 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Έτσι με βάση τις παραπάνω παραδοχές, η πυκνότητα των αερίων ρ εκφράζεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας T , από τη καταστατική εξίσωση των τέλειων αερίων:

$$\rho \text{ (kgr/m}^3\text{)} = 352.7915/T \text{ (}^\circ\text{K)} \quad (1.53)$$

Στο SFPE handbook [24], με χρήση νόμων της υδραυλικής η διαφορά πίεσης μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού του διαμερίσματος, Δp_{io} σε ύψος h από το δάπεδο του διαμερίσματος εκφράζεται με τη σχέση:

$$\Delta p_{io} = \Delta p_f + \int_0^h (\rho_{\infty} - \rho_{in}) g dh \quad (1.54)$$

όπου $\Delta p_f = p_{\infty} - p_f$, p_f είναι η πίεση στο δάπεδο του διαμερίσματος, και ρ_{in} η πυκνότητα των αερίων εσωτερικά του διαμερίσματος σε ύψος h από το δάπεδο του διαμερίσματος. Με χρήση της (1.53) η σχέση (1.54) γίνεται:

$$\Delta p_{io} = \Delta p_f + 3460,8846 \int_0^h |((\frac{1}{T_{\infty}}) - (1/T_{in}))| dh \quad (1.55)$$

Με βάση τη σχέση (1.55), η διαφορά πίεσης μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού του διαμερίσματος από το ύψος του ουδέτερου επιπέδου του ανοίγματος έως το τελικό ύψος του ανοίγματος, δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta p_{out} = 3460,8846 \int_{Hn}^H |((\frac{1}{T_{\infty}}) - (1/T in))| dh \quad (1.56)$$

ενώ η διαφορά πίεσης μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού του διαμερίσματος από το αρχικό ύψος του ανοίγματος H_{in} έως το ύψος του ουδέτερου επιπέδου του ανοίγματος, δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta p_{in} = 3460,8846 \int_{Hin}^{Hn} |((\frac{1}{T_{\infty}}) - (1/T in))| dh \quad (1.57)$$

Με βάση τις σχέσεις (1.56) και (1.57), οι αντίστοιχες ταχύτητες u_{out} και u_{in} δίνονται από τη σχέση (1.50) ως:

$$u_{out} = 4.4294 (T \int_{Hn}^H |((\frac{1}{T_{\infty}}) - (1/T in))| dh)^{1/2} \quad (1.58)$$

$$u_{in} = 4.4294 (T \int_{Hin}^{Hn} |((\frac{1}{T_{\infty}}) - (1/T in))| dh)^{1/2} \quad (1.59)$$

Στη δημοσίευση [60], προτείνεται σχέση για τη μέση ταχύτητα των αερίων στην έξοδο του ανοίγματος και δίνεται από τη σχέση:

$$v = (((Tg - T_{\infty})/T_{\infty})(H-Hn)g)^{1/2} \quad (1.60)$$

όπου Tg είναι η μέση θερμοκρασία των αερίων τα οποία εξέρχονται από το άνοιγμα του δωματίου, T_{∞} είναι η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος, H είναι το ύψος του ανοίγματος, Hn είναι το ύψος του ουδέτερου επιπέδου μετρούμενο από την επιφάνεια του δαπέδου, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Δ) Προσδιορισμός χαρακτηριστικών φλόγας και πλουμίου στη πρόσοψη του διαμερίσματος.

Δ.1) Θερμοκρασία του πλουμίου στη πρόσοψη του κτιρίου.

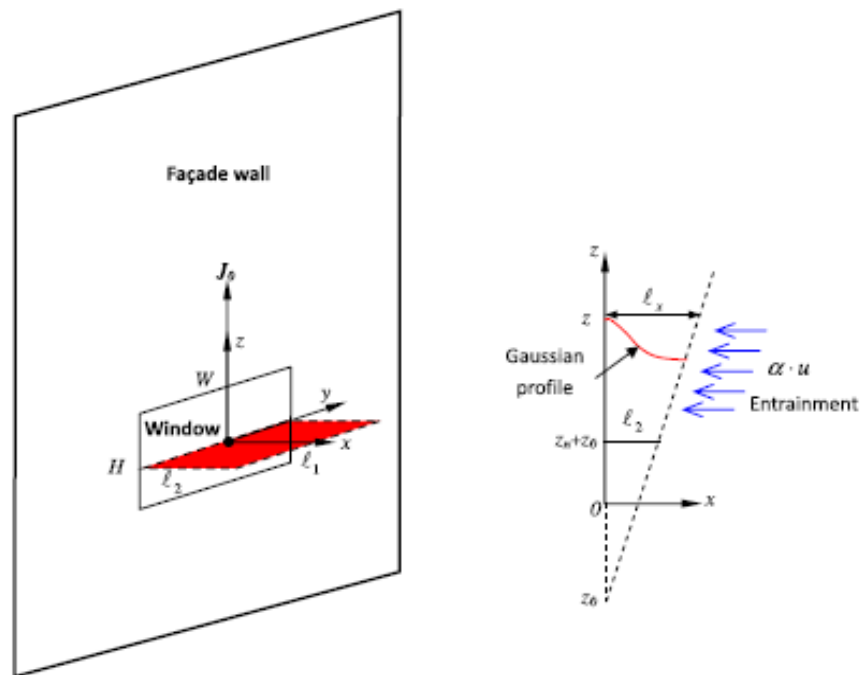
Οι M.A. Delichatsios et al [5], για να προσδιορίσουν προσεγγιστικά τη θερμοκρασία του πλουμίου της φλόγας που εξέρχεται από το άνοιγμα διαμερίσματος, όταν υποαεριζόμενες συνθήκες επικρατούν μέσα στον εσωτερικό χώρο, θεώρησαν ότι το πλούμιο παράγεται από πηγή φωτιάς σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου διαστάσεων $l_1 \times l_2$, στο ύψος του ουδέτερου επιπέδου z_n του ανοίγματος, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.4, που δίνεται από τη σχέση [5]:

$$z_n = H/(1+(\rho_\infty/\rho_g)^{1/3}) \quad (1.61)$$

όπου ρ_g είναι η πυκνότητα των αερίων που εξέρχονται από το εσωτερικό του κλειστού χώρου στο περιβάλλον, μέσω του ανοίγματος. Το ουδέτερο επίπεδο z_n του ανοίγματος είναι το κάθετο επίπεδο στο άνοιγμα, το οποίο χωρίζει το ύψος του ανοίγματος H στη περιοχή στην οποία εξέρχονται θερμά αέρια στην ατμόσφαιρα (περιοχή πάνω από το ουδέτερο επίπεδο), και τη περιοχή στην οποία εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας στο εσωτερικό του χώρου (περιοχή κάτω από το ουδέτερο επίπεδο). Το μήκος l_1 είναι παράλληλο και το l_2 είναι κάθετο στη πρόσοψη, στο ύψος του ουδέτερου επιπέδου. Είναι $l_1 = (AH^{1/2})^{2/5}$ και $l_2 = (AH^2)^{1/4}$. Επίσης θεωρείται ότι η κάθετη τομή του πλουμίου, καθ ύψος, είναι σχήματος ορθογώνιου παραλληλογράμμου, μήκους l_x κάθετα στη πρόσοψη και πλάτους l_y όπου ο λόγος της διάστασης l_x ως προς την l_y παραμένει σταθερή καθ ύψος, σύμφωνα με τη σχέση:

$$(l_x/l_y) \approx (l_2/l_1) = k(H/W)^{3/20} \quad (1.62)$$

όπου k είναι σταθερά, W το πλάτος του ανοίγματος. Με την άνοδο του πλουμίου, στην εξωτερική επιφάνεια της πρόσοψης, η οποία βρίσκεται στον άξονα z , παρατηρείται αύξηση της διάστασης l_x του πλουμίου κάθετα στη πρόσοψη, λόγω της διείσδυσης αέρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4. Με την αύξηση του ύψους στη πρόσοψη, η θερμοκρασία και η ταχύτητα του πλουμίου μειώνεται αλλά η πυκνότητά του αυξάνεται. Μετά από πειραματικές μετρήσεις θεωρείται ότι πυκνότητα του πλουμίου είναι περίπου ίση με τη πυκνότητα του αέρα, $\rho_g \approx \rho_\infty$.



Σχήμα 1.4, Διαστάσεις πλουμίου στην εξωτερική πρόσοψη διαμερίσματος.

Η διάσταση l_x δίνεται από τη σχέση: $l_x = l_2 + \alpha(z - z_n)(k + 1/2)$, οπότε η διάσταση l_y είναι $l_y = [l_2 + \alpha(z - z_n)(k + 1/2)](l_1/l_2)$, σύμφωνα με τη σχέση (1.62). Η ποσότητα α ονομάζεται σταθερά διείσδυσης αέρα, και παίρνει συνήθως τη τιμή $\alpha = 0.11$. Οι M.A. Delichatsios et al [5] υπολόγισαν πειραματικά τη θερμοκρασία του πλουμίου $T_{x,z}$ στον άξονα x , σε κάθε ύψος z , της πρόσοψης, σύμφωνα με τη σχέση:

$$T_{x,z} = T_{\infty} + (T_{aw,max} - T_{\infty}) \exp(-\beta(x/l_x)^2) \quad (1.63)$$

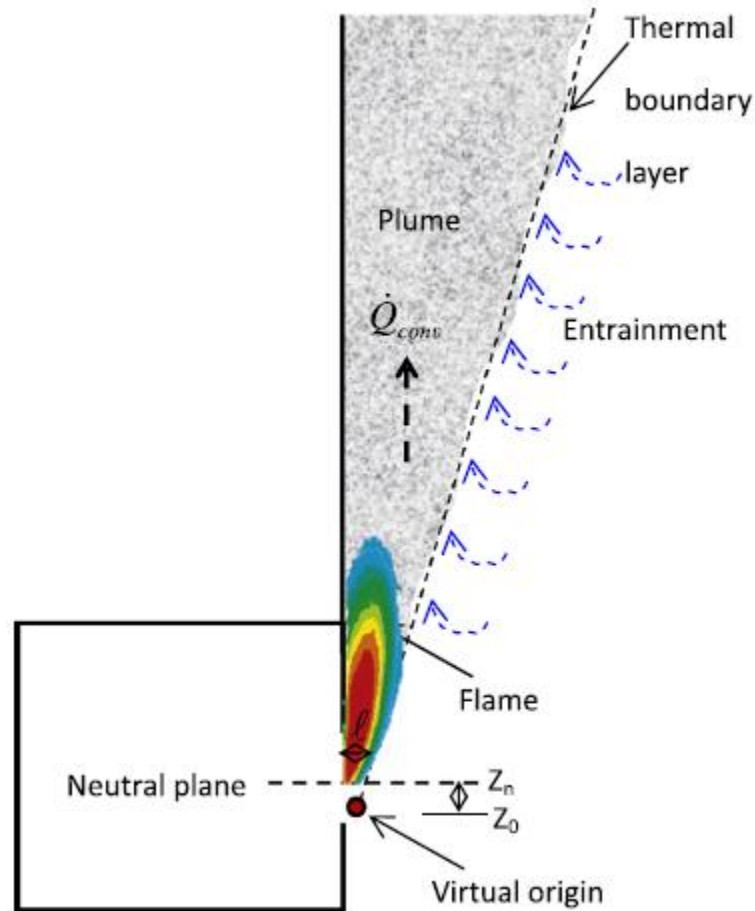
όπου, η σταθερά β υπολογίστηκε πειραματικά από τη σχέση:

$$\beta = 1/(1 - 0.7 \exp(-0.25(H/W)))^{1/2} \quad (1.64)$$

και $T_{aw,max}$ είναι η μέγιστη θερμοκρασία της επιφάνειας της πρόσοψης. Η μορφή του πλουμίου θεωρείται περίπου συμμετρική, όπου κατά την έξοδό του από τον εσωτερικό χώρο, εφάπτεται στη πρόσοψη, έτσι ώστε να εμφανίζεται ως μισό μέρος του πλουμίου προσκολλημένο στην επιφάνεια της πρόσοψης. Η μέση θερμοκρασία του άξονα του πλουμίου, μειώνεται με την αύξηση του ύψους της πρόσοψης, και εμφανίζεται μεγαλύτερη, όσο μικρότερος είναι ο παράγοντας αερισμού του ανοίγματος (παράγοντας αερισμού ανοίγματος = $AH^{1/2}$). Επίσης ο ρυθμός μείωσης της μέσης θερμοκρασίας του άξονα του πλουμίου με την αύξηση του ύψους, είναι διαφορετικός για διαφορετική γεωμετρία ανοίγματος. Αρχικά η μείωση της μέσης θερμοκρασίας του άξονα του πλουμίου με την αύξηση του ύψους, οφείλεται στη διείσδυση αέρα στη δέσμη του πλουμίου. Η ροή θερμότητας λόγω συναγωγής \dot{Q}_{conv} που μεταφέρεται από το πλούμιο στη πρόσοψη είναι ίση με τη ροή θερμότητας λόγω συναγωγής των αερίων που εξέρχονται από το εσωτερικό του κλειστού χώρου ροής μάζας \dot{m}_g ειδικής θερμοχωρητικότητας c_p και θερμοκρασίας T_g , συν τη ροή θερμότητας \dot{Q}_{ext} που απελευθερώνεται λόγω της ποσότητας του καυσίμου που καίγεται εξωτερικά του κλειστού χώρου, δηλαδή

$$\dot{Q}_{conv} = \dot{m}_g c_p (T_g - T_{\infty}) + \dot{Q}_{ext} \quad (1.65)$$

Από προσαρμογή καμπυλών σε πειραματικές μετρήσεις, οι F.Tang et al [3], καταλήγουν στη πειραματική σχέση της μέγιστης θερμοκρασίας $T_{z,max}$, για κάθε επίπεδο του ύψους του πλουμίου πάνω από τη φλόγα, στον άξονα του πλουμίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5:



Σχήμα 1.5, Φλόγα και πλούμιο στην εξωτερική επιφάνεια πρόσοψης διαμερίσματος

$$T_{z,\max} = T_{\infty} + 8.66 (\dot{Q}_{\text{conv}} / \rho_{\infty} C_p(g))^{1/2} {}^{2/3} [(z - z_n - z_0)]^{-5/3} (T_{\infty})^{1/3} \quad (1.66)$$

όπου z_n είναι το ύψος του ουδέτερου επιπέδου του ανοίγματος, και z_0 είναι το αρχικό εικονικό πηγής της φωτιάς αν η πηγή της βρισκόταν εξωτερικά του διαμερίσματος. Οι F.Tang et al [3], προσδιόρισαν το επίπεδο αυτό με τη πειραματική σχέση:

$$z_0 = 1 (2.2 (\dot{Q}_{\text{conv}})^{2/5} - 4.14) \quad (1.67)$$

4.2) Μέσο μήκος φλόγας στη πρόσοψη του κτιρίου.

Κατά την διεξαγωγή πειραμάτων σε χώρους διαμερισμάτων και με διάφορα μεγέθη ανοιγμάτων οι F.Tang et al [3], προσδιόρισαν πειραματικά το μέσο μήκος φλόγας z_f , στην εξωτερική επιφάνεια πρόσοψης κτιρίου για υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης, από τη σχέση:

$$z_f = z_n + 2l(\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2} l^{5/2})^m \quad (1.68)$$

όπου m είναι εκθέτης που παίρνει τιμή $m=2/3$ αν το πλούμιο θεωρηθεί διδιάστατο με $\dot{Q}_{\text{ext}} < 1.3 (\rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2} l^{5/2})$, και $m=0.44$ αν το πλούμιο θεωρηθεί τρισδιάστατο με $\dot{Q}_{\text{ext}} > 1.3 (\rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2} l^{5/2})$, όπου $\dot{Q}_{\text{ext}} = \dot{Q} - \dot{Q}_{\text{in}}$ είναι η τιμή της θερμικής ισχύος από τη καύση της ποσότητας καυσίμου που εξέρχεται άκαυστη από το άνοιγμα του διαμερίσματος λόγω των υποαεριζόμενων συνθηκών εσωτερικά του διαμερίσματος, l το χαρακτηριστικό μήκος του ανοίγματος $l = (AH^{1/2})^{2/5}$, ρ_{∞} είναι η πυκνότητα του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος και $c_{p\infty}$ η ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οπότε η σχέση (1.68) για δισδιάστατο πλούμιο γίνεται:

$$z_f = z_n + 2l^{-2/3} (\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2})^{2/3} \quad (1.69)$$

και για τρισδιάστατο πλούμιο γίνεται:

$$z_f = z_n + 2l^{-0.1} (\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2})^{0.44} \quad (1.70)$$

Κατά τη διενέργεια πειραμάτων, και τη προσαρμογή καμπυλών σε πειραματικά δεδομένα στη δημοσίευση [6], προτείνεται η μέση τιμή του ύψους της φλόγας εξωτερικά του διαμερίσματος, στη πρόσοψη σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$z_f = l^{-2/3} (\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2})^{2/3}, \text{ αν } (\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2} l^{5/2}) \leq 1 \quad (1.71)$$

$$z_f = (\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2})^{2/5}, \text{ αν } (\dot{Q}_{\text{ext}} / \rho_{\infty} c_{p\infty} T_{\infty} g^{1/2} l^{5/2}) > 1 \quad (1.72)$$

Δ.3) Προσδιορισμός της ροής θερμότητας στην εξωτερική επιφάνεια κτιρίου (πρόσοψη).

Σύμφωνα με το SFPE handbook [24], η μέγιστη ροή θερμότητας \dot{q}''_{max} στην εξωτερική πρόσοψη διαμερίσματος δίνεται από τη σχέση:

$$\dot{q}''_{\text{max}} = 200(1 - \exp(-0.09\dot{Q}^{1/3})) \quad (1.73)$$

όπου \dot{Q} η ισχύς της φωτιάς (heat release rate).

Οι M.A. Delichatsios et al [6] προσδιόρισαν πειραματικά τη ροή θερμότητας \dot{q}'' (heat flux) στη πρόσοψη για κάθε σημείο καθ ύψος στη πρόσοψη ως συνάρτηση της μέσης τιμής του μήκους της φλόγας, σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$\dot{q}'' = 0.32\dot{Q}_{\text{ext}} / l z_f \exp(0.6H/l), \quad \text{αν } 0.2 < z / z_f \leq 0.6 \quad (1.74)$$

$$\dot{q}'' = [0.14\dot{Q}_{\text{ext}} z^{-1.54} / l z_f^{-0.54} \exp(0.6H/l)], \quad \text{αν } 0.6 < z / z_f \leq 2 \quad (1.75)$$

$$\dot{q}'' = [0.06\dot{Q}_{\text{ext}} z^{-0.43} / l z_f^{0.57} \exp(0.6H/l)], \quad \text{αν } 2 < z / z_f \leq 6 \quad (1.76)$$

όπου $l = (AH^{1/2})^{2/5}$ και το μέσο μήκος της φλόγας δίνεται από τις σχέσεις (1.68) έως (1.72).

2.ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΩΤΙΑΣ .

2.1 Εισαγωγή

Η υπολογιστική προσομοίωση της φωτιάς, με τη χρήση της υπολογιστικής ρευστομηχανικής, σε κτιριακό περιβάλλον περιλαμβάνει τη διακριτοποίηση των μερικών διαφορικών εξισώσεων του πεδίου ροής της φωτιάς με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών ή τη μέθοδο των πεπερασμένων όγκων ελέγχου σε πλέγμα και την αριθμητική τους επίλυση προσδιορίζοντας τις τιμές των μεγεθών του πεδίου στους αντίστοιχους κόμβους του πλέγματος. Οι μερικές διαφορικές εξισώσεις που χαρακτηρίζουν το πεδίο ροής της φωτιάς είναι η εξίσωση συνέχειας, οι τρισεξιστικές εξισώσεις Navier Stokes, η εξίσωση διατήρησης χημικών συστατικών και η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας.

Για την υπολογιστική προσομοίωση της φωτιάς με τη χρήση υπολογιστικής ρευστομηχανικής, υπάρχουν πολλοί εμπορικοί ή ανοικτοί δωρεάν χρήσης, κώδικες οι οποίοι διακρίνονται σε γενικού σκοπού κώδικες οι οποίοι μπορούν να επιλύσουν ένα μεγάλο φάσμα πεδίων ροής (π.χ CFX, FLUENT, PHOENICS, STAR-CD) και οι ειδικού σκοπού κώδικες, οι οποίοι αναφέρονται σε αποκλειστική λύση πεδίων ροής φωτιάς, και συμπεριλαμβάνουν στο κώδικά τους υπομοντέλα προσομοίωσης που απαντώνται σε πεδία ροής φωτιάς. Οι κώδικες ειδικού σκοπού διακρίνονται σε αυτούς που ειδικεύονται στη προσομοίωση μερικών παραγόντων της φωτιάς (π.χ εξάπλωση καπνού, προσομοίωση αλληλεπίδρασης sprinklers με τη ροή, επίδραση της μετάδοσης θερμότητας της φωτιάς στη κατασκευή του κτιρίου κ.α), και σε αυτούς που περιέχουν υπομοντέλα που προσομοιώνουν όλα τα φαινόμενα τα οποία έχουν μελετηθεί από την επιστημονική κοινότητα η οποία ασχολείται με την προσομοίωση της φωτιάς. Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζονται οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι κώδικες ειδικού και γενικού σκοπού για τη μελέτη της φωτιάς.

Application field: Field models (CFD)			
Model	Country	Id. Number	Short description
<i>ALOFT-FT</i>	<i>USA</i>	53	<i>Smoke movement from large outdoor fires</i>
CFX	UK	54	General purpose CFD software
FDS	USA	55	CFD code specific for fire related flows
FIRE	Australian	56	CFD model with water sprays and coupled to solid/liquid phase fuel to predict the burning rate and extinguish process
FISCO-3L	German/Norway	57	One room field model for describing the interaction of sprinkler sprays with fire gases with forced or natural ventilation
FLUENT	USA	58	General purpose CFD software
JASMINE	UK	59	CFD model for fire and smoke spread
KAMALEON	Norway	60	CFD model for fire linked to a finite element code for thermal responses of the structures
KOBRA-3D	German	61	CFD model for heat transfer and smoke spread
MEFE	Portugal	62	CFD model for one or two compartments, includes time response of thermocouples
PHOENICS	UK	63	General purpose CFD software
RMFIRE	Canada	64	Two dimensional field model for the transient calculation of smoke movement
SMARTFIRE	UK	65	Fire field model
SmokeView	USA	66	Tool for visualising FDS data
SOFIE	UK/Sweden	67	CFD model for fire and smoke spread
<i>SOLVENT</i>	<i>USA</i>	<i>68</i>	<i>CFD model for heat transfer and smoke spread in a tunnel</i>
SPLASH	UK	69	Field model for describing the interaction of sprinkler sprays with fire gases
STAR-CD	UK	70	General purpose CFD software
<i>TUNFIRE</i>	<i>UK</i>	<i>71</i>	<i>CFD model for heat transfer and smoke spread in a tunnel</i>
UNSAFE	USA/Japan	72	Field model for outdoors and indoor fires

Σχήμα 2.1, Κώδικες υπολογιστικής ρευστομηχανικής μελέτης φωτιάς, γενικού και ειδικού σκοπού.

2.2 Το πρόγραμμα FDS

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό ανοικτού κώδικα, FDS (Fire Dynamics Simulator) στην έκδοση 5.5.6, που αναπτύχθηκε και υποστηρίζεται από το NIST (National Institute of Standards and Technology) των ΗΠΑ και το VTT (Technical Research Centre of Finland) της Φινλανδίας. Ο κώδικας βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη και αναβάθμιση συμπεριλαμβάνοντας νέα υπομοντέλα περιγραφής παραμέτρων της φωτιάς τα οποία έχουν εγκριθεί από την επιστημονική κοινότητα μελέτης της φωτιάς.

2.2.1 Χαρακτηριστικά του προγράμματος FDS

Το πρόγραμμα FDS, είναι ένα λογισμικό, ανοικτού κώδικα, γραμμένο σε γλώσσα Fortran90, στον οποίο επιλύονται αριθμητικά οι εξισώσεις Navier-Stokes, για τυρβώδεις διαστικές ροές με καύση χαμηλού αριθμού Mach (ασυμπιέστο ρευστό), δίνοντας έμφαση στη διάδοση της φλόγας και μεταφορά θερμότητας και καπνού σε συνθήκες φωτιάς, σε κτιριακές εγκαταστάσεις. Το πρόγραμμα υποστηρίζει

προσομοίωση του πεδίου ροής σε ένα επεξεργαστή ή σε συστοιχία επεξεργαστών με παράλληλη επεξεργασία χρησιμοποιώντας το MPI (Message Passing Interface).

Το τυρβώδες πεδίο ροής περιγράφεται με τη χρησιμοποίηση του μοντέλου της προσομοίωσης των μεγάλων δινών (LES-Large Eddy Simulation) με τη μορφή της πρότασης Smagorinsky. Επίσης το τυρβώδες πεδίο ροής μπορεί να περιγραφεί και μέσω της άμεσης αριθμητικής προσομοίωσης (DNS-Direct Numerical Simulation). Για τη προσομοίωση της καύσης, στο πρόγραμμα χρησιμοποιείται το μοντέλο του κλάσματος μίγματος με υπομοντέλα τοπικής σβέσης της φλόγας και με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα. Για τη προσομοίωση της μετάδοσης θερμότητας της φλόγας με ακτινοβολία, στο πρόγραμμα λύνεται η εξίσωση μεταφοράς ακτινοβολίας για φαιό μέσο με τη μέθοδο των πεπερασμένων όγκων. Οι εξισώσεις διατήρησης που επιλύονται με το πρόγραμμα FDS, διακριτοποιούνται με όρους δεύτερης τάξης ακρίβειας ως προς το χρόνο και το χώρο.

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο πλέγμα διακριτοποίησης με κυβικά κελιά διακριτοποίησης σε τρισδιάστατες ορθογώνιες καρτεσιανές συντεταγμένες σε κάθε διάσταση (xx', yy', zz'), δηλαδή δεν υποστηρίζει κυλινδρικό, σφαιρικό ή καμπυλόγραμμο πλέγμα διακριτοποίησης. Ο χρήστης μπορεί να πυκνώσει το πλέγμα του πεδίου ροής σε περιοχές του πεδίου με ειδικό ενδιαφέρον αποζητώντας μεγαλύτερη ακρίβεια στη λύση, χρησιμοποιώντας διαφορετικά μεγέθη κελιών διακριτοποίησης ανά περιοχή (σχήμα 2.2), όπου στο πρόγραμμα χρησιμοποιείται η ονομασία πολλαπλή διακριτοποίηση (Multimesh).

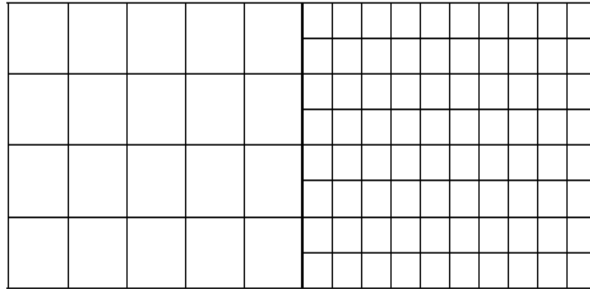
Τα στερεά όρια του πεδίου ροής και τα στερεά αντικείμενα που βρίσκονται μέσα στο πεδίο πρέπει να έχουν σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου ή συνδυασμούς αυτού επειδή το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο πλέγμα διακριτοποίησης. Τα στερεά αυτά αντικείμενα μπορούν να αποτελούνται από στρώσεις υλικών με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες, π.χ τοιχοποιίες. Το πρόγραμμα FDS παρέχει υπομοντέλο πυρόλυσης των στερεών αντικειμένων όταν αυτά έρθουν σε επαφή με τα θερμά προϊόντα της καύσης, μετατρέπόμενα σε στερεό καύσιμο για τη φωτιά. Επιπρόσθετα το πρόγραμμα μπορεί να προσομοιώσει τη καύση υγρών και αερίων καυσίμων.

Το πρόγραμμα FDS, μπορεί να προσομοιώσει το πεδίο ροής φωτιάς σε κτιριακή εγκατάσταση, όταν σε αυτό εισαχθούν συσκευές που παρέχουν τεχνητό αερισμό στην εγκατάσταση μέσω εξαερισμού ή κλιματισμού.

Ο κώδικας του προγράμματος παρέχει αποτελέσματα των τιμών των μεγεθών των εξισώσεων διατήρησης και των εξισώσεων Navier-Stokes δηλαδή θερμοκρασία, ενθαλπία, ταχύτητα, πίεση, πυκνότητα, συγκέντρωση αερίων σε κάθε κόμβο του πλέγματος για κάθε χρονική στιγμή. Στο πεδίο ροής μπορούν να εισαχθούν, μετρητικά όργανα προσδιορισμού χαρακτηριστικών του ροϊκού και θερμικού πεδίου, συσκευές ανίχνευσης διάφορων χαρακτηριστικών της καύσης και συσκευές καταπολέμησης της εξάπλωσης της φωτιάς. Συγκεκριμένα, ο χρήστης μπορεί να εισάγει στο πεδίο ροής, θερμοστοιχεία, όργανα μέτρησης ταχύτητας (ανεμόμετρα), αναλυτές προϊόντων καύσης προσδιορισμού συγκεντρώσεων αερίων, όργανα μέτρησης ροής θερμότητας, όργανα ανίχνευσης καπνού και ανιχνευτές θερμότητας όπως και sprinklers για να μελετηθεί η συμπεριφορά της φωτιάς στα συγκεκριμένα

σημεία εγκατάστασης των οργάνων και ο τρόπος καταπολέμησής της με τη βοήθεια της πυρόσβεσης.

Για τη παράσταση και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της αριθμητικής επίλυσης, το FDS, καλεί το πρόγραμμα Smokeview. Το Smokeview είναι ένα πρόγραμμα γραφικών ενσωματωμένο στο κώδικα του FDS, που αναπαριστά τις μεταβλητές που λύνονται στο πεδίο ροής, σε μορφή animation.



Σχήμα 2.2, Πλέγμα τοπικής πύκνωσης με πολλαπλή διακριτοποίηση (multimesh)

2.2.2 Το αρχείο εισόδου του προγράμματος (input file)

Το αρχείο εισόδου είναι το μέσο με το οποίο ο χρήστης μεταβιβάζει στο πρόγραμμα όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη γεωμετρία και τη φύση των υλικών του κτιριακού χώρου ο οποίος υπόκειται σε φωτιά, αλλά και τις συνθήκες φωτιάς που θέλει να προσομοιώσει. Το αρχείο εισόδου είναι ένα αρχείο κειμένου, στο οποίο χρησιμοποιείται συμβολική γλώσσα εντολών για τη καταχώριση των δεδομένων. Στο παράρτημα 1 (κεφάλαιο 7) υπάρχουν αρχεία εισόδου του προγράμματος, όπου παρουσιάζεται η μορφολογία του. Στο αρχείο εισόδου περιέχονται τα παρακάτω δεδομένα προς το πρόγραμμα:

- α) Ο χρόνος προσομοίωσης της φωτιάς που μελετάται.
- β) Η γεωμετρία του κτιρίου που μελετάται μέσω του προσδιορισμού των στερεών ορίων του πεδίου ροής και των στερεών αντικειμένων που τυχόν υπάρχουν στο κτίριο.
- γ) Η γεωμετρία του πεδίου ροής, η διακομβική απόσταση, ο αριθμός των κελιών διακριτοποίησης ανά καρτεσιανό άξονα, και η ύπαρξη πολλαπλής διακριτοποίησης.
- δ) Το μοντέλο τύρβης της ροής (Large eddy simulation, Direct numerical simulation).
- ε) Καθορισμός αρχικών συνθηκών του πεδίου ροής πριν τη προσομοίωση (αρχικές ταχύτητες, θερμοκρασίες, ενθαλπίες, πέσεις, σε όλους τους κόμβους του πεδίου ροής) καθώς και καθορισμός της τιμής της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.
- στ) Καθορισμός της περιοχής του πεδίου ροής στην οποία εμφανίζεται η ανάφλεξη του καυσίμου, και η επέκταση της φωτιάς.

ζ) Οι φυσικές ιδιότητες, ο καθορισμός των παχών των στρωμάτων των σύνθετων υλικών των στερεών ορίων και των αντικειμένων που βρίσκονται εσωτερικά του πεδίου ροής, και ο καθορισμός του μοντέλου πυρόλυσης της επιφάνειας των στερεών υλικών αν αυτά δεν είναι μονωτικά υλικά.

η) Οι οριακές συνθήκες στα όρια του πεδίου ροής.

θ) Οι ιδιότητες και η χημική σύσταση των καυσίμων και των υλικών που μπορεί να καούν κατά τη διάρκεια της φωτιάς, όπως επίσης και ο καθορισμός της θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου (Heat of Combustion) και της ισχύος της φωτιάς (Heat release rate).

ι) Καθορισμός του μοντέλου καύσης και του μοντέλου ακτινοβολίας της φλόγας.

κ) Τα σημεία του πλέγματος, στα οποία θα τοποθετηθούν τα μετρητικά όργανα ή οι συσκευές ανίχνευσης και καταπολέμησης της φωτιάς, τα οποία ο χρήστης εισάγει στο πεδίο ροής, ώστε να μελετήσει χαρακτηριστικά του πεδίου, σε συγκεκριμένες θέσεις του, όπως και τα χαρακτηριστικά και ιδιότητες αυτών των οργάνων και συσκευών αντίστοιχα.

2.2.3 Ανάλυση χαρακτηριστικών του προγράμματος FDS

Στη παράγραφο αυτή, θα αναλυθούν διεξοδικότερα τα κύρια υπομοντέλα που έχουν συμπεριληφθεί στο κώδικα του προγράμματος FDS, και έχουν χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση των περιπτώσεων προσομοίωσης της παρούσας εργασίας.

1. Εξισώσεις διατήρησης

Οι κύριες εξισώσεις διατήρησης που λύνονται στο πρόγραμμα για το προσδιορισμό των τιμών των μεγεθών του πεδίου ροής στους κόμβους του πεδίου είναι [37,39,40]:

α) Εξίσωση συνέχειας:

$$\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u}_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (2.1)$$

β) Εξίσωση ορμής:

$$\frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = - \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial(\mu (\frac{\partial(\bar{u}_i)}{\partial x_j} + \frac{\partial(\bar{u}_j)}{\partial x_i}))}{\partial x_j} - \frac{\partial(\tau_{ij})}{\partial x_i} \quad (2.2)$$

γ) Εξίσωση χημικών συστατικών:

$$\frac{\partial(\bar{\rho} \bar{Y}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{Y}_i \bar{u}_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial(D \bar{\rho} \frac{\partial \bar{Y}_i}{\partial x_j})}{\partial x_j} + \bar{\omega}_i \quad (2.3)$$

Όπου $\bar{\omega}_i$ ο μέσος ρυθμός αντίδρασης των συστατικών.

δ) Εξίσωση διατήρησης της ενέργειας:

$$\frac{\partial(\bar{\rho}\tilde{h})}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho}\tilde{u}_j\tilde{h})}{\partial x_j} = \omega_T - \frac{\partial\bar{p}}{\partial t} + \frac{\partial(k\frac{\partial\bar{T}}{\partial x_j})}{\partial x_j} - \frac{\partial(qr_j)}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\sum_i(\bar{\rho}\tilde{h}_i D_i \frac{\partial\tilde{Y}_i}{\partial x_j})) \quad (2.4)$$

$$\text{με } \tilde{h} = \sum_i(\tilde{h}_i\tilde{Y}_i) \quad (2.5)$$

ε) Εξίσωση κατάστασης:

$$p = \rho RT \quad (2.6)$$

2. Μοντέλο τύρβης

Το πρόγραμμα FDS, λύνει τα τυρβώδη μεγέθη του πεδίου, χρησιμοποιώντας το μοντέλο τύρβης των μεγάλων δινών, (LES: Large Eddy Simulation) [37,39,40]. Σύμφωνα με το μοντέλο, όπως είναι γνωστό, οι μεγάλης κλίμακας δίνες, είναι υπεύθυνες για τη τυρβώδη κινητική ενέργεια, ενώ οι μικρές δίνες είναι υπεύθυνες για την απορρόφηση και καταστροφή της τυρβώδους κινητικής ενέργειας. Οι μεγάλες δίνες, επιδρούν στην ανάπτυξη του πεδίου ροής, ενώ οι μικρές δίνες παρουσιάζουν ισοτροπικότητα, και είναι εύκολη η μοντελοποίηση τους. Στις δίνες εφαρμόζεται χωρικό φίλτρο ανάλογα με τη διάστασή τους, και επιλύονται οι κινήσεις των δινών μεγάλης κλίμακας, ενώ υπολογίζονται μέσες τιμές για τα μεγέθη των πιο μικρών δινών.

Στο πρόγραμμα FDS, για τη μοντελοποίηση των μεγάλων δινών χρησιμοποιείται το μοντέλο Smagorinsky, όπου οι τάσεις Reynolds στην εξίσωση ορμής δίνονται από τη σχέση:

$$\tau_{ij} = \mu_\Delta \left(\frac{\partial(\tilde{u}_i)}{\partial x_j} + \frac{\partial(\tilde{u}_j)}{\partial x_i} - (2/3) \frac{\partial(\tilde{u}_k)}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) \quad (2.7)$$

όπου μ_Δ είναι η τυρβώδης συνεκτικότητα της ροής, που δίνεται από τη σχέση:

$$\mu_\Delta = \bar{\rho} (Cs \Delta)^2 (2 \tilde{S}_{ij} \tilde{S}_{ij})^{1/2} \quad (2.8)$$

όπου Cs είναι η σταθερά Smagorinsky που παίρνει τη τιμή $Cs \approx 0.2$ για ομογενή και ισοτροπική τύρβη, δ είναι το δέλτα του Kronecher, Δ είναι το χωρικό φίλτρο που δίνεται από τη σχέση $\Delta = (\delta x \delta y \delta z)^{1/3}$ ($\delta x, \delta y$ και δz είναι οι διακομβικές αποστάσεις στους άξονες xx' , yy' και zz' αντίστοιχα), και \tilde{S}_{ij} είναι οι διατμητικές τάσεις που δίνονται από τη σχέση:

$$\tilde{S}_{ij} = (1/2) \left(\frac{\partial(\tilde{u}_i)}{\partial x_j} + \frac{\partial(\tilde{u}_j)}{\partial x_i} \right) \quad (2.9)$$

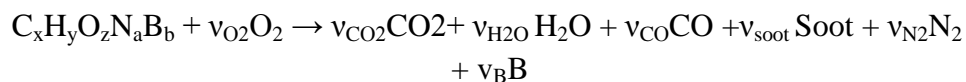
3. Μοντέλο καύσης

Στον κώδικα FDS χρησιμοποιείται το μοντέλο καύσης του κλάσματος μείγματος Z (mixture fraction model) [37]. Το μοντέλο του κλάσματος μίγματος αποτελείται από τα υπομοντέλα α) μοντέλο ακαριαίας αντίδρασης ενός σταδίου, β) μοντέλο αντίδρασης ενός σταδίου με τοπική σβέση της φλόγας, γ) μοντέλο αντίδρασης δύο σταδίων με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα και με ενσωμάτωση του μοντέλου τοπικής σβέσης της φλόγας. Στις περιπτώσεις προσομοίωσης της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το υπομοντέλο β, του κλάσματος μίγματος αντίδρασης ενός σταδίου, με τοπική σβέση της φλόγας.

α) Μοντέλο ακαριαίας αντίδρασης ενός σταδίου

Στο μοντέλο [37] γίνεται η υπόθεση ότι η καύση είναι ελεγχόμενη από τα φαινόμενα ανάμειξης καυσίμου και οξειδωτικού και ότι η αντίδραση του καυσίμου με το οξειδωτικό γίνεται απείρως γρήγορα. Το μοντέλο αυτό βρίσκει εφαρμογή στις υπεραεριζόμενες φωτιές.

Έστω η αντίδραση ενός τυπικού καυσίμου υδρογονάνθρακα $C_xH_yO_zN_aB_b$ (C: άνθρακας καυσίμου, H: υδρογόνο καυσίμου, O: οξυγόνο καυσίμου, N: άζωτο καυσίμου, B: άλλα συστατικά καυσίμου) με το Οξειδωτικό (O_2) θεωρώντας ότι το άζωτο του καυσίμου μετατρέπεται σε μοριακό άζωτο, ο άνθρακας σε διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα, το υδρογόνο σε υδρατμό και υπάρχει παραγωγή αιθάλης (soot) κατά τη καύση:



με $\nu_{soot} = (M_F / M_{soot}) y_{soot}$, $M_{soot} = X_H M_H + (1 - X_H) M_C$ και $\nu_{CO} = (M_F / M_{CO}) y_{soot}$

Το κλάσμα μίγματος Z δίνεται από τη σχέση:

$$Z = (1 / Y_{F,1}) (Y_F + (M_F / x M_{CO_2}) Y_{CO_2} + (M_F / x M_{CO}) Y_{CO} + (M_F / x M_{soot}) Y_{soot}) \quad (2.10)$$

και ικανοποιεί τη εξίσωση:

$$\rho(DZ/Dt) = \nabla \cdot \rho D V Z \quad (2.11)$$

όπου M είναι τα μοριακά βάρη των συστατικών, Y τα κλάσματα μάζας τους, X τα γραμμομοριακά κλάσματα των συστατικών.

β) μοντέλο αντίδρασης ενός σταδίου με τοπική σβέση της φλόγας

Για να εφαρμοστεί το παραπάνω μοντέλο σε υποαεριζόμενες φωτιές [37], όπου η μίξη καυσίμου και οξειδωτικού δεν οδηγεί απαραίτητα σε πλήρη χημική

αντίδραση καύσης και των δύο ποσοτήτων συστατικών, θεωρούνται οι μεταβλητές Z_1 και Z_2 με $Z=Z_1+Z_2$. Η Z_1 εκφράζει τη ποσότητα του καυσίμου που δεν καίγεται, ενώ η Z_2 εκφράζει τη ποσότητα του καυσίμου που καίγεται. Θεωρείται ότι η κατ όγκον συγκέντρωση του οξυγόνου και η θερμοκρασία των αερίων, στη γειτονία της φλόγας, επηρεάζει τη συμπεριφορά της. Όπου το καύσιμο και το οξειδωτικό συνυπάρχουν, η αντίδραση συμβαίνει όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου και η θερμοκρασία των αερίων έχουν κατάλληλες τιμές ώστε να συντηρούν τη καύση του καυσίμου στη περιοχή burn του διαγράμματος του σχήματος 2.3, ενώ σε αντίθετη περίπτωση συμβαίνει τοπική σβέση, όταν η κατ όγκον συγκέντρωση του οξυγόνου και η θερμοκρασία των αερίων έχουν τέτοιες τιμές ώστε να μη συντηρείται η καύση (περιοχή no burn). Η γραμμική σχέση μεταξύ της % συγκέντρωσης του οξυγόνου και της θερμοκρασίας των αερίων T δίνεται από τη σχέση:

$$Y_{O_2} = \bar{c}p (T_{f,ad,cr} - T)/(\Delta H/r_{O_2}) \quad (2.12)$$

όπου $\bar{c}p$ η μέση θερμοχωρητικότητα των αερίων της καύσης που παίρνει τη μέση τιμή $\bar{c}p = 1.2 \text{ kJ/kg K}$, $T_{f,ad,cr}$ είναι η κρίσιμη αδιαβατική θερμοκρασία της φλόγας που παίρνει τη μέση τιμή $T_{f,ad,cr} = 1700 \text{ K}$ που είναι η μέση τιμή των συνήθων φλογών διάχυσης υδρογονανθράκων, και $\Delta H/r_{O_2} = 13100 \text{ kJ/kg}$ είναι η μέση τιμή θερμότητας που απελευθερώνεται ανά μονάδα μάζας οξυγόνου που καταναλώνεται (για τα συνήθη καύσιμα υδρογονανθράκων) σύμφωνα με το μοντέλο του Frederick W. Mowrer στο Department of fire protection engineering του Πανεπιστημίου του Maryland. Όταν η αντίδραση συμβαίνει, το Z_1 μετατρέπεται σε Z_2 , μετατρέποντας το καύσιμο σε προϊόντα. Σε αυτό το μοντέλο για τα Z_1 και Z_2 ισχύουν οι σχέσεις:

$$Z_1 = Y_F / Y_{F,1} \quad (2.13)$$

$$Z_2 = (1/ Y_{F,1}) ((M_F / x M_{CO_2}) Y_{CO_2} + (M_F / x M_{CO}) Y_{CO} + (M_F / x M_{soot}) Y_{soot}) \quad (2.14)$$

με $Z = Z_1 + Z_2$

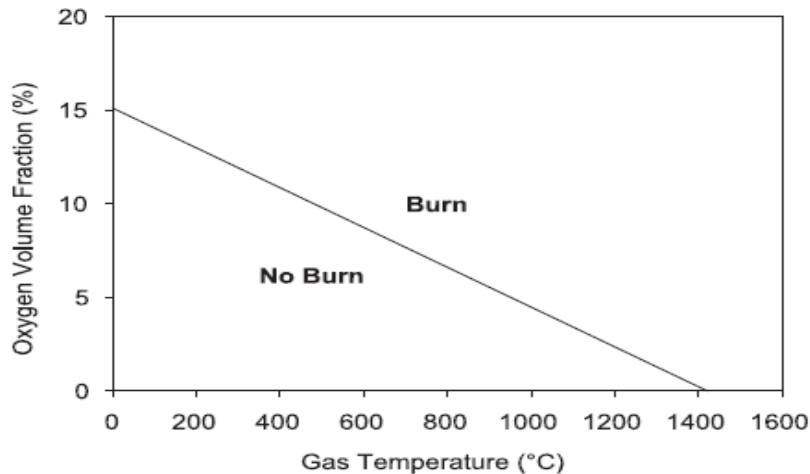
Αν θεωρηθεί ότι τα προϊόντα των CO και της αιθάλης είναι σταθερά, τότε η σχέση (2.14) γίνεται:

$$Z_2 = (1/ Y_{F,1}) Y_{CO_2} (M_F / M_{CO_2}) (1/ (x - v_{CO} - (1-X_H) v_{soot})) \quad (2.15)$$

Τα Z_1 και Z_2 ικανοποιούν την εξίσωση (2.11):

$$\rho(DZ_1/Dt) = \nabla \cdot \rho D \nabla Z_1 \quad (2.16)$$

$$\rho(DZ_2/Dt) = \nabla \cdot \rho D \nabla Z_2 \quad (2.17)$$



Σχήμα 2.3, Διάγραμμα συγκέντρωσης κατ όγκον οξυγόνου ως προς τη θερμοκρασία, για το προσδιορισμό της σβέσης ή της διατήρησης της φλόγας

Αφού προσδιοριστούν μέσω των εξισώσεων (2.16) και (2.17) τα Z_1 και Z_2 , τα κλάσματα μάζας των συστατικών της χημικής αντίδρασης ενός σταδίου η οποία αναφέρθηκε παραπάνω, προσδιορίζονται από τις σχέσεις:

$$Y_F = Y_{F,1} Z_1 \quad (2.18),$$

$$Y_{O_2} = (1-Z)Y_{O_2,2} - (v_{O_2}M_{O_2}/M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.19),$$

$$Y_{CO_2} = (v_{CO_2}M_{CO_2}/M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.20),$$

$$Y_{H_2O} = (v_{H_2O}M_{H_2O}/M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.21)$$

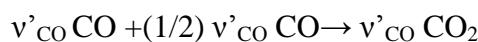
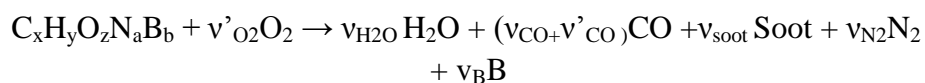
$$Y_{CO} = (v_{CO}M_{CO}/M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.22),$$

$$Y_{soot} = (v_{soot}M_{soot}/M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.23)$$

$$Y_B = (v_B M_B / M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.24)$$

γ) Μοντέλο δύο αντιδράσεων με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα και τοπική σβέση της φλόγας.

Σε υποαεριζόμενες φωτιές η αιθάλη και το μονοξείδιο του άνθρακα παράγονται με μεγαλύτερους ρυθμούς και εμφανίζονται στη περιοχή της φλόγας σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Η παρουσία του μονοξειδίου του άνθρακα στη περιοχή της καύσης κατά τη μετατροπή του καυσίμου σε προϊόντα, αποδίδεται από το μοντέλο των δύο αντιδράσεων :



όπου $v'_{CO} = x - (1 - X_H) v_{soot} - v_{CO}$ είναι το μονοξείδιο του άνθρακα που παράγεται στα προϊόντα της πρώτης αντίδρασης και μπορεί δυνητικά να μετατραπεί σε διοξείδιο του άνθρακα υπό ευνοϊκές επικρατούσες συνθήκες. Το μοντέλο παράγει μεγάλη ποσότητα CO στο πρώτο στάδιο, το οποίο μετατρέπεται μερικά σε διοξείδιο του άνθρακα στο δεύτερο στάδιο, αν υπάρχει η κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου.

Για τη περιγραφή του φαινομένου το ολικό κλάσμα μίγματος αποτελείται από τα επιμέρους κλάσματα μίγματος Z_1, Z_2, Z_3 σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$\rho(DZ_1/Dt) = \nabla \cdot \rho D \nabla Z_1 \quad (2.25)$$

$$\rho(DZ_2/Dt) = \nabla \cdot \rho D \nabla Z_2 \quad (2.26)$$

$$\rho(DZ_3/Dt) = \nabla \cdot \rho D \nabla Z_3 \quad (2.27)$$

με

$$Z_1 = Y_F / Y_{F,1} \quad (2.28)$$

$$Z_2 = (1 / Y_{F,1}) Y_{CO} (M_F / M_{CO}) (1 / (x - (1 - X_H) v_{soot})) \quad (2.29)$$

$$Z_3 = (1 / Y_{F,1}) Y_{CO_2} (M_F / M_{CO_2}) (1 / (x - (1 - X_H) v_{soot})) \quad (2.30)$$

όπου $x - (1 - X_H) v_{soot}$ είναι τα άτομα άνθρακα που δε μετατρέπονται σε αιθάλη. Τα κλάσματα μάζας των συστατικών των χημικών αντιδράσεων δίνονται από τις σχέσεις:

$$Y_F = Y_{F,1} Z_1 \quad (2.31)$$

$$Y_{O_2} = (1 - Z) Y_{O_2, \infty} - (M_{O_2} / M_F) Y_{F,1} (v'_{O_2} Z_2 + v_{O_2} Z_3) \quad (2.32)$$

$$Y_{N_2} = (1 - Z) Y_{N_2, \infty} + Y_{N_2, 1} Z_1 + (v_{N_2} M_{N_2} / M_F) Y_{F,1} (Z_2 + Z_3) \quad (2.33)$$

$$Y_{CO_2} = (v_{CO_2} M_{CO_2} / M_F) Y_{F,1} Z_3 \quad (2.34)$$

$$Y_{H_2O} = (v_{H_2O} M_{H_2O} / M_F) Y_{F,1} (Z_2 + Z_3) \quad (2.35)$$

$$Y_{CO} = ((v_{CO} + v'_{CO}) M_{CO} / M_F) Y_{F,1} Z_2 \quad (2.36)$$

$$Y_{soot} = (v_{soot} M_{soot} / M_F) Y_{F,1} (Z_2 + Z_3) \quad (2.37)$$

$$Y_B = (v_B M_B / M_F) Y_{F,1} (Z_2 + Z_3) \quad (2.38)$$

οι στοιχειομετρικοί συντελεστές των αντιδράσεων είναι :

$$v_{N_2} = \alpha / 2,$$

$$v'_{O_2} = (v'_{CO} + v_{H_2O} - z) / 2,$$

$$v_{O_2} = v_{CO_2} + (v_{CO} + v_{H_2O} - z) / 2,$$

$$v_{CO_2} = x - (1 - X_H) v_{soot}$$

$$v_B = b$$

$$v_{H_2O} = y / 2 - X_H v_{soot}$$

$$v'_{CO} = x - (1 - X_H) v_{soot} - v_{CO}$$

$$v_{CO} = (M_F / M_{CO}) y_{co}$$

$$v_{soot} = (M_F / M_{soot}) y_{soot}$$

4. Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία μέσω του διανύσματος της ροής θερμότητας $\mathbf{q}''_{\text{rad.}}(\mathbf{x})$ δίνεται από τη σχέση [37]:

$$\mathbf{q}''_{\text{rad.}}(\mathbf{x}) = \int_{4\pi} \mathbf{s} I(\mathbf{x}, \mathbf{s}') d\mathbf{s}' \quad (2.39)$$

Η εξίσωση μεταφοράς ακτινοβολίας (RTE-Radiation transport equation) για ένα μέσο που απορροφά, εκπέμπει και σκεδαρίζει τη θερμική ακτινοβολία δίνεται από τη σχέση:

$$\mathbf{s} \cdot \nabla I_{\lambda}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = -(\kappa(\mathbf{x}, \lambda) + \sigma_s(\mathbf{x}, \lambda)) I_{\lambda}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) + B(\mathbf{x}, \lambda) + (\sigma_s(\mathbf{x}, \lambda)/4\pi) \int_{4\pi} \Phi(\mathbf{s}, \mathbf{s}') I_{\lambda}(\mathbf{x}, \mathbf{s}') d\mathbf{s}' \quad (2.40)$$

όπου $I_{\lambda}(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ είναι η ισχύς ακτινοβολίας στο μήκος κύματος λ , \mathbf{s} είναι το διάνυσμα κατεύθυνσης της ισχύος της ακτινοβολίας, $\kappa(\mathbf{x}, \lambda)$ είναι ο τοπικός συντελεστής απορρόφησης της ακτινοβολίας, $\sigma_s(\mathbf{x}, \lambda)$ είναι ο τοπικός συντελεστής σκέδασης της ακτινοβολίας, $B(\mathbf{x}, \lambda)$ είναι ο όρος πηγής εκπομπής, $\Phi(\mathbf{s}, \mathbf{s}')$ είναι η συνάρτηση φάσης που είναι η πιθανότητα ενός φωτονίου να κατευθυνθεί από τη διεύθυνση \mathbf{s}' στη διεύθυνση \mathbf{s} . Στη περίπτωση μη σκεδαζόμενου αερίου η εξίσωση μεταφοράς ακτινοβολίας γίνεται:

$$\mathbf{s} \cdot \nabla I_{\lambda}(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \kappa(\mathbf{x}, \lambda) (I_b(\mathbf{x}) - I_{\lambda}(\mathbf{x}, \mathbf{s})) \quad (2.41)$$

όπου $I_b(\mathbf{x})$ είναι η εξίσωση Planck. Σε πρακτικές εφαρμογές, η λύση της εξίσωσης (2.27) για όλα τα μήκη κύματος δεν είναι εφικτή, οπότε το φάσμα ακτινοβολίας χωρίζεται σε ένα σχετικά μικρό αριθμό περιοχών και σε κάθε περιοχή φάσματος, ισχύει η εξίσωση ακτινοβολίας (2.41):

$$\mathbf{s} \cdot \nabla I_n(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \kappa_n(\mathbf{x}) (I_b, n(\mathbf{x}) - I_n(\mathbf{x}, \mathbf{s})), \quad n=1, \dots, N \quad (2.42)$$

όπου n η επιμέρους περιοχή του φάσματος, N ο ολικός αριθμός των περιοχών, $I_n(\mathbf{x}, \mathbf{s})$ η ολική ισχύς της ακτινοβολίας της περιοχής φάσματος n , $\kappa_n(\mathbf{x})$ ο μέσος συντελεστής απορρόφησης της περιοχής φάσματος n , $I_b, n(\mathbf{x})$ είναι η εξίσωση του Planck που εξαρτάται από το ελάχιστο και μέγιστο μήκος κύματος, και δίνεται από τη σχέση:

$$I_b, n = f_n(\lambda_{\min}, \lambda_{\max}) \sigma T^4 / \pi \quad (2.43)$$

όπου σ είναι η σταθερά των Stefan-Boltzmann. Η ολική ισχύς της ακτινοβολίας δίνεται από τη σχέση:

$$I(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \sum_{n=1}^N I_n(\mathbf{x}, \mathbf{s}) \quad (2.44)$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις φωτιάς μεγάλης κλίμακας, τις οποίες αντιμετωπίζει το πρόγραμμα FDS, η αιθάλη είναι το σημαντικότερο προϊόν της καύσης το οποίο ελέγχει τη θερμική ακτινοβολία της φωτιάς. Καθώς το φάσμα ακτινοβολίας της αιθάλης είναι συνεχές, μπορεί να θεωρηθούν τα αέρια της καύσης ως φαιό μέσο. Η φασματική ακτινοβολία τότε εξαρτάται από ένα συντελεστή απορρόφησης ($N=1$), και ο τύπος (2.43), γίνεται η ισχύς ακτινοβολίας του μέλανος σώματος:

$$I_b(\mathbf{x}) = \sigma T(\mathbf{x})^4 / \pi \quad (2.45)$$

Το μοντέλο της σχέσης (2.42) για $n = 1$ (αιθάλη), αντιμετωπίζοντας τα αέρια της καύσης ως φαιό σώμα είναι το προεπιλεγμένο (default) μοντέλο ακτινοβολίας που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα.

Σε οπτικά λεπτές φλόγες, όπου η ποσότητα της αιθάλης είναι μικρή σε σύγκριση με τη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα και του υδρατμού στα προϊόντα της καύσης, η θεώρηση των αερίων ως φαιό μέσο, μπορεί να επιφέρει υπερεκτίμηση της προκύπτουσας θερμικής ακτινοβολίας. Μετά από τη διεξαγωγή πειραμάτων βρέθηκε ότι ο χωρισμός του φάσματος θερμικής ακτινοβολίας ($\lambda = 1 \mu\text{m}$ έως $\lambda = 200 \mu\text{m}$) σε έξι περιοχές ($N = 6$) (6 band model) μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Τα όρια των περιοχών επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να απεικονίσουν τις πιο σημαντικές περιοχές ακτινοβολίας του διοξειδίου του άνθρακα και του υδρατμού. Το μοντέλο αυτό είναι ενσωματωμένο στο πρόγραμμα FDS με το κωδικό όνομα Wideband model Αν η απορρόφηση ακτινοβολίας από το καύσιμο είναι σημαντική τότε στο φάσμα προστίθενται περιοχές για το καύσιμο, που στο FDS προσομοιώνεται ως μεθάνιο (CH_4). Στο πρόγραμμα FDS, στο μοντέλο με την απορρόφηση ακτινοβολίας από το καύσιμο, το φάσμα διαιρείται σε 9 περιοχές ($N = 9$) (9 band model). Για τα δύο αυτά μοντέλα ισχύει η εξίσωση (2.42). Στους πίνακες 2.1 και 2.2, παρουσιάζονται τα δύο μοντέλα ακτινοβολίας του προγράμματος FDS, με τα όρια των περιοχών του φάσματος (μήκος κύματος λ σε μm , συχνότητα ν σε $1/\text{cm}$):

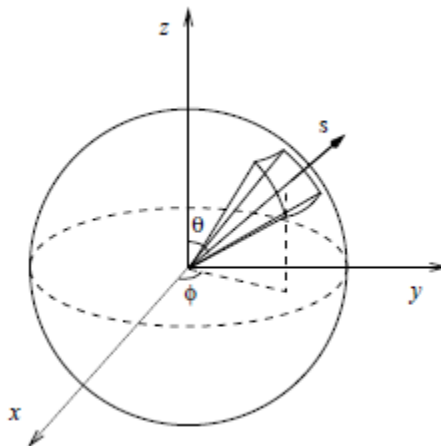
Πίνακας 2.1, Μήκη κύματος και συχνότητες των ορίων των περιοχών του φάσματος, του μοντέλου των 6 περιοχών του φάσματος (6 band model - Wideband model).

6 band model	Soot	CO ₂ , H ₂ O, Soot	CH ₄ , Soot	CO ₂ , Soot	H ₂ O, CH ₄ , Soot	Soot
λ (μm)	1.0 -2.63	2.63 -2.94	2.94 - 4.17	4.17 - 4.70	4.70 – 10.0	10.0 - 200.0
ν ($1/\text{cm}$)	10000 - 3800	3800 - 3400	3400 - 2400	2400 - 2174	2174 - 1000	1000 – 50

Πίνακας 2.2, Μήκη κύματος και συχνότητες των ορίων των περιοχών του φάσματος, του μοντέλου των 9 περιοχών του φάσματος (9 band model).

9 band model	Soot	CO ₂ , H ₂ O, Soot	CH ₄ , Soot	Soot	CO ₂ , Soot	H ₂ O, Soot	H ₂ O, CH ₄ , Soot	Soot	Soot
λ (μm)	1.0 - 2.63	2.63 - 2.94	2.94 - 3.57	3.57 - 4.17	4.17 - 4.70	4.70 - 7.0	7.0 - 8.62	8.62 - 10.0	10.0 - 200
ν ($1/\text{cm}$)	10000 - 3800	3800 - 3400	3400 - 2800	2800 - 2400	2400 - 2174	2174 - 1429	1429 - 1160	1160 - 1000	1000 - 50

Η εξίσωση της ακτινοβολίας (2.42), λύνεται με μέθοδο των πεπερασμένων όγκων για τη θερμική ακτινοβολία (Finite volume method of thermal radiation). Η εξίσωση (2.42) ολοκληρώνεται σε κάθε διαφορικό όγκο V και σε κάθε στερεά γωνία $d\omega = \sin\theta \, d\theta d\phi$, όπου θ η πολική γωνία και ϕ η αζιμουθιακή γωνία (σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4, Περιγραφή της στερεάς γωνίας κατά τη διεύθυνση s , αζιμουθιακή γωνία ϕ και πολική γωνία θ .

Η ολοκλήρωση της εξίσωσης (2.42), στο διαφορικό όγκο V και τη στερεά γωνία $d\omega$, δίνεται από τη σχέση:

$$\int_{\delta\omega} \int_V \mathbf{s}' \cdot \nabla \ln(\mathbf{x}', \mathbf{s}') d\mathbf{x}' ds' = \int_{\delta\omega} \int_V \kappa n(\mathbf{x}') ((I_b, n(\mathbf{x}') - \ln(\mathbf{x}', \mathbf{s}')) d\mathbf{x}' ds' \quad (2.46)$$

Το ολοκλήρωμα όγκου στο αριστερό μέλος της σχέσης (2.46), αντικαθίσταται με από επιφανειακό ολοκλήρωμα στις επιφάνειες των διαφορικών όγκων ελέγχου σύμφωνα με το θεώρημα της απόκλισης.

5. Μετάδοση θερμότητας με αγωγή στα στερεά

Στο πρόγραμμα FDS, η αγωγή θερμότητας σε σύνθετο υλικό-στερεό το οποίο αποτελείται από επιμέρους υλικά συστατικά i σε στρώσεις (π.χ τοιχοποιία) μεταδίδεται σε διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια του στερεού, και δίνεται από τη σχέση [37]:

$$\rho_s c_s \frac{\partial T_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_s \frac{\partial T_s}{\partial x} \right) + q_{s,c}''' + q_{s,r}''' \quad (2.47)$$

όπου ρ_s , c_s και k_s είναι η μέση πυκνότητα, η μέση θερμοχωρητικότητα και η μέση θερμική αγωγιμότητα του σύνθετου στερεού υλικού. Η μέση θερμική αγωγιμότητα k_s δίνεται από τη σχέση:

$$k_s = \sum_{i=1}^N (X_i k_i) \quad (2.48)$$

όπου X_i είναι το γραμμομοριακό κλάσμα του συστατικού i , k_i είναι η θερμική αγωγιμότητα του επιμέρους υλικού i , από το οποίο αποτελείται το σύνθετο υλικό. Η μέση πυκνότητα του σύνθετου υλικού ρ_s δίνεται από τη σχέση:

$$\rho_s = \sum_{i=1}^N \rho_i \quad (2.49)$$

όπου $\rho_{s,i}$ είναι η πυκνότητα του συστατικού i . Επίσης το γινόμενο $\rho_s c_s$ δίνεται από τη σχέση:

$$\rho_s c_s = \sum_{i=1}^N (\rho_i c_i) \quad (2.50)$$

$q_{s,c}'''$ είναι η ροή θερμότητας στην επιφάνεια του στερεού λόγω των αντιδράσεων πυρόλυσης του στερεού και $q_{s,r}'''$ είναι η ακτινοβολούμενη ροή θερμότητας των αερίων η οποία απορροφάται σε ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια του στερεού.

Η οριακή συνθήκη αγωγής θερμότητας στην επιφάνεια του στερεού δίδεται από τη σχέση:

$$-k_s \frac{\partial T_s(0,t)}{\partial x} = q_{s,c}''' + q_{s,r}''' \quad (2.51)$$

Αν η επιφάνεια του στερεού θεωρηθεί μονωμένη, στην επιφάνεια του στερεού ισχύει η συνθήκη αδιαβατικότητας:

$$k_s \frac{\partial T_s}{\partial x} = 0 \quad (2.52)$$

6. Ροή θερμότητας με συναγωγή στην επιφάνεια στερεού

Η ροή θερμότητας με συναγωγή q''_{conv} στην επιφάνεια στερεού σώματος δίνεται από τη σχέση [37]:

$$q''_{\text{conv}} = h (T_g - T_w), \text{ με } h = \max(C |T_g - T_w|^{1/3}, (k/L)0.037\text{Re}^{4/5}\text{Pr}^{1/3}) \quad (2.53)$$

όπου h ο συντελεστής συναγωγής, T_g η θερμοκρασία του αερίου, T_w η θερμοκρασία στην επιφάνεια του στερεού, C είναι η σταθερά φυσικής συναγωγής (ίση με 1.52 για οριζόντια επιφάνεια στερεού ή ίση με 1.31 και κάθετη επιφάνεια στερεού), L είναι χαρακτηριστικό μήκος το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος του στερεού, k είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του αερίου, και Re και Pr είναι οι αριθμοί Reynolds και Prandtl στη περιοχή του στερεού.

7. Οριακές συνθήκες ταχύτητας-συναρτήσεις τοιχώματος

Αν τα στερεά όρια θεωρηθούν ως λεία, τότε η αδιάστατη ταχύτητα $u^+ = u/u^*$, δίνεται από το μοντέλο των Werner και Wengle [37,49]:

$$u^+ = z^+, \quad z^+ \leq 11.81 \quad (2.54)$$

$$u^+ = A(z^+)^B, \quad z^+ > 11.81 \quad (2.55)$$

όπου $A = 8.3$, $B = 1/7$, u η ταχύτητα της ροής, u^* η ταχύτητα τριβής που δίνεται από τη σχέση $u^* = (\tau_w/\rho)^{1/2}$, με τ_w τη τάση στο στερεό όριο και ρ τη πυκνότητα του αερίου, $z^+ = z/l$ η κάθετη αδιάστατη απόσταση από το στερεό όριο, όπου $l = \mu/(\rho u^*)$ με z την κάθετη απόσταση από το στερεό όριο, μ η μοριακή συνεκτικότητα του αερίου. Η τάση τ_w δίνεται από τις σχέσεις:

$$|\tau_w| = 2\bar{\mu} |u|/\delta z, \quad z^+ \leq 11.81 \quad (2.56)$$

$$|\tau_w| = \bar{\rho} \left(\alpha (\bar{\mu}/\bar{\rho}\delta z)^\beta + \eta (\bar{\mu}/\bar{\rho}\delta z)^B |u|^\gamma \right), \quad z^+ > 11.81 \quad (2.57)$$

όπου $\bar{\mu}$ η μέση μοριακή συνεκτικότητα, $\bar{\rho}$ η μέση πυκνότητα του αερίου, δz το μέγεθος του κελιού στη κάθετη απόσταση από το στερεό όριο, $\alpha = ((1-B)/2)A^{(1+B)/(1-B)}$, $\beta = 1+B$, $\eta = (1+B)/A$ και $\gamma = 2/(1+B)$.

Αν το στερεό όριο θεωρηθεί μη λείο, τότε η ταχύτητα u^+ δίνεται από τη σχέση [49]:

$$u^+ = (1/\kappa) \ln(z/z_0) + \bar{B} \quad (2.58)$$

όπου κ η σταθερά του von Karman $\kappa = 0.41$, $z = \delta z/2$, $\bar{B} = 7.44$, z_0 η τραχύτητα επιφάνειας.

Η τάση στο στερεό όριο δίνεται από τη σχέση:

$$\tau_w = \bar{\rho} \left(u / (2.44 \ln(0.5\delta z/z_0) + 7.44) \right)^2 \quad (2.59)$$

8. Καθορισμός χρονικού βήματος προσομοίωσης

Το χρονικό βήμα πρόγραμμα FDS, καθορίζεται από δύο κριτήρια. Το πρώτο κριτήριο είναι το κριτήριο των Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) σύμφωνα με το οποίο το χρονικό βήμα δt καθορίζεται από τη σχέση:

$$\delta t < 1 / \max (|u|/\delta x, |v|/\delta y, |w|/\delta z) \quad (2.60)$$

όπου u, v, w οι ταχύτητες στο διαφορικό όγκο στους άξονες x, y, z αντίστοιχα και $\delta x, \delta y, \delta z$ οι αντίστοιχες διαστάσεις του διαφορικού όγκου. Οι υπολογισθείσες ταχύτητες u, v, w στο τέλος κάθε χρονικού βήματος, ελέγχονται αν ικανοποιούν το κριτήριο της σχέσης (2.60). Αν δεν ικανοποιείται το κριτήριο της σχέσης (2.60), τότε το χρονικό βήμα τίθεται στη τιμή του 0.8 της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του και οι ταχύτητες επανυπολογίζονται και επανελέγχονται ως προς το κριτήριο. Το αρχικό βήμα δίνεται από τη σχέση:

$$\delta t = 5((\delta x \delta y \delta z)^{1/3}) / (gH)^{1/2} \quad (2.61)$$

όπου H το ύψος του υπολογιστικού χωρίου του πεδίου ροής.

Σε μικρής κλίμακας πεδία ροής με πλέγμα μικρής διακομβικής απόστασης μικρότερης των 5 mm, ρητού σχήματος στο χρόνο και κεντρικό σχήμα πεπερασμένων διαφορών στο χώρο, συχνά χρησιμοποιείται το κριτήριο Von Neumann καθορισμού του χρονικού βήματος δt :

$$\delta t < 1 / 2 \max (v, D, k/\rho c_p) (1/(\delta x)^2 + 1/(\delta y)^2 + 1/(\delta z)^2) \quad (2.62)$$

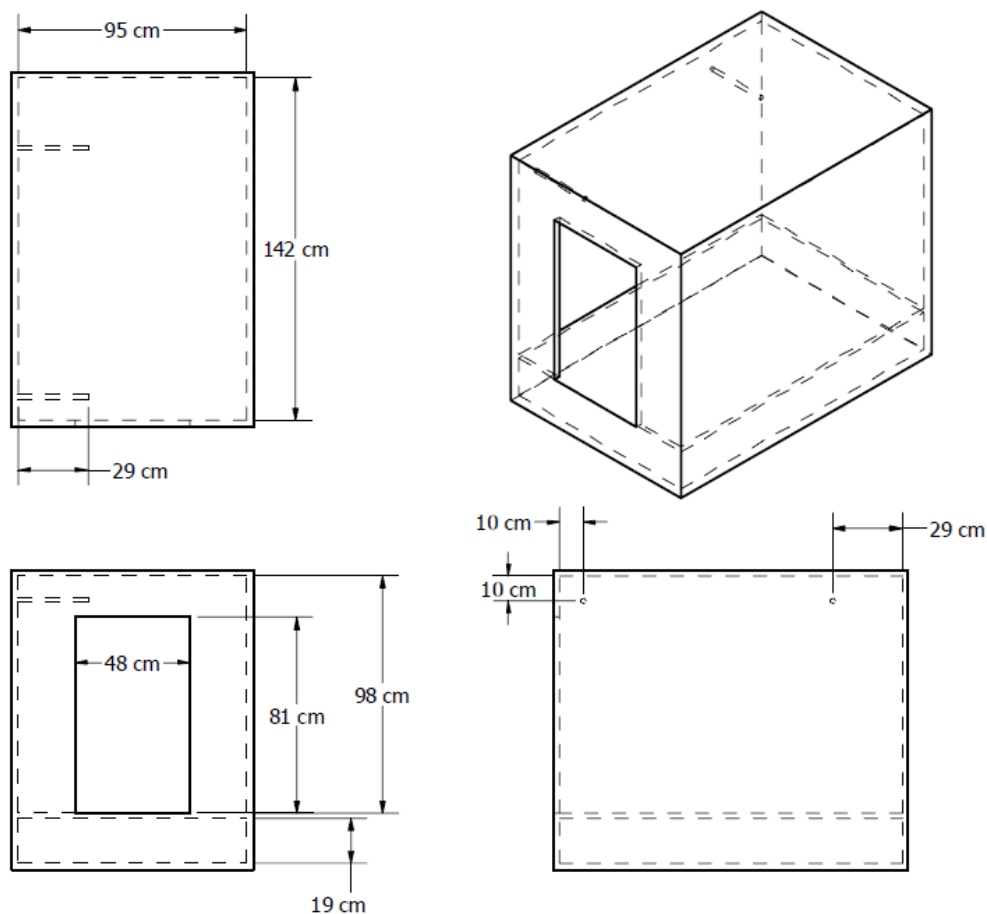
Το κριτήριο αυτό εφαρμόζεται στις εξισώσεις συνέχειας, ορμής και ενέργειας μέσω του ιξώδους ν , του συντελεστή διάχυσης D , της πυκνότητας ρ , της θερμικής αγωγιμότητας k και της ειδικής θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση c_p .

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΠΟΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΩΤΙΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΔΩΜΑΤΙΟΥ-ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ

Η πρώτη φάση προσομοίωσης με το πρόγραμμα FDS, αποτελεί η διεξαγωγή φωτιάς σε πρότυπο πειραματικό δωμάτιο-διαμέρισμα.

3.1 Πειραματική διάταξη

Το πρώτο μέρος προσομοίωσης με το κώδικα FDS, στηρίχθηκε στη τεχνική έκθεση 1483 του Εθνικού Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογίας NIST, Technical note 1483: Measurements of heat and combustion products in reduced-scale ventilation-limited compartment fires, των Matthew Bundy et al (US Department of Commerce, Technology Administration, Building and fire research laboratory, NIST), (July 2007) [8]. Η τεχνική αυτή έκθεση διεξάγει πειραματικές μετρήσεις κατά τη εξέλιξη ελεγχόμενης φωτιάς σε υποαεριζόμενες συνθήκες, σε πρότυπο χώρο-δωμάτιο (reduced scale 2/5 room), όπως περιγράφεται στην οδηγία του Διεθνή Οργανισμού Τυποποίησης-ISO 9705. Το πρότυπο δωμάτιο παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1, Διαστάσεις πρότυπου δωματίου-διαμερίσματος

Οι εσωτερικές διαστάσεις του πρότυπου δωματίου, σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, είναι: μήκος $l=1,42$ m, πλάτος $w=0,95$ m και ύψος $h=0,98$ m. Ο λόγος πλάτους προς μήκος του διαμερίσματος είναι $w/l=0.669$, ο λόγος πλάτους προς

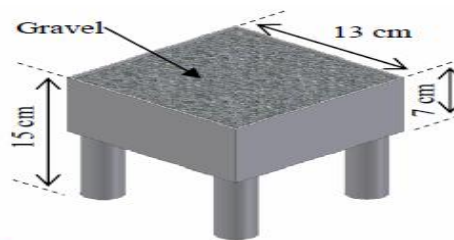
ύψος του διαμερίσματος είναι $w/h=0.969$ και ο λόγος ύψους προς μήκος του διαμερίσματος είναι $h/l=0.69$. Η τοιχοποιία, το δάπεδο και η οροφή αποτελούνται από μονωτικό υλικό Marinite I, πάχους 0,0254 m. Οι φυσικές ιδιότητες του μονωτικού υλικού παρουσιάζονται στο πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1, Φυσικές ιδιότητες υλικού Marinite I, των τοιχωμάτων του διαμερίσματος.

Ιδιότητα υλικού	Marinite I
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας k ($W/m^{\circ}K$)	0,11-0,13 ($24^{\circ}C$ - $538^{\circ}C$)
Πυκνότητα ρ (kg/m^3)	737
Ειδική θερμοχω/τητα υπό σταθερή πίεση c_p ($kJ/kg^{\circ}K$)	1,172-1,424 ($43^{\circ}C$ - $425^{\circ}C$)
Συντελεστής εκπομπής ϵ	$0,74 \pm 0.4$

Στη μία πλευρά του δωματίου πλάτους 0,95 m, υπάρχει άνοιγμα προς το εξωτερικό περιβάλλον, πλάτους $W=0,48$ m και ύψους $H=0,81$ m, όπου το κάτω μέρος του ανοίγματος βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το δάπεδο του δωματίου, δηλαδή το άνοιγμα έχει το μέγεθος θύρας. Ο λόγος του πλάτους του ανοίγματος προς το πλάτος του πρότυπου δωματίου είναι $W/w=0.505$ και ο λόγος του ύψους του ανοίγματος προς το ύψος του πρότυπου δωματίου είναι $H/h=0.827$.

Για τη μελέτη της φωτιάς, η πηγή της είναι καυστήρας φυσικού αερίου, ρυθμιζόμενης παροχής μάζας καυσίμου, τετραγωνικής διατομής 0,13 m x 0,13 m, που βρίσκεται σε ύψος 0,15 m πάνω από το έδαφος, στο κέντρο του δωματίου. Το καύσιμο διοχετεύεται μέσω μονωμένου αγωγού διαμέτρου 0,013 m, στο κάτω μέρος του καυστήρα. Ο καυστήρας παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2, Καυστήρας φυσικού αερίου πειράματος

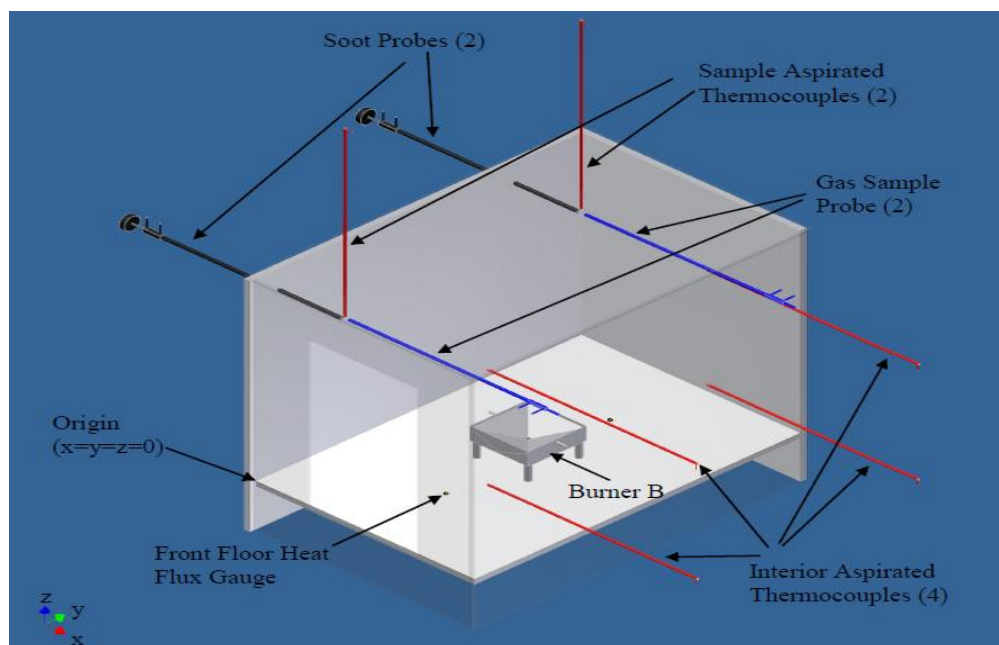
Το καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε στη πειραματική διάταξη είναι φυσικό αέριο με κατ όγκο σύσταση που παρουσιάζεται στο πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2, Σύσταση φυσικού αερίου πειράματος

Συστατικό Φυσικού αερίου	Σύσταση (v/v)%
Μεθάνιο	93,39
Αιθάνιο	3,71
Προπάνιο	0,71
Ισοβουτάνιο	0,12

n-Βουτάνιο	0,15
Ισοπεντάνιο	0,05
n-Πεντάνιο	0,04
C6+	0,07
N ₂	0,83
CO ₂	0,93

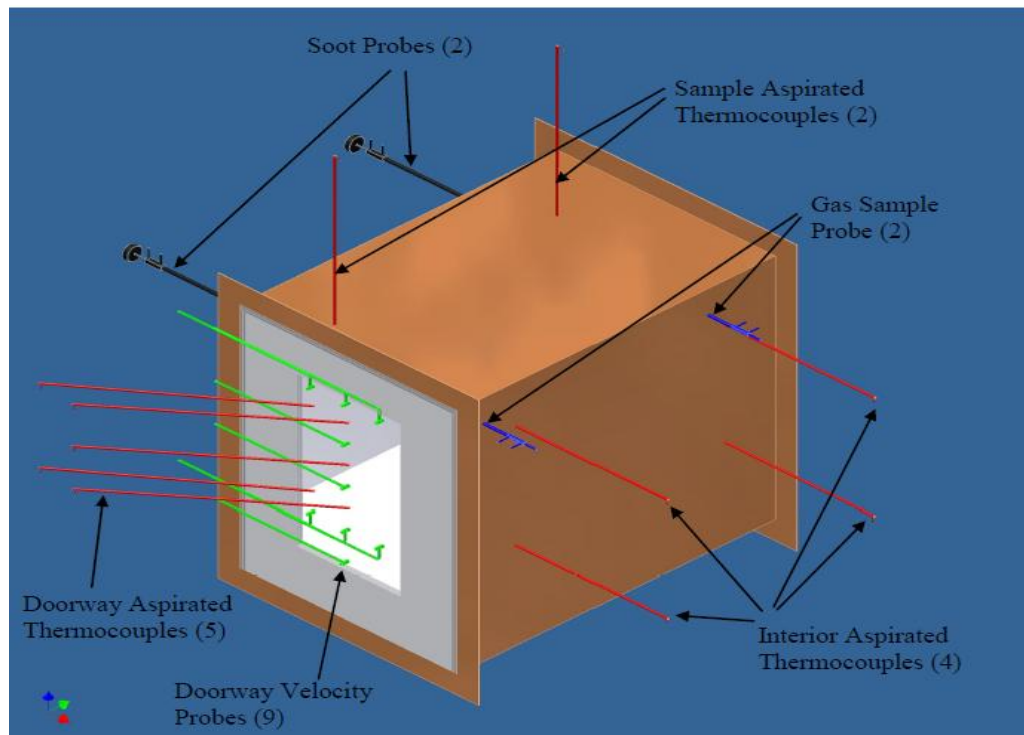
Για τη διαδικασία του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων, προσαρμοσμένο στο δωμάτιο, με τον άξονα xx' να βρίσκεται στο επίπεδο της θύρας (άνοιγμα) και παράλληλο σε αυτή, ο άξονας yy' , να είναι παράλληλος με τη μεγαλύτερη διάσταση του δωματίου (μήκος του δωματίου), και ο άξονας zz' , να είναι παράλληλος με το ύψος του δωματίου. Το σημείο αναφοράς (Origin) $(x,y,z)=(0,0,0)$ φαίνεται στο σχήμα 3.3. Οι εσωτερικές διαστάσεις του πειραματικού δωματίου, ως προς το σύστημα συντεταγμένων διαμορφώνονται ως εξής: $w=0,95$ m στον άξονα xx' (πλάτος διαμερίσματος), $l=1,42$ m στον άξονα yy' (μήκος διαμερίσματος), και $h=0,98$ m στον άξονα zz' (ύψος διαμερίσματος). Το ίδιο σημείο αναφοράς και φορά αξόνων του συστήματος συντεταγμένων του πειράματος ακολουθήθηκε και στη προσομοίωση με το πρόγραμμα FDS.



Σχήμα 3.3, Σημείο αναφοράς, και όργανα μέτρησης στο πρότυπο δωμάτιο

Για τη πειραματική μελέτη της φωτιάς, χρησιμοποιήθηκαν όργανα μέτρησης, τα οποία εγκαταστάθηκαν εντός και εκτός του δωματίου, όπως παρουσιάζονται στα σχήματα 3.3 και 3.4. Συγκεκριμένα εντός του δωματίου, χρησιμοποιήθηκαν θερμοστοιχεία (aspirated thermocouples) για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και όργανα μέτρησης συγκέντρωσης αερίων. Εκτός του δωματίου, κοντά στην έξοδο του ανοίγματος, χρησιμοποιήθηκαν θερμοστοιχεία και όργανα μέτρησης ταχύτητας αερίων (ανεμόμετρα). Στο πίνακα 3.3, παρουσιάζεται η θέση κάθε οργάνου στο σύστημα συντεταγμένων και το κωδικό όνομά του εντός του δωματίου, ενώ στο

πίνακα 3.4, παρουσιάζεται η θέση κάθε οργάνου στο σύστημα συντεταγμένων και το κωδικό όνομά του εκτός του χώρου του διαμερίσματος, κοντά στην έξοδο του ανοίγματος.



Σχήμα 3.4, Όργανα μέτρησης και θέση τους στο δωμάτιο

Πίνακας 3.3, Όνομα και θέση οργάνων μέτρησης εντός του δωματίου

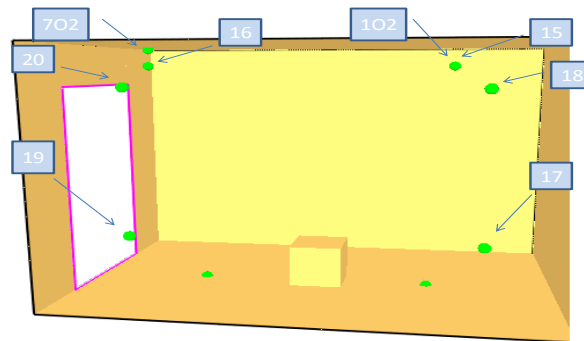
Είδος Οργάνου	Κωδικό Όνομα	x(m)	y(m)	z(m)
Θερμοστοιχείο	15TRSAMPA	0,29	1,13	0,88
Θερμοστοιχείο	16TFSAMPA	0,29	0,10	0,88
Θερμοστοιχείο	18TR80A	0,75	1,22	0,80
Θερμοστοιχείο	20TF80A	0,75	0,20	0,80
Θερμοστοιχείο	17TR24A	0,75	1,22	0,24
Θερμοστοιχείο	19TF24A	0,75	0,20	0,24
Αναλυτής Αερίων	7O2FRONT	0,29	0,10	0,88
Αναλυτής Αερίων	1O2REAR	0,29	1,13	0,88

Πίνακας 3.4, Όνομα και θέση οργάνων εκτός του δωματίου

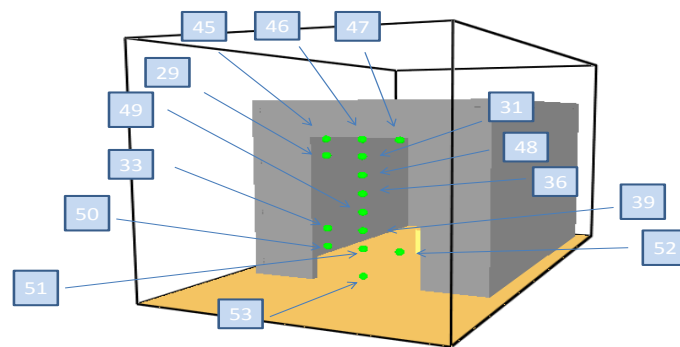
Είδος Οργάνου	Κωδικό Όνομα	x(m)	y(m)	z(m)
Θερμοστοιχείο	31TC70CA	0,48	-0,05	0,70
Θερμοστοιχείο	29TC70LA	0,32	-0,05	0,70
Θερμοστοιχείο	36TC50CA	0,48	-0,05	0,50
Θερμοστοιχείο	39TC30CA	0,48	-0,05	0,30
Θερμοστοιχείο	33TC30LA	0,32	-0,05	0,30
Ανεμόμετρο	45VD79L	0,32	-0,05	0,79

Ανεμόμετρο	46VD79C	0,48	-0,05	0,79
Ανεμόμετρο	47VD79R	0,64	-0,05	0,79
Ανεμόμετρο	48VD60C	0,48	-0,05	0,60
Ανεμόμετρο	49VD40C	0,48	-0,05	0,40
Ανεμόμετρο	50VD20L	0,32	-0,05	0,20
Ανεμόμετρο	51VD20C	0,48	-0,05	0,20
Ανεμόμετρο	52VD20R	0,64	-0,05	0,20
Ανεμόμετρο	53VD5C	0,48	-0,05	0,05

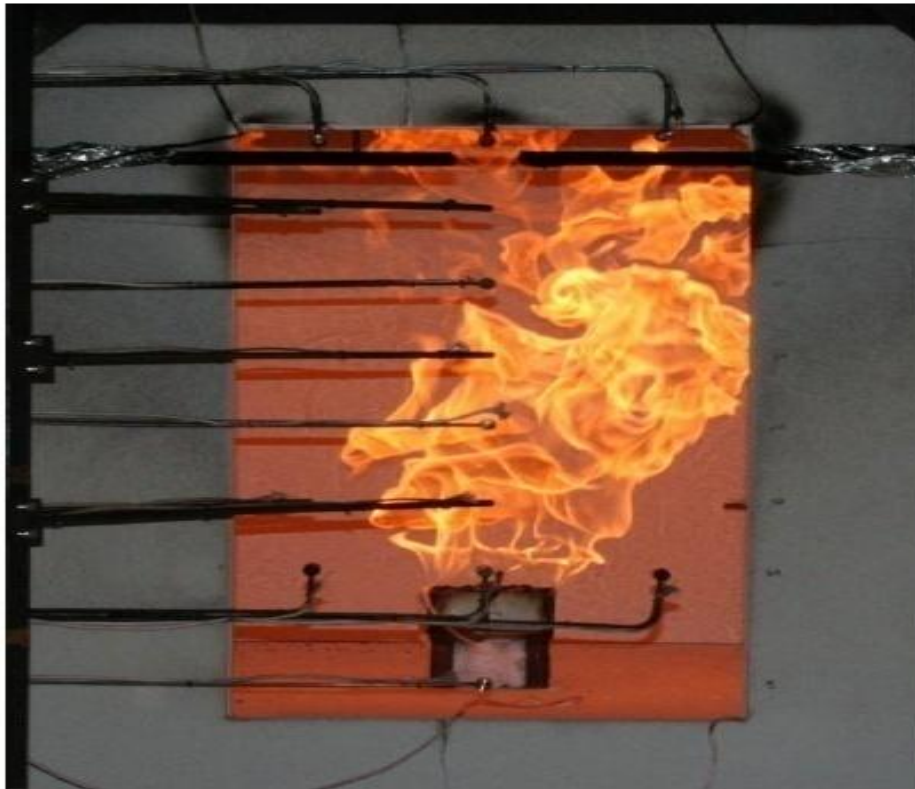
Στο σχήμα 3.5 απεικονίζονται τα κωδικά ονόματα και οι θέσεις των οργάνων μέτρησης στο σύστημα συντεταγμένων στο εσωτερικό του δωματίου, ενώ στο σχήμα 3.6 παρουσιάζονται τα κωδικά ονόματα και οι θέσεις των οργάνων μέτρησης στο σύστημα συντεταγμένων στο εξωτερικό του δωματίου, στην έξοδο του ανοίγματος. Στα σχήματα 3.5 και 3.6, παρουσιάζονται μόνο τα αρχικά νούμερα κάθε κωδικού ονόματος οργάνου, λόγω έλλειψης χώρου. Στο σχήμα 3.7 απεικονίζεται το πειραματικό δωμάτιο με τη φωτιά σε εξέλιξη, ενώ απεικονίζονται τα όργανα μέτρησης εξωτερικά του δωματίου.



Σχήμα 3.5, Θέση και όνομα οργάνων εσωτερικά του διαμερίσματος



Σχήμα 3.6, Θέση και όνομα οργάνων εξωτερικά του διαμερίσματος



Σχήμα 3.7, Φωτιά σε εξέλιξη στο πρότυπο δωμάτιο, ενώ απεικονίζονται τα όργανα μέτρησης εξωτερικά του δωματίου

Στο εσωτερικό του δωματίου, τα θερμοστοιχεία με κωδικό όνομα 15TRSAMPA και 16TFSAMPA, παρέχουν τιμές θερμοκρασίας και προσομοιώνουν το θερμοκρασιακό πεδίο, κοντά στην οροφή του δωματίου όντας εγκατεστημένα 10 cm κάτω από την οροφή, στο επίπεδο $x=0.29$ m. Το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, απέχει απόσταση 1.13 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου (στον άξονα yy'), το οποίο έχει εσωτερικό μήκος 1.42 m, ενώ το

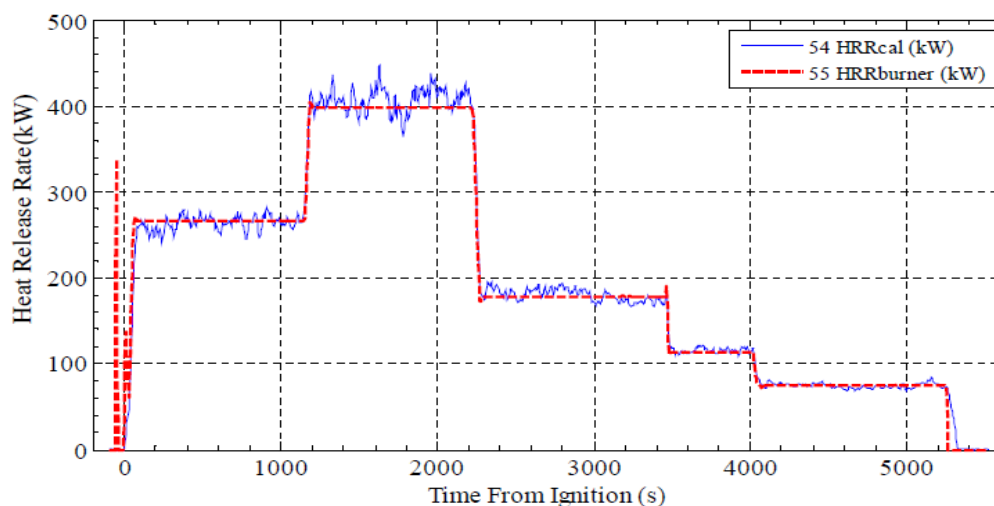
θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, απέχει απόσταση 0.10 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου (στον άξονα yy'), ώστε να μελετηθεί η θερμοκρασία κοντά στο άνοιγμα. Επίσης τα θερμοστοιχεία 18TR80A και 20TF80A είναι εγκατεστημένα στο πάνω μέρος του δωματίου σε ύψος 0.80 m από το δάπεδο ή 18 cm κάτω από την οροφή, προσομοιώνοντας το θερμοκρασιακό πεδίο κοντά στην οροφή, στο επίπεδο $x=0.75m$. Το θερμοστοιχείο 18TR80A, απέχει απόσταση 1.22 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου, το οποίο έχει εσωτερικό μήκος 1.42 m, ενώ το θερμοστοιχείο 20TF80A, απέχει απόσταση 0.20 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου, παρέχοντας πληροφορίες για τη θερμοκρασιακή ροή κοντά στο άνοιγμα. Τα εγκατεστημένα θερμοστοιχεία στο πάνω μέρος του δωματίου παρέχουν πληροφορίες για το θερμοκρασιακό πεδίο των θερμών προϊόντων της καύσης και γενικά των θερμών αερίων, τα οποία συσσωρεύονται στο πάνω μέρος του δωματίου, λόγω της θερμικής άνωσης. Τα θερμοστοιχεία με κωδικό όνομα 17TR24A και 19TF24A, παρέχουν τιμές θερμοκρασίας και προσομοιώνουν το θερμοκρασιακό πεδίο, κοντά στο δάπεδο του δωματίου αφού είναι εγκατεστημένα σε ύψος 24 cm πάνω από το δάπεδο, στο επίπεδο $x=0.75m$. Το θερμοστοιχείο 17TR24A, απέχει απόσταση 1.22 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου, το οποίο έχει εσωτερικό μήκος 1.42 m, ενώ το θερμοστοιχείο 19TF24A, απέχει απόσταση 0.20 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου, παρέχοντας πληροφορίες για τη ροή του αέρα καύσης από το εξωτερικό περιβάλλον, ο οποίος εισάγεται στο κάτω μέρος του δωματίου. Οι αναλυτές αερίων με κωδικό όνομα 7O2FRONT και 1O2REAR είναι εγκατεστημένοι 10 cm κάτω από την οροφή του διαμερίσματος στο επίπεδο $x=0.29m$, παρέχοντας πληροφορίες για τη σύνθεση των αερίων τα οποία συσσωρεύονται κοντά στην οροφή του διαμερίσματος. Ο αναλυτής 7O2FRONT απέχει απόσταση 0.10 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου, παρέχοντας πληροφορίες για τη σύνθεση των αερίων κοντά στο άνοιγμα, ενώ ο αναλυτής 1O2REAR απέχει απόσταση 1.13 m από το άνοιγμα της θύρας, κατά την έννοια του μήκους του δωματίου, παρέχοντας πληροφορίες για τη σύνθεση των αερίων στο πίσω μέρος του δωματίου και κοντά στην οροφή.

Στο εξωτερικό μέρος του δωματίου, το σύνολο των οργάνων μέτρησης είναι εγκατεστημένα στο επίπεδο $y = - 0.05m$, δηλαδή βρίσκονται σε επίπεδο που απέχει 5 cm από το άνοιγμα του πρότυπου δωματίου, κατά την έννοια του μήκους του στον άξονα yy' . Τα θερμοστοιχεία 31TC70CA, 36TC50CA και 39TC30CA είναι εγκατεστημένα στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος του δωματίου (επίπεδο $x=0.48 m$) σε ύψος 0.70m, 0.50m και 0.30m αντίστοιχα από το δάπεδο του δωματίου, προσομοιώνοντας το θερμοκρασιακό πεδίο στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος. Τα θερμοστοιχεία με κωδικό όνομα 29TC70LA και 33TC30LA είναι εγκατεστημένα στο επίπεδο $x=0.32m$ και 16 cm αριστερά από τη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος του δωματίου (επίπεδο $x=0.48 m$) και σε ύψη 0.70m και 0.30m από το δάπεδο του ανοίγματος αντίστοιχα, προσομοιώνοντας το θερμοκρασιακό πεδίο αριστερά της κεντρικής γραμμής καθ ύψος του ανοίγματος. Τα ανεμόμετρα με κωδικά ονόματα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40C, 51VD20C και 53VD5C είναι εγκατεστημένα στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος του

δωματίου (επίπεδο $x=0.48$ m) σε ύψος 0.79m, 0.60m, 0.40m, 0.20m και 0.05m αντίστοιχα από το δάπεδο του δωματίου, προσομοιώνοντας το ροϊκό πεδίο ταχυτήτων στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος. Τα ανεμόμετρα με κωδικό όνομα 45VD79L και 50VD20L είναι εγκατεστημένα στο επίπεδο $x=0.32$ m και 16 cm αριστερά από τη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος του δωματίου (επίπεδο $x=0.48$ m) σε ύψη 0.79m και 0.20m από το δάπεδο του ανοίγματος αντίστοιχα, προσομοιώνοντας το ροϊκό πεδίο αριστερά της κεντρικής γραμμής καθ ύψος του ανοίγματος. Τα ανεμόμετρα με κωδικό όνομα 47VD79R και 52VD20R είναι εγκατεστημένα στο επίπεδο $x=0.64$ m και 16 cm δεξιά από τη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος του δωματίου (επίπεδο $x=0.48$ m) σε ύψη 0.79m και 0.20m από το δάπεδο του ανοίγματος αντίστοιχα, προσομοιώνοντας το ροϊκό πεδίο δεξιά της κεντρικής γραμμής καθ ύψος του ανοίγματος.

3.2 Πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων στο πρότυπο δωμάτιο-διαμέρισμα

Ο χρόνος διεξαγωγής του πειράματος, στο πρότυπο διαμέρισμα, σύμφωνα με την έκθεση του NIST, είναι 5278 δευτερόλεπτα. Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, η θερμική ισχύς της φωτιάς στο καυστήρα (hrr-heat release rate) μεταβάλλεται με τη πάροδο του χρόνου, μέσω της μεταβολής της μάζας του καυσίμου, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3.8, με τη διάστικτη κόκκινη καμπύλη.



Σχήμα 3.8, Πορεία μεταβολής της ισχύος της φωτιάς από το καυστήρα, ως συνάρτηση του χρόνου.

Σύμφωνα με το σχήμα 3.8, η heat release rate της φωτιάς στο καυστήρα με τη πάροδο του χρόνου, παρουσιάζεται στο πίνακα 3.5:

Πίνακας 3.5, Μεταβολή της ισχύος του καυστήρα με τη πάροδο του χρόνου

Time (sec)	HRR καυστήρα (kW)
0	0
74	265
1156	265
1186	410
2217	410
2277	180
3473	180
3483	115
4020	115
4071	75
5253	75
5278	0

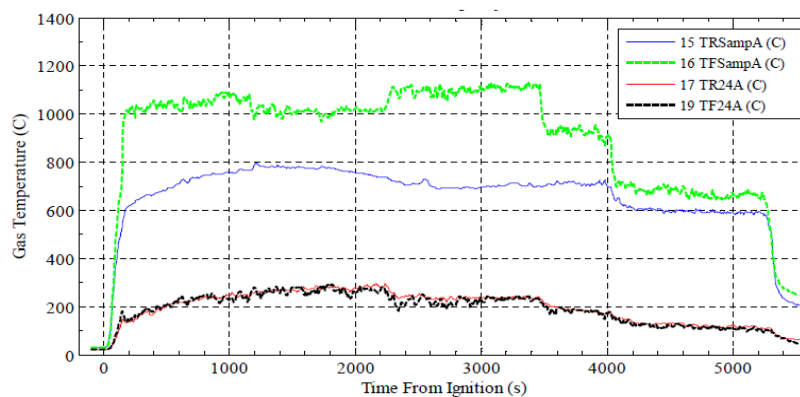
Στο σχήμα 3.8, με συνεχή και χρώματος μπλε γραμμή, παρουσιάζεται η καμπύλη της ισχύος της φλόγας που κατέγραψε θερμοδόμετρο το οποίο ήταν εγκατεστημένο στο πάνω μέρος του καυστήρα. Όπως παρατηρείται από το σχήμα 3.8, η καμπύλη της ισχύος του θερμοδόμετρου προσεγγίζει με ικανοποιητική ακρίβεια τη καμπύλη της ισχύος του καυστήρα, το οποίο σημαίνει ότι συντελεστής απόδοσης της καύσης η είναι περίπου ίσος με τη μονάδα (τέλεια καύση).

3.2.1 Πειραματική μελέτη στο εσωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος

3.2.1.1 Πειραματική μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο πάνω μέρος του πρότυπου διαμερίσματος

Τα θερμοστοιχεία με κωδικά ονόματα: 15TRSAMP, 16TFSAMP, 18TR80A και 20TF80A, παρέχουν μετρήσεις του θερμοκρασιακού πεδίου, στο πάνω μέρος του πρότυπου διαμερίσματος, αφού έχουν εγκατασταθεί κοντά στην οροφή.

Η πειραματική έκθεση του NIST, παρέχει αναλυτικές τιμές θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) ως προς το χρόνο, για το χρονικό διάστημα των 5278 δευτερολέπτων, των θερμοστοιχείων 15TRSAMP και 16TFSAMP, όπως απεικονίζονται στο σχήμα 3.9:



Σχήμα 3.9, Καμπύλες θερμοκρασιών ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων 15TRSAMP, 16TFSAMP, 17TR24A και 19TF24A

Επίσης για τα θερμοστοιχεία 15TRSAMPΑ, 16TFSAMPΑ, 18TR80A και 20TF80A που είναι εγκατεστημένα κοντά στην οροφή, η τεχνική έκθεση του NIST, παρέχει μέσες τιμές θερμοκρασιών, σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα κατά το οποίο, η HRR του καυστήρα, παρέμενε σταθερή, όπως φαίνεται στο πίνακα 3.5 και στο σχήμα 3.8, κατά την εξέλιξη του πειράματος. Οι μέσες τιμές θερμοκρασιών παρουσιάζονται στο πίνακα 3.6. Το καθορισμένο αυτό χρονικό διάστημα το NIST το ονομάζει SS Window (Steady State Window). Τα χρονικά αυτά διαστήματα SS Windows, είναι μικρότερα από τα χρονικά επιμέρους διαστήματα κατά τα οποία η ισχύς του καυστήρα παραμένει σταθερή, τα οποία παρουσιάζονται στο πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.6, Μέσες τιμές θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων 15TRSAMPΑ, 16TFSAMPΑ, 18TR80A και 20TF80A σε κάθε καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) σταθερής ισχύος του καυστήρα.

SS Window (sec)	HRR (kW)	15TRSAMPΑ (°C)	16TFSAMPΑ (°C)	18TR80A(°C)	20TF80A (°C)
475-1139	265	737	1055	747	1024
1300-2224	410	769	1013	803	1016
2555-3449	180	701	1104	803	1038
3645-4019	115	712	924	715	823
4390-5249	75	594	670	598	633

3.2.1.2 Πειραματική μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο κάτω μέρος του πρότυπου διαμερίσματος

Τα θερμοστοιχεία με κωδικά ονόματα: 17TR24A και 19TF24A, παρέχουν μετρήσεις του θερμοκρασιακού πεδίου, στο κάτω μέρος του πρότυπου διαμερίσματος, αφού έχουν εγκατασταθεί κοντά στο δάπεδο, και σε ύψος 24 εκατοστών από αυτό. Η πειραματική έκθεση του NIST, παρέχει αναλυτικές τιμές θερμοκρασίας ως προς το χρονικό διάστημα των 5278 δευτερολέπτων του πειράματος, των θερμοστοιχείων αυτών, όπως απεικονίζονται στο σχήμα 3.9, καθώς και μέσες τιμές των θερμοκρασιών των ίδιων θερμοστοιχείων, στα αντίστοιχα SS Windows στα οποία η ισχύς του καυστήρα παρέμενε σταθερή κατά τη διάρκεια του πειράματος. Οι μέσες τιμές θερμοκρασιών παρουσιάζονται στο πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7, Μέσες τιμές θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων 17TR24A και 19TF24A σε κάθε καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) σταθερής ισχύος του καυστήρα.

SS Window (sec)	HRR (kW)	17TR24A (°C)	19TF24A (°C)
475-1139	265	232	232
1300-2224	410	277	269
2555-3449	180	237	226

3645-4019	115	182	179
4390-5249	75	121	113

3.2.1.3 Πειραματική μελέτη συγκέντρωσης αερίων στο πάνω μέρος του πρότυπου διαμερίσματος

Οι αναλυτές αερίων 7O2FRONT και 1O2REAR, στο εμπρός και πίσω μέρος του διαμερίσματος, παρέχουν % κατ όγκον συγκεντρώσεις O₂ και CO₂, κοντά στην οροφή του διαμερίσματος. Η πειραματική έκθεση του NIST, παρέχει μέσες τιμές συγκεντρώσεων των αναλυτών αερίων 7O2FRONT και 1O2REAR σε κάθε χρονικό διάστημα κατά το οποίο, η HRR του καυστήρα, παρέμενε σταθερή, όπως φαίνεται στο πίνακα 3.5. Οι μέσες τιμές θερμοκρασιών παρουσιάζονται στο πίνακα 3.8. Πρέπει να τονιστεί ότι το καταγραφικό όργανο κάθε θερμοστοιχείου παρείχε μέσες τιμές στο καθορισμένο χρονικό διάστημα το οποίο το NIST ονομάζει SS Window (Steady State Window) κατά το οποίο η ισχύς του καυστήρα παρέμενε σταθερή.

Πίνακας 3.8, Μέσες τιμές % συγκεντρώσεων κατ όγκων, των αναλυτών αερίων 7O2FRONT και 1O2REAR σε κάθε καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) σταθερής ισχύος του καυστήρα

SS Window (sec)	HRR (kW)	O ₂ Front (%v/v)	CO ₂ Front (%v/v)	O ₂ Rear (%v/v)	CO ₂ Rear (%v/v)
475-1139	265	0,12	7,93	0,6	7,28
1300-2224	410	0,06	7,06	0,12	6,08
2555-3449	180	0,31	8,79	2,87	7,42
3645-4019	115	5,64	7,07	7,98	5,84
4390-5249	75	10,99	4,59	12,92	3,70

3.2.2 Πειραματική μελέτη στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος

Για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου εκτός του πρότυπου δωματίου, η τεχνική έκθεση του NIST, εγκαθιστά πέντε ακόμα θερμοστοιχεία και 6 όργανα μέτρησης της κάθετης ταχύτητας (V-ταχύτητας, στον άξονα yy') στην έξοδο του ανοίγματος. Όλα τα όργανα εγκαταστάθηκαν στο επίπεδο $y = -0,05$ m, πολύ κοντά στην έξοδο του ανοίγματος, ώστε να διερευνηθεί η ροή της φωτιάς στη περιοχή του ανοίγματος. Υπενθυμίζεται ότι η είσοδος του ανοίγματος βρίσκεται στο επίπεδο $y = 0$ m. Το όνομα του κάθε οργάνου και η θέση του, στο σύστημα συντεταγμένων του δωματίου, παρουσιάζονται στο πίνακα 3.4.

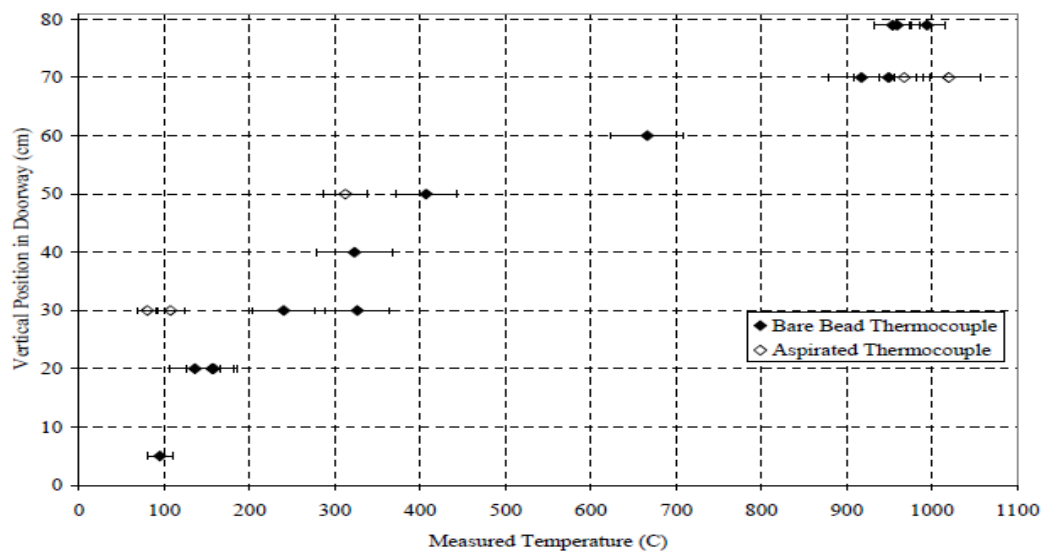
3.2.2.1 Πειραματική μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου δωματίου.

Η τεχνική έκθεση του NIST, παρέχει μέσες τιμές θερμοκρασιών, για όλα τα θερμοστοιχεία που έχουν εγκατασταθεί στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος, για το χρονικό διάστημα των 1000 πρώτων δευτερολέπτων του πειράματος, κατά το

οποίο η HRR της φωτιάς παραμένει σταθερή στη τιμή $HRR = 265 \text{ kW}$. Οι μέσες αυτές τιμές αφορούν στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec του SS Window, και παρουσιάζονται στο πίνακα 3.9 και στο σχήμα 3.10. Το σχήμα 3.10 παρέχει μέσες τιμές θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων ως προς το ύψος εγκατάστασής τους από το δάπεδο, στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος στο καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) της σταθερής ισχύος των 265 kW του καυστήρα. Οι τιμές αφορούν στις λευκές κουκίδες (ένδειξη aspirated thermocouple στο υπόμνημα στο δεξί μέρος του σχήματος).

Πίνακας 3.9, Μέσες τιμές θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων, στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος στο καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) της σταθερής ισχύος των 265 kW του καυστήρα

Είδος Οργάνου	Κωδικό Όνομα	HRR (kW)	T_{mean}
Θερμοστοιχείο	31TC70CA	265	1019,01
Θερμοστοιχείο	29TC70LA	265	966,267
Θερμοστοιχείο	36TC50CA	265	312,671
Θερμοστοιχείο	39TC30CA	265	105,479
Θερμοστοιχείο	33TC30LA	265	79,1096



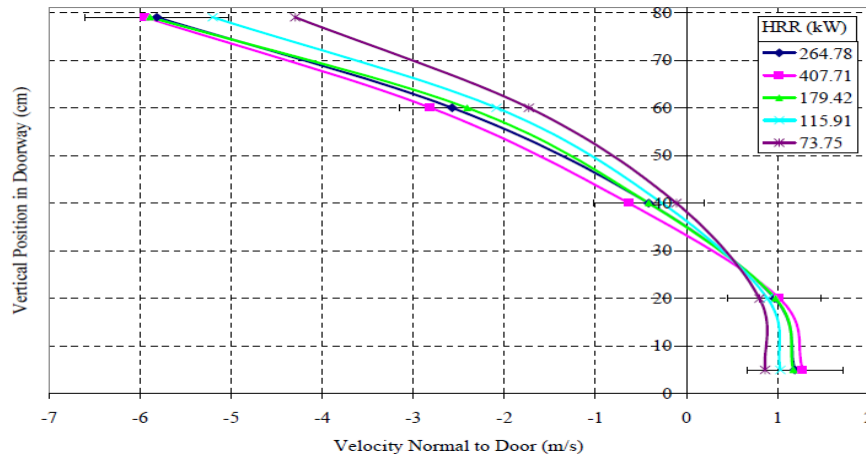
Σχήμα 3.10, Μέσες τιμές θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων ως προς το ύψος εγκατάστασής τους από το δάπεδο, στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος στο καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) της σταθερής ισχύος των 265 kW του καυστήρα. Οι τιμές αφορούν στις λευκές κουκίδες (ένδειξη aspirated thermocouple στο υπόμνημα στο δεξί μέρος του σχήματος).

3.2.2.2 Πειραματική μελέτη του ροϊκού πεδίου στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος

Η πειραματική έκθεση του NIST, παρέχει μέσες τιμές ταχύτητας στο επίπεδο $y = -0.05$ m για τα ανεμόμετρα με κωδικά ονόματα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40C, 51VD20C και 53VD5C που είναι εγκατεστημένα στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος στο ολικό χρονικό διάστημα των 5278 δευτερολέπτων διεξαγωγής του πειράματος, για κάθε χρονικό διάστημα κατά το οποίο, η HRR του καυστήρα, παρέμενε σταθερή, όπως φαίνεται στο πίνακα 3.5. Οι μέσες τιμές ταχυτήτων που είναι παράλληλες στο yy' άξονα, παρουσιάζονται στο πίνακα 3.10 και στις καμπύλες του σχήματος 3.11. Πρέπει να τονιστεί ότι το καταγραφικό όργανο κάθε θερμοστοιχείου παρείχε μέσες τιμές στο καθορισμένο χρονικό διάστημα το οποίο το NIST ονομάζει SS Window (Steady State Window) κατά το οποίο η ισχύς του καυστήρα παραμένει σταθερή. Στο σχήμα 3.11, κάθε καμπύλη διαφορετικού χρώματος αντιστοιχεί σε κάθε σταθερή ισχύ καυστήρα του πειράματος (σχήμα 3.8), η οποία αντιστοιχεί στο προφίλ των τιμών των μέσων ταχυτήτων των ανεμομέτρων ως προς το ύψος εγκατάστασης κάθε ανεμομέτρου.

Πίνακας 3.10, Μέσες τιμές ταχυτήτων, των ανεμομέτρων που είναι εγκατεστημένα στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος στο επίπεδο $x=0.48$ m, σε κάθε καθορισμένο χρονικό διάστημα (SS Window) σταθερής ισχύος του καυστήρα

SS Window (sec)	HRR (kW)	46VD79C (m/sec)	48VD60C (m/sec)	49VD40A (m/sec)	51VD20A (m/sec)	53VD5C (m/sec)
475-1139	265	-5,8216	-2,5992	-0,4144	0,962	1,1589
1300-2224	410	-5,9635	-2,8285	-0,6547	1,0057	1,279
2555-3449	180	-5,8065	-2,417	-0,4162	0,9942	1,1799
3645-4019	115	-5,199	-2,0858	-0,2942	0,8747	1,006
4390-5249	75	-4,3034	-1,7364	-0,1305	0,7764	0,8421



Σχήμα 3.11, Καμπύλες προφίλ ταχυτήτων, των ανεμομέτρων που είναι εγκατεστημένα στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος στο επίπεδο $y = -0.05\text{m}$, για κάθε σταθερή τιμή ισχύος του καυστήρα.

3.3 Υπολογιστική προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος με το πρόγραμμα FDS.

3.3.1 Παραμετρική προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος, με μελέτη ανεξαρτησίας πλέγματος και αγωγής θερμότητας των τοιχωμάτων.

Σε αυτή τη πρώτη φάση της υπολογιστικής μελέτης, με το πρόγραμμα FDS, διερευνήθηκε η δυνατότητα μελέτης ανεξαρτησίας πλέγματος επίλυσης, σε συνάρτηση με τη δυνατότητα επίλυσης ή μη, της αγωγής θερμότητας, εντός των τοιχωμάτων του διαμερίσματος, και η εξαγωγή συμπερασμάτων από τη σύγκριση πειραματικών και υπολογιστικών τιμών, των διαφόρων προσομοιώσεων, όσων αφορά τη μελέτη του ροϊκού και θερμοκρασιακού πεδίου, εντός και εκτός του διαμερίσματος, σε συνθήκες υποαεριζόμενης φωτιάς.

Αρχικά με το πρόγραμμα FDS, προσομοιώθηκε η φωτιά, και το πεδίο ροής που αυτή δημιουργεί, μόνο για το χρονικό διάστημα των 1000 πρώτων δευτερολέπτων του πειράματος, από τη στιγμή της έναυσής της, κατά την οποία η $\text{HRR} = 265 \text{ kW}$, (σχήμα 3.8). Το φυσικό αέριο που χρησιμοποιήθηκε ως καύσιμο, προσομοιώθηκε στο πρόγραμμα FDS, ως μεθάνιο (CH_4), γιατί αυτό έχει τη μεγαλύτερη αναλογία (93,39 %) στο μίγμα των ενώσεων του φυσικού αερίου που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα (πίνακας 3.2). Στη συνέχεια, σε επόμενη φάση, προσομοιώθηκε το πρότυπο διαμέρισμα για όλο το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος.

Έχοντας υπόψη ότι η μελέτη πεδίων ροής με το μοντέλο της προσομοίωσης των μεγάλων δινών (LES-Large Eddy Simulation) το οποίο χρησιμοποιεί το πρόγραμμα FDS (Σχέσεις 2.7, 2.8, 2.9), επιβάλλει το πλέγμα διακριτοποίησης του πεδίου να είναι κυβικό, δηλαδή η διακομβική απόσταση να παραμένει σταθερή σε κάθε άξονα του συστήματος συντεταγμένων, επιλέχθηκαν τρία μεγέθη πλέγματος, για τη μελέτη ανεξαρτησίας πλέγματος και για τη διερεύνηση της επίδρασης της

ποιότητας του πλέγματος στη προσομοίωση υποαεριζόμενων φωτιών. Τα μεγέθη αυτά είναι 4 cm, 2.4 cm και 1.6 cm. Σε όλες τις περιπτώσεις διακριτοποίησης, του πρότυπου δωματίου, δεν χρησιμοποιήθηκε πυκνωση του πλέγματος, σε περιοχές του πεδίου ροής όπου παρατηρείται έντονη κλίση των μεγεθών του πεδίου ροής, χρησιμοποιώντας πολλαπλή διακριτοποίηση (multimesh). Στο μοντέλο της προσομοίωσης των μεγάλων δινών η σταθερά του Smagorinsky θεωρήθηκε ίση με 0.2.

Σύμφωνα με τις δημοσιεύσεις [9-12], κριτήριο για την επιτυχή περιγραφή της προσομοίωσης της φωτιάς και τη ποιότητα του πλέγματος διακριτοποίησης, είναι ότι το διακομβικό μήκος l πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από το ένα δέκατο της χαρακτηριστικής διαμέτρου της φωτιάς D^* . Δηλαδή πρέπει να ισχύει η σχέση.

$$l \leq 0.1 D^* \quad (3.1a)$$

Η δημοσίευση [52] προτείνει τη σχέση:

$$l \leq (1/13) D^* \quad (3.1b)$$

Το μέγεθος της χαρακτηριστικής διαμέτρου της φωτιάς δίνεται από τη σχέση:

$$D^* = (Q / (\rho_\infty T_\infty c_{p_\infty} g^{1/2}))^{2/5} \quad (3.2)$$

όπου Q είναι η ισχύς HRR της φωτιάς σε (kW), $\rho_\infty \approx 1,204 \text{ kg/m}^3$ είναι η πυκνότητα του αέρα του περιβάλλοντος σε θερμοκρασία 20°C (293°K), $T_\infty = 293^\circ\text{K}$ (20°C) η θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος, $c_{p_\infty} \approx 1,05 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$ η ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση του αέρα και $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας. Σύμφωνα με τη σχέση (3.1a), (3.1b) και (3.2), η D^* και το l είναι συνάρτηση της Q (HRR) της φωτιάς, σύμφωνα με τους τύπους:

$$D^* [\text{m}] = 0.060708(Q[\text{kW}])^{2/5} \quad (3.3)$$

$$l [\text{m}] \leq 0.0060708(Q[\text{kW}])^{2/5} \quad (3.4a)$$

σύμφωνα με τη σχέση (3.1a), και:

$$l [\text{m}] \leq 0.0046698(Q[\text{kW}])^{2/5} \quad (3.4b)$$

σύμφωνα με το τύπο (3.1b). Για λόγους ασφαλούς προσομοίωσης και ακρίβειας αποτελεσμάτων στους υπολογισμούς με το πρόγραμμα FDS, ως κριτήριο διακριτοποίησης και επιλογής της διακομβικής απόστασης, θα χρησιμοποιηθούν οι σχέσεις (3.1b) και (3.4b).

Για τη πρώτη φάση προσομοίωσης, η χαρακτηριστική διάμετρος D^* της φωτιάς υπολογίστηκε για $Q = 265 \text{ kW}$ (Hrr του καυστήρα), ίση με 0.565646 m , και σύμφωνα με τη σχέση (3.1b), το μέγιστο μήκος του κελιού διακριτοποίησης πρέπει

να είναι $l \leq 0.0435 \text{ m}$ ή $l \leq 4.35 \text{ cm}$. Οπότε οι διακριτοποιήσεις των 4 cm, 2.4 cm και 1.6 cm, που επιλέχθηκαν για τη προσομοίωση της υποαεριζόμενης φωτιάς στο πρότυπο δωμάτιο, πληρούν το κριτήριο διακριτοποίησης.

Στη πρώτη αυτή φάση παραμετρικής μελέτης με το πρόγραμμα FDS, χρησιμοποιώντας τα παραπάνω μεγέθη διακριτοποίησης, διερευνήθηκε συνδυαστικά, επιπλέον και η επίδραση της έκτασης του πεδίου ροής, στην επιτυχή προσομοίωση φαινομένων υποαεριζόμενων φωτιών. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η επίδραση της έκτασης του πλέγματος, στη λύση, όταν αυτό αναπτύσσεται μόνο στο εσωτερικό μέρος του χώρου-δωματίου, και εκτείνεται έως την εσωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας, θεωρώντας τα τοιχώματα του δωματίου ως αδιαβατικά (σχέση 2.52), οπότε το λογισμικό FDS, δε περιλαμβάνει κατά τη λύση του πεδίου, τις εξισώσεις μεταφοράς θερμότητας με αγωγή και συναγωγή στη τοιχοποιία. Επιπλέον διερευνήθηκε η επίδραση της επέκτασης του πλέγματος εκτός του πρότυπου δωματίου, μελετώντας την ροή εκτός του δωματίου θεωρώντας τα τοιχώματα του δωματίου ως μη αδιαβατικά (σχέση 2.47), οπότε σε αυτή τη περίπτωση, το λογισμικό FDS, περιλαμβάνει κατά την εύρεση της λύσης, τις εξισώσεις μεταφοράς θερμότητας με αγωγή στη τοιχοποιία. και την αλληλεπίδραση τοιχωμάτων και αερίων κατά τη μετάδοση θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία.

Συνδυάζοντας τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του πλέγματος και της έκτασής του, σε αυτή τη πρώτη φάση προσομοίωσης, διερευνήθηκαν παραμετρικά οι παρακάτω 5 περιπτώσεις, οι οποίες παρουσιάζονται στο πίνακα 3.11. Στις περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως και 4 ο χρόνος προσομοίωσης είναι 1000 δευτερόλεπτα, ο οποίος αντιστοιχεί στη σταθερή ισχύ των 265 kW του καυστήρα. Στη περίπτωση 5 ο χρόνος προσομοίωσης στο πρόγραμμα FDS είναι ο ολικός χρόνος διεξαγωγής του πειράματος (5278 δευτερόλεπτα). Στις περιπτώσεις διακριτοποίησης 1,2 και 3, λόγω του μικρού σχετικά μεγέθους του πλέγματος, το πεδίο ροής λύθηκε χρησιμοποιώντας ένα επεξεργαστή, ενώ στις περιπτώσεις διακριτοποίησης 4 και 5, λόγω του μεγάλου μεγέθους του πλέγματος επίλυσης το πεδίο ροής επιλύθηκε χρησιμοποιώντας συστοιχία 8 επεξεργαστών σε παράλληλη επεξεργασία, όπως φαίνεται στο πίνακα 3.11.

Πίνακας 3.11, Περιπτώσεις προσομοίωσης του πρότυπου δωματίου με το πρόγραμμα FDS.

Περίπτωση	Έκταση πλέγματος	Χρόνος προσομοίωσης (sec)	Διακομβική απόσταση (cm)	Αριθμός κελιών ανά άξονα (xx'-yy'-zz')	Συνολικός αριθμός κελιών πεδίου ροής
1	Εσωτερική στο δωμάτιο (αδιαβατικά τοιχώματα)	1000	4	24 - 36 - 24	20376

2	Εσωτερική στο δωμάτιο (αδιαβατικά τοιχώματα)	1000	2.4	40 - 60 - 40	96000
3	Εσωτερική και εξωτερική στο δωμάτιο (μη αδιαβατικά τοιχώματα)	1000	4	30 - 54 - 32	51840
4	Εσωτερική και εξωτερική στο δωμάτιο (μη αδιαβατικά τοιχώματα)	1000	2.4	[8*(60*27*32)]	414720
5	Εσωτερική και εξωτερική στο δωμάτιο (μη αδιαβατικά τοιχώματα)	5278	1.6	[8*(64 - 32 - 64)]	1048576

Για τις παραπάνω περιπτώσεις μελέτης, συντάχθηκαν κατάλληλα αρχεία εισόδου (input files), στο πρόγραμμα FDS, ανάλογα με την έκταση του πλέγματος και τη διακομβική απόσταση, ώστε να διεξαχθεί η παραμετρική μελέτη της υποαεριζόμενης φωτιάς. Τα αρχεία εισόδου παρουσιάζονται στο παράρτημα 1, και είναι τα: CASE11 για τη περίπτωση προσομοίωσης 1, CASE1 για τη περίπτωση προσομοίωσης 2, EXTENDED για τη περίπτωση προσομοίωσης 3, EXTENDED24 για τη περίπτωση προσομοίωσης 4 και PARALLEL16CM για τη περίπτωση προσομοίωσης 5.

Για τις περιπτώσεις μελέτης στις οποίες, η διακριτοποίηση επεκτάθηκε εξωτερικά του πρότυπου χώρου-δωματίου, χρησιμοποιήθηκε η δημοσίευση των Xiaocui Zhang et al [15]. Σύμφωνα με τη δημοσίευση, η βέλτιστη επέκταση του πλέγματος De , για περιπτώσεις φωτιών, ενδείκνυται να πραγματοποιείται στον άξονα εκείνο, ο οποίος είναι κάθετος στο άνοιγμα του κλειστού χώρου (διαμερίσματος), κατά μέγεθος κατ ελάχιστο ίσο με:

$$De = n D_h \quad (3.5)$$

όπου $n = 0,5$ για περιπτώσεις επαρκώς αεριζόμενων φωτιών, και $n = 1$, για περιπτώσεις υποαεριζόμενων φωτιών, D_h είναι η υδραυλική διάμετρος του ανοίγματος, και δίνεται από τη σχέση:

$$D_h = 4 A/P \quad (3.6)$$

όπου A είναι το εμβαδόν του ανοίγματος $A = W \cdot H$, και P είναι η περίμετρος του ανοίγματος $P = 2(W+H)$, W είναι το πλάτος του ανοίγματος και H είναι το ύψος του ανοίγματος. Στις υπόλοιπες δύο κατευθύνσεις, η επέκταση του πλέγματος δεν επιφέρει ακρίβεια στη προσομοίωση του πεδίου ροής. Έτσι επιτυγχάνεται και βελτιστοποίηση του χρόνου επεξεργασίας στον υπολογιστή, έχοντας υπόψη ότι η μελέτη της ροής με τη προσομοίωση των μεγάλων δινών (LES), είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα.

Με βάση τη σχέση (3.6), η επέκταση του πεδίου ροής, εκτός του πρότυπου δωματίου, για τη περίπτωση προσομοίωσης 3 πραγματοποιήθηκε σε απόσταση $De = D_h + 4 \text{ cm}$, για τη περίπτωση προσομοίωσης 4 πραγματοποιήθηκε σε απόσταση $De = D_h + 49,4 \text{ cm}$ και για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 πραγματοποιήθηκε σε απόσταση $De = D_h + 48,8 \text{ cm}$.

Για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του προγράμματος FDS, στη προσομοίωση υποαεριζόμενων φαινομένων φωτιάς, στα αρχεία εισόδου του προγράμματος FDS, των περιπτώσεων που μελετήθηκαν, εισήχθησαν οι συντεταγμένες των μετρητικών οργάνων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα που διεξήγαγε το NIST. Για τις προσομοιώσεις εσωτερικά του πρότυπου δωματίου, με το πρόγραμμα FDS, στα αντίστοιχα αρχεία εισόδου, εισήχθησαν οι συντεταγμένες των οργάνων που είναι εγκατεστημένα εντός του δωματίου, και περιγράφονται στο πίνακα 3.3. Για τις προσομοιώσεις εξωτερικά του πρότυπου δωματίου, με το πρόγραμμα FDS, στα αντίστοιχα αρχεία εισόδου, εισήχθησαν οι συντεταγμένες των οργάνων που είναι εγκατεστημένα εκτός του δωματίου, και περιγράφονται στο πίνακα 3.4.

Σε όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος, της χημικής αντίδρασης μονού βήματος με τοπική σβέση της φλόγας, και ως μοντέλο ακτινοβολίας, σε όλες τις περιπτώσεις υπολογιστικής προσομοίωσης, χρησιμοποιήθηκε το προεπιλεγμένο μοντέλο ακτινοβολίας φαιού σώματος (σχέση 2.42, $N=1$). Στο μοντέλο ακτινοβολίας, ο αριθμός των στερεών γωνιών θεωρήθηκε ίσος με 104.

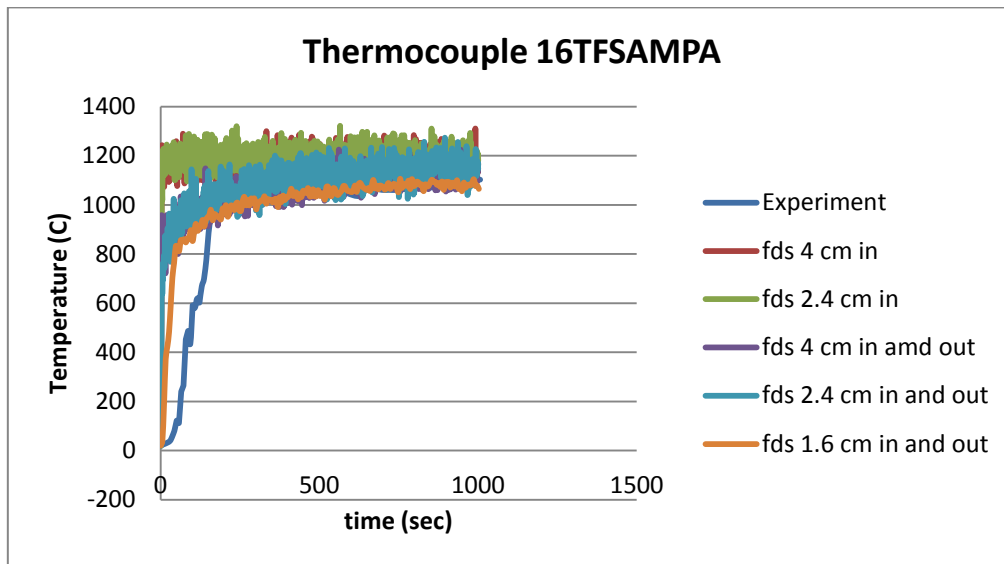
3.3.2 Αποτελέσματα παραμετρικών υπολογιστικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του πεδίου ροής στο πρότυπο δωμάτιο-διαμέρισμα, για τις υπολογιστικές περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως 5 και χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα ($HRR = 265 \text{ kW}$).

3.3.2.1 Αποτελέσματα παραμετρικών υπολογιστικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του πεδίου ροής στο εσωτερικό του διαμερίσματος.

3.3.2.1.1 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στην οροφή του διαμερίσματος.

Η μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στην οροφή του διαμερίσματος, για τα πρώτα 1000 δευτερόλεπτα προσομοίωσης, κατά τα οποία η HRR = 265 kW, περιλαμβάνει τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA, 15TRSAMPA, 20TF80A και 18TR80A.

Για τη σύγκριση των αναλυτικών τιμών μεταξύ του πειράματος στο πρότυπο δωμάτιο, και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1 έως 5, στο σχήμα 3.12, παρουσιάζονται οι καμπύλες των θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, των πειραματικών μετρήσεων αλλά και των περιπτώσεων 1 έως 5 οι οποίες μελετήθηκαν με το πρόγραμμα FDS, ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της ποιότητας και της έκτασης του πλέγματος στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων, σε σχέση με τις αναλυτικές πειραματικές τιμές. Για τις ανάγκες της σύγκρισης των υπολογιζόμενων και πειραματικών αποτελεσμάτων, οι πειραματικές τιμές του διαγράμματος θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, του σχήματος 3.9, για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, ψηφιοποιήθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού ψηφιοποιητή.



Σχήμα 3.12, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής θερμοκρασίας και υπολογιζόμενων θερμοκρασιών (περιπτώσεις 1 έως 5) ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

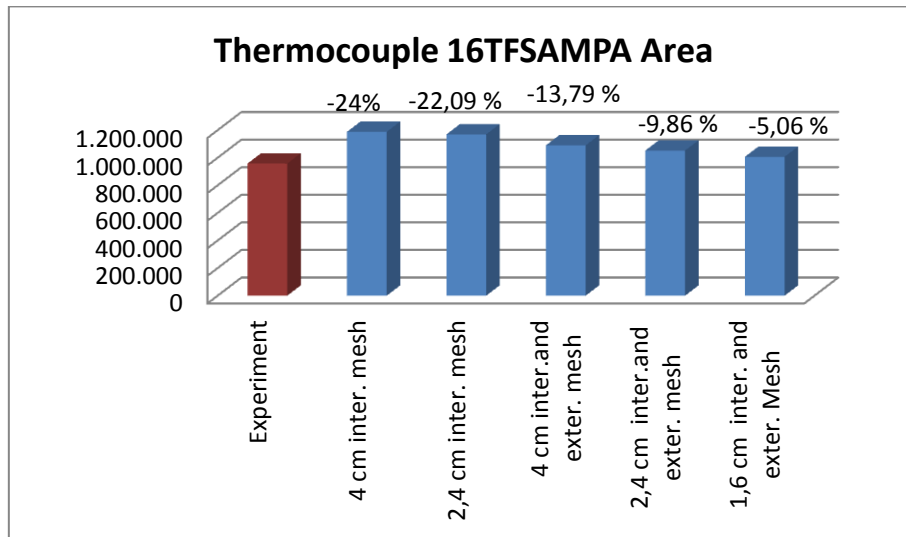
Για να μελετηθεί συνολικά, καθ' όλη τη χρονική διάρκεια της υπολογιστικής προσομοίωσης, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των υπολογιστικών τιμών των μελετώμενων μεγεθών M του πεδίου ροής σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα, υιοθετήθηκε το μέγεθος του επί τοις εκατό συνολικού σφάλματος εμβαδού $\% A_M$ το οποίο δίνεται από τη σχέση:

$$\% A_M = [(A_{M, \text{exper.}} - A_{M, \text{comp.}}) / A_{M, \text{exper.}}] \% \quad (3.7)$$

όπου $A_{M, \text{exper.}}$ είναι το εμβαδόν της γραφικής παράστασης της καμπύλης του μεγέθους M , ως προς τον άξονα των χρόνων, το οποίο προσδιορίστηκε πειραματικά,

και $A_{M,comp}$ είναι το εμβαδόν της γραφικής παράστασης της καμπύλης του μεγέθους M ως προς τον άξονα των χρόνων το οποίο προσδιορίστηκε υπολογιστικά.

Με βάση τη σχέση (3.7), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών δεδομένων και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1,2,3,4 και 5 για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, δίνεται στο σχήμα 3.13. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.13, παρέχονται στο πίνακα 8.1 του παραρτήματος 2.

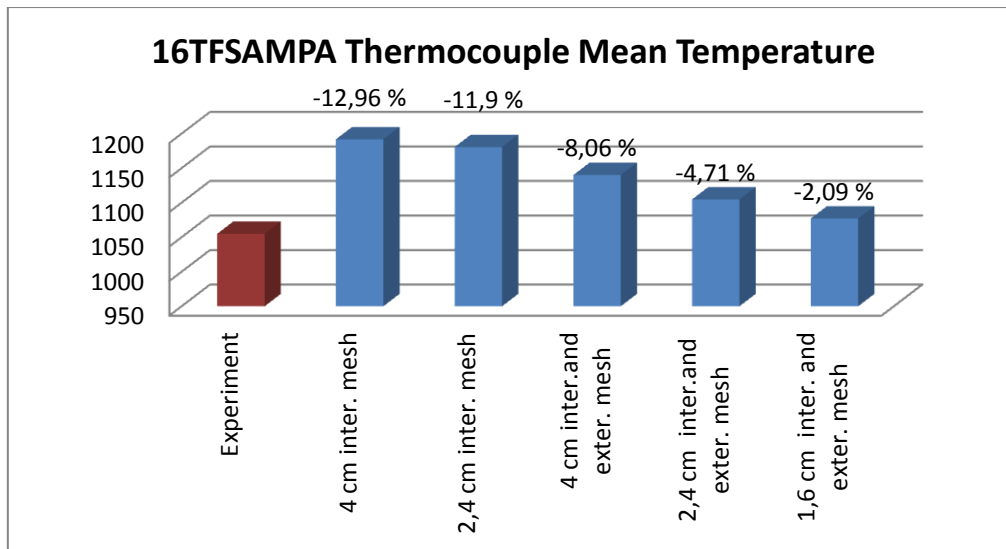


Σχήμα 3.13, Συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ των καμπυλών θερμοκρασίας των υπολογιστικών παραμετρικών περιπτώσεων και της πειραματικής καμπύλης θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Για το ίδιο θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για κάθε περίπτωση υπολογιστικής προσομοίωσης, στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.14. Για το υπολογισμό του σχετικού σφάλματος μεταξύ μέσης πειραματικής και υπολογιζόμενης τιμής ενός μεγέθους M χρησιμοποιείται η σχέση (3.8):

$$[(M_{\text{exper}} - M_{\text{comp}}) / M_{\text{exper}}] \% \quad (3.8)$$

όπου M_{exper} η μέση τιμή μεγέθους που υπολογίζεται πειραματικά και M_{comp} η μέση τιμή του μεγέθους M που υπολογίζεται με το πρόγραμμα FDS. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.14, παρέχονται στο πίνακα 8.2 του παραρτήματος 2.

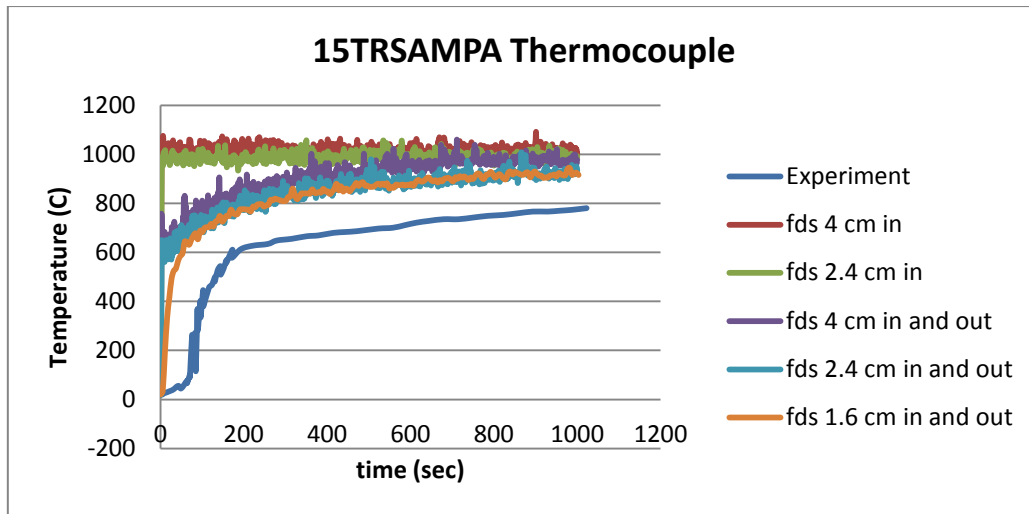


Σχήμα 3.14, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5 για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Παρατηρώντας τις καμπύλες του σχήματος 3.12, συνάγεται ότι με εξαίρεση τα πρώτα 200 περίπου δευτερόλεπτα, κατά τα οποία οι καμπύλες όλων των υπολογιστικών περιπτώσεων θερμοκρασιών αποκλίνουν σημαντικά από τη πειραματική καμπύλη, οι υπολογιστικές καμπύλες προσεγγίζουν σημαντικά τη πειραματική καμπύλη όσο μειώνεται η διακομβική απόσταση σε συνδυασμό με την ένταξη στη λύση του πεδίου ροής των εξισώσεων αγωγής θερμότητας (δηλαδή θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως μη αδιαβατικά). Επίσης από το σχήμα 3.12 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, καθ όλη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων. Σύμφωνα με το σχήμα 3.13 το συνολικό % σφάλμα εμβαδού κυμαίνεται από -24 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -5,06 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) και μειώνεται με τη μείωση της διακομβικής απόστασης σε συνδυασμό με την θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων στο δωμάτιο. Ακριβώς οι ίδιες διαπιστώσεις ισχύουν και στο σχήμα 3.14, όπου το μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας μειώνεται από -12,96 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -5,06 % (περίπτωση προσομοίωσης 5).

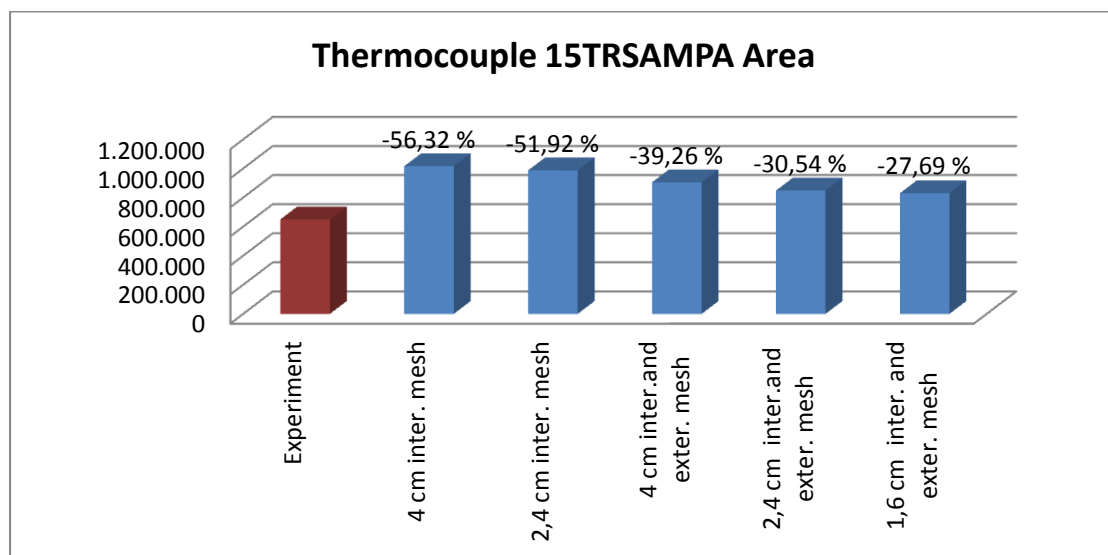
Για τη σύγκριση των αναλυτικών τιμών μεταξύ του πειράματος στο πρότυπο δωμάτιο, και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1 έως 5, στο σχήμα 3.15, παρουσιάζονται οι καμπύλες των θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, των πειραματικών μετρήσεων αλλά και των περιπτώσεων 1 έως 5 οι οποίες μελετήθηκαν με το πρόγραμμα FDS, ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της ποιότητας και της έκτασης του πλέγματος στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων, σε σχέση με τις αναλυτικές πειραματικές τιμές. Για τις ανάγκες της σύγκρισης των υπολογιζόμενων και πειραματικών αποτελεσμάτων, οι πειραματικές τιμές του διαγράμματος θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, του σχήματος

3.9, για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, ψηφιοποιήθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού ψηφιοποιητή.



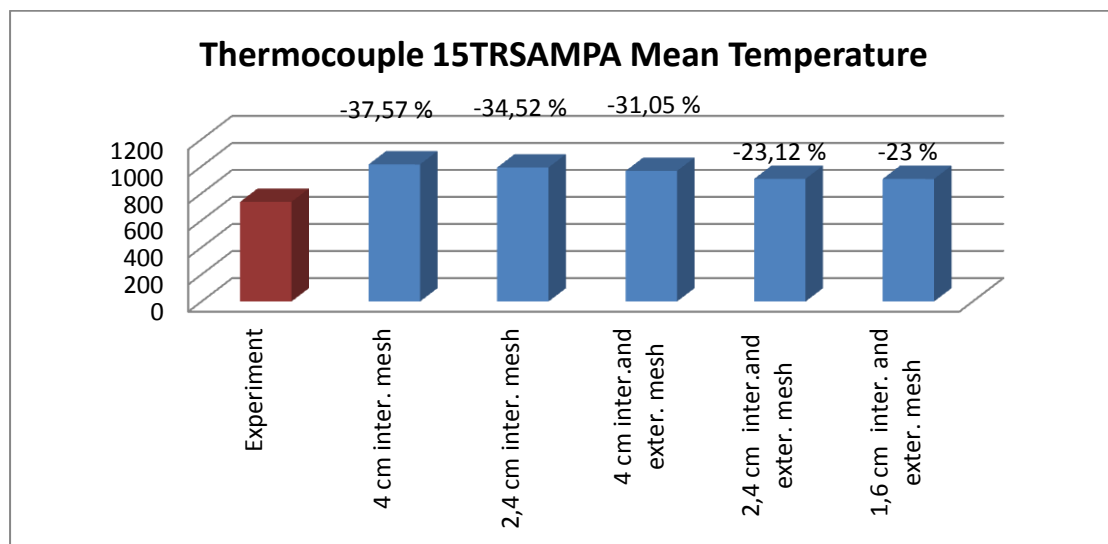
Σχήμα 3.15, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής θερμοκρασίας και υπολογιζόμενων θερμοκρασιών (περιπτώσεις 1 έως 5) ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Με βάση τη σχέση (3.7), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών δεδομένων και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1,2,3,4 και 5 για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, δίνεται στο σχήμα 3.16. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.16, παρέχονται στο πίνακα 8.3 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.16, Συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ των καμπυλών θερμοκρασίας των υπολογιστικών παραμετρικών περιπτώσεων και της πειραματικής καμπύλης θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Για το ίδιο θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για κάθε περίπτωση υπολογιστικής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.17. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.17, παρέχονται στο πίνακα 8.4 του παραρτήματος 2.

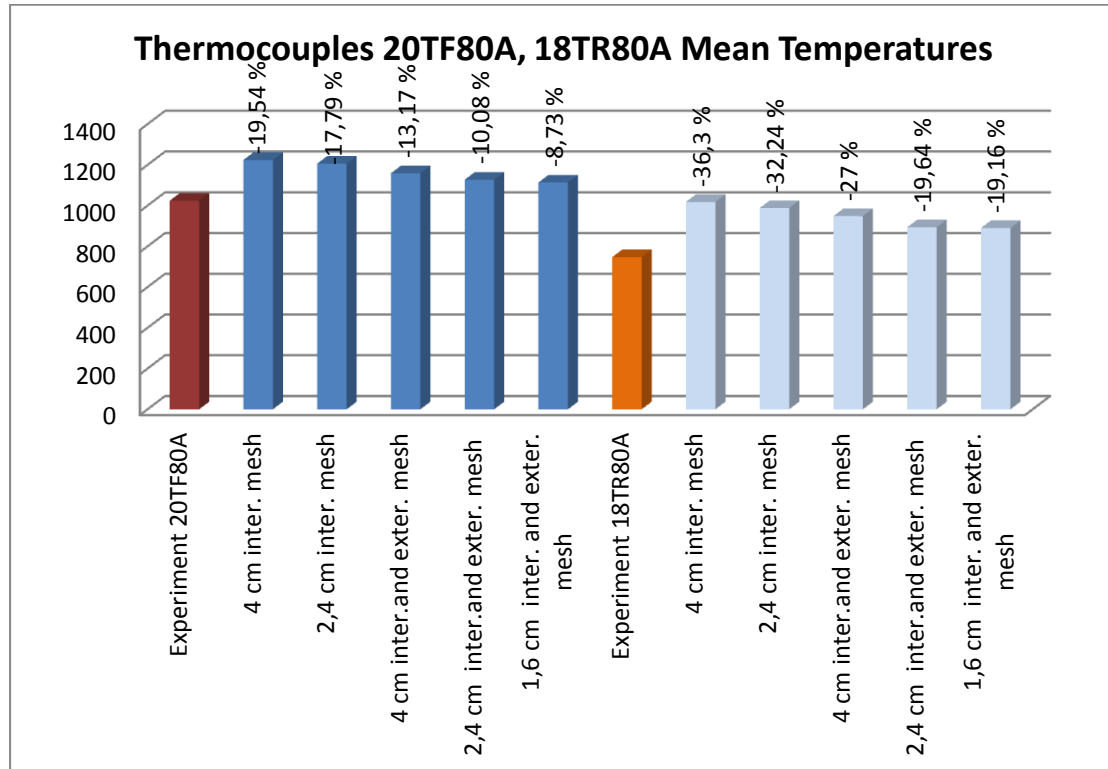


Σχήμα 3.17, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5 για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Παρατηρώντας τις καμπύλες του σχήματος 3.15, συνάγεται ότι όσο μειώνεται η διακομβική απόσταση σε συνδυασμό με την ένταξη στη λύση του πεδίου ροής των εξισώσεων αγωγής θερμότητας (δηλαδή θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως μη αδιαβατικά), οι υπολογιστικές καμπύλες των περιπτώσεων προσομοίωσης προσεγγίζουν ικανοποιητικότερα τη πειραματική καμπύλη. Επίσης από το σχήμα 3.15 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά σημαντικά το μέγεθος της θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, καθ όλη τη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων, σε σχέση με το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, για όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης. Αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα προσομοιώνει καλύτερα τη θερμοκρασία κοντά στο άνοιγμα στο πάνω μέρος του δωματίου στο επίπεδο $x=0.29\text{m}$. Σύμφωνα με το σχήμα 3.16 το συνολικό % σφάλμα εμβαδού κυμαίνεται από -56,32 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -27,69 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) και μειώνεται με τη μείωση της διακομβικής απόστασης σε συνδυασμό με την θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων στο δωμάτιο. Ακριβώς οι ίδιες διαπιστώσεις ισχύουν και στο σχήμα 3.17, όπου το μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας μειώνεται από -37,57 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -23 % (περίπτωση προσομοίωσης 5).

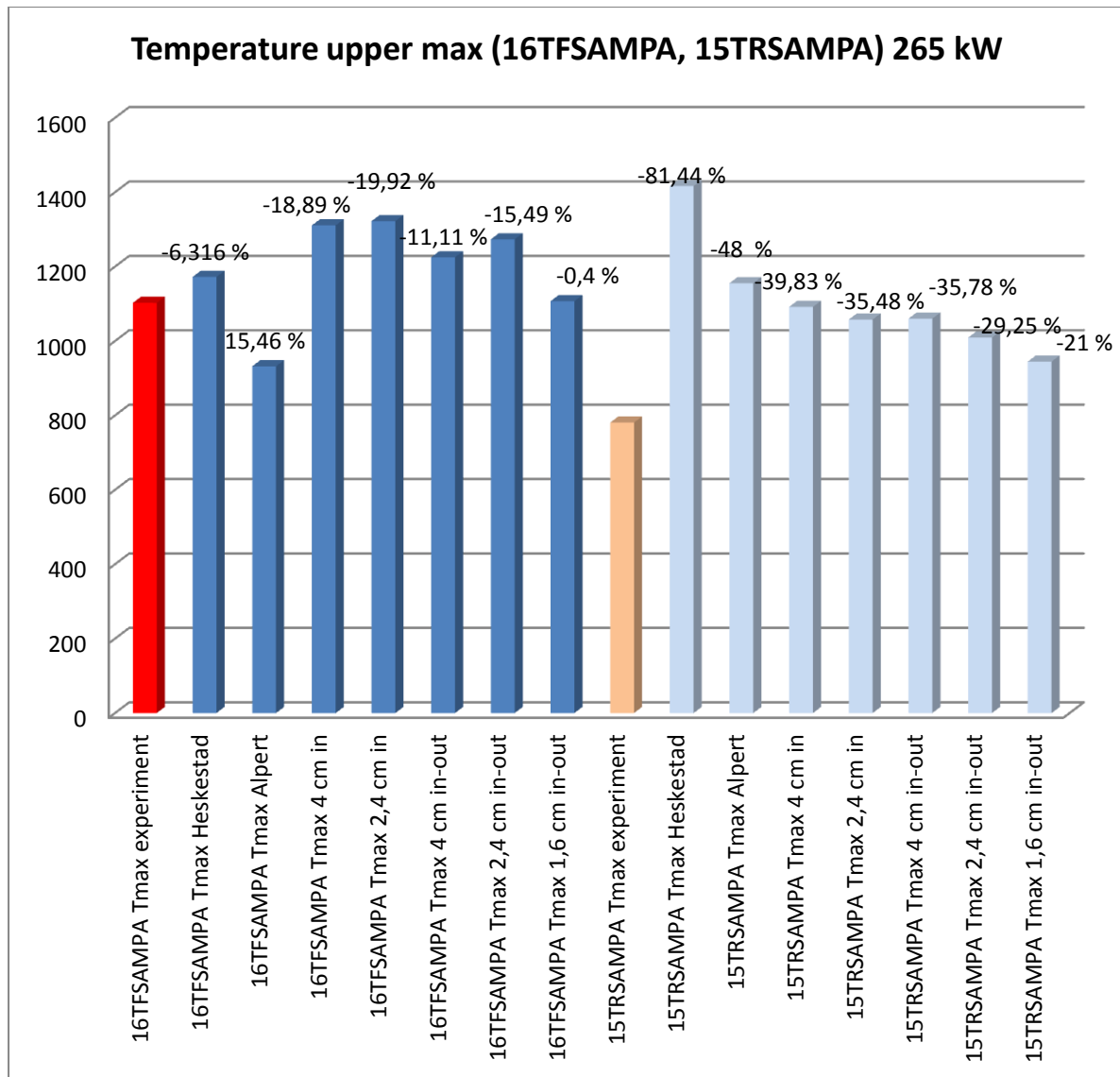
Για τα θερμοστοιχεία 20TF80A και 18TR80A, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για κάθε περίπτωση

υπολογιστικής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.18. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.18, παρέχονται στους πίνακες 8.5 και 8.6 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.18, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5 για τα θερμοστοιχεία 20TF80A και 18TR80A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Από το σχήμα 3.18 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για τα θερμοστοιχεία 20TF80A και 18TR80A καθ όλη τη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων, για όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης. Σύμφωνα με το σχήμα 3.18 το μέσο % σφάλμα κυμαίνεται από -19,54 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -8,73 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 20TF80A και από -36,3 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -19,16 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 18TR80A, και μειώνεται με τη μείωση της διακομβικής απόστασης σε συνδυασμό με την θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων στο δωμάτιο. Όπως διαπιστώνεται από το σχήμα 3.18, τα σχετικά σφάλματα όλων των περιπτώσεων προσομοίωσης για το θερμοστοιχείο 20TF80A είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα σχετικά σφάλματα όλων των περιπτώσεων προσομοίωσης για το θερμοστοιχείο 18TR80A. Αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα προσομοιώνει καλύτερα τη θερμοκρασία κοντά στο άνοιγμα στο πάνω μέρος του δωματίου, στο επίπεδο $x=0.75m$.



Σχήμα 3.19, Μέγιστες τιμές θερμοκρασιών στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου για τη θερμική ισχύ των 265 kW, για κάθε περίπτωση προσομοίωσης και χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1.40) και (1.42) σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).

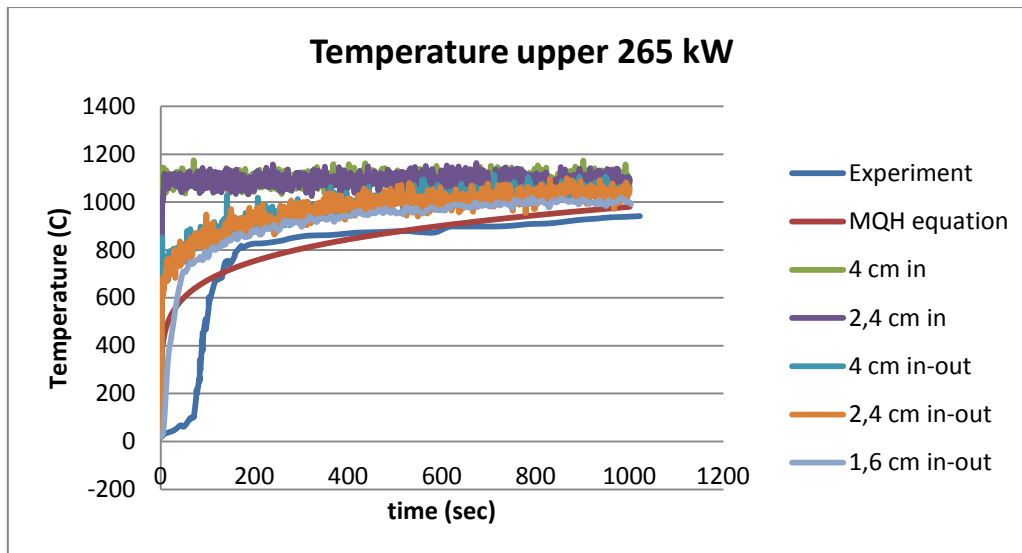
Στο σχήμα 3.19, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των θερμοκρασιών για τη σταθερή τιμή της θερμικής ισχύος του καυστήρα των 265 kW, στο πάνω μέρος του δωματίου σε απόσταση από την οροφή η οποία καθορίζεται από τη σχέση των Motevalli-Marks (σχέση (1.45)). Σύμφωνα με τη σχέση αυτή τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA βρίσκονται μέσα στην απόσταση που προτείνει η σχέση (1.45), οπότε στο διάγραμμα του σχήματος 3.19, παρουσιάζονται οι μέγιστες θερμοκρασίες των δύο αυτών θερμοστοιχείων για κάθε περίπτωση προσομοίωσης, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές μέγιστων θερμοκρασιών που δίνουν οι πειραματικές σχέσεις βιβλιογραφίας των: Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) στα αντίστοιχα σημεία εγκατάστασης των θερμοστοιχείων, συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες μέγιστες πειραματικές τιμές. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του

διαγράμματος του σχήματος 3.19, παρέχονται στους πίνακες 8.7 και 8.8 του παραρτήματος 2.

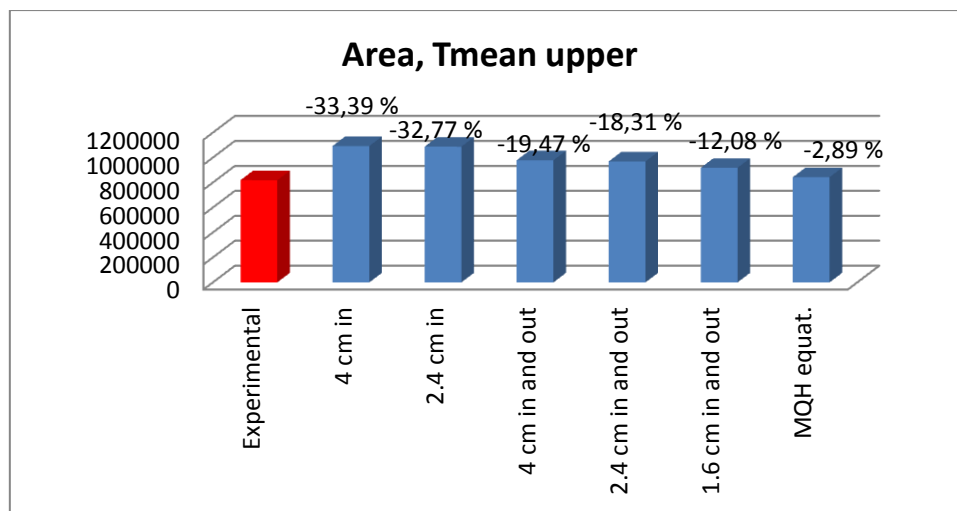
Σύμφωνα με το σχήμα 3.19, για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, οι σχέσεις των Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) παρέχουν επί τοις εκατό σφάλματα 15,46 % και -6,316% αντίστοιχα σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή, ενώ οι περιπτώσεις προσομοίωσης παρέχουν αντίστοιχα επί τοις εκατό σφάλματα που κυμαίνονται από -18,89 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 1 έως -0,4% για τη περίπτωση προσομοίωσης 5. Η περίπτωση προσομοίωσης 5 των 1,6 εκατοστών διακριτοποίησης, παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα μέγιστης τιμής (-0,4 %). Γενικά η εξίσωση Heskestad (σχέση (1.42)), προσομοιώνει καλύτερα τη μέγιστη θερμοκρασία στη περιοχή της οροφής σε σχέση με τη σχέση Alpert (σχέση (1.40)), για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA.

Σύμφωνα με το σχήμα 3.19, για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, οι σχέσεις των Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) παρέχουν επί τοις εκατό σφάλματα -81,44 % και -48% αντίστοιχα σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή, ενώ οι περιπτώσεις προσομοίωσης παρέχουν αντίστοιχα επί τοις εκατό σφάλματα που κυμαίνονται από -39,83 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 1 έως -21% για τη περίπτωση προσομοίωσης 5. Η περίπτωση προσομοίωσης 5 των 1,6 εκατοστών διακριτοποίησης, παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα μέγιστης τιμής (-21 %). Παρατηρείται μείωση του σφάλματος από τη περίπτωση προσομοίωσης 1 προς τη περίπτωση προσομοίωσης 5. Γενικά η εξίσωση Heskestad (σχέση (1.42)), προσομοιώνει καλύτερα τη μέγιστη θερμοκρασία στη περιοχή της οροφής σε σχέση με τη σχέση Alpert (σχέση (1.40)), για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, αν και τα δύο ποσοστά παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή. Γενικά τα σφάλματα μέγιστων τιμών των περιπτώσεων 1 έως 5 και των σχέσεων των Alpert και Heskestad για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA παρουσιάζουν μικρότερες τιμές, σε σχέση με αντίστοιχα σφάλματα για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, ως προς των αντίστοιχες πειραματικές τιμές. Επίσης η σχέση Heskestad αποδεικνύεται πιο ακριβής σε σχέση με τη σχέση Alpert, και για τις δύο περιπτώσεις θερμοστοιχείων.

Στο σχήμα 3.20 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις ως προς το χρόνο των μέσων θερμοκρασιών, στο πάνω μέρος του δωματίου, στη κάθετη απόσταση από την οροφή του δωματίου, η οποία καθορίζεται από τη σχέση των Motevalli-Marks (σχέση (1.45)), κατά την οποία τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA, βρίσκονται εντός αυτής. Οι μέσες θερμοκρασίες αφορούν στο μέσο όρο των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων 16TFSAMPA και 15TRSAMPA, για κάθε χρονική στιγμή, κατά την οποία η θερμική ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 265 kW, για κάθε περίπτωση προσομοίωσης. Επίσης στο σχήμα 3.20 παρουσιάζεται η σχέση των McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), η οποία αναφέρεται στη μέση τιμή θερμοκρασίας ως προς το χρόνο στο πάνω μέρος δωματίου σε απόσταση που καθορίζεται από τη σχέση (1.45). Στο σχήμα 3.21, παρουσιάζονται τα εμβαδά των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 3.20 και τα επί τοις εκατό σχετικά σφάλματα εμβαδού μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5 αλλά και της σχέσης MQH, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση πειραματική τιμή.



Σχήμα 3.20, Διάγραμμα μέσης τιμής θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου για τη θερμική ισχύ των 265 kW, για κάθε περίπτωση προσομοίωσης και χρησιμοποιώντας τη σχέση των MQH (σχέση 1.35) σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).



Σχήμα 3.21, Εμβαδόν των γραφικών παραστάσεων των μέσων θερμοκρασιών ως προς το χρόνο του σχήματος 3.20, στο πάνω μέρος του δωματίου, και τα επί τοις εκατό σφάλματα εμβαδού των γραφικών παραστάσεων ως προς το εμβαδόν της αντίστοιχης πειραματικής καμπύλης.

Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.21, παρέχονται στο πίνακα 8.9 του παραρτήματος 2.

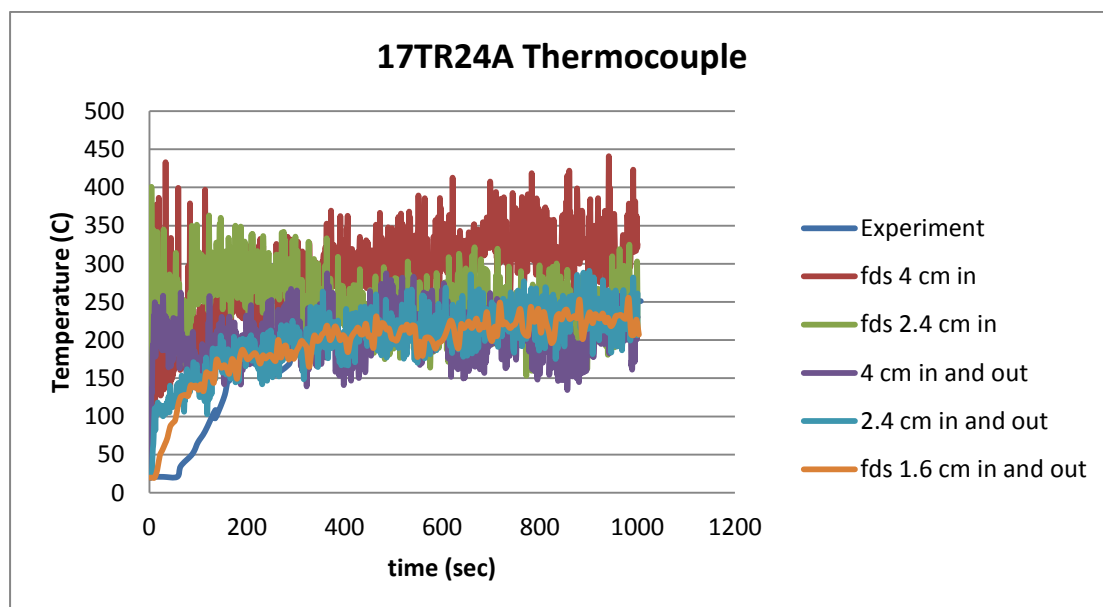
Σύμφωνα με τα σχήματα 3.20 και 3.21, η καμπύλη της σχέσης McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), προσεγγίζει ικανοποιητικά και με αρκετή επιτυχία τη μέση πειραματική καμπύλη θερμοκρασίας, στο πάνω μέρος του δωματίου, παρουσιάζοντας μέσο επί τοις εκατό σφάλμα εμβαδού -2,89 %. Επίσης παρατηρείται μείωση σφάλματος, όσο η διακριτοποίηση γίνεται πυκνότερη και

λαμβάνεται υπόψη η μη αδιαβατικότητα των τοιχωμάτων του δωματίου. Έτσι τα επί τοις εκατό σφάλματα κυμαίνονται από -33,39 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 1 έως -12,08 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 5. Γενικά η σχέση (ΜQH) (σχέση 1.35), προσομοιώνει με αρκετή επιτυχία το θερμοκρασιακό πεδίο στο πάνω μέρος του δωματίου.

3.3.2.1.2 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στο δάπεδο του διαμερίσματος.

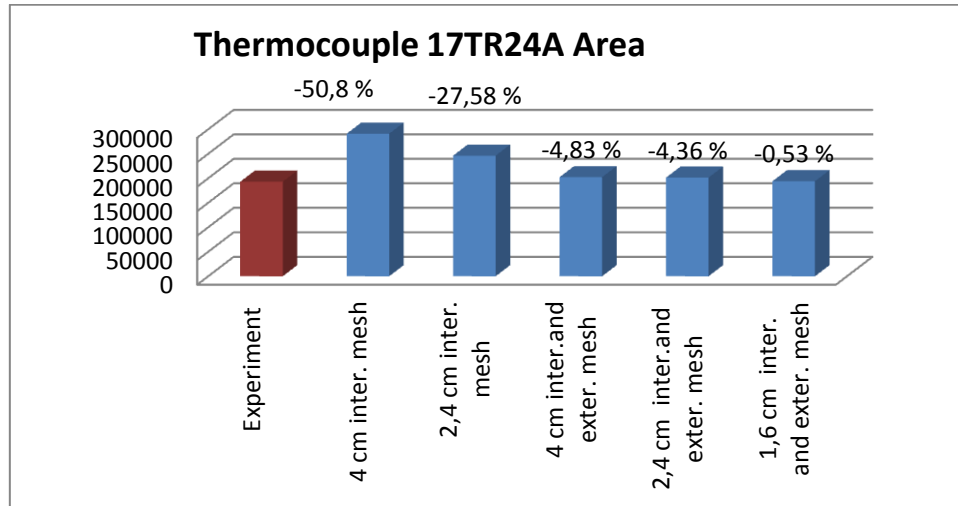
Η μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στο δάπεδο του διαμερίσματος, για τα πρώτα 1000 δευτερόλεπτα προσομοίωσης, κατά τα οποία η HRR = 265 kW, περιλαμβάνει τα θερμοστοιχεία 19TF24A και 17TR24A.

Για τη σύγκριση των αναλυτικών τιμών μεταξύ του πειράματος στο πρότυπο δωμάτιο, και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1 έως 5, στο σχήμα 3.22, παρουσιάζονται οι καμπύλες των θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, για το θερμοστοιχείο 17TR24A, των πειραματικών μετρήσεων αλλά και των περιπτώσεων 1 έως 5 οι οποίες μελετήθηκαν με το πρόγραμμα FDS, ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της ποιότητας και της έκτασης του πλέγματος στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων, σε σχέση με τις αναλυτικές πειραματικές τιμές. Για τις ανάγκες της σύγκρισης των υπολογιζόμενων και πειραματικών αποτελεσμάτων, οι πειραματικές τιμές του διαγράμματος θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, του σχήματος 3.9, για το θερμοστοιχείο 17TR24A, ψηφιοποιήθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού ψηφιοποιητή.



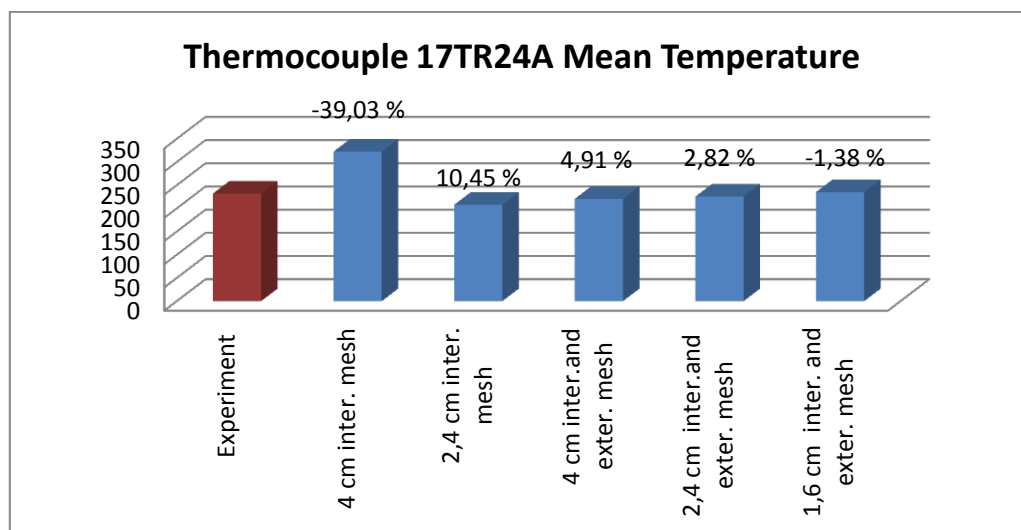
Σχήμα 3.22, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής θερμοκρασίας και υπολογιζόμενων θερμοκρασιών (περιπτώσεις 1 έως 5) ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 17TR24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Με βάση τη σχέση (3.7), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών δεδομένων και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1,2,3,4 και 5 για το θερμοστοιχείο 17TR24A, δίνεται στο σχήμα 3.23. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.23, παρέχονται στο πίνακα 8.10 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.23, Συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ των καμπυλών θερμοκρασίας των υπολογιστικών παραμετρικών περιπτώσεων και της πειραματικής καμπύλης θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 17TR24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

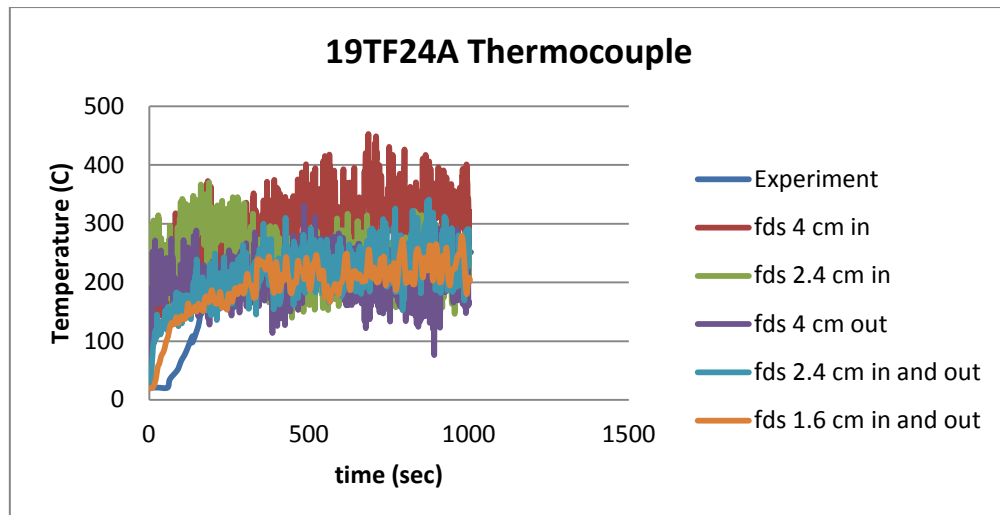
Για το ίδιο θερμοστοιχείο 17TR24A, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για κάθε περίπτωση υπολογιστικής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.24. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.24, παρέχονται στο πίνακα 8.11 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.24, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5 για το θερμοστοιχείο 17TR24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

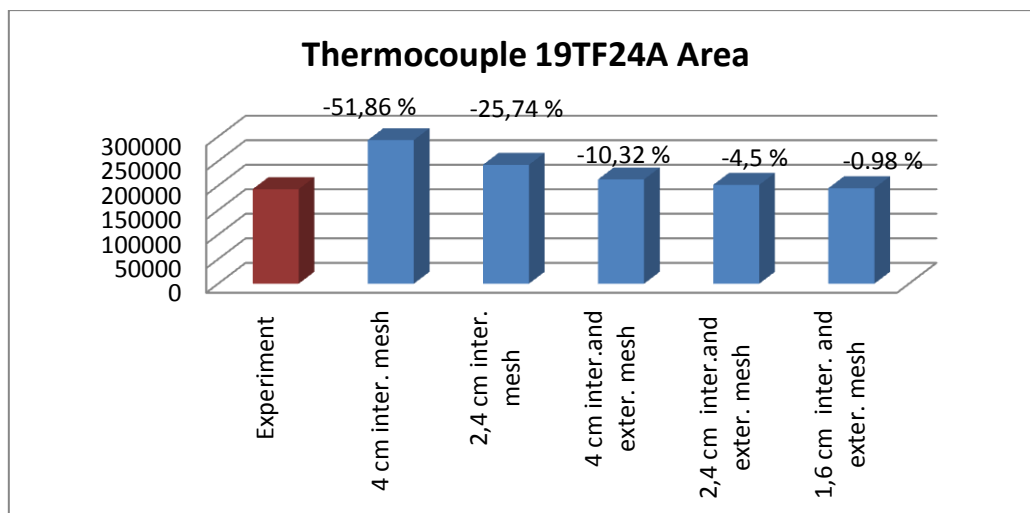
Παρατηρώντας τις καμπύλες του σχήματος 3.22, συνάγεται ότι με εξαίρεση τα πρώτα 200 περίπου δευτερόλεπτα, κατά τα οποία οι καμπύλες όλων των υπολογιστικών περιπτώσεων θερμοκρασιών αποκλίνουν σημαντικά από τη πειραματική καμπύλη, οι υπολογιστικές καμπύλες προσεγγίζουν σημαντικά τη πειραματική καμπύλη όσο μειώνεται η διακομβική απόσταση σε συνδυασμό με την ένταξη στη λύση του πεδίου ροής με το πρόγραμμα FDS, των εξισώσεων αγωγής θερμότητας (δηλαδή θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως μη αδιαβατικά). Επίσης από το σχήμα 3.22 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 17TR24A, καθ' όλη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων. Σύμφωνα με το σχήμα 3.23 το συνολικό % σφάλμα εμβαδού κυμαίνεται από -50,8 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -0,53 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) και μειώνεται με τη μείωση της διακομβικής απόστασης σε συνδυασμό με την θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων στο δωμάτιο. Ακριβώς οι ίδιες διαπιστώσεις ισχύουν και στο σχήμα 3.24, όπου το μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας μειώνεται από -39,03 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -1,38 % (περίπτωση προσομοίωσης 5). Παρατηρώντας το σχήμα 3.22, διαπιστώνεται ότι οι καμπύλες των περιπτώσεων προσομοίωσης 3,4 και 5 προσεγγίζουν σημαντικά τη πειραματική καμπύλη μετά από τη χρονική στιγμή των 200 δευτερολέπτων περίπου.

Για τη σύγκριση των αναλυτικών τιμών μεταξύ του πειράματος στο πρότυπο δωμάτιο, και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1 έως 5, στο σχήμα 3.25, παρουσιάζονται οι καμπύλες των θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, για το θερμοστοιχείο 19TF24A, των πειραματικών μετρήσεων αλλά και των περιπτώσεων 1 έως 5 οι οποίες μελετήθηκαν με το πρόγραμμα FDS, ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της ποιότητας και της έκτασης του πλέγματος στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων, σε σχέση με τις αναλυτικές πειραματικές τιμές. Για τις ανάγκες της σύγκρισης των υπολογιζόμενων και πειραματικών αποτελεσμάτων, οι πειραματικές τιμές του διαγράμματος θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, του σχήματος 3.9, για το θερμοστοιχείο 19TF24A, ψηφιοποιήθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού ψηφιοποιητή.



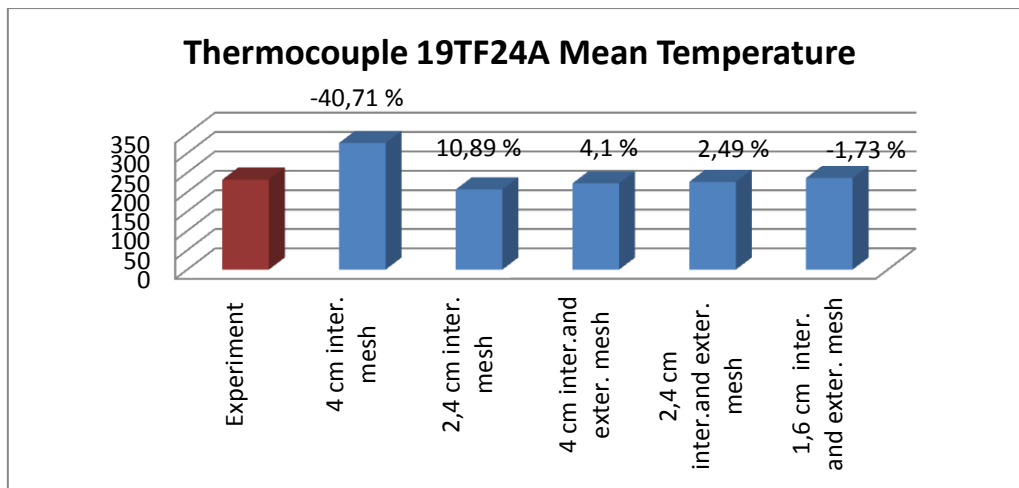
Σχήμα 3.25, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής θερμοκρασίας και υπολογιζόμενων θερμοκρασιών (περιπτώσεις 1 έως 5) ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 19TF24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Με βάση τη σχέση (3.7), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών δεδομένων και των περιπτώσεων διακριτοποιήσεων 1,2,3,4 και 5 για το θερμοστοιχείο 19TF24A, δίνεται στο σχήμα 3.26. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.26, παρέχονται στο πίνακα 8.12 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.26, Συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ των καμπυλών θερμοκρασίας των υπολογιστικών παραμετρικών περιπτώσεων και της πειραματικής καμπύλης θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 19TF24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Για το ίδιο θερμοστοιχείο 19TF24A, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για κάθε περίπτωση υπολογιστικής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.27. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.27, παρέχονται στο πίνακα 8.13 του παραρτήματος 2.

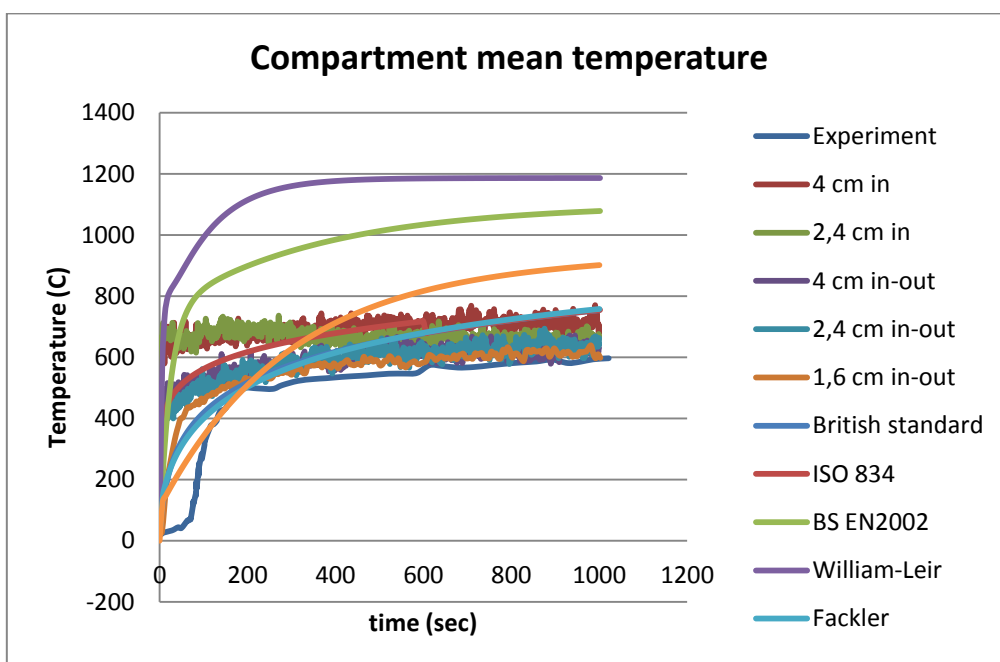


Σχήμα 3.27, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5 για το θερμοστοιχείο 19TF24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

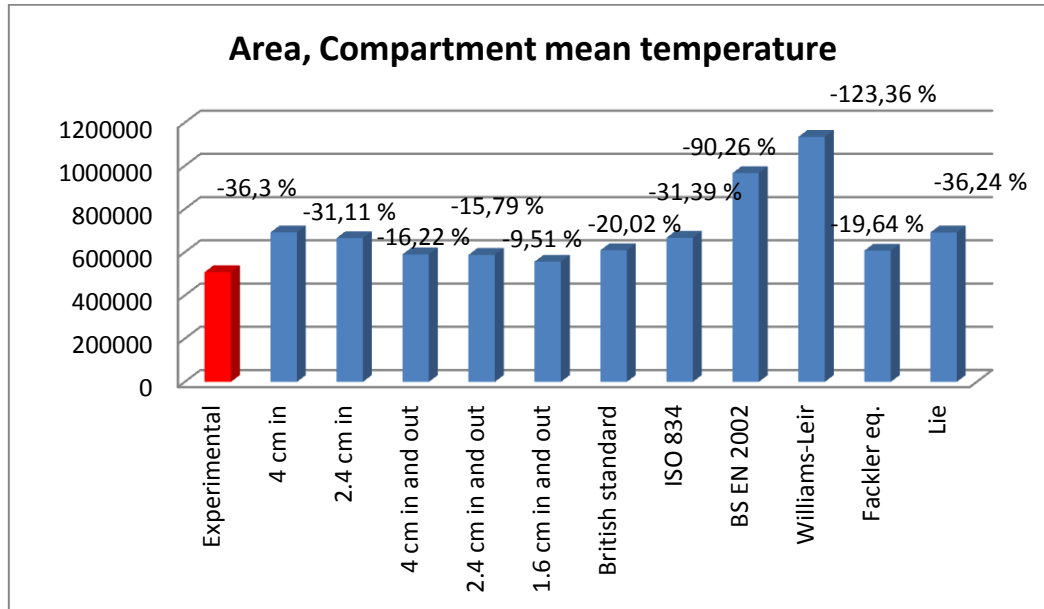
Παρατηρώντας τις καμπύλες του σχήματος 3.25, συνάγεται ότι με εξαίρεση τα πρώτα 200 περίπου δευτερόλεπτα, κατά τα οποία οι καμπύλες όλων των υπολογιστικών περιπτώσεων θερμοκρασιών αποκλίνουν αρκετά από τη πειραματική καμπύλη, οι υπολογιστικές καμπύλες προσεγγίζουν σημαντικά τη πειραματική καμπύλη όσο μειώνεται η διακομβική απόσταση σε συνδυασμό με την ένταξη στη λύση του πεδίου ροής με το πρόγραμμα FDS, των εξισώσεων αγωγής θερμότητας (δηλαδή θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως μη αδιαβατικά). Επίσης από το σχήμα 3.25 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για το θερμοστοιχείο 19TF24A, καθ' όλη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων. Σύμφωνα με το σχήμα 3.26 το συνολικό % σφάλμα εμβαδού κυμαίνεται από -51,86 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -0,98 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) και μειώνεται με τη μείωση της διακομβικής απόστασης σε συνδυασμό με την θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων στο δωμάτιο. Ακριβώς οι ίδιες διαπιστώσεις ισχύουν και στο σχήμα 3.27, όπου το μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας μειώνεται από -40,71 % (περίπτωση προσομοίωσης 1) έως -1,73 % (περίπτωση προσομοίωσης 5). Παρατηρώντας το σχήμα 3.25, διαπιστώνεται ότι οι καμπύλες των περιπτώσεων προσομοίωσης 3,4 και 5 προσεγγίζουν σημαντικά τη πειραματική καμπύλη μετά από τη χρονική στιγμή των 200 δευτερολέπτων περίπου.

Συγκρίνοντας τα υπολογιζόμενα αποτελέσματα των σχημάτων 3.22 έως 3.24 που αφορούν στο θερμοστοιχείο 17TR24A, με τα αντίστοιχα σχήματα 3.25 έως 3.27 που αφορούν στο θερμοστοιχείο 19TF24A, σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές καμπύλες, διαπιστώνεται ότι το θερμοστοιχείο 17TR24A παρουσιάζει ελαφρά μικρότερα σφάλματα εμβαδού όσο και μέσω των τιμών θερμοκρασίας σε σχέση με το θερμοστοιχείο 19TF24A. Και στα δύο θερμοστοιχεία, τα σφάλματα εμβαδού και μέσω των τιμών θερμοκρασίας, για τις περιπτώσεις 3,4 και 5 κυμαίνονται στο ύψος περίπου της τάξεως του -4 % (υπερεκτίμηση των τιμών των θερμοκρασιών από το πρόγραμμα FDS), πράγμα που σημαίνει ότι το πρόγραμμα προσομοιώνει με καλή ακρίβεια το θερμοκρασιακό πεδίο στο κάτω μέρος του πρότυπου δωματίου.

Γενικό συμπέρασμα της προσομοίωσης του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του πρότυπου δωματίου είναι ότι τα σχετικά σφάλματα μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών μεγεθών μειώνονται όσο η διακομβική απόσταση μειώνεται και ισχύει η θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων στο πρότυπο δωμάτιο. Επίσης το πρόγραμμα FDS προσομοιώνει με μεγαλύτερη ακρίβεια το εμπρός μέρος του πάνω μέρος του δωματίου σε σχέση με το αντίστοιχο πίσω μέρος. Αντίθετα το πρόγραμμα προσομοιώνει με αρκετή ακρίβεια το κάτω μέρος του πρότυπου δωματίου. Τα μέγιστα και ελάχιστα σχετικά σφάλματα μέσω των τιμών στο πάνω μέρος του δωματίου κυμαίνονται από -37,57 % (περίπτωση 1) έως -2,09 % (περίπτωση 5) ενώ αντίστοιχα στο κάτω μέρος τα μέγιστα και ελάχιστα σχετικά σφάλματα μέσω των τιμών κυμαίνονται από -40,71 % (περίπτωση 1) έως -1,38 % (περίπτωση 5). Έχοντας υπόψη ότι η φωτιά στο δωμάτιο είναι ελαφρά υποαεριζόμενη, φαινόμενο στο οποίο το πρόγραμμα FDS παρουσιάζει πλεονεκτήματα όσον αφορά τη προσομοίωση [8], το πρόγραμμα σε γενικές γραμμές προσομοιώνει με ιδιαίτερη επιτυχία το πεδίο ροής στο εσωτερικό του πρότυπου δωματίου.



Σχήμα 3.28, Διάγραμμα μέσων τιμών θερμοκρασίας στο εσωτερικό του πρότυπου δωματίου, ως προς το χρόνο για τη θερμική ισχύ των 265 kW, των περιπτώσεων διακριτοποίησης 1 έως 5 και των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας.



Σχήμα 3.29, Εμβαδόν των γραφικών παραστάσεων των μέσων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του δωματίου, ως προς το χρόνο του σχήματος 3.28, και τα επί τοις εκατό σφάλματα εμβαδού των γραφικών παραστάσεων ως προς το εμβαδόν της αντίστοιχης πειραματικής καμπύλης.

Στο σχήμα 3.28 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις ως προς το χρόνο των μέσων θερμοκρασιών, εντός του δωματίου. Οι μέσες θερμοκρασίες αφορούν στο μέσο όρο των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων 16TFSAMPA, 15TRSAMPA, 19TF24A και 17TR24A για κάθε χρονική στιγμή, κατά την οποία η θερμική ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 265 kW, για κάθε περίπτωση προσομοίωσης. Επίσης στο σχήμα 3.28 παρουσιάζονται οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25), ISO 834 (σχέσεις 1.26-1.27), Williams-Leir (σχέση 1.28), Fackler (σχέση 1.29), Lie (σχέση 1.30) και BS EN 2002 (σχέση 1.32), που αφορούν στη μέση τιμή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό δωματίου ως προς το χρόνο για το ίδιο χρονικό διάστημα κατά το οποίο η ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 265 kW. Στο σχήμα 3.29, παρουσιάζονται τα εμβαδά των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 3.28, ως προς το χρόνο, και τα επί τοις εκατό σχετικά σφάλματα εμβαδού μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 5, και των παραπάνω σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση πειραματική τιμή.

Σύμφωνα με το σχήμα 3.28, οι γραφικές παραστάσεις των μέσων υπολογιζόμενων με το πρόγραμμα θερμοκρασιών, προσεγγίζουν περισσότερο την πειραματική καμπύλη με τη μείωση της διακομβικής απόστασης σε συνδυασμό με τη θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων δωματίου. Συγκεκριμένα με βάση το σχήμα 3.29, τα σχετικά σφάλματα εμβαδού μειώνονται από -36,3% για τη περίπτωση

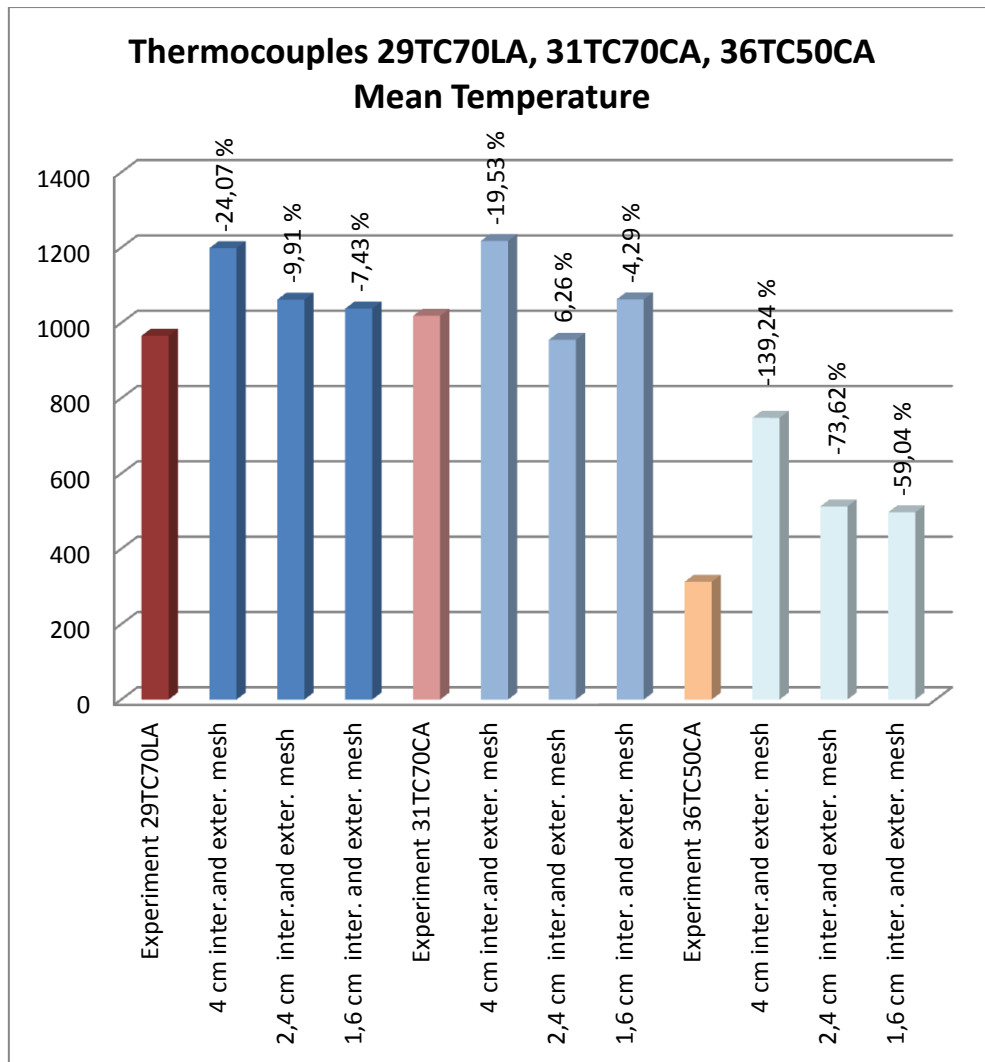
προσομοίωσης 1 έως -9,51 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 5. Με βάση το σχήμα 3.28 οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25) και Fackler (σχέση 1.29) προσεγγίζουν καλύτερα τη μέση πειραματική καμπύλη με σφάλματα -20,02 % και -19,64 % αντίστοιχα, ενώ ακολουθούν οι σχέσεις των ISO 834 (σχέσεις 1.26-1.27) και Lie (σχέση 1.30) με αντίστοιχα σφάλματα -31,39 % και -36,24 %. Οι γραφικές παραστάσεις των σχέσεων των BS EN 2002 (σχέση 1.32) και Williams-Leir (σχέση 1.28), αποκλίνουν σημαντικά από την πειραματική καμπύλη με αντίστοιχα σφάλματα -90,26 % και -123,36 % αδυνατώντας να προσομοιώσουν αρκετά το μέσο θερμοκρασιακό πεδίο εντός του δωματίου. Ειδικότερα οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25) και Fackler (σχέση 1.29) προσομοιώνουν σχετικά ικανοποιητικά το μέσο θερμοκρασιακό πεδίο στο εσωτερικό του δωματίου. Γενικότερα οι γραφικές παραστάσεις των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας, υπερεκτιμούν το μέγεθος της θερμοκρασίας.

3.3.2.2 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του πεδίου ροής στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος.

3.3.2.2.1 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος.

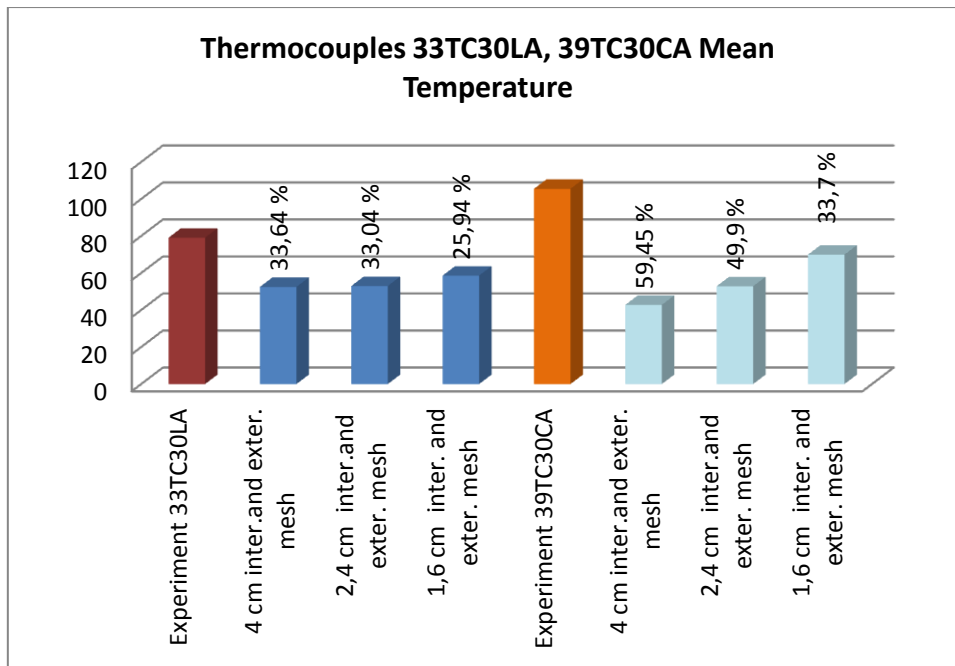
Η μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος, κοντά στην έξοδο του ανοίγματος, για τα πρώτα 1000 δευτερόλεπτα προσομοίωσης, κατά τα οποία η HRR του καυστήρα παραμένει σταθερή στη τιμή 265 kW, περιλαμβάνει τα θερμοστοιχεία 29TC70LA, 31TC70CA, 36TC50CA, 33TC30LA και 39TC30CA. Στην εξαγωγή των υπολογιστικών αποτελεσμάτων για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος, χρησιμοποιήθηκαν οι περιπτώσεις διακριτοποίησης 3,4 και 5, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκε επέκταση του υπολογιστικού πλέγματος στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος.

Για τα θερμοστοιχεία 29TC70LA, 31TC70CA και 36TC50CA, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για τις περιπτώσεις υπολογιστικής προσομοίωσης 3 έως 5 χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.30. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.30, παρέχονται στους πίνακες 8.15, 8.16 και 8.17 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.30, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 3 έως 5 για τα θερμοστοιχεία 29TC70LA, 31TC70CA και 36TC50CA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Για τα θερμοστοιχεία 33TC30LA και 39TC30CA, τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, για τις περιπτώσεις υπολογιστικής προσομοίωσης 3 έως 5 χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.31. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.31, παρέχονται στους πίνακες 8.18 και 8.19 του παραρτήματος 2.

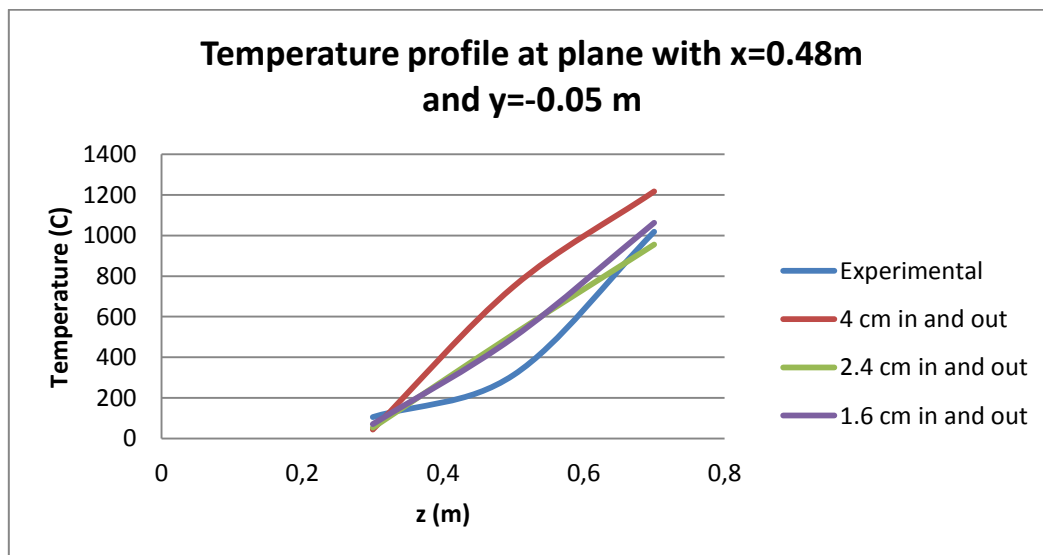


Σχήμα 3.31, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας των περιπτώσεων προσομοίωσης 3 έως 5 για τα θερμοστοιχεία 33TC30LA και 39TC30CA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Από τα σχήματα 3.30 και 3.31 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για τα θερμοστοιχεία 29TC70LA, 31TC70CA και 36TC50CA καθ όλη τη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 3,4 και 5, ενώ αντίθετα υποεκτιμά τα μεγέθη των θερμοκρασιών για τα θερμοστοιχεία 33TC30LA και 39TC30LA καθ όλη τη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 3,4 και 5. Επίσης παρατηρείται μείωση των % σχετικών σφαλμάτων μεταξύ μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων με το πρόγραμμα τιμών με τη μείωση της διακομβικής απόστασης. Σύμφωνα με τα σχήματα 3.30 και 3.31 το μέσο % σχετικό σφάλμα κυμαίνεται από -24,07 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως -7,43 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 29TC70LA, από -19,53 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως -4,29 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 31TC70CA, από -139,24 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως -59,04 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 36TC50CA, από 33,64 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως 25,94 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 33TC30LA και από 59,45 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως 33,7 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το θερμοστοιχείο 39TC30CA. Όπως διαπιστώνεται από τα παραπάνω αποτελέσματα, τα θερμοστοιχεία 29TC70LA και 31TC70CA που προσομοιώνουν το θερμικό πεδίο στο πάνω μέρος της εξόδου του ανοίγματος σε ύψος 0.70 m από το δάπεδο, όπου η υποαεριζόμενη φλόγα εξέρχεται από το εσωτερικό του δωματίου, παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση υπολογιζόμενων μέσων τιμών θερμοκρασιών στις αντίστοιχες πειραματικές, ενώ τα θερμοστοιχεία 36TC50CA, 33TC30LA και 39TC30CA τα οποία είναι εγκατεστημένα σε ύψη 0.50m και 0.30m από το δάπεδο

αντίστοιχα, αντιπροσωπεύοντας τη περιοχή από την επιφάνεια του δαπέδου έως το ουδέτερο επίπεδο του ανοίγματος (όπου η ταχύτητα και η πίεση αερίων μηδενίζεται) στην οποία ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στο εσωτερικό του δωματίου προς καύση, παρουσιάζουν σημαντική απόκλιση υπολογιζόμενων μέσων τιμών θερμοκρασιών σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές σε όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης με το πρόγραμμα FDS. Αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα FDS, προσομοιώνει με ικανοποιητική ακρίβεια το πάνω μέρος της εξόδου του ανοίγματος σε σχέση με το αντίστοιχο κάτω μέρος.

Στο σχήμα 3.32, παρουσιάζονται συγκριτικά τα προφίλ των μέσων τιμών της θερμοκρασίας, στην έξοδο του ανοίγματος, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ των πειραματικών δεδομένων και των τιμών των περιπτώσεων διακριτοποίησης 3,4 και 5, που προέρχονται από τα θερμοστοιχεία 31TC70CA, 36TC50CA και 39TC30CA, τα οποία είναι εγκατεστημένα σε απόσταση 0.70m, 0.50m και 0.30m από το δάπεδο του πρότυπου δωματίου. Όπως φαίνεται από το σχήμα 3.32, οι καμπύλες των υπολογιζόμενων τιμών των προφίλ των θερμοκρασιών προσεγγίζουν ικανοποιητικά τη πειραματική καμπύλη όσο μειώνεται η διακομβική απόσταση στο πλέγμα επίλυσης. Επίσης γίνεται φανερό από το σχήμα 3.32, η διαπίστωση της προηγούμενης παραγράφου ότι το πρόγραμμα FDS, προσομοιώνει με ικανοποιητική ακρίβεια το πάνω μέρος της εξόδου του ανοίγματος σε σχέση με το αντίστοιχο κάτω μέρος, αφού οι υπολογιζόμενες καμπύλες αποκλίνουν περισσότερο ως προς τη πειραματική καμπύλη στο κάτω μέρος του ανοίγματος.

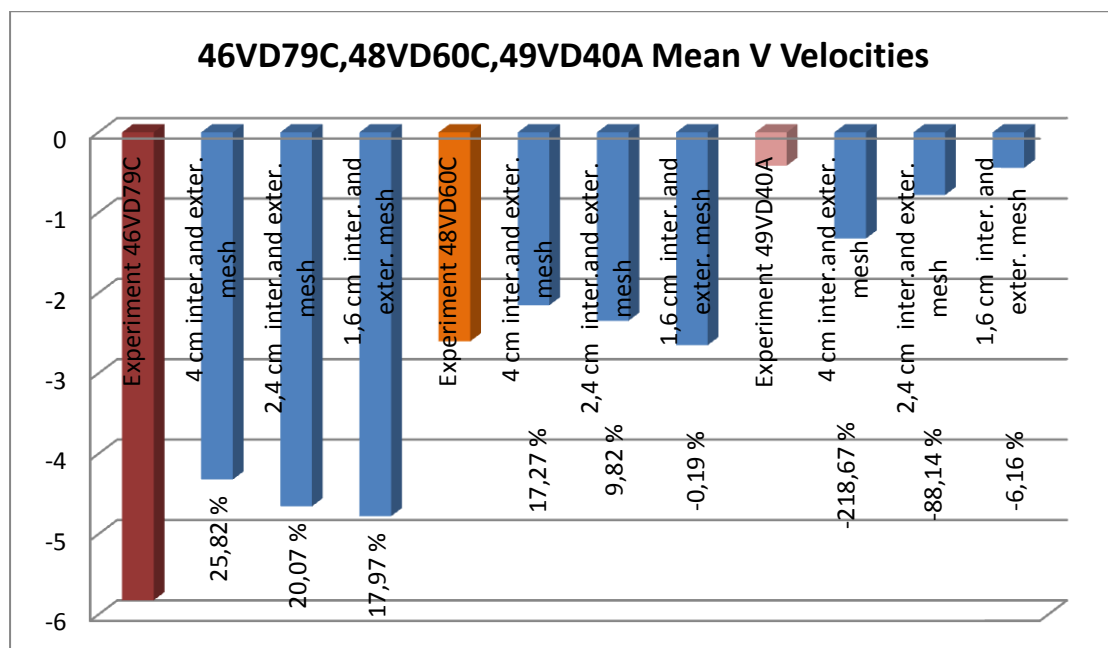


Σχήμα 3.32, Προφίλ των μέσων τιμών της θερμοκρασίας, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα θερμοστοιχεία 31TC70CA, 36TC50CA και 39TC30CA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 sec).

3.3.2.2.2 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του ροϊκού πεδίου ταχυτήτων στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος.

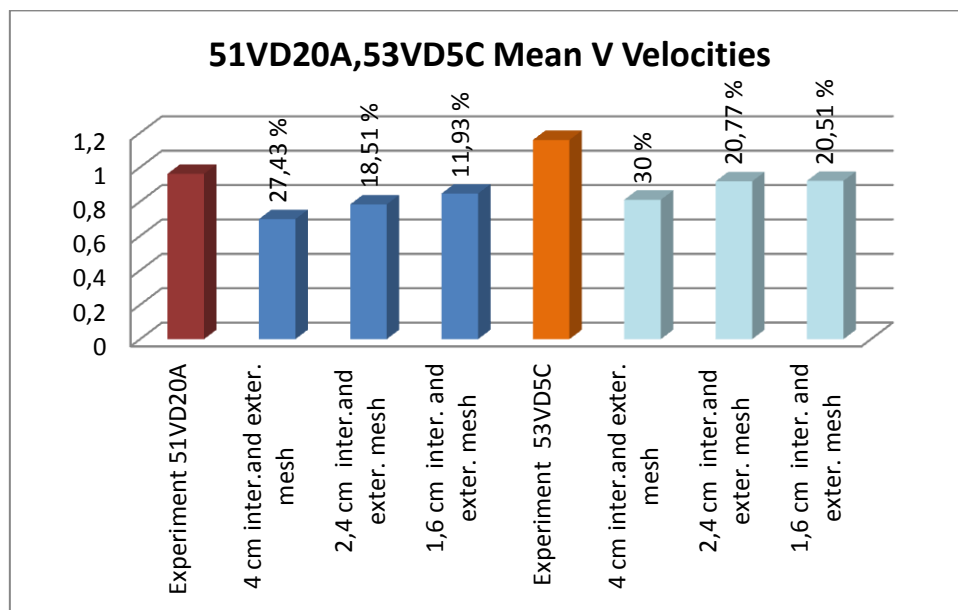
Η μελέτη του ροϊκού πεδίου ταχυτήτων με το πρόγραμμα FDS, στο εξωτερικό του διαμερίσματος, κοντά στην έξοδο του ανοίγματος, για τα πρώτα 1000 δευτερόλεπτα προσομοίωσης, κατά τα οποία η HRR = 265 kW, περιλαμβάνει τα ανεμόμετρα με κωδικό όνομα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, τα οποία είναι εγκατεστημένα στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος. Για την εξαγωγή υπολογιστικών αποτελεσμάτων για τη μελέτη του πεδίου ροής στο εξωτερικό του διαμερίσματος, χρησιμοποιήθηκαν οι περιπτώσεις διακριτοποίησης 3,4 και 5, κατά τις οποίες πραγματοποιήθηκε επέκταση του υπολογιστικού πεδίου ροής στο εξωτερικό του διαμερίσματος.

Για τα ανεμόμετρα, 46VD79C, 48VD60C και 49VD40A τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών ταχύτητας, για τις περιπτώσεις υπολογιστικής προσομοίωσης 3 έως 5 χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.33. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.33, παρέχονται στους πίνακες 8.20, 8.21 και 8.22 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.33, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής ταχύτητας των περιπτώσεων προσομοίωσης 3 έως 5 για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C και 49VD40A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Για τα ανεμόμετρα, 51VD20A και 53VD5C τα σχετικά σφάλματα, μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών ταχύτητας, για τις περιπτώσεις υπολογιστικής προσομοίωσης 3 έως 5 χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στο χρονικό διάστημα 475-1139 sec (SS Window), κατά το οποίο η HRR διατηρείται σταθερή και ίση με 265 kW, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.34. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.34, παρέχονται στους πίνακες 8.23 και 8.24 του παραρτήματος 2.

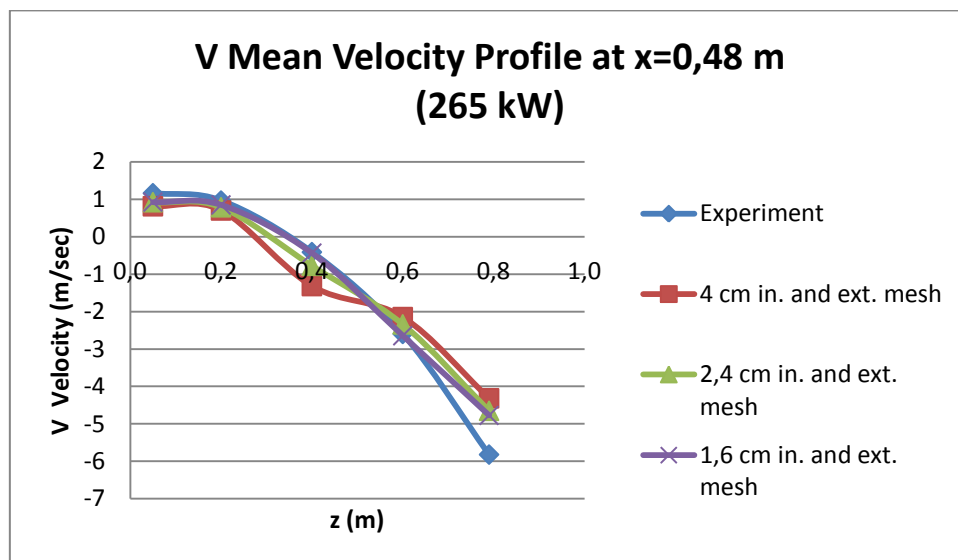


Σχήμα 3.34, Μέσο σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής ταχύτητας των περιπτώσεων προσομοίωσης 3 έως 5 για τα ανεμόμετρα 51VD20A και 53VD5C (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Από τα σχήματα 3.33 και 3.34 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά το μέγεθος της ταχύτητας για το ανεμόμετρο 49VD40A ενώ αντίθετα υποεκτιμά τα μεγέθη των ταχυτήτων για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 51VD20A και 53VD5C καθ' όλη τη διάρκεια των 1000 δευτερολέπτων, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 3,4 και 5. Επίσης παρατηρείται μείωση των % σχετικών σφαλμάτων μεταξύ μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων με το πρόγραμμα τιμών, με τη μείωση της διακομβικής απόστασης. Σύμφωνα με τα σχήματα 3.33 και 3.34 το μέσο % σχετικό σφάλμα κυμαίνεται από 25,82 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως 17,97 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το ανεμόμετρο 46VD79C, από 17,27 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως -0,19 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το ανεμόμετρο 48TC70CA, από -218,67 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως -6,16 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το ανεμόμετρο 49VD40A, από 27,43 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως 11,93 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το ανεμόμετρο

51VD20A και από 30 % (περίπτωση προσομοίωσης 3) έως 20,51 % (περίπτωση προσομοίωσης 5) για το ανεμόμετρο 53VD5C. Επιπρόσθετα από τα σχήματα 3.33 και 3.34 συνάγεται ότι το ουδέτερο επίπεδο του ανοίγματος (επίπεδο κάθετο στον άξονα zz' στο οποίο η ταχύτητα και η πίεση αερίων μηδενίζεται) βρίσκεται μεταξύ του ανεμομέτρου 49VD40A και 51VD20A, γιατί η ταχύτητα που μετρούν τα ανεμόμετρα αυτά έχει αντίθετο πρόσημο οπότε το ουδέτερο επίπεδο του ανοίγματος βρίσκεται σε ύψος μεταξύ των 0.20 m και 0.40 m από το δάπεδο. Γενικά το πρόγραμμα FDS προσομοιώνει με ικανοποιητική ακρίβεια το ροϊκό πεδίο στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος, ιδιαίτερα όταν η διακομβική απόσταση του πλέγματος είναι 1.6 cm.

Στο σχήμα 3.35, παρουσιάζονται συγκριτικά τα προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στην έξοδο του ανοίγματος, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ των πειραματικών δεδομένων και των τιμών των περιπτώσεων διακριτοποίησης 3,4 και 5, που προέρχονται από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C.



Σχήμα 3.35, Προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C.

Όπως παρατηρείται στο σχήμα 3.30, η μείωση της διακομβικής απόστασης επιφέρει μεγαλύτερη σύγκλιση των υπολογιζόμενων καμπυλών προφίλ μέσης ταχύτητας στην αντίστοιχη πειραματική καμπύλη του προφίλ μέσης ταχύτητας.

3.3.3 Λεπτομερέστερη υπολογιστική προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος, καθ όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, και για διακομβική απόσταση πλέγματος 1.6 cm.

Στη φάση αυτή της προσομοίωσης, προσομοιώθηκε το θερμοκρασιακό και ροϊκό πεδίο στο εσωτερικό και εξωτερικό μέρος του πρότυπου δωματίου με διακομβική απόσταση πλέγματος 1.6 cm, και με χρονικό διάστημα προσομοίωσης, το συνολικό χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος των 5278 δευτερολέπτων, κατά τη διάρκεια του οποίου, η ισχύς της φωτιάς σύμφωνα με το σχήμα 3.8 και το πίνακα 3.5, ρυθμίζοντας τη μάζα του καυσίμου στο καυστήρα, παίρνει διαδοχικά τις σταθερές τιμές: 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW. Στη διαδικασία της προσομοίωσης, τα τοιχώματα του πρότυπου δωματίου θεωρήθηκαν διαβατά στη θερμότητα που παράγεται λόγω της φλόγας στο καυστήρα. Το πλέγμα επίλυσης επεκτάθηκε στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου δωματίου κατά τον άξονα yy' που είναι κάθετος στο άνοιγμα του δωματίου. Σύμφωνα με την εξίσωση (3.4b), η διακομβική απόσταση l για την ισχύ της φωτιάς των 410 kW πρέπει να είναι $l_{410 \text{ kW}} \leq 0.0518 \text{ m}$ (5.18 cm), για την ισχύ της φωτιάς των 180 kW πρέπει να είναι $l_{180 \text{ kW}} \leq 0.03727 \text{ m}$ (3.727 cm), για την ισχύ της φωτιάς των 115 kW πρέπει να είναι $l_{115 \text{ kW}} \leq 0.03115 \text{ m}$ (3.115 cm) και για την ισχύ της φωτιάς των 75 kW πρέπει να είναι $l_{75 \text{ kW}} \leq 0.02626 \text{ m}$ (2.626 cm). Οπότε η διακομβική απόσταση των 1.6 cm (0.016 m), πληρεί το κριτήριο διακριτοποίησης.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται αρχικά η υπολογιστική προσομοίωση στο εσωτερικό μέρος του δωματίου (παράγραφος 3.3.3.1) η οποία διακρίνεται στην υπολογιστική προσομοίωση του θερμοκρασιακού και πεδίου συγκεντρώσεων αερίων στο πάνω μέρος του δωματίου κοντά στην οροφή (παράγραφος 3.3.3.1.1) και στην υπολογιστική προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου στο κάτω μέρος του δωματίου κοντά στο δάπεδο (παράγραφος 3.3.3.1.2), και στη συνέχεια παρουσιάζεται η υπολογιστική προσομοίωση του ροϊκού πεδίου στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου δωματίου (παράγραφος 3.3.3.2).

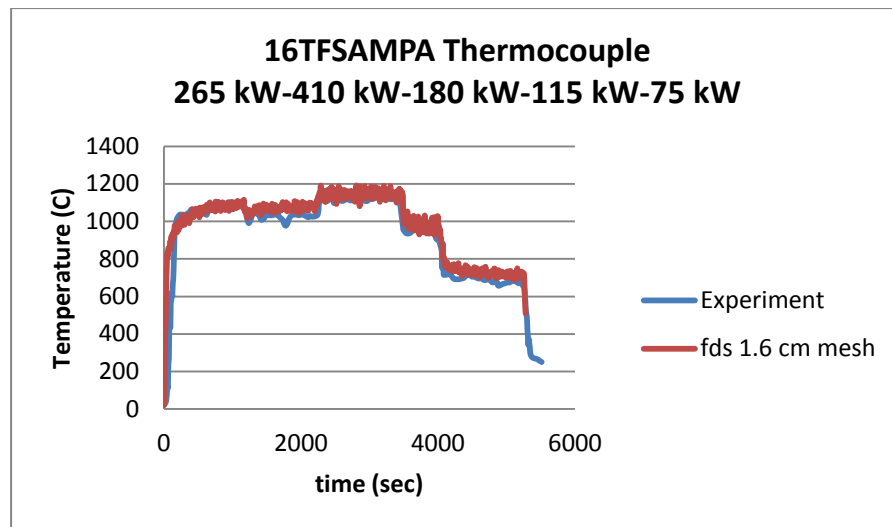
3.3.3.1 Υπολογιστική προσομοίωση στο εσωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος

3.3.3.1.1 Υπολογιστική προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου και της συγκέντρωσης αερίων κοντά στην οροφή του πρότυπου διαμερίσματος

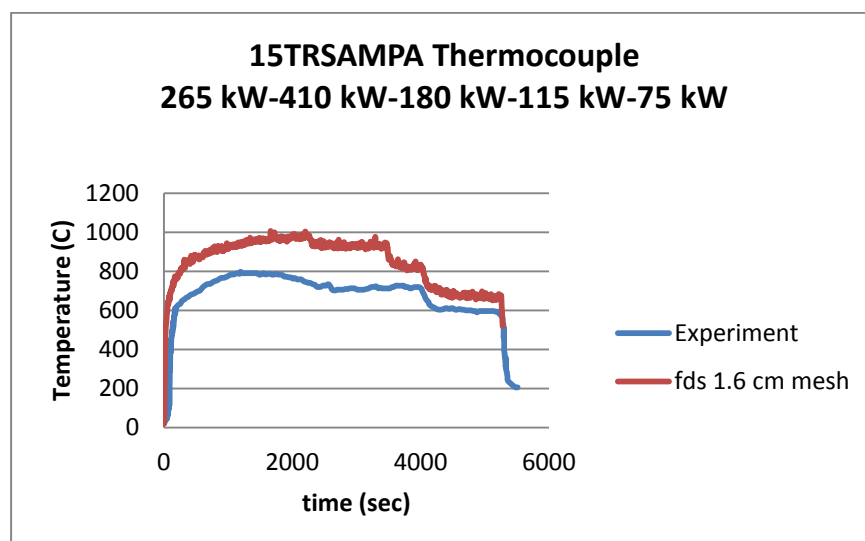
3.3.3.1.1.1 Υπολογιστική προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στην οροφή του πρότυπου διαμερίσματος

Η μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στην οροφή του διαμερίσματος περιλαμβάνει τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA, 15TRSAMPA, 20TF80A και 18TR80A. Αρχικά θα μελετηθεί το θερμοκρασιακό πεδίο στις θέσεις ($x=0.29\text{m}$, $y=1.13\text{m}$, $z=0.88\text{m}$) ($x=0.29\text{m}$, $y=0.10\text{m}$, $z=0.88\text{m}$) που αντιστοιχούν στα θερμοστοιχεία 15TRSAMPA και 16TFSAMPA. Το χρονικό διάστημα της υπολογιστικής προσομοίωσης αντιστοιχεί στο συνολικό χρονικό διάστημα της

πειραματικής διαδικασίας στην οποία επικρατούν διαδοχικά οι σταθερές ισχύς 265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.36, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

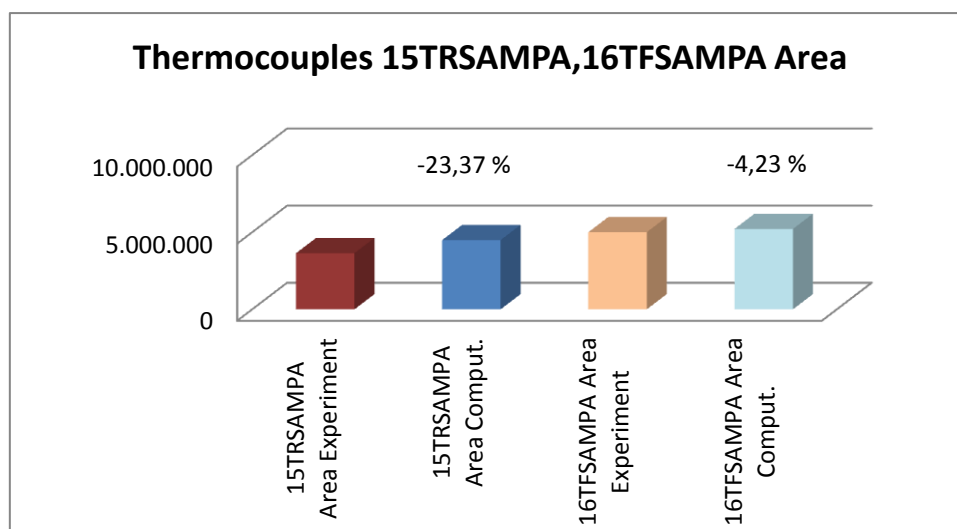


Σχήμα 3.37, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Για τη σύγκριση των αναλυτικών τιμών μεταξύ της πειραματικής διαδικασίας, και της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm, στα σχήματα 3.36 και 3.37, παρουσιάζονται οι καμπύλες των πειραματικών και υπολογιζόμενων με το

πρόγραμμα FDS θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, για τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA. Για τις ανάγκες της σύγκρισης των υπολογιζόμενων και πειραματικών αποτελεσμάτων, οι πειραματικές τιμές του διαγράμματος θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, του σχήματος 3.9, για τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA, ψηφιοποιήθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού ψηφιοποιητή, για όλο το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος της φωτιάς.

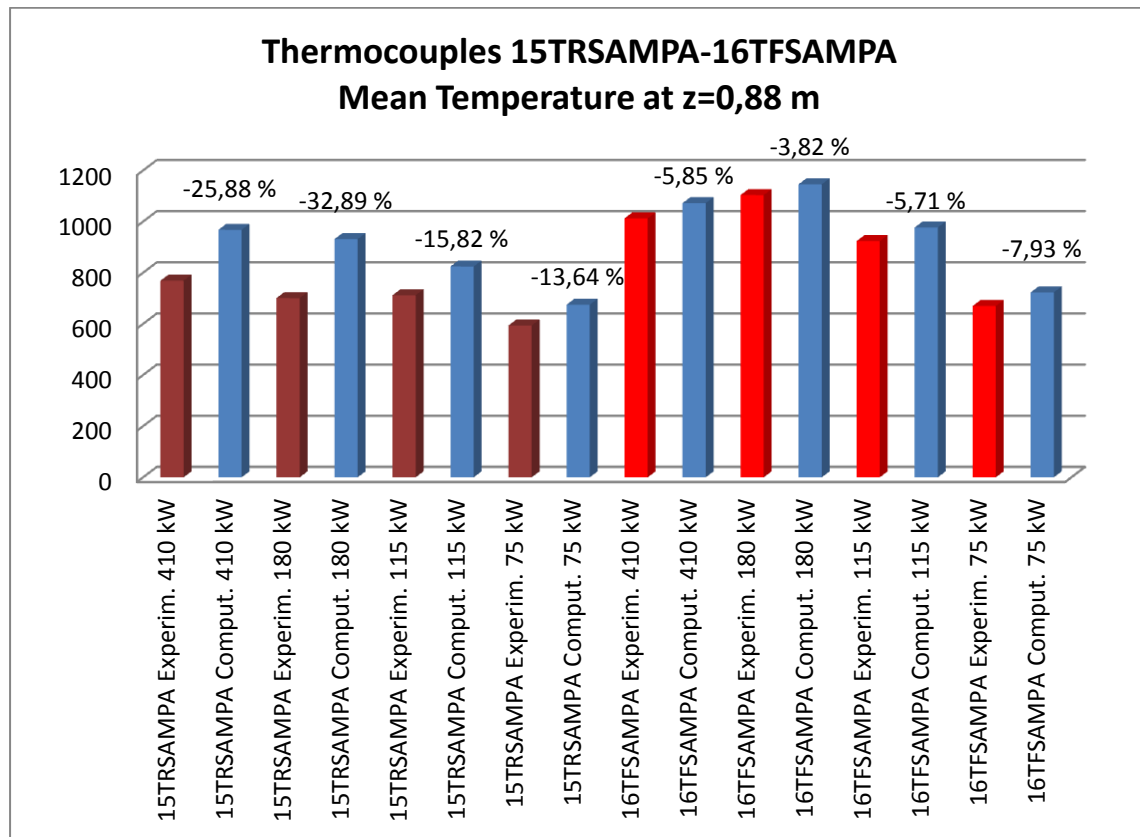
Με βάση τη σχέση (3.7), το επί τοις εκατό συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ των καμπυλών πειραματικών δεδομένων και της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6cm στο συνολικό χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος της φωτιάς, για τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA, δίνεται στο σχήμα 3.38. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.38, παραχονται στο πίνακα 8.25 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.38, Συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ της καμπύλης θερμοκρασίας της υπολογιστικής περίπτωσης των 1.6 cm και της πειραματικής καμπύλης θερμοκρασίας για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) και για τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Για τον υπολογισμό των μέσων τιμών υπολογιζόμενων θερμοκρασιών για κάθε σταθερή ισχύ των 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, τα χρησιμοποιούμενα χρονικά διαστήματα (SS Windows) από το πείραμα είναι: χρονικό διάστημα 1300sec-2224sec για την ισχύ των 410 kW, χρονικό διάστημα 2555sec-3449sec για την ισχύ των 180 kW, χρονικό διάστημα 3645sec-4019sec για την ισχύ των 115 kW και χρονικό διάστημα 4390sec-5278sec για την ισχύ των 75 kW. Για τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA, τα σχετικά σφάλματα, χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, στα χρονικά διαστήματα (SS Windows), κατά τα οποία οι αντίστοιχες HRR διατηρούνται σταθερές, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.39. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή

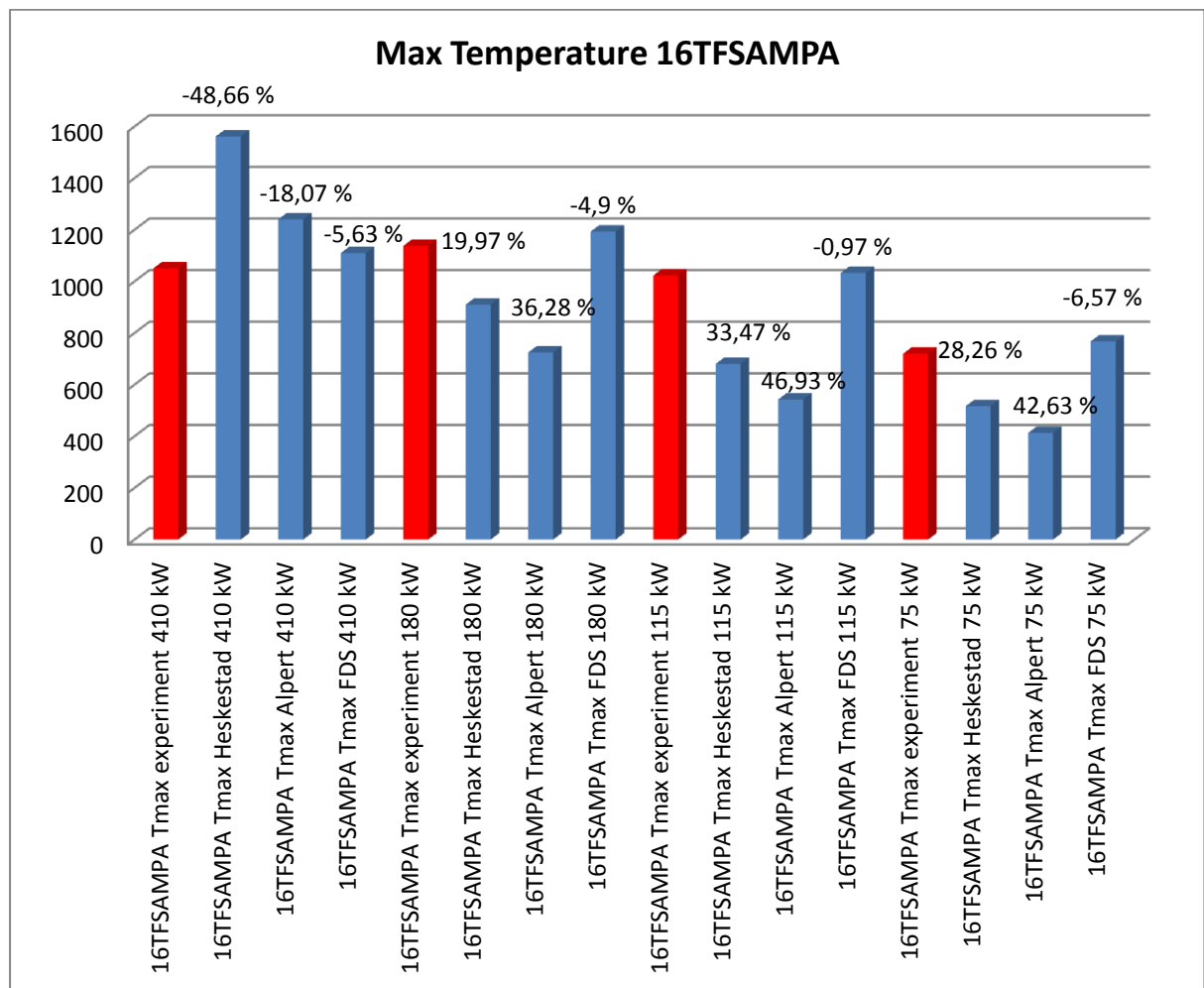
του διαγράμματος του σχήματος 3.39, παρέχονται στους πίνακες 8.26 έως 8.29 του παραρτήματος 2.



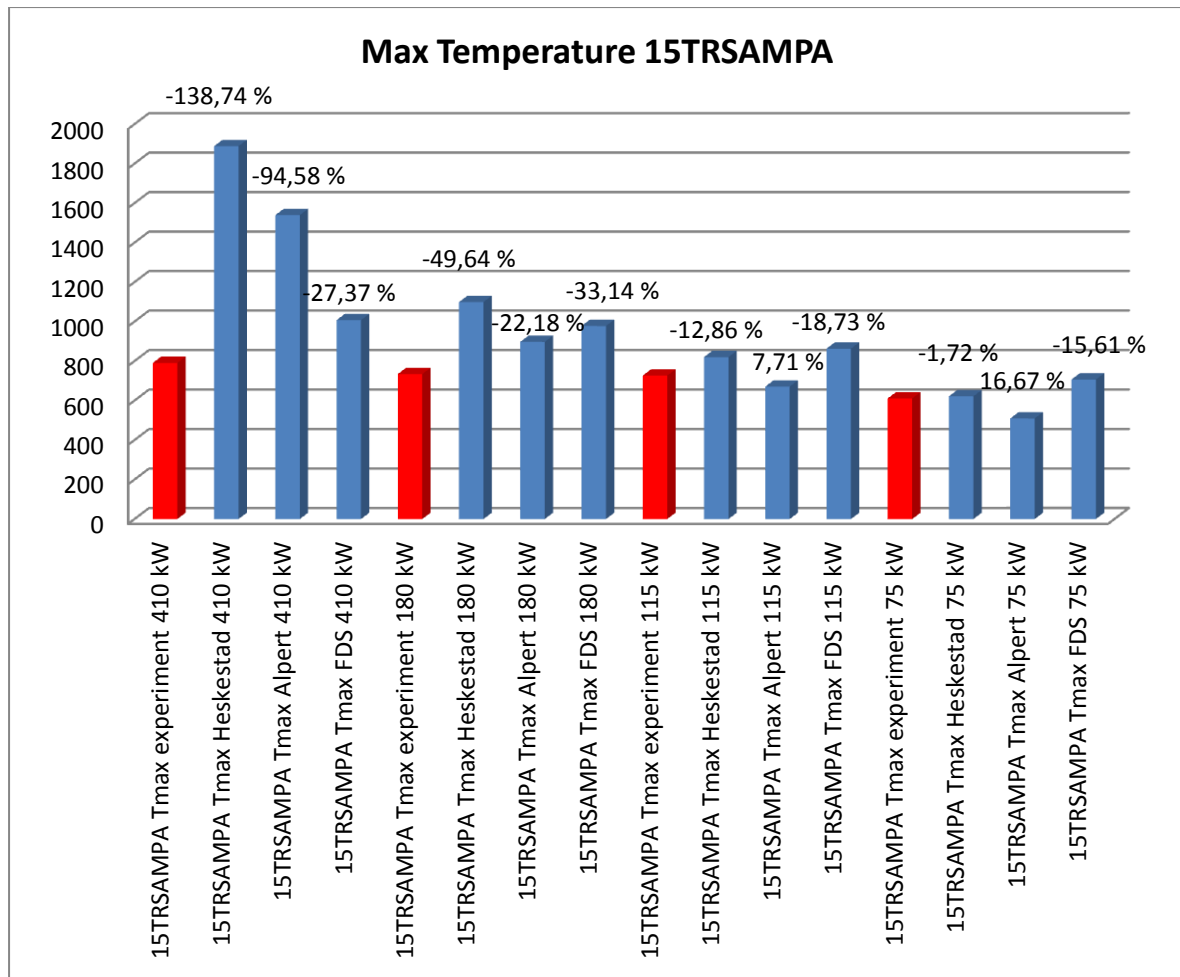
Σχήμα 3.39, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για τις ισχύς του καυστήρα (410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) για τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Παρατηρώντας τις καμπύλες των σχημάτων 3.36 και 3.37 συνάγεται ότι, η υπολογιστική καμπύλη του θερμοστοιχείου 16TFSAMPA προσεγγίζει με σημαντική ακρίβεια την αντίστοιχη πειραματική καμπύλη, σε όλες τις επιμέρους σταθερές ισχύς, σε αντίθεση με την υπολογιστική καμπύλη του θερμοστοιχείου 15TRSAMPA η οποία αποκλίνει από την αντίστοιχη πειραματική καμπύλη θερμοκρασιών καθ' όλο το χρονικό διάστημα διεξαγωγής της προσομοίωσης των 5278 δευτερολέπτων. Το συμπέρασμα αυτό παρατηρείται και στο σχήμα 3.38, όπου το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA παρουσιάζει συνολικό % σφάλμα εμβαδού -4,23 % ενώ το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA παρουσιάζει συνολικό % σφάλμα εμβαδού -23,37 %. Επίσης από τα σχήματα 3.36, 3.37, 3.38 και 3.39 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS γενικά υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για τα δύο θερμοστοιχεία. Σύμφωνα με το σχήμα 3.39, τα σχετικά σφάλματα μέσης θερμοκρασίας μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του

καυστήρα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (SS Window) για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA είναι: -25,88 % για την ισχύ των 410 kW, -32,89 % για την ισχύ των 180 kW, -15,82 % για την ισχύ των 115 kW και -13,64 % για την ισχύ των 75 kW. Τα αντίστοιχα σχετικά σφάλματα για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA είναι: -5,85 % για την ισχύ των 410 kW, -3,82 % για την ισχύ των 180 kW, -5,71 % για την ισχύ των 115 kW και -7,93 % για την ισχύ των 75 kW. Αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα προσομοιώνει καλύτερα τη θερμοκρασία κοντά στο άνοιγμα στο πάνω μέρος του δωματίου σε ύψος 0.88m από το δάπεδο, στο επίπεδο $x=0.29m$, σε σχέση με τη θερμοκρασία στο πίσω μέρος του δωματίου σε ίδιο ύψος και επίπεδο, σε όλες τις μελετώμενες επιμέρους σταθερές ισχύς του καυστήρα.



Σχήμα 3.40, Μέγιστες τιμές θερμοκρασιών στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου (θερμοστοιχείο 16TFSAMPA) για τις θερμικές ισχύς των 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 και χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1.40) και (1.42) σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).



Σχήμα 3.41, Μέγιστες τιμές θερμοκρασιών στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου (θερμοστοιχείο 15TRSAMPA) για τις θερμικές ισχύς των 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 και χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1.40) και (1.42) σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).

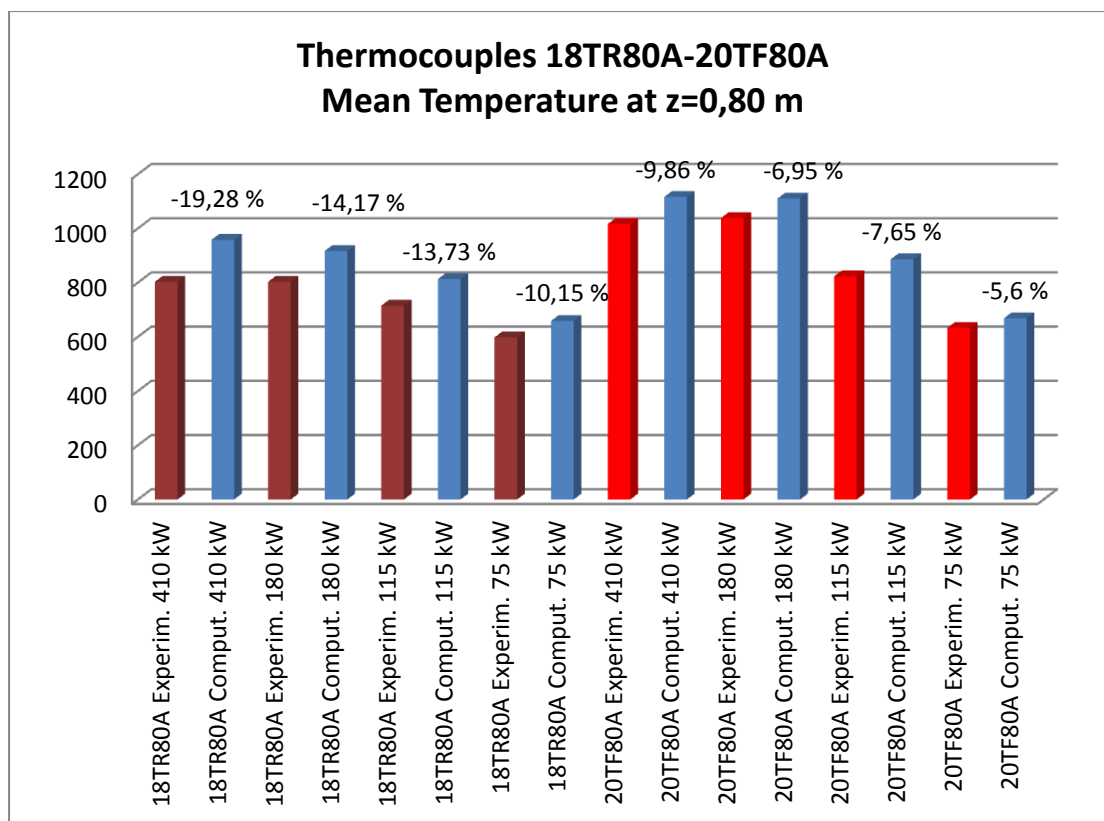
Στα σχήματα 3.40 και 3.41, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των θερμοκρασιών για τη σταθερές τιμές της θερμικής ισχύος του καυστήρα των 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, στο πάνω μέρος του δωματίου σε απόσταση από την οροφή η οποία καθορίζεται από τη σχέση των Motevalli-Marks (σχέση (1.45)). Σύμφωνα με τη σχέση αυτή τα θερμοστοιχεία 16TFSAMPA και 15TRSAMPA βρίσκονται μέσα στην απόσταση που προτείνει η σχέση (1.45), οπότε στα διαγράμματα των σχημάτων 3.40 και 3.41, παρουσιάζονται οι μέγιστες θερμοκρασίες των δύο αυτών θερμοστοιχείων για τη περίπτωση προσομοίωσης 5, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές μέγιστων θερμοκρασιών που δίνουν οι πειραματικές σχέσεις βιβλιογραφίας των: Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) στα αντίστοιχα σημεία εγκατάστασης των θερμοστοιχείων, συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες μέγιστες πειραματικές τιμές. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή των

διαγραμμάτων των σχημάτων, παρέχονται στους πίνακες 8.30 και 8.31 του παραρτήματος 2.

Σύμφωνα με το σχήμα 3.40, για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA, οι σχέσεις των Heskestad (σχέση (1.42)) και Alpert (σχέση (1.40)) παρέχουν επί τοις εκατό σφάλματα -48,66 % και -18,07% αντίστοιχα για τη θερμική ισχύ των 410 kW, 19,97 % και 36,28 % για τη θερμική ισχύ των 180 kW, 33,47 % και 46,93 % για τη θερμική ισχύ των 115 kW και 28,26 % και 42,63 % για τη θερμική ισχύ των 75 kW, σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή. Άρα με εξαίρεση την ισχύ των 410 kW η σχέση Heskestad (σχέση (1.42)), δίνει καλύτερα αποτελέσματα μέγιστων θερμοκρασιών στο πάνω μέρος του δωματίου, σε σχέση με τη σχέση Alpert (σχέση (1.40)), αν και τα σφάλματα παρουσιάζουν σχετικά μεγάλες τιμές. Η περίπτωση προσομοίωσης 5 παρουσιάζει αντίστοιχα επί τοις εκατό σφάλματα που κυμαίνονται από -5,63 % για την ισχύ των 410 kW, -4,9 % για τη θερμική ισχύ των 180 kW, -0,97 % για τη θερμική ισχύ των 115 kW και -6,57 % για τη θερμική ισχύ των 75 kW. Όπως παρατηρείται, η περίπτωση προσομοίωσης 5 παρουσιάζει σχετικά μικρά σφάλματα κατά τα οποία το πρόγραμμα υπερεκτιμά το μέγεθος της μέγιστης θερμοκρασίας στο πάνω μέρος του δωματίου κοντά στην οροφή.

Σύμφωνα με το σχήμα 3.41, για το θερμοστοιχείο 15TRSAMPA, οι σχέσεις των Heskestad (σχέση (1.42)) και Alpert (σχέση (1.40)) παρέχουν επί τοις εκατό σφάλματα -138,74 % και -94,58% αντίστοιχα για τη θερμική ισχύ των 410 kW, -49,64 % και -22,18 % για τη θερμική ισχύ των 180 kW, -12,86 % και 7,71 % για τη θερμική ισχύ των 115 kW και -1,72 % και 16,67 % για τη θερμική ισχύ των 75 kW, σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή. Άρα με εξαίρεση την ισχύ των 75 kW η σχέση Alpert (σχέση (1.40)), δίνει καλύτερα αποτελέσματα μέγιστων θερμοκρασιών στο πάνω μέρος του δωματίου, σε σχέση με τη σχέση Heskestad (σχέση (1.42)), αν και τα σφάλματα παρουσιάζουν σχετικά μεγάλες τιμές. Η περίπτωση προσομοίωσης 5 παρουσιάζει αντίστοιχα επί τοις εκατό σφάλματα που κυμαίνονται από -27,37 % για την ισχύ των 410 kW, -33,14 % για τη θερμική ισχύ των 180 kW, -18,73 % για τη θερμική ισχύ των 115 kW και -15,61 % για τη θερμική ισχύ των 75 kW. Όπως παρατηρείται, η περίπτωση προσομοίωσης 5 παρουσιάζει σχετικά μεγαλύτερα σφάλματα σε σχέση με τα αντίστοιχα σφάλματα για το θερμοστοιχείο 16TFSAMPA. Γενικά το πρόγραμμα υπερεκτιμά το μέγεθος της μέγιστης θερμοκρασίας στο πάνω μέρος του δωματίου κοντά στην οροφή.

Στη συνέχεια θα μελετηθεί το θερμοκρασιακό πεδίο στις θέσεις ($x=0.75m$, $y=1.22m$, $z=0.80m$) ($x=0.75m$, $y=0.20m$, $z=0.80m$) που αντιστοιχούν στα θερμοστοιχεία 18TR80A και 20TF80A. Τα σχετικά σφάλματα, χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών θερμοκρασίας, στα χρονικά διαστήματα (SS Windows), κατά τα οποία οι αντίστοιχες HRR του καυστήρα (410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) διατηρούνται σταθερές, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.42. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.42, παρέχονται στους πίνακες 8.26 έως 8.29 του παραρτήματος 2.



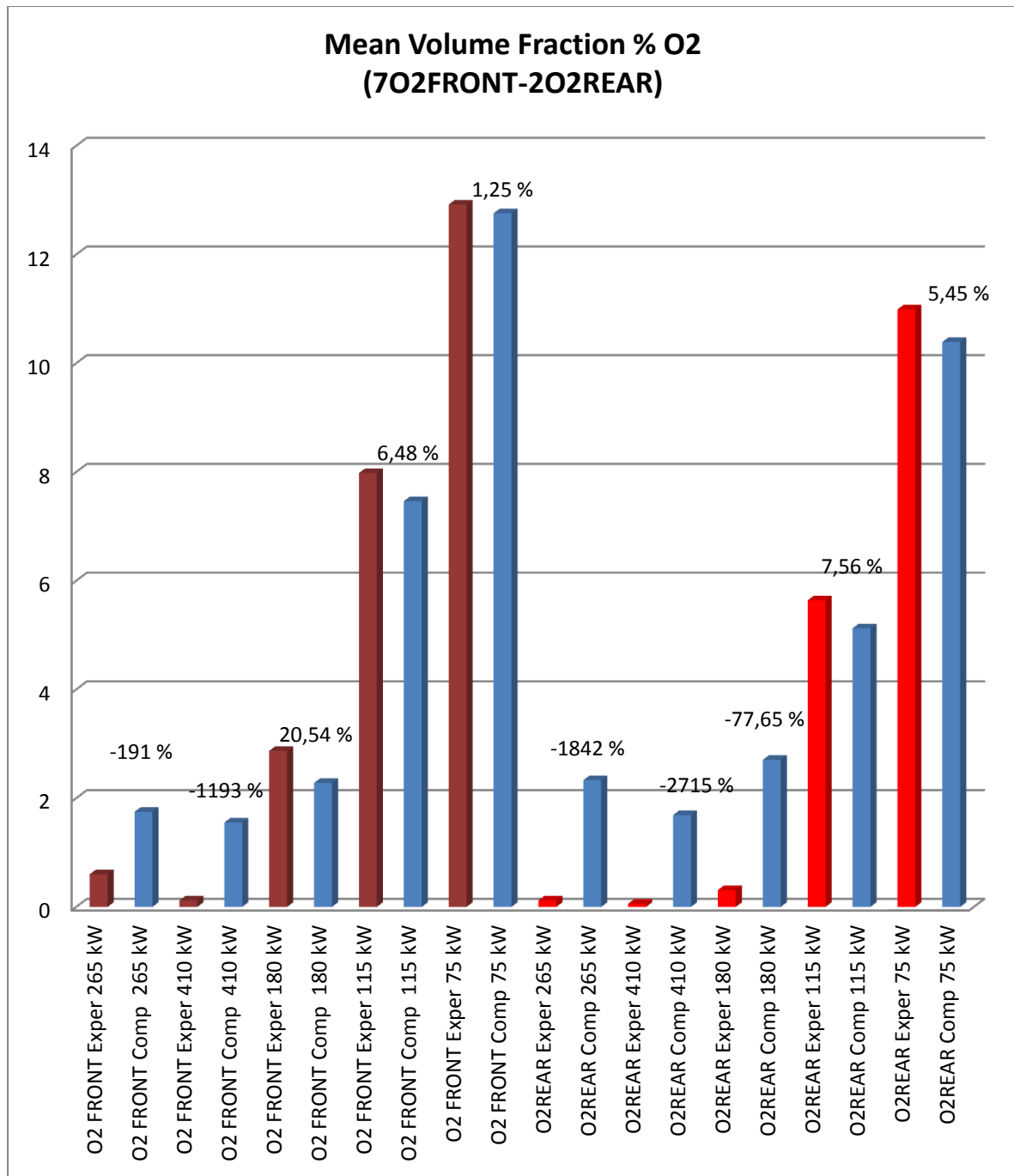
Σχήμα 3.42, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για τις ισχύς του καυστήρα (410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) για τα θερμοστοιχεία 18TR80A και 20TF80A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Από το σχήμα 3.42 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS γενικά υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας για τα θερμοστοιχεία 18TR80A και 20TF80A. Σύμφωνα με το σχήμα 3.42, τα σχετικά σφάλματα μέσης θερμοκρασίας μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (SS Window) για το θερμοστοιχείο 18TR80A είναι: -19,28 % για την ισχύ των 410 kW, -14,17 % για την ισχύ των 180 kW, -13,73 % για την ισχύ των 115 kW και -10,15 % για την ισχύ των 75 kW. Τα αντίστοιχα σχετικά σφάλματα για το θερμοστοιχείο 20TF80A είναι: -9,86 % για την ισχύ των 410 kW, -6,95 % για την ισχύ των 180 kW, -7,65 % για την ισχύ των 115 kW και -5,6 % για την ισχύ των 75 kW. Αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα προσομοιώνει καλύτερα τη θερμοκρασία κοντά στο άνοιγμα στο πάνω μέρος του δωματίου σε ύψος 0.80m από το δάπεδο, στο επίπεδο $x=0.75m$, σε σχέση με τη θερμοκρασία στο πίσω μέρος του δωματίου σε ίδιο ύψος και επίπεδο, σε όλες τις μελετώμενες επιμέρους σταθερές ισχύς του καυστήρα.

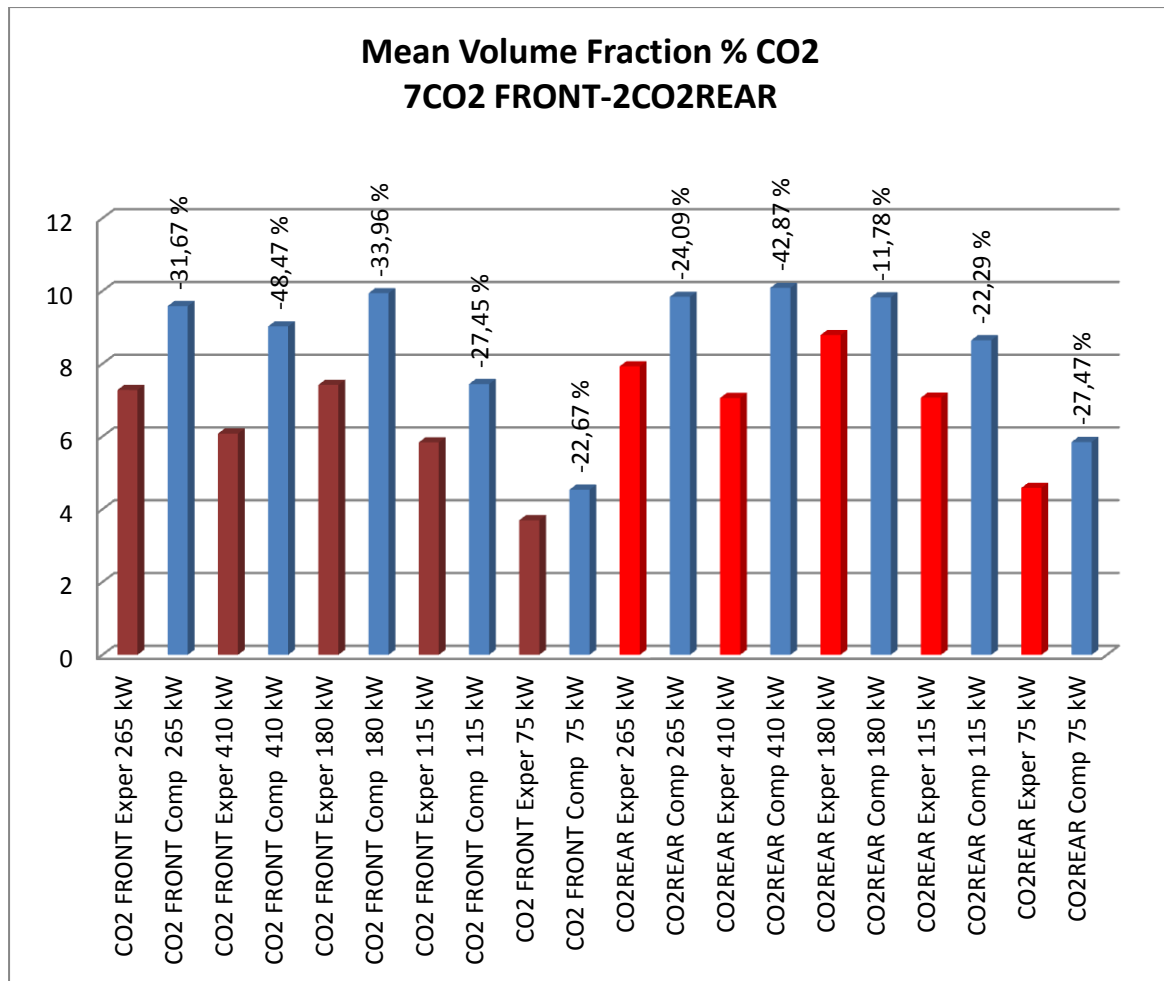
3.3.3.1.1.2 Υπολογιστική προσομοίωση του πεδίου συγκεντρώσεων κοντά στην οροφή του πρότυπου διαμερίσματος

Η μελέτη του πεδίου συγκεντρώσεων αερίων κοντά στην οροφή του διαμερίσματος περιλαμβάνει τους αναλυτές αερίων με κωδικά ονόματα 7O2FRONT και 1O2REAR, που είναι εγκατεστημένοι στις θέσεις ($x=0.29\text{m}$, $y=0.10\text{m}$, $z=0.88\text{m}$) και ($x=0.29\text{m}$, $y=1.13\text{m}$, $z=0.88\text{m}$) αντίστοιχα, για χρονικό διάστημα υπολογιστικής προσομοίωσης το οποίο αντιστοιχεί στο συνολικό χρονικό διάστημα της πειραματικής διαδικασίας στην οποία επικρατούν διαδοχικά οι σταθερές ισχύς 265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχήμα 3.8). Οι αναλυτές αερίων παρέχουν συγκεντρώσεις οξυγόνου (O_2) και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) κατ όγκο. Ο αναλυτής αερίων 7O2FRONT παρέχει τιμές συγκεντρώσεων στο εμπρός μέρος του εσωτερικού μέρους του πρότυπου δωματίου κοντά στη έξοδο του ανοίγματος ενώ ο αναλυτής 1O2REAR, παρέχει τιμές συγκεντρώσεων στο πίσω μέρος του εσωτερικού μέρους του πρότυπου δωματίου.

Για το προσδιορισμό των μέσων τιμών υπολογιζόμενων συγκεντρώσεων οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα κατ όγκο για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ των 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, τα χρησιμοποιούμενα χρονικά διαστήματα (SS Windows) από το πείραμα είναι: χρονικό διάστημα 1300sec-2224sec για την ισχύ των 410 kW, χρονικό διάστημα 2555sec-3449sec για την ισχύ των 180 kW, χρονικό διάστημα 3645sec-4019sec για την ισχύ των 115 kW και χρονικό διάστημα 4390sec-5278sec για την ισχύ των 75 kW. Για τους αναλυτές αερίων, τα σχετικά σφάλματα, χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσων τιμών συγκεντρώσεων οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο εμπρός και πίσω μέρος του εσωτερικού του δωματίου, στα χρονικά διαστήματα (SS Windows), κατά τα οποία οι αντίστοιχες HRR διατηρούνται σταθερές, παρουσιάζονται στα σχήματα 3.43 και 3.44. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή των διαγραμμάτων του σχήματος 3.43 και 3.44, παρέχονται στους πίνακες 8.32 έως 8.36 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.43, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής συγκέντρωσης οξυγόνου κατ όγκον της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) για τους αναλυτές αερίων 7O2FRONT και 1O2REAR (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).



Σχήμα 3.44, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα κατ όγκον της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) για τους αναλυτές αερίων 7O2FRONT και 1O2REAR (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Από το σχήμα 3.43 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS γενικά υπερεκτιμά σημαντικά τη συγκέντρωση οξυγόνου στο εμπρός μέρος του δωματίου για τις σταθερές ισχύς των 265 kW και 410 kW (σχετικά σφάλματα -191 % και -1193 % αντίστοιχα), ενώ αντίθετα υποεκτιμά τη συγκέντρωση οξυγόνου στο εμπρός μέρος του δωματίου για τις σταθερές ισχύς των 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχετικά σφάλματα 20,54 %, 6,48 % και 1,25 % αντίστοιχα). Επίσης από το σχήμα 3.43 συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS γενικά υπερεκτιμά σημαντικά τη συγκέντρωση οξυγόνου στο πίσω μέρος του δωματίου για τις σταθερές ισχύς των 265 kW, 410 kW και 180 kW (σχετικά σφάλματα -1842 %, -2715 % και -77,65 % αντίστοιχα), ενώ αντίθετα υποεκτιμά τη συγκέντρωση οξυγόνου στο πίσω μέρος του δωματίου για τις σταθερές ισχύς των 115 kW και 75 kW (σχετικά σφάλματα 7,56 % και 5,45 % αντίστοιχα). Γενικά το πρόγραμμα FDS, προσομοιώνει σχετικά ικανοποιητικότερα το

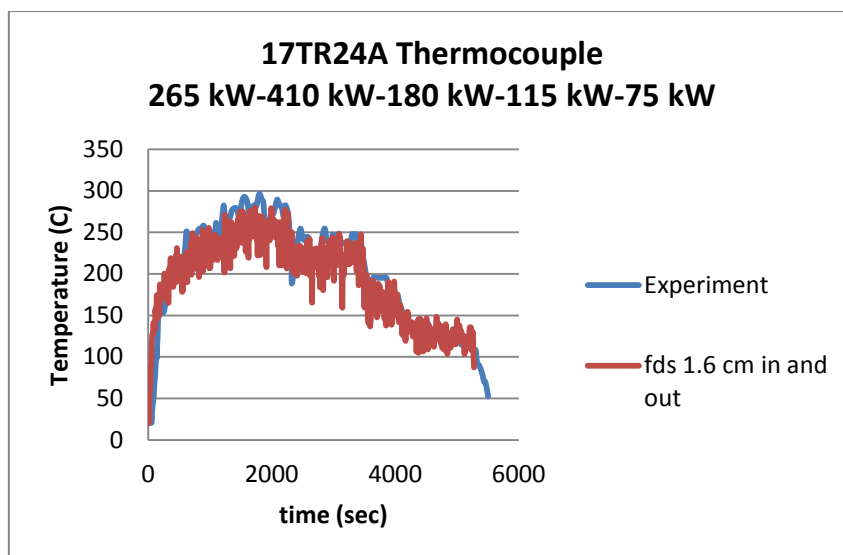
πίσω εμπρός του δωματίου σε σχέση με το πίσω μέρος, όσον αφορά στις συγκεντρώσεις οξυγόνου.

Σύμφωνα με το σχήμα 3.44, το πρόγραμμα FDS γενικά υπερεκτιμά τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στο εμπρός και πίσω μέρος του δωματίου σε όλες τις διαδοχικές σταθερές ισχύς του καυστήρα (σχήμα 3.8). Τα σχετικά σφάλματα μέσης συγκέντρωσης μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (SS Window) για τον αναλυτή 7O2FRONT στο εμπρός μέρος του πρότυπου δωματίου είναι: -31,67 % για την ισχύ των 265 kW, -48,47 % για την ισχύ των 410 kW, -33,96 % για την ισχύ των 180 kW, -27,45 % για την ισχύ των 115 kW και -22,67 % για την ισχύ των 75 kW. Τα αντίστοιχα σχετικά σφάλματα μέσης συγκέντρωσης μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (SS Window) για τον αναλυτή 1O2 REAR στο πίσω μέρος του πρότυπου δωματίου είναι: -24,09 % για την ισχύ των 265 kW, -42,87 % για την ισχύ των 410 kW, -11,78 % για την ισχύ των 180 kW, -22,29 % για την ισχύ των 115 kW και -27,47 % για την ισχύ των 75 kW. Γενικά το πρόγραμμα FDS, προσομοιώνει σχετικά ικανοποιητικότερα το πίσω μέρος του δωματίου σε σχέση με το εμπρός μέρος, όσον αφορά στις συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα.

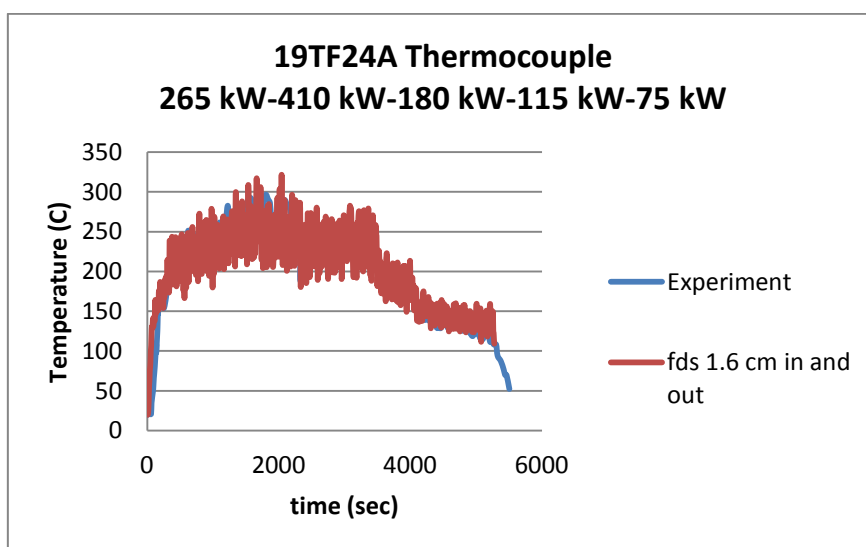
3.3.3.1.2 Υπολογιστική προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στο δάπεδο του πρότυπου διαμερίσματος

Η μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στο δάπεδο του διαμερίσματος περιλαμβάνει τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A, τα οποία έχουν εγκατασταθεί στις θέσεις ($x=0.75\text{m}$, $y=1.22\text{m}$, $z=0.24\text{m}$) και ($x=0.75\text{m}$, $y=0.20\text{m}$, $z=0.24\text{m}$) αντίστοιχα. Το χρονικό διάστημα της υπολογιστικής προσομοίωσης αντιστοιχεί στο συνολικό χρονικό διάστημα της πειραματικής διαδικασίας στην οποία επικρατούν διαδοχικά οι σταθερές ισχύς 265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχήμα 3.8).

Για τη σύγκριση των αναλυτικών τιμών μεταξύ της πειραματικής διαδικασίας, και της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm, στα σχήματα 3.45 και 3.46, παρουσιάζονται οι καμπύλες των πειραματικών και υπολογιζόμενων με το πρόγραμμα FDS θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, για τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A. Για τις ανάγκες της σύγκρισης των υπολογιζόμενων και πειραματικών αποτελεσμάτων, οι πειραματικές τιμές του διαγράμματος θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, του σχήματος 3.9, για τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A, ψηφιοποιήθηκαν με τη βοήθεια λογισμικού ψηφιοποιητή, για όλο το χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος της φωτιάς.

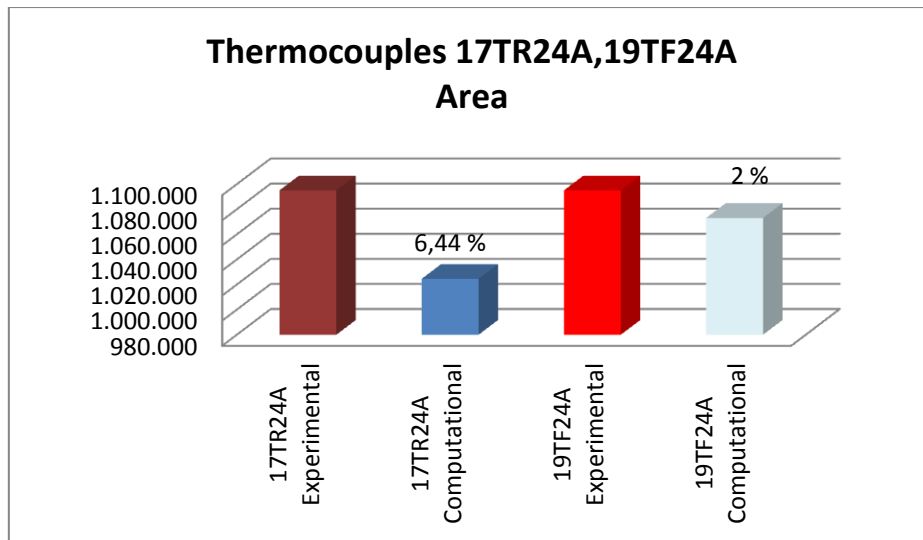


Σχήμα 3.45, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 17TR24A για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).



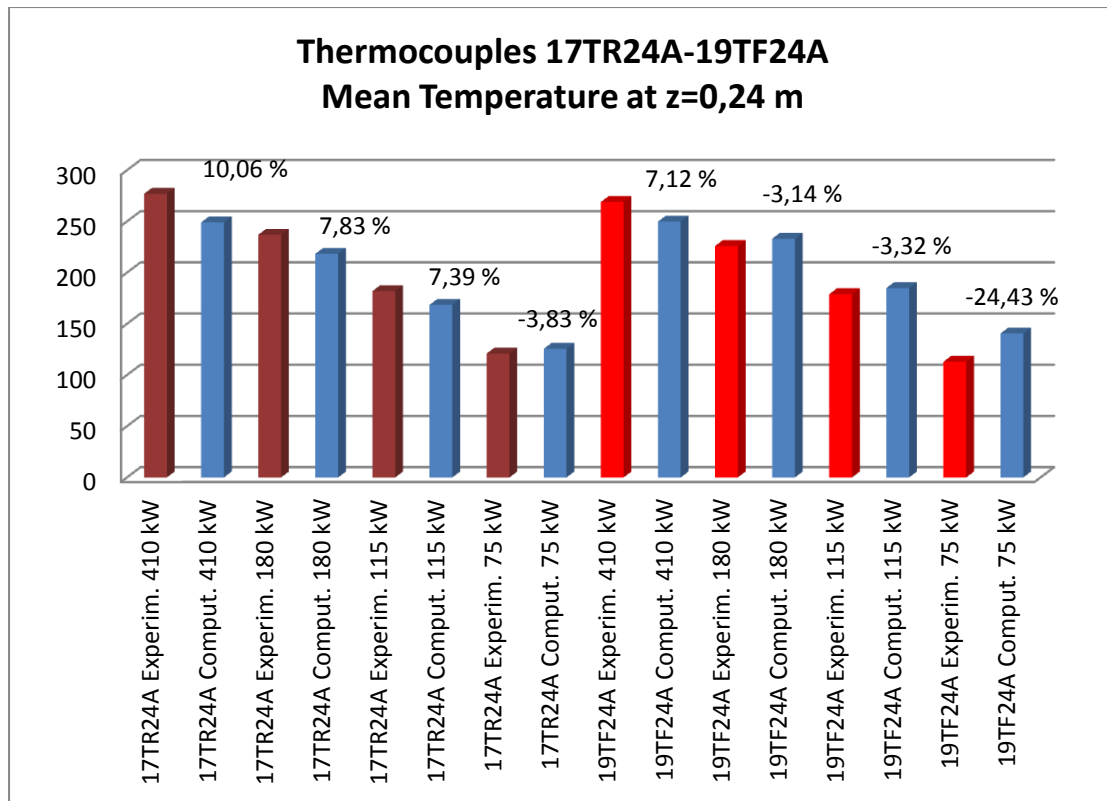
Σχήμα 3.46, Διάγραμμα μεταβολής πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο για το θερμοστοιχείο 19TF24A για τις ισχύς του καυστήρα (265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Με βάση τη σχέση (3.7), το επί τοις εκατό συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ των καμπυλών πειραματικών δεδομένων και της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6cm στο συνολικό χρονικό διάστημα διεξαγωγής του πειράματος της φωτιάς, για τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A, δίνεται στο σχήμα 3.47. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.47, παρέχονται στο πίνακα 8.25 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.47, Συνολικό % σφάλμα εμβαδού μεταξύ της καμπύλης θερμοκρασίας της υπολογιστικής περίπτωσης των 1.6 cm και της πειραματικής καμπύλης θερμοκρασίας για τις ισχύς του καυστήρα 265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, και για τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Για τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A τα σχετικά σφάλματα, χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών μέσω τιμών θερμοκρασίας, στα χρονικά διαστήματα (SS Windows), κατά τα οποία οι αντίστοιχες επιμέρους HRR του πειράματος διατηρούνται σταθερές, παρουσιάζονται στο σχήμα 3.48. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 3.48, παρέχονται στους πίνακες 8.26 έως 8.29 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 3.48, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής θερμοκρασίας της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για τις ισχύς του καυστήρα (410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW) για τα θερμοστοιχεία 17TR24A και 19TF24A (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 5278 δευτερόλεπτα).

Παρατηρώντας τις καμπύλες των σχημάτων 3.45 και 3.46 συνάγεται ότι, οι υπολογιστικές καμπύλες των θερμοστοιχείων 17TR24A και 19TF24A προσεγγίζουν με σημαντική ακρίβεια τις αντίστοιχες πειραματικές καμπύλες, σε όλες τις επιμέρους σταθερές ισχύς, καθ' όλο το χρονικό διάστημα διεξαγωγής της προσομοίωσης των 5278 δευτερολέπτων, παρόλο που εμφανίζουν έντονες διακυμάνσεις. Γενικά το πρόγραμμα FDS υποεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας σύμφωνα με τα σχήματα 3.45 και 3.46. Το συμπέρασμα αυτό παρατηρείται και στο σχήμα 3.47, όπου το θερμοστοιχείο 17TR24A παρουσιάζει συνολικό % σφάλμα εμβαδού 6,44 % ενώ το θερμοστοιχείο 19TF24A παρουσιάζει συνολικό % σφάλμα εμβαδού 2 %. Σύμφωνα με το σχήμα 3.48, τα σχετικά σφάλματα μέσης θερμοκρασίας μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα (SS Window) για το θερμοστοιχείο 17TR24A είναι: 10,06 % για την ισχύ των 410 kW, 7,83 % για την ισχύ των 180 kW, 7,39 % για την ισχύ των 115 kW και -3,83 % για την ισχύ των 75 kW. Τα αντίστοιχα σχετικά σφάλματα για το θερμοστοιχείο 19TF24A είναι: 7,12 % για την ισχύ των 410 kW, -3,14 % για την ισχύ των 180 kW, -3,32 % για την ισχύ των 115 kW και -24,43 % για την ισχύ των 75 kW. Μελετώντας και συγκρίνοντας τα θερμοκρασιακά πεδία μεταξύ του πάνω και του κάτω μέρους του πρότυπου διαμερίσματος, παρατηρείται

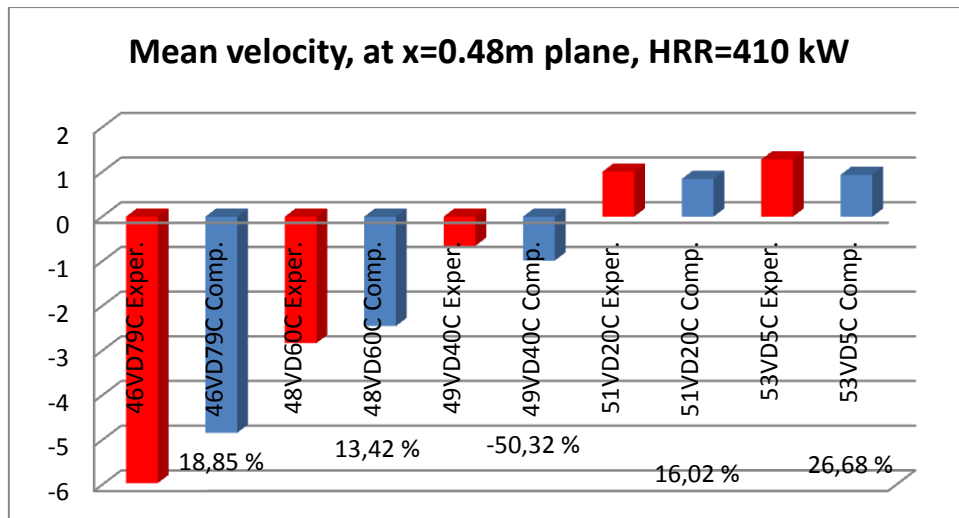
ότι το πρόγραμμα FDS, γενικά προσομοιώνει με μεγαλύτερη ακρίβεια το κάτω μέρος του δωματίου, σε όλες τις μελετώμενες επιμέρους σταθερές ισχύς του καυστήρα.

3.3.3.2 Υπολογιστική προσομοίωση του ροϊκού πεδίου στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος

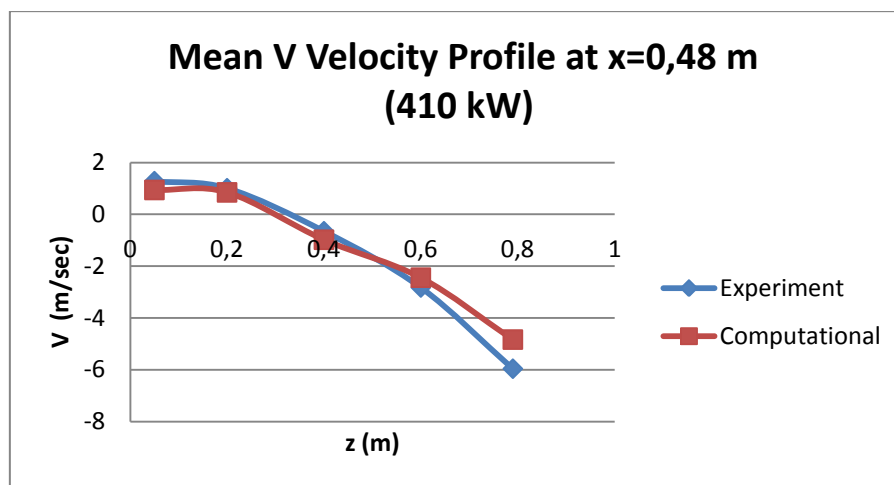
Η μελέτη του ροϊκού πεδίου ταχυτήτων στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος περιλαμβάνει τα ανεμόμετρα με κωδικά ονόματα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, που είναι εγκατεστημένα στο επίπεδο $x=0.48$ m στη κεντρική γραμμή καθ ύψος του ανοίγματος του πρότυπου δωματίου, σε απόσταση 0.05 m από την έξοδο του ανοίγματος στον άξονα yy' και σε αντίστοιχα ύψη 0.79m, 0.60m, 0.40m, 0.20m και 0.05m από το δάπεδο, αντίστοιχα, για χρονικό διάστημα υπολογιστικής προσομοίωσης το οποίο αντιστοιχεί στο συνολικό χρονικό διάστημα της πειραματικής διαδικασίας στην οποία επικρατούν διαδοχικά οι σταθερές ισχύς 265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχήμα 3.8).

Για το προσδιορισμό των μέσων τιμών πειραματικών και υπολογιζόμενων ταχυτήτων για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα των 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW, τα χρησιμοποιούμενα χρονικά διαστήματα (SS Windows) από το πείραμα είναι: χρονικό διάστημα 1300sec-2224sec για την ισχύ των 410 kW, χρονικό διάστημα 2555sec-3449sec για την ισχύ των 180 kW, χρονικό διάστημα 3645sec-4019sec για την ισχύ των 115 kW και χρονικό διάστημα 4390sec-5278sec για την ισχύ των 75 kW.

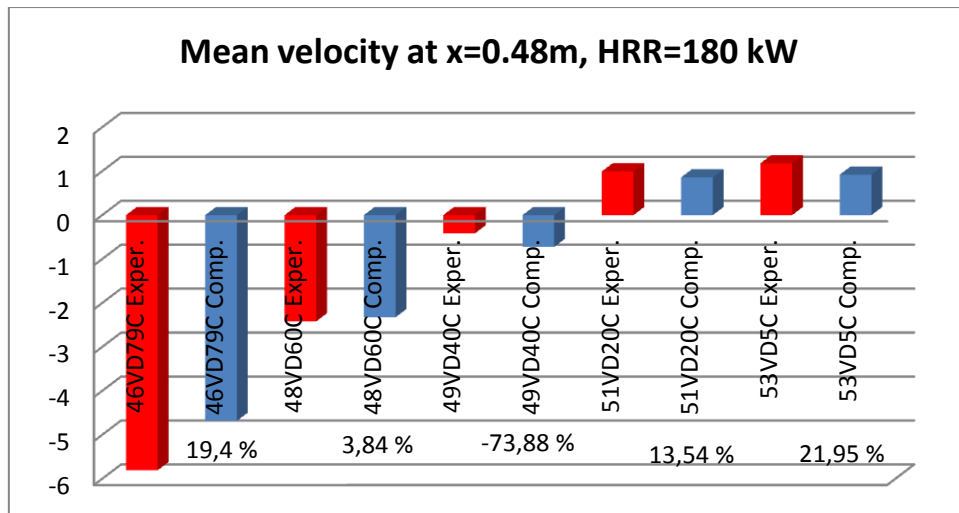
Τα σχετικά σφάλματα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων μέσων τιμών ταχυτήτων των ανεμομέτρων 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, χρησιμοποιώντας τη σχέση (3.8), στα χρονικά διαστήματα (SS Windows), για κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα του πειράματος (410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW), παρουσιάζονται στα σχήματα 3.49, 3.51, 3.53 και 3.55 αντίστοιχα. Στα σχήματα 3.50, 3.52, 3.54 και 3.56 παρουσιάζονται τα προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, για τις αντίστοιχες σταθερές ισχύς του πειράματος 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχήμα 3.8). Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή των διαγραμμάτων των σχημάτων 3.49 έως 3.56, παρέχονται στους πίνακες 8.37 έως 8.40 του παραρτήματος 2.



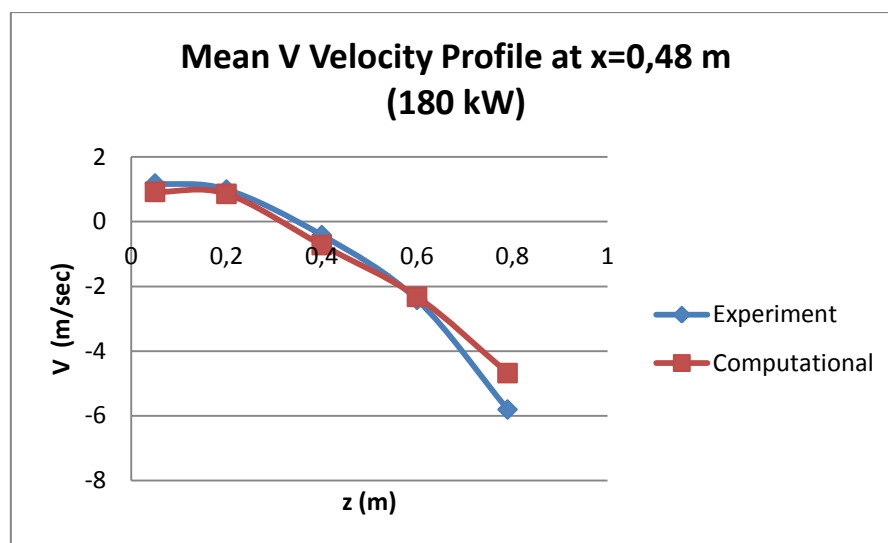
Σχήμα 3.49, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής ταχύτητας V στο yy' άξονα, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας) του ανοίγματος, της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για την ισχύ του καυστήρα 410 kW για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C



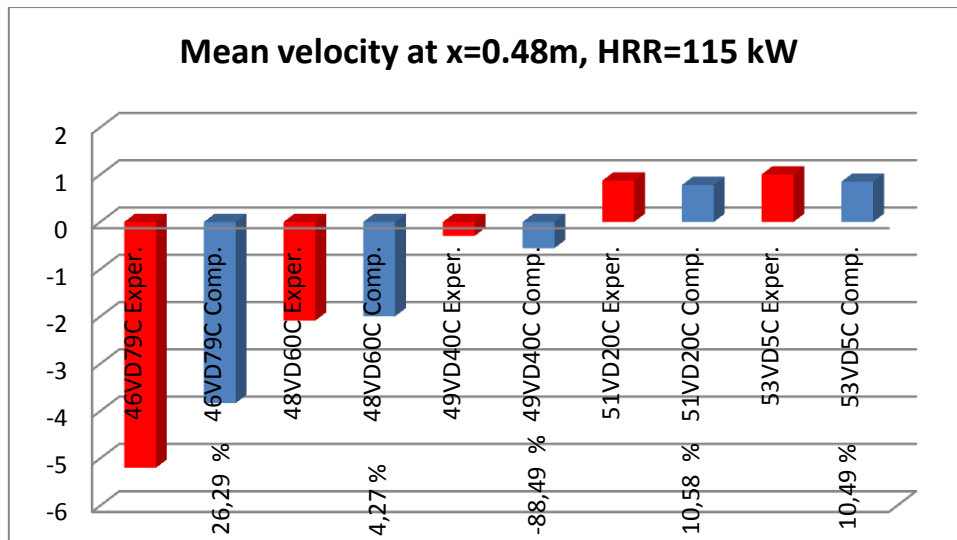
Σχήμα 3.50, Προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, για HRR= 410 kW.



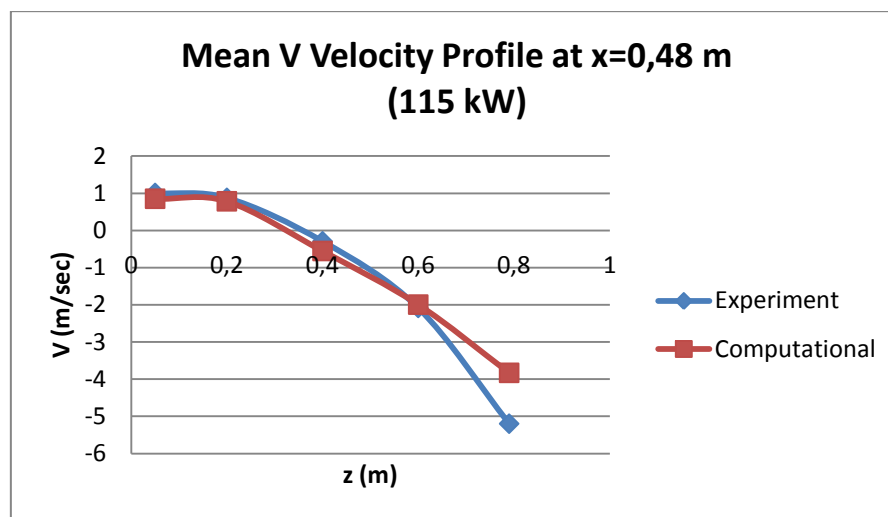
Σχήμα 3.51, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής ταχύτητας V στο yy' άξονα, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας) του ανοίγματος, της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για την ισχύ του καυστήρα 180 kW για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C



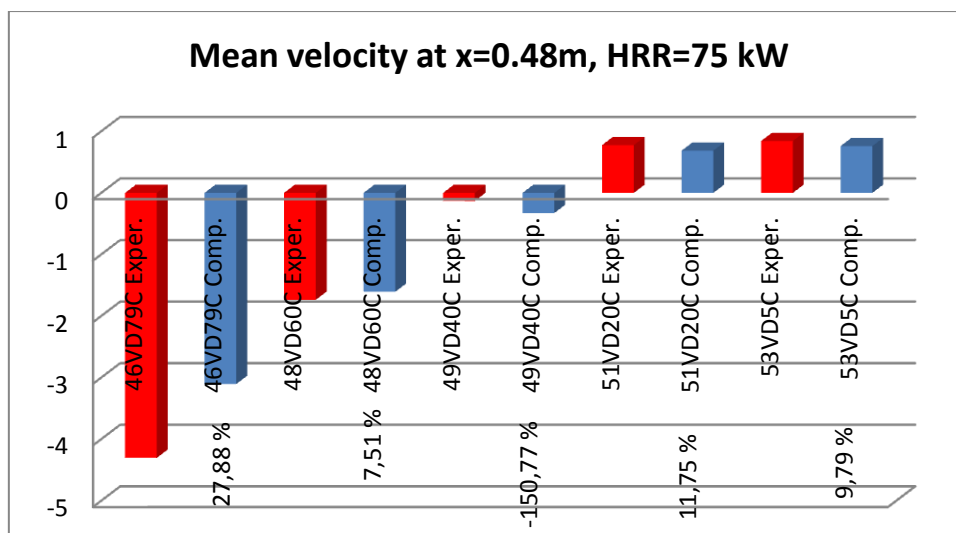
Σχήμα 3.52, Προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, για $\text{HRR}=180\text{ kW}$.



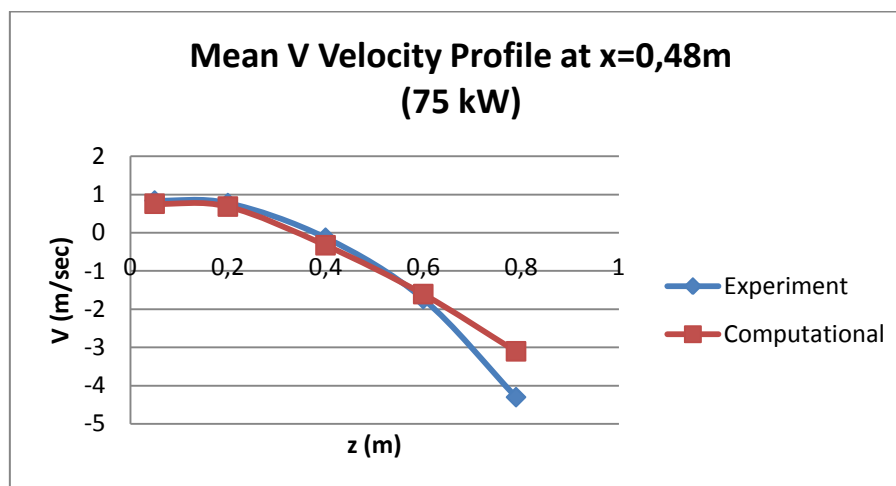
Σχήμα 3.53, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής ταχύτητας V στο yy' άξονα, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας) του ανοίγματος, της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για την ισχύ του καυστήρα 115 kW για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C



Σχήμα 3.54, Προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, για HRR= 115 kW.



Σχήμα 3.55, Σχετικό σφάλμα μεταξύ μέσης πειραματικής και μέσης υπολογιστικής τιμής ταχύτητας V στο yy' άξονα, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας) του ανοίγματος, της περίπτωσης διακριτοποίησης των 1.6 cm για την ισχύ του καυστήρα 75 kW για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C



Σχήμα 3.56, Προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, για $HRR=75$ kW.

Από τα σχήματα 3.49, 3.51, 3.53 και 3.55, συνάγεται ότι το πρόγραμμα FDS υπερεκτιμά σημαντικά το μέγεθος της ταχύτητας για το ανεμόμετρο 49VD40C ενώ αντίθετα υποεκτιμά τα μεγέθη των ταχυτήτων για τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 51VD20A και 53VD5C καθ όλη τη χρονική διάρκεια της υπολογιστικής

προσομοίωσης των 5278 δευτερολέπτων, στις επιμέρους αντίστοιχες σταθερές ισχύς του πειράματος 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW (σχήμα 3.8).

Σύμφωνα με τα σχήματα 3.49, 3.51, 3.53 και 3.55, τα % σχετικά σφάλματα μεταξύ μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών ταχύτητας, για κάθε ανεμόμετρο σε κάθε επιμέρους σταθερή ισχύ του καυστήρα είναι: (18,85 % για 410 kW, 19,4 % για 180 kW, 26,29 % για 115 kW, και 27,88 % για 75 kW) για το ανεμόμετρο 46VD79C, (13,42 % για 410 kW, 3,84 % για 180 kW, 4,27 % για 115 kW και 7,51 % για 75 kW) για το ανεμόμετρο 48TC70CA, (-50,32 % για 410 kW, -73,88 % για 180 kW, -88,49 % για 115 kW και -150,77 % για 75 kW) για το ανεμόμετρο 49VD40A, (16,02 % για 410 kW, 13,54 % για 180 kW, 10,58 % για 115 kW και 11,75 % για 75 kW) για το ανεμόμετρο 51VD20A, και (26,68 % για 410 kW, 21,95 % για 180 kW, 10,49 % για 115 kW και 9,79 % για 75 kW) για το ανεμόμετρο 53VD5C. Αυτό σημαίνει ότι το πρόγραμμα FDS, αδυνατεί γενικά να προσομοιώσει το ροϊκό πεδίο στη περιοχή του ανεμομέτρου 49VD40C, όπου βρίσκεται το ουδέτερο επίπεδο του ανοίγματος (επίπεδο κάθετο στον άξονα zz' στο οποίο η ταχύτητα και η πίεση αερίων μηδενίζεται), ενώ γενικά προσομοιώνει με ικανοποιητική ακρίβεια το ροϊκό πεδίο στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος, όπως φαίνεται από τα προφίλ των μέσων τιμών της ταχύτητας V στον άξονα yy' , στη κεντρική γραμμή καθ ύψος (z άξονας), στο μέσο του ανοίγματος, μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων δεδομένων, από τα ανεμόμετρα 46VD79C, 48VD60C, 49VD40A, 51VD20A και 53VD5C, για κάθε σταθερή ισχύ του πειράματος, (σχήματα 3.50, 3.52, 3.54 και 3.56).

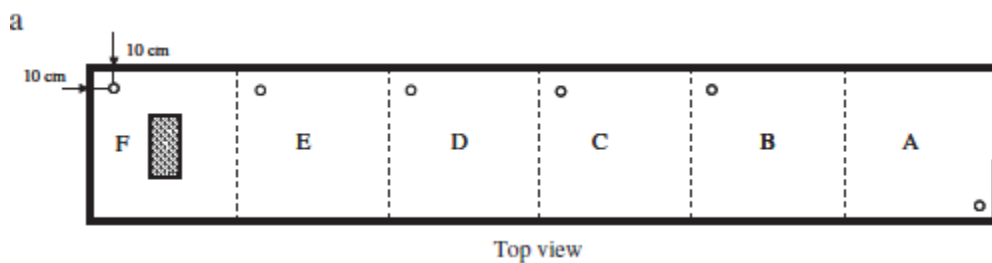
4.ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΠΟΑΕΡΙΖΟΜΕΝΗΣ ΦΩΤΙΑΣ ΣΕ ΕΠΙΜΗΚΕΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΜΕ ΠΡΟΣΟΨΗ.

Στη δεύτερη αυτή φάση της μελέτης της υποαεριζόμενης φωτιάς, πραγματοποιήθηκε υπολογιστική προσομοίωση σε επίμηκες χώρο που μπορεί να θεωρηθεί διάδρομος διαμερίσματος ή κτιρίου. Η υπολογιστική προσομοίωση στηρίχθηκε στη δημοσίευση των T.Beji et al. Fire behavior and external flames in corridor and tunnel-like enclosures, (November 2010), Fire and materials Journal [2006]. Στόχος της δεύτερης αυτής προσομοίωσης είναι η μελέτη της συμπεριφοράς υποαεριζόμενης φωτιάς σε διαμέρισμα-χώρο διαφορετικής γεωμετρίας σε σχέση με τη πρώτη φάση προσομοίωσης, κατά την οποία η φωτιά θεωρείται ισχυρά υποαεριζόμενη.

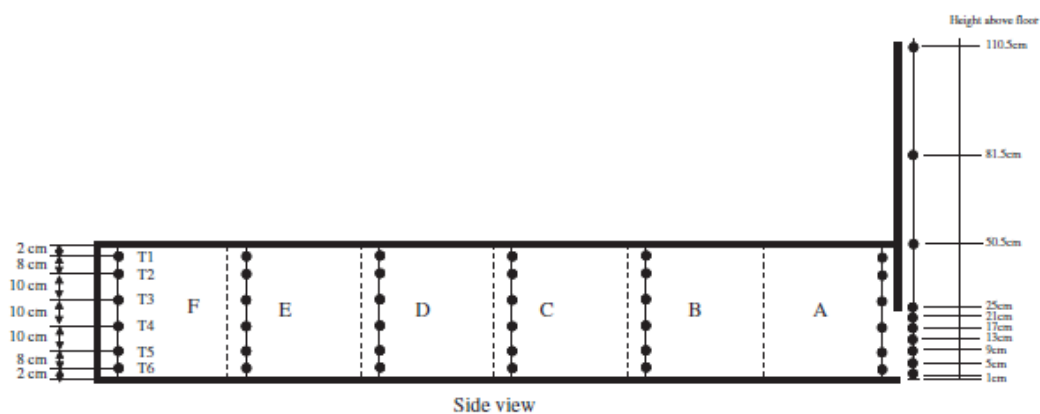
4.1 Η Πειραματική διάταξη

Η πειραματική διάταξη της οποίας η κάτοψη απεικονίζεται στο σχήμα 4.1, και η πλάγια όψη στο σχήμα 4.2, αποτελείται από επίμηκες διάδρομο-διαμέρισμα με εσωτερικές διαστάσεις μήκους $l=3$ m, πλάτους $w=0.50$ m, και ύψους $h=0.50$ m. Ο λόγος πλάτους προς μήκος και ο λόγος ύψους προς μήκος του διαμερίσματος είναι $w/l = h/l = 0,167$, και ο λόγος πλάτους προς ύψος του διαμερίσματος είναι $w/h = 1$. Για τη καλύτερη μελέτη της ροής στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος, το επίμηκες διαμέρισμα χωρίζεται νοητά σε 6 υποπεριοχές - υποχώρους κυβικού σχήματος (modules) διαστάσεων μήκος x πλάτος x ύψος = 0.5 m x 0.5 m x 0.5 m, με κωδικά ονόματα A,B,C,D,E,F όπως φαίνεται στα σχήματα 4.1 και 4.2. Στον υποχώρο A υπάρχει άνοιγμα του διαμερίσματος προς το εξωτερικό περιβάλλον πλάτους $W=0.1$ m και ύψους $H=0.25$ m. Ο λόγος πλάτους του ανοίγματος προς το πλάτος του διαμερίσματος είναι $W/w = 0.2$ και ο λόγος ύψους του ανοίγματος προς το ύψος του διαμερίσματος είναι $H/h = 0.5$. Το υλικό των τοιχωμάτων της παράπλευρης επιφάνειας, δαπέδου και της οροφής του επιμήκους δωματίου είναι ceramic fiberboard πάχους 2.5 cm. Οι φυσικές ιδιότητες του υλικού παρουσιάζονται στο πίνακα 4.1. Στην έξοδο του υποχώρου A, προς το περιβάλλον, το διαμέρισμα αποτελείται από πρόσοψη που εκτείνεται σε ύψος 1.46 m, και έχει πλάτος 0.5 m και πάχος 4 cm. Το υλικό της πρόσοψης είναι επίσης ceramic fiberboard. Η πηγή της φωτιάς είναι καυστήρας προπανίου ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 - \text{C}_3\text{H}_8$), ρυθμιζόμενης παροχής μάζας καυσίμου, ορθογωνικής διατομής 0.10 m x 0.20 m, που βρίσκεται σε ύψος 0.01 m πάνω από το έδαφος, στο κέντρο του υποχώρου F του δωματίου (σχήμα 4.1), παράγοντας θεωρητική ισχύ HRR-Heat release rate (Theoretical HRR). Στο πάνω μέρος του καυστήρα υπάρχει θερμοδομετρητής μέτρησης της ισχύος της φωτιάς (Experimental HRR). Για τη πειραματική μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου εσωτερικά του επιμήκους διαμερίσματος, έχουν εγκατασταθεί 6 κάθετες συστοιχίες θερμοστοιχείων. Σε κάθε υποχώρο αντιστοιχεί μια συστοιχία. Ανάλογα με τον υποχώρο εγκατάστασης κάθε συστοιχίας, τα κωδικά ονόματα των συστοιχιών είναι

AA,AB,AC,AD,AE και AF. Η κάθε συστοιχία αποτελείται από 6 θερμοστοιχεία με κωδικά ονόματα T1,T2,T3,T4,T5,T6. Η θέση κάθε συστοιχίας στο δωμάτιο, απεικονίζεται στα σχήματα 4.1 και 4.2. Το θερμοστοιχείο T1 βρίσκεται κοντά στην οροφή του διαμερίσματος ενώ το θερμοστοιχείο T6 βρίσκεται κοντά στο δάπεδο του διαμερίσματος. Η κάθετη απόσταση κάθε θερμοστοιχείου από το δάπεδο του διαμερίσματος παρουσιάζεται στο πίνακα 4.2. Το σημείο αναφοράς (origin) $(x,y,z)=(0,0,0)$ βρίσκεται στο δάπεδο του υποχώρου F, στη τομή του κάθετου αριστερού και οριζόντιου τοιχώματος απέναντι από τη συστοιχία θερμοστοιχείων AF του υποχώρου F, στο αριστερό μέρος του σχήματος 4.1, με τον άξονα xx' να είναι παράλληλος με το μήκος l του διαμερίσματος, τον άξονα yy' να είναι παράλληλος με το πλάτος w του διαμερίσματος, και τον άξονα zz' να είναι παράλληλος με το ύψος h του διαμερίσματος. Οι συντεταγμένες κάθε συστοιχίας θερμοστοιχείων, με βάση το σχήμα 4.1, ως προς το σημείο αναφοράς (origin), παρουσιάζεται στο πίνακα 4.3.



Σχήμα 4.1, Κάτοψη του επιμήκους διαμερίσματος-διαδρόμου



Σχήμα 4.2, Πλάγια όψη του επιμήκους διαμερίσματος-διαδρόμου

Πίνακας 4.1, Φυσικές ιδιότητες υλικού των τοιχωμάτων του διαμερίσματος

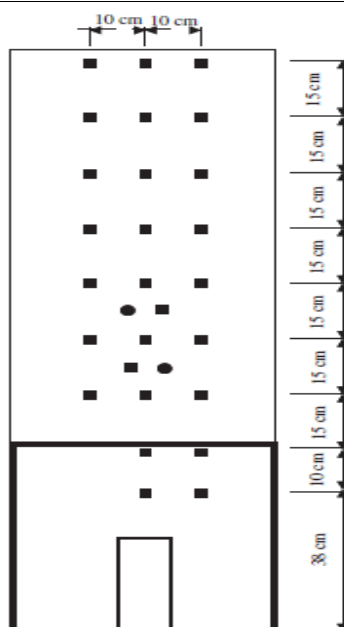
Ιδιότητα υλικού	Ceramic Fiber
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας K ($W/m \text{ } ^\circ K$)	0,13
Πυκνότητα ρ (kg/m^3)	340
Ειδική θερμοχω/τητα υπό σταθερή πίεση c_p ($kJ/kg \text{ } ^\circ K$)	1,1
Συντελεστής εκπομπής ϵ	0,85

Πίνακας 4.2, Απόσταση θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας, από το έδαφος

Θερμοστοιχείο	Απόσταση από έδαφος (cm)
T1	48
T2	40
T3	30
T4	20
T5	10
T6	2

Πίνακας 4.3, Συντεταγμένες κάθε συστοιχίας στο δωμάτιο

Συστοιχία	Συντεταγμένες συστοιχίας (x,y) σε m
AA	(0.10,0.40)
AB	(0.60,0.40)
AC	(1.10,0.40)
AD	(1.60,0.40)
AE	(2.10,0.40)
AF	(2.90,0.10)



Σχήμα 4.3, Απεικόνιση της πρόσοψης του διαμερίσματος, με τη συστοιχία των οργάνων μέτρησης ροής θερμότητας (\dot{q})" επί της κεντρικής γραμμής καθ ύψος της πρόσοψης

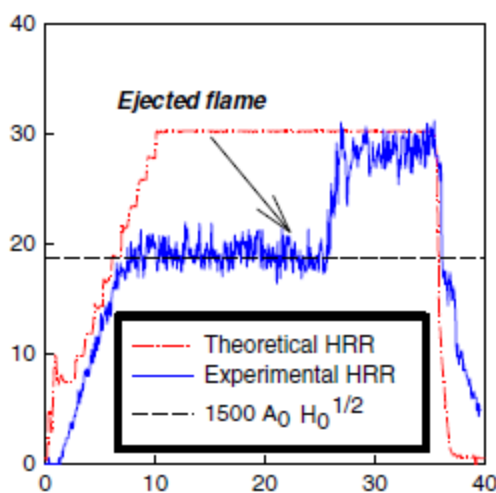
Για τη πειραματική μελέτη του θερμικού πεδίου εξωτερικά του επιμήκους διαμερίσματος και επί της κεντρικής γραμμής της πρόσοψης καθ ύψος, έχει εγκατασταθεί συστοιχία 9 οργάνων μέτρησης ροής θερμότητας στην επιφάνεια της πρόσοψης, που απεικονίζονται στο σχήμα 4.3 με τετράγωνο σχήμα χρώματος μαύρου. Το κωδικό όνομα των οργάνων μέτρησης ροής θερμότητας είναι CLG1,CLG2,CLG3,CLG4,CLG5,CLG6,CLG7,CLG8 και CLG9. Το ύψος κάθε οργάνου από το δάπεδο παρουσιάζεται στο πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4, Ύψος οργάνων μέτρησης ροής θερμότητας από το έδαφος

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)
CLG1	0,38
CLG2	0,48
CLG3	0,63
CLG4	0,78
CLG5	0,93
CLG6	1,08
CLG7	1,23
CLG8	1,38
CLG9	1,53

4.2 Πειραματικά δεδομένα και αποτελέσματα μετρήσεων στο επίμηκες διαμέρισμα

Ο χρόνος διεξαγωγής του πειράματος, στο πρότυπο διαμέρισμα, σύμφωνα με τη δημοσίευση [6], είναι 2215 δευτερόλεπτα ή 36 λεπτά και 54 δευτερόλεπτα. Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, η ροή θερμότητας της πηγής της φωτιάς (ισχύς) στο καυστήρα (hrr-heat release rate) έχει ρυθμιστεί να μεταβάλλεται γραμμικά με τη πάροδο του χρόνου, μέσω της μεταβολής της μάζας του καυσίμου, σύμφωνα με τη κόκκινη διάστικτη γραμμή, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 4.4. Σύμφωνα με το σχήμα 4.4, η ισχύς (Theoretical HRR-heat release rate) που δίνει ο καυστήρας με τη πάροδο του χρόνου, παρουσιάζεται στο πίνακα 4.5:



Σχήμα 4.4, Ρυθμιζόμενη ισχύς καυστήρα κατά τη διάρκεια του πειράματος

Πίνακας 4.5, Μεταβολή της ισχύος του καυστήρα με το χρόνο

Time (sec)	HRR καυστήρα (kW)
0	0
609	30
2120	30
2215	0

4.2.1 Πειραματική διερεύνηση και αποτελέσματα στο εσωτερικό του διαμερίσματος-διαδρόμου

4.2.1.1 Πειραματική διερεύνηση του θερμικού πεδίου στο εσωτερικό του διαμερίσματος-διαδρόμου

Κατά τη πειραματική διερεύνηση του θερμικού πεδίου εσωτερικά του χώρου, μετρήθηκε με τη χρήση θερμοδομετρητή η ισχύς της φωτιάς με τη πάροδο του χρόνου, και παρουσιάζεται με τη γαλάζια καμπύλη στο σχήμα 4.4, και στο πίνακα 4.6. Σύμφωνα με το σχήμα 4.4, στο χρονικό διάστημα από τη στιγμή αρχής του πειράματος έως τη χρονική στιγμή $t = 386 \text{ sec}$ (6 min και 26 sec) περίπου, οι καμπύλες της ισχύος του καυστήρα και της ισχύος της φωτιάς βρίσκονται σε καλή συμφωνία τιμών. Σε αυτό το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο η HRR του καυστήρα είναι ίση με την HRR της φωτιάς, η φωτιά χαρακτηρίζεται ως υπεραεριζόμενη με $\phi < 1$ και $z > z_{st}$. Από τη χρονική στιγμή $t = 386 \text{ sec}$ έως τη χρονική στιγμή $t = 1534 \text{ sec}$ περίπου, οι καμπύλες της ισχύος του καυστήρα και της ισχύος της φωτιάς βρίσκονται σε μεγάλη ασυμφωνία τιμών, δηλώνοντας ότι η φωτιά μεταπίπτει από υπεραεριζόμενη σε υποαεριζόμενη κατάσταση. Σε αυτό το χρονικό διάστημα η πραγματική ισχύς της φωτιάς για υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης (ventilation controlled HRR) δίνεται από τη σχέση $\dot{Q}_{in} = HRR_{vc} \text{ (kW)} = HRR_{\text{ventilation controlled}} \text{ (kW)} \approx 1500AH^{1/2}$ [6], όπου A το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος (m^2) και H το ύψος του ανοίγματος (m). Στο χρονικό αυτό διάστημα, ενώ η ισχύς του καυστήρα είναι σταθερή και ίση με 30 kW, η πραγματική ισχύς της φωτιάς στο δωμάτιο-διάδρομο είναι $HRR_{\text{ventilation controlled}} = 18,75 \text{ kW}$. Άρα σε υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης η ισχύς της φωτιάς είναι μικρότερη από την ισχύ του καυστήρα. Στο χρονικό διάστημα από $t = 1534 \text{ sec}$ έως $t = 1595 \text{ sec}$ περίπου, η φωτιά μεταπίπτει στη μεταβατική κατάσταση (διακοπτόμενη κατάσταση - κεφάλαιο 1), κατά την οποία η φλόγα μεταφέρεται προς την έξοδο του ανοίγματος, με τη πηγή και ένα μέρος της φλόγας να εμφανίζεται στο εσωτερικό του διαμερίσματος και το υπόλοιπο μέρος της φλόγας, να εμφανίζεται στο εξωτερικό του διαμερίσματος, προσκολλημένη στα τοιχώματα της πρόσοψης. Από τη χρονική στιγμή $t = 1595 \text{ sec}$ περίπου, έως το τέλος του πειράματος, η φλόγα και η πηγή της εμφανίζονται και οι δύο εκτός του διαμερίσματος. Η διατήρηση της φωτιάς εκτός του διαμερίσματος, προκύπτει με τη καύση του καυσίμου που εξέρχεται από το άνοιγμα του διαμερίσματος με το οξυγόνο του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στο τελευταίο αυτό χρονικό διάστημα, οι καμπύλες της ισχύος του καυστήρα και της ισχύος της φωτιάς βρίσκονται σε καλή συμφωνία τιμών, δηλώνοντας την ύπαρξη υπεραεριζόμενης φωτιάς εκτός του διαμερίσματος.

Πίνακας 4.6, Μεταβολή της ισχύος της υποαεριζόμενης φωτιάς με το χρόνο

Time (sec)	HRR καυστήρα (kW)
0	0
386	18.75
1534	18.75
1595	30

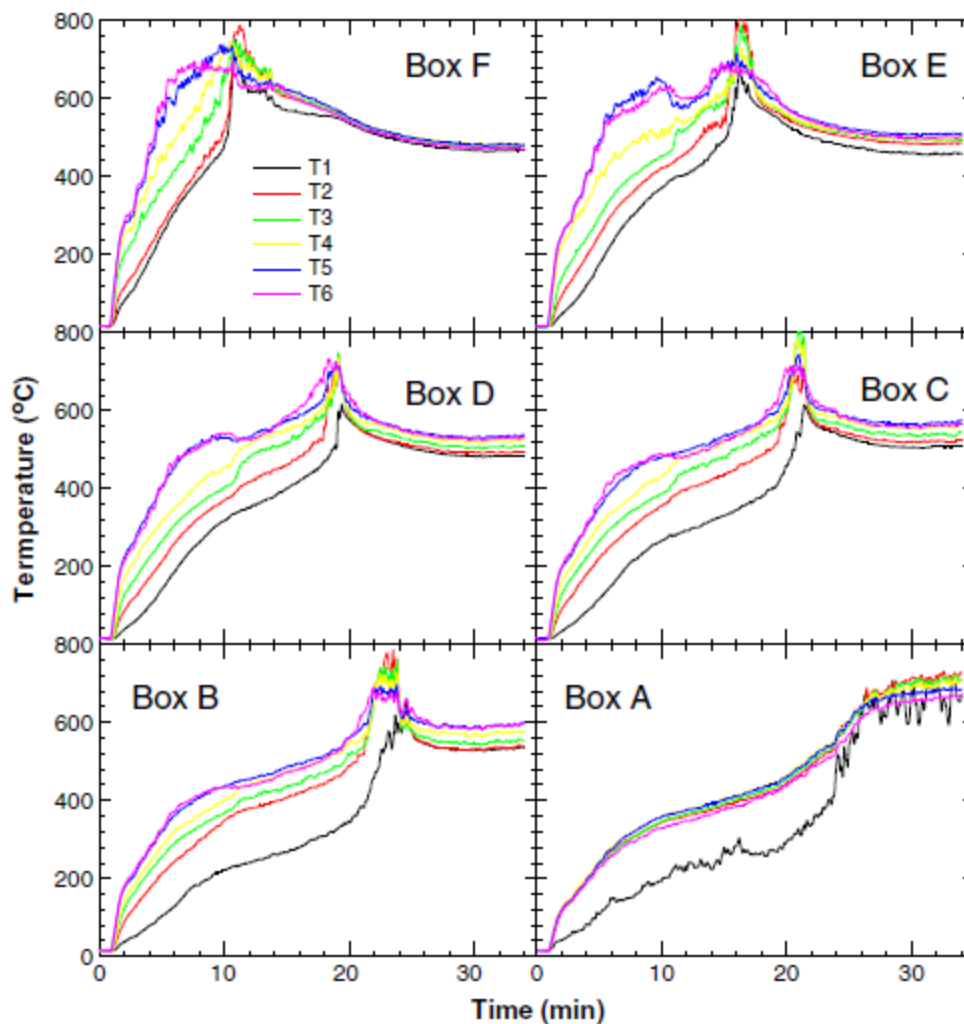
2108	30
2215	0

4.2.1.2 Πειραματική διερεύνηση του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαμερίσματος-διαδρόμου

Κατά τη πειραματική διερεύνηση του θερμοκρασιακού πεδίου εσωτερικά του διαδρόμου-διαμερίσματος, μετρήθηκαν οι τιμές της θερμοκρασίας από τα θερμοστοιχεία, όλων των συστοιχιών των θερμοστοιχείων σε κάθε υποχώρο του διαμερίσματος (A,B,C,D,E,F) καθ όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, δηλαδή στο χρονικό διάστημα των 2215 δευτερολέπτων, οπότε στο σχήμα 4.5 καταγράφονται οι τιμές των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων όλων των συστοιχιών ως προς το χρόνο.

Κατά τη μελέτη των διαγραμμάτων του σχήματος 4.5, συνάγονται ενδιαφέροντα συμπεράσματα σε σχέση με τη μορφή του θερμοκρασιακού πεδίου, ως συνάρτηση του ύψους του διαμερίσματος. Υπάρχει ένα αρχικό χρονικό διάστημα πειράματος χαρακτηριστικό για το κάθε υποχώρο, που κυμαίνεται μεταξύ 8 λεπτών περίπου για τον υποχώρο F (στον οποίο υπάρχει η πηγή της φωτιάς) και 24 περίπου λεπτών για τον υποχώρο A (δηλαδή παρατηρείται αύξηση του αρχικού χρονικού διαστήματος κατά τη φορά από τον υποχώρο F προς τον υποχώρο A στην έξοδο του ανοίγματος) όπου παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας σε όλες τις θέσεις των θερμοστοιχείων, όλων των συστοιχιών καθ ύψος. Επίσης παρατηρείται διαστρωμάτωση των τιμών των θερμοκρασιών καθ ύψος σε όλους τους υποχώρους, με προοδευτική αύξηση της θερμοκρασίας από το θερμοστοιχείο T6, που είναι εγκατεστημένο κοντά στο δάπεδο, στο θερμοστοιχείο T1, που είναι εγκατεστημένο κοντά στην οροφή, με μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ οροφής και δαπέδου που ανέρχεται περίπου στους 150 °C. Σε αυτή την αρχική φάση εξέλιξης του πειράματος, η φωτιά είναι υπεραεριζόμενη, προσκολλημένη στη πηγή της (καυστήρας) και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της περιοχής της οροφής και του δαπέδου, οφείλεται στον ατμοσφαιρικό αέρα χαμηλής θερμοκρασίας που εισέρχεται από το άνοιγμα, στο κάτω μέρος του διαδρόμου κινούμενος προς τη πηγή της φωτιάς. Στη συνέχεια η θερμοκρασία όλων των θερμοστοιχείων, όλων των συστοιχιών, φτάνει σε μια μέγιστη τιμή, που είναι η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας της υπεραεριζόμενης φωτιάς. Για τον υποχώρο A η μέγιστη αυτή τιμή της θερμοκρασίας δηλώνει την έναρξη της εξόδου της φωτιάς από το διαμέρισμα, μέσω του ανοίγματος. Ακολουθεί η τρίτη φάση εξέλιξης της φωτιάς κατά την οποία αποκαθίσταται ένα σχεδόν ομοιόμορφο πεδίο θερμοκρασιών από τη περιοχή της οροφής στη περιοχή του δαπέδου. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιοχής οροφής και περιοχής δαπέδου είναι πολλή μικρότερη σε σχέση με τη διαφορά θερμοκρασίας της φάσης κατά την οποία η φωτιά είναι υπεραεριζόμενη, και ανέρχεται στη τιμή των 40 °C περίπου. Η φάση αυτή εξέλιξης της φωτιάς χαρακτηρίζεται ως υποαεριζόμενη, όπου παρατηρείται φλόγα εξωτερικά του διαμερίσματος, με καύση του άκαυστου καυσίμου που εξέρχεται από το άνοιγμα (λόγω της απουσίας αέρα στο διαμέρισμα) με τον εξωτερικό αέρα του

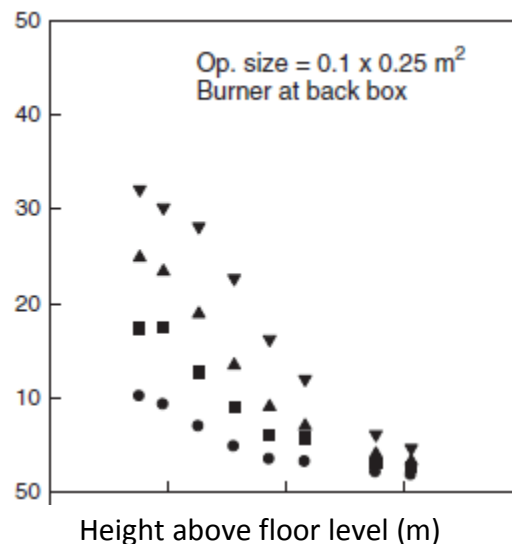
περιβάλλοντος. Η ομοιόμορφη τιμή της θερμοκρασίας καθ ύψος του διαμερίσματος αυξάνεται κατά τη φορά από τον υποχώρο F στον υποχώρο A.



Σχήμα 4.5, Πειραματικές τιμές θερμοκρασίας των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας των υποχώρων A έως F

4.2.2 Πειραματική διερεύνηση του θερμικού πεδίου και αποτελέσματα στο εξωτερικό του διαμερίσματος-διαδρόμου.

Κατά τη πειραματική μελέτη του θερμικού πεδίου εξωτερικά του επιμήκους διαμερίσματος και επί της κεντρικής γραμμής της πρόσοψης καθ ύψος, μετρήθηκε η μέση ροή θερμότητας (\dot{q}) (heat flux) που μεταδίδεται στο εσωτερικό της πρόσοψης στις θέσεις εγκατάστασης των οργάνων μέτρησης (CLG1, CLG9), οπότε στο σχήμα 4.6 απεικονίζεται το προφίλ των μέσων ροών θερμότητας καθ ύψος, στη κεντρική γραμμή της πρόσοψης. Οι τιμές των μέσων ροών θερμότητας στο σχήμα 4.6 παρουσιάζονται με σχήμα κύκλου χρώματος μαύρου. Όπως παρατηρείται στο σχήμα 4.6, οι τιμές των ροών θερμότητας μειώνονται καθ ύψος.



Σχήμα 4.6, Ροή θερμότητας (\dot{q})" σε kW/m^2 στη πρόσοψη του διαμερίσματος επί της κεντρικής γραμμής καθ ύψος της πρόσοψης.

Οι τιμές των ροών θερμότητας που μετρήθηκαν στη κεντρική γραμμή της πρόσοψης (στη θέση εγκατάστασης των οργάνων μέτρησης), ως προς το ύψος κάθε οργάνου από το δάπεδο, παρουσιάζονται στο πίνακα 4.7

Πίνακας 4.7, Μέση πειραματική ροή θερμότητας στη πρόσοψη καθ ύψος, από το δάπεδο του διαμερίσματος

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q})" (kW/m^2)
CLG9	0,38	10,2649
CLG8	0,48	9,3819
CLG7	0,63	7,064
CLG6	0,78	4,8565
CLG5	0,93	3,532
CLG4	1,08	3,2008
CLG3	1,23	-
CLG2	1,38	2,2075
CLG1	1,53	1,8764

Όπως παρατηρείται στο πίνακα 4.7, δε παρέχεται πειραματικό αποτέλεσμα για το όργανο με κωδικό όνομα CLG3, το οποίο είναι εγκατεστημένο πάνω στη πρόσοψη και σε ύψος 1.23m από το δάπεδο.

4.3 Υπολογιστική προσομοίωση του διαμερίσματος-διαδρόμου με το πρόγραμμα FDS.

4.3.1 Παραμετρική υπολογιστική προσομοίωση του διαμερίσματος-διαδρόμου.

Σε αυτή τη δεύτερη φάση προσομοίωσης του διαδρόμου-διαμερίσματος, με το πρόγραμμα FDS, μελετήθηκε παραμετρικά η υπολογιστική διερεύνηση του πεδίου ροής της φωτιάς. Διερευνήθηκαν 5 περιπτώσεις παραμετρικής προσομοίωσης.

Με βάση τα υπολογιστικά αποτελέσματα μικρού σφάλματος σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα, τα οποία έδωσε η υπολογιστική προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος-δωματίου, στη πρώτη φάση ανάλυσης χρησιμοποιώντας ως διακομβική απόσταση τη τιμή των 1.6 cm, σε αυτή τη δεύτερη φάση προσομοίωσης με το πρόγραμμα FDS, χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη τη παραμετρική διαδικασία, σταθερή διακομβική απόσταση 1.5 cm. Σύμφωνα με τις σχέσεις (3.2) και (3.3), η χαρακτηριστική διάμετρος της φλόγας της φωτιάς είναι $D^* = 0.2366$ m, και το μέγιστο επιτρεπόμενο διακομβικό μήκος l , σύμφωνα με τη σχέση (3.1b) πρέπει να είναι $l = 0.0182$ m, οπότε η διακομβική απόσταση των 1.5 εκατοστών πληροί το κριτήριο διακριτοποίησης των $l = 1.82$ cm.

Στη δεύτερη αυτή φάση παραμετρικής μελέτης με το πρόγραμμα FDS, χρησιμοποιώντας τη σταθερή διακομβική απόσταση των 1.5 εκατοστών, διερευνήθηκε συνδυαστικά, επιπλέον και η επίδραση της χρήσης διαφορετικών μοντέλων ακτινοβολίας σε σχέση με το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φλόγας το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ (Radiation fraction), ώστε να μελετηθεί η επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας του πλουμίου της φλόγας στην επιφάνεια της πρόσοψης, όταν αυτή εμφανίζεται στο εξωτερικό μέρος του διαμερίσματος. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν το προεγκατεστημένο από το πρόγραμμα μοντέλο θερμικής ακτινοβολίας του φαιού σώματος (σχέση 2.28 για $N=1$) και το Wide band model (κεφάλαιο 2). Σε όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης ο αριθμός των στερεών γωνιών ήταν ο προεπιλεγμένος, δηλαδή 104 στερεές γωνίες.

Έχοντας υπόψη ότι το υλικό των τοιχωμάτων του δωματίου είναι μονωτικό στη παραμετρική ανάλυση εντάχθηκαν περιπτώσεις μελέτης αδιαβατικότητας ή μη αδιαβατικότητας των τοιχωμάτων του διαδρόμου-διαμερίσματος. Θέτοντας τα τοιχώματα του δωματίου ως αδιαβατικά, το λογισμικό FDS, δε περιλαμβάνει κατά τη λύση του πεδίου, τις εξισώσεις μεταφοράς θερμότητας με αγωγή και συναγωγή στη τοιχοποιία, ενώ θέτοντας τα τοιχώματα του δωματίου ως μη αδιαβατικά, σε αυτή τη περίπτωση, το λογισμικό FDS, περιλαμβάνει κατά την εύρεση της λύσης, τις εξισώσεις μεταφοράς θερμότητας με αγωγή στη τοιχοποιία, και την αλληλεπίδραση τοιχωμάτων και αερίων κατά τη μετάδοση θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία.

Στις παραμετρικές υπολογιστικές περιπτώσεις μελέτης, ως θερμική ισχύ της πηγής της φωτιάς ως συνάρτηση του χρόνου, χρησιμοποιήθηκε, η καμπύλη της θεωρητικής ισχύος που αντιστοιχεί σε σταθερή ισχύ (\dot{Q}) = 30 kW του καυστήρα (Theoretical HRR) στις περιπτώσεις προσομοίωσης 1,2,3 και 5, και η καμπύλη της πραγματικής-πειραματικής ισχύος (Experimental HRR) της φωτιάς για τη περίπτωση

προσομοίωσης 4 η οποία αντιστοιχεί στις σταθερές ισχύς $(Q_{in}) = 1500AH^{1/2} = 18.75$ kW και $(\dot{Q}) = 30$ kW, όπως αυτές παρουσιάζονται στο σχήμα 4.4, ώστε να διερευνηθεί η δυνατότητα του προγράμματος ως προς τη προσομοίωση ισχυρά υποαεριζόμενων φωτιών. Η ισχύς (Q_{in}) μετράται από το θερμιδόμετρο, που είναι εγκατεστημένο στο πάνω μέρος της εστίας της φωτιάς και είναι η ισχύς της υποαεριζόμενης φάσης της φωτιάς.

Στη περίπτωση της υπολογιστικής προσομοίωσης κατά την οποία τα τοιχώματα του διαδρόμου-διαμερίσματος θεωρήθηκαν ως μη αδιαβατικά, διενεργήθηκε τοπική πύκνωση του πλέγματος στη περιοχή του ανοίγματος με διακομβική απόσταση 0.5 cm με χρήση πολλαπλής διακριτοποίησης (multimesh), ώστε να διερευνηθεί η επίδραση του πεδίου ροής στη περιοχή του ανοίγματος, στο εσωτερικό ροϊκό και θερμοκρασιακό πεδίο του υποαεριζόμενου διαμερίσματος-διαδρόμου.

Η επέκταση του υπολογιστικού χωρίου εκτός του διαμερίσματος ώστε να περιγραφεί το ροϊκό και θερμικό πεδίο στον εξωτερικό χώρο του διαμερίσματος αλλά και στην επιφάνεια της πρόσοψης, διενεργήθηκε χρησιμοποιώντας τις δημοσιεύσεις [15] [50] και [51]. Σύμφωνα με τη δημοσίευση [15], η βέλτιστη επέκταση του πλέγματος De στον εξωτερικό χώρο, για περιπτώσεις φωτιών, ενδείκνυται να πραγματοποιείται μόνο στον άξονα εκείνο, ο οποίος είναι κάθετος στο άνοιγμα του κλειστού χώρου (διαμερίσματος), και έχει τιμή που καθορίζεται από τη σχέση (3.6). Σύμφωνα με τις δημοσιεύσεις [50] και [51], η βέλτιστη επέκταση του πλέγματος l_e στον εξωτερικό χώρο, για περιπτώσεις φωτιών με πρόσοψη, ενδείκνυται να πραγματοποιείται μόνο στον άξονα εκείνο, ο οποίος είναι κάθετος στο άνοιγμα του κλειστού χώρου (διαμερίσματος), και έχει τιμή που καθορίζεται από τη σχέση:

$$l_e = (AH^{4/3})^{0.1} \quad (4.1)$$

Συγκρίνοντας τις σχέσεις (3.6) και (4.1), παρατηρείται ότι $l_e > De$, οπότε, για την ασφαλή προσομοίωση του πεδίου ροής φωτιάς με πρόσοψη, για τη ποσοτικοποίηση της επέκτασης του πλέγματος στο εξωτερικό του πεδίου ροής, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (4.1).

Οπότε για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως 4 η επέκταση του πεδίου ροής εξωτερικά του διαμερίσματος, πραγματοποιήθηκε κατά l_e , και για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 η επέκταση του πεδίου πραγματοποιήθηκε κατά $l_e + 0.417$ m, στον άξονα xx' , που είναι κάθετος στο επίπεδο του ανοίγματος.

Συνδυάζοντας τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραπάνω παραμέτρων του πεδίου ροής, σε αυτή τη δεύτερη φάση προσομοίωσης, διερευνήθηκαν παραμετρικά οι 5 περιπτώσεις, οι οποίες παρουσιάζονται στο πίνακα 4.8. Σε όλες τις περιπτώσεις μελέτης το πεδίο ροής επιλύθηκε χρησιμοποιώντας συστοιχία 8 επεξεργαστών σε παράλληλη επεξεργασία. Σε όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος με τοπική σβέση της φλόγας (κεφάλαιο 2), και το μοντέλο της προσομοίωσης μεγάλων δινών όπου η σταθερά του Smagorinsky θεωρήθηκε ίση με 0.2 (προεπιλεγμένη τιμή).

Πίνακας 4.8, Περιπτώσεις παραμετρικής υπολογιστικής μελέτης του επιμήκους διαμερίσματος.

Περίπτωση	HRR (kW)	Mesh size (m)	Radiation fraction	Radiation model	Simulation time (sec)	Compartment wall condition
1	30	0.015	0.35	Gray model	2215	Αδιαβατικά τοιχώματα
2	30	0.015	0.5	Gray model	2215	Αδιαβατικά τοιχώματα
3	30	0.015	0.35	wide band model	2215	Αδιαβατικά τοιχώματα
4	18.75-30	0.015	0.425	Gray model	2215	Αδιαβατικά τοιχώματα
5	30	0.015-0.005	0.45	Gray model	1000	Μη αδιαβατικά τοιχώματα

Στο παράρτημα 2, παρατίθενται τα αρχεία εισόδου για κάθε μία από τις περιπτώσεις παραμετρικής μελέτης. και είναι τα: ADIABATICFACADE για τη περίπτωση προσομοίωσης 1, ADFACADE_RADFRAC για τη περίπτωση προσομοίωσης 2, ADFAC_WIDEBAND για τη περίπτωση προσομοίωσης 3, ADFACADE_REALHRR για τη περίπτωση προσομοίωσης 4 και FACADE_DENSE_MESH για τη περίπτωση προσομοίωσης 5.

4.3.2 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος.

4.3.2.1 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος, για τη 1^η περίπτωση προσομοίωσης.

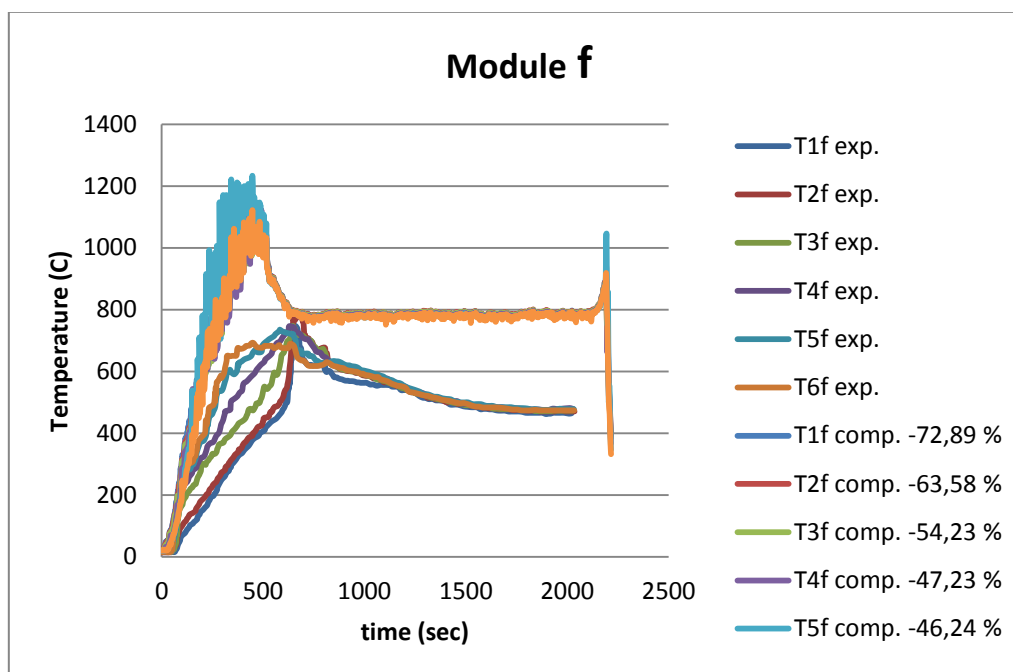
Στη πρώτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.35, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Στα παρακάτω σχήματα 4.7 έως 4.12, παρουσιάζονται οι πειραματικές (exp.) (σχήμα 4.5) και οι υπολογιζόμενες με το πρόγραμμα FDS (comp.) θερμοκρασίες των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας ως συνάρτηση του χρόνου, για κάθε ένα υποχώρο (module).

Για να μελετηθεί συνολικά, καθ όλη τη διάρκεια της υπολογιστικής προσομοίωσης, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των υπολογιστικών τιμών των μελετώμενων μεγεθών του πεδίου ροής σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα των αντίστοιχων μεγεθών, υιοθετήθηκε το μέγεθος του επί τοις εκατό

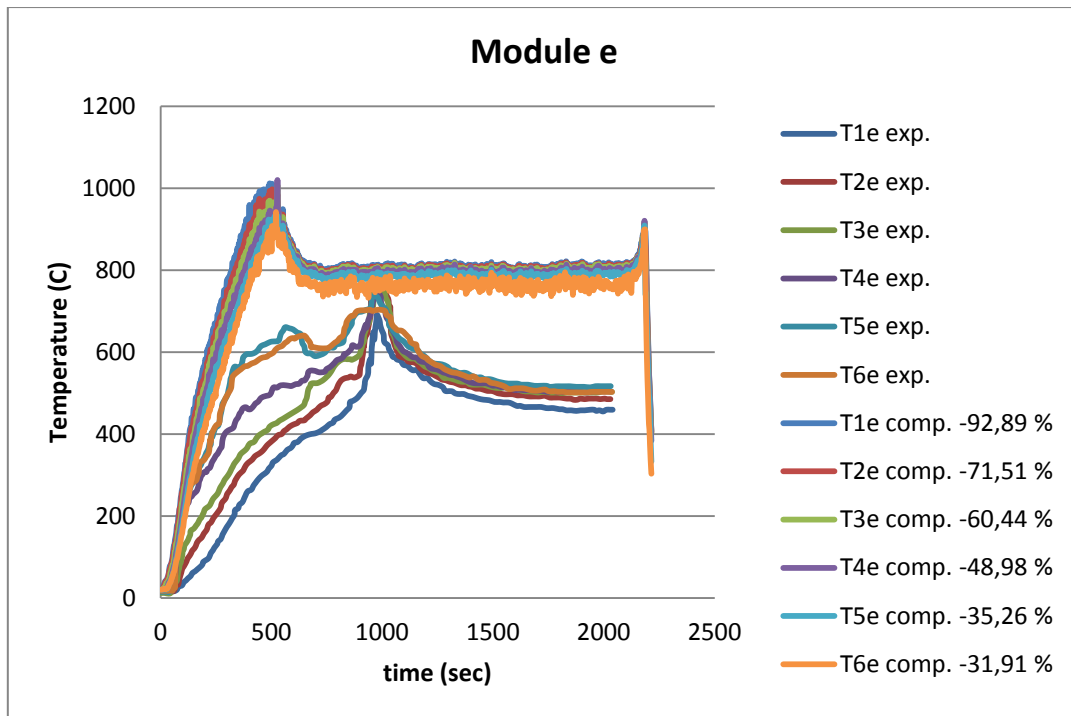
σφάλματος εμβαδού το οποίο δίνεται από τη σχέση (3.7). Η σχέση (3.7), για τη παρούσα φάση προσομοίωσης, μετασχηματίζεται στη σχέση (4.2):

$$\left[\frac{\int_{T_{min,exper}}^{T_{max,exper}} (T_{ij}(t)), exper. dt - \int_{T_{min,comp}}^{T_{max,comp}} (T_{ij}(t)), comp. dt}{\int_{T_{min,exper}}^{T_{max,exper}} (T_{ij}(t)), exper. dt} \right] \% \quad (4.2)$$

όπου $\int_{T_{min,exper}}^{T_{max,exper}} (T_{ij}(t)), exper. dt$ είναι το εμβαδόν της γραφικής παράστασης του μεγέθους της θερμοκρασίας T_{ij} , (i = αριθμός θερμοστοιχείου, j = όνομα υποχώρου), η οποία προσδιορίστηκε πειραματικά, ως προς τον άξονα των χρόνων, και $\int_{T_{min,comp}}^{T_{max,comp}} (T_{ij}(t)), comp. dt$ είναι το εμβαδόν της γραφικής παράστασης του μεγέθους, το οποίο προσδιορίστηκε υπολογιστικά, ως προς τον άξονα των χρόνων. Τα μεγέθη $T_{min, exper}$, $T_{max, exper}$. και $T_{min, comp}$, $T_{max, comp}$. είναι τα όρια ολοκλήρωσης για την εύρεση του εμβαδού μεταξύ της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας και του άξονα των χρόνων για τα πειραματικά και τα υπολογιζόμενα μεγέθη αντίστοιχα. Με βάση τη σχέση (4.2), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων από το πρόγραμμα δεδομένων, δίνεται για κάθε υποχώρο και θερμοστοιχείο στα σχήματα 4.7 έως 4.12. Αναλυτικά πειραματικά και υπολογιστικά δεδομένα παρουσιάζονται στο πίνακα 8.41 του παραρτήματος 2.

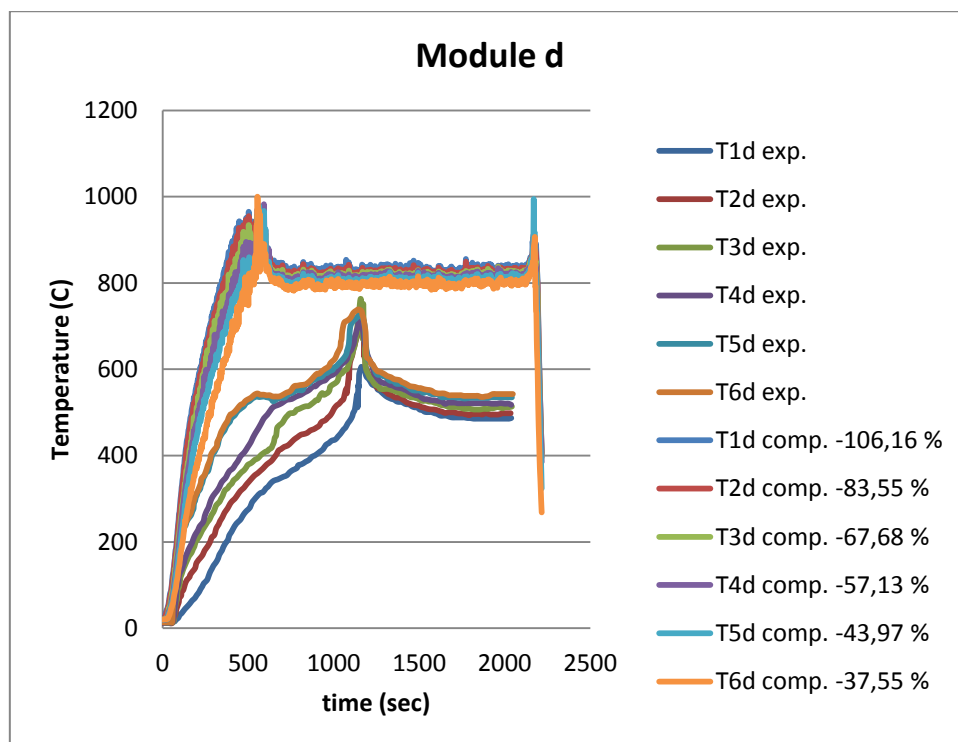


Σχήμα 4.7, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου f, για τη περίπτωση μελέτης

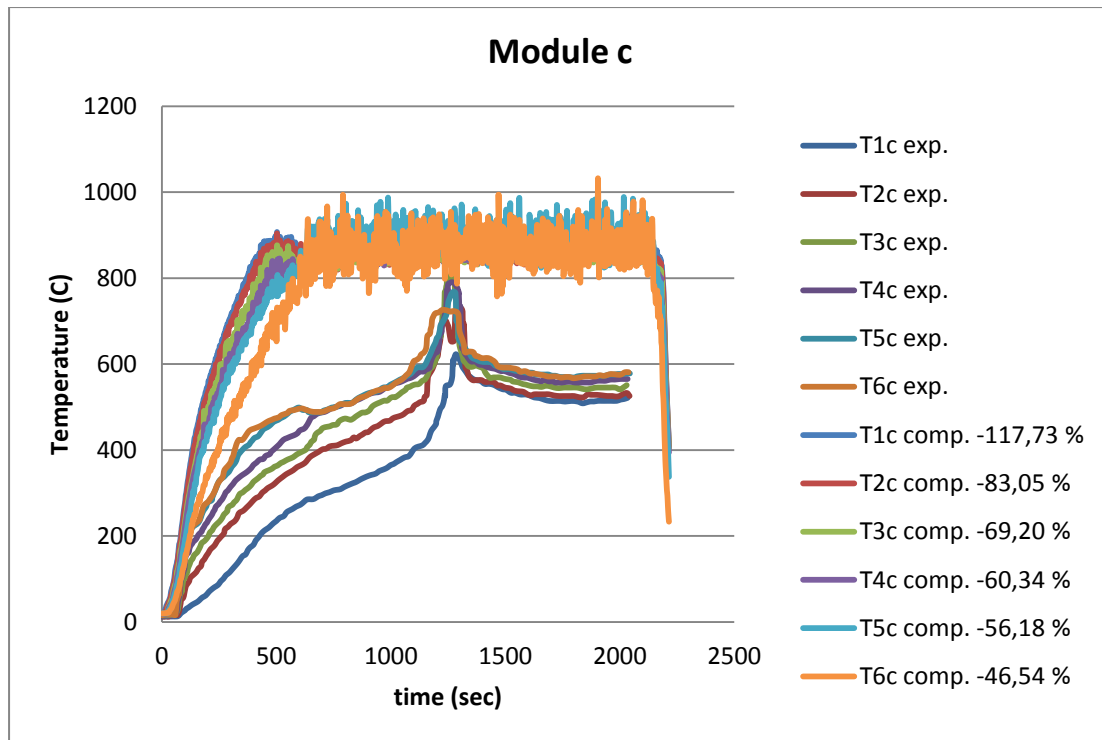


Σχήμα 4.8, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου e, για τη περίπτωση μελέτης

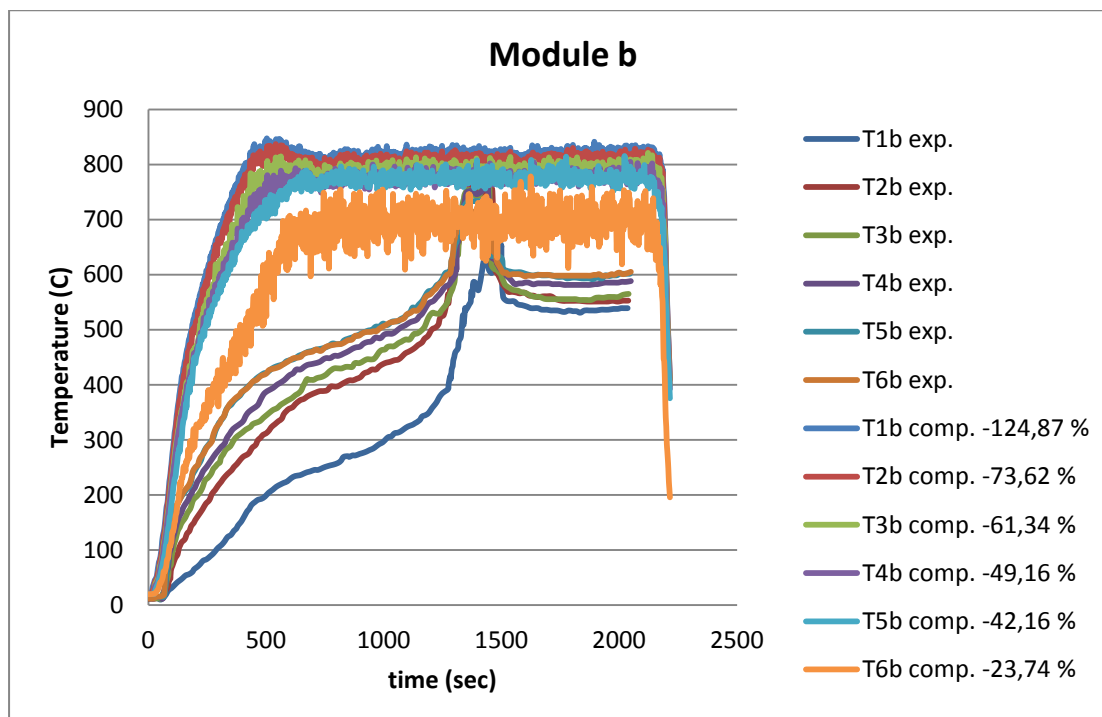
1



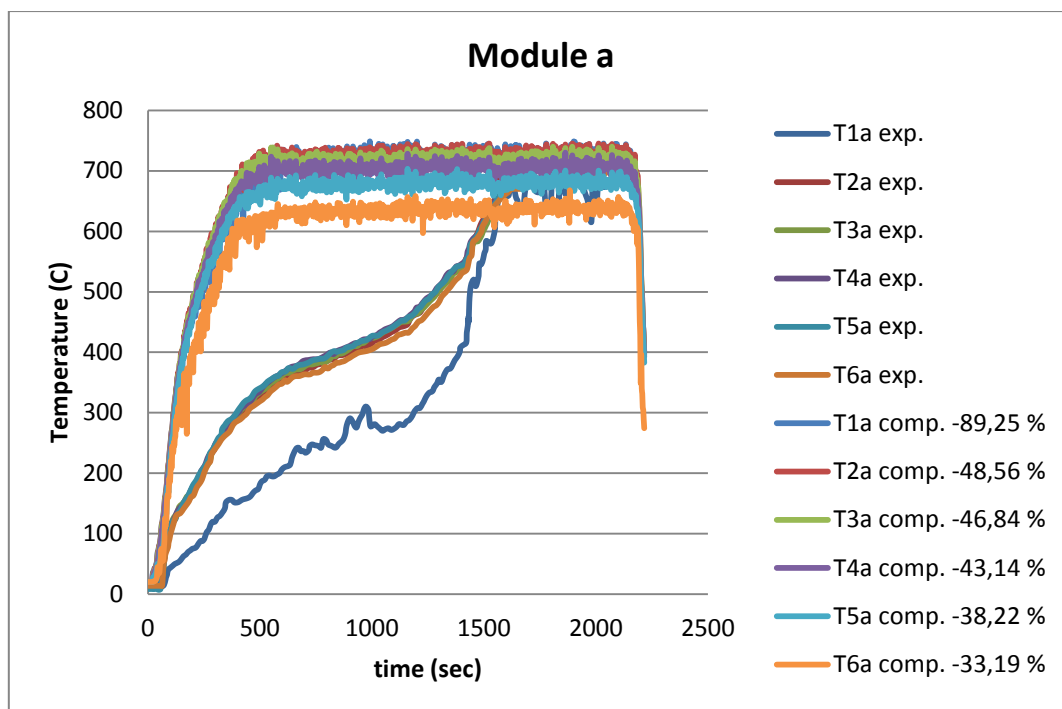
Σχήμα 4.9, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου d, για τη περίπτωση μελέτης 1



Σχήμα 4.10, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου c, για τη περίπτωση μελέτης 1



Σχήμα 4.11, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου b, για τη περίπτωση μελέτης 1



Σχήμα 4.12, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου a, για τη περίπτωση μελέτης 1

Κοινό χαρακτηριστικό των διαγραμμάτων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.7 έως 4.9, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους f,e και d είναι ότι παρουσιάζουν παρόμοια μορφή. Αρχικά οι γραφικές παραστάσεις των υπολογιζόμενων μεγεθών παρουσιάζουν ένα αρχικό μέγιστο το οποίο αντιστοιχεί στο τέλος της υπεραεριζόμενης φάσης της φωτιάς, και το οποίο είναι πάνω από τους 1000 °C για τον υποχώρο f, και μεταξύ 800 °C και 1000 °C τους υποχώρους e και d, στη συνέχεια η θερμοκρασία σε αυτούς τους υποχώρους σταθεροποιείται στους 800 °C περίπου, για όλα τα θερμοστοιχεία για τόσο χρονικό διάστημα όσο διαρκεί η υποαεριζόμενη φάση της φωτιάς, και ακολουθεί τοπικό μέγιστο των θερμοκρασιών το οποίο αντιστοιχεί στη φάση της εξόδου της φλόγας από το διαμέρισμα. Αντίστοιχα τα διαγράμματα των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.10 έως 4.12, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους c,b και a παρουσιάζουν ίδια μορφή, η οποία διαφέρει από τη μορφή των διαγραμμάτων 4.7 – 4.9 στο ότι απουσιάζουν τα δύο τοπικά μέγιστα. Επιπρόσθετα η υποαεριζόμενη περίοδος της φωτιάς, για τα διαγράμματα 4.7-4.9 αντιστοιχεί σε εύρος θερμοκρασιών 800 °C – 1000 °C, για τον υποχώρο c, 700 °C – 850 °C για τον υποχώρο b και 600 °C- 750 °C για τον υποχώρο a. Οπότε συμπεραίνουμε ότι παρατηρείται μείωση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από τον υποχώρο f προς τον υποχώρο a. Αυτό ισχύει γιατί όσο η ροή οδηγείται από τον υποχώρο f προς την έξοδο του διαμερίσματος αναμιγνύεται με χαμηλής θερμοκρασίας αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον ο οποίος

εισέρχεται από το κάτω μέρος του ανοίγματος, και ψύχεται. Γενικά παρατηρείται στρωματοποίηση των τιμών των θερμοκρασιών καθ ύψος του κάθε υποχώρου.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαγραμμάτων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων όλων των υποχώρων, είναι η υπερεκτίμηση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από το πρόγραμμα FDS. Σύμφωνα με τα μεγέθη των ολικών σφαλμάτων εμβαδού %, που αναγράφονται στα σχήματα 4.7 έως 4.12, τα ολικά σφάλματα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μειώνονται με φορά από το θερμοστοιχείο T1 (κοντά στην οροφή) στο θερμοστοιχείο T6 (κοντά στο δάπεδο). Συγκεκριμένα στον υποχώρο f παρουσιάζονται ολικά σφάλματα από -94,91 % έως -46,24 %, στον υποχώρο e από -92,89 % έως -31,91 %, στον υποχώρο d από -106,16 % έως -37,55 %, στον υποχώρο c από -117,73 % έως -46,54 %, στον υποχώρο b από -124,87% έως -23,74 % και στον υποχώρο a από -89,25 % έως -33,19 %. Το αρνητικό πρόσημο στις τιμές του ολικού σφάλματος σημαίνει ότι οι τιμές των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες πειραματικά μετρούμενες. Σύμφωνα με το πίνακα 8.35 του παραρτήματος 2, το μέσο ολικό % σφάλμα όλων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου του διαμερίσματος, της πρώτης περίπτωσης προσομοίωσης, παρουσιάζεται στο πίνακα 4.9. Από το πίνακα 4.9 παρατηρείται μείωση του μέσου επί τοις εκατό ολικού σφάλματος με φορά από τον υποχώρο f στον υποχώρο a.

Πίνακας 4.9, Μέσο % ολικό σφάλμα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 1

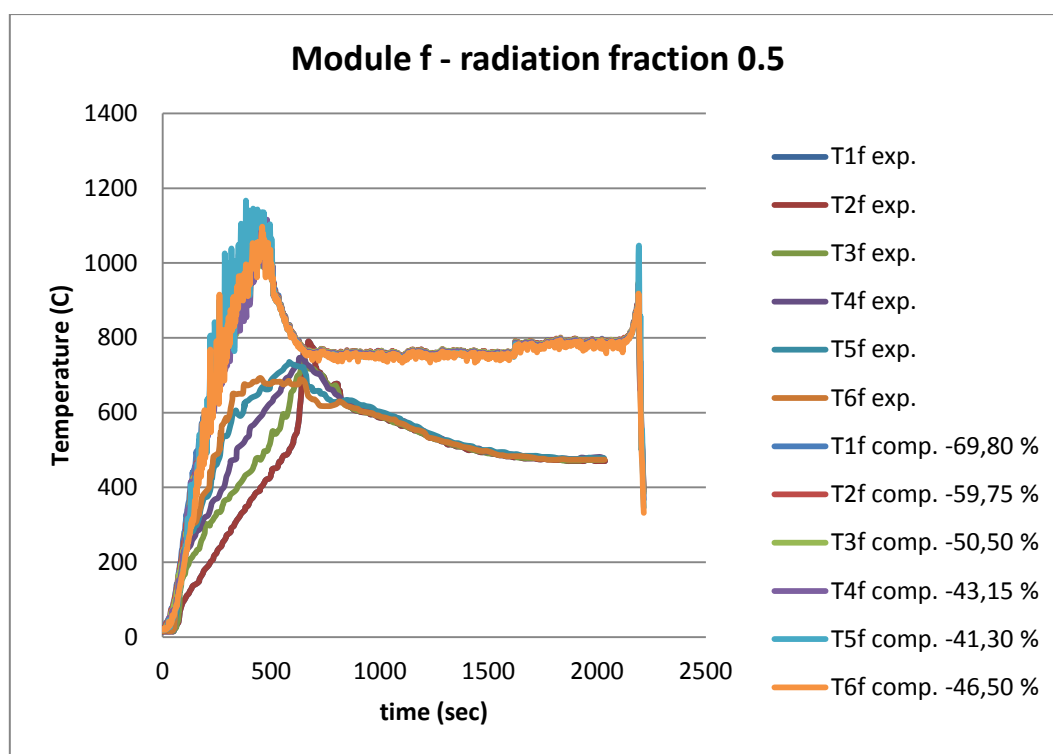
Υποχώρος	Μέσο % ολικό σφάλμα της περίπτωσης 1
f	-63,18
e	-56,83
d	-66,01
c	-72,17
b	-62,59
a	-49,87

4.3.2.2 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος, για τη 2^η περίπτωση προσομοίωσης.

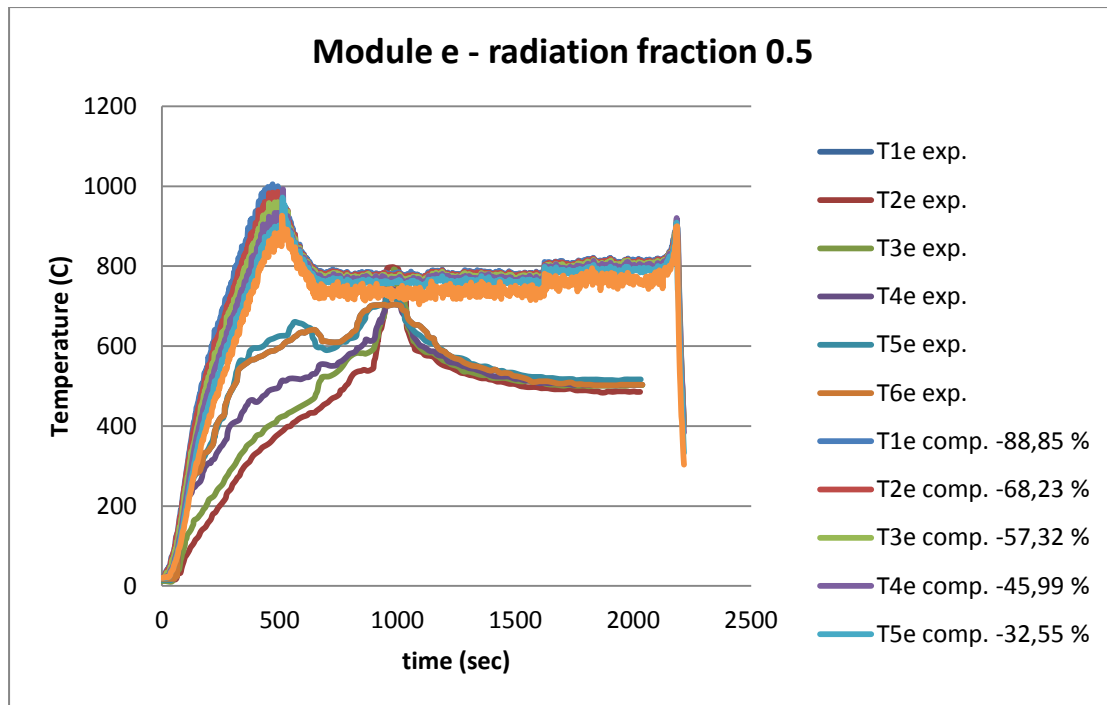
Με στόχο τη μείωση του ολικού % σφάλματος εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων αποτελεσμάτων του μεγέθους της θερμοκρασίας, στη δεύτερη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR), η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.5, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο

ακτινοβολίας φαιού σώματος και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Δηλαδή στη δεύτερη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε το αποτέλεσμα που επιφέρει στη λύση, η χρησιμοποίηση στα δεδομένα της προσομοίωσης, μεγαλύτερης τιμής radiation fraction, από 0.35 που είναι η προεπιλεγμένη (default) ρύθμιση σε 0.5. Στα παρακάτω σχήματα 4.13 έως 4.18, παρουσιάζονται οι πειραματικές (exp.) (σχήμα 4.5) και οι υπολογιζόμενες με το πρόγραμμα FDS (comp.) θερμοκρασίες των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας ως συνάρτηση του χρόνου, για κάθε ένα υποχώρο (module).

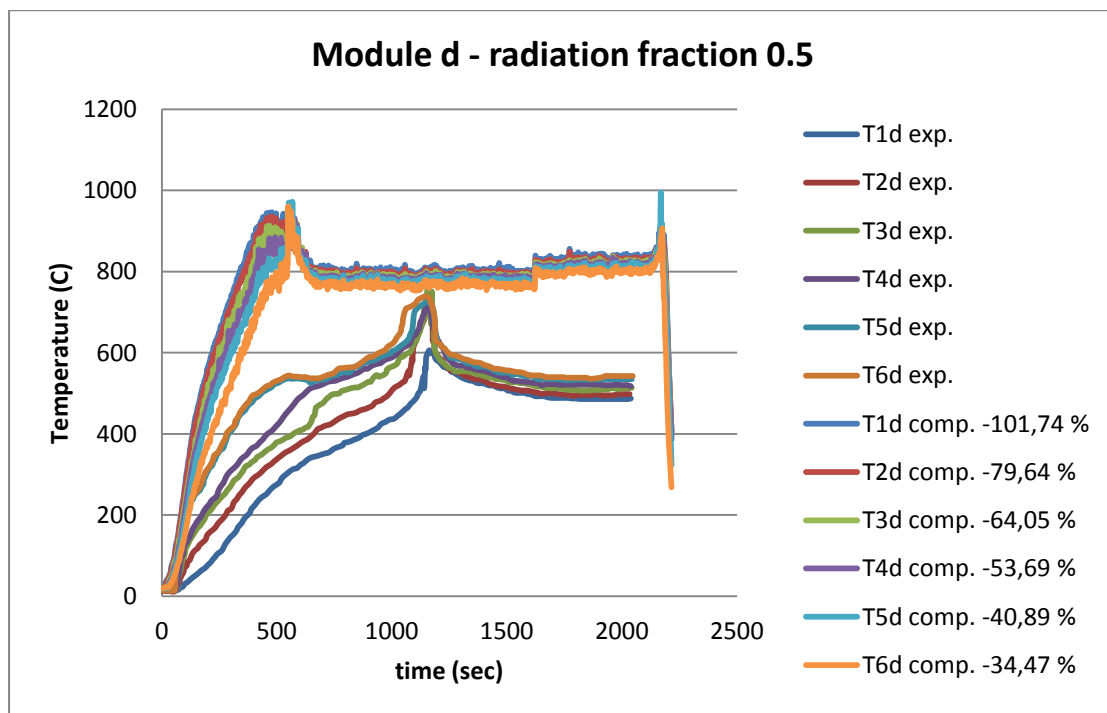
Για να μελετηθεί συνολικά, καθ' όλη τη διάρκεια της υπολογιστικής προσομοίωσης, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των υπολογιστικών τιμών της θερμοκρασίας σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (4.2). Με βάση τη σχέση (4.2), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων από το πρόγραμμα θερμοκρασιών, δίνεται για κάθε υποχώρο και θερμοστοιχείο στα σχήματα 4.13 έως 4.18. Αναλυτικά δεδομένα πειραματικών και υπολογιστικών δεδομένων παρουσιάζονται στο πίνακα 8.42 του παραρτήματος 2.



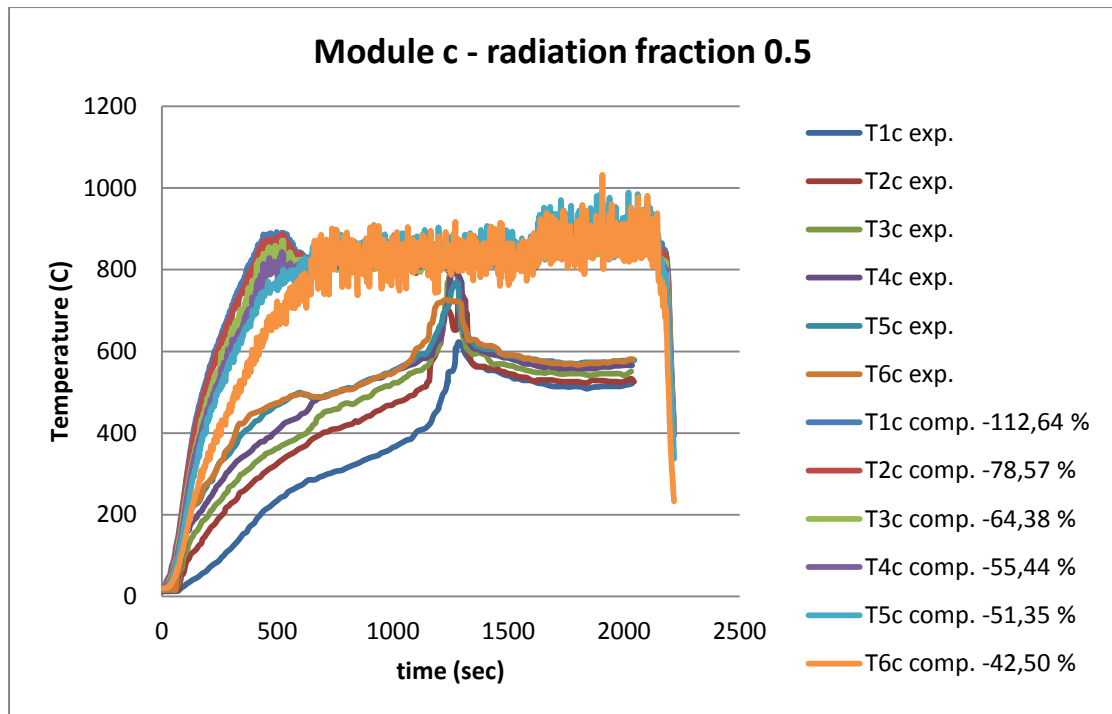
Σχήμα 4.13, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου f, για τη περίπτωση μελέτης 2



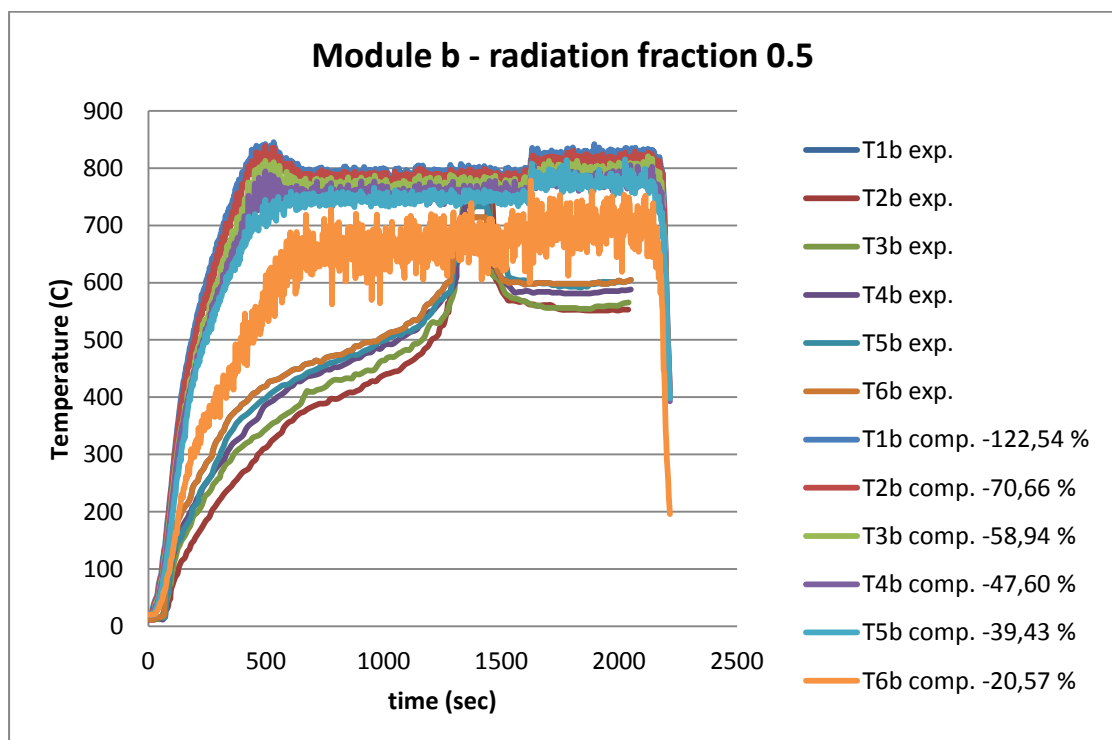
Σχήμα 4.14, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου e, για τη περίπτωση μελέτης 2



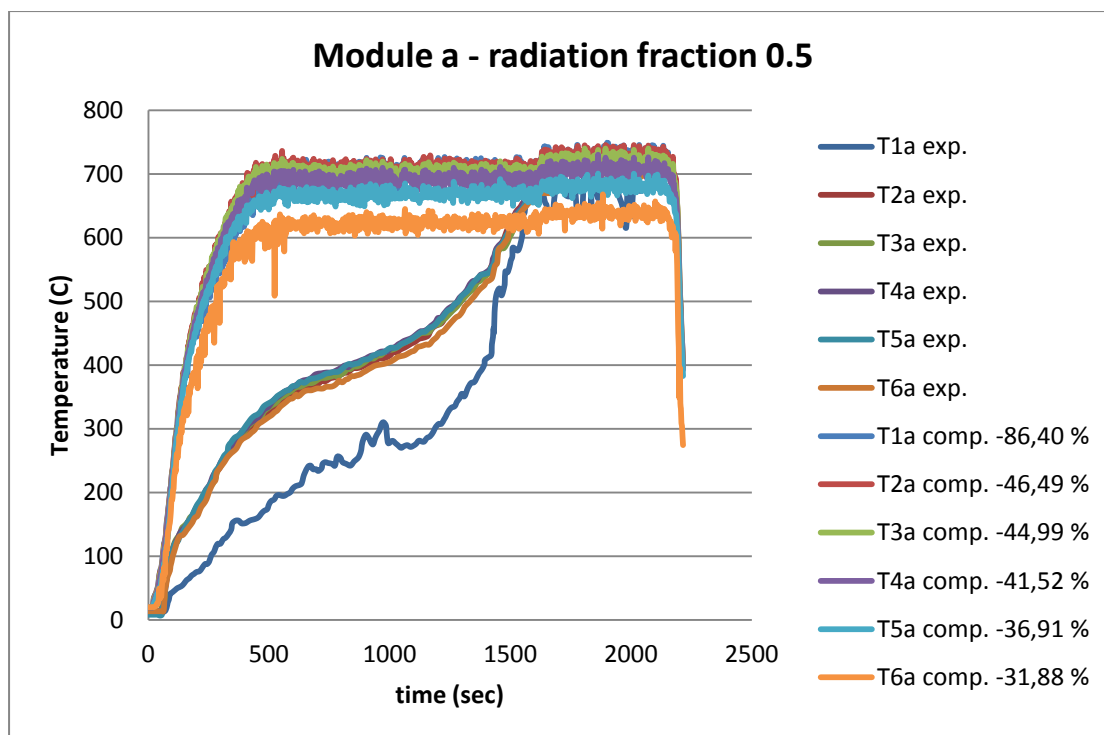
Σχήμα 4.15, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου d, για τη περίπτωση μελέτης 2



Σχήμα 4.16, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου c, για τη περίπτωση μελέτης 2



Σχήμα 4.17, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου b, για τη περίπτωση μελέτης 2



Σχήμα 4.18, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου a, για τη περίπτωση μελέτης 2

Κοινό χαρακτηριστικό των διαγραμμάτων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.13 έως 4.15, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους f,e και d είναι ότι παρουσιάζουν παρόμοια μορφή. Οι γραφικές παραστάσεις των σχημάτων 4.13 έως 4.15 των υπολογιζόμενων μεγεθών παρουσιάζουν ένα αρχικό μέγιστο το οποίο αντιστοιχεί στο τέλος της υπεραεριζόμενης φάσης της φωτιάς, και το οποίο είναι μεταξύ 1000 °C και 1200 °C για τον υποχώρο f, και μεταξύ 800 °C και 1000 °C για τους υποχώρους e και d. Στη συνέχεια η θερμοκρασία σε αυτούς τους υποχώρους σταθεροποιείται κοντά στους 800 °C περίπου, για όλα τα θερμοστοιχεία για τόσο χρονικό διάστημα όσο διαρκεί η υποαεριζόμενη φάση της φωτιάς, και ακολουθεί τοπικό μέγιστο των θερμοκρασιών το οποίο αντιστοιχεί στη φάση της εξόδου της φλόγας από το διαμέρισμα. Αντίστοιχα τα διαγράμματα των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.16 έως 4.18, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους c,b και a παρουσιάζουν παρόμοια μορφή, η οποία διαφέρει από τη μορφή των διαγραμμάτων 4.13 – 4.15 στο ότι απουσιάζουν τα δύο τοπικά μέγιστα. Επιπρόσθετα η υποαεριζόμενη περίοδος της φωτιάς αντιστοιχεί σε εύρος θερμοκρασιών 800 °C – 1000 °C, για τον υποχώρο c, 650 °C – 800 °C για τον υποχώρο b και 600 °C- 700 °C για τον υποχώρο a, καθ ύψος. Οπότε συμπεραίνεται ότι παρατηρείται μείωση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από τον υποχώρο f προς τον υποχώρο a, για την υποαεριζόμενη φάση της φωτιάς. Αυτό ισχύει γιατί όσο η ροή οδηγείται από τον υποχώρο f προς την έξοδο του διαμερίσματος αναμιγνύεται με χαμηλής θερμοκρασίας αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον ο οποίος εισέρχεται από το κάτω

μέρος του ανοίγματος, και ψύχεται. Γενικά παρατηρείται στρωματοποίηση των τιμών των θερμοκρασιών καθ ύψος του κάθε υποχώρου.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαγραμμάτων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων όλων των υποχώρων, είναι η υπερεκτίμηση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από το πρόγραμμα FDS. Σύμφωνα με τα μεγέθη των ολικών σφαλμάτων εμβαδού %, που αναγράφονται στα σχήματα 4.13 έως 4.18, τα ολικά σφάλματα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μειώνονται με φορά από το θερμοστοιχείο T1 (κοντά στην οροφή) στο θερμοστοιχείο T6 (κοντά στο δάπεδο). Συγκεκριμένα στον υποχώρο f παρουσιάζονται ολικά σφάλματα από -69,80 % έως -46,50 %, στον υποχώρο e από -88,85 % έως -32,55 %, στον υποχώρο d από -101,74 % έως -34,47 %, στον υποχώρο c από -112,64 % έως -42,50 %, στον υποχώρο b από -122,54 % έως -20,57 % και στον υποχώρο a από -86,40 % έως -31,88 %. Σύμφωνα με το πίνακα 8.42 του παραρτήματος 2, το μέσο ολικό % σφάλμα όλων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου του διαμερίσματος, της δεύτερης περίπτωσης προσομοίωσης, παρουσιάζεται στο πίνακα 4.10. Συγκρίνοντας τις τιμές των ολικών σφαλμάτων όλων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης περίπτωσης μελέτης, διαπιστώνεται ότι η δεύτερη περίπτωση μελέτης πετυχαίνει μια μικρή μείωση του ολικού σφάλματος σε όλες τις υπολογιζόμενες θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το πίνακα 8.43 του παραρτήματος 2, η μέση μείωση του ολικού % σφάλματος, που πετυχαίνει η περίπτωση μελέτης 2 ως προς τη περίπτωση μελέτης 1, για κάθε υποχώρο του διαμερίσματος παρουσιάζεται στο πίνακα 4.11.

Πίνακας 4.10, Μέσο % ολικό σφάλμα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 2

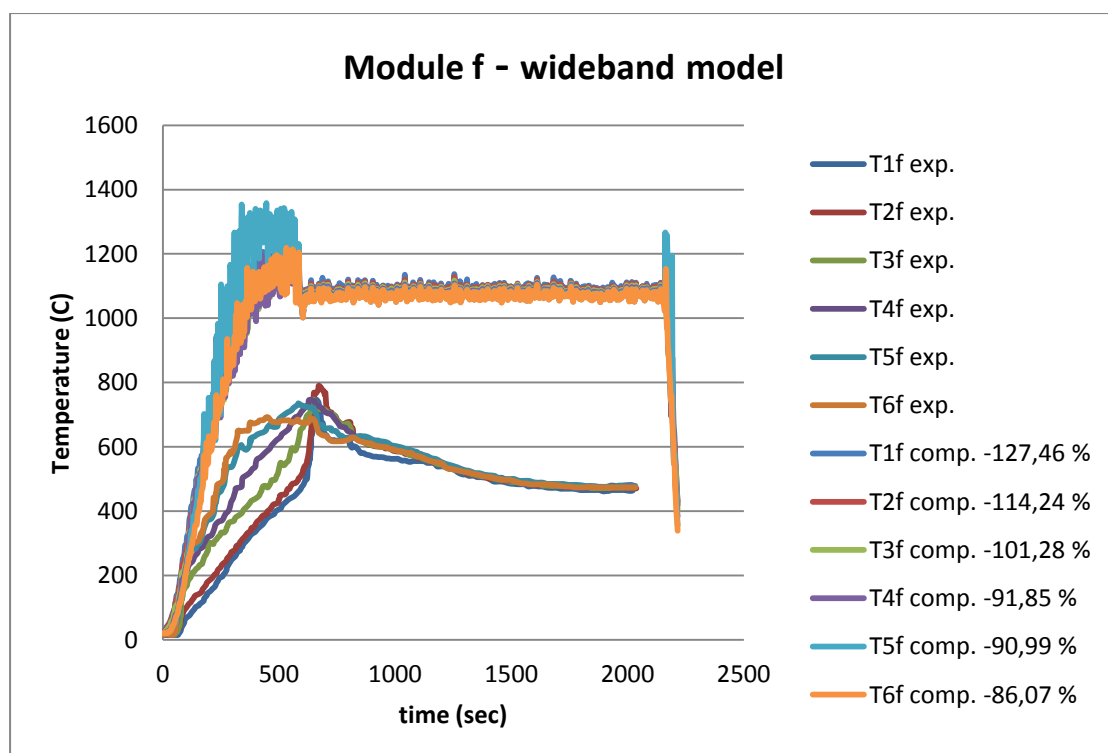
Υποχώρος	Μέσο % ολικό σφάλμα της περίπτωσης 2
f	-51,83
e	-53,66
d	-62,41
c	-67,48
b	-59,95
a	-48,03

Πίνακας 4.11, Μείωση μέσου % ολικού σφάλματος κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 2 ως προς τη περίπτωση 1

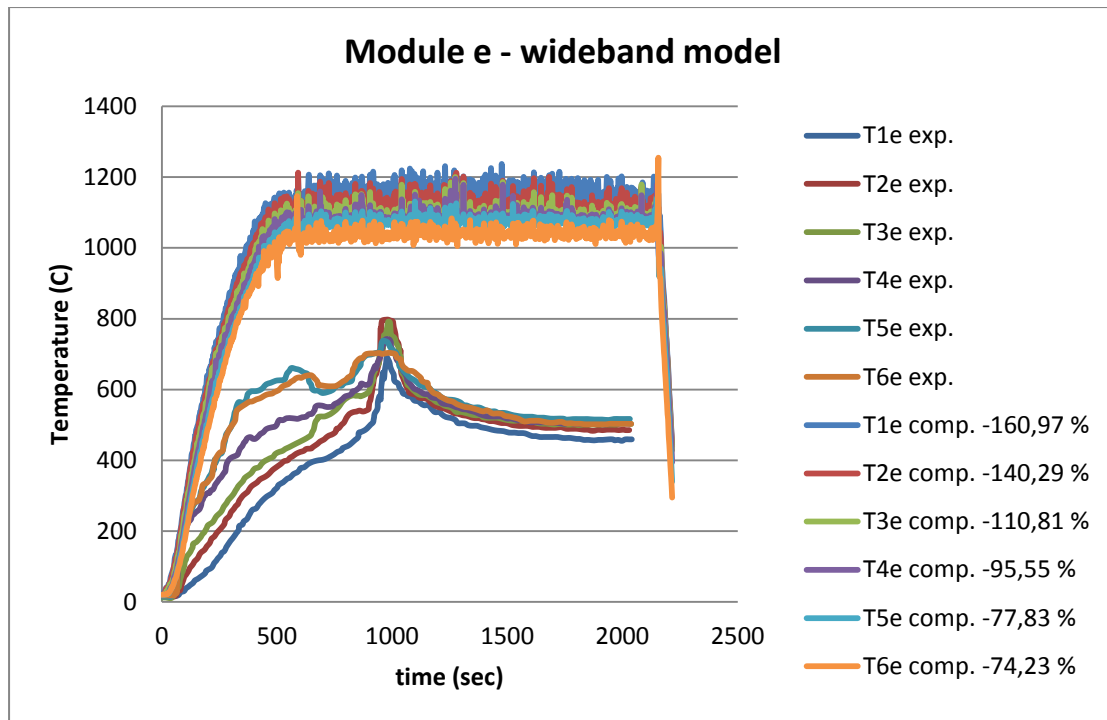
Υποχώρος	Μείωση μέσου % ολικού σφάλματος κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 2 ως προς τη περίπτωση 1
f	-11,34
e	-3,16
d	-3,59
c	-4,69
b	-2,63
a	-1,83

4.3.2.3 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος, για τη 3^η περίπτωση προσομοίωσης.

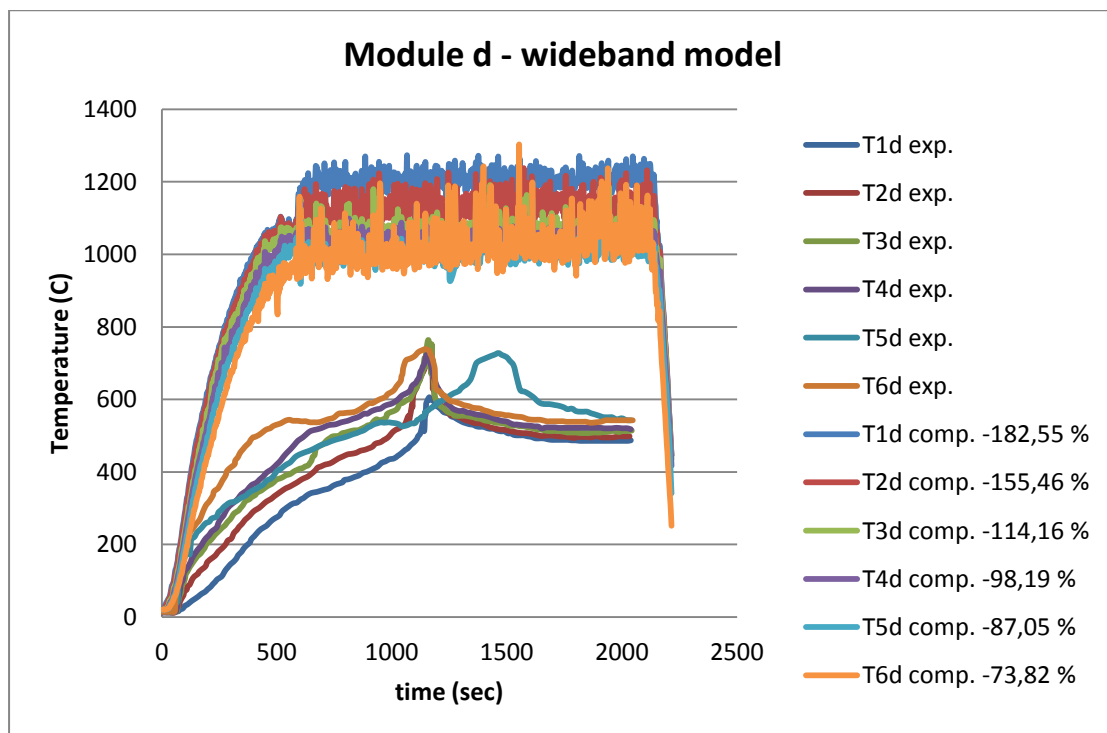
Με στόχο τη μείωση του ολικού % σφάλματος εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων αποτελεσμάτων του μεγέθους της θερμοκρασίας και να διερευνηθεί συνδυαστικά η επίδραση διαφορετικού μοντέλου ακτινοβολίας στην υπολογιστική μελέτη του πεδίου ροής, στη τρίτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.35 (προεπιλεγμένη τιμή), χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας wideband και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Δηλαδή στη τρίτη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση που επιφέρει στη λύση, η χρησιμοποίηση νέου μοντέλου ακτινοβολίας (wideband model). Στα παρακάτω σχήματα 4.19 έως 4.24, παρουσιάζονται οι πειραματικές (exp.) (σχήμα 4.5) και οι υπολογιζόμενες με το πρόγραμμα FDS (comp.) θερμοκρασίες των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας ως συνάρτηση του χρόνου, για κάθε ένα υποχώρο (module).



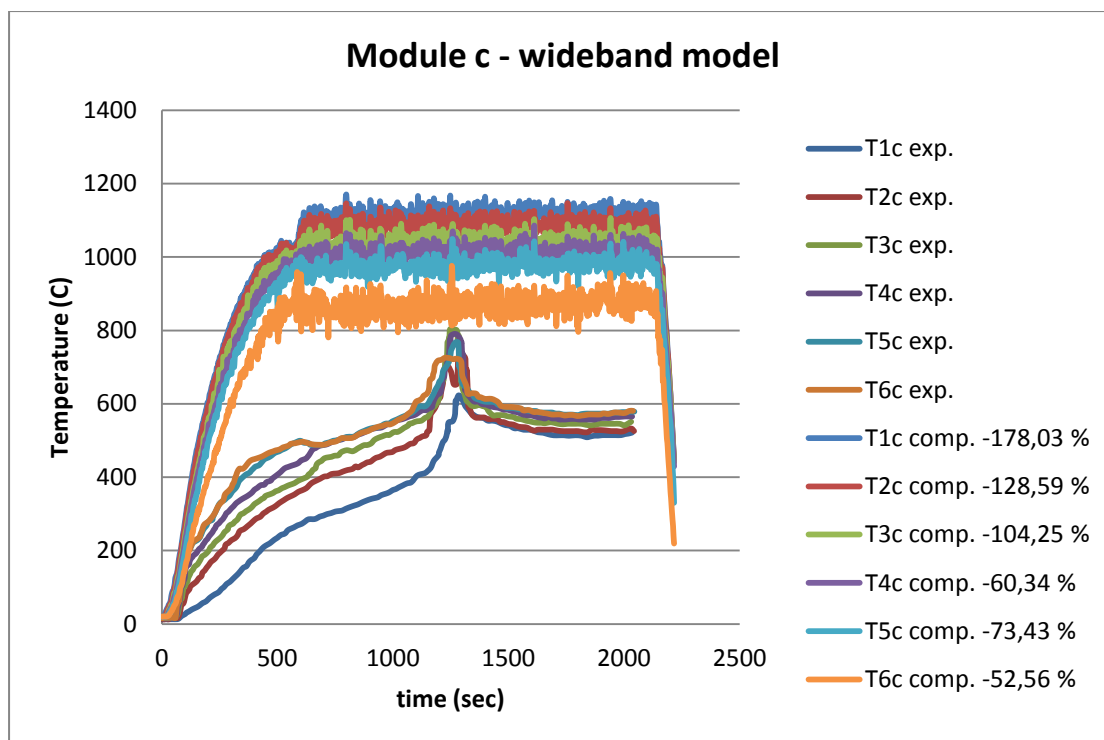
Σχήμα 4.19, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου f, για τη περίπτωση μελέτης 3



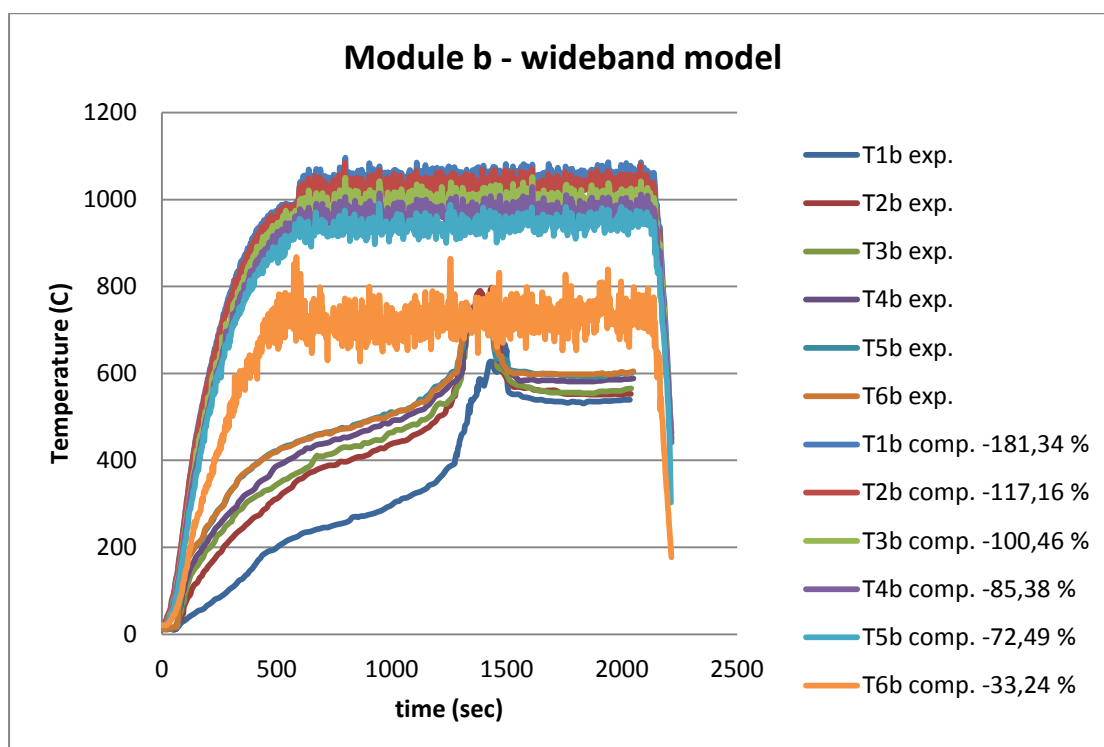
Σχήμα 4.20, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου e, για τη περίπτωση μελέτης 3



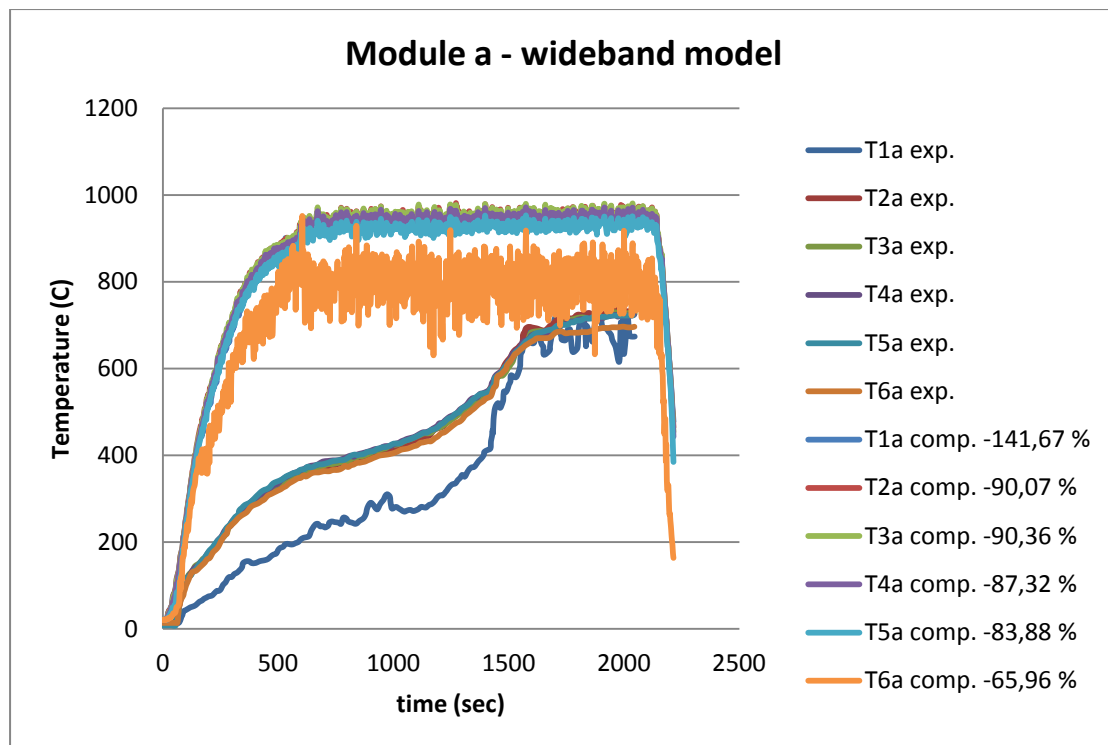
Σχήμα 4.21, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου d, για τη περίπτωση μελέτης 3



Σχήμα 4.22, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου c, για τη περίπτωση μελέτης 3



Σχήμα 4.23, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου b, για τη περίπτωση μελέτης 3



Σχήμα 4.24, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου a, για τη περίπτωση μελέτης 3

Για να μελετηθεί συνολικά, καθ' όλη τη διάρκεια της υπολογιστικής προσομοίωσης, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των υπολογιστικών τιμών της θερμοκρασίας σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (4.2). Με βάση τη σχέση (4.2), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων από το πρόγραμμα θερμοκρασιών, δίνεται για κάθε υποχώρο και θερμοστοιχείο στα σχήματα 4.19 έως 4.24. Αναλυτικά δεδομένα πειραματικών και υπολογιστικών δεδομένων παρουσιάζονται στο πίνακα 8.44 του παραρτήματος 2.

Κατά τη χρησιμοποίηση του μοντέλου ακτινοβολίας wideband, μόνο τα διαγράμματα των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών που αντιστοιχούν στον υποχώρο f, εμφανίζουν στις καμπύλες τους τα δύο τοπικά μέγιστα που αντιστοιχούν στο τέλος των υπεραεριζόμενων και υποαεριζόμενων φάσεων της φωτιάς, αντίστοιχα. Τα τοπικά μέγιστα θερμοκρασιών στο τέλος της υποαεριζόμενης φάσης φωτιάς παρουσιάζουν τιμές από 1200 °C έως 1400 °C περίπου. Στη συνέχεια η θερμοκρασία στον υποχώρο f σταθεροποιείται κοντά στους 1100 °C περίπου, για όλα τα θερμοστοιχεία για τόσο χρονικό διάστημα όσο διαρκεί η υποαεριζόμενη φάση της φωτιάς, και ακολουθεί τοπικό μέγιστο των θερμοκρασιών το οποίο αντιστοιχεί στη φάση της εξόδου της φλόγας από το διαμέρισμα. Κοινό χαρακτηριστικό των διαγραμμάτων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.20 έως 4.24, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους e,d,c,b και a είναι ότι παρουσιάζουν παρόμοια μορφή, η οποία διαφέρει σε σχέση με το σχήμα

4.19 του υποχώρου f. Επιπρόσθετα η υποαεριζόμενη περίοδος της φωτιάς αντιστοιχεί καθ ύψος, σε εύρος θερμοκρασιών 1000 °C – 1200 °C, για τον υποχώρο e, 900 °C – 1250 °C για τον υποχώρο d, 800 °C-1200 °C για τον υποχώρο c, 700 °C-1100 °C για τον υποχώρο b και 800 °C-1000 °C για τον υποχώρο a. Οπότε συμπεραίνουμε ότι παρατηρείται μείωση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από τον υποχώρο f προς τον υποχώρο a, για την υποαεριζόμενη φάση της φωτιάς. Αυτό ισχύει γιατί όσο η ροή οδηγείται από τον υποχώρο f προς την έξοδο του διαμερίσματος αναμιγνύεται με χαμηλής θερμοκρασίας αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον ο οποίος εισέρχεται από το κάτω μέρος του ανοίγματος, και ψύχεται. Γενικά παρατηρείται στρωματοποίηση των τιμών των θερμοκρασιών καθ ύψος του κάθε υποχώρου.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαγραμμάτων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων όλων των υποχώρων, είναι η μεγάλη υπερεκτίμηση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από το πρόγραμμα FDS. Σύμφωνα με τα μεγέθη των ολικών σφαλμάτων εμβαδού %, που αναγράφονται στα σχήματα 4.19 έως 4.24, τα ολικά σφάλματα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μειώνονται με φορά από το θερμοστοιχείο T1 (κοντά στην οροφή) στο θερμοστοιχείο T6 (κοντά στο δάπεδο). Συγκεκριμένα στον υποχώρο f παρουσιάζονται ολικά σφάλματα από -127,46 % έως -86,07 %, στον υποχώρο e από -160,97 % έως -74,23 %, στον υποχώρο d από -182,55 % έως -73,82 %, στον υποχώρο c από -178,03 % έως -52,56 %, στον υποχώρο b από -181,34 % έως -33,24 % και στον υποχώρο a από -141,67 % έως -65,96 %, με κατεύθυνση από το θερμοστοιχείο T1 στο θερμοστοιχείο T6. Σύμφωνα με το πίνακα 8.44 του παραρτήματος 2, το μέσο ολικό % σφάλμα όλων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου του διαμερίσματος, της τρίτης περίπτωσης προσομοίωσης, παρουσιάζεται στο πίνακα 4.12. Συγκρίνοντας τις τιμές των ολικών σφαλμάτων όλων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων μεταξύ της πρώτης, της δεύτερης και της τρίτης περίπτωσης μελέτης, διαπιστώνεται ότι στη τρίτη περίπτωση μελέτης πετυχαίνεται αύξηση του ολικού σφάλματος σε σχέση με τη πρώτη περίπτωση μελέτης για όλες τις υπολογιζόμενες θερμοκρασίες όλων των υποχώρων. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το πίνακα 8.45 του παραρτήματος 2, η μέση αύξηση του ολικού % σφάλματος, που παρατηρείται στη περίπτωση μελέτης 3 ως προς τη περίπτωση μελέτης 1, για κάθε υποχώρο του διαμερίσματος παρουσιάζεται στο πίνακα 4.13. Γενικά παρατηρείται ότι η χρησιμοποίηση του μοντέλου ακτινοβολίας wideband, δεν επέφερε καμία βελτίωση στη σύγκληση των υπολογιζόμενων μεγεθών της θερμοκρασίας σε σχέση με τη περίπτωση προσομοίωσης 2.

Πίνακας 4.12, Μέσο % ολικό σφάλμα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 3

Υποχώρος	Μέσο % ολικό σφάλμα κάθε υποχώρου της περίπτωσης 3
f	-101,98
e	-109,95
d	-118,54
c	-99,53
b	-98,35

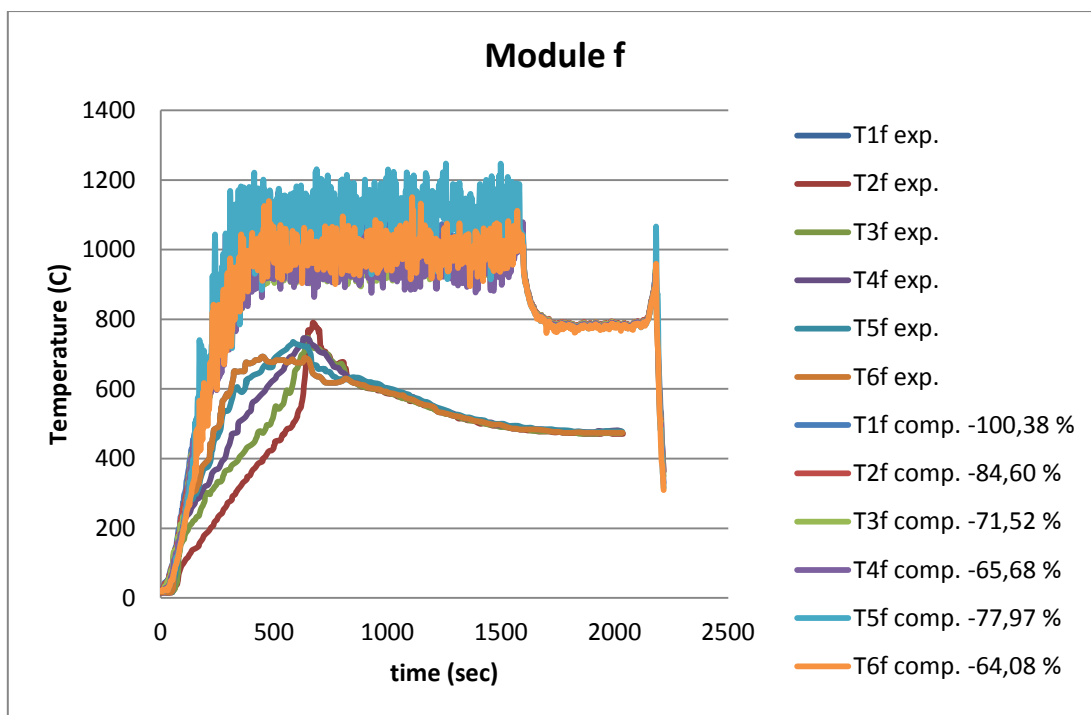
a	-93,21
---	--------

Πίνακας 4.13, Αύξηση μέσου % ολικού σφάλματος της περίπτωσης 3 ως προς τη περίπτωση 1

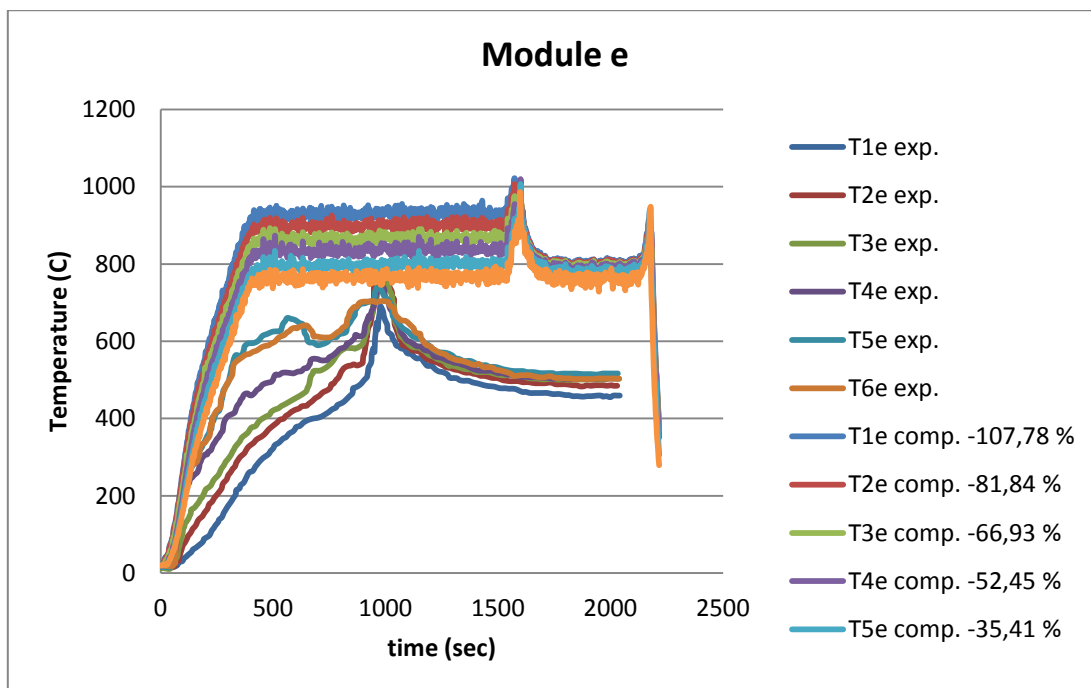
Υποχώρος	Αύξηση μέσου % ολικού σφάλματος κάθε υποχώρου της περίπτωσης 3 ως προς τη περίπτωση 1
f	38,80
e	53,11
d	52,53
c	27,35
b	35,75
a	43,34

4.3.2.4 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος, για τη 4^η περίπτωση προσομοίωσης.

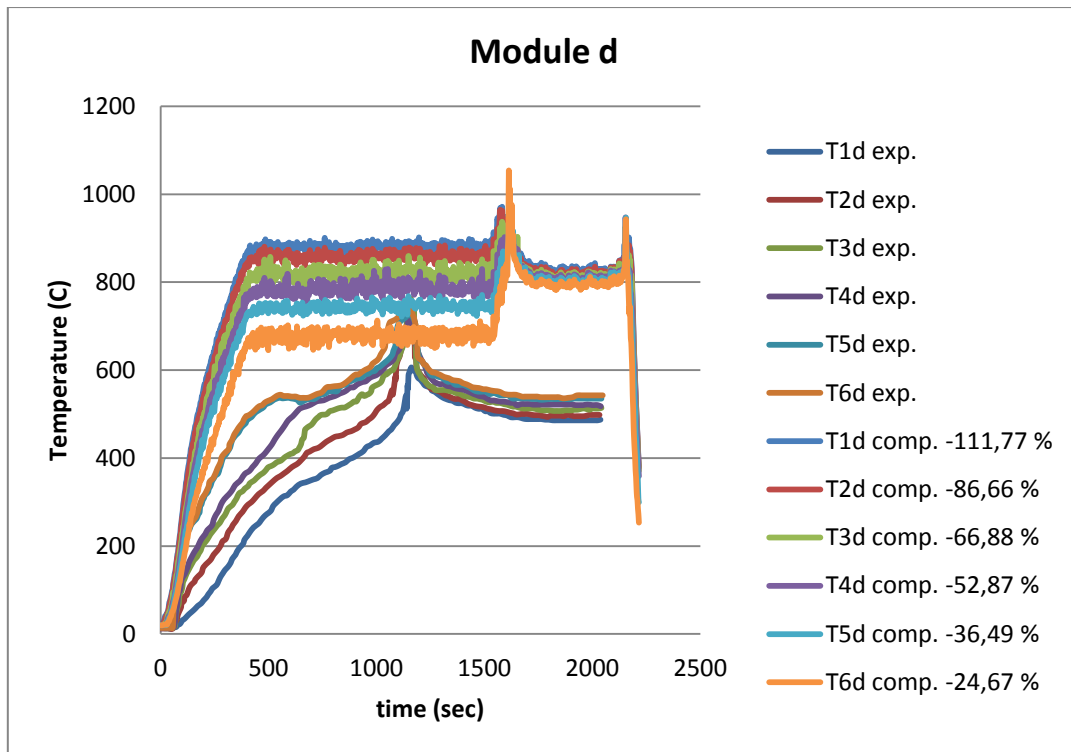
Με στόχο τη μείωση του ολικού % σφάλματος εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων αποτελεσμάτων του μεγέθους της θερμοκρασίας, στη τέταρτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η πειραματική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Experimental HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.6, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ είναι radiation fraction = 0.425, (δηλαδή χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του προτεινόμενου radiation fraction από το πρόγραμμα το οποίο είναι 0.35 και της τιμής 0.5 που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση της προσομοίωσης 2), χρησιμοποιήθηκε το προεπιλεγμένο μοντέλο ακτινοβολίας, και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Δηλαδή στη τέταρτη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση που επιφέρει στη λύση, η χρησιμοποίηση της πειραματικής καμπύλης μεταβολής της ισχύος της φωτιάς με το χρόνο σε συνδυασμό με νέα τιμή κλάσματος ακτινοβολίας. Η πειραματική καμπύλη ισχύος της φωτιάς ανταποκρίνεται στις υποαεριζόμενες συνθήκες οι οποίες επικρατούν στο διαμέρισμα και παρουσιάζει μικρότερες τιμές ισχύος σε σχέση με τη πραγματική καμπύλη ισχύος του καυστήρα, καθ όλη τη διάρκεια του πειράματος και αντιστοιχεί στην ισχύ \dot{Q}_{in} (κεφάλαιο 1). Σε αυτή τη περίπτωση προσομοίωσης διερευνήθηκε το θερμοκρασιακό πεδίο εντός του δωματίου όταν ως θερμική ισχύς της φωτιάς θεωρήθηκε η ισχύς που επικρατεί σε υποαεριζόμενες συνθήκες. Στα παρακάτω σχήματα 4.25 έως 4.30, παρουσιάζονται οι πειραματικές (exp.) (σχήμα 4.5) και οι υπολογιζόμενες με το πρόγραμμα FDS (comp.) θερμοκρασίες των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας ως συνάρτηση του χρόνου, για κάθε ένα υποχώρο (module).



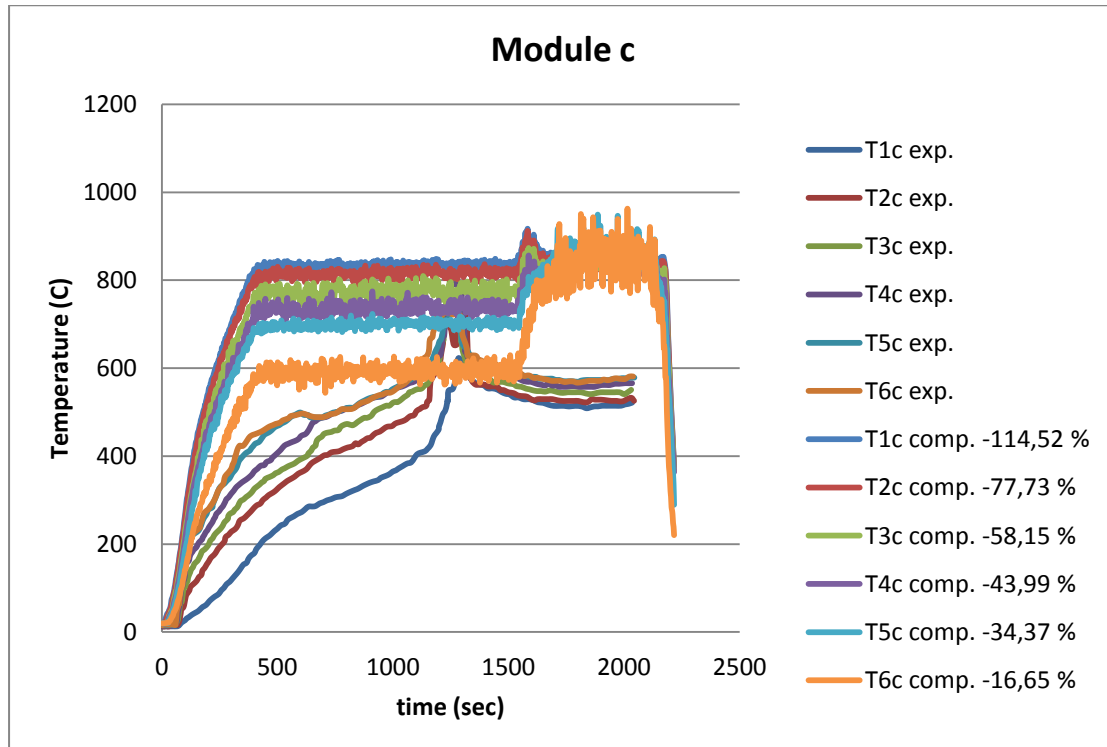
Σχήμα 4.25, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου f, για τη περίπτωση μελέτης 4



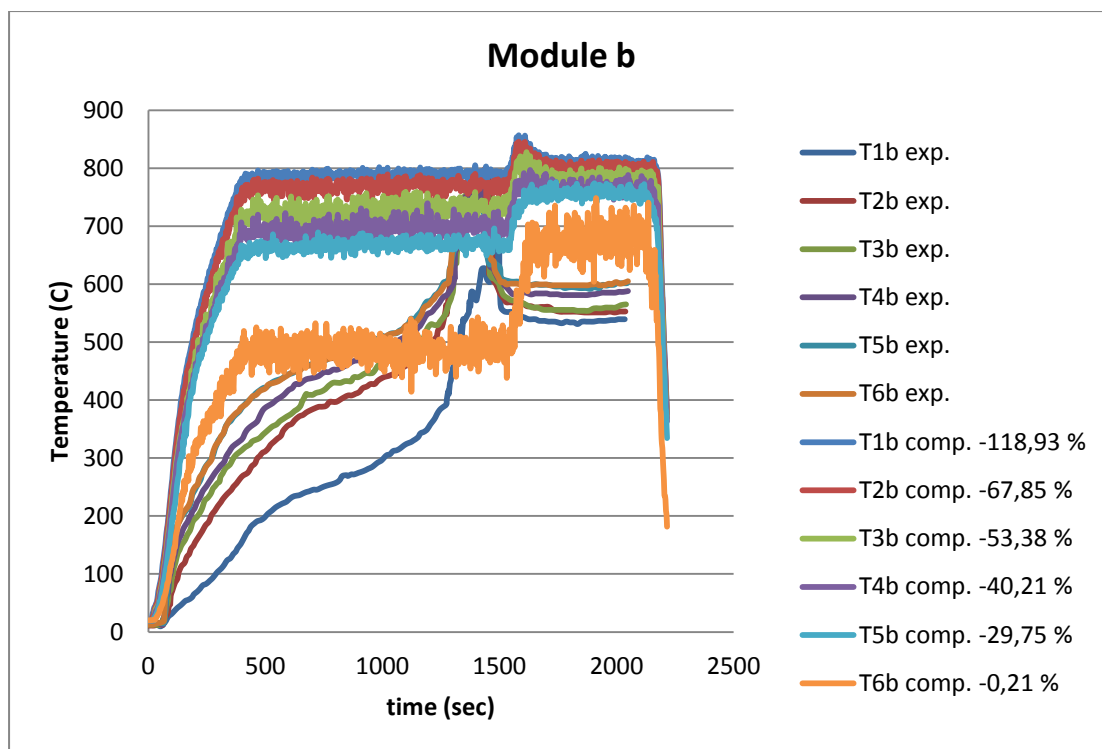
Σχήμα 4.26, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου e, για τη περίπτωση μελέτης 4



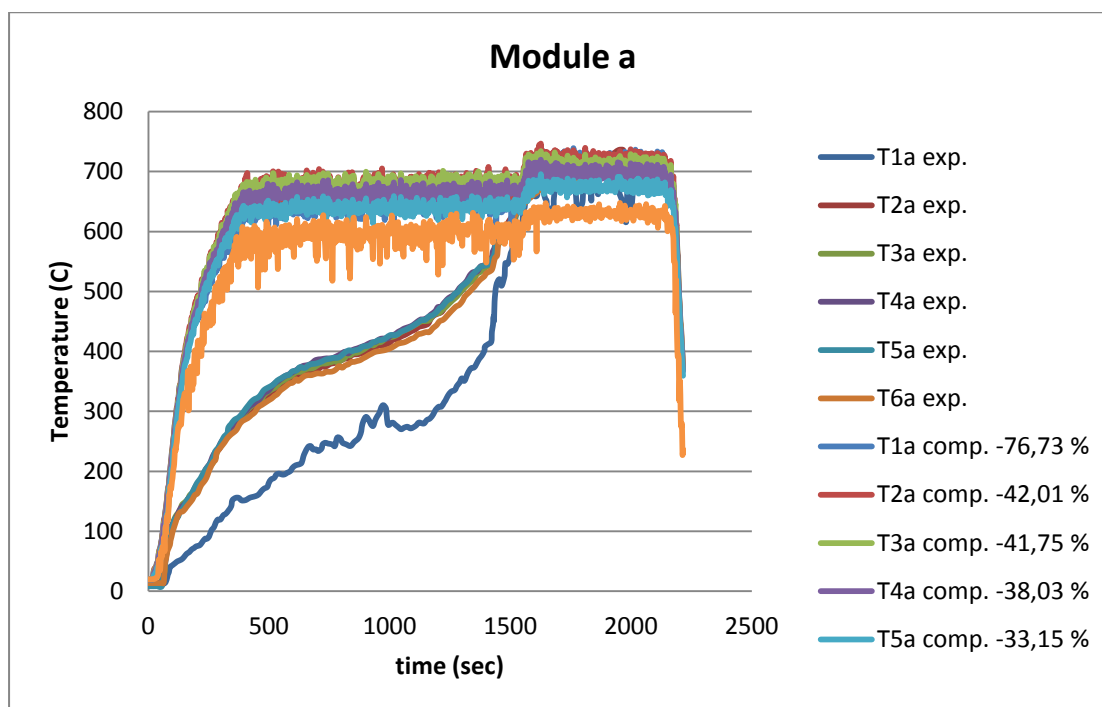
Σχήμα 4.27, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου d, για τη περίπτωση μελέτης 4



Σχήμα 4.28, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου c, για τη περίπτωση μελέτης 4



Σχήμα 4.29, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου b, για τη περίπτωση μελέτης 4



Σχήμα 4.30, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου a, για τη περίπτωση μελέτης 4

Για να μελετηθεί συνολικά, καθ' όλη τη διάρκεια της υπολογιστικής προσομοίωσης, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των υπολογιστικών τιμών της θερμοκρασίας σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (4.2). Με βάση τη σχέση (4.2), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων από το πρόγραμμα θερμοκρασιών, δίνεται για κάθε υποχώρο και θερμοστοιχείο στα σχήματα 4.25 έως 4.30. Αναλυτικά δεδομένα πειραματικών και υπολογιστικών δεδομένων παρουσιάζονται στο πίνακα 8.46 του παραρτήματος 2.

Κοινό χαρακτηριστικό των διαγραμμάτων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.25 έως 4.27, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους f, e και d είναι ότι παρουσιάζουν παρόμοια μορφή. Οι γραφικές παραστάσεις των σχημάτων 4.25 έως 4.27 των υπολογιζόμενων μεγεθών παρουσιάζουν μια αρχική, σταθερής τιμής στρωματοποίηση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών καθ' ύψος του διαμερίσματος (από 1000 °C έως 1200 °C για τον υποχώρο f, από 800 °C έως 1000 °C για τον υποχώρο e και από 700 °C έως 900 °C για τον υποχώρο d) κατά την οποία η φωτιά βρίσκεται στην υποαεριζόμενη περιοχή της. Ακολουθεί ένα μετατοπισμένο σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις προσομοίωσης τοπικό μέγιστο το οποίο φανερώνει την αρχή της εξόδου της φωτιάς από το διαμέρισμα και κυμαίνεται από 1000 °C έως 1200 °C για τον υποχώρο f, από 900 °C έως 1000 °C για τον υποχώρο e και από 1000 °C έως 1100 °C για τον υποχώρο d. Στη συνέχεια η θερμοκρασία σε αυτούς τους υποχώρους σταθεροποιείται κοντά στους 800 °C περίπου, για όλα τα θερμοστοιχεία. Αντίστοιχα τα διαγράμματα των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μέσω του προγράμματος FDS, των σχημάτων 4.28 έως 4.30, τα οποία αντιστοιχούν στους υποχώρους c, b και a παρουσιάζουν παρόμοια μορφή, η οποία διαφέρει από τη μορφή των διαγραμμάτων 4.25 – 4.27 στο ότι απουσιάζει το μετατοπισμένο τοπικό μέγιστο. Επιπρόσθετα η υποαεριζόμενη περίοδος της φωτιάς αντιστοιχεί σε εύρος θερμοκρασιών 600 °C – 800 °C, για τον υποχώρο c, 500 °C – 800 °C για τον υποχώρο b και 600 °C - 700 °C για τον υποχώρο a, καθ' ύψος. Στη συνέχεια τα διαγράμματα παρουσιάζουν τετραγωνική απόκριση με άνοδο της θερμοκρασίας και σταθεροποίησή της σε νέα, όπου στο χώρο c η θερμοκρασία σταθεροποιείται στους 800 °C, στο χώρο b στους 750 °C και στο χώρο a στους 700 °C. Σε αυτή τη φάση εξέλιξης της φωτιάς, η φλόγα βρίσκεται στο εξωτερικό του διαμερίσματος. Γενικά παρατηρείται στρωματοποίηση των τιμών των θερμοκρασιών καθ' ύψος του κάθε υποχώρου.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαγραμμάτων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων όλων των υποχώρων, είναι γενικά η υπερεκτίμηση των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών από το πρόγραμμα FDS. Σύμφωνα με τα μεγέθη των ολικών σφαλμάτων εμβαδού %, που αναγράφονται στα σχήματα 4.25 έως 4.30, τα ολικά σφάλματα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών μειώνονται με φορά από το θερμοστοιχείο T1 (κοντά στην οροφή) στο θερμοστοιχείο T6 (κοντά στο δάπεδο). Συγκεκριμένα στον υποχώρο f παρουσιάζονται ολικά σφάλματα από -100,38 % έως -64,08 %, στον υποχώρο e από -107,78 % έως -35,41 %, στον υποχώρο d από -111,77 % έως -24,67 %, στον υποχώρο c από -114,52 % έως -16,65 %, στον υποχώρο b από -118,93 % έως -0,21 % και στον υποχώρο a από -76,73 % έως -33,15 %. Σύμφωνα με

το πίνακα 8.46 του παραρτήματος 2, το μέσο ολικό % σφάλμα όλων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου του διαμερίσματος, της τέταρτης περίπτωσης προσομοίωσης, παρουσιάζεται στο πίνακα 4.14. Συγκρίνοντας τις τιμές των ολικών σφαλμάτων όλων των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων μεταξύ της δεύτερης και της παρούσας περίπτωσης μελέτης, διαπιστώνεται ότι η παρούσα περίπτωση μελέτης πετυχαίνει μια αύξηση του ολικού σφάλματος στις υπολογιζόμενες θερμοκρασίες των υποχώρων f,e,d, σε σχέση με τη περίπτωση 2, η οποία παρουσιάζει τα μικρότερα υπολογιστικά σφάλματα από τις περιπτώσεις που έχουν παρουσιαστεί, ενώ η παρούσα περίπτωση παρουσιάζει μείωση του ολικού σφάλματος στις υπολογιζόμενες θερμοκρασίες των υποχώρων c,b,a σε σχέση με τη περίπτωση προσομοίωσης 2 (radiation fraction = 0.5). Συγκεκριμένα σύμφωνα με το πίνακα 8.47 του παραρτήματος 2, η μέση μεταβολή του ολικού % σφάλματος, που πετυχαίνει η περίπτωση μελέτης 4 ως προς τη περίπτωση μελέτης 2, για κάθε υποχώρο του διαμερίσματος παρουσιάζεται στο πίνακα 4.15.

Πίνακας 4.14, Μέσο % ολικό σφάλμα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 4

Υποχώρος	Μέσο % ολικό σφάλμα της περίπτωσης 4
f	-77,37
e	-62,61
d	-63,22
c	-57,57
b	-51,73
a	-43,28

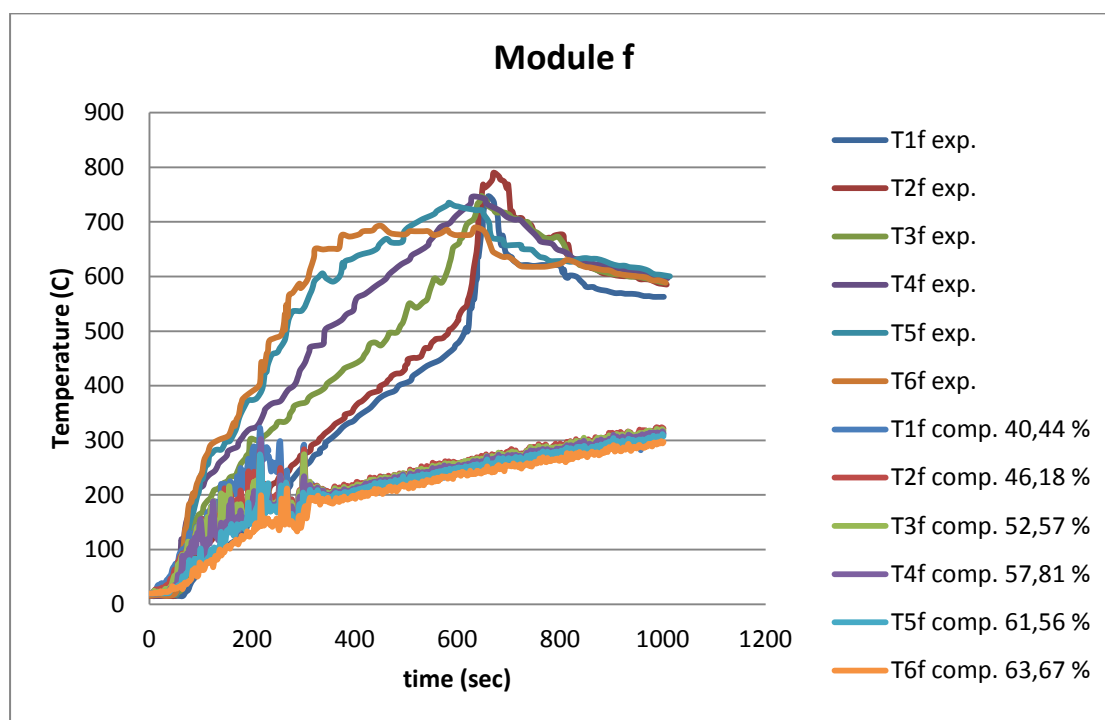
Πίνακας 4.15, Μεταβολή μέσου % ολικού σφάλματος της περίπτωσης 4 ως προς τη περίπτωση 2

Υποχώρος	Μεταβολή μέσου % ολικού σφάλματος της περίπτωσης 4 ως προς τη περίπτωση 2
f	25,53
e	8,94
d	0,81
c	-9,90
b	-8,22
a	-4,75

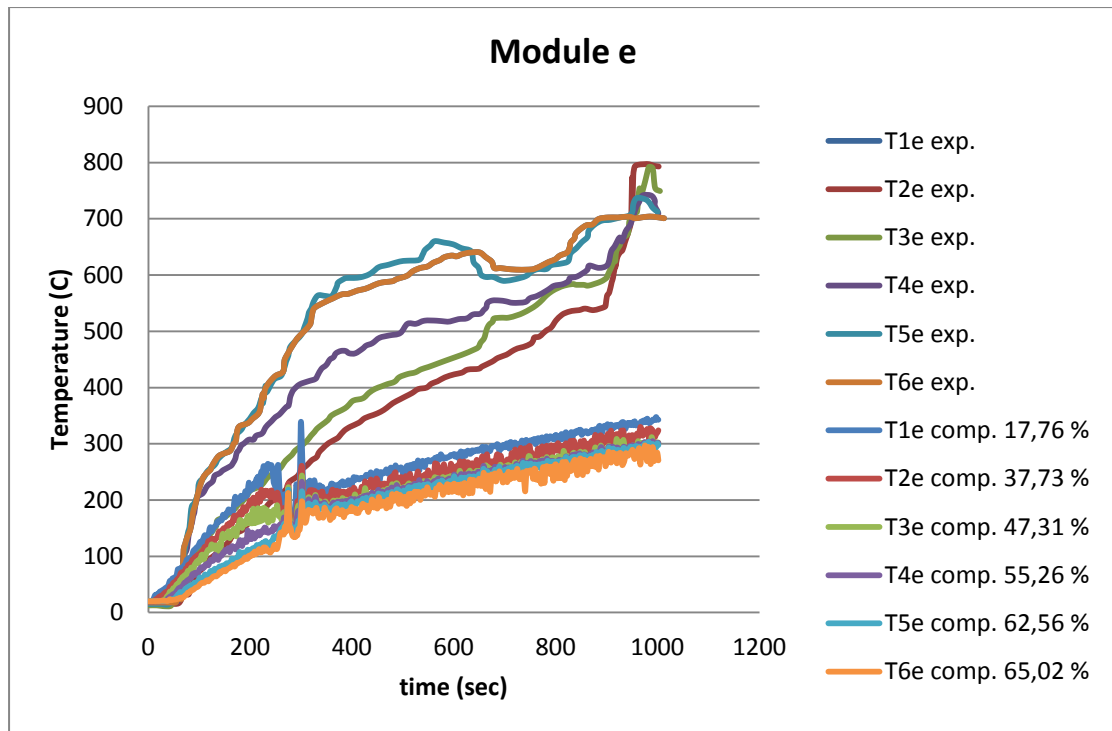
4.3.2.5 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του διαδρόμου-διαμερίσματος, για τη 5^η περίπτωση προσομοίωσης.

Με στόχο τη μείωση του ολικού % σφάλματος εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων αποτελεσμάτων του μεγέθους της θερμοκρασίας, στη πέμπτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η

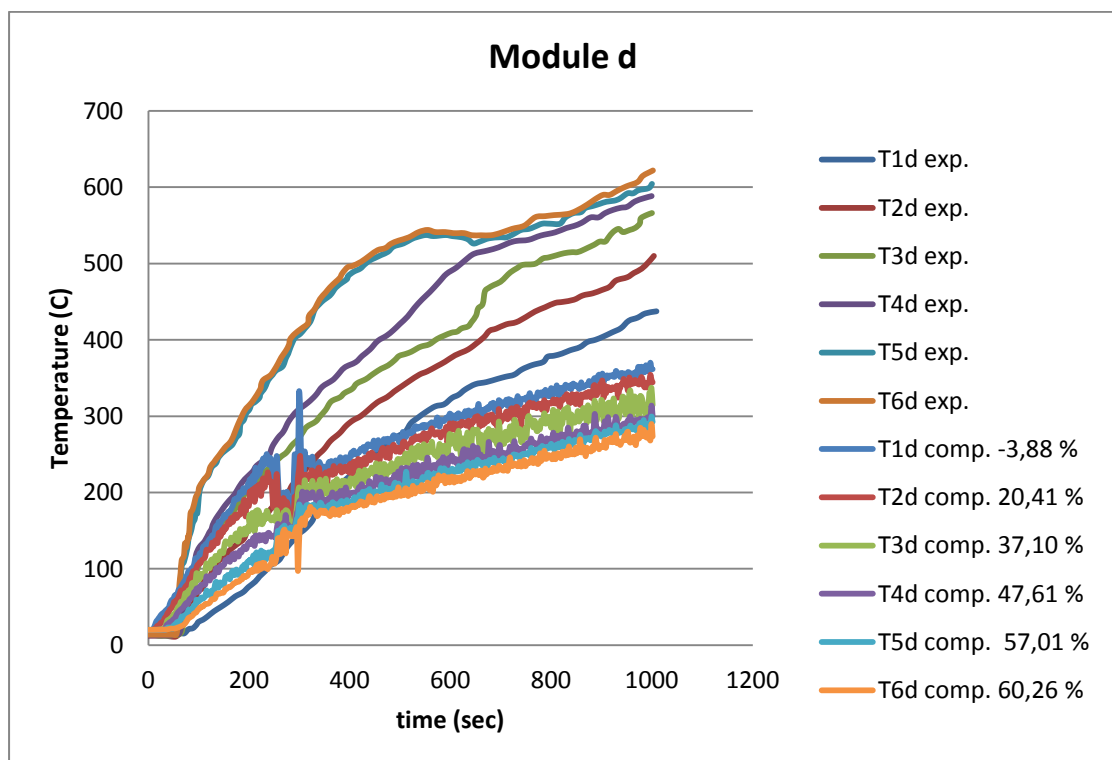
θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm με τοπική πύκνωση του πλέγματος στη περιοχή του ανοίγματος με διακομβική απόσταση 0.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύς της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.425, (δηλαδή χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του προτεινόμενου radiation fraction από το πρόγραμμα το οποίο είναι 0.35 και της τιμής 0.5 που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση της προσομοίωσης 2), χρησιμοποιήθηκε το προεπιλεγμένο μοντέλο ακτινοβολίας, και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως μη αδιαβατικά. Δηλαδή στη πέμπτη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση που επιφέρει στη λύση, η τοπική πύκνωση του πλέγματος σε συνδυασμό με τη μετάδοση θερμότητας με αγωγή των τοιχωμάτων του διαμερίσματος και η αλληλεπίδραση μεταξύ τοιχωμάτων και αερίων στον εσωτερικό χώρο του διαμερίσματος. Λόγω υψηλών απαιτήσεων υπολογιστικού χρόνου η πέμπτη περίπτωση προσομοίωσης διήρκησε 1000 δευτερόλεπτα και όχι 2215 δευτερόλεπτα, που είναι ο ολικός χρόνος του πειράματος. Στα σχήματα 4.31 έως 4.36, παρουσιάζονται οι πειραματικές (exp.) (σχήμα 4.5) και οι υπολογιζόμενες με το πρόγραμμα FDS (comp.) θερμοκρασίες των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας ως συνάρτηση του χρόνου, για κάθε ένα υποχώρο (module).



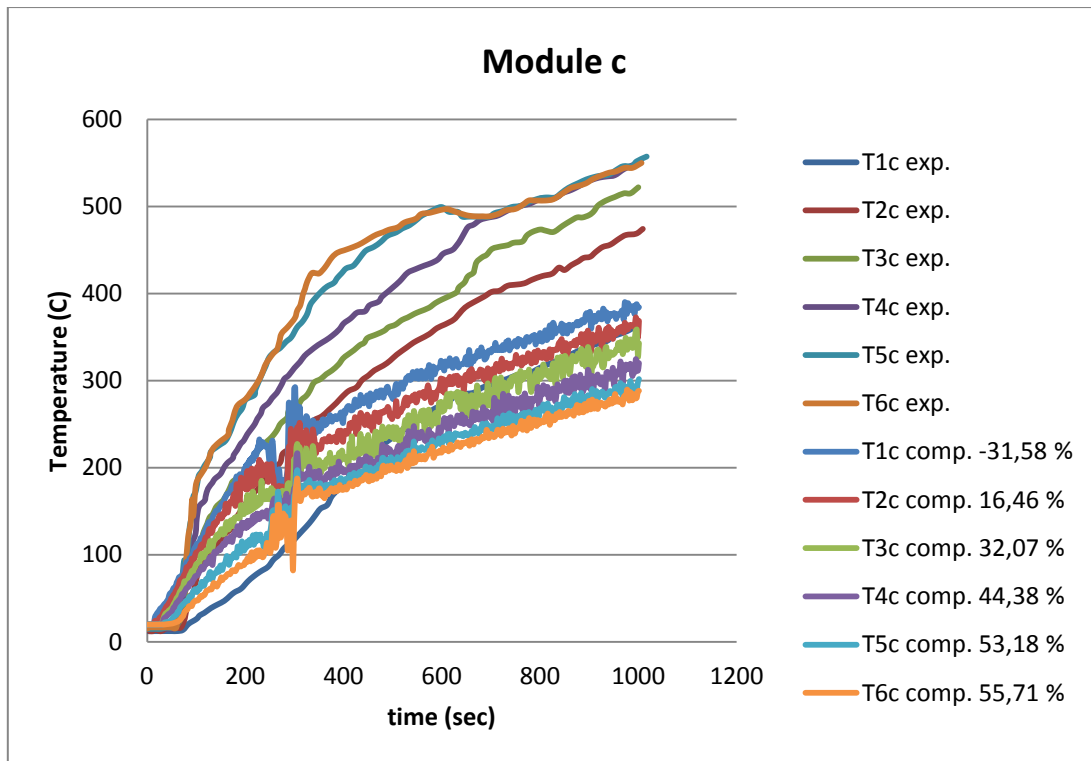
Σχήμα 4.31, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου f, για τη περίπτωση μελέτης 5



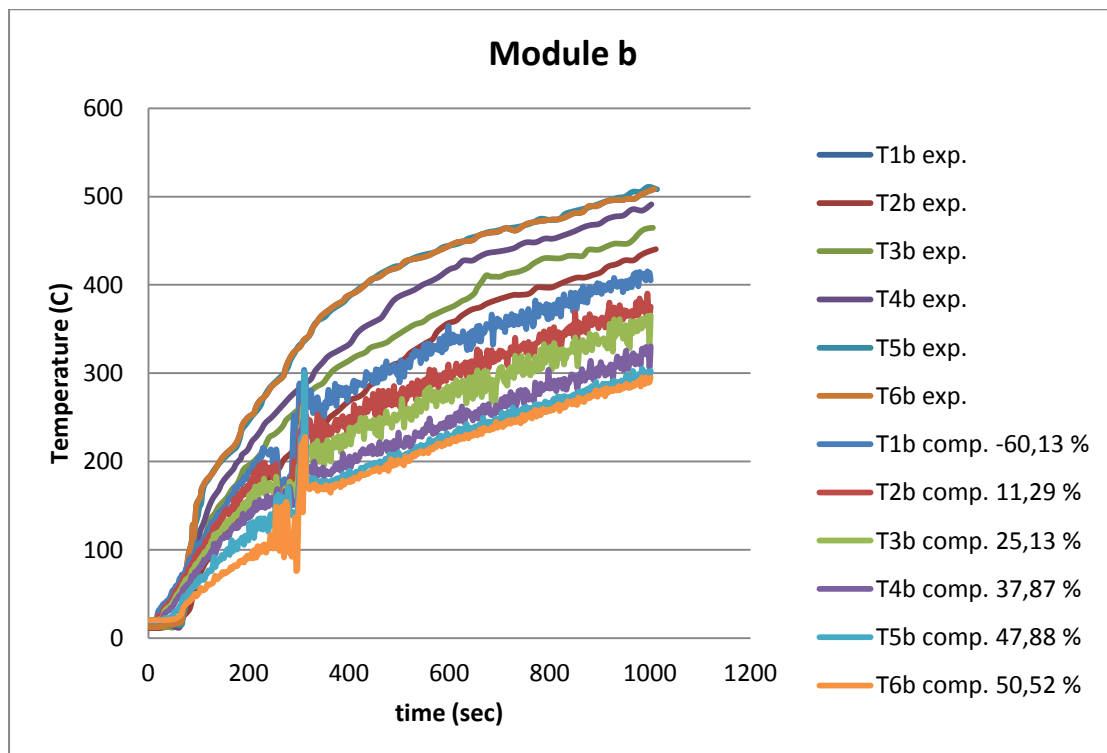
Σχήμα 4.32, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου e, για τη περίπτωση μελέτης 5



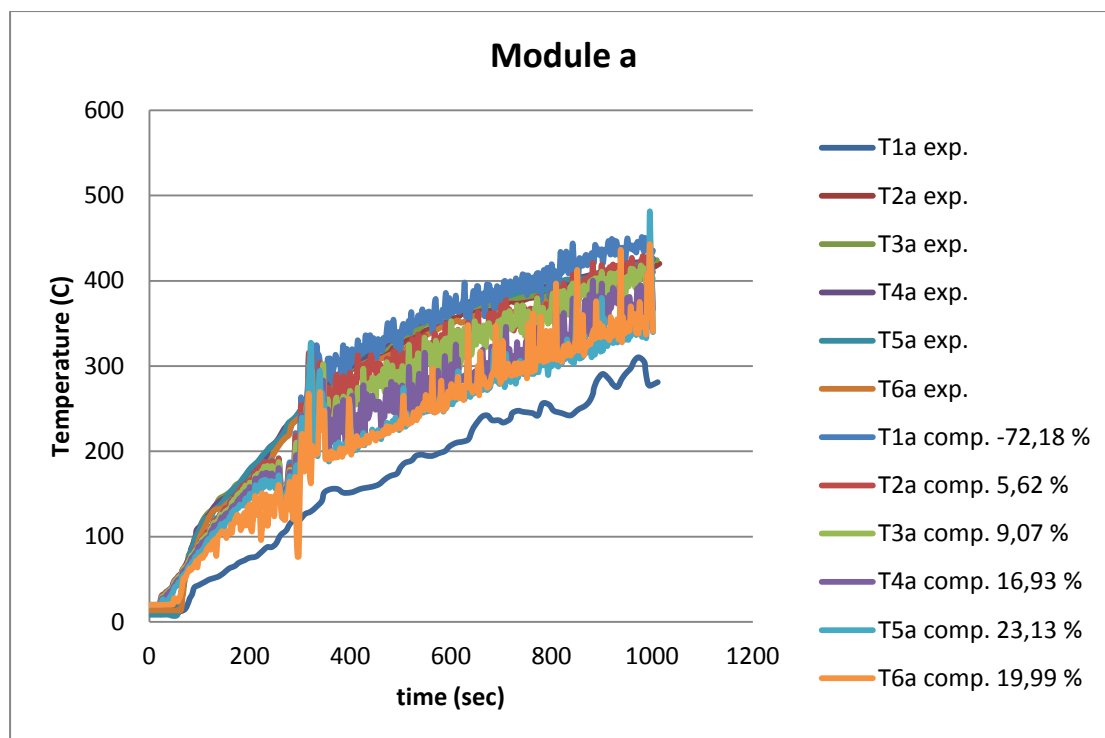
Σχήμα 4.33, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου d, για τη περίπτωση μελέτης 5



Σχήμα 4.34, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου c, για τη περίπτωση μελέτης 5



Σχήμα 4.35, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου b, για τη περίπτωση μελέτης 5



Σχήμα 4.36, Διαγράμματα πειραματικής και υπολογιζόμενης θερμοκρασίας ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων της συστοιχίας του υποχώρου a, για τη περίπτωση μελέτης 5

Για να μελετηθεί συνολικά, καθ' όλη τη διάρκεια της υπολογιστικής προσομοίωσης, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των υπολογιστικών τιμών της θερμοκρασίας σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε η σχέση (4.2). Με βάση τη σχέση (4.2), το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων από το πρόγραμμα θερμοκρασιών, δίνεται για κάθε υποχώρο και θερμοστοιχείο στα σχήματα 4.31 έως 4.36. Αναλυτικά δεδομένα πειραματικών και υπολογιστικών δεδομένων παρουσιάζονται στο πίνακα 8.48 του παραρτήματος 2.

Οι γραφικές παραστάσεις των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών στα σχήματα 4.31 έως 4.36, στο χρονικό διάστημα της προσομοίωσης των 300 πρώτων περίπου δευτερολέπτων, βρίσκονται σε ικανοποιητική συμφωνία ως προς τις αντίστοιχες πειραματικές καμπύλες θερμοκρασιών σε όλους τους υποχώρους. Στη συνέχεια οι καμπύλες των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών συγκλίνουν σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές, με κατεύθυνση από το χώρο f προς το χώρο a. Οι καμπύλες των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών του υποχώρου a, παρουσιάζουν το μικρότερο ολικό σφάλμα σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές. Κοινό χαρακτηριστικό των καμπυλών των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές, είναι ότι το πρόγραμμα FDS στη παρούσα περίπτωση προσομοίωσης, γενικά υποεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας. Επίσης το ολικό σφάλμα των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών αυξάνεται με φορά από το θερμοστοιχείο T1 (κοντά στην οροφή) στο θερμοστοιχείο T6 (κοντά στο δάπεδο) για κάθε υποχώρο. Συγκεκριμένα στον υποχώρο f παρουσιάζονται ολικά σφάλματα από 40,44 % έως

63,67 %, στον υποχώρο e από 17,76 % έως 65,02 %, στον υποχώρο d από -3,88 % έως 60,26 %, στον υποχώρο c από -31,58 % έως 55,71 %, στον υποχώρο b από -60,13 % έως 50,52 % και στον υποχώρο a από -72,18 % έως 23,13 %. Γενικά παρατηρείται στρωματοποίηση των τιμών των θερμοκρασιών καθ ύψος του κάθε υποχώρου. Σύμφωνα με το πίνακα 8.48 του παραρτήματος 2, το μέσο ολικό % σφάλμα όλων των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου του διαμερίσματος, της πέμπτης περίπτωσης προσομοίωσης, παρουσιάζεται στο πίνακα 4.16. Όπως βλέπουμε στο πίνακα 4.16, το μέσο ολικό σφάλμα των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου, μειώνεται με κατεύθυνση από τον υποχώρο f στον υποχώρο a, το οποίο σημαίνει ότι το πρόγραμμα FDS, προσομοιώνει επιτυχέστερα το θερμικό πεδίο εσωτερικά του διαμερίσματος με κατεύθυνση από τον υποχώρο f στον υποχώρο a.

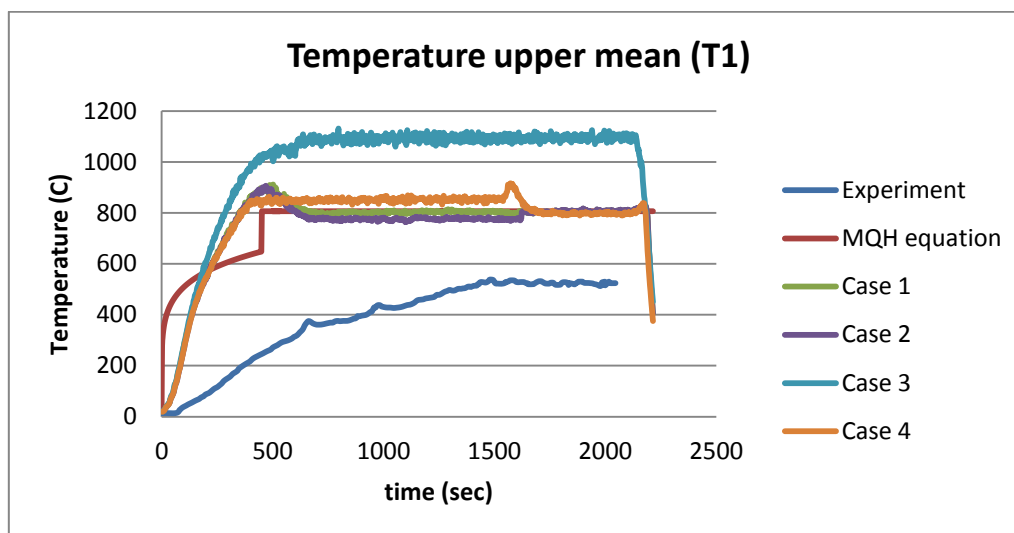
Πίνακας 4.16, Μέσο % ολικό σφάλμα υπολογιζόμενων θερμοκρασιών κάθε υποχώρου, της περίπτωσης 5.

Υποχώρος	Μέσο % ολικό σφάλμα της περίπτωσης 5
f	53,70
e	47,61
d	36,41
c	28,37
b	18,76
a	0,42

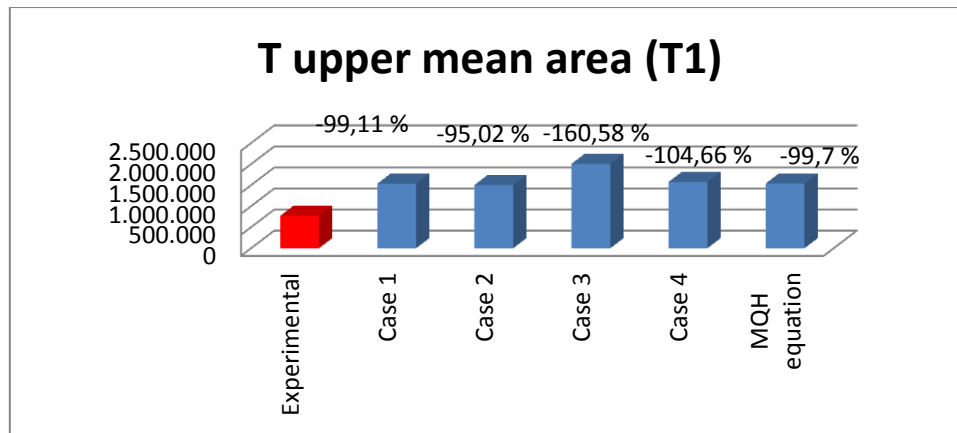
Γενικά η προσομοίωση της περίπτωσης 2, παρουσιάζει σχετικά μικρότερα ολικά % σφάλματα σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες τιμές της θερμοκρασίας σε όλους τους υποχώρους. Κοινό χαρακτηριστικό των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 4 είναι ότι υπερεκτιμούν τις τιμές των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες, ενώ αντίθετα η περίπτωση της προσομοίωσης 5, γενικά υποεκτιμά τις τιμές των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες σε όλους τους υποχώρους. Σε γενικές γραμμές η προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου του επιμήκους διαμερίσματος με τη παρούσα έκδοση 5.5.6 του προγράμματος FDS, κρίνεται ικανοποιητική, λαμβάνοντας υπόψη ότι η φωτιά είναι ισχυρά υποαεριζόμενη (λόγω της γεωμετρίας του διαμερίσματος και της θέσης της πηγής της φωτιάς), φαινόμενο στο οποίο το πρόγραμμα παρουσιάζει σχετική αδυναμία προσομοίωσης [13,38] όντας βρισκόμενο σε συνεχή εξέλιξη. Το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος ενός σταδίου με τοπική σβέση της φλόγας διάχυσης, σε συνδυασμό με το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις περιπτώσεις προσομοίωσης που διενεργήθηκαν, γενικά υπερεκτιμά το θερμοκρασιακό πεδίο εντός του διαμερίσματος, σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα, ενώ το μοντέλο ακτινοβολίας wideband κρίνεται ανεπαρκές για το φαινόμενο της υποαεριζόμενης φωτιάς το οποίο μελετάται.

4.3.2.6 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων μελέτης και αποτελέσματα σχέσεων διεθνούς βιβλιογραφίας, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο πάνω μέρος του εσωτερικού του διαδρόμου-διαμερίσματος.

Στο σχήμα 4.37 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις ως προς το χρόνο των μέσων θερμοκρασιών, στο πάνω μέρος του δωματίου κοντά στην οροφή, στη κάθετη απόσταση από την οροφή του δωματίου, η οποία καθορίζεται από τη σχέση των Motevalli-Marks (σχέση (1.45)), κατά την οποία τα θερμοστοιχεία T1F,T1E,T1D,T1C,T1B και T1A, βρίσκονται εντός αυτής. Οι μέσες θερμοκρασίες αφορούν στο μέσο όρο των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων T1F,T1E,T1D,T1C,T1B και T1A, για κάθε χρονική στιγμή, κατά την οποία η θερμική ισχύς του καυστήρα είναι ίση με 30 kW, για κάθε περίπτωση προσομοίωσης 1 έως 4. Επίσης στο σχήμα 4.37 παρουσιάζεται η σχέση των McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), η οποία αναφέρεται στη μέση τιμή θερμοκρασίας ως προς το χρόνο στο πάνω μέρος δωματίου σε απόσταση που καθορίζεται από τη σχέση (1.45). Στο σχήμα 4.38, παρουσιάζονται τα εμβαδά των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 4.37 ως προς το χρόνο, και τα επί τοις εκατό σχετικά σφάλματα εμβαδού μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 4 αλλά και της σχέσης MQH, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση πειραματική τιμή εμβαδού. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 4.38, παρέχονται στο πίνακα 8.49 του παραρτήματος 2.



Σχήμα 4.37, Διάγραμμα μέσης τιμής θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου για τη θερμική ισχύ των 30 kW, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1-4 και χρησιμοποιώντας τη σχέση των MQH (σχέση 1.35) σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).



Σχήμα 4.38, Εμβαδόν των γραφικών παραστάσεων των μέσων θερμοκρασιών ως προς το χρόνο του σχήματος 4.37, στο πάνω μέρος του δωματίου, και τα επί τοις εκατό σφάλματα εμβαδού των γραφικών παραστάσεων ως προς το εμβαδόν της αντίστοιχης πειραματικής καμπύλης.

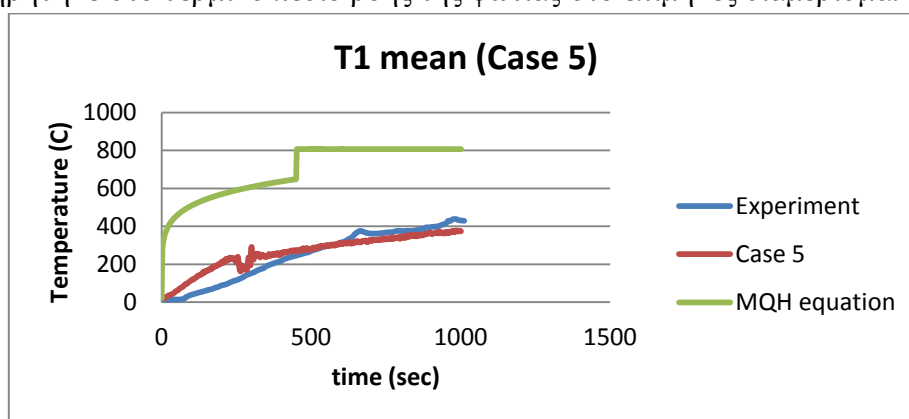
Σύμφωνα με τα σχήματα 4.37 και 4.38, η καμπύλη της σχέσης McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), αποκλίνει σημαντικά από τη πειραματική μέση καμπύλη παρουσιάζοντας συνολικό σφάλμα επί τοις εκατό εμβαδού -99,7 %. Η καμπύλη της σχέσης (MQH) προσεγγίζει αρκετά σημαντικά τη καμπύλη της περίπτωσης μελέτης 1. Τα επί τοις εκατό σφάλματα κυμαίνονται από -95,02 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 2 έως -160,58 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 3. Γενικά τόσο η σχέση (MQH) (σχέση 1.35) όσο και οι περιπτώσεις 1 έως 4, αδυνατούν να προσομοιώσουν με ικανοποιητική ακρίβεια το θερμοκρασιακό πεδίο στο πάνω μέρος του δωματίου.

Στο σχήμα 4.39 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις ως προς το χρόνο των μέσων θερμοκρασιών, στο πάνω μέρος του δωματίου κοντά στην οροφή, στη κάθετη απόσταση από την οροφή του δωματίου, η οποία καθορίζεται από τη σχέση των Motevalli-Marks (σχέση (1.45)), κατά την οποία τα θερμοστοιχεία T1F,T1E,T1D,T1C,T1B και T1A, βρίσκονται εντός αυτής. Οι μέσες θερμοκρασίες αφορούν στο μέσο όρο των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων T1F,T1E,T1D,T1C,T1B και T1A, για κάθε χρονική στιγμή, κατά την οποία η θερμική ισχύς του καυστήρα είναι ίση με 30 kW, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 στο χρονικό διάστημα προσομοίωσης των 1000 δευτερολέπτων. Επίσης στο σχήμα 4.39 παρουσιάζεται η σχέση των McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), η οποία αναφέρεται στη μέση τιμή θερμοκρασίας ως προς το χρόνο στο πάνω μέρος δωματίου σε απόσταση που καθορίζεται από τη σχέση (1.45). Στο σχήμα 4.40, παρουσιάζονται τα εμβαδά των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 4.39 ως προς το χρόνο, και τα επί τοις εκατό σχετικά σφάλματα εμβαδού μεταξύ της περίπτωσης προσομοίωσης 5 αλλά και της σχέσης MQH, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση πειραματική τιμή εμβαδού. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 4.40, παρέχονται στο πίνακα 8.50 του παραρτήματος 2.

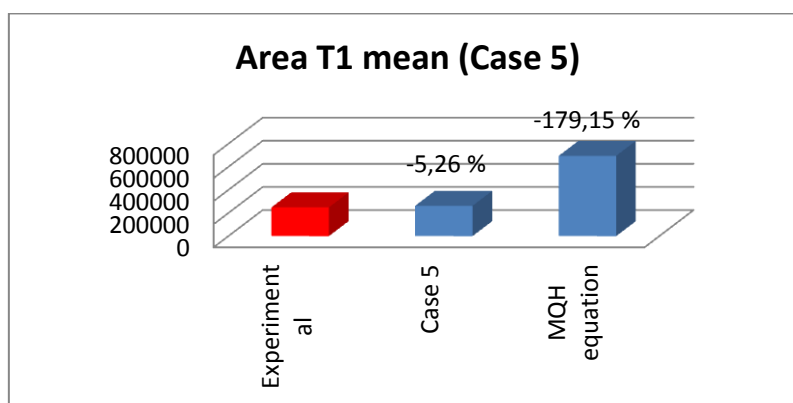
Σύμφωνα με τα σχήματα 4.39 και 4.40, η καμπύλη της σχέσης McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), αποκλίνει σημαντικά από τη πειραματική

μέση καμπύλη παρουσιάζοντας συνολικό σφάλμα επί τοις εκατό εμβαδού $-179,15\%$, οπότε η σχέση (MQH) αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το θερμοκρασιακό πεδίο στο πάνω μέρος του επιμήκους δωματίου. Αντίστοιχα η καμπύλη της περίπτωσης προσομοίωσης 5, προσεγγίζει σημαντικά ικανοποιητικά τη πειραματική μέση καμπύλη παρουσιάζοντας συνολικό επί τοις εκατό σφάλμα $-5,26\%$, το οποίο σημαίνει ότι η περίπτωση προσομοίωσης 5 προσομοιώνει ικανοποιητικά το θερμοκρασιακό πεδίο στο πάνω μέρος του επιμήκους δωματίου.

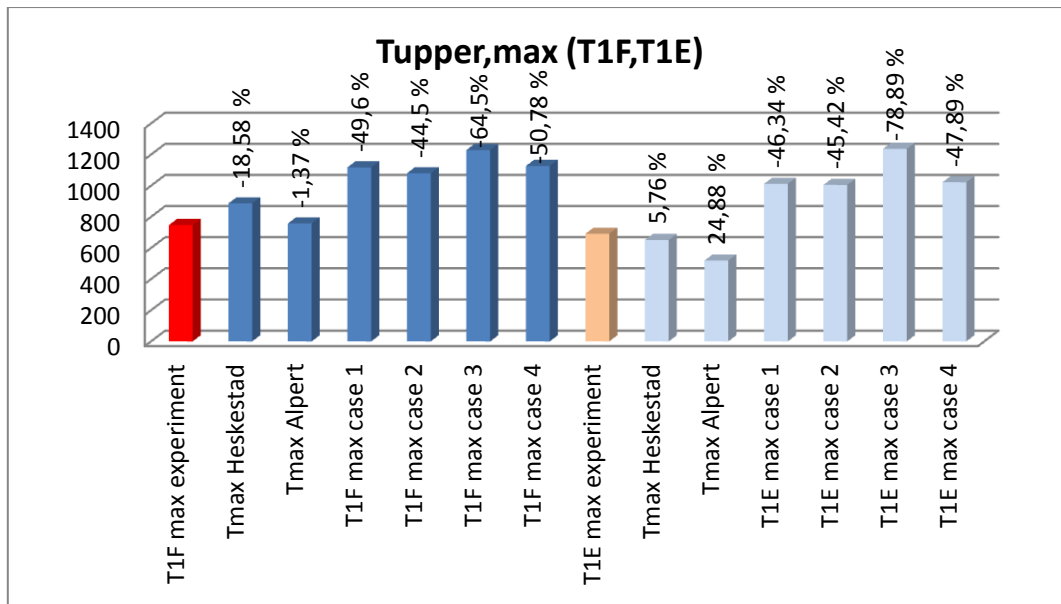
Γενική διαπίστωση η οποία παρατηρείται είναι ότι η σχέση McCaffrey-Quintiere-Harkleroad (MQH) (σχέση 1.35), προσομοιώνει με αρκετή ακρίβεια θερμικά πεδία ροής ήπιων υποαεριζόμενων φωτιών, όπως παρατηρήθηκε στο πεδίο ροής της φωτιάς του πρότυπου διαμερίσματος, ενώ αδυνατεί να προσομοιώσει με ικανοποιητική ακρίβεια θερμικά πεδία ροής ισχυρά υποαεριζόμενων φωτιών, όπως παρατηρήθηκε στο θερμικό πεδίο ροής της φωτιάς στο επίμηκες διαμέρισμα.



Σχήμα 4.39, Διάγραμμα μέσης τιμής θερμοκρασίας ως προς το χρόνο, στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου για τη θερμική ισχύ των 30 kW, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 και χρησιμοποιώντας τη σχέση των MQH (σχέση 1.35), σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).



Σχήμα 4.40, Εμβαδόν των γραφικών παραστάσεων των μέσων θερμοκρασιών ως προς το χρόνο του σχήματος 4.39, στο πάνω μέρος του δωματίου, και τα επί τοις εκατό σφάλματα εμβαδού των γραφικών παραστάσεων ως προς το εμβαδόν της αντίστοιχης πειραματικής καμπύλης.



Σχήμα 4.41, Μέγιστες τιμές θερμοκρασιών στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου για τη θερμική ισχύ των 30 kW, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1-4, και χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1.40) και (1.42) σε απόσταση από την οροφή του δωματίου η οποία καθορίζεται από τη σχέση (1.45).

Στο σχήμα 4.41, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των θερμοκρασιών για τη σταθερή τιμή της θερμικής ισχύος του καυστήρα των 30 kW, στο πάνω μέρος του δωματίου σε απόσταση από την οροφή η οποία καθορίζεται από τη σχέση των Motevalli-Marks (σχέση (1.45)). Σύμφωνα με τη σχέση αυτή τα θερμοστοιχεία T1F και T1E βρίσκονται μέσα στην απόσταση που προτείνει η σχέση (1.45), οπότε στο διάγραμμα του σχήματος 4.41, παρουσιάζονται οι μέγιστες θερμοκρασίες των δύο αυτών θερμοστοιχείων για κάθε περίπτωση προσομοίωσης, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές μέγιστων θερμοκρασιών που δίνουν οι πειραματικές σχέσεις βιβλιογραφίας των: Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) στα αντίστοιχα σημεία εγκατάστασης των θερμοστοιχείων, συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες μέγιστες πειραματικές τιμές. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 4.41, παρέχονται στους πίνακες 8.51 και 8.52 του παραρτήματος 2.

Σύμφωνα με το σχήμα 4.41, για το θερμοστοιχείο T1F, οι σχέσεις των Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) παρέχουν επί τοις εκατό σφάλματα -1,37 % και -18,58% αντίστοιχα σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή, ενώ οι περιπτώσεις προσομοίωσης παρέχουν αντίστοιχα επί τοις εκατό σφάλματα που κυμαίνονται από -44,5 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 2 έως -64,5% για τη περίπτωση προσομοίωσης 3. Η περίπτωση προσομοίωσης 2 παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα μέγιστης τιμής (-44,5 %) μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης. Γενικά η εξίσωση Alpert (σχέση (1.40)), προσομοιώνει καλύτερα τη μέγιστη θερμοκρασία στη περιοχή της οροφής σε σχέση με τη σχέση Heskestad (σχέση (1.42)) για το θερμοστοιχείο T1F. Επίσης οι περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως

4 παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερα σφάλματα σε σχέση με τις σχέσεις Alpert και Heskestad.

Σύμφωνα με το σχήμα 4.41, για το θερμοστοιχείο T1E, οι σχέσεις των Alpert (σχέση (1.40)) και Heskestad (σχέση (1.42)) παρέχουν επί τοις εκατό σφάλματα 24,88 % και 5,76% αντίστοιχα σε σχέση με την αντίστοιχη μέγιστη πειραματική τιμή, ενώ οι περιπτώσεις προσομοίωσης 1-4 παρέχουν αντίστοιχα επί τοις εκατό σφάλματα που κυμαίνονται από -45,42 % για τη περίπτωση προσομοίωσης 2 έως -78,89% για τη περίπτωση προσομοίωσης 3. Η περίπτωση προσομοίωσης 2 παρουσιάζει το μικρότερο σφάλμα μέγιστης τιμής (-45,42 %) μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης. Γενικά η εξίσωση Heskestad (σχέση (1.42)), προσομοιώνει καλύτερα τη μέγιστη θερμοκρασία στη περιοχή της οροφής σε σχέση με τη σχέση Alpert (σχέση (1.40)) για το θερμοστοιχείο T1E. Επίσης οι περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως 4 παρουσιάζουν σημαντικά μεγαλύτερα σφάλματα σε σχέση με τις σχέσεις Alpert και Heskestad.

Γενικά οι εξισώσεις Heskestad και Alpert προσομοιώνουν καλύτερα τη μέγιστη θερμοκρασία στη περιοχή της οροφής σε σχέση με τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1-4, για τα δύο θερμοστοιχεία.

4.3.2.7 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων μελέτης και αποτελέσματα σχέσεων διεθνούς βιβλιογραφίας, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του μέσου θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό μέρος του διαδρόμου-διαμερίσματος.

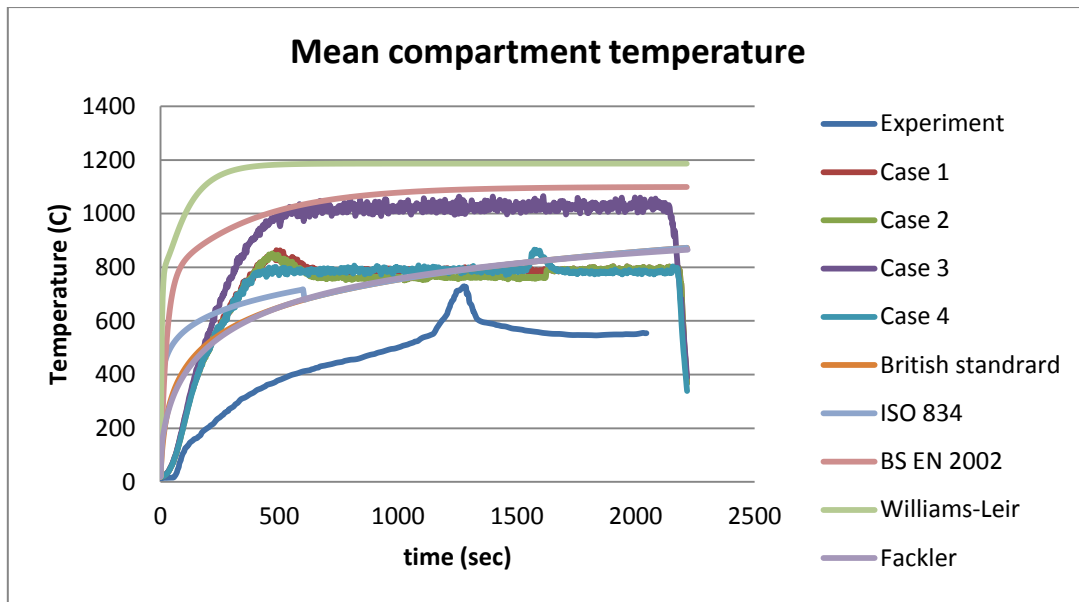
Στη παράγραφο αυτή μελετάται η μέση θερμοκρασιακή συμπεριφορά όλου του επιμήκους δωματίου, των περιπτώσεων μελέτης 1 έως 4 και με χρησιμοποίηση σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας. Οι σχέσεις τις διεθνούς βιβλιογραφίας περιγράφουν τη μέση θερμοκρασία με τη πάροδο του χρόνου, εντός δωματίου στο οποίο επικρατεί φωτιά. Οι σχέσεις αυτές είναι οι σχέσεις των : British standard (σχέση 1.25), ISO 834 (σχέσεις 1.26-1.27), Williams-Leir (σχέση 1.28), Fackler (σχέση 1.29) και BS EN 2002 (σχέση 1.32). Η μέση θερμοκρασία εντός του δωματίου ως προς το χρόνο για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1-4, προκύπτει με το μέσο όρο όλων των τιμών των θερμοκρασιών όλων θερμοστοιχείων όλων των συστοιχιών που είναι εγκατεστημένες εντός του επιμήκους δωματίου, σύμφωνα με τη σχέση (4.3), όπου 36 είναι ο συνολικός αριθμός θερμοστοιχείων που είναι εγκατεστημένα εντός του δωματίου:

$$T_{\text{mean}} = (\sum_{i=1, j=A}^{i=6, j=F} T_{ij}) / 36 \quad (4.3)$$

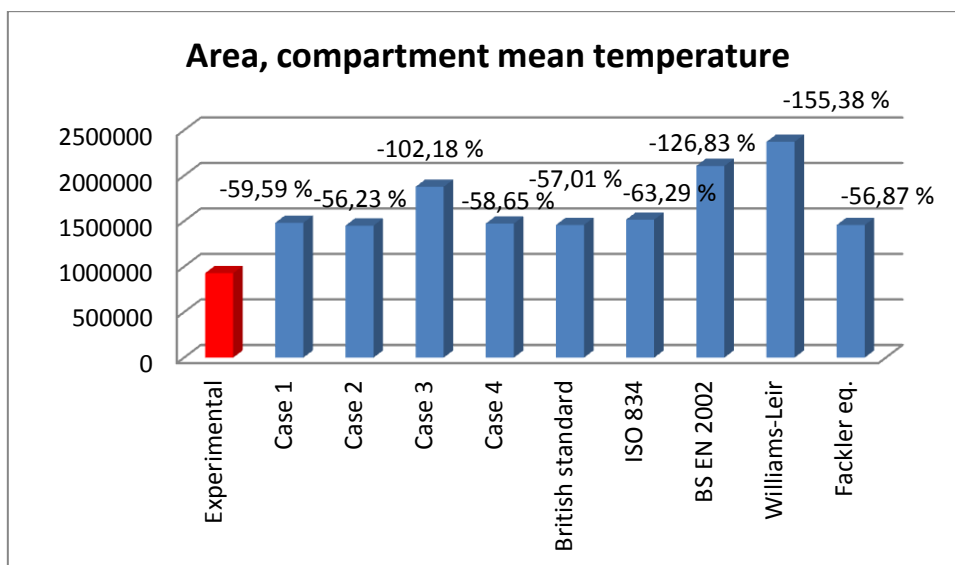
Στο σχήμα 4.42 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις ως προς το χρόνο των μέσων θερμοκρασιών, εντός του δωματίου. Οι μέσες θερμοκρασίες αφορούν στο μέσο όρο των θερμοκρασιών όλων των εγκατεστημένων θερμοστοιχείων για κάθε χρονική στιγμή, κατά την οποία η θερμική ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 30 kW, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως 4. Επίσης στο σχήμα 4.42 παρουσιάζονται οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25), ISO 834 (σχέσεις 1.26-1.27), Williams-

Leir (σχέση 1.28), Fackler (σχέση 1.29) και BS EN 2002 (σχέση 1.32), που αφορούν στη μέση τιμή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό δωματίου ως προς το χρόνο για το ίδιο χρονικό διάστημα κατά το οποίο η ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 30 kW. Στο σχήμα 4.43, παρουσιάζονται τα εμβαδά των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 4.42, ως προς το χρόνο, και τα επί τοις εκατό σχετικά σφάλματα εμβαδού μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 4, και των παραπάνω σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση πειραματική τιμή εμβαδού. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 4.43, παρέχονται στο πίνακα 8.53 του παραρτήματος 2.

Σύμφωνα με το σχήμα 4.42, οι γραφικές παραστάσεις, των περιπτώσεων προσομοίωσης 1,2 και 4 προσεγγίζουν σχετικά περισσότερο την πειραματική καμπύλη σε σχέση με τη γραφική παράσταση της περίπτωσης 3. Όλες οι περιπτώσεις προσομοίωσης υπερεκτιμούν σημαντικά τις τιμές της θερμοκρασίας καθ' όλο το χρονικό διάστημα προσομοίωσης, σε σχέση με τη πειραματική καμπύλη. Συγκεκριμένα με βάση το σχήμα 4.43, τα σχετικά ολικά σφάλματα εμβαδού για τις περιπτώσεις 1,2 και 4 είναι -59,59 %, -56,23 % και -58,65% αντίστοιχα, ενώ το επί τοις εκατό συνολικό σφάλμα εμβαδού για τη περίπτωση προσομοίωσης 3 είναι -102,18 %. Γενικά οι περιπτώσεις προσομοίωσης 1-4 σχετικά αδυνατούν να προσομοιώσουν το μέσο θερμοκρασιακό πεδίο εντός του επιμήκους δωματίου, ενώ η περίπτωση προσομοίωσης 2 παρουσιάζει το μικρότερο επί τοις εκατό σφάλμα εμβαδού μεταξύ των περιπτώσεων προσομοίωσης. Με βάση το σχήμα 4.42 οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25) και Fackler (σχέση 1.29) προσεγγίζουν καλύτερα τη μέση πειραματική καμπύλη με σφάλματα -57,01 % και -56,87 % αντίστοιχα, ενώ ακολουθούν οι σχέσεις του ISO 834 (σχέσεις 1.26-1.27) με επί τοις εκατό σφάλμα -63,29%. Οι γραφικές παραστάσεις των σχέσεων των BS EN 2002 (σχέση 1.32) και Williams-Leir (σχέση 1.28), αποκλίνουν σημαντικά από την πειραματική καμπύλη με αντίστοιχα σφάλματα -126,83 % και -155,38 % αδυνατώντας να προσομοιώσουν αρκετά το μέσο θερμοκρασιακό πεδίο εντός του δωματίου. Ειδικότερα οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25) και Fackler (σχέση 1.29) προσομοιώνουν σχετικά ικανοποιητικά το μέσο θερμοκρασιακό πεδίο στο εσωτερικό του δωματίου, προσεγγίζοντας τις γραφικές παραστάσεις των περιπτώσεων προσομοίωσης 1,2 και 4. Γενικότερα οι γραφικές παραστάσεις των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας, υπερεκτιμούν το μέγεθος της θερμοκρασίας.



Σχήμα 4.42, Διάγραμμα μέσων τιμών θερμοκρασίας στο εσωτερικό του πρότυπου δωματίου, ως προς το χρόνο για τη θερμική ισχύ των 30 kW, των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 4 και των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας.

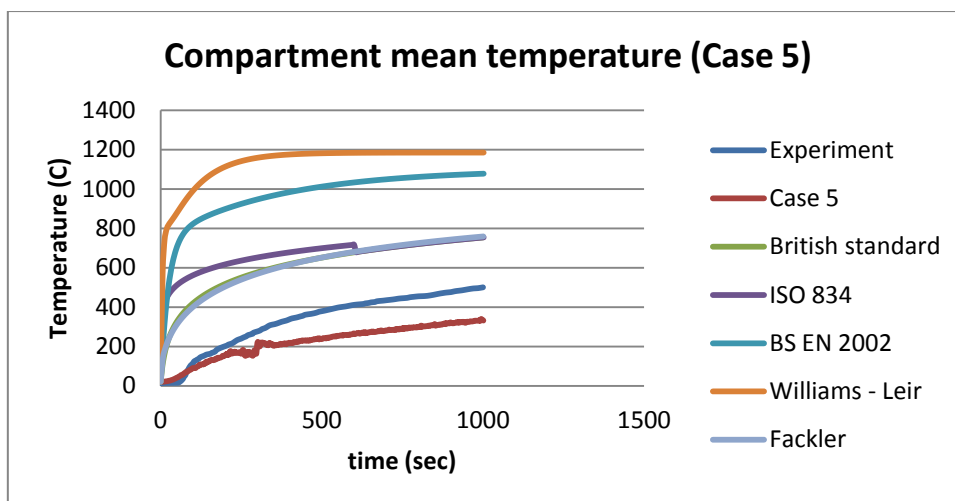


Σχήμα 4.43, Εμβαδόν των γραφικών παραστάσεων των μέσων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του δωματίου, ως προς το χρόνο του σχήματος 4.42, και τα επί τοις εκατό σφάλματα εμβαδού των γραφικών παραστάσεων ως προς το εμβαδόν της αντίστοιχης πειραματικής καμπύλης.

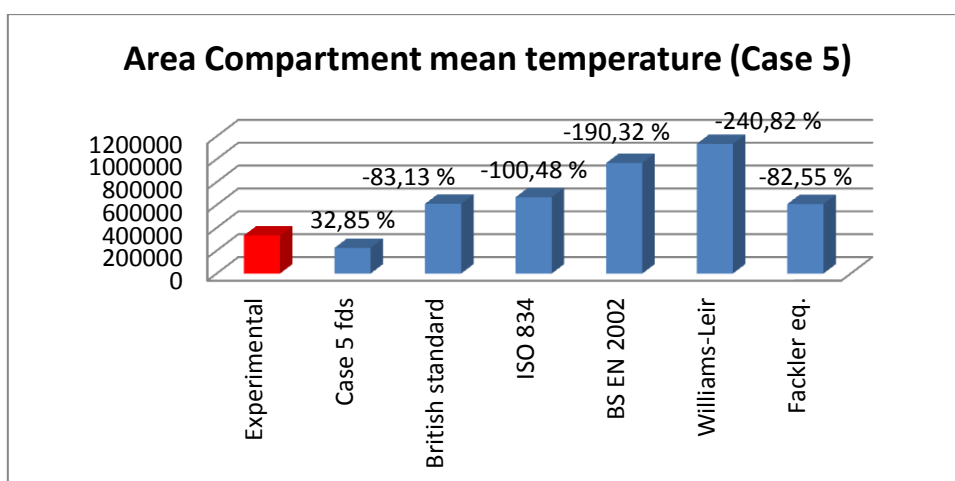
Στο σχήμα 4.44 παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις ως προς το χρόνο μέσων θερμοκρασιών, εντός του δωματίου, οι οποίες αφορούν στο μέσο όρο των θερμοκρασιών όλων των εγκατεστημένων θερμοστοιχείων για κάθε χρονική στιγμή, κατά την οποία η θερμική ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 30 kW, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5, στο χρονικό διάστημα των 1000 δευτερολέπτων. Επίσης στο σχήμα

4.44 παρουσιάζονται οι σχέσεις των British standard (σχέση 1.25), ISO 834 (σχέσεις 1.26-1.27), Williams-Leir (σχέση 1.28), Fackler (σχέση 1.29) και BS EN 2002 (σχέση 1.32), που αφορούν στη μέση τιμή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό δωματίου ως προς το χρόνο για το ίδιο χρονικό διάστημα κατά το οποίο η ισχύς της φωτιάς είναι ίση με 30 kW. Στο σχήμα 4.45, παρουσιάζονται τα εμβαδά των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 4.44, ως προς το χρόνο, και τα επί τοις εκατό σχετικά σφάλματα εμβαδού μεταξύ της περίπτωσης προσομοίωσης 5, και των παραπάνω σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας, σε σχέση με την αντίστοιχη μέση πειραματική τιμή εμβαδού. Αναλυτικά δεδομένα για τη κατασκευή του διαγράμματος του σχήματος 4.45, παρέχονται στο πίνακα 8.54 του παραρτήματος 2.

Σύμφωνα με το σχήμα 4.44, η γραφική παράσταση, της περίπτωσης προσομοίωσης 5 προσεγγίζει σχετικά περισσότερο την πειραματική καμπύλη (με ολικό σχετικό σφάλμα ίσο με 32,85 % από το σχήμα 4.45) σε σχέση με τις γραφικές παραστάσεις των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας. Όλες οι σχέσεις της βιβλιογραφίας υπερεκτιμούν σημαντικά τις τιμές της θερμοκρασίας καθ' όλο το χρονικό διάστημα προσομοίωσης, σε σχέση με τη πειραματική καμπύλη, αδυνατώντας να προσομοιώσουν ικανοποιητικά το μέσο θερμοκρασιακό πεδίο εντός του διαμερίσματος. Συγκεκριμένα με βάση το σχήμα 4.45, τα σχετικά ολικά σφάλματα εμβαδού για τις σχέσεις της βιβλιογραφίας είναι : -83,13 % για τη σχέση του British standard, -100,48 % για το ISO 834, -190,32 % για το BS EN 2002, -240,82 % για τη σχέση των Williams-Leir και -82,55 % για τη σχέση του Fackler. Οι γραφικές παραστάσεις των σχέσεων των BS EN 2002 (σχέση 1.32) και Williams-Leir (σχέση 1.28), αποκλίνουν σημαντικά από την πειραματική καμπύλη. Γενικότερα οι γραφικές παραστάσεις των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας, υπερεκτιμούν το μέγεθος της θερμοκρασίας και αδυνατούν να προσομοιώσουν με ικανοποιητική ακρίβεια θερμικά πεδία ροής ισχυρά υποαεριζόμενων φωτιών, όπως παρατηρήθηκε στο θερμικό πεδίο ροής της φωτιάς στο επίμηκες διαμέρισμα, που εξετάστηκε στο παρόν κεφάλαιο.



Σχήμα 4.44, Διάγραμμα μέσων τιμών θερμοκρασίας στο εσωτερικό του πρότυπου δωματίου, ως προς το χρόνο για τη θερμική ισχύ των 30 kW, της περίπτωσης προσομοίωσης 5 και των σχέσεων της διεθνούς βιβλιογραφίας.



Σχήμα 4.45, Εμβαδόν των γραφικών παραστάσεων των μέσων θερμοκρασιών στο εσωτερικό του δωματίου, ως προς το χρόνο του σχήματος 4.44, και τα επί τοις εκατό σφάλματα εμβαδού των γραφικών παραστάσεων ως προς το εμβαδόν της αντίστοιχης πειραματικής καμπύλης.

4.3.3 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος.

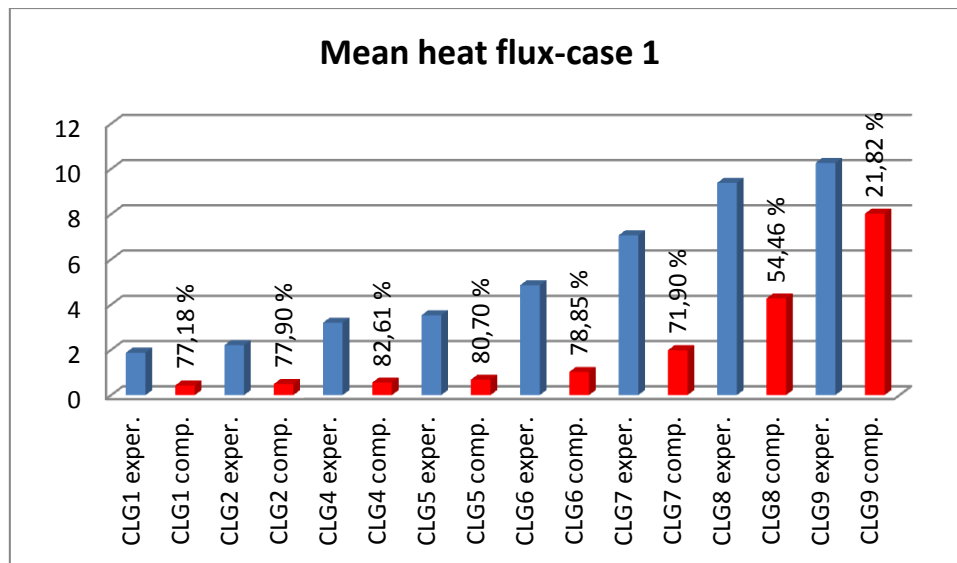
4.3.3.1 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για τη περίπτωση προσομοίωσης 1

Στη πρώτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.35 (προεπιλεγμένη τιμή), χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού σώματος και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά.

Σε αυτή τη περίπτωση προσομοίωσης υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος FDS, οι ροές θερμότητας ως προς το χρόνο, επί της πρόσοψης του διαμερίσματος, στα σημεία εγκατάστασης των μετρητικών οργάνων προσδιορισμού της ροής θερμότητας, όπως παρουσιάστηκαν στο πίνακα 4.7, και προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές τους, στο χρονικό διάστημα που η ισχύς της φωτιάς στο καυστήρα παρέμενε σταθερή και ίση με τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή 30 kW. Στο πίνακα 4.17, παρουσιάζονται οι μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες από το πρόγραμμα ροές θερμότητας καθώς και το μέσο % σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών, ενώ στο σχήμα 4.46 παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος τα αντίστοιχα αποτελέσματα του πίνακα 4.17. Όπως βλέπουμε από το πίνακα 4.17, για τη παρούσα περίπτωση προσομοίωσης, το πρόγραμμα FDS, υποεκτιμά γενικά το μέγεθος της ροής θερμότητας στην επιφάνεια της πρόσοψης. Το % μέσο ολικό σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας αυξάνεται με κατεύθυνση από το κάτω μέρος της πρόσοψης (κοντά στο πάνω μέρος του ανοίγματος) προς το πάνω μέρος της πρόσοψης, κυμαινόμενο από 21,821 % σε 82,618 %, με συνέπεια το πρόγραμμα να αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το θερμικό πεδίο πάνω από τα 13 περίπου εκατοστά από το τέλος του ανοίγματος (το τελικό ύψος του ανοίγματος βρίσκεται 0.25 m πάνω από το έδαφος), δηλαδή πάνω από το σημείο όπου βρίσκεται το όργανο CLG9, γιατί μέχρι αυτό το ύψος παρουσιάζεται το μέγιστο ανεκτό υπολογιστικό σφάλμα σύμφωνα με την ομάδα ανάπτυξης του κώδικα FDS (το μέγιστο ανεκτό υπολογιστικό σφάλμα είναι 20 %) [13,38].

Πίνακας 4.17, Μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα, για τη περίπτωση προσομοίωσης 1.

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q})" (kW/m ²)	Μέση υπολ/κή ροή θερμότητας (\dot{q})" ₁ (kW/m ²)	$[(\dot{q})"_{exp} - (\dot{q})"_{1FDS}] / (\dot{q})"_{exp}] \%$
CLG9	0,38	10,2649	8,024	21,821
CLG8	0,48	9,3819	4,271	54,465
CLG7	0,63	7,064	1,984	71,901
CLG6	0,78	4,8565	1,026	78,856
CLG5	0,93	3,532	0,682	80,701
CLG4	1,08	3,2008	0,556	82,618
CLG2	1,38	2,2075	0,487	77,904
CLG1	1,53	1,8764	0,428	77,186



Σχήμα 4.46, Διάγραμμα μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα υπολογισμών, για τη περίπτωση προσομοίωσης 1.

4.3.3.2 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για τη περίπτωση προσομοίωσης 2

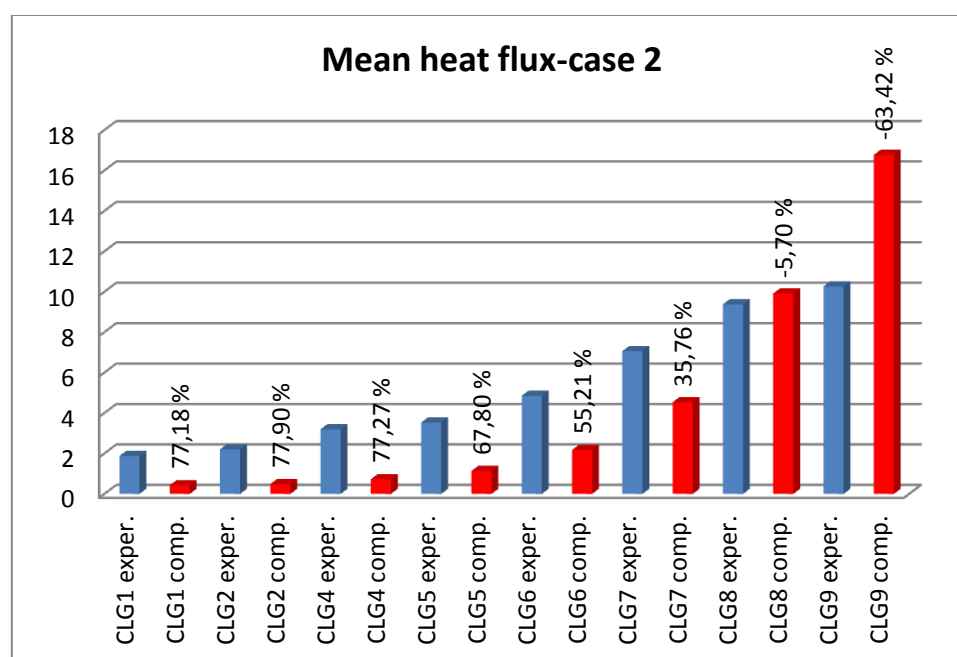
Στη δεύτερη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.5, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Δηλαδή στη δεύτερη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε το αποτέλεσμα που επιφέρει στη λύση, η χρησιμοποίηση στα δεδομένα της προσομοίωσης, μεγαλύτερης τιμής radiation fraction, από 0.35 που είναι η προεπιλεγμένη (default) ρύθμιση, σε 0.5.

Σε αυτή τη περίπτωση προσομοίωσης υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος FDS, οι ροές θερμότητας ως προς το χρόνο, επί της πρόσοψης του διαμερίσματος, στα σημεία εγκατάστασης των μετρητικών οργάνων προσδιορισμού της ροής θερμότητας, όπως παρουσιάστηκαν στο πίνακα 4.7, και προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές τους, στο χρονικό διάστημα που η ισχύς της φωτιάς στο καυστήρα παρέμενε σταθερή και ίση με τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή 30 kW. Στο πίνακα 4.18, παρουσιάζονται οι μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες από το πρόγραμμα ροές θερμότητας καθώς και το μέσο % σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών, ενώ στο σχήμα 4.47 παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος τα αντίστοιχα αποτελέσματα του πίνακα 4.18. Όπως βλέπουμε από το πίνακα 4.18, για τη παρούσα

περίπτωση προσομοίωσης, το πρόγραμμα FDS, υπερεκτιμά το μέγεθος της ροής θερμότητας από το τελικό σημείο του ύψους του ανοίγματος ως και 0,23 m πάνω από αυτό επί της κεντρικής γραμμής της πρόσοψης (ή 0,48 m από το δάπεδο του διαμερίσματος), ενώ υποεκτιμά γενικά το μέγεθος της ροής θερμότητας στην επιφάνεια της πρόσοψης, από το ύψος των 0,23 m έως το τελικό σημείο του ύψους της πρόσοψης. Το % μέσο ολικό σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας αυξάνεται με κατεύθυνση από το κάτω μέρος της πρόσοψης (κοντά στο άνοιγμα) προς το πάνω μέρος της πρόσοψης, κυμαινόμενο από -63,429 % έως 77,186 %, με συνέπεια το πρόγραμμα να αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το θερμικό πεδίο επί της πρόσοψης, πάνω από τα 23 περίπου εκατοστά από το τέλος του ανοίγματος.

Πίνακας 4.18, Μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα, για τη περίπτωση προσομοίωσης 2

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q}) ["]	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q}) ["] (kW/m ²)	Μέση υπολ/κή ροή θερμότητας (\dot{q}) ["] ₂ (kW/m ²)	$[(\dot{q})^{\text{exp}} - (\dot{q})^{\text{2FDS}}] / (\dot{q})^{\text{exp}} \%$
CLG9	0,38	10,2649	16,775	-63,429
CLG8	0,48	9,3819	9,917	-5,706
CLG7	0,63	7,064	4,537	35,765
CLG6	0,78	4,8565	2,175	55,210
CLG5	0,93	3,532	1,137	67,800
CLG4	1,08	3,2008	0,727	77,279
CLG2	1,38	2,2075	0,487	77,904
CLG1	1,53	1,8764	0,428	77,186



Σχήμα 4.47, Διάγραμμα μέσω πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα υπολογισμών, για τη περίπτωση προσομοίωσης 2.

4.3.3.3 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για τη περίπτωση προσομοίωσης 3

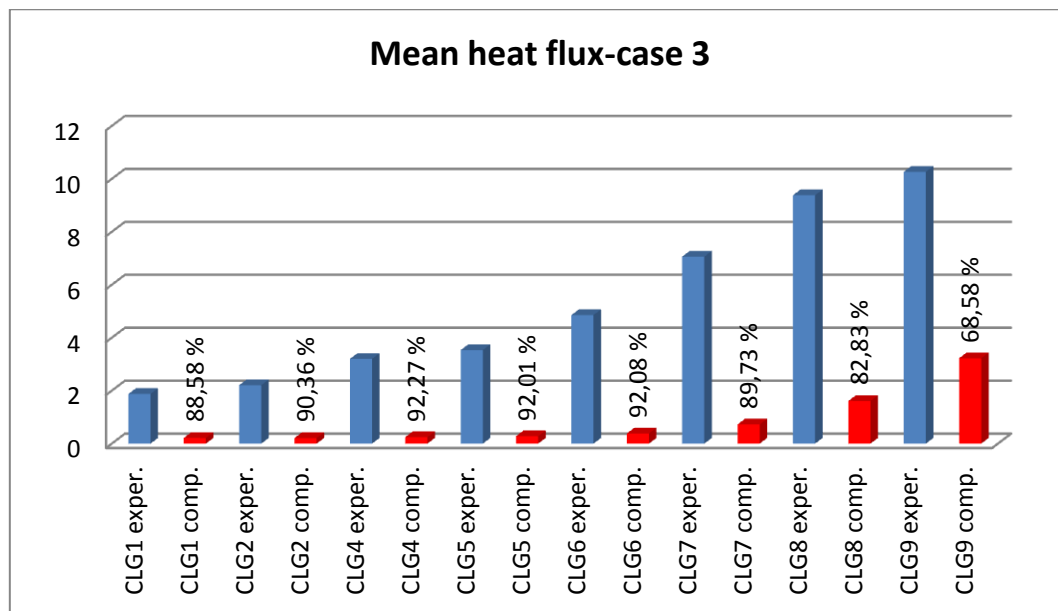
Στη τρίτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR), η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.35, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας wideband και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Δηλαδή στη τρίτη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση που επιφέρει στη λύση, η χρησιμοποίηση νέου μοντέλου ακτινοβολίας (wideband model).

Σε αυτή τη περίπτωση προσομοίωσης υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος FDS, οι ροές θερμότητας ως προς το χρόνο, επί της πρόσοψης του διαμερίσματος, στα σημεία εγκατάστασης των μετρητικών οργάνων προσδιορισμού της ροής θερμότητας, όπως παρουσιάστηκαν στο πίνακα 4.7, και προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές τους, στο χρονικό διάστημα που η ισχύς της φωτιάς στο καυστήρα παρέμενε σταθερή και ίση με τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή 30 kW. Στο πίνακα 4.19, παρουσιάζονται οι μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες από το πρόγραμμα ροές θερμότητας καθώς και το μέσο % σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών, ενώ στο σχήμα 4.48 παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος τα αντίστοιχα αποτελέσματα του πίνακα 4.17. Όπως βλέπουμε από το πίνακα 4.19, για τη παρούσα περίπτωση προσομοίωσης, το πρόγραμμα FDS, υποεκτιμά γενικά το μέγεθος της ροής θερμότητας στην επιφάνεια της πρόσοψης. Το % μέσο ολικό σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας αυξάνεται με κατεύθυνση από το κάτω μέρος της πρόσοψης (κοντά στο πάνω μέρος του ανοίγματος) προς το πάνω μέρος της πρόσοψης, κυμαινόμενο από 68,58 % σε 88,581 %, με συνέπεια το πρόγραμμα να αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το θερμικό πεδίο στην επιφάνεια της πρόσοψης και επί της κεντρικής γραμμής αυτής.

Πίνακας 4.19, Μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα, για τη περίπτωση προσομοίωσης 3.

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q})" (kW/m ²)	Μέση υπολ/κή ροή θερμότητας (\dot{q})" ₃ (kW/m ²)	$[(\dot{q})"_{\text{exp}} - (\dot{q})"_{\text{3FDS}}] / (\dot{q})"_{\text{exp}} \%$
CLG9	0,38	10,2649	3,225	68,580
CLG8	0,48	9,3819	1,611	82,825

CLG7	0,63	7,064	0,725	89,734
CLG6	0,78	4,8565	0,384	92,089
CLG5	0,93	3,532	0,282	92,006
CLG4	1,08	3,2008	0,247	92,270
CLG2	1,38	2,2075	0,212	90,364
CLG1	1,53	1,8764	0,214	88,581



Σχήμα 4.48, Διάγραμμα μέσω πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας καθώς και μέσω % σφάλμα υπολογισμών, για τη περίπτωση προσομοίωσης 3.

4.3.3.4 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για τη περίπτωση προσομοίωσης 4.

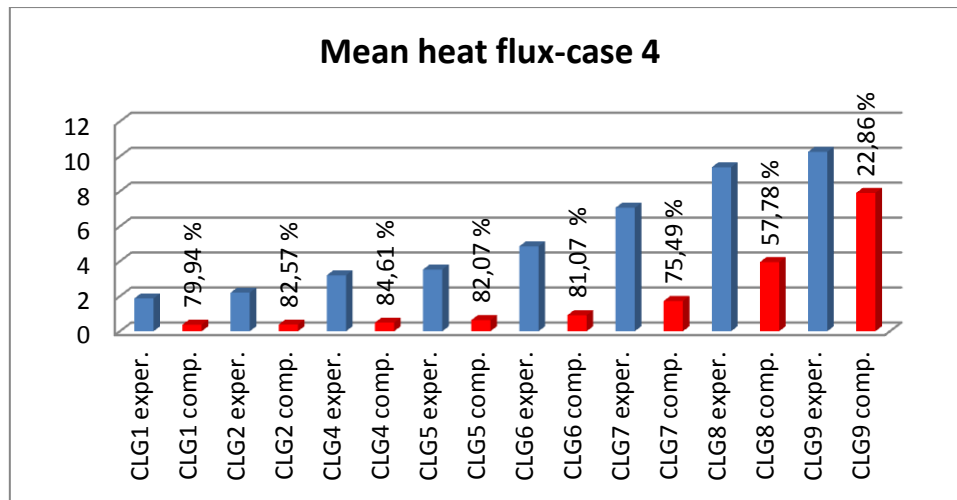
Στη τέταρτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η πειραματική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Experimental HRR), η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.6, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.425, (δηλαδή χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του προτεινόμενου radiation fraction από το πρόγραμμα το οποίο είναι 0.35 και της τιμής 0.5 που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση της προσομοίωσης 2), χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού σώματος, και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως αδιαβατικά. Δηλαδή στη τέταρτη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση που επιφέρει στη λύση, η χρησιμοποίηση της πειραματικής καμπύλης μεταβολής της ισχύος της φωτιάς με το χρόνο σε συνδυασμό με νέα τιμή κλάσματος ακτινοβολίας.

Σε αυτή τη περίπτωση προσομοίωσης υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος FDS, οι ροές θερμότητας ως προς το χρόνο, επί της πρόσοψης του

διαμερίσματος, στα σημεία εγκατάστασης των μετρητικών οργάνων προσδιορισμού της ροής θερμότητας, όπως παρουσιάστηκαν στο πίνακα 4.7, και προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές τους, στο χρονικό διάστημα που η ισχύς της φωτιάς στο καυστήρα παρέμενε σταθερή και ίση με τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή 30 kW. Στο πίνακα 4.20, παρουσιάζονται οι μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες από το πρόγραμμα ροές θερμότητας καθώς και το μέσο % σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών, ενώ στο σχήμα 4.49 παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος τα αντίστοιχα αποτελέσματα του πίνακα 4.20. Όπως βλέπουμε από το πίνακα 4.20, για τη παρούσα περίπτωση προσομοίωσης, το πρόγραμμα FDS, υποεκτιμά γενικά το μέγεθος της ροής θερμότητας στην επιφάνεια της πρόσοψης. Το % μέσο ολικό σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας αυξάνεται με κατεύθυνση από το κάτω μέρος της πρόσοψης (κοντά στο πάνω μέρος του ανοίγματος) προς το πάνω μέρος της πρόσοψης, κυμαινόμενο από 22,869 % σε 79,940 %, με συνέπεια το πρόγραμμα να αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το θερμικό πεδίο πάνω από τα 13 περίπου εκατοστά από το τέλος του ανοίγματος, δηλαδή πάνω από το σημείο όπου βρίσκεται το όργανο CLG9, (το τελικό ύψος του ανοίγματος βρίσκεται 0.25 m πάνω από το έδαφος), γιατί μέχρι αυτό το ύψος παρουσιάζεται το μέγιστο ανεκτό υπολογιστικό σφάλμα σύμφωνα με την ομάδα ανάπτυξης του κώδικα FDS (το μέγιστο ανεκτό υπολογιστικό σφάλμα είναι 20 %) [13,38].

Πίνακας 4.20, Μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα, για τη περίπτωση προσομοίωσης 4.

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q})" (kW/m ²)	Μέση υπολ/κή ροή θερμότητας (\dot{q})" ₄ (kW/m ²)	$[(\dot{q})''_{\text{exp}} - (\dot{q})''_{\text{4FDS}}] / (\dot{q})''_{\text{exp}} \%$
CLG9	0,38	10,2649	7,917	22,869
CLG8	0,48	9,3819	3,960	57,789
CLG7	0,63	7,064	1,731	75,492
CLG6	0,78	4,8565	0,919	81,071
CLG5	0,93	3,532	0,633	82,072
CLG4	1,08	3,2008	0,492	84,616
CLG2	1,38	2,2075	0,384	82,577
CLG1	1,53	1,8764	0,376	79,940



Σχήμα 4.49, Διάγραμμα μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα υπολογισμών, για τη περίπτωση προσομοίωσης 4.

4.3.3.5 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για τη περίπτωση προσομοίωσης 5.

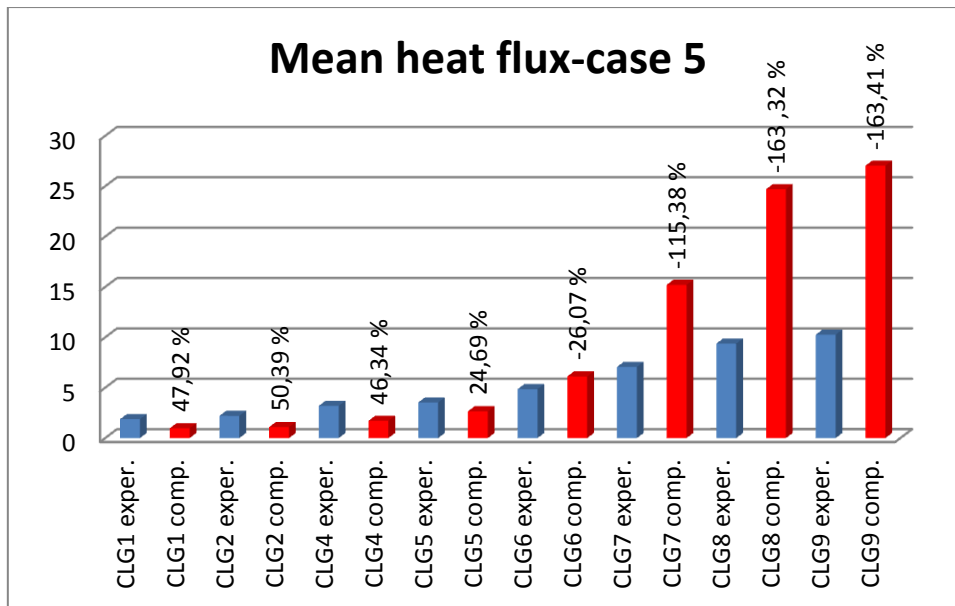
Στη πέμπτη περίπτωση προσομοίωσης, ως καμπύλη ισχύος καυστήρα, χρησιμοποιήθηκε η θεωρητική καμπύλη του σχήματος 4.4 (Theoretical HRR) , η οποία περιγράφεται στο πίνακα 4.5, ως διακομβική απόσταση χρησιμοποιήθηκε το μήκος των 1.5 cm με τοπική πύκνωση του πλέγματος στη περιοχή του ανοίγματος με διακομβική απόσταση 0.5 cm, το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φωτιάς το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ θεωρήθηκε ίσο με radiation fraction = 0.425, (δηλαδή χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος του προτεινόμενου radiation fraction από το πρόγραμμα το οποίο είναι 0.35 και της τιμής 0.5 που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση της προσομοίωσης 2), χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας του φαιού σώματος, και τα τοιχώματα του διαμερίσματος τέθηκαν ως μη αδιαβατικά. Δηλαδή στη πέμπτη περίπτωση μελέτης διερευνήθηκε η επίδραση που επιφέρει στη λύση, η τοπική πύκνωση του πλέγματος σε συνδυασμό με τη μετάδοση θερμότητας με αγωγή των τοιχωμάτων του διαμερίσματος και η αλληλεπίδραση μεταξύ τοιχωμάτων και αερίων στον εσωτερικό χώρο του διαμερίσματος. Λόγω έλλειψης υπολογιστικού χρόνου η πέμπτη περίπτωση προσομοίωσης διήρκησε 1000 δευτερόλεπτα και όχι 2215 δευτερόλεπτα, που είναι ο ολικός χρόνος του πειράματος.

Σε αυτή τη περίπτωση προσομοίωσης υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος FDS, οι ροές θερμότητας ως προς το χρόνο, επί της πρόσοψης του διαμερίσματος, στα σημεία εγκατάστασης των μετρητικών οργάνων προσδιορισμού της ροής θερμότητας, όπως παρουσιάστηκαν στο πίνακα 4.7, και προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές τους, στο χρονικό διάστημα που η ισχύς της φωτιάς στο καυστήρα παρέμενε σταθερή και ίση με τη μέγιστη τιμή της, δηλαδή 30 kW. Στο πίνακα 4.21, παρουσιάζονται οι μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες από το πρόγραμμα ροές

θερμότητας καθώς και το μέσο % σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών, ενώ στο σχήμα 4.50 παρουσιάζονται υπό μορφή διαγράμματος τα αντίστοιχα αποτελέσματα του πίνακα 4.21. . Όπως βλέπουμε από το πίνακα 4.21, για τη παρούσα περίπτωση προσομοίωσης, το πρόγραμμα FDS, υπερεκτιμά το μέγεθος της ροής θερμότητας από το τελικό σημείο του ύψους του ανοίγματος ως και 0,53 m πάνω από αυτό επί της κεντρικής γραμμής της πρόσοψης (ή 0,78 m από το δάπεδο του διαμερίσματος), ενώ υποεκτιμά γενικά το μέγεθος της ροής θερμότητας στην επιφάνεια της πρόσοψης, από το ύψος των 0,53 m έως το τελικό σημείο του ύψους της πρόσοψης. Το % μέσο ολικό σφάλμα μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας αυξάνεται με κατεύθυνση από το κάτω μέρος της πρόσοψης (κοντά στο άνοιγμα) προς το πάνω μέρος της πρόσοψης, κυμαινόμενο από -163,410 % έως 47,928 %, με συνέπεια το πρόγραμμα να αδυνατεί να προσομοιώσει ικανοποιητικά το θερμικό πεδίο επί της κεντρικής γραμμής της πρόσοψης.

Πίνακας 4.21, Μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5.

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q})" (kW/m ²)	Μέση υπολ/κή ροή θερμότητας (\dot{q})" _s (kW/m ²)	$[(\dot{q})"_{\text{exp}} - (\dot{q})"_{\text{4FDS}}] / (\dot{q})"_{\text{exp}} \%$
CLG9	0,38	10,2649	27,038	-163,410
CLG8	0,48	9,3819	24,704	-163,321
CLG7	0,63	7,064	15,214	-115,381
CLG6	0,78	4,8565	6,122	-26,071
CLG5	0,93	3,532	2,659	24,694
CLG4	1,08	3,2008	1,717	46,345
CLG2	1,38	2,2075	1,095	50,395
CLG1	1,53	1,8764	0,977	47,928



Σχήμα 4.50, Διάγραμμα μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα υπολογισμών, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5.

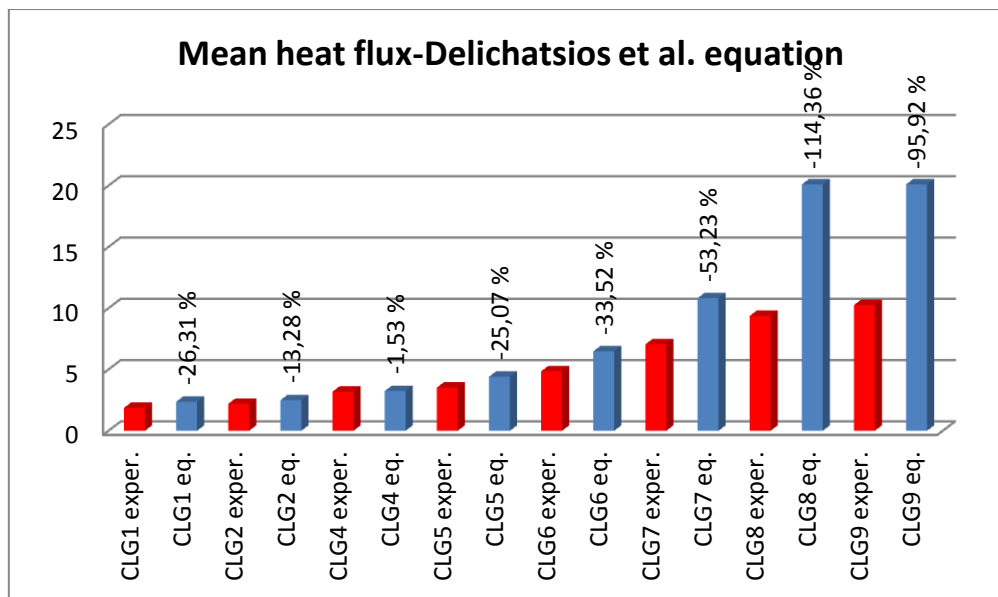
4.3.3.6 Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για τη περίπτωση προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1.74),(1.75) και (1.76) των M.A. Delichatsios et al.

Στη διεθνή βιβλιογραφία και δημοσιεύσεις, υπάρχουν λίγες σχέσεις, οι οποίες αφορούν στο προσδιορισμό της ροής θερμότητας φωτιάς που μεταδίδεται σε πρόσοψη κτιρίου, όπου η φωτιά προέρχεται από το εσωτερικό του κτιρίου όταν υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης επικρατούν εντός αυτού, ωθώντας τη φλόγα να αποκολληθεί από την εστία και να μετακινηθεί προς την έξοδο του ανοίγματος του κτιρίου. Οι σχέσεις (1.74),(1.75),(1.76) των M.A. Delichatsios et al στη δημοσίευση [6], προσδιορίζουν τη μέση ροή θερμότητας που μεταδίδεται στη κεντρική γραμμή της πρόσοψης καθ ύψος κτιρίου, στο μέσο του ανοίγματος. Στο πίνακα 4.22 και στο σχήμα 4.51, παρουσιάζονται οι μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας βάσει των σχέσεων (1.74),(1.75),(1.76) των M.A. Delichatsios et al, στη κεντρική γραμμή καθ ύψος της πρόσοψης του επιμήκους διαμερίσματος του κτιρίου, στις θέσεις εγκατάστασης των οργάνων ροής θερμότητας (CLG1 ,, CLG9), ώστε να υπολογιστούν τα επί τοις εκατό μέσα σφάλματα υπολογισμών των σχέσεων των M.A. Delichatsios et al, σε σχέση με τις μέσες πειραματικές μετρούμενες τιμές.

Πίνακας 4.22, Μέσες πειραματικές και υπολογιζόμενες ροές θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα, για τη περίπτωση προσομοίωσης των σχέσεων (1.74),(1.75),(1.76) των M.A. Delichatsios et al.

Όργανο ροής θερμότητας (\dot{q})"	Ύψος από το έδαφος (m)	Μέση πειραματική ροή θερμότητας (\dot{q})" (kW/m ²)	Μέση υπολ/κή ροή θερμότητας (\dot{q})" eq (kW/m ²)	$[(\dot{q})"_{exp} - (\dot{q})"_{eqFDS}] / (\dot{q})"_{exp} \%$
CLG9	0,38	10,2649	20,1117	-95,9269
CLG8	0,48	9,3819	20,1117	-114,3670
CLG7	0,63	7,064	10,8242	-53,2314
CLG6	0,78	4,8565	6,4845	-33,5233
CLG5	0,93	3,532	4,4177	-25,0780
CLG4	1,08	3,2008	3,25	-1,5375
CLG2	1,38	2,2075	2,5006	-13,2805
CLG1	1,53	1,8764	2,3701	-26,3147

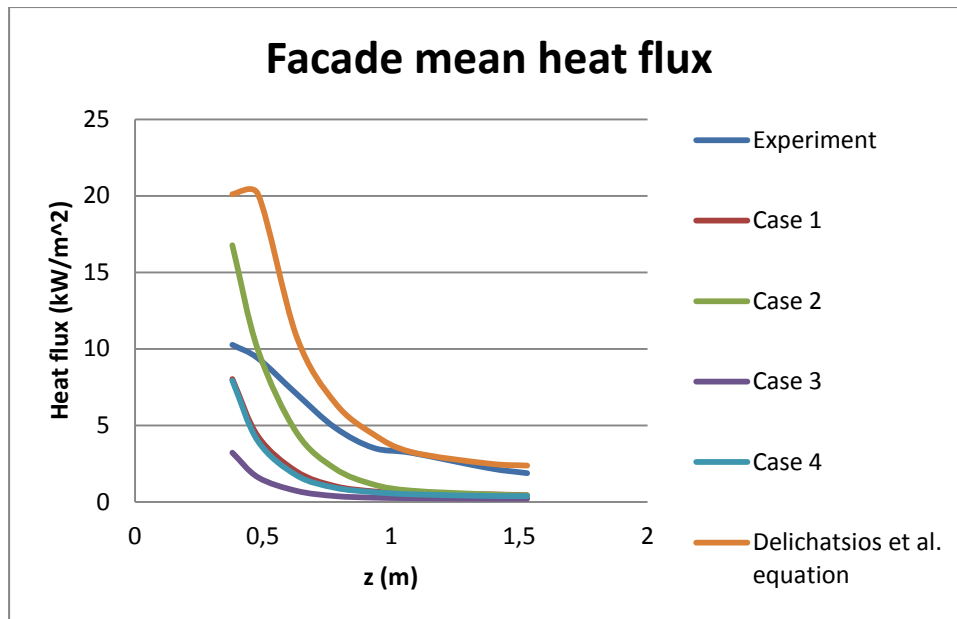
Όπως παρατηρείται από το πίνακα 4.22 και το σχήμα 4.51, οι σχέσεις των M.A. Delichatsios et al, υπερεκτιμούν τη ροή θερμότητας που μεταδίδεται στη πρόσοψη, ενώ τα μέσα σφάλματα μειώνονται καθ ύψος της πρόσοψης μέχρι το θέση του οργάνου CLG4 (0,83 m από το κάτω μέρος της πρόσοψης), όπου στη συνέχεια αυξάνονται. Στις θέσεις των οργάνων CLG9 (0,13 m από το κάτω μέρος της πρόσοψης) και CLG8 (0,23 m από το κάτω μέρος της πρόσοψης), παρατηρούνται τα μεγαλύτερα σφάλματα υπολογισμών: -95,9269 % και -114,3670 %, οπότε οι σχέσεις των Delichatsios et al, αδυνατούν να προσομοιώσουν το θερμικό πεδίο επί της πρόσοψης στο κάτω μέρος της, κοντά στο πάνω μέρος του ανοίγματος. Από τη θέση του οργάνου CLG7 (0,38 m από το κάτω μέρος της πρόσοψης) έως τη θέση του CLG4 (0,83 m από το κάτω μέρος της πρόσοψης), τα αντίστοιχα σφάλματα κυμαίνονται από -53,23 % έως -1,53 %, ενώ στις θέσεις των οργάνων CLG2 και CLG1 τα σφάλματα είναι -13,28% και -26,31 % αντίστοιχα. Σε γενικές γραμμές οι σχέσεις (1.74),(1.75),(1.76) των M.A. Delichatsios et al, παρέχουν αποτελέσματα μέσω ροών θερμότητας που αποκλίνουν σχετικά σημαντικά σε σχέση με τα αντίστοιχα πειραματικά, αλλά αποτελούν πολύτιμη πηγή πληροφορίας για τη κατασκευαστική μελέτη προσόψεων κτιρίων.



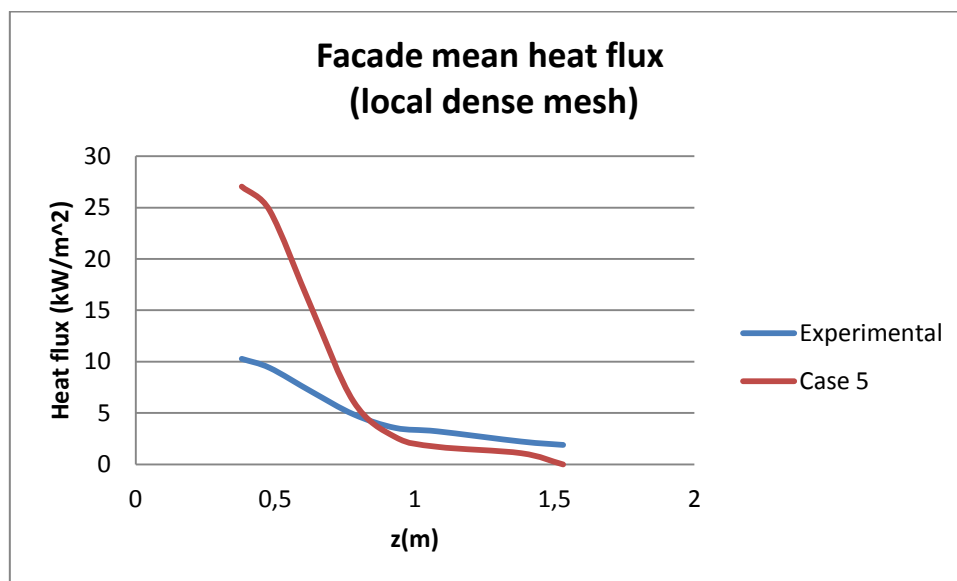
Σχήμα 4.51, Διάγραμμα μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων ροών θερμότητας καθώς και μέσο % σφάλμα υπολογισμών, για τη περίπτωση προσομοίωσης των σχέσεων (1.74),(1.75),(1.76) των M.A. Delichatsios et al.

4.3.3.7 Συνολικά συμπεράσματα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος και επί της πρόσοψης για όλες τις περιπτώσεις προσομοιώσεων.

Στα σχήματα 4.52 και 4.53, παρουσιάζονται οι καμπύλες των μέσων πειραματικών και υπολογιζόμενων (περιπτώσεις προσομοίωσης 1,2,3,4,5 και των σχέσεων (1.74),(1.75),(1.76) των M.A. Delichatsios et al) ροών θερμότητας ως προς το ύψος από το δάπεδο, στη κεντρική γραμμή της επιφάνειας της πρόσοψης, στα σημεία τοποθέτησης των οργάνων μέτρησης ροής θερμότητας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.52, μόνο οι καμπύλες της περίπτωση προσομοίωσης 2 και των σχέσεων των M.A. Delichatsios et al, προσεγγίζουν σε γενικές γραμμές ικανοποιητικά τη πειραματική καμπύλη. Ειδικότερα η καμπύλη των σχέσεων των M.A. Delichatsios et al, σχεδόν ταυτίζεται με τη πειραματική καμπύλη για $z \approx 1\text{m}$ έως περίπου το πάνω μέρος της πρόσοψης. Αντίστοιχα η καμπύλη της περίπτωσης προσομοίωσης 5 στη περιοχή της πρόσοψης κοντά στο άνοιγμα, αποκλίνει σημαντικά από τη πειραματική καμπύλη, ενώ από τιμή ύψους των 0,80 m και μέχρι το τελικό ύψος της πρόσοψης προσεγγίζει ικανοποιητικά τη πειραματική καμπύλη.



Σχήμα 4.52, Μέση ροή θερμότητας στη κεντρική γραμμή της πρόσοψης του διαμερίσματος, ως προς το ύψος από το δάπεδο, στα σημεία εγκατάστασης των οργάνων μέτρησης, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1,2,3,4, και τις σχέσεις των M.A. Delichatsios et al



Σχήμα 4.53, Μέση ροή θερμότητας στη κεντρική γραμμή της πρόσοψης του διαμερίσματος, ως προς το ύψος από το δάπεδο, στα σημεία εγκατάστασης των οργάνων μέτρησης, για τη περίπτωση προσομοίωσης 5 (τοπική πύκνωση πλέγματος, αγωγή θερμότητας τοιχωμάτων).

Γενικά η προσομοίωση της περίπτωσης 2, παρουσιάζει σχετικά μικρότερα ολικά % σφάλματα σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες τιμές της ροής θερμότητας σε όλους τους υποχώρους, για τις περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως 4. Κοινό χαρακτηριστικό των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 4 είναι ότι υποεκτιμούν τις τιμές των υπολογιζόμενων ροών θερμότητας στη πρόσοψη σε σχέση

με τις πειραματικά μετρούμενες, ενώ αντίθετα η περίπτωση της προσομοίωσης 5, γενικά υπερεκτιμά τις τιμές των υπολογιζόμενων ροών θερμότητας μέχρι κάποιο ύψος από το άνοιγμα του δωματίου, ενώ στη συνέχεια υποεκτιμά τις υπολογιζόμενες ροές θερμότητας, σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες σε όλους τους υποχώρους. Σε γενικές γραμμές η προσομοίωση του θερμικού πεδίου του επιμήκους διαμερίσματος με τη παρούσα έκδοση 5.5.6 του προγράμματος FDS, κρίνεται σχετικά ικανοποιητική, λαμβάνοντας υπόψη ότι η φωτιά είναι ισχυρά υποαεριζόμενη (λόγω της γεωμετρίας του διαμερίσματος και της θέσης της πηγής της φωτιάς), φαινόμενο στο οποίο το πρόγραμμα παρουσιάζει σχετική αδυναμία προσομοίωσης [13,38] όντας βρισκόμενο σε συνεχή εξέλιξη. Το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος μιας αντίδρασης με τοπική σβέση της φλόγας, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις περιπτώσεις προσομοίωσης που διενεργήθηκαν, γενικά υποεκτιμά το θερμικό πεδίο επί της πρόσοψης, σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα, ενώ το μοντέλο ακτινοβολίας wideband κρίνεται ανεπαρκές για το φαινόμενο της υποαεριζόμενης φωτιάς το οποίο μελετάται. Η προσθήκη στις προσομοιώσεις του μοντέλου του κλάσματος μίγματος αντιδράσεων δύο σταδίων με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα, δεν πραγματοποιήθηκε στη παρούσα εργασία, διότι κατά την εφαρμογή του μοντέλου από το πρόγραμμα είναι επιτακτική η γνώση της παραγόμενης ποσότητας μονοξειδίου του άνθρακα που ενυπάρχει στη περιοχή της φλόγας, η οποία δε δίδεται στη δημοσίευση [6], στην οποία στηρίχτηκε η σειρά των προσομοιώσεων της παρούσας εργασίας. Γενικά όλες οι προσομοιώσεις παρουσιάζουν αδυναμία σύγκλησης υπολογιζόμενων και πειραματικών δεδομένων με μεγάλα μέσα σχετικά σφάλματα, με τη προσομοίωση 2 να παρέχει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις μελέτης. Επίσης οι σχέσεις των M.A. Delichatsios et al, παρουσιάζουν γενικά μικρότερα σχετικά σφάλματα σε σχέση με τα αντίστοιχα σφάλματα των προσομοιώσεων 1 έως 4, αποτελώντας τη καλύτερη περίπτωση προσομοίωσης. Γενικό χαρακτηριστικό των σχέσεων των M.A. Delichatsios et al σε σχέση με τις προσομοιώσεις 1 έως 4 είναι ότι οι σχέσεις των Delichatsios et al παρουσιάζουν μεγάλα σχετικά σφάλματα κοντά στο άνοιγμα του διαμερίσματος, ενώ οι περιπτώσεις προσομοίωσης 1 έως 4, αντίστροφα, παρουσιάζουν μεγαλύτερα σφάλματα στη περιοχή του πάνω μέρους της πρόσοψης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Σε γενικές γραμμές το λογισμικό FDS στην έκδοση η οποία χρησιμοποιήθηκε (έκδοση 5.5.6 - 2010) για τις υπολογιστικές προσομοιώσεις της παρούσας εργασίας, αποτελεί αξιόπιστο πρακτικό εργαλείο μελέτης εξάπλωσης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις, όντας βρισκόμενο σε συνεχή εξέλιξη και αναβάθμιση. Τα υπολογιστικά αποτελέσματα μεγεθών του πεδίου ροής βρίσκονται σε γενικές γραμμές, σε καλή συμφωνία με τις αντίστοιχες πειραματικές μετρήσεις των αντίστοιχων μεγεθών, έχοντας υπόψη και το πειραματικό σφάλμα το οποίο υπεισέρχεται στη πειραματική διαδικασία.

Συγκεκριμένα, και με βάση τις δύο περιπτώσεις χώρων διαμερισμάτων (πρότυπος χώρος δωματίου διαμερίσματος και επίμηκες διαμέρισμα με πρόσοψη) στις οποίες διενεργήθηκαν υπολογιστικές προσομοιώσεις, η προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς στο πρότυπο δωμάτιο κρίνεται επιτυχέστερη σε σχέση με τη προσομοίωση στο επίμηκες διαμέρισμα. Σύμφωνα με τις κύριες εσωτερικές διαστάσεις των δύο χώρων, ο λόγος πλάτους προς μήκος του πρότυπου διαμερίσματος είναι $w/l = 0.669$ ενώ ο αντίστοιχος λόγος για το επίμηκες διαμέρισμα είναι 0.167 , ο λόγος ύψους προς μήκος του πρότυπου διαμερίσματος είναι $h/l = 0.69$ ενώ ο αντίστοιχος λόγος για το επίμηκες διαμέρισμα είναι ίσος με 0.167 , ο λόγος πλάτους προς ύψος του πρότυπου διαμερίσματος είναι $w/h = 0.969$ ενώ ο αντίστοιχος λόγος για το επίμηκες διαμέρισμα είναι ίσος με 1 . Σύμφωνα με τις διαστάσεις των ανοιγμάτων των δύο χώρων, ο λόγος του πλάτους του ανοίγματος του πρότυπου διαμερίσματος προς το αντίστοιχο πλάτος του πρότυπου διαμερίσματος είναι $W/w = 0.505$ ενώ ο αντίστοιχος λόγος για το επίμηκες διαμέρισμα είναι ίσος με 0.2 , ο λόγος του ύψους του ανοίγματος του πρότυπου διαμερίσματος προς το ύψος του πρότυπου διαμερίσματος είναι $H/h = 0.827$ ενώ ο αντίστοιχος λόγος για το επίμηκες διαμέρισμα είναι ίσος με 0.5 . Επίσης ο παράγοντας αερισμού $V.F = AH^{1/2}$ για το πρότυπο διαμέρισμα είναι ίσος με $V.F_1 = 0.34992$ και για το επίμηκες διαμέρισμα είναι ίσος με $V.F_2 = 0.0125$. Οπότε το πρόγραμμα FDS παρέχει αποτελέσματα που συγκλίνουν περισσότερο στα αντίστοιχα πειραματικά, για μεγαλύτερους λόγους πλάτους προς μήκος, ύψους προς μήκος χώρου και για καλύτερες συνθήκες αερισμού του χώρου, όπως ισχύει στο πρότυπο δωμάτιο, σε αντίθεση με το επίμηκες διαμέρισμα.

Όσον αφορά στη προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος, διενεργήθηκε παραμετρική έρευνα με μελέτη της ανεξαρτησίας πλέγματος επίλυσης, σε σχέση με τη δυνατότητα ένταξης ή όχι, στη μελέτη του πεδίου ροής, της αγωγής θερμότητας εντός της τοιχοποιίας του διαμερίσματος, θεωρώντας αυτά ως αδιαβατικά ή μη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της παραμετρικής έρευνας, παρατηρείται καλύτερη προσέγγιση των τιμών των υπολογιζόμενων μεγεθών στα αντίστοιχα πειραματικά όταν η διακριτοποίηση καθίσταται πυκνότερη σε συνδυασμό με την επέκταση του πλέγματος στο εξωτερικό του δωματίου, θεωρώντας τα τοιχώματα του δωματίου ως μη αδιαβατικά στη θερμότητα που απελευθερώνεται λόγω της καύσης στο εσωτερικό του δωματίου, σε αντίθεση με τη παρουσία

πλέγματος μόνο στο εσωτερικό του δωματίου θεωρώντας τα τοιχώματα ως αδιαβατικά.

Η υπολογιστική μελέτη του πρότυπου δωματίου περιλαμβάνει πέντε περιπτώσεις προσομοίωσης. Οι τέσσερις πρώτες περιπτώσεις προσομοίωσης διενεργήθηκαν για χρονικό διάστημα 1000 δευτερολέπτων και για ισχύς της φωτιάς ίση με 265 kW. Η πέμπτη περίπτωση προσομοίωσης διενεργήθηκε για χρονικό διάστημα 5278 δευτερολέπτων και για επιμέρους σταθερές ισχύς φωτιάς: 265 kW, 410 kW, 180 kW, 115 kW και 75 kW.

Για όλες τις περιπτώσεις προσομοίωσης στη σταθερή ισχύ των 265 kW, αρχικά μελετήθηκε η συμπεριφορά του θερμοκρασιακού πεδίου στο πάνω και κάτω μέρος του εσωτερικού χώρου του πρότυπου δωματίου. Τόσο στο πάνω μέρος όσο και στο κάτω μέρος του πρότυπου δωματίου, παρατηρήθηκε καλύτερη προσέγγιση των τιμών των υπολογιζόμενων μεγεθών στα αντίστοιχα πειραματικά όταν η διακριτοποίηση καθίσταται πυκνότερη σε συνδυασμό με την επέκταση του πλέγματος στο εξωτερικό του δωματίου, θεωρώντας τα τοιχώματα του δωματίου ως μη αδιαβατικά. Επίσης όσον αφορά στο πάνω μέρος του εσωτερικού χώρου του πρότυπου δωματίου, το πρόγραμμα FDS προσομοιώνει ακριβέστερα το θερμοκρασιακό πεδίο στο εμπρός μέρος του δωματίου κοντά στο άνοιγμα σε σχέση με το θερμοκρασιακό πεδίο στο πίσω μέρος του δωματίου, ενώ στο κάτω μέρος η προσομοίωση κρίνεται ικανοποιητική τόσο για το εμπρός όσο και το πίσω μέρος. Γενικά το πρόγραμμα υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του πρότυπου δωματίου, σε όλες τις περιπτώσεις μελέτης για το χρονικό διάστημα των 1000 δευτερολέπτων και την ισχύ των 265 kW. Η προσομοίωση καθίσταται ιδιαίτερα επιτυχής, με καλή συμφωνία υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας, για τη περίπτωση της διακριτοποίησης των 1.6 εκατοστών με θεώρηση μη αδιαβατικών τοιχωμάτων του διαμερίσματος.

Η παραμετρική μελέτη του πρότυπου δωματίου, στη σταθερή ισχύ των 265 kW, περιλαμβάνει τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου δωματίου στη περιοχή του ανοίγματος του δωματίου. Συμπερασματικά συνάγεται καλύτερη προσέγγιση των τιμών των υπολογιζόμενων μεγεθών στα αντίστοιχα πειραματικά όταν η διακριτοποίηση καθίσταται πυκνότερη, αλλά και καλύτερη προσομοίωση του πάνω μέρους του θερμοκρασιακού πεδίου στο πάνω μέρος της εξόδου του ανοίγματος (περιοχή εξόδου της φλόγας και του πλουμίου των αερίων) σε σχέση με το κάτω μέρος της εξόδου του ανοίγματος (περιοχή εισαγωγής αέρα στη περιοχή της πηγής της φωτιάς). Επίσης η παραμετρική μελέτη στο εξωτερικό μέρος του πρότυπου διαμερίσματος περιλαμβάνει την υπολογιστική απεικόνιση του πεδίου ταχυτήτων κάθετα στο άνοιγμα του πρότυπου δωματίου, όπου παρατηρείται μείωση των επί τοις εκατό σχετικών σφαλμάτων μεταξύ πειραματικών και υπολογιζόμενων με το πρόγραμμα τιμών, με τη μείωση της διακομβικής απόστασης.

Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη μικρότερη διακομβική απόσταση των 1.6 εκατοστών, διενεργήθηκε υπολογιστική προσομοίωση για το ολικό χρονικό διάστημα των 5278 δευτερολέπτων διεξαγωγής του πειράματος, για τις επιμέρους σταθερές ισχύς που αναφέρθηκαν παραπάνω. Γενικά η προσομοίωση του θερμοκρασιακού

πεδίου με το πρόγραμμα FDS, στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου, υπερεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές τιμές, ενώ η προσομοίωση καθίσταται επιτυχέστερη στο εμπρός μέρος κοντά στην έξοδο του ανοίγματος. Η προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου με το πρόγραμμα FDS, στο κάτω μέρος του εσωτερικού του δωματίου, υποεκτιμά γενικά το μέγεθος της θερμοκρασίας. Γενική διαπίστωση είναι ότι καθ' όλη τη διάρκεια του συνολικού χρονικού διαστήματος του πειράματος, και σε όλες τις επιμέρους σταθερές ισχύς, τα αποτελέσματα θερμοκρασιών με το πρόγραμμα FDS, βρίσκονται σε πολύ καλή συμφωνία με τις αντίστοιχες πειραματικές τιμές, τόσο στη προσομοίωση του πάνω όσο και του κάτω μέρους του πρότυπου δωματίου.

Για την διακομβική απόσταση των 1.6 εκατοστών και για το χρονικό διάστημα των 5278 δευτερολέπτων, προσομοιώθηκε με το πρόγραμμα FDS, το πεδίο συγκεντρώσεων οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, στο πάνω μέρος του εσωτερικού του δωματίου. Όσον αφορά στη προσομοίωση του πεδίου συγκεντρώσεων οξυγόνου τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος του πάνω μέρους του πρότυπου δωματίου, το πρόγραμμα FDS, υπερεκτιμά τις συγκεντρώσεις οξυγόνου σε ορισμένες επιμέρους σταθερές ισχύς της φωτιάς κατά τη διάρκεια του πειράματος, ενώ αντίθετα υποεκτιμά τις συγκεντρώσεις οξυγόνου σε κάποιες άλλες. Γενικά το πρόγραμμα προσομοιώνει ικανοποιητικότερα το πεδίο συγκεντρώσεων οξυγόνου στο εμπρός μέρος του πάνω μέρους του δωματίου, σε σχέση με το πίσω μέρος. Όσον αφορά στη προσομοίωση του πεδίου συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα, τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος του πάνω μέρους του πρότυπου δωματίου, το πρόγραμμα FDS, υπερεκτιμά τις συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, σε όλες τις επιμέρους σταθερές ισχύς της φωτιάς κατά τη διάρκεια του πειράματος. Γενικά το πρόγραμμα προσομοιώνει ικανοποιητικότερα το πεδίο συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα, στο εμπρός μέρος του πάνω μέρους του δωματίου, σε σχέση με το πίσω μέρος.

Τελικά για την διακομβική απόσταση των 1.6 εκατοστών και για το χρονικό διάστημα των 5278 δευτερολέπτων, προσομοιώθηκε με το πρόγραμμα FDS, το πεδίο ταχυτήτων κάθετα στο άνοιγμα του πρότυπου δωματίου. Οι υπολογιζόμενες με το πρόγραμμα ταχύτητες βρίσκονται γενικά σε καλή συμφωνία με τις αντίστοιχες πειραματικές τιμές, με εξαίρεση στη περιοχή του ουδέτερου επιπέδου του ανοίγματος,

Γενικά η προσομοίωση του πρότυπου δωματίου με το λογισμικό FDS, κρίνεται επιτυχής, ειδικότερα με τη μείωση της διακομβικής απόστασης με συνέπεια το πυκνότερο πλέγμα επίλυσης και τη θεώρηση των τοιχωμάτων του δωματίου ως μη αδιαβατικά στη μετάδοση της θερμότητας με αγωγή σε αυτά. Σε όλες τις περιπτώσεις παραμετρικής μελέτης, δε διενεργήθηκε πυκνωση του πλέγματος σε περιοχές του πεδίου ροής με μεγάλη κλίση υπολογιζόμενων μεγεθών. Η επιλογή του μοντέλου ακτινοβολίας φαιού μέσου και του μοντέλου καύσης του κλάσματος μίγματος ενός σταδίου με τοπική σβέση της φλόγας, κρίνεται επιτυχής για τη προσομοίωση του πρότυπου δωματίου.

Στη δεύτερη φάση προσομοίωσης μελετήθηκε η εξάπλωση υποαεριζόμενης φωτιάς σε επίμηκες διαμέρισμα με πρόσοψη. Το διαμέρισμα με διαστάσεις μήκους 3

μέτρων, πλάτους 0.5 μέτρων και ύψους 0.5 μέτρων, αποτελείται από έξι κυβικούς υποχώρους με κωδικά ονόματα (a,b,c,d,e,f) διαστάσεων 0.5 m^3 . Η πηγή της φωτιάς βρίσκεται στο χώρο f ενώ στο χώρο a υπάρχει άνοιγμα προς το περιβάλλον πλάτους 0.10 μέτρων και ύψους 0.25 μέτρων. Σε κάθε υποχώρο έχει εγκατασταθεί συστοιχία θερμοστοιχείων καθ ύψος. Στη κεντρική γραμμή της πρόσοψης, είναι εγκατεστημένη συστοιχία οργάνων μέτρησης της ροής θερμότητας στη πρόσοψη.

Διενεργήθηκαν πέντε προσομοιώσεις εξάπλωσης φωτιάς στο επίμηκες διαμερίσμα. Σε όλες τις περιπτώσεις η διακομβική απόσταση του πλέγματος επίλυσης θεωρήθηκε ίση με 1.5 εκατοστά. Στη παραμετρική ανάλυση διερευνήθηκε η επίδραση της χρήσης διαφορετικών μοντέλων ακτινοβολίας σε σχέση με το κλάσμα της θερμικής ισχύος της φλόγας το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολούμενη ισχύ (Radiation fraction), ώστε να μελετηθεί η επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας του πλουμίου της φλόγας στην επιφάνεια της πρόσοψης, όταν αυτή εμφανίζεται στο εξωτερικό μέρος του διαμερίσματος, όπως και η μελέτη της αδιαβατικότητας ή μη, των τοιχωμάτων του διαδρόμου-διαμερίσματος, αφού το υλικό των τοιχωμάτων του διαμερίσματος είναι μονωτικό υλικό. Σε όλες τις υπολογιστικές προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος ενός σταδίου με τοπική σβέση της φλόγας.

Κοινά χαρακτηριστικά των τεσσάρων πρώτων περιπτώσεων παραμετρικής ανάλυσης ως προς τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του επιμήκους δωματίου είναι α) γενικά η υπερεκτίμηση της τιμής της θερμοκρασίας από το πρόγραμμα FDS, σε όλους τους υποχώρους με μεγαλύτερη υπερεκτίμηση στους υποχώρους που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από το άνοιγμα, β) η μείωση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας με διεύθυνση από τον υποχώρο f (στον οποίο υπάρχει η εστία της φωτιάς και οι συνθήκες υποαερισμού είναι σημαντικές) προς τον υποχώρο a, οποίος επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον, στον οποίο οι συνθήκες υποαερισμού είναι ηπιότερες, γ) η μείωση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας με διεύθυνση από το πάνω μέρος του διαμερίσματος (κοντά στην οροφή) προς το δάπεδο.

Στη πρώτη περίπτωση προσομοίωσης του επιμήκους διαμερίσματος, κατά την οποία το κλάσμα της παραγόμενης θερμικής ισχύος το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολία θεωρήθηκε ίσο με 0.35 και χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων, θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως αδιαβατικά, το μέσο επί τοις εκατό σφάλμα μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας κυμαίνεται από -63.18 % για τον υποχώρο f έως -49.87 % για τον υποχώρο a. Στη δεύτερη περίπτωση προσομοίωσης, κατά την οποία το κλάσμα της παραγόμενης θερμικής ισχύος το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολία θεωρήθηκε ίσο με 0.5 και χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων, και θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως αδιαβατικά, το μέσο επί τοις εκατό σφάλμα μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας κυμαίνεται από -51.83 % για τον υποχώρο f έως -48.03 % για τον υποχώρο a. Γενικά στη δεύτερη περίπτωση προσομοίωσης παρατηρήθηκε μικρή μείωση του μέσου επί

τοισ εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας, από 11.34 % για το χώρο f έως 2.63 % για το χώρο a, σε σχέση με τη πρώτη περίπτωση προσομοίωσης. Στη τρίτη περίπτωση προσομοίωσης, κατά την οποία το κλάσμα της παραγόμενης θερμικής ισχύος το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολία θεωρήθηκε ίσο με 0.35 και χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας wide band χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων, και θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως αδιαβατικά, το μέσο επί τοις εκατό σφάλμα μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας κυμαίνεται από -101,98% για τον υποχώρο f έως -93,21% για τον υποχώρο a. Στη τρίτη περίπτωση προσομοίωσης παρατηρήθηκε σχετικά μεγάλη αύξηση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας, από 38.80 % για το χώρο f έως 43.34 % για το χώρο a, σε σχέση με τη πρώτη περίπτωση προσομοίωσης. Στη τέταρτη περίπτωση προσομοίωσης κατά την οποία, ως ισχύς της φωτιάς πάρθηκε η καμπύλη της πειραματικής ισχύος της φωτιάς η οποία καταγράφηκε από θερμοδόμετρο και η οποία αποτελείται από μικρότερες τιμές ισχύος σε σχέση με τη πραγματική ισχύ της φωτιάς καθ όλη τη διάρκεια του πειράματος, το κλάσμα της παραγόμενης θερμικής ισχύος το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολία θεωρήθηκε ίσο με 0.425, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων, και θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως αδιαβατικά, το μέσο επί τοις εκατό σφάλμα μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας κυμαίνεται από -77,37% για τον υποχώρο f έως -43,28% για τον υποχώρο a. Επίσης διαπιστώνεται ότι η παρούσα περίπτωση μελέτης πετυχαίνει μια αύξηση του μέσου ολικού σφάλματος στις υπολογιζόμενες θερμοκρασίες ως προς τις αντίστοιχες πειραματικές, των υποχώρων f,e,d, κατά 25,53 %, 8,94 % και 0,81 %, σε σχέση με τη περίπτωση 2, η οποία παρουσιάζει τα μικρότερα υπολογιστικά σφάλματα από τις περιπτώσεις που έχουν παρουσιαστεί, ενώ η παρούσα περίπτωση παρουσιάζει μείωση του μέσου ολικού σφάλματος στις υπολογιζόμενες θερμοκρασίες των υποχώρων c,b,a σε σχέση με τη περίπτωση προσομοίωσης 2 κατά 9,9 %, 8,22 % και 4,75 % αντίστοιχα.

Στη πέμπτη περίπτωση προσομοίωσης του επιμήκους διαμερίσματος (χρονική περίοδος προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα), κατά την οποία το κλάσμα της παραγόμενης θερμικής ισχύος το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολία θεωρήθηκε ίσο με 0.35 και χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων όγκων, θεωρώντας τα τοιχώματα του διαμερίσματος ως μη αδιαβατικά, με πύκνωση του πλέγματος στη περιοχή του ανοίγματος, το μέσο επί τοις εκατό σφάλμα μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας κυμαίνεται από 53,70 % για τον υποχώρο f έως 0.42 % για τον υποχώρο a. Κοινά χαρακτηριστικά των υποχώρων a έως f ως προς τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του επιμήκους δωματίου είναι α) γενικά η υποεκτίμηση της τιμής της θερμοκρασίας από το πρόγραμμα FDS, σε όλους τους υποχώρους με μικρότερη υποεκτίμηση στους υποχώρους που βρίσκονται σε μικρότερη απόσταση από το άνοιγμα, β) η μείωση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας με διεύθυνση από τον υποχώρο f (στον οποίο υπάρχει η εστία της φωτιάς και οι

συνθήκες υποαερισμού είναι σημαντικές) προς τον υποχώρο a , οποίος επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον, στον οποίο οι συνθήκες υποαερισμού είναι ηπιότερες, γ) η αύξηση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών θερμοκρασίας με διεύθυνση από το πάνω μέρος του διαμερίσματος (κοντά στην οροφή) προς το δάπεδο, δ) οι καμπύλες των θερμοκρασιών ως προς το χρόνο των θερμοστοιχείων κάθε υποχώρου, εμφανίζονται παράλληλες η μία ως προς την άλλη, πράγμα που φανερώνει τη στρωματοποίηση της θερμοκρασίας εντός του διαμερίσματος. Γενικά οι καμπύλες των θερμοκρασιών των θερμοστοιχείων κάθε συστοιχίας βρίσκονται κάτω από τις αντίστοιχες πειραματικές, σε υποχώρους που βρίσκονται κοντά στην εστία της φωτιάς, (μαρτυρώντας ότι το πρόγραμμα FDS, υποεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας), αλλά συγκλίνουν προς τις πειραματικές καμπύλες σε υποχώρους κοντά στο άνοιγμα. Ειδικά στη περίπτωση του υποχώρου a , οι υπολογιζόμενες καμπύλες θερμοκρασιών ως προς το χρόνο, παρουσιάζουν αξιοσημείωτη σύγκληση προς τις αντίστοιχες πειραματικές καμπύλες. Γενικά η προσομοίωση με τη τοπική πύκνωση πλέγματος στη περιοχή του ανοίγματος υποεκτιμά το μέγεθος της θερμοκρασίας σε σχέση με τις αντίστοιχες πειραματικές τιμές καθιστώντας τη περίπτωση αυτή μη επιτυχή για τη μελέτη θερμικής αντοχής τοιχοποιίας.

Γενικά η προσομοίωση της περίπτωσης 2, παρουσιάζει σχετικά μικρότερα ολικά % σφάλματα σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες τιμές της θερμοκρασίας σε όλους τους υποχώρους. Κοινό χαρακτηριστικό των περιπτώσεων προσομοίωσης 1 έως 4 είναι ότι υπερεκτιμούν τις τιμές των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες, ενώ αντίθετα η περίπτωση της προσομοίωσης 5, γενικά υποεκτιμά τις τιμές των υπολογιζόμενων θερμοκρασιών σε σχέση με τις πειραματικά μετρούμενες σε όλους τους υποχώρους. Λόγω του γεγονότος ότι ο χρόνος προσομοίωσης της περίπτωσης μελέτης 5 διήρκεσε το μισό περίπου χρονικό διάστημα από το ολικό χρονικό διάστημα του πειράματος, δε μπορεί να εξαχθεί σαφές συμπέρασμα ως προς την εξέλιξη της εξάπλωσης της φωτιάς σε ολόκληρο το πεδίο ροής. Σε γενικές γραμμές η προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου του επιμήκους διαμερίσματος με τη παρούσα έκδοση 5.5.6 του προγράμματος FDS, κρίνεται ικανοποιητική, λαμβάνοντας υπόψη ότι η φωτιά είναι ισχυρά υποαεριζόμενη (λόγω της γεωμετρίας του διαμερίσματος και της θέσης της πηγής της φωτιάς), φαινόμενο στο οποίο το πρόγραμμα παρουσιάζει σχετική αδυναμία προσομοίωσης [13,38] όντας βρισκόμενο σε συνεχή εξέλιξη. Το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος ενός σταδίου με τοπική σβέση της φλόγας διάχυσης, σε συνδυασμό με το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις περιπτώσεις προσομοίωσης που διενεργήθηκαν, γενικά υπερεκτιμά το θερμοκρασιακό πεδίο εντός του διαμερίσματος, σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα, ενώ το μοντέλο ακτινοβολίας wideband κρίνεται ανεπαρκές για το φαινόμενο της υποαεριζόμενης φωτιάς το οποίο μελετάται.

Παράλληλα με τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του επιμήκους δωματίου, διερευνήθηκε το θερμικό πεδίο στη πρόσοψη του διαμερίσματος με τον υπολογισμό από το πρόγραμμα της ροής θερμότητας σε συγκεκριμένα σημεία στη κεντρική γραμμή καθ ύψος της επιφάνειας της πρόσοψης.

Κοινά χαρακτηριστικά των περιπτώσεων παραμετρικής ανάλυσης ως προς τη μελέτη του θερμικού πεδίου στη πρόσοψη του επιμήκους δωματίου είναι α) γενικά η υποεκτίμηση της τιμής της μέσης ροής θερμότητας από το πρόγραμμα FDS, σε όλα τα σημεία μέτρησης της ροής θερμότητας από τα πειραματικά όργανα μέτρησης, με εξαίρεση τις περιπτώσεις 2 και 5 όπου εμφανίζουν υπερεκτίμηση των τιμών των μέσων ροών θερμότητας μόνο στη περιοχή πλησίον του πάνω μέρους του ανοίγματος β) η αύξηση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών ροής θερμότητας με διεύθυνση από το κάτω μέρος της πρόσοψης, όπου αυτή βρίσκεται σε επαφή με το πάνω μέρος του ανοίγματος, ως το πάνω μέρος της πρόσοψης. Συγκεκριμένα η μεταβολή του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών ροών θερμότητας επί της πρόσοψης, και με διεύθυνση από το κάτω μέρος της στο πάνω, για κάθε περίπτωση προσομοίωσης, διαμορφώνεται ως εξής: 21.82% έως 82.61% για τη περίπτωση 1, -63.42% έως 77.18% για τη περίπτωση 2, 68,58% έως 88,58% για τη περίπτωση 3, 22,86% έως 79,94% για τη περίπτωση 4 και -163,41% έως 47,92% για τη περίπτωση 5.

Σε γενικές γραμμές η προσομοίωση του θερμικού πεδίου του επιμήκους διαμερίσματος με τη παρούσα έκδοση 5.5.6 του προγράμματος FDS, κρίνεται σχετικά ικανοποιητική, λαμβάνοντας υπόψη ότι η φωτιά είναι ισχυρά υποαεριζόμενη (λόγω της γεωμετρίας του διαμερίσματος και της θέσης της πηγής της φωτιάς), φαινόμενο στο οποίο το πρόγραμμα παρουσιάζει σχετική αδυναμία προσομοίωσης [13,38] όντας βρισκόμενο σε συνεχή εξέλιξη. Το μοντέλο καύσης του κλάσματος μίγματος μιας αντίδρασης με τοπική σβέση της φλόγας, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις περιπτώσεις προσομοίωσης που διενεργήθηκαν, γενικά υποεκτιμά το θερμικό πεδίο επί της πρόσοψης, σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα, ενώ το μοντέλο ακτινοβολίας wideband όπως και το μοντέλο ακτινοβολίας φαιού μέσου, κρίνονται ανεπαρκή για το φαινόμενο της υποαεριζόμενης φωτιάς σε σχέση με την εξάπλωσή της στη πρόσοψη και τη προσομοίωση του θερμικού πεδίου σε αυτή. Γενικά όλες οι προσομοιώσεις παρουσιάζουν αδυναμία σύγκλισης υπολογιζόμενων και πειραματικών δεδομένων με μεγάλα μέσα σχετικά σφάλματα, με τη προσομοίωση 2 να παρέχει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις μελέτης. Η χρήση του μοντέλου του κλάσματος μίγματος δύο σταδίων με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα, κρίνεται αναγκαία σε μελλοντικές προσομοιώσεις εξάπλωσης υποαεριζόμενων φωτιών σε κτιριακές εγκαταστάσεις, σε επόμενες εργασίες.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθούν και οι δυνατότητες του προγράμματος FDS σε σχέση με τη μοντελοποίηση των φαινομένων της καύσης. Συγκεκριμένα, το μοντέλο του κλάσματος μίγματος ενός σταδίου που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα, θεωρεί ότι η καύση ελέγχεται από τη μίξη των αντιδρώντων, και ότι η αντίδραση καυσίμου και οξειδωτικού είναι απείρως γρήγορη. Για μεγάλης κλίμακας φωτιές και για φωτιές όπου ο αέρας καύσης εισέρχεται χωρίς εμπόδιο στην εστία, το μοντέλο του κλάσματος μίγματος είναι μια πολύ καλή υπόθεση. Αν η φωτιά εξελίσσεται σε κλειστό χώρο υπό υποαεριζόμενες συνθήκες, όπου ο αέρας που εισέρχεται για καύση συναντά τους κατασταλτικούς παράγοντες του διοξειδίου του άνθρακα, του υδρατμού, και ενδεχομένως του μονοξειδίου του άνθρακα, η μίξη

καυσίμου και οξειδωτικού εμποδίζεται. Η προσθήκη στο μοντέλο του υπομοντέλου της τοπικής σβέσης της φλόγας όπως επίσης και του υπομοντέλου των αντιδράσεων δύο σταδίων με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα προσπαθεί να μετριάσει αυτό το πρόβλημα [13,14,37], ώστε να αντιμετωπιστεί με επιτυχία η προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς. Γενικά η προσομοίωση ισχυρά υποαεριζόμενων φωτιών με $\varphi \gg 1$ όπως συμβαίνει στο επίμηκες διαμερίσμα, σε αντίθεση με τη προσομοίωση του πρότυπου διαμερίσματος όπου επικρατούν ηπιότερες συνθήκες υποαερισμού ($\varphi \geq 1$), με την υπάρχουσα έκδοση του προγράμματος, με τη χρήση των υπάρχοντων μοντέλων καύσης του κλάσματος μίγματος, παρουσιάζει προβλήματα υπερεκτίμησης υπολογιζόμενων μεγεθών [13,14], τα οποία μπορούν να επιλυθούν στις επόμενες εκδόσεις του προγράμματος. Θετικό χαρακτηριστικό του προγράμματος είναι η χρήση του μοντέλου τύρβης της προσομοίωσης των μεγάλων δινών, το οποίο βρίσκεται υπό εξέλιξη από την επιστημονική κοινότητα. Το μοντέλο τύρβης της προσομοίωσης των μεγάλων δινών μοντελοποιεί ακριβέστερα τη τύρβη της ροής σε σχέση με τα παραδοσιακά μοντέλα αλλά αυξάνει το χρόνο επεξεργασίας στον υπολογιστή. Η αύξηση της επεξεργαστικής και αποθηκευτικής ικανότητας των μελλοντικών υπολογιστών θα μετριάσει το πρόβλημα αυτό. Σε γενικές γραμμές για προσομοίωση πρακτικών εφαρμογών, το πρόγραμμα προσομοιώνει ικανοποιητικά το φαινόμενο των υποαεριζόμενων φωτιών έχοντας υπόψη ότι βρίσκεται σε συνεχή βελτίωση και εξέλιξη.

Ως πρόταση για μελλοντική μελέτη του φαινομένου της φωτιάς υπό ισχυρά υποαεριζόμενες συνθήκες καύσης, σε κτιριακές εγκαταστάσεις, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα FDS, προτείνεται η χρήση του μοντέλου της καύσης δύο σταδίων με ενδιάμεση παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα, η διερεύνηση της επίδρασης της συμπεριφοράς του τυρβώδους πεδίου ροής στη λύση, με τη μεταβολή της σταθεράς Smagorinsky και εύρεση της βέλτιστης τιμής της, για την οποία παρατηρείται σύγκλιση υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών, διερεύνηση της πυκνότερης διακριτοποίησης της εξίσωσης μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία με την αύξηση του αριθμού των στερεών και των πολικών γωνιών. Επίσης προτείνεται η χρήση τοπικής πύκνωσης πλέγματος σε περισσότερες περιοχές του πεδίου ροής στις οποίες παρατηρείται έντονη κλίση των υπολογιζόμενων μεγεθών, αν αναλογιστεί ότι η εφαρμογή τοπικής πύκνωσης στη δεύτερη πειραματική διάταξη της προσομοίωσης του επιμήκους διαμερίσματος απέφερε ενθαρρυντικά αποτελέσματα και ικανοποιητική σύγκλιση πειραματικών και υπολογιζόμενων τιμών. Βέβαια η χρησιμοποίηση αυτών των τεχνικών εισάγει αύξηση του υπολογιστικού κόστους, αφού οδηγεί σε ανάγκες αύξησης της υπολογιστικής μνήμης και ισχύος επεξεργασίας με χρησιμοποίηση επεξεργαστών σε παράλληλη επεξεργασία.

Για περισσότερο εμπειριστατωμένη μελέτη του φαινομένου της υποαεριζόμενης φωτιάς σε κτιριακές εγκαταστάσεις και σύγκρισης μεταξύ υπολογιζόμενων και πειραματικών τιμών μεγεθών, προτείνεται η χρησιμοποίηση διαφορετικών λογισμικών υπολογιστικής ρευστομηχανικής, τόσο εκείνων που εξειδικεύονται στην υπολογιστική προσομοίωση της φωτιάς αυτής καθ' αυτής, όσο και εκείνων που αποτελούν γενικά λογισμικά (εμπορικά πακέτα ή ελεύθεροι κώδικες) υπολογιστικής ρευστομηχανικής.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μ.Φούντη Θεωρία καύσης και συστήματα καύσης, Αθήνα 2005, Εκδόσεις ΕΜΠ
2. Hui Ying Wang, Numerical study of under-ventilated fire in medium-scale enclosure, (June 2008), Building and environment 44.
3. F. Tang, L.H Hu, M.A Delichatsios, K.H Lu, W. Zhu, Experimental study on flame height and temperature profile of buoyant window spill plume from an under-ventilated compartment fire, (April 2011), International Journal of Heat and Mass Transfer 55.
4. Longhua Hu, Kaihua Lu, M. Delichatsios, Linghui He, Fei Tang, An experimental investigation and statistical characterization of intermittent flame ejecting behavior of enclosure fires with an opening, (April 2011), International Journal of heat and mass transfer.
5. L.H Hu, F. Tang, M.A Delichatsios, K.H Lu, A mathematical model on lateral temperature profile of buoyant window spill plume from a compartment fire, (September 2011), International Journal of Heat and Mass Transfer 56.
6. T.Beji, S.Ukleja, J.Zhang, M.A. Delichatsios, Fire behavior and external flames in corridor and tunnel-like enclosures, (November 2010), Fire and Materials Journal.
7. Thierry Poinsot, Denis Veynante, Theoretical and numerical combustion, Paris 2001, Edwards Publications.
8. Matthew Bundy, Anthony Hamins, Erik L. Johnsson, Sung Chan Kim, Gwon Hyun Ko, David B. Lenhart, NIST Technical note 1483: Measurements of heat and combustion products in reduced-scale ventilation-limited compartment fires, (US Department of Commerce, Technology Administration, Building and fire research laboratory, NIST), July 2007).
9. D. Yang, L.H. Hu, Y.Q. Jiang, R. Huo, S. Zhu, X.Y. Zhao, Comparison of FDS predictions by different combustion models with measured data for enclosure fires, (May 2010), Fire Safety Journal.
10. K. McGrattan, H. Baum, R. Rehm, Large Eddy Simulation of smoke movement, (1998), Fire Safety Journal 30 (2).
11. B. Merci, K.V. Maele, Numerical simulations of full-scale enclosure fires in a small compartment with natural roof ventilation, (2008), Fire Safety Journal 43 (7).
12. Verification and validation of selected fire models for nuclear power plant applications, (2007), Washington DC, NUREG 1824: United States nuclear regulatory commission.
13. Kevin McGrattan, Randall McDermott, Simo Hostikka, Jason Floyd, Fire Dynamics Simulator User Guide (Version 5.5), Washington October 2010, U.S Department of Commerce (NIST).

14. Emanuelle Gissi, An introduction to fire simulation with FDS 5 and Smokeview, (Italy, September 2009).
15. Xiaocui Zhang, Manjiang Yang, Jian Wang, Yaping He, Effects of computational domain on numerical simulation of building fires, (June 2010), (Journal of fire protection engineering).
16. Σεραφείμ Επαμεινώντας, Υπολογιστική προσομοίωση εξάπλωσης πυρκαγιάς σε κτίρια με χρήση της μεθόδου προσομοίωσης μεγάλης δίνης, (Διπλωματική εργασία ΕΜΠ), Μάρτιος 2008.
17. James G. Quintiere, Fundamentals of fire phenomena, University of Maryland, USA, John Wiley and Sons Ltd, 2006.
18. Georges Guigay, A CFD and experimental investigation of under-ventilated compartment fires, Phd Thesis, University of Iceland, September 2008.
19. Milan Dj Blagojevic, Dusica J. Pesic, A new curve for temperature-time relationship in compartment fire, University of Nis, September 2008, Serbia.
20. Lars-Goran Bengtsson, Enclosure fires, Swedish Rescue Services Agency, Stockholm 2001, Sweden.
21. Stefan Svensson, Fire Ventilation, Swedish Rescue Services Agency, Stockholm 2000, Sweden.
22. Μαθιουλάκης Δημήτριος, Μηχανική Ρευστών 2, Αθίνα 2008, Εκδόσεις ΕΜΠ.
23. SFPE (Society of fire protection engineers), Handbook of fire protection engineering, Third edition, 2002, Maryland, USA.
24. Law M., A basis for the design of fire protection of building structures, The structural engineer, January 1983, 61A(5).
25. G. Williams-Leir, Analytical equivalents of standard fire temperature curves, (1973), Fire Tech 9, p.2.
26. J.P. Fackler, Concernant la resistance au feu des elements de construction, Cahier 299, (1959), Centre Sientifique et technique du batiment, Paris.
27. K.Kawagoe, T.Sekine, Estimation of fire temperature-time curve in rooms, B.R.I Occasional Report No. 11, Building research institute, Ministry of construction, Tokyo 1963.
28. B. J. McCaffrey, J.G. Quintiere, M.F. Harkleroad, Estimating room fire temperatures and the likelihood of flashover using fire data test correlations, (1981), Fire Tech, 17.2, pp. 98-119.
29. V. Babrauskas, A closed-form approximation for post-flashover compartment fire temperatures, Fire safety journal 4, pp.63-73, (1981).
30. V. Babrauskas, R.B Williamson, Post-flashover compartment fires: Basis of a theoretical model, Fire and materials 2, pp. 39-53, (1978).
31. R.L. Alpert, Combustion Science and Technology, (1975).
32. G. Heskestad, C. Yao, A new approach to development of installation standards for fired detectors, Technical proposal no.19574, Fire detection institute, (1971).
33. G. Heskestad, Physical modeling of fire, Journal of fire and flammability 6, p.253, (1975).

34. V.Motevalli, C.H Marks, Characterizing the unconfined ceiling jet under steady-state conditions, Fire Safety Science, Proceeding of the third international symposium, New York, (1991).
35. Ν.Παπαγεωργίου, Ατμοπαραγωγοί 1, Ε.Μ.Π, Αθήνα 1991.
36. Ν.Παπαγεωργίου, Ατμοπαραγωγοί 2, Ε.Μ.Π, Αθήνα 1991.
37. Fire Dynamics simulator (Version 5.5), Technical Reference Guide. (U.S Department of Commerce (NIST), Washington, USA, October 2010).
38. Glenn P. Forney, Smokeview (Version 5.6) - A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume I: User's Guide, (U.S Department of Commerce (NIST), Washington October 2010).
39. Jorgen Carlsson, Fire modeling using CFD, An introduction for fire safety engineers, Department of fire safety engineering, Lund institute of technology, Lund 1999, Sweden.
40. Henning Carlsson, Detailed numerical simulation of turbulent premixed flames at moderate and high Karlovitz numbers, Department of energy Sciences, Lund University, December 2012, Lund, Sweden.
41. F.Morente, J. de la Quintana, F.Wald, Software of fire design, LABCIN Technological Centre, Bilbao Spain and Czech Technical University of Prague, Prague 2005.
42. Hogskolen Stord, The use of simulation in fire investigation, Varen 2009.
43. C.H. Lin, Y.M.Ferng, W.S. Hsu, Investigating the effect of computational grid sizes on the predicted characteristics of thermal radiation for a fire, Applied thermal engineering Journal, May 2008.
44. Συγγελάκης Μανούσος, Υπολογιστική προσομοίωση φωτιάς σε διαμέρισμα, υπό συνθήκες εξαναγκασμένου αερισμού, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα Φεβρουάριος 2013.
45. Haavard Boehmer, Jason Floyd, Daniel Gottuk, Fire Dynamics and forensic analysis of limited ventilation compartment fires, Volume 2: modeling, Hughes Associates Inc, Baltimore October 2009.
46. Πατρώνης Νικόλαος, Προσομοίωση της διαδικασίας εξάπλωσης πυρκαγιών, σε κτίρια με τη χρήση λογισμικού υπολογιστικής, Διπλωματική εργασία.
47. H.Werner and H. Wengle, Large eddy simulation of turbulent flow over and around a cube in a plate channel, Symposium on turbulent shear flows, 1991.
48. Stephen B. Pope, Turbulent flows, Cambridge 2000.
49. Yee-Ping Lee, M.A Delichatsios, Yoshifumi Ohmiya, Kaoru Wakatsuki, Akito Yanagisawa, Daisuke Goto, Heat fluxes on opposite building wall by flames emerging from an enclosure, Preceedings of the Combustion Institute, 2007.
50. Yee-Ping Lee, M.A Delichatsios, G.W.H Silcock, Heat fluxes and flame heights in facades from fires in enclosures of varying geometry, Preceedings of the Combustion Institute, 2009.
51. Michael F. Modest, Radiative heat transfer, (The Pennsylvania State University), McGraw-Hill Inc., 1993.

52. C.H. Lin, Y.M. Ferng, W.S. Hsu, Investigating the effect of computational grid sizes on the predicted characteristics of thermal radiation for a fire, *Applied thermal engineering* 29, 8 May 2008.
53. J.X. Wen, L.Y. Huang, CFD Modeling of confined jet fires under ventilation controlled conditions, *Fire safety journal* 34, 29 April 1999.
54. Anthony Pearson, Jean-Michel Most, Dougal Drysdale, Behavior of a confined fire located in an unventilated zone, *Proceedings of the combustion Institute* 31, 2007.
55. Songyang Li, Ruowen Zong, Weifeng Zhao, Zhenghua Yan, Guangxuan Liao, Theoretical and experimental analysis of ceiling-jet flow in corridor fires, *Tunneling and underground space Technology* 26, 5 February 2011.
56. Osami Sugawa, Kunio Kawagoe, Yasushi Oka, Burning Behavior in a poor-ventilation compartment fire-ghosting fire, *Nuclear engineering and design* 125, 15 February 1990.
57. G.H. Yeoh, R.K.K. Yuen, S.C.P. Chueng, W.K. Kwok, On modeling combustion, radiation and soot processes in compartment fires, *Building and environment* 38, 26 June 2002.
58. Gilles Bertin, Jean-Michel Most, Mickael Coutin, Wall fire behavior in an under-ventilated room, *Fire safety Journal* 37, 20 March 2000.
59. G.M. Stavrakakis, N.C. Markatos, Simulation of airflow in one and two room enclosures containing a fire source, *International journal of heat and mass transfer* 52, 15 March 2007.
60. Yee-Ping Lee, M.A Delichatsios, Yoshifumi Ohmiya, The physics of the outflow from the opening of an enclosure fire an reexamination of Yokoi correlation, *Fire safety Journal* 49, 29 July 2009.
61. Yee-Ping Lee, M.A Delichatsios, Piotr Tofilo, A new correlation for gas temperature inside a burning enclosure, *Fire safety Journal* 44, 31 January 2009.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Στις φάσεις των παραμετρικών περιπτώσεων μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω αρχεία εισόδου στο πρόγραμμα FDS.

A) Υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς σε πρότυπο διαμέρισμα

1) Αρχείο εισόδου 'CASE11' (διακριτοποίηση με διακομβική απόσταση 4,0 cm εσωτερικά του χώρου, αδιαβατικά τοιχώματα):

```
&HEAD CHID = 'CASE11', TITLE = 'CASE11' /
COMPUTATIONAL TIME:
&TIME T_END = 1000.0 / COMPUTATIONAL TIME IN SECONDS: 1000 SEC
COMPUTATIONAL GRID:
MESH CELL = 0.04 M
&MESH IJK = 24,36,24, XB = 0.0,0.96, 0.0,1.44, 0.0,0.96 /
SURF LINE:
&SURF ID = 'WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA = 15680.473 /
HRRPUA: 265 KW/(0.13*0.13)M^2 = 15680.473 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
BOULDING THE COMPARTMENT:
WALLS:
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='WALL' /
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='WALL' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='WALL' /
&VENT MB='ZMIN', SURF_ID='WALL' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='WALL' /
&VENT XB = 0.0, 0.24, 0.0,0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'WALL' / WALL_1
&VENT XB = 0.24,0.72, 0.0,0.0, 0.80,0.96, SURF_ID = 'WALL' / WALL_2
&VENT XB = 0.72,0.96, 0.0,0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'WALL' / WALL_3
DOORWAY (OPEN VENT):
&VENT XB = 0.24,0.72, 0.0,0.0, 0.0,0.80, SURF_ID='OPEN' /
THE BURNER AS OBSTACLE IN THE COMPARTMENT:
&VENT XB = 0.40,0.56, 0.64,0.80, 0.16,0.16, SURF_ID = 'BURNER' /
&OBST XB = 0.40,0.56, 0.64,0.80, 0.0,0.16, SURF_IDS = 'BURNER','WALL','WALL' /
REACTIONS (RSE3NG TEST):
&REAC ID = 'METHANE
C = 1.
H = 4.
HEAT_OF_COMBUSTION = 50018.451 / IN KJ/KG
DEVICES:
THERMOCOUPLES INSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='15TRSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='16TFSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='17TR24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='18TR80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='19TF24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='20TF80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.49, 1.06, 0.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='21TFLOORR' / BEAR BEAD THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.49, 0.35, 0.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='22TFLOORF' / BEAR BEAD THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.31, 0.11, 0.95, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='23TCEILF' / BEAR BEAD THERMOCOUPLE
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.96, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.96, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
```

```
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.84, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.84, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /
```

2) Αρχείο εισόδου 'CASE1' (διακριτοποίηση με διακομβική απόσταση 2,4 cm εσωτερικά του χώρου, αδιαβατικά τοιχώματα):

```
&HEAD CHID = 'CASE1', TITLE = 'CASE1' /
COMPUTATIONAL TIME
&TIME T_END = 1000.0 / COMPUTATIONAL TIME IN SECONDS: 1000 SEC
COMPUTATIONAL GRID:
&MESH IJK = 40,60,40, XB = 0.0,0.96, 0.0,1.44, 0.0,0.96 /
SURF LINE:
&SURF ID = 'WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA = 15680.473 /
HRRPUA: 265 KW/(0.13*0.13)M^2 = 15680.473 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
BOUILDING THE COMPARTMENT:
WALLS:
&VENT MB = 'YMAX', SURF_ID = 'WALL' /
&VENT MB = 'XMIN', SURF_ID = 'WALL' /
&VENT MB = 'XMAX', SURF_ID = 'WALL' /
&VENT MB = 'ZMIN', SURF_ID = 'WALL' /
&VENT MB = 'ZMAX', SURF_ID = 'WALL' /
&VENT XB = 0.0, 0.24, 0.0,0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'WALL' / WALL_1
&VENT XB = 0.24,0.72, 0.0,0.0, 0.84,0.96, SURF_ID = 'WALL' / WALL_2
&VENT XB = 0.72,0.96, 0.0,0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'WALL' / WALL_3
DOORWAY (OPEN VENT):
&VENT XB = 0.24,0.72, 0.0,0.0, 0.0,0.84, SURF_ID='OPEN' /
THE BURNER AS OBSTACLE IN THE COMPARTMENT:
&VENT XB = 0.408,0.552, 0.648,0.792, 0.144,0.144, SURF_ID = 'BURNER' /
&OBST XB = 0.408,0.552, 0.648,0.792, 0.0,0.144, SURF_IDS = 'BURNER','WALL','WALL' /
REACTIONS (RSE3NG TEST):
&REAC ID = 'METHANE'
C = 1.
H = 4.
HEAT_OF_COMBUSTION = 50018.451 /
DEVICES:
THERMOCOUPLES INSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='15TRSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='16TFSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='17TR24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='18TR80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='19TF24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='20TF80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.49, 1.06, 0.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='21TFLOORR' / BEAR BEAD THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.49, 0.35, 0.0, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='22TFLOORF' / BEAR BEAD THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.31, 0.11, 0.95, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='23TCEILF' / BEAR BEAD THERMOCOUPLE
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.96, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.96, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
```

```
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.84, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.84, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /
```

3) Αρχείο εισόδου 'EXTENDED' (διακριτοποίηση με διακομβική απόσταση 4,0 cm εσωτερικά και εξωτερικά του χώρου, μη αδιαβατικά τοιχώματα):

```
&HEAD CHID = 'EXTENDED', TITLE = 'EXTENDED' /
COMPUTATIONAL TIME:
&TIME T_END = 1000.0 / COMPUTATIONAL TIME IN SECONDS: 1000 SEC
COMPUTATIONAL GRID:
MESH CELL = 0.04 M
DH=0.6 M
INTERIOR MESH IJK = 24,36,24, XB = 0.0,0.96, 0.0,1.44, 0.0,0.96
&MESH IJK = 30,54,32, XB = -0.12,1.08, -0.64,1.52, 0.0,1.28 /
SURF LINE:
HRRPUA: 265 KW/(0.13*0.13)M^2 = 15680.473 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
&SURF ID = 'WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA = 15680.473 /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL'
MATL_ID = 'MARINITE_I'
BACKING = 'EXPOSED'
COLOR = 'GRAY'
THICKNESS = 0.0254 /
MATL_ID LINE:
MARINITE I:
&MATL ID = 'MARINITE_I'
CONDUCTIVITY = 0.12
SPECIFIC_HEAT = 1.298
DENSITY = 737.
EMISSIVITY = 0.74 /
THE BURNER AS OBSTACLE IN THE COMPARTMENT:
&OBST XB = 0.40,0.56, 0.64,0.80, 0.0,0.16, SURF_IDS = 'BURNER','WALL','WALL' /
&VENT XB = 0.40,0.56, 0.64,0.80, 0.16,0.16, SURF_ID = 'BURNER' /
REACTIONS (RSE3NG TEST):
&REAC ID = 'METHANE'
C = 1.
H = 4.
HEAT_OF_COMBUSTION = 50018.451 /
BOUILDING THE COMPARTMENT:
WALLS:
WALL COMPARTMENT THICKNESS:
INITIAL PHYSICAL THICKNESS OF THE WALL COMPARTMENT: 0.0254 M
MODIFIED WALL COMPARTMENT THICKNESS, ACCORDING TO LES: 0.04 M
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMIN', SURF_ID='WALL' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /
&OBST XB = -0.04,0.0, -0.04,1.44, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL LEFT
&OBST XB = 0.96,1.0, -0.04,1.44, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL RIGHT
&OBST XB = -0.04,1.0, 1.44,1.48, 0.0,1.0, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL BACK
&OBST XB = -0.04,1.0, -0.04,1.48, 0.96,1.0, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / CEILING
&OBST XB = 0.0,0.24, -0.04, 0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 1
&OBST XB = 0.24,0.72, -0.04, 0.0, 0.80,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 2
&OBST XB = 0.72,0.96, -0.04, 0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 3
DEVICES:
THERMOCOUPLES INSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='15TRSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='16TFSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='17TR24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='18TR80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='19TF24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='20TF80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
DEVICES OUTSIDE THE COMPARTMENT:
```

THERMOCOUPLES OUTSIDE THE COMPARTMENT:

```

&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.70, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='31TC70CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.70, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='29TC70LA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.50, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='36TC50CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='39TC30CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='33TC30LA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
VELOCITY PROBES (M/SEC):
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='45VD79L' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='46VD79C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.64, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='47VD79R' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.60, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='48VD60C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.40, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='49VD40C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='50VD20L' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='51VD20C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.64, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='52VD20R' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.05, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='53VD5C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=-0.32, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.32, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=-0.08, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.08, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.80, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.80, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.96, QUANTITY='TEMPERATURE' /

```

```

&SLCF PBZ=0.96, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.20, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.20, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /

```

4) Αρχείο εισόδου 'EXTENDED24' (διακριτοποίηση με διακομβική απόσταση 2,4 cm εσωτερικά και εξωτερικά του χώρου, μη αδιαβατικά τοιχώματα):

```

&HEAD CHID = 'EXTENDED24', TITLE = 'EXTENDED24' /
COMPUTATIONAL TIME:
&TIME T_END = 1000.0 / COMPUTATIONAL TIME IN SECONDS: 1000 SEC
COMPUTATIONAL GRID:
MESH CELL = 0.024 M
DH=0.61 M
INTERIOR MESH IJK = 40,60,40, XB = 0.0,0.96, 0.0,1.44, 0.0,0.96
MULTI-GRID:
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, -1.032,-0.384, 0.0,0.768 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, -0.384, 0.264, 0.0,0.768 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, 0.264, 0.912, 0.0,0.768 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, 0.912, 1.560, 0.0,0.768 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, -1.032,-0.384, 0.768,1.536 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, -0.384, 0.264, 0.768,1.536 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, 0.264, 0.912, 0.768,1.536 /
&MESH IJK = 60,27,32, XB = -0.24,1.2, 0.912, 1.560, 0.768,1.536 /
SURF LINE:
HRRPUA: 265 KW/(0.144*0.144)M^2 = 12779.707 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
&SURF ID = 'WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA = 12779.707 /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL'
MATL_ID = 'MARINITE_I'
BACKING = 'EXPOSED'
COLOR = 'GRAY'
THICKNESS = 0.024 /

```

MATL_ID LINE:
MARINITE I:
&MATL ID = 'MARINITE_I'
CONDUCTIVITY = 0.12
SPECIFIC_HEAT = 1.298
DENSITY = 737.
EMISSIVITY = 0.74 /
THE BURNER AS OBSTACLE IN THE COMPARTMENT:
&OBST XB = 0.408,0.552, 0.648,0.792, 0.0,0.144, SURF_IDS = 'BURNER','WALL','WALL' /
REACTIONS (RSE3NG TEST):
&REAC ID = 'METHANE'
C = 1.
H = 4.
HEAT_OF_COMBUSTION = 50018.451 /
BOUILDING THE COMPARTMENT:
WALLS:
WALL COMPARTMENT THICKNESS:
INITIAL PHYSICAL THICKNESS OF THE WALL COMPARTMENT: 0.024 M
MODIFIED WALL COMPARTMENT THICKNESS, ACCORDING TO LES: 0.024 M
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMIN', SURF_ID='WALL' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /
&OBST XB = -0.024,0.0, -0.024,1.44, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL LEFT
&OBST XB = 0.96,0.984, -0.024,1.44, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL RIGHT
&OBST XB = -0.024,0.984, 1.44,1.464, 0.0,0.984, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL BACK
&OBST XB = -0.024,0.984, -0.024,1.464, 0.96,0.984, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / CEILING
&OBST XB = 0.0,0.24, -0.024, 0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 1
&OBST XB = 0.24,0.72, -0.024,0.0, 0.84,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 2
&OBST XB = 0.72,0.96, -0.024, 0.0, 0.0,0.96, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 3
DEVICES:
THERMOCOUPLES INSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='15TRSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='16TFSAMPA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='17TR24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='18TR80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='19TF24A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='20TF80A' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
DEVICES OUTSIDE THE COMPARTMENT:
THERMOCOUPLES OUTSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.70, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='31TC70CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.70, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='29TC70LA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.50, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='36TC50CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='39TC30CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='33TC30LA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
VELOCITY PROBES (M/SEC):
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='45VD79L' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='46VD79C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.64, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='47VD79R' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.60, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='48VD60C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.40, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='49VD40C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='50VD20L' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='51VD20C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.64, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='52VD20R' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.05, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='53VD5C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=-0.84, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.84, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=-0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=-0.072, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.072, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.12, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /

```

&SLCF PBZ=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.84, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.84, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.96, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.96, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.20, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.20, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /

```

5) Αρχείο εισόδου 'PARALLEL16CM' (διακριτοποίηση με διακομβική απόσταση 1,6 cm εσωτερικά και εξωτερικά του χώρου, μη αδιαβατικά τοιχώματα):

```

&HEAD CHID = 'PARALLEL16CM', TITLE = 'PARALLEL16CM' /
COMPUTATIONAL TIME:
&TIME T_END = 5278.0 / COMPUTATIONAL TIME IN SECONDS: 5278 SEC
&DUMP DT_RESTART = 50. /
MULTIMESH:
8 PROCESSORS ARE GOING TO BE USED
MESH SIZE 0.016M
INTERIOR DEPARTMENT SIZING: (XX'=0.96 M = 60 CELLS), (YY'=1.44 M = 90 CELLS), (ZZ'= 0.96M = 60 CELLS)
TOTAL CELLS ON XX' AXIS:
(1+1)+60+(1+1)=64 CELLS
FROM -0.032M TO 0.992M
TOTAL CELLS ON YY' AXIS:
(67+1)+90+(1+1)=160 CELLS
FROM -1.088M TO 1.472M
TOTAL CELLS ON ZZ' AXIS:
60+(1+3)=64 CELLS, FOR THE RIGHT REGION,
2*[60+(1+3)]=128 CELLS FOR THE WHOLE REGION
FROM 0.0M TO 2.048M
TOTAL CELLS:
64*160*64+64*96*64=655360+393216=1048576 CELLS
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, -1.088,-0.576, 0.0,1.024, COLOR='BLACK' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, -0.576,-0.064, 0.0,1.024, COLOR='RED' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, -0.064, 0.448, 0.0,1.024, COLOR='BLUE' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, 0.448, 0.960, 0.0,1.024, COLOR='BROWN' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, 0.960, 1.472, 0.0,1.024, COLOR='GREEN' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, -1.088,-0.576, 1.024,2.048, COLOR='ORANGE' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, -0.576,-0.064, 1.024,2.048, COLOR='RASPBERRY' /
&MESH IJK= 64,32,64, XB= -0.032,0.992, -0.064, 0.448, 1.024,2.048, COLOR='MAGENTA' /
THE BURNER:
INITIAL BURNER SIZING:0.13*0.13*0.15 M,
BURNER AREA:0.13*0.13=0.0169 M^2
BURNER HRRPUA: 265 KW/(0.13*0.13)M^2 = 15680.473 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
410 KW/(0.13*0.13)M^2 = 24260.355 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
180 KW/(0.13*0.13)M^2 = 10650.888 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
115 KW/(0.13*0.13)M^2 = 6804.734 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
75 KW/(0.13*0.13)M^2 = 4437.87 KW/M^2, (HRRPUA IN KW/M^2)
SURF LINE:
&SURF ID = 'ADIABATIC_WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL'
MATL_ID = 'MARINITE_I'
BACKING = 'EXPOSED'
THICKNESS = 0.0254 /
DIGITIZER RESULTS FOR THE HRRPUA_RAMP:
  TIME   HRR   HRRPUA   F
-----
  0.0    ,    0.0    0.0 KW/M^2 F=0.0
74.477 , 265.619 15680.473 KW/M^2 F=0.6464
1155.79 , 265.077 15680.473 KW/M^2 F=0.6464
1185.89 , 410.791 24260.355 KW/M^2 F=1.0
2217.13 , 410.042 24260.355 KW/M^2 F=1.0
2276.77 , 180.504 10650.888 KW/M^2 F=0.4391
3472.61 , 180.195 10650.888 KW/M^2 F=0.4391
3482.52 , 115.218 6804.734 KW/M^2 F=0.2805
4019.59 , 115.445 6804.734 KW/M^2 F=0.2805
4071.45 , 75.1826 4437.87 KW/M^2 F=0.1829
5253.01 , 75.6826 4437.87 KW/M^2 F=0.1829
5277.65 , 0.0273 0.0 KW/M^2 F=0.0
5535.55 , 0.0273 0.0 KW/M^2 F=0.0

```

```

&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA=24260.355, RAMP_Q = 'Q_BURNER' /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=0.0 , F=0.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=75.0 , F=0.6464 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=1156.0 , F=0.6464 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=1186.0 , F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2217.0 , F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2277.0 , F=0.4391 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=3473.0 , F=0.4391 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=3483.0 , F=0.2805 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=4020.0 , F=0.2805 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=4071.0 , F=0.1829 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=5253.0 , F=0.1829 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=5278.0 , F=0.0 /
MATL LINE:
MARINITE I
&MATL ID = 'MARINITE_I'
CONDUCTIVITY = 0.12
SPECIFIC_HEAT_RAMP = 'cp_ramp'
DENSITY = 737.0
EMISSIVITY = 0.74 /
&RAMP ID='cp_ramp', T= 0.0, F=1.172 /
&RAMP ID='cp_ramp', T= 93.0, F=1.172 /
&RAMP ID='cp_ramp', T=205.0, F=1.255 /
&RAMP ID='cp_ramp', T=316.0, F=1.339 /
&RAMP ID='cp_ramp', T=425.0, F=1.424 /
&RAMP ID='cp_ramp', T=2000.0, F=1.424 /
THE BURNER AS OBSTACLE IN THE COMPARTMENT:
INITIAL BURNER SIZING:0.13*0.13*0.15 M
MESH SIZE: 0.016 M
INTERIOR DEPARTMENT SIZING: (XX'=0.96 M = 60 CELLS), (YY'=1.44 M = 90 CELLS), (ZZ'= 0.96M = 60 CELLS)
BURNER SIZING:0.144 M*0.144 M*0.144 M,
&OBSTXB=0.40,0.544,0.64,0.784,0.0,0.144,SURF_IDS='BURNER','ADIABATIC_WALL','ADIABATIC_WALL' /
REAC LINE:
REACTIONS (RSE3NG TEST):
&REAC ID = 'METHANE'
C = 1.
H = 4.
HEAT_OF_COMBUSTION = 50018.451 /
BOUILDING THE COMPARTMENT:
WALLS:
WALL COMPARTMENT THICKNESS:
INITIAL PHYSICAL THICKNESS OF THE WALL COMPARTMENT: 0.0254 M
MODIFIED WALL COMPARTMENT THICKNESS,ACCORDING TO LES: DEPENDING ON THE MESH SIZE
SELECTED:0.016 M
&VENT MB='XMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='XMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMIN', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='YMAX', SURF_ID='OPEN' /
&VENT MB='ZMIN', SURF_ID='ADIABATIC_WALL' /
&VENT MB='ZMAX', SURF_ID='OPEN' /
MESH SIZE: 0.016 M
INTERIOR DEPARTMENT SIZING: (XX'=0.96 M = 60 CELLS), (YY'=1.44 M = 90 CELLS), (ZZ'= 0.96M = 60 CELLS)
&OBST XB = -0.016,0.0 , -0.016,1.44, 0.0,0.96 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL LEFT
&OBST XB = 0.96,0.976 , -0.016,1.44, 0.0,0.96 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL RIGHT
&OBST XB = -0.016,0.976 , 1.44,1.456 , 0.0,0.96 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / WALL BACK
&OBST XB = -0.016,0.976 , -0.016,1.456, 0.96,0.976 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / CEILING
&OBST XB = 0.0,0.24 , -0.016,0.0, 0.0,0.96 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 1
&OBST XB = 0.24,0.72 , -0.016,0.0, 0.816,0.96 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 2
&OBST XB = 0.72,0.96 , -0.016,0.0, 0.0,0.96 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / FRONT WALL 3
DEVICES (DEVC LINE):
THERMOCOUPLES INSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='15TRSAMPA'/ ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='16TFSAMPA'/ ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='17TR24A'/ ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 1.22, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='18TR80A'/ ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.24, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='19TF24A'/ ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.75, 0.20, 0.80, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='20TF80A'/ ASPIRATED THERMOCOUPLE
GAS PROBES:
CO2:
&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY = 'VOLUME FRACTION', SPEC_ID = 'carbon dioxide', DRY = .TRUE., ID =
'3CO2REAR' / GAS SAMPLE REAR
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY = 'VOLUME FRACTION', SPEC_ID = 'carbon dioxide', DRY = .TRUE., ID =
'8CO2FRONT' / GAS SAMPLE FRONT
O2:

```

```

&DEVC XYZ = 0.29, 1.13, 0.88, QUANTITY = 'VOLUME FRACTION', SPEC_ID = 'oxygen', DRY = .TRUE., ID =
'2O2REAR' / GAS SAMPLE REAR
&DEVC XYZ = 0.29, 0.10, 0.88, QUANTITY = 'VOLUME FRACTION', SPEC_ID = 'oxygen', DRY = .TRUE., ID =
'7O2FRONT' / GAS SAMPLE FRONT
DEVICES OUTSIDE THE COMPARTMENT:
THERMOCOUPLES OUTSIDE THE COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.70, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='31TC70CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.70, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='29TC70LA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.50, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='36TC50CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='39TC30CA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='33TC30LA' / ASPIRATED THERMOCOUPLE
VELOCITY PROBES (M/SEC):
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='45VD79L' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='46VD79C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.64, -0.05, 0.79, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='47VD79R' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.60, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='48VD60C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.40, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='49VD40C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.32, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='50VD20L' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='51VD20C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.64, -0.05, 0.20, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='52VD20R' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
&DEVC XYZ = 0.48, -0.05, 0.05, QUANTITY='V-VELOCITY', ID='53VD5C' / BI-DIRECTIONAL VELOCITY PROBE
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.24, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.72, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=-0.848, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.848, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=-0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=-0.064, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=-0.064, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.128, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.128, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.48, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.848, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.848, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.92, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.92, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.20, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.20, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /

```

B) Υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς σε επίμηκες διαμέρισμα με πρόσοψη.

1. Περίπτωση προσομοίωσης 1:

Αρχείο εισόδου: ADIABATICFACADE

```

&HEAD CHID ='ADIABATICFACADE', TITLE ='ADIABATICFACADE' /
&TIME T_END = 2215.0 /
&DUMP DT_RESTART = 50. /
MULTIMESH:
MESH SIZE: 0.015 M.
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.00,0.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLACK' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.60,1.20, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='RED' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.20,1.80, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLUE' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.80,2.40, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BROWN' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 2.40,3.00, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='GREEN' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.60, COLOR='ORANGE' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.60, 1.20, COLOR='RASPBERRY' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 1.20, 1.80, COLOR='PINK' /

```


BURNER:
 &OBST XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.00,0.01 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' /
 &VENT XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.01,0.01, SURF_ID = 'BURNER' /
 &SURF ID = 'BURNER', HRRPUA=1360.544, RAMP_Q = 'Q_BURNER' /
 &RAMP ID='Q_BURNER', T=0.0 , F=0.0 /
 &RAMP ID='Q_BURNER', T=609.0 , F=1.0 /
 &RAMP ID='Q_BURNER', T=2120.0 , F=1.0 /
 &RAMP ID='Q_BURNER', T=2215.0 , F=0.0 /
 &SURF ID = 'ADIABATIC_WALL'
 ADIABATIC = .TRUE. /
 &SURF ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE'
 MATL_ID = 'CERAMIC_FIBER'
 BACKING = 'EXPOSED'
 THICKNESS = 0.04 /
 EXTERNAL WALL MATERIAL:CERAMIC FIBER BOARD
 &MATL ID = 'CERAMIC_FIBER'
 CONDUCTIVITY = 0.13
 SPECIFIC_HEAT = 1.1
 DENSITY = 340.0
 EMISSIVITY = 0.85 / DENSITY IN KG/M^3, SPECIFIC HEAT IN KJ/KG*K, CONDUCTIVITY IN W/M*K
 REACTIONS (1 STEP REACTION):
 FUEL: PROPANE (C3H8)
 &REAC ID = 'PROPANE'
 C = 3.
 H = 8.
 HEAT_OF_COMBUSTION = 46458.159 / HEAT OF COMBUSTION IN KJ/KG
 WALLS:
 ADIABATIC WALLS:
 &VENT XB = 0.0,3.60 , 0.0,0.54 , 0.0,0.0 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / GROUND
 &VENT XB = 0.0,3.00 , 0.0,0.54 , 0.54,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / CEILING
 &VENT XB = 0.0,0.0 , 0.0,0.54 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / BACK WALL
 &VENT XB = 0.0,3.00 , 0.0,0.0 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / LEFT WALL(ORIGIN ORIENTATION)
 &VENT XB = 0.0,3.00 , 0.54,0.54 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / RIGHT WALL
 CERAMIC FIBER BOARD FACADE WALLS:
 &OBST XB = 3.00,3.015 , 0.00,0.21 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL
 LEFT (ORIGIN)
 &OBST XB = 3.00,3.015 , 0.33,0.54 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL
 RIGHT
 &OBST XB= 3.00,3.015 , 0.00,0.54 , 0.255,1.71, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FROM DOOR
 TO FINAL FACADE
 HEIGHT FROM GROUND:1.71 M
 BOUNDARY VENT CONDITIONS:
 &VENT XB = 3.0,3.015 , 0.00,0.00 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB = 3.0,3.015 , 0.54,0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB = 3.015,3.60 , 0.00,0.00 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB = 3.015,3.60 , 0.54,0.54 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB = 3.60,3.60 , 0.00,0.54 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB = 3.0,3.60 , 0.00,0.54 , 1.80,1.80, SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB = 3.0,3.0 , 0.0,0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
 DEVICES INSIDE THE TUNNEL:
 THERMOCOUPLES IN 'F' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6F'/
 THERMOCOUPLES IN 'E' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6E'/
 THERMOCOUPLES IN 'D' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1D'/

```

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6D'/
THERMOCOUPLES IN 'C' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6C'/
THERMOCOUPLES IN 'B' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6B'/
THERMOCOUPLES IN 'A' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6A'/
THIN STEEL PLATE HEAT FLUX GAUGES OUTSIDE THE TUNNEL:
ON THE CENTERLINE OF THE FACADE:
&PROP ID = 'GAUGE20', GAUGE_TEMPERATURE = 20.0 /
&PROP ID = 'GAUGE60', GAUGE_TEMPERATURE = 60.0 /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.53 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG1_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG2_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.23 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG3_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.08 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG4_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.93 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG5_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.78 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG6_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.63 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG7_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.48 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG8_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG9_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.53 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG1_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG2_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.23 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG3_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.08 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG4_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.93 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG5_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.78 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG6_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.63 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG7_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.48 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG8_60' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE60', IOR=+1, ID =CLG9_60' /
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /

```

```
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /
```

2. Περίπτωση προσομοίωσης 2: Αρχείο εισόδου: ADFACADE_RADFRAC

```
&HEAD CHID='ADFACADE_RADFRAC', TITLE='ADFACADE_RADFRAC' /
&TIME T_END = 2215.0 /
&DUMP DT_RESTART = 50. /
MULTIMESH:
MESH SIZE: 0.015 M.
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.00,0.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLACK' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.60,1.20, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='RED' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.20,1.80, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLUE' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.80,2.40, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BROWN' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 2.40,3.00, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='GREEN' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.60, COLOR='ORANGE' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.60, 1.20, COLOR='RASPBERRY' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 1.20, 1.80, COLOR='PINK' /
RADIATION PROPERTIES:
&RADI RADIATIVE_FRACTION = 0.5 /
BURNER:
&OBST XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.00,0.01, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' /
&VENT XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.01,0.01, SURF_ID = 'BURNER' /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA=1360.544, RAMP_Q = 'Q_BURNER' /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=609.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2120.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2215.0, F=0.0 /
&SURF ID = 'ADIABATIC_WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE'
MATL_ID = 'CERAMIC_FIBER'
BACKING = 'EXPOSED'
THICKNESS = 0.04 /
EXTERNAL WALL MATERIAL:CERAMIC FIBER BOARD
&MATL ID = 'CERAMIC_FIBER'
CONDUCTIVITY = 0.13
SPECIFIC_HEAT = 1.1
DENSITY = 340.0
EMISSIVITY = 0.85 / DENSITY IN KG/M^3, SPECIFIC HEAT IN KJ/KG*K, CONDUCTIVITY IN W/M*K
REACTIONS (1 STEP REACTION):
FUEL: PROPANE (C3H8)
&REAC ID = 'propane'
C = 3.
H = 8.
HEAT_OF_COMBUSTION = 46458.159 / HEAT OF COMBUSTION IN KJ/KG
WALLS:
ADIABATIC WALLS:
&VENT XB = 0.0,3.60, 0.0,0.54, 0.0,0.0, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / GROUND
&VENT XB = 0.0,3.00, 0.0,0.54, 0.54,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / CEILING
&VENT XB = 0.0,0.0, 0.0,0.54, 0.0,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / BACK WALL
&VENT XB = 0.0,3.00, 0.0,0.0, 0.0,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / LEFT WALL(ORIGIN ORIENTATION)
&VENT XB = 0.0,3.00, 0.54,0.54, 0.0,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / RIGHT WALL
CERAMIC FIBER BOARD FACADE WALLS:
&OBST XB = 3.00,3.015, 0.00,0.21, 0.0,0.255, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL LEFT (ORIGIN)
&OBST XB = 3.00,3.015, 0.33,0.54, 0.0,0.255, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL RIGHT
&OBST XB = 3.00,3.015, 0.00,0.54, 0.255,1.71, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FROM DOOR TO FINAL FACADE
HEIGHT FROM GROUND:1.71 M
BOUNDARY VENT CONDITIONS:
&VENT XB = 3.0,3.015, 0.00,0.00, 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.0,3.015, 0.54,0.54, 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.015,3.60, 0.00,0.00, 0.0,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.015,3.60, 0.54,0.54, 0.0,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.60,3.60, 0.00,0.54, 0.0,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.0,3.60, 0.00,0.54, 1.80,1.80, SURF_ID='OPEN' /
```

```

&VENT XB = 3.0,3.0 , 0.0, 0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
DEVICES INSIDE THE TUNNEL:
THERMOCOUPLES IN 'F' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6F'/
THERMOCOUPLES IN 'E' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6E'/
THERMOCOUPLES IN 'D' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6D'/
THERMOCOUPLES IN 'C' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6C'/
THERMOCOUPLES IN 'B' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6B'/
THERMOCOUPLES IN 'A' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6A'/
THIN STEEL PLATE HEAT FLUX GAUGES OUTSIDE THE TUNNEL:
ON THE CENTERLINE OF THE FACADE:
&PROP ID = 'GAUGE20', GAUGE_TEMPERATURE = 20.0 /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.53 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG1_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG2_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.23 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG3_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.08 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG4_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.93 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG5_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.78 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG6_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.63 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG7_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.48 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG8_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID =CLG9_20' /
SPEC:
&SPEC ID = 'oxygen' /
&SPEC ID = 'carbon dioxide'/
&SPEC ID = 'propane' /
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBX=0.27, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.27, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'oxygen' /
&SLCF PBX=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'carbon dioxide' /

```

```

&SLCF PBZ=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'propane' /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /

```

3. Περίπτωση προσομοίωσης 3: Αρχείο εισόδου: ADFAC_WIDEBAND

```

&HEAD CHID = 'ADFAC_WIDEBAND', TITLE = 'ADFAC_WIDEBAND' /
&TIME T_END = 2215.0 /
&DUMP DT_RESTART = 50. /
MULTIMESH:
MESH SIZE: 0.015 M.
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.00,0.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLACK' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.60,1.20, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='RED' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.20,1.80, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLUE' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.80,2.40, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BROWN' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 2.40,3.00, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='GREEN' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.60, COLOR='ORANGE' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.60, 1.20, COLOR='RASPBERRY' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 1.20, 1.80, COLOR='PINK' /
RADIATION PROPERTIES:
&RADI WIDE_BAND_MODEL = .TRUE. /
BURNER:
&OBST XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.00,0.01, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' /
&VENT XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.01,0.01, SURF_ID = 'BURNER' /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA=1360.544, RAMP_Q = 'Q_BURNER' /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=609.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2120.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2215.0, F=0.0 /
&SURF ID = 'ADIABATIC_WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE
MATL_ID = 'CERAMIC_FIBER'
BACKING = 'EXPOSED'
THICKNESS = 0.04 /
EXTERNAL WALL MATERIAL:CERAMIC FIBER BOARD
&MATL ID = 'CERAMIC_FIBER'
CONDUCTIVITY = 0.13
SPECIFIC_HEAT = 1.1
DENSITY = 340.0
EMISSIVITY = 0.85 / DENSITY IN KG/M^3, SPECIFIC HEAT IN KJ/KG*K, CONDUCTIVITY IN W/M*K
REACTIONS (1 STEP REACTION):
FUEL: PROPANE (C3H8)
&REAC ID = 'propane'
C = 3.
H = 8.
HEAT_OF_COMBUSTION = 46458.159 / HEAT OF COMBUSTION IN KJ/KG
WALLS:
ADIABATIC WALLS:
&VENT XB = 0.0,3.60, 0.0,0.54, 0.0,0.0, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / GROUND
&VENT XB = 0.0,3.00, 0.0,0.54, 0.54,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / CEILING
&VENT XB = 0.0,0.0, 0.0,0.54, 0.0,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / BACK WALL
&VENT XB = 0.0,3.00, 0.0,0.0, 0.0,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / LEFT WALL(ORIGIN ORIENTATION)
&VENT XB = 0.0,3.00, 0.54,0.54, 0.0,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / RIGHT WALL
CERAMIC FIBER BOARD FACADE WALLS:

```

&OBST XB = 3.00,3.015 , 0.00,0.21 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL LEFT (ORIGIN)

&OBST XB = 3.00,3.015 , 0.33,0.54 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL RIGHT

&OBST XB= 3.00,3.015 , 0.00,0.54 , 0.255,1.71, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FROM DOOR TO FINAL FACADE

HEIGHT FROM GROUND:1.71 M

BOUNDARY VENT CONDITIONS:

&VENT XB = 3.0,3.015 , 0.00,0.00 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /

&VENT XB = 3.0,3.015 , 0.54,0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /

&VENT XB = 3.015,3.60 , 0.00,0.00 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /

&VENT XB = 3.015,3.60 , 0.54,0.54 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /

&VENT XB = 3.60,3.60 , 0.00, 0.54 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /

&VENT XB = 3.0,3.60 , 0.00, 0.54 , 1.80,1.80, SURF_ID='OPEN' /

&VENT XB = 3.0,3.0 , 0.0, 0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /

DEVICES INSIDE THE TUNNEL:

THERMOCOUPLES IN 'F' COMPARTMENT:

&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1F'/

&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2F'/

&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3F'/

&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4F'/

&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5F'/

&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6F'/

THERMOCOUPLES IN 'E' COMPARTMENT:

&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1E'/

&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2E'/

&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3E'/

&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4E'/

&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5E'/

&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6E'/

THERMOCOUPLES IN 'D' COMPARTMENT:

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1D'/

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2D'/

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3D'/

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4D'/

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5D'/

&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6D'/

THERMOCOUPLES IN 'C' COMPARTMENT:

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1C'/

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2C'/

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3C'/

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4C'/

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5C'/

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6C'/

THERMOCOUPLES IN 'B' COMPARTMENT:

&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1B'/

&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2B'/

&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3B'/

&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4B'/

&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5B'/

&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6B'/

THERMOCOUPLES IN 'A' COMPARTMENT:

&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1A'/

&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2A'/

&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3A'/

&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4A'/

&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5A'/

&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6A'/

THIN STEEL PLATE HEAT FLUX GAUGES OUTSIDE THE TUNNEL:

ON THE CENTERLINE OF THE FACADE:

&PROP ID = 'GAUGE20', GAUGE_TEMPERATURE = 20.0 /

&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.53 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG1_20' /

&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG2_20' /

&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.23 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG3_20' /

&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.08 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG4_20' /

&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.93 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG5_20' /

```

&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.78 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG6_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.63 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG7_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.48 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG8_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG9_20' /
SPEC:
&SPEC ID = 'oxygen' /
&SPEC ID = 'carbon dioxide' /
&SPEC ID = 'propane' /
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'oxygen' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'carbon dioxide' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'propane' /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /

```

4. Περίπτωση προσομοίωσης 4: Αρχείο εισόδου: ADFACADE_REALHRR

```

&HEAD CHID = 'ADFACADE_REALHRR', TITLE = 'ADFACADE_REALHRR' /
&TIME T_END = 2215.0 /
&DUMP DT_RESTART = 50. /
MULTIMESH:
MESH SIZE: 0.015 M.
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.00,0.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLACK' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 0.60,1.20, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='RED' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.20,1.80, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BLUE' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 1.80,2.40, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='BROWN' /
&MESH IJK= 40,36,36, XB= 2.40,3.00, 0.00, 0.54, 0.00, 0.54, COLOR='GREEN' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.00, 0.60, COLOR='ORANGE' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 0.60, 1.20, COLOR='RASPBERRY' /
&MESH IJK= 40,36,40, XB= 3.00,3.60, 0.00, 0.54, 1.20, 1.80, COLOR='PINK' /
RADIATION PROPERTIES:
&RADI RADIATIVE_FRACTION = 0.425 /
BURNER:
&OBST XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.00,0.01 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' /
&VENT XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.01,0.01, SURF_ID = 'BURNER' /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA=1315.1927, RAMP_Q = 'Q_BURNER' /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=0.0 , F=0.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=386.0 , F=0.646 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=1534.0 , F=0.646 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=1595.0 , F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2108.0 , F=1.0 /

```

```

&RAMP ID='Q_BURNER', T=2215.0, F=0.0 /
&SURF ID = 'ADIABATIC_WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE'
MATL_ID = 'CERAMIC_FIBER'
BACKING = 'EXPOSED'
THICKNESS = 0.04 /
EXTERNAL WALL MATERIAL:CERAMIC FIBER BOARD
&MATL ID = 'CERAMIC_FIBER'
CONDUCTIVITY = 0.13
SPECIFIC_HEAT = 1.1
DENSITY = 340.0
EMISSIVITY = 0.85 / DENSITY IN KG/M^3, SPECIFIC HEAT IN KJ/KG*K, CONDUCTIVITY IN W/M*K
REACTIONS (1 STEP REACTION):
FUEL: PROPANE (C3H8)
&REAC ID = 'propane'
C = 3.
H = 8.
HEAT_OF_COMBUSTION = 46458.159 / HEAT OF COMBUSTION IN KJ/KG
WALLS:
ADIABATIC WALLS:
&VENT XB = 0.0,3.60 , 0.0,0.54 , 0.0,0.0 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / GROUND
&VENT XB = 0.0,3.00 , 0.0,0.54 , 0.54,0.54, SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / CEILING
&VENT XB = 0.0,0.0 , 0.0,0.54 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / BACK WALL
&VENT XB = 0.0,3.00 , 0.0,0.0 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / LEFT WALL(ORIGIN ORIENTATION)
&VENT XB = 0.0,3.00 , 0.54,0.54 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / RIGHT WALL
CERAMIC FIBER BOARD FACADE WALLS:
&OBST XB = 3.00,3.015 , 0.00,0.21 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL
LEFT (ORIGIN)
&OBST XB = 3.00,3.015 , 0.33,0.54 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL
RIGHT
&OBST XB= 3.00,3.015 , 0.00,0.54 , 0.255,1.71, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FROM DOOR
TO FINAL FACADE
HEIGHT FROM GROUND:1.71 M
BOUNDARY VENT CONDITIONS:
&VENT XB = 3.0,3.015 , 0.00,0.00 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.0,3.015 , 0.54,0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.015,3.60 , 0.00,0.00 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.015,3.60 , 0.54,0.54 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.60,3.60 , 0.00, 0.54 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.0,3.60 , 0.00, 0.54 , 1.80,1.80, SURF_ID='OPEN' /
&VENT XB = 3.0,3.0 , 0.0, 0.54 , 1.71,1.80, SURF_ID='OPEN' /
DEVICES INSIDE THE TUNNEL:
THERMOCOUPLES IN 'F' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5F'/
&DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6F'/
THERMOCOUPLES IN 'E' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5E'/
&DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6E'/
THERMOCOUPLES IN 'D' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5D'/
&DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6D'/
THERMOCOUPLES IN 'C' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1C'/

```



```

&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5C'/
&DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6C'/
THERMOCOUPLES IN 'B' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5B'/
&DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6B'/
THERMOCOUPLES IN 'A' COMPARTMENT:
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5A'/
&DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6A'/
THIN STEEL PLATE HEAT FLUX GAUGES OUTSIDE THE TUNNEL:
ON THE CENTERLINE OF THE FACADE:
&PROP ID = 'GAUGE20', GAUGE_TEMPERATURE = 20.0 /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.53 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG1_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG2_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.23 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG3_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.08 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG4_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.93 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG5_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.78 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG6_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.63 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG7_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.48 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG8_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG9_20' /
SPEC:
&SPEC ID = 'oxygen' /
&SPEC ID = 'carbon dioxide'/
&SPEC ID = 'propane' /
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.03, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'oxygen' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'carbon dioxide' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'propane' /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /

```

5. Περίπτωση προσομοίωσης 5:

Αρχείο εισόδου: FACADE_DENSE_MESH

```

&HEAD CHID = 'FACADE_DENSE_MESH', TITLE = 'FACADE_DENSE_MESH' /
&TIME T_END = 2215.0 /
&DUMP DT_RESTART = 50. /
MULTIMESH:
MESH SIZE:
REGULAR SIZE: 0.015 M
DENSE SIZE: 0.005 M
&MESH IJK= 96,40,40 , XB= -0.03,1.41, -0.03,0.57 , 0.0, 0.60 , COLOR='BLACK' / PROCESSOR 1
&MESH IJK= 96,40,40 , XB= 1.41,2.85 , -0.03,0.57 , 0.0, 0.60 , COLOR='RED' / PROCESSOR 2
&MESH IJK= 54,120,27, XB= 2.85,3.12 , -0.03, 0.57, 0.0, 0.135 , COLOR='BLUE' / PROCESSOR 3, DENSE MESH
&MESH IJK= 54,120,27, XB= 2.85,3.12 , -0.03, 0.57, 0.135, 0.27, COLOR='BROWN' / PROCESSOR 4, DENSE MESH
&MESH IJK= 54,120,27, XB= 2.85,3.12 , -0.03, 0.57, 0.27, 0.405, COLOR='GREEN' / PROCESSOR 5, DENSE MESH
&MESH IJK= 54,120,27, XB= 2.85,3.12 , -0.03, 0.57, 0.405, 0.54, COLOR='ORANGE' / PROCESSOR 6, DENSE MESH
&MESH IJK= 54,40,80 , XB= 2.94,3.75 , -0.03,0.57 , 0.60, 1.80 , COLOR='RASPBERRY' / PROCESSOR 7
&MESH IJK= 18,40,80 , XB= 3.75,4.02 , -0.03,0.57 , 0.60, 1.80 , COLOR='PINK' / PROCESSOR 8
&MESH IJK= 60,40,36 , XB= 3.12,4.02 , -0.03,0.57 , 0.0,0.54 , COLOR='PINK' / PROCESSOR 8
&MESH IJK= 72,40,4 , XB= 2.94,4.02 , -0.03,0.57 , 0.54,0.60 , COLOR='PINK' / PROCESSOR 8
&MESH IJK= 6,40,4 , XB= 2.85,2.94 , -0.03,0.57 , 0.54,0.60 , COLOR='PINK' / PROCESSOR 8
PROCESSOR 1: 153600 CELLS
PROCESSOR 2: 153600 CELLS
PROCESSOR 3: 174960 CELLS DENSE MESH
PROCESSOR 4: 174960 CELLS DENSE MESH
PROCESSOR 5: 174960 CELLS DENSE MESH
PROCESSOR 6: 174960 CELLS DENSE MESH
PROCESSOR 7: 172800 CELLS
PROCESSOR 8: 159072 CELLS
TOTAL : 1338912 CELLS
RADIATION PROPERTIES:
&RADI RADIATIVE_FRACTION = 0.45 /
BURNER:
&OBST XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.00,0.01 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' /
&VENT XB = 0.195,0.30, 0.165,0.375, 0.01,0.01, SURF_ID = 'BURNER' /
&SURF ID = 'BURNER', HRRPUA=1360.544, RAMP_Q = 'Q_BURNER' /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=0.0 , F=0.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=609.0 , F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2120.0 , F=1.0 /
&RAMP ID='Q_BURNER', T=2215.0 , F=0.0 /
SURF LINE:
&SURF ID = 'ADIABATIC_WALL'
ADIABATIC = .TRUE. /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE'
MATL_ID = 'CERAMIC_FIBER'
BACKING = 'EXPOSED'
THICKNESS = 0.04 /
&SURF ID = 'EXTERNAL_WALL'
MATL_ID = 'CERAMIC_FIBER'
BACKING = 'EXPOSED'
THICKNESS = 0.025 /
WALL MATERIAL:CERAMIC FIBER BOARD
&MATL ID = 'CERAMIC_FIBER'
CONDUCTIVITY = 0.13
SPECIFIC_HEAT = 1.1
DENSITY = 340.0
EMISSIVITY = 0.85 / DENSITY IN KG/M^3, SPECIFIC HEAT IN KJ/KG*K, CONDUCTIVITY IN W/M*K
REACTIONS (1 STEP REACTION):
FUEL: PROPANE (C3H8)
&REAC ID = 'propane'
C = 3.
H = 8.
HEAT_OF_COMBUSTION = 46458.159 / HEAT OF COMBUSTION IN KJ/KG
CERAMIC FIBER BOARD COMPARTMENT WALLS:
&VENT XB = -0.03,4.02 , -0.03,0.57 , 0.0,0.0 , SURF_ID = 'ADIABATIC_WALL' / GROUND
&OBST XB = -0.015,3.0 , -0.015,0.555 , 0.54,0.555, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / CEILING
&OBST XB = -0.015,0.0 , -0.015,0.555 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / BACK WALL
&OBST XB = 0.0,3.0 , -0.015,0.0 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / LEFT WALL(ORIGIN
ORIENTATION)

```

&OBST XB = 0.0,3.0 , 0.54,0.555 , 0.0,0.54 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL' / RIGHT WALL
 CERAMIC FIBER BOARD FACADE WALLS:
 &OBST XB = 3.0,3.015 , -0.015,0.21 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL
 LEFT (ORIGIN)
 &OBST XB = 3.0,3.015 , 0.33,0.555 , 0.0,0.255 , SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FRONT WALL
 RIGHT
 &OBST XB= 3.0,3.015 , -0.015,0.555 , 0.255,1.71, SURF_ID = 'EXTERNAL_WALL_FACADE' / FACADE FROM DOOR
 TO FINAL HEIGHT
 (HEIGHT FROM GROUND:1.71 M)
 BOUNDARY VENT CONDITIONS:
 &VENT XB= -0.03,-0.03 , -0.03,0.57 , 0.0,0.60 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= 4.02,4.02 , -0.03,0.57 , 0.0,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= -0.03,2.94 , -0.03,0.57 , 0.60,0.60 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= 2.94,2.94 , -0.03,0.57 , 0.60,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= 2.94,4.02 , -0.03,0.57 , 1.80,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= -0.03,4.02 , -0.03,-0.03 , 0.0,0.60 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= -0.03,4.02 , 0.57,0.57 , 0.0,0.60 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= 2.94,4.02 , -0.03,-0.03 , 0.60,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 &VENT XB= 2.94,4.02 , 0.57,0.57 , 0.60,1.80 , SURF_ID='OPEN' /
 DEVICES INSIDE THE TUNNEL:
 THERMOCOUPLES IN 'F' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5F'/
 &DEVC XYZ = 0.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6F'/
 THERMOCOUPLES IN 'E' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5E'/
 &DEVC XYZ = 0.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6E'/
 THERMOCOUPLES IN 'D' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1D'/
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2D'/
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3D'/
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4D'/
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5D'/
 &DEVC XYZ = 1.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6D'/
 THERMOCOUPLES IN 'C' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1C'/
 &DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2C'/
 &DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3C'/
 &DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4C'/
 &DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5C'/
 &DEVC XYZ = 1.60, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6C'/
 THERMOCOUPLES IN 'B' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1B'/
 &DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2B'/
 &DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3B'/
 &DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4B'/
 &DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5B'/
 &DEVC XYZ = 2.10, 0.40, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6B'/
 THERMOCOUPLES IN 'A' COMPARTMENT:
 &DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.48, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T1A'/
 &DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.40, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T2A'/
 &DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.30, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T3A'/
 &DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.20, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T4A'/
 &DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.10, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T5A'/
 &DEVC XYZ = 2.90, 0.10, 0.02, QUANTITY='TEMPERATURE', ID='T6A'/
 THIN STEEL PLATE HEAT FLUX GAUGES OUTSIDE THE TUNNEL:
 ON THE CENTERLINE OF THE FACADE:
 &PROP ID = 'GAUGE20', GAUGE_TEMPERATURE = 20.0 /
 &DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.53 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID = 'CLG1_20' /

```
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG2_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.23 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG3_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,1.08 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG4_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.93 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG5_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.78 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG6_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.63 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG7_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.48 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG8_20' /
&DEVC XYZ= 3.015,0.27,0.38 , QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX', PROP_ID = 'GAUGE20', IOR=+1, ID ='CLG9_20' /
SPEC:
&SPEC ID = 'oxygen' /
&SPEC ID = 'carbon dioxide' /
&SPEC ID = 'propane' /
SLICES:
X-PLANES:
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=2.985, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.03 , QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.03 , QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=3.225, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
Y-PLANES:
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'oxygen' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'carbon dioxide' /
&SLCF PBY=0.27, QUANTITY = 'MASS FRACTION', SPEC_ID = 'propane' /
Z-PLANES:
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.255, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=0.75, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBZ=1.53, QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE. /
END OF INPUT FILE
&TAIL /
```

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

1. Υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς στο χώρο δωματίου διαμερίσματος

A) Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στην οροφή του διαμερίσματος (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Πίνακας 8.1

16TFSAMPA	Area Experimental	Area,FDS	$[(Area_{exp}-Area_{FDS})/Area_{exp}]%$
4 cm in	957.750,0895	1.187.687,0389	-24,0080
2.4 cm in	957.750,0895	1.169.343,5318	-22,0927
4 cm in and out	957.750,0895	1.089.831,2269	-13,7907
2.4 cm in and out	957.750,0895	1.052.180,2041	-9,8595
1.6 cm in and out	957.750,0895	1.006.229,0238	-5,0617

Πίνακας 8.2

Discretization	16TFSAMPA, Experimental	16TFSAMPA,FDS	$[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%$
4 cm in	1055	1191,7918	-12,966
2.4 cm in	1055	1180,5802	-11,9033
4 cm in and out	1055	1140,0512	-8,0589
2.4 cm in and out	1055	1104,6953	-4,71
1.6 cm in and out	1055	1077,0533	-2,0904

Πίνακας 8.3

15TRSAMPA	Area Experimental	Area,FDS	$[(Area_{exp}-Area_{FDS})/Area_{exp}]%$
4 cm in	649.799,0194	1.015.776,9473	-56,3217
2.4 cm in	649.799,0194	987.153,7852	-51,9167
4 cm in and out	649.799,0194	904.931,8369	-39,2633
2.4 cm in and out	649.799,0194	848.229,1527	-30,5372

1.6 cm in and out	649.799,0194	829.768,2557	-27,6961
--------------------------	--------------	--------------	----------

Πίνακας 8.4

Discretization	15TRSAMPA, Experimental	15TRSAMPA,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in	737	1013,8745	-37,5677
2.4 cm in	737	991,3929	-34,5174
4 cm in and out	737	965,8211	-31,0476
2.4 cm in and out	737	907,3828	-23,1184
1.6 cm in and out	737	906,5581	-23,0065

Πίνακας 8.5

Discretization	20TF80A, Experimental	20TF80A,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in	1024	1224,1163	-19,5426
2.4 cm in	1024	1206,2095	-17,7939
4 cm in and out	1024	1158,8318	-13,1672
2.4 cm in and out	1024	1127,0764	-10,0764
1.6 cm in and out	1024	1113,3544	-8,7260

Πίνακας 8.6

Discretization	18TR80A, Experimental	18TR80A,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in	747	1018,1591	-36,2997
2.4 cm in	747	987,8218	-32,2385
4 cm in and out	747	948,6877	-26,9997
2.4 cm in and out	747	893,7259	-19,642
1.6 cm in and out	747	890,0921	-19,1556

Πίνακας 8.7

T_{max,upper}	16TFSAMPA, Experimental	16TFSAMPA,comp.	[(T_{exp}-T_{comp.})/T_{exp}]%
4 cm in	1102,61000	1310,90830	-18,8914
2.4 cm in	1102,61000	1322,27230	-19,9220
4 cm in and out	1102,61000	1225,16490	-11,1150
2.4 cm in and out	1102,61000	1273,48030	-15,4969
1.6 cm in and out	1102,61000	1107,03490	-0,4013

Heskestad eq.	1102,61000	1172,26120	-6,3169
Alpert eq.	1102,61000	932,09580	15,4646

Πίνακας 8.8

T_{max,upper}	15TRSAMPA, Experimental	15TRSAMPA, comp.	[(T_{exp}-T_{comp.})/T_{exp}]%
4 cm in	780,759	1091,80810	-39,8393
2.4 cm in	780,759	1057,83090	-35,4875
4 cm in and out	780,759	1060,12290	-35,7811
2.4 cm in and out	780,759	1009,18700	-29,2572
1.6 cm in and out	780,759	944,77850	-21,0077
Heskestad eq.	780,759	1416,64490	-81,4446
Alpert eq.	780,759	1155,57480	-48,0066

Πίνακας 8.9

Tupper	Area Experimental	Area, comp.	[(Area_{exp}-Area_{comp.})/Area_{exp}]%
4 cm in	819018,443	1092560,2395	-33,3987
2.4 cm in	819018,443	1087420,412	-32,7712
4 cm in and out	819018,443	978556,0204	-19,4791
2.4 cm in and out	819018,443	969030,1898	-18,316
1.6 cm in and out	819018,443	917998,6397	-12,0852
MQH equat.	819018,443	842739,0524	-2,89622

B) Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου κοντά στο δάπεδο του διαμερίσματος (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Πίνακας 8.10

17TR24A	Area Experimental	Area,FDS	[(Area_{exp}-Area_{FDS})/Area_{exp}]%
4 cm in	192892,7375	290883,8054	-50,8008
2.4 cm in	192892,7375	246098,2072	-27,5829
4 cm in and out	192892,7375	202200,8552	-4,8255
2.4 cm in and out	192892,7375	201311,0426	-4,3642

1.6 cm in and out	192892,7375	193909,7760	-0,52726
--------------------------	-------------	-------------	----------

Πίνακας 8.11

Discretization	17TR24A, Experimental	17TR24A,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in	232	322,5576	-39,0334
2.4 cm in	232	207,7552	10,4494
4 cm in and out	232	220,6037	4,9122
2.4 cm in and out	232	225,4521	2,8224
1.6 cm in and out	232	235,1995	-1,3791

Πίνακας 8.12

19TF24A	Area Experimental	Area,FDS	[(Area_{exp}-Area_{FDS})/Area_{exp}]%
4 cm in	192892,7375	292930,8622	-51,8620
2.4 cm in	192892,7375	242551,7045	-25,7443
4 cm in and out	192892,7375	212799,6267	-10,3202
2.4 cm in and out	192892,7375	201573,7547	-4,5004
1.6 cm in and out	192892,7375	194789,9890	-0,9835

Πίνακας 8.13

Discretization	19TF24A, Experimental	19TF24A,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in	232	326,4515	-40,7118
2.4 cm in	232	206,7402	10,8878
4 cm in and out	232	222,4903	4,099
2.4 cm in and out	232	226,2332	2,4857
1.6 cm in and out	232	236,0101	-1,7285

Πίνακας 8.14

Tmean,total	Area Experimental	Area,comp.	[(Area_{exp}-Area_{comp.})/Area_{exp}]%
4 cm in	507840,9358	692233,5239	-36,3091
2.4 cm in	507840,9358	665871,9555	-31,1182
4 cm in and out	507840,9358	590221,3433	-16,2217
2.4 cm in and out	507840,9358	588042,7622	-15,7927
1.6 cm in and out	507840,9358	556174,2611	-9,51741

British standard	507840,9358	609511,0987	-20,0201
ISO 834	507840,9358	667268,1354	-31,3931
BS EN 2002	507840,9358	966256,6528	-90,2676
Williams-Leir	507840,9358	1134325,6845	-123,362
Fackler eq.	507840,9358	607590,8524	-19,642
Lie	507840,9358	691901,9882	-36,2438

Γ) Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμοκρασιακού πεδίου στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Πίνακας 8.15

Discretization	29TC70LA, Experimental	29TC70LA,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in and out	966,267	1198,8571	-24,0709
2.4 cm in and out	966,267	1062,1135	-9,9193
1.6 cm in and out	966,267	1038,1016	-7,4342

Πίνακας 8.16

Discretization	31TC70CA, Experimental	31TC70CA,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in and out	1019,01	1218,0017	-19,5279
2.4 cm in and out	1019,01	955,2623	6,2558
1.6 cm in and out	1019,01	1062,7126	-4,2887

Πίνακας 8.17

Discretization	36TC50CA, Experimental	36TC50CA,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in and out	312,671	748,0194	-139,2353
2.4 cm in and out	312,671	512,8552	-73,6186
1.6 cm in and out	312,671	497,2275	-59,0417

Πίνακας 8.18

Discretization	33TC30LA, Experimental	33TC30LA,FDS	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
4 cm in and out	79,1096	52,499	33,6372
2.4 cm in and out	79,1096	52,9713	33,0406
1.6 cm in and out	79,1096	58,5917	25,936

Πίνακας 8.19

Discretization	39TC30CA, Experimental	39TC30CA,FDS	$[(T_{\text{exp}}-T_{\text{FDS}})/T_{\text{exp}}]\%$
4 cm in and out	105,479	42,7711	59,4505
2.4 cm in and out	105,479	52,8475	49,8976
1.6 cm in and out	105,479	69,9291	33,7032

Δ) Αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του ροϊκού πεδίου ταχυτήτων στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος (χρονικό διάστημα προσομοίωσης 1000 δευτερόλεπτα).

Πίνακας 8.20

Discretization	46VD79C, Experimental (m/sec)	46VD79C,FDS (m/sec)	$[(V_{\text{exp}}-V_{\text{FDS}})/V_{\text{exp}}]\%$
4 cm in and out	-5,8216	-4,3186	25,8173
2.4 cm in and out	-5,8216	-4,6529	20,0743
1.6 cm in and out	-5,8216	-4,7755	17,9695

Πίνακας 8.21

Discretization	48VD60C, Experimental (m/sec)	48VD60C,FDS (m/sec)	$[(V_{\text{exp}}-V_{\text{FDS}})/V_{\text{exp}}]\%$
4 cm in and out	-2,5992	-2,1503	17,2707
2.4 cm in and out	-2,5992	-2,3438	9,8242
1.6 cm in and out	-2,5992	-2,6477	-0,1867

Πίνακας 8.22

Discretization	49VD40C, Experimental (m/sec)	49VD40A,FDS (m/sec)	$[(V_{\text{exp}}-V_{\text{FDS}})/V_{\text{exp}}]\%$
4 cm in and out	-0,4144	-1,3206	-218,661
2.4 cm in and out	-0,4144	-0,7797	-88,1396
1.6 cm in and out	-0,4144	-0,4399	-6,1587

Πίνακας 8.23

Discretization	51VD20A, Experimental (m/sec)	51VD20A,FDS (m/sec)	$[(V_{\text{exp}}-V_{\text{FDS}})/V_{\text{exp}}]\%$
4 cm in and out	0,962	0,6982	27,4313
2.4 cm in and out	0,962	0,784	18,5057
1.6 cm in and out	0,962	0,8473	11,9282

Πίνακας 8.24

Discretization	53VD5C, Experimental (m/sec)	53VD5C,FDS (m/sec)	$[(V_{\text{exp}}-V_{\text{FDS}})/V_{\text{exp}}]\%$
4 cm in and out	1,1589	0,8111	30,0084

2.4 cm in and out	1,1589	0,9182	20,7669
1.6 cm in and out	1,1589	0,9212	20,5085

Ε) Λεπτομερέστερη υπολογιστική προσομοίωση του θερμοκρασιακού πεδίου στο εσωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος καθ όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, και για διακομβική απόσταση πλέγματος 1.6 cm.

Πίνακας 8.25

Thermocouple	Area Experimental	Area,FDS	[(Area_{exp}-Area_{FDS})/Area_{exp}]%
15TRSAMPA	3.640.929,3116	4.491.751,8161	-23,3683
16TFSAMPA	5.001.650,9751	5.213.121,4529788	-4,2280
17TR24A	1.095.075,147	1.024.575,1647162	6,4379
19TF24A	1.095.075,1470	1.073.098,6951745	2,0068

Πίνακας 8.26

410 kW	T Experimental (C)	T,FDS (C)	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
15TRSAMPA	769	968,0473	-25,8839
16TFSAMPA	1013	1072,3075	-5,8546
18TR80A	803	957,84	-19,2827
20TF80A	1016	1116,2086	-9,863
17TR24A	277	249,1292	10,0616
19TF24A	269	249,848	7,1197

Πίνακας 8.27

180 kW	T Experimental (C)	T,FDS (C)	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
15TRSAMPA	701	931,5561	-32,8896
16TFSAMPA	1104	1146,1386	-3,8169
18TR80A	803	916,7861	-14,1701
20TF80A	1038	1110,1879	-6,9545
17TR24A	237	218,4346	7,8335
19TF24A	226	233,1056	-3,144

Πίνακας 8.28

115 kW	T Experimental ©	T,FDS ©	[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%
15TRSAMPA	712	824,619	-15,8173
16TFSAMPA	924	976,785	-5,7126
18TR80A	715	813,1365	-13,7254
20TF80A	823	885,984	-7,653
17TR24A	182	168,5431	7,3938
19TF24A	179	184,9362	-3,3163

Πίνακας 8.29

75 kW	T Experimental (C)	T _{FDS} (C)	$[(T_{exp}-T_{FDS})/T_{exp}]%$
15TRSAMPA	594	675,0195	-13,6396
16TFSAMPA	670	723,1395	-7,9312
18TR80A	598	658,6998	-10,1505
20TF80A	633	668,4347	-5,5979
17TR24A	121	125,6305	-3,8269
19TF24A	113	140,6053	-24,4295

Πίνακας 8.30

Tmax 16TFSAMPA	T Experimental (C)	T _{comp.} (C)	$[(T_{exp}-T_{comp.})/T_{exp}]%$
Heskestad 410 kW	1050,43000	1561,60380	-48,6633
Alpert 410 kW	1050,43000	1240,28780	-18,0743
FDS 410 kW	1050,43000	1109,57610	-5,6307
Heskestad 180 kW	1137,39000	910,25140	19,9702
Alpert 180 kW	1137,39000	724,69660	36,2842
FDS 180 kW	1137,39000	1193,16280	-4,9036
Heskestad 115 kW	1022,61000	680,28490	33,4756
Alpert 115 kW	1022,61000	542,66200	46,9336
FDS 115 kW	1022,61000	1032,56840	-0,9738
Heskestad 75 kW	720,00000	516,49140	28,2651
Alpert 75 kW	720,00000	413,00790	42,6378
FDS 75 kW	720,00000	767,31620	-6,5717

Πίνακας 8.31

Tmax 15TRSAMPA	T Experimental (C)	T _{comp.} (C)	$[(T_{exp}-T_{comp.})/T_{exp}]%$
Heskestad 410 kW	791,04600	1888,56340	-138,7426
Alpert 410 kW	791,04600	1539,27910	-94,5878
FDS 410 kW	791,04600	1007,55830	-27,3704
Heskestad 180 kW	734,45100	1099,06540	-49,6445
Alpert 180 kW	734,45100	897,35930	-22,1810
FDS 180 kW	734,45100	977,84220	-33,1392
Heskestad 115 kW	726,80000	820,32510	-12,8681
Alpert 115 kW	726,80000	670,72300	7,7156

FDS 115 kW	726,80000	862,99650	-18,7392
Heskestad 75 kW	611,22400	621,79260	-1,7291
Alpert 75 kW	611,22400	509,30150	16,6751
FDS 75 kW	611,22400	706,63160	-15,6093

Πίνακας 8.32

265 kW	Volume Fraction, Experimental (%)	Volume Fraction, FDS (%)	$[(VF_{exp}-VF_{FDS})/VF_{exp}]%$
7 O2FRONT	0,6	1,7489	-191,4961
8CO2FRONT	7,28	9,5856	-31,6704
2O2REAR	0,12	2,3309	-1842,4996
3CO2REAR	7,93	9,8404	-24,0914

Πίνακας 8.33

410 kW	Volume Fraction, Experimental (%)	Volume Fraction, FDS (%)	$[(VF_{exp}-VF_{FDS})/VF_{exp}]%$
7 O2FRONT	0,12	1,5527	-1193,992
8CO2FRONT	6,08	9,0274	-48,4777
2O2REAR	0,06	1,6893	-2715,6253
3CO2REAR	7,06	10,0866	-42,8701

Πίνακας 8.34

180 kW	Volume Fraction, Experimental (%)	Volume Fraction, FDS (%)	$[(VF_{exp}-VF_{FDS})/VF_{exp}]%$
7 O2FRONT	2,87	2,2804	20,5414
8CO2FRONT	7,42	9,9403	-33,9668
2O2REAR	0,31	2,7052	-77,6518
3CO2REAR	8,79	9,8258	-11,7841

Πίνακας 8.35

115 kW	Volume Fraction, Experimental (%)	Volume Fraction, FDS (%)	$[(VF_{exp}-VF_{FDS})/VF_{exp}]%$
7 O2FRONT	7,98	7,4629	6,4792
8CO2FRONT	5,84	7,4428	-27,4466
2O2REAR	5,64	5,1236	7,5591
3CO2REAR	7,07	8,646	-22,2914

Πίνακας 8.36

75 kW	Volume Fraction, Experimental (%)	Volume Fraction, FDS (%)	$[(V_{F_{exp}} - V_{F_{FDS}}) / V_{F_{exp}}] \%$
7 O2FRONT	12,92	12,7582	1,2523
8 CO2FRONT	3,70	4,5386	-22,6669
2 O2REAR	10,99	10,3912	5,4488
3 CO2REAR	4,59	5,8508	-27,4692

ΣΤ) Λεπτομερέστερη υπολογιστική προσομοίωση του ροϊκού πεδίου στο εξωτερικό του πρότυπου διαμερίσματος καθ όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, και για διακομβική απόσταση πλέγματος 1.6 cm.

Πίνακας 8.37

410 kW	V Experimental (m/sec)	V, FDS (m/sec)	$[(V_{exp} - V_{FDS}) / V_{exp}] \%$
46VD79C	-5,9635	-4,8390	18,8567
48VD60C	-2,8285	-2,4489	13,4208
49VD40C	-0,6547	-0,9843	-50,3277
51VD20C	1,0057	0,8446	16,0267
53VD5C	1,2790	0,9377	26,683

Πίνακας 8.38

180 kW	V Experimental (m/sec)	V, FDS (m/sec)	$[(V_{exp} - V_{FDS}) / V_{exp}] \%$
46VD79C	-5,8068	-4,6802	19,4005
48VD60C	-2,417	-2,3241	3,8457
49VD40C	-0,4162	-0,7236	-73,889
51VD20C	0,9942	0,8595	13,5488
53VD5C	1,1799	0,9208	21,956

Πίνακας 8.39

115 kW	V Experimental (m/sec)	V, FDS (m/sec)	$[(V_{exp} - V_{FDS}) / V_{exp}] \%$
46VD79C	-5,199	-3,832	26,2936
48VD60C	-2,0858	-1,9966	4,2776
49VD40C	-0,2942	-0,5547	-88,4933
51VD20C	0,8747	0,782	10,5896
53VD5C	1,006	0,8502	15,4798

Πίνακας 8.40

75 kW	V Experimental (m/sec)	V, FDS (m/sec)	$[(V_{exp} - V_{FDS}) / V_{exp}] \%$
46VD79C	-4,3034	-3,1035	27,8823
48VD60C	-1,7364	-1,6058	7,5175

49VD40C	-0,1305	-0,3272	-150,7683
51VD20C	0,7764	0,6851	11,7531
53VD5C	0,8421	0,7597	9,7914

2.Υπολογιστική προσομοίωση υποαεριζόμενης φωτιάς σε επίμηκες διαμέρισμα με πρόσοψη και αποτελέσματα παραμετρικών περιπτώσεων, και σύγκρισή τους με τα πειραματικά δεδομένα, για τη μελέτη του θερμικού πεδίου στο εξωτερικό του διαμερίσματος.

Πίνακας 8.41

Θερμοστοιχείο υποχώρου	Area Exper.	Area comp.	[(Area exp.-Area comp.)/Area exp.]%
T1F	893969,080	1545611,224	-72,893
T2F	942727,648	1542201,877	-63,589
T3F	990659,226	1527975,116	-54,238
T4F	1039061,156	1529889,677	-47,238
T5F	1068758,347	1562977,871	-46,242
T6F	1065554,346	2076950,322	-94,917
T1E	811038,018	1564443,056	-92,894
T2E	896706,809	1538018,303	-71,519
T3E	949103,125	1522792,961	-60,445
T4E	1004417,971	1496390,029	-48,981
T5E	1086804,311	1470039,685	-35,263
T6E	1080000,430	1424647,807	-31,912
T1D	768481,069	1584363,987	-106,168
T2D	850897,413	1561853,519	-83,554
T3D	919048,680	1541083,896	-67,683
T4D	964395,696	1515368,260	-57,131
T5D	1036961,298	1493004,424	-43,979
T6D	1057298,762	1454369,862	-37,555
T1C	728249,992	1585657,155	-117,735
T2C	865653,450	1584603,402	-83,053
T3C	924034,928	1563487,211	-69,202
T4C	980095,069	1571542,080	-60,346
T5C	1023461,321	1598485,708	-56,184
T6C	1029522,656	1508744,208	-46,548
T1B	679310,681	1527612,233	-124,877
T2B	867102,488	1505459,264	-73,620
T3B	904451,683	1459309,926	-61,347
T4B	956672,475	1433149,098	-49,806
T5B	994973,917	1414541,742	-42,169
T6B	996284,602	1232816,307	-23,741
T1A	710036,374	1343766,365	-89,253
T2A	910057,742	1352007,086	-48,563
T3A	916571,292	1345934,521	-46,844
T4A	921562,017	1319161,246	-43,144
T5A	915847,827	1265899,448	-38,222

T6A	885976,972	1180114,944	-33,199
-----	------------	-------------	---------

Πίνακας 8.42

Θερμοστοιχείο υποχώρου	Area Exper.	Area comp.	[(Area exp.-Area comp.)/Area exp.]%
T1F	893969,080	1518019,264	-69,807
T2F	942727,648	1506087,022	-59,758
T3F	990659,226	1490991,377	-50,505
T4F	1039061,156	1487479,428	-43,156
T5F	1068758,347	1510194,430	-41,304
T6F	1065554,346	1561132,308	-46,509
T1E	811038,018	1531675,861	-88,854
T2E	896706,809	1508575,946	-68,235
T3E	949103,125	1493137,316	-57,321
T4E	1004417,971	1466371,915	-45,992
T5E	1086804,311	1440567,819	-32,551
T6E	1080000,430	1393820,558	-29,057
T1D	768481,069	1550357,839	-101,743
T2D	850897,413	1528610,995	-79,647
T3D	919048,680	1507694,880	-64,050
T4D	964395,696	1482203,833	-53,692
T5D	1036961,298	1461024,624	-40,895
T6D	1057298,762	1421815,224	-34,476
T1C	728249,992	1548606,198	-112,648
T2C	865653,450	1545818,003	-78,572
T3C	924034,928	1518940,072	-64,381
T4C	980095,069	1523474,669	-55,442
T5C	1023461,321	1549062,845	-51,355
T6C	1029522,656	1467073,901	-42,500
T1B	679310,681	1511779,104	-122,546
T2B	867102,488	1479866,741	-70,668
T3B	904451,683	1437548,504	-58,941
T4B	956672,475	1412061,458	-47,601
T5B	994973,917	1387305,576	-39,431
T6B	996284,602	1201243,826	-20,572
T1A	710036,374	1323521,032	-86,402
T2A	910057,742	1333176,774	-46,494
T3A	916571,292	1328971,901	-44,994
T4A	921562,017	1304218,541	-41,523
T5A	915847,827	1253960,397	-36,918
T6A	885976,972	1168504,533	-31,889

Πίνακας 8.43

Θερμοστοιχείο υποχώρου	$[(\text{Area exp.}-\text{Area comp.})/\text{Area exp.}]%$ Περίπτωση 1	$[(\text{Area exp.}-\text{Area comp.})/\text{Area exp.}]%$ Περίπτωση 2	$[(\text{Area exp.}-\text{Area comp.})/\text{Area exp.}]%$ Περίπτωση 1) – $[(\text{Area exp.}-\text{Area comp.})/\text{Area exp.}]%$ Περίπτωση 2)
T1F	-72,893	-69,807	-3,086
T2F	-63,589	-59,758	-3,831
T3F	-54,238	-50,505	-3,733
T4F	-47,238	-43,156	-4,082
T5F	-46,242	-41,304	-4,938
T6F	-94,917	-46,509	-48,408
T1E	-92,894	-88,854	-4,04
T2E	-71,519	-68,235	-3,284
T3E	-60,445	-57,321	-3,124
T4E	-48,981	-45,992	-2,989
T5E	-35,263	-32,551	-2,712
T6E	-31,912	-29,057	-2,855
T1D	-106,168	-101,743	-4,425
T2D	-83,554	-79,647	-3,907
T3D	-67,683	-64,050	-3,633
T4D	-57,131	-53,692	-3,439
T5D	-43,979	-40,895	-3,084
T6D	-37,555	-34,476	-3,079
T1C	-117,735	-112,648	-5,087
T2C	-83,053	-78,572	-4,481
T3C	-69,202	-64,381	-4,821
T4C	-60,346	-55,442	-4,904
T5C	-56,184	-51,355	-4,829
T6C	-46,548	-42,500	-4,048
T1B	-124,877	-122,546	-2,331
T2B	-73,620	-70,668	-2,952
T3B	-61,347	-58,941	-2,406
T4B	-49,806	-47,601	-2,205
T5B	-42,169	-39,431	-2,738
T6B	-23,741	-20,572	-3,169
T1A	-89,253	-86,402	-2,851
T2A	-48,563	-46,494	-2,069
T3A	-46,844	-44,994	-1,85
T4A	-43,144	-41,523	-1,621
T5A	-38,222	-36,918	-1,304
T6A	-33,199	-31,889	-1,31

Πίνακας 8.44

Θερμοστουχείο υποχώρου	Area Exper.	Area comp.	[(Area exp.-Area comp.)/Area exp.]%
T1F	893969,080	2033451,747	-127,463
T2F	942727,648	2019778,256	-114,248
T3F	990659,226	1994015,287	-101,282
T4F	1039061,156	1993526,333	-91,858
T5F	1068758,347	2041303,392	-90,998
T6F	1065554,346	1982674,070	-86,070
T1E	811038,018	2116609,462	-160,975
T2E	896706,809	2154778,845	-140,299
T3E	949103,125	2000885,266	-110,819
T4E	1004417,971	1964204,272	-95,556
T5E	1086804,311	1932761,307	-77,839
T6E	1080000,430	1881695,750	-74,231
T1D	768481,069	2171359,812	-182,552
T2D	850897,413	2173726,165	-155,463
T3D	919048,680	1968274,965	-114,164
T4D	964395,696	1911359,795	-98,192
T5D	1036961,298	1939733,052	-87,059
T6D	1057298,762	1837855,935	-73,826
T1C	728249,992	2024772,906	-178,033
T2C	865653,450	1978819,955	-128,593
T3C	924034,928	1887418,049	-104,258
T4C	980095,069	1571542,080	-60,346
T5C	1023461,321	1775045,022	-73,435
T6C	1029522,656	1570650,549	-52,561
T1B	679310,681	1911210,529	-181,346
T2B	867102,488	1883006,527	-117,161
T3B	904451,683	1813129,209	-100,467
T4B	956672,475	1773565,163	-85,389
T5B	994973,917	1716316,535	-72,499
T6B	996284,602	1327479,538	-33,243
T1A	710036,374	1715941,504	-141,670
T2A	910057,742	1729774,227	-90,073
T3A	916571,292	1744827,753	-90,365
T4A	921562,017	1726288,293	-87,322
T5A	915847,827	1684097,913	-83,884
T6A	885976,972	1470418,350	-65,966

Πίνακας 8.45

Θερμοστοιχείο υποχώρου	$[(\text{Area exp.} - \text{Area comp.}) / \text{Area exp.}] \% \text{ Περίπτωση 3}$	$[(\text{Area exp.} - \text{Area comp.}) / \text{Area exp.}] \% \text{ Περίπτωση 1}$	$[(\text{Area exp.} - \text{Area comp.}) / \text{Area exp.}] \% \text{ Περίπτωση 3} - [(\text{Area exp.} - \text{Area comp.}) / \text{Area exp.}] \% \text{ Περίπτωση 1}$
T1F	-127,463	-72,893	-54,57
T2F	-114,248	-63,589	-50,659
T3F	-101,282	-54,238	-47,044
T4F	-91,858	-47,238	-44,62
T5F	-90,998	-46,242	-44,756
T6F	-86,070	-94,917	8,847
T1E	-160,975	-92,894	-68,081
T2E	-140,299	-71,519	-68,78
T3E	-110,819	-60,445	-50,374
T4E	-95,556	-48,981	-46,575
T5E	-77,839	-35,263	-42,576
T6E	-74,231	-31,912	-42,319
T1D	-182,552	-106,168	-76,384
T2D	-155,463	-83,554	-71,909
T3D	-114,164	-67,683	-46,481
T4D	-98,192	-57,131	-41,061
T5D	-87,059	-43,979	-43,08
T6D	-73,826	-37,555	-36,271
T1C	-178,033	-117,735	-60,298
T2C	-128,593	-83,053	-45,54
T3C	-104,258	-69,202	-35,056
T4C	-60,346	-60,346	0
T5C	-73,435	-56,184	-17,251
T6C	-52,561	-46,548	-6,013
T1B	-181,346	-124,877	-56,469
T2B	-117,161	-73,620	-43,541
T3B	-100,467	-61,347	-39,12
T4B	-85,389	-49,806	-35,583
T5B	-72,499	-42,169	-30,33
T6B	-33,243	-23,741	-9,502
T1A	-141,670	-89,253	-52,417
T2A	-90,073	-48,563	-41,51
T3A	-90,365	-46,844	-43,521
T4A	-87,322	-43,144	-44,178
T5A	-83,884	-38,222	-45,662
T6A	-65,966	-33,199	-32,767

Πίνακας 8.46

Θερμοστοιχείο υποχώρου	Area Exper.	Area comp.	[(Area exp.-Area comp.)/Area exp.]%
T1F	893969,080	1791367,789	-100,384
T2F	942727,648	1740278,504	-84,600
T3F	990659,226	1699208,190	-71,523
T4F	1039061,156	1721582,033	-65,686
T5F	1068758,347	1902106,491	-77,973
T6F	1065554,346	1748362,316	-64,080
T1E	811038,018	1685180,025	-107,781
T2E	896706,809	1630576,421	-81,841
T3E	949103,125	1584362,488	-66,933
T4E	1004417,971	1531259,213	-52,452
T5E	1086804,311	1471655,471	-35,411
T6E	1080000,430	1417621,976	-31,261
T1D	768481,069	1627424,886	-111,772
T2D	850897,413	1588338,595	-86,666
T3D	919048,680	1533765,422	-66,886
T4D	964395,696	1474300,663	-52,873
T5D	1036961,298	1415429,780	-36,498
T6D	1057298,762	1318159,820	-24,672
T1C	728249,992	1562297,570	-114,528
T2C	865653,450	1538552,436	-77,733
T3C	924034,928	1461382,132	-58,152
T4C	980095,069	1411331,059	-43,999
T5C	1023461,321	1375314,070	-34,379
T6C	1029522,656	1201023,972	-16,658
T1B	679310,681	1487278,199	-118,939
T2B	867102,488	1455645,511	-67,875
T3B	904451,683	1387330,041	-53,389
T4B	956672,475	1341403,731	-40,216
T5B	994973,917	1290998,661	-29,752
T6B	996284,602	998466,061	-0,219
T1A	710036,374	1254868,042	-76,733
T2A	910057,742	1292347,903	-42,007
T3A	916571,292	1299319,733	-41,759
T4A	921562,017	1272073,154	-38,034
T5A	915847,827	1219510,642	-33,156
T6A	885976,972	1134315,074	-28,030

Πίνακας 8.47

Θερμοστοιχείο υποχώρου	$[(Area\ exp.-Area\ comp.)/Area\ exp.]\%$ Περίπτωση 2	$[(Area\ exp.-Area\ comp.)/Area\ exp.]\%$ Περίπτωση 4	$[(Area\ exp.-Area\ comp.)/Area\ exp.]\%$ Περίπτωση 2) – $[(Area\ exp.-Area\ comp.)/Area\ exp.]\%$ Περίπτωση 4)
T1F	-69,807	-100,384	30,577
T2F	-59,758	-84,600	24,842
T3F	-50,505	-71,523	21,018
T4F	-43,156	-65,686	22,53
T5F	-41,304	-77,973	36,669
T6F	-46,509	-64,080	17,571
T1E	-88,854	-107,781	18,927
T2E	-68,235	-81,841	13,606
T3E	-57,321	-66,933	9,612
T4E	-45,992	-52,452	6,46
T5E	-32,551	-35,411	2,86
T6E	-29,057	-31,261	2,204
T1D	-101,743	-111,772	10,029
T2D	-79,647	-86,666	7,019
T3D	-64,050	-66,886	2,836
T4D	-53,692	-52,873	-0,819
T5D	-40,895	-36,498	-4,397
T6D	-34,476	-24,672	-9,804
T1C	-112,648	-114,528	1,88
T2C	-78,572	-77,733	-0,839
T3C	-64,381	-58,152	-6,229
T4C	-55,442	-43,999	-11,443
T5C	-51,355	-34,379	-16,976
T6C	-42,500	-16,658	-25,842
T1B	-122,546	-118,939	-3,607
T2B	-70,668	-67,875	-2,793
T3B	-58,941	-53,389	-5,552
T4B	-47,601	-40,216	-7,385
T5B	-39,431	-29,752	-9,679
T6B	-20,572	-0,219	-20,353
T1A	-86,402	-76,733	-9,669
T2A	-46,494	-42,007	-4,487
T3A	-44,994	-41,759	-3,235
T4A	-41,523	-38,034	-3,489
T5A	-36,918	-33,156	-3,762
T6A	-31,889	-28,030	-3,859

Πίνακας 8.48

Θερμοστουχείο υποχώρου	Area Exper.	Area comp.	$[(\text{Area exp.}-\text{Area comp.})/\text{Area exp.}] \%$
T1F	385491,268	229574,773	40,446
T2F	424310,048	228357,827	46,181
T3F	473174,687	224413,191	52,573
T4F	518645,012	218810,761	57,811
T5F	547519,357	210414,960	61,569
T6F	544513,934	197824,120	63,670
T1E	297788,735	244896,153	17,762
T2E	359337,830	223760,851	37,730
T3E	397761,366	209563,632	47,314
T4E	451239,583	201848,052	55,268
T5E	518932,888	194250,363	62,567
T6E	522965,644	182930,148	65,021
T1D	246789,436	256388,259	-3,889
T2D	303385,387	241446,496	20,416
T3D	348727,706	219343,128	37,102
T4D	383545,274	200925,227	47,614
T5D	439709,456	189054,859	57,005
T6D	447919,094	177977,307	60,266
T1C	203013,163	267133,385	-31,584
T2C	296528,641	247703,921	16,465
T3C	331694,283	225296,557	32,077
T4C	371021,455	206338,150	44,386
T5C	407254,551	190673,693	53,181
T6C	406001,293	179804,570	55,713
T1B	174107,042	278799,498	-60,131
T2B	283703,404	251659,201	11,295
T3B	311242,707	233020,664	25,132
T4B	336122,892	208808,704	37,877
T5B	370768,895	193228,611	47,884
T6B	368184,215	182166,210	50,523
T1A	172446,128	296921,948	-72,182
T2A	290926,418	274567,953	5,623
T3A	292596,185	266053,767	9,071
T4A	293273,331	243620,955	16,930
T5A	293236,054	225384,224	23,139
T6A	277623,962	222126,307	19,990

Πίνακας 8.49

Tupper	Area Experimental	Area, comp.	$[(\text{Area}_{\text{exp}}-\text{Area}_{\text{comp.}})/\text{Area}_{\text{exp}}] \%$
Case 1	770545,9784	1534260,6579	-99,1134
Case 2	770545,9784	1502774,8687	-95,0273
Case 3	770545,9784	2007889,7149	-160,58
Case 4	770545,9784	1577030,5901	-104,664
MQH equation	770545,9784	1538810,7896	-99,704

Πίνακας 8.50

Tupper (Case 5)	Area Experimental	Area,comp.	$[(Area_{exp}-Area_{comp.})/Area_{exp}]%$
Case 5 fds	249161,7406	262285,6698	-5,2672
MQH equation	249161,7406	695530,3109	-179,1481

Πίνακας 8.51

T1F max	T Experimental	T comp.	$[(T_{exp}-T_{comp.})/T_{exp}]%$
Case 1	747,31400	1118,00870	-49,6036
Case 2	747,31400	1079,87890	-44,5014
Case 3	747,31400	1229,33230	-64,5001
Case 4	747,31400	1126,86380	-50,7885
Heskestad eq.	747,31400	886,16780	-18,5804
Alpert eq.	747,31400	757,60429	-1,3770

Πίνακας 8.52

T1E max	T Experimental	Tcomp.	$[(T_{exp}-T_{comp.})/T_{exp}]%$
Case 1	691,32000	1011,71170	-46,3449
Case 2	691,32000	1005,34340	-45,4237
Case 3	691,32000	1236,76010	-78,8984
Case 4	691,32000	1022,42130	-47,8941
Heskestad eq.	691,32000	651,49960	5,7601
Alpert eq.	691,32000	519,31800	24,8802

Πίνακας 8.53

Tmean,total	Area Experimental	Area,comp.	$[(Area_{exp}-Area_{comp.})/Area_{exp}]%$
Case 1	929012,0635	1482655,385	-59,5948
Case 2	929012,0635	1451439,2866	-56,2347
Case 3	929012,0635	1878334,7978	-102,186
Case 4	929012,0635	1473884,7858	-58,6508
British standard	929012,0635	1458683,8381	-57,0145
ISO 834	929012,0635	1517043,2357	-63,2964
BS EN 2002	929012,0635	2107326,4589	-126,835
Williams-Leir	929012,0635	2372507,3164	-155,38
Fackler eq.	929012,0635	1457364,1614	-56,8725

Πίνακας 8.54

Tmean,total (Case 5)	Area Experimental	Area,comp.	$[(Area_{exp}-Area_{comp.})/Area_{exp}]%$
Case 5 fds	332820,695	223474,6812	32,8543
British standard	332820,695	609511,0987	-83,1350
ISO 834	332820,695	667268,1354	-100,4888
BS EN 2002	332820,695	966256,6528	-190,3235
Williams-Leir	332820,695	1134325,685	-240,8219
Fackler eq.	332820,695	607590,8524	-82,5580