

Εξομοίωση κίνησης καπνού σε κλειστούς χώρους

Νικήτας Σουρδάκος

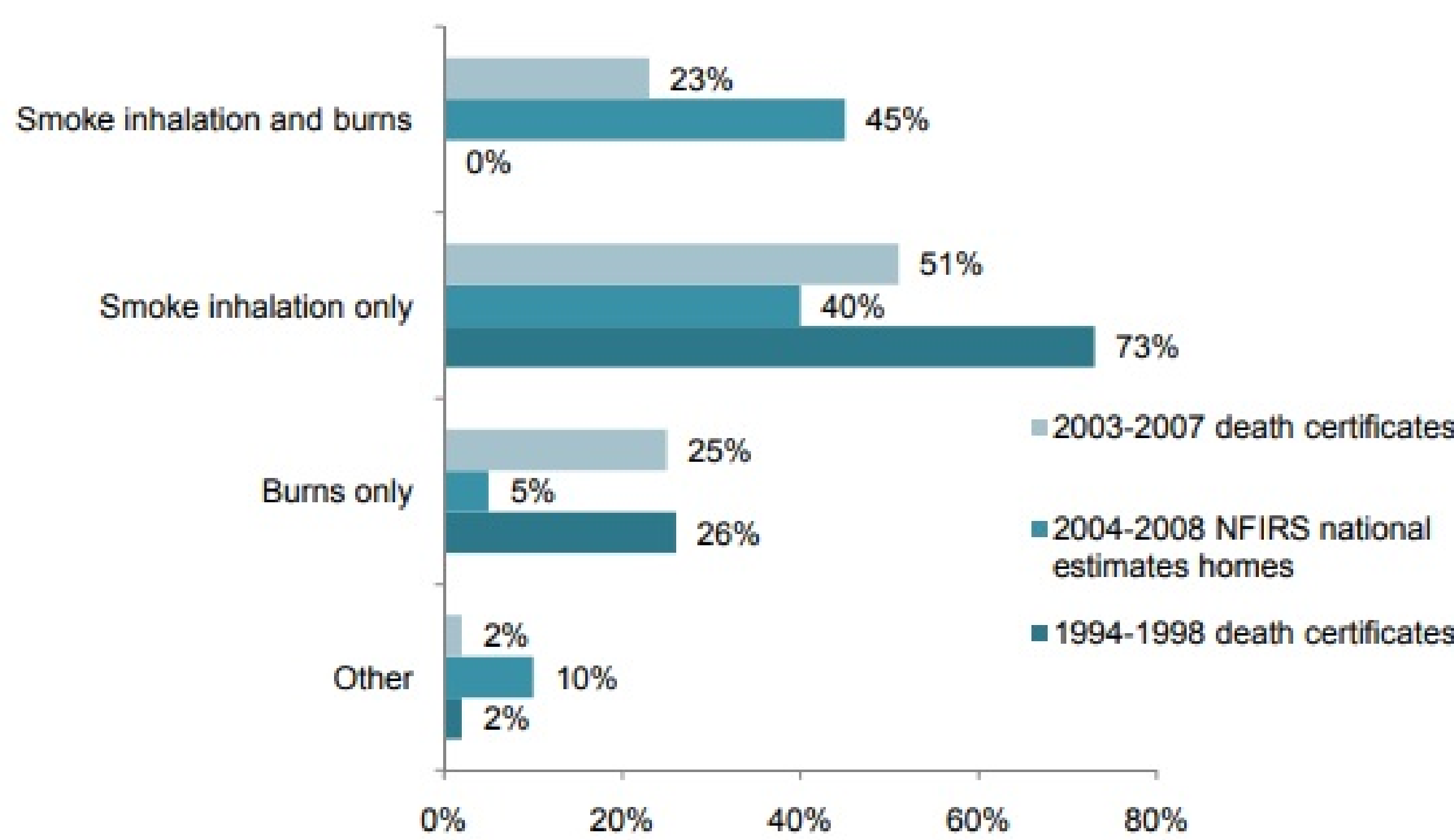
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Σκοπός της εργασίας

- Η επίλυση των εξισώσεων της ρευστομηχανικής για την εξομοίωση καπνού
- Κατασκευή και χρήση προγράμματος για την εξομοίωση καύσης αντικειμένων
- Επίλυση διαφορετικών περιπτώσεων σε δύο κτήρια και σχεδιασμός σεναρίων εκκένωσης
- Παραγωγή τρισδιάστατου βίντεο του καπνού

Εισαγωγή

Ο καπνός είναι το σύνολο των αερίων και στερεών σωματιδίων παραγώγων της καύσης των υλικών και αποτελεί τη νούμερο 1 αιτία θανάτου στις φωτιές των οικιών.



Σχήμα: Αιτίες θνησιμότητας σε φωτιές οικιών [1]

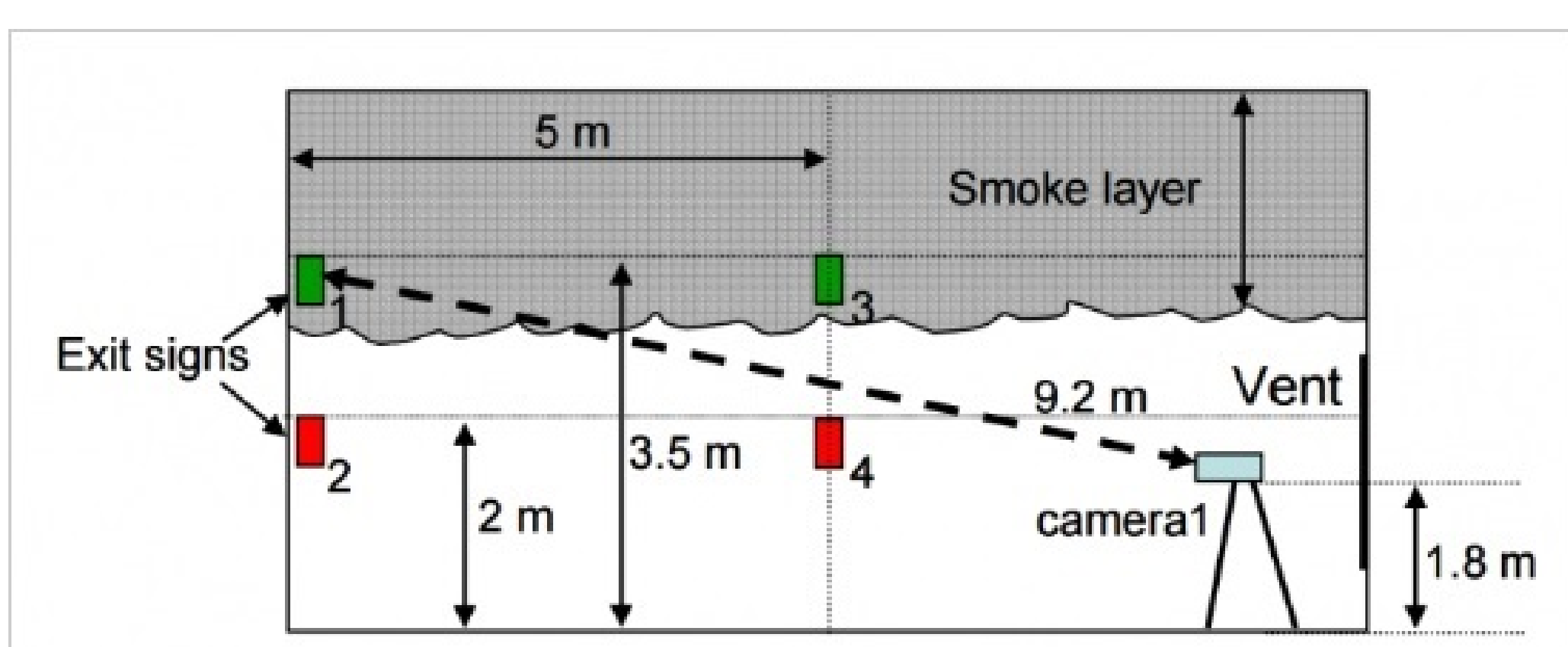
Βλαβερές συνέπειες καπνού

Οι τρόποι που ο καπνός δυσχεραίνει τη μετακίνηση και προκαλεί τόση ζημιά είναι τέσσερις.

- Έλλειψη οξυγόνου
- Πιθανή εισπνοή δηλητηριωδών αερίων
- Υψηλή θερμοκρασία
- Έλλειψη ορατότητας

Οπτική πυκνότητα καπνού

Η έλλειψη ορατότητας είναι το κριτήριο που θα χρησιμοποιηθεί για την διαδικασία της εκκένωσης



Σχήμα: Οπτική πυκνότητα καπνού [2]

Η ένταση του φωτός που περνάει μέσα από καπνό οπτικής πυκνότητας D , για μήκος L ισούται με

$$I = I_0 10^{-DL} \quad (1)$$

Για πυκνότητα $D = 0.1$ η πτώση της ορατότητας είναι $1dB/m$.

Ο υπολογισμός του D για πραγματικά αντικείμενα γίνεται μέσω της σχέσης

$$D = \frac{m_c \sigma_m}{AU_z \Delta t} \quad (2)$$

όπου

m_c η καύσιμη μάζα,

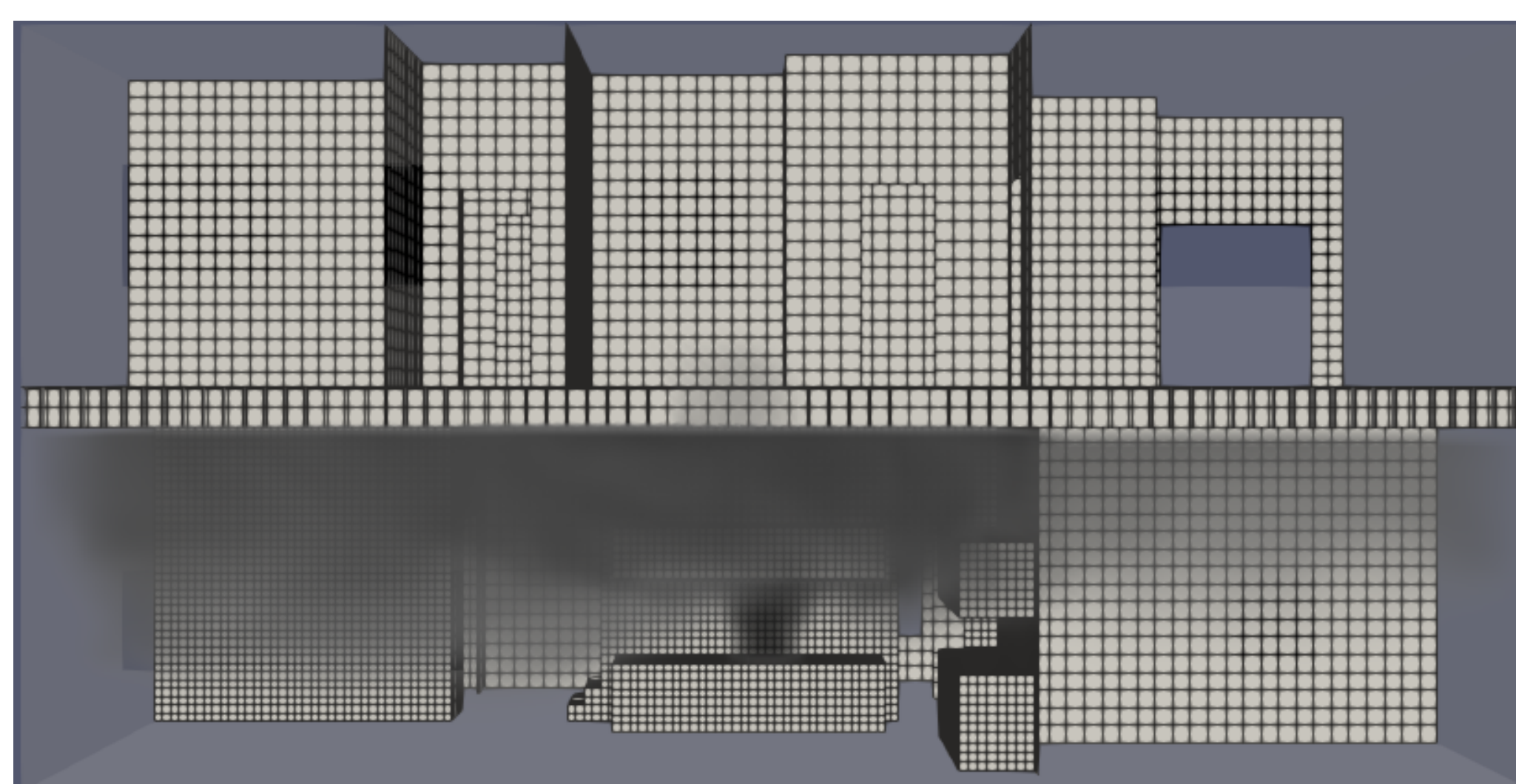
σ_m η παραγωγή καπνού ανά μονάδα μάζας

A η επιφάνεια του αντικειμένου, και

U_z η ταχύτητα του καπνού

Επίλυση του προβλήματος

Η πυκνότητα του καπνού αντιστοιχίζεται στο αέριο CO_2 που χρησιμοποιείται για την εξομοίωση της κίνησης του επιλύοντας τις εξισώσεις της ρευστομηχανικής, χωρίζοντας το χώρο σε ένα πλέγμα εξαέδρων

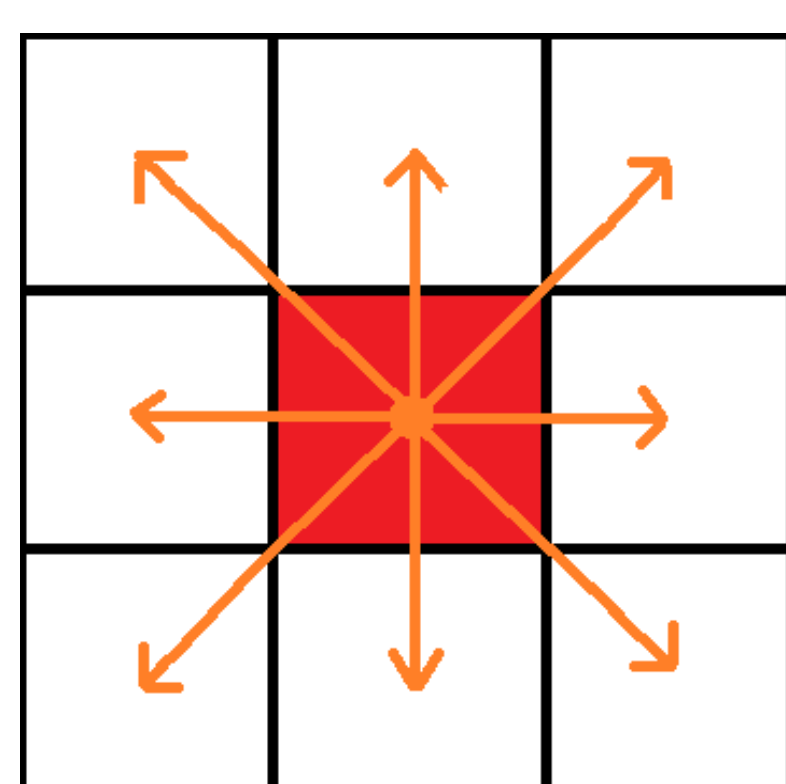


Σχήμα: Καπνός στο χώρο

Εξετάζονται στατικές και μεταβλητές στο χρόνο πηγές.

Μεταβλητές πηγές καπνού

Η καύση των αντικειμένων των οικιών εδώ εξομοιώνεται όχι μέσω επίλυσης των εξισώσεων καύσης, αλλά διαβάζοντας σε εικόνες την ευφλεκτότητα και την αρχική φωτιά. Διαιρώντας το χώρο με ένα τετραγωνικό πλέγμα, κάθε κυψελίδα που φλέγεται ανάβει και τις γειτονικές τις μετά από κάποιο χρόνο, αντιστρόφως ανάλογα με την ευφλεκτότητα τους



(α') Ευφλεκτότητα

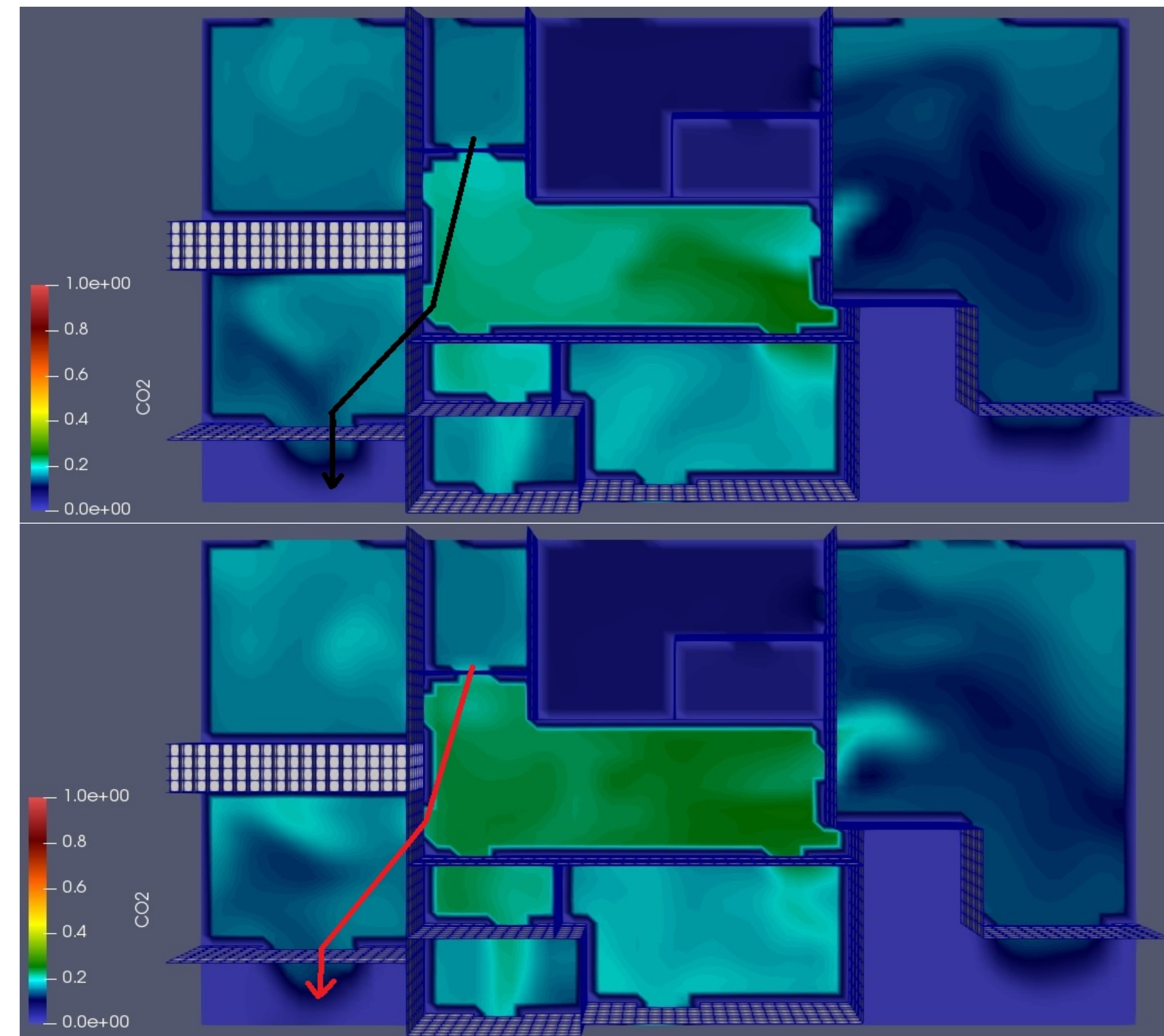
Με τη χρήση αυτού του μοντέλου επιτυγχάνεται προσέγγιση καύσης αντικειμένων σύμφωνα με στοιχεία από πειράματα



Σχήμα: Πείραμα ανάφλεξης καναπέ της πυροσβεστικής του Cape Girardeau. (αριστερά) και η πηγή καπνού που προκύπτει (δεξιά)

Σενάρια εκκένωσης

Το κριτήριο για την ασφαλή εκκένωση του χώρου είναι, σε ύψος 2 μέτρων από το πάτωμα, η πυκνότητα του καπνού να είναι $D = CO_2 \leq 2db/m$



Σχήμα

Πηγές

- John R. Hall, Jr. *Fatal effects of fire*. Fire Analysis and Research Division National Fire Protection Association, March 2011
- Tuomo Rinne et al. *Experimental Validation of the FDS Simulations of Smoke and Toxic Gas Concentrations*. VTT Working Papers 66