

# PYROSIM

## ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΤΗ

Προσομοίωση Δυναμικής Πυρκαγιάς με Ευκολό Τρόπο

Για Μηχανικούς με Εμπειρία FDS

Έκδοση 1.0 · Μάιος 2026

## Πίνακας Περιεχομένων

### 1. Επισκόπηση Διεπαφής

Το PyroSim είναι ένα γραφικό περιβάλλον για τον προσομοιωτή δυναμικής πυρκαγιάς (FDS), που αναπτύχθηκε από την Thunderhead Engineering. Απλοποιεί τη δημιουργία μοντέλων, την εκτέλεση και την επεξεργασία αποτελεσμάτων χωρίς να απαιτείται χειροκίνητη συγγραφή αρχείων εισόδου FDS. Η ενότητα αυτή περιγράφει τις κύριες περιοχές της διεπαφής και τις συμβάσεις πλοήγησης.

#### 1.1 Διαταξη Κυρίου Παραθύρου

Ο χώρος εργασίας του PyroSim χωρίζεται σε πέντε κύριες περιοχές:

Περιοχή	Σκοπός
Γραμμή Μενού	Προσβαση σε όλες τις εντολές: File, Edit, Model, Simulation, Results, Help.

Περιοχη	Σκοπος
Γραμμη Εργαλειων	Εικονιδια γρηγορης προσβασης για δημιουργια πλεγματος, ελεγχο προβολης, εκτελεση/παυση και αποτελεσματα.
Πλοηγητης Μοντελου	Δεντρικο πανελ (αριστερα) που παραθετει ολα τα αντικειμενα: Πλεγματα, Επιφανειες, Συσκευες, Αεραγωγους, Εμποδια.
Προβολη 3D	Κεντρικο παραθυρο. Υποστηριζει προοπτικες και ορθογραφικες προβολες.
Πινακας Ιδιοτητων	Πανελ με βαση τα συμφραζομενα (δεξια/κατω) που εμφανιζει τα χαρακτηριστικα του επιλεγμενου αντικειμενου.
Γραμμη Κατασταση	Εμφανιζει χρονο προσομοιωσης, αριθμο κελιων, ενεργο πλεγμα και συντεταγμενες δεικτη.

## 1.2 Πλοηγηση στο Παραθυρο 3D

- **Μεσαίο πλήκτρο ποντικίου** Περιστροφή: κρατήστε πατημένο το
- Μετατόπιση: Shift + μεσαίο πλήκτρο ποντικίου
- Μεγεθυνση: τροχος κυλισης η Ctrl + μεσαίο ποντικί
- **F**Εστιαση επιλογης: πατηστε
- **A**Εστιαση ολων: πατηστε
- **View** → **Standard Views** Εναλλαγη σε ορθογραφικες προβολες μεσω

**Συμβουλή:** Χρησιμοποιηστε το View → Show/Hide για εναλλαγη πλεγματος, ετικετων αξωνων και οριων πλεγματος FDS κατα τη ρυθμιση μοντελου.

## 1.3 Πλοηγητης Μοντελου

Το δέντρο Πλοηγητη αντικατοπτριζει τις ομάδες namelist του FDS. Η αναπτυξη μιας ομάδας αποκαλυπτει τα επιμερους αντικειμενα. Με δεξι κλικ σε οποιοδηποτε κομβο ανοιγει ενα μενου περιεχομενου με επιλογες Προσθηκη, Επεξεργασια, Αντιγραφη η Διαγραφη. Η αναδιαταξη με σερσιμο-και-αποθεση υποστηριζεται εντος της ιδιας ομάδας.

## 1.4 Αναφορά Συντομευσεων Πληκτρολογιου

Συντομευση	Ενεργεια	Συντομευση
Ctrl + N	Νεο Μοντελο	Ctrl + Z / Y — Αναιρεση / Επαναφορα

Συντομευση	Ενεργεια	Συντομευση
Ctrl + O	Ανοιγμα Μοντελου	Ctrl + D — Αντιγραφη Αντικειμενου
Ctrl + S	Αποθηκευση	Del — Διαγραφη Επιλογης
Ctrl + R	Εκτελεση Προσομοιωσης	Ctrl + A — Επιλογη Ολων
Ctrl + Shift + R	Διακοπη Προσομοιωσης	F5 — Ανανewση Αποτελεσματος

## 2. Ρυθμιση Σεναριου Πυρκαγιας

Ενα σωστα ρυθμισμενο σεναριο πυρκαγιας απαιτει τεσσερα βασικα συστατικα: γεωμετρια μοντελου, διακριτοποιηση πλεγματος, παραμετρους χρονου/φυσικης προσομοιωσης και οριακες συνθηκες. Η παρακατω ροη εργασιας καθοδηγει χρηστες με υπαρχουσα εμπειρια FDS σε αυτα τα βηματα στο PyroSim.

### 2.1 Δημιουργια Νεου Μοντελου

1. Εκκινήστε το PyroSim και επιλέξτε File → New Model (Ctrl + N).
2. Στο παραθυρο διαλογου Μοντελου, εισαγετε ενα περιγραφικο ονομα και επιλεξτε κατευθυνομενο φακελο εργασιας.
3. Ορισμος μοναδων (συνισταται SI) μεσω Edit → Preferences → Units.
4. Ρυθμιστε το χρονο προσομοιωσης μεσω Model → Simulation Parameters → Time.

**Συμβουλή:** Αποθηκευετε νωρις και συχνα. Το PyroSim αποθηκευει αυτοματα σε αρχειο .bak αλλα οι χειροκινητες αποθηκευσεις προστατευουν σημεια ελεγχου.

### 2.2 Ορισμος Γεωμετριας (Εμποδια)

Τα εμποδια στο PyroSim αντιστοιχουν απευθειας στις λιστες ονοματων FDS &OBST. Χρησιμοποιηστε τη γραμμη εργαλειων η το Model → New Obstruction για τοποθετηση γεωμετριας.

- Εισαγωγή συντεταγμενων: πληκτρολογηστε τιμες στα πεδια XB η σερετε τις λαβες στην προβολη 3D.
- Αναθεστε επιφανεια απο το μενου Surface (πρεπει να οριστη πρωτα — βλ. Ενωσητα 4).
- Χρησιμοποιηστε ομαδες για οργανωση τοιχων, δαπεδων και οροφων για ευκολοτερη επιλογη και εξαγωγή.
- Ενεργοποιηστε τη γεωμετρια Hole (Model → New Hole) για αφαιρεση ανοιγματων απο εμποδια για πορτες και παραθυρα.

## 2.3 Ρυθμιση Πλεγματος

Η ποιότητα πλεγματος είναι ο πιο σημαντικός παραγοντας για την ακρίβεια αποτελεσμάτων και την ταχύτητα προσομοίωσης. Το PyroSim παρέχει Οδηγο Πλεγματος για βοήθεια στην επιλογή μεγέθους κελιού.

- Ανοίξτε τον Οδηγο Πλεγματος μέσω Model → Mesh → Mesh Wizard.
- Ορισμός του ορίου πλεγματος ώστε να περικλείει πλήρως όλα τα εμπόδια και πηγές πυρκαγιάς με απόσταση τουλάχιστον 1-2 χαρακτηριστικών διαμέτρων πυρκαγιάς.
- Στοχεύστε σε μέγεθος κελιού κοντά στο  $D^*/10$  όπου  $D^*$  είναι η χαρακτηριστική διάμετρος πυρκαγιάς ( $D^* = (Q / \rho_0 \cdot C_p \cdot T \cdot \sqrt{g})^{2/5}$ ).
- Χρησιμοποιήστε πολλαπλά μπλοκ πλεγματος (παράλληλο FDS) για μεγάλα πεδία· βεβαιωθείτε ότι τα πλεγματα είναι συνεπιπέδα και στοιχισμένα στα όρια.

**Σημείωση:** Αποφύγετε λόγους διαστάσεων κελίων πλεγματος μεγαλύτερους από 2:1. Τα επιμήκη κελία μειώνουν την ακρίβεια σε περιοχές με ισχυρή ανώστικη ροή.

## 2.4 Παραμετροι Προσομοίωσης

Παραμετρος	Θεση στο PyroSim	Τυπικη Τιμη
Χρονος Ληξης Προσομοιωσης	Model → Simulation Parameters → Time	60-600 s (αναλογα με σεναριο)
Θερμοκρασια Περιβαλλοντος	Model → Simulation Parameters → Misc	20 °C
Διανυσμα Βαρυτητας	Model → Simulation Parameters → Misc	-9.81 m/s <sup>2</sup> (Z)
Μοντελο Τυρβης	Model → Simulation Parameters → Combustion	Deardorff (προεπιλογη)
Κλασμα Ακτινοβολιας (Xr)	Model → Simulation Parameters → Combustion	0.35 (προεπιλογη)
Διαστημα Εξοδου	Model → Output → Global Settings	1-5 s

## 2.5 Προσθηκη Αναφλεξης / Αντικειμενων Πυρκαγιας

Το PyroSim μοντελοποιει πηγες πυρκαγιας ως επιφανειες με καθορισμενο ρυθμο αποδεσμευσης θερμοτητας ανα μοναδα εμβαδου (HRRPUA) η ως αεραγωγους καυστηρα. Ανατρεξτε στην Ενότητα 3 (Υλικά & Καυστηρες) για δημιουργια επιφανειων. Για συνδεση επιφανειας πυρκαγιας:

5. Επιλέξτε την εδρα εμποδίου η τον αεραγωγο που αντιπροσωπευει την επιφανεια καυσιμου.
6. Στον Πινακα Ιδιοτητων, ορισμος Επιφανειας στην επιφανεια καυστηρα σας.

7. Επαληθευστε οτι η κανονικη εδρας δειχνει προς τον ελευθερο χωρο (το κοκκινο βελος πρεπει να δειχνει προς τα εξω).
8. Χρησιμοποιηστε Model → Time History για ορισμο σταδιακου προφιλ HRR στο χρονο αν χρειαζεται.

## 3. Υλικα & Καυστηρες

Το PyroSim οργανωνει τις εισοδους καυσης μεσω των συστηματος Επιφανειων και Υλικων. Οι επιφανειες ορισμος οριακων συνθηκων που εφαρμοζονται σε εδρες εμποδιων· τα Υλικα ορισμος θερμοφυσικων ιδιοτητων και ιδιοτητων πυρολυσης.

### 3.1 Ορισμος Επιφανειας Καυστηρα (HRRPUA)

9. Πλοηγηθειτε στο Model → Surfaces → New Surface.
10. Επιλεξτε τυπο: Burner (Καυστηρας).
11. Εισαγετε HRRPUA (kW/m<sup>2</sup>) — τιμη 250-500 kW/m<sup>2</sup> ειναι συνηθισμενη για πυρκαγιες λιμνης.
12. Προαιρετικα ορισμος προφιλ χρονου-HRR RAMP\_Q στην καρτελα Ramp.
13. Αναθεστε αντιδραση (ειδος καυσιμου) στην καρτελα Combustion.

**Συμβουλή:** Για πολυπλοκες καμπυλες αναπτυξης πυρκαγιας (αναπτυξη t<sup>2</sup>), χρησιμοποιηστε RAMP\_Q με χρονικες τιμες που αντιστοιχουν στην επιθυμητη φαση αναπτυξης.

### 3.2 Στρωματωμενες Στερεες Επιφανειες (Πυρολυση)

Το PyroSim υποστηριζει πολυστρωματικες στερεες επιφανειες για λεπτομερη μοντελοποιηση πυρολυσης (FDS &MATL και &SURF με LAYERS). Αυτο ειναι κατασκευο για καυση συμπυκνωμενης φασης, σχηματισμο ανθρακα η αλλεπτικοιωτα επιστρωματα.

- Προσθηκη στρωσεων μεσω της καρτελας Layers στον επεξεργαστη Επιφανειας. Καθε στρωση αναφερεται σε ενα Υλικο.
- Ορισμος Υλικων στο Model → Materials → New Material. Ορισμος πυκνοτητας (kg/m<sup>3</sup>), ειδικης θερμοτητας (kJ/kg/K), αγωγιμοτητας (W/m/K) και αντιδρασεων πυρολυσης.
- Για πυρολυση: ορισμος Ονοματος Αντιδρασης, A (προ-εκθετικης), E (ενεργειας ενεργοποιησης), Nu\_Fuel και Nu\_Residue.

### 3.3 Συνοψη Κοινων Τυπων Επιφανειων

Τυπος Επιφανειας	Ισοδυναμο FDS Namelist	Τυπικη Χρηση
Αδρανης (Inert)	&SURF (προεπιλογη)	Τοιχοι, οροφες, μη αντιδρωντα στερεα
Καυστηρας (Burner)	&SURF HRRPUA	Πυρκαγιες λιμνης, καθορισμενες πηγες HRR
Στρωματωμενο (Πυρολυση)	&SURF + &MATL LAYERS	Επιπλα, καλωδια, δομικα στοιχεια
Αγωγος Παροχης/Αναρροφησης	&SURF + &VENT	Μηχανικη παροχη η αναρροφηση αερα
Ανοιχτο (Περιβαλλον)	&SURF OPEN	Ορια πεδιου ανοιχτα στην ατμοσφαιρα
Καθρεφτης (Mirror)	&SURF MIRROR	Επιπεδα συμμετριας
Καθορισμενη Θερμοκρασια	&SURF TMP_FRONT	Θερμαινομενοι τοιχοι, οριακες συνθηκες

### 3.4 Προβολη & Επεξεργασια Εισοδου FDS

Ανα πασα στιγμη μπορείτε να επιθεωρησετε το ακατεργαστο αρχειο εισοδου FDS μεσω Simulation → FDS Input File. Αυτο ειναι πολυτιμο για επαληθευση οτι οι ορισμοι επιφανειας και υλικων αντιστοιχουν στην αναμενομενη συνταξη namelist. Το PyroSim διατηρει αυτο το αρχειο συγχρονισμενο με την κατασταση GUI σε πραγματικο χρονο.

## 4. Εξαερισμος & HVAC

Ο εξαερισμος επηρεαζει σημαντικα τη μεταφορα καπνου, τη διαθεσιμοτητα οξυγονου και την αποδεσμευση θερμότητας. Το PyroSim εκθετει τον εξαερισμο FDS μεσω Vents (απλα ανοιγματα) και του υπο-μοντελου HVAC για δικτυα αγωγων.

### 4.1 Απλοι Αεραγωγοι (Vents)

Ενας Vent στο PyroSim αντιστοιχει στο FDS &VENT. Εφαρμοζει οριακη συνθηκη επιφανειας σε μια επιπεδη εδρα στο πεδιο, συνηθως στο οριο πλεγματος.

14. Επιλεξτε Model → New Vent.
15. Σχεδιασμος του ορθογωνιου vent στην αντιστοιχη εδρα οριου πλεγματος.
16. Αναθεση επιφανειας: OPEN (εισοδος/εξοδος περιβαλλοντικης πιεσης), SUPPLY (αναγκαστικη παροχη αερα), EXHAUST η ορισμενος καυστηρας για ανοιγματα οροφης.
17. Για vents παροχης, εισαγετε ογκετρικη ροη (m<sup>3</sup>/s) η ταχυτητα (m/s) και διανυσμα κατευθυνσης.

**Σημείωση:** Τοποθετείτε παντοτε OPEN vents στα ορια πλεγματος — η τοποθετηση τους σε εσωτερικες εδρες εμποδιων προκαλει σφαλματα FDS.

## 4.2 Μοντελο Δικτυου HVAC

Το υπο-μοντελο HVAC (FDS &HVAC, &DUCT, &NODE, &AIRCOIL, &FILTER, &FAN) επιτρεπει προσομοιωση υπο-πιεση συστηματων αγωγων και ελεγχου καπνου. Προσβαση μεσω Model → HVAC.

- Οι κομβοι αντιπροσωπευουν διασταυρωσεις — τοποθετηστε τους σε διασταυρωσεις αγωγων, εισοδους/εξοδους ανεμιστηρα και εξωτερικες συνδεσεις.
- Οι αγωγοι συνδεουν ζευγη κομβων· ορισμος υδραυλικης διαμετρου, μηκους και συντελεστη απωλειων.
- Οι ανεμιστηρες ορισμος καμπυλων ροης-πιεσης (Model → HVAC → Fans).
- Τα Aircoils και Filters μπορουν να αντιπροσωπευουν εναλλακτες θερμοτητας και φιλτρα σωματιδιων.

## 4.3 Ροη Εργασιας Ρυθμισης HVAC

18. Ορισμος ολων των κομβων HVAC (Model → HVAC → Nodes) και αναθεση εξωτερικων κομβων σε θεσεις vent πλεγματος.
19. Συνδεση κομβων με αγωγους (Model → HVAC → Ducts). Εισαγωγη διαμετρου και τραχυτητας.
20. Προσθηκη καμπυλων ανεμιστηρα σε κατασκευους κομβους (Model → HVAC → Fans).
21. Συνδεση κομβων HVAC σε φυσικα vents μεσω του επεξεργαστη Vent: ορισμος Επιφανειας στον αντιστοιχο κομβο HVAC.
22. Εκτελεση ελεγχου μονιμης κατασταση μεσω Simulation → Check HVAC πριν την πληρη προσομοιωση.

## 4.4 Φυσικος Εξαερισμος

Για κτiria με φυσικο εξαερισμο (χωρις μηχανικα συστηματα), χρησιμοποιηστε OPEN επιφανεια vents σε παραθυρα, πορτες και ανοιγματα οροφης. Το PyroSim χειριζεται αυτοματα την αμφιδρομη ροη μεσω OPEN vents. Για πιο ακριβη μοντελοποιηση φαινομενου καπναγωγου:

- Βεβαιωθειτε οτι το πεδιο εκτεινεται τουλαχιστον μια χαρακτηριστικη διαστατη πεδιο πεδιο πεδιο πεδιο.
- Εφαρμογη κλιση πιεσης περιβαλλοντος μεσω Model → Simulation Parameters → Pressure αν ο ανεμος ειναι σχετικος.
- Εξετασμος προφιλ ανεμου (ορια εισοδου με RAMP\_V) για σεναρια εξωτερικης πυρκαγιας.

## 5. Εκτελεση Προσομοιωσεων & Αναθεωρηση Αποτελεσματος

Μολις το μοντελο ρυθμιστει πληρωσ, το PyroSim συντονιζει τον επιλυτη FDS και παρεχει ολοκληρωμενη μεταεπεξεργασια μεσω ενσωματωσης Smokeview και του δικου του προγραμματος προβολης αποτελεσματος.

### 5.1 Ελεγχου Πριν την Εκτελεση

Πριν την εκκινηση προσομοιωσης, εκτελεστε τους παρακατω ελεγχους:

- Model → Check FDS Input: επικυρωση ευθυγραμμισης πλεγματος, αναθεσεων επιφανειας και συνταξης namelist.
- Αναθεωρηστε τον αριθμο κελιων στη Γραμμη Κατασταση. Στοχευστε σε  $\leq 5$  εκατομμυρια κελια ανα πυρηνα υπολογιστη για διαχειρισιμους χρονους εκτελεσης.
- Επιβεβαιωστε οτι οι ποσοτητες εξοδου ειναι ορισμενες (βλ. 5.3) — οι απουσιαζουσες εξοδοι δεν μπορουν να ανακτηθουν μετα την εκτελεση.
- Αποθηκευστε αντιγραφο με εκδοση του αρχειου .psm πριν απο καθε κυρια εκτελεση.

### 5.2 Εκκινηση και Παρακολουθηση

23. Κλικ στο Simulation → Run FDS (Ctrl + R) η κλικ στο κουμπι Εκτελεση στη γραμμη εργαλειων.
24. Επιλεξτε τον αριθμο MPI διεργασιων (μια ανα μπλοκ πλεγματος για παραλληλες εκτελεσεις).
25. Ο διαλογος Κατασταση Προσομοιωσης εμφανιζει την προοδο σε πραγματικο χρονο: χρονος προσομοιωσης, βημα χρονου ( $\Delta t$ ) και εκτιμωμενη ολοκληρωση.
26. Παρακολουθηστε το αρχειο .err για προειδοποιησεις FDS: υπερβολικα σφαλματα ταχυτητας ( $>1e-4$ ), προειδοποιησεις απεκκλισης και προβληματα οριου πλεγματος.

**Σημειωση:** Το FDS εκτυπωνει προειδοποιηση σταθεροτητας βηματος χρονου αν  $CFL > 1$ . Μειωστε μεγαθος κελιου πλεγματος η αυξηστε αριθμο διεργασιων αν αυτο συνεχιζεται.

### 5.3 Ορισμος Ποσοτητων Εξοδου

Οι ποσοτητες εξοδου πρεπει να καθοριζονται πριν την εκτελεση. Πλοηγηθειτε στο Model → Output:

Τυπος Εξοδου	FDS Namelist	Κοινες Ποσοτητες
Αρχεια Τομης	&SLCF	Θερμοκρασια, ταχυτητα, O <sub>2</sub> , CO, αιθαλη
Αρχεια Οριου	&BNDF	Θερμοκρασια τοιχου, ρηη θερμότητας, ρυθμος καυσης
Συσκευες (Σημειο)	&DEVC	Θερμοκρασια, HRR, ενεργοποιηση καταιονητηρα
Ισοεπιφανειες	&ISOF	Ισοεπιφαναια θερμοκρασιας, ορατοτητα καπνου
Εξοδος HRR	&CTRL / &DEVC	Συνολικος HRR συναρτησει χρονου
Ιχνη Σωματιδιων	&PART	Σωματιδια καπνου, σταγονιδια νερου

## 5.4 Μεταεπεξεργασια στα Αποτελεσματα PyroSim

Μετα την ολοκληρωση της προσομοιωσης (η κατα τη διαρκεια), ανοιζτε τον προβολεα αποτελεσματος μεσω Results → Open Results. Τα Αποτελεσματα PyroSim ειναι τροποποιημενη εκδοση του Smokeview με προστιθεμενη γραφηση δεδομενων.

- Τρισδιαστατη Οπτικοποιηση: δεξι κλικ στο παραθυρο για φορτωση αρχειων τομης, ισοεπιφανειων η αρχειων οριου.
- Γραφηματα Χρονικου Ιστορικου: επιλεξτε μια η περισσοτερες εξοδους DEVC και κλικ στο Results → Time History για σχεδιαση τιμων στο χρονο.
- Στιγμιοτυπο/Κινηση: χρησιμοποιηστε File → Export Animation για δημιουργια MP4 η AVI περιηγησεων.
- Συζευξη εκκενωσης: αν ειναι εγκατεστημενο το Pathfinder, υπερθεση θεσεων ατομων στα αποτελεσματα FDS.

## 5.5 Βασικα Αρχια Εξοδου FDS

Επεκταση Αρχιου	Περιεχομενα
.smv	Περιγραφεας σκηνης Smokeview — ανοιζτε στον προβολεα αποτελεσματος
_devc.csv	Δεδομενα χρονοσειρων για ολες τις συσκευες (ετοιμα για φυλλο εργασιας)
_hrr.csv	Χρονοσειρα παγκοσμιου ρυθμου αποδεσμευσης θερμότητας
.sf	Δεδομενα αρχιου τομης (δυναμικα)
.bf	Δεδομενα αρχιου οριου (δυναμικα)

Επέκταση Αρχείου	Περιεχομενα
.err / .log	Μηνυματα σφαλματων και διαγνωστικα — αναθεωρηστε μετα απο καθε εκτελεση
.fds	Το αρχειο εισοδου FDS που δημιουργηθηκε απο το PyroSim

## 6. Εξαγωγή & Αναφορά

Το PyroSim παρεχει πολλαπλες διαδρομες εξαγωγης για δεδομενα μοντελου, αποτελεσματα προσομοιωσης και επισημα παραδοτεα αναφορων.

### 6.1 Εξαγωγή Αρχείου Εισοδου FDS

Το αρχειο εισοδου FDS (.fds) δημιουργειται αυτοματα στον κατευθυνομενο φακελο εργασιας. Για εξαγωγή αυτονομου αντιγραφου:

27. Πλοηγηθειτε στο Simulation → FDS Input File.
28. Κλικ στο Save As... για εγγραφη του αρχειου σε επιλεγμενη θεση.
29. Το αρχειο ειναι απλο κειμενο και μπορει να ανοιχτει σε οποιοδηποτε επεξεργαστη κειμενου για χειροκινητη επιθεωρηση, αρχειοθετηση η υποβολη σε υπολογιστικο συμπλεγμα.

**Συμβουλή:** Συμπεριλαβετε το αρχειο .fds σε ολα τα αρχεια εργου — ειναι το κυριο τεκμηριο αναπαραγωγιμοτητας.

### 6.2 Εξαγωγή Γεωμετριας

Το PyroSim μπορει να εξαγει τη τρισδιαστατη γεωμετρια ανεξαρτητα απο το αρχειο FDS για αναθεωρηση CAD η ομοτιμη επαληθευση:

- File → Export → DXF — Σχεδιο 2D με περιγραμματα εμποδιων και θεσεις vents.
- File → Export → FBX / OBJ — Τρισδιαστατο πλεγμα κατασκευο για αναθεωρηση σε Autodesk Navisworks η Blender.
- File → Export → IFC — Περιορισμενη εξαγωγή BIM (επαληθευστε αντιστοιχιση στοιχειων πριν υποβολη).

### 6.3 Εξαγωγή Δεδομενων Αποτελεσματος

Εξοδοι συσκευων σε \_devc.csv και \_hrr.csv ειναι ετοιμες για εισαγωγή σε Excel, Python (pandas) η R. Για γραφικα αποτελεσματα:

- Στιγμιότυπο: στον προβολέα αποτελεσμάτων, πατήστε PrtSc ή χρησιμοποιήστε File → Save Image.
- Κίνηση Τομής/Ισοεπιφανείας: Results → Export Animation (απαιτεί εγκατεστημένο ή ενσωματωμένο FFmpeg).
- Εξαγωγή CSV Τομής: τρίτο εργαλείο fds2ascii (συμπεριλαμβάνεται στην εγκατάσταση FDS) μετατρέπει δυαδικά αρχεία τομής σε ASCII.

## 6.4 Δημιουργία Αναφοράς

Το PyroSim δεν περιλαμβάνει εγγενη γεννητορα αναφορων. Η συνιστωμενη ροη εργασιας για παραγωγη τεχνικων αναφορων ειναι:

30. Εξαγωγή βασικών γραφημάτων χρονικού ιστορικού από Αποτελέσματα ως εικόνες PNG.
31. Εξαγωγή πινάκων μεγίστων τιμών από \_devc.csv σε φύλλο εργασίας.
32. Καταγραφή καρέων τρισδιάστατης οπτικοποίησης (θερμοκρασία, καπνός, ισοεπιφάνεια HRR) σε κρίσιμους χρόνους.
33. Συγκέντρωση ευρημάτων σε δομημένο έγγραφο αναφοράς, με αναφορά στα αρχειοθετημένα αρχεία .psm και .fds για ελεγχιμοτητα.

**Συμβουλή:** Επισημανετε καθε εξαγομενη εικονα με ονομα σεναριου, χρονο προσομοιωσης και ποσοτητα για αποφυγη συγχυσης στις αναφορες.

## 6.5 Βελτιστες Πρακτικες Αρχειοθετησης

Στοιχειο Αρχειου	Σκοπος
model.psm	Αρχειο εργου PyroSim — επαναφορτωνει ακριβως τη διετταφη
model.fds	Αρχειο εισοδου FDS — εκτελεση ανεξαρτητα
model_devc.csv	Ολες εξοδοι συσκευων για μετα-αναλυση
model_hrr.csv	Παγκοσμια καμπυλη HRR
model.smv + *.sf/*.bf	Δεδομενα οπτικοποιησης για προβολεα αποτελεσματος
model.err + model.log	Διαγνωστικα — απαιρητα για ελεγο QA
Στιγμιοτυπα / κινησεις	Οπτικη τεκμηριωση για αναφορες

## Παραρτημα Α — Αντιμετωπιση Κοινων Προβληματος

Προβλημα	Συνιστωμενη Ενεργεια
Η προσομοιωση διακοπτεται αμεσως	Ελεγξτε το αρχειο .err για γραμμες FDS ERROR. Συνηθεις αιτιες: επικαλυψη πλεγματος, OPEN vent εκτος οριου, αδιοριστη επιφαναεια.
Πολυ μικρα βηματα χρονου ( $\Delta t < 0.001$ s)	Ελεγξτε μεγαυτη ταχυτητα στην εξοδο. Μειωστε HRRPUA η βελτιωστε πλεγμα κοντα στην πηγη πυρκαγιας.
Θερμοκρασια μη ρεαλιστικα υψηλη	Ελεγξτε παραμετρους καυσης ( $X_r$ , $C_p$ ). Επαληθευστε οτι μοναδες HRRPUA ειναι kW/m <sup>2</sup> , οχι W/m <sup>2</sup> .
Ο καπνος εξαφανιζεται αμεσως	Βεβαιωθειτε οτι η αποδοση αιθαλης $> 0$ στην επιφαναεια καυστηρα. Ελεγξτε SOOT_YIELD στην εισοδο FDS.
Το HVAC δεν ενεργοποιειται	Επαληθευστε οτι οι κομβοι HVAC ειναι συνδεδεμενοι σε vents. Ελεγξτε καμπυλη FAN — βεβαιωθειτε οτι το σημειο λειτουργιας ειναι εντος ευρουσ καμπυλης.
Ο προβολεας αποτελεσματον ειναι κενος	Επιβεβαιωστε οτι το αρχειο .smn ειναι στον ιδιο κατευθυνομενο με τα αρχεια .sf και .bf. Επαναφορτωστε μεσω Results → Open Results.
Σφαλματα ταχυτητας οριου πλεγματος	Προσθηκη πλεγματος buffer περα απο ανοιχτα ορια. Χρησιμοποιοηστε OPEN vents σε ολα τα ορια πλεγματος που κοιτουν προς τα εξω.

## Παράρτημα Β — Γρηγορη Αναφορα: Υπολογισμοσ $D^*$

Η χαρακτηριστηκη διαμετροσ πυρκαγιασ  $D^*$  καθοδηγει αποφασεισ μεγαθυσης πλεγματος. Υπολογιζεται ωσ:

$$D^* = ( Q / ( \rho_{o\_inf} \cdot C_p \cdot T_{inf} \cdot \sqrt{g} ) )^{(2/5)}$$

Οπου:

$Q$  = συνολικοσ ρυθμοσ αποδεσμευσης θερμοτητασ [kW]  
 $\rho_{o\_inf}$  = πυκνοτητα αμβλυνοτοσ αερα [ $\sim 1.2$  kg/m<sup>3</sup>]  
 $C_p$  = ειδικη θερμοτητα αερα [ $\sim 1.0$  kJ/kg·K]  
 $T_{inf}$  = θερμοκρασια περιβαλλοντοσ [ $\sim 293$  K]  
 $g$  = επιταχυνοση βαρυτητασ [ $9.81$  m/s<sup>2</sup>]

Συνιστωμενη αναλυση πλεγματος:  $dx \approx D^* / 10$  (λεπτο)  
 $dx \approx D^* / 16$  (πολυ λεπτο)

## Παράρτημα Γ — Χρησιμοι Ποροι

- Οδηγοσ Χρηστη FDS — <https://pages.nist.gov/fds-smv/>

- Εγχειριδιο Χρηστη PyroSim — <https://support.thunderheadeng.com/docs/pyrosim/>
- Υποστηριξη Thunderhead Engineering — <https://support.thunderheadeng.com/>
- Ομαδα Συζητησης FDS-SMV — <https://groups.google.com/g/fds-smv>
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering — αναφορα για συσχετισμους αναπτυξης πυρκαγιας