



«  
»

**ΜΕ**

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗΣ ΕΝΑΝΤΙ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ  
ΓΙΑ ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ**

**ΑΞΑΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΣΠΥΡΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΙΟΥΛΙΟΣ 2015**

:

μ

μ

μ

μ

## Περιεχόμενα

.....	3
1. ....	4
2. ....	7
2.1. μ μ .....	7
2.2. ....	8
2.3. μ μ .....	9
3. μ SOLAS μ μ .....	11
3.1. μ μ .....	11
3.2. μ μμ μ .....	12
4. μ μ (FDS) (FDS+Evac).....	16
4.1. FDS – .....	16
4.2. FDS+Evac .....	17
4.2.1. ....	17
4.2.2. μ μ .....	19
4.2.3. μ .....	21
4.2.4. μ .....	23
4.2.5. μ .....	25
4.2.6. ....	26
4.2.7. μ .....	27
4.2.8. μ μ μ FDS+Evac.....	27
4.3. μ μ .....	28
4.3.1. Evi (Evacuability Index).....	29
4.3.2. Maritime EXODUS .....	29
4.3.3. μμ μ .....	30
5. μ μ μ μ μ .....	33
5.1.1. μ .....	33
5.1.2. μ μ .....	34
5.1.3. ....	36
5.2. μ .....	39
5.3. μ μ μ μ μ .....	46
5.4. μ μ .....	48
.....	52
5.5. μ μ .....	53

6.	μ	μ	.....	56
	μ	μ	.....	66
			.....	69
		:	.....	71
		μ	.....	72
		:	.....	74
	μ	:	.....	75





μ μ μ , μ μ μ  
 μ μ Vassalos et al. 2010,  
 μ μ  
 90% μ μ , μ  
 μ μ .  
 μ  
 Spyrou et al 2013. μ  
 μ μ  
 μ . μ  
 μ μ , μ  
 μ μ  
 μ μ μ  
 μ μ μ (International Maritime  
 Organisation, 2007). 2 μ μ  
 μ μ . 3 μ  
 μ μ μ  
 μ μ μ .  
 (FDS) μ μ μ (FDS+Evac). T FDS μ μ μ  
 Navier – Stokes μ  
 μ (McGrattan, et al., 2010). FDS+Evac μ μ  
 μ μ μ μ μ  
 μ μ μ μ μ  
 μ FDS FDS+Evac  
 μ , μ , 4  
 μ μ μ .  
 5 μ μ μ μ μ  
 μ μ μ μ :  
 μ , μ (μ

) . μ  
μ  
μ μ .  
μ μ μ μ  
, μ μ μ μ  
μ . μ



## 2. Ο δείκτης διακινδύνευσης

### 2.1. Βασικά σημεία της διαδικασίας υπολογισμού του δείκτη διακινδύνευσης

μ μ

, μ .

μ

, μ ,

μ μ

μ .

μμ μ , μ μ

μ μ .

μ μ ,

μ .

μ μ .

μ μ μ

μ μ μ μ

. μ , μ

, μ μ

, μ μ ,

.

(Spyrou, et al., 2013).

μ

μ , μ

μ . μ μ

μ μ μ

Project (Ventikos, et al., 2010).

$\mu$   
 $, \mu$   
 $\mu$  .  
 $, \mu \mu$   
 $, \mu \mu$   
 $\mu$

$\mu \cdot \mu \mu$   
(fatalities per s-y).

$\mu$   
 $\mu \mu \mu$   
 $\mu$  (  $\mu$  )  
 $\mu \mu \mu$   
 $\mu \mu$   
 $\mu ,$

## 2.2. Παραδοχές

- $\mu$  :  
 •  $\mu \mu$  .  
 $, \mu \mu$
- $\mu$  .  
 $\mu$  .
- $\mu$  .
- $\mu \mu \mu$   
 $\mu \mu$  ,  
 $\mu \mu$   
 $\mu \mu$  .

### 2.3. Μαθηματικό μοντέλο

ορίζεται ως παρακάτω (Spyrou, et al., 2013):

$$R = \sum_i p_i(1 - r_i)C_i(N) \quad (1)$$

όπου:

- $R$ : Η καθαρή παρούσα αξία του έργου.
- $p_i$ : η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί η κατάσταση  $i$ .
- $r_i$ : η αξία αναμενόμενη από τον επενδυτή για την κατάσταση  $i$ .
- $C_i(N)$ : Η αξία της επένδυσης στην κατάσταση  $i$ .

Ο επενδυτής μπορεί να πραγματοποιήσει την επένδυση στην κατάσταση  $i$  λόγω κέρδους  $(p_i)$  ή να απορρίψει την επένδυση λόγω απώλειας  $(r_i)$  (Spyrou, et al., 2013).

Η κατάσταση  $i$  μπορεί να προκύψει από την κατάσταση  $j$  με πιθανότητα  $w_{i,j}$  ή από την κατάσταση  $k$  με πιθανότητα  $w_{k,i}$ . Η κατάσταση  $j$  μπορεί να προκύψει από την κατάσταση  $i$  με πιθανότητα  $w_{j,i}$  ή από την κατάσταση  $k$  με πιθανότητα  $w_{k,j}$ . Η κατάσταση  $k$  μπορεί να προκύψει από την κατάσταση  $i$  με πιθανότητα  $w_{k,i}$  ή από την κατάσταση  $j$  με πιθανότητα  $w_{j,k}$ .

Η κατάσταση  $i$  μπορεί να προκύψει από την κατάσταση  $j$  με πιθανότητα  $w_{i,j}$  ή από την κατάσταση  $k$  με πιθανότητα  $w_{k,i}$ .

$$C_i(N) = \sum_j w_{i,j}N_{i,j} \quad (2)$$

όπου  $w_{i,j}$  είναι η πιθανότητα να μεταβεί η κατάσταση  $i$  από την κατάσταση  $j$  με  $\sum_j w_{i,j} = 1$ .

(International Maritime Organisation, 2007).

$$\bar{N}_{i,j} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m w_{i,j,k} N_{i,j,k} \quad (3)$$

### 3. Οι κανονισμοί της SOLAS για την χρήση αριθμητικών κωδίκων για την προσομοίωση εκκένωσης

μ  
:

- μ μ μ μ .
- μ μ μ μ .

μ μ (International Maritime Organisation, 2007)

μ μ ( μ )

13 FSS Code [3] μ ( μ )

) μ μ μ μ .

#### 3.1. Απαιτήσεις μοντέλου προσομοίωσης

μ μ (Appendix, Annex 2), μ μ

μ μ :

- μ
- μ μ ,
- μ
- μ μ
- μ
- μ μ

1s.

FDS+Evac

, μ

μ μ μ μ μ .

### 3.2. Παράμετροι προγράμματος προσομίωσης

μ μ μ :

- μ μ · μ μ μ μ
- μ μ · μ μ ( , )
- μ · μ
- (procedural) μ · μ μ

μ μ

·  
 μ , μ μ μ  
 · μ μ μ  
 ( μ μ μ )  
 μ μ )

μ μ ( ) ,

1.

μ

:

:

$$y = \frac{1.01875}{\sqrt{2\pi}0.84(x - 400)} \exp\left[-\frac{(\ln(x - 400) - 3.95)^2}{2 * 0.84^2}\right] \quad (4)$$

400 < x < 700

μ α:

$$y = \frac{1.00808}{\sqrt{2\pi}0.94x} \exp\left[-\frac{(\ln(x) - 3.44)^2}{2 * 0.94^2}\right] \quad (5)$$

0 < x < 300

x

y

x.

μ

μ

μ

(4)

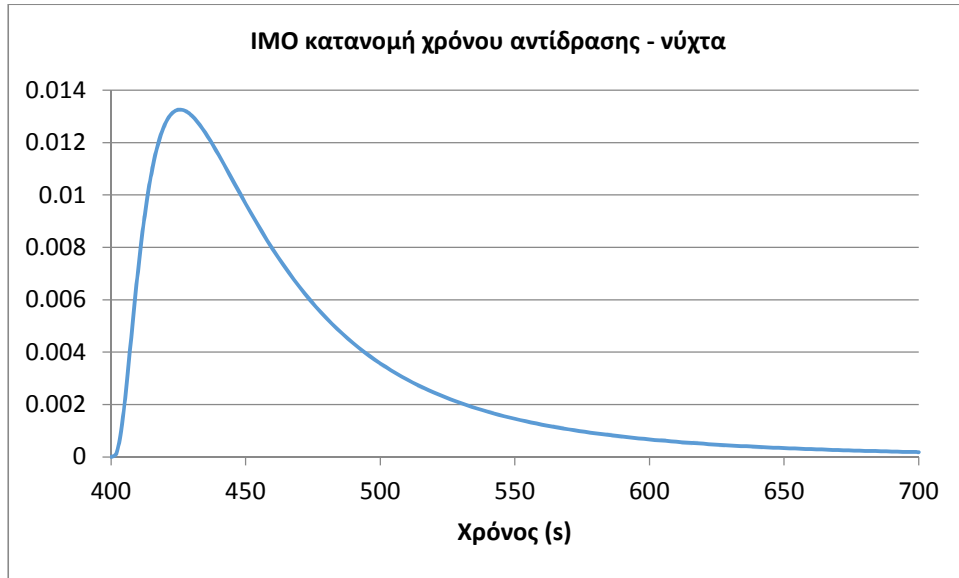
(5)

μ .

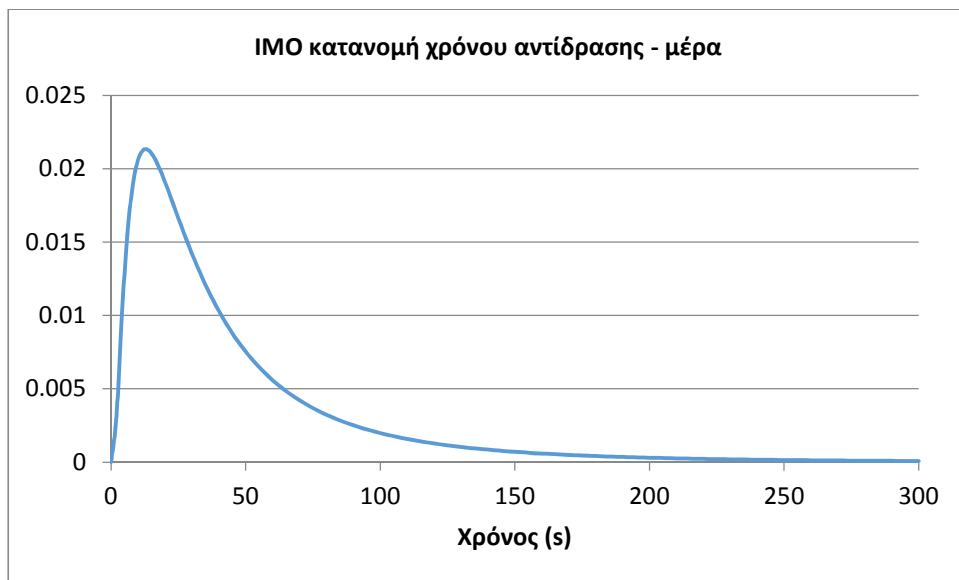
μ - μ - μ ( )	(%)
30	7
30-50	7
50	16
50 μ μ μ (1)	10
50 μ μ μ (2)	10
30	7
30-50	7
50	16
50 μ μ μ (1)	10
50 μ μ μ (2)	10
μ - μ - μ	μ (%)
μ -	50
μ -	50

: (International Maritime Organisation, 2007)





μ 1: μ μ μ



μ 2: μ μ μ

## 4. Αριθμητικοί κώδικες προσομοίωσης πυρκαγιάς (FDS) και εκκένωσης χώρου (FDS+Evac)

### 4.1. FDS – Κύρια χαρακτηριστικά

FDS (CFD) Navier – Stokes  
 FDS Technical Reference Guide  
 (McGrattan, et al., 2014).

FDS 2000. (sprinkler), FDS (fire protection engineering),  
 Navier – Stokes, FDS Large Eddy Simulation (LES) Smagorinsky (Pope, 2000). Direct Numerical Simulation (DNS).

FDS Navier – Stokes, FDS Large Eddy Simulation (LES) Smagorinsky (Pope, 2000). Direct Numerical Simulation (DNS).

gray gas (Hostikka, et al., 2002), wide band model (McGrattan, et al., 2014).  
 (Finite Volume Method – FVM). FVM  
 20% (Grosshandler, 1993), (sprinkler) Mie  
 (Wiscombe, 1980).  
 FDS+Evac  
 Direct Numerical Simulation (DNS)

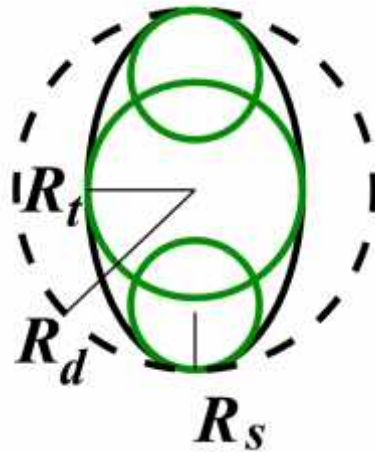
## 4.2. FDS+Evac

### 4.2.1. Θεωρητική βάση

FDS+Evac  
 FDS+Evac  
 FDS+Evac  
 FDS+Evac

$\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 (  $\mu$  1),  $\mu\mu$  Simulex (Integrated Environmental Solutions  
 Ltd., 2009),  $\mu\mu$  MASSEpres (Pan, 2006)  $\mu$  CroudDMX  
 (Langston, et al., 2006), (Smith, et al., n.d.)  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$  1.  $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 2.

FDS+Evac  $\mu$   $\mu$   $\mu$  FDS  
 $\mu\mu$  .  $\mu$   
 $\mu$   $\mu$  Smokeview (Forney, 2009).  $\mu$   
 FDS FDS+Evac  $\mu$   
 $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  
 $\mu$  .  $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu\mu$  .



$\mu$  1:  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 (Korhonen & Hostikka, 2010)

2:

FDS+Evac.  $d_s = R_d - R_s$ . (Korhonen & Hostikka, 2010)

$\mu$	$R_d$ (m)	$R_t/R_d$	$R_s/R_d$	$d_s/R_d$	Speed (m/s)
	0.255±0.035	0.5882	0.3725	0.6276	1.25±0.30
	0.270±0.020	0.5926	0.3704	0.6296	1.35±0.20
	0.240±0.020	0.5833	0.3750	0.6250	1.15±.20
	0.210±0.015	0.5714	0.3333	0.6667	0.90±0.30
$\mu$	0.250±0.020	0.6000	0.3600	0.6400	0.80±0.30

#### 4.2.2. Το μοντέλο κίνησης των ατόμων

FDS+Evac  $\mu$   $\mu$  Holding's group (Helding, et al., 2000), (Werner & Helding, 2003)  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  «  $\mu$  (social force)»  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  ( ).  $\mu$  Holding's group  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  , FDS+Evac  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  (Langston, et al., 2006), (Korhonen, et al., 2007), (Korhonen, et al., 2008).

$\mu\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  :

$$m_i \frac{d^2 x_i(t)}{dt^2} = f_i(t) + \xi_i(t) \quad (6)$$

$x_i(t)$   $\mu$   $i$   $t$ ,  $f_i(t)$   $\mu$   $\mu$   $i$  ,  $m_i$   $\mu$  ,  $i(t)$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  .  $\mu$   $v_i(t) = dx_i / dt$ .





τας κίνηση . FDS+Evac μ μ i  
 ,  $v_i^0(K_S)$  , χι μ τοιόντας την παρακάτι σχέσι :

$$v_i^0(K_S) = \text{Max} \left\{ v_{i,min}^0, v_i^0 \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} K_S \right) \right\} \quad (8)$$

$$\mu \quad i \quad v_{i,min}^0 = 0.1 * v_i^0 .$$

μμ μ μ μ ,  
 μ μ

FDS+Evac  
 μ (Fractional Effective Dose-FED) Purser  
 (Purser, 1995). μμ μ FED  
 μ CO, CO<sub>2</sub> αι O<sub>2</sub>:

$$FED_{tot} = FED_{CO} * HV_{CO_2} + FED_{O_2} \quad (9)$$

[12] HCN,  
 CO<sub>2</sub> μ (narcotic) μ .  
 CO<sub>2</sub> 5%, μ  
 μ μ  
 μ CO :

$$FED_{CO} = 4.607 * 10^{-7} (C_{CO})^{1.036} * t \quad (10)$$

t seconds C<sub>CO</sub> α η σ CO ppm.  
 μ της αναισθητοποίησης : χαμηλο ιξυγονου (υπο ) :

$$FED_{O_2} = \frac{t}{60 \exp[8.13 - 0.54(20.9 - C_{O_2})]s} \quad (11)$$

t seconds C<sub>O<sub>2</sub></sub> είναι η ( ,  
 ). μ μ μ (hyperventilation factor)  
 μ :







(Pan, 2006), (Proulx, 1993),

#### 4.2.5. Αριθμητική Μέθοδος

– Verlet (Vattulainen, et al., 2002).

0.01 seconds.

FDS+Evac

1.31

l/m/s

FED,

(reaction time)

(detection time)

$\mu$  (mg/m<sup>3</sup>)  $\mu$   
 $\mu$   
 $\mu$   
 $\mu$   
 $\mu\mu$   $\mu$   
CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>:  $\mu$   $\mu$   
FED  $\mu$  0.000001.  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
FED 10  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  FED  $\mu$  1.  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  3/extinction coefficient.  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$  10%  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$

#### 4.2.6. Στοιχεία εισόδου

$\mu$   $\mu$   $\mu$   
FDS+Evac  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  FDS.  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$  (  $\mu$  )  $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  FDS+Evac.  
 $\mu\mu$  FDS+Evac  $\mu$   
 $\mu\mu$  FDS, :

- $\mu$
- $\mu$  ( , , )

- μ μ μ
- μ μ μ :
- μ
- μ ( , )
- μ

#### 4.2.7. Αποτελέσματα

FDS+Evac , μ μ μ μ  
 μ μ . μ μ μ  
 Smokeview.  
 μ μ FDS+Evac excel.  
 μ μ .  
 μ excel μ μ  
 μ μ (HRR), μ μ  
 (RAD\_LOSS), (CONV\_LOSS) (COND\_LOSS),  
 μ μ (BURN\_RATE).  
 excel μ μ  
 μ μ , μ μ ,  
 , μ μ FED μ μ FED  
 μ .

#### 4.2.8. Σύσταση πληθυσμού σύμφωνα με τον IMO στον κώδικα FDS+Evac

FDS+Evac μ  
 μμ μ μ μ μ  
 (International Maritime Organisation, 2007). FDS+Evac μ



μ μ μ  
 μ μ  
 μ FDS+Evac.

### 4.3.1. Evi (Evacuability Index)

μμ Evi (Evacuability Index) SSRC (Ship Stability  
 Research Center, University of Strathclyde) μ Deltamarin Led, RCI  
 Color Line. μ  
 μ μ μ (Vassalos, et al., 2002).  
 μ μ μ  
 , μ ( ,  
 ) μ  
 ( μ , μ ).  
 Evi μ , ,  
 (Henriques, et al., 2011). μ  
 μ μ  
 . ,  
 .  
 μ Evi μ  
 μ DXF. μ ,  
 μ μ , , ,  
 (mobility). μμ μ  
 μ , μ μ μ , μ , μ  
 , μ , . . , μ μ  
 μ μ μ ,  
 μ . , Evi μ  
 μ .

### 4.3.2. Maritime EXODUS

Fire Safety Engineering Group (FSEG) μ Greenwich  
 μ μμ EXODUS μ maritime EXODUS  
 μ (Galea & Gwynne, 2003). EXODUS μμ

μ μ μ  
 , μ μ μ μ μ  
 μ . maritime EXODUS μ μ  
 . μμ μ μ  
 μ μ μ μ μ  
 . μ / μ  
 μ μ μ .  
 μ μ DXF CAD.  
 μ μ (rule based).  
 μ μ μ μ μ  
 . Maritime EXODUS μ  
 μ μ μ μ μ  
 μ . μ μ  
 μ μ .

### 4.3.3. Συνοπτική παρουσίαση προγραμμάτων προσομοίωσης εκκένωσης

μμ Evi, Maritime EXODUS FDS+Evac. μ μμ  
 Evi Maritime EXODUS (Henriques, et al., 2011).



4:

μμ Evi, Maritime EXODUS FDS+Evac

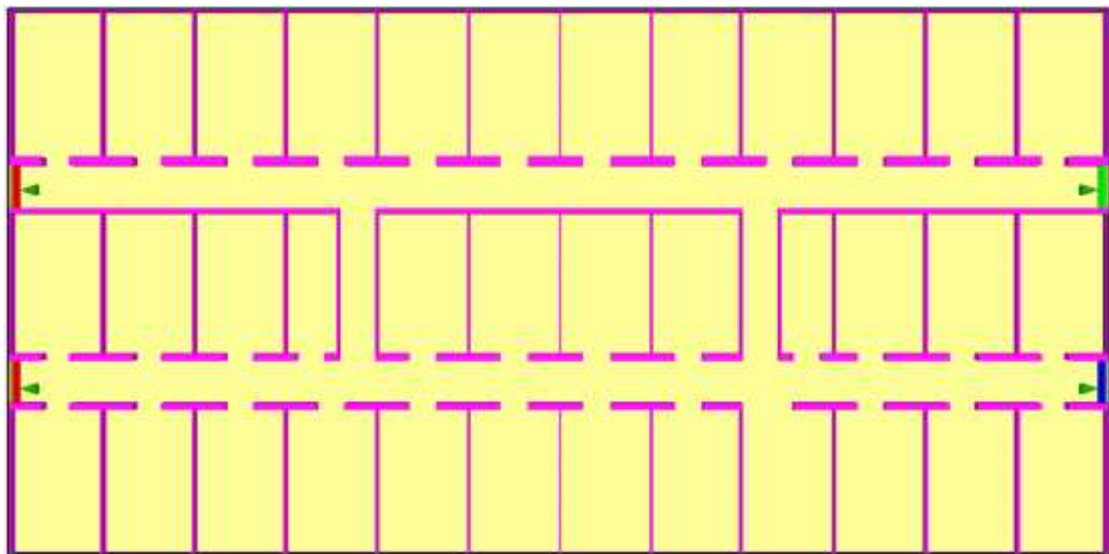
	<b>Evi</b>	<b>Maritime EXODUS</b>	<b>FDS+Evac</b>
μ			
	μ DXF XML μ EvE, μ Evi	1) μ 2) μ 3) CAD	1) μ μ 2) μ μμ Pyrosim μ FDS+Evac 3) CAD DXF FDS+Evac μ Pyrosim
μ			
	μ	μ	μ
μ	μ μ	μ μ	μ μ
μ IMO			μ
μ			
			(μ μ )
μ			
μ ( )			

	<b>Evi</b>	<b>Maritime EXODUS</b>	<b>FDS+Evac</b>
IMO            μ			
IMO			
μ			
μ            μ			
μ			
μ			
μ            μ			
μ			
μ			
μ			
μ μ            μ			

## 5. Εφαρμογή υπολογισμού δείκτη διακινδύνευσης σε κατάστρωμα καμπινών

### 5.1.1. Περιγραφή χώρου καμπινών

FDS+Evac  
 (1).  
 .  
 .  
 .



1:  $\mu$   $\mu$

6.5, FDS+Evac  $\mu\mu$   
 $\mu$  .  $\mu$   
 ,  $\mu$   $\mu$  .  
 $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$  30,  $\mu$  30  $\mu$  50 ,  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$  .  $\mu$   $\mu$  36  
 , 34  $\mu$  36 .  
 $\mu$  36 ,  $\mu$   
 (  $\mu$   $\mu$  ),

μ 3 μ .  
 μ , μ .  
 2 4 , 5 .  
 μ μ μ μ . μ μ  
 μ μ .  
 36 μ 34 μ μ μ  
 μ 3 . μ μ μ μ

- μ : 36.00 m
- : 17.95 m
- : 2.00 m
- μ μ : 3.00x4.80 m
- μ μ : 1.80x4.80 mm
- μ : 0.90 m
- : 1.40 m
- μ μ : 1.40 m
- μ : 1.20 m

**5.1.2. Χαρακτηριστικά και κατανομή πληθυσμού**

μ μ μ  
 μ , μ μ  
 (International Maritime Organisation, 2007) μ 3.  
 μ μ μ  
 . μ μ μ ,  
 μ μ ( ),  
 . μ μ μ  
 . μ μ μ  
 μ μ μ 1,  
 μ μ μ μ .

$\mu$                        $\mu$   
 $\mu$                        $\mu$                        $\mu$   
 $\mu$  .

5: $\mu$ $\mu$		$\mu$ $\mu$		$\mu$		
				$\mu$	$\mu$	$\mu$
	30		7	3	3	3
	30-50		7	2	2	2
	50		16	6	5	6
50	$\mu$ $\mu$ $\mu$ (1)		10	4	4	4
50	$\mu$ $\mu$ $\mu$ (2)		10	3	3	3
	30		7	2	2	2
	30-50		7	3	3	3
	50		16	6	5	6
	50		10	3	3	3
$\mu$ $\mu$ $\mu$ (1)			10	4	4	4
$\mu$ $\mu$ $\mu$ (2)			10	3	3	3
			100	36	34	36
				<b>: 106</b>		

### 5.1.3. Χαρακτηριστικά πυρκαγιάς

$\mu$ ,  $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$

$\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  (3)  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  (4).  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$

$\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$

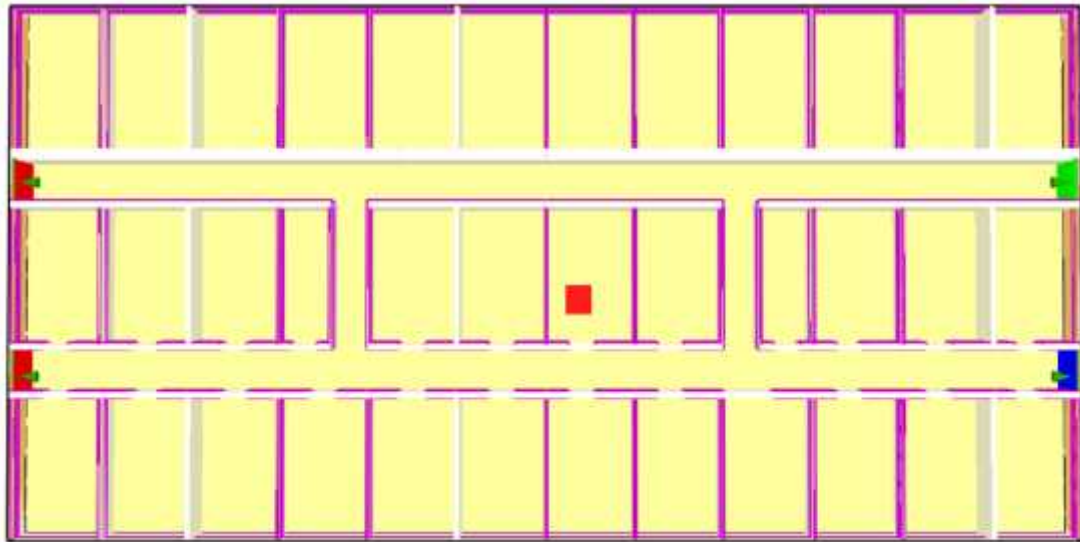
(Spyrou, et al., 2013).

(medium severity) (extreme severity).

$\mu$  100  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$  (Heat Release Rate – HRR)  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  (6).

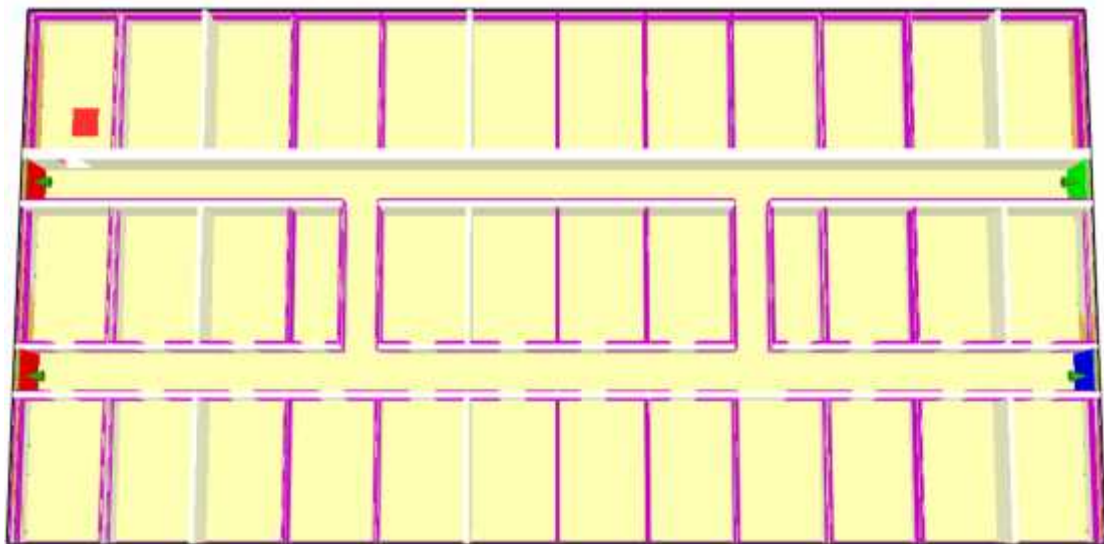
$\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  (severity  
 function)  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$

$\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  15.



2:

$\mu$

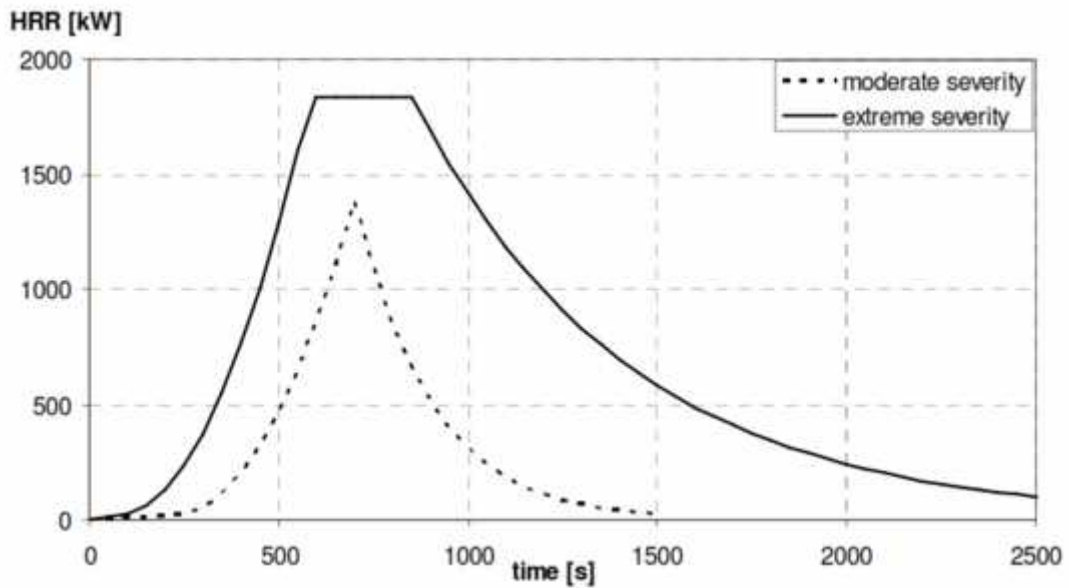


3:

$\mu$

Average  $\mu$   $\mu$  (  $\mu$  : Spyrou et al., 2013)  $\mu$

Materials	% contribution	Average heat of combustion [MJ/kg]	Yield CO [g/g]	Yield CO <sub>2</sub> [g/g]	Yield soot [g/g]
Textiles	28.0%	22.5	0.051	1.420	0.065
Wood based	34.0%	17.33	0.004	1.280	0.015
Plastics	38.0%	24.81	0.046	1.832	0.081
Average	100%	21.62	0.0331	1.5290	0.0541



$\mu$  3:  $\mu$   $\mu$  (Heat Release Rate) (  $\mu$  : Spyrou et al., 2013)

7 8  $\mu$   
 $\mu$



7: μ μ μ μ μ . . . . . 6

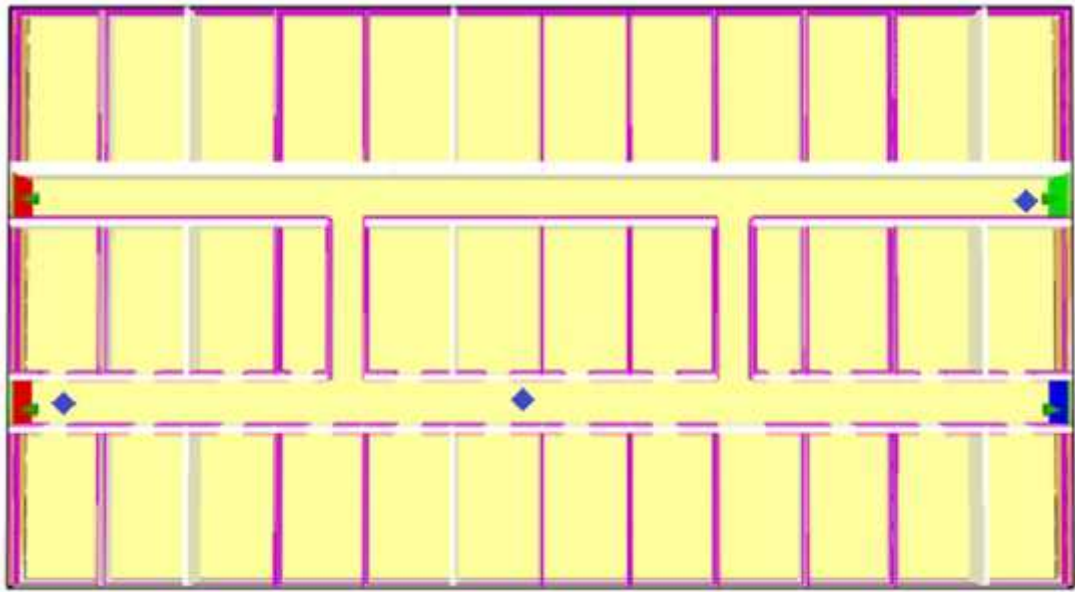
Σενάρια με πυρκαγιά				
	μέρα 20s	μέρα 100s	μέρα 200s	νύχτα
μεσαία ένταση ακριανή καμπίνα	√	√	√	√
μεσαία ένταση κεντρική καμπίνα	√	√	√	√
ακραία ένταση ακριανή καμπίνα	√	√	√	√
ακραία ένταση κεντρική καμπίνα	√	√	√	√

8: μ μ μ μ μ . . . . . 6

Σενάρια χωρίς πυρκαγιά		
	πληθυσμός IMO	πληθυσμός IMO με μηδενικό χρόνο αντίδρασης
Όλες οι έξοδοι ανοιχτές	√	√
Μία έξοδος κλειστή	√	√
Δύο έξοδοι κλειστές	√	√
Τρεις έξοδοι κλειστές	√	√

## 5.2. Εξέλιξη χαρακτηριστικών πυρκαγιάς στον χώρο προσομοίωσης

μ μ μ μ μ μ , CO, FED  
. . . . . μ μ  
μ . μ 1.6 m ,  
μ . μ μ FDS+Evac  
. . . . . μ  
μ 1.6 m.



4:  $\mu$   $\mu$   $\mu$  , CO, FED .

9 11  $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$   $\mu$  , FED CO  
 12  $\mu$   $\mu$  .  $\mu$   
 $\mu$   
 (  $\mu$  ).  
 $\mu$   $\mu\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   
 $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   
 $\mu$   $\mu$  .  
 $\mu$   $\mu$  100s,  
 $\mu$   $\mu$  .  $\mu$   
 $\mu$  .

9: μ μ μ μ

Θέση μετρητή θερμ/σίας (° C)	κάτω διάδρομος αριστερά	κάτω διάδρομος μέση	πάνω διάδρομος δεξιά
μεσαίας έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	20	24	51
μεσαίας έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	48	325	20
υψηλής έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	24	35	83
υψηλής έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	75	525	20

10: μ μ CO μ

Θέση μετρητή CO (*10 <sup>-3</sup> mol/mol)	κάτω διάδρομος αριστερά	κάτω διάδρομος μέση	πάνω διάδρομος δεξιά
μεσαίας έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	20.18	26.28	50.66
μεσαίας έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	35.11	86.62	21.91
υψηλής έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	65.72	76.93	87.03
υψηλής έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	57.05	108.65	31.93

11: μ μ (FED) μ

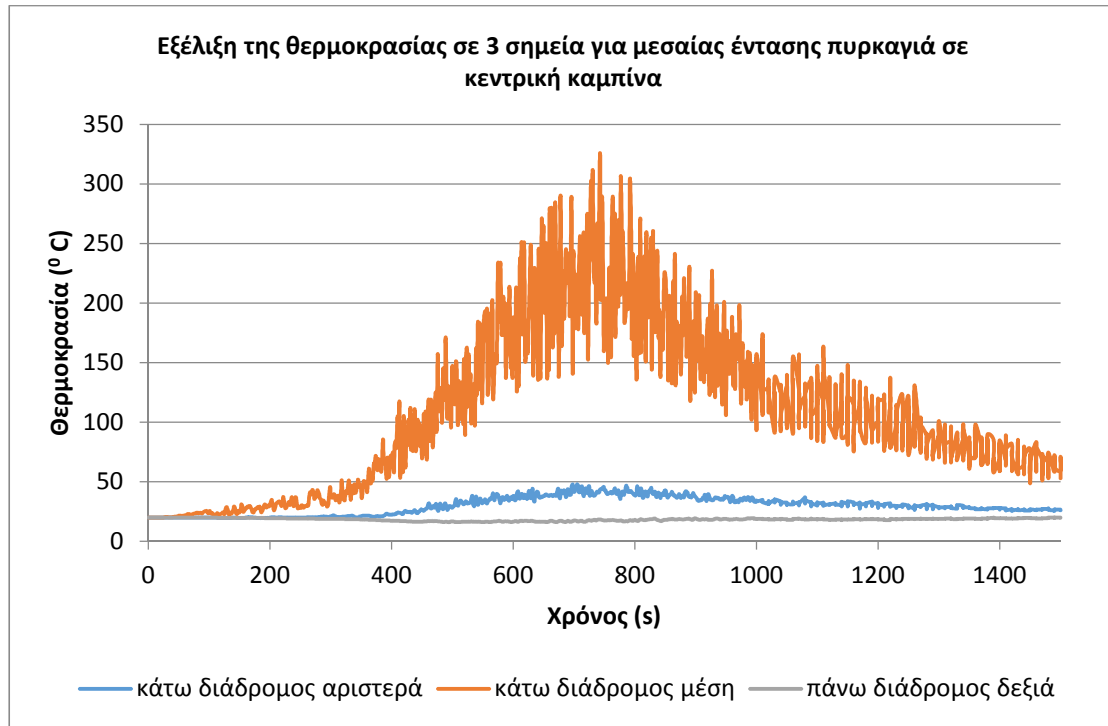
Θέση μετρητή FED	κάτω διάδρομος αριστερά	κάτω διάδρομος μέση	πάνω διάδρομος δεξιά
μεσαίας έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	0.35	0.54	1.31
μεσαίας έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	0.83	2.10	0.40
υψηλής έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	2.81	4.33	10.08
υψηλής έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	0.71	5.22	0.19

12: μ μ

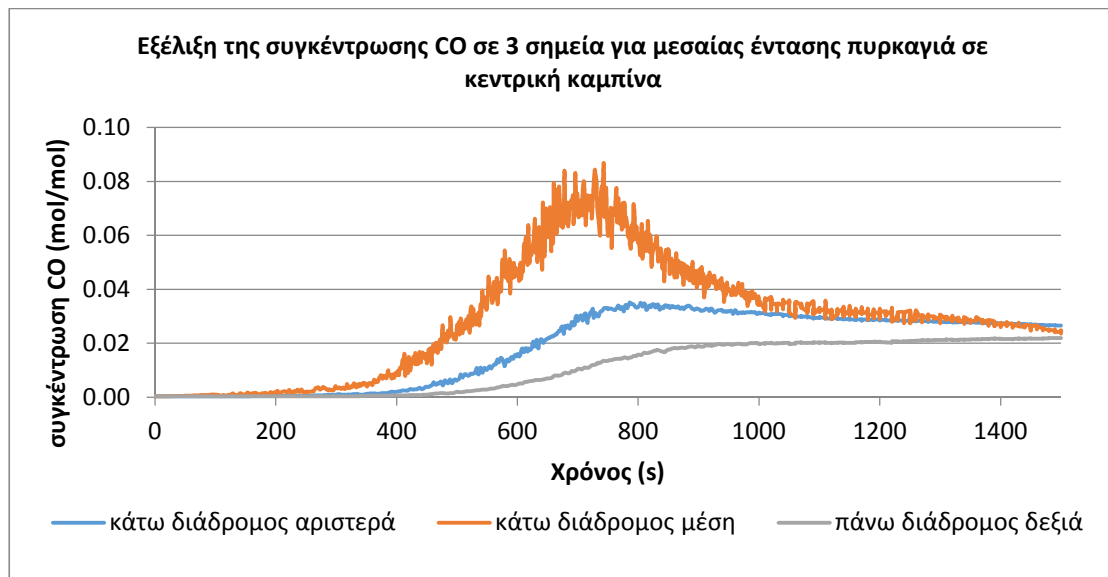
Θέση μετρητή ορατότητας (m)	κάτω διάδρομος αριστερά	κάτω διάδρομος μέση	πάνω διάδρομος δεξιά
μεσαίας έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	0.33	0.25	0.14
μεσαίας έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	0.21	0.14	0.30
υψηλής έντασης πυρκαγιά ακριανή καμπίνα	0.10	0.09	0.08
υψηλής έντασης πυρκαγιά κεντρική καμπίνα	0.14	0.14	0.21

μ 4 6 μ 3 μ μ μ  
μ , CO μ  
μ . μ μ μ  
μ μ μ 300 °C μ  
μ 700s. μ  
μ μ μ μ CO,  
μ μ , μ μ .

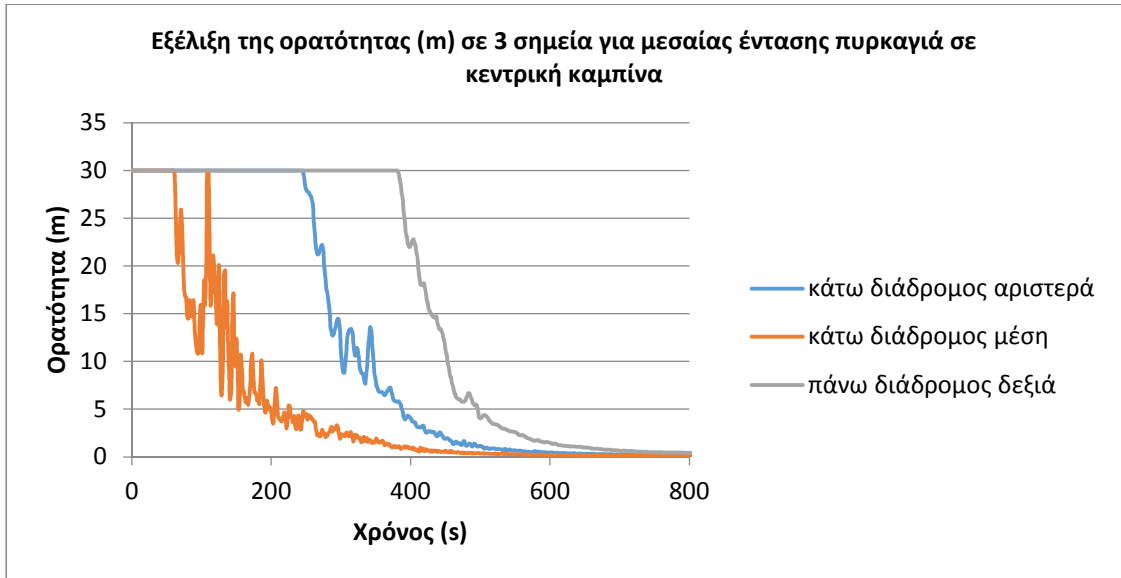
( μ μ μ ) μ μ 0.30 m.



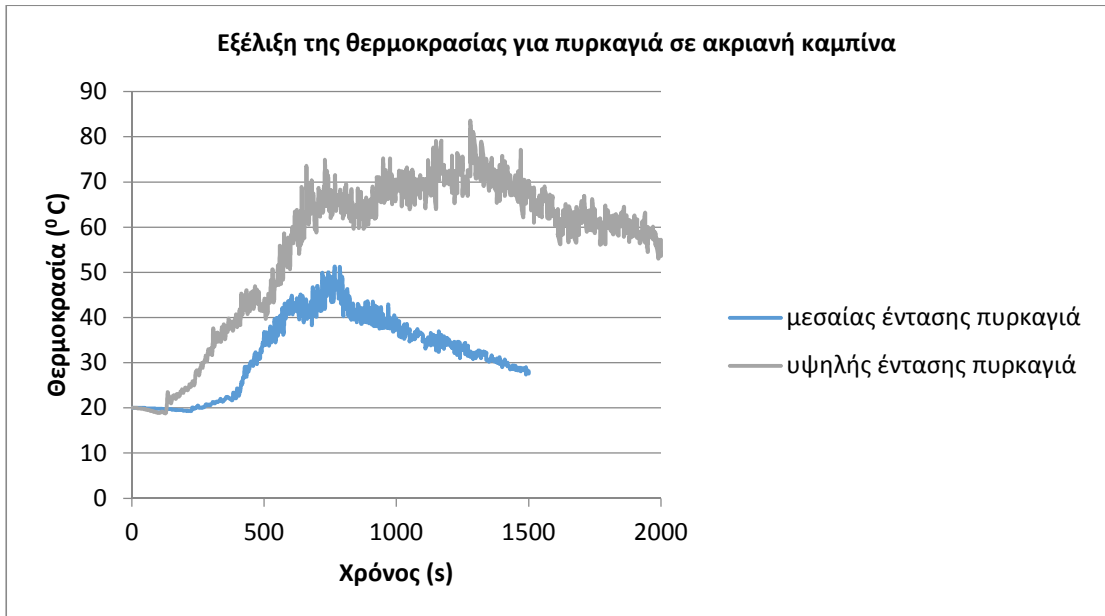
μ 4:Ε μ 3 μ μ μ



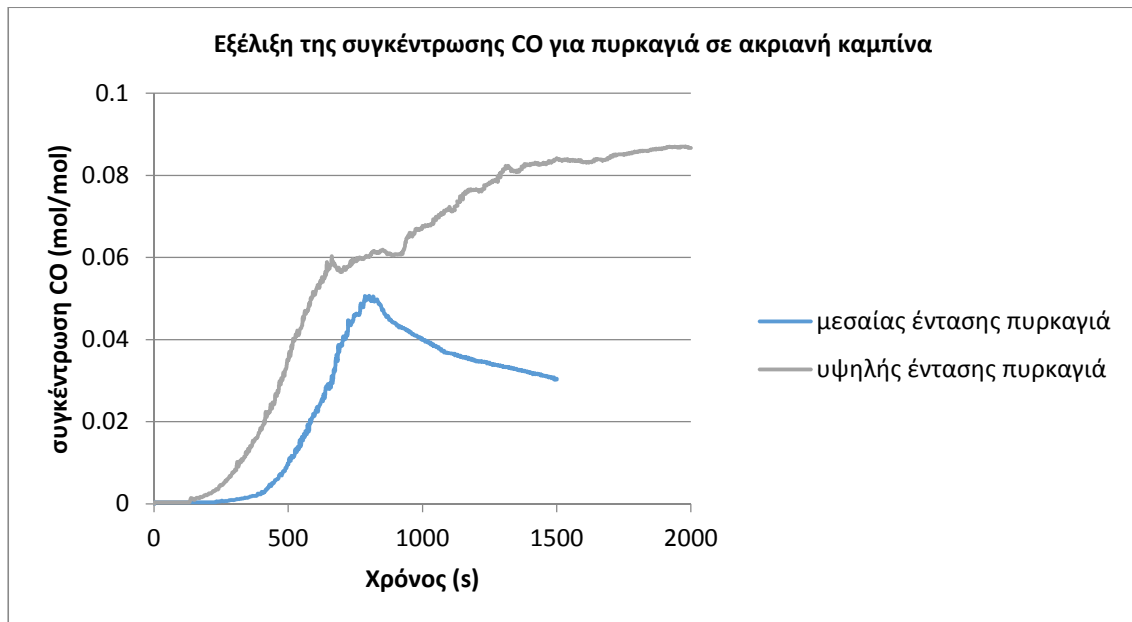
μ 5:Ε CO 3 μ μ μ



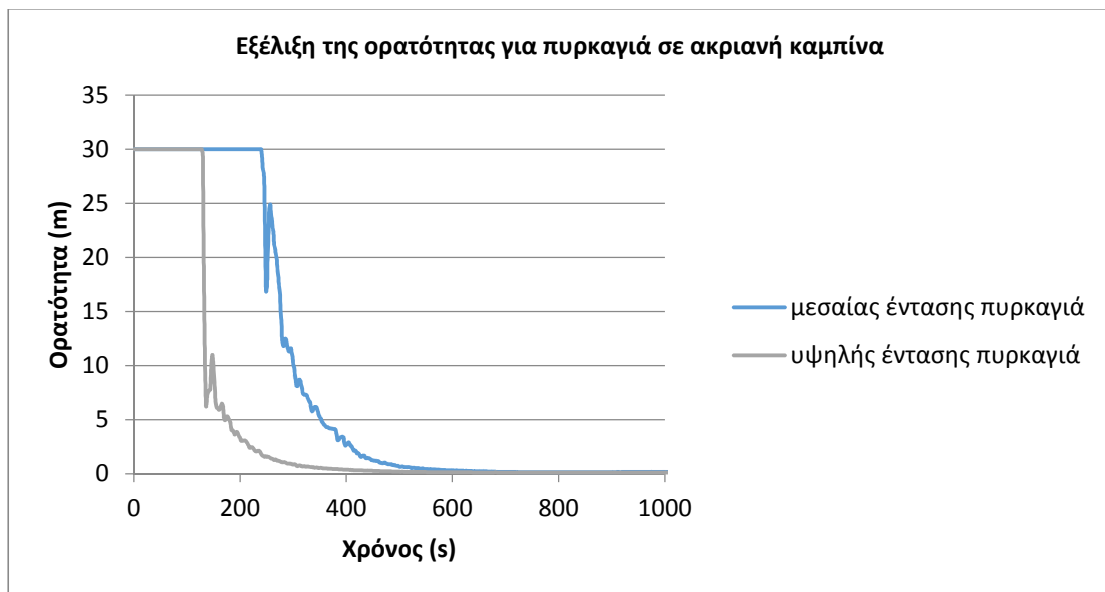
μ 6: (m) 3 μ μ μ , CO μ μ μ μ μ ( 4).



μ 7: μ μ μ μ μ μ



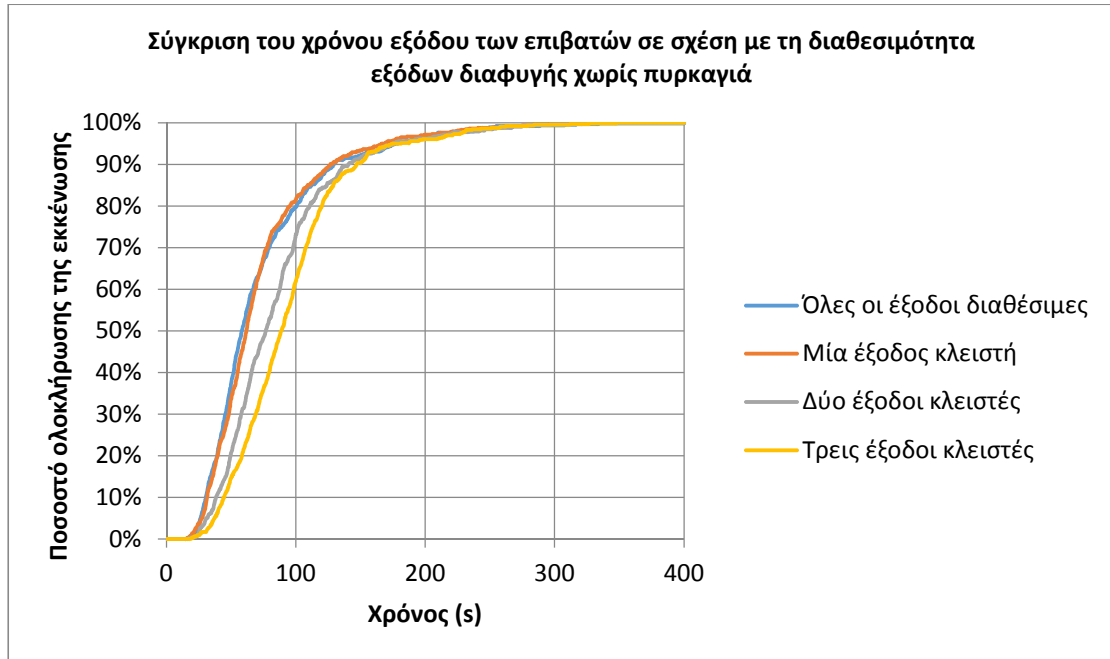
μ 8: μ μ μ



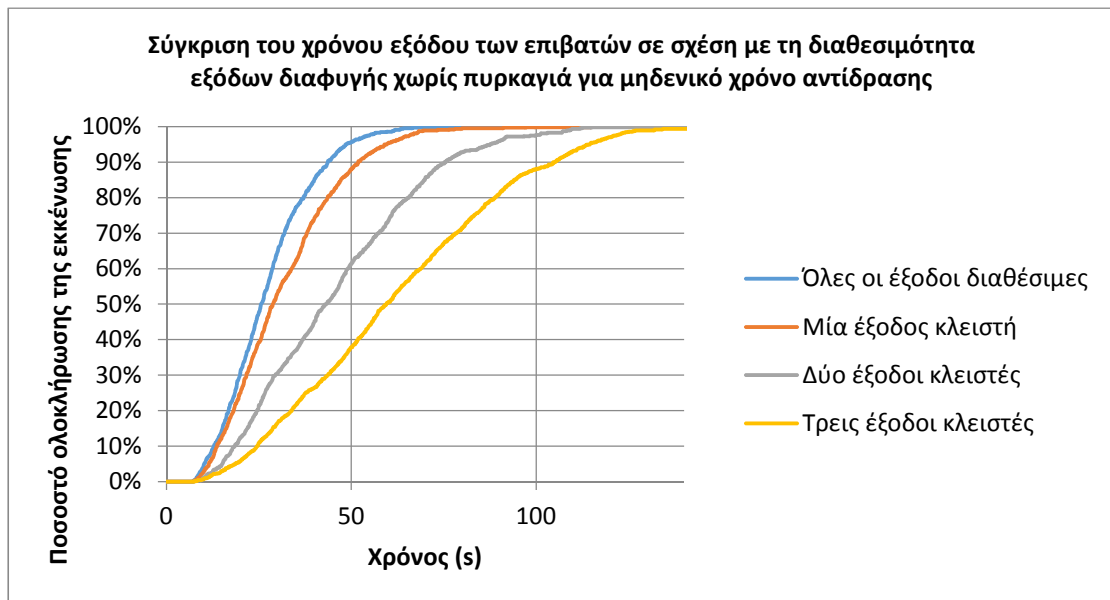
μ 9: μ μ μ



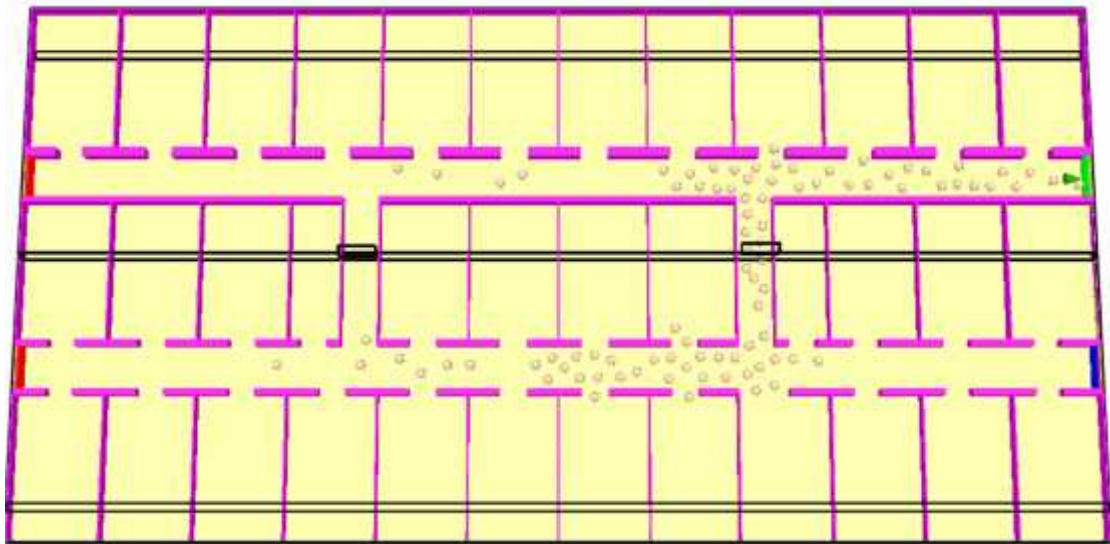




$\mu$  10:  $\mu$   $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$  ,  $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  .



$\mu$  11:  $\mu$   $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  .



5: μ μ μ μ μ μ μ μ 1 μ

#### 5.4. Προσομοιώσεις με πυρκαγιά

μ μ 4 μ .  
 μ μ μ μ μ  
 (5) . μ μ  
 μ 20, 100 200s . μ μ  
 μ μ μ  
 μ ( μ ) .  
 μ μ μ μ  
 (5).

μ μ μ μ μ μ  
 (4). μ μ μ μ μ (4)  
 t=400s t=700s.

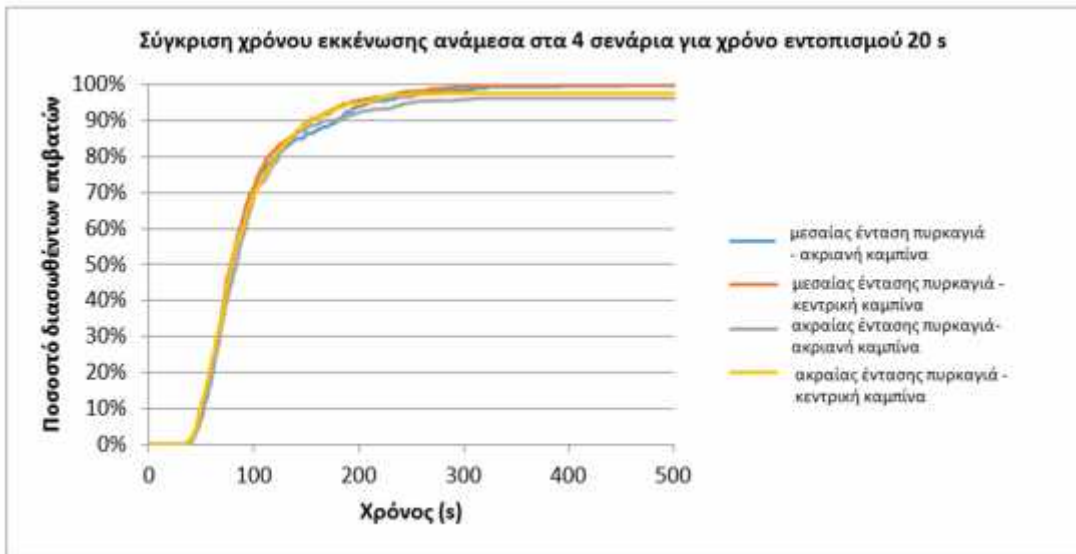
μ 12 15 4 μ  
 μ μ :

1. μ μ μ μ

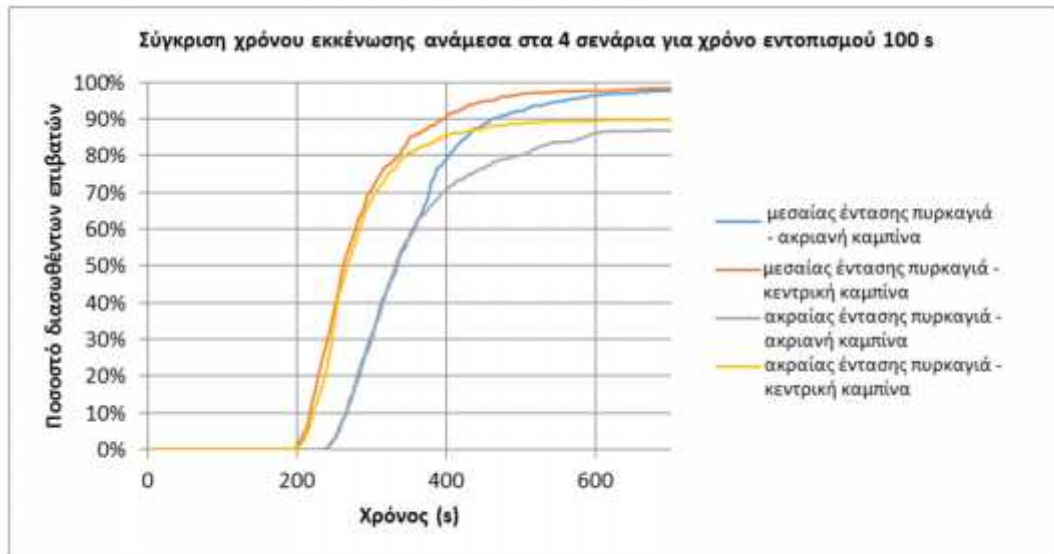
2. μ μ (200 400s) , μ

14 15). μ μ (20 100s)

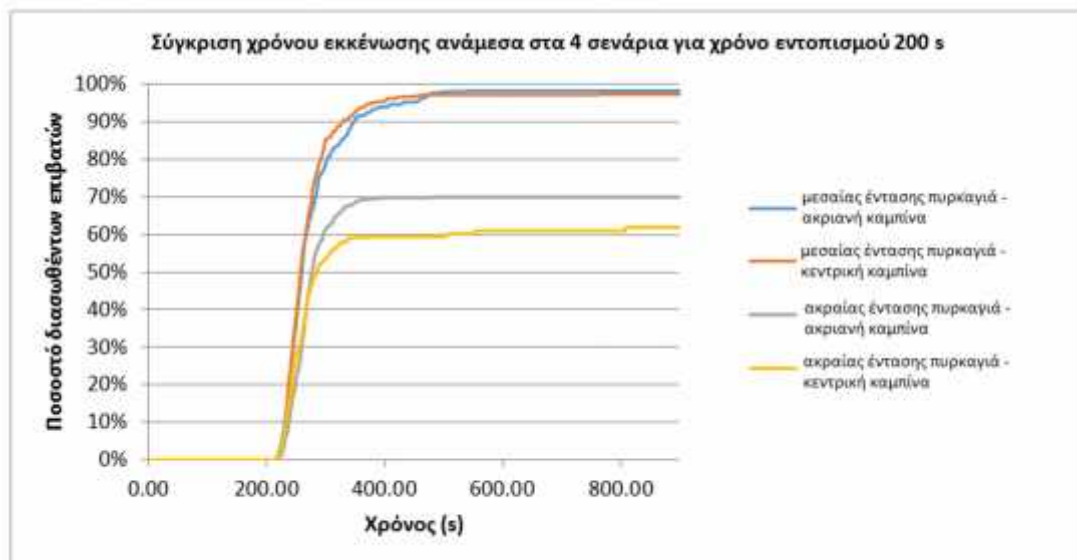
3. μ μ ( μ 1200s), μ 600s μ



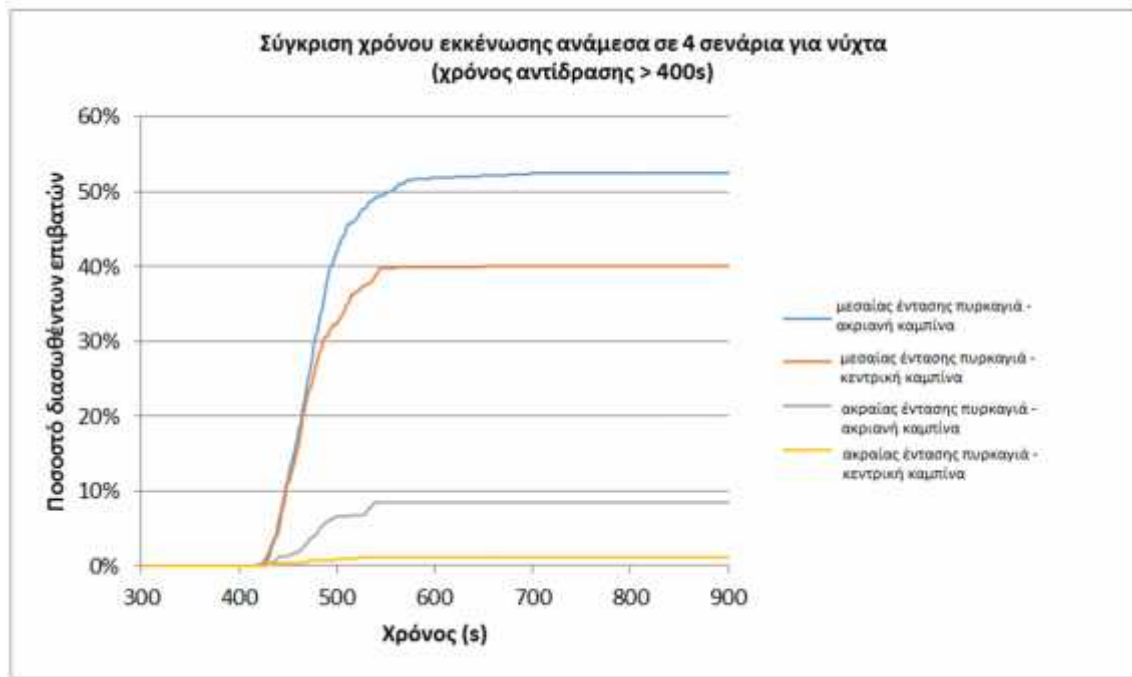
μ 12: μ μ 4 6 μ μ 20 s. μ



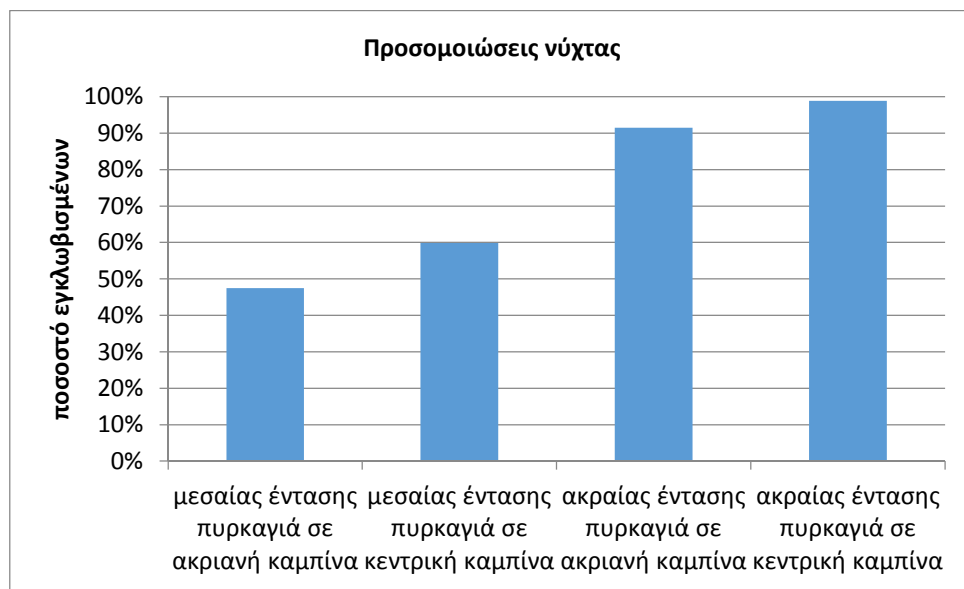
μ 13: μ μ 4 μ 6 μ . μ 100s. μ



μ 14: μ μ 4 μ 6 μ . μ 200s. μ



μ 15: μ 4 ( > 400s)



μ 16: μ μ

μ 17 μ μ

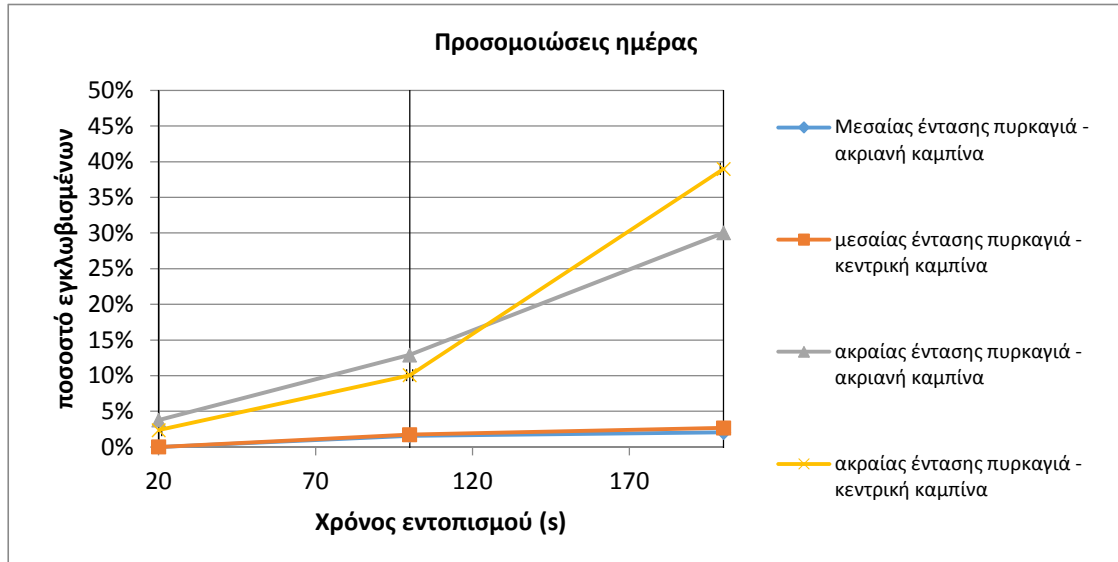
μ , μ . μ μ

μ , μ μ

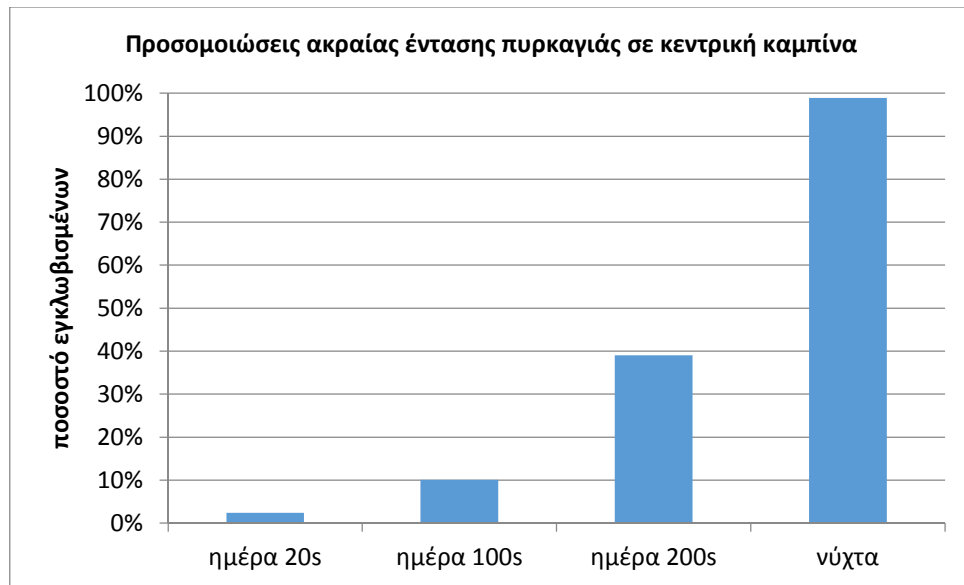
μ

μ μ

μ 400s      μ 18,      μ      μ      μ      μ      μ



μ 17:      μ      μ      μ      μ



μ 18:      μ      μ      μ      μ

## 5.5. Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων προσομοίωσης

μ FDS+Evac μμ .

μ μ : ,

, 36 μ μ

μ μ μ μ μ μ

μ μ μ μ (

) μ μ μ μ

, μ

μ ,

.

μ μ μ μ μ μ

, μ μ μ μ

μ ,

μ μ μ μ

μ μ μ μ

μ μ μ μ

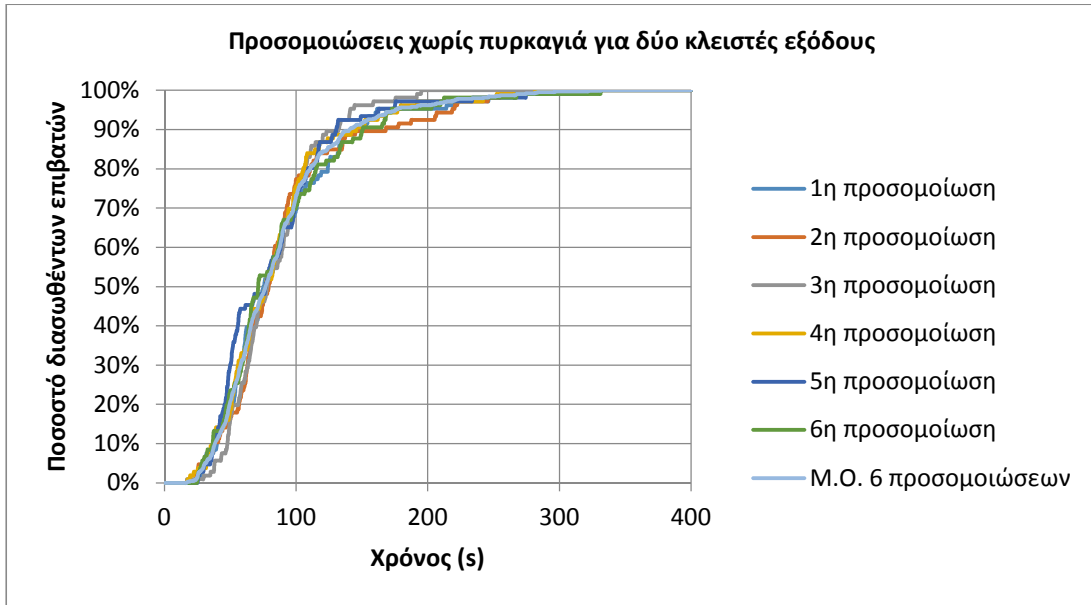
, μ , μ μ ,

μ μ μ μ

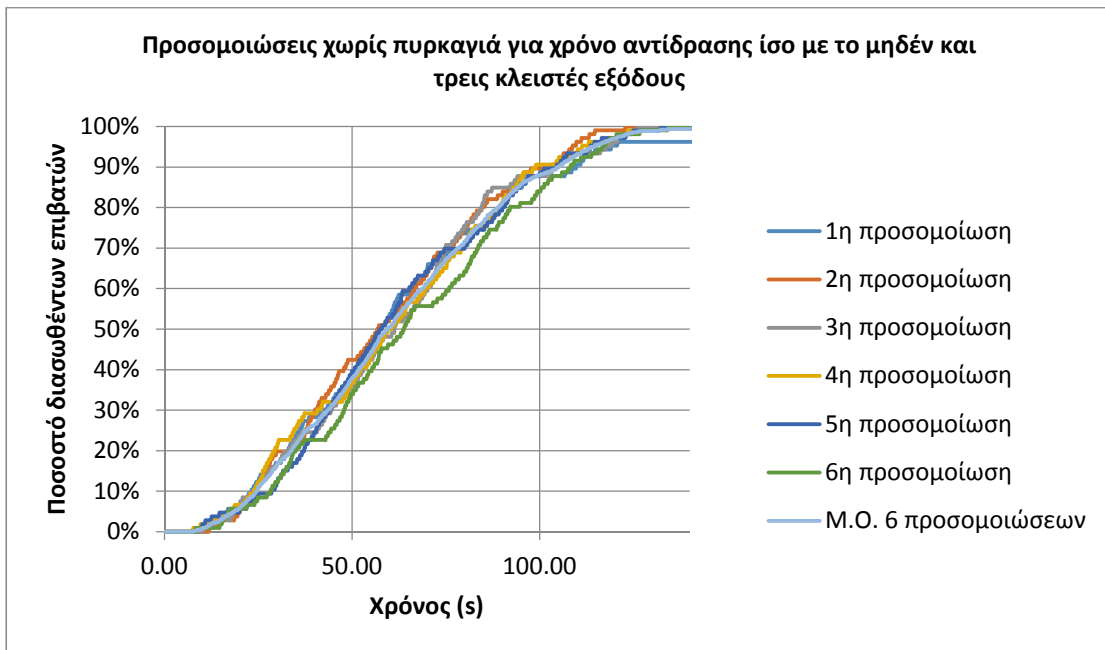
μ .

13: μ μ

Χρόνος εντοπισμού πυρκαγιάς	αριθμός εγκλωβισμένων και εύρος στην λήξη της προσομοίωσης							
	μεσαία ένταση πυρκαγιάς σε ακριανή καμπίνα		μεσαία ένταση πυρκαγιάς σε κεντρική καμπίνα		υψηλή ένταση πυρκαγιάς σε ακριανή καμπίνα		υψηλή ένταση πυρκαγιάς σε κεντρική καμπίνα	
ημέρα 20s	0	[0,0]	0	[0,0]	4	[2,6]	2.5	[1,4]
ημέρα 100s	1.67	[1,4]	1.83	[0,4]	13.67	[4,21]	10.67	[7,13]
ημέρα 200s	2.17	[0,6]	2.83	[1,5]	31.83	[24,36]	41.33	[23,49]
νύχτα	50.33	[48,52]	63.5	[59,66]	97	[95,101]	104.8	[104,105]

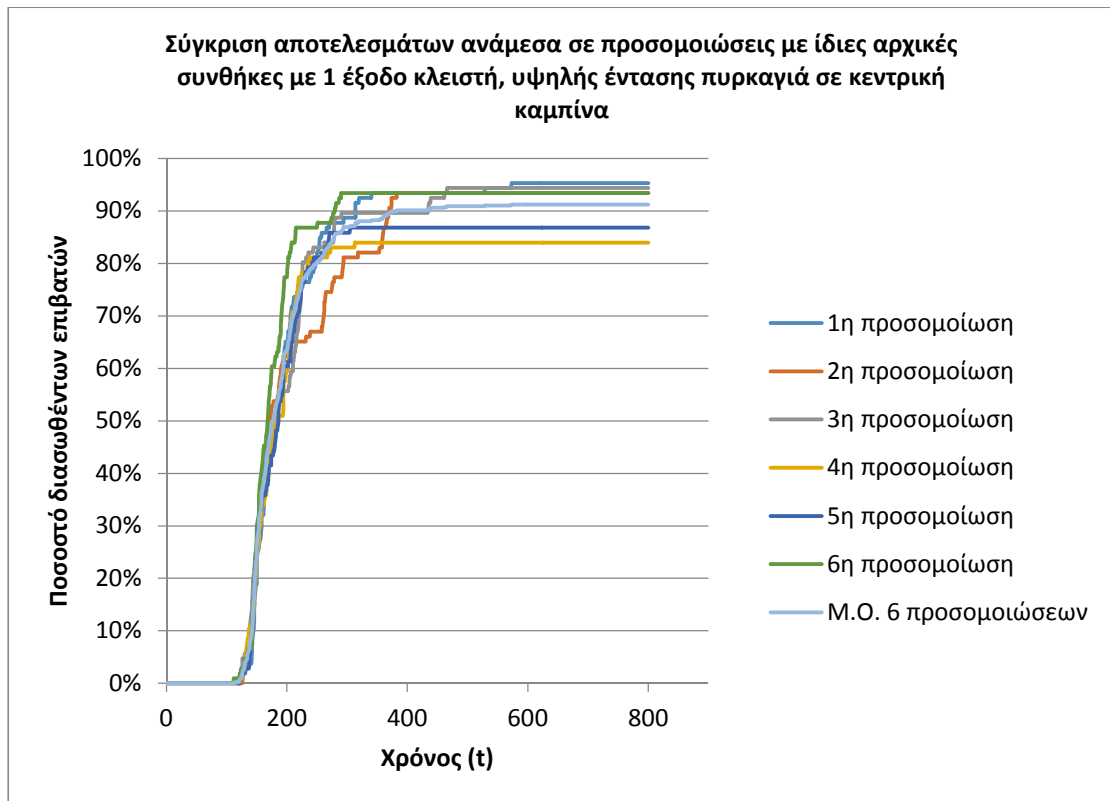


μ 19: μ μ μ μ μ μ



μ 20: μ μ μ μ μ μ μ μ

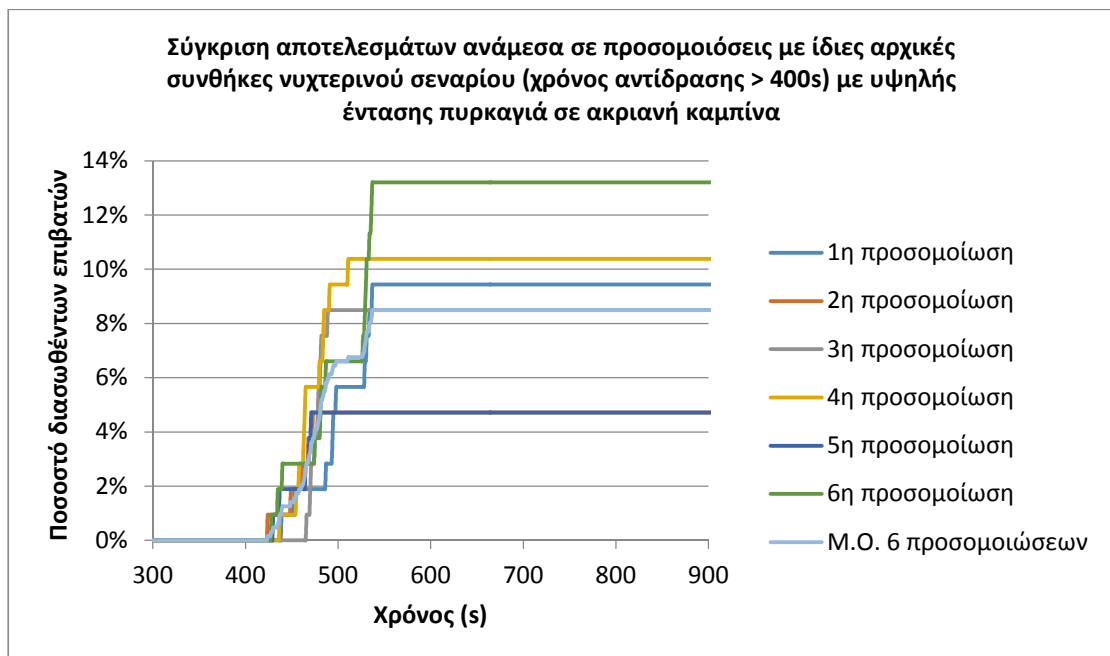




μ 21:

μ μ μ μ μ

μ 1



μ 22:

( > 400s) μ μ μ μ μ



$\mu$  (Vassalos, et al., October 2010)  $\mu$

,

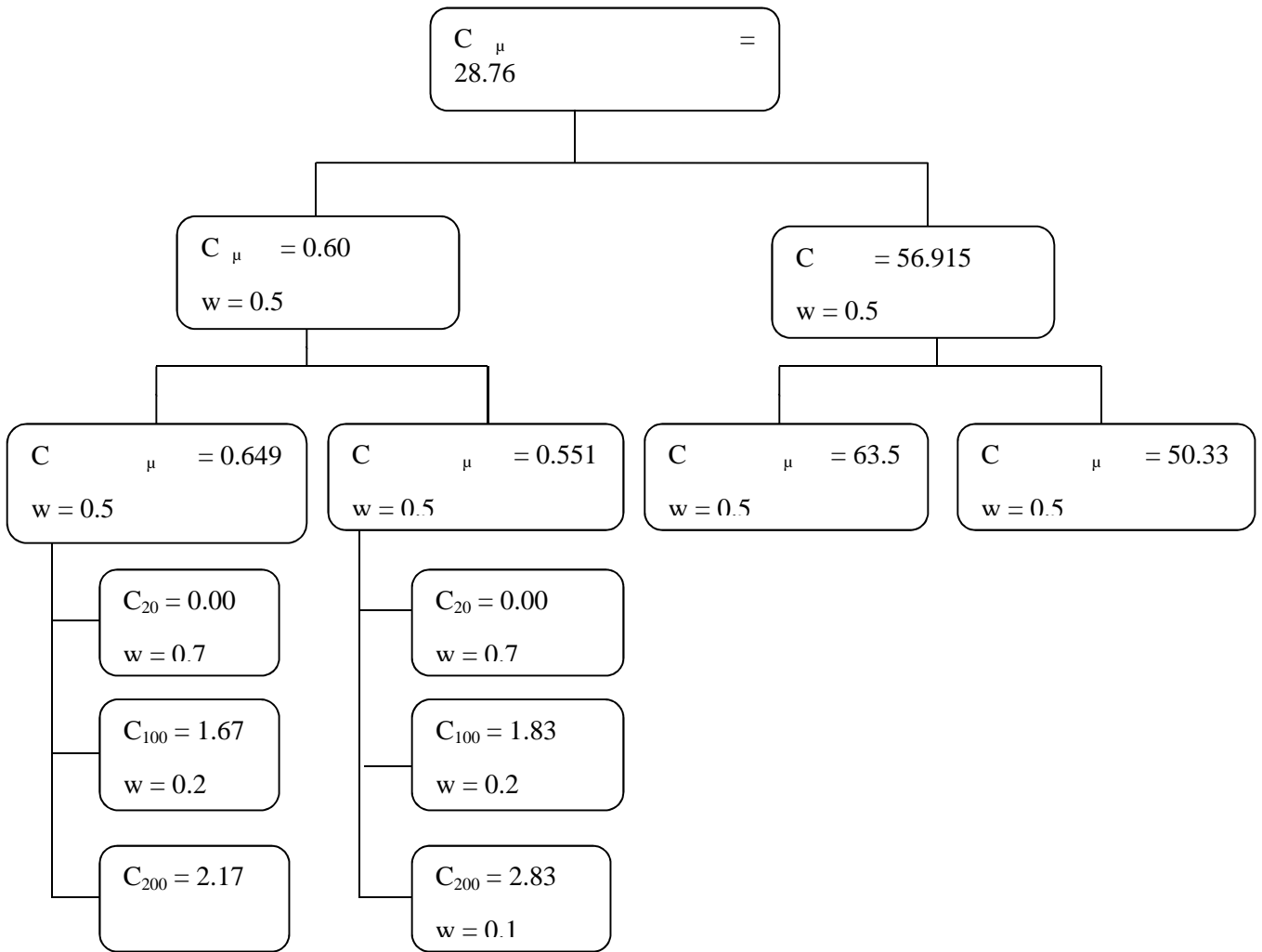
$\mu\mu$   $\mu$   $\mu$

$\mu$  ,  $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$  ,  $\mu$   
 $\mu$   $\mu$   $\mu$  . ,  $\mu$   $\mu$   
 $\mu$

$\mu$  20s, 100s 200s  $\mu$   
0.7, 0.2 0.1.  $\mu$   $\mu$

$\mu$   $\mu$   
 $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$  20s.

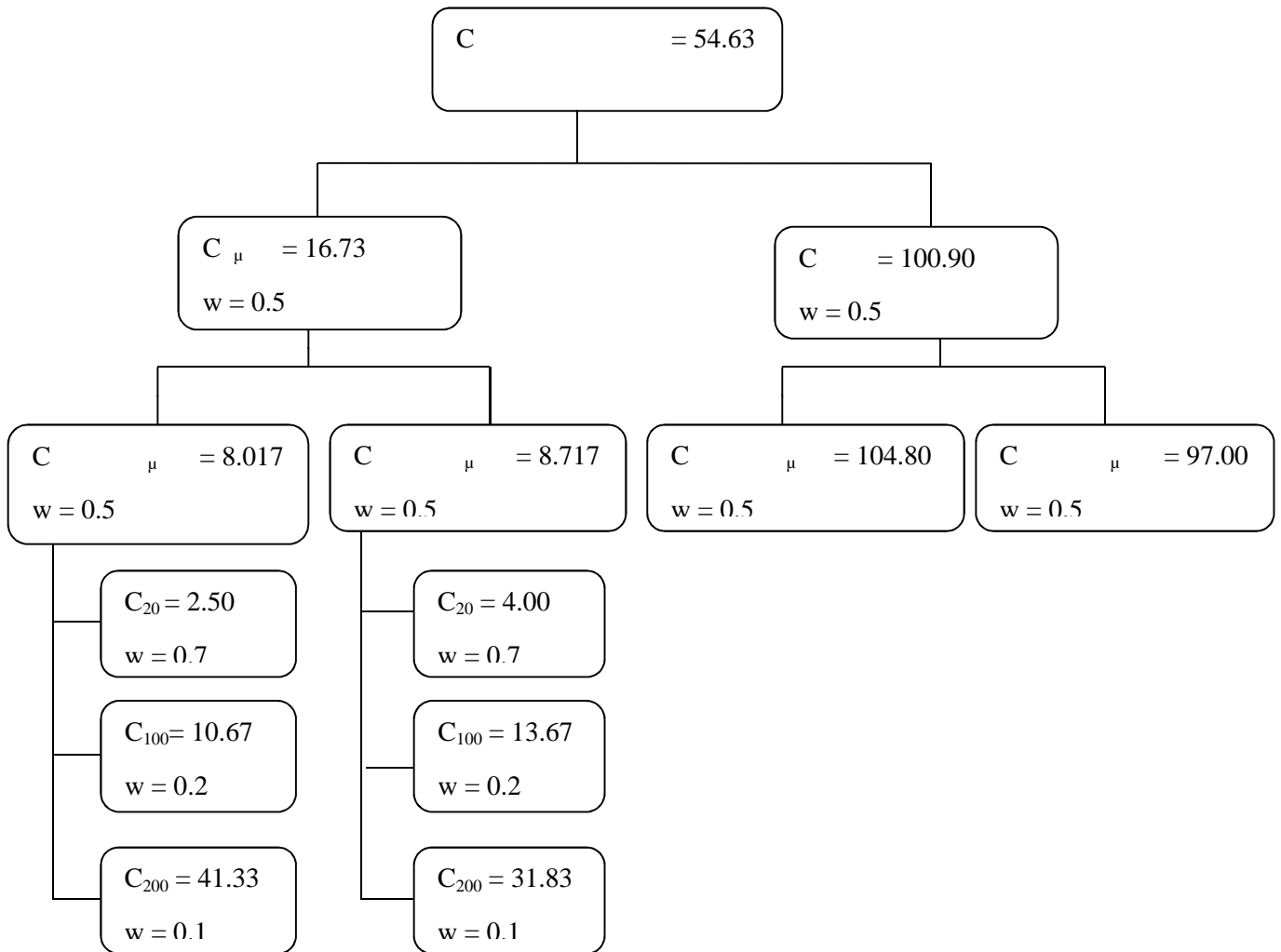
4  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 $\mu$  ( $\mu$  ,  $\mu$   $\mu$   
20s, 100s 200s  $\mu$  20s).



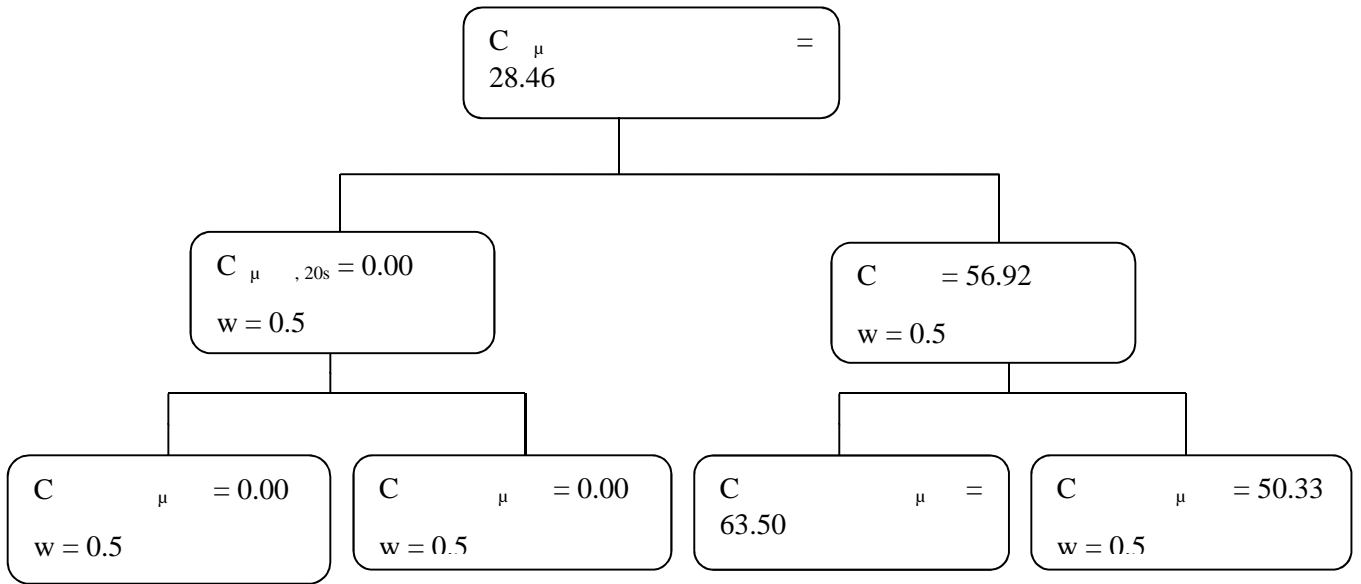
$\mu$  4:       $\mu$        $\mu$        $\mu$

$\mu$        $\mu$        $\mu$

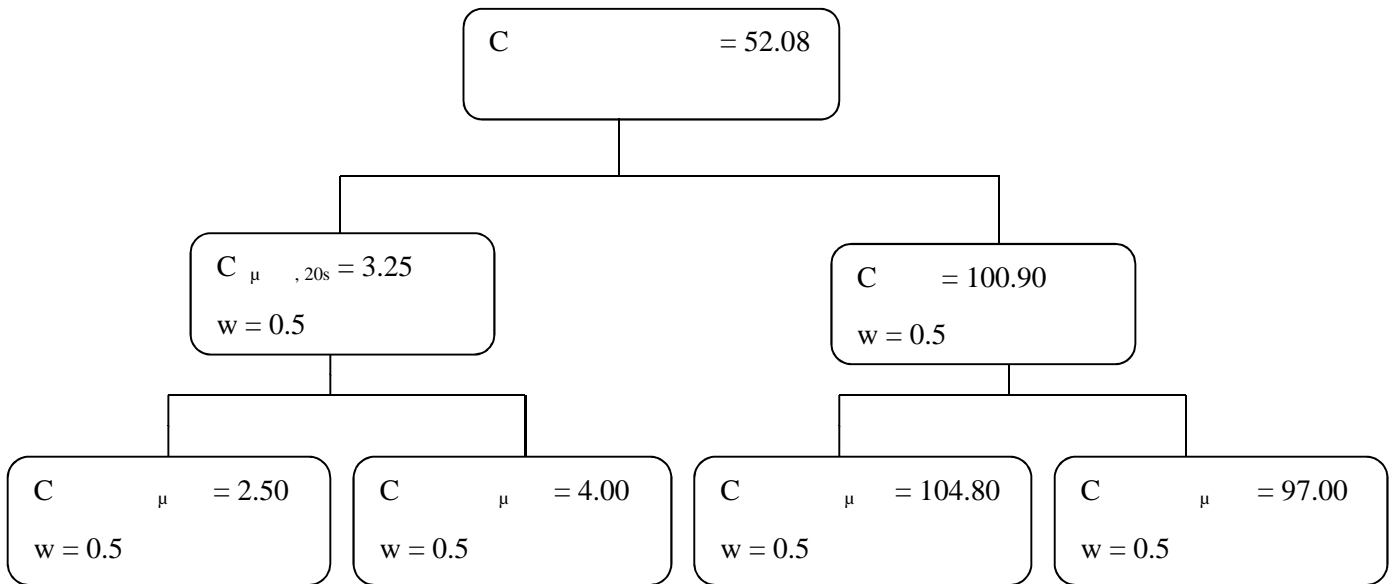
20s,100s    200s



$\mu$  5:       $\mu$     $\mu$     $\mu$     $\mu$                        $\mu$     $\mu$     $\mu$       20s

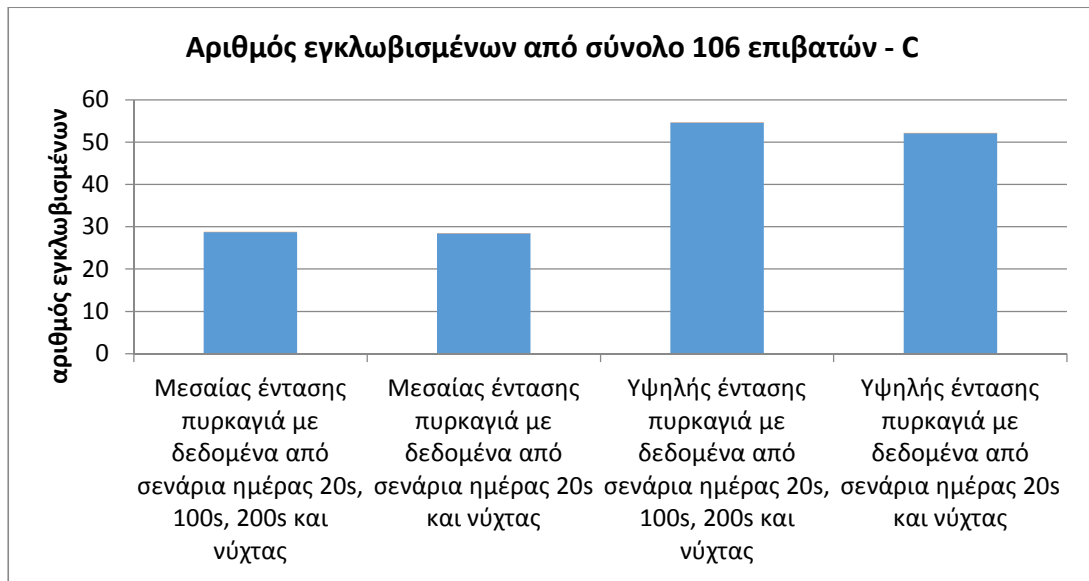


$\mu$  6:       $\mu$     $\mu$     $\mu$     $\mu$                        $\mu$     $\mu$     $\mu$       20s

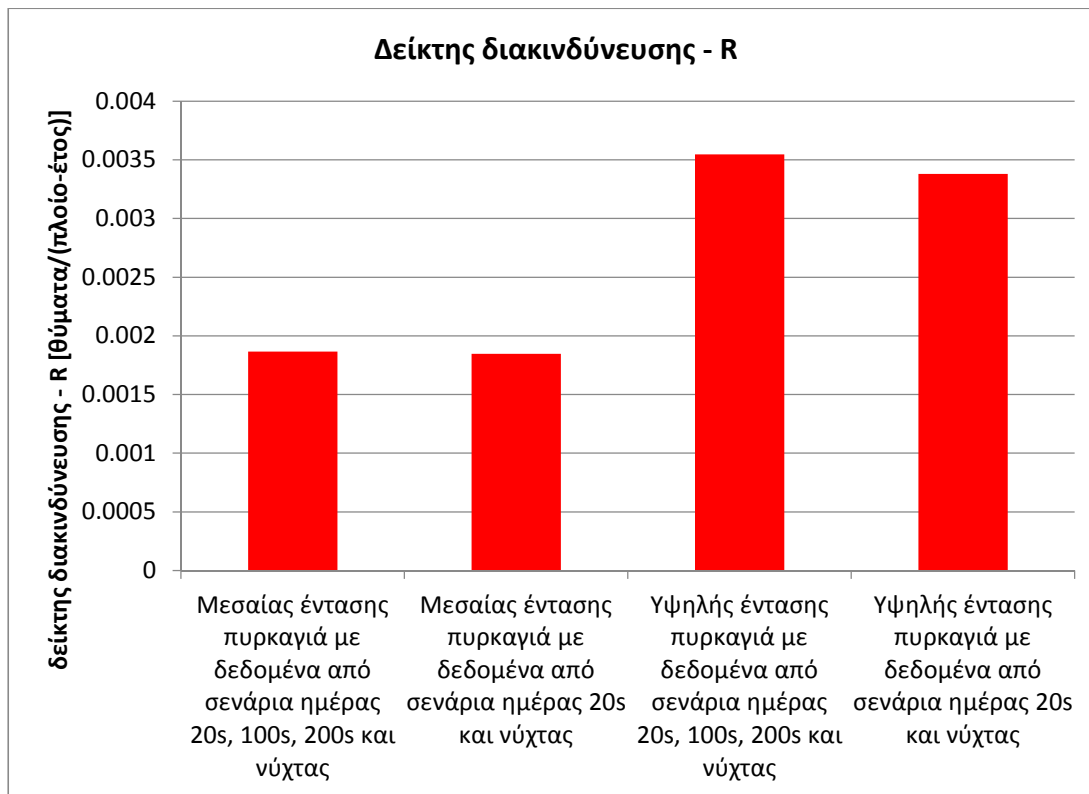


$\mu$        $0.5$        $\mu$        $0.5$

14: $\mu$	$\mu$	$0.5$	- R
	$\mu$	$106$	[ $\mu$ / / ]
	- C		
$\mu$ 20s, 100s, 200s	$\mu$	28.76	$1.866 * 10^{-3}$
$\mu$ 20s	$\mu$	28.46	$1.847 * 10^{-3}$
$\mu$ 20s, 100s, 200s	$\mu$	54.63	$3.545 * 10^{-3}$
$\mu$ 20s	$\mu$	52.08	$3.379 * 10^{-3}$



μ 23: μ μ μ μ μ μ



μ 24: μ μ μ μ

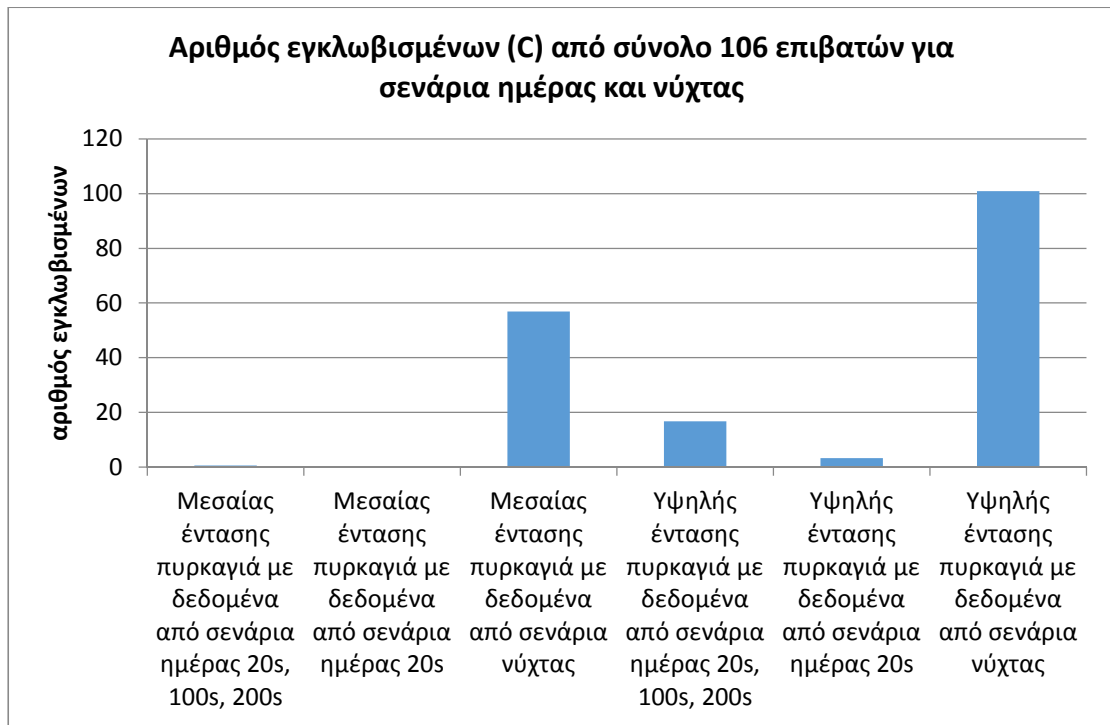
μ μ μ ( μ 3 β), μ μ  
 μ μ  
 , μ μ ,  
 μ μ



μ μ  
μ μ μ μ  
,  
. μ μ μ μ μ μ  
μ μ . μ

5%

15: $\mu$	$\mu$ $\mu$ 106 - C	- R [ $\mu$ / / ]
$\mu$ 20s, 100s, 200s	0.60	$0.038 * 10^{-3}$
$\mu$ 20s	0.00	0
$\mu$	56.915	$3.693 * 10^{-3}$
$\mu$ 20s, 100s, 200s	16.73	$1.085 * 10^{-3}$
$\mu$ 20s	3.25	$0.211 * 10^{-3}$
$\mu$	100.9	$6.547 * 10^{-3}$



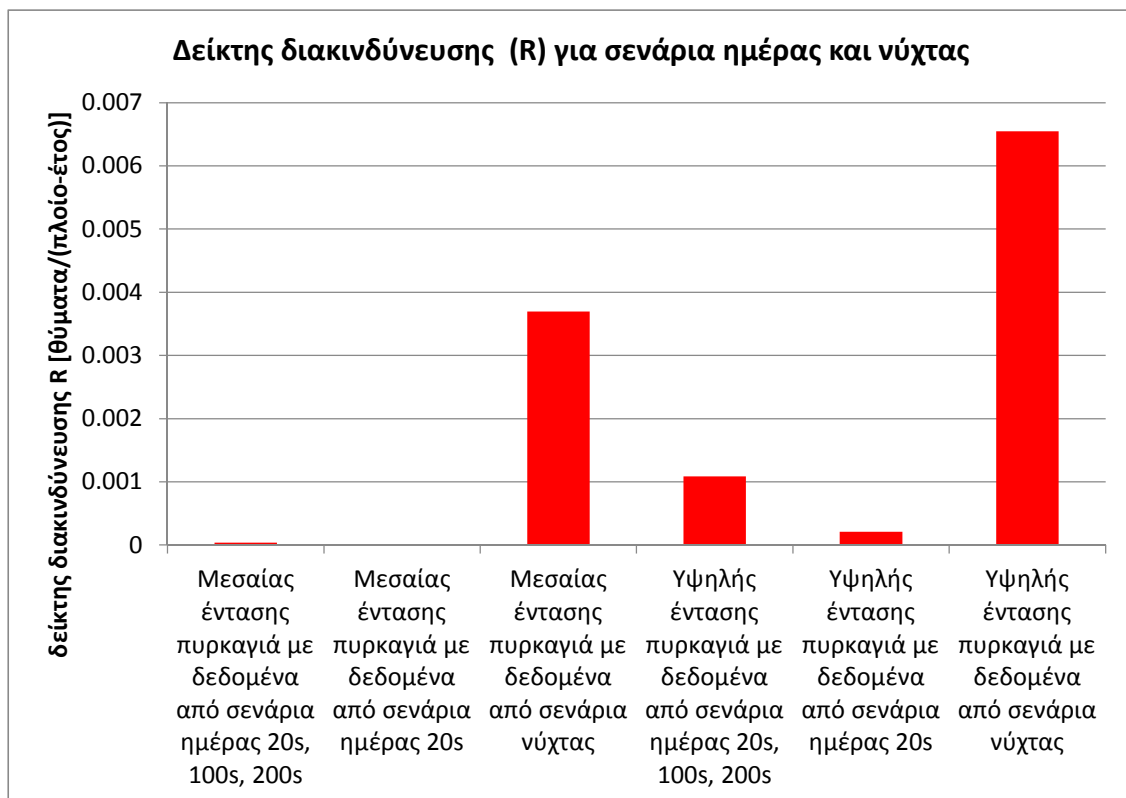
μ 25:

μ

μ

μ

μ



μ 26:

μ

## Συμπεράσματα

FDS μ FDS+Evac μ μ  
 μ μ .  
 μ FDS:  
 Το FDS μ μ μ , μ μ  
 μ μ .  
 μ ( μ μ μ 36  
 μ μ μ 1000s).  
 , μ μ , μ μ ,  
 μ μ .  
 μ μ μ μ μ  
 μ μ μ μ μ  
 , μ μ μ μ .

μ FDS+Evac:  
 Το FDS+Evac μ FDS μ μ μ  
 μ μ μ μ μ  
 μ μ μ μ μ μ  
 μ μ μ μ μ μ  
 . , FDS+Evac μ μ  
 μ μ μ .  
 μ « μ » .  
 μ μ μ μ 12  
 μ μ μ μ 6 μ .  
 μ μ μ μ FDS μ  
 μ ( ) μ FDS+Evac  
 μ μ μ μ μ  
 μ μ FDS+Evac.

μ μ :  
 ( μ , μ , μ )  
 (Themelis & Spyrou, 2012). μ μ  
 , μ μ μ  
 , μ μ  
 μ μ μ .  
 μ μ 2007 (International Maritime Organisation, 2007)  
 μ μ μ  
 μ μ μ  
 , μ μ  
 . μ μ μ  
 μ μ μ μ μ  
 μ μ μ  
 μ μ μ  
 (Vassalos, et al., 2014).

- μ μ μ μ :  
 μ μ μ μ  
 μ μ μ μ  
 , μ μ μ μ  
 , μ μ μ μ :  
 • μ μ μ μ  
 μ μ μ  
 • μ μ (200 400s)  
 , μ μ μ  
 μ μ μ (20 100s) μ μ  
 μ μ μ  
 • μ μ μ ( μ μ  
 μ 1200s),

•                  μ  μ                                  μ                  μ  
    ,                  μ                  μ  
   μ                  μ                  μ  
    μ  
    μ  
    ,                  μ  
    .                  μ  
    μ                  μ  
    μ                  μ  
    μ                  .                  μ                  .

## Βιβλιογραφία

- Forney, G. P., 2009. *Smokeview (Version 5) - A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data, Volume I: User's Guide*. Washington: NIST Special Publication - US Government Printing Office.
- Frantzich, H. & Nilsson, D., 2003. *Utrymning genom tat rok*. s.l.:Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden.
- Galea, R. & Gwynne, S., 2003. *Maritime Exodus V4.0 User Guide and Technical Manual*.
- Grosshandler, W., 1993. *RadCal: A Narrow band Model for Radiation Calculations in a Combustion Environment - NIST Technical Note 1402*. Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology.
- Guarin, L. Logan, J., Majumder, J., Puisa, R., Jasionowski, A. & Vassalos, D., 2007. *Design for Fire Safety*, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Annual Conference on Design for Safety Conference, Berkeley, USA
- Helding, D., Farkas, I. & Vicsek, T., 2000. *Simulating dynamical features of escape panic*. s.l.:Nature 407: 487-490.
- Heliovaara, S., 2007. *Computational Models for Human Behavior in Fire Evacuations*. s.l.:M.Sc Thesis, Department of Engineering Physics and Mathematics, Helsinki University of Technology.
- Heliovaara, S., Ehtamo, H., Korhonen, T. & Hostikka, S., 2008. *Modeling Evacuees' Exit Selection with Best - Response Dynamics*. Wuppertal, Germany: Proceeding of the 4th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, Gebruary 27-29.
- Henriques, A., Dias, C. & Lopes, E. D., 2011. *Probabilistic Framework for Onboard Fire Safety - Societal Consequence Model (D2.3)*. s.l.:Fireproof.
- Hostikka, S., McGrattan, K. & Hamins, A., 2002. *Numerical Modeling of Pool Fires using Large Eddy Simulation and Finite Volume Method for Radiation*. s.l.:Fire Safety Science - Proceedings of the Seventh International Symposium, pages 383-394, International Association for Fire Safety Science.
- Integrated Environmental Solutions Ltd., 2009. *Simulex User Guide - Virtual Environment 5.8*. Glaskov, Scotland, UK
- International Maritime Organisation, 2007. *MSC.1/Circ.1238 - Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships*. London: IMO.
- Korhonen, T. & Hostikka, S., 2010. *Fire Dynamics Simulation with Evacuation: FDS+Evac - Technical Reference and User's Guide*. s.l.:VTT Technical Research Centre of Finland.
- Korhonen, T., 2007. *FDS+Evac: Evacuation Module for Fire Dynamics Simulator*. London, UK: Proceedings of the Interflam 2007: 11th International Conference on Fire Science and Engineering, Interscience Communications Limited.
- Korhonen, T., Hostikka, S., Heliovaara, S. & Ehtamo, H., 2008. *FDS+Evac: An Agent Based Fire Evacuation Model*. Wuppertal, Germany: Proceedings of the 7th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics.
- Langston, P., Masling, R. & Asmar, B., 2006. *Crowd dynamics discrete element multi-circle model*. s.l.:Safety Science.

- McGrattan, K., .., 2014. *NIST Special Publication 1018 - Fire Dynamics Simulator - Technical Reference Guide - Volume 1: Mathematical Model*. Maryland, USA: National Institute of Standards and Technology.
- McGrattan, K., McDermott, R., Hostikka, S. & Floyd, J., 2010. *NIST Special Publication 1019-5 Fire Dynamics Simulator (Version 5), User's Guide*. Washington: U.S. Government Printing Office press, ISBN: 0-8493-1300-7.
- Pan, X., 2006. *Computational Modeling of Human and Social Behaviors for Emergency Egress Analysis - Phd Thesis*. s.l.:Stanford University.
- Pope, B. S., 2000. *Turbulent Flows*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Proulx, G., 1993. *A Stress Model for People Facing a Fire*. s.l.:Journal of Environmental Psychology.
- Purser, D. A., 1995. *Toxicity Assessment of Combustion Products - SEPE Handbook of Fire Protection*. 2nd μ. Quincy, MA: Natioanl Fire Protection Association.
- Smith, A., .., n.d. *Modeling contra-flow in crowd dynamics DEM simuation*. 2009: Safety Science.
- Spyrou, K., Themelis, N. & Nikolaou, N., 2013. Towards risk-based fire safety assessment of passenger ships. *Proceedings, 15th Conference of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2013), 14-17 October 2013, A Curuna, Spain, IMAM 2013*.
- Themelis, N. & Spyrou, K., 2012. *Probabilistic Fire Safety Assessment of Passenger Ships, Journal of Ship Research, 56(4):252-275*
- Vassalos, D., .., 2002. *Evacuability of Passenger Ships at Sea*. Glasgow
- Vassalos, D., Spyrou, K., Themelis, N. & Mermiris, G., 2014. *Risk-Based Design for Fire Safety - A Generic Framework..*
- Vassalos, D., Spyrou, K., Themelis, N. & Mermiris, G., October 2010. *Risk- based design for fire safety – A generic framework*. Trieste, Proceedings,4th International Maritime Conference on Design for Safety.
- Vattulainen, I., Karttunen, M., Besold, G. & Polson, J., 2002. *Integration Schemes for Dissipative Particle Dynamics Simulations: From Softly Interacting Systems Towards Hybrid Models*. s.l.:Journal of Chemical Physics 116: 3967-3979.
- Ventikos, N., Petsiou, M., Papamichalis, G. & Anaxagorou, P., 2010. *Comprehensive Fire Incidents Database*. s.l.:FIREPROOF.
- Werner, T. & Holding, D., 2003. *The social force pedestrian model applied to real life scenarios*. s.l.:Pedestrian and Evacuation Dynamics - Proceedings of the Second International Conference, Univercity of Greenwich, London.
- Wiscombe, W., 1980. *Improved Mie Scattering Algorithms*. s.l.:Applied Optics, 19(9): 1505-1509.



## Ευρετήριο πινάκων:

1:	μ ( ).....	14
2:	μ	
μ μ	FDS+Evac. $d_s = R_d - R_s$ . (Korhonen & Hostikka, 2010) .....	19
3:	μ μ μ (Korhonen & Hostikka, 2010) .....	24
4:	μμ Evi, Maritime EXODUS FDS+Evac ..	31
5:	μ μ .....	35
6:	μ μ μ μ .	
μ	Average μ ( : Spyrou et al., 2013) .....	38
7:	μ .	
6	μ μ μ . . μ . .....	39
8:	.	
6	μ μ μ . . μ .	39
9:	μ μ μ μ .....	41
10:	μ μ CO μ	41
11:	μ μ (FED)	
μ	.....	42
12:	μ μ .....	42
13:	μ μ .....	53
14:	μ μ 0.5	
μ	.....	61
15:	μ μ	
	.....	64

## Ευρετήριο γραφημάτων:

μ 1:	μ	μ	μ	μ	..	15
μ 2:	μ	μ	μ	μ	μ	. 15
μ 3:	μ	μ	(Heat Release Rate)			
( : Spyrou et al., 2013)						38
μ 4:E	μ	3	μ	μ		
μ	.....					43
μ 5:E		CO	3	μ	μ	
μ	.....					43
μ 6:		(m)	3	μ	μ	
μ	.....					44
μ 7:	μ	,		μ		
μ	μ					
μ	.....					44
μ 8:		CO,		μ		
μ	μ	μ				
μ	.....					45
μ 9:		,		μ		
μ	μ					
μ	.....					45
μ 10:	μ		μ	,		
μ	μ	μ				
μ	.....					47
μ 11:	μ		μ			
μ	μ		μ	μ	.	
μ		μ	μ			
μ	.....					47
μ 12:		μ	4		μ	
20 s.	μ		μ		μ	6
μ	.....					49
μ 13:		μ	4		μ	
100s.	μ		μ		μ	6
μ	.....					50
μ 14:		μ	4		μ	
200s.	μ		μ		μ	6
μ	.....					50

μ 15:	μ 4 (	> 400s) .....	51
μ 16:	μ μ	.....	51
μ 17:	μ μ μ	.....	52
μ 18:	μ μ μ μ μ	.....	52
μ 19:	μ μ μ μ	.....	54
μ 20:	μ μ μ μ	.....	54
μ 21:	μ μ μ μ	.....	55
μ 22:	μ μ μ μ ( > 400s) μ	.....	55
μ 23:	μ μ μ μ μ	.....	62
μ 24:	μ μ μ μ	.....	62
μ 25:	μ μ μ	.....	65
μ 26:	μ μ	.....	65

## Ευρετήριο εικόνων:

1:	μ	μ	.....	33
2:			μ	..... 37
3:			μ	..... 37
4:	μ	μ		μ, CO,
FED			.....	40
5:	μ		μ	μ μ,
	, μ 1	μ	μ	..... 48

## Παράρτημα:

1)                    μ

Σενάριο ημέρας μεσαίας έντασης- ακριανή καμπύνα 20s	320s			420s			λήξη προσομοίωσης- 500s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	1	0.94%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
2η προσομοίωση	1	0.94%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
3η προσομοίωση	1	0.94%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
4η προσομοίωση	1	0.94%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
5η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
6η προσομοίωση	2	1.89%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
M.O.	1	0.94%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0

Σενάριο ημέρας μεσαίας έντασης- ακριανή καμπύνα 20s	320s			420s			λήξη προσομοίωσης- 500s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
2η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
3η προσομοίωση	1	0.94%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
4η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
5η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
6η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
M.O.	0.17	0.16%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0

Σενάριο ημέρας υψηλής έντασης- ακριανή καμπύνα 20s	320s			420s			λήξη προσομοίωσης- 500s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	0
2η προσομοίωση	6	5.66%	0	6	5.66%	0	6	5.66%	0
3η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	0
4η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	0
5η προσομοίωση	5	4.72%	0	5	4.72%	0	5	4.72%	0
6η προσομοίωση	6	5.66%	0	6	5.66%	0	6	5.66%	0
M.O.	4	3.77%	0	4	3.77%	0	4	3.77%	0

Σενάριο ημέρας υψηλής έντασης- κεντρική καμπύνα 20s	320s			420s			λήξη προσομοίωσης- 500s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	0
2η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	0
3η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	0
4η προσομοίωση	4	3.77%	0	4	3.77%	0	4	3.77%	0
5η προσομοίωση	1	0.94%	0	1	0.94%	0	1	0.94%	0
6η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	0
M.O.	2.5	2.36%	0	2.5	2.36%	0	2.5	2.36%	0

Σενάριο ημέρας μεσαίας έντασης- ακριανή καμπύνα 100s	400s			λήξη προσομοίωσης-500s					
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
2η προσομοίωση	4	3.77%	0	4	3.77%	0			
3η προσομοίωση	2	1.89%	0	1	0.94%	0			
4η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0			
5η προσομοίωση	1	0.94%	0	1	0.94%	0			
6η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0			
M.O.	1.83	1.73%	0	1.67	1.57%	0	0	0.00%	0

Σενάριο ημέρας μεσαίας έντασης- κεντρική καμπύνα 100s	400s			500s			λήξη προσομοίωσης- 600s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
2η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	0
3η προσομοίωση	1	0.94%	0	1	0.94%	0	1	0.94%	0
4η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0		0.00%	0
5η προσομοίωση	4	3.77%	0	4	3.77%	0	4	3.77%	0
6η προσομοίωση	4	3.77%	0	4	3.77%	0	4	3.77%	0
M.O.	1.83	1.73%	0	1.83	1.73%	0	2.2	1.73%	0

Σενάριο ημέρας υψηλής έντασης- ακριανή καμπύνα 100s	400s			λήξη προσομοίωσης- 500s					
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	19	17.92%	0	19	17.92%	0			
2η προσομοίωση	7	6.60%	0	7	6.60%	0			
3η προσομοίωση	15	14.15%	0	15	14.15%	0			
4η προσομοίωση	4	3.77%	0	4	3.77%	0			
5η προσομοίωση	16	15.09%	0	16	15.09%	0			
6η προσομοίωση	21	19.81%	0	21	19.81%	0			
M.O.	13.67	12.89%	0	13.67	12.89%	0			

Σενάριο ημέρας υψηλής έντασης κεντρική καμπύνα 100s	400s			500s			λήξη προσομοίωσης- 600s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	14	13.21%	0	13	12.26%	0	13	12.26%	3
2η προσομοίωση	11	10.38%	0	11	10.38%	0	11	10.38%	2
3η προσομοίωση	7	6.60%	0	7	6.60%	0	7	6.60%	2
4η προσομοίωση	12	11.32%	0	12	11.32%	0	12	11.32%	1
5η προσομοίωση	9	8.49%	0	9	8.49%	0	9	8.49%	3
6η προσομοίωση	12	11.32%	0	12	11.32%	0	11	10.38%	3
M.O.	10.83	10.22%	0	10.67	10.06%	0	10.5	9.91%	2.33

Σενάριο ημέρας μεσαίας έντασης- ακριανή καμπύνα 200s	500s			600s			λήξη προσομοίωσης- 900s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	1	0.94%	0	1	0.94%	0	1	0.94%	0
2η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	0
3η προσομοίωση	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0
4η προσομοίωση	6	5.66%	0	6	5.66%	0	6	5.66%	0
5η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	0
6η προσομοίωση	1	0.94%	0	1	0.94%	0	1	0.94%	0
M.O.	2.17	2.04%	0	2.17	2.04%	0	2.17	2.04%	0



Σενάριο ημέρας μεσαίας έντασης- κεντρική καμπύνα 200s	500s			600s			λήξη προσομοίωσης- 900s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	2
2η προσομοίωση	1	0.94%	0	1	0.94%	0	1	0.94%	0
3η προσομοίωση	2	1.89%	0	2	1.89%	0	2	1.89%	1
4η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	1
5η προσομοίωση	3	2.83%	0	3	2.83%	0	3	2.83%	2
6η προσομοίωση	6	5.66%	0	6	5.66%	0	5	4.72%	1
M.O.	3	2.83%	0	3	2.83%	0	2.83	2.67%	1.17

Σενάριο ημέρας υψηλής έντασης- ακριανή καμπύνα 200s	500s			600s			λήξη προσομοίωσης- 900s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	30	28.30%	0	30	28.30%	0	30	28.30%	10
2η προσομοίωση	31	29.25%	0	31	29.25%	0	31	29.25%	18
3η προσομοίωση	35	33.02%	0	35	33.02%	0	35	33.02%	21
4η προσομοίωση	24	22.64%	0	24	22.64%	0	24	22.64%	2
5η προσομοίωση	35	33.02%	0	35	33.02%	0	35	33.02%	19
6η προσομοίωση	36	33.96%	0	36	33.96%	0	36	33.96%	8
M.O.	31.83	30.03%	0	31.83	30.03%	0	31.83	30.03%	13

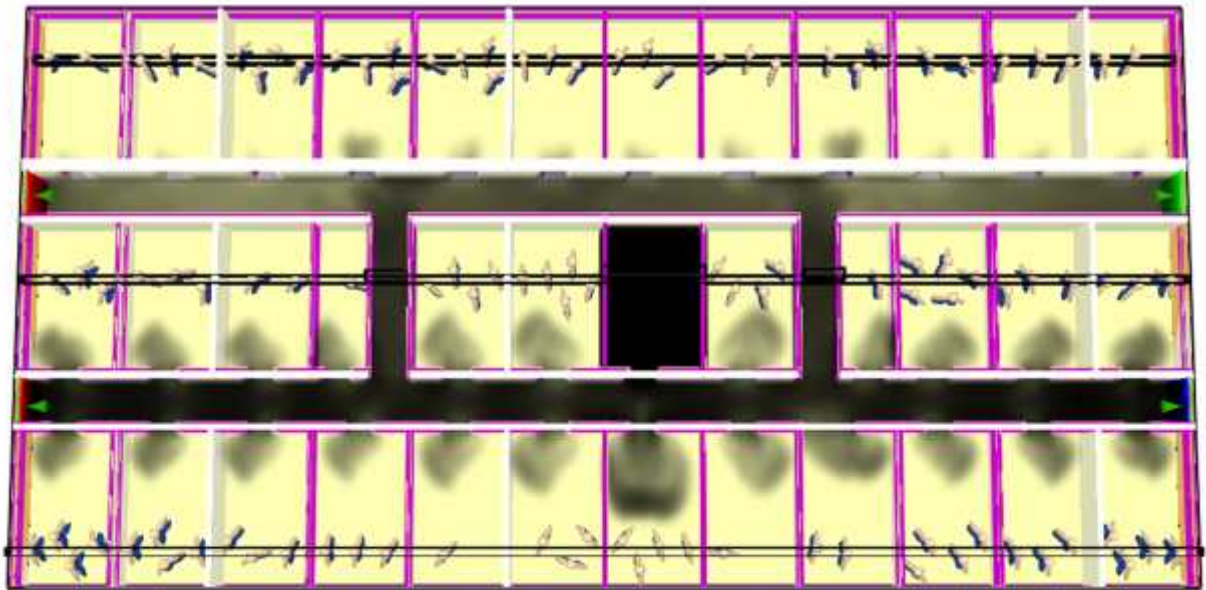
Σενάριο ημέρας υψηλής έντασης- κεντρική καμπύνα 200s	500s			600s			λήξη προσομοίωσης-900s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	46	43.40%	0	46	43.40%	1	46	43.40%	10
2η προσομοίωση	44	41.51%	0	39	36.79%	2	39	36.79%	9
3η προσομοίωση	28	26.42%	0	23	21.70%	1	23	21.70%	5
4η προσομοίωση	46	43.40%	0	46	43.40%	2	46	43.40%	13
5η προσομοίωση	49	46.23%	0	49	46.23%	1	49	46.23%	17
6η προσομοίωση	45	42.45%	0	45	42.45%	0	45	42.45%	14
M.O.	43	40.57%	0	41.33	38.99%	1.17	41.33	38.99%	11.33

Σενάριο νύχτας μεσαίας έντασης- ακριανή καμπύνα	700s			800s			λήξη προσομοίωσης-1200s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	51	48.11%	0	51	48.11%	0	51	48.11%	7
2η προσομοίωση	52	49.06%	0	52	49.06%	0	52	49.06%	5
3η προσομοίωση	50	47.17%	0	50	47.17%	0	50	47.17%	6
4η προσομοίωση	49	46.23%	0	49	46.23%	0	49	46.23%	13
5η προσομοίωση	48	45.28%	0	48	45.28%	0	48	45.28%	8
6η προσομοίωση	52	49.06%	0	52	49.06%	0	52	49.06%	8
Μ.Ο.	50.33	47.48%	0	50.33	47.48%	0	50.33	47.48%	7.83

Σενάριο νύχτας μεσαίας έντασης- κεντρική καμπύνα	700s			800s			λήξη προσομοίωσης- 1000s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	66	62.26%	0	66	62.26%	0	66	62.26%	3
2η προσομοίωση	60	56.60%	0	60	56.60%	0	60	56.60%	5
3η προσομοίωση	68	64.15%	0	68	64.15%	0	68	64.15%	2
4η προσομοίωση	59	55.66%	1	59	55.66%	3	59	55.66%	3
5η προσομοίωση	63	59.43%	2	63	59.43%	7	63	59.43%	9
6η προσομοίωση	65	61.32%	0	65	61.32%	0	65	61.32%	2
Μ.Ο.	63.5	59.91%	0.5	63.5	59.91%	1.67	63.5	59.91%	4

Σενάριο νύχτας υψηλής έντασης- ακριανή καμπύνα	700s			800s			λήξη προσομοίωσης- 1000s		
	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί	έχουν μείνει μέσα		νεκροί
	αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό		αριθμός	ποσοστό	
1η προσομοίωση	96	90.57%	1	96	90.57%	7	96	90.57%	35
2η προσομοίωση	101	95.28%	2	101	95.28%	10	101	95.28%	36
3η προσομοίωση	97	91.51%	0	97	91.51%	9	97	91.51%	32
4η προσομοίωση	95	89.62%	1	95	89.62%	7	95	89.62%	11
5η προσομοίωση	101	95.28%	0	101	95.28%	12	101	95.28%	33
6η προσομοίωση	92	86.79%	1	92	86.79%	6	92	86.79%	38
Μ.Ο.	97	91.51%	0.83	97	91.51%	8.5	97	91.51%	30.83





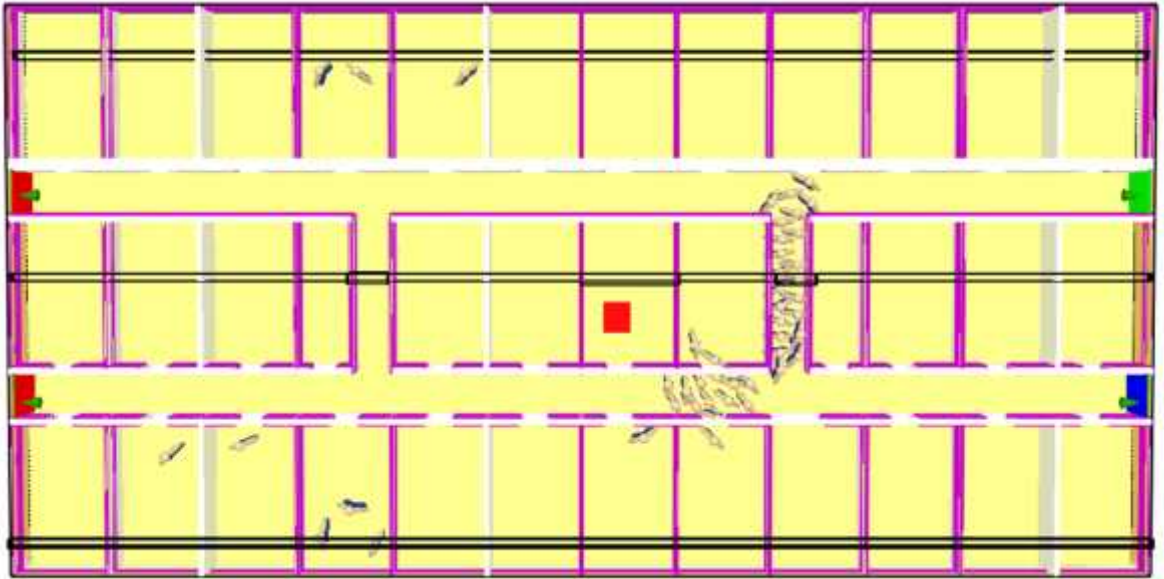
1:  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 200s. To  $\mu$   $\mu$  203s.  $\mu$   $\mu$   $\mu$

2  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  307s.  
 $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$  ,  
 $\mu$  .



2:  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   
 200s. To  $\mu$   $\mu$  307s.  $\mu$   $\mu$   $\mu$

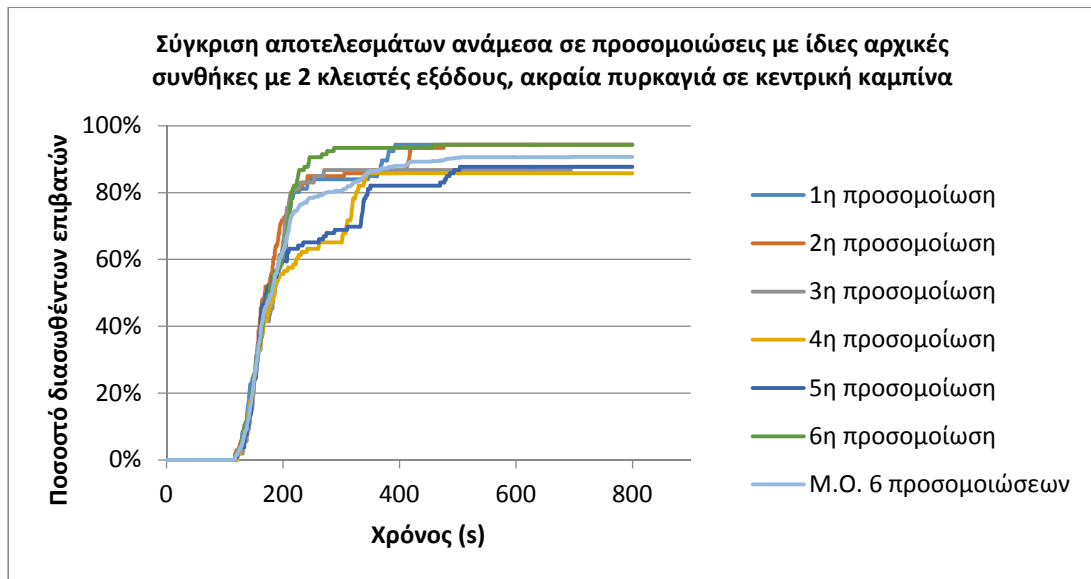
, 3 μ μ μ 586s.  
 μ μ μ  
 μ μ μ ( μ  
 ).



3: μ μ μ μ μ μ  
 200s. To μ μ μ μ μ 586s. μ μ μ

3)

μ μ μ μ μ μ μ  
 μ :



μ 1:

μ

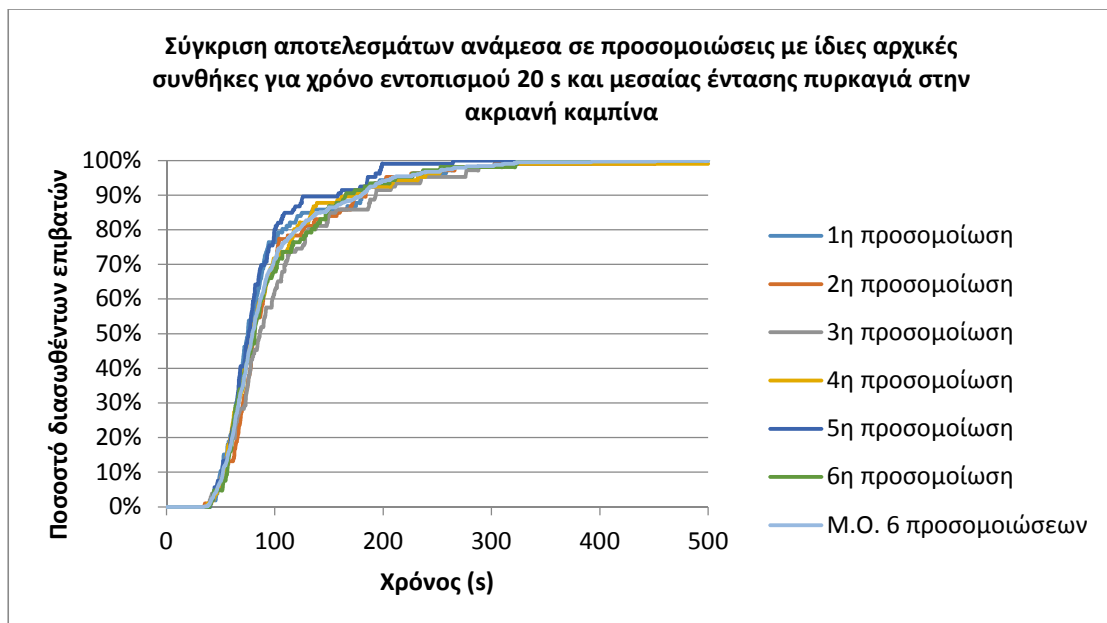
μ

μ

μ

μ 2

μ



20s

μ 2:

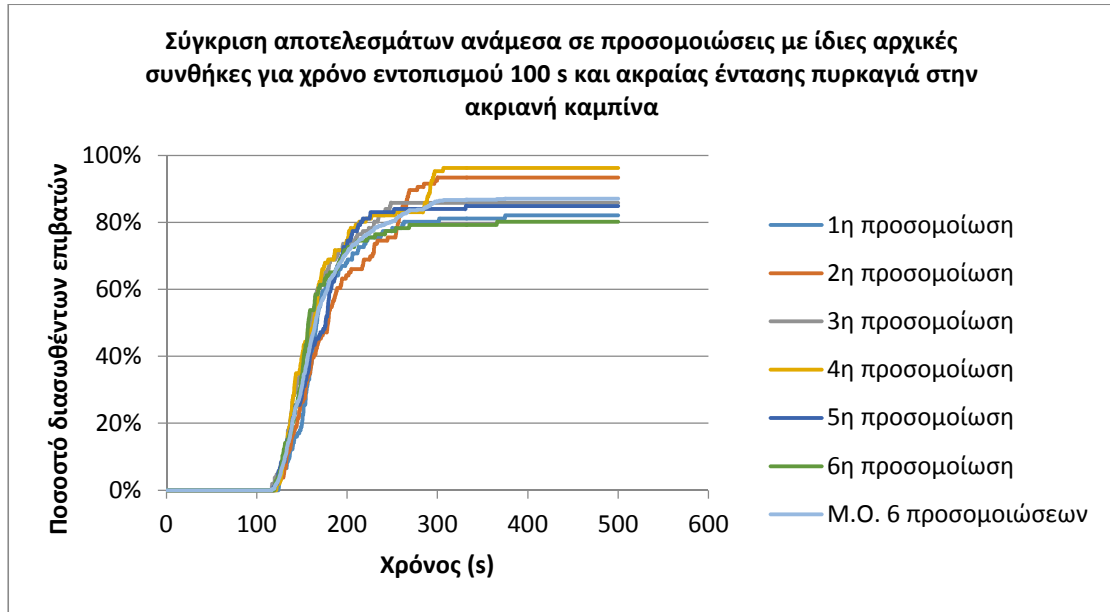
μ

μ

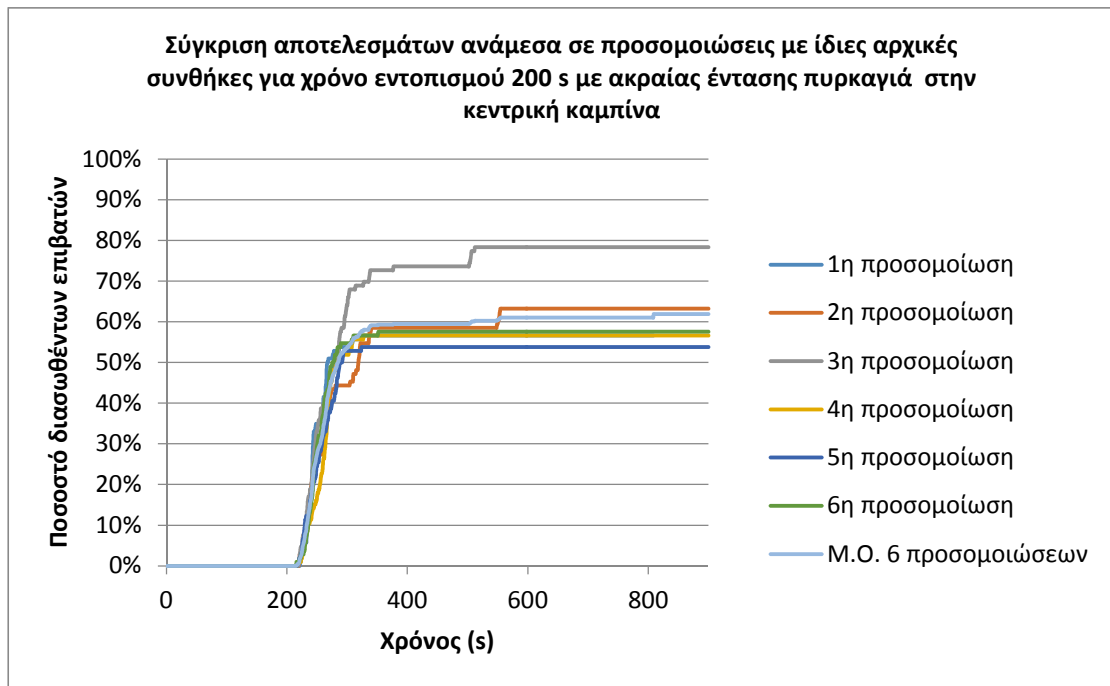
μ

μ

μ

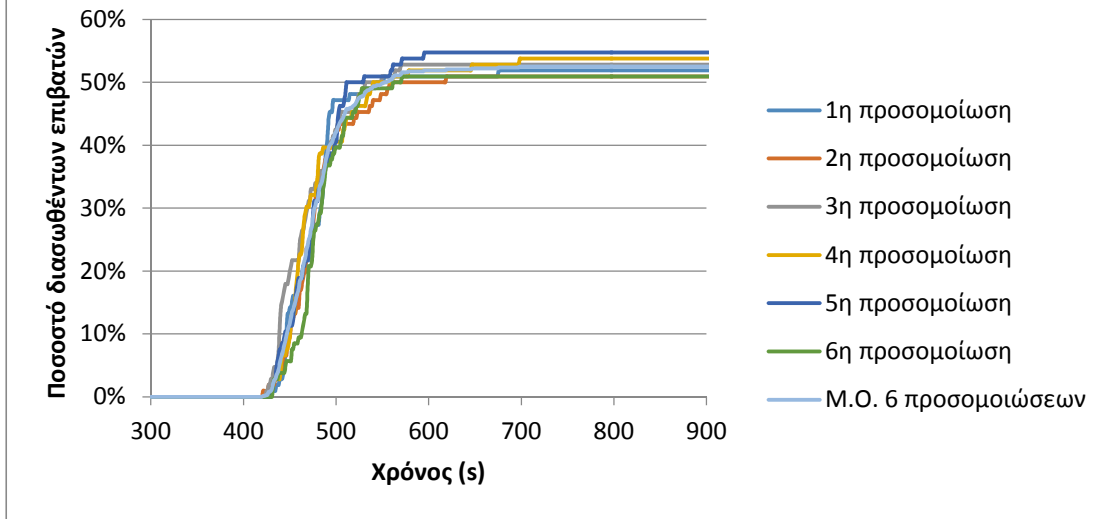


μ 3: 100s μ μ μ μ μ



μ 4: 200s μ μ μ μ μ

Σύγκριση αποτελεσμάτων ανάμεσα σε προσομοιώσεις με ίδιες αρχικές συνθήκες για νυχτερινό σενάριο (χρόνος αντίδρασης > 400s) με μεσαία έντασης πυρκαγιά σε ακριανή καμπίνα



( μ 5: > 400s) μ μ μ μ μ