


# Σεισμικές κλάσεις & σεισμικές κατηγορίες κτιρίων - Συγκρίσεις



 Δρ. Ευτυχία Αποστολίδη  
Technical University of Darmstadt, Germany

 Στέφανος Δρίτσος  
Ομότιμος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών

© S. Dritsos

## Στάθμες επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝΕΠΕ και ΚΑΔΕΤ Επίπεδα Βλάβης

- Στάθμη Α**  
Περιορισμένες Βλάβες → Μηδαμινές βλάβες, τα φέροντα στοιχεία δεν έχουν ουσιαστικά ξεπεράσει την διαρροή τους
- Στάθμη Β**  
Σημαντικές Βλάβες → Κτίριο με αποδεκτές σημαντικές βλάβες (όπως για νέα κτίρια σχεδιασμένα με πλαστιμότητα!)
- Στάθμη Γ**  
Οιονεί Κατάρρευση → Βαριές και εκτεταμένες βλάβες, κτίριο πολύ κοντά στην κατάρρευση

## Για ποιο σεισμό θα γίνει ο έλεγχος;

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ	Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Β Σημαντικές βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Γ Οιονεί κατάρρευση
E <sub>1</sub>	10% Σεισμικές Δράσεις Κανονισμού Νέων Κτιρίων	A1	B1	Γ1

## Για ποιο σεισμό θα γίνει ο έλεγχος;

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ	$\alpha_g / \alpha_{g,ref}$	Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Β Σημαντικές βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Γ Οιονεί κατάρρευση
>E <sub>1</sub>	> 1.00	π.χ. 2%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
E <sub>1</sub>	1.00	10% Σεισμικές Δράσεις Κανονισμού Νέων Κτιρίων	A1	B1	Γ1
<E <sub>1</sub>	<1.00	π.χ. 20%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<<E <sub>1</sub>	<<1.00	π.χ. 50%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

$\alpha_g$  η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση της σεισμικής δράσης.

$\alpha_{g,ref}$  η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς, που ορίζεται με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργου.

## Στόχοι Επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝΕΠΕ 2017

Ζεύγος στάθμης επιτελεστικότητας και σεισμού σχεδιασμού

Σεισμική Δράση	$a_g / a_{g,ref}$	Πιθανότητα Υπέρβασης Σεισμικής Δράσης εντός του Συμβατικού Χρόνου Ζωής των 50 ετών	ΣΤΑΘΜΗ Α Περιορισμένες βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Β Σημαντικές βλάβες	ΣΤΑΘΜΗ Γ Οιονεί κατάρρευση
$E_1$	1.00	<b>10%</b> Σεισμικές Δράσεις Κανονισμού Νέων Κτιρίων	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>Γ1</b>
$E_2$	0.60	<b>50% (?)</b> Σεισμικές Δράσεις = 0,6 x του προηγούμενου	<b>A2</b>	<b>B2</b>	<b>Γ2</b>

**Υπάρχουν Ισοδύναμοι Στόχοι;**

Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι: Κατ. Σπουδ.Ι → Γ2

Κατ. Σπουδ.ΙΙ → Γ1

Κατ. Σπουδ.ΙΙΙ → Β1

Κατ. Σπουδ.ΙV → Β1 + Α2

## Στόχοι Επιτελεστικότητας κατά ΚΑΝΕΠΕ 2022 και ΚΑΔΕΤ

Σεισμική Δράση	$a_g / a_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεστικότητας Φέροντος Οργανισμού		
		Α Περιορισμένες Βλάβες	Β Σημαντικές Βλάβες	Γ Οιονεί Κατάρρευση
$E_0$	1.80	A0	B0	<b>Γ0</b>
$E_1^+$	1.30	A1 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	Γ1 <sup>+</sup>
<b><math>E_1</math></b>	<b>1.00</b>	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>Γ1</b>
$E_2^+$	0.75	A2 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Γ2 <sup>+</sup>
<b><math>E_2</math></b>	<b>0.60</b>	<b>A2</b>	<b>B2</b>	<b>Γ2</b>
$E_3^+$	0.45	<b>A3<sup>+</sup></b>	B3 <sup>+</sup>	Γ3 <sup>+</sup>
$E_3$	0.35	A3	B3	Γ3
$E_4^+$	0.25	A4 <sup>+</sup>	B4 <sup>+</sup>	Γ4 <sup>+</sup>
$E_4$	<0.25	A4	B4	Γ4

## Σχέσεις Περιόδου Επαναφοράς Σεισμού με Πιθανότητα Υπέρβασης και Εδαφική Επιτάχυνση

Παπαιωάννου κ.α. (2008), Parazachos et al., (1993)

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$
2475	2%	1.95
975	5%	1.34
<b>475</b>	<b>10%</b>	<b>1.00</b>
224	20%	0.74
<b>135</b>	<b>30%</b>	<b>0.60</b>
72	50%	0.47
42	70%	0.37
22	90%	0.29
<22	>90%	<0.29

$$\log_{10} a_g = C_1 \cdot \log_{10} T_m + C_2$$

Τιμές των σταθερών της σχέσης 7 για τις τρεις ζώνες του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας

ΖΩΝΗ	$C_1$	$C_2$
I	0.233	1.590
II	0.405	1.298
III	0.200	2.043

$$T_m = - \frac{t}{\ln(1 - P_t)}$$

t = διάρκεια ζωής ενός έργου

$P_t$  = πιθανότητα υπέρβασης

$T_m$  = μέση περίοδος επαναφοράς

Οι τιμές του πίνακα είναι για Σεισμική Ζώνη II.

## Περίοδος Επαναφοράς Σεισμού – Πιθανότητα Υπέρβασης - Εδαφική Επιτάχυνση κατά ΚΑΝΕΠΕ 2022 και ΚΑΔΕΤ

Σεισμική Δράση	Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$
$E_0$	2475	2%	1.80
$E_1^+$	975	5%	1.30
<b><math>E_1</math></b>	<b>475</b>	<b>10%</b>	<b>1.00</b>
$E_2^+$	225	20%	0.75
<b><math>E_2</math></b>	<b>135</b>	<b>30%</b>	<b>0.60</b>
$E_3^+$	70	50%	0.45
$E_3$	40	70%	0.35
$E_4^+$	20	90%	0.25
$E_4$	<20	>90%	<0.25

## Σεισμικές κλάσεις κτιρίων κατά ΚΑΝΕΠΕ 2022 και ΚΑΔΕΤ

Σεισμική Δράση	Περίοδος επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$\alpha_g / \alpha_{g,ref}$	Περιορισμένες Βλάβες (ΙΟ)	Σημαντικές Βλάβες (LS)	Οιονει Κατάρρευση (CP)
$E_0$	2475	2%	1.80	$A_0$	$B_0$	$\Gamma_0$
$E_1^+$	975	5%	1.30	$A_1^+$	$B_1^+$	$\Gamma_1^+$
$E_1$	475	10%	1.00	$A_1$	$B_1$	$\Gamma_1$
$E_2^+$	225	20%	0.75	$A_2^+$	$B_2^+$	$\Gamma_2^+$
$E_2$	135	30%	0.60	$A_2$	$B_2$	$\Gamma_2$
$E_3^+$	70	50%	0.45	$A_3^+$	$B_3^+$	$\Gamma_3^+$
$E_3$	40	70%	0.35	$A_3$	$B_3$	$\Gamma_3$
$E_4^+$	20	90%	0.25	$A_4^+$	$B_4^+$	$\Gamma_4^+$
$E_4$	<20	>90%	<0.25	$A_4$	$B_4$	$\Gamma_4$

$\alpha_g / \alpha_{g,ref}$  : δείκτης βαθμού επάρκειας

$\alpha_{g,ref} = 0,16g$  ή  $0,24g$  ή  $0,36g$

$\alpha_g$  : max επιτάχυνση εδάφους επάρκειας κτιρίου

## Σεισμικές κατηγορίες κτιρίων

Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος για Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (1<sup>η</sup> Αναθεώρηση), 2022

Σεισμική Δράση	Περίοδος επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$\delta$	Περιορισμένες Βλάβες (ΙΟ)
$E_0$	2475	2%	$1.80 \leq \delta$	$K_0$
$E_1^+$	975	5%	$1.30 \leq \delta < 1.80$	$K_1^+$
$E_1$	475	10%	$1.00 \leq \delta < 1.30$	$K_1$
$E_2^+$	225	20%	$0.75 \leq \delta < 1.00$	$K_2^+$
$E_2$	135	30%	$0.60 \leq \delta < 0.75$	$K_2$
$E_3^+$	70	50%	$0.45 \leq \delta < 0.60$	$K_3^+$
$E_3$	40	70%	$0.35 \leq \delta < 0.45$	$K_3$
$E_4^+$	20	90%	$0.25 \leq \delta < 0.35$	$K_4^+$
$E_4$	<20	>90%	$\delta < 0.25$	$K_4$

$\delta$  είναι ο **προσεγγιστικά προσδιοριζόμενος** βαθμός επάρκειας της κατασκευής

$$\delta = \min \left( \frac{V_{R,x}}{V_{req,x}}, \frac{V_{R,y}}{V_{req,y}} \right)$$

## Ενδεικτική κατάταξη κτιρίων σε σεισμικές κλάσεις & σεισμικές κατηγορίες

Παναγοπούλου Μ., Ζωχιού Λ. & Δρίτσος Σ. Εκτίμηση του βαθμού σεισμικής επάρκειας κτιρίων με κοντά υποστυλώματα ή μαλακό όροφο σύμφωνα με το δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο.

- Κτίρια **τριώροφα** από οπλισμένο σκυρόδεμα **προ του 1984**.
- **Κάτοψη:** (α) ορθογωνική, (β) μορφής Γ.
- **Κτίρια:** (α) με τοιχοπληρώσεις σε όλους τους ορόφους, (β) με κοντά υποστυλώματα στο ισόγειο και (γ) με μαλακό όροφο στο ισόγειο.
- **Τοιχοπληρώσεις:** (α) επιμελημένη ποιότητα και σφήνωση (ΤΟΙΧ.ε), (β) κακή ποιότητα και σφήνωση (ΤΟΙΧ.κ).
- **Δευτεροβάθμιος έλεγχος:** (α) με δεδομένα για τους οπλισμούς των κατακόρυφων στοιχείων και (β) χωρίς τα προηγούμενα δεδομένα.
- **Αποτελέσματα ανάλυσης:** Στατική ανελαστική ανάλυση (push over) κατά ΚΑΝΕΠΕ.

## Ενδεικτική κατάταξη κτιρίων σε σεισμικές κλάσεις & σεισμικές κατηγορίες

### Κτίρια αναφοράς με τοιχοπληρώσεις σε όλους τους ορόφους

		Δευτεροβάθμιος με οπλισμούς		Δευτεροβάθμιος χωρίς οπλισμούς		Ανάλυση κατά ΚΑΝΕΠΕ	
		$\delta = 1/\lambda_{max}$	Σεισμική Κατηγορία	$\delta = 1/\lambda_{max}$	Σεισμική Κατηγορία	$\frac{\alpha_g}{\alpha_{g,ref}}$	Σεισμική Κλάση
Κτίριο Α	Τοιχ.ε	1/1.38=0.72	K2	1/1.21=0.84	K2 <sup>+</sup>	1/1.26=0.79	B2 <sup>+</sup>
	Τοιχ.κ	1/1.67=0.60	K2	1/1.42=0.71	K2	1/1.18=0.85	B2 <sup>+</sup>
Κτίριο Γ	Τοιχ.ε	1/1.24=0.81	K2 <sup>+</sup>	1/1.10=0.93	K2 <sup>+</sup>	1/1.63=0.61	B2
	Τοιχ.κ	1/1.52=0.66	K2	1/1.32=0.78	K2 <sup>+</sup>	1/1.47=0.68	B2



## Ενδεικτική κατάταξη κτιρίων σε σεισμικές κλάσεις & σεισμικές κατηγορίες

### Κτίρια με κοντά υποστυλώματα στο ισόγειο

		Δευτεροβάθμιος με οπλισμούς		Δευτεροβάθμιος χωρίς οπλισμούς		Ανάλυση κατά ΚΑΝΕΠΕ	
		$\delta = 1/\lambda_{max}$	Σεισμική Κατηγορία	$\delta = 1/\lambda_{max}$	Σεισμική Κατηγορία	$\frac{a_g}{a_{g,ref}}$	Σεισμική Κλάση
Κτίριο Α	Τοιχ.ε	1/2.25=0.44	K3	1/2.25=0.43	K3	1/2.00=0.50	B3 <sup>+</sup>
	Τοιχ.κ	1/2.25=0.44	K3	1/2.25=0.43	K3	1/1.97=0.51	B3 <sup>+</sup>
Κτίριο Γ	Τοιχ.ε	1/2.73=0.37	K3	1/2.73=0.36	K3	1/4.80=0.21	B4
	Τοιχ.κ	1/2.67=0.37	K3	1/2.67=0.36	K3	1/1.97=0.51	B3 <sup>+</sup>

## Ενδεικτική κατάταξη κτιρίων σε σεισμικές κλάσεις & σεισμικές κατηγορίες

### Κτίρια με μαλακό όροφο στο ισόγειο

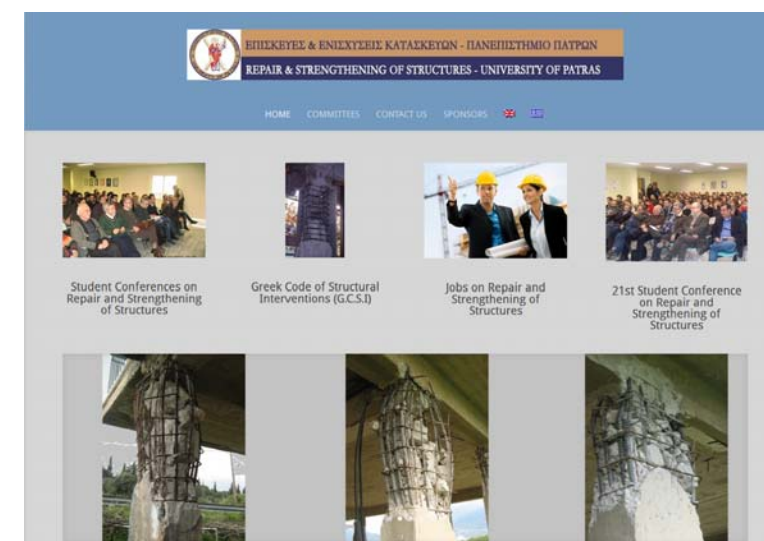
		Δευτεροβάθμιος με οπλισμούς		Δευτεροβάθμιος χωρίς οπλισμούς		Ανάλυση κατά ΚΑΝΕΠΕ	
		$\delta = 1/\lambda_{max}$	Σεισμική Κατηγορία	$\delta = 1/\lambda_{max}$	Σεισμική Κατηγορία	$\frac{a_g}{a_{g,ref}}$	Σεισμική Κλάση
Κτίριο Α	Τοιχ.ε	1/2.17=0.46	K3 <sup>+</sup>	1/1.81=0.56	K3 <sup>+</sup>	1/1.80=0.56	B3 <sup>+</sup>
	Τοιχ.κ	1/2.17=0.46	K3 <sup>+</sup>	1/1.81=0.56	K3 <sup>+</sup>	1/1.75=0.57	B3 <sup>+</sup>
Κτίριο Γ	Τοιχ.ε	1/2.01=0.50	K3 <sup>+</sup>	1/1.71=0.60	K2	1/2.05=0.49	B3 <sup>+</sup>
	Τοιχ.κ	1/2.01=0.50	K3 <sup>+</sup>	1/1.71=0.60	K2	1/1.88=0.53	B3 <sup>+</sup>

## Συμπεράσματα

- Οι **σεισμικές κλάσεις** κτιρίων κατά ΚΑΝΕΠΕ προσδιορίζονται με βάση τον δείκτη βαθμού επάρκειας  $a_g / a_{g,ref}$ , μέσω **ακριβούς αναλυτικής διαδικασίας**, κατά προτίμηση “push over”.
- Οι **σεισμικές κατηγορίες** κτιρίων κατά το Δευτεροβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο προσδιορίζονται με βάση το δείκτη επάρκειας  $\delta$ , μέσω **προσεγγιστικής διαδικασίας** με ή χωρίς δεδομένα οπλισμών.
- Από τα αποτελέσματα για τα κτίρια που εξετάστηκαν στην εργασία **Παναγοπούλου Μ., Ζωχιού Λ. & Δρίτσος Σ.:**
  - ✓ οι σεισμικές κατηγορίες συγκλίνουν πολύ καλά, στις περισσότερες περιπτώσεις, με τις αντίστοιχες σεισμικές κλάσεις του ΚΑΝΕΠΕ.
  - ✓ Η σύγκλιση είναι πολύ καλύτερη όταν ο Δευτεροβάθμιος εφαρμόζεται με δεδομένα για τους οπλισμούς των υποστυλωμάτων.
  - ✓ Απαιτείται ευρύτερη διερεύνηση για την πιθανή των παραπάνω συμπερασμάτων.

## Περισσότερα...

[episkeves2.civil.upatras.gr](http://episkeves2.civil.upatras.gr)



5 ΠΣΑΜΤΣ  
ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ 2022

Ευχαριστούμε για την προσοχή

[dritsos@upatras.gr](mailto:dritsos@upatras.gr)



© S. Dritsos