

## Μελέτη Σεισμικής Διακινδύνευσης σε Μεγάλο Αστικό Κέντρο – Μητροπολιτική Περιοχή της Αθήνας

**Αναστασία Κ. Ελευθεριάδου**

Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια, Δ.Π.Θ., [aelefthe@civil.duth.gr](mailto:aelefthe@civil.duth.gr)

**Αικατερίνη Δ. Μπαλτζοπούλου**

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Δ.Π.Θ., [katebal@arch.duth.gr](mailto:katebal@arch.duth.gr)

**Αθανάσιος Ι. Καραμπίνης**

Καθηγητής, Δ.Π.Θ., [karabin@civil.duth.gr](mailto:karabin@civil.duth.gr)

### Εκτενής περίληψη

Η χάραξη μιας ορθολογικής και μακροπρόθεσμης αντισεισμικής πολιτικής σε επίπεδο χώρας ή πολεοδομικών συγκροτημάτων, με στοχευμένες προτεραιότητες ενισχύσεων εύρωτων κτιρίων προϋποθέτει την αξιόπιστη αποτίμηση της σεισμικής διακινδύνευσης από ενδεχόμενο σεισμικό κίνδυνο. Προκειμένου να είναι εφικτός, έστω και κατά προσέγγιση, ο ποσοτικός προσδιορισμός της αναμενόμενης διακινδύνευσης προϋποθέτει την εκτίμηση: α) του σεισμικού κινδύνου, β) των υπό διακινδύνευση αγαθών, όπως η πυκνότητα του πληθυσμού, το πλήθος και το είδος των κατασκευών καθώς και γ) της τρωτότητα των κτιρίων που αποτελεί μια ποσοτική εκτιμήτρια της προδιάθεσής τους να υποστούν ζημιές σε ένα ενδεχόμενο σεισμικό γεγονός.

Στην παρούσα μελέτη αποτιμάται η σεισμική διακινδύνευση στο μεγαλύτερο αστικό κέντρο της χώρας από το σεισμό της Πάρνηθας (Αθήνας) της 7<sup>ης</sup>-9-1999 με βάση σενάριο εκτίμησης των δομικών απωλειών στον υπόψη σεισμό. Η εκτίμηση της διακινδύνευσης των κατασκευών της Αττικής με βάση σενάριο βλαβών, για πέντε δομικούς τύπους κατασκευών με ομοειδή χαρακτηριστικά, προσδιορίζεται για το συνολικό κτιριακό δυναμικό της Αττικής με χρήση των στοιχείων της εθνικής απογραφής (ΕΛΣΤΑΤ/ΕΣΥΕ 2000) και συμπληρωματικά στοιχεία από τις πιλοτικές απογραφές του ΤΕΕ στα πλαίσια της δράσης "Εθνική Πολιτική για την ΑΝΤσεισμική ενίσχυση Υφισταμένων Κατασκευών – ΕΠΑΝΤΥΚ". Το συνολικό κτιριακό απόθεμα της υπό μελέτη περιοχής αφορά σε 750085 κατασκευές και αποτελεί ποσοστό 18,8% του κτιριακού αποθέματος της επικράτειας.

Η διακινδύνευση εκτιμήθηκε με βάση σενάριο απωλειών, το οποίο αναπτύχθηκε από τα αποτελέσματα δομικών βλαβών του σεισμού της Πάρνηθας. Η μακροσεισμική ένταση παρουσίασε εύρος τιμών από III έως IX για τους 122 Δήμους και Κοινότητες της Αττικής. Η σεισμική απαίτηση  $a_g/a_0$  κατά περιοχή προσδιορίζεται από τις εκτιμηθείσες μακροσεισμικές εντάσεις και την σχετική εδαφική επιτάχυνση  $a_g$  του σεισμού της Πάρνηθας, ενώ η επιτάχυνση σχεδιασμού  $a_0$  για σεισμική απαίτηση κατά ΕΑΚ 2003. Οι μέσοι βαθμοί αναμενόμενης βλάβης για τους πέντε δομικούς τύπους κατασκευών, προέκυψαν από τους λόγους  $a_g/a_0$  κάθε περιοχής και από πρόσφατα προτεινόμενα Μητρώα Πιθανότητας Βλάβης και καμπύλες τρωτότητας [Ελευθεριάδου, 2009, Eleftheriadou et al. 2011, 2013]. Η σεισμική διακινδύνευση βάσει του σεναρίου αναμενόμενης βλάβης συγκρίνεται σε συμπληρωματική εργασία [Ελευθεριάδου et al. 2016] με τις τιμές που προκύπτουν με βάση τα στοιχεία κόστους επεμβάσεων επισκευής/ενίσχυσης ή ανακατασκευής για το σύνολο των κατασκευών με βλάβες στην Αττική (180427 κατασκευές).

Η διακινδύνευση των κατασκευών στην Αττική (R), εκφραζόμενη ως ισοδύναμη επιφάνεια για ανακατασκευή εκτιμήθηκε σε 8,8477 Km<sup>2</sup> (Πίνακας 1). Ο αντίστοιχος μέσος ανηγμένος δείκτης διακινδύνευσης ( $r$ ) στην συνολική επιφάνεια των κατασκευών στην Αττική (222,749 Km<sup>2</sup>) εκτιμήθηκε σε 4,0 % σε αντιδιαστολή με εκτιμώμενη τιμή 4,3% για σεισμική απαίτηση κατά ΕΑΚ 2003.

Πίνακας 1. Μέσες εκτιμώμενες τιμές σεισμικής διακινδύνευσης για το σύνολο των κατασκευών στην Περιφέρεια Αττικής (750085 κτίρια) από το σεισμό της Πάρνηθας της 7ης-09-1999 και από σεισμό κατά ΕΑΚ 2003.

Περιφέρεια Αττικής	$a_g$	R (M2 )	r (%)	V (%)
750.085 κατασκευές (1.599.315 όροφοι) σε 122 ΟΤΑ της Αττικής με εκτιμώμενη επιφάνεια ΣΑι=222.748.853 M2 (Συγκεντρωτικά δεδομένα ΕΣΥΕ 2000 ανά ΟΤΑ).	$a_g$ από το σεισμό της Αθήνας της 7ης-9-1999	8.847.700	4,0%	13,3
	$a_g$ κατά ΕΑΚ 2003 ( $a_g/a_0=1$ )	9.654.192	4,3%	14,5

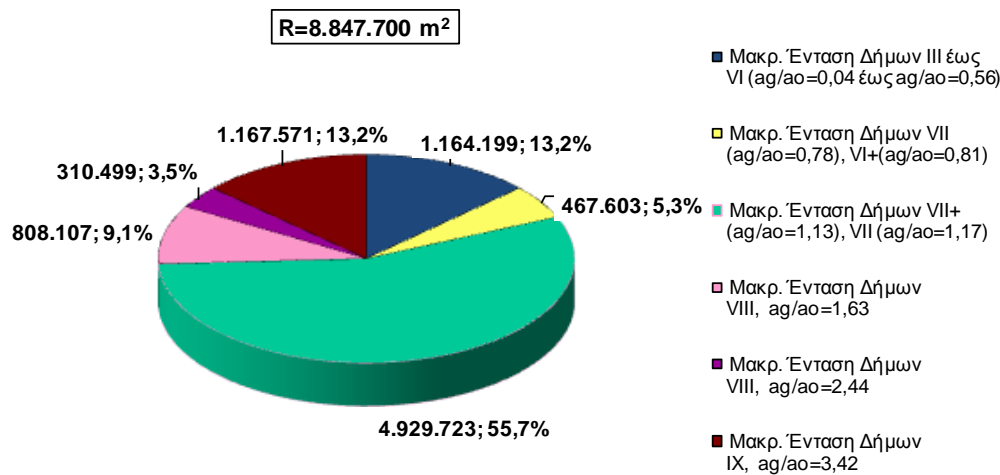
Οι εκτιμώμενες απώλειες (8,8477 Km<sup>2</sup>) αναφέρονται στο μεγαλύτερο ποσοστό 74,4 % σε κτίρια με δομικό σύστημα από ωπλισμένο σκυρόδεμα δομημένα έως το 1985, τα οποία κατελάμβαναν ποσοστό 67,8 % της συνολικής επιφάνειας των κτιρίων (Πίνακας 2). Στις πλειόσειστες περιοχές με μακροσεισμική ένταση VIII και IX αντιστοιχούσε ποσοστό 9,9% του συνόλου των κατασκευών της Αττικής, ποσοστό 8,8% της συνολικής δομημένης επιφάνειας και ποσοστό 25,8% της συνολικής σεισμικής διακινδύνευσης (8,848 Km<sup>2</sup>). Στις περιοχές με μικρές μακροσεισμικές εντάσεις (III έως VI) αντιστοιχούσε ποσοστό 50,3% του συνόλου των κατασκευών της Αττικής, ποσοστό 42,3% της συνολικής δομημένης επιφάνειας και ποσοστό 13,2% της συνολικής διακινδύνευσης.

Πίνακας 2. Κατανομή πλήθους, ορόφων, επιφάνειας και σεισμικής διακινδύνευσης Αττική ( $a_g$  από το σεισμό της Πάρνηθας της 7ης-09-1999) σε επί μέρους δομικούς τύπους κατασκευών.

Δομικοί τύποι	Πλήθος	Όροφοι	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> )
ΚΩΣ έως 1985	420.096	1.006.141	151.122.378	6.586.785
ΚΩΣ 1986-1995	98.208	244.823	32.561.459	723.822
ΚΩΣ μετά το 1995	47.279	125.380	22.563.856	362.446
ΚΦΤ με οπτοπλινθοδομή ή τσιμεντοπλινθοδομή	117.481	138.098	10.219.252	699.424
Δομικό σύστημα από πέτρα, ξύλο, μέταλλο ή άλλο	67.021	84.873	6.281.908	475.222
<b>Σύνολα</b>	<b>750.085</b>	<b>1.599.315</b>	<b>222.748.853</b>	<b>8.847.700</b>

Πίνακας 3. Σεισμική διακινδύνευση από το σεισμό της Αθήνας της 7ης-9-1999 σε συνάρτηση με την μακροσεισμική ένταση και δομικά χαρακτηριστικά των κατασκευών.

Μακροσεισμική ένταση κατά περιοχή και σχετικοί λόγοι $a_g/a_0$	Πλήθος κατασκευών	Όροφοι	Δομημένη επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> )
III έως VI ( $a_g/a_0=0.04$ έως $a_g/a_0=0.56$ )	377.569	695.534	94.225.575	1.164.199
VII ( $a_g/a_0=0.78$ ), VI+ ( $a_g/a_0=0.81$ )	49.756	99.696	13.925.278	467.603
VII+ ( $a_g/a_0=1.13$ ), VII ( $a_g/a_0=1.17$ )	248.510	662.250	94.874.347	4.929.723
VIII ( $a_g/a_0=1.63$ )	34.746	75.438	10.792.406	808.107
VIII ( $a_g/a_0=2.44$ )	6.930	16.687	2.445.558	310.499
IX ( $a_g/a_0=3.42$ )	32.574	49.710	6.485.689	1.167.571
<b>Σύνολα</b>	<b>750.085</b>	<b>1.599.315</b>	<b>222.748.853</b>	<b>8.847.700</b>



Λεξ. 1. Ποσοστά σεισμικής διακινδύνευσης R για το σύνολο των κατασκευών της Αττικής κατά μακροσεισμική ένταση και σχετικού  $a_g$  από το σεισμό της Πάρνηθας της 7ης-9-1999.

### Βιβλιογραφία

- [1] Ελευθεριάδου, Α.Κ. (2009), "Συμβολή στην Αποτίμηση της Σεισμικής Τρωτότητας Κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα", *Διδακτορική Διατριβή*, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΔΠΘ, Ξάνθη.
- [2] Eleftheriadou A.K., Karabinis A.I. (2011), "Development of Damage Probability Matrices Based on Greek Earthquake Damage Data", *Journal of Earthquake Engineering & Engineering Vibration, SpringerLink*, Vol.10, Issue 1, pp.129÷141, DOI: 10.1007/s11803-011-0052-6.
- [3] Eleftheriadou A.K., Karabinis A.I. (2013), "Evaluation of damage probability matrices from observational seismic damage data", *International Journal of Earthquakes and Structures, Techno Press*, Vol. 4, No. 3, pp. 299÷324.
- [4] Eleftheriadou A.K., Baltzopoulou, A.D., & Karabinis A.I. (2016). "Urban Risk Assessment: Statistical Repair Cost Data and Probable Structural Losses based on Damage Scenario – Correlation Analysis", *International Journal of Advanced Structural Engineering, Springer*, DOI: 10.1007/s40091-016-0118-9.
- [5] Ελευθεριάδου, Α.Κ., Μπαλτζοπούλου, Α.Δ., Καραμπίνης, Α.Ι. (2016), "Αποτίμηση της Σεισμικής Διακινδύνευσης και Κόστος Επεμβάσεων σε Αστικό Περιβάλλον", *Πανελλήνιο Συνέδριο Σκυροδέματος «Κατασκευές από Σκυρόδεμα»*, Θεσσαλονίκη.
- [6] Καραμπίνης Α.Ι, Μπαλτζοπούλου Α.Δ. (2006), "Συσχέτιση βαθμού βλάβης και κόστους αποκατάστασης των κατασκευών από το σεισμό της Αθήνας της 7ης – 9 - 1999", *15<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος*, Αλεξανδρούπολη 25-27 Οκτωβρίου 2006, Βιβλίο εισηγήσεων, τόμος Β', σελ. 294÷304.
- [7] Kappos, A.J., Lekidis, V., Panagopoulos, G., Sous, I., Theodulidis, N., Karakostas, Ch., Anastasiadis, T., Salonikios, T., and Margaris, B. (2007), "Analytical estimation of economic loss for buildings in the area struck by the 1999 Athens earthquake and comparison with statistical repair costs", *Earthquake Spectra*, Vol.23, No.2, pp. 333÷355.