

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΕΛΘΟΝΤΟΣ

ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

### Περίληψη

Στη παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα επικρατέστερα αίτια που οδήγησαν σε βλάβες ή και καταρρέουσες κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος, έτσι όπως προέκυψαν από τα στατιστικά δεδομένα που έχουν καταγραφεί από σεισμούς του παρελθόντος στον Ελλαδικό χώρο. Από τα συμπεράσματα που θα προκύψουν θα είμαστε σε θέση να βελτιώσουμε την διαδικασία σχεδιασμού και ανέγερσης νέων κτιρίων καθώς και τη διαδικασία του πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου (ταχύς οπτικός έλεγχος 'ΤΟΕ') ώστε να προσδιορίζουμε πιο αποτελεσματικά ποιες κατασκευές θα είναι πιο τρωτές σε ένα μελλοντικό σεισμό και να προβαίνουμε στην προσεισμική τους ενίσχυση με σκοπό πάντα να φτάσουμε την επιθυμητή στάθμη επιτελεστικότητας.

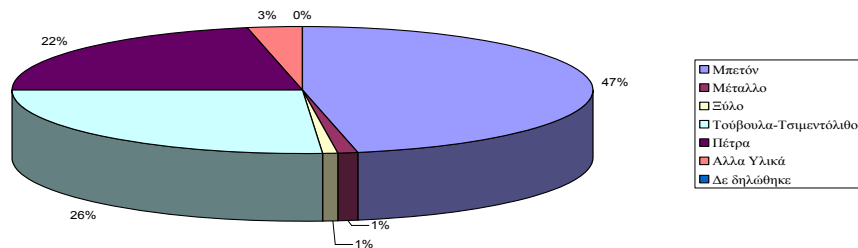
### 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με γνώμονα ότι στην Ελλάδα απελευθερώνεται το 50% της σεισμικής ενέργειας που απελευθερώνεται συνολικά στην Ευρώπη και του ότι οι σεισμοί της τελευταίας 30ετίας απέδειξαν ότι ένα σημαντικό ποσοστό των κατασκευών παρουσιάζει χαμηλή αντισεισμική ικανότητα θέτουν ένα ζήτημα μέγιστης εθνικής σημασίας το οποίο χρήζει άμεση διερεύνηση.

Τα μετασεισμικά αποτελέσματα ισχυρών σεισμών που συνέβησαν στην χώρα μας, κυρίως στα αστικά κέντρα όπου υπάρχει ένα εύρος από κτιριακά έργα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν την σεισμική συμπεριφορά του δομικού πλούτου της εκάστοτε πληγής σας περιοχής. Τα συμπεράσματα αυτά εάν αξιοποιηθούν ανάλογα μπορούν να δώσουν χρήσιμες πληροφορίες σε μια Πολιτεία, ώστε να είναι σε θέση να υπολογίζει την σεισμική τρωτότητα<sup>1</sup> και την αντίστοιχη διακινδύνευση<sup>2</sup> (seismic risk) αναμενόμενων σεισμών. Έτσι θα μπορεί να γνωρίζει το μέγεθος των κοινωνικοοικονομικών προβλημάτων που θα προκύψουν μετά από έναν ισχυρό σεισμό και να λάβει προσεισμικά και μετασεισμικά μέτρα που θα διασφαλίσουν την ακεραιότητα των πολιτών και τον πλούτο της χώρας.

Για τον λόγω αυτό στην παρούσα εργασία επελέγησαν τρεις σεισμοί που προκάλεσαν βλάβες σε υφιστάμενες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα (ΟΣ). Οι δύο από αυτούς τους σεισμούς αναφέρονται στη ζώνη σεισμικότητας II (ΕΑΚ2000) και είναι ο σεισμός του Αιγίου τον Ιούνιο του 1995 (6.1 κλίμακα ρίχτερ) και ο σεισμός που έπληξε την Αθήνα τον Σεπτέμβριο του 1999 (5.9 κλίμακα ρίχτερ). Ο τρίτος αφορά την ζώνη σεισμικότητας III (ΕΑΚ2000) και είναι ο σεισμός στο νησί της Λευκάδος τον Αύγουστο του 2003 (6.2 κλίμακα ρίχτερ). Για τους σεισμούς της Αθήνας και της Λευκάδας θα δούμε και μια αξιολόγηση της Α' φάσης του προσεισμικού ελέγχου (ΟΑΣΠ 1998) [7] με την βοήθεια των στατιστικών δεδομένων από τους σεισμούς αυτούς. Η επιλογή να επικεντρωθούμε στα κτίρια από ΟΣ οφείλεται στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα της Β' φάσης του ΕΠΑΝΤΥΚ [6] δείχνουν ότι το ποσοστό των κτιρίων από ΟΣ υπερτερούν αυτόν από τούβλα/τσιμεντόλιθους (Σχήμα1) και επίσης εάν τα συγκρίνουμε από την άποψη του όγκου υπάρχει μια ισχυρή επικράτηση του ΟΣ.

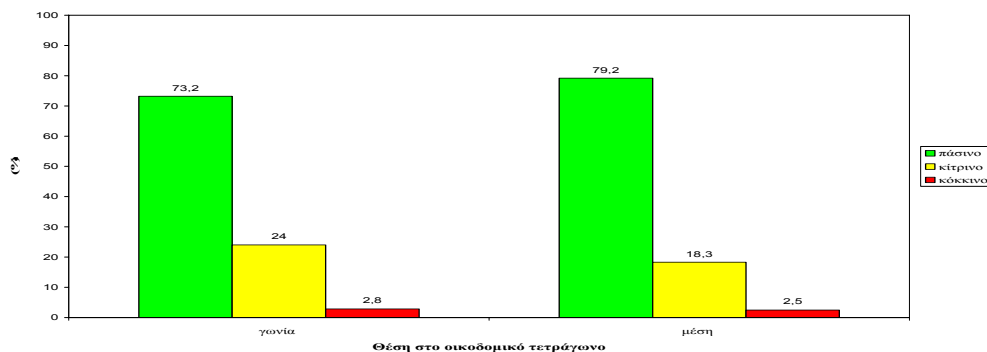
- 1 Η σεισμική τρωτότητα αναφέρεται σε επίπεδο κτιρίου δηλαδή στη προδιάθεση ενός κτιρίου να υποστεί βλάβες όταν υπόκειται σε σεισμική διέγερση [2].
- 2 Η σεισμική διακινδύνευση αναφέρεται σε επίπεδο κοινωνικού συνόλου, δηλαδή στο σύνολο των συνεπειών ενός σεισμού που είναι είτε άμεσες (βλάβες στις υποδομές, τραυματισμοί ή απώλεια ζωής) είτε έμμεσες (πλήγμα στις οικονομικές δραστηριότητες) [2]. Επομένως η σεισμική διακινδύνευση εξαρτάται από σεισμική τρωτότητα των κατασκευών μιας περιοχής.



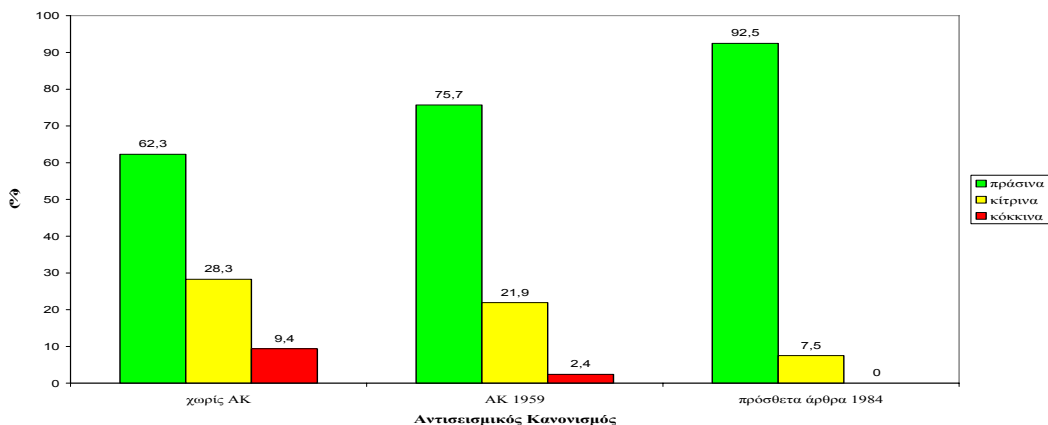
Σχήμα1: Υλικό κατασκευής φέροντος οργανισμού κτιρίων (Επικράτεια-Απογραφή 2000) [6]

## 2.ΣΕΙΣΜΟΣ ΑΙΓΙΟΥ

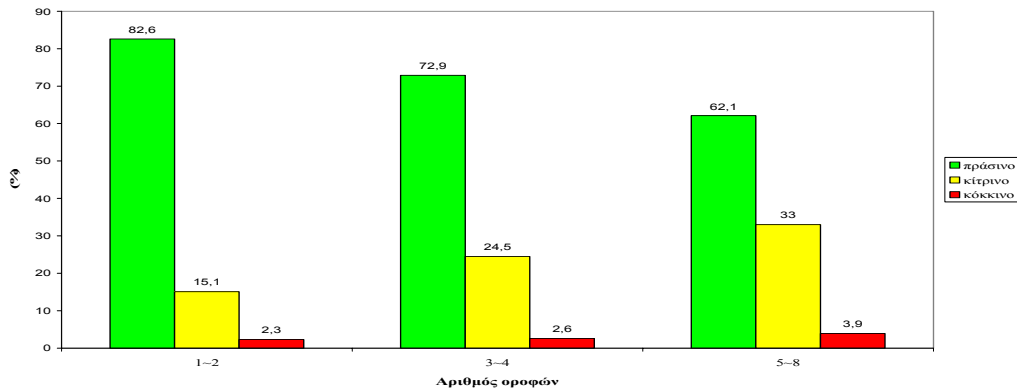
Ο σεισμός του Αιγίου είναι ο πρώτος που συνέβη σε μια πόλη όπου υπήρχαν τριών ειδών κτίρια όσον αφορά τον αντισεισμικό κανονισμό, αυτά που κατασκευαστήκαν προ του 1959 χωρίς αντισεισμικό κανονισμό, κατόπιν αυτά με τον αντισεισμικό κανονισμό του 1959 και αυτά με τα πρόσθετα άρθρα του 1984. Με την βοήθεια των παρακάτω γραφημάτων (Γράφημα 1, 2, 3 & 4) θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε ποια δομικά στοιχεία έπαιξαν τον κυρίαρχο ρόλο στην τρωτότητα των 1157 κτιρίων από σπλισμένο σκυρόδεμα της πόλης του Αιγίου [1].



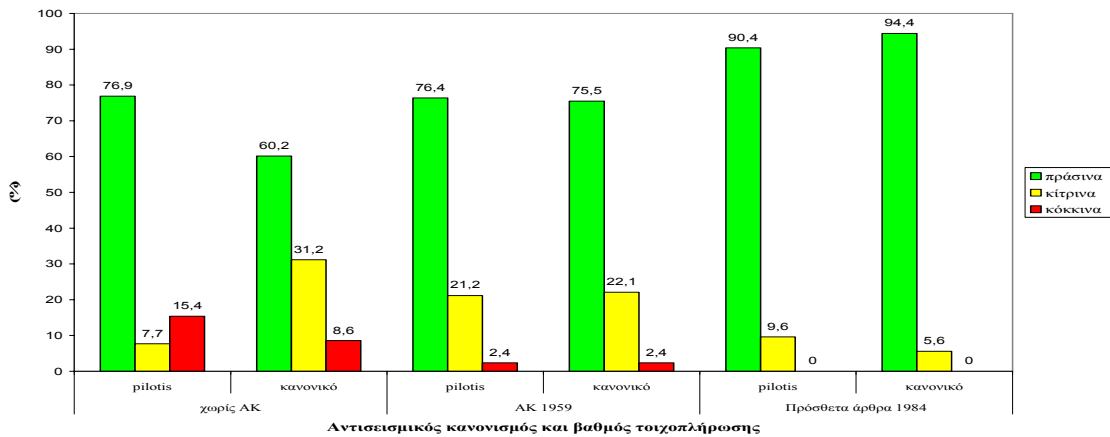
Γράφημα 1: Σχέση βλαβών και θέσης στο οικοδομικό τετράγωνο [1]



Γράφημα 2: Σχέση Αντισεισμικού Κανονισμού (ΑΚ) και βλαβών [1]



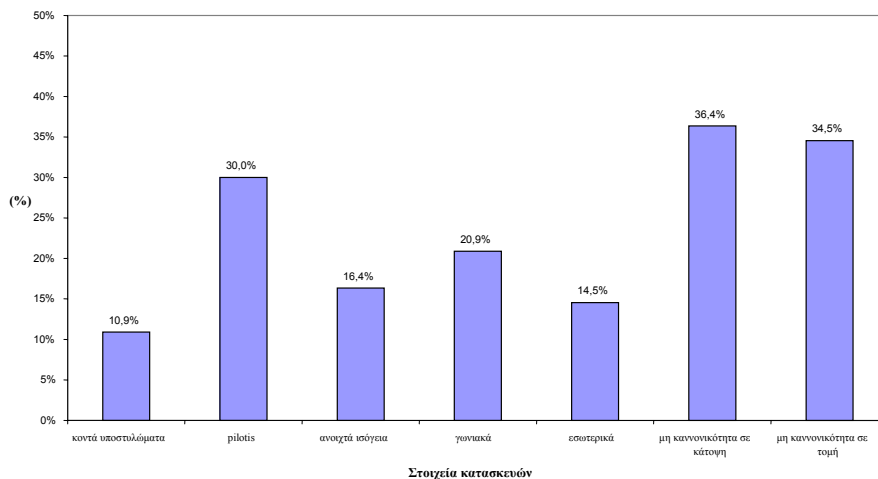
Γράφημα 3: Σχέση αριθμού ορόφων και βλαβών [1]



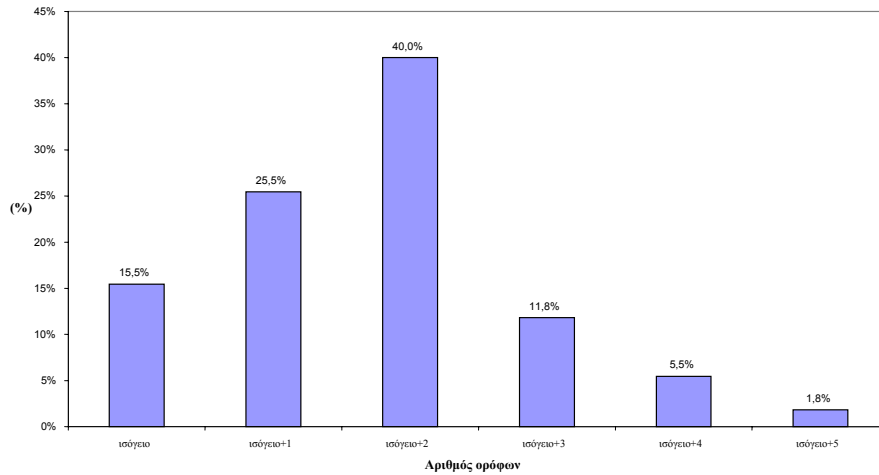
Γράφημα 4: Σχέση βαθμού τοιχοπλήρωσης του ισογείου και βλαβών [1]

### 3.ΣΕΙΣΜΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

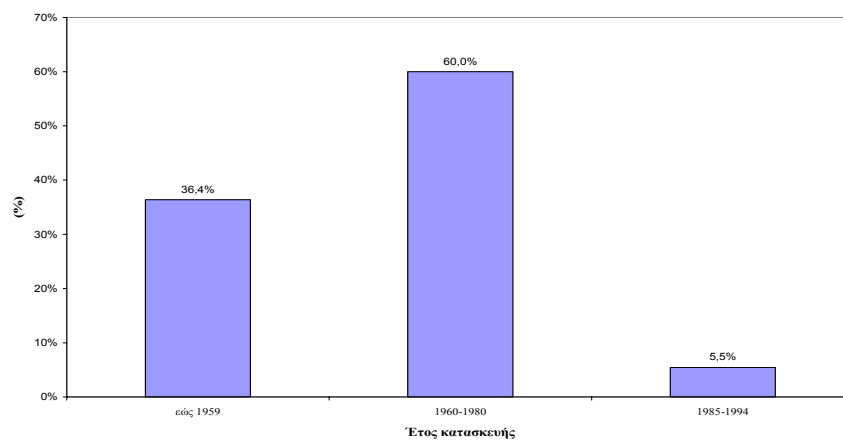
Ο σεισμός της Αθήνας του 1999 αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή στοιχείων για την σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων. Πρώτον διότι έπληξε την πρωτεύουσα της χώρας μας, οπου εκεί υπάρχει ένα μεγάλο μέρος του οικιστικού πλούτου της Ελλάδος και δεύτερον διότι περιέχει ένα μεγάλο εύρος κατασκευών τα οποία δοκιμάστηκαν από την ίδια σεισμική ένταση. Τα στοιχεία από τα οποία προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα προέρχονται από δυο στατιστικά δείγματα της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών (Καραμπινής κ.α. 2000) [2]: 1<sup>ον</sup>) 110 κτίρια που κατέρρευσαν (Γράφημα 5, 6 & 7), 2<sup>ον</sup>) 464 που υπέστησαν διαφορετικού βαθμού και έκτασης βλάβες (καταρρεύσεις, κόκκινες, κίτρινες και πράσινες) (Γράφημα 8).



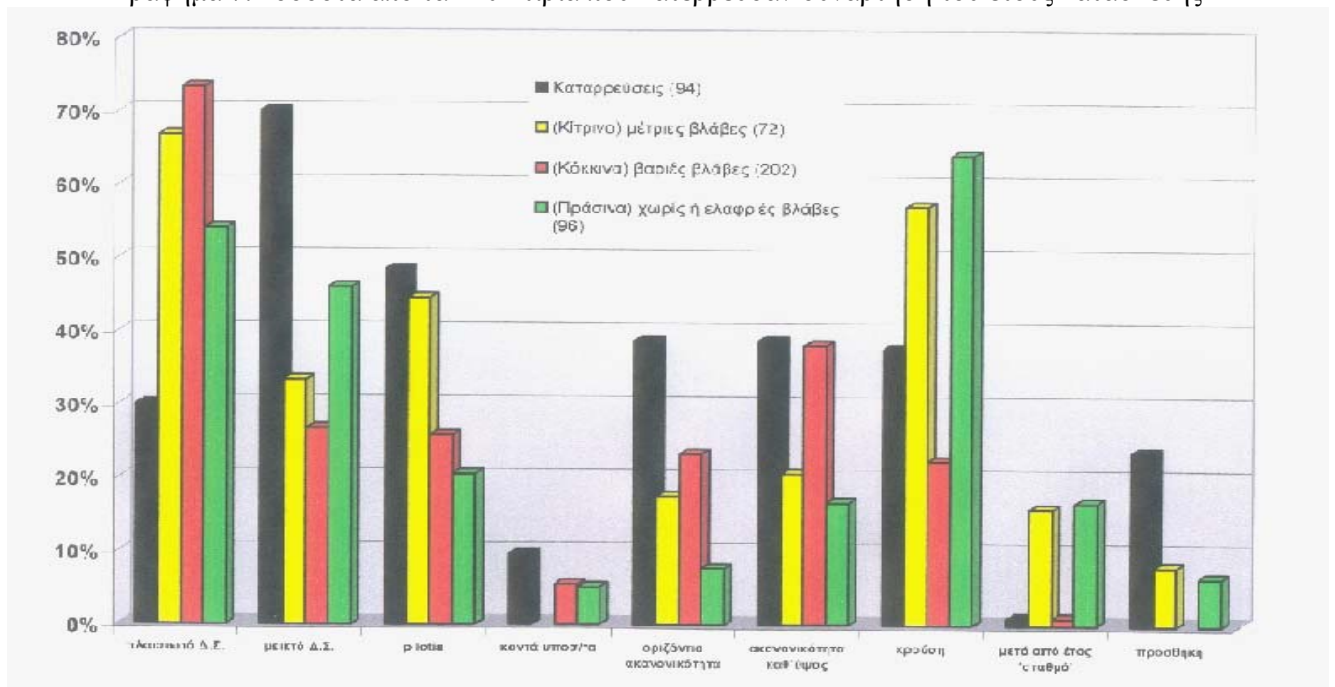
Γράφημα 5:Ποσοστά από τα 110 κτίρια που κατέρρευσαν συνάρτηση των δομικών χαρακτηριστικών



Γράφημα 6: Ποσοστά από τα 110 κτίρια που κατέρρευσαν συνάρτηση του αριθμού ορόφων



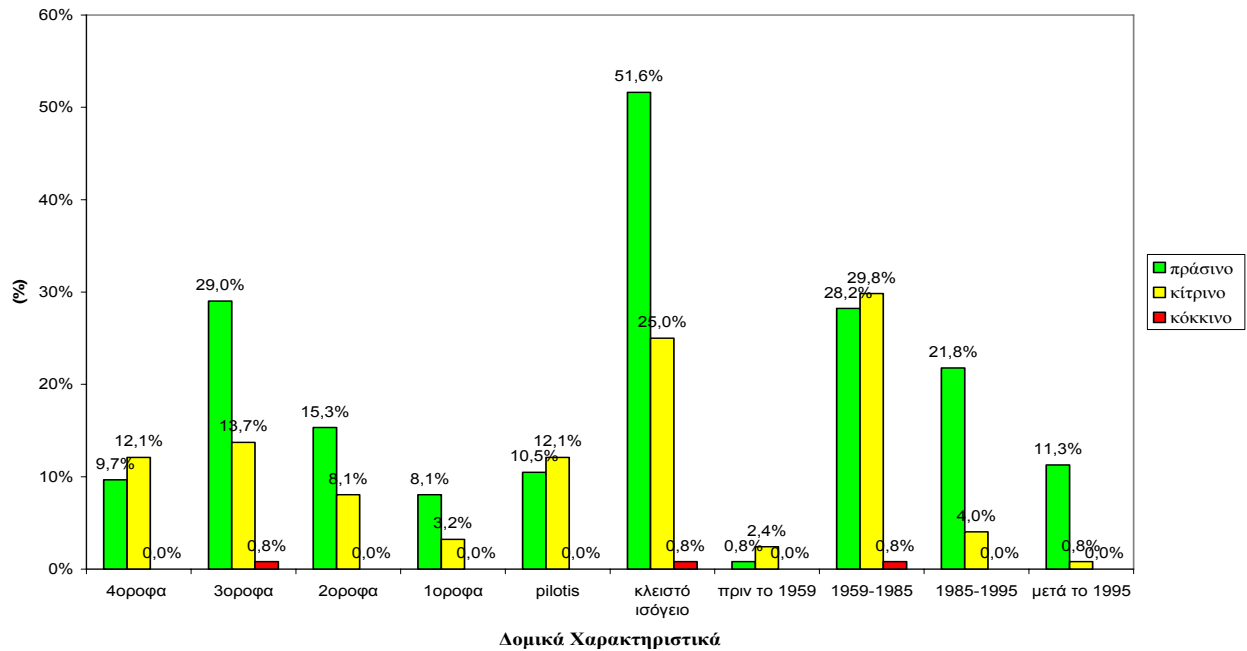
Γράφημα 7: Ποσοστά από τα 110 κτίρια που κατέρρευσαν συνάρτηση του έτους κατασκευής



Γράφημα 8: Συσχέτιση του βαθμού βλάβης με τα βασικά δομικά χαρακτηριστικά σε 464 κατασκευές ΟΣ [2]

#### 4.ΣΕΙΣΜΟΣ ΛΕΥΚΑΔΟΣ

Ο λόγος αναφοράς στον σεισμό της Λευκάδος το 2003 είναι κυρίως ότι βρίσκεται στην δυσμενέστερη ζώνη σεισμικότητας (III κατά ΕΑΚ2000) μαζί με τους άλλους δυο νομούς της Κεφαλληνίας και της Ζακύνθου, όπου υπάρχουν τουριστικές εγκαταστάσεις οι οποίες φιλοξενούν ένα μεγάλο πλήθος τουριστών από όλο τον κόσμο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Είναι σε όλους μας γνωστά τα αποτελέσματα (ανθρώπινες απώλειες) από την κατάρρευση μέρους ενός ξενοδοχείου στον σεισμό του Αιγίου το 1995. Τα στοιχεία από τα οποία προέρχεται το παρακάτω γράφημα (Γράφημα 9) αφορούν 124 κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος από την πόλη της Λευκάδος [3].



Γράφημα 9: Διακύμανση βαθμού βλάβης σε 124 κατασκευές ΟΣ [3]

#### 5.ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Με την βοήθεια των παραπάνω στατιστικών δεδομένων είμαστε πλέον σε θέση να προσδιορίσουμε ποια είναι τα επικρατέστερα δομικά χαρακτηριστικά που επιδρούν δυνητικά στην σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος.

Κυρίαρχο ρόλο στις περισσότερες κατασκευές έπαιξε η χρονολογία μελέτης, δηλαδή με ποιόν αντισεισμικό κανονισμό σχεδιάστηκαν. Τα κτίρια που κατασκευάστηκαν χωρίς αντισεισμικό κώδικα καθώς και εκείνα που ακολουθούσαν τον ΑΚ1959 παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα σε σχέση με εκείνα που κτιστήκαν με τα πρόσθετα άρθρα του 1984 (έτος 'σταθμός') (Γράφημα 2,7,8 & 9). Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι για τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1984 έκτος από την εισαγωγή των πρόσθετων άρθρων είχαμε και την βελτίωση των υπολογιστικών εργαλείων (χρήση ΗΥ) που αναβάθμισαν σε μεγάλο βαθμό τις μελέτες. Όμως παρατηρούμε ότι όσον αφορά τους αντισεισμικούς κανονισμούς η σεισμική ικανότητα των κατασκευών βελτιώνεται αισθητά με την εισαγωγή του ΝΕΑΚ1995 (Γράφημα 9).

Ένας άλλος παράγοντας που καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την σεισμική ικανότητα μιας κατασκευής είναι τα στοιχεία υπερκαταπόνησης (pilotis, κοντά υποστυλώματα). Παρατηρούμε ότι και στους τρεις παραπάνω σεισμούς η απουσία τοιχοπληρώσεων στην στάθμη ισόγειου (pilotis) οδήγησε σε δημιουργία 'μαλακού ορόφου'. Αυτό είχε ως συνέπεια την ανάπτυξη μεγάλου βαθμού βλαβών ακόμα και καταρρεύσεων και ειδικότερα όταν τα

κτίρια αυτά είχαν μελετηθεί με παλαιότερους κανονισμούς (Γράφημα 4). Επίσης η ύπαρξη κοντών υποστυλωμάτων αποτέλεσε ένα αδύνατο σημείο των κατασκευών το οποίο μείωσε σε σημαντικό βαθμό την αποτελεσματικότητα τους στην εδαφική κίνηση.

Στην χώρα μας επειδή ακολουθείτε το συνεχές σύστημα οικοδόμησης, μια ακόμη παράμετρος που καθόρισε την συμπεριφορά των κτιρίων στους παραπάνω σεισμούς ήταν η αλληλεπίδραση παρακείμενων κατασκευών (κρούση). Ειδικότερα τα κτίρια που βρίσκονταν στην γωνία οικοδομικών τετραγώνων παρουσίασαν μεγαλύτερη τρωτότητα από τα ενδιάμεσα (Γράφημα 1&5). Βέβαια είναι γνωστό ότι η πλειοψηφία των γωνιακών κτιρίων έχουν κάτοψη σε σχήμα L (οριζόντια μη κανονικότητα) που σε συνδυασμό με την αλληλεπίδραση με παρακείμενες κατασκευές οδηγούν σε δυσμενή αποτελέσματα.

Όπως είδαμε και προηγουμένως η μη κανονικότητα αυξάνει την τρωτότητα των κτιρίων. Αυτή μπορεί να είναι είτε οριζόντια (μορφή κτιρίου σε κάτοψη L, Π, T) είτε καθ' ύψος (ρετιρέ, προσθήκες, δώματα). Τα στατιστικά δεδομένα των παραπάνω σεισμών (Γράφημα 5&8) το αποδεικνύουν.

Και για τις τρεις σεισμικές δονήσεις παρατηρείται ότι οι βλάβες αυξάνονται με την αύξηση του αριθμού των ορόφων. Τα κτίρια με πάνω από τρεις ορόφους παρουσιάζουν μεγαλύτερη τρωτότητα από τα υπόλοιπα (Γράφημα 3, 6 & 9).

Ένα άλλο φαινόμενο που καθόρισε τον βαθμό των βλαβών είναι εάν το δομικό σύστημα ήταν πλαισιωτό ή μεικτό. Το Γράφημα 8 δείχνει ότι τα κτίρια με πλαισιωτό δομικό σύστημα λόγω της πλαστικής συμπεριφοράς τους παρουσίασαν λιγότερες καταρρεύσεις αλλά σημαντικού βαθμού και έκτασης βλάβης απ' ό,τι αυτές με μεικτό δομικό σύστημα.

Μια τελευταία παράμετρος που έλαβε μέρος στην σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών και δεν είναι προφανή από τα στατιστικά δεδομένα είναι η ύπαρξη πρηνών τόσο στην περίπτωση του σεισμού του Αιγίου (πρηνές που χωρίζει την πόλη του Αιγίου από την ακτή) όσο και της Αθήνας (ρεύμα Χελιδονούς).

## **6. ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (ΤΟΕ)**

Είναι γεγονός από τα παραπάνω ότι η αντισεισμική θωράκιση της χώρας μας κρίνεται απαραίτητη. Όμως επειδή η αναβάθμιση του δομικού αποθέματος με νέες κατασκευές που συμπεριφέροντε πιο αποτελεσματικά στους σεισμούς γίνεται με αργούς ρυθμούς (1-2% ετήσιος αριθμός ανανέωσης) πρέπει να προχωρήσουμε στην ενίσχυση των υφιστάμενων κτιρίων. Ειδικότερα αν αναλογιστούμε ότι πολλά από τα κτίρια που ίσως χρειάζονται προσεισμική ενίσχυση ανήκουν στην κατηγορία με κατασκευές υψηλής σεισμικής διακινδύνευσης (όπως νοσοκομεία, σχολεία, κ.λ.π.).

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί από τον ΟΑΣΠ μια μέθοδος πρωτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου [7] βασισμένη στην Αμερικάνικη FEMA προσαρμοσμένη όμως κατάλληλα στα ελληνικά δεδομένα. Η μέθοδος αυτή μας βοηθάει να προσδιορίζουμε την τρωτότητα των κτιρίων με την διαδικασία του ταχέως οπτικού ελέγχου (ΤΟΕ), η οποία περιλαμβάνει τη συμπληρώσει ενός έντυπου [7] με τα στοιχεία της εκάστοτε κατασκευής. Το έντυπο αυτό περιέχει στοιχεία για την ταυτότητα του κτιρίου καθώς και στοιχεία που αφορούν τα δομικά του χαρακτηριστικά τα οποία λαμβάνουν μέρος στην σεισμική του συμπεριφορά. Από την επεξεργασία των στοιχείων αυτών για τα οποία έχει οριστεί κάποιος συντελεστής μειωτικός ή αυξητικός προκύπτει η δομική βαθμολογία (ΔΒ) του κτιρίου, εάν η ΔΒ είναι μικρότερη κάποιου ορίου (του 2.0 όπως έχει οριστεί από Καραμπίνης και Συνεργάτες (2001)) το κτίριο θεωρείται ότι δεν καλύπτει τον ΕΑΚ και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση (Β' και Γ' φάση του προσεισμικού ελέγχου).

Όμως για να εξετάσουμε την αξιοπιστία της παραπάνω μεθόδου (ΤΟΕ) είναι απαραίτητο να την εφαρμόσουμε σε κτίρια που έχουν είδη υποστεί βλάβες από σεισμούς του παρελθόντος και έτσι να δούμε κατά πόσο ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Έτσι παρακάτω παρουσιάζεται μια εφαρμογή του ΤΟΕ στα στατιστικά δεδομένα από τα 463

κτίρια (Γράφημα 8) που υπέστησαν διαφορετικού βαθμού και έκτασης βλάβες (93 καταρρεύσεις, 202 κόκκινα, 72 κίτρινα και 96 πράσινα) στον σεισμό της Αθήνας(1999) [4] καθώς και σε 49 κτίρια (Γράφημα18-20) εκ των οποίων τα 31 από ΟΣ που έπαθαν σοβαρές βλάβες στον σεισμό της Λευκάδος (2003) [3].

Από την εφαρμογή της Α' φάσης του προσεισμικού ελέγχου (ΤΟΕ) στα 463 κτίρια ΟΣ (Γράφημα 10-16) προκύπτει ότι:

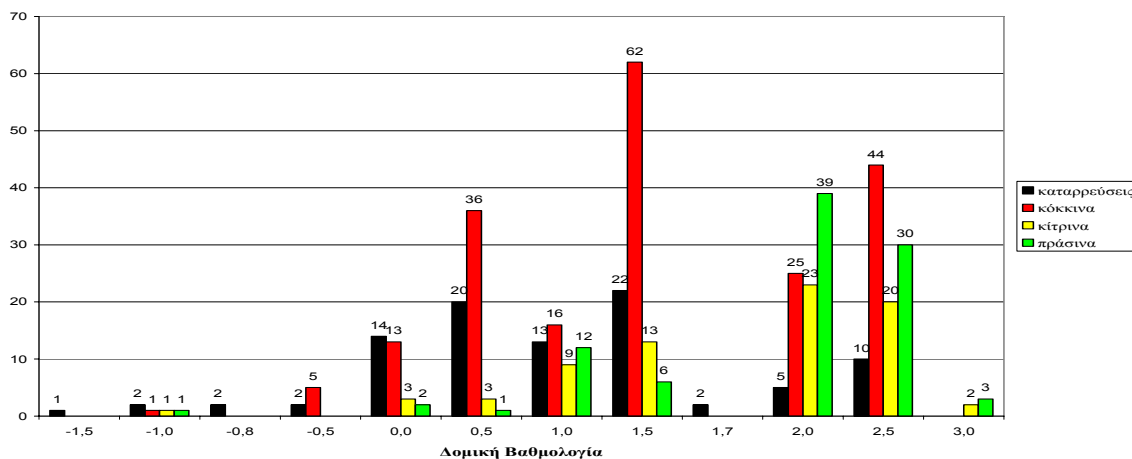
- Από τις κατασκευές που κατέρρευσαν το 84% είχε δομική βαθμολογία  $\Delta B < 2.0$ , από τα κτίρια που χαρακτηρίστηκαν με κόκκινο το 78% παρουσίασε  $\Delta B < 2.0$ , για τα κτίρια με μέσου βαθμού βλάβες (κίτρινα) το 70% των κατασκευών είχε  $\Delta B \leq 2.0$  και τα κτίρια με πράσινο χρώμα το 77% παρουσίασε  $\Delta B \geq 2.0$  (Γράφημα 10).
- Από τα 286 κτίρια με πλαισιωτό δομικό σύστημα τα 139 (48,6%) είχαν  $\Delta B < 2.0$  και τα 147 (51,4%) είχαν  $\Delta B \geq 2.0$  (Γράφημα 11).
- Από τις 177 κατασκευές με δυαδικό δομικό σύστημα οι 118 (66,7%) είχαν  $\Delta B < 2.0$  και οι 59 (33,3%) είχαν  $\Delta B \geq 2.0$  (Γράφημα 12).
- Στα 150 κτίρια με pilotί είχαμε: καταρρεύσεις (46) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 100%, κόκκινα (52) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 100%, κίτρινα (32) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 81%, πράσινα (20) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 70% (Γράφημα 13).
- Στις 23 κατασκευές με κοντά υποστυλώματα είχαμε: καταρρεύσεις (9) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 100%, κόκκινα (10) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 100%, κίτρινα (0), πράσινα (4) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 25% (Γράφημα 14).
- Σε 97 κτίρια με μη οριζόντια κανονικότητα είχαμε: καταρρεύσεις (9) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 100%, κόκκινα (10) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 100%, κίτρινα (0), πράσινα (4) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 25% (Γράφημα 15).
- Στα 119 κτίρια με μη κανονικότητα καθ' ύψος είχαμε: καταρρεύσεις (26) με  $\Delta B \leq 2.0$  σε ποσοστό 96%, κόκκινα (77) με  $\Delta B \leq 2.0$  σε ποσοστό 100%, κίτρινα (13) με  $\Delta B \leq 2.0$  σε ποσοστό 100%, πράσινα (13) με  $\Delta B < 2.0$  σε ποσοστό 85% (Γράφημα 15).

Επομένως συμπεραίνουμε ότι για το παραπάνω στατιστικό δείγμα (463 κτίρια) η εφαρμογή του ΤΟΕ στις περισσότερες περιπτώσεις προσεγγίζει ικανοποιητικά την πραγματικότητα και μας οδηγεί στις κατασκευές όπου απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Όμως είναι απαραίτητη η βελτιστοποίηση των συντελεστών από τους οποίους προκύπτει η δομική βαθμολογία ( $\Delta B$ ) ώστε να μην προκύπτουν κτίρια με  $\Delta B \geq 2.0$  (δηλαδή δεν χρήζουν περαιτέρω διερεύνηση) τα οποία είτε θα καταρρεύσουν είτε θα παρουσιάσουν μεγάλο (κόκκινες) ή μικρού (κίτρινες) βαθμού βλάβες, όπως φαίνεται στο Γράφημα 10, σε μια ενδεχόμενη ισχυρή εδαφική κίνηση.

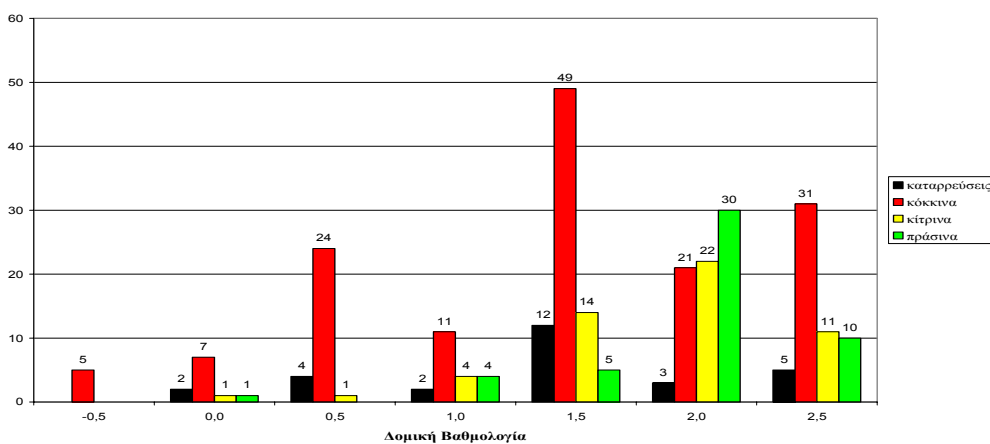
Για τις 49 κατασκευές, όπου στο Γράφημα 17, παρουσιάζεται η συσχέτιση του βαθμού βλάβης με τη δομική βαθμολογία, προκύπτει από την εφαρμογή της Α' φάσης του προσεισμικού ελέγχου (ΤΟΕ) ότι:

- Όλα τα κτίρια έχουν  $\Delta B < 2.0$  ακόμα και αυτά που έπαθαν μικρής έκτασης βλάβες (πράσινες). Όμως η πλειοψηφία των κατασκευών που έχουν χαρακτηριστεί ως πράσινες έχουν  $\Delta B \geq 1.0$  (Γράφημα 17).

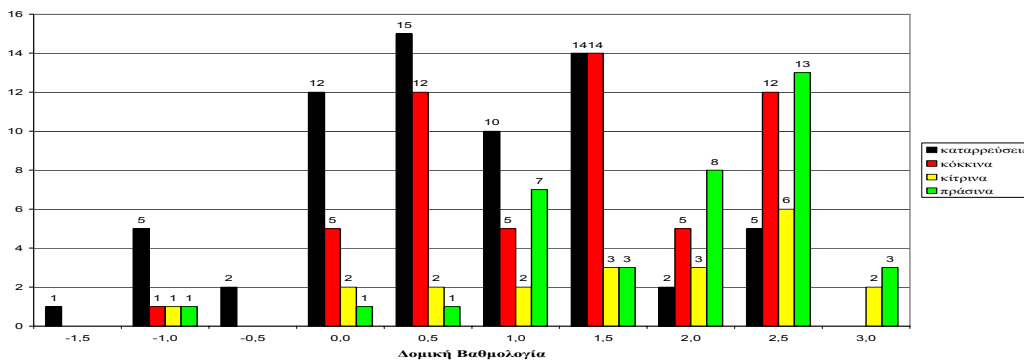
Είναι προφανές ότι ενώ προβλέπονται ικανοποιητικά σε αυτό το δείγμα (49 κτίρια) οι κατασκευές οι οποίες θα υποστούν μεγάλο και μεσαίου βαθμού βλάβες παρατηρείται ότι υπάρχουν και αρκετές που δεν εμφάνισαν τέτοια τάση στην πραγματικότητα. Αυτό οφείλεται στο ότι η δομική βαθμολογία των κτιρίων αυτών μειώνεται σε μεγάλο βαθμό λόγω του ότι ανήκουν στη ζώνη σεισμικότητας ΙΙΙ (ΕΑΚ2000). Έτσι είναι απαραίτητος ένας επαναπροσδιορισμός κάποιων συντελεστών ώστε να έχουμε μια σαφέστερη εικόνα της πραγματικότητας.



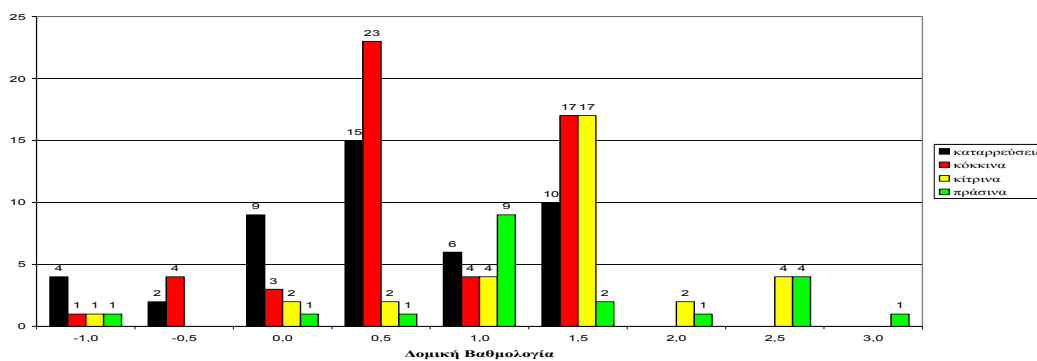
Γράφημα 10: Κατανομή των τιμών της Δομικής Βαθμολογίας στο σύνολο των κατασκευών με δομικό σύστημα από ΟΣ [4]



Γράφημα 11: Δομική Βαθμολογία σε κτίρια με πλαισιωτό δομικό σύστημα [4]

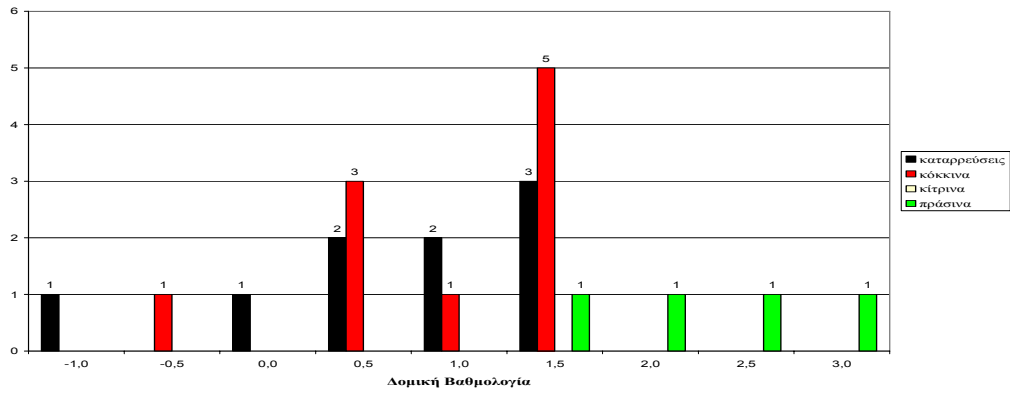


Γράφημα 12: Δομική Βαθμολογία σε κτίρια με δυαδικό δομικό σύστημα [4]

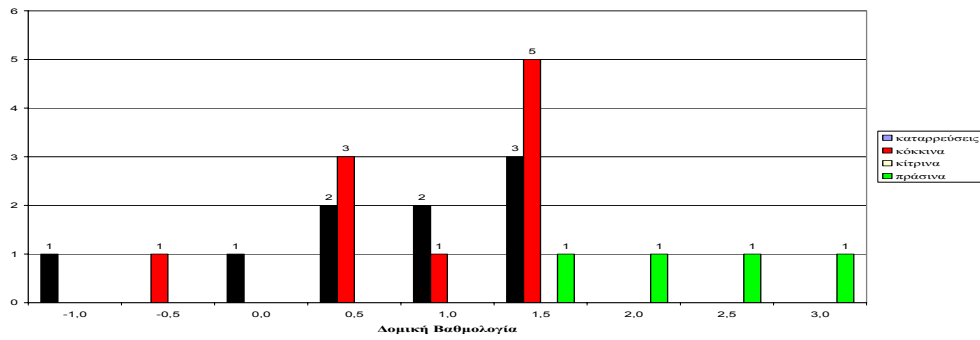


Γράφημα 13: Δομική Βαθμολογία σε κτίρια με piloti [4]

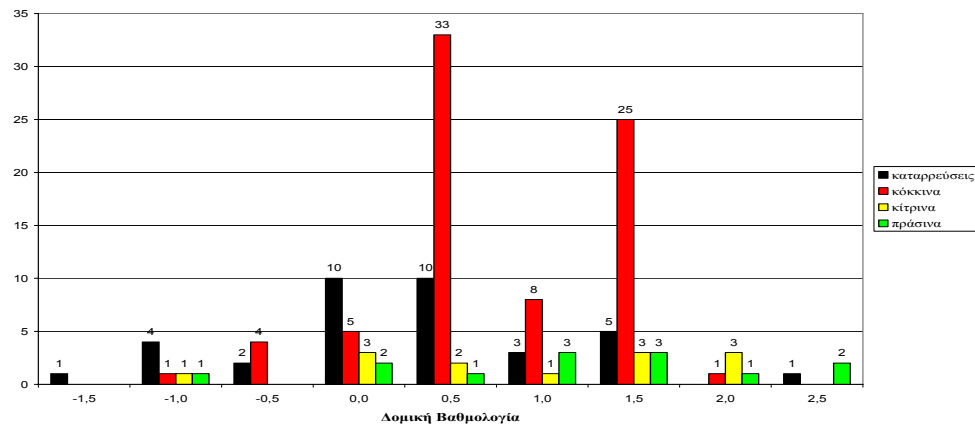




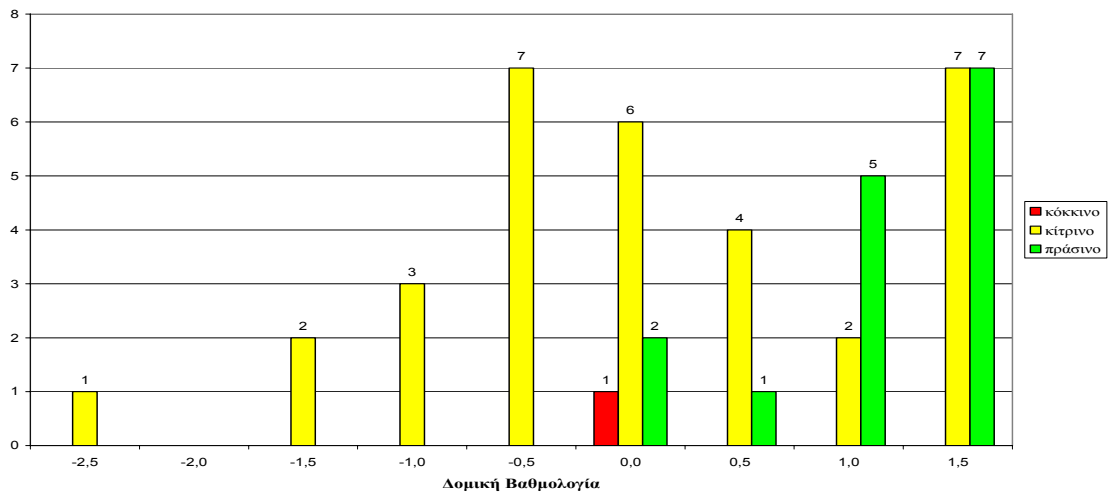
Γράφημα 14: Δομική Βαθμολογία σε κτίρια με κοντά υποστυλώματα [4]



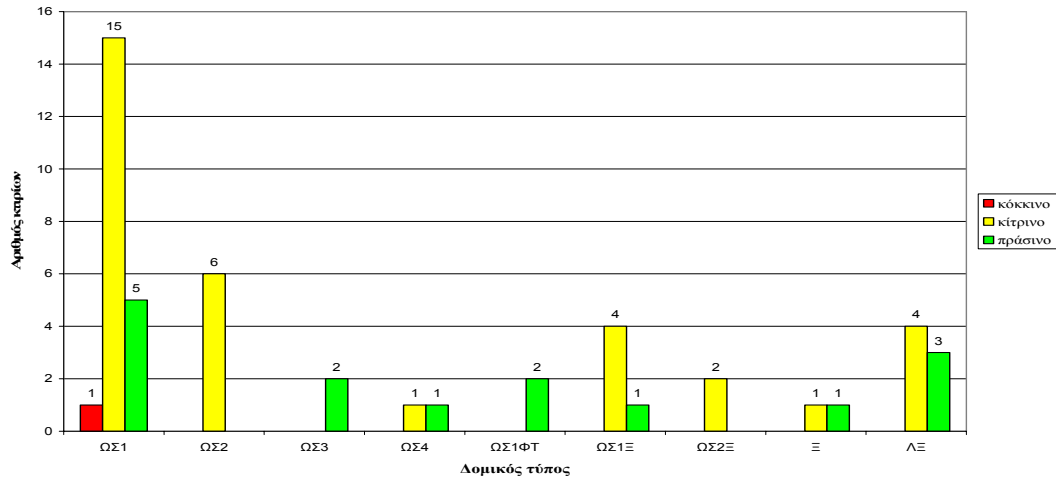
Γράφημα 15: Δομική Βαθμολογία σε κτίρια με οριζόντια μη κανονικότητα [4]



Γράφημα 16: Δομική βαθμολογία σε κτίρια με μη κανονικότητα καθ' ύψος [4]

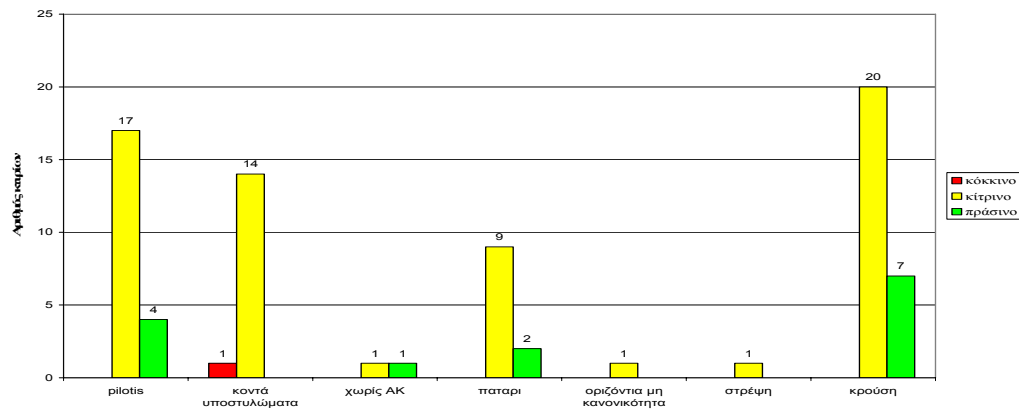


Γράφημα 17: Συσχέτιση βαθμού βλάβης και δομικής βαθμολογίας [3]

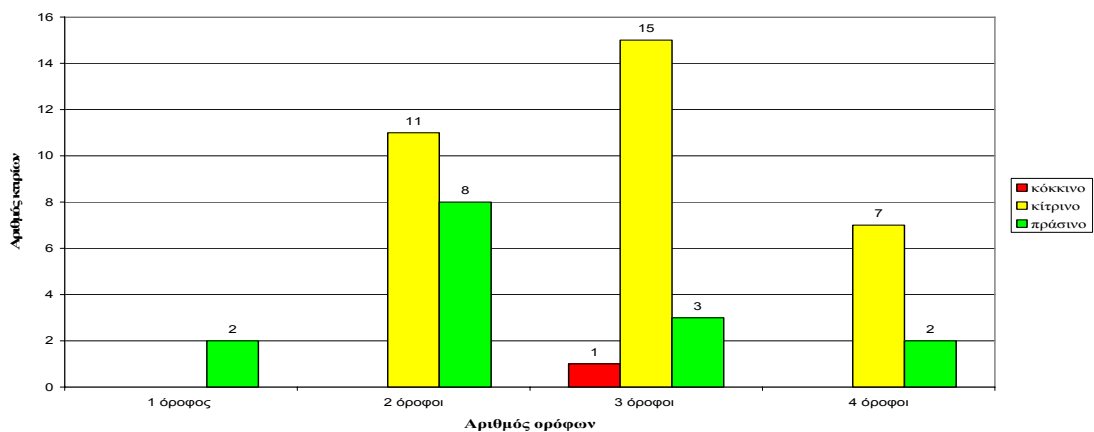


Γράφημα 18: Κατανομή βαθμού βλάβης ανά δομικό τύπο κατασκευής [3]\*

- \* ΩΣ1: πλαισιακό δομικό σύστημα ΟΣ με περίοδο κατασκευής από 1959-1985
- ΩΣ2: μικτό δομικό σύστημα ΟΣ με περίοδο κατασκευής από 1959-1985
- ΩΣ3: μικτό δομικό σύστημα ΟΣ με περίοδο κατασκευής από 1959-1985 και επαρκή τοιχώματα
- ΩΣ4: πλαισιακό δομικό σύστημα ΟΣ με περίοδο κατασκευής από 1985-1995
- Ξ: κατασκευές από ξύλο
- ΛΞ: κατασκευές από λιθοδομή και ξύλο



Γράφημα 19: Συσχέτιση βασικών δομικών χαρακτηριστικών και βαθμού βλάβης [3]



Γράφημα 20: Συσχέτιση αριθμού ορόφων και βαθμού βλάβης [3]

## 7.ΣΥΝΟΨΙΣ- ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φάνηκε από τα παραπάνω η χώρα μας βρίσκεται πάντα υπό την απειλή ενός ισχυρού κτυπήματος του εγκέλαδου ο οποίος θα προκαλέσει έντονα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα με χειρότερο την απώλεια ζωής. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ένα μεγάλο βήμα για την πρόβλεψη των σεισμών με την μέθοδο VAN (Παναγιώτης Βαρώτσος, Καίσαρ Αλεξόπουλος και Κωνσταντίνος Νομικός) πράγμα που ίσως στο μέλλον μας βοηθήσει να μειώσουμε σε μεγάλο βαθμό τις ανθρώπινες απώλειες χωρίς όμως με αυτό να καταφέρουμε να αποτρέψουμε τις καταρρέουσες κατασκευών με χαμηλή αντισεισμική ικανότητα, που οδηγούν σχεδόν πάντα σε μεγάλα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα. Επομένως το κύριο πρόβλημα δεν είναι ο σεισμός αλλά η ανεπαρκής αντισεισμική συμπεριφορά των κτιρίων στην εδαφική κίνηση. Αυτό άλλωστε προκύπτει και από έρευνα του ΤΕΕ [5] όπου το 80% των κτιρίων που ανεγέρθηκαν πριν από το 1985 χρειάζονται προσεισμική ενίσχυση ενώ εκείνα που είναι πιο ευάλωτα στις σεισμικές δονήσεις είναι αυτά με φέροντα οργανισμό από τοιχοποιία.

Έτσι με την βοήθεια των συμπερασμάτων από σεισμούς του παρελθόντος πρέπει να εξελίξουμε την διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής νέων κτιρίων καθώς και τις μεθόδους υπολογισμού της σεισμικής τρωτότητας και διακινδύνευσης ώστε να μπορούμε να ξεχωρίσουμε ποιες υφιστάμενες κατασκευές έχουν ανάγκη από προληπτική προσεισμική ενίσχυση. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει η χώρα μας να υποστηρίξει με ενδιαφέρον και να ενισχύσει τις προσπάθειες που γίνονται σήμερα μέσω του προγράμματος ΕΠΑΝΤΥΚ καθώς και να αγκαλιάσει κάθε προσπάθεια που γίνεται σήμερα στα Πανεπιστήμια της χώρας πάνω στην αντισεισμική θωράκιση με ότι συνεπάγεται (αντισεισμικές κατασκευές, σεισμολογία κ.λ.π.) ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τόσο προσεισμικά όσο και μετασεισμικά το φαινόμενο του σεισμού ενισχύοντας έτσι το θεσμό της «πολιτικής προστασίας».

## 8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καραντώνη Φ.Β., Φαρδής Μ.Ν., 2006: ‘Ανάλυση βλαβών κτιρίων από σκυρόδεμα στο σεισμό του Αιγίου (1995)’, 15<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου 2006.
- [2] Καραμπίνης Α.Ι., 2003: ‘Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα –τρωτότητα και διακινδύνευση’, 14<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Κως, 15-17 Οκτωβρίου 2003.
- [3] Καραμπίνης Α.Ι., Μπαλτζοπούλου Α.Δ., Ρουσάκης Θ.Χ., 2006: ‘Ο σεισμός της Λευκάδος στις 14 Αυγούστου 2003. Διερεύνηση της σεισμικής τρωτότητας των κατασκευών’, 15<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη, 25-27 Οκτωβρίου 2006.
- [4] Καραμπίνης Α.Ι., 2003: ‘Βαθμονόμηση της Α’ φάσης του προσεισμικού ελέγχου (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος)’, 14<sup>ο</sup> Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Κως, 15-17 Οκτωβρίου 2003.
- [5] ‘Η θωράκιση κοστίζει αλλά αντέχει’, Άρθρο από Δόμηση & Κατασκευαστές, τεύχος 24, Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Μάρτιος 2006
- [6] [http://www.teeker.gr/uploads/psifiaki/Vougioukas\\_DraseisEPANTYK.pdf](http://www.teeker.gr/uploads/psifiaki/Vougioukas_DraseisEPANTYK.pdf) , Β’ φάση ΕΠΑΝΤΥΚ (Εθνικό Πρόγραμμα Ενίσχυσης Υφισταμένων Κατασκευών)
- [7] <http://www.oasp.gr/proseis/> ,ΟΑΣΠ (Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας).