

**ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ****ΧΑΛΚΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ****ΕΡΓΑΣΙΑ Νο 5***Περίληψη*

*Η παρούσα εργασία αναφέρεται στον προσεισμικό έλεγχο υφισταμένων κατασκευών και κυρίως στο πρώτο στάδιο του, τον Πρωτοβάθμιο προσεισμικό έλεγχο ή Ταχύ Οπτικό έλεγχο. Αναλυτικότερα περιγράφεται η μέθοδος της αμερικάνικης Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης (FEMA) και η μέθοδος του ελληνικού Οργανισμού Αντισεισμικής Προστασίας (ΟΑΣΠ – ΥΠΕΧΩΔΕ) για τα κτίρια δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης. Επιπλέον γίνεται μια αναφορά στην προσπάθεια που ξεκίνησε πρόσφατα ο Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ) για τον προσεισμικό έλεγχο στα σχολεία όλης της Ελλάδας τόσο για τη δομική όσο και για τη μη δομική τρωτότητα.*

**1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η αντισεισμική δόμηση των κτιρίων αποτελεί αναμφισβήτητα τον κύριο και καθοριστικό παράγοντα για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου. Στην χώρα μας, που παρουσιάζει την υψηλότερη σεισμική επικινδυνότητα στην Ευρώπη, αποτελεί βασική προτεραιότητα ιδίως για τα κτίρια δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης όπως νοσοκομεία, σχολεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κ.α. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την σεισμική συμπεριφορά των κτιρίων, η αναζήτηση και ο εντοπισμός των οποίων αποτελεί εξαιρετικά δύσκολη εργασία. Και αυτό διότι σε πολλές περιπτώσεις οι μελέτες των κτιρίων έχουν χαθεί και πολλά κατασκευαστικά στοιχεία είναι αδύνατο να ελεγχθούν οπτικά. Επιπλέον η αβεβαιότητα του σεισμικού κινδύνου καθιστά το εγχείρημα της εκτίμησης της σεισμικής ασφάλειας ενός κτιρίου ακόμα πιο δύσκολο. Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικά βήματα, κυρίως με τη θεσμοθέτηση αυστηρών Αντισεισμικών Κανονισμών, που παρέχουν στα σύγχρονα κτίρια υψηλό επίπεδο αντισεισμικής προστασίας.

**2 ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ**

Δεν υπάρχει σήμερα κανονισμός (με ισχύ νόμου) που να καλύπτει τα θέματα της προσεισμικής αποτίμησης υφισταμένων κατασκευών (υπάρχουν ολιγάριθμοι κανονισμοί, όπως ο Ολλανδικός και ο Τσέχικος, που αναφέρονται σε θέματα μη-σεισμικής αποτίμησης, κυρίως στην επιρροή περιβαλλοντικών προσβολών όπως η διάβρωση). Ωστόσο στις ΗΠΑ έχει κυκλοφορήσει από την Ένωση Πολιτικών Μηχανικών (ASCE) ένα ολοκληρωμένο σχέδιο κανονισμού (ASCE 2000a) για τη σεισμική αποτίμηση των κτιρίων (αποτελεί μετεξέλιξη του προγράμματος 310 της FEMA, δηλαδή της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαχείρισης Καταστάσεων Έκτακτης Ανάγκης). Ο κανονισμός αυτός υιοθετεί τη φιλοσοφία των τριών επιπέδων (σταδίων) αποτίμησης, αρχίζοντας από τον ταχύ έλεγχο και φθάνοντας (εφόσον χρειαστεί) στην ανάλυση με τη βοήθεια σύγχρονων υπολογιστικών εργαλείων, όπως η ανελαστική ανάλυση.

Στην Ιαπωνία, οι οδηγίες για τη σεισμική αποτίμηση και ενίσχυση κτιρίων ξεκίνησαν να αναπτύσσονται ήδη από το 1977 με τελευταία αναθεώρηση για τα κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα το 1990. Οι οδηγίες αυτές αναπτύχθηκαν από την Japan Building Disaster Prevention Association (1990) υπό την εποπτεία του Υπουργείου Κατασκευών, δεν έχουν ισχύ Νόμου και η εφαρμογή του επαφίεται στις Τοπικές Αρχές. Από το 1977 έχουν εφαρμοσθεί ευρύτατα ιδίως σε κτίρια μικρού έως μέσου αριθμού ορόφων και σε σχολεία. Η ιαπωνική μέθοδος προβλέπει τρία επίπεδα ελέγχου. Η σεισμική αποτίμηση αρχίζει με εφαρμογή του κατώτατου επιπέδου ελέγχου, δηλ. του 1. Αν η εφαρμογή αυτή οδηγήσει σε

εντελώς ξεκάθαρο συμπέρασμα για τη σεισμική επάρκεια ή ανεπάρκεια του κτιρίου, η αποτίμηση σταματάει εκεί και η διαδικασία προχωρεί είτε σε κανονική χρήση του κτιρίου ως έχει, είτε σε ενίσχυση, είτε σε κατεδάφιση. Αν το αποτέλεσμα δεν είναι εντελώς ξεκάθαρο η διαδικασία προχωρεί στο επίπεδο ελέγχου 2 και στη συνέχεια το 3. Και στα τρία επίπεδα η αποτίμηση βασίζεται σε σύγκριση της ελαστικής σεισμικής τέμνουσας κάθε ορόφου του κτιρίου με την αντίστοιχη αντοχή του ορόφου

Το 1996 η New Zealand National Society for Earthquake Engineering συνέταξε για λογαριασμό των Νεοζηλανδικών Αρχών ένα σχέδιο οδηγιών για τη σεισμική αποτίμηση κτιρίων Οπλισμένου Σκυροδέματος. Το σχέδιο προτείνει δύο μεθόδους, η μία εκ των οποίων βασίζεται στις δυνάμεις και η άλλη στις μετακινήσεις, δίνοντας για την καθεμία πλήρη περιγραφή του τρόπου εφαρμογής της. Το τελικό σχέδιο (2002) αυτού του λεπτομερούς κειμένου πρόκειται να συμπεριληφθεί στο New Zealand Building Code Handbook αποτελώντας έτσι το πρώτο, διεθνώς, κείμενο Κανονισμού Αποτίμησης.[1]

### 3 ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

Προς την κατεύθυνση της αντισεισμικής θωράκισης υφιστάμενων κτιρίων (αλλά και γεφυρών) έγιναν διάφορες προσπάθειες και διατυπώθηκε σειρά προτάσεων που ο χώρος δεν επιτρέπει λεπτομερή παρουσίασή τους. Το ΤΕΕ προχώρησε στο τέλος του 1999 (μετά και από την εμπειρία του σεισμού της Αθήνας) στη σύσταση ενός προγράμματος που ονομάστηκε «ANTYK» (Αντισεισμική ενίσχυση υφιστάμενων κτιρίων). Περίληψη των κυριότερων αποτελεσμάτων του προγράμματος δημοσιεύθηκε από το ΤΕΕ (2001). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η προσπάθεια που έγινε να συνταχθούν χάρτες «μέσης εκτιμήτριας διακινδύνευσης» για το σύνολο της χώρας. Όπως αναμενόταν, η μεγαλύτερη τιμή διακινδύνευσης προέκυψε για την Αθήνα, όχι λόγω υψηλής επικινδυνότητας της περιοχής, αλλά λόγω του μεγάλου αριθμού των υπό διακινδύνευση στοιχείων (κτίρια, πληθυσμός, οικονομική δραστηριότητα).[1]

Στο ίδιο χρονικό διάστημα (αρχές 1998) συγκροτήθηκε από τον ΟΑΣΠ (Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας) ομάδα εργασίας ΟΕ με αντικείμενο επικεντρωμένο στα δημόσια κτίρια, που κι αυτή ενεργοποιήθηκε κυρίως μετά το σεισμό της Αθήνας. Όπως προκύπτει από την τελική έκθεση της ομάδας (ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ, 2000), η πρότασή της διαμορφώθηκε στην κατεύθυνση της υιοθέτησης του αντίστοιχου θεσμικού πλαισίου των ΗΠΑ, με κατάλληλη προσαρμογή στα ελληνικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, προτάθηκε μια διαδικασία ελέγχου σε τρία στάδια:

Το 1<sup>ο</sup> στάδιο συνίσταται σε ταχύ οπτικό έλεγχο, με βάση κυρίως το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) και έχει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- Τη βαθμολόγηση της σεισμικής ικανότητας των κτιρίων, αφού συμπληρωθεί ένα σύντομο έντυπο σχετικά με τα χαρακτηριστικά του δομικού συστήματος (γεωμετρία, υπερστατικότητα, κανονικότητα, κλπ.), την παρούσα κατάσταση και τη χρήση του κτιρίου.
- Εάν ο προκύπτων βαθμός είναι μικρότερος ενός ορίου (περίπου 2.0), το κτίριο θεωρείται ως καταρχήν μη ανταποκρινόμενο στον ΕΑΚ και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, αλλιώς ο έλεγχος ολοκληρώνεται με το 1<sup>ο</sup> στάδιο.

Το 2<sup>ο</sup> στάδιο συνίσταται σε προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας, με βάση κυρίως το Εγχειρίδιο FEMA 178 (1992) και βασικά χαρακτηριστικά:

- Έλεγχο δομικών στοιχείων για 85% των δράσεων του ΕΑΚ και εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από ελαστική ανάλυση είτε του συνόλου του κτιρίου είτε επιμέρους υποσυνόλων ή μεμονωμένων στοιχείων. Για τις ανάγκες της ανάλυσης γίνονται και περιορισμένης κλίμακας επιτόπου μη-καταστροφικές δοκιμές.

- Αν προκύψει μη-επάρκεια της διαθέσιμης αντοχής απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση (αλλιώς ο έλεγχος ολοκληρώνεται με το 2<sup>ο</sup> στάδιο).

Για το 3<sup>ο</sup> στάδιο η πρόταση της ΟΕ δεν είναι ιδιαίτερα λεπτομερής. Μια προτεινόμενη κατεύθυνση είναι να ακολουθεί η σύνταξη μελέτη ενίσχυσης, με βάση τον ΕΑΚ και τον Κανονισμό Σκυροδέματος (δηλ. τους ισχύοντες κανονισμούς) αλλά μειωμένες στο 85% σεισμικές δράσεις, θεωρώντας και μια κατάλληλη χαμηλή τιμή του  $q$  (δεν γίνεται συγκεκριμένη πρόταση τιμών). Μια άλλη κατεύθυνση είναι η δυνατότητα παρέκκλισης από τον ΕΑΚ, αλλά με έλεγχο των παραμορφώσεων κατά FEMA 273 (1997).[2]

Μια πολύ σημαντική εξέλιξη στο θέμα της αποτίμησης και προσεισμικής ενίσχυσης είναι η σύνταξη του πρώτου Ελληνικού Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) που άρχισε στα τέλη του 2000 από 17μελή επιτροπή η οποία συστάθηκε για το σκοπό αυτόν από τον ΟΑΣΠ.

Τέλος, μια άλλη σημαντική εξέλιξη στο θέμα της αποτίμησης και προσεισμικής ενίσχυσης είναι η προσπάθεια που ξεκίνησε πρόσφατα από τον ΟΑΣΠ (σε συνέχεια και των προτάσεων της προαναφερθείσας ΟΕ) για τον προσεισμικό έλεγχο των κτιρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης (ΟΑΣΠ 2001). Η φιλόδοξη αυτή προσπάθεια αποσκοπεί στην προσεισμική αποτίμηση όλων των δημοσίων κτιρίων της χώρας, καθώς και σειράς άλλων κτιρίων που χαρακτηρίζονται ως χώροι συγκέντρωσης του κοινού (έχουν επομένως αυξημένη σεισμική διακινδύνευση).

Η προαναφερθείσα μεθοδολογία εφαρμόστηκε αρχικά στα πλαίσια ενός πιλοτικού προγράμματος που ανατέθηκε στο Εργ. Σιδηροπ. Σκυροδέματος του ΑΠΘ από την Περιφέρεια Κεν. Μακεδονίας και αφορά τον προσεισμικό έλεγχο νοσοκομειακών και σχολικών κτιρίων της Θεσσαλονίκης (Στυλιανίδης κ.ά. 2003). Εξετάστηκαν συνολικά 500 κτίρια, εκ των οποίων 330 είναι νοσοκομειακά (το σύνολο των κτιρίων των δημοσίων νοσοκομείων) και τα υπόλοιπα σχολικά (τμήμα του συνολικού πληθυσμού των κτιρίων που στεγάζουν σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης). Ήδη σήμερα (Σεπ. 2003) έχουν εξεταστεί πάνω από 2000 κτίρια σε όλη τη χώρα και ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά στους επόμενους μήνες. Κύριος στόχος της προσπάθειας αυτής είναι να γίνει μια αρχική κατάταξη των κτιρίων από πλευράς σεισμικής διακινδύνευσης και να επιλεγεί ένας αριθμός από αυτά (όσα παρουσιάζουν την υψηλότερη διακινδύνευση), με προοπτική κάποια από αυτά να ενισχυθούν, μετά από κατάλληλη μελέτη (Στάδιο 3).[1]

#### 4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Ο καθορισμός των κατηγοριών κατασκευών ίσης τρωτότητας είναι από τα κρισιμότερα στοιχεία της μεθοδολογίας αυτής. Μια από τις πρώτες συστηματικές προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή έγινε από τον αμερικανικό οργανισμό ATC [Applied Technology Council] (1985). Το προτεινόμενο σχήμα για τα κτίρια φαίνεται στον Πίνακα 1 και παρατηρείται ότι για το Ο/Σ ορίζονται πέντε κύριες κατηγορίες

- Τοιχώματα και πλαίσια (μικτά ή δίδυμα συστήματα)
- Τοιχώματα χωρίς πλαίσια
- Πλάστιμα πλαίσια (σε σύγχρονα κτίρια, από τη δεκαετία του '70 και έπειτα)
- Μη-πλάστιμα πλαίσια (σε «παλιά» κτίρια)
- Προκατασκευασμένα κτίρια

Κάθε κύρια κατηγορία υποδιαιρείται περαιτέρω σε δύο ή τρεις υποκατηγορίες, ανάλογα με τον αριθμό ορόφων, δηλ.

- Χαμηλά κτίρια (με 1-3 ορόφους)
- Μέσου ύψους κτίρια (με 4-7 ορόφους)
- Ψηλά κτίρια (με 8 ή παραπάνω ορόφους) [3]

**Πίνακας 1:** Ταξινόμηση κτιρίων κατά ATC (1985)

| Υλικό και δομικό σύστημα   | Αριθμός ορόφων            |
|--|---------------------------|
| Άοπλη τοιχοποιία (φέροντες τοίχοι)   | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
| Άοπλη τοιχοποιία σε συνδυασμό με πλαίσια                                     | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Τοιχώματα από Ο/Σ σε συνδυασμό με πλαίσια                                    | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Τοιχώματα από Ο/Σ χωρίς (κύρια) πλαίσια                                      | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Τοιχώματα από οπλισμένη τοιχοποιία (ΟΤ) χωρίς (κύρια) πλαίσια                | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Τοιχώματα από ΟΤ σε συνδυασμό με πλαίσια                                     | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Χαλύβδινα πλαίσια με δικτυωτούς συνδέσμους                                   | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Χαλύβδινα πλαίσια με 'στερεούς' (συγκολλητούς) κόμβους (περιμετρικά πλαίσια) | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Χαλύβδινα πλαίσια με 'στερεούς' κόμβους ('κατανεμημένα' πλαίσια)             | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Πλάστιμα πλαίσια από Ο/Σ ('κατανεμημένα' πλαίσια)                            | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Μη-πλάστιμα πλαίσια από Ο/Σ ('κατανεμημένα' πλαίσια)                         | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Προκατασκευή από Ο/Σ (πλην των λυομένων)                                     | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
|  | μέσου ύψους (4-7 ορόφους) |
|  | ψηλά (≥8 ορόφους)         |
| Λυόμενα (συναρμολογούμενα) κτίρια  | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |
| Ξύλινα πλαίσια   | χαμηλά (1-3 ορόφους)      |

Αντίστοιχα, για τα κτίρια από τοιχοποιία ορίζονται τέσσερις κύριες κατηγορίες (δύο για οπλισμένη και δύο για άοπλη τοιχοποιία) και για τα κτίρια από χάλυβα τρεις κατηγορίες, με τις αντίστοιχες υποκατηγορίες, ενώ υπάρχει και ξεχωριστή κατηγορία για τα λυόμενα (tilt-up) χαμηλά κτίρια. Συνολικά η ταξινόμηση ATC-13 περιλαμβάνει 40 κατηγορίες κτιρίων (υπάρχουν και 3 κατηγορίες που δεν περιλαμβάνονται στον πίνακα 1 και αφορούν μονώροφα κτίρια μικρής σημασίας, π.χ. τροχόσπιτα). Η ταξινόμηση ATC-13 ορίζει ακόμη 38 κατηγορίες μη-κτιριακών έργων, όπως γέφυρες, αγωγοί, σήραγγες, κλπ.

Η βασική παραδοχή της μεθόδου ταξινόμησης είναι ότι το μέγεθος των αναμενόμενων απωλειών (εκφρασμένο ως ποσοστό της παρούσας αξίας της κατασκευής) είναι το ίδιο για

όλες τις κατασκευές που εντάχθηκαν στην ίδια κατηγορία. Προκύπτει έτσι το μεγάλο πρακτικό πλεονέκτημα ότι το σύνολο των κτιρίων σε ένα πολεοδομικό συγκρότημα μπορεί να ταξινομηθεί σε ένα σχετικά μικρό αριθμό κατηγοριών και οι απώλειες να υπολογιστούν γρήγορα και χωρίς κόπο. Ακόμη, στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας γρήγορος οπτικός έλεγχος της κατασκευής ή/και η χρήση τυχόν διατιθέμενων καταλόγων (π.χ. από πολεοδομικές ή στατιστικές υπηρεσίες) αρκούν για να γίνει η ταξινόμηση των κατασκευών.

Από την άλλη πλευρά, η παραδοχή σταθερών απωλειών ανά κατηγορία έχει το μεγάλο μειονέκτημα ότι κτίρια με σημαντικές διαφορές στα δυναμικά χαρακτηριστικά τους ή και στην αντοχή τους θεωρούνται ότι έχουν την ίδια ακριβώς τρωτότητα.

## 5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Οι μέθοδοι αξιολόγησης επικεντρώνονται σε όποια δομικά ή άλλα στοιχεία μιας κατασκευής είναι κρίσιμα σε σχέση με τη σεισμική συμπεριφορά. Τα αποτελέσματα του επιτόπου οπτικού ελέγχου της κατασκευής συνοψίζονται σε ένα ειδικό έντυπο ελέγχου (inspection form) που αποτελεί βασικό στοιχείο σε κάθε μέθοδο αξιολόγησης. Ένα τέτοιο έντυπο πρέπει να είναι αρκετά απλό ώστε να συμπληρώνεται από έναν μέσο μηχανικό στα πλαίσια του προκαθορισμένου χρόνου, αλλά και σχετικά λεπτομερές ώστε με βάση αυτό να προκύπτει μια σαφής εικόνα της τρωτότητας της κατασκευής.[1]

### 5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Κάθε χαρακτηριστικό της κατασκευής που ελέγχεται (και κατόπιν σημειώνεται στο αντίστοιχο έντυπο) αξιολογείται με μια συγκεκριμένη βαθμολογία που αντιπροσωπεύει την επάρκειά του σε σχέση με τις αντισεισμικές απαιτήσεις επιτελεστικότητας (performance). Η βαθμολογία μπορεί να είναι είτε ποιοτικού χαρακτήρα (π.χ. καλό – μέτριο – κακό) είτε ποσοτικού (π.χ. από 0 ως 100). Οι επιμέρους βαθμολογίες αθροίζονται κατόπιν για το σύνολο της κατασκευής, χρησιμοποιώντας και συντελεστές βαρύτητας που συνεκτιμούν τη σχετική σημασία του κάθε χαρακτηριστικού που αξιολογείται, και με τον τρόπο αυτόν προκύπτει μια συνολική βαθμολογία για όλη την κατασκευή. Η βαθμολογία αυτή είναι το κλειδί για τη λήψη μιας τελικής απόφασης σε σχέση με το εάν η κατασκευή είναι σεισμικά επαρκής, ή χρειάζεται μια τοπική ή γενική ενίσχυση, ή ενδεχομένως είναι σκόπιμη μια λεπτομερέστερη αποτίμηση (με ανάλυση ή και δοκιμές) προτού ληφθεί μια τελική απόφαση. [1]

### 5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΙΤΑΛΙΚΟΥ GNDDT

Από τις σύγχρονες μεθόδους αξιολόγησης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Ευρώπη (και την Ελλάδα) παρουσιάζει αυτή που αναπτύχθηκε στην Ιταλία υπό την αιγίδα της GNDDT (Εθνική Επιτροπή Αντισεισμικής Άμυνας) και με συμμετοχή σειράς πανεπιστημιακών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της αποτίμησης της τρωτότητας. Η GNDDT εφαρμόζει τρία επίπεδα αυξανόμενης πολυπλοκότητας, που αρχίζουν από *ταχείς ελέγχους* για τον καθορισμό της έκθεσης σε σεισμικό κίνδυνο (ιδιοκτησίες, ανθρώπινες ζωές), και κατόπιν, διαδοχικά, το επίπεδο I και το επίπεδο II της αποτίμησης τρωτότητας, με αντίστοιχα ερωτηματολόγια το καθένα, με εφαρμογή τόσο στις κατασκευές Ο/Σ όσο και σ' αυτές από τοιχοποιία.[1]

### 5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ FEMA

Στις ΗΠΑ, τα ήδη υπάρχοντα κείμενα οδηγιών και συστάσεων για θέματα σεισμικής αποτίμησης περιλαμβάνουν καταρχήν το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) που αφορά στον ταχύ οπτικό έλεγχο των κτιρίων. Η μέθοδος βασίζεται στη συμπλήρωση ενός σύντομου εντύπου που, προσαρμοσμένο στα Ελληνικά δεδομένα (ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ 2000) περιλαμβάνει

βασικά στοιχεία για το κτίριο. Το έντυπο συνοδεύεται από ένα συνοπτικό φύλλο αναφοράς που βοηθά το μηχανικό στη συμπλήρωσή του. Το κλειδί στην εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η κατάταξη του κτιρίου σε έναν από τους 12 βασικούς δομικούς τύπους του οπότε και παίρνει καταρχήν τη λεγόμενη “βασική βαθμολογία” που κυμαίνεται από 1.0 ως 5.5 (“άριστα”). Η βαθμολογία αυτή μειώνεται κατόπιν εφόσον συντρέχουν μια σειρά από δυσμενείς παράγοντες που σχετίζονται κυρίως με τη μορφολογία του κτιρίου, ενώ αυξάνεται (κατά 2 μονάδες) αν το κτίριο έχει σχεδιαστεί με βάση ένα σύγχρονο αντισεισμικό κανονισμό (για την Ελλάδα αυτό ισχύει από το 1985 και πέρα). Η σεισμική διακινδύνευση εκτιμάται τελικά με συνδυασμό της βαθμολογίας του κτιρίου και της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής όπου βρίσκεται. Η μέθοδος του Εγχειριδίου FEMA 154 εφαρμόστηκε σε πάνω από 70000 κτίρια στις ΗΠΑ, κυρίως (αλλά όχι αποκλειστικά) δημόσια ή/και υψηλής σπουδαιότητας, ενώ έχει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με τη μέθοδο που υιοθετήθηκε στην Ελλάδα από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

Η μεθοδολογία του FEMA 178 περιλαμβάνει 1 γενικό έντυπο και 15 ειδικά έντυπα, ένα για κάθε τύπο κτιρίου (5 για χαλύβδινα, 3 για Ο/Σ, 2 για ξύλινα, 2 για προκατασκευασμένα, 1 για κοινή τοιχοποιία, 2 για οπλισμένη τοιχοποιία).

Η τελική αποτίμηση βασίζεται σε σύνθεση ποιοτικών και ποσοτικών αποτελεσμάτων και ελέγχεται με βάση ένα από τα παρακάτω κριτήρια:

- Κριτήριο  $Q < C$  δηλ. η συνολική απαίτηση (από κατακόρυφα και σεισμικά φορτία) να είναι μικρότερη της αντοχής, ή
- Κριτήριο  $D_E / C_E$ , που είναι ο λόγος της ελαστικής σεισμικής απαίτησης (δηλ. για  $q=1$ ) προς την αντοχή που είναι διαθέσιμη για ανάληψη σεισμικών φορτίων (αφού δηλ. αφαιρεθεί το τμήμα της αντοχής που απαιτείται για την ανάληψη κατακόρυφων φορτίων).

Στη δεύτερη περίπτωση κρίσιμο είναι το στοιχείο με τον υψηλότερο λόγο  $D_E / C_E$ . Αν εκτιμηθεί (από τον μηχανικό) ότι αστοχία αυτού του στοιχείου οδηγεί και σε αστοχία της κατασκευής, ολοκληρώνεται η αποτίμηση. Αν όχι, ο έλεγχος συνεχίζεται για το επόμενο κρίσιμο στοιχείο, κ.ο.κ. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με σύνταξη καταλόγου αδυναμιών της κατασκευής (σε σχέση με την αντίστοιχη διακινδύνευση) και καθορισμό προτεραιοτήτων για πιθανή ενίσχυση.[3]

### 5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΑΣΠ – ΥΠΕΧΩΔΕ

Το 2001 ξεκίνησε από τον ΟΑΣΠ μια προσπάθεια για προσεισμικό έλεγχο όλων των δημοσίων κτιρίων της χώρας, καθώς και σειράς άλλων κτιρίων που χαρακτηρίζονται ως χώροι συγκέντρωσης του κοινού (έχουν επομένως αυξημένη σεισμική διακινδύνευση), με βάση τη μεθοδολογία του ερωτηματολογίου. Το πρώτο βήμα, βασισμένο εν πολλοίς στο Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988), συνίσταται στον ταχύ οπτικό έλεγχο του κτιρίου και στην επιτόπου συμπλήρωση κατάλληλου εντύπου (ερωτηματολογίου). Το έντυπο περιλαμβάνει γενικά στοιχεία, στοιχεία κανονικότητας και μορφολογίας του κτιρίου, κατάταξη του κτιρίου σε έναν από τους βασικούς δομικούς τύπους, κατάταξη του εδάφους σε συγκεκριμένη κατηγορία και κατάταξη του κτιρίου σε συγκεκριμένη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας. Οι βασικοί δομικοί τύποι που υιοθετήθηκαν φαίνονται στον Πίνακα 2. Ωστόσο, έχουν γίνει κάποιες απλοποιήσεις που είναι οι εξής:

- Οι 7 κατηγορίες (δομικοί τύποι) του Πίν. 2 έχουν συμπυκνωθεί σε τρεις (ΟΣα, ΟΣβ, ΟΣγ), με κριτήριο αποκλειστικά τον κανονισμό με τον οποίο κατασκευάστηκε το κτίριο (ΒΔ59, Πρόσθ. Άρθρα 1984, ΝΕΑΚ).
- Οι δομικοί τύποι κτιρίων με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία ΑΤ1 και ΑΤ2 έχουν συμπυκνωθεί σε έναν (ΑΤ).

Οι απλοποιήσεις αυτές έχουν ως σημαντική πρακτική συνέπεια ότι για την αναγνώριση του δομικού τύπου κατά τον επιτόπου έλεγχο δεν απαιτείται να είναι διαθέσιμα τα κατασκευαστικά σχέδια του κτιρίου (ώστε να διαπιστωθεί, π.χ. η ύπαρξη και ο αριθμός ή και το μήκος των τοιχωμάτων στα κτίρια Ο/Σ).[4]

**Πίνακας 2: Δομικοί τύποι κτιρίων (ΟΑΣΠ )**

|                       | ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ  | ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ  |
|-----------------------|---------------|--|---|
| ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ   | ΟΣ1           | Κτίριο με πλαίσιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα (ΟΣ)   | Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59)<br>Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54) |
|                       | ΟΣ2           | Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα)  | Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59)<br>Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54) |
|                       | ΟΣ3           | Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα επαρκή ώστε να απαλλάσσεται του Α/Σ υπολογισμού)  | Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59)<br>Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54) |
|                       | ΟΣ4           | Κτίριο με πλαίσιακό φέροντα οργανισμό από ΟΣ   | Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985<br>Κ/Σ '54   |
|                       | ΟΣ5           | Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα)  | Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985<br>Κ/Σ '54   |
|                       | ΟΣ6           | Κτίριο με πλαίσιακό φέροντα οργανισμό από ΟΣ   | Α/Σ : ΝΕΑΚ<br>Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ   |
|                       | ΟΣ7           | Κτίριο με μικτό φέροντα οργανισμό από ΟΣ (υποστυλώματα και τοιχώματα)  | Α/Σ : ΝΕΑΚ<br>Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ   |
| ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ          | ΠΟΣ1          | Κτίρια με προκατασκευασμένο πλαίσιακό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα  |   |
|                       | ΠΟΣ2          | Κτίρια με προκατασκευασμένα τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος  |   |
| ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ     | ΑΤ1           | Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, κυρίως λιθοδομή (αργοί ή ημιλαξευτοί λίθοι), χωρίς διαζώματα ή διαφράγματα, με ξύλινη στέγη  |   |
|                       | ΑΤ2           | Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, με διαφράγματα (πατώματα) από ΟΣ   |   |
|                       | ΔΤ            | Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, κυρίως λιθοδομή (αργοί ή ημιλαξευτοί λίθοι), με διαζώματα και διαφράγματα από ΟΣ   |   |
|                       | ΟΤ            | Κτίρια με φέρουσα οπλισμένη τοιχοποιία, κυρίως από σύγχρονου τύπου τοιχοσώματα, με διάσπαρτο οπλισμό (οριζοντίως και κατακόρυφος), με διαφράγματα και ίσως και πρόσθετα διαζώματα από ΟΣ   |   |
|                       | ΕΤ            | Κτίρια με φέρουσα άοπλη τοιχοποιία, επισκευασμένα και ενισχυμένα με διαζώματα, διαφράγματα και κατάλληλα συνδεδεμένους και θεμελιωμένους ελαφρούς μανδύες από ΟΣ, μονόπλευρους και αμφίπλευρους  |   |
|                       | Σημ. 1.       | Ός διαζώματα νοούνται οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία από ΟΣ, με ισχυρές συνδέσεις με τους τοίχους και με ισχυρούς κόμβους στις συναντήσεις τους, σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις και κανονιστικές απαιτήσεις/διατάξεις για διαζωματική/περισφιγμένη τοιχοποιία. |   |
|                       | Σημ. 2.       | Ός διαφράγματα νοούνται ελαφρές συνεχείς πλάκες από ΟΣ, με ισχυρές συνδέσεις με τους τοίχους και με το πλέγμα των οριζοντίων και κατακόρυφων διαζωμάτων, χωρίς μεγάλες τρύπες.   |   |
| ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ | ΧΑ1α          | Μονώροφα βιομηχανικά κτίρια  | Α/Σ 1959, DIN 1050 (ή άλλος ξένος κανονισμός)                                     |
|                       | ΧΑ1β          |  | ΝΕΑΚ<br>Ευρωκώδικας 3   |
|                       | ΧΑ2α          | Πολυώροφα μεταλλικά κτίρια ως χωρικά πλαίσια ή/και με κατακ. μεταλλικούς συνδέσμους  | Α/Σ 1959, DIN 1050 (ή άλλος ξένος κανονισμός)                                     |
|                       | ΧΑ2β          |  | ΝΕΑΚ<br>Ευρωκώδικας 3   |
|                       | Παρατήρηση:   | Για μεταλλικά κτίρια με τοιχώματα ή/και πυρήνες από σκυρόδεμα ισχύουν τα αντίστοιχα των τοιχωματικών κτιρίων από σκυρόδεμα.  |   |

Το έντυπο (ερωτηματολόγιο) του ΟΑΣΠ – ΥΠΕΧΩΔΕ φαίνεται στο Σχ.1. Περιλαμβάνει πέντε συνολικά ενότητες, από τις οποίες καθοριστικές σε σχέση με την τρωτότητα είναι οι Δ (δομικός τύπος κτιρίου) και Ε (λοιπά στοιχεία τρωτότητας).[2]

**ΕΝΟΤΗΤΑ Α: ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

1. ΝΟΜΟΣ: .....
2. ΔΗΜΟΣ: .....
3. ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: .....
- ..... ΤΚ Τηλ
4. ΟΝΟΜΑ ΚΤΙΡΙΟΥ: .....
5. ΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ: .....
6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΧΡΗΣΤΗ: .....
7. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ: .....
8. ΑΡΜΟΔΙΟΣ ΦΟΡΕΑΣ: .....
9. ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΥ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ: .....
10. ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΣΩΠΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΑΘΡΟΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ: ΜΕΧΡΙ 10  10 – 100  > 100

**ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ**

11. ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΡΟΦΩΝ: ..... ΥΠΟΓΕΙΩΝ: .....
12. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΤΟΨΗΣ: .....
13. ΟΛΙΚΗ ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ: .....
14. ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ: .....
15. ΕΤΟΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ: .....
16. ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ Η ΜΕΛΕΤΗ: ΝΑΙ  ΟΧΙ
17. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ Η ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ: ΝΑΙ  ΟΧΙ
18. ΕΧΕΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΕΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ: ΝΑΙ  ΟΧΙ
19. ΕΧΕΙ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΕΙ / ΕΝΙΣΧΥΘΕΙ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ: ΝΑΙ  ΟΧΙ
20. ΑΝ ΝΑΙ ΓΙΑ ΠΟΙΑ ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΠΟΤΕ: .....
- .....
21. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ Ε.Α.Κ.-2000: Σ1 Σ2 Σ3 Σ4
22. ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ: .....
- .....
23. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΕΓΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ:
1. ΟΝΟΜΑ: ..... 2. ΟΝΟΜΑ: .....
- ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: ..... ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: .....
24. ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: .....



| <b>ΕΝΟΤΗΤΑ Γ : ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ</b>     |   |                               |                               |                             |
|--|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 25. Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά Ε.Α.Κ. - 2000                |   |                               |                               |                             |
| I <input type="checkbox"/>   | II <input type="checkbox"/>                           | III <input type="checkbox"/>  | IV <input type="checkbox"/>   |                             |
| 26. Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας κατά το χρόνο μελέτης του Κτιρίου |   |                               |                               |                             |
| Πριν το 1995   | I <input type="checkbox"/>                            | II <input type="checkbox"/>   | III <input type="checkbox"/>  |                             |
| Μετά το 1995   | I <input type="checkbox"/>                            | II <input type="checkbox"/>   | III <input type="checkbox"/>  | IV <input type="checkbox"/> |
| 27. Κατηγορία Εδάφους κατά Ε.Α.Κ. - 2000                             |   |                               |                               |                             |
| A <input type="checkbox"/>   | B <input type="checkbox"/>                            | Γ <input type="checkbox"/>    | Δ <input type="checkbox"/>    | X <input type="checkbox"/>  |
| Άγνωστη κατηγορία εδάφους <input type="checkbox"/>                   |   |                               |                               |                             |
| <b>ΕΝΟΤΗΤΑ Δ : ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>                             |   |                               |                               |                             |
| 28. Δομικός τύπος του κτιρίου<br>(Σύμφωνα με το συνημμένο πίνακα 1)  |   |                               |                               |                             |
| ΟΣα <input type="checkbox"/>   | ΟΣβ <input type="checkbox"/>                          | ΟΣγ <input type="checkbox"/>  |                               |                             |
| ΠΟΣ1 <input type="checkbox"/>  | ΠΟΣ2 <input type="checkbox"/>                         |                               |                               |                             |
| ΑΤ <input type="checkbox"/>  | ΔΤ <input type="checkbox"/>                           | ΟΤ <input type="checkbox"/>   | ΕΤ <input type="checkbox"/>   |                             |
| ΧΛ1α <input type="checkbox"/>  | ΧΛ1β <input type="checkbox"/>                         | ΧΛ2α <input type="checkbox"/> | ΧΛ2β <input type="checkbox"/> |                             |
| <b>ΕΝΟΤΗΤΑ Ε : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ</b>                               |   |                               |                               |                             |
| (Σημειώστε με X τις θετικές απαντήσεις στα παρακάτω ερωτήματα)       |   |                               |                               |                             |
| 29.  | Χωρίς αντισεισμικό κανονισμό                          |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 30.  | Έχει αλλάξει η σπουδαιότητα λόγω αλλαγής της χρήσης   |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 31.  | Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις                   |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 32.  | Κακή κατάσταση λόγω ελλιπούς συντήρησης / κακοτεχνιών |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 33.  | Κίνδυνος κρούσης με γειτονικά κτίρια                  |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 34.  | Μαλακός όροφος  |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 35.  | Μη κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη           |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 36.  | Μεγάλο ύψος   |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 37.  | Μη κανονικότητα καθ' ύψος                             |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 38.  | Οριζόντια μη κανονικότητα                             |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 39.  | Ενδεχόμενο στρέψης                                    |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |
| 40.  | Κοντά υποστυλώματα                                    |                               |                               | <input type="checkbox"/>    |

**Σχ.1** Δελτίο προσεισμικού ελέγχου κτιρίων ΟΑΣΠ – ΥΠΕΧΩΔΕ

Με βάση τα στοιχεία του εντύπου προκύπτει μια βαθμολογία των Πίν. 3 και 4, η οποία βασίζεται σε προσαρμογή στα ελληνικά δεδομένα της αντίστοιχης βαθμολογίας του FEMA 154 (1988) και από την οποία εκτιμάται η σεισμική ικανότητα του κτιρίου.

**Πίνακας 3:** Αρχική και βασική βαθμολογία σεισμικής διακινδύνευσης δομικών τύπων

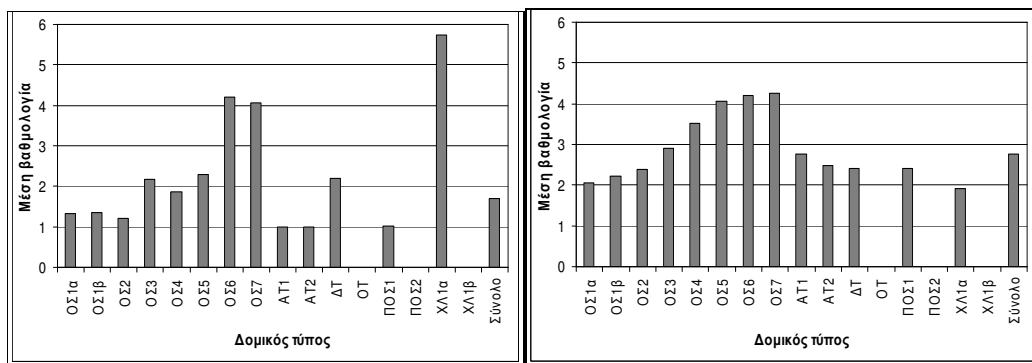
|                       | Δομικός Τύπος<br>(Πίνακας 8) | Αρχική Βαθμολογία<br>(ΑΒΣΚ) | Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας |      |        | Βασικά Δομικά Χαρακτηριστικά     |                                | Βασική Βαθμολογία<br>(ΒΒΣΚ) |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------|--------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                       |                              |                             | I                              | II   | III/IV | PILOTIS ή/και κοντά υποστυλώματα | Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης |                             |
|                       |                              |                             |                                |      |        |                                  |                                |                             |
| ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΛΕΜΑ   | ΟΣ1                          | 3.0                         | 0                              | -0.5 | -1.5   | -1.5                             | 0.5                            |                             |
|                       | ΟΣ2                          | 3.5                         | 0                              | -1.0 | -1.5   | -1.5                             | 0.5                            |                             |
|                       | ΟΣ3                          | 4.0                         | 0                              | -1.0 | -1.5   | -1.0                             | -                              |                             |
|                       | ΟΣ4                          | 4.0                         | 0                              | -1.0 | -1.5   | -1.5                             | 05                             |                             |
|                       | ΟΣ5                          | 4.0                         | 0                              | -1.0 | -1.5   | -0.5                             | 05                             |                             |
|                       | ΟΣ6                          | 5.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -0.5                             | -                              |                             |
|                       | ΟΣ7                          | 5.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -0.5                             | -                              |                             |
| ΠΡΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ         | ΠΟΣ1                         | 2.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -0.5                             | -                              |                             |
|                       | ΠΟΣ2                         | 3.5                         | 0                              | -1.0 | -1.5   | -                                | -                              |                             |
| ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ    | ΑΤ1                          | 2.5                         | 0                              | -0.5 | -1.5   | -                                | -                              |                             |
|                       | ΑΤ2                          | 3.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |
|                       | ΔΤ                           | 3.5                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |
|                       | ΟΤ                           | 4.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |
|                       | ΕΤ                           | 3.5                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |
| ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ | ΧΛ1α                         | 7.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |
|                       | ΧΛ1β                         | 7.0                         | 0                              | 0    | 0      | -                                | -                              |                             |
|                       | ΧΛ2α                         | 4.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |
|                       | ΧΛ2β                         | 6.0                         | 0                              | -0.5 | -1.0   | -                                | -                              |                             |

Παρατηρείται ότι για κάθε δομικό τύπο υπάρχει μια «αρχική βαθμολογία σεισμικού κινδύνου» (ΑΒΣΚ), τη οποία εκφράζει και την τρωτότητα ενός «μέσου» κτιρίου αυτού του τύπου. Εφόσον όμως υπάρχουν πρόσθετα στοιχεία τρωτότητας, όπως πιλοτή ή/και κοντά υποστυλώματα, ακανονικότητες, κλπ., η αρχική βαθμολογία μειώνεται (βλ. πίν. 3 και 4), ενώ στην περίπτωση ύπαρξης τοιχοπλήρωσεων με κανονική διάταξη, η βαθμολογία αυξάνεται (βλ. πίν. 3). Η τελική δομική βαθμολογία (Πίν. 4) εκφράζει όχι μόνο την τρωτότητα του κτιρίου αλλά και την επικινδυνότητα της περιοχής όπου βρίσκεται (Πίν. 3) καθώς και του εδάφους θεμελίωσης (Πίν. 4). Πρόκειται επομένως για βαθμολογία σεισμικής διακινδύνευσης («κινδύνου» κατά ΟΑΣΠ), η φυσική σημασία της οποίας είναι ότι τελικός βαθμός  $x$  σημαίνει πιθανότητα  $10^{-x}$  βαρείας βλάβης ή κατάρρευσης κατά το «σεισμό σχεδιασμού» (FEMA 1998), άρα οι βαθμολογίες πρέπει να έχουν τιμές μεγαλύτερες του μηδενός. Δυστυχώς, με τους πολλαπλούς συντελεστές (Πίν. 4) που μειώνουν τη βασική βαθμολογία, μπορεί να προκύψουν ακόμη και αρνητικές βαθμολογίες.[5]

**Πίνακας 4:** Δομικές βαθμολογίες και τροποποιητικοί συντελεστές

| ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ<br>(βλέπε<br>Πίνακα 8) | ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ |      |      |      |      |      |      | ΠΡΟΚΑΤΑΣΚ<br>ΕΥΗ |      | ΦΕΡΟΥΣΑ<br>ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ |      |      |      | ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ<br>ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ |      |      |      |
|--------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|----------------------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|
|                                      | ΟΣ1                 | ΟΣ2  | ΟΣ3  | ΟΣ4  | ΟΣ5  | ΟΣ6  | ΟΣ7  | ΠΟΣ1             | ΠΟΣ2 | ΑΤ1<br>/2            | ΔΤ   | ΟΤ   | ΕΤ   | ΧΛ1α                     | ΧΛ1β | ΧΛ2α | ΧΛ2β |
| Βασική Βαθμολογία                    |                     |      |      |      |      |      |      |                  |      |                      |      |      |      |                          |      |      |      |
| (όπως προκύπτει από<br>τον πίνακα 3) |                     |      |      |      |      |      |      |                  |      |                      |      |      |      |                          |      |      |      |
| * Χωρίς Αντισεισμικό<br>Κανονισμό    | -0.5                | -0.5 | -    | -    | -    | -    | -    | -                | -    | -0.5                 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5                     | -    | -0.5 | -    |
| Κακή κατάσταση                       | -0.5                | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5             | -0.5 | -0.5                 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5                     | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| Προηγούμενες<br>επιβαρύνσεις         | -1.0                | -1.0 | -1.0 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -1.0             | -1.0 | -0.5                 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5                     | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| Μεγάλο ύψος                          | -1.0                | -1.0 | -1.0 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5             | -0.5 | -0.5                 | -0.5 | -1.0 | -1.0 | -                        | -1   | -    | -1   |
| Μη κανονικότητα<br>καθ' ύψος         | -1.0                | -1.0 | -1.0 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -1.0             | -1.0 | -0.5                 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5                     | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| Οριζόντια μη<br>κανονικότητα         | -1.0                | -1.0 | -1.0 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -1.0             | -1.0 | -1.0                 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | -0.5                     | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| Στρέψη                               | -0.5                | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -1.0             | -1.0 | -1.0                 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | -0.5                     | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| Κρούση με γειτονικά                  | -0.5                | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -    | -    | -0.5             | -0.5 | -                    | -    | -    | -    | -                        | -    | -    | -    |
| Βαριές επικαλύψεις                   | -                   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -                | -    | -                    | -    | -    | -    | -1                       | -1   | -0.5 | -0.5 |
| Έδαφος ΕΔ 2                          | -0.3                | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3             | -0.3 | -0.3                 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3                     | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| Έδαφος ΕΔ 3                          | -0.6                | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6             | -0.6 | -0.6                 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6                     | -0.6 | -0.6 | -0.6 |
| Έδαφος ΕΔ 3 και άνω<br>των 5 ορόφων  | -0.8                | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.8             | -0.8 | -0.8                 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.8                     | -0.8 | -0.8 | -0.8 |

Τα προαναφερθέντα προβλήματα με τις τυχόν αρνητικές βαθμολογίες, αλλά και τα καινούρια στοιχεία σεισμικών βλαβών που προέκυψαν μετά την έκδοση του πρώτου Εγχειριδίου FEMA 154 (1988), οδήγησαν στην αναθεώρηση της αρχικής βαθμολογίας. Η νέα βαθμολογία δημοσιεύτηκε στη 2<sup>η</sup> έκδοση του Εγχειριδίου FEMA 154 (2001), όπου συμπεριλήφθηκαν και μια σειρά από άλλες αλλαγές, π.χ. σε σχέση με τον ορισμό των δομικών τύπων. Η βαθμολογία της 2<sup>ης</sup> έκδοσης του FEMA 154 προσαρμόστηκε στα ελληνικά δεδομένα από την ομάδα του ΕΣΣ του ΑΠΘ (Στυλιανίδης κ.ά. 2003) και εφαρμόστηκε στα κτίρια του προγράμματος προσεισμικού ελέγχου. Όπως φαίνεται στο Σχ. 2, οι διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων βαθμολογιών είναι σημαντικές, ήτοι οι βαθμολογίες κατά FEMA 154 (2001) είναι ενγένει σημαντικά υψηλότερες (και ποτέ αρνητικές!), με εξαίρεση τα κτίρια από χάλυβα για τα οποία το νέο FEMA 154 μείωσε σημαντικά την αρχική τους βαθμολογία (έγινε παρόμοια εκείνης των κτιρίων Ο/Σ).[2]



Σχ. 2: Μέση δομική βαθμολογία νοσοκομειακών κτιρίων Θεσσαλονίκης κατά ΟΑΣΠ (αριστερά) και κατά FEMA-154 (2001)

Η πρακτική σημασία της διαδικασίας βαθμολόγησης είναι ότι εάν ο προκύπτων βαθμός είναι μικρότερος ενός ορίου (π.χ. 2.0, δηλ. πιθανότητα αστοχίας 1%), το κτίριο θεωρείται ως καταρχήν μη ανταποκρινόμενο στον ΕΑΚ και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση (αλλιώς ο έλεγχος ολοκληρώνεται). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πιλοτικού προγράμματος προσεισμικού ελέγχου φαίνεται ότι, εφόσον εφαρμόζεται η βαθμολογία κατά ΟΑΣΠ, πιο ρεαλιστική φαίνεται μια αναπροσαρμογή του ορίου αποδοχής προς τα κάτω, π.χ. Δομική Βαθμολογία = 1.0. Πάντως, το ζήτημα του καταλληλότερου συστήματος βαθμολογίας και των αντίστοιχων ορίων αποδοχής πρέπει να θεωρείται διεθνώς ανοιχτό και χρήζει περαιτέρω έρευνας. Τέλος, από την εμπειρία εφαρμογής προκύπτει ότι η απόδοση μιας διμελούς ομάδας μηχανικών για την προετοιμασία, τον επιτόπου έλεγχο και τη συμπλήρωση του σχετικού δελτίου είναι δύο κτίρια ανά εργάσιμη ημέρα.[6]

#### 5.4.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

Ο κίνδυνος που εγκυμονεί ένας σεισμός δεν προέρχεται μόνο από την κατάρρευση του κτιρίου αλλά και από τις βλάβες που θα υποστούν τα διάφορα αντικείμενα. Πολλές φορές είναι απαραίτητη η εξασφάλιση της λειτουργίας ενός ουσιώδη εξοπλισμού σε περίπτωση σεισμού. Για το λόγο αυτό ο Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας προτείνει τη συμπλήρωση ειδικών δελτίων αυτοψίας για τα μη δομικά στοιχεία τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Αρχιτεκτονικά στοιχεία κτιρίου:(ψευδοροφές, παράθυρα, πόρτες, φώτα, κτλ.)
- Περιεχόμενο κτιρίου:(ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ντουλάπες, ράφια, έπιπλα)
- Εγκαταστάσεις κτιρίου:(υδραυλικές, ηλεκτρομηχανολογικές, φυσικού αερίου, ανελκυστήρες)

Η σεισμική επικινδυνότητα ενός δομικού στοιχείου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η σεισμικότητα της περιοχής, οι τοπικές εδαφικές συνθήκες, τα δυναμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, του μη δομικού στοιχείου και οι τυχόν συνδέσεις μεταξύ τους. Οι παράγοντες αυτοί καταγράφονται στο Δελτίο Ελέγχου της Μη Δομικής Τρωτότητας και λαμβάνονται υπόψη για την ασφάλεια του εξοπλισμού κατά τον σχεδιασμό. Οι επικινδυνότητες που προκύπτουν από βλάβες των μη δομικών στοιχείων διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή (KA):Η πιθανότητα τραυματισμού από αντικείμενα
- Απώλεια αγαθών (AA):Πιθανότητα απώλειας επισκευής ή αντικατάστασης από καταστροφή ενός αντικειμένου
- Διακοπή λειτουργίας (ΔΤ):Πιθανότητα μια συσκευή να τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω καταστροφής της

Σε κάθε περίπτωση τα μέτρα που θα ληφθούν θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε ο κίνδυνος για απώλεια ανθρώπινης ζωής (ΚΑ) να βρίσκεται πάντα στο χαμηλό επίπεδο επικινδυνότητας και η ευθύνη για την απώλεια αγαθών (ΑΑ) και τη διακοπή λειτουργίας (ΔΛ) να βαρύνει αρμόδιες διοικήσεις και εξαρτάται από τη σπουδαιότητα και τη χρήση του κτιρίου.[2]

#### 5.4.2 ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Μια ακόμα σημαντική εξέλιξη στο θέμα της αποτίμησης και προσεισμικής ενίσχυσης είναι η προσπάθεια που ξεκίνησε πρόσφατα από τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ) για τον προσεισμικό έλεγχο των σχολείων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής ο ΟΣΚ συνέταξε ένα δελτίο ελέγχου που να αναφέρεται αποκλειστικά στα σχολικά κτίρια. Το δελτίο αυτό δεν έχει ιδιαίτερες διαφορές από τα υπόλοιπα δελτία ελέγχου των κτιρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης ιδίως σε ότι αφορά τα τεχνικά στοιχεία του κτιρίου, τα σεισμολογικά στοιχεία της περιοχής και τα στοιχεία τρωτότητας. Εκεί που εντοπίζονται μερικές διαφορές είναι στους δομικούς τύπους των κτιρίων. Πιο συγκεκριμένα σχετικά με την προκατασκευή των σχολείων υπάρχουν και κάποιες επιπλέον κατηγορίες που περιλαμβάνουν μονώροφα προκατασκευασμένα μεταλλικά, ξύλινα ή λυόμενα κτίρια. Σε ότι αφορά τη φέρουσα τοιχοποιία των σχολείων γίνονται κάποιες επιπλέον διακρίσεις ανάλογα με τη λιθοδομή και το κονίαμα. Τέλος οι μεταλλικές κατασκευές των σχολείων περιλαμβάνουν μόνο μονώροφα ή διώροφα μεταλλικά πλαίσια σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κτίρια που μπορεί να είναι και πολυώροφα.

Το 2003 στα πλαίσια ενός προγράμματος του ΑΠΘ από την περιφέρεια κεντρικής Μακεδονίας εξετάστηκαν 200 περίπου σχολικά κτίρια με σκοπό μια αρχική κατάταξη των σχολείων από πλευράς σεισμικής διακινδύνευσης. Η προσπάθεια αυτή συνεχίζεται και σε υπόλοιπα μέρη της χώρας με όλο και πιο έντονους ρυθμούς.[7]

#### 5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι ο Ταχύς Οπτικός Έλεγχος (ΤΟΕ) γίνεται σε όλα τα κτίρια Δημόσια και κοινωφελούς χρήσης και αποσκοπεί στην καταγραφή των κτιρίων αυτής της κατηγορίας και στην πρώτη αποτίμηση της σεισμικής τους ικανότητας, με βάση στοιχεία που συλλέγονται και καταγράφονται σε ένα ειδικό Δελτίο Ελέγχου. Τα στοιχεία που συλλέγονται στο δελτίο αυτό παρέχουν τιμές σε ένα πρώτο «δείκτη σεισμικής ικανότητας» εκάστου κτιρίου, σύμφωνα με τον οποίο θα προσδιοριστούν οι προτεραιότητες για την αναγκαιότητα λήψης μέτρων. Επισημαίνεται ότι η διαδικασία του ΤΟΕ δεν αναστέλλει τις ευθύνες και τις υποχρεώσεις των αρμοδίων φορέων για τη λήψη άμεσων μέτρων προστασίας του κοινού και των εργαζομένων από κτίρια που κρίνονται επικίνδυνα από την ισχύουσα νομοθεσία. Τέλος επισημαίνεται ότι η διαδικασία του ΤΟΕ έχει σχεδιαστεί να είναι απλοποιημένη και τυποποιημένη, όσον αφορά τη συλλογή στοιχείων. Αυτό όμως συνεπάγεται ότι οι μηχανικοί πρέπει να διαθέτουν σημαντική εμπειρία σε ανάλογα θέματα προκειμένου τα στοιχεία που καταγράφονται να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Penelis G.G. Earthquake-resistant Concrete Structures, E & FN SPON (Chapman & Hall), London.
- [2] ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ «Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων Δημόσιας και Κοινωφελούς χρήσης», Γιάννης Βλάχος Π.Μ Ε.Μ.Π.

- [3] FEMA (1988) Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A Handbook (FEMA-154), ATC, Redwood City, California.
- [4] ΟΑΣΠ (2000) “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Έκδοση 2000)”, Αθήνα, 1999 (ΦΕΚ Β'2184/20-12-99) <http://www.oasp.gr>
- [5] ΥΠΕΧΩΔΕ – ΟΑΣΠ (2000) «Τεχνικές οδηγίες προσεισμικού ελέγχου τρωτότητας δημοσίων κτιρίων (Τεύχος Α)», Αθήνα
- [6] ΟΑΣΠ (2001) «Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτιρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης», Αθήνα.
- [7] ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ «Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου»