



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

**ΠΜΣ: Διαχείριση και Αποτίμηση Επαγγελματικού, Περιβαλλοντικού και
Φαρμακευτικού Κινδύνου**

**Η εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών στην Ελλάδα σε συνάρτηση με τα
σεισμικά γεγονότα και τις επιπτώσεις αυτών στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον,
στη δημόσια υγεία και στην οικονομική ζωή.**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

Νούκου Α. Πηνελόπης

Επιβλέπουσα: Αθηνά Λινού

Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Αθήνα, Ιούνιος 2018

Contents

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
ΜΕΡΟΣ Α	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΣ.....	5
1.1. Περὶ φυσικῶν Καταστροφῶν γενικά.....	5
1.2. Βασικὲς ἔννοιες Τεχνικῆς Σεισμολογίας	6
1.2.1. Χαρακτηριστικά των σεισμῶν	6
1.2.2. Κατηγορίες σεισμῶν	7
1.2.3. Αίτια και μηχανισμός γένεσης τεκτονικῶν σεισμῶν.....	8
1.2.4. Ἡ σεισμικότητα του Ἑλλαδικοῦ χώρου	10
1.2.5. Μέτρηση των σεισμῶν	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ.....	24
3.1. Βασικὲς ἔννοιες.....	24
3.2. Ανάλυση σεισμικοῦ κινδύνου	24
3.3. Αξιολόγηση και αντιμετώπιση σεισμικοῦ κινδύνου.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ	26
4.1. Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον	26
4.2. Αποτελέσματα στο δομημένο περιβάλλον.....	27
4.3. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη κοινωνία (ανθρώπινες απώλειες, τραυματισμοί, οικονομικὲς συνέπειες, επιπτώσεις στην ψυχικὴ υγεία, φαινόμενα εσωτερικῆς μετανάστευσης, οικονομικὲς συνέπειες).....	28
ΜΕΡΟΣ Β.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Ἡ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) – Ἡ ΑΝΑΓΚΗ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΕ ἘΝΑ ΕΝΤΟΝΑ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	41
6.1. Εισαγωγή- Ἡ πορεία προς τον Κανονισμό Επεμβάσεων.	41

6.2. Ανάγκη για κανονισμό μελέτης των δομητικών επεμβάσεων σε υφιστάμενα δομήματα.....	43
6.3. Ιστορική αναδρομή της συγγραφής και θέσπισης του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ).	48
6.4. Αρχές, κριτήρια και διαδικασίες του ΚΑΝΕΠΕ.	50
6.5. Βασικές έννοιες στον Κανονισμό Επεμβάσεων.	51
6.6. Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός ενός υφιστάμενου δομήματος.	54
6.7. Στατική Μελέτη Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού υφιστάμενου κτιρίου. 56	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ	63
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	67

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διαχείριση και Αποτίμηση Επαγγελματικού, Περιβαλλοντικού και Φαρμακευτικού Κινδύνου» και είχε σαν στόχο την συσχέτιση της σεισμικής ακολουθίας στη χώρα μας μέσω των επιπτώσεων των σεισμών στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον και στην ανθρώπινη κοινωνία, με την εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών.

Το πρώτο μέρος αποτελείται από πέντε κεφάλαια τα οποία έχουν ως εξής: στο πρώτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια στοιχεία για τις φυσικές καταστροφές γενικά και γίνεται μια λεπτομερειακή περιγραφή του φαινομένου του σεισμού με αρκετά στοιχεία Τεχνικής Σεισμολογίας, στο δεύτερο Κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές παράμετροι Αντισεισμικού σχεδιασμού οι οποίες συνιστούν τις βασικές έννοιες πάνω στις οποίες δομούνται οι Αντισεισμικοί Κανονισμοί, στο τρίτο Κεφάλαιο αναλύεται η έννοια του σεισμικού κινδύνου και στο τέταρτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των σεισμών στο φυσικό περιβάλλον, στις κατασκευές, στην οικονομική ζωή και στη σωματική και ψυχική δημόσια υγεία.

Το δεύτερο μέρος αποτελείται από το πέμπτο, έκτο και έβδομο Κεφάλαιο εκ των οποίων στο πέμπτο παρουσιάζεται η εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών σε συνάρτηση με τα σεισμικά γεγονότα στη χώρα μας, ενώ στο έκτο Κεφάλαιο γίνεται μία ανασκόπηση και παρουσίαση της πορείας εξέλιξης της δόμησης στη χώρα μας και των συνθηκών που μας οδήγησαν στην ανάγκη πρόληψης των επιπτώσεων των σεισμών μέσω της θέσπισης του Επεμβάσεων σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα (ΚΑΝΕΠΕ). Στο έβδομο και τελευταίο Κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα.

ABSTRACT

The present postgraduate thesis was elaborated within the framework of the Postgraduate Program "Management and Assessment of Occupational, Environmental and Pharmaceutical Risk" and aimed at the correlation between the seismic sequence in our country through the impact of the earthquakes in the natural and structured environment and in the human society, and the evolution of Earthquake Regulations.

The first part consists of five chapters, which are as follows: in the first chapter are presented some data on the natural disasters in general and is presented a detailed description of the phenomenon of the earthquake with several elements of technical seismology, in the second chapter are described the basic parameters of Antiseismic design which constitute the basic concepts on which the Earthquake Regulation is structured, the third Chapter analyzes the concept of seismic risk and in Chapter 4 are presented the effects of earthquakes on the natural environment, in construction, in economic life and in physical and mental health.

The second part consists of the fifth, sixth and seventh Chapters, of which the fifth is the evolution of the Earthquake Regulations in relation to the seismic events in our country, while in the sixth chapter there is a review and presentation of the evolution of the structure in our country and the conditions that led us to the need to prevent the impact of earthquakes through the introduction of interventions in reinforced concrete buildings (KANEPE). In the seventh and final chapter some conclusions are made.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φυσικές καταστροφές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ιστορίας του ανθρώπου από την εποχή που ο ίδιος βρισκόταν έρμαιο του φυσικού περιβάλλοντος και όχι επίδοξος ρυθμιστής του. Έτσι η ιστορία της ανθρωπότητας είναι γεμάτη από καταστρεπτικά γεγονότα όπως η έκρηξη του Ηφαιστείου της Πομπηίας το 79 μ.Χ., η έκρηξη του ηφαιστείου Ταμπόρα το 1815, η έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης το 1613 π.Χ., ο σεισμός στην Κρήτη το 365 μ.Χ. μερικά από τα οποία εξαφάνισαν ολόκληρους πολιτισμούς.

Κατά διαστήματα δόθηκαν διάφοροι ορισμοί στον όρο φυσική καταστροφή με το Κέντρο για την έρευνα στην Επιδημιολογία των Καταστροφών (Centre for Research on the Epidemiology of Disaster/CRED) να τη ορίζει ως *«Μια κατάσταση ή ένα γεγονός απρόβλεπτο και συχνά ξαφνικό που προκαλεί μεγάλη οικονομική ζημιά, τουλάχιστον 1% του ετήσιου ΑΕΠ ή/και ανθρώπινο πόνο επηρεάζοντας τουλάχιστον το 1% του συνολικού πληθυσμού της χώρας»* ενώ σύμφωνα με τον Οργανισμό του ΟΗΕ (United Nations Disaster Reduction Organization/ UNDRP) *«Καταστροφή είναι ένα γεγονός, συγκεντρωμένο στο χώρο και το χρόνο, κατά το οποίο μια κοινότητα υφίσταται σοβαρό κίνδυνο και παρουσιάζει τέτοιες απώλειες σε ανθρώπους και υλικές ζημιές, που η κοινωνική δομή διαλύεται και παρεμποδίζεται η εκπλήρωση όλων ή μερικών από τις ουσιαστικές λειτουργίες της»*

Τις τελευταίες δεκαετίες γίνεται εμφανές ότι οι Φυσικές Καταστροφές γίνονται όλο και πιο συχνές σε όλο τον κόσμο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια παγκόσμια ανησυχία σχετικά με τις επιπτώσεις που επιφέρουν στις περιοχές που πλήττουν. Σεισμοί, τυφώνες, παλινροϊκά κύματα, πλημμύρες και άλλα ακραία φυσικά φαινόμενα διαμορφώνουν και επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά, αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι ζουν με το περιβάλλον και αλληλοεπιδρούν με αυτό.

Οι Φυσικές Καταστροφές προκαλούν απώλειες ζωής, τραυματισμούς, υλικές ζημιές εκατομμυρίων δολαρίων αλλά και σοβαρές ψυχολογικές επιπτώσεις στους πληγέντες πληθυσμούς. Σύμφωνα με το Αμερικανικό Ινστιτούτο Έρευνας σε θέματα Περιβάλλοντος (World Watch Institute), για πρώτη φορά στην ιστορία, περισσότεροι άνθρωποι χάνονται από φυσικές καταστροφές παρά από πολέμους και επιδημίες. Παράλληλα η διεθνής έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις των Φυσικών Καταστροφών στην ψυχολογία του ανθρώπου διαπιστώνει ότι μερικά άτομα συνεχίζουν να αναπτύσσουν συμπτώματα μετα - τραυματικού στρες και άλλων ψυχολογικών προβλημάτων, όπως διαταραχές άγχους, ως αποτέλεσμα της έκθεσής τους σε Φυσικές Καταστροφές.

Παράλληλα όσον αφορά στο καθαρά οικονομικό σκέλος των επιπτώσεων, το κόστος των φυσικών καταστροφών για το 2017, όπως αυτό εκτιμάται από την ελβετική αντασφαλιστική εταιρία Swiss Re, ανέρχεται στα 306 δις δολάρια ενώ το κόστος σε ανθρώπινες ζωές ξεπερνά τις 11.000.

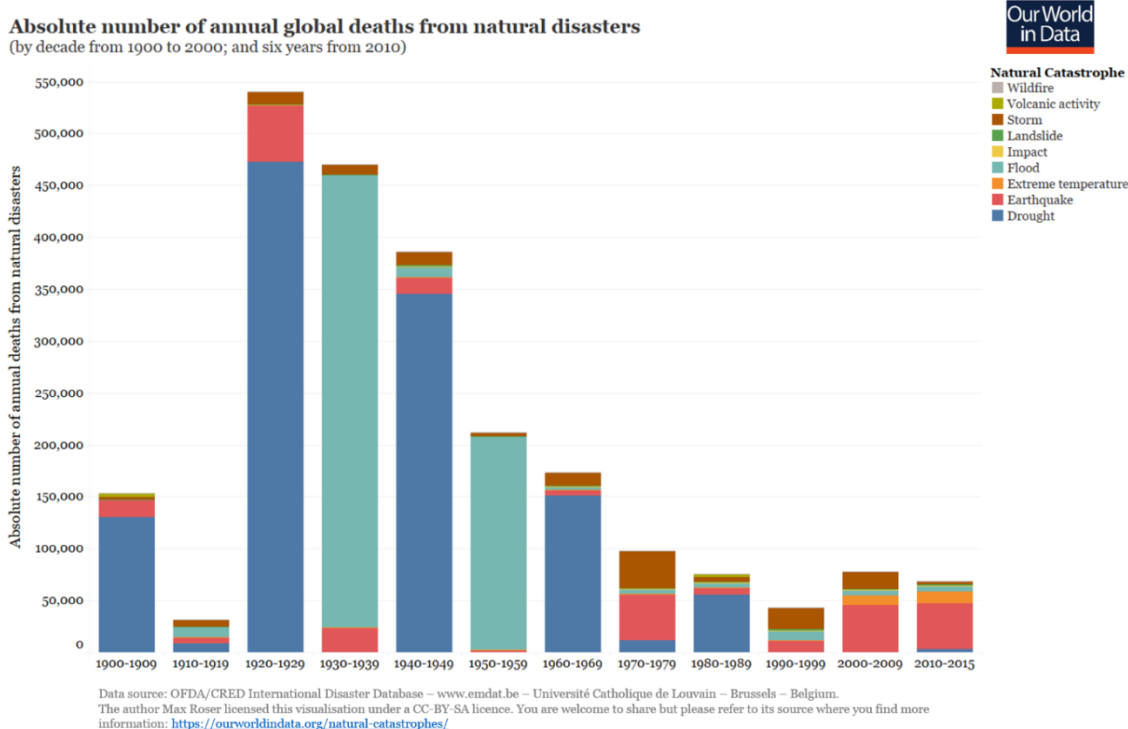
Η Ελλάδα εμφανίζεται σε διεθνείς βάσεις δεδομένων (συλλογή στοιχείων για το διάστημα 1900-2016) μέσα στις 12 πιο σεισμογενείς χώρες του κόσμου, ενώ μαζί με την Ιταλία αποτελούν τις πιο σεισμογενείς χώρες της Ευρώπης. Από στατιστικά στοιχεία για

τον Ελλαδικό χώρο κατά την περίοδο 1928-2004 συνολικά προκλήθηκαν 1341 θάνατοι από φυσικές καταστροφές εκ των οποίων 1036 από σεισμούς, 115 από καταιγίδες , 84 από καύσωνες , 78 από πλημμύρες και 28 από πυρκαγιές.

Από τα ανωτέρω καταδεικνύεται η σημασία της κατανόησης όλων των μηχανισμών και διαδικασιών που προκαλούν μια φυσική καταστροφή καθώς και η λήψη προληπτικών μέτρων για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεών τους όπου αυτό καθίσταται εφικτό. Άλλωστε σύμφωνα με τον Nichols (1974) ο καταλληλότερος τρόπος αντιμετώπισης των καταστροφών είναι η σχολαστική διερεύνηση τους και η απόκτηση όσο το δυνατόν περισσότερων γνώσεων σε σχέση με την φύση τους, τις εκδηλώσεις τους, αλλά και τις επιπτώσεις τους τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον.

Η πρόληψη στην περίπτωση των σεισμών έγκειται στην αξιοποίηση της έρευνας που διεξάγεται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία σχετικά με τις επιπτώσεις των σεισμών στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον, στην οικονομική ζωή και στη δημόσια υγεία και στη συνακόλουθη βελτιστοποίηση του κανονιστικού πλαισίου που διέπει τον αντισεισμικό σχεδιασμό βάσει των αποτελεσμάτων της διεπιστημονικής αυτής έρευνας.

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η εξέλιξη των Αντισεισμικών Κανονισμών στην Ελλάδα σε συνάρτηση με τα σεισμικά γεγονότα και τις επιπτώσεις αυτών τόσο στη σωματική και ψυχική δημόσια υγεία όσο και στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον αλλά και την οικονομική ζωή της χώρας.



Πίνακας 1: Ετήσιος αριθμός θυμάτων φυσικών καταστροφών παγκοσμίως Πηγή: OurWorldInData.org. [Online Resource]

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΣ

1.1. Περί φυσικών Καταστροφών γενικά

Σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, ως καταστροφή ορίζεται γενικά «μια σοβαρή διατάραξη της λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας, η οποία προκαλεί εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές ή περιβαλλοντικές απώλειες και επιπτώσεις που υπερβαίνουν την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας ή κοινωνίας να τις αντιμετωπίσει χρησιμοποιώντας τους δικούς της πόρους» (United Nations, 2009:9)

Ειδικότερα, οι Φυσικές Καταστροφές έχουν είτε υδρομετεωρολογική προέλευση, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των πλημμυρών και των ανεμοστρόβιλων, είτε ενδογενή προέλευση, όπως στην περίπτωση των σεισμών και των ηφαιστειακών εκρήξεων (Σκαναβή & Σακελλάρη, 2011:2).

Οι Φυσικές Καταστροφές είναι ευρέως γνωστό ότι προκαλούν απώλειες ζωής, καθώς και ζημιές σε υλικές εγκαταστάσεις όπως κτίρια και υποδομές, με αποτέλεσμα να επιφέρουν εκτεταμένες αρνητικές επιπτώσεις στις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες των επηρεαζόμενων κοινοτήτων (Kulatunga et al., 2014:1)

Η Φυσική Καταστροφή χαρακτηρίζεται ως «μεγάλη» στις περιπτώσεις που οι επιπτώσεις από μια Φυσική Καταστροφή ξεπερνούν την ικανότητα αντιμετώπισης της πληγείσας κοινότητας με αποτέλεσμα να απαιτείται εξωτερική βοήθεια. Σύμφωνα με τον Smith (1996:29), τα παρακάτω κριτήρια χαρακτηρίζουν μια Φυσική Καταστροφή ως «μεγάλη»: «περισσότερα από 100 θύματα, ή οικονομική απώλεια μεγαλύτερη του 1% του ΑΕΠ, ή να έχει πληγεί περισσότερο από το 1% του πληθυσμού».

Οι Φυσικές Καταστροφές επιφέρουν σημαντικές οικονομικές, ανθρωπιστικές και οικολογικές επιπτώσεις. Το οικονομικό κόστος διαχωρίζεται συνήθως σε τρεις κατηγορίες: τις άμεσες επιπτώσεις (π.χ. απώλειες μετοχικού κεφαλαίου), τις έμμεσες επιπτώσεις (π.χ. διακοπής επιχειρηματικής δραστηριότητας) και τις μακροοικονομικές επιπτώσεις (π.χ. απώλειες του ΑΕΠ). Στις ανθρωπιστικές επιπτώσεις περιλαμβάνονται οι απώλειες ζωών, οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων που πλήττονται από τη Φυσική Καταστροφή, αλλά και οι ψυχολογικές επιπτώσεις. Τέλος, στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις συγκαταλέγονται οι επιπτώσεις στα δάση, οι επιπτώσεις γενικά στα οικοσυστήματα, αλλά και η απώλεια καλλιεργήσιμων εκτάσεων.(Mechler 2004:13)

Μία άλλη επίπτωση των φυσικών καταστροφών σύμφωνα με τον Ehrenreich (2001) είναι τα προβλήματα που προκαλούν στον ιστό της κοινωνικής ζωής των περιοχών που πλήττουν. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να είναι είτε άμεσα και καθολικά, όπως όταν οι άνθρωποι αναγκάζονται να εγκαταλείψουν την περιοχή τους και να μεταναστεύσουν είτε έμμεσα με την ταχεία εισροή ατόμων για την παροχή βοήθειας και ατόμων των μέσων ενημέρωσης η οποία διαταράσσει ακόμα περισσότερο τη λειτουργία της κοινότητας. Επιπρόσθετα η διαταραχή των δεσμών των ανθρώπων που πλήττονται από τις καταστροφές μπορεί τελικά να είναι εξίσου καταστροφική συνέπεια με τις λοιπές μεμονωμένες επιπτώσεις. Σε κάθε περίπτωση η διατήρηση η μη των κοινωνικών και

οικογενειακών δεσμών μετά από μία καταστροφή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την επιτυχή διαχείρισή της από τα άτομα που επλήγησαν (Bonnano et al, 2010).

Τα προαναφερθέντα αποκτούν ιδιαίτερη βαρύτητα εάν λάβει κανείς υπόψη του τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι φυσικές καταστροφές. Σύμφωνα με τους Guha – Sapir et al. (2004:13) κατά μέσο όρο περισσότεροι από 255 εκατομμύρια άνθρωποι επλήγησαν ετησίως από Φυσικές Καταστροφές σε παγκόσμιο επίπεδο, μεταξύ του 1994 και του 2003. Κατά την ίδια περίοδο, οι καταστροφές αυτές απέβησαν μοιραίες για κατά μέσο όρο 58.000 ζωές ετησίως ενώ το 2003, 1 στους 25 ανθρώπους σε όλο τον κόσμο επλήγη από κάποιου είδους Φυσική Καταστροφή.

Η ολοένα αυξανόμενη συχνότητα εκδήλωσης φυσικών καταστροφών σε συνδυασμό με την ευρύτητα του φάσματος των επιπτώσεών τους όπως αυτές προαναφέρθηκαν οδήγησε στην ανάπτυξη του επιστημονικού κλάδου της επιδημιολογίας των καταστροφών.

Η επιδημιολογία των καταστροφών ασχολείται με τη μελέτη της εμφάνισης και της ακτίνας εξάπλωσης των θανάτων (θνησιμότητα), των τραυματισμών και των ασθενειών (νοσηρότητα) στους πληθυσμούς που επλήγησαν από φυσική ή τεχνολογική καταστροφή. Επιπρόσθετα, η επιδημιολογία των καταστροφών περιγράφει και εκτιμά τα αίτια και τους παράγοντες που διαμορφώνουν ή επηρεάζουν τη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα, με σκοπό την αξιολόγηση των αναγκών των πληγέντων πληθυσμών. Κατ' αυτόν τον τρόπο συνδέει τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων με την άμεση διαδικασία λήψης αποφάσεων και του διαθέσιμους πόρους με τις ανάγκες, αποτρέποντας περαιτέρω ανεπιθύμητες επιδράσεις στην υγεία.(Noji, 1996)

1.2. Βασικές έννοιες Τεχνικής Σεισμολογίας

1.2.1. Χαρακτηριστικά των σεισμών

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται συνήθως χωρίς σαφή προειδοποίηση, δεν μπορεί να αποτραπεί και παρά τη μικρή χρονική διάρκεια του, μπορεί να προκαλέσει μεγάλες υλικές ζημιές στις ανθρώπινες υποδομές με επακόλουθα σοβαρούς τραυματισμούς και απώλειες ανθρώπινων ζωών.

Έτσι λοιπόν διακρίνονται τα εξής ειδικά χαρακτηριστικά των σεισμών: το απρόβλεπτο ως προς την εμφάνιση, το “στιγμιαίο” ως προς τη διάρκεια, το ανεπαρκές ως προς την αντιμετώπιση και το εκτεταμένο ως προς την έκταση που καλύπτει η καταστροφή.

Οι σεισμοί είναι απρόβλεπτοι: Μέχρι σήμερα και παρά τις εντατικές ερευνητικές προσπάθειες δεν υπάρχει καμία επιστημονική μέθοδος ικανή να προβλέψει τον τόπο, το χρόνο, ή την ένταση του φαινομένου.

Οι σεισμοί είναι αιφνίδιοι. Στους σεισμούς, σε αντίθεση με ότι ισχύει για όλα τα άλλα φυσικά φαινόμενα (τυφώνες, πλημμύρες κ.λπ.), απουσιάζει τελείως η περίοδος της προειδοποίησης για την επερχόμενη καταστροφή. Οι άνθρωποι που πλήττονται από τους

σεισμούς βιώνουν μία ξαφνική και απόλυτη αλλαγή: από την πλήρη ηρεμία και φυσιολογικότητα μεταπίπτουν στην ασυγκράτητη καταστροφική μανία του εγκέλαδου που διαρκεί συνήθως λίγα δευτερόλεπτα. Το καταστροφικού γεγονότος εξελίσσεται με εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα, γεγονός που λειτουργεί επιβαρυντικά στην ψυχολογία του πληθυσμού που πλήττεται. Κανένα φυσικό φαινόμενο δεν προκαλεί τόση ανασφάλεια και φόβο όσο ο σεισμός και αυτό γιατί η αιφνιδιαστική του εμφάνιση και η σύντομη διάρκειά του δεν αφήνουν περιθώρια για προφύλαξη. Έτσι η απουσία οποιασδήποτε προειδοποίησης αυτό περιορίζει τη δυνατότητα των θυμάτων να κάνουν τις απαραίτητες ψυχολογικές προσαρμογές, οι οποίες μπορεί να διευκολύνουν την αντιμετώπιση (Jimerson et al., 2002:576).

Μια άλλη χαρακτηριστική παράμετρος των σεισμών είναι η δυνατότητα τους να πλήξουν πολύ μεγάλες περιοχές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται περίπτωση σεισμού που αφορούσε περιοχή έκτασης 1,5 εκατομμυρίων τετραγωνικών μιλίων και προκάλεσε ψυχολογική καταπόνηση σε πολύ μεγάλο αριθμό ανθρώπων (Nichols, 1974). Άλλο παράδειγμα χαρακτηριστικό του εύρους της σεισμικής δραστηριότητας αφορά το σεισμό του 1811 που είχε σαν επίκεντρο τις νοτιότερες πολιτείες των ΗΠΑ, αλλά η δόνηση που προκάλεσε έγινε αισθητή μέχρι τον Καναδά και την ανατολική ακτή (Nichols, 1974).

Ένα τελευταίο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των σεισμών είναι η μετασεισμική ακολουθία η οποία είναι απρόβλεπτης έντασης και συνεχίζεται για μερικές ώρες ή ακόμα και ημέρες. Το γεγονός αυτό δημιουργεί μια περιπλοκότητα στη φύση του καταστροφικού συμβάντος, επιβάλλοντας στους πληγέντες να ζουν σε κατάσταση συνεχούς εγρήγορσης από τον φόβο των μετασεισμών (Baum et al., 1983). Κατ' αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η αβεβαιότητα, επιβαρύνεται η πρόσφατη ψυχotraυματική εμπειρία, και τα θύματα αποθαρρύνονται από την ενασχόλησή τους με δημιουργικές δραστηριότητες που αποβλέπουν στην αποκατάσταση των ζημιών.

Στοχεύοντας στη βαθύτερη κατανόηση των επιπτώσεων των σεισμών, κρίνεται αναγκαία η έκθεση ορισμένων βασικών εννοιών σχετικών με το φυσικό αυτό φαινόμενο, όπως τα αίτια και ο μηχανισμός γένεσής του, οι ιδιότητες των σεισμικών κυμάτων και οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι για την μέτρηση των σεισμών.

1.2.2. Κατηγορίες σεισμών

Οι σεισμοί μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες με βάση την προέλευσή τους:

1. Σεισμοί λόγω ηφαιστειακής δραστηριότητας

Αποτελούν περίπου 7% των σεισμών και εμφανίζονται στις ηφαιστειακές περιοχές και οφείλονται στις απότομες κινήσεις και εκτονώσεις πιέσεων του μάγματος

2. Εγκατακρημνισιογενείς σεισμοί

Οφείλονται σε κατάρρευση υπογείων σπηλαίων και κατολισθήσεων. Αποτελούν το περίπου 3% του συνόλου της σεισμικής δραστηριότητας και οφείλονται είτε σε διάβρωση είτε είναι αποτέλεσμα ενός άλλου σεισμικού γεγονότος μεγάλου μεγέθους.

3. Τεκτονικοί σεισμοί

Αποτελούν το 90% περίπου των σεισμών στον πλανήτη μας και το σύνολο σχεδόν των σεισμών που λαμβάνουν χώρα στην Ελλάδα και για το λόγο αυτό εξετάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

1.2.3. Αίτια και μηχανισμός γένεσης τεκτονικών σεισμών

Η Γη από τη δημιουργία της βρίσκεται σε μια διαρκή μεταβολή υπό την επίδραση ενδογενών και εξωγενών δυνάμεων. Οι ενδογενείς δυνάμεις έχουν ως αποτέλεσμα τις κινήσεις των ηπείρων, τους σεισμούς, τις εκρήξεις ηφαιστείων, τη γένεση και καταστροφή των βουνών, τη δημιουργία νησιωτικών αλυσίδων κ.α.

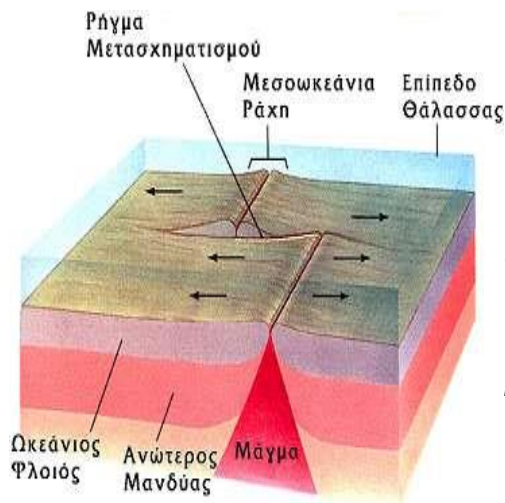
Η σημερινή σεισμική δράση σε μία περιοχή είναι αποτέλεσμα σχετικά πρόσφατης γεωλογικής διαδικασίας που ονομάζεται ενεργός τεκτονική της συγκεκριμένης περιοχής και ποικίλει σε μορφή και ένταση από άλλες περιοχές. Τα σπουδαιότερα γεωτεκτονικά φαινόμενα που παρατηρούνται και είναι αποτέλεσμα της ενεργού τεκτονικής συμβαίνουν πάνω σε ορισμένες ζώνες της επιφάνειας της Γης, οι οποίες κατατάσσονται χωρικά σε δύο συστήματα ζωνών, στο «ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης» και στο σύστημα των «μεσσωκεάνιων ράχων».

Ο ελληνικός χώρος βρίσκεται στην ευρασιατική-μελανησιακή ζώνη του ηπειρωτικού συστήματος διάρρηξης και το ελληνικό τόξο (Ιόνια- Κρήτη- Ρόδος) αποτελεί ένα από τα νησιωτικά τόξα του συστήματος. Αυτός είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο η ενεργός τεκτονική στη χώρα μας είναι έντονη.

Κατά τα τελευταία 25 χρόνια αναπτύχθηκε η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, που φαίνεται να δίνει μια σαφή ερμηνεία της παγκόσμιας σεισμικότητας ή τουλάχιστον βρίσκεται σε συμφωνία με σχεδόν το σύνολο των σεισμικών δεδομένων. Σύμφωνα με αυτή, το επιφανειακό στρώμα της γης, η λιθόσφαιρα, είναι ένα δύσκαμπτο στρώμα με μέσο πάχος 80 χλμ και αποτελείται από επτά λιθοσφαιρικές πλάκες (την Αφρικανική, της Β. Αμερικής, της Ν. Αμερικής, την Ευρασιατική, την Αυστραλιανή, την Ειρηνική) και άλλες μικρότερες. Η λιθόσφαιρα περιλαμβάνει το φλοιό και μέρος του πάνω μανδύα της Γης, ενώ το υποκείμενο στρώμα από παχύρρευστο υλικό ονομάζεται ασθενόσφαιρα. Οι δύσκαμπτες λιθοσφαιρικές πλάκες κινούνται πάνω στην παχύρρευστη ασθενόσφαιρα με σχετικές μεταξύ τους ταχύτητες που κυμαίνονται από 1 έως 20 εκ./έτος.

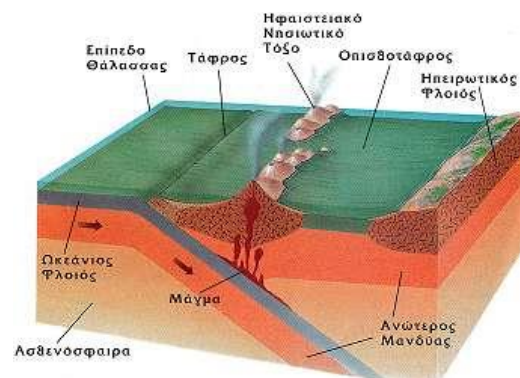
Τα διάφορα γεωλογικά φαινόμενα είναι εντονότερα σε περιοχές που συμπίπτουν με τα όρια των πλακών. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες δημιουργούνται στις μεσσωκεάνιες ράχες από θερμό υλικό προερχόμενο από το εσωτερικό της Γης το οποίο ψύχεται, στερεοποιείται και σχηματίζει εκατέρωθεν της ράχης τα τμήματα δύο πλακών, οι οποίες αποκλίνουν και απομακρύνονται από τη ράχη (όρια απόκλισης). Όταν η απομάκρυνση γίνεται με σχετικές οριζόντιες ολισθήσεις μεταξύ των πλακών πάνω σε κατακόρυφα ρήγματα (ρήγματα μετασχηματισμού), πρόκειται για όρια μετασχηματισμού. Στις ράχες έχουμε μέτρια σεισμική δράση με επιφανειακούς σεισμούς, με επίκεντρα πάνω στους άξονες των ράχων και στα ρήγματα μετασχηματισμού. Τα όρια σύγκλισης είναι περιοχές που συγκλίνουν δύο

πλάκες και η πυκνότερη καταδύεται κάτω από την άλλη μέχρι να καταστραφεί τελείως λόγω τήξης. Στις ζώνες σύγκλισης παρατηρείται έντονη σεισμική δράση σε μεγάλο βάθος.

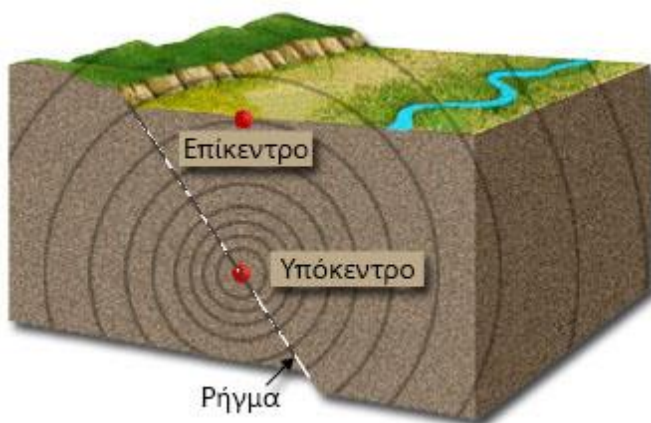


Εικόνα 1: Δημιουργία μεσσωκεάνιας ράχης σε περιοχή απόκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών και άνοδος θερμού υλικού (μάγματος). Η οριζόντια κίνηση των πλακών συμβαίνει κατά μήκος ενός ρήγματος μετασχηματισμού (πηγή: www.oasp.gr)

Εικόνα 2: Δημιουργία τόξου που αποτελείται από ωκεάνια τάφρο, ηφαιστειακό - νησιωτικό τόξο και οπισθοτάφρο σε περιοχή υποβύθισης μιας ωκεάνιας λιθοσφαιρικής πλάκας κάτω από την άλλη. (πηγή: www.oasp.gr)



Αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης και σύγκρουσης των λιθοσφαιρικών πλακών είναι η αργή παραμόρφωση των πετρωμάτων τους. Μέσα στα πετρώματα που βρίσκονται κοντά στα όρια των πλακών συγκεντρώνονται μεγάλα ποσά δυναμικής ενέργειας (ενέργεια παραμόρφωσης των πετρωμάτων) και αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις (δυνάμεις). Όταν οι τάσεις ξεπεράσουν το όριο αντοχής των πετρωμάτων, το πέτρωμά σπάει και δημιουργείται έτσι ένα σεισμικό ρήγμα, μία διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο τμημάτων του πετρώματος. Η δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια ταλάντωσης των υλικών σημείων των επιφανειών του ρήγματος που μεταδίδονται στα γειτονικά σημεία κ.ο.κ. και ονομάζονται σεισμικά κύματα. Τα σεισμικά κύματα κατά τη σεισμική διάρρηξη είναι δύο ειδών, τα επιμήκη (P) και τα εγκάρσια (S), ενώ όταν η σεισμική ενέργεια φτάσει στην επιφάνεια δημιουργούνται άλλες δύο κατηγορίες σεισμικών κυμάτων, τα κύματα Rayleigh και Love.



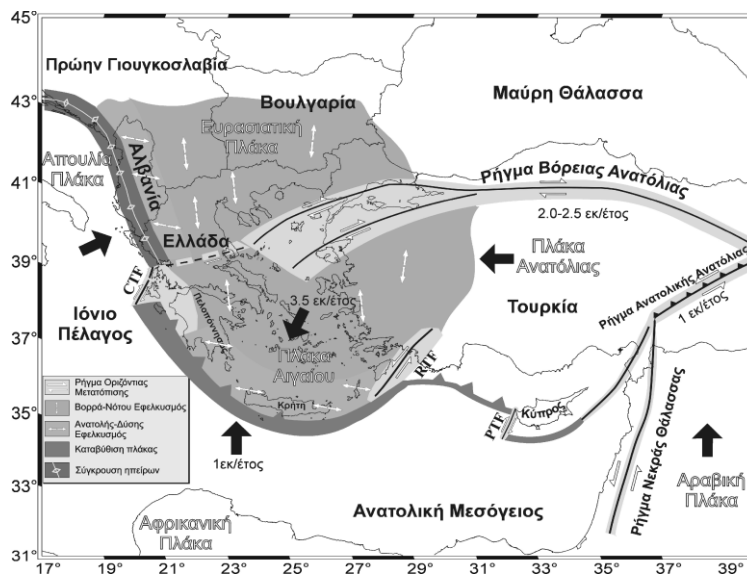
Εικόνα 3: Υπόκεντρο (εστία) και επίκεντρο του σεισμού.

Η ευρύτερη περιοχή γύρω από ένα σεισμικό ρήγμα όπου τα πετρώματα υφίστανται παραμορφώσεις πριν από τη γένεση ενός σεισμού και η οποία περιέχει όλη την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη γένεση ονομάζεται σεισμογόνος χώρος. Η διάρρηξη αρχίζει σε ορισμένο σημείο F του ρήγματος (εστία του σεισμού) και προχωράει πάνω στο ρήγμα προς ορισμένη κατεύθυνση και με ορισμένη ταχύτητα διάρρηξης, μέχρι να φτάσει στο σημείο R, όπου θα σταματήσει. Το σημείο στην επιφάνεια της Γης ακριβώς πάνω από την εστία (στην ίδια κατακόρυφο) λέγεται επίκεντρο του σεισμού, ενώ η απόσταση του από την εστία ονομάζεται εστιακό βάθος.

1.2.4. Η σεισμικότητα του Ελλαδικού χώρου

Η Ελλάδα βρίσκεται στην περιοχή σύγκλισης της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας (Παπαζάχος και Δρακόπουλος, 1992). Τα πιο ενδιαφέροντα σεισμικά χαρακτηριστικά στην περιοχή είναι το Ελληνικό Τόξο, η Ελληνική Τάφρος και η λεκάνη του βορείου Αιγαίου (μέγιστο βάθος 1500 m). Το Ελληνικό Τόξο αποτελείται από το εξωτερικό ιζηματογενές τόξο, που συνδέει τις Διναρικές Άλπεις με τις τουρκικές Ταυρίδες και από το παράλληλο εσωτερικό ηφαιστειακό τόξο. Το ιζηματογενές τόξο διατρέχει τη νότια οροσειρά των ελληνίδων, τα Ιόνια νησιά, την Κρήτη, την Κάρπαθο και τη Ρόδο.

Στην Ελλάδα γίνονται κυρίως επιφανειακοί και ενδιάμεσου βάθους σεισμοί. Το σύνολο σχεδόν των επιφανειακών σεισμών έχουν εστιακά βάθη μέχρι 15 km. Μεγαλύτερα βάθη (μέχρι 40 km) έχουν οι επιφανειακοί σεισμοί στο κυρτό μέρος του ελληνικού τόξου (νότια Πελοποννήσου- Κρήτης- Ρόδου). Η ενδιάμεσου βάθους σεισμική δράση συγκεντρώνεται στο νότιο Αιγαίο και οι μεγαλύτεροι από τους σεισμούς αυτούς ($M \geq 7.5$) γεννιούνται σε βάθη 60-100 km (Παπαζάχος και Δρακόπουλος, 1992).



Εικόνα 4: Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών που καθορίζουν την ενεργό τεκτονική στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές (Παπαζάχος, 2003)

1.2.5. Μέτρηση των σεισμών

Η ανάγκη σύγκρισης των σεισμών μεταξύ τους οδήγησε στην υιοθέτηση δύο διαφορετικών ποσοτήτων που χαρακτηρίζουν τους σεισμούς το μέγεθος, που αποτελεί το μέτρο της ενέργειας που εκλύεται και η ένταση, που αποτελεί το μέτρο των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων

Το μέγεθος ενός σεισμού είναι η ποσότητα που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ενέργειας ενός σεισμού και προσδιορίζεται με μετρήσεις διαφόρων παραμέτρων των σεισμικών κυμάτων όπως το πλάτος, η διάρκεια και η περίοδος. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται συνήθως η κλίμακα επιφανειακού μεγέθους, που βασίζεται σε μετρήσεις των πλατών των επιφανειακών κυμάτων περιόδου περίπου 20 δευτερολέπτων. Η ενέργεια ενός σεισμού είναι 28 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια ενός άλλου σεισμού που έχει μέγεθος κατά μία μονάδα μικρότερο.

Η ένταση του σεισμού δίνει το μέτρο των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων εκφράζει δηλαδή την επίδραση του σεισμού στο περιβάλλον, στους ανθρώπους, στα ζώα και στις τεχνικές κατασκευές. Τα μακροσεισμικά αποτελέσματα ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή καθώς εξαρτώνται από παραμέτρους όπως η απόσταση από το επίκεντρο, το έδαφος, ο τρόπος διάδοσης των σεισμικών κυμάτων κ.α. επομένως για τον σεισμό έχουμε διαφορετικές τιμές έντασης για κάθε περιοχή. Ο καθορισμός ενός μόνο μέτρου των σεισμικών βλαβών είναι ιδιαίτερα δυσχερές καθώς εξαρτώνται από στοιχεία τόσο της σεισμικής κίνησης (ταχύτητα, διάρκεια κ.α.) όσο και της τεχνικής κατασκευής. Αντί της ακριβούς μέτρησης γίνεται συνήθως ποιοτική εκτίμηση των σεισμικών βλαβών βάσει εμπειρικών κλιμάκων. Οι συνηθέστερες εμπειρικές κλίμακες που χρησιμοποιούνται είναι η τροποποιημένη 12βαθμια κλίμακα Mercalli (MM, 1931) και η κλίμακα Mercalli-Sieberg (MKS) που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και παρατίθεται στη συνέχεια.

Μακροσεισμική κλίμακα Mercalli-Sieberg	
Βαθμοί	Περιγραφή μακροσεισμικών αποτελεσμάτων
I	Καταγράφεται μόνο από σεισμικά όργανα.
II	Αισθητός σε ησυχία σε μερικά άτομα που βρίσκονται στους ψηλότερους ορόφους κτιρίων.
III	Αισθητός σε λίγους που βρίσκονται σε σπίτια.
IV	Αισθητός σε πολλά άτομα που βρίσκονται σε σπίτια και σε μερικά άτομα που βρίσκονται στο ύπαιθρο. Ξύπνημα λίγων. Φυγή λίγων στο ύπαιθρο. Κρότος παραθύρων, κτύπος στις πόρτες.
V	Αισθητός από όλα τα άτομα που βρίσκονται στα σπίτια και στο ύπαιθρο. Ξύπνημα πολυάριθμων. Φυγή πολυάριθμων στο ύπαιθρο. Αιώρηση ελεύθερα κρεμασμένων αντικειμένων. Ήχηση κουδουνιών, ρολογιών. Ανατροπή μερικών μικρών αντικειμένων.
VI	Ήχηση μικρών καμπάνων. Ανατροπή πολυάριθμων μεγάλων αντικειμένων. Πτώση λίγων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Βλάβες λίγες ελαφρές.
VII	Ήχηση μεγάλων καμπάνων. Πτώση πολυάριθμων κεραμιδιών, καπνοδόχων. Βλάβες μέτριες, πολλές. Μερική καταστροφή λίγων οικοδομών.
VIII	Μερική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% του ολικού αριθμού των κανονικών οικοδομών. Ολική καταστροφή λίγων κτιρίων.
IX	Μερική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του ολικού αριθμού των κανονικών οικοδομών. Ολική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% του ολικού αριθμού των κτιρίων.
X	Μερική καταστροφή όλων των κανονικών οικοδομών. Ολική καταστροφή σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% του ολικού αριθμού των κτιρίων.
XI	Ολική καταστροφή όλων των κτιρίων.
XII	Κατάρρευση όλων των οικοδομών μέχρι τα θεμέλια.

Πίνακας 2: Κλίμακα *Mercalli-Sieberg*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στη μελέτη μιας κατασκευής χρησιμοποιούνται κατάλληλα διάφορες στοιχειώδεις έννοιες της Μηχανικής, της Αντισεισμικής Τεχνολογίας και γίνονται θεωρήσεις, με τη χρήση των οποίων αναλύεται και σχεδιάζεται η κατασκευή. Ορισμένες από αυτές τις έννοιες αποτελούν παραμέτρους του αντισεισμικού σχεδιασμού και αναλύονται παρακάτω.

Δεδομένου ότι ο σεισμός είναι μια εδαφική δόνηση που δημιουργείται κατά τη διατάραξη της ισορροπίας των πετρωμάτων στο εσωτερικό της Γης (Καρύδης Π., Ταφλαμπάς Ι., 2007), θεωρείται ότι το έδαφος πάνω στο οποίο θεμελιώνεται ένα κτίριο, κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, κινείται γύρω από την αρχική του θέση ηρεμίας με εναλλασσόμενο πρόσημο. Το κτίριο εξαναγκάζεται σε ταλάντωση και η κίνηση αυτή του συστήματος κτιρίου-εδάφους θεμελίωσης συνιστά ένα δυναμικό φαινόμενο που προκαλεί παραμόρφωση και κατ' επέκταση ένταση στην κατασκευή.

Η επιτάχυνση στο έδαφος θεμελίωσης ονομάζεται Σεισμική εδαφική επιτάχυνση ή Εδαφική επιτάχυνση αναφοράς ή Σεισμική επιτάχυνση εδάφους όπως συνήθως αναφέρεται στους αντισεισμικούς κανονισμούς και αποτελεί βασική παράμετρο Αντισεισμικού Σχεδιασμού που εισάγεται σε κάθε αντισεισμικό κανονισμό.

Σεισμική επιτάχυνση εδάφους είναι η επιτάχυνση του εδάφους θεμελίωσης του κτιρίου λόγω της σεισμικής διέγερσης και προκύπτει κατόπιν ανάλυσης από τις λεγόμενες Μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας και μετά από στατιστική επεξεργασία των σεισμικών γεγονότων που έχουν συμβεί στην ευρύτερη περιοχή όπου βρίσκεται το κτίριο. Μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας εκπονούνται ανά περιοχές μιας περιφέρειας ή μιας χώρας ή για πολύ μεγάλα και σημαντικά έργα (πχ μεγάλες γέφυρες ή φράγματα). Για συνήθεις κατασκευές εφαρμόζονται οι τιμές σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους που δίνονται στους αντισεισμικούς κανονισμούς, ανάλογα με την περιοχή ή αλλιώς τη ζώνη στην οποία πρόκειται να γίνει η κατασκευή.

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας είναι η ζώνη που περιλαμβάνει όλες της περιοχές μιας περιφέρειας ή μιας χώρας ή ενός συνόλου χωρών με συγκεκριμένη τιμή της Σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους.

Χάρτης (ζωνών) σεισμικής επικινδυνότητας είναι ο χάρτης μιας περιφέρειας ή μιας χώρας όπου φαίνονται οι Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας και όπου καθορίζονται τα ακριβή όρια αυτών.

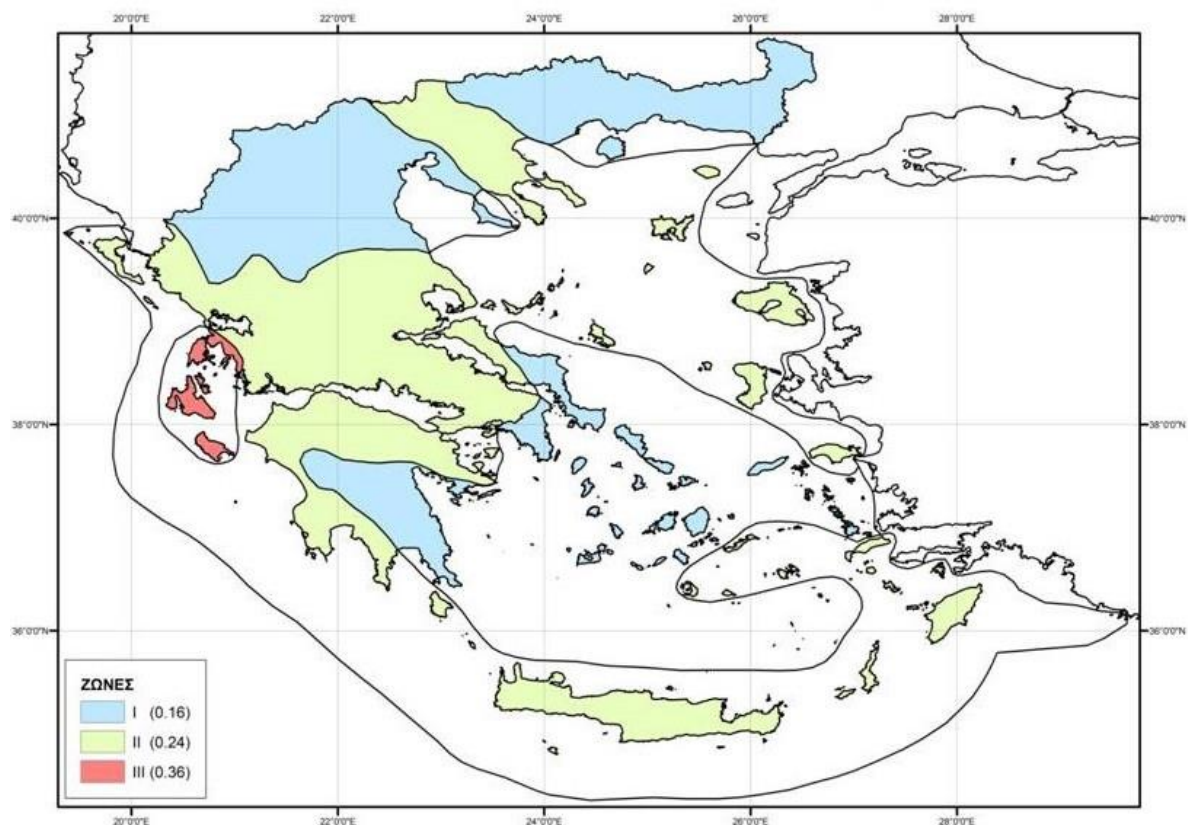
Για παράδειγμα, στον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ) έχουν θεωρηθεί τρεις Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας με τιμές της Σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους ανά ζώνη που έχουν προκύψει από Μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας και αντιστοιχούν σε σεισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% εντός του συμβατικού χρόνου ζωής του κτιρίου των 50 ετών (δηλαδή με μέση περίοδο επαναφοράς του σεισμού τα 475 έτη που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο συμβαίνει μία φορά κάθε 475 χρόνια).

Ακολούθως παρουσιάζεται ενδεικτικώς ο πίνακας του ΕΑΚ με τις εν λόγω τρεις ζώνες και τις αντίστοιχες τιμές σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους καθώς και ο Χάρτης σεισμικής

επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με τον ΕΑΚ. Σημειώνεται ότι ο ευρωπαϊκός αντισεισμικός κανονισμός Ευρωκώδικας 8 (ΕΚ8) παραπέμπει στις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας του ΕΑΚ που αποτελεί άλλωστε το εθνικό προσάρτημα του ευρωκώδικα.

Ζώνη επικινδυνότητας	σεισμικής	Σεισμική επιτάχυνση εδάφους (g: επιτάχυνση βαρύτητας)
I		0.16
II		0.24
III		0.36

Πίνακας 3: Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας και οι αντίστοιχες τιμές σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους σύμφωνα με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ).



Εικόνα 5: Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ). (πηγή: www.oasp.gr).

Σε δεδομένη περιοχή, η τιμή της Σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους είναι συγκεκριμένη και ίδια ασχέτως με το είδος του κτιρίου που μελετάται και σχεδιάζεται έναντι σεισμού. Επειδή όμως για κατασκευές και κτίρια μεγάλης σπουδαιότητας ή ιδιαίτερης αξίας, όπως πχ ένα νοσοκομείο ή ένα μουσείο, υπάρχει ανάγκη για αντισεισμικό σχεδιασμό με αυστηρότερες παραμέτρους θεωρούνται οι εξής παράμετροι:

Κατηγορία σπουδαιότητας δομήματος που εκφράζει την κατάταξη του δομήματος ανάλογα με τον κίνδυνο που συνεπάγεται για τον άνθρωπο και τις κοινωνικοοικονομικές συνέπειες που μπορεί να έχει μια ενδεχόμενη καταστροφή του ή διακοπή της λειτουργίας του.

Συντελεστής σπουδαιότητας δομήματος που είναι ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής της Σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους, ανάλογα με την Κατηγορία σπουδαιότητας, έτσι ώστε ο αντισεισμικός σχεδιασμός του δομήματος να γίνει για ισχυρότερο σεισμό που συμβαίνει σπανιότερα, δηλαδή για σεισμό με μεγαλύτερη περίοδο επαναφοράς, που αντιστοιχεί σε μικρότερη πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους ή και σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ενδεικτικώς η κατηγοριοποίηση και οι αντίστοιχοι συντελεστές σπουδαιότητας δομήματος σύμφωνα με τον ΕΑΚ.

Κατηγορία Σπουδαιότητας		Συντελεστής σπουδαιότητας
Σ1	Κτίρια μικρής σπουδαιότητας ως προς την ασφάλεια του κοινού, π.χ. αγροτικά οικήματα, υπόστεγα, στάβλοι κλπ.	0.85
Σ2	Συνήθη κτίρια κατοικιών και γραφείων, βιομηχανικά κτίρια, ξενοδοχεία κλπ.	1.00
Σ3	Εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, αίθουσες αεροδρομίων και γενικώς κτίρια στα οποία ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι κατά μεγάλο μέρος του 24ώρου. Κτίρια τα οποία στεγάζουν εγκαταστάσεις πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας (π.χ. κτίρια που στεγάζουν υπολογιστικά κέντρα, ειδικές βιομηχανίες) κλπ.	1.15
Σ4	Κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας. Κτίρια που στεγάζουν έργα μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας (π.χ. μουσεία κλπ.).	1.30

Πίνακας 4: Κατηγορίες σπουδαιότητας και οι αντίστοιχες τιμές του Συντελεστή σπουδαιότητας δομήματος σύμφωνα με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ).

Επιπλέον θεωρούνται οι παρακάτω παράμετροι αντισεισμικού σχεδιασμού που σχετίζονται με το έδαφος θεμελίωσης του δομήματος:

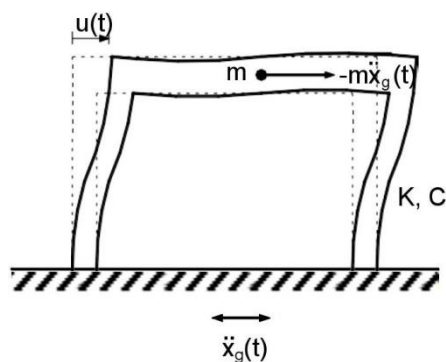
Κατηγορία εδάφους που εκφράζει την κατάταξη του εδάφους όπου θεμελιώνεται το δόμημα από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας.

Συντελεστής (επιρροής) θεμελίωσης που εξαρτάται από το βάθος και την δυσκαμψία της θεμελίωσης του δομήματος καθώς και την Κατηγορία του εδάφους.

Συντελεστής εδάφους που είναι ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής της Σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους, ανάλογα με την Κατηγορία εδάφους, έτσι ώστε ο αντισεισμικός σχεδιασμός του δομήματος να γίνει για ισχυρότερο σεισμό με μεγαλύτερη περίοδο επαναφοράς, που αντιστοιχεί σε μικρότερη πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους.

Επειδή η Σεισμική επιτάχυνση εδάφους κατά κανόνα αντιστοιχεί σε βραχώδες ή πολύ σκληρό έδαφος, ο Συντελεστής εδάφους πολλαπλασιάζει και επαυξάνει την τιμή αυτή στις περιπτώσεις των μαλακότερων εδαφών (συνήθως μέχρι 40% σε πολύ χαλαρά εδάφη). Σε ορισμένους κανονισμούς, όπως ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ) δεν λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό ο Συντελεστής εδάφους αλλά απαιτούνται λεπτομερείς έρευνες και μελέτες και λήψη κατάλληλων μέτρων βελτίωσης των ιδιοτήτων των χαλαρών εδαφών.

Επανερχόμενοι στη θεώρηση της αρχής του παρόντος κεφαλαίου (Ψυχάρης Ι., 2016) ότι κατά τη διάρκεια του σεισμού το έδαφος θεμελίωσης του κτιρίου κινείται με σεισμική επιτάχυνση εδάφους (συναρτήσεως του χρόνου) $\ddot{x}_g(t)$ με εναλλασσόμενο πρόσημο και το κτίριο εξαναγκάζεται σε ταλάντωση, οπότε η σχετική μετακίνηση της μάζας m του κτιρίου ως προς τη βάση του είναι $u(t)$ όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 6: Παραμόρφωση της κατασκευής κατά τη διάρκεια μιας σεισμικής διέγερσης με σεισμική επιτάχυνση εδάφους $\ddot{x}_g(t)$.

Η μάζα m του κτιρίου, λόγω της αδράνειάς της, δεν ακολουθεί την κίνηση της βάσης αλλά κινείται με διαφορετικό τρόπο. Λόγω αυτής της διαφορετικής κίνησης της μάζας και της βάσης προκαλείται παραμόρφωση και κατ' επέκταση ένταση στην κατασκευή. Πέραν της αδρανειακής δύναμης λόγω της μάζας m , στην κατασκευή αναπτύσσονται εσωτερικές δυνάμεις επαναφοράς, που τείνουν να την επαναφέρουν στην αρχική θέση ισορροπίας. Το μέγεθος αυτών των δυνάμεων επαναφοράς είναι ανάλογο της δυσκαμψίας K και της απόσβεσης C της κατασκευής.

Δυσκαμψία της κατασκευής ορίζεται το μέγεθος της αντίστασης που παρουσιάζει στην παραμόρφωσή της και προέρχεται από τη δυσκαμψία των υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων καθώς και των λοιπών στοιχείων του φέροντος οργανισμού.

Επομένως η δύναμη επαναφοράς που αναπτύσσεται λόγω δυσκαμψίας για σχετική μετακίνηση $u(t)$ της μάζας ως προς τη βάση είναι: $K \cdot u(t)$.

Απόσβεση της κατασκευής είναι το μέγεθος που σε ένα δυναμικό σύστημα εκφράζει την κατανάλωση έργου και την απορρόφηση ενέργειας με αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση των ταλαντώσεων με το χρόνο.

Εξαρτάται από το υλικό της κατασκευής και οφείλεται σε διάφορους φυσικούς μηχανισμούς όπως η εσωτερική τριβή που αναπτύσσεται κατά την παραμόρφωση, η τριβή μεταξύ φερόντων και μη φερόντων στοιχείων, το άνοιγμα και το κλείσιμο των μικρορωγμών που εμφανίζονται στο σκυρόδεμα κατά την καταπόνηση, η ύπαρξη ή όχι σπλισμού στο σκυρόδεμα, η ανελαστική (πλαστική) παραμόρφωση των μη φερόντων στοιχείων (πχ τοιχοποιίες) της κατασκευής, η ύπαρξη ή όχι διαζωμάτων στις τοιχοποιίες, η τριβή στις μεταλλικές συνδέσεις, το είδος των συνδέσεων, η θερμότητα που παράγεται, κλπ.

Επομένως η δύναμη επαναφοράς που αναπτύσσεται λόγω απόσβεσης για σχετική ταχύτητα $\dot{u}(t)$ της μάζας ως προς τη βάση είναι: $C \cdot \dot{u}(t)$.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων επαναφοράς και της αδρανειακής δύναμης που ασκούνται στη μάζα της κατασκευής προκύπτει:

$$m \cdot \ddot{u}(t) + C \cdot \dot{u}(t) + K \cdot u(t) = -m \cdot \ddot{x}_g(t) \quad (1)$$

οπότε διαιρώντας με τη μάζα m προκύπτει:

$$\ddot{u}(t) + \frac{C}{m} \cdot \dot{u}(t) + \frac{K}{m} \cdot u(t) = -\ddot{x}_g(t) \quad (2)$$

Ορίζεται η **ιδιοσυχνότητα** ω της κατασκευής ως εξής: $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ οπότε η **ιδιοπερίοδος** T δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για κάθε πλήρη κύκλο ταλάντωσης της κατασκευής είναι $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$, άρα τόσο η ιδιοσυχνότητα όσο και η ιδιοπερίοδος εξαρτώνται μόνο από τη μάζα και την δυσκαμψία της κατασκευής (δηλαδή από τη γεωμετρία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της κατασκευής όπως μέτρο ελαστικότητας, ροπή αδράνειας διατομής, τρόπος στήριξης) και όχι από τη σεισμική διέγερση του εδάφους.

Συντελεστής ή λόγος ή ποσοστό απόσβεσης ή ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης ζ ορίζεται ο καθαρός αριθμός (χωρίς διαστάσεις) που εκφράζει την κατανάλωση έργου και την απορρόφηση ενέργειας σε μια κατασκευή κατά τη διάρκεια της σεισμικής διέγερσης, με αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση των ταλαντώσεων με το χρόνο.

Το ποσοστό απόσβεσης εξαρτάται κυρίως από το υλικό της κατασκευής, προσδιορίζεται πειραματικά με διάφορους τρόπους και είναι εξαιρετικά δύσκολο να ταυτοποιηθεί. Σε αντίθεση με τις άλλες δύο ιδιότητες της κατασκευής, τη μάζα m και τη

δυσκαμψία K , που συμμετέχουν στο δυναμικό φαινόμενο της ταλάντωσης υπό τη σεισμική διέγερση και που μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια από τις μάζες και τις δυσκαμψίες των επιμέρους μελών του συστήματος, ο προσδιορισμός της απόσβεσης με παρόμοιο τρόπο πρακτικά είναι ανέφικτος.

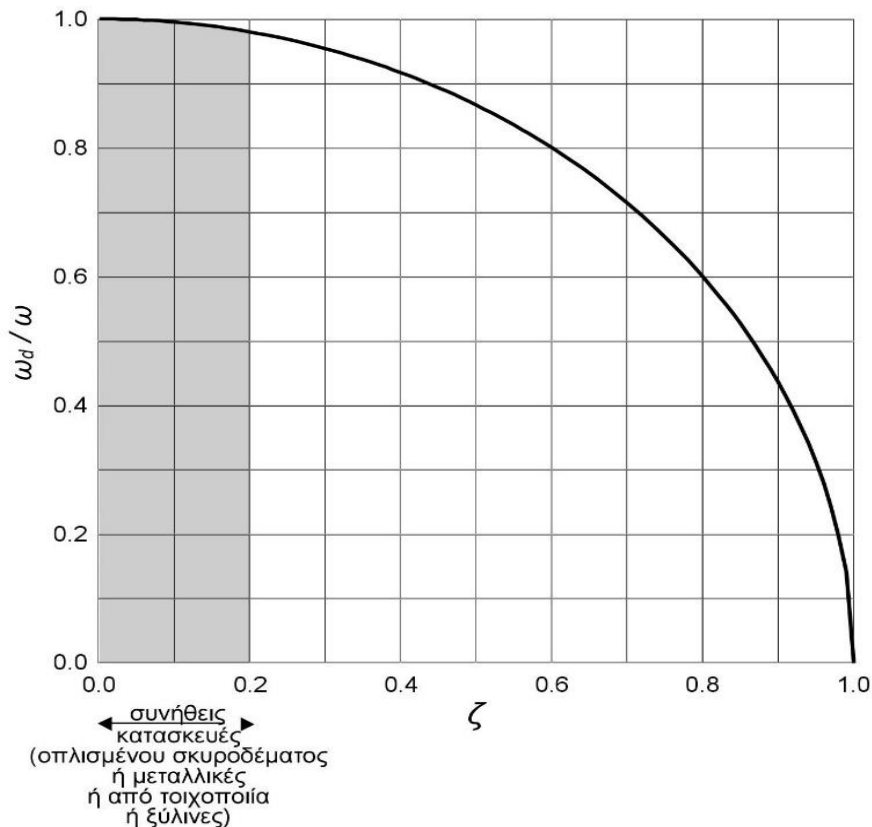
Για συνήθεις κατασκευές το ποσοστό απόσβεσης έχει τιμές όπως στον επόμενο πίνακα.

Είδος Κατασκευής	ζ (%)
Μεταλλική: με συγκολλήσεις	2
με κοχλιώσεις	4
Σκυρόδεμα: άοπλο	3
οπλισμένο	5
προεντεταμένο	4
Τοιχοποιία: οπλισμένη	6
διαζωματική	5
Ξύλινη: Κολλητή	4
κοχλιωτή	4
ηλωτή	5

Πίνακας 5: Ποσοστό απόσβεσης για διάφορα είδη κατασκευών.

Για το ποσοστό απόσβεσης ισχύει $\zeta = \frac{C}{2\sqrt{mK}}$ και θεωρητικώς παίρνει τιμές από $\zeta=0$ στην περίπτωση ενός ιδεατού συστήματος όπου δεν υπάρχει απόσβεση, έως $\zeta=1$ στην περίπτωση που η κατασκευή διαθέτει την μέγιστη απόσβεση και όταν εξαναγκάζεται σε ταλάντωση επανέρχεται στην αρχική θέση ισορροπίας χωρίς η μετακίνησή της να αλλάξει πρόσημο. Γι' αυτό η τιμή $\zeta=1$ ονομάζεται κρίσιμη απόσβεση.

Στην πραγματικότητα, η ιδιοσυχνότητα μιας κατασκευής (και επομένως και η ιδιοπερίοδός της) εξαρτάται από την απόσβεσή της. Αν $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ είναι η ιδιοσυχνότητα στην ιδεατή περίπτωση που η κατασκευή δεν διαθέτει απόσβεση (δηλαδή όταν $\zeta=0$) και ω_d είναι η ιδιοσυχνότητα όταν το ποσοστό απόσβεσης της κατασκευής είναι ζ τότε η μεταβολή του λόγου ω_d/ω για διάφορες τιμές του ποσοστού απόσβεσης ζ παριστάνεται στην καμπύλη του παρακάτω σχήματος.



Εικόνα 7: Μεταβολή του λόγου ω_d/ω συναρτήσει του ποσοστού απόσβεσης ζ .

Φαίνεται ότι όταν $\zeta=1=100\%$ δηλαδή όταν η κατασκευή διαθέτει την κρίσιμη απόσβεση, η ιδιοσυχνότητά της ω_d είναι μηδέν δηλαδή η κατασκευή έστω κι αν εξαναγκάζεται σε ταλάντωση, επανέρχεται στην αρχική θέση ισορροπίας χωρίς η μετακίνησή της να αλλάξει πρόσημο. Επίσης φαίνεται ότι για τιμές του ποσοστού απόσβεσης $\zeta < 0,2 = 20\%$, δηλαδή για τις περιπτώσεις των συνήθων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος ή μεταλλικών κατασκευών ή κατασκευών από τοιχοποιία ή ξύλινων κατασκευών, ο λόγος ω_d/ω είναι περίπου 1 και προσεγγιστικά μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η ιδιοσυχνότητα ω_d με απόσβεση είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ χωρίς απόσβεση.

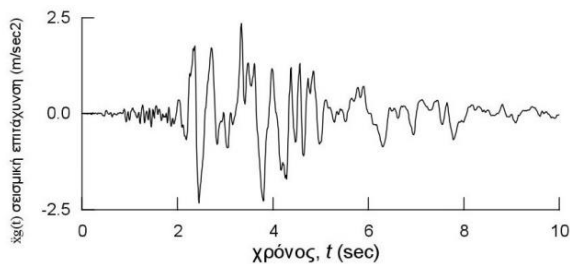
Αν στην εξίσωση (2) χρησιμοποιήσουμε τους ορισμούς $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ και $\zeta = \frac{C}{2\sqrt{mK}}$ τότε προκύπτει:

$$\ddot{u}(t) + 2\zeta\omega\dot{u}(t) + \omega^2 u(t) = -\ddot{x}_g(t) \quad (3)$$

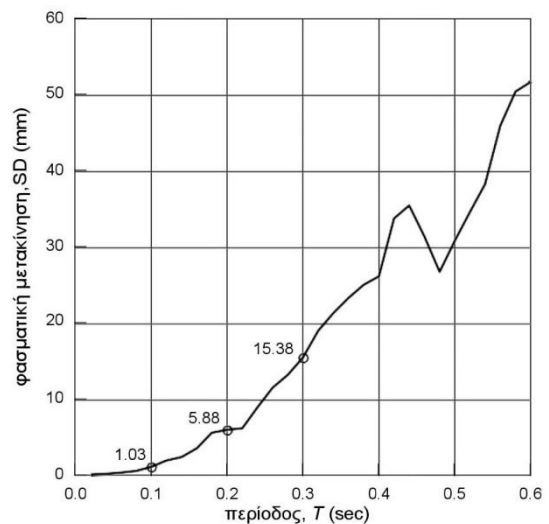
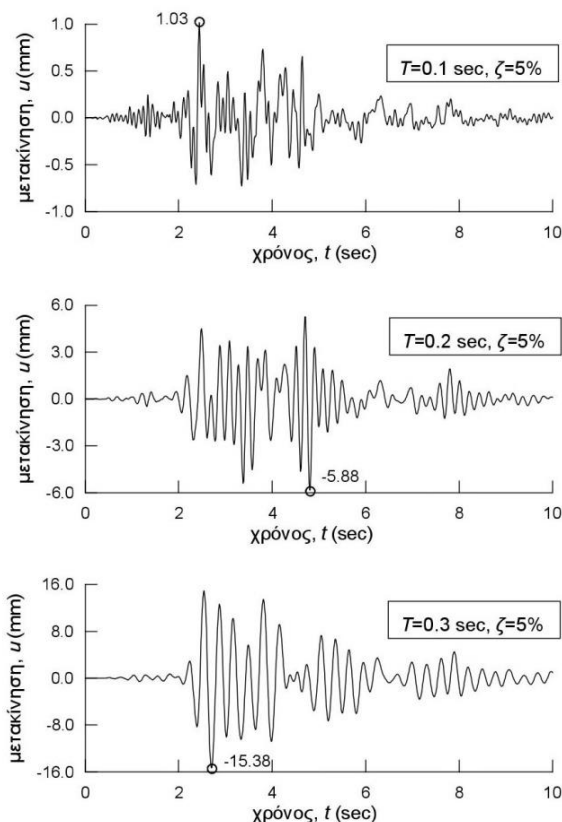
Η εξίσωση (3) περιγράφει τη χρονοϊστορία της απόκρισης $u(t)$ της κατασκευής για δεδομένη σεισμική διέγερση $\ddot{x}_g(t)$, για συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης ζ και ιδιοσυχνότητα ω (και επομένως ιδιοπερίοδο T) της κατασκευής και είναι η θεμελιώδης εξίσωση της χρονοϊστορίας της μετακίνησης της κατασκευής, που με ολοκλήρωση για κάθε

χρονική στιγμή t και πολλαπλή μαθηματική επίλυση για κάθε ιδιοπερίοδο T (ή ισοδύναμα για κάθε ιδιοσυχνότητα ω) καθώς και με κατάλληλες θεωρήσεις δίνει το λεγόμενο φάσμα σχεδιασμού που θα ορισθεί παρακάτω.

Αν επομένως έχουμε τη σεισμική διέγερση $\ddot{x}_g(t)$ που φαίνεται στο πρώτο διάγραμμα της αριστερής στήλης του επόμενου σχήματος, υπολογίζεται με βηματική ολοκλήρωση (Chopra A.K., 2006) η χρονοϊστορία της μετακίνησης u της κατασκευής για συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης (έστω $\zeta=5\%$) και συγκεκριμένη ιδιοπερίοδο (έστω $T=0,1\text{sec}$) της κατασκευής και η οποία φαίνεται στο δεύτερο διάγραμμα της αριστερής στήλης του παρακάτω σχήματος.



Εικόνα 8: Διάγραμμα σεισμικής διέγερσης.



Εικόνα 9: Διαγράμματα χρονοϊστορίας μετακίνησης. Φάσμα απόκρισης σχετικών μετακινήσεων.

Ο ίδιος υπολογισμός επαναλαμβάνεται για διάφορες ιδιοπεριόδους T και προκύπτουν οι αντίστοιχες χρονοϊστορίες της μετακίνησης. Αν από το διάγραμμα της κάθε χρονοϊστορίας πάρουμε τη μέγιστη μετακίνηση σε απόλυτη τιμή της κατασκευής

προκύπτει το δεξιά διάγραμμα του σχήματος που ονομάζεται **Φάσμα απόκρισης σχετικών μετακινήσεων** που είναι το διάγραμμα που δίνει τη μέγιστη τιμή της σχετικής μετακίνησης μιας κατασκευής ανάλογα με την ιδιοπερίοδό της και για συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης ζ και δεδομένη σεισμική διέγερση.

Επιλύοντας την εξίσωση (3) ως προς την ταχύτητα $\dot{u}(t)$ ή την επιτάχυνση $\ddot{u}(t)$ της κατασκευής και με παρόμοια μεθοδολογία προκύπτουν αντίστοιχα το **Φάσμα απόκρισης σχετικών ταχυτήτων** που είναι το διάγραμμα που δίνει τη μέγιστη τιμή της σχετικής ταχύτητας μιας κατασκευής ανάλογα με την ιδιοπερίοδό της και για συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης ζ και δεδομένη σεισμική διέγερση και το **Φάσμα απόκρισης απολύτων επιταχύνσεων** που είναι το διάγραμμα που δίνει τη μέγιστη τιμή της απόλυτης επιτάχυνσης μιας κατασκευής ανάλογα με την ιδιοπερίοδό της και για συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης ζ και δεδομένη σεισμική διέγερση για συγκεκριμένο ποσοστό απόσβεσης ζ και δεδομένη σεισμική διέγερση.

Για τον υπολογισμό των φασμάτων απόκρισης (σχετικών μετακινήσεων, σχετικών ταχυτήτων, απολύτων επιταχύνσεων) απαιτείται ανελαστική (μη γραμμική ως προς τη γεωμετρία και το υλικό) δυναμική ανάλυση μιας κατασκευής μέσω πεπερασμένων στοιχείων, με ολοκλήρωση της εξίσωσης (3) στο πεδίο του χρόνου (Klaus-Jürgen Bathe, 2007). Η μέθοδος αυτή είναι μεν η μοναδική άμεση και αξιόπιστη λύση για την εύρεση της σεισμικής απόκρισης της κατασκευής, αλλά δεν είναι πρακτική σε επίπεδο αντισεισμικού σχεδιασμού γιατί απαιτεί την ακριβή προσομοίωση όλων των ανελαστικών χαρακτηριστικών της κατασκευής και την δυναμική επίλυση για διάφορους σεισμικούς κραδασμούς. Αναφέρεται ότι ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ), σε περίπτωση που γίνει μια τέτοιου είδους ανάλυση, απαιτεί τη χρήση τουλάχιστον πέντε χαρακτηριστικών επιταχυνσιογραφημάτων.

Επιπλέον, ένα φάσμα απόκρισης διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη σεισμική δόνηση που θα ληφθεί υπόψη αλλά και με τις εδαφικές συνθήκες, το είδος της θεμελίωσης της κατασκευής, το ποσοστό απόσβεσης και άλλους παράγοντες. Στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών όμως, ρειάζεται ένα εξομαλυσμένο φάσμα που να καλύπτει όλες τις διαφορετικές μορφές φασμάτων πιθανών σεισμών που μπορούν να πλήξουν την περιοχή και όλες τις διαφορετικές εδαφικές και λοιπές συνθήκες των έργων που σχεδιάζονται.

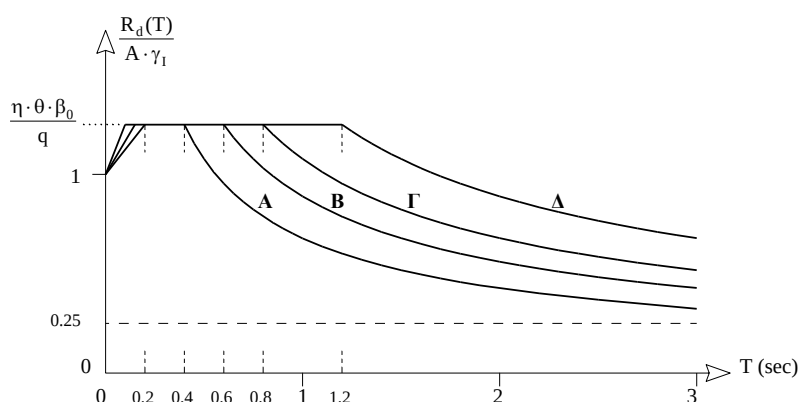
Επομένως, για την αποφυγή εκτέλεσης πολλών ανελαστικών δυναμικών αναλύσεων και για την απλοποίηση των μεθόδων του αντισεισμικού σχεδιασμού, χρησιμοποιείται το φάσμα σχεδιασμού (ή ελαστικό φάσμα σχεδιασμού ή ελαστικό φάσμα απόκρισης) που είναι το πιο γνωστό εργαλείο της αντισεισμικής μηχανικής, αναφέρεται σε κάθε αντισεισμικό κανονισμό και ορίζεται ως εξής:

Φάσμα σχεδιασμού είναι το κανονικοποιημένο φάσμα απόκρισης απολύτων επιταχύνσεων που δίνει την απόλυτη επιτάχυνση σχεδιασμού μιας κατασκευής ανάλογα με την ιδιοπερίοδο, το ποσοστό απόσβεσης, το συντελεστή σπουδαιότητας, το συντελεστή θεμελίωσης της κατασκευής και ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας, την

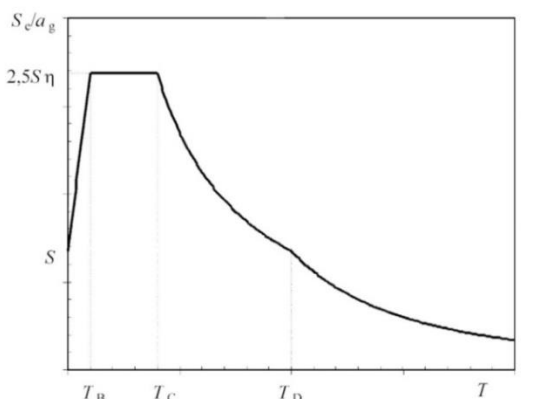
κατηγορία εδάφους και το συντελεστή εδάφους της περιοχής όπου βρίσκεται η κατασκευή.

Όλοι οι παράμετροι αντισεισμικού σχεδιασμού στον ορισμό του φάσματος σχεδιασμού έχουν οριστεί στο παρών κεφάλαιο της εργασίας. Σε κάθε αντισεισμικό κανονισμό αναφέρονται με συγκεκριμένο συμβολισμό και ακολούθως δίνεται το φάσμα σχεδιασμού του κανονισμού. Πολλές φορές επιτρέπεται από αντισεισμικούς κανονισμούς η χρησιμοποίηση υπό όρους πραγματικών επιταχυνσιογραφημάτων, δηλαδή καταγραφών σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους από ισχυρούς σεισμούς που έχουν συμβεί που αντιπροσωπεύουν τις σεισμοτεκτονικές, γεωλογικές και εδαφοδυναμικές συνθήκες της περιοχής του έργου αλλά συνήθως αυτό γίνεται μόνο για το σχεδιασμό ειδικών δομημάτων, αφού όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, απαιτεί προσομοίωση μέσω πεπερασμένων στοιχείων και πολλαπλές ανελαστικές δυναμικές αναλύσεις.

Ενδεικτικώς, στα επόμενα σχήματα παρουσιάζεται το φάσμα σχεδιασμού του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ) και του ευρωπαϊκού αντισεισμικού κανονισμού Ευρωκώδικα 8 (ΕΚ8).



Εικόνα 10: Φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ).



Εικόνα 11: Φάσμα σχεδιασμού σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό αντισεισμικό κανονισμό Ευρωκώδικα 8 (ΕΚ8).

Από το φάσμα σχεδιασμού και τις υπόλοιπες παραμέτρους αντισεισμικού σχεδιασμού ενός αντισεισμικού κανονισμού προκύπτουν οι σεισμικές δράσεις με τις

οποίες αναλύεται, υπολογίζεται και σχεδιάζεται μία κατασκευή. Στις περιπτώσεις των κτιρίων για την εφαρμογή των μεθόδων ανάλυσης και υπολογισμού χρησιμοποιείται χωρικό προσομοίωμα της κατασκευής από πεπερασμένα στοιχεία.

Οι **μέθοδοι ανάλυσης** που προβλέπονται από τους αντισεισμικούς κανονισμούς είναι οι εξής:

- Ελαστική Στατική ανάλυση ή αλλιώς Γραμμική Στατική ανάλυση.
- Ελαστική Δυναμική ανάλυση ή αλλιώς Γραμμική Δυναμική ανάλυση.
- Ανελαστική Στατική ανάλυση ή αλλιώς Μη Γραμμική Στατική ανάλυση.
- Ανελαστική Δυναμική ανάλυση ή αλλιώς μη Γραμμική Δυναμική ανάλυση (Ανάλυση χρονοϊστορίας της απόκρισης).

Ανεξάρτητα από το προσομοίωμα και τη μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιείται, θεμελιώδης παράμετρος αντισεισμικού σχεδιασμού κατά τη σύνθεση της κατασκευής είναι η μόρφωση στο χώρο με κανονικότητα, συμμετρία και υπερστατικότητα. Έτσι επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση της σεισμικής συμπεριφοράς. Σαν γενική κατεύθυνση η μόρφωση του συστήματος πρέπει να διαθέτει:

- **Κανονικότητα και συμμετρία σε κάτοψη**, δηλαδή το κτίριο πρέπει να είναι κατά προσέγγιση συμμετρικό σε κάτοψη, σε σχέση με δύο ορθογώνιους άξονες και να διαθέτει συμμετρία στην αντοχή σε οριζόντια φορτία και στην κατανομή της μάζας, ενώ δε θα πρέπει να υπάρχουν εισέχουσες γωνίες ή εσοχές στην περίμετρο και να αποφεύγονται κατόψεις με μορφή L, Π, Η, Ι και Χ. Επιπλέον πρέπει να υπάρχει συμμετρική διάταξη των πιο άκαμπτων κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων) κοντά στην περίμετρο και να ελαχιστοποιείται η στρεπτική παραμόρφωση του κτιρίου.
- **Κανονικότητα και συμμετρία καθ' ύψος**, δηλαδή τα συστήματα ανάληψης οριζοντίων φορτίων καθώς και οι τοιχοπληρώσεις πρέπει να είναι συνεχείς, χωρίς διακοπή από τα θεμέλια έως την άνω επιφάνεια του κτιρίου, η δυσκαμψία και η μάζα των επιμέρους ορόφων να παραμένουν σταθερές ή να μειώνονται βαθμιαία, χωρίς απότομες αλλαγές, να αποφεύγονται εσοχές καθ' ύψος και η θεμελίωση να είναι ισόσταθμη και κατά το δυνατόν ομοιογενής.
- **Υπερστατικότητα**, δηλαδή να εξασφαλίζονται εναλλακτικοί δρόμοι ανάληψης των κατακορύφων και οριζοντίων δράσεων και να αποφεύγονται δυσμενείς αλληλεπιδράσεις του φέροντα οργανισμού και του οργανισμού πλήρωσης ή εκκεντρότητες στις συνδέσεις οριζοντίων και κατακορύφων στοιχείων.

Τέλος, στα γενικότερα κριτήρια του αντισεισμικού σχεδιασμού προβλέπεται:

- **Αποφυγή κατάρρευσης** της κατασκευής κατά τη δράση του σεισμού σχεδιασμού (δηλαδή της μέγιστης σεισμικής δράσης που προβλέπει ο κανονισμός για το σχεδιασμό της κατασκευής) και ελαχιστοποίηση του κινδύνου σε ότι αφορά τις ανθρώπινες ζωές.
- **Περιορισμός των βλαβών** κατά τη δράση του σεισμού σχεδιασμού και κατάλληλος σχεδιασμός ώστε οι βλάβες να είναι ελεγχόμενες και επισκευάσιμες.

- **Ελαχιστοποίηση των βλαβών** για σεισμούς μικρότερης έντασης και με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης από το σεισμό σχεδιασμού.
- **Διασφάλιση ελάχιστης στάθμης λειτουργιών** μετά το σεισμό σχεδιασμού, κυρίως σε ειδικές περιπτώσεις (πχ σε κτίρια νοσοκομείων, πυροσβεστικών σταθμών, κλπ) όπου είναι δυνατό να υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια για την ικανοποίηση των ελαχίστων απαιτούμενων λειτουργιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ

3.1. Βασικές έννοιες

Η σεισμικότητα μιας περιοχής καθορίζεται από τη συχνότητα επανάληψης και από τα μεγέθη των σεισμών σε αυτήν περιοχή. Για να οριστεί λοιπόν η σεισμικότητα θα πρέπει να οριστεί η συχνότητα των σεισμών που γίνονται σε μία περιοχή για διάφορα διαστήματα μεγεθών.

Η σεισμική επικινδυνότητα (H-seismic hazard) μιας περιοχής εκφράζεται με μία ποσότητα, το μέτρο της οποίας είναι η αναμενόμενη ένταση της σεισμικής κίνησης στη περιοχή αυτή.

Η έννοια της τρωτότητας (V- vulnerability) είναι το μέγεθος (π.χ. από 0% έως 100%) των επιπτώσεων που συνεπάγονται σε μία περιοχή από ένα εν δυνάμει καταστροφικό φαινόμενο, άμεσα ή έμμεσα συνδεδεμένο με την εκδήλωση ενός σεισμού. Πρόκειται ουσιαστικά για την απόκριση της περιοχής στην καταστροφή και μπορεί να διακριθεί σε τρωτότητα κατασκευών και σε τρωτότητα πληθυσμού.

Ο σεισμικός κίνδυνος (R-seismic risk) είναι ένα μέτρο των δυσμενών συνεπειών των σεισμών για τον άνθρωπο όπως είναι ο αριθμός των νεκρών και οι υλικές καταστροφές (κατοικίες, κτίρια, τεχνικά έργα, υποδομές). Με βάση τα προαναφερθέντα, ο σεισμικός κίνδυνος ορίζεται ως ο συνδυασμός της σεισμικής επικινδυνότητας και του βαθμού τρωτότητας.

3.2. Ανάλυση σεισμικού κινδύνου

Η ανάλυση σεισμικού κινδύνου διακρίνεται στον προσδιορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας, την ανάλυση των επιπτώσεων και την εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου.

Η σεισμική επικινδυνότητα (H-seismic hazard) προσδιορίζεται με τον υπολογισμό της μέγιστης αναμενόμενης τιμής κάποιας παραμέτρου (π.χ. εδαφική επιτάχυνση, εδαφική ταχύτητα κ.α.) για συγκεκριμένη χρονική περίοδο επανάληψης και συγκεκριμένη πιθανότητα να μη γίνει υπέρβαση σε ορισμένο χρονικό διάστημα.

Οι ανάλυση των επιπτώσεων των σεισμών περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των διακινδυνευόντων στοιχείων (κτίρια, πληθυσμός, οικονομικές δραστηριότητες κ.α.), την εκτίμηση της αξίας τους, τον υπολογισμό της πυκνότητας πληθυσμού, την εκτίμηση της

κοινωνικοοικονομικής σπουδαιότητας της λειτουργίας των κατασκευών και την εκτίμηση της τρωτότητας των κατασκευών.

Η εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου γίνεται αδρομερώς από την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$R=H*V \text{ ή } R=H*kAV$$

όπου R=σεισμικός κίνδυνος, H=σεισμική επικινδυνότητα, V= τρωτότητα

Στη δεύτερη μορφή του τύπου η τρωτότητα V αναλύεται περαιτέρω στον συντελεστή k που αφορά στην πυκνότητα του πληθυσμού και την κοινωνικοοικονομική σπουδαιότητα των κατασκευών, στον συντελεστή A που είναι η εκτιμήτρια της αξίας των διακινδυνευόντων κατασκευών και στο δείκτη τρωτότητας V των κατασκευών της περιοχής (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003).

Η εκτίμηση των βλαβών στις κατασκευές και δη στα κτίρια είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της τρωτότητας των κατασκευών και του σεισμικού κινδύνου. Στην Ελλάδα υπάρχουν πληροφορίες και ακριβείς περιγραφές σεισμικών βλαβών μόνο για τις τελευταίες πέντε δεκαετίες χάρη στα μακροσεισμικά δεδομένα που έχουν συστηματικά δημοσιευτεί στα δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Με βάση την παραπάνω μαθηματική σχέση, και με δεδομένο ότι η σεισμική επικινδυνότητα(H-seismic hazard) αποτελεί μια φυσική παράμετρο που δεν επιδέχεται παρεμβάσεις ως προς τη μείωσή της, γίνεται εμφανές ότι η μείωση του σεισμικού κινδύνου (R-seismic risk) εξαρτάται από την ελάττωση της τρωτότητας (V- vulnerability).

3.3. Αξιολόγηση και αντιμετώπιση σεισμικού κινδύνου

Οι ερευνητές Shaw et al. (2004) επισημαίνουν ότι απαιτείται μια ρεαλιστική επίγνωση των πιθανών κινδύνων από μια Φυσική Καταστροφή και η επίγνωση αυτή είναι ζωτικής σημασίας για να παρακινήσει την ετοιμότητα των ατόμων. Επισημαίνουν επίσης, ότι δεν είναι απαραίτητη η βίωση ενός συγκεκριμένου είδους καταστροφής για τη συνειδητοποίηση των ατόμων, αλλά η εκπαίδευσή τους μπορεί να δημιουργήσει τη γνώση και την αντίληψη των γεγονότων που θα βοηθήσουν στην αποτελεσματική αντιμετώπιση. Οι αντιλήψεις για την πιθανότητα εκδήλωσης μιας Φυσικής Καταστροφής, και οι πεποιθήσεις σχετικά με την ικανότητα ενός ατόμου να επιβιώσει και να αντιμετωπίσει μια καταστροφή, συνδέονται με την κατανόηση της φύσης της συγκεκριμένης καταστροφής, καθώς και των επιπέδων ετοιμότητας για την καταστροφή.

Η ανάλυση του σεισμικού κινδύνου μιας περιοχής αποτελεί το πρώτο βήμα για τη μείωση και ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων του καταστροφικού φαινομένου.

Κρίνεται απαραίτητη η αξιολόγηση του κινδύνου ανάλογα με τον βαθμό οργάνωσης του μηχανισμού Πολιτικής Προστασίας, τον βαθμό εμπιστοσύνης του πληθυσμού προς τις αρμόδιες αρχές, τον τρόπο αντίδρασης του πληθυσμού και του επιχειρηματικού κόσμου σε ενδεχόμενο συμβάν, την ύπαρξη θεσμικού πλαισίου περί ασφάλισης περιουσιακών στοιχείων κ.α.

Εφόσον θεωρηθεί ότι η ανάλυση κινδύνου παρέχει επαρκή πληροφόρηση για τον σχεδιασμό, η αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου είναι το επόμενο βήμα στη διαχείριση του κινδύνου. Η αντιμετώπιση στοχεύει στη μείωση της τρωτότητας των κατασκευών μέσω της εφαρμογής αποτελεσματικών αντισεισμικών κανόνων δόμησης και παράλληλα στη μείωση της τρωτότητας του πληθυσμού, αλλά και στην υιοθέτηση ισχυρού θεσμικού πλαισίου για την ασφάλιση των διακινδυνευόντων αξιών. Έτσι επιτυγχάνεται η μείωση των καταστροφικών επιπτώσεων του σεισμού που οφείλεται σε δεδομένη σεισμική επικινδυνότητα.

Σύμφωνα με τους Kassaras and Sotirhos (2015) σε πολλούς πρόσφατους σεισμούς στην Ελλάδα (Λευκάδα 2015, Κεφαλλονιά 2014, Κοζάνη 1995, Αθήνα 1999) οι εδαφικές επιταχύνσεις ξεπέρασαν τις προβλεπόμενες από τον Αντισεισμικό κανονισμό. Επιπρόσθετα το 80% των κτηρίων στην Ελλάδα έχουν κατασκευαστεί πριν το 1985 χωρίς ή με ανεπαρκή αντισεισμικό σχεδιασμό και έχουν αποδειχθεί πολύ ευάλωτα στη σεισμική καταπόνηση καθιστώντας αναγκαία την ενίσχυσή τους. Από τα παραπάνω συνάγεται μία αυξημένη τρωτότητα των κατασκευών στην Ελλάδα. Παράλληλα στα πλαίσια της λιτότητας των τελευταίων ετών η υποχρηματοδότηση του ΟΑΣΠ, η υπερβολή στην πληροφόρηση από τα ΜΜΕ καθώς και η μη συνεργασία και υποχρηματοδότηση των πέντε διαφορετικών οργανισμών που ελέγχουν τα δίκτυα παρακολούθησης σεισμών οδηγούν στην αύξηση της τρωτότητας του πληθυσμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Η ανάγκη αποτελεσματικής προστασίας από τους σεισμούς και η διαχείριση του σεισμικού κινδύνου καθίσταται ιδιαίτερα επιτακτική λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που επιφέρουν οι σεισμοί στο φυσικό περιβάλλον, στο δομημένο περιβάλλον, στην οικονομική ζωή καθώς και στη σωματική και ψυχική δημόσια υγεία.

Σύμφωνα με τους Ramirez και Peek-Asa (2005) ετησίως καταγράφονται περισσότεροι από 500.000 σεισμοί εκ των οποίων περίπου 3.000 γίνονται αισθητοί σε ανθρώπινες κοινωνίες ενώ οι υπόλοιποι είτε είναι πολύ μικρής έντασης είτε γίνονται σε απομακρυσμένες περιοχές. Τα τελευταία χρόνια ετησίως καταγράφονται περισσότεροι από 30 καταστροφικοί σεισμοί οι οποίοι επιπλέον των απωλειών σε ανθρώπινες ζωές προκαλούν τραυματισμούς και σημαντικές ζημιές στις υποδομές μεταφορών και τηλεπικοινωνιών.

4.1. Επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού εκδηλώνεται ταυτόχρονα ή αμέσως μετά το πέρας της σεισμικής κίνησης ένας αριθμός γεωδυναμικών φαινομένων τα οποία βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση και αποτελούν άμεσο αποτέλεσμα της σεισμικής διέγερσης.

Τα μακροσεισμικά αποτελέσματα ενός σεισμού, αυτά δηλαδή που μπορεί να παρατηρήσει ο άνθρωπος χωρίς τη χρήση εξειδικευμένων οργάνων, είναι κυρίως περιβαλλοντικές μεταβολές στο έδαφος, το νερό της ξηράς και το νερό της θάλασσας και

συνήθως ονομάζονται και συνοδά σεισμικά γεωδυναμικά φαινόμενα. Τέτοια φαινόμενα είναι οι ρευστοποιήσεις εδαφών, οι κατολισθήσεις – καταπτώσεις, οι χιονοστιβάδες, οι μεταθέσεις ακτογραμμών, η εμφάνιση εδαφικών διαρρήξεων και τα τσουνάμι. Σε συνέχεια των παραπάνω πολλές φορές παρατίθενται και πυρκαγιές ως αποτέλεσμα ανάφλεξης υλικών ή βραχυκυκλωμάτων. (Λέκκας, 1996:146)

Τα συνοδά σεισμικά γεωδυναμικά φαινόμενα είναι ιδιαίτερα συχνά στον Ελλαδικό χώρο, όπως παρατηρείται και από συχνές αναφορές καταστροφικών σεισμών σε σωζόμενα ιστορικά κείμενα και πολλές φορές προκαλούν πολύ μεγαλύτερες ζημιές από τη σεισμική δόνηση που τα διέγερσε.

Σύμφωνα με τους Lekkas et al (2016) στο σεισμό της Λευκάδας στις 17-10-2015 παρατηρήθηκαν εκτεταμένες δευτερογενείς επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον οι οποίες διακρίθηκαν σε εδαφικές ρωγμές, αστοχίες πρανών και ρευστοποίηση.

4.2. Αποτελέσματα στο δομημένο περιβάλλον

Οι επιπτώσεις του σεισμού στα έργα του ανθρώπου εξαρτώνται από το μέγεθος, το βάθος της εστίας, τη θέση του επικέντρου, το μέσο διάδοσης των σεισμικών κυμάτων, το έδαφος θεμελίωσης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (τρωτότητα) και τις ιδιότητες των κατασκευών.

Βάσει των πληροφοριών για τις βλάβες που προκάλεσαν οι σεισμοί στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1950-1986 οι Παπαζάχος Β. και Παπαζαχου Κ. κατέληξαν στο αποτέλεσμα ότι ο μέσος ετήσιος αριθμός καταστροφών τεχνικών κατασκευών από σεισμούς είναι 2.500 και ο μέσος ετήσιος αριθμός ζημιών είναι 5.200. Οι περισσότερες από τις σεισμικές βλάβες οφείλονται σε σεισμούς με μέγιστες εντάσεις VIII + και IX, δηλαδή σε σεισμούς με μεγέθη μεταξύ 6 και 7. Το συμπέρασμά αυτό επαληθεύεται από τα δεδομένα των τελευταίων εικοσιπέντε χρόνων κατά τη διάρκεια των οποίων οι σημαντικότερες βλάβες στην Ελλάδα προκλήθηκαν από τέτοιους σεισμούς, όπως είναι ο σεισμός της Θεσσαλονίκης το 1978 ($I_o=VIII+$, $M=6,5$), των Αλκυονίδων το 1981 ($I_o=IX+$, $M=6,7$), της Καλαμάτας το 1986 ($I_o=IX+$, $M=6,0$), της Κοζάνης το 1995 ($I_o=IX+$, $M=6,6$) και της Αθήνας το 1999 ($I_o=IX+$, $M=6,0$) (Παπαζάχος και Παπαζαχου, 2003).

Στο σεισμό της Αθήνας (1999) βλάβες υπέστησαν κυρίως αυθαίρετα κτίσματα, κτήρια με πιλοτές, κτήρια που βρίσκονταν σε μη κατάλληλο έδαφος θεμελίωσης και κτήρια με ανεξέλεγκτες προσθήκες και κάθε είδους επεμβάσεις στο φέροντα οργανισμό τους. (ΟΑΣΠ, 2007)

Στο σεισμό της Λευκάδας (2015) τα κτήρια που είχαν κατασκευαστεί πριν τον πρώτο Αντισεισμικό κανονισμό του 1959 υπέστησαν τις περισσότερες βλάβες και από αυτά τα πετρόκτιστα κτίρια και οι ιστορικές και μνημειακές κατασκευές υπέστησαν τις σοβαρότερες ενώ τα παραδοσιακά με διπλό δομικό σύστημα ανάληψης φορτίων συμπεριφέρθηκαν ικανοποιητικά. Τα κτήρια που είχαν κατασκευαστεί μετά τον πρώτο Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 συμπεριφέρθηκαν καλά δεδομένου ότι κανένα δεν κατέρρευσε. Τα κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα επηρεάστηκαν όχι τόσο από το σεισμό αλλά από τις δευτερογενείς επιπτώσεις του στο περιβάλλον. (Lekkas et al, 2016)

Οι σεισμοί επίσης προκαλούν βλάβες στα δίκτυα τηλεπικοινωνιών δημιουργώντας προβλήματα στις επικοινωνίες, ηλεκτρικού με κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς και ηλεκτροπληξίας, φυσικού αερίου και ύδρευσης που οδηγούν σε καταστρατήγηση βασικών κανόνων υγιεινής με τα συνεπακόλουθα προβλήματα.

Σημαντική επίσης επίπτωση στο δομημένο περιβάλλον αποτελούν οι βλάβες ή καταστροφές οδικών αρτηριών, σιδηροδρομικών γραμμών, γεφυρών και λιμανιών που δημιουργούν επιπρόσθετα προβλήματα πρόσβασης στις πληγείσες περιοχές καθώς και προβλήματα στην οικονομία της περιοχής.

Πολλές φορές οι επιπτώσεις επεκτείνονται και στην πολιτιστική κληρονομιά προκαλώντας βλάβες και σε ιστορικά μνημεία. Οι πυρκαγιές ως επακόλουθο της σεισμικής δράσης μπορούν να προκαλέσουν περισσότερες καταστροφές από τον ίδιο το σεισμό και οφείλονται συνήθως σε διαρροές φυσικού αερίου και σε ανάφλεξη καύσιμων υλικών ή βραχυκύκλωμα. Οι πλημμύρες επίσης δημιουργούν πολλά επιπρόσθετα προβλήματα και οφείλονται σε βλάβες στα δίκτυα ύδρευσης, θαλάσσια κύματα βαρύτητας, αλλαγή κοίτης ποταμών, καταστροφές φραγμάτων.

4.3. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη κοινωνία (ανθρώπινες απώλειες, τραυματισμοί, οικονομικές συνέπειες, επιπτώσεις στην ψυχική υγεία, φαινόμενα εσωτερικής μετανάστευσης, οικονομικές συνέπειες)

Ετησίως γίνονται αντιληπτά περισσότερα από 3.000 σεισμικά επεισόδια παγκοσμίως. Οι συνολικές απώλειες σε ανθρώπινες ζωές από συνδυασμό παραγόντων υπερβαίνουν τις 10.000. Τέτοια περιστατικά μπορούν να επιφέρουν όχι μόνο πολλούς θανάτους (θνησιμότητα) αλλά και μεγάλο αριθμό τραυματισμών (νοσηρότητα) που απαιτούν άμεση ιατρική περίθαλψη ή πολλά προβλήματα στέγασης και ανακατασκευών. (Λέκκας, 1996: 131)

Σύμφωνα με τον ΟΑΣΠ (2007) οι επιπτώσεις του σεισμού στον άνθρωπο πέρα από την σοβαρότερη και προφανή της απώλειας ζωής, συνίστανται στους τραυματισμούς που προκαλούνται τόσο από πτώσεις αντικειμένων όσο και από προσπάθεια διαφυγής υπό πανικό (συνωστισμός, πτώσεις από μπαλκόνια), στην εκδήλωση ασθενειών και εξάπλωση επιδημιών στις σεισμόπληκτες περιοχές και σε φαινόμενα εσωτερικής μετανάστευσης που παρατηρούνταν έντονα μετά από σεισμό ιδιαίτερα στο παρελθόν.

Ο σεισμικός κίνδυνος για τη ζωή και την υγεία των ανθρώπων μπορεί επίσης να προέλθει πέρα από τις καταρρεύσεις κτιρίων και άλλων τεχνικών έργων (π.χ. γέφυρες) από βλάβες ειδικών εγκαταστάσεων (πυρηνικά εργοστάσια), πυρκαγιές, κατολισθήσεις, θαλάσσια κύματα βαρύτητας και από πτώσεις τοίχων, ανατροπή επίπλων και άλλων υλικών.

Οι οικονομικές συνέπειες του σεισμού διακρίνονται σε άμεσες, που οφείλονται σε ολοσχερείς καταστροφές ή βλάβες των τεχνικών κατασκευών και υποδομών, αλλά και σε έμμεσες που οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην αποδιοργάνωση του κοινωνικού ιστού, κυρίως λόγω της μακροχρόνιας παραμονής των σεισμόπληκτων εκτός της παραγωγικής

διαδικασίας, σε διαταραχή των ροών παροχής αγαθών και υπηρεσιών και απώλεια εισοδημάτων λόγω της καταστροφής ή αναστολής λειτουργίας υποδομών και της διακοπής των παραγωγικών δραστηριοτήτων. (Αναστασιάδης, 2002, Δελλαδέτσιμας, 2009)

Οι οικονομικές συνέπειες σχετίζονται και με τις βλάβες στις κατασκευές των οποίων η επισκευή έχει σημαντικό κόστος. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία οι οικονομικές επιπτώσεις των σεισμών στην Ελλάδα κάθε δεκαετία ανέρχονται σε 590 εκατομμύρια ευρώ περίπου. (ΟΑΣΠ 2007)

Οι ψυχολογικές επιπτώσεις που προκαλούνται από τα σεισμικά γεγονότα είναι εξίσου σημαντικές. Σε διάφορες περιπτώσεις καταστροφικών σεισμών έχει προκληθεί έντονος φόβος, ψυχολογική αναστάτωση, άγχος και νευρική υπερδιέγερση. Τις ψυχολογικές συνέπειες επιτείνουν η γρήγορα εξαπλωμένη και ανακριβής φημολογία, η άγνοια γύρω από τα σεισμικά φαινόμενα και η αδυναμία απόδοσης μιας λογικής εξήγησης στην εξαιρετική ανασφάλεια που αναπτύσσεται κατά τους σεισμούς (Παπαζάχος Παπαζάχου, 2003).

Σύμφωνα με τους Kolaitis et al (2003) σε μία έρευνα που διεξήχθη 6 μήνες μετά το σεισμό της Αθήνας το 1999, στην οποία συμμετείχαν 115 παιδιά δύο δημοτικών σχολείων που βρίσκονται κοντά στο επίκεντρο του σεισμού και 48 παιδιά ενός σχολείου που δεν επηρεάστηκε από το σεισμό, το 78% των παιδιών που βίωσαν το σεισμικό γεγονός εκδήλωσαν ήπια έως βαριά συμπτώματα μετα-τραυματικού στρες ενώ σε ένα ποσοστό 32% εμφανίστηκαν και συμπτώματα κατάθλιψης.

Οι Kato et al. (1996), διερεύνησαν τη συχνότητα των βραχυπρόθεσμων, μετα - τραυματικών συμπτωμάτων στους πληγέντες του καταστροφικού σεισμού «Hanshin - Awaaji» που έπληξε την Ιαπωνία το 1995. Στην εν λόγω έρευνα συμμετείχαν συνολικά 67 άτομα κάτω των 60 ετών και 75 ηλικιωμένα άτομα (60 ετών και άνω) κατά τη διάρκεια της τρίτης εβδομάδας μετά τον σεισμό, και 50 και 73 άτομα, αντίστοιχα, κατά την όγδοη εβδομάδα. Κατά την πρώτη αξιολόγηση, οι συμμετέχοντες και από τις δύο ηλικιακές ομάδες παρουσίασαν διαταραχές ύπνου, κατάθλιψη, υπερευαισθησία και ευερεθιστότητα. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης αξιολόγησης παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό των νεότερων ατόμων που βιώνουν συμπτώματα δεν έχει μειωθεί, ενώ τα ηλικιωμένα άτομα έδειξαν μια σημαντική μείωση σε 8 από τα 10 υπό εξέταση συμπτώματα. Αυτό, σύμφωνα με τους ερευνητές μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες όπως το μειωμένο ψυχολογικό στρες, τα εκτεταμένα κοινωνικά δίκτυα, και προηγούμενες εμπειρίες από Φυσικές Καταστροφές.

Σε μία άλλη έρευνα οι Bödvarsdóttir και Elklit (2004), διερεύνησαν τις ψυχολογικές επιπτώσεις από δύο σεισμούς στην Ισλανδία, σε δύο ομάδες ατόμων τρεις μήνες μετά το γεγονός. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από 52 ενήλικες οι οποίοι επλήγησαν από τους σεισμούς, ενώ η δεύτερη ομάδα αποτελεί την ομάδα ελέγχου η οποία περιλαμβάνει 29 ενήλικες οι οποίοι δεν επλήγησαν από τους σεισμούς, αλλά κατοικούν σε γειτονική περιοχή. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το 24% των πληγέντων από τους σεισμούς παρουσίασαν συμπτώματα διαταραχής μετα-τραυματικού στρες, ενώ κανένας

δεν εμφάνισε τέτοιου είδους συμπτώματα στην ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, και στις δύο ομάδες εντοπίστηκε άγχος σχετιζόμενο με το σεισμό και αδυναμία έκφρασης συναισθημάτων και σκέψεων, σε ποσοστό που έφτασε το 81% στο σύνολο των συμμετεχόντων.

Σύμφωνα με τους Kiliç et al (2006) οποίοι μελέτησαν 526 επιζώντες των σεισμών στην Τουρκία το 1999 οι οποίοι μετεγκαταστάθηκαν στην πόλη Ανκάρα μετά τους σεισμούς τα επίπεδα μετα-τραυματικού στρες ήταν αυξημένα σε σχέση με τα αναμενόμενα σε μία πόλη η οποία θεωρείται σχετικά ασφαλής από σεισμούς. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην μετακίνηση σε άλλη πόλη λόγω του σεισμού το οποίο πιθανά αυξάνει το ψυχολογικό στρες μέσω της διατάραξης του κοινωνικού δικτύου.

ΜΕΡΟΣ Β

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

Σ. 1 Σεισμός Κορίνθου μεγέθους 6,3R στις 22 Απριλίου 1928

Η κύρια σεισμική δόνηση, της οποίας προηγήθηκαν δύο ισχυροί σεισμοί και δεκαοκτώ ασθενείς δονήσεις, σημειώθηκε στις 22.14, ήταν επιφανειακή, βάθους 5 χλμ (Παπαφωτίου, 2002) με επίκεντρο 70 χλμ δυτικά της Αθήνας, κοντά στη διώρυγα και εντός του τριγώνου Κόρινθος-Καλαμάκι-Λουτράκι (Αιγινήτης, 1928). Το μέγεθος του σεισμού ήταν 6,3 βαθμοί της κλίμακας Ρίχτερ και η έντασή του 9-10 βαθμοί της κλίμακας Μερκάλλι (Παπαφωτίου, 2002)

Αποτέλεσμα του μεγάλου πλήθους σεισμικών δονήσεων που προηγήθηκαν του κυρίως σεισμού ήταν η απομάκρυνση των περισσότερων κατοίκων από τις οικίες τους, η οποία και περιόρισε τον αριθμό των νεκρών σε περίπου 20 και των τραυματιών σε 30 σε μία πόλη στην οποία κατέρρευσε σχεδόν το σύνολο των 2000 κτιρίων της (Παπαζάχου, 2003)

A.1 Αντισεισμικός Οικοδομικός Κανονισμός Κορίνθου-Λουτρακίου (ΠΔ 1-11-1928, ΦΕΚ 234Α/7-11-1928)

Ο πρώτος ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός δημοσιεύθηκε περίπου 6 μήνες μετά τον καταστροφικό σεισμό που έπληξε την Κόρινθο και είχε υποχρεωτική εφαρμογή στις περιοχές της Κορίνθου και Λουτρακίου.

Εισάγει δύο σεισμικές συνιστώσες, την οριζόντια συνιστώσα με μέγεθος 12% των κατακόρυφων φορτίων και την κατακόρυφη συνιστώσα με μέγεθος 30% των κατακόρυφων φορτίων. Εισάγει επίσης κανόνες και οδηγίες για κατασκευές από όλα τα υλικά της εποχής (σκυρόδεμα, λιθοδομή, οπτοπλινθοδομή, ωμοπλινθοδομή, χάλυβα,

ξύλο, σύμμικτες) και εξειδικεύει οδηγίες για τις περιπτώσεις ανέγερσης, προσθήκης και επισκευής. Γίνεται αναφορά στην κατασκευή διαζωμάτων (σενάζ) στις ποδιές και στα υπέρθυρα κουφωμάτων ενώ δίνεται έμφαση στον έλεγχο του εδάφους θεμελίωσης με σύσταση για επιτρεπόμενη τάση εδάφους τουλάχιστον 200KN/m² (2 kg/cm²). Χορηγούνται πολεοδομικοί και κατασκευαστικοί κανόνες για ανέγερση, προσθήκη και επισκευή, πάσης μορφής κατασκευών (από ωμόπλινθους, λιθοδομή, οπτοπλινθοδομή, ξύλο, χάλυβα, σκυρόδεμα και συνδυασμούς τους). Επισημαίνεται η ανάγκη καλής κατασκευής.

A.2 Αντισεισμικός Οικοδομικός Κανονισμός Κορίνθου-Λουτρακίου (ΠΔ 2-10-1931, ΦΕΚ 375Α/29-10-1931)

Τρία χρόνια μετά ακολούθησε ο δεύτερος αντισεισμικός κανονισμός ο οποίος επίσης καθορίζει τους όρους δόμησης και επισκευής των κτηρίων στις σεισμόπληκτες περιοχές Κορίνθου – Λουτρακίου, με μικρές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τον προηγούμενο.

Πιο συγκεκριμένα, εισάγονται για πρώτη φορά δύο οριζόντιες σεισμικές συνιστώσες στη διεύθυνση των κύριων αξόνων της κατασκευής παράλληλα με την κατακόρυφη σεισμική συνιστώσα, ενώ δίνεται η δυνατότητα υπό προϋποθέσεις να μη λαμβάνονται συγχρόνως οριζόντιες και κατακόρυφη σεισμική συνιστώσα στο στατικό υπολογισμό. Επιπρόσθετα, τίθενται ελάχιστες κατασκευαστικές διατάξεις για τα κτίρια από σκυρόδεμα όπως το ελάχιστο πάχος τοιχωμάτων (25 εκ στον ανώτερο όροφο, 38 εκ στο ισόγειο).

A.3 Συμπλήρωση Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου (ΒΔ 19-12-1935, ΦΕΚ 4Α/4-1-1936)

Η συμπλήρωση αυτή δεν επιφέρει καμία ουσιαστική αλλαγή. Τίθεται ως προϋπόθεση για την προσθήκη καθ' ύψος, η σύνταξη Πρακτικού από δύο μηχανικούς (ο ένας του Γραφείου Ανοικοδομήσεως Κορίνθου) περί της καλής κατασκευής του υπάρχοντος

Σ.2 Σεισμός Λάρισας 1-3-1941 μεγέθους 6,3R

Το επίκεντρο του σεισμού εμφανίζεται λίγα χιλιόμετρα ΒΑ της Λάρισας ενώ το μέγεθός του ήταν 6,3 βαθμοί της κλίμακας Ρίχτερ. Το κόστος του σεισμού ήταν μεγάλο σε ανθρώπινες ζωές με τους νεκρούς να φθάνουν τους 40 και τους τραυματίες τους 100 ενώ υπήρξαν γενικευμένες βλάβες στα κτήρια της περιοχής και κατάρρευση αρκετών εξ αυτών.

A.4 Επέκταση Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου στη Λάρισα (ΦΕΚ 277Α/16-8-1941)

Πέντε περίπου μήνες μετά το σεισμό της Λάρισας θεσμοθετείται η υποχρεωτική εφαρμογή του αντισεισμικού κανονισμού στην περιοχή της Λάρισας με μειωμένη όμως οριζόντια και κατακόρυφη σεισμική συνιστώσα ίση με το 10% των κατακόρυφων φορτίων.

A.5 Τροποποίηση Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ 165Α/11-8-1947)

Βασική διαφοροποίηση που εισάγεται με αυτή την τροποποίηση του ΑΟΚ είναι ότι στους υπολογισμούς των δράσεων πλέον λαμβάνεται υπόψη μόνο η οριζόντια σεισμική συνιστώσα ίση με το 10% των κατακόρυφων φορτίων ενώ δεν υπεισέρχεται καθόλου στους υπολογισμούς η κατακόρυφη σεισμική συνιστώσα.

Επίσης στον κανονισμό αυτό δίνεται έμφαση στην εισαγωγή νέων αυστηρότερων κατασκευαστικών κανόνων. Έτσι γίνονται αυστηρότερες οι απαιτήσεις για τα διαζώματα (οριζόντιες ζώνες ενίσχυσης – σενάζ) ως προς τη θέση τις διαστάσεις, τις μεταξύ τους αποστάσεις ανάλογα με το υλικό κατασκευής της τοιχοποιίας. Δίνονται ελάχιστες απαιτήσεις δομικών στοιχείων (όπως για παράδειγμα τα πάχη τοιχοποιίας) ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους ενώ τίθενται περιορισμοί ως προς την αρχιτεκτονική διάταξη του κτηρίου (αριθμός ορόφων, ύπαρξη υπογείου, συνολικό ύψος) ανάλογα με τη μορφή του φορέα (συνήθη διάταξη) και τα υλικά κατασκευής.

A.6 Τροποποίηση Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου (ΦΕΚ 20Α/15-1-1951)

Με τη συγκεκριμένη τροποποίηση δίνεται το περιθώριο προσθήκης σε υπάρχον κτήριο με την προϋπόθεση της βεβαίωσης της αντοχής του κτηρίου από δύο Πολιτικούς Μηχανικούς ενώ απαιτείται επίσης βεβαίωση δύο Πολιτικών μηχανικών στις περιπτώσεις επισκευών από σεισμό.

Σ.3 Σεισμοί Ιονίου μεγέθους 6,4R στις 9-8-1953, μεγέθους 6,8R στις 11-8-1953 και μεγέθους 7,2R στις 12-8-1953

Το 1953 τρεις ισχυρές σεισμικές δονήσεις έπληξαν τα Ιόνια νησιά με ισχυρότερη αυτή της 12^{ης} Αυγούστου 1953 με μέγεθος 7,2 R με επίκεντρο τη Νοτιοανατολική Κεφαλονιά. Σύμφωνα με στοιχεία του που δημοσιεύονται στην ιστοσελίδα του ΟΑΣΠ (www.oasp.gr) από τα 33.300 σπίτια της Κεφαλονιάς, της Ζακύνθου και της Ιθάκης καταστράφηκαν ολοσχερώς τα 27.659. Ο αριθμός των νεκρών ανήλθε στους 455 ενώ 2.412 τραυματίστηκαν.

Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι στο Αργοστόλι διασώθηκαν μόνο δύο αρχοντικά σπίτια (το ισόγειο του σπιτιού της οικογένειας Γκιντιλίνη – Κοσμετάτου και το σπίτι του Βρεττού) ενώ στο Ληξούρι μεταξύ των ελαχίστων κτηρίων που διασώθηκαν ήταν το Γηροκομείο και το αρχοντικό Τυπάλδου-Ιακωβάτων.(Λειβαδά – Ντούκα, Γαλανός, 2006:10-17)

A.7 Επέκταση Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου στην Κεφαλονιά-Ζάκυνθο (ΦΕΚ 134Α/26-7-1954)

Ένα περίπου χρόνο μετά τους καταστροφικούς σεισμούς του Ιονίου δημοσιεύθηκε η Επέκταση του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου στην Κεφαλονιά-Ζάκυνθο. Με το παραπάνω ΦΕΚ γίνεται απλή επέκταση της ισχύς του αντισεισμικού κανονισμού χωρίς να υπάρξει καμία τροποποίησή του.

A.8 Αντισεισμικός Κανονισμός Οικοδομικών Έργων 1959 (ΒΔ 19-2-1959/ΦΕΚ 36Α/26-2-1959)

Με τη δημοσίευση του παρόντος κανονισμού, και όπως ορίζεται και στο άρθρο 15 αυτού, παύουν να ισχύουν όλοι οι προγενέστεροι αντισεισμικοί κανονισμοί και πλέον ο παρών είναι ο βασικός Αντισεισμικός Κανονισμός, υποχρεωτικής εφαρμογής για ολόκληρη τη χώρα.

Ο κανονισμός αυτός εισάγει τρεις κατηγορίες σεισμικότητας περιοχής με την κατηγορία I να αναφέρεται σε ασθενώς σεισμόπληκτες περιοχές, τη II σε μέτρια σεισμόπληκτες περιοχές και την III σε ισχυρά σεισμόπληκτες περιοχές.

Εισάγει επίσης και 4 κατηγορίες σεισμικής επικινδυνότητας εδάφους για εδάφη μικρής έως εξαιρετικής σεισμικής επικινδυνότητας.

Για τον αντισεισμικό υπολογισμό λαμβάνονται υπόψη οι οριζόντιες συνιστώσες των σεισμικών δυνάμεων το μέγεθος των οποίων ισούται με τα αντίστοιχα κατακόρυφα φορτία πολλαπλασιασμένα επί το συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης ϵ . Οι τιμές του συντελεστή ϵ δίνονται από πίνακα ανάλογα με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και την κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας εδάφους. Η οριζόντια (στατική) σεισμική δύναμη θεωρείται ως εφαρμοζόμενη στο κέντρο της αντίστοιχης μάζας (ορθογωνική κατανομή), με φορά εναλλασσόμενη, κατά τους κύριους άξονες, και μέγεθος ίσο προς το αντίστοιχο κατακόρυφο φορτίο (μόνιμο και κινητό) πολλαπλασιασμένο επί τον συντελεστή (ϵ)

Η κατακόρυφη σεισμική συνιστώσα ίση με 3ϵ λαμβάνεται υπόψη μόνο στους προβόλους.

Στον παρόντα αντισεισμικό κανονισμό δίνονται συστάσεις για τη μόρφωση της αρχιτεκτονικής διάταξης με τέτοιο τρόπο ώστε να διαμορφώνεται ένας σαφής, σταθερός στο χώρο στατικός φορέας. Έμφαση δίνεται στη συμμετρία στη διάταξη των φερόντων στοιχείων.

Συστάσεις δίνονται επίσης για κατασκευαστικές διατάξεις όπως τα ελάχιστα πάχη και το ελάχιστο μήκος των τοιχείων ακαμψίας (20cm ή 15cm αν καταλήγουν σε στύλους), ο ελάχιστος οπλισμός τοιχείων ακαμψίας (διπλή εσχάρα με $\Phi 8/25$), η διάταξη των τοιχείων ώστε το Κέντρο Ελαστικής Στροφής να βρίσκεται κοντά στο κέντρο Μαζών και οι ελάχιστες διαστάσεις των γωνιακών υποστυλωμάτων (30/30 για τους τρεις ανώτατους ορόφους και 35/35 για τους κατώτερους, με οπλισμό τουλάχιστον 12cm²).

Τέλος δίνονται συστάσεις και για τη θεμελίωση με βασικότερη την επιδίωξη θεμελίωσης σε ένα οριζόντιο επίπεδο ενώ ορίζονται ως κύριοι τρόποι θεμελίωσης η θεμελίωση σε εσχάρα πεδילוδοκών ή η γενική κοιτόστρωση με παράλληλη αναφορά στους υπόλοιπους τρόπους θεμελίωσης και τις περιπτώσεις που επιτρέπονται καθώς και αναλυτική αναφορά του τρόπου θεμελίωσης φέρουσας τοιχοποιίας, τοιχωμάτων κλπ.

Ειδική αναφορά γίνεται στις περιπτώσεις και στις προϋποθέσεις απαλλαγής από τον ειδικό αντισεισμικό έλεγχο.

A.9 Τροποποίηση Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων 1959 (ΦΕΚ 190Α/14-9-1959)

Με αυτή την τροποποίηση εισάγεται ένας επιπλέον αντισεισμικός έλεγχος στα υποστυλώματα για οριζόντια σεισμική δύναμη ίση με τα $\varepsilon/2$ του αθροίσματος μόνιμων και κινητών φορτίων. Ο έλεγχος αυτός καθίσταται υποχρεωτικός και για τις περιπτώσεις όπου προβλεπόταν απαλλαγή από τον κανονικό αντισεισμικό υπολογισμό.

Σ.4 Σεισμός Θεσσαλονίκης μεγέθους 6,5R στις 20-6-1978

Ο σεισμός που έπληξε τη Θεσσαλονίκη το 1978 είχε μέγεθος 6,5 βαθμούς της κλίμακας Richter, επίκεντρο 20 χλμ. ανατολικά της Θεσσαλονίκης και ήταν μικρού εστιακού βάθους (8-10 χλμ.) Από το σεισμό προκλήθηκαν συνολικά 48 θάνατοι, οι περισσότεροι εκ των οποίων (37) ήταν ένοικοι της πολυκατοικίας που κατέρρευσε στην πλατεία Ιπποδρομίου, ενώ 220 τραυματίστηκαν. Συνολικά 9.480 κτήρια υπέστησαν μη επισκευάσιμες βλάβες, 23.589 σοβαρές βλάβες και 67.541 ελαφρές βλάβες στους Νομούς Θεσσαλονίκης, Σερρών, Κιλκίς και Χαλκιδικής. (ΟΑΣΠ 2007: 36)

Τα δίκτυα κοινής ωφέλειας υπέστησαν πολύ μικρές έως ανύπαρκτες βλάβες, ενώ το κόστος αποκατάστασης του δομημένου περιβάλλοντος επικαιροποιημένο (2008) ανήλθε σε 1,0-1,2 δις ευρώ. (Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ, 2008)

Η απόκριση των κατασκευών θεωρήθηκε εντυπωσιακά υψηλή δεδομένης της χαμηλής αντοχής σκυροδέματος του φέροντος οργανισμού και κακής όπλισης. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην υψηλή ποιότητα του οργανισμού πλήρωσης (καλοδομημένες πλινθοδομές) και επιβεβαιώθηκε από ερευνητικά προγράμματα του Εργαστηρίου Σκυροδέματος του ΑΠΘ.

Τέλος από άλλες έρευνες του ίδιου εργαστηρίου προέκυψε ότι η κατανομή των υψηλών ζημιών στα διάφορα σημεία της πόλης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το εδαφικό προφίλ των διαφόρων περιοχών ενώ η έκταση των ζημιών στον φέροντα οργανισμό επηρεάστηκαν από παραμέτρους όπως η ύπαρξη πιλοτής και ο αριθμός των ορόφων.

Ο σεισμός της Θεσσαλονίκης έλαβε χώρα μετά από ένα μεγάλο διάστημα (περίπου 25 ετών) σχετικής σεισμικής ηρεμίας και η οποία σε συνδυασμό με την καθιέρωση του Αντισεισμικού Κανονισμού το 1959 είχε επιφέρει έναν γενικό εφησυχασμό και μια

εσφαλμένη εκτίμηση στην επιστημονική κοινότητα της εποχής ότι οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα ήταν ασφαλείς από σεισμικό κίνδυνο. Οι εκτεταμένες ζημιές και το κόστος σε ανθρώπινες ζωές μετά το σεισμό του 1978 διέλυσαν το κλίμα εφησυχασμού και ασφάλειας που επικρατούσε και κινητοποίησαν την επιστημονική κοινότητα και την πολιτεία.

Σ.5 Σεισμός Αλκυονίδων μεγέθους 6,7R στις 24-2-1981

Ο σεισμός του 1981 είχε επίκεντρο τις Αλκυονίδες Νήσους στον Κορινθιακό Κόλπο και μέγεθος 6,7R. Σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας από το σεισμό προκλήθηκαν 20 θάνατοι και 500 τραυματισμοί ενώ σε 22.554 κτήρια προκλήθηκαν μη επισκευάσιμες βλάβες. Από το σεισμό προκλήθηκαν μεγάλες υλικές ζημιές στους Νομούς Κορινθίας, Βοιωτίας, Αττικής, Φωκίδας και Εύβοιας ενώ κατέρρευσαν και δύο ξενοδοχεία σε Λουτράκι και Βραχάτι (πηγή: www.oasp.gr/node/208)

A.10 Τροποποίηση και Συμπλήρωση Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων 1959 (ΦΕΚ 253Α/14-9-1981)

Στην πρώτη τροποποίηση του 1981 περιέχεται ένας αναθεωρημένος πίνακας σεισμικότητας των διαφόρων περιοχών της Ελλάδας με εισαγωγή νέων περιοχών στον πίνακα και αλλαγή (συνήθως αύξηση) της σεισμικότητας κάποιων περιοχών.

A.11 Τροποποίηση και Συμπλήρωση Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων 1959 (ΦΕΚ 239Β/16-4-1984)

Η Απόφαση ισχύει από της δημοσίευση της παρούσης, αλλά ο υπό αντικατάσταση Κανονισμός εξακολουθεί να ισχύει παράλληλα με τον νέο για έξι μήνες, μετά την πάροδο του οποίου έχει ισχύ εφαρμογής μόνον ο νέος Κανονισμός. Περιλαμβάνεται Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας παράλληλα με τον Πίνακα.

Εισάγεται ο συντελεστής σπουδαιότητας, ανάλογα με το κοινωνικό και οικονομικό ενδιαφέρον του έργου, με τον οποίο πολλαπλασιάζεται ο συντελεστής (ε) για τον προσδιορισμό των οριζοντίων συνιστωσών των σεισμικών δυνάμεων. Η συνολική σεισμική δύναμη κατανέμεται καθ' ύψος του κτιρίου τριγωνικά, με τη μέγιστη τεταγμένη στην κορυφή.

Επισημαίνεται η αθέλητη, αλλά σημαντική, ακαμψία που προσδίδουν οι τοίχοι πληρώσεως και συνιστάται η ενίσχυση των φερόντων στοιχείων ακαμψίας στους ορόφους με μειωμένους τοίχους πληρώσεως.

Απαγορεύεται η βλάβη φερόντων στοιχείων από συνεργεία υδραυλικών, ηλεκτρολόγων κλπ. Γίνονται υποδείξεις για πλάκες χωρίς δοκούς, για πλαισιακή λειτουργία οριζοντίων- κατακορύφων στοιχείων και αρμούς διακοπής.

Επιβάλλεται η ενίσχυση των άκρων των τοιχίων ,σε μήκους 0,2Lw και τουλάχιστον 2b, με ελάχιστο οπλισμό 4Φ14 και συνδετήρες Φ8 ανά b/2.

Προσδιορίζονται οι "κρίσιμες" περιοχές στύλων και δοκών και οι απαιτήσεις διαμορφώσεως του κόμβου. Επίσης η όπλιση της διατομής του στύλου, με περίσφιξη και πολύτμητους συνδετήρες. Επισημαίνεται ο κίνδυνος του "κοντού υποστυλώματος" και δίνονται κατασκευαστικές υποδείξεις.

A.12 Τροποποίηση και Συμπλήρωση Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων 1959 (ΦΕΚ 587B/1-10-1985)

Με τη παρούσα τροποποίηση διακρίνονται οι προσθήκες κτιρίων σε στατικώς ανεξάρτητες ή όχι. Για τη δεύτερη κατηγορία ορίζεται τότε απαιτείται ή όχι ο έλεγχος του υφισταμένου, αναλόγως σπουδαιότητας, αριθμού ορόφων και υφισταμένης προβλέψεως προσθήκης. Κατά τροποποίηση των διατάξεων του ΒΔ 1959, επιτρέπεται υπέρβαση των τάσεων κατά 20% για τον χάλυβα και κατά 50% της συμβατικής αντοχής 28 ημερών για το σκυρόδεμα.

Σ.6 Σεισμός Καλαμάτας μεγέθους 6,0R στις 13-9-1986

Ο σεισμός μεγέθους 6 βαθμών της κλίμακας Richter που έπληξε την Καλαμάτα στις 13 Σεπτεμβρίου του 1986 ήταν ιδιαίτερα καταστροφικός, και είχε ως αποτέλεσμα 20 νεκρούς και πάνω από 300 τραυματίες. Στον μικρό αριθμό θυμάτων συνέβαλε και μία συγκυρία, καθώς ο σεισμός συνέβη κατά τη διάρκεια τελετής εγκαινίων νέας ακτοπολικής γραμμής στο λιμάνι, την οποία εκτιμάται ότι παρακολουθούσαν 15.000 άνθρωποι.

Στην πόλη της Καλαμάτας κατέρρευσαν 4 πολυκατοικίες ενώ από τα 9.124 κτίρια της Καλαμάτας το 20% κρίθηκαν κατεδαφιστέα, το 16% έπαθαν σοβαρές βλάβες και το 36% έπαθαν ελαφρές βλάβες (πηγή: www.oasp.gr/node/672). Το οδικό δίκτυο έκλεισε από ερείπια και οι τηλεπικοινωνίες κατέρρευσαν. Παρόλο που η ποσοτικοποίηση των οικονομικών απωλειών δεν είναι εύκολη, υπολογίζεται ότι τα μέτρα απόκρισης ήταν ύψους 180 εκ. Ευρώ και οι υλικές απώλειες ύψους 250 εκ. Ευρώ.

Το χωριό Ελαιοχώρι καταστράφηκε ενώ τα χωριά Βέργα, Πολιανή, Άρις, Αρτεμισία και Νέδουσα έπαθαν σοβαρές ζημιές.

A.13 Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (NEAK) (ΦΕΚ 613B/12-10-1992)

Ο NEAK συνίσταται σε επανασύνταξη του Αντισεισμικού Κανονισμού στη βάση νέων "αρχών" και νέας φιλοσοφίας, με ισχύ από της δημοσίευσή του. Θα υπάρξουν 2 χρόνια παράλληλης εφαρμογής με τις διατάξεις του ΒΔ 1959 όπως αυτό έχει τροποποιηθεί, μετά την πάροδο των οποίων ο παλαιός Κανονισμός καταργείται. Εντάσσονται ως αναπόσπαστα τμήματά του 4 Παραρτήματα Α', Β', Γ', Δ' ενώ περιλαμβάνονται Σχόλια και Αιτιολογική Έκθεση.

Με τον νέο αυτό κανονισμό ο σεισμός αντιμετωπίζεται ως δυναμικό φαινόμενο και η φόρτιση προκύπτει από φάσματα αποκρίσεως. Ορίζονται ως θεμελιώδεις απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς των σχεδιαζόμενων δομημάτων, η αποφυγή κατάρρευσης, ο περιορισμός των βλαβών και η διασφάλιση ελάχιστης στάθμης λειτουργιών. Εισάγεται η απαίτηση πλαστιμότητας των στοιχείων του φορέα στις πιθανές θέσεις πλαστικών αρθρώσεων και προσδιορίζονται "κρίσιμες περιοχές". Εισάγεται ο ικανοτικός έλεγχος. Εισάγεται ο υπολογισμός των μετακινήσεων των ορόφων και ορίζονται όρια. Ορίζονται 4 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου και χορηγείται και σχετικός Πίνακας οικισμών, με αντίστοιχες σεισμικές επιταχύνσεις εδάφους $\alpha = 0.12, 0.16, 0.24, 0.36$.

Οι ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών είναι 4 και επίσης ορίζονται 4 κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων. Εισάγεται στον υπολογισμό η συμπεριφορά της ίδιας της κατασκευής με τον συντελεστή συμπεριφοράς, τον συντελεστή απόσβεσης και τον συντελεστή θεμελίωσης. Λαμβάνεται υπόψη η τυχηματική εκκεντρότητα. Ορίζονται οι δράσεις και οι συντελεστές συνδυασμού τους.

Εισάγεται η υποχρεωτική κατασκευή σεισμικού αρμού μεταξύ κτιρίων, με εναλλακτική δυνατότητα την κατασκευή "προσκραυστήρων".

A.14 Τροποποίηση ΝΕΑΚ (ΦΕΚ 774B 12-10-1994)

Γίνεται μια μικρή τροποποίηση και ορίζεται η παράλληλη εφαρμογή του παλιού και του νέου Κανονισμού μέχρι 30 Ιουνίου 1995.

Σ.7 Σεισμός Γρεβενών – Κοζάνης μεγέθους 6,6R στις 13-5-1995

Ο σεισμός των 6,6 R της 13ης Μαΐου 1995 είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή πολλών χωριών του νομού Γρεβενών ενώ υπήρξαν μεγάλες καταστροφές και σε πολλά χωριά του νομού Κοζάνης. 12 άνθρωποι τραυματίστηκαν ενώ σύμφωνα με στοιχεία του Ο.Α.Σ.Π. 2.523 κτήρια στο νομό Γρεβενών και 7.693 στο νομό Κοζάνης κατέρρευσαν ή έπαθαν ζημιές.

Σ.8 Σεισμός Αιγίου μεγέθους 6,4R στις 15-6-1995

Ο σεισμός του Αιγίου ήταν επιφανειακός και έγινε ιδιαίτερα αισθητός στην Αχαΐα και τη Φωκίδα. Οι 26 νεκροί ήταν αποτέλεσμα της κατάρρευσης μιας πολυκατοικίας στην πόλη του Αιγίου και ενός ξενοδοχείου στα Βαλιμίτικα. Παρουσιάστηκαν εκτεταμένες ζημιές σε πολλά κτίρια σε χωριά της Αχαΐας και της Φωκίδας ενώ παρατηρήθηκαν φαινόμενα υποθαλάσσιων κατολισθήσεων, μετάθεσης της ακτογραμμής, ρευστοποίησης και διαρρήξεις του εδάφους. (πηγή: www.oasp.gr/node/564).

Συνολικά ο σεισμός επηρέασε τις ζωές 150.000 ανθρώπων εκ των οποίων όπως προαναφέρθηκε 26 έχασαν τη ζωή τους και 200 τραυματίστηκαν ενώ οι άστεγοι ανήλθαν στους 2.100.

Σύμφωνα με στοιχεία από της επιτροπές του Τομέα Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων (ΤΑΣ) 3.000 κτήρια κρίθηκαν κατεδαφιστέα (κόκκινα) και 2.800 επισκευάσιμα (κίτρινα).

A.15 Τροποποίηση και Συμπλήρωση ΝΕΑΚ (ΦΕΚ 534Β/20-6-1995)

Βελτιώνονται, τροποποιούνται ή προστίθενται στοιχεία και τύποι υπολογισμού ενώ παράλληλα οριστικοποιείται η ημερομηνία 1-7-1995 για την έναρξη αποκλειστικής εφαρμογής του ΝΕΑΚ.

A.16 Τροποποίηση και Συμπλήρωση ΝΕΑΚ (ΦΕΚ 588Β/ 6-7-1995)

Προστίθεται στον Κανονισμό το Παράρτημα Ε' με το οποίο ορίζονται κανόνες, τίθενται προϋποθέσεις και ρυθμίζονται διαδικασίες για την προσθήκη ορόφων σε υπάρχοντα κτίρια.

A.17 Συμπλήρωση ΝΕΑΚ για Γρεβενά-Κοζάνη (ΦΕΚ 850Β/11-10-1995)

Οι περιοχές Γρεβενών και Κοζάνης κατατάσσονται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II.

A.18 Διευκρινίσεις εφαρμογής ΕΚΩΣ και ΝΕΑΚ σε δημόσια κτήρια (ΦΕΚ 611Β/22-7-1996)

Γίνεται τακτοποίηση των συμβατικών σχέσεων του ευρύτερου Δημόσιου Τομέα προς τους μελετητές. Ορίζεται ότι οι ισχύουσες διατάξεις του "Νέου Κανονισμού Σκυροδέματος" (ΦΕΚ 1068/Β/91) και του "Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού" (ΦΕΚ 613/Β/92) δεν έχουν υποχρεωτική εφαρμογή σε κτίρια του Δημοσίου, των ΝΠΔΔ και των ΟΤΑ, για τα οποία έχει εγκριθεί η οριστική μελέτη ή έχει υποβληθεί για έγκριση, πριν από την 1-7-1995.

Σ.9 Σεισμός Πάρνηθας μεγέθους 5,9R στις 7-9-1999

Ο σεισμός της Πάρνηθας του 1999, με ένταση 5,9 βαθμών της Κλίμακας Ρίχτερ, έλαβε χώρα στις 7 Σεπτεμβρίου 1999, 14:56:50 τοπική ώρα, και προκάλεσε και ζημιές που έφτασαν τα 3 δισεκατομμύρια ευρώ. Ο σεισμός, αν και όχι ιδιαίτερα ισχυρός και με συνολική διάρκειά μόλις 15 δευτερόλεπτα, προκάλεσε πολλές καταστροφές εξαιτίας της εγγύτητάς του στην Αθήνα, με επίκεντρο 18 χιλιόμετρα από το κέντρο της πόλης, ανάμεσα στις Αχαρνές και τον Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας, καθώς και του μικρού εστιακού βάθους, από 9 μέχρι 14 χιλιόμετρα. Στην επιφάνεια του εδάφους υπήρξαν ελάχιστες ρηγματώσεις και ήταν δύσκολο να βρεθεί η προέλευση του σεισμού. (Ganas et al, 2001)

Οι μέγιστες εντάσεις που παρατηρήθηκαν στους Δήμους Ζεφύρι, Καματερό, Ίλιον, Αγ. Ανάργυροι, Πετρούπολη, Περιστέρι, Αιγάλεω, Αγ. Βαρβάρα, Χαϊδάρι ήταν VII-VIII+ βαθμοί της τροποποιημένης κλίμακας Mercalli (ΟΑΣΠ,2013)

Οι θάνατοι από το σεισμό ανήλθαν στους 143 ενώ οι τραυματισμοί στους 7.000 εκ των οποίων 500 ήταν σοβαροί. Τα κτήρια που έπαθαν ζημιές από το σεισμό ξεπέρασαν τα 42.000 εκ των οποίων περισσότερα από 4.000 κατέρρευσαν ή υπέστησαν ανεπανόρθωτες βλάβες. (Pomonis, 2002)

Το 50% των θανάτων συνέβησαν στα ερείπια έντεκα μεγάλων κτιρίων, εκ των οποίων τρία εργοστάσια (Ricomex, Faran, Furlis) και 8 πολυκατοικίες. Ο σκελετός δύο εξ αυτών των κτιρίων είχε ήδη αποδυναμωθεί κατά το παρελθόν: το εργοστάσιο της Ricomex από πυρκαγιά και μία εξώροφη πολυκατοικία στη Νέα Φιλαδέλφεια από τον σεισμό των Αλκυονίδων. Από το σύνολο των θανάτων 38 προήλθαν από την κατάρρευση του εργοστασίου της Ricomex, ενώ από τα ερείπια του διασώθηκαν μόνο εννέα άτομα. Το εργοστάσιο είχε κτιστεί στην άκρη ασταθούς πλαγιάς του ρέματος της Χελιδονούς με πολλές οικοδομικές παραβάσεις. Οι υπόλοιποι θάνατοι οφείλονταν σε καταρρεύσεις 17 μικρότερων κτιρίων, η πλειοψηφία των οποίων είχαν κατασκευαστεί πριν το 1984.

Ο σεισμός του 1999 αποτέλεσε την πιο κοστοβόρα φυσική καταστροφή της Ελλάδας. Το συνολικό κόστος υπολογίστηκε ότι ανέρχεται σε 3,77 δισεκατομμύρια ευρώ. Το ποσό αυτό ανέρχεται στο 3% του ΑΕΠ της χώρας. Το 2,4% του υπολογιζόμενου κόστους αφορά τον τομέα της υγείας, χωρίς να διευκρινίζεται περαιτέρω από την κυβέρνηση. Από τα 42 νοσοκομεία της Αθήνας τα 6 επλήγησαν από τον σεισμό, χωρίς όμως να καταρρεύσουν ή να τεθούν εκτός λειτουργίας. Χορηγήθηκε επίσης επίδομα ύψους 5.869 Ευρώ σε κάθε οικογένεια με απώλεια ή τραυματισμό μέλους της. (Pomonis, 2002)

A.19 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ 2000) (ΦΕΚ 2184B/20-12-1999)

Είναι ο Κανονισμός που χρησιμοποιείται σήμερα με το όνομα Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός ΕΑΚ-2000. Αποτελεί αναθεώρηση, συμπλήρωση και βελτίωση του ΝΕΑΚ, με προσαρμογή προς τους Ευρωκώδικες EC 8 και EC 7, στην οποία έχουν ενσωματωθεί οι παρατηρήσεις, τα σχόλια και οι επιστημονικές απόψεις που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια εφαρμογής του ΝΕΑΚ. Ισχύει από τη δημοσίευσή του.

Εντάσσονται ως αναπόσπαστα τμήματά του επτά παραρτήματα Α', Β', Γ', Δ', Ε', ΣΤ' και Ζ'. Ορίζεται ένας χρόνος παράλληλης εφαρμογής με τον ΝΕΑΚ, με ελευθερία επιλογής ανάμεσα στους δύο από το μηχανικό ενώ η εφαρμογή του γίνεται αποκλειστική μετά τη λήξη της προθεσμίας.

Επαναλαμβάνονται και αναλύονται ως κύριοι στόχοι και θεμελιώδεις απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς των σχεδιαζόμενων δομημάτων, η αποφυγή καταρρεύσεως, ο περιορισμός των βλαβών και η διασφάλιση της ελάχιστης στάθμης λειτουργιών.

Αναγνωρίζεται (Σ1.1.1.δ) ότι η μη επίτευξη του στόχου, στην περίπτωση κάποιου σεισμού, δεν μπορεί να αποκλεισθεί. Διατηρούνται γενικώς οι βασικές αρχές σχεδιασμού του προηγούμενου Κανονισμού ΝΕΑΚ, με επαύξηση των απαιτήσεων.

Ορίζονται 4 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας του Ελληνικού χώρου και χορηγείται και σχετικός Πίνακας οικισμών, με αντίστοιχες σεισμικές επιταχύνσεις εδάφους $A = 0.12$,

0.16, 0.24, 0.36. Οι ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών είναι 4 και επίσης ορίζονται 4 κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων.

Επιβάλλεται ο αντισεισμικός αρμός, με ελάχιστα όρια πλάτους που εξαρτώνται από τον αριθμό ορόφων και τον υπολογισμό των μετατοπίσεων.

A.20 Παράταση προθεσμίας για την έναρξη εφαρμογής του ΕΑΚ-2000 και του ΕΚΩΣ-2000 (ΦΕΚ 1564/22-12-2000)

Ορίζεται, λόγω συμβατότητας των δύο Κανονισμών, ως νέα, κοινή ημερομηνία έναρξης της κοινής εφαρμογής τους, και αποκλειστικής εφαρμογής του ΕΑΚ-2000, η 30-6-2001.

A.21 Διόρθωση λαθών ΕΑΚ 2000 (ΦΕΚ 423B/12-4-2001)

Δίνεται πίνακας με διορθώσεις σε διάφορα σημεία στο κείμενο του ΕΑΚ-2000.

A.22 Διορθώσεις τροποποιήσεις ΕΑΚ 2000 (ΦΕΚ 781B/18-6-2003)

Περιλαμβάνει 4 επεμβάσεις, εκ των οποίων οι τρεις αφορούν την αντοχή του εδάφους και την εδαφοτεχνική έρευνα. Η τέταρτη αφορά τη λειτουργία των τοιχωμάτων, για τα οποία ορίζει λόγο διαστάσεων $l/b > 4$.

A.23 Διορθώσεις τροποποιήσεις ΕΑΚ 2000 (ΦΕΚ 1153B/12-8-2003)

Περιλαμβάνει 4 συμπληρώσεις εκ των οποίων οι τρεις πρώτες αφορούν την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους και των εδαφικών παραμέτρων, βάσει της εδαφοτεχνικής έρευνας ή στοιχείων υπάρχουσας εμπειρίας και ισχύουν από τη δημοσίευσή του.

Η τέταρτη συμπλήρωση αφορά τη λειτουργία τοιχώματος ως καμπτικού προβόλου και τους σχετικούς ελέγχους-- και ισχύει από 1ης Ιανουαρίου 2004.

A.24 Αναθεώρηση Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας ΕΑΚ 2000 (ΦΕΚ 1154B/12-8-2003)

Τροποποιείται ουσιαστικά ο Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας με υποδιαίρεση της χώρας σε τρεις Ζώνες I, II και III, με αντίστοιχες σεισμικές επιταχύνσεις εδάφους $A = 0.16$, 0.24 και 0.36 και ανάλογη τροποποίηση του Πίνακα με τους Δήμους και οικισμούς κατά Νομό.

A.25 Τροποποίηση ΕΑΚ-2000 (ΦΕΚ 270B/16-3-2010)

Ρυθμίζει θέματα που αφορούν τη σπουδαιότητα των κτιρίων. Ρυθμίζει θέματα τοιχωμάτων ως προς τη μείωσή τους καθ' ύψος και αποτρέπει από την κατασκευή "φυτευτών" τοιχωμάτων. Θίγει το θέμα της σεισμικής συμπεριφοράς των τοιχοπληρώσεων.

A.26 Έγκριση εφαρμογής Ευρωκωδίκων (ΦΕΚ 1457/5-6-2014)

Εγκρίνεται η εφαρμογή και χρήση σε όλα τα Δημόσια και Ιδιωτικά έργα, των μεταφρασμένων στην Ελληνική γλώσσα κειμένων των Ευρωκωδίκων, άρα και του Ευρωκώδικα EC 8, σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα.

Οι τυχόν συμπληρώσεις, τροποποιήσεις και διορθώσεις των Ευρωπαϊκών κειμένων θα ισχύουν μόνο μετά την υιοθέτησή τους από την αρμόδια Τεχνική Επιτροπή.

Είναι υποχρεωτική η επιλογή και πλήρης εφαρμογή του ενός εκ των δύο Κανονισμών (του ΕΑΚ-2000 ή του EC8), χωρίς να επιτρέπεται η επιλεκτική χρησιμοποίηση διατάξεων που προέρχεται από τον μη επιλεγέντα.

Οι διαφορές του EC8 από τον ΕΑΚ δεν είναι μεγάλες. Είναι αξιοσημείωτο ότι στον EC8 οι ακαμψίες υπολογίζονται για ρηγματωμένη διατομή, με την εκτίμηση ότι αντιστοιχούν στο ήμισυ της ακαμψίας της μη ρηγματωμένης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) – Η ΑΝΑΓΚΗ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΕ ΕΝΑ ΕΝΤΟΝΑ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

6.1. Εισαγωγή- Η πορεία προς τον Κανονισμό Επεμβάσεων.

Ήδη από το σεισμό της Θεσσαλονίκης (Τρίτη 20 Ιουνίου 1978), ο οποίος ήταν ο πρώτος ισχυρός σεισμός σε μεγάλο αστικό συγκρότημα στην Ελλάδα και τον σεισμό των Αλκυονίδων (Τρίτη 24 Φεβρουαρίου 1981), τον πρώτο μεγάλο σεισμό που έπληξε την Αθήνα, χάθηκε η πεποίθηση του κόσμου ότι η δόμηση των κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα είχε δημιουργήσει σύγχρονες πόλεις άτρωτες σε οποιοδήποτε σεισμό. Τα δύο αυτά σεισμικά γεγονότα είχαν αρκετά εκτεταμένες επιπτώσεις στο δομημένο περιβάλλον και έντονες επιπτώσεις στη δημόσια σωματική και ψυχική υγεία.

Στον πολύ ισχυρό σεισμό της Θεσσαλονίκης (1978) η πλειοψηφία των κτιρίων της πόλης ήταν πολυώροφα, πυκνοδομημένα, με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, σχεδιασμένα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 (και κάποια χωρίς αντισεισμικό κανονισμό), κατασκευασμένα με χαμηλής αντοχής σκυρόδεμα και με κακότεχνη όπλιση. Οι βλάβες στο δομημένο περιβάλλον ήταν εκτεταμένες αλλά όχι ιδιαίτερα σοβαρές για το σύνολο της πόλης αφού κατέρρευσε μόνο μια 8όροφη πολυκατοικία στην πλατεία Ιπποδρομίου (όπου και οι 29 εκ του συνόλου των 48 νεκρών του σεισμού) και διάφορα παλιά κτίσματα και μόνο το 4,5% υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Ως θύματα του σεισμού καταγράφηκαν 48 νεκροί και 220 τραυματίες, σχετικώς μικρό ποσοστό σε συνολικό πληθυσμό άνω των 750.000 κατοίκων εκείνη την εποχή στην

ευρύτερη περιοχή. Όμως οι ψυχοκοινωνικές επιπτώσεις ήταν εξαιρετικά έντονες και προκάλεσαν πλήρη αποδιοργάνωση της καθημερινής ζωής της πόλης. Αμέσως μετά το σεισμό εκδηλώθηκε πανικός και προσπάθεια των κατοίκων να εγκαταλείψουν την πόλη, φόβος για νέο επικείμενο σεισμό, άγχος και ψυχολογική αναστάτωση που δημιούργησε χιλιάδες άστεγους κυρίως επειδή δεν τολμούσαν να επιστρέψουν στα σπίτια τους, αν και εκτιμάται από ελέγχους μετά τον εν λόγω σεισμό ότι το 75% των κτιρίων της πόλης δεν υπέστησαν βλάβες στον φέροντα οργανισμό τους και είχαν περιορισμένες έως ανύπαρκτες βλάβες στις τοιχοποιίες και τα δευτερεύοντα στοιχεία τους και θα μπορούσαν άμεσα να χρησιμοποιηθούν.

Στον ισχυρότατο σεισμό των Αλκυονίδων (1981) οι βλάβες στο δομημένο περιβάλλον στην Αθήνα και στην ευρύτερη περιοχή των νομών Κορινθίας και Βοιωτίας ήταν μεγάλης έκτασης, υπήρξαν 20 νεκροί και περίπου 500 τραυματίες, που αν και σχετικώς μικρό ποσοστό στο συνολικό πληθυσμό της πρωτεύουσας και των παραπάνω περιοχών, οι επιπτώσεις στην ψυχική υγεία των ατόμων ήταν ιδιαίτερα έντονες και συνέτειναν στην ψυχολογική φόρτιση και αναστάτωση για την ασφάλεια και την αντοχή των κτιρίων σε μελλοντικό σεισμό.

Οι δύο αυτοί σεισμοί αποτέλεσαν καμπή στον αντισεισμικό σχεδιασμό στην Ελλάδα και έδωσαν ώθηση στην εξέλιξη των αντιστοιχών κανονισμών. Στην πορεία του χρόνου προστέθηκαν και τα ακόλουθα σεισμικά γεγονότα που άλλαξαν την γενικότερη φιλοσοφία του αντισεισμικού σχεδιασμού των πόλεων και οδήγησαν στην δημιουργία του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ):

- Ο σεισμός της Καλαμάτας (Σάββατο 13 Σεπτεμβρίου 1986), όπου πλέον γενικεύεται η αίσθηση ότι οι υπάρχουσες κατασκευές που σχεδιάστηκαν με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 δεν είναι άτρωτες και χρειάζονται ανασχεδιασμό.

- Ο σεισμός των Γρεβενών-Κοζάνης (Σάββατο 13 Μαΐου 1995), περιοχές που είχαν θεωρηθεί ζώνη χαμηλής σεισμικής επικινδυνότητας και παρά το γεγονός ότι δεν υπήρξε κανένα απολύτως θύμα, προκλήθηκε πανικός και τρόμος λόγω της πρωτόγνωρης εμπειρίας για την περιοχή που αποδιοργάνωσε τη λειτουργία και την καθημερινότητα της κοινωνίας.

- Ο σεισμός του Αιγίου (Πέμπτη 15 Ιουνίου 1995) με 26 νεκρούς και 200 τραυματίες εντοπισμένους στην κατάρρευση μια πολυκατοικίας στο κέντρο της πόλης και στην κατάρρευση του ξενοδοχείου «Ελίκη».

- Ο σεισμός της Πάρνηθας (Τρίτη 7 Σεπτεμβρίου 1999) που έπληξε την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, προκάλεσε περίπου 150 νεκρούς (εξαιτίας της κατάρρευσης 3 εργοστασίων και 2 πολυκατοικιών), εκτεταμένες βλάβες στο δομημένο περιβάλλον, πολύ μεγάλες οικονομικές ζημιές, εντονότατες επιπτώσεις στην δημόσια ψυχική υγεία και θεωρείται το πιο καταστροφικό σεισμικό γεγονός στην Ελλάδα τουλάχιστον από τους σεισμούς του Ιονίου (1953) έως και σήμερα.

Ο σεισμός της Πάρνηθας (1999) επιτάχυνε τη δημοσίευση του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ 2000) στις 20 Δεκεμβρίου 1999, ο οποίος όμως αφορούσε

και είχε εφαρμογή στον σχεδιασμό κυρίως νέων κατασκευών και δεν έδινε λύση στον αντισεισμικό επανασχεδιασμό του τεράστιου κτιριακού δυναμικού που ήδη υπήρχε και όπως αναφέρθηκε, είχε πλέον περάσει στην ψυχολογία του κοινωνικού συνόλου ότι οι υπάρχουσες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν έχουν λύσει το πρόβλημα του σεισμικού κινδύνου.

Επιπλέον ο Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959, που ήταν ο πρώτος αντισεισμικός κανονισμός με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλη την Ελλάδα, είχε παραμείνει χωρίς ουσιαστική μεταβολή και πρακτικώς ήταν σε εφαρμογή στον σχεδιασμό των κτιρίων για τουλάχιστον 3 δεκαετίες [αφού μέχρι τις 30 Ιουνίου 1995 ήταν σε παράλληλη εφαρμογή με τον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΝΕΑΚ) του 1992], σε ένα χρονικό διάστημα ραγδαίων επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων παγκοσμίως σε θέματα αντισεισμικού σχεδιασμού.

Στον διάχυτο εφησυχασμό της κοινωνίας σε θέματα προστασίας έναντι σεισμού συνέτεινε και η συγκυρία της απουσίας ισχυρών σεισμικών γεγονότων σε μεγάλες πόλεις στην Ελλάδα για ένα μεγάλο διάστημα μετά από τους σεισμούς του Ιονίου (Αύγουστος 1953) και μέχρι τους σεισμούς της Θεσσαλονίκης (Ιούνιος 1978) και της Αθήνας (Φεβρουάριος 1981). Παρ'όλα αυτά στο ίδιο χρονικό διάστημα συντελέστηκε μια τεράστια ανοικοδόμηση, κατά κανόνα με κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, σε όλη τη χώρα και κυρίως στις μεγάλες πόλεις. Εκτιμάται ότι πάνω από το 80% των αστικών κέντρων της Ελλάδας δομήθηκαν με κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος κατά το διάστημα 1955-1980, ενώ ήδη υπήρχε κτιριακό δυναμικό τέτοιας μορφής δόμησης από τις δεκαετίες του 1920 και 1930.

6.2. Ανάγκη για κανονισμό μελέτης των δομητικών επεμβάσεων σε υφιστάμενα δομήματα.

Για να φανεί το μέγεθος του κτιριακού δομικού πλούτου που υπάρχει στην Ελλάδα και έχει κατασκευαστεί έως το 1995, το έτος μέχρι τα μέσα του οποίου (μέχρι τις 30 Ιουνίου 1995) ο Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959 ήταν σε παράλληλη εφαρμογή με τον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΝΕΑΚ) του 1992, παρατίθενται ακολούθως το γράφημα και ο πίνακας με στοιχεία της γενικής απογραφής κτιρίων της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) τον Δεκέμβριο του 2000 κατόπιν επεξεργασίας από ομάδα εργασίας μιας δράσης του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ) υπό την επωνυμία «Εθνικό Πρόγραμμα Αντισεισμικής Ενίσχυσης Υφισταμένων Κατασκευών (ΕΠΑΝΤΥΚ). Από αυτά τα στοιχεία, προκύπτει ότι ποσοστό 93% ($=5\% + 11\% + 17\% + 19\% + 18\% + 10\% + 7\% + 6\%$) των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα, δηλαδή 3.713.481 κτίρια σε σύνολο 3.990.512 κτιρίων, έχουν κατασκευαστεί έως το 1995 και επομένως εκτιμάται ότι δεν έχουν σχεδιαστεί με την εφαρμογή σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών (ΝΕΑΚ και ΕΑΚ).

Επιπλέον φαίνεται ότι ποσοστό 33% ($=5\% + 11\% + 17\%$) των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα, δηλαδή 1.296.849 κτίρια σε σύνολο 3.990.512 κτιρίων, έχουν κατασκευαστεί έως το 1960, δηλαδή εκτιμάται ότι δομήθηκαν χωρίς την εφαρμογή του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959.



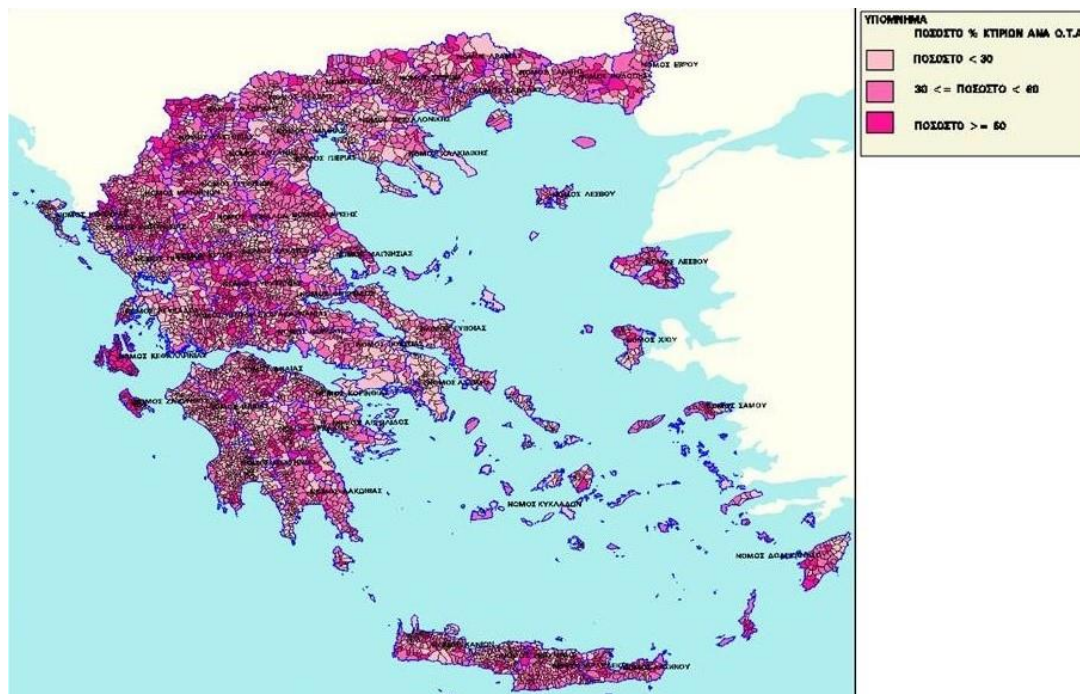
Εικόνα 12: Γράφημα με το ποσοστό των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα, ανά έτος κατασκευής (από στοιχεία της γενικής απογραφής κτιρίων της ΕΣΥΕ, χρόνος αναφοράς: Δεκέμβριος 2000).

ΗΛΙΚΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Πριν το 1919	199510	5
1920-1945	432024	11
1946-1960	665315	17
1961-1970	735791	18
1971-1980	737575	18
1981-1985	404303	10
1986-1990	297348	7
1991-1995	241615	6
1996 +	191739	5
Υπό Κατασκευή	57430	1
Δεν Δηλώθηκε	27862	1
Σύνολο Κτιρίων	3990512	100

Πίνακας 6: Αριθμός και ποσοστό των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα, ανά έτος κατασκευής (από στοιχεία της γενικής απογραφής κτιρίων της ΕΣΥΕ, χρόνος αναφοράς: Δεκέμβριος 2000).

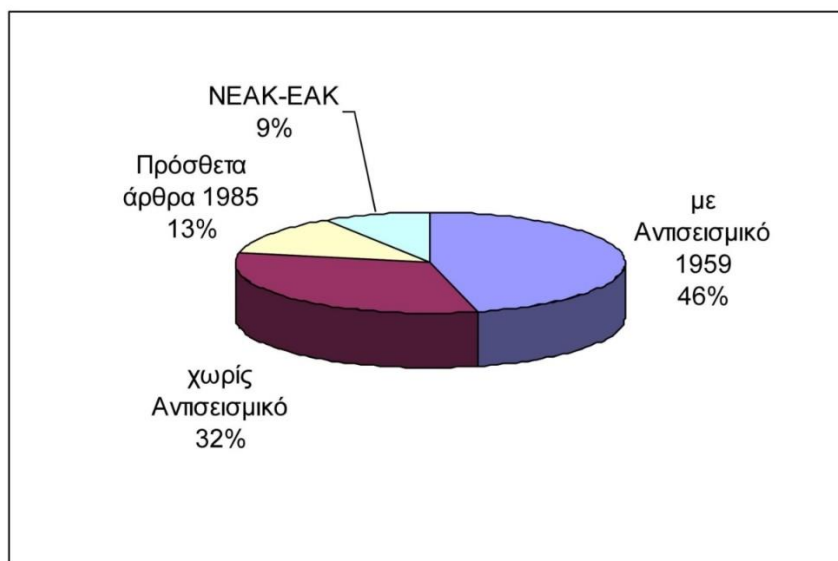
Από τον επόμενο χάρτη της Ελλάδας, όπου φαίνεται ενδεικτικώς το ποσοστό των κτιρίων ανά Δήμο που έχουν κατασκευαστεί πριν την θέσπιση του πρώτου Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959 (με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλη τη χώρα), προκύπτει ότι τα υφιστάμενα κτίρια που έχουν σχεδιαστεί και δομηθεί χωρίς την εφαρμογή του

Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959 είναι διάσπαρτα σε όλους τους δήμους της Ελλάδας και στους περισσότερους από αυτούς το εν λόγω ποσοστό είναι τουλάχιστον 30%.



Εικόνα 13: Χάρτης της Ελλάδας με το ποσοστό των υφισταμένων κτιρίων των ανεγερθέντων πριν την θέσπιση του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959.

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται από στοιχεία της γενικής απογραφής κτιρίων της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ) τον Δεκέμβριο του 2000 κατόπιν επεξεργασίας από ομάδα εργασίας του Εθνικού Προγράμματος Αντισεισμικής Ενίσχυσης Υφισταμένων Κατασκευών (ΕΠΑΝΤΥΚ) του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΤΕΕ), μια εκτίμηση του ποσοστού των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα ανά αντισεισμικό κανονισμό, όπου φαίνεται ότι το 32% των υφισταμένων κτιρίων έχουν δομηθεί χωρίς αντισεισμικό κανονισμό, το 46% των υφισταμένων κτιρίων έχουν δομηθεί με τον Αντισεισμικό του 1959, το 13% με τα πρόσθετα άρθρα του 1985 που αντικατέστησαν αντίστοιχα άρθρα του Αντισεισμικού του 1959 και μόνο το 9% των υφισταμένων κτιρίων ανοικοδομήθηκαν με την εφαρμογή σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών (ΝΕΑΚ και ΕΑΚ).



Εικόνα 14: Γράφημα με την εκτίμηση του ποσοστού των υφισταμένων κτιρίων στην Ελλάδα, ανά αντισεισμικό κανονισμό εφαρμογής (χρόνος αναφοράς: Ιούνιος 2004).

Πέραν των παραπάνω εκτιμήσεων βάσει στατιστικών στοιχείων, είναι προφανές ότι με την επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο του αντισεισμικού σχεδιασμού ο εκάστοτε ισχύων αντισεισμικός κανονισμός εκφράζει το επίπεδο των επιστημονικών γνώσεων της εποχής του και πολλές φορές περιορίζεται από την ισχύ των υπολογιστικών εργαλείων της περιόδου κατά την οποία συντάχθηκε και έγινε υποχρεωτική η εφαρμογή του. Επομένως, κάθε νέος κανονισμός, που υπερσχύει και αντικαθιστά τους προηγούμενους, εμπεριέχει τη νέα και συνεχώς εξελισσόμενη επιστημονική γνώση και αξιοποιεί τα όλο και πιο ισχυρά υπολογιστικά εργαλεία. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο ότι ο NEAK του 1992 και ο ΕΑΚ του 2000, επιστημονικοί κανονισμοί που ωρίμασαν υπό συνθήκες και γεγονότα που αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία και έγινε υποχρεωτική η εφαρμογή τους με όλες τις ποινικές και αστικές ευθύνες κατά το νόμο σε περίπτωση μη τήρησής τους, συμβαδίζουν με την πρόοδο της υπολογιστικής ισχύος των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της αντίστοιχης τεχνολογίας των κατασκευών.

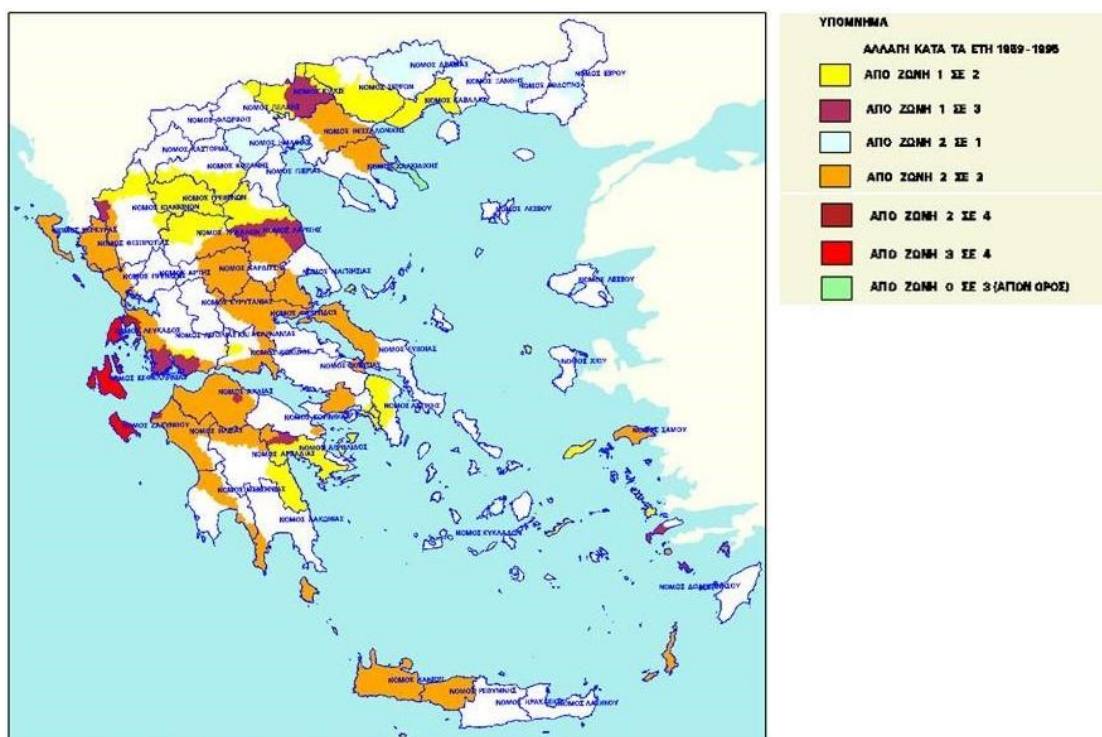
Πρέπει να αναφερθεί ότι δομήματα, σχεδιασμένα με τον Αντισεισμικό του 1959 ή ακόμα και χωρίς την εφαρμογή αντισεισμικού κανονισμού και παρά την πιο μέτρια ποιότητα των υλικών και της τεχνολογίας κατά τον χρόνο κατασκευής τους, αποκρίθηκαν αρκετά ικανοποιητικά σε ισχυρούς σεισμούς.

Όμως υπεισέρχεται πλέον η γήρανση του υφιστάμενου δομικού πλούτου, η φθορά λόγω χρήσης και η συνεχής και αθροιστική καταπόνησή τους, που προστίθενται σε δυνητικά μειονεκτήματα από διάφορες αιτίες όπως η αρχική προβληματική σύλληψη του φέροντος οργανισμού τους που πιθανώς να οδηγούσε στην αναγκασία σεισμική κατανάλωση ενέργειας σε συγκεκριμένα στοιχεία του δομήματος και η απουσία σωστής διαμόρφωσης των κατασκευαστικών λεπτομερειών στις κρίσιμες περιοχές λόγω ελλιπούς γνώσης κατά το χρόνο κατασκευής τους.

Ακόμα και το γεγονός της εκ των υστέρων αλλαγής επί το δυσμενέστερο των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας σε ορισμένες περιοχές της χώρας υποδηλώνει ότι δομήματα που σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς κατά το χρόνο κατασκευής τους, υστερούν με τα σημερινά δεδομένα και χρειάζονται ανασχεδιασμό.

Ενδεικτικώς δίνεται ο επόμενος χάρτης της Ελλάδας, όπου φαίνονται όλες οι αλλαγές των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητάς το χρονικό διάστημα από το έτος 1959 που θεσπίστηκε ο πρώτος Αντισεισμικός Κανονισμός με εφαρμογή σε όλη τη χώρα, έως το έτος 1995 οπότε και τροποποιήθηκε ο χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας του ΝΕΑΚ επί το δυσμενέστερο για τα Γρεβενά και την Κοζάνη μετά το σεισμό των Γρεβενών-Κοζάνης της 13^{ης} Μαΐου 1995.

Μάλιστα ο εν λόγω χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας του ΝΕΑΚ του 1995 που όριζε τέσσερις ζώνες (ζώνη Ι με σεισμική επιτάχυνση εδάφους=0,12g, ζώνη ΙΙ με 0,16g, ζώνη ΙΙΙ με 0,24g και ζώνη ΙV με 0,36g) και που αποτέλεσε το χάρτη των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας του ΕΑΚ του 2000, αναθεωρήθηκε (με απόφαση που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1154Β/12-8-2003 και άρχισε να ισχύει από 1-1-2004) στο σύνολό του με την κατάργηση της ζώνης των 0,12g και την καθορισμό τριών πλέον ζωνών (ζώνη Ι με σεισμική επιτάχυνση εδάφους=0,16g, ζώνη ΙΙ με 0,24g, ζώνη ΙΙΙ με 0,36g). Έτσι επήλθε αλλαγή επί το δυσμενέστερο της σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους σε μεγάλο πλήθος περιοχών της χώρας που μέχρι τότε είχε θεωρηθεί ότι ήταν σε ζώνη με σεισμική επιτάχυνση εδάφους 0,12g.



Εικόνα 15: Χάρτης της Ελλάδας με τις αλλαγές των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητάς κατά τα έτη 1959-1995. (οι αναφερόμενες ζώνες 1, 2, 3 και 4 αντιστοιχούν στις ζώνες Ι, ΙΙ, ΙΙΙ και ΙV του ΝΕΑΚ του 1995 με θεωρούμενη σεισμική επιτάχυνση εδάφους ζώνης Ι=0,12g, ΙΙ=0,16g, ΙΙΙ=0,24g και ΙV=0,36g).

Είναι επομένως πιθανό ακόμα και κτίρια που σχεδιάστηκαν μέχρι την 1-1-2004 με εφαρμογή του ΕΑΚ και των τότε ισχυουσών σεισμικών ζωνών, με τα σημερινά δεδομένα να υστερούν και να χρειάζονται ανασχεδιασμό. Επίσης είναι προφανές ότι με την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης και τα συνεχώς μεταβαλλόμενα στοιχεία από νέα σεισμικά γεγονότα ή πιο πρόσφατες μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας, θα υπάρξουν στο μέλλον εκ νέου αναθεωρήσεις του σεισμικού χάρτη της χώρας.

Προέκυψε επομένως η επιτακτική ανάγκη για ένα κανονιστικό κείμενο μελέτης των δομητικών επεμβάσεων στα υπάρχοντα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο ονομάστηκε Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) και που παρά τις δυσχέρειες εξ αρχής κατά τη σύνταξή του λόγω της συνεχούς ανάπτυξης της επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας σε αυτόν τον τομέα, της μη επίτευξης επαρκούς συμφωνίας διεθνώς επί των σχετικών θεμάτων και της κριτικής στην επιλογή των μεθόδων και των τρόπων θεώρησης, αποτελεί έναν πρωτοποριακό κανονισμό παγκοσμίως στο αντικείμενο των επεμβάσεων, ισάξιο με αντίστοιχους διεθνείς κανονισμούς όπως ο Ευρωκώδικας 8 – Μέρος 3 (Αντισεισμικός Σχεδιασμός - Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και ενισχύσεις κτιρίων), ο αμερικανικός κανονισμός FEMA 356 (Seismic rehabilitation of buildings), ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας ATC-40 (Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings), κλπ. Σημειώνεται ότι η ανάγκη ανασχεδιασμού κτιρίων με εφαρμογή σύγχρονων αντισεισμικών κανονισμών είναι τόσο έντονη που ήδη το 2013 για πρώτη φορά παγκοσμίως, οι επενδύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε υφιστάμενα κτίρια είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για νέα κτίρια.

Ο ΚΑΝΕΠΕ ισχύει παράλληλα με τον εκάστοτε αντισεισμικό κανονισμό για νέες κατασκευές και με τους κανονισμούς σχεδιασμού δομημάτων με συγκεκριμένο υλικό (πχ. σκυρόδεμα, χάλυβα, κτλ) όπου καθορίζονται ειδικοί και λεπτομερείς κανόνες διαστασιολόγησης. Ενσωματώνει κριτήρια, κανόνες σχεδιασμού και μεθόδους ανάλυσης βασισμένες σε θεμελιωμένες και αναγνωρισμένες αρχές της επιστήμης του μηχανικού και της αντισεισμικής τεχνολογίας. Είναι ένας επιστημονικώς πλήρης, ασφαλής, νομικώς συνεπής κανονισμός, απλός, γρήγορος και οικονομικός στην εφαρμογή του και αποτελεί ένα εργαλείο πρόληψης των επιπτώσεων των σεισμών στο δομημένο περιβάλλον και κατ'επέκταση των σωματικών και ψυχοπαθολογικών επιπτώσεων στη δημόσια υγεία.

6.3. Ιστορική αναδρομή της συγγραφής και θέσπισης του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ).

Το 2000 ορίστηκε από τον Οργανισμό Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ) 17μελής ομάδα εργασίας κορυφαίων μηχανικών για την επεξεργασία και τη σύνταξη του ΚΑΝΕΠΕ που θα αφορούσε τον ανασχεδιασμό των υφιστάμενων κτιρίων με φέροντα οργανισμό (ή τμήμα του φέροντος οργανισμού τους) από οπλισμένο σκυρόδεμα, που αποτελούν πλέον σύμφωνα με εκτιμήσεις τουλάχιστον τα 2/3 του συνόλου των δομημάτων στην Ελλάδα.

Το 2003 ολοκληρώθηκε η σύνταξη του 1^{ου} σχεδίου του ΚΑΝΕΠΕ και το 2004 τέθηκε στην κρίση 23μελούς επιτροπής συμβούλων μηχανικών.

Το 2005 δημοσιεύτηκε το 2^ο σχέδιο του ΚΑΝΕΠΕ λαμβάνοντας υπόψη τις παρατηρήσεις και τις απόψεις της πιο πάνω επιτροπής συμβούλων, τις εν των μεταξύ εξελίξεις της επιστήμης και της διεθνούς βιβλιογραφίας καθώς και τα αποτελέσματα ερευνών που χρηματοδότησε ο ΟΑΣΠ.

Από τον Ιούνιο του 2006 έως και τον Ιούνιο του 2007 έγινε δοκιμαστικός έλεγχος της εφαρμογής του ΚΑΝΕΠΕ από ερευνητές μηχανικούς του Ινστιτούτου Τεχνικής Σεισμολογίας και Αντισεισμικών Κατασκευών (ΙΤΣΑΚ) και από ομάδες μηχανικών 9 μελετητικών γραφείων που εκπόνησαν μελέτες ανασχεδιασμού συγκεκριμένων δειγμάτων κτιρίων σε συνεργασία με τη συντακτική ομάδα του κανονισμού προκειμένου να ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητά του.

Το 2009 δημοσιεύτηκε και τέθηκε σε δημόσιο διάλογο το 3^ο σχέδιο του ΚΑΝΕΠΕ αφού ελήφθησαν υπόψη τα συμπεράσματα και οι βελτιώσεις των παραπάνω ελέγχων.

Το Σεπτέμβριο του 2010 και αφού ενσωματώθηκαν οι βελτιώσεις, οι τροποποιήσεις, οι παρατηρήσεις και όλες οι νεότερες εξελίξεις, συντάχθηκε και δημοσιεύτηκε η 4^η έκδοση του ΚΑΝΕΠΕ ως κειμένου εφαρμογής για όλη την Ελλάδα.

Το 2011 εκδόθηκε το 5^ο κείμενο του ΚΑΝΕΠΕ εναρμονισμένο με το σύστημα των Ευρωκωδίκων και κυρίως με τον Ευρωκώδικα 8 (Αντισεισμικός σχεδιασμός φορέων), τον Ευρωκώδικα 2 (Σχεδιασμός φορέων από σκυρόδεμα), τον Ευρωκώδικα 4 (Σχεδιασμός σύμμεικτων φορέων από χάλυβα και σκυρόδεμα) και τον Ευρωκώδικα 7 (Γεωτεχνικός σχεδιασμός).

Το 2012 ο ΚΑΝΕΠΕ δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 42B/20-1-2012 και έγινε και νομικώς υποχρεωτική η εφαρμογή του στον ανασχεδιασμό των κτιρίων.

Το Σεπτέμβριο του 2013, μετά και τις πρόσφατες εξελίξεις στην έρευνα στα θέματα της αντισεισμικής τεχνολογίας και τηρώντας τις βασικές αρχές της αποτίμησης και του αντισεισμικού ανασχεδιασμού δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 2187B/5-9-2013 η 1^η Αναθεώρηση του ΚΑΝΕΠΕ.

Το 2016 καταργήθηκε οριστικώς και αντικαταστάθηκε με το ΦΕΚ 350B/17-2-2016 το Παράρτημα Ε του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ 2000) το οποίο αφορούσε τις προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια και πλέον κάθε επέμβαση, προσθήκη ή μετατροπή σε υπάρχον κτίριο θα αποτιμάται και θα ανασχεδιάζεται με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ).

Τον Αύγουστο του 2017 δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 2984B/30-8-2017 η 2^η Αναθεώρηση του ΚΑΝΕΠΕ με την οποία βελτιστοποιήθηκαν τα προσομοιώματα ανάλυσης και υπολογισμού του σκυροδέματος και προστέθηκαν παραρτήματα με τους ελάχιστους απαιτούμενους στόχους αποτίμησης και ανασχεδιασμού, αναλόγως με τη σπουδαιότητα των υφισταμένων κτιρίων και πίνακες με αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής υλικών για κτίρια κατασκευασμένα πριν το 1954, μεταξύ 1954-1985, μεταξύ 1985-1995 και μετά το 1995.

6.4. Αρχές, κριτήρια και διαδικασίες του ΚΑΝΕΠΕ.

Στη θεμελιώδη φιλοσοφία του ΚΑΝΕΠΕ υπάρχει η έννοια της αποτίμησης ενός υφιστάμενου δομήματος, δηλαδή του πλήρους καθορισμού της φέρουσας ικανότητας και των μηχανικών χαρακτηριστικών του υφιστάμενου δομήματος κατά το χρόνο της αποτίμησής του, σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια και διαδικασίες αποτίμησης.

Υπάρχει επίσης η έννοια του ανασχεδιασμού της φέρουσας ικανότητας ενός υφιστάμενου δομήματος, που θεωρείται η οποιαδήποτε δομητική επέμβαση στον φέροντα οργανισμό ή στον οργανισμό πληρώσεως του δομήματος με σκοπό τη στοχευόμενη μεταβολή των υφιστάμενων μηχανικών χαρακτηριστικών του, την τροποποίηση της απόκρισής του και την αναβάθμιση της φέρουσας ικανότητάς του.

Η αποτίμηση και ο ανασχεδιασμός ενός υφιστάμενου δομήματος (όπου ως δόμημα εννοείται ένα κτίριο ή μία κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος) έχει σκοπό να εξασφαλίσει:

- αποφυγή κάθε μορφής αστοχίας που εγκυμονεί κίνδυνο κατάρρευσης, όπως σχηματισμό μαλακού ορόφου ή ψαθυρές μορφές αστοχίας (πχ διατμητική αστοχία),
- περιορισμένες και επιδιορθώσιμες βλάβες υπό την επίδραση του σεισμού σχεδιασμού,
- ελαχιστοποίηση των βλαβών σε σεισμούς μικρότερης έντασης από το σεισμό σχεδιασμού,
- μια ελάχιστη στάθμη λειτουργιών του δομήματος ανάλογα με τη χρήση και τη σπουδαιότητά του.

Η αποτίμηση και ο ανασχεδιασμός και επομένως η υποχρέωση εφαρμογής του ΚΑΝΕΠΕ μπορεί να είναι αναγκαία στις εξής περιπτώσεις:

1. Σε δομήματα με βλάβες μετά από σεισμό.
2. Σε δομήματα χωρίς βλάβες μετά από σεισμό που όμως οι ιδιοκτήτες τους επιλέγουν να αναβαθμίσουν την φέρουσα ικανότητά τους και κατ'ουσίαν την αίσθηση ασφάλειας.
3. Σε κτίρια όπου γίνονται προσθήκες.
4. Σε δομήματα με ορθό σχεδιασμό κατά το χρόνο κατασκευής τους, λόγω της εκ των υστέρων αλλαγής της ζώνης σεισμικής επικινδυνότητάς τους.
5. Σε κτίρια λόγω αλλαγής της χρήσης τους ή λόγω αλλαγής των φορτίων χρήσης ή λόγω αλλαγής της κατηγορίας σπουδαιότητάς τους.
6. Σε δομήματα που έχουν υποστεί τη φθορά και τη γήρανση του χρόνου ή φθορά λόγω χρήσης ή καταπόνησης.
7. Σε δομήματα με κακή ή καθόλου συντήρηση.
8. Σε δομήματα λόγω υπόνοιας ύπαρξης αφανών βλαβών ή φθορών ή επίδρασης αγνώστων καταπονήσεων.
9. Σε δομήματα που για οποιοδήποτε λόγο γίνεται αποτίμησή τους.
10. Σε δομήματα όπου γίνεται επέμβαση στον φέροντα οργανισμό τους.

11. Σε κτίρια χωρίς μελέτες ή με μη εγκεκριμένες μελέτες ή με μελέτες χωρίς εφαρμογή αντισεισμικού κανονισμού καθώς επίσης και σε περιπτώσεις τακτοποίησης κτιρίων.

6.5. Βασικές έννοιες στον Κανονισμό Επεμβάσεων.

Στον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) βασικές έννοιες είναι οι εξής:

α) Οι στάθμες επιτελεστικότητας, δηλαδή οι στοχευόμενες συμπεριφορές του δομήματος υπό τον σεισμό σχεδιασμού με σκοπό την εξυπηρέτηση ευρύτερων κοινωνικό-οικονομικών αναγκών. Οι στάθμες επιτελεστικότητας ορίζονται συναρτήσει του βαθμού βλάβης του δομήματος μετά το σεισμό σχεδιασμού και θεωρούνται οι εξής τρεις:

Α (Περιορισμένες βλάβες): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους, ενώ οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις των ορόφων είναι αμελητέες. Πιο αναλυτικά, καμιά λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό σχεδιασμού, εκτός ενδεχομένως από δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες. Οι βλάβες του φέροντα οργανισμού ενδεικτικώς είναι αραιές τριχοειδείς καμπτικές ρωγμές, χωρίς μόνιμες μετακινήσεις υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων. Τα μη φέροντα στοιχεία του κτιρίου, όπως για παράδειγμα τα διαχωριστικά και οι τοιχοπληρώσεις, μπορεί να παρουσιάζουν κατανεμημένη ρηγμάτωση, χωρίς πτώσεις τεμαχίων επιχρίσματος.

Β (Σημαντικές βλάβες): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένουσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους και ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμούς τουλάχιστον μέτριας έντασης. Πιο αναλυτικά, κατά τον σεισμό σχεδιασμού δεν αναμένεται να προκληθεί σοβαρός τραυματισμός ατόμων λόγω βλαβών ή πτώσης στοιχείων του μη φέροντος οργανισμού. Οι βλάβες του φέροντα οργανισμού ενδεικτικώς είναι καμπτικές και διατμητικές ρωγμές, περιορισμένες απολεπίσεις σκυροδέματος, τοπικοί λυγισμοί διαμήκων ράβδων οπλισμού και άνοιγμα ορισμένων αγκίστρων συνδετήρων σε λίγα υποστυλώματα ή τοιχώματα και μικρές γενικώς μόνιμες μετακινήσεις. Τα μη φέροντα στοιχεία έχουν υποστεί βλάβες, όπως πυκνές ρηγματώσεις και τοπικές πτώσεις τεμαχίων επιχρίσματος και τμημάτων τοιχοποιίας, χωρίς σημαντικές εκτός επιπέδου αστοχίες.

Γ (Οιονεί κατάρρευση): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές, μη επισκευάσιμες κατά πλειονότητα βλάβες και οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία κατά τη διάρκεια και για ένα διάστημα μετά τον σεισμό), χωρίς να διαθέτει ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης. Κατά τη διάρκεια του σεισμού σχεδιασμού είναι πιθανοί τραυματισμοί ατόμων λόγω βλαβών ή πτώσης στοιχείων του μη φέροντος οργανισμού. Ο όρος μη

επισκευάσιμες βλάβες, αναφέρεται σε σοβαρές ή βαριές βλάβες, έναντι των οποίων απαιτείται ενίσχυση (και όχι απλή επισκευή) ή αντικατάσταση ή υποκατάσταση του δομικού στοιχείου ή του δομήματος στο σύνολό του. Ως αντίστοιχες βλάβες αναφέρονται ενδεικτικώς οι ακόλουθες για τον φέροντα οργανισμό: εκτεταμένες θραύσεις και αποδιοργάνωση πυρήνα σκυροδέματος, τοπικές θραύσεις οπλισμών και άνοιγμα συνδετήρων. Τα περισσότερα μη φέροντα στοιχεία έχουν καταρρεύσει ή παρουσιάζονται εκτεταμένες αποδιοργανώσεις και καταπτώσεις μεγάλων τεμαχίων τοίχων ή ολόκληρων φανωμάτων.

β) Ο στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που ορίζονται σε συνδυασμό αφενός μιας στάθμης επιτελεστικότητας και αφετέρου μιας σεισμικής δράσης σχεδιασμού με δεδομένη ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής των 50 ετών του δομήματος από τον ακόλουθο πίνακα:

Μέση περίοδος επαναφοράς του σεισμού σχεδιασμού	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
		A «Περιορισμένες βλάβες»	B «Σημαντικές βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
475 έτη	10%	A1	B1	Γ1
70 έτη	50%	A2	B2	Γ2

Πίνακας 7: Ορισμός των στόχων αποτίμησης και ανασχεδιασμού σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ).

Σε κάθε περίπτωση για τους στόχους αποτίμησης ή ανασχεδιασμού ισχύει $A1 > B1 > \Gamma 1$, $A2 > B2 > \Gamma 2$, $A1 > A2$, $B1 > B2$, $\Gamma 1 > \Gamma 2$.

Για παράδειγμα αναφέρεται ότι:

Στόχος αποτίμησης B2 σημαίνει ότι το δόμημα αποτιμάται σύμφωνα με τις μεθοδολογίες του ΚΑΝΕΠΕ και προκύπτει ότι σε σεισμό σχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης 50% εντός του συμβατικού χρόνου ζωής του δομήματος των 50 ετών (δηλαδή θεωρώντας ότι οι σεισμοί που συμβαίνουν στην περιοχή του δομήματος ακολουθούν την κατανομή Poisson, η μέση περίοδος επαναφοράς του σεισμού σχεδιασμού είναι τα 70 έτη) επιτυγχάνει στάθμη επιτελεστικότητας B (Σημαντικές βλάβες), δηλαδή ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένονσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους και ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμούς τουλάχιστον μέτριας έντασης..

Επίσης, στόχος ανασχεδιασμού A1 σημαίνει ότι ανασχεδιάζεται το δόμημα έτσι ώστε σε σεισμό σχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης 10% εντός του συμβατικού χρόνου ζωής

του δομήματος των 50 ετών (δηλαδή θεωρώντας ότι οι σεισμοί που συμβαίνουν στην περιοχή του δομήματος ακολουθούν την κατανομή Poisson, η μέση περίοδος επαναφοράς του σεισμού σχεδιασμού είναι τα 475 έτη) να επιτύχουμε στάθμη επιτελεστικότητας Α (Περιορισμένες βλάβες), δηλαδή ο φέρων οργανισμός του δομήματος να έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει και να διατηρούν την αντοχή και δυσκαμψία τους, ενώ οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις των ορόφων να είναι αμελητέες.

Ένας συγκεκριμένος στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού συνεπάγεται τη χρήση δεικτών, ανεκτών παραμορφώσεων και λοιπών μεγεθών και παραμέτρων, οι τιμές των οποίων καθορίζονται κατάλληλα από τον Κανονισμό Επεμβάσεων.

Ο στόχος επανελέγχου (αποτίμησης ή ανασχεδιασμού) επιλέγεται από τον κύριο του έργου και δεν μπορεί να είναι μικρότερος από τον ελάχιστο που ορίζεται από τον κανονισμό, ενώ κατά τον ορισμό των στόχων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μεταξύ άλλων η κοινωνική σπουδαιότητα του κτιρίου (π.χ. προσωρινή κατασκευή, συνήθεις κατοικίες, χώροι συγκέντρωσης κοινού, χώροι διαχειρισμού εκτάκτων αναγκών, εγκαταστάσεις υψηλού κινδύνου) καθώς επίσης τα διαθέσιμα οικονομικά μέσα του υπόψη κοινωνικού συνόλου κατά τη δεδομένη χρονική περίοδο.

Ο στόχος ανασχεδιασμού ενδέχεται και συνήθως επιλέγεται να είναι υψηλότερος από τον στόχο αποτίμησης. Μπορεί να ισχύουν διαφορετικοί στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού για τον φέροντα οργανισμό και τον οργανισμό πληρώσεως. Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφισταμένων κτιρίων ορίζονται στον ΚΑΝΕΠΕ ανάλογα με τη σπουδαιότητα του κτιρίου όπως στον επόμενο πίνακα:

Κατηγορία σπουδαιότητας κτιρίου	Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού
Κατηγορία I (κτίρια μικρής σπουδαιότητας όπως αγροτικά οικήματα και αγροτικές αποθήκες, υπόστεγα κλπ).	Γ2
Κατηγορία II (κατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, τράπεζες, ιατρεία, καταστήματα, φαρμακεία, βιβλιοθήκες, εργοστάσια, γραφεία δημοσίων υπηρεσιών)	Γ1
Κατηγορία III (κτίρια δημόσιων συναθροίσεων, κτίρια όπου ευρίσκονται πολλοί άνθρωποι μεγάλο μέρος του 24ώρου, αίθουσες αεροδρομίων, χώροι συνεδρίων, εκπαιδευτικά κτίρια, αίθουσες διδασκαλίας, χώροι συναυλιών, ναοί, χώροι αθλητικών συγκεντρώσεων, θέατρα, κινηματογράφοι, ψυχιατρεία, ιδρύματα, παιδότοποι, κτλ)	Β1

Κατηγορία IV (κτίρια των οποίων η λειτουργία, τόσο κατά την διάρκεια του σεισμού, όσο και μετά τους σεισμούς, είναι ζωτικής σημασίας, όπως νοσοκομεία, κλινικές, κτίρια τηλεπικοινωνίας, παραγωγής ενέργειας, διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, πυροσβεστικοί και αστυνομικοί σταθμοί, μουσεία, αποθήκες μουσείων, κλπ)	Ικανοποίηση συγχρόνως B1 και A2
---	---------------------------------

Πίνακας 8: Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφισταμένων κτιρίων σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ).

γ) Η στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων δηλαδή η επάρκεια των πληροφοριών περί του υφιστάμενου κτιρίου, που λαμβάνονται υπόψη κατά την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό και δεν είναι αναγκαστικώς ενιαία για ολόκληρο το κτίριο. Διακρίνονται τρεις στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων: Υψηλή, Ικανοποιητική και Ανεκτή. Ανάλογα με την αξιοπιστία των δεδομένων επιλέγονται οι κατάλληλοι συντελεστές ασφαλείας των δράσεων και των υλικών.

δ) Ο καθολικός δείκτης q συμπεριφοράς του δομήματος ή ο δείκτης m των μελών του δομήματος που είναι βασική παράμετρος του αντισεισμικού σχεδιασμού. Ο ΚΑΝΕΠΕ καθορίζει μεθοδολογία εκτίμησης των εν λόγω δεικτών βάσει της υπεραντοχής και της πλαστιμότητας. Η ίδια μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί και για κτίρια με φέροντα οργανισμό από άλλα υλικά εκτός του οπλισμένου σκυροδέματος).

6.6. Αποτίμηση και Ανασχεδιασμός ενός υφιστάμενου δομήματος.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων η Αποτίμηση ενός υφιστάμενου δομήματος περιλαμβάνει:

1. Τη συλλογή στοιχείων, διερεύνηση, τεκμηρίωση, αποτύπωση του φέροντος οργανισμού και του οργανισμού πληρώσεως του δομήματος και της κατάστασής του, την έρευνα του ιστορικού της κατασκευής και της συντήρησής του, τον προσδιορισμό του δομητικού συστήματος, την καταγραφή των τυχόν βλαβών ή φθορών ή δομικών αλλαγών από την εποχή κατασκευής, οι οποίες πιθανόν μεταβάλλουν τη συμπεριφορά, την αποτύπωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών δόμησης, του εδάφους θεμελίωσης, τυχόν αφανών στοιχείων καθώς και την εκτέλεση επιτόπου διερευνητικών εργασιών και μετρήσεων. Όλα αυτά απαιτούνται να γίνουν σε επαρκή έκταση και βάθος, ώστε να καταστούν όσο γίνεται πιο αξιόπιστα τα δεδομένα στα οποία θα στηριχθεί η ανάλυση.
2. Την ανάλυση της κατασκευής χρησιμοποιώντας ως μεταβλητές τους συνδυασμούς βασικών και τυχηματικών δράσεων, τις δυσκαμψίες και δυσμησίες και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του δομήματος καθώς και τα φάσματα σχεδιασμού που στον ΚΑΝΕΠΕ είναι εναρμονισμένα με τα φάσματα απόκρισης επιταχύνσεων του

Ευρωκώδικα 8-1 ή ισοδύναμα του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ που αποτελεί άλλωστε το εθνικό προσάρτημα του ευρωκώδικα. Οι μέθοδοι ανάλυσης που εφαρμόζονται υπό προϋποθέσεις που θέτει ο κανονισμός είναι:

- Ελαστική Στατική ανάλυση.
- Ελαστική Δυναμική ανάλυση.
- Ανελαστική Στατική ανάλυση.
- Ανελαστική Δυναμική ανάλυση (Ανάλυση χρονοϊστορίας της απόκρισης).

Κατά την εφαρμογή του ΚΑΝΕΠΕ, στην ανάλυση κατά τη φάση της αποτίμησης λαμβάνονται υπόψη εκτός από τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού και οι τοιχοποιίες πλήρωσης, κυρίως όταν αυτό συνεπάγεται δυσμενή αποτελέσματα στη συνολική συμπεριφορά του κτιρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού.

3. Τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αστοχίας των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών με κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας.

Ο Ανασχεδιασμός ενός υφιστάμενου δομήματος περιλαμβάνει τα εξής:

1. Τη σύλληψη και τον προκαταρκτικό σχεδιασμό των επεμβάσεων στο δόμημα όπου καταστρώνεται μια στρατηγική με τους συνεπαγόμενους τύπους επεμβάσεων που διαμορφώνονται αξιοποιώντας το σύνολο των πληροφοριών που προέκυψαν κατά το στάδιο της αποτίμησης του υφιστάμενου δομήματος. Κατά τη λήψη των αποφάσεων είναι θεμελιώδους σημασίας η αντίληψη της συνολικής συμπεριφοράς του κτιρίου και η επισήμανση των αδυναμιών του, όπως η έλλειψη αντοχής ή δυσκαμψίας ή πλαστιμότητας, η δυσμενής μορφολογία ή τα ανεπαρκή επιμέρους χαρακτηριστικά. Ο κανονισμός ορίζει αρχές λήψης αποφάσεων για δομητικές επεμβάσεις που στοχεύουν να μεταβάλλουν τα υφιστάμενα μηχανικά χαρακτηριστικά ή για επισκευές που στοχεύουν στην αποκατάσταση των μηχανικών χαρακτηριστικών και στην επαναφορά τους στην αρχική τιμή ή πιθανώς για ενισχύσεις που αποσκοπούν στην αύξηση της φέρουσας ικανότητας σε στάθμη υψηλότερη του αρχικού σχεδιασμού. Σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ και στο πλαίσιο του ανασχεδιασμού του δομήματος συνεκτιμώνται οι τοιχοποιίες πλήρωσης και καταβάλλεται κάθε δυνατή προσπάθεια για την άρση των δυσμενείων που ενδεχομένως προκαλούν, ενώ ενδεχόμενη προσθήκη ή αναβάθμιση τοιχοποιιών μπορεί να χρησιμοποιείται για βελτίωση και ενίσχυση του υφιστάμενου δομήματος.
2. Την ανάλυση του ανασχεδιασμένου δομήματος που γίνεται με κατάλληλα προσομοιώματα και με μεθόδους όπως στη φάση της αποτίμησης, δηλαδή επιλέγεται ανάλογα είτε Ελαστική Στατική ανάλυση ή Ελαστική Δυναμική ανάλυση ή Ανελαστική Στατική ανάλυση ή Ανελαστική Δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας της απόκρισης του δομήματος). Σε αντίθεση με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ) που προβλέπει την εφαρμογή Ελαστικής (στατικής ή δυναμικής) μεθόδου ανάλυσης, ο ΚΑΝΕΠΕ προβλέπει και υπό ορισμένες συνθήκες συνιστά την εφαρμογή Ανελαστικής Στατικής ή Δυναμικής ανάλυσης, που δίνει τις τιμές των ανελαστικών παραμορφώσεων και τις τιμές των εντατικών μεγεθών στα

δομικά στοιχεία που έχουν εισέλθει στην μετελαστική περιοχή της απόκρισής τους και οι οποίες είναι εν γένει πιο αξιόπιστες από εκείνες που υπολογίζονται με βάση τις ελαστικές μεθόδους.

3. Τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων αστοχίας των εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών που πλέον λαμβάνονται υπόψη και κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων λόγω της αλληλεπίδρασης των υφιστάμενων και των προστιθέμενων υλικών. Επιπλέον ο έλεγχος περιλαμβάνει και όλες τις τοιχοπληρώσεις του δομήματος.

6.7. Στατική Μελέτη Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού υφιστάμενου κτιρίου.

Η Στατική Μελέτη Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού ενός υφιστάμενου κτιρίου με φέροντα οργανισμό οπλισμένου σκυροδέματος που αποτιμάται και ανασχεδιάζεται με εφαρμογή του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) περιλαμβάνει:

Μελέτη Αποτίμησης:

1. Έκθεση συλλογής στοιχείων (που αναφέρει το ιστορικό του κτιρίου, το αν διαθέτει μελέτη και οικοδομική άδεια, τις υπάρχουσες βλάβες και φθορές, τις τυχόν προηγούμενες επεμβάσεις, προσθήκες κλπ).
2. Έκθεση αποτύπωσης και τεκμηρίωσης (που περιλαμβάνει στοιχεία από μετρήσεις, φωτογραφίες, λήψη δοκιμών, εργαστηριακές ή επιτόπου δοκιμές με τα αποτελέσματά τους κλπ).
3. Σχέδια αποτύπωσης του φέροντος οργανισμού (όπου φαίνονται οι τυχόν βλάβες ή φθορές και εάν δεν υπάρχουν τα σχέδια της οικοδομικής άδειας ή έχουν γίνει σημαντικές αλλαγές συντάσσονται και αρχιτεκτονικά σχέδια αποτύπωσης όπου φαίνονται οι τοιχοποιίες με τις πιθανές βλάβες ή φθορές).
4. Τεύχος με περιγραφή και φωτογραφίες του κάθε τύπου βλάβης ή φθοράς.
5. Έκθεση αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας (με τις παραδοχές αποτίμησης, τους υπολογιστικούς ελέγχους και τα συμπεράσματα της αποτίμησης).
6. Τεύχος υπολογισμών (όπου αναφέρονται οι παραδοχές, τα φορτία, τα υλικά, τα προσομοιώματα των αναλύσεων και συνοπτική περιγραφή του λογισμικού που έχει χρησιμοποιηθεί).
7. Έκθεση προτάσεων επεμβάσεων (όπου με βάση τα συμπεράσματα της αποτίμησης και την επιδιωκόμενη στάθμη επιτελεστικότητας αποφασίζονται οι επεμβάσεις και η οικονομικότητά τους σε σχέση με το σύνολο του κόστους της καθαίρεσης και ανακατασκευής του δομήματος).

Μελέτη Ανασχεδιασμού:

1. Τεχνική Περιγραφή επεμβάσεων (που περιγράφει τον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό και τοιχοπληρώσεις, τις βλάβες και φθορές, τις παραδοχές μελέτης, τους εφαρμοζόμενους κανονισμούς, τις παραδοχές των υλικών επεμβάσεων, τις προεργασίες που πρέπει να γίνουν, τις επεμβάσεις και τη σύνδεσή τους με τον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό και τα μέτρα ασφαλείας κατά τη διάρκεια του

έργου). Η Τεχνική Περιγραφή επεμβάσεων πρέπει να συνδέεται με τα Σχέδια επεμβάσεων με κατάλληλες παραπομπές.

2. Σχέδια επεμβάσεων (όπου φαίνεται ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός, οι τοιχοπληρώσεις, τα στοιχεία των επεμβάσεων με αναφορές στα σχέδια λεπτομερειών, οι τυχόν καθαιρέσεις φερόντων ή άλλων στοιχείων με τα απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας, οι θεμελίωση των νέων στοιχείων, σε συνδυασμό με την υφιστάμενη).
3. Σχέδια λεπτομερειών (όπου φαίνεται η σύνδεση των νέων δομικών στοιχείων με τον υφιστάμενο φέροντα οργανισμό, οι οπλισμοί των επεμβάσεων, οι αγκυρώσεις των νέων οπλισμών στα υφιστάμενα φέροντα στοιχεία, τα βλήτρα, αγκύρια, εποξειδικές κόλλες κλπ).
4. Τεύχος υπολογισμών (όπου αναφέρονται οι παραδοχές ανασχεδιασμού, τα φορτία, τα υλικά των επεμβάσεων, τα προσομοιώματα των αναλύσεων και συνοπτική περιγραφή του λογισμικού που έχει χρησιμοποιηθεί).
5. Τεύχος τεχνικών προδιαγραφών (όπου αναφέρονται οι τεχνικές προδιαγραφές των εργασιών, τα πρότυπα των υλικών και οι απαιτήσεις ποιοτικού ελέγχου κατά τη διάρκεια της κατασκευής είτε επιτόπου του έργου είτε σε εργαστήριο. Αν υπάρχουν κανονιστικά κείμενα τεχνικών προδιαγραφών τότε η Τεχνική Περιγραφή επεμβάσεων παραπέμπει σε αυτά).
6. Έκθεση μέτρων συντήρησης (όπου αναφέρονται τα απαιτούμενα μέτρα συντήρησης μετά το πέρας των εργασιών των επεμβάσεων και για όλη τη διάρκεια της προβλεπόμενης τεχνικής διάρκειας ζωής του έργου, όπως περιοδική επιθεώρηση και περιοδικός έλεγχος για την ανθεκτικότητα των επεμβάσεων κτλ).

Λόγω της ειδικής φύσης του αντικείμενου του αντισεισμικού ανασχεδιασμού των δομημάτων, ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ) ορίζει διαδικασίες και δραστηριότητες για την εξασφάλιση της ορθής υλοποίησης της Μελέτης Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού και της έντεχνης κατασκευής των επεμβάσεων, την εφαρμογή των τεχνικών προδιαγραφών και τη λήψη των απαιτούμενων μέτρων ασφαλείας. Επιπλέον προβλέπει πρόγραμμα ποιοτικών ελέγχων για τη διασφάλιση της ποιότητας των υλικών και των εργασιών.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στα περιεχόμενα της Μελέτης Αποτίμησης και Ανασχεδιασμού απαιτείται Έκθεση μέτρων συντήρησης που υποδεικνύει τα μέτρα συντήρησης καθόλη τη διάρκεια της τεχνικής ζωής του έργου. όπως περιοδική επιθεώρηση και περιοδικός έλεγχος για την ανθεκτικότητα των επεμβάσεων. Είναι γεγονός άλλωστε ότι σε πολλά δομήματα η ανάγκη αποτίμησης και ανασχεδιασμού προκύπτει λόγω απουσίας συντήρησης που συνδυάζεται με βλάβες από σεισμό ή διάφορες αιτίες. Γι'αυτό και στον Κανονισμό Επεμβάσεων που αποτελεί ένα δυνητικό εργαλείο πρόληψης των επιπτώσεων των σεισμών στο δομημένο περιβάλλον όσο και των σωματικών και ψυχοπαθολογικών επιπτώσεων στη δημόσια υγεία, προβλέπεται η υποχρέωση του κυρίου του έργου να συντηρεί την κατασκευή προκειμένου να εξασφαλίζεται η αντοχή και η λειτουργικότητα για την οποία ανασχεδιάστηκε έναντι σεισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο που ανέκαθεν καθόριζε τη γεωλογική εξέλιξη του πλανήτη, προϋπήρχε της εμφάνισης του ανθρώπου και ως μία από τις πιο συχνές φυσικές καταστροφές αποτέλεσε πολλές φορές παράγοντα που επηρέασε την ιστορία της ανθρώπινης κοινωνίας. Οι επιπτώσεις των σεισμών εκτείνονται στο φυσικό και στο δομημένο περιβάλλον, με συνέπεια κατολισθήσεις, καθιζήσεις και ρευστοποιήσεις εδαφών, καταρρεύσεις δομημάτων, βλάβες σε κατοικίες, κτίσματα, υποδομές και δίκτυα, που εν συνεχεία αντανακλώνται σε άμεσες και έμμεσες οικονομικές επιπτώσεις λόγω της καταστροφής των κατασκευών και των υποδομών, της αποδιοργάνωσης της οικονομικής διαδικασίας, της αποδόμησης του κοινωνικού ιστού και της προσωρινής ή και μόνιμης, απομάκρυνσης των σεισμοπλήκτων από την παραγωγική διαδικασία.

Εκτός όμως από τις καταστροφές και τις υλικές βλάβες, ο σεισμός προκαλεί επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, δηλαδή έμψυχες απώλειες, τραυματισμούς και επιπτώσεις στην ψυχική υγεία των ανθρώπων που πλέον στη σύγχρονη κοινωνία αποτελούν ένα όλο και πιο σημαντικό και δυσβάστακτο πλήγμα. Οι ανθρώπινες απώλειες είναι είτε στιγμιαίοι θάνατοι, είτε παρατεταμένοι θάνατοι και η θνησιμότητα λόγω σεισμού προέρχεται κυρίως από καταρρεύσεις δομημάτων και πτώσεις δομικών στοιχείων. Η νοσηρότητα λόγω σεισμού συνίσταται σε τραυματισμούς και κατάγματα των άνω και κάτω άκρων, του κρανίου, της σπονδυλικής στήλης, των ενδοθωρακικών και ενδοκοιλιακών οργάνων λόγω σύνθλιψης από πτώσεις βαρέων δομικών στοιχείων και αντικειμένων.

Οι ψυχοκοινωνικές επιπτώσεις των σεισμών, οι οποίες ερευνώνται όλο και περισσότερο όσο εξελίσσεται ο αντισεισμικός σχεδιασμός των δομημάτων και επιτυγχάνεται μείωση της θνησιμότητας και της νοσηρότητας λόγω σεισμού, είναι εξίσου σημαντικές και σχετίζονται με μια πλειάδα συμπτωμάτων και αντιδράσεων. Ενδεικτικά η ψυχοπαθολογία που απαντάται πιο συχνά είναι έντονος φόβος, πανικός, ψυχολογική αναστάτωση, ευερεθιστότητα, νευρική υπερδιέγερση, εκδήλωση άγχους, μετατραυματικό στρες, νευρώσεις, διαταραχή ύπνου, οξεία αντίδραση στο στρες, διαταραχή στρες μετά από ψυχοτραυματική εμπειρία, γενικευμένη αγχώδης διαταραχή, ψυχοσωματικές διαταραχές, αντικοινωνική συμπεριφορά και κατάθλιψη. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εμφάνιση των διαταραχών της ψυχικής υγείας του σεισμόπληκτου πληθυσμού είναι μεταξύ άλλων το οικονομικοκοινωνικό επίπεδο, η ηλικία, το φύλο και το μορφωτικό επίπεδο. Στην Ελλάδα, η έρευνα και η μελέτη των εν λόγω επιπτώσεων των σεισμών, κυρίως στην δημόσια υγεία, βελτιώνεται συνεχώς και θα μπορούσε να συμπληρωθεί με την οργάνωση διαδικασίας συγκέντρωσης και μεθόδου συστηματικής καταγραφής των στοιχείων των άμεσων και παρατεταμένων θυμάτων, των τραυματιών λόγω σεισμού καθώς και των διαταραχών της ψυχικής υγείας των πληγέντων και συσχέτισή τους με τις αντίστοιχες επιπτώσεις του δομημένου περιβάλλοντος.

Η Ελλάδα είναι η πιο σεισμογενής ευρωπαϊκή χώρα και μια από τις πιο σεισμογενείς χώρες παγκοσμίως και έχει μεγάλη ιστορία στον αντισεισμικό σχεδιασμό. Η ιστορική εξέλιξη των ελληνικών αντισεισμικών κανονισμών είναι απόλυτα συσχετισμένη με

σεισμικά γεγονότα που έδωσαν ώθηση και πολλές φορές επιτάχυναν τη θέσπιση του εκάστοτε ισχύοντα κανονισμού. Ο κάθε αντισεισμικός κανονισμός αποτελεί ένα κατ'ουσίαν επιστημονικό κείμενο με υποχρεωτική εφαρμογή στον σχεδιασμό έναντι σεισμού των κτιρίων, που εκφράζει το επίπεδο της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης και την ισχύ των υπολογιστικών εργαλείων της εποχής του.

Αναφέρονται συνοπτικά ως σταθμοί στην ιστορική διαδρομή του αντισεισμικού σχεδιασμού:

- ο σεισμός της Κορίνθου (22-4-1928) και ο μετά από περίπου 6 μήνες πρώτος ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός του 1928 με υποχρεωτική εφαρμογή σε Κόρινθο και Λουτράκι,

- οι σεισμοί του Ιονίου (Αύγουστος 1953) και ο Αντισεισμικός Κανονισμός του 1959, ο πρώτος με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλη την Ελλάδα,

- ο σεισμός της Θεσσαλονίκης (20-6-1978), των Αλκυονίδων (24-2-1981), της Καλαμάτας (13-9-1986) και ο Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΝΕΑΚ) του 1992 που άλλαξε τη γενικότερη φιλοσοφία του αντισεισμικού σχεδιασμού στην Ελλάδα,

- ο σεισμός των Γρεβενών-Κοζάνης (13-5-1995), του Αιγίου (15-6-1995), της Πάρνηθας (7-9-1999) και ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ) του 2000.

Τα συνεχή βήματα εξέλιξης των αντισεισμικών κανονισμών και η διαρκής πρόοδος της τεχνολογίας των κατασκευών οδήγησαν σταδιακά στον περιορισμό των επιπτώσεων των σεισμών στο δομημένο περιβάλλον και στη μείωση της θνητότητας και της νοσηρότητας σε σχέση με σεισμικά γεγονότα αντίστοιχης έντασης του παρελθόντος.

Αναδείχτηκε όμως η τεράστια σημασία των ψυχοκοινωνικών επιπτώσεων των σεισμών που σε συνδυασμό με την γιγάντωση του κτιριακού δομικού πλούτου της Ελλάδας και το γεγονός ότι ο εκάστοτε θεσπιζόμενος αντισεισμικός κανονισμός, όσο εξελιγμένος και αν είναι, αφορά τον σχεδιασμό των νεόδμητων κατασκευών και όχι τον αντισεισμικό επανασχεδιασμό των υφισταμένων δομημάτων, οδήγησε στην δημιουργία του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ). Η σύλληψη και κυρίως η υλοποίηση της ιδέας ενός κανονισμού αποτίμησης και ανασχεδιασμού υφισταμένων δομημάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα ξεκίνησε το 2000 μετά το σεισμό της Πάρνηθας (7-9-1999) που αποτέλεσε άλλωστε και το έναυσμα για τη δημοσίευση του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ 2000) και δημιούργησε τον ΚΑΝΕΠΕ που είναι σε μια διαρκή εξέλιξη και βελτίωση έως και σήμερα. Στη θεμελιώδη φιλοσοφία του Κανονισμού Επεμβάσεων προβλέπεται η αποτίμηση του υφιστάμενου δομήματος, δηλαδή ο πλήρης καθορισμός της φέρουσας ικανότητας και των μηχανικών χαρακτηριστικών του υφιστάμενου δομήματος και ο ανασχεδιασμός του με κατάλληλες δομητικές επεμβάσεις με σκοπό την αναβάθμιση της φέρουσας ικανότητάς του και των περιορισμό των βλαβών τόσο του φέροντα οργανισμού όσο και του οργανισμού πληρώσεως σε ελάχιστα ανεκτά επίπεδα κατά τη διάρκεια και μετά τον σεισμό σχεδιασμού.

Ο ΚΑΝΕΠΕ είναι επομένως κανονισμός που καλύπτει την επιτακτική και έντονη ανάγκη της σύγχρονης κοινωνίας για αποτίμηση και ανασχεδιασμό έναντι σεισμού των

υπαρχόντων δομημάτων και αποτελεί ένα εργαλείο πρόληψης των επιπτώσεων των σεισμών στο δομημένο περιβάλλον και κατ'επέκταση των σωματικών και ψυχοπαθολογικών επιπτώσεων στη δημόσια υγεία. Ο Κανονισμός Επεμβάσεων συνεπάγεται οικονομικά ή και δημοσιονομικά βάρη και προϋποθέτει την συνειδητή επιλογή της αναβάθμισης της αντισεισμικής συμπεριφοράς των δομημάτων και κατ'ουσίαν της βελτίωσης της αίσθησης ασφάλειας. Και είναι ιδιαίτερα σημαντική, σε μια σεισμογενή χώρα όπως η Ελλάδα, η ευρεία εφαρμογή του αφού η υιοθέτηση της φιλοσοφίας του αντισεισμικού ανασχεδιασμού αναβαθμίζει την πρόληψη και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αιγινήτης Δ., (1928). *Ο σεισμός της Κορίνθου της 22 Απριλίου 1928 και τα αποτελέσματα αυτού*. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 3: 369-381
- Αναστασιάδης, Α. Ι. (2002) «Διαχείριση κινδύνου στο Ιστορικό Κέντρο της Θεσσαλονίκης», *Τεχνικά Χρονικά*, II (22) σελ 9-21
- Γαλανόπουλος, Δ. (2011). Χαρακτηριστικά σεισμικού κινδύνου στο: *Χαρακτηριστικά Κινδύνων- Καταστροφών, Σημειώσεις, κεφ. 2, Ειδική Φάση Σπουδών*, Τμήμα Πολιτικής Προστασίας, Εθνική Σχολή Τοπικής Αυτοδιοίκησης, ΕΚΔΔΑ
- Δελλαδέτσιμας Π. (2009), *Οι Ασφαλείς Πόλεις*, Αθήνα: Εξάντας
- Λειβαδά - Ντούκα, Ε., Γαλανός, Γ. (2006). *Μέρες Οργής. Αύγουστος του 1953: Χρόνου Λύσις*. Αργοστόλι: Δήμος Αργοστολίου
- Λέκκας, Ε. Λ. (1996). *Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές*, Αθήνα: Access
- ΟΑΣΠ (2003) *Ερευνητικό Πρόγραμμα: Κοινωνικές και Οικονομικές Επιπτώσεις στη βιομηχανία και απασχόληση στη Δυτική Αθήνα από το σεισμό της 7.9.1999*, Αθήνα.
- Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ (2008). *Επετειακό αφιέρωμα, 30 χρόνια μετά το σεισμό της Θεσσαλονίκης. Μνήμες και προοπτική*. Θεσσαλονίκη.
- Παπαζάχος, Β. και Δρακόπουλος, Ι.Κ. (1992). *Σεισμοί και μέτρα προστασίας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη
- Παπαζάχος, Β. και Παπαζάχου, Κ. (2003). *Οι Σεισμοί της Ελλάδας, Γ' έκδοση (βελτιωμένη)* Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη
- Παπαφωτίου Α. (2002) *Σεισμοί και κατασκευές στην Κορινθία (Ιστορική Αναδρομή)*, Κόρινθος:Ιδιωτική
- Σκαναβή, Κ. & Σακελλάρη, Μ. (2011), Πολιτική προστασία ως δημόσια πολιτική και φυσικές καταστροφές: ένα κοινό πλαίσιο εργασίας για τη περιβαλλοντική εκπαίδευση και την εκπαίδευση για την επικινδυνότητα, στο Ταμπάκης, Σ. Α. & Μανωλάς, Ε. Ι. (Επιμέλεια), *Θέματα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, 3ος Τόμος: Πολιτικές Προστασίας του Περιβάλλοντος*, Περιοδική Έκδοση Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, Ορεστιάδα, σελ. 1 – 8.
- Baum, A., Fleming, R., Davidson, L.M. (1983) Natural disaster and technological catastrophe. *Environment and Behaviour* 15:333-354
- Böddvarsdóttir, I. & Elklit, A. (2004), Psychological reactions in Icelandic earthquake survivors, *Scandinavian Journal of Psychology*, Vol. 45(1), pp. 3 – 13
- Bonanno, G., Brewin, C., Kaniasty, K., La Greca, A. (2010), Weighing the Costs of Disaster, Consequences, Risks, and Resilience in Individuals, Families and Communities, *Psychological Science in the Public Interest, Sage Journals*, Vol. 11
- Ehrenreich, J. H. (2001), *Coping with Disasters, a Guidebook to Psychosocial Intervention*, (Revised Edition), Center for Psychology and Society, State University of New York
- Ganas, A., Papadopoulos, G., Pavlides, S. B. (2001), The 7 September 1999 Athens 5.9 Ms earthquake: Remote sensing and digital elevation model inputs towards identifying the seismic fault, *International Journal of Remote Sensing* 22 (1): 191-196

- Guha – Sapir, D., Hargitt, D. & Hoyois, P. (2004), *Thirty years of natural disasters 1974-2003: the numbers*, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Louvain – La – Neuve: UCL Presses, Universitaires de Louvain
- Kassaras I and Sotirhos J. (2015) Short notes on the seismic Vulnerability of Greece under Austerity, *Austin J Earth Sci.* ,2,(1):1007
- Kato, H., Asukai, N., Miyake, Y., Minakawa, K. & Nishiyama, A. (1996), Post - traumatic symptoms among younger and elderly evacuees in the early stages following the 1995 Hanshin - Awaji earthquake in Japan, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, Vol. 93, pp. 477 – 481.
- Kılıç, C., Aydın, İ., Taşkıntuna, N., Özçürümez, G., Kurt ,G., Eren, E , Lale, T., Özel, S., Zileli, L. (2006), Predictors of psychological distress in survivors of the 1999 earthquakes in Turkey: effects of relocation after the disaster, *Acta Psychiatrica Scandinavica*, Vol. 114, pp194-202
- Kulatunga, J. J., Yates, U. & Wedawatta, G. (2014), Culture and the psychological impacts of natural disasters: Implications for disaster management and disaster mental health, *The Built & Human Environment Review*, Vol. 7, pp. 1 – 10.
- Lekkas, E., Mavroulis, S., Alexoudi, V. (2016), Field observations of the 2015 (November 17, Mw 6.4) Lefkas (Ionian Sea, Western Greece) earthquake impact on natural environment and building stock of Lefkas island, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. L, Proceedings of the 14th Intern. Congress, Thessaloniki
- Mechler, R. (2004), *Natural Disaster Risk Management and Financing Disaster Losses in Developing Countries*, Verlag Versicherungswirtschaft (VfW), Karlsruhe
- Nichols, T.C. (1974) Global summary of human response to natural hazards: earthquakes. In: *Natural hazards: local, national, global*. White, G.F. (ed). Oxford University Press: New York, pp. 274-284.
- Noji, E.K. (1996). Disaster Epidemiology *Emergency Medicine Clinics of North America*, 14(2):289-300
- Pomonis, 2002, The Mount Parnitha (Athens) Earthquake of September 7, 1999: A Disaster Management Perspective *Natural Hazards*, Vol. 27, pp 171-199
- Ramirez, M., Peek-Asa, C. (2005) Epidemiology of Traumatic Injuries from Earthquakes, *Epidemiologic Reviews*, Vol. 27, pp 47-55
- Shaw, R., Shiwaku, K., Kobayashi, H., & Kobayashi, M. (2004), Linking experience, education, perception and earthquake preparedness, *Disaster Prevention and Management*, Vol. 13(1), pp. 39 – 49
- Smith, K. (1996), *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*, Routledge, London.
- United Nations, (2009), *UNISDR Terminology on disaster risk reduction*, United Nations, International Strategy for Disaster Reduction Secretariat, Geneva

ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ

ΦΥΛΛΑ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1928), Αριθμός 234, Τεύχος Α, 'Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1931), Αριθμός 375, Τεύχος Α, 'Περί του Αντισεισμικού Κανονισμού της σεισμοπλήκτου περιοχής Κορίνθου-Λουτρακίου', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1936), Αριθμός 4, Τεύχος Α, 'Περί συμπληρώσεως Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1941), Αριθμός 277, Τεύχος Α, 'Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού εις την περιοχήν Λαρίσσης', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1947), Αριθμός 165, Τεύχος Α, 'Περί τροποποιήσεως του από 2/10/31 Δ/τος «περί Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού»', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1951), Αριθμός 20, Τεύχος Α, 'Περί τροποποιήσεως του Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1954), Αριθμός 134, Τεύχος Α, 'Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου εις την περιοχή των Νομών Κεφαλληνίας και Ζακύνθου', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1959), Αριθμός 36, Τεύχος Α, 'Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1959), Αριθμός 190, Τεύχος Α, 'Περί τροποποιήσεως του από 19.2.1959 Διατάγματος περί «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων», Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1981), Αριθμός 253, Τεύχος Α, 'Περί αντικαταστάσεως του Πίνακος Ι της παραγράφου 2 του άρθρου 2 του από 19/26.2.1959 Β. Διατάγματος περί «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων», Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1984), Αριθμός 239, Τεύχος Α, 'Τροποποίηση και συμπλήρωση του Β.Δ. της 19/26 Φεβρουαρίου 1959 περί «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων»', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1985), Αριθμός 587, Τεύχος Α, 'Αντικατάσταση του άρθρου 12 του Β.Δ. της 19/26 Φεβρουαρίου 1959 περί «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων», Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1992), Αριθμός 613, Τεύχος Β, 'Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1994), Αριθμός 774, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση αριθμ Δ17α/08/32/ΦΝ 275/30.9.92 απόφασης έγκρισης Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΝΕΑΚ)', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1995), Αριθμός 534, Τεύχος Β, 'Έγκριση τροποποίησης και συμπλήρωσης διατάξεων Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΝΕΑΚ)', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1995), Αριθμός 588, Τεύχος Β, 'Συμπλήρωση της απόφασης αρ. Δ17α/04/ΦΝ275/20.6.1995 «Έγκριση τροποποίησης και συμπλήρωσης διατάξεων Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού», Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1995), Αριθμός 850, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση της απόφασης αρ. Δ17α/08/32/ΦΝ275/30.9.1992 «Έγκριση Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού», Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1996), Αριθμός 611, Τεύχος Β, 'Εφαρμογή διατάξεων «Νέου Κανονισμού για τη μελέτη και κατασκευή έργων από Σκυρόδεμα» και «Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού» για κτίρια του Δημοσίου, των Ν.Π.Δ.Δ. και των Ο.Τ.Α.', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1999), Αριθμός 2184, Τεύχος Β, 'Έγκριση Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2000), Αριθμός 1564, Τεύχος Β, 'Παράταση προθεσμίας για την έναρξη εφαρμογής του ΕΑΚ-2000 και ΕΚΩΣ-2000', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2001), Αριθμός 423, Τεύχος Β, 'Διόρθωση λαθών στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ-2000)', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2003), Αριθμός 781, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση και συμπλήρωση της απόφασης έγκρισης του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ-2000)», Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2003), Αριθμός 1153, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση της απόφασης έγκρισης του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ-2000)» όπως ισχύει', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2003), Αριθμός 1154, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση διατάξεων του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ-2000)» λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2010), Αριθμός 270, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση της απόφασης έγκρισης του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού -ΕΑΚ-2000» όπως ισχύει', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2012), Αριθμός 42, Τεύχος Β, 'Έγκριση του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ. ΕΠΕ.) σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2013), Αριθμός 2187, Τεύχος Β, 'Έγκριση του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ. ΕΠΕ.) σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα (1^η Αναθεώρηση)', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2014), Αριθμός 1457, Τεύχος Β, 'Έγκριση εφαρμογής και χρήσης Ευρωκωδίκων σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2016), Αριθμός 350, Τεύχος Β, 'Τροποποίηση κανονισμών που αφορούν σε ειδικές περιπτώσεις επεμβάσεων σε υπάρχοντα κτίρια', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2017), Αριθμός 2984, Τεύχος Β, 'Έγκριση του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ. ΕΠΕ.) σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα (2^η Αναθεώρηση)', Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

www.seismoi.gr

portal.tee.gr

www.oasp.gr

<https://ourworldindata.org/natural-catastrophes>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σ1	22-4-1928	Σεισμός Κορίνθου, 6,3R περίπου 20 νεκροί, 30 τραυματίες, κατάρρευση σχεδόν του συνόλου των 2.000 κτηρίων
A1	7-11-1928 Α. Ο. Κ. Κορίνθου- Λουτρακίου	Περιορισμένη περιοχή εφαρμογής Σεισμική δράση (1 οριζόντια και 1 κατακόρυφη): ποσοστό των κατακόρυφων φορτίων Κατασκευαστικές οδηγίες
A2	29-10-1931 Α. Ο. Κ. Κορίνθου- Λουτρακίου	Περιορισμένη περιοχή εφαρμογής Σεισμική δράση (2 οριζόντιες και 1 κατακόρυφη) : ποσοστό των κατακόρυφων φορτίων Ελάχιστες κατασκευαστικές διατάξεις
A3	4-1-1936 Συμπλήρωση Α. Ο. Κ. Κορίνθου- Λουτρακίου	Καμία ουσιαστική αλλαγή
Σ2	1-3-1941	Σεισμός Λάρισας 6,3R περίπου 40 νεκροί, 100 τραυματίες, γενικευμένες βλάβες στα κτήρια, κατάρρευση αρκετών
A4	16-8-1941 Επέκταση Α. Ο. Κ. Κορίνθου- Λουτρακίου στη Λάρισα	Περιορισμένη περιοχή εφαρμογής Μειωμένη σεισμική δράση
A5	11-8-1947 Τροποποίηση Α. Ο. Κ.	Περιορισμένη περιοχή εφαρμογής Μόνο οριζόντια σεισμική δράση Νέοι αυστηρότεροι κατασκευαστικοί κανόνες
A6	15-1-1951 Τροποποίηση Α. Ο. Κ.	Περιορισμένη περιοχή εφαρμογής Δίνεται περιθώριο προσθήκης σε υπάρχον κτήριο

	Κορίνθου- Λουτρακίου	
Σ3	9 έως 12-8-1953	Σεισμοί Ιονίου 6,4 έως 7,2R, περίπου 455 νεκροί, 2.412 τραυματίες, πλήρης καταστροφή 27.659 εκ των 33.300 κτηρίων σε Κεφαλονιά, Ζάκυνθο και Ιθάκη
A7	26-7-1954 Επέκταση Α. Ο. Κ. Κορίνθου- Λουτρακίου στην Κεφαλονιά- Ζάκυνθο	Περιορισμένη περιοχή εφαρμογής απλή επέκταση χωρίς καμία τροποποίηση
A8	26-2-1959 Αντισεισμικός Κανονισμός Οικοδομικών Έργων	υποχρεωτική εφαρμογή για όλη τη χώρα τρεις κατηγορίες σεισμικότητας περιοχής 4 κατηγορίες σεισμικής επικινδυνότητας εδάφους 2 οριζόντιες συνιστώσες σεισμικών δυνάμεων Έμφαση στη συμμετρία στη διάταξη των φερόντων στοιχείων κατασκευαστικές διατάξεις
A9	14-9-1959 Τροποποίηση Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων	ένας επιπλέον αντισεισμικός έλεγχος στα υποστυλώματα
Σ4	20-6-1978	Σεισμός Θεσσαλονίκης 6,5R περίπου 48 νεκροί, 220 τραυματίες, 9.480 κτήρια με μη επισκευάσιμες βλάβες, 23.589 σοβαρές βλάβες και 67.541 ελαφρές βλάβες στους Νομούς Θεσσαλονίκης, Σερρών, Κιλκίς και Χαλκιδικής
Σ5	24-2-1981	Σεισμός Αλκυονίδων 6,7R, περίπου 20 νεκροί, 500 τραυματίες
A10	14-9-1981	Αναθεωρημένος πίνακας σεισμικότητας των διαφόρων περιοχών

	Τροποποίηση και Συμπλήρωση Α. Κ. Ο. Έργων 1959	
A11	16-4-1984 Τροποποίηση και Συμπλήρωση Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων 1959	Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας συντελεστής σπουδαιότητας ακαμψία τοίχων πληρώσεως Απαγορεύση βλάβης φερόντων στοιχείων από υδραυλικούς, ηλεκτρολόγους κλπ κατασκευαστικές υποδείξεις Επιβάλλεται η ενίσχυση των άκρων των τοιχίων "κρίσιμες" περιοχές στύλων και δοκών, η όπλιση της διατομής στύλου με περίσφιξη
A12	1-10-1985 Τροποποίηση και Συμπλήρωση Α.Κ.Ο.Έργων	Συμπλήρωση για προσθήκες
Σ6	13-9-1986	Σεισμός Καλαμάτας 6,0R, 20 νεκροί, 300 τραυματίες, 20% κατεδαφιστέα, 16% με σοβαρές βλάβες και 36% με ελαφρές βλάβες
A13	12-10-1992 Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός	Επανασύνταξη με νέα φιλοσοφία σεισμός ως δυναμικό φαινόμενο θεμελιώδεις απαιτήσεις: αποφυγή κατάρρευσης, περιορισμός των βλαβών (στο σεισμό σχεδιασμού περιορισμένες και επιδιορθώσιμες βλάβες) και διασφάλιση ελάχιστης στάθμης λειτουργιών(νοσοκομεία κλπ) απαίτηση πλαστιμότητας- ικανοτικός έλεγχος 4 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας 4 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών 4 κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων
A14	12-10-1994 Τροποποίηση ΝΕΑΚ	μικρή τροποποίηση, παράλληλη εφαρμογή παλιού και νέου Κανονισμού μέχρι 30 Ιουνίου 1995

Σ7	13-5-1995	Σεισμός Γρεβενών – Κοζάνης 6,6R, 12 τραυματίες, 2.523 κτήρια στο Ν. Γρεβενών και 7.693 στο Ν. Κοζάνης κατέρρευσαν ή έπαθαν ζημιές
Σ8	15-6-1995	Σεισμός Αιγίου 6,4R, 26 νεκροί, 200 τραυματίες, 3.000 κτήρια κρίθηκαν κατεδαφιστέα και 2.800 επισκευάσιμα
A15	20-6-1995 Τροποποίηση και Συμπλήρωση NEAK	Βελτιώνονται, τροποποιούνται ή προστίθενται στοιχεία και τύποι υπολογισμού, οριστικοποιείται η 1-7-1995 για την έναρξη αποκλειστικής εφαρμογής του NEAK
A16	6-7-1995 Τροποποίηση και Συμπλήρωση NEAK	Προστίθεται το Παράρτημα Ε' για την προσθήκη ορόφων σε υπάρχοντα κτίρια
A17	11-10-1995 Συμπλήρωση NEAK για Γρεβενά-Κοζάνη	Κατάταξη Γρεβενών και Κοζάνης στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II
A18	22-7-1996 Διευκρινίσεις εφαρμογής ΕΚΩΣ και NEAK σε δημόσια κτήρια	Διευκρίνιση για την έναρξη ισχύος για δημόσια κτήρια
Σ9	7-9-1999	Σεισμός Πάρνηθας 5,9R, 143 νεκροί, 7000 τραυματίες, 42.000 κτίρια με ζημιές εκ των οποίων περισσότερα από 4.000 κατέρρευσαν ή υπέστησαν ανεπανόρθωτες βλάβες
A19	20-12-1999 Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ 2000)	Αποτελεί αναθεώρηση, συμπλήρωση και βελτίωση του NEAK Ομοίως με NEAK κύριοι στόχοι και θεμελιώδεις απαιτήσεις σεισμικής συμπεριφοράς: αποφυγή καταρρεύσεως, περιορισμός βλαβών και διασφάλιση της ελάχιστης στάθμης λειτουργιών Αναγνωρίζεται ότι η μη επίτευξη του στόχου, στην περίπτωση κάποιου σεισμού, δεν μπορεί να αποκλεισθεί

		Διατηρούνται οι βασικές αρχές σχεδιασμού του ΝΕΑΚ, με επαύξηση των απαιτήσεων Ομοίως με ΝΕΑΚ: 4 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας 4 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας εδαφών 4 κατηγορίες σπουδαιότητας κτιρίων
A20	22-12-2000 Παράταση έναρξης εφαρμογής ΕΑΚ-2000 και ΕΚΩΣ-2000	Νέα, κοινή ημερομηνία έναρξης της κοινής εφαρμογής τους, και αποκλειστικής εφαρμογής του ΕΑΚ-2000, η 30-6-2001
A21	12-4-2001 Διόρθωση λαθών ΕΑΚ 2000	Πίνακας με διορθώσεις σε διάφορα σημεία στο κείμενο του ΕΑΚ-2000
A22	18-6-2003 Διορθώσεις τροποποιήσεις ΕΑΚ 2000	τρεις τροποποιήσεις σχετικά με την αντοχή του εδάφους και την εδαφοτεχνική έρευνα και μια για τη λειτουργία των τοιχωμάτων
A23	12-8-2003 Διορθώσεις τροποποιήσεις ΕΑΚ 2000	τρεις συμπληρώσεις για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους και των εδαφικών παραμέτρων, μία συμπλήρωση για τη λειτουργία τοιχώματος ως καμπτικού προβόλου και τους σχετικούς ελέγχους
A24	12-8-2003 Αναθεώρηση Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας ΕΑΚ 2000	Τροποποιείται ουσιαστικά ο Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας με υποδιαίρεση της χώρας σε τρεις Ζώνες I, II και III, με αντίστοιχες σεισμικές επιταχύνσεις εδάφους $A = 0.16, 0.24$ και 0.36
A25	16-3-2010 Τροποποίηση ΕΑΚ-2000	Ρυθμίζει θέματα σχετικά με τη σπουδαιότητα των κτιρίων μείωση καθ' ύψος τοιχωμάτων, αποτροπή κατασκευή "φυτευτών" τοιχωμάτων σεισμική συμπεριφορά τοιχοπληρώσεων

A26	5-6-2014 Έγκριση εφαρμογής Ευρωκωδίκων	υποχρεωτική η επιλογή και πλήρης εφαρμογή του ενός εκ των δύο Κανονισμών (του ΕΑΚ-2000 ή του EC8 Μικρές διαφορές του EC8 από τον ΕΑΚ
-----	---	--

Πίνακας: Χρονική ακολουθία και κυριότερες αλλαγές και επιπτώσεις αντισεισμικών κανονισμών και σεισμικών γεγονότων αντίστοιχα (ιδία επεξεργασία)