



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Μηχανικών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Εκτίμηση Σεισμικής Διακινδύνευσης
Κτιρίων Ωπλισμένου Σκυροδέματος

Διπλωματική Εργασία

ΚΑΜΠΑΚΑΚΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

Επιβλέπων

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2021

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΚΑΘΗΓΗΤΗ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΡΕΠΑΠΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ (Επιβλέπων)	
ΒΡΥΖΙΔΗΣ ΙΣΑΑΚ (Εξεταστής)	
ΔΡΙΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Εξεταστής)	

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σταύρος Καμπακάκης του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 44543913, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Σταύρος Καμπακάκης

Περίληψη

Στην διπλωματική αυτή θα εκτιμηθεί η σεισμική τρωτότητα και διακινδύνευση χαρακτηριστικών κτιρίων για διάφορες εντάσεις σεισμικής διέγερσης. Θα επιλεγθούν διάφορες εντάσεις σεισμικής έντασης, διάφοροι τύποι κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος που αποτελούν τους επικρατέστερους τύπους κατασκευής σε μια περιοχή με σεισμό και αποτελούνται από 3 τάξεις όσον αφορά το ύψος, χαμηλού, μέσου και μεγάλου (Low-Rise, Mid-Rise, High-Rise - L, M, H) και από 3 ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας I, II, III και τέλος από 3 τάξεις όσον αφορά την κατηγορία πλαστιμότητάς του ΚΠΧ (DCL), ΚΠΜ (DCM), ΚΠΥ (DCH) και ΚΠΘ (DCZ) σε αύξουσα σειρά, δηλαδή κατηγορίες κτηρίων ανάλογα με την περίοδο κατασκευής τους.

Η εκτίμηση της τρωτότητας έναντι σεισμού συμβάλλει στην εκτίμηση των σεισμικών βλαβών και τη διαχείριση κινδύνων, με στόχο την εξαγωγή των αντίστοιχων καμπυλών τρωτότητας. Οι καμπύλες τρωτότητας εκτιμώνται ως μια συνάρτηση της μέγιστης επιτάχυνσης στο βραχώδες υπόβαθρο για τέσσερις στάθμες βλάβης που είναι α) άμεση χρήση β) περιορισμένες βλάβες γ) σημαντικές βλάβες δ) οιονεί κατάρρευση σε συνάρτηση με την στοχευόμενη μετακίνηση των κτιρίων. Χρησιμοποιούνται οι σχέσεις εξασθένισης νέας γενιάς NGA-West για να κατασκευασθούν συνολικά 240 φάσματα σχεδιασμού για διάφορες παραμέτρους, όπως η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση, η κατηγορία εδάφους, τύπος ρήγματος, ένταση σεισμού κτλπ και 90 κτίρια τα οποία χαρακτηρίζονται από τυπικές καμπύλες ικανότητας, και για τα οποία κατασκευάζονται 90 καμπύλες τρωτότητας. Για κάθε κτίριο υπολογίζονται 240 στοχευόμενες μετακινήσεις (συνολικά για όλα τα κτίρια $90 \cdot 240 = 21600$ στοχευόμενες μετακινήσεις) χρησιμοποιώντας ως απαίτηση καθένα από τα 240 φάσματα.

Λέξεις-Κλειδιά: Τρωτότητα, Στοχευόμενη Μετακίνηση, Φάσμα Σχεδιασμού

Abstract

In this thesis the seismic vulnerability and risk of characteristic buildings for different seismic excitation intensities will be assessed. Different seismic intensities will be selected, different types of reinforced concrete buildings that are entrusted with the types of construction in an area with earthquake and impact from 3 classes regarding the height of low, medium and high (Low-Rise, Mid-Rise, High-Rise - L, M, H) and from 3 seismic hazard zones I, II, III and finally from 3 classes regarding the plasticity class (DCL), (DCM), (DCH), (DCZ) in ascending order, so we use categories of buildings depending on their construction period.

Earthquake vulnerability assessment contributes to seismic damage assessment and risk management, with the aim of extracting the respective vulnerability curves. Vulnerability curves are estimated as a function of the maximum acceleration in the rocky background for four levels of damage which are a) full operation b) limited damage c) significant damage d) quasi-collapse as a function of the targeted movement of buildings, The new generation NGA-West attenuation ratios are used to construct a total of 240 design spectra for various parameters, such as maximum ground acceleration, ground category, fault type, earthquake intensity, etc. and 90 buildings characterized by standard capacity curves, for which 90 vulnerability curves are constructed. For each building, 240 target displacements are calculated (in total $90 * 240 = 21600$ target displacements) using as demand each of the 240 spectra.

Keywords: Vulnerability, Target Displacements, Design Spectrum

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Κωνσταντίνο Ρεπαπή για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και το χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών για τη συμβολή τους στην επιστημονική και τεχνολογική μου συγκρότηση στα χρόνια της φοίτησής μου στο Τμήμα.

Οφείλω επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους εκείνους που συνέβαλαν είτε πρακτικά είτε ψυχικά στην ολοκλήρωση της εργασίας μου και ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου για την οικονομική τους υποστήριξη, καθώς και τους συγγενείς και τους φίλους για την ηθική υποστήριξη σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

Στους γονείς μου,
Κωνσταντίνο & Αθανασία
και στον αδελφό μου, Χρήστο

Contents

Περίληψη.....	4
Abstract	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ.....	13
2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΩΝ.....	14
2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	15
2.3 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ.....	16
3 ΡΗΓΜΑΤΑ.....	17
4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	18
4.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ	21
4.2 ΚΤΙΡΙΑ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8 22	
5 NGA-WEST και NGA-WEST2 (Next Generation Attenuation Relationships).....	23
5.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ (NGA-WEST2-08)	25
6 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ	34
6.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ	34
6.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	35
6.3 ΣΤΟΧΕΥΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΥ.....	35
6.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ.....	36
6.5 ΦΑΣΜΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	37
6.6 ΦΑΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ (ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ) S_d^*	39
7 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ	46
8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	58
9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	71

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 2.1 Κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8	14
Πίνακας 2.2 Κατηγορίες και συντελεστές σπουδαιότητας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8	15
Πίνακας 5.1 Πίνακας Excel NGA-BA08	25
Πίνακας 5.2 Συντελεστές NGA Models	26
Πίνακας 5.3 Συντελεστές NGA Models	26
Πίνακας 5.4 Συντελεστές U, SS, NS, RS	33
Πίνακας 6.1 Πίνακας excel NGA BA08	34
Πίνακας 6.2 Κατηγορίες εδάφους από τον IBC	35
Πίνακας 6.3 Συντελεστής κατηγορίας εδάφους Fa	36
Πίνακας 6.4 Συντελεστής κατηγορίας εδάφους Fv	36
Πίνακας 6.5 Κατηγορία σεισμικού σχεδιασμού για περίοδο 0.2sec	37
Πίνακας 6.6 Κατηγορία σεισμικού σχεδιασμού για περίοδο 1sec	37
Πίνακας 6.7 Επίπεδα και βαθμοί βλάβης	40
Πίνακας 6.8 Τύπος στοχευόμενης μετακίνησης με τις ανάλογες παραμέτρους.....	40
Πίνακας 6.9 Δεδομένα και αποτελέσματα MATLAB2021a.....	42
Πίνακας 6.10 Δεδομένα και αποτελέσματα MATLAB2021a.....	43
Πίνακας 6.11 Στοχευόμενες μετακινήσεις για το πεδίο 1	44
Πίνακας 6.12 Damage State (Ds) για το πεδίο 1	45
Πίνακας 7.1 Τύποι ευπάθειας/Ζημιών.....	46
Πίνακας 8.1 Δεδομένα διαγράμματος για την 1 ^η σειρά του MATLAB2021a στις μεταβλητές Building	58

Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας	16
Σχήμα 3.1 Κατηγορίες ρήγματος.....	17
Σχήμα 4.1 Καμπύλη ικανότητας από στατική ανελαστική ανάλυση μαζί με την ιδεατή διγραμμική καμπύλη	19
Σχήμα 5.1 Ελαστικό φάσμα απόκρισης.....	27
Σχήμα 5.2 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού M=5.5.....	28
Σχήμα 5.3 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού M=6.....	29
Σχήμα 5.4 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού M=6.5.....	30
Σχήμα 5.5 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού M=7.....	31
Σχήμα 5.6 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού M=7.5.....	32
Σχήμα 6.1 Φάσμα απόκρισης σχεδιασμού ε βάση των ASCE 07-10	38
Σχήμα 6.2 Προσδιορισμός στοχευόμενης μετακίνησης μονοβάθμιου συστήματος	41
Σχήμα 6.3 Καμπύλη στάθμης επιτελεστικότητας	41
Σχήμα 7.1 Καμπύλη τρωτότητας RC1-I_H_DCL.....	47

Σχήμα 7.2 Καμπύλες τρωτότητας.....	48
Σχήμα 7.3 Καμπύλες τρωτότητας.....	49
Σχήμα 7.4 Καμπύλες τρωτότητας.....	50
Σχήμα 7.5 Καμπύλες τρωτότητας.....	51
Σχήμα 7.6 Καμπύλες τρωτότητας.....	52
Σχήμα 7.7 Καμπύλες τρωτότητας.....	53
Σχήμα 7.8 Καμπύλες τρωτότητας.....	54
Σχήμα 7.9 Καμπύλες τρωτότητας.....	55
Σχήμα 7.10 Καμπύλες τρωτότητας.....	56
Σχήμα 7.11 Ενδεικτική απεικόνιση καμπύλων τρωτότητας.....	57
Σχήμα 7.12 Ενδεικτική απεικόνιση για τα επίπεδα βλάβης	57
Σχήμα 8.1 Διάγραμμα (S_d, M_w)	58
Σχήμα 8.2 Διάγραμμα (S_d, R_{jb}).....	59
Σχήμα 8.3 Διάγραμμα (S_d, V_{s30}).....	59
Σχήμα 8.4 Διάγραμμα (S_d, T_0).....	60
Σχήμα 8.5 Διάγραμμα (M_w, V_{s30})	60
Σχήμα 8.6 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	61
Σχήμα 8.7 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	62
Σχήμα 8.8 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	63
Σχήμα 8.9 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	64
Σχήμα 8.10 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	65
Σχήμα 8.11 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	66
Σχήμα 8.12 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	67
Σχήμα 8.13 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	68
Σχήμα 8.14 Διάγραμμα (D_{sk}, p_{ga}).....	69

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κίνδυνοι από τα φυσικά φαινόμενα, όπως ο σεισμός, και οι καταστροφικές επιπτώσεις τους έχουν από παλιά απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα, και είναι ένας από τους πιο δύσκολους τομείς ως προς την κατανόηση της φύσης του και την αντιμετώπισή του, διότι πέρα από τις άμεσές επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει ο σεισμός δημιουργούνται και διάφορα γεωλογικά φαινόμενα που πλήττουν τον κόσμο και κάποια απ'αυτά είναι οι κατολισθήσεις, η κατάρρευση βράχων και οι πλημμύρες (τσουνάμι) κλπ.

Ο κύριος στόχος της αποτίμησης της σεισμικής συμπεριφοράς μιας κατασκευής είναι ο προσδιορισμός της έκτασης των βλαβών κατά τη διάρκεια ενός σεισμικού γεγονότος αρα συνεπάγεται η σωστή γνώση των ειδικών πάνω στο φαινόμενα και την ορθή σύγκριση των δυο φαινομένων Μέγεθος και Ένταση σεισμού.

Ένας τρόπος κωδικοποίησης των σεισμικών απωλειών επιτυγχάνεται με την χρήση της έννοιας Σεισμική Διακινδύνευση (Seismic Risk) που είναι το σύνολο των πιθανών οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών επικίνδυνων περιστατικών που ενδέχεται να συμβούν σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο, δηλαδή ο κίνδυνος των ζημιών που υπέστη ένα κτίριο που συνδέεται άρρηκτα με τους όρους Σεισμικός Κίνδυνος (Seismic Hazard) και με τον όρο αυτό εννοούμε την πιθανότητα σεισμού σε μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή εντός ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος και με ένταση κίνησης εδάφους που υπερβαίνει ένα δεδομένο όριο και Τρωτότητα (Vulnerability) που χαρακτηρίζεται η αδυναμία των κατασκευών απέναντι στην ένταση ενός σεισμικού γεγονότος.

Η γνώση επομένως του βαθμού και του είδους των επιπτώσεων είναι πολύ σημαντική για τον προγραμματισμό και τη λήψη αποφάσεων για την αντιμετώπιση του κάθε σεισμού.

Στόχος της διπλωματικής είναι η διερεύνηση της συμπεριφοράς τυπικών κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος σε διάφορα σενάρια σεισμικής απαίτησης. Κατασκευάζονται καμπύλες τρωτότητας για 90 περιπτώσεις κτιρίων και υπολογίζεται για καθένα από αυτά η στοχευόμενη μετακίνηση για 240 διαφορετικά σενάρια σεισμικής έντασης.

2 ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΣΕΙΣΜΟΥ

Κατά την δημιουργία ενός σεισμού εκλύεται ενέργεια λόγω παραμόρφωσης και μετατροπή της σε κυματική ενέργεια που είναι τα σεισμικά κύματα.

- **Το Μέγεθος (M_L)** του σεισμού μας δείχνει πόση ενέργεια απελευθερώθηκε από την εστία του σεισμού κατά τη στιγμή θραύσης των πετρωμάτων, δηλαδή πόσο ισχυρός είναι ο σεισμός. Είναι μια έννοια που η τιμή της προκύπτει με μαθηματικούς υπολογισμούς από τα σειсмоγραφήματα (τις καταγραφές των σεισμών από τους σειсмоγράφους), σε συνδυασμό με την επικεντρική απόσταση και το μέγιστο πλάτος αναγραφής. Η κλίμακα στην οποία μετράται το Μέγεθος είναι η 10βάθμια κλίμακα Richter (1935). Το Μέγεθος του σεισμού εμπεριέχεται στη μοναδική “ταυτότητα” του σεισμού, υπό την έννοια ότι ένας σεισμός έχει μία και μόνον εστία, μία χρονική στιγμή γένεσης και ένα μέγεθος. Στην εργασία χρησιμοποιούμε το μέγεθος σεισμικής ροπής M_W το οποίο είναι λειτουργικό για την μέτρηση μεγάλων σεισμών και θεωρείται ως η πιο αξιόπιστη κλίμακα βαθμολόγησης σεισμών καθώς σχετίζεται πιο άμεσα με την ενέργεια που εκλύει ένας σεισμός
- Η **Ένταση** του σεισμού μας δείχνει τις επιπτώσεις ενός σεισμού σε διαφορετικές θέσεις. Προκύπτει από την αξιολόγηση (υποκειμενική ή με αυτόματο υπολογιστικό τρόπο) των παρατηρήσεων των επιπτώσεων του κάθε σεισμού, δηλαδή το πόσο καταστροφικός ήταν ένας σεισμός και μετριέται σε βαθμούς Μερκάλλι.

2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΛΑΦΩΝ

Όπως αναφέρει ο Παπαδημητρίου (2010) υπάρχουν 5 κατηγορίες εδαφών που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Οι κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (2004) παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 2.1 (Παπαδημητρίου, 2010).

Πίνακας 2.1 Κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με τη προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Εντόνως αποσθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.
Γ	Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλασιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.
X	Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοϊλιώδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείσει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. (Βλπ. και παρ. 5.1[3]). Απότομες κλιτείς καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

2.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ

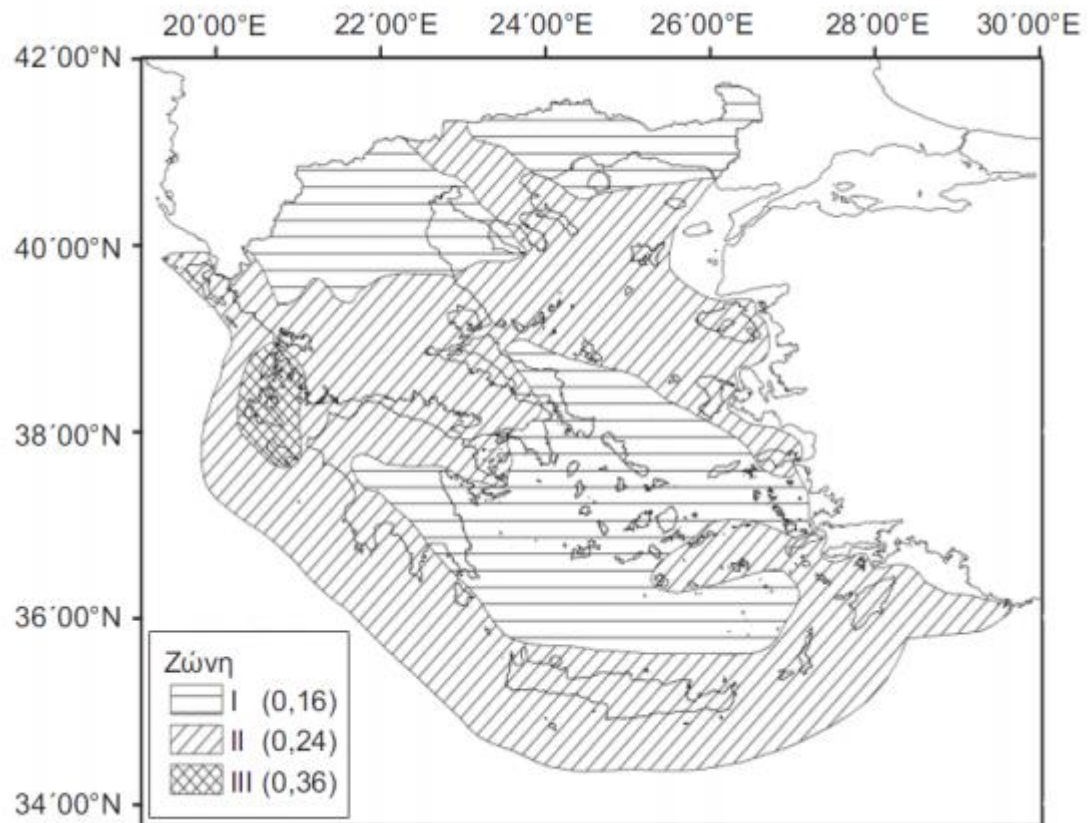
Όπως αναφέρει ο Κωνσταντινίδης (2008) υπάρχουν 4 κατηγορίες σπουδαιότητας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (2004), οι οποίες αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.2 Κατηγορίες και συντελεστές σπουδαιότητας σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8

Κατηγορία	γ_i	Χρήση κτιρίου
I	0.8	Κτίρια δευτερεύουσας σημασίας για την δημόσια ασφάλεια π.χ. γεωργικά κτίρια κλπ.
II	1.0	Συνήθη κτίρια που δεν ανήκουν στις προηγούμενες κατηγορίες.
III	1.2	Κτίρια των οποίων η σεισμική ασφάλεια είναι σημαντική, λαμβάνοντας υπόψη τις συνέπειες κατάρρευσης, π.χ. σχολεία, αίθουσες συνάθροισης, κλπ.
IV	1.4	Κτίρια των οποίων η ακεραιότητα κατά τη διάρκεια σεισμών είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία των πολιτών, π.χ. νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, κλπ.

2.3 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

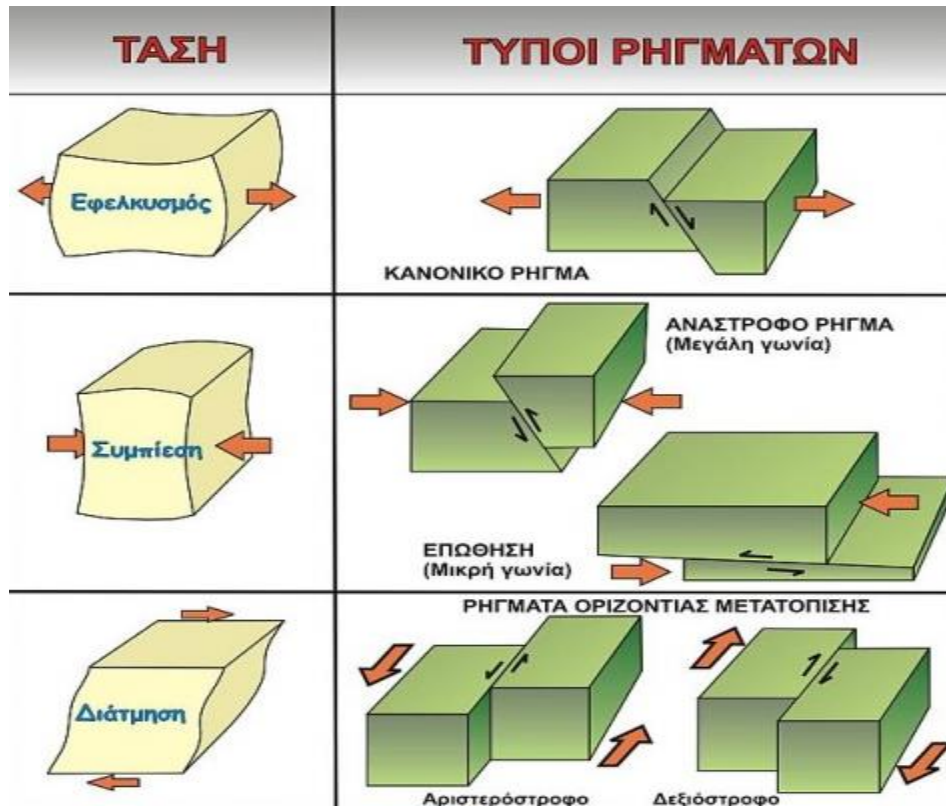
Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό ΕΑΚ-2000 και τον Ευρωκώδικα 8 (2004) η Ελλάδα χωρίζεται σε 3 σεισμικές ζώνες επικινδυνότητας, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα:



Σχήμα 2.1 Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας

3 ΡΗΓΜΑΤΑ

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι 3 κατηγορίες ρήγματος:



Σχήμα 3.1 Κατηγορίες ρήγματος

- ✓ Κανονικό Ρήγμα
- ✓ Ανάστροφο Ρήγμα
- ✓ Ρήγμα Οριζόντιας Μετατόπισης
 1. Αριστερόστροφο
 2. Δεξιόστροφο

4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η **μηχανική μέθοδος** είναι η μέθοδος που βασίζεται στο φάσμα ικανότητας (Capacity Spectrum) και είναι παρόμοια με εκείνη την μέθοδο που εγκρίθηκε από την HAZUS (FEMA 1999) με μικρές τροποποιήσεις που αναγράφονται παρακάτω:

- ❖ Ο ορισμός των καμπυλών ικανότητας (Capacity Curve) για μη σχεδιασμένες τυπολογίες Ευρωπαϊκής τοιχοποιίας, που αντιπροσωπεύουν ορισμένους τρόπους κατάρρευσης, γεωμετρικά χαρακτηριστικά, μηχανικά και δυναμικά χαρακτηριστικά
- ❖ Ο ορισμός της καμπύλης ικανότητας (Capacity Curve) για σεισμικά σχεδιασμένα κτίρια σύμφωνα με το EC8 (CEN 2003) και σε παλαιότερους Ευρωπαϊκούς Κώδικες Σχεδιασμού (Giovinazzi 2005)

Και για την αναπαράσταση γνωστικών αβεβαιοτήτων. (Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναγράφεται η διαδικασία της μηχανικής μεθόδου από τους Lagomarsino και Sonia Giovinazzi (2006)

Η σεισμική απόκριση ενός κτιρίου προσδιορίζεται από το σημείο τομής, που ονομάζεται «σημείο επιτελεστικότητας», μεταξύ της καμπύλης ικανότητας ενός ισοδύναμου μη γραμμικού συστήματος (SDOF=Single-Degree-Of-Freedom) και της καμπύλης απαίτησης που προκύπτει από το σεισμό. Και οι δύο καμπύλες απεικονίζονται σε κοινό διάγραμμα φασματικής επιτάχυνσης και φασματικής μετατόπισης (Freeman 1998).

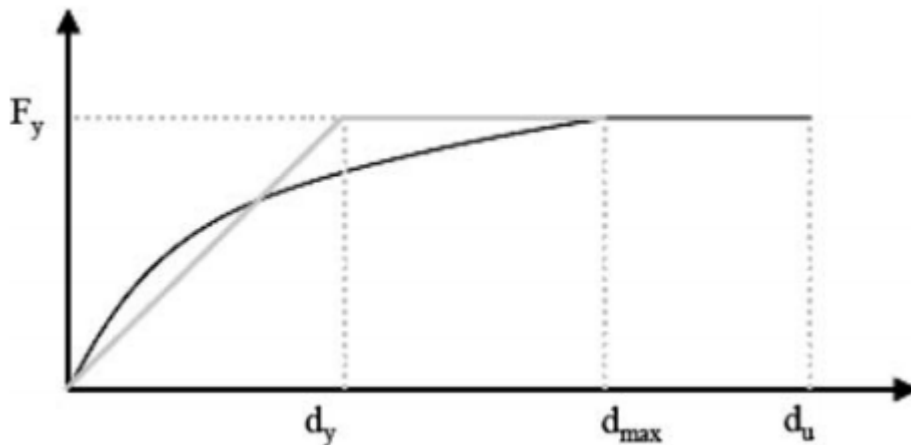
Η ικανότητα του μη γραμμικού συστήματος (SDOF) ανάλογα με το κτίριο, περιγράφεται με όρους καμπύλης διγραμμικής ικανότητας που ορίζεται από τρεις παραμέτρους και πιο συγκεκριμένα η επιτάχυνση διαρροής a_y , η θεμελιώδης περίοδος T και η πλαστιμότητα μ . Η μετατόπιση διαρροής d_y και η μέγιστη μετατόπιση d_u έχουν προκύψει ως συνάρτηση του a_y , T , μ .

Η σεισμική απαίτηση αντιπροσωπεύεται από ένα ελαστικό φάσμα $S_{ae}(T)$ με απόσβεση 5% όπου φανερώνεται η χαρακτηριστική περίοδος T_c , διαχωρίζοντας τις περιόδους σταθερής φασματικής επιτάχυνσης $T < T_c$ από το σταθερό φάσμα ταχύτητας $T > T_c$ και η περίοδος T_D που ορίζει το εύρος σταθερής φασματικής μετατόπισης. Επιπλέον έχουμε και την μέγιστη επιτάχυνση εδάφους a_g .

Προκειμένου να εντοπιστεί η ζημιά που υπέστησαν τα κτίρια, ορίζεται το όριο ζημιών (Στάθμη Επιτελεστικότητας) $S_{d,k}(k = 1/4)$ που ορίζεται άμεσα από την καμπύλη ικανότητας ως συνάρτηση της μετατόπισης διαρροής d_y και της μέγιστης μετατόπισης d_u χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες σχέσεις:

- $S_{d,1} = 0.7d_y$
- $S_{d,2} = 1.5d_y$
- $S_{d,3} = 0.5(d_y + d_u)$
- $S_{d,4} = d_u$

Οι στάθμες επιτελεστικότητας $S_{d,k}$ ορίζονται σύμφωνα με τις παραπάνω εξισώσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις ελαστικές – τελείως πλαστικές καμπύλες ικανότητας όπως προκύπτουν από επεξεργασία των αποτελεσμάτων της μη γραμμικής στατικής ανάλυσης (pushover analysis). Η δύναμη διαρροής F_y που αντιπροσωπεύει επίσης την απόλυτη αντοχή του συστήματος είναι ίση με τη τέμνουσα βάσης όταν δημιουργείται πλαστικός μηχανισμός, ενώ η δυσκαμψία του συστήματος καθορίζεται έτσι ώστε τα δύο συστήματα να έχουν την ίδια απορρόφηση ενέργειας.



Σχήμα 4.1 Καμπύλη ικανότητας από στατική ανελαστική ανάλυση μαζί με την ιδεατή διγραμμική καμπύλη

Έχουμε 4 επίπεδα βλάβης (D_{Sk} $k=1/4$) προσδιορίζονται αντιστοίχως από τις καθορισμένες οριακές καταστάσεις $S_{d,k}$: D_{S1} μικρές, D_{S2} μέτριες, D_{S3} εκτεταμένες, D_{S4} εκτεταμένες μη επισκευάσιμες βλάβες ή κατάρρευση. Τα 3 πρώτα επίπεδα βλάβης μπορούν να εντοπιστούν σχετικά εύκολα ενώ το τελευταίο επίπεδο αντιπροσωπεύει τις πολύ σοβαρές ζημιές αλλά και την κατάρρευση του κτιρίου που αυτόματα καθιστά δύσκολο στους μηχανικούς να το εντοπίσουν.

Το σημείο επιτελεστικότητας, S_d^* , όσον αφορά τη μετατόπιση, καθορίζεται ως το σημείο τομής της καμπύλης ικανότητας και του φάσματος απαίτησης και μπορεί να υπολογιστεί εφαρμόζοντας τις σχέσεις:

$$\bullet \quad S_d^* = \begin{cases} \left[1 + \left(\frac{S_{ae}(T)}{a_y} - 1 \right) \frac{T_c}{T} \right] d_y, & T_c > T \text{ και } \frac{S_{ae}(T)}{a_y} > 1 \\ \frac{S_{ae}(T)}{a_y} d_y, & T_c \leq T \text{ ή } \frac{S_{ae}(T)}{a_y} \leq 1 \\ \frac{S_{ae}(T_D) T_D^2}{4\pi^2}, & T \geq T_D \end{cases}$$

$S_{ae}(T)$, T_c και T_D : Οι παράμετροι που καθορίζουν τη σεισμική απαίτηση

T , a_y , και μ : Οι παράμετροι που περιγράφουν την ικανότητα του κτιρίου

Με την πιθανή ανελαστική συμπεριφορά της κατασκευής να την έχουμε συμπεριλάβει στην παραπάνω εξίσωση.

Με δεδομένη την στοχευόμενη μετατόπιση S_d^* και της και της μετατόπισης $S_{d,k}(1-4)$ προκύπτει η φυσικολογαριθμική συνάρτηση ίδια με την μέθοδο Hazus (1999):

$$\bullet \quad P[D_{sk} | S_d^*] = \Phi \left[\frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{S_d^*}{S_{d,k}} \right) \right]$$

Φ : η αθροιστική συνάρτηση κατανομής της κανονικής κατανομής

β : η κανονικοποιημένη τυπική απόκλιση του φυσικού λογάριθμου της μετατόπισης $S_{d,k}$.

Με $\beta = 0.4 \ln \mu$, ($k = 1, 2, 3, 4$), είναι σε συνάρτηση της πλαστιμότητας της καμπύλης ικανότητας μ .

Τα ιστογράμματα πιθανότητας των καταστάσεων ορίου ζημίας προέρχονται από την αθροιστική κατανομή ως:

$$\begin{aligned} \checkmark \quad P_{s4} &= P [D_{s4} | S_d^*] \\ \checkmark \quad P_{sk} &= P [D_{sk} | S_d^*] - P [D_{sk+1} | S_d^*], \quad k = 1/3 \\ \checkmark \quad P_{s0} &= 1 - P [D_{s1} | S_d^*] \end{aligned}$$

Προκειμένου να ικανοποιηθεί η ανάγκη για εκτίμηση των κτιρίων που κατέρρευσαν και τις συνέπειες στους ανθρώπους λόγω των καταρρεύσεων, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις αναλογίες μεταξύ p_5 και p_{s4} που δίνονται από την διωνυμική κατανομή (όταν $p_{s4} = p_5 + p_4$), και μπορούν να προσεγγιστούν ως εξής (Lagomarsino and Giovinazzi 2006):

$$P_5 = 0.09 \sinh(0.6\mu_{DS}) P_{s4} \text{ όπου } \mu_{DS} = \sum_{K=1}^4 k p_{sk}$$

4.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Χρησιμοποιούμε καμπύλες ικανότητας για χαρακτηριστικές κατηγορίες κτιρίων, οι οποίες προέκυψαν με απλουστευμένες μεθόδους όπως έχουν αναφέρει οι Lagomarsino και Giovinazzi (2006) . Οι καμπύλες αυτές θεωρούνται αντιπροσωπευτικές της μέσης συμπεριφοράς μιας συγκεκριμένης τυπολογίας κτιρίων και όχι της συμπεριφοράς ενός συγκεκριμένου κτιρίου. Έχουν προκύψει χρησιμοποιώντας απλουστευμένα προσομοιώματα και όχι πραγματοποιώντας στατικές ανελαστικές αναλύσεις σε συγκεκριμένα κτίρια.

Τα απλοποιημένα μηχανικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της καμπύλης ικανότητας έχουν καθοριστεί διαφορετικά για τυπολογίες οπλισμένου σκυροδέματος, σχεδιασμένες σύμφωνα με το EC8 (CEN 2003) και για τυπολογίες τοιχοποιίας, σχεδιασμένες χωρίς κανένα σεισμικό κώδικα. Και για τις δύο περιπτώσεις, καθορίστηκαν οι καμπύλες ικανότητας από τους Lagomarsino and Giovinazzi (2006) ανάλογα με την κατηγορία ύψους του κτιρίου. Έτσι, η ελαστική περίοδος έχει ορισθεί:

$$✓ T = \alpha H^{\beta}$$

Με H το ύψος κτιρίου, δηλαδή θεωρείται ένας μέσος αριθμός ορόφων για την κατηγορία κάθε ύψους, μια χαρακτηριστική επιφάνεια για κάθε κατηγορία και οι τιμές των συντελεστών α και β εκτιμώνται διαφορετικά για κάθε τύπο κτιρίου.

4.2 ΚΤΙΡΙΑ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8

Για τα κτίρια ωπλισμένου σκυροδέματος η ιδιοπερίοδος εκτιμάται σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση $T = \alpha H^\beta$ υποθέτοντας ότι $\alpha=0.075$ και $\beta=0.75$ για όλες τις κατηγορίες κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος τα οποία είναι σχεδιασμένα σύμφωνα με τον EC8.

$N = 3, 5, 8$ ως ο αριθμός των αντιπροσωπευτικών ορόφων, αντιστοίχως, για χαμηλά, μεσαία, υψηλά επίπεδα κτιρίων, $h=3.5m$ που ορίζεται ως το ύψος ορόφων

Η επιτάχυνση διαρροής a_y σχετίζεται με την υπερστατικότητα και τις ιδιότητες των υλικών σύμφωνα με την παραπάνω σχέση:

$$A_y = [S_{ae}(T) / q] * (\gamma_m / \alpha)$$

$S_{ae}(T)$: η τιμή του φάσματος σχεδιασμού για την περίοδο T

q : ο συντελεστής συμπεριφοράς

α : ο συντελεστής που συνδέει την ενδιάμεση με τη χαρακτηριστική αντοχή του υλικού

γ_m : ο συντελεστής που σχετίζεται με την αντοχή του σχεδιασμού

Η πλαστιμότητα προκύπτει συναρτήσει του συντελεστή συμπεριφοράς q και δίνεται από την παραπάνω σχέση του Fajfar (2000):

$$\checkmark \mu = q, \quad T > T_c$$

$$\checkmark \mu = 1 + (q - 1) * (T_c / T), \quad T \leq T_c$$

Οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q , για σύγχρονα κτίρια παρέχονται από τον EC8 για τρεις διαφορετικές κατηγορίες πλαστιμότητας, χαμηλή, μέση και υψηλή (DCL, DCM, DCH) που καθορίζουν την ισορροπία μεταξύ της επιτρεπόμενης μείωσης του σεισμικού φορτίου, χάρη στην ανελαστική συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά της κατασκευής.

5 NGA-WEST και NGA-WEST2 (Next Generation Attenuation Relationships)

NGA-WEST:

Το «Next Generation of Ground-Motion Attenuation Models» για το πρόγραμμα των δυτικών Ηνωμένων Πολιτειών (NGA-West) ήταν ένα διεπιστημονικό ερευνητικό πρόγραμμα που συντονίστηκε από το Πρόγραμμα Pacific Lifelines του Ερευνητικού Κέντρου Μηχανικών Σεισμών Ειρηνικού (PEER), σε συνεργασία με την Αμερικανική Γεωλογική Έρευνα και το Κέντρο Σεισμού της Νότιας Καλιφόρνιας. Το πρόγραμμα NGA West ολοκληρώθηκε το 2008 όπως αναφέρει το Pacific Earthquake Engineering Research Center.

Ο στόχος του έργου ήταν να αναπτύξει νέες σχέσεις πρόβλεψης κίνησης εδάφους μέσω ενός περιεκτικού και εξαιρετικά διαδραστικού ερευνητικού προγράμματος. Πέντε σύνολα μοντέλων εξασθένησης εδάφους αναπτύχθηκαν από ομάδες που εργάζονται ανεξάρτητα αλλά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθ' όλη τη διαδικασία ανάπτυξης. Η ανάπτυξη μοντέλων κίνησης εδάφους υποστηρίχθηκε από άλλα στοιχεία του έργου, τα οποία περιελάμβαναν:

1. Την ανάπτυξη μιας ενημερωμένης και διευρυμένης βάσης δεδομένων PEER καταγεγραμμένων κινήσεων εδάφους.
2. Την διεξαγωγή υποστηρικτικών ερευνητικών έργων για την παροχή καθοδήγησης σχετικά με τις επιλεγμένες λειτουργικές μορφές των μοντέλων εδάφους-κίνησης.
3. Την διεξαγωγή ενός προγράμματος αλληλεπιδράσεων σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης για την παροχή πληροφοριών και αξιολογήσεων τόσο από την επιστημονική έρευνα όσο και από τις κοινότητες χρηστών μηχανικής.

NGA-WEST2:

Το Ερευνητικού Κέντρου Μηχανικών Σεισμών Ειρηνικού (PEER) υπέγραψε ένα μεγάλο ερευνητικό συμβόλαιο με την Καλιφόρνια Earthquake Authority (CEA) για τη διεξαγωγή ενός πολυεπιστημονικού, πολυετούς ερευνητικού προγράμματος για τη βελτίωση μοντέλων εξασθένησης επόμενης γενιάς για ενεργές τεκτονικές περιοχές όπως η Καλιφόρνια. Αυτό το έργο NGA-West2 παρακολουθεί και επεκτείνει τις εργασίες που ολοκληρώθηκαν σε ένα προηγούμενο πρόγραμμα, το NGA-West που συντονίστηκε με επιτυχία από το PEER και είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές προόδους στην εκτίμηση σεισμικού κινδύνου για τις δυτικές ΗΠΑ όπως αναφέρει το Pacific Earthquake Engineering Research Center.

Το νέο έργο NGA-West2 ασχολείται με πολλά σημαντικά ζητήματα της μηχανικής σεισμών:

1. Την μοντελοποίηση κατευθυντικότητας
2. Την επαλήθευση μοντέλων NGA-West για πρόσφατα γεγονότα μικρού, μέτριου και μεγάλου μεγέθους
3. Την κλιμάκωση εξισώσεων πρόβλεψης κίνησης εδάφους (GMPE) για διαφορετικά επίπεδα απόσβεσης
4. Την ανάπτυξη GMPEs (εξισώσεις πρόβλεψης κίνησης εδάφους) για κάθετη κίνηση εδάφους
5. Την αντιμετώπιση της επιστημονικής αβεβαιότητας
6. Την αξιολόγηση παραγόντων ενίσχυσης εδάφους σε μοντέλα NGA έναντι παραγόντων θέσης NEHRP (Εθνικό πρόγραμμα μείωσης κινδύνων από σεισμούς)
7. Τα φάσματα απόκρισης κλιμάκωσης για τιμές απόσβεσης εκτός από 5%

5.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ (NGA-WEST2-08)

Φασματική επιτάχυνση είναι μια μονάδα μετρημένη σε g (η επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας της Γης, ισοδύναμη με τη δύναμη g) που περιγράφει τη μέγιστη επιτάχυνση σε έναν σεισμό σε ένα αντικείμενο ή συγκεκριμένα σε έναν αποσβεσμένο, αρμονικό ταλαντωτή που κινείται σε μία φυσική διάσταση. Αυτό μπορεί να μετρηθεί σε διαφορετικές συχνότητες ταλάντωσης και με διαφορετικούς βαθμούς απόσβεσης, αν και συνήθως εφαρμόζεται απόσβεση 5%. Η φασματική επιτάχυνση σε διαφορετικές συχνότητες μπορεί να σχεδιαστεί για να σχηματίσει ένα φάσμα απόκρισης. Έτσι, στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα φαίνονται τα φάσματα NGA-BA08 με τους κατάλληλα δεδομένα και με τους κατάλληλους υπολογισμούς.

Αποτελέσματα και διαγράμματα αναγράφονται παρακάτω με τα εξής δεδομένα:

1. Μέγεθος σεισμού (M)= 5.5
2. Κοντινότερη οριζόντια απόσταση (R_{jb})= 0 km
3. Μηχανισμός ρήγματος: οριζόντιας μετατόπισης (U=0, SS=1, NS=0, RS=0)
4. Ταχύτητα διατμητικών κυμάτων (V_{s30})=800m/s

Πίνακας 5.1 Πίνακας Excel NGA-BA08

M	GMP	T (s)	Median	h_n	s	t_u	σ_u	t_M	σ_M	Median+ σ_M	Median- σ_M
5,5	PSA (g)	0,010	0,302	0,000	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566	0,532	0,171
		0,020	0,315	0,000	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566	0,554	0,179
R_{jb} (km)		0,030	0,356	0,000	0,507	0,276	0,578	0,274	0,576	0,633	0,200
		0,050	0,463	0,000	0,516	0,286	0,589	0,286	0,589	0,834	0,257
		0,075	0,600	0,000	0,513	0,322	0,606	0,32	0,606	1,099	0,327
U		0,10	0,666	0,000	0,52	0,313	0,608	0,318	0,608	1,223	0,362
		0,15	0,698	0,000	0,518	0,288	0,592	0,29	0,594	1,264	0,385
		0,20	0,515	0,000	0,523	0,283	0,596	0,288	0,596	0,935	0,284
SS		0,25	0,421	0,000	0,527	0,267	0,592	0,267	0,592	0,760	0,233
		0,30	0,352	0,000	0,546	0,272	0,608	0,269	0,608	0,647	0,192
		0,40	0,296	0,000	0,541	0,267	0,603	0,267	0,603	0,541	0,162
NS		0,50	0,230	0,000	0,555	0,265	0,615	0,265	0,615	0,425	0,124
		0,75	0,136	0,000	0,571	0,311	0,649	0,299	0,645	0,259	0,071
		1,0	0,103	0,000	0,573	0,318	0,654	0,302	0,647	0,196	0,054
RS		1,5	0,058	0,000	0,566	0,382	0,684	0,373	0,679	0,115	0,030
		2,0	0,034	0,000	0,58	0,398	0,702	0,389	0,7	0,069	0,017
		3,0	0,015	0,000	0,566	0,41	0,7	0,401	0,695	0,030	0,007
V_{s30} (m/s)		4,0	0,007	0,000	0,583	0,394	0,702	0,385	0,698	0,013	0,003
		5,0	0,003	0,000	0,601	0,414	0,73	0,437	0,744	0,007	0,001
		7,5	0,001	0,000	0,626	0,465	0,781	0,477	0,787	0,002	0,001
*g a4nl (g)		10,0	0,000	0,000	0,645	0,355	0,735	0,477	0,801	0,001	0,000
		PGA (g)	0	0,299	0,000	0,502	0,265	0,566	0,26	0,564	0,526
	PGV (cm/s)	-1	13,394	0,000	0,5	0,286	0,576	0,256	0,56	23,448	7,651

Πίνακας 5.2 Συντελεστές NGA Models

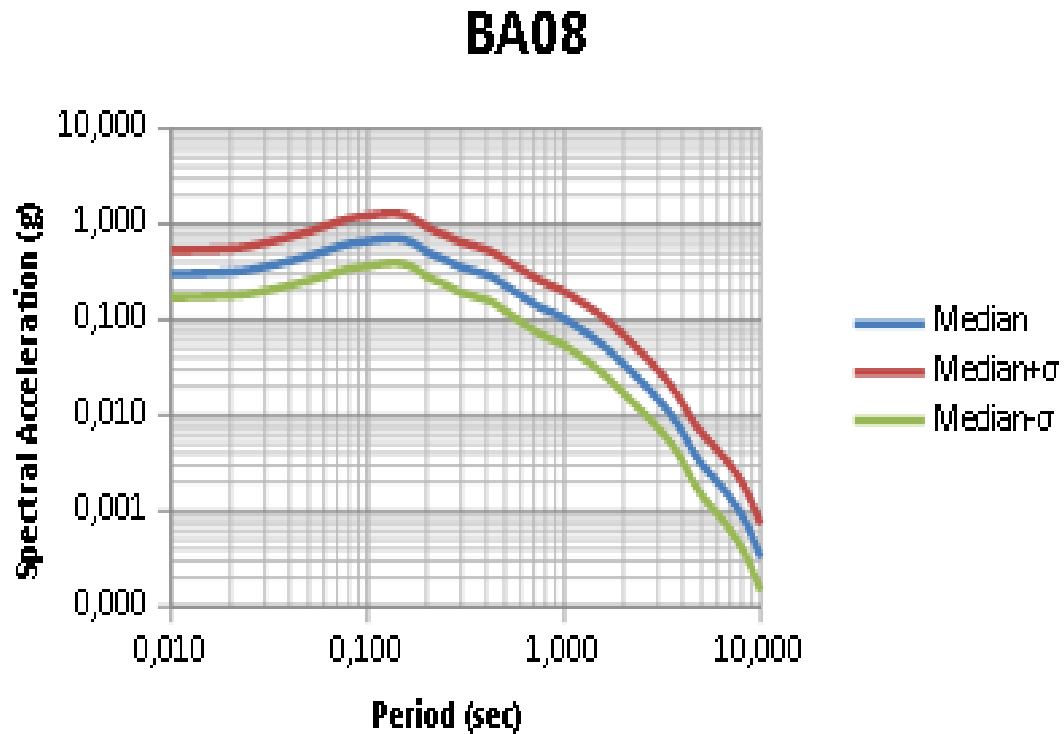
T (s)	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	e ₅	e ₆	e ₇	M _k	c ₁	c ₂	c ₃	M _{ref}	R _{ref}	h	b _{in}	V _{ref}
0,010	-0,52883	-0,49429	-0,74551	-0,49966	0,28897	-0,10019	0,00000	6,75	-0,66220	0,12000	-0,01151	4,5	1,0	1,35	-0,360	760
0,020	-0,52192	-0,48508	-0,73906	-0,48895	0,25144	-0,11006	0,00000	6,75	-0,66600	0,12280	-0,01151	4,5	1,0	1,35	-0,340	760
0,030	-0,45285	-0,41831	-0,66722	-0,42229	0,17976	-0,12858	0,00000	6,75	-0,69010	0,12830	-0,01151	4,5	1,0	1,35	-0,330	760
0,050	-0,28476	-0,25022	-0,48462	-0,26092	0,06369	-0,15752	0,00000	6,75	-0,71700	0,13170	-0,01151	4,5	1,0	1,35	-0,290	760
0,075	0,00767	0,04912	-0,20578	0,02706	0,01170	-0,17051	0,00000	6,75	-0,72050	0,12370	-0,01151	4,5	1,0	1,55	-0,230	760
0,10	0,20109	0,23102	0,03058	0,22193	0,04697	-0,15948	0,00000	6,75	-0,70810	0,11170	-0,01151	4,5	1,0	1,68	-0,250	760
0,15	0,46128	0,48661	0,30185	0,49328	0,17990	-0,14539	0,00000	6,75	-0,69610	0,09884	-0,01113	4,5	1,0	1,86	-0,280	760
0,20	0,57180	0,59253	0,40860	0,61472	0,52729	-0,12964	0,00102	6,75	-0,58300	0,04273	-0,00952	4,5	1,0	1,98	-0,310	760
0,25	0,51884	0,53496	0,33880	0,57747	0,60880	-0,13843	0,08607	6,75	-0,57260	0,02977	-0,00837	4,5	1,0	2,07	-0,390	760
0,30	0,43825	0,44516	0,25356	0,51990	0,64472	-0,15694	0,10601	6,75	-0,55430	0,01955	-0,00750	4,5	1,0	2,14	-0,440	760
0,40	0,39220	0,40602	0,21398	0,46080	0,78610	-0,07843	0,02262	6,75	-0,64430	0,04394	-0,00626	4,5	1,0	2,24	-0,500	760
0,50	0,18957	0,19878	0,00967	0,26337	0,76837	-0,09054	0,00000	6,75	-0,69140	0,06080	-0,00540	4,5	1,0	2,32	-0,600	760
0,75	-0,21338	-0,19496	-0,49176	-0,10813	0,75179	-0,14053	0,10302	6,75	-0,74080	0,07518	-0,00409	4,5	1,0	2,46	-0,690	760
1,0	-0,46896	-0,43443	-0,78465	-0,39330	0,67880	-0,18257	0,05393	6,75	-0,81830	0,10270	-0,00334	4,5	1,0	2,54	-0,700	760
1,5	-0,86271	-0,79593	-1,20902	-0,88085	0,70689	-0,25950	0,19082	6,75	-0,83030	0,09793	-0,00255	4,5	1,0	2,66	-0,720	760
2,0	-1,22652	-1,15514	-1,57697	-1,27669	0,77989	-0,29657	0,29888	6,75	-0,82850	0,09432	-0,00217	4,5	1,0	2,73	-0,730	760
3,0	-1,82979	-1,74690	-2,22584	-1,91814	0,77966	-0,45384	0,67466	6,75	-0,78440	0,07282	-0,00191	4,5	1,0	2,83	-0,740	760
4,0	-2,24656	-2,15906	-2,58228	-2,38168	1,24961	-0,35874	0,79508	6,75	-0,68540	0,03758	-0,00191	4,5	1,0	2,89	-0,750	760
5,0	-1,28408	-1,21270	-1,50904	-1,41093	0,14271	-0,39006	0,00000	8,50	-0,50960	-0,02391	-0,00191	4,5	1,0	2,93	-0,750	760
7,5	-1,43145	-1,31632	-1,81022	-1,59217	0,52407	-0,37578	0,00000	8,50	-0,37240	-0,06568	-0,00191	4,5	1,0	3,00	-0,692	760
10,0	-2,15446	-2,16137	-2,53323	-2,14635	0,40387	-0,48492	0,00000	8,50	-0,09824	-0,13800	-0,00191	4,5	1,0	3,04	-0,650	760
0	-0,53804	-0,50350	-0,75472	-0,50970	0,28805	-0,10164	0,00000	6,75	-0,66050	0,11970	-0,01151	4,5	1,0	1,35	-0,360	760
-1	5,00121	5,04727	4,63188	5,08210	0,18322	-0,12736	0,00000	8,50	-0,87370	0,10060	-0,00334	4,5	1,0	2,54	-0,600	760

Πίνακας 5.3 Συντελεστές NGA Models

-0,630	-0,12	180	300	0,03	0,06	0,09	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566
-0,620	-0,11	180	300	0,03	0,06	0,09	0,507	0,276	0,578	0,274	0,576
-0,640	-0,11	180	300	0,03	0,06	0,09	0,516	0,286	0,589	0,286	0,589
-0,640	-0,11	180	300	0,03	0,06	0,09	0,513	0,322	0,606	0,320	0,606
-0,600	-0,13	180	300	0,03	0,06	0,09	0,520	0,313	0,608	0,318	0,608
-0,530	-0,18	180	300	0,03	0,06	0,09	0,518	0,288	0,592	0,290	0,594
-0,520	-0,19	180	300	0,03	0,06	0,09	0,523	0,283	0,596	0,288	0,596
-0,520	-0,16	180	300	0,03	0,06	0,09	0,527	0,267	0,592	0,267	0,592
-0,520	-0,14	180	300	0,03	0,06	0,09	0,546	0,272	0,608	0,269	0,608
-0,510	-0,10	180	300	0,03	0,06	0,09	0,541	0,267	0,603	0,267	0,603
-0,500	-0,06	180	300	0,03	0,06	0,09	0,555	0,265	0,615	0,265	0,615
-0,470	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,571	0,311	0,649	0,299	0,645
-0,440	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,573	0,318	0,654	0,302	0,647
-0,400	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,566	0,382	0,684	0,373	0,679
-0,380	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,580	0,398	0,702	0,389	0,700
-0,340	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,566	0,410	0,700	0,401	0,695
-0,310	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,583	0,394	0,702	0,385	0,698
-0,291	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,601	0,414	0,730	0,437	0,744
-0,247	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,626	0,465	0,781	0,477	0,787
-0,215	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,645	0,355	0,735	0,477	0,801
-0,640	-0,14	180	300	0,03	0,06	0,09	0,502	0,265	0,566	0,260	0,564
-0,500	-0,06	180	300	0,03	0,06	0,09	0,500	0,286	0,576	0,256	0,560

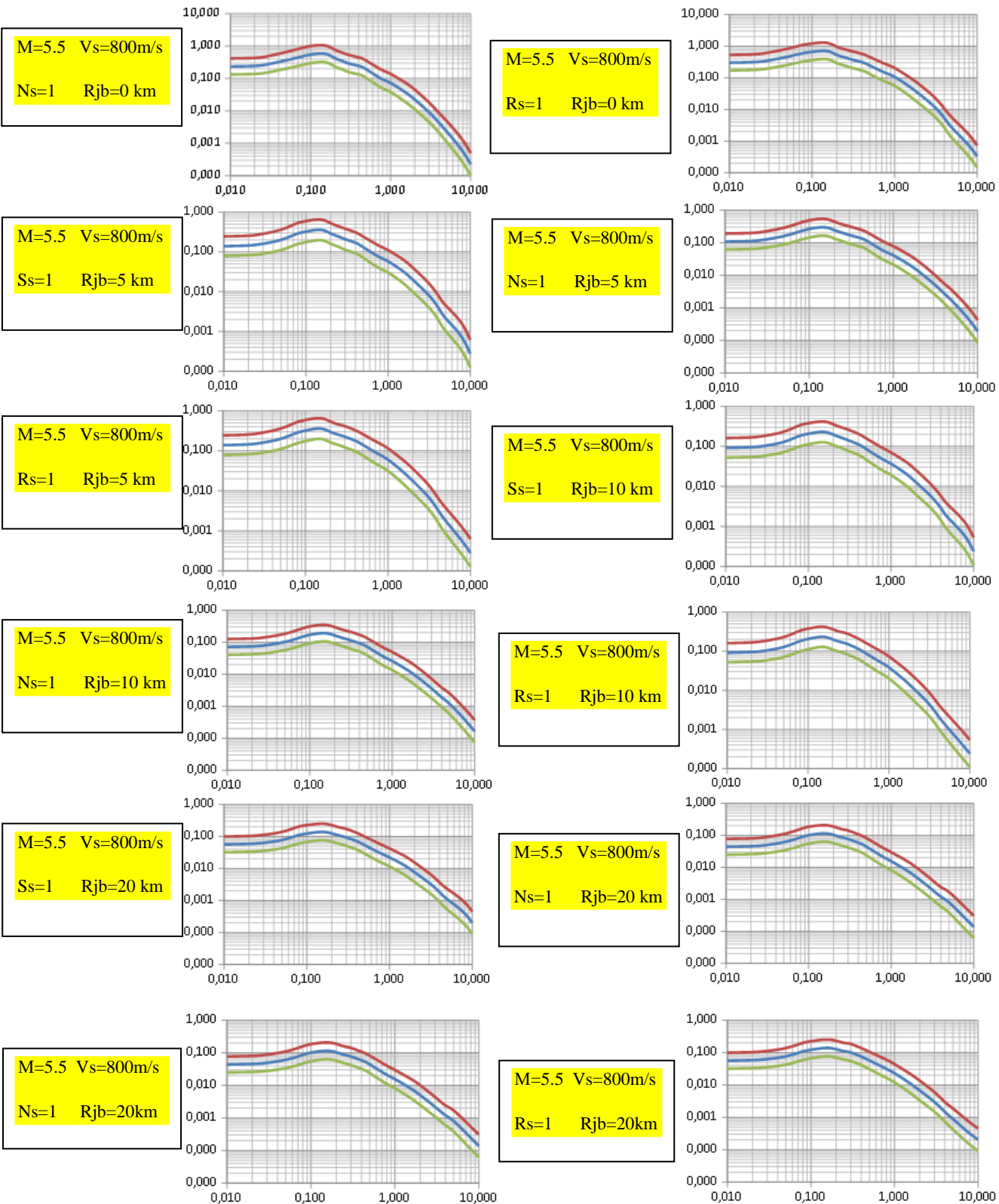
Με Median: Μέση τιμή

Και S_{TM} ή σ : Τυπική απόκλιση



Σχήμα 5.1 Ελαστικό φάσμα απόκρισης

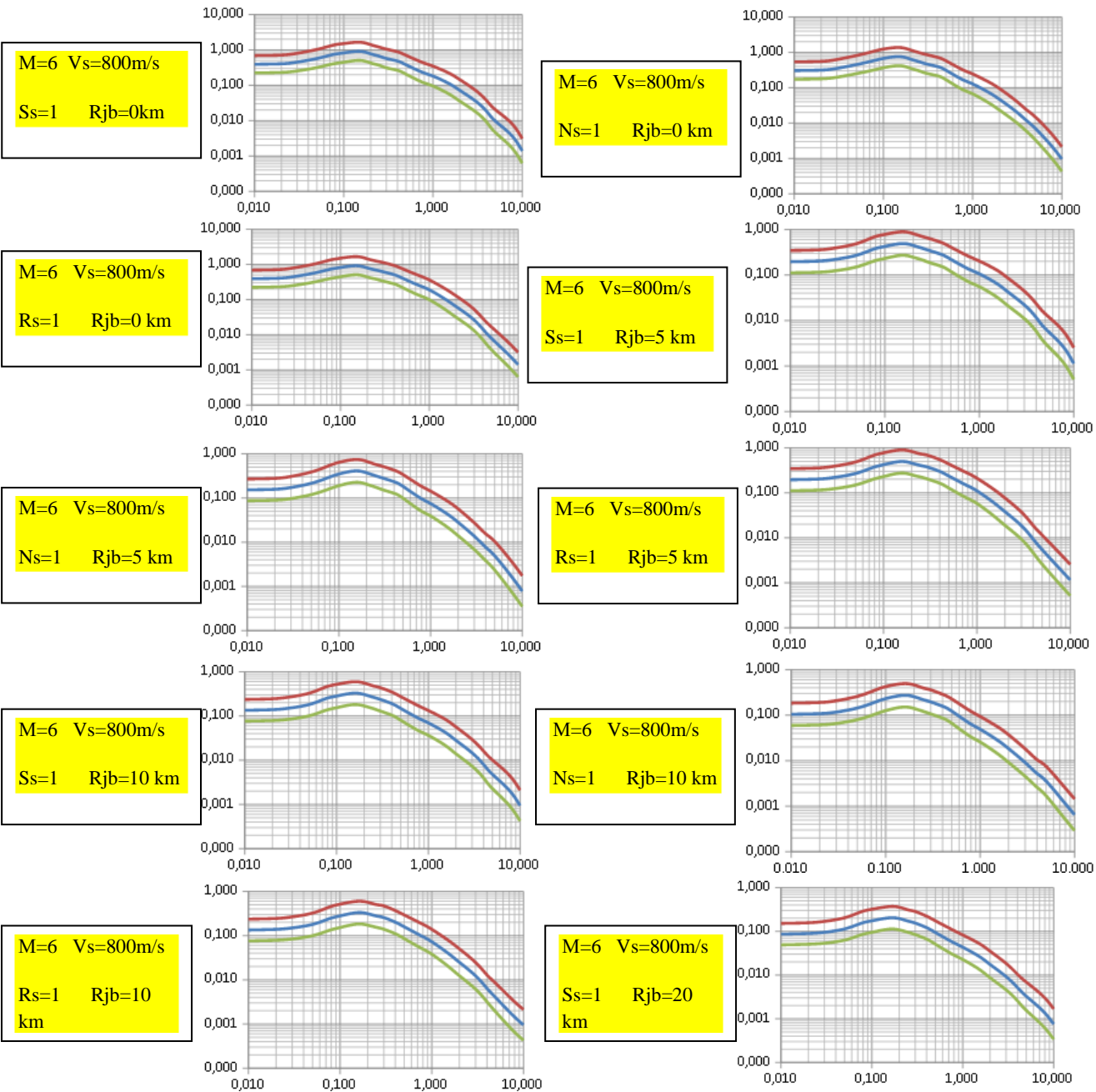
Έτσι, αντίστοιχα βγαίνουν και τα επόμενα 239 ελαστικά φάσματα απόκρίσεις μέσω της διαδικασίας NGA-BA08 και κάποια από αυτά αναγράφονται στις επόμενες σελίδες.



Σχήμα 5.2 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού $M=5.5$

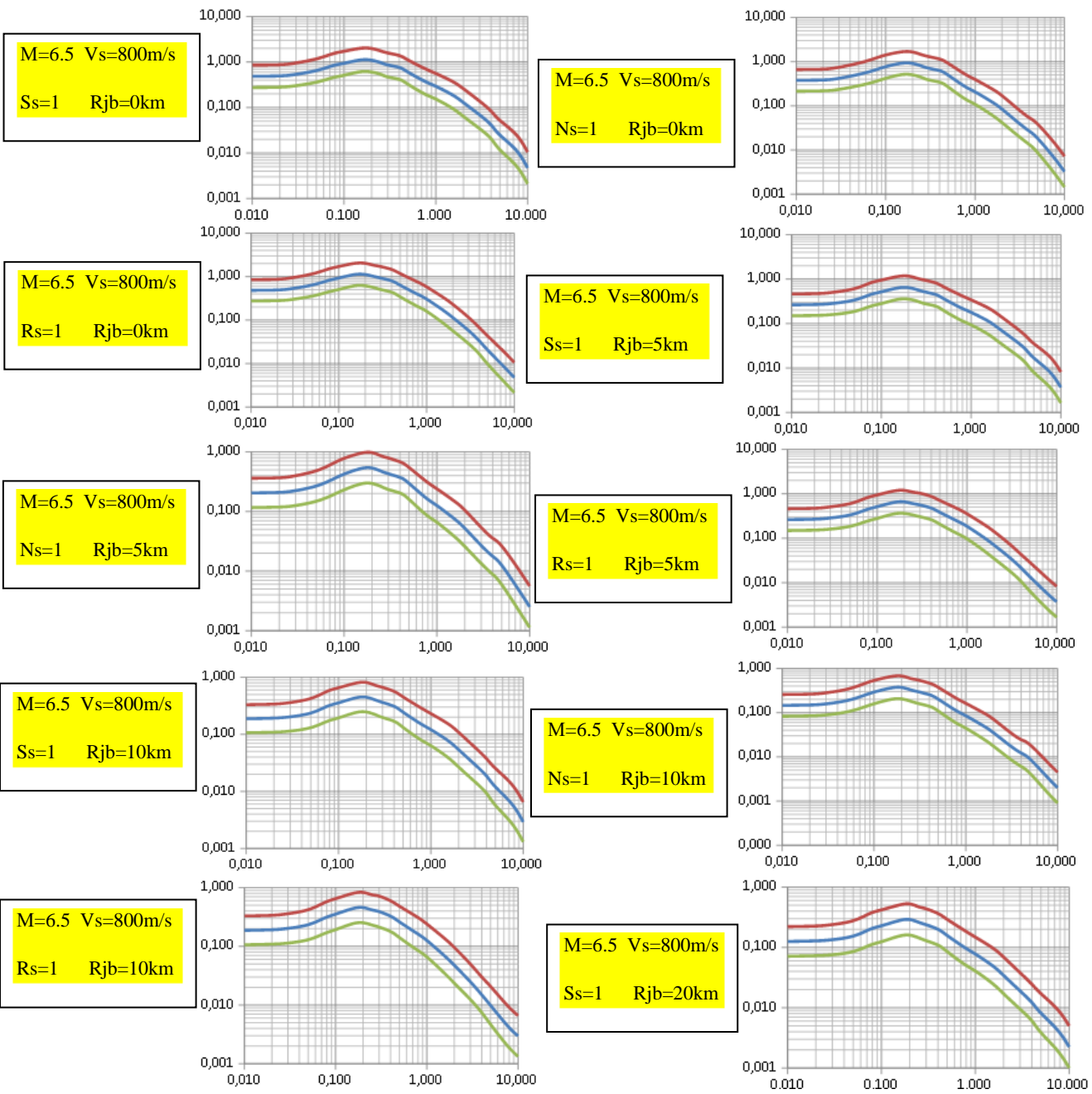
Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η κοντινότερη οριζόντια απόσταση $R_{jb}=0$ km-20 km, κρατώντας σταθερές τις άλλες παραμέτρους (η μέση ταχύτητα είναι $V_{s30}=800$ m/s

με το μέγεθος του σεισμού είναι ίσο με $M=5.5$ και το είδος του ρήγματος είναι κανονικό ($N_s=1$), η μέγιστη φασματική επιτάχυνση μειώνεται. Έτσι, αντίστοιχα μειώνεται η μέγιστη φασματική επιτάχυνση για κάθε τύπο ρήγματος όσο αυξάνουμε την οριζόντια απόσταση R_{jb} .

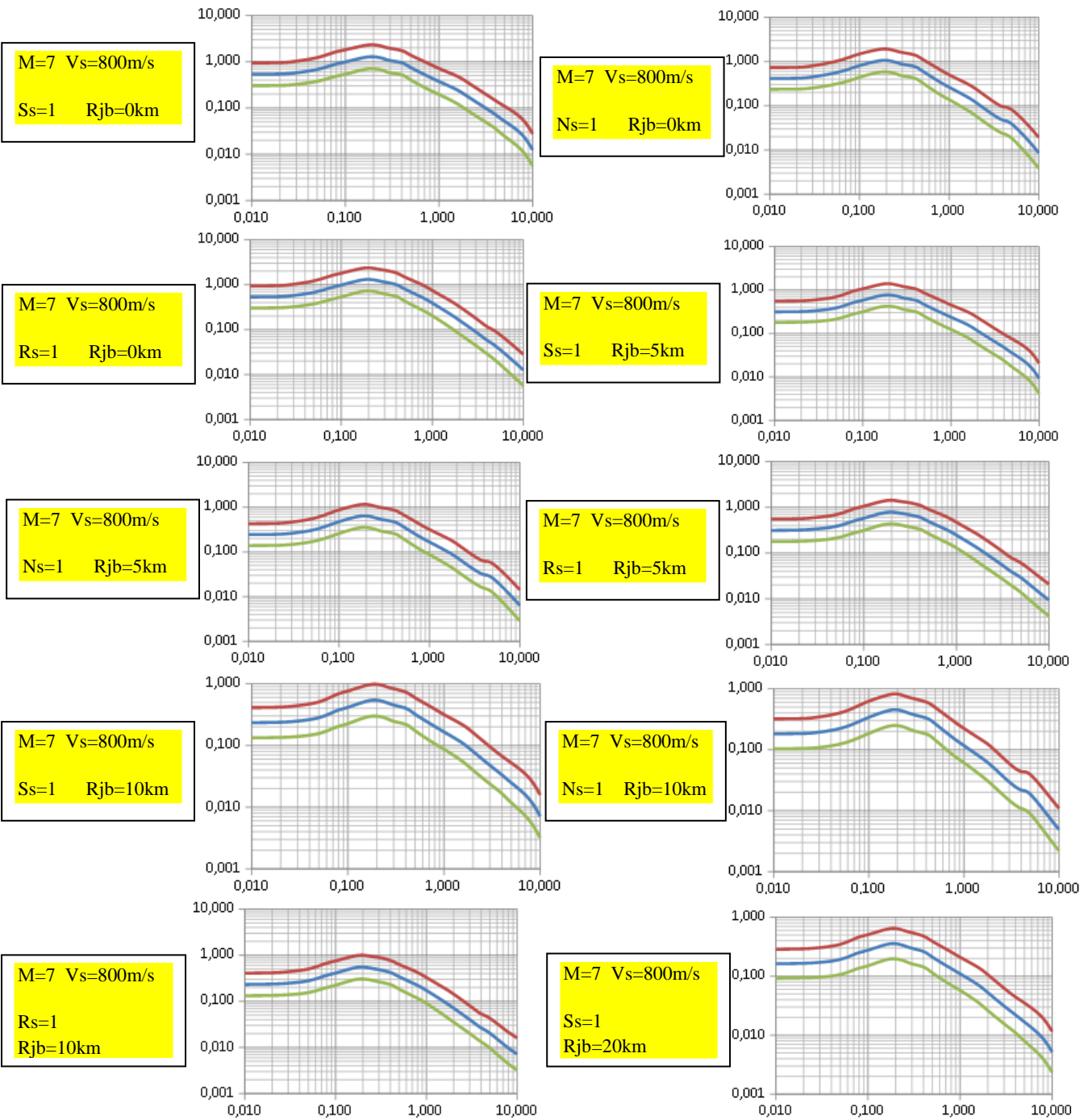


Σχήμα 5.3 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμου $M=6$

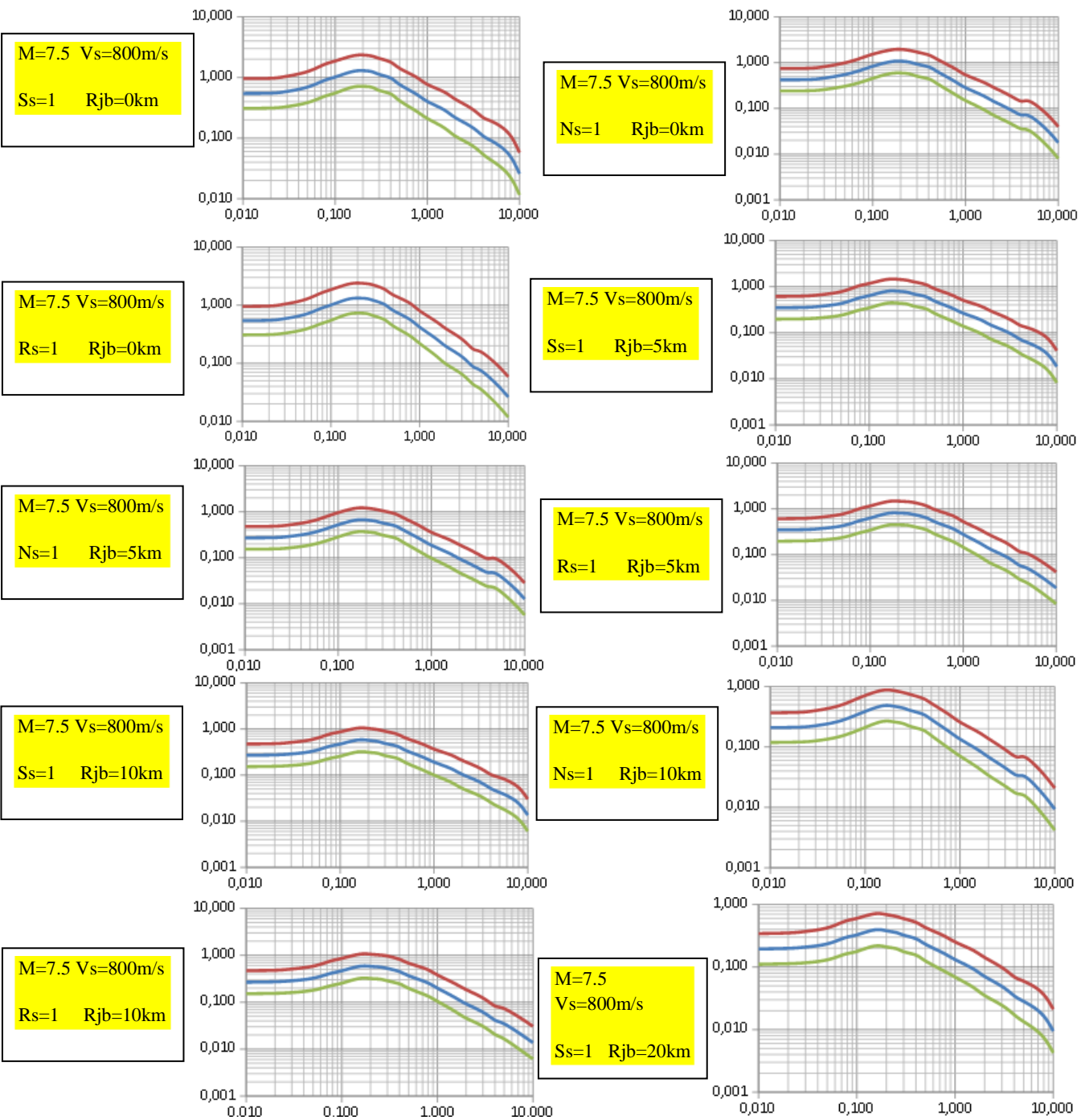
Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η ένταση του σεισμού αυξάνεται και η μέγιστη φασματική επιτάχυνση δηλαδή από $M=5.5$ σε $M=6$. Το αντίστροφο ακριβώς γίνεται με την οριζόντια απόσταση, όσο αυξάνεται τόσο μειώνεται η φασματική επιτάχυνση.



Σχήμα 5.4 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού $M=6.5$



Σχήμα 5.5 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού $M=7$



Σχήμα 5.6 Ελαστικά φάσματα απόκρισης για ένταση σεισμού $M=7.5$

Έτσι ανάλογα γίνεται και για όλα τα φάσματα:

- Όσο αυξάνουμε το μέγεθος του σεισμού τόσο αυξάνεται και η μέγιστη φασματική επιτάχυνση
- Όσο αυξάνεται η κοντινότερη οριζόντια απόσταση τόσο μειώνεται η μέγιστη φασματική επιτάχυνση
- Όσο μειώνεται η μέση ταχύτητα κυμάτων τόσο αυξάνεται και η μέγιστη φασματική επιτάχυνση για συγκεκριμένο μέγεθος σεισμού και τύπο ρήγματος

Στις προηγούμενες σελίδες έχουν καταγραφεί 51 ελαστικά φάσματα απόκρισης από τα 240 και είναι χωρισμένα σε 5 κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος του σεισμού **M**

M=5.5, M=6, M=6.6, M=7, M=7.5 και η κάθε μια κατηγορία αποτελείται από 48 ελαστικά φάσματα απόκρισης ($5 \cdot 48 = 240$ φάσματα) με τους κατάλληλους παραμέτρους που είναι:

1. Κοντινότερη οριζόντια απόσταση R_{jb} (km)
2. Μηχανισμός ρήγματος (U=0, SS, NS, RS)
3. Ταχύτητα διατμητικών κυμάτων V_{s30} (m/s)

Έτσι, με τους ανάλογους συνδυασμούς προκύπτουν τα 240 ελαστικά φάσματα χρησιμοποιώντας τις σχέσεις του Boore Atkinson NGA Models 2008

Πίνακας 5.4 Συντελεστές U, SS, NS, RS

Τύπος Ρήγματος	U	SS	NS	RS
Ακαθόριστο	1	0	0	0
Οριζόντιο	0	1	0	0
Κανονικό	0	0	1	0
Ανάστροφο	0	0	0	1

Στην παρούσα εργασία δεν έχει εξεταστεί η περίπτωση για ακαθόριστο ρήγμα, δηλαδή U=0

6 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

Κριτήρια σεισμικού σχεδιασμού ορίζονται σαν μια ταξινόμηση που αποδίδεται σε μια δομή με βάση την κατηγορία κινδύνου και τη σοβαρότητα της σχεδίασης της σεισμικής κίνησης στο χώρο. Έτσι, αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε δομή, και τμήμα της κατασκευής, συμπεριλαμβανομένου και τα μη δομικά στοιχεία, πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται με σκοπό να αντιστέκονται στις επιπτώσεις των σεισμικών κινήσεων όπως ορίζεται από τις σεισμικές απαιτήσεις.

6.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

Οι παράμετροι S_s (φασματική επιτάχυνση μικρής περιόδου) και S_1 (φασματική επιτάχυνση μεγάλης περιόδου) καθορίζεται από τις επιταχύνσεις φασματικής απόκρισης 0,2 και 1 s αντίστοιχα όπως αναφέρει ο ASCE 7-10-Ch11 SEISMIC DESIGN CRITERIA.

Πίνακας 6.1 Πίνακας excel NGA BA08

M	GMP	T (s)	Median	b_{nl}	s	t_{σ}	s_{σ}	t_M	s_{TM}	Median+ S_{TM}	Median- S_{TM}
5,5	PSA (g)	0,010	0,302	0,000	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566	0,532	0,171
		0,020	0,315	0,000	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566	0,554	0,179
R_{TE} (km)		0,030	0,356	0,000	0,507	0,276	0,578	0,274	0,576	0,633	0,200
0,000		0,050	0,463	0,000	0,516	0,286	0,589	0,286	0,589	0,834	0,257
		0,075	0,600	0,000	0,513	0,322	0,606	0,32	0,606	1,099	0,327
U		0,10	0,666	0,000	0,52	0,313	0,608	0,318	0,608	1,223	0,362
0		0,15	0,698	0,000	0,518	0,288	0,592	0,29	0,594	1,264	0,385
		0,20	0,515	0,000	0,523	0,283	0,596	0,288	0,596	0,935	0,284
SS		0,25	0,421	0,000	0,527	0,267	0,592	0,267	0,592	0,760	0,233
1		0,30	0,352	0,000	0,546	0,272	0,608	0,269	0,608	0,647	0,192
		0,40	0,296	0,000	0,541	0,267	0,603	0,267	0,603	0,541	0,162
NS		0,50	0,230	0,000	0,555	0,265	0,615	0,265	0,615	0,425	0,124
0		0,75	0,136	0,000	0,571	0,311	0,649	0,299	0,645	0,259	0,071
		1,0	0,103	0,000	0,573	0,318	0,654	0,302	0,647	0,196	0,054
RS		1,5	0,058	0,000	0,566	0,382	0,684	0,373	0,679	0,115	0,030
0		2,0	0,034	0,000	0,58	0,398	0,702	0,389	0,7	0,069	0,017
		3,0	0,015	0,000	0,566	0,41	0,7	0,401	0,695	0,030	0,007
V_{S30} (m/s)		4,0	0,007	0,000	0,583	0,394	0,702	0,385	0,698	0,013	0,003
800		5,0	0,003	0,000	0,601	0,414	0,73	0,437	0,744	0,007	0,001
		7,5	0,001	0,000	0,626	0,465	0,781	0,477	0,787	0,002	0,001
a_{4ml} (g)		10,0	0,000	0,000	0,645	0,355	0,735	0,477	0,801	0,001	0,000
0,30	PGA (g)	0	0,299	0,000	0,502	0,265	0,566	0,26	0,564	0,526	0,170
	PGV (cm/s)	-1	13,394	0,000	0,5	0,286	0,576	0,256	0,56	23,448	7,651

Στον παραπάνω πίνακα έχουμε κατηγορία εδαφους A ($V_{S30}=800\text{m/s}$) έτσι για:

- $T=0.2\text{s} \Rightarrow S_s(\text{Median})=0.515\text{m/s}^2 \Rightarrow S_s(\text{Median}+S_{TM})=0.935\text{m/s}^2$
- $T=1\text{s} \Rightarrow S_1(\text{Median})=0.103\text{m/s}^2 \Rightarrow S_1(\text{Median}+S_{TM})=0.196\text{m/s}^2$

6.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Με βάση τις ιδιότητες του εδάφους έχουμε πέντε τυποποιημένες κατηγορίες εδάφους Α,Β,С,Д,Е με τις αντίστοιχες μέσες ταχύτητες σεισμικής διάτμησης από την επιφάνεια σε βάθος 30 μέτρων (V_{s30}) όπως αναφέρει το Passive Seismic Data of the Napa Valley.

Πίνακας 6.2 Κατηγορίες εδάφους από τον IBC

Site Class	Soil Profile Name	AVS30
A	Hard Rock	$V_s > 1500 \text{ m/s}$
B	Rock	$760 < V_s < 1500$
C	Very Dense Soil and Soft Rock	$360 < V_s < 760$
D	Stiff Soil	$180 < V_s < 360$
E	Soft Soil	$V_s < 180 \text{ m/s}$
F	Others	Site specific evaluation required

6.3 ΣΤΟΧΕΥΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΙΣΜΟΥ

Η μέγιστη επιτάχυνση φασματικής απόκρισης σεισμού (MCE_R) για μικρές περιόδους είναι S_{MS} και σε περίοδο 1 δευτερολέπτου είναι S_{M1} και προσδιορίζεται από τις 2 ακόλουθες σχέσεις όπως αναφέρει ο ASCE 7-10-Ch11 SEISMIC DESIGN CRITERIA

- $S_{MS} = F_a * S_s$
- $S_{M1} = F_v * S_1$

F_a , F_v : συντελεστές κατηγορίας εδάφους που οι τιμές τους αναγράφονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας 6.3 Συντελεστής κατηγορίας εδάφους F_a

Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F					

Πίνακας 6.4 Συντελεστής κατηγορίας εδάφους F_v

Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameter at 1-s Period				
	$S_l \leq 0.1$	$S_l = 0.2$	$S_l = 0.3$	$S_l = 0.4$	$S_l \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	See Section 11.4.7				

6.4 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

Παράμετροι σχεδιασμού φασματικής επιτάχυνσης με απόσβεση 5% και με πιθανότητα 10% στα 50 χρόνια για μικρή περίοδο είναι το SD_s και σε περίοδο 1 δευτερολέπτου είναι το SD_1 και προσδιορίζεται από τις 2 ακόλουθες σχέσεις όπως αναφέρει ο ASCE 7-10-Ch11 SEISMIC DESIGN CRITERIA

- $SD_s = (2/3) * S_{MS}$
- $SD_1 = (2/3) * S_{M1}$

Για τις 3 πρώτες Κατηγορίες Κινδύνου I, II, III, προκύπτει ότι, όταν η αντιστοιχισμένη παράμετρος επιτάχυνσης φασματικής απόκρισης σε περίοδο 1 δευτερολέπτου (S_1) είναι μεγαλύτερη ή ίση με 0,75, θα αντιστοιχιστεί στην Κατηγορία Σεισμικού Σχεδιασμού E.

Για την 4^η Κατηγορία Κινδύνου IV, προκύπτει ότι, όταν η αντιστοιχισμένη παράμετρος επιτάχυνσης φασματικής απόκρισης σε περίοδο 1 δευτερολέπτου (S_1) είναι μεγαλύτερη ή ίση με 0,75, θα αντιστοιχιστεί στην Κατηγορία Σεισμικού Σχεδιασμού F.

Ενώ, για τις άλλες τιμές της επιτάχυνσης φασματικής απόκρισης προκύπτουν οι ακόλουθες Κατηγορίες Σεισμικού Σχεδιασμού:

Πίνακας 6.5 Κατηγορία σεισμικού σχεδιασμού για περίοδο 0.2sec

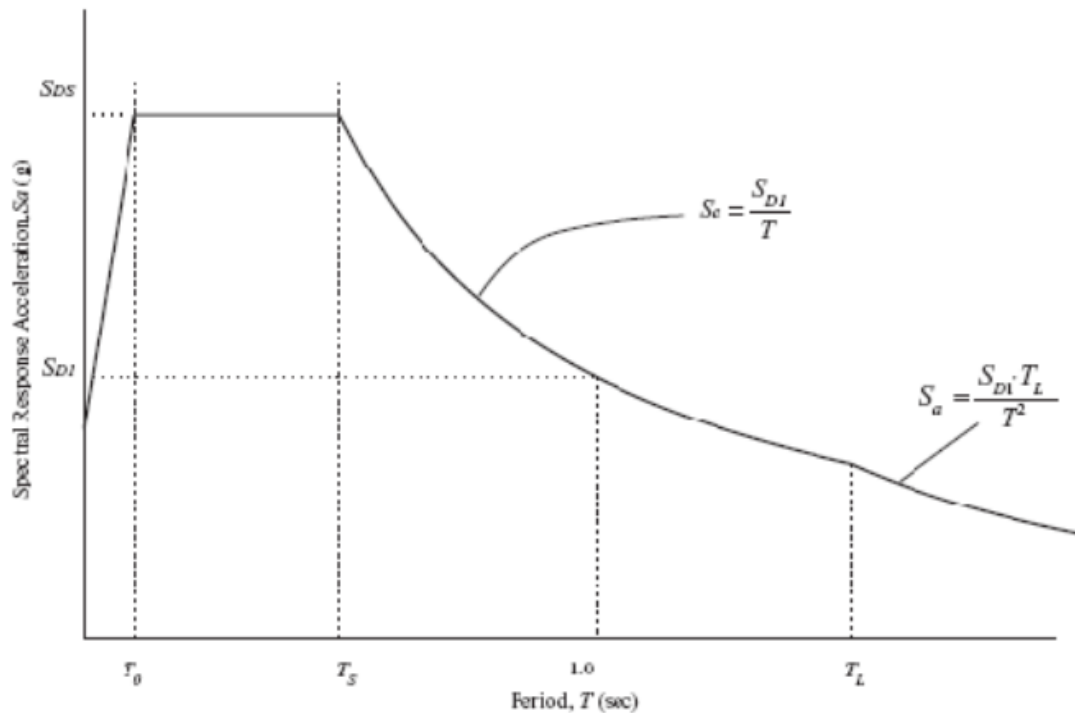
Value of S_{DS}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Πίνακας 6.6 Κατηγορία σεισμικού σχεδιασμού για περίοδο 1sec

Value of S_{D1}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

6.5 ΦΑΣΜΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η καμπύλη του φάσματος απόκρισης σχεδιασμού αναπτύσσεται στο παρακάτω διάγραμμα με βάση τον ASCE 07-10 :



Σχήμα 6.1 Φάσμα απόκρισης σχεδιασμού ε βάση τον ASCE 07-10

Από το φάσμα απόκρισης σχεδιασμού απαιτείται μία παράμετρος για την ανάπτυξη του, η παράμετρος T_L , η οποία έχει εισαχθεί για να παρέχει πιο αληθοφανείς εκτιμήσεις των κινήσεων του εδάφους σε περιόδους $T > 4$ sec που θα επηρέαζαν το σχεδιασμό των ψηλών κτιρίων.

Για την περίοδο T_0 ισχύει ο ακόλουθος τύπος:

- $T_0 = 0.2 \cdot (S_{D1}/S_{DS})$

Για την περίοδο T_C ή T_S ισχύει ο ακόλουθος τύπος:

- $T_C = S_{D1}/S_{DS}$

Για την περίοδο T ισχύει ο ακόλουθος τύπος:

- $T = 1$ s (θεμελιώδης περίοδος ή περίοδος της κατασκευής)

Για περιόδους μικρότερες από T_0 , η σχεδίαση της φασματική επιτάχυνση απόκρισης, S_a ισούται με:

- $S_{ae}(T) = S_a = S_{DS} \cdot [0.4 + 0.6 \cdot (T/T_0)]$

Για περιόδους μεγαλύτερες ή ίσες με T_0 και μικρότερες ή ίσες με το T_C , η φασματική επιτάχυνση απόκρισης σχεδιασμού, S_a , λαμβάνεται ίση με το S_{DS} :

- $S_{ae}(T) = S_a = S_{DS}$

Για περιόδους μεγαλύτερες από T_S και μικρότερες ή ίσες με το T_L , η φασματική επιτάχυνση απόκρισης σχεδιασμού, το S_a είναι:

- $S_{ae}(T) = S_a = S_{D1}/T$

Για περιόδους μεγαλύτερες από T_L , το S_a είναι:

- $S_{ae}(T) = S_a = (S_{D1} * T_L) / T^2$

6.6 ΦΑΣΜΑ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ (ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ) S_d^*

Η αξιόπιστη φασματική μετατόπιση (S_d^*) σε ένα ευρύ φάσμα περιόδων απόκρισης είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της σεισμικής ευπάθειας κτιρίων. Η φασματική μετατόπιση είναι εξαιρετική για τον υπολογισμό του λόγου μετατόπισης κτιρίων από τον οποίο αξιολογείται η ευπάθεια του κτιρίου. Το S_d^* μπορεί να ληφθεί από τη μετατροπή των φασμάτων επιτάχυνσης και την ανάλυση απόκρισης.

Έχουμε τέσσερα επίπεδα βλαβών DS_k ($K=1/4$) που καθορίζονται από την φασματική μετατόπιση, τα οποία είναι:

- $DS1$ ελαφριά
- $DS2$ μέτρια
- $DS3$ εκτεταμένη
- $DS4$ πλήρης

Έτσι, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει μια αντιστοιχία ανάμεσα στο επίπεδο βλάβης (damage level) και στο βαθμό της βλάβης (damage grade) όπως αναγράφεται στον ακόλουθο πίνακα με βάση τον Lagomarsino και Giovinazzi (2006):

Πίνακας 6.7 Επίπεδα και βαθμοί βλάβης

D_{Sk}	D_k	Structural (SD) and non structural (N-SD) damage
Slight (D_{S1})	Slight (D_1)	No SD slight N-SD
Moderate (D_{S2})	Moderate (D_2)	Slight SD moderate N-SD
Extensive (D_{S3})	Heavy (D_3)	Moderate SD heavy N-SD
Complete (D_{S4})	Very heavy (D_4)	Heavy SD very heavy N-SD
	Destruction (D_5)	Very heavy SD

Το φάσμα μετατόπισης / στοχευόμενη μετακίνηση ορίζεται με τους ακόλουθους τύπους (πίνακα):

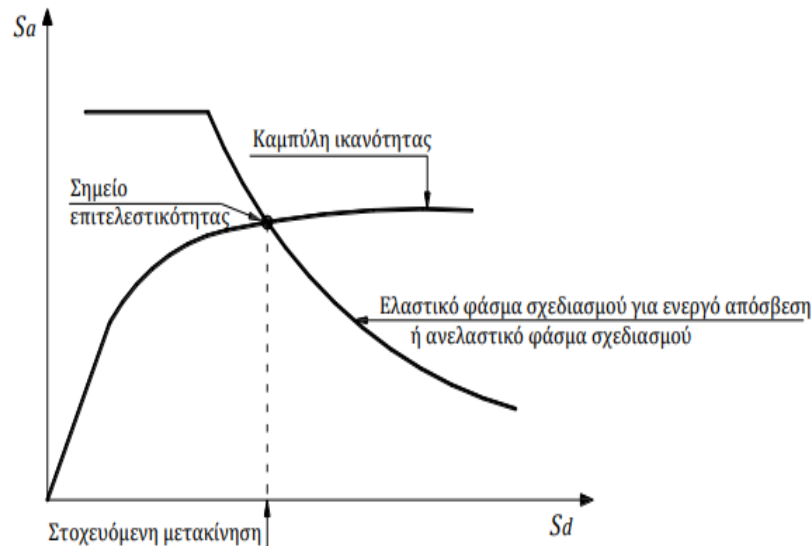
Πίνακας 6.8 Τύπος στοχευόμενης μετακίνησης με τις ανάλογες παραμέτρους

$$S_{d*} = \begin{cases} \left[1 + \left(\frac{S_{ac}(T)}{a_y} - 1 \right) \frac{T_C}{T} \right] dy, & T < T_C \text{ and } \frac{S_{ac}(T)}{a_y} > 1, \\ \frac{S_{ac}(T)}{a_y} dy, & T_C \leq T < T_D \text{ or } \frac{S_{ac}(T)}{a_y} \leq 1, \\ \frac{S_{ac}(T_D) T_D^2}{4\pi^2}, & T \geq T_D, \end{cases}$$

Ο υπολογισμός της στοχευόμενης μετακίνησης εξαρτάται από την περίοδο κατασκευής και την περίοδο T_c .

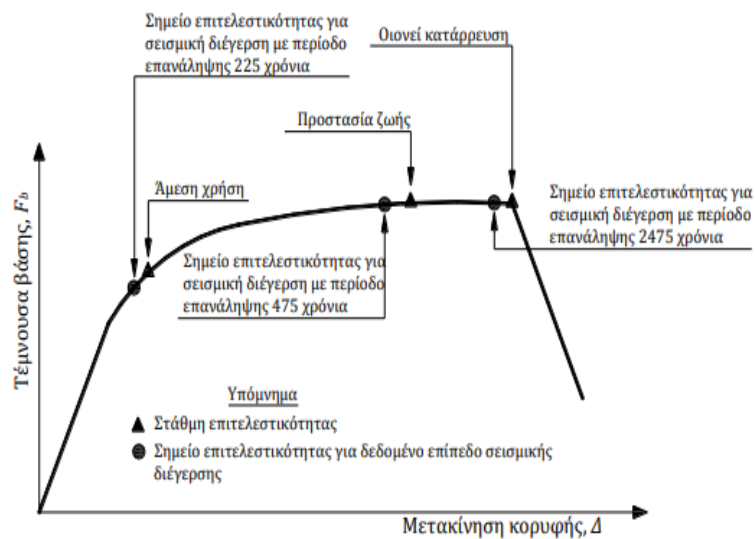
Ο υπολογισμός της στοχευόμενης μετακίνησης βασίζεται στην απόκριση ενός ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος και ο υπολογισμός της απόκρισης της κατασκευής σε κάθε όροφο γίνεται με βάση την παραμόρφωσή της για συγκεκριμένη κατανομή φορτίων καθ' ύψος. Η φιλοσοφία καθορισμού του σημείου επιτελεστικότητας βασίζεται στον υπολογισμό του σημείου που αντιστοιχεί στην εξισορρόπηση της απαίτησης (demand), σύμφωνα με το επιθυμητό φάσμα σχεδιασμού, και της ικανότητας (capacity) της κατασκευής. Σε διάγραμμα ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum), η εξισορρόπηση αυτή για το ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα συμβαίνει στο σημείο τομής της καμπύλης ικανότητας και του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού που αντιστοιχεί στην ενεργό απόσβεση για τη μέγιστη μετακίνηση (η ενεργός απόσβεση υπολογίζεται με βάση την

πλαστιμότητα που αντιστοιχεί στη μέγιστη μετακίνηση) ή του αντίστοιχου ανελαστικού φάσματος όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 6.2 Προσδιορισμός στοχευόμενης μετακίνησης μονοβάθμιου συστήματος

Και το διάγραμμα στάθμης επιτελεστικότητας, δηλαδή η μετακίνηση κορυφής που αντιστοιχεί σε κάποιο επίπεδο βλαβών αναγράφεται παρακάτω στο σχήμα:



Σχήμα 6.3 Καμπύλη στάθμης επιτελεστικότητας

Οι οποίες όλες οι στοχευόμενες μετακινήσεις αναγράφονται μέσα στο MATLAB2021a σε σχέση με τα δεδομένα που έχω:

Πίνακας 6.9 Δεδομένα και αποτελέσματα MATLAB2021a

1x90 struct with 17 fields

Fields	str	Name	str	Ductil_Class	str	Type	str	Zone	str	Height	V	Q	T
1		"RC1-III_L_...		"DCL"		"RC1"		"3"		"L"	0.6600	2.3000	0.4370
2		"RC1-III_M_...		"DCL"		"RC1"		"3"		"M"	0.6400	2.3000	0.6420
3		"RC1-III_H_...		"DCL"		"RC1"		"3"		"H"	0.6400	2.3000	0.9130
4		"RC1-II_L_D...		"DCL"		"RC1"		"2"		"L"	0.5000	2.3000	0.4370
5		"RC1-II_M_...		"DCL"		"RC1"		"2"		"M"	0.4800	2.3000	0.6420
6		"RC1-II_H_...		"DCL"		"RC1"		"2"		"H"	0.4800	2.3000	0.9130
7		"RC1-I_L_D...		"DCL"		"RC1"		"1"		"L"	0.3900	2.3000	0.4370
8		"RC1-I_M_D...		"DCL"		"RC1"		"1"		"M"	0.3700	2.3000	0.6420
9		"RC1-I_H_D...		"DCL"		"RC1"		"1"		"H"	0.3700	2.3000	0.9130
10		"RC2-III_L_...		"DCL"		"RC2"		"3"		"L"	0.5600	2.3000	0.4370
11		"RC2-III_M_...		"DCL"		"RC2"		"3"		"M"	0.5400	2.3000	0.6420
12		"RC2-III_H_...		"DCL"		"RC2"		"3"		"H"	0.5400	2.3000	0.9130
13		"RC2-II_L_D...		"DCL"		"RC2"		"2"		"L"	0.4000	2.3000	0.4370
14		"RC2-II_M_...		"DCL"		"RC2"		"2"		"M"	0.3800	2.3000	0.6420
15		"RC2-II_H_...		"DCL"		"RC2"		"2"		"H"	0.3800	2.3000	0.9130
16		"RC2-I_L_D...		"DCL"		"RC2"		"1"		"L"	0.2900	2.3000	0.4370
17		"RC2-I_M_D...		"DCL"		"RC2"		"1"		"M"	0.2700	2.3000	0.6420
18		"RC2-I_H_D...		"DCL"		"RC2"		"1"		"H"	0.2700	2.3000	0.9130
19		"RC3-III_L_...		"DCL"		"RC3"		"3"		"L"	0.6100	2.3000	0.4370
20		"RC3-III_M_...		"DCL"		"RC3"		"3"		"M"	0.5900	2.3000	0.6420
21		"RC3-III_H_...		"DCL"		"RC3"		"3"		"H"	0.5900	2.3000	0.9130
22		"RC3-II_L_D...		"DCL"		"RC3"		"2"		"L"	0.4500	2.3000	0.4370
23		"RC3-II_M_...		"DCL"		"RC3"		"2"		"M"	0.4300	2.3000	0.6420
24		"RC3-II_H_...		"DCL"		"RC3"		"2"		"H"	0.4300	2.3000	0.9130
25		"RC3-I_L_D...		"DCL"		"RC3"		"1"		"L"	0.3400	2.3000	0.4370
26		"RC3-I_M_D...		"DCL"		"RC3"		"1"		"M"	0.3200	2.3000	0.6420
27		"RC3-I_H_D...		"DCL"		"RC3"		"1"		"H"	0.3200	2.3000	0.9130
28		"RC1-III_L_...		"DCM"		"RC1"		"3"		"L"	0.5200	2.5000	0.4370
29		"RC1-III_M_...		"DCM"		"RC1"		"3"		"M"	0.5400	2.8000	0.6420
30		"RC1-III_H_...		"DCM"		"RC1"		"3"		"H"	0.5600	2.8000	0.9130
31		"RC1-II_L_D...		"DCM"		"RC1"		"2"		"L"	0.3600	2.5000	0.4370
32		"RC1-II_M_...		"DCM"		"RC1"		"2"		"M"	0.3800	2.8000	0.6420
33		"RC1-II_H_...		"DCM"		"RC1"		"2"		"H"	0.4000	2.8000	0.9130
34		"RC1-I L D...		"DCM"		"RC1"		"1"		"L"	0.2500	2.5000	0.4370

Πίνακας 6.10 Δεδομένα και αποτελέσματα MATLAB2021a

1x90 struct with 21 fields

Fields	ay	Ductility	dy	du	Sdk	b	Sd	DamageState	DamageStateName
1	0.2270	3	0.0108	0.0324	[0.0076,0.01...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
2	0.1640	3	0.0168	0.0504	[0.0118,0.02...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
3	0.1150	3	0.0239	0.0717	[0.0167,0.03...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
4	0.3630	3	0.0173	0.0518	[0.0121,0.02...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
5	0.2630	3	0.0269	0.0806	[0.0188,0.04...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
6	0.1850	3	0.0382	0.1147	[0.0267,0.05...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
7	0.5020	3	0.0239	0.0716	[0.0167,0.03...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
8	0.3630	3	0.0371	0.1114	[0.0260,0.05...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
9	0.2550	3	0.0528	0.1584	[0.0370,0.07...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
10	0.3050	3	0.0145	0.0434	[0.0102,0.02...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
11	0.2200	3	0.0225	0.0676	[0.0158,0.03...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
12	0.1550	3	0.0321	0.0962	[0.0225,0.04...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
13	0.4870	3	0.0232	0.0695	[0.0162,0.03...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
14	0.3520	3	0.0361	0.1081	[0.0253,0.05...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
15	0.2480	3	0.0513	0.1538	[0.0359,0.07...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
16	0.6730	3	0.0320	0.0960	[0.0224,0.04...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
17	0.4870	3	0.0498	0.1494	[0.0349,0.07...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
18	0.3420	3	0.0709	0.2125	[0.0496,0.10...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
19	0.2630	3	0.0125	0.0375	[0.0087,0.01...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
20	0.1900	3	0.0195	0.0584	[0.0136,0.02...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
21	0.1340	3	0.0277	0.0830	[0.0194,0.04...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
22	0.4210	3	0.0200	0.0600	[0.0140,0.03...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
23	0.3040	3	0.0311	0.0934	[0.0218,0.04...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
24	0.2140	3	0.0443	0.1328	[0.0310,0.06...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
25	0.5810	3	0.0276	0.0829	[0.0193,0.04...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
26	0.4200	3	0.0430	0.1290	[0.0301,0.06...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
27	0.2950	3	0.0612	0.1835	[0.0428,0.09...	0.4394	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
28	0.2660	3.6300	0.0127	0.0459	[0.0089,0.01...	0.5157	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
29	0.1760	4.1100	0.0180	0.0742	[0.0126,0.02...	0.5654	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
30	0.1170	4.1100	0.0242	0.0995	[0.0169,0.03...	0.5654	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
31	0.4260	3.6300	0.0203	0.0735	[0.0142,0.03...	0.5157	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
32	0.2820	4.1100	0.0288	0.1187	[0.0202,0.04...	0.5654	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
33	0.1870	4.1100	0.0387	0.1592	[0.0271,0.05...	0.5654	1x240 double	1x240 double	1x240 struct
34	0.5890	3.6300	0.0280	0.1015	[0.0196,0.04...	0.5157	1x240 double	1x240 double	1x240 struct

Και οι αντίστοιχες 240 μετακινήσεις (S_d^*) για το πεδίο 1 (Field 1) στο MATLAB2021a:

Πίνακας 6.11 Στοχευόμενες μετακινήσεις για το πεδίο 1

0,02135	0,05877	0,05272	0,16755	0,06877	0,04154
0,01504	0,08101	0,02963	0,13696	0,09583	0,02741
0,02224	0,05299	0,02234	0,17294	0,06601	0,01931
0,01199	0,038	0,03093	0,12206	0,04686	0,02856
0,00845	0,05299	0,1901	0,09165	0,06845	0,14479
0,01249	0,02851	0,15922	0,12597	0,03989	0,11078
0,00763	0,02063	0,19656	0,08217	0,02881	0,14915
0,00537	0,03006	0,14576	0,06321	0,04154	0,10146
0,00795	0,03774	0,11286	0,08521	0,20132	0,07554
0,00457	0,02659	0,15615	0,05278	0,15914	0,10499
0,00322	0,03932	0,09599	0,03897	0,21	0,0745
0,00476	0,02207	0,07546	0,05514	0,14694	0,05334
0,02674	0,01555	0,10212	0,24569	0,11756	0,07725
0,01884	0,023	0,05924	0,21557	0,15088	0,04663
0,02786	0,01449	0,04415	0,25117	0,10761	0,03337
0,01501	0,01021	0,06308	0,21013	0,08136	0,04862
0,01058	0,0151	0,0609	0,1788	0,11223	0,21606
0,01564	0,00899	0,04291	0,21655	0,07052	0,16564
0,00955	0,00633	0,06346	0,16724	0,05345	0,2254
0,00673	0,00936	0,0371	0,1306	0,07318	0,15558
0,00996	0,07555	0,02614	0,17877	0,28418	0,1263
0,00572	0,0333	0,03866	0,10465	0,2436	0,1597
0,00403	0,07824	0,02513	0,08196	0,29761	0,11838
0,00596	0,04358	0,01771	0,11125	0,23752	0,08869
0,07366	0,01948	0,02619	0,07761	0,20742	0,12328
0,05595	0,0454	0,01613	0,05468	0,24319	0,0781
0,07658	0,01815	0,01137	0,08087	0,20197	0,05999
0,04227	0,01279	0,01681	0,04924	0,17091	0,08147
0,03106	0,01891	0,11359	0,03469	0,20842	0,30338
0,04435	0,01126	0,08536	0,05131	0,13434	0,25089
0,02649	0,00793	0,11738	0,03442	0,10627	0,31773
0,0118	0,01173	0,07243	0,02425	0,14257	0,24388
0,02758	0,12248	0,05367	0,03586	0,08364	0,2154
0,01015	0,0955	0,07506	0,02286	0,05893	0,24902
0,0072	0,12639	0,04788	0,01611	0,08715	0,20393
0,01058	0,07557	0,02218	0,02382	0,05527	0,17504
0,11085	0,05764	0,04993	0,13738	0,03894	0,2103
0,08636	0,0785	0,02853	0,10458	0,05759	0,13878
0,11839	0,05044	0,01423	0,14163	0,03986	0,1112
0,07596	0,03682	0,02963	0,09256	0,02808	0,14694

Και τα αντίστοιχα 240 Damage State (Ds) για το πεδίο 1 (Field 1) στο MATLAB2021a:

Πίνακας 6.12 Damage State (Ds) για το πεδίο 1

2		4		4		4		4		4
1		4		3		4		4		3
3		4		3		4		4		2
1		4		3		4		4		3
1		4		4		4		4		4
1		3		4		4		4		4
1		2		4		4		3		4
0		3		4		4		4		4
1		4		4		4		4		4
0		3		4		4		4		4
0		4		4		4		4		4
0		3		4		4		4		4
3		1		4		4		4		4
2		3		4		4		4		4
3		1		4		4		4		4
1		1		4		4		4		4
1		1		4		4		4		4
1		1		4		4		4		4
1		0		4		4		4		4
0		1		4		4		4		4
1		4		3		4		4		4
0		4		4		4		4		4
0		4		3		4		4		4
0		4		2		4		4		4
4		2		3		4		4		4
4		4		1		4		4		4
4		2		1		4		4		4
4		1		2		4		4		4
3		2		4		4		4		4
4		1		4		4		4		4
3		1		4		4		4		4
1		1		4		3		4		4
3		4		4		4		4		4
1		4		4		3		4		4
0		4		4		1		4		4
1		4		3		3		4		4
4		4		4		4		4		4
4		4		3		4		4		4
4		4		1		4		4		4
4		4		3		4		3		4

7 ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

Οι καμπύλες τρωτότητας εκφράζουν την φυσική ευπάθεια ως συνάρτηση της έντασης της διαδικασίας και του βαθμού απώλειας, λαμβάνοντας υπόψη, σε μεμονωμένες περιπτώσεις μόνο, ορισμένα δομικά χαρακτηριστικά των πληγέντων κτιρίων και χωρίζονται σε 4 κατηγορίες Ανθρωποκοινωνικοί, Φυσικοί, Οικονομικοί και Περιβαλλοντικοί όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα από τον CJ Van Westen and Nanette Kingma (n.d):

Πίνακας 7.1 Τύποι ευπάθειας/Ζημιών

	Human - social	Physical	Economic	Cultural Environmental
Direct losses	<ul style="list-style-type: none"> • Fatalities • Injuries • Loss of income or employment • Homelessness 	<ul style="list-style-type: none"> • Structural damage or collapse to buildings • Non-structural damage and damage to contents • Structural damage infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> • Interruption of business due to damage to buildings and infrastructure • Loss of productive workforce through fatalities, injuries and relief efforts • Capital costs of response and relief 	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentation • Pollution • Endangered species • Destruction of ecological zones • Destruction of cultural heritage
Indirect losses	<ul style="list-style-type: none"> • Diseases • Permanent disability • Psychological impact • Loss of social cohesion due to disruption of community • Political unrest 	<ul style="list-style-type: none"> • Progressive deterioration of damaged buildings and infrastructure which are not repaired 	<ul style="list-style-type: none"> • Economic losses due to short term disruption of activities • Long term economic losses • insurance losses weaken-ing the insurance market • Less investments • Capital costs of repair • Reduction in tourism 	<ul style="list-style-type: none"> • Loss of biodiversity • Loss of cultural diversity

Έτσι, η ανάλυση των καμπυλών τρωτότητας θα γίνει ανάλογα με τα επίπεδα βλάβης (κεφ. 6.6) Ds_1, Ds_2, Ds_3, Ds_4 σε σχέση με την στοχευόμενη μετακίνηση S_d^* .

Η μεθοδολογία για τη δημιουργία καμπυλών τρωτότητας χωρίζεται σε 2 κύρια σημεία:

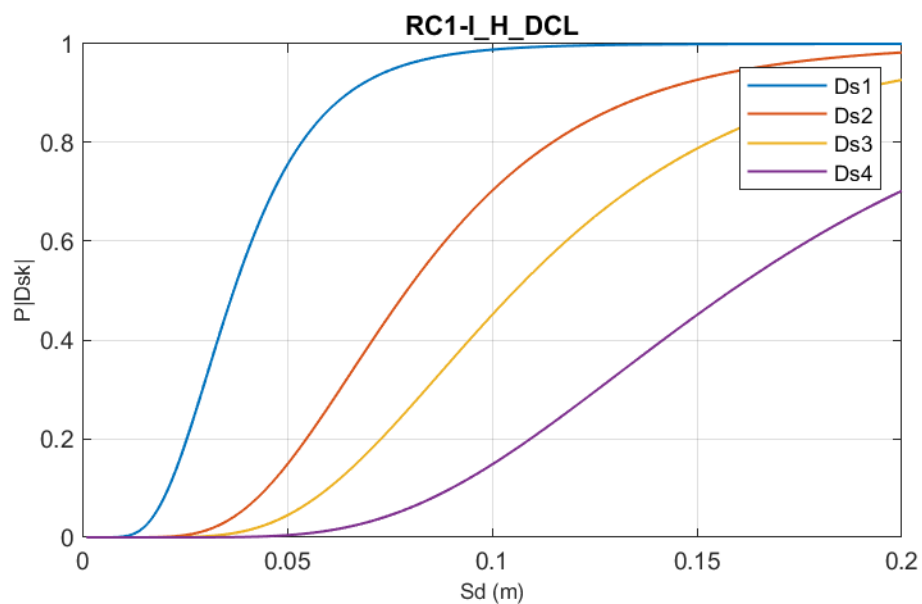
1. ο καθορισμός της διαδικασίας για την ακριβή πρόβλεψη της απόκρισης κτιρίων από ΟΣ για διάφορα επίπεδα σεισμικού κινδύνου

2. ο καθορισμός του δείκτη αποτίμησης της ζημιάς με βάση την απόκριση του κτιρίου σε κάθε επίπεδο σεισμικού κινδύνου.

Μελέτη κτιρίου για την δημιουργία καμπύλης τρωτότητας με τα ακόλουθα δεδομένα:

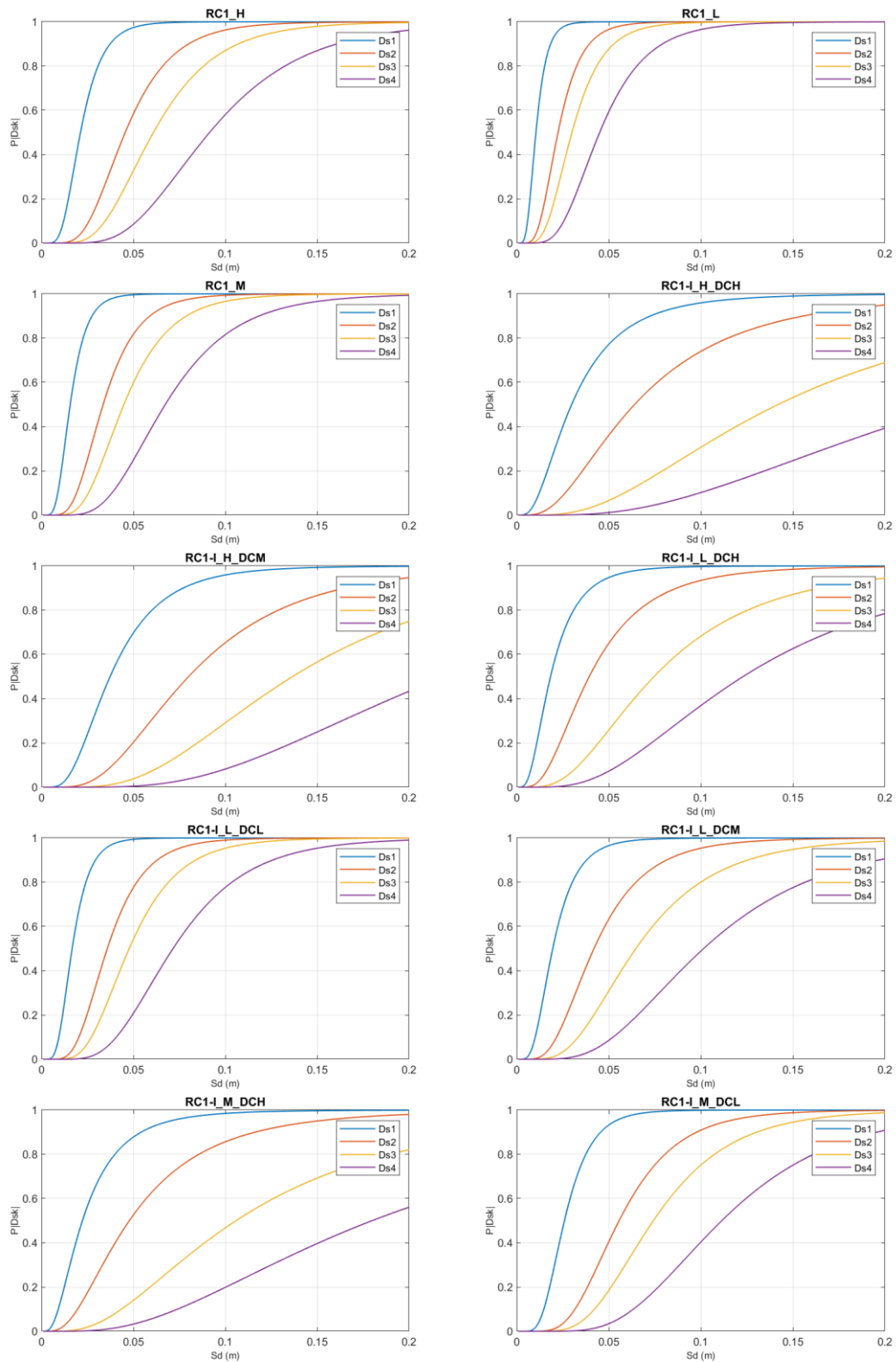
- Όνομα : RC1-I_H_DCL
- Κατηγορία Πλαστιμότητας : ΚΠΧ (DCL)
- Τύπος κτιρίου : RC1
- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας : 1
- Κατηγορία ύψους κτιρίου : Υψηλή (H)
- $V : 0.3700000000000000$
- $Q : 2.3000000000000000$
- $T = aH^b = 0.913 \text{ s}$
- $a_y = [S_{ac}(T) / q] * (\gamma_m / \alpha) = 0.255 \text{ m/s}^2$
- Πλαστιμότητα : 3
- $d_y : 0.05280000000000000$
- $d_u : 0.15840000000000000$
- $S_{dk} : [0.03696000000000000, 0.07920000000000000, 0.10560000000000000, 0.15840000000000000]$
- $b : 0.439444915467244$

Και με τα ανάλογα δεδομένα που έχουν εξαχθεί από το MATLAB2021a η καμπύλη τρωτότητας που προκύπτει είναι η εξής:

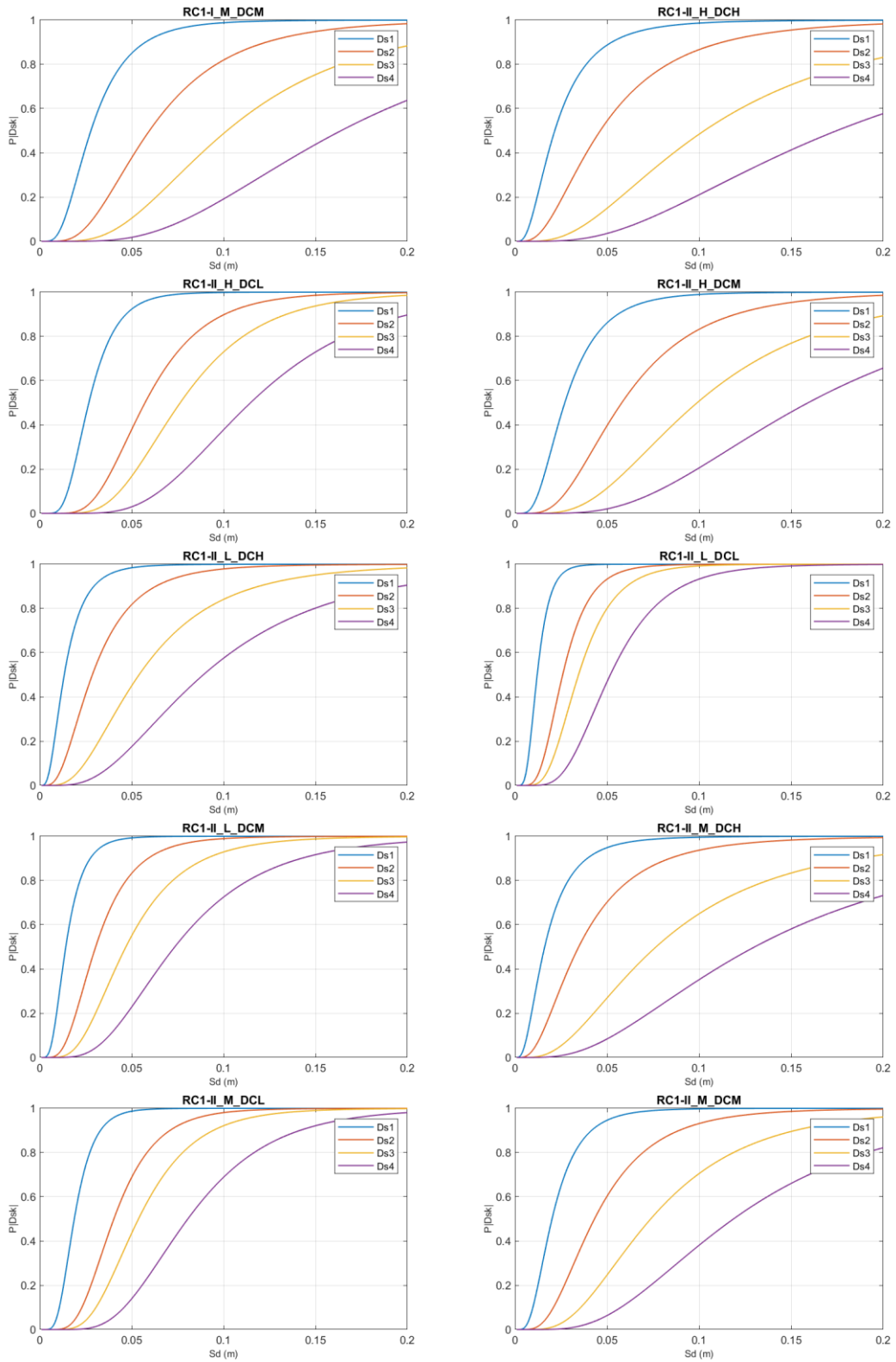


Σχήμα 7.1 Καμπύλη τρωτότητας RC1-I_H_DCL

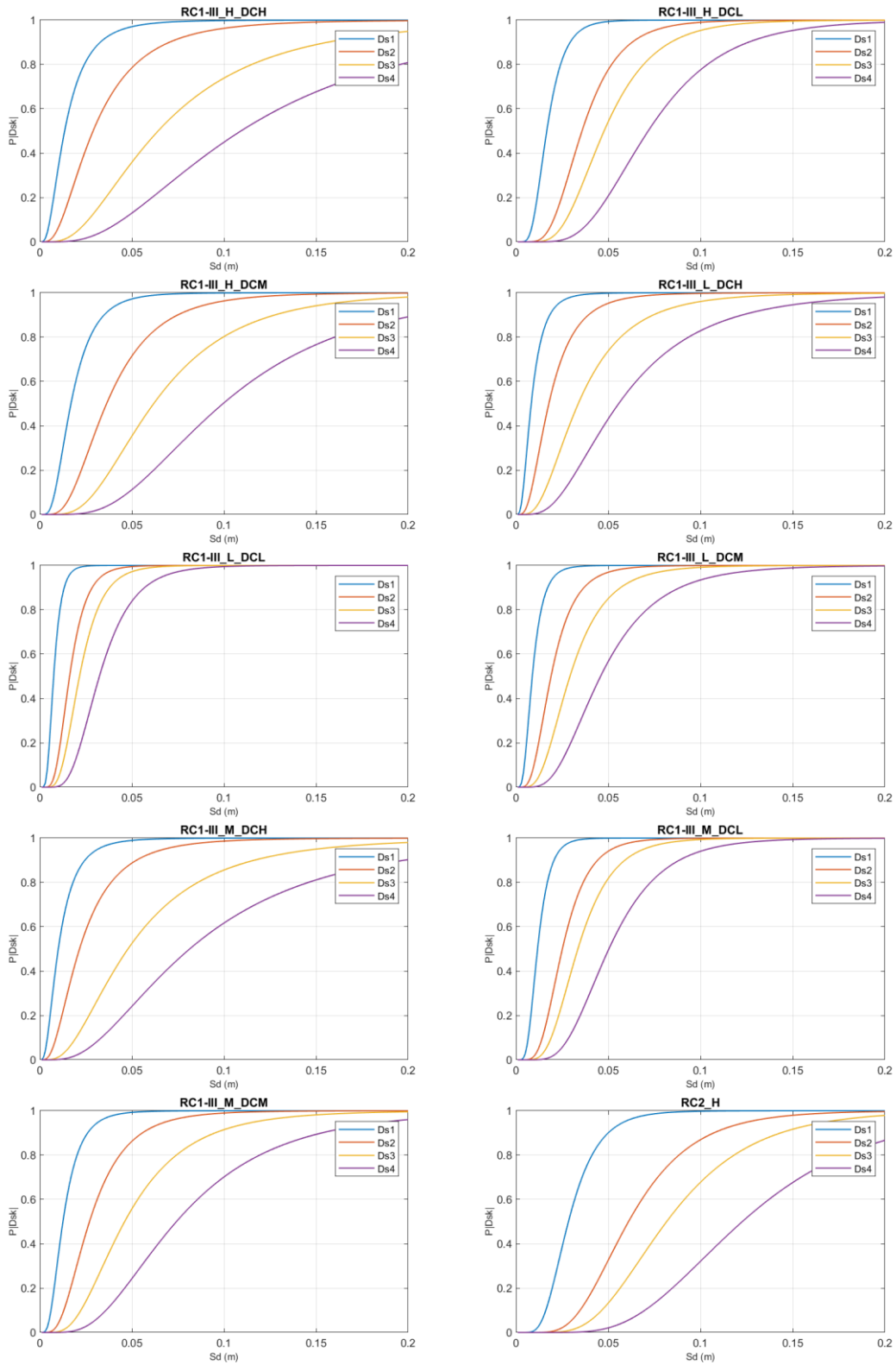
Και οι άλλες 89 καμπύλες τρωτότητας αναγράφονται παρακάτω:



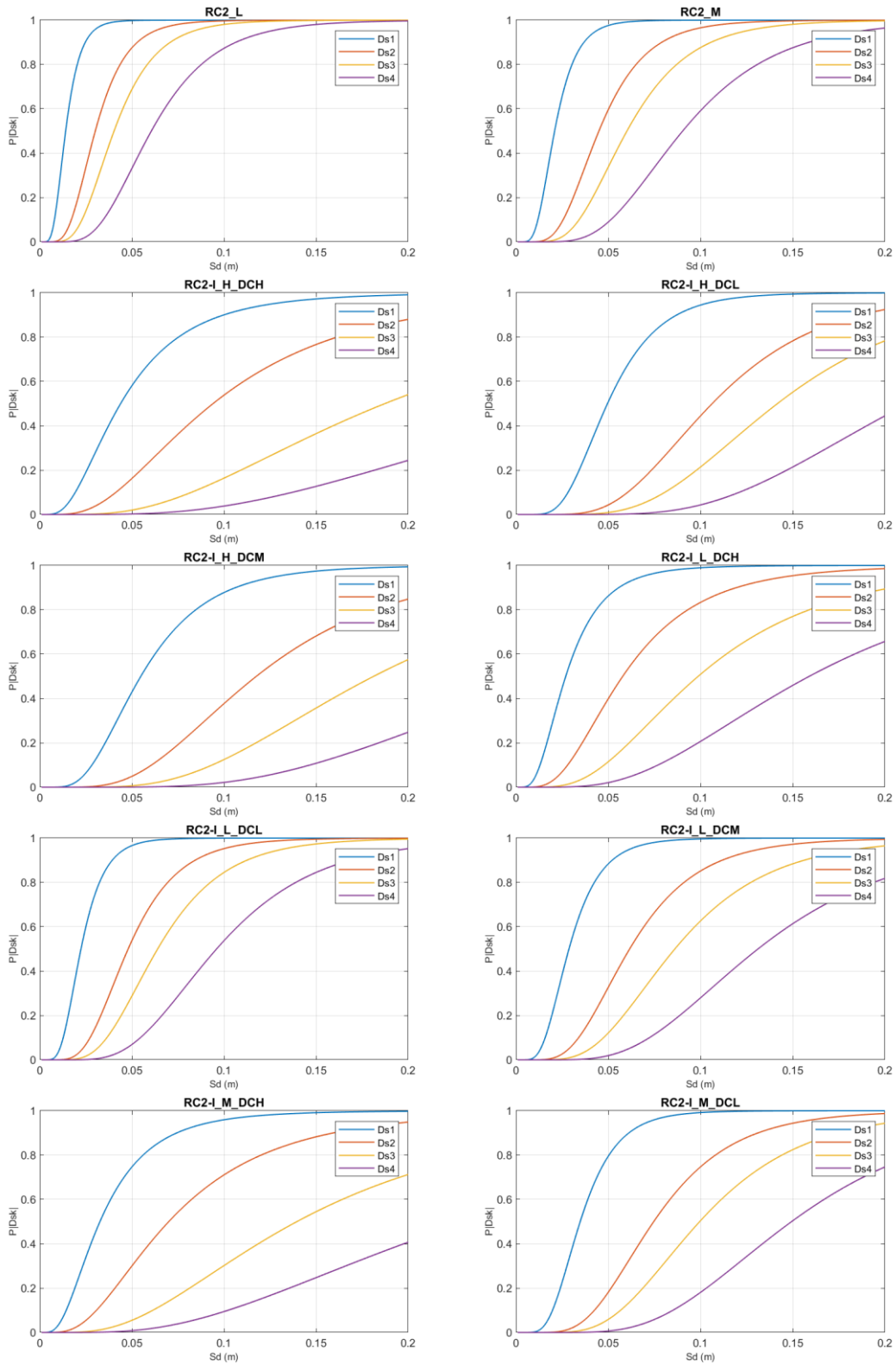
Σχήμα 7.2 Καμπύλες τρωτότητας



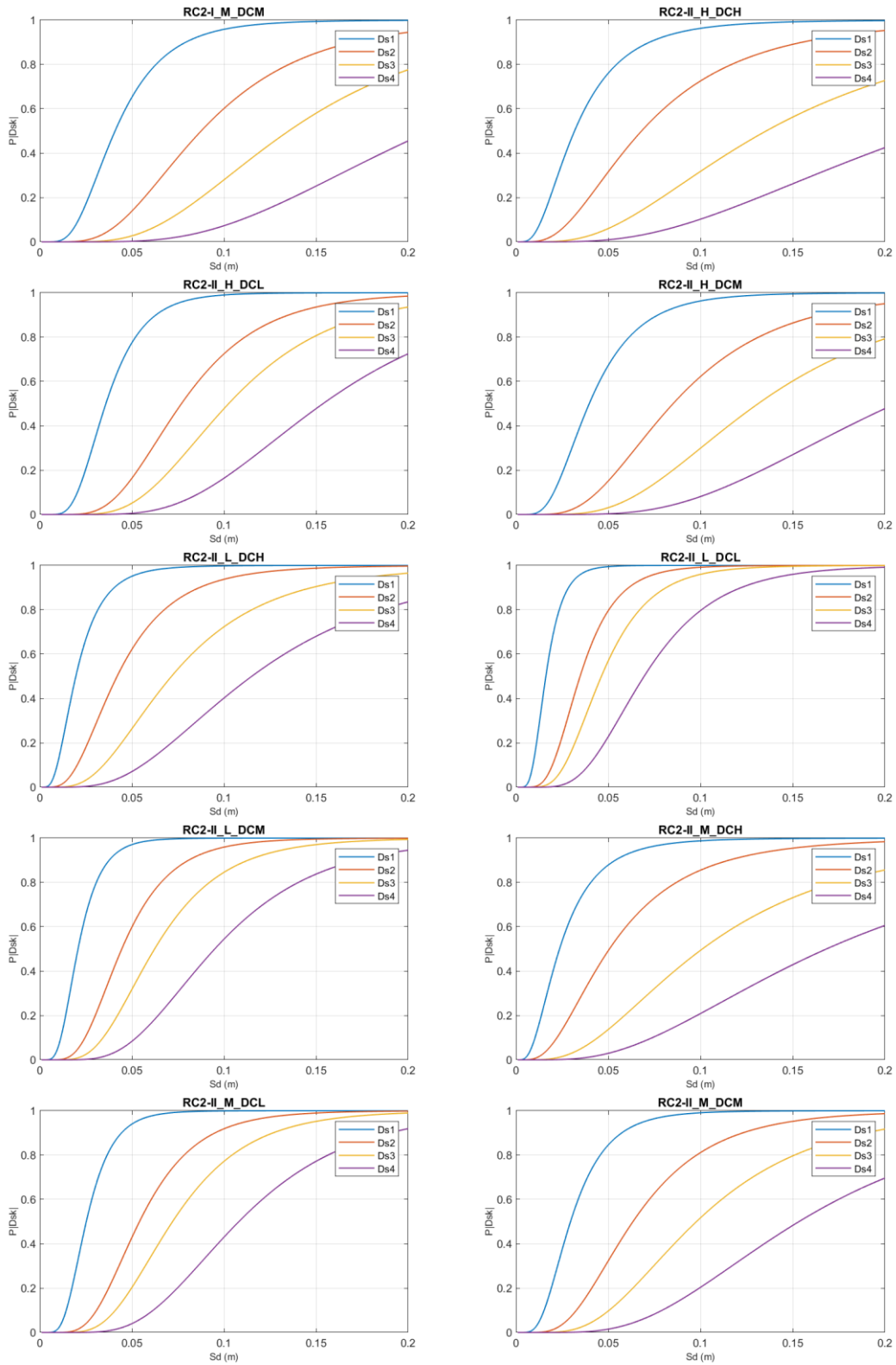
Σχήμα 7.3 Καμπύλες τροφότητας



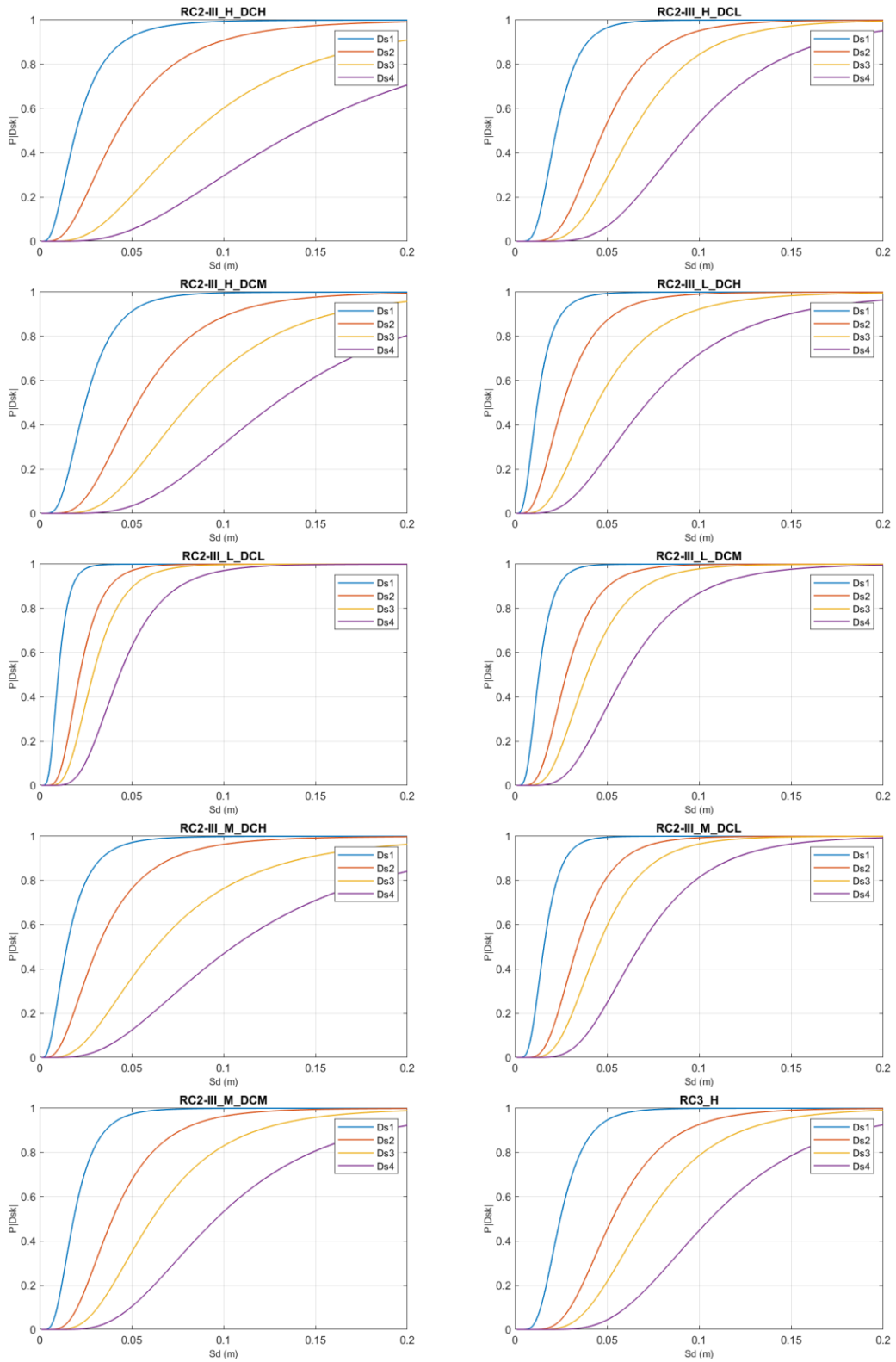
Σχήμα 7.4 Καμπύλες τροφότητας



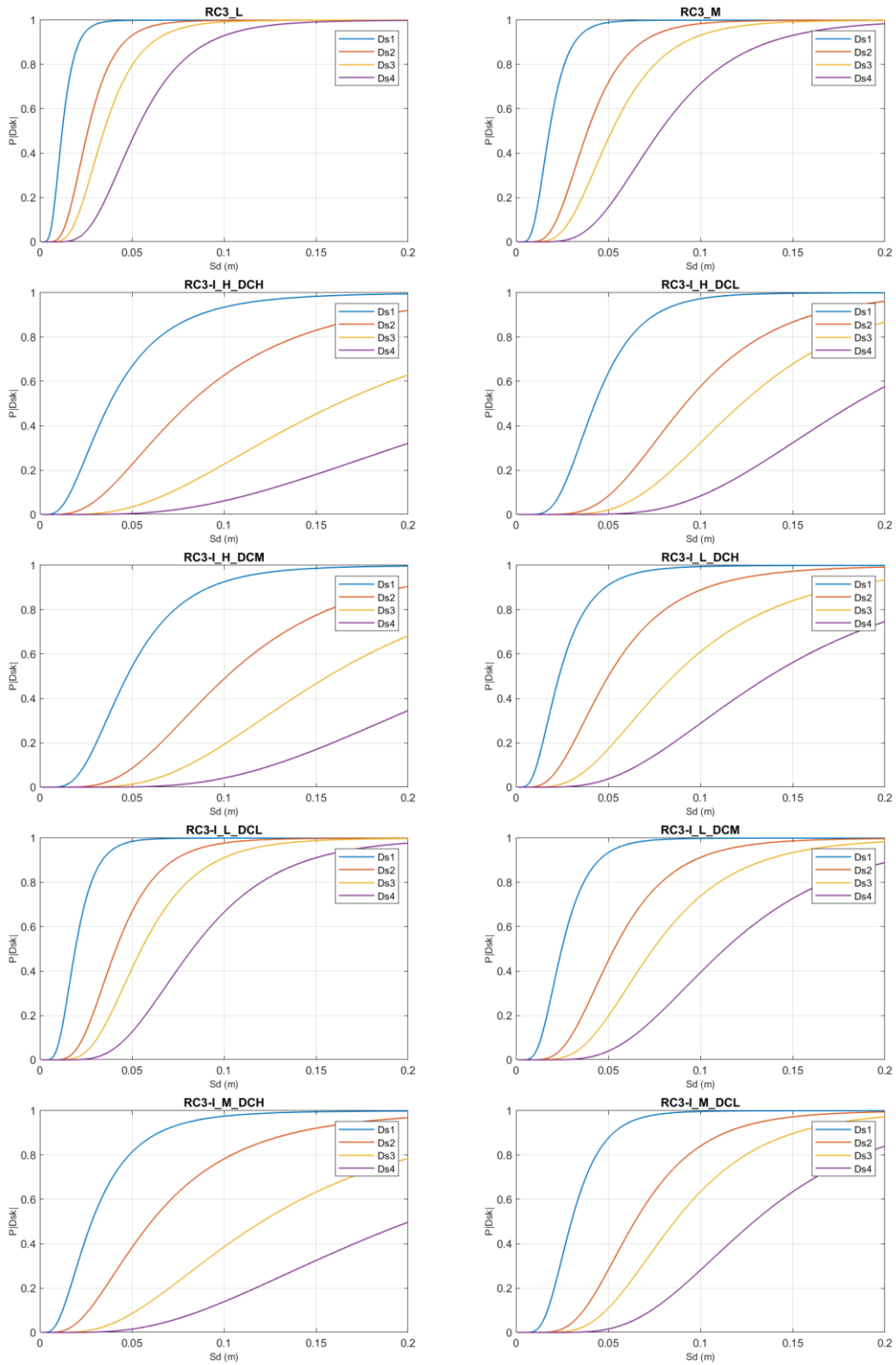
Σχήμα 7.5 Καμπύλες τροφότητας



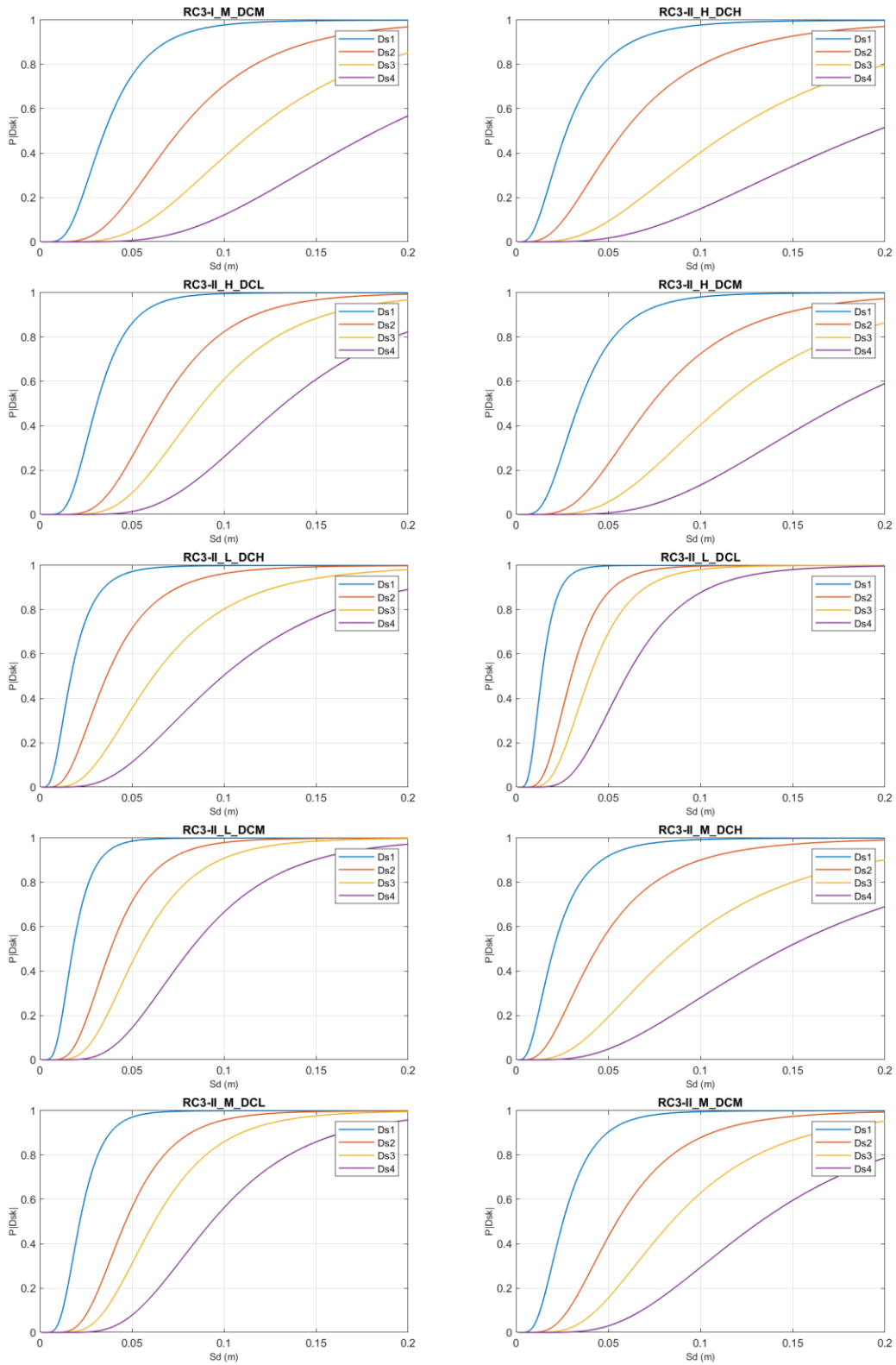
Σχήμα 7.6 Καμπύλες τροφότητας



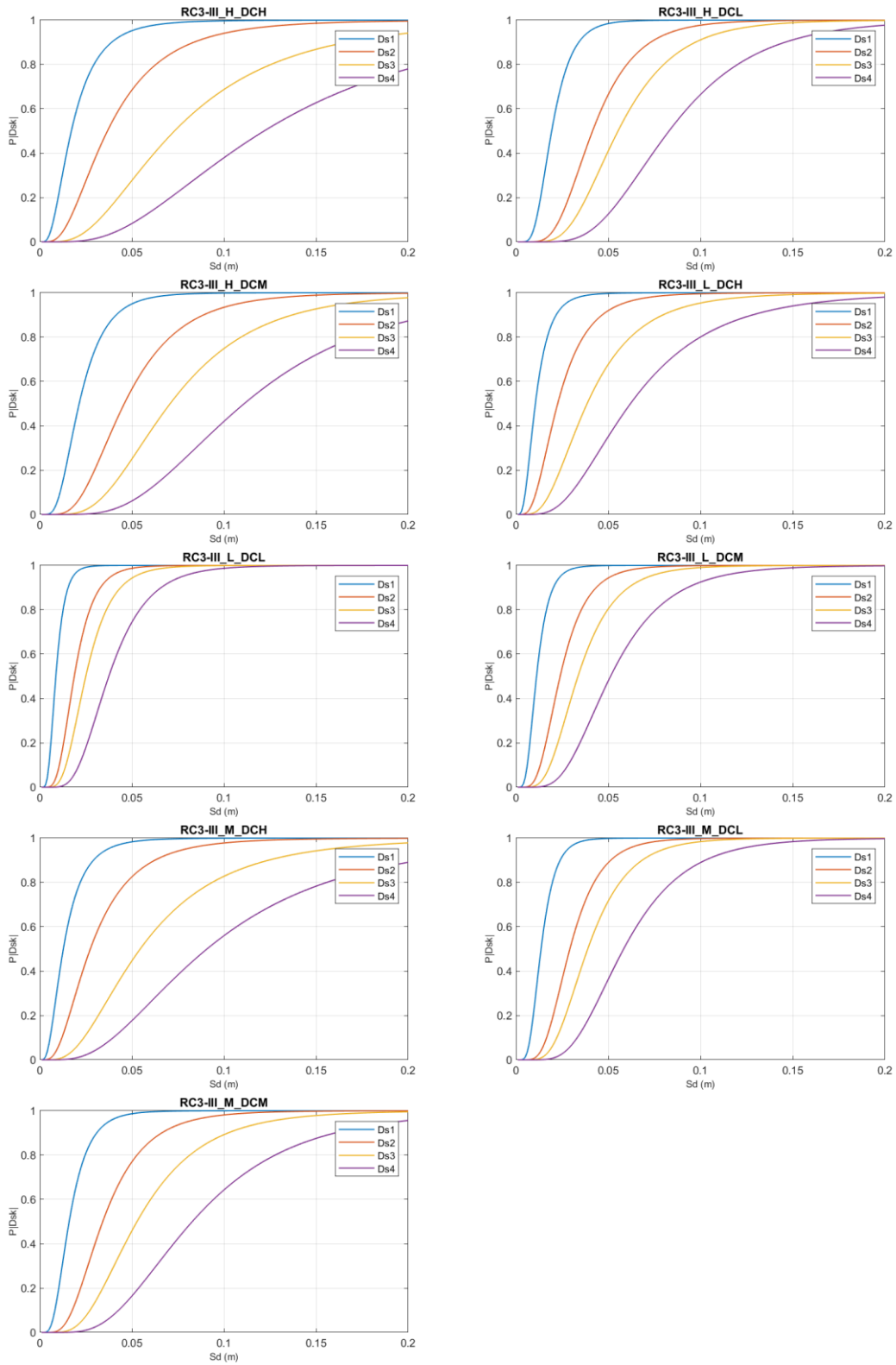
Σχήμα 7.7 Καμπύλες τρωτότητας



Σχήμα 7.8 Καμπύλες τροφότητας

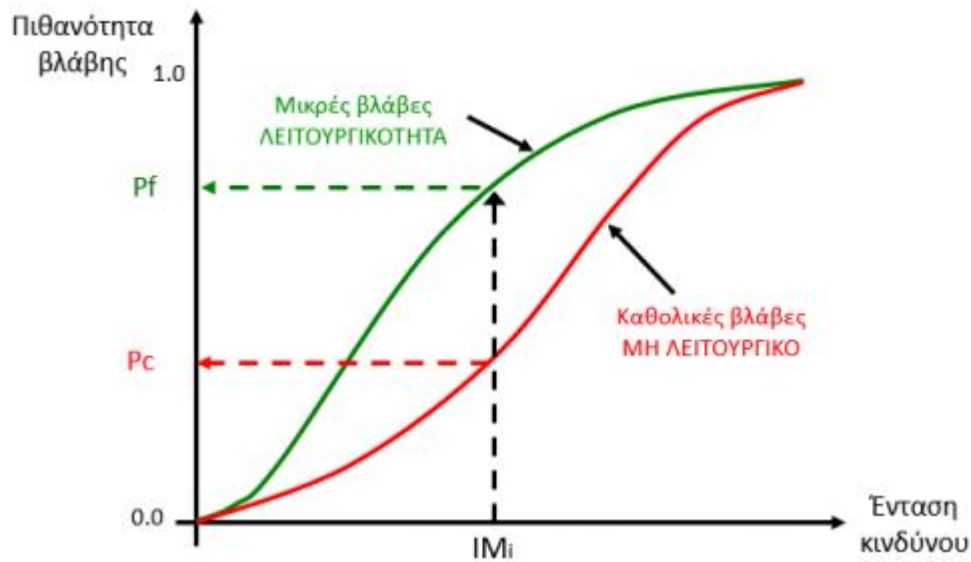


Σχήμα 7.9 Καμπύλες τροτότητας

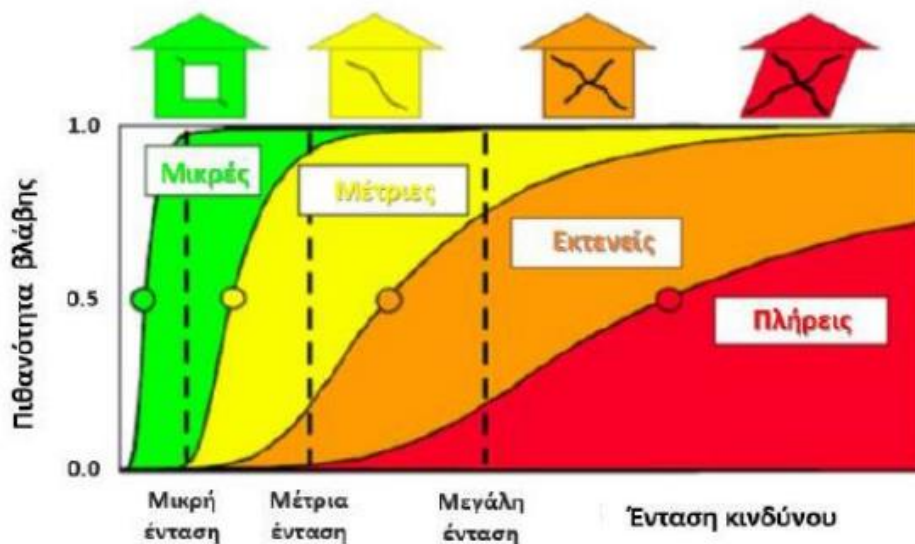


Σχήμα 7.10 Καμπύλες τρωτότητας

Ενδεικτικές εικόνες καμπύλων τρωτότητας και επίπεδα βλαβών αναγράφονται στα παρακάτω σχήματα όπως αναφέρουν οι Pitilakis et.al (2018):



Σχήμα 7.11 Ενδεικτική απεικόνιση καμπύλων τρωτότητας



Σχήμα 7.12 Ενδεικτική απεικόνιση για τα επίπεδα βλάβης

8 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

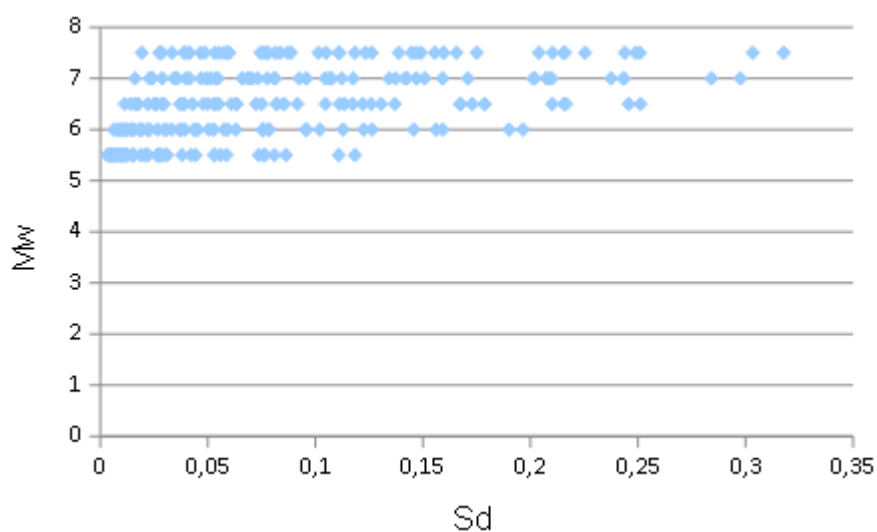
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα γίνουν συνδυασμοί από τα δεδομένα που υπάρχουν στο MATLAB2021a με σκοπό την δημιουργία διαγραμμάτων και την πιο αποτελεσματική αποτίμηση των αποτελεσμάτων. Τα διαγράμματα που προκύπτουν με τα ανάλογα δεδομένα που έχουν παρθεί από το MATLAB είναι τα εξής (S_d, M_w) (S_d, R_{jb}) (S_d, V_{s30}) (S_d, T_0) (M_w, V_{s30}) και αναγράφονται στις επόμενες σελίδες.

Δεδομένα διαγράμματος (όσων αφορά την 1^η σειρά δεδομένων / 1 field του MATLAB2021a στις μεταβλητές Building):

Πίνακας 8.1 Δεδομένα διαγράμματος για την 1^η σειρά του MATLAB2021a στις μεταβλητές Building

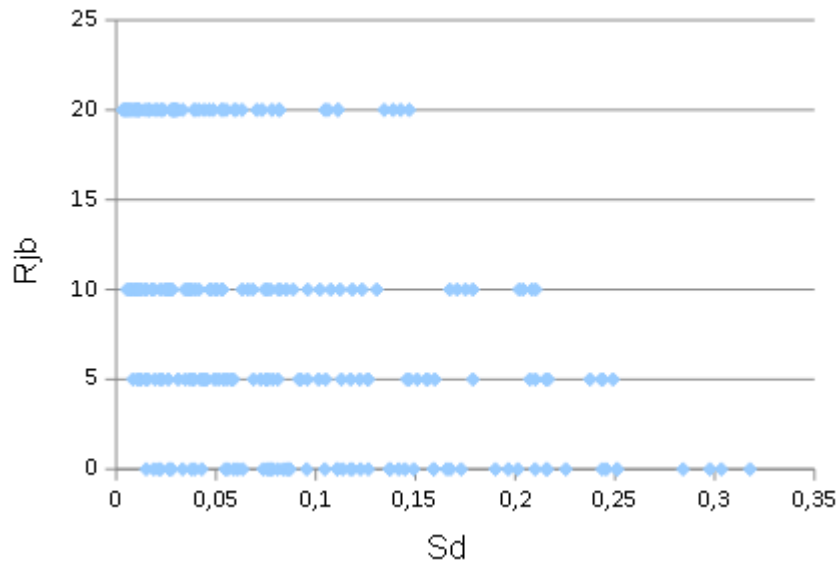
Name	Ductility class	Type	Zone	Height	V	Q	T	a_y	Ductility	d_y	d_u	S_{dk}	b
RC1-III_L_DCL	DCL	RC1	3	L	0.660	2.3	0.437	0.2270	3	0.0108	0.0324	[0.00756, 0.0162, 0.0216, 0.0324]	0,439444 9154672 44

Έτσι, έχουμε ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαγράμματος (S_d, M_w):



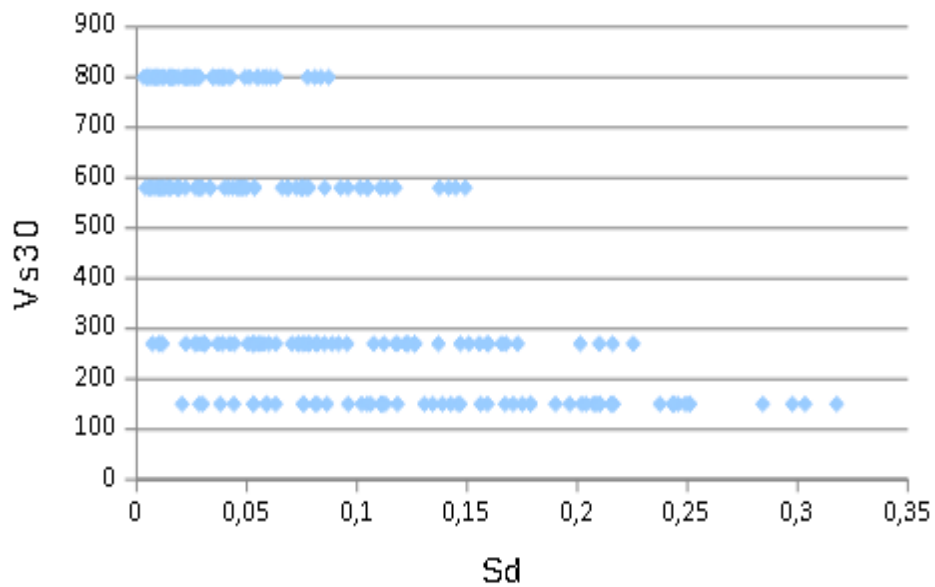
Σχήμα 8.1 Διάγραμμα (S_d, M_w)

Έτσι, έχουμε ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαγράμματος (S_d, R_{jb}):



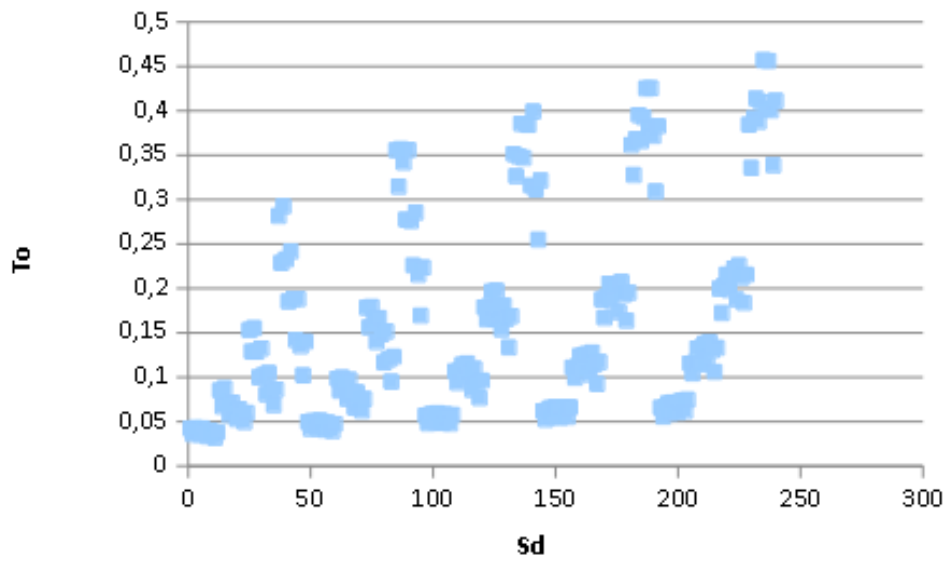
Σχήμα 8.2 Διάγραμμα (S_d, R_{jb})

Έτσι, έχουμε ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαγράμματος (S_d, V_{s30})



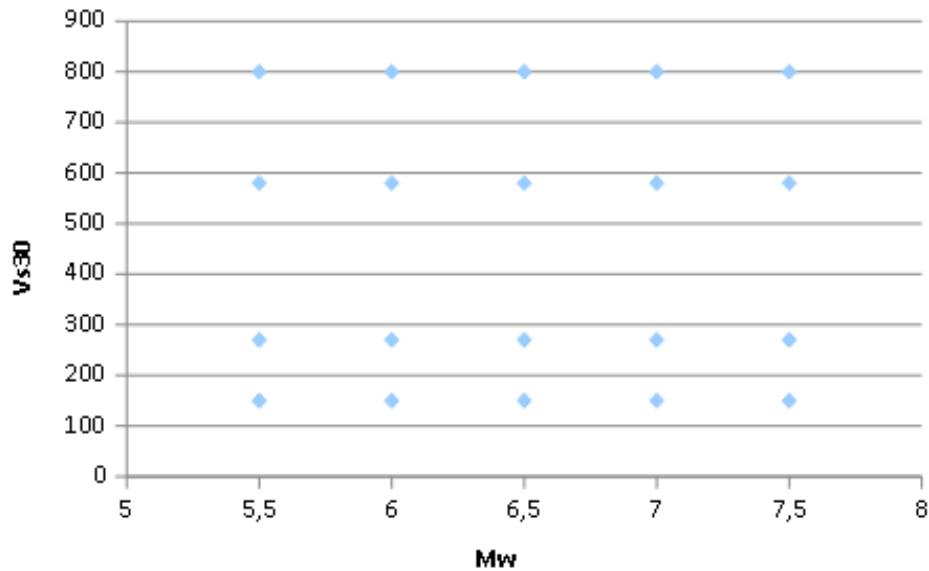
Σχήμα 8.3 Διάγραμμα (S_d, V_{s30})

Έτσι, έχουμε ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαγράμματος (S_d, T_0):



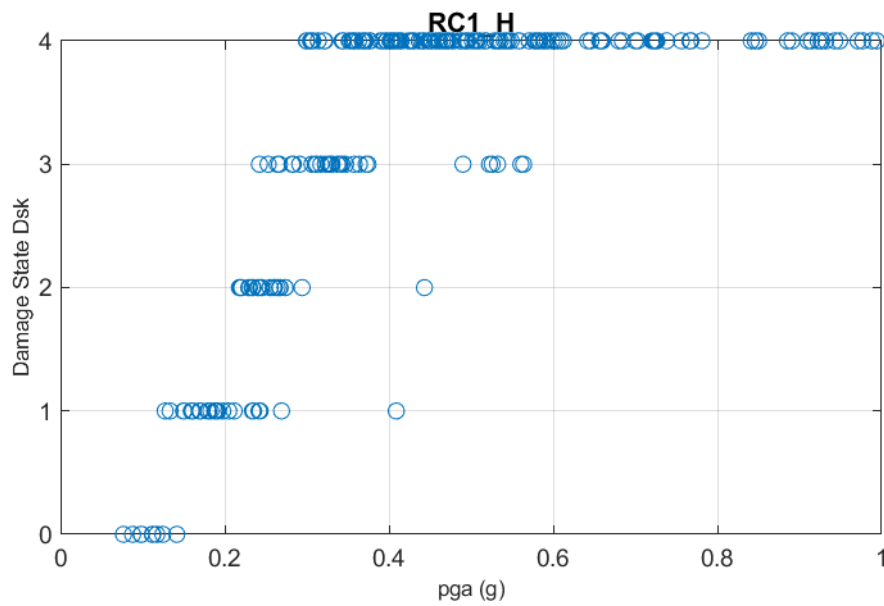
Σχήμα 8.4 Διάγραμμα (S_d, T_0)

Έτσι, έχουμε ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαγράμματος (M_w, V_{s30}):



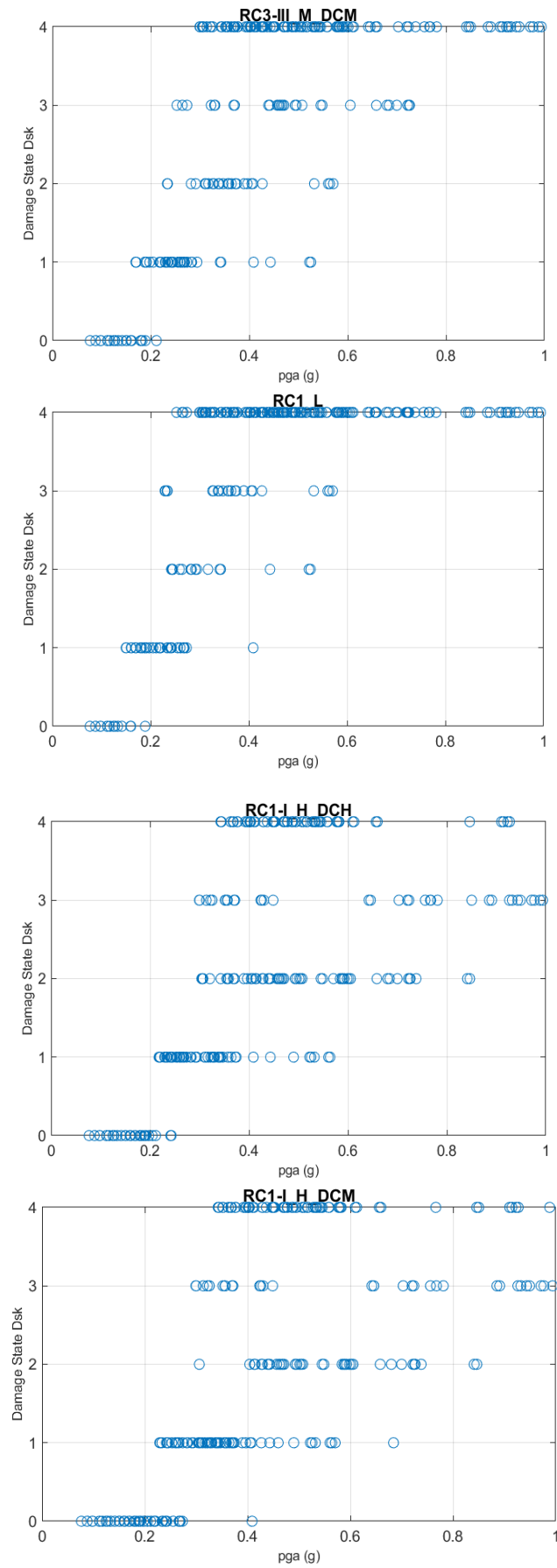
Σχήμα 8.5 Διάγραμμα (M_w, V_{s30})

Στα παρακάτω Σχήματα παρουσιάζονται τα 33 διαγράμματα από τα 90 που έχουν δημιουργηθεί για κάθε κτίριο μεταξύ της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (pga) και του αναμενόμενου επιπέδου βλαβών (D_{sk}).

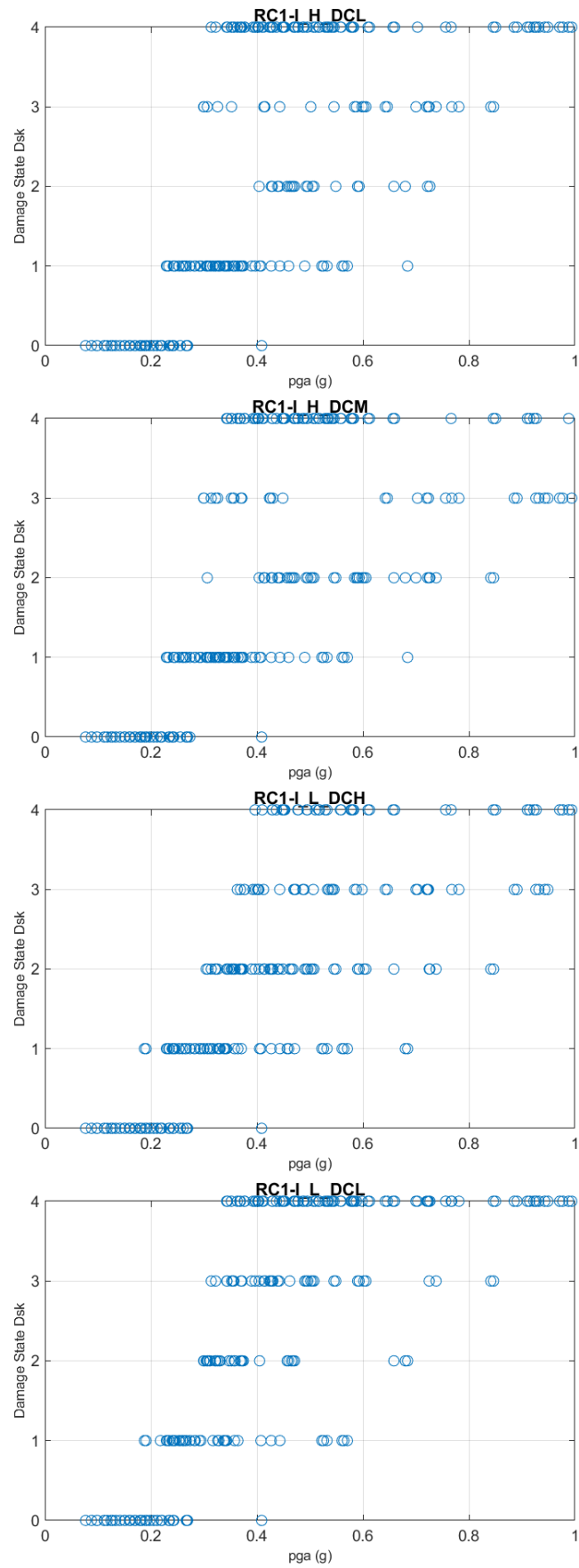


Σχήμα 8.6 Διάγραμμα (D_{sk} , pga)

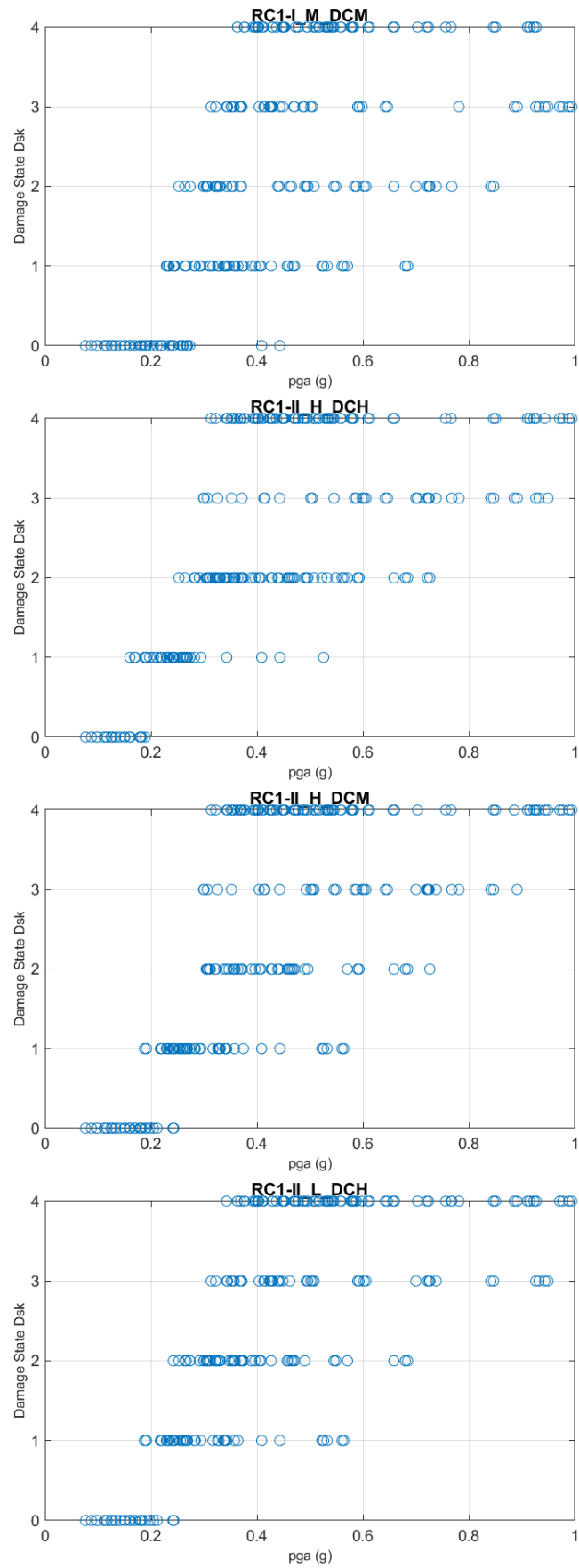
Παρατηρούμε ότι για μέγιστη εδαφική επιτάχυνση 0.35 – 0.6 (g) έχουμε αρκετές βλάβες επιπέδου 4.



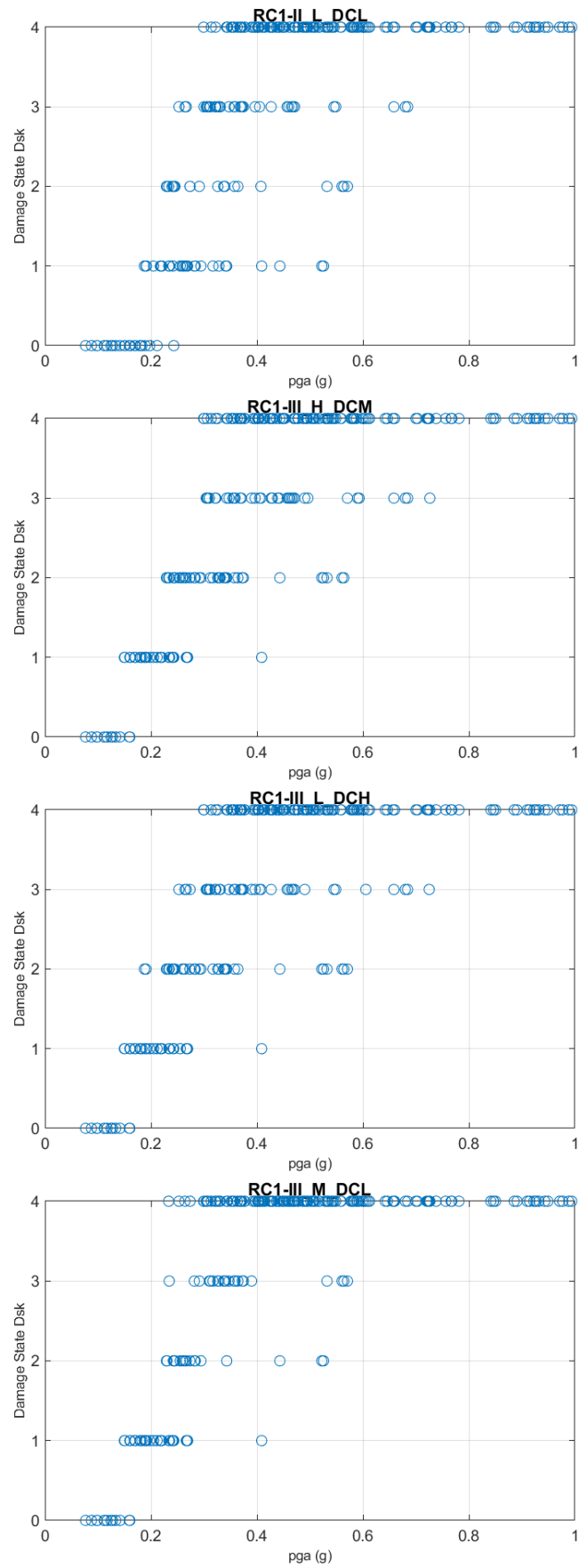
Σχήμα 8.7 Διάγραμμα (Dsk, pga)



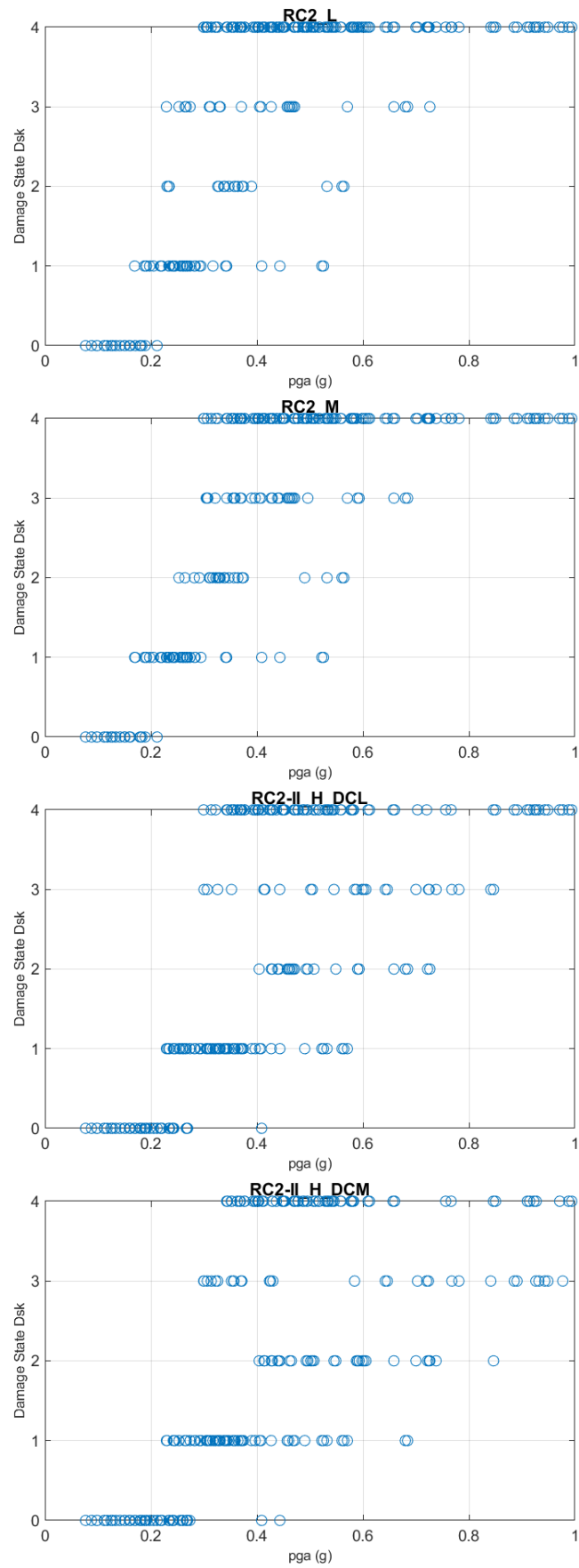
Σχήμα 8.8 Διάγραμμα (Dsk, pga)



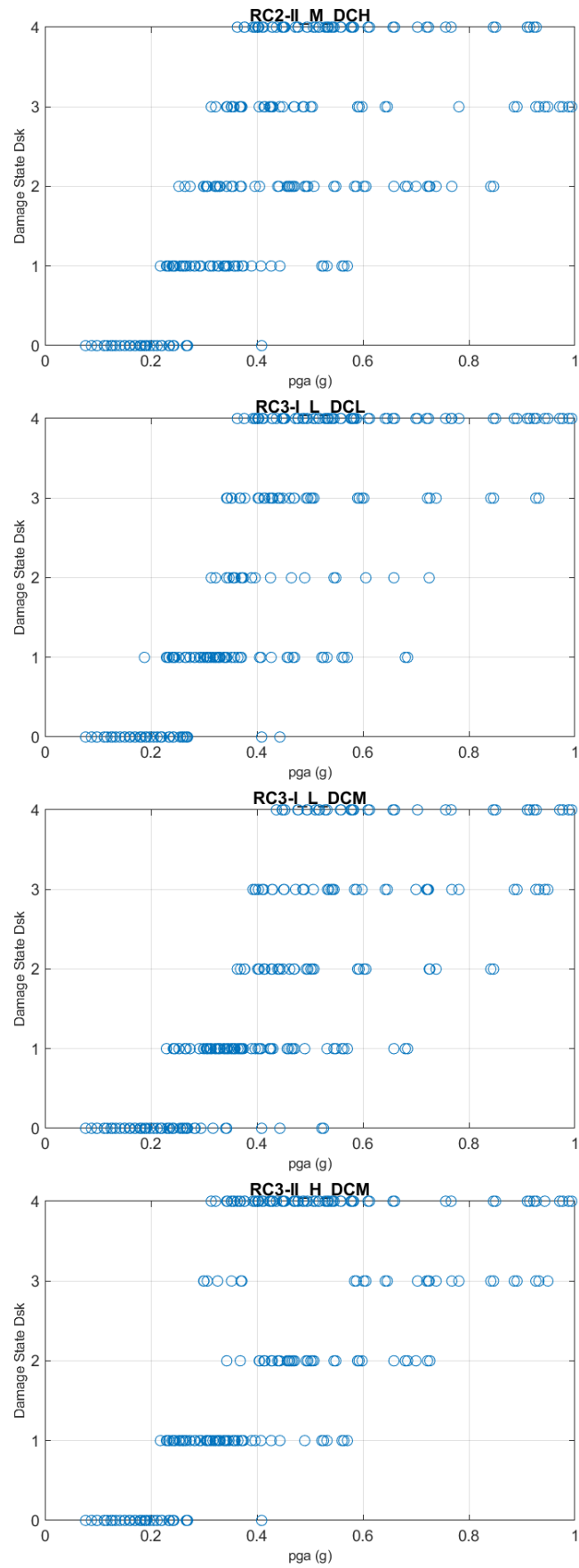
Σχήμα 8.9 Διάγραμμα (Dsk, pga)



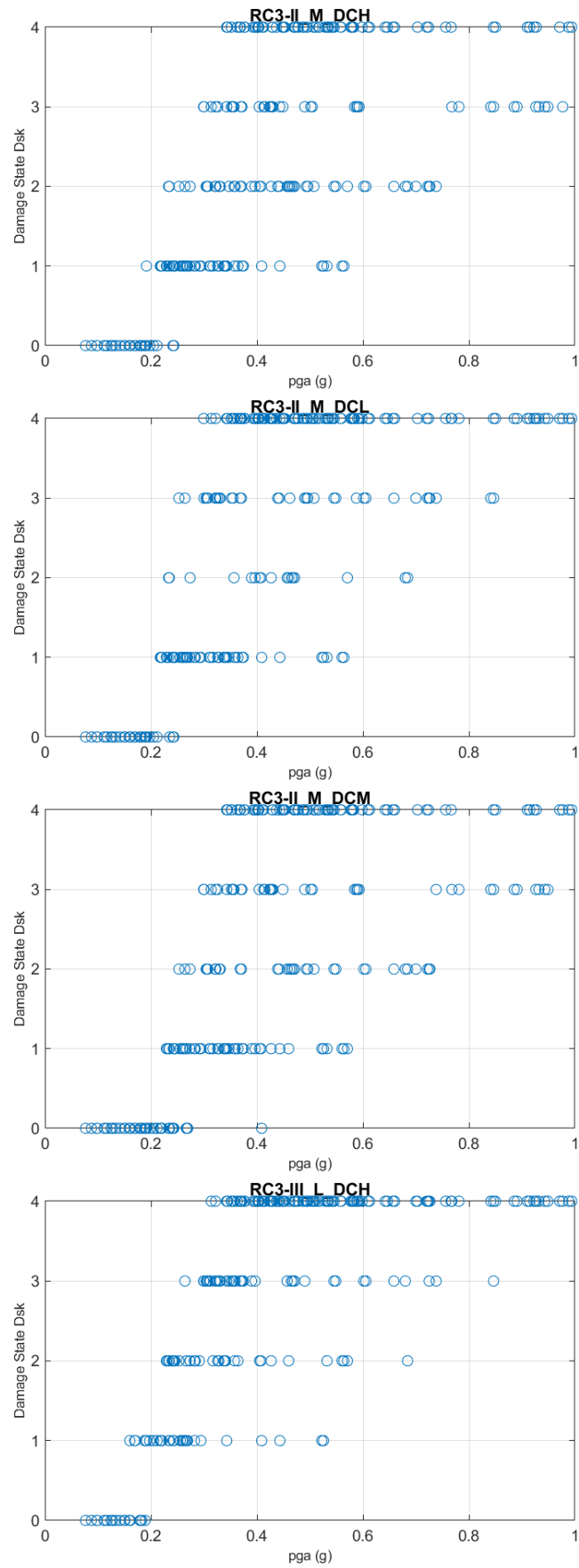
Σχήμα 8.10 Διάγραμμα (Dsk, pga)



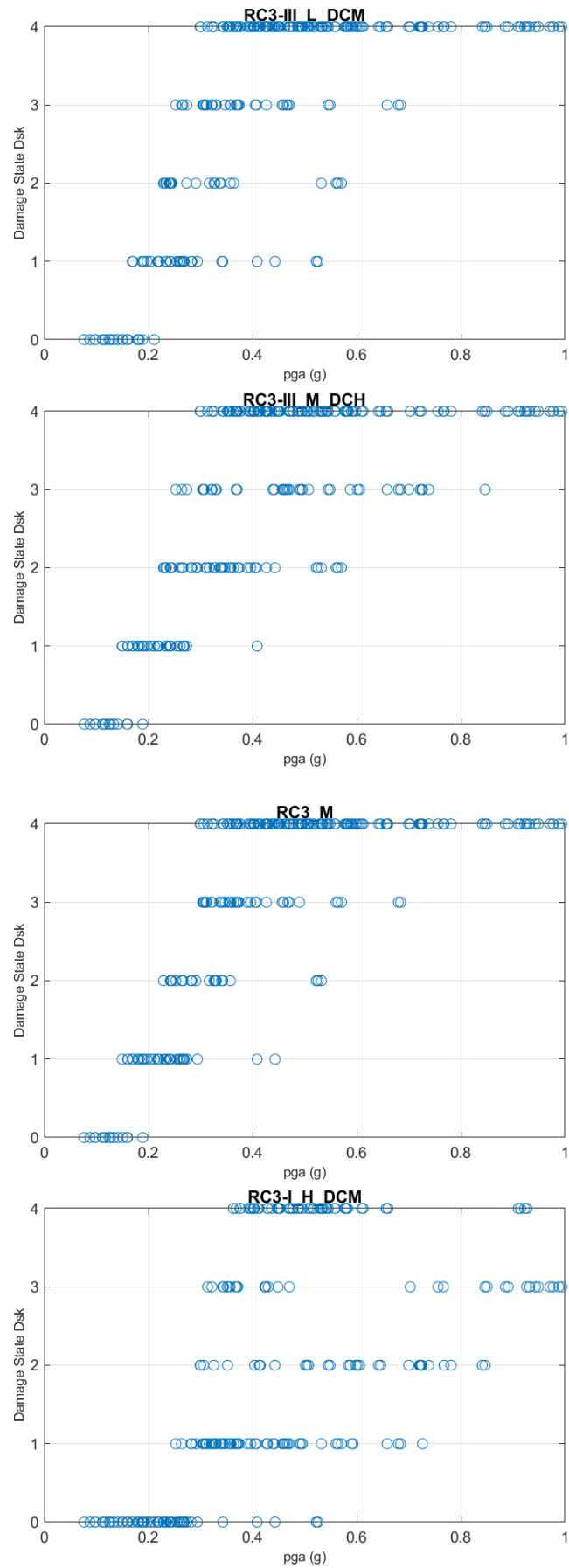
Σχήμα 8.11 Διάγραμμα (Dsk, pga)



Σχήμα 8.12 Διάγραμμα (Dsk, pga)



Σχήμα 8.13 Διάγραμμα (Dsk, pga)



Σχήμα 8.14 Διάγραμμα (Dsk, pga)

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είχε ως σκοπό την δημιουργία

- 240 ελαστικών φασμάτων απόκρισης για διάφορα σενάρια σεισμικής απαίτησης, με διάφορα επίπεδα μεγέθους σεισμού, απόστασης από το επίκεντρο, διαφορετικών εδαφικών συνθήκων κλπ. χρησιμοποιώντας τις σχέσεις NGA-WEST2 των Boore Atkinson,
- 90 καμπύλων τρωτότητας για τυπικές κατηγορίες κτιρίων ωπλισμένου σκυροδέματος, για διάφορες ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας, διάφορες κατηγορίες πλαστιμότητας και διαφορετικά ύψη κτιρίων

Για κάθε μία από τις περιπτώσεις κτιρίων υπολογίζεται η στοχευόμενη μετακίνηση για κάθε σενάριο απαίτησης (το οποίο εκφράζεται από τα 240 φάσματα απαίτησης), οπότε συνολικά για κάθε κτίριο υπολογίζονται 240 τιμές στοχευόμενης μετακίνησης μέσω τη Μηχανικής Μεθόδου, όπως προτείνεται από τους Lagomarsino και Giovinazzi (2006).

Έτσι, η ανάλυση των καμπύλων τρωτότητας θα γίνει ανάλογα με τα επίπεδα βλάβης (DS1, DS2, DS3, DS4) σε σχέση με την στοχευόμενη μετακίνηση S_d^* .

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι όσο πιο μεγάλη είναι η πλαστιμότητα ενός κτιρίου τόσο λιγότερες βλάβες επιπέδου 4 θα παρουσιάσει και ανάλογα με το ύψος του κτιρίου οι βλάβες είτε είναι λίγες είτε πολλές δηλαδή για ένα υψηλό κτίριο θα έχουμε λιγότερες βλάβες σε σχέση με ένα χαμηλό. Τέλος, παρατηρούμε ότι για μέγιστη εδαφική επιτάχυνση από 0 - 0.025 g σε κανένα κτίριο δεν αναμένονται βλάβες ακόμα και ούτε βλάβες κατηγορίας 1.

10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΕΑΚ (2000), ΦΕΚ 2184 Β/20-12-1999, Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός.
- Καλαμάρα Π. (2012) Επιρροή της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής στη σεισμική συμπεριφορά κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, Διπλωματική εργασία, ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ.
- Κωνσταντινίδης Α. (2008) ‘Αντισεισμικά κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα: Τόμος Β Στατική και σεισμική ανάλυση’ Αθήνα: ΙΔΙΩΤΙΚΗ.
- Παπαδημητρίου Α.Γ. (2010) Βελτίωση Σεισμικώς Επικινδύνων Εδαφών, Τμήμα Πολ/Μηχ - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ΣΠΜΜ – Ημερίδα Γεωτεχνικών Θεμάτων: Βόλος, 14/5/2010 available from: <https://slideplayer.gr/slide/2843149/>
- Πιτλάκης, Κ., Αργυρούδης, Σ., (2019), Σεισμική τρωτότητα και διακινδύνευση τεχνικών έργων έναντι σεισμού, Διδακτικές σημειώσεις στο μάθημα Σεισμική τρωτότητα και διακινδύνευση τεχνικών έργων έναντι σεισμού και άλλων φυσικών κινδύνων (ΑΣΤΕ.13), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Τσιλογιάννης, Κ. (2020), ‘Κατασκευαστικοί αρμοί. Διατήρηση, διαμόρφωση σε αντισεισμικούς ή κατάργηση;’ Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- ASCE (American society of civil engineers) 7-10-Ch11 SEISMIC DESIGN CRITERIA, US, pp. 57-69
- Burns Stefan and Hayashi Koichi , ‘Passive Seismic Data of the Napa Valley’ International Building Code (IBC) available from: <https://www.napaseismic.org/education/ibc-site-classifications/>
- Cees van Westen & Nanette Kingma (n.d), Guide book Session 5: Vulnerability assessment, available from:

http://drm.cenn.org/training_materials/Session%2005%20Vulnerability%20assessment.pdf pp.5-10.

- CEN (2003) Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance—part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee For Standardisation (CEN), Brussels
- Fajfar, P. (2000) A non linear analysis method for performance-based seismic design. *Earthq Spectra*, 16(3):573–591
- Freeman, S.A. (1998), The Capacity Spectrum Method. In: Proc. 11th European Conference on Earthquake Engineering, Paris
- HAZUS (1999) Earthquake loss estimation methodology—technical and user manuals, vol. 1–3. Federal Emergency Management Agency (FEMA), National Institute of Building Sciences, Washington, DC
- Lagomarsino, S. and Giovinazzi, S. (2006), ‘Macroseismic and mechanical models for the vulnerability assessment of current buildings’, *Bulletin of Earthquake Engineering*, pp. 415-443 available from: https://www.researchgate.net/publication/227298362_Macroseismic_and_mechanical_models_for_the_vulnerability_assessment_of_current_buildings
- Pacific Earthquake Engineering Research Center (2008), Next Generation Attenuation (NGA) – West, western US available from: <https://peer.berkeley.edu/nga-west>
- Pacific Earthquake Engineering Research Center (2010), Next Generation Attenuation (NGA) - West 2, western US available from: <https://peer.berkeley.edu/research/nga-west-2>