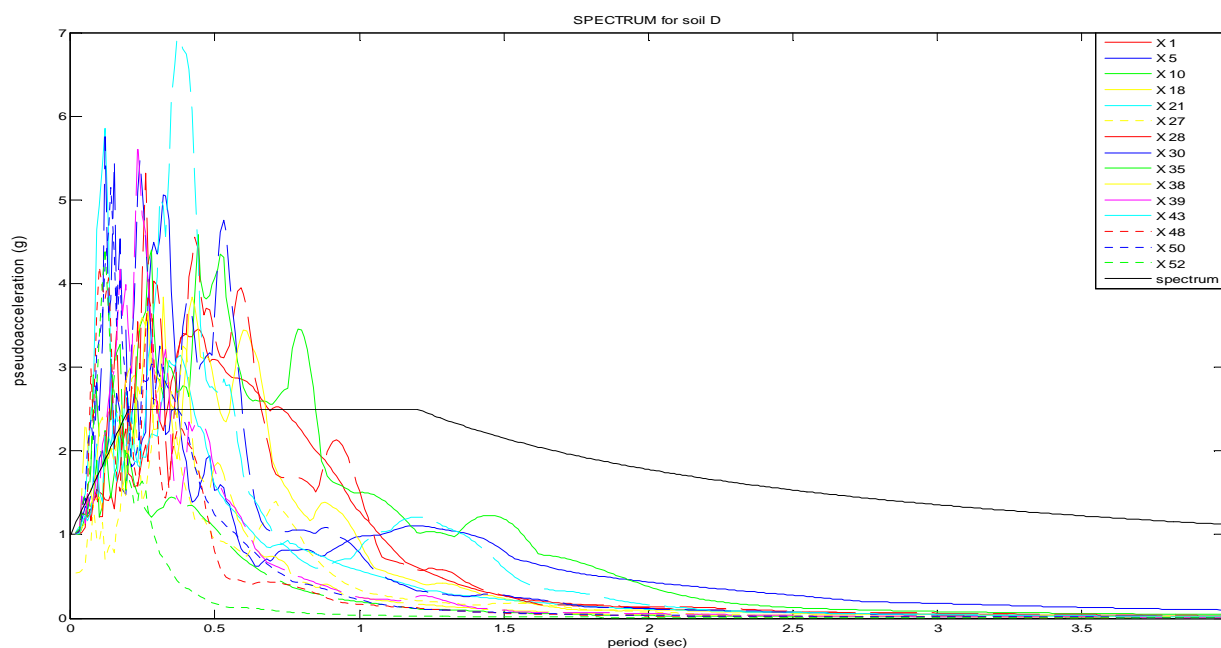




ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Η/Υ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ, ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ
ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ, ΜΕ Ή ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ, ΑΠΟ ΣΕΙΡΑ
ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΩΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΦΑΣΜΑΤΑ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ.**



ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ – ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ :

Δρ. Διονυσία-Πηνελόπη Ν. Κοντονή
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Αναπλ. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι. Πάτρας

Δρ. Ξενοφώντας Παλιός
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Εργαστ. Συνεργάτης Τ.Ε.Ι. Πάτρας

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

Ιωάννα Γιαννοπούλου Α.Μ.: 4870
Μαρία Γιαννοπούλου Α.Μ.: 4883
Άγγελος Λέρης Α.Μ.: 4791

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Έχοντας πλέον ολοκληρώσει την παρούσα Πτυχιακή Εργασία, αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τους παρακάτω, για την αξιόλογη βοήθεια που μας προσέφεραν :

Την Εισηγήτρια και Επιβλέπουσα της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας Δρ. Διονυσία – Πηνελόπη Κοντονή, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και Αν. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι. Πάτρας, για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, τη συνεχή καθοδήγησή της και την υπομονή της.

Τον Εισηγητή και Επιβλέποντα της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας Δρ. Ξενοφώντα Παλιό, Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και Εργαστ. Συνεργάτη Τ.Ε.Ι. Πάτρας, για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, τη συνεχή καθοδήγησή του και την υπομονή του.

Τον κ. Δημήτριο Μπάρο, Πολιτικό Μηχανικό Μ.Δ.Ε. και Εργαστ. Συνεργάτη Τ.Ε.Ι. Πάτρας, για την επίσης σημαντική βοήθεια του για την εκπόνηση της Πτυχιακής μας Εργασίας.

Πάτρα, Δεκέμβριος 2012

*Ιωάννα Γιαννοπούλου
Μαρία Γιαννοπούλου
Άγγελος Λέρης*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναπτύξαμε πρόγραμμα Η/Υ για την αριθμητική επίλυση της εξίσωσης κίνησης μονοβάθμιων συστημάτων με τη βοήθεια του προγράμματος *Matlab* και της γλώσσας προγραμματισμού *Fortran*. Έτσι αποκτήσαμε μια ολοκληρωμένη εικόνα ανάπτυξης αλγορίθμου και τη χρησιμότητά του στη δυναμική ανάλυση των ελαστικών μονοβάθμιων συστημάτων. Το πρόγραμμα (αλγόριθμος) που δημιουργήσαμε, παρέχει άμεσα, εύκολα και με ακρίβεια σημαντικές, αριθμητικές και γραφικές πληροφορίες για τα μεγέθη απόκρισης (μετατόπισης, ταχύτητας, επιτάχυνσης) του υπό μελέτη συστήματος.

Αυτό βέβαια προϋποθέτει τη σωστή κρίση μας, αφού ο υπολογιστής δεν μπορεί να «σκεφθεί», δεν έχει λογική, παρά μόνο εκτελεί οδηγίες που μπορούν να καταλήξουν σε σωστό ή λάθος αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό, πρέπει το πρόγραμμά Η/Υ να έχει λογική ακολουθία των εντολών, καθώς επίσης και σωστή σύνταξη.

Συνεπώς, εκτός από τις δυνατότητες που μας διαθέτει ο κώδικας που θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε παρακάτω, θα αποτελέσει και τη βάση για την ανάπτυξη μικρότερων προγραμμάτων (*υπορουτινών*), που θα μας προσφέρουν επίσης σημαντικά αποτελέσματα, ώστε να καταλήξουμε σε συγκεκριμένα συμπεράσματα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	8
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	10
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	10
2.2 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	12
2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ.....	16
3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΚΩΔΙΚΑ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ.....	16
3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΚΩΔΙΚΑ ΑΠΟ ΓΝΩΣΤΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SEISMOSIGNAL.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΤΟ MATLAB.....	20
4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	20
4.2 ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	23
4.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ.....	24
4.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (MATLAB).....	28
5.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ A.....	28
5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ B.....	32
5.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ C.....	39
5.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ D.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΤΗΝ FORTRAN.....	80
6.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	80
6.2 ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ.....	83

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
ΕΔΑΦΟΥΣ (FORTRAN).....86**

7.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ Α.....	86
7.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ Β.....	88
7.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ C.....	92
7.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ D.....	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....120

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....122

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δυσχέρεια της χειρόγραφης επίλυσης των μαθηματικών εξισώσεων που περιγράφουν τη δυναμική ανάλυση γραμμικών συστημάτων και όχι μόνο, οδήγησαν προς την κατεύθυνση της ευρείας χρήσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή και γλωσσών προγραμματισμού προσφέροντας σημαντική διευκόλυνση. Δύο από αυτές τις γλώσσες προγραμματισμού είναι το *MATLAB* και η *FORTRAN*, στα οποία βασίζεται η διεκπεραίωση της εργασίας αυτής. Η εκπόνηση της εργασίας έχει ως στόχο την δημιουργία κώδικα προγραμματισμού, χρήσιμο στην *δυναμική ανάλυση μονοβάθμιων γραμμικών συστημάτων* κάνοντας χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος καθώς και της μεθόδου *Κεντρικών διαφορών*, η οποία ανήκει στην οικογένεια *Newmark*. Περισσότερα στοιχεία θα δοθούν στο κεφάλαιο 2, ώστε να γίνει κατανοητή περαιτέρω διαδικασία.

Μέσω του αλγορίθμου, που θα παρουσιαστεί παρακάτω, θα προκύψει η κατασκευή ελαστικών φασμάτων απόκρισης μετακινήσεων, ψευδοταχυτήτων και ψευδοεπιταχύνσεων με απόσβεση από σειρά καταγεγραμμένων επιταχυνσιογραφημάτων του Ελλαδικού χώρου στην διαμήκη διεύθυνση που καταγράφηκαν μέχρι το 2000, με βάση την κατηγορία εδάφους που ανήκουν. Επιπρόσθετα, θα γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με πραγματική σεισμική καταγραφή για να εγγυηθεί η ορθότητα του προγράμματος. Τα δεδομένα της οποίας αντλήθηκαν από το εμπορικό πρόγραμμα *Seismosignal*.

1.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όπως είναι φανερό από τον τίτλο, θα αναπτύξουμε ένα πρόγραμμα με σκοπό να κατασκευάσουμε τα *φάσματα απόκρισης μετακίνησης, ταχύτητας και επιτάχυνσης με ή χωρίς απόσβεση*, τα οποία θα είναι αποτέλεσμα μιας σειράς καταγεγραμμένων επιταχυνσιογραφημάτων του Ελλαδικού χώρου.

Σε πρώτη φάση λοιπόν θα δώσουμε ένα θεωρητικό υπόβαθρο, ώστε να είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε τα όσα θα ακολουθήσουν. Συγκεκριμένα, θα δώσουμε τον ορισμό του *μονοβάθμιου συστήματος* και θα αναλύσουμε την *μέθοδο των Κεντρικών Διαφορών*, στην οποία και θα στηριχτούμε για να βγάλουμε τα συμπεράσματα που μας ενδιαφέρουν.

Έπειτα, θα γίνει *έλεγχος ορθότητας του προγράμματος*, ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του κώδικα. Αυτό θα επιτευχθεί χρησιμοποιώντας το *εμπορικό πρόγραμμα seismosignal*, καθώς και *πραγματική σεισμική καταγραφή*.

Επιπρόσθετα, θα γίνει η *παρουσίαση του αλγορίθμου*, η οποία θα συνοδεύεται με *τμηματική επεξήγηση*, ώστε να γίνονται κατανοητά όλα τα βήματα-εντολές του προγράμματος. Θα αναφέρουμε τους σεισμούς στους οποίους στηριχτήκαμε για να αντλήσουμε τα δεδομένα μας, ώστε να δημιουργήσουμε τα *φάσματα μετακίνησης, ψευδοταχύτητας και ψευδοεπιτάχυνσης*. Με την βοήθεια των αναλυτικών τύπων θα κατασκευάσουμε επίσης και το τυποποιημένο φάσμα *ψευδοεπιτάχυνσης*. Χρησιμοποιώντας κάποια υπορουτίνα θα συγκεντρώσουμε τα παραπάνω φάσματα στο ίδιο διάγραμμα και έτσι με ευκολία θα καταλήξουμε στα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο μονοβάθμιος ταλαντωτής αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο στην δυναμική των κατασκευών και ο λόγος είναι ότι προσφέρεται ως μία σχεδόν τέλεια εξιδανίκευση των απλών κατασκευών. Απλές καλούμε τις κατασκευές που μπορούν να προσομοιωθούν με μία συγκεντρωμένη ή συσσωρευμένη μάζα m , η οποία στηρίζεται σε μία αβαρή κατασκευή με δυσκαμψία k στην οριζόντια διεύθυνση. Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει την πλευρική μετατόπιση $u(t)$ αυτών των εξιδανικευμένων κατασκευών χωρίς εξωτερική διέγερση-επιβαλλόμενη φόρτιση ή εδαφική κίνηση είναι :

$$m\ddot{u}(t) + ku(t) = 0 \quad (2.1.1)$$

Η λύση αυτής της εξίσωσης προκύπτει,

$$u(t) = u(0)\cos\omega_n t + (\dot{u}(0)/\omega_n)\sin\omega_n t \quad (2.1.2), \text{ με } \omega_n = \sqrt{k/m}$$

και $u(0)$, $\dot{u}(0)$ η μετατόπιση και η ταχύτητα αντίστοιχα, τη χρονική στιγμή μηδέν, η οποία ορίζεται ως η στιγμή έναρξης της ελεύθερης ταλάντωσης του συστήματος όταν απομακρύνεται από τη θέση στατικής ισορροπίας του.

Από την επιλυμένη διαφορική εξίσωση, υποδεικνύεται ότι αν η μάζα του εξιδανικευμένου συστήματος μετατοπισθεί με αρχική μετατόπιση $u(0)$ και στην συνέχεια ελευθερωθεί και αφεθεί να ταλαντωθεί ελεύθερα, η κατασκευή θα πάλλεται εκατέρωθεν της αρχικής θέσης ισορροπίας της. Οι ταλαντώσεις όμως αυτές στην πραγματικότητα δε θα συνεχίζονται για πάντα και το εύρος τους θα μειώνεται σταθερά εξαιτίας ενός συνόλου μηχανισμών που ονομάζονται *απόσβεση*. Στην απόσβεση, η κινητική ενέργεια και η ενέργεια παραμόρφωσης του ταλαντούμενου συστήματος καταναλώνεται από διάφορους μηχανισμούς. Το συνηθέστερο χρησιμοποιούμενο εξιδανικευμένο στοιχείο απόσβεσης στις πραγματικές κατασκευές είναι ο *γραμμικός ιζώδης αποσβεστήρας* και αυτό διότι η αντίστοιχη εξίσωση κίνησης είναι γραμμική και επομένως μπορεί να επιλυθεί αναλυτικά.

Ο συντελεστής απόσβεσης c , επιλέγεται έτσι ώστε η ενέργεια ταλάντωσης που καταναλώνει ένα μονοβάθμιο σύστημα, να είναι ισοδύναμη με την ενέργεια που καταναλώνεται από όλους τους μηχανισμούς απόσβεσης, οι οποίοι συνδυάζονται μεταξύ τους στην πραγματική κατασκευή. Αυτή η εξιδανίκευση ονομάζεται *ισοδύναμη ιζώδης απόσβεση*. Ο ισοδύναμος ιζώδης αποσβεστήρας κατέχει το ρόλο της προσομοίωσης της απώλειας ενέργειας για εύρη παραμορφώσεων εντός του γραμμικού ελαστικού ορίου της κατασκευής.

Πέρα από αυτό το εύρος παραμορφώσεων, ο συντελεστής απόσβεσης μπορεί να μεταβάλλεται με το εύρος της παραμόρφωσης. Για αυτό επιλέγουμε μια τιμή για το συντελεστή απόσβεσης κατάλληλη για το αναμενόμενο εύρος παραμόρφωσης, η οποία λαμβάνεται συνήθως ως η παραμόρφωση που συνδέεται με το γραμμικό ελαστικό όριο της κατασκευής. Συνεπώς, η εξίσωση που περιγράφει την πλευρική μετατόπιση των εξιδανικευμένων κατασκευών χωρίς εξωτερική διέγερση-επιβαλλόμενη φόρτιση ή εδαφική κίνηση γράφεται πληρέστερα :

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = 0$$
$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0 \quad (2.1.3)$$

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το σύστημα που αποτελείται από μια μάζα m συγκεντρωμένη, μια αβαρή κατασκευή με δυσκαμψία k και απόσβεση που καταναλώνει την ενέργεια ταλάντωσης του συστήματος, μπορεί να θεωρηθεί ως εξιδανίκευση ενός μονοβάθμιου συστήματος. Στο εξιδανικευμένο σύστημα ωστόσο, κάθε μια από αυτές τις ιδιότητες συγκεντρώνονται σε τρία ξεχωριστά καθαρά επιμέρους στοιχεία : στοιχείο μάζας, στοιχείο δυσκαμψίας και στοιχείο απόσβεσης.

Ο αριθμός των ανεξάρτητων μετατοπίσεων που απαιτείται για να καθορισθούν οι μετατοπισμένες θέσεις όλων των μαζών σε σχέση με την αρχική τους θέση, καλείται αριθμός των βαθμών ελευθερίας για τη δυναμική ανάλυση. Οι βαθμοί ελευθερίας που είναι απαραίτητοι ώστε να προκύψουν οι ιδιότητες που αφορούν στην δυσκαμψία μιας κατασκευής, είναι τυπικά περισσότεροι σε σχέση με αυτούς που είναι απαραίτητοι για να καθορισθούν οι αδρανειακές ιδιότητες. Στο εξεταζόμενο σύστημα η κατασκευή έχει μόνο ένα βαθμό ελευθερίας (πλευρική μετατόπιση) για την δυναμική ανάλυση, εφόσον προσομοιώνεται με μια συγκεντρωμένη μάζα σε ένα σημείο. Αυτό το σύστημα ονομάζεται σύστημα ενός βαθμού ελευθερίας (μονοβάθμιο).

2.2 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω, η εξίσωση κίνησης ενός μονοβάθμιου συστήματος χωρίς εξωτερική, δίνεται από τη σχέση :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0$$

και για επιβαλλόμενη φόρτιση ή εδαφική κίνηση είναι :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t) \text{ ή } -m\ddot{u}_g \quad (2.2.1)$$

Τα συστήματα όμως διακρίνονται σε *γραμμικά* και *μη γραμμικά*. Η διαφορά τους έγκειται στη δυσκαμψία του συστήματος k , όπου στα μιν γραμμικά διατηρεί μια σταθερή τιμή ενώ στα μη γραμμικά μπορεί να μεταβάλλεται. Επομένως, η αναλυτική επίλυση της εξίσωσης κίνησης ενός μονοβάθμιου συστήματος δεν είναι συνήθως εφικτή αν η διέγερση μεταβάλλεται αυθαίρετα με το χρόνο ή αν το σύστημα είναι μη γραμμικό.

Τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν να αντιμετωπισθούν με αριθμητικές βηματικές μεθόδους χρονικής ολοκλήρωσης διαφορικών εξισώσεων. Οι πιο εύχρηστες μέθοδοι και διαδεδομένες λόγω της απλότητάς τους στη δυναμική ανάλυση μονοβάθμιων συστημάτων είναι οι μέθοδοι οι οποίες δε χρειάζονται επιμέρους υποβήματα για να επιτευχθεί η σύγκλιση, αλλά αντιθέτως αυτή επιτυγχάνεται σε ένα μόνο βήμα. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος κεντρικών διαφορών η οποία ανήκει στην οικογένεια Newmark.

2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ

Η βάση της μεθόδου αυτής έγκειται σε μια προσέγγιση πεπερασμένων διαφορών των παραγώγων της μετατόπισης ως προς το χρόνο, δηλαδή της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Θεωρώντας σταθερά χρονικά διαστήματα $\Delta t_i = \Delta t$, οι εκφράσεις πεπερασμένων διαφορών για την ταχύτητα και την επιτάχυνση τη χρονική στιγμή i , είναι οι ακόλουθες :

$$\dot{u}_i = \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta t}$$

$$\ddot{u}_i = \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta t^2}$$

Με αντικατάσταση των παραπάνω δύο σχέσεων στην εξίσωση κίνησης (2.1.3) προκύπτει :

$$m \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta t^2} + c \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta t} + k u_i = \rho_i \quad (2.3.1)$$

$$\leftrightarrow \hat{k} u_{i+1} = \hat{\rho}_i$$

Όπου τα u_i, u_{i-1} θεωρούνται γνωστά από την εφαρμογή της διαδικασίας για τα προηγούμενα χρονικά βήματα και :

$$\hat{k} = \frac{m}{\Delta t^2} + \frac{c}{2\Delta t}$$

$$\hat{\rho}_i = \rho_i - \left[\frac{m}{\Delta t^2} - \frac{c}{2\Delta t} \right] u_{i-1} - \left[k - \frac{2m}{\Delta t^2} \right] u_i$$

Συνεπώς η απόκριση τη χρονική στιγμή $(i+1)$ δίνεται από τη σχέση :

$$u_{i+1} = \frac{\hat{\rho}_i}{\hat{k}}$$

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι οι γνωστές μετατοπίσεις u_i και u_{i-1} , χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της u_{i+1} . Δηλαδή, για τον υπολογισμό της u_1 απαιτούνται οι u_0, u_{-1} . Συνοπτικά, η επιμέρους διαδικασία που ακολουθείται για την εφαρμογή της μεθόδου των κεντρικών διαφορών παρουσιάζεται παρακάτω :

A) Αρχικοί Υπολογισμοί

$$A.1 \quad \ddot{u}_0 = \frac{\rho_0 - c \dot{u}_0 - k u_0}{m}$$

$$A.2 \quad u_{-1} = u_0 - \Delta t \dot{u}_0 + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{u}_0$$

$$A.3 \quad k = \frac{m}{\Delta t^2} + \frac{c}{2\Delta t}$$

$$A.4 \quad a = \frac{m}{\Delta t^2} - \frac{c}{2\Delta t}$$

$$A.5 \quad b = k - \frac{2m}{\Delta t^2}$$

B) Υπολογισμοί για το χρονικό βήμα i

$$B.1 \quad \hat{\rho}_i = \rho_i - a u_{i-1} - b u_i$$

$$B.2 \quad u_{i+1} = \frac{\hat{\rho}_i}{k}$$

B.3 Αν απαιτείται :

$$\dot{u}_i = \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta t} \quad \text{και} \quad \ddot{u}_i = \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta t^2}$$

Γ) Επανάληψη για το επόμενο χρονικό βήμα. Αντικατάσταση του i με $i+1$ και επανάληψη της ανωτέρω διαδικασίας

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Αποτελεί κομβικό σημείο για την ορθή εφαρμογή της μεθόδου, η επιλογή χρονικού βήματος μικρού εύρους έτσι ώστε να μην αποκλίνουν τα αποτελέσματα με την παρουσία αριθμητικών σφαλμάτων στρογγυλοποίησης. Η ειδική απαίτηση για ευστάθεια λοιπόν είναι :

$$\frac{\Delta t}{T_n} < \frac{1}{\pi}$$

Στα μονοβάθμια συστήματα, όπως είναι και το εξεταζόμενο, η απαίτηση αυτή δεν αποτελεί περιορισμό, καθώς το επιλεγόμενο χρονικό βήμα είναι πολύ μικρό, συγκεκριμένα $\frac{\Delta t}{T_n} \leq 0.1$, για απόδοση ακριβών αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

Για να γίνει έλεγχος ορθότητας του κώδικα που δημιουργήσαμε, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από α) *πραγματική σεισμική καταγραφή* καθώς επίσης β) από το γνωστό εμπορικό πρόγραμμα *seismosignal*.

3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΚΩΔΙΚΑ ΑΠΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ

α) χρησιμοποιήθηκε επιταχυνσιογράφημα που έχει καταγραφεί στη Βοσνία και είναι κατάλληλα τροποποιημένο ώστε να είναι συμβατό με το φάσμα σχεδιασμού του Ευρωκώδικα 8 για έδαφος τύπου Β. Για αυτό «τρέξαμε» το παρακάτω πρόγραμμα με τα δεδομένα αυτά και κατασκευάσαμε το φάσμα.

Πρόγραμμα H/Y acc

```
close all;
clear all;
%fortwsi epitaxynsiografimatos
load ('acc.txt');
%vima epitaxynsiografimatos
dt=0.01;

%prwti timi idioperiodou
T_start=0.01;
m=100;
p=-m*acc(:,2);

for j=1:400;
T(j,1)=T_start*j;
k(j,1)=4*3.14^2*m/T(j,1)^2;
%aposvesi
c(j,1)=500*2*(m*k(j,1))^0.5;
%arxikes synthikes
t(1,1)=0;
x(1,1)=0;
v(1,1)=0;
a(1,1)=(p(1,1)-c(j,1)*v(1,1)-k(j,1)*x(1,1))/m;
%ypologismos toy x minus 1
```

```

xminus(1,1)=x(1,1)-dt*v(1,1)+dt^2/2*a(1,1);
%ypologismos k cap
K=m/dt^2+c(j,1)/2*dt;
%ypologismos A, B
A=m/dt^2-c(j,1)/2*dt;
B=k(j,1)-2*m/dt^2;
P(1,1)=p(1,1)-A*xminus(1,1)-B*x(1,1);
x(2,1)=P(1,1)/K;
v(1,1)=(x(2,1)-xminus(1,1))/2*dt;
a(1,1)=(x(2,1)-2*x(1,1)+xminus(1,1))/dt^2;
for i=2:1500;
    P(i,1)=p(i,1)-A*x(i-1,1)-B*x(i,1);
    x(i+1,1)=P(i,1)/K;
    v(i,1)=(x(i+1,1)-x(i-1,1))/2*dt;
    a(i,1)=(x(i+1,1)-2*x(i,1)+x(i-1,1))/dt^2;
    t(i,1)=t(i-1,1)+dt;
end
% for i=1503:2000;
%   p(i,1)=0;
%   x(i,1)=0;
%   v(i,1)=0;
%   a(i,1)=0;
% end
results(j,1)=(T(j,1));
results(j,2)=max(abs(x));
results(j,3)=max(abs(v));
results(j,4)=max(abs(a));
results(j,5)=results(j,2)*k(j,1)/m; %pseudoacceleration cm/s/s
results(j,6)=results(j,5); %pseudoacceleration g
results(j,7)=results(j,5)*T(j,1)/2*3.1415; %pseudovelocity
results(j,8)=results(j,7)*T(j,1)/2*3.1415; %displacement

end

save ('Xacc','results');
plot(results(:,1),results(:,6));
% Create xlabel
xlabel('T (sec)');

% Create ylabel
ylabel('Pseudoacceleration (g)');

% Create title

```

```
title('graph');
```

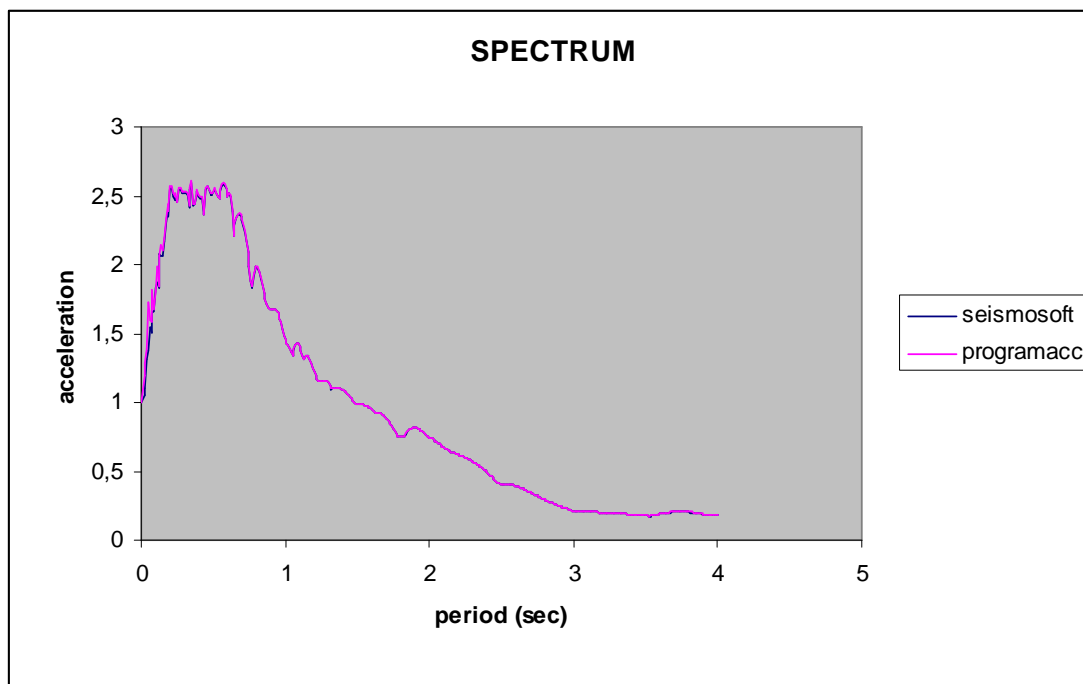
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Σημείωση : Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε είναι ο αντίστοιχος με αυτόν του Κεφαλαίου 4 με μικρές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές του επιταχυνσιογραφήματος είναι ήδη κανονικοποιημένες και το χρονικό βήμα του είναι $dt=0.01$ sec.

3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΚΩΔΙΚΑ ΑΠΟ ΓΝΩΣΤΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ SEISMOSIGNAL

β) Το seismosignal αποτελεί ένα εύκολο και αποτελεσματικό τρόπο για την επεξεργασία ισχυρής κίνησης δεδομένων (σεισμός) και διαθέτει ένα φιλικό περιβάλλον εργασίας προς το χρήστη – σεισμολόγο – μηχανικό σεισμών. Χρησιμοποιείται συχνά στον σχεδιασμό αντισεισμικών κατασκευών και είναι σε θέση να διαβάσει επιταχυνσιογραφήματα που ορίζονται σε απλές και πολλαπλές μορφές τιμών ανά γραμμή (single – multiple – values per line formats), οι οποίες αποτελούν τις δύο πιο δημοφιλείς μορφές που χρησιμοποιούνται από βάσεις δεδομένων ισχυρής κίνησης. Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιήσαμε το έτοιμο φάσμα επιτάχυνσης που μας δίνει το πρόγραμμα seismosignal για να το συγκρίνουμε με το φάσμα που κατασκευάσαμε εμείς με την χρήση του Matlab.

Παρακάτω δίνεται το διάγραμμα που μας δίνει ταυτόχρονα τα φάσματα επιτάχυνσης από την πραγματική σεισμική καταγραφή και από το πρόγραμμα seismosignal.



ΣΧΗΜΑ 1

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα δύο φάσματα δεν ταυτίζονται, αλλά υπάρχει μια ελάχιστη απόκλιση. Αυτή η απόκλιση οφείλεται στους συντελεστές β και γ του προγράμματος seismosignal, οι οποίοι διαφέρουν αριθμητικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΤΟ *MATLAB*

Ο αλγόριθμος που θα παρουσιασθεί παρακάτω έχει ως στόχο την εύρεση των μεγίστων τιμών των παραμέτρων της μετακίνησης, ταχύτητας και επιτάχυνσης. Επίσης, με το «τρέξιμο» του προγράμματος έχουμε τη δημιουργία των ελαστικών φασμάτων των μετακινήσεων, ψευδοταχυτήτων και ψευδοεπιταχύνσεων. Οι ψευδοταχύτητες υπολογίζονται με βάση το φάσμα των μετακινήσεων πολλαπλασιάζοντάς το με $\omega_n = 2\pi/T_n$, οι ψευδοεπιταχύνσεις με βάση το φάσμα των μετακινήσεων πολλαπλασιάζοντάς με ω_n^2 . Η εστίαση όμως θα γίνει στο φάσμα των ψευδοεπιταχύνσεων εφόσον, μόνο γι αυτό υπάρχουν αναλυτικοί τύποι για τη δημιουργία του.

4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

```
1. close all;
2. clear all;
3. %fortwsi epitaxynsiografimatos kai kanonikopoihsh
4. load ('6.txt');
5. X6(:,2)=X6(:,2)/263.514;
6. %DEDOMENA
7. %vima epitaxynsiografimatos
8. dt=0.005;

9. %prwti timi idioperiodou
10. T_start=0.01;
11. m=100;
12. p=-m*X6(:,2);

13. for j=1:400;
14. T(j,1)=T_start*j;
15. k(j,1)=4*3.14^2*m/T(j,1)^2;
16. %aposvesi
17. c(j,1)=500*2*(m*k(j,1))^0.5;
18. %arxikes synthikes
19. t(1,1)=0;
20. x(1,1)=0;
21. v(1,1)=0;
```

```

22. a(1,1)=(p(1,1)-c(j,1)*v(1,1)-k(j,1)*x(1,1))/m;
23. %ARXIKOI YPOLOGISMOI
24. %ypologismos toy x minus 1
25. xminus(1,1)=x(1,1)-dt*v(1,1)+dt^2/2*a(1,1);
26. %ypologismos k cap
27. K=m/dt^2+c(j,1)/2*dt;
28. %ypologismos A, B
29. A=m/dt^2-c(j,1)/2*dt;
30. B=k(j,1)-2*m/dt^2;
31. P(1,1)=p(1,1)-A*xminus(1,1)-B*x(1,1);
32. x(2,1)=P(1,1)/K;
33. v(1,1)=(x(2,1)-xminus(1,1))/2*dt;
34. a(1,1)=(x(2,1)-2*x(1,1)+xminus(1,1))/dt^2;
35. %YPOLOGISMOI GIA TO XRONIKO BHMA i , i+1, ....
36. for i=2:1500;
37. P(i,1)=p(i,1)-A*x(i-1,1)-B*x(i,1);
38. x(i+1,1)=P(i,1)/K;
39. v(i,1)=(x(i+1,1)-x(i-1,1))/2*dt;
40. a(i,1)=(x(i+1,1)-2*x(i,1)+x(i-1,1))/dt^2;
41. t(i,1)=t(i-1,1)+dt;
42. end
43. %APOTELESMATA
44. results(j,1)=(T(j,1));
45. results(j,2)=max(abs(x));
46. results(j,3)=max(abs(v));
47. results(j,4)=max(abs(a));
48. %pseudoacceleration
49. results(j,5)=results(j,2)*k(j,1)/m;
50. %pseudoacceleration g
51. results(j,6)=results(j,5);
52. %pseudovelocitv
53. results(j,7)=results(j,5)*T(j,1)/2*3.1415;
54. %displacement
55. results(j,8)=results(j,7)*T(j,1)/2*3.1415;

56. end
57. %DIMIOYRGIA FASMATWN
58. save ('X6,a','results');
59. plot(results(:,1),results(:,6));
60. % Create xlabel
61. xlabel('T (sec)');

62. % Create ylabel

```

```
63. ylabel('Pseudoacceleration (g)');
```

```
64. % Create title
```

```
65. title('graph');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

4.2 ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

- *Γραμμές 1-2*
Κλείσιμο και καθάρισμα προηγούμενων διαδικασιών.
- *Γραμμές 3-5*
Φόρτωση του κάθε επιταχυνσιογραφήματος και κανονικοποίηση ως προς 1g
- *Γραμμές 6-12*
Δίνουμε τα δεδομένα που χρειάζονται για τους υπολογισμούς του προγράμματος. Συγκεκριμένα, δίνουμε :
 - i) το χρονικό βήμα dt που ισούται με 0.005sec
 - ii) την τιμή της πρώτης περιόδου T_{start} που ισούται με 0.01sec
 - iii) την συγκεντρωμένη μάζα m του μονοβάθμιου συστήματος που ισούται με 100tn
 - iv) την εξωτερική διέγερση p (σε kN) που μεταβάλλεται ανάλογα με το χρόνο
- *Γραμμές 13-22*
Δημιουργία των διανυσμάτων για τις τετρακόσιες τιμές (4sec/0.01sec) περιόδων T (εδώ γίνεται και η αύξηση της περιόδου κατά $dt=0.01sec$), δυσκαμψιών k και συντελεστών απόσβεσης c . Επίσης, δίνονται οι αρχικές τιμές για το χρόνο $t(1,1)$, την μετατόπιση $x(1,1)$, την ταχύτητα $v(1,1)$ και την επιτάχυνση $a(1,1)$.
- *Γραμμές 23-34*
Σε αυτό το σημείο γίνονται οι αρχικοί υπολογισμοί των εξής παραμέτρων x_{minus} , $x(2,1)$, K , A , B , P , που θα χρειαστούν παρακάτω, δηλαδή εντός του loop, όπου θα έχουμε αύξηση του βήματος.
- *Γραμμές 35-42*
Μέσα σε αυτό το loop βρίσκουμε για κάθε περίοδο T , όλες τις τιμές της μετατόπισης-ταχύτητας-επιτάχυνσης καθώς αυξάνεται ο χρόνος με $dt=0.005sec$
- *Γραμμές 43-56*
Γίνεται η αποθήκευση των αποτελεσμάτων σε ένα πίνακα διαστάσεων (400x8). Την πρώτη στήλη την αποτελεί η περίοδος T . Την δεύτερη, Τρίτη και την τέταρτη την αποτελεί η μέγιστη τιμή της μετακίνησης, ταχύτητα και επιτάχυνσης αντίστοιχα. Στην πέμπτη αποθηκεύονται οι τιμές της ψευδοεπιτάχυνσης, στην έβδομη της ψευδοταχύτητας και τέλος στην όγδοη της μετακίνησης.
- *Γραμμές 57-65*
Στο τελευταίο τμήμα του προγράμματος δίνετε το όνομα και ο τύπος του εδάφους για το επιταχυνσιογράφημα που τρέξαμε. Επίσης δημιουργούνται τα φάσματα (διαγράμματα) για τις μετακινήσεις, ψευδοταχύτητες και ψευδοεπιταχύνσεις με κατάλληλη μορφοποίηση των διαγραμμάτων.

4.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή με την βοήθεια του αλγορίθμου θα κατασκευάσουμε ελαστικά φάσματα, τα οποία προκύπτουν από μια σειρά 53 επιταχυνσιογραφημάτων. Αυτά είναι αποτελέσματα πραγματικών καταγραφών από σεισμούς του Ελλαδικού χώρου μέχρι το 2000. Μελετούνται στην διαμήκη διεύθυνση, έχουν επιτάχυνση εδάφους $\ddot{u}_{max} \geq 1\text{m/sec}^2$, απόσβεση $\zeta = 5\%$ και κατατάσσονται ανάλογα με τον τύπο εδάφους (A, B, C, D).

Όλες οι καταγραφές που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των φασμάτων για τους διάφορους τύπους εδαφών, λόγω του ότι είχαν διαφορετική μέγιστη τιμή, κανονικοποιήθηκαν στο 1g.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία των 53 προαναφερθέντων σεισμών :

ORDER	DATE	STATION	DURATION(sec)	SOIL CLASS
X1	4/11/1973	LEFKADA	26.53	D
X2	15/6/1995	AIGIO	29.79	C
X3	15/9/1986	KALAMATA	21.04	C
X4	7/9/1999	ATHENS	46.00	C
X5	24/2/1981	XYLOKASTRO	36.97	D
X6	14/12/1986	KARPENISI	12.90	A
X7	7/9/1999	ATHENS	39.07	C
X8	24/3/1983	ARGOSTOLI	22.27	C
X9	15/9/1986	KALAMATA	22.27	C
X10	24/2/1981	KORINTHOS	40.69	D
X11	13/9/1986	KALAMATA	30.02	C
X12	23/1/1992	ARGOSTOLI	20.70	C
X13	13/9/1986	KALAMATA	25.97	C
X14	13/5/1995	KOZANI	29.38	B
X15	19/5/1995	KARPERO	23.09	C
X16	23/3/1983	ARGOSTOLI	31.45	C
X17	17/1/1983	ARGOSTOLI	40.91	C
X18	25/2/1994	LEFKADA	26.94	D
X19	25/10/1984	PELEKANADA	22.43	C
X20	14/7/1993	PATRA	30.64	C
X21	26/3/1993	PYRGOS	25.12	D
X22	15/9/1986	KALAMATA	22.21	C
X23	15/5/1995	CROMIO	19.35	C
X24	7/9/1999	ATHENS	30.00	C
X25	14/7/1993	PATRA	33.84	C
X26	4/5/1995	POLYGYROS	35.05	B

X27	20/6/1978	THESSALONIKH	30.40	D
X28	25/2/1994	LEFKADA	29.10	D
X29	10/3/1981	PREVEZA	18.31	C
X30	16/10/1988	ZAKYNTHOS	42.64	D
X31	26/8/1983	IERISSOS	22.00	C
X32	11/6/1995	KENTRO	24.93	B
X33	4/6/1993	VASSILIKI	17.15	C
X34	15/6/1995	AMFISA	25.42	C
X35	11/8/1996	PYRGOS	19.32	D
X36	11/6/1995	KARPERO	28.62	C
X37	7/9/1999	ATHENS	27.35	C
X38	24/4/1988	LEFKADA	14.30	D
X39	27/5/1981	LEFKADA	16.01	D
X40	17/5/1995	CHROMIO	19.83	C
X41	17/5/1990	AIGIO	16.10	C
X43	25/2/1981	KORINTHOS	28.67	D
X44	13/10/1997	KORONI	48.61	C
X45	14/7/1993	PATRA	36.70	C
X46	22/1/1988	NAVPAKTOS	12.75	B
X47	7/9/1999	ATHENS	28.50	C
X48	26/3/1993	PYRGOS	22.22	D
X49	24/2/1993	SPARTI	14.79	C
X50	26/3/1993	AMALIADA	23.71	D
X51	4/7/1996	LIXOURI	19.85	C
X52	13/8/1985	AMALIADA	13.85	D
X53	21/12/1990	EDESSA	28.70	C

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Σημείωση Στα επόμενα οι ανωτέρω σεισμοί θα αναφέρονται σε συντομία κατά αύξοντα αριθμό (δηλ. X1 έως X53 αντίστοιχα).

Έχοντας τρέξει τον κώδικα για τα 53 διαφορετικά επιταχυνσιογραφήματα, χωρισμένα πλέον ανά τύπο εδάφους, παράγουμε τα φάσματα για τις ψευδοεπιταχύνσεις, τις ψευδοταχύτητες, και τις ψευδομετατοπίσεις.

Συμπεραίνουμε ότι όλα τα φάσματα ανά κατηγορία έχουν την ίδια μορφή. Αύτη η μορφή μπορεί να ληφθεί και από αναλυτικούς τύπους, οι οποίοι όμως υπάρχουν μόνο για τις ψευδοεπιταχύνσεις. Γι αυτό έγινε προγραμματισμός των τύπων αυτών μέσω του Excel, ώστε να μπορέσουμε να δούμε συγκεντρωτικά τα φάσματα αυτά μαζί.

4.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω για την κατασκευή των φασμάτων της ψευδοεπιτάχυνσης υπάρχουν και αναλυτικοί τύποι, οι οποίοι θα παρουσιασθούν παρακάτω :

- Για τιμές περιόδου $0 \leq T \leq T_1$ έχουμε :

$$\Phi_d(T) = \gamma_i A \left[1 + \frac{T}{T_1} \left(\frac{n \theta \beta_0}{q} - 1 \right) \right] \quad (6.1)$$

- Για τιμές περιόδου $T_1 < T \leq T_2$ έχουμε :

$$\Phi_d(T) = \gamma_i A \frac{n \theta \beta_0}{q} \quad (6.2)$$

- Για τιμές περιόδου $T_2 < T$ έχουμε :

$$\Phi_d(T) = \gamma_i A \frac{n \theta \beta_0}{q} \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \quad (6.3)$$

Οι χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος είναι οι παρακάτω :

a/a	A	B	C	D
T_1	0,10	0,15	0,20	0,20
T_2	0,40	0,60	0,80	1,20

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Δίνονται επίσης και οι συντελεστές :

- Διορθωτικός συντελεστής απόσβεσης n

$$n = \sqrt{\frac{7}{2+\zeta}} = 1 \text{ για απόσβεση } \zeta=5\%$$

- Συντελεστής επιρροής θεμελίωσης θ

$$\theta = 1$$

- Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης β_0

$$\beta_0 = 2,5$$

- Συντελεστής συμπεριφοράς κατασκευής q

$$q = 1$$

- Συντελεστής σπουδαιότητας γ_I

$$\gamma_I = 1$$

- Συντελεστής σεισμικότητας για ζώνη I

$$a_1 = 0,12$$

- Συντελεστής σεισμικότητας για ζώνη II

$$a_2 = 0,24$$

- Συντελεστής σεισμικότητας για ζώνη III

$$a_3 = 0,36$$

- Επιτάχυνση βαρύτητας g

$$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$$

Σημείωση : Στους τύπους του Φ_d , ο όρος A ισούται με $\alpha \cdot g$.

Παραδοχή : Δεν λαμβάνουμε υπόψη μας την ζώνη σεισμικότητας και θεωρούμε ότι ισούται με 1. Επίσης λόγω κανονικοποίησης το g γίνεται και, το A σε όλους τους τύπους ισούται με 1.

Αφού λοιπόν προγραμματίσουμε μέσω του Excel τους παραπάνω τύπους μπορούμε να πάρουμε τα τέσσερα φάσματα της ψευδοεπιτάχυνσης για τις τέσσερις κατηγορίες εδάφους (A, B, C, D) όπως φαίνονται παρακάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (MATLAB)

5.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ Α

Κατά τον ΕΑΚ του 2000/2003, στην κατηγορία εδάφους Α ανήκουν τα εδάφη που αποτελούνται από βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμούς εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση. Επίσης σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα εδάφη που αποτελούνται από στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ίλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. καθώς και από στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ..

Παρακάτω αναφέρονται οι σεισμοί, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν σε έδαφος κατηγορίας Α :

DATE	STATION	DURATION(sec)	SOIL CLASS	ORDER
14/12/1986	KARPENISI	12.90	A	X6

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

- Για την ψευδοεπιτάχυνση ισχύει:

Έχοντας λάβει το φάσμα της ψευδοεπιτάχυνσης από το κυρίως πρόγραμμα και με την βοήθεια της παρακάτω υπορουτίνας μπορούμε να έχουμε στο ίδιο διάγραμμα και το φάσμα το οποίο προκύπτει από τους αναλυτικούς τύπους.

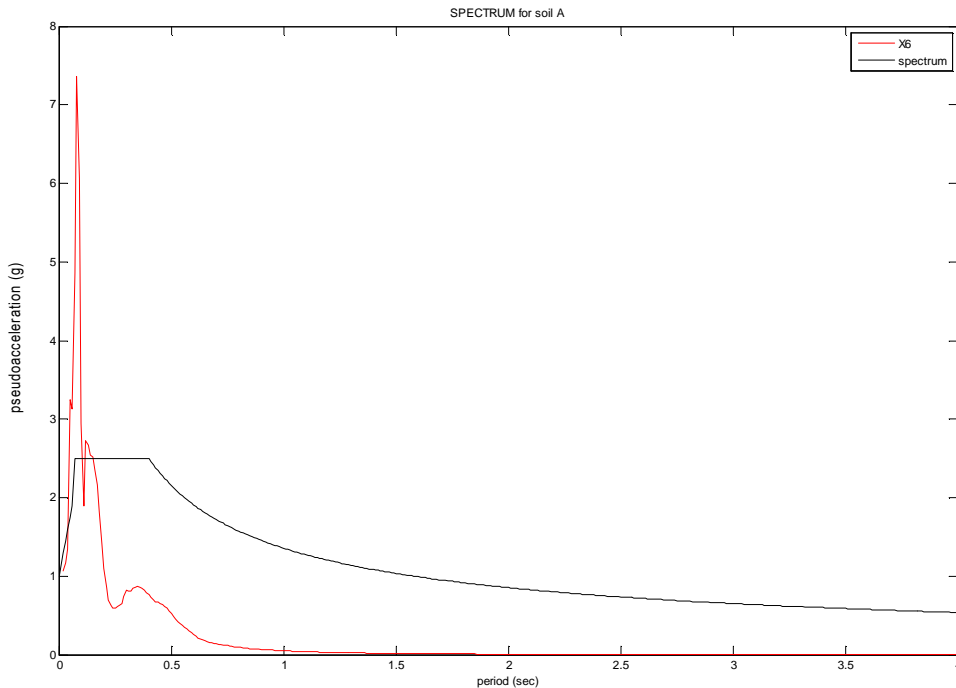
Υπορουτίνα

```
close all;  
clear all;  
load('spectrum_soil_A.txt');  
X6=load('X6,A.mat');  
plot(X6.results(:,1),X6.results(:,5),'color','r')  
  
hold on;  
  
plot(spectrum_soil_A(:,1),spectrum_soil_A(:,2),  
'color','k');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Το διάγραμμα που προκύπτει είναι το εξής:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X6
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους A



- Για την ψευδοταχύτητα ισχύει:

Όπως έχουμε αναφέρει αναλυτικοί τύποι για το φάσμα ψευδοταχυτήτων δεν υπάρχει, οπότε η παρακάτω υπορουτίνα μας παρέχει το φάσμα της ψευδοταχύτητας μόνο.

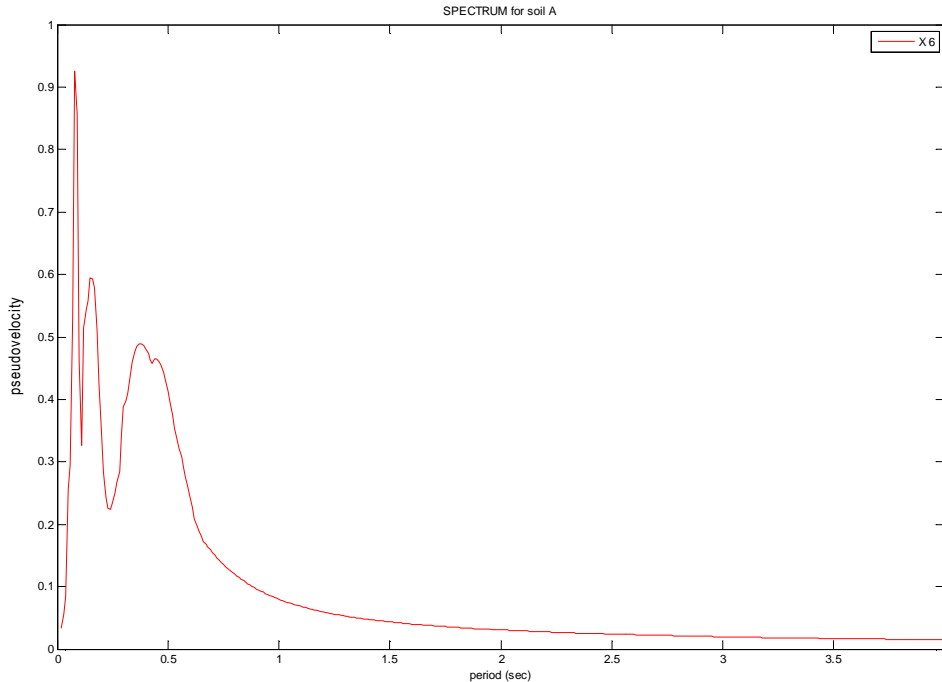
Υπορουτίνα

```
close all;  
clear all;  
X6=load('X6,A.mat');  
plot(X6.results(:,1),X6.results(:,7),'color','r');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Το διάγραμμα που προκύπτει είναι το εξής:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2: Ψευδοταχύτητας – Περιόδου για κατηγορία A



- Για την μετατόπιση ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα μετατόπισης είναι η παρακάτω.

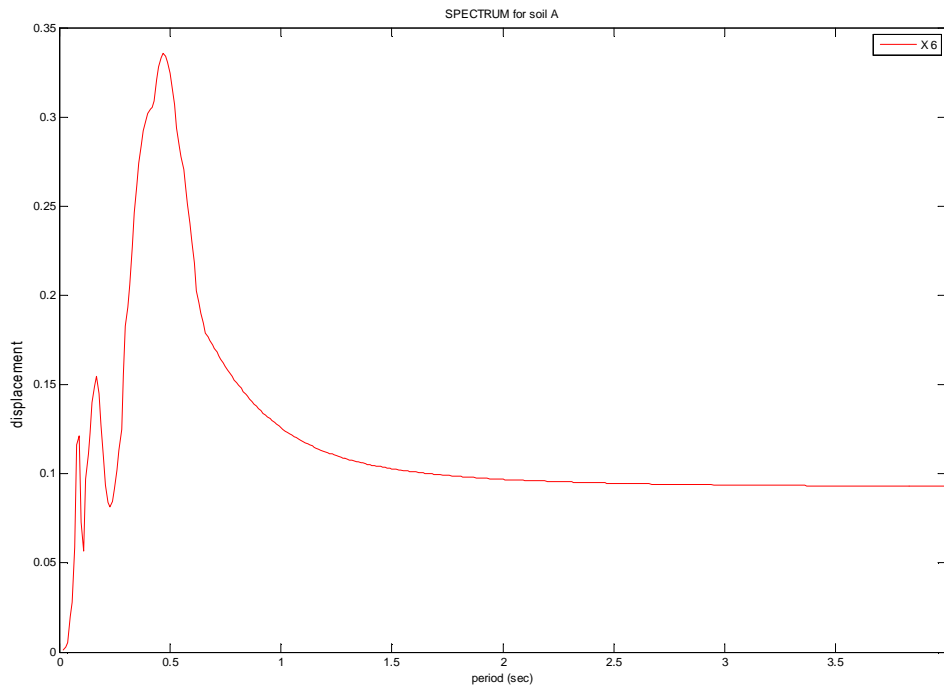
Υπορουτίνα

```
close all;  
clear all;  
X6=load('X6,A.mat');  
plot(X6.results(:,1),X6.results(:,8),'color','r');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Το διάγραμμα που προκύπτει είναι το εξής:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3: Μετακίνησης – Περιόδου για κατηγορία A



Σημείωση : Οι υπορουτίνες που χρησιμοποιούνται για τις υπόλοιπες κατηγορίες εδαφών (B,C,D) είναι ίδιας μορφής με της κατηγορίας A, που προηγήθηκε, με την διαφορά ότι υπάρχει διαφορετικό πλήθος φασμάτων ανά κατηγορία.

5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ Β

Κατά τον ΕΑΚ του 2000, στην κατηγορία εδάφους Β ανήκουν τα εδάφη, τα οποία είναι εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή τα εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Επίσης σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα εδάφη που αποτελούνται από στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ., καθώς και από στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ..

Παρακάτω αναφέρονται οι σεισμοί, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν σε έδαφος κατηγορίας Β :

DATE	STATION	DURATION(sec)	SOIL CLASS	ORDER
13/5/1995	KOZANI	29.38	B	X14
4/5/1995	POLYGYROS	35.05	B	X26
11/6/1995	KENTRO	24.93	B	X32
22/1/1988	NAVPAKTOS	12.75	B	X46

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

- Για τις ψευδοεπιταχύνσεις ισχύει:

Έχοντας λάβει το φάσμα της ψευδοεπιτάχυνσης από το κυρίως πρόγραμμα και με την βοήθεια της παρακάτω υπορουτίνας μπορούμε να έχουμε στο ίδιο διάγραμμα και το φάσμα το οποίο προκύπτει από τους αναλυτικούς τύπους – φάσμα σχεδιασμού. Αυτό γίνεται αλλάζοντας κάθε φορά τον αριθμό (π.χ εδώ το νούμερο 14) που συμβολίζει τον αντίστοιχο σεισμό, δίνοντάς μας την δυνατότητα να μελετάμε μεμονωμένα τους σεισμούς.

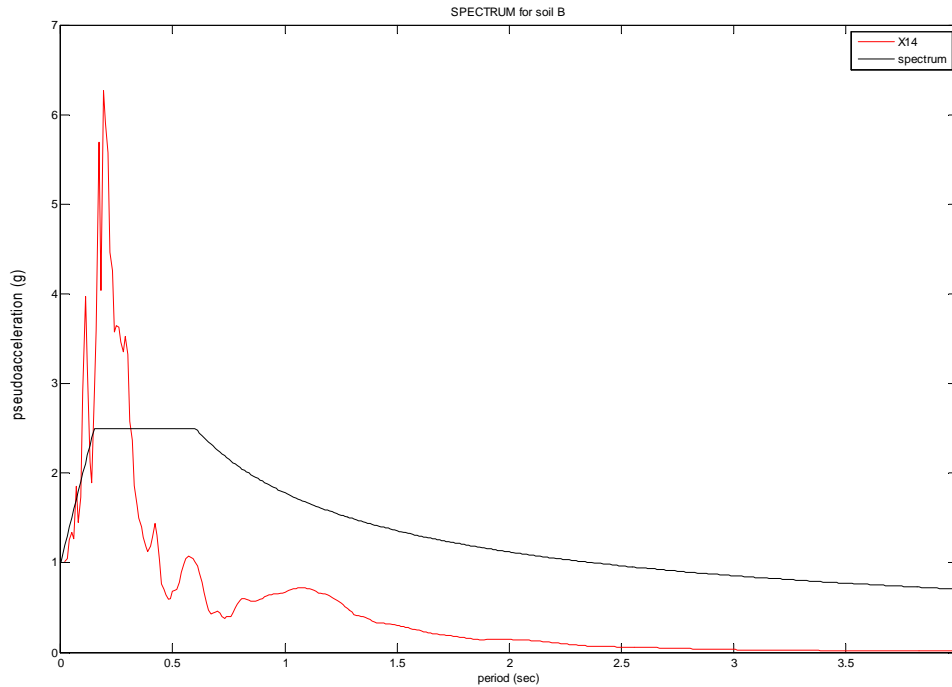
Υπορουτίνα

```
close ALL;
clear ALL;
load('spectrum_soil_B.txt');
X14=load('X14,B.mat');
plot(X14.results(:,1),X14.results(:,5),'color','red');
hold on;
plot(spectrum_soil_B(:,1),spectrum_soil_B(:,2),'color','k');
```

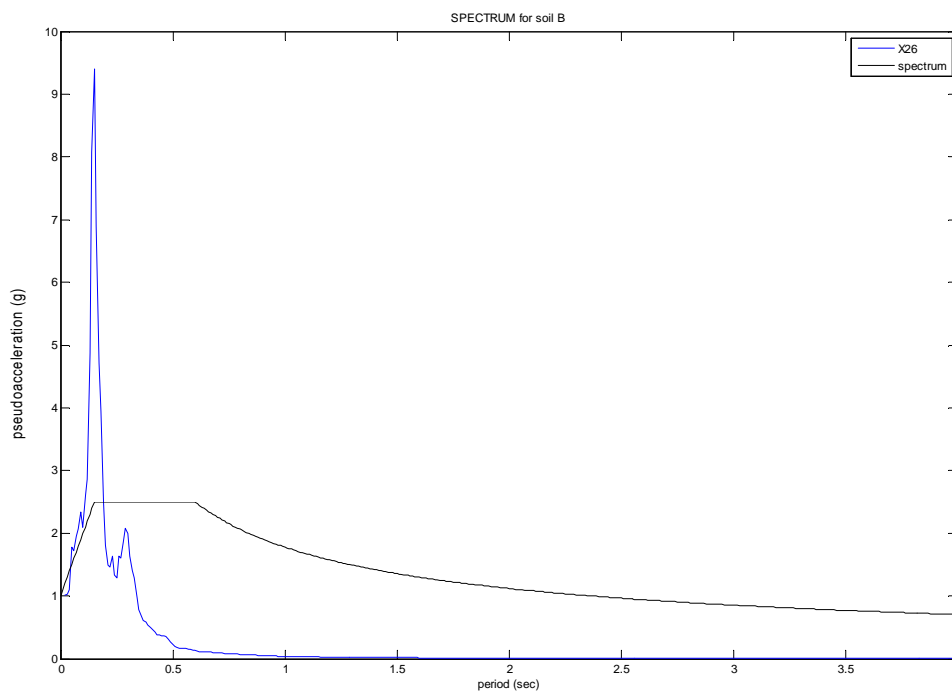
ΠΙΝΑΚΑΣ 11

Τα διαγράμματα που μας δίνει η υπορουτίνα είναι τα παρακάτω :

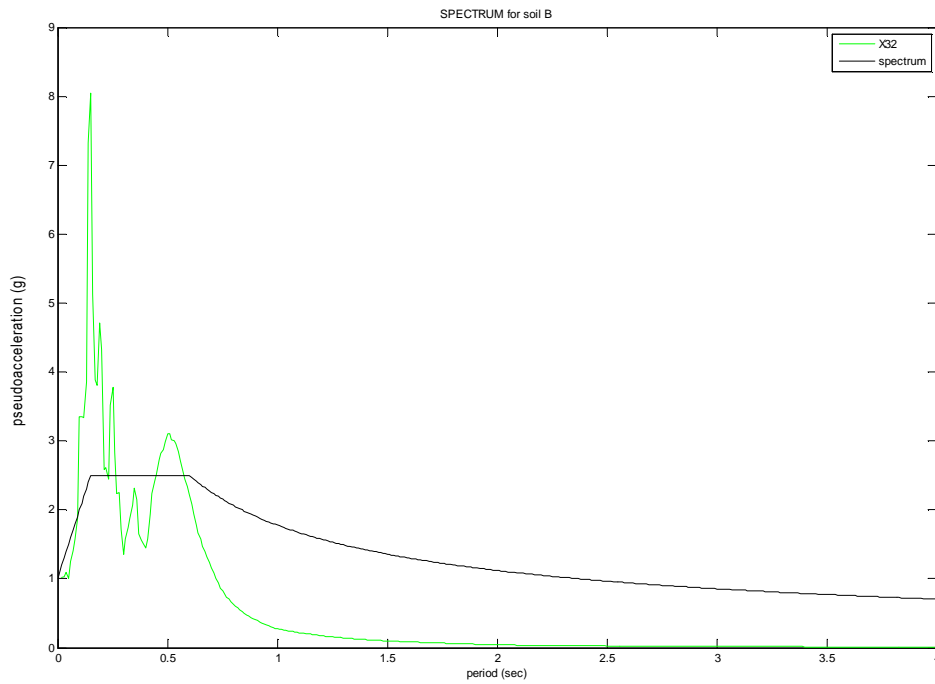
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.4: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X14
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B



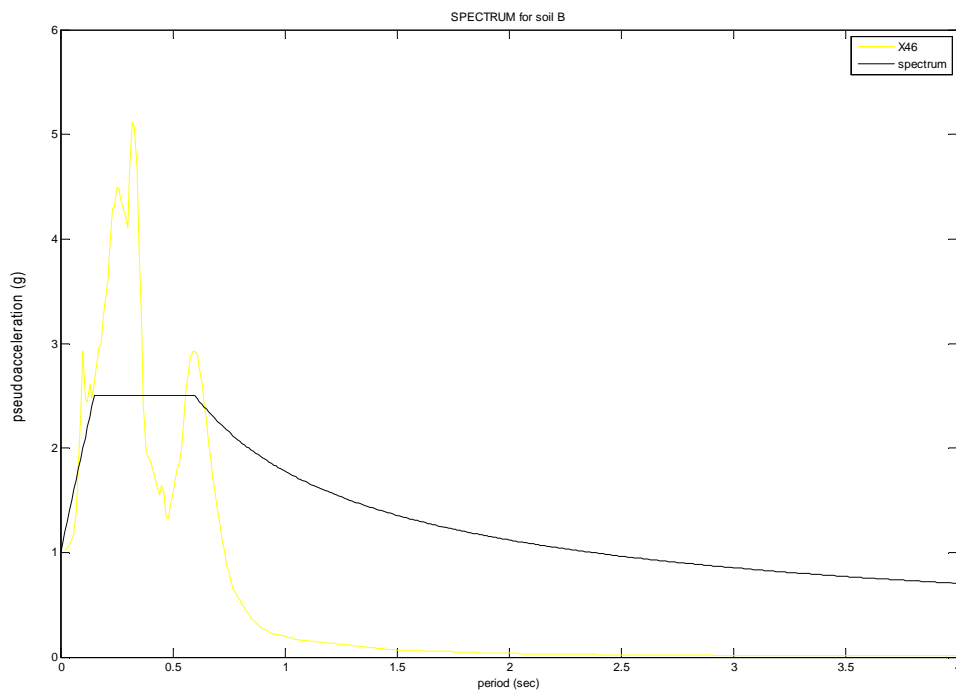
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.5: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X26
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.6: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X32
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.7: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X46
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B



Επίσης, μια πιο σύνθετη υπορουτίνα μας δίνει την δυνατότητα να εμφανίσουμε όλα τα επιταχυνσιογραφήματα όλων των σεισμών, που πραγματοποιήθηκαν στην ίδια κατηγορία εδάφους, μαζί με το τυποποιημένο φάσμα σχεδιασμού (φάσμα που προκύπτει από αναλυτικούς τύπους). Αυτό μας βοηθάει στο να παρατηρούμε και να καταλήγουμε σε συμπεράσματα(βλέπε κεφάλαιο 8, σελ. 120) πιο εύκολα.

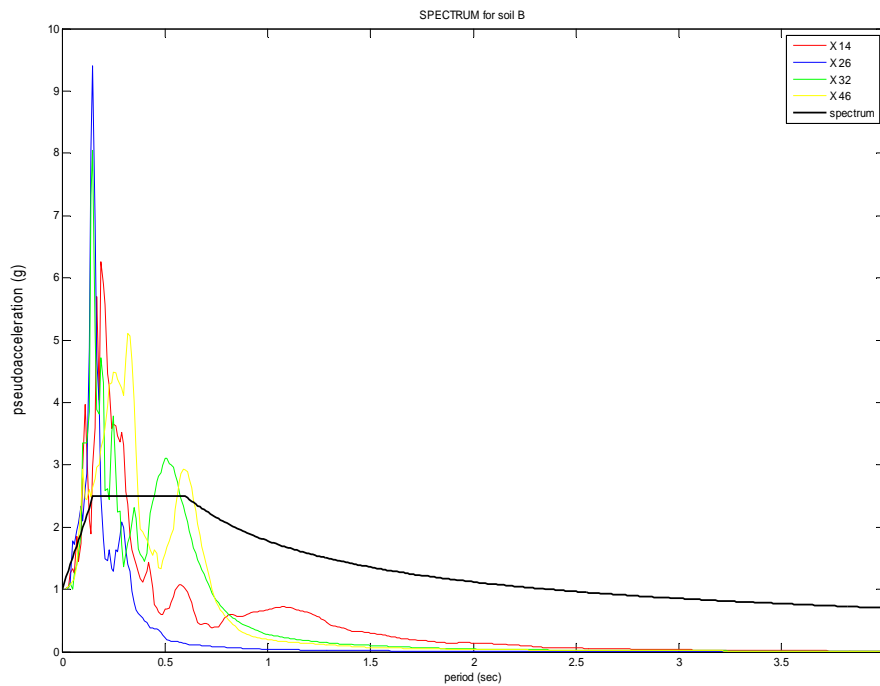
Υπορουτίνα

```
close ALL;
clear ALL;
load('spectrum_soil_B.txt');
X14=load('X14,B.mat');
X26=load('X26,B.mat');
X32=load('X32,B.mat');
X46=load('X46,B.mat');
plot(X14.results(:,1),X14.results(:,5),'color','red');
hold on;
plot(X26.results(:,1),X26.results(:,5),'color','blue');
hold on;
plot(X32.results(:,1),X32.results(:,5),'color','green');
hold on;
plot(X46.results(:,1),X46.results(:,5),'color','yellow');
hold on;
plot(spectrum_soil_B(:,1),spectrum_soil_B(:,2),'color','k');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.8: Ψευδοεπιταχύνσεων– Περίοδου
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους Β



- Για τις ψευδοταχύτητες ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα ψευδομετατοπίσεων είναι η παρακάτω.

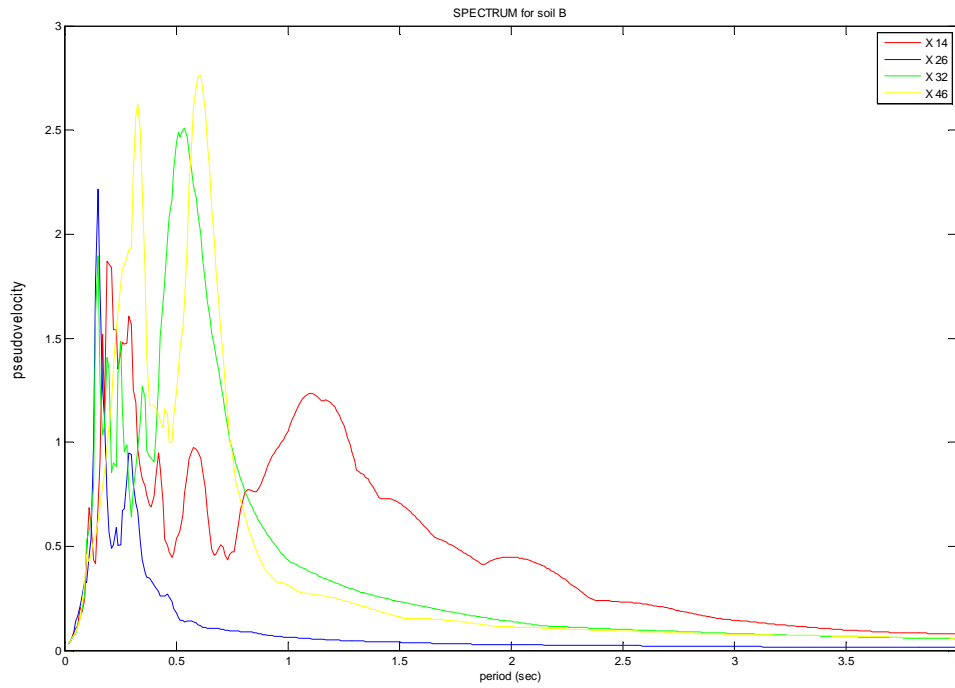
Υπορουτίνα

```
close ALL;  
clear ALL;  
X14=load('X14,B.mat');  
X26=load('X26,B.mat');  
X32=load('X32,B.mat');  
X46=load('X46,B.mat');  
plot(X14.results(:,1),X14.results(:,7),'color','red');  
hold on;  
plot(X26.results(:,1),X26.results(:,7),'color','blue');  
hold on;  
plot(X32.results(:,1),X32.results(:,7),'color','green');  
hold on;  
plot(X46.results(:,1),X46.results(:,7),'color','yellow');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 13

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.9: Ψευδοταχυτήτων- Περίοδου για κατηγορία B



- Για τις μετατοπίσεις ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα μετατοπίσεων είναι η παρακάτω.

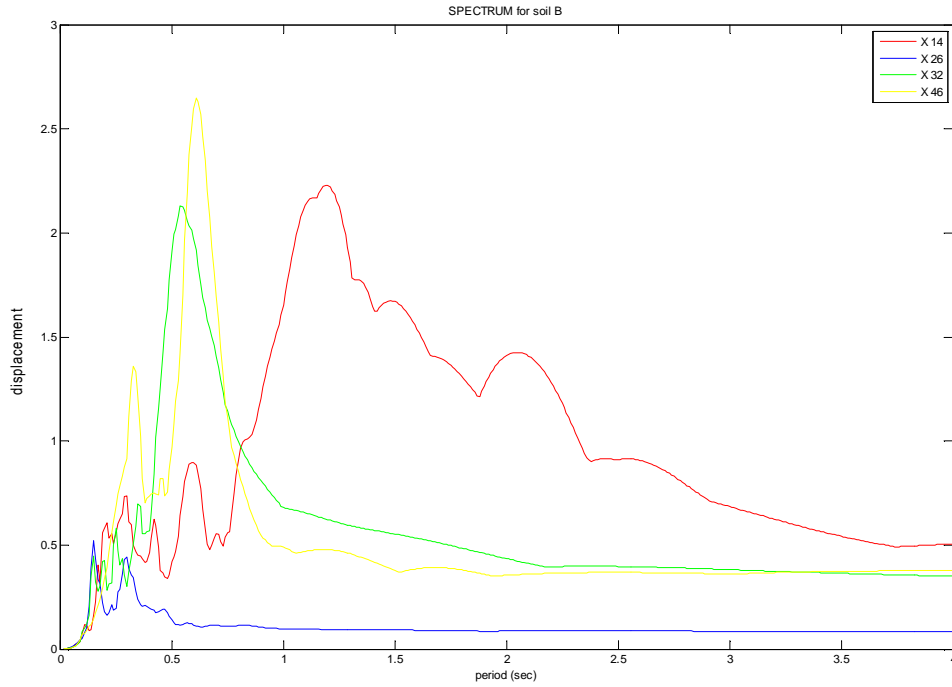
Υπορουτίνα

```
close ALL;
clear ALL;
X14=load('X14,B.mat');
X26=load('X26,B.mat');
X32=load('X32,B.mat');
X46=load('X46,B.mat');
plot(X14.results(:,1),X14.results(:,8),'color','red');
hold on;
plot(X26.results(:,1),X26.results(:,8),'color','blue');
hold on;
plot(X32.results(:,1),X32.results(:,8),'color','green');
hold on;
plot(X46.results(:,1),X46.results(:,8),'color','yellow');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 14

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.10: Μετακινήσεων – Περιόδου για κατηγορία Β



5.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ C

Κατά τον ΕΑΚ του 2000, στην κατηγορία εδάφους C ανήκουν τα ιλαιοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.. Επίσης σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα εδάφη που αποτελούνται από στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ..

Παρακάτω αναφέρονται οι σεισμοί, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν σε έδαφος κατηγορίας C :

DATE	STATION	DURATION(sec)	SOIL CLASS	ORDER
15/6/1995	AIGIO	29.79	C	X2
15/9/1986	KALAMATA	21.04	C	X3
7/9/1999	ATHENS	46.00	C	X4
7/9/1999	ATHENS	39.07	C	X7
24/3/1983	ARGOSTOLI	22.27	C	X8
15/9/1986	KALAMATA	22.27	C	X9
13/9/1986	KALAMATA	30.02	C	X11
23/1.1992	ARGOSTOLI	20.70	C	X12
13/9/1986	KALAMATA	25.97	C	X13
19/5/1995	KARPERO	23.09	C	X15
23/3/1983	ARGOSTOLI	31.45	C	X16
17/1/1983	ARGOSTOLI	40.91	C	X17
25/10/1984	PELEKANADA	22.43	C	X19
14/7/1993	PATRA	30.64	C	X20
15/9/1986	KALAMATA	22.21	C	X22
15/5/1995	CROMIO	19.35	C	X23
7/9/1999	ATHENS	30.00	C	X24
14/7/1993	PATRA	33.84	C	X25
10/3/1981	PREVEZA	18.31	C	X29
26/8/1983	IERISSOS	22.00	C	X31
4/6/1993	VASSILIKH	17.15	C	X33
15/6/1995	AMFISA	25.42	C	X34
11/6/1995	KARPERO	28.62	C	X36
7/9/1999	ATHENS	27.35	C	X37
17/5/1995	CHROMIO	19.83	C	X40
17/5/1990	AIGIO	16.10	C	X41
13/10/1997	KORONI	48.61	C	X44
14/7/1993	PATRA	36.70	C	X45
7/9/1999	ATHENS	28.50	C	X47
24/2/1993	SPARTH	14.79	C	X49

4/7/1996	LIXOURI	19.85	C	X51
21/12/1990	EDESSA	28.70	C	X53

ΠΙΝΑΚΑΣ 15

- Για τις ψευδοεπιταχύνσεις ισχύει:

Έχοντας λάβει το φάσμα της ψευδοεπιτάχυνσης από το κυρίως πρόγραμμα και με την βοήθεια της παρακάτω υπορουτίνας μπορούμε να έχουμε στο ίδιο διάγραμμα και το φάσμα το οποίο προκύπτει από τους αναλυτικούς τύπους – φάσμα σχεδιασμού. Αυτό γίνεται αλλάζοντας κάθε φορά τον αριθμό (π.χ εδώ το νούμερο 2) που συμβολίζει τον αντίστοιχο σεισμό, δίνοντάς μας την δυνατότητα να μελετάμε μεμονωμένα τους σεισμούς.

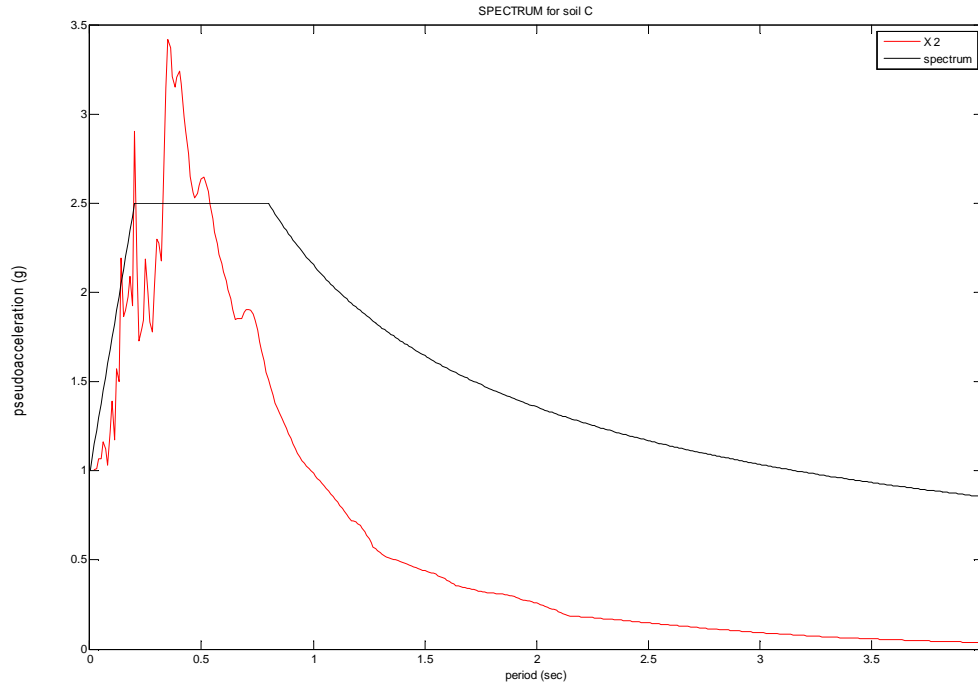
Υπορουτίνα

```
close all;
clear all;
load('spectrum_soil_C.txt');
X2=load('X2,C.mat');
plot(X2.results(:,1),X2.results(:,5),'color','r');
hold on;
plot(spectrum_soil_C(:,1),spectrum_soil_C(:,2),'color','k');
```

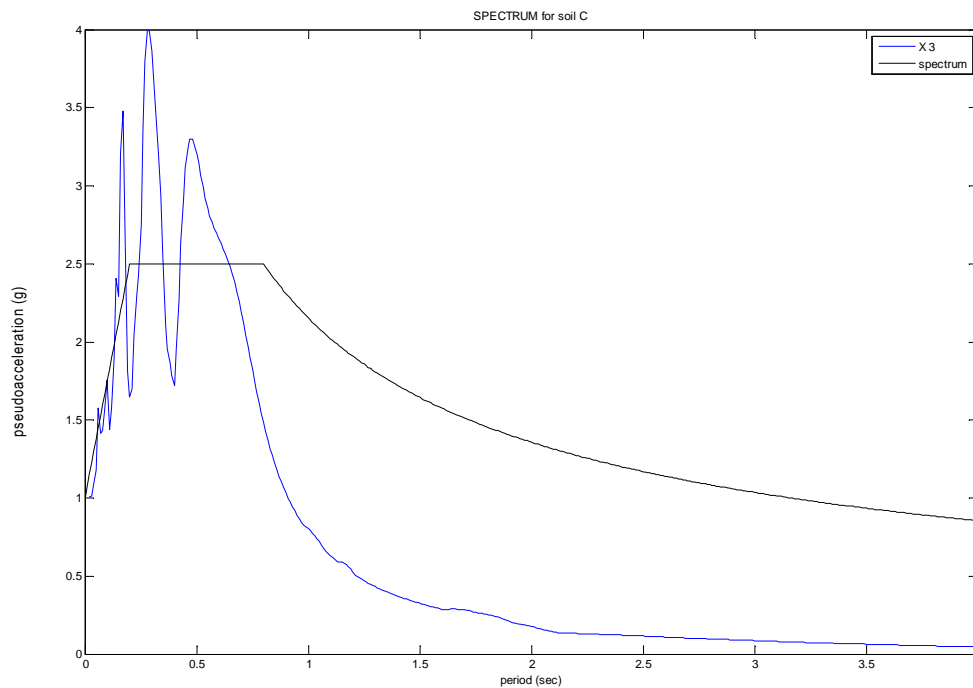
ΠΙΝΑΚΑΣ 16

Τα διαγράμματα που μας δίνει η υπορουτίνα είναι τα παρακάτω:

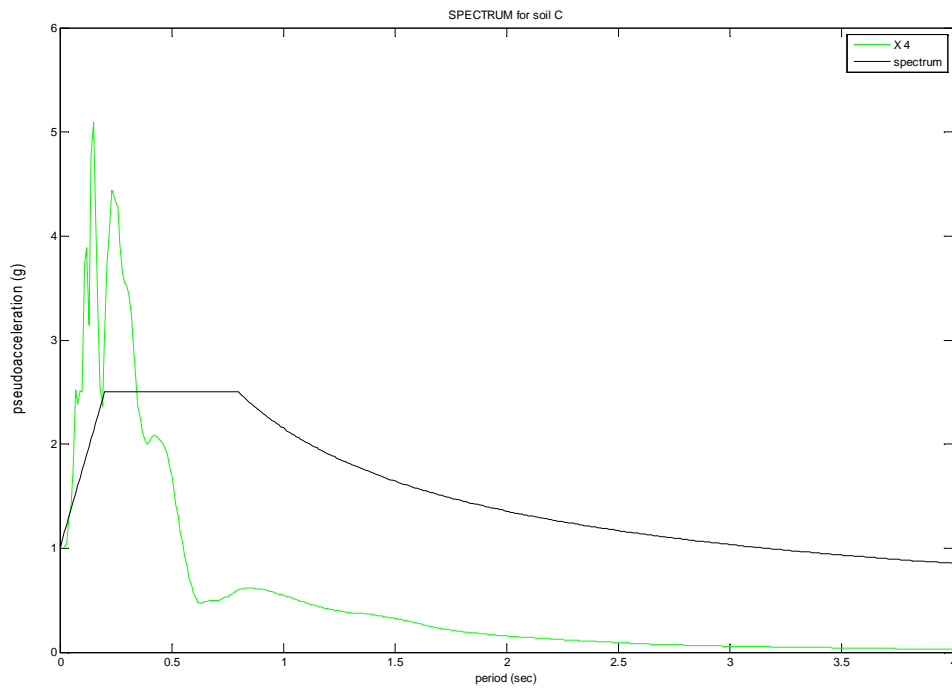
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.11: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X2
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



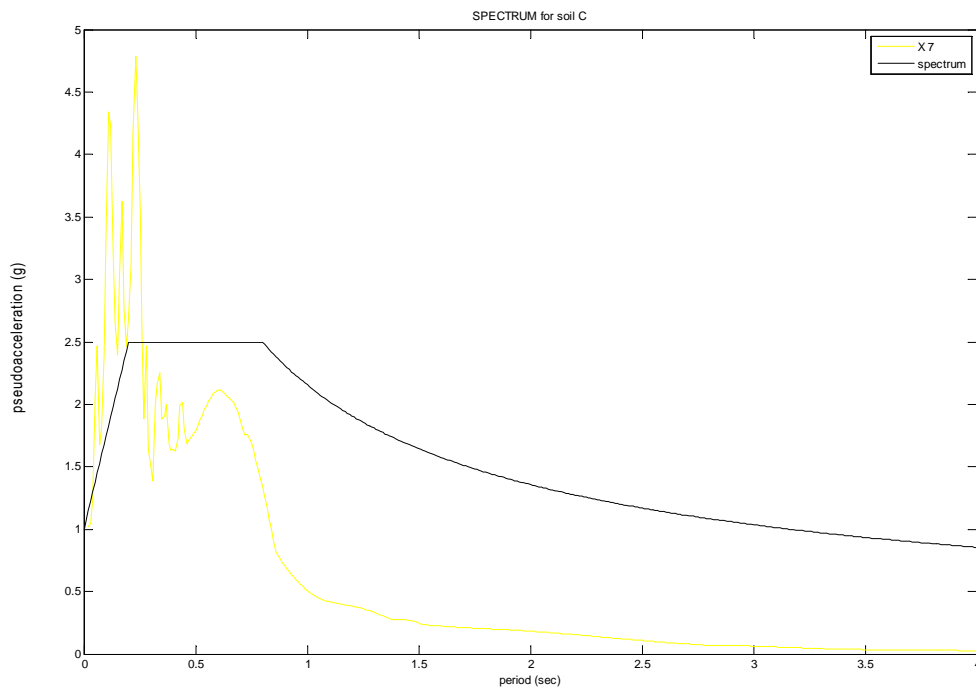
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.12: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X3
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



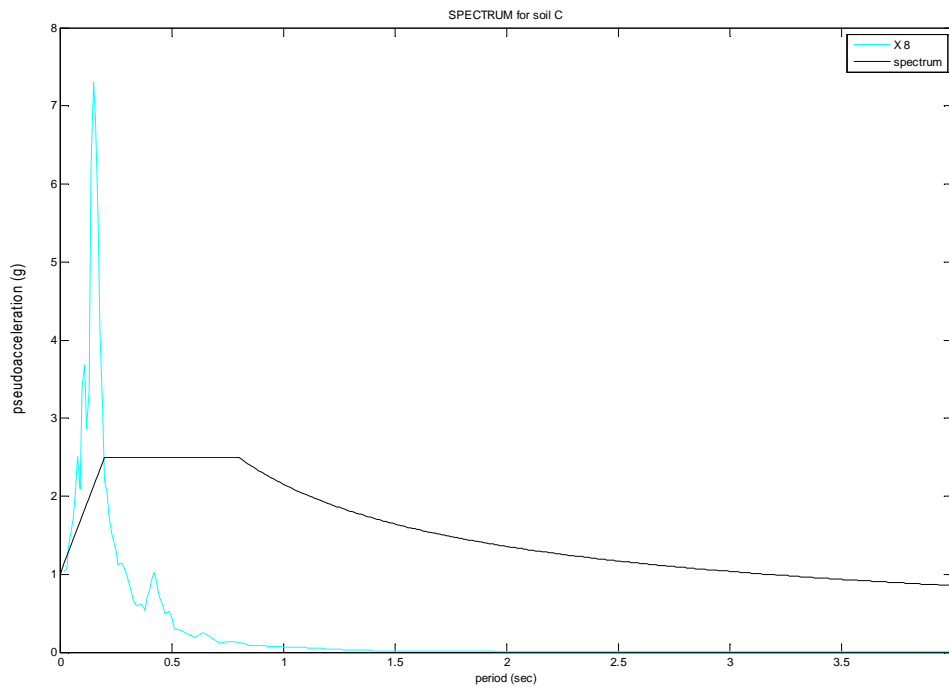
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.13: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X4
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



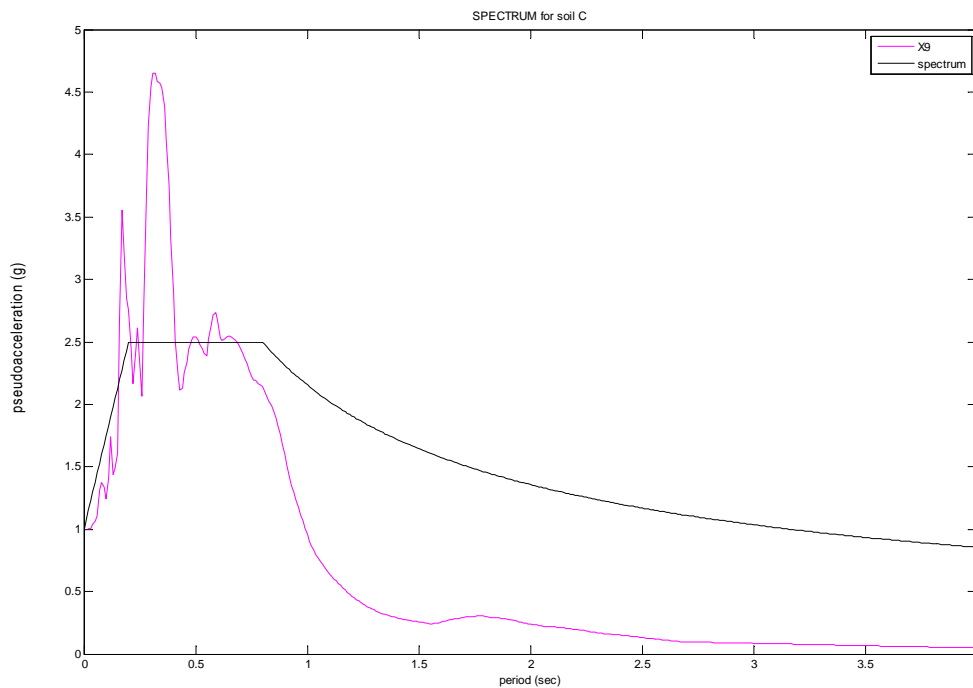
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.14: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X7
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



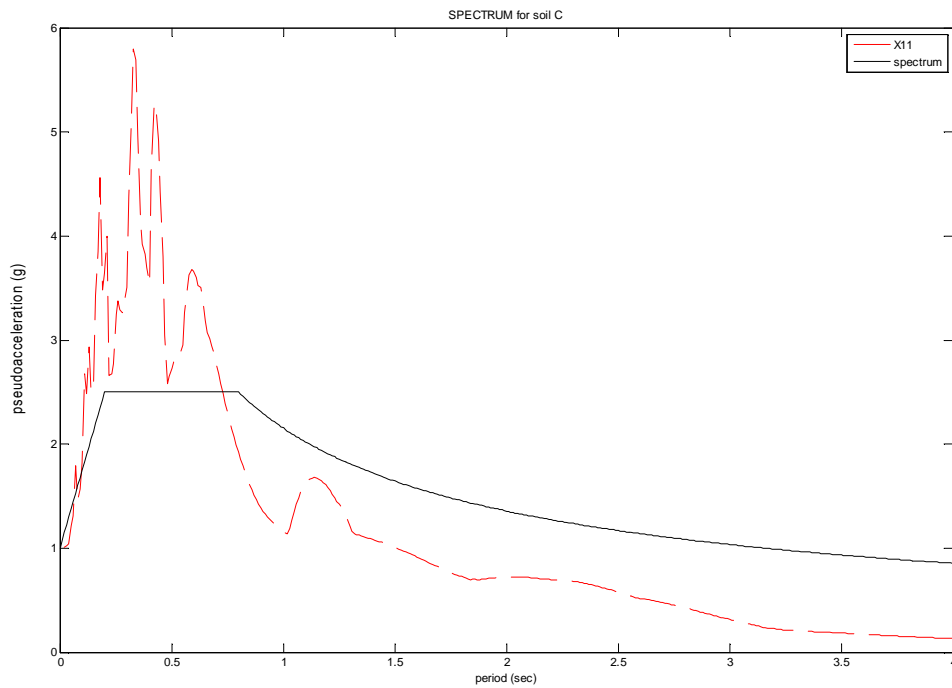
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.15: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X8
 Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



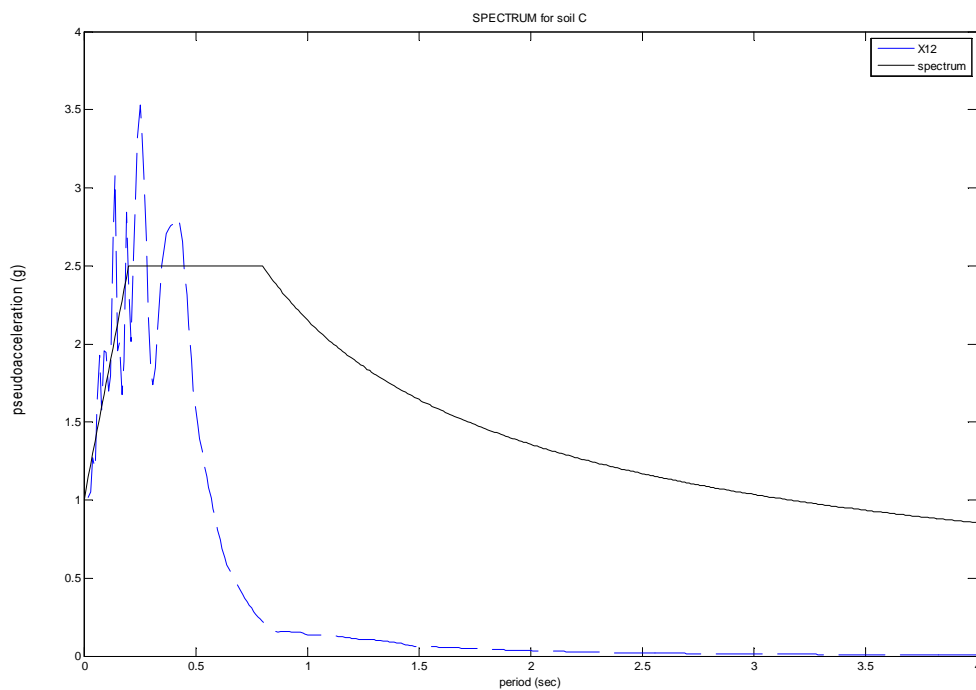
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.16: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X9
 Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνση για κατηγορία εδάφους C



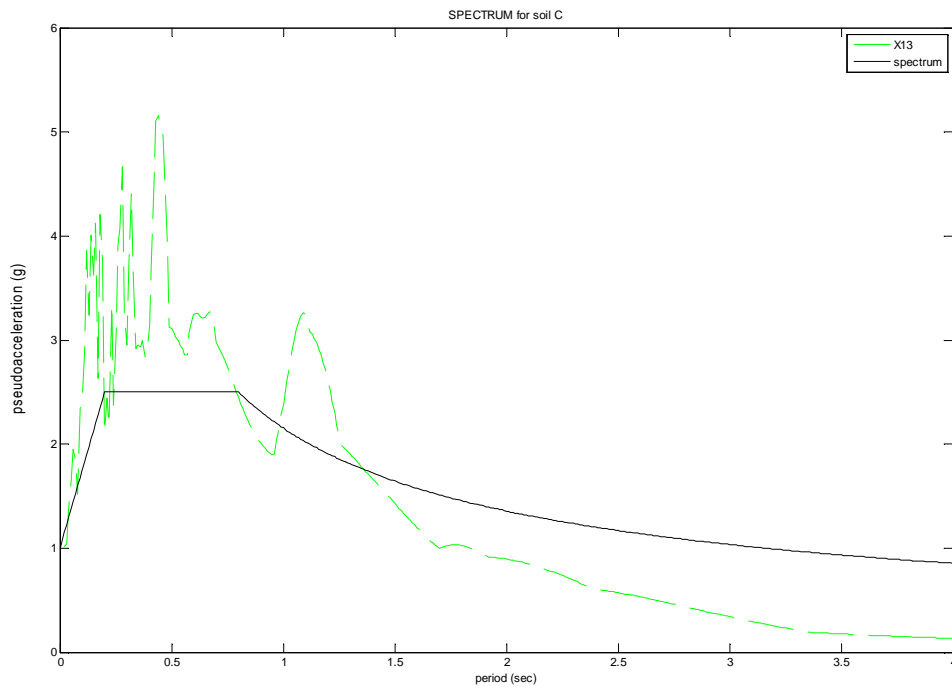
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.17: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X11
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



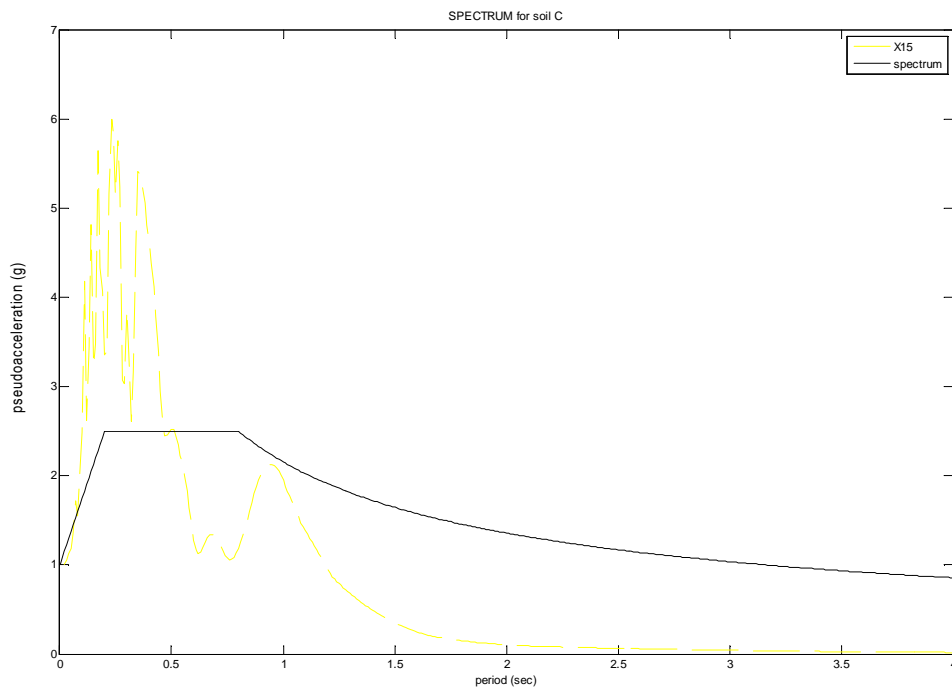
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.18: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X12
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



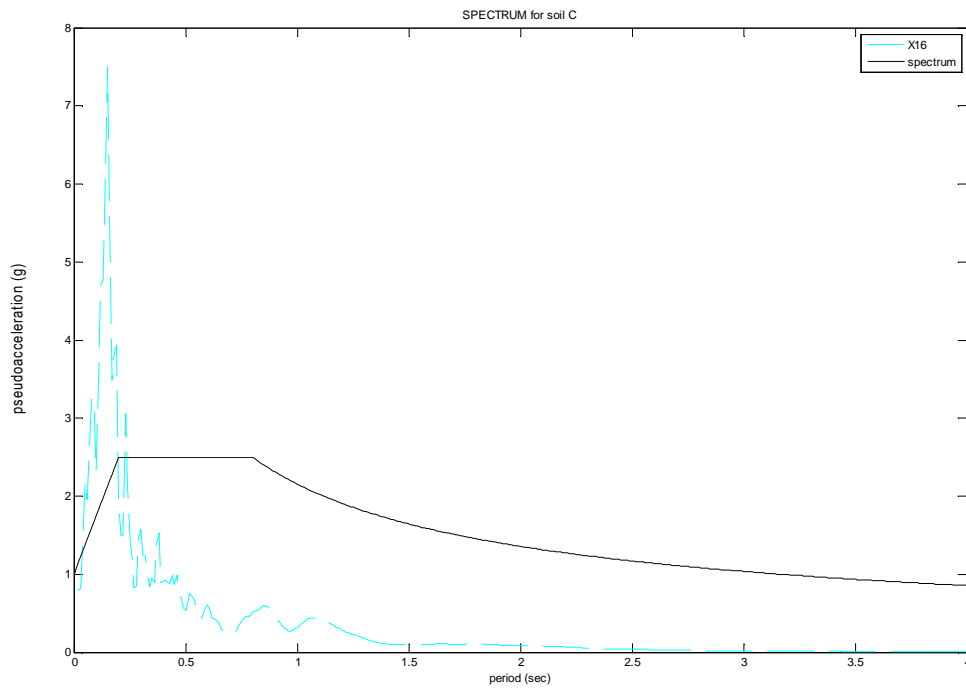
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.19: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X13
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



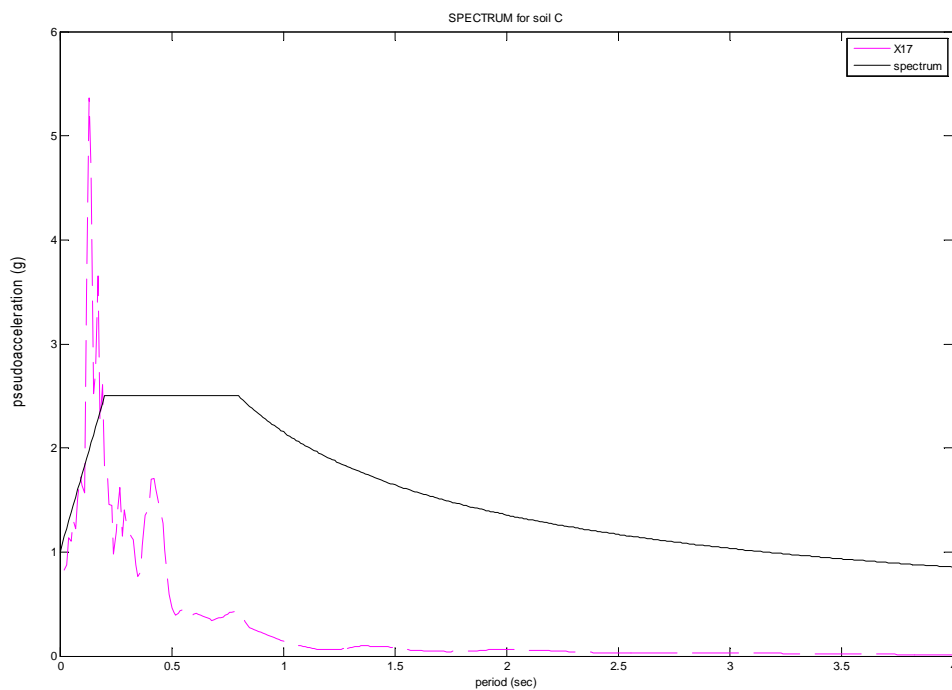
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.20: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X15
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



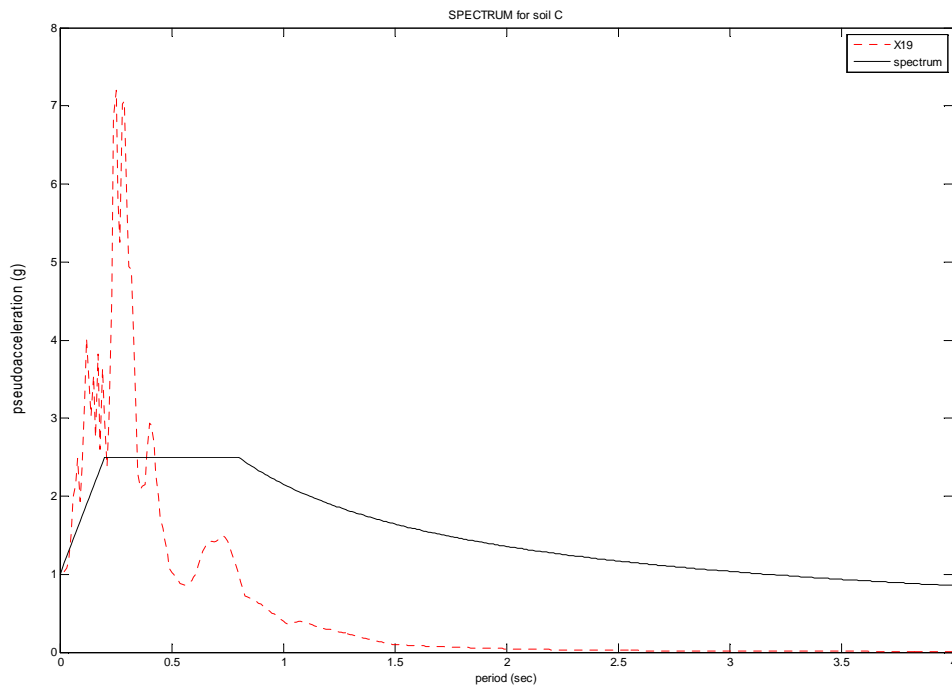
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.21: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X16
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



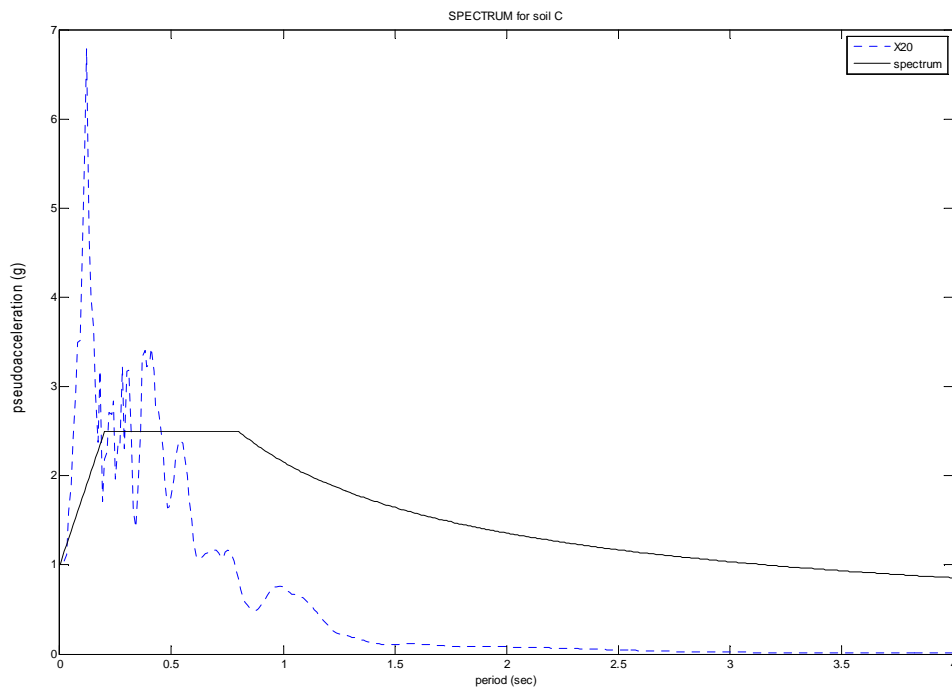
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.22: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X17
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



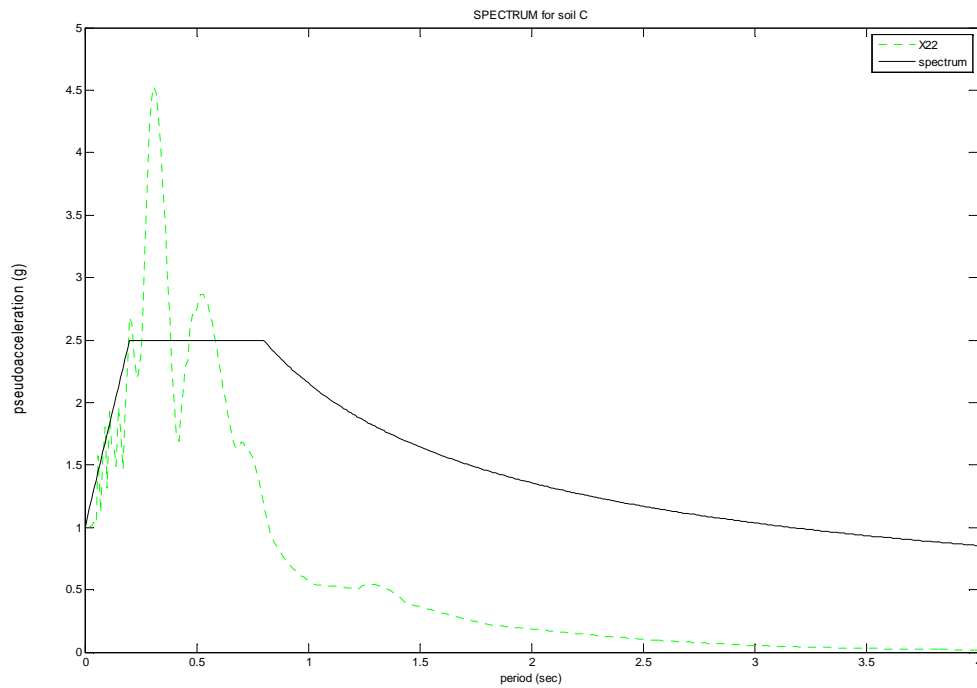
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.23: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X19
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



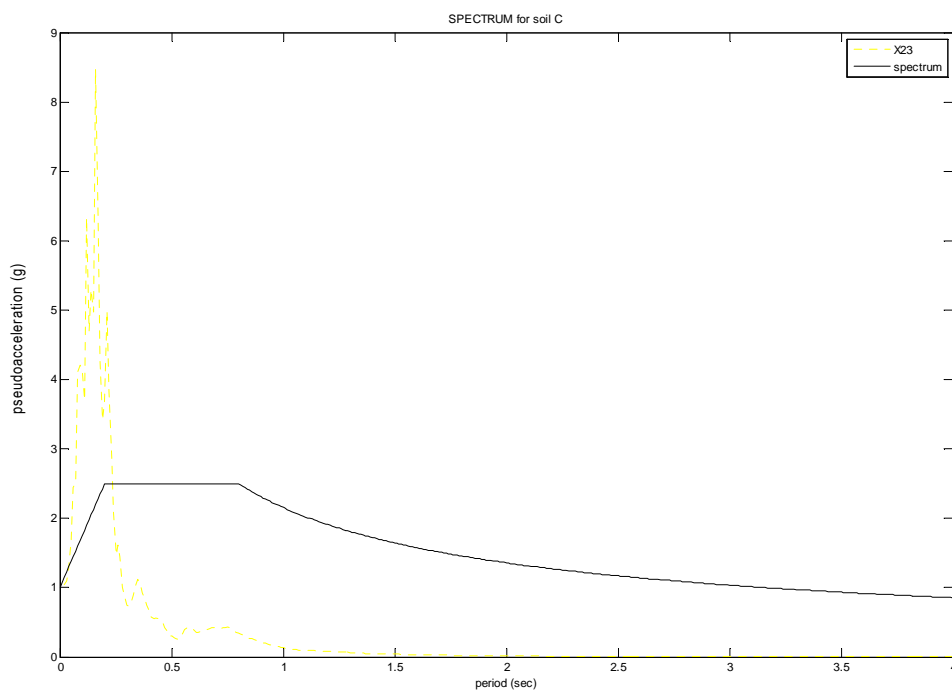
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.24: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X20
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



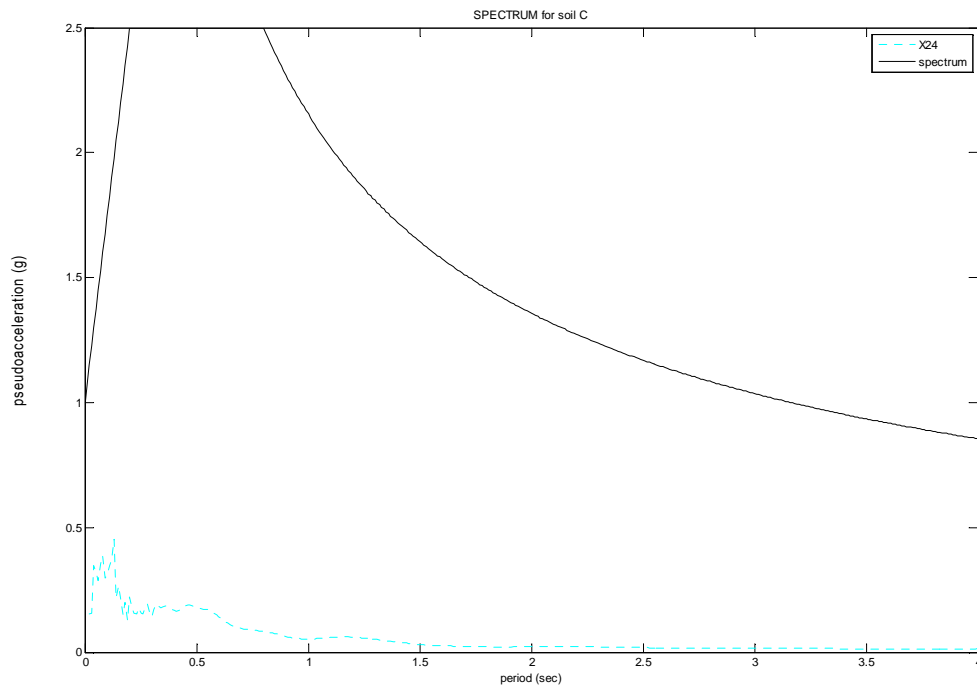
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.25: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X22
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



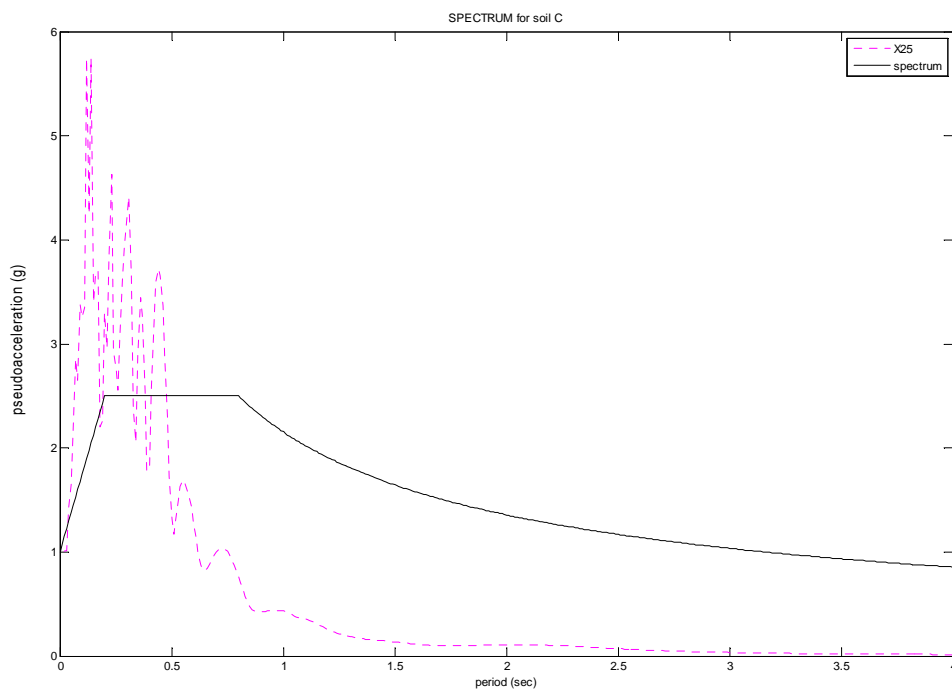
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.26: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X23
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



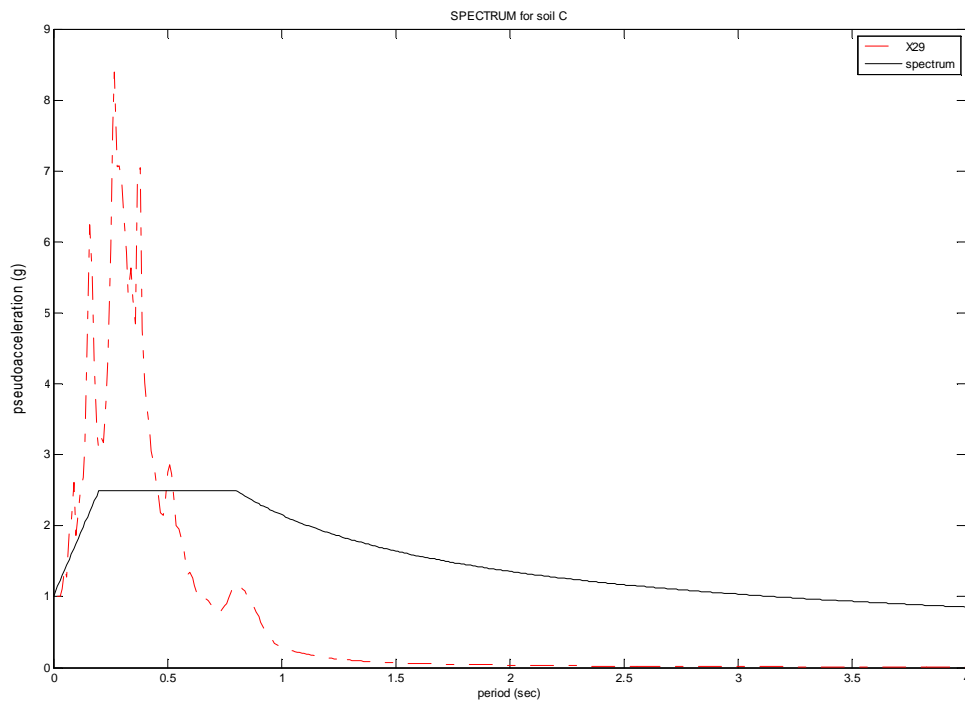
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.27: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X24
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



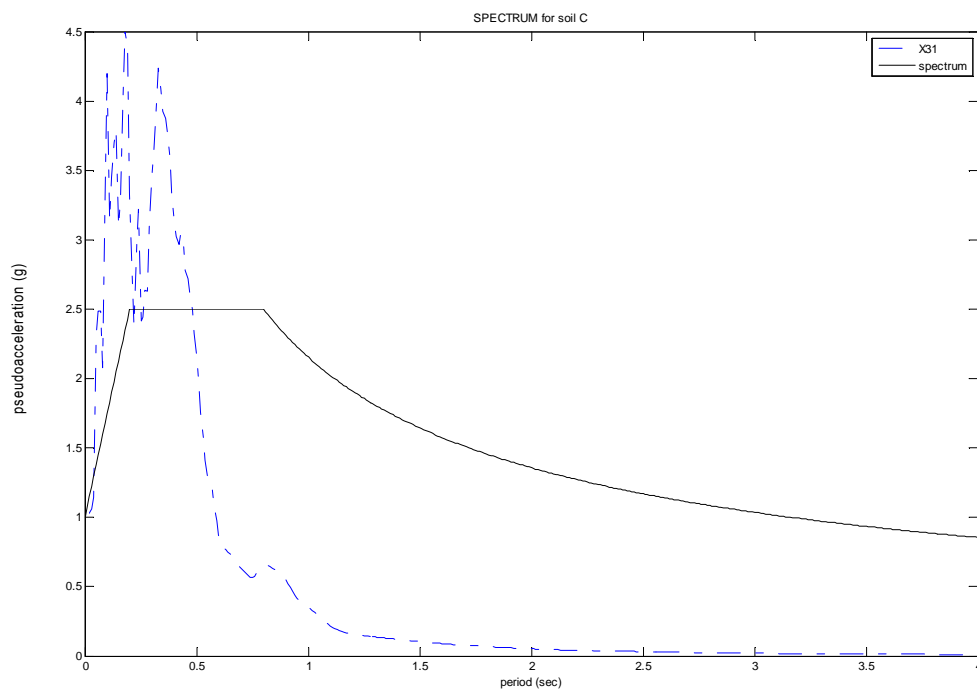
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.28: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X25
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



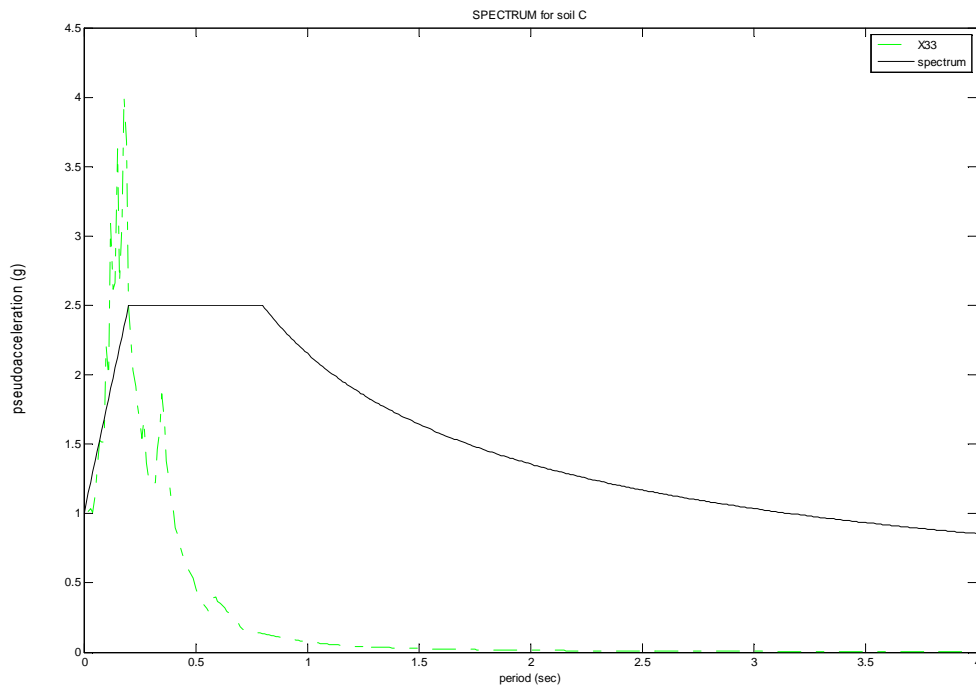
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.29: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X29
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



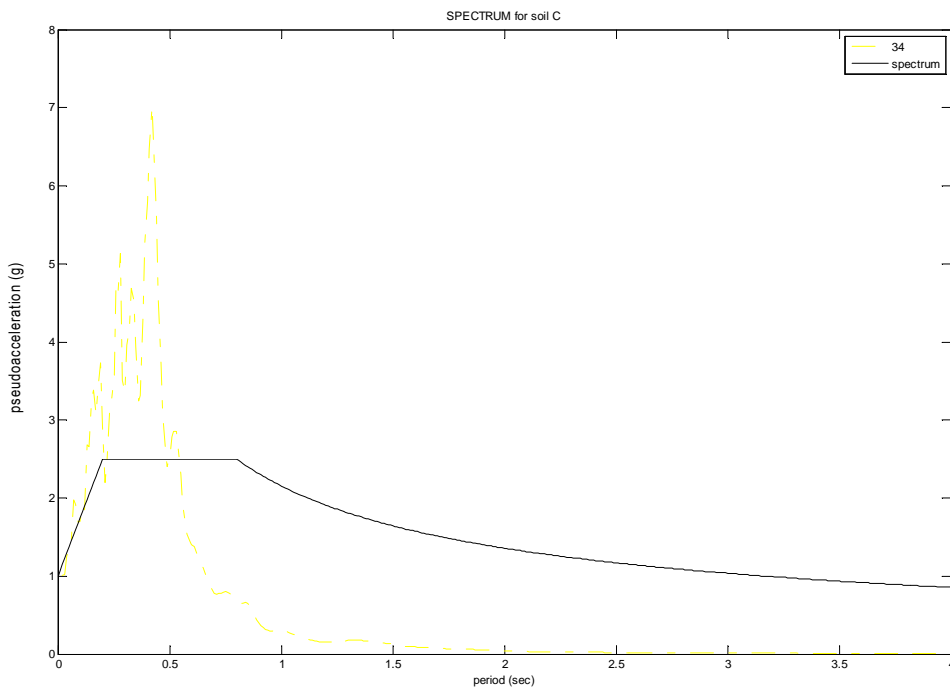
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.30: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X31
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης κατηγορία εδάφους C



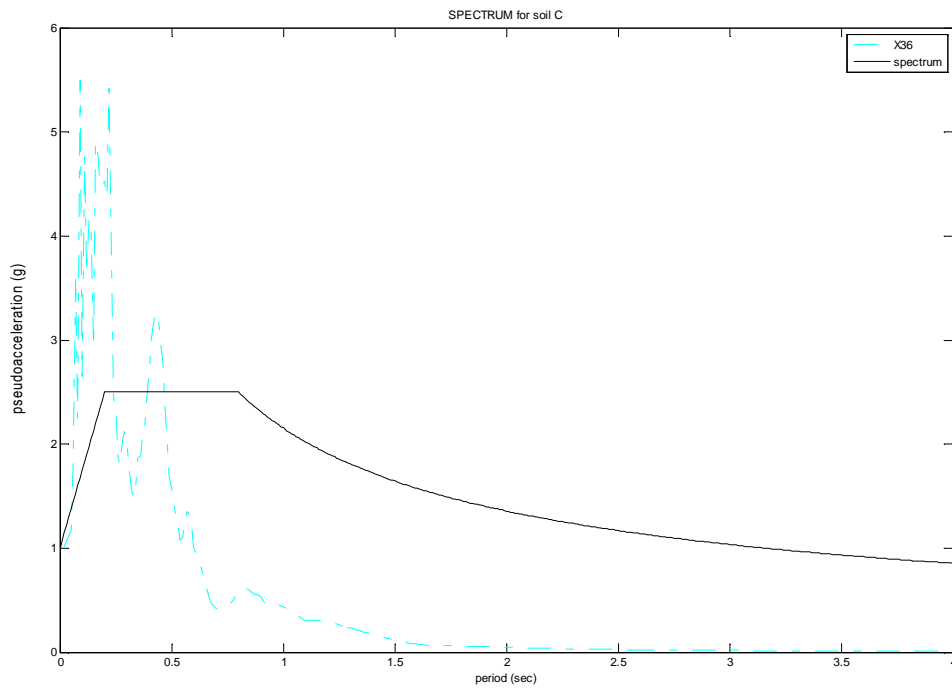
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.31: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X33
 Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



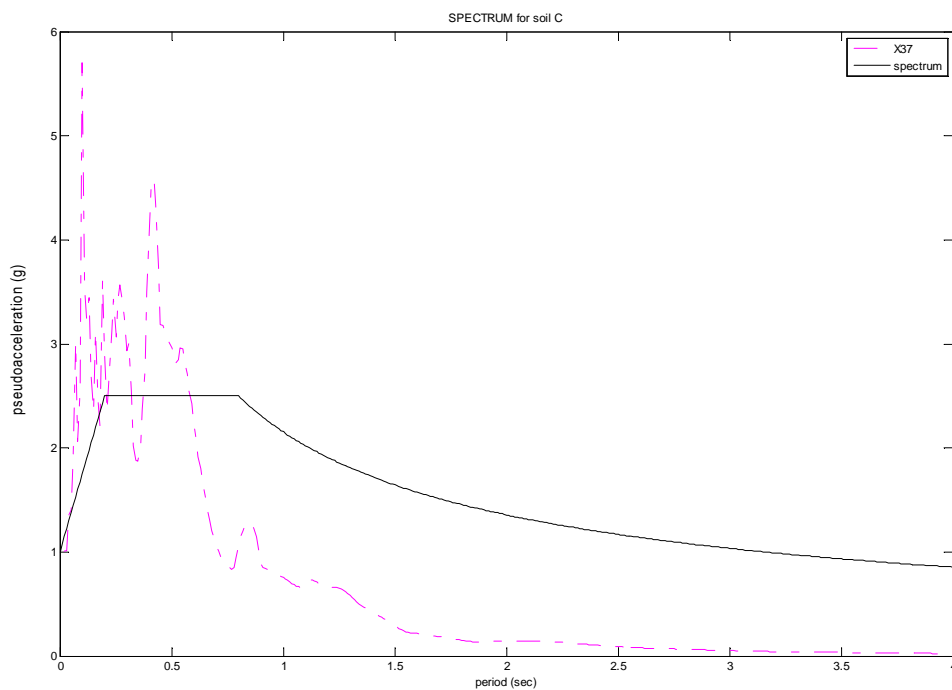
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.32: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X34
 Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



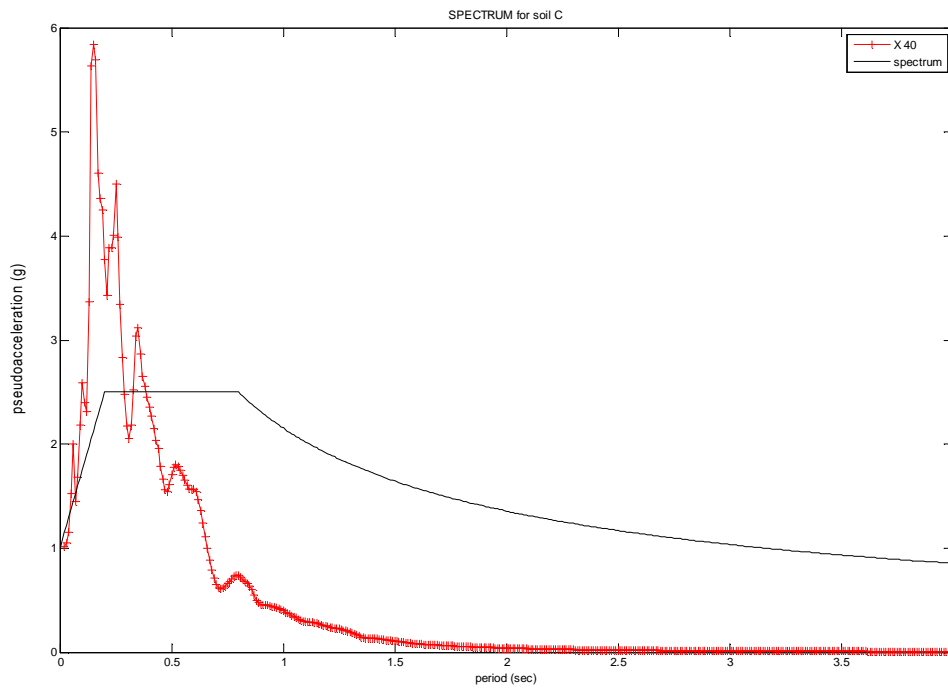
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.33: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X36
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



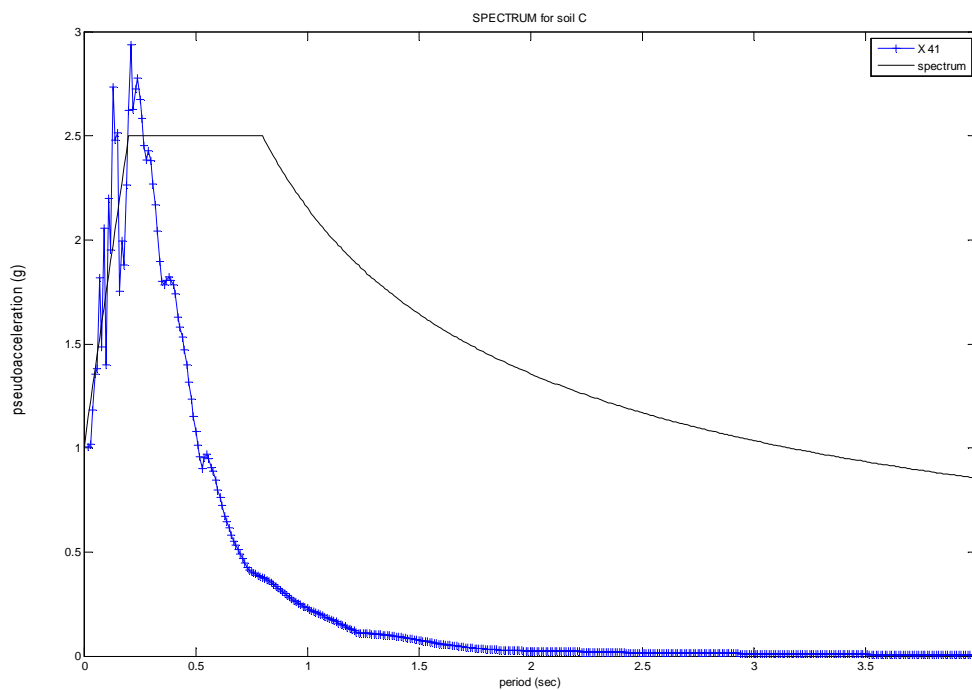
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.34: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X37
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



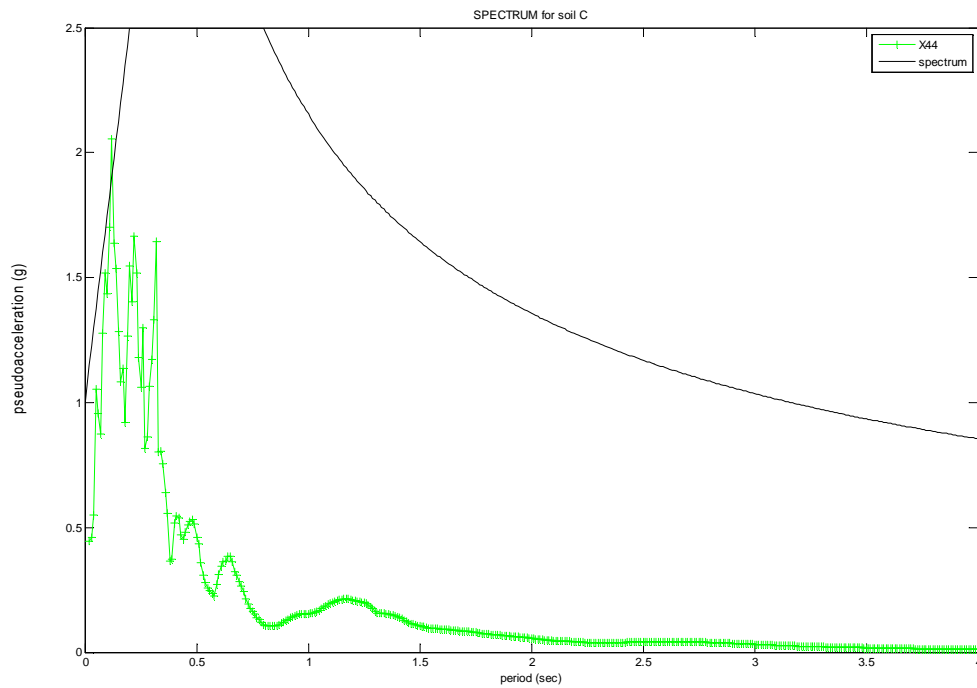
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.35: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X40
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



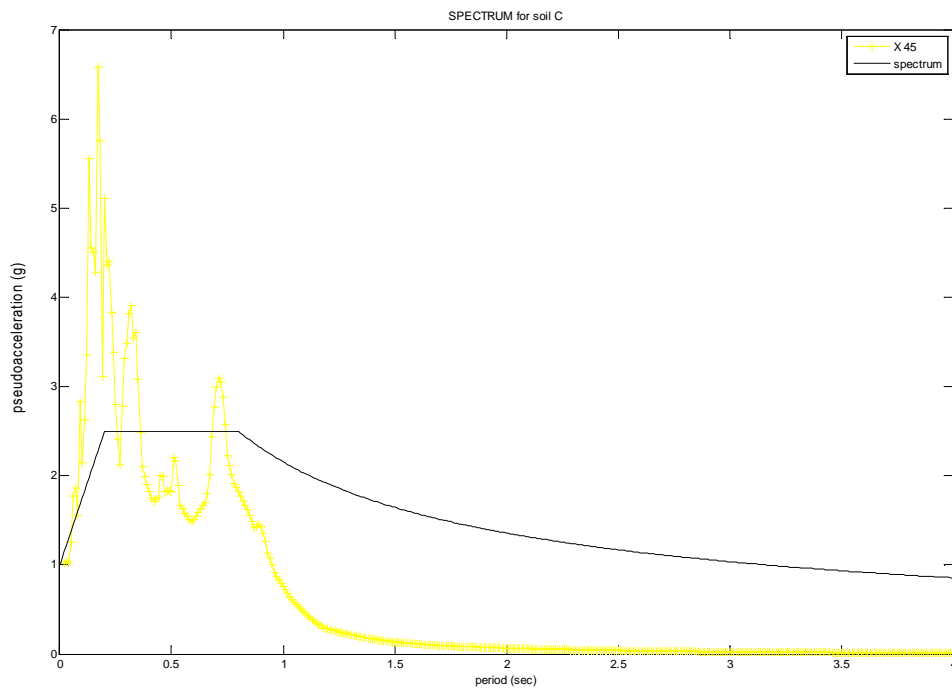
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.36: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X41
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



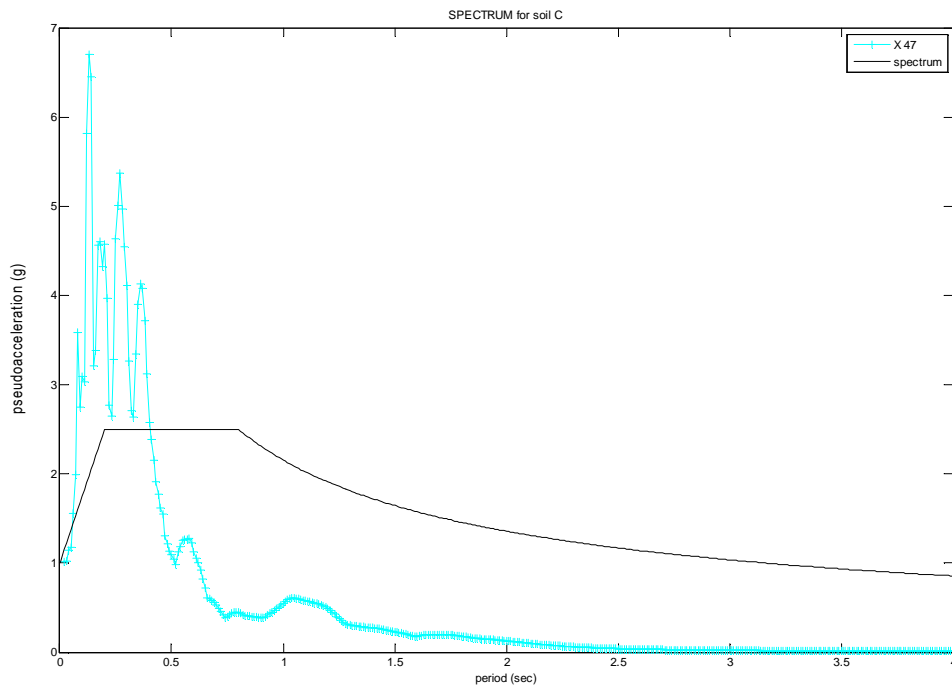
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.37: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X44
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



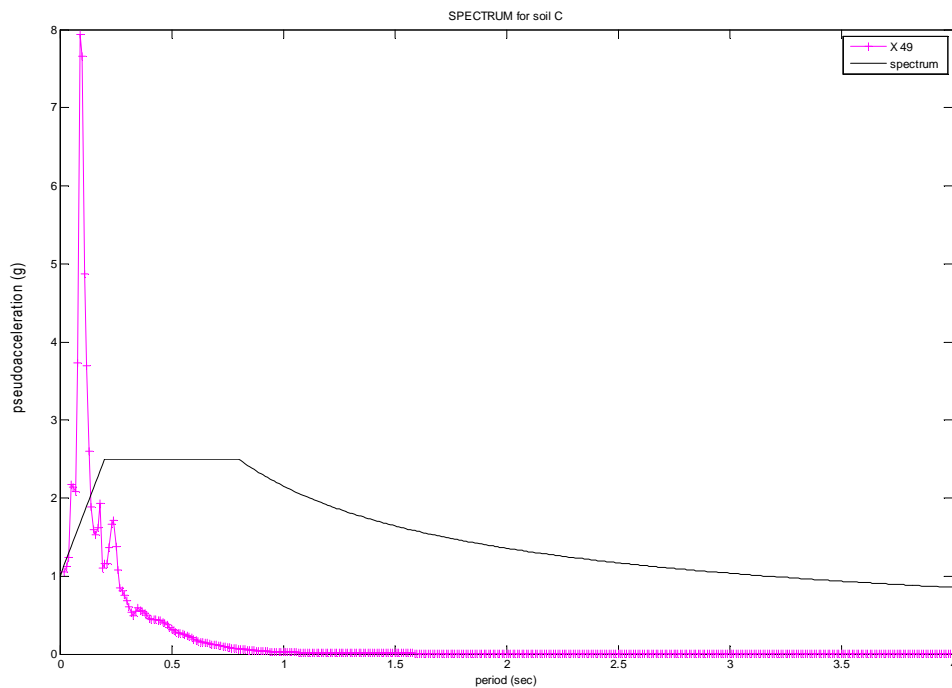
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.38: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X45
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



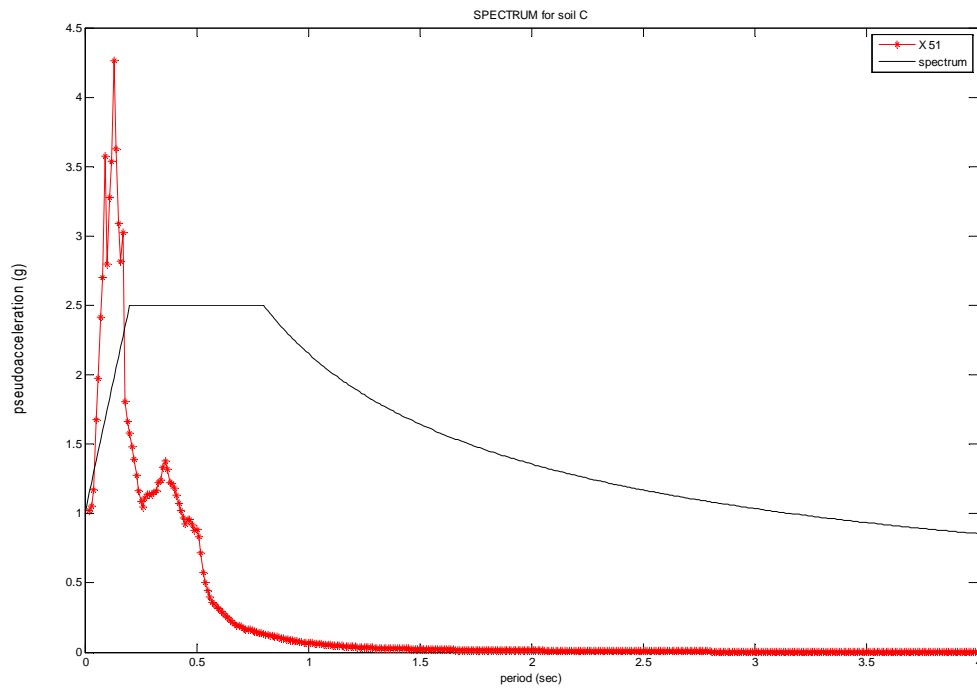
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.39: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X47
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



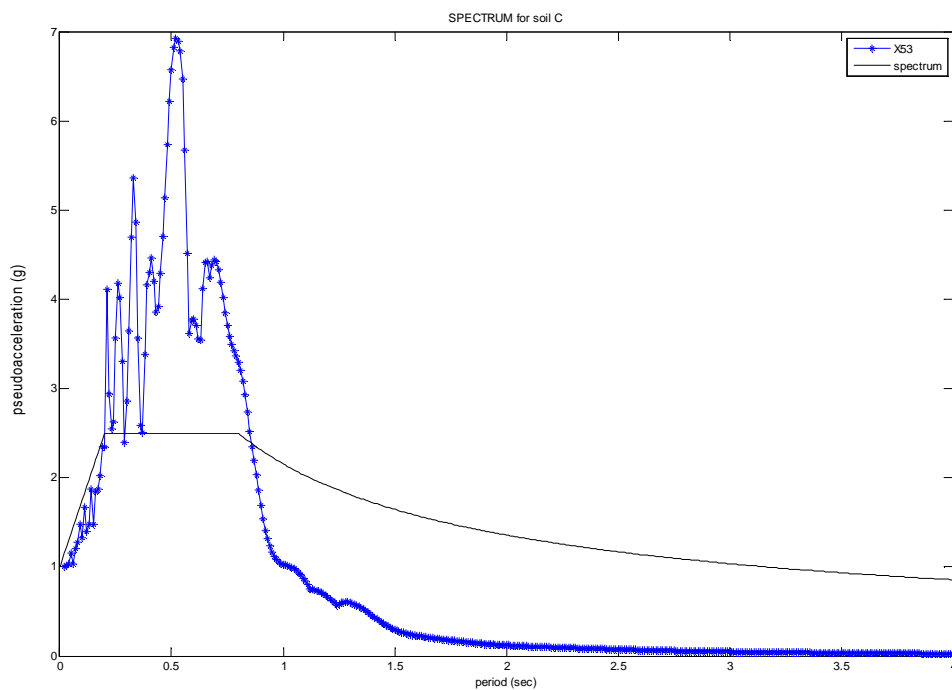
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.40: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X49
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.41: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X51
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.42: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X53
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



Επίσης, μια πιο σύνθετη υπορουτίνα μας δίνει την δυνατότητα να εμφανίσουμε όλα τα επιταχυνσιογραφήματα όλων των σεισμών, που πραγματοποιήθηκαν στην ίδια κατηγορία εδάφους, μαζί με το τυποποιημένο φάσμα σχεδιασμού (φάσμα που προκύπτει από αναλυτικούς τύπους). Αυτό μας βοηθάει στο να παρατηρούμε και να καταλήγουμε σε συμπεράσματα (βλέπε κεφάλαιο 8, σελ. 120) πιο εύκολα.

Υπορουτίνα

```
close all;
clear all;
load('spectrum_soil_C.txt');
X2=load('X2,C.mat');
X3=load('X3,C.mat');
X4=load('X4,C.mat');
X7=load('X7,C.mat');
X8=load('X8,C.mat');
X9=load('X9,C.mat');
X11=load('X11,C.mat');
X12=load('X12,C.mat');
X13=load('X13,C.mat');
X15=load('X15,C.mat');
X16=load('X16,C.mat');
X17=load('X17,C.mat');
X19=load('X19,C.mat');
X20=load('X20,C.mat');
X22=load('X22,C.mat');
X23=load('X23,C.mat');
X24=load('X24,C.mat');
X25=load('X25,C.mat');
X29=load('X29,C.mat');
X31=load('X31,C.mat');
X33=load('X33,C.mat');
X34=load('X34,C.mat');
X36=load('X36,C.mat');
X37=load('X37,C.mat');
X40=load('X40,C.mat');
X41=load('X41,C.mat');
X44=load('X44,C.mat');
X45=load('X45,C.mat');
X47=load('X47,C.mat');
X49=load('X49,C.mat');
X51=load('X51,C.mat');
X53=load('X53,C.mat');
plot(X2.results(:,1),X2.results(:,5),'color','r');
hold on;
plot(X3.results(:,1),X3.results(:,5),'color','b');
hold on;
plot(X4.results(:,1),X4.results(:,5),'color','g');
hold on;
plot(X7.results(:,1),X7.results(:,5),'color','y');
hold on;
plot(X8.results(:,1),X8.results(:,5),'color','c');
hold on;
plot(X9.results(:,1),X9.results(:,5),'color','m');
hold on;
plot(X11.results(:,1),X11.results(:,5),'color','r','linestyle','--');
```

```

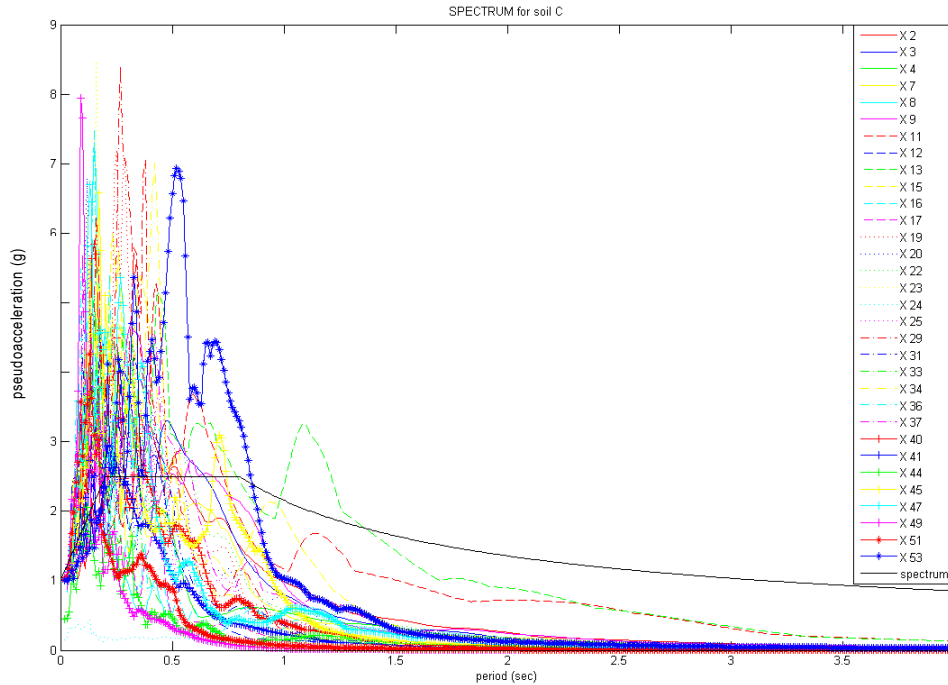
hold on;
plot(X12.results(:,1),X12.results(:,5),'color','b','linestyle','--');
hold on;
plot(X13.results(:,1),X13.results(:,5),'color','g','linestyle','--');
hold on;
plot(X15.results(:,1),X15.results(:,5),'color','y','linestyle','--');
hold on;
plot(X16.results(:,1),X16.results(:,5),'color','c','linestyle','--');
hold on;
plot(X17.results(:,1),X17.results(:,5),'color','m','linestyle','--');
hold on;
plot(X19.results(:,1),X19.results(:,5),'color','r','linestyle',':');
hold on;
plot(X20.results(:,1),X20.results(:,5),'color','b','linestyle',':');
hold on;
plot(X22.results(:,1),X22.results(:,5),'color','g','linestyle',':');
hold on;
plot(X23.results(:,1),X23.results(:,5),'color','y','linestyle',':');
hold on;
plot(X24.results(:,1),X24.results(:,5),'color','c','linestyle',':');
hold on;
plot(X25.results(:,1),X25.results(:,5),'color','m','linestyle',':');
hold on;
plot(X29.results(:,1),X29.results(:,5),'color','r','linestyle','-');
hold on;
plot(X31.results(:,1),X31.results(:,5),'color','b','linestyle','-');
hold on;
plot(X33.results(:,1),X33.results(:,5),'color','g','linestyle','-');
hold on;
plot(X34.results(:,1),X34.results(:,5),'color','y','linestyle','-');
hold on;
plot(X36.results(:,1),X36.results(:,5),'color','c','linestyle','-');
hold on;
plot(X37.results(:,1),X37.results(:,5),'color','m','linestyle','-');
hold on;
plot(X40.results(:,1),X40.results(:,5),'color','r','marker','+');
hold on;
plot(X41.results(:,1),X41.results(:,5),'color','b','marker','+');
hold on;
plot(X44.results(:,1),X44.results(:,5),'color','g','marker','+');
hold on;
plot(X45.results(:,1),X45.results(:,5),'color','y','marker','+');
hold on;
plot(X47.results(:,1),X47.results(:,5),'color','c','marker','+');
hold on;
plot(X49.results(:,1),X49.results(:,5),'color','m','marker','+');
hold on;
plot(X51.results(:,1),X51.results(:,5),'color','r','marker','*');
hold on;
plot(X53.results(:,1),X53.results(:,5),'color','b','marker','*');
hold on;
plot(spectrum_soil_C(:,1),spectrum_soil_C(:,2),'color','k');

```

ΠΙΝΑΚΑΣ 17

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.43: Ψευδοεπιταχύνσεων – Περίοδου
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



- Για τις ψευδοταχύτητες ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα ψευδοταχυτήτων είναι η παρακάτω.

Υπορουτίνα

```
close all;  
clear all;  
X2=load('X2,C.mat');  
X3=load('X3,C.mat');  
X4=load('X4,C.mat');  
X7=load('X7,C.mat');  
X8=load('X8,C.mat');  
X9=load('X9,C.mat');  
X11=load('X11,C.mat');  
X12=load('X12,C.mat');  
X13=load('X13,C.mat');  
X15=load('X15,C.mat');  
X16=load('X16,C.mat');  
X17=load('X17,C.mat');  
X19=load('X19,C.mat');  
X20=load('X20,C.mat');  
X22=load('X22,C.mat');  
X23=load('X23,C.mat');  
X24=load('X24,C.mat');  
X25=load('X25,C.mat');
```

```

X29=load('X29,C.mat');
X31=load('X31,C.mat');
X33=load('X33,C.mat');
X34=load('X34,C.mat');
X36=load('X36,C.mat');
X37=load('X37,C.mat');
X40=load('X40,C.mat');
X41=load('X41,C.mat');
X44=load('X44,C.mat');
X45=load('X45,C.mat');
X47=load('X47,C.mat');
X49=load('X49,C.mat');
X51=load('X51,C.mat');
X53=load('X53,C.mat');
plot(X2.results(:,1),X2.results(:,7),'color','r');
hold on;
plot(X3.results(:,1),X3.results(:,7),'color','b');
hold on;
plot(X4.results(:,1),X4.results(:,7),'color','g');
hold on;
plot(X7.results(:,1),X7.results(:,7),'color','y');
hold on;
plot(X8.results(:,1),X8.results(:,7),'color','c');
hold on;
plot(X9.results(:,1),X9.results(:,7),'color','m');
hold on;
plot(X11.results(:,1),X11.results(:,7),'color','r','linestyle','--');
hold on;
plot(X12.results(:,1),X12.results(:,7),'color','b','linestyle','--');
hold on;
plot(X13.results(:,1),X13.results(:,7),'color','g','linestyle','--');
hold on;
plot(X15.results(:,1),X15.results(:,7),'color','y','linestyle','--');
hold on;
plot(X16.results(:,1),X16.results(:,7),'color','c','linestyle','--');
hold on;
plot(X17.results(:,1),X17.results(:,7),'color','m','linestyle','--');
hold on;
plot(X19.results(:,1),X19.results(:,7),'color','r','linestyle',':');
hold on;
plot(X20.results(:,1),X20.results(:,7),'color','b','linestyle',':');
hold on;
plot(X22.results(:,1),X22.results(:,7),'color','g','linestyle',':');
hold on;
plot(X23.results(:,1),X23.results(:,7),'color','y','linestyle',':');
hold on;
plot(X24.results(:,1),X24.results(:,7),'color','c','linestyle',':');
hold on;
plot(X25.results(:,1),X25.results(:,7),'color','m','linestyle',':');
hold on;
plot(X29.results(:,1),X29.results(:,7),'color','r','linestyle','-');
hold on;
plot(X31.results(:,1),X31.results(:,7),'color','b','linestyle','-');
hold on;
plot(X33.results(:,1),X33.results(:,7),'color','g','linestyle','-');
hold on;
plot(X34.results(:,1),X34.results(:,7),'color','y','linestyle','-');
hold on;
plot(X36.results(:,1),X36.results(:,7),'color','c','linestyle','-');
hold on;
plot(X37.results(:,1),X37.results(:,7),'color','m','linestyle','-');

```

```

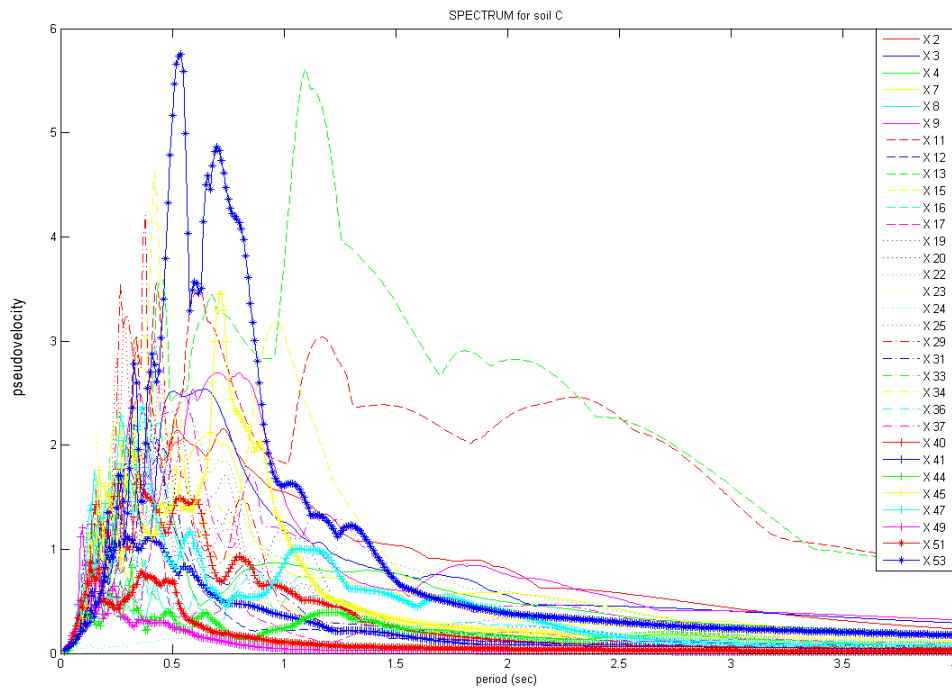
hold on;
plot(X40.results(:,1),X40.results(:,7),'color','r','marker','+');
hold on;
plot(X41.results(:,1),X41.results(:,7),'color','b','marker','+');
hold on;
plot(X44.results(:,1),X44.results(:,7),'color','g','marker','+');
hold on;
plot(X45.results(:,1),X45.results(:,7),'color','y','marker','+');
hold on;
plot(X47.results(:,1),X47.results(:,7),'color','c','marker','+');
hold on;
plot(X49.results(:,1),X49.results(:,7),'color','m','marker','+');
hold on;
plot(X51.results(:,1),X51.results(:,7),'color','r','marker','*');
hold on;
plot(X53.results(:,1),X53.results(:,7),'color','b','marker','*');

```

ΠΙΝΑΚΑΣ 18

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.44: Ψευδοταχυτήτων – Περιόδου για κατηγορία C



- Για τις μετατοπίσεις ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα μετατοπίσεων είναι η παρακάτω.

Υπορουτίνα

```
close all;
clear all;
X2=load('X2,C.mat');
X3=load('X3,C.mat');
X4=load('X4,C.mat');
X7=load('X7,C.mat');
X8=load('X8,C.mat');
X9=load('X9,C.mat');
X11=load('X11,C.mat');
X12=load('X12,C.mat');
X13=load('X13,C.mat');
X15=load('X15,C.mat');
X16=load('X16,C.mat');
X17=load('X17,C.mat');
X19=load('X19,C.mat');
X20=load('X20,C.mat');
X22=load('X22,C.mat');
X23=load('X23,C.mat');
X24=load('X24,C.mat');
X25=load('X25,C.mat');
X29=load('X29,C.mat');
X31=load('X31,C.mat');
X33=load('X33,C.mat');
X34=load('X34,C.mat');
X36=load('X36,C.mat');
X37=load('X37,C.mat');
X40=load('X40,C.mat');
X41=load('X41,C.mat');
X44=load('X44,C.mat');
X45=load('X45,C.mat');
X47=load('X47,C.mat');
X49=load('X49,C.mat');
X51=load('X51,C.mat');
X53=load('X53,C.mat');
plot(X2.results(:,1),X2.results(:,8),'color','r');
hold on;
plot(X3.results(:,1),X3.results(:,8),'color','b');
hold on;
plot(X4.results(:,1),X4.results(:,8),'color','g');
hold on;
plot(X7.results(:,1),X7.results(:,8),'color','y');
hold on;
plot(X8.results(:,1),X8.results(:,8),'color','c');
hold on;
plot(X9.results(:,1),X9.results(:,8),'color','m');
hold on;
plot(X11.results(:,1),X11.results(:,8),'color','r','linestyle','--');
hold on;
plot(X12.results(:,1),X12.results(:,8),'color','b','linestyle','--');
hold on;
plot(X13.results(:,1),X13.results(:,8),'color','g','linestyle','--');
hold on;
```

```

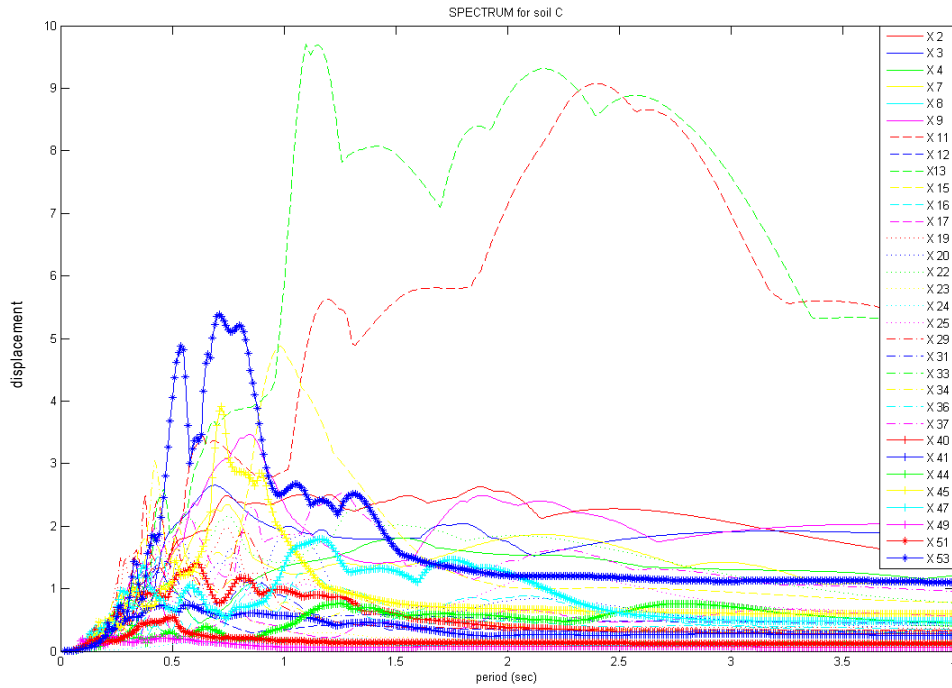
plot(X15.results(:,1),X15.results(:,8),'color','y','linestyle','--');
hold on;
plot(X16.results(:,1),X16.results(:,8),'color','c','linestyle','--');
hold on;
plot(X17.results(:,1),X17.results(:,8),'color','m','linestyle','--');
hold on;
plot(X19.results(:,1),X19.results(:,8),'color','r','linestyle',':');
hold on;
plot(X20.results(:,1),X20.results(:,8),'color','b','linestyle',':');
hold on;
plot(X22.results(:,1),X22.results(:,8),'color','g','linestyle',':');
hold on;
plot(X23.results(:,1),X23.results(:,8),'color','y','linestyle',':');
hold on;
plot(X24.results(:,1),X24.results(:,8),'color','c','linestyle',':');
hold on;
plot(X25.results(:,1),X25.results(:,8),'color','m','linestyle',':');
hold on;
plot(X29.results(:,1),X29.results(:,8),'color','r','linestyle','-');
hold on;
plot(X31.results(:,1),X31.results(:,8),'color','b','linestyle','-');
hold on;
plot(X33.results(:,1),X33.results(:,8),'color','g','linestyle','-');
hold on;
plot(X34.results(:,1),X34.results(:,8),'color','y','linestyle','-');
hold on;
plot(X36.results(:,1),X36.results(:,8),'color','c','linestyle','-');
hold on;
plot(X37.results(:,1),X37.results(:,8),'color','m','linestyle','-');
hold on;
plot(X40.results(:,1),X40.results(:,8),'color','r','marker','+');
hold on;
plot(X41.results(:,1),X41.results(:,8),'color','b','marker','+');
hold on;
plot(X44.results(:,1),X44.results(:,8),'color','g','marker','+');
hold on;
plot(X45.results(:,1),X45.results(:,8),'color','y','marker','+');
hold on;
plot(X47.results(:,1),X47.results(:,8),'color','c','marker','+');
hold on;
plot(X49.results(:,1),X49.results(:,8),'color','m','marker','+');
hold on;
plot(X51.results(:,1),X51.results(:,8),'color','r','marker','*');
hold on;
plot(X53.results(:,1),X53.results(:,8),'color','b','marker','*');

```

ΠΙΝΑΚΑΣ 19

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.45: Μετακινήσεων – Περίοδου για κατηγορία C



5.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ D

Κατά τον ΕΑΚ του 2000, στην κατηγορία εδάφους D ανήκουν τα εδάφη με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλαστιμότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ..

Παρακάτω αναφέρονται οι σεισμοί, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν σε έδαφος κατηγορίας D :

DATE	STATION	DURATION(sec)	SOIL CLASS	ORDER
4/11/1973	LEFKADA	26.53	D	X1
24/2/1981	XYLOKASTRO	36.97	D	X5
24/2/1981	KORINTHOS	40.69	D	X10
25/2/1994	LEFKADA	26.94	D	X18
26/3/1993	PYRGO	25.12	D	X21
20/6/1978	THESALONIKH	30.40	D	X27
25/2/1994	LEFKADA	29.10	D	X28
16/10/1988	ZAKYNTHOS	42.64	D	X30
11/8/1996	PYRGOS	19.32	D	X35
24/4/1988	LEFKADA	14.30	D	X38
27/5/1981	LEFKADA	16.01	D	X39
25/2/1981	KORINTHOS	28.67	D	X43
26/3/1993	PYRGOS	22.22	D	X48
26/3/1993	AMALIADA	23.71	D	X50
13/8/1985	AMALIADA	13.85	D	X52

ΠΙΝΑΚΑΣ 20

- Για τις ψευδοεπιταχύνσεις ισχύει:

Έχοντας λάβει το φάσμα της ψευδοεπιτάχυνσης από το κυρίως πρόγραμμα και με την βοήθεια της παρακάτω υπορουτίνας μπορούμε να έχουμε στο ίδιο διάγραμμα και το φάσμα το οποίο προκύπτει από τους αναλυτικούς τύπους – φάσμα σχεδιασμού. Αυτό γίνεται αλλάζοντας κάθε φορά τον αριθμό (π.χ εδώ το νούμερο 1) που συμβολίζει τον αντίστοιχο σεισμό, δίνοντάς μας την δυνατότητα να μελετάμε μεμονωμένα τους σεισμούς.

Υπορουτίνα

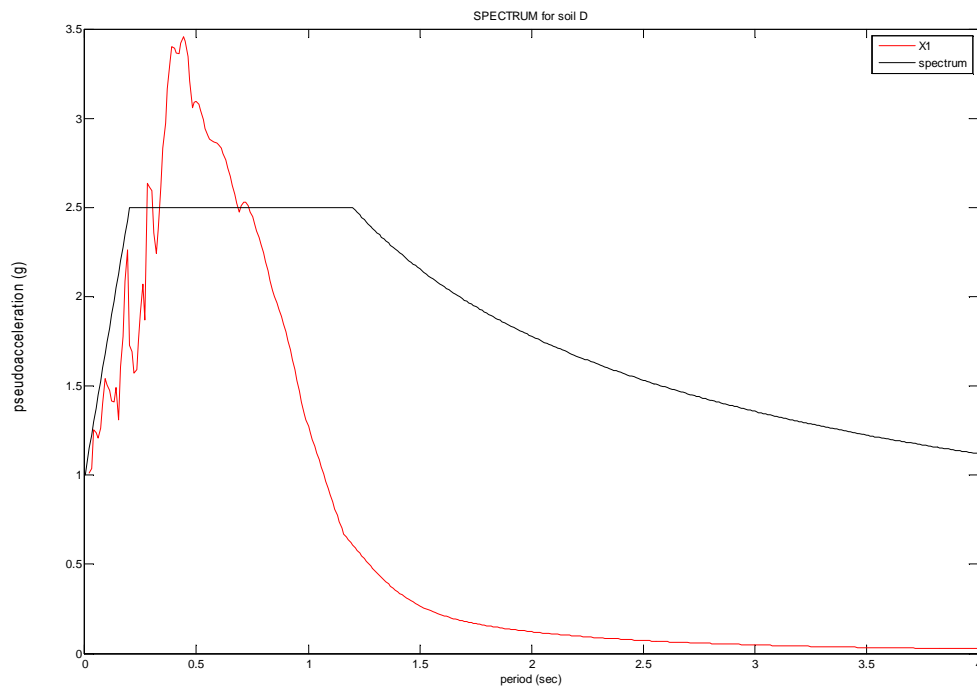
```
close all;
clear all;
load('spectrum_soil_D.txt');
X1=load('X1,D.mat');
plot(X1.results(:,1),X1.results(:,5),'color','red');
hold on;
```

```
plot(spectrum_soil_D(:,1),spectrum_soil_D(:,2),'color','k');
```

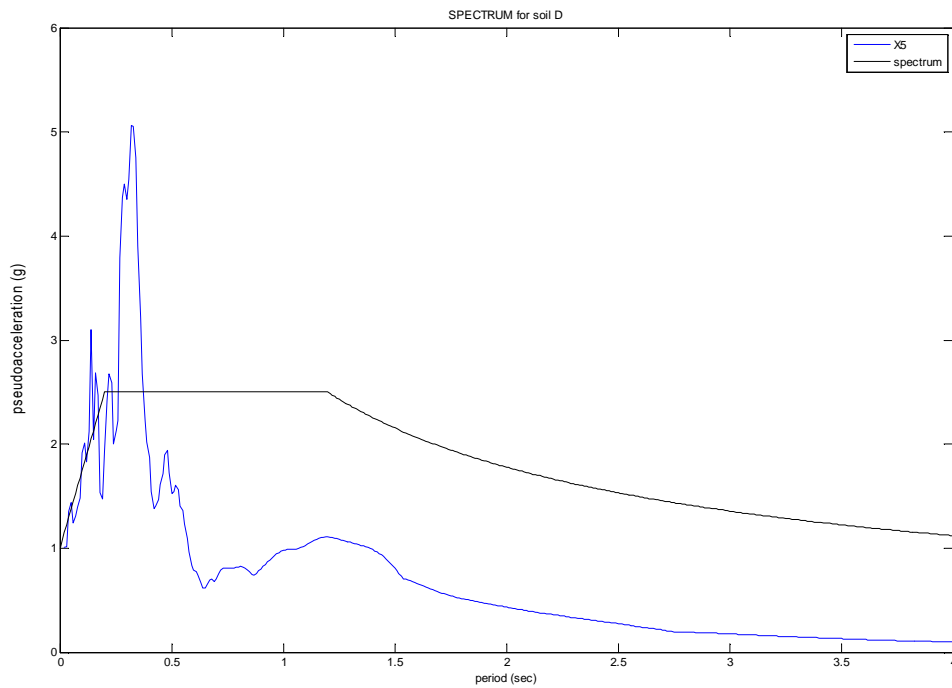
ΠΙΝΑΚΑΣ 21

Τα διαγράμματα που μας δίνει η υπορουτίνα είναι τα παρακάτω :

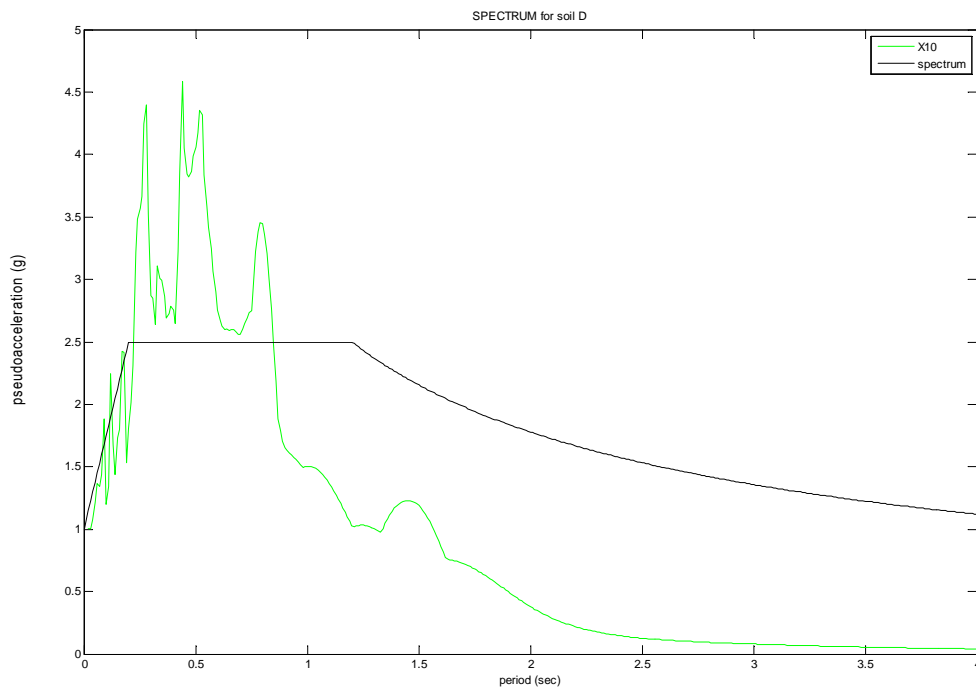
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.46: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X1
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



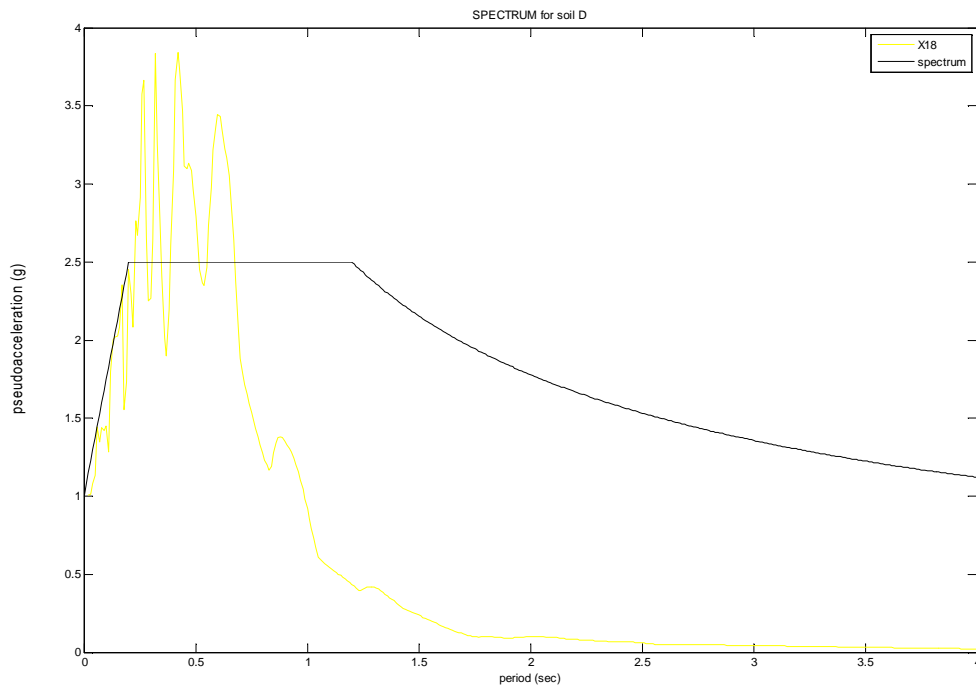
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.47: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X5
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



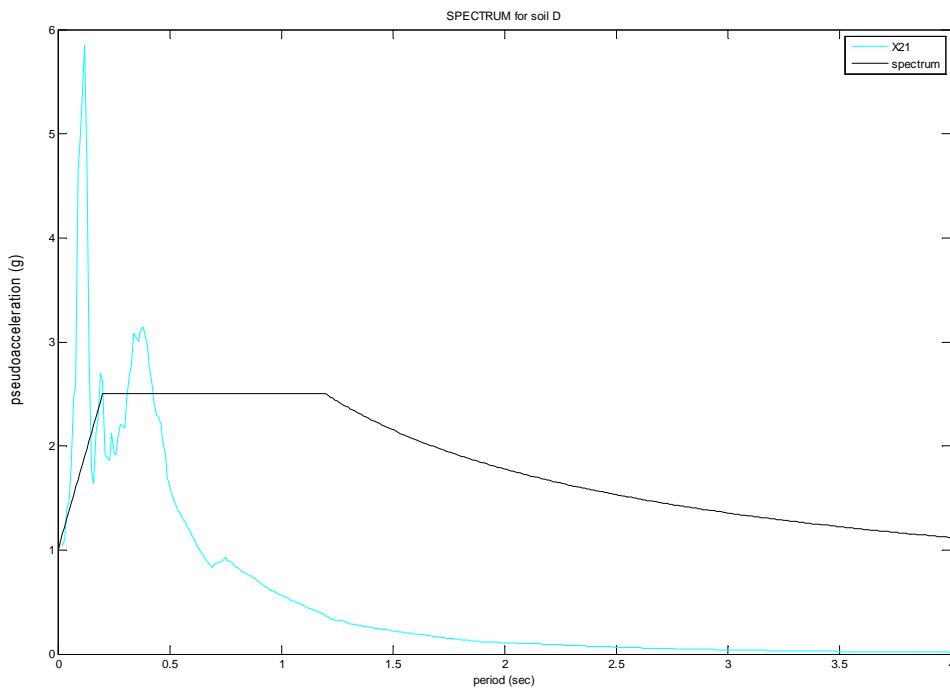
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.48: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X10
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



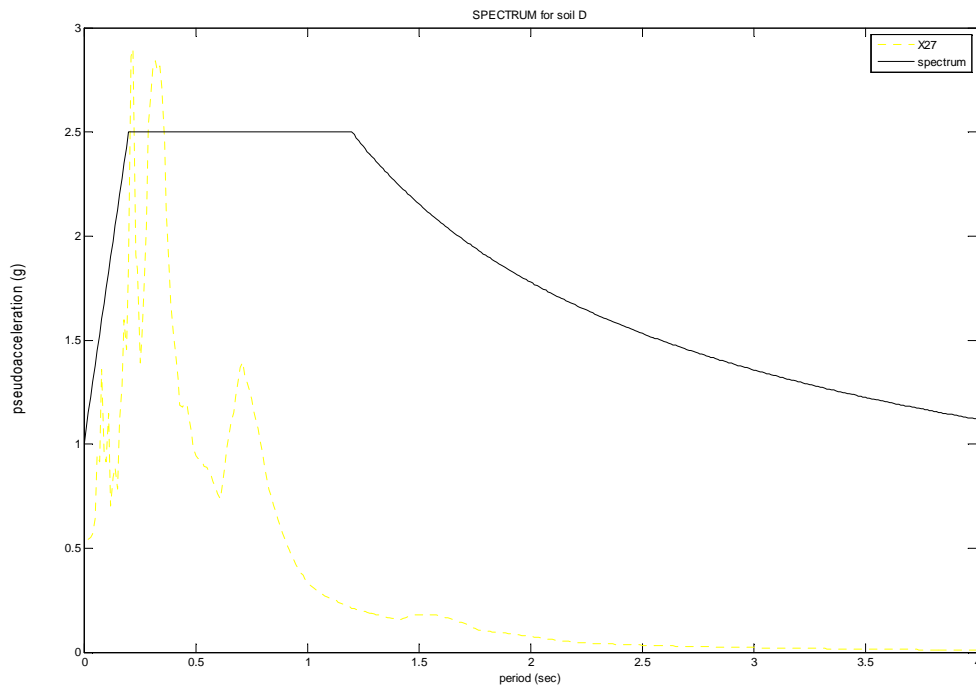
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.49: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X18
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



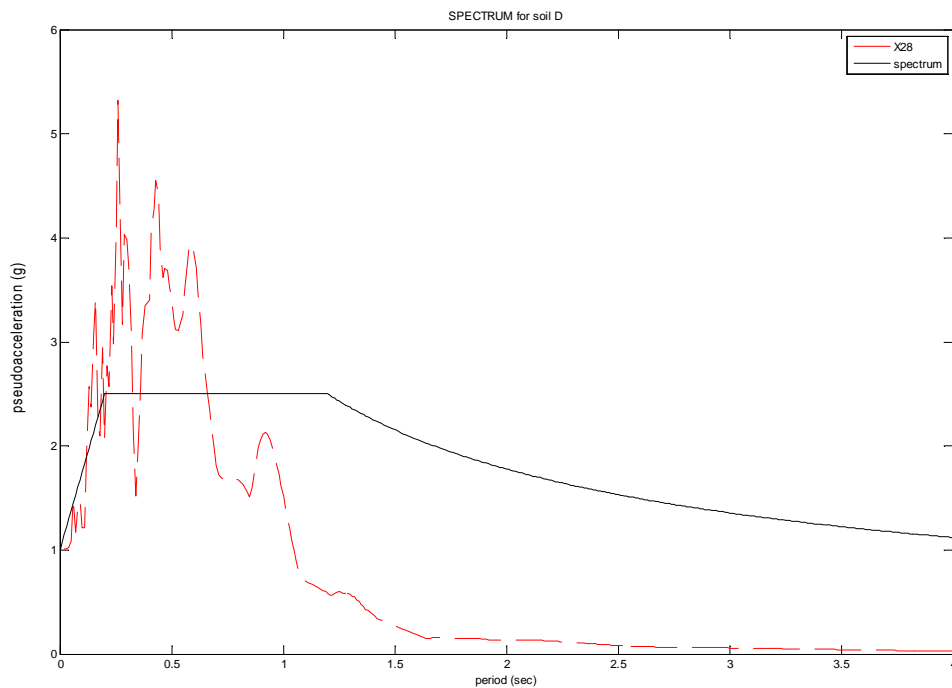
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.50: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X21
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



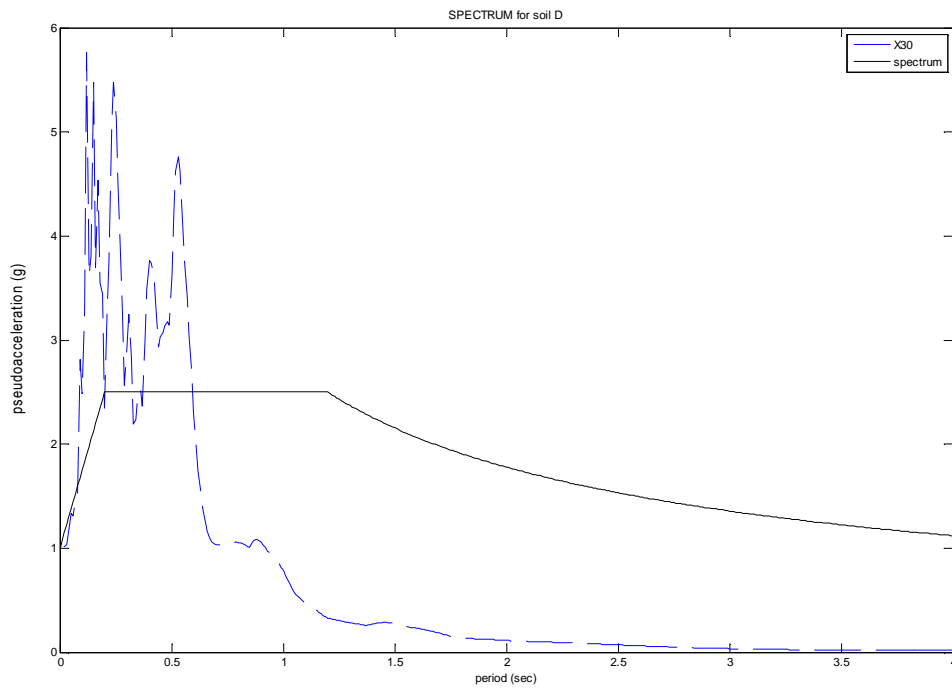
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.51: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X27
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



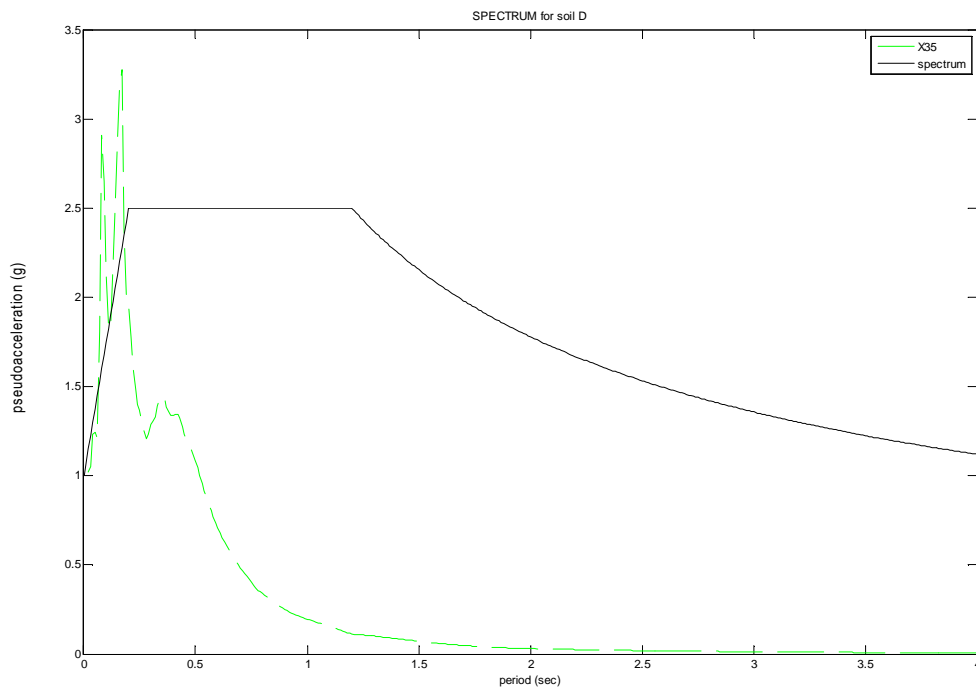
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.52: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X28
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



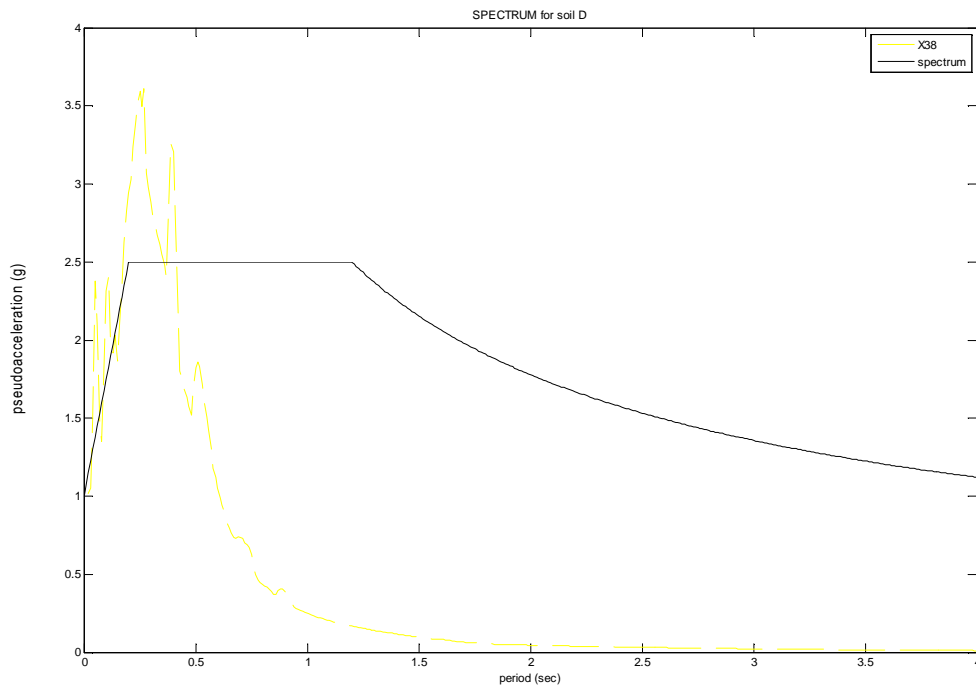
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.53: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X30
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



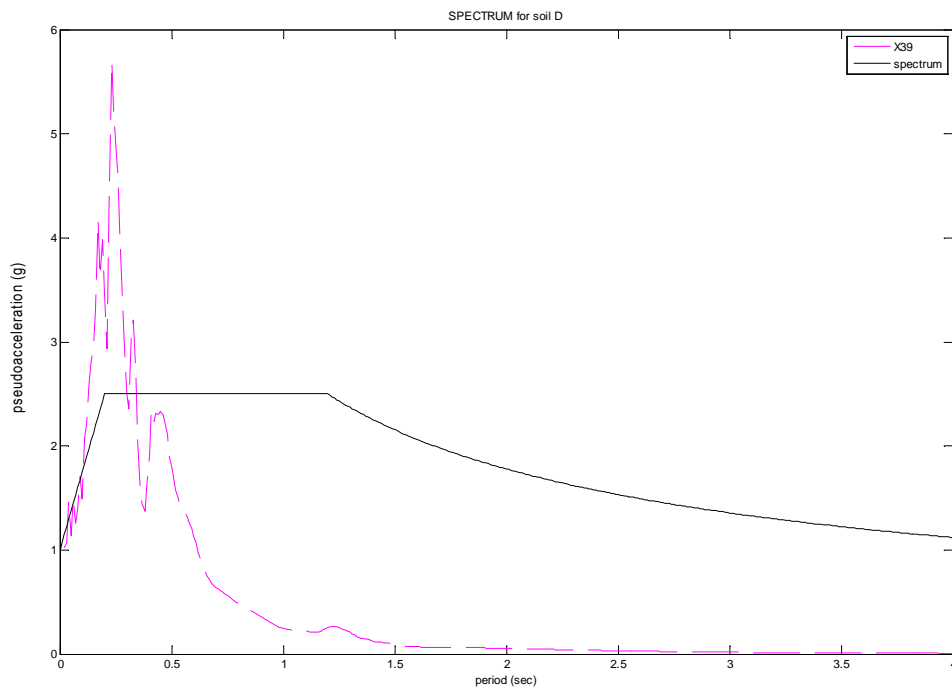
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.54: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X35
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



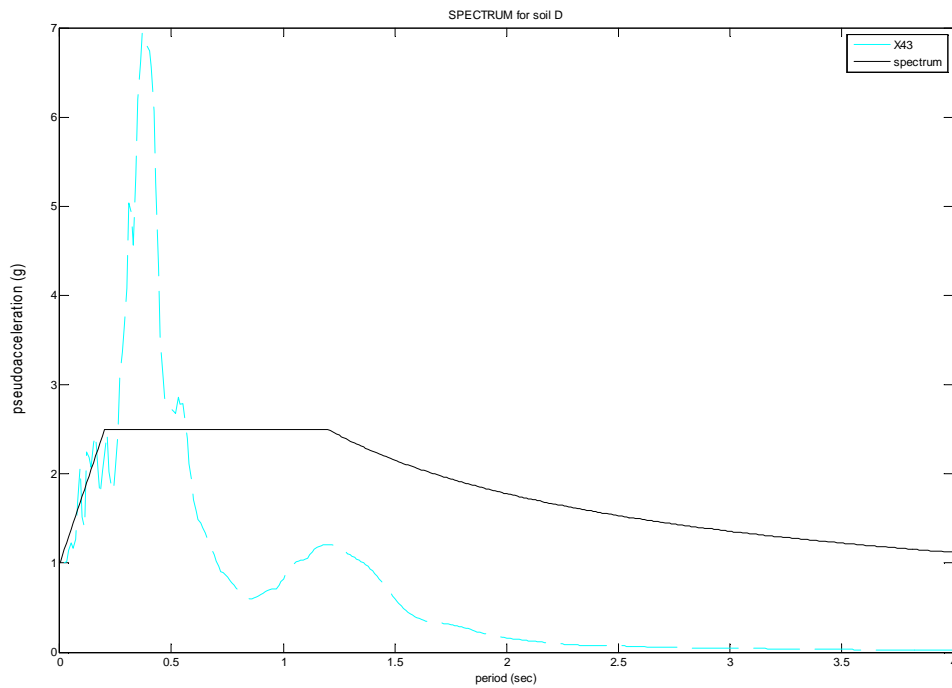
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.55: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X38
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



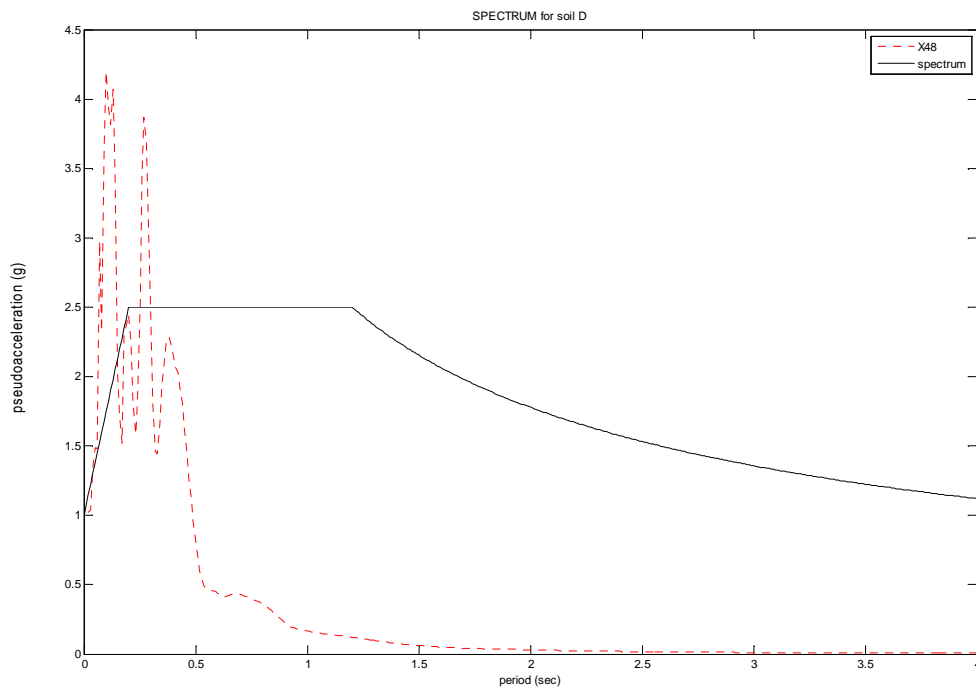
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.56: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X39
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



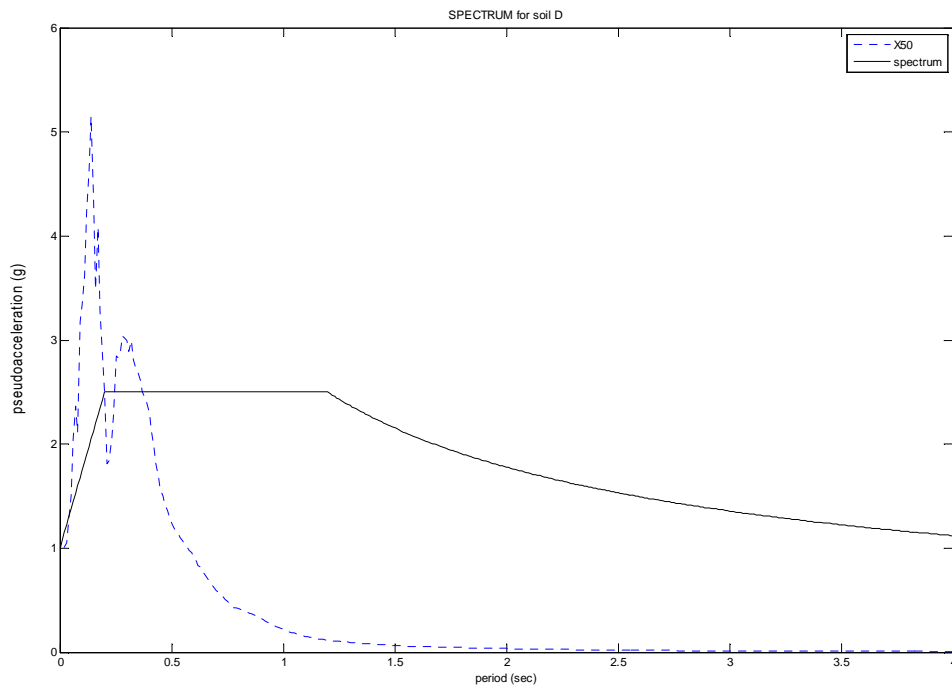
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.57: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X43
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



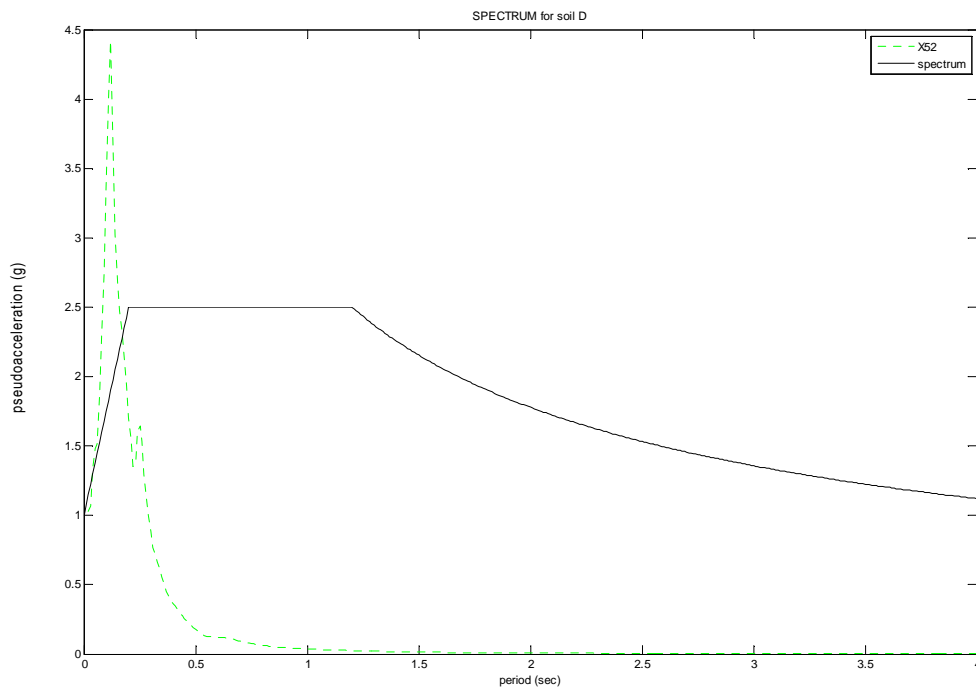
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.58: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X48
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.59: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X50
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.60: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X52
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



Επίσης, μια πιο σύνθετη υπορουτίνα μας δίνει την δυνατότητα να εμφανίσουμε όλα τα επιταχυνσιογραφήματα όλων των σεισμών, που πραγματοποιήθηκαν στην ίδια κατηγορία εδάφους, μαζί με το τυποποιημένο φάσμα σχεδιασμού (φάσμα που προκύπτει από αναλυτικούς τύπους). Αυτό μας βοηθάει στο να παρατηρούμε και να καταλήγουμε σε συμπεράσματα (βλέπε κεφάλαιο 8, σελ. 120) πιο εύκολα.

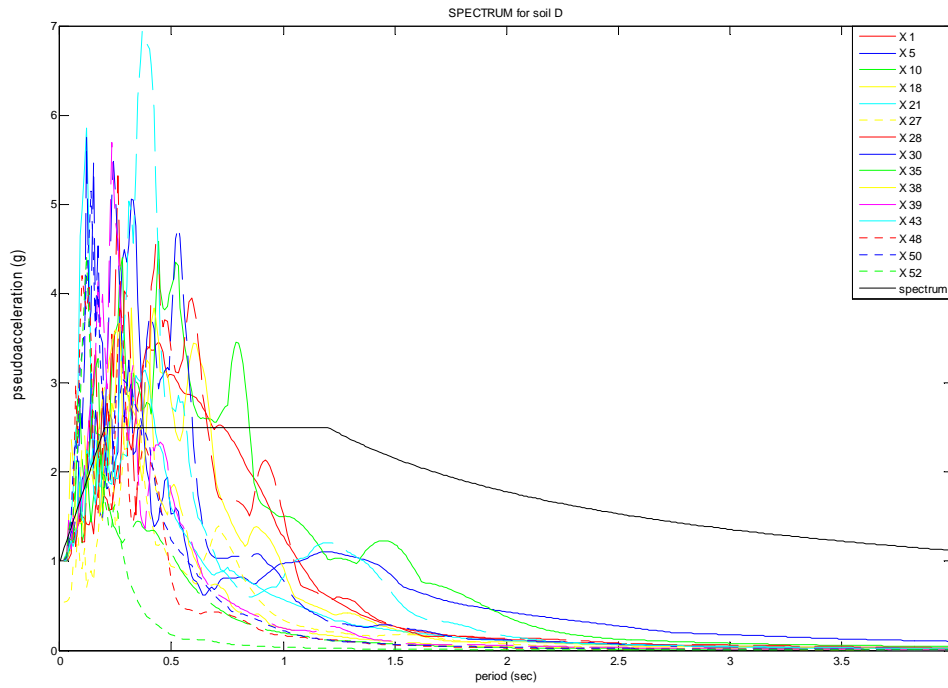
Υπορουτίνα

```
close all;
clear all;
load('spectrum_soil_D.txt');
X1=load('X1,D.mat');
X5=load('X5,D.mat');
X10=load('X10,D.mat');
X18=load('X18,D.mat');
X21=load('X21,D.mat');
X27=load('X27,D.mat');
X28=load('X28,D.mat');
X30=load('X30,D.mat');
X35=load('X35,D.mat');
X38=load('X38,D.mat');
X39=load('X39,D.mat');
X43=load('X43,D.mat');
X48=load('X48,D.mat');
X50=load('X50,D.mat');
X52=load('X52,D.mat');
plot(X1.results(:,1),X1.results(:,5),'color','red');
hold on;
plot(X5.results(:,1),X5.results(:,5),'color','blue');
hold on;
plot(X10.results(:,1),X10.results(:,5),'color','green');
hold on;
plot(X18.results(:,1),X18.results(:,5),'color','yellow');
hold on;
plot(X21.results(:,1),X21.results(:,5),'color','c');
hold on;
plot(X27.results(:,1),X27.results(:,5),'color','y','LineStyle',':');
hold on;
plot(X28.results(:,1),X28.results(:,5),'color','r','LineStyle','--');
hold on;
plot(X30.results(:,1),X30.results(:,5),'color','b','LineStyle','--');
hold on;
plot(X35.results(:,1),X35.results(:,5),'color','g','LineStyle','--');
hold on;
plot(X38.results(:,1),X38.results(:,5),'color','y','LineStyle','--');
hold on;
plot(X39.results(:,1),X39.results(:,5),'color','m','LineStyle','--');
hold on;
plot(X43.results(:,1),X43.results(:,5),'color','c','LineStyle','--');
hold on;
plot(X48.results(:,1),X48.results(:,5),'color','r','LineStyle',':');
hold on;
plot(X50.results(:,1),X50.results(:,5),'color','b','LineStyle',':');
hold on;
plot(X52.results(:,1),X52.results(:,5),'color','g','LineStyle',':');
hold on;
plot(spectrum_soil_D(:,1),spectrum_soil_D(:,2),'color','k');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 22

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.61: Ψευδοεπιταχύνσεων – Περιόδου
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



- Για τις ψευδοταχύτητες ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα ψευδοταχυτήτων είναι η παρακάτω.

Υπορουτίνα

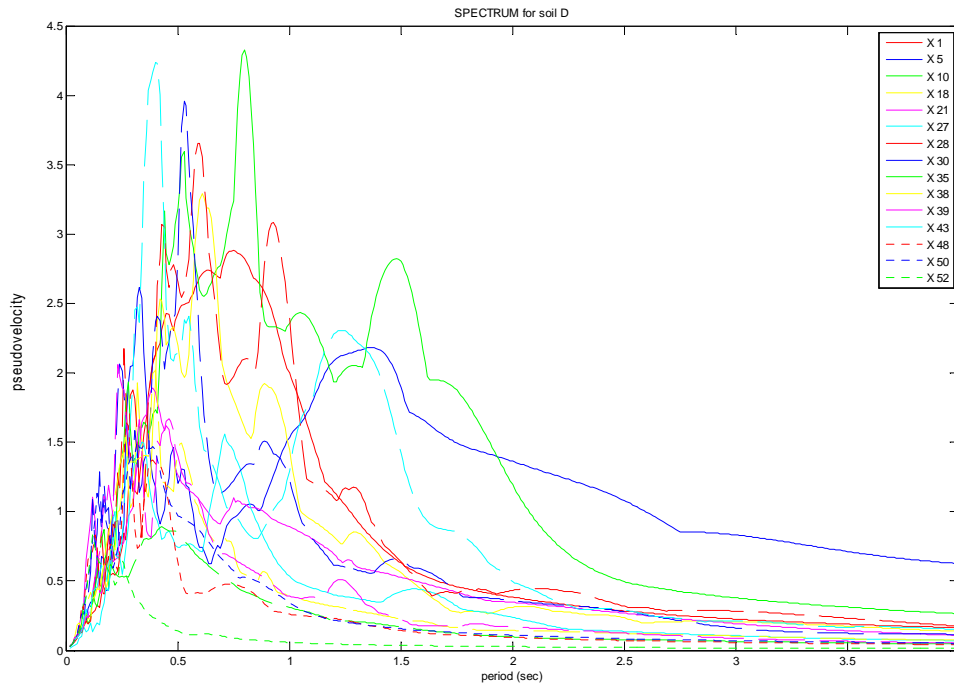
```
close all;  
clear all;  
X1=load('X1,D.mat');  
X5=load('X5,D.mat');  
X10=load('X10,D.mat');  
X18=load('X18,D.mat');  
X21=load('X21,D.mat');  
X27=load('X27,D.mat');  
X28=load('X28,D.mat');  
X30=load('X30,D.mat');  
X35=load('X35,D.mat');  
X38=load('X38,D.mat');  
X39=load('X39,D.mat');  
X43=load('X43,D.mat');  
X48=load('X48,D.mat');  
X50=load('X50,D.mat');  
X52=load('X52,D.mat');
```

```
plot(X1.results(:,1),X1.results(:,7),'color','red');
hold on;
plot(X5.results(:,1),X5.results(:,7),'color','blue');
hold on;
plot(X10.results(:,1),X10.results(:,7),'color','green');
hold on;
plot(X18.results(:,1),X18.results(:,7),'color','yellow');
hold on;
plot(X21.results(:,1),X21.results(:,7),'color','m');
hold on;
plot(X27.results(:,1),X27.results(:,7),'color','c');
hold on;
plot(X28.results(:,1),X28.results(:,7),'color','r','LineStyle','--');
hold on;
plot(X30.results(:,1),X30.results(:,7),'color','b','LineStyle','--');
hold on;
plot(X35.results(:,1),X35.results(:,7),'color','g','LineStyle','--');
hold on;
plot(X38.results(:,1),X38.results(:,7),'color','y','LineStyle','--');
hold on;
plot(X39.results(:,1),X39.results(:,7),'color','m','LineStyle','--');
hold on;
plot(X43.results(:,1),X43.results(:,7),'color','c','LineStyle','--');
hold on;
plot(X48.results(:,1),X48.results(:,7),'color','r','LineStyle',':');
hold on;
plot(X50.results(:,1),X50.results(:,7),'color','b','LineStyle',':');
hold on;
plot(X52.results(:,1),X52.results(:,7),'color','g','LineStyle',':');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 23

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.62: Ψευδοταχυτήτων - Περίοδου για κατηγορία D



- Για τις μετατοπίσεις ισχύει:

Η αντίστοιχη υπορουτίνα για το φάσμα μετατοπίσεων είναι η παρακάτω.

Υπορουτίνα

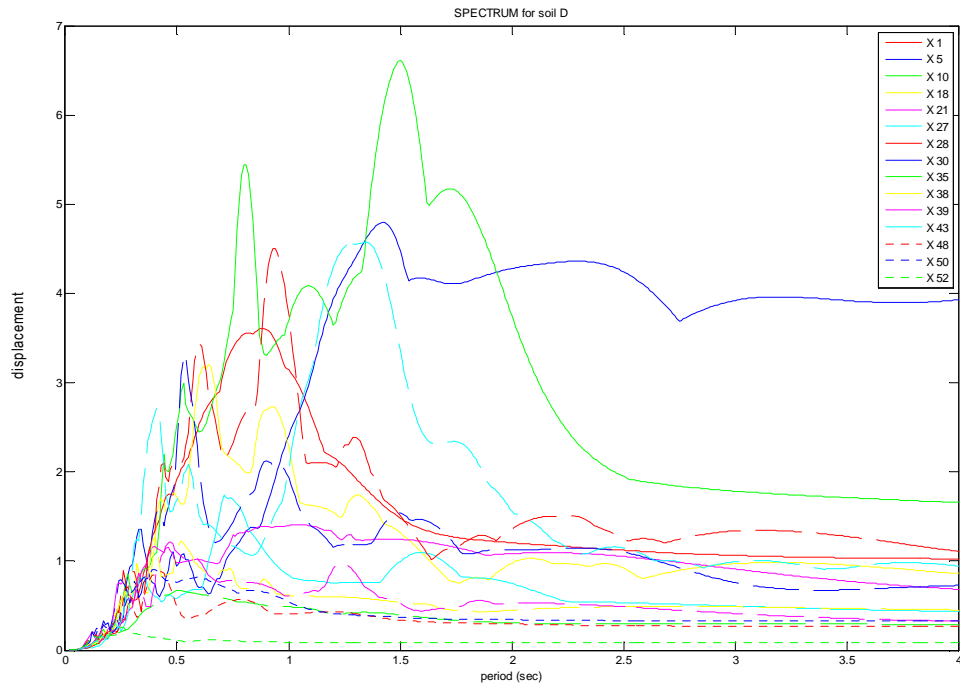
```
close all;
clear all;
X1=load('X1,D.mat');
X5=load('X5,D.mat');
X10=load('X10,D.mat');
X18=load('X18,D.mat');
X21=load('X21,D.mat');
X27=load('X27,D.mat');
X28=load('X28,D.mat');
X30=load('X30,D.mat');
X35=load('X35,D.mat');
X38=load('X38,D.mat');
X39=load('X39,D.mat');
X43=load('X43,D.mat');
X48=load('X48,D.mat');
X50=load('X50,D.mat');
X52=load('X52,D.mat');
plot(X1.results(:,1),X1.results(:,8),'color','red');
```

```
hold on;
plot(X5.results(:,1),X5.results(:,8),'color','blue');
hold on;
plot(X10.results(:,1),X10.results(:,8),'color','green');
hold on;
plot(X18.results(:,1),X18.results(:,8),'color','yellow');
hold on;
plot(X21.results(:,1),X21.results(:,8),'color','m');
hold on;
plot(X27.results(:,1),X27.results(:,8),'color','c');
hold on;
plot(X28.results(:,1),X28.results(:,8),'color','r','LineStyle','--');
hold on;
plot(X30.results(:,1),X30.results(:,8),'color','b','LineStyle','--');
hold on;
plot(X35.results(:,1),X35.results(:,8),'color','g','LineStyle','--');
hold on;
plot(X38.results(:,1),X38.results(:,8),'color','y','LineStyle','--');
hold on;
plot(X39.results(:,1),X39.results(:,8),'color','m','LineStyle','--');
hold on;
plot(X43.results(:,1),X43.results(:,8),'color','c','LineStyle','--');
hold on;
plot(X48.results(:,1),X48.results(:,8),'color','r','LineStyle',':');
hold on;
plot(X50.results(:,1),X50.results(:,8),'color','b','LineStyle',':');
hold on;
plot(X52.results(:,1),X52.results(:,8),'color','g','LineStyle',':');
```

ΠΙΝΑΚΑΣ 24

Το διάγραμμα που προκύπτει από την παραπάνω υπορουτίνα είναι :

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.63: Μετακινήσεων – Περιόδου για κατηγορία D



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΣΤΗΝ FORTRAN

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται ο αντίστοιχος αλγόριθμος σε γλώσσα προγραμματισμού *FORTRAN*. Ο στόχος παραμένει ο ίδιος, δηλαδή η εύρεση των μεγίστων τιμών των παραμέτρων της μετακίνησης, ταχύτητας και επιτάχυνσης, οι οποίες είναι χρήσιμες για τον υπολογισμό των μετακινήσεων, ψευδοταχυτήτων και ψευδοεπιταχύνσεων. Επίσης, με το τρέξιμο του προγράμματος έχουμε τη δημιουργία των ελαστικών φασμάτων των προαναφερθέντων. Η εστίαση όμως θα γίνει στο φάσμα των ψευδοεπιταχύνσεων εφόσον, μόνο γι αυτό υπάρχουν αναλυτικοί τύποι για τη δημιουργία του.

Είναι επόμενο λοιπόν ότι τα αποτελέσματα πρέπει να συμπίπτουν, γι αυτό πραγματοποιήθηκε επαλήθευση από κάθε κατηγορία εδάφους. Η Fortran δεν μας παρείχε την δυνατότητα μετατροπής των αποτελεσμάτων σε διαγράμματα, γι αυτό έγινε εφαρμογή του προγράμματος ES-PLOT. Το πρόγραμμα αυτό συνεργάζεται πλήρως με την Fortran και μας επιτρέπει την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

6.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

```
1. DIMENSION X6(8000),p1(8000),T(500),P(8000)
2. DIMENSION x(8000),v(8000),a(8000),c(400),ak2(500)
3. DIMENSION results(500,10),t1(8000)
4. C.....
5. OPEN (5,FILE='DATA.txt')
6. OPEN (6,FILE='OUT.txt')
7. OPEN (10,FILE='TEST.DAT',STATUS='UNKNOWN')
8. C.....fortwsh epitaxynsiografimatos kai kononikopoihsh
9. READ (5,*) M
10. READ (5,*) N
11. READ (5,*) L
12. READ (5,*) (X6(I),I=1,M)
13. X6MAX=ABS(X6(1))
14. DO 10 I=1,M
15. IF (ABS(X6(I)).GT.X6MAX) THEN
16. X6MAX=ABS(X6(I))
17. END IF
18. 10 CONTINUE
```

```

19. DO 20 I1=1,M
20. X6(I1)=X6(I1)/X6MAX
21. 20 CONTINUE
22. C.....DEDOMENA
23. C.....vima epitaxynsiografimatos
24. dt=0.005
25. C.....prwth timh idioperiodou
26. Tstart=0.01
27. amg=100.
28. DO 30 I2=1,M
29. p1(I2)=-amg*X6(I2)
30. 30 CONTINUE
31. DO 40 J=2,N
32. T(J)=Tstart*J
33. ak2(J)=4*3.14**2*amg/T(J)**2
34. C.....aposvesh
35. c(J)=500*2*(amg*ak2(J))**0.5
36. C.....arxikes synthikes
37. t1(1)=0.
38. x(1)=0.
39. v(1)=0.
40. a(1)=(p1(1)-c(J)*v(1)-ak2(J)*x(1))/amg
41. C.....ARXIKOI YPOLOGISMOI
42. C.....ypologismos tou x minus 1
43. xminus=x(1)-dt*v(1)+dt**2/2*a(1)
44. C.....upologismos K cap
45. AK1=amg/dt**2+c(J)/2*dt
46. C.....ypologismos A,B
47. A1=amg/dt**2-c(J)/2*dt
48. B=ak2(J)-2*amg/dt**2
49. P(1)=p1(1)-A1*xminus-B*x(1)
50. x(2)=P(1)/AK1
51. v(1)=(x(2)-xminus)/2*dt
52. a(1)=(x(2)-2*x(1)+xminus)/dt**2
53. C.....YPOLOGISMOS GIA TO XRONIKO VHMA i , i+1 ,.....
54. DO 50 J2=2,L
55. P(J2)=p1(J2)-A1*x(J2-1)-B*x(J2)
56. x(J2+1)=P(J2)/AK1
57. v(J2)=(x(J2+1)-x(J2-1))/2*dt
58. a(J2)=(x(J2+1)-2*x(J2)+x(J2-1))/dt**2
59. t1(J2)=t1(J2-1)+dt
60. 50 CONTINUE
61. xmax=ABS(x(1))

```

```

62.   vmax=ABS(v(1))
63.   amax=ABS(a(1))
64.   DO 60 J3=1,L
65.   IF (ABS(x(J3)).GT.xmax) THEN
66.   xmax=ABS(x(J3))
67.   END IF
68.   IF (ABS(v(J3)).GT.vmax) THEN
69.   vmax=ABS(v(J3))
70.   END IF
71.   IF (ABS(a(J3)).GT.amax) THEN
72.   amax=ABS(a(J3))
73.   END IF
74. 60 CONTINUE
75.   results(J,1)=T(J)
76.   results(J,2)=xmax
77.   results(J,3)=vmax
78.   results(J,4)=amax
79. C.....psevdoacceleration
80.   results(J,5)=results(J,2)*AK2(J)/amg
81. C.....psevdoacceleration g
82.   results(J,6)=results(j,5)
83. C.....psevdovelocity
84.   results(J,7)=results(J,5)*T(J)/2*3.1415
85. C.....displacement
86.   results(J,8)=results(J,7)*T(J)/2*3.1415
87. 40 CONTINUE
88. C.....APOTELESMATA
89.   WRITE (6,100)
90.   DO 70 J1=2,N
91.   WRITE(6,101) results(J1,1),results(J1,2),results(J1,3),
92.   &results(J1,4),results(J1,6),results(J1,7),results(J1,8)
93.   WRITE(10,*) results(J1,1),results(J1,6)
94. 70 CONTINUE
95.   CLOSE (10)
96.   CALL SYSTEM ("(C:)\TEMP\ESPLOT.EXE" TEST.DAT)
97. 101 FORMAT(1X,F7.5,5X,F10.5,5X,F10.5,5X,F10.5,11X,F10.5,11X,F10.5,11X,
98.   &F10.5)
99. 100 FORMAT(1X,'period',5X,'max(abs(x))',5X,'max(abs(v))',5X,
100.   &'max(abs(a))',5X,'pseudoacceleration   ',5X,'pseudovelocity',5X,
101.   &'displacement')
102.   STOP
103.   END

```

6.2 ΤΜΗΜΑΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

- *Γραμμές 1-3*
Δήλωση των πινάκων που θα χρησιμοποιηθούν μέσα στο πρόγραμμα.
- *Γραμμές 5-7*
Δημιουργία αρχείων για δεδομένα (DATA) , αποτελέσματα (OUT & TEST).
- *Γραμμές 9-21*
Δηλώνουμε το πλήθος των τιμών του επιταχυνσιογραφήματος (M), το πλήθος των τιμών της περιόδου (N), το πλήθος των τιμών του φάσματος (L). Τέλος, δηλώνουμε τις τιμές του επιταχυνσιογραφήματος και κανονικοποιούμε ως προς 1g.
- *Γραμμές 24-30*
Δίνουμε τα δεδομένα που χρειάζονται για τους υπολογισμούς του προγράμματος. Συγκεκριμένα, δίνουμε :
 - i) το χρονικό βήμα dt που ισούται με 0.005sec
 - ii) την τιμή της πρώτης περιόδου T_start που ισούται με 0.01sec
 - iii) την συγκεντρωμένη μάζα m του μονοβάθμιου συστήματος που ισούται με 100tn
 - iv) την εξωτερική διέγερση p (σε kN) που μεταβάλλεται ανάλογα με το χρόνο.
- *Γραμμές 31-40*
Δημιουργία των διανυσμάτων για τις τετρακόσιες τιμές (4sec/0.01sec) περιόδων T(εδώ γίνεται και η αύξηση της περιόδου κατά dt=0.01sec), δυσκαμψιών k και συντελεστών απόσβεσης c. Επίσης, δίνονται οι αρχικές τιμές για το χρόνο t(1,1), την μετατόπιση x(1,1), την ταχύτητα v(1,1) και την επιτάχυνση a(1,1).
- *Γραμμές 41-52*
Σε αυτό το σημείο γίνονται οι αρχικοί υπολογισμοί των εξής παραμέτρων xminus, AK1, A1, B, P, που θα χρειαστούν παρακάτω, δηλαδή εντός του loop, όπου θα έχουμε αύξηση του βήματος.
- *Γραμμές 53-74*
Μέσα σε αυτό το loop βρίσκουμε για κάθε περίοδο T, όλες τις τιμές της μετατόπισης-ταχύτητας-επιτάχυνσης καθώς αυξάνεται ο χρόνος με dt=0.005sec
- *Γραμμές 75-87*
Γίνονται οι υπολογισμοί για να δημιουργηθεί ο πίνακας αποτελεσμάτων διαστάσεων (400x8). Την πρώτη στήλη την αποτελεί η περίοδος T. Την δεύτερη, Τρίτη και την τέταρτη την αποτελεί η μέγιστη τιμή της μετακίνησης, ταχύτητα και επιτάχυνσης αντίστοιχα. Στην πέμπτη αποθηκεύονται οι τιμές της ψευδοεπιτάχυνσης, στην έβδομη της ψευδοταχύτητας και τέλος στην όγδοη της μετακίνησης.

- *Γραμμές 89-92*
Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στο αρχείο αποτελεσμάτων που δημιουργήσαμε στην αρχή του προγράμματος (OUT).
- *Γραμμές 93-96*
Με την βοήθεια μιας υπορουτίνας καλούμε το πρόγραμμα ES-PLOT, το οποίο μας σχεδιάζει το διάγραμμα ψευδοεπιτάχυνσης – περιόδου, αντλώντας δεδομένα από αρχείο αποτελεσμάτων (TEST).
- *Γραμμές 97-103*
Δίνουμε ονόματα στις στήλες του πίνακα αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

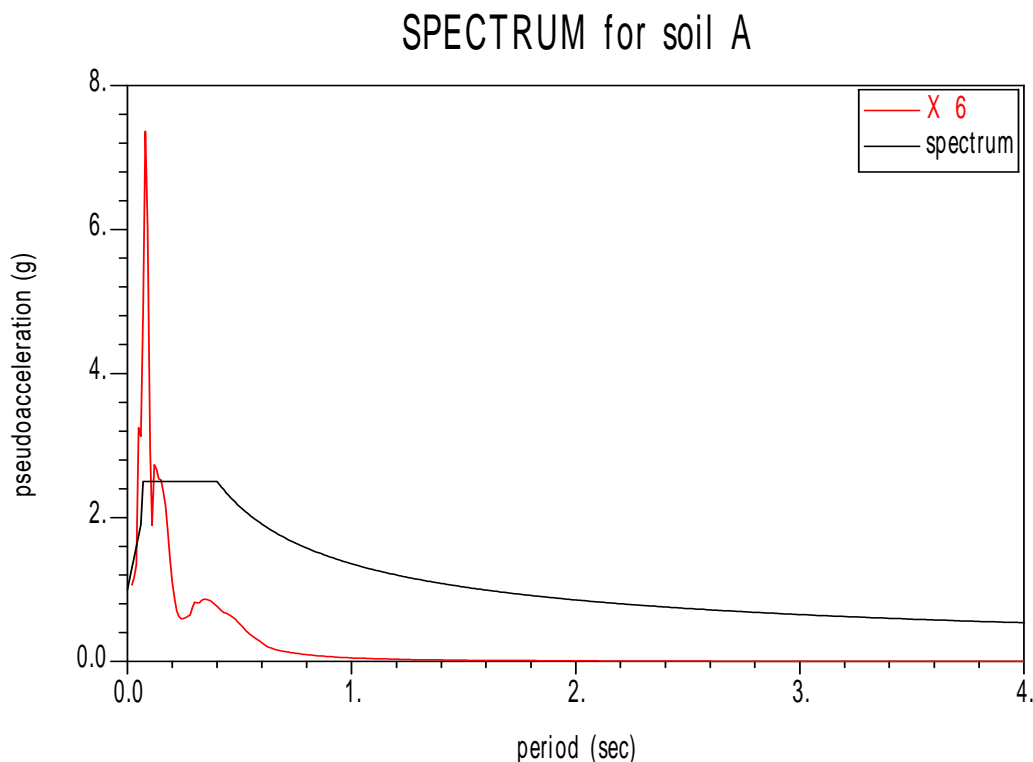
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ (FORTRAN)

Η γλώσσα προγραμματισμού *Fortran* δεν μας δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας διαγραμμάτων, την οποία μας παρέχει το πρόγραμμα *Matlab*, για αυτό κάναμε χρήση του προγράμματος Η/Υ *Es-plot*. Από τον αλγόριθμό μας καλούμε το παραπάνω πρόγραμμα, το οποίο κάνει χρήση των αποτελεσμάτων και μας δίνει τα αντίστοιχα διαγράμματα που του ζητάμε, συγκεκριμένα τα διαγράμματα ψευδοεπιτάχυνσης – περιόδου όπως και στο *Matlab*. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα ανά κατηγορία εδάφους.

7.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ Α

- Για την ψευδοεπιτάχυνση έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

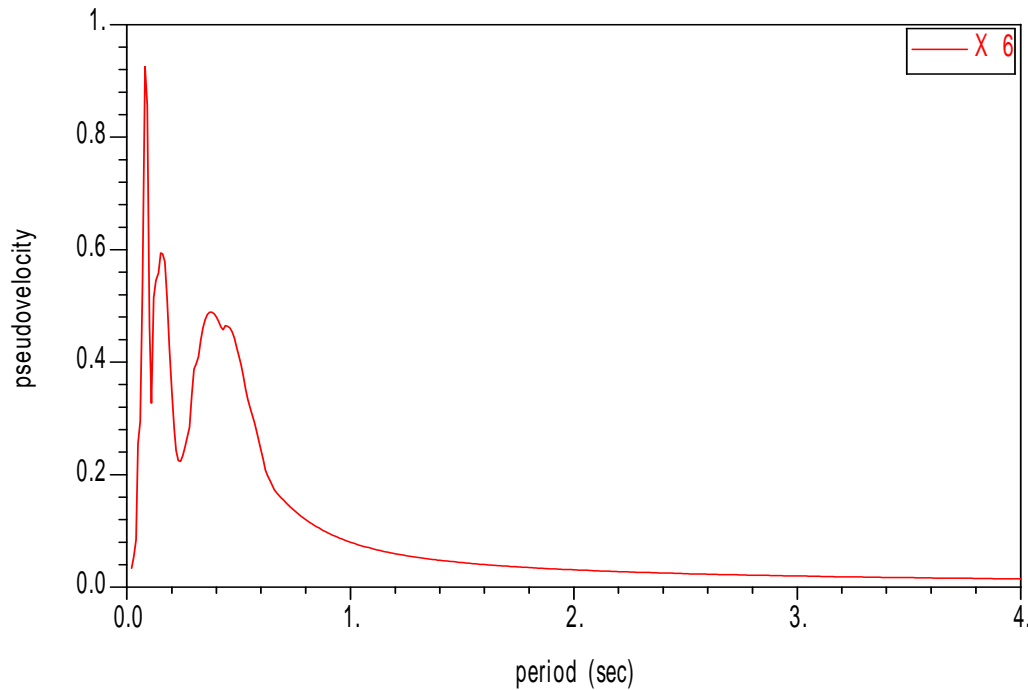
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.1: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X6
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους Α



- Για την ψευδοταχύτητα έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.2: Ψευδοταχύτητας – Περίοδου για κατηγορία A

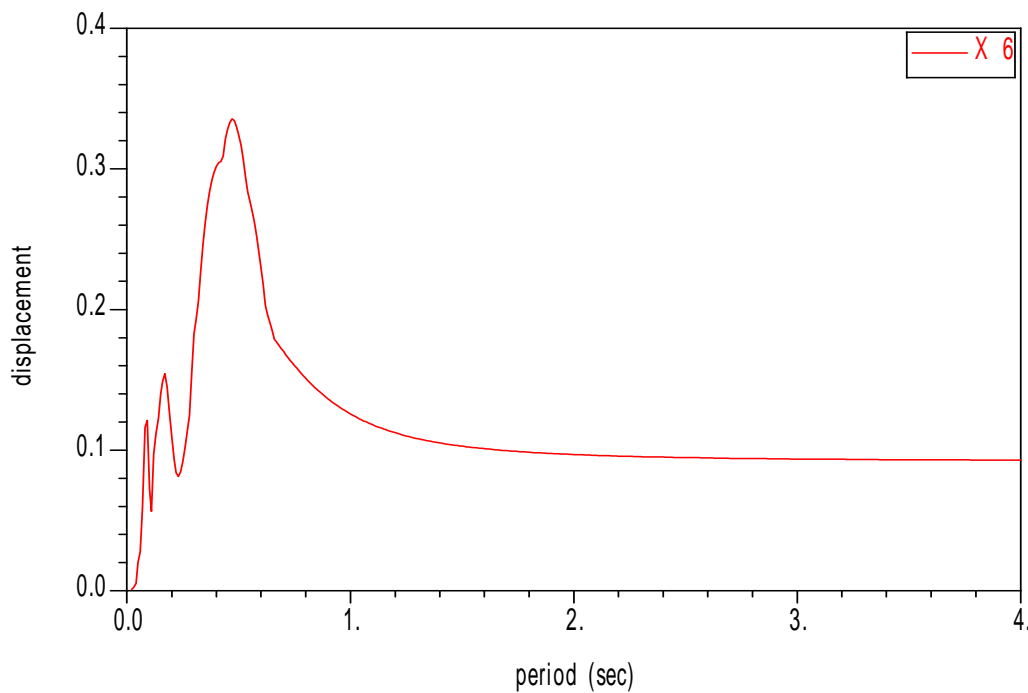
SPECTRUM for soil A



- Για την μετακίνηση έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.3: Μετακίνησης – Περίοδου για κατηγορία A

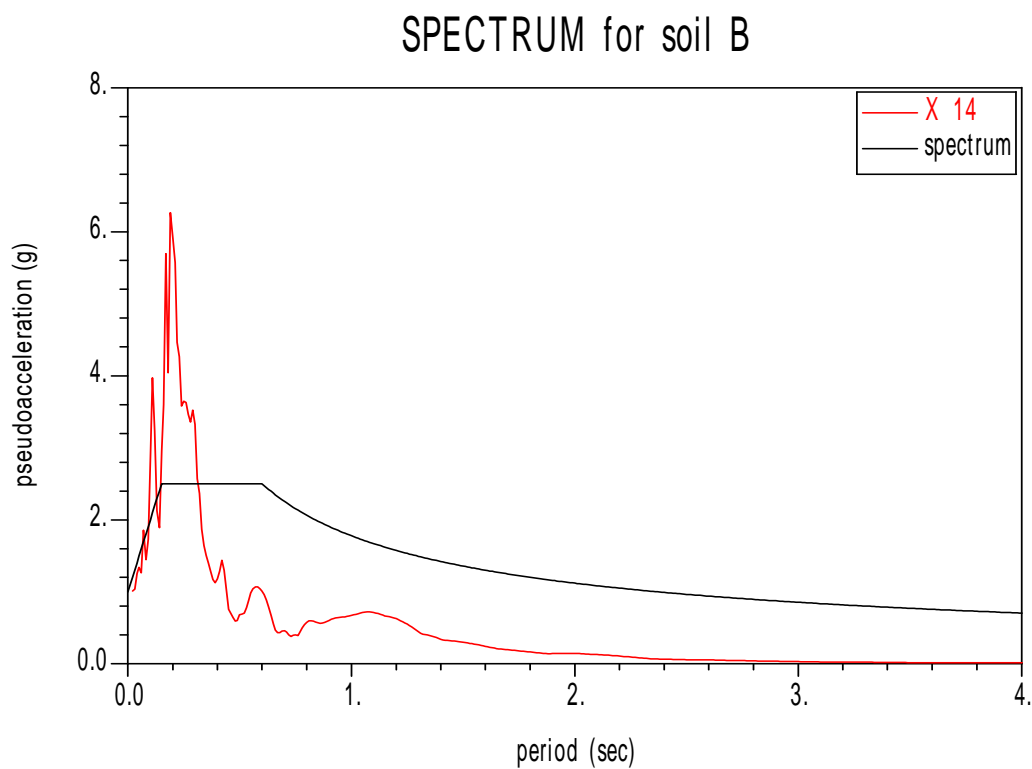
SPECTRUM for soil A



7.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ Β

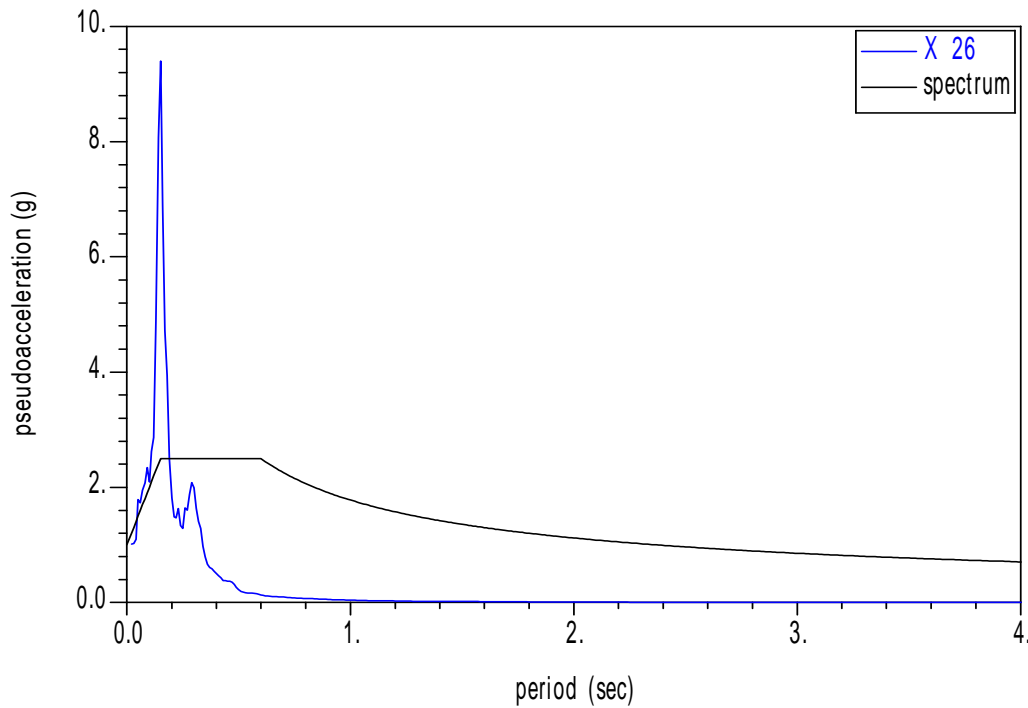
- Για τις ψευδοεπιταχύνσεις έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.4: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X14
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους Β



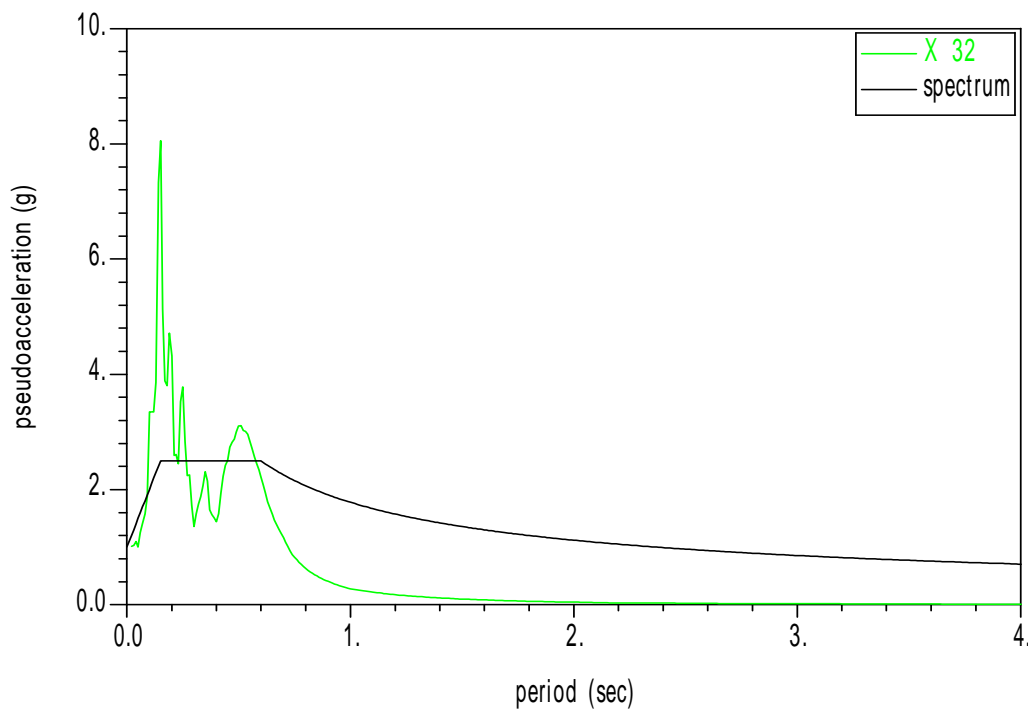
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.5: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X26
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B

SPECTRUM for soil B



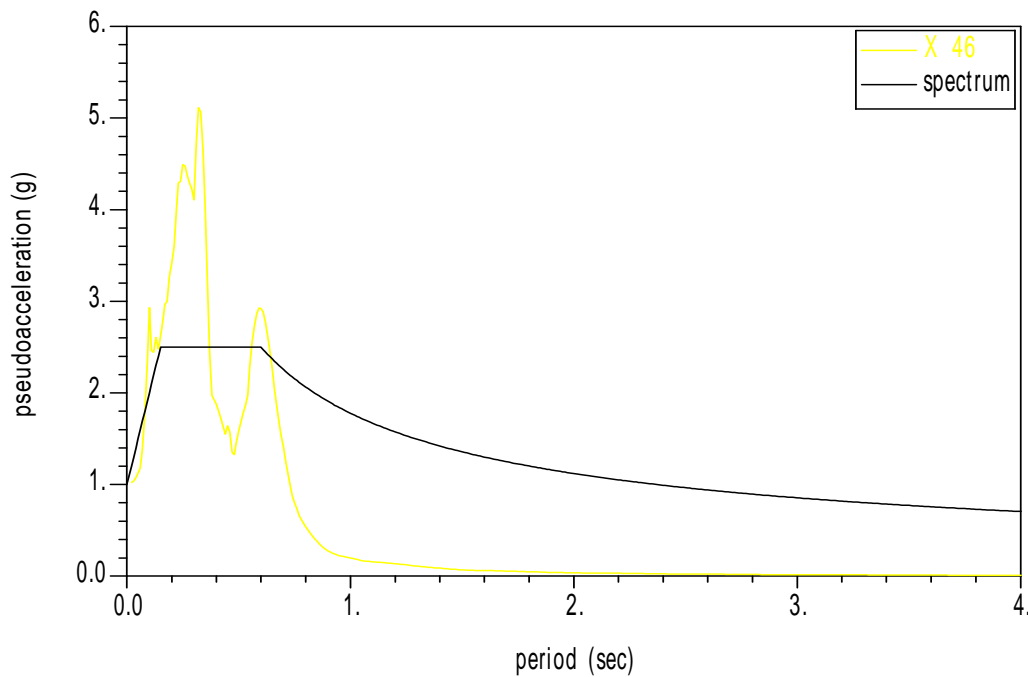
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.6: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X32
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B

SPECTRUM for soil B



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.7: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X46
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους B

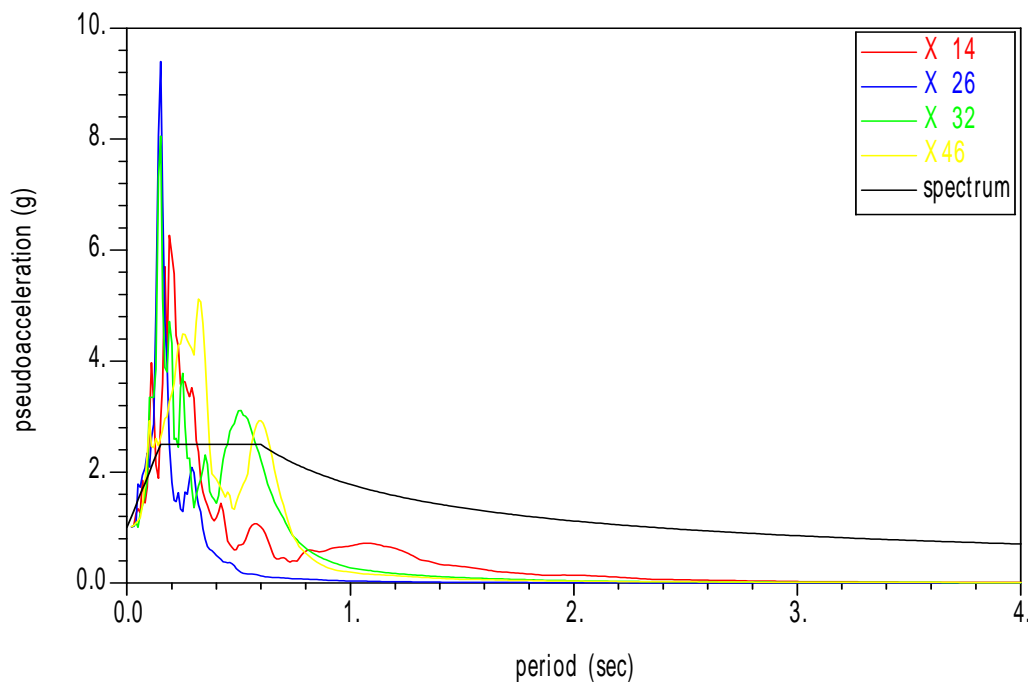
SPECTRUM for soil B



Συγκεντρωτικά για την κατηγορία εδάφους B παίρνουμε το εξής διάγραμμα:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.8: Ψευδοεπιταχύνσεων – Περίοδου
Φάσμα για Ψευδοεπιτάχυνση κατηγορίας εδάφους B

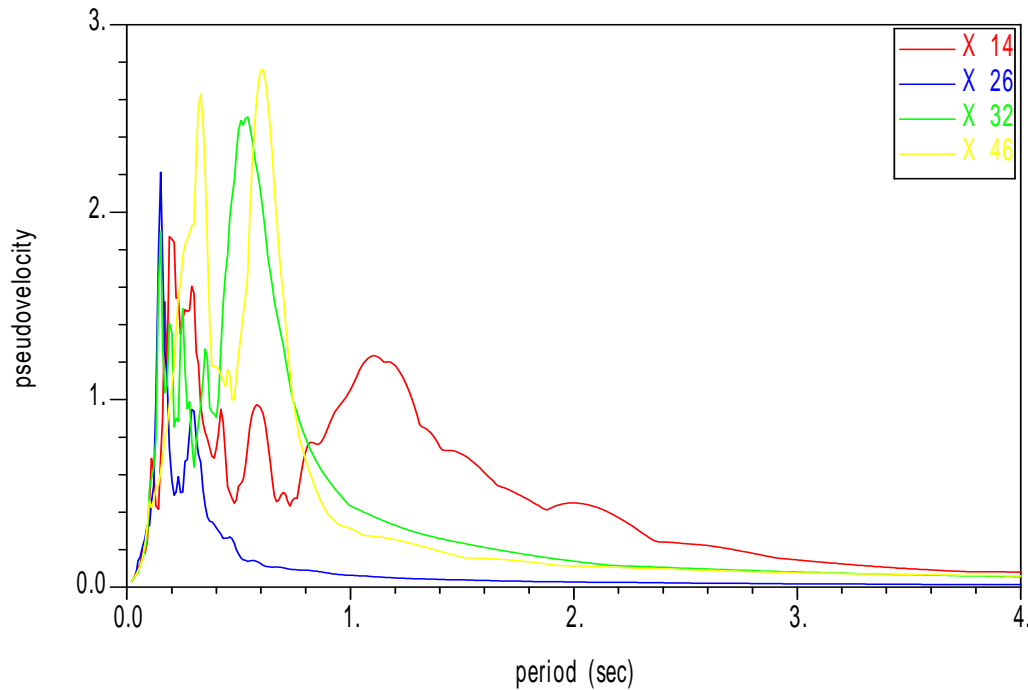
SPECTRUM for soil B



- Για τις ψευδοταχύτητες έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.9: Ψευδοταχυτήτων – Περίοδος για κατηγορία Β

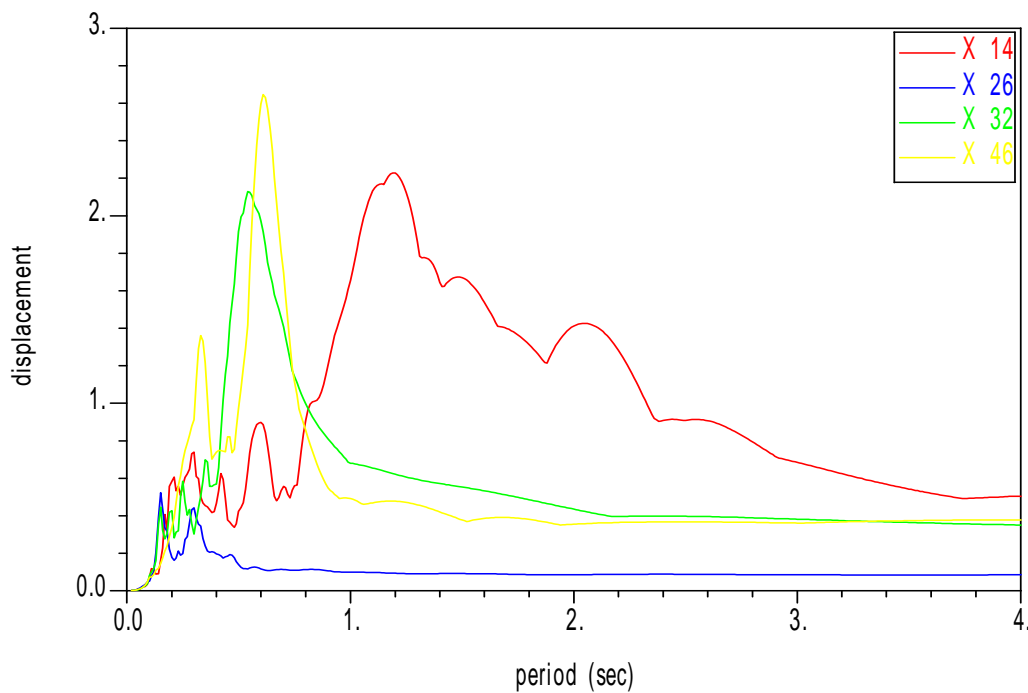
SPECTRUM for soil B



- Για τις μετακινήσεις έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.10: Μετακινήσεων – Περίοδος για κατηγορία Β

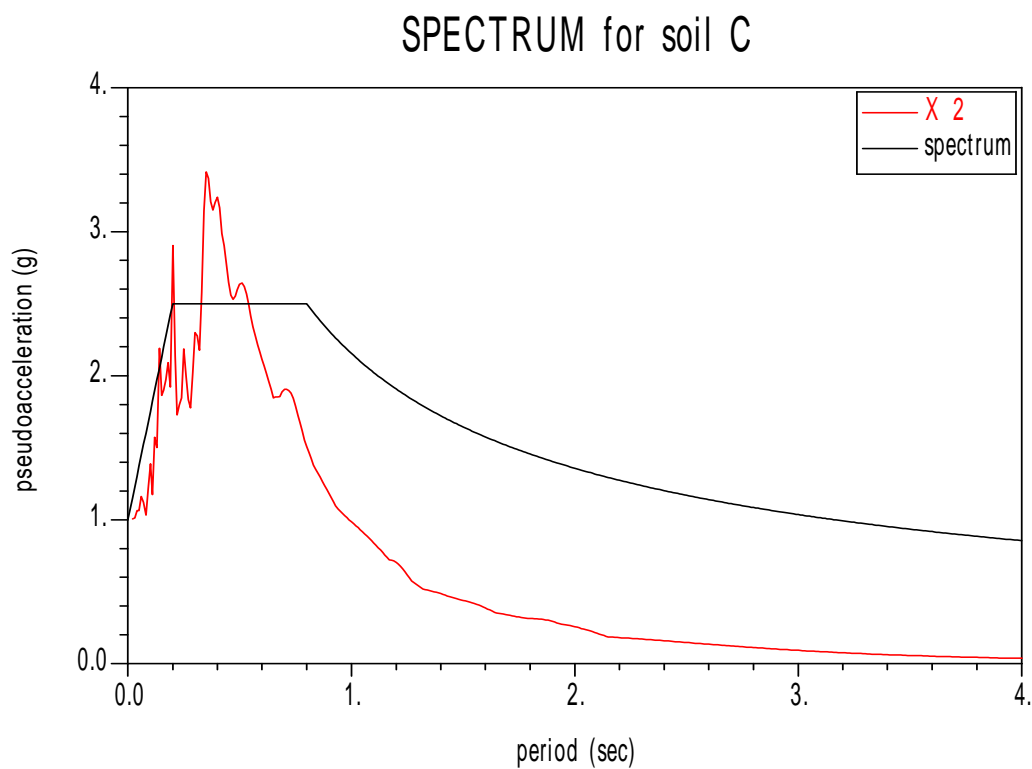
SPECTRUM for soil B



7.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ C

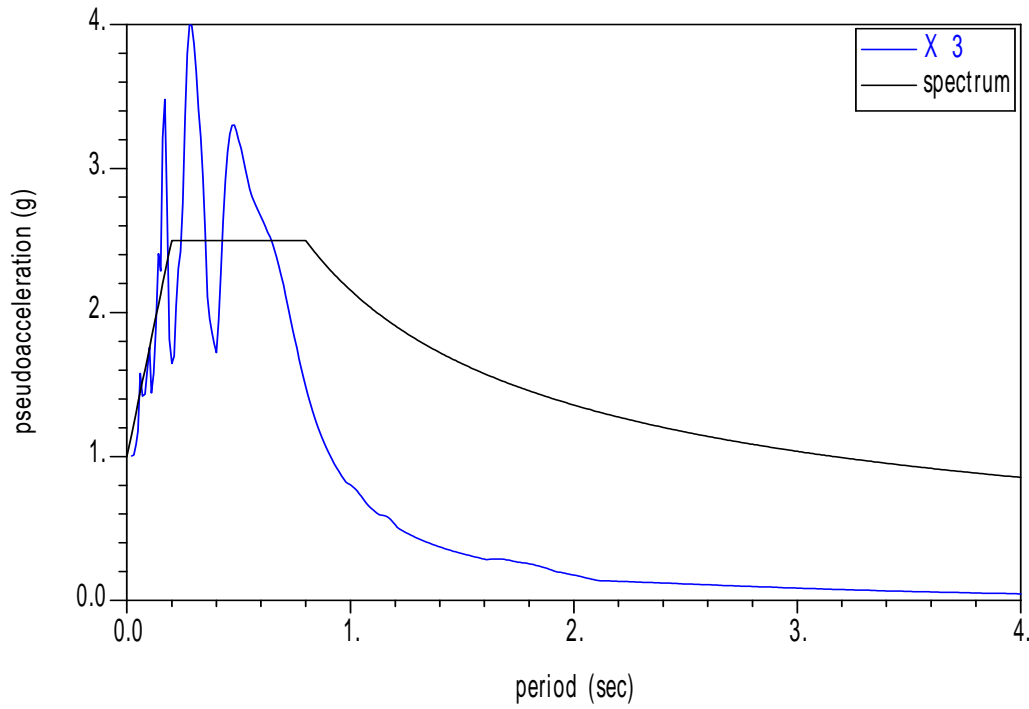
- Για τις ψευδοεπιταχύνσεις έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.11: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X2
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



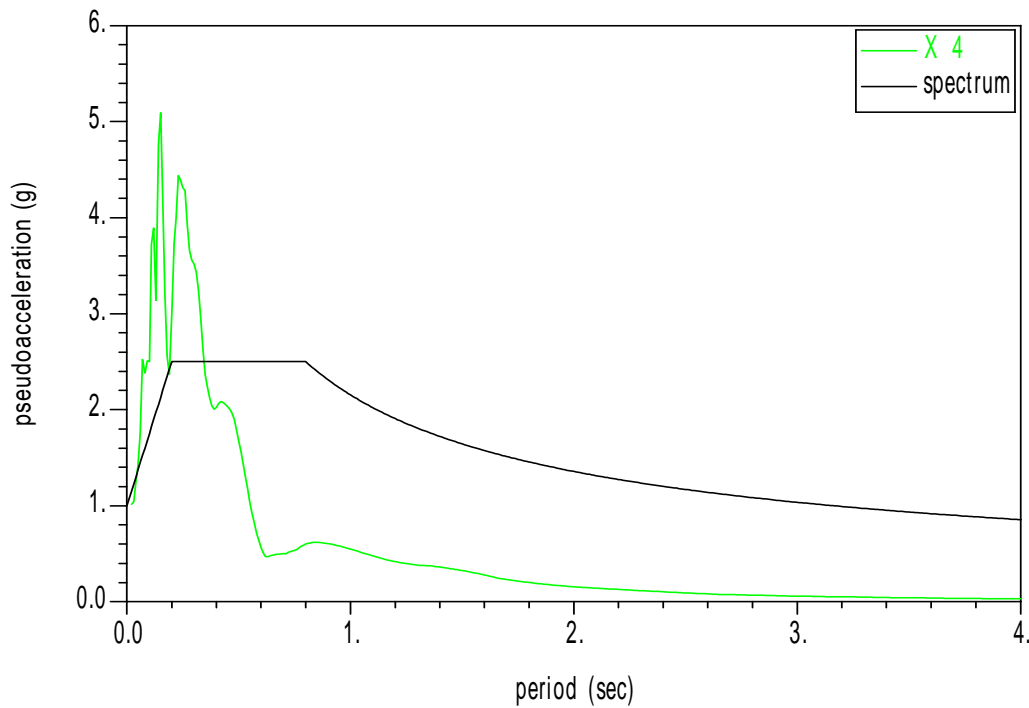
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.12: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X3
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



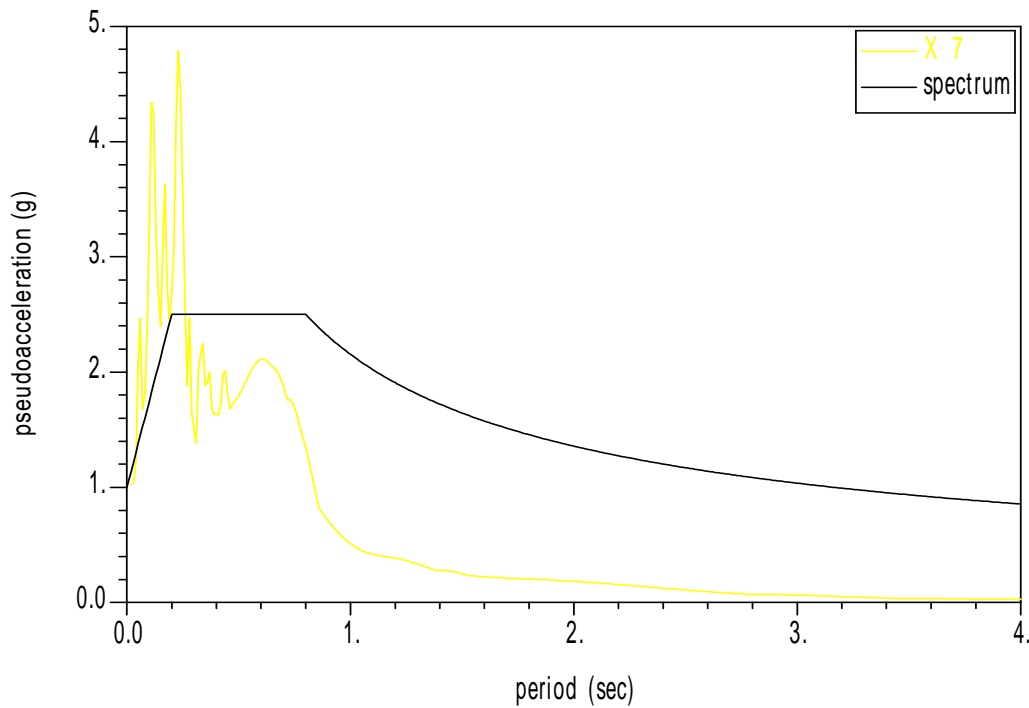
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.13: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X4
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



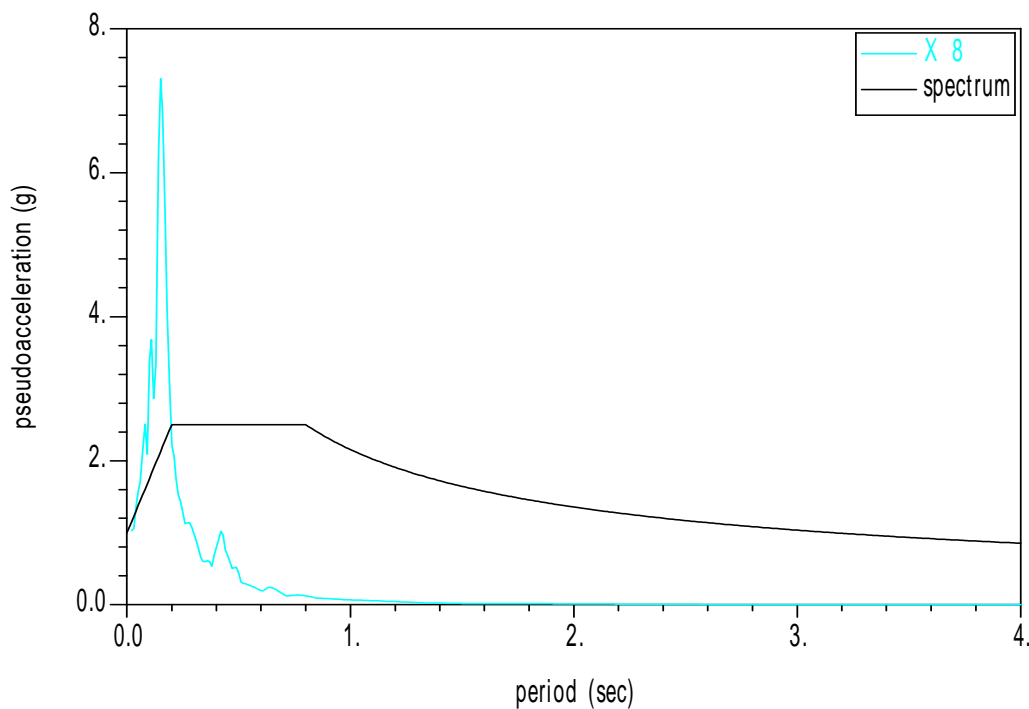
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.14: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X7
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



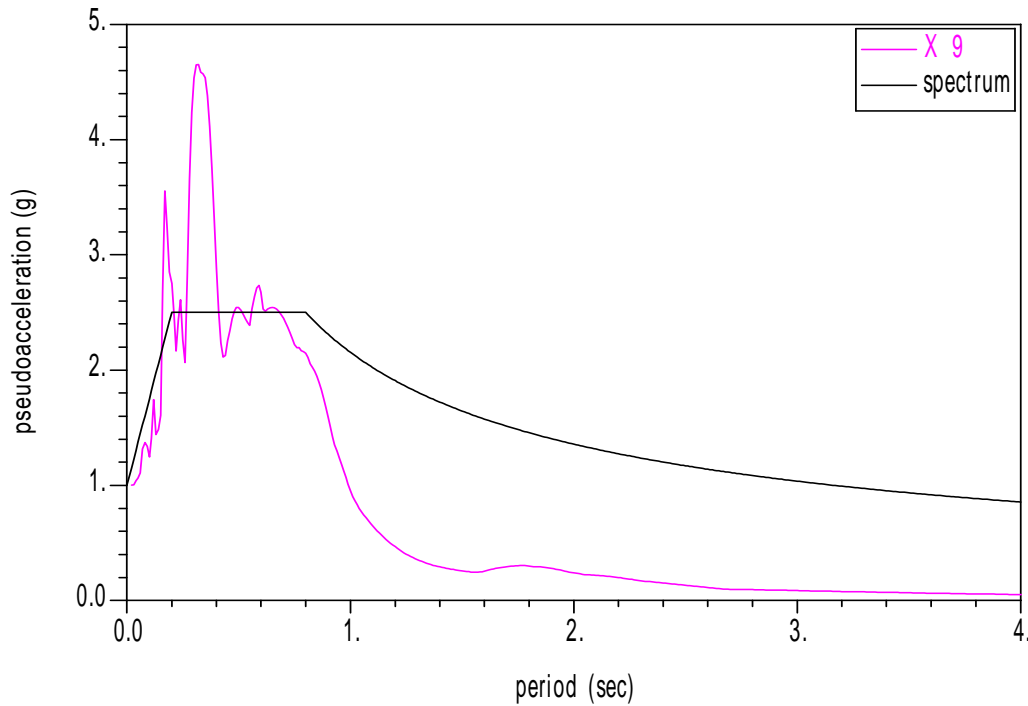
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.15: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X8
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



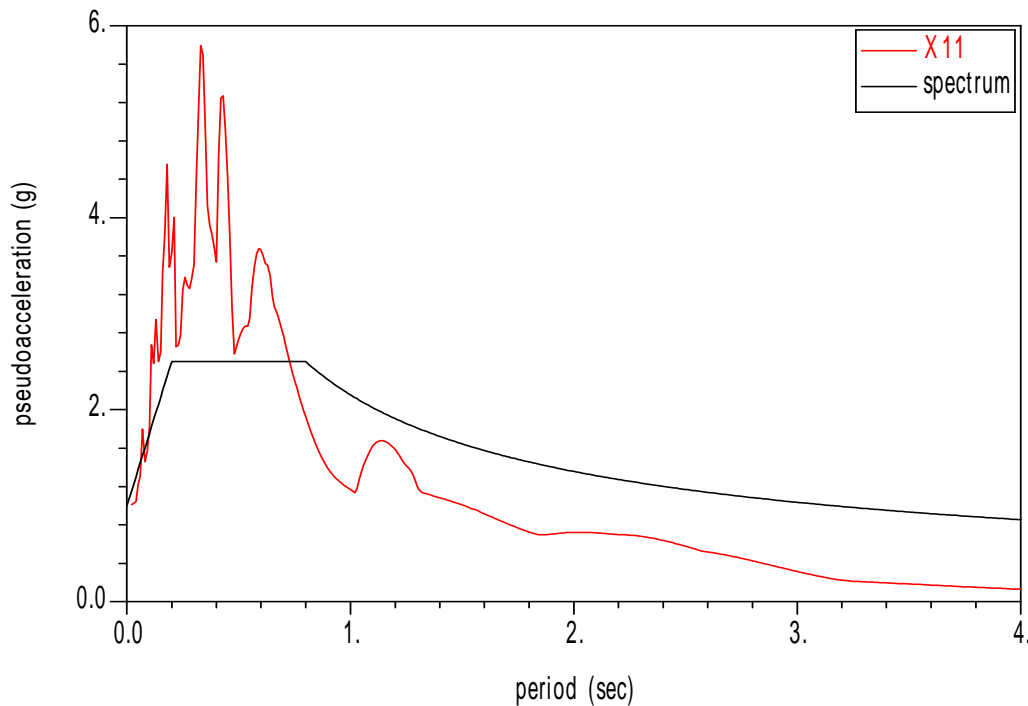
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.16: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X9
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



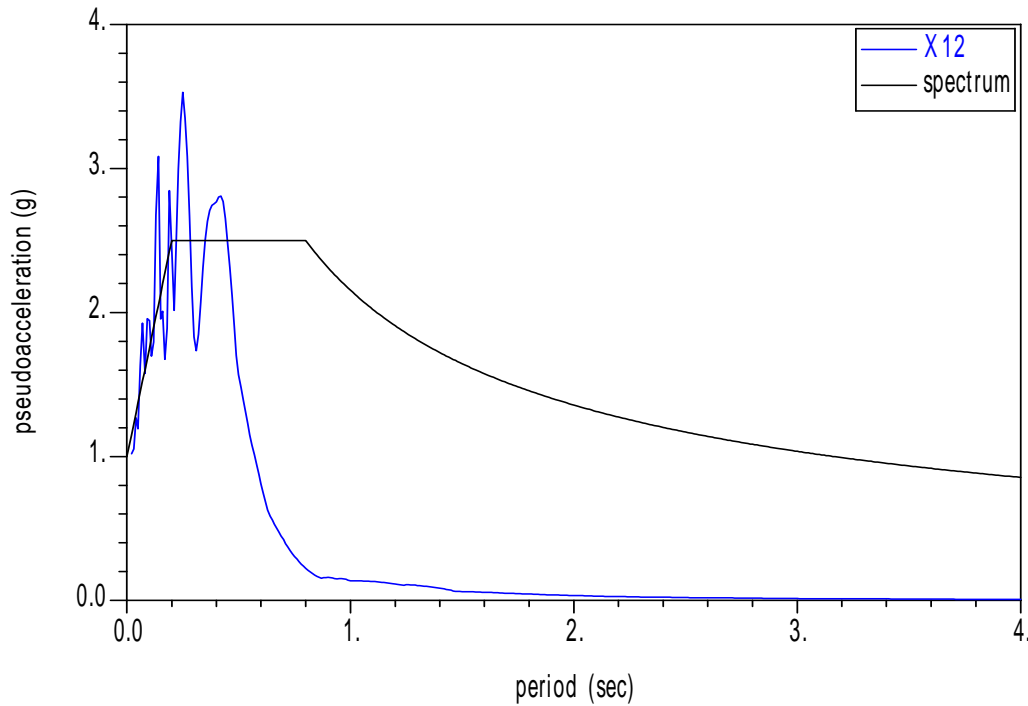
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.17: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X11
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



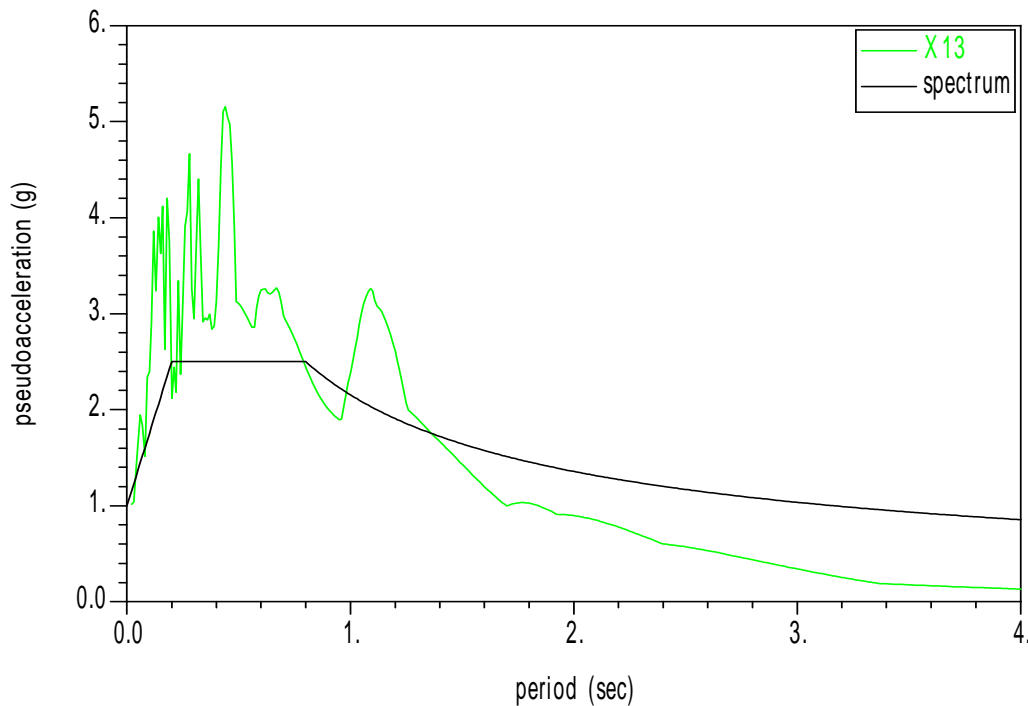
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.18: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X12
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



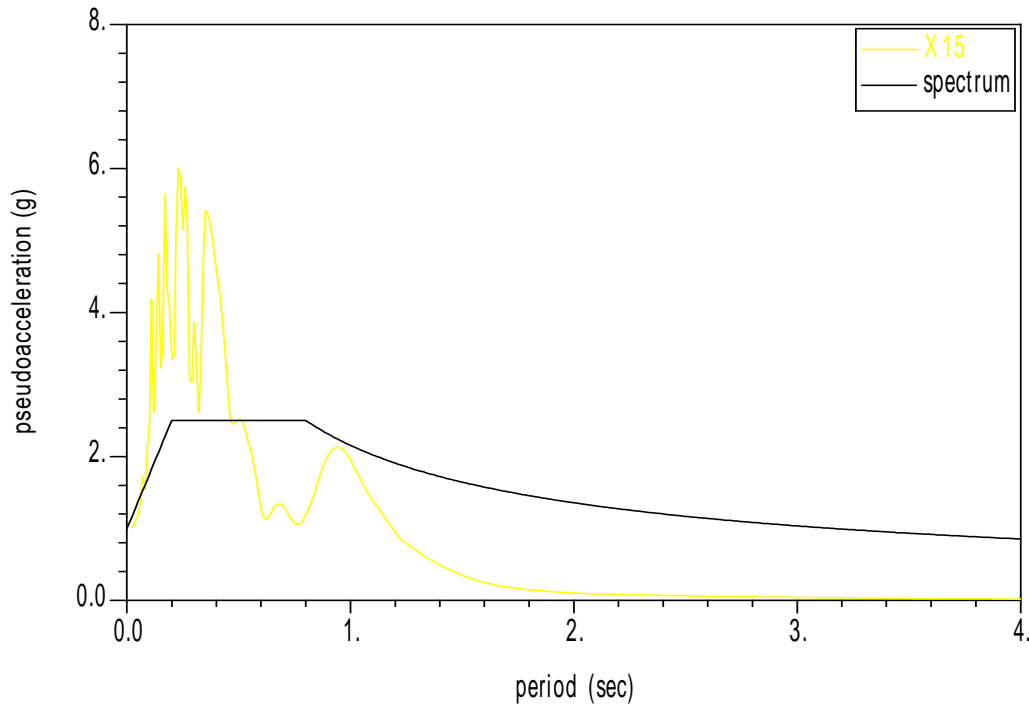
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.19: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X13
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



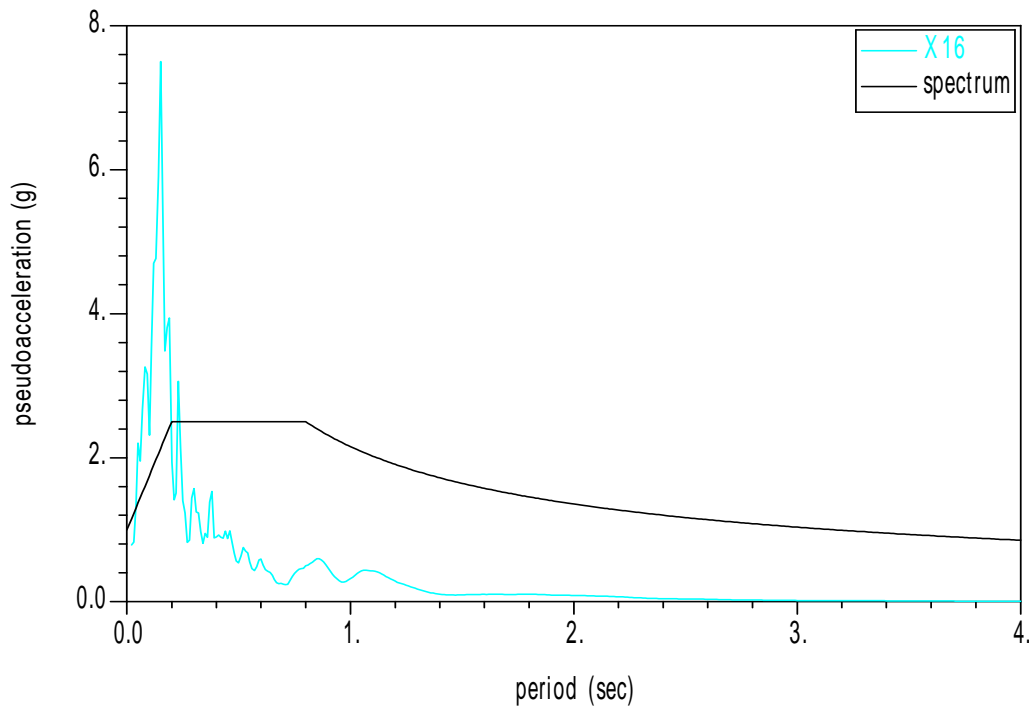
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.20: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X15
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



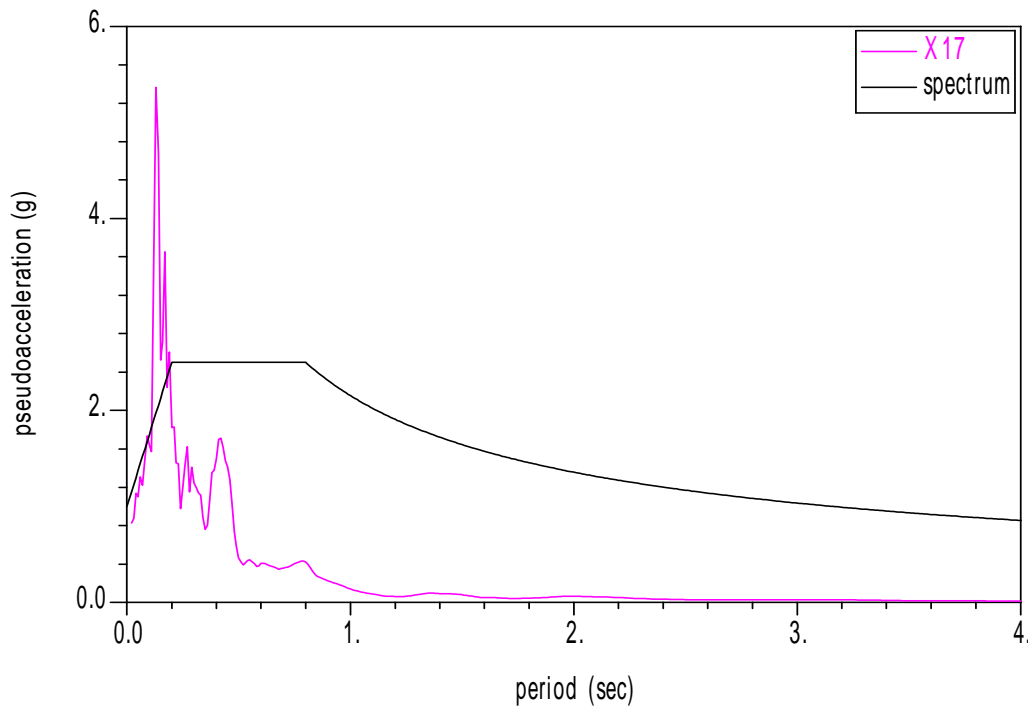
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.21: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X16
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



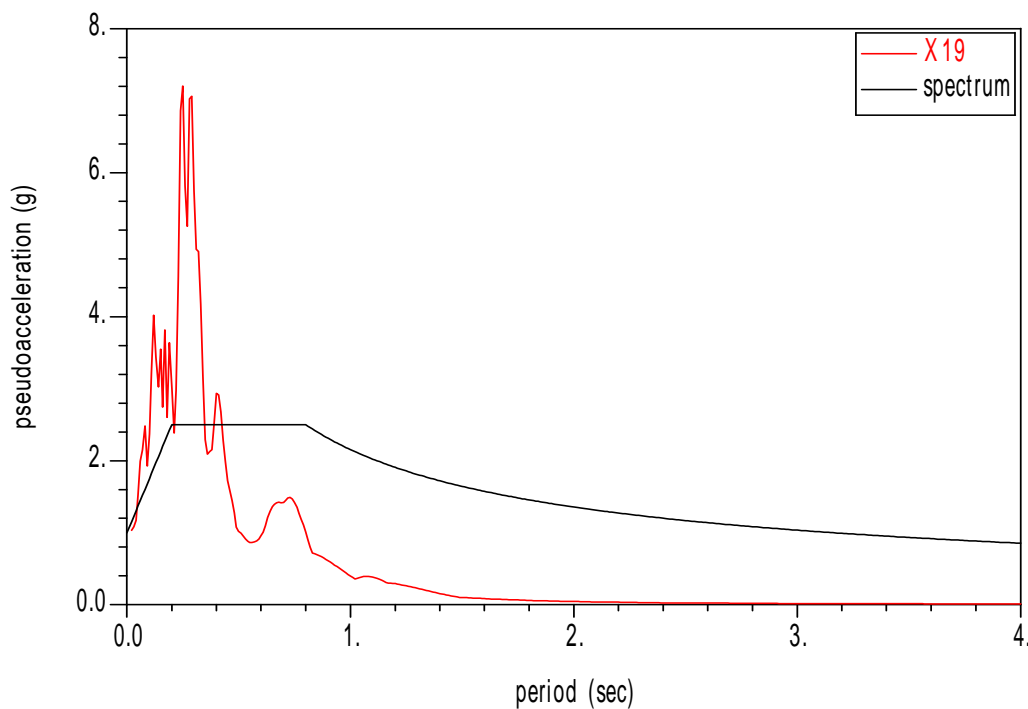
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.22: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X17
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



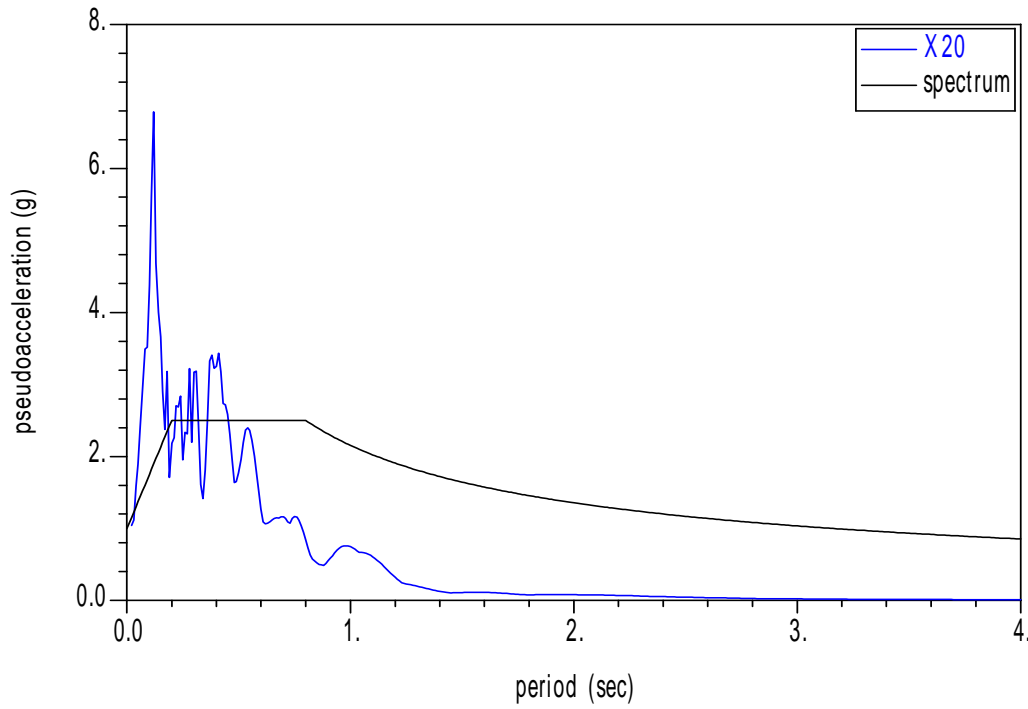
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.23: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X19
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



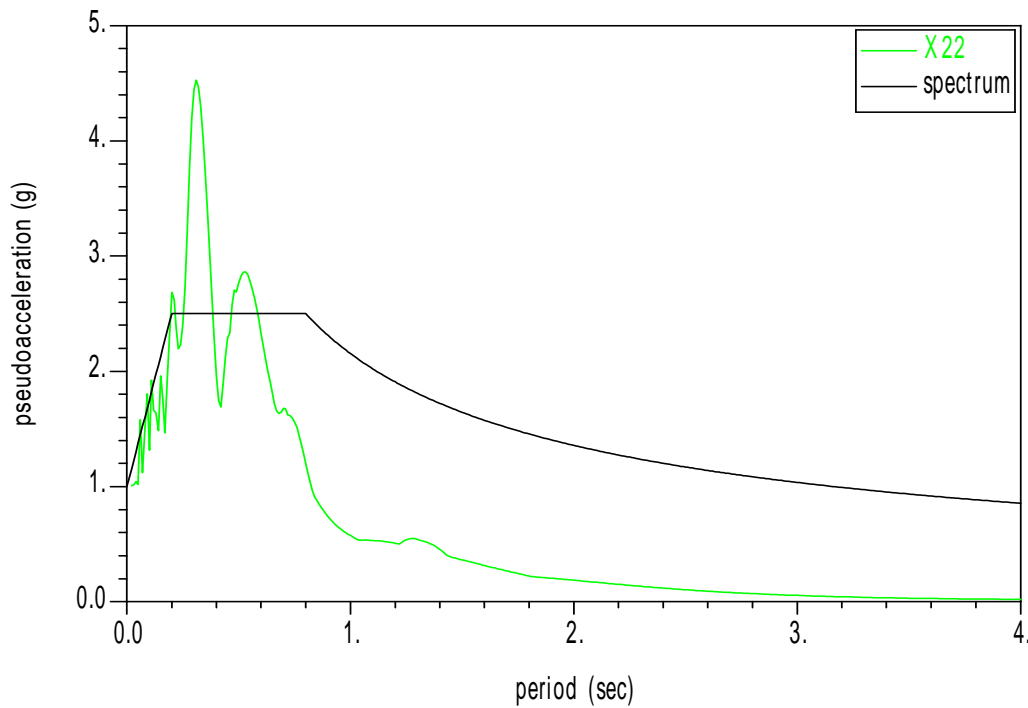
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.24: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X20
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



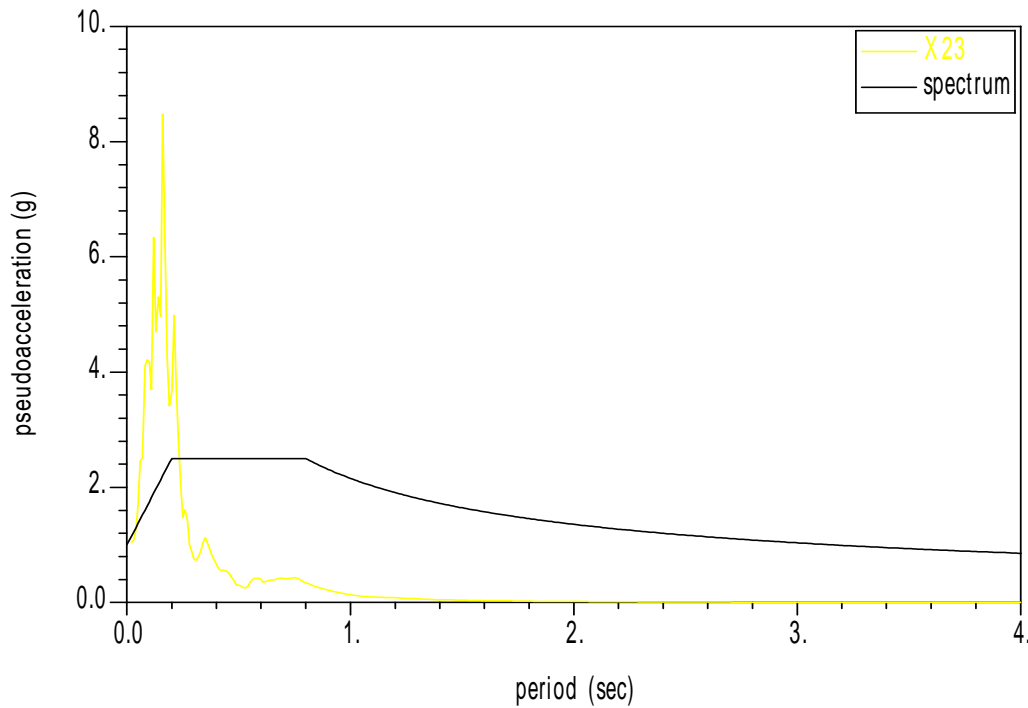
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.25: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X22
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



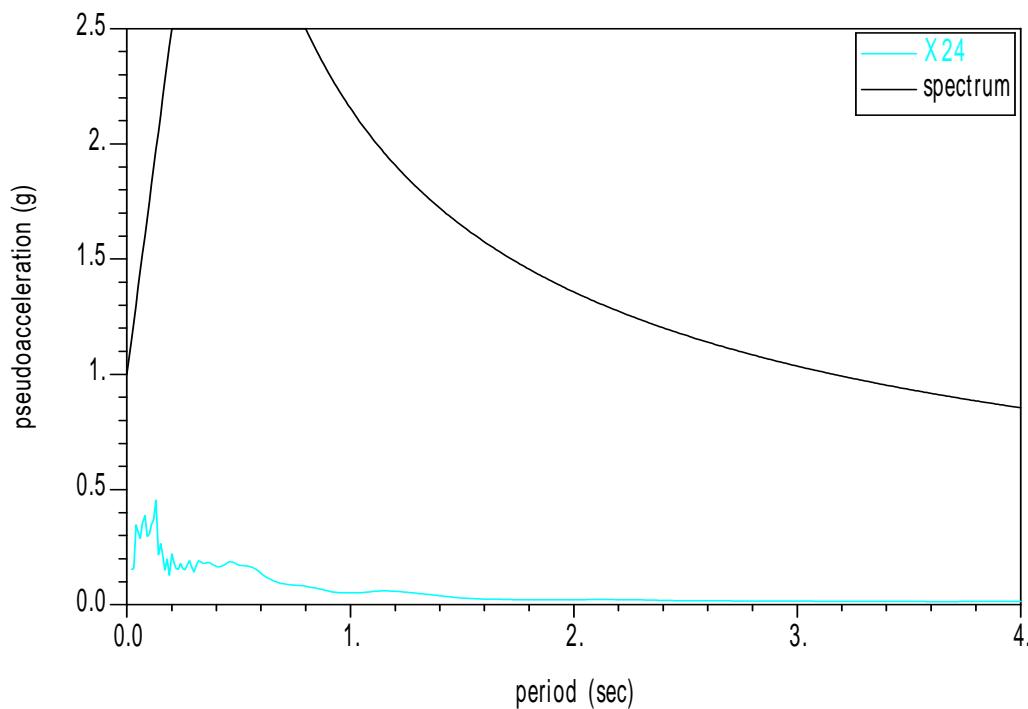
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.26: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X23
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



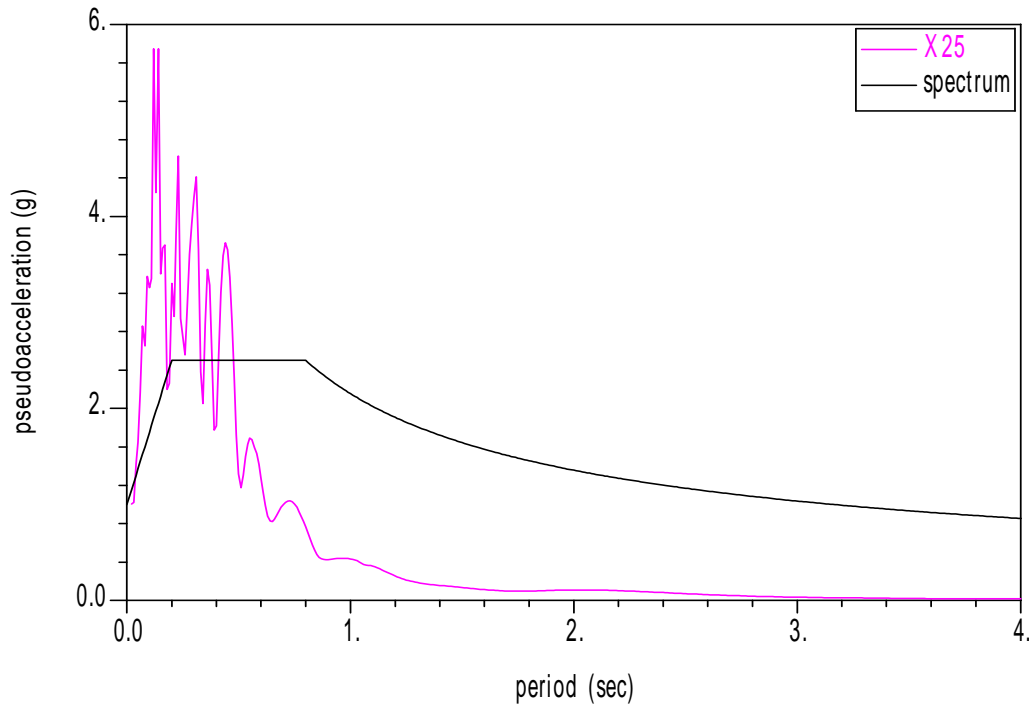
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.27: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X24
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



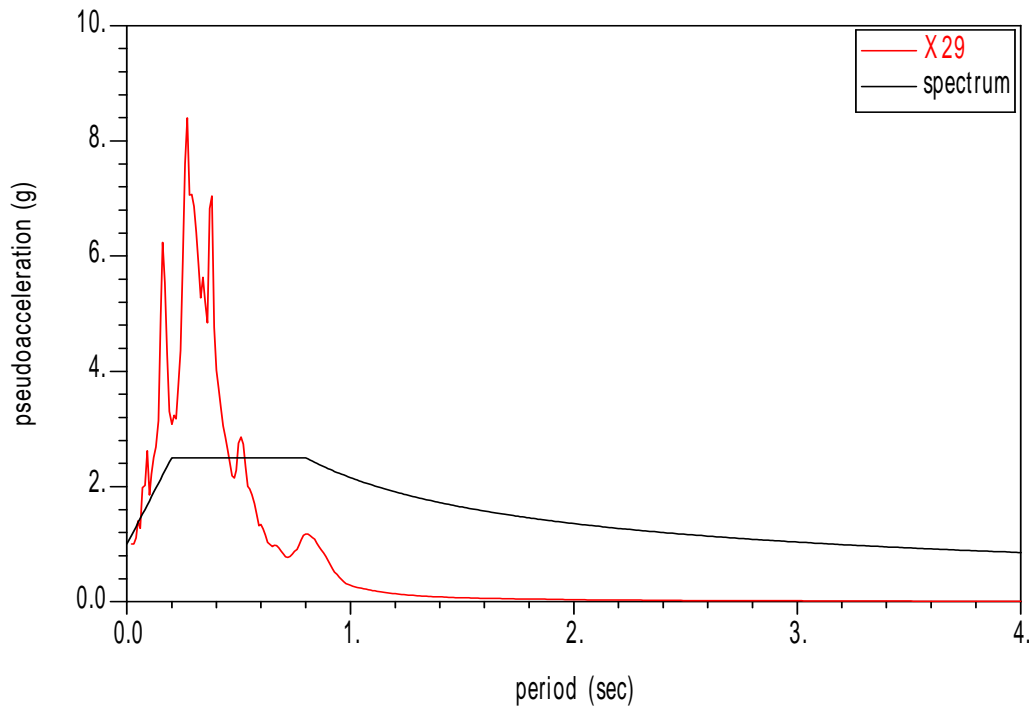
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.28: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X25
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



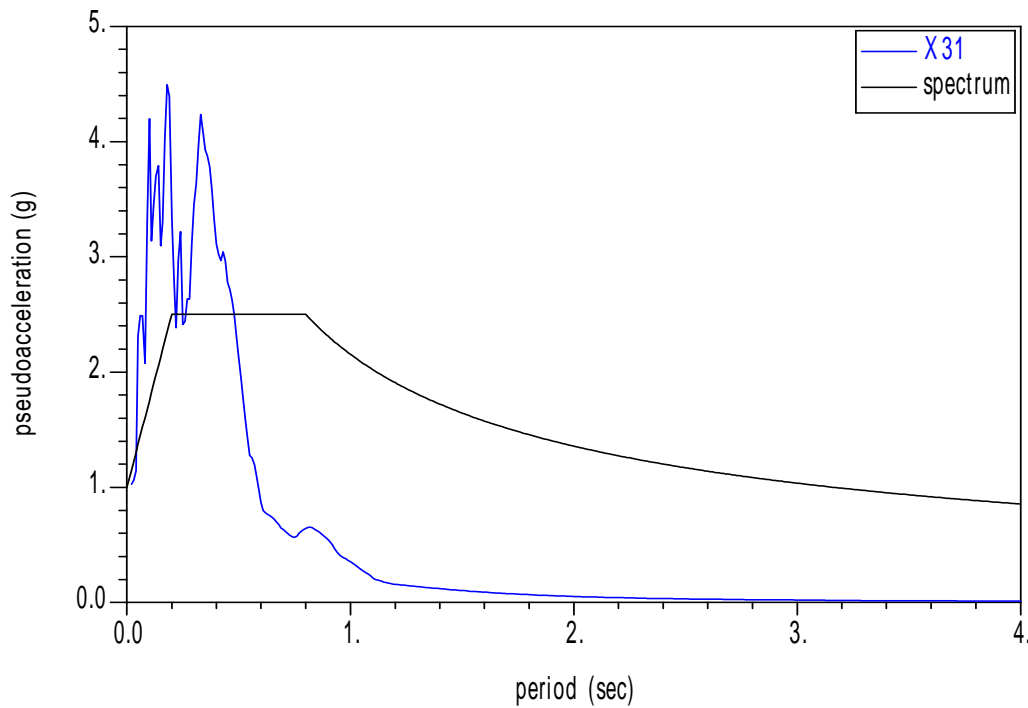
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.29: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X29
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



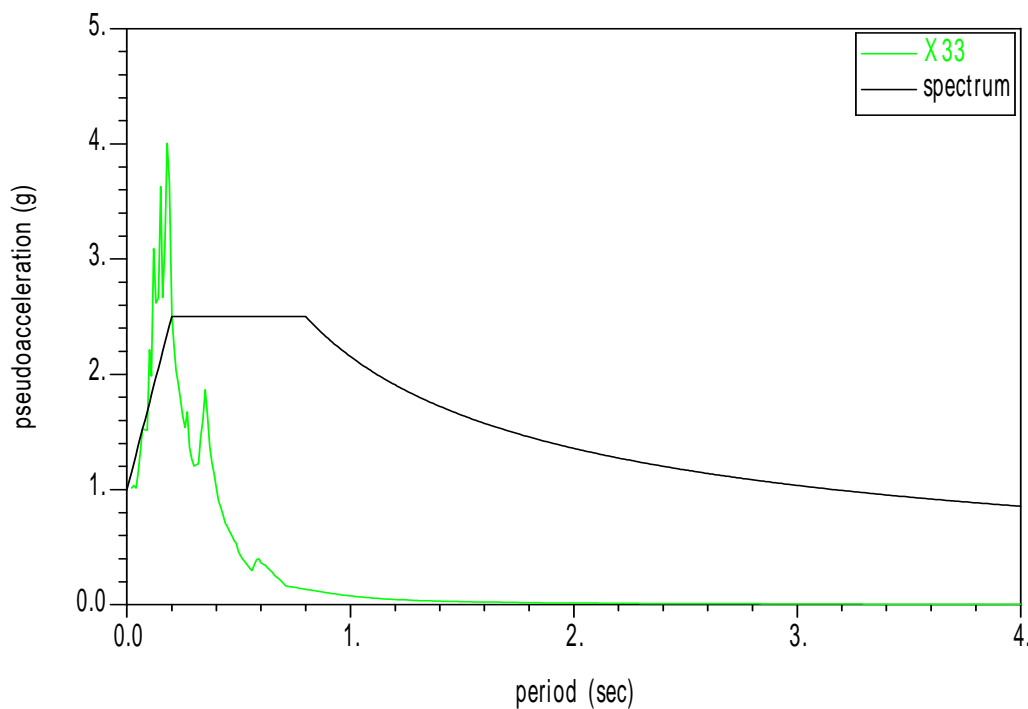
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.30: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X31
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



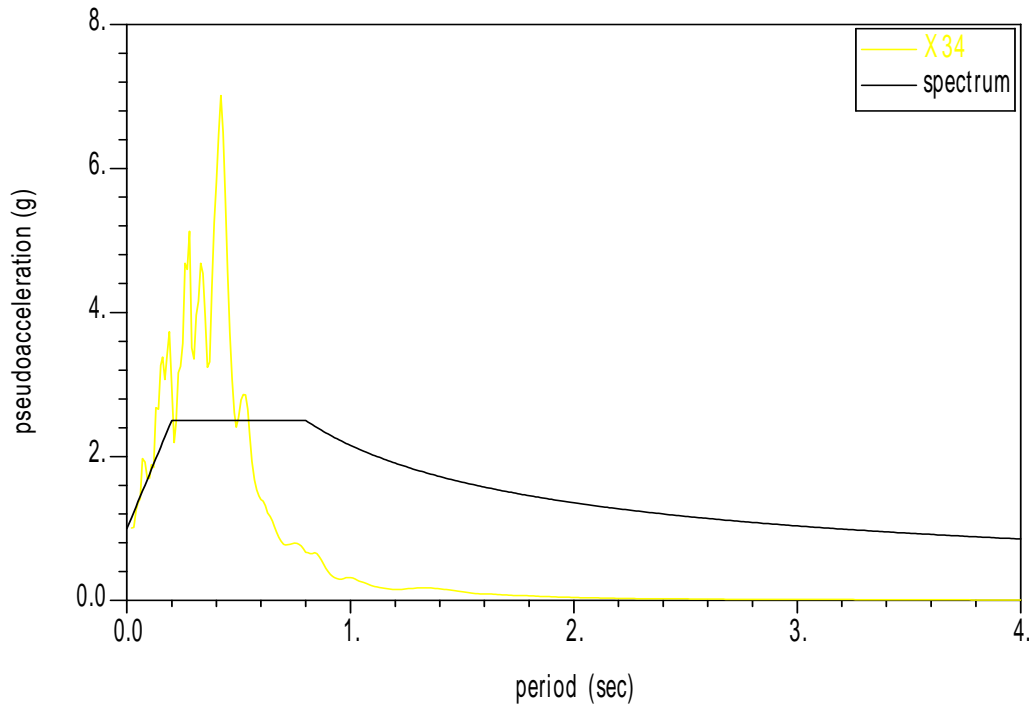
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.31: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X33
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



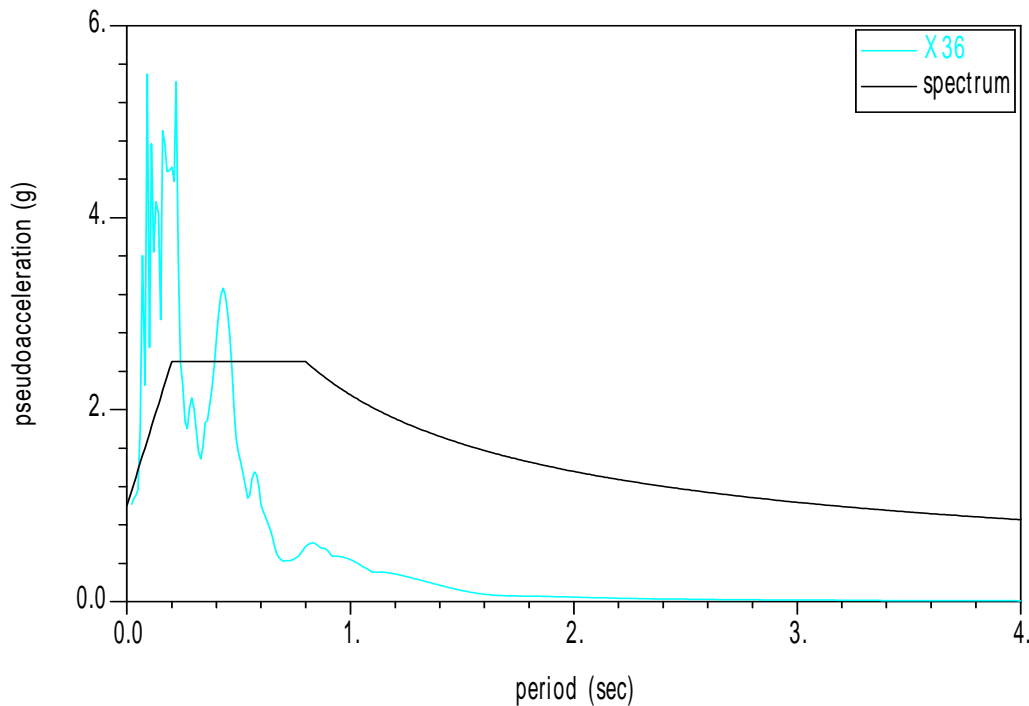
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.32: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X34
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



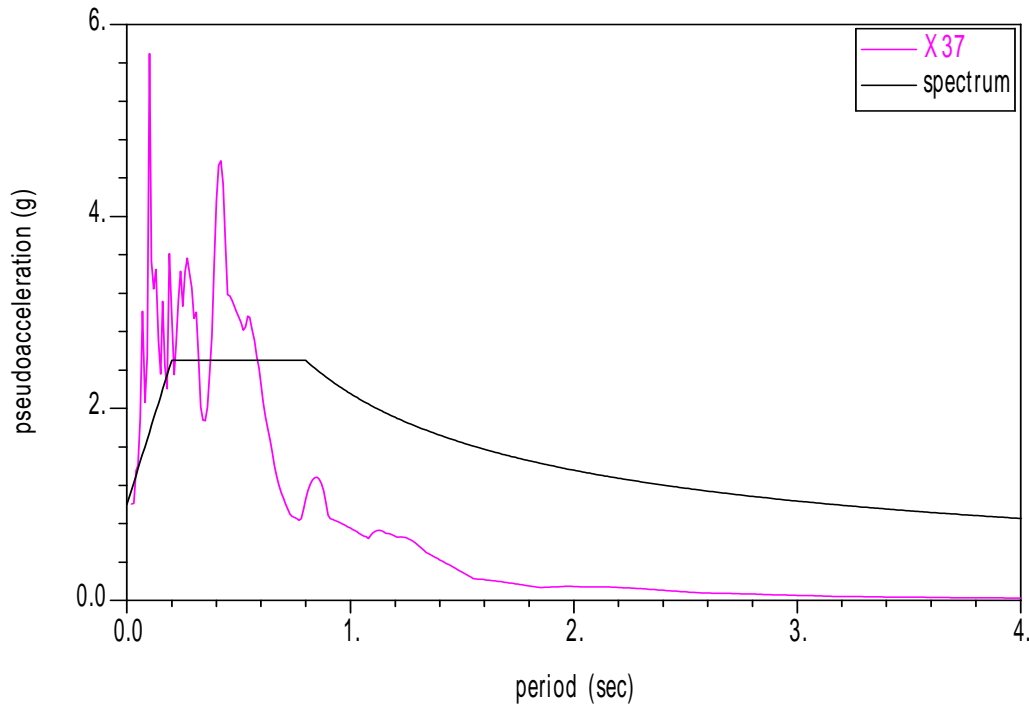
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.33: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X36
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



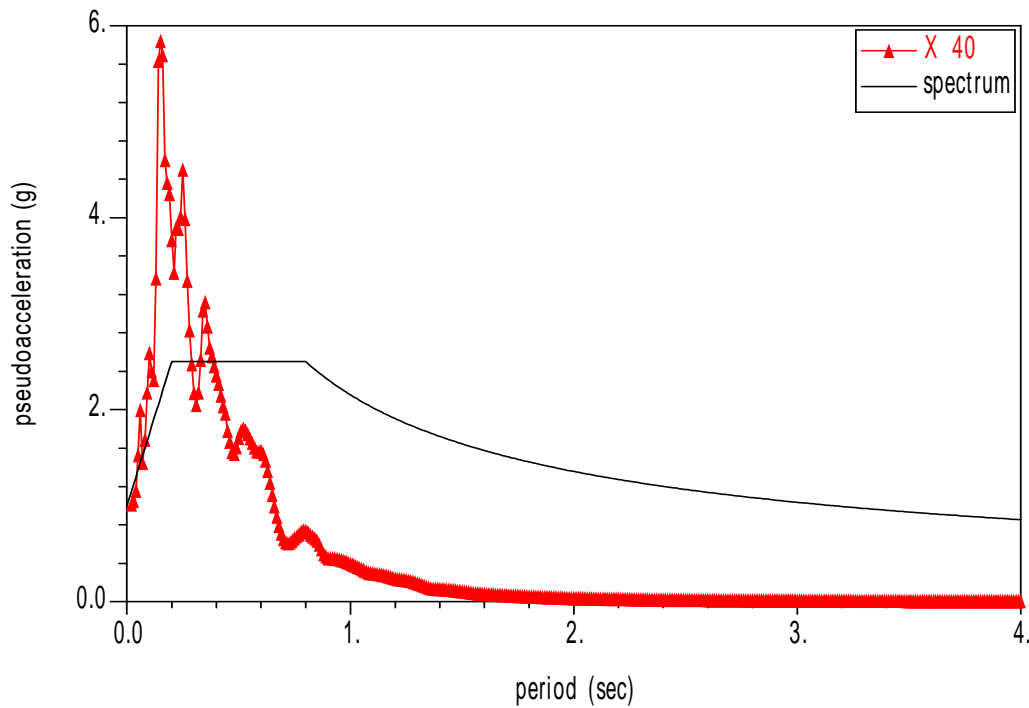
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.34: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X37
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



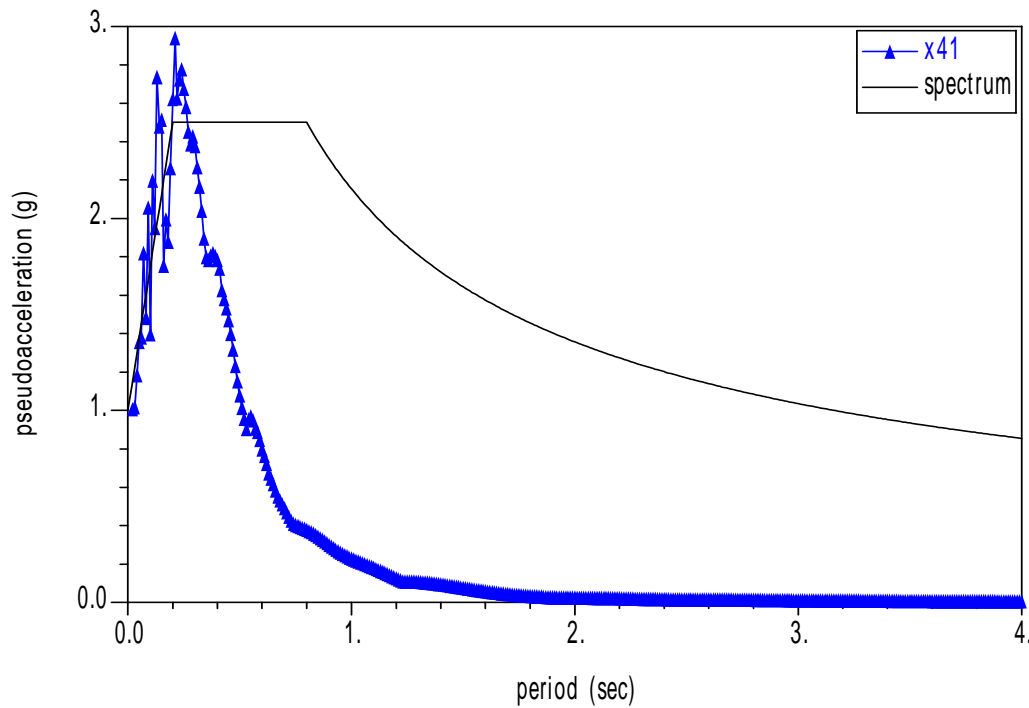
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.35: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X40
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



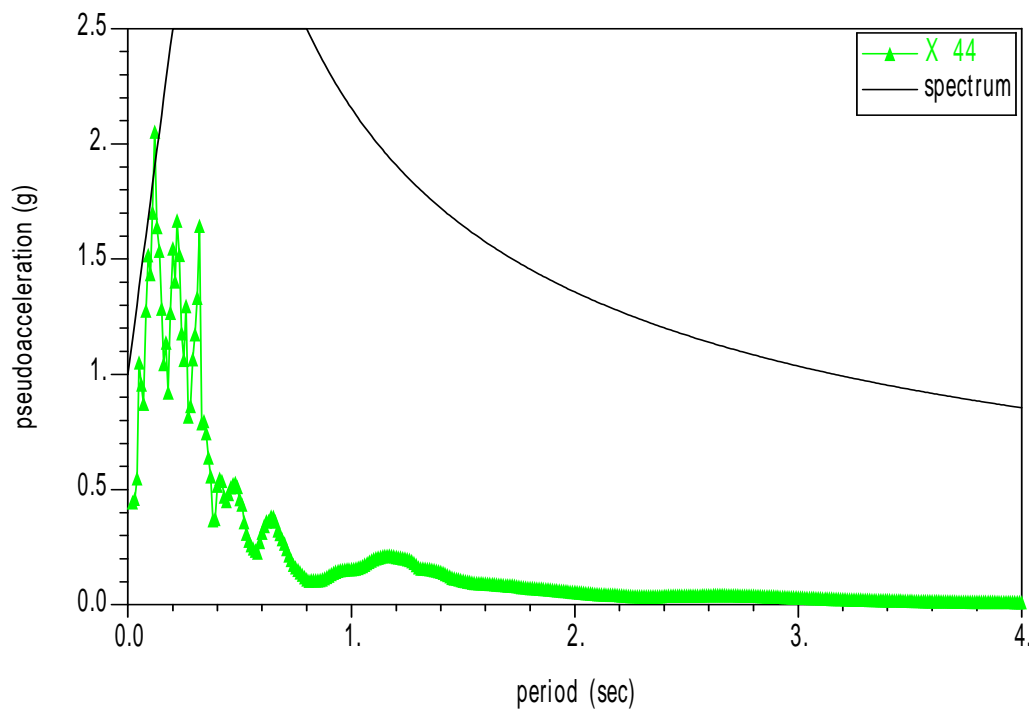
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.36: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X41
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C



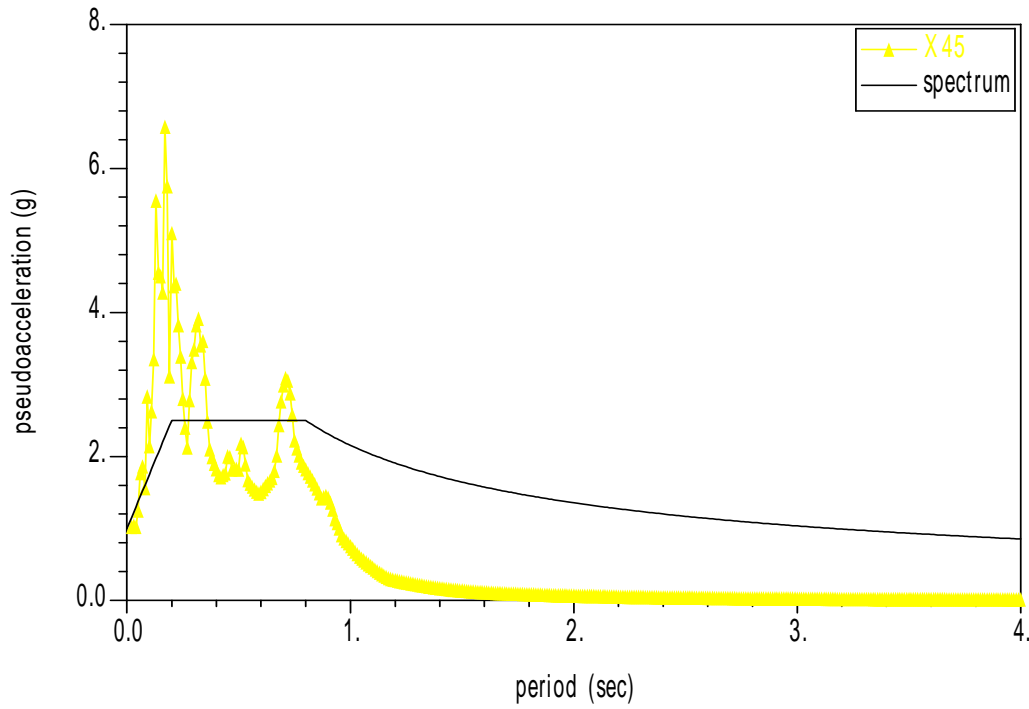
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.37: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X44
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C

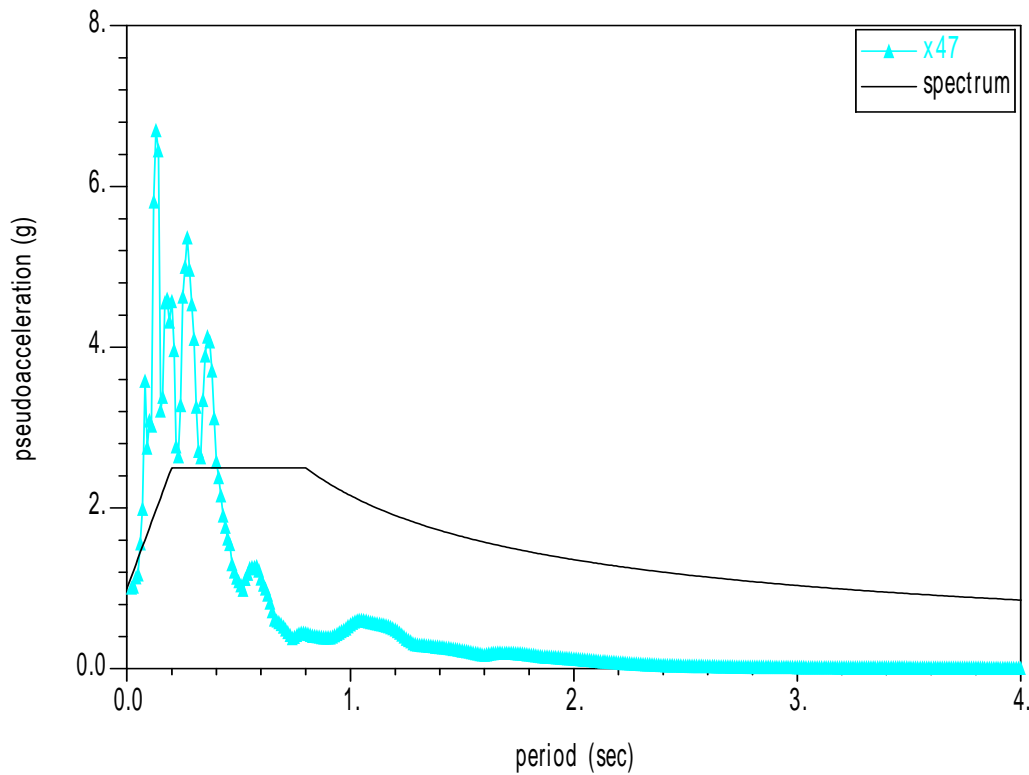


- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.38: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X45
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C

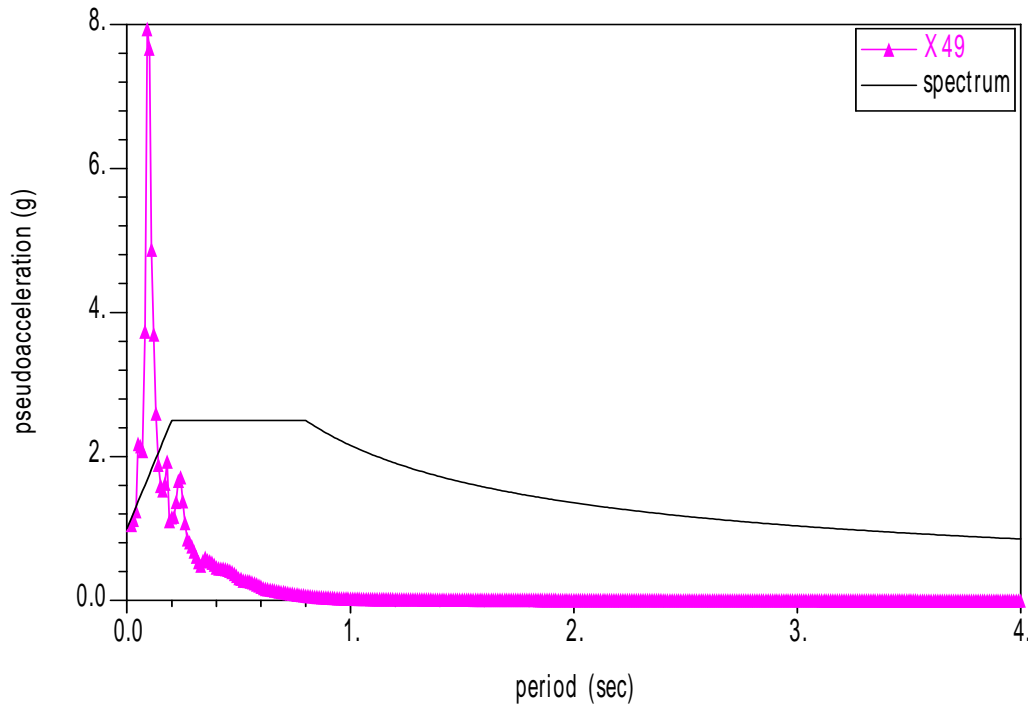


- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.39: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X47
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



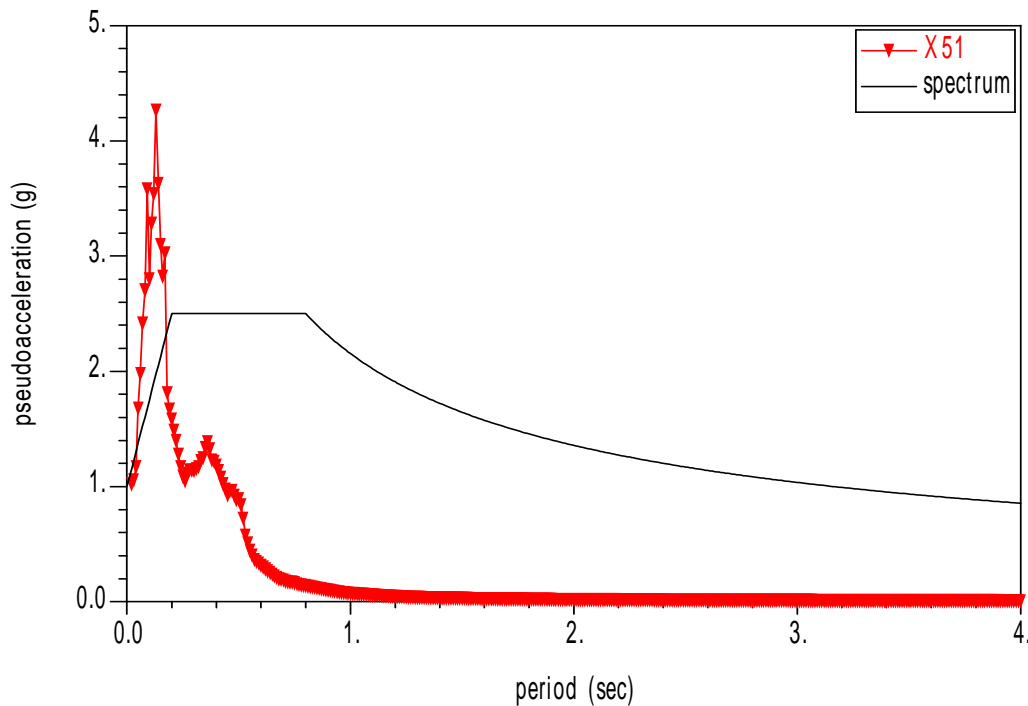
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.40: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X49
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C

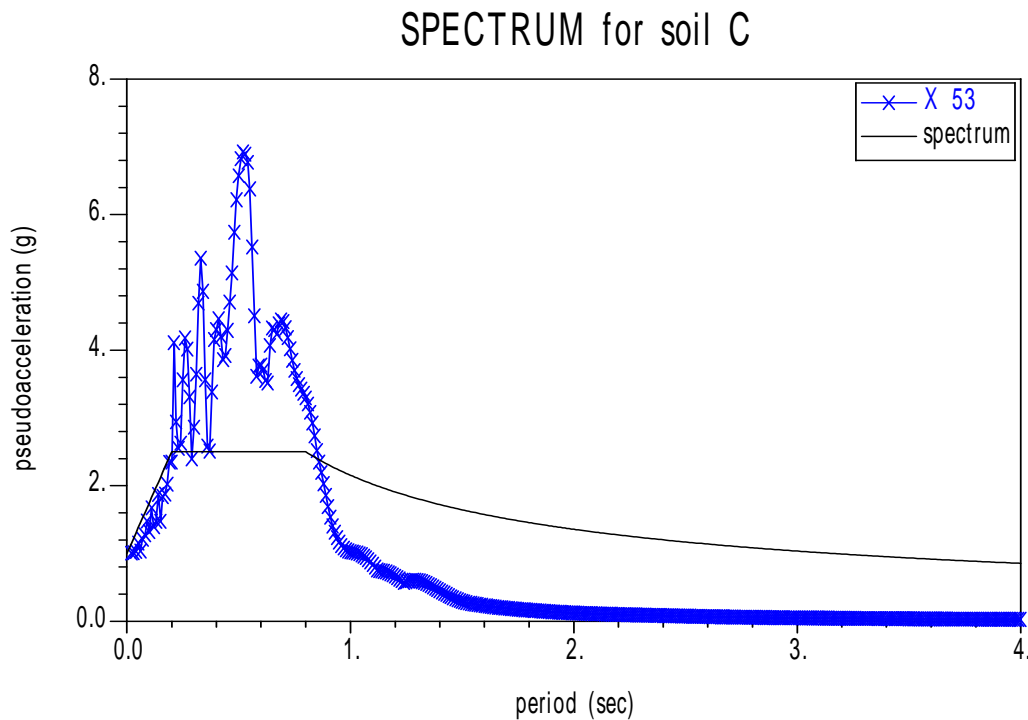


- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.41: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X51
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C

SPECTRUM for soil C

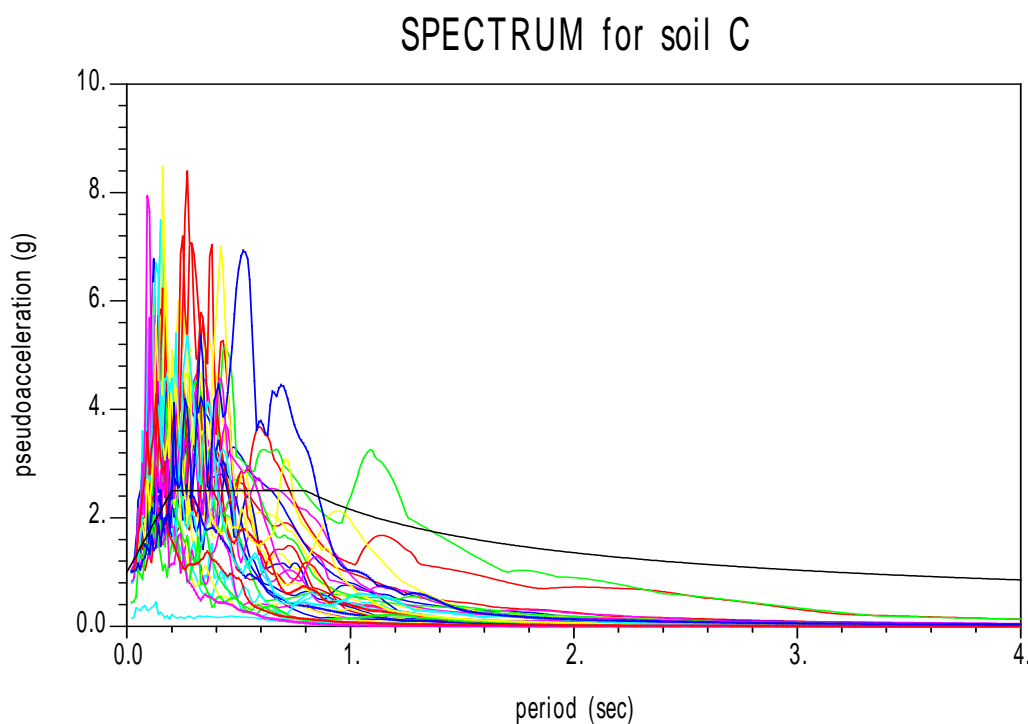


- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.42: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X53
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους C



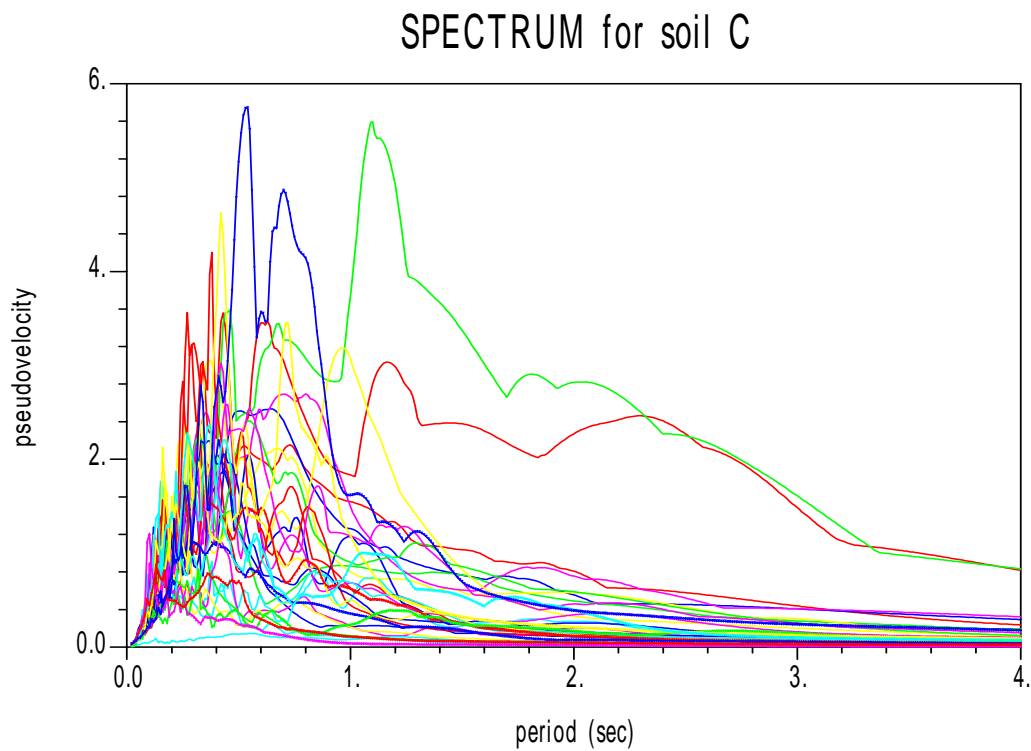
Συγκεντρωτικά για την κατηγορία εδάφους C παίρνουμε το εξής διάγραμμα:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.43: Ψευδοεπιταχύνσεων – Περίοδου
Φάσμα για Ψευδοεπιτάχυνση κατηγορίας εδάφους C



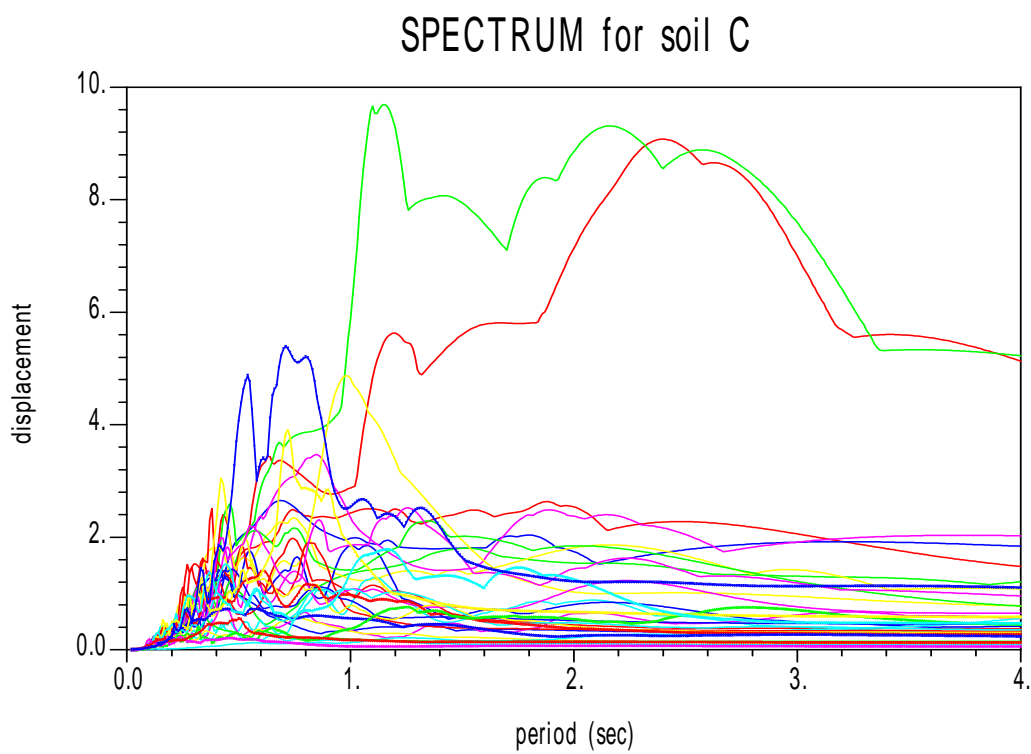
- Για τις ψευδοταχύτητες έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.44: Ψευδοταχυτήτων – Περίοδου για κατηγορία C



- Για τις μετακινήσεις έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

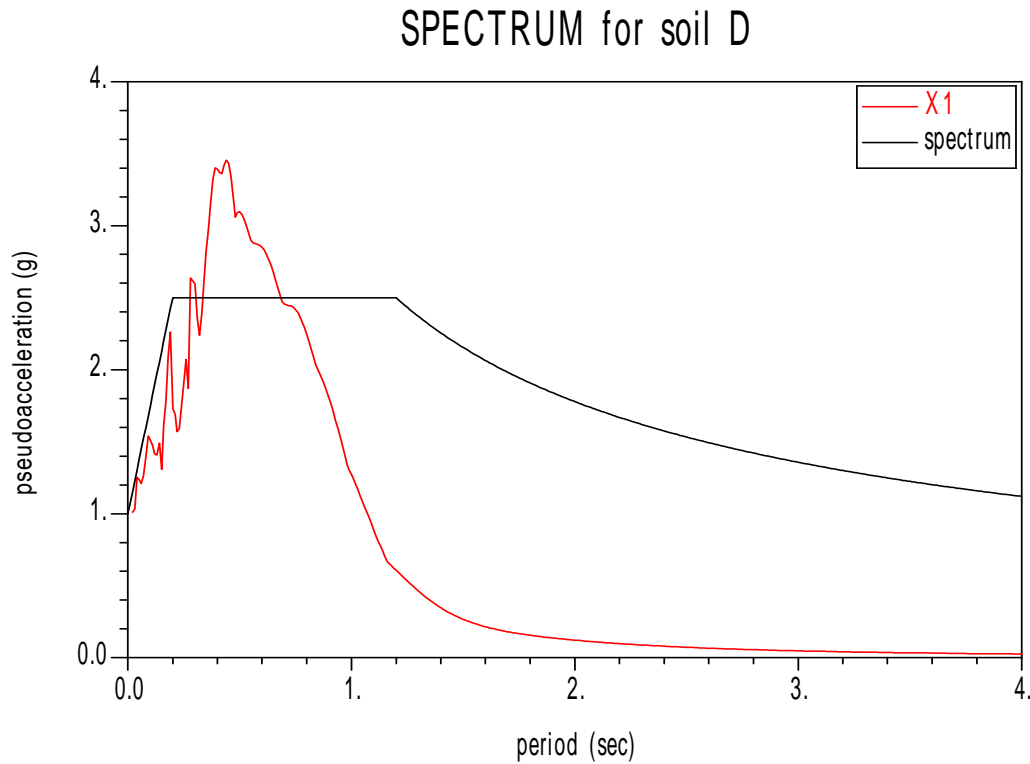
➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.45: Μετακινήσεων – Περίοδου για κατηγορία C



7.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ D

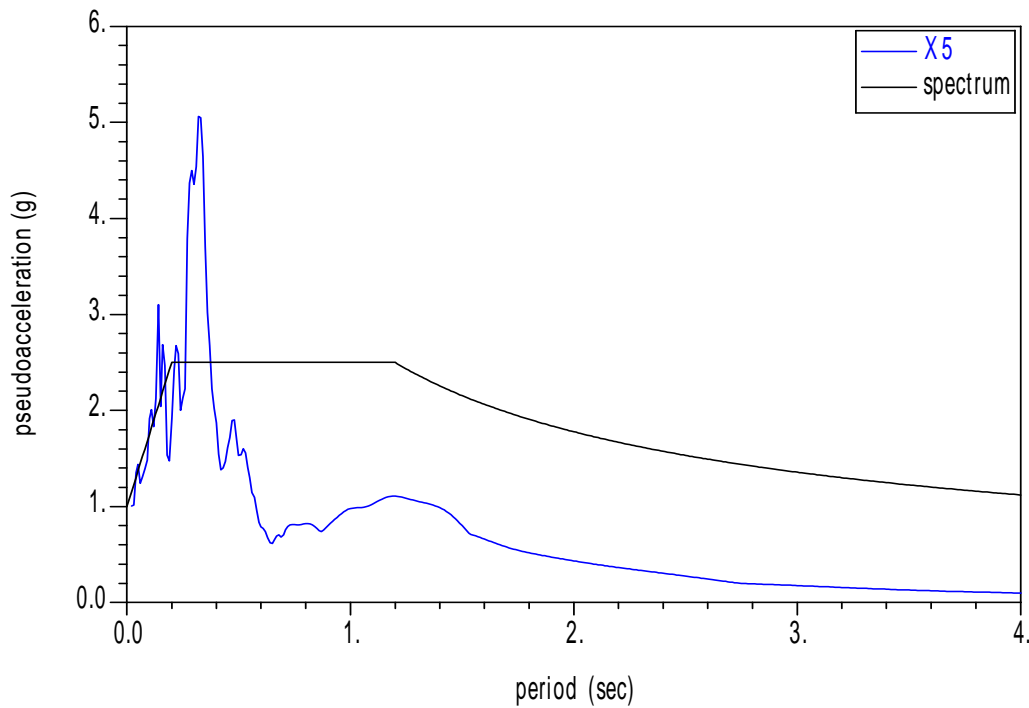
- Για τις ψευδοεπιταχύνσεις έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.46: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X1
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D



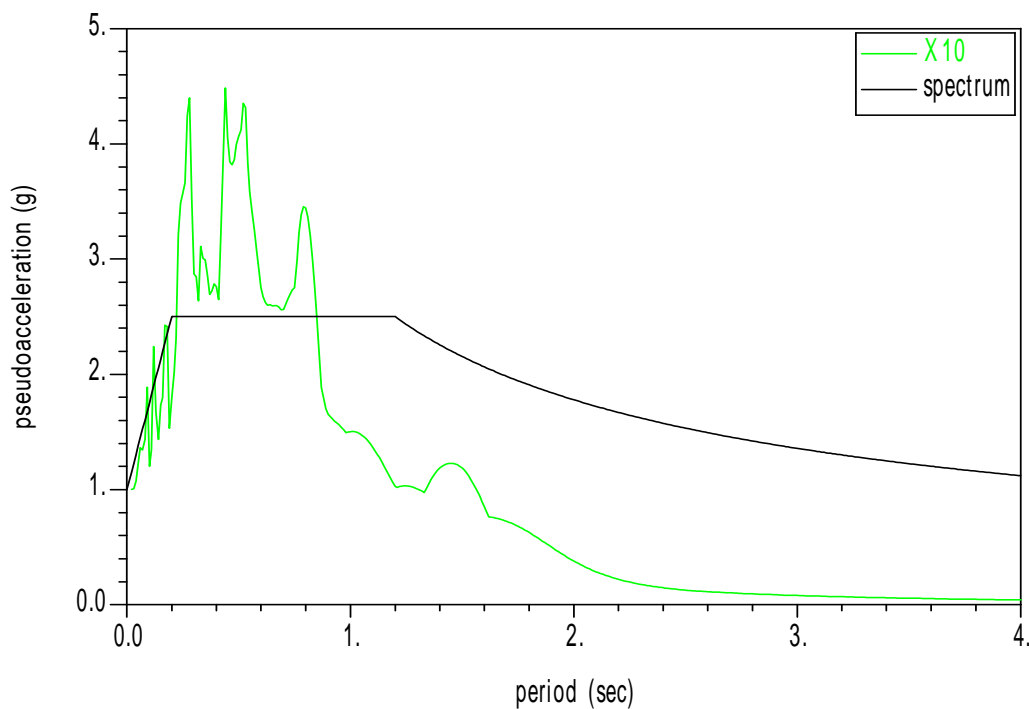
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.47: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X5
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



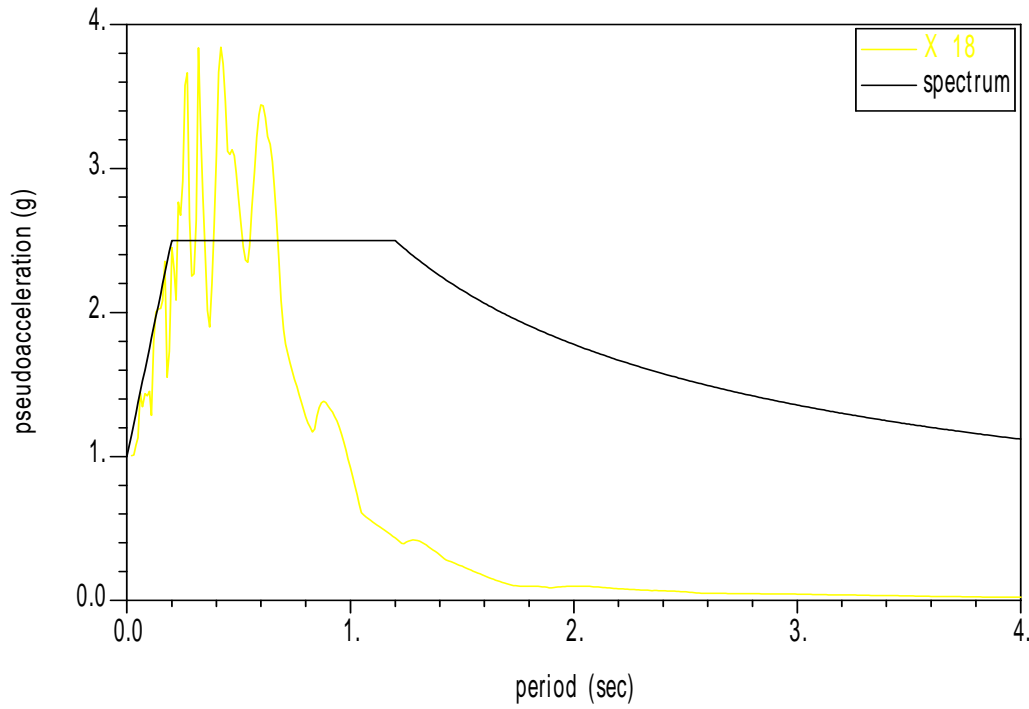
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.48: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X10
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



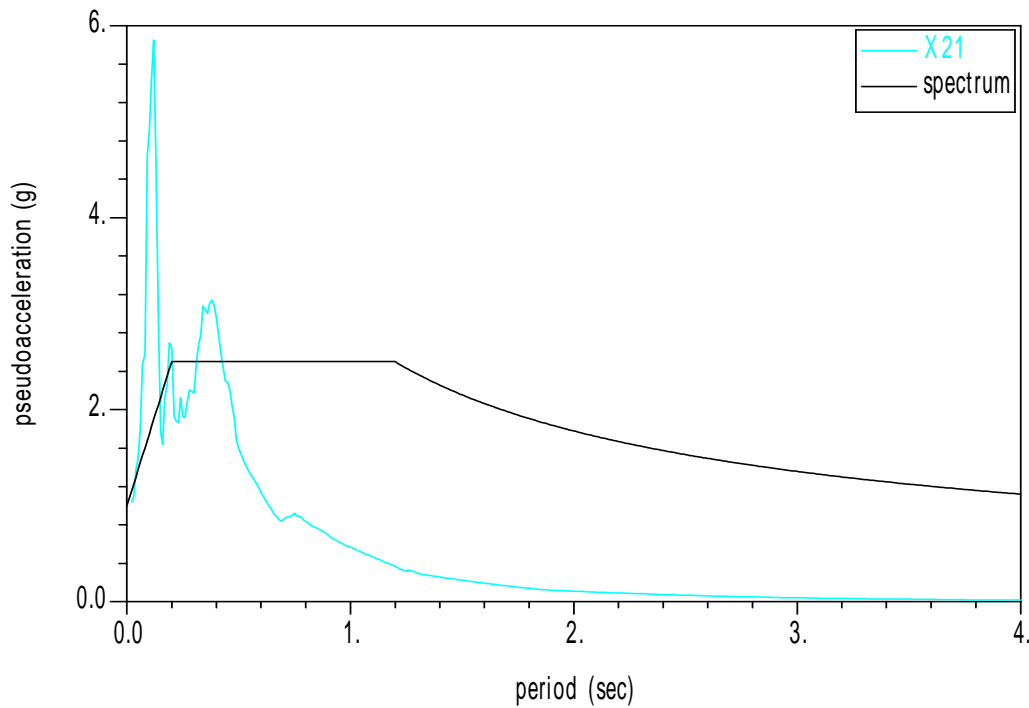
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.49: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X18
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



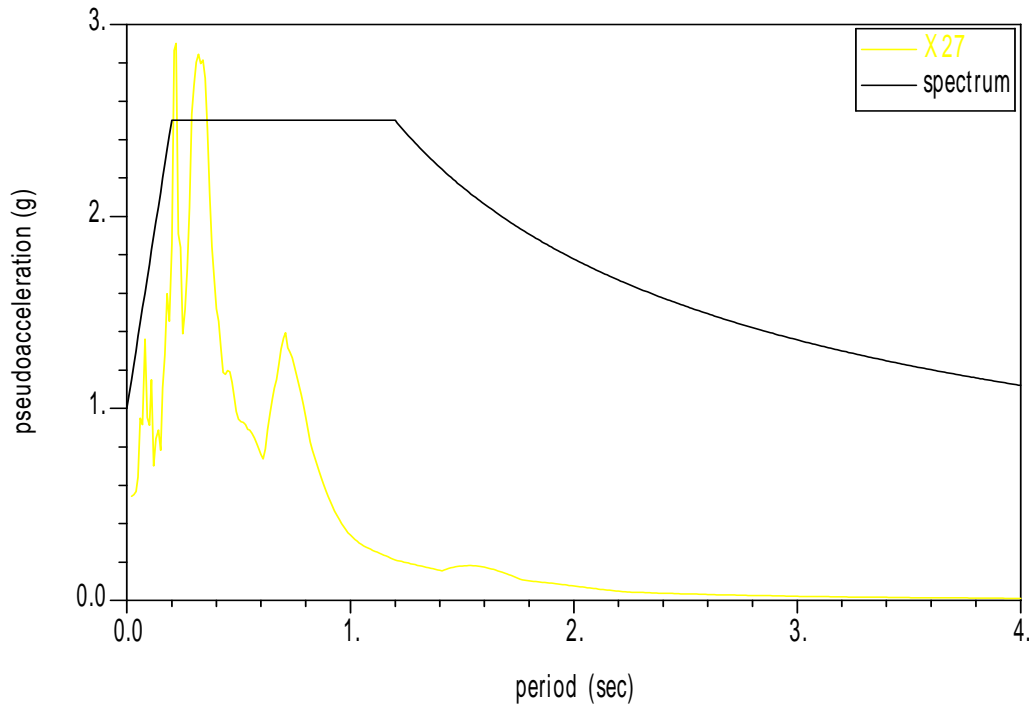
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.50: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X21
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



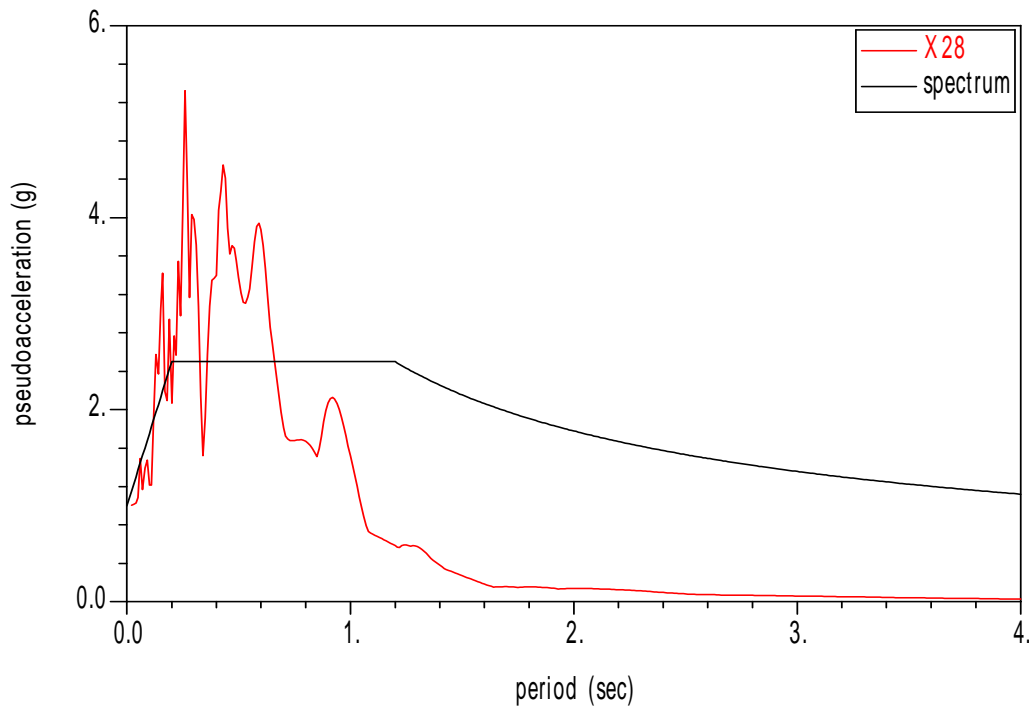
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.51: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X27
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



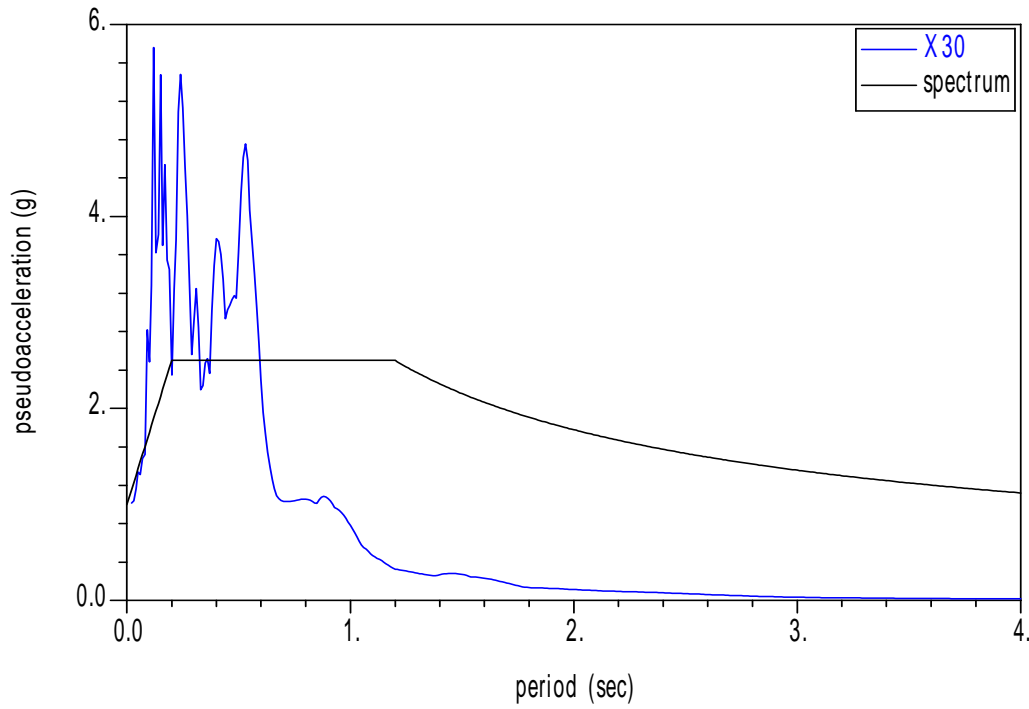
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.52: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X28
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



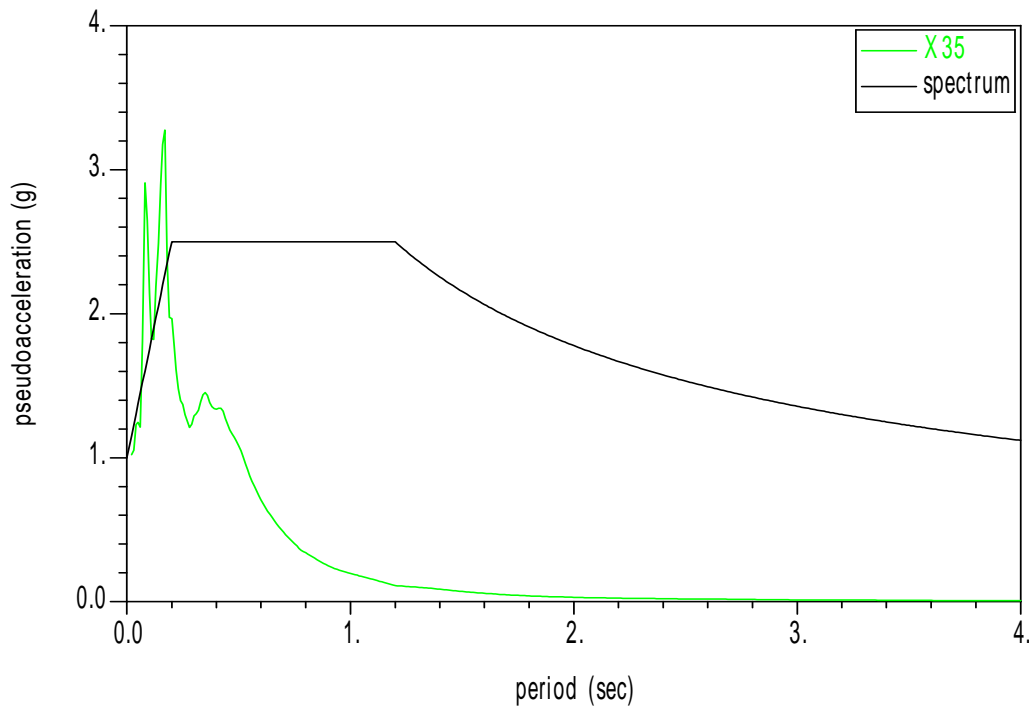
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.53: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X30
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



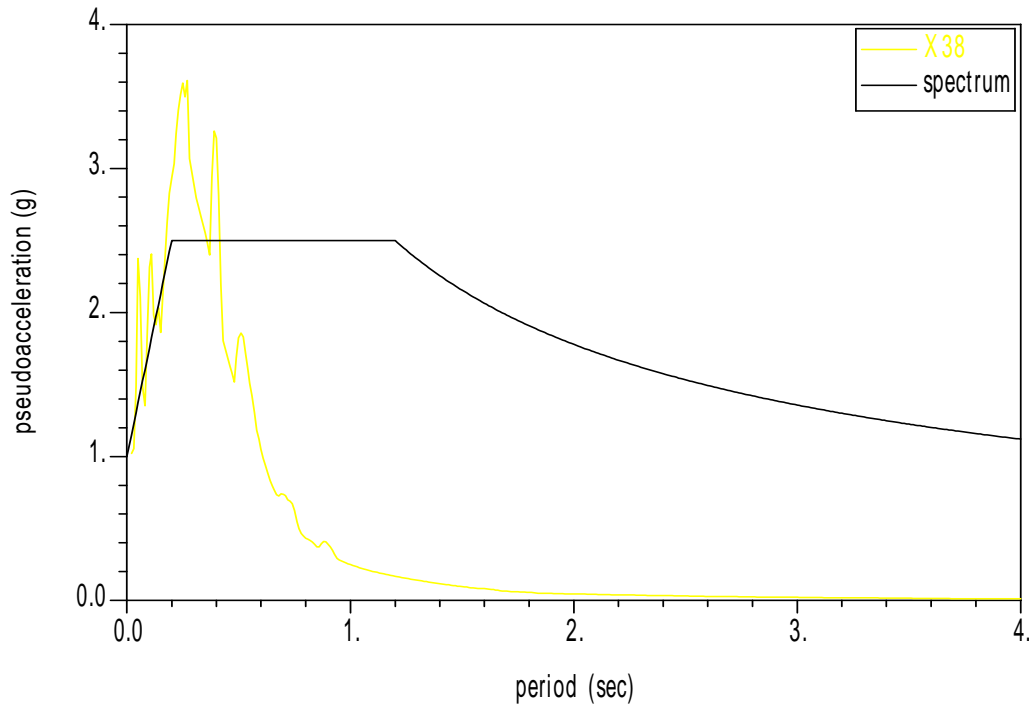
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.54: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X35
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



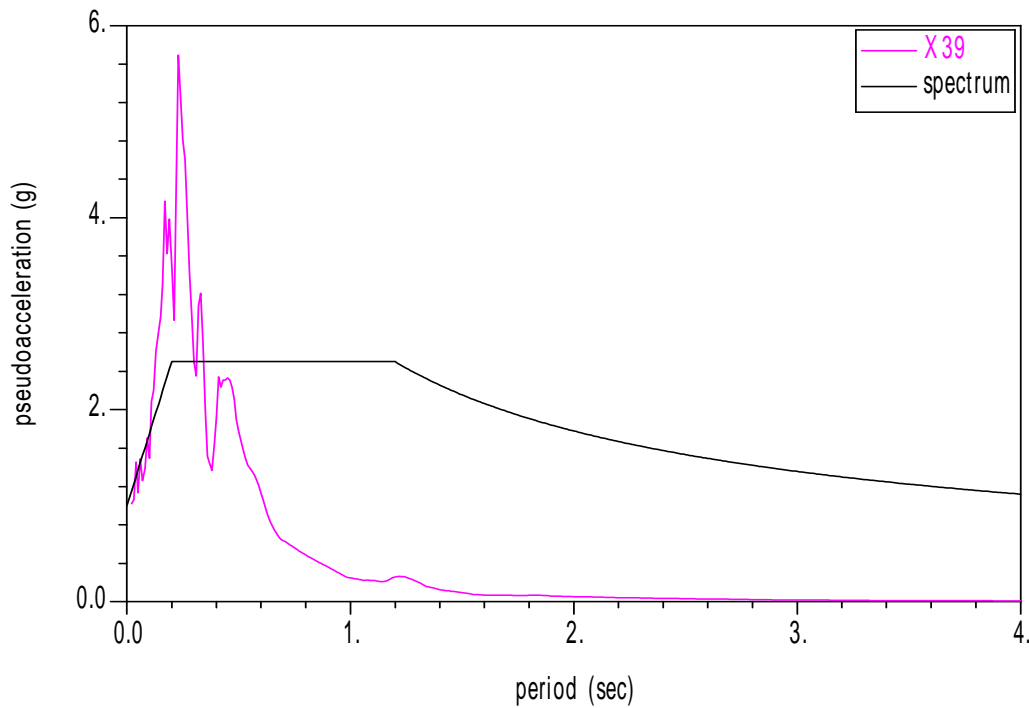
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.55: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X38
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



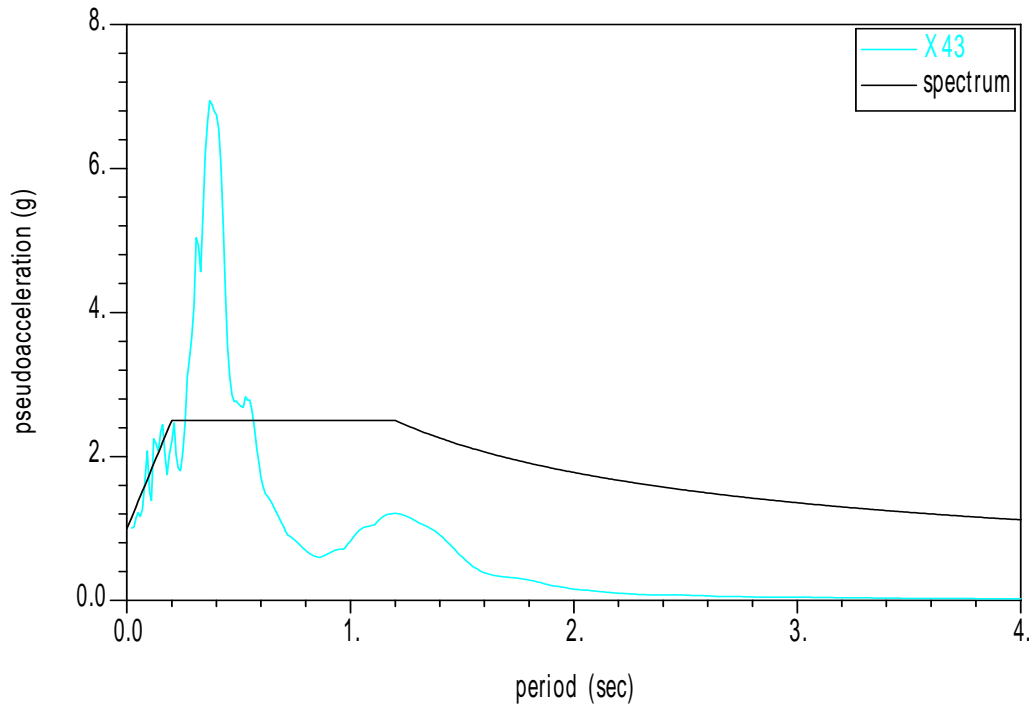
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.56: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X39
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



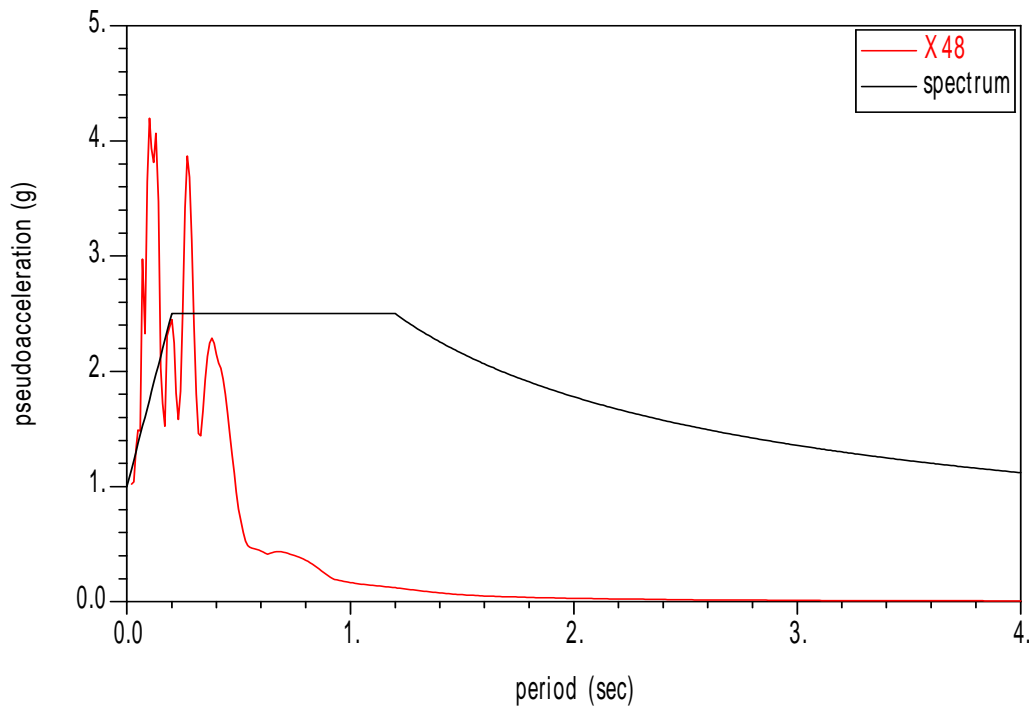
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.57: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X43
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



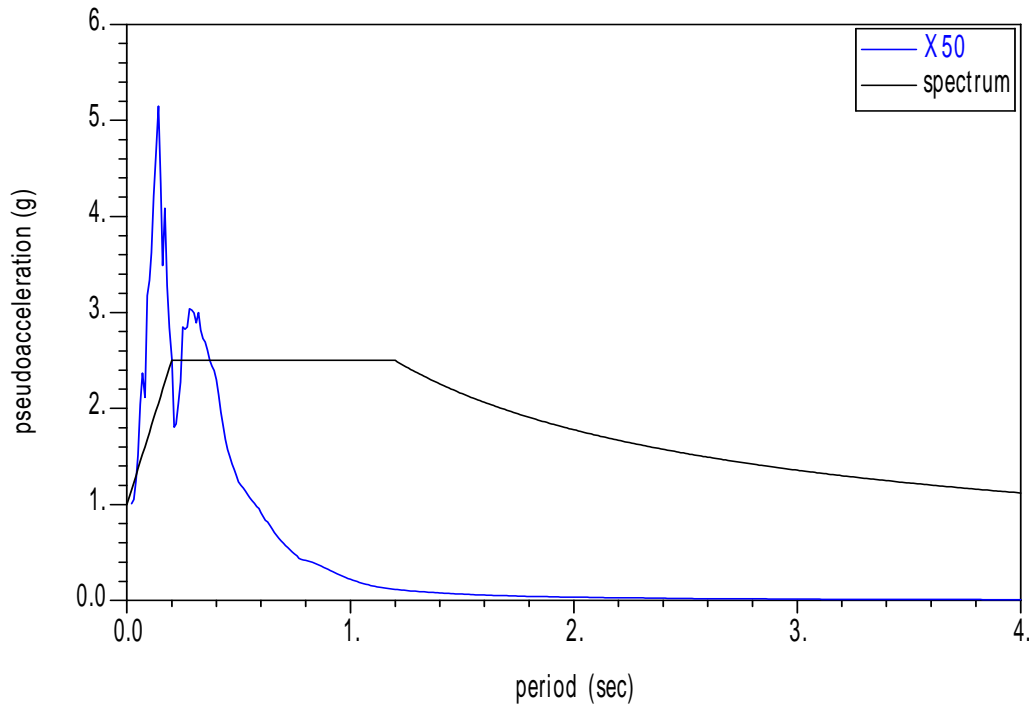
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.58: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X48
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



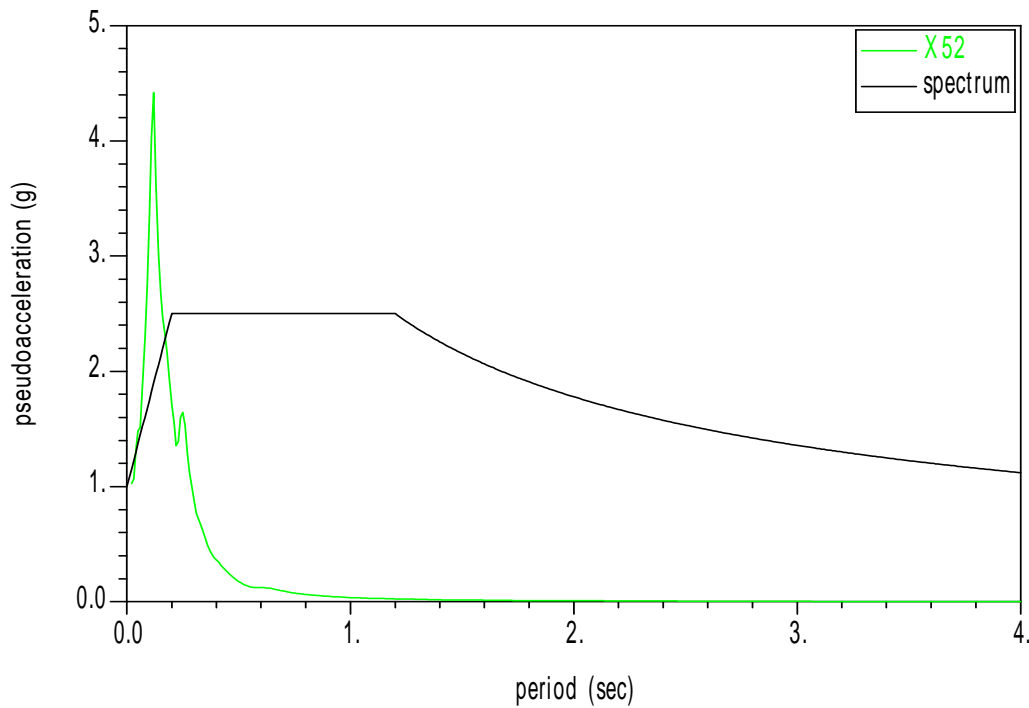
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.59: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X50
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

SPECTRUM for soil D



- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.60: Ψευδοεπιτάχυνσης – Περίοδου για τον σεισμό X52
Φάσμα Ψευδοεπιτάχυνσης για κατηγορία εδάφους D

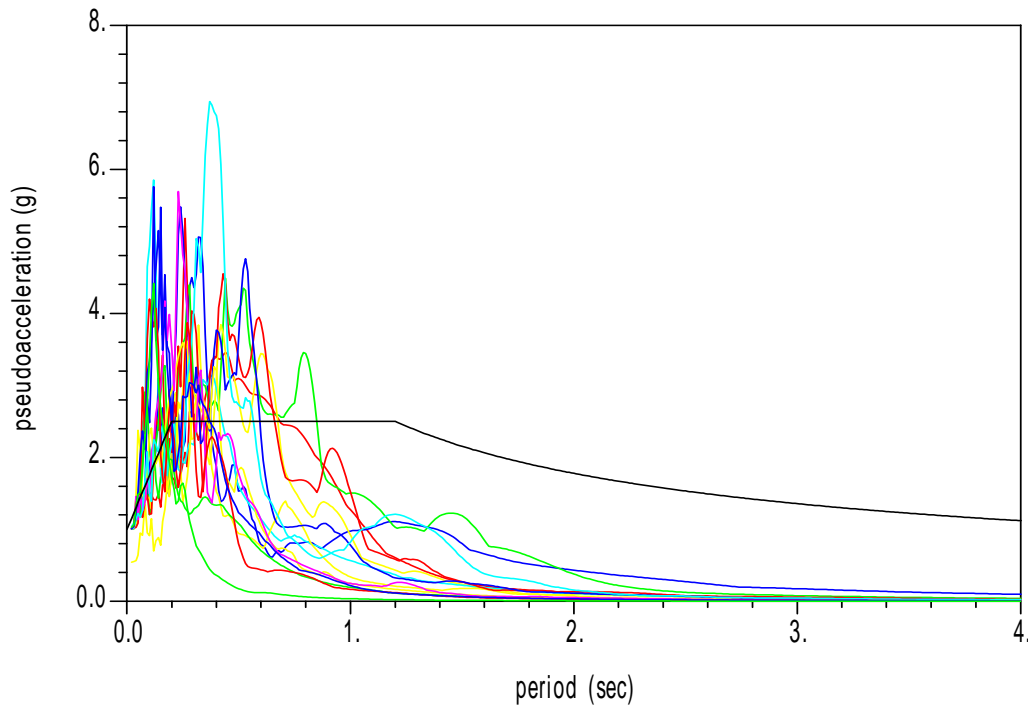
SPECTRUM for soil D



Συγκεντρωτικά για την κατηγορία εδάφους D παίρνουμε το εξής διάγραμμα:

- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.61: Ψευδοεπιταχύνσεων – Περιόδου
Φάσμα για Ψευδοεπιτάχυνση κατηγορίας εδάφους D

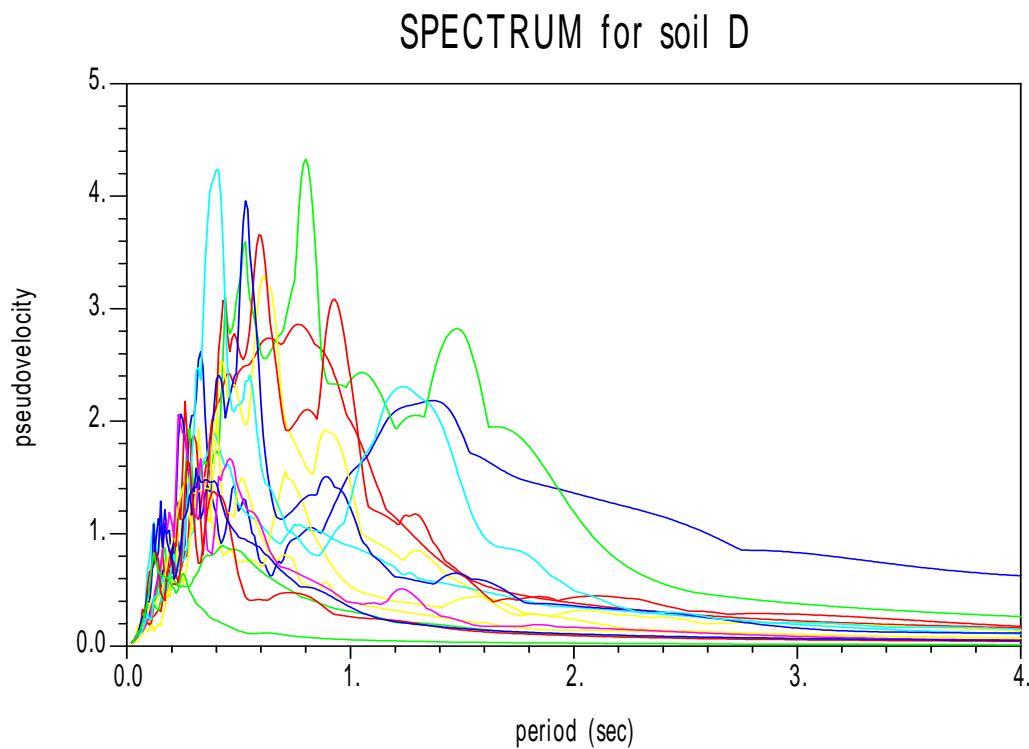
SPECTRUM for soil D



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Όπως είναι φανερό στα συγκεντρωτικά διαγράμματα για την κατηγορία εδάφους C και D (σελίδα 103 και σελίδα 112 αντίστοιχα) δεν εμπεριέχουν υπόμνημα και αυτό λόγω της αδυναμίας του προγράμματος H/Y Es-plot να δημιουργήσει ένα τόσο μεγάλο υπόμνημα.

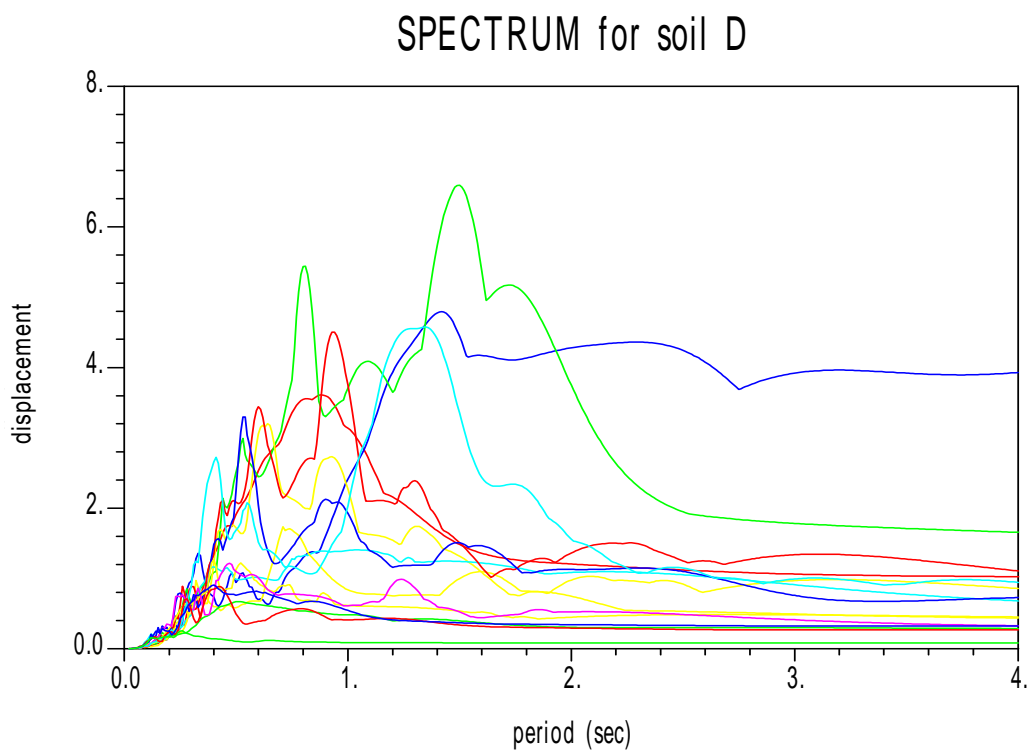
- Για τις ψευδοταχύτητες έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.62: Ψευδοταχυτήτων – Περίοδου για κατηγορία D



- Για τις μετακινήσεις έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

➤ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.63: Μετακινήσεων – Περίοδου για κατηγορία D



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας επεξεργαστήκαμε 53 επιταχυνσιογραφήματα από σεισμούς του ελλαδικού χώρου για διάφορους τύπους εδάφους. Αυτό πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος *Matlab* και της γλώσσας προγραμματισμού *Fortran* και όπως διαπιστώθηκε τα αποτελέσματα ήταν ίδια. Τα επιταχυνσιογραφήματα κανονικοποιήθηκαν ως προς την επιτάχυνση της βαρύτητας έτσι ώστε να έχουν την ίδια μέγιστη τιμή επιτάχυνσης. Στη συνέχεια με τη βοήθεια της μεθόδου των κεντρικών διαφορών που ανήκει στην οικογένεια Newmark κατασκευάσαμε για κάθε επιταχυνσιογράφημα τα φάσματα μετακινήσεων, ψευδοταχυτήτων και ψευδοεπιταχύνσεων.

Συγκρίνοντας τα φάσματα ψευδοεπιταχύνσεων που προκύπτουν από τα επιταχυνσιογραφήματα κάθε κατηγορίας εδάφους, με το αντίστοιχο φάσμα σχεδιασμού που υιοθετεί ο Ε.Α.Κ. 2000/2003, βλέπουμε ότι η μορφή του φάσματος σχεδιασμού του κανονισμού ανταποκρίνεται στη μορφή των φασμάτων ψευδοεπιτάχυνσης που προκύπτουν από τα επιταχυνσιογραφήματα.

Ως προς το μέγεθος της φασματικής τεταγμένης, βλέπουμε ότι για την πλειοψηφία των επιταχυνσιογραφημάτων η αντίστοιχη τεταγμένη του φάσματος για κάθε ιδιοπερίοδο προκύπτει μικρότερη από την αντίστοιχη του φάσματος σχεδιασμού, κάτι που είναι προς τη μεριά της ασφάλειας. Υπάρχουν βέβαια και ορισμένα φάσματα επιταχυνσιογραφημάτων που για μικρό εύρος περιόδων, η φασματική τεταγμένη ξεπερνάει αυτή του φάσματος σχεδιασμού, πράγμα που αρχικά μοιάζει να είναι εις βάρος της ασφάλειας. Αυτό που συμβαίνει όμως στην πράξη, είναι ότι αν σε κάποιο σεισμό τύχει για τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο της κατασκευής μας το φάσμα του σεισμού να ξεπερνάει αυτό του σχεδιασμού, τότε θα αναπτυχθούν στην κατασκευή μας μεγαλύτερες μετακινήσεις από τις αναμενόμενες. Αυτό θα έχει ως συνέπεια η κατασκευή μας να υποστεί κάποια βλάβη με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της δυσκαμψίας της και επακόλουθα την αύξηση της ιδιοπεριόδου της. Έτσι αν το φάσμα του επιταχυνσιογραφήματος ξεπερνάει το φάσμα σχεδιασμού σε ένα μικρό μόνο εύρος ιδιοπεριόδων, η αύξηση της ιδιοπεριόδου της κατασκευής θα την οδηγήσει στο να φύγει από την περιοχή με τις αυξημένες φασματικές τεταγμένες.

Σε περίπτωση που σχεδιάζαμε το φάσμα σχεδιασμού ώστε σε κάθε σημείο η τεταγμένη του να ήταν μεγαλύτερη από όλα τα φάσματα σεισμικών καταγραφών, θα είμαστε μεν από την πλευρά της ασφάλειας, αλλά θα είμαστε τόσο συντηρητικοί που τελικά το κόστος των κατασκευών θα ανέβαινε δραματικά, κάτι που θα είχε σοβαρές κοινωνικές συνέπειες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) A.K. Chopra, Δυναμική των κατασκευών, Εκδ. Χ. Γκιούρδα & Σία, 3^η εκδ./2008.
- 2) Clough/Penzien, Δυναμική Κατασκευών, Εκδ. Φούντας, 2006.
- 3) E.A.K. 2000/2003.
- 4) Ιστοσελίδα: www.seismosoft.gr.
- 5) Δ.-Π. Ν. Κοντονή, «Υπολογισμός Κατασκευών με Η/Υ», Τ.Ε.Ι. Πάτρας, 1995 – 1999.
- 6) Δ.-Π. Ν. Κοντονή, Επιστημονικά Εκπαιδευτικά Προγράμματα Η/Υ ειδικότητας Πολιτικού Μηχανικού, Πάτρα, 1985-2012.
- 7) Δ.-Π. Ν. Κοντονή, «Πολιτικός Μηχανικός & Η/Υ», «Εισαγωγή στους Η/Υ», «Εισαγωγή στο Διαδίκτυο (Internet) και στις υπηρεσίες του» (Διδακτικές Σημειώσεις), «Ασκήσεις Προγραμματισμού Η/Υ I & II» (Φύλλα Έργου), Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής, Τ.Ε.Ι. Πάτρας, Πάτρα, 1999-2012.