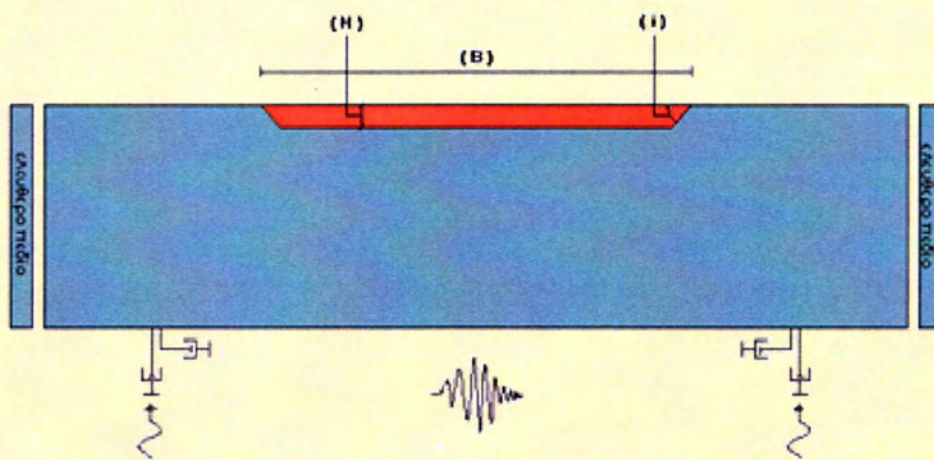


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΥΠΟ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ»



“GEOMORPHIC AGGRAVATION OF ELASTIC RESPONSE SPECTRUM UNDER
REALISTIC SEISMIC EXCITATIONS”

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΑΧΙΛΛΕΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΒΟΛΟΣ 2012



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10765/1
Ημερ. Εισ.: 18-07-2012
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΠΜ
2012
ΠΑΠ

στους γονείς μου, Δημήτρη και Γιώτα

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας προς όλους όσους υποστήριξαν πρακτικά και ηθικά την προσπάθειά μας.

Πρωτίστως, ευχαριστούμε θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Παπαδημητρίου Αχιλλέα, για την άριστη καθοδήγησή του, τις πολύτιμες υποδείξεις του και την άριστη συνεργασία που είχαμε, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Η συνεχής υποστήριξή του, η διαρκής διαθεσιμότητά του και ο επιστημονικός του ζήλος, ενίσχυσαν τις προσπάθειές μας για την περάτωση αυτής της έρευνας.

Επίσης, θέλουμε ιδιαίτερα να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας, για τη συνεχή υποστήριξη και κατανόηση που έδειξαν, καθώς και για τη σημαντική εμπύχωση που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια της προσπάθειάς μας.

Τέλος, ευχαριστούμε τους φίλους μας, που ενίσχυσαν την προσπάθειά μας αυτή, με την υποστήριξη που μας προσέφεραν και τη συμπαράσταση που μας έδωσαν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	2
Περίληψη.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγή	6
1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.....	6
1.2. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Βιβλιογραφική Έρευνα	8
2.1. ΓΕΝΙΚΑ	8
2.2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ 2Δ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Μεθοδολογία Αριθμητικών Αναλύσεων	44
3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	44
3.2. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Χωρική διαφοροποίηση της Γεωμορφικής Επιδείνωσης για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής T	57
4.1. ΓΕΝΙΚΑ	57
4.2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
4.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ	118
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης σε επιλεγμένες θέσεις εντός κοιλάδας	126
5.1. ΓΕΝΙΚΑ	126
5.2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Συμπεράσματα - Προτάσεις	185
6.1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	185
6.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	189
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: Βιβλιογραφία	190

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά την επίδραση της μορφολογίας υποβάθρου (γεωμορφική επιδείνωση) σε ολόκληρο το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην επιφάνεια του εδάφους. Αποτελεί μια φυσική συνέχεια της διπλωματικής εργασίας των Μέλλιου και Τέττα (2010), η οποία επικεντρωνόταν στη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης επιτάχυνσης (οριζόντιας, παρασιτική κατακόρυφη) στην επιφάνεια του εδάφους. Εστιάζει σε 2Δ συμμετρικές εδαφικές κοιλάδες τραπεζοειδούς μορφής με ιξωδο-ελαστικό ομοιόμορφο έδαφος επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου το οποίο διεγείρεται με κατακόρυφα κύματα SV, με τη μορφή δύο πραγματικών χρονοϊστοριών (σεισμών Αιγίου και Κοζάνης του 1995), οι οποίες διαφέρουν κυρίως στον αριθμό των σημαντικών κύκλων. Συνολικά παρουσιάζονται και σχολιάζονται αποτελέσματα από 51 περιπτώσεις συνδυασμών εδαφικής κοιλάδας – υποβάθρου – σεισμικής διέγερσης (και για τις δύο χρονοϊστορίες) που εκτιμήθηκαν αριθμητικά με χρήση της μεθόδου πεπερασμένων διαφορών. Ο στόχος της διενέργειας τόσων παραμετρικών αναλύσεων ήταν η μελέτη της επίδρασης στη γεωμορφική επιδείνωση των σημαντικών παραμέτρων του προβλήματος, δηλαδή των αδιάστατων λόγων B/λ , λ/H και α (όπου λ το δεσπόζον μήκος διατμητικών κυμάτων, H και B το πάχος και το πλάτος της κοιλάδας και $\alpha = (\rho_s V_s)/(\rho_b V_b)$ ο λόγος εμπέδησης στη διεπιφάνεια εδάφους βράχου).

Για την ποσοτικοποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης στο ελαστικό φάσμα απόκρισης υιοθετούνται 2 αδιάστατοι φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης (AS_{ah} , AS_{av}) που είναι συναρτήσεις της θέσης κατά μήκος της κοιλάδας και της περιόδου κατασκευής T και αφορούν λόγο κρίσιμης απόσβεσης αυτής ίσης με 5%. Ο λόγος AS_{ah} ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης για την οριζόντια επιτάχυνση κάθε θέσης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει υπό 1Δ διέγερση στην ίδια θέση. Αντίστοιχα, στο λόγο AS_{av} ο αριθμητής είναι το ελαστικό φάσμα απόκρισης της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης και ο παρονομαστής ίδιος σε κάθε θέση με εκείνον του λόγου AS_{ah} .

Εκ των πλέον σημαντικών συμπερασμάτων σταχυολογούνται:

- Η γεωμορφική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης είναι, εν δυνάμει, σημαντική (έως 130%) και σίγουρα διαφορετική για διαφορετικές περιόδους T , δηλαδή για την ταλάντωση διαφορετικών κατασκευών. Παρόλα αυτά, η χωρική διαφοροποίηση είναι, συνήθως, ποιοτικά αντίστοιχη για διαφορετικές περιόδους T . Η χωρική διαφοροποίηση του ελαστικού φάσματος απόκρισης δε φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τις λεπτομέρειες της διέγερσης (Αιγίου ή Κοζάνης), αν τα λοιπά χαρακτηριστικά του συστήματος κοιλάδας-υποβάθρου-διέγερσης είναι ίδια (ίδιες τιμές των λόγων B/λ , λ/H , α).
- Ποσοτικά, η γεωμορφική επιδείνωση για $T=0\text{sec}$ (επιφάνεια εδάφους) είναι συγκρίσιμη, αλλά δε συμπίπτει με το άνω όριο φασματικών γεωμορφικών επιδεινώσεων κατά μήκος της κοιλάδας. Στην πραγματικότητα, οι μέγιστες τιμές των AS_{ah} και AS_{av} συνήθως παρατηρούνται σε περιόδους κατασκευής T που βρίσκονται στην περιοχή των σημαντικών περιόδων του προβλήματος, δηλαδή στο εύρος μεταξύ της δεσπόζουσας περιόδου διέγερσης T_e και της (πρώτης) ιδιοπεριόδου T_s της εδαφικής στρώσης (υπό 1Δ ταλάντωση). Πέραν αυτού, σε όλες τις περιπτώσεις, προκύπτει ότι για μεγάλες T (δηλαδή μεγαλύτερες από 1.0-1.5sec), η γεωμορφική επιδείνωση φθίνει, δηλαδή η AS_{ah} τείνει στο 1 και η AS_{av} τείνει στο 0.
- Επιπλέον συμπεραίνεται, ότι ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T , οι μέγιστες AS_{ah} προκύπτουν, λίγο έως πολύ, στη θέση όπου γίνεται μέγιστη η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης. Αντίστοιχα, προκύπτει σαφέστερα ότι ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T , οι μέγιστες AS_{av} προκύπτουν στη θέση όπου γίνεται μέγιστη η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης, με τις ανωτέρω θέσεις εμφάνισης μεγίστων να μη συμπίπτουν στις 2 συνιστώσες της επιτάχυνσης.
- Επικεντρώνοντας στις μέγιστες τιμές AS_{ah} και AS_{av} κατά μήκος της κοιλάδας (και ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T) παρατηρείται αύξησή τους με αύξηση του αδιάστατου πάχους H/λ ή/και μείωση του αδιάστατου λόγου εμπέδησης εδάφους-βράχου α , ενώ η αύξηση του αδιάστατου εύρους B/λ οδηγεί σε μη σημαντική (για την AS_{ah}) και μηδενική επίδραση (για την AS_{av}).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγή

1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της μορφολογίας του υποβάθρου σε ολόκληρο το ελαστικό φάσμα απόκρισης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται προσπάθεια διερεύνησης της επίδρασης των σημαντικότερων παραμέτρων του προβλήματος στην ενίσχυση του σεισμού στην επιφάνεια ιδεατής 2Δ εδαφικής λεκάνης τραπεζοειδούς διατομής και οριζόντιας τοπογραφίας. Οι σεισμικές διεγέρσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι πραγματικές χρονοϊστορίες οι οποίες είναι διαβαθμισμένες στο εκάστοτε επιθυμητό δεσπόζον μήκος κύματος λ_s , εντός της λεκάνης και εισήχθησαν με τη μορφή κυμάτων SV. Μετά τον εντοπισμό των σημαντικών παραμέτρων του προβλήματος και ύστερα από τη διερεύνηση του τρόπου επίδρασης αυτών, γίνεται μια προσπάθεια διατύπωσης ποιοτικών συμπερασμάτων σχετικά με τη χωρική διαφοροποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης κατά μήκος της κοιλάδας για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής T. Και στη συνέχεια η προσπάθεια αυτή επεκτείνεται σε ολόκληρο το ελαστικό φάσμα για επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας. Με τον τρόπο αυτό πιστεύεται ότι τα όποια συμπεράσματα προκύψουν από την παρούσα εργασία θα μπορούν να τύχουν γενικότερης εφαρμογής για την προσεγγιστική εκτίμηση της επίδρασης της μορφολογίας υποβάθρου και σε πραγματικές περιπτώσεις λεκανών που δεν εμφανίζουν τις απλουστεύσεις σε γεωμετρία και γεωτεχνικές συνθήκες που υιοθετήθηκαν, χάριν απλότητας, στην εργασία αυτή.

1.2. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η εργασία αυτή αποτελείται από 6 κεφάλαια, με το παρόν πρώτο να είναι εισαγωγικό και να παρουσιάζει το αντικείμενο της και τη διάρθρωση της. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθεται η σχετική με την εργασία βιβλιογραφική έρευνα που έγινε σε διαδικτυακές βάσεις δεδομένων και ανάλογες βιβλιοθήκες, ώστε να αποτυπωθεί η τυπική σεισμική απόκριση κοιλάδων με βάση καταγραφές ή αναλύσεις, και να διατυπωθούν οι βασικές παραδοχές πάνω στις οποίες βασίστηκαν οι αναλύσεις της παρούσας εργασίας. Κι επιπλέον, στο ίδιο κεφάλαιο προστέθηκε μια υποενότητα η οποία παρουσιάζει τη μελέτη της επίδρασης της μορφολογίας του υποβάθρου στην επίδραση του εδάφους στη σεισμική κίνηση, μια εργασία η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Μέλλιος και Τέττα (2010).

Στη συνέχεια, το τρίτο κεφάλαιο περιέχει αρχικά τις απαραίτητες πληροφορίες για το λογισμικό πεπερασμένων διαφορών το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις αναλύσεις (FLAC), όπως τις μαθηματικές αρχές στις οποίες στηρίζεται και τις υπολογιστικές του ικανότητες. Μετά αναλύεται πλήρως η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις αναλύσεις, δηλαδή τα χαρακτηριστικά και η μορφή ενός τυπικού καννάβου, ο τρόπος εισαγωγής της σεισμικής διέγερσης στη βάση του, οι συνοριακές συνθήκες στα άκρα, οι μορφές των επιλεχθέντων σεισμικών διεγέρσεων, αλλά και ο τρόπος εκτίμησης των αποτελεσμάτων σε όρους εδαφικής ενίσχυσης λόγω της ύπαρξης μιας πεπερασμένου εύρους κοιλάδας.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει τα στοιχεία και τα αποτελέσματα του συνόλου των αναλύσεων που έγιναν για την παρούσα εργασία. Με κατάλληλη επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτών γίνεται η διερεύνηση του τρόπου επίδρασης των σημαντικών παραμέτρων του προβλήματος στη χωρική διαφοροποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής T και η εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του συνόλου των αναλύσεων συνοδευόμενη από τη μελέτη της γεωμορφικής φασματικής επιδείνωσης για επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα της εργασίας, οι περιορισμοί στη χρήση των αποτελεσμάτων της εργασίας και με ποιό τρόπο μπορούν αυτά τα συμπεράσματα και αποτελέσματα να βοηθήσουν σε περαιτέρω διερεύνηση του συγκεκριμένου προβλήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Βιβλιογραφική Έρευνα

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά κυρίως σε μελέτες με αριθμητικές αναλύσεις και πειραματικά δεδομένα που έχουν γίνει για πραγματικές εδαφικές λεκάνες και αφορούν διερεύνηση των (γεωμορφικών) ενισχύσεων από πραγματικές σεισμικές δονήσεις ή τυπικές απλές διεγέρσεις, όπως ο παλμός Ricker. Οι λεκάνες που έχουν μελετηθεί και αναφέρονται στη παρούσα εργασία βρίσκονται στις περιοχές του Dinar της Τουρκίας, της Βόλβης στην Ελλάδα και της Ohba-Ohasi στην Ιαπωνία.

Από τις έρευνες που παρατίθενται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου, δίνεται έμφαση στην αναγκαιότητα της χρήσης διδιάστατων μοντέλων για την αποτύπωση της πραγματικής απόκρισης της εδαφικής λεκάνης, ενώ παράλληλα επισημαίνεται η αδυναμία προσέγγισης των μονοδιάστατων μοντέλων. Οι μελέτες γίνονται σε όρους φασμάτων απόκρισης, συναρτήσεων μεταφοράς αλλά και γεωμορφικών ενισχύσεων. Ο ορισμός της γεωμορφικής ενίσχυσης στις διάφορες μελέτες της βιβλιογραφίας δεν είναι πάντα ο ίδιος. Μέσα από τις έρευνες αυτές γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης του φαινομένου και προσέγγισης χαρακτηριστικών τα οποία επιδρούν στην 2Δ συμπεριφορά της εδαφικής λεκάνης, υπό σεισμική διέγερση.

2.2. ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗΝ 2Δ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

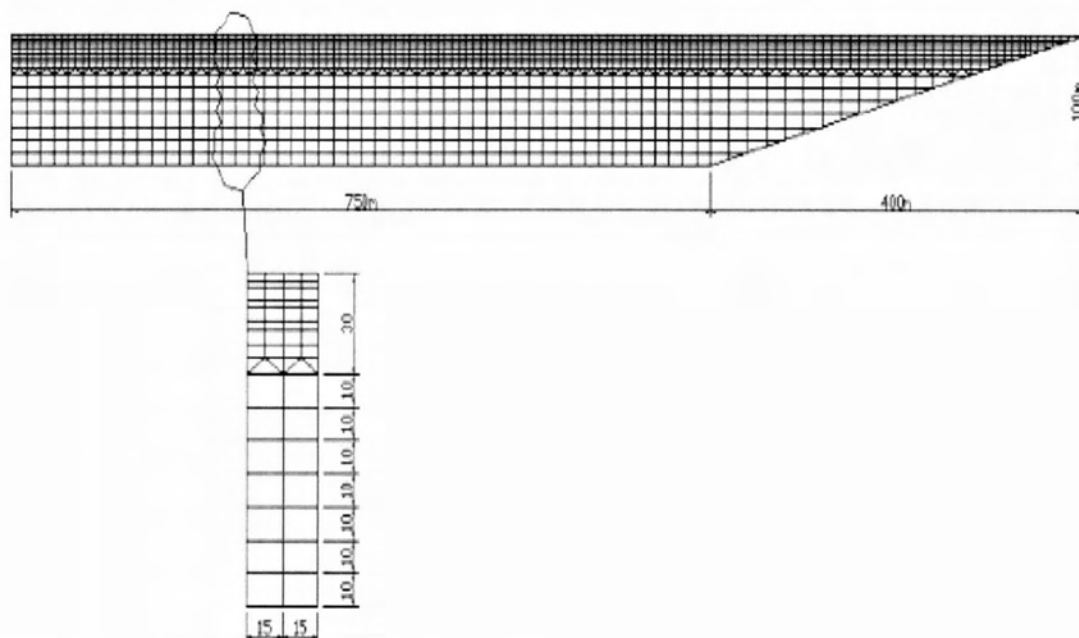
2.2.1 Επίδραση των άκρων της λεκάνης στην κατανομή των καταστροφών στο Dinar

(B.S. Bakir, M.Y. Ozkan, S. Ciliz, 2002)

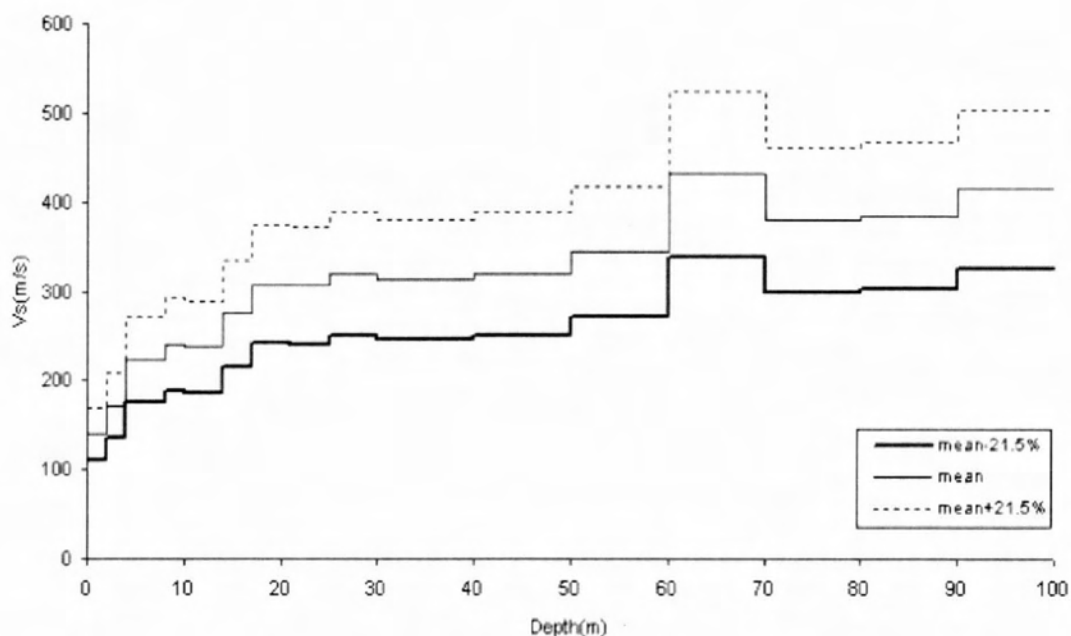
Τον Οκτώβριο του 1995 συνέβη ένας σεισμός στο Dinar της Τουρκίας μεγέθους $ML=5.9$. Παρατηρώντας τις ζημιές στα κτήρια, διαπιστώθηκε μια μερικώς ανομοιόμορφη κατανομή των καταστροφών μέσα στην πόλη. Η πόλη Dinar είναι τοποθετημένη στα άκρα μιας αλλουβιακής λεκάνης. Τα 1Δ μοντέλα απέτυχαν να ερμηνεύσουν τις παρατηρούμενες καταστροφές καθώς δεν έλαβαν υπόψη την επίδραση των πλευρικών ορίων στα άκρα της λεκάνης. Σε τέτοιες γεωλογικές κατασκευές (κοιλάδα) παράγονται επιφανειακά κύματα στα άκρα της λεκάνης και κύματα παγιδεύονται μέσα σε αυτή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η κίνηση του εδάφους να ενισχύεται σημαντικά ακόμα και σε μια απόσταση από τα άκρα της λεκάνης, γεγονός που δεν μπορεί να αναπαρασταθεί από 1Δ αναλύσεις.

Για τη μελέτη της επίδρασης της λεκάνης έγιναν 1Δ και 2Δ αναλύσεις. Στην εικόνα 2.1 απεικονίζεται το προσομοίωμα της λεκάνης (2Δ μοντέλο), με μέγιστο πάχος $H=100m$ (μέχρι το βραχώδες υπόβαθρο), άνοιγμα $B=2300m$ και $i=14^\circ$. Στην εικόνα 2.2 δίνεται η μεταβολή της ταχύτητας μετάδοσης των διαμηθικών κυμάτων με το βάθος, έπειτα από γεωτρήσεις που έγιναν. Στην εικόνα 2.3 δίνονται τα φάσματα απόκρισης των 1Δ και 2Δ αναλύσεων, σε διάφορα σημεία της λεκάνης (σταθμοί 1 έως 4). Το πρώτο που μπορεί να σημειωθεί είναι το γεγονός ότι, τα μονοδιάστατα μοντέλα υποεκτιμούν την απόκριση στην περιοχή πλησίον των άκρων της λεκάνης (ζώνη 3), αποτυγχάνοντας να ερμηνεύσουν την παρατηρούμενη διαφορά των καταστροφών σε περιόδους 0.1sec έως 0.3sec, μεταξύ των ζωνών 2 και 3. Αντιθέτως, στα 2Δ φάσματα απόκρισης της ζώνης 3 παρατηρούνται σαφώς μεγαλύτερες τιμές απόκρισης στις παραπάνω περιόδους, δίνοντας έτσι μια πολύ πιο σωστή εικόνα της σεισμικής συμπεριφοράς. Εστιάζοντας στη μέγιστη τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης (PGA), η οποία και μελετάται στην παρούσα εργασία, παρατηρούμε ότι η διαφορά μεταξύ των 1Δ και 2Δ προσεγγίσεων αποτυπώνεται και εκεί. Οι μεγαλύτερες διαφορές των τιμών PGA μεταξύ 2Δ και 1Δ παρατηρούνται στους σταθμούς 3 και 4, πλησίον των άκρων της λεκάνης (στη ζώνη 3). Στο σχήμα 2.4 αποτυπώνεται ο λόγος $PGA(2\Delta) / PGA(1\Delta)$ στους σταθμούς 1 έως 4. Επίσης,

αξίζει να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι τιμές της 2Δ απόκρισης αυξάνουν πλησιάζοντας στα πλευρικά όρια της λεκάνης.

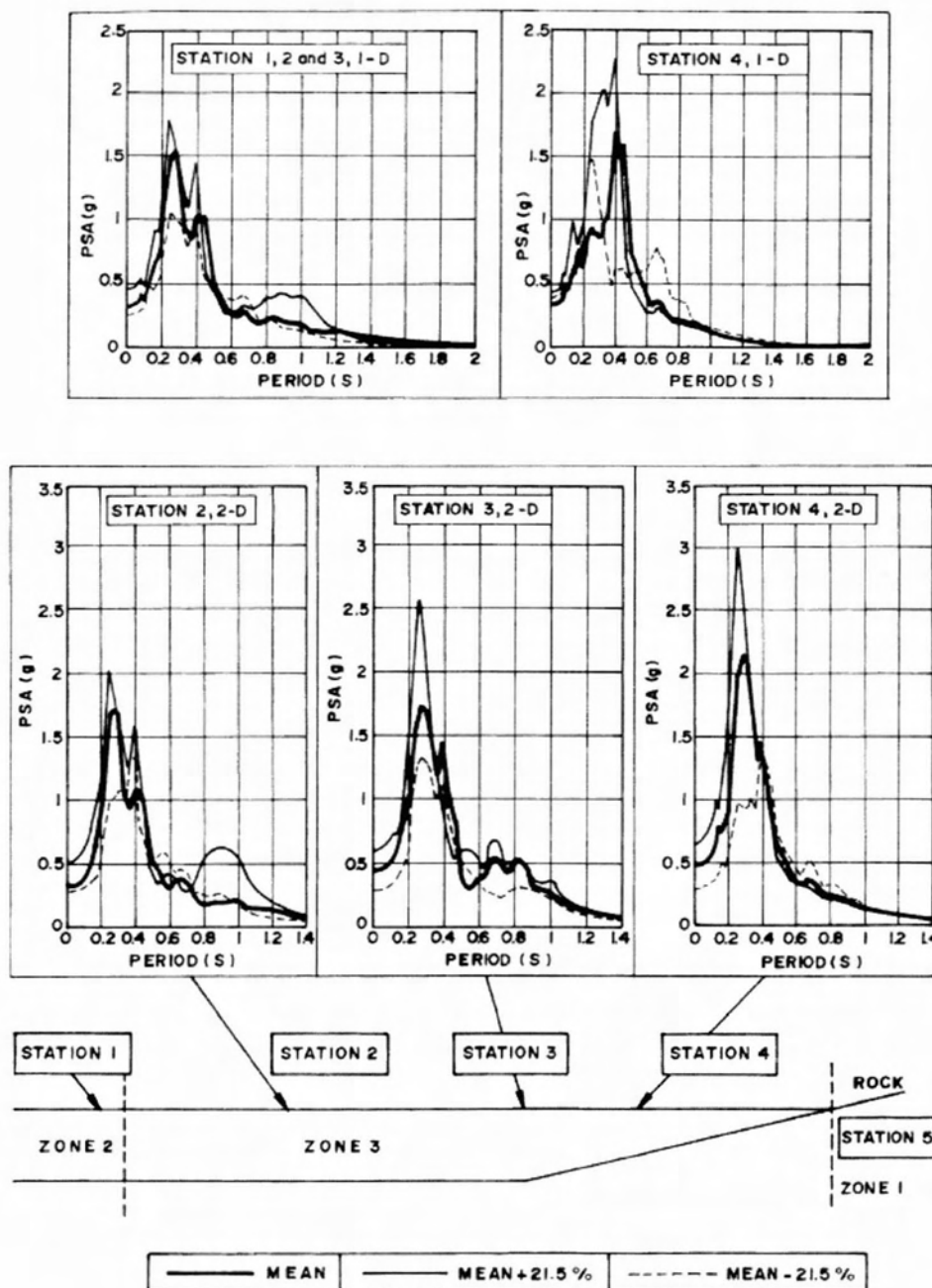


Σχήμα 2.1: 2Δ μοντέλο λεκάνης.

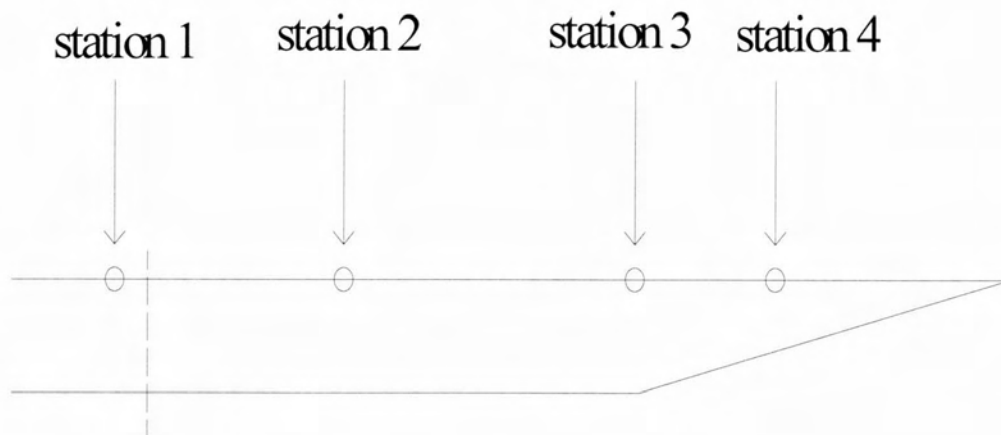
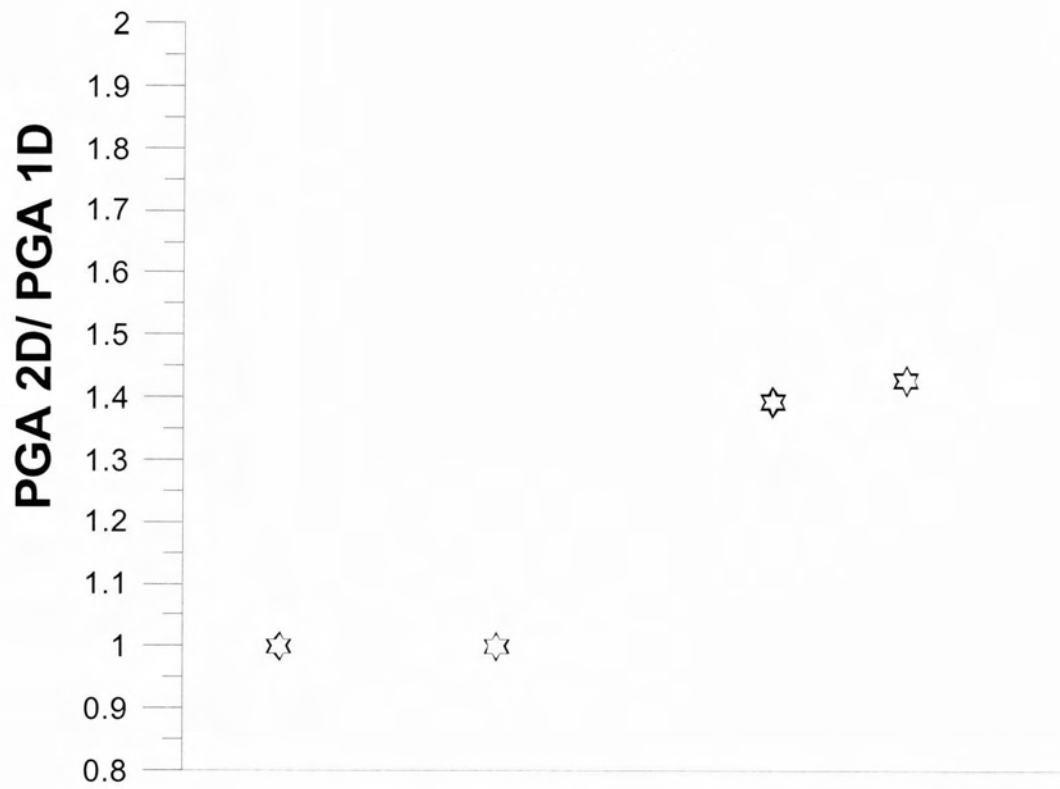


Σχήμα 2.2: Μεταβολή ταχύτητας μετάδοσης διατμητικών κυμάτων σε σχέση με το βάθος.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



Σχήμα 2.3: 1Δ και 2Δ φάσματα σε διάφορους σταθμούς κατά μήκος της λεκάνης.

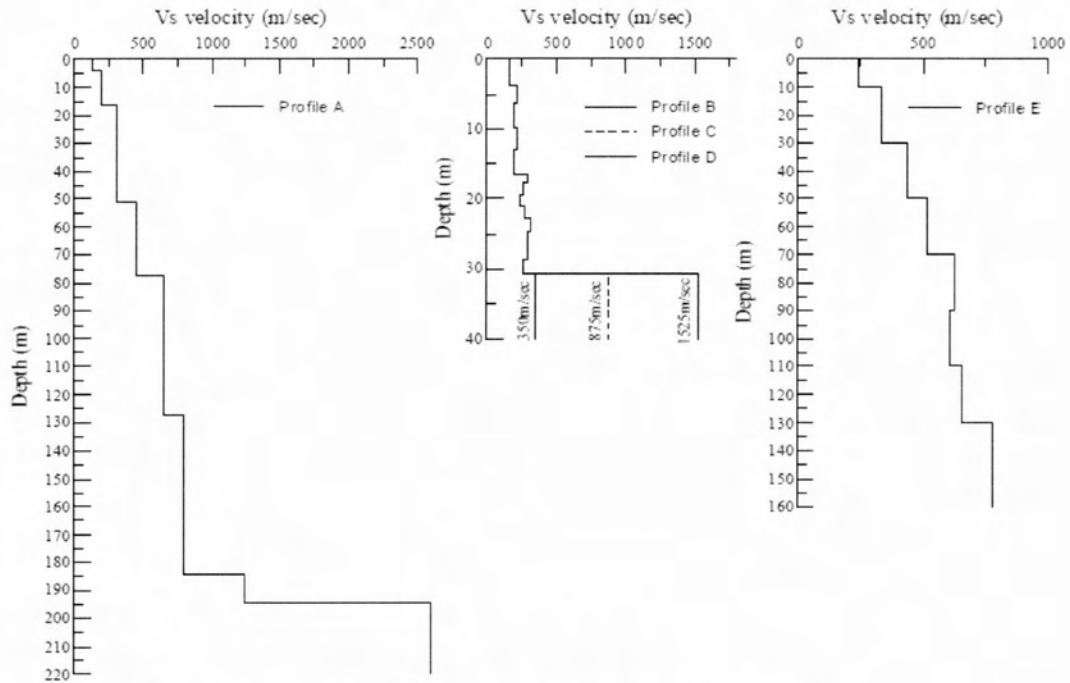


Σχήμα 2.4: PGA(2D) / PGA(1D) κατά μήκος της λεκάνης.

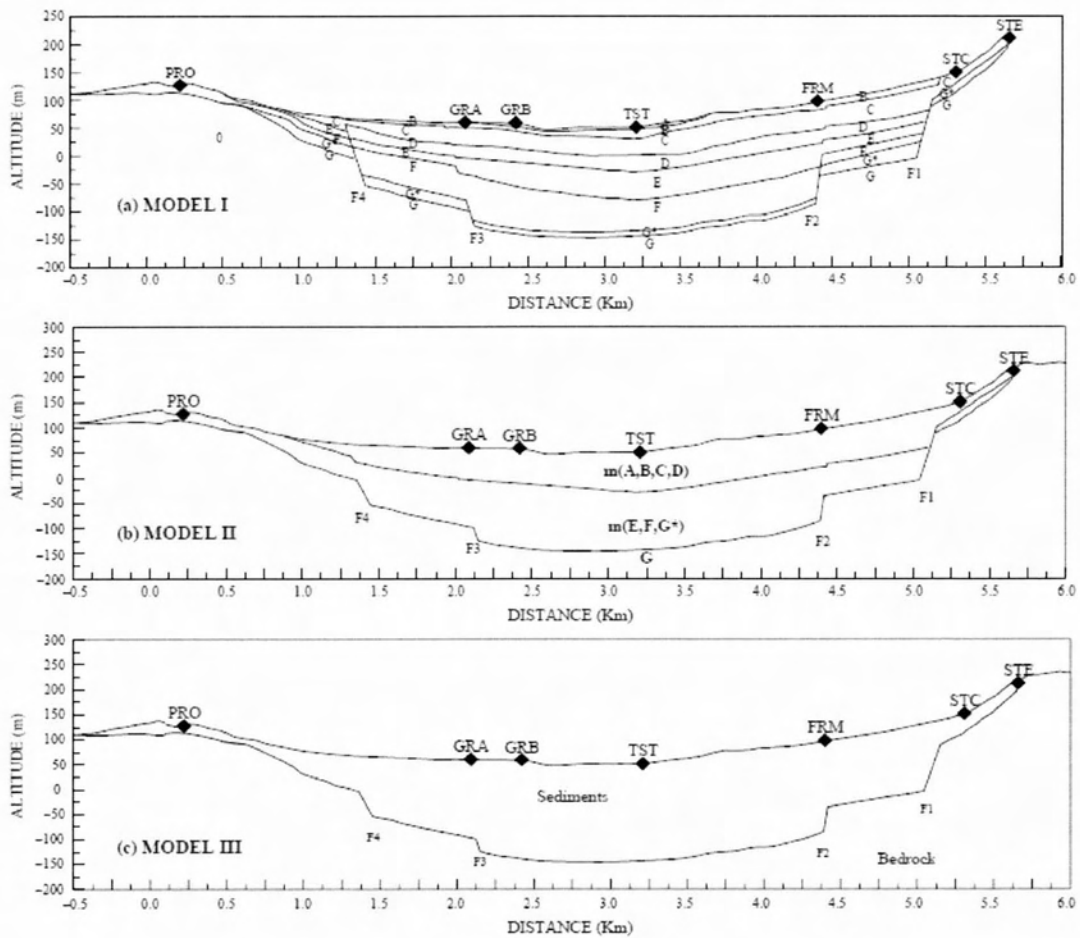
2.2.2 Παραμετρική ανάλυση 1Δ και 2Δ σεισμικής απόκρισης στη λεκάνη Euroseistest

(K. Makra, F.J. Chavez-Garcia, D. Raptakis, K. Pitilakis, 2005)

Η απόκριση της λεκάνης υπολογίστηκε τόσο με βάση το λεπτομερές εδαφικό προφίλ, όσο και για μία σειρά απλοποιήσεων του λεπτομερούς προσομοιώματος της εδαφικής δομής. Αρχικά, θεωρήθηκαν διαφορετικά 1Δ προσομοιώματα στο κέντρο της λεκάνης, ενώ σε ένα δεύτερο στάδιο, υπολογίστηκε η απόκριση τριών 2Δ προσομοιωμάτων με την ίδια γεωμετρία αλλά διαφορετική διακύμανση με το βάθος της ταχύτητας διάδοσης των S κυμάτων και 2 με διαφορετική γεωμετρία της διεπιφάνειας αποθέσεων και βραχώδους υποβάθρου με σκοπό να προκύψουν οι ελάχιστες απαιτούμενες πληροφορίες (ιδιότητες) της δομής που «ελέγχουν» τα χαρακτηριστικά της σεισμικής απόκρισης. Η λεκάνη έχει σχετικά τραπεζοειδές σχήμα, βάθος περίπου 200m στο βαθύτερο σημείο της και πλάτος περίπου 6000m. Στο σχήμα 2.5 δίνονται οι πέντε περιπτώσεις του προφίλ της ταχύτητας των διατμητικών κυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στα 1Δ μοντέλα, ενώ στο σχήμα 2.6 α, β και γ παρατηρούνται τα πρώτα 2Δ προσομοιώματα της λεκάνης. (I, II, III) Στον πίνακα 2.1 συνοψίζονται τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των 2Δ μοντέλων. Οι διαφορές των χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης μεταξύ των διαφορετικών προσομοιωμάτων μελετώνται στο πεδίο τιμών των συχνοτήτων, ενώ επιπροσθέτως υπολογίζεται ο συντελεστής ενίσχυσης μεταξύ των διδιάστατων και των αντίστοιχων μονοδιάστατων φασμάτων απόκρισης με σκοπό την ποσοτικοποίηση της πρόσθετης, σε σχέση με τη 1Δ προσέγγιση, ενίσχυσης που προκαλείται λόγω φαινομένων που σχετίζονται με τη γεωμετρία της λεκάνης.



Σχήμα 2.5: Προφίλ ταχύτητας μετάδοσης διατμητικών κυμάτων.



Σχήμα 2.6: 2Δ μοντέλα λεκάνης με διαφορετική ακρίβεια στη διαστρωμάτωση.

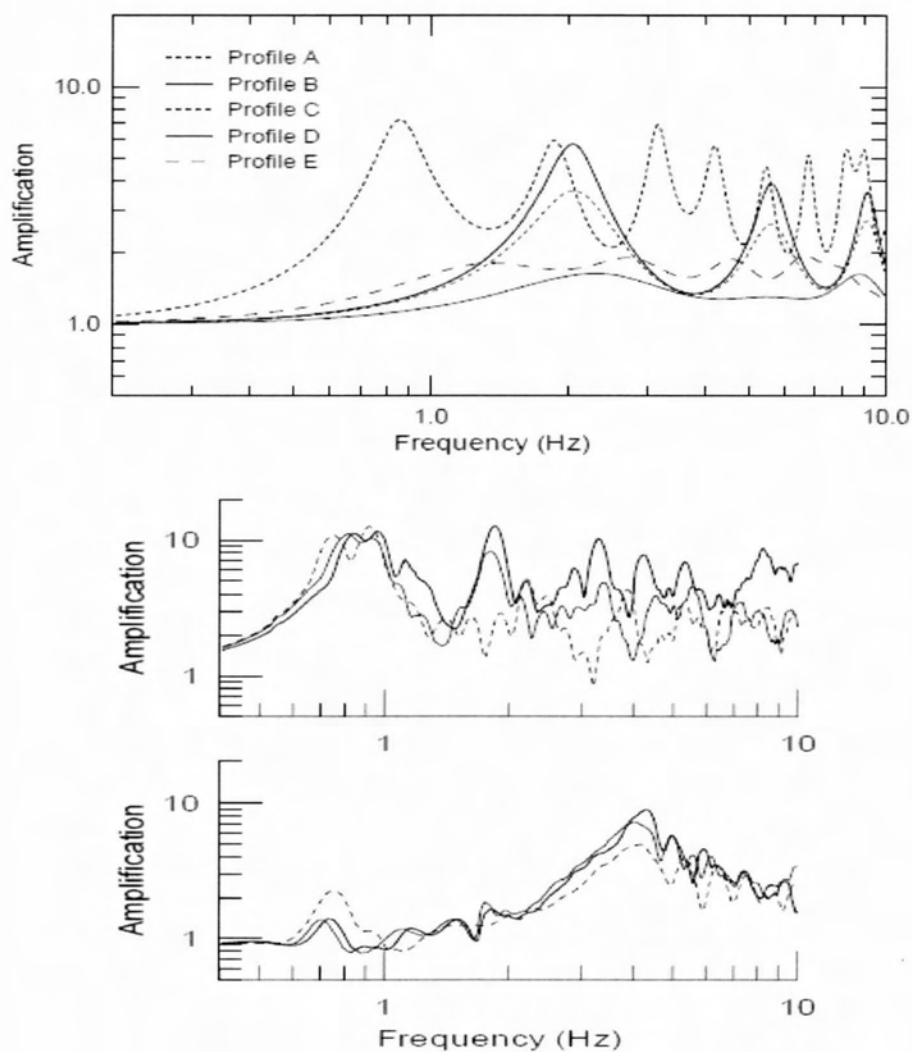
Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
 υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

Table 1
Dynamic properties of the soil materials included in the 2D models

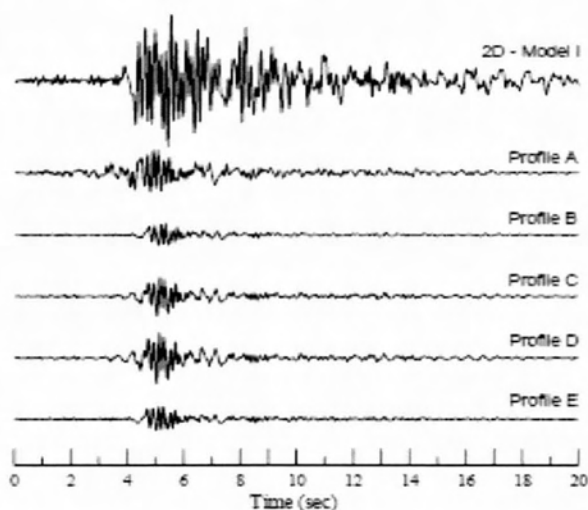
	Soil formation	A	B	C	D	E	F	G*	G
Model I	V_s (m/s)	130	200	300	450	650	800	1250	2600
	$Q_s (= 1/2\xi)$	15	25	30	40	60	80	100	200
	ρ (t/m^3)	2.05	2.15	2.075	2.10	2.155	2.20	2.50	2.60
Model II	V_s (m/s)		330				750		2600
	$Q_s (= 1/2\xi)$		33				75		200
	ρ (t/m^3)		2.10				2.20		2.60
Model III	V_s (m/s)				590				2600
	$Q_s (= 1/2\xi)$				55				200
	ρ (t/m^3)				2.2				2.60

Πίνακας 2.1: Πίνακας γεωτεχνικών χαρακτηριστικών 2Δ μοντέλων.

Στο σχήμα 2.7 παρουσιάζονται οι συναρτήσεις μεταφοράς των 1Δ και των πρώτων 2Δ μοντέλων. Παρά τις παρατηρούμενες επιμέρους διαφορές, τα 2Δ αποτελέσματα είναι περισσότερο συμβατά μεταξύ τους από οποιαδήποτε 1Δ προσέγγιση. Η πρώτη αιχμή ενίσχυσης στο κέντρο της λεκάνης προσομοιώνεται ικανοποιητικά και στις τρεις τομές, γεγονός που δεν παρατηρείται για τις 1Δ αναλύσεις. Επίσης στο σχήμα 2.8, αποτυπώνεται η ιστορία επιτάχυνσης στο κέντρο της λεκάνης, όπως αυτή εξήχθη από τις 1Δ αναλύσεις και το 2Δ πλήρες μοντέλο, (μοντέλο αναφοράς). Είναι φανερό ότι, οι 1Δ αναλύσεις δεν κατάφεραν σε καμία περίπτωση να προσεγγίσουν ικανοποιητικά την πραγματική 2Δ απόκριση της λεκάνης, ούτε σε διάρκεια σημαντικών κύκλων φόρτισης, ούτε σε ένταση. Από όλα τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι η εισαγωγή της επιρροής της πλευρικής ετερογένειας της δομής στα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης οδήγησε σε ορθότερες εκτιμήσεις της σεισμικής απόκρισης της λεκάνης από ότι οι λεπτομερείς 1Δ προσεγγίσεις. Επίσης, η απλοποίηση της στρωματογραφίας δεν επέφερε σημαντικές αλλαγές στην προσομοίωση των χαρακτηριστικών της σεισμικής κίνησης σε σχέση με τη λεπτομερή εδαφική τομή.



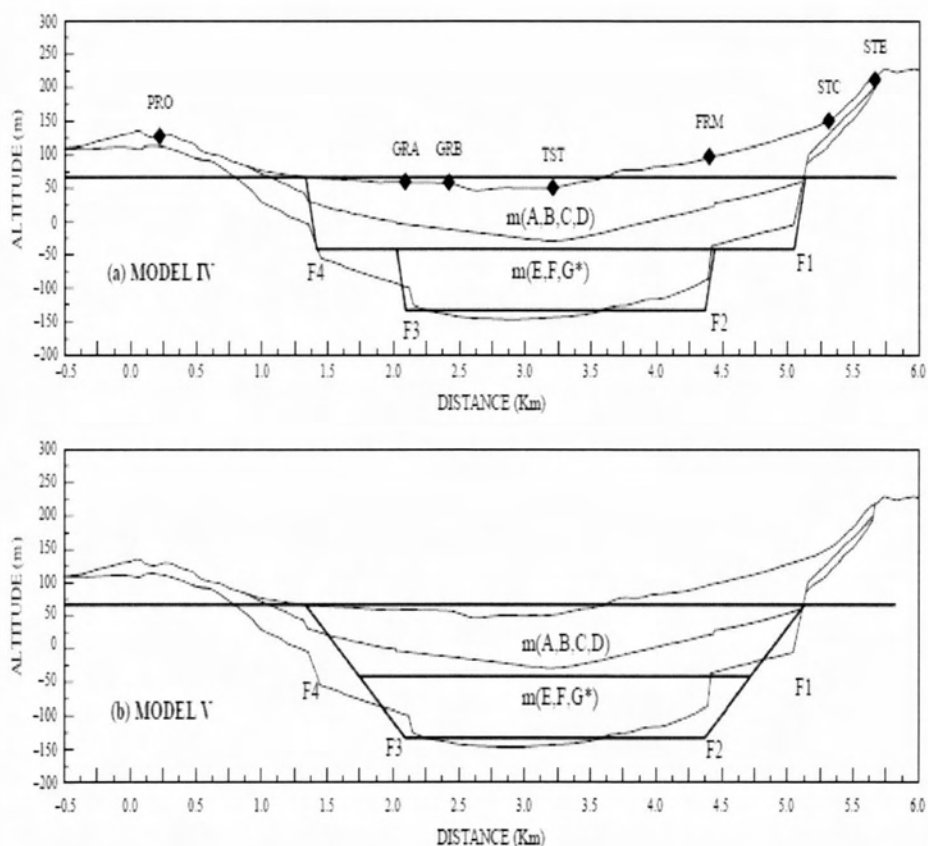
Σχήμα 2.7: Συναρτήσεις μεταφοράς των 1Δ και 2Δ μοντέλων.



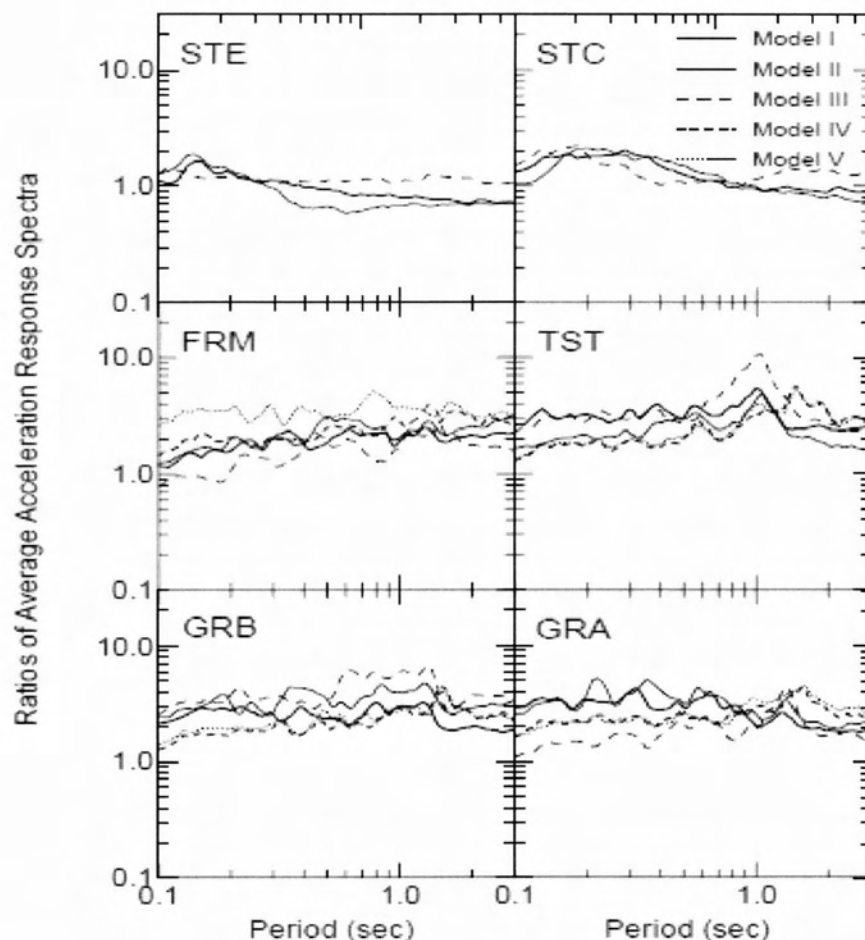
Σχήμα 2.8 : Χρονοϊστορία επιτάχυνσης στο κέντρο της λεκάνης για 1Δ και 2Δ (μοντέλο I).

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
 υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

Στο σχήμα 2.9 απεικονίζεται το μοντέλο II, με δύο διαφορετικές απλοποιημένες γεωμετρίες. Έτσι προκύπτουν τα μοντέλα IV και V. Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, ποσοτικοποιήθηκε για κάθε 2Δ προσομοίωμα ο συντελεστής επιβάρυνσης. Οι συντελεστές αυτοί ορίζονται ως ο λόγος των μέσων τιμών των διδιάστατων προς τα αντίστοιχα μονοδιάστατα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης ($2\Delta/1\Delta$). Η πρόσθετη ενίσχυση που οφείλεται στα επιφανειακά κύματα και άρα στην επιρροή των πλευρικών ετερογενειών της δομής στη σεισμική κίνηση ποσοτικοποιείται με τους συντελεστές επιβάρυνσης. Παρατηρείται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις ο συντελεστής επιβάρυνσης κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3 για περιόδους από 0.1 έως 3.0 sec, αναδεικνύοντας τη σημαντική συνεισφορά της γεωμετρίας της λεκάνης, (έστω και αδρής), στην πρόσθετη ενίσχυση της κίνησης. (Σχήμα 2.10)



Σχήμα 2.9: 2Δ μοντέλα με απλοποιημένες γεωμετρίες.



Σχήμα 2.10: Συντελεστές επιβάρυνσης για όλες τις τομές στις θέσεις των σταθμών του δικτύου.

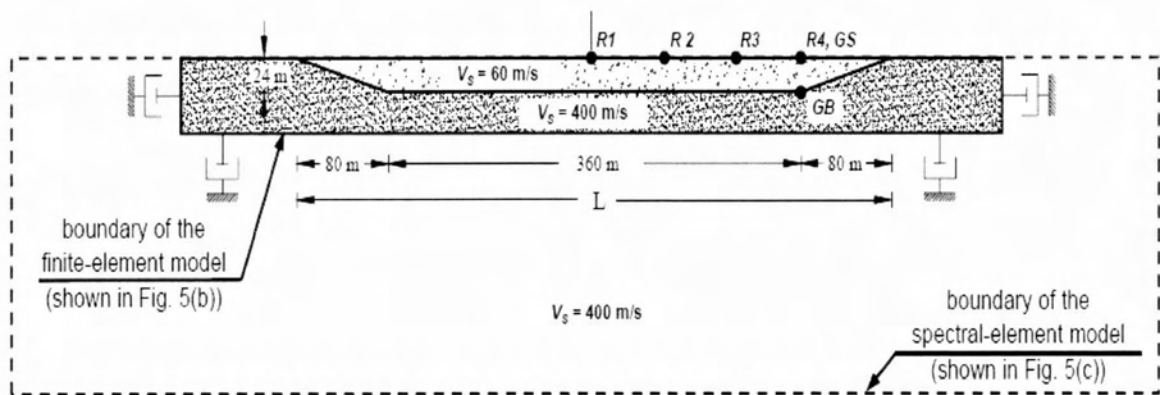
Γενικά συμπεράσματα

Από όλα τα αποτελέσματα, προκύπτει το γενικό συμπέρασμα ότι η απόκριση της λεκάνης Euroseistest οφείλεται στη μορφή/γεωμετρία της καθώς κύριο φαινόμενο είναι τα τοπικά παραγόμενα στις ασυνέχειες επιφανειακά κύματα. Επίσης συμπεραίνεται ότι για την αξιόπιστη πρόβλεψη των χαρακτηριστικών αυτών (πλάτος, συχνοτικό περιεχόμενο) είναι προτιμότερο να έχουμε μία γενική και αδρή εικόνα της μορφής της λεκάνης και των μέσων δυναμικών ιδιοτήτων των σχηματισμών παρά μία λεπτομερή περιγραφή της κατακόρυφης διαδοχής των εδαφικών σχηματισμών σε μία θέση π.χ. στο κέντρο της. Επίσης, η σωστή εκτίμηση της μέσης αντίθεσης της δυσκαμψίας μεταξύ αποθέσεων και βράχου είναι απαραίτητη στην αξιόπιστη πρόβλεψη για του επιπέδου ενίσχυσης, απαίτηση που ισχύει επίσης και στα 1Δ προσομοιώματα.

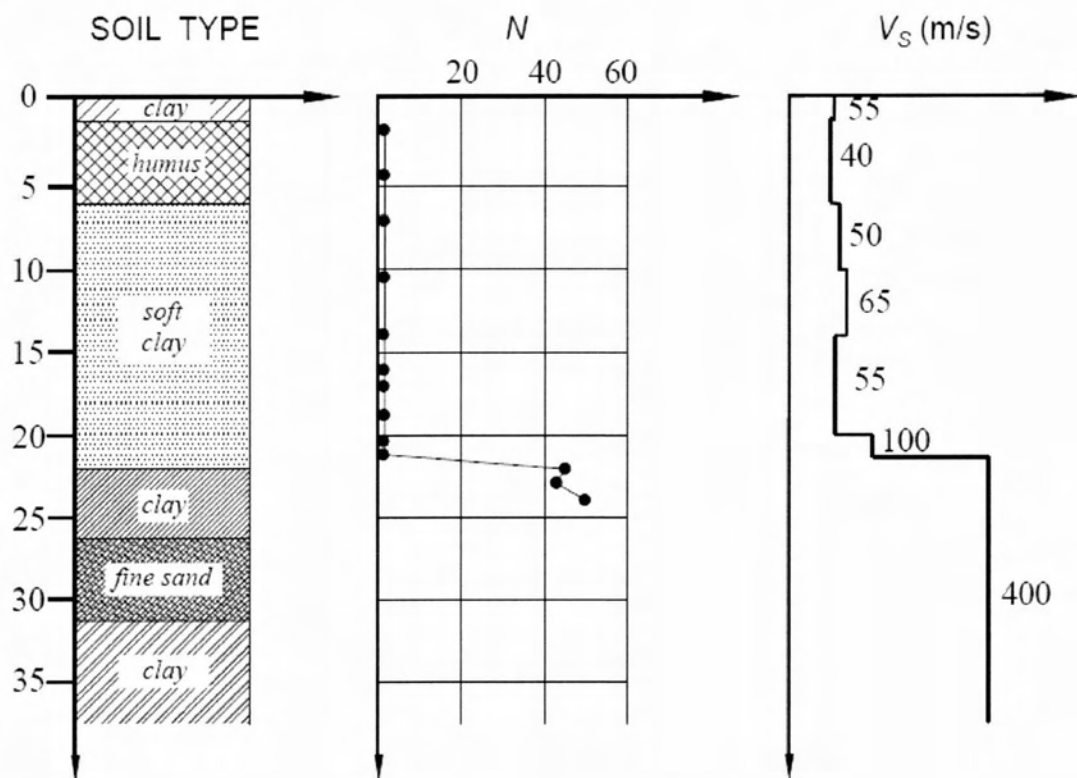
*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*

2.2.3 Λεκάνη περιοχής Ohba Ohashi, Ιαπωνία

Σύμφωνα με τους Psarropoulos et al (2007), η λεκάνη στη περιοχή της Ohba Ohashi έχει σχετικά τραπεζοειδές σχήμα, βάθος περί τα 24m. και πλάτος περί τα 520m. Στο σχήμα 2.11 φαίνεται η προσεγγιστική γεωμετρία της λεκάνης. Τα χαρακτηριστικά της προσεγγιστικής λεκάνης που χρησιμοποιήθηκε στις αναλύσεις φαίνονται στο σχήμα 2.12.



Σχήμα 2.11: Σκαρίφημα λεκάνης Ohba Ohashi. (απλοποιητική μορφή).

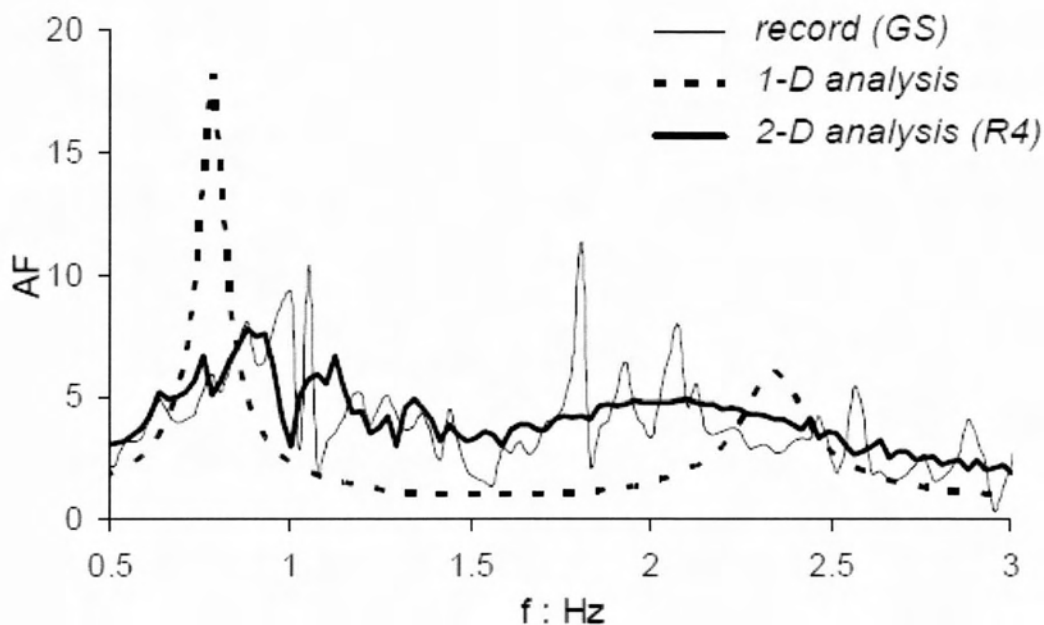


Σχήμα 2.12: Χαρακτηριστικό εδαφικό προφίλ λεκάνης Ohba Ohashi.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν 2Δ γραμμικές βισκοελαστικές αναλύσεις, στις οποίες διερευνήθηκε κατά πόσο η 1Δ προσέγγιση έχει την ικανότητα να προσομοιώσει επαρκώς την πραγματική απόκριση. Οι ελαστικές αναλύσεις στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ικανοποιητικές επειδή αφενός το έδαφος χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές πλαστιμότητας (PI) και αφετέρου οι σεισμικές διεγέρσεις που χρησιμοποιήθηκαν δεν έχουν και πολύ υψηλά επίπεδα επιτάχυνσης. Οι διεγέρσεις του συστήματος είναι πραγματικές καταγραφές.

Για το λόγο αυτό, συγκρίνονται στην εικόνα 2.13 οι συντελεστές ενίσχυσης για $\xi=3\%$ (σε όρους φασματικού περιεχομένου) που εξάγονται από την 1Δ θεωρία, τη 2Δ ανάλυση της λεκάνης και από την καταγεγραμμένη απόκριση στην επιφάνεια, όλα για το σημείο R4 (Gs και Gb). Γίνεται αντιληπτή η αδυναμία της 1Δ ανάλυσης να προσεγγίσει την καταγεγραμμένη κίνηση. Δηλαδή οι συχνότητες που ενισχύονται από το εδαφικό φίλτρο είναι τελείως διαφορετικές.



Σχήμα 2.13: Σύγκριση των συντελεστών ενίσχυσης (AF) μεταξύ πραγματικών καταγραφών, μονοδιάστατων και διδιάστατων αναλύσεων.

Περαιτέρω διερεύνηση των γεωμορφικών ενισχύσεων σε αυτή τη λεκάνη έγινε με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση της μη γραμμικότητας στη σεισμική κίνηση. Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις με διεγέρσεις μορφής παλμών Ricker, δεσπόζουσας συχνότητας 1Hz και 2Hz, για τις παρακάτω περιπτώσεις συνδυασμών εδαφών-διεγέρσεων:

*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*

1^η περίπτωση (case A): $PI=200$ $PGBA=0,034g$ γραμμικό έδαφος

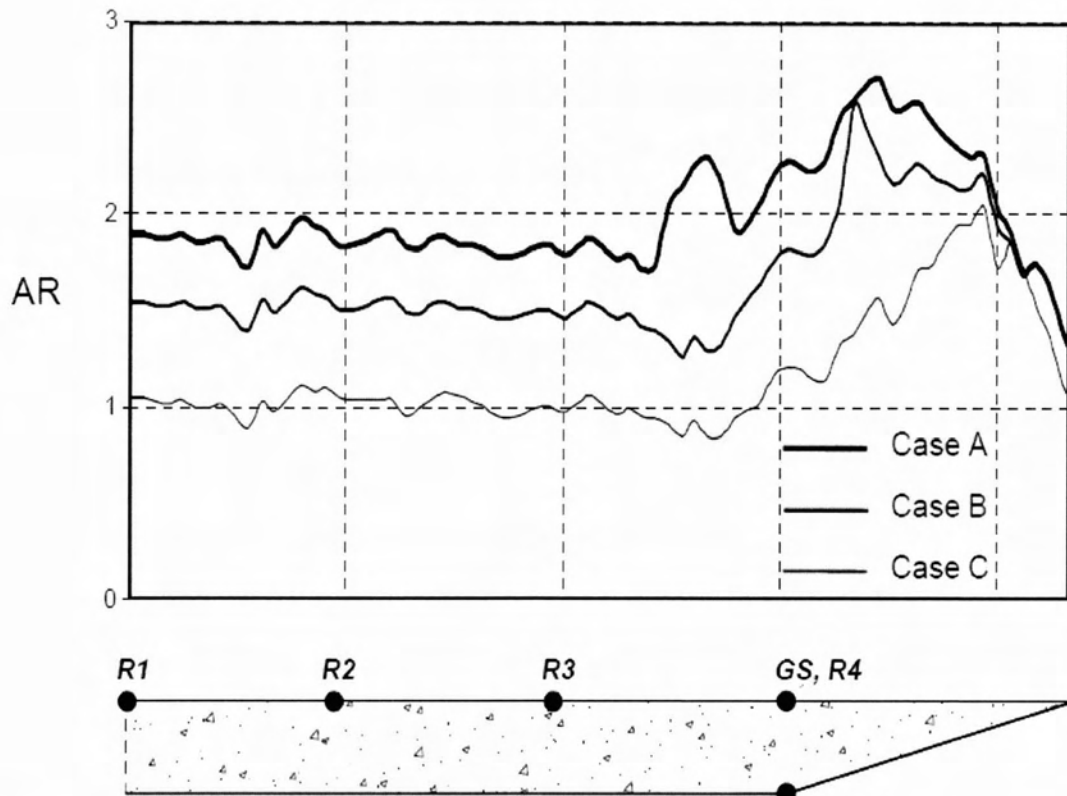
2^η περίπτωση (case B): $PI=50$ $PGBA=0,034g$ ελαφρώς μη γραμμικό έδαφος

3^η περίπτωση (case C): $PI=50$ $PGBA=0,340g$ μη γραμμικό έδαφος

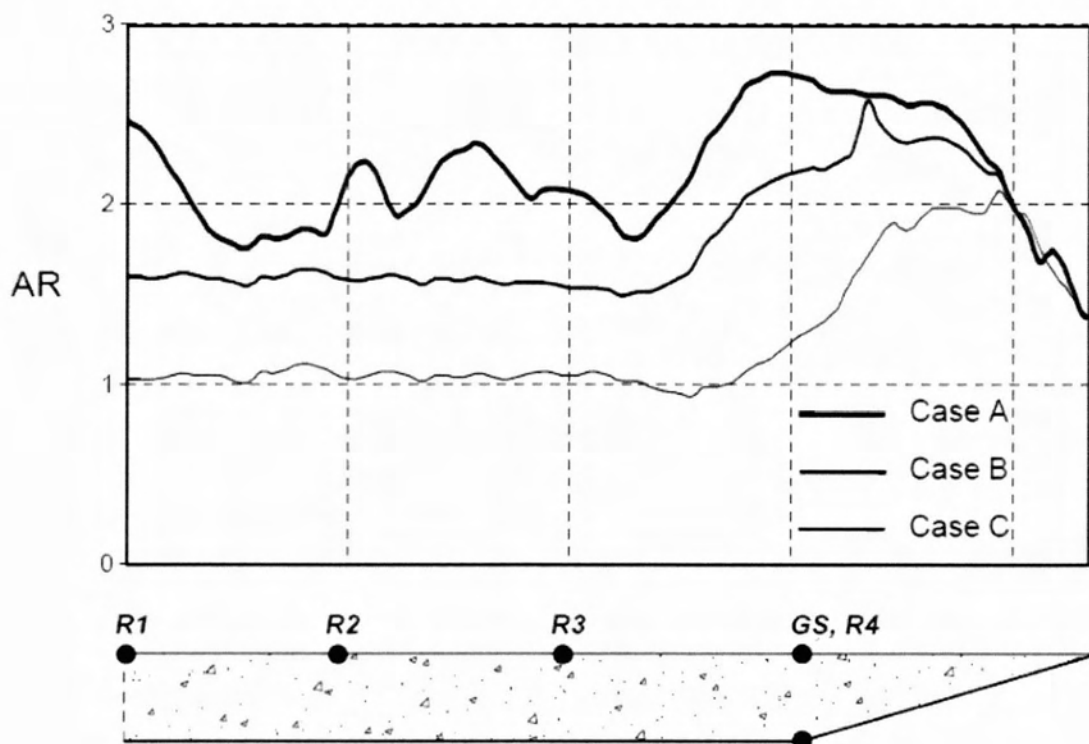
Παρατηρούμε ότι στις περιπτώσεις B και C θεωρείται έδαφος με μικρότερο PI και μεγαλύτερη ένταση σεισμού, έτσι ώστε η πραγματική συμπεριφορά της λεκάνης να πλησιάζει πιο κοντά στη μη γραμμικότητα.

Στα παρακάτω σχήματα (σχήμα 2.14 και σχήμα 2.15) φαίνονται οι οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις για τους παλμούς 1Hz και 2Hz στο δεξί μέρος της λεκάνης για τις τρεις περιπτώσεις εδαφών, οι οποίες ορίζονται ως ο λόγος της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης σε κάθε σημείο της επιφάνειας του εδάφους προς την τιμή που έχει η μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση στη «θαμμένη» γωνία της εδαφικής λεκάνης. Γίνεται προφανές ότι όσο πιο γραμμικώς ελαστικά συμπεριφέρεται το έδαφος τόσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές των γεωμορφικών ενισχύσεων, ενώ και στις 2 περιπτώσεις συχνοτήτων οι μεγαλύτερες τιμές ενισχύσεων εμφανίζονται πλησίον των άκρων της λεκάνης.

Στα σχήματα (σχήμα 2.16 και σχήμα 2.17) φαίνεται ο λόγος των κατακόρυφων ενισχύσεων στην επιφάνεια προς τις οριζόντιες ενισχύσεις στη θαμμένη γωνία της λεκάνης κατά μήκος του δεξιού μέρους της λεκάνης για τις τρεις περιπτώσεις εδαφών και τις συχνότητες πάλι των 1Hz και 2Hz. Όπως προκύπτει, οι κατακόρυφες ενισχύσεις μηδενίζονται στο κέντρο της λεκάνης και παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους πλησίον των άκρων αυτής.

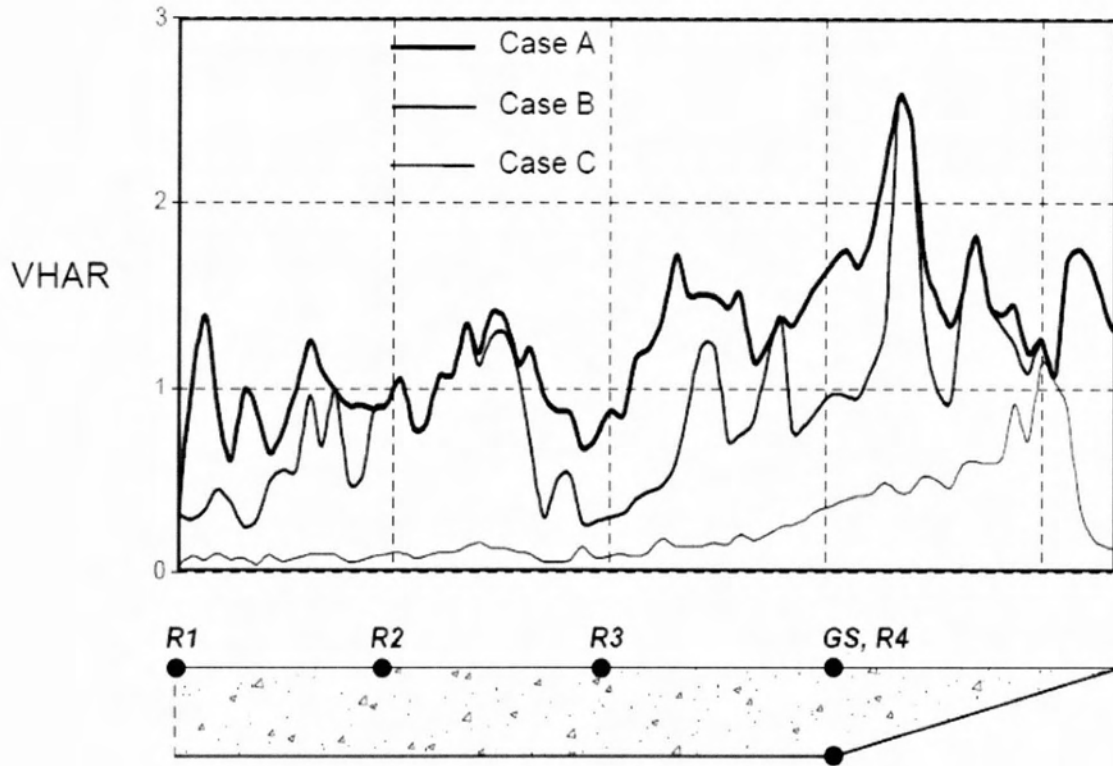


Σχήμα 2.14: Τιμές οριζόντιων ενισχύσεων για συχνότητα 2Hz κατά μήκος της λεκάνης για τρεις περιπτώσεις εδαφών.

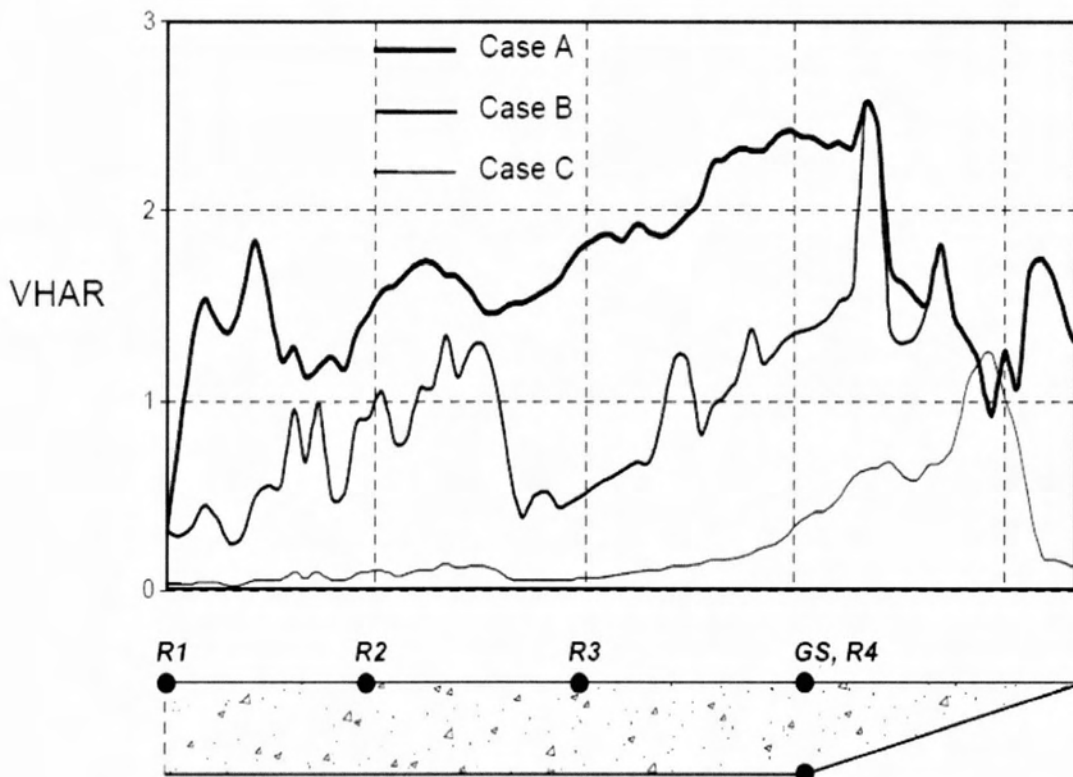


Σχήμα 2.15: Τιμές οριζόντιων ενισχύσεων για συχνότητα 1Hz κατά μήκος της λεκάνης για τρεις περιπτώσεις εδαφών.

*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*



Σχήμα 2.16: Τιμές λόγου κατακόρυφων προς οριζόντιων ενισχύσεων για συχνότητα 2Hz κατά μήκος της λεκάνης για τρεις περιπτώσεις εδαφών.



Σχήμα 2.17: Τιμές λόγου κατακόρυφων προς οριζόντιων ενισχύσεων για συχνότητα 1Hz κατά μήκος της λεκάνης για τρεις περιπτώσεις εδαφών.

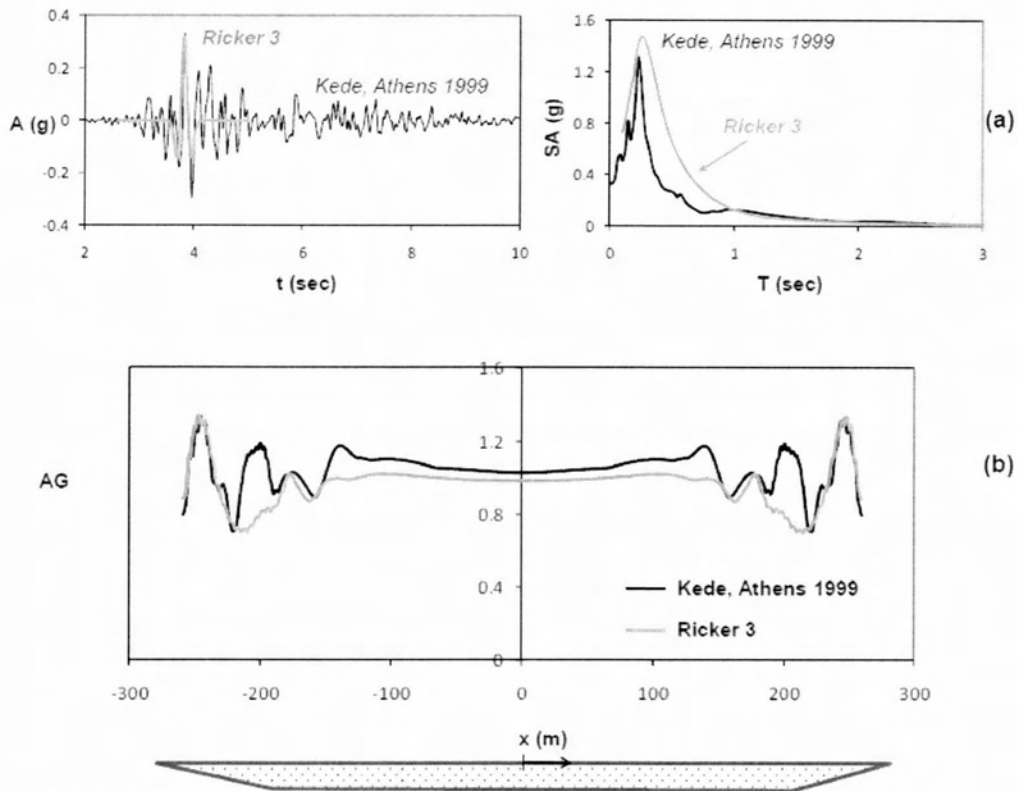
*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*

Μεταγενέστερα, οι Gelagoti et al. (2010) επανεξέτασαν την ίδια κοιλάδα, και όρισαν τους παρακάτω λόγους οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης $ah_{max}(2\Delta) / ah_{max}(1\Delta)$, όπου ah_{max} η μέγιστη τιμή της οριζόντιας επιτάχυνσης στην επιφάνεια, στις 2Δ και 1Δ αναλύσεις αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται έμφαση στην επίδραση της 2Δ συμπεριφοράς της λεκάνης στην PGA. Επίσης, ορίζεται η κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση ως ο λόγος της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης στην επιφάνεια (καθώς η εισαγόμενη κίνηση είναι μόνο οριζόντια) προς την οριζόντια επιτάχυνση στην επιφάνεια, υπό 1Δ συνθήκες.

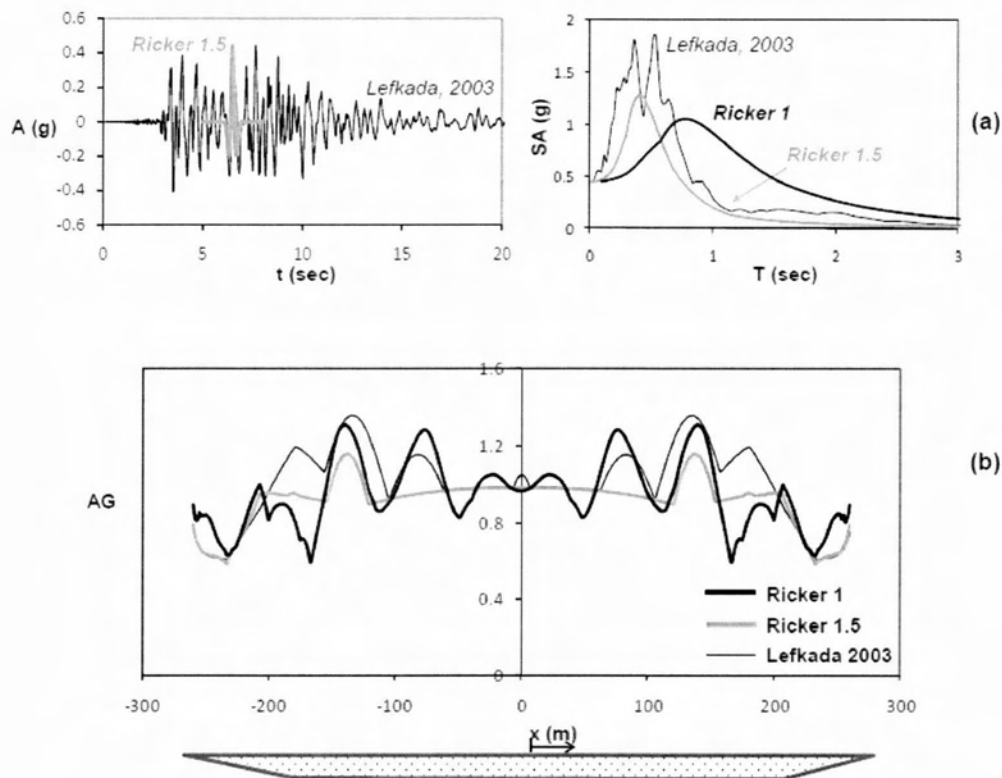
Πραγματοποιήθηκαν ελαστικές αναλύσεις για τρεις πραγματικές καταγραφές διεγέρσεων καθώς και των παλμών Ricker που τις προσεγγίζουν.

Στην εικόνα 2.18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οριζόντιας επιδείνωσης για τη διέγερση της Αθήνας 1999 και ενός παλμού Ricker με συχνότητα 3Hz, όπου η απόσβεση είναι $\xi = 2\%$. Στην εικόνα 2.19 υπάρχουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα για το σεισμό της Λευκάδας 2003 και τους παλμούς Ricker με συχνότητα 1Hz και 1.5Hz, ενώ στην εικόνα 2.20 η διέγερση είναι η καταγραφή της Yagimaca 1999 και παλμός με συχνότητα 0.5Hz. Παρατηρείται ότι τόσο οι θέσεις των μέγιστων επιταχύνσεων όσο και οι τιμές τους εξαρτώνται από το συχνοτικό περιεχόμενο του παλμού διέγερσης. Στις υψίσυχνες διεγέρσεις οι ενισχύσεις εντοπίζονται στα ακραία τμήματα της κοιλάδας, ενώ στις μακροπερίοδες τα φαινόμενα ενισχύονται στο κεντρικό τμήμα εξαιτίας της επιβλαβούς συμβολής επιφανειακών κυμάτων τύπου Rayleigh. Επίσης, σε ότι αφορά τη σύγκριση μεταξύ πραγματικής διέγερσης και παλμού Ricker, στην περιοχή των μέγιστων τιμών υπάρχει αρκετά καλή προσέγγιση.

Στα σχήματα 2.21 έως 2.23 παρατηρούμε τις κατακόρυφες παρασιτικές γεωμορφικές ενισχύσεις, για τις τρεις πραγματικές διεγέρσεις. Παρατηρείται ότι οι τιμές μηδενίζουν σε όλες τις περιπτώσεις στο κέντρο της λεκάνης, ενώ οι μέγιστες τιμές επιδεινώσεων εμφανίζονται πάντα πλησίον των άκρων της λεκάνης.

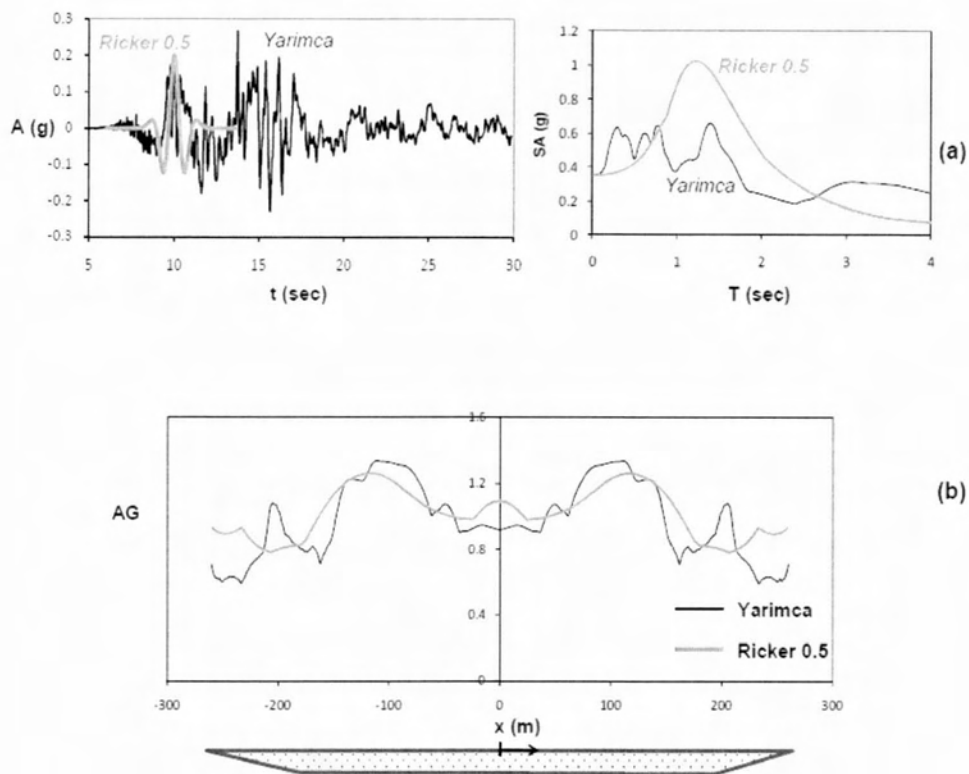


Σχήμα 2.18: Οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e = 3$ Hz.

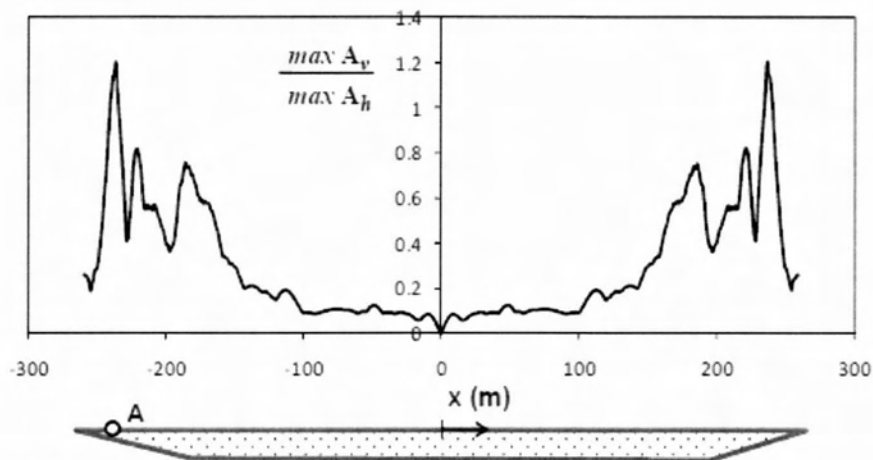


Σχήμα 2.19: Οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e = 1$ και 1.5 Hz.

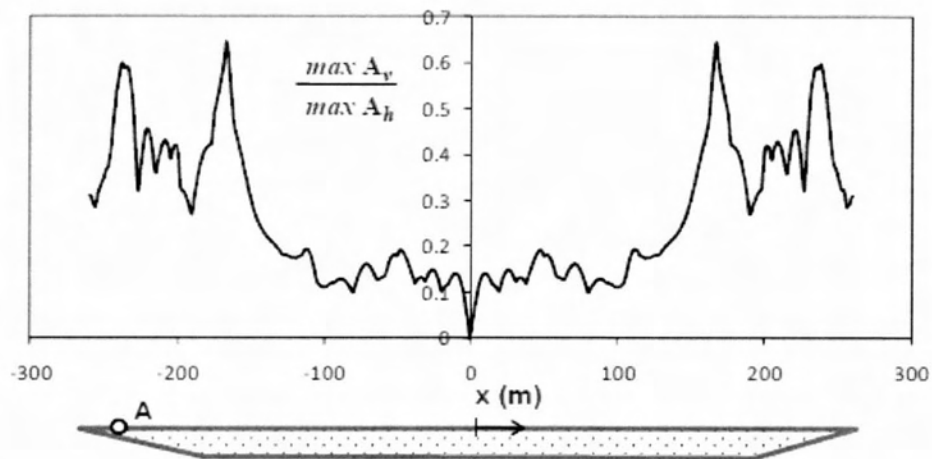
Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



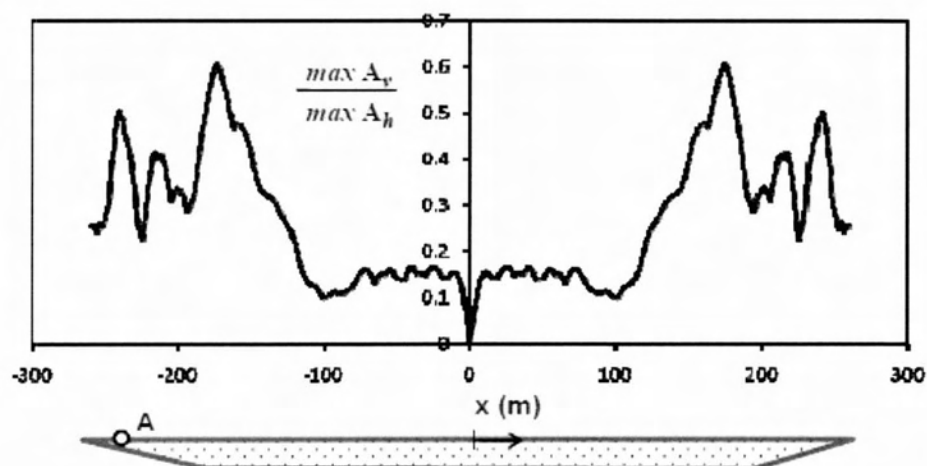
Σχήμα 2.20: Οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e = 0.5$ Hz.



Σχήμα 2.21: Κατακόρυφες παρασιτικές γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e = 3$ Hz (σεισμός Αθήνας).



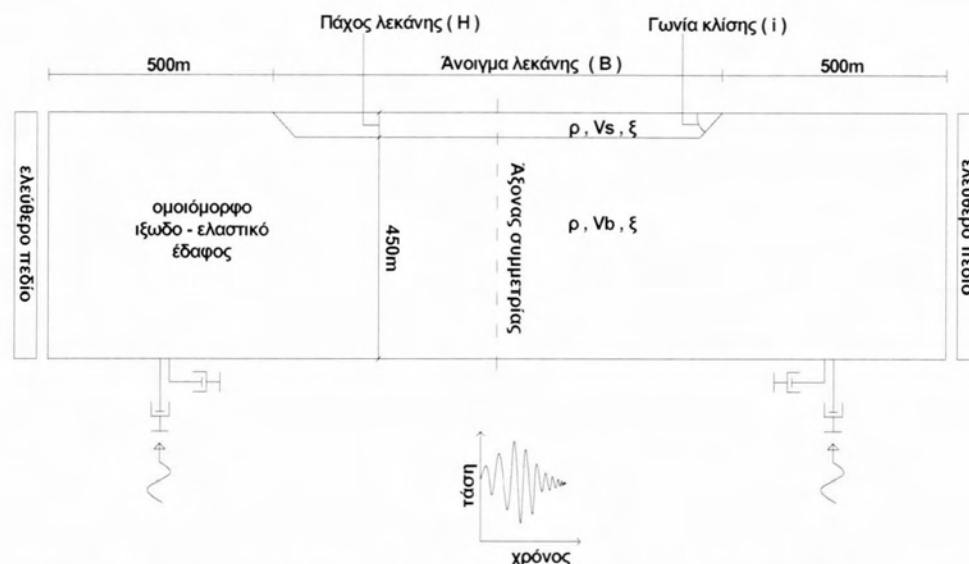
Σχήμα 2.22: Κατακόρυφες παρασιτικές γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e=1.5$ Hz (σεισμός Λευκάδας).



Σχήμα 2.23: Κατακόρυφες παρασιτικές γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e=0.5$ Hz (σεισμός Yarımca).

2.2.4 Προγενέστερη έρευνα στο Π.Θ.

Αδιαστατοποίηση αναλύσεων



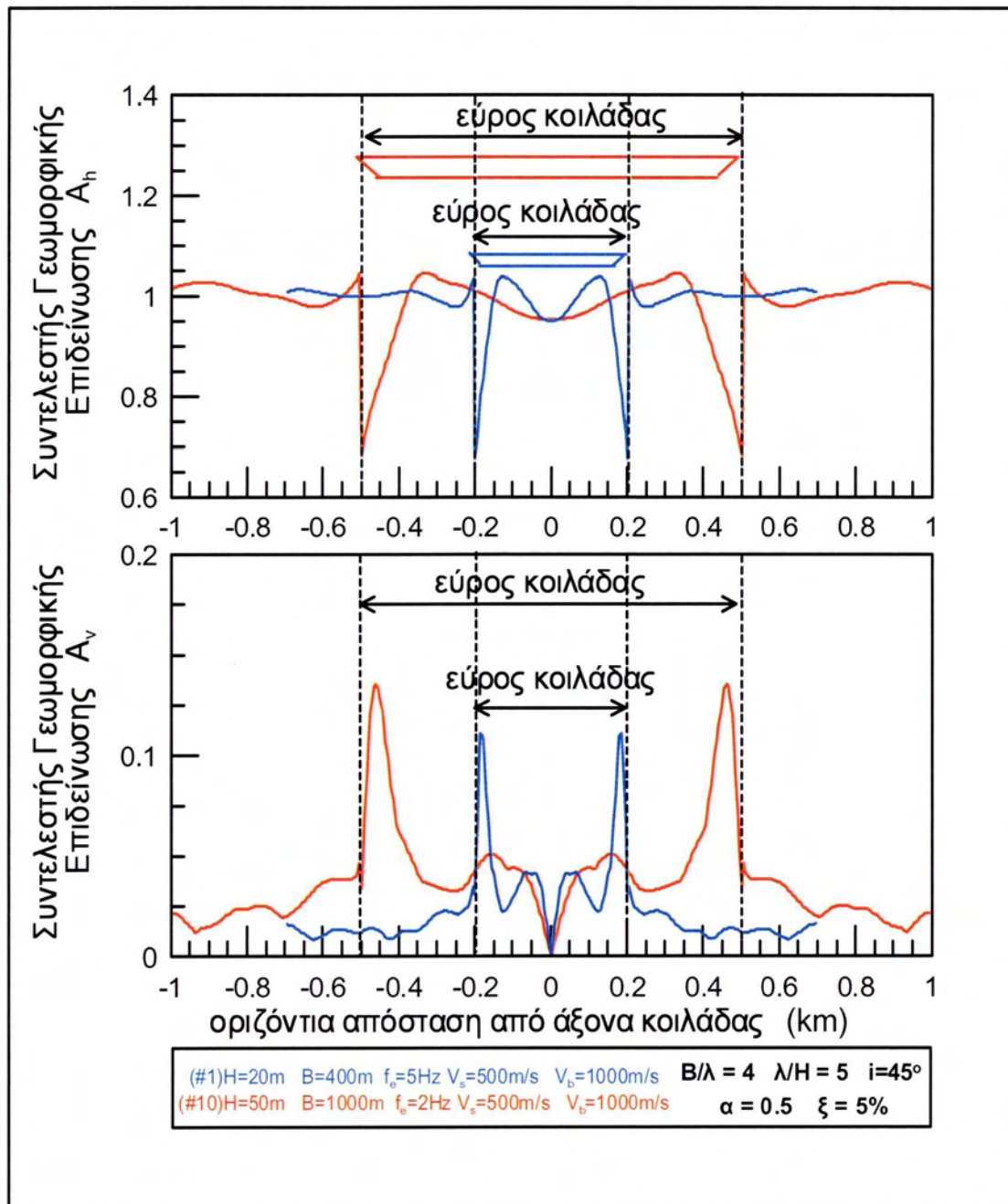
Σχήμα 2.24 : Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος υποβάθρου - εδαφικής λεκάνης.

Το υπό μελέτη πρόβλημα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό παραμέτρων οι οποίες είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης (B , H , i), οι εδαφικές συνθήκες (ρ_s , V_s , ρ_b , V_b , ξ) και τα χαρακτηριστικά της διέγερσης (ένταση, δεσπόζουσα συχνότητα $f_e=1/T_e$, τύπος κυμάτων και γωνία πρόσπτωσης που στη συγκεκριμένη εργασία θεωρήθηκε κατακόρυφη). Στις ιξωδοελαστικές αναλύσεις, η ένταση της διέγερσης δεν επιδρά στα αποτελέσματα σε όρους συντελεστών ενίσχυσης, καθώς η δυσκαμψία (για παράδειγμα οι τιμές V_s) και ο λόγος απόσβεσης παραμένουν σταθερές. Συνεπώς, σε τέτοιες αναλύσεις η επίδραση της έντασης της διέγερσης μπορεί έμμεσα να εισαχθεί, τροποποιώντας τις εδαφικές παραμέτρους (για παράδειγμα μία αύξηση του ξ για υψηλής έντασης κινήσεις).

Παρόλο που η ένταση της διέγερσης κι η γωνία πρόσπτωσης δε μελετήθηκαν, ο πίνακας με τις παραμέτρους του προβλήματος παραμένει αρκετά διευρυμένος. Όμως, είναι γνωστό ότι σε προβλήματα διάδοσης κυμάτων σε ελαστικά κι ιξωδοελαστικά μέσα, διαστατοποιημένες αναλύσεις εισάγουν αδιαστατοποιημένες – κανονικοποιημένες παραμέτρους στο πρόβλημα, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των παραμέτρων του προβλήματος.

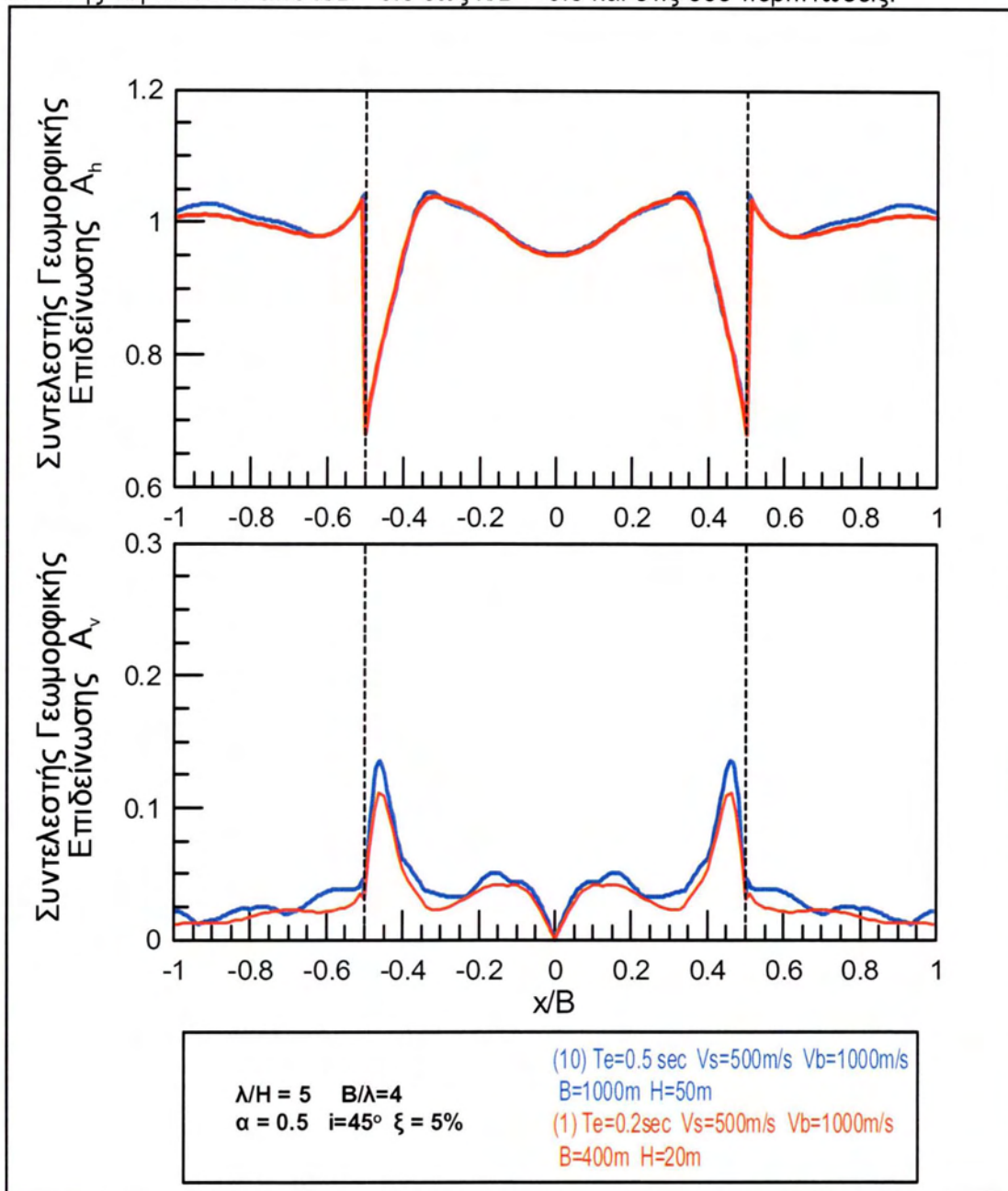
Για το λόγο αυτό, στο Σχήμα 2.25, συγκρίνονται δύο διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι συντελεστές οριζόντιας (A_h) και κατακόρυφης (A_v) γεωμορφικής επιδείνωσης σε σχέση με την οριζόντια απόσταση x από τον άξονα

συμμετρίας της λεκάνης. Στις αναλύσεις αυτές, οι τιμές των παραμέτρων V_s , V_b , i , ξ είναι ίδιες, ενώ αυτό που διαφέρει είναι το πάχος H , το πλάτος B και η δεσπόζουσα περίοδος της διέγερσης T_e . Δηλαδή, συγκρίνονται οι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης 2 εδαφικών λεκανών με τελείως διαφορετικό σχήμα που διεγείρονται με διεγέρσεις που διαφέρουν ως προς τη δεσπόζουσα περίοδο. Όπως αναμενόταν, οι δύο περιπτώσεις οδηγούν σε διαφορετικές γεωμορφικές ενισχύσεις για τις ίδιες οριζόντιες αποστάσεις x από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης.



Σχήμα 2.25 Οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις αναλύσεων #1 και #10, ως συνάρτηση της απόστασης x από το κέντρο της κοιλάδας, για τη διέγερση του Αιγίου.

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 2.26 παρουσιάζονται οι ίδιες αναλύσεις, αλλά αυτή τη φορά στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος η απόσταση x είναι κανονικοποιημένη ως προς το πλάτος B της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης κι έτσι τα όρια της εδαφικής λεκάνης κυμαίνονται από $x/B=-0.5$ έως $x/B=+0.5$ και στις δύο περιπτώσεις.



Σχήμα 2.26 Οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις αναλύσεων #1 και #10, ως συνάρτηση της απόστασης x από το κέντρο της κοιλάδας αδιαστατοποιημένης ως προς το εύρος B αυτής, για τη διέγερση του Αιγίου.

Παρατηρούμε, λοιπόν πως η αδιαστατοποίηση της οριζόντιας απόστασης x , έχει σαν αποτέλεσμα την πρακτική ταύτιση των γεωμορφικών επιδεινώσεων δύο εξόχως διαφορετικών περιπτώσεων εδαφικών λεκανών. Σε ότι αφορά το συντελεστή παρασιτικής κατακόρυφης γεωμορφικής ενίσχυσης (A_v), παρουσιάζονται

μικροαποκλίσεις που πρακτικά θεωρούνται αμελητέες, δεδομένου ότι η διακριτοποίηση του καννάβου έγινε σε όρους ίδιας οριζόντιας διάστασης στοιχείων $\Delta x=5m$ και όχι σε όρους ίδιας αδιαστατοποιημένης διάστασης $\Delta x/B$. Αυτή η όμοια συμπεριφορά οφείλεται στο γεγονός ότι οι δύο περιπτώσεις των συγκεκριμένων αναλύσεων έχουν ίδιες τιμές λόγων $B/\lambda (=4)$, $\lambda/H (=5)$, με κοινές παραμέτρους i , ξ , V_s , V_b , παρά το γεγονός ότι τα πρωτογενή χαρακτηριστικά των λόγων (B , H , T_e) είναι διαφορετικά. Αντίστοιχη εικόνα προκύπτει κι όταν η γεωμορφική επιδείνωση των συγκεκριμένων αναλύσεων δοθεί ως συνάρτηση της οριζόντιας απόστασης x , αδιαστατοποιημένης ως προς το δεσπόζον μήκος κύματος λ . Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι οι τιμές των αδιάστατων λόγων B/λ και λ/H είναι καθοριστικές παράμετροι για την εκτίμηση της γεωμορφικής ενίσχυσης 2Δ λεκανών τραπεζοειδούς διατομής.

Με την ίδια λογική, έγινε η σύγκριση δύο άλλων περιπτώσεων εδαφικών λεκανών οι οποίες έχουν κοινές αδιάστατες παραμέτρους λ/H και B/λ , ίδια κλίση i και λόγο απόσβεσης ξ , αλλά διαφορετικές ταχύτητες V_s και V_b . Παρόλα αυτά, οι γεωμορφικές ενισχύσεις των 2 αναλύσεων ταυτίζονται. Η ίδια εικόνα παρατηρήθηκε κι όταν οι γεωμορφικές αναλύσεις των 2 αυτών αναλύσεων απεικονίστηκαν σε όρους x/λ . Συνεπάγεται λοιπόν, ότι η απόκριση της λεκάνης σε ότι αφορά τη γεωμορφική επιδείνωση, δεν καθορίζεται από τις μεμονωμένες τιμές των ταχυτήτων V_s ή V_b , αλλά από τη σχετική τιμή αυτών. Πιο συγκεκριμένα αποδεικνύεται ότι μία ακόμα καθοριστική παράμετρος της γεωμορφικής ενίσχυσης είναι ο λόγος εμπέδησης $\alpha=(\rho_s V_s)/(\rho_b V_b)$, κάτι που ισχύει και στα 1Δ προβλήματα εδαφική ενίσχυσης.

Με βάση όσα παρουσιάζονται παραπάνω αποδείχτηκε ότι, *οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν τη γεωμορφική ενίσχυση είναι οι αδιάστατοι λόγοι B/λ , λ/H και α , η επίδραση των οποίων θα μελετηθεί παρακάτω. Επιπλέον, θα μελετηθεί η επίδραση της κλίσης των πρανών του υποβάθρου, i και της απόσβεσης των γεωυλικών, ξ . Για να εξετασθεί πως επηρεάζει η κάθε μια από αυτές τις παραμέτρους τη γεωμορφική επιδείνωση, οι τιμές της υπό μελέτης παραμέτρου διαφοροποιούνται, ενώ διατηρούνται σταθερές οι τιμές όλων των υπολοίπων. Πραγματοποιήθηκαν 28 αναλύσεις, υπενθυμίζοντας ότι για κάθε μια από τις περιπτώσεις λεκάνης, έγιναν δύο αναλύσεις, επιβάλλοντας 2 διαφορετικές διεγέρσεις σε κάθε ανάλυση, το Αίγιο και την Κοζάνη. Παρατηρήθηκε ότι οι γεωμορφικές ενισχύσεις των δύο διαφορετικών διεγέρσεων δε διαφέρουν σημαντικά.*

Επίδραση Σημαντικών Παραμέτρων

Επίδραση του αδιάστατου λόγου l/H

Σε ότι αφορά το συντελεστή οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης, A_h , παρατηρούνται τα εξής (Σχήμα 2.29) :

Όσο μειώνεται η τιμή αδιάστατου πάχους l/H τόσο υπάρχει η τάση να αυξάνεται η μέγιστη τιμή του συντελεστή οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης, A_{hmax} . Για αρκετά μεγάλες τιμές του λόγου l/H ($l/H=12.5$), οι ενισχύσεις γίνονται αμελητέες και κατ' ουσίαν πρόκειται για μονοδιάστατη απόκριση ($A_{hmax} \rightarrow 1$). Από την άλλη μεριά, για μικρές τιμές του λόγου l/H ($l/H=1$, 0.667) οι ενισχύσεις αυξάνονται σημαντικά (έως και $1.4 - 1.5$). Γενικά, η γεωμορφική επιδείνωση αρχίζει να γίνεται σημαντική ($A_{hmax} > 1.1$) για εδαφικές λεκάνες με μέσο πάχος ή και μεγαλύτερο ($l/H \leq 5$).

Επιπλέον, αρκετά κι η χωρική διαφοροποίηση, καθώς μεταβάλλεται το αδιάστατο πάχος της λεκάνης, l/H . Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ομαλή μετάβαση της θέσης όπου συμβαίνει η μέγιστη ενίσχυση από το κέντρο της λεκάνης προς τα άκρα της, καθώς η τιμή του λόγου l/H αυξάνεται.

Σχετικά με το συντελεστή κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης, A_v , παρατηρείται σαφέστερη εικόνα. Ειδικότερα, καθώς ελαττώνεται το αδιάστατο πάχος l/H , παρατηρείται άνοδος των τιμών του συντελεστή A_v , σε όλη την έκταση της λεκάνης. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σχεδόν όλες οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται πλησίον των άκρων της λεκάνης, ενώ μηδενίζονται στο κέντρο της, λόγω συμμετρικής κοιλάδας υπό κατακόρυφη διέγερση.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειώσουμε πως η σημασία της επίδρασης του αδιάστατου λόγου l/H έχει αναγνωρισθεί και στη βιβλιογραφία. (π.χ. Gelagoti et al 2010), αλλά στο πλαίσιο της προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας έγινε η πρώτη προσπάθεια ποσοτικοποίησης αυτής της επίδρασης. Το ίδιο ισχύει και για τη μελέτη της παρασιτικής κατακόρυφης συνιστώσας γεωμορφικής επιδείνωσης, η οποία επίσης αναγνωρίζεται στη βιβλιογραφία (Gelagoti et al 2010), αλλά δεν είχε πλήρως διερευνηθεί.

Επίδραση του αδιάστατου πλάτους B/l

Προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα για την επίδρασή του στο συντελεστή A_h (Σχήμα 2.30) :

Καθώς το άνοιγμα της λεκάνης αυξάνει ($B/l \geq 10$), η μέγιστη ενίσχυση A_{hmax} παρατηρείται κοντά στα άκρα της εδαφικής λεκάνης και μόνο για σχετικά στενές λεκάνες ($B/l \leq 4$) η μέγιστη τιμή του συντελεστή A_h παρατηρείται στο κέντρο της

λεκάνης. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ευρείες λεκάνες (μεγάλη τιμή B/λ) μεταφέρουν την περιοχή σημαντικών ενισχύσεων αμιγώς στα άκρα τους, ενώ στα σημεία περί το κέντρο παρατηρείται σχεδόν μονοδιάστατη συμπεριφορά, καθώς τα επιφανειακά κύματα Rayleigh ταξιδεύοντας προς το κέντρο προλαβαίνουν να αποσβεστούν στην πορεία. Αντίθετα, σε στενές λεκάνες τα παραγόμενα επιφανειακά κύματα επιδρούν στο κέντρο της εδαφικής λεκάνης ταυτόχρονα με τα προσπίπτοντα κατακόρυφα κύματα, με αποτέλεσμα να μεταφέρουν τη μέγιστη ενίσχυση στην περιοχή του κέντρου της λεκάνης.

Η τιμή της μέγιστης οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης A_{hmax} επηρεάζεται ελάχιστα από την τιμή του λόγου B/λ και μόνο για πολύ στενές λεκάνες ($B/\lambda = 2$) η τιμή A_{hmax} αυξάνει σημαντικά. Δηλαδή, όταν η λεκάνη είναι αρκετά ευρεία, ώστε η μέγιστη ενίσχυση να εμφανίζεται στα άκρα της ($B/\lambda \geq 10$), το πραγματικό άνοιγμα της λεκάνης δεν επηρεάζει καθόλου την τιμή A_{hmax} .

Η χωρική διαφοροποίηση εξαρτάται έντονα από το αδιάστατο εύρος της λεκάνης. Είναι φανερό ότι η παράμετρος B/λ επιδρά σημαντικά, εν γένει, στον καθορισμό της θέσης εμφάνισης της μέγιστης τιμής ενίσχυσης. Ειδικότερα, παρατηρείται η ομαλή μετάβαση της θέσης όπου συμβαίνει η μέγιστη ενίσχυση από το κέντρο της λεκάνης προς τα άκρα της, καθώς η τιμή του λόγου B/λ αυξάνεται. Στις συγκεκριμένες αναλύσεις, φαίνεται πως η μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση δεν επηρεάζεται πολύ από τη μεταβολή του λόγου B/λ και η υψηλή ενίσχυση ($A_{hmax}=1$) οφείλεται κυρίως στη μικρή τιμή του λόγου λ/H που συνδέεται με πιο μεγάλες τιμές ενισχύσεων. Σχετικά με το συντελεστή κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης, A_v , γενικώς, δεν παρατηρείται κάποια ξεκάθαρη τάση σε ότι αφορά τις μέγιστες τιμές του, όσο το αδιάστατο εύρος B/λ μεταβάλλεται. Μολαταύτα, μπορεί να σημειωθεί ότι οι τιμές των κατακόρυφων ενισχύσεων κατά μήκος της λεκάνης τείνουν να αυξηθούν καθώς μειώνεται το αδιάστατο εύρος B/λ . Με μια δεύτερη ανάγνωση παρατηρείται ότι η θέση όπου εμφανίζεται η μέγιστη κατακόρυφη ενίσχυση, μεταφέρεται όλο και πιο κοντά στο κέντρο της λεκάνης, με τη μείωση του αδιάστατου λόγου B/λ .

Επίδραση του λόγου εμπέδησης α

Στη συγκεκριμένη εικόνα, συγκρίνονται 4 διαφορετικές αναλύσεις, με λόγο εμπέδησης από $\alpha=0.1$ (πολύ μαλακό έδαφος επί πολύ άκαμπτου υποβάθρου) έως $\alpha=0.75$ (δύσκαμπτο έδαφος επί μαλακού υποβάθρου). Σχετικά με το συντελεστή οριζόντιας γεωμορφικής ενίσχυσης A_h προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα (Σχήμα 2.31):

Εξετάζοντας τις συγκεκριμένες αναλύσεις ποιοτικά, παρατηρούμε πως όσο μειώνεται

ο λόγος εμπέδησης α , εμφανίζονται σχετικά μεγάλες τιμές του συντελεστή οριζόντιας γεωμορφικής ενίσχυσης σε περισσότερα από ένα σημεία κατά μήκος της εδαφικής λεκάνης, δηλαδή παρατηρείται μια πιο κυματοειδής μορφή. Αντίθετα, σε υψηλότερες τιμές του λόγου εμπέδησης η απόκριση είναι πιο ξεκάθαρη. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο, ποσοτικά, οι μέγιστες οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις A_{hmax} , αυξάνουν καθώς μειώνεται ο λόγος εμπέδησης α .

Σε ότι αφορά το συντελεστή γεωμορφικής επιδείνωσης A_v , παρατηρείται ξεκάθαρα ότι καθώς μειώνεται ο λόγος εμπέδησης α , οι τιμές του συντελεστή A_v γενικά αυξάνουν σε όλη τη λεκάνη και συνεπώς αυξάνουν και οι μέγιστες τιμές του, A_{vmax} . Όμως, οι θέσεις εμφάνισης των μέγιστων τιμών δεν επηρεάζονται από τη μεταβολή του λόγου εμπέδησης (οι τιμές A_{vmax} εμφανίζονται σταθερά κοντά στα άκρα της εδαφικής λεκάνης), σε αντίθεση με τις θέσεις εμφάνισης των μέγιστων οριζόντιων γεωμορφικών ενισχύσεων.

Επίδραση της γωνίας κλίσης των πρανών της λεκάνης i

Σχετικά με το συντελεστή οριζόντιας γεωμορφικής ενίσχυσης A_h προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

Εξετάζοντας τις συγκεκριμένες αναλύσεις ποιοτικά, παρατηρούμε πως καθώς μεταβάλλεται η κλίση i δεν υπάρχει σημαντική χωρική διαφοροποίηση. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται μια μετάβαση της μέγιστης οριζόντιας ενίσχυσης A_{hmax} προς το κέντρο της εδαφικής λεκάνης καθώς μειώνεται η κλίση.

Επιπλέον, καθώς αυξάνεται η κλίση i παρατηρείται η τάση να αυξάνονται οι τιμές του συντελεστή A_h σε όλο το εύρος της λεκάνης, χωρίς όμως μεγάλες ποσοτικές διαφοροποιήσεις. Συνεπώς, παρατηρείται μια μικρή αύξηση και στις τιμές των μέγιστων οριζόντιων γεωμορφικών ενισχύσεων A_{hmax} καθώς αυξάνει η κλίση των πρανών.

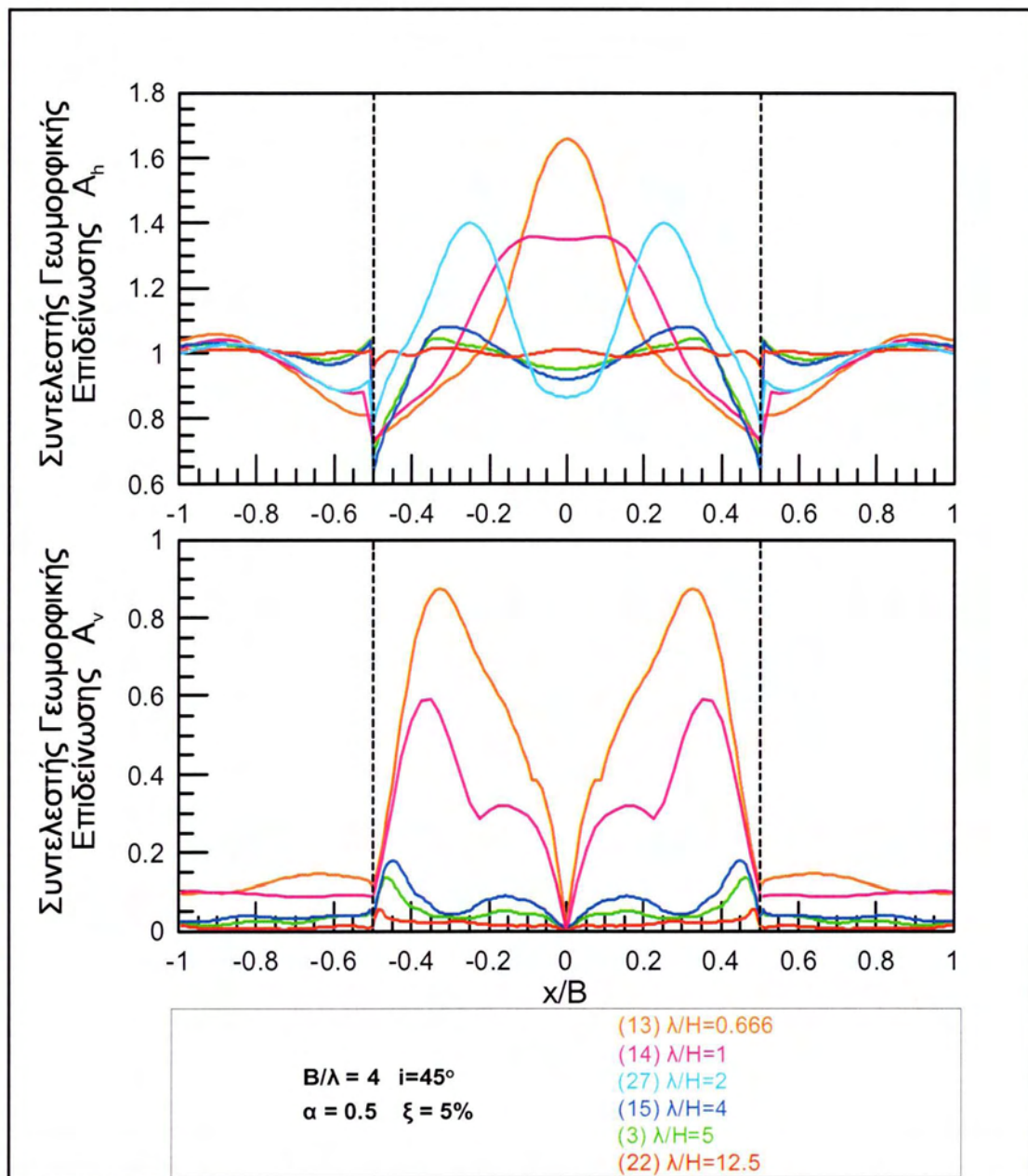
Σε ότι αφορά το συντελεστή γεωμορφικής επιδείνωσης A_v , η χωρική διαφοροποίηση για τις διάφορες κλίσεις είναι ποιοτικά ίδιες και παρουσιάζονται μικρές ποσοτικές διαφορές. Πιο αναλυτικά, σε μεγαλύτερες κλίσεις πρανών αντιστοιχούν μεγαλύτερες κατακόρυφες ενισχύσεις. Επίσης, με την αύξηση της κλίσης παρατηρείται αύξηση των μέγιστων τιμών και το σημείο εμφάνισης αυτών μεταβαίνει σταδιακά προς τα πλευρικά όρια της εδαφικής λεκάνης, εντελώς αντίστοιχα με τις οριζόντιες ενισχύσεις.

Επίδραση του ποσοστού απόσβεσης του εδάφους ξ

Σχετικά με το συντελεστή οριζόντιας γεωμορφικής ενίσχυσης A_h προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

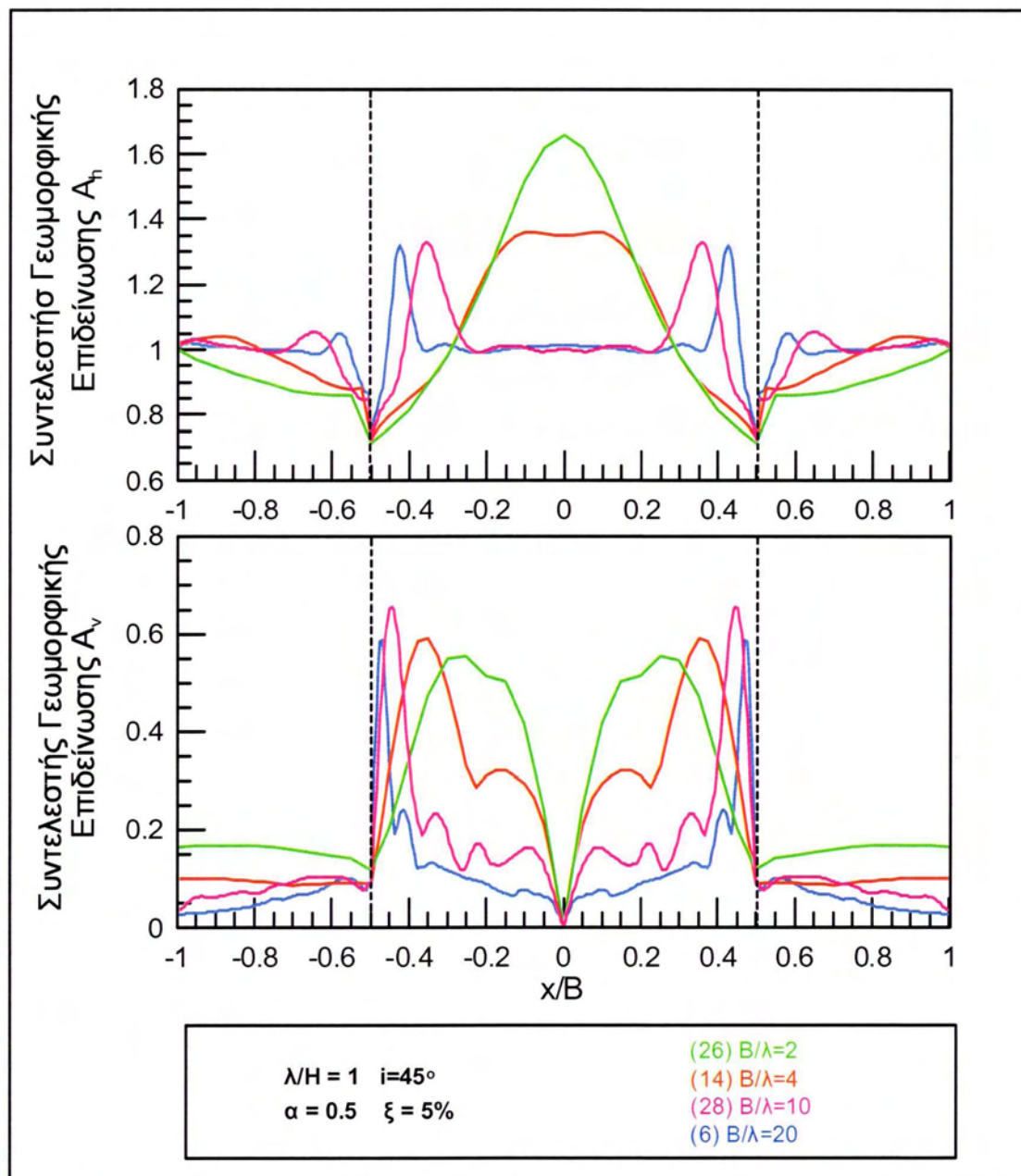
Η μορφή της καμπύλης των οριζόντιων γεωμορφικών ενισχύσεων δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή του ποσοστού απόσβεσης του εδάφους ξ . Ποσοτικά παρατηρείται μια μείωση των τιμών του συντελεστή A_h καθώς αυξάνεται η απόσβεση ξ , οπότε κι ανάλογη μείωση των τιμών A_{hmax} με την αύξηση του ξ .

Σε ότι αφορά το συντελεστή γεωμορφικής επιδείνωσης A_v , παρατηρείται η μείωση των τιμών του καθώς αυξάνεται η απόσβεση και κατ' επέκταση η μείωση των A_{vmax} με την αύξηση του ποσοστού απόσβεσης. Επιπλέον, οι μέγιστες κατακόρυφες ενισχύσεις εμφανίζονται στις ίδιες θέσεις παρά τη μεταβολή του ποσοστού απόσβεσης ξ .

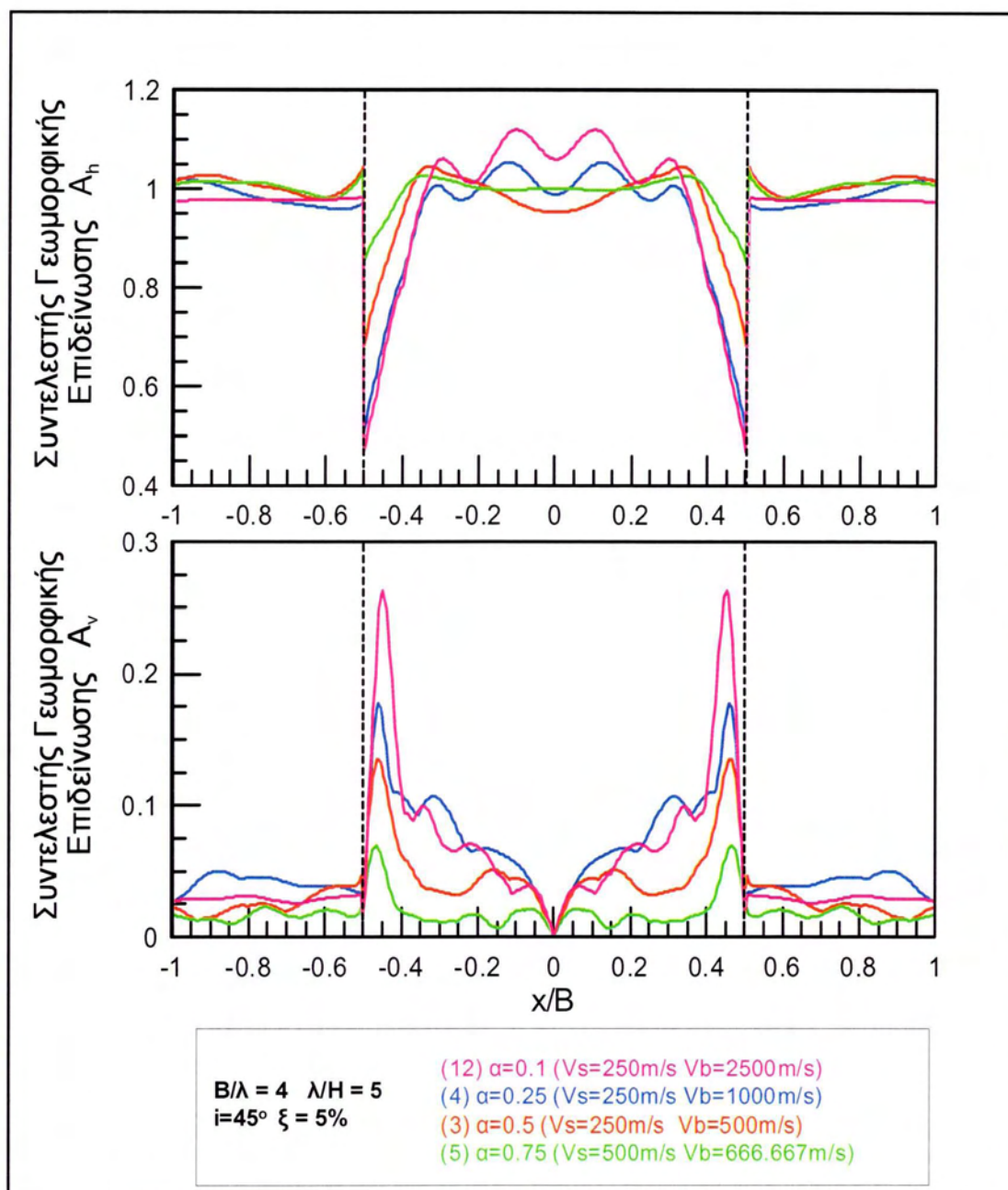


Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

Σχήμα 2.29 Επίδραση αδιάστατου πάχους λ/H , για $B/\lambda=4$ στις οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις αναλύσεων #13, #14, #27, #15, #3, #22 ως συνάρτηση της απόστασης x από το κέντρο της κοιλάδας αδιαστατοποιημένης ως προς το εύρος B αυτής, για τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 2.30 Επίδραση αδιάστατου πλάτους B/λ , για $\lambda/H=1$ στις οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις αναλύσεων #26, #14, #28 και #6, ως συνάρτηση της απόστασης x από το κέντρο της κοιλάδας αδιαστατοποιημένης ως προς το εύρος B αυτής, για τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 2.31 Επίδραση λόγου εμπέδησης α στις οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις αναλύσεων #12, #4, #3 και #5, ως συνάρτηση της απόστασης x από το κέντρο της κοιλάδας αδιάστατοποιημένης ως προς το εύρος B αυτής, για τη διέγερση του Αιγίου.

Χωρική Διαφοροποίηση

Η γεωμετρία μας δίνει μια πρώτη γεύση για τη θέση όπου σημειώνεται η μέγιστη οριζόντια ενίσχυση, με μια διαφοροποίηση που οφείλεται στην επίδραση του μήκους κύματος, λ . Παρατηρήθηκε ότι ο συσχετισμός των παραμέτρων B/λ και l/H παίζει σημαντικό ρόλο και διαπιστώθηκε ότι, το γινόμενο των δύο λόγων B/λ και l/H , δηλαδή ο *αδιάστατος* λόγος B/H που συνδέεται με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, είναι μια αρκετά διαφωτιστική παράμετρος για το διαχωρισμό των

*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
 υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*

αναλύσεων στις δύο περιοχές (κέντρο και άκρα), σε συνδυασμό βέβαια με το δεσπόζον μήκος κύματος και το λόγο εμπέδησης. Καθορίστηκε ένα όριο των δύο περιοχών (κέντρο – άκρα), ώστε να υπάρχει ταύτιση της περιοχής που συμβαίνει το μέγιστο τόσο στην περίπτωση της διέγερσης του Αιγίου όσο και της Κοζάνης. Το γεωμετρικό αυτό όριο, έπειτα από παρατήρηση, ορίστηκε ως $\pm 0.3 \cdot B$, από το κέντρο της λεκάνης. Για τις αναλύσεις με λόγο εμπέδησης 0.5 και μεγαλύτερο, παρατηρήθηκε πως οι περιπτώσεις λεκανών με υψηλές τιμές B/H εμφανίζουν τη μέγιστη τιμή στην περιοχή των άκρων, ενώ αυτές με μικρό λόγο B/H την εμφανίζουν στην περιοχή του κέντρου. Είναι δύσκολη η εύρεση μιας οριακής τιμής του B/H για τον καθορισμό των δύο περιοχών καθώς υπάρχει επίδραση και του δεσπόζοντος μήκους κύματος, λ . Ειδικότερα, για σταθερή τιμή του B/H όσο αυξάνει το λ , η μέγιστη ενίσχυση τείνει να μεταφέρεται προς το κέντρο. Έτσι, σύμφωνα με τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, όταν η τιμή του λόγου B/H γίνει μεγαλύτερη του 16 τότε η ανάλυση ανήκει στην περιοχή των άκρων, ενώ όταν γίνει μικρότερη του 8, η ανάλυση εμφανίζει τη μέγιστη ενίσχυση στην περιοχή του κέντρου. Ως γκριζα ζώνη θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η περιοχή με εύρος τιμών από $B/H=9$ έως $B/H=15$, καθώς εκεί παρατηρήθηκαν περιπτώσεις με κοινή τιμή B/H οι οποίες εμφάνισαν μέγιστα σε διαφορετικές περιοχές. Πρέπει να τονιστεί ότι, τα συμπεράσματα για το γεωμετρικό λόγο B/H έχουν ισχύ όταν ο λόγος εμπέδησης παίρνει ενδιάμεσες έως υψηλές τιμές ($a \geq 0.5$). Επομένως, ένας μικρός λόγος εμπέδησης ($a < 0.5$) επηρεάζει σημαντικά το σημείο εμφάνισης της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης και δεν μπορούν εύκολα να εξαχθούν συμπεράσματα γενικής χρήσης.

Σχέση Εκτίμησης των μέγιστων τιμών των συντελεστών A_h και A_v (A_{hmax} , A_{vmax})

Επιλέχθηκαν μαθηματικές μορφές οι οποίες είναι απλές..

Η γενική μορφή των προσεγγιστικών σχέσεων έχει ως ακολούθως:

$$A_{hmax} = 1 + \alpha_h F_h \left(\frac{\lambda}{H} \right) G_h \left(\frac{B}{\lambda} \right) H_h(a) P_h(i) K_h(\xi) \quad (1)$$

$$A_{vmax} = \alpha_v F_v \left(\frac{\lambda}{H} \right) G_v \left(\frac{B}{\lambda} \right) H_v(a) P_v(i) K_v(\xi) \quad (2)$$

Σχέση εκτίμησης της μέγιστης ενίσχυσης της οριζόντιας επιτάχυνσης

Επιλέχθηκε ως τρόπος επεξεργασίας, η προβολή του $A_{hmax} - 1$ αντί του A_{hmax} , στον κατακόρυφο άξονα των διαγραμμάτων καθώς δόθηκε έμφαση στη δισδιάστατη συμπεριφορά, δηλαδή στις τιμές που εξέχουν της μονάδας. Επίσης, για την εξαγωγή των σχέσεων δεν υπήρχε ως παράμετρος ο αριθμός των κύκλων φόρτισης.

*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*

Επομένως, τοποθετήθηκαν ως σημεία οι μέγιστες ενισχύσεις και των δύο διεγέρσεων, δημιουργώντας μεγαλύτερο εύρος.

Συσχέτιση $A_{hmax} - 1$ με λ/H (Σχήμα 2.34a)

Η τιμή της $A_{hmax} - 1$ αυξάνει αρκετά ως συνάρτηση του λ/H . Στο διάγραμμα αυτό, τοποθετήθηκαν οι αναλύσεις που προέρχονται από τα συγκριτικά διαγράμματα στα οποία μελετάται η επίδραση του λ/H . Σε λεκάνες, στις οποίες το πάχος τους είναι σαφώς μεγαλύτερο από το δεσπόζον μήκος κύματος μέσα σε αυτές, αναμένονται μεγάλες ενισχύσεις. Η σχέση βέλτιστης προσέγγισης των αποτελεσμάτων της σχέσης $A_{hmax} - 1$ με το λ/H , που παρουσιάζεται στο Σχήμα 14a, είναι η:

$$A_{hmax} - 1 = 0.6 \left(\frac{\lambda}{H} \right)^{-1.45} \quad (3)$$

$A_{Hmax} - 1$ με B/λ (Σχήμα 2.34b)

Επιδιώκοντας την απαλοιφή της επίδρασης της παραμέτρου λ/H , η τιμή $A_{hmax} - 1$ διαιρέθηκε με τη συνάρτηση επίδρασης του λόγου λ/H , $F_h(\lambda/H)$. (χωρίς τον πολλαπλασιαστή)

$$\frac{(A_{hmax} - 1)}{F_h \left(\frac{\lambda}{H} \right)}$$

Η παραπάνω τιμή δείχνει να αυξάνει με τη μείωση του λόγου B/λ . Σε λεκάνες, στις οποίες το εύρος τους είναι μικρό σε σχέση με το μήκος κύματος, οι τιμές των ενισχύσεων τείνουν να αυξηθούν, παρά την παρατηρούμενη διασπορά. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμη και σε πολύ μεγάλους λόγους B/λ παραμένει μια τιμή ενίσχυσης, γεγονός που δείχνει ότι κρατώντας το μήκος κύματος σταθερό, κοιλάδες οι οποίες έχουν μεγάλο άνοιγμα θα εμφανίσουν κάποιες ενισχύσεις σε μια περιοχή επίδρασης κοντά στα πλευρικά όρια της λεκάνης. Η βέλτιστη προσέγγιση διαμορφώνεται ως:

$$\frac{(A_{hmax} - 1)}{\left(\frac{\lambda}{H} \right)^{-1.45}} = 0.585 \left(\frac{B}{\lambda} \right)^{-0.3} \quad (4)$$

Συσχέτιση $A_{hmax} - 1$ με a (Σχήμα 2.34c)

Διαιρεμένη με τις εκφράσεις των λ/H και B/λ , $F_h(\lambda/H)$ και $G_h(B/\lambda)$ αντίστοιχα, η ανηγμένη τιμή της $A_{hmax} - 1$ μειώνεται καθώς ο λόγος εμπέδησης αυξάνει. Για μικρές τιμές του λόγου εμπέδησης, δηλαδή όταν υπάρχει έντονη διαφορά δυσκαμψίας μεταξύ εδάφους και βράχου, αναμένονται αυξημένες τιμές των ενισχύσεων. Η βέλτιστη προσέγγιση έχει ως :

$$\frac{(A_{hmax} - 1)}{\left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3}} = 0.45 a^{-0.65} \quad (5)$$

Συσχέτιση $A_{hmax} - 1$ με i (Σχήμα 2.34d)

Διαιρεμένη με τις εκφράσεις των λ/H , B/λ και a , $F_h(\lambda/H)$, $G_h(B/\lambda)$ και $H_h(a)$ αντίστοιχα, η παραπάνω έκφραση αυξάνεται καθώς η κλίση γίνεται πιο απότομη, ενώ παρατηρείται και μικρότερη διασπορά. Η βέλτιστη προσέγγιση διαμορφώνεται ως :

$$\frac{(A_{hmax} - 1)}{\left(\frac{\lambda}{H}\right)^{1.45} \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} a^{-0.65}} = 0.082 i^{0.46} \quad (6)$$

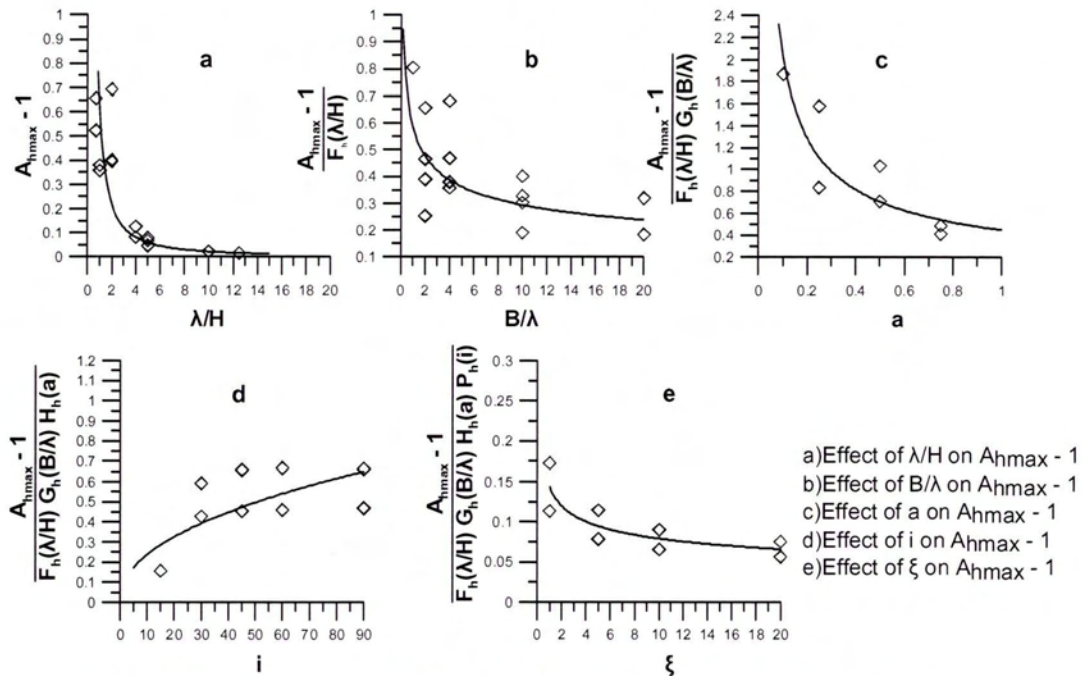
Συσχέτιση $A_{hmax} - 1$ με ξ (Σχήμα 2.34e)

Διαιρεμένη με τις εκφράσεις των λ/H και B/λ , a και i , $F_h(\lambda/H)$, $G_h(B/\lambda)$, $H_h(a)$ και $P_h(i)$ αντίστοιχα, η παραπάνω έκφραση μειώνεται ως συνάρτηση του ξ , αλλά δεν παρουσιάζει πλέον σημαντική διασπορά. Η βέλτιστη προσέγγιση έχει ως :

$$\frac{(A_{hmax} - 1)}{\left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} a^{-0.65} i^{0.46}} = 0.14 \xi^{-0.26} \quad (7)$$

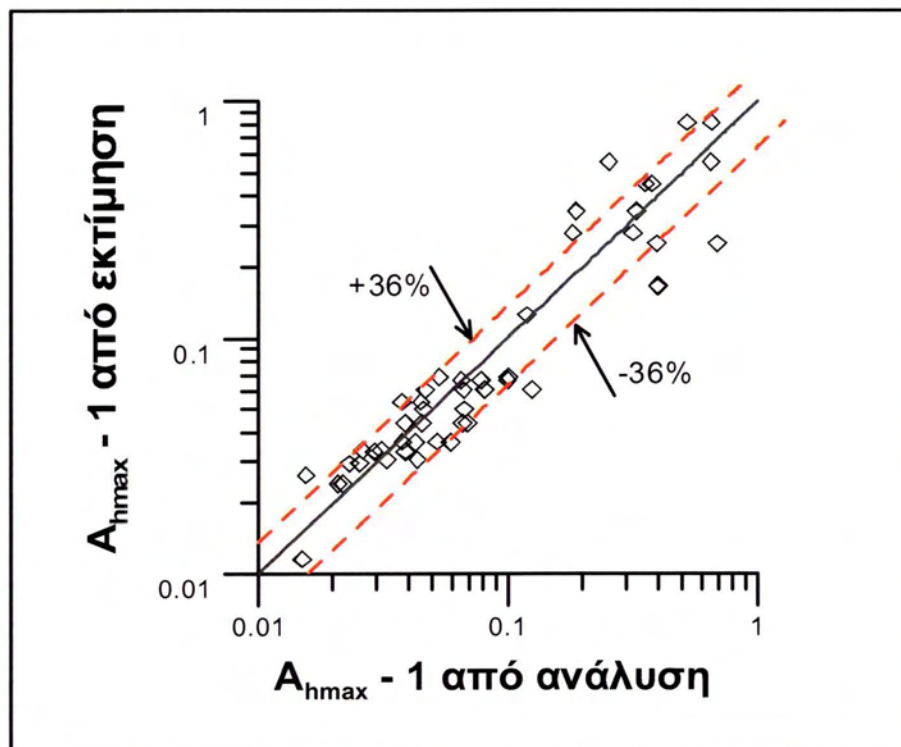
Θα πρέπει να υπολογιστεί η τιμή της πολλαπλασιαστικής σταθεράς a της σχέσης 1. Η τιμή της σταθεράς διαμορφώνεται με κριτήριο διάφορες στατιστικές παραμέτρους. Τελική σχέση εκτίμησης μέγιστων ενισχύσεων :

$$A_{hmax} = 1 + 0.1151 \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} a^{-0.65} i^{0.46} \xi^{-0.26} \quad (8)$$



Σχήμα 2.34 Επίδραση των παραμέτρων λ/H , B/λ , a , i και ξ στην τιμή της $A_{hmax} - 1$

Στο σχήμα 2.35 δίνεται το διάγραμμα 1 προς 1, στο οποίο στον άξονα x εισάγεται η τιμή της ανάλυσης και στον άξονα y η αντίστοιχη τιμή εκτίμησης από την τελική σχέση εκτίμησης, για την τιμή της $A_{hmax} - 1$. Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται, αφενός ότι δεν υπάρχει κάποια τάση υποεκτίμησης ή υπερεκτίμησης της παρατήρησης από τη σχέση σε όλα τα επίπεδα ενισχύσεων (μεγάλα, μεσαία ή μικρά) και αφετέρου ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη διασπορά ως προς κάποια κατεύθυνση.



Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
 υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

Σχήμα 2.35 Διάγραμμα σύγκρισης των τιμών $A_{hmax} -1$, που παρατηρήθηκαν σε σχέση με αυτές που υπολογίστηκαν από την τελική σχέση εκτίμησης της $A_{hmax} -1$, για τις τιμές των 2 διεγέρσεων

Ομοίως, σχέση εκτίμησης της μέγιστης ενίσχυσης της κατακόρυφης παρασιτικής επιτάχυνσης

Συσχέτιση A_{vmax} με λ/H (Σχήμα 2.36a)

Η τιμή της A_{vmax} αυξάνει και αυτή αρκετά ως συνάρτηση του λ/H .

Συσχέτιση A_{vmax} με B/λ (Σχήμα 2.36b)

Δεν ελήφθη σαν παράμετρος ο λόγος B/λ , καθώς, δεν παρατηρήθηκε κάποια συγκεκριμένη τάση επίδρασης σε ότι αφορά τις μέγιστες τιμές, παρά ένα οριζόντιο νέφος σημείων.

Συσχέτιση A_{vmax} με a (Σχήμα 2.36c)

Διαιρεμένη με την έκφραση του παράγοντα λ/H , η ανηγμένη τιμή της A_{vmax} μειώνεται καθώς ο λόγος εμπέδησης αυξάνει.

Συσχέτιση A_{vmax} με i (Σχήμα 2.36d)

Διαιρεμένη με τις εκφράσεις των λ/H και a , η παραπάνω έκφραση αυξάνεται καθώς η κλίση γίνεται πιο απότομη, ενώ παρατηρείται και μικρότερη διασπορά.

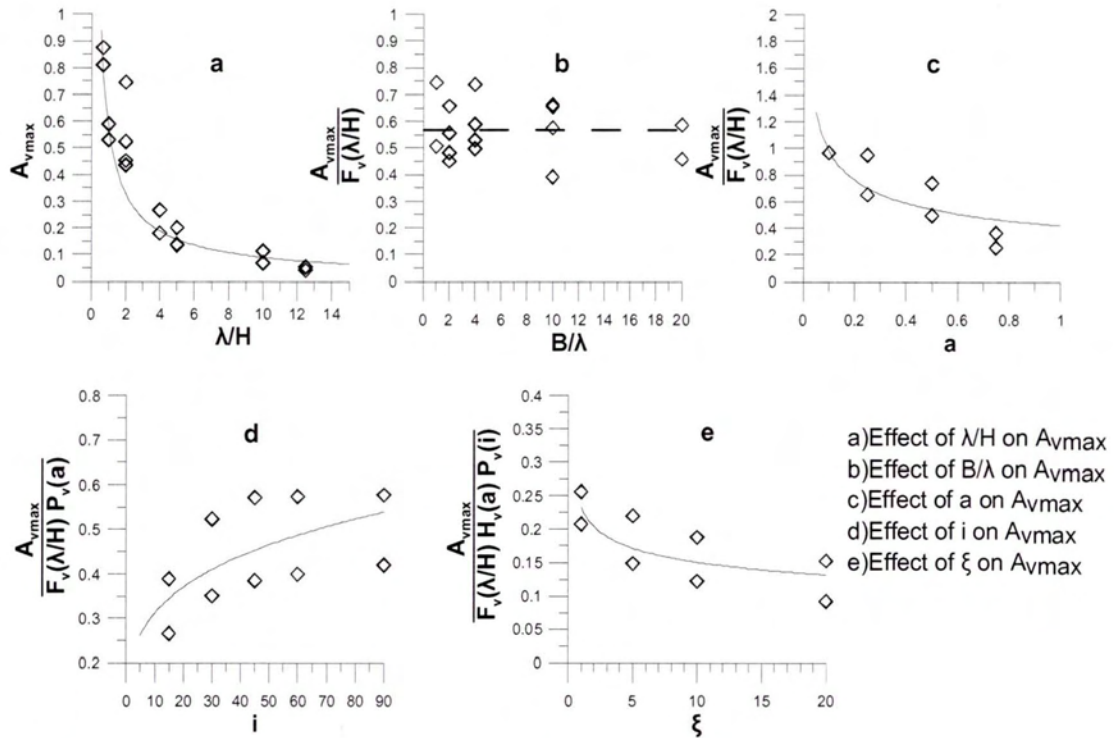
Συσχέτιση A_{vmax} με ξ (Σχήμα 2.36e)

Διαιρεμένη με τις εκφράσεις των $\lambda/H, a$ και i , η παραπάνω έκφραση μειώνεται ως συνάρτηση του ξ , αλλά όπως και πριν δεν παρουσιάζει πλέον σημαντική διασπορά.

Επιλέχθηκε και εδώ ένας πολλαπλασιαστικός συντελεστής με βάση στατιστικές παραμέτρους.

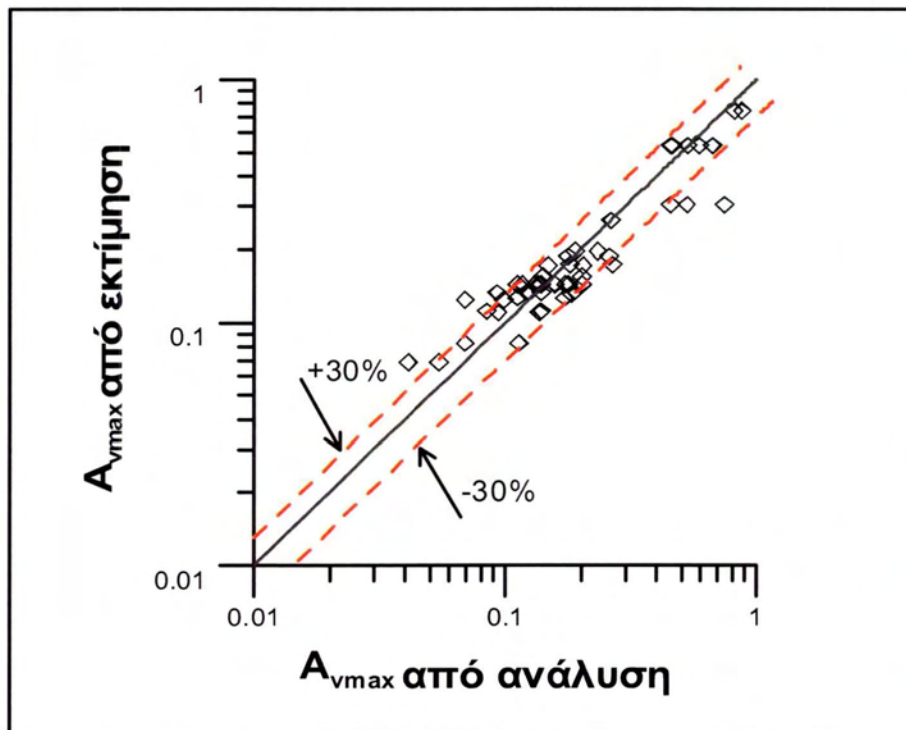
Τελική σχέση εκτίμησης μέγιστων κατακόρυφων ενισχύσεων :

$$A_{vmax} = 0.2156 \left(\frac{\lambda}{H} \right)^{-0.81} a^{-0.37} i^{0.25} \xi^{-0.19} \quad (13)$$



Σχήμα 2.36 Επίδραση των παραμέτρων λ/H , B/λ , a , i και ξ στην τιμή της $A_{vmax} - 1$

Στο Σχήμα 2.37, δίνεται το διάγραμμα 1 προς 1, δηλαδή ανάλυσης – εκτίμησης, για την τιμή της A_{vmax} .



Σχήμα 2.37 Διάγραμμα σύγκρισης των τιμών $A_{vmax} - 1$, που παρατηρήθηκαν σε σχέση με αυτές που υπολογίστηκαν από την τελική σχέση εκτίμησης της $A_{vmax} - 1$, για τις τιμές των 2 διεγέρσεων

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
 υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Μεθοδολογία Αριθμητικών Αναλύσεων

3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Για την εργασία αυτή εκτελέστηκε μία σειρά αριθμητικών αναλύσεων, επί τη βάση και προηγούμενων μελετών για την επίδραση της μορφολογίας του υποβάθρου (Γριντάκης 2009). Το υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται είναι το FLAC το οποίο εφαρμόζεται για την επίλυση δισδιάστατων προβλημάτων με χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών. Είναι ένα λογισμικό που εξειδικεύεται στην προσομοίωση της συμπεριφοράς εδάφους και βράχου, δηλαδή προβλημάτων που άπτονται της γεωτεχνικής (σεισμικής και μη) μηχανικής.

- Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών βασίζεται στην αριθμητική επίλυση της πλήρους διαφορικής εξίσωσης κίνησης και η διαδικασία επίλυσης εξελίσσεται με υπολογιστικά βήματα.
- Το υλικό προσομοιώνεται με ζώνες (ή στοιχεία) που μορφώνουν έναν κάνναβο, ο οποίος έχει καθοριστεί από το χρήστη για να ταιριάζει με τη γεωμετρία του προβλήματος.
- Ο κάνναβος έχει την ικανότητα να κινείται και να παραμορφώνεται «ακολουθώντας» το εδαφικό υλικό, κατά τα πρότυπα της μεθοδολογίας Lagrange («του κινούμενου παρατηρητή»), αν χρειάζεται από τη φύση του προβλήματος.
- Μέσω της εξίσωσης κίνησης υπολογίζονται σε κάθε βήμα αρχικά οι ταχύτητες των κόμβων του δικτύου (ή αλλιώς, η προσαύξηση των μετατοπίσεων ανά βήμα) από τις τάσεις και τις δυνάμεις του προηγούμενου βήματος.
- Από αυτές προκύπτουν ο ρυθμοί των παραμορφώσεων σε κάθε κόμβο και από αυτούς οι νέες τάσεις στις ζώνες του δικτύου βάσει της καταστατικής σχέσης τάσεων-παραμορφώσεων που καθορίζεται από το χρήστη.
- Από τις τάσεις στις ζώνες (στις οποίες περιλαμβάνονται και οι τάσεις του προηγούμενου βήματος) προκύπτουν οι ισοδύναμες δυνάμεις στους κόμβους του δικτύου, που οφείλονται στην εντατική κατάσταση του μέσου.
- Η επαλληλία αυτών με τη δύναμη λόγω αποσβέσεως αλλά και τις εξωτερικές δυνάμεις δίνει τη μη ισορροπούσα δύναμη ΣF σε κάθε κόμβο. Η δύναμη αυτή θα πρέπει σύμφωνα με τη διαφορική εξίσωση κίνησης να είναι ίση με την αδρανειακή δύναμη.

- Έτσι διαιρώντας με την ισοδύναμη μάζα m κάθε κόμβου και πολλαπλασιάζοντας το πηλίκο επί κάποιο μικρό χρονικό βήμα Δt , προκύπτει η προσαύξηση της ταχύτητας κάθε κόμβου σύμφωνα με τη σχέση:

$$U_{(t+\Delta t/2)} = u_{(t-\Delta t/2)} + (\Sigma F/m) * \Delta t$$

Έχοντας υπολογίσει τη νέα ταχύτητα του κόμβου η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για το επόμενο υπολογιστικό βήμα.

Στην περίπτωση που το πρόβλημα επιλύεται δυναμικά, η μάζα και η σταθερά αποσβέσεως είναι αυτές που αντιστοιχούν στις πραγματικές παραμέτρους, ενώ τα χρονικά βήματα υπολογισμού Δt αντιστοιχούν σε πραγματικά χρονικά διαστήματα. Αν η επίλυση επιλεγεί να γίνει στατικά, τότε η μάζα, η σταθερά αποσβέσεως και το βήμα υπολογισμού καθορίζονται από το ίδιο το πρόγραμμα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ταχύτερη σύγκλιση.

Για καλύτερα αποτελέσματα η επίλυση διαχωρίζει την κάθε τετραπλευρική ζώνη του καννάβου σε τέσσερις τριγωνικές υποζώνες. Σε δυναμικά προβλήματα το χρονικό βήμα υπολογισμού υπολογίζεται από το πρόγραμμα έτσι ώστε να είναι μικρότερο από το κρίσιμο για το οποίο ισχύει:

$$\Delta t_{crit} = \min[A / V_p d_{max}]$$

Όπου, A : το εμβαδόν της τριγωνικής υποζώνης κάθε ζώνης του δικτύου

d_{max} : η μεγαλύτερη διαγώνιος της και

V_p : η ταχύτητα διάδοσης των διαμήκων κυμάτων όπως αυτή υπολογίζεται από τις δεδομένες ελαστικές σταθερές του προβλήματος.

Το \min αναφέρεται στον ελάχιστο λόγο $A/(V_p d_{max})$ που απαντάται σε όλο το δίκτυο πεπερασμένων διαφορών.

Ο περιορισμός αυτός για το χρονικό βήμα υπολογισμού οφείλεται, κατ' ουσία, στην απαίτηση η "πληροφορία" για τη σχέση τάσεων-παραμορφώσεων και δράσεων να μη διαδίδεται μέσα στον κάνναβο με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα διάδοσης των διαμήκων κυμάτων, παραβιάζοντας τον πραγματικό μηχανισμό που συναντάται στη φύση.

Οι συνοριακές συνθήκες του προβλήματος επιλέγονται με γνώμονα :

- την κατά το δυνατό καλύτερη προσομοίωση του προβλήματος που απαντάται στη φύση και
- την υπολογιστική ταχύτητα που απαιτείται για την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Με βάση τα παραπάνω δεν υπάρχει ανάγκη για πολύ μεγάλους καννάβους προσομοίωσης για να επιτυγχάνεται ο στόχος μη επηρεασμού της περιοχής ενδιαφέροντος από τις συνοριακές συνθήκες. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται ένας λογικής τάξης μεγέθους κανάβος στο κάτω όριο του οποίου επιβάλλονται κατάλληλες συνθήκες απορρόφησης της ενέργειας που ισοδυναμούν με την απόσβεση ακτινοβολίας που θα λάμβανε χώρα εάν επρόκειτο για ημιχώρο. Επίσης, στα πλευρικά όρια του καννάβου εφαρμόζονται συνθήκες ελεύθερου πεδίου οι οποίες εξασφαλίζονται με ειδικές διατάξεις που πρακτικώς "επιβάλλουν" συνθήκη ελεύθερου πεδίου στο όριο. Ακόμη επισημαίνεται ότι η κίνηση επιβάλλεται στο κάτω όριο του καννάβου ως χρονοϊστορία τάσης και όχι μετατόπισης, ταχύτητας ή επιτάχυνσης οπότε θα δημιουργούνταν τεχνητές ανακλάσεις στο εν λόγω όριο.

Πλεονεκτήματα του προγράμματος FLAC:

- Το FLAC αντιμετωπίζει την ανελαστικότητα στη σχέση τάσεων – παραμορφώσεων με διάφορα ελαστο-πλαστικά καταστατικά μοντέλα (π.χ. το μοντέλο Mohr-Coulomb, Drucker-Prager) και μάλιστα σχεδόν με τις ίδιες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ που προβλέπονται για το απλό ελαστικό μοντέλο. Αντίθετα, προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων απαιτούν σημαντικά περισσότερο χρόνο.
- Δε γίνεται μόρφωση και αποθήκευση μητρώων ακαμψίας οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγάλος αριθμός στοιχείων κατά την προσομοίωση με μέτριες απαιτήσεις σε μνήμη, ενώ προβλήματα με μεγάλες μετατοπίσεις και παραμορφώσεις αντιμετωπίζονται επίσης χωρίς πρόσθετη υπολογιστική προσπάθεια.
- Διαθέτει μια ενσωματωμένη γλώσσα, τη Fish που μοιάζει με τη FORTRAN, αλλά που είναι προσαρμοσμένη στις δυνατότητες, απαιτήσεις και ανάγκες του FLAC. Η Fish δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εφοδιάζει τα αρχεία εισόδου του με υπορουτίνες και κώδικες που μπορούν να μετατρέπουν ή να συμπληρώνουν καταστατικά προσομοιώματα ή να εισάγουν στην υπολογιστική διαδικασία νέες μεταβλητές και παραμέτρους.

Παρά τα πλεονεκτήματα του FLAC που αναφέρονται παραπάνω, υπάρχουν και ορισμένες αδυναμίες που ενδέχεται να αυξήσουν τις απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ. Συγκεκριμένα:

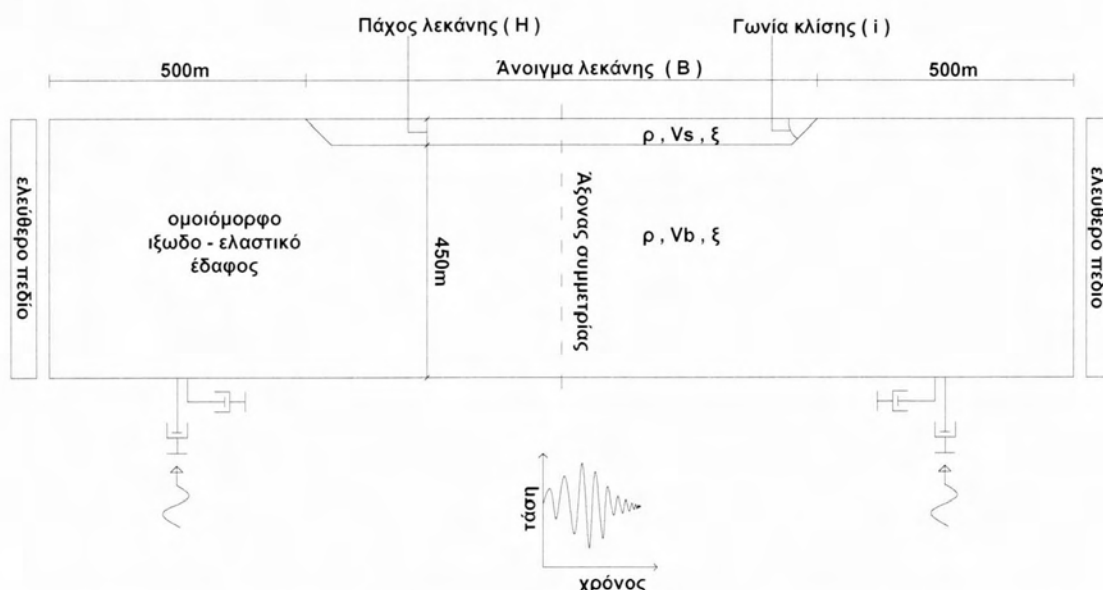
- Η χρήση συντελεστή αποσβέσεως ανάλογου της ακαμψίας, πολύπλοκα ελαστοπλαστικά καταστατικά προσομοιώματα και άλλες υπορουτίνες γραμμένες σε Fortran, που παρεμβάλλονται σε κάθε υπολογιστικό κύκλο που εκτελεί το πρόγραμμα, είναι παράγοντες που αυξάνουν το συνολικό χρόνο επίλυσης.
- Κυρίως όμως χρειάζεται σημαντική υπολογιστική προσπάθεια διότι τα υπολογιστικά βήματα που απαιτούνται πρέπει να είναι μικρά και κατά συνέπεια πολλά σε αριθμό, αφού προκειμένου να μειωθεί η επίδραση της αδράνειας στο ελάχιστο, οι επιβαλλόμενες ταχύτητες στο σύνορο πρέπει να είναι μικρές. Αυτό ισχύει και για τη στατική επίλυση καθώς, λόγω του χαρακτήρα του κώδικα, η επίδραση της αδράνειας υπεισέρχεται και σ' αυτή την ανάλυση.

3.2. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Για την παρούσα εργασία εκτίμησης της σεισμικής ενίσχυσης λόγω της επίδρασης του υποβάθρου έγιναν 28 διαφορετικές «ομάδες» αναλύσεων, εισάγοντας σε κάθε «ομάδα» αναλύσεων δύο διαφορετικές διεγέρσεις. Κάθε μία από τις «ομάδες» αυτές αποτελείται από τρεις επιμέρους αναλύσεις ως εξής:

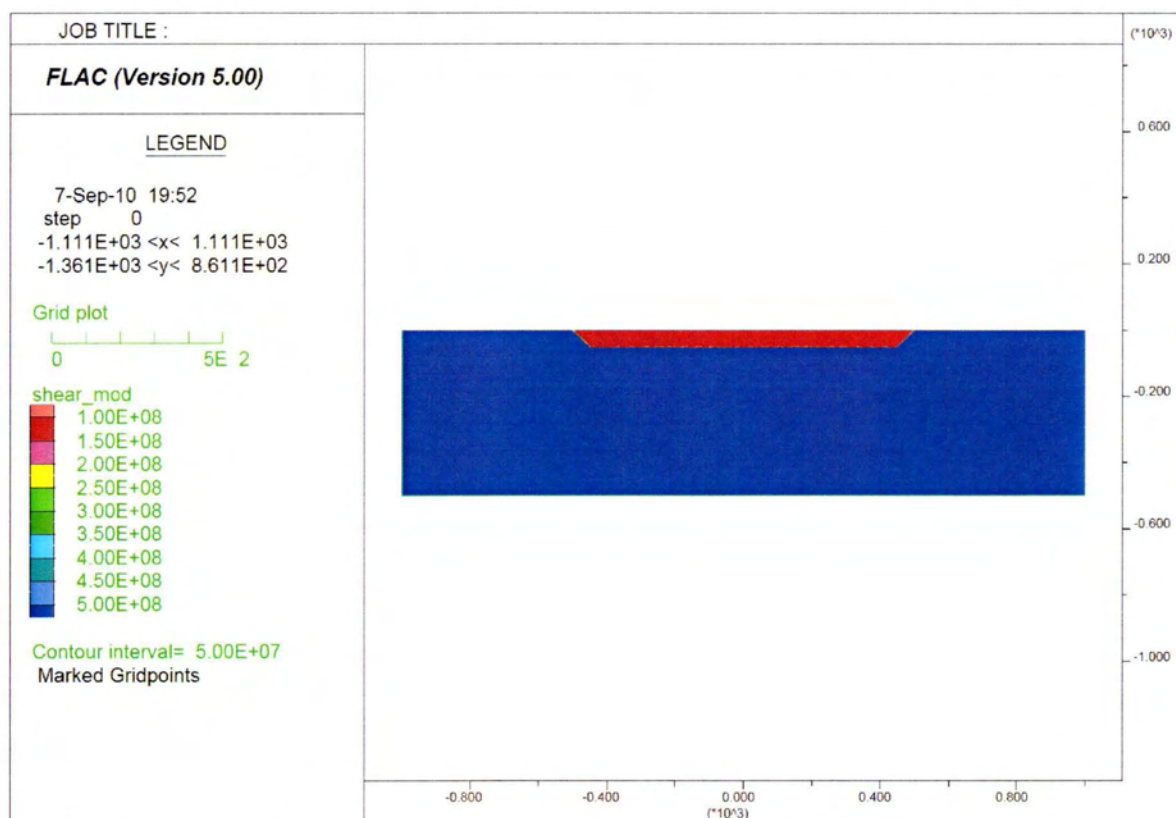
A) Σύστημα βραχώδες υπόβαθρο - εδαφική λεκάνη

Για την προσομοίωση της πραγματικής δισδιάστατης συμπεριφοράς μιας εδαφικής απόθεσης σε βραχώδες υπόβαθρο, χρησιμοποιήθηκαν λεκάνες τραπεζοειδούς διατομής, με γεωμετρικές παραμέτρους το άνοιγμα της λεκάνης (B), το βάθος της (H) (ύψος τραπεζίου) και την κλίση των άκρων της (i). (Σχήμα 3.1) Σε κάθε ανάλυση, βραχώδες υπόβαθρο βάθους 450m υπόκειται της εδαφικής λεκάνης, ενώ εκατέρωθεν αυτής το αναδυόμενο βραχώδες υπόβαθρο εκτείνεται κατά 500m. Κατ' επέκταση, το μέγεθος κάθε καννάβου καθορίζεται από το άνοιγμα και το βάθος της λεκάνης ως εξής: $[(500+B+500)/5] \times [(450/5)+(H/2.5)]$. Ο κάνναβος σχεδιάστηκε έτσι ώστε, στην περιοχή της εδαφικής λεκάνης να υπάρχει πύκνωση (μικρή διακριτοποίηση) και επιπλέον στην επιφάνεια να υπάρχουν κόμβοι ανά 5m. Για παράδειγμα, μια περίπτωση λεκάνης με H=50m, B=1000m και $i=45^\circ$ αποτελείται από 400 x 110 ζώνες. (σχήμα 3.2)



Σχήμα 3.1: Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - εδαφικής λεκάνης.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

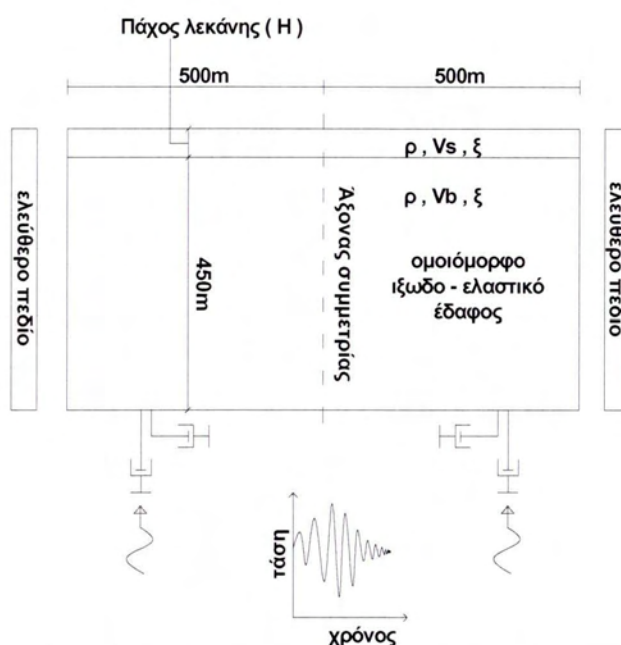


Σχήμα 3.2: Ενδεικτικός κάρναβος ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - εδαφικής λεκάνης.

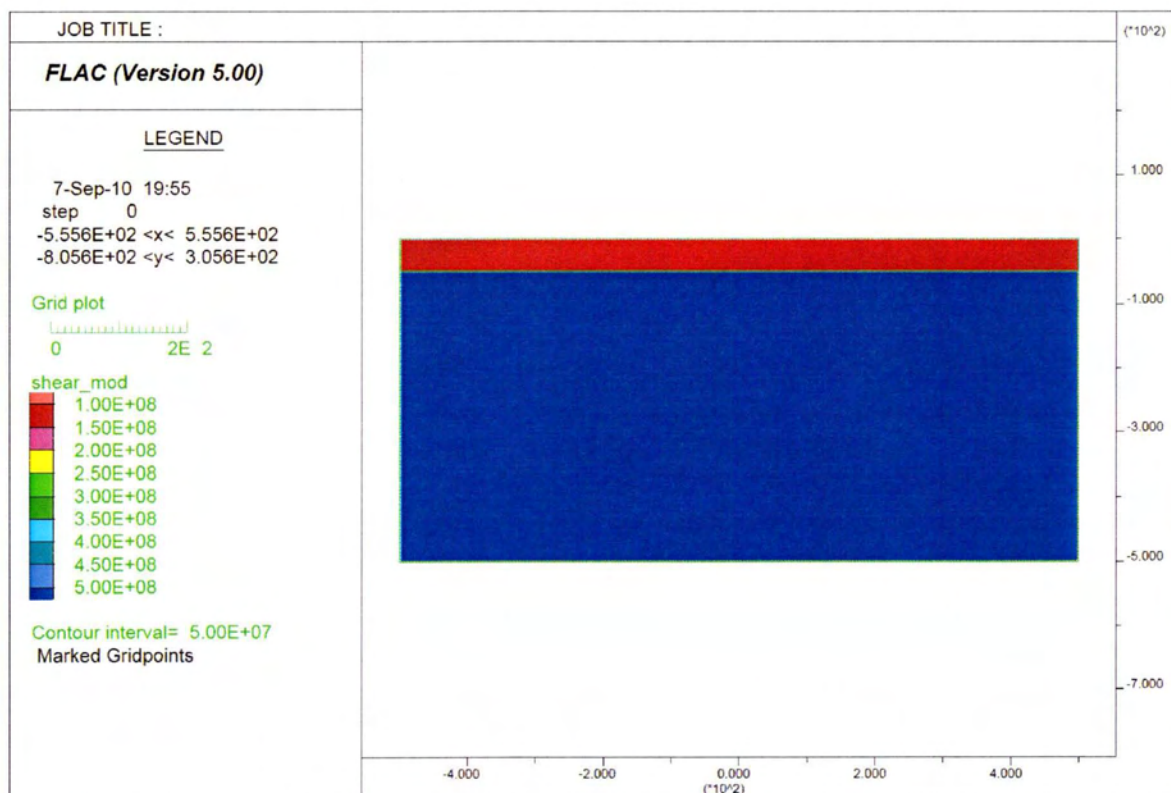
B) Σύστημα βραχώδες υπόβαθρο – απειρόμηκες έδαφος

Δημιουργήθηκαν κάρναβοι αντίστοιχοι της πρώτης ανάλυσης με τη διαφορά ότι εδαφική στρώση πάχους ίσου με αυτό της αντίστοιχης λεκάνης, εκτείνεται οριζοντίως έως τα όρια του καννάβου. Αντίστοιχα, σε κάθε περίπτωση, βραχώδες υπόβαθρο πάχους 450m υπόκειται της εδαφικής στρώσης. Για την πραγματοποίηση των αναλύσεων αυτού του συστήματος, επιλέχθηκε εδαφική στρώση μήκους 1000m. (σχήμα 3.3) Αυτός ο κάρναβος αφορά την θεωρητικώς 1Δ σεισμική απόκριση της λεκάνης υπό σεισμική διέγερση, μια απόκριση πραγματική μόνο για λεκάνη απείρου μήκους B. Χάριν απλότητας και απαλοιφής οποιασδήποτε τεχνητής επίδρασης του καννάβου στα αποτελέσματα, για την ανάλυση του συστήματος βραχώδους υποβάθρου – εδάφους χρησιμοποιήθηκε ίδια διακριτοποίηση σε στοιχεία με την ανάλυση του συστήματος βραχώδους υποβάθρου – εδαφικής λεκάνης. Στο συγκεκριμένο σύστημα, καθώς δεν υπάρχει η έννοια του ανοίγματος της λεκάνης, το μέγεθος του καννάβου εξαρτάται από το πάχος H της εδαφικής στρώσης ως εξής: $200 \times [(450/5) + (H/2.5)]$. Στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κάρναβος

για μια ανάλυση με $H = 50m$, ο οποίος αποτελείται από 200×110 ζώνες, με πύκνωση στην περιοχή της εδαφικής στρώσης.



Σχήμα 3.3: Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος απειρομήκους εδάφους επί βραχώδους υπόβαθρου.

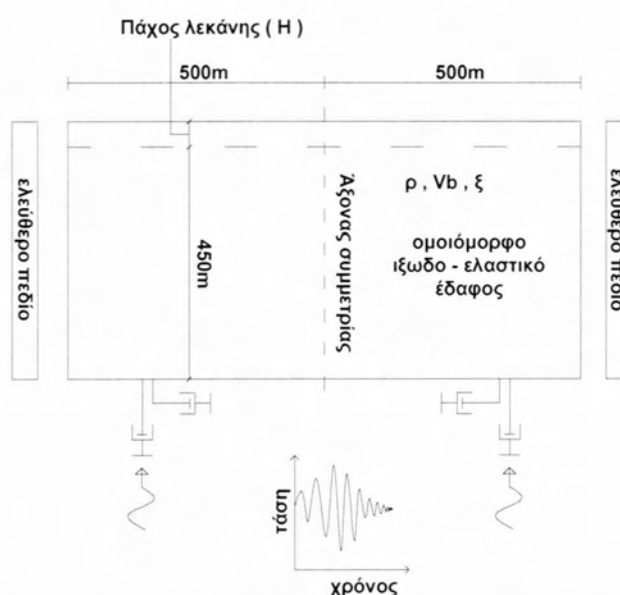


Σχήμα 3.4: Ενδεικτικός κάρναβος ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - απειρομήκους εδάφους

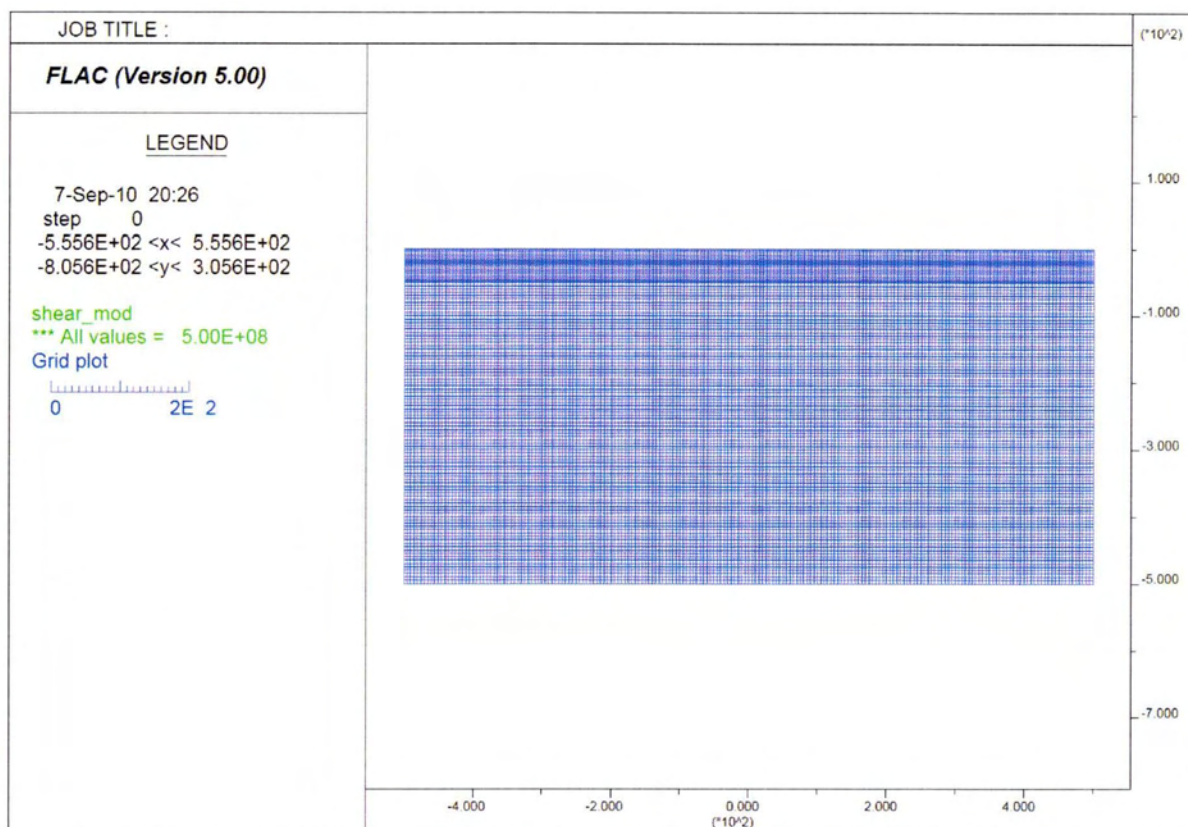
*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*

Γ) Βραχώδεις υπόβαθρο

Δημιουργήθηκαν κάρναβοι αντίστοιχοι των προηγούμενων, με τη διαφορά ότι σε όλο τον κάρναβο υπάρχει μόνο βράχος (βλέπε σχήμα 3.5). Αυτός ο κάρναβος αφορά την θεωρητικώς 1Δ σεισμική απόκριση του βραχώδους υποβάθρου, μια απόκριση πραγματική μόνο σε πολύ μεγάλη (οιωνεί άπειρη) οριζόντια απόσταση από τη λεκάνη. Χάριν απλότητας και απαλοιφής οποιασδήποτε τεχνητής επίδρασης του κάρναβου στα αποτελέσματα, για την ανάλυση του συστήματος βραχώδους υποβάθρου χρησιμοποιήθηκε ίδια διακριτοποίηση σε στοιχεία με την ανάλυση των προηγούμενων συστημάτων. Ο κάρναβος αυτός έχει ίδιο αριθμό ζωνών με αυτόν του συστήματος βραχώδεις υπόβαθρο – απειρόμηκες έδαφος. Στο Σχήμα 3.6 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κάρναβος βράχου που αντιστοιχεί σε μια ανάλυση με πάχος λεκάνης $H = 50\text{m}$, ο οποίος αποτελείται από 200×110 ζώνες, με πύκνωση στην περιοχή της εδαφικής στρώσης.



Σχήμα 3.5: Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης βραχώδους υποβάθρου



Σχήμα 3.6: Ενδεικτικός κάρναβος ανάλυσης συστήματος βραχώδους υπόβαθρου

Σχετικά με τα στοιχεία των αναλύσεων της παρούσας εργασίας θα ήταν χρήσιμο να επισημανθούν τα κάτωθι :

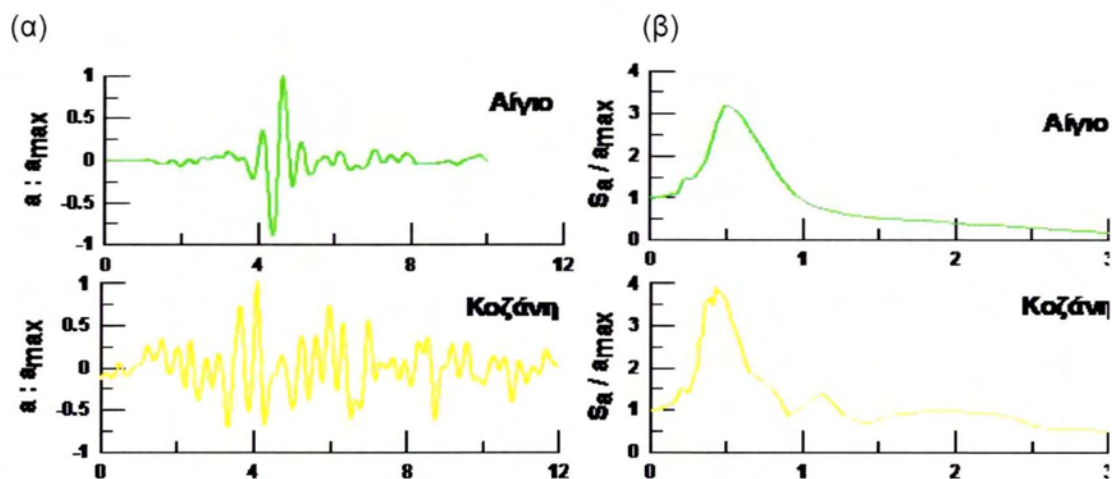
- Στα πλευρικά όρια του καννάβου, χρησιμοποιήθηκαν συνοριακές συνθήκες ελεύθερου πεδίου (ff), για την αναπαράσταση της θεωρητικώς άπειρης οριζόντιας έκτασης του ημιχώρου εκτός καννάβου, ώστε να αποφευχθεί η πιθανή επίδραση των ορίων του καννάβου λόγω τεχνητών ανακλάσεων στην απόκριση της λεκάνης. Επιπλέον, το αναδυόμενο υπόβαθρο εκτείνεται κατά 500m αριστερά και δεξιά της λεκάνης, για τον ίδιο λόγο.
- Ανεξάρτητα από το πάχος της λεκάνης, το βάθος του βραχώδους υπόβαθρου κάτω από αυτήν είναι πάντα 450m, ώστε να είναι συγκρίσιμα τα μεγέθη ενίσχυσης στην επιφάνεια του εδάφους από όλες τις αναλύσεις.
- Οι κάρναβοι πεπερασμένων διαφορών έχουν μορφωθεί έτσι ώστε, στην επιφάνεια κάθε ομάδας αναλύσεων να υπάρχουν κόμβοι ανα 5m, για να υπάρχουν αποτελέσματα στα ίδια σημεία σε κάθε ένα από τα τρία συστήματα της εκάστοτε ομάδας.

Μηχανικά χαρακτηριστικά προσομοιώματος

Το έδαφος και ο βράχος θεωρήθηκαν ομοιόμορφα ιζωδοελαστικά, με κοινή πυκνότητα $\rho=2\text{Mg/m}^3$, κοινό λόγο poisson $\nu=1/3$ και διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης των διατμητικών κυμάτων σε έδαφος και βράχο, V_s και V_b αντίστοιχα. Οι μηχανικές παράμετροι που εισάγονται στο μοντέλο είναι το μέτρο διάτμησης G , που υπολογίζεται ως $G=V^2 \cdot \rho$ και το μέτρο ομοιόμορφης συμπίεσης K , που δίνεται από τον τύπο $K = [2 \cdot G \cdot (1 + \nu)] / [3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)]$. Είναι φανερό ότι τα G , K είναι διαφορετικά για έδαφος και βράχο, αλλά σε κάθε περίπτωση η ιδιοπερίοδος του μαλακού εδάφους δίδεται από τη γνωστή σχέση $T_s = 4 \cdot H / V_s$.

Σεισμική διέγερση συστήματος

Για την προσπάθεια εκτίμησης της επίδρασης των κύκλων φόρτισης στη γεωμορφική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης, ως σεισμικές διεγέρσεις χρησιμοποιήθηκαν δύο πραγματικές καταγραφές, ο σεισμός του Αιγίου (1995), ο οποίος περιέχει λίγους κύκλους φόρτισης και εκείνος της Κοζάνης (1995), με πολλούς κύκλους φόρτισης. Κάθε μία από τις χρονοϊστορίες είναι διαβαθμισμένη στο εκάστοτε επιθυμητό δεσπόζον μήκος κύματος $\lambda = V_s / f$, μεταβάλλοντας το χρονικό βήμα ολοκλήρωσής τους, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή δεσπόζουσας συχνότητας f . Το εύρος των δεσπόζουσων συχνοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν είναι $f = 1$ έως 10 Hz με στόχο να καλυφθεί όλο το πιθανό εύρος δεσπόζουσων συχνοτήτων που αναμένονται στην πράξη. Η σεισμική διέγερση όλων των αναλύσεων ήταν χρονοϊστορία οριζόντιας ταλάντωσης του υλικού σημείου που επιβλήθηκε ως χρονοϊστορία διατμητικών τάσεων στο κάτω οριζόντιο σύνορο των καννάβων, ούτως ώστε να προσομοιωθούν κατακόρυφα προσπίπτοντα κύματα SV από τον υποκείμενο ημίχωρο. Για κάθε διέγερση δίνεται η χρονοϊστορία ταχύτητας του υλικού σημείου (u'). Η τάση υπολογίζεται ως εξής: $\tau = -2 \cdot \rho \cdot \sqrt{(G_b / \rho)} \cdot u'$. Στη βάση του καννάβου τοποθετήθηκαν και στις δύο διευθύνσεις, αποσβεστήρες οι οποίοι διασφαλίζουν τη μη δημιουργία τεχνητών ανακλάσεων.



Σημα 3.7: Χρονοϊστορίες επιτάχυνσης, με δεσπόζουσα περίοδο $T_e=0.5\text{sec}$ (α) και ελαστικά φάσματα απόκρισης (β) σεισμών Αιγίου και Κοζάνης

Απόσβεση συστήματος

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ήταν ιξωδο-ελαστικές, χάριν απλότητας. Σε τέτοιου είδους αναλύσεις, η πραγματικώς υστερητική απόσβεση των γεωυλικών προσομοιώνεται μέσω της απόσβεσης Rayleigh, η οποία είναι εξαρτώμενη από την συχνότητα. Πιο συγκεκριμένα, το μητρώο απόσβεσης C της εξίσωσης κίνησης του υλικού σημείου συσχετίζεται με τα μητρώα μάζας M και δυσκαμψίας K σύμφωνα με τη σχέση:

$$C = \alpha M + \beta K \quad (3.1)$$

όπου:

$$\alpha = \xi_{\min} \omega_{\min}$$

$$\beta = \xi_{\min} / \omega_{\min}$$

Η εν λόγω συσχέτιση της τελικής τιμής της απόσβεσης ξ με την κυκλική συχνότητα ω αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.8. Όπως προκύπτει, παρουσιάζει ελάχιστη τιμή $\xi = \xi_{\min}$ για συχνότητα $\omega = \omega_{\min}$ και τιμές $\xi > \xi_{\min}$ για τιμές ω τόσο μικρότερες όσο και μεγαλύτερες του ω_{\min} . Έτσι, το ζητούμενο είναι η βαθμονόμηση των ξ_{\min} και ω_{\min} ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της κάθε ανάλυσης.

Δεδομένου ότι η εξάρτηση της απόσβεσης ξ από τη συχνότητα ω δεν είναι μια ρεαλιστική θεώρηση για την υστερητική απόσβεση των γεωυλικών, σχετικώς

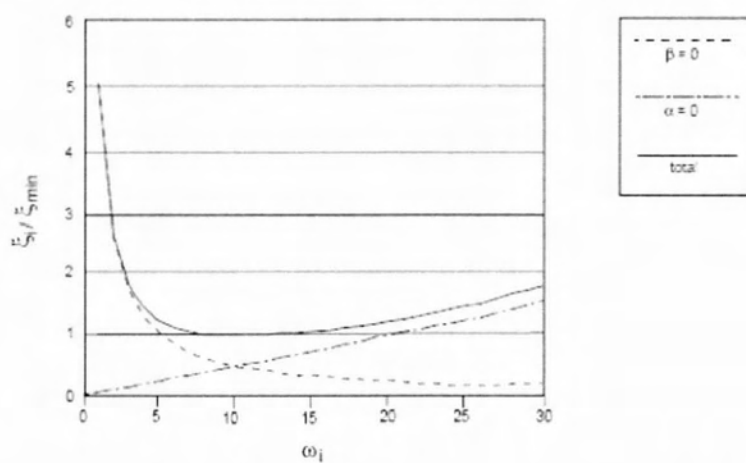
ρεαλιστικές προσομοιώσεις επιτυγχάνονται με βαθμονόμηση της απόσβεσης Rayleigh ώστε να δίνει τις επιθυμητές τιμές ξ στις συχνότητες που κυρίως ενδιαφέρουν. Στο υπό μελέτη πρόβλημα, οι συχνότητες που κυρίως ενδιαφέρουν είναι εκείνες μεταξύ της δεσπόμενου κυκλικής συχνότητας της διέγερσης ω_e και της ιδιοσυχνότητας κυκλικής ταλάντωσης της εδαφικής στρώσης ω_s , καθώς η δεσπόμενου συχνότητα της τελικής ταλάντωσης των υλικών σημείων του εδάφους θα έχει τιμή μεταξύ των δύο αυτών ακραίων τιμών. Χάριν απλότητας, στην παρούσα εργασία η εκτίμηση του ω_{min} γίνεται θεωρώντας τη δεσπόμενου περίοδο στην οποία αντιστοιχεί ίση με τη μέση τιμή μεταξύ των δύο προαναφερθέντων περιόδων ενδιαφέροντος, δηλαδή σύμφωνα με τη σχέση:

$$T_{min} = \frac{T_e + T_s}{2}$$

από όπου προκύπτει :

$$\omega_{min} = \frac{2}{\left(\frac{1}{\omega_e} + \frac{1}{\omega_s}\right)} \quad (3.2)$$

Για την προσομοίωση της σεισμικής απόκρισης σχετικά μικρής έντασης επιλέχθηκε μια σχετικά μικρή τιμή $\xi_{min} = 5\%$, η οποία οδηγεί γενικώς σε σχετικά μεγάλες ενισχύσεις που δε φθίνουν γρήγορα με την απόσταση. Από εκεί και πέρα όμως, οι παραμετρικές αναλύσεις που εκτελέστηκαν διερεύνησαν και την επίδραση της τιμής του ξ στις εκτιμώμενες γεωμορφικές επιδράσεις στη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους. Να σημειωθεί ότι η τιμή του ξ ελήφθη κοινή τόσο για την εδαφική απόθεση όσο και για τον βράχο, χάριν απλότητας. Το προφανές πρόβλημα ακρίβειας που αυτό δημιουργεί στις τιμές των επιταχύνσεων στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης, αναμένεται να απαλοφεται στη μελέτη της γεωμορφικής επιδείνωσης, καθώς οι ενιαίες τιμές ξ υιοθετούνται τόσο στις αναλύσεις λεκάνης, όσο και στις μονοδιάστατες αναλύσεις απειρομήκους εδάφους επί βράχου και ομοιόμορφου βράχου, που χρησιμοποιούνται για την κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων για την εδαφική λεκάνη.



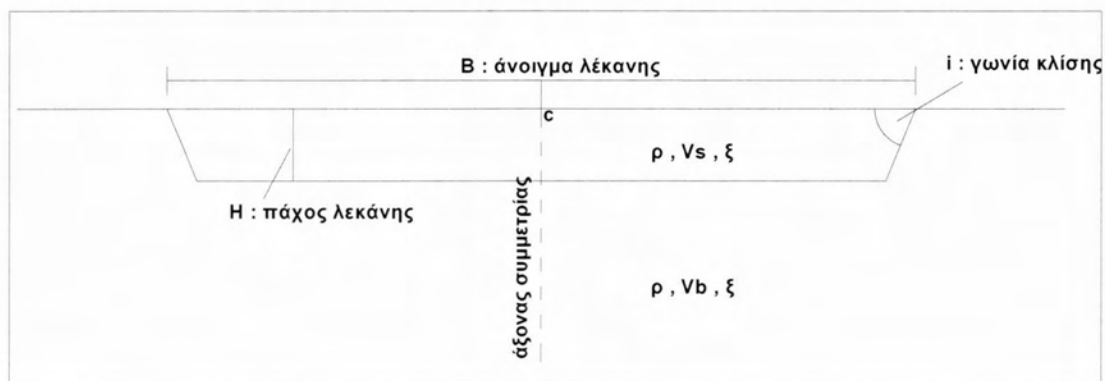
Σχήμα 3.8: Απόσβεση Rayleigh σε συνάρτηση με τη συχνότητα (ενδεικτικό γράφημα)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Χωρική Διαφοροποίηση της Γεωμορφικής Επιδείνωσης για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής T

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Μετά την μελέτη της γεωμορφικής επίδρασης στη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση στην επιφάνεια του εδάφους (PHA και PVA), το ενδιαφέρον στρέφεται στην μελέτη της επίδρασης της μορφολογίας υποβάθρου (γεωμορφική επίδραση) σε ολόκληρο το ελαστικό φάσμα απόκρισης.

Η μορφολογία υποβάθρου που μελετήθηκε αφορά εδαφική λεκάνη-κοιλιάδα, όμοια με εκείνη στη διπλωματική εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010). Συγκεκριμένα, πρόκειται για 2Δ τραπεζοειδή συμμετρική λεκάνη με ιξωδο-ελαστικό ομοιόμορφο έδαφος πάχους H, ανοίγματος B και γωνίας κλίσης πλευρικών ορίων i επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου (βλ. Σχήμα 4α, όπου ο άξονας συμμετρίας διέρχεται του σημείου c στην επιφάνεια).



Σχήμα 4α : Τυπική μορφή λεκάνης και ορισμός παραμέτρων προβλήματος

Οι αναλύσεις έχουν γίνει με τη μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3 και στόχευαν στη διερεύνηση παραμετρικά της επίδρασης των παραμέτρων H, B, i σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες σημαντικές παραμέτρους: λόγος εμπέδησης α με $\alpha = (\rho_s \cdot V_s) / (\rho_b \cdot V_b)$, απόσβεση ξ και δεσπόζον μήκος διατμητικών κυμάτων στο έδαφος λ με $\lambda = V_s \cdot T_e$. Επισημαίνεται ότι V_s και V_b είναι οι ταχύτητες διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο ομοιόμορφο έδαφος και βράχο αντίστοιχα, ενώ T_e είναι η

δεσπόζουσα περίοδος της εισερχόμενης διέγερσης από το υπόβαθρο. Κατ' επέκταση, οι αναλύσεις έχουν γίνει μελετώντας την επίδραση των αδιάστατων λόγων λ/H και B/λ .

Πραγματοποιήθηκαν 28 «ομάδες» αναλύσεων για δύο πραγματικές χρονοϊστορίες (σεισμοί Αιγίου και Κοζάνης του 1995), οι οποίες διαμορφώνονταν κάθε φορά κατάλληλα ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή δεσπόζουσας περιόδου T_e . Αρωγός στην προσπάθεια αυτή αποτέλεσε η διπλωματική εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010) στο Π.Θ. Παρακάτω παρατίθεται η πλήρης λίστα των χαρακτηριστικών αυτών των αναλύσεων (Πίνακας 4.1).

#	B (m)	H (m)	Vs (m/s)	Vb (m/s)	T_e (s)	λ (m)	i ($^\circ$)	ξ (%)	α	B/ λ	λ/H
1	400	20	500	1000	0,2	100	45	5	0,50	4	5
2	1000	20	500	1000	0,222	111,111	45	5	0,50	9	5,56
3	1000	50	250	500	1	250	45	5	0,50	4	5
4	1000	50	250	1000	1	250	45	5	0,25	4	5
5	1000	50	500	666,6	0,5	250	45	5	0,75	4	5
6	1000	50	500	1000	0,1	50	45	5	0,50	20	1
7	100	50	500	1000	0,2	100	45	5	0,50	1	2
8	250	50	500	1000	0,5	250	45	5	0,50	1	5
9	500	50	500	1000	0,5	250	45	5	0,50	2	5
10	1000	50	500	1000	0,5	250	45	5	0,50	4	5
11	500	50	500	1000	1	500	45	5	0,50	1	10
12	1000	50	250	2500	1	250	45	5	0,10	4	5
13	400	150	500	1000	0,2	100	45	5	0,50	4	0,67
14	200	50	500	1000	0,1	50	45	5	0,50	4	1
15	800	50	500	1000	0,4	200	45	5	0,50	4	4
16	1000	50	250	500	1	250	30	5	0,50	4	5
17	1000	50	250	500	1	250	60	5	0,50	4	5
18	1000	50	250	500	1	250	90	5	0,50	4	5
19	1000	50	250	500	1	250	45	10	0,50	4	5
20	1000	50	250	500	1	250	45	1	0,50	4	5
21	1000	50	250	500	1	250	45	20	0,50	4	5
22	1000	20	500	1000	0,5	250	45	5	0,50	4	12,5
23	1000	50	250	500	1	250	15	5	0,50	4	5
24	1000	20	500	1000	0,2	100	45	5	0,50	10	5
25	50	20	500	1000	0,2	100	45	5	0,50	0,5	5
26	100	50	500	1000	0,1	50	45	5	0,50	2	1
27	400	50	500	1000	0,2	100	45	5	0,50	4	2
28	1000	100	250	500	0,4	100	45	5	0,50	10	1

Πίνακας 4.1: Τιμές σημαντικών παραμέτρων «ομάδων» αναλύσεων για τη γεωμορφική ενίσχυση 2Δ συμμετρικών εδαφικών λεκανών τραπεζοειδούς διατομής.

Για την επιλογή των παραμέτρων στις προαναφερθείσες αναλύσεις γίνονται οι παρακάτω παρατηρήσεις:

- Για λόγους ευκολίας στην ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπως ήδη αναφέρθηκε, η πυκνότητα του εδάφους ρ_s και του βραχώδους υποβάθρου ρ_b ελήφθη ίση με 2Mg/m^3 , ώστε ο λόγος α να εξαρτάται μόνο από τον λόγο των ταχυτήτων διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο βράχο (V_b) και στο έδαφος (V_s). Με βάση αυτό, οι τιμές για τις ταχύτητες διάδοσης έχουν επιλεγεί έτσι ώστε ο λόγος εμπέδησης α να παίρνει τιμές 0.75, 0.50, 0.25 και 0.10 για τις διάφορες περιπτώσεις που εξετάστηκαν.
- Οι τιμές των κλίσεων των μη-παράλληλων πλευρών της τραπεζοειδούς λεκάνης επιλέγησαν να κυμαίνονται από $i=15^\circ$ έως 90° .
- Η διακύμανση της $T_e = 0.1 - 1.0\text{sec}$ επελέγη ώστε να καλύψει όλα τα πιθανά εύρη δεσπόζουσων περιόδων σεισμικής κίνησης που αναμένονται στην πράξη.
- Η απόσβεση ξ είναι η τιμή της ξ_{min} που επελέγη για τη δεσπόζουσα περίοδο ταλάντωσης της εδαφικής λεκάνης. Η περίοδος αυτή δεν είναι a priori γνωστή, και πρακτικώς κυμαίνεται από T_e έως T_s , όπου $T_e (= 1/f_e)$ η δεσπόζουσα περίοδος της διέγερσης στο υπόβαθρο και $T_s (= 4H/V_s = 1/f_s)$ η ιδιοπερίοδος ταλάντωσης της εδαφικής στρώσης (υπό θεώρηση 1Δ μετάδοσης σεισμικών κυμάτων). Στις αναλύσεις η περίοδος αυτή, έστω T_m , εκτιμήθηκε ως η περίοδος που αντιστοιχεί στη μέση τιμή των ανωτέρω ορισθέντων f_e και f_s (λεπτομέρειες στο Κεφ. 3). Επισημαίνεται επιπλέον εδώ, ότι εκτός από $\xi=\xi_{min}=5\%$, θεωρήθηκαν και άλλες τρεις τιμές 20%, 10% και 1% χάριν διερεύνησης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να οριστούν οι συντελεστές-λόγοι που χρησιμοποιήθηκαν και οι οποίοι παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων που θα γίνει παρακάτω, οι οποίοι συνδέονται με την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης καθ' όλο το μήκος της λεκάνης.

Πιο αναλυτικά, για κάθε σημείο της ελεύθερης επιφάνειας της 2Δ ανάλυσης εδαφικής λεκάνης εκτιμήθηκε το ελαστικό φάσμα απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης S_{ah} και το αντίστοιχο της παρασιτικής (μόνο) κατακόρυφης φασματικής επιτάχυνσης S_{av} , καθώς η διέγερση που εισάγεται προσδίδει πρωτογενώς αποκλειστικά οριζόντια ταλάντωση στο έδαφος. Πέραν αυτών, από τη 1Δ ανάλυση υποβάθρου εκτιμήθηκε το ελαστικό φάσμα απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης στην επιφάνεια του βράχου,

Sahr και από την 1Δ ανάλυση απειρομήκους εδάφους επί υποβάθρου εκτιμήθηκε το ελαστικό φάσμα απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης στην επιφάνεια του εδάφους, S_{ahs}. Επισημαίνεται ότι για την S_{av}, ο όρος «παρασιτική» εισάγεται, καθώς η εισερχόμενη κίνηση είναι αμιγώς οριζόντια (κατακόρυφα προσπίπτοντα κύματα SV) και οποιαδήποτε κατακόρυφη ταλάντωση οφείλεται σε διάθλαση κυμάτων στα κεκλιμένα όρια της εδαφικής λεκάνης. Συνεπώς, οι αντίστοιχες τιμές των S_{av} και S_{avs} που προκύπτουν από τις αναλύσεις υποβάθρου και οριζοντίου εδάφους επί υποβάθρου είναι μηδενικές.

Δεδομένων των ανωτέρω:

- η γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης ορίζεται με τον **φασματικό λόγο AS_{ah}** που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης S_{ah} για την οριζόντια ταλάντωση κάθε σημείου της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από την κατάλληλη 1Δ ανάλυση (Sahr ή S_{ahs}). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η **οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση** ορίζεται ως $AS_{ah} = S_{ah}/S_{ahs}$, ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε ισχύει: $AS_{ah} = S_{ah}/S_{ahr}$.
- η γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης ορίζεται με τον **φασματικό λόγο AS_{av}** που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης S_{av} για την παρασιτική κατακόρυφη ταλάντωση κάθε σημείου της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από την κατάλληλη 1Δ ανάλυση (Sahr ή S_{ahs}). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η **παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση** ορίζεται ως $AS_{av} = S_{av}/S_{ahs}$, ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε $AS_{av} = S_{av}/S_{ahr}$.

Οι ανωτέρω φασματικοί λόγοι AS_{ah} και AS_{av} είναι συναρτήσεις της θέσης του σημείου κατά μήκος της λεκάνης (συντεταγμένη x) και της περιόδου κατασκευής T και αφορούν λόγο κρίσιμης απόσβεσης αυτής ίσης με 5%.

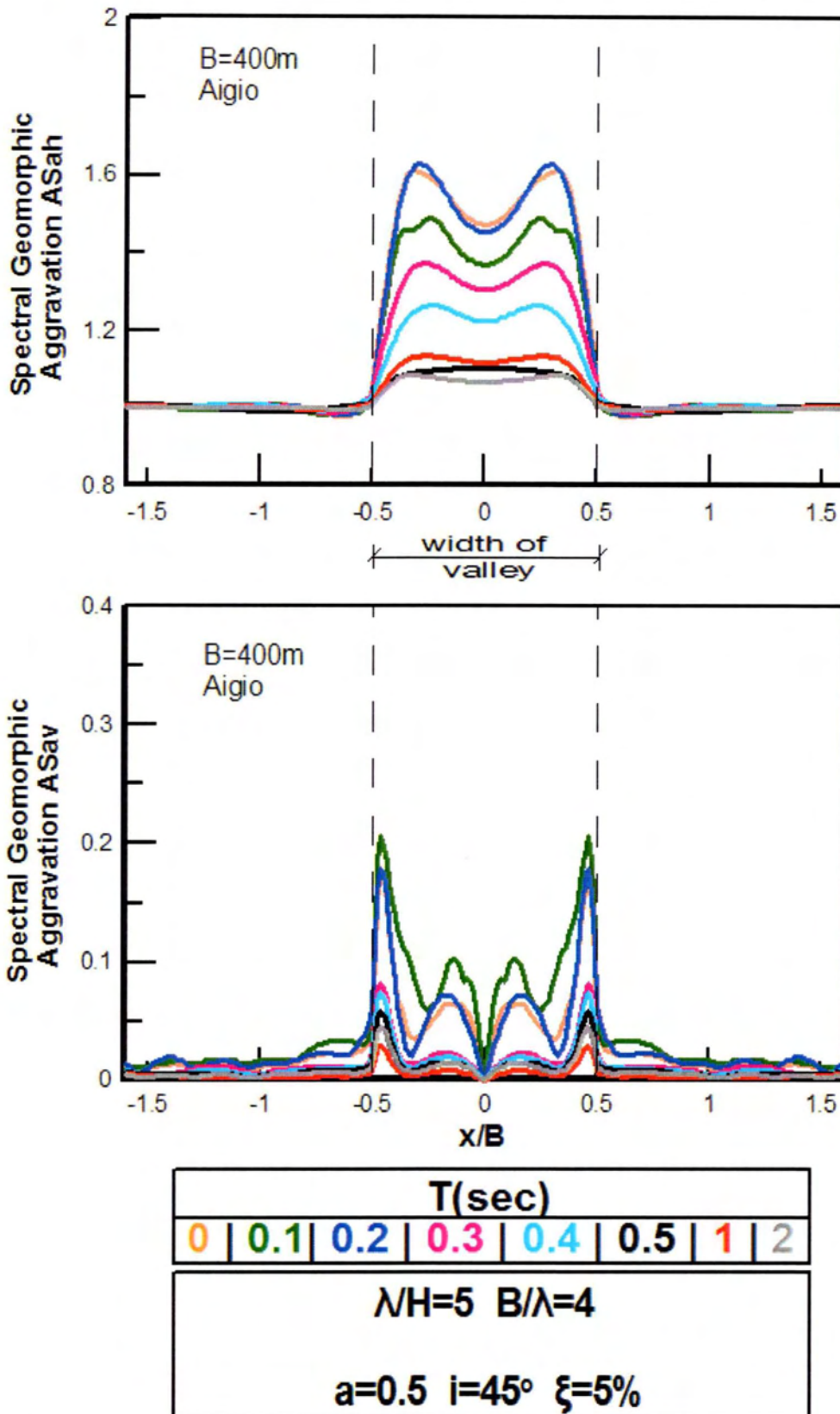
4.2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν 4^ο κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η αξιολόγηση των συμπερασμάτων σχετικά με τη μελέτη της χωρικής διαφοροποίησης της γεωμορφικής επίδρασης (λόγοι ASah και ASav) για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής T. Στο επόμενο (5^ο κεφάλαιο) θα παρουσιαστούν και θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα που αφορούν στη μελέτη γεωμορφικής φασματικής επιδείνωσης (ολόκληρου του φάσματος των λόγων ASah και ASav) για επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας.

Όπως παρουσιάζεται ανωτέρω, ο στόχος των αναλύσεων ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των παραμέτρων που παρουσιάζονται μεταβαλλόμενες στον Πίνακα 4.1 (βλ. ενότητα 4.1), της σεισμικής διέγερση που επιβάλεται (Αίγιο ή Κοζάνη) επί των προαναφερθέντων φασματικών λόγων ASah, ASav κατά μήκος όλης της λεκάνης. Ο όγκος των αποτελεσμάτων είναι προφανώς τεράστιος, κι έτσι στην παρούσα εργασία γίνεται επιλογή χαρακτηριστικών αποτελεσμάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων γενικής εφαρμογής.

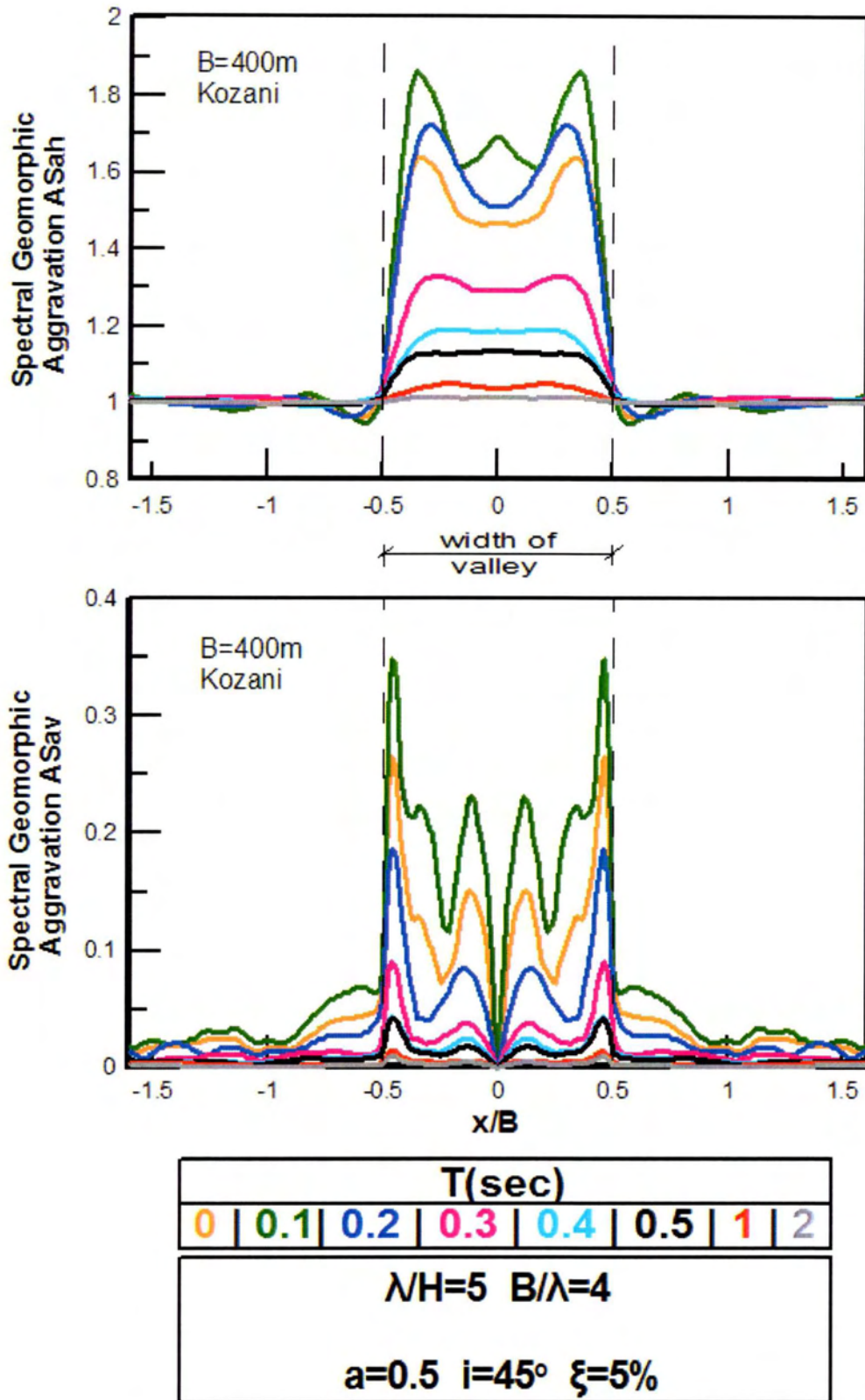
Συνεπώς, παρακάτω παρουσιάζονται σε μορφή διαγραμμάτων η χωρική διαφοροποίηση των φασματικών λόγων ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής $T = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1$ και 2sec. Κάθε διάγραμμα παρουσιάζει μια περίπτωση λεκάνης (συνδυασμός B, H, i, α,ξ) και έναν φασματικό λόγο (ASah ή ASav) μία φορά για την διέγερση Αιγίου και μία για της Κοζάνης, ξεχωριστά, με ίδιο κάθε φορά δεσπόζον μήκος κύματος λ. Καθώς οι διαφορετικές αναλύσεις αντιστοιχούν εν γένει και σε διαφορετικό εύρος κοιλάδας B, χάριν ομοιομορφίας, στον οριζόντιο άξονα χρησιμοποιείται ο λόγος x/B , δηλαδή η απόσταση κάθε σημείου από το κέντρο της λεκάνης διαιρεμένη με το εκάστοτε πλάτος της λεκάνης, ένας λόγος που κυμαίνεται από -0.5 έως +0.5 στα όρια της λεκάνης. Η κανονικοποίηση της οριζόντιας απόστασης x ως προς B είχε οριστεί από την εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010), ώστε να καθίστανται συγκρίσιμα τα αποτελέσματα για αναλύσεις εντελώς διαφορετικών τιμών εύρους κοιλάδας B. Έτσι, στα Σχήματα 4.1 έως 4.27 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα εν λόγω αποτελέσματα για τις 27 περιπτώσεις του Πίνακα 4.1, ενώ για κάθε σχήμα υπάρχουν υποσχήματα α και β που αντιστοιχούν στις διεγέρσεις του Αιγίου και της Κοζάνης αντίστοιχα.

Πρέπει να επισημανθεί από την αρχή ότι κάποιες λίγες αναλύσεις είτε δεν ολοκληρώθηκαν πλήρως ή δεν έχουν συμπεριληφθεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων καθώς μέρος των αποτελεσμάτων τους ήταν μη-αναμενόμενα και χρειάζονται περαιτέρω μελέτη που εκφεύγει των στόχων της παρούσας εργασίας. Στις πρώτες ανήκουν οι αναλύσεις 4, 21 και 23 για τη διέγερση Κοζάνης, καθώς και η ανάλυση 12 για τις διεγέρσεις Αιγίου και Κοζάνης. Στις δεύτερες ανήκουν τα αποτελέσματα για τους φασματικούς λόγους ASah για μεγάλες περιόδους ($T > 1 \text{sec}$) των αναλύσεων 3, 11, 16, 17, 18, 19 για διέγερση Κοζάνης και των αναλύσεων 8, 9, 10 για διεγέρσεις Αιγίου και Κοζάνης.

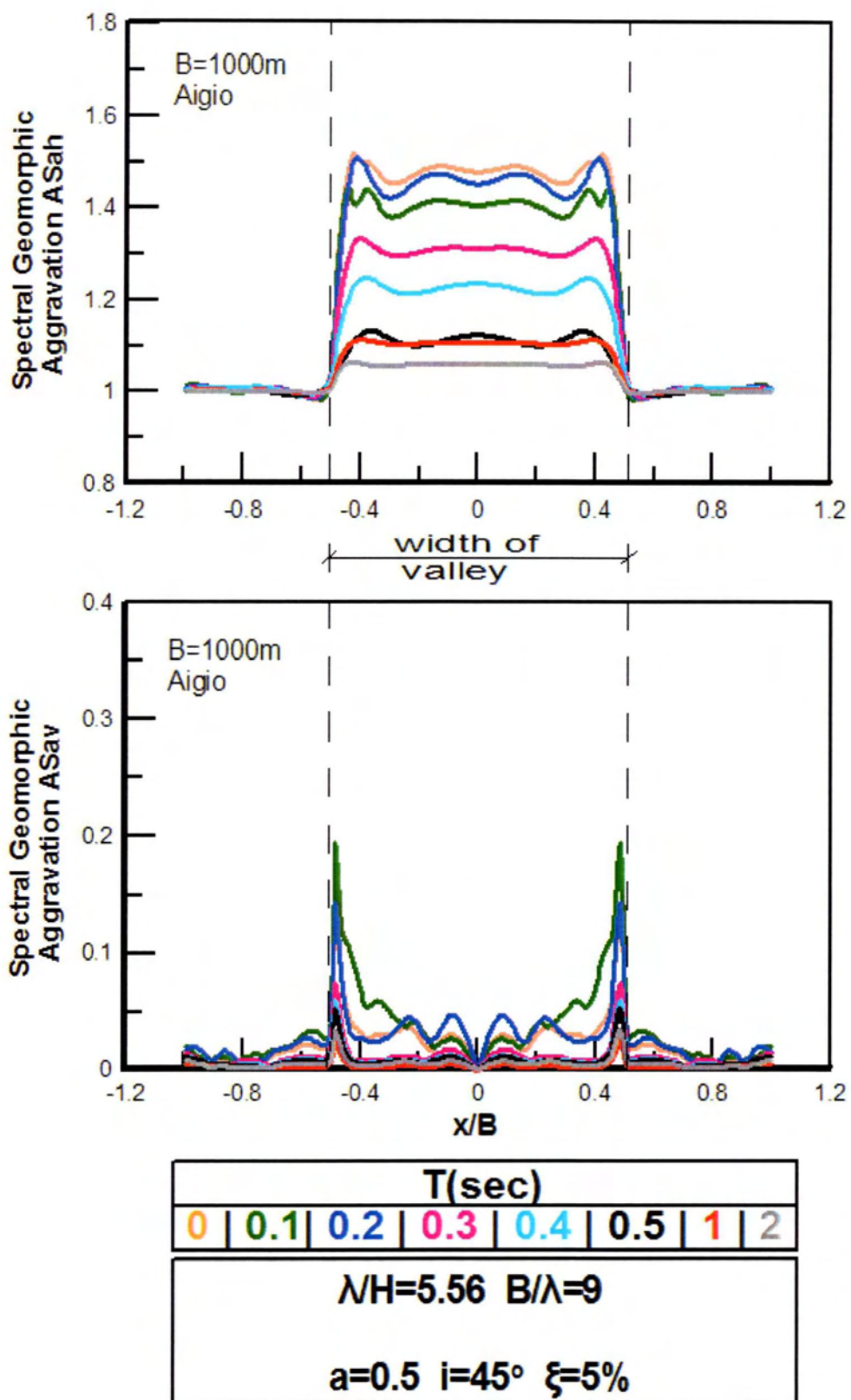


Σχήμα 4.1α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 1 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

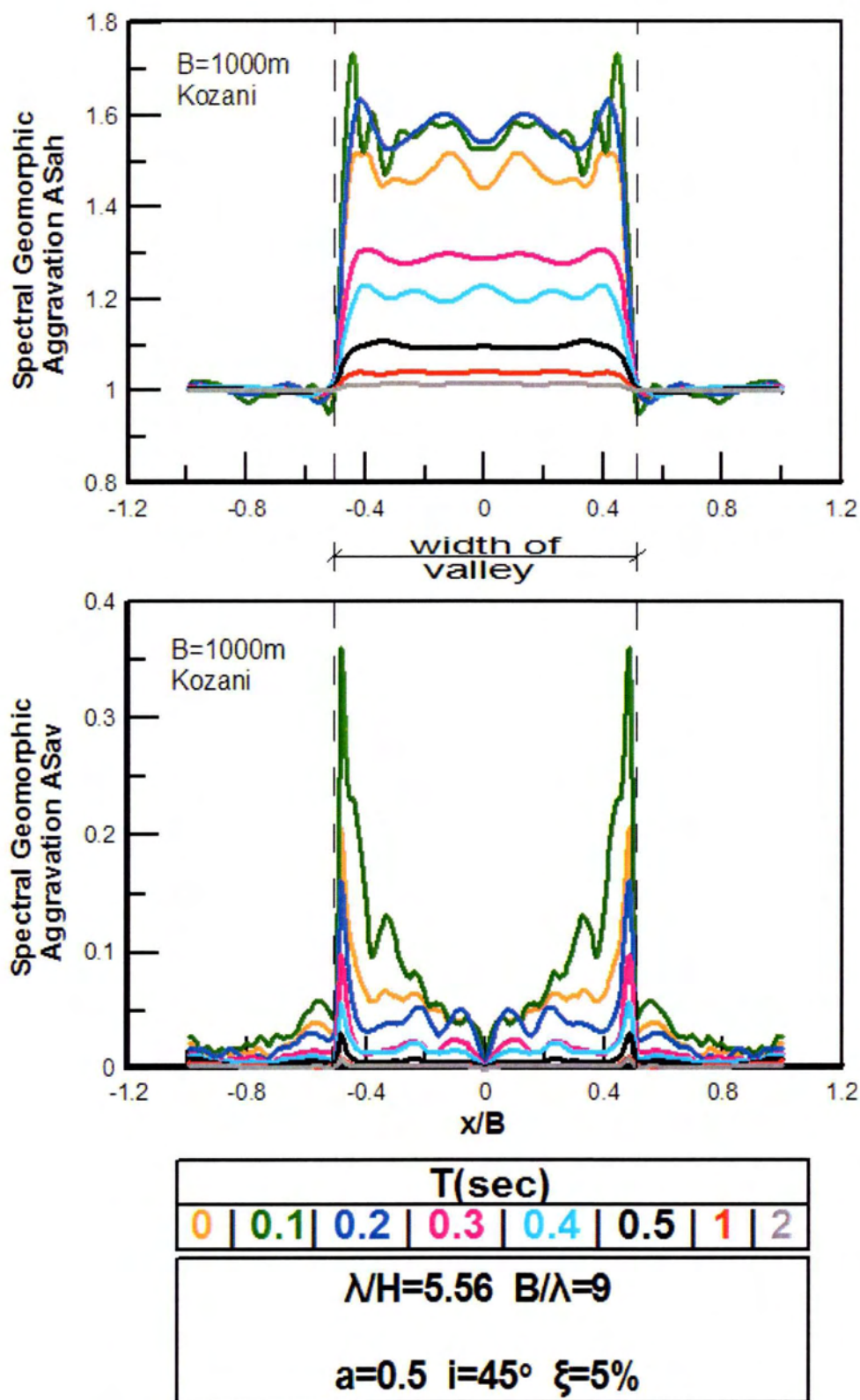
Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



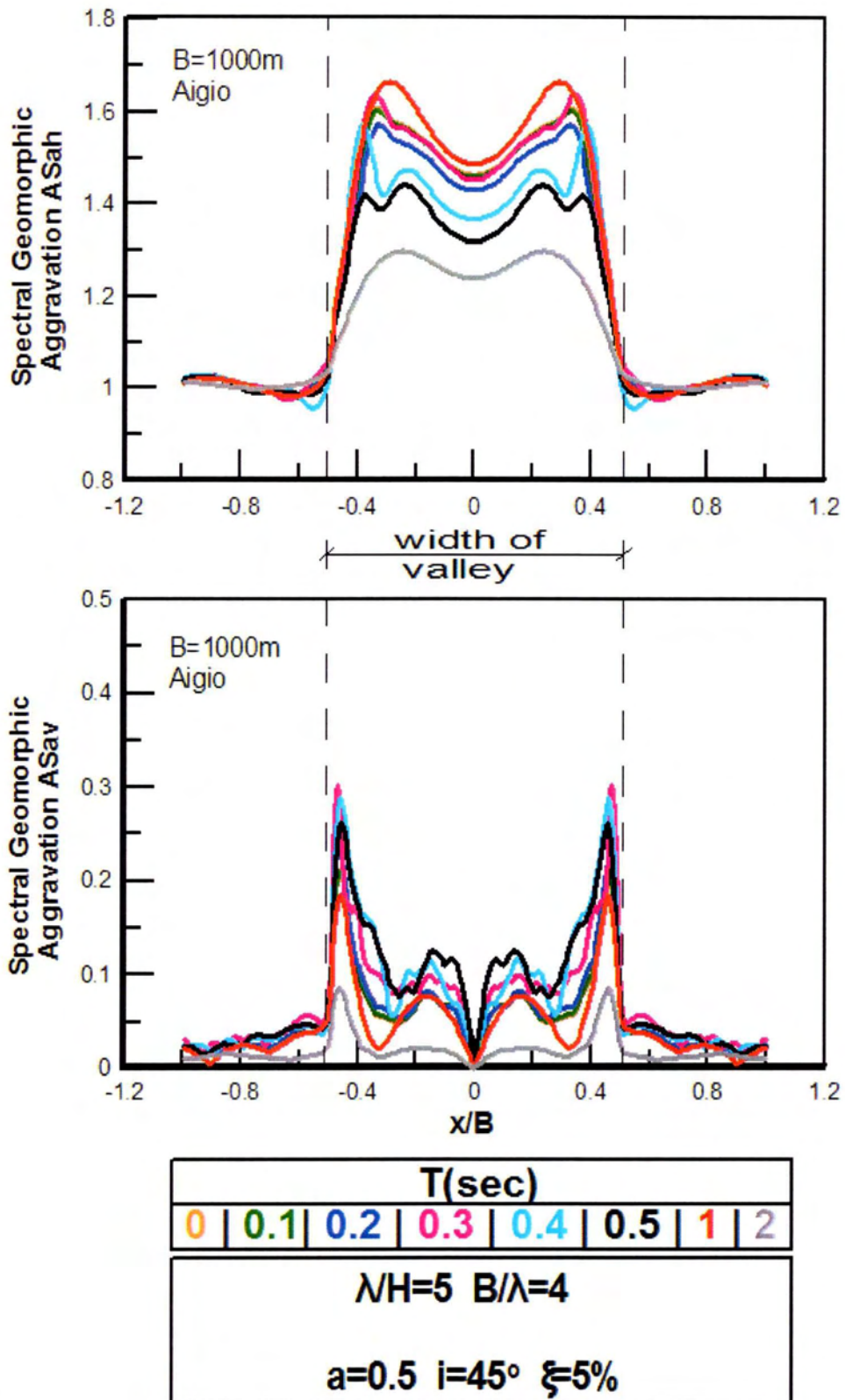
Σχήμα 4.1β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 1 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



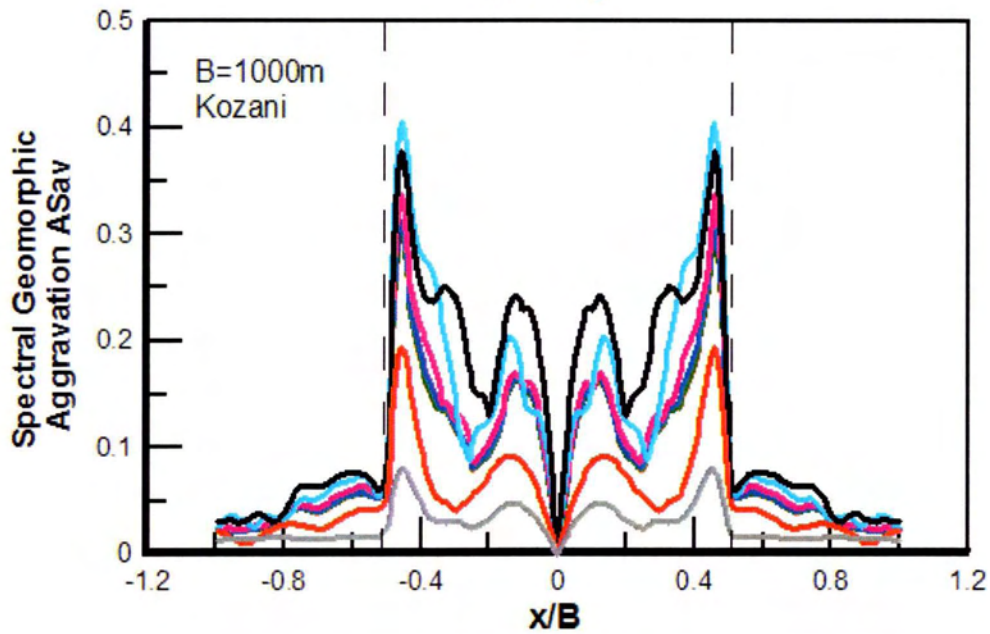
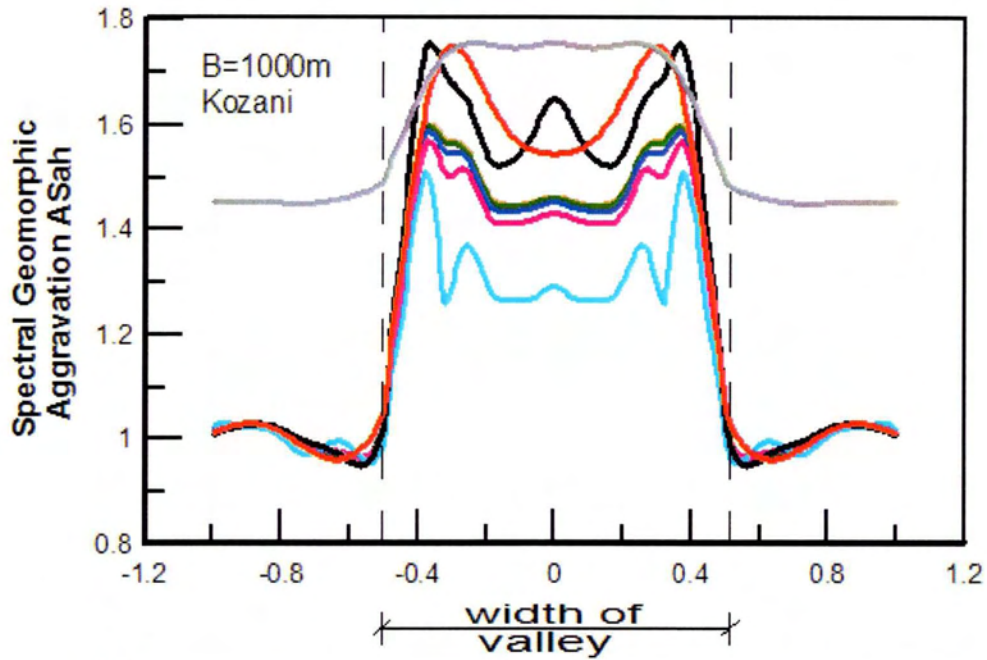
Σχήμα 4.2α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 2 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.2β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 2 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.

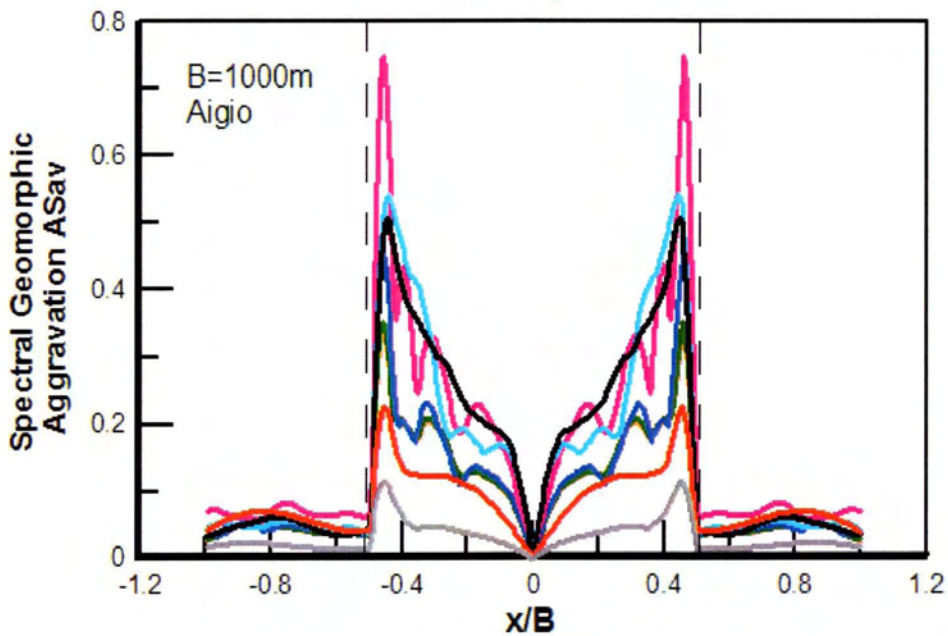
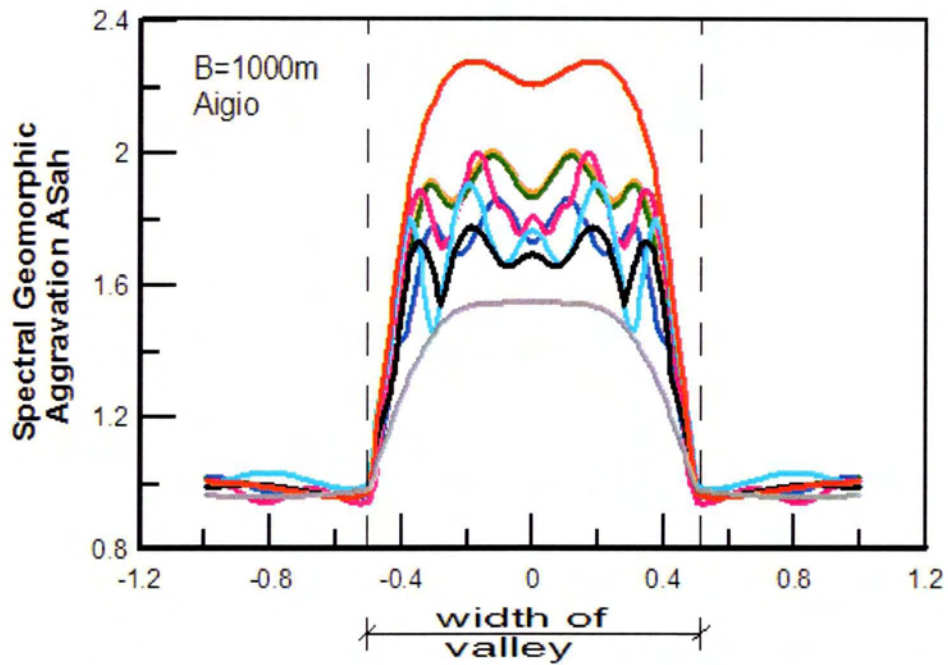


Σχήμα 4.3α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 3 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



T(sec)							
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2
$N/H=5 \quad B/\lambda=4$							
$a=0.5 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$							

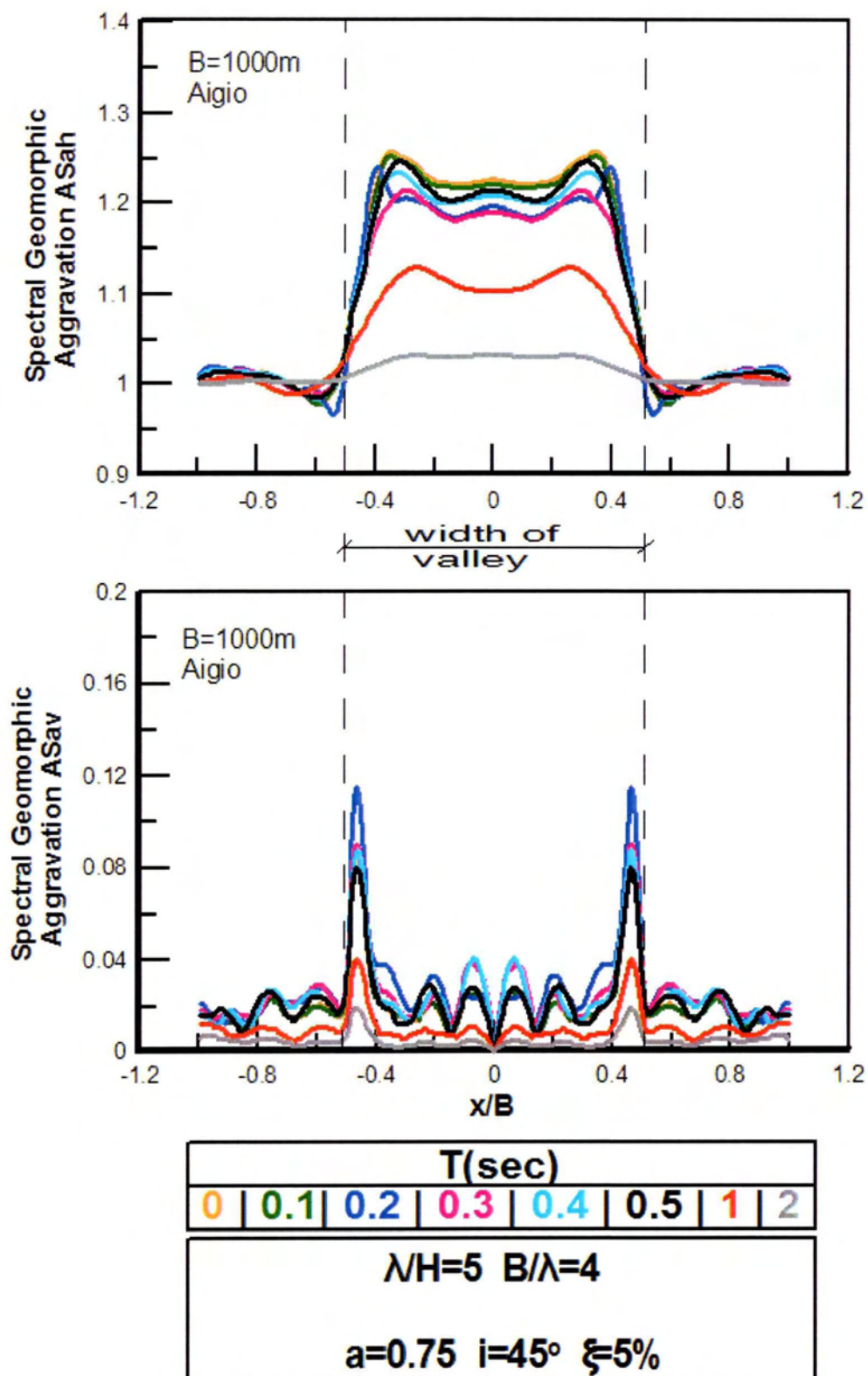
Σχήμα 4.3β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 3 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



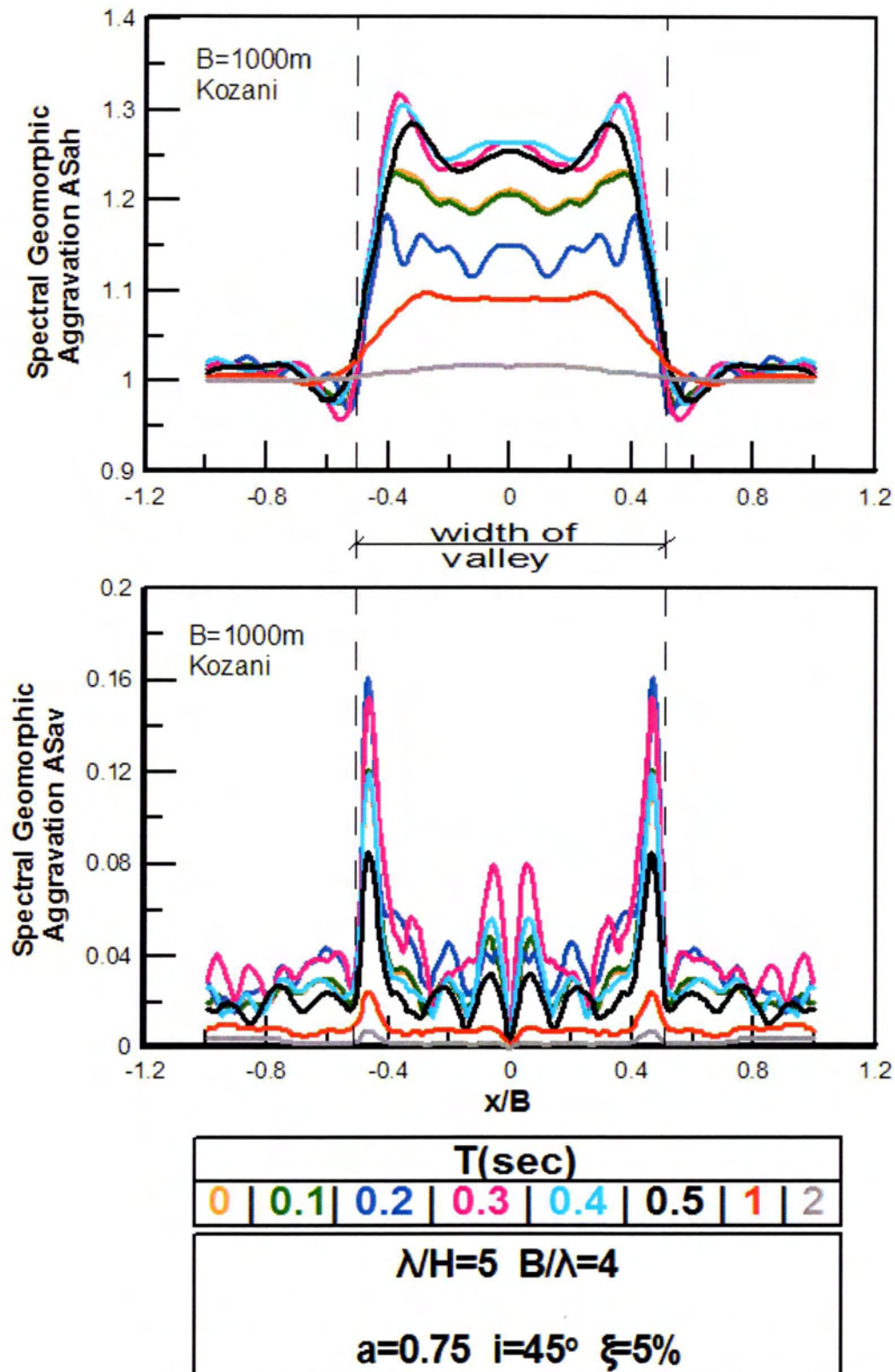
T(sec)							
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2
$NH=5 \quad B/\lambda=4$							
$a=0.25 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$							

Σχήμα 4.4α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 4 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

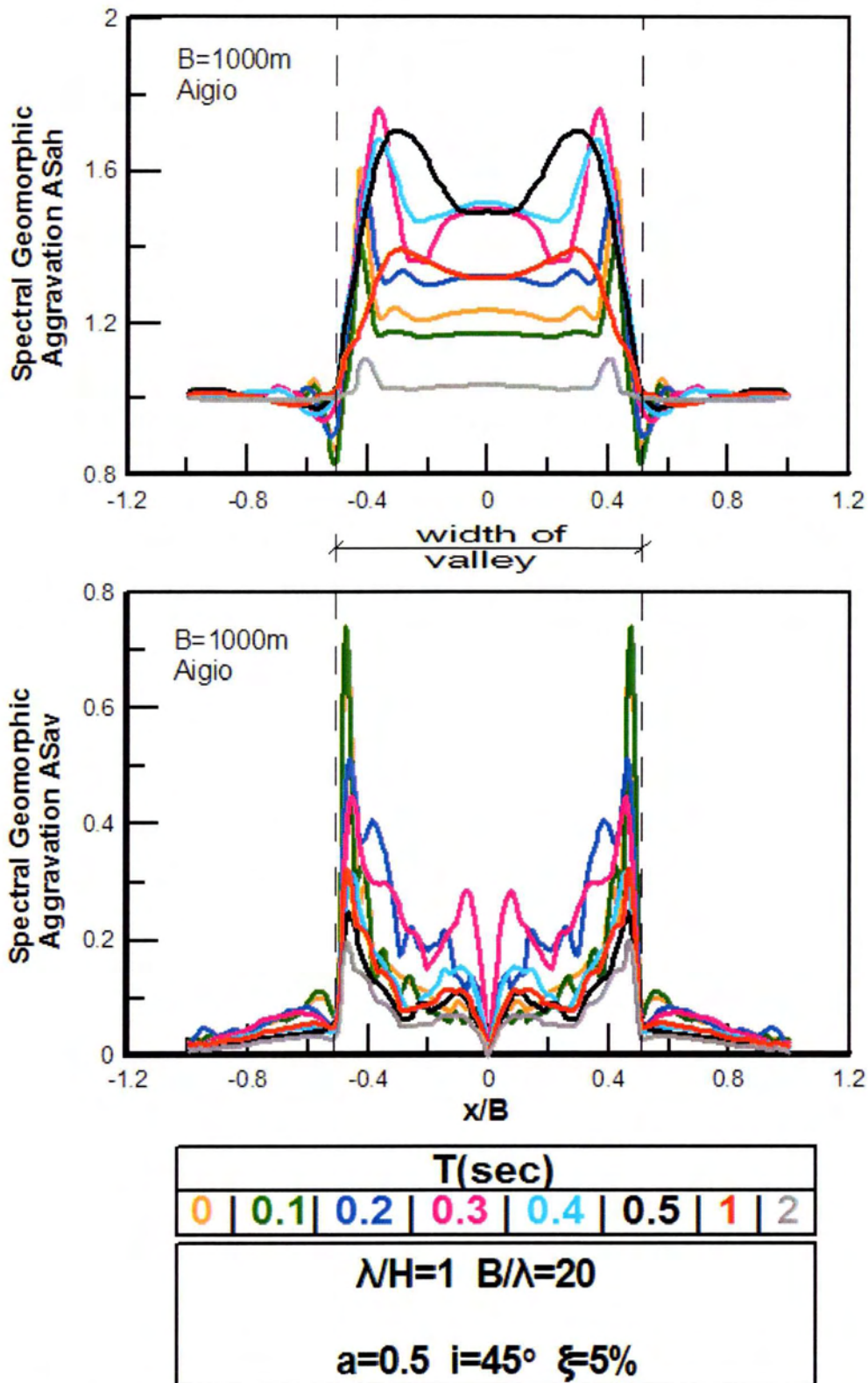
Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



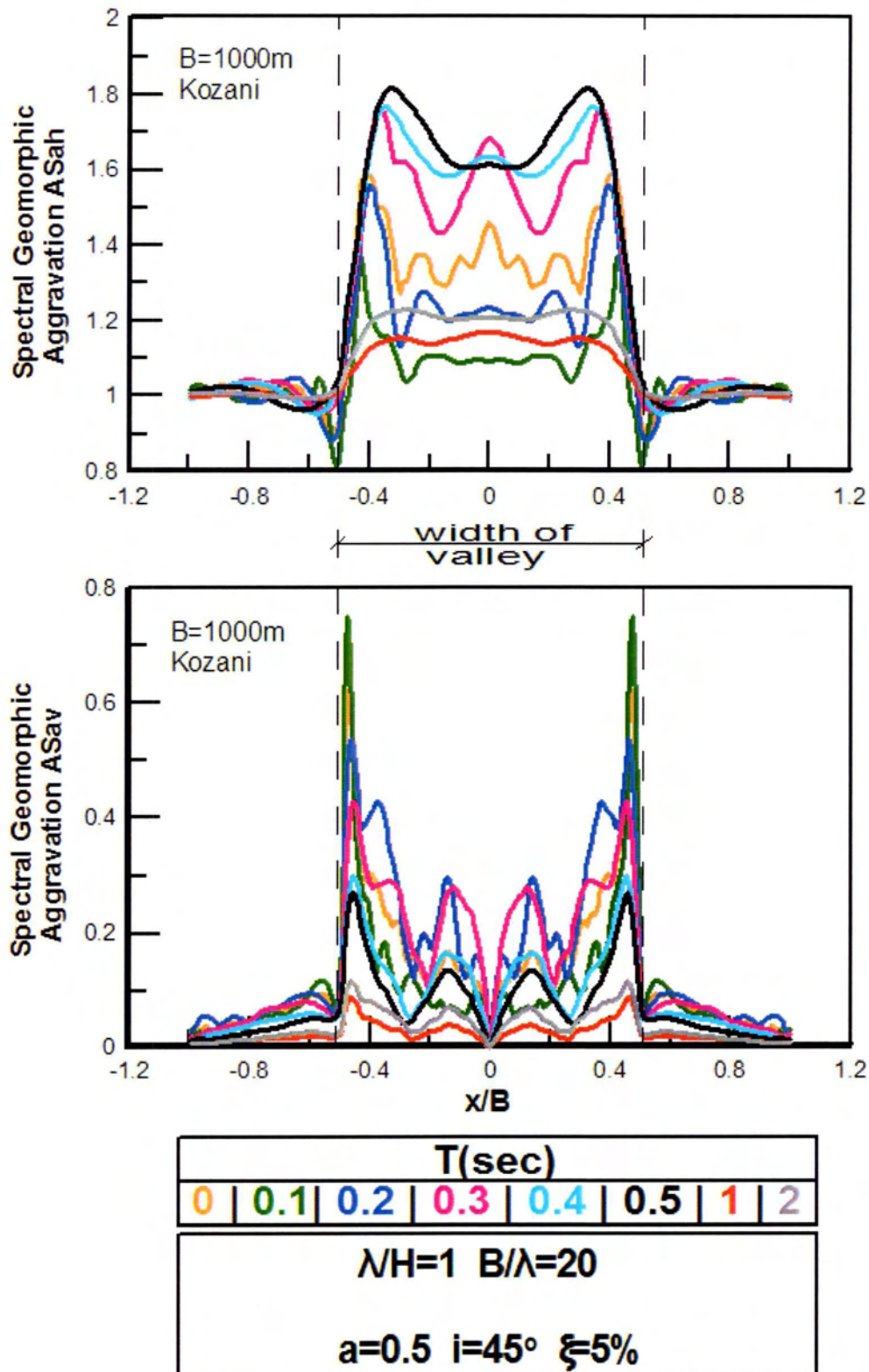
Σχήμα 4.5α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 5 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



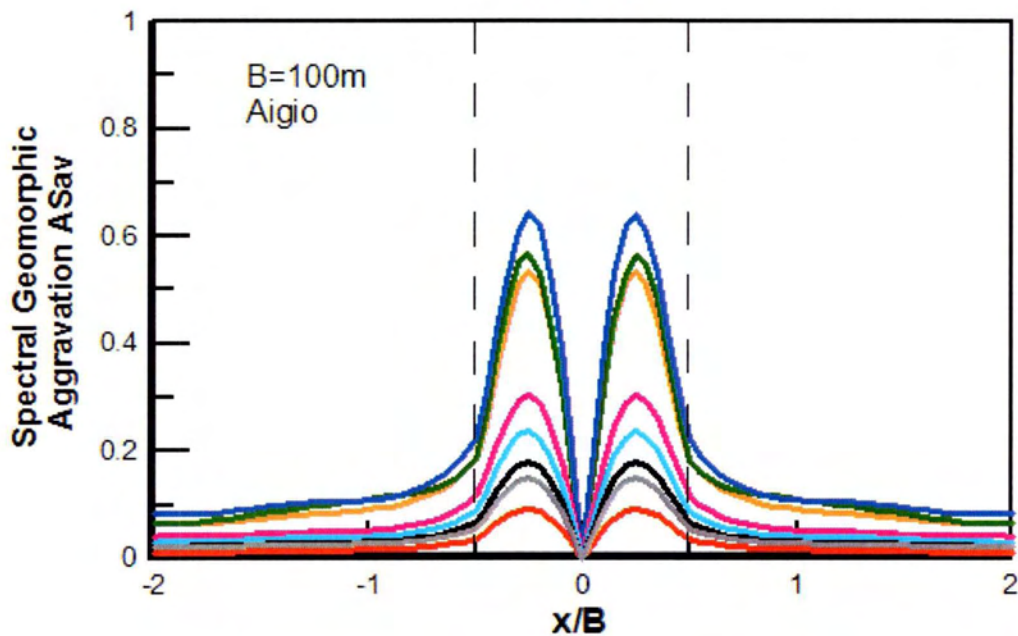
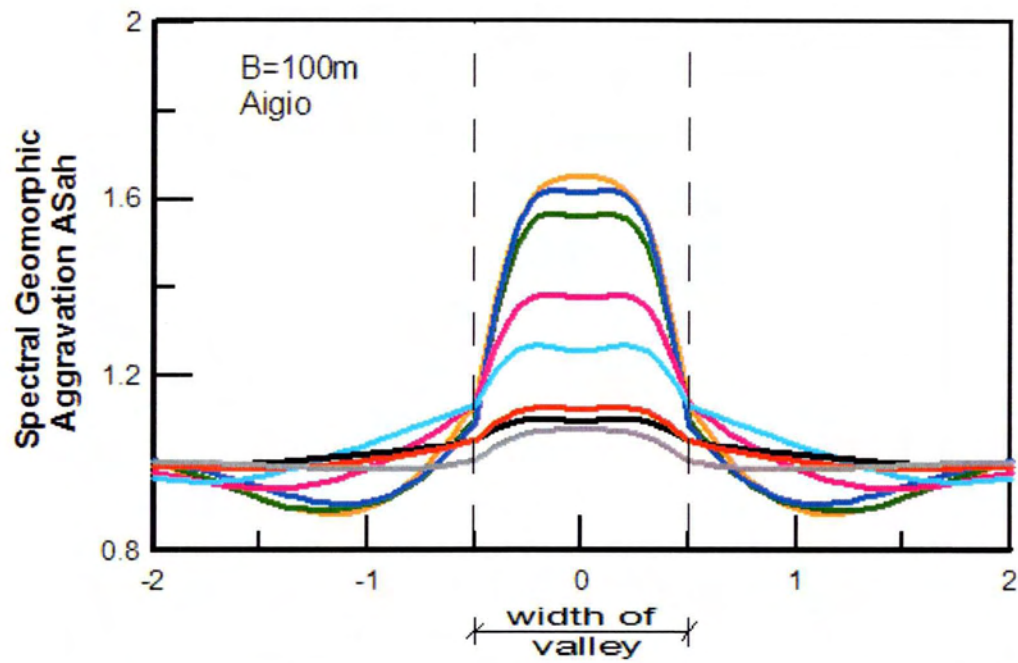
Σχήμα 4.5β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 5 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.6α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης δ για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

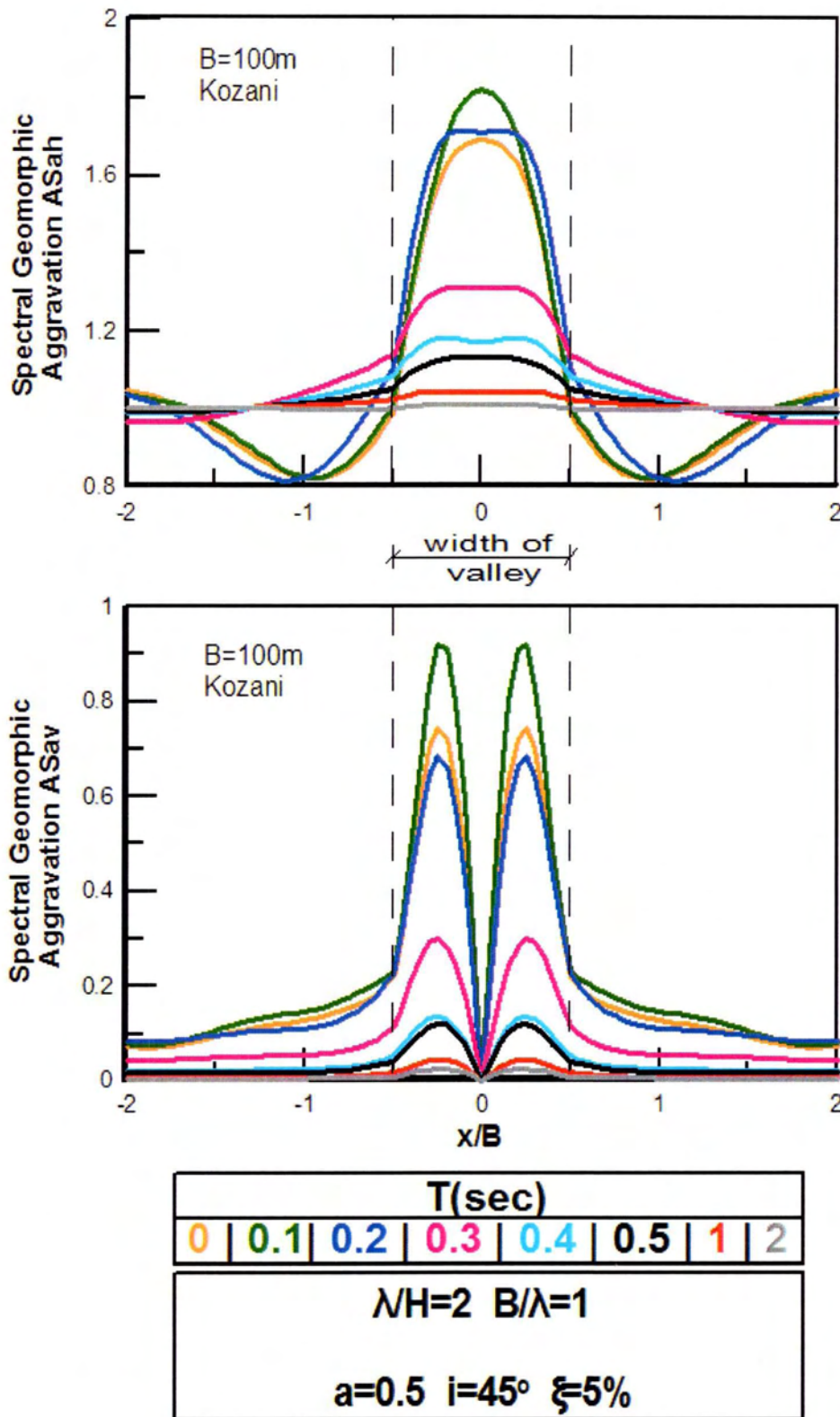


Σχήμα 4.6β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης δ για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



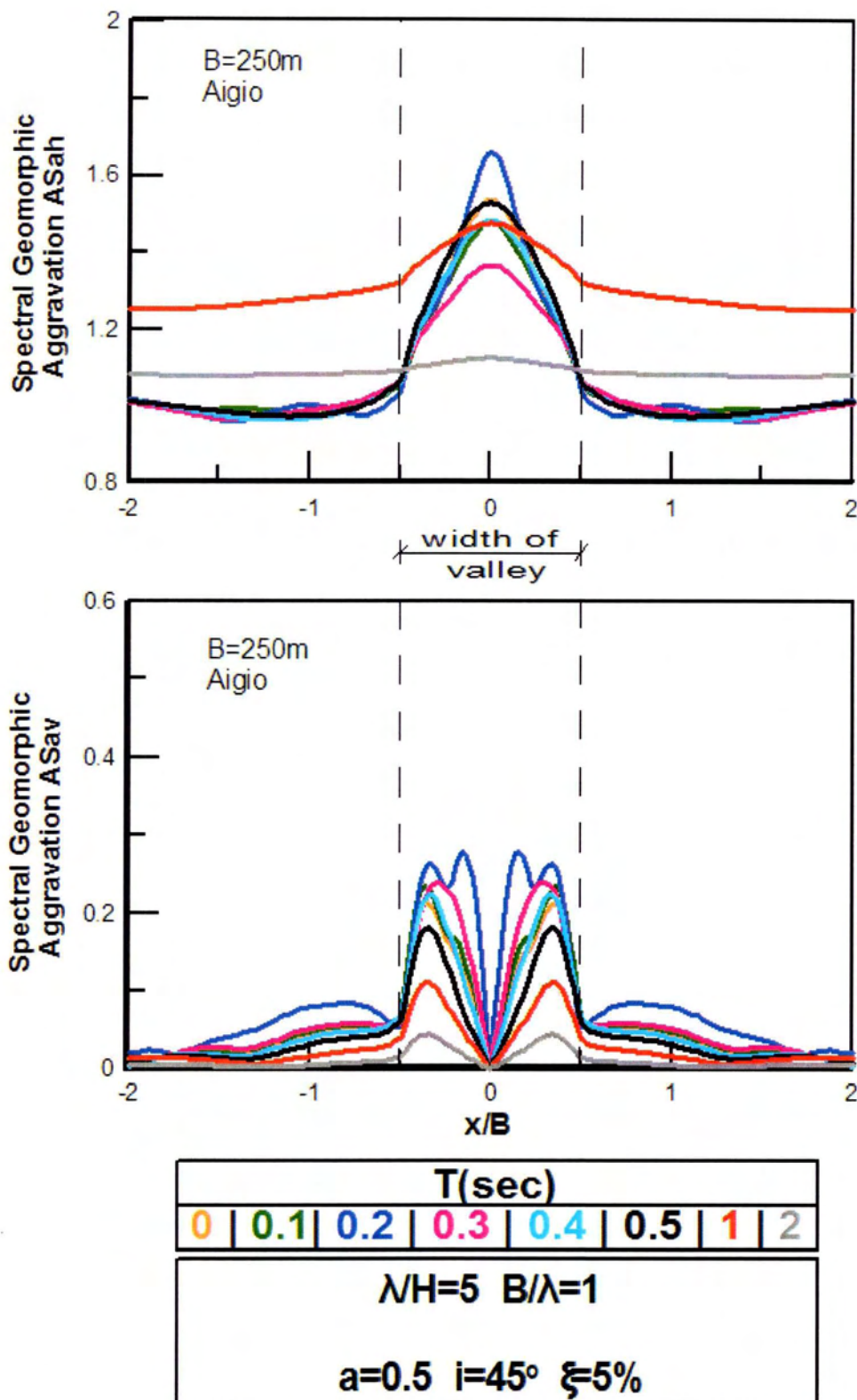
T(sec)							
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2
$\lambda/H=2 \quad B/\lambda=1$							
$a=0.5 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$							

Σχήμα 4.7α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 7 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



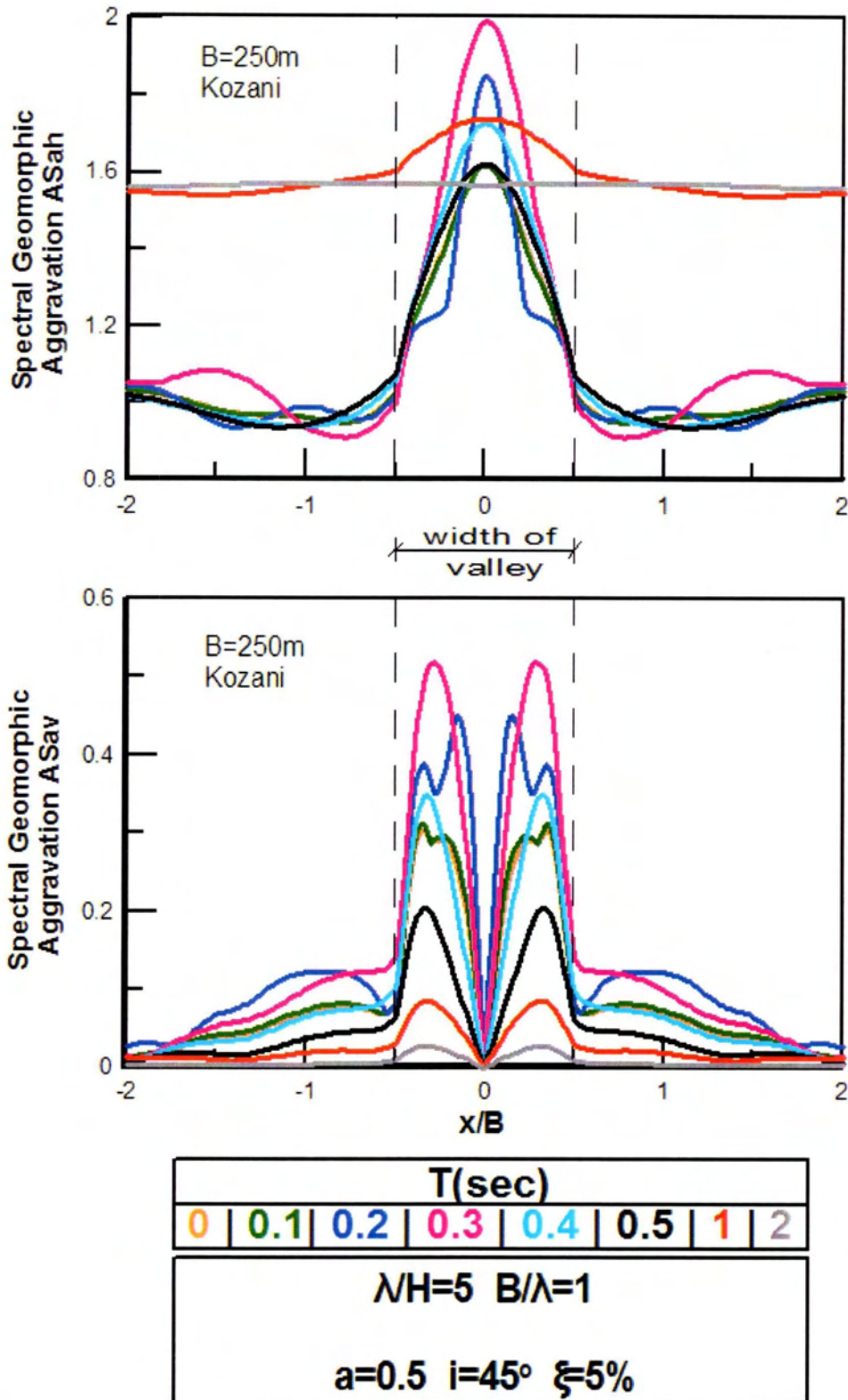
Σχήμα 4.7β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 7 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



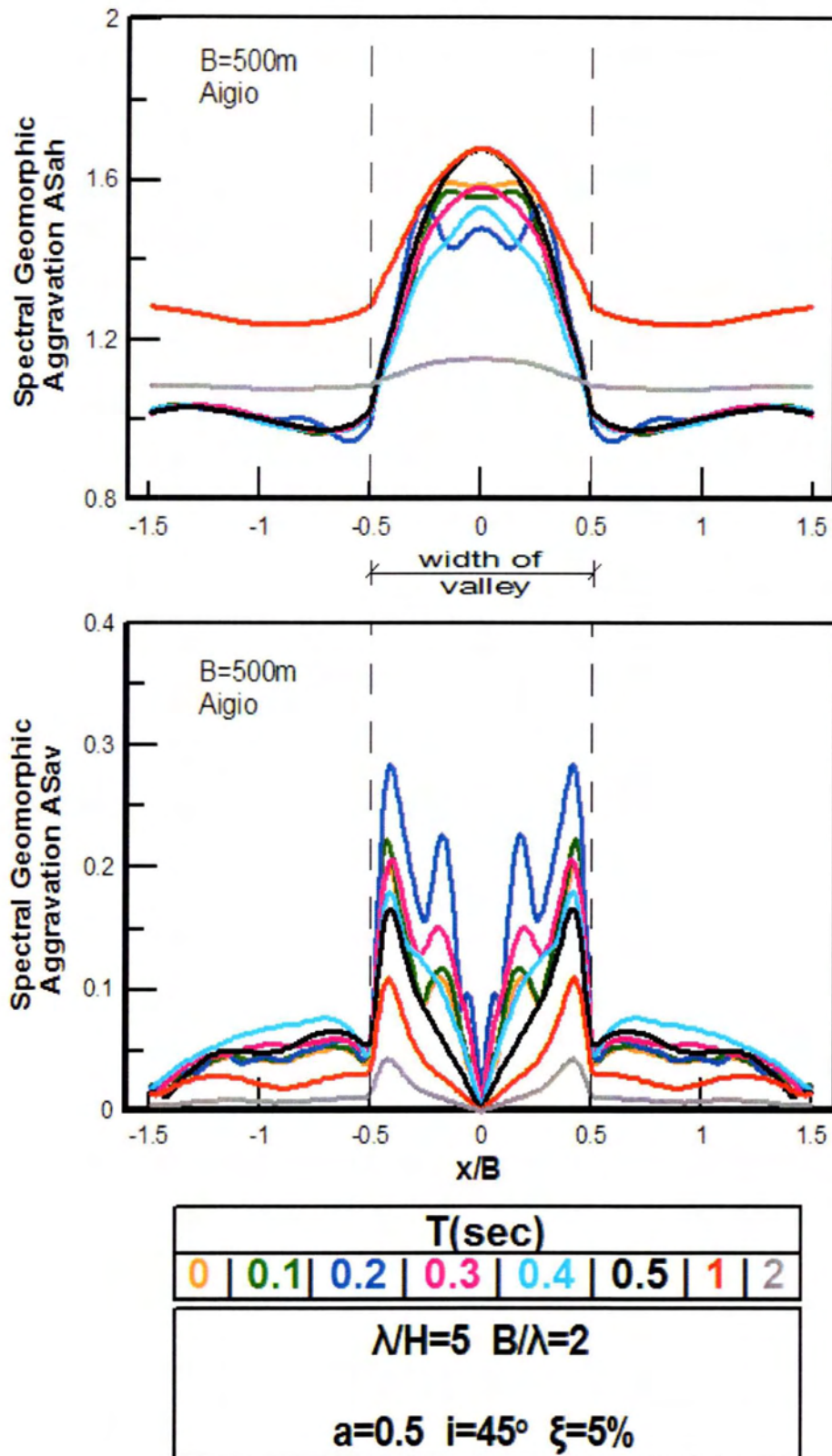
Σχήμα 4.8α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, *ανάλυσης* δ για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



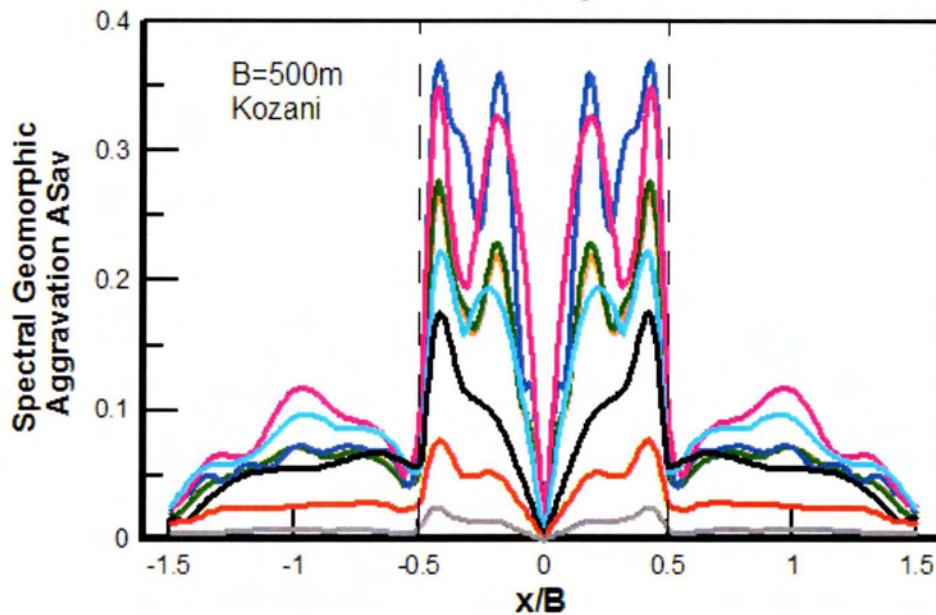
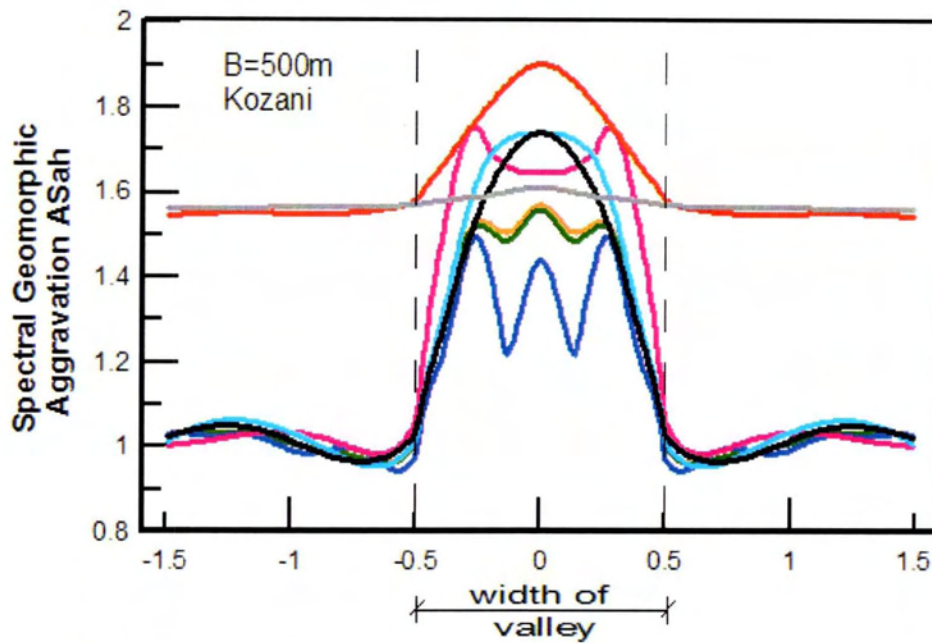
Σχήμα 4.8β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, *ανάλυσης* δ για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις



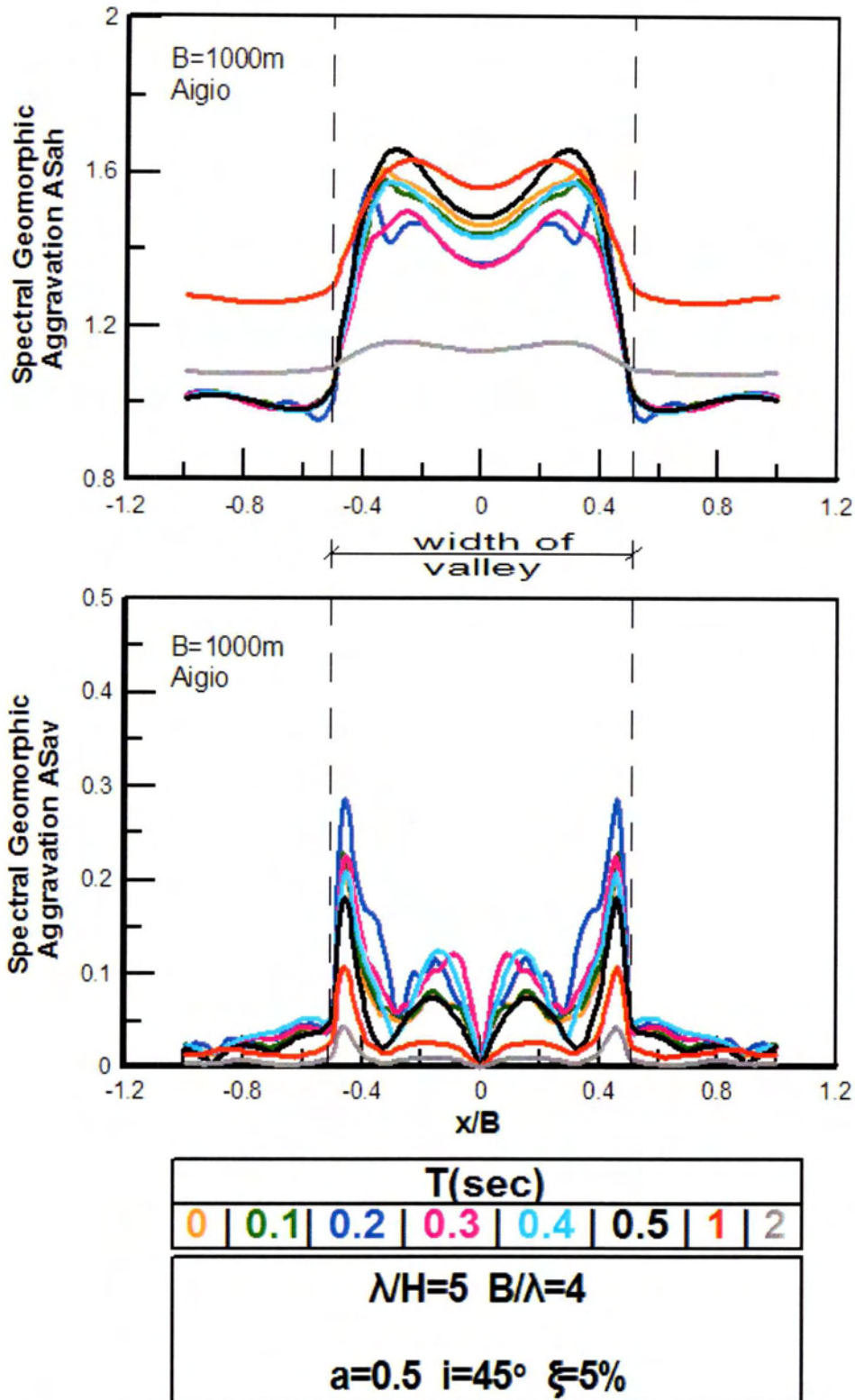
Σχήμα 4.9α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 9 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις

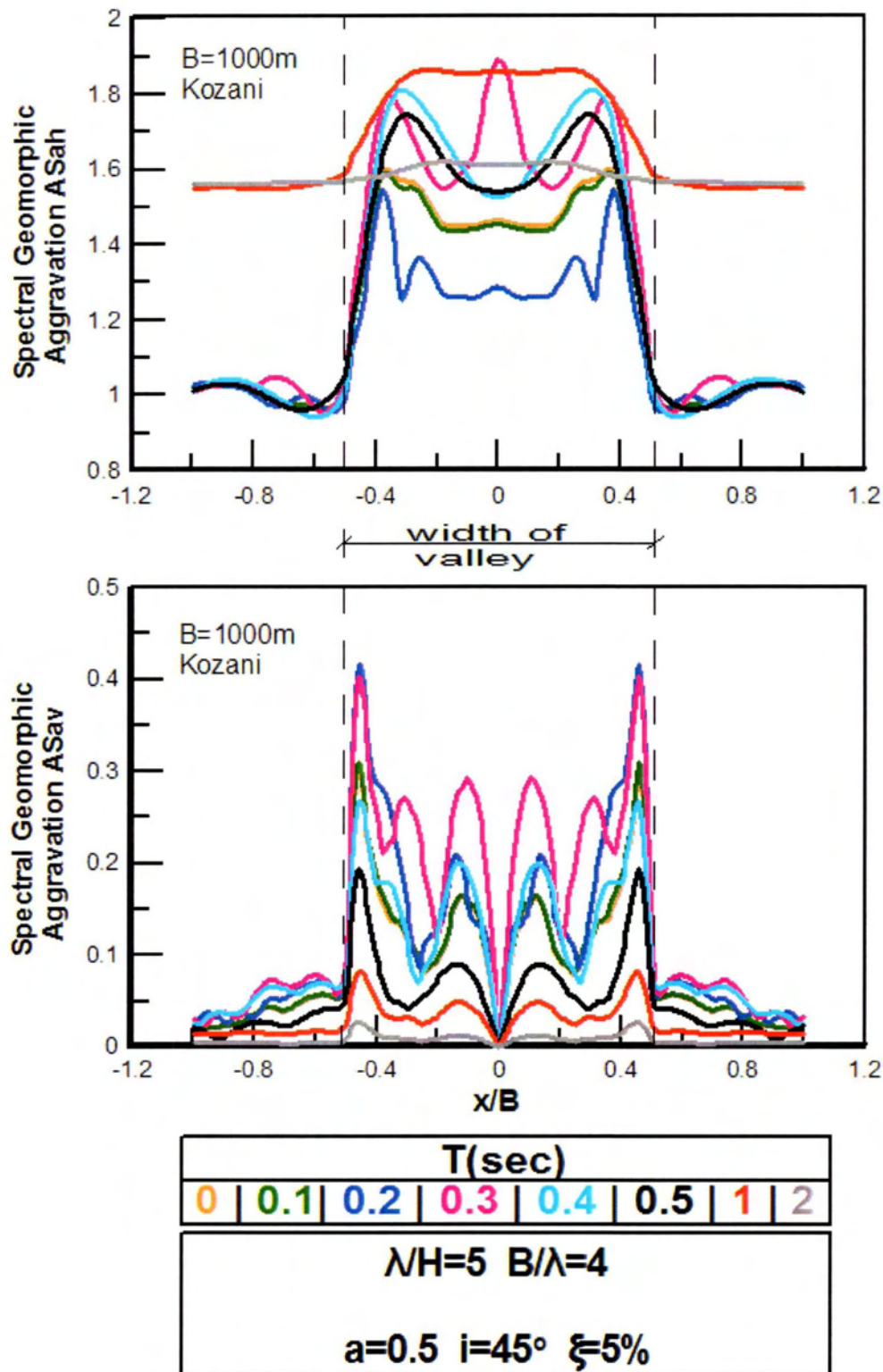


T(sec)							
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2
$NH=5 \quad B/\lambda=2$							
$a=0.5 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$							

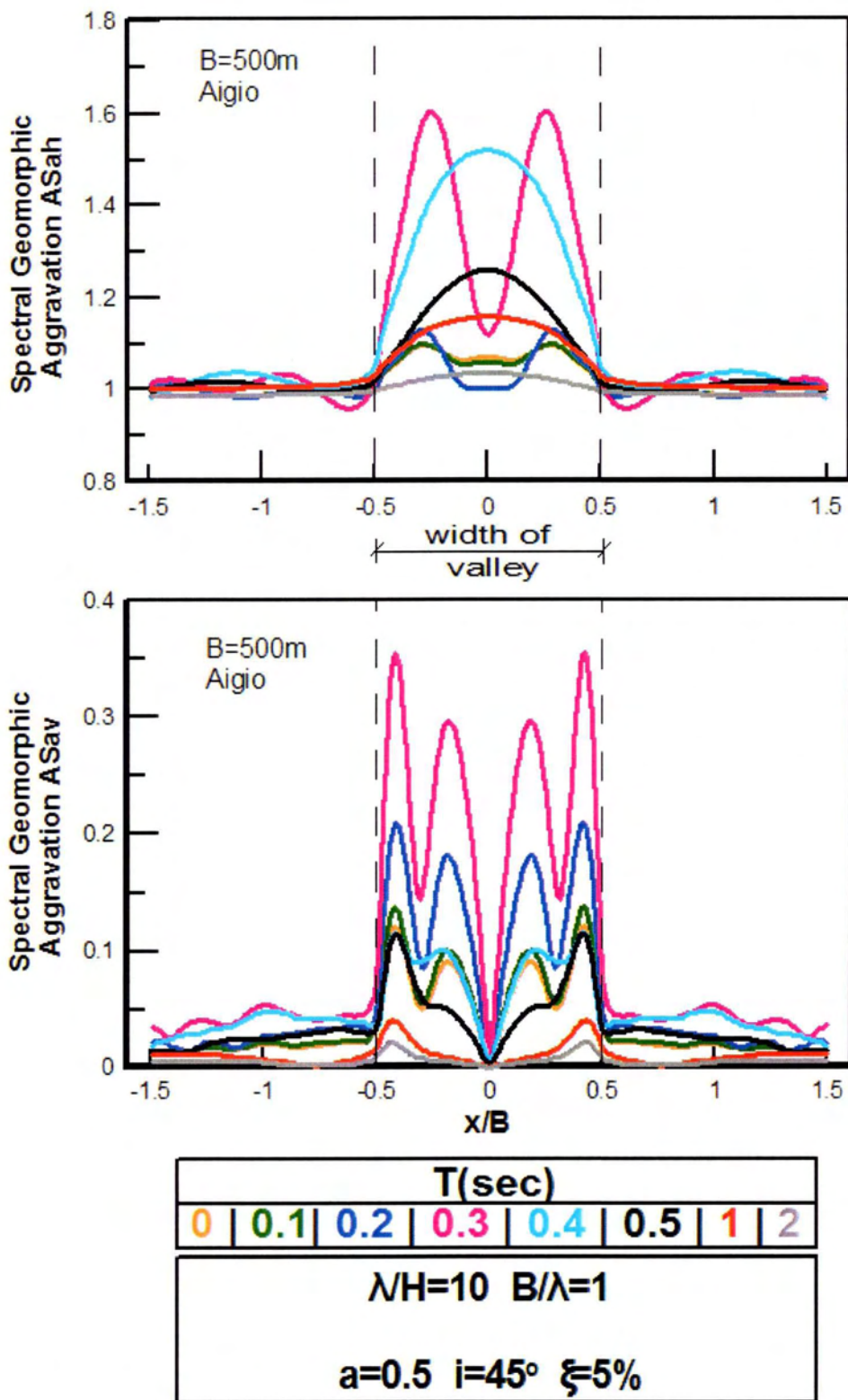
Σχήμα 4.9β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 9 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



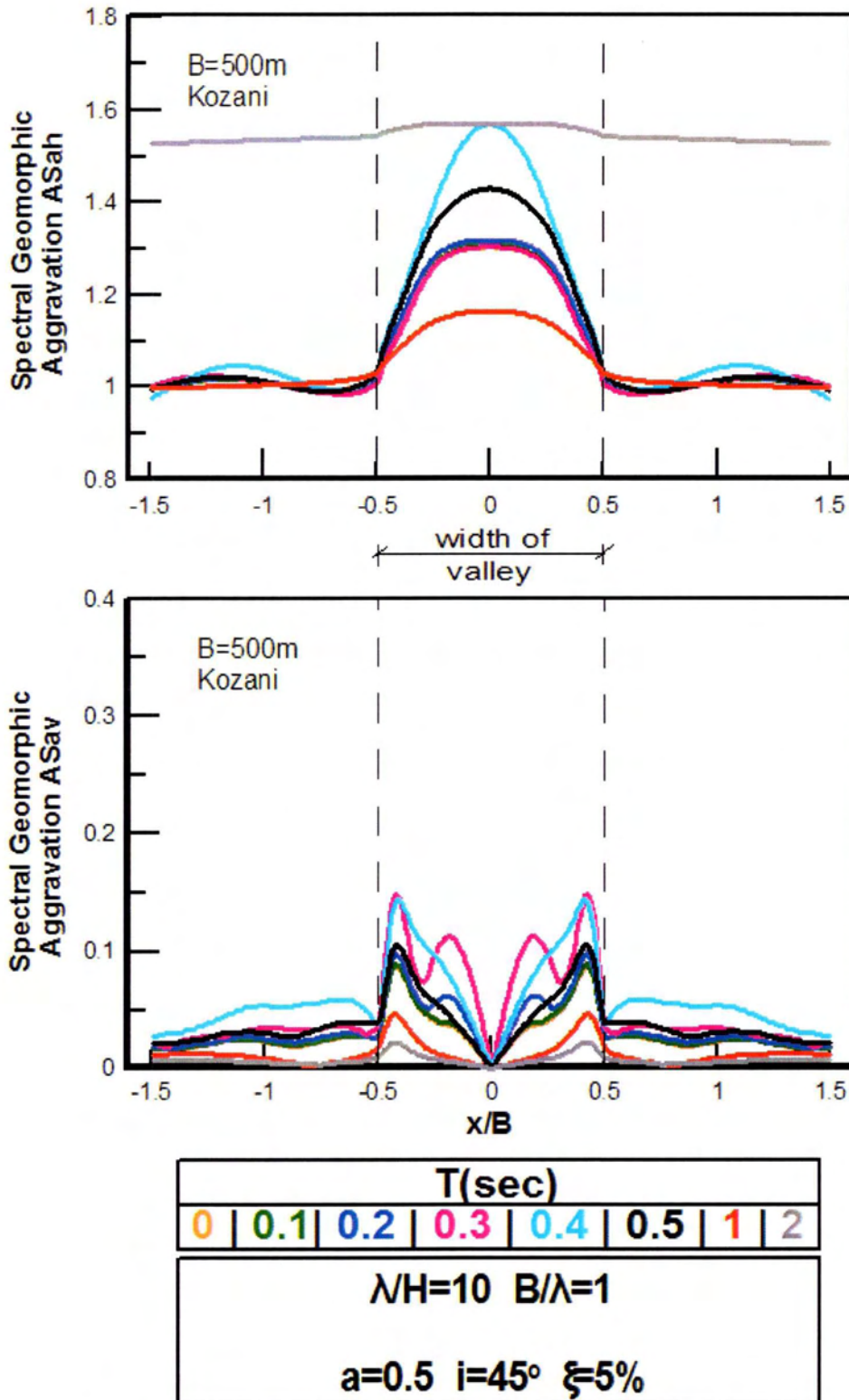
Σχήμα 4.10α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 10 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



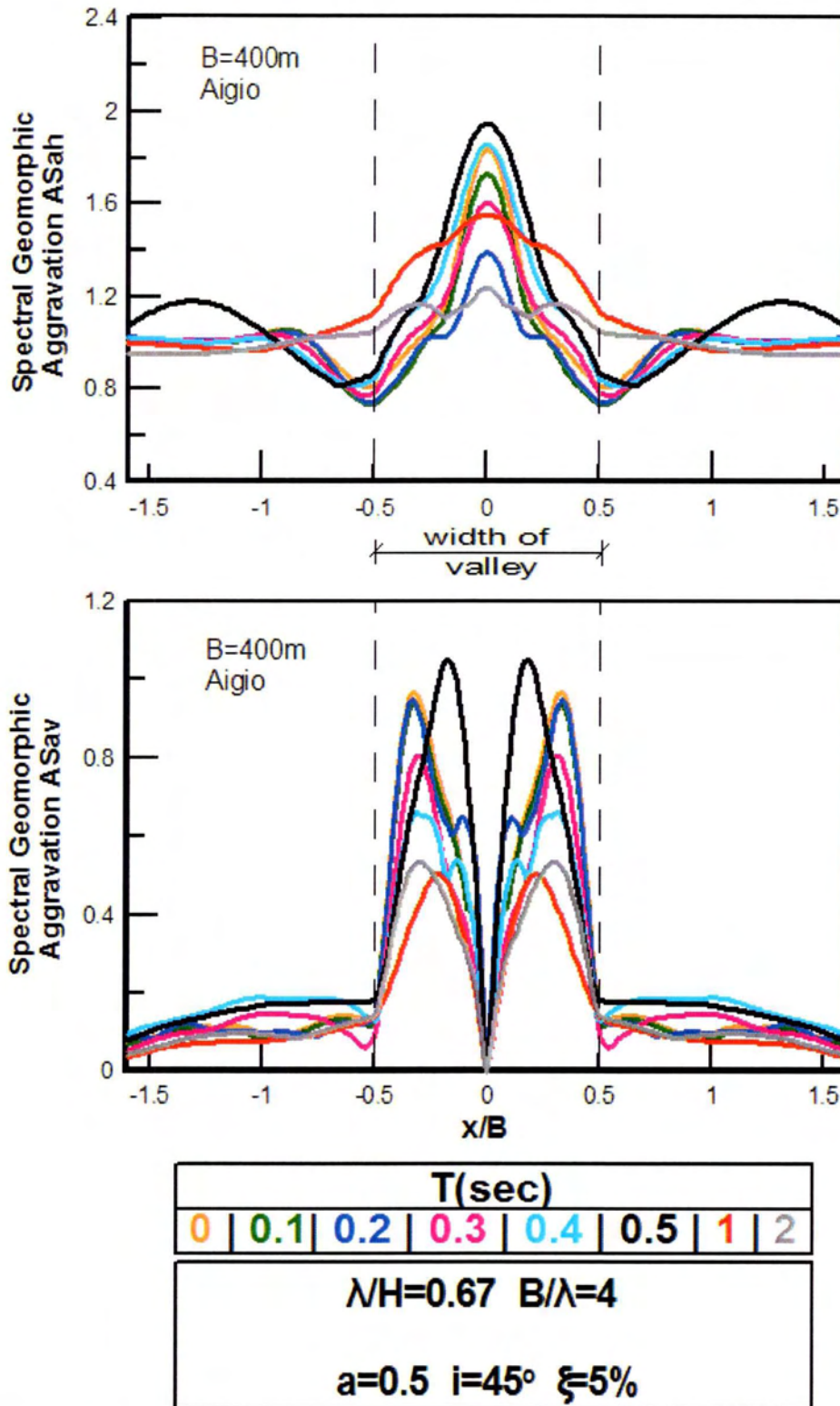
Σχήμα 4.10β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 10 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



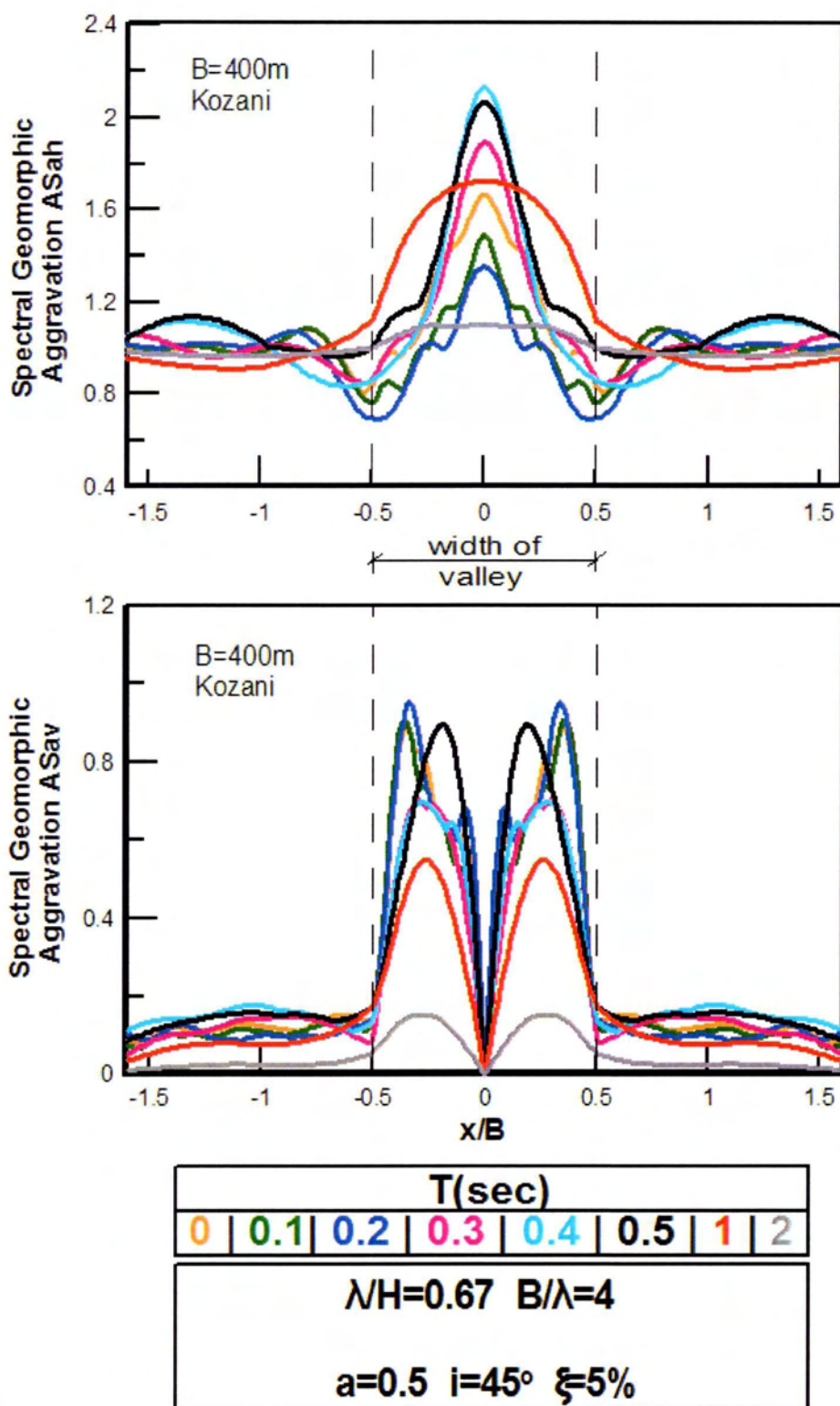
Σχήμα 4.11α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 11 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



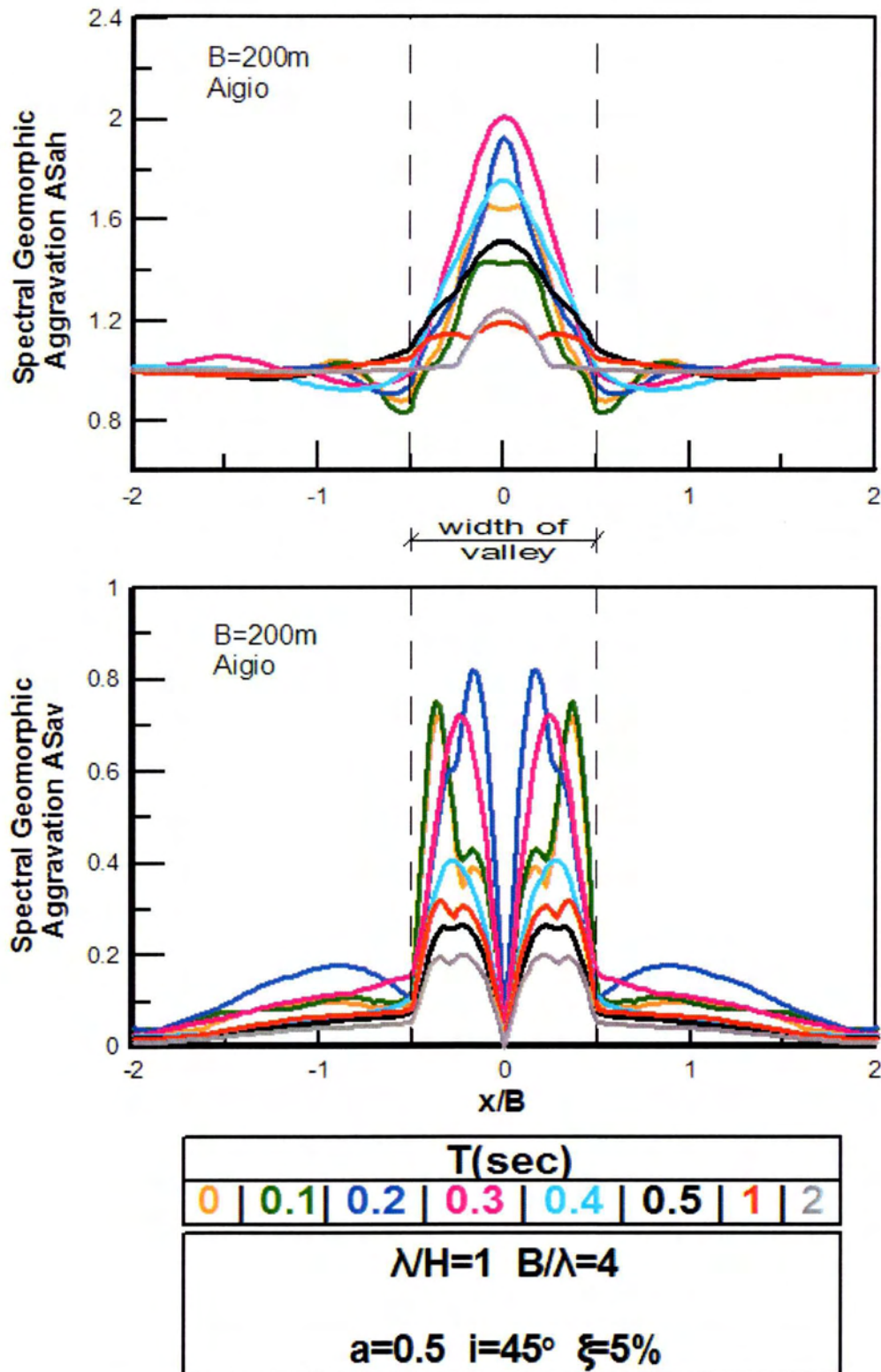
Σχήμα 4.11β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 11 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



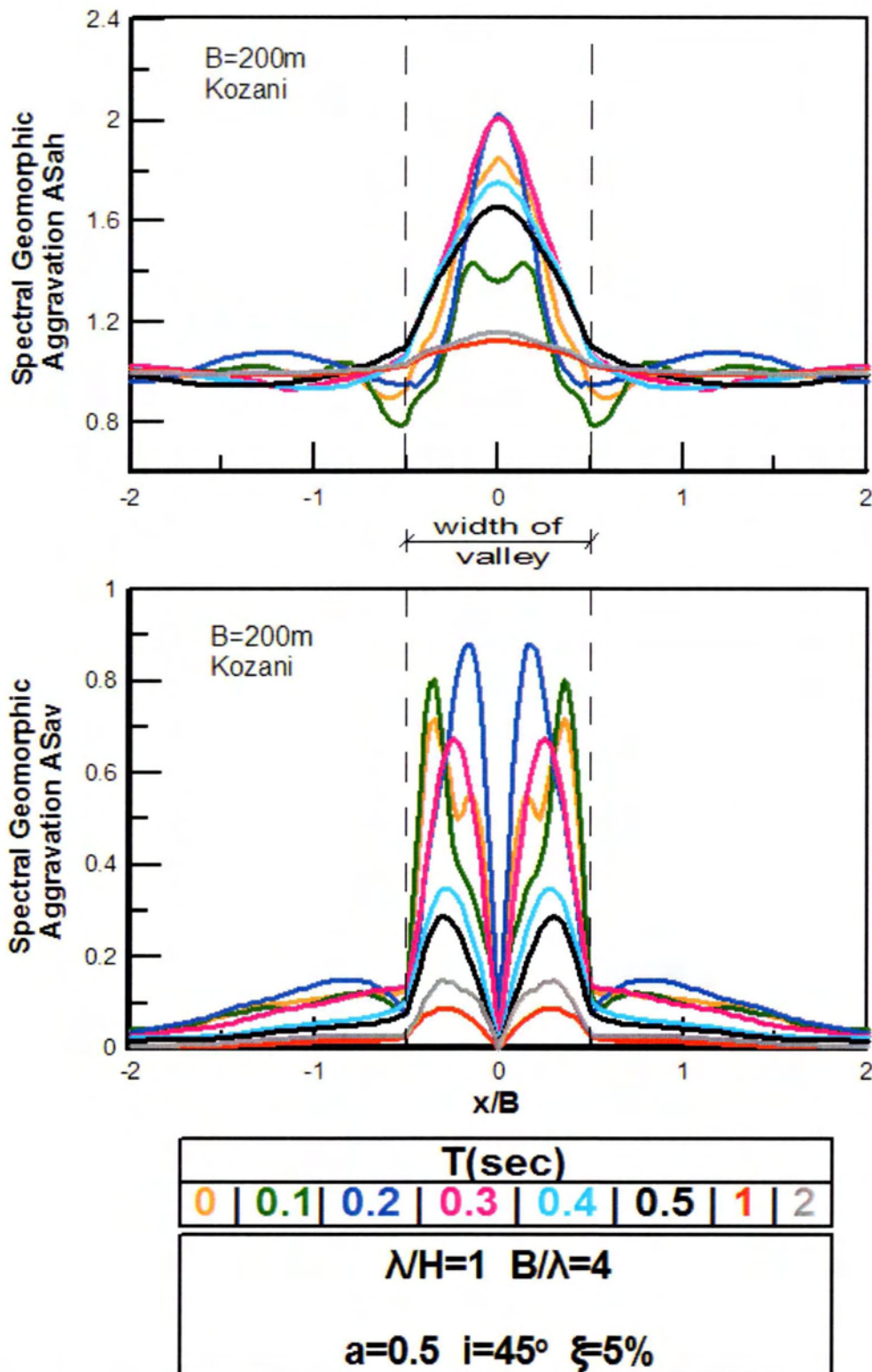
Σχήμα 4.12α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, *ανάλυσης 13* για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



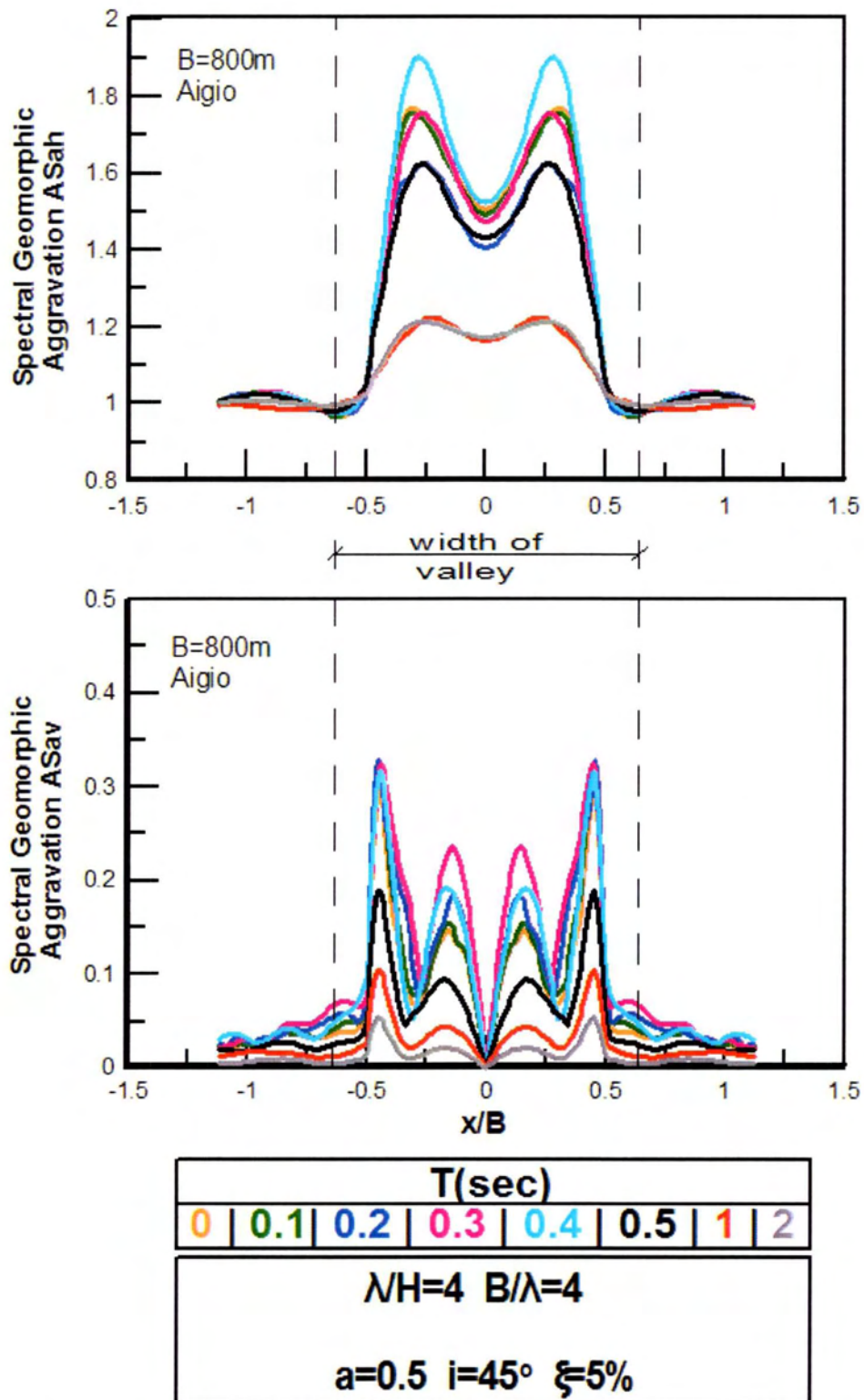
Σχήμα 4.12β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 13 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



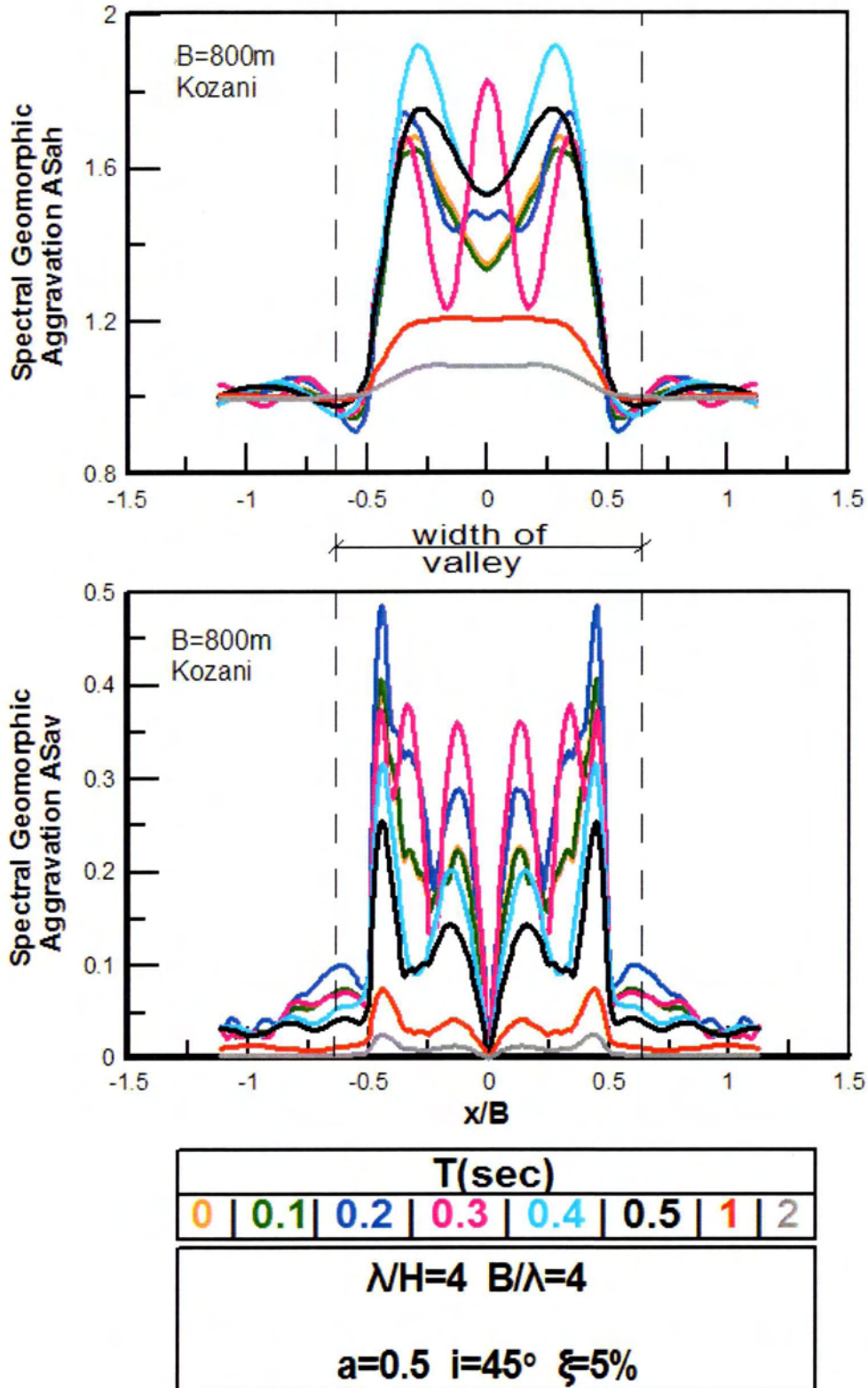
Σχήμα 4.13α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 14 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



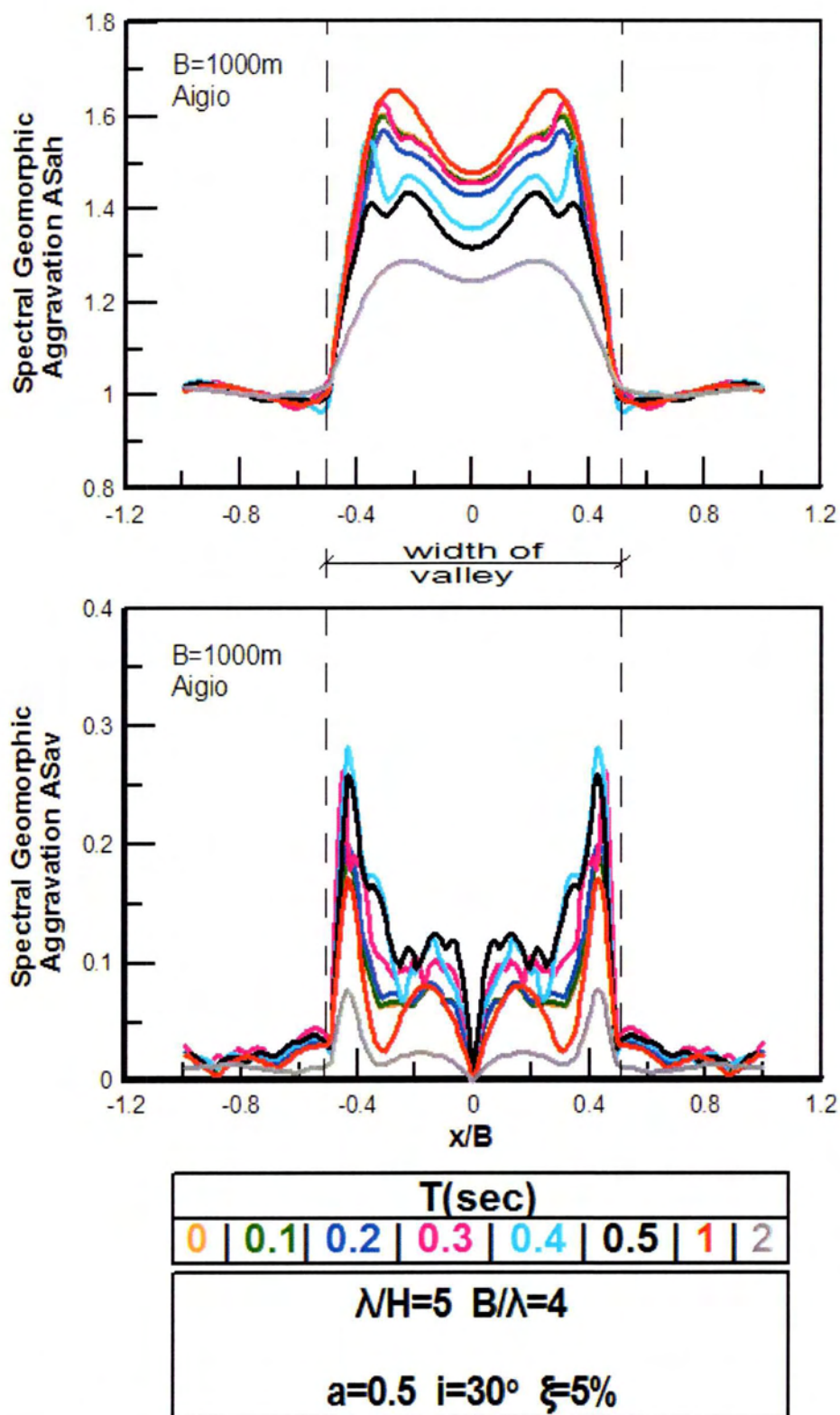
Σχήμα 4.13β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 14 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



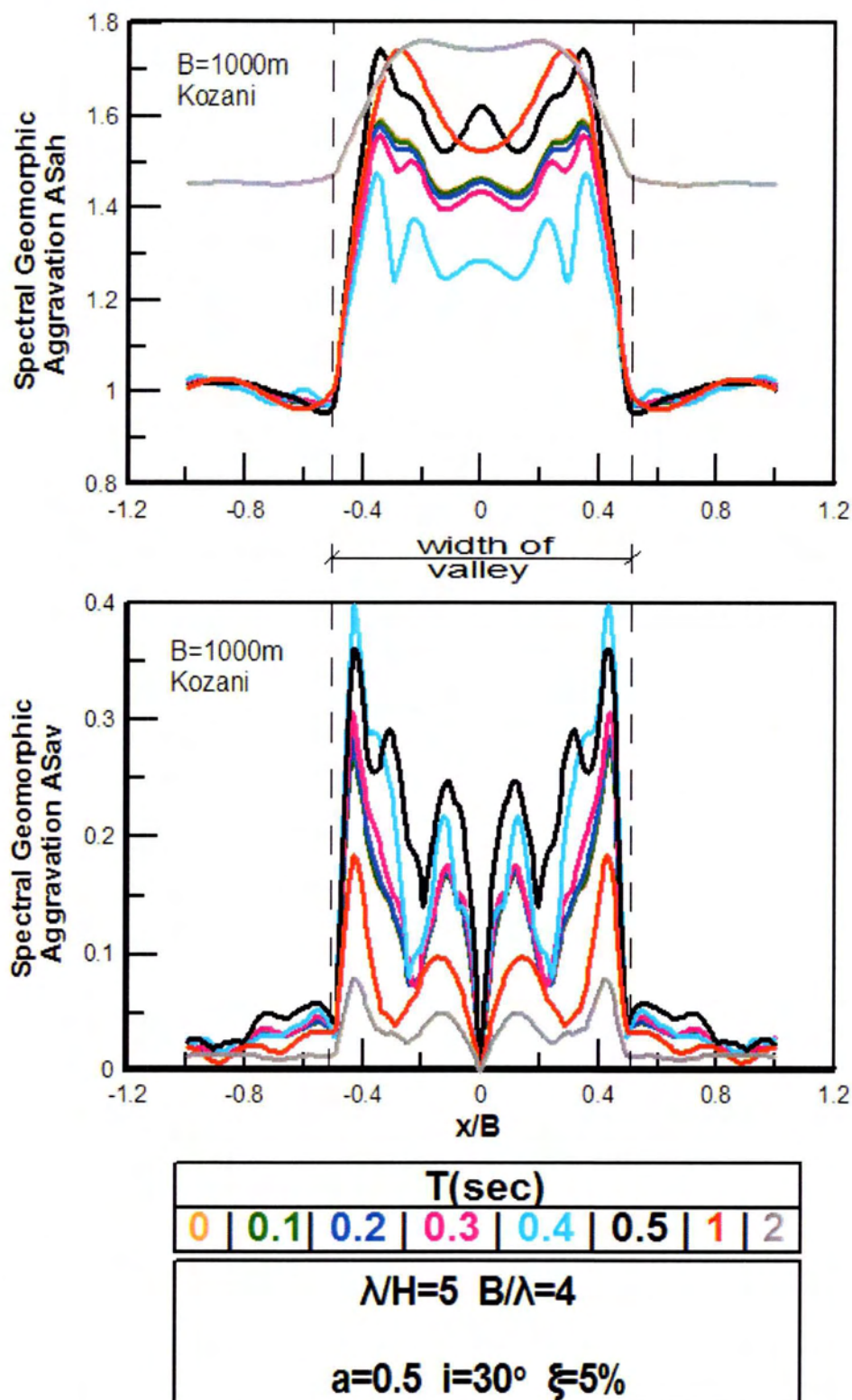
Σχήμα 4.14α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 15 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



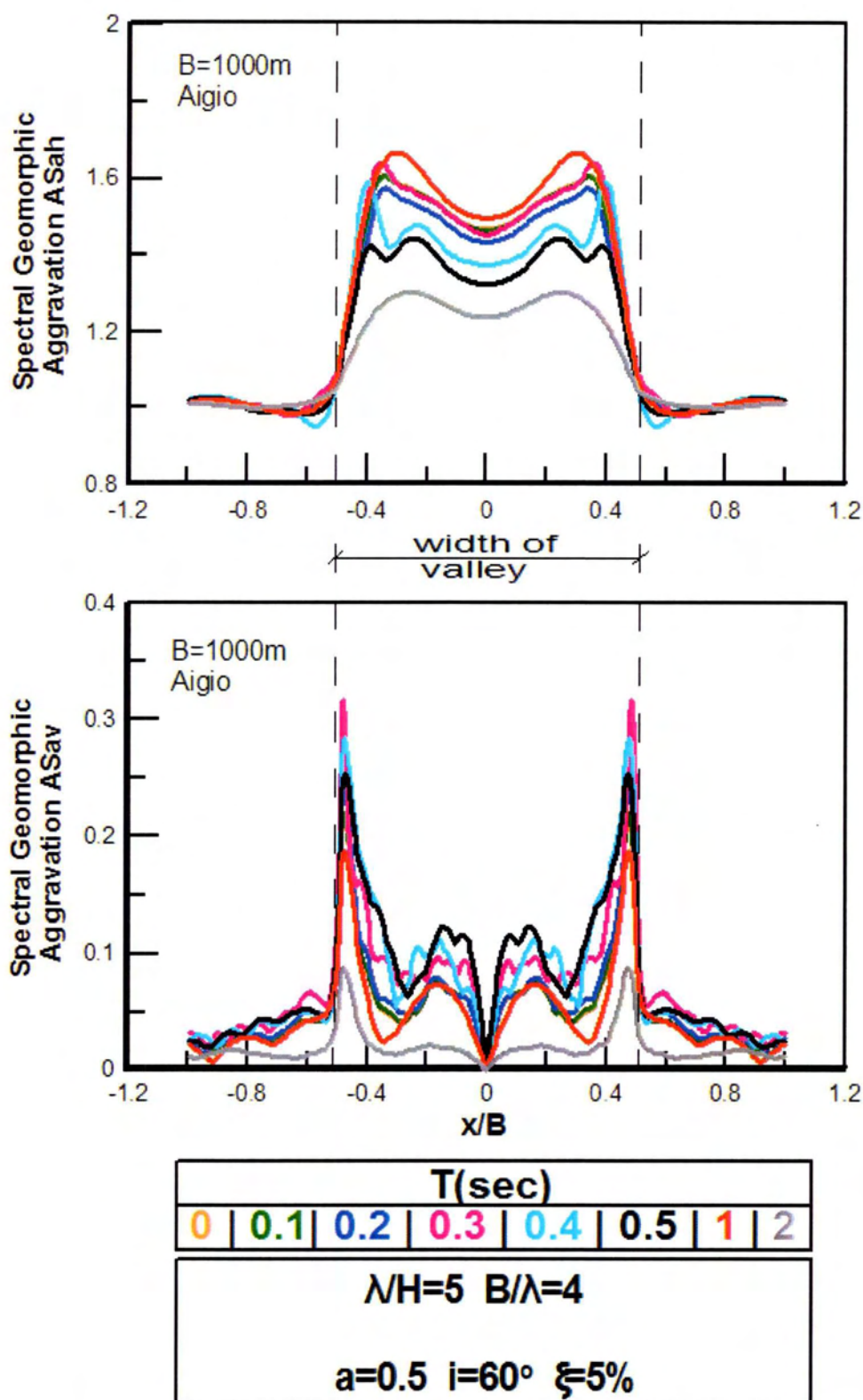
Σχήμα 4.14β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 15 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.15α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 16 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

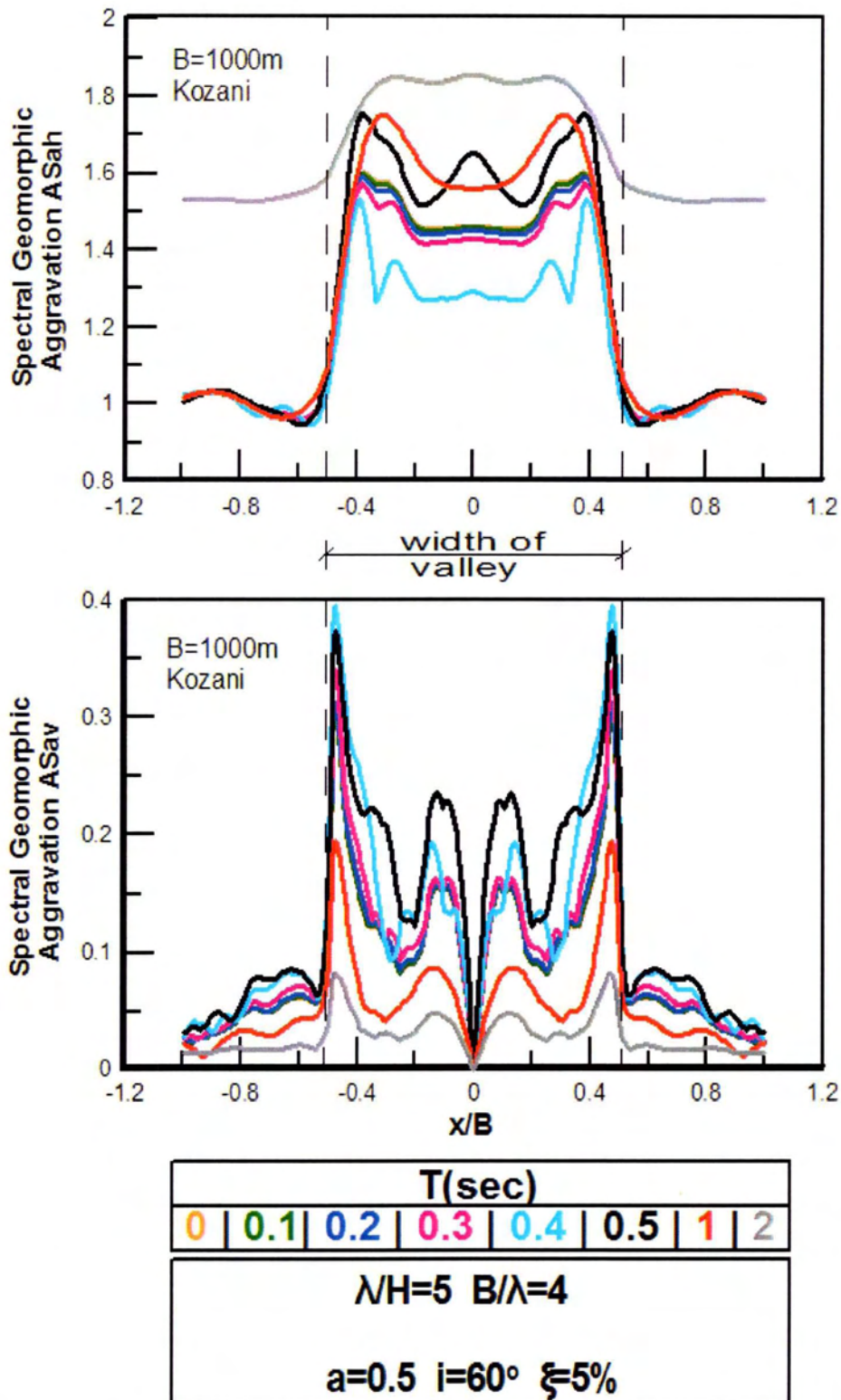


Σχήμα 4.15β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 16 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.

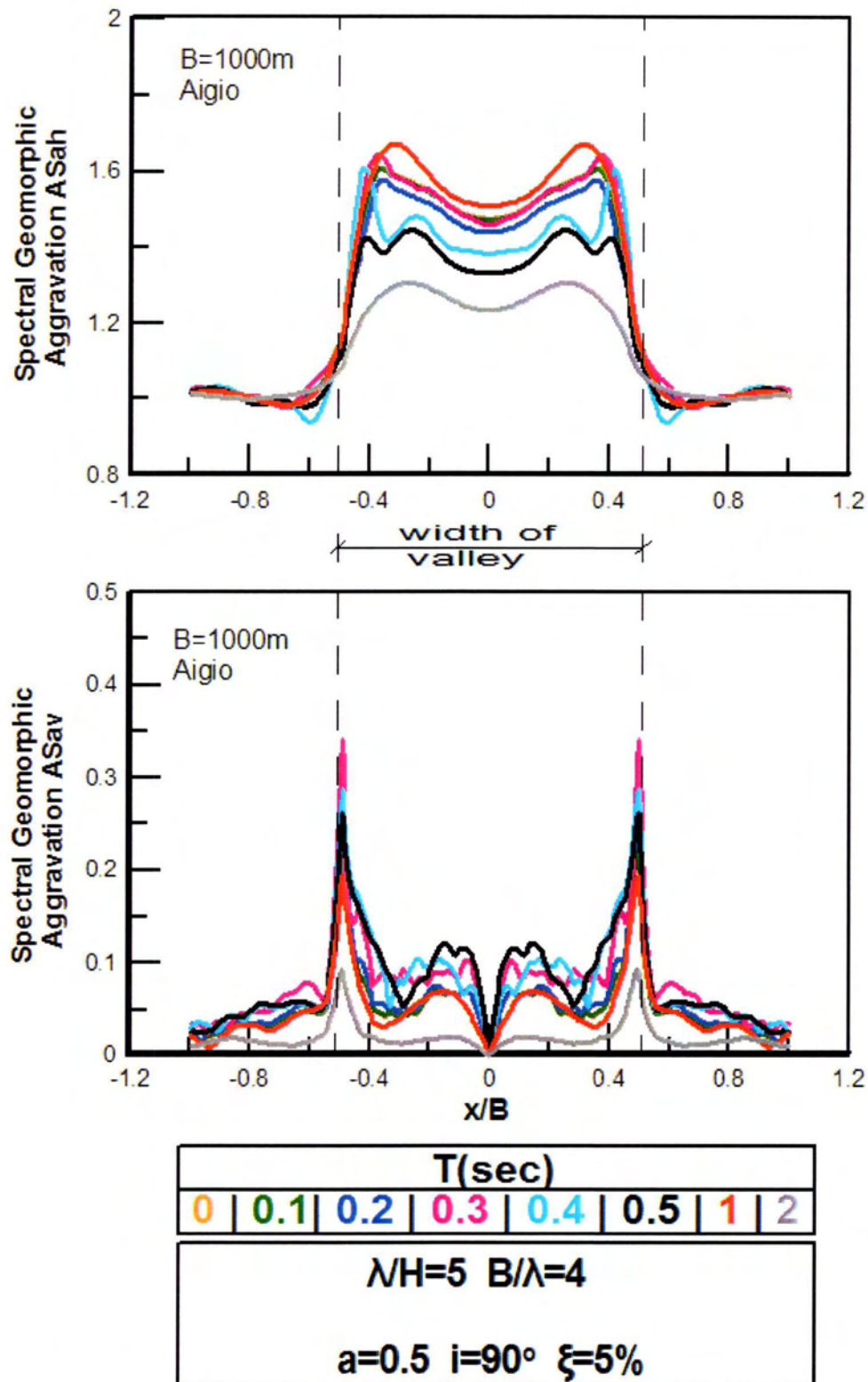


Σχήμα 4.16α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 17 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

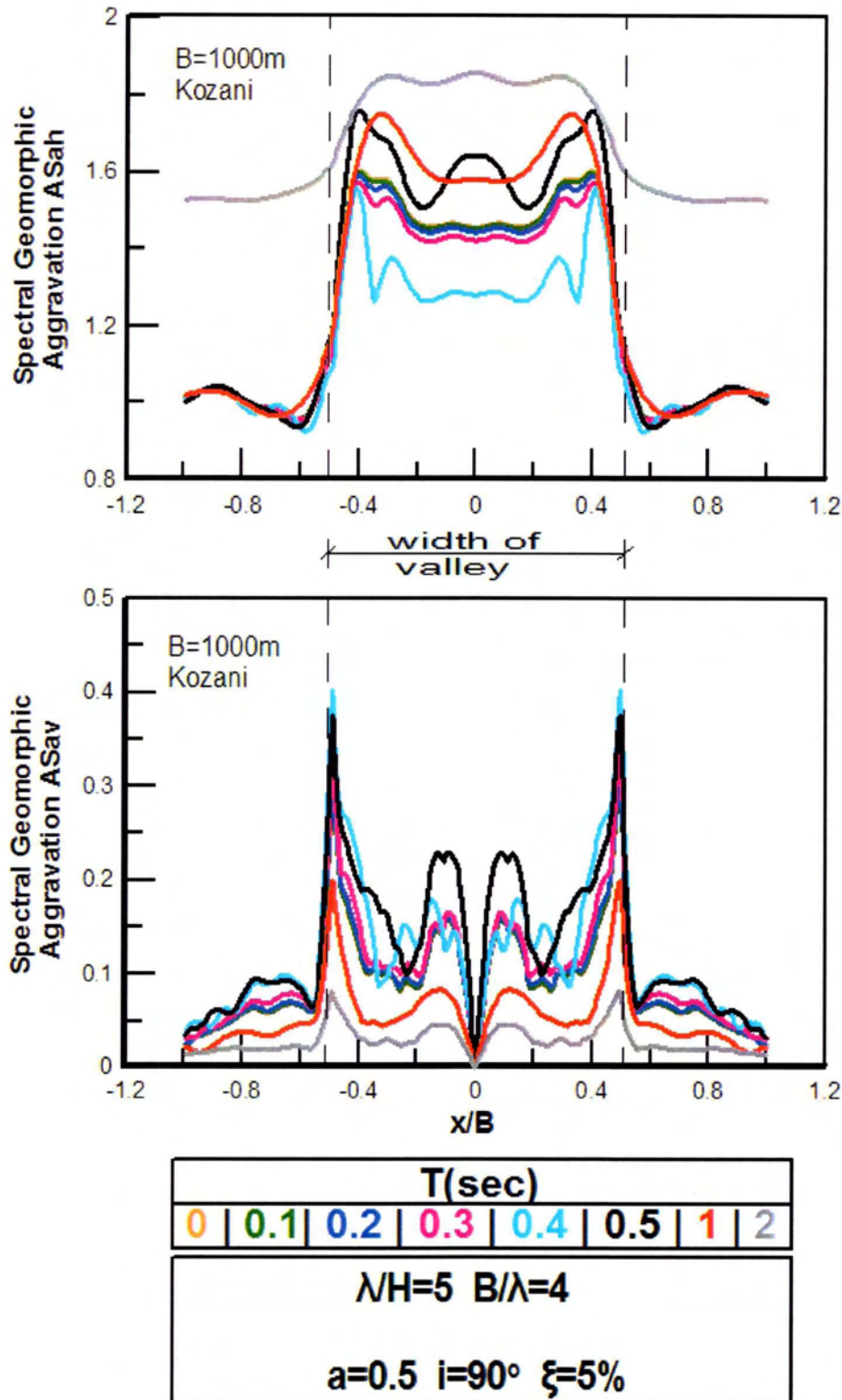
*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
 υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*



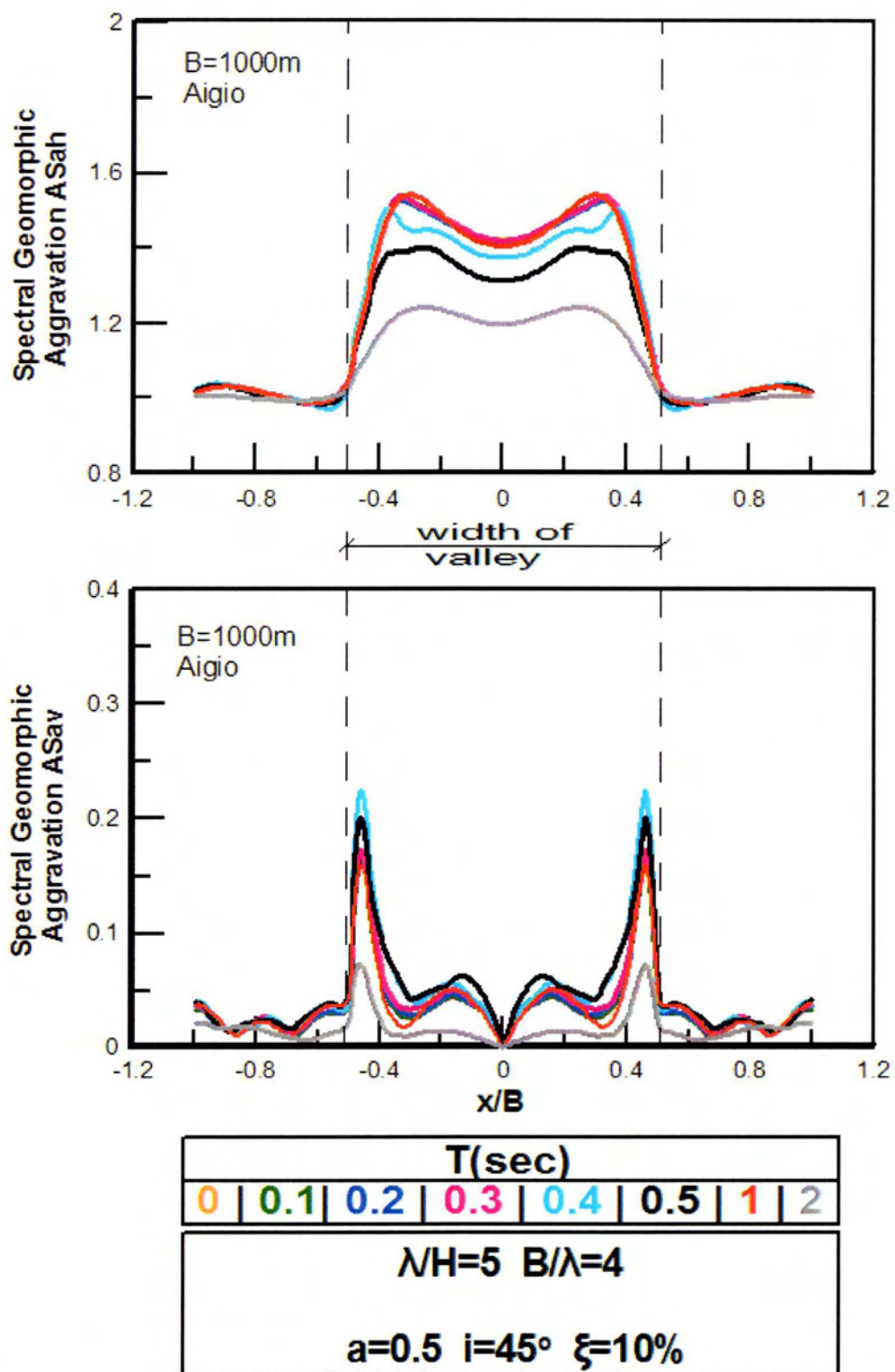
Σχήμα 4.16β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 17 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



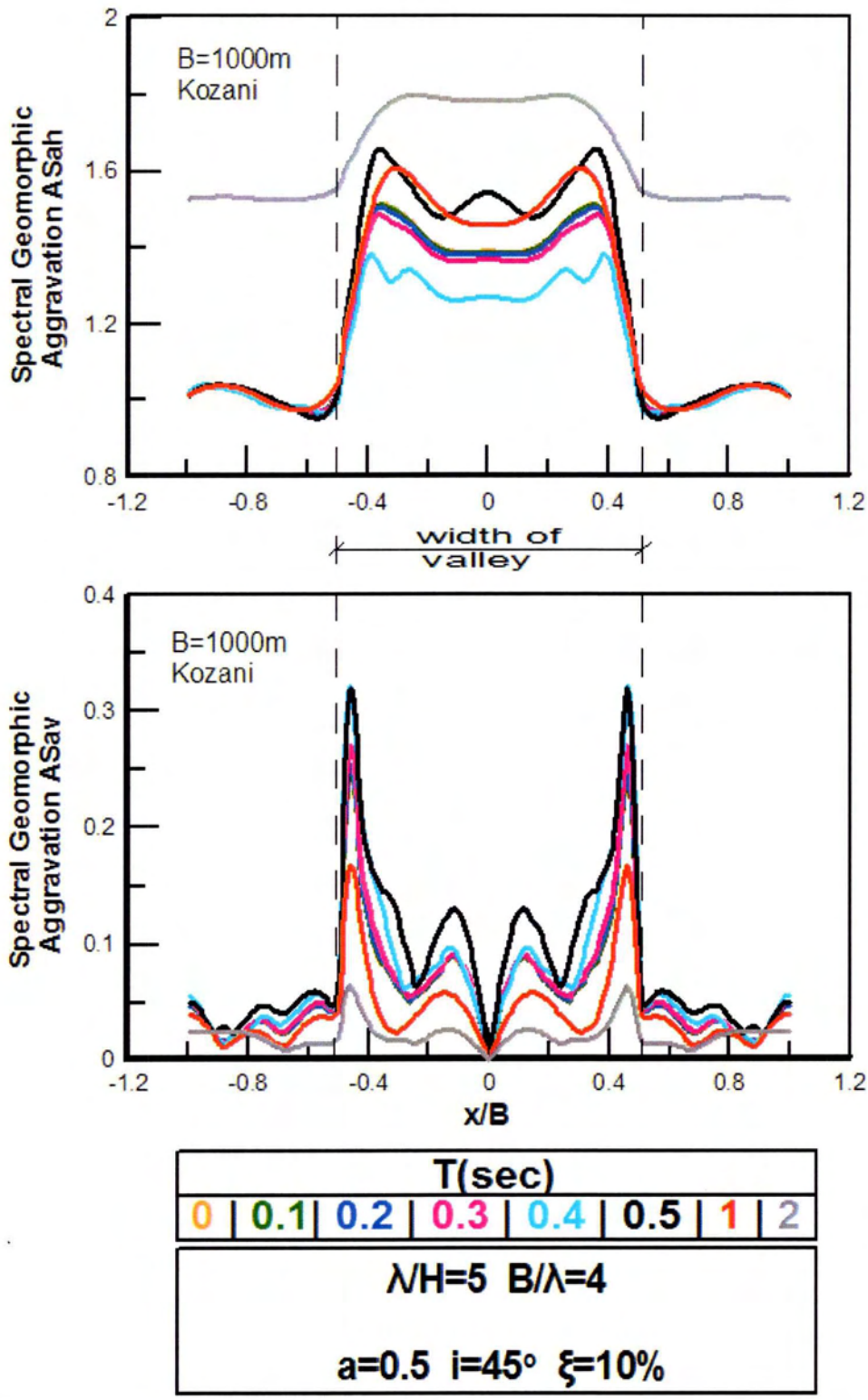
Σχήμα 4.17α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 18 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



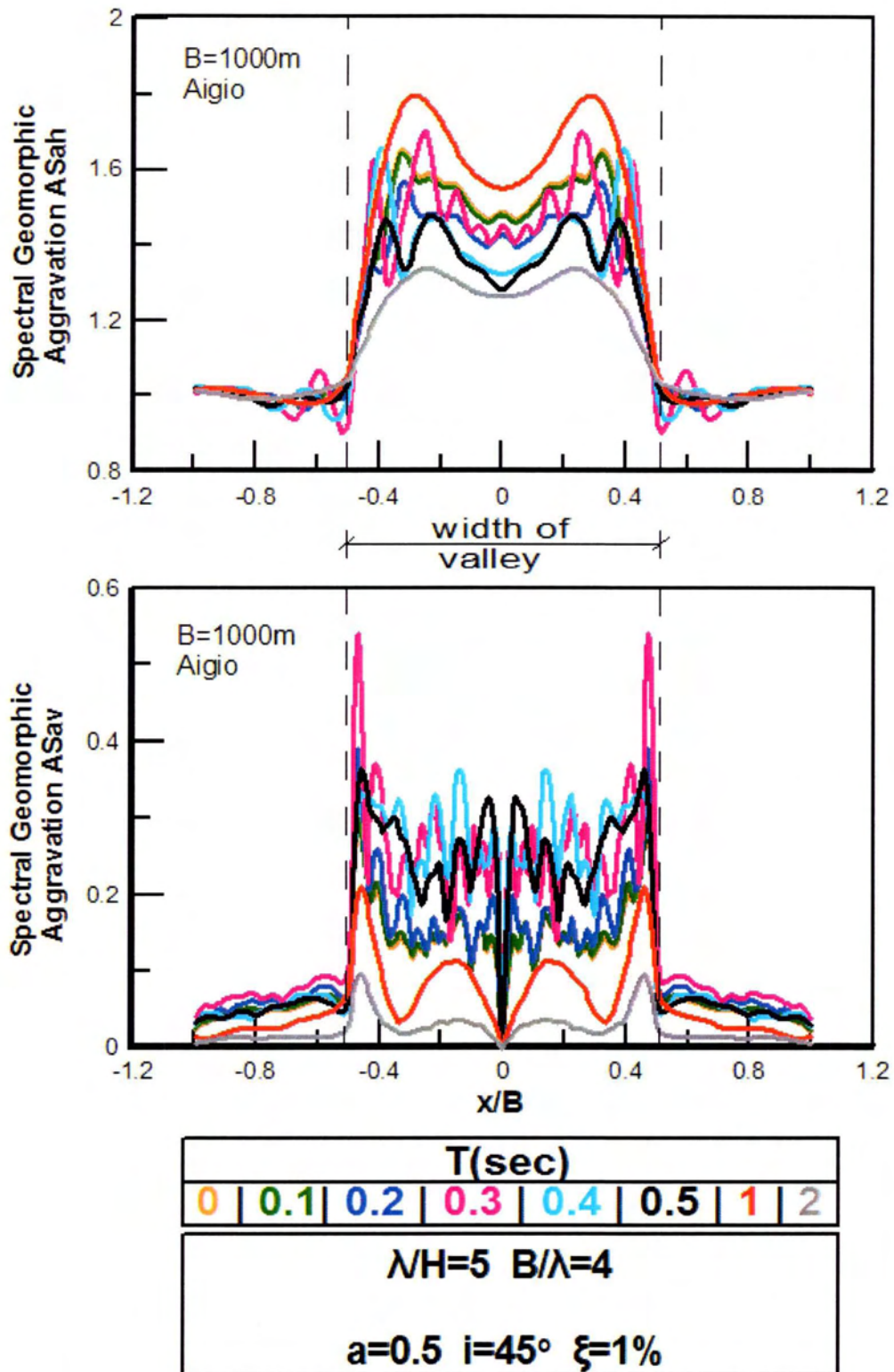
Σχήμα 4.17β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 18 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



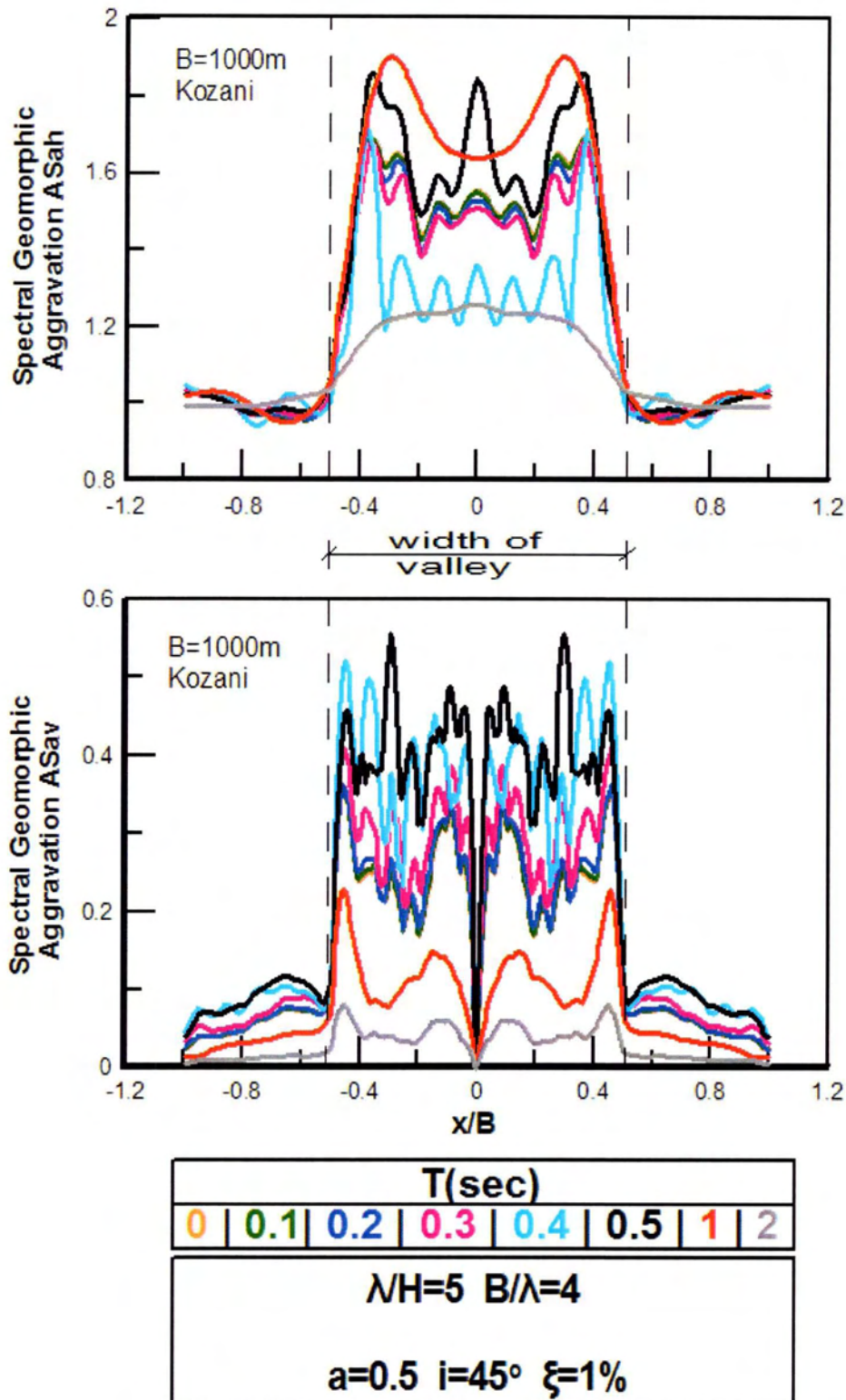
Σχήμα 4.18α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 19 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



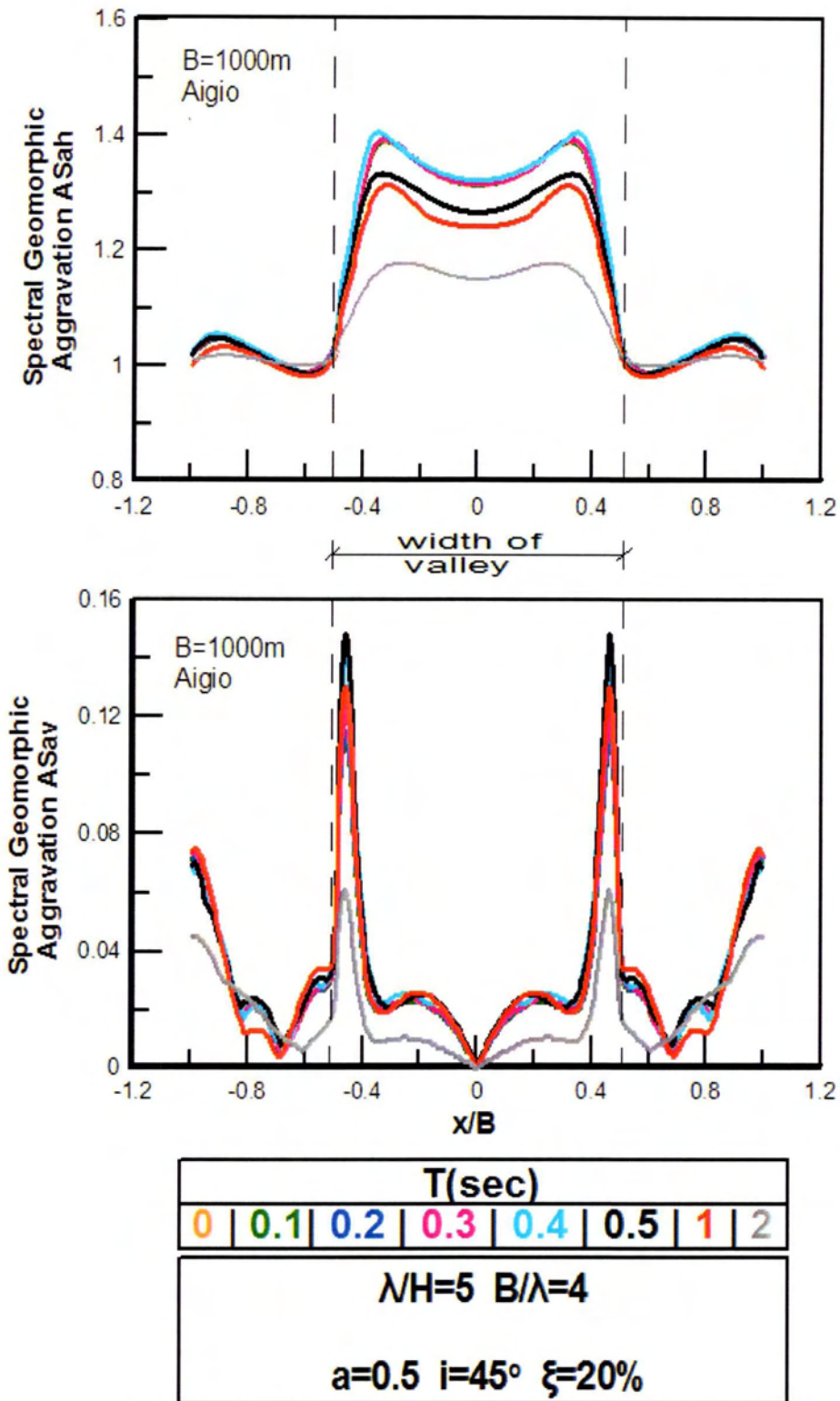
Σχήμα 4.18β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 19 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



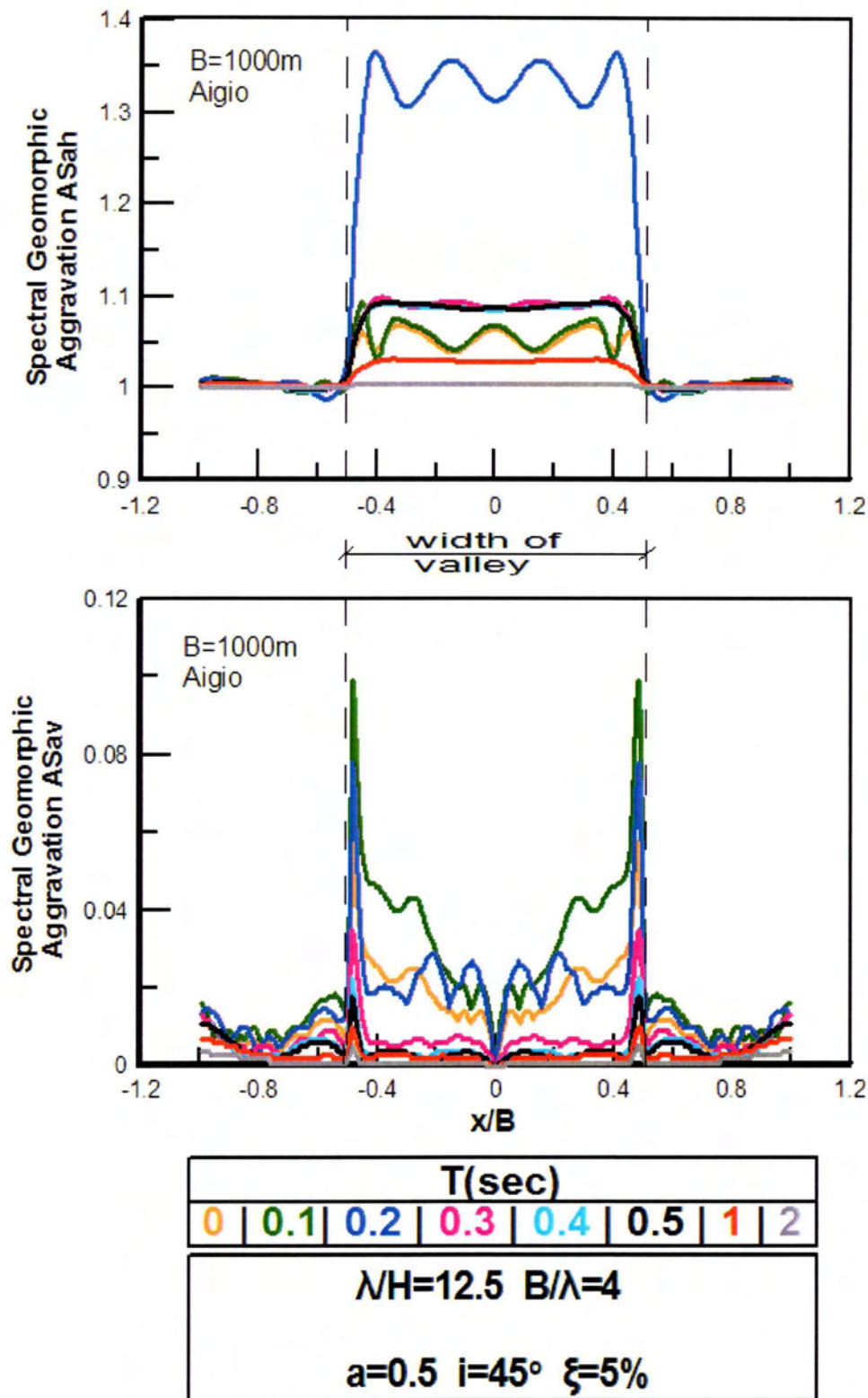
Σχήμα 4.19α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 20 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



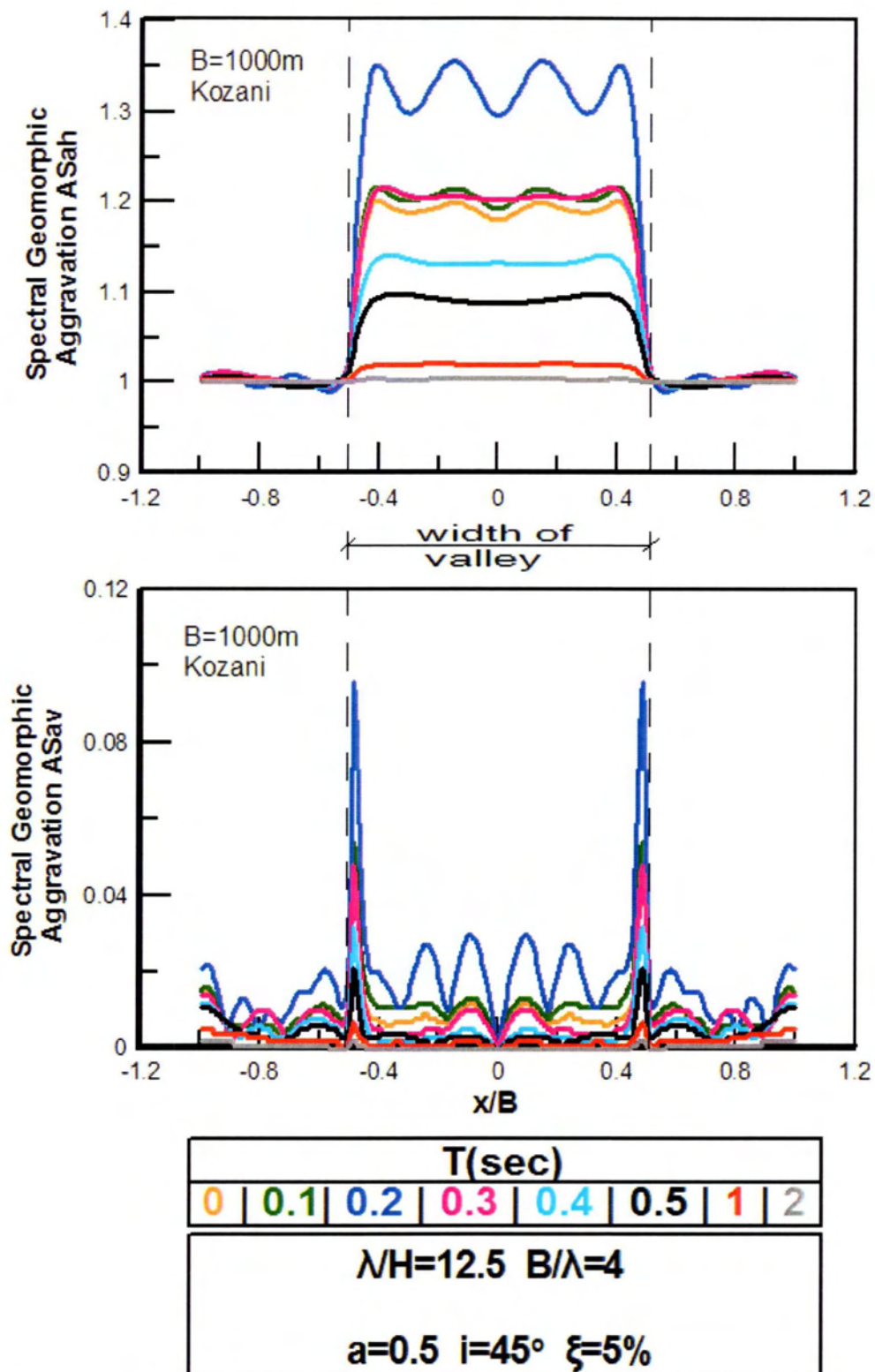
Σχήμα 4.19β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 20 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



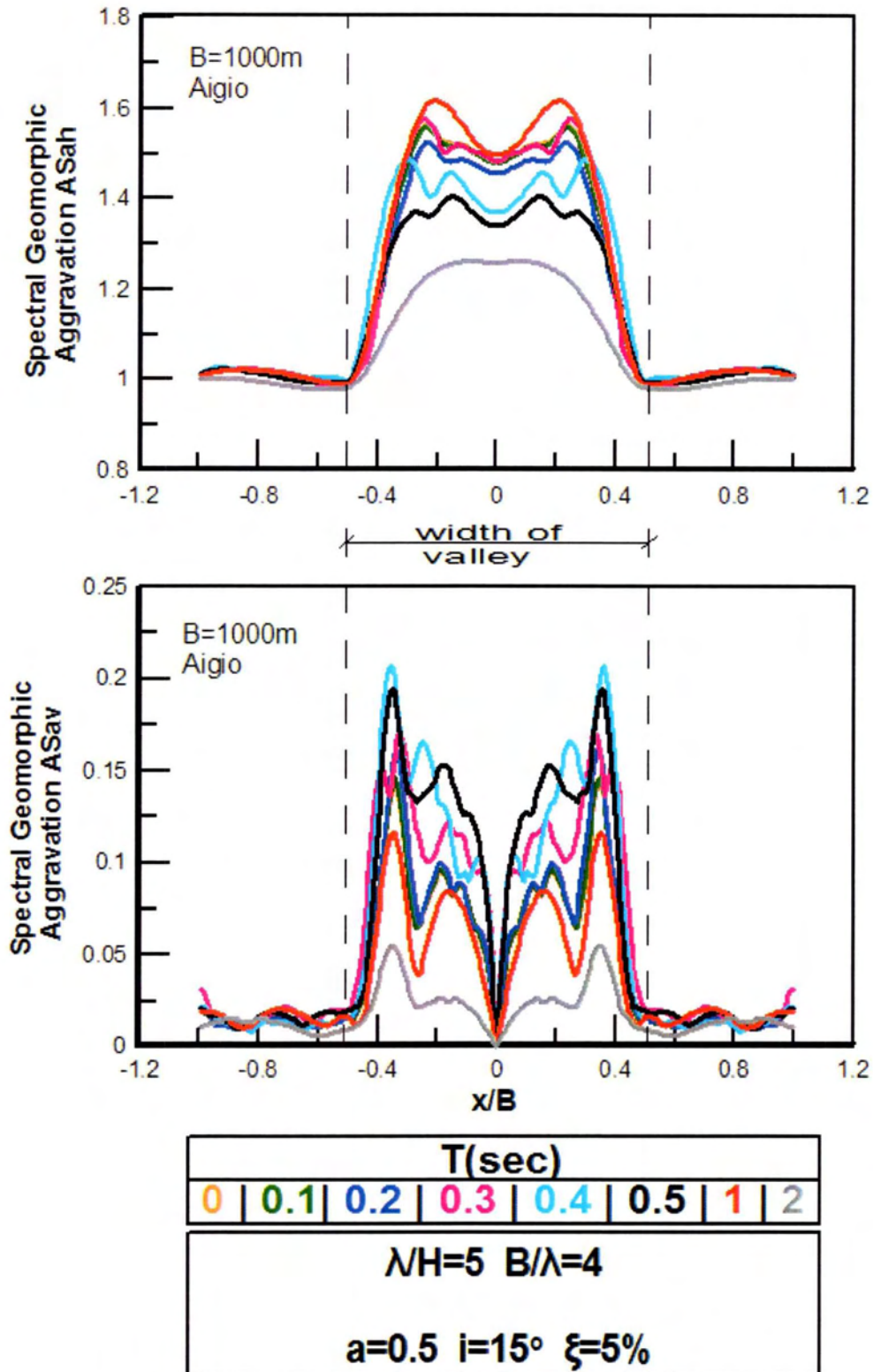
Σχήμα 4.20α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 21 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



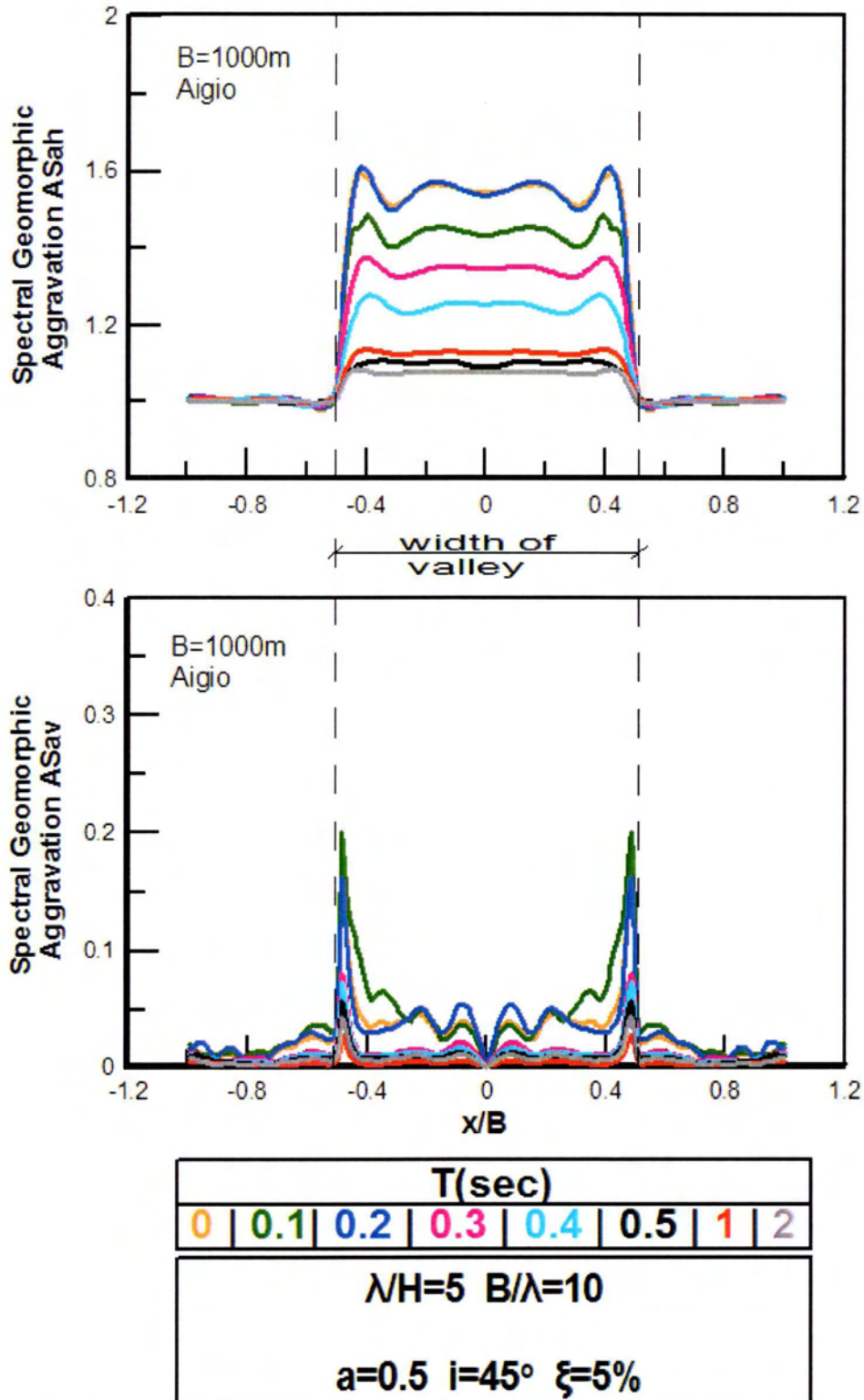
Σχήμα 4.21α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 22 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



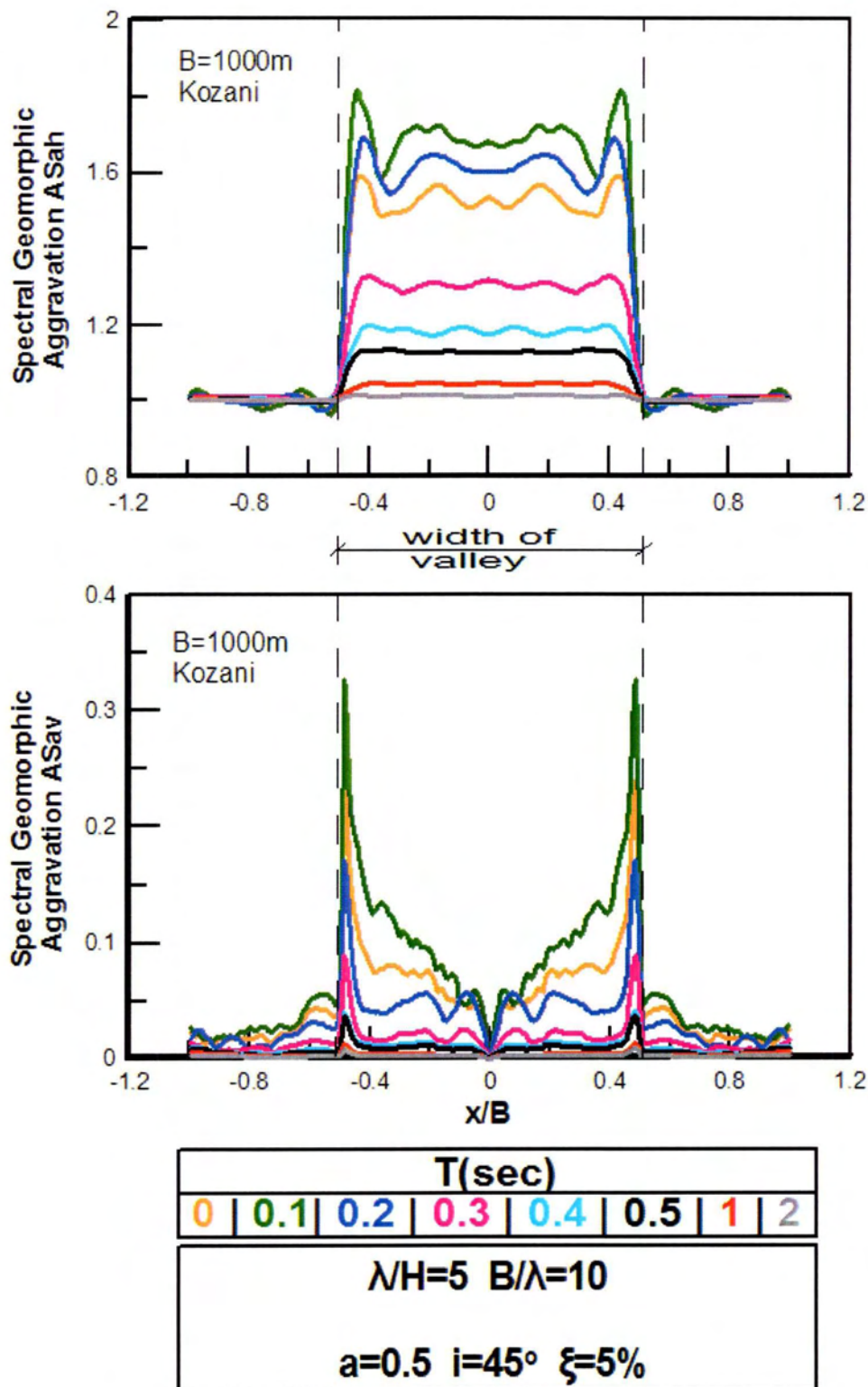
Σχήμα 4.21β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 22 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



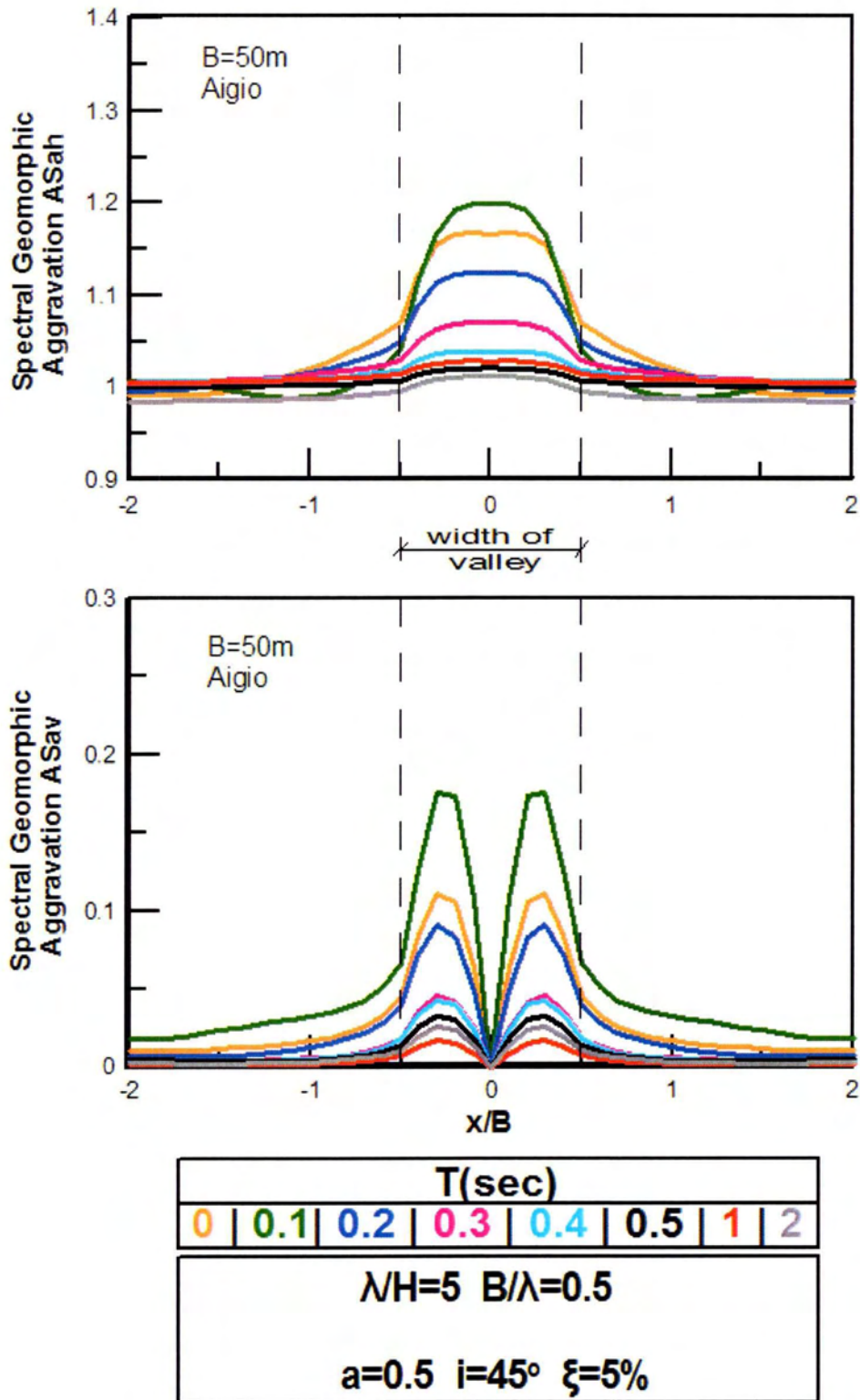
Σχήμα 4.22α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 23 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



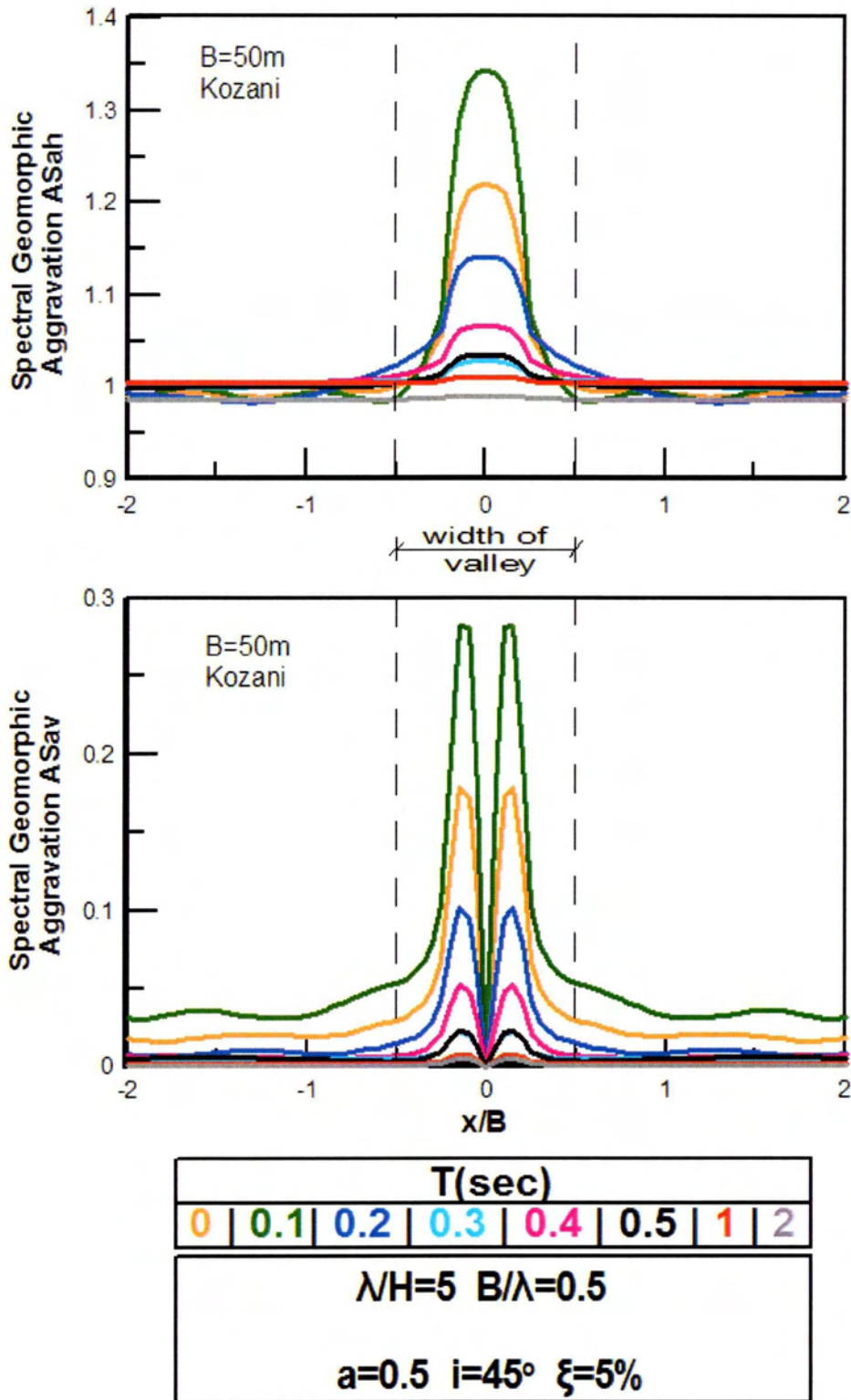
Σχήμα 4.23α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 24 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



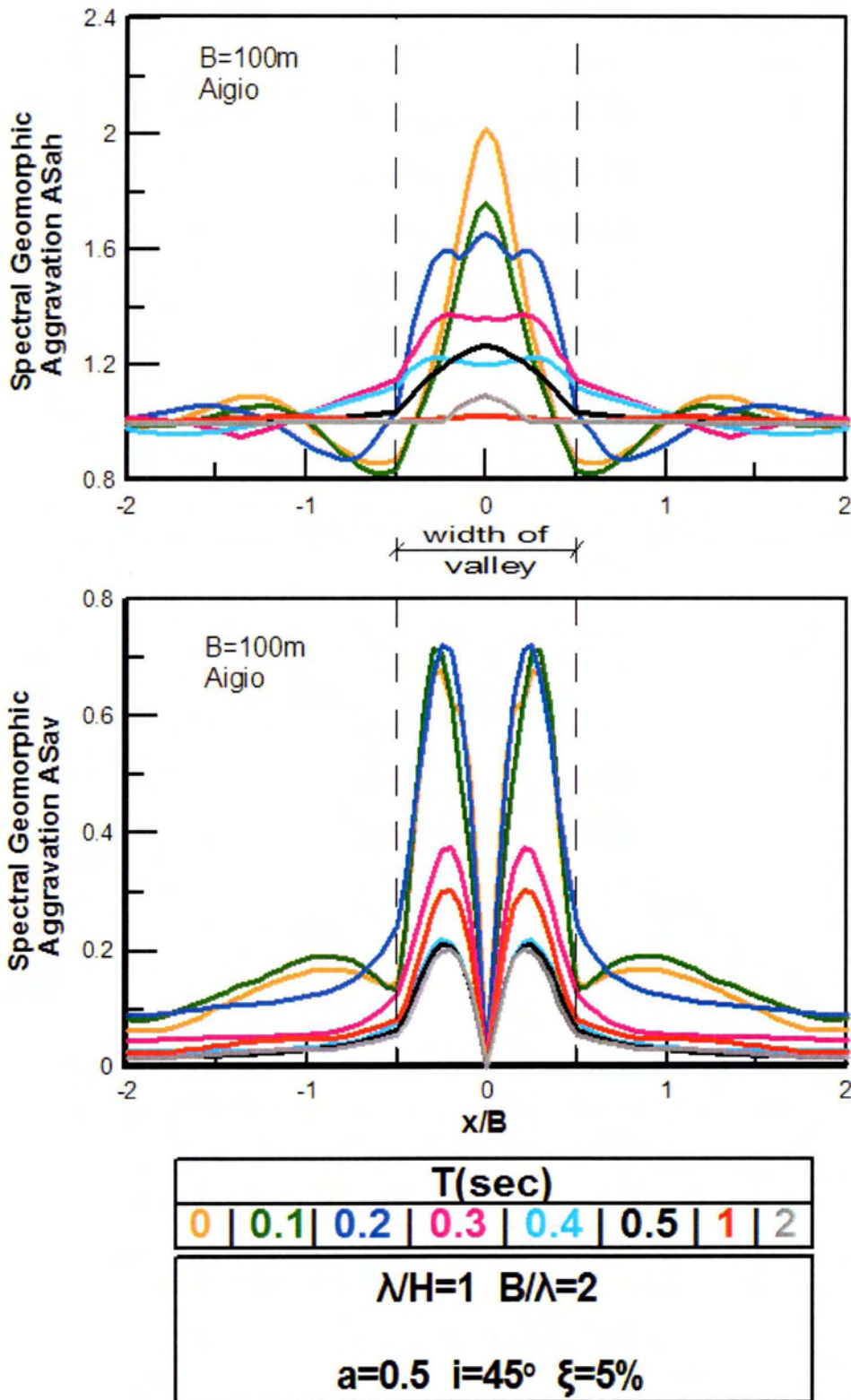
Σχήμα 4.23β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 24 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.24α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 25 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

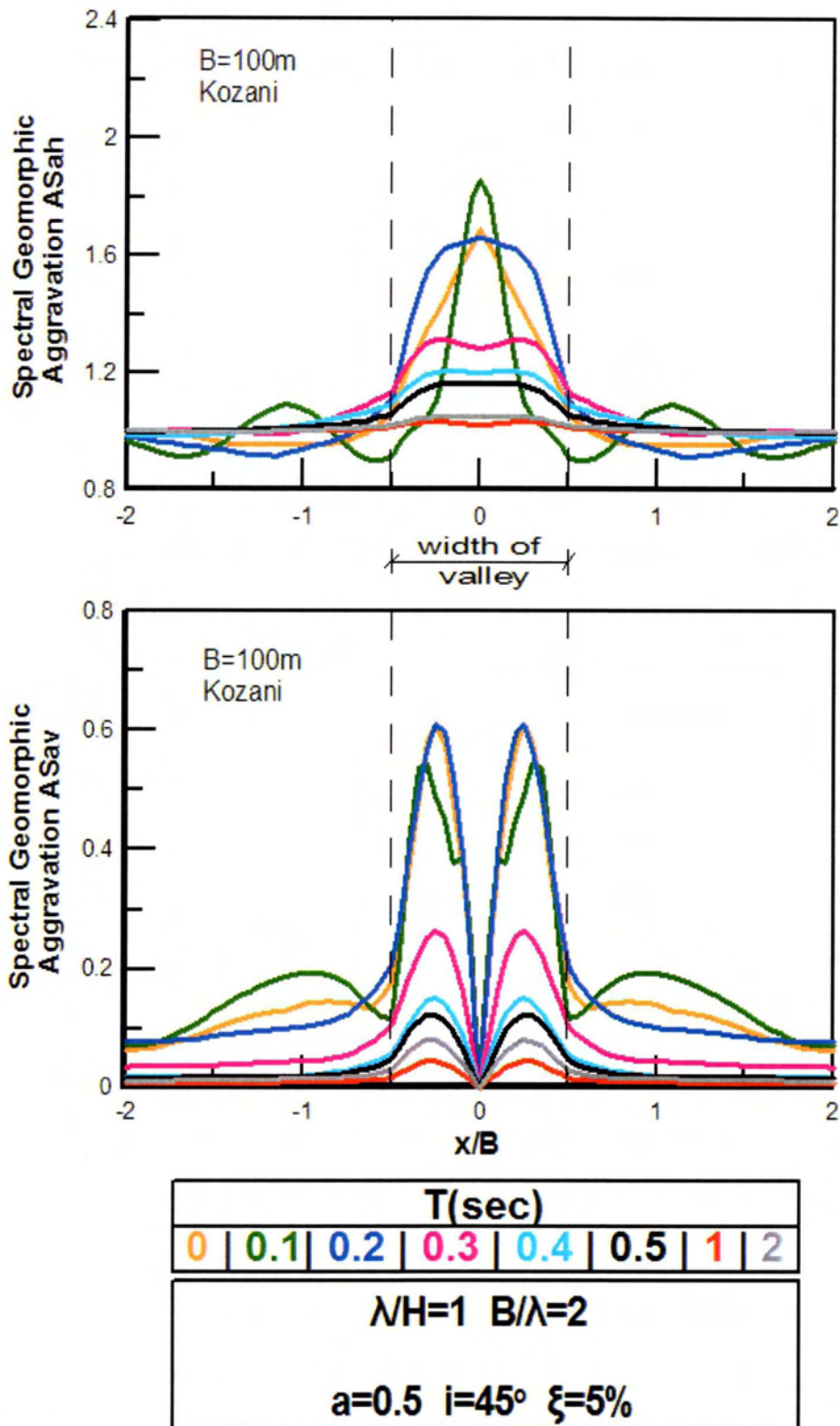


Σχήμα 4.24β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 25 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.

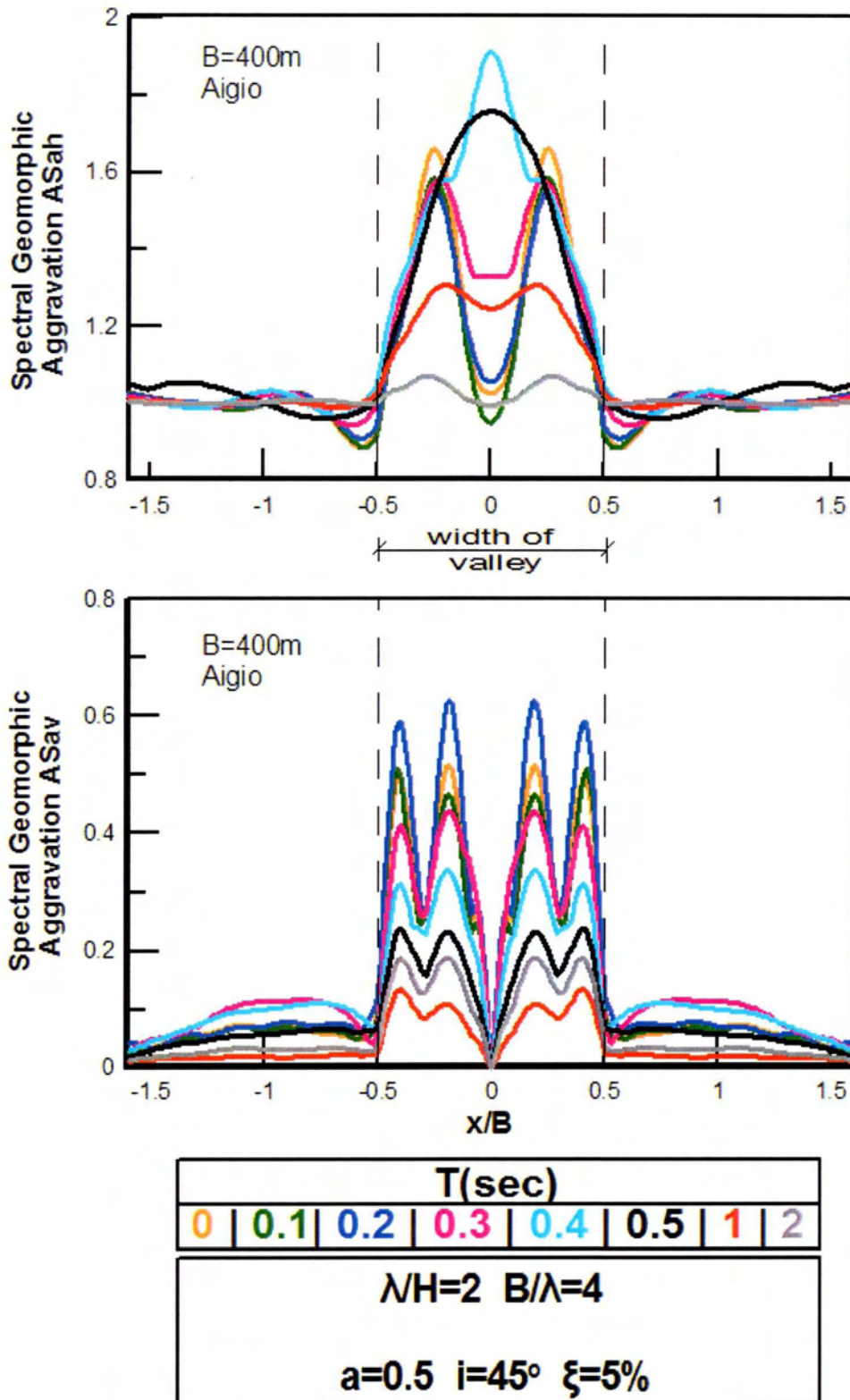


Σχήμα 4.25α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 26 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.

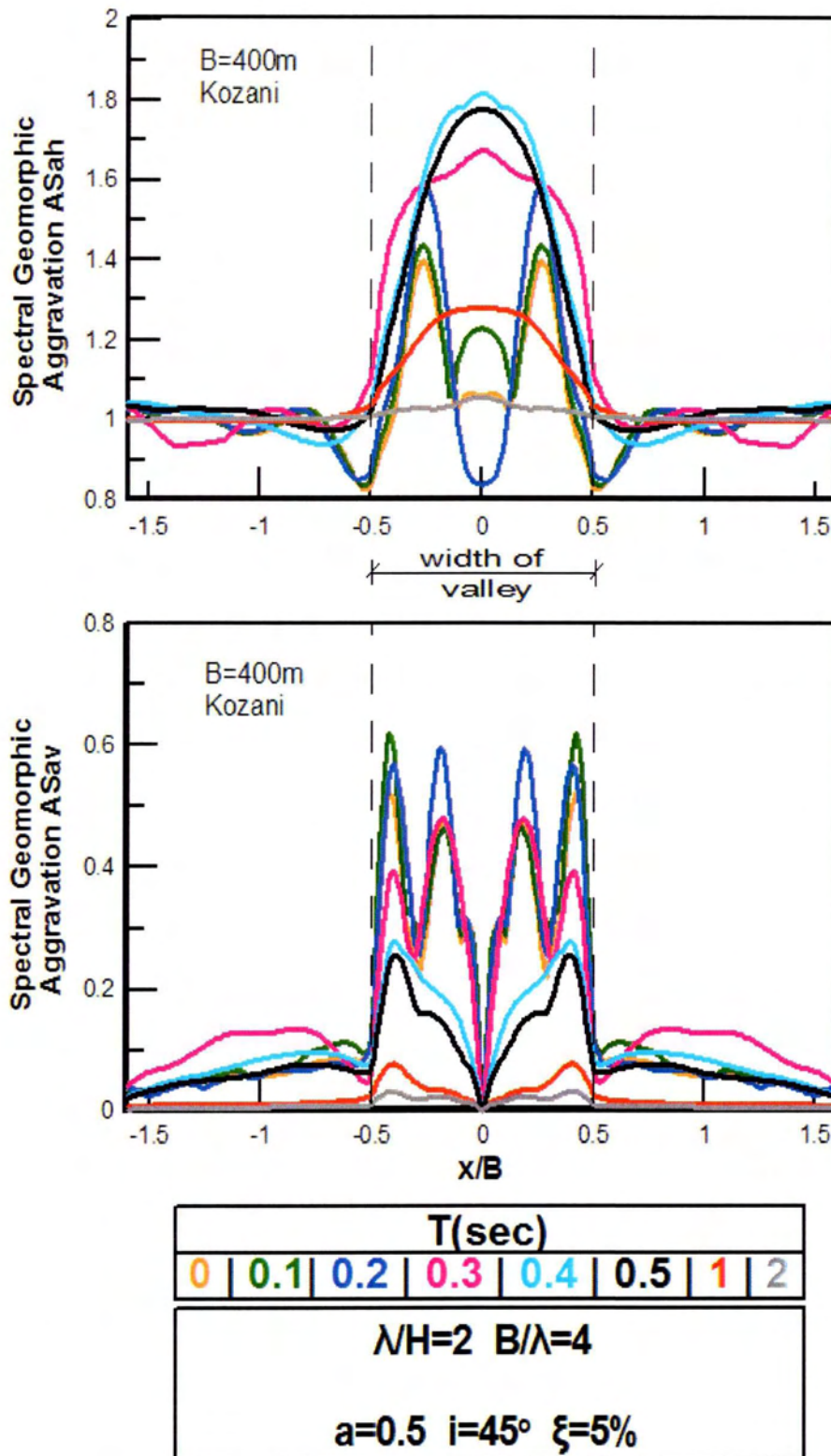
*Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης
υπό Πραγματικές Σεισμικές Διεγέρσεις*



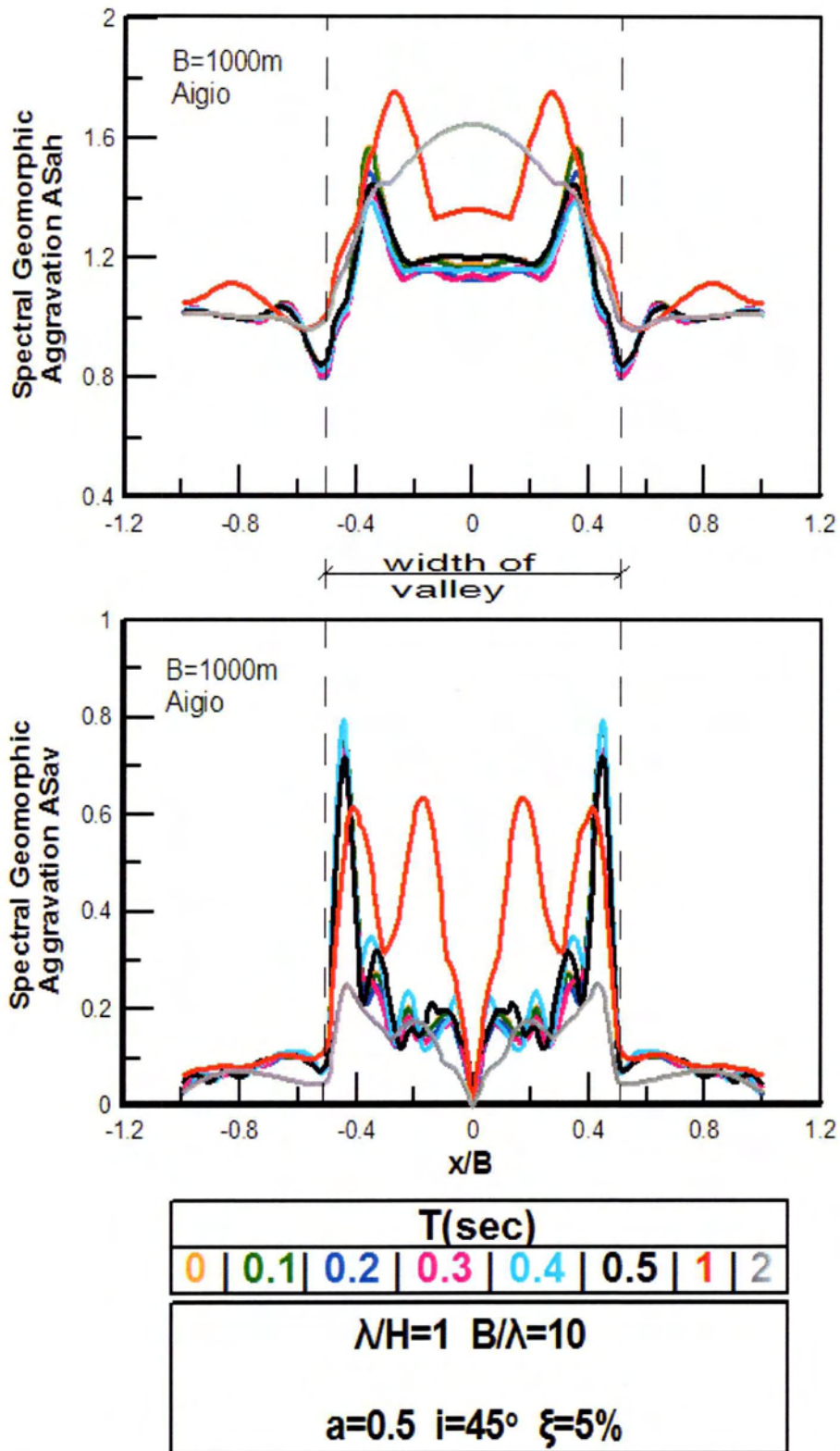
Σχήμα 4.25β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 26 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



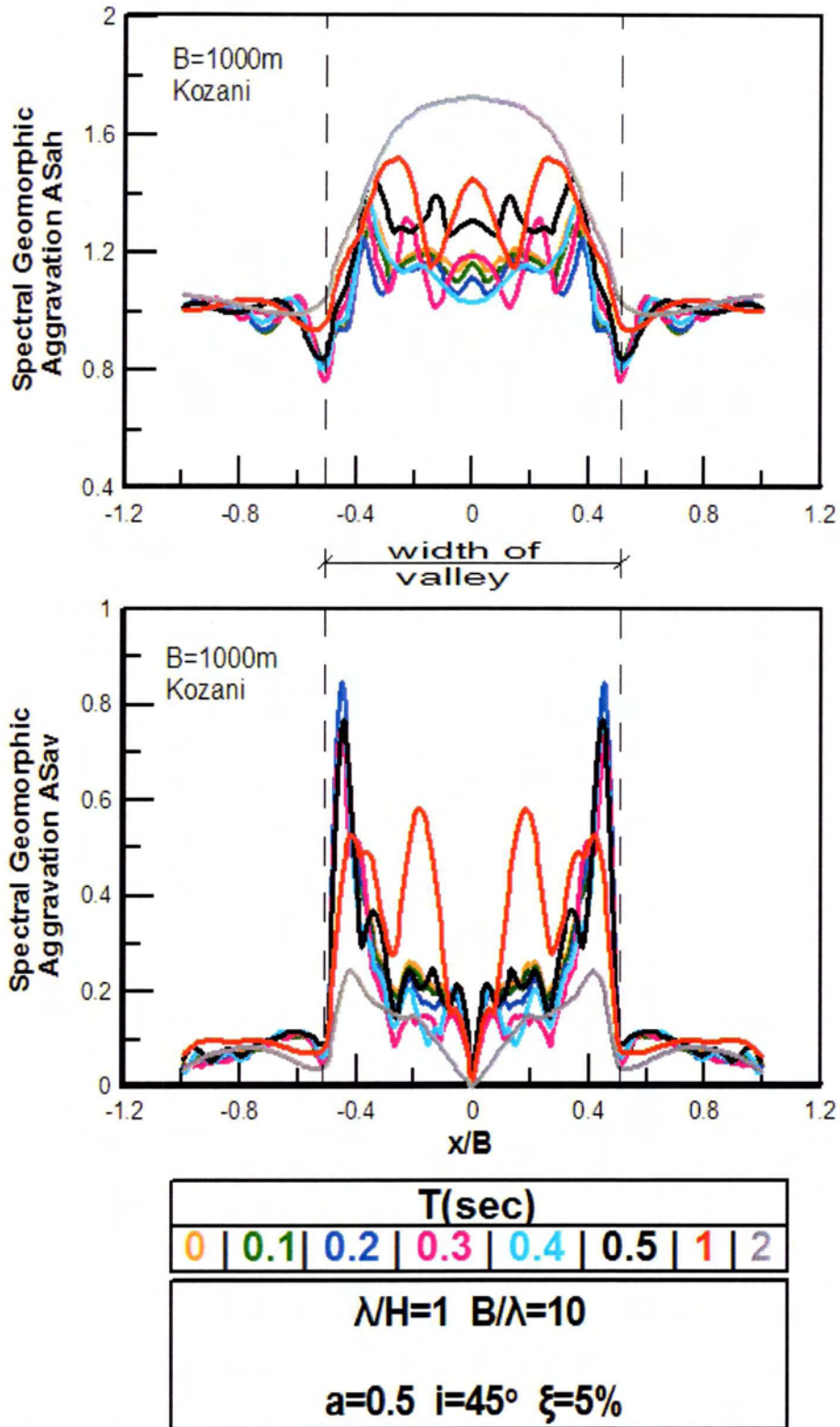
Σχήμα 4.26α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 27 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.26β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 27 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.27α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 28 για τη διέγερση του Αιγίου και για επιλεγμένες περιόδους T.



Σχήμα 4.27β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav κατά μήκος της λεκάνης, ανάλυσης 28 για τη διέγερση της Κοζάνης και για επιλεγμένες περιόδους T.

Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, αλλά και τη βιβλιογραφία, προκύπτουν τα κάτωθι γενικά συμπεράσματα:

- Για όλες τις περιπτώσεις, η γεωμορφική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης (οι τιμές των ASah και ASAv) είναι από ουσιώδης (τουλάχιστον 20%) έως εξαιρετικά σημαντική (φθάνει και το 130% της 1Δ ταλάντωσης, σε κάποια θέση και κάποια περίοδο T), και συνεπώς είναι ένα φαινόμενο που αξίζει να μελετηθεί.
- Η γεωμορφική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης είναι διαφορετική για διαφορετικές περιόδους T, δηλαδή για την ταλάντωση διαφορετικών κατασκευών. Συνεπώς, η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης της επιφάνειας του εδάφους διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη για διάφορες κατασκευές, και υποδεικνύει την ανάγκη μελέτης της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης (το αντικείμενο της παρούσας εργασίας).
- Παρόλα αυτά, η χωρική διαφοροποίηση είναι, συνήθως, ποιοτικά αντίστοιχη για διαφορετικές περιόδους T (π.χ. η «μέση» επιδείνωση κατά μήκος της κοιλάδας για διαφορετικές T έχει ποιοτικά αντίστοιχη μορφή, και πολλές φορές και οι μέγιστες επιδεινώσεις εμφανίζονται σε αντίστοιχες θέσεις). Αντιθέτως, υπάρχει πάντα σαφής ποσοτική διαφοροποίηση για διαφορετικές περιόδους T, υποδεικνύοντας τη σημαντικότητα του μήκους κύματος κάθε αρμονικής της σεισμικής κίνησης για το αν μπορεί να διαδοθεί ή όχι κατά μήκος της κοιλάδας.
- Σε κάποιες λίγες περιπτώσεις, η διαφοροποίηση ανά T κατά μήκος της κοιλάδας δεν είναι μόνο ποσοτική, αλλά και ποιοτική (Σχ. 4.26, 4.27), αλλά αυτό είναι εξαίρεση, και αφορά μόνο την οριζόντια συνιστώσα. Αντιθέτως, η χωρική διαφοροποίηση είναι πάντα ποιοτικώς παρόμοια για τις διάφορες T της παρασιτικής κατακόρυφης συνιστώσας της επιτάχυνσης.
- Η χωρική διαφοροποίηση του ελαστικού φάσματος απόκρισης δε φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τις λεπτομέρειες της διέγερσης (Αιγίου ή Κοζάνης), αν τα λοιπά χαρακτηριστικά του συστήματος κοιλάδας-υποβάθρου-διέγερσης είναι ίδια (δηλ. ίδιες τιμές των L/H , B/λ , a , ξ , i). Παρόλα αυτά,

πρέπει να αναφερθεί ότι οι μέγιστες ενισχύσεις ASah και ASav, είναι συνήθως λίγο μεγαλύτερες ή ίσες στην διέγερση Κοζάνης, συγκριτικά με εκείνη του Αιγίου, αλλά οι θέσεις που εμφανίζονται είναι ίδιες. Επιπλέον, θα πρέπει να επισημανθεί ότι συνήθως, αλλά όχι πάντα, η χωρική διαφοροποίηση είναι πιο έντονη για τη διέγερση της Κοζάνης, η οποία χαρακτηρίζεται και από περισσότερους σημαντικούς κύκλους σε σχέση με τη διέγερση του Αιγίου.

- Ποσοτικά, οι μέγιστες ενισχύσεις δεν εμφανίζονται για $T=0$, δηλαδή για τη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση στην επιφάνεια του εδάφους. Παρόλα αυτά, συνήθως, η γεωμορφική επιδείνωση για $T=0$ είναι πλησίον του άνω ορίου των γεωμορφικών επιδεινώσεων κατά μήκος της κοιλάδας. Πέραν αυτού, είναι σαφές ότι για μεγάλες T (δηλαδή τιμές 1.0, και κυρίως 2.0sec που παρουσιάζονται στα σχήματα), η γεωμορφική επιδείνωση φθίνει, δηλαδή η ASah τείνει στο 1 και η ASav τείνει στο 0. Με άλλα λόγια, το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στις αρμονικές μεγάλων περιόδων είναι τόσο μεγάλο που πρακτικώς δε μπορεί να διαδοθεί εντός μιας κοιλάδας πλάτους B και πάχους H . Άρα, οι εν λόγω αρμονικές δεν επιδεινώνονται λόγω γεωμορφολογίας, και για το λόγο αυτό οι τιμές των ASah και ASav τείνουν στις τιμές που υποδεικνύουν 1Δ ταλάντωση.
- Με βάση τα ανωτέρω, η περίοδος της κατασκευής T έχει σημαντική επίδραση στις τιμές των ASah και ASav. Για να διερευνηθεί συστηματικά το θέμα αυτό, στον Πίνακα που ακολουθεί, για την κάθε ανάλυση, συσχετίζεται η περίοδος για την οποία εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές maxASah και maxASav με τις σημαντικές περιόδους της κάθε περίπτωσης, δηλαδή τη δεσπόζουσα της διέγερσης T_e , την ιδιοπερίοδο της εδαφικής στήλης T_s (με θεώρηση 1Δ ταλάντωσης) και τη «μέση» περίοδο $T_m = 2/(1/T_e + 1/T_s)$ του συστήματος που αντιστοιχεί στη μέση τιμή των σημαντικών συχνοτήτων της κάθε περίπτωσης, και για την οποία ορίστηκε η ελάχιστη τιμή της απόσβεσης Rayleigh (βλέπε Κεφ.3).

#	Te (s)	Ts (s)	Tm (s)	Σχόλιο
1	0,2	0,16	0,18	Στην περιοχή των T
2	0,222222	0,16	0,19	Στην περιοχή των T
3	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
4	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
5	0,5	0,4	0,44	Στην περιοχή των T
6	0,1	0,4	0,16	Στην περιοχή των T
7	0,2	0,4	0,27	Στην περιοχή των T
8	0,5	0,4	0,44	Στην περιοχή των T
9	0,5	0,4	0,44	Στην περιοχή των T
10	0,5	0,4	0,44	Στην περιοχή των T
11*	1	0,4	0,57	Κοντά στις Ts,Tm Te>T για ASah, ASav
13*	0,2	1,2	0,34	Κοντά στις Te,Tm Ts>T για ASah, ASav
14	0,1	0,4	0,16	Στην περιοχή των T
15	0,4	0,4	0,40	Στην περιοχή των T
16	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
17	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
18	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
19	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
20	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
21	1	0,8	0,89	Te,Ts,Tm>T
22*	0,5	0,16	0,24	Κοντά στις Ts,Tm Te>T για ASah, ASav
23	1	0,8	0,89	ASah: στην περιοχή των T ASav: Te,Ts,Tm>T
24	0,2	0,16	0,18	Στην περιοχή των T
25	0,2	0,16	0,18	Στην περιοχή των T
26	0,1	0,4	0,16	Στην περιοχή των T
27	0,2	0,4	0,27	Στην περιοχή των T
28*	0,4	1,6	0,64	ASah: κοντά στην Ts ASav: κοντά στην Te

Πίνακας 4.2: Οι τιμές των περιόδων διέγερσης (Te), των περιόδων του εδάφους (Ts) και των περιόδων του μέσου όρου των συχνοτήτων (Tm), καθώς και σχόλιο που αφορά τη σχέση των T στις οποίες εμφανίζονται οι maxASah και maxASav σε σχέση με τις Te,Ts,Tm.

Από τον Πίνακα 4.2 προκύπτει ότι για τον φασματικό λόγο ASah οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται σε περιόδους T οι οποίες βρίσκονται κοντά στην περιοχή των σημαντικών περιόδων του προβλήματος (T_e , T_s , T_m). Εξαιρέση αποτελούν 4 περιπτώσεις, στις οποίες οι T των maxASah κλίνουν προς κάποια ή κάποιες από αυτές τις σημαντικές περιόδους, και σημειώνονται με (*) στον Πίνακα 4.2. Στις περιπτώσεις αυτές, οι τιμές των T_e και T_s απέχουν μεταξύ τους σημαντικά, και η περιοχή περιόδων T όπου εμφανίζονται οι maxASah σχετίζονται με την περιοχή περιόδων που καθορίζει η μικρότερη εκ των T_e και T_s με την T_m . Εξαιρέση στον κανόνα αυτό αποτελεί η ανάλυση 28, που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

Αντίθετα, σχετικά με τον φασματικό λόγο ASav παρατηρούνται δύο περιπτώσεις, δηλαδή σε ένα μεγάλο αριθμό αναλύσεων οι μέγιστες τιμές βρίσκονται κοντά στην περιοχή των σημαντικών περιόδων (όπως συνέβη και με τις ASah), ενώ για ένα εξίσου μεγάλο αριθμό αναλύσεων σε T πολύ μικρότερες από την περιοχή των σημαντικών περιόδων, γεγονός που υποδεικνύει ότι η παρασιτική κατακόρυφη συνιστώσα δείχνει να είναι εν γένει πιο υψίσυχη από την οριζόντια συνιστώσα της ταλάντωσης. Και πάλι ισχύει μια διαφορετική συμπεριφορά των 4 αναλύσεων που σημειώνονται με (*).

4.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ

Στην παράγραφο 4.2 παρουσιάζονται αποτελέσματα και κάποια γενικά συμπεράσματα για τις μέγιστες τιμές των AS_{ah} και AS_{av} , τις περιόδους στις οποίες αυτές εμφανίζονται, τα σημεία εμφάνισης των μεγίστων τιμών AS_{ah} και AS_{av} στην κοιλάδα, την χωρική ομοιομορφία/διαφοροποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών της διέγερσης. Στην παρούσα παράγραφο θα εξεταστεί η σπουδαιότητα ή μη της κάθε μία από τις παραμέτρους (λ/H , B/λ , α , i , ξ) που αναφέρθηκαν στην ενότητα 4.1, και οι οποίες προέκυψαν ως σημαντικές για τις μέγιστες τιμές A_h και A_v με βάση την εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010). Έτσι θα προκύψει ποιές από αυτές τις παραμέτρους παίζουν σημαντικότερο ρόλο στη γεωμορφική επιδείνωση ολόκληρου του ελαστικού φάσματος.

4.3.1 Επίδραση αδιάστατου πάχους λεκάνης λ/H

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, για τη διερεύνηση της επίδρασης του αδιάστατου λόγου λ/H στη φασματική γεωμορφική ενίσχυση εκτελέστηκαν δύο σειρές παραμετρικών αναλύσεων για δύο διαφορετικές τιμές του αδιάστατου εύρους της λεκάνης, B/λ . Πιο αναλυτικά, για $B/\lambda=1$ χρησιμοποιήθηκαν 3 αναλύσεις με διαφορετικούς λόγους λ/H , αλλά ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων i , ξ και α , ενώ αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε σε 6 άλλες αναλύσεις με λόγο $B/\lambda=4$.

Οι, υπό σύγκριση, αναλύσεις συνοψίζονται στους κάτωθι πίνακες:

#	B/λ	λ/H	i (ο)	ξ (%)	α	Σχήματα
13	4	0,67	45	5	0,5	4.12 α,β
14	4	1	45	5	0,5	4.13 α,β
27	4	2	45	5	0,5	4.26 α,β
15	4	4	45	5	0,5	4.14 α,β
1, 3, 10	4	5	45	5	0,5	4.1, 4.3, 4.10 α,β
22	4	12,5	45	5	0,5	4.21 α,β

#	B/λ	λ/H	i (ο)	ξ (%)	α	Σχήματα
7	1	2	45	5	0,5	4.7 α,β
8	1	5	45	5	0,5	4.8 α,β
11	1	10	45	5	0,5	4.11 α,β

Σε ό,τι αφορά τον φασματικό λόγο AS_{Ah} και για τις δύο διεγέρσεις, γενικώς, παρατηρούνται τα εξής:

- Για αναλύσεις που παρουσιάζουν κοινό $B/\lambda=4$ και διαφορετικά λ/H (με όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους i, ξ, a κοινές) παρατηρείται με μείωση του λόγου λ/H , αύξηση της μέγιστης τιμής της φασματικής γεωμορφικής ενίσχυσης AS_{Ah} , όπως αντίστοιχα προβλέπεται και για την $maxA_h$ από την εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010). Για $B/\lambda=1$, η τάση αυτή δεν είναι τόσο ξεκάθαρη, ίσως επειδή πρόκειται για ιδιαίτερα στενές κοιλάδες.
- Η χωρική διαφοροποίηση επηρεάζεται αρκετά, καθώς μεταβάλλεται το αδιάστατο πάχος της λεκάνης, λ/H . Όπως είχε παρατηρηθεί και στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010), έτσι και εδώ παρατηρείται ομαλή μετάβαση της θέσης όπου συμβαίνει η μέγιστη ενίσχυση από το κέντρο της λεκάνης προς τα άκρα της καθώς η τιμή του λόγου λ/H αυξάνεται (ή αλλιώς αυξάνεται η τιμή του γεωμετρικού λόγου της κοιλάδας B/H). Αξιοσημείωτη είναι η ανάλυση #27 με $B/\lambda=4$ και $\lambda/H=2$, η οποία αποτελεί ένα όριο μεταβολής της μορφής της χωρικής διαφοροποίησης (για την ίδια ανάλυση είχε παρατηρηθεί στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010), όσον αφορά την μέγιστη γεωμορφική ενίσχυση A_h). Παρόμοια, στο διάγραμμα για $B/\lambda=1$ (και χαρακτηριστικά στο σεισμό του Αιγίου), μια περίπτωση μετάβασης θα μπορούσε να είναι η ανάλυση #10 με $\lambda/H=10$ (όμοια πάλι με την εργασία των Μέλλιου και Τέττα, 2010). Συμπεραίνεται, δηλαδή, ότι καθώς ο λόγος B/λ μειώθηκε από το 4 στο 1, χρειάστηκε ένας αρκετά μεγάλος λόγος λ/H για να παρατηρηθεί η τάση μετάβασης της περιοχής των υψηλών ενισχύσεων από το κέντρο προς τα άκρα. Αυτό υποδεικνύει ότι μάλλον είναι προτιμότερη η χρήση του λόγου B/H για τη μελέτη της θέσης όπου εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές.

Σε ό,τι αφορά τον φασματικό λόγο AS_{Av} και για τις δύο διεγέρσεις, γενικώς, παρατηρούνται τα εξής:

- Για αναλύσεις που παρουσιάζουν κοινό $B/\lambda=4$ και διαφορετικά λ/H (με όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους i, ξ, a κοινές) παρατηρείται με μείωση του λόγου λ/H , αύξηση της μέγιστης τιμής της φασματικής γεωμορφικής ενίσχυσης AS_{Av} , όπως αντίστοιχα προβλέπεται και για την $maxA_v$ από την εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010). Για $B/\lambda=1$, η ίδια τάση εξακολουθεί να παρατηρείται.

- Επιπρόσθετα, όσον αφορά την χωρική διαφοροποίηση μείωση του λόγου λ/H , παρατηρείται μετάβαση της θέσης μεγίστου από μια πολύ μικρή απόσταση πλησίον των άκρων προς μια θέση πλησίον του κέντρου (μικρότερη και από $0.2B$ από το κέντρο). Επισημαίνεται ότι η AS_{av} μηδενίζεται πάντα στο κέντρο της κοιλάδας, λόγω συμμετρίας αυτής υπό κατακόρυφη διέγερση.

Συνεπώς, από τα παραπάνω είναι σαφής η εξάρτηση της χωρικής διαφοροποίησης και τα όρια μεταβολής της συμπεριφοράς της από την τιμή του αδιάστατου εύρους της λεκάνης, B/λ , σε συνδυασμό με την αλληλεπίδραση του με την αδιάστατη παράμετρο λ/H . Όπως είναι κατανοητό, αυτό συνεπάγεται την σημαντική επίδραση του λόγου λ/H στις οριζόντιες και κατακόρυφες φασματικές ενισχύσεις, όπως αντίστοιχα προβλέπεται και για τις $maxA_h$ και $maxA_v$ από την εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010).

4.3.2 Επίδραση αδιάστατου πάχους λεκάνης B/λ

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, για τη διερεύνηση της επίδρασης του αδιάστατου λόγου B/λ στη φασματική γεωμορφική επιδείνωση εκτελέστηκαν δύο σειρές παραμετρικών αναλύσεων, για δύο διαφορετικές τιμές του αδιάστατου πάχους της λεκάνης, λ/H. Πιο αναλυτικά, για λ/H=1 εκτελέστηκαν 4 αναλύσεις με διαφορετικούς λόγους B/λ, αλλά ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων i, ξ και α, ενώ αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε σε 5 άλλες αναλύσεις με λόγο λ/H=5.

Η σύγκριση γίνεται με βάση τους πίνακες:

#	λ/H	B/λ	i (ο)	ξ (%)	α	Σχήματα
25	5	0,5	45	5	0,5	4.24 α,β
8	5	1	45	5	0,5	4.8 α,β
9	5	2	45	5	0,5	4.9 α,β
1, 3, 10	5	4	45	5	0,5	4.1, 4.3, 4.10 α,β
24	5	10	45	5	0,5	4.23 α,β

#	λ/H	B/λ	i (ο)	ξ (%)	α	Σχήματα
26	1	2	45	5	0,5	4.25 α,β
14	1	4	45	5	0,5	4.13 α,β
28	1	10	45	5	0,5	4.27 α,β
6	1	20	45	5	0,5	4.6 α,β

Σε ό,τι αφορά τον φασματικό λόγο ASah και για τις δύο διεγέρσεις, γενικώς, παρατηρούνται τα εξής:

- Για αναλύσεις που παρουσιάζουν κοινό λ/H=5 και διαφορετικά B/λ (με όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους i,ξ,α κοινές) παρατηρείται σε γενικές γραμμές σταθερά μεγάλη τιμή της μέγιστης ASah (με εξαίρεση για B/λ=0.5 όπου παρουσιάζει μικρότερες τιμές από τους άλλους λόγους). Το ίδιο παρατηρείται και για λ/H=1, συνεπώς προκύπτει ότι δεν είναι τόσο σημαντική αυτή η παράμετρος στη μέγιστη τιμή της ASah, σε ποιοτική συμφωνία με όσα παρατηρήθηκαν για τη μέγιστη τιμή της Ah στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010).

- Η επίδραση του αδιάστατου πάχους της λεκάνης B/λ είναι σημαντικότερη αναφορικά με την χωρική διαμόρφωση των μεγίστων στην κοιλάδα. Είναι φανερό ότι η παράμετρος B/λ επιδρά, εν γένει, στον καθορισμό της θέσης εμφάνισης της μέγιστης τιμής ενίσχυσης. Ειδικότερα, με αύξηση του λόγου B/λ , παρατηρείται η ομαλή μετάβαση της θέσης μεγίστου από το κέντρο της λεκάνης προς τα άκρα της. Αξιοσημείωτη είναι η ανάλυση #28 με $\lambda/H=1$ και $B/\lambda=10$, η οποία αποτελεί ένα όριο μεταβολής της μορφής της χωρικής διαφοροποίηση. Παρόμοια, για $\lambda/H=5$, μια περίπτωση μετάβασης θα μπορούσε να είναι η ανάλυση #9 με $B/\lambda=2$. Προσεκτικότερη αποτίμηση των αποτελεσμάτων αυτών δείχνει ότι ο λόγος B/H στις 2 αυτές περιπτώσεις είναι κοινά ίσος με 10, γεγονός που υποδεικνύει ότι αυτός είναι ο καθοριστικός λόγος στην περίπτωση αυτή (όπως και για τη θέση εμφάνισης της μέγιστης A_h στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα 2010).

Σε ό,τι αφορά τον φασματικό λόγο AS_{av} και για τις δύο διεγέρσεις, γενικώς, παρατηρούνται τα εξής:

- Δεν περατηρείται κάποια ξεκάθαρη τάση σε ό,τι αφορά τις μέγιστες τιμές του, όσο το αδιάστατο εύρος B/λ μεταβάλλεται. Με άλλα λόγια, μπορεί να θεωρηθεί ότι η παράμετρος αυτή δεν παίζει σημαντικό ρόλο στη $\max AS_{av}$, σε απόλυτη συμφωνία με όσα παρατηρήθηκαν για τη μέγιστη τιμή της A_v στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010).
- Επιπρόσθετα, όσον αφορά στη χωρική διαφοροποίηση, με μείωση του λόγου B/λ , παρατηρείται ότι η θέση όπου εμφανίζεται η μέγιστη κατακόρυφη ενίσχυση $\max AS_{av}$, μεταφέρεται όλο και πιο κοντά στο κέντρο της λεκάνης, με το κέντρο της να είναι πάντα η θέση με μηδενική ενίσχυση λόγω της συμμετρίας της κοιλάδας υπό κατακορύφως προσπίπτουσα διέγερση.

4.3.3 Επίδραση λόγου εμπέδησης α

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, για την διερεύνηση της επίδρασης του λόγου εμπέδησης α στη γεωμορφική επιδείνωση εκτελέστηκαν διάφορες παραμετρικές αναλύσεις. Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκαν 3 αναλύσεις με διαφορετικούς λόγους εμπέδησης, από $\alpha=0.75$ έως 0.25 , αλλά ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων B/λ , λ/H , i και ξ .

Οι, υπό σύγκριση, αναλύσεις συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

#	α	λ/H	B/λ	i (ο)	ξ (%)	Σχήματα
5	0,75	5	4	45	5	4.5 α,β
1,3,10	0,5	5	4	45	5	4.1, 4.3, 4.10 α,β
4	0.25	5	4	45	5	4.4 α

Πιο συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά τον φασματικό λόγο AS_{ah} , και για τις δύο διεγέρσεις, παρατηρείται ότι, όσο μικρότερος είναι ο λόγος εμπέδησης, τόσο πιο έντονη αποδεικνύεται η μέγιστη τιμή της οριζόντιας φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} , σε απόλυτη συμφωνία με όσα παρατηρήθηκαν για τη μέγιστη τιμή της A_h στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010). Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται παρόμοια χωρική αυξομείωση κατά μήκος της κοιλάδας, με την εντονότερη να παρουσιάζεται στην ανάλυση #4. Με μια δεύτερη ματιά, μπορούμε να πούμε ότι καθώς μικραίνει η τιμή του α (και συγκεκριμένα μεταξύ $0,5-0,25$), οι μέγιστες τιμές AS_{ah} εμφανίζονται πιο κοντά στην περίοδο $T=0.5-1\text{sec}$, ενώ για μεγάλες α (και συγκεκριμένα μεταξύ $0,5-0,75$), οι μέγιστες τιμές AS_{ah} εμφανίζονται σε μικρές-μεσαίες $T=0-0.5\text{sec}$. Δεν είναι σαφές γιατί προκύπτει αυτή η διαφοροποίηση.

Σχετικά με το συντελεστή κατακόρυφης φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{av} , και για τις δύο διεγέρσεις, είναι ξεκάθαρο ότι, όσο μειώνεται ο λόγος εμπέδησης, οι κατακόρυφες φασματικές γεωμορφικές ενισχύσεις αυξάνονται κατά μήκος της λεκάνης. Οι μέγιστες τιμές του συντελεστή AS_{av} , εμφανίζονται στα άκρα της λεκάνης για μικρές-μεσαίες περιόδους $T=0-0.5\text{sec}$, ενώ μηδενίζονται στο κέντρο της, λόγω συμμετρικής κοιλάδας υπό κατακορύφως προσπίπτουσα διέγερση.

Γενικά, μπορεί να σημειωθεί ότι οι διαφορετικές τιμές του λόγου εμπέδησης επηρεάζουν την ένταση των μέγιστων τιμών AS_{ah} , AS_{av} αλλά ουσιαστικά η χωρική διαμόρφωση των θέσεων των μέγιστων τιμών μπορεί να θεωρηθεί πρακτικώς ανεξάρτητη του λόγου α .

4.3.4 Επίδραση γωνίας κλίσης i πρανών υποβάθρου στα άκρα της Λεκάνης

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, για τη διερεύνηση της επίδρασης της γωνίας κλίσης των πρανών της λεκάνης στη φασματική γεωμορφική επιδείνωση εκτελέστηκαν διάφορες παραμετρικές αναλύσεις. Πιο συγκεκριμένα. Χρησιμοποιήθηκαν 5 αναλύσεις με διαφορετικές κλίσεις πρανών, από $i=15^\circ$ έως 90° , αλλά ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων B/λ , λ/H , α και ξ .

Οι, υπό σύγκριση, αναλύσεις συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

#	i (ο)	λ/H	B/λ	α	ξ (%)	Σχήματα
23	15	5	4	0,5	5	4.22 α,β
16	30	5	4	0,5	5	4.15 α,β
1,3,10	45	5	4	0,5	5	4.1, 4.3, 4.10 α,β
17	60	5	4	0,5	5	4.16 α,β
18	90	5	4	0,5	5	4.17 α,β

Πιο συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά τον φασματικό λόγο AS_{ah} , και για τις δύο διεγέρσεις, παρατηρείται ότι, αυξάνοντας την κλίση των πρανών παρατηρούνται μεγάλες τιμές μέγιστης AS_{ah} για μεσαίες προς μεγάλες T (όχι όμως για T μεγαλύτερη από 1sec, που αντιστοιχεί σε μεγάλο μήκος κύματος αρμονική που δε μπορεί να διαδοθεί εντός της κοιλάδας). Η χωρική διαφοροποίηση παρουσιάζεται ποιοτικά ίδια. Έχουμε μια μικρή μετατόπιση της περιοχής των μεγίστων πιο κοντά στα άκρα με αύξηση του i , αλλά όχι ιδιαίτερα σημαντική. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι σε απόλυτη συμφωνία με όσα παρατηρήθηκαν για τη μέγιστη τιμή της A_h στην εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010).

Σχετικά με το συντελεστή κατακόρυφης φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{av} , και για τις δύο διεγέρσεις, προκύπτει ότι αυξάνοντας την κλίση των πρανών παρατηρούνται μεγάλες τιμές μέγιστης AS_{av} για μικρές T κυρίως. Με την αύξηση της κλίσης των πρανών, το σημείο εμφάνισης των μεγίστων μεταβαίνει σταδιακά προς τα άκρα της κοιλάδας, ενώ οι τιμές της AS_{av} μηδενίζονται στο κέντρο της κοιλάδας, λόγω της συμμετρίας της υπό κατακόρυφως προσπίπτουσα διέγερση.

Όπως προκύπτει, η επίδραση της κλίσης στις οριζόντιες και κατακόρυφες φασματικές γεωμορφικές ενισχύσεις είναι δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με τις επιδράσεις των βασικών παραμέτρων λ/H , B/λ και α .

4.3.5 Επίδραση ποσοστού απόσβεσης εδάφους ξ

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.1, για τη διερεύνηση της επίδρασης του ποσοστού απόσβεσης του εδάφους ξ στη φασματική γεωμορφική επιδείνωση εκτελέστηκαν 4 αναλύσεις με διαφορετικά ποσοστά απόσβεσης εδάφους ξ , από $\xi=1\%$ έως $\xi=20\%$, αλλά ίδιες τιμές των υπολοίπων παραμέτρων B/λ , λ/H , α και i .

Η σύγκριση γίνεται βάση του πίνακα:

#	ξ (%)	λ/H	B/λ	i (ο)	α	Σχήματα
20	1	5	4	45	0,5	4.19 α,β
1,3,10	5	5	4	45	0,5	4.1, 4.3, 4.10 α,β
19	10	5	4	45	0,5	4.18 α,β
21	20	5	4	45	0,5	4.20 α

Σχετικά με το συντελεστή οριζόντιας φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} , και για τις δύο διεγέρσεις, προκύπτει μια μικρή μείωση του ως συνάρτηση του ποσοστού απόσβεσης εδάφους ξ , με την αύξηση αυτή να είναι ποσοτική και να μην επιδρά ποιοτικά στη χωρική διαφοροποίηση αυτής κατά μήκος της κοιλάδας.

Αντίστοιχα, για το συντελεστή κατακόρυφης φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{av} , και για τις δύο διεγέρσεις, παρατηρείται ότι η χωρική διαφοροποίηση κατά μήκος της λεκάνης για τα διάφορα ποσοστά απόσβεσης είναι ποιοτικά παρόμοια, όπως ισχύει και για την AS_{ah} . Επιπλέον προκύπτει μείωση των μεγίστων τιμών της AS_{av} , με αύξηση του ποσοστού απόσβεσης ξ .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης σε επιλεγμένες θέσεις εντός κοιλάδας

5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Έχοντας παρουσιάσει στο κεφάλαιο 4 τη μελέτη της χωρικής διαφοροποίησης της γεωμορφικής επιδείνωσης για επιλεγμένες περιόδους κατασκευής ($T=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1, 2\text{sec}$) σε ολόκληρη την λεκάνη, στο παρόν κεφάλαιο η προσοχή δίδεται στη μελέτη της γεωμορφικής επιδείνωσης ολόκληρου του ελαστικού φάσματος απόκρισης σε επιλεγμένες (σημαντικές) θέσεις εντός μιας κοιλάδας.

Με βάση την εικόνα της χωρικής διαφοροποίησης της γεωμορφικής επιδείνωσης των φασματικών γεωμορφικών ενισχύσεων με την αδιαστατοποιημένη ως προς B οριζόντια απόσταση x [δηλ. διαγράμματα: $AS_{ah} - (x/B)$, $AS_{av} - (x/B)$, του Κεφαλαίου 4] δύο (2) από τις τέσσερις (4) «σημαντικές» θέσεις εντός κοιλάδας είναι το κέντρο της λεκάνης (σημείο c) και το σημείο σε απόσταση $0.3B$ από τα άκρα της λεκάνης. Οι άλλες δύο (2) θέσεις αφορούν το σημείο όπου εμφανίζεται η μέγιστη οριζόντια γεωμορφική ενίσχυση A_h (σημείο x_{hmax}) και το σημείο στο οποίο εμφανίζεται η μέγιστη κατακόρυφη γεωμορφική ενίσχυση A_v (σημείο x_{vmax}). Οι τιμές των x_{hmax} και x_{vmax} που προέκυψαν από την εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010) δίνονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1). Ειδικά για τη θέση $0.3B$, σημασία έχουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.1. Πιο συγκεκριμένα προκύπτει ότι η θέση αυτή είναι εν γένει πλησίον των θέσεων x_{hmax} (κυρίως) για όλες σχεδόν τις αναλύσεις που δεν εμφανίζουν μέγιστο στο κέντρο της κοιλάδας (σημείο c). Συνεπώς, η επιλογή ανάδειξης και αυτής της θέσης στα διαγράμματα που ακολουθούν αποκτά επιπλέον σημασία.

#	B/λ	λ/H	i (°)	Αίγιο		Κοζάνη	
				xmaxAh/B	xmaxAv/B	xmaxAh/B	xmaxAv/B
1	4	5	45	0,33	0,46	0,34	0,46
2	9	5,56	45	0,43	0,49	0,43	0,49
3	4	5	45	0,33	0,46	0,37	0,46
4	4	5	45	0,12	0,46	0	0,45
5	4	5	45	0,35	0,47	0,38	0,47
6	20	1	45	0,43	0,47	0,41	0,48
7	1	2	45	0	0,25	0	0,25
8	1	5	45	0	0,36	0	0,34
9	2	5	45	0,14	0,42	0	0,42
10	4	5	45	0,33	0,46	0,37	0,46
11	1	10	45	0,28	0,42	0	0,42
13	4	0,67	45	0	0,33	0	0,35
14	4	1	45	0,08	0,35	0	0,35
15	4	4	45	0,31	0,45	0,30	0,45
16	4	5	30	0,31	0,43	0,34	0,44
17	4	5	60	0,35	0,48	0,38	0,48
18	4	5	90	0,36	0,50	0,40	0,50
19	4	5	45	0,33	0,46	0,35	0,46
20	4	5	45	0,33	0,47	0,37	0,46
21	4	5	45	0,33	0,47	0,35	0,46
22	4	12,5	45	0,33	0,49	0,41	0,49
23	4	5	15	0,24	0,35	0,26	0,33
24	10	5	45	0,43	0,49	0,44	0,49
25	0,5	5	45	0,10	0,30	0	0,30
26	2	1	45	0	0,25	0	0,25
27	4	2	45	0,25	0,19	0,26	0,43
28	10	1	45	0,36	0,45	0,35	0,45

Πίνακας 5.1: Τιμές των θέσεων εμφάνισης των μέγιστων γεωμορφικών ενισχύσεων της μέγιστης επιτάχυνσης (Ah, Av) στην κοιλάδα για κάθε ανάλυση και για τις δύο διεγέρσεις (Μέλλιος και Τέττα 2010).

5.2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

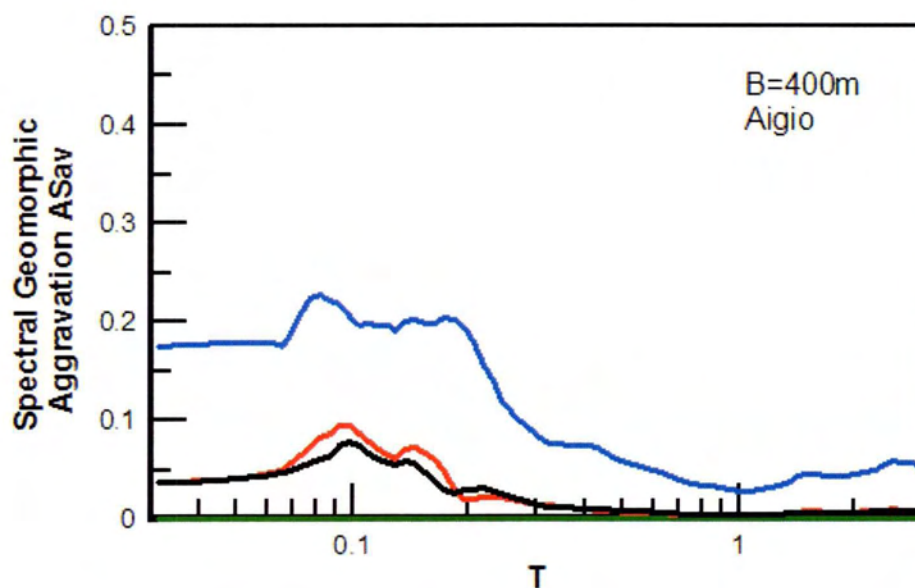
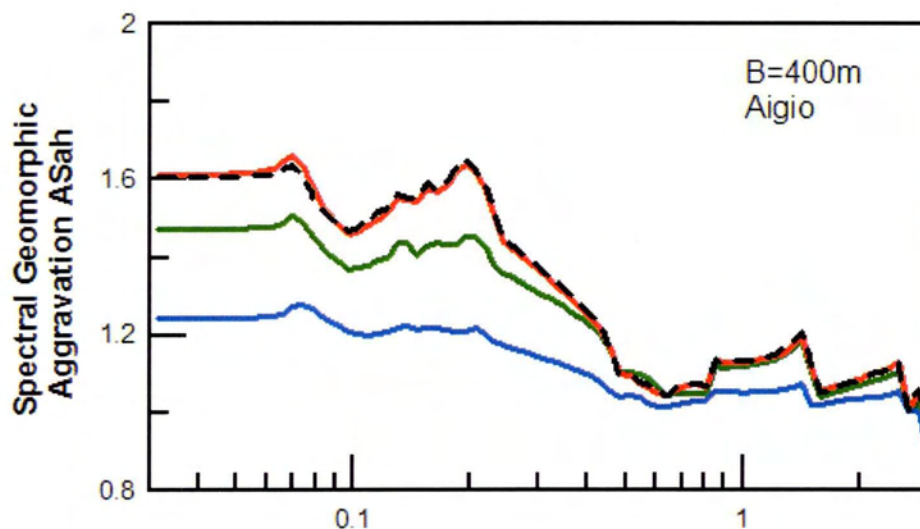
Στην παράγραφο αυτή θα γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και η αξιολόγηση των συμπερασμάτων σχετικά με τη γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης στις ανωτέρω επιλεγείσες θέσεις εντός κάθε κοιλάδας. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο στόχος των αναλύσεων ήταν η διερεύνηση της επίδρασης των παραμέτρων που αναφέρθηκαν στην ενότητα 4.1, σε συνάρτηση με την σεισμική διέγερση που επιβάλεται, στους φασματικούς λόγους AS_{ah}, AS_{av} που εκφράζουν τη γεωμορφική επιδείνωση κατά μήκος όλης της λεκάνης. Ο όγκος των αποτελεσμάτων είναι προφανώς τεράστιος, κι έτσι στην παρούσα εργασία γίνεται επιλογή χαρακτηριστικών αποτελεσμάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων γενικής εφαρμογής. Όπως παρουσιάζεται λεπτομερέστερα στο Κεφάλαιο 4, κάποιες αναλύσεις δεν έχουν συμπεριληφθεί στην μελέτη, καθώς τα αποτελέσματά τους δεν ήταν αναμενόμενα και χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση. Αυτές είναι οι αναλύσεις 4, 21 και 23 για Κοζάνη, καθώς και η ανάλυση 12 για Αίγιο και Κοζάνη.

Συνεπώς, παρακάτω παρουσιάζονται σε μορφή διαγραμμάτων η επίδραση ύπαρξης συμμετρικής τραπεζοειδούς κοιλάδας πεπερασμένου εύρους στο ελαστικό φάσμα απόκρισης στην επιφάνεια του εδάφους, και συνεπώς στους φασματικούς λόγους AS_{ah} και AS_{av} σε επιλεγμένες θέσεις. Οι ορισμοί των AS_{ah} και AS_{av} δίνονται στο Κεφ.4. Οι θέσεις κατά μήκος της λεκάνης όπου παρουσιάζονται οι φασματικοί λόγοι είναι τα σημεία:

- c = κέντρο κοιλάδας,
- x_{hmax} = όπου εμφανίζεται η maxA_h,
- x_{vmax} = όπου εμφανίζεται η maxA_v,
- 0.3B = σε απόσταση 0.3B από τα άκρα της κοιλάδας.

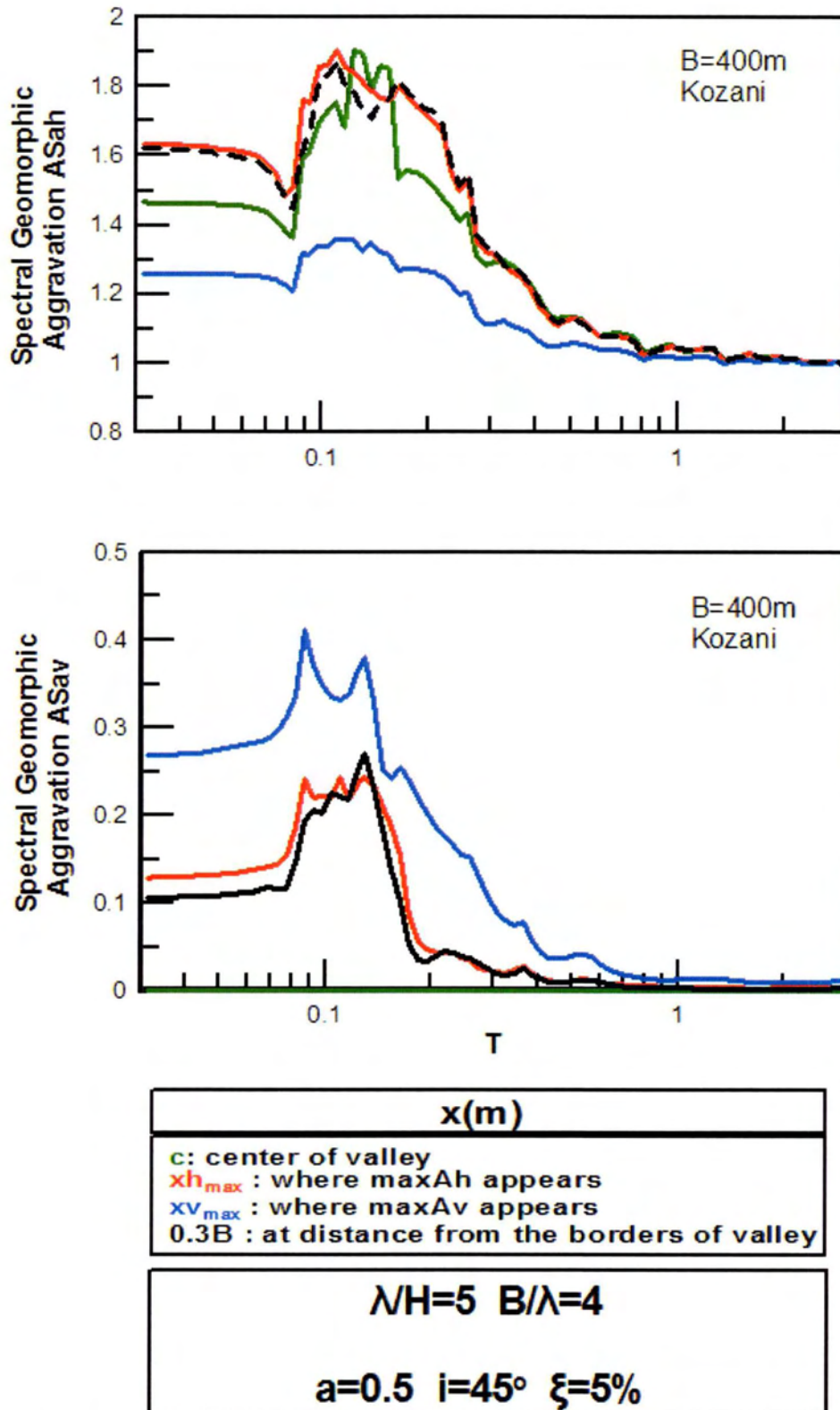
Κάθε διάγραμμα παρουσιάζει μια περίπτωση λεκάνης (συνδυασμός: Β,Η,ι,α,ξ) και τους δύο φασματικούς λόγους (ASah και ASav, χωριστά σε υπο-σχήματα) μία φορά για την διέγερση Αιγίου και μία για εκείνη της Κοζάνης (2 διαγράμματα ανά λεκάνη). Το κοινό χαρακτηριστικό κάθε διαγράμματος είναι το ίδιο δεσπόζον μήκος κύματος λ, που επεξηγεί και την ανάγκη σε αριθμηση σχημάτων με (α) και (β), όταν το μόνο που αλλάζει είναι η κυματομορφή της διέγερσης (λίγων κύκλων: Αιγίου, πολλών κύκλων: Κοζάνης). Φυσικά, στον οριζόντιο άξονα χρησιμοποιείται η περίοδος κατασκευής T (sec), εφόσον αναφερόμαστε σε ελαστικά φάσματα απόκρισης (με 5% κρίσιμη απόσβεση κατασκευής).

Στα Σχήματα 5.1α, 5.1β – 5.27α, 5.27β με α να αντιστοιχεί στην διέγερση του Αιγίου και β στην Κοζάνης δίνονται τα αποτελέσματα όλων των 27 αναλύσεων εν τέλει. Ο Πίνακας με τα χαρακτηριστικά της κάθε μίας ανάλυσης παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4, και δεν επαναλαμβάνεται εδώ.

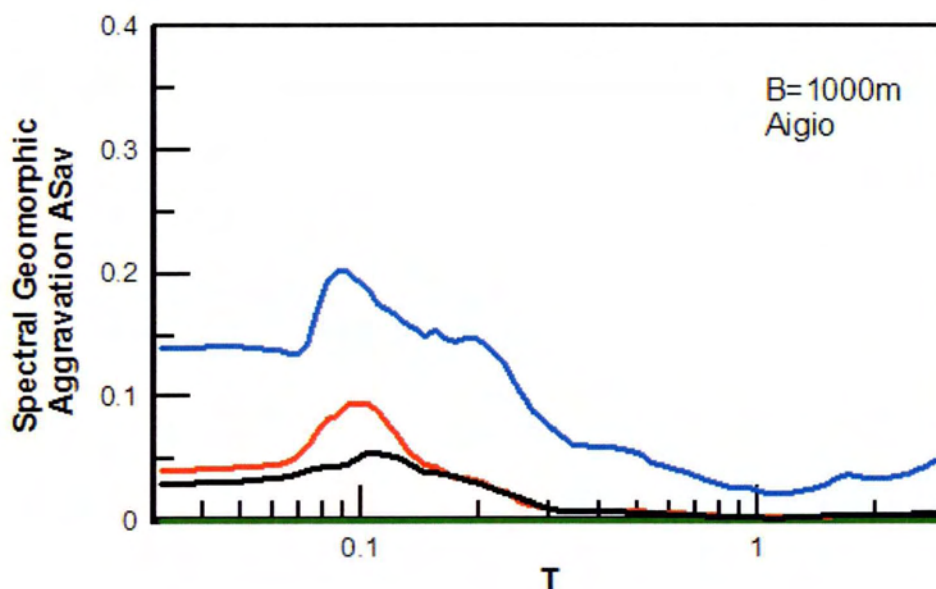
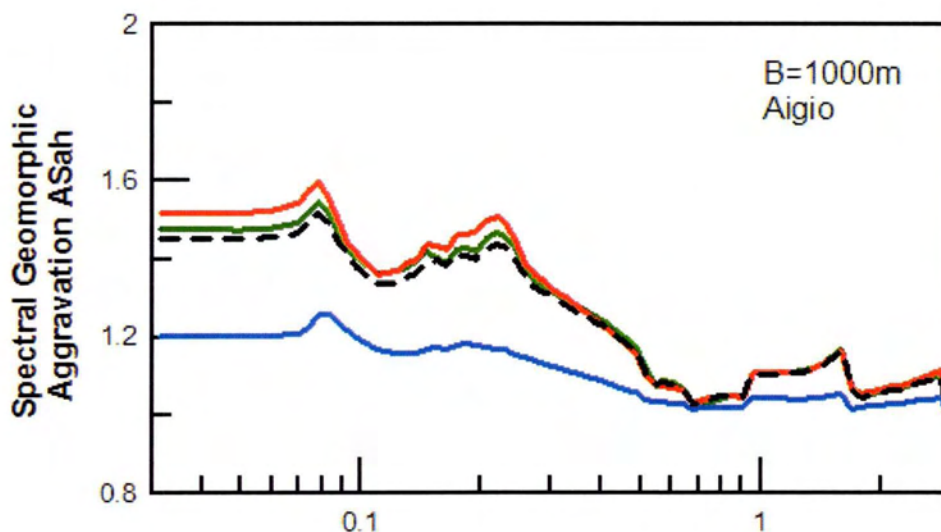


x(m)
c: center of valley xh _{max} : where maxAh appears xv _{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.1α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 1 και τη διέγερση του Αιγίου.

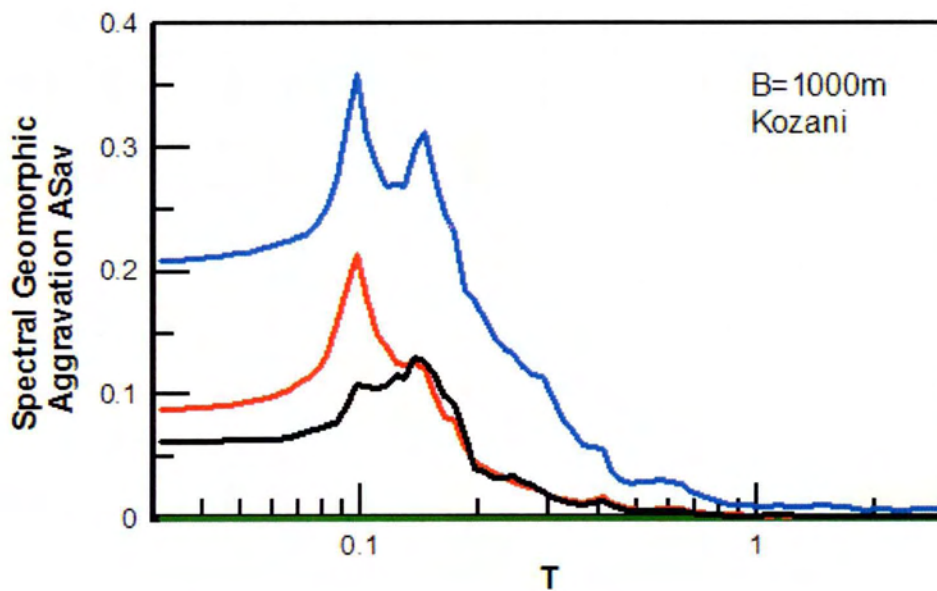
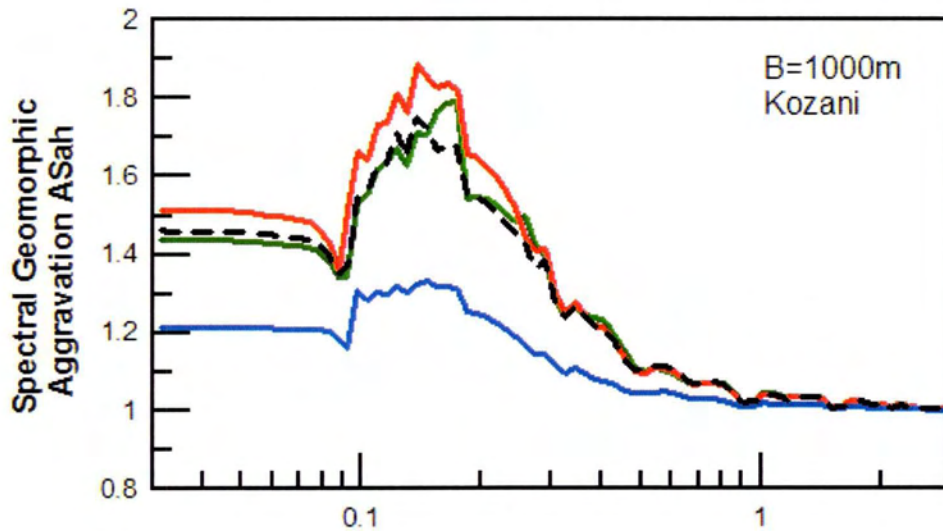


Σχήμα 5.1β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T (sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 1 και τη διέγερση της Κοζάνης.



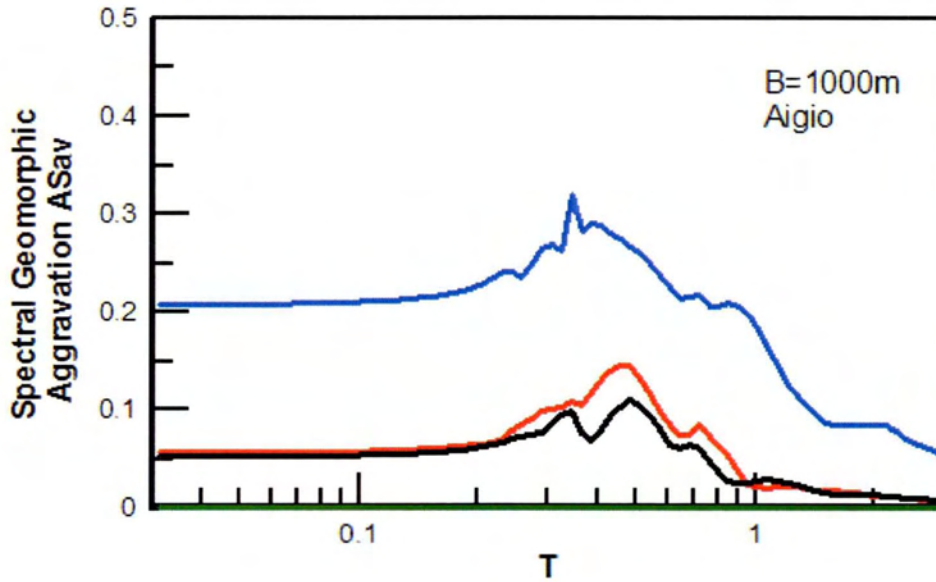
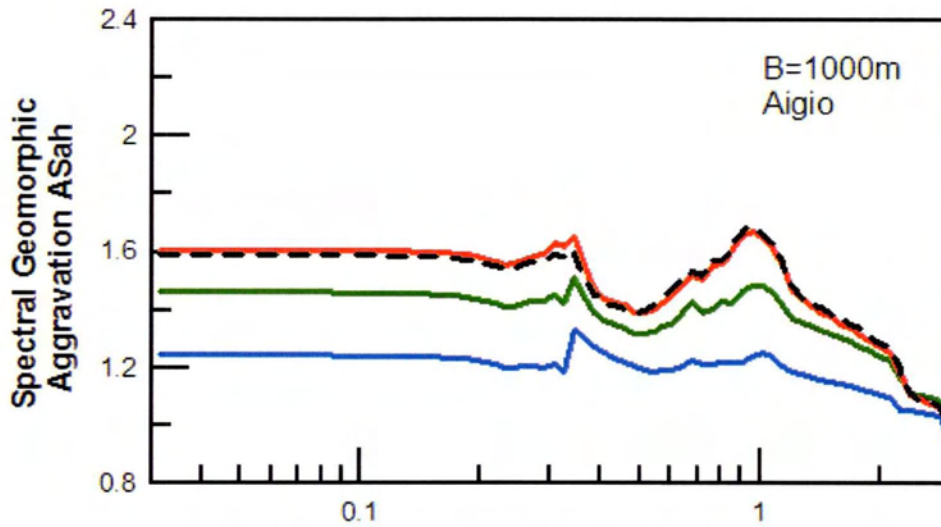
x(m)
c: center of valley xh _{max} : where maxAh appears xv _{max} : where maxAv appears 0.3B: at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5.56$ $B/\lambda=9$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.2α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 2 και τη διέγερση του Αιγίου.



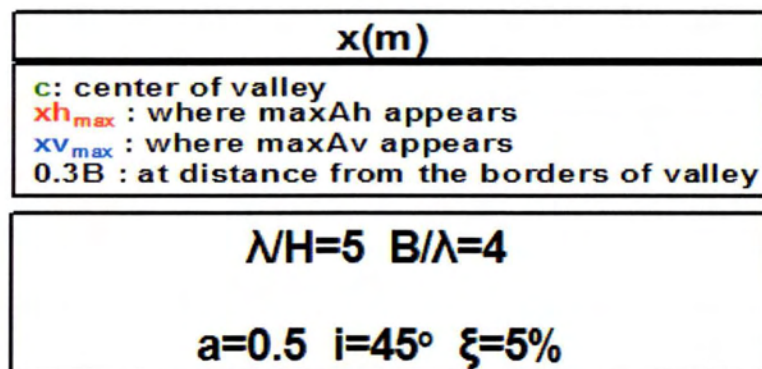
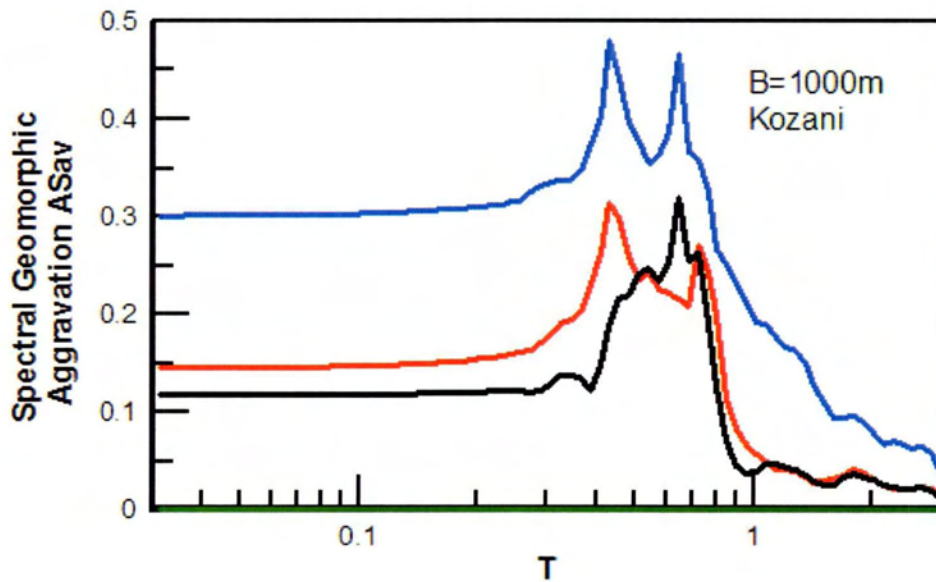
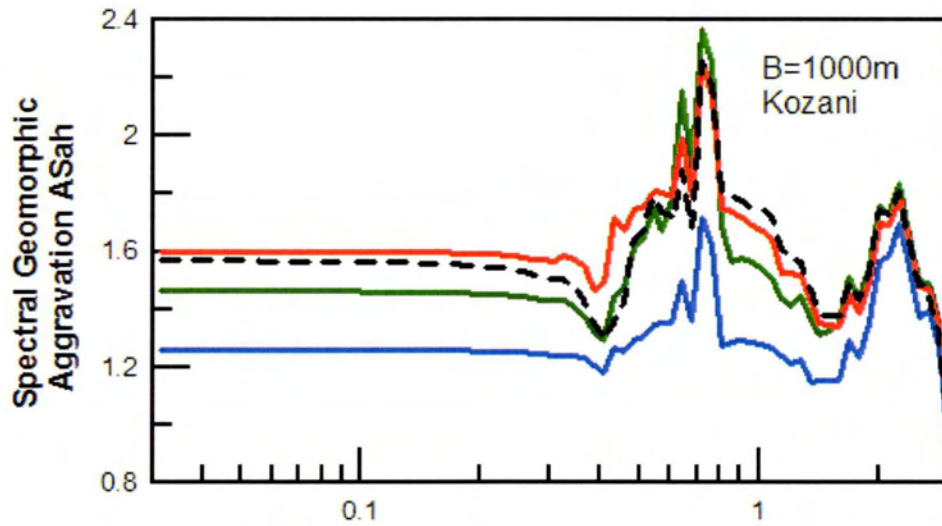
x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5.56$ $B/\lambda=9$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.2β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 2 και τη διέγερση της Κοζάνης.

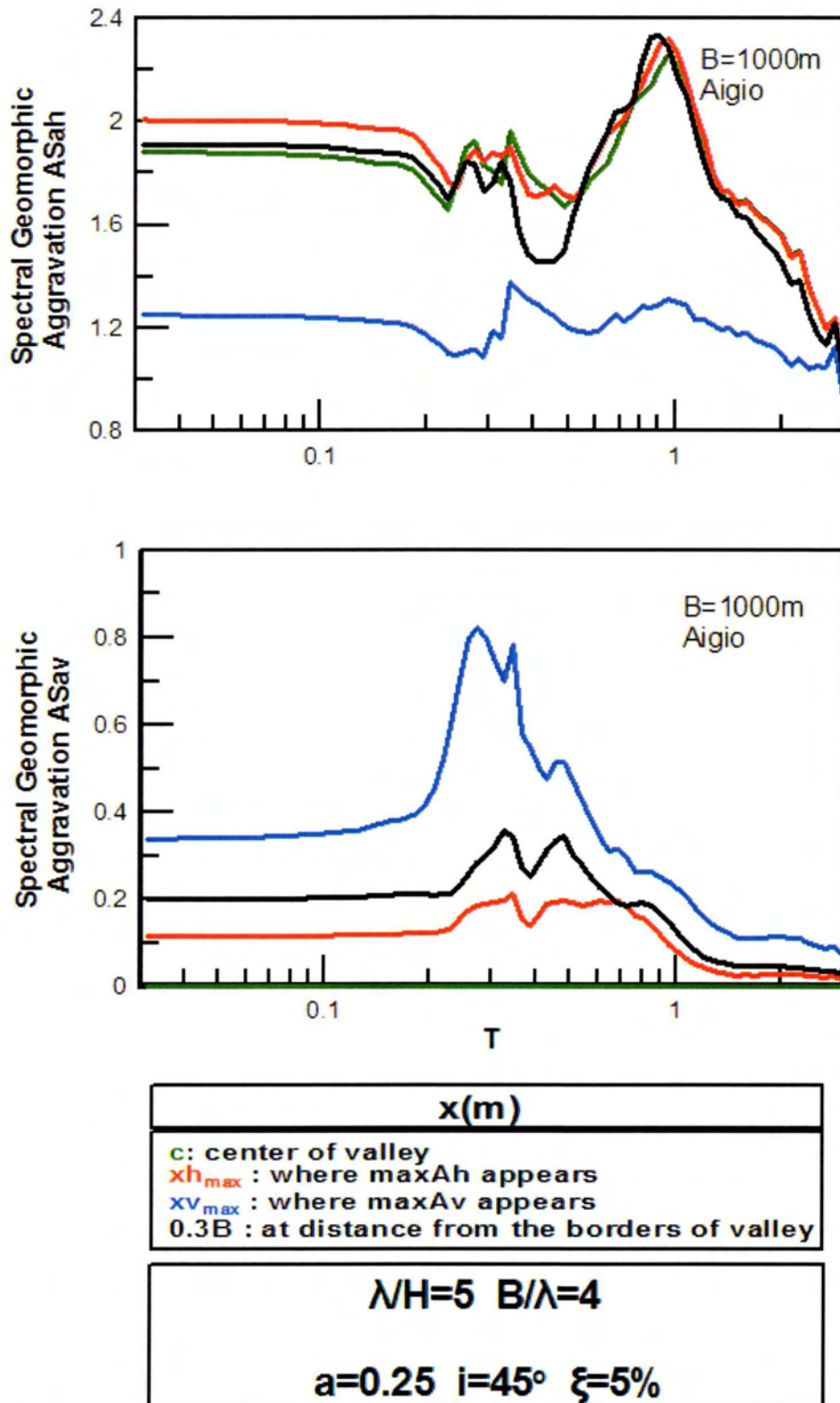


x(m)
c : center of valley x_{h_{max}} : where maxA _h appears x_{v_{max}} : where maxA _v appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

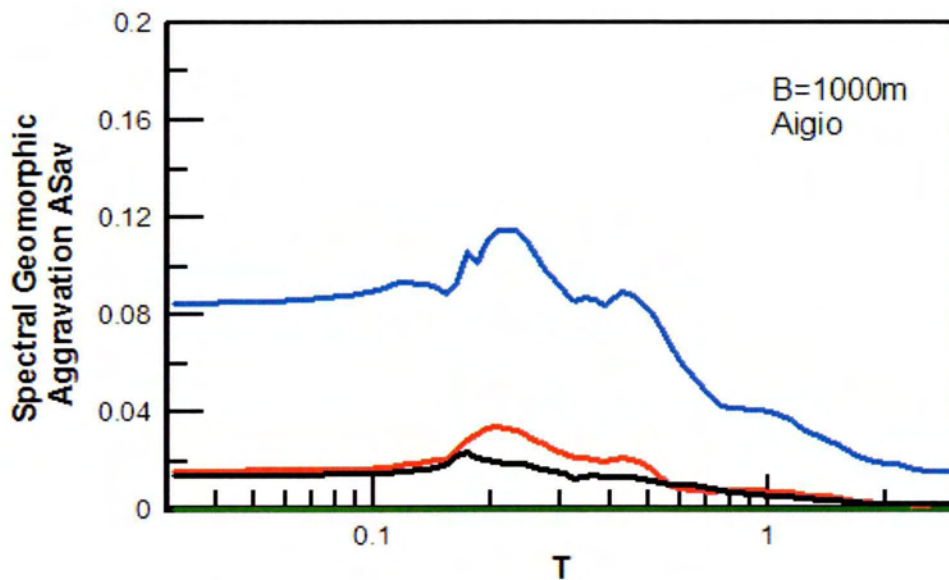
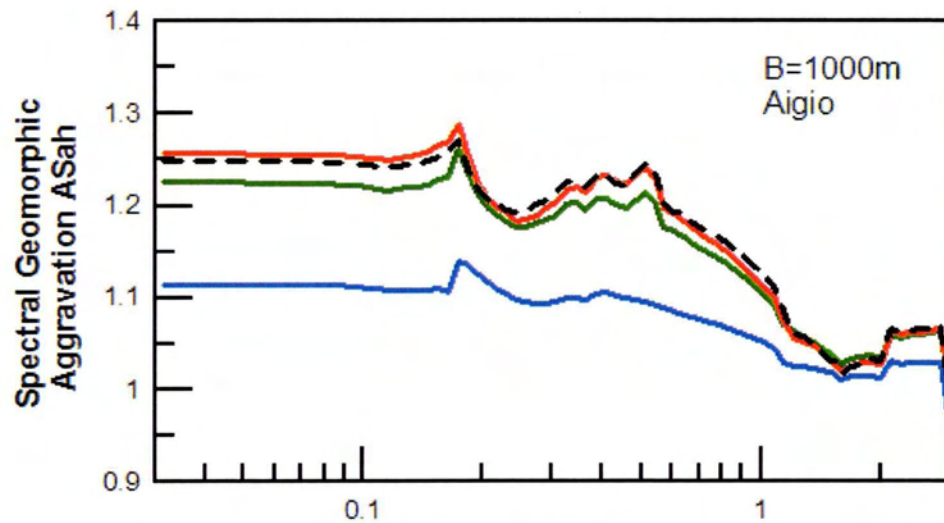
Σχήμα 5.3α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T (sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 3 και τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 5.3β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 3 και τη διέγερση της Κοζάνης.

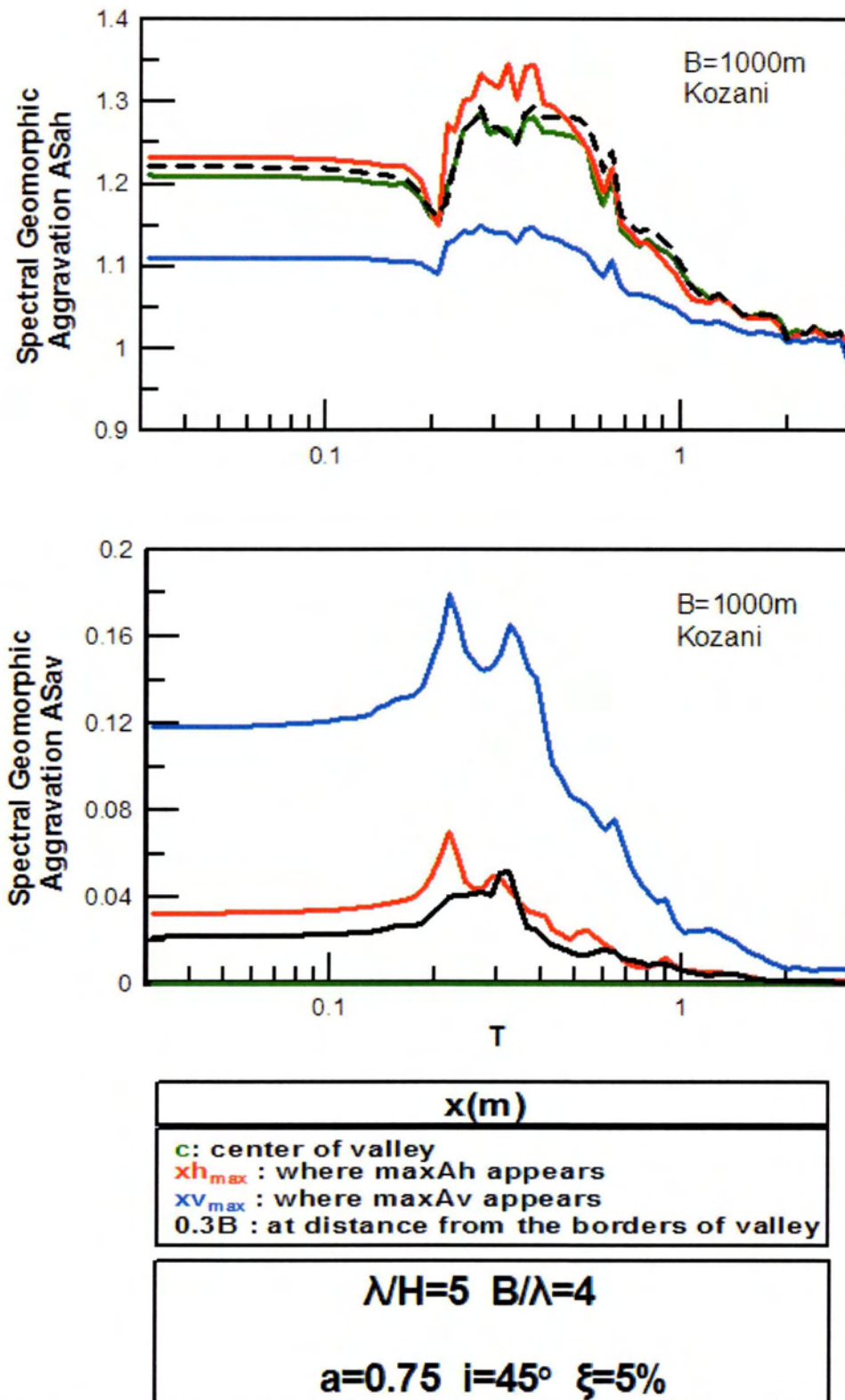


Σχήμα 5.4α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 4 και τη διέγερση του Αιγίου.

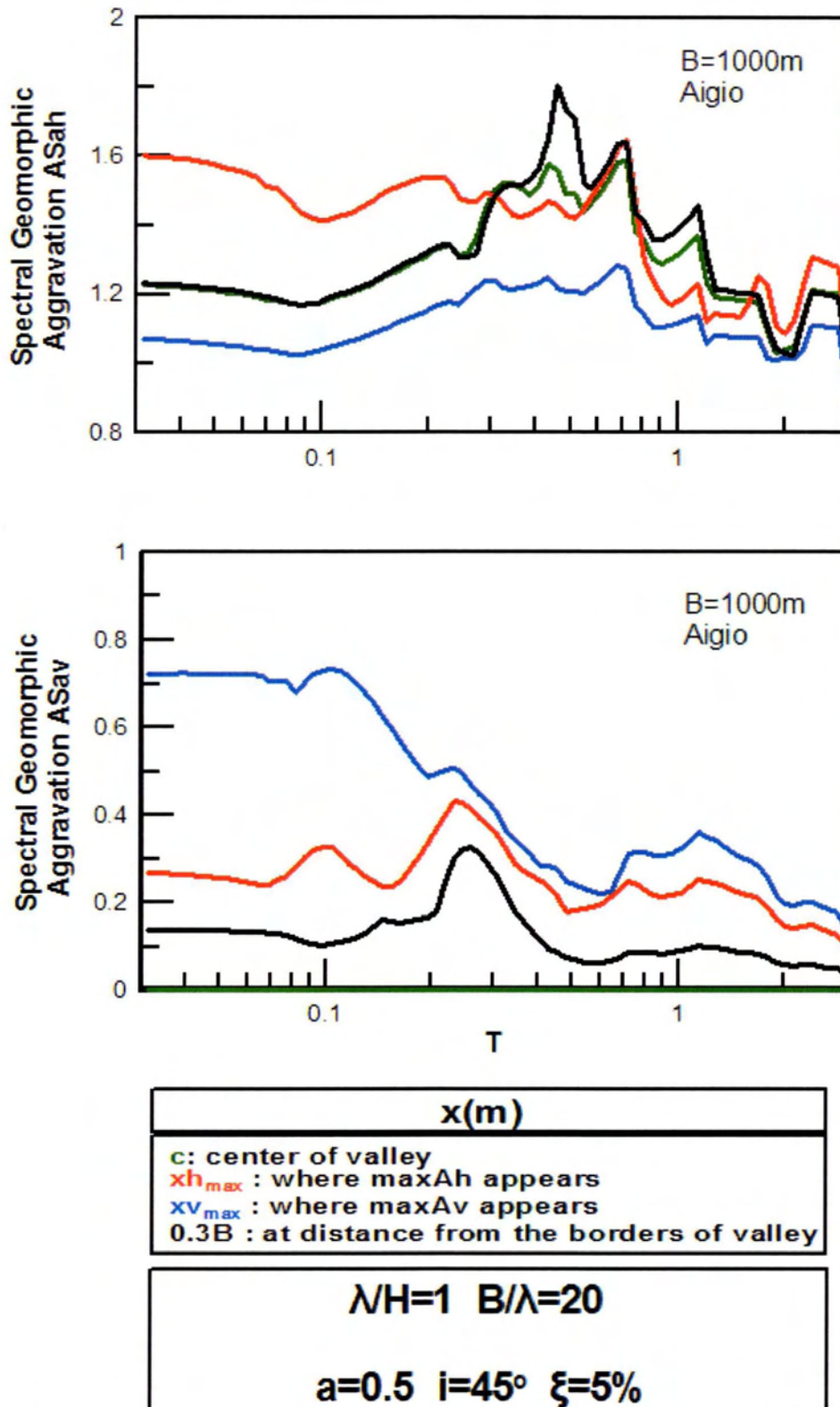


x(m)
c: center of valley xh _{max} : where maxAh appears xv _{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.75$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

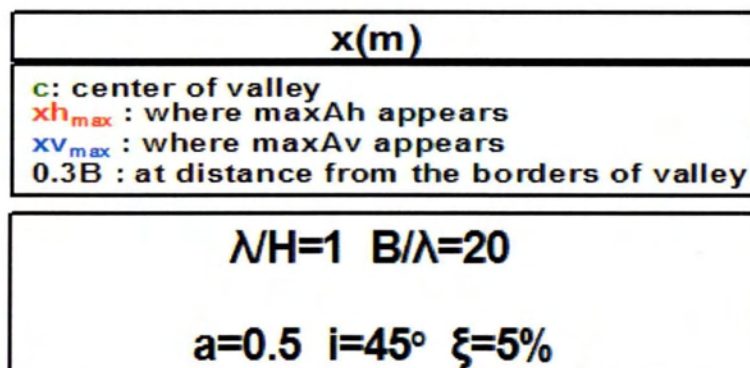
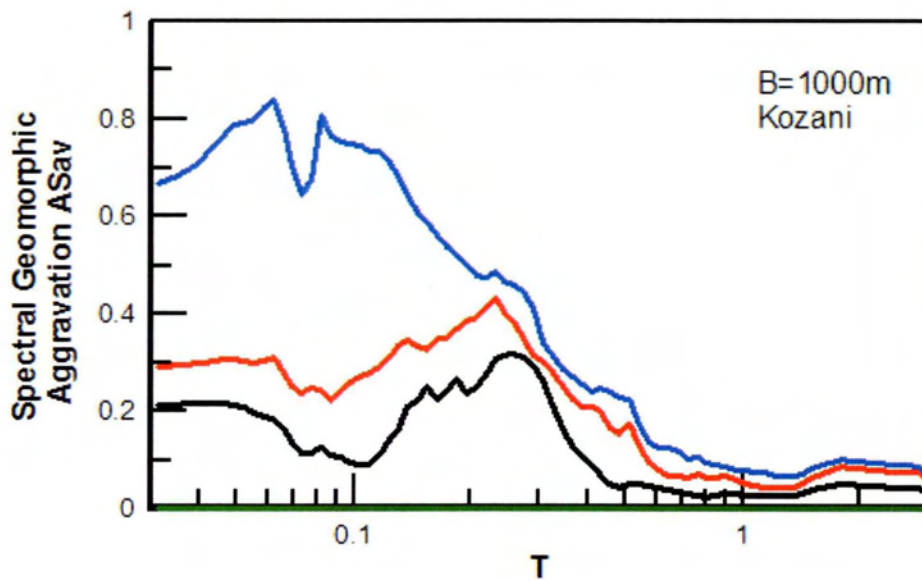
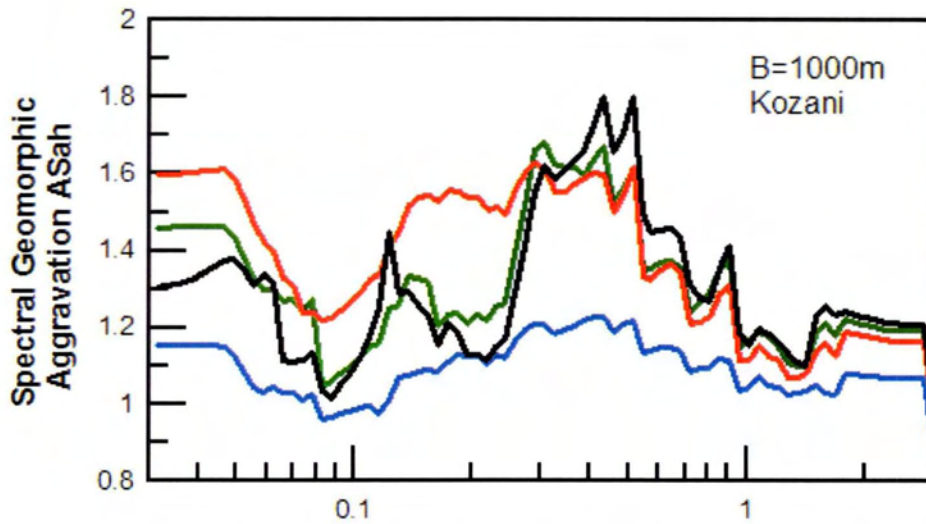
Σχήμα 5.5α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 5 και τη διέγερση του Αιγίου.



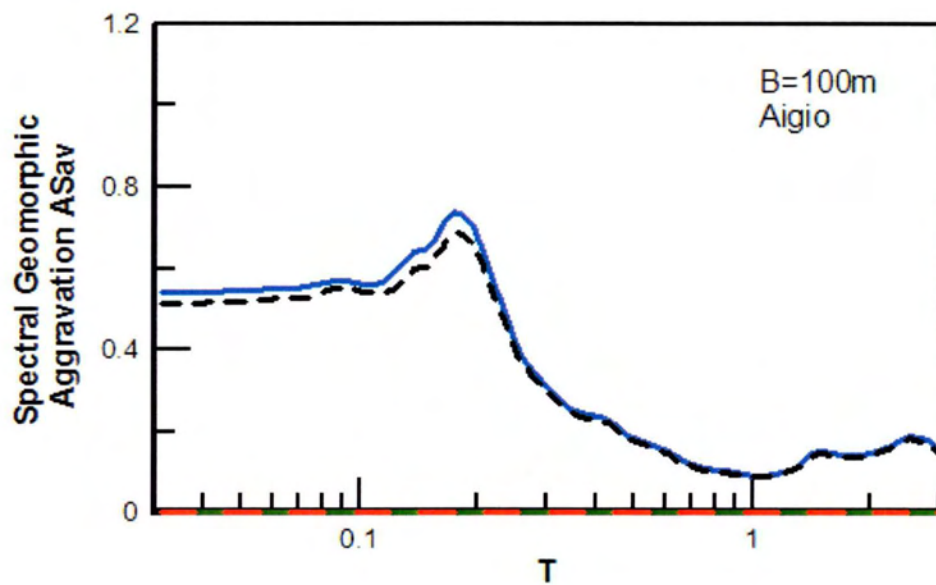
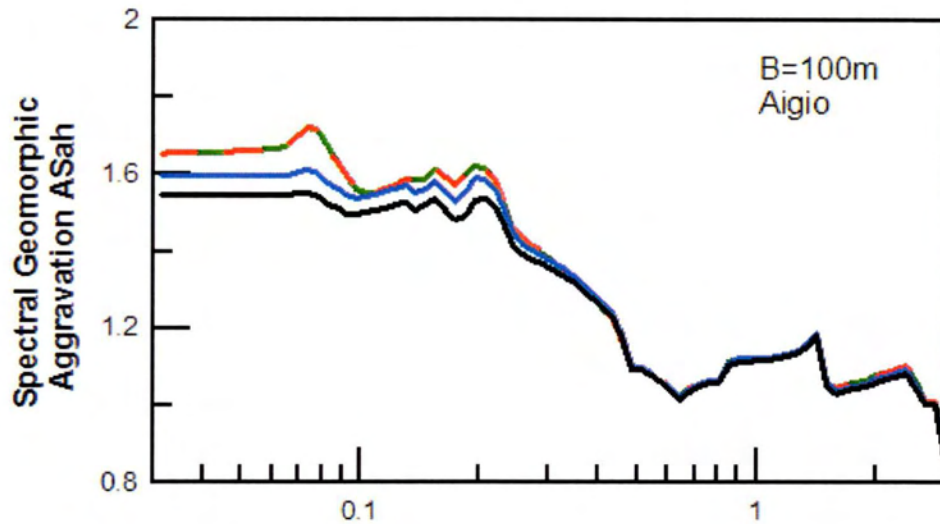
Σχήμα 5.5β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 5 και τη διέγερση της Κοζάνης.



Σχήμα 5.6α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση θ και τη διέγερση του Αιγίου.

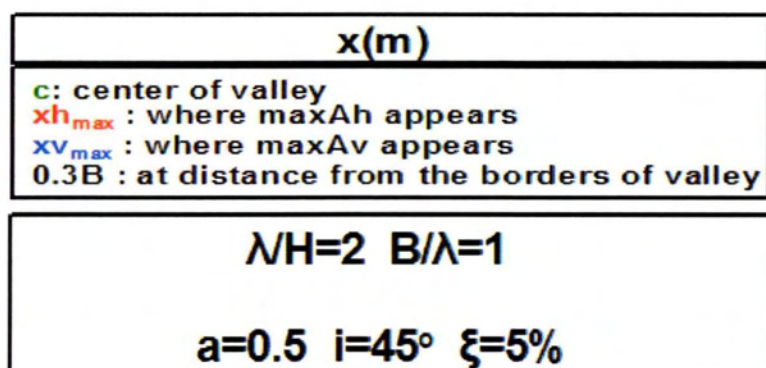
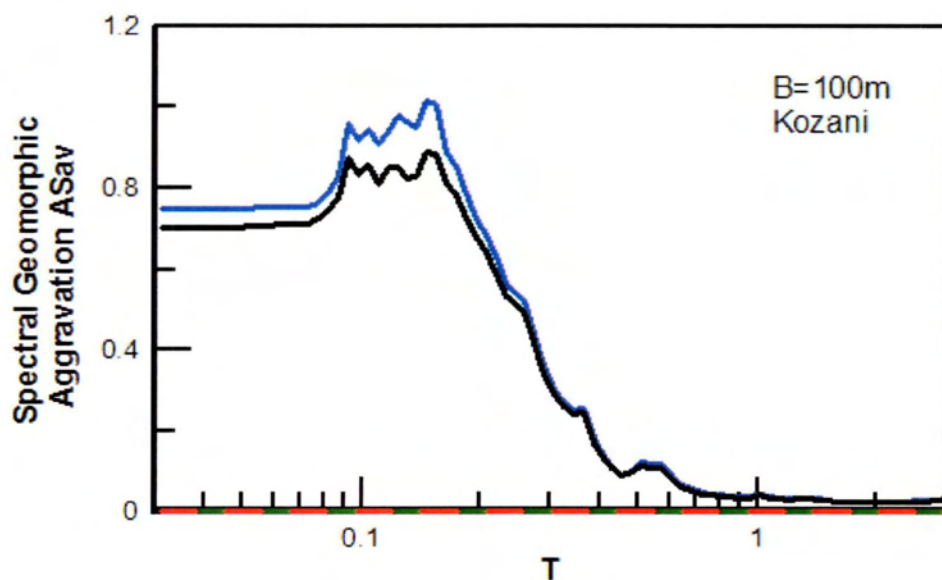
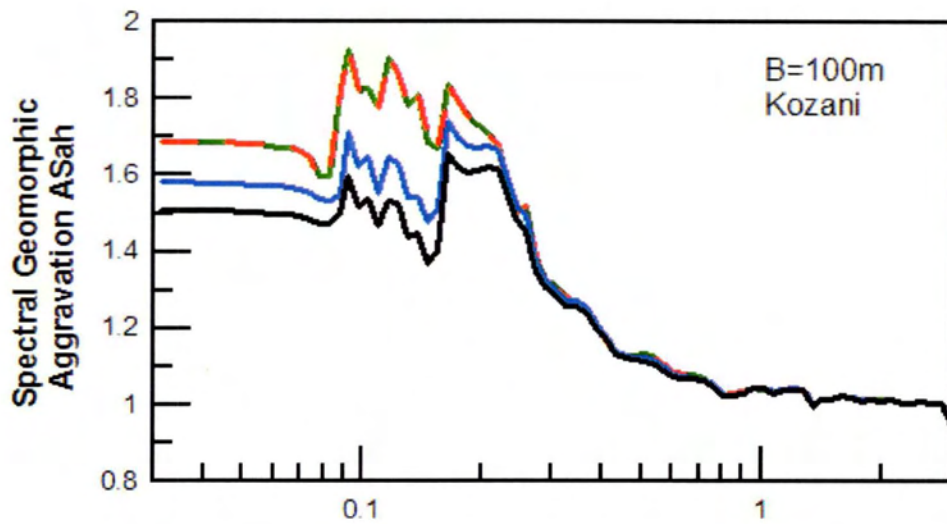


Σχήμα 5.6β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση δ και τη διέγερση της Κοζάνης.

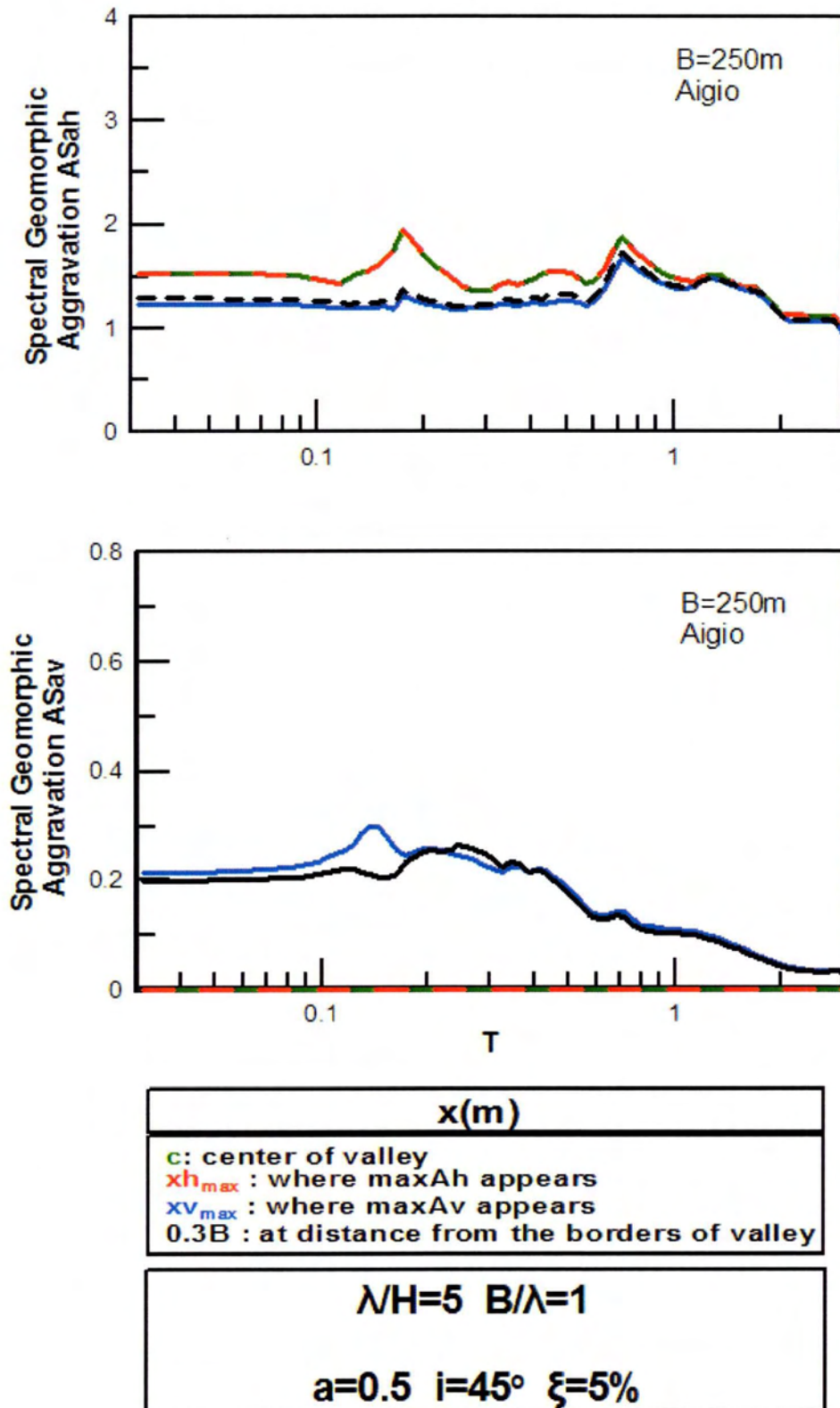


x(m)
c: center of valley xh_{max}: where maxAh appears xv_{max}: where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=2 \quad B/\lambda=1$
$a=0.5 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$

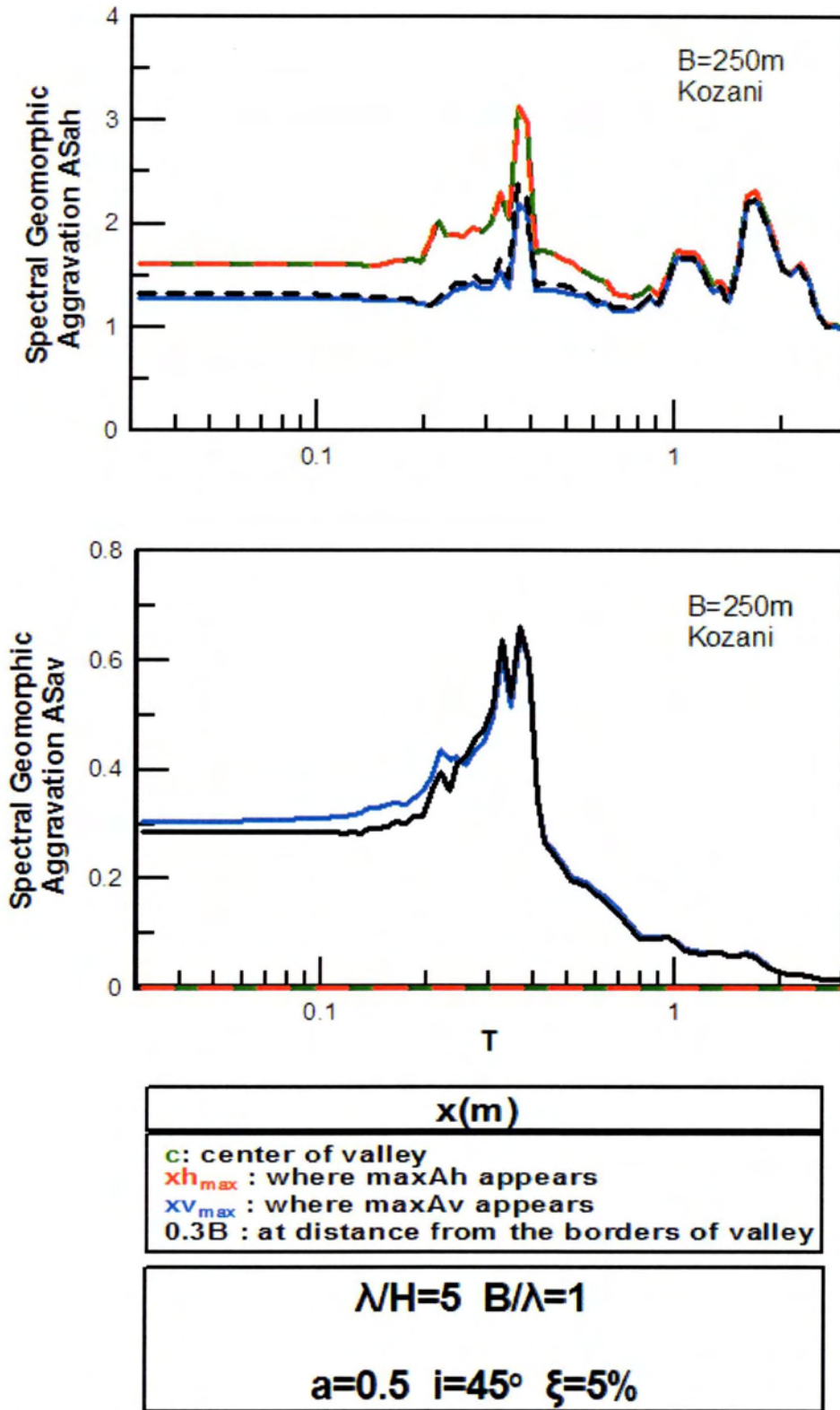
Σχήμα 5.7α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 7 και τη διέγερση του Αιγίου.



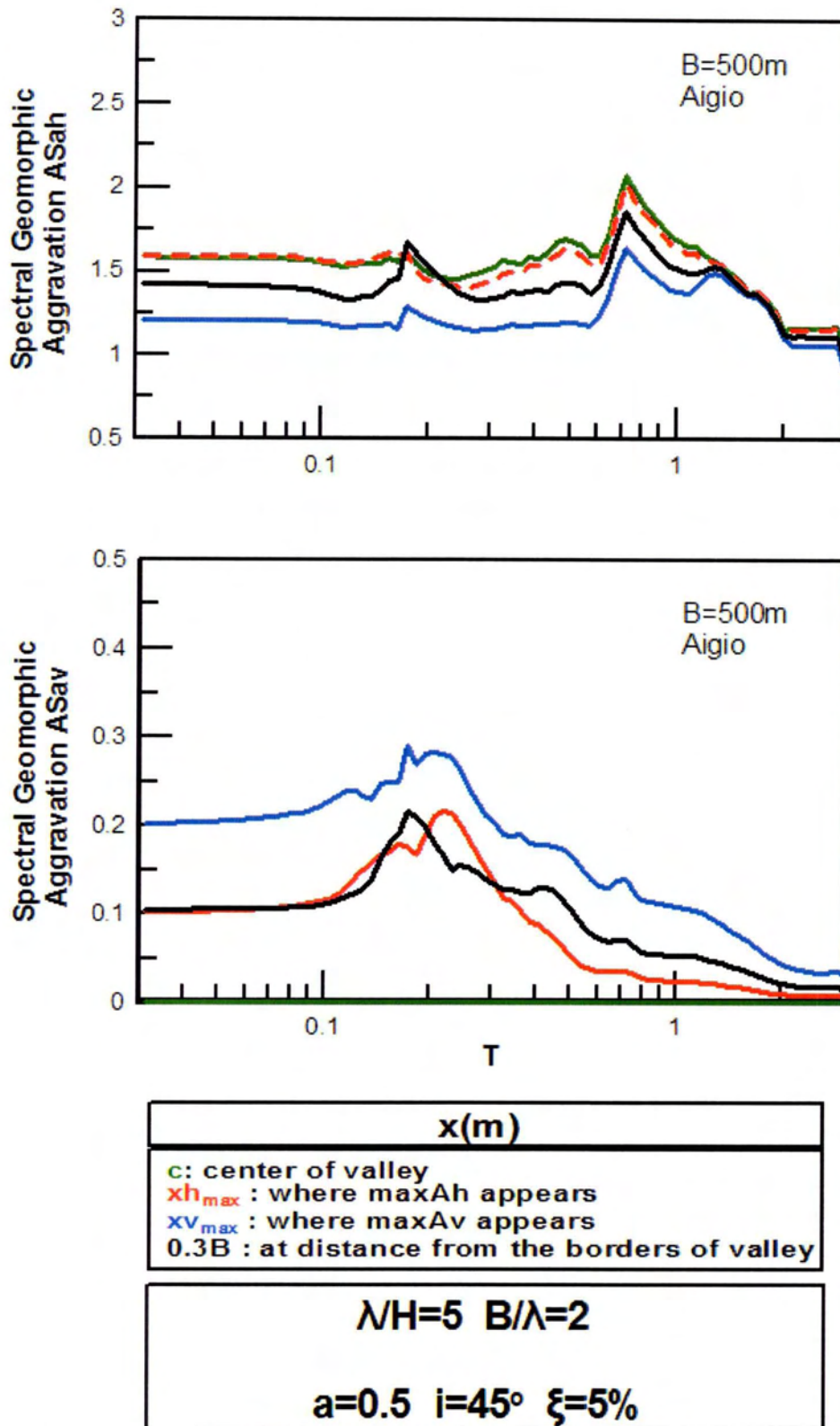
Σχήμα 5.7β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 7 και τη διέγερση της Κοζάνης.



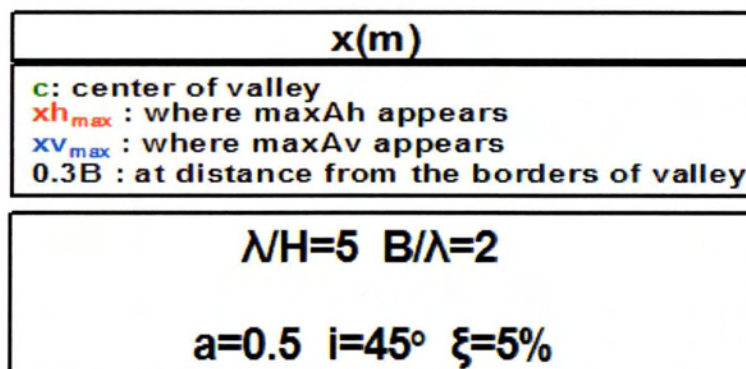
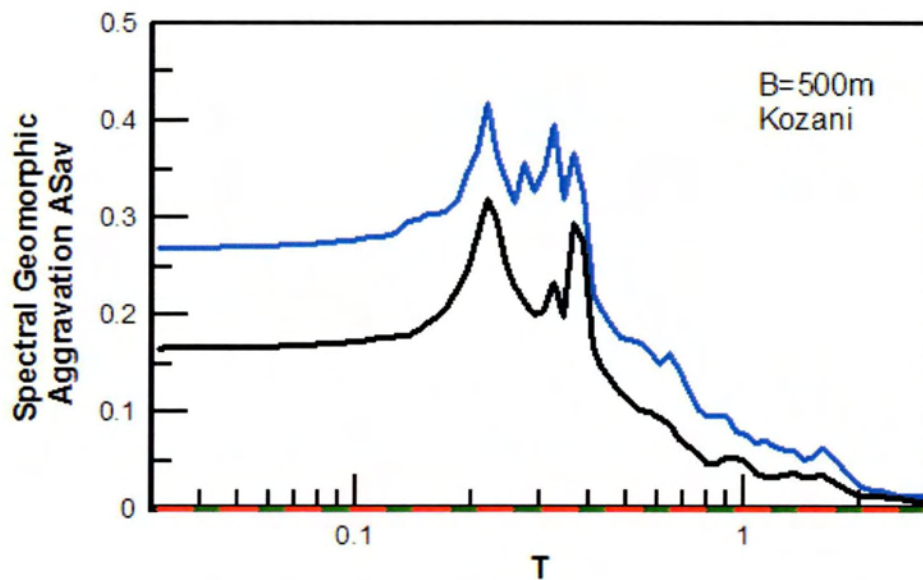
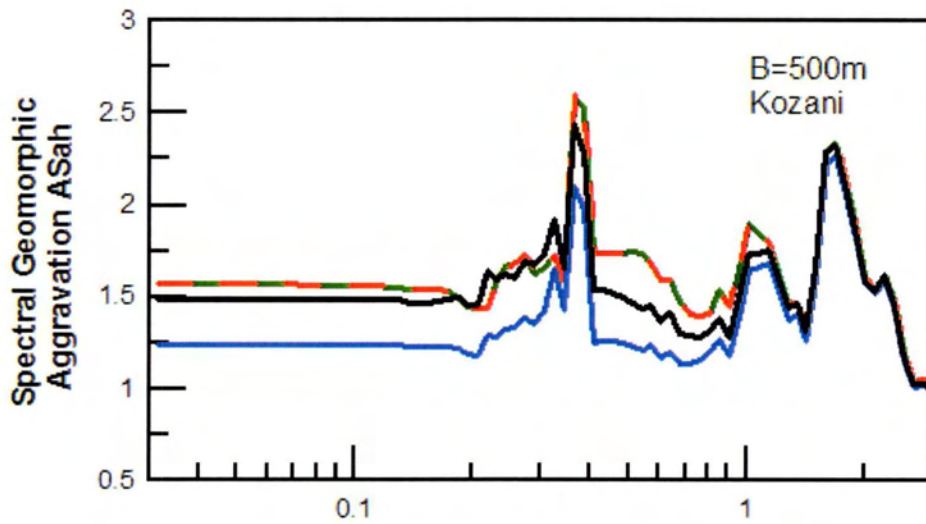
Σχήμα 5.8α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_h και AS_v για κάθε περίοδο κατασκευής T (sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση δ και τη διέγερση του Αιγίου.



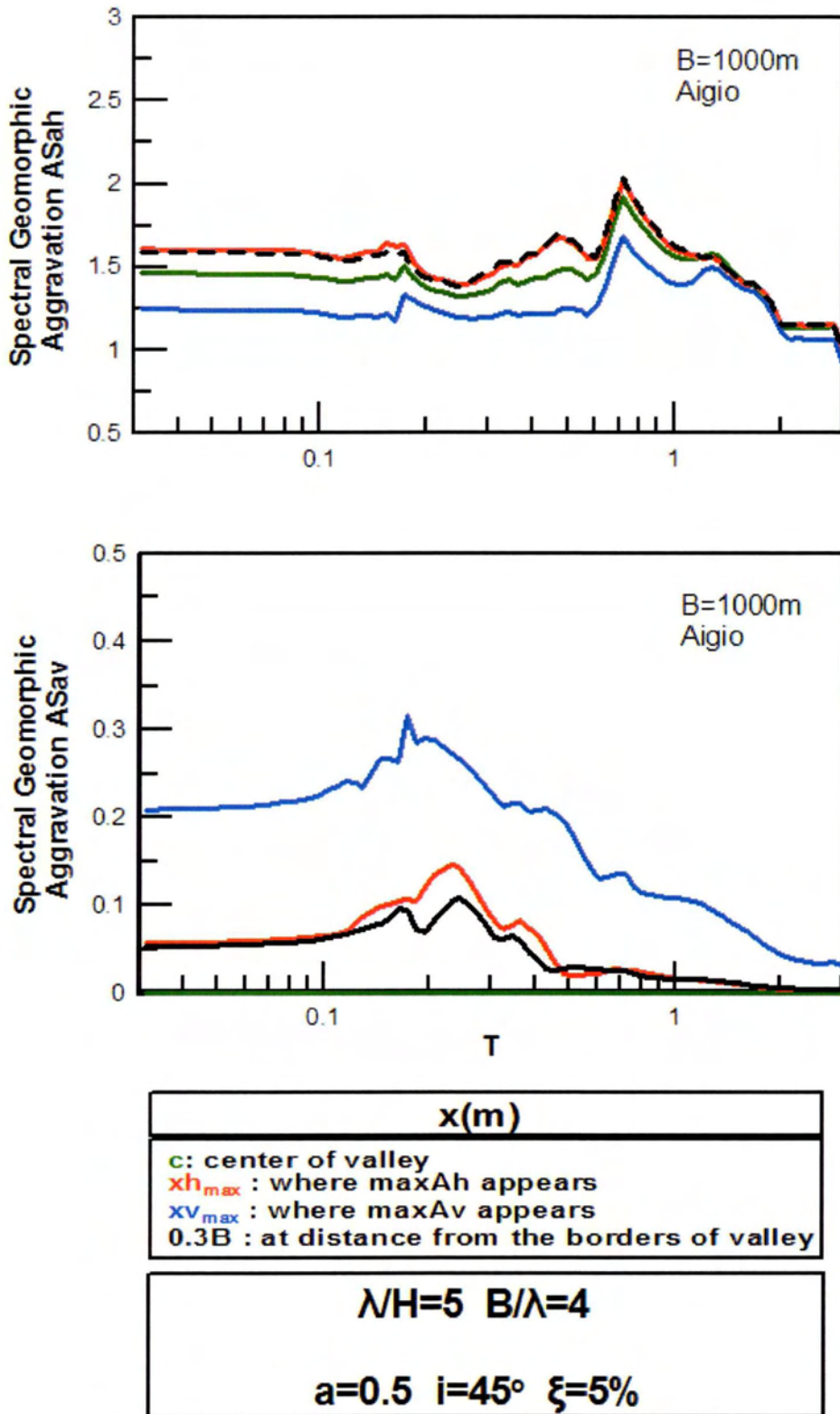
Σχήμα 5.8β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 8 και τη διέγερση της Κοζάνης.



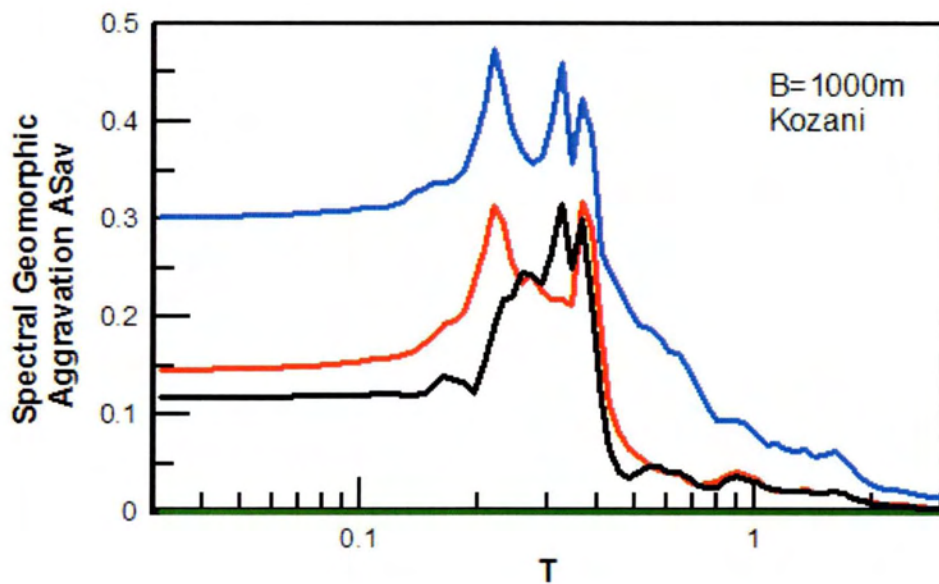
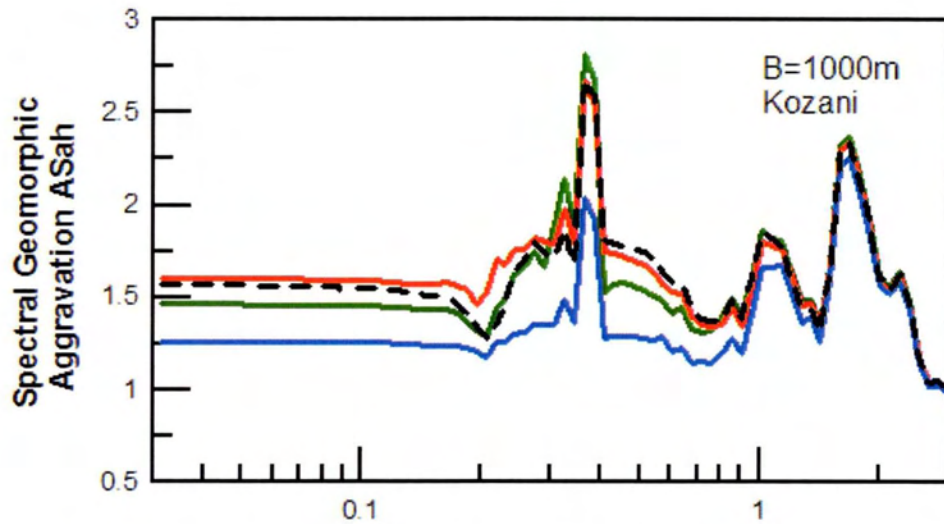
Σχήμα 5.9α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 9 και τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 5.9β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 9 και τη διέγερση της Κοζάνης.

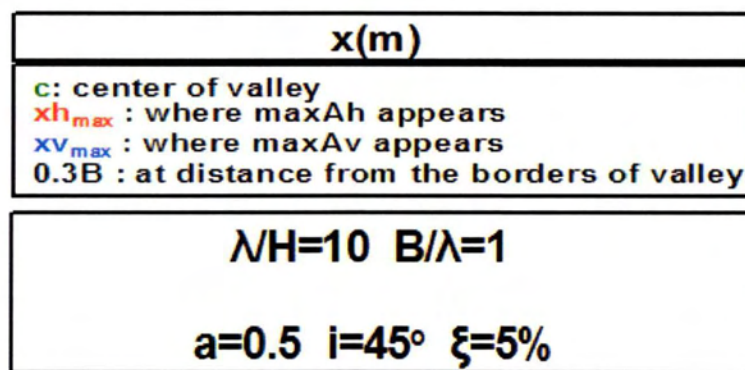
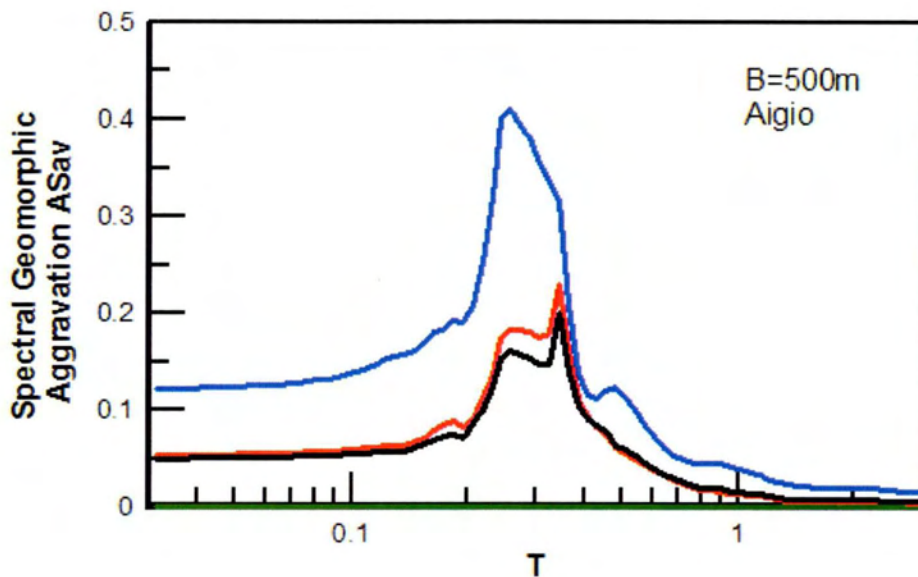
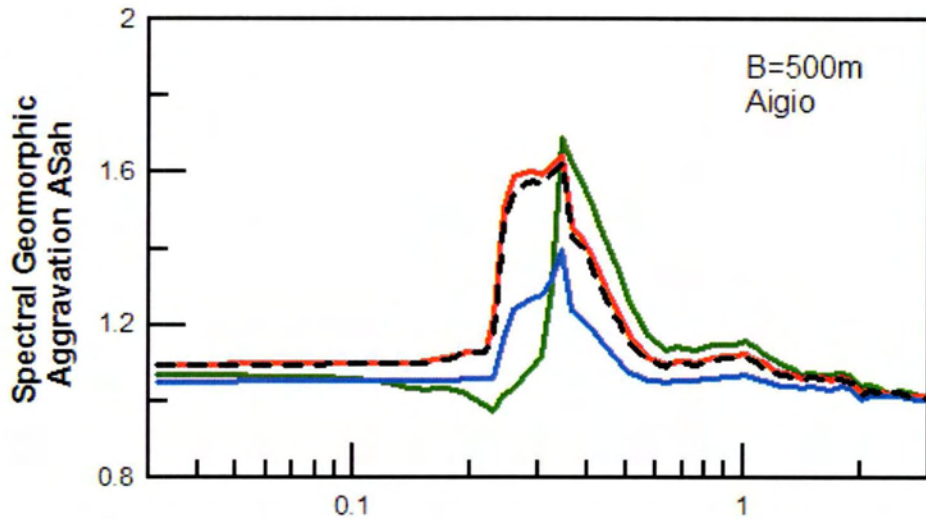


Σχήμα 5.10α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 10 και τη διέγερση του Αιγίου.

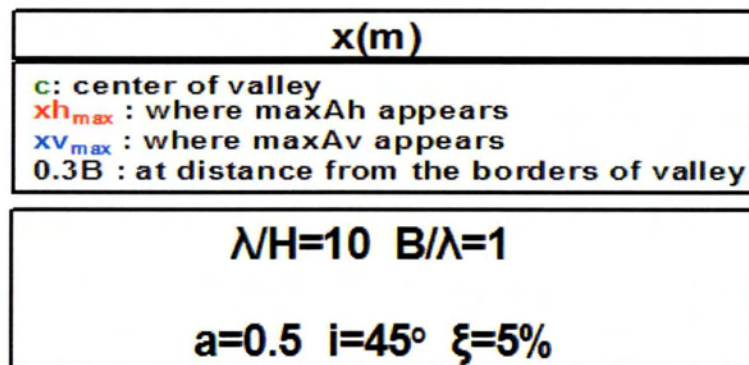
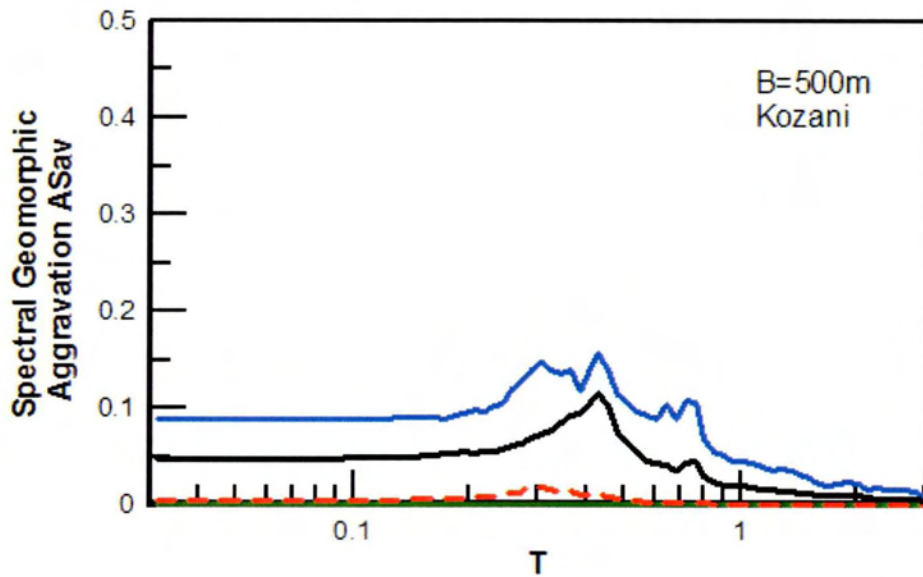
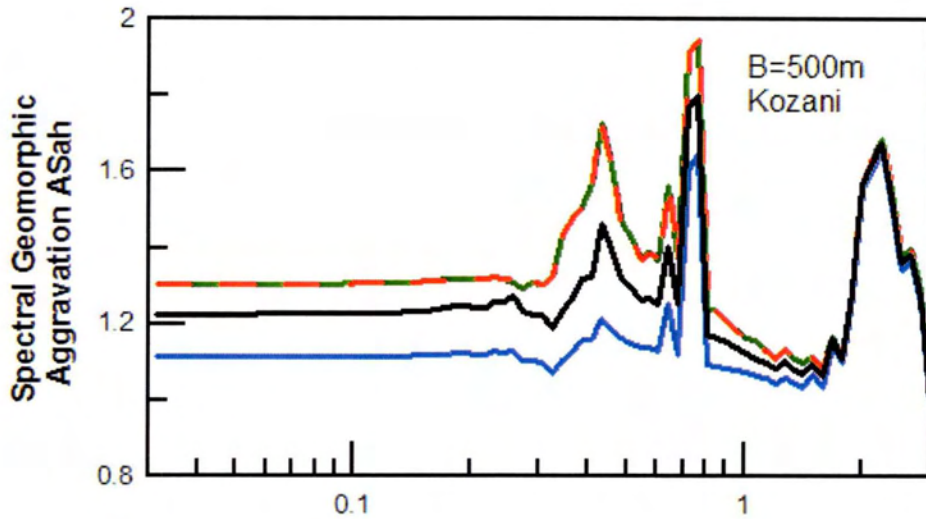


x(m)
c: center of valley x _{h_{max}} : where maxAh appears x _{v_{max}} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5 \quad B/\lambda=4$
$a=0.5 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$

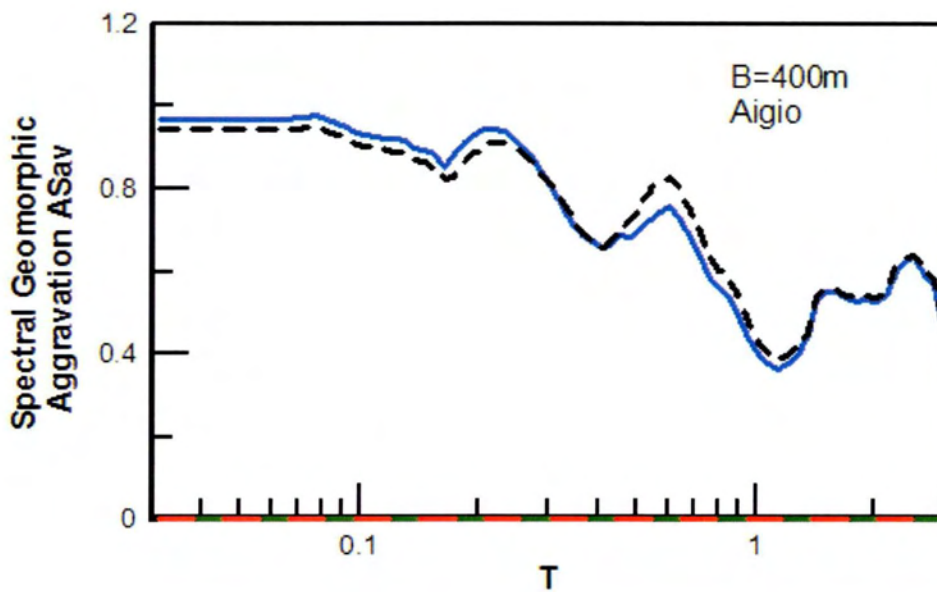
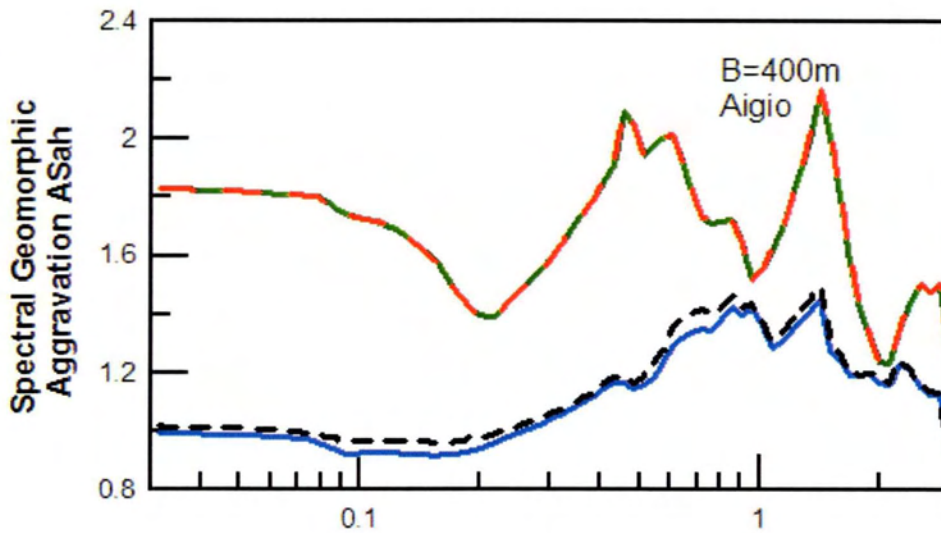
Σχήμα 5.10β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 10 και τη διέγερση της Κοζάνης.



Σχήμα 5.11α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 11 και τη διέγερση του Αιγίου.

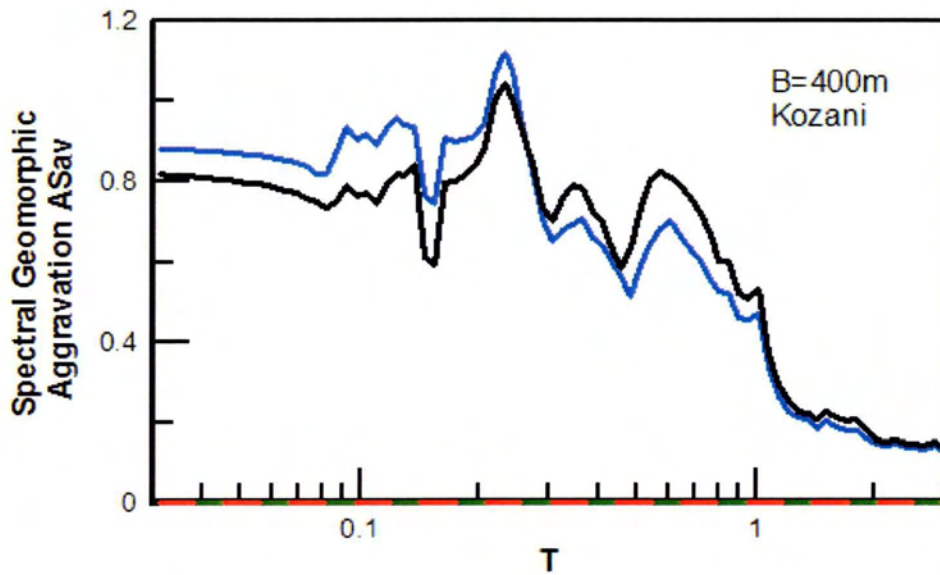
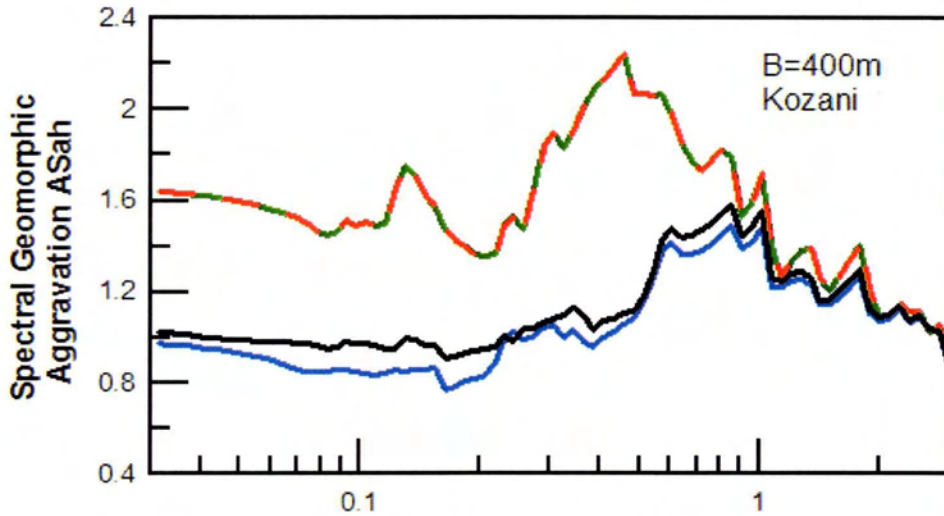


Σχήμα 5.11β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 11 και τη διέγερση της Κοζάνης.



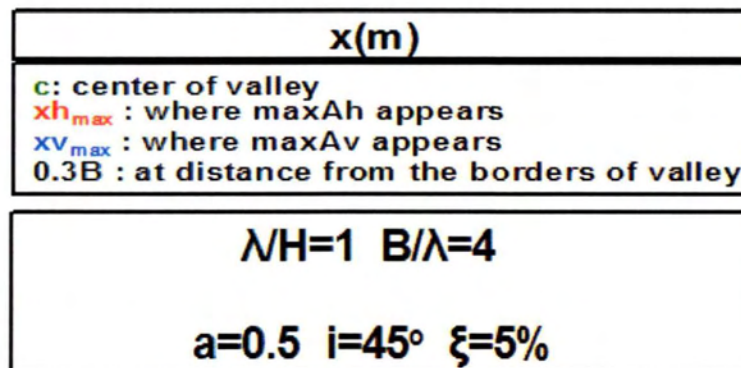
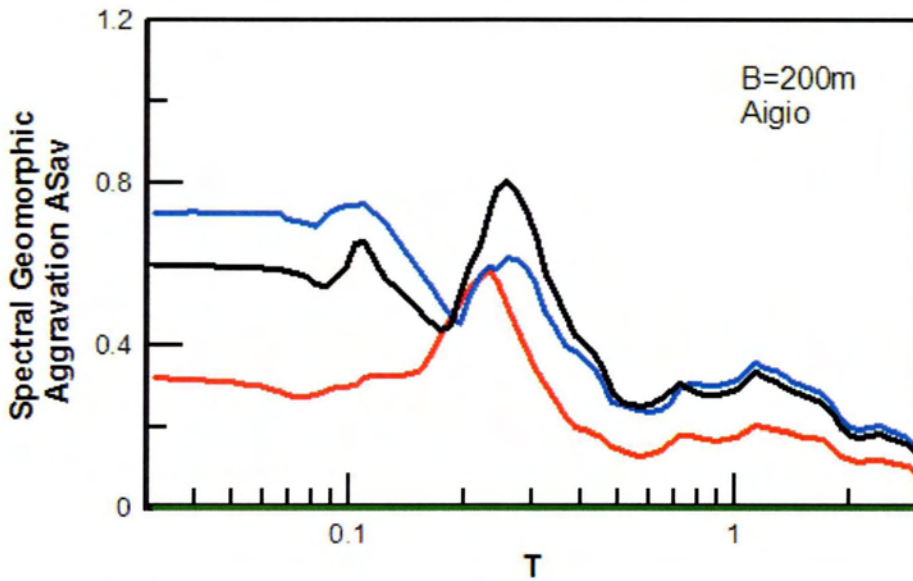
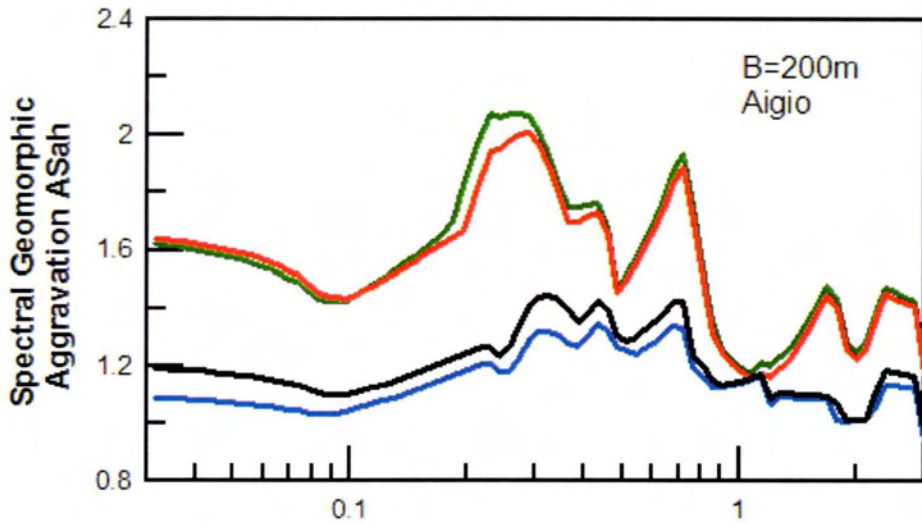
x(m)
c : center of valley x_{h_{max}} : where maxA _h appears x_{v_{max}} : where maxA _v appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=0.67$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.12α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 13 και τη διέγερση του Αιγίου.

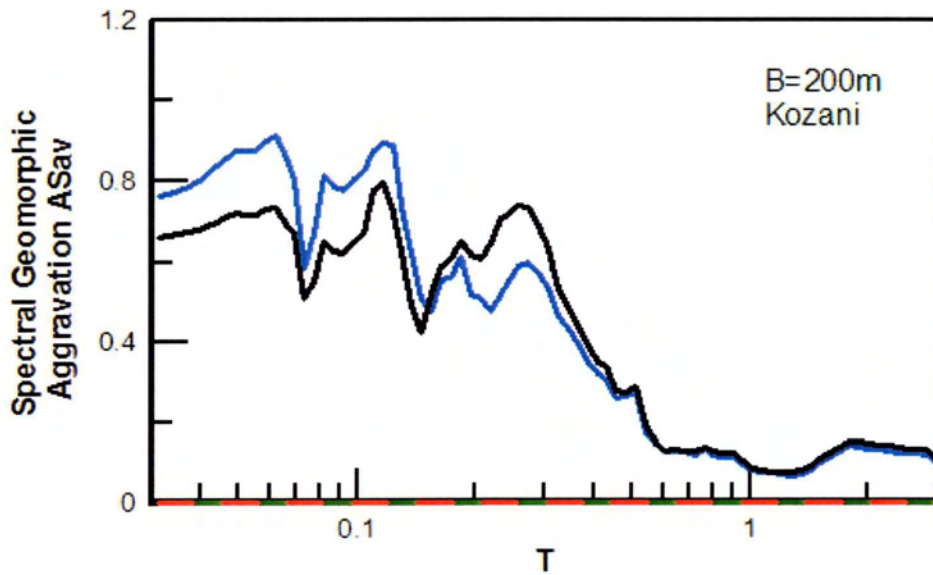
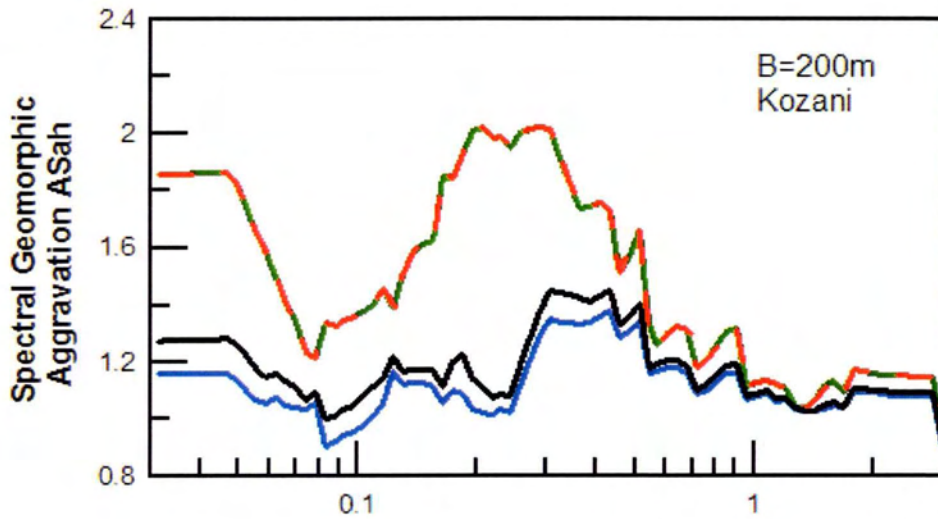


x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=0.67$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.12β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 13 και τη διέγερση της Κοζάνης.

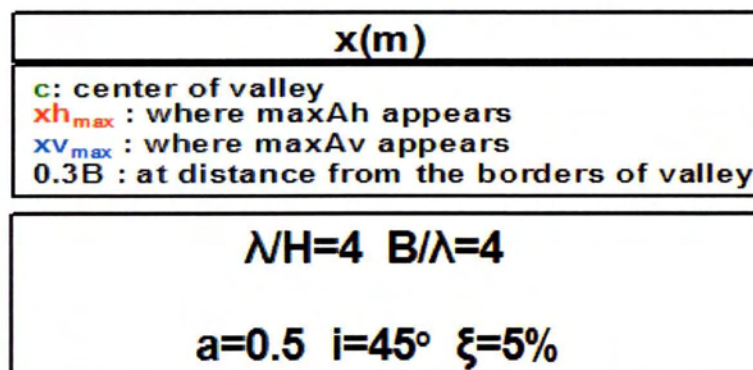
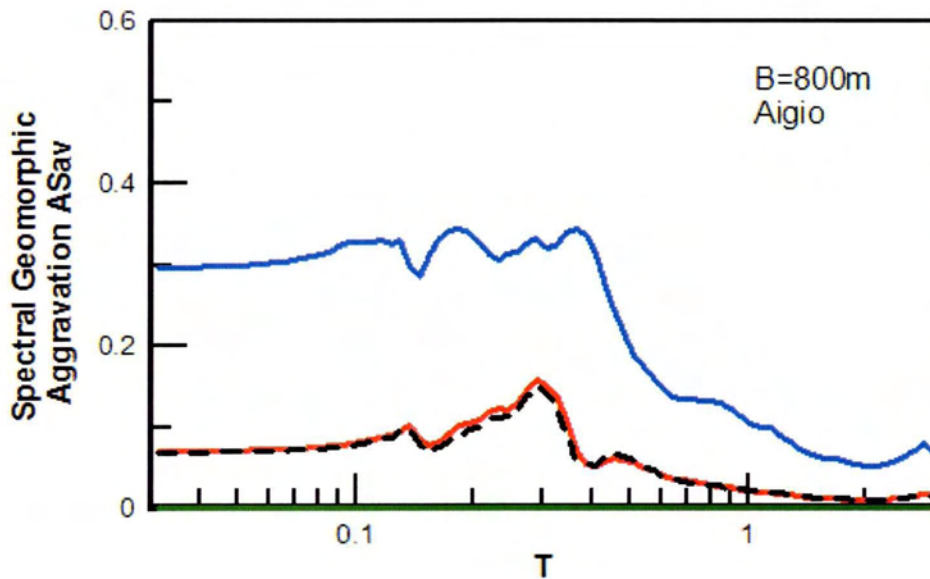
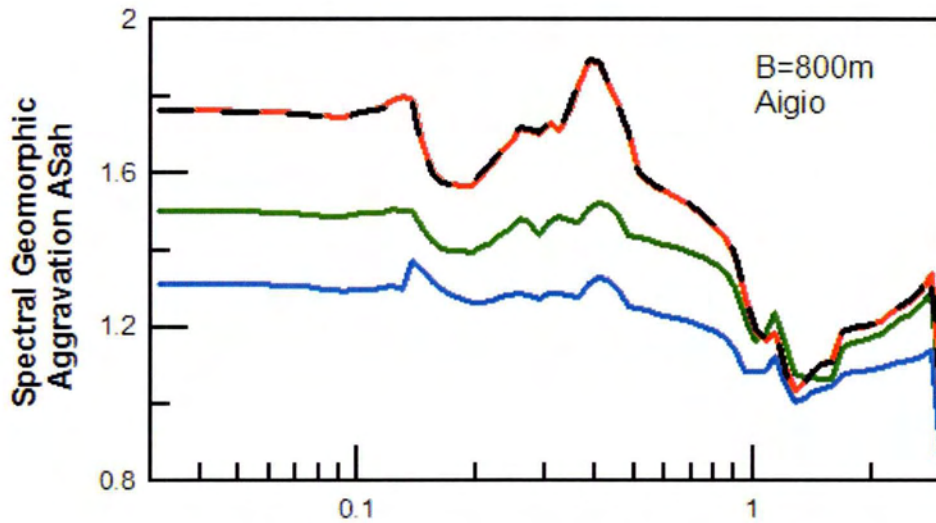


Σχήμα 5.13α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 14 και τη διέγερση του Αιγίου.

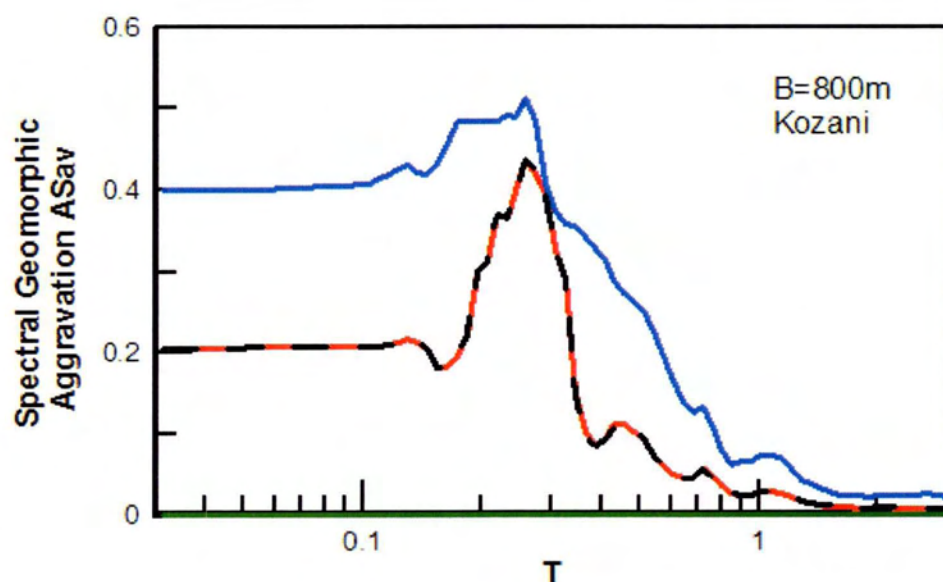
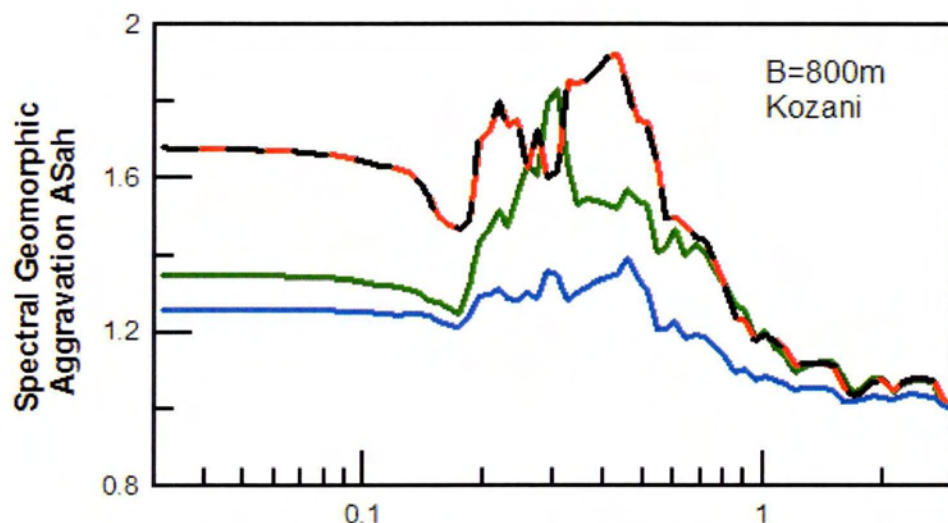


x(m)
c : center of valley x_{h_{max}} : where maxAh appears x_{v_{max}} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=1$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.13β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 14 και τη διέγερση της Κοζάνης.

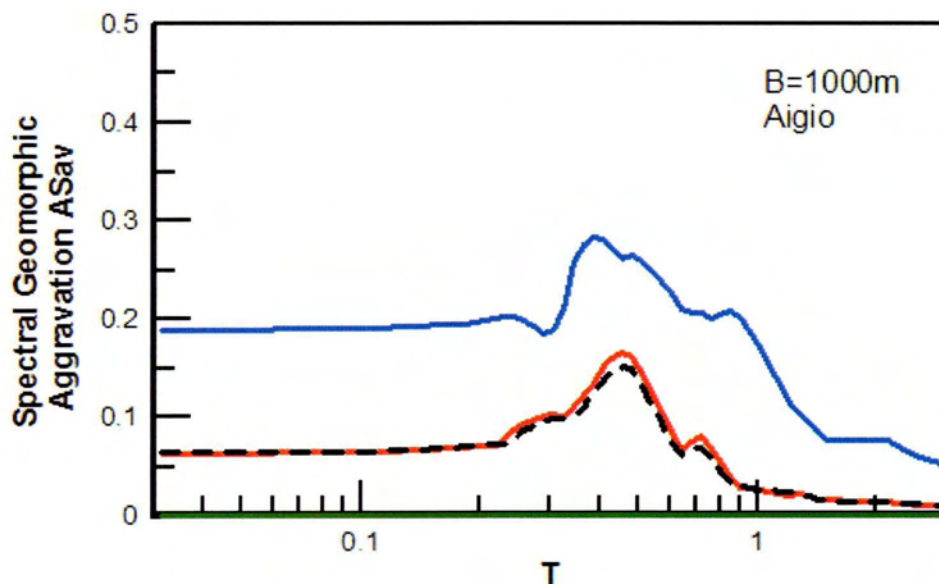
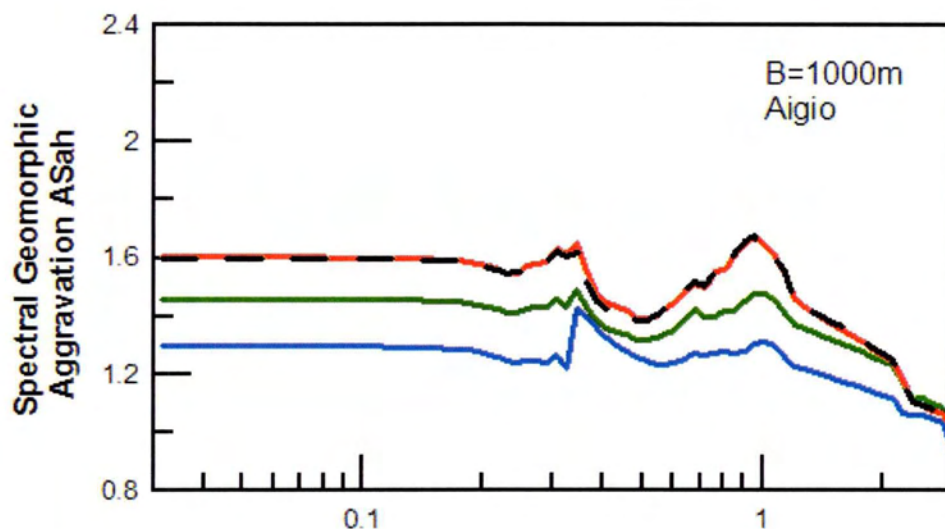


Σχήμα 5.14α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T (sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 15 και τη διέγερση του Αιγίου.



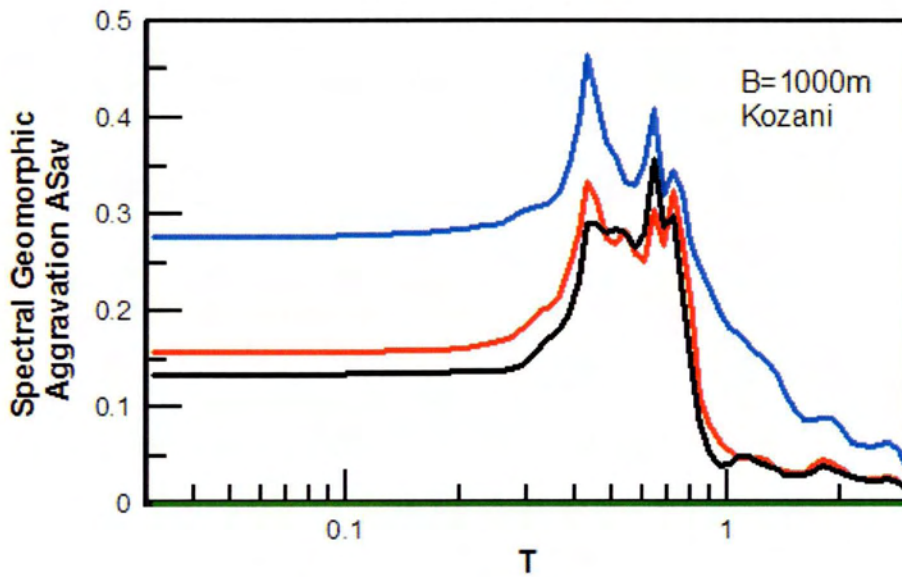
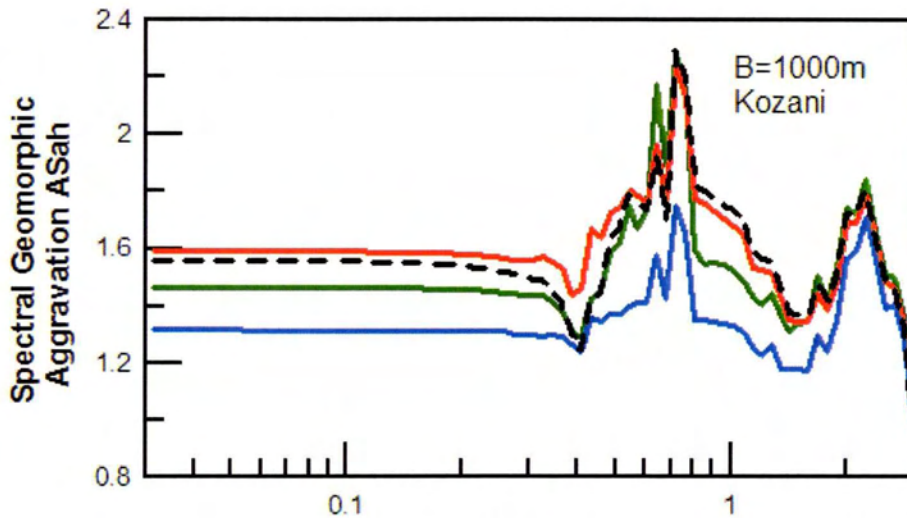
x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
NH=4 B/λ=4
a=0.5 i=45° ξ=5%

Σχήμα 5.14β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 15 και τη διέγερση της Κοζάνης.



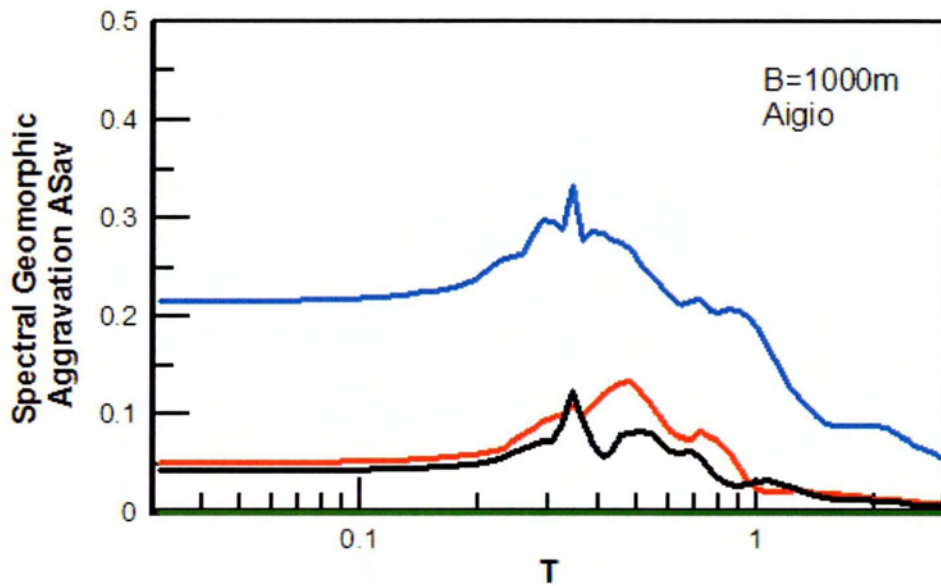
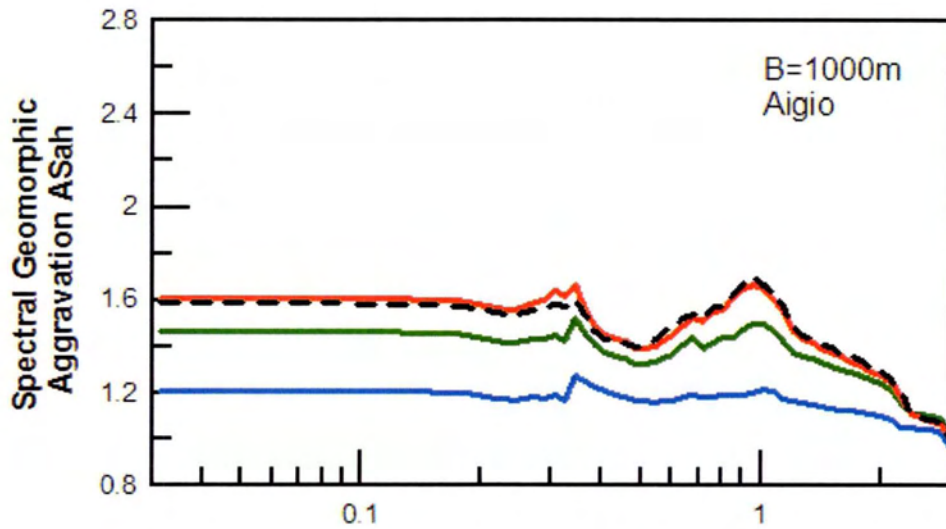
x(m)
c: center of valley xh _{max} : where maxAh appears xv _{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=30^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.15α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 16 και τη διέγερση του Αιγίου.



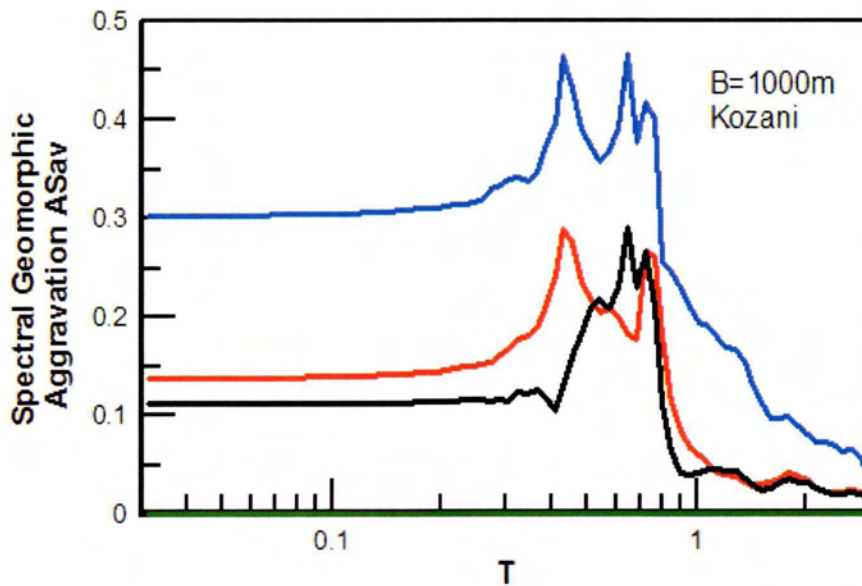
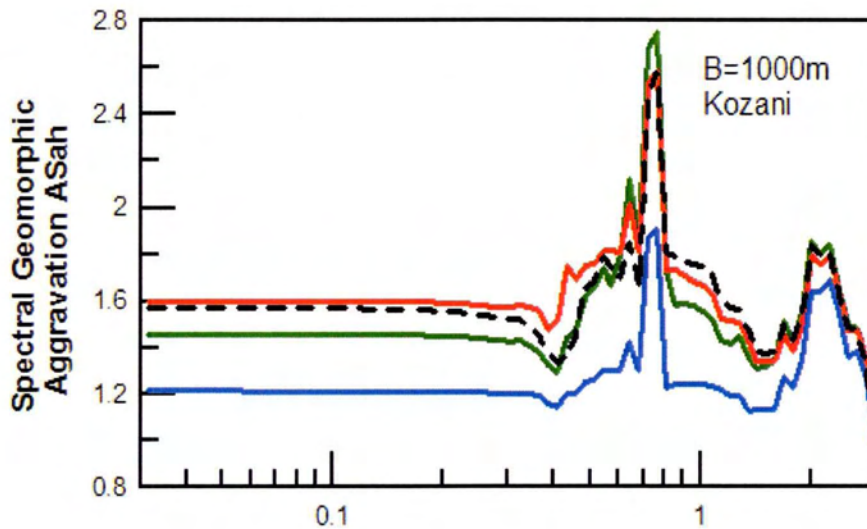
x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
NH=5 B/λ=4
a=0.5 i=30° ξ=5%

Σχήμα 5.15β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 16 και τη διέγερση της Κοζάνης.



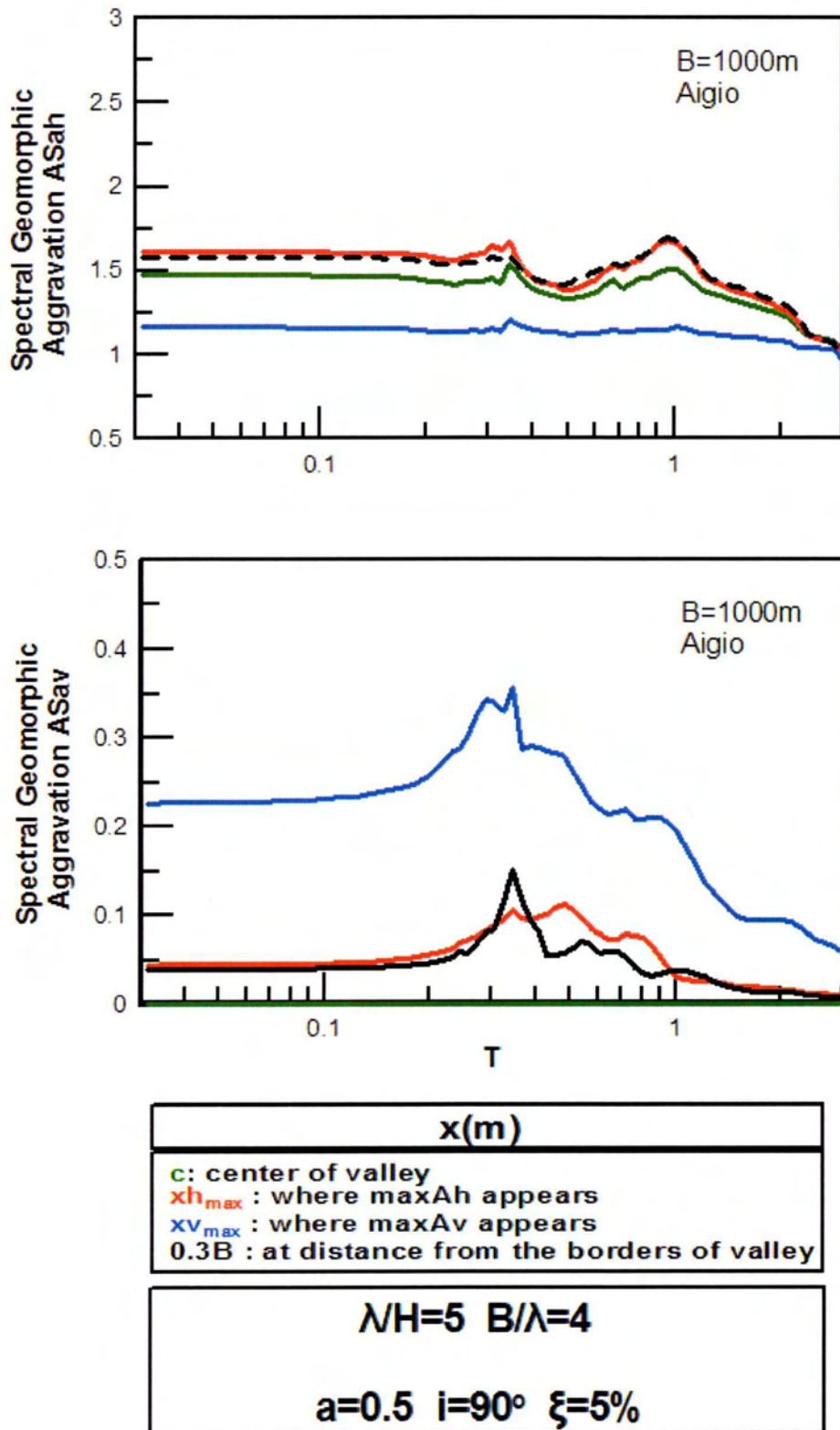
x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xV_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
NH=5 B/λ=4
a=0.5 i=60° ξ=5%

Σχήμα 5.16α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 17 και τη διέγερση του Αιγίου.

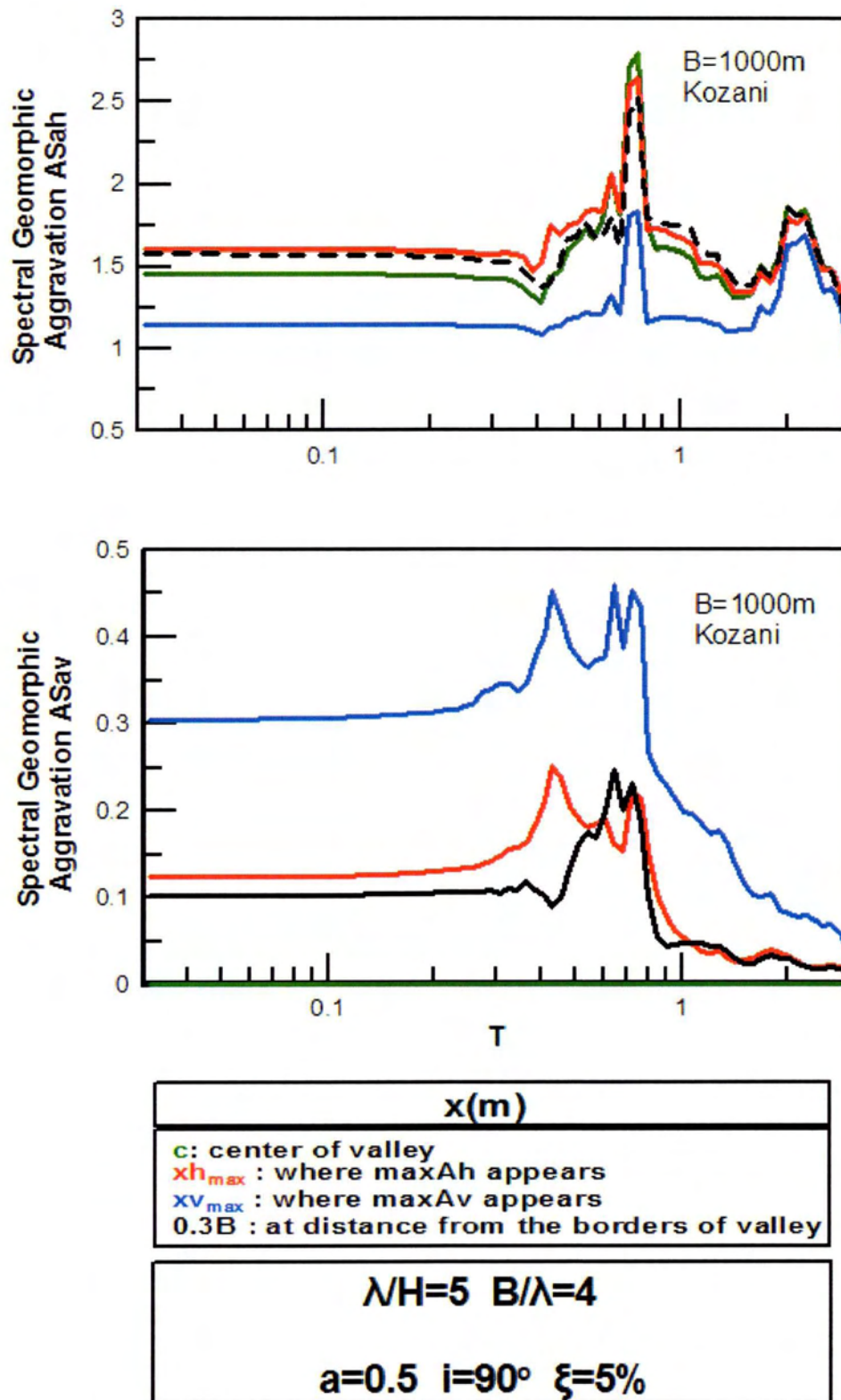


x(m)
c: center of valley xh _{max} : where maxAh appears xv _{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5 \quad B/\lambda=4$
$a=0.5 \quad i=60^\circ \quad \xi=5\%$

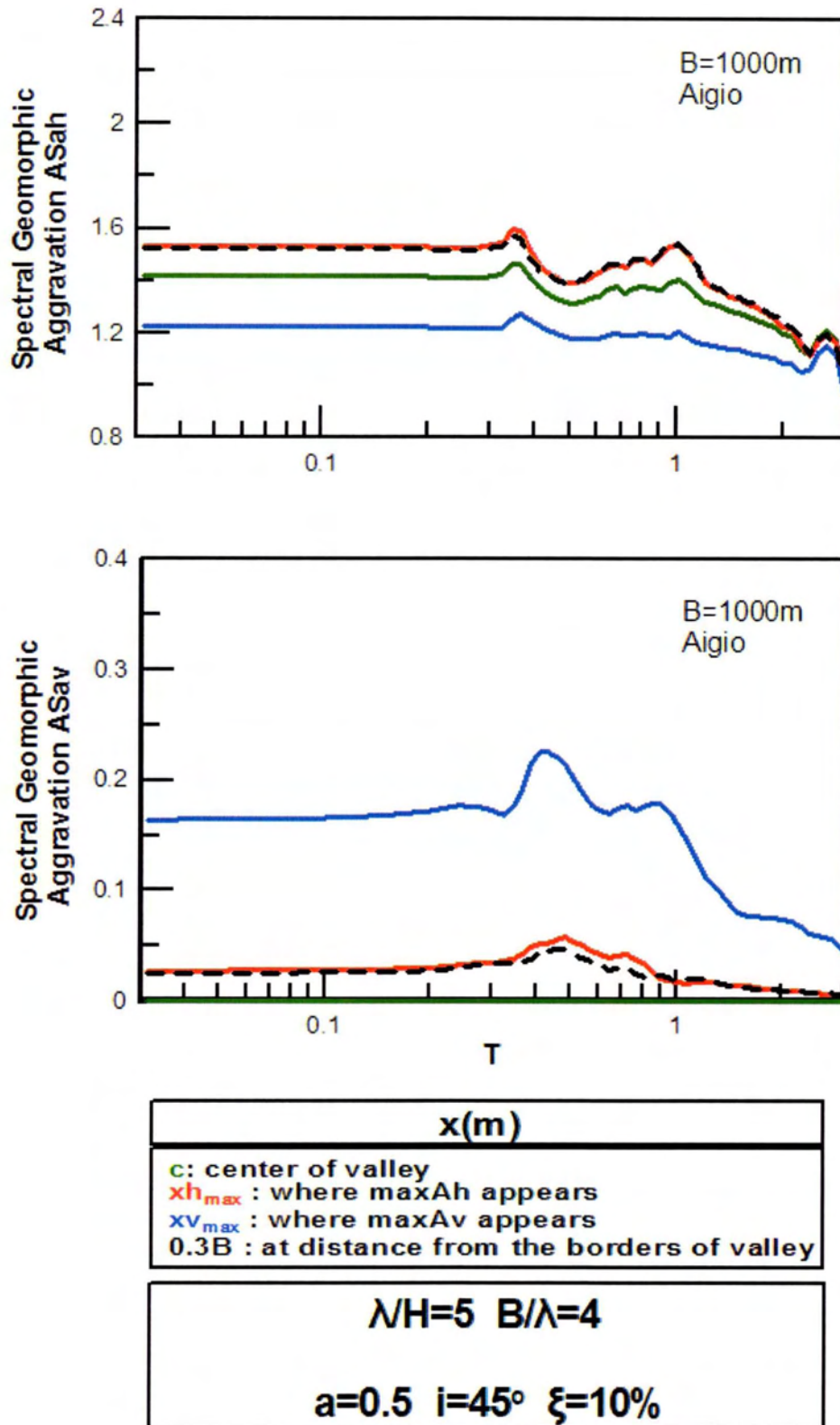
Σχήμα 5.16β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 17 και τη διέγερση της Κοζάνης.



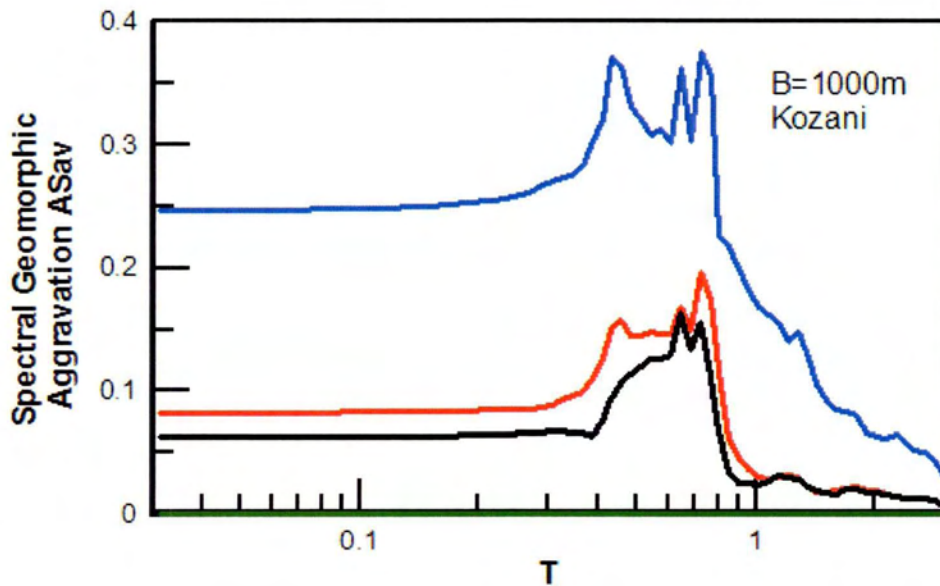
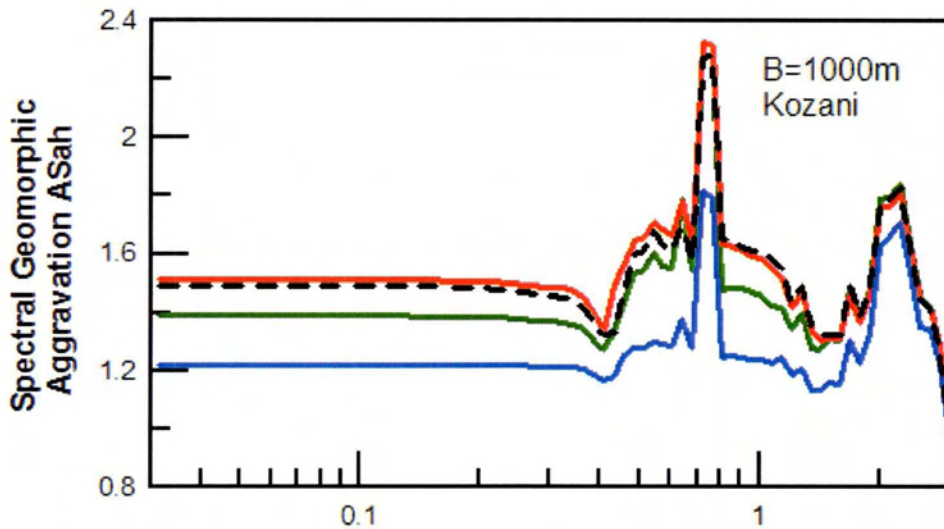
Σχήμα 5.17α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 18 και τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 5.17β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 18 και τη διέγερση της Κοζάνης.

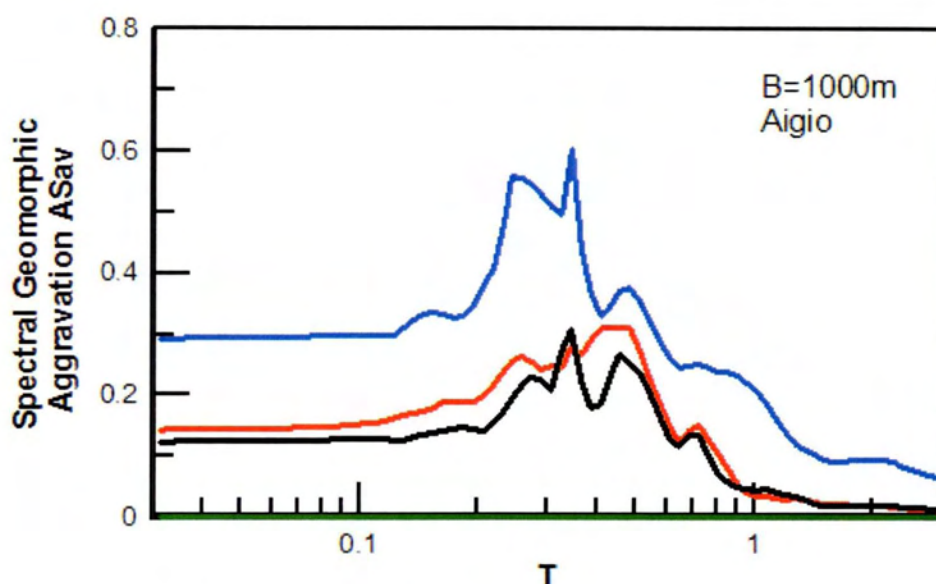
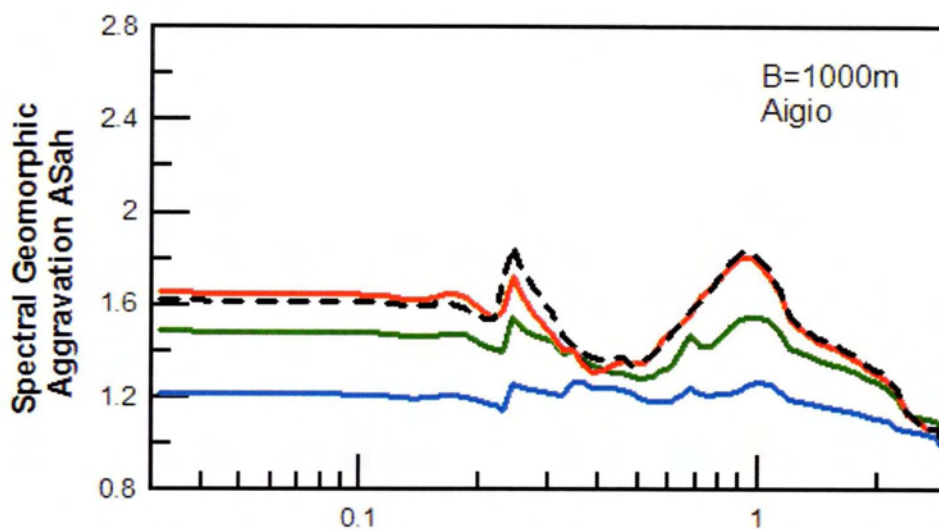


Σχήμα 5.18α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 19 και τη διέγερση του Αιγίου.



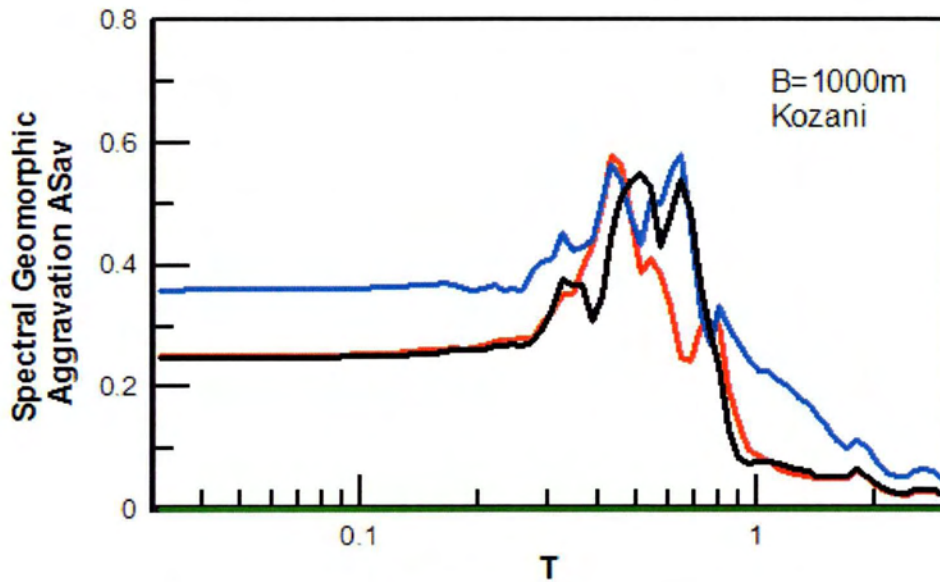
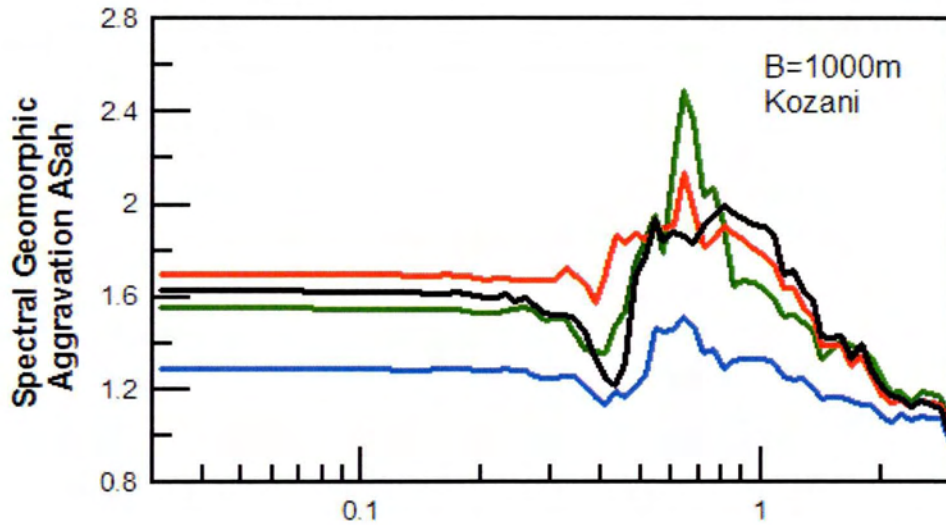
x(m)
c: center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=10\%$

Σχήμα 5.18β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 19 και τη διέγερση της Κοζάνης.



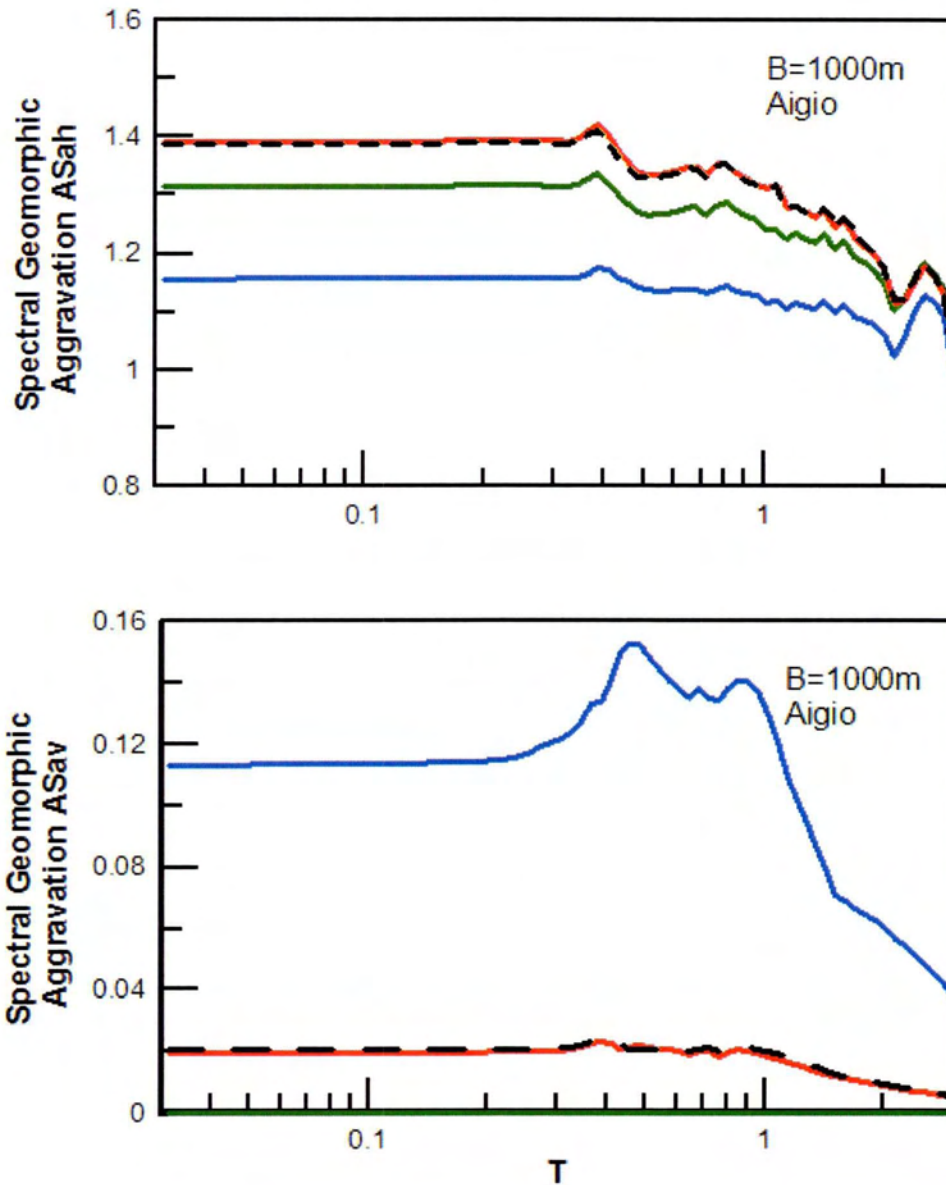
x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=1\%$

Σχήμα 5.19α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 20 και τη διέγερση του Αιγίου.



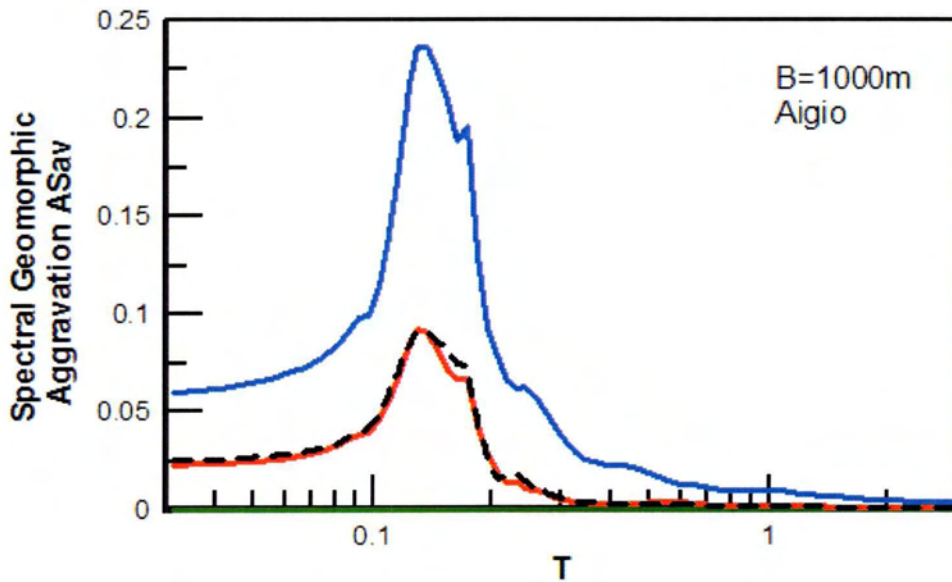
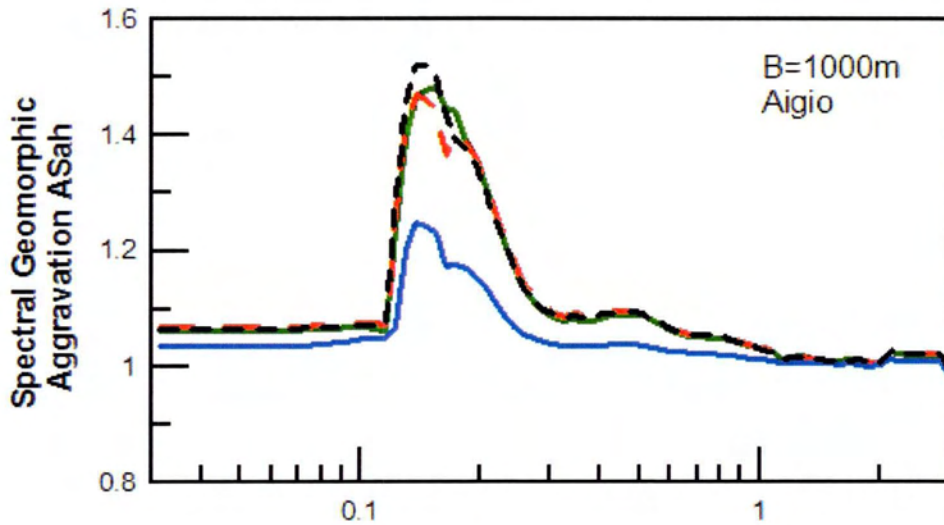
x(m)
c: center of valley xh_{max}: where maxAh appears xv_{max}: where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=1\%$

Σχήμα 5.19β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 20 και τη διέγερση της Κοζάνης.



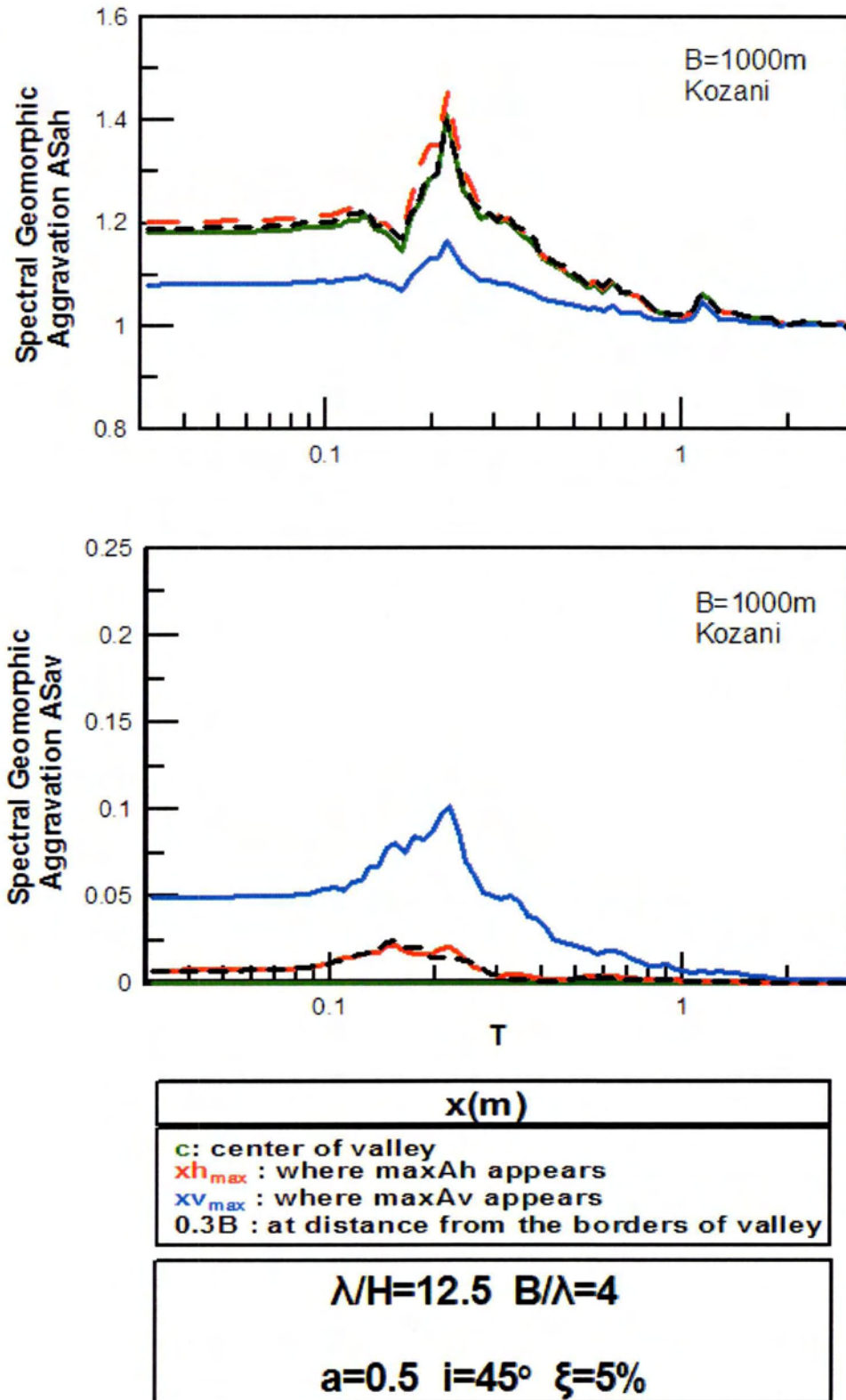
x(m)
<ul style="list-style-type: none"> c: center of valley xh_{max} : where $maxA_h$ appears xv_{max} : where $maxA_v$ appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda H=5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=20\%$

Σχήμα 5.20α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T (sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 21 και τη διέγερση του Αιγίου.

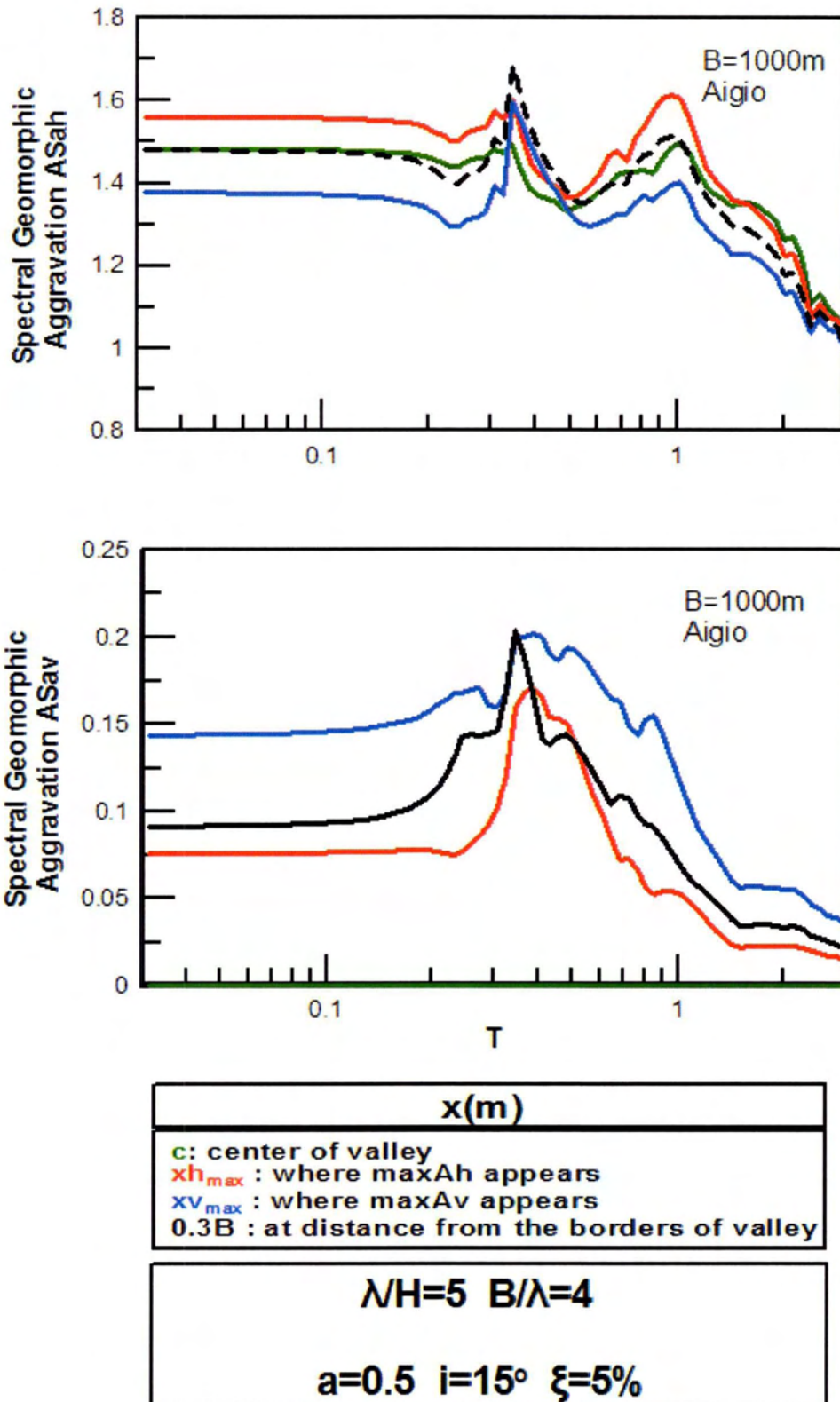


x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=12.5$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

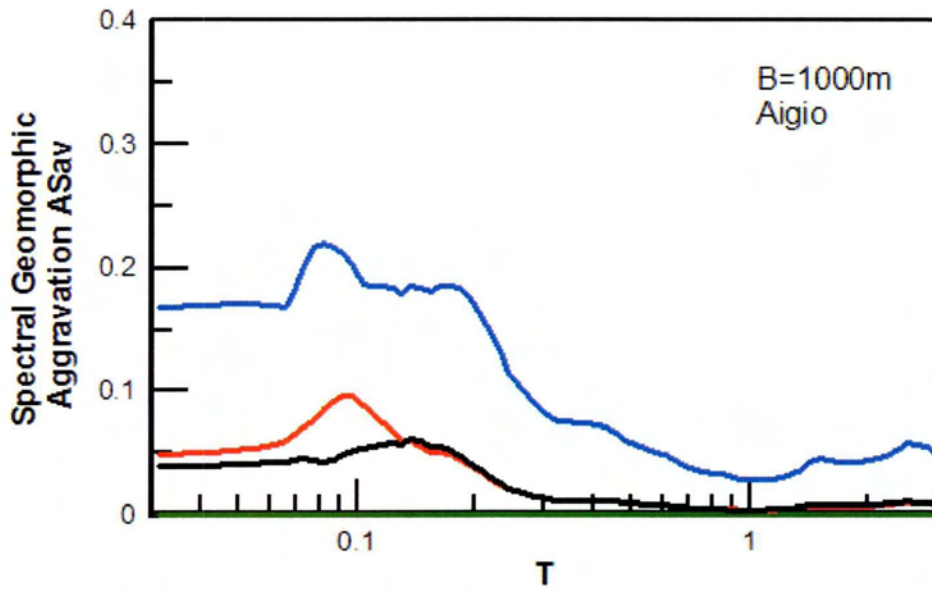
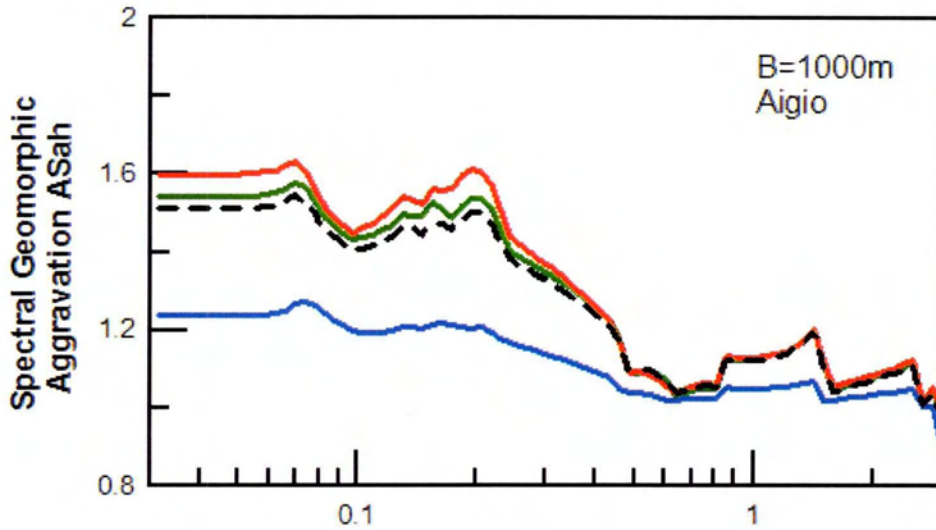
Σχήμα 5.21α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 22 και τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 5.21β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 22 και τη διέγερση της Κοζάνης.

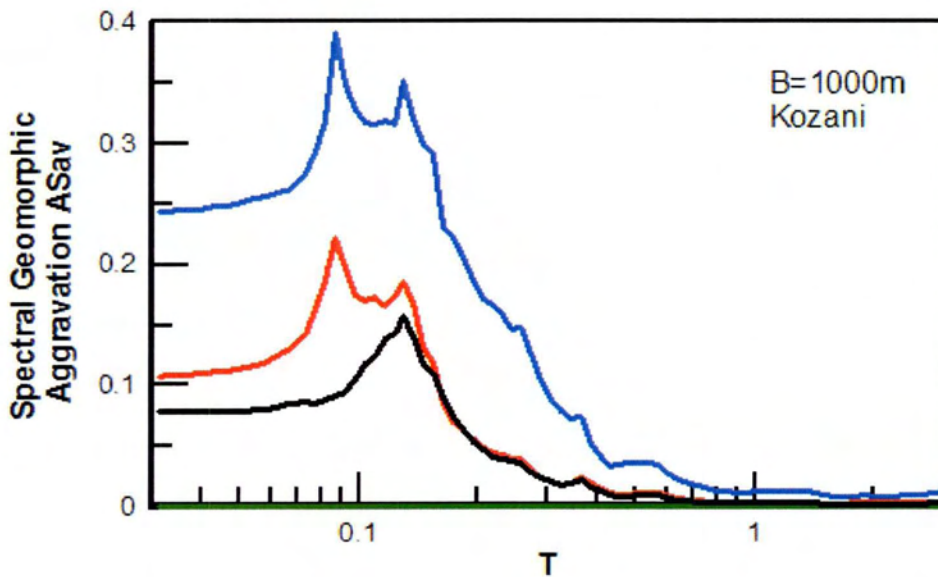
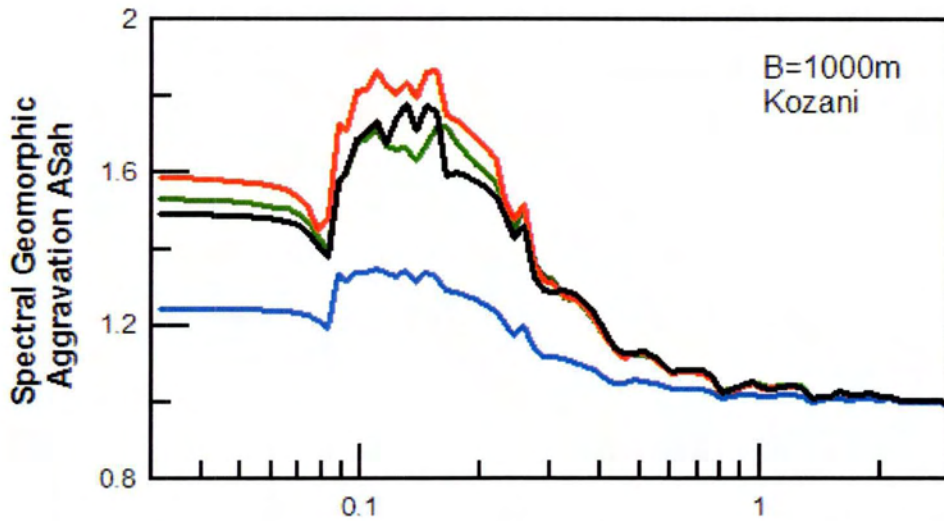


Σχήμα 5.22α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 23 και τη διέγερση του Αιγίου.



x(m)
c: center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$NH=5$ $B/\lambda=10$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.23α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 24 και τη διέγερση του Αιγίου.



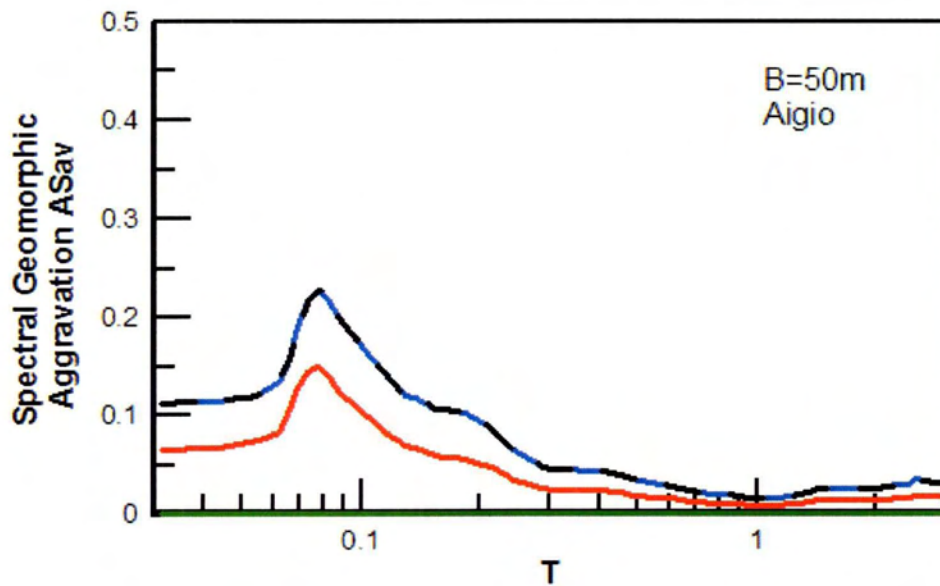
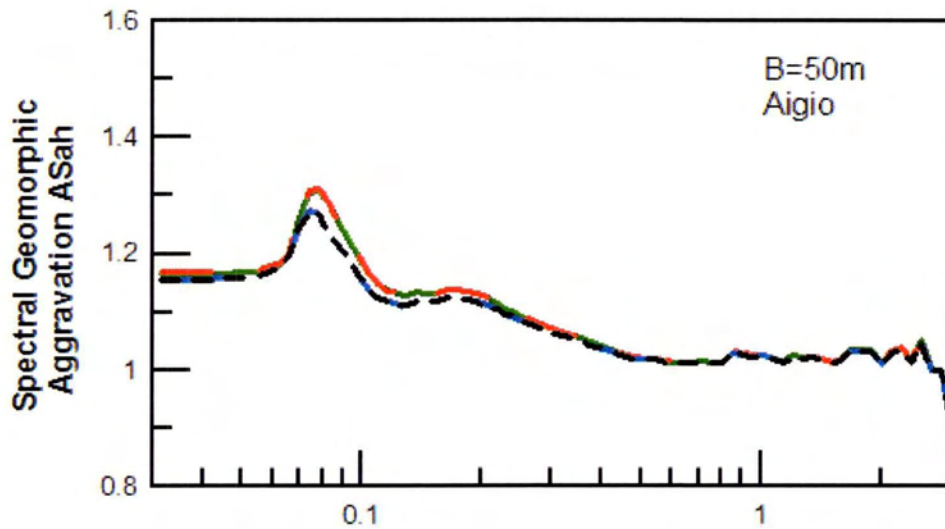
x(m)

c: center of valley
xh_{max}: where maxAh appears
xv_{max}: where maxAv appears
0.3B: at distance from the borders of valley

$\lambda/H=5$ $B/\lambda=10$

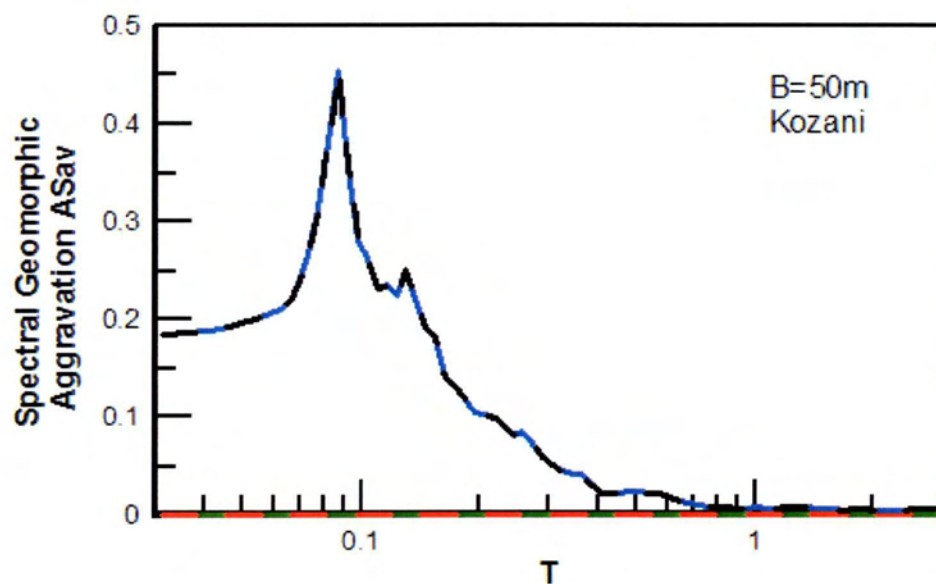
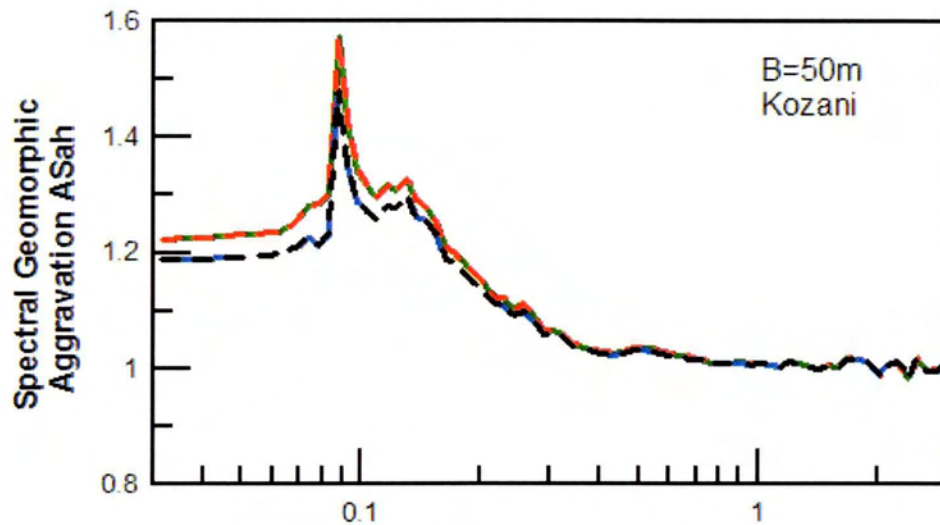
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.23β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 24 και τη διέγερση της Κοζάνης.



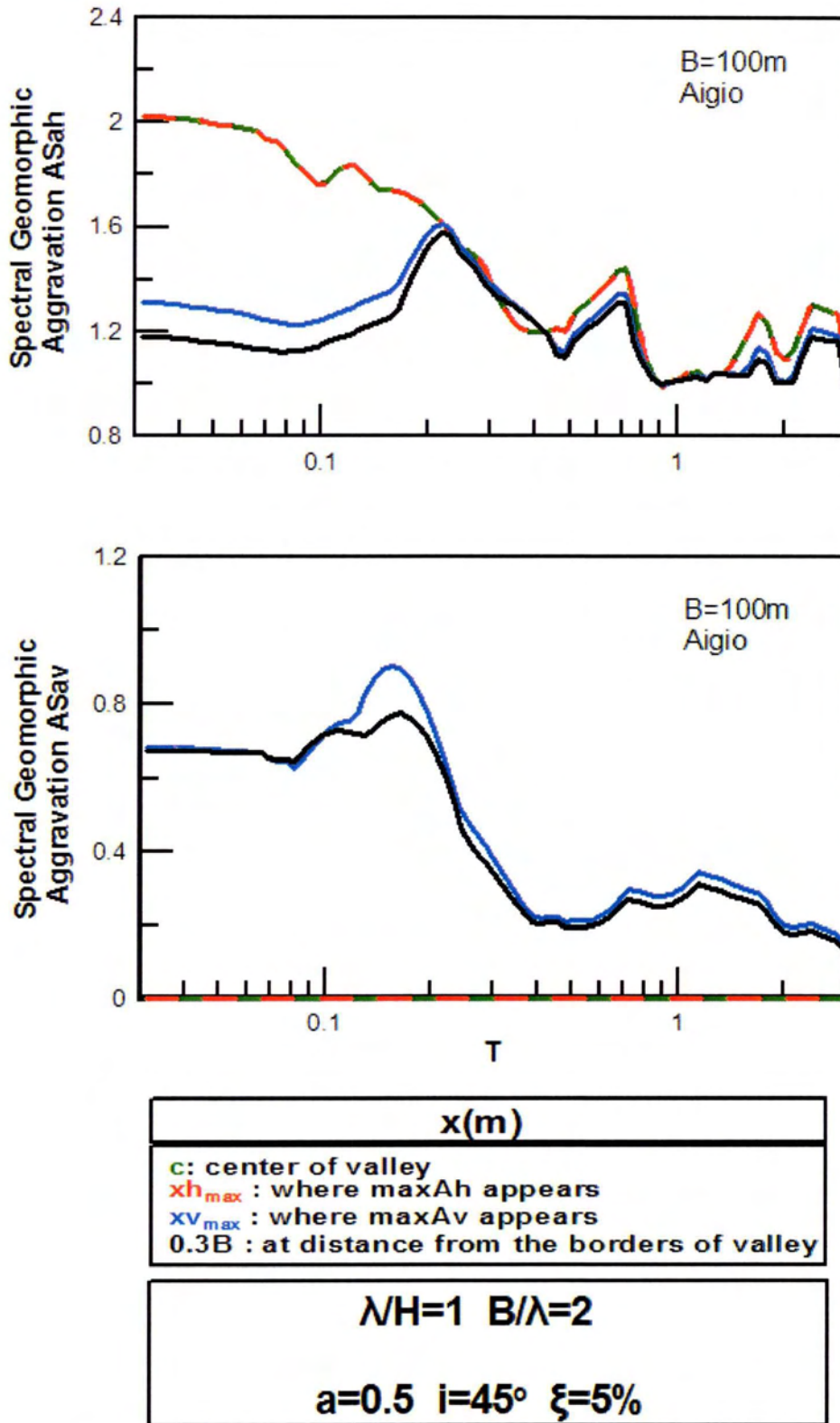
x(m)
c: center of valley x _{h_{max}} : where maxA _h appears x _{v_{max}} : where maxA _v appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5 \quad B/\lambda=0.5$
$a=0.5 \quad i=45^\circ \quad \xi=5\%$

Σχήμα 5.24α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης AS_{ah} και AS_{av} για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 25 και τη διέγερση του Αιγίου.

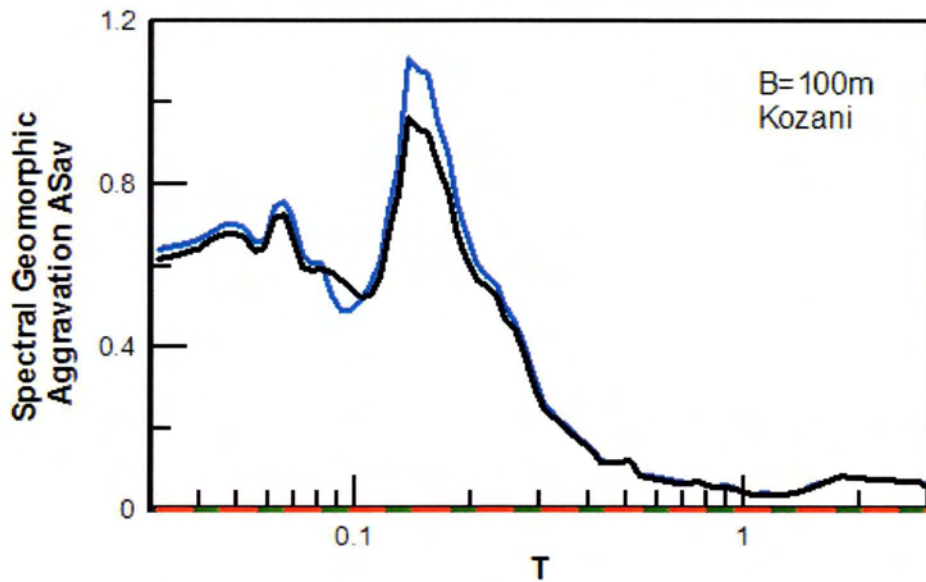
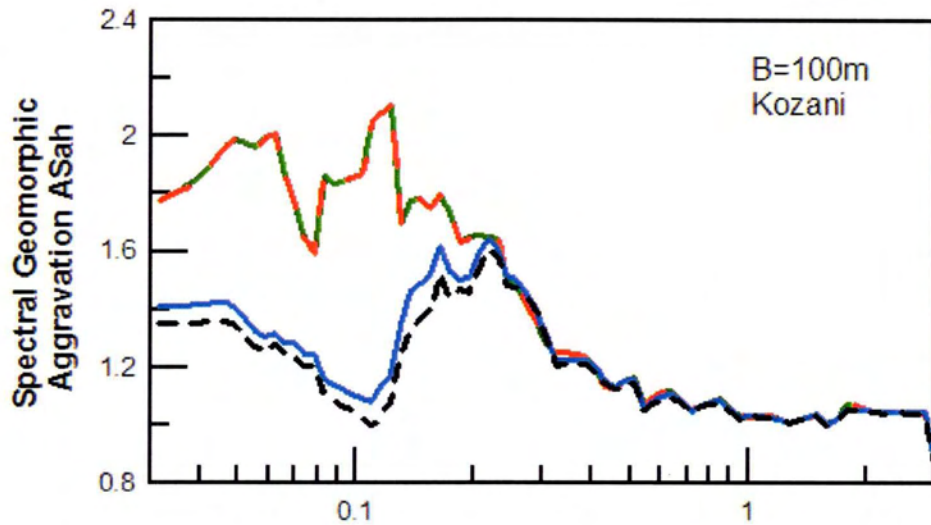


x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xV_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=5$ $B/\lambda=0.5$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.24β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 25 και τη διέγερση της Κοζάνης.

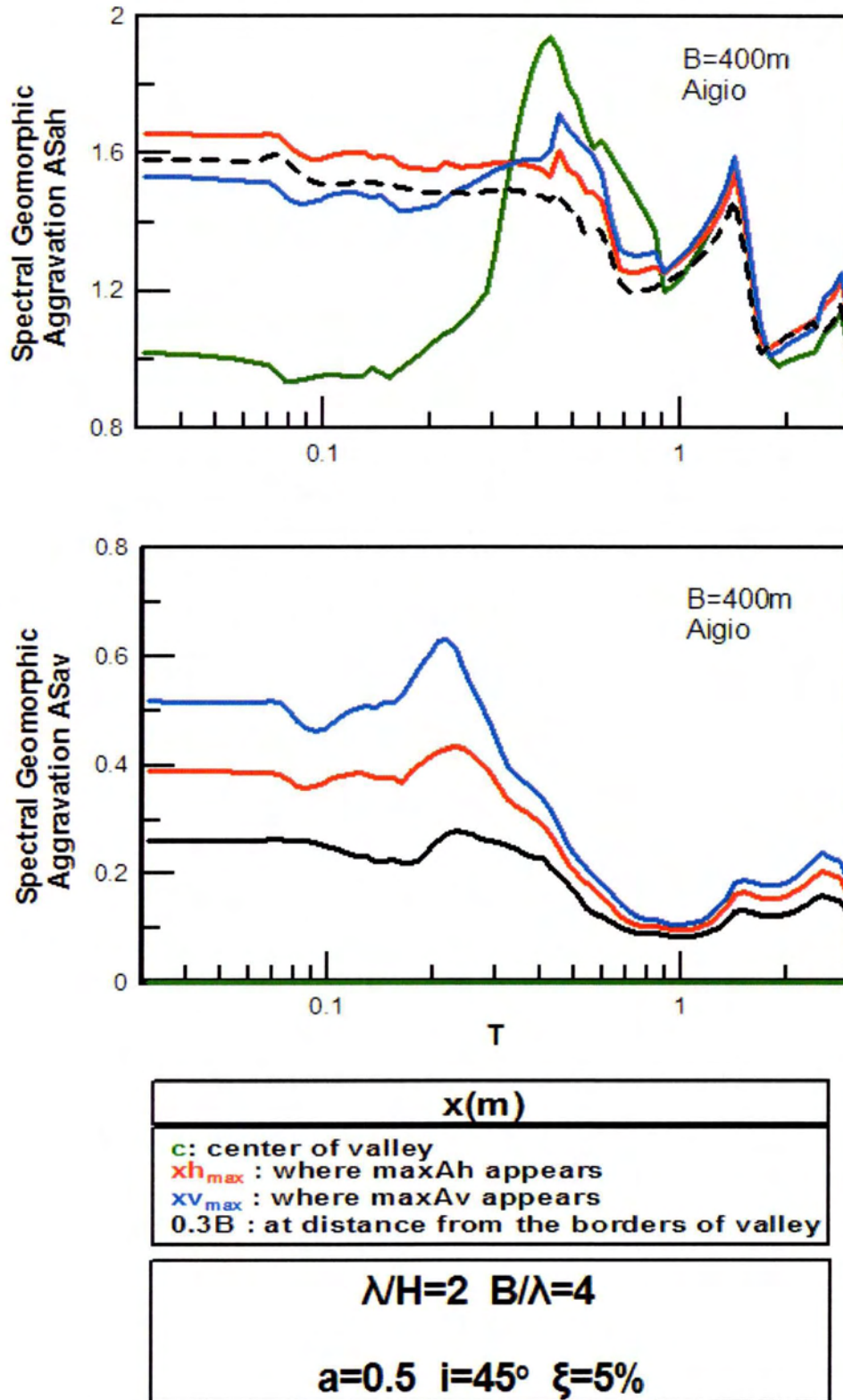


Σχήμα 5.25α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 26 και τη διέγερση του Αιγίου.

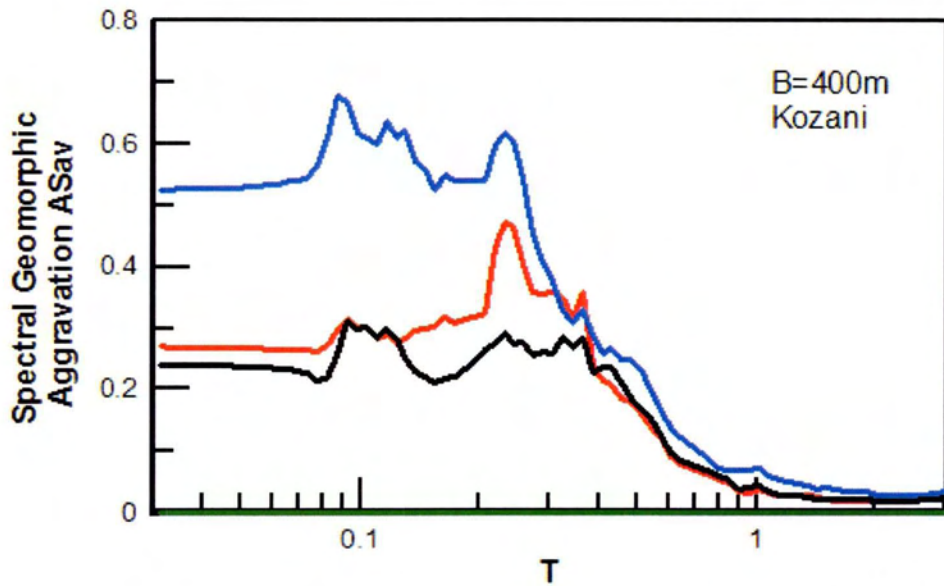
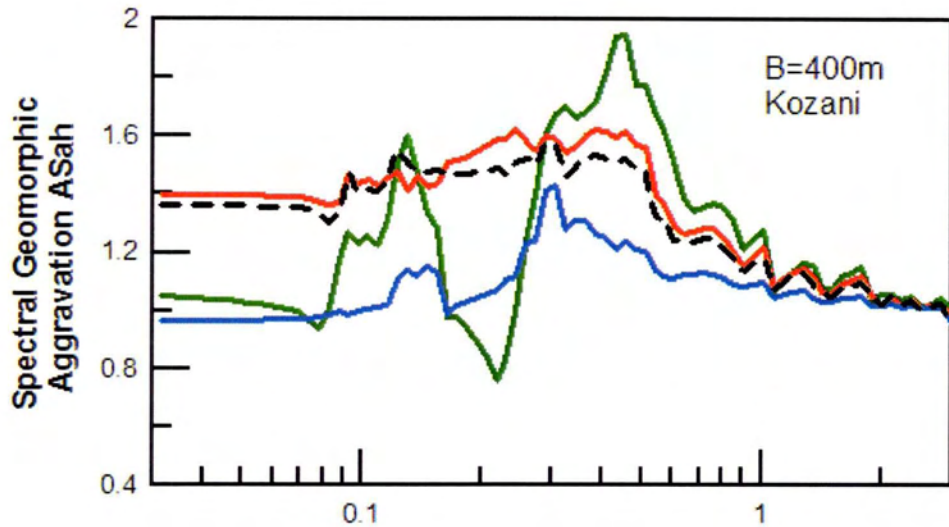


x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
NH=1 B/λ=2
a=0.5 i=45° ξ=5%

Σχήμα 5.25β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 26 και τη διέγερση της Κοζάνης.

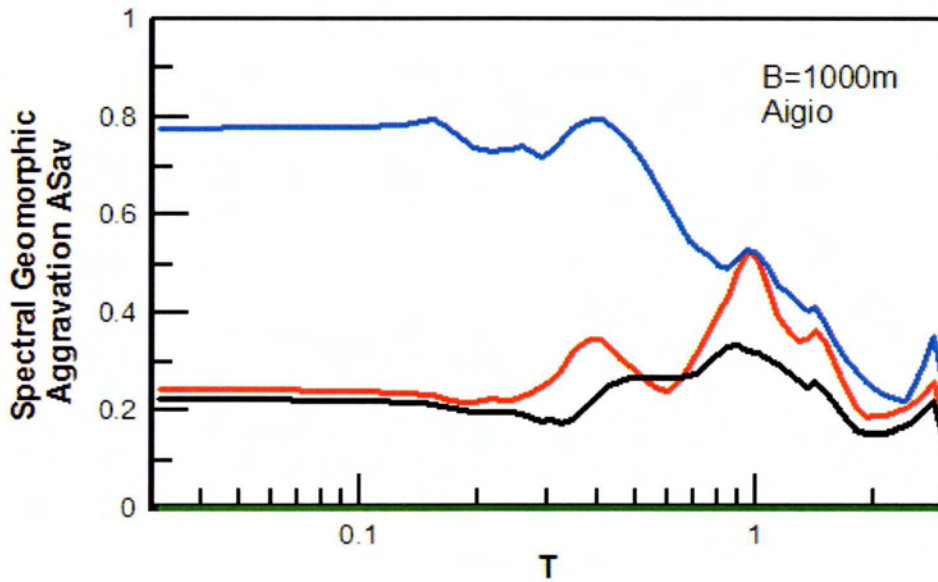
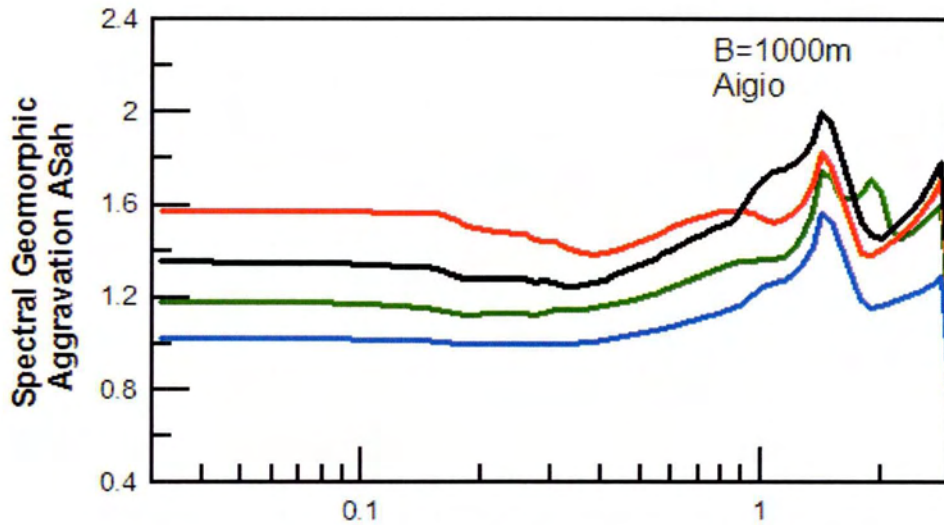


Σχήμα 5.26α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 27 και τη διέγερση του Αιγίου.



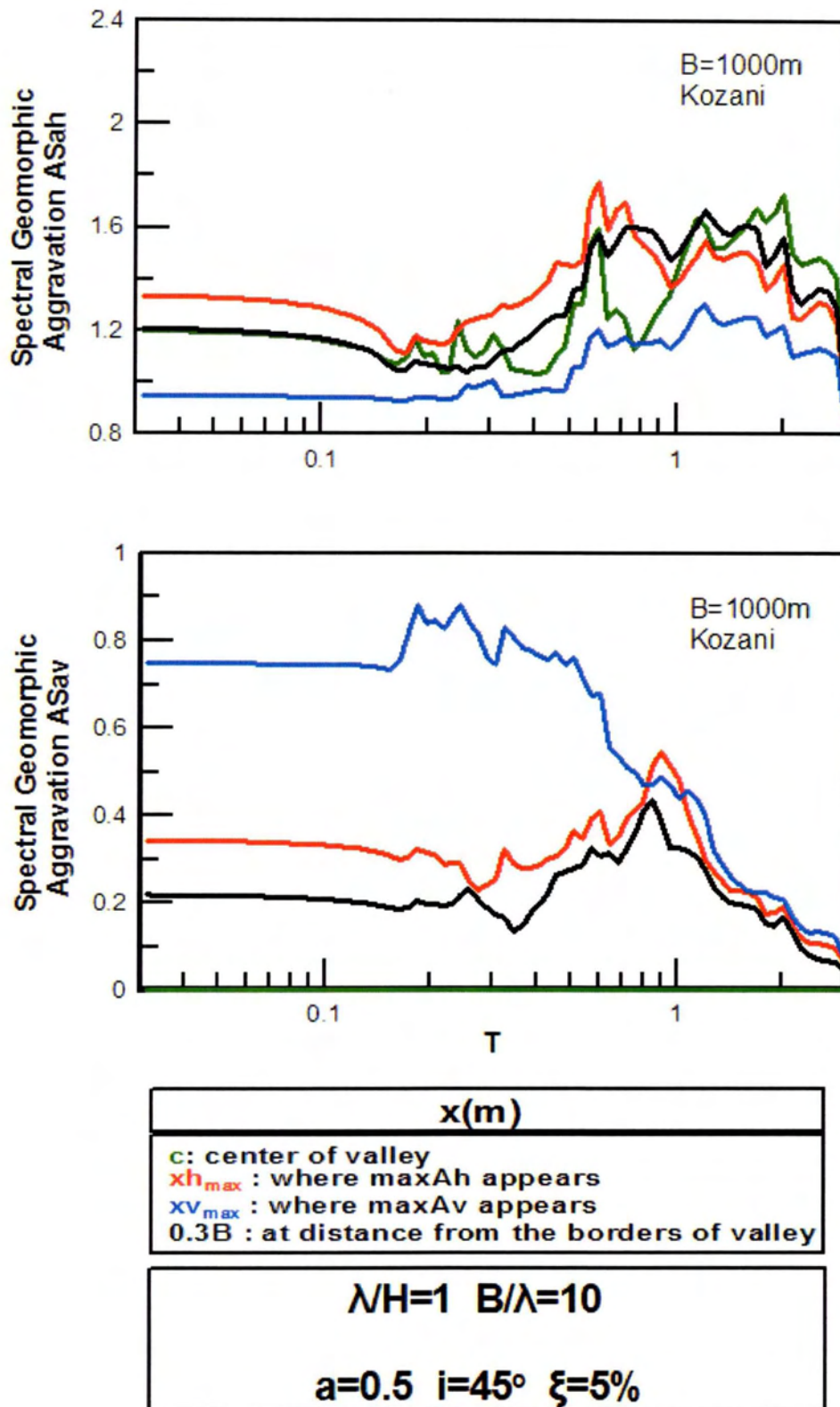
x(m)
c : center of valley xh_{max} : where maxAh appears xv_{max} : where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=2$ $B/\lambda=4$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.26β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 27 και τη διέγερση της Κοζάνης.



x(m)
c: center of valley xh_{max}: where maxAh appears xv_{max}: where maxAv appears 0.3B : at distance from the borders of valley
$\lambda/H=1$ $B/\lambda=10$
$a=0.5$ $i=45^\circ$ $\xi=5\%$

Σχήμα 5.27α: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης ASah και ASav για κάθε περίοδο κατασκευής T(sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 28 και τη διέγερση του Αιγίου.



Σχήμα 5.27β: Φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης A_{Sah} και A_{Sav} για κάθε περίοδο κατασκευής T (sec), σε επιλεγμένες θέσεις κατά μήκος της λεκάνης, για την ανάλυση 28 και τη δόγερση της Κοζάνης.

Με βάση τη γενική εικόνα των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι ανεξαρτήτως θέσεως κατά μήκος της κοιλάδας, η μορφή των φασματικών λόγων AS_{ah} και AS_{av} μπορεί να θεωρηθεί ότι ακολουθεί ποιοτικά δύο τύπους μεταβολής συναρτήσεως της περιόδου κατασκευής T . Ο «τύπος A » αφορά μορφές κατά τις οποίες για περιόδους κατασκευής T από 0 έως μία χαρακτηριστική τιμή της περιόδου T οι τιμές των AS_{ah} ή/και AS_{av} παραμένει περίπου ίση με την τιμή για $T=0sec$, και πέραν της οποίας υπάρχει σταδιακή μείωση προς τις τιμές 1.0 και 0.0, αντίστοιχα, σε μεγάλες περιόδους T . Αντίθετα, ο «τύπος B » αφορά μορφές κατά τις οποίες παρατηρείται ένα σαφές μέγιστο στις τιμές των AS_{ah} και AS_{av} (σαφώς μεγαλύτερο από τις τιμές για $T=0sec$) για κάποια χαρακτηριστική τιμή της περιόδου T , πέραν της οποίας παρατηρείται και πάλι σταδιακή μείωση προς τις τιμές 1.0 και 0.0, αντίστοιχα, σε μεγάλες περιόδους T . Αυτή η κατηγοριοποίηση δεν εξαρτάται συνήθως από τη θέση μελέτης (τουλάχιστον για την AS_{ah}), με λίγες εξαιρέσεις (π.χ. η ανάλυση 27 όπου ενώ τα φάσματα και των δύο διεγέρσεων μπορούν να χαρακτηριστούν ως τύπου A , το ελαστικό φάσμα στο κέντρο (θέση c) μοιάζει περισσότερο να είναι B τύπου). Πέραν της κατάταξης των αποτελεσμάτων για κάθε ανάλυση ως «τύπος A » ή «τύπος B », ενδιαφέρον παρουσιάζει η χαρακτηριστική περίοδος T (T_a για τον «τύπο A », T_b για «τύπο B ») στην οποία παρατηρείται η μέγιστη τιμή AS_{ah} των φασμάτων κάθε διαγράμματος.

Παρακάτω δίνεται ο συγκεντρωτικός πίνακας (Πίνακας 5.2) με την κατάταξη των αναλύσεων ανά διέγερση, σε «τύπου A » ή «τύπου B », επί τη βάση του φασματικού λόγου AS_{ah} . Επιπλέον, δίνεται η χαρακτηριστική περίοδος T στην οποία βρίσκεται η μέγιστη τιμή του φασματικού λόγου AS_{ah} και τέλος γίνεται μια σύγκριση μεταξύ αυτής της χαρακτηριστικής T (T_a ή T_b) και των σημαντικών περιόδων (T_e , T_s , T_m) κάθε ανάλυσης.

Ανάλυση	Αίγιο		Κοζάνη		Te	Ts	Tm	Παρατηρήσεις: Σχέση Τα ή Τβ με τις σημαντικές T
	Τύπος	Τα ή Τβ	Τύπος	Τα ή Τβ				
1	A	0.2	B	0.14	0.2	0.16	0.18	Κοντά στην περιοχή των T
2	A	0.23	B	0.15	0.22	0.16	0.185	Κοντά στην περιοχή των T
3	A	1	B	0.7	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
4	B	0.9	-	-	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
5	A	0.52	B	0.37	0.5	0.4	0.44	Κοντά στην περιοχή των T
6	A	0.7	A	0.5	0.1	0.4	0.16	Κοντά στην Ts>Te,Tm
7	A	0.2	A	0.23	0.2	0.4	0.27	Κοντά στην περιοχή των T
8	A	1.3	B	0.38	0.5	0.4	0.44	Αίγιο: Τα>>T , Κοζάνη: Κοντά στην περιοχή των T
9	A	1.4	B	0.38	0.5	0.4	0.44	Αίγιο: Τα>>T , Κοζάνη: Κοντά στην περιοχή των T
10	A	1.4	B	0.38	0.5	0.4	0.44	Αίγιο: Τα>>T , Κοζάνη: Κοντά στην περιοχή των T
11	B	0.36	B	0.7	1	0.4	0.8	Αίγιο: Κοντά στην Ts , Κοζάνη: Κοντά στις Te,Tm
13	A	1.6	B	1	0.2	1.2	0.34	Κοντά στην Ts>>Te,Tm
14	A	0.8	A	0.43	0.1	0.4	0.16	Αίγιο: Τα>T , Κοζάνη: Κοντά στην Ts>Te,Tm
15	A	0.46	A	0.53	0.4	0.4	0.4	Κοντά στην περιοχή των T
16	A	1.2	B	0.7	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
17	A	1.2	B	0.75	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
18	A	1	B	0.75	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
19	A	1	B	0.75	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
20	A	1.2	B	0.65	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
21	A	0.42	-	-	0.2	0.16	0.18	Κοντά στην Te
22	B	0.15	B	0.22	0.5	0.16	0.24	Κοντά στις Ts,Tm<Te
23	A	1.2	-	-	1	0.8	0.89	Κοντά στην περιοχή των T
24	A	0.2	B	0.16	0.2	0.16	0.24	Κοντά στην περιοχή των T
25	B	0.08	B	0.09	0.2	0.16	0.24	Κοντά στην περιοχή των T
26	A	0.22	A	0.22	0.1	0.4	0.16	Κοντά στην περιοχή των T
27	A (c-B)	0.64	A (c-B)	0.57	0.2	0.4	0.27	Κοντά στην Ts>Te,Tm
28	A	3	A	2.9	0.4	1.6	0.64	Τα,Τβ>>T

Πίνακας 5.2: Συγκεντρωτικός πίνακας με την κατάταξη των αναλύσεων σε «τύπο A» ή «τύπο B» ανά διέγερση επί τη βάση του φασματικού λόγου ASah, παρουσίαση χαρακτηριστικών τιμών περιόδων Τα ή Τβ, και σύγκριση αυτών με τις σημαντικές περιόδους (Te,Ts,Tm) κάθε ανάλυσης (όλες οι τιμές περιόδων σε sec).

Επομένως, μπορούμε να εξάγουμε κάποια γενικά συμπεράσματα:

- Οι μέγιστες φασματικές γεωμορφικές επιδεινώσεις μπορούν εν δυνάμει να είναι ιδιαίτερα μεγάλες, έως 2.3, (για κάποιες περιόδους), και στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι μεγαλύτερες από τη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης επιτάχυνσης. Πάντως, ανεξαρτήτως θέσεως κατά μήκος της κοιλάδας, η φασματική γεωμορφική επιδείνωση απομεινώνεται σε μεγάλες περιόδους κατασκευής (π.χ. για $T \geq 1.5$ sec), τόσο στην οριζόντια όσο και στην παρασιτική κατακόρυφη συνιστώσα. Αυτό συμβαίνει επειδή οι αρμονικές με τόσο μεγάλες τιμές περιόδου αντιστοιχούν σε πολύ μεγάλα μήκη κύματος, που αδυνατούν να «ταξιδέψουν» κατά μήκος των εν γένει στενότερων κοιλάδων. Συνεπώς, οι αρμονικές αυτές δεν υπόκεινται σε γεωμορφική επιδείνωση, και για το λόγο αυτό οι λόγοι ASah και ASav τείνουν σε τιμές 1.0 και 0.0, αντίστοιχα, σε μεγάλες περιόδους T.
- Επίσης, οι τιμές των ASah και ASav δεν είναι ίδιες σε κάθε θέση, καθώς υπάρχει σημαντική χωρική διαφοροποίηση (βλ. Κεφάλαιο 4 για λεπτομέρειες). Σε κάθε περίπτωση, δείχνει να προκύπτει όμως ότι ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T, οι μέγιστες ASah προκύπτουν, λίγο έως πολύ, στη θέση όπου γίνεται μέγιστη η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης, δηλαδή η Ah=ASah(T=0). Αντίστοιχα, προκύπτει σαφέστερα ότι ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T, οι μέγιστες ASav προκύπτουν, λίγο έως πολύ, στη θέση όπου γίνεται μέγιστη η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης, δηλαδή η Av=ASav(T=0). Τέλος επισημαίνεται ότι οι θέσεις όπου προκύπτει η μέγιστη ενίσχυση της οριζόντιας επιτάχυνσης δε συμπίπτουν με τις θέσεις όπου προκύπτει η μέγιστη ενίσχυση της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης.
- Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων προκύπτει ότι η διέγερση Αιγίου (με λίγους σημαντικούς κύκλους) εμφανίζει φασματική γεωμορφική επιδείνωση «τύπου Α», ενώ αντίθετα προκύπτει ότι η διέγερση Κοζάνης (με πολλούς σημαντικούς κύκλους) εμφανίζει φασματική γεωμορφική επιδείνωση «τύπου Β». Αυτή η συσχέτιση δεν αφορά όλες τις περιπτώσεις και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

- Επίσης, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων προκύπτει ότι οι χαρακτηριστικές περίοδοι T_α ή T_β παρουσιάζουν κοντινές τιμές και ταυτόχρονα είναι κοντά στην περιοχή των σημαντικών περιόδων T του προβλήματος (T_e, T_s, T_m). Εξαιρέσεις άξιες λόγου αφορούν αναλύσεις όπου η T_α της διέγερσης Αιγίου είναι αρκετά μεγαλύτερη της T_β της διέγερσης Κοζάνης, και τότε μόνο η T_β είναι κοντά στις σημαντικές περιόδους T του προβλήματος (T_e, T_s, T_m), π.χ. αναλύσεις #8, #9, #10. Ο λόγος μιας τέτοιας διαφοροποίησης χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.
- Αντίστοιχη μελέτη των φασματικών λόγων AS_{av} οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων επικρατεί ο «τύπος Β», ακόμη και σε αναλύσεις όπου στην οριζόντια συνιστώσα επικρατεί ο «τύπος Α». Συνεπώς, συνολικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο «τύπος Β» χαρακτηρίζει εν γένει τους λόγους φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης, με εξαιρέσεις που αφορούν την οριζόντια συνιστώσα διεγέρσεων λίγων κύκλων (π.χ. Αιγίου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : Συμπεράσματα - Προτάσεις

6.1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η επίδραση της μορφολογίας υποβάθρου (γεωμορφική επιδείνωση) σε ολόκληρο το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην επιφάνεια του εδάφους. Συγκεκριμένα, η μορφολογία υποβάθρου που μελετήθηκε αφορά 2Δ τραπεζοειδή συμμετρική εδαφική λεκάνη με ιξωδο-ελαστικό ομοιόμορφο έδαφος (με ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων V_s) πάχους H , ανοίγματος B και γωνίας κλίσης πλευρικών ορίων i επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου (με ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων V_b). Σε κάθε περίπτωση, η διέγερση που επιβλήθηκε ήταν κατακορύφως προσπίπτοντα κύματα S με χρονοϊστορία που υιοθετήθηκε από πραγματικές σεισμικές καταγραφές, του Αιγίου 1995 (με λίγους σημαντικούς κύκλους) και της Κοζάνης 1995 (με πολλούς σημαντικούς κύκλους). Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν παραμετρικής φύσεως, καθώς μελετήθηκε η επίδραση της γεωμετρίας (H , B , i), των γεωτεχνικών παραμέτρων (V_s , V_b , απόσβεση ξ), και της διέγερσης (δεσπόζουσα περίοδος T_e , χρονοϊστορία λίγων ή πολλών κύκλων). Η εργασία αυτή έρχεται ως φυσική συνέχεια της διπλωματικής εργασίας των Μέλλιου και Τέττα (2010) που ήταν αντίστοιχης φύσεως, μα επικεντρωνόταν στη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης επιτάχυνσης (οριζόντιας, παρασιτική κατακόρυφη) στην επιφάνεια του εδάφους. Για την ποσοτικοποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης στο ελαστικό φάσμα απόκρισης υιοθετούνται 2 αδιάστατοι φασματικοί λόγοι που είναι συναρτήσεις της θέσης του σημείου κατά μήκος της λεκάνης (συντεταγμένη x) και της περιόδου κατασκευής T και αφορούν λόγο κρίσιμης απόσβεσης αυτής ίσης με 5%.

Πιο συγκεκριμένα, οι λόγοι αυτοί είναι:

- **ASah**, η γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης, που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης Sah για την οριζόντια ταλάντωση κάθε σημείου της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από την κατάλληλη 1Δ ανάλυση (Sahr ή Sahs). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε $ASah = Sah/Sahs$, ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε ισχύει: $ASah = Sah/Sahr$.
- **ASav**, η γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης, που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης Sav για την παρασιτική κατακόρυφη ταλάντωση κάθε σημείου της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από την κατάλληλη 1Δ ανάλυση (Sahr ή Sahs). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε $ASav = Sav/Sahs$, ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε $ASav = Sav/Sahr$.

Με βάση τα όσα παρουσιάζονται στα Κεφάλαια 4 και 5 προκύπτουν τα κάτωθι **πιο σημαντικά** συμπεράσματα:

- Η γεωμορφική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης είναι διαφορετική για διαφορετικές περιόδους T, δηλαδή για την ταλάντωση διαφορετικών κατασκευών. Με άλλα λόγια, η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης της επιφάνειας του εδάφους διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη για διάφορες κατασκευές. Μάλιστα, προκύπτουν τιμές ASah και ASav που κυμαίνονται από ουσιώδεις (τουλάχιστον 20% μεγαλύτερες από τη 1Δ ταλάντωση) έως εξαιρετικά σημαντικές (φθάνουν έως και το 130% της 1Δ ταλάντωσης, σε κάποια θέση και κάποια περίοδο T).
- Παρόλα αυτά, η χωρική διαφοροποίηση είναι, συνήθως, ποιοτικά αντίστοιχη για διαφορετικές περιόδους T (π.χ. η «μέση» επιδείνωση κατά μήκος της κοιλάδας για διαφορετικές T έχει ποιοτικά αντίστοιχη μορφή, και πολλές φορές και οι μέγιστες επιδεινώσεις εμφανίζονται σε αντίστοιχες θέσεις). Αντιθέτως, υπάρχει πάντα σαφής ποσοτική διαφοροποίηση για διαφορετικές περιόδους T, υποδεικνύοντας

τη σημαντικότητα του μήκους κύματος κάθε αρμονικής της σεισμικής κίνησης για το αν μπορεί να διαδοθεί ή όχι κατά μήκος της κοιλάδας.

- Η χωρική διαφοροποίηση του ελαστικού φάσματος απόκρισης δε φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τις λεπτομέρειες της διέγερσης (Αιγίου ή Κοζάνης), αν τα λοιπά χαρακτηριστικά του συστήματος κοιλάδας-υποβάθρου-διέγερσης είναι ίδια (δηλ. ίδιες τιμές των αδιάστατων σημαντικών μεγεθών λ/H , B/λ , a , ξ , i , βλέπε Μέλλιος και Τέττα 2010). Η επίδραση του αριθμού κύκλων είναι αδρή, και συνίσταται σε λίγο μεγαλύτερες επιδεινώσεις και λίγο εντονότερη χωρική διαφοροποίηση στη διέγερση με τους πολλούς κύκλους (Κοζάνη) έναντι εκείνης με λίγους (Αίγιο).
- Ποσοτικά, η γεωμορφική επιδείνωση για $T=0\text{sec}$ (επιφάνεια εδάφους) είναι πλησίον, αλλά δε συμπίπτει με το άνω όριο φασματικών γεωμορφικών επιδεινώσεων κατά μήκος της κοιλάδας. Στην πραγματικότητα, οι μέγιστες τιμές των AS_{ah} και AS_{av} συνήθως παρατηρούνται σε περιόδους κατασκευής T που βρίσκονται στην περιοχή των σημαντικών περιόδων του προβλήματος (δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης T_e , (πρώτη) ιδιοπερίοδος εδαφικής στρώσης (υπό 1Δ ταλάντωση) T_s). Πέραν αυτού, σε όλες τις περιπτώσεις, προκύπτει ότι για μεγάλες T (δηλαδή μεγαλύτερες από 1.0-1.5sec), η γεωμορφική επιδείνωση φθίνει, δηλαδή η AS_{ah} τείνει στο 1 και η AS_{av} τείνει στο 0, καθώς το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στις αρμονικές μεγάλων περιόδων είναι τόσο μεγάλο που πρακτικώς δεν μπορεί να διαδοθεί, τουλάχιστον εντός των κοιλάδων που εξετάστηκαν.
- Επικεντρώνοντας στις μέγιστες τιμές AS_{ah} και AS_{av} κατά μήκος της κοιλάδας (και ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T) παρατηρείται αύξησή τους με αύξηση του αδιάστατου πάχους λ/H ή/και μείωση του αδιάστατου λόγου εμπέδησης εδάφους-βράχου a , ενώ η αύξηση του αδιάστατου εύρους B/λ οδηγεί σε μη σημαντική (για την AS_{ah}) και μηδενική επίδραση (για την AS_{av}). Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με αντίστοιχες παρατηρήσεις για τις μέγιστες επιδεινώσεις της μέγιστης επιτάχυνσης στη διπλωματική εργασία των Μέλλιου και Τέττα (2010).
- Επιπλέον συμπεραίνεται, ότι ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T , οι μέγιστες AS_{ah} προκύπτουν, λίγο έως πολύ, στη θέση όπου γίνεται μέγιστη η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης. Αντίστοιχα, προκύπτει σαφέστερα ότι ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής T , οι μέγιστες AS_{av}

προκύπτουν στη θέση όπου γίνεται μέγιστη η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης. Τέλος επισημαίνεται ότι οι θέσεις όπου προκύπτει η μέγιστη ενίσχυση της οριζόντιας επιτάχυνσης δε συμπίπτουν με τις θέσεις όπου προκύπτει η μέγιστη ενίσχυσης της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης.

- Ανεξαρτήτως θέσεως κατά μήκος της κοιλάδας, η μορφή των φασματικών λόγων AS_{ah} και AS_{av} μπορεί να θεωρηθεί ότι ακολουθεί ποιοτικά δύο τύπους μεταβολής συναρτήσεως της περιόδου κατασκευής T . Ο «*τύπος A*» αφορά μορφές κατά τις οποίες για περιόδους κατασκευής T από $0sec$ έως μία χαρακτηριστική τιμή της περιόδου T οι τιμές των φασματικών λόγων παραμένει περίπου ίση με την τιμή για $T=0sec$, και πέραν της οποίας υπάρχει σταδιακή μείωση προς τις τιμές 1.0 και 0.0, αντίστοιχα, σε μεγάλες περιόδους T . Αντίθετα, ο «*τύπος B*» αφορά μορφές κατά τις οποίες παρατηρείται ένα σαφές μέγιστο στις τιμές των φασματικών λόγων (σαφώς μεγαλύτερο από τις τιμές για $T=0sec$) για κάποια χαρακτηριστική τιμή της περιόδου T , πέραν της οποίας παρατηρείται και πάλι σταδιακή μείωση προς τις τιμές 1.0 και 0.0, αντίστοιχα, σε μεγάλες περιόδους T . Σε πρώτη προσέγγιση για το φασματικό λόγο AS_{ah} προκύπτει ότι η διέγερση Αιγίου (με λίγους σημαντικούς κύκλους) εμφανίζει φασματική γεωμορφική επιδείνωση «*τύπου A*», ενώ αντίθετα προκύπτει ότι η διέγερση Κοζάνης (με πολλούς σημαντικούς κύκλους) εμφανίζει φασματική γεωμορφική επιδείνωση «*τύπου B*». Αντιθέτως, για το λόγο AS_{av} προκύπτει ότι στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων επικρατεί ο «*τύπος B*». Συνεπώς, συνολικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο «*τύπος B*» χαρακτηρίζει εν γένει τους λόγους φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης, με εξαιρέσεις που αφορούν την οριζόντια συνιστώσα διεγέρσεων λίγων κύκλων (π.χ. Αιγίου), μια συσχέτιση που χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Αντιθέτως, είναι αρκετά σαφές ότι η χαρακτηριστική τιμή της περιόδου T , ανεξαρτήτως του «*τύπου*» (A ή B), παρουσιάζει κοντινές τιμές που εν γένει κοντά στην περιοχή των σημαντικών περιόδων T του προβλήματος (T_e, T_s), με λίγες εξαιρέσεις που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

6.2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η έμφαση στην παρούσα εργασία δόθηκε σε 2Δ συμμετρικές λεκάνες υπό κατακορύφως προσπίπτουσα διέγερση των οποίων η επιφάνεια του εδάφους και του αναδυόμενου βράχου είναι οριζόντια. Συνεπώς, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί πόσο αλλάζουν τα ανωτέρω συμπεράσματα σε περίπτωση μη-συμμετρικών λεκανών (π.χ. με διαφορετικές κλίσεις στις δύο άκρες) ή στην περίπτωση όπου το αναδυόμενο υπόβαθρο στις άκρες της κοιλάδας δημιουργεί τοπογραφικό ανάγλυφο. Επιπλέον, ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη για 3Δ γεωμετρικές κοιλάδων, και οι οποίες είναι και πιο ρεαλιστικές.

Πέραν αυτών, ειδικά για τη μελέτη του ελαστικού φάσματος απόκρισης, θα πρέπει να εκτελεσθούν μη-γραμμικές και όχι ιξωδο-ελαστικές αναλύσεις όπως εδώ, ώστε να αποδοθεί καλύτερα η υστερητική απόσβεση και απομείωση της δυσμησίας του εδάφους στην απόκριση της κοιλάδας, δεδομένου ότι θα είναι διαφορετικές ανά θέση (καθώς η ένταση είναι διαφορετική ανά θέση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο: Βιβλιογραφία

1. Pierre-Yves Bard, Jean-Christophe Gariel (1986) "The seismic response of two dimensional sedimentary deposits with large vertical velocity gradients" BSSA, Vol.76, No2, pp.343-346.
2. F.J. Sanchez-Sesma, F.J. Chavez-Garcia, M.A. Bravo (1988) "Seismic response of a class of alluvial valleys for incident SH waves" BSSA, Vol.78, No1, pp.83-95.
3. Corinne Lacave, Pierre-Yves Bard, Marc Kham, Martin G. Koller (2008) "2D equivalent linear site effect simulation: example applications to two deep valleys" Bull Earthquake Eng, 6:197-211.
4. K. Makra, F.J. Chavez-Garcia, D. Raptakis, K. Pitilakis (2005) "Parametric analysis of the seismic response of a 2D sedimentary valley: implications for code implementations of complex site effects" Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25 303-315.
5. B.S. Bakir, M.Y. Ozkan, S. Ciliz (2002) "Effects of Basin edge on the distribution of damage in 1995 Dinar, Turkey earthquake" Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22 335-345.
6. J.F. Semblat, A.M. Duval , P. Dangla (2000) " Numerical Analysis of Seismic Wave Amplification in Nice (France) and comparisons with experiments" Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19:347-362.
7. F. Pergalani, R. de Franco, M. Compagnoni, G. Caielli (2006) "Evaluation of site effects using numerical and experimental analyses in Citta di Castello (Italy)" Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26 941-951.
8. Jian Zhang, John X. Zhao (2009) "Response spectral amplification ratios from 1- and 2- dimensional nonlinear soil site models" Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 29 563-573.
9. C.G. Sun, C.K. Chung (2006) "Assessment of site effects of a shallow and wide basin using geotechnical information-based spatial characterization" Soil Dynamics and Earthquake Engineering 28:1028-1044.
10. B. Gatmiri, C. Arson (2007) "Seismic site effects by an optimized 2D BE/FE method II. Quantification of site effects in two-dimensional sedimentary valleys" Soil Dynamics and Earthquake Engineering 28:646-661.

11. P. N. Psarropoulos, T. Tazoh, G. Gazetas, M. Apostolou (2007) "Linear and nonlinear valley amplification effects on seismic ground motion" *Soils and Foundations Journal*.
12. F. Gelagoti, R. Kourkoulis, I. Anastasopoulos, T.Tazoh, G.Gazetas (2010) "Seismic wave propagation in alluvial valleys: Sensitivity to ground motion 'details' and soil nonlinearity, Generation of parasitic vertical component", *BSSA* (in press).
13. T. Zheng, M. Dravinski (1999) "Amplification of waves by an orthotropic basin: sagittal plane motion" *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 28 565-584.
14. J.F. Semblat, A.M. Duval, P. Dangla (2002) "Seismic site effects in a deep alluvial basin: numerical analysis by the boundary element method" *Computers and Geotechnics*, 29 573-585.
15. Γριντάκης Ευστράτιος (2009) "Επίδραση μορφολογίας υποβάθρου στη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση του εδάφους" Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Π.Θ.
16. F. Gelagoti, R. Kourkoulis, I. Anastasopoulos, G.Gazetas (2010) "Σεισμική αλληλεπίδραση εδάφους-θεμελιώσεως πλαισίου, σε περιοχές εντόνου γεωμορφικού αναγλύφου" Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής (Βόλος 2010).
17. Μ. Μέλλιος, Ζ. Τέττα (2010) "Γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης επιτάχυνσης του εδάφους υπό πραγματικές σεισμικές διεγέρσεις" Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Π.Θ.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000110498