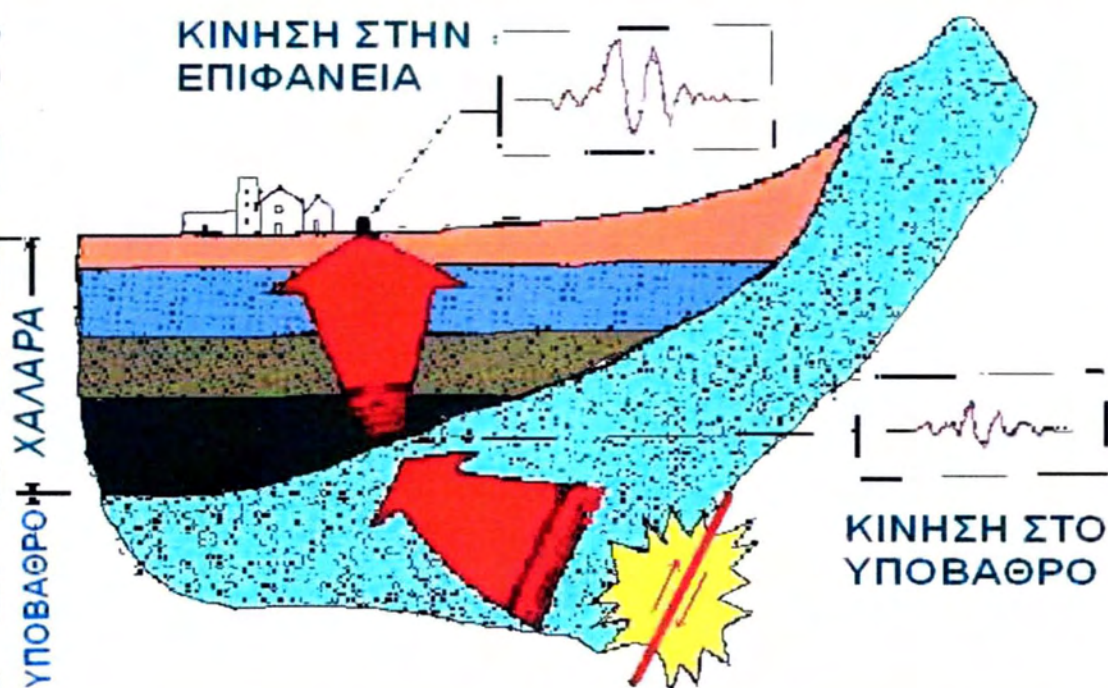


ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ ΧΡΗΣΗΣ  
ΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΦΑΣΜΑΤΩΝ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ EC-8 ΣΕ  
ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ

ON THE APPROPRIATENESS OF USING EC-8 ELASTIC  
DESIGN SPECTRA ALONG ALLUVIAL VALLEYS

ΕΚΠΟΝΗΤΡΙΑ: ΜΑΛΑΜΟΥ ΑΝΤΙΓΟΝΗ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΑΧΙΛΛΕΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ  
ΕΡΓΑΣΙΑ





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

Αριθ. Εισ.: 13048/1  
Ημερ. Εισ.: 25-09-2014  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΠΜ  
2014  
ΜΑΛ



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	4
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ.....	4
1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	4
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ</b> .....	6
2.1 ΠΕΡΙ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ .....	6
2.2 ΟΡΘΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ EC8 .....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΟΥ EC8</b> .....	21
3.1 ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΟΥ EC8.....	21
3.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ.....	24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΟΙΛΑΔΩΝ</b> .....	29
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	29
4.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ .....	32
4.3 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ.....	37
4.4 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	37
4.5 ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΝΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D ΚΑΤΑ EC8</b> .....	40
5.1 ΟΡΙΣΜΟΙ .....	40
5.2 ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΕ ΜΑΛΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ .....	41
5.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΛΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΙΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΑΛΑΚΩΝ ΚΟΙΛΑΔΩΝ.....	62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ ΣΕ ΜΑΛΑΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ EC8</b> .....	66
6.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΩΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ.....	66
6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ EC8 ΓΙΑ ΜΑΛΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΜΕ ΣΥΝΗΘΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ. 72	
6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ EC8 ΓΙΑ ΜΑΛΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΜΕ ΑΚΡΑΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ .. 79	
6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΥΡΟΥΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D ΜΕ ΕΝΤΟΝΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ .....	92

6.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΛΟΓΟΥ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D ΜΕ ΕΝΤΟΝΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ.....	99
6.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΕΣΠΟΖΟΥΣΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D ΜΕ ΕΝΤΟΝΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ.....	106
6.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ T <sub>s</sub> 1D ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D ΜΕ ΕΝΤΟΝΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ .....	113
6.8 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ .....	120
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>128</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>130</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....</b>	<b>131</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....</b>	<b>149</b>



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά την ορθότητα χρήσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού του EC-8 σε εδαφικές κοιλάδες, με αναφορά σε αποτελέσματα παραμετρικών αναλύσεων βασισμένων στην θεωρία 1Δ κυματικής διάδοσης. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκαν 9 ομάδες αναλύσεων, κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει τρία (3) γεωμορφικά συστήματα: 2Δ: βραχώδες υπόβαθρο – λεκάνη, 1D\_soil: βραχώδες υπόβαθρο – απειρόμηκες έδαφος, 1D\_rock: βραχώδες υπόβαθρο. Οι μονοδιάστατες (1D) αναλύσεις υλοποιήθηκαν με σκοπό να απομονωθεί η ενίσχυση που οφείλεται αμιγώς στην ύπαρξη της λεκάνης και όχι στις εδαφικές συνθήκες αυτές καθ' αυτές.

Αν επικεντρωθεί η μελέτη στη συνολική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης συγκριτικά με την σεισμική κίνηση στο αναδυόμενο υπόβαθρο, ορίζονται δύο (2) φασματικοί λόγοι:

- **ASarh**, η συνολική φασματική επιδείνωση της οριζόντιας επιτάχυνσης που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης  $S_{ah}$  για την οριζόντια κίνηση σε κάθε θέση στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από τη 1Δ ανάλυση ( $S_{ahr}$ ) για το αναδυόμενο υπόβαθρο.

- **ASarv**, η συνολική φασματική επιδείνωση της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης  $S_{av}$  για την παρασιτική κατακόρυφη κίνηση σε κάθε θέση στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από τη 1Δ ανάλυση ( $S_{ahr}$ ) για το αναδυόμενο υπόβαθρο.

Με βάση τους ορισμούς προκύπτει, ότι κατά μήκος της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης, η συνολική φασματική επιδείνωση σε κάθε θέση προκύπτει ως το γινόμενο της γεωμορφικής φασματικής επιδείνωσης στην εκάστοτε διεύθυνση επί τον φασματικό λόγο ( $S_{ahs}/S_{ahr}$ ) που εκφράζει τη 1Δ φασματική ενίσχυση της οριζόντιας επιτάχυνσης (οριζόντια εδαφική ενίσχυση). Συνεπώς, η συνολική φασματική επιδείνωση κατά μήκος της κοιλάδας (λόγοι ASarh και ASarv) εμπεριέχει τόσο την οριζόντια εδαφική ενίσχυση ( $S_{ahs}/S_{ahr}$ ) όσο και τη γεωμορφική επιδείνωση σε κάθε θέση (λόγοι ASah και ASav).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι η γεωμορφική επιδείνωση είναι ιδιαίτερα σημαντική για κατηγορία εδάφους D, και ειδικά «παχιά» και «μαλακά» εδάφη κατηγορίας D υπάρχει ασυμβατότητα μεταξύ των προβλέψεων για τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του EC-8 και της θεωρίας 1Δ μετάδοσης. Συνεπώς κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή χωρικής διαφοροποίησης φάσματος σχεδιασμού κατά μήκος κοιλάδων και φάσματος σχεδιασμού για την παρασιτική κατακόρυφη επιτάχυνση (ιδανικά με χωρική διαφοροποίηση) κατά μήκος κοιλάδων στον EC-8.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

## 1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ορθότητας χρήσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού του EC8 σε εδαφικές κοιλάδες. Ο λόγος που διερευνάται αυτό το γεγονός είναι ότι τα εν λόγω φάσματα δεν είναι πάντα συμβατά με τη θεωρία 1Δ μετάδοσης κυμάτων (βλ. Κεφ. 2), ενώ παράλληλα, είναι γνωστό ότι η εδαφική ταλάντωση επηρεάζεται από την ύπαρξη τοπογραφίας αναγλύφου ή υποβάθρου (βλ. Κεφ. 2). Πιο συγκεκριμένα, ενώ η τοπογραφία αναγλύφου είναι προφανής και θα πρέπει να έχει ληφθεί υπόψη στην επιλογή ή μη των καταγραφών που οδήγησαν στον καθορισμό των φασμάτων σχεδιασμού, δεν είναι σίγουρο ότι έχει ληφθεί υπόψη αντίστοιχα και η τοπογραφία υποβάθρου, δηλαδή η τοπογραφία του θαμμένου βράχου κάτω από ένα κατά τα άλλα επίπεδο έδαφος.

Από απόψεως ορολογίας, η τοπογραφία αναγλύφου οδηγεί στη λεγόμενη τοπογραφική επιδείνωση (topographic aggravation) της σεισμικής κίνησης, ενώ η τοπογραφία υποβάθρου δημιουργεί τη λεγόμενη γεωμορφική επιδείνωση (geomorphic aggravation). Πέραν αυτών, πάντα ενυπάρχει η εδαφική επίδραση (soil effects), δηλαδή η ενίσχυση ή απομείωση της σεισμικής κίνησης που δημιουργεί η ύπαρξη εδάφους επί βράχου υπό κατά τα άλλα 1Δ συνθήκες (οριζόντιο έδαφος επί οριζοντίου βράχου υπό κατακορύφως προσπίπτοντα κύματα).

Είναι σαφές ότι το θέμα είναι πολύ μεγάλο, και σίγουρα δε μπορεί να απαντηθεί στο πλαίσιο μιας διπλωματικής. Για το σκοπό αυτό, η έμφαση δόθηκε στην κατηγορία D κατά EC8 που δίνει τη μεγαλύτερη γεωμορφική επιδείνωση (βλ. Κεφ. 4), και η οποία παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ασυμφωνία με τη θεωρία 1Δ μετάδοσης κυμάτων (βλ. Κεφ. 2). Η μελέτη έγινε αριθμητικά (βλ. μεθοδολογία στο Κεφ. 3) με βάση στοχευμένες αναλύσεις για 2Δ τραπεζοειδείς συμμετρικές κοιλάδες «μαλακού» εδάφους που ανήκει στην κατηγορία D κατά EC8 (βλ. Κεφ. 5). Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση των αριθμητικών αποτελεσμάτων με τα προβλεπόμενα από τον EC8 (βλ. Κεφ. 6), και γίνεται σχολιασμός περί της ορθότητας χρήσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού του EC8 σε εδαφικές κοιλάδες (με έμφαση στο «μαλακό» έδαφος).

## 1.2 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αυτή αποτελείται από 6 κεφάλαια, με το παρόν πρώτο να είναι εισαγωγικό και να παρουσιάζει το αντικείμενο και τη διάρθρωσή της.



Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρατίθεται η σχετική με την παρούσα 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, αλλά και η διαφαινόμενη ασυμφωνία των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού κατά τον EC8 με τη θεωρία 1D μετάδοσης κυμάτων.

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 πάνω στις οποίες βασίζεται και τις υπολογιστικές ικανότητες αυτού. Έπειτα, αναλύεται πλήρως η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις αναλύσεις, δηλαδή τα χαρακτηριστικά και η μορφή ενός τυπικού καννάβου, ο τρόπος εισαγωγής της τυπικής διέγερσης στη βάση του, οι συνοριακές συνθήκες στα άκρα, η μορφή της επιλεχθείσας σεισμικής διέγερσης, αλλά και ο τρόπος εκτίμησης των αποτελεσμάτων σε όρους εδαφικής ενίσχυσης, λόγω της ύπαρξης μιας πεπερασμένου εύρους κοιλάδας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, ορίστηκαν οι περιπτώσεις και τα εύρη μεταβολής της γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης οριζόντιας σεισμικής επιτάχυνσης  $A_{hmax}$ , για όλες τις κατηγορίες εδάφους και εντοπίστηκαν οι ακραίες περιπτώσεις.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των 9 συνδυασμών κοιλάδας-διέγερσης που αναλύθηκαν αριθμητικά και παρατίθενται κατάλληλα σχήματα ανά ανάλυση, τα οποία αποδίδουν την τυπική τοπική ενίσχυση σε «μαλακές» κοιλάδες, δηλαδή τι φασματικές ενισχύσεις προκύπτουν σε διάφορες θέσεις ή/και διάφορες περιόδους κατασκευής.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται προσπάθεια ποσοτικοποίησης της τοπικής ενίσχυσης σε «μαλακές» εδαφικές κοιλάδες, και σύγκριση με ό,τι προτείνεται στον EC8. Συνεπώς οι συγκρίσεις γίνονται σε όρους μέγιστων και μέσων εδαφικών ενισχύσεων κατά μήκος της κοιλάδας ή/και ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής. Έτσι προκύπτουν συμπεράσματα περί της ορθότητας χρήσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού κατά EC8 σε «μαλακές» εδαφικές κοιλάδες (κατηγορίας D).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

---

### 2.1 ΠΕΡΙ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ

Όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1, σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη της ορθότητας χρήσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού του EC8 σε εδαφικές κοιλάδες. Για το σκοπό αυτό η έμφαση δίνεται στην ενίσχυση της ταλάντωσης σε κάθε εδαφική θέση συγκριτικά με το τι παρατηρείται στον αναδυόμενο βράχο (τοπική επίδραση, site effects). Όμως σε κάθε εδαφική θέση κοιλάδας ενυπάρχει η ενίσχυση λόγω εδάφους (1Δ ενίσχυση) και λόγω κοιλάδας (2Δ ή 3Δ ενίσχυση). Ο διαχωρισμός των εν λόγω ενισχύσεων δεν είναι εύκολος. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η ενίσχυση λόγω εδάφους (soil effects) αποτυπώνεται μέσω 1Δ αναλύσεων και η ενίσχυση λόγω κοιλάδας (valley effects ή γεωμορφική επιδείνωση) μέσω κανονικοποίησης των αποτελεσμάτων 2Δ (μόνο, στην περίπτωση μας) ανάλυσης προς την κατάλληλη κάθε φορά 1Δ ανάλυση σε κάθε θέση..

Πιο αναλυτικά, για κάθε σημείο της ελεύθερης επιφάνειας της 2Δ ανάλυσης εδαφικής λεκάνης εκτιμήθηκε η μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση P<sub>HA</sub> και η μέγιστη παρασιτική κατακόρυφη επιτάχυνση P<sub>V</sub>A, από την 1Δ ανάλυση υποβάθρου (1D\_rock) μια ενιαία τιμή P<sub>HA</sub>g και από την 1Δ ανάλυση απειρομήκου εδάφους επί υποβάθρου (1D\_soil) εκτιμήθηκε η αντίστοιχη P<sub>H</sub>A<sub>s</sub>. Σε ότι αφορά την P<sub>V</sub>A, 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 P<sub>V</sub>A<sub>g</sub> και P<sub>V</sub>A<sub>s</sub> που προκύπτουν από τις αναλύσεις υποβάθρου (1D\_rock) και οριζοντίου εδάφους επί υποβάθρου (1D\_soil) είναι μηδενικές.

Δεδομένων των ανωτέρω μεγεθών, ορίζεται η **οριζόντια γεωμορφική ενίσχυση A<sub>h</sub>** σε κάθε θέση της επιφάνειας ως ο λόγος της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης ενός σημείου της επιφάνειας δεδομένης της ύπαρξης της λεκάνης (P<sub>HA</sub>) προς τη μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση που προκύπτει από την κατάλληλη μονοδιάστατη ανάλυση (P<sub>HA</sub>g ή P<sub>H</sub>A<sub>s</sub>). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η οριζόντια γεωμορφική ενίσχυση ορίζεται ως  $A_h = P_{HA}/P_{HAs}$ , ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε  $A_h = P_{HA}/P_{HAg}$ .

Αντίστοιχα, ορίζεται και η **παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική ενίσχυση A<sub>v</sub>** σε κάθε θέση της επιφάνειας ως ο λόγος της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης ενός σημείου της επιφάνειας δεδομένης της ύπαρξης της λεκάνης (P<sub>V</sub>A) προς τη μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση που προκύπτει από την κατάλληλη

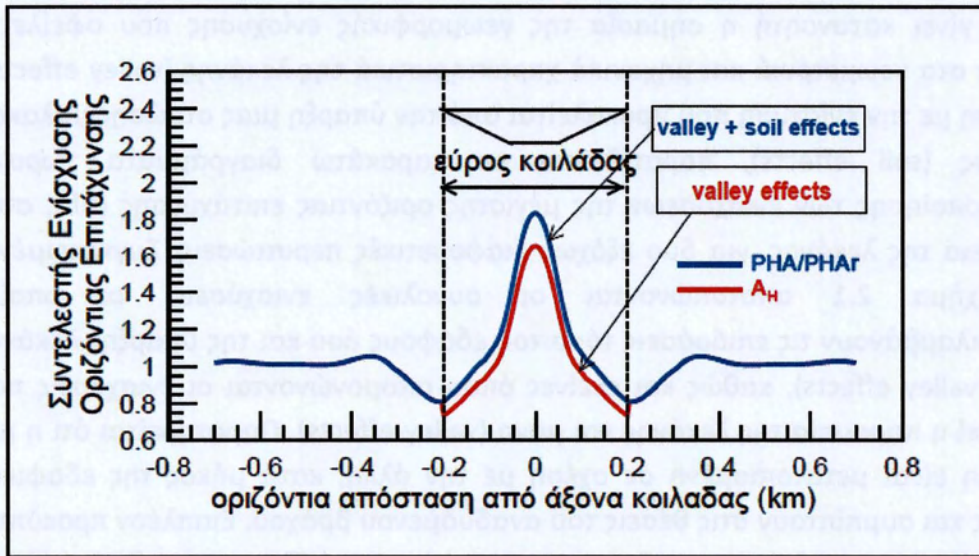


μονοδιάστατη ανάλυση (P<sub>HAg</sub> ή P<sub>HAs</sub>). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική ενίσχυση ορίζεται ως  $A_v = PVA/P_{HAs}$ , ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε  $A_v = PVA/P_{HAg}$ . Αντίστοιχοι ορισμοί μπορούν να γίνουν και για τα αντίστοιχα ελαστικά φάσματα απόκρισης, και αυτοί χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία (Κεφ. 4 και μετά).

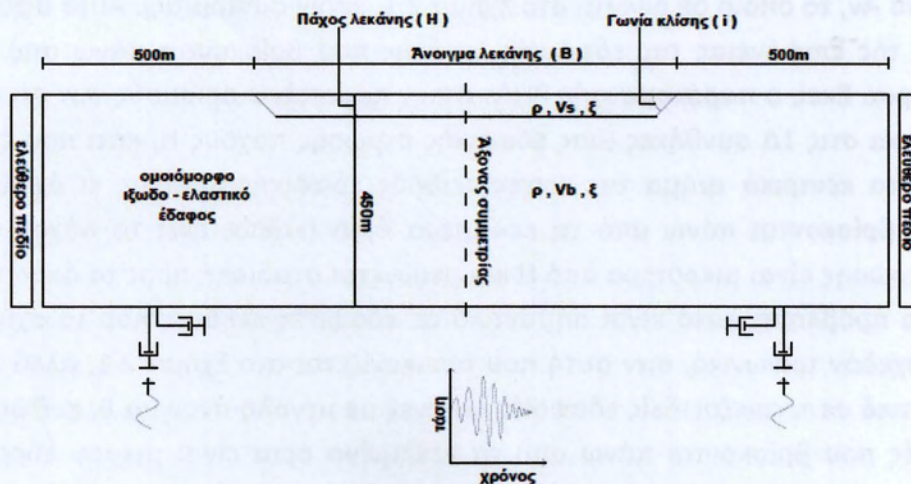
Για να γίνει κατανοητή η σημασία της γεωμορφικής ενίσχυσης που οφείλεται καθαρά στα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της λεκάνης (valley effects), σε σχέση με την ενίσχυση που προκαλείται από την ύπαρξη μιας στρώσης μαλακού εδάφους (soil effects), παρατίθενται τα παρακάτω διαγράμματα χωρικής διαφοροποίησης των ενισχύσεων της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης ( $A_h$ ), στην επιφάνεια της λεκάνης, για δύο εξόχως διαφορετικές περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, στο Σχήμα 2.1 αποτυπώνονται οι συνολικές ενισχύσεις, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν τις επιδράσεις τόσο του εδάφους όσο και της ύπαρξης λεκάνης (soil & valley effects), καθώς και εκείνες όπου απομονώνονται οι ενισχύσεις που προκαλεί η παρουσία της λεκάνης και μόνο (valley effects). Παρατηρείται ότι η μια καμπύλη είναι μετατοπισμένη σε σχέση με την άλλη, κατά μήκος της εδαφικής λεκάνης και συμπίπτουν στις θέσεις του αναδυόμενου βράχου. Επιπλέον προκύπτει ότι οι μέγιστες οριζόντιες ενισχύσεις στην επιφάνεια οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ύπαρξη της εδαφικής λεκάνης, ενώ η επίδραση των εδαφικών συνθηκών (soil effects) είναι δευτερεύουσας σημασίας, αλλά αυτό είναι κάτι που δε μπορεί να γενικευτεί και αφορά την εν λόγω περίπτωση λεκάνης-διέγερσης.

Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ένα εννοιολογικό πρόβλημα στον ορισμό του  $A_h$  (αλλά και του  $A_v$ , το οποίο δε δίνεται στο Σχήμα 2.1, χάριν συντομίας). Αυτό αφορά στα σημεία της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης που βρίσκονται πάνω από τα κεκλιμένα όρια. Εκεί, ο παρονομαστής P<sub>HAs</sub> στους παραπάνω ορισμούς των  $A_h$  και  $A_v$  αναφέρεται στις 1Δ συνθήκες μιας εδαφικής στρώσης πάχους  $H$ , κάτι που έχει ισχύ μόνο στο κεντρικό τμήμα της τραπεζοειδούς εδαφικής λεκάνης κι όχι στα σημεία που βρίσκονται πάνω από τα κεκλιμένα όρια (καθώς εκεί το πάχος της εδαφικής στρώσης είναι μικρότερο από  $H$  και μειώνεται σταδιακά προς τα άκρα της λεκάνης). Το πρόβλημα αυτό είναι σημαντικό σε εδαφικές λεκάνες που το σχήμα τους είναι σχεδόν τριγωνικό, σαν αυτή που απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1, αλλά όχι τόσο σημαντικό σε τραπεζοειδείς εδαφικές λεκάνες με μεγάλο άνοιγμα  $B$ , καθώς οι δύο περιοχές που βρίσκονται πάνω από τα κεκλιμένα όρια είναι μικρού εύρους συγκριτικά με το συνολικό άνοιγμα της εδαφικής λεκάνης. Όμως, δεν υπάρχει ένας εύκολος και απολύτως ορθός τρόπος να ληφθεί υπόψη αυτή η σταδιακή μείωση του πάχους του εδάφους άνωθεν των κεκλιμένων άκρων της λεκάνης. Αντιθέτως, η εύκολη εναλλακτική της χρήσης του μεγέθους P<sub>HAg</sub>, στον παρονομαστή του ορισμού της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης  $A_h$  κατά μήκος όλης της λεκάνης, θα δημιουργούσε το πρόβλημα που απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1, δηλαδή τη

λανθασμένη εκτίμηση της γεωμορφικής επιδείνωσης, καθώς θα συμπεριλαμβανόταν σε αυτή τόσο η επίδραση των εδαφικών συνθηκών (soil effects) όσο και η επίδραση της ύπαρξης λεκάνης (valley effects). Κι αν αυτό το πρόβλημα δε θεωρείται ίσως σημαντικό στην περίπτωση του Σχήματος 2.1 (καθώς η επίδραση του εδάφους δεν είναι σημαντική στο εν λόγω σύστημα λεκάνης-διέγερσης), αυτό δε μπορεί να γενικευτεί, όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω.



**Σχήμα 2.1** Οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις, ως συνάρτηση της απόστασης  $x$  από το κέντρο της κοιλάδας, για τη διεγερση του Αιγίου (Μέλλιος και Τέττα 2010)



**Σχήμα 2.2** Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - εδαφικής λεκάνης (Μέλλιος και Τέττα 2010)



## • ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ

Στις εργασίες Paradimitriou et al. 2011 και Μέλλιος και Τέττα 2010 μελετάται η αδιαστατοποίηση σε προβλήματα γεωμορφικής επιδείνωσης λόγω μορφολογίας υποβάθρου. Σύμφωνα με το Σχήμα 2.2, το υπό μελέτη πρόβλημα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό παραμέτρων οι οποίες είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης ( $B, H, i$ ), οι εδαφικές συνθήκες ( $\rho_s, V_s, \rho_b, V_b, \xi$ ) και τα χαρακτηριστικά της διέγερσης (ένταση, δεσπόζουσα συχνότητα  $f_e=1/T_e$ , τύπος κυμάτων και γωνία πρόσπτωσης που στη συγκεκριμένη εργασία θεωρήθηκε κατακόρυφη).

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.

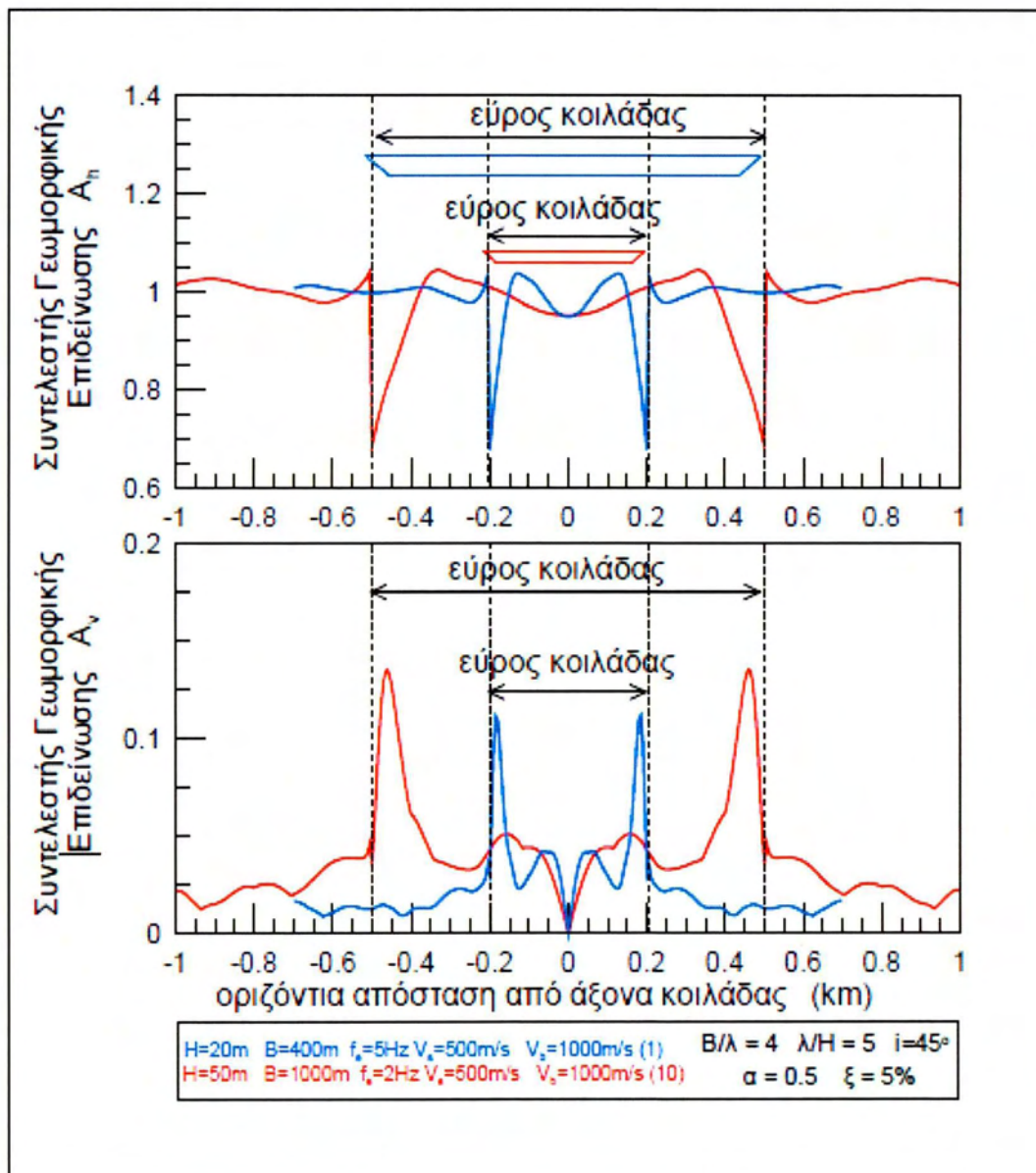
Αρχικά, στο Σχήμα 2.3, συγκρίνονται δύο διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι συντελεστές οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) γεωμορφικής επιδείνωσης σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης. Συγκρίνονται οι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης 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.

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 2.4 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. Παρατηρείται, 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. 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  $\lambda$ .

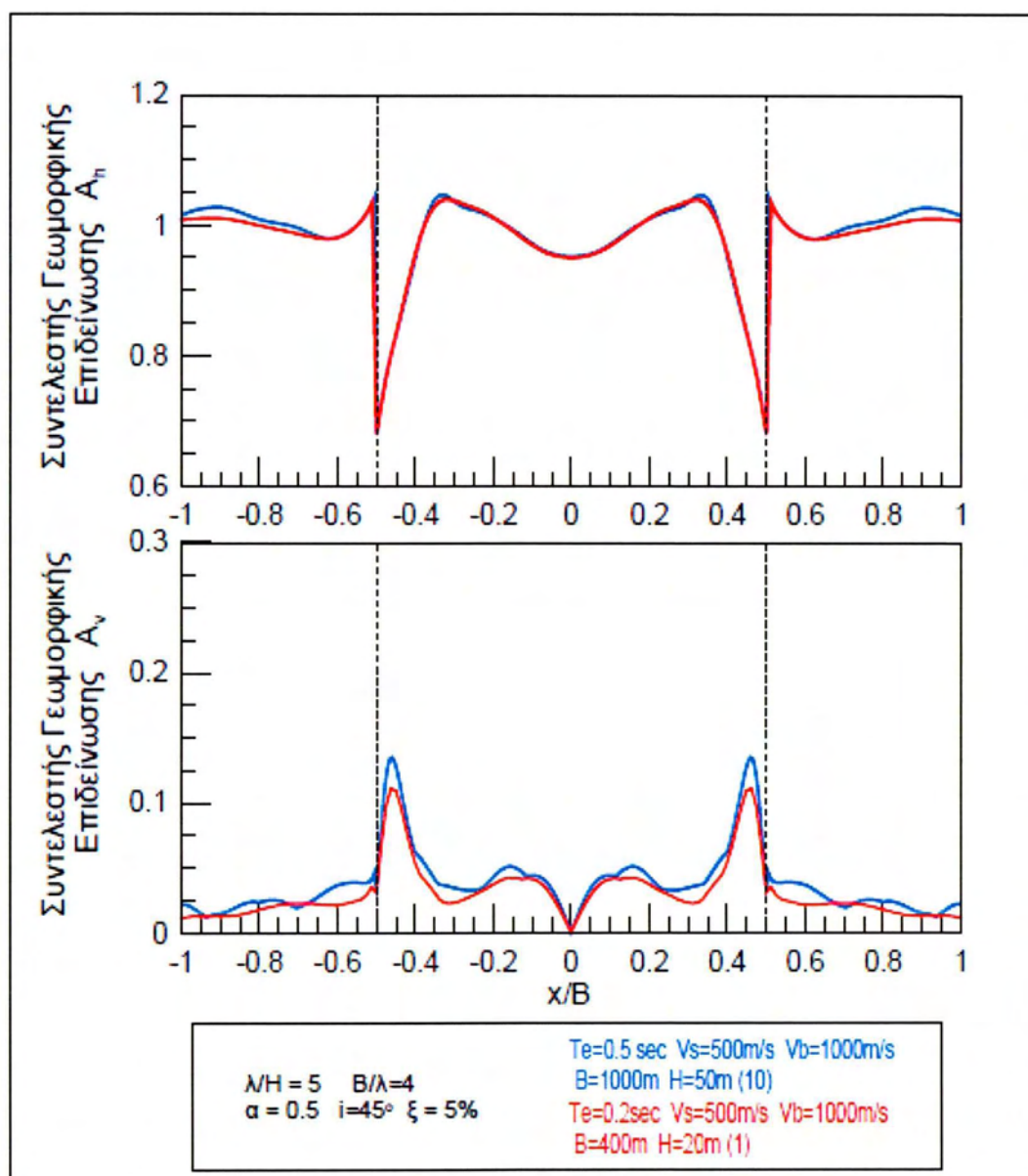
Με την ίδια λογική, στο Σχήμα 2.5 συγκρίνονται δύο άλλες περιπτώσεις εδαφικών λεκανών και αποτυπώνονται οι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης ως προς την αδιαστατοποιημένη απόσταση  $x$ , δηλαδή σε όρους  $x/B$ . Οι 2 αναλύσεις έχουν κοινές αδιάστατες παραμέτρους  $\lambda/H$  και  $B/\lambda$ , ίδια κλίση  $i$  και λόγο απόσβεσης  $\xi$ , αλλά διαφορετικές ταχύτητες  $V_s$  και  $V_b$ . Παρόλα αυτά, οι γεωμορφικές ενισχύσεις των 2

αναλύσεων που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.5 ταυτίζονται. Η ίδια εικόνα παρατηρήθηκε κι όταν οι γεωμορφικές αναλύσεις των 2 αυτών αναλύσεων απεικονίστηκαν σε όρους  $\chi/\lambda$ . Συμπεραίνεται 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 1D προβλήματα εδαφική ενίσχυσης.

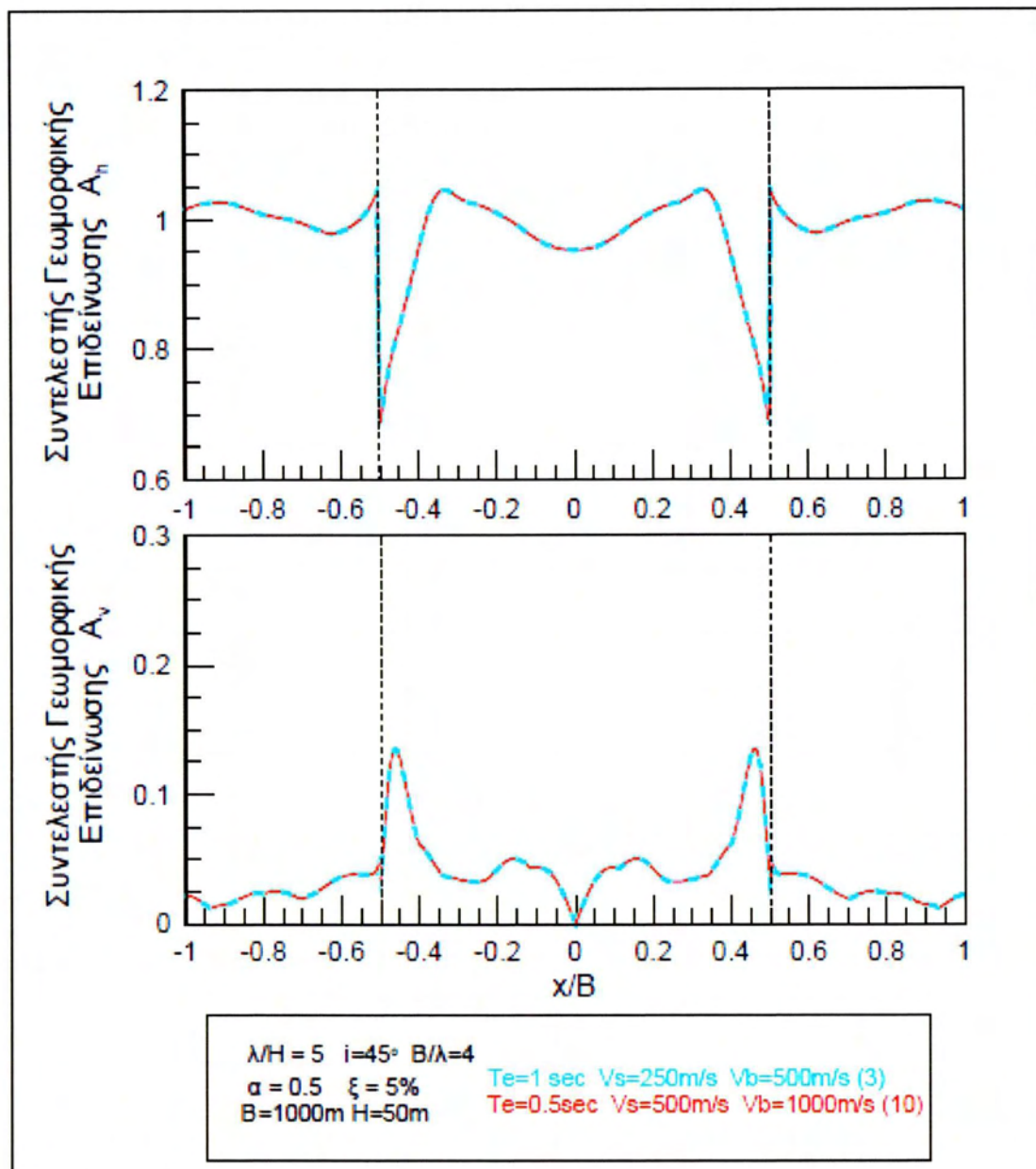


**Σχήμα 2.3** Οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις, ως συνάρτηση της απόστασης  $x$  από το κέντρο της κοιλάδας (Μέλλιος και Τέττα 2010)





**Σχήμα 2.4** Οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις, ως συνάρτηση της απόστασης  $x$  από το κέντρο της κοιλάδας αδιαστατοποιημένης ως προς το εύρος  $B$  αυτής (Μέλλιος και Τέττα 2010)



**Σχήμα 2.5** Οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις, ως συνάρτηση της απόστασης  $x$  από το κέντρο της κοιλάδας αδιαστατοποιημένης ως προς το εύρος  $B$  αυτής (Μέλλιος και Τέττα 2010)

- **ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ**

Στις εργασίες Paradimitriou et al. και Μέλλιος και Τέττα 2010 μελετήθηκε η επίδραση του αδιάστατου πάχους  $\lambda/H$ , του αδιάστατου πλάτους  $B/\lambda$ , του λόγου εμπέδησης  $\alpha$ , της γωνίας κλίσης των πρανών  $i$ , και του ποσοστού απόσβεσης  $\xi$  στις οριζόντιες και κατακόρυφες γεωμορφικές ενισχύσεις  $A_h$  και  $A_v$ .



- **ΧΩΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ**

Επίσης, στην εργασία Μέλλιος και Τέττα 2010 διαπιστώθηκε ότι το γινόμενο των δύο λόγων  $B/\lambda$  και  $\lambda/H$ , δηλαδή ο αδιάστατος λόγος  $B/H$  που συνδέεται με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, είναι μια αρκετά διαφωτιστική παράμετρος για τη θέση εμφάνισης των μέγιστων τιμών των συντελεστών γεωμορφικής ενίσχυσης  $A_h$  και  $A_v$ . Συγκεκριμένα, από την μελέτη των αναλύσεων προέκυψε ότι η γεωμετρία δίνει μια πρώτη γεύση για τη θέση όπου σημειώνεται η μέγιστη οριζόντια ενίσχυση, με μια διαφοροποίηση που οφείλεται στην επίδραση του μήκους κύματος,  $\lambda$ . Πρέπει να τονιστεί ότι, τα συμπεράσματα για το γεωμετρικό λόγο  $B/H$  έχουν ισχύ όταν ο λόγος εμπέδησης παίρνει ενδιάμεσες έως υψηλές τιμές ( $a \geq 0.5$ ). Όταν υπάρχει έντονη αντίθεση των δυσκαμψιών μεταξύ του μαλακού εδάφους και του βραχώδους υποβάθρου, (δηλ. σε μικρές τιμές του λόγου  $a$ ) τότε σχηματίζονται κυματοειδείς μορφές χωρικής διαφοροποίησης των οριζόντιων ενισχύσεων, με αποτέλεσμα την πιθανότητα εμφάνισης της μέγιστης τιμής σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος της εδαφικής λεκάνης. 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.

Η πλειοψηφία των αναλύσεων εμφανίζουν τη μέγιστη κατακόρυφη επιδείνωση στην περιοχή που ορίστηκε ως άκρα.

Στην εργασία Gelagoti et al. 2010 μελετήθηκε η 2Δ συμπεριφορά της εδαφικής λεκάνης Ohba Ohasi ( $B=520m$ ,  $H=24m$ ,  $\alpha=0.1$  και  $i=16.7^\circ$ ). Πραγματοποιήθηκαν ελαστικές αναλύσεις για τρεις πραγματικές καταγραφές διεγέρσεων καθώς και για παλμούς Ricker που τις προσεγγίζουν.

Ένα από τα αποτελέσματα της εργασίας είναι ότι τόσο οι θέσεις εμφάνισης 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.

- **ΣΧΕΣΕΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ  $A_h$  και  $A_v$  ( $A_{hmax}$  και  $A_{vmax}$ )**

Με βάση την εργασία Μέλλιος και Τέττα 2010 έγινε μια προσπάθεια κατάστρωσης προσεγγιστικών σχέσεων εκτίμησης των μέγιστων τιμών των συντελεστών  $A_h$  και  $A_v$ , δηλαδή των τιμών  $A_{hmax}$  και  $A_{vmax}$ , συναρτήσεως των βασικών παραμέτρων του προβλήματος της γεωμορφικής ενίσχυσης. Πιο συγκεκριμένα, για την κατάστρωση των προσεγγιστικών σχέσεων για τις παραμέτρους σχεδιασμού  $A_{hmax}$  και  $A_{vmax}$  επιλέχθηκαν μαθηματικές μορφές οι οποίες είναι απλές, έχουν τη δυνατότητα να συνδυάσουν την επίδραση όλων των παραμέτρων ενός πολύπλοκου προβλήματος και ικανοποιούν το φυσικό νόημα κάθε τάσης.

Συνεπώς, προέκυψε η σχέση εκτίμησης της μέγιστης οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης : μέγιστων οριζόντιων ενισχύσεων :

$$A_{hmax} = 1 + 0.07445 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \cdot \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} \cdot a^{-0.65} \cdot i^{0.46} \quad (2.1)$$

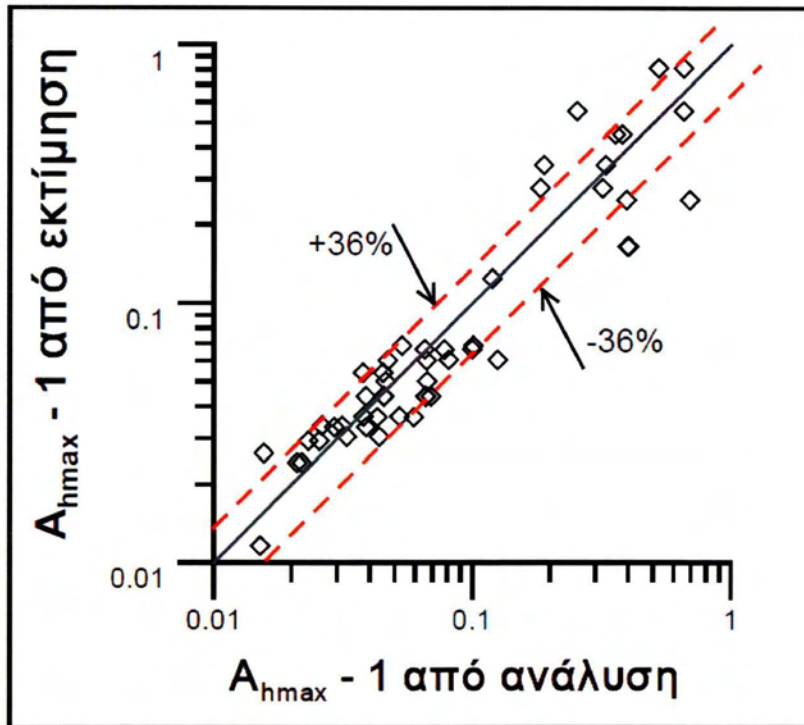
Με αντίστοιχη διαδικασία που ακολουθήθηκε και στη σχέση εκτίμησης της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{hmax}$  προκύπτει η ακόλουθη σχέση για την εκτίμηση της  $A_{vmax}$  :

$$A_{vmax} = 0.1577 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-0.81} \cdot a^{-0.37} \cdot i^{0.25} \quad (2.2)$$

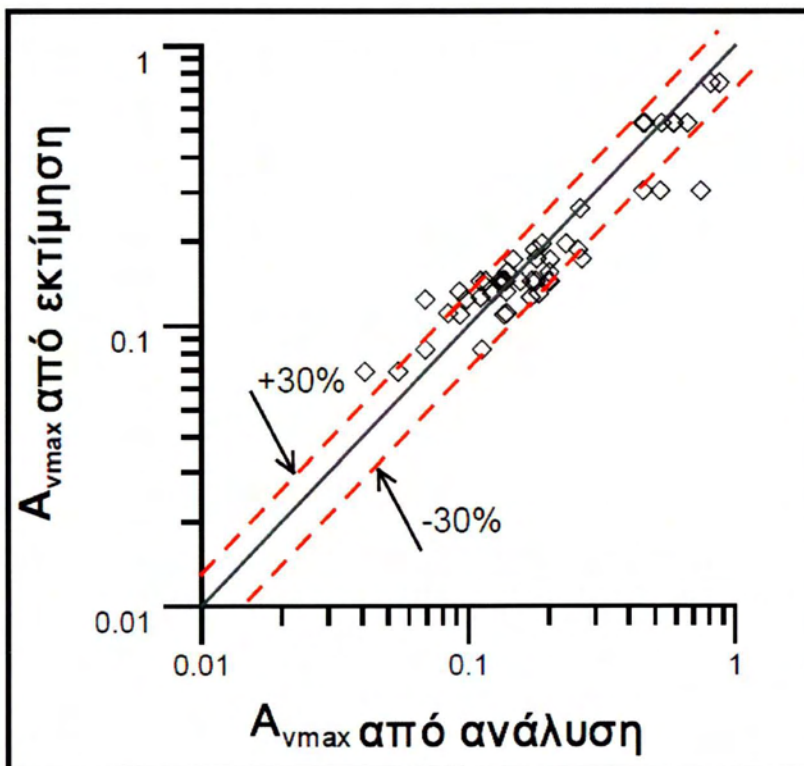
Στο σχήμα 2.6 εκτιμάται η ακριβεία πρόβλεψης του μεγέθους ( $A_{hmax} - 1$ ) με βάση τη σχέση 2.1, στο οποίο στον άξονα x εισάγεται η τιμή της ανάλυσης και στον άξονα y η αντίστοιχη τιμή εκτίμησης από την τελική σχέση εκτίμησης. Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται, αφενός ότι δεν υπάρχει κάποια τάση υποεκτίμησης 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.

Στο σχήμα 2.7 εκτιμάται αντίστοιχα η ακριβεία πρόβλεψης του  $A_{vmax}$  με βάση τη σχέση 2.2, στην ίδια λογική σχήματος με το 2.6..





Σχήμα 2.6 Διάγραμμα σύγκρισης των τιμών  $A_{hmax} - 1$ , που προέκυψαν από την ανάλυση σε σχέση με αυτές που εκτιμήθηκαν από την τελική σχέση 2.1 εκτίμησης της  $A_{hmax} - 1$



Σχήμα 2.7 Διάγραμμα σύγκρισης των τιμών  $A_{vmax}$ , που προέκυψαν από την ανάλυση σε σχέση με αυτές που εκτιμήθηκαν από την τελική σχέση 2.2 εκτίμησης της  $A_{vmax}$

## 2.2 ΟΡΘΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ EC8

Στο άρθρο των Μπουκοβάλα κ.α. (2010) γίνεται κριτική αξιολόγηση των διατάξεων του EC-8, σχετικά με την επίδραση του εδάφους στις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού, με αναφορά σε αποτελέσματα παραμετρικών αναλύσεων βασισμένων στην θεωρία 1D κυματικής διάδοσης. Εντοπίζονται και προτείνονται συγκεκριμένες, ποσοτικού κυρίως χαρακτήρα, τροποποιήσεις του EC8 οι οποίες αφορούν στην κατηγοριοποίηση του εδάφους, στους συντελεστές εδαφικής, καθώς και στα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού. Οι εν λόγω τροποποιήσεις δεν διαφοροποιούν την βασική φιλοσοφία του κανονισμού, αλλά αποκαθιστούν την συμβατότητα του με τις συνήθεις αριθμητικές αναλύσεις που χρησιμοποιούνται εναλλακτικά στην πράξη.

Εν περιλήψει, ο EC-8 διαχωρίζει τα εδάφη σε επτά (7) κατηγορίες, οι πέντε εκ των οποίων (A, B, C, D και E) έχουν προδιαγεγραμμένες σεισμικές δράσεις ενώ οι υπόλοιπες δύο (S1 και S2) απαιτούν την εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών μελετών. Οι πρώτες πέντε (5) κατηγορίες εδάφους επιλέγονται με βάση την στρωματογραφία, το πάχος των πρόσφατων αποθέσεων  $H$  και την αντίστοιχη μέση τιμή κρούσεων  $N_{SPT}$ , την αστράγγιστη διατμητική αντοχή  $c_u$  και την μέση ταχύτητα διάδοσης σεισμικών κυμάτων  $V_{S,30}$  στα πρώτα 30m του εδάφους. Στην πράξη, η επιλογή της εδαφικής κατηγορίας βασίζεται κυρίως στο πάχος  $H$  και στην μέση ταχύτητα  $V_{S,30}$ ,

$$\text{όπου } V_{S,H} = \begin{cases} \frac{H}{30} \frac{V_{S,30}}{V_b} & ; H < 30m \\ V_{S,30} \left(\frac{H}{30}\right)^a & ; H \geq 30m \end{cases} \quad (2.3)$$

Για κάθε κατηγορία εδάφους, προσδιορίζονται ακολούθως ένας «Εδαφικός Συντελεστής» ( $S$ ), ο οποίος τροποποιεί την «Εδαφική Επιτάχυνση Σχεδιασμού» ( $a_g$ ) σε σχέση με την τιμή αναφοράς για βραχώδεις θέσεις (κατηγορία A), και ένα ανηγμένο ελαστικό φάσμα απόκρισης  $S_e(T)$ , όπου  $T$  υποδηλώνει την ιδιοπερίοδο της κατασκευής. Οι εδαφικοί συντελεστές  $S$  και τα ανηγμένα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού (αναφερόμενα ως “NERS” ακολούθως) κάθε κατηγορίας εδάφους είναι διαφορετικά για περιοχές υψηλής και χαμηλής σεισμικότητας, και χαρακτηρίζονται ως σεισμικές δράσεις «Type 1» και «Type 2» για  $M > 5.5$  και  $M < 5.5$  αντίστοιχα. Εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με σεισμικές δράσεις «Type 1», γι’ αυτό και παραθέτουμε μόνο τα αποτελέσματα του άρθρου που σχετίζονται με αυτές. Η έμφαση εδώ δίνεται μόνο τις δράσεις «Type 1» που αφορούν τις ισχυρές σεισμικές δράσεις που αναμένονται στον Ελλαδικό τουλάχιστον χώρο.

Στο Σχήμα 2.8 παρουσιάζονται ισοκαμπύλες των τιμών του εδαφικού συντελεστή  $S$  που προέκυψε από τις αναλύσεις για ισχυρή σεισμική διέγερση, συναρτήσει του



πάχους των εδαφικών αποθέσεων  $H$  και της μέσης ταχύτητας διατμητικών κυμάτων  $V_{S,30}$ . Παράλληλα, και για λόγους σύγκρισης, στο ίδιο σχήμα παρατίθενται οι κατηγορίες εδάφους του EC-8. Η παρουσίαση των αναλύσεων αφορά στην συνηθέστερη περίπτωση σχετικώς μαλακού βραχώδους υποβάθρου με  $V_b = 800\text{m/s}$ .

Περαιτέρω, στο Σχήμα 2.9 παρουσιάζεται το εύρος μεταβολής (μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση) των τιμών του συντελεστή  $S$  που προέκυψαν από τις αναλύσεις για κάθε κατηγορία εδάφους, για  $V_b = 800\text{m/s}$  και  $1200\text{m/s}$ , συγκριτικά προς τις αντίστοιχες τιμές του EC8.

Εστιάζοντας αρχικά στα Σχήματα 2.8 και 2.9, που αφορούν σε ισχυρές σεισμικές διεγέρσεις με  $M > 5.5$  (Type 1), παρατηρείται ότι:

- Ο ορισμός των κατηγοριών εδάφους του EC8 δεν είναι πλήρης, δεδομένου ότι θέσεις με  $V_{S,30} > 360\text{ m/s}$  και  $H = 5 - 30\text{m}$ , καθώς και θέσεις με  $V_{S,30} < 360\text{ m/s}$  και  $H = 20 - 30\text{m}$  δεν ανήκουν σε καμία από τις κατηγορίες του κανονισμού.
- Οι τιμές του εδαφικού συντελεστή που προέκυψαν από τις αναλύσεις για κατηγορία εδάφους A του EC-8 είναι αισθητά μεγαλύτερες από την τιμή  $S = 1.00$  του κανονισμού.
- Εκτός από την κατηγορία εδάφους C, οι εδαφικοί συντελεστές του EC8 δεν συμφωνούν με τις αναλυτικές προβλέψεις. Η πλέον αξιοπρόσεκτη διαφορά εντοπίζεται στην κατηγορία εδάφους D (βαθιές και μαλακές στρώσεις) όπου προτείνεται  $S = 1.35$ , σε σύγκριση με τις τιμές των αναλύσεων που κυμαίνονται μεταξύ 0.95 και 1.10.

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 2.10 παρουσιάζεται η πρόταση των Μπουκοβάλα κ.α. (2010) για τις τιμές του συντελεστή εδάφους  $S$  για τις κατηγορίες εδάφους του EC8, εμπεριέχοντας και την πρότασή τους για υπο-κατηγοριοποίηση της κατηγορίας A (που δεν αφορά τη συγκεκριμένη εργασία).

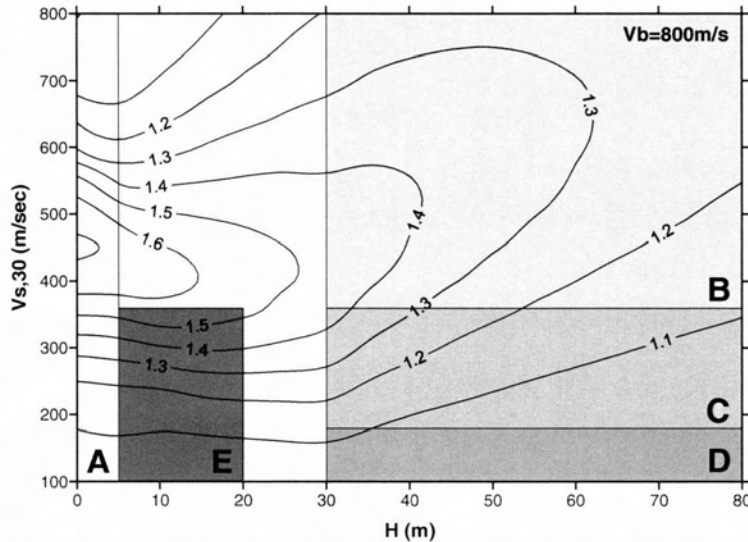
Μετά, το Σχήμα 2.11 συνοψίζει την σύγκριση μεταξύ των θεωρητικών προβλέψεων και των διατάξεων του EC-8 σχετικά με τα ανηγμένα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού *NERS*, για «ισχυρές» ( $M > 5.5$ ) σεισμικές διεγέρσεις.

Η σύγκριση εστιάζεται στους φασματικούς συντελεστές εδαφικής ενίσχυσης  $A_{Sa}^*$ , όπου:

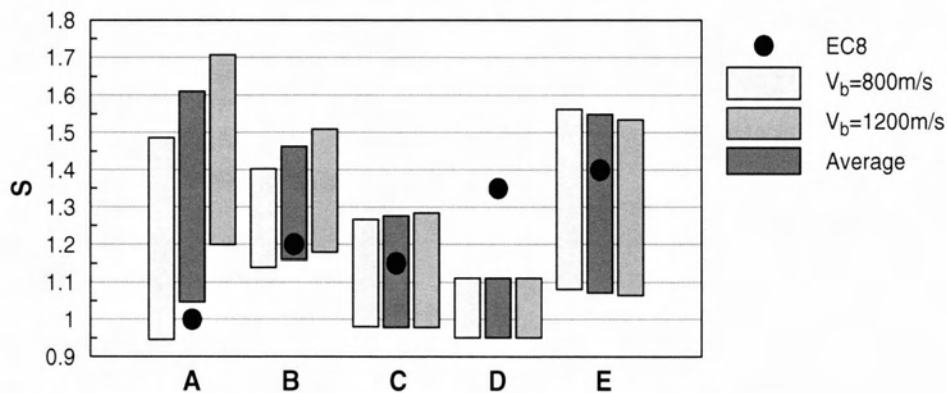
$$A_{Sa}^* = \frac{NERS \text{ for Ground Types A, B, C, D, E}}{NERS \text{ for Ground Type A}}$$

$$A_{Sa}^* = \frac{NERS \text{ εδαφικής επιφάνειας}}{NERS \text{ σεισμικής διέγερσης}}$$

για τις διάφορες κατηγορίες εδάφους. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται ως σκιασμένη ζώνη, που ορίζεται από τις καμπύλες της μέσης τιμής  $\pm$  τυπική απόκλιση.



**Σχήμα 2.8** Κατηγορίες εδάφους κατά EC-8 και εδαφικοί συντελεστές  $S$  από 1Δ αναλύσεις σεισμικής απόκρισης για  $V_b = 800\text{m/s}$ : Επίδραση των  $H$  και  $V_{s,30}$  για  $M > 5.5$  (Type 1) (Μπουκοβάλας κ.α. 2010)

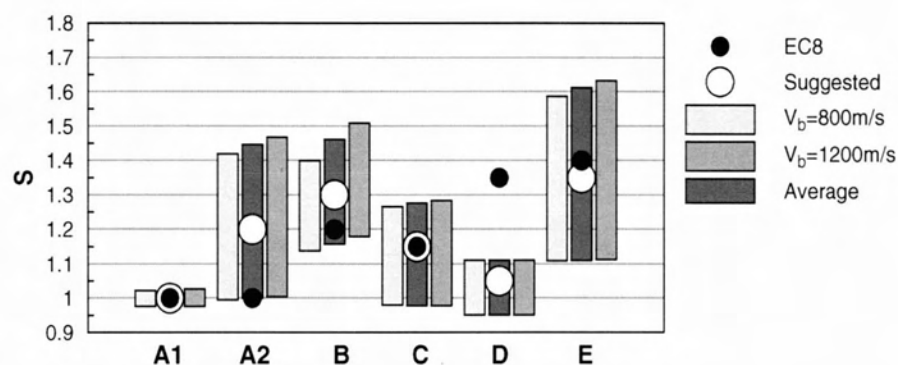


**Σχήμα 2.9** Σύγκριση των εδαφικών συντελεστών  $S$  του EC-8 με αποτελέσματα από 1Δ αναλύσεις σεισμικής απόκρισης για  $V_b = 800\text{m/s}$  και  $1200\text{m/s}$  για  $M > 5.5$  (Type 1) (Μπουκοβάλας κ.α. 2010)

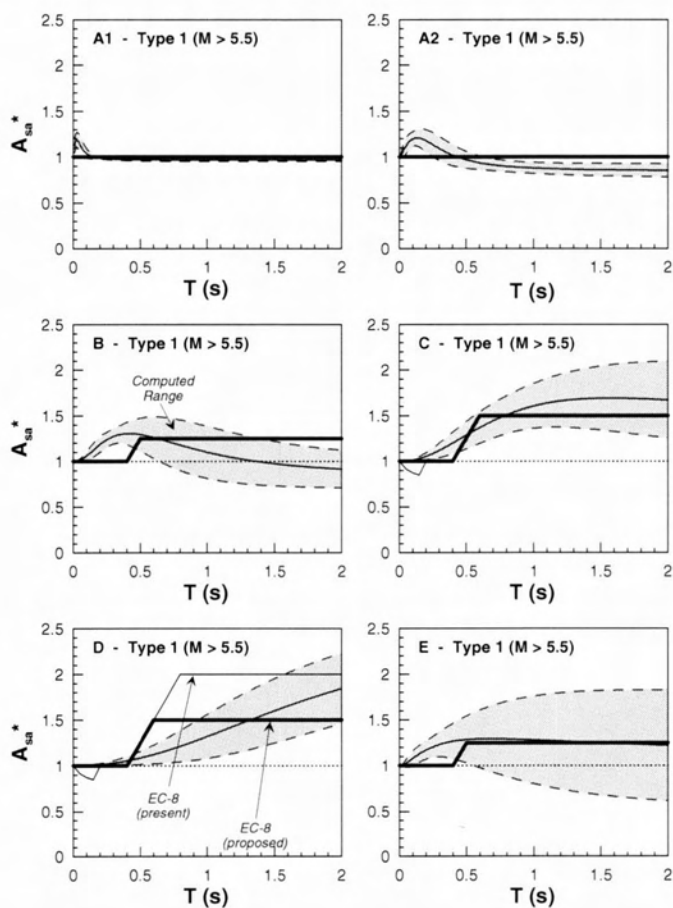
Κατ' επέκταση της ανωτέρω κριτικής, έγινε ακολούθως προσπάθεια καλύτερης προσαρμογής των  $NERS$  του EC-8 προς τα αποτελέσματα των αναλύσεων, χωρίς τροποποίηση της βασικής τους μορφής. Για τον σκοπό αυτό, διατηρήθηκε το φάσμα της σεισμικής διέγερσης, για την κατηγορία εδάφους A, και τροποποιήθηκαν τα φάσματα των υπολοίπων κατηγοριών μέσω των χαρακτηριστικών τους περιόδων  $T_B$  και  $T_C$ . Οι νέες τιμές των  $T_B$  και  $T_C$  συνοψίζονται στον Πίνακα 2.2, ενώ οι αντίστοιχες



καμπύλες φασματικής ενίσχυσης έχουν σχεδιασθεί με έντονη (bold) γραμμή στα Σχήματα 2.11.



**Σχήμα 2.10** Σύγκριση των εδαφικών συντελεστών  $S$  του EC-8 με αποτελέσματα από 1D αναλύσεις σεισμικής απόκρισης για  $V_b = 800\text{m/s}$  και  $1200\text{m/s}$ , μετά την αντικατάσταση της  $V_{s,30}$  με την  $V_{s,H}$  και την αντικατάσταση της κατηγορίας A με τις A1 και A2 για  $M > 5.5$  (Type 1) (Μπουκοβάλας κ.α.)



**Σχήμα 2.11** Σύγκριση φασματικών συντελεστών εδαφικής ενίσχυσης  $A_{sa}^*$  από τις 1D αναλύσεις σεισμικής απόκρισης και κατά τον EC-8 για  $M > 5.5$  (Type 1) (Μπουκοβάλας κ.α. 2010)

Κατηγορία Εδάφους	$M > 5.5$ (Type 1)	
	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)
A1 & A2	0.15	0.40
B		0.50
C		0.60
D		0.60
E		0.50

**Πίνακας 2.2** Προτεινόμενες τιμές φασματικών περιόδων  $T_B$  και  $T_C$  (Μπουκοβάλας κ.α. 2010) για τις κατηγορίες εδάφους του EC8

Σύμφωνα με τους Μπουκοβάλα κ.α. 2010, τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκριτική παρουσίαση διατάξεων του EC-8 και αποτελεσμάτων παραμετρικών αναλύσεων, σχετικά με την επίδραση του εδάφους στις σεισμικές δράσεις σχεδιασμού είναι τα ακόλουθα:

- Η γενική φιλοσοφία των διατάξεων του EC-8 (ορισμός ποσοτικών κριτηρίων για τις κατηγορίες εδάφους, εισαγωγή εδαφικού συντελεστή  $S$ , εξάρτηση των σεισμικών δράσεων από το μέγεθος της σεισμικής διέγερσης) είναι σύμφωνη με τις βασικές αρχές της 1Δ μη γραμμικής κυματικής θεώρησης.
- Ο ορισμός των κατηγοριών εδάφους δεν είναι πλήρης, δεδομένου ότι θέσεις με  $V_{S,30} > 360$  m/s και  $H = 5 - 30$  m, ή θέσεις με  $V_{S,30} < 360$  m/s και  $H = 20 - 30$  m δεν συγκαταλέγονται σε κάποια από τις υφιστάμενες κατηγορίες του κανονισμού
- Η χρήση της μέσης ταχύτητας  $V_{S,30}$  ως δείκτη κατηγοριοποίησης του εδάφους δεν είναι εν γένει συμβατός με την 1Δ θεώρηση μετάδοσης σεισμικών κυμάτων. Η εναλ-λακτική χρήση της μέσης ταχύτητας  $V_{S,H}$  για όλο το πάχος  $H$  των εδαφικών αποθέσεων είναι θεωρητικά ενδεδειγμένη και βελτιώνει την ακρίβεια των διατάξεων του EC-8.
- Οι εδαφικοί συντελεστές  $S$  του EC-8 υποεκτιμούν τις σεισμικές δράσεις για τις δύστητες κατηγορίες εδάφους A και B. Αντίθετα είναι υπερβολικά συντηρητικές για την εύτητη κατηγορία εδάφους D, καθώς και για τις κατηγορίες C και E σε περιοχές χαμηλής σεισμικότητας ( $M < 5.5$ ).
- Τα ανηγμένα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού (*NERS*) του κανονισμού είναι εν γένει συντηρητικά για περιοχές υψηλής σεισμικότητας ( $M > 5.5$ ) ενώ αντίθετα υποεκτιμούν τις σεισμικές δράσεις για περιοχές χαμηλής σεισμικότητας ( $M < 5.5$ ).



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΟΥ EC8

## 3.1 ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΟΥ EC8

Όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 2, η γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης ορίζεται σε κάθε θέση της επιφάνειας ως:

- **οριζόντια γεωμορφική ενίσχυση  $A_h$ :** ο λόγος της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης ενός σημείου της επιφάνειας δεδομένης της ύπαρξης της λεκάνης (PHA) προς τη μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση που προκύπτει από την κατάλληλη μονοδιάστατη ανάλυση (PHA<sub>g</sub> ή PHA<sub>s</sub>). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η οριζόντια γεωμορφική ενίσχυση ορίζεται ως  $A_h = PHA/PHA_s$ , ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυσόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε  $A_h = PHA/PHA_g$ .
- **παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική ενίσχυση  $A_v$ :** ο λόγος της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης ενός σημείου της επιφάνειας δεδομένης της ύπαρξης της λεκάνης (PVA) προς τη μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση που προκύπτει από την κατάλληλη μονοδιάστατη ανάλυση (PHA<sub>g</sub> ή PHA<sub>s</sub>). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική ενίσχυση ορίζεται ως  $A_v = PVA/PHA_s$ , ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδυσόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε  $A_v = PVA/PHA_g$ .

Στην εργασία Μέλλιος και Τέττα 2010 έγινε μια προσπάθεια κατάστρωσης προσεγγιστικών σχέσεων εκτίμησης των μέγιστων τιμών των συντελεστών  $A_h$  και  $A_v$ , δηλαδή των τιμών  $A_{hmax}$  και  $A_{vmax}$ , συναρτήσεως των βασικών παραμέτρων του προβλήματος της γεωμορφικής ενίσχυσης.

Οι σχέσεις εκτίμησης μέγιστων οριζόντιων και κατακόρυφων ενισχύσεων οι οποίες προέκυψαν τελικώς είναι οι εξής:

$$A_{hmax} = 1 + 0.07445 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \cdot \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} \cdot a^{-0.65} \cdot i^{0.46} \quad (3.1)$$

$$A_{vmax} = 0.1577 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-0.81} \cdot a^{-0.37} \cdot i^{0.25} \quad (3.2)$$

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, ο EC8 ορίζει 7 κατηγορίες εδάφους A, B, C, D, και E, S1 και S2, οι 5 πρώτες εκ των οποίων περιγράφονται από τα στρωματογραφικά προφίλ και τις παραμέτρους που δίνονται στον παρακάτω πίνακα, και μπορούν να ληφθούν υπόψιν για την επιροή των τοπικών εδαφικών συνθηκών στη σεισμική κίνηση. Οι υπόλοιπες 2 κατηγορίες S1 και S2 απαιτούν την εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών μελετών και δεν θα ασχοληθούμε στην παρούσα εργασία περαιτέρω μαζί τους.

Στον παρακάτω πίνακα 3.1 φαίνεται πώς κατατάσσεται ένα έδαφος σε κάθε μια από τις πέντε κατηγορίες του Ευρωκώδικα ανάλογα με την περιγραφή του στρωματογραφικού προφίλ του, την μέση ταχύτητα διατμητικών κυμάτων στα πρώτα τριάντα μέτρα  $V_{s,30}$ , τον αριθμό κτύπων  $N_{SPT}$  σε δοκιμή SPT και τη διατμητική αντοχή του εδάφους  $c_u$ .

Κατηγορία εδάφους	Περιγραφή στρωματογραφικού προφίλ	Παράμετροι		
		$V_{s,30}$ (m/s)	NSPT (blows/30cm)	$c_u$ (Kpa)
A	Βράχος ή άλλος βραχώδης σχηματισμός, που περιλαμβάνει το πολύ 5μ πιο αδύναμου υλικού στην επιφάνεια.	>800		
B	Αποθέσεις πυκνής άμμου, χαλικιού, ή πολύ στριφλής αργίλου, πάχους τουλάχιστον δεκάδων μέτρων που χαρακτηρίζεται από μία σταδιακή αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος.	360-380	>50	>250
C	Βαθιά αποθέσεις πυκνής ή μέτριας-πυκνής άμμου, χαλικιού ή στιφρής αργίλου με πάχος από κάποιες δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρων.	180-360	15-50	70-250
D	Αποθέσεις χαλαρής έως μετρίου μη-συνεκτικού εδάφους (με ή χωρίς κάποια μαλακά συνεκτικά στρώματα), ή μαλακού προς σκληρού συνεκτικού εδάφους.	<180	<15	<70
E	Ένα εδαφικό προφίλ που αποτελείται από μια στρώση αλλουβιακής επιφάνειας με τιμές $V_s$ τύπου C ή D και πάχος μεταξύ 5 και 20μ, που υπέρκειται πιο στιφρού υλικού με $V_s > 800$ m/s.			

**Πίνακας 3.1** Κατάταξη εδάφους σε κατηγορίες A, B, C, D και E, σύμφωνα με τον EC8

Η θέση θα πρέπει να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με την τιμή της μέσης ταχύτητας διατμητικών κυμάτων  $V_{s,30}$ , εάν αυτό είναι εφικτό. Διαφορετικά, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η τιμή  $N_{SPT}$ . Η μέση ταχύτητα διατμητικών κυμάτων  $V_{s,30}$  θα πρέπει να υπολογισθεί σύμφωνα με την ακόλουθη έκφραση:

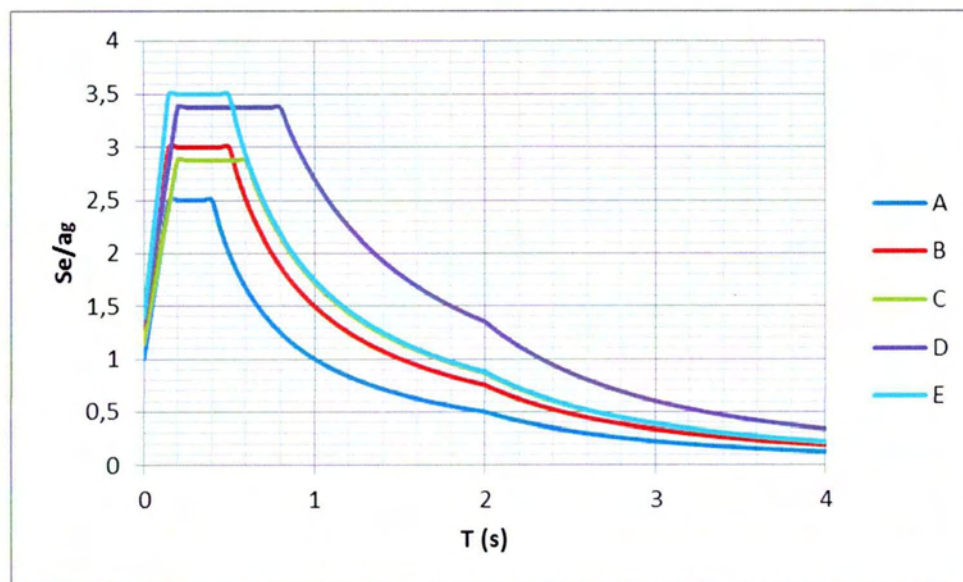
$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i/v_i} \quad (3.3)$$



Όπου  $h_i$  και  $v_i$  είναι το πάχος (σε μέτρα) και η ταχύτητα διατμητικών κυμάτων της στρώσης με αύξοντα αριθμό  $i$ , σε ένα σύνολο  $N$  στρώσεων στα 30 πρώτα μέτρα του εδάφους. Επίσης στον EC8 δίνονται τα ελαστικά φάσματα απόκρισης για κάθε κατηγορία εδάφους A, B, C, D, E, για δύο τύπους εδαφών: Τύπος 1:  $M > 5.5$ , Τύπος 2:  $M < 5.5$ , όπου  $M$  είναι το μέγεθος του σεισμού σχεδιασμού. Για την περιοχή της Ελλάδας η οποία ανήκει στον τύπο 1 ( $M > 5.5$ ), καθώς παρουσιάζει ισχυρή σεισμική κίνηση, τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1

Κατηγορία εδάφους	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

**Πίνακας 3.2** Τιμές των παραμέτρων που περιγράφουν τον πρώτο τύπο ελαστικών φασμάτων απόκρισης ( $M > 5.5$ )



**Σχήμα 3.1** Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού (5% απόσβεση) για κατηγορίες εδάφους από A έως E σε περιοχές μεγάλης σεισμικότητας  $M > 5.5$  κατά τον EC8

Ο λόγος ύπαρξης της διπλωματικής είναι ότι τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του EC8 (σε όρους τοπικής ενίσχυσης) δε συμφωνούν πάντα με τη θεωρία 1Δ μετάδοσης κυμάτων (που ορίζεται σε όρους εδαφικής επίδρασης) σύμφωνα με τους Μπουκοβάλα κ.α. 2010. Για παράδειγμα, για Κατηγορία D η 1Δ θεωρία εδαφικής επίδρασης υποδεικνύει ότι ο Συντελεστής Εδάφους 1.35 του EC8 είναι υπερβολικός. Το θέμα που διερευνάται εδώ είναι κατά πόσο οι διαφορές των προτάσεων του EC8 από τη 1Δ θεωρία μπορούν να ερμηνευτούν ως γεωμορφική επιδείνωση ή όχι,

καθώς στη φύση οι εδαφικές αποθέσεις πολύ συχνά εμφανίζονται σε γεωμορφές μορφής αλλουβιακών κοιλάδων.

### 3.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η εκτίμηση της διακύμανσης της γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης για κάθε κατηγορία εδάφους του EC8, έστω σε όρους μέγιστης τιμής για την οποία υπάρχει η αναλυτική σχέση 3.1 (Μέλλιος και Τέττα 2010). Με τη χρήση της σχέσης (3.1), έγινε μια εκτίμηση του εύρους τιμής της μέγιστης επιτάχυνσης  $A_{hmax}$  για κάθε κατηγορία εδάφους B, C, D, E, κάνοντας τις εξής παραδοχές:

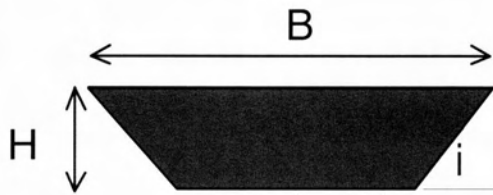
- Το βραχώδες υποβάθρο ανήκει στην κατηγορία εδάφους A, δηλαδή  $V_b=800m/s$  (όχι μεγαλύτερο)
- $T_e$  είναι η δεσπόζουσα περίοδος της διέγερσης, που ορίζεται εκεί όπου το φάσμα σχεδιασμού του υποβάθρου (κατηγορία A) έχει τις μέγιστες τιμές, δηλαδή  $T_e = 0.15-0.4sec$ .
- Έτσι για κάθε κατηγορία, γνωρίζοντας το εύρος της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων στα πρώτα 30 μέτρα  $V_{s,30}$  και του πάχους της εδαφικής κοιλάδας  $H$ , είναι δυνατή η εκτίμηση της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων στο έδαφος της κοιλάδας  $V_{s,el}$ :

$$V_{s,el} = \begin{cases} \frac{H}{\frac{30}{V_{s,30}} - \frac{30-H}{V_b}} & ; H < 30m \\ V_{s,30} & ; H \geq 30m \end{cases} \quad (3.4)$$

- Με βάση τα ανωτέρω, εκτιμάται το δεσπόζον μήκος διατμητικού κύματος  $\lambda$  στην κοιλάδα από την σχέση  $\lambda=V_{s,el}T_e$  και στη συνέχεια, ο λόγος  $\lambda/H$ , δηλαδή το αδιάστατο μήκος κύματος ή η αδιάστατη λεπτότητα της κοιλάδας, η πλέον σημαντική παράμετρος της γεωμορφικής επιδείνωσης
- Έτσι, για κάθε κατηγορία εδάφους, με βάση το εύρος της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων  $V_{s,el}$  εκτιμάται και το εύρος του λόγου εμπέδησης  $a = V_{s,el}/800$  (θεωρώντας απλουστευτικά ίση πυκνότητα εδάφους και υποβάθρου)
- Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε η άλλη παράμετρος της γεωμορφικής επιδείνωσης, το αδιάστατο εύρος της κοιλάδας  $B/\lambda$ , με τον περιορισμό για το πλάτος  $B$  (με βάση το σχήμα 3.2)

$$B \geq \frac{2H}{\tan(i)'}$$





**Σχήμα 3.2** Τραπεζοειδής διατομή κοιλάδας

Με αυτόν τον τρόπο, για κάθε δυνατό συνδυασμό των ακραίων τιμών του εύρους των παραμέτρων  $V_{s,el}$  και  $H$ , για κλίση πρανών της τραπεζοειδούς διατομής της κοιλάδας  $i=30$  (συνήθης «μεγάλη» τιμή για το θαμμένο βραχώδες υπόβαθρο) και με βάση τη σχέση 3.1 έγινε ένα γράφημα του εύρους της μέγιστης επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  ως συνάρτηση του λόγου  $B/\lambda$ , για διάφορες πιθανές τιμές των υπολοίπων παραμέτρων  $\lambda/H$  και  $a$ . Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για όλες τις κατηγορίες εδάφους, με τελικό σκοπό να έχουμε πρακτικά ένα εύρος μεταβολής της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  ανά κατηγορία εδάφους, που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια ως τρόπος εντοπισμού κρίσιμων συνδυασμών παραμέτρων για περαιτέρω αριθμητική ανάλυση..

Στα παρακάτω σχήματα 3.3 έως 3.6 αποτυπώνονται οι καμπύλες της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  ως συνάρτησης του αδιάστατου εύρους  $B/\lambda$  για τις κατηγορίες εδάφους B, C, D και E. Εμπεριέχονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των ακραίων τιμών του εύρους των παραμέτρων  $V_{s,el}$  και  $H$  ανά κατηγορία εδάφους. Οι τιμές που επιλέγησαν για τον ορισμό του εύρους μεταβολής των παραμέτρων:

- ορίζονται με βάση τις περιγραφές των κατηγοριών εδάφους κατά EC8 (π.χ. στην κατηγορία E, το  $H = 5$  έως  $20\text{m}$ , ενώ στην κατηγορία B, το  $V_{s,30} = 360$  έως  $800\text{m/s}$ )
- περιορίζονται με βάση τα εύρη μεταβολής των παραμέτρων γεωμορφικής επιδείνωσης  $B/\lambda$ ,  $\lambda/H$ ,  $a$  και  $i$  που χρησιμοποιήθηκαν από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) για τον ορισμό της σχέσης 3.1

Επιπλέον, ορίστηκε και η μέση (average) καμπύλη ανά κατηγορία εδάφους ως ο μέσος όρος των τιμών  $A_{h,max}$  ανά  $B/\lambda$  για όλους τους συνδυασμούς παραμέτρων που εξετάστηκαν. Έτσι, η σύγκριση μεταξύ των κατηγοριών εδάφους μπορεί να γίνει τόσο σε όρους εύρους μεταβολής της  $A_{h,max}$ , όσο και σε όρους μέσης γεωμορφικής επιδείνωσης.

Συγκεκριμένα από τα σχήματα 3.3 έως 3.6 προέκυψε ότι το εύρος της  $A_{h,max}$  μπορεί να πάρει από πολύ μικρές έως πολύ μεγάλες τιμές πρακτικώς για όλες τις κατηγορίες εδάφους:

- **Κατηγορία B:**  $A_{h,max}=1.02-1.63$



- **Κατηγορία C:**  $A_{h,max}=1.05-1.91$
- **Κατηγορία D:**  $A_{h,max}=1.15-2.22$
- **Κατηγορία E:**  $A_{h,max}=1.02-2.18$

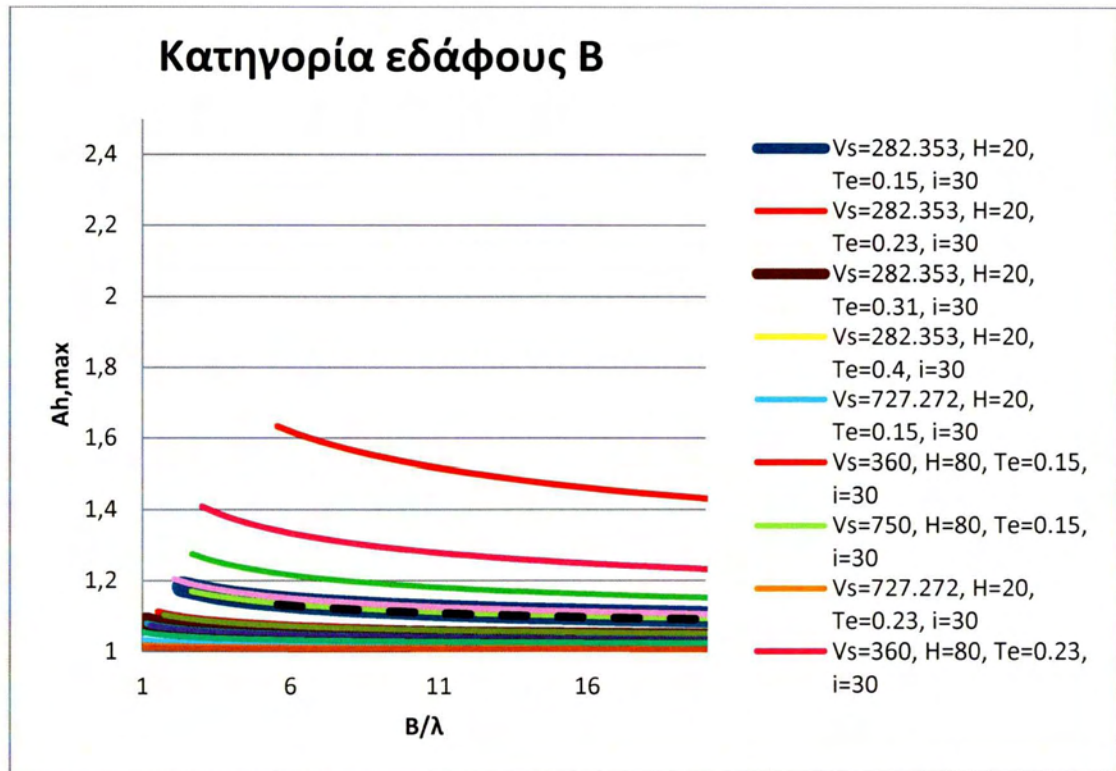
Όμως, το εν λόγω εύρος δεν αποδίδει καλά τη μέση αναμενόμενη γεωμορφική επιδείνωση ανά κατηγορία εδάφους, η οποία αποδίδεται καλύτερα από την μέση καμπύλη και κυμαίνεται για κάθε κατηγορία εδάφους:

- **Κατηγορία B:**  $A_{h,max}=1.09-1.13$
- **Κατηγορία C:**  $A_{h,max}=1.25-1.37$
- **Κατηγορία D:**  $A_{h,max}=1.45-1.62$
- **Κατηγορία E:**  $A_{h,max}=1.17-1.23$

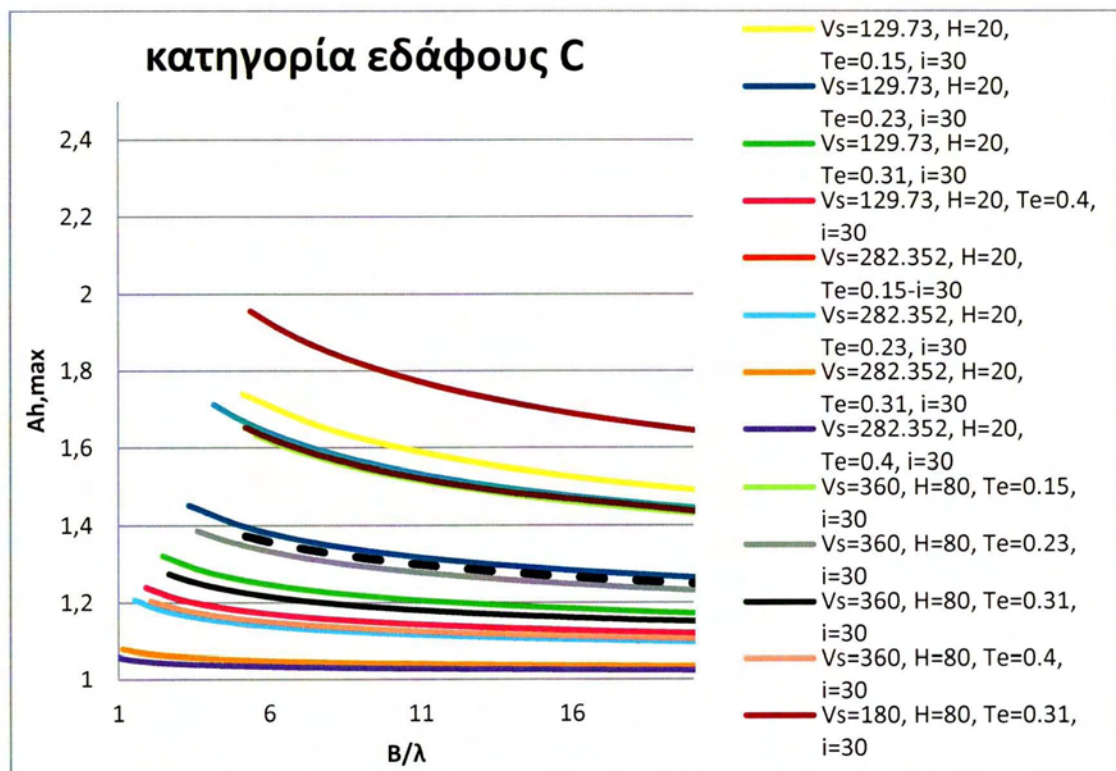
Με βάση τις τιμές αυτές προκύπτει σαφώς ότι η κατηγορία D δίνει την εντονότερη γεωμορφική επιδείνωση, ακολουθούμενη από την κατηγορία C και την κατηγορία E. Αντίθετα, για την κατηγορία B αποδεικνύεται ότι η γεωμορφική επιδείνωση είναι πρακτικώς αμελητέα.

Για την κατηγορία D λοιπόν, η μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση κυμαίνεται από 1.45 έως 1.63 κατά μήκος της κοιλάδας. Όμως, σε άλλα σημεία της ίδιας κοιλάδας η γεωμορφική επιδείνωση αναμένεται μηδενική ( $A_{hmin} = 1.0$ ) καθώς υπάρχει έντονη χωρική διαφοροποίηση (βλ. Μέλλιος και Τέττα 2010). Με τη λογική αυτή, κατά μήκος της κοιλάδας έχουμε κατά μέση τιμή  $A_{have} = (A_{hmax} + A_{hmin})/2 = 1.225 - 1.315$ .

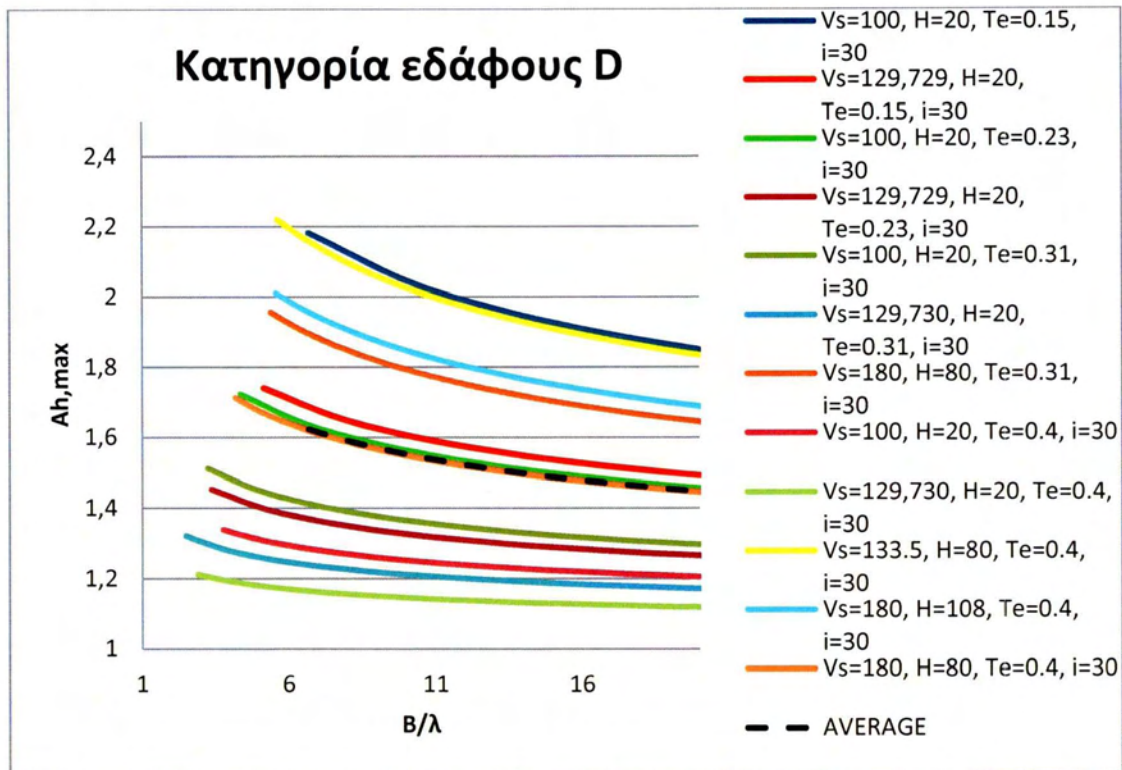
Παράλληλα, σύμφωνα με τους Μπουκοβάλα κ.α. (2010), η 1Δ θεωρία μετάδοσης κυμάτων θα πρότεινε τιμή 1.05, αντί για τον EC8 που θεωρεί  $S = 1.35$ . Συνεπώς, συνδυάζοντας την θεωρητικώς αποδεκτή τιμή εδαφικής επίδρασης  $S = 1.05$  με τη μέση γεωμορφική επιδείνωση  $A_{have} = 1.225 - 1.315$ , οδηγεί σε θεωρητικώς αποδεκτή τιμή τοπικής ενίσχυσης  $S = 1.29 - 1.38$ , που είναι απόλυτα συμβατή με την τιμή  $S = 1.35$  του EC8. Συνεπώς, τίθεται το ερώτημα, αν και κατά πόσο οι προτεινόμενες τιμές  $S$  (αλλά και τα φάσματα σχεδιασμού, κατ' επέκταση) του EC8 λαμβάνουν ορθώς υπόψη τόσο την εδαφική επίδραση όσο και τη γεωμορφική επιδείνωση, ή όχι. Και ο τρόπος που θα διερευνηθεί αυτό είναι η χρήση αριθμητικών αναλύσεων, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια. Και η έμφαση των αναλύσεων θα είναι στην κατηγορία D, γιατί αυτή παρουσιάζει ταυτόχρονα τη μεγαλύτερη απόκλιση από τη 1Δ θεωρία και τη μεγαλύτερη γεωμορφική επιδείνωση.



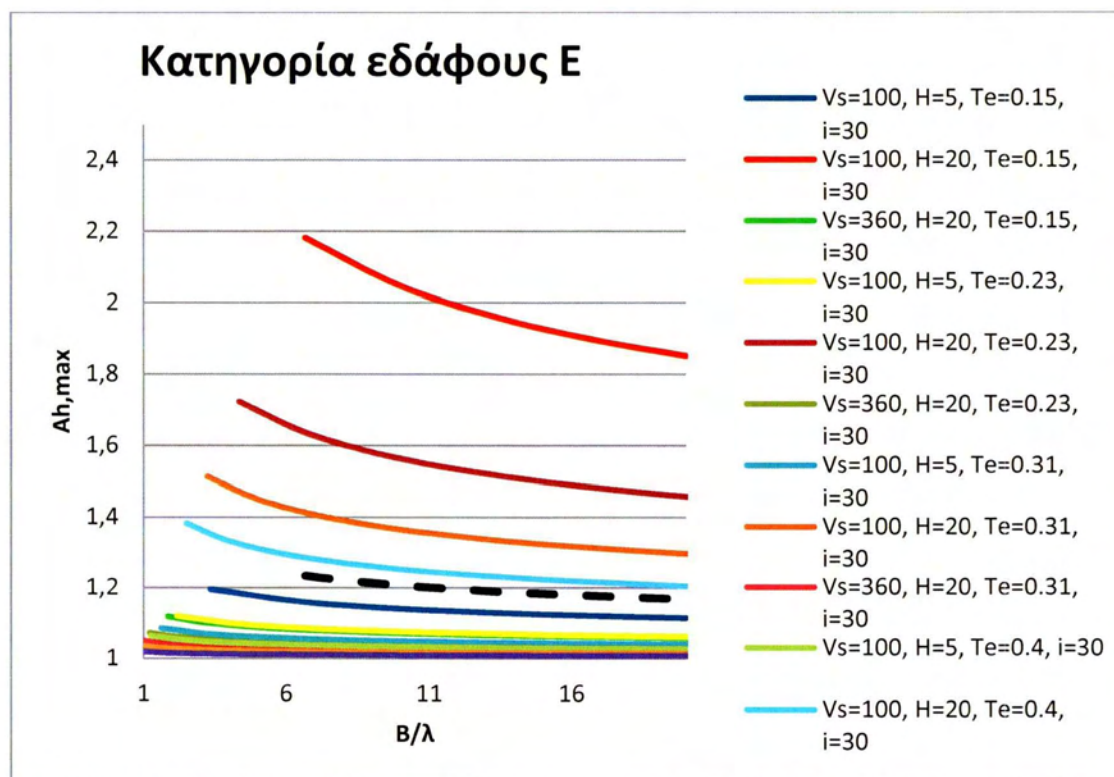
**Σχήμα 3.3** Μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  συναρτήσει του αδιάστατου εύρους κοιλάδας  $B/\lambda$ , όπως προκύπτει από την αναλυτική σχέση 3.1 και τις περιγραφές του EC8, για κατηγορία εδάφους Β



**Σχήμα 3.4** Μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  συναρτήσει του αδιάστατου εύρους κοιλάδας  $B/\lambda$ , όπως προκύπτει από την αναλυτική σχέση 3.1 και τις περιγραφές του EC8, για κατηγορία εδάφους C



**Σχήμα 3.5** Μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  συναρτήσεως του αδιάστατου εύρους κοιλάδας  $B/\lambda$ , όπως προκύπτει από την αναλυτική σχέση 3.1 και τις περιγραφές του EC8, για κατηγορία εδάφους D



**Σχήμα 3.6** Μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης  $A_{h,max}$  συναρτήσεως του αδιάστατου εύρους κοιλάδας  $B/\lambda$ , όπως προκύπτει από την αναλυτική σχέση 3.1 και τις περιγραφές του EC8, για κατηγορία εδάφους E



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΚΟΙΛΑΔΩΝ

---

## 4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Για την παρούσα εργασία εκτελέστηκε μία σειρά αριθμητικών αναλύσεων. 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  $\Sigma F$  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  $\Delta t$ , προκύπτει η προσαύξηση της ταχύτητας κάθε κόμβου σύμφωνα με τη σχέση:

$$U(t+\Delta t/2)=u(t-\Delta t/2)+(\Sigma F/m)\cdot\Delta t \quad (4.1)$$

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  $\Delta t$  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:

$$\Delta t_{crit} = \min[A / V_{pdm}ax] \quad (4.2)$$

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

$d_{max}$  : η μεγαλύτερη διαγώνιός 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' ουσίαν, 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 κάνναβος 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 δημιουργούνται 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 Fish, 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 σε αυτή την ανάλυση.

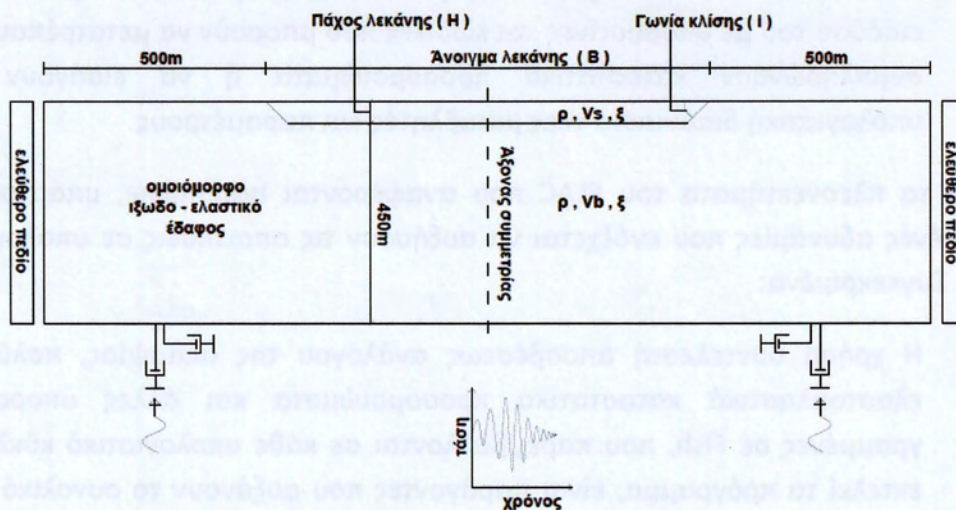


## 4.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η εργασία επικεντρώνεται σε 2Δ εδαφικές λεκάνες τραπεζοειδούς διατομής, με παραμέτρους το άνοιγμα της λεκάνης  $B$ , το βάθος της  $H$  και την κλίση των άκρων της  $i$ . Πραγματοποιήθηκαν 9 «ομάδες» αναλύσεων, κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από τρεις επιμέρους αναλύσεις ως εξής :

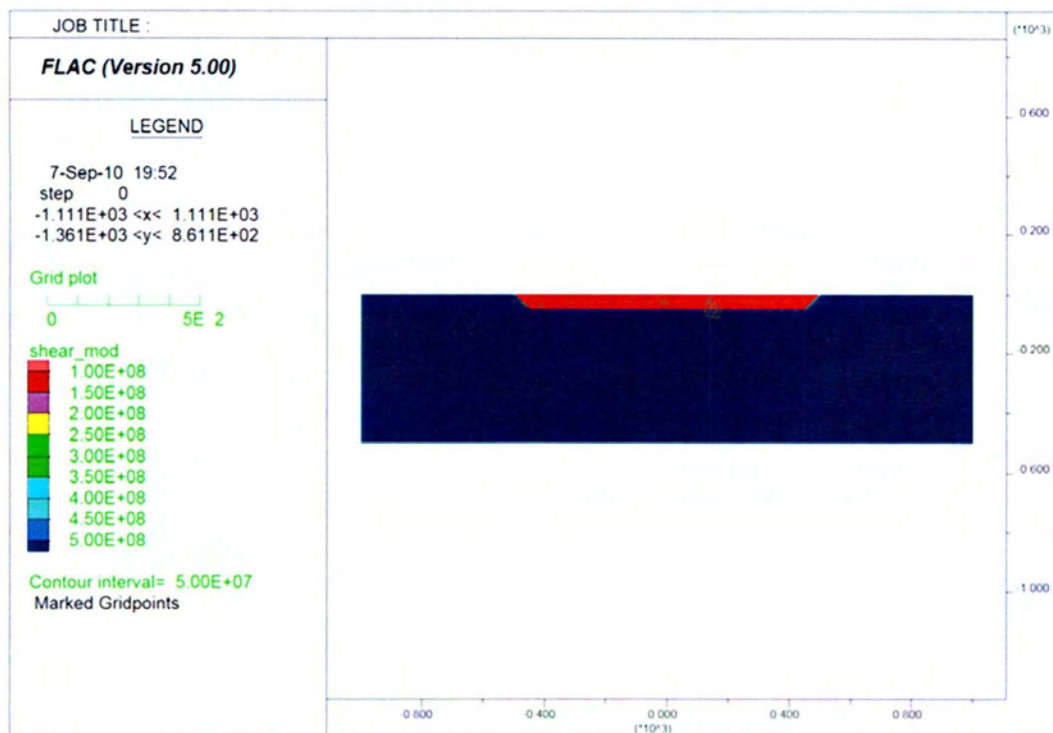
### A) Σύστημα βραχώδες υπόβαθρο - εδαφική λεκάνη

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 τραπεζιού) και την κλίση των άκρων της ( $i$ ). (Σχήμα 4.1) Σε κάθε ανάλυση, βραχώδες υπόβαθρο βάθους 450m υπόκειται της εδαφικής λεκάνης, ενώ εκατέρωθεν αυτής το αναδυόμενο βραχώδες υπόβαθρο εκτείνεται κατά 500m. Ο κάρναβος 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 4.2)



**Σχήμα 4.1** Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - εδαφικής λεκάνης

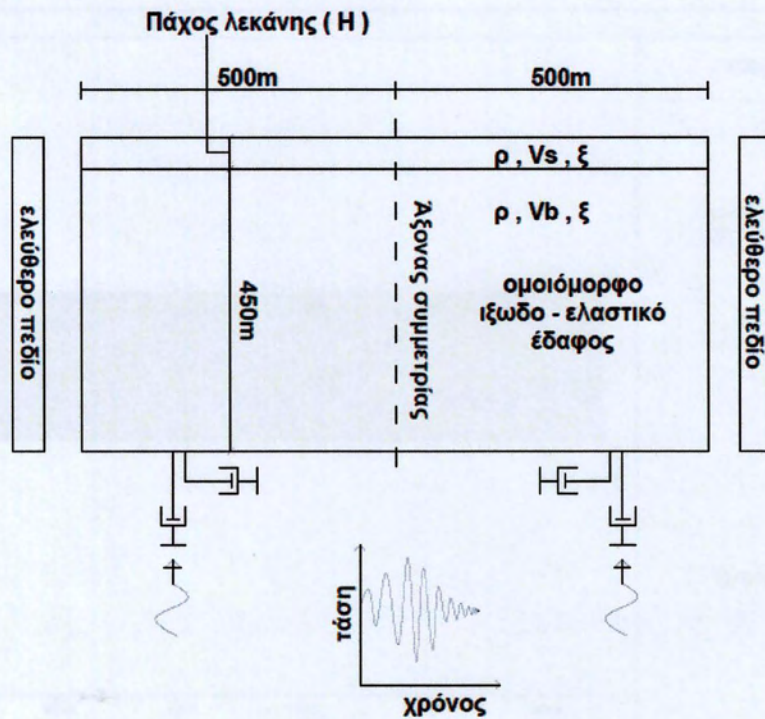




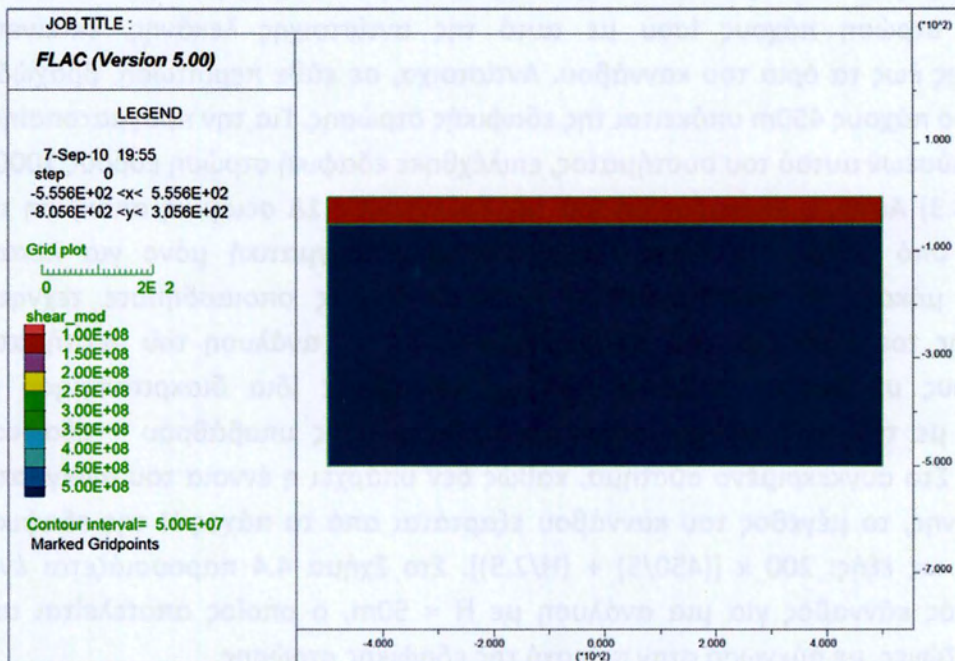
**Σχήμα 4.2** Ενδεικτικός κάνναβος ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - εδαφικής λεκάνης

**Β) Σύστημα βραχώδες υπόβαθρο – απείρου εύρους έδαφος**

Δημιουργήθηκαν κάνναβοι 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 εύρους 1000m (σχήμα 4.3) Αυτός ο κάνναβος αφορά την θεωρητικώς 1Δ σεισμική απόκριση της λεκάνης υπό σεισμική διέγερση, μια απόκριση πραγματική μόνο για λεκάνη απείρου μήκους Β. 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 Η της εδαφικής στρώσης ως εξής:  $200 \times [(450/5) + (H/2.5)]$ . Στο Σχήμα 4.4 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κάνναβος για μια ανάλυση με  $H = 50m$ , ο οποίος αποτελείται από  $200 \times 110$  ζώνες, με πύκνωση στην περιοχή της εδαφικής στρώσης.



**Σχήμα 4.3** Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος απείρου εύρους έδαφους πάχους  $H$  επί βραχώδους υπόβαθρου

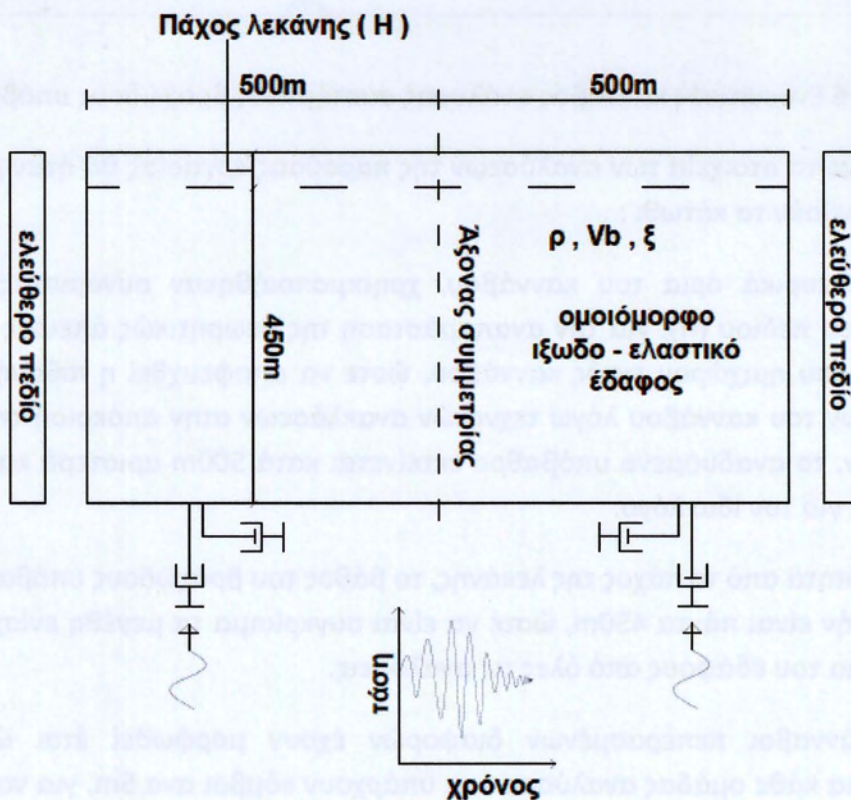


**Σχήμα 4.4** Ενδεικτικός κάρναβος ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - απείρου εύρους έδαφους πάχους  $H$  επί βραχώδους υπόβαθρου



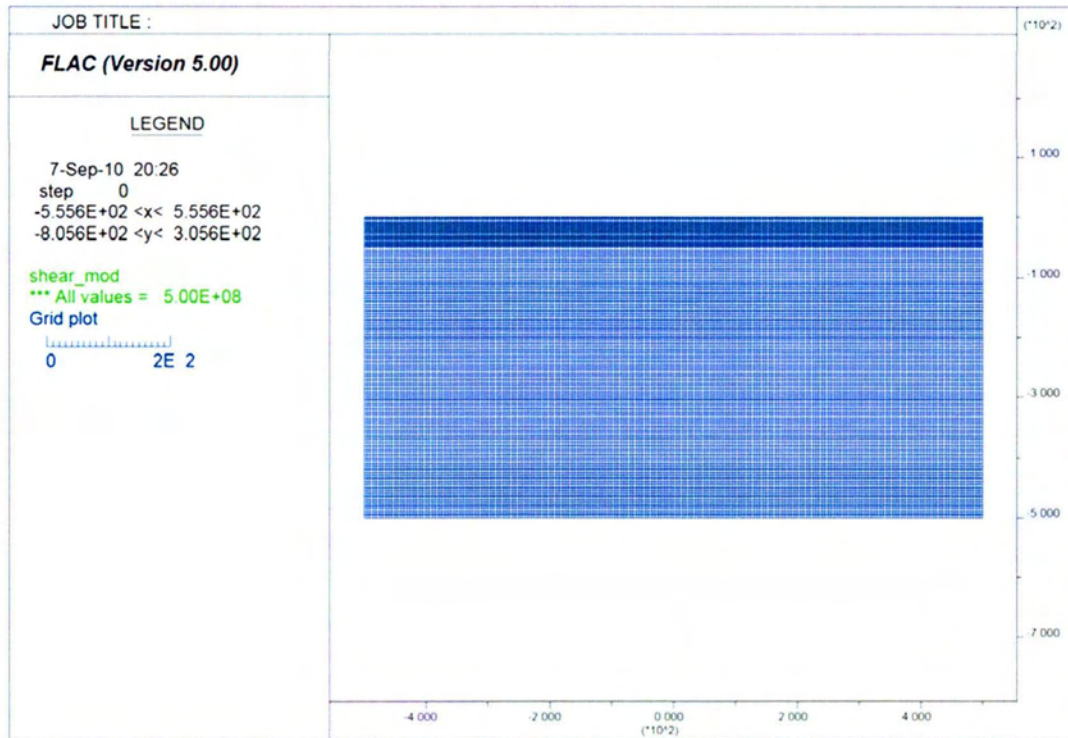
### Γ) Βραχώδεις υπόβαθρο

Δημιουργήθηκαν κάρναβοι αντίστοιχοι των προηγούμενων, με τη διαφορά ότι σε όλο τον κάρναβο υπάρχει μόνο βράχος (βλέπε σχήμα 4.5). 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 4.6 παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κάρναβος βράχου που αντιστοιχεί σε μια ανάλυση με πάχος λεκάνης  $H = 50m$ , ο οποίος αποτελείται από  $200 \times 110$  ζώνες, με πύκνωση στην περιοχή της εδαφικής στρώσης.



**Σχήμα 4.5** Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης βραχώδους υποβάθρου





**Σχήμα 4.6** Ενδεικτικός κάνναβος 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 κάνναβοι πεπερασμένων διαφορών έχουν μορφωθεί έτσι ώστε, στην επιφάνεια κάθε ομάδας αναλύσεων να υπάρχουν κόμβοι ανα 5m, για να υπάρχουν αποτελέσματα στα ίδια τόσο στη 2Δ όσο και στις δύο 1Δ αναλύσεις.

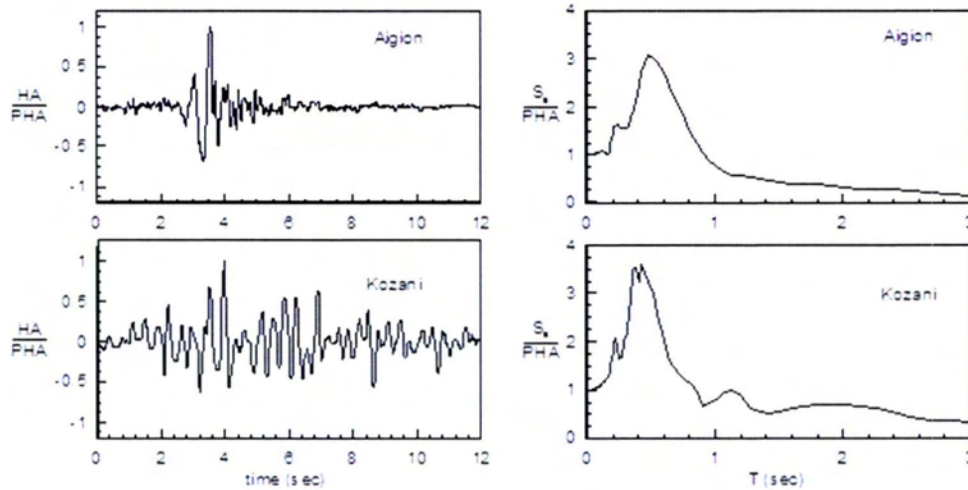
### 4.3 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

Το έδαφος και το βραχώδες υπόβαθρο θεωρήθηκαν ομοιόμορφα ιξωδο-ελαστικά, με κοινή πυκνότητα  $\rho=2\text{Mg/m}^3$ , και λόγο Poisson  $\nu=1/3$ , αλλά 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  $G$ , το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση  $G=V^2 \cdot \rho$  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 δίνεται από τη γνωστή σχέση  $T_s=4 \cdot H/V_s$  για  $1\Delta$  συνθήκες.

### 4.4 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Με βάση τις προηγούμενες μελέτες (π.χ. Μέλλιος και Τέττα 2010) για την επίδραση της μορφολογίας του υποβάθρου, η επίδραση του αριθμού σημαντικών κύκλων της διέγερσης βρέθηκε ως λιγότερο σημαντική παράμετρος. Για το λόγο αυτό στις περισσότερες αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε ως διέγερση η καταγραφή του σεισμού του Αιγίου 1995 με ένα σημαντικό κύκλο 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. Στη βάση του καννάβου τοποθετήθηκαν και στις δύο διευθύνσεις, αποσβεστήρες οι οποίοι διασφαλίζουν τη μη δημιουργία τεχνητών ανακλάσεων. Στο Σχήμα 4.7 δίνονται οι χρονοϊστορίες επιτάχυνσης καθώς και τα ελαστικά φάσματα απόκρισης για δεσπόζουσα περίοδο  $T_e=0.5\text{sec}$ , των προσαρμοσμένων καταγραφών των σεισμών Αιγίου, Κοζάνης 1995.





**Σχήμα 4.7** Χρονοϊστορίες και ελαστικά φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης με δεσπόζουσα περίοδο  $T_e=0.5\text{sec}$  των προσαρμοσμένων καταγραφών των σεισμών Αιγίου (α) και Κοζάνης (β) 1995

#### 4.5 ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν (μελέτη της επίδραση της μη-συμμετρίας της εδαφικής λεκάνης στις γεωμορφικές ενισχύσεις) και στο κεφάλαιο 5 (μελέτη της αλληλεπίδρασης τοπογραφίας αναγλύφου και μορφολογίας υποβάθρου) είναι ιξωδο-ελαστικές. Σε τέτοιου είδους αναλύσεις, η πραγματικώς υστερητική απόσβεση των γεωϋλικών προσομοιώνεται μέσω της απόσβεσης Rayleigh, η οποία εξαρτάται από τη 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:

$$C = \alpha \cdot M + \beta \cdot K \quad (4.3)$$

όπου:

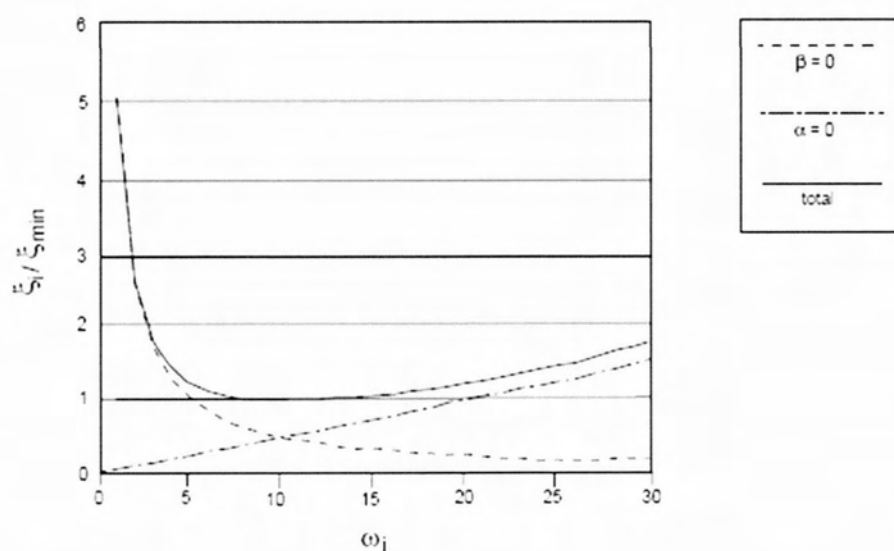
$$\alpha = \xi_{\min} \cdot \omega_{\min} \quad \text{και} \quad \beta = \xi_{\min} / \omega_{\min}$$

Η εν λόγω συσχέτιση της τελικής τιμής της απόσβεσης  $\xi$  με την κυκλική συχνότητα  $\omega$  αποτυπώνεται στο Σχήμα 4.8. Όπως προκύπτει, παρουσιάζει ελάχιστη τιμή  $\xi = \xi_{\min}$  για συχνότητα  $\omega = \omega_{\min}$  και τιμές  $\xi > \xi_{\min}$  για τιμές  $\omega$  τόσο μικρότερες όσο και μεγαλύτερες του  $\omega_{\min}$ . Έτσι το ζητούμενο είναι η βαθμονόμηση των  $\xi_{\min}$  και  $\omega_{\min}$  ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της κάθε ανάλυσης.

Δεδομένου ότι η εξάρτηση της απόσβεσης  $\xi$  από τη συχνότητα  $\omega$  δεν είναι μια ρεαλιστική θεώρηση για την υστερητική απόσβεση των γεωϋλικών, σχετικώς ρεαλιστικές προσομοιώσεις επιτυγχάνονται με βαθμονόμηση της απόσβεσης Rayleigh ώστε να δίνει τις επιθυμητές τιμές  $\xi$  στις συχνότητες που κυρίως ενδιαφέρουν. Στο υπό μελέτη πρόβλημα, οι συχνότητες που κυρίως ενδιαφέρουν

είναι εκείνες πλησίον της δεσπόζουσας κυκλικής συχνότητας της διέγερσης  $\omega_e$  και συνεπώς  $\omega_{\min} = \omega_e$ .

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. Αυτό έγινε χάριν συντηρητισμού. Να σημειωθεί επίσης ότι η τιμή του  $\xi$  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 απαλείφεται στη μελέτη της γεωμορφικής επιδεινώσης, καθώς οι ενιαίες τιμές  $\xi$  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 4.9** Απόσβεση Rayleigh σε συνάρτηση με τη συχνότητα (ενδεικτικό γράφημα)



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΝΤΟΣ ΚΟΙΛΑΔΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D ΚΑΤΑ ΕC8

---

## 5.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Όπως προϋποθέστηκε στο Κεφ. 2, για τη μελέτη της γεωμορφικής επιδείνωσης της σεισμικής κίνησης, ή αλλιώς για την επίδραση της κοιλάδας στη διαμόρφωση της σεισμικής κίνησης σε κάθε θέση, ορίζονται δύο (2) φασματικοί λόγοι:

- **ASah**, η γεωμορφική φασματική επιδείνωση της οριζόντιας επιτάχυνσης, που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης Sah για την οριζόντια κίνηση σε κάθε θέση στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από την κατάλληλη 1D ανάλυση (Sahr ή Sahs) για την εκάστοτε θέση. Πιο συγκεκριμένα, αν η θέση βρίσκεται εντός της κοιλάδας, τότε  $ASav = Sav/Sahs$ , ενώ αν η θέση είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε  $ASav = Sav/Sahr$ .

- **ASav**, η γεωμορφική φασματική επιδείνωση της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης Sav για την παρασιτική κατακόρυφη κίνηση σε κάθε θέση στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από την κατάλληλη 1D ανάλυση (Sahr ή Sahs) για την εκάστοτε θέση. Πιο συγκεκριμένα, αν η θέση βρίσκεται εντός της κοιλάδας, τότε  $ASav = Sav/Sahs$ , ενώ αν η θέση είναι επί του αναδυόμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε  $ASav = Sav/Sahr$ .

Αν επικεντρωθεί η μελέτη στη συνολική επιδείνωση της σεισμικής κίνησης συγκριτικά με την σεισμική κίνηση στο αναδυόμενο υπόβαθρο (τοπική επίδραση), ορίζονται επίσης δύο (2) φασματικοί λόγοι:

- **ASarh**, η συνολική φασματική επιδείνωση της οριζόντιας επιτάχυνσης, που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης Sah για την οριζόντια κίνηση σε κάθε θέση στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από τη 1D ανάλυση (Sahr) για το αναδυόμενο υπόβαθρο.

- **ASarv**, η συνολική φασματική επιδείνωση της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης Sav για την παρασιτική κατακόρυφη κίνηση σε κάθε θέση στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση που προκύπτει από τη 1D ανάλυση (Sahr) για το αναδυόμενο υπόβαθρο.



Με βάση τους ορισμούς προκύπτει, ότι κατά μήκος της επιφάνειας της εδαφικής λεκάνης, η συνολική φασματική επιδείνωση σε κάθε θέση προκύπτει ως το γινόμενο της γεωμορφικής φασματικής επιδείνωσης στην εκάστοτε διεύθυνση επί τον φασματικό λόγο (Sahs/Sahr) που εκφράζει τη 1Δ φασματική ενίσχυση της οριζόντιας επιτάχυνσης (οριζόντια εδαφική ενίσχυση). Συνεπώς, η συνολική φασματική επιδείνωση κατά μήκος της κοιλάδας (λόγοι ASarh και ASavn) εμπεριέχει τόσο την οριζόντια εδαφική ενίσχυση (Sahs/Sahr) όσο και τη γεωμορφική επιδείνωση σε κάθε θέση (λόγοι ASah και ASav). Αντίστοιχα, εκτός των ορίων της εδαφικής κοιλάδας, και κατά μήκος του αναδυόμενου υποβάθρου, η συνολική φασματική επιδείνωση ισούται με την γεωμορφική επιδείνωση που προκύπτει από τη γειτονική κοιλάδα, καθώς δεν υπάρχει εκεί έδαφος (και οριζόντια εδαφική ενίσχυση).

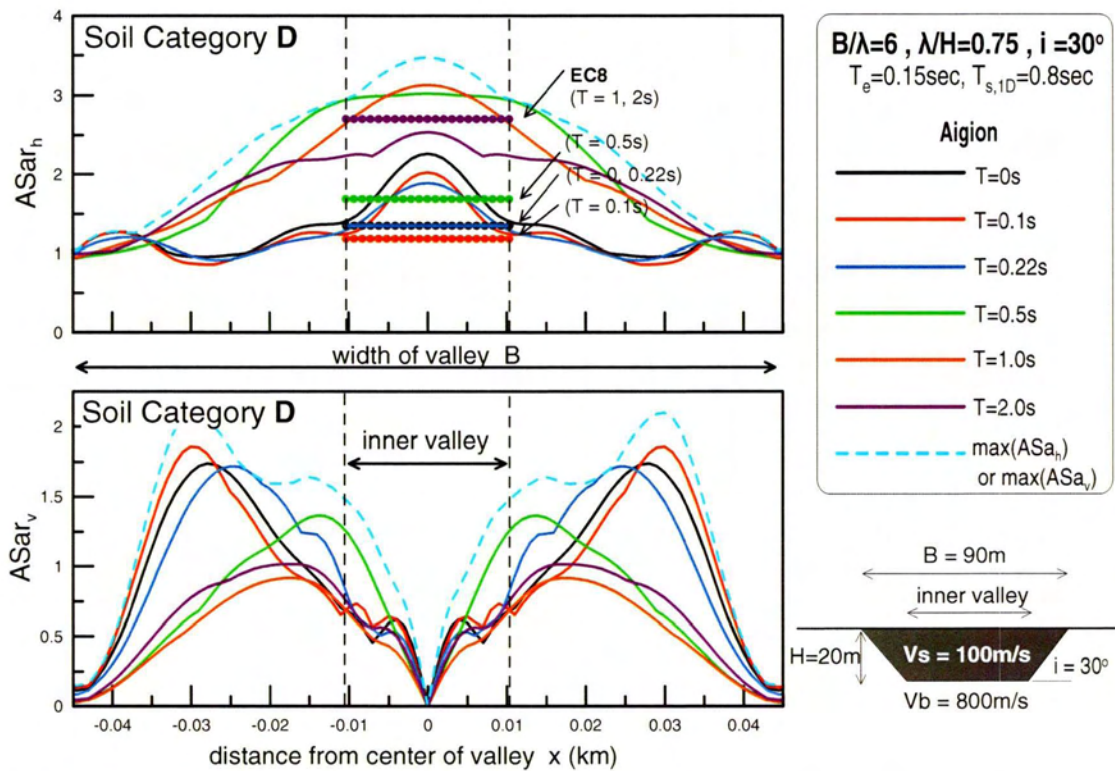
## 5.2 ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΕ ΜΑΛΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των εννιά (9) συνδυασμών κοιλάδας-διέγερσης που δειρευνήθηκαν αναλυτικά για περιπτώσεις που αντιστοιχούν σε εδάφη κατηγορίας D κατά EC8. Χαρακτηριστικό όλων των αναλύσεων είναι τα μικρά δεσπόμενα μήκη κύματος λ που είναι συγκρίσιμα με το πάχος της κοιλάδας H και οδηγούν εν γένει σε μεγάλες γεωμορφικές επιδεινώσεις (βλ. Κεφ. 3).

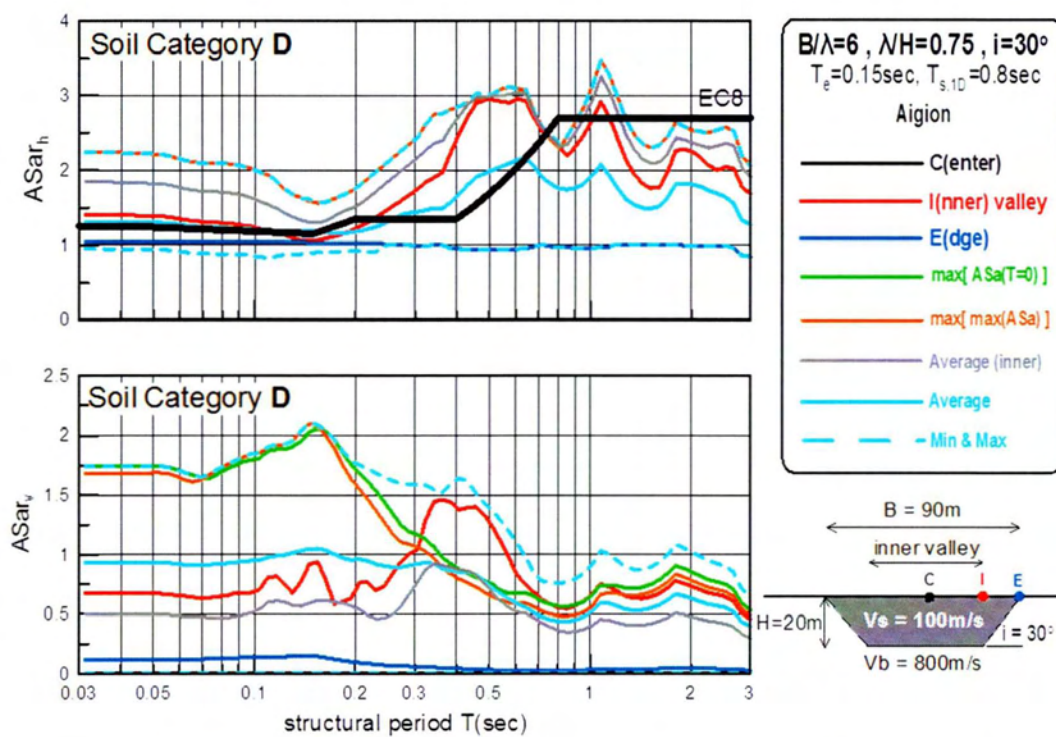
#	B (m)	H (m)	Vs (m/s)	Vs30 (m/s)	Te (sec)	λ (m)	B/λ	λ/H	Ts1D (sec)	Vb (m/s)	a
1	90	20	100	141.2	0.15	15	6	0.75	0.8	800	0.125
2	240	53.333	100	100	0.4	40	6	0.75	2.13	800	0.125
3	90	20	100	141.2	0.15	15	6	0.75	0.8	1200	0.0833
4	240	20	100	141.2	0.15	15	16	0.75	0.8	800	0.125
5	240	53.333	100	100	0.15	15	16	0.281	2.13	800	0.125
6	1215	270	180	180	0.15	27	45	0.1	6	1440	0.125
7	432	96	180	180	0.4	72	6	0.75	2.13	1440	0.125
8	138	20	100	141.2	0.23	23	6	1.15	0.8	800	0.125
9	311.4	20	129.73	180	0.4	51.9	6	2.595	0.617	800	0.125

**Πίνακας 5.1** Τιμές σημαντικών παραμέτρων των εννέα αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τη σεισμική διέγερση του Αιγίου

Ακολουθούν αναλυτικά τα αποτελέσματα της χωρικής διαφοροποίησης της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) για διάφορες περιόδους κατασκευής T και της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας για τις περιπτώσεις 1 έως 9 του Πίνακα 5.1. Η παρουσίαση γίνεται σε όρους ενίσχυσης της οριζόντιας ASahr και παρασιτικής κατακόρυφης ASavn επιτάχυνσης.

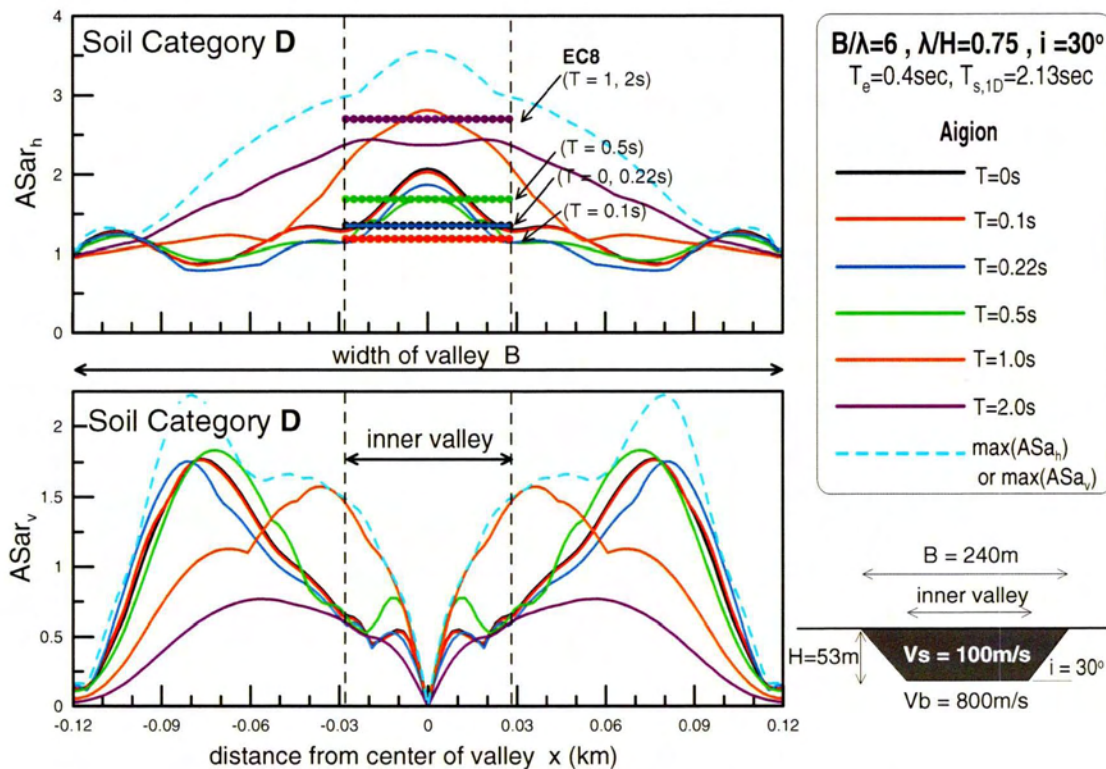


**Σχήμα 5.1** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλιάδας-διέγερσης #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

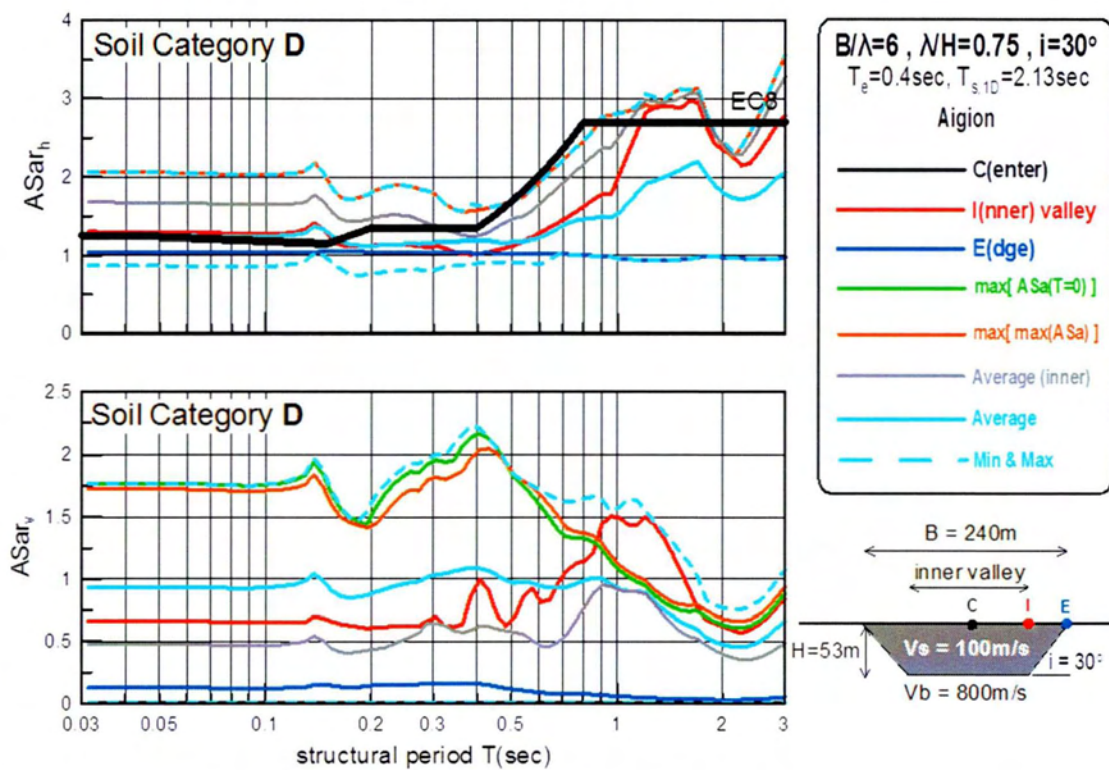


**Σχήμα 5.2** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας ASa<sub>rh</sub> και παρασιτικής κατακόρυφης ASa<sub>nv</sub> επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



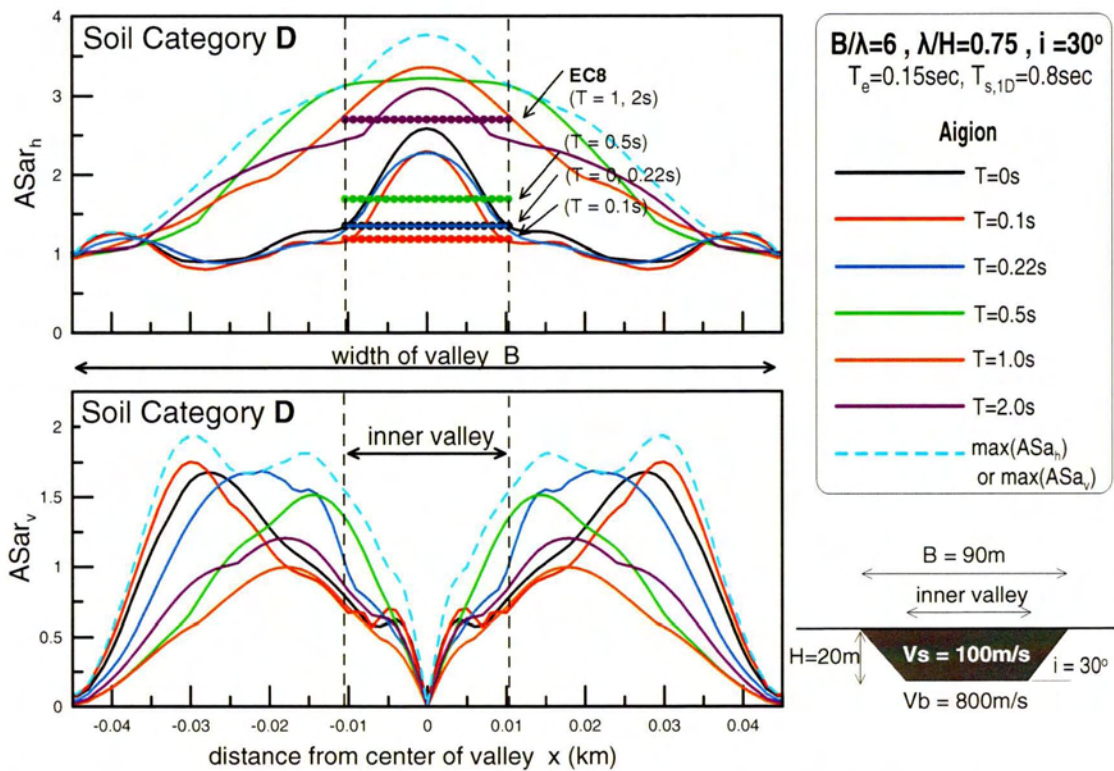


**Σχήμα 5.3** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

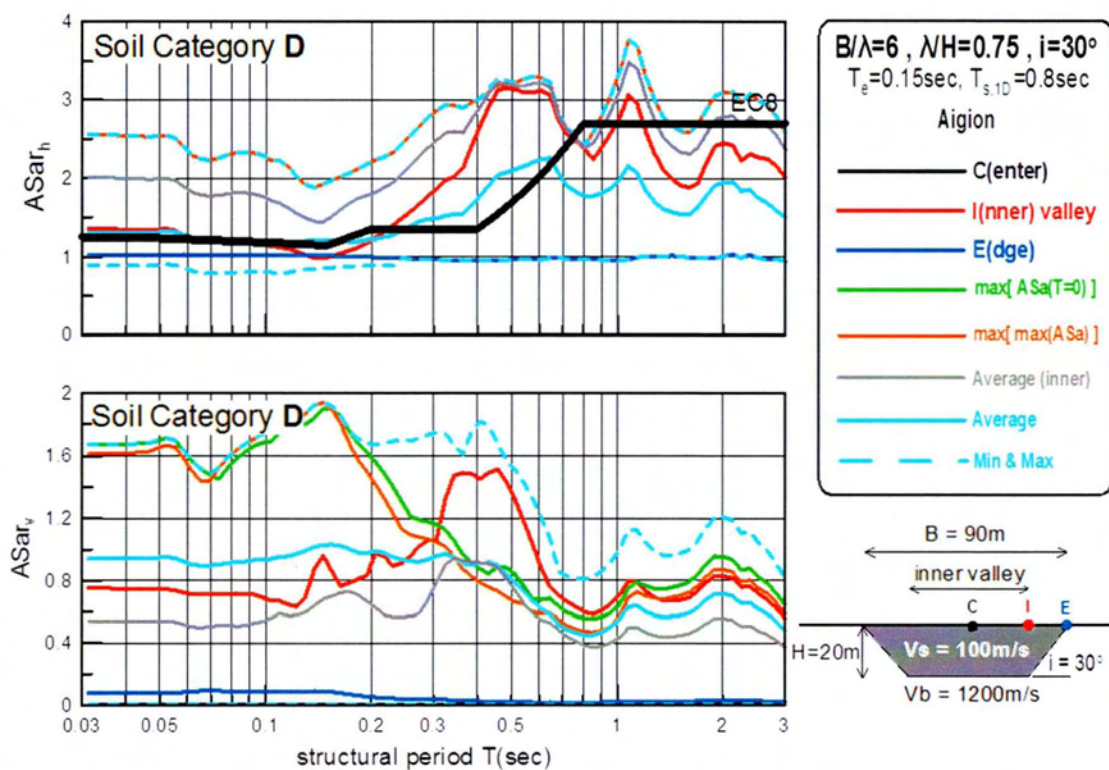


**Σχήμα 5.4** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



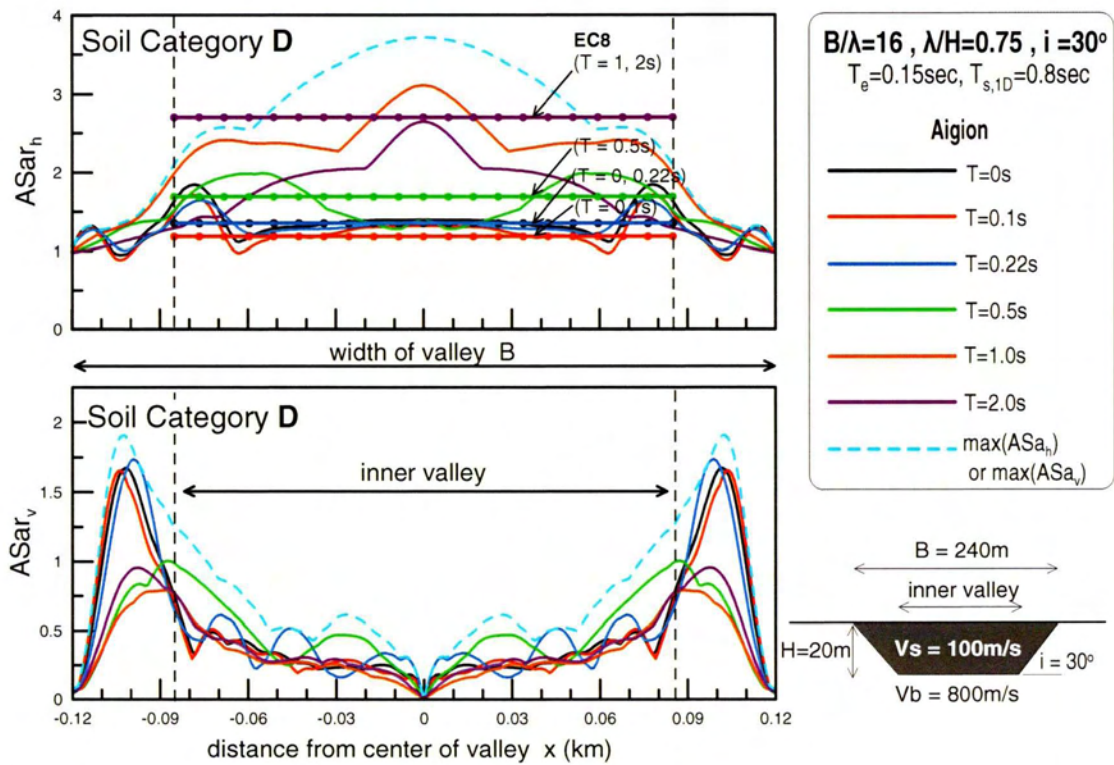


**Σχήμα 5.5** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #3 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

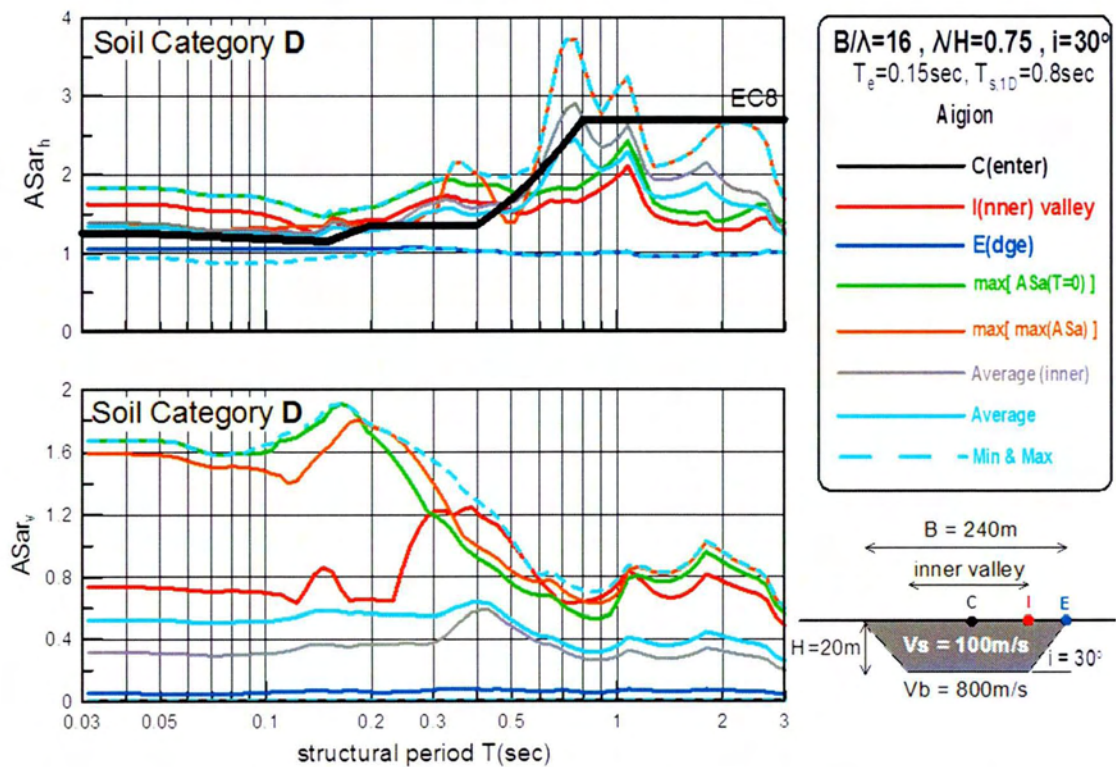


**Σχήμα 5.6** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #3 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



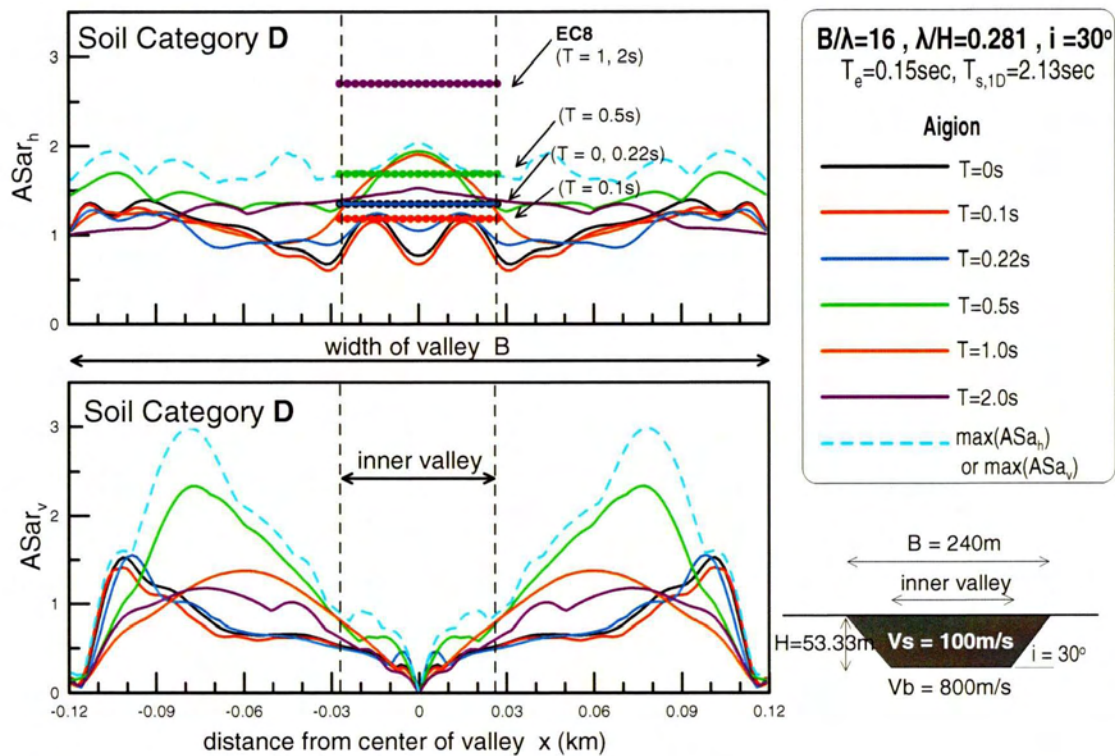


**Σχήμα 5.7** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #4 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

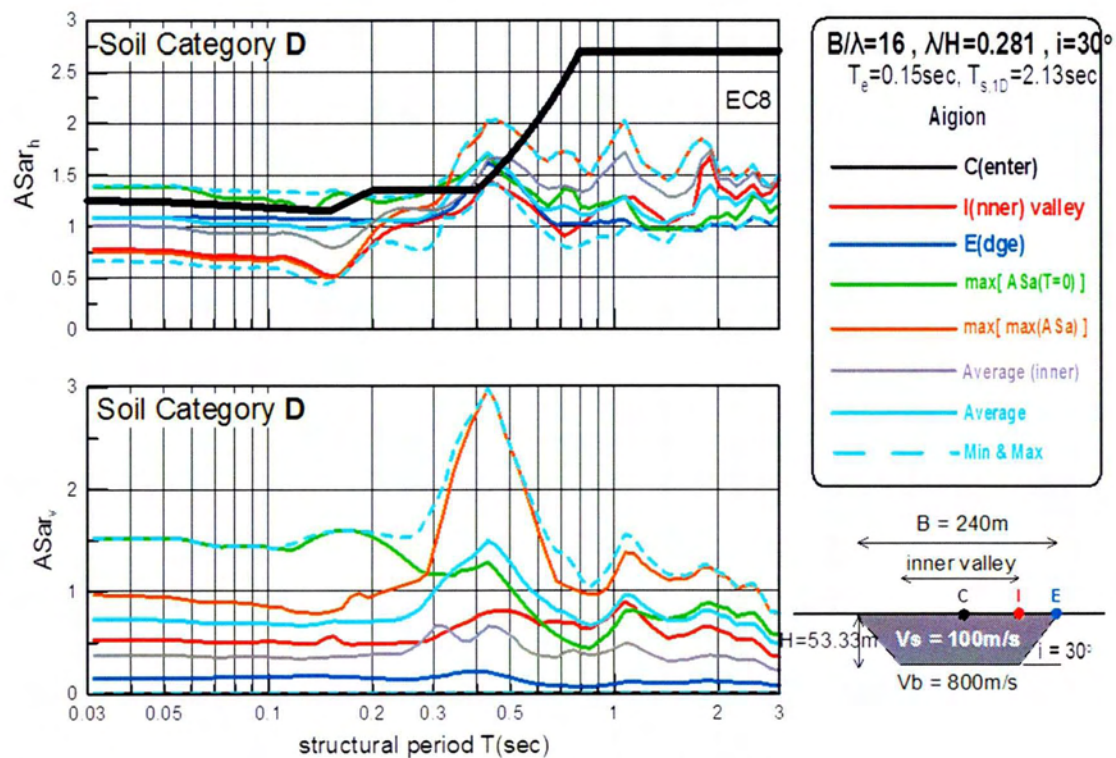


**Σχήμα 5.8** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας ASa<sub>rh</sub> και παρασιτικής κατακόρυφης ASa<sub>rv</sub> επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #4 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



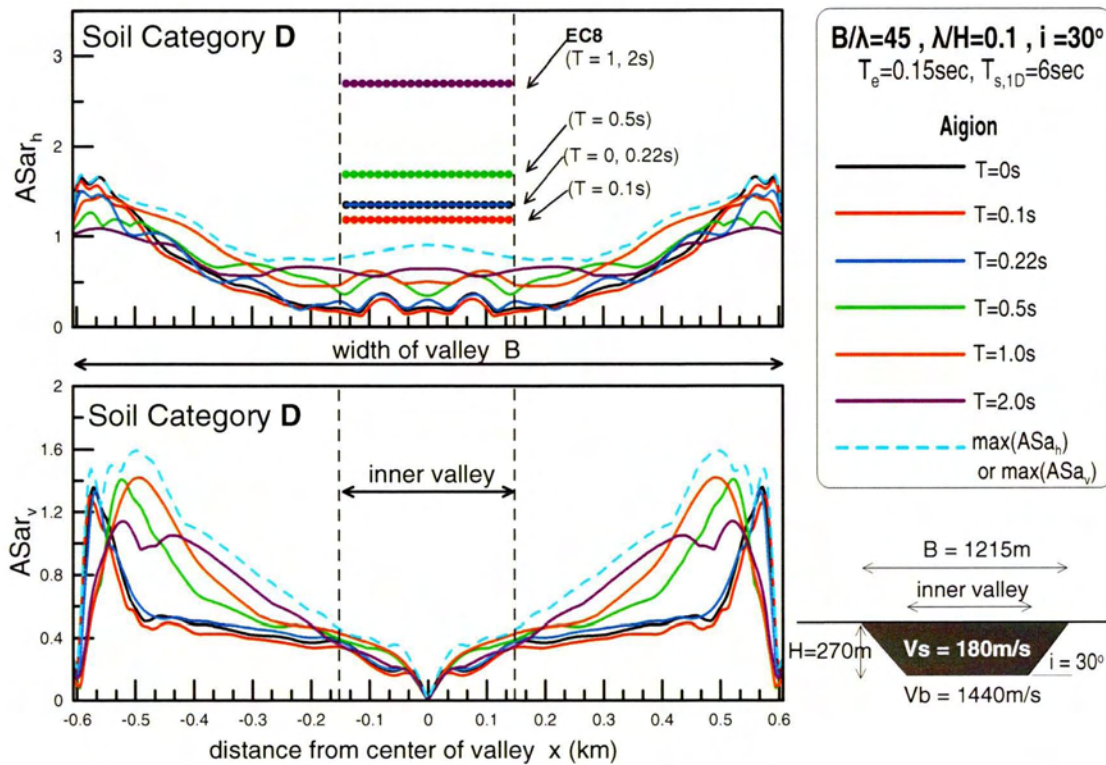


**Σχήμα 5.9** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

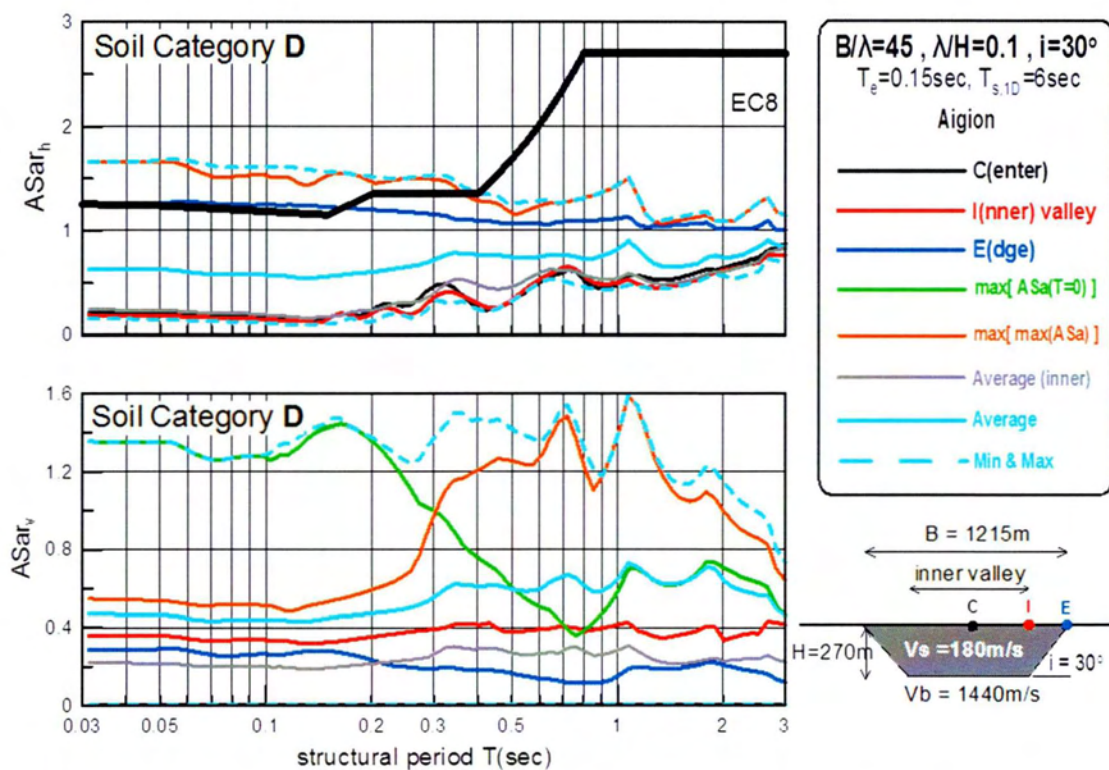


**Σχήμα 5.10** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύομενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



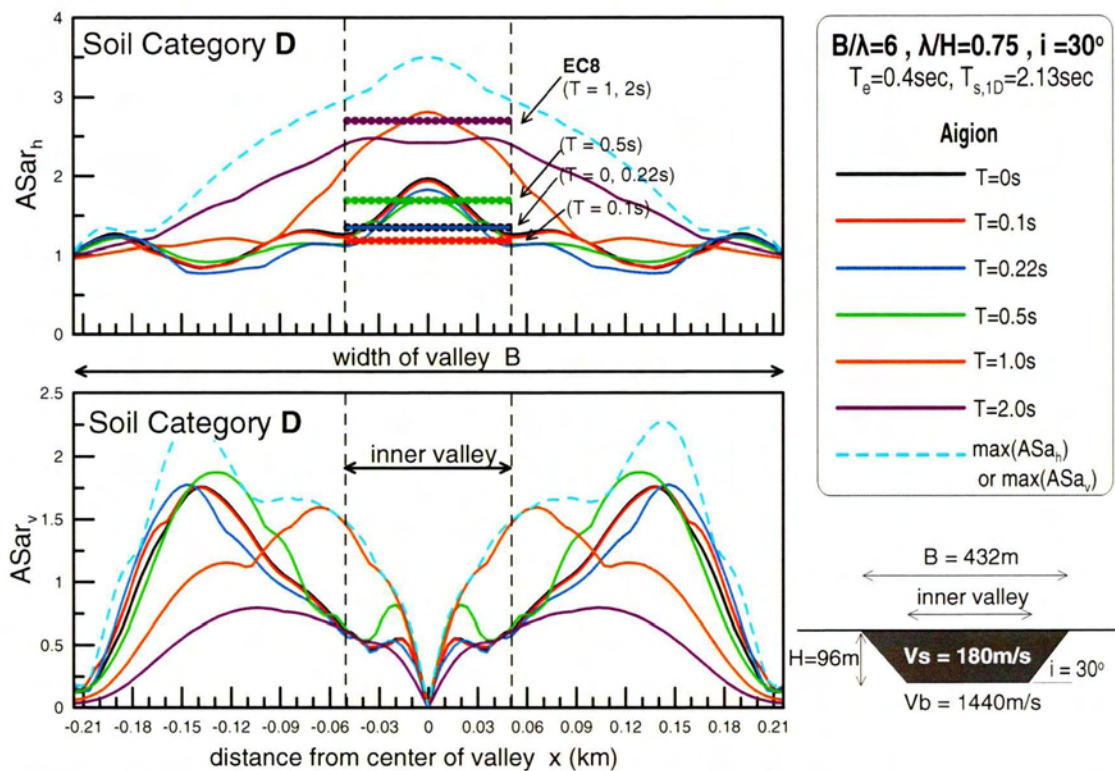


**Σχήμα 5.11** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

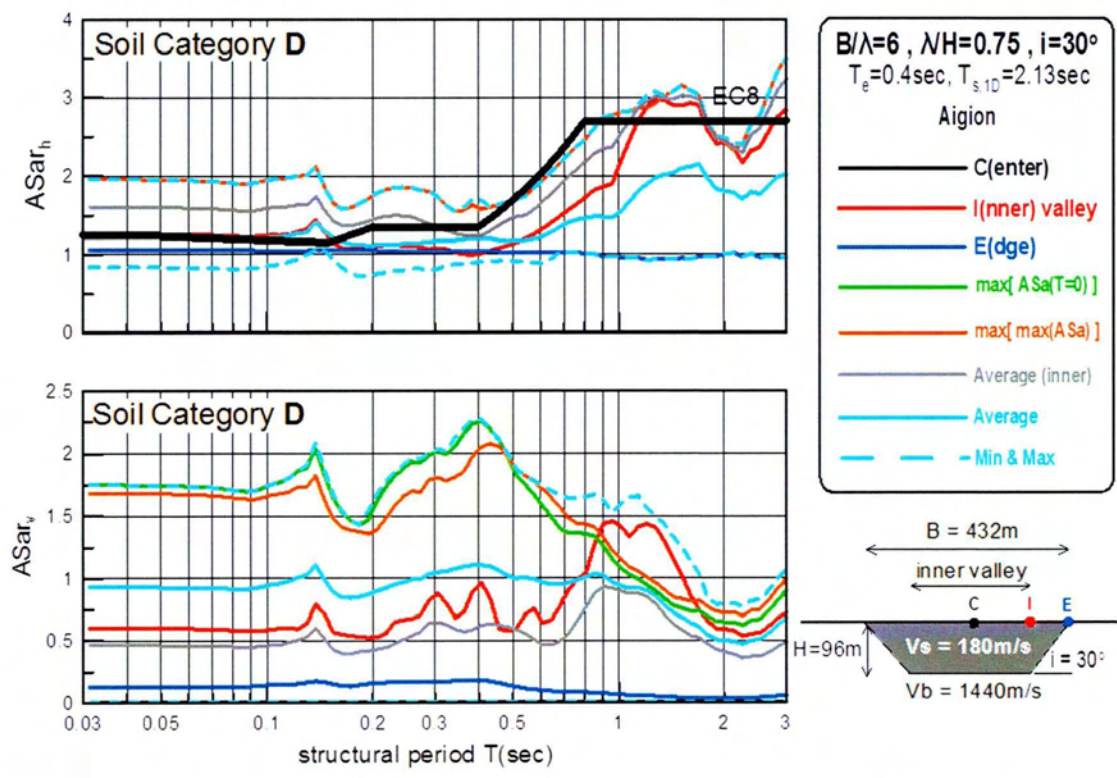


**Σχήμα 5.12** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας ASa<sub>h</sub> και παρασιτικής κατακόρυφης ASa<sub>v</sub> επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



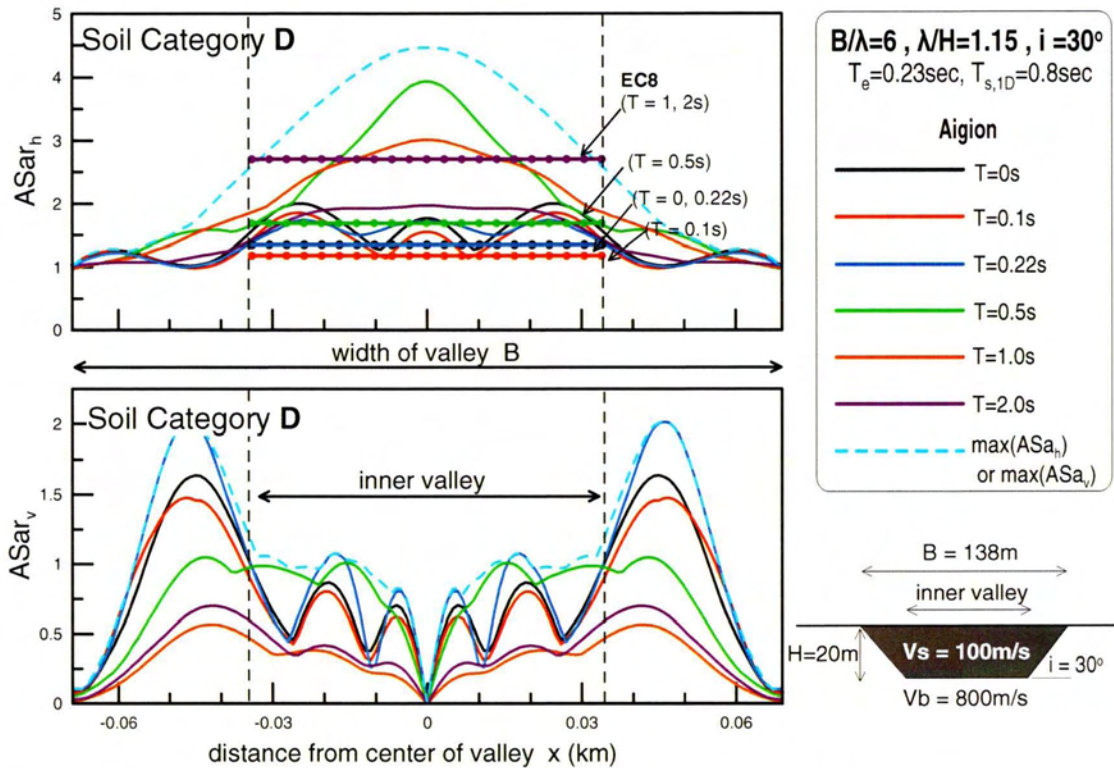


**Σχήμα 5.13** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #7 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

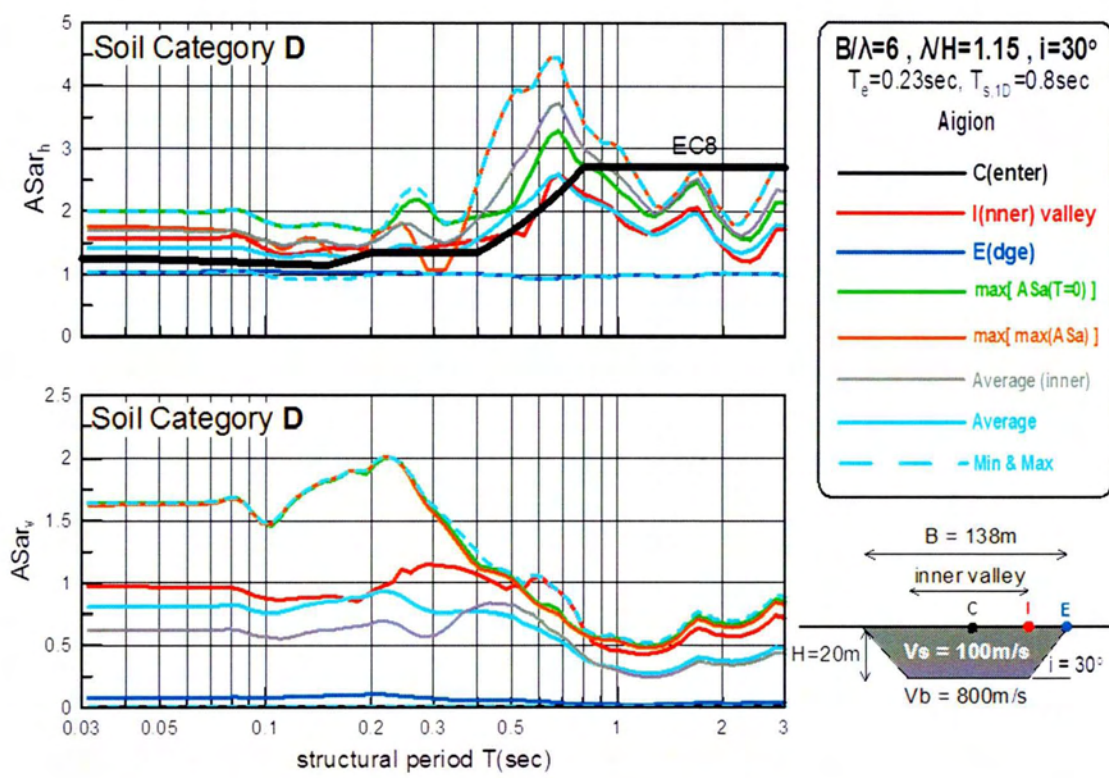


**Σχήμα 5.14** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας ASa<sub>h</sub> και παρασιτικής κατακόρυφης ASa<sub>v</sub> επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #7 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

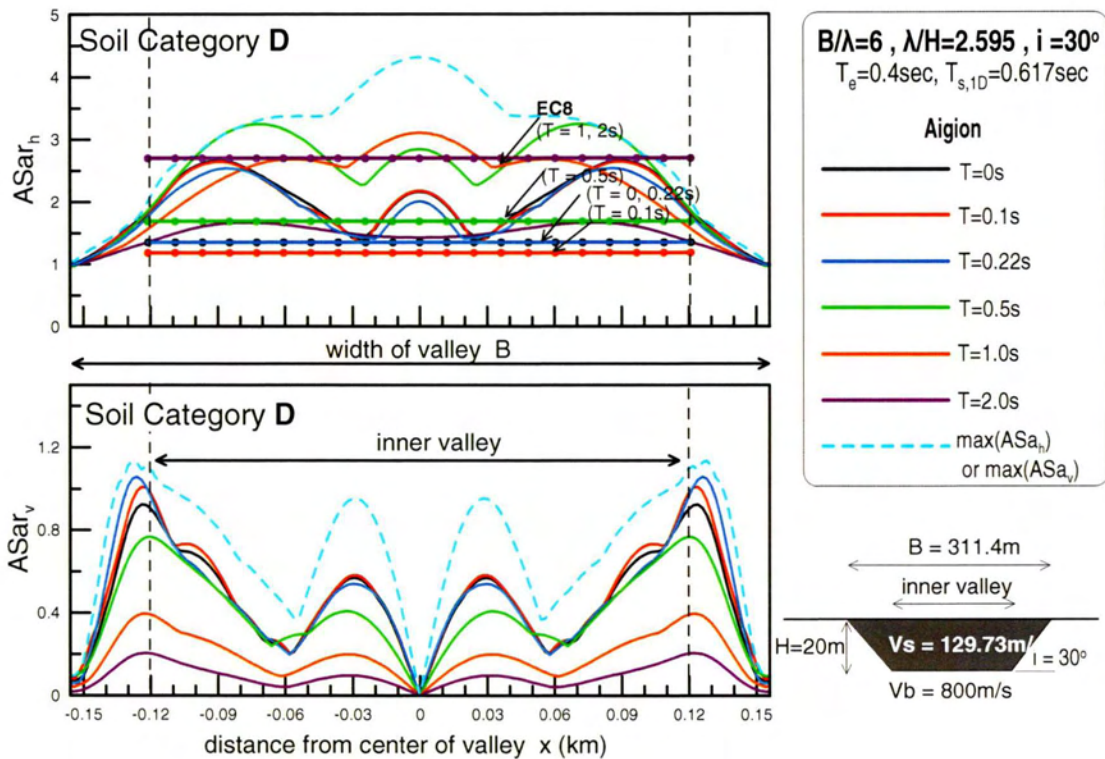




**Σχήμα 5.15** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #8 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

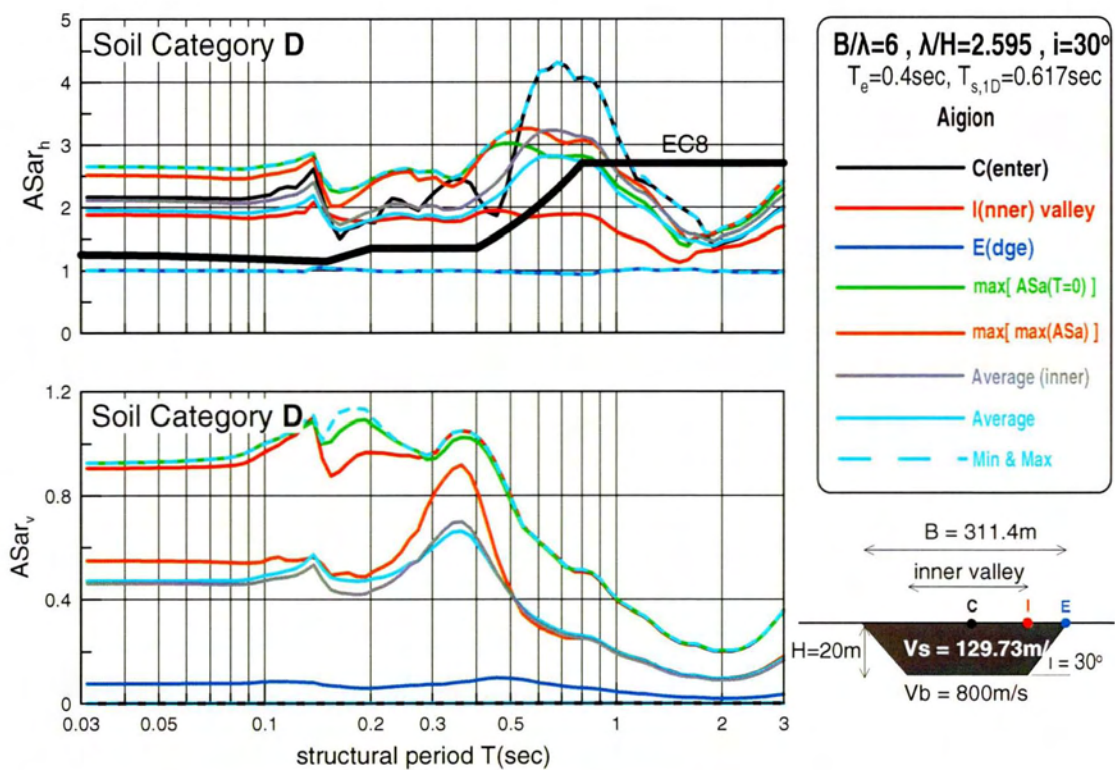


**Σχήμα 5.16** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδεδόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #8 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 5.17** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου





**Σχήμα 5.18** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύομενο υπόβαθρο) της οριζόντιας ASa<sub>h</sub> και παρασιτικής κατακόρυφης ASa<sub>v</sub> επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Η έμφαση του σχολιασμού εδώ δεν δίνεται στη σύγκριση με τον EC8, αλλά στο τι συμβαίνει για διάφορες θέσεις ή/και διάφορες περιόδους κατασκευής. Η σύγκριση με τον EC8 θα γίνει πιο πολύ στο Κεφάλαιο 6, παρά το γεγονός ότι και εδώ εμπεριέχονται οι φασματικές ενισχύσεις της κατηγορίας D κατά EC8.

Γενικώς, τα σχήματα αυτά αποδίδουν την τυπική τοπική ενίσχυση σε μαλακές κοιλάδες, όπου η ανάλυση #1 αντιστοιχεί σε έντονη γεωμορφική επιδείνωση, η ανάλυση #8 σε μέση γεωμορφική επιδείνωση και η ανάλυση #9 σε χαμηλή γεωμορφική επιδείνωση, τουλάχιστον με βάση την προεκτίμηση του Κεφ. 3. Αν και αυτό μπορεί να ισχύει εν τέλει (βλέπε Παράρτημα), σε όρους τοπικής ενίσχυσης η εικόνα αλλάζει λόγω εδαφικής επίδρασης. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα προηγούμενα σχήματα, έντονη τοπική επιδείνωση παρουσιάζουν οι αναλύσεις #8 και #9, μέση οι #1, #2, #3, #4 και #7 και χαμηλότερη οι #5 και #6. Και ο λόγος που οι αναλύσεις #8 και #9 εμφανίζουν μεγάλη τοπική ενίσχυση είναι ότι αντιστοιχούν σε σχετικά μεγάλες τιμές  $\lambda/H$ , που ενώ δίνουν μικρή γεωμορφική επιδείνωση, εμφανίζουν ιδιαίτερα μεγάλη εδαφική ενίσχυση καθώς  $T_{s1D}$  είναι πλησίον της  $T_e$ . Το εντελώς ανάποδο συμβαίνει στην ανάλυση #6, όπου η συνολική τοπική ενίσχυση είναι έντονη απομείωση της κίνησης. Αυτό οφείλεται στο πολύ μεγάλο πάχος της στρώσης, που οδηγεί σε έντονη απομείωση της ταλάντωσης υπό  $1\Delta$  συνθήκες ( $T_{s1D} \gg T_e$ ), που δεν μπορεί να αντιστραφεί λόγω γεωμορφικής επιδείνωσης. Συνεπώς, η προεκτίμηση της τοπικής ενίσχυσης θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά, λαμβάνοντας υπόψη και τις 2 ταυτόχρονες επιδράσεις.

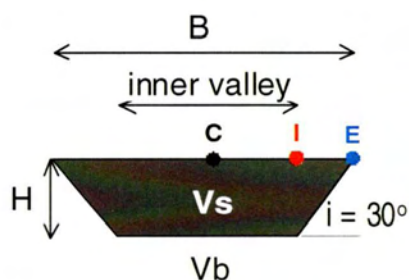
Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, μπορούμε να αναφέρουμε ακροθιγώς ότι:

- για  $T=2s$ , ο EC8 υπερτιμά την μέγιστη επιδείνωση, όντας συντηρητικός,
- για  $T=1s$ , ο EC8 εκτιμά σωστά και σε κάποιες περιπτώσεις ελαφρώς υπερτιμά τη μέγιστη επιδείνωση, η οποία είναι πιο έντονη από ότι αυτή για  $T=2s$
- για  $T=0.5s$ , ο EC8 υποτιμά τη μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση για τις αναλύσεις #3, #8 και #9, ενώ την εκτιμά επαρκώς σωστά στις υπόλοιπες έξι αναλύσεις
- για  $T=0.22s$ , ο EC8 παρουσιάζει καλή εκτίμηση της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης για τις περισσότερες αναλύσεις, με εξαίρεση την ανάλυση #6 στην οποία την υπερτιμά και την #9 στην οποία την υποτιμά,
- για  $T=0.1s$ , στις αναλύσεις #1, #2, #3, ο EC8 υποτιμά ελαφρώς τη μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση, στην ανάλυση #4 την εκτιμά επαρκώς σωστά, στις αναλύσεις #5, #6 την υπερτιμά, ενώ στις αναλύσεις #7, #8 και #9, την υποτιμά σημαντικά και τέλος
- για  $T=0s$ , παρατηρείται ακριβώς η ίδια συμπεριφορά με  $T=0.1s$

Υπογραμμίζεται εδώ ότι σχήματα T vs ASar (σχήματα 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 5.10, 5.12, 5.14, 5.16, 5.18) εξετάζεται η γεωμορφική επιδείνωση συναρτήσει της περιόδου T για διάφορες θέσεις της κοιλάδας, οι οποίες είναι οι κάτωθι:

- **C(center):** κέντρο της κοιλάδας
- **E(edge):** άκρη της κοιλάδας
- **I(inner valley):** εκεί όπου ξεκινά/τελειώνει η εσωτερική κοιλάδα (δηλαδή το κεντρικό τμήμα της κοιλάδας όπου το πάχος της είναι μέγιστο και σταθερό)
- **Max(ASa(T=0)):** εκεί όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος ASa για περίοδο T=0sec (δηλαδή η επιτάχυνση του εδάφους), τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση (διαφορετικά σημεία για τις 2 διευθύνσεις)
- **Max(maxASa):** εκεί όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος ASa ανεξαρτήτως T, τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση (διαφορετικά σημεία για τις 2 διευθύνσεις)

Τα τρία πρώτα από τα παραπάνω σημεία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



**Σχήμα 5.19** Τραπεζοειδής διατομή κοιλάδας και σημεία C(center), E(edge) και I(inner valley) επί αυτής

Στα ίδια Σχήματα T vs ASar (σχήματα 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 5.10, 5.12, 5.14, 5.16, 5.18), παρουσιάστηκαν και οι καμπύλες:

- **Min(imum):** ελάχιστη τιμή φασματικού λόγου ASA για κάθε περίοδο T, ανεξαρτήτως θέσης όπου εμφανίζεται
- **Max(imum):** μέγιστη τιμή φασματικού λόγου ASA για κάθε περίοδο T, ανεξαρτήτως θέσης όπου εμφανίζεται
- **Ave(rage):** μέση τιμή φασματικού λόγου ASA για κάθε περίοδο T, για όλο το μήκος της κοιλάδας
- **Ave(rage) inner (valley):** μέση τιμή φασματικού λόγου ASA για κάθε περίοδο T, για όλο το μήκος της εσωτερικής κοιλάδας μόνο



Συγκρίνοντας τα αριθμητικά αποτελέσματα φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας ASahr σε διάφορες θέσεις με τις προβλέψεις του EC8, παρατηρείται ότι ο Ευρωκώδικας γενικώς υποτιμά τη φασματική επιδείνωση, άλλοτε περισσότερο και άλλοτε λιγότερο. Τη μεγαλύτερη υποτίμηση εντοπίζουμε στις αναλύσεις #3, #4, #8 και #9, μέση προς μικρή υποτίμηση παρατηρούμε στις αναλύσεις #1, #2 και #7, ενώ αρκετά καλά φαίνεται να προσεγγίζει ο EC8 τις αναλύσεις #5 και #6, όντας ίσως και λίγο συντηρητικός. Εξαίρεση γενικώς αποτελεί η σύγκριση σε μεγάλες περιόδους ( $T > T_c = 0.8\text{sec}$ ), όπου ο EC8 διαφαίνεται σχετικά συντηρητικός σε όλες πρακτικώς τις περιπτώσεις.

### 5.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΛΛΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΙΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΑΛΑΚΩΝ ΚΟΙΛΑΔΩΝ

Αν συγκριθούν τα αποτελέσματα διαφορετικών αναλύσεων μεταξύ τους, μεταβάλλοντας μια παράμετρο και κρατώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές, εξάγονται ευχερώς συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της παραμέτρου που επιλέξαμε να κρατήσουμε σταθερή στην συνολική (και τη γεωμορφική) επιδείνωση της κοιλάδας. Για παράδειγμα,

A) Συγκρίνοντας τις αναλύσεις #1 και #2, όπου για την ανάλυση #2 ισχύει:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 100$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=53.333\text{m}$
- $T_e=0.4\text{s} \Rightarrow \lambda=40\text{m}$
- $\lambda/H=0.75=40/53.33$
- $B/\lambda=6=240/40 \Rightarrow T_{s1D}=4*53.333/100=2.13\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125=100/800$ )

οι οποίες έχουν διαφορετική ιδιοπερίοδο εδαφικής στρώσης  $T_{s1D}$ , αλλά ίδιο λόγο  $T_{s1D}/T_e=5.333$ , παρατηρούμε ότι η οριζόντια, αλλά και η κατακόρυφη παρασιτική γεωμορφική επιδείνωση παραμένουν περίπου οι ίδιες. Άρα η ιδιοπερίοδος εδαφικής στρώσης  $T_{s1D}$  δεν επηρεάζει σημαντικά την οριζόντια και κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση της κοιλάδας, αλλά αυτό που την επηρεάζει είναι κυρίως ο λόγος  $T_{s1D}/T_e$  που καθορίζει και την εδαφική επίδραση.

B) Συγκρίνοντας τις αναλύσεις #1 και #3, όπου για την ανάλυση #3 ισχύει:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=90\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$

- $\lambda/H=0.75=15/20$
- $B/\lambda=6=90/15 \Rightarrow Ts1D=4*20/100=0.8s$
- $Vb=1200m/s \Rightarrow a=0.0833=100/1200$

οι οποίες έχουν διαφορετικό λόγο εμπέδησης  $a$ , παρατηρούμε ότι για λίγο χαμηλότερο λόγο εμπέδησης δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην οριζόντια και κατακόρυφη τοπική επιδείνωση της κοιλάδας. Άρα ούτε ο λόγος εμπέδησης  $a$  επηρεάζει σημαντικά την γεωμορφική επιδείνωση της κοιλάδας, όταν ούτως ή άλλως θα είναι πολύ μικρός λόγω «μαλακού» εδάφους στην κατηγορία D. Σε άλλες κατηγορίες εδάφους, όπου θα έχουμε μεγαλύτερες τιμές του λόγου εμπέδησης (πιο δύστημο έδαφος), τα αποτελέσματα θα ήταν διαφορετικά.

Γ) Συγκρίνοντας τις αναλύσεις #1 και #4, όπου για την ανάλυση #4 ισχύει:

- $Vs=100m/s$ , ( $Vs30= 141.2$ )
- $B=240m$
- $H=20m$
- $Te=0.15s \Rightarrow \lambda=15m$
- $\lambda/H=0.75=15/20$
- $B/\lambda=16=240/15 \Rightarrow Ts1D=4*20/100=0.8s$
- $Vb=800m/s \Rightarrow a=0.125=100/800$

οι οποίες έχουν ίδια δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $Te$  και λόγο  $Ts1D/Te$ , αλλά η #4 έχει μεγαλύτερο εύρος  $B/\lambda$  ( $B/H=16$  .vs. 4.5), εξακολουθούν να μην παρατηρούνται ουσιώδεις αλλαγές στην γεωμορφική επιδείνωση. Αλλάζει λίγο η χωρική διαφοροποίηση, αλλά το εύρος τιμών εξακολουθεί να είναι περίπου το ίδιο. Συνεπώς το εύρος  $B/\lambda$  δεν επηρεάζει ούτε αυτό σημαντικά την οριζόντια και κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση της κοιλάδας, εφόσον η δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης  $Te$  και ο λόγος  $Ts1D/Te$  παραμένουν σταθερά. Κάτι τέτοιο είναι συμβατό και με τις σχέσεις των Μέλλιος και Τέττα 2010 (π.χ. ειδικά στην παρασιτική κατακόρυφη επιδείνωση, το αδιάστατο εύρος  $B/\lambda$  δεν αποτελεί παράμετρο).

Δ) Συγκρίνοντας τις αναλύσεις #4 και #5, όπου για την ανάλυση #5 ισχύει:

- $Vs=100m/s$ , ( $Vs30= 100$ )
- $B=240m$ ,  $H=53.333m$
- $Te=0.15s \Rightarrow \lambda=15m$
- $\lambda/H=0.281=15/53.333$
- $B/\lambda=16=240/15 \Rightarrow Ts1D=4*53.333/100=2.13s$
- $Vb=800m/s \Rightarrow a=0.125=100/800$

που έχουν την ίδια δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $Te$  και αδιάστατο λόγο  $B/\lambda$ , αλλά η ανάλυση #5 έχει μεγαλύτερο λόγο  $Ts1D/Te$  από την #1, παρατηρούμε ότι

εξαιτίας της πιο παχιάς κοιλάδας, η οριζόντια τοπική επιδείνωση  $AS_{arh}$  μειώνεται αισθητά, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική  $AS_{arv}$  ελαφρώς αυξάνεται. Ο λόγος είναι ότι μεγαλύτερη τιμή  $Ts1D/Te$  οδηγεί σε χαμηλότερες επιταχύνσεις

Ε) Ποια η επίδραση του πάχους  $H$  μαλακών κοιλάδων, αν ο αδιάστατος λόγος  $B/H$  μένει σταθερός; Η αύξηση της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων  $V_s$  είναι απαραίτητη καθώς η  $V_s=100\text{m/s}$  είναι πολύ χαμηλή για ιδιαίτερα παχιές στρώσεις. Ο ελάχιστος λόγος είναι  $B/\lambda=35$ , εξαιτίας της γεωμετρίας, και συνεπώς επιλέγεται η διατήρηση ίδιας τιμής του λόγου  $B/H = 4.5$ . Προς απάντηση της ερώτησης αυτής, είναι δυνατή η σύγκριση της ανάλυσης #1 με την #5 (ίδιες τιμές  $Te$ ,  $a$ ,  $B/H$ ) με  $\lambda/H=0.281$ , και ακόμα και με την #6, όπου για την ανάλυση #6 ισχύει:

- $V_s=180\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 180$ )
- $B=1216\text{m}$
- $H=270\text{m}$
- $Te=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=27\text{m}$
- $\lambda/H=0.1=27/270$
- $B/\lambda=45=1216/27 \Rightarrow Ts1D=4*270/180=6\text{s}$
- $V_b=1440\text{m/s} \Rightarrow a=0.125=180/1440$

Ο λόγος  $B/\lambda$  δεν μπορεί να κρατηθεί ο ίδιος, καθώς όταν ο λόγος  $\lambda/H$  μειώνεται, θα πρέπει και ο λόγος  $B/\lambda$  να αυξηθεί, έτσι ώστε ο λόγος  $B/H$  να παραμείνει ίδιος. Αυτό που επίσης αλλάζει σε αυτές τις αναλύσεις είναι η ιδιοπερίοδος εδαφικής στρώσης  $Ts1D$ , η οποία αυξάνεται, καθώς ο λόγος  $\lambda/H$  μειώνεται. Συνεπώς, αφού και ο λόγος  $Ts1D/Te$  αυξάνεται, τόσο πιο απομειωτική αναμένεται η εδαφική επίδραση.

Συγκρίνοντας λοιπόν την ανάλυση #1 με τις αναλύσεις #5 και #6 παρατηρείται ότι όταν αυξάνεται το πάχος  $H$  της κοιλάδας, η οριζόντια συνολική επιδείνωση  $AS_{arh}$  μειώνεται σημαντικά. Στην κατακόρυφη παρασιτική συνολική επιδείνωση  $AS_{arv}$  δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές (αυξάνεται ανεπαίσθητα). Η αποτύπωση της αιτίας αυτής της επίδρασης στην  $AS_{arh}$  δεν είναι ευχερής, δεδομένου ότι αλλάζουν ταυτόχρονα οι παράμετροι:  $\lambda/H$ ,  $B/\lambda$ ,  $Ts1D$  και  $Ts1D/Te$ . Ο λόγος της μεγάλης μείωσης της  $AS_{arh}$  πάντως, μάλλον πρέπει να αποδοθεί στην αύξηση του  $H$  που οδηγεί σε αύξηση των  $Ts1D$  και  $Ts1D/Te$  και συνεπώς στην 1Δ απομείωση της ταλάντωσης.

ΣΤ) Όλες οι αναλύσεις που παρουσιάζονται έχουν προδιαγραφεί σε όρους κανονικοποιημένων παραμέτρων, με βάση την βιβλιογραφία γεωμορφικής επιδείνωσης (Μέλλιος και Τέττα 2010). Πόσο καλά αδιαστατοποιείται όμως η σεισμική απόκριση σε μαλακές κοιλάδες; Για την επιβεβαίωση αυτής της αδιαστατοποίησης συγκρίνεται η ανάλυση #7, για την οποία είναι:

- $V_s=180\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 180$ )



- $B=432\text{m}$
- $H=96\text{m}$
- $T_e=0.4 \Rightarrow \lambda=72$
- $\lambda/H=0.75=72/96$
- $B/\lambda=6=432/72 \Rightarrow T_{s1D}=4*96/180=2.13\text{s}$
- $V_b=1440\text{m/s} \Rightarrow a=0.125=180/1440$

με την ανάλυση #2 της οποίας οι χαρακτηριστικές αδιάστατες παράμετροι γεωμορφικής επιδείνωσης αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Συγκρίνοντας λοιπόν τις αναλύσεις #7 και #2 μεταξύ τους, παρατηρείται πλήρης ταύτιση των αποτελεσμάτων, και σε όρους τοπικής (συνολικής) ενίσχυσης και όχι μόνο σε όρους γεωμορφικής επιδείνωσης όπως αναμενόταν. Επιπλέον, προκύπτει ότι η αδιαστατοποίηση δεν αφορά μόνο τη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση, αλλά και ολόκληρο το ελαστικό φάσμα απόκρισης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΠΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ ΣΕ ΜΑΛΑΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ EC8

---

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια ποσοτικοποίησης της τοπικής ενίσχυσης σε μαλακές εδαφικές κοιλάδες, και σύγκριση με ό,τι προτείνεται στον EC8. Συνεπώς οι συγκρίσεις γίνονται και σε όρους μέγιστων και μέσων τοπικών ενισχύσεων κατά μήκος της κοιλάδας ή/και ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής, καθώς οι κανονιστικές διατάξεις (μέχρι τώρα) δεν διαφοροποιούν συγκεκριμένες θέσεις ή συγκεκριμένες περιόδους κατασκευής. Επιπλέον, παρουσιάζονται σχήματα απευθείας σύγκρισης αναλύσεων μεταξύ τους, ούτως ώστε να ποσοτικοποιηθούν καλύτερα οι επιδράσεις διαφόρων παραγόντων που ποιοτικώς αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

## 6.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΩΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Αρχικά, γίνεται έλεγχος της κανονικοποίησης της συνολικής επιδείνωσης ως φαινομένου, με τη σύγκριση των αναλύσεων #7 και #2.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #7 είναι:

- $V_s=180\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 180$ )
- $B=432\text{m}$
- $H=96\text{m}$
- $T_e=0.4 \Rightarrow \lambda=72$
- $\lambda/H=0.75=72/96$
- $B/\lambda=6 \Rightarrow T_{s1D}=2.13\text{s}$
- $V_b=1440\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #2 είναι οι εξής:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 100$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=53.333\text{m}$
- $T_e=0.4\text{s} \Rightarrow \lambda=40\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6 \Rightarrow T_{s1D}=2.13\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

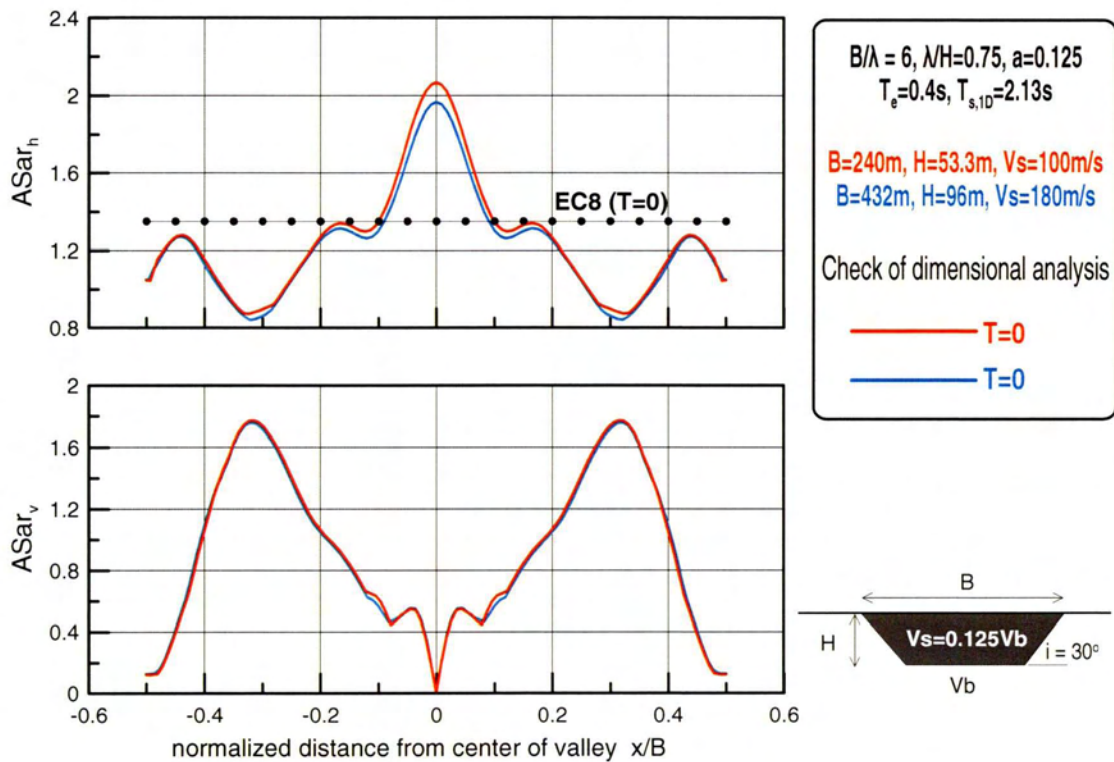
Στα Σχήματα 6.1 και 6.2, συγκρίνονται δύο διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο), σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης. Έτσι τα όρια της εδαφικής λεκάνης κυμαίνονται από  $x/B=-0.5$  έως  $x/B=+0.5$  και στις δύο περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, στο σχήμα 6.1 αποτυπώνεται η χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.2 αποτυπώνεται η χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης σε όρους μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας για τους ίδιους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης και την ίδια χρονοϊστορία.

Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι 2 εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους τους αδιάστατους λόγους  $B/\lambda$  και  $\lambda/H$ , τον λόγο εμπέδησης  $\alpha$ , την δεσπόμενη περίοδο διέγερσης  $T_e$  και την περίοδο διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_s, 1D$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, όμως, ως προς το πλάτος της κοιλάδας  $B$ , το πάχος της κοιλάδας  $H$  και την ταχύτητα διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $V_s$ . Παρατηρείται, λοιπόν πως η αδιαστατοποίηση της οριζόντιας απόστασης  $x$ , έχει σαν αποτέλεσμα την πρακτική ταύτιση και των συνολικών (όχι μόνο των γεωμορφικών) επιδεινώσεων δύο εξόχως διαφορετικών περιπτώσεων εδαφικών λεκανών, και στις 2 διευθύνσεις.

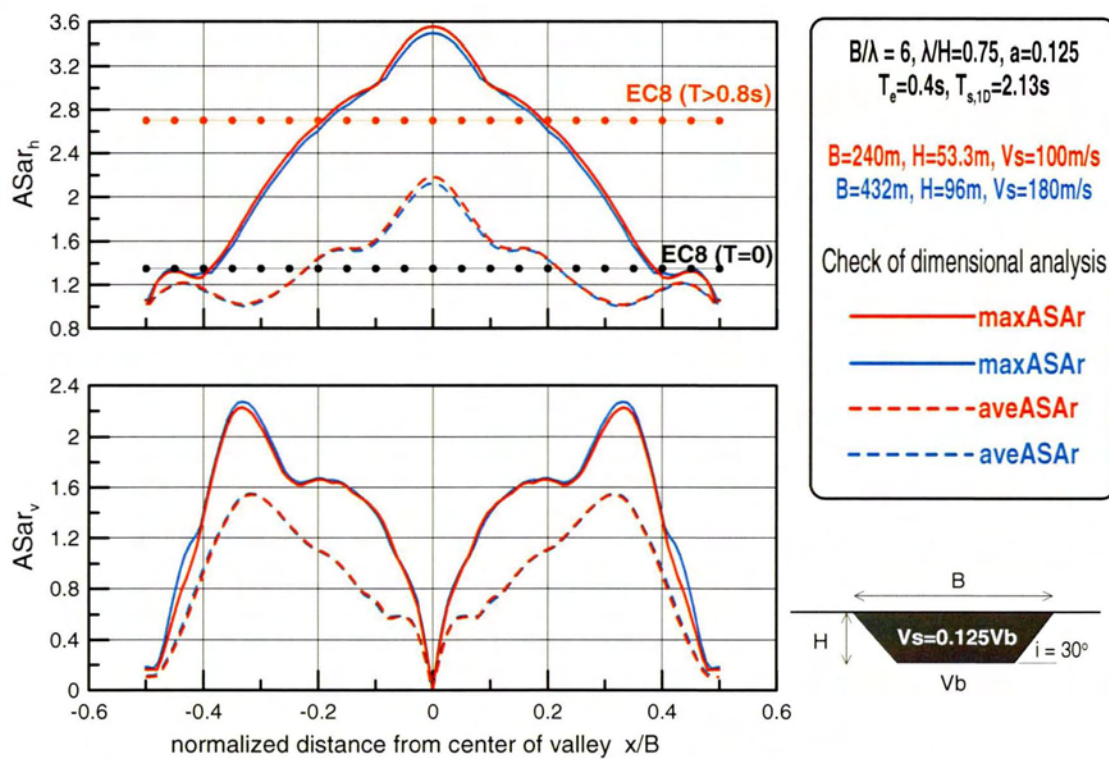
Στα σχήματα 6.3 και 6.4 συγκρίνονται οι ίδιες δύο περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο), σε σχέση με την περίοδο κατασκευής. Στο σχήμα 6.3 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASAr$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASAr$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.4 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης σε όρους μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASAr$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASAr$  κατά μήκος της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Και πάλι, παρατηρείται ταύτιση των συνολικών επιδεινώσεων για όλες τις αδιάστατες θέσεις και όλες τις περιόδους κατασκευής.

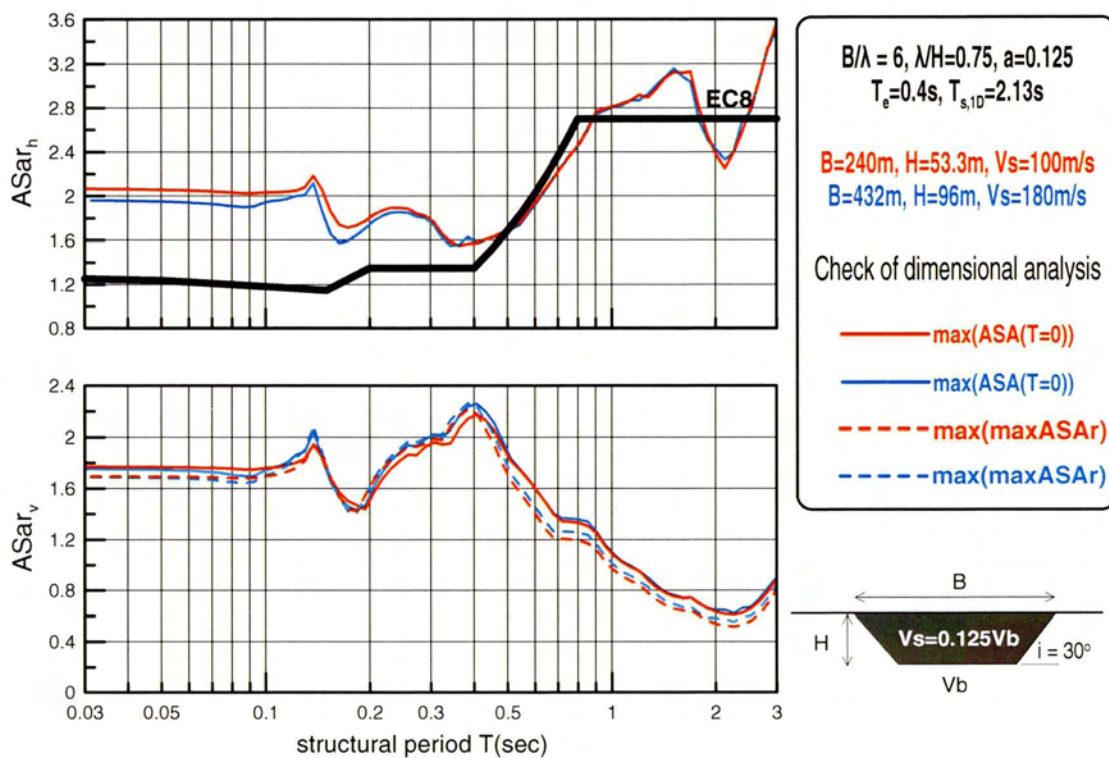




**Σχήμα 6.1** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

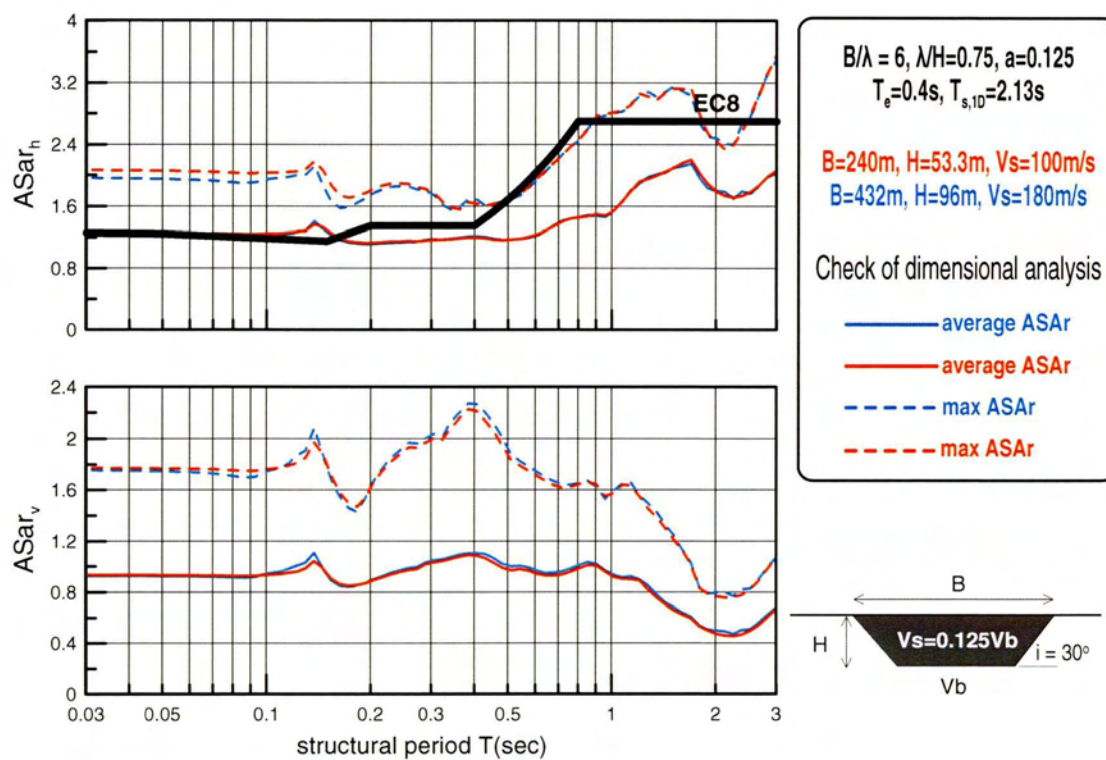


**Σχήμα 6.2** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASAr$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASAr$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.3** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASAr$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASAr$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.





**Σχήμα 6.4** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

## 6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ EC8 ΓΙΑ ΜΑΛΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΜΕ ΣΥΝΗΘΗ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ

Στο υποκεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια αξιολόγησης του EC8 σε κοιλάδες με σύνηθες εύρος διακύμανσης γεωμορφικής επιδείνωσης. Για το σκοπό αυτό συγκρίνονται οι αναλύσεις #1, #8 και #9, οι οποίες διαφέρουν ως προς το  $\lambda/H$ , αλλά έχουν κοινά χαρακτηριστικά  $B/\lambda=6$ ,  $a=0.125$ . Δίνεται έμφαση στην επίδραση του  $\lambda/H$  στην ακρίβεια του EC8.

Η ανάλυση #1 χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=90\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s}\Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6\Rightarrow T_{s1D}=0.8\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s}\Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #8 είναι:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=138\text{m}$ ,  $H=20\text{m}$
- $T_e=0.23\Rightarrow \lambda=23\text{m}$
- $\lambda/H=1.15$
- $B/\lambda=6\Rightarrow T_{s1D}=0.8\text{s}$ ,
- $V_b=800\text{m/s}\Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #9 είναι:

- $V_s=129.73\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 180$ ),
- $B=311\text{m}$ ,
- $H=20\text{m}$ ,
- $T_e=0.4\Rightarrow \lambda=51.9\text{m}$ ,
- $\lambda/H=2.595=51.9/20$ ;
- $B/\lambda=6=311/51.9\Rightarrow T_{s1D}=4*20/129.73=0.617\text{s}$ ,
- $V_b=1037.84\text{m/s}\Rightarrow a=0.125=129.73/1037.84$

Στα Σχήματα 6.5 και 6.6, συγκρίνονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων (#1, #8 και #9) που διαφέρουν ως προς το αδιάστατο δεσπόζον μήκος κύματος  $\lambda/H$ , και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις  $A_{S\alpha r h}$  και  $A_{S\alpha r v}$  (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης (στη μορφή των σχημάτων 6.1 και 6.2). Με άλλα λόγια, στο

σχήμα 6.5 η έμφαση είναι σε  $T=0\text{sec}$ , ενώ στο σχήμα 6.6 η έμφαση είναι σε όρους μέγιστου φασματικού λόγου  $\max ASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $\text{averageASA}$  για κάθε θέση της κοιλάδας.

Οι τρεις αναλύσεις διαφέρουν, ως προς τον αδιάστατο λόγο  $\lambda/H$ , ενώ έχουν κοινές τιμές στις παραμέτρους  $\lambda$  και τον λόγο εμπέδησης  $a$ . Στο σχήμα 6.5 παρατηρείται ότι όσο ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή μετατίθεται από το κέντρο προς τα άκρα της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται και η θέση στην οποία εμφανίζεται πλησιάζει προς τα άκρα της κοιλάδας. Στο σχήμα 6.6 παρατηρείται ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή παραμένει σταθερή στο κέντρο της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται και η θέση στην οποία εμφανίζεται πλησιάζει προς τα άκρα της κοιλάδας.

Στα σχήματα 6.7 και 6.8 συγκρίνονται οι ίδιες τρεις περιπτώσεις κοιλάδας-διέγερσης και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις  $AS_{arh}$  και  $AS_{arv}$  (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) σε σχέση με την περίοδο κατασκευής  $T$  (στη μορφή των σχημάτων 6.3 και 6.4). Με άλλα λόγια, στο σχήμα 6.7 η έμφαση είναι στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA_r$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA_r$  ανεξαρτήτως περιόδου, ενώ στο σχήμα 6.8 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahg}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης σε όρους μέγιστου φασματικού λόγου  $\max ASA_r$  και μέσου φασματικού λόγου  $\text{averageASA}_r$  κατά μήκος της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.7 διαπιστώνεται εκ νέου ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται. Ομοίως και στο σχήμα 6.8 παρατηρείται ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται.

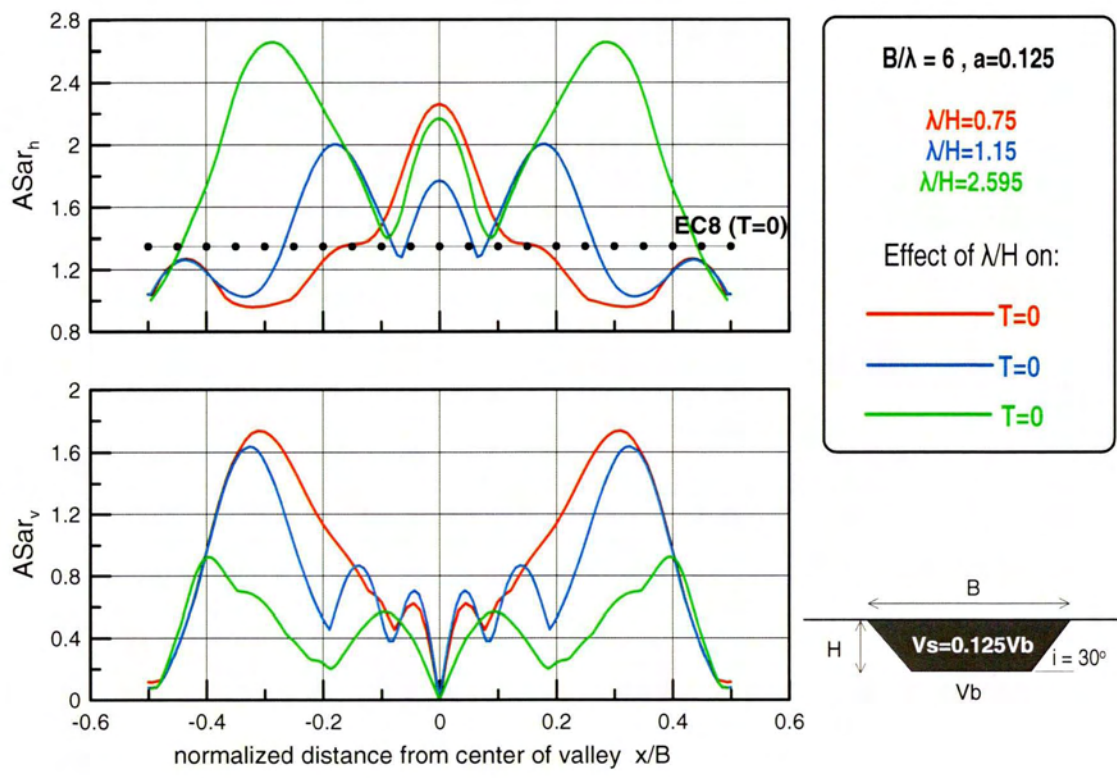
Αυτή η επίδραση του  $\lambda/H$  στη συνολική επιδείνωση  $AS_{arh}$  είναι αντίθετη εκείνης που προκύπτει για τη γεωμορφική επιδείνωση  $AS_{ah}$  (βλ. Παράρτημα). Ο λόγος που υπάρχει αυτή η αντιστροφή είναι η εδαφική επίδραση, καθώς όσο αυξάνεται το  $\lambda/H$  τόσο μειώνεται και προσεγγίζει το συντονισμό ο λόγος  $Ts1D/Te$  στις 3 αναλύσεις, με αποτέλεσμα να έχουμε εδαφική ενίσχυση που υπερνικά την απομειούμενη γεωμορφική επιδείνωση και οδηγεί σε αυξανόμενη συνολική τοπική ενίσχυση. Αντίθετα, η μειωτική επίδραση του  $\lambda/H$  στην  $AS_{arv}$  είναι αντίστοιχη ποιοτικά με την επίδραση στην  $AS_{av}$ , και αυτό γιατί δεν υπάρχει αντιστροφή  $1\Delta$  επίδραση (δεν υπάρχει κατακόρυφη κίνηση σε  $1\Delta$  συνθήκες).



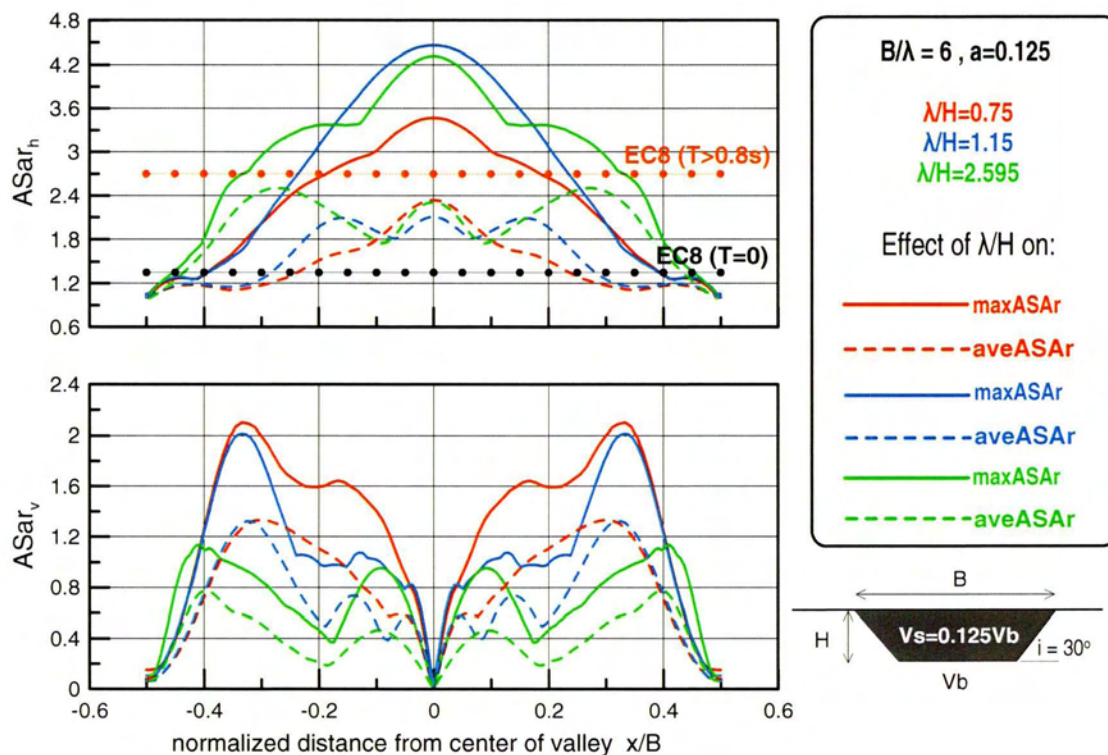
Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.5 παρατηρείται ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  υποτιμάται τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8. Στο σχήμα 6.6 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T>0.8s$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 υποτιμά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , για κάθε θέση της κοιλάδας, με εξαίρεση την περιοχή που βρίσκεται πολύ κοντά στα άκρα της κοιλάδας. Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T>0.8s$  και για  $T=0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.7 παρατηρείται ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για όλες τις αναλύσεις, αλλά κυρίως για  $\lambda/H=1.15$ . Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 αρχίζει να εκτιμά σωστά και τις δύο φασματικές ενισχύσεις για όλες τις αναλύσεις.

Στο σχήμα 6.8 παρατηρείται ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για όλες τις αναλύσεις, αλλά κυρίως για  $\lambda/H=1.15$ . Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 αρχίζει να εκτιμά σωστά και τις δύο φασματικές ενισχύσεις για όλες τις αναλύσεις.

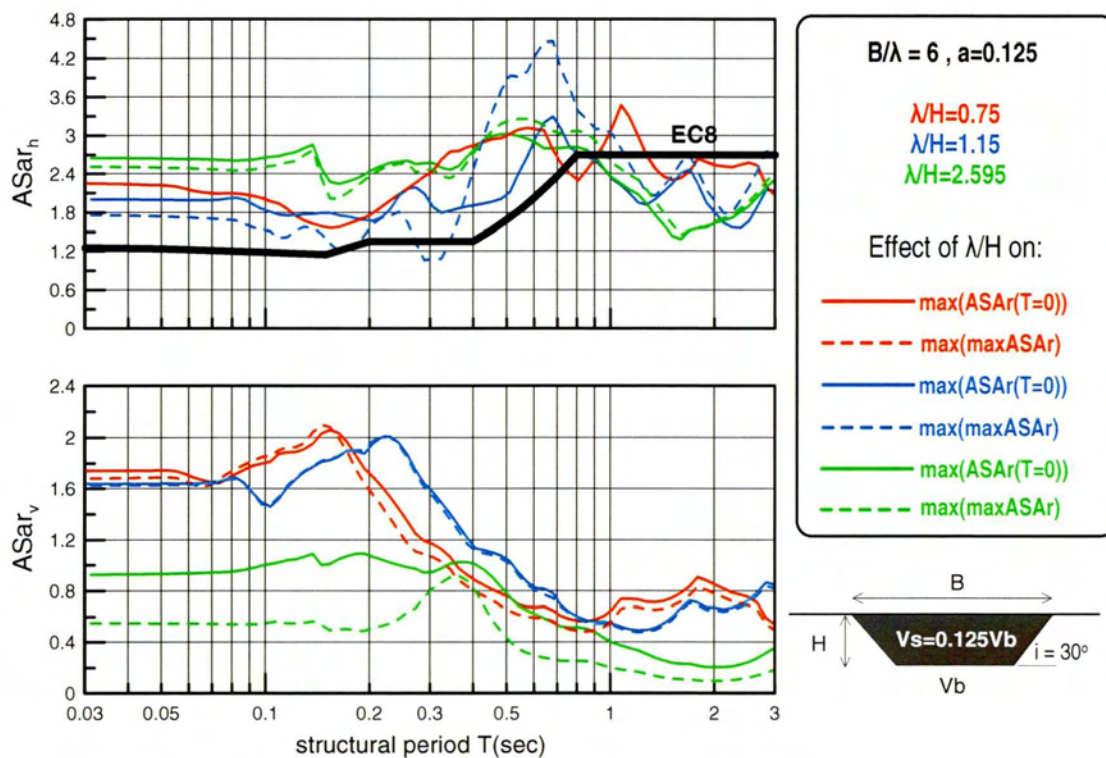


**Σχήμα 6.5** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

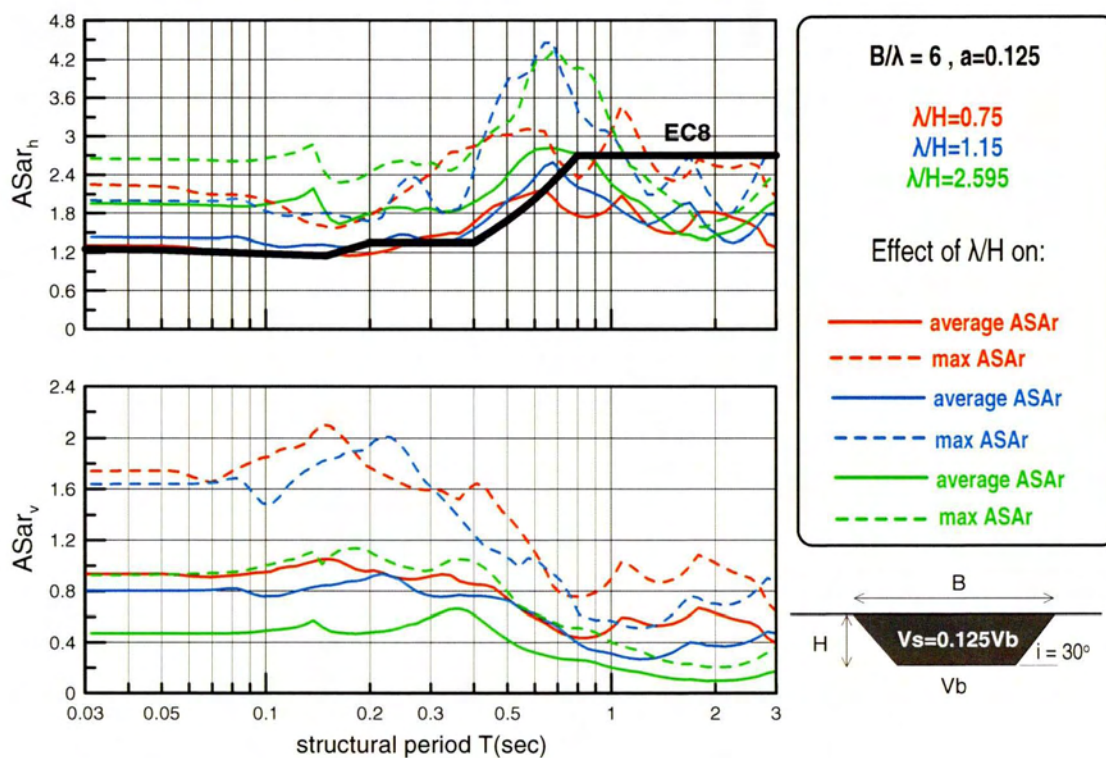


**Σχήμα 6.6** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου





**Σχήμα 6.7** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_r$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 6.8** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

### 6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ EC8 ΓΙΑ ΜΑΛΑΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΜΕ ΑΚΡΑΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗ

Στο υποκεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια αξιολόγησής του EC8 για ακραίες γεωμορφικές επιδεινώσεις σε κοιλάδες κατηγορίας εδάφους D. Για το σκοπό αυτό, αρχικά, γίνεται σύγκριση των αναλύσεων #1, #5 και #6, για κοιλάδες με ίδιο  $T_e (=0.15s)$ , ίδιο λόγο πλευρών  $B/H (= 4.5)$ , και αυξανόμενο πάχος από 20 σε 53.33 και 270μ. Η επίδραση είναι του αδιάστατου λόγου  $\lambda/H$ , ο οποίος μειώνεται από 0.75 (#1) σε 0.281 (#5) και 0.1 (#6). Η σύγκριση αυτή δεν είναι σαφής, γιατί αλλάζει και το  $B/\lambda$  οπότε από μόνη του η αύξηση του  $H$  δεν δίνει σαφή εικόνα.

Η ανάλυση #1 χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=90\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6 \Rightarrow T_{s1D}=0.8\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #5 είναι:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 100$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=53.333\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.281=15/53.333$
- $B/\lambda=16 \Rightarrow T_{s1D}=2.13\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #6 είναι:

- $V_s=180\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 180$ )
- $B=1216\text{m}$



- $H=270\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=27\text{m}$
- $\lambda/H=0.1$
- $B/\lambda=45 \Rightarrow T_{s1D}=6\text{s}$ ,
- $V_b=1440\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Στα Σχήματα 6.9 και 6.10, συγκρίνονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις κοιλιάδας-διέγερσης (#1, #5 και #6) με ακραία γεωμορφική επιδείνωση και ίδιο λόγο  $B/H$  και αποτυπώνονται οι χωρικές διαφοροποιήσεις των φασματικών ενισχύσεων  $AS_{arh}$  και  $AS_{av}$  (στη γνωστή μορφή των σχημάτων 6.1 και 6.2). Αντίστοιχα, στα Σχήματα 6.11 και 6.12 συγκρίνονται οι φασματικές ενισχύσεις  $AS_{arh}$  και  $AS_{av}$  ως προς την περίοδο κατασκευής (στη γνωστή μορφή των σχημάτων 6.3 και 6.4) για τις ίδιες τρεις περιπτώσεις κοιλιάδας-διέγερσης (#1, #5 και #6).

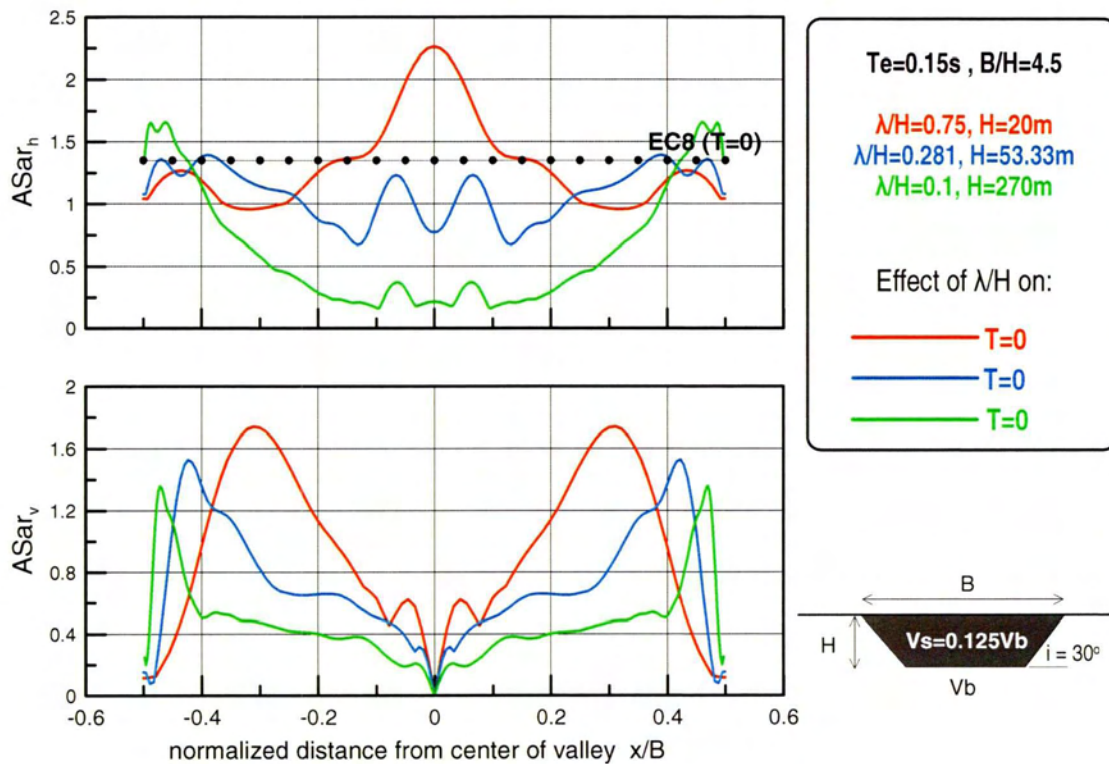
Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι των τριών εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους την δεσπύζουσα περίοδο  $T_e$  και τον αδιάστατο λόγο  $B/H$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, ως προς τον αδιάστατο λόγο  $\lambda/H$  και το πάχος  $H$  της κοιλιάδας, αλλά βέβαια και το λόγο  $B/\lambda$  και κυρίως το λόγο  $T_{s1D}/T_e$ . Συγκρίνοντας λοιπόν την ανάλυση #1 με τις αναλύσεις #5 και #6 παρατηρείται ότι όταν αυξάνεται το πάχος  $H$  της κοιλιάδας, η οριζόντια συνολική επιδείνωση  $AS_{arh}$  μειώνεται σημαντικά. Στην κατακόρυφη παρασιτική συνολική επιδείνωση  $AS_{av}$  δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές (αυξάνεται ανεπαίσθητα). Η αποτύπωση της αιτίας αυτής της επίδρασης στην  $AS_{arh}$  δεν είναι ευχερής, δεδομένου ότι αλλάζουν ταυτόχρονα οι παράμετροι:  $\lambda/H$ ,  $B/\lambda$ ,  $T_{s1D}$  και  $T_{s1D}/T_e$ . Αυτό που αποδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντικό όμως είναι η σημαντικότητα του λόγου  $T_{s1D}/T_e$ , ο οποίος όσο αυξάνεται, τόσο πιο απομειωτική αναμένεται η εδαφική επίδραση. Υπογραμμίζεται ότι σε «μαλακές» κοιλιάδες αναμένεται ο λόγος αυτός να είναι μεγαλύτερος της μονάδας και να φθάνει ιδιαίτερα μεγάλες τιμές.

Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.9 παρατηρείται ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  υπερτιμάται τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8, εκτός από την περίπτωση για  $\lambda/H=0.75$  στην οποία υποτιμάται. Στο σχήμα 6.10 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T>0.8\text{s}$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $\max ASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 υπερτιμά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $\max ASA$ , για κάθε θέση της κοιλιάδας, με εξαίρεση την περίπτωση για  $\lambda/H=0.75$ , όπου την εκτιμά ορθά. Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T>0.8\text{s}$  και για  $T=0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης

για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 υπερτιμά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, εκτός και πάλι από την περίπτωση για  $\lambda/H=0.75$ , όπου την εκτιμά σωστά.

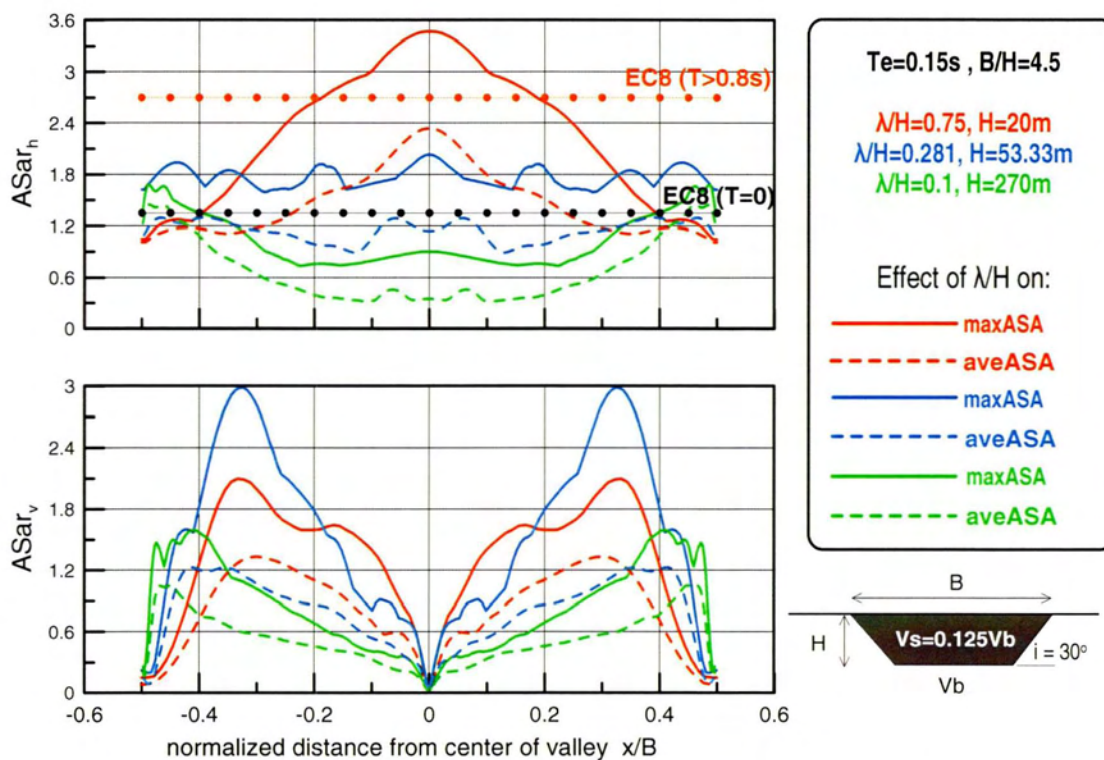
Αντίστοιχα, στο σχήμα 6.11 παρατηρείται ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASaHr$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για  $\lambda/H=0.75$  και ελαφρώς για  $\lambda/H=0.1$ , ενώ τις εκτιμά σωστά για  $\lambda/H=0.281$ . Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 αρχίζει να εκτιμά σωστά και τις δύο φασματικές ενισχύσεις για όλες τις αναλύσεις, εκτός από την #1 ( $\lambda/H=0.75$ ) την οποία υποτιμά.

Τέλος, στο σχήμα 6.12 παρατηρείται ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASaHr$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για  $\lambda/H=0.75$  και ελαφρώς για  $\lambda/H=0.1$ , ενώ τις εκτιμά σωστά για  $\lambda/H=0.281$ . Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 αρχίζει να εκτιμά σωστά και τις δύο φασματικές ενισχύσεις για όλες τις αναλύσεις, εκτός από την #1 ( $\lambda/H=0.75$ ) την οποία υποτιμά.

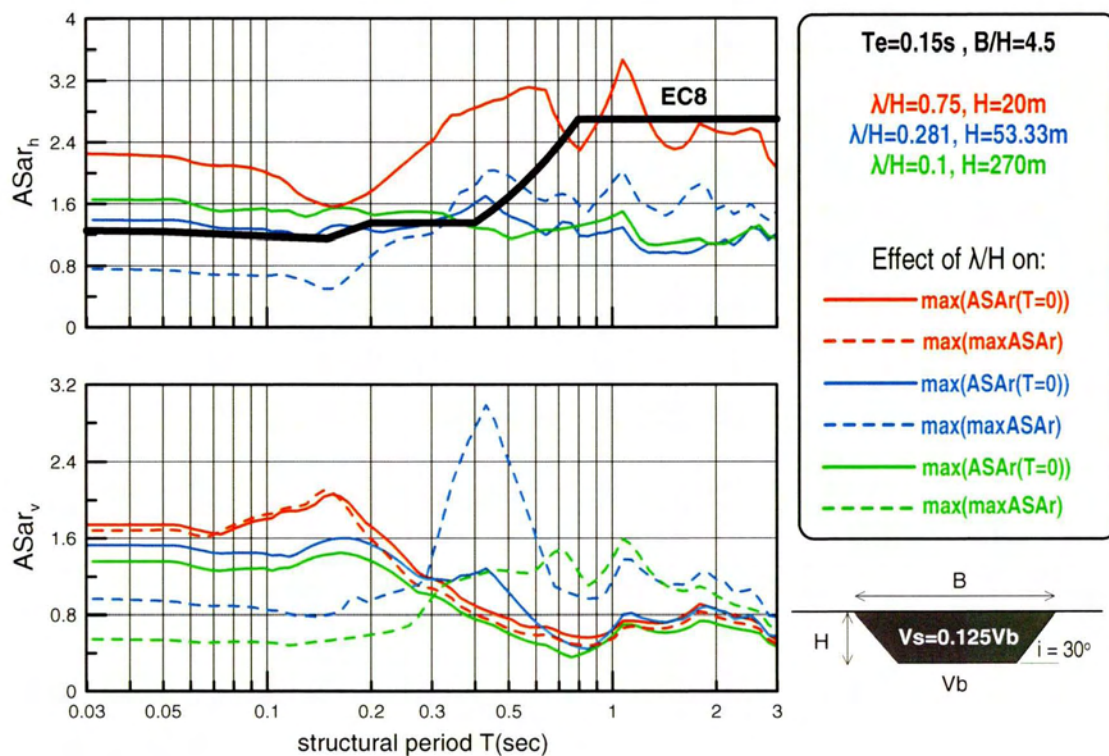


**Σχήμα 6.9** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

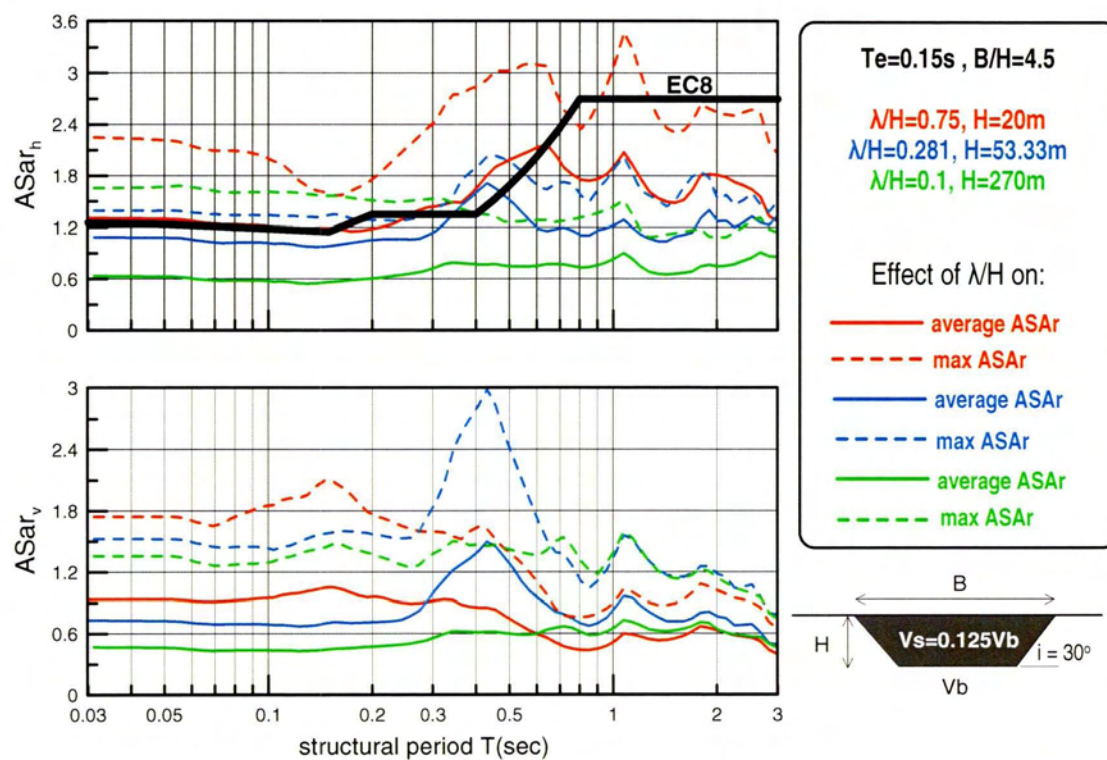




**Σχήμα 6.10** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονιοστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.11** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 6.12** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



Πιο σαφής εικόνα προκύπτει με σύγκριση των αναλύσεων #4 ( $\lambda/H=0.75$ ) and #5 ( $\lambda/H=0.281$ ), με ίδια δεσπόζουσα περίοδο  $T_e (=0.15s)$  και ίδιο αδιάστατο εύρος  $B/\lambda (=16)$ .

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #4 είναι:

- $V_s=100m/s$ , ( $V_{s30}=141.2$ )
- $B=240m$
- $H=20m$
- $T_e=0.15s \Rightarrow \lambda=15m$
- $\lambda/H=0.75=15/20$
- $B/\lambda=16=240/15 \Rightarrow T_{s1D}=4*20/100=0.8s$
- $V_b=800m/s \Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #5 είναι:

- $V_s=100m/s$ , ( $V_{s30}=100$ )
- $B=240m$
- $H=53.333m$
- $T_e=0.15s \Rightarrow \lambda=15m$
- $\lambda/H=0.281=15/53.333$
- $B/\lambda=16 \Rightarrow T_{s1D}=2.13s$
- $V_b=800m/s \Rightarrow a=0.125$

Στα Σχήματα 6.13 και 6.14 συγκρίνονται οι δύο διαφορετικές περιπτώσεις κοιλιάδας-διέγερσης (#4, #5) με ακραία γεωμορφική επιδείνωση και ίδιες τιμές λόγου  $B/\lambda$  και δεσπόζουσας περιόδου  $T_e$ . Συγκεκριμένα, αποτυπώνονται οι χωρικές διαφοροποιήσεις των φασματικών ενισχύσεων  $AS_{arh}$  και  $AS_{av}$  (στη γνωστή μορφή των σχημάτων 6.1 και 6.2), ενώ στα Σχήματα 6.15 και 6.16 συγκρίνονται οι φασματικές ενισχύσεις  $AS_{arh}$  και  $AS_{av}$  ως προς την περίοδο κατασκευής (στη γνωστή μορφή των σχημάτων 6.3 και 6.4) για τις ίδιες δύο περιπτώσεις κοιλιάδας-διέγερσης (#4, #5).

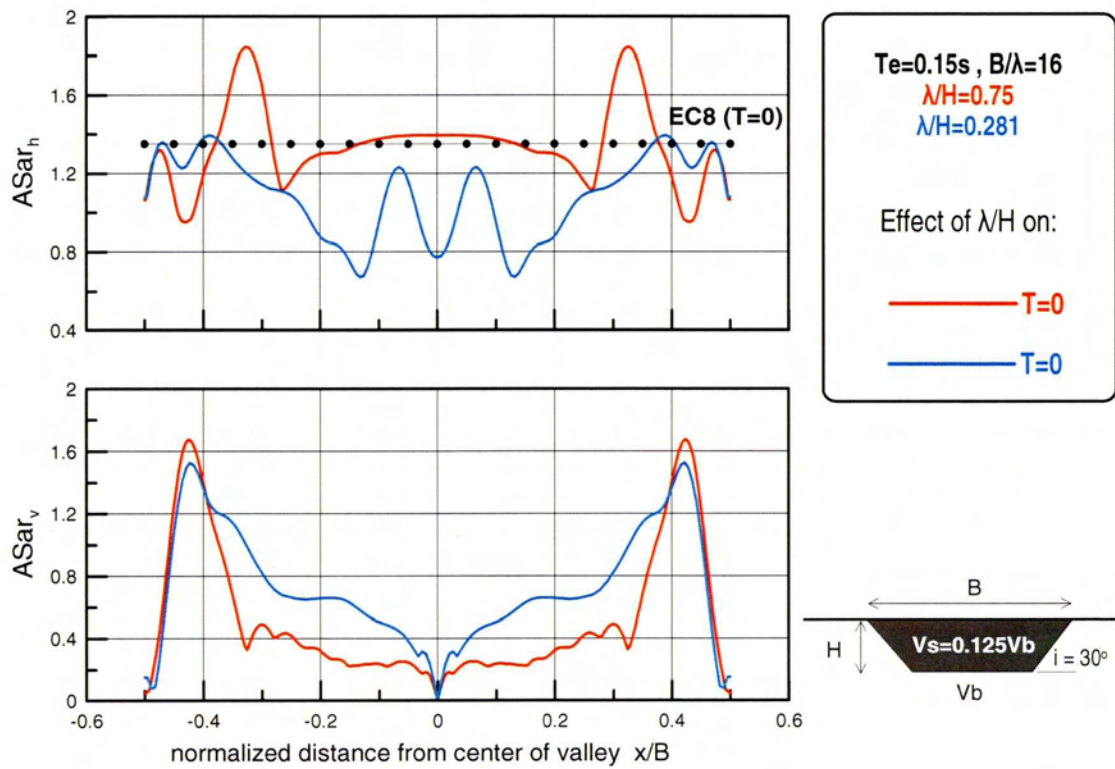
Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι των δύο εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους την δεσπόζουσα περίοδο της διέγερσης  $T_e$  και τον αδιάστατο λόγο  $B/\lambda$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, ως προς τον αδιάστατο λόγο  $\lambda/H$ . Τα

αποτελέσματα εδώ είναι σαφέστερα απ' ότι στην προηγούμενη σύγκριση για ακραία γεωμορφική επιδείνωση, καθώς στις 2 αυτές περιπτώσεις η διαφορά σε όρους  $Ts1D/Te$  είναι ακόμη πιο μεγάλη και συνεπώς η αντιστροφή της επίδρασης του  $\lambda/H$  στην  $AS_{arh}$  (συγκριτικά με την  $AS_{ah}$ ) είναι σαφέστερη. Τα συμπεράσματα συγκριτικά με την  $AS_{arv}$  είναι τα ίδια (παραμένει η μειωτική επίδραση του  $\lambda/H$  που προκύπτει και για την  $AS_{av}$ ).

Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.13 παρατηρούμε ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  εκτιμάται ορθά τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8. Στο σχήμα 6.14 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T>0.8s$  με την καμπύλη της φασματικής φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , για κάθε θέση της κοιλιάδας, για  $\lambda/H=0.75$ , ενώ τον υπερτιμά για  $\lambda/H=0.281$ . Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T>0.8s$  και για  $T=0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυσόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλιάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλιάδας, για  $\lambda/H=0.75$ , ενώ τον υπερτιμά για  $\lambda/H=0.281$ .

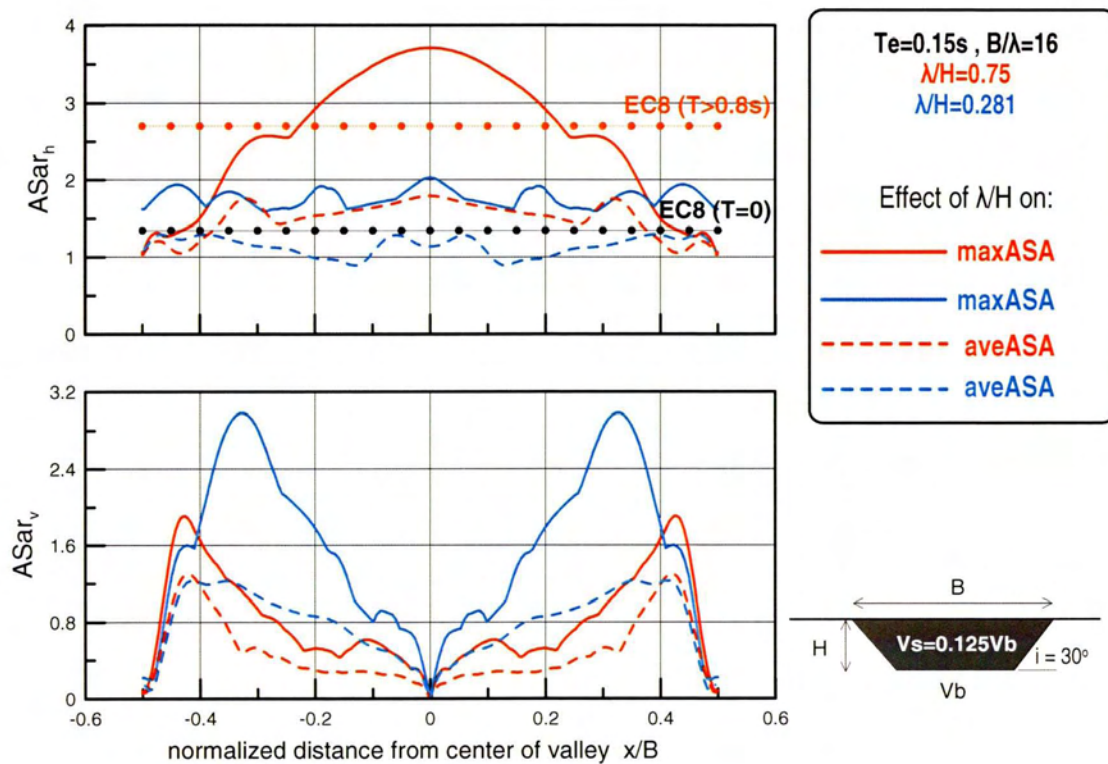
Στο σχήμα 6.15 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυσόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλιάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για  $\lambda/H=0.75$ , ενώ τις εκτιμά σωστά για  $\lambda/H=0.281$ . Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 αρχίζει να εκτιμά σωστά και τις δύο φασματικές ενισχύσεις για όλες τις αναλύσεις, εκτός από την #1 ( $\lambda/H=0.75$ ) την οποία υποτιμά.

Στο σχήμα 6.16 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυσόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλιάδας στους συνδυασμούς κοιλιάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για  $\lambda/H=0.$ , ενώ τις εκτιμά σωστά για  $\lambda/H=0.281$ . Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 αρχίζει να εκτιμά σωστά και τις δύο φασματικές ενισχύσεις για όλες τις αναλύσεις, εκτός από την #1 ( $\lambda/H=0.75$ ) την οποία υποτιμά.

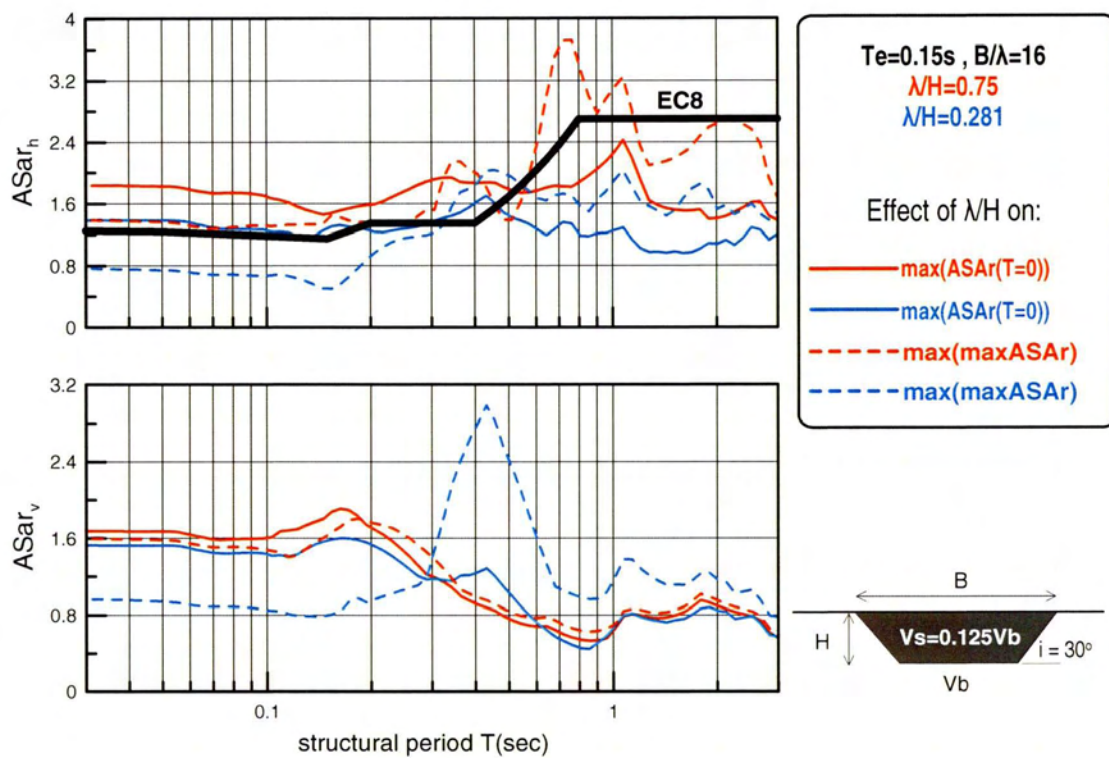


**Σχήμα 6.13** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

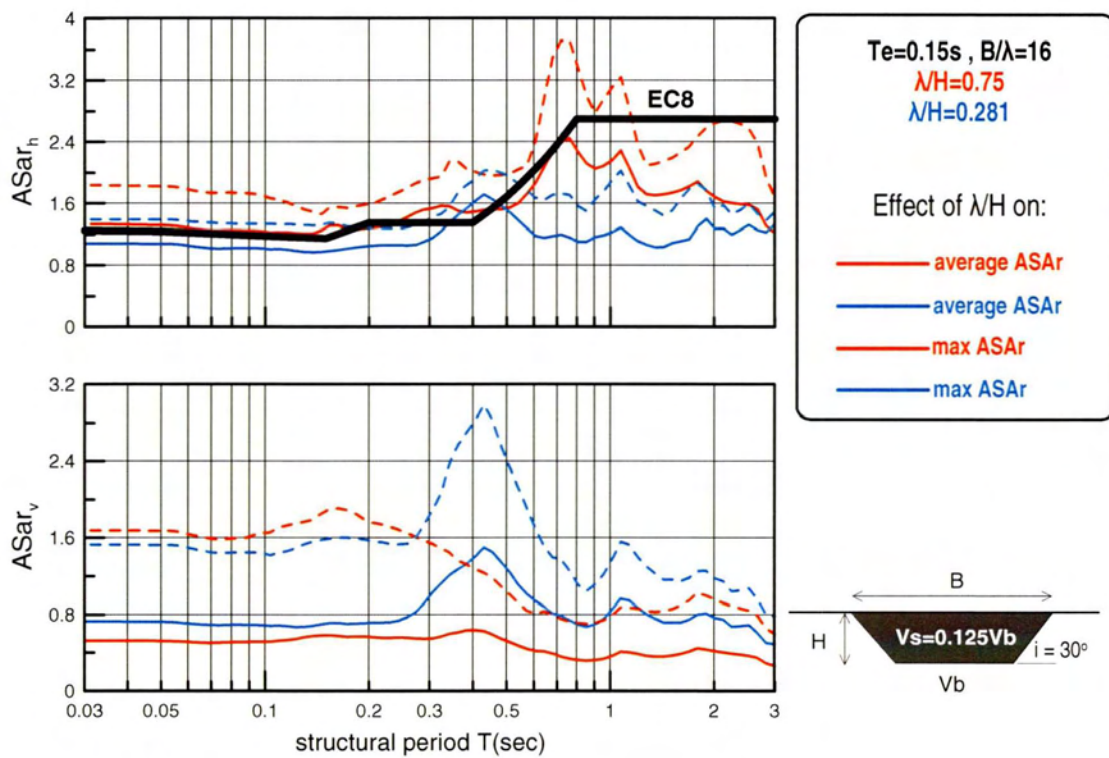




**Σχήμα 6.14** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.15** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 6.16** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



## 6.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΥΡΟΥΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D

Για τη μελέτη της επίδρασης του εύρους της κοιλάδας σε κοιλάδες κατηγορίας εδάφους D με έντονη γεωμορφική επιδείνωση, γίνεται σύγκριση της ανάλυσης #4 με ανάλυση #1. Πρόκειται για μια προσαύξηση εύρους κατά 2.666 φορές. Αν η αύξηση εύρους ήταν ακόμα μεγαλύτερη, θα ξεκαθάριζε πλήρως η απόκριση στα δύο άκρα της κοιλάδας, σε σχέση με εκείνη της ανάλυσης #1 που τα μέγιστα στην οριζόντια φασματική επιτάχυνση παρατηρούνται στο κέντρο.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #4 είναι:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.75=15/20$
- $B/\lambda=16=240/15 \Rightarrow T_{s1D}=4*20/100=0.8\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Η ανάλυση #1 χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=90\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6 \Rightarrow T_{s1D}=0.8\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Στα Σχήματα 6.17 και 6.18, συγκρίνονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων (#4 και #1) και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης. Έτσι τα όρια της εδαφικής λεκάνης κυμαίνονται από  $x/B=-0.5$  έως  $x/B=+0.5$  και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 6.17 αποτυπώνεται χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.18 αποτυπώνεται η χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $\max ASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $\text{average} ASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι των τριών εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους τους αδιάστατους λόγους  $B/\lambda$  και  $\lambda/H$ , τον λόγο εμπέδησης  $\alpha$ , την δεσπόμενη περίοδο διέγερσης  $T_e$  και την ιδιοπερίοδο εδαφικής στρώσης  $T_s, 1D$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, ως προς το πλάτος της κοιλάδας  $B$ .

Στο σχήμα 6.17 παρατηρείται ότι καθώς το πάχος  $B$  της κοιλάδας αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή μετατοπίζεται από άκρα προς το κέντρο της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία εμφανίζεται μετατοπίζεται προς το κέντρο της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.18 παρατηρείται ότι καθώς το πάχος  $B$  της κοιλάδας αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή παραμένει σταθερή στο κέντρο της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς ο αδιάστατος λόγος  $\lambda/H$  αυξάνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται και η θέση στην οποία εμφανίζεται πλησιάζει προς τα άκρα της κοιλάδας.

Στα σχήματα 6.19 και 6.20 συγκρίνονται οι ίδιες τρεις περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την περίοδο κατασκευής. Στο σχήμα 6.19 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahg}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.20 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahg}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avv}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $\max ASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $average ASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Στο σχήμα 6.19 διαπιστώνεται ότι καθώς το πλάτος  $B$  της κοιλάδας αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  μειώνεται, και η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  επίσης μειώνεται.

Ομοίως και στο σχήμα 6.20 παρατηρείται ότι καθώς το πλάτος  $B$  της κοιλάδας αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  μειώνεται, και η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  επίσης μειώνεται.

Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.17 παρατηρούμε ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$



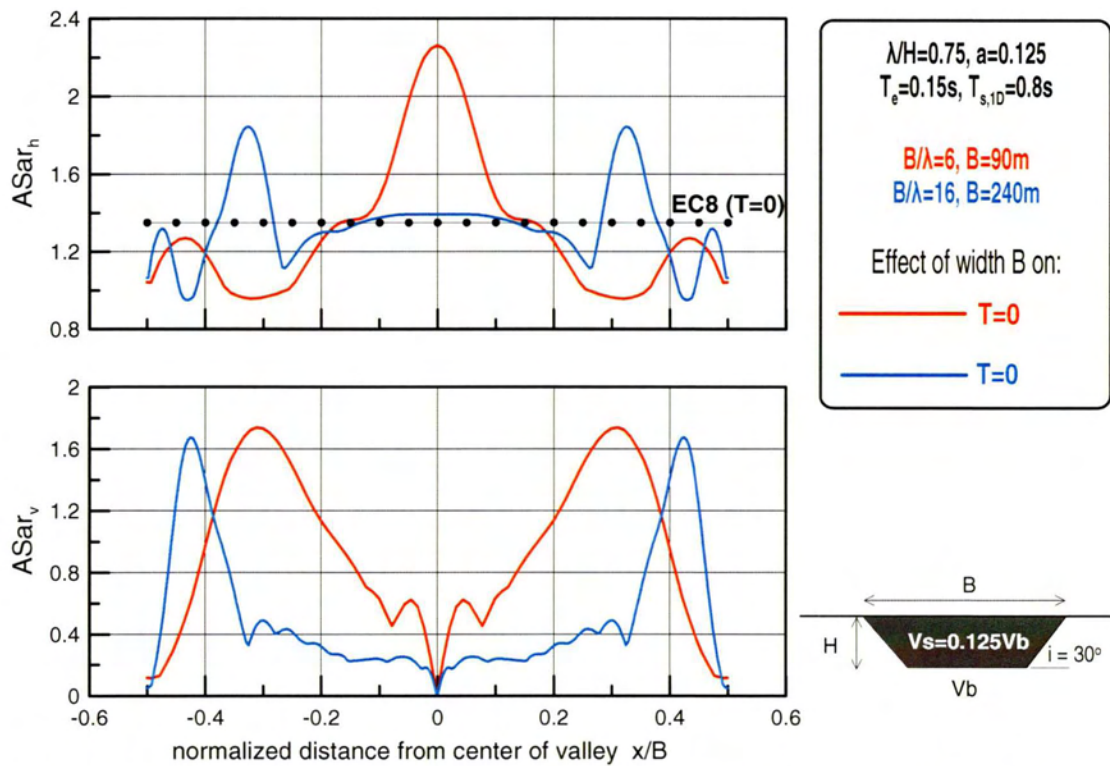


εκτιμάται σωστά τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8 για  $B=90m$ , αλλά υποτιμάται στο κέντρο και υπερτιμάται στα άκρα για  $B=240m$ . Στο σχήμα 6.18 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T>0.8s$  με την καμπύλη της φασματικής φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASaH$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά ορθά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , για κάθε θέση της κοιλάδας, με εξαίρεση την περιοχή που βρίσκεται πολύ κοντά στα άκρα της κοιλάδας. Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T>0.8s$  και για  $T=0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASaH$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας.

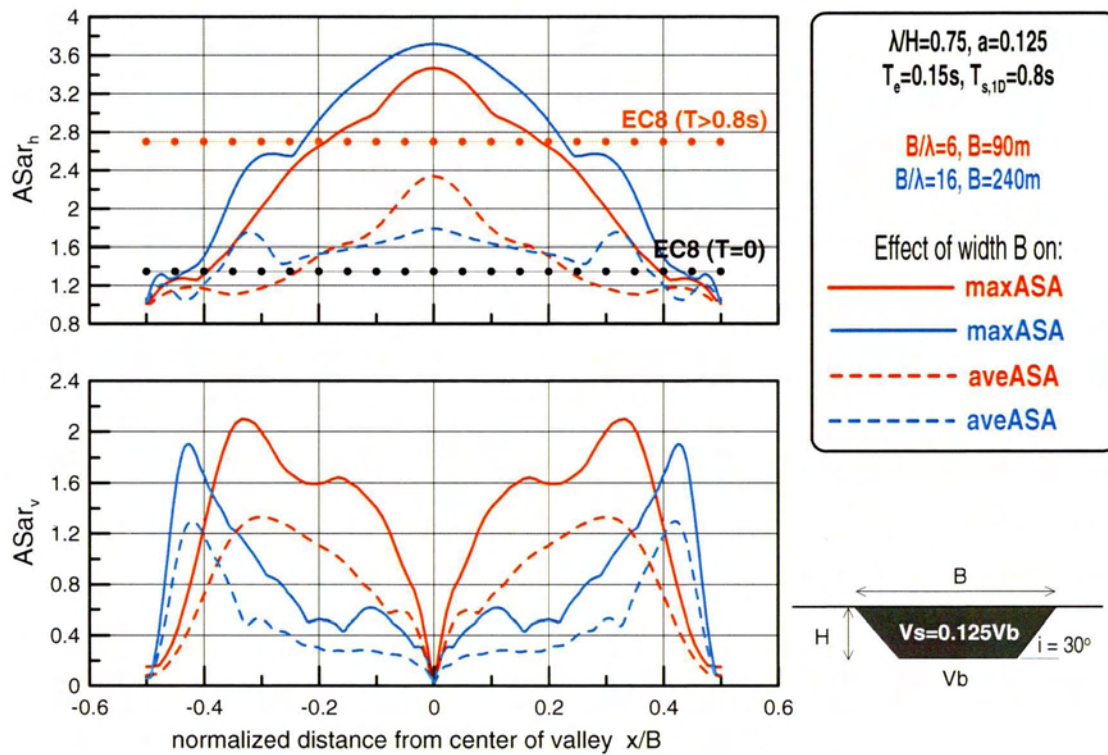
Στο σχήμα 6.19 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASaH$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) για όλες τις αναλύσεις. Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 εξακολουθεί να υποτιμά τις δύο φασματικές ενισχύσεις μέχρι και περίπου  $T=1.5s$ .

Στο σχήμα 6.20 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASaH$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T=0.8s$ ) και για τις δύο αναλύσεις. Για  $T>0.8s$ , παρατηρούμε ότι ο EC8 εξακολουθεί να υποτιμά τις δύο φασματικές ενισχύσεις μέχρι και περίπου  $T=1.5s$ .

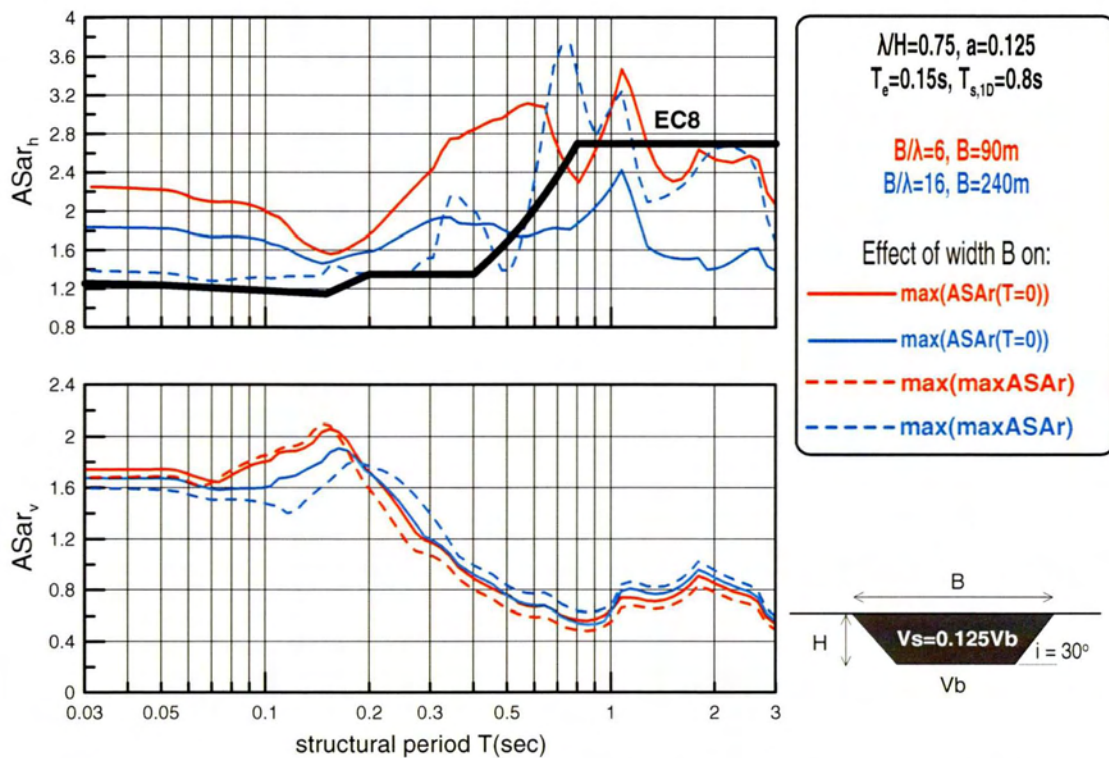




**Σχήμα 6.17** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

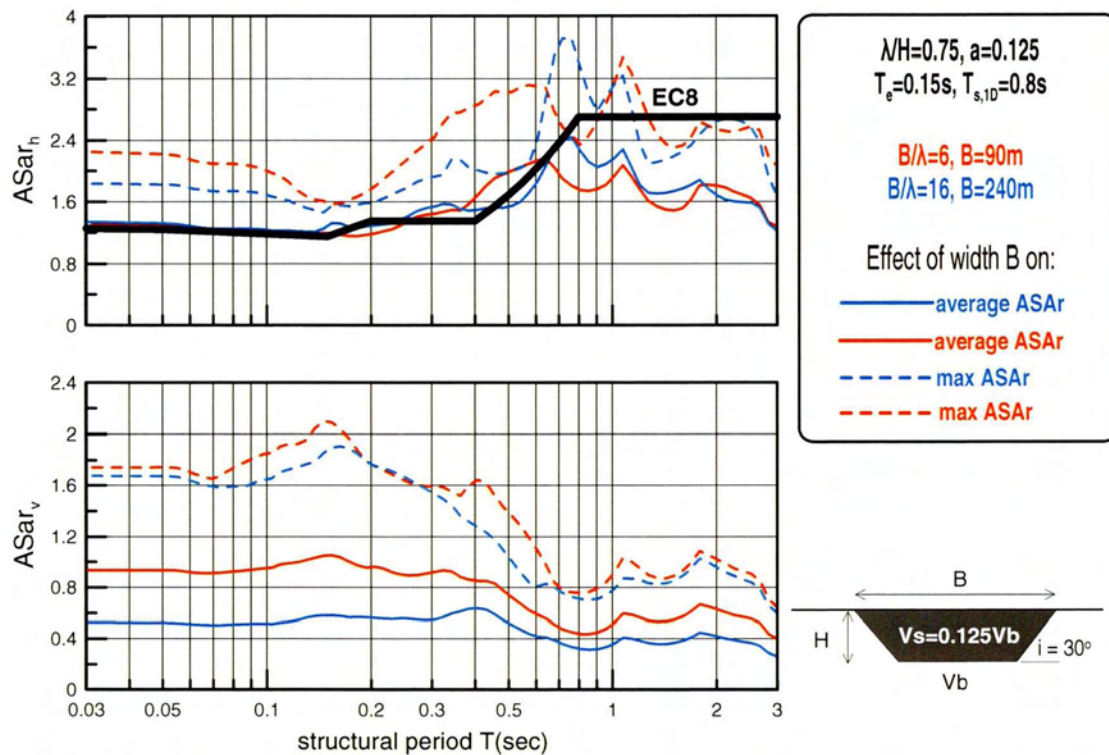


**Σχήμα 6.18** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.19** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύομενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος ASA για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.





**Σχήμα 6.20** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

## 6.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΛΟΓΟΥ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D

Με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης του λόγου εμπέδησης  $\alpha$  σε κοιλάδες κατηγορίας εδάφους D με έντονη γεωμορφική επιδείνωση, γίνεται σύγκριση της ανάλυσης #3 με την ανάλυση #1. Αναγκαστικά, λόγω κατηγορίας D, ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  είναι πολύ μικρός, και διερευνώνται οι αλλαγές που θα προκύψουν, αν γίνει εξαιρετικά μικρός.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #3 είναι:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ ),
- $B=90\text{m}$ ,  $H=20\text{m}$ ,
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$ ,
- $\lambda/H=0.75=15/20$ ;
- $B/\lambda=6=90/15 \Rightarrow T_{s1D}=4*20/100=0.8\text{s}$ ,
- $V_b=1200\text{m/s} \Rightarrow \alpha=0.0833=100/1200$

Η ανάλυση #1 χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=90\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6 \Rightarrow T_{s1D}=0.8\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow \alpha=0.125$

Στα Σχήματα 6.21 και 6.22, συγκρίνονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων (#3 και #1) και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης. Έτσι τα όρια της εδαφικής λεκάνης κυμαίνονται από  $x/B=-0.5$  έως  $x/B=+0.5$  και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 6.21 αποτυπώνεται χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.22 αποτυπώνεται η χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $\max ASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $\text{average} ASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι των τριών εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους τους αδιάστατους λόγους  $B/\lambda$  και  $\lambda/H$ , την δεσπόζουσα περίοδο της διέγερσης  $T_e$  και την ιδιοπερίοδο εδαφικής στρώσης  $T_{s,1D}$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, ως προς την ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $V_s$  και τον λόγο εμπέδησης  $\alpha$ .

Στο σχήμα 6.21 παρατηρείται ότι καθώς ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης μειώνεται (ελαφρώς) και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή παραμένει στο κέντρο. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  μειώνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  αυξάνεται (ελαφρώς) και η θέση στην οποία εμφανίζεται είναι κοντά στα άκρα της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.22 παρατηρείται ότι καθώς ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή παραμένει σταθερή στο κέντρο της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  μειώνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται και η θέση στην οποία εμφανίζεται είναι κοντά στα άκρα της κοιλάδας.

Στα σχήματα 6.23 και 6.24 συγκρίνονται οι ίδιες δύο περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την περίοδο κατασκευής. Στο σχήμα 6.23 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.24 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avv}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $\max ASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $average ASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Στο σχήμα 6.23 διαπιστώνεται εκ νέου η εικόνα των δυο προηγούμενων σχημάτων, δηλαδή ότι καθώς ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  αυξάνεται, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  μειώνεται.

Ομοίως και στο σχήμα 6.24 παρατηρείται ότι καθώς ο λόγος εμπέδησης  $\alpha$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  αυξάνεται, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  παραμένει περίπου ίδια.

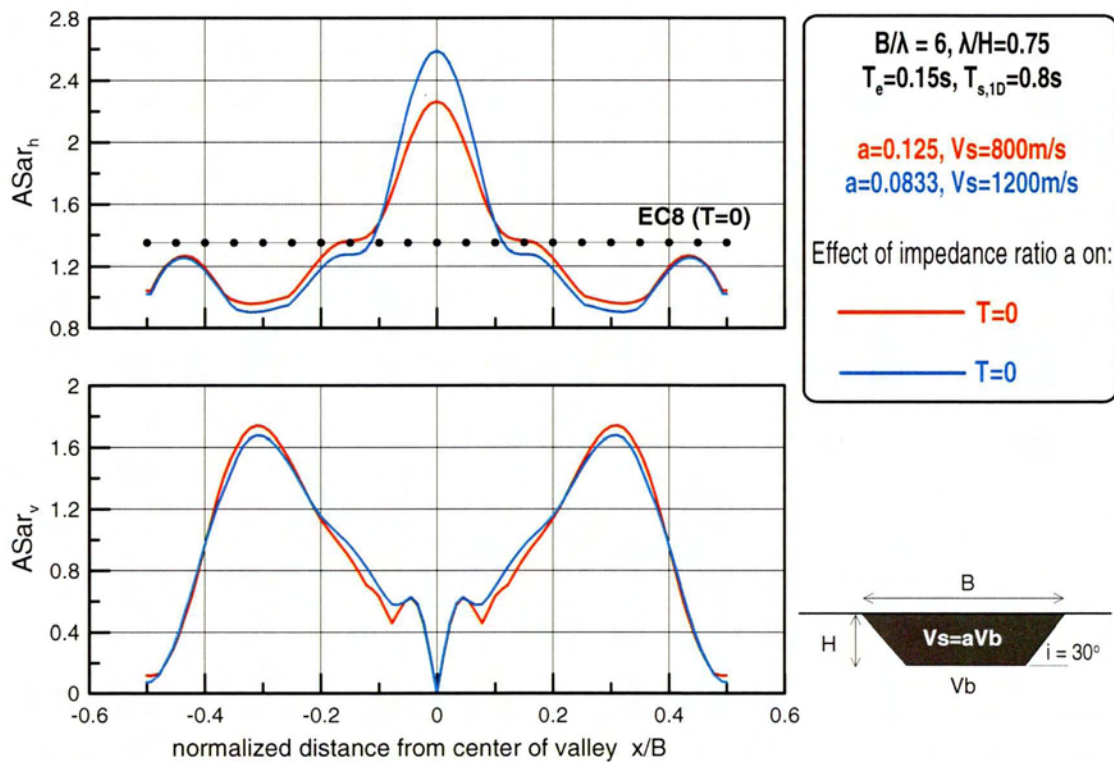
Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.21 παρατηρούμε ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$



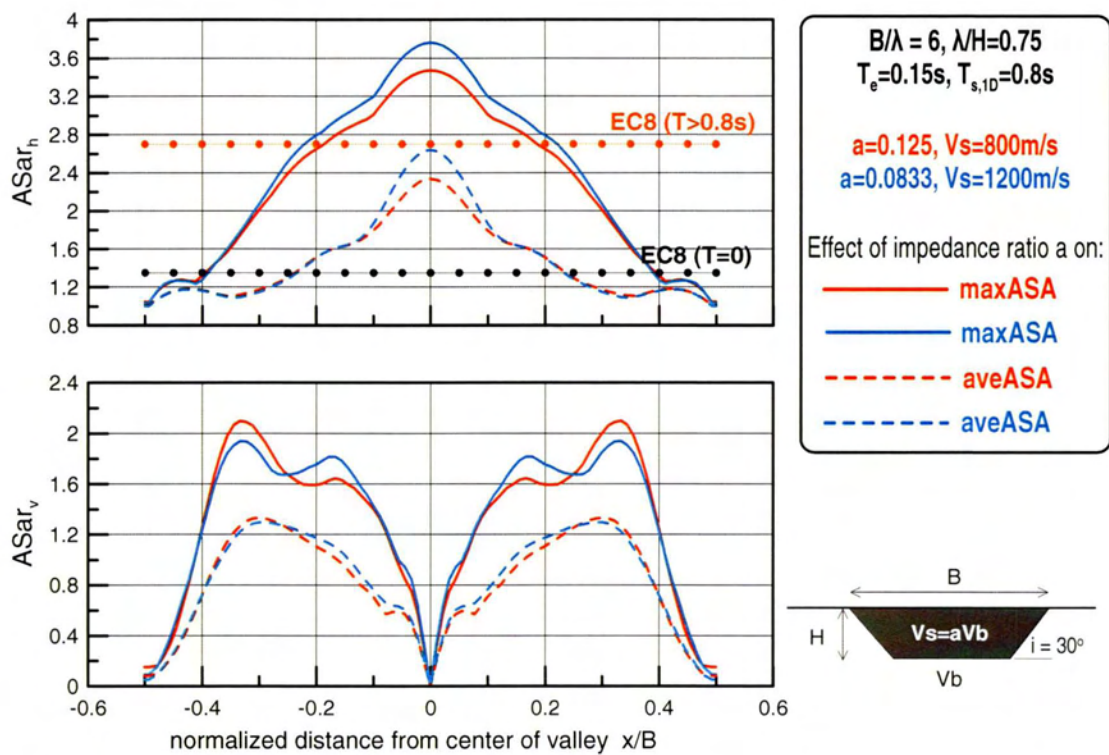
εκτιμάται επαρκώς σωστά τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8. Στο σχήμα 6.22 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T > 0.8s$  με την καμπύλη της φασματικής φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά αρκετά καλά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , για κάθε θέση της κοιλάδας, με εξαίρεση την περιοχή που βρίσκεται πολύ κοντά στα άκρα της κοιλάδας. Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T > 0.8s$  και για  $T = 0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά αρκετά σωστά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.23 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά σημαντικά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T = 0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου και για τις δύο αναλύσεις για όλες τις περιόδους κατασκευής  $T$ .

Στο σχήμα 6.24 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 επίσης υποτιμά σημαντικά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου μέχρι το σημείο όπου ξεκινά το πλατό ( $T = 0.8s$ ) και για τις δύο αναλύσεις για όλες τις περιόδους κατασκευής.

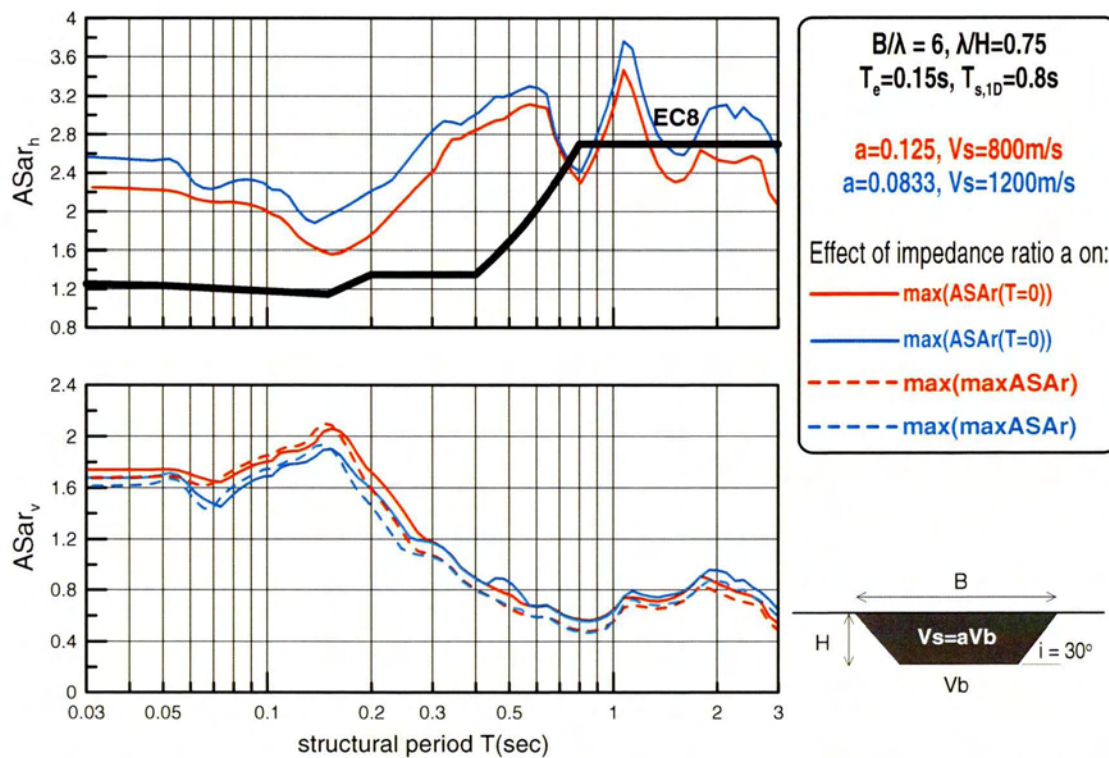


**Σχήμα 6.21** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύομενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ar,h}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{ar,v}$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

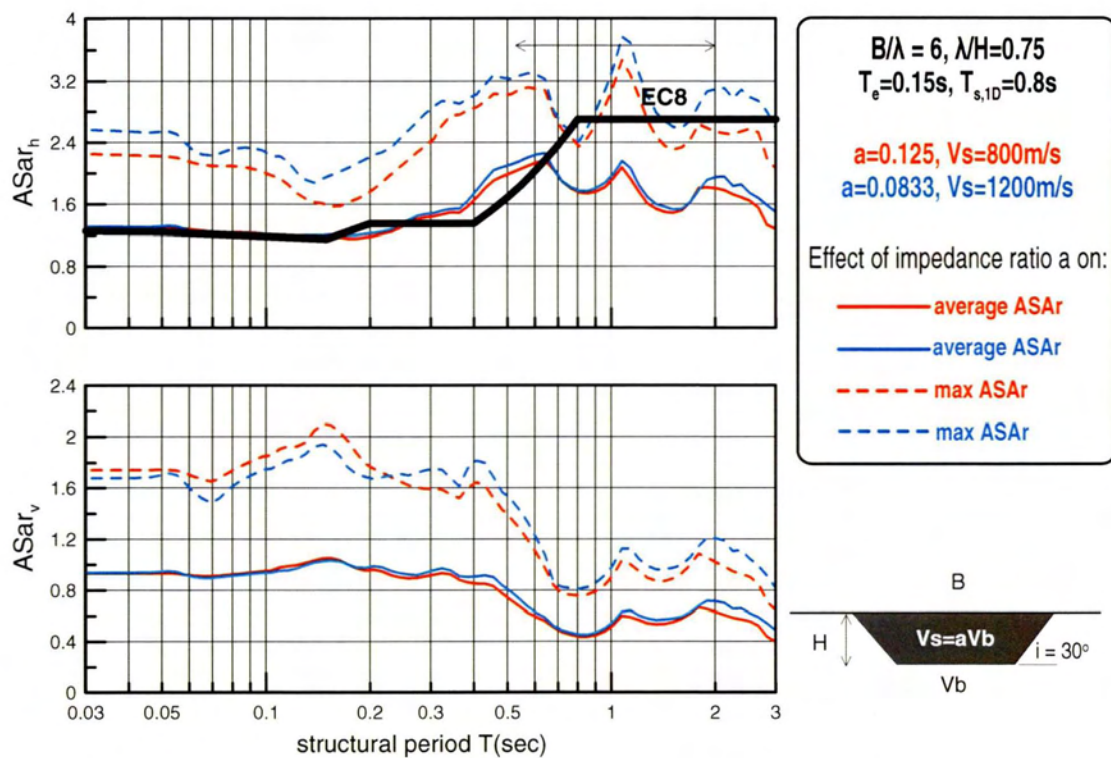


**Σχήμα 6.22** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονιοιστορία Αιγίου





**Σχήμα 6.23** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 6.24** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύομενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{hr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{vr}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

## 6.6 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΕΣΠΟΖΟΥΣΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D

Για τη μελέτη της επίδρασης της δεσπόζουσας περιόδου διέγερσης  $T_e$  σε κοιλάδες κατηγορίας εδάφους D με έντονη γεωμορφική επιδείνωση, γίνεται σύγκριση της ανάλυσης #5 με την ανάλυση #2. Συγκρίνουμε την απόκριση για το άνω άκρο ( $T_e = 0.4\text{sec}$ ) με το κάτω άκρο ( $T_e = 0.15\text{sec}$ ), με βάση το plateau του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού για κατηγορία εδάφους A κατά τον EC8.

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #5 είναι:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 100$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=53.333\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s} \Rightarrow \lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.281=15/53.333$
- $B/\lambda=16 \Rightarrow T_{s1D}=2.13\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #2 είναι οι εξής:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 100$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=53.333\text{m}$
- $T_e=0.4\text{s} \Rightarrow \lambda=40\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6 \Rightarrow T_{s1D}=2.13\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s} \Rightarrow a=0.125$

Στα Σχήματα 6.25 και 6.26, συγκρίνονται τρεις διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων (#5 και #2) και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης. Έτσι τα όρια της εδαφικής λεκάνης κυμαίνονται από  $x/B=-0.5$  έως  $x/B=+0.5$  και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 6.25 αποτυπώνεται χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.26 αποτυπώνεται η χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $\max ASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $\text{average} ASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι των δύο εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους την ιδιοπερίοδο εδαφικής στρώσης  $T_{s,1D}$  και τον λόγο εμπέδησης  $\alpha$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, ως προς την δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $T_e$ .

Στο σχήμα 6.25 παρατηρείται ότι καθώς η δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης  $T_e$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  αυξάνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή μετατίθεται από το κέντρο προς τα άκρα της κοιλάδας, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία εμφανίζεται μετατοπίζεται προς το κέντρο της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.26 παρατηρείται ότι καθώς η δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης  $T_e$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης μειώνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή μετατοπίζεται προς τα άκρα της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς η δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης  $T_e$  μειώνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  αυξάνεται στην καμπύλη  $maxASA$  και μειώνεται για την καμπύλη  $averageASA$ , ενώ η θέση στην οποία εμφανίζεται είναι κοντά στα άκρα της κοιλάδας.

Στα σχήματα 6.27 και 6.28 συγκρίνονται οι ίδιες τρεις περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την περίοδο κατασκευής. Στο σχήμα 6.27 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avr}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.28 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avr}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Στο σχήμα 6.27 διαπιστώνεται ότι καθώς η δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης  $T_e$  μειώνεται η φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  μειώνεται για την καμπύλη της μέγιστης επιτάχυνσης  $maxASA$  και αυξάνεται για την καμπύλη της μέσης επιτάχυνσης  $averageASA$ , ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  παραμένει ίδια για την καμπύλη της μέγιστης επιτάχυνσης  $maxASA$  και αυξάνεται για την καμπύλη της μέσης επιτάχυνσης  $averageASA$ .

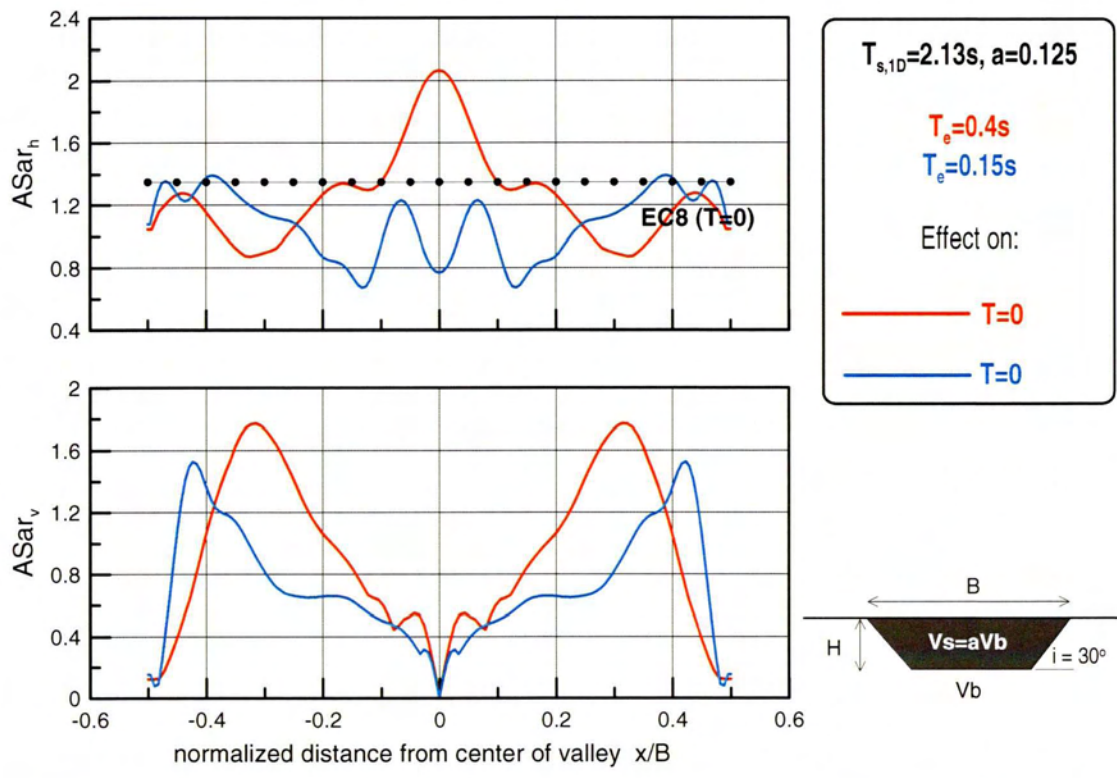
Στο σχήμα 6.28 παρατηρείται ότι καθώς η δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης  $T_e$  μειώνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  αυξάνεται ελαφρώς για την καμπύλη της μέγιστης επιτάχυνσης  $maxASA$  και μειώνεται για την καμπύλη της μέσης επιτάχυνσης  $averageASA$ , ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$

αυξάνεται ελαφρώς για την καμπύλη της μέγιστης επιτάχυνσης  $maxASA$  ενώ για την καμπύλη της μέσης επιτάχυνσης  $averageASA$  μειώνεται για  $T < 0.3s$ , αυξάνεται για  $0.3s < T < 0.5s$  και ξαναμειώνεται για  $T > 0.5s$ .

Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.25 παρατηρούμε ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{ah}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  εκτιμάται σωστά τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8 για  $T_e=0.15s$ , ενώ υπερτιμάται για  $T_e=0.45s$ . Στο σχήμα 6.26 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T > 0.8s$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{ah}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , για κάθε θέση της κοιλάδας, για  $T=0.4s$  και τον υπερτιμά για  $T=0$ . Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T > 0.8s$  και για  $T=0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ah}$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$ , για κάθε θέση της κοιλάδας, για  $T=0.4s$  και τον υπερτιμά για  $T=0.15s$ .

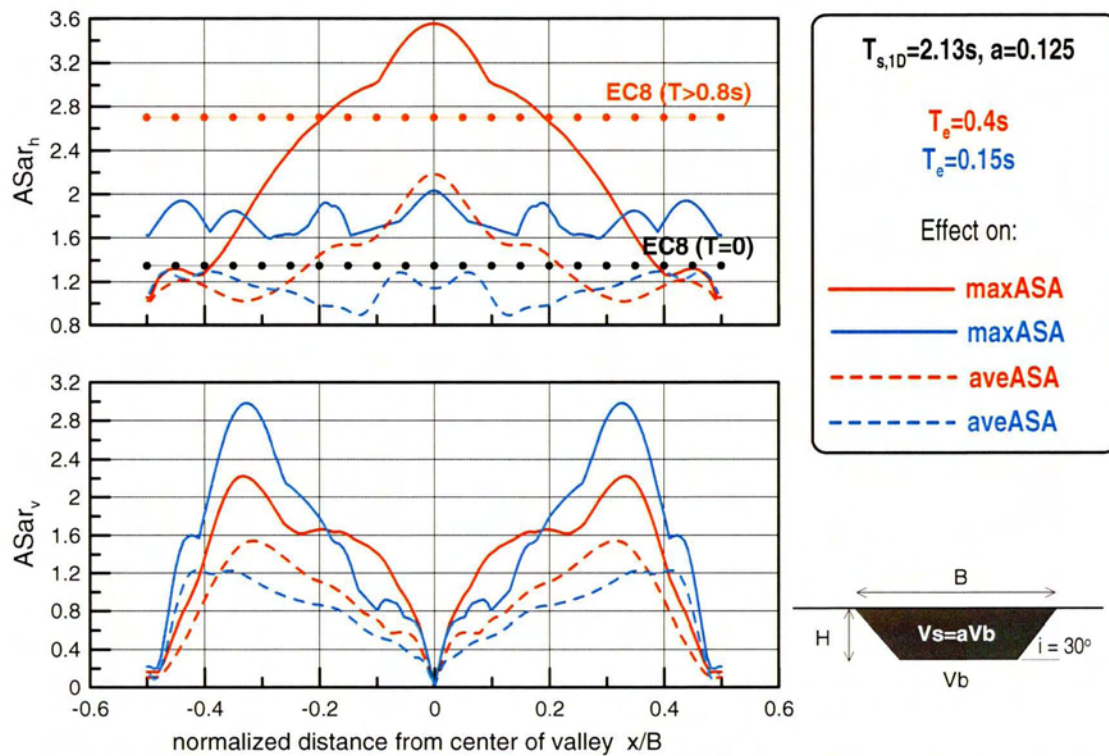
Στο σχήμα 6.27 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ah}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου για όλες τις περιόδους κατασκευής  $T$ , για την ανάλυση #5 με δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $T_e=0.4s$ , ενώ για τις υπόλοιπες καμπύλες η εκτίμηση του είναι επαρκής.

Στο σχήμα 6.28 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ah}$  επιτάχυνσης για την καμπύλη του μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου για όλες τις περιόδους κατασκευής  $T$  για την ανάλυση #5 με δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $T_e=0.4s$ , ενώ για τις υπόλοιπες καμπύλες η εκτίμηση του είναι επαρκής.

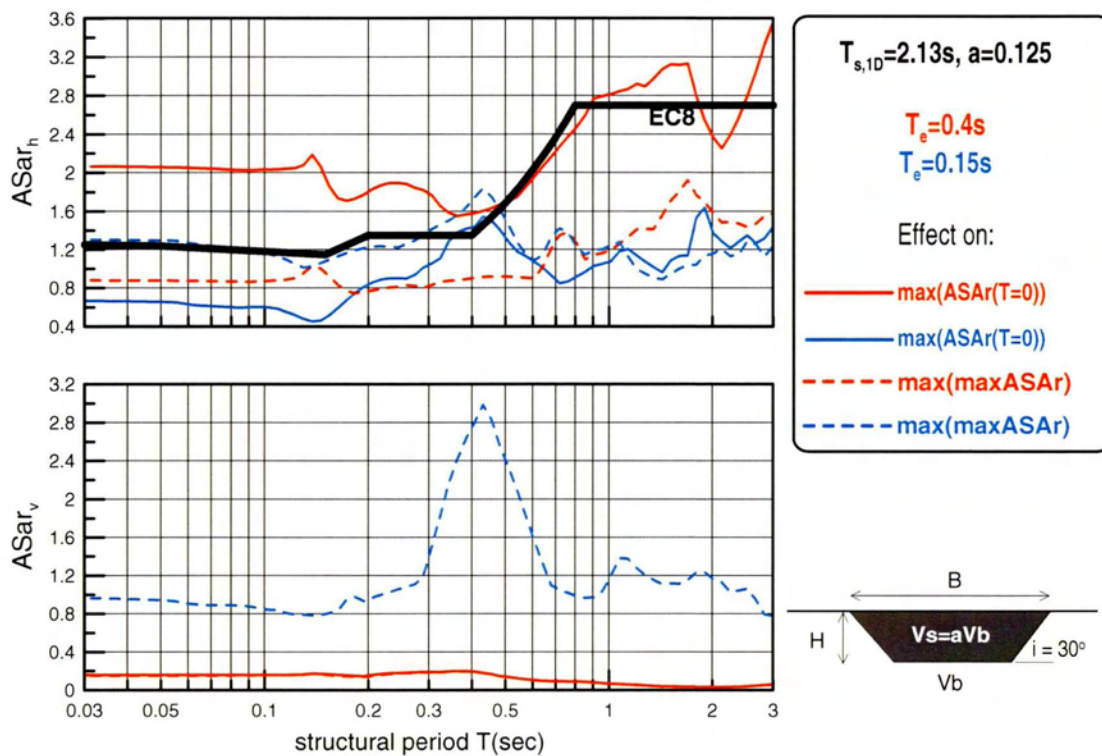


**Σχήμα 6.25** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στους συνδυασμούς κοιλιάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

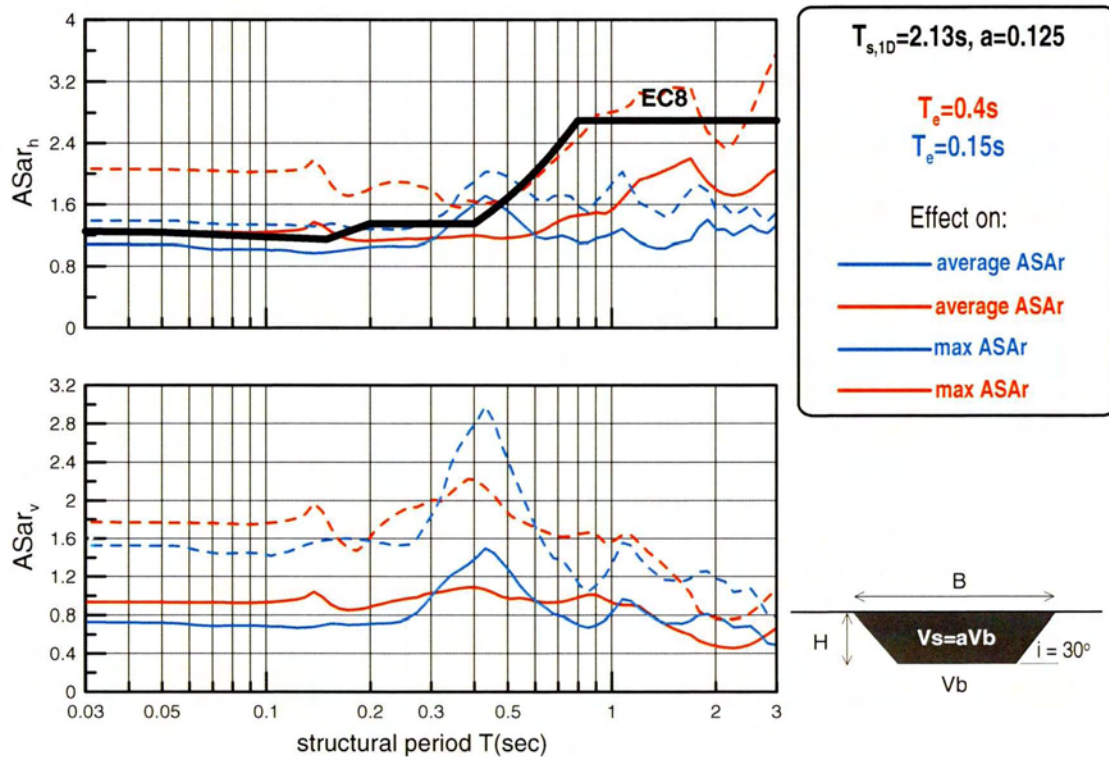




**Σχήμα 6.26** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο maxASA και τον μέσο φασματικό λόγο averageASA για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.27** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 6.28** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



## 6.7 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ Ts1D ΣΕ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ D

Για την μελέτη της επίδρασης της ιδιοπεριόδου εδαφικής στρώσης Ts1D σε κοιλάδες κατηγορίας εδάφους D, γίνεται σύγκριση της ανάλυσης #2 με την ανάλυση #1. Στην περίπτωση αυτή, κρατήθηκαν ίδιες όλες οι αδιάστατες παράμετροι γεωμορφικής επιδείνωσης, και άλλαξε το Ts1D, κρατώντας όμως ίδιο το λόγο Ts1D/Te (δηλαδή αναμένουμε ίδια 1Δ ενίσχυση ή απομείωση του κραδασμού).

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι της ανάλυσης #2 είναι οι εξής:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 100$ )
- $B=240\text{m}$
- $H=53.333\text{m}$
- $T_e=0.4\text{s}\Rightarrow\lambda=40\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6\Rightarrow T_{s1D}=2.13\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s}\Rightarrow a=0.125$

Η ανάλυση #1 χαρακτηρίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- $V_s=100\text{m/s}$ , ( $V_{s30}= 141.2$ )
- $B=90\text{m}$
- $H=20\text{m}$
- $T_e=0.15\text{s}\Rightarrow\lambda=15\text{m}$
- $\lambda/H=0.75$
- $B/\lambda=6\Rightarrow T_{s1D}=0.8\text{s}$
- $V_b=800\text{m/s}\Rightarrow a=0.125$

Στα Σχήματα 6.29 και 6.30, συγκρίνονται δύο διαφορετικές περιπτώσεις αναλύσεων (#2 και #1) και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης. Έτσι τα όρια της εδαφικής λεκάνης κυμαίνονται από  $x/B=-0.5$  έως  $x/B=+0.5$  και στις δύο περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στο σχήμα 6.29 αποτυπώνεται χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.30 αποτυπώνεται η χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $\max ASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $average ASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Συγκρίνονται οι φασματικοί λόγοι των τριών εδαφικών λεκανών με κοινές παραμέτρους τους αδιάστατους λόγους  $B/\lambda$  και  $\lambda/H$ , και τον λόγο  $T_{s,1D}/T_e$ . Οι δυο αναλύσεις διαφέρουν, ως προς την περίοδο διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  και την δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $T_e$ .

Στο σχήμα 6.29 παρατηρείται ότι καθώς η  $\eta$  η περίοδος διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται και η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή είναι το κέντρο της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς η περίοδος διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  αυξάνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  παραμένει περίπου η ίδια και εμφανίζεται κοντά στα άκρα της κοιλάδας.

Στο σχήμα 6.30 παρατηρείται ότι καθώς η περίοδος διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  επίσης αυξάνεται ελαφρώς για την καμπύλη της μέγιστης επιτάχυνσης  $maxASA$  και μειώνεται για την καμπύλη της μέσης επιτάχυνσης  $averageASA$  ενώ η θέση στην οποία παρουσιάζεται αυτή παραμένει σταθερή στο κέντρο της κοιλάδας. Επίσης, παρατηρείται ότι καθώς η περίοδος διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  αυξάνεται, η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  παραμένει ίδια ελαφρώς για την καμπύλη της μέγιστης επιτάχυνσης  $maxASA$  και αυξάνεται για την καμπύλη της μέσης επιτάχυνσης  $averageASA$ . Η θέση στην οποία εμφανίζεται είναι κοντά στα άκρα της κοιλάδας.

Στα σχήματα 6.31 και 6.32 συγκρίνονται οι ίδιες τρεις περιπτώσεις αναλύσεων και αποτυπώνονται οι φασματικές ενισχύσεις της οριζόντιας ( $A_h$ ) και κατακόρυφης ( $A_v$ ) παρασιτικής επιτάχυνσης σε σχέση με την περίοδο κατασκευής. Στο σχήμα 6.31 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδεδυμένο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου, ενώ στο σχήμα 6.32 αποτυπώνεται η φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδεδυμένο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{ahr}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{avv}$  επιτάχυνσης για την καμπύλη του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

Στο σχήμα 6.31 διαπιστώνεται ότι καθώς η περίοδος διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  μειώνεται τόσο για την καμπύλη του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  όσο και για την καμπύλη του μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$ , ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  αυξάνεται και για τις δύο περιπτώσεις.

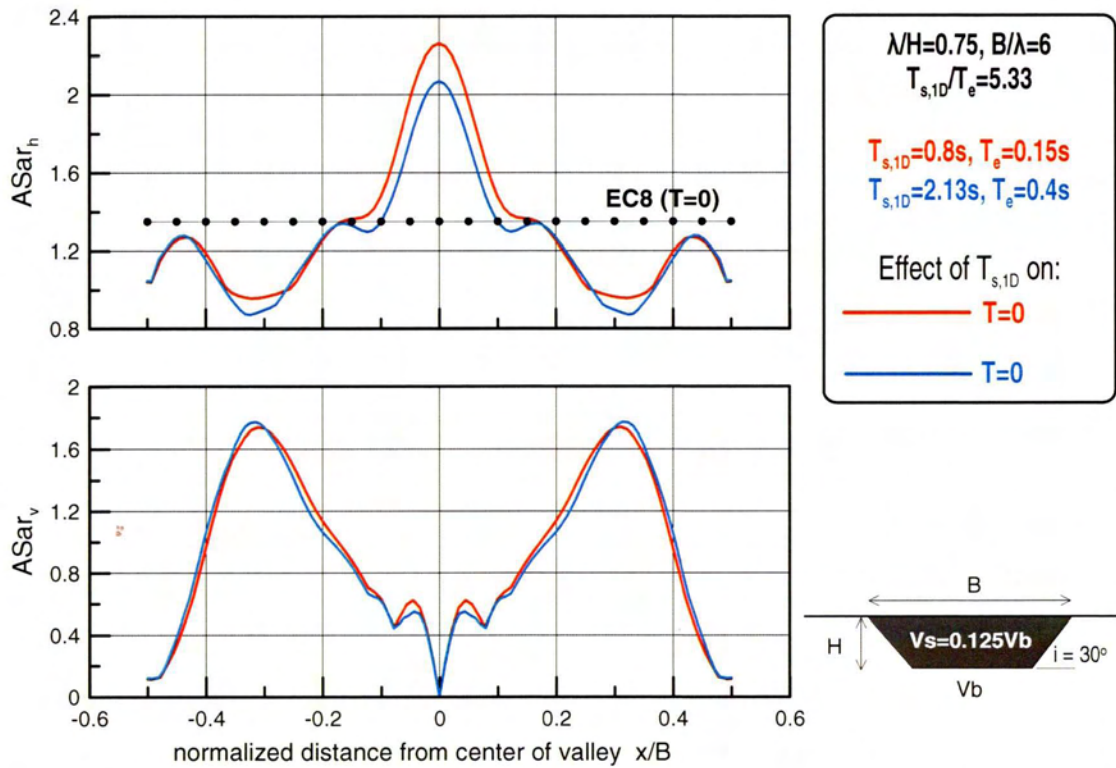
Αντίστοιχα στο σχήμα 6.32 παρατηρείται ότι η περίοδος διάδοσης των διατμητικών κυμάτων στο έδαφος  $T_{s,1D}$  αυξάνεται η μέγιστη φασματική ενίσχυση  $AS_{arh}$  μειώνεται τόσο για την καμπύλη του μέγιστου όσο και για αυτή του μέσου φασματικού λόγου, ενώ η κατακόρυφη παρασιτική επιτάχυνση  $AS_{arv}$  αυξάνεται και για τις δύο περιπτώσεις.

Όσον αφορά στη σύγκριση με τον EC8, στο σχήμα 6.29 παρατηρούμε ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  εκτιμάται σωστά τόσο στο κέντρο όσο και στα άκρα από τον EC8. Στο σχήμα 6.30 συγκρίνοντας την καμπύλη του EC8 για  $T>0.8s$  με την καμπύλη της φασματικής φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$ , για κάθε θέση της κοιλάδας, με εξαίρεση την περιοχή που βρίσκεται πολύ κοντά στα άκρα της κοιλάδας. Έπειτα, στο ίδιο σχήμα, συγκρίνοντας τη ζώνη που δημιουργείται μεταξύ των δύο καμπυλών του EC8 για  $T>0.8s$  και για  $T=0$  με την καμπύλη της φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδυσόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας, παρατηρείται ότι ο EC8 εκτιμά σωστά τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  στο κέντρο της κοιλάδας, αλλά την υπερτιμά ελαφρώς κοντά στα άκρα.

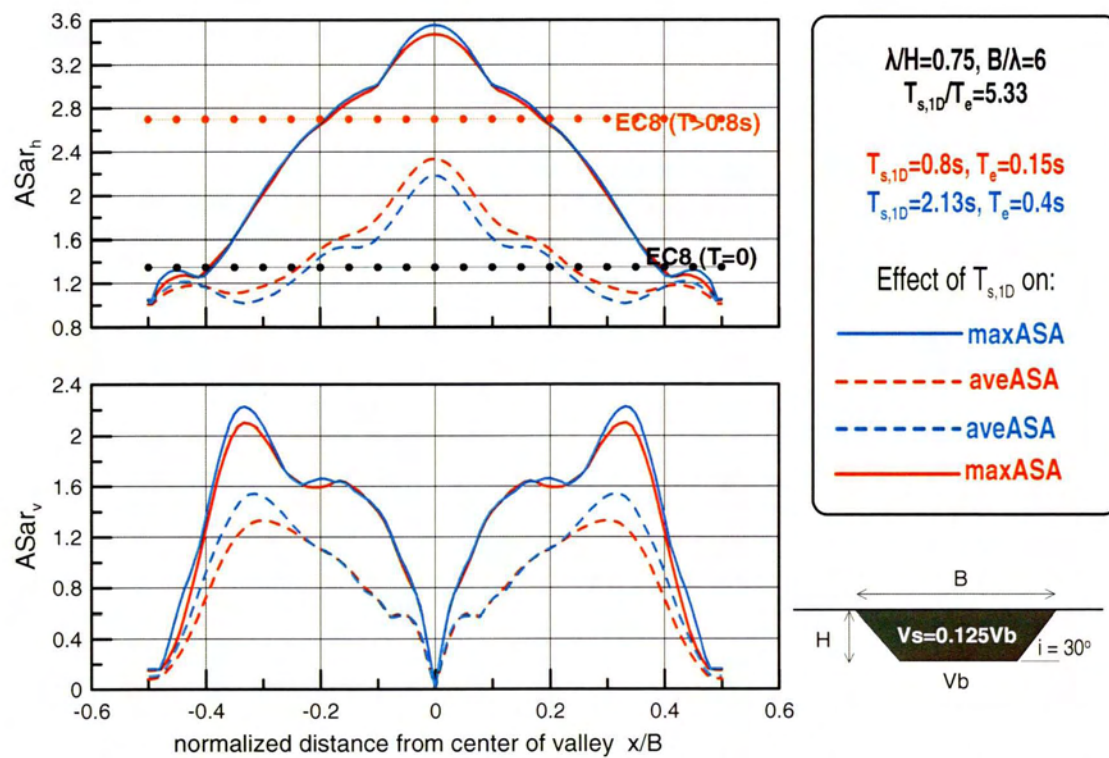
Στο σχήμα 6.31 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυσόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου για όλες τις περιόδους κατασκευής  $T$ , και για τις δύο αναλύσεις, με πιο έντονη υποτίμηση στην ανάλυση #2 με ιδιοπερίοδο εδαφικής στρώσης  $T_{s,1D}=0.8s$  και δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $T_e=0.15s$ .

Στο σχήμα 6.32 παρατηρούμε ότι η καμπύλη του EC8 υποτιμά την φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυσόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  του μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου για όλες τις περιόδους κατασκευής  $T$ , και για τις δύο αναλύσεις, με πιο έντονη υποτίμηση στην ανάλυση #2 με ιδιοπερίοδο εδαφικής στρώσης  $T_{s,1D}=0.8s$  και δεσπόζουσα περίοδο διέγερσης  $T_e=0.15s$ .

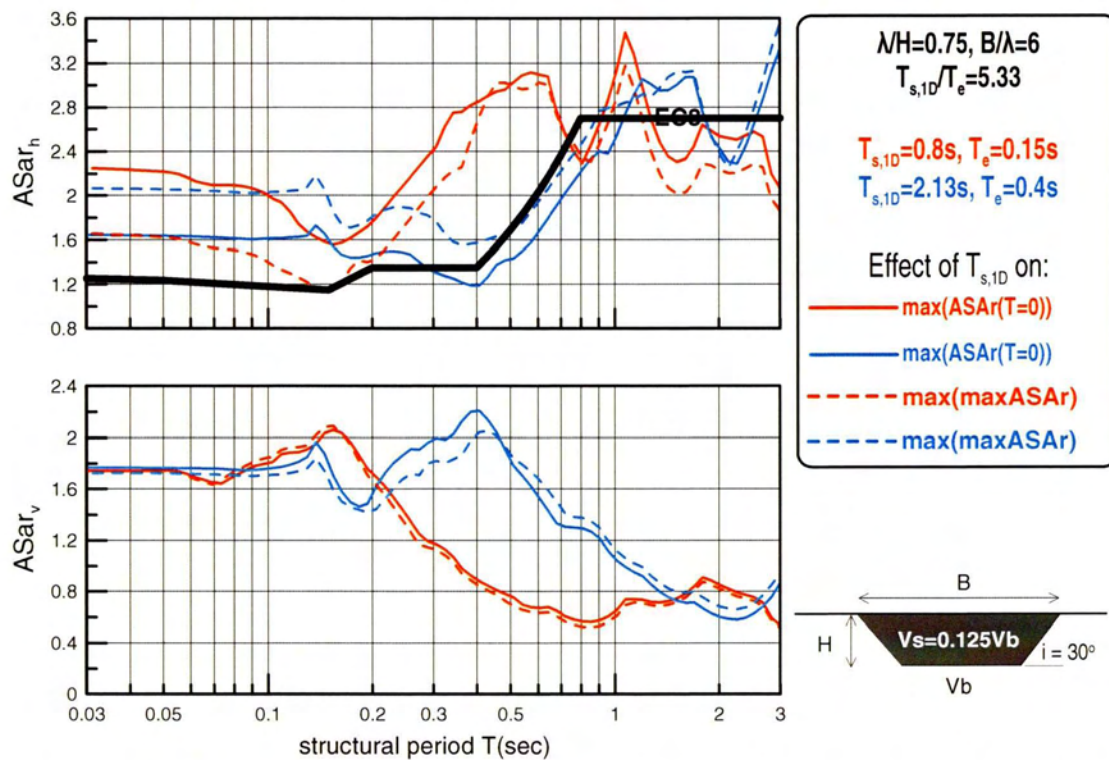




**Σχήμα 6.29** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύομενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

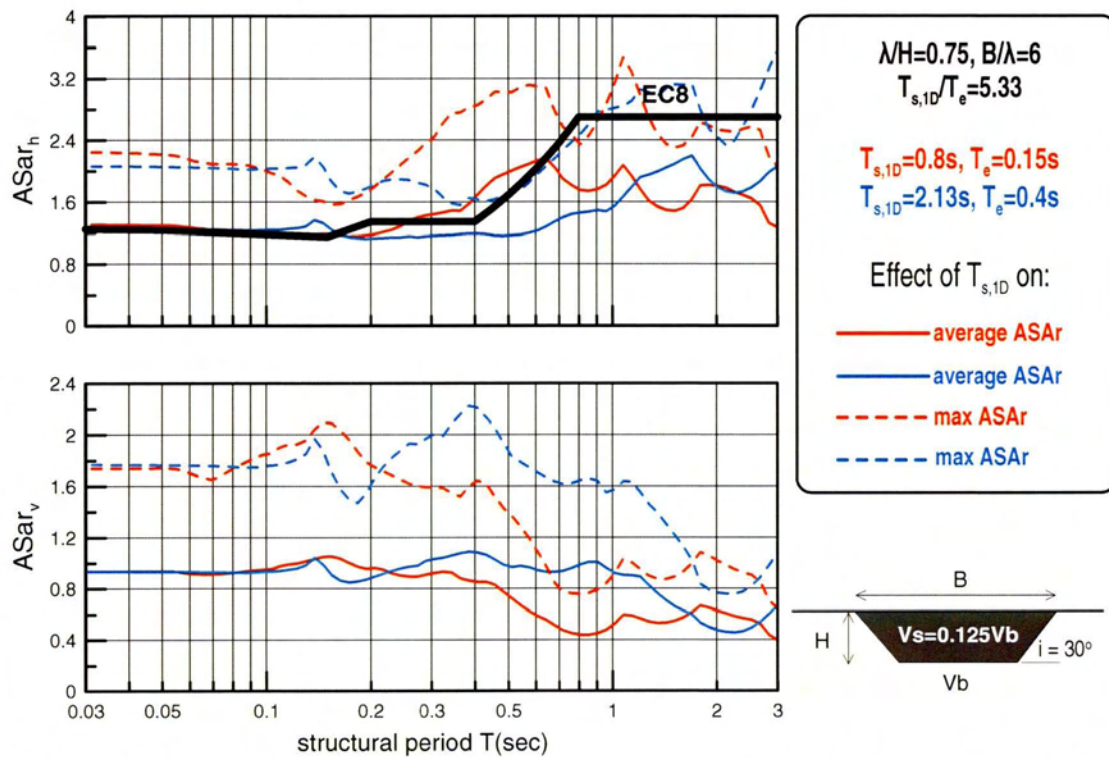


**Σχήμα 6.30** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_r$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο maxASA και τον μέσο φασματικό λόγο averageASA για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονιοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.31** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλιάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.





**Σχήμα 6.32** Φασματική ενίσχυση (ως προς το αναδύμενο υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

## 6.8 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ EC8 ΣΕ «ΜΑΛΑΚΕΣ» ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ

Στο υποκεφάλαιο αυτό, γίνεται προσπάθεια συνολικής αξιολόγησης του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού κατηγορίας εδάφους D του EC8 σε «μαλακές» εδαφικές κοιλάδες. Για το σκοπό αυτό συγκρίνονται όλες οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 με τις προβλέψεις του EC8.

Στα Σχήματα 6.33, 6.34 και 6.35 συγκρίνονται οι εννιά (9) περιπτώσεις κοιλάδας-διέγερσης που αναλύθηκαν εδώ, με την αποτύπωση των φασματικών ενισχύσεων  $AS_{arh}$  και  $AS_{arv}$  (ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο) σε σχέση με την οριζόντια απόσταση  $x$  από τον άξονα συμμετρίας της λεκάνης, κανονικοποιημένης ως προς το πλάτος  $B$  της εκάστοτε εδαφικής λεκάνης (στη μορφή των σχημάτων 6.1 και 6.2). Με άλλα λόγια, στο σχήμα 6.33 η έμφαση είναι στη ενίσχυση της μέγιστης επιτάχυνσης ( $T=0sec$ ), στο σχήμα 6.34 η έμφαση είναι σε όρους μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  ενώ στο σχήμα 6.35 η έμφαση είναι στο μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας.

Επιπλέον, στα Σχήματα 6.36 έως 6.39 συγκρίνονται οι φασματικές ενισχύσεις  $AS_{arh}$  και  $AS_{arv}$  ως προς την περίοδο κατασκευής (στη γνωστή μορφή των σχημάτων 6.3 και 6.4) για τις ίδιες εννιά (9) περιπτώσεις κοιλάδας-διέγερσης. Τα σχήματα αυτά διαφέρουν ως προς τη φασματική ενίσχυση που αποτυπώνουν για κάθε ανάλυση και συγκεκριμένα: το 6.36 αφορά στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA_T$  για περίοδο  $T=0sec$ , ενώ τα 6.37 και 6.38 επικεντρώνονται στις καμπύλες μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  κατά μήκος της κοιλάδας. Σε όλα τα ανωτέρω σχήματα συμπεριλαμβάνονται και οι προβλέψεις του EC8, χάριν σύγκρισης.

Με βάση το σχήμα 6.33 προκύπτει ότι η φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $AS_{arh}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  έχει μεγάλο εύρος (από 0.3 έως 2.7), με την τιμή 1.35 να μπορεί να θεωρηθεί ως μια μέση τιμή του συνολικού εύρους, αλλά όχι μια μέση τιμή των αναλύσεων. Συγκεκριμένα, οι πλείστες των αναλύσεων οδηγούν σε ενισχύσεις μεγαλύτερες του 1.35, ειδικά στο κέντρο των κοιλάδων ( $x/B$  από -0.1 έως +0.1) όπου η τιμή 1.35 κρίνεται ως μη-συντηρητική, σε αντίθεση με τα άκρα των κοιλάδων όπου κρίνεται ως ρεαλιστική τιμή. Σε ό,τι αφορά στη φασματική ενίσχυση της παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{arv}$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$ , ο EC8 δεν κάνει κάποια πρόβλεψη, ενώ οι τιμές μπορούν να είναι αρκετά σημαντικές (από 0.4 έως οριακά 1.8).

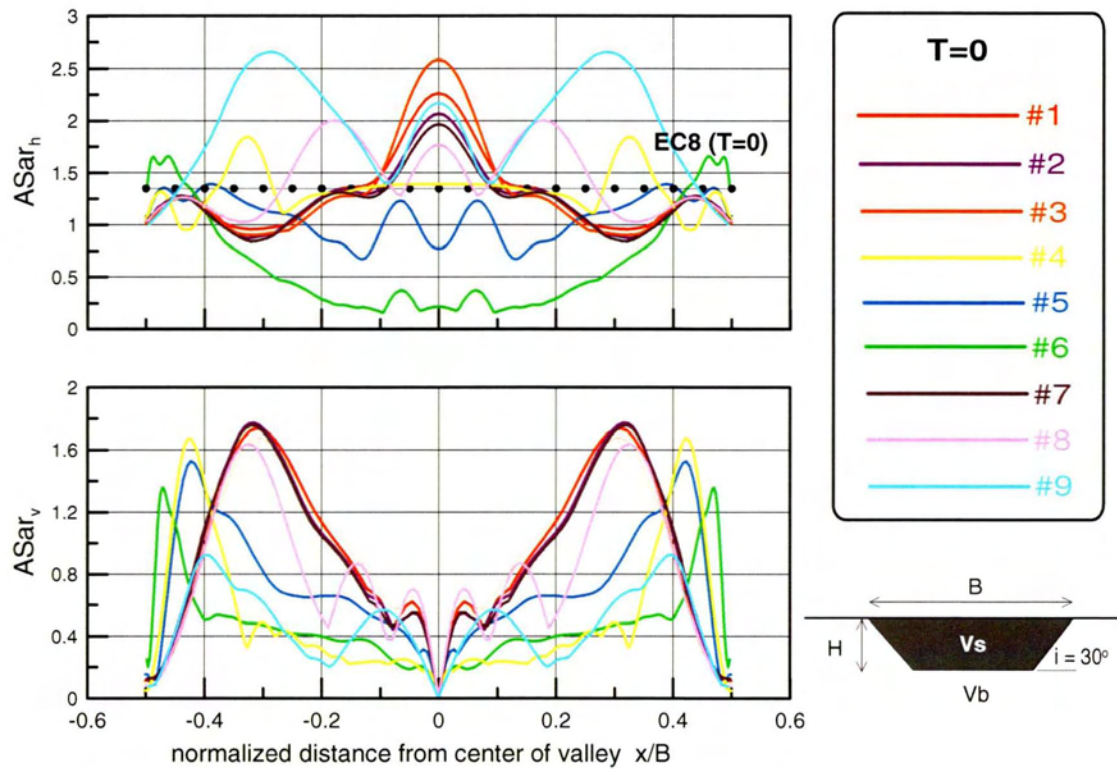
Στο σχήμα 6.34 προκύπτει ότι οι μέγιστες φασματικές ενισχύσεις στην οριζόντια συνιστώσα έχουν μεγάλο εύρος (από 0.7 έως 4.4), και η τιμή του EC8 για  $T>0.8s$  (μέγιστη ενίσχυση) μπορεί να θεωρηθεί μια μέση τιμή του συνολικού εύρους, αλλά όχι μια μέση τιμή των αναλύσεων. Συγκεκριμένα, οι περισσότερες από τις

αναλύσεις οδηγούν σε ενισχύσεις μεγαλύτερες ειδικά στο κέντρο των κοιλάδων ( $x/B$  από  $-0.2$  έως  $+0.2$ ), σε αντίθεση με τα άκρα των κοιλάδων όπου η πρόβλεψη του EC8 κρίνεται ως υπερ-συντηρητική. Σε ό,τι αφορά στη φασματική ενίσχυση της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης φασματικής επιτάχυνσης, ο EC8 δεν κάνει κάποια πρόβλεψη, ενώ οι τιμές μπορούν να είναι πολύ σημαντικές (από  $0.6$  έως οριακά  $3.0$ ).

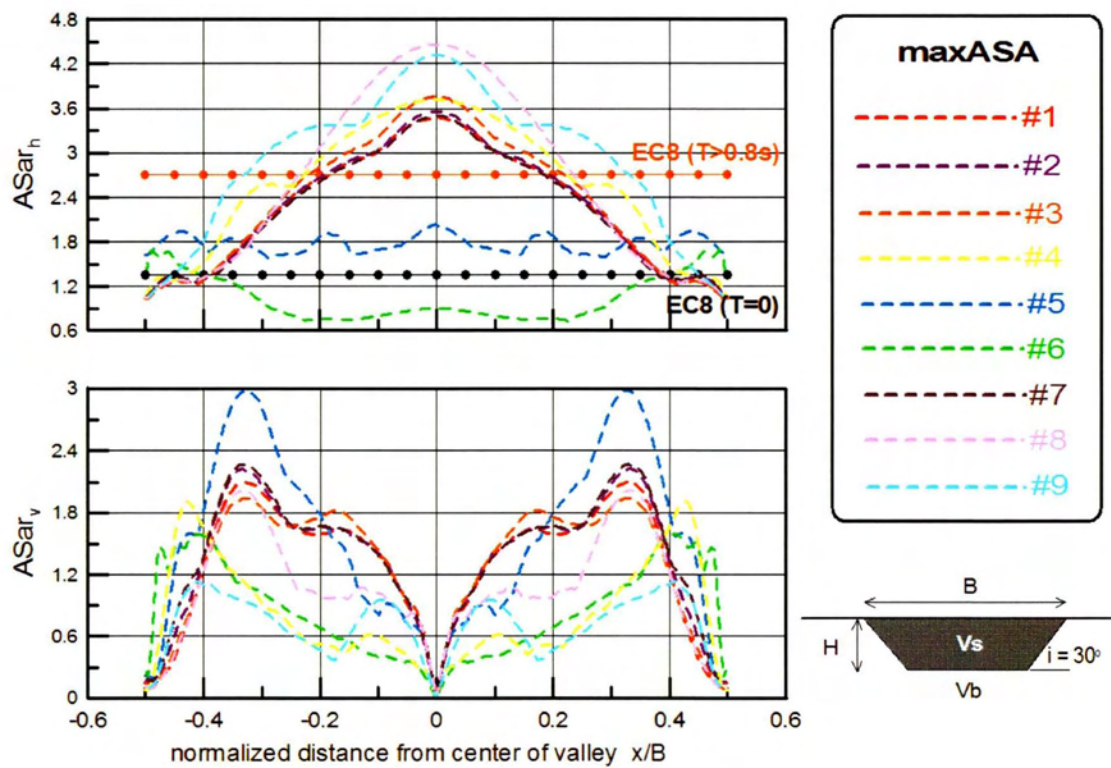
Αντίστοιχα, στο σχήμα 6.35 προκύπτει ότι οι μέσες φασματικές ενισχύσεις στην οριζόντια συνιστώσα έχουν μεγάλο εύρος (από  $0.5$  έως  $2.7$ ), και η τιμή του EC8 για τη μέση φασματική ενίσχυση (μέση του εύρους από γραμμές για  $T = 0s$  και  $T > 0.8s$ ) μπορεί να θεωρηθεί μη-συντηρητική στο κέντρο των κοιλάδων ( $x/B$  από  $-0.2$  έως  $+0.2$ ), σε αντίθεση με τα άκρα όπου η πρόβλεψη του EC8 είναι μάλλον υπερ-συντηρητική. Σε ό,τι αφορά στη φασματική ενίσχυση της μέσης παρασιτικής κατακόρυφης φασματικής επιτάχυνσης, ο EC8 δεν κάνει κάποια πρόβλεψη, ενώ οι τιμές μπορούν να είναι αρκετά σημαντικές (από  $0.5$  έως οριακά  $1.5$ ).

Το ενδιαφέρον στο σχήμα 6.36 είναι ότι στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA_T$  για περίοδο  $T=0sec$ , η πρόβλεψη του EC8 είναι το κάτω όριο όλων των αναλύσεων και μέχρι  $T = 0.4sec$ . Σε μεγαλύτερες περιόδους, ο EC8 δείχνει πιο ρεαλιστικός, και ειδικά για  $T > 0.8sec$  διαφαίνεται ότι αποτελεί μια καλή εκτίμηση της μέγιστης ενίσχυσης. Επιπλέον στο σχήμα αυτό προκύπτει ότι για την παρασιτική κατακόρυφη φασματική ενίσχυση, δεν προβλέπονται από τον EC8 επιταχύνσεις ειδικά για σχετικά μικρές περιόδους κατασκευής. Η εικόνα είναι λίγο έως πολύ αντίστοιχη και για το μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  κατά μήκος της κοιλάδας (σχήμα 6.37), όπου ο EC8 κρίνεται έντονα μη-συντηρητικός για  $T < 0.8sec$  και ρεαλιστικός για μεγάλες περιόδους. Η κρίση για τον EC8 είναι κάπως ευμενέστερη, αν κανείς επικεντρωθεί στο μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  κατά μήκος της κοιλάδας, καθώς ο EC8 κρίνεται ρεαλιστικός για  $T < 0.8sec$  και μάλλον υπερσυντηρητικός για  $T > 0.8sec$ . Σε κάθε περίπτωση, η μη-πρόβλεψη του EC8 για παρασιτικές κατακόρυφες επιταχύνσεις κρίνεται ως ιδιαίτερα επικίνδυνη.

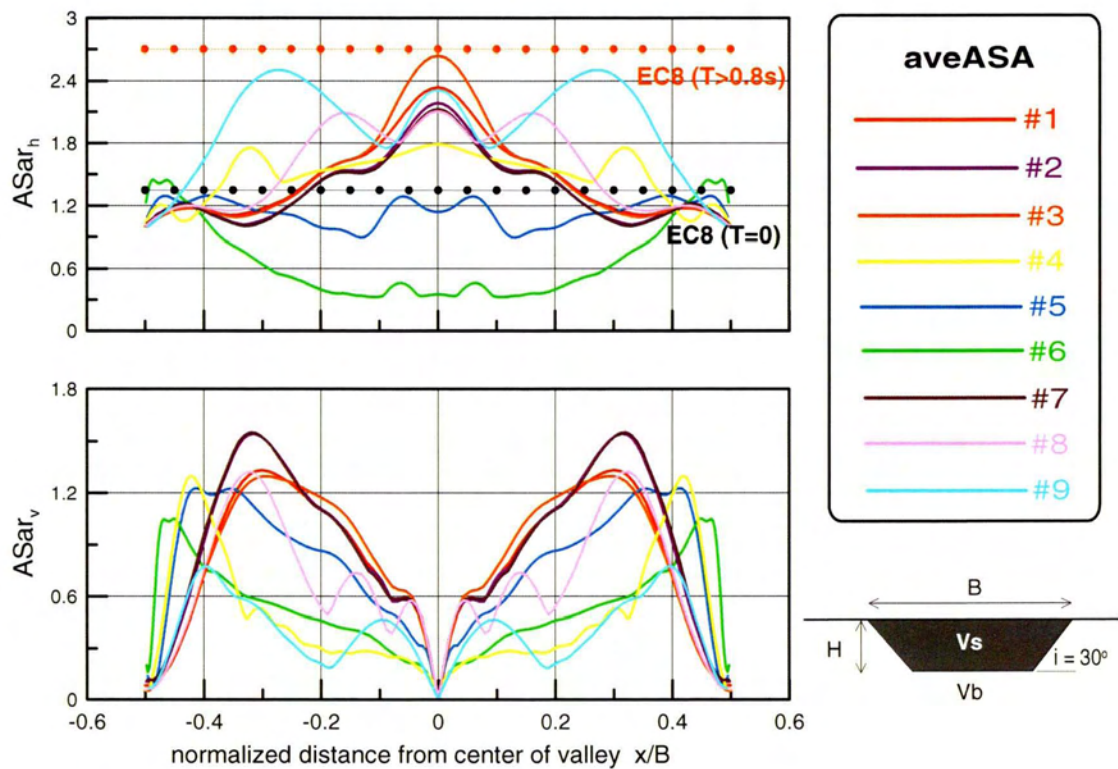




**Σχήμα 6.33** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1 έως #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

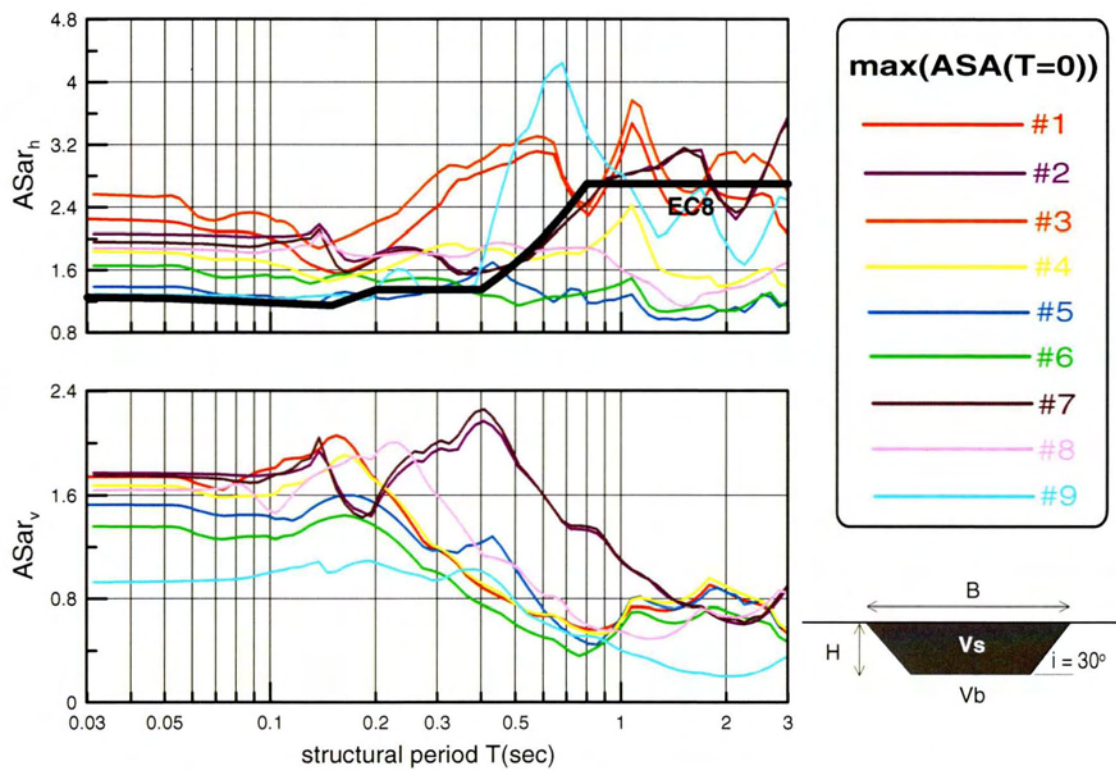


**Σχήμα 6.34** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $AS_{ar,h}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $AS_{ar,v}$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1 έως #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

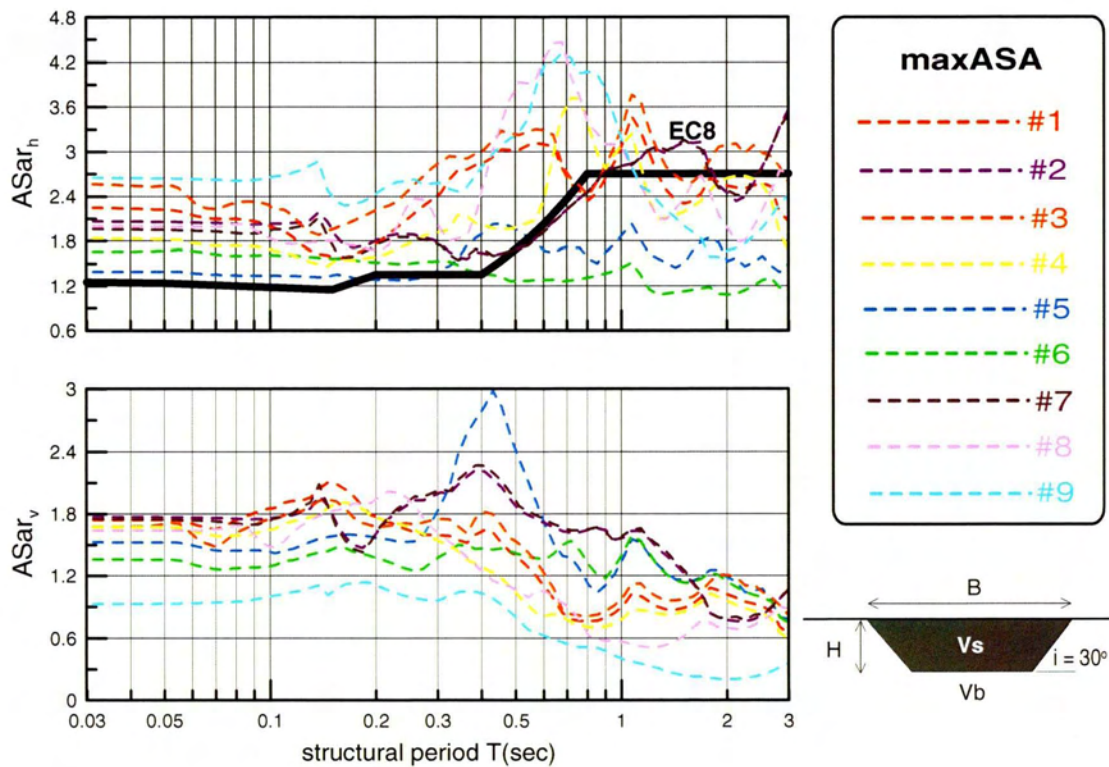


**Σχήμα 6.35** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το βραχώδες υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο averageASA για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1 έως #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

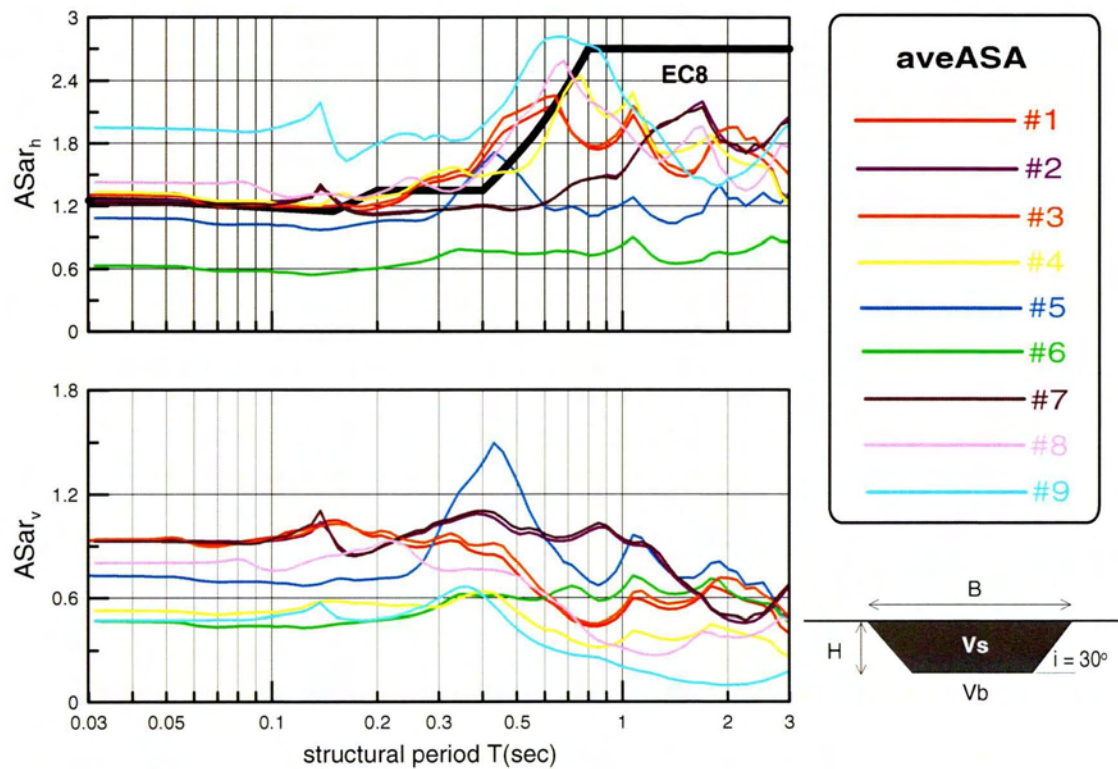




**Σχήμα 6.36** Φασματική ενίσχυση (ως προς το βραχώδες υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASar_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASar_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος ASA για περίοδο  $T=0$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1 έως #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα 6.37** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το βραχώδες υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1 έως #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα 6.38** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης (ως προς το βραχώδες υπόβαθρο) της οριζόντιας  $ASa_{rh}$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_{rv}$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο averageASA για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1 έως #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν από την προηγούμενη συγκριτική παρουσίαση διατάξεων του EC-8, αποτελεσμάτων παραμετρικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης κοιλάδων με «μαλακό» έδαφος κατηγορίας D (κατά EC8) που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσης και ανάλογων αποτελεσμάτων από τη βιβλιογραφία είναι τα ακόλουθα:

- Υπάρχει ασυμβατότητα μεταξύ των προβλέψεων για τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του EC-8 και της θεωρίας 1D μετάδοσης σεισμικών κυμάτων, ειδικά για “παχιά” και “μαλακά” εδάφη κατηγορίας εδάφους D. Συγκεκριμένα, η τιμή την οποία προβλέπει ο EC-8 για τον συντελεστή εδάφους  $S = 1.35$  αυτής της κατηγορίας είναι υπερβολική, καθώς μια τιμή συμβατή με τη 1D θεωρία είναι πολύ χαμηλότερη  $S = 1.05$  (Bouckovalas et al. 2006).
- Ταυτόχρονα, η γεωμορφική επιδείνωση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατηγορία εδάφους D, η οποία παρουσιάζει πολύ υψηλή μέση οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης ( $A_{h,max}=1.45-1.62$ ). Οι αντίστοιχες τιμές μέσης γεωμορφικής επιδείνωσης για τις άλλες κατηγορίες εδάφους του EC-8 καθιστούν την επίδραση κοιλάδας σημαντική για την κατηγορία εδάφους C ( $A_{h,max}=1.25-1.37$ ), και πρακτικώς ασήμαντη για τις κατηγορίες εδάφους E ( $A_{h,max}=1.17-1.23$ ) και B ( $A_{h,max}=1.09-1.13$ ).
- Με βάση τα ανωτέρω, ειδικώς για την κατηγορία D, ο συνδυασμός 1D θεωρίας και γεωμορφικής επιδείνωσης ίσως δικαιολογεί την επιλογή του  $S = 1.35$  εκ μέρους του EC-8. Όμως, η πληρέστερη διερεύνηση της σεισμικής απόκρισης κοιλάδων με έδαφος κατηγορίας D θεωρήθηκε αναγκαία, και ως μέσο επελέγη η παραμετρική χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών.
- Η επίδραση του αδιάστατου δεσπόζοντος μήκους κύματος  $\lambda/H$  στη συνολική επιδείνωση  $ASa_{rh}$  μπορεί και να είναι αυξητική, δηλαδή αντίθετη εκείνης που προκύπτει για τη γεωμορφική επιδείνωση  $ASa_h$ . Ο λόγος που μπορεί να προκύψει αυτή η αντιστροφή είναι η εδαφική επίδραση, καθώς όσο αυξάνεται το  $\lambda/H$  τόσο μειώνεται και προσεγγίζει το συντονισμό ο λόγος  $T_{s1D}/T_e$  (γενικώς  $> 1$  στην κατηγορία D) με αποτέλεσμα η εδαφική ενίσχυση να υπερνικά την απομειούμενη γεωμορφική επιδείνωση και να οδηγεί σε αυξανόμενη συνολική τοπική ενίσχυση. Με άλλα λόγια, η συνολική τοπική ενίσχυση θα πρέπει να λαμβάνει πολύ προσεκτικά υπόψη και τις ταυτόχρονες δύο επιδράσεις.
- Στον καθορισμό της συνολικής τοπικής ενίσχυσης παίζει σπουδαίο ρόλο ο λόγος  $T_{s1D}/T_e$  και λιγότερο οι ίδιες οι τιμές των  $T_{s1D}$  και  $T_e$  (αν οι λόγοι  $B/\lambda$  και  $\lambda/H$  παραμένουν σταθεροί)

- . Ειδικώς για κατηγορία εδάφους D, η ακριβής τιμή του λόγου εμπέδησης α δεν παίζει σπουδαίο ρόλο, καθώς ούτως ή άλλως είναι μικρή («μαλακό» έδαφος επί «σκληρού» βράχου).
- Ο συντελεστής εδάφους  $S = 1.35$ , τον οποίο προβλέπει ο EC-8 για την κατηγορία εδάφους D αποδεικνύεται εν γένει χαμηλός για το κέντρο κοιλάδων, αλλά επαρκής προς χρήση στις άκρες της κοιλάδας. Επιπλέον, η τιμή αυτή αποδεικνύεται επαρκής ως μέση χωρική τιμή για όλο το μήκος της κοιλάδας.
- Το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού που προβλέπει ο EC-8 για την κατηγορία εδάφους D αποδεικνύεται εν γένει επαρκές ως μέση χωρική τιμή για όλο το μήκος της κοιλάδας. Πιο συγκεκριμένα, μάλλον υποτιμά τις μέγιστες ενισχύσεις κατά μήκος της κοιλάδας για μικρές περιόδους κατασκευής ( $T < T_c = 0.8\text{sec}$ ), αλλά είναι ρεαλιστικό για τις μέγιστες αντίστοιχες ενισχύσεις για μεγάλες περιόδους κατασκευής ( $T > T_c = 0.8\text{sec}$ ). Αντίστοιχα, αποδεικνύεται ρεαλιστικό για τις μέσες ενισχύσεις κατά μήκος της κοιλάδας για μικρές περιόδους κατασκευής ( $T < T_c = 0.8\text{sec}$ ), αλλά μάλλον υπερεκτιμά τις μέσες αντίστοιχες ενισχύσεις σε μεγάλες περιόδους κατασκευής ( $T > T_c = 0.8\text{sec}$ ).
- Είναι αναγκαία η εισαγωγή χωρικής διαφοροποίησης στο οριζόντιο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού του EC-8 κατά μήκος των κοιλάδων, για ακριβέστερο σχεδιασμό.
- Τέλος, είναι αναγκαία η εισαγωγή ελαστικού φάσματος σχεδιασμού και για την παρασιτική κατακόρυφη επιτάχυνση (ιδανικά με χωρική διαφοροποίηση) κατά μήκος των κοιλάδων.

Κατ' επέκταση των ανωτέρω, προκύπτει σαφώς η ανάγκη επεμβάσεων στον EC-8, προκειμένου οι διατάξεις του να αποκτήσουν συμβατότητα με τη θεωρία μετάδοσης κυμάτων, ειδικά σε κατηγορίες εδάφους (όπως η D) για την οποία δεν υπάρχουν πολλές καταγραφές σεισμικής κίνησης.

Αντίστοιχη μελέτη πρέπει να γίνει κατά σειρά και στις υπόλοιπες κατηγορίες εδάφους, και κατά σειρά σπουδαιότητας στις κατηγορίες C, E και B.



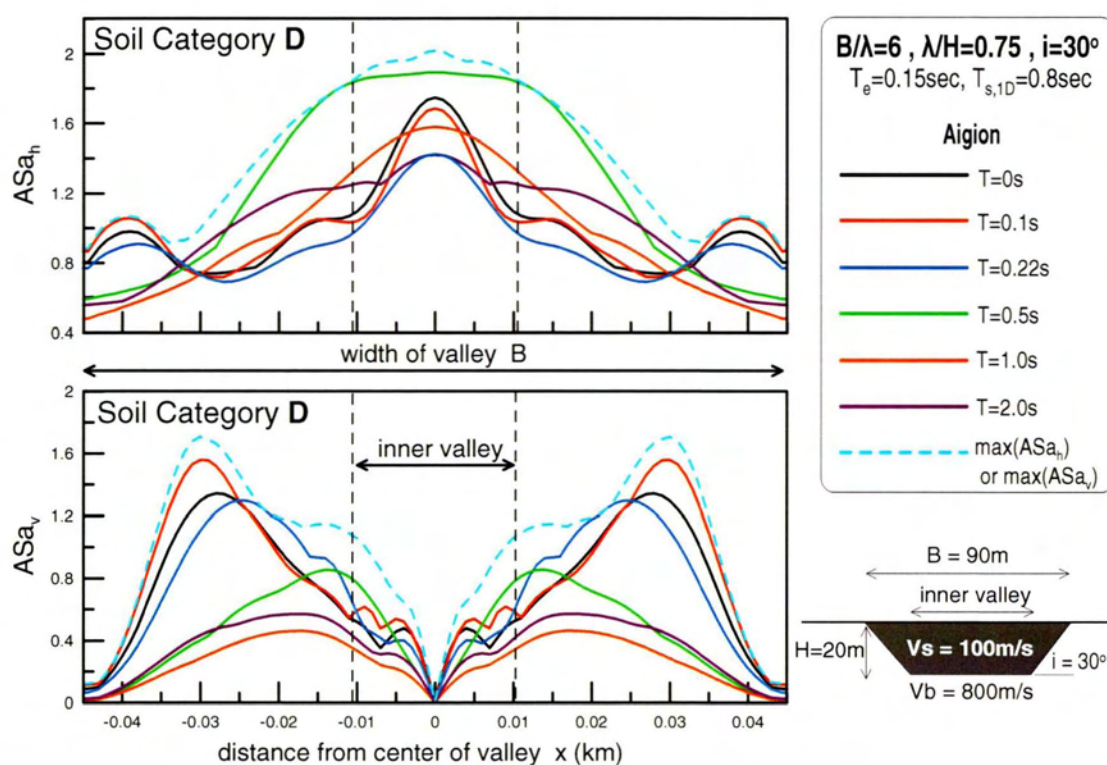
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

---

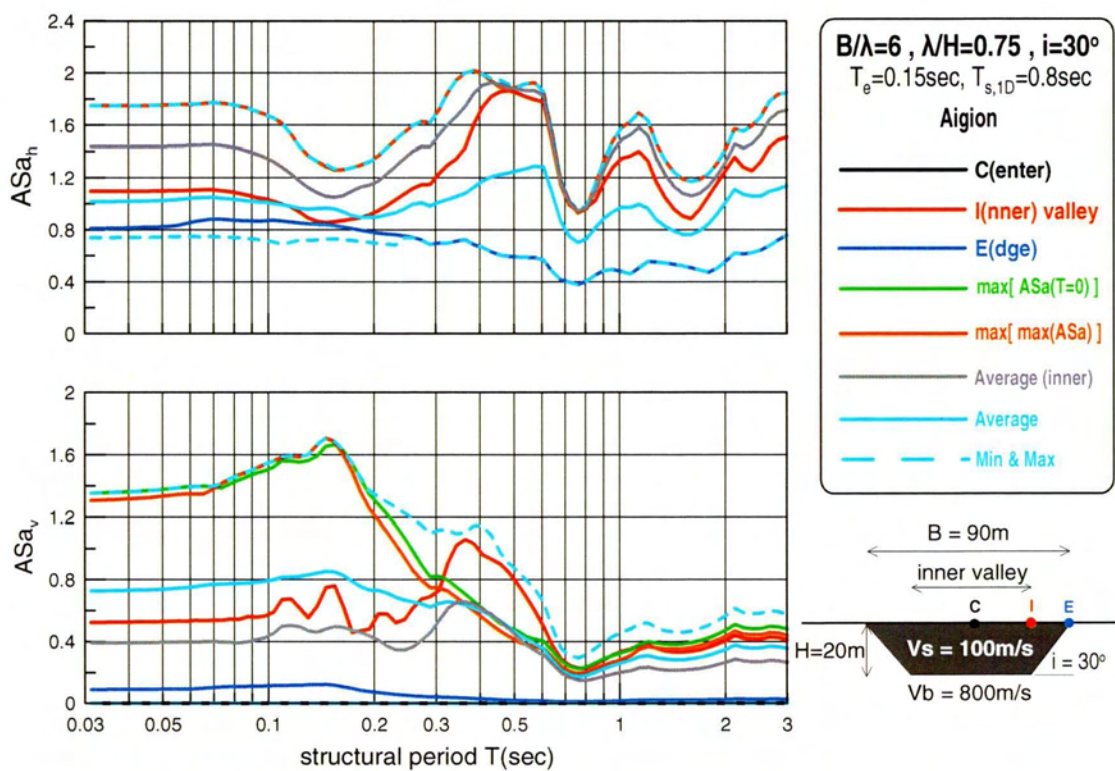
1. Μπουκοβάλας Γ. Δ., Παπαδημητρίου Α. Γ., Καραμήτρος Δ. (2010), “Συμβατότητα των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού του EC-8 με τη θεωρία μετάδοσης κυμάτων”, Πρακτικά, 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Σεπτ. 29 – Οκτ. 1, Βόλος
2. Papadimitriou A. G., Tetta Z., Mellios M. (2011), “Numerical evaluation of basin effects on peak seismic acceleration at the ground surface”, Proceedings, ERTC-12 Workshop on Geotechnical Aspects of EC8, Athens, September 11
3. Μέλλιος και Τέττα (2010) “Γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης επιτάχυνσης του εδάφους υπό πραγματικές σεισμικές διεγέρσεις” Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Π.Θ
4. Τέττα Ζ. (2012), “Παραμετρική διερεύνηση της σεισμικής απόκρισης αλλουβιακών κοιλάδων” Μεταπτυχιακή διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π.
5. Παπαδημητρίου Α. Γ., Παπαδημητρίου Ε. (2012), «Παραμετρική διερεύνηση της σεισμικής απόκρισης αλλουβιακών κοιλάδων», Διπλωματική εργασία, μεταπτυχιακό πρόγραμμα Δ.Σ.Α.Κ. , Ε.Μ.Π.
6. 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
7. 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)
8. F. Gelagoti, R. Kourkoulis, I. Anastasopoulos, G. Gazetas (2010) “Σεισμική αλληλεπίδραση εδάφους-θεμελιώσεως πλαισίου, σε περιοχές εντόνου γεωμορφικού αναγλύφου” Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής (Βόλος 2010)
9. P. N. Psarropoulos, T. Tazoh, G. Gazetas, M. Apostolou (2007) “Linear and nonlinear valley amplification effects on seismic ground motion” Soils and Foundations Journal



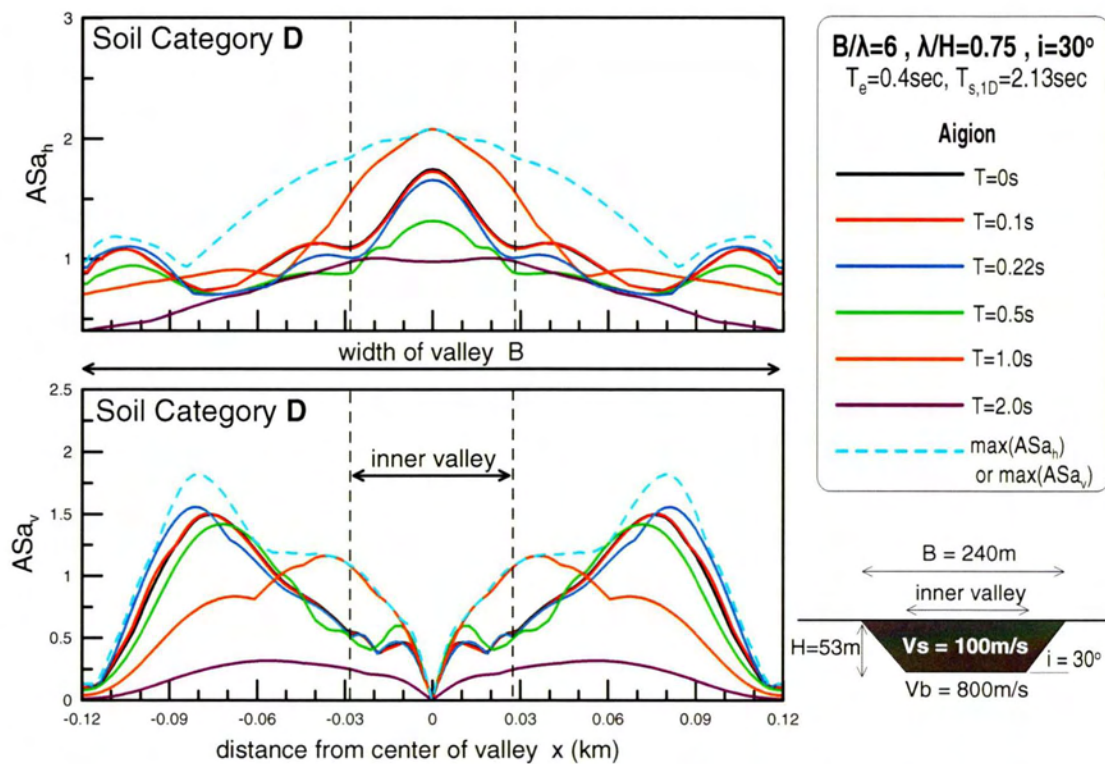
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



**Σχήμα Α.1** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

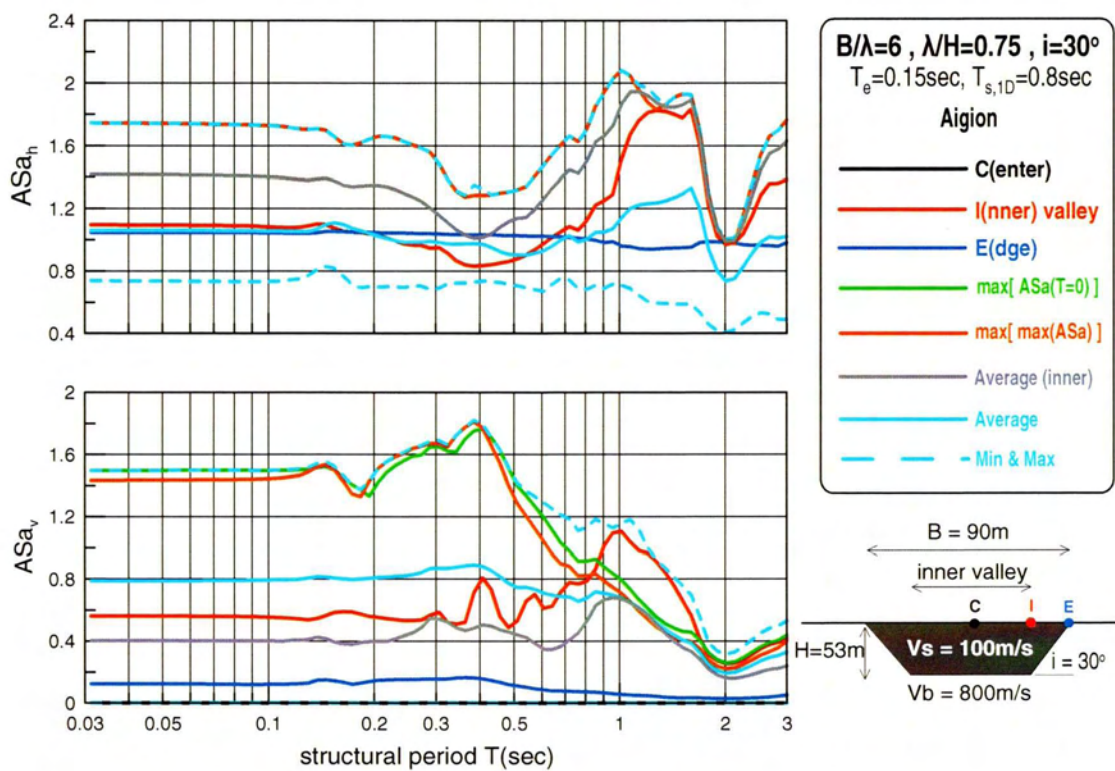


**Σχήμα A.2** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

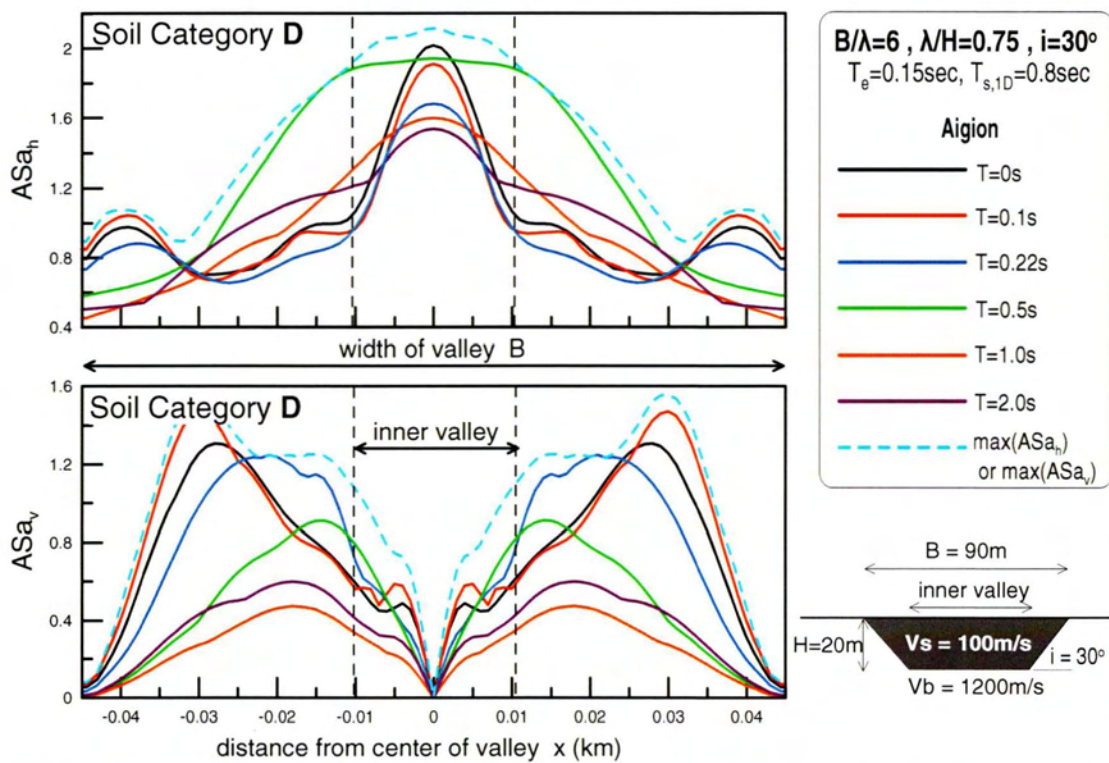


**Σχήμα Α.3** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

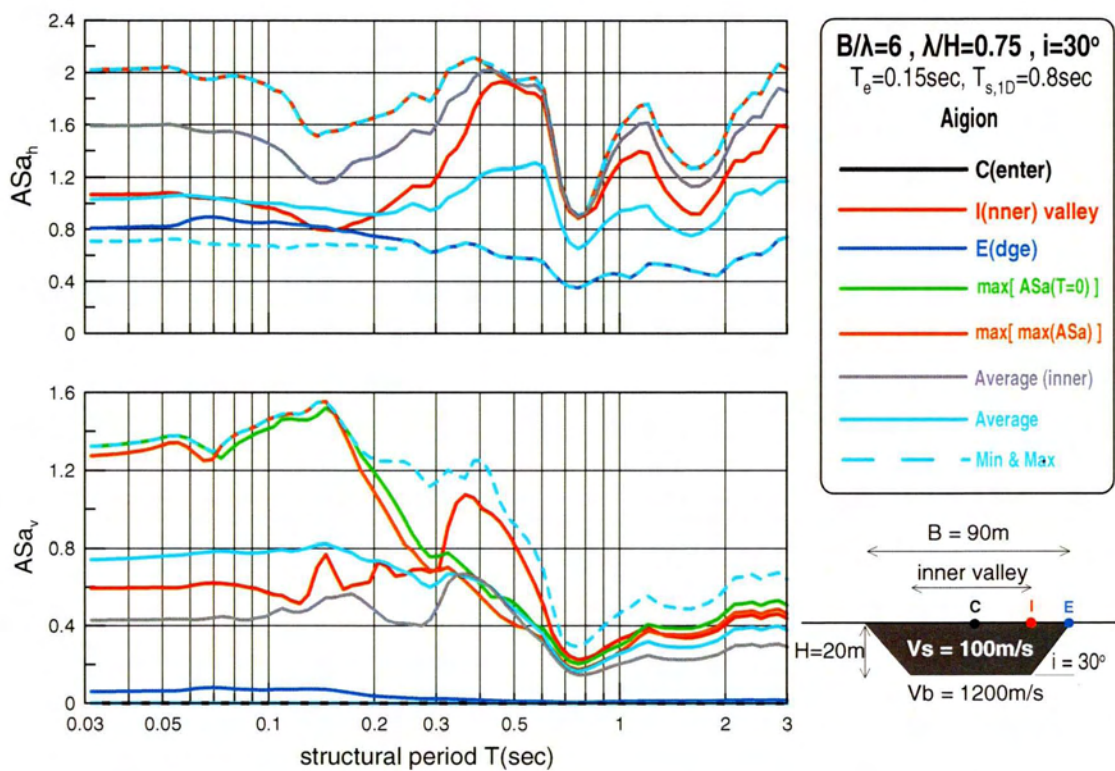




**Σχήμα Α.4** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

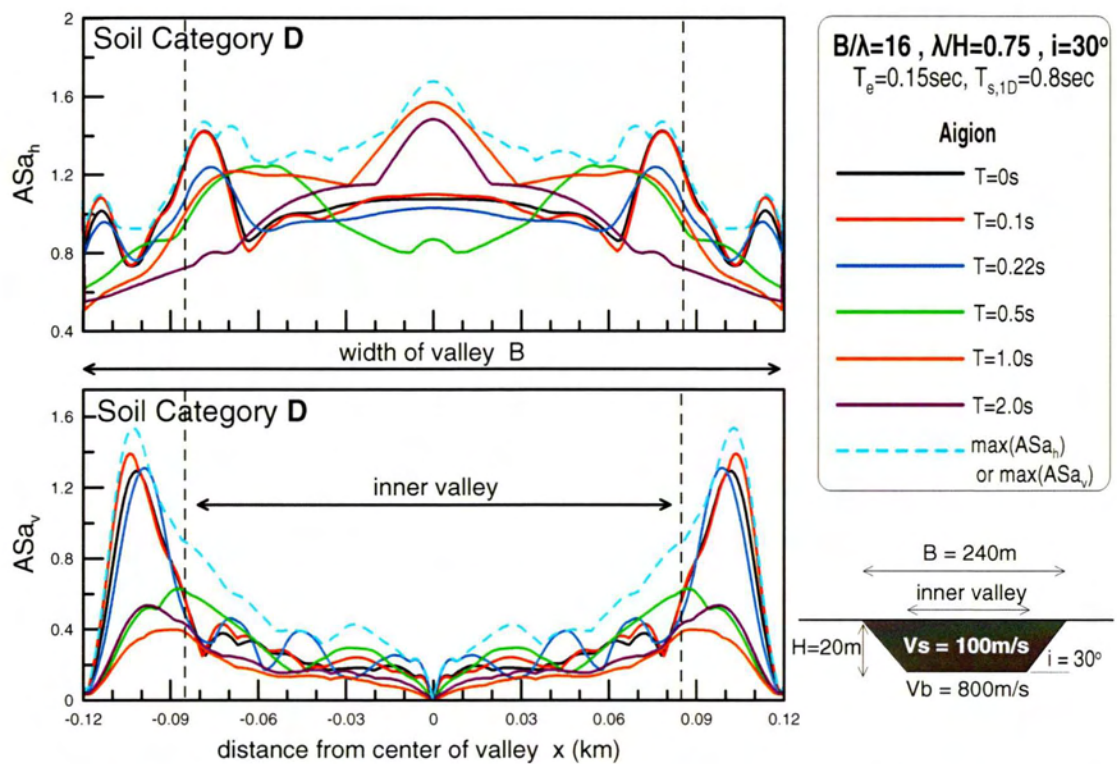


**Σχήμα Α.5** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #3 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

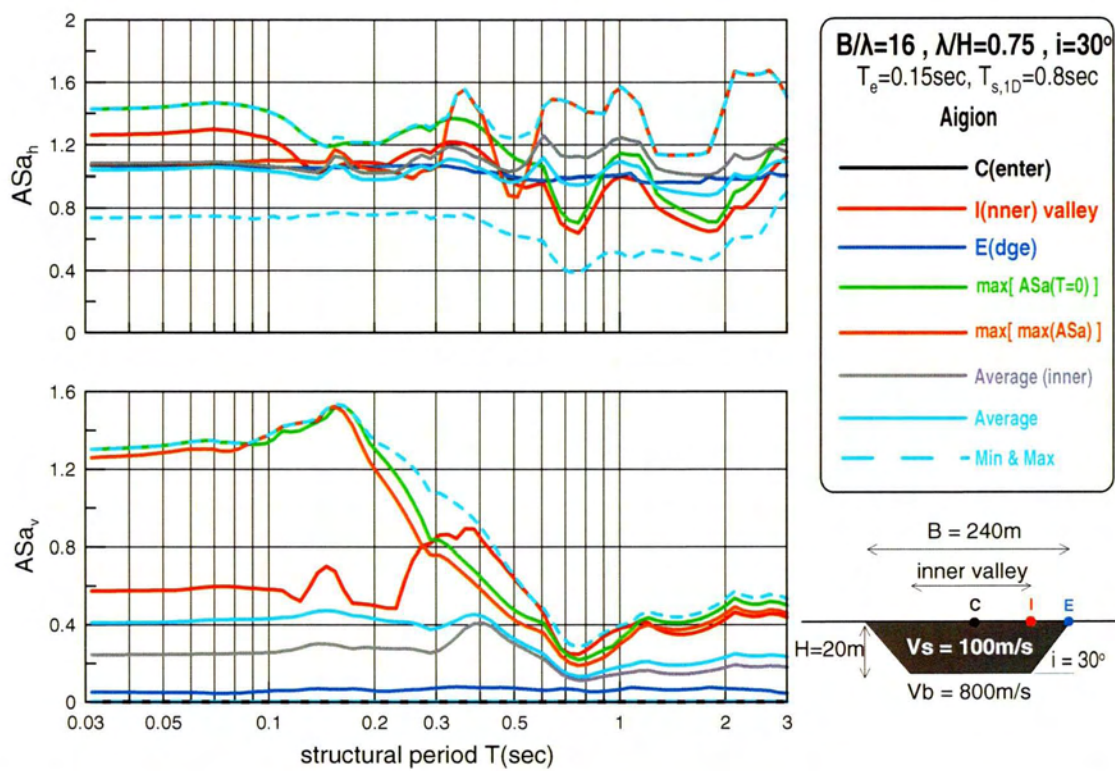


**Σχήμα Α.6** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #3 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

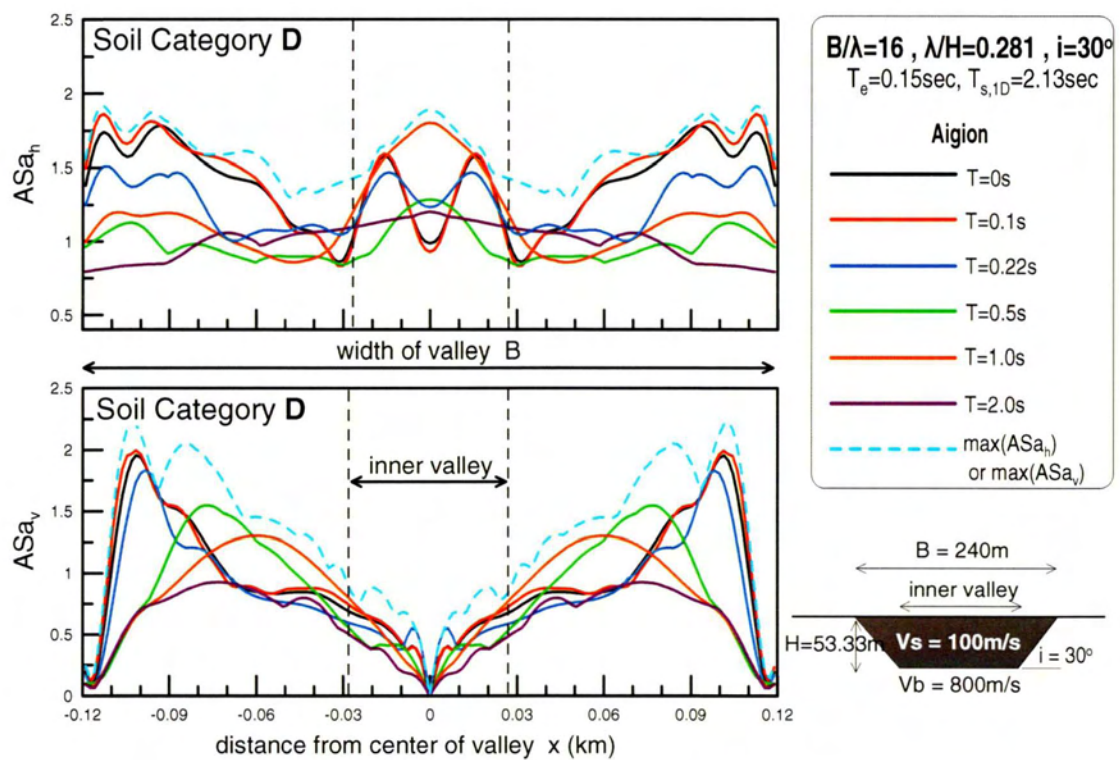




**Σχήμα Α.7** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #4 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

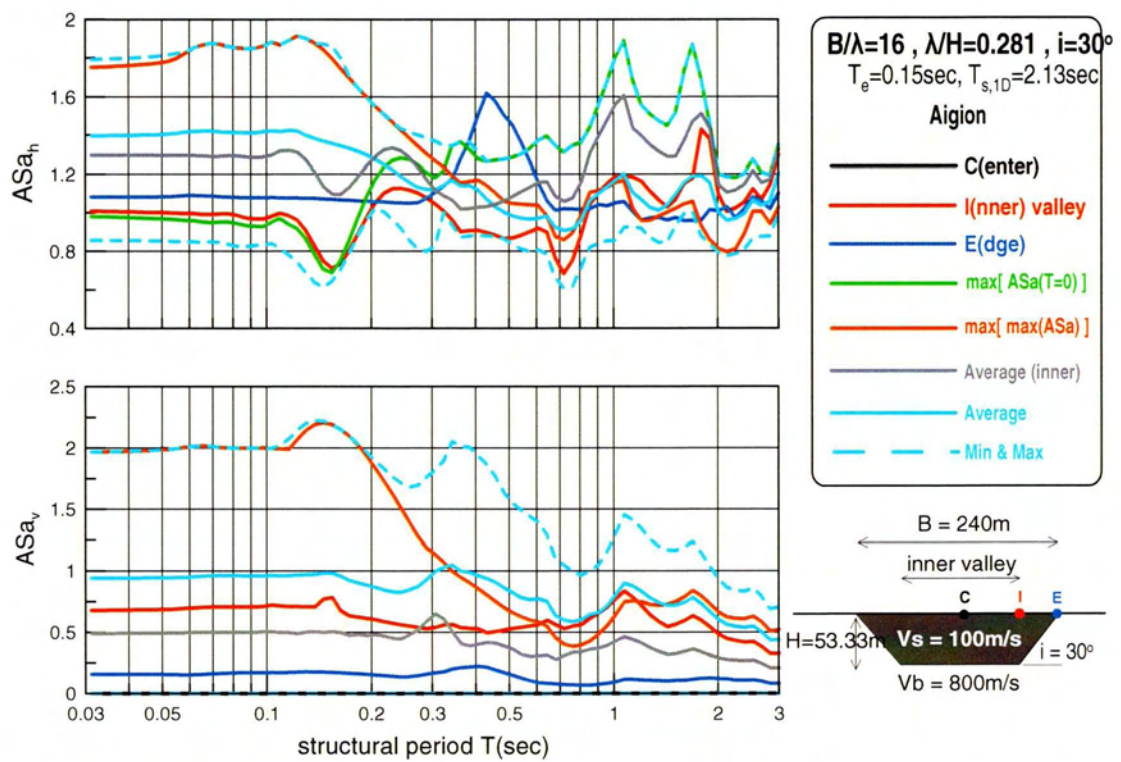


**Σχήμα Α.8** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #4 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

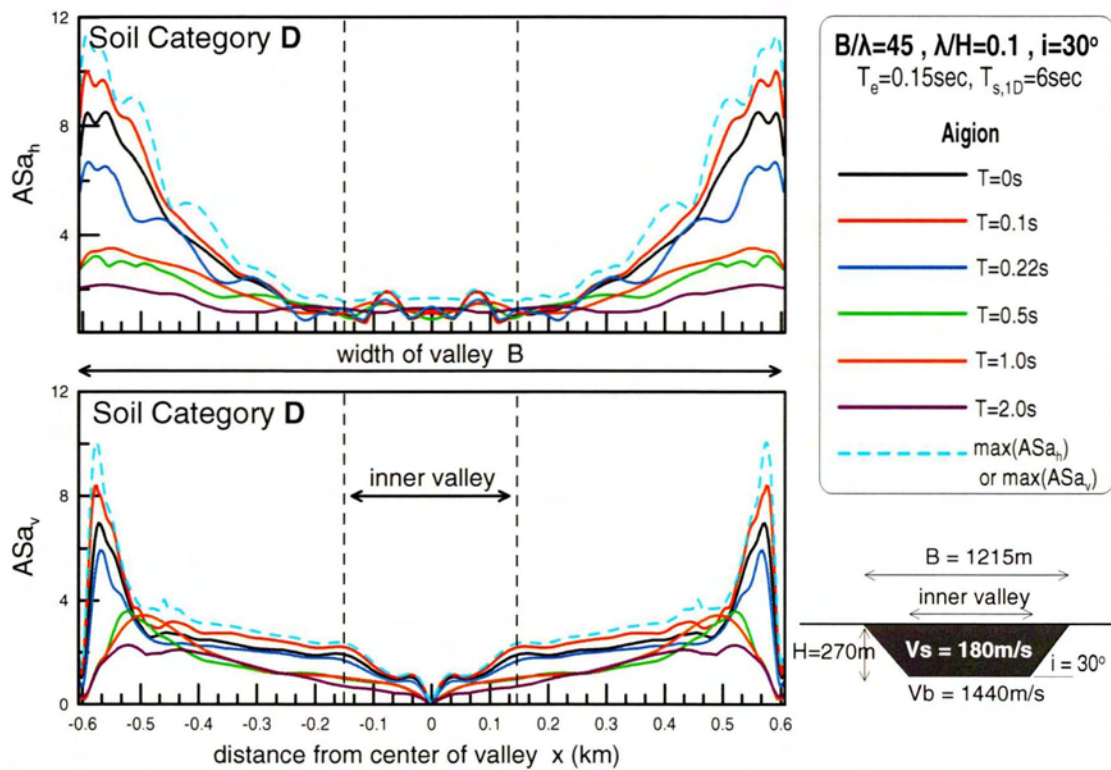


**Σχήμα Α.9** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

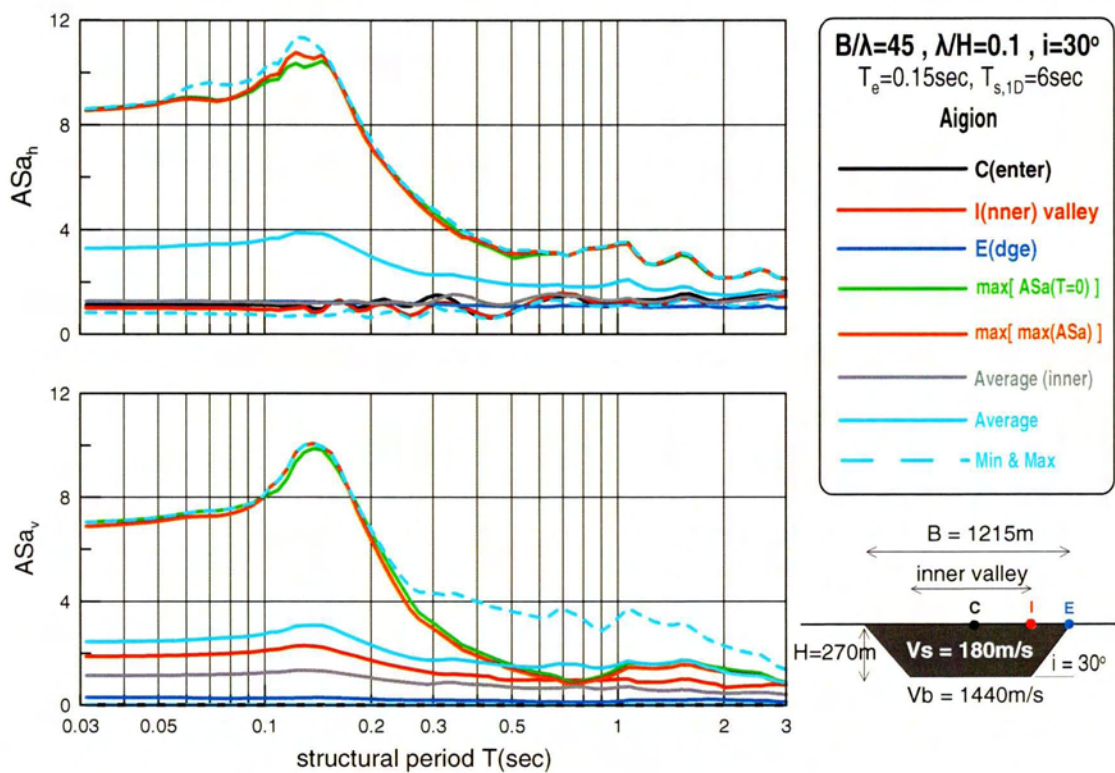




**Σχήμα A.10** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

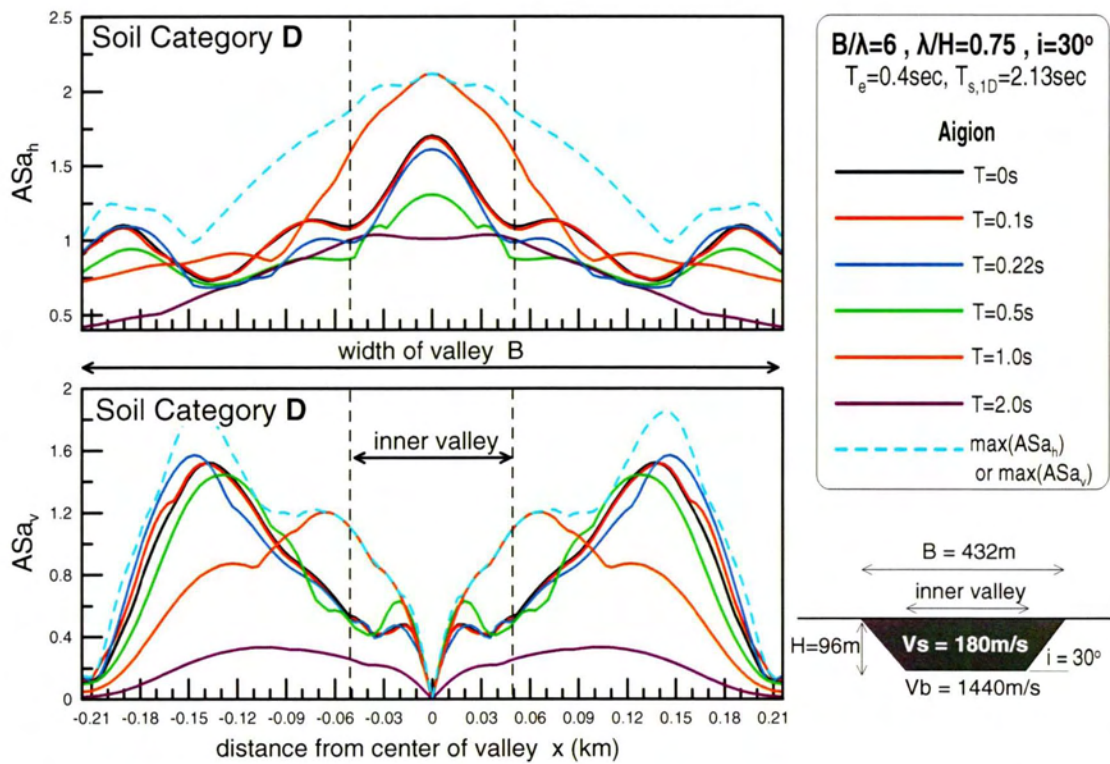


**Σχήμα Α.11** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

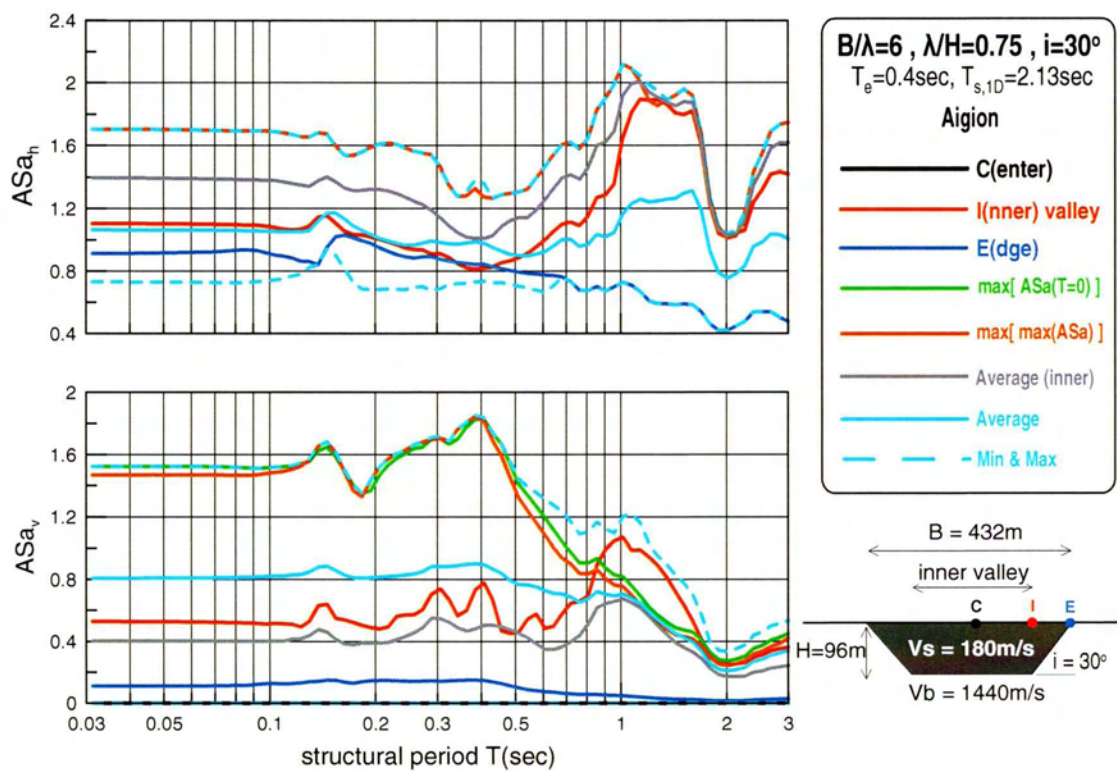


**Σχήμα A.12** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

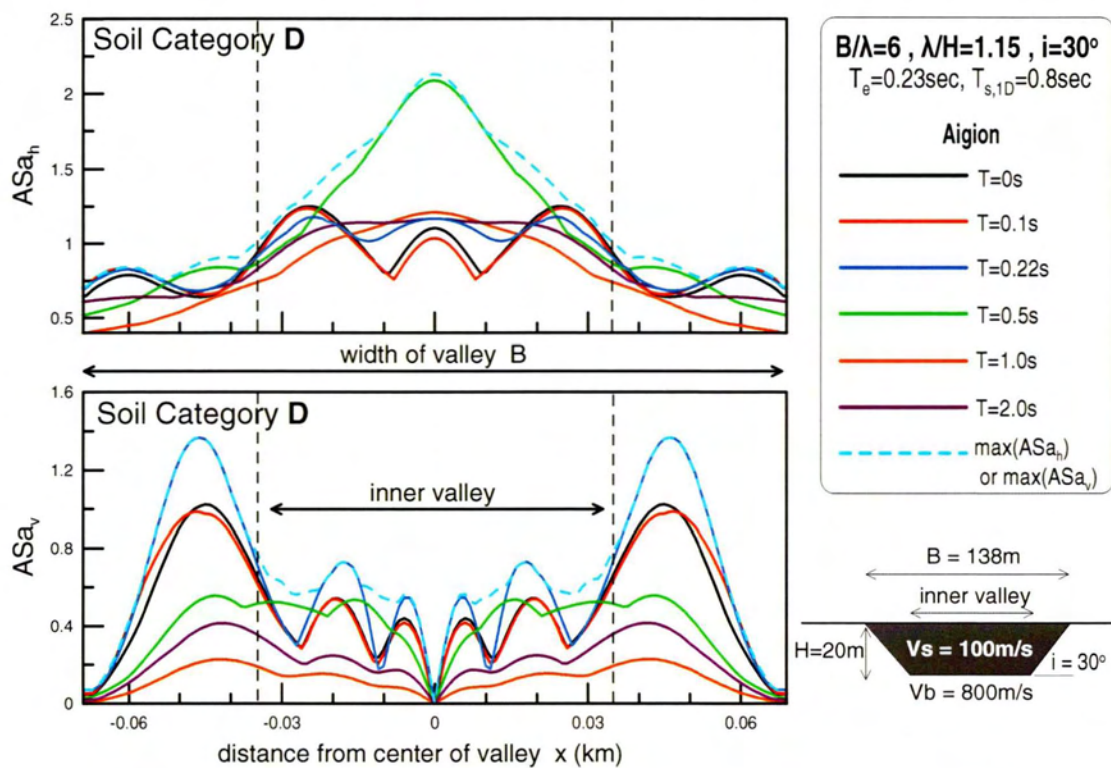




**Σχήμα A.13** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #7 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

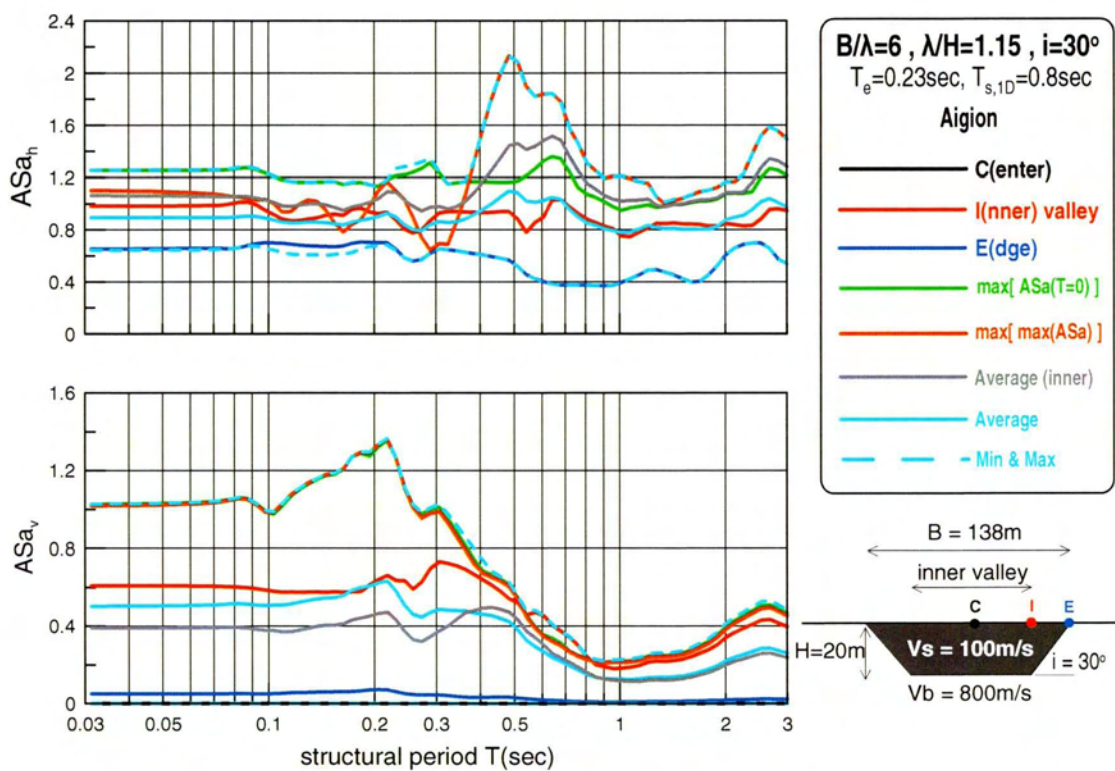


**Σχήμα A.14** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #7 υπό τη χρονιοίστορία Αιγίου

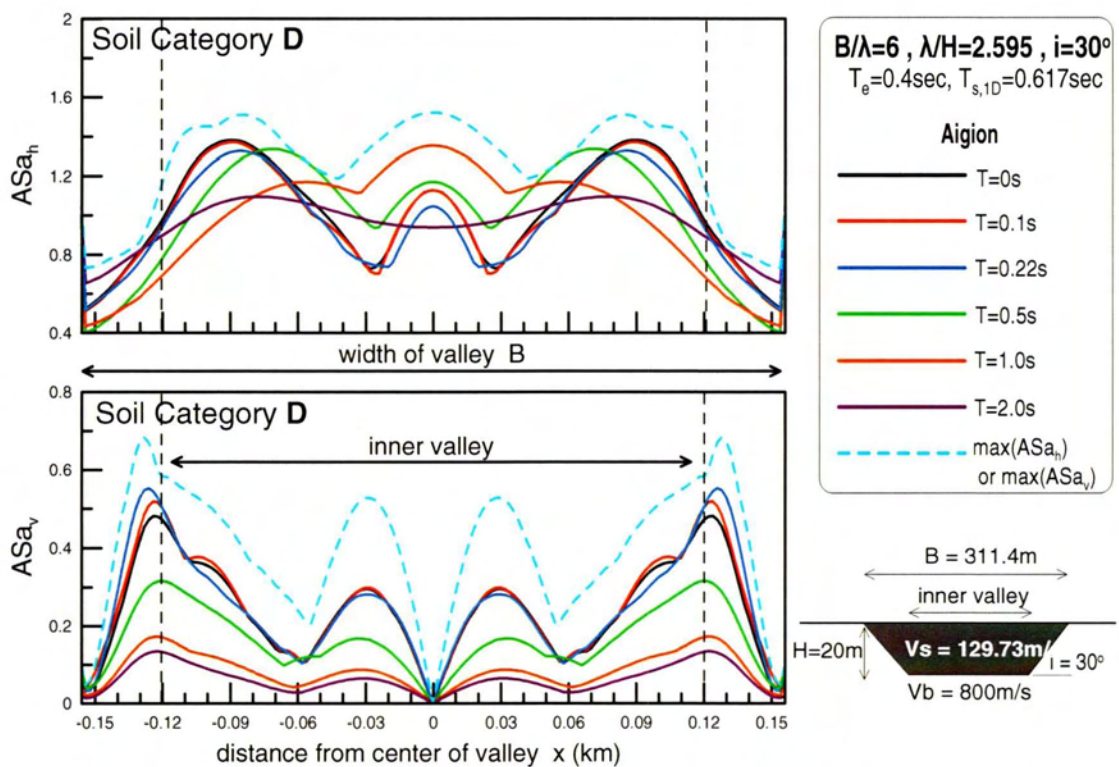


**Σχήμα A.15** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #8 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

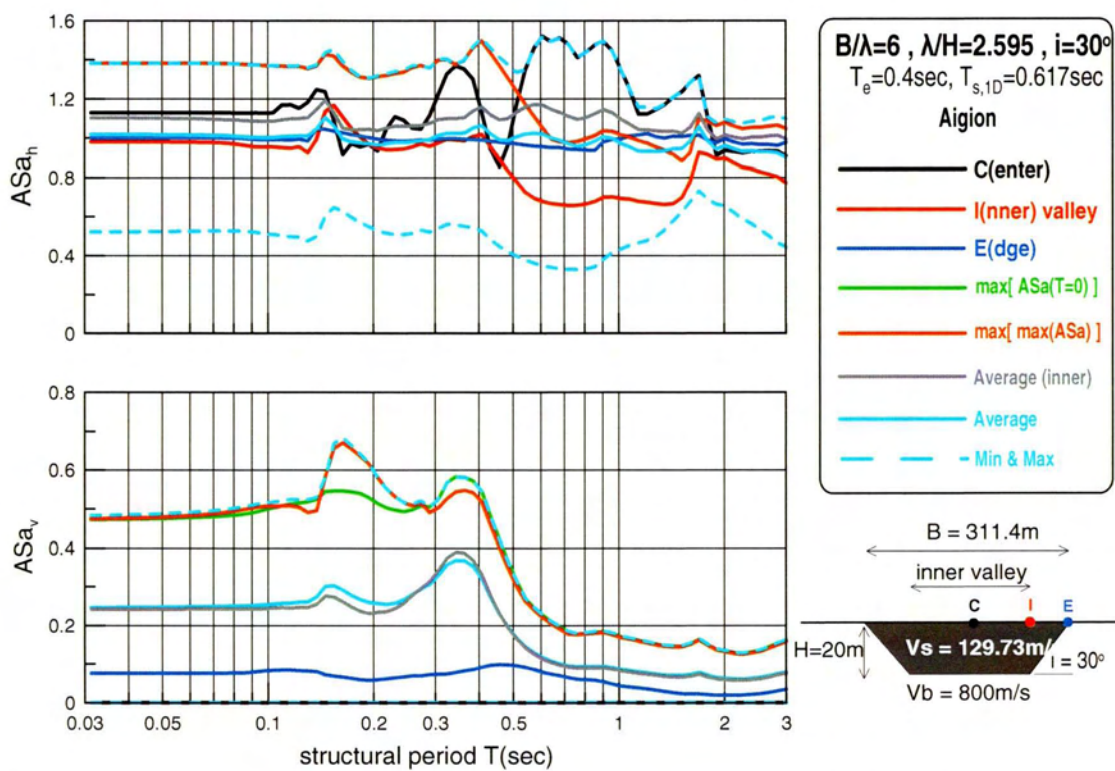




**Σχήμα A.16** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας ASa<sub>h</sub> και παρασιτικής κατακόρυφης ASa<sub>v</sub> επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #8 υπό τη χρονιοιστορία Αιγίου



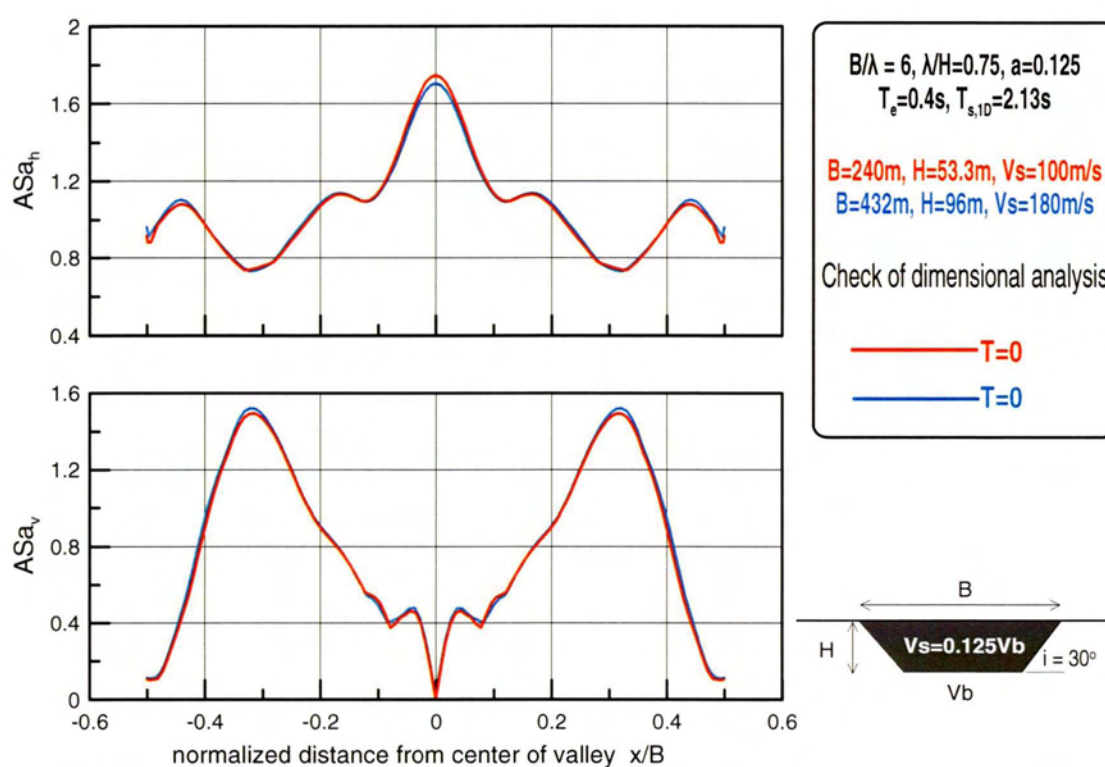
**Σχήμα Α.17** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής  $T$  στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



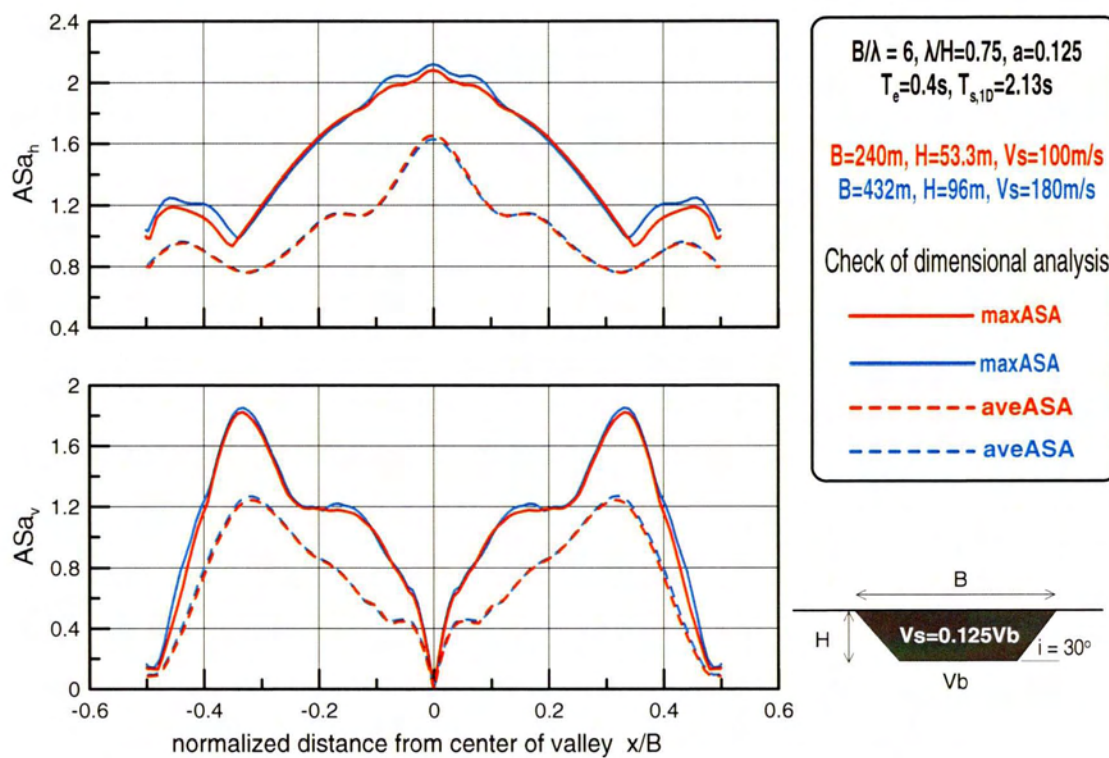
**Σχήμα A.18** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας στο συνδυασμό κοιλάδας-διέγερσης #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



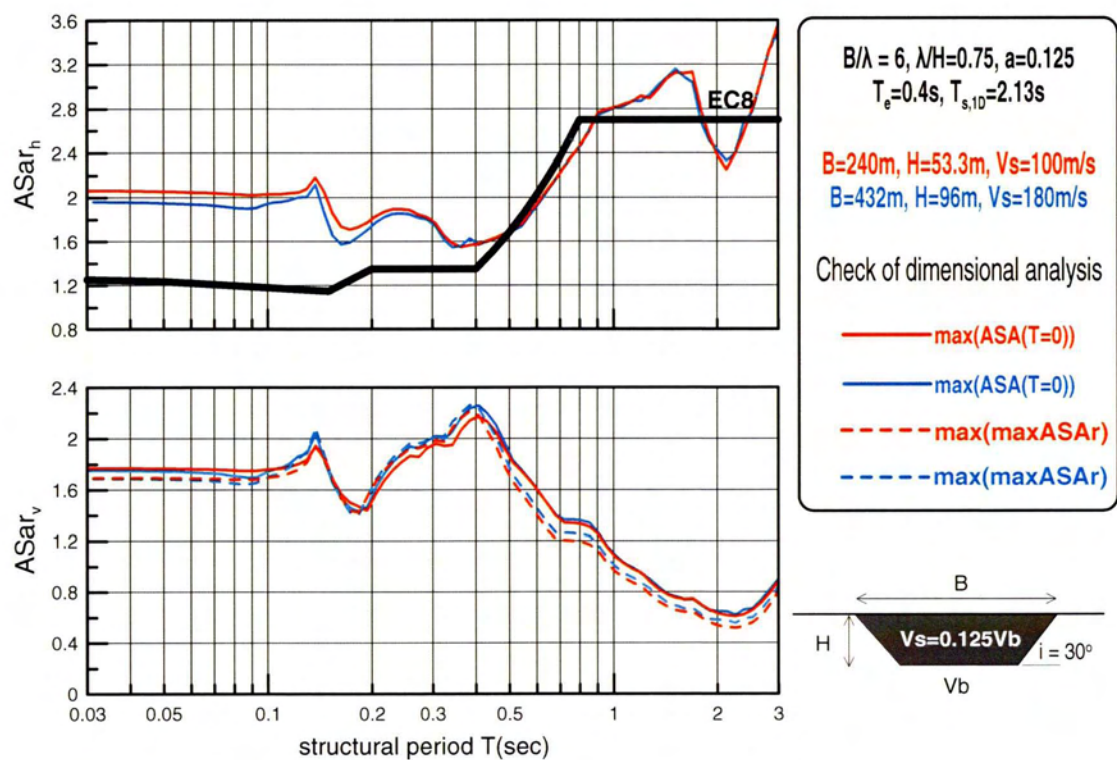
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



**Σχήμα Β.1** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

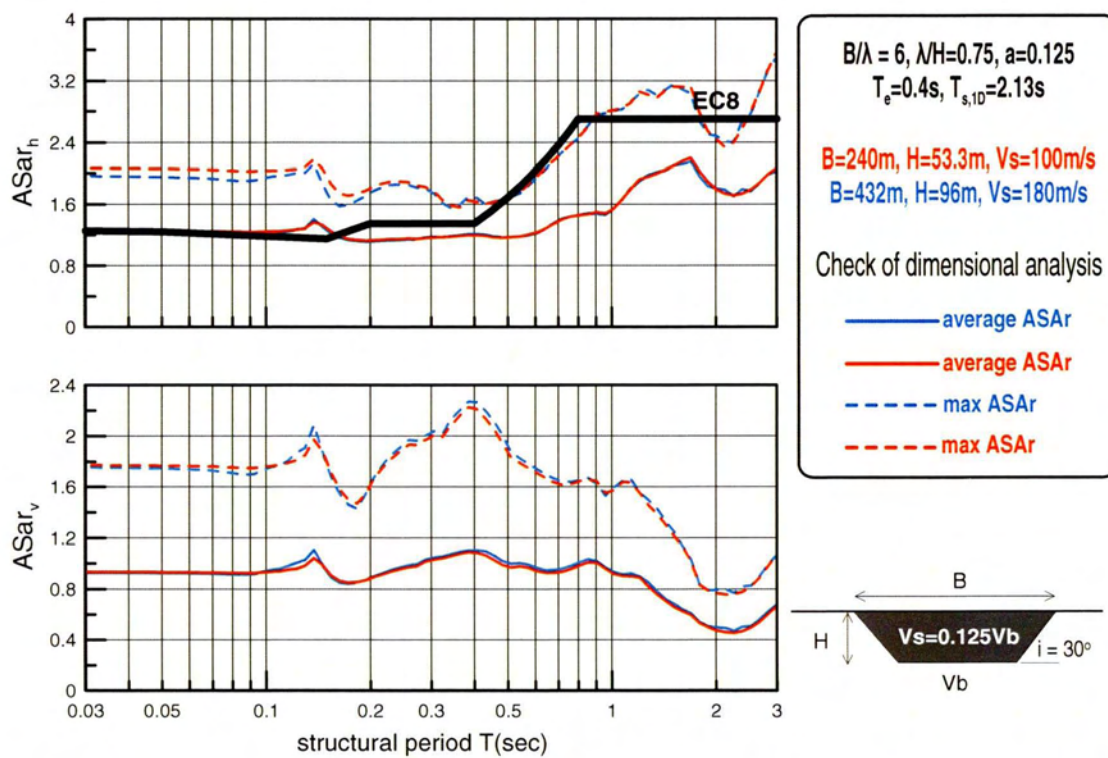


**Σχήμα Β.2** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

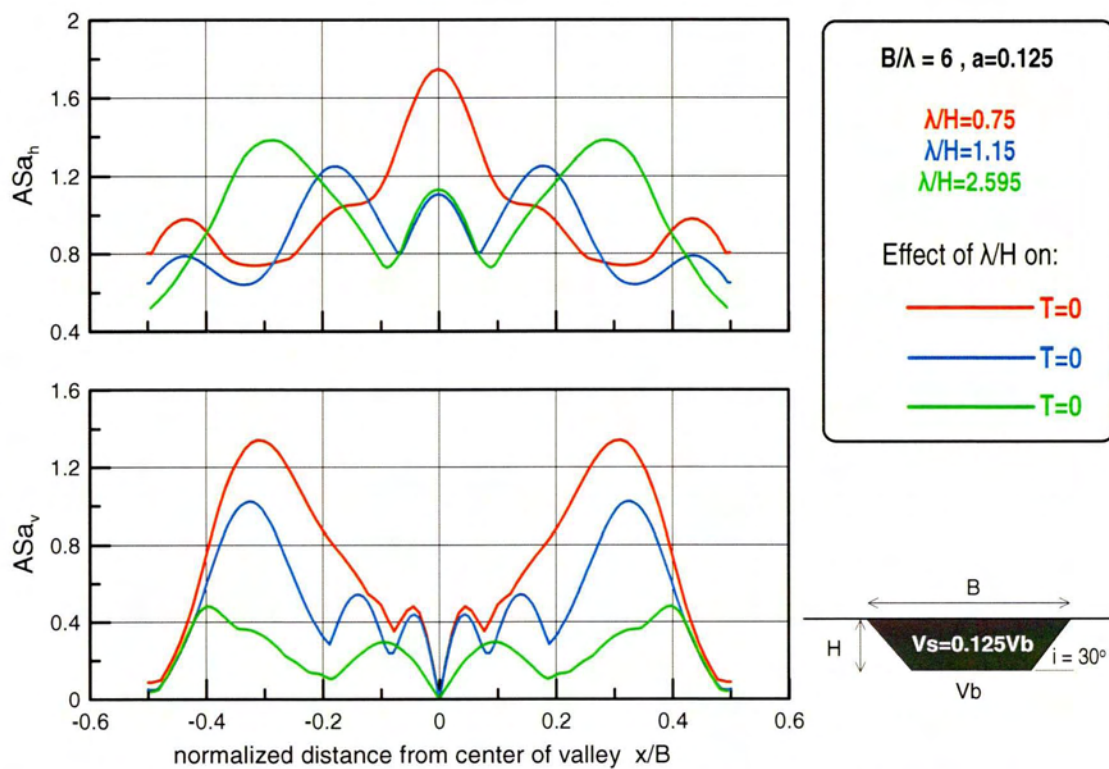


**Σχήμα Β.3** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASAr$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλιάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

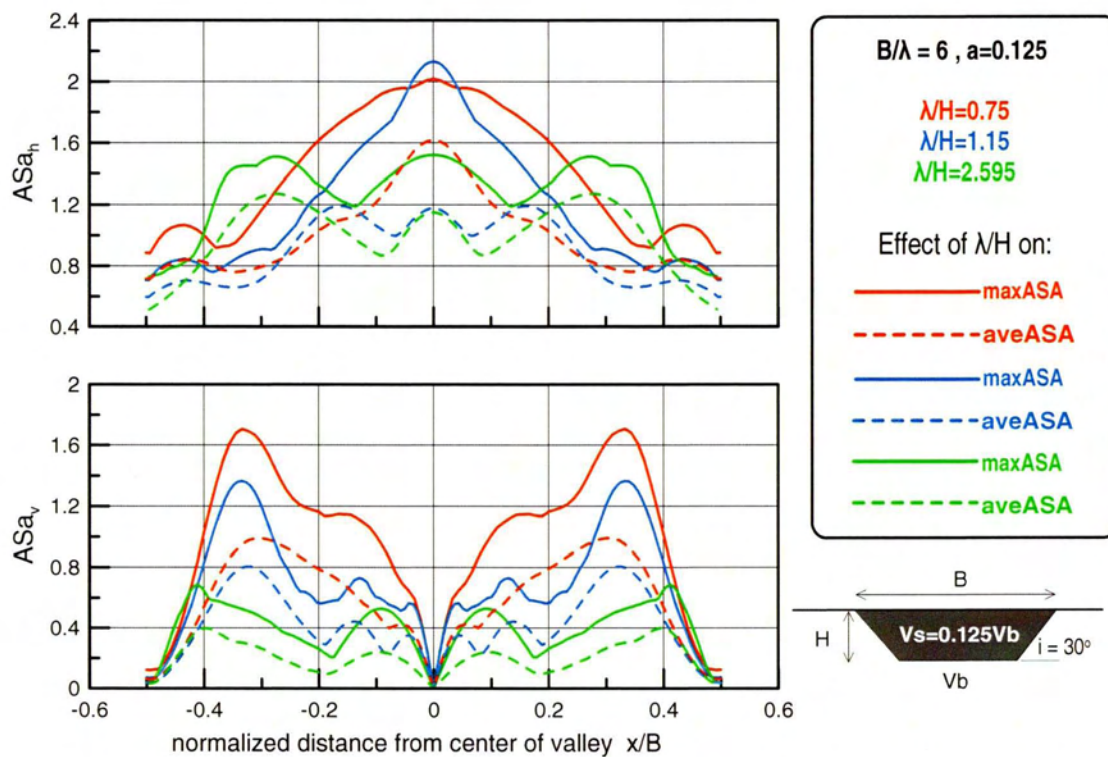




**Σχήμα Β.4** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #7 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

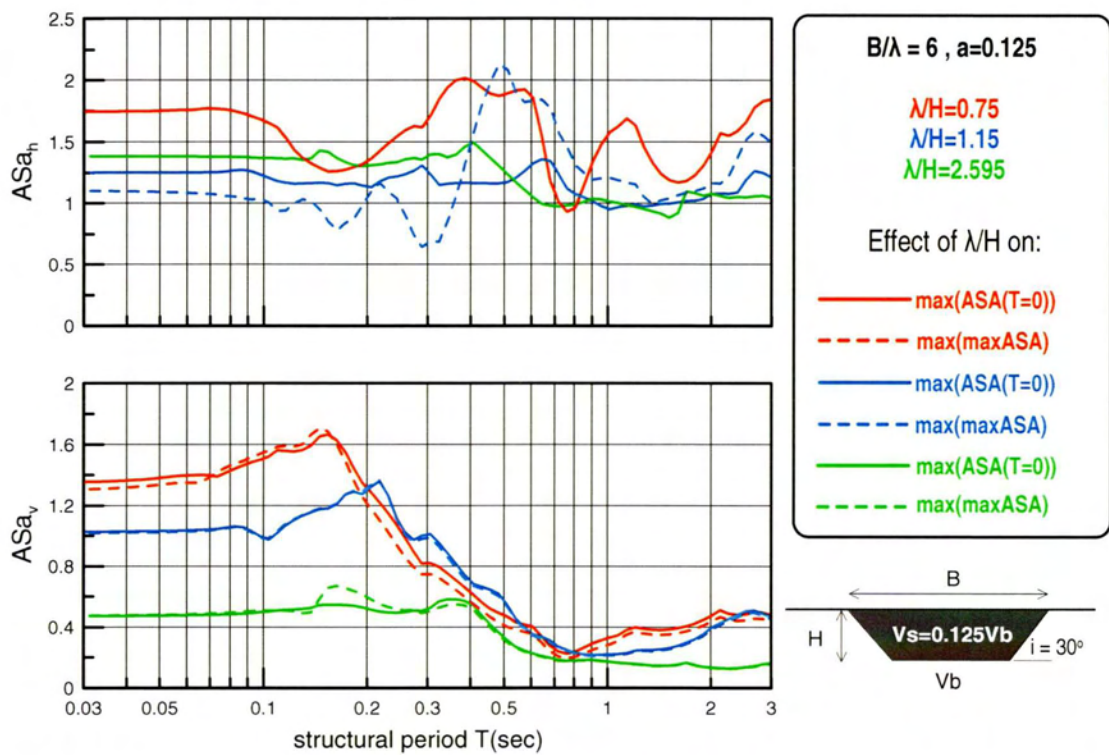


**Σχήμα Β.5** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

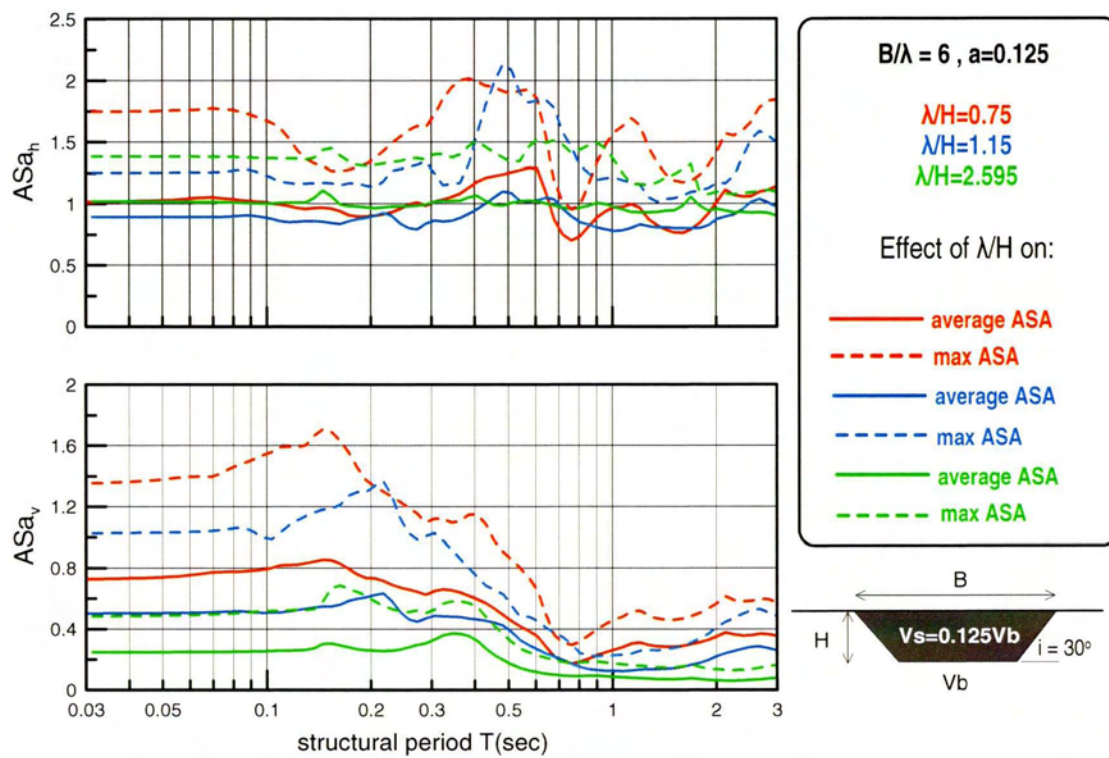


**Σχήμα Β.6** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

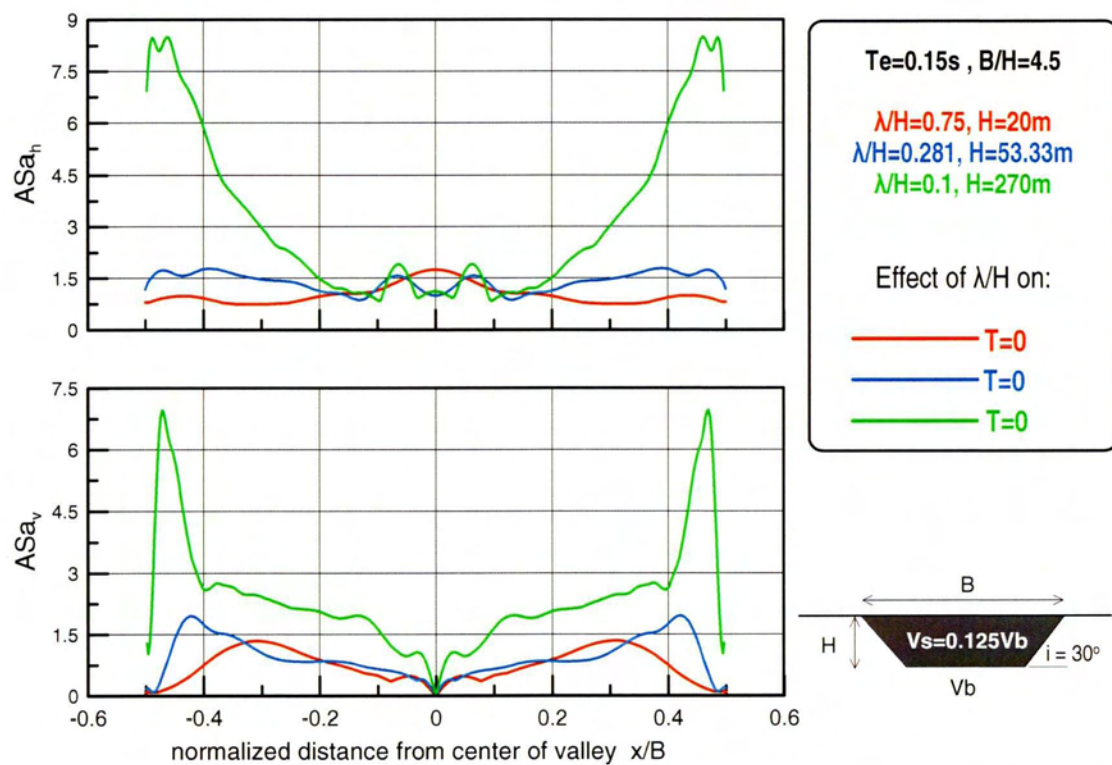




**Σχήμα Β.7** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

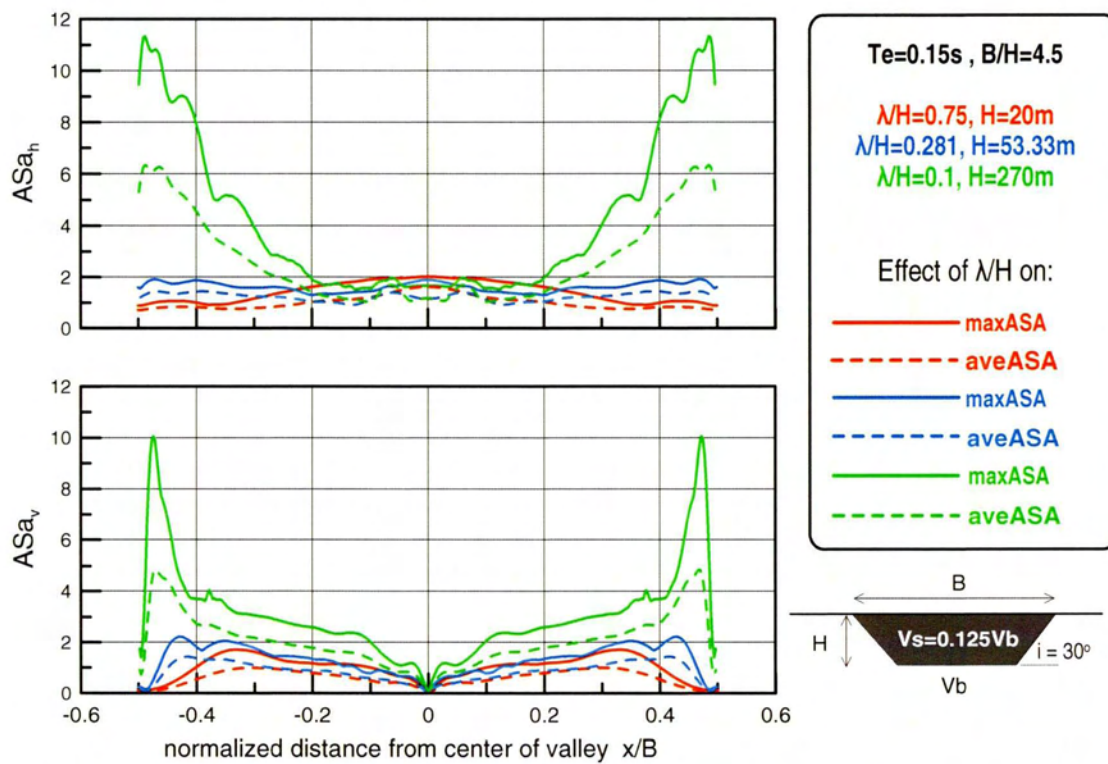


**Σχήμα Β.8** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

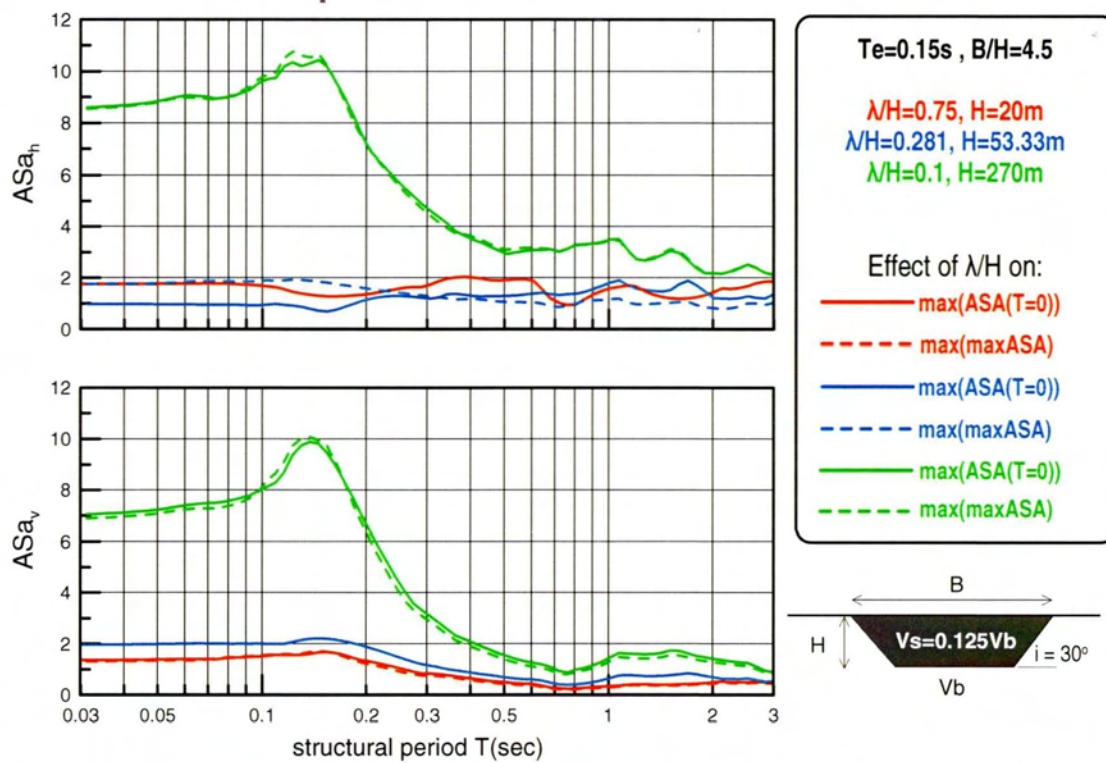


**Σχήμα Β.9** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

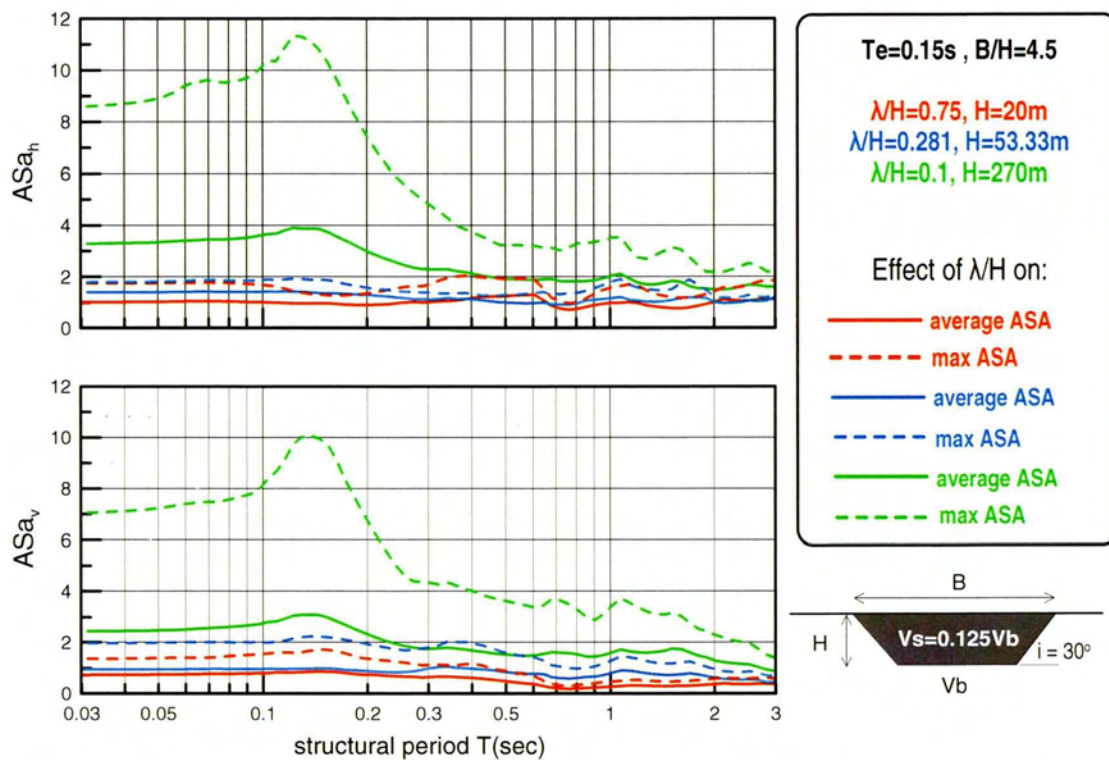




**Σχήμα Β.10** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονιοιστορία Αιγίου

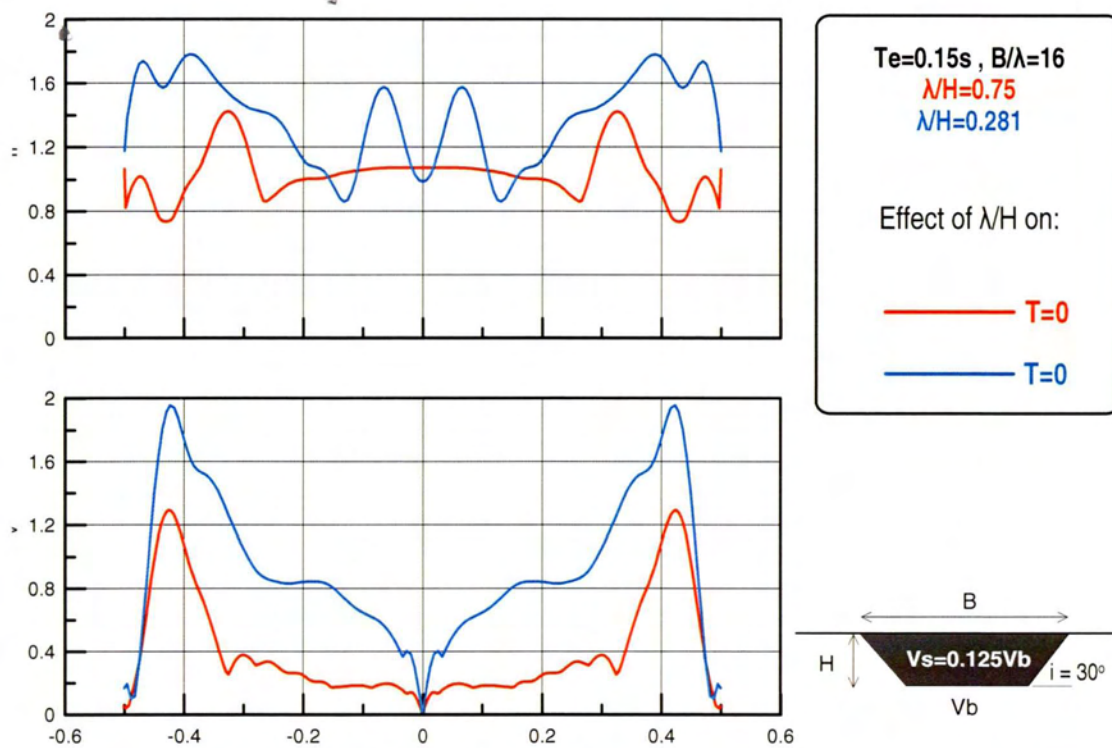


**Σχήμα Β.11** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

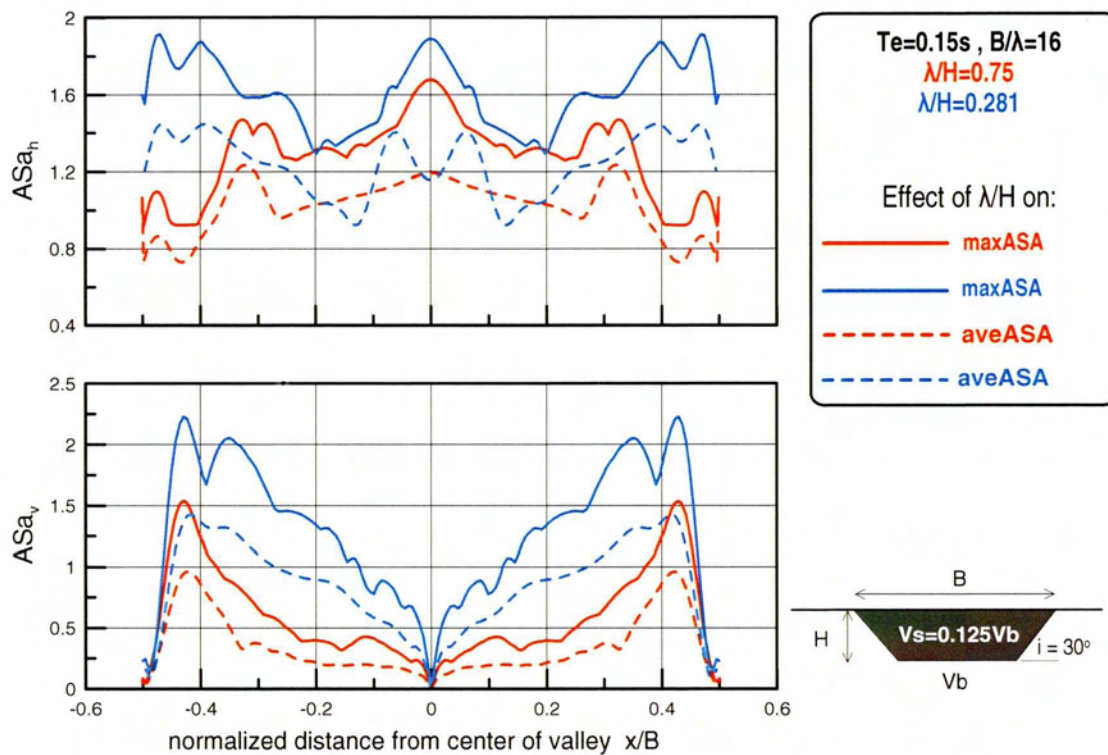


**Σχήμα Β.12** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #5 και #6 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

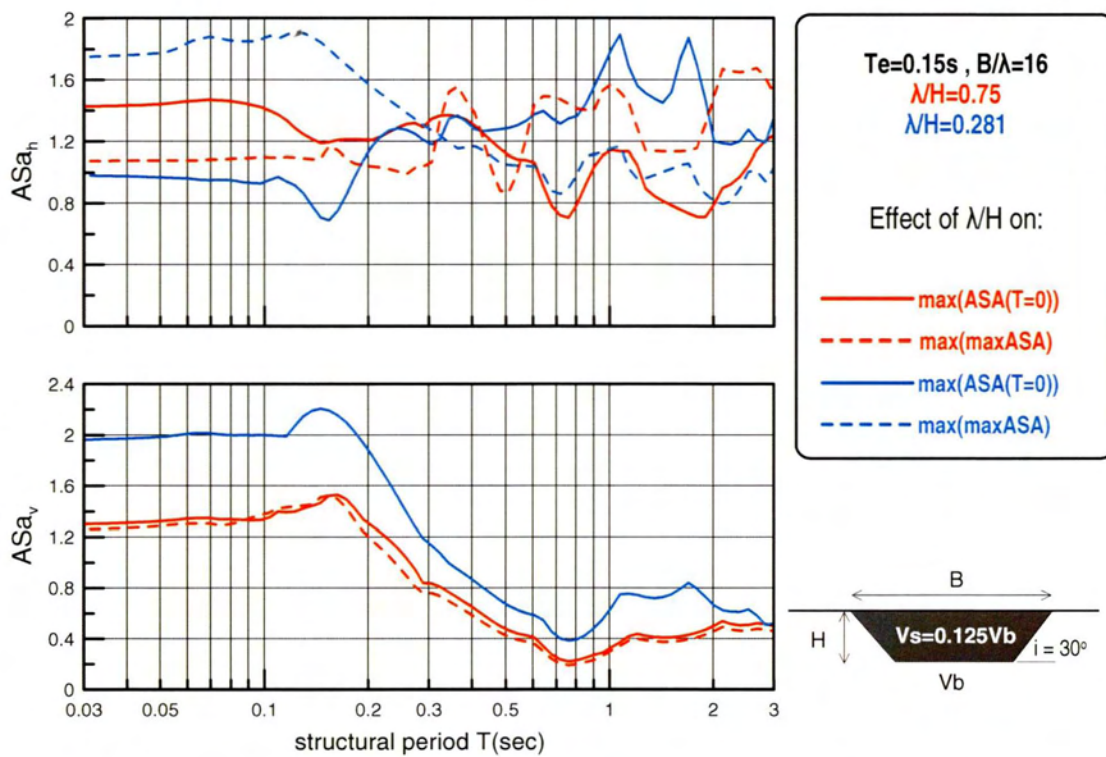




**Σχήμα Β.13** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας ASaη και παρασιτικής κατακόρυφης ASav επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

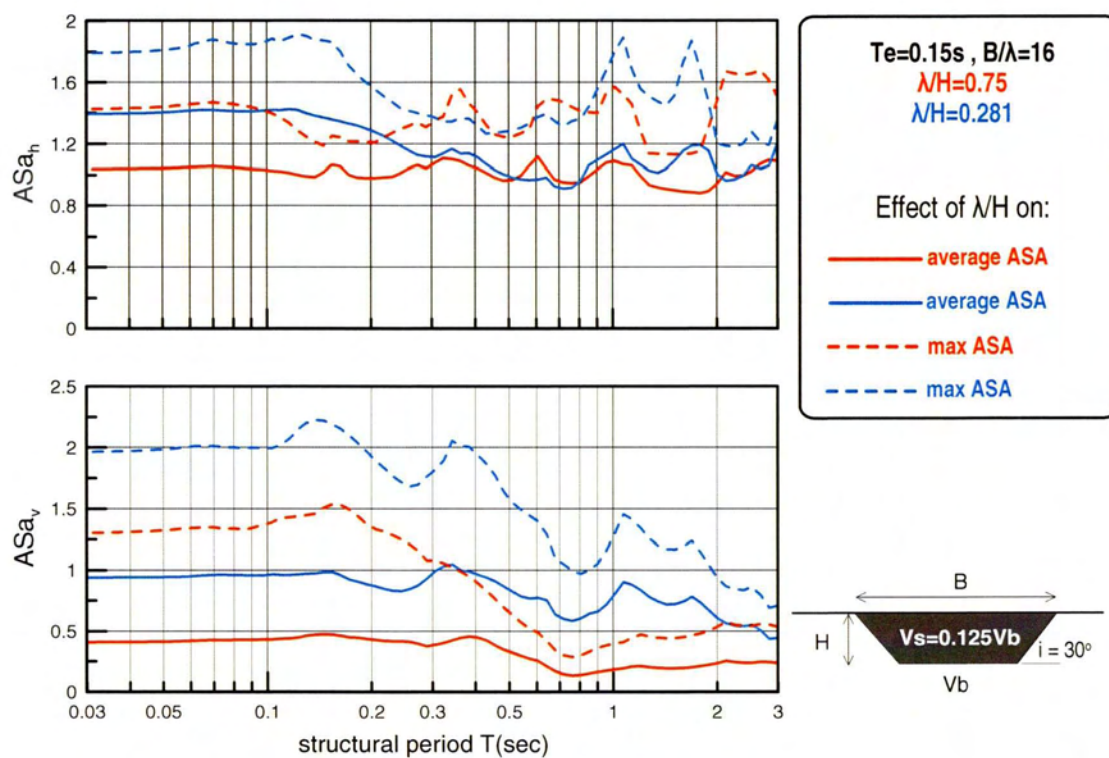


**Σχήμα Β.14** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

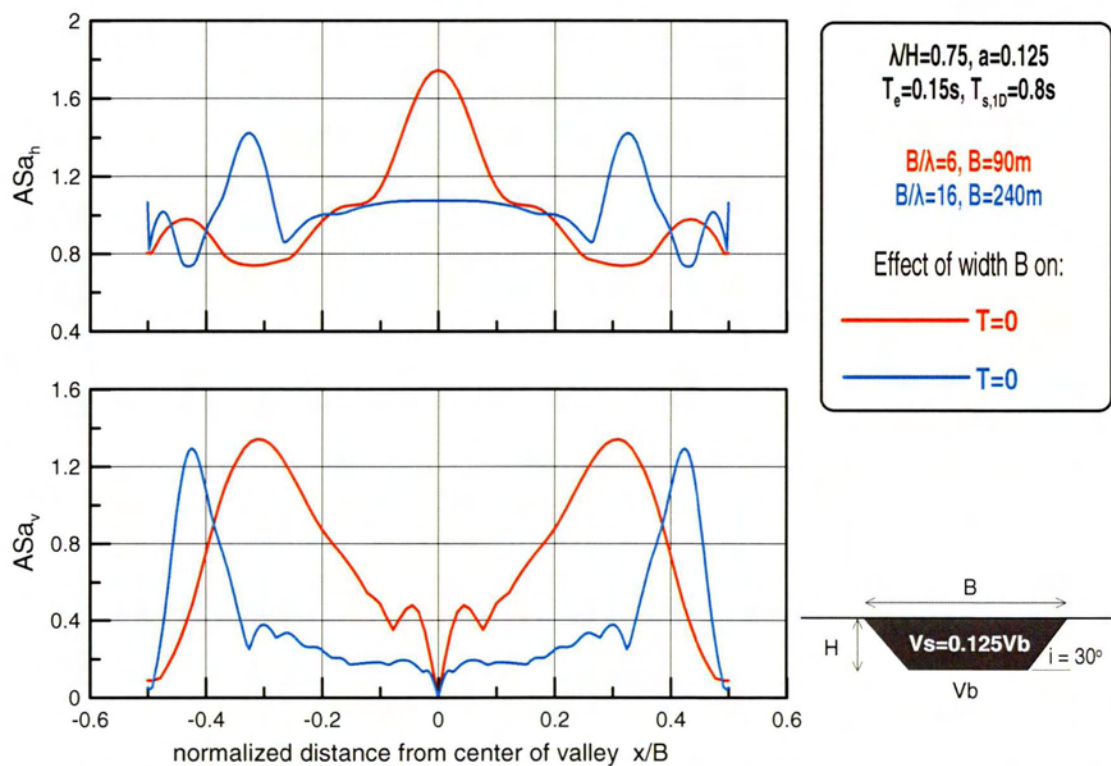


**Σχήμα Β.15** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

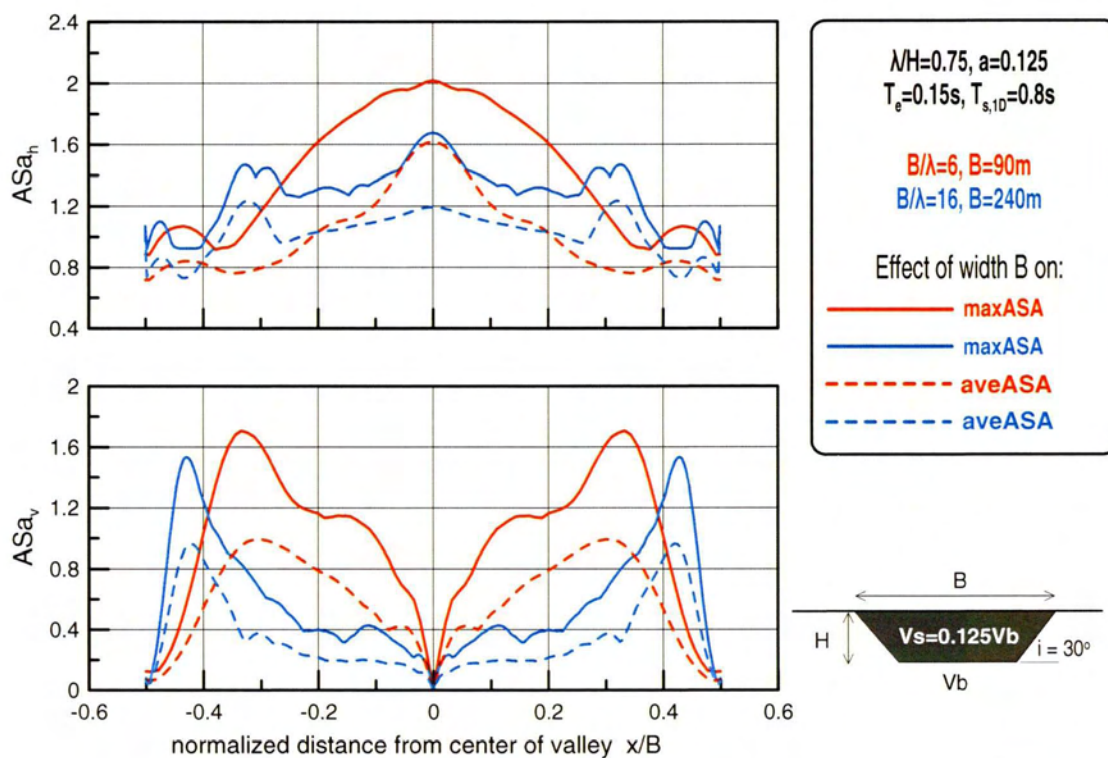




**Σχήμα Β.16** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #5 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

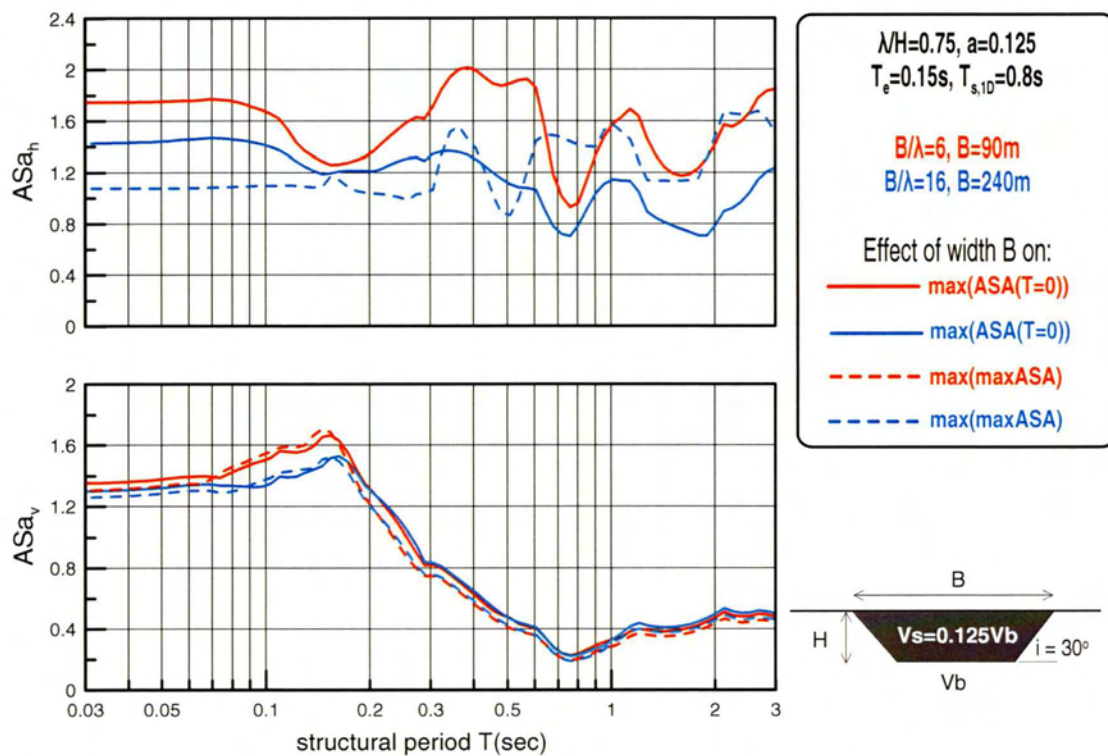


**Σχήμα Β.17** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

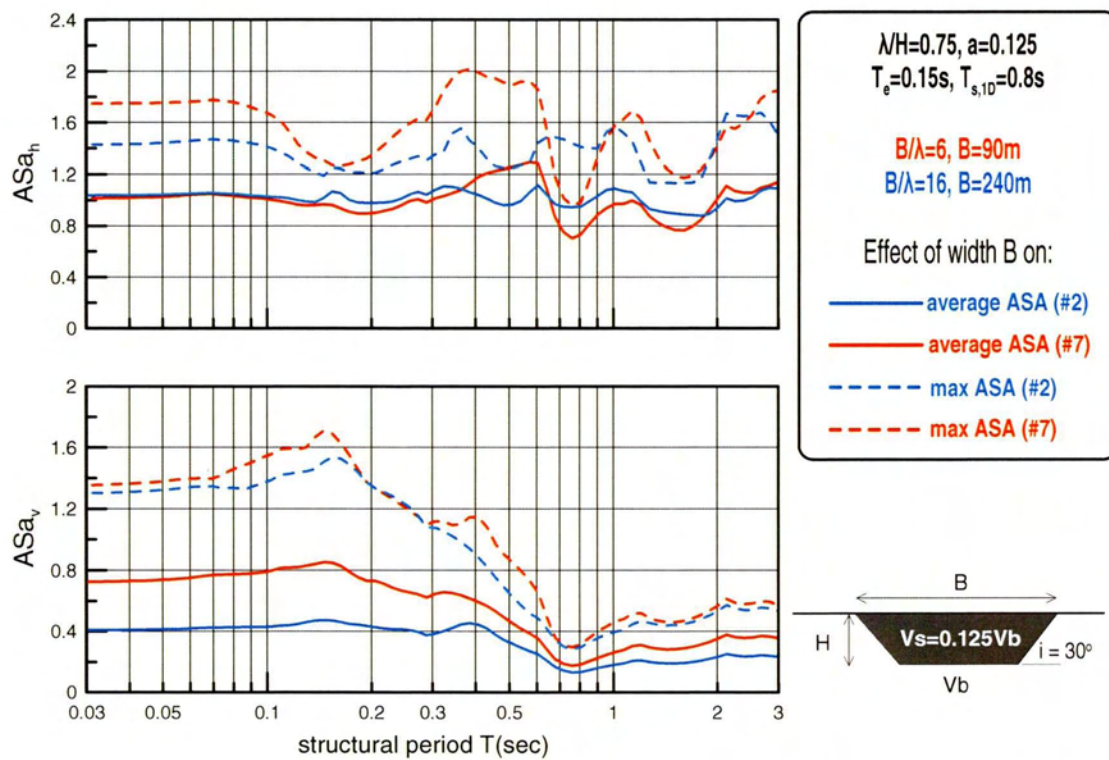


**Σχήμα Β.18** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

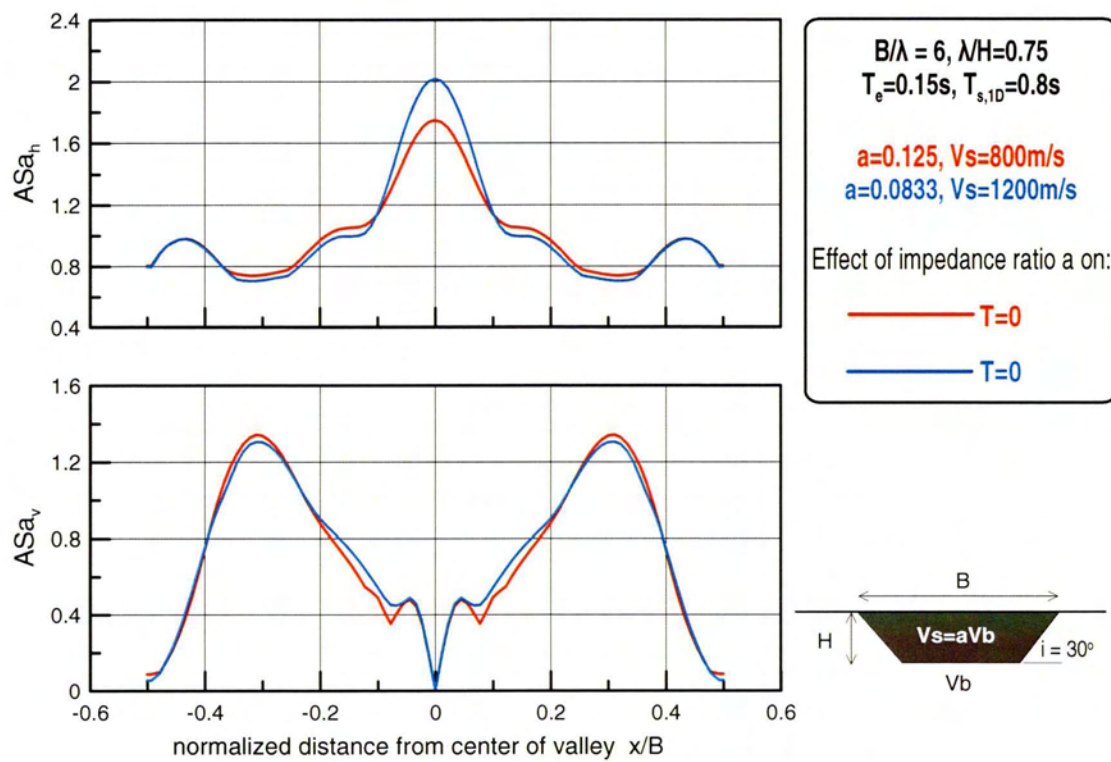




**Σχήμα Β.19** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

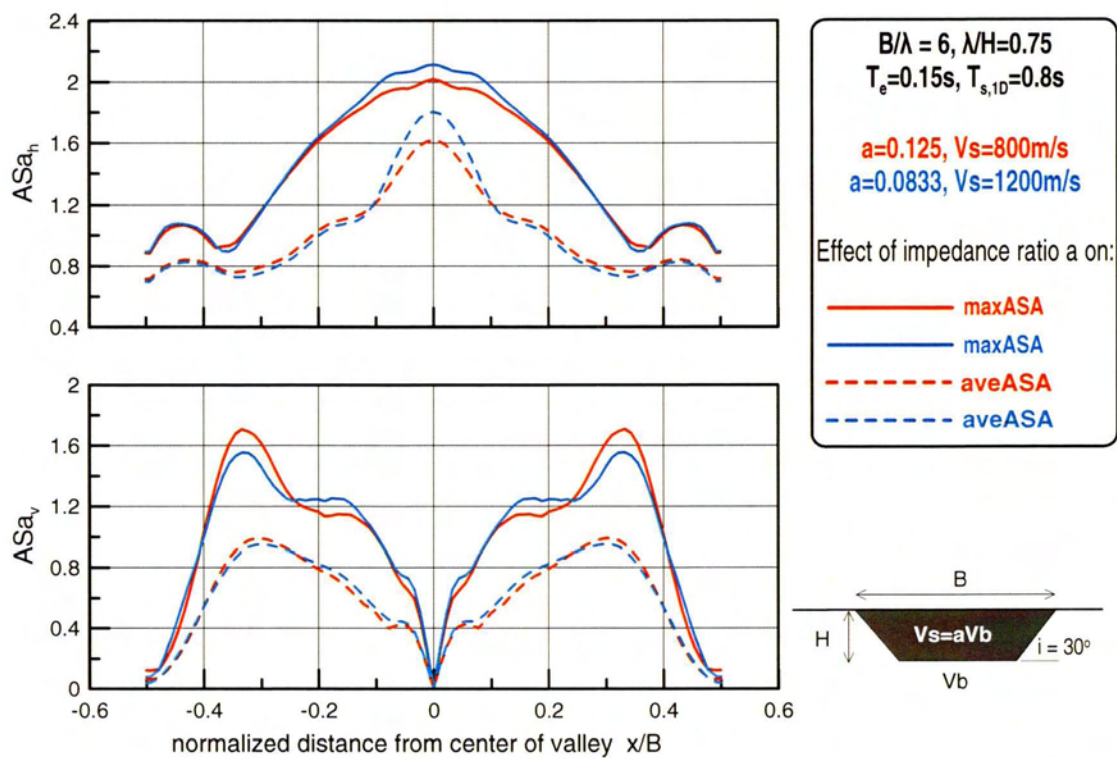


**Σχήμα Β.20** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #4 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

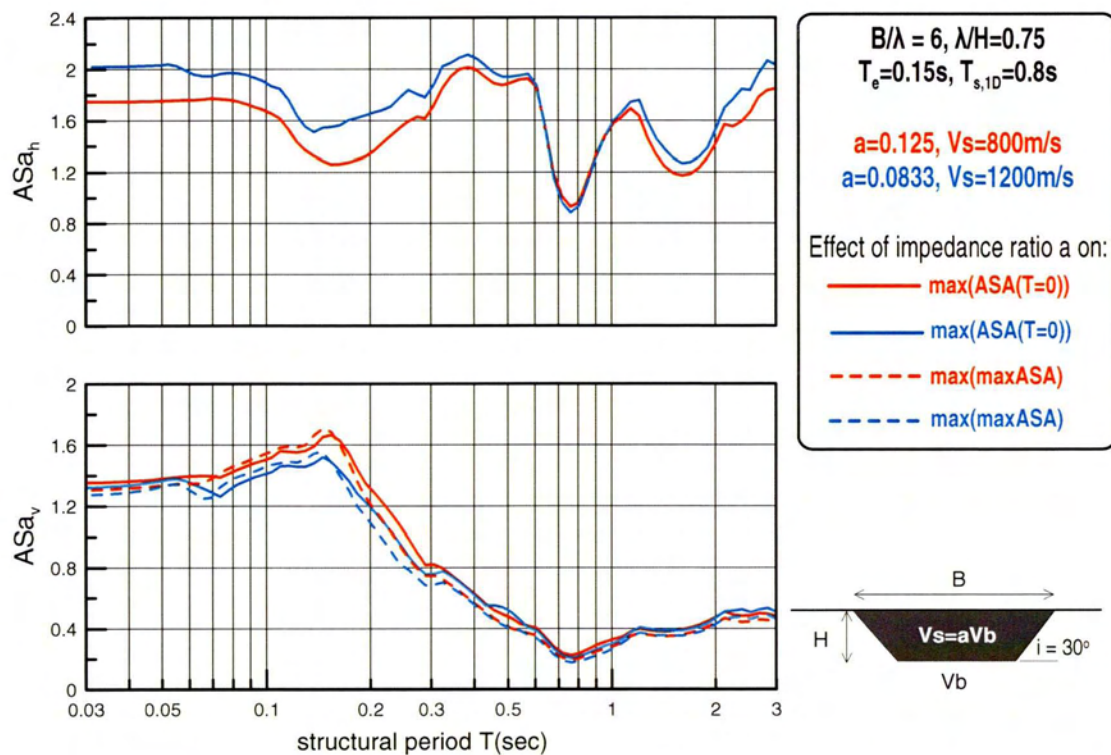


**Σχήμα Β.21** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

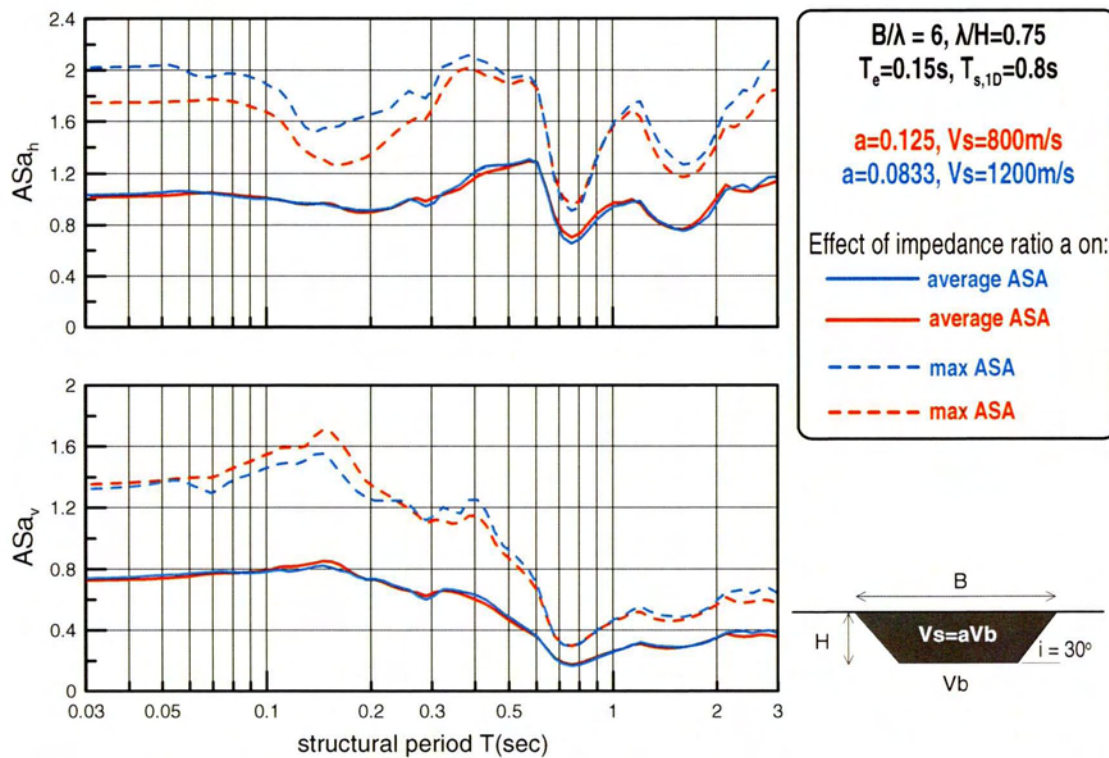




**Σχήμα Β.22** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

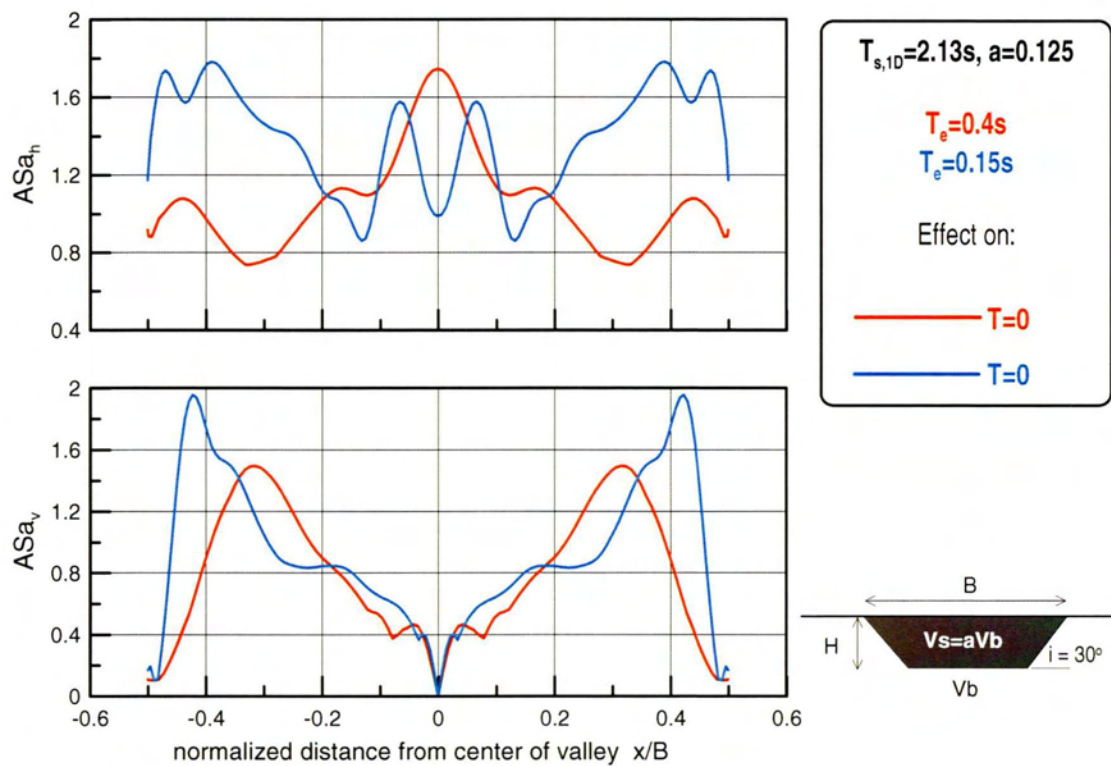


**Σχήμα Β.23** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

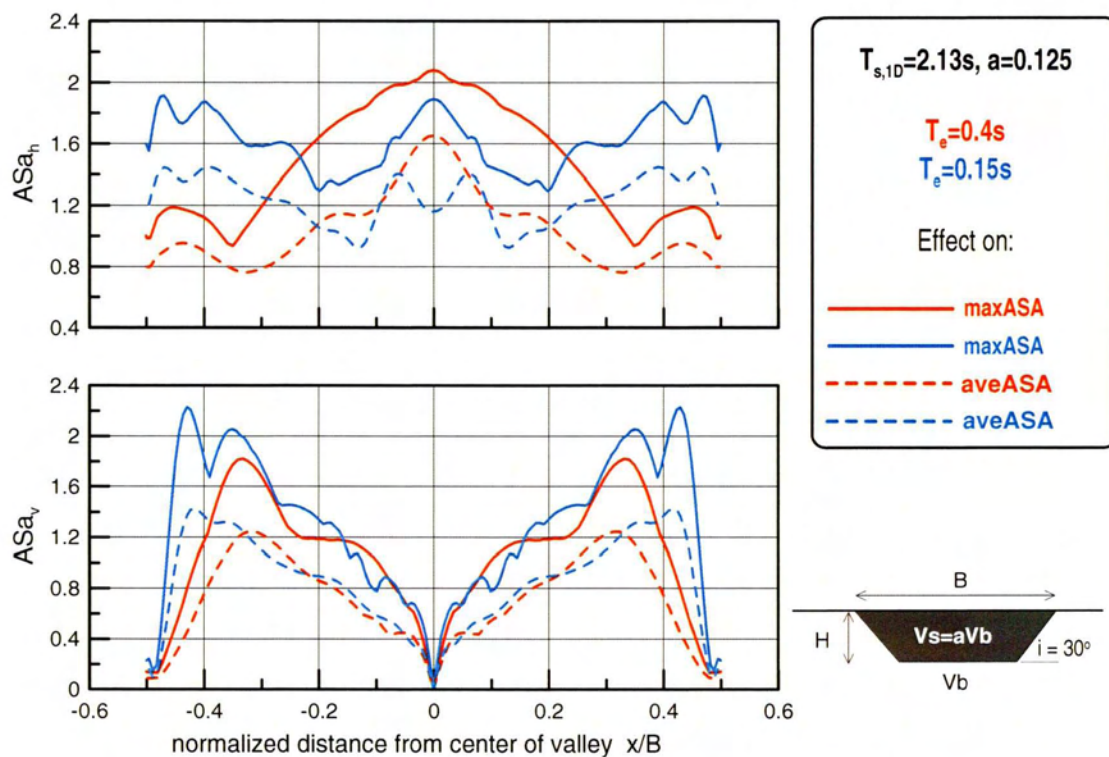


**Σχήμα Β.24** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #3 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

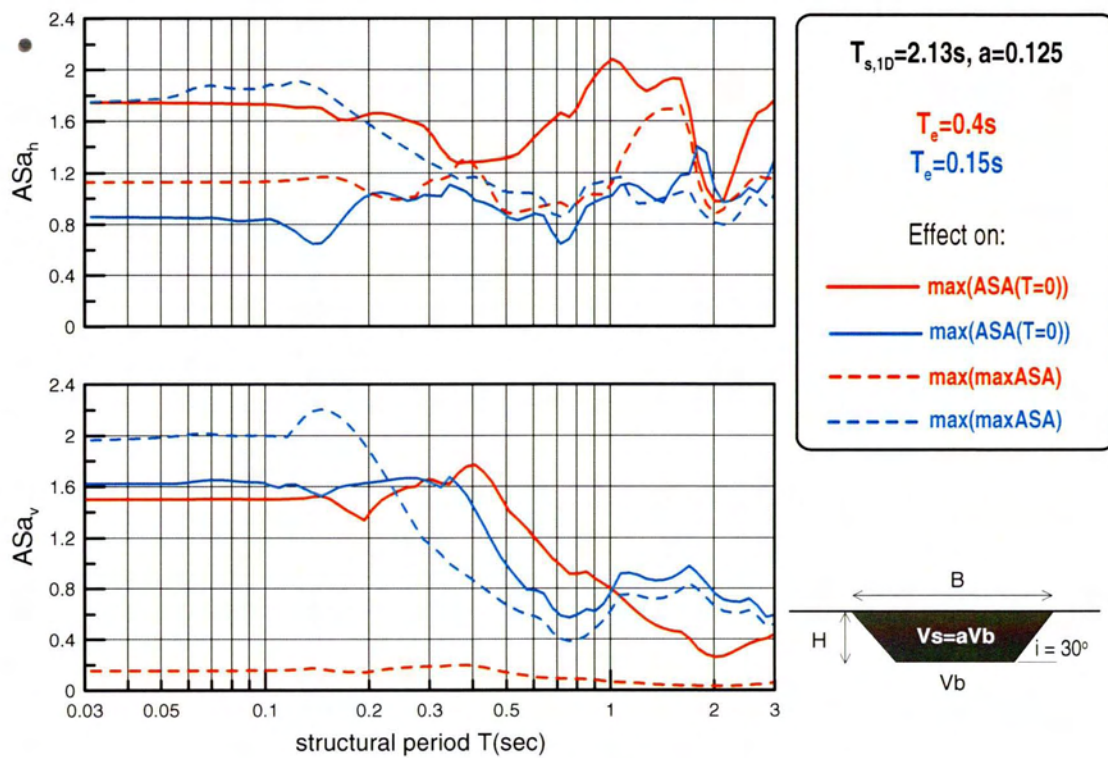




**Σχήμα Β.25** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

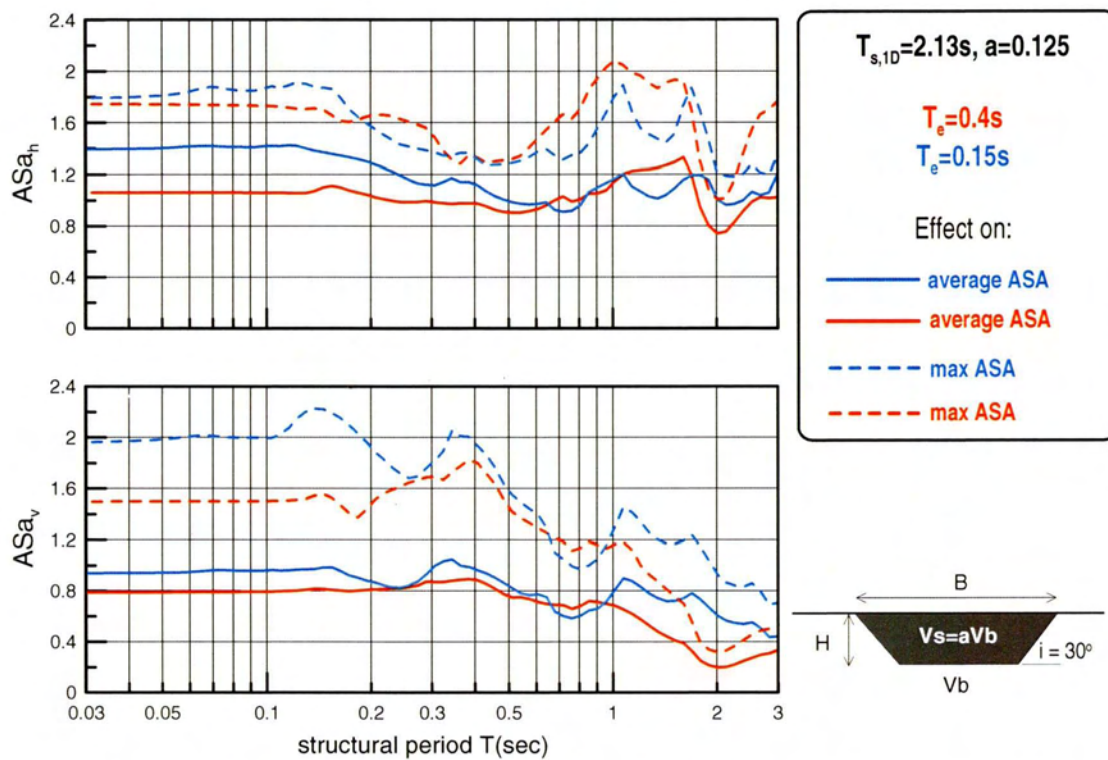


**Σχήμα Β.26** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

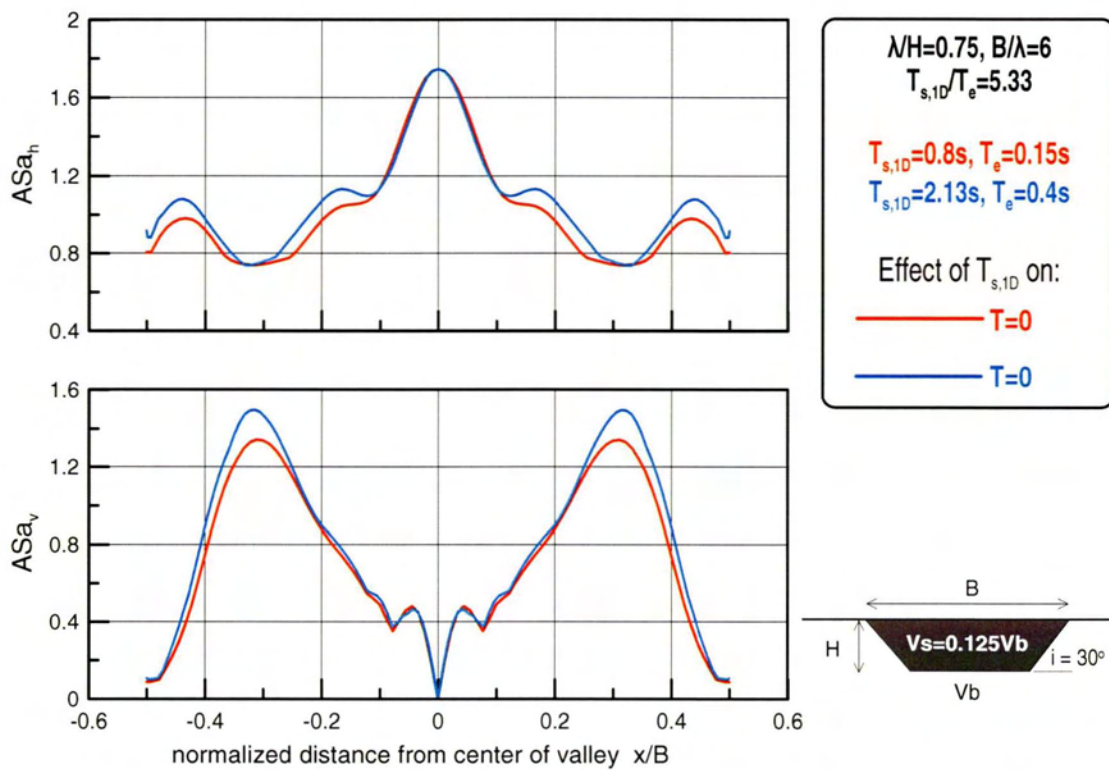


**Σχήμα Β.27** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

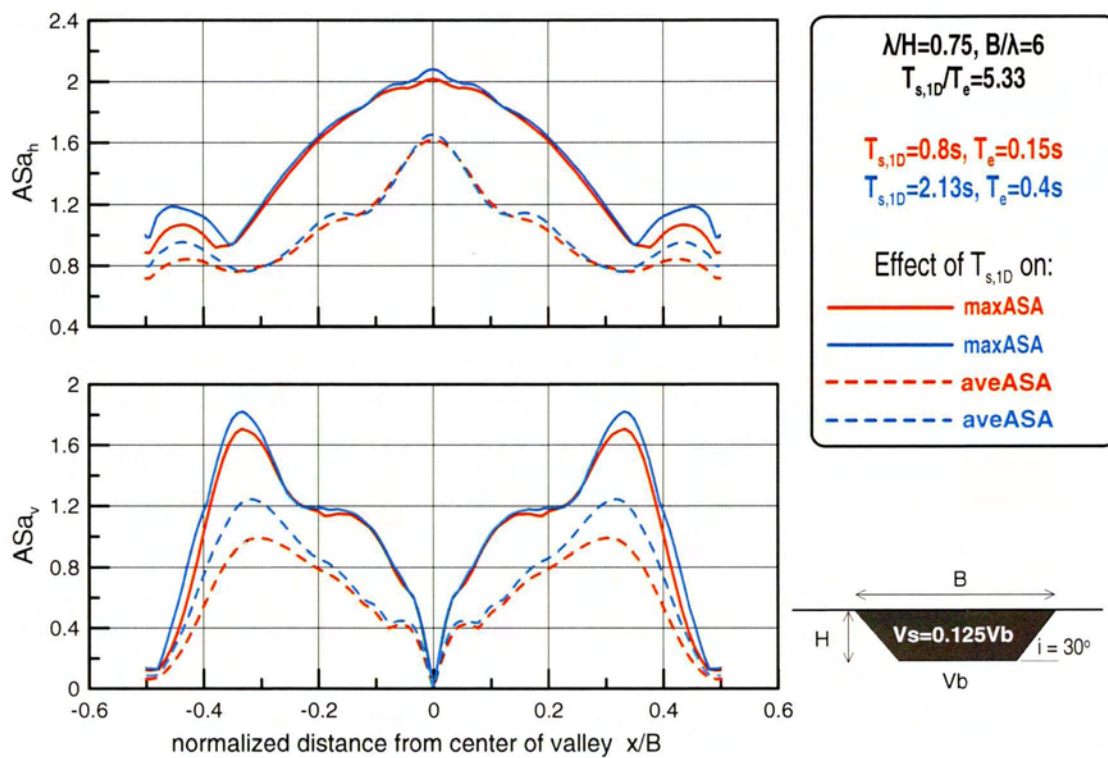




**Σχήμα Β.28** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #5 και #2 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

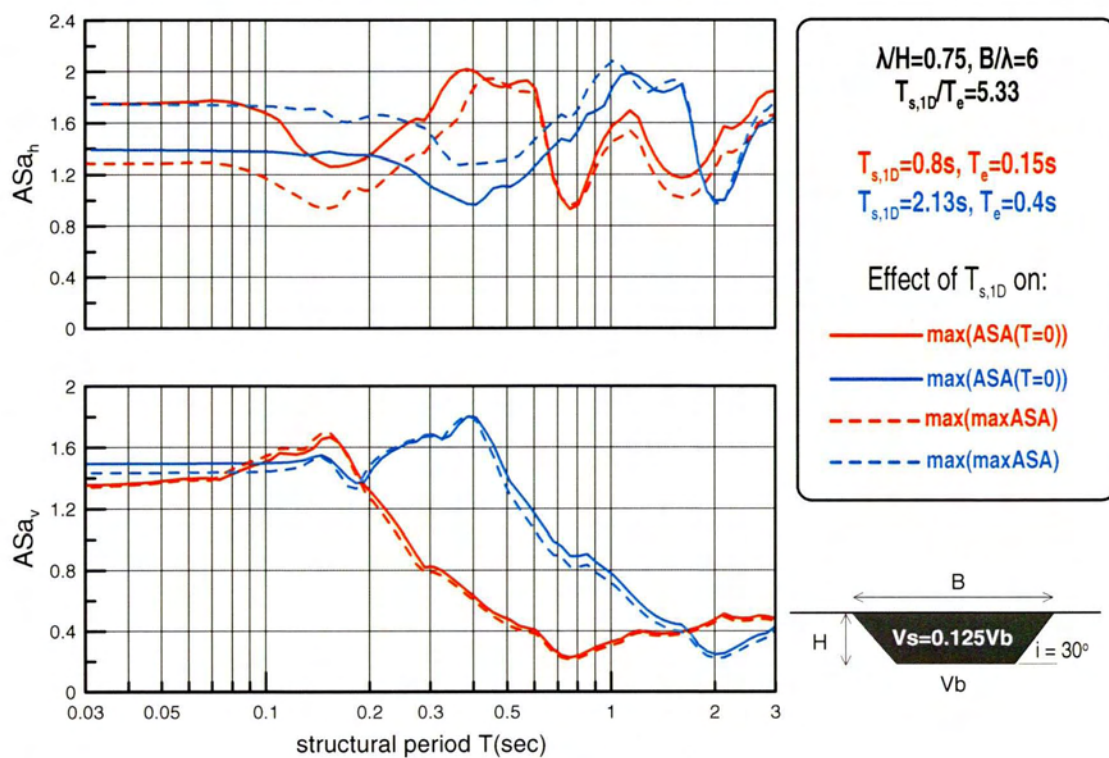


**Σχήμα Β.29** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

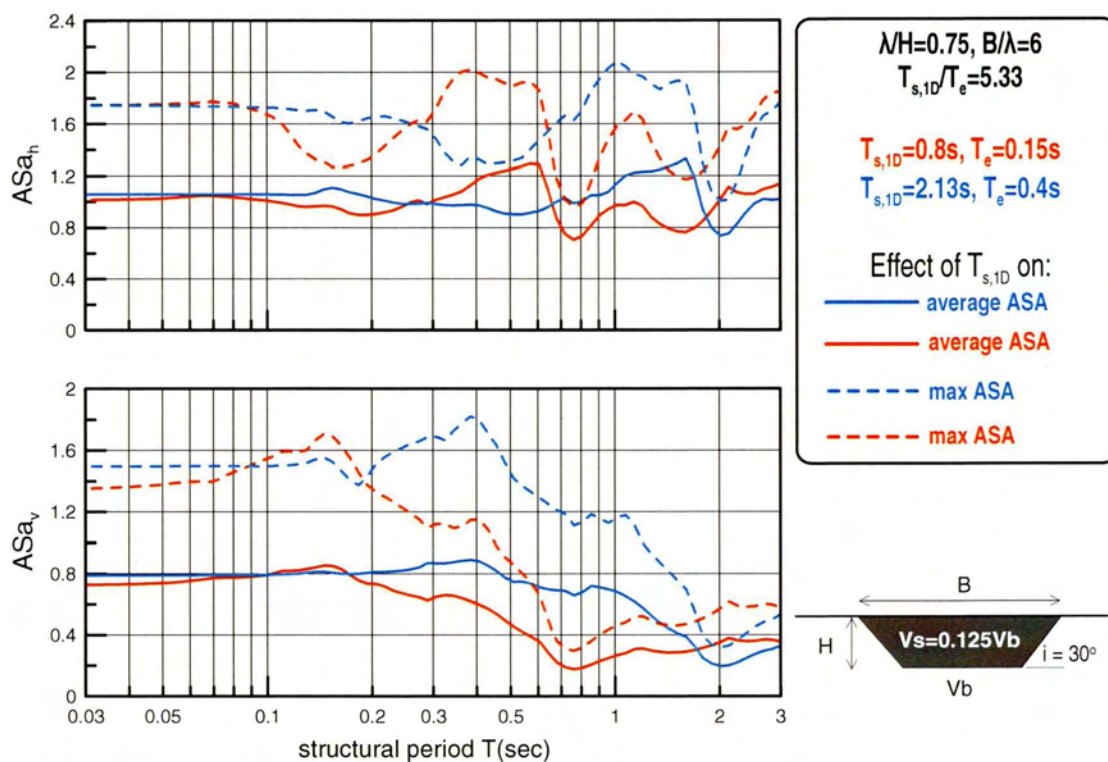


**Σχήμα Β.30** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  και τον μέσο φασματικό λόγο  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



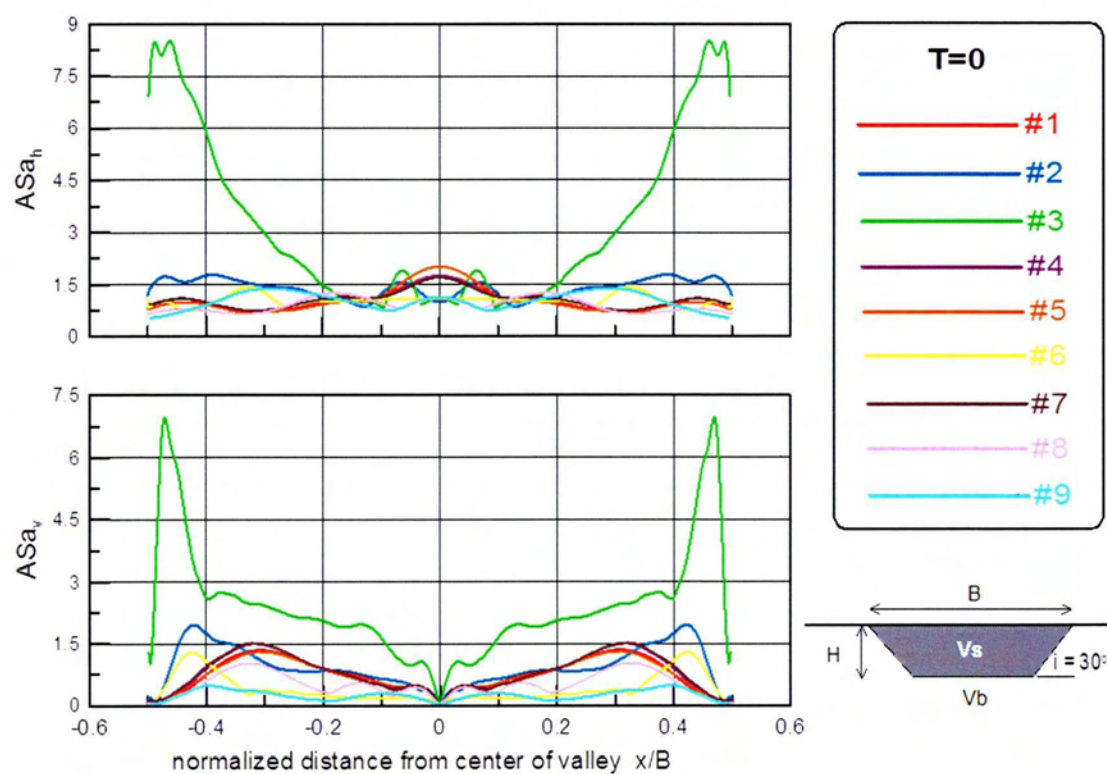


**Σχήμα Β.31** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  και όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $\max ASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλιάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



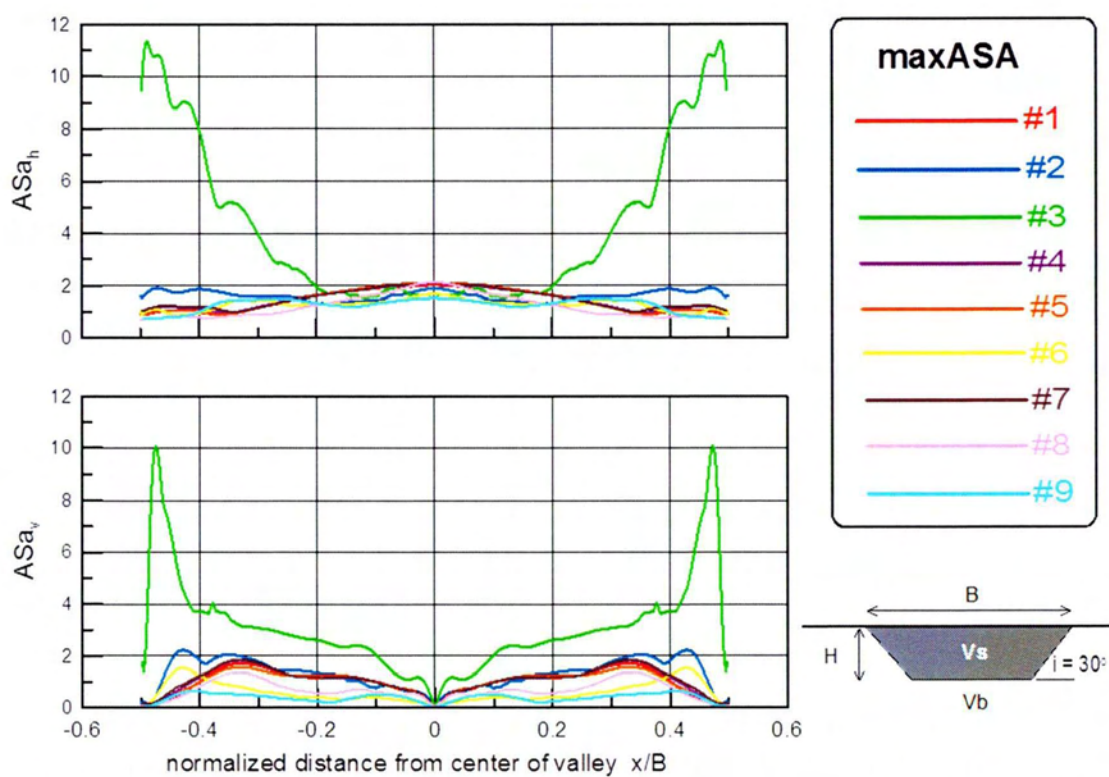
**Σχήμα Β.32** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τις καμπύλες του μέγιστου φασματικού λόγου  $maxASA$  και μέσου φασματικού λόγου  $averageASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #2 και #1 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ



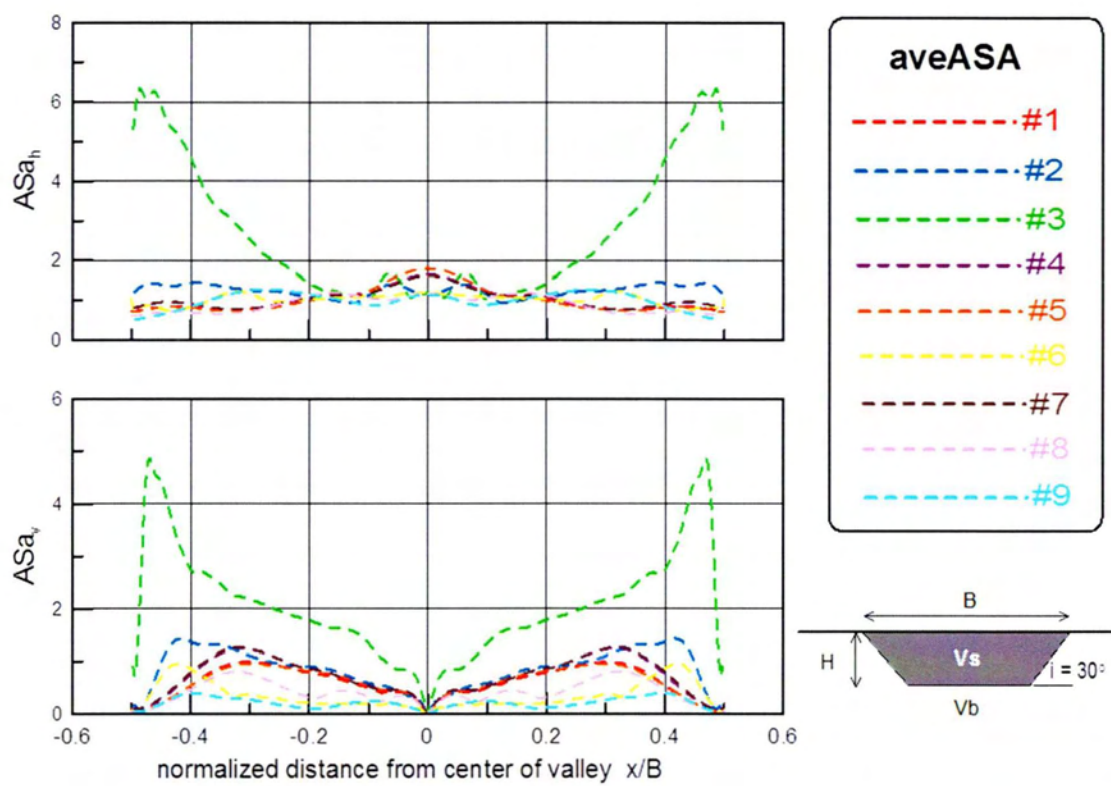
**Σχήμα Γ.1** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για περίοδο κατασκευής  $T=0$  στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



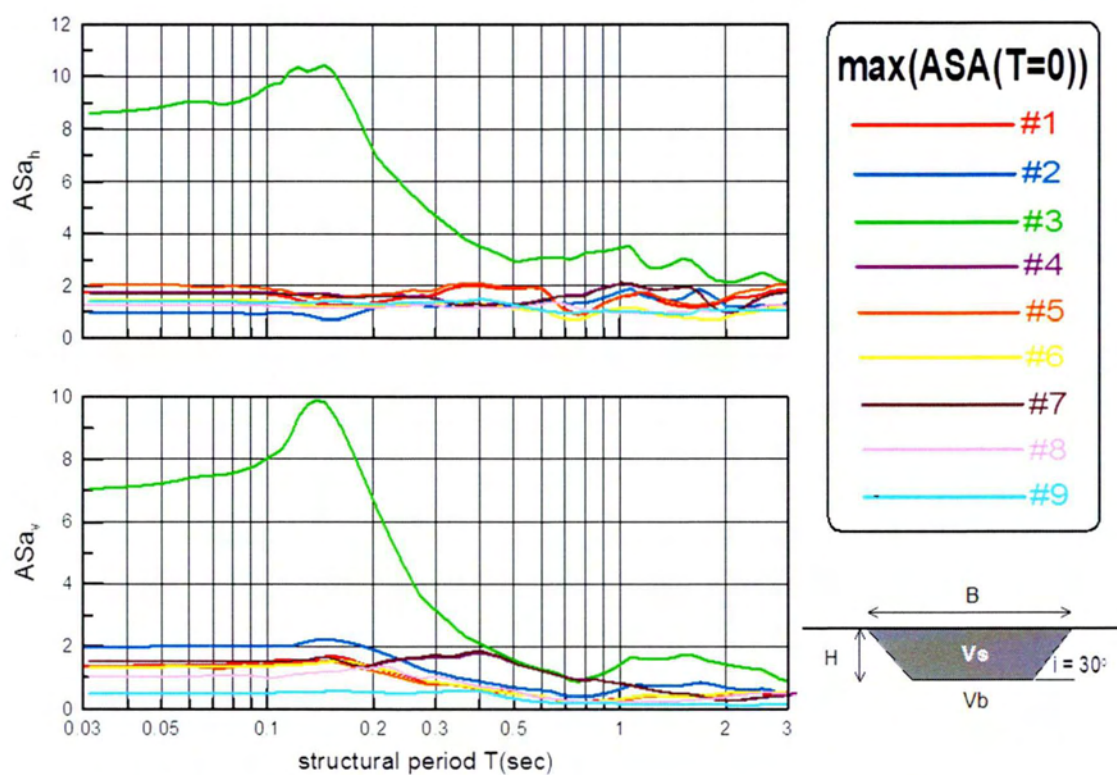


**Σχήμα Γ.2** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$

για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

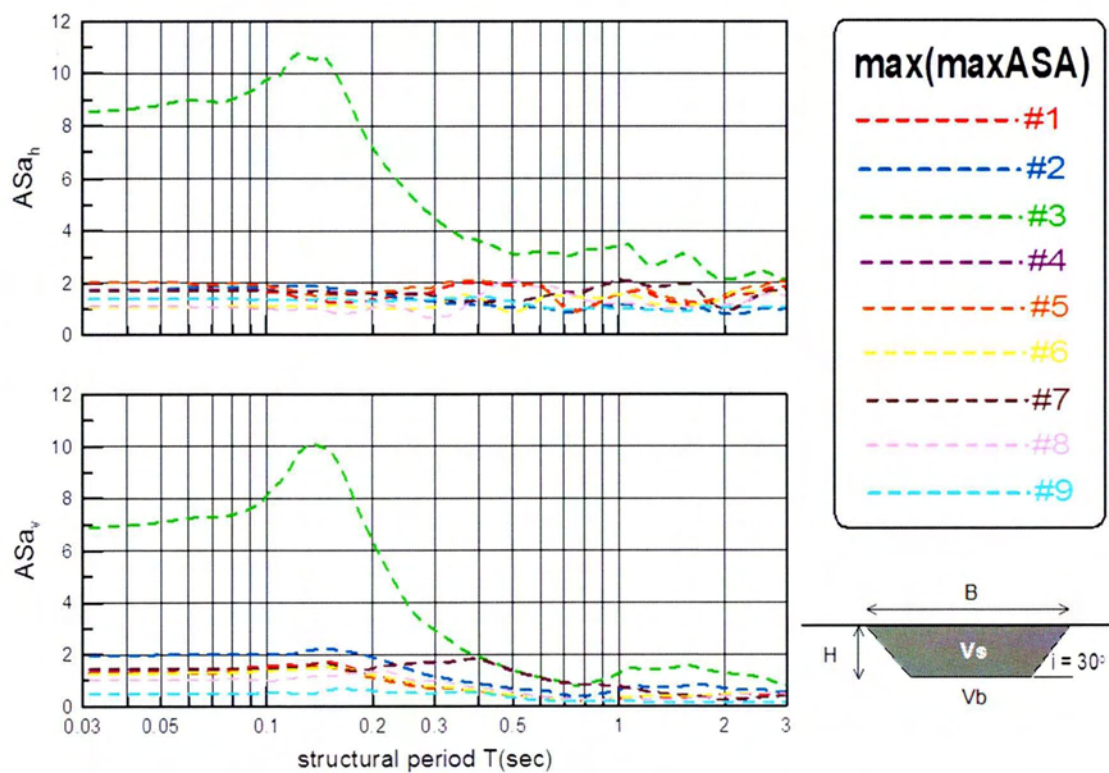


**Σχήμα Γ.3** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο averageASA για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου

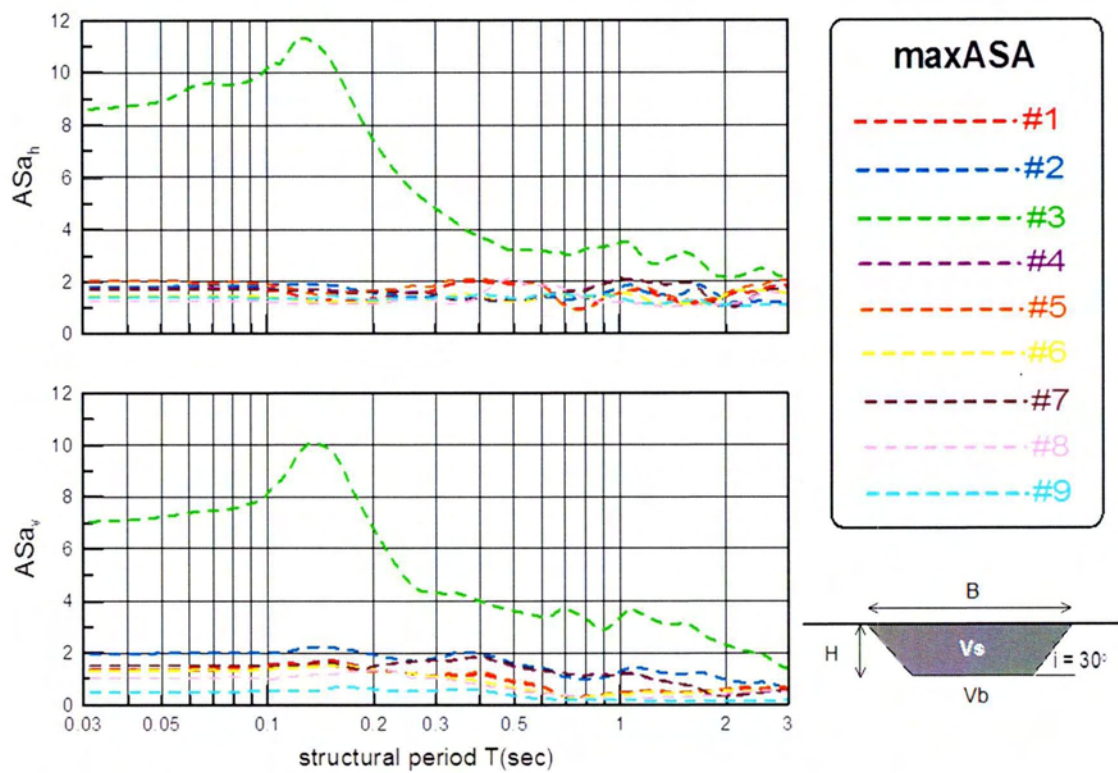


**Σχήμα Γ.4** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστος ο φασματικός λόγος  $ASA$  για περίοδο  $T=0$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.

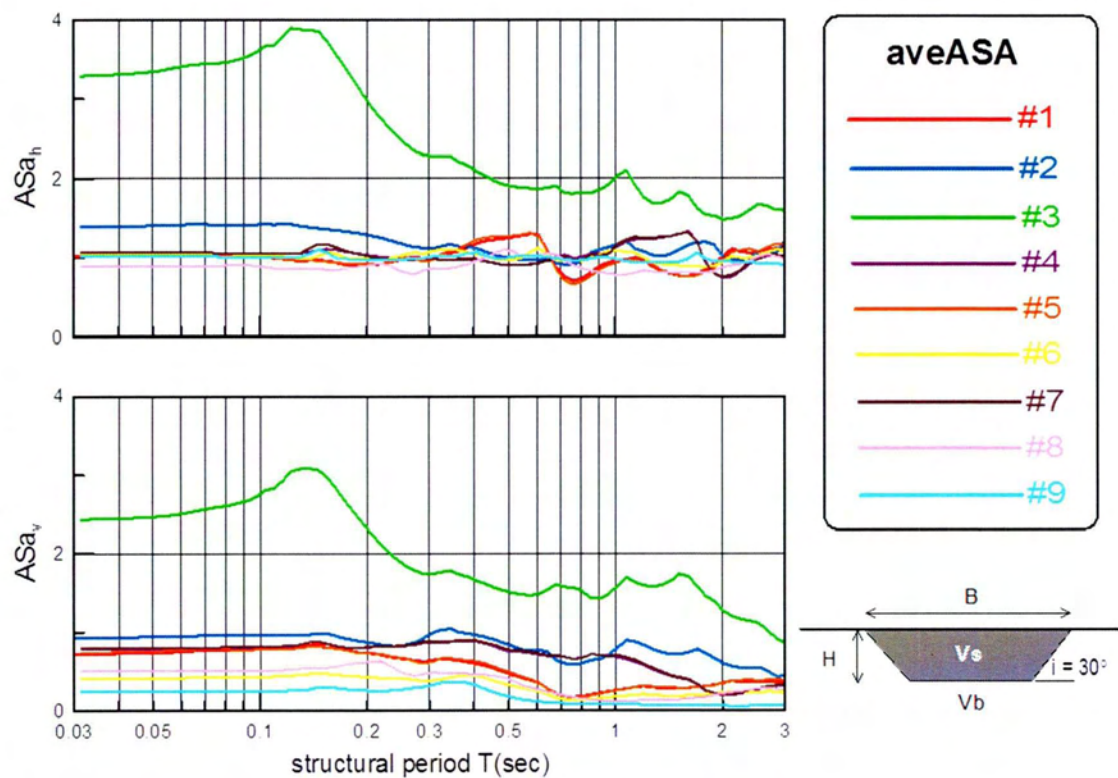




**Σχήμα Γ.5** Φασματική ενίσχυση της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης στις θέσεις όπου γίνεται μέγιστη η καμπύλη  $maxASA$  ανεξαρτήτως περιόδου στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου.



**Σχήμα Γ.6** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέγιστο φασματικό λόγο  $maxASA$  για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου



**Σχήμα Γ.7** Χωρική διαφοροποίηση φασματικής ενίσχυσης της οριζόντιας  $ASa_h$  και παρασιτικής κατακόρυφης  $ASa_v$  επιτάχυνσης για τον μέσο φασματικό λόγο averageASA για κάθε θέση της κοιλάδας στους συνδυασμούς κοιλάδας-διέγερσης #1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8 και #9 υπό τη χρονοϊστορία Αιγίου





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000121604