

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την μεταπτυχιακή μας εργασία θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας σε όλους όσους βοήθησαν πρακτικά και ηθικά την προσπάθεια αυτή.

Καταρχάς, οφείλουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Παπαδημητρίου Αχιλλέα που μας ενέπνευσε με τα μαθήματα του, τόσο σε προπτυχιακό όσο και μεταπτυχιακό επίπεδο. Η αμέριστη βοήθεια, η σαφής καθοδήγηση, η συνεχής κατανόηση και συμπαράσταση που μας παρείχε σε ακαδημαϊκά και επαγγελματικά θέματα ήταν αξιομνημόνευτη. Η γνωριμία και η αγαστή συνεργασία μας αποτελούν οδηγό για εμάς στην πορεία μας ως Μηχανικοί.

Στην προσπάθεια αυτή δεν θα μπορούσαμε φυσικά να ξεχάσουμε τις οικογένειες μας, τους γονείς μας και τα αδέρφια μας, για την συνεχή ηθική υποστήριξη καθόλη την διάρκεια των σπουδών μας. Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλουμε στη Σωτηρία και την Ιωάννα που όλα αυτά τα χρόνια στέκονται δίπλα μας.

SUMMARY

This thesis studies the effect of bedrock morphology on the aggravation of the elastic response spectrum at the surface of alluvial valleys (spectral geomorphic aggravation). It focuses on 2D symmetrical alluvial valleys of trapezoidal (and triangular) cross section, with a B/H ratio (B being the valley's width and H the valley's thickness) equal to 2, 4 and 20. The soil is considered uniform viscoelastic and is resting on a viscoelastic bedrock (**Figure 1**). It is excited by vertical SV waves in the form of time histories based on ten (10) earthquake recordings: Coyote Lake 1979, Kefalonia 1983, Kobe 1995, Lefkada 2003, Loma Prieta 1989, Northridge 1994, Northridge_265 1994, Parkfield 2004, Pyrgos 1993 and Sepolia 1999. These time histories have quite different numbers of significant cycles and as a whole they have a wide range of spectral content (e.g. the predominant period $T_e = 0.18 - 0.45$ sec), which covers the significant period range of the EC8 design spectrum of ground category A (bedrock) (**Figure 2**). In total, dynamic viscoelastic analyses (with Rayleigh damping $\xi_{min} = 5\%$) were performed for thirty (30) valley-excitation combinations using the finite difference method via FLAC (Itasca, 2005).

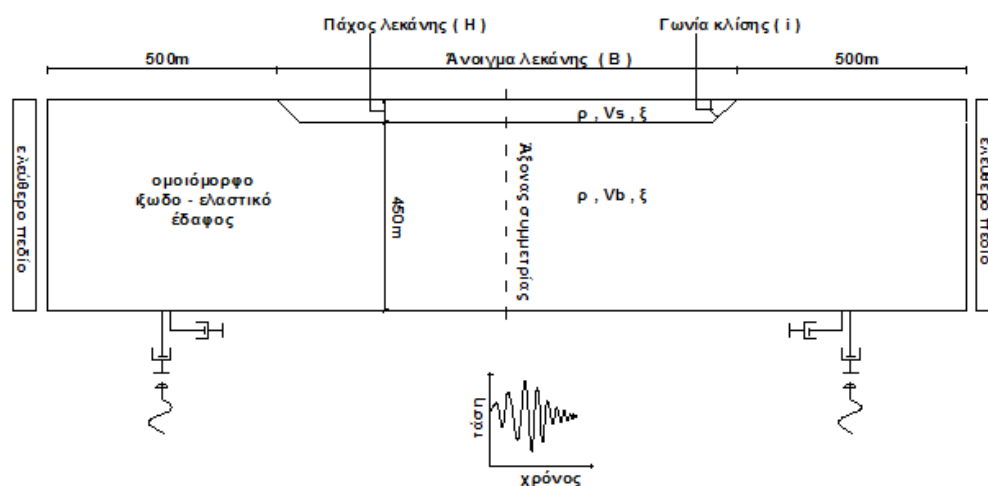


Figure 1: Illustration with the geometrical configuration of the model which is used for the seismic ground response analysis of alluvial valleys.

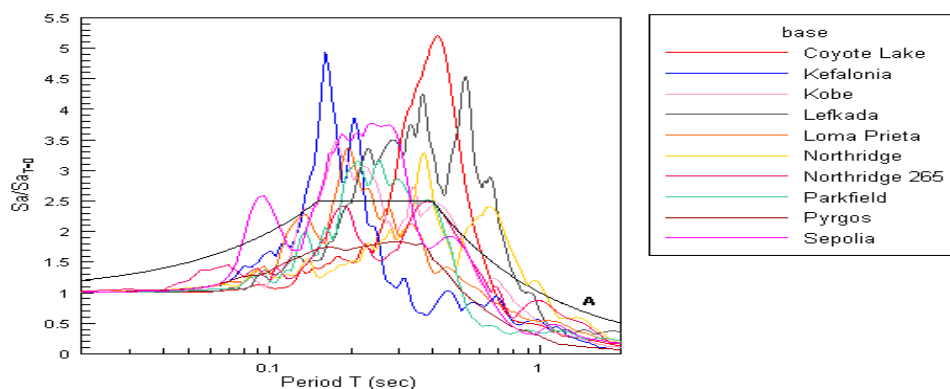


Figure 2: Normalized elastic response spectra (5% damping) of ten (10) seismic excitations in comparison with the elastic design spectrum of ground category A (bedrock) of the EC8.

For the quantification of geomorphic aggravation on the elastic response spectrum, two dimensionless spectral ratios of geomorphic aggravation (ASa_h , ASa_v) are adopted. These ratios are functions of the location along the valley and the structural period T (for damping $\xi=5\%$). The ASa_h ratio is defined as the ratio of the elastic response spectrum for the horizontal acceleration at each location over the elastic response spectrum in the horizontal direction corresponding to 1D vibration at the same location. Similarly, the numerator of ASa_v is the elastic response spectrum of the parasitic vertical acceleration at each location, while the denominator is the same as for the ASa_h ratio. The maximum values of ASa_h and ASa_v for $T=0$ sec are denoted as A_{hmax} and A_{vmax} respectively, while the locations where these maxima occur along the valley are depicted by dimensionless distances x_h/B and x_v/B from the centre of the symmetric valley of width B , respectively.

A comparison between the results of the numerical analyses and related literature studies that propose approximate relations for (geomorphic) aggravation factors, lead to the following conclusions:

- The relations for estimating A_{hmax} and A_{vmax} of Mellios & Tetta (2010) are reliable within their application range. Beyond their application range it is considered necessary to slightly reduce the predictions for A_{hmax} only for “narrow” valleys ($B/H \leq 2$) and only when $\lambda/H < 0.67$, where λ is the predominant shear wavelength. Similarly, the same authors proposed charts for estimating x_h/B and x_v/B and these were found reliable, even when they are used beyond their application range.
- The studied literature does not provide reliable procedures for estimating aggravation factors for the whole elastic response spectrum. For example, Gatmiri et al. (2012, 2014) presented reliable relations for estimating the $maxASa_h$ in the center of the valley, which require decoupling of the 1D soil amplification. More recently, Riga et al. (2016) presented relations for estimating the $maxASa_h$ at different locations along the valley, which were found rather conservative. On the contrary, Vessia et al. (2011) proposed aggravation factors that differ for different values of the structural period T , which were found to be of sufficient accuracy for the determination of amplifications in the center of the valley and in areas close to it (up to approx. $x/B=0.3$), especially for “usual” valleys ($2 < B/H < 10$).

In the sequel, a quantification of the basic conclusions from the numerical analyses was performed, which is summarized as follows:

- The basic criterion for the definition of geomorphic aggravation is the ratio B/H , where B is the width of valley and H its thickness. Based on this criterion, 2D symmetrical trapezoidal valleys may be divided into three (3) categories: a) «narrow», when $B/H \leq 2$, b) «usual», when $2 < B/H < 10$, and c) «wide», when $B/H \geq 10$.
- «Narrow» valleys may give excessive amplifications (e.g. ASa_h up to 2.1 and ASa_v up to 1.2) at their central area and for structural periods T smaller or equal to the resonance period T_r of the valley, i.e. the A_{hmax} and A_{vmax} values pose as peak values of ASa_h and ASa_v , respectively.
- «Usual» valleys give significant amplifications (e.g. ASa_h up to 1.9 and ASa_v up to 0.8) near their center, and these amplifications become very intense for structural periods T near the resonance period T_r of the valley, where the peak values of ASa_h and ASa_v become quite higher than the A_{hmax} and A_{vmax} values.
- «Wide» valleys condition their geomorphic aggravation on the characteristics of the applied excitation. In particular, when the predominant excitation period T_e is greater than the 1D fundamental soil period $T_{s,1D}$, the aggravation is insignificant (e.g. $ASa_h < 1.1$, $ASa_v < 0.3$) and the response is practically 1D. However, when the $T_{s,1D} \geq T_e$, considerable amplifications (ASa_h to 1.4 and ASa_v to 0.8) are expected, mainly at the edges of the valley and for structural periods T near the predominant excitation period T_e .

- At any valley, the geomorphic amplifications are nullified for structural periods T greater than 1D fundamental soil period $T_{s,1D}$.

Based on these results, approximate relations and charts are proposed for the geomorphic aggravation of 2D symmetrical trapezoidal valleys, which provide aggravation factors for the 1D elastic response, that differ according to the location along the valley. These factors are different for the horizontal and parasitic vertical spectral acceleration F_{Hgeo} and F_{Vgeo} , respectively. Each of these factors depends on two independent functions, $A(T)$ and $G(x/B)$, where $A(T)$ is the "spectral" amplification associated with the structural period T and $G(x/B)$ is the "spatial" function associated with the dimensionless x/B distance from the center of the valley. Note that factors $A(T)$ and $G(x/B)$ depend on the category of the valley ("narrow", "usual" or "wide") and are different for the two directions of interest (horizontal or vertical). It is noted here that these factors employ the approximate relations and charts of Mellios & Tetta (2010), which were found reliable on the basis of the presented results.

Figures 3 and 4 give examples of comparisons of the proposed aggravation factors with the numerical results for a "usual" valley ($B/H = 4$) under the Kobe excitation (with $T_e = 0.2$ sec). More specifically, **Figure 3** shows the spatial differentiation of geomorphic aggravation for selected structural periods T , while **Figure 4** provides the respective comparisons for the spectral geomorphic aggravation at selected locations along the valley. Then, **Figures 5 and 6** provide the respective comparisons of aggravation factors with the numerical results for the same seismic excitation when this is imposed on a "narrow" valley ($B/H = 2$). Finally, **Figures 7 and 8** give the corresponding comparisons again for the Kobe excitation when it is imposed on a "wide" valley ($B/H = 20$).

Based on these comparisons it is derived that the proposed aggravation factors are a complete calibrated tool for predicting the geomorphic aggravation of the elastic response spectrum (under 1D conditions), which provides considerable accuracy for all 2D symmetrical trapezoidal valleys. As a limitation to their use, it is pointed out that they have resulted from viscoelastic analyses (with $\xi_{min} = 5\%$), so they may require re-calibration for very strong vibrations through non-linear analyses.

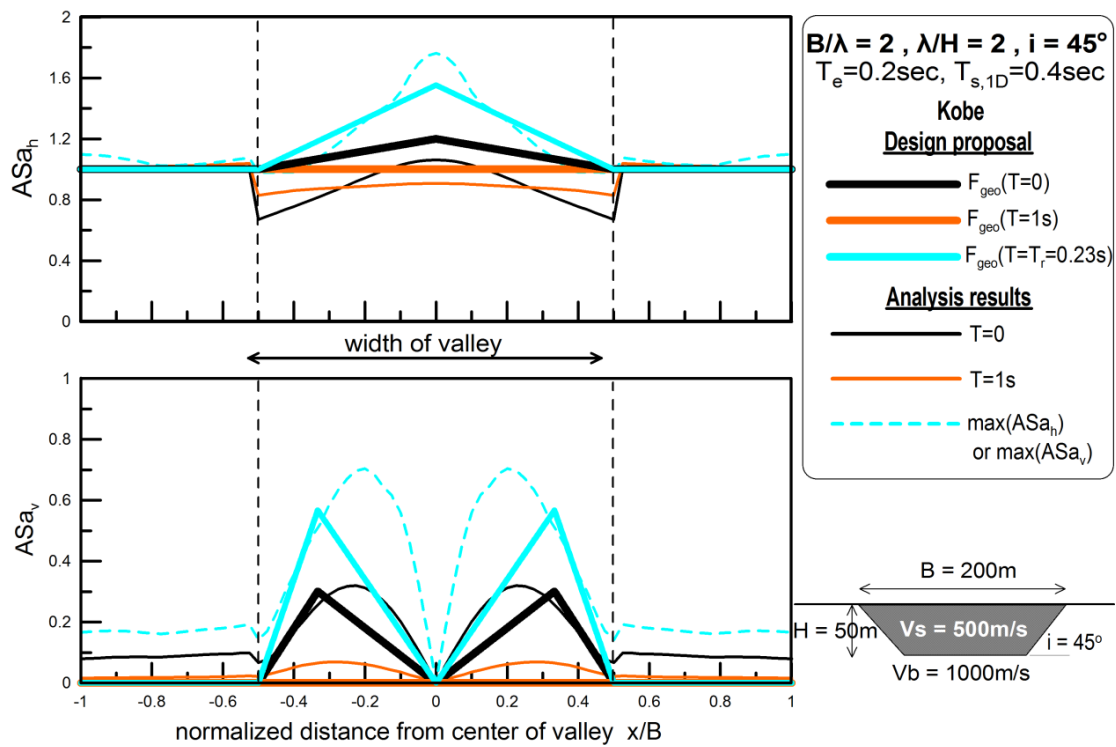


Figure 3: Spatial variation of spectral geomorphic aggravation of horizontal $F_{H_{geo}}(T)$ and parasitic vertical $F_{V_{geo}}(T)$ acceleration for $T = 0$ sec, 1sec and $T_r = 0.23$ sec, in comparison with the numerical analysis results for the «usual» trapezoidal valley ($B/H=4$) under the Kobe excitation.

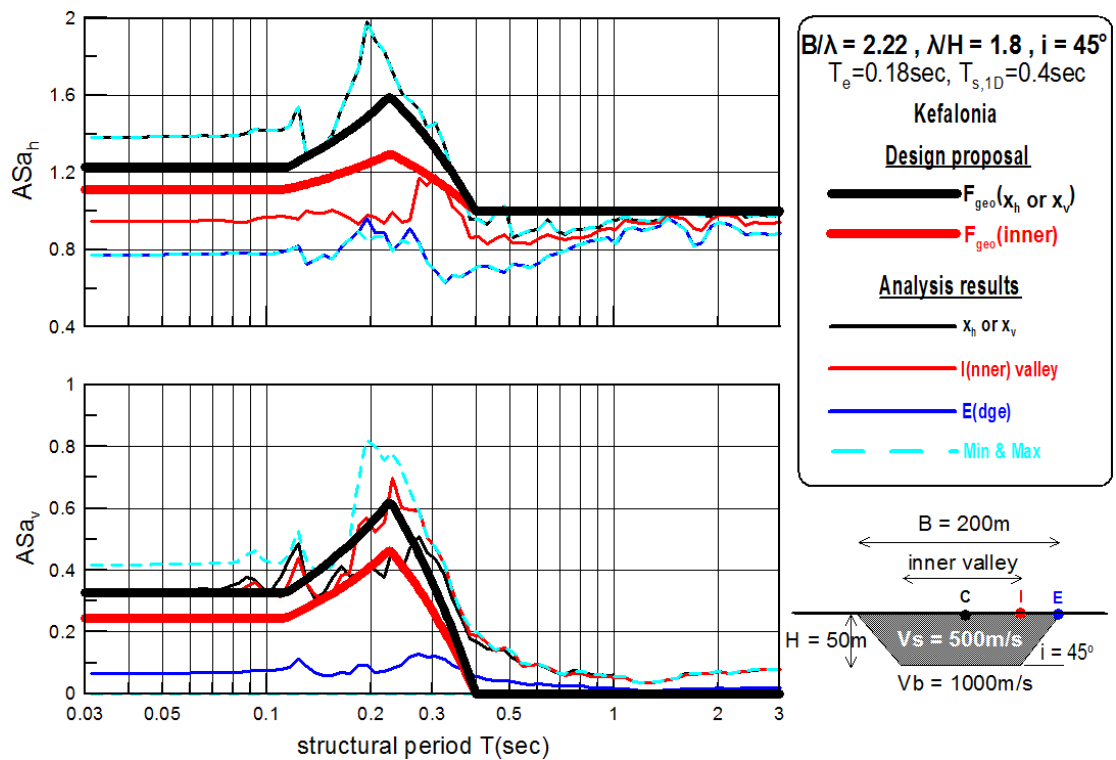


Figure 4: Spectral geomorphic aggravation of horizontal $F_{H_{geo}}(T)$ and parasitic vertical $F_{V_{geo}}(T)$ acceleration at different valley locations, in comparison with the numerical analysis results for the «usual» trapezoidal valley ($B/H=4$) under the Kobe excitation.

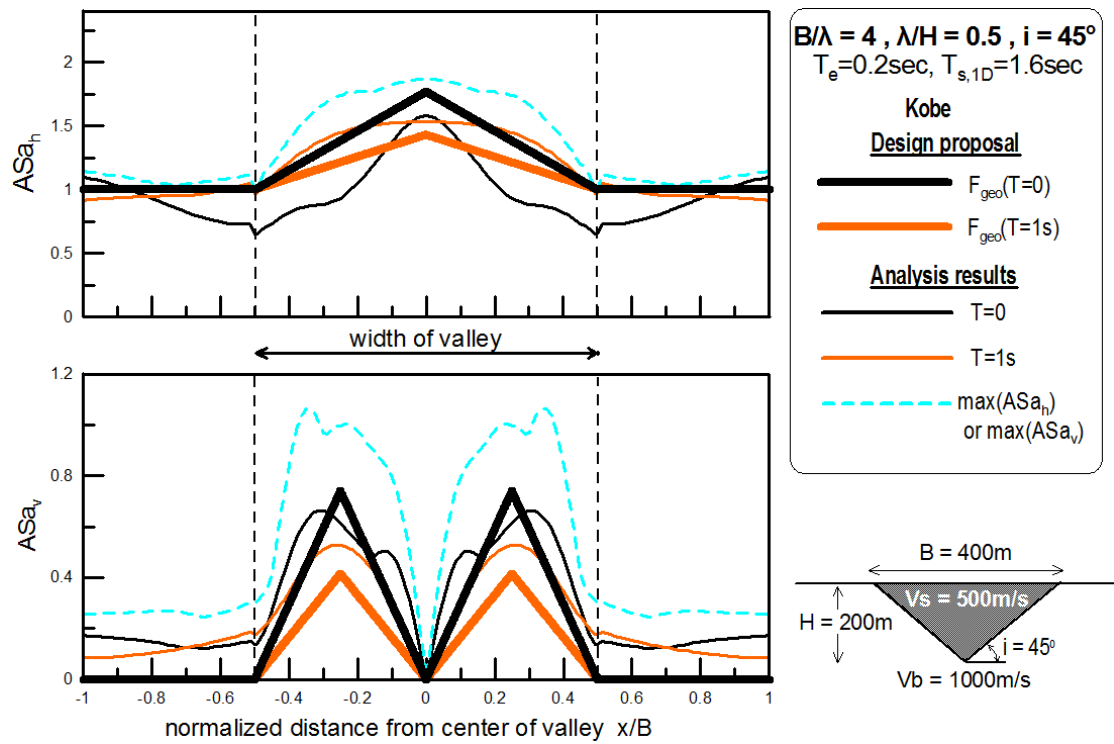


Figure 5: Spatial variation of spectral geomorphic aggravation of horizontal $F_{Hgeo}(T)$ and parasitic vertical $F_{Vgeo}(T)$ acceleration for $T = 0$ and 1sec, in comparison with the numerical analysis results for the «narrow» valley ($B/H=2$) under the Kobe excitation.

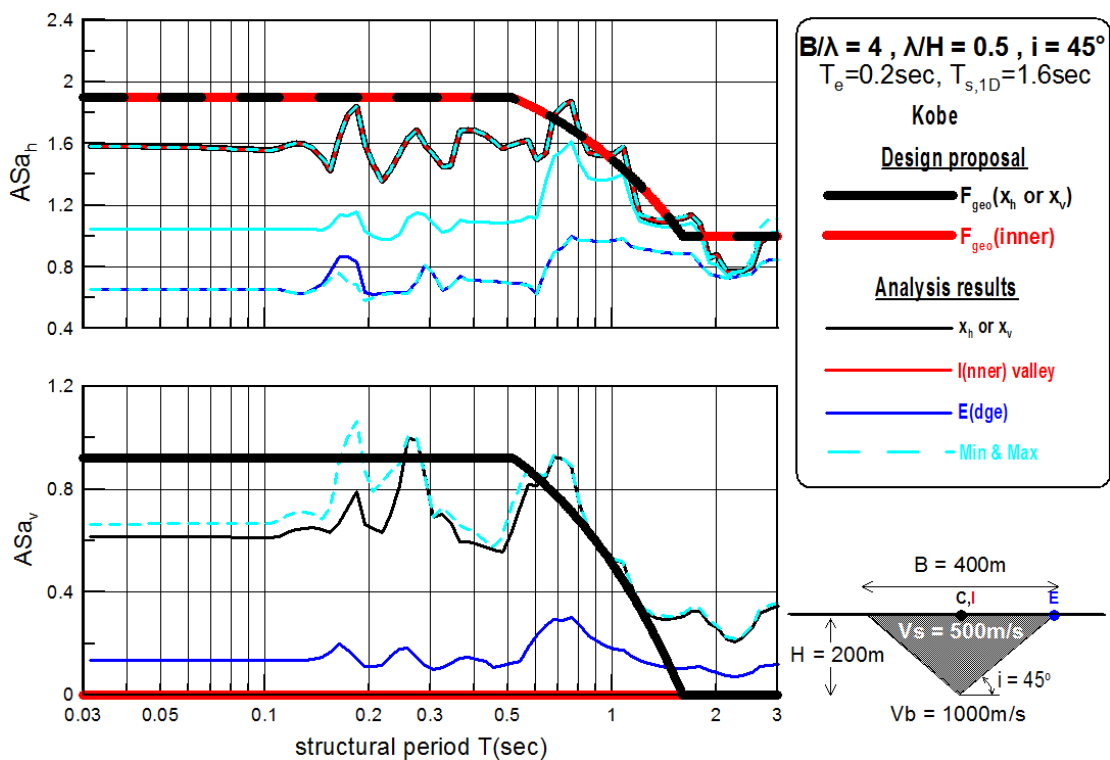


Figure 6: Spectral geomorphic aggravation of horizontal $F_{Hgeo}(T)$ and parasitic vertical $F_{Vgeo}(T)$ acceleration at different valley locations, in comparison with the numerical analysis results for the «narrow» valley ($B/H=2$) under the Kobe excitation.

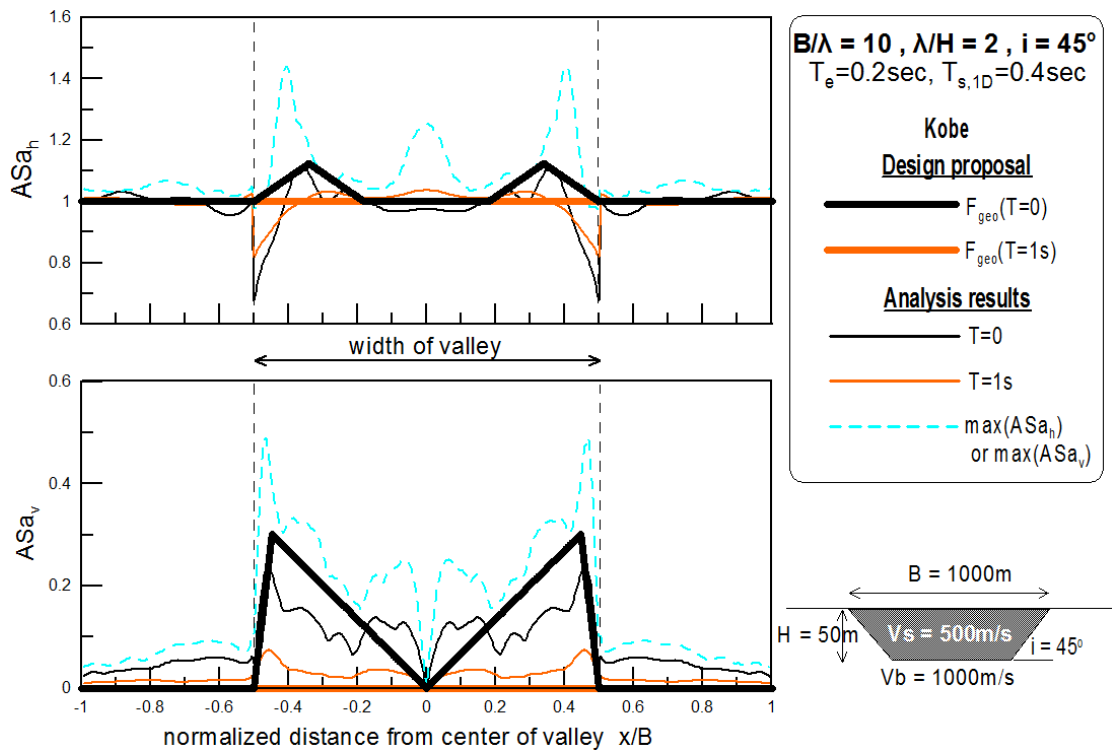


Figure 7: Spatial variation of spectral geomorphic aggravation of horizontal $F_{Hgeo}(T)$ and parasitic vertical $F_{Vgeo}(T)$ acceleration for $T = 0$ and $1sec$, in comparison with the numerical analysis results for the «wide» trapezoidal valley ($B/H=20$) under the Kobe excitation.

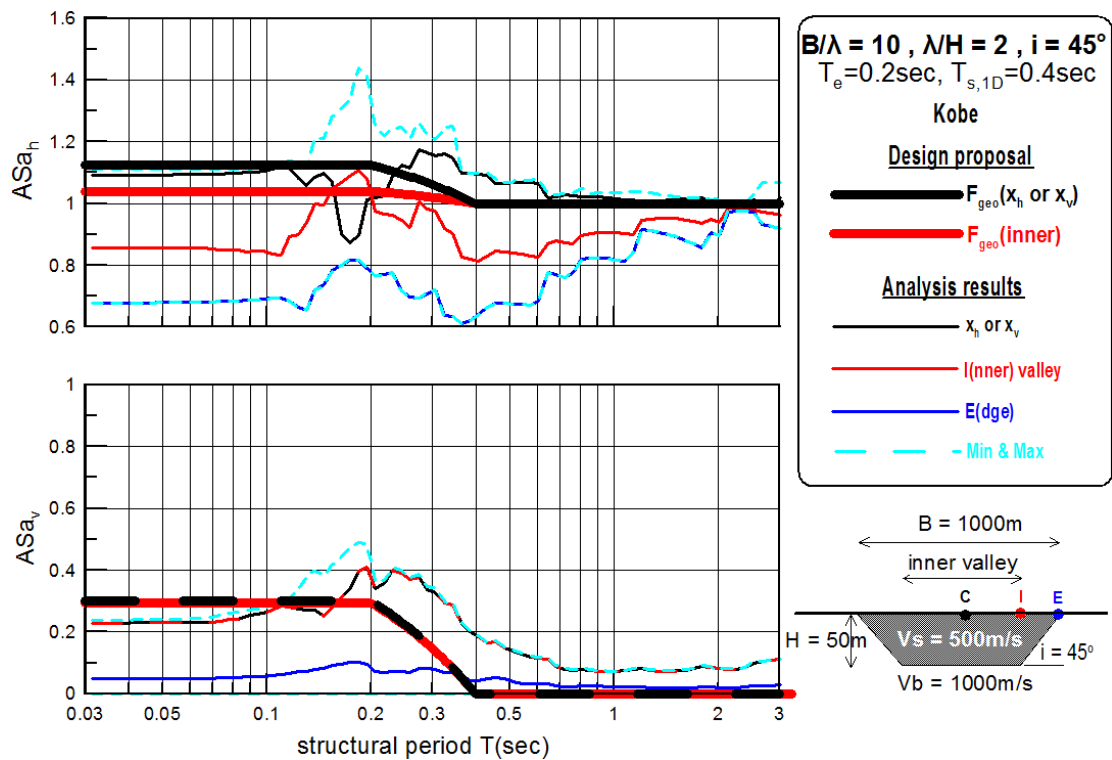


Figure 8: Spectral geomorphic aggravation of horizontal $F_{Hgeo}(T)$ and parasitic vertical $F_{Vgeo}(T)$ acceleration at different valley locations, in comparison with the numerical analysis results for the «wide» trapezoidal valley ($B/H=20$) under the Kobe excitation.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή.....	2
1.1 Αντικείμενο	2
1.2 Διάρθρωση της διπλωματικής	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Βιβλιογραφική Έρευνα	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Αριθμητική μεθοδολογία	22
3.1 Περιγραφή μεθοδολογίας	22
3.2 Βαθμονόμηση μεθοδολογίας	24
3.3 Διακρίβωση μεθοδολογίας	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Αξιολόγηση συντελεστών γεωμορφικής επιδείνωσης.....	36
4.1 Γενικά	36
4.2 Συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης	37
4.3 Διακρίβωση συντελεστών γεωμορφικής επιδείνωσης	41
4.3.1 Γενικά.....	41
4.3.2 Διακρίβωση θέσης και έντασης της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης εδάφους	43
4.3.3 Διακρίβωση επιδείνωσης ελαστικού φάσματος απόκρισης.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Νέοι Συντελεστές Γεωμορφικής Επιδείνωσης του Ελαστικού φάσματος απόκρισης.....	82
5.1 Γενικά	82
5.2 Νέοι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης.....	82
5.3 Διακρίβωση αξιοπιστίας.....	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: Διακρίβωση αξιοπιστίας συντελεστών γεωμορφικής επιδείνωσης της βιβλιογραφίας	117
6.1 Διερεύνηση πρότασης Vessia et al (2011)	117
6.2 Διερεύνηση πρότασης Gatmiri et al (2012, 2014).....	125
6.2 Διερεύνηση πρότασης Riga et al (2016)	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: Συμπεράσματα-Προτάσεις	132
7.1 Γενικά	132
7.2 Συμπεράσματα.....	132
7.3 Περιορισμοί-Μελλοντική έρευνα.....	133
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-A	136
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-B.....	166

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Το σεισμικό φορτίο σχεδιασμού είναι καθοριστικό για την κατάλληλη διαστασιολόγηση των φερόντων στοιχείων ενός δομήματος που θα οδηγήσει στην ασφαλή απόσβεση της εισαγόμενης κινητικής ενέργειας λόγω σεισμού μέσω ελεγχόμενων βλαβών και μετελαστικών παραμορφώσεων. Επομένως, κρίνεται αναγκαίο να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στον υπολογισμό των παραμέτρων που σχετίζονται με την οριζόντια δύναμη του σεισμού κατά τον σχεδιασμό.

Στην παρούσα εργασία το ενδιαφέρον εστιάζεται στην επιτάχυνση $S_d(T)$ του ελαστικού φάσματος η οποία, σύμφωνα με τον EC8 εξαρτάται από την τιμή της ιδιοπεριόδου T της κατασκευής και από την κατηγορία του εδάφους (A, B, C, D και E). Είναι αδιαμφισβήτητο ότι η ύπαρξη κάποιων μέτρων «μαλακού» εδάφους πάνω σε βραχώδες υπόβαθρο, επιδρά στην σεισμική κίνηση του εδάφους και πολλές φορές επιφέρει ενισχυμένες τιμές ταλαντώσεων στην επιφάνεια, σε σχέση με την περίπτωση που σε όλο το εδαφικό προφίλ μιας περιοχής υπάρχει μόνο βράχος. Ο EC8 μέσω των κατηγοριοποιήσεων του εδάφους αντιμετωπίζει το παραπάνω φαινόμενο. Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η διεπιφάνεια βράχου-μαλακού εδάφους δεν είναι οριζόντια με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια λεκάνη εδαφικών αποθέσεων κάτι που δεν λαμβάνεται υπόψη από τους κανονισμούς, και έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικές αποκρίσεις από τις αναμενόμενες στην επιφάνεια του εδάφους.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης στην επιφάνεια ιδεατής 2Δ συμμετρικής εδαφικής λεκάνης τραπεζοειδούς διατομής και οριζόντιας τοπογραφίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τρεις γεωμετρικές κοιλάδων, από πολύ στενές έως μακρόστενες, και δέκα πραγματικές σεισμικές διεγέρσεις, αυτές των Coyote Lake (1979), Κεφαλονιά (1983), Kobe (1995), Λευκάδα (2003), Loma Prieta (1989), Northridge (1994), Northridge 265 (1994), Parkfield (2004), Πύργος (1993) και Σεπόλια (1999), εισερχόμενες με μορφή κατακόρυφα πολωμένων διατμητικών κυμάτων SV. Ύστερα από την μελέτη της τυπικής συμπεριφοράς της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης σε όρους γεωγραφικής θέσης και περιόδων κατασκευής εμφάνισης σημαντικών ενισχύσεων γίνεται προσπάθεια εκτίμησης των σημαντικών παραμέτρων του προβλήματος μέσω κριτικής αξιολόγησης υπαρχόντων μεθοδολογιών από την βιβλιογραφία. Στο τέλος προτείνονται προσεγγιστικοί συντελεστές που ακολουθούν γεωγραφική διαφοροποίηση κατά πλάτος της κοιλάδας και επιδρούν στα ελαστικό φάσμα απόκρισης υπό 1Δ συνθήκες απόκρισης ώστε να εισαχθεί η επίδραση των γεωμετρικών και μηχανικών χαρακτηριστικών της κοιλάδας στους υπολογισμούς. Με βάση τα παραπάνω πιστεύεται ότι τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από την συγκεκριμένη εργασία θα τύχουν γενικότερης εφαρμογής για την προσεγγιστική εκτίμηση της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης και σε πραγματικές περιπτώσεις λεκανών που δεν εμφανίζουν την απλουστευμένη γεωμετρία και τις ιδιότητες που υιοθετήθηκαν για την μελέτη του προβλήματος.

1.2. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 7 κεφάλαια. Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στο αντικείμενο καθώς και στην διάρθρωση της εργασίας. Στο **δεύτερο κεφάλαιο** παρουσιάζεται η βιβλιογραφική έρευνα επί του αντικειμένου της εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε σε διαδικτυακές κυρίως βάσεις δεδομένων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις εργασίες των Μέλλιου –Τέττας (2010) και Παρασκευόπουλου (2014) που σχετίζονται άμεσα με την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης.

Έπειτα, στο **τρίτο κεφάλαιο** παρατίθεται η αριθμητική μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τις αναλύσεις. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα πεπερασμένων διαφορών Flac (Itasca Inc. 2005) για το οποίο παρουσιάζονται οι μαθηματικές αρχές που στηρίζεται και οι υπολογιστικές του ικανότητες. Στο ίδιο κεφάλαιο αναλύεται πλήρως η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στις αναλύσεις: χαρακτηριστικά και μορφή τυπικού καννάβου, συνοριακές συνθήκες, ιδιότητες εδάφους, χαρακτηριστικά και ο τρόπος εισαγωγής σεισμικής διέγερσης.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων εν συγκρίσει με τους Συντελεστές Σχεδιασμού Επιδείνωσης του ελαστικού Φάσματος Απόκρισης όπως προτάθηκαν από την εργασία του Παρασκευόπουλου (2014). Τα αποτελέσματα χωρίζονται σε δύο ομάδες. Για κάθε ανάλυση γίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων με την λογική της σύγκλισης των αριθμητικών αποτελεσμάτων με τις αντίστοιχες προβλέψεις.

Στη συνέχεια, στο **πέμπτο κεφάλαιο**, μετά από κατάλληλη επεξεργασία των αποτελεσμάτων του προηγούμενου κεφαλαίου γίνεται αναθεώρηση των συντελεστών γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης με κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων ανάλογα με τις σημαντικές παραμέτρους του προβλήματος και εκτίμηση αριθμητικών σχέσεων που προσεγγίζουν την επιδείνωση αυτή τόσο στην οριζόντια διεύθυνση όσο και στην παρασιτική κατακόρυφη συνιστώσα.

Στο **έκτο κεφάλαιο** γίνεται κριτική αξιολόγηση αντίστοιχων προτάσεων της βιβλιογραφίας που αφορούν την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης με τα ίδια αριθμητικά αποτελέσματα με στόχο την έμμεση αξιολόγηση των προτάσεων της παρούσας εργασίας.

Τέλος, στο **έβδομο κεφάλαιο** αναφέρονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα της εργασίας, οι περιορισμοί στην χρήση των αποτελεσμάτων και πως τα συμπεράσματα και αποτελέσματα αυτής μπορούν να αποτελέσουν οδηγό για μελλοντική διερεύνηση του συγκεκριμένου θέματος.

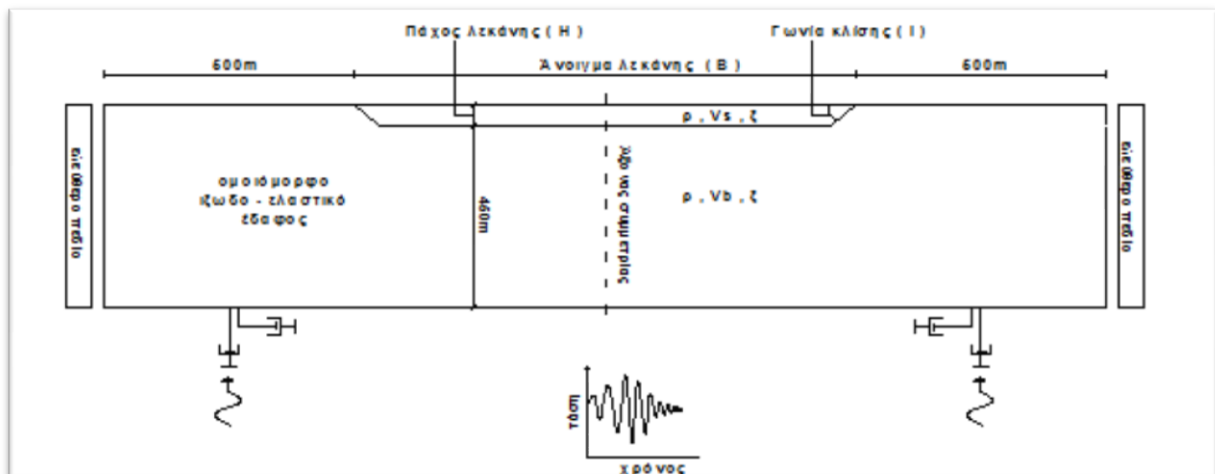
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Ως επί το πλείστον οι σχετικές μελέτες της βιβλιογραφίας είναι αριθμητικές (στο παρελθόν ήταν αναλυτικές) και είτε είναι παραμετρικής φύσης (π.χ. Τέττα και Μέλλιος 2010) ή στοχεύουν στην προσομοίωση ιστορικών περιστατικών (π.χ. κοιλάδα Kirovakan στο σεισμό της Αρμενίας 1988, Marina District στο σεισμό Loma Prieta 1989). Υπάρχουν μάλιστα και περιπτώσεις όπου ένα ιστορικό περιστατικό (κοιλάδα Ohba-Ohasi) λειτουργεί ως βάση και διακρίβωση μεθοδολογίας για την εκτέλεση παραμετρικής φύσης αριθμητικών αναλύσεων (π.χ. Gelagoti et al. 2010). Στο παρόν κεφάλαιο, η έμφαση δίνεται σε παραμετρικής φύσης αριθμητικές εργασίες, καθώς και η φύση της παρούσας δουλειάς είναι αντίστοιχη.

Πιο συγκεκριμένα, οι Τέττα και Μέλλιος (2010) μελετούν την ενίσχυση της οριζόντιας και την εμφάνιση παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης στην επιφάνεια του εδάφους, λόγω μη οριζόντιας και απειρομήκου μορφολογίας του βραχώδους υποβάθρου. Η εργασία επικεντρώνεται σε 2Δ εδαφικές λεκάνες τραπεζοειδούς μορφής με ιξωδο-ελαστικό ομοιόμορφο έδαφος επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου το οποίο διεγείρεται με κατακόρυφα κύματα SV, με τη μορφή δύο πραγματικών χρονοϊστοριών (σεισμών Αιγίου και Κοζάνης του 1995) προσαρμοσμένων κάθε φορά στην επιθυμητή δεσπόζουσα ιδιοπερίοδο ταλάντωσης, οι οποίες διαφέρουν κυρίως στον αριθμό των σημαντικών κύκλων φόρτισης.

Επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στη γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας A_h και της παρασιτικής κατακόρυφης A_v επιτάχυνσης στην επιφάνεια του εδάφους προκύπτει ότι σημαντικές παράμετροι του προβλήματος είναι η κλίση των πρανών i , η απόσβεση ξ των γεωυλικών, και οι αδιάστατοι λόγοι λ/H , B/λ και a (όπου λ το δεσπόζον μήκος διατμητικών κυμάτων, H και B το πάχος και το πλάτος της κοιλάδας και $a = (\rho_s V_s) / (\rho_b V_b)$ ο λόγος εμπέδησης στη διεπιφάνεια εδάφους-υποβάθρου με ρ_s , ρ_b τις πυκνότητες του εδάφους και του υποβάθρου και V_s , V_b τις ταχύτητες διάδοσης των διατμητικών κυμάτων σε έδαφος και βράχο).

Για τιμές των μεγίστων γεωμορφικών ενισχύσεων A_{hmax} και A_{vmax} προκύπτει ότι η πιο σημαντική παράμετρος καθορισμού είναι ο αδιάστατος λόγος λ/H , ενώ δίνονται και σχέσεις εκτίμησής τους (2.1, 2.2).



Σχήμα 2.1 : Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος υπόβαθρου - εδαφικής λεκάνης (Τέττα και Μέλλιος, 2010).

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

$$Av_{\max} = 0.1577 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-0.81} \cdot \alpha^{-0.37} \cdot i^{0.25} \quad (2.2)$$

όπου:

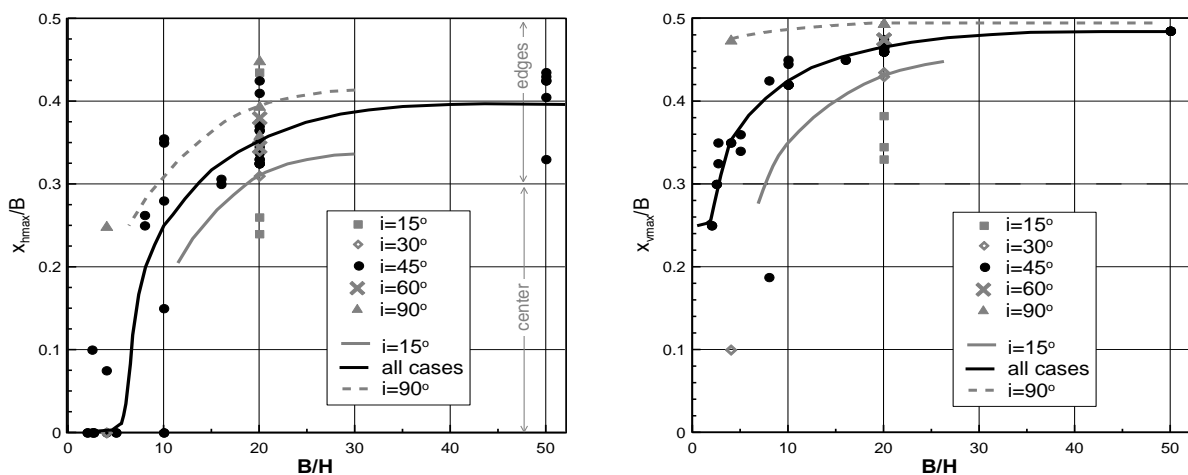
λ/H : Αδιάστατος λόγος μήκους κύματος προς πάχος κοιλάδας

B/λ : Αδιάστατος λόγος πλάτους κοιλάδας προς μήκος κύματος

α : Λόγος εμπέδησης εδάφους-υποβάθρου, όπου $\alpha = \rho_s V_s / \rho_b V_b$

i : Κλίση του υποβάθρου στις άκρες της 2Δ εδαφικής λεκάνης.

Επίσης, δίνονται νομογραφήματα εκτίμησης της θέσης εμφάνισης της μέγιστης ενίσχυσης στις 2 συνιστώσες (Σχήμα 2.2), όπου η απόσταση x μετράει από το κέντρο της κοιλάδας ($x/B=0$ κέντρο και $x/B=0.5$ στην άκρη).

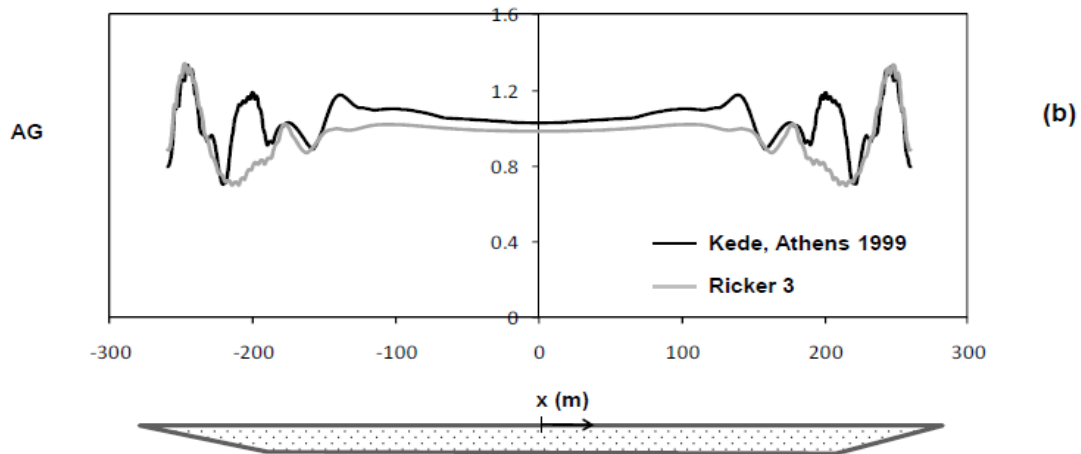
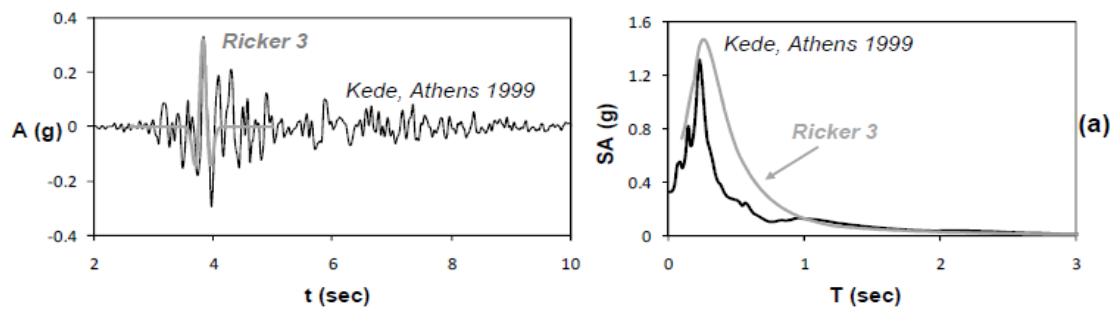


Σχήμα 2.2: Επίδραση κανονικοποιημένου λόγου B/H στις κανονικοποιημένες θέσεις εμφάνισης x_{\max}/B των μέγιστων τιμών τις οριζόντιας και κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης (Τέττα και Μέλλιος 2010).

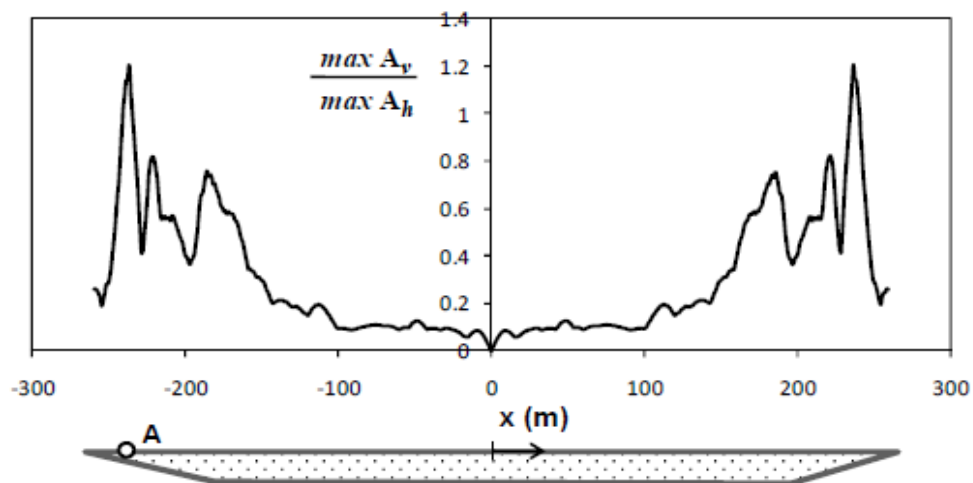
Αντίστοιχα, στην εργασία των Gelagoti et al. (2010) μελετήθηκε η 2Δ συμπεριφορά της εδαφικής λεκάνης Ohba Ohasi στην Ιαπωνία, σε όρους οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης $ah_{\max}(2\Delta) / ah_{\max}(1\Delta)$, όπου ah_{\max} η μέγιστη τιμή της οριζόντιας επιτάχυνσης στην επιφάνεια, στις 2Δ και 1Δ αναλύσεις αντίστοιχα. Πραγματοποιήθηκαν ελαστικές αναλύσεις για τρεις πραγματικές καταγραφές διεγέρσεων καθώς και των παλμών ricker που τις προσεγγίζουν.

Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα της οριζόντιας επιδείνωσης για τη διέγερση της Αθήνας 1999 και ενός παλμού Ricker με συχνότητα 3Hz, όπου η απόσβεση είναι $\xi = 2\%$. Ένα από τα αποτελέσματα της εργασίας είναι ότι τόσο οι θέσεις των μέγιστων επιταχύνσεων όσο και οι τιμές τους εξαρτώνται από το συχνοτικό περιεχόμενο του παλμού διέγερσης. Στις υψίσυχνες διεγέρσεις οι ενισχύσεις εντοπίζονται στα ακραία τμήματα της κοιλάδας, ενώ στις μακροπερίοδες τα φαινόμενα ενισχύονται στο κεντρικό τμήμα εξαιτίας της επιβλαβούς συμβολής επιφανειακών κυμάτων τύπου Rayleigh. Επίσης, σε ότι αφορά τη σύγκριση μεταξύ πραγματικής διέγερσης και παλμού Ricker, στην περιοχή των μέγιστων τιμών υπάρχει αρκετά καλή προσέγγιση.

Στο Σχήμα 2.4 ενδεικτικά δίνονται οι κατακόρυφες παρασιτικές γεωμορφικές ενισχύσεις για την διέγερση της Αθήνας. Παρατηρείται ότι οι τιμές μηδενίζουν στο κέντρο της λεκάνης, ενώ οι μέγιστες τιμές επιδείνωσης εμφανίζονται πάντα πλησίον των άκρων της λεκάνης.



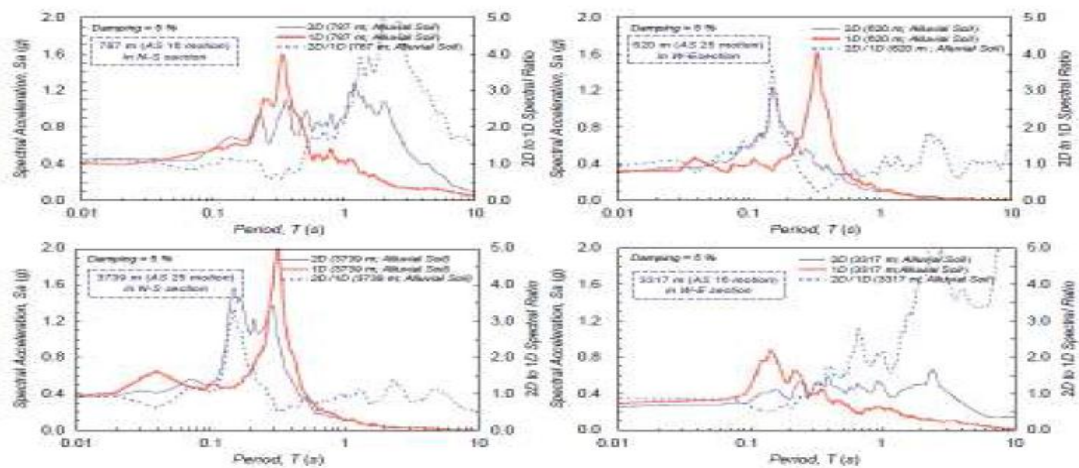
Σχήμα 2.3 : Οριζόντιες γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e = 3 \text{ Hz}$ (Gelagoti et al. 2010).



Σχήμα 2.4 : Κατακόρυφες παρασιτικές γεωμορφικές ενισχύσεις, για $\xi=2\%$ και $f_e = 3\text{Hz}$ (σεισμός Αθήνας) (Gelagoti et al. 2010).

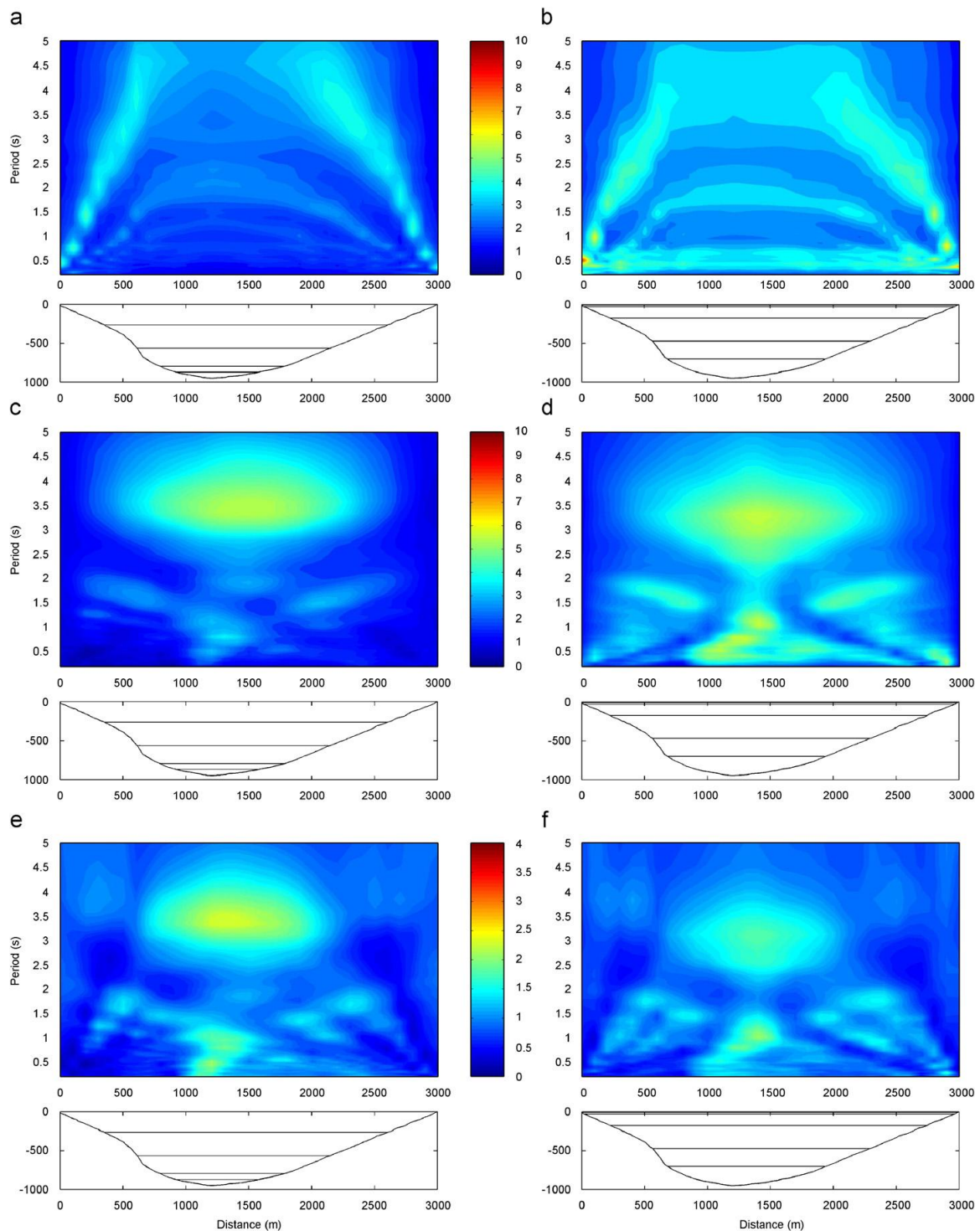
Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης, η εργασία των Chang κ.α. (2007), που μελέτησαν τη λεκάνη στην περιοχή της Gyeongju η οποία έχει τραπεζοειδές Σχήμα, βάθος περίπου 50m και πλάτος 4000m στη βορειοανατολική διεύθυνση (N-E) και 3500m στη νοτιοδυτική διεύθυνση (S-W). Για την μελέτη των ενισχύσεων σε αυτή τη λεκάνη έχει γίνει αριθμητική διερεύνηση για διάφορες περιόδους SH κύματος που εισέρχεται κατακόρυφα στη λεκάνη με ποσοστό

απόσβεσης ίσο με 0,05. Πιο συγκεκριμένα, στο **Σχήμα 2.5** δίνονται οι τιμές των φασματικών επιταχύνσεων για 4 συνολικά σημεία της λεκάνης (2 για κάθε τομή) σε 2Δ και 1Δ ανάλυση για περιόδους έως 10sec. Επιπλέον, στο ίδιο Σχήμα αποτυπώνεται και ο λόγος $Sa(2)/Sa(1)$ (μόνο για τη μέγιστη επιτάχυνση), απ' όπου παρατηρείται ότι η φασματική γεωμορφική ενίσχυση της οριζόντιας επιτάχυνσης μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη εκείνης της μέγιστης επιτάχυνσης, για περιορισμένο όμως εύρος περιόδων, διαφορετικό ανά σημείο της επιφάνειας, και ότι αυτές οι πολύ μεγάλες ενισχύσεις μπορούν να εμφανισθούν ακόμη και για πολύ μεγάλες περιόδους κατασκευής.



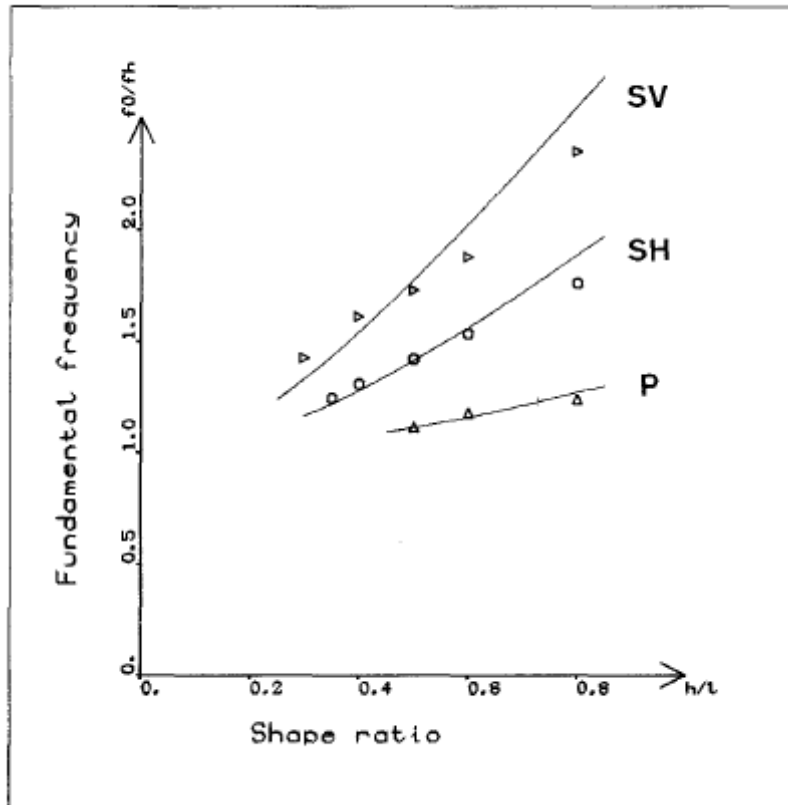
Σχήμα 2.5: Ενισχύσεις σε 4 σημεία της επιφάνειας της λεκάνης για SH κύμα για διάφορες περιόδους του κύματος (Chang κ.α. 2007).

Οι Havenith κ.α. (2007) μελέτησαν στην σεισμική απόκριση διάφορων ανομοιομορφων εδαφικών προφίλ κατά μήκος της σουηδικής κοιλάδας του Rhone σε όρους ελαστικού φάσματος. Η εργασία αρχικά επικεντρώνεται στην σύγκριση της 2Δ απόκρισης σε σχέση με την 1Δ. Μελετάται επίσης, πως η απόκριση του βραχώδους υποβάθρου επηρεάζει την απόκριση του μαλακού εδάφους της κοιλάδας. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τον EC8 και τον αντισεισμικό σουηδικό κώδικα. Ως παράδειγμα στο Σχήμα 2.6 δίνεται η επίδραση διαφορετικών εδαφικών προφίλ στην ίδια γεωμετρία κοιλάδας επί των ελαστικών φασμάτων υπό 1Δ, 2Δ και ο σχετικός τους λόγος ανά θέση.



Σχήμα 2.6: Κατανομή της 1D και 2D ενίσχυσης της φασματικής επιτάχυνσης στο τμήμα Martigny με στρώση άμμου (a,c) και χωρίς στρώση(b,d); σχετική ενίσχυση μεταξύ των συντελεστών 2Δ-1Δ(e) and (f). (Havenith κ.α. 2007).

Στην συνέχεια, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία των Bard and Bouchon (1985), που αφορά σε 2Δ ιζηματογενείς κοιλάδες ημιτονοειδούς διατομής με λόγο $l/h < 0.8$, όπου l το μισό του εύρους της κοιλάδας και h το πάχος της. Το έδαφος είναι γραμμικό, ισότροπο, ιξωδο-ελαστικό και χρησιμοποιείται η αριθμητική μέθοδος Aki-Larner προς επίλυση του προβλήματος. Η διέγερση γίνεται με κύματα SH, SV και P. Σκοπός της εργασίας είναι να βρεθεί η θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα F_0 για την περίπτωση 2Δ κοιλάδων που σίγουρα διαφέρει από την ιδιοσυχνότητα T_s του εδάφους για την μονοδιάστατη ανάλυση.



Σχήμα 2.7: Εξάρτηση της αδιάστατης συχνότητας f/f_h από τον λόγο l/h (Bard & Bouchon 1985).

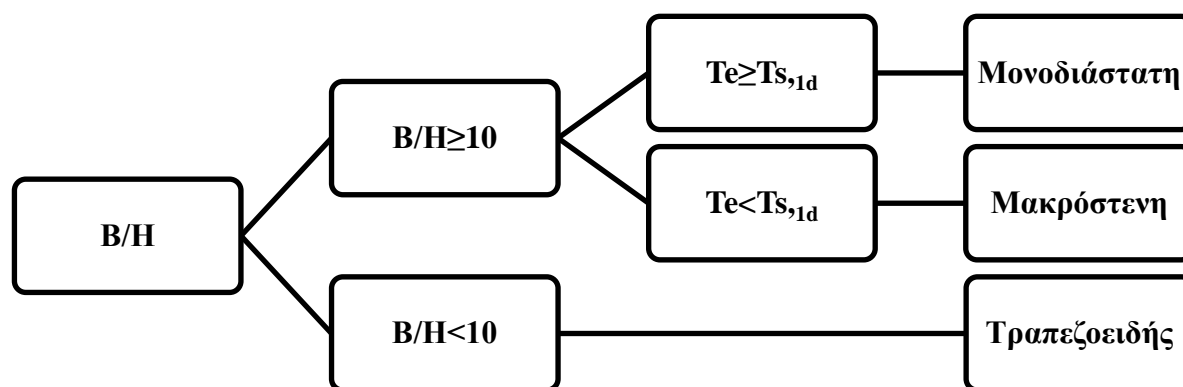
Για διατμητικά κύματα SV προκύπτει ότι η θεμελιώδης ιδιοσυχνότητα για 2Δ κοιλάδες δίδεται από τον τύπο:

$$Fr = fh \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{2,9H}{l}\right)^2}, \quad (2.3)$$

Η σημασία της παραπάνω σχέσης κρίνεται στο γεγονός πως για τον υπολογισμό της απαιτείται μόνο η γνώση δύο παραμέτρων : της μονοδιάστατης συχνότητα f_h και το λόγο h/l . Οι άλλες παράμετροι (λόγος Poisson, απόσβεση εδάφους, γωνία πρόσπτωσης) παίζουν πολύ μικρό ρόλο.

Στο **Σχήμα 2.7** δίνεται η ποσοτικοποίηση της ανωτέρω σχέσεις για κύματα SV, καθώς και αντίστοιχες σχέσεις για κύματα SH και P.

Ακολουθώς, στην διπλωματική εργασία του Παρασκευόπουλου (2014) εξετάστηκαν περιπτώσεις 2Δ εδαφικών λεκανών τραπεζοειδούς και τριγωνικής διατομής με ιξωδο-ελαστικό ομοιόμορφο έδαφος επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου, το οποίο διεγείρεται με κατακόρυφα κύματα SV, με την μορφή δύο πραγματικών χρονοϊστοριών προσαρμοσμένων κάθε φορά στην επιθυμητή δεσπόζουσα ιδιοπερίοδο ταλάντωσης (Αιγίου και Κοζάνης 1995), οι οποίες διέφεραν κυρίως στον αριθμό των σημαντικών κύκλων φόρτισης. Σύμφωνα με την παραπάνω διερεύνηση προτάθηκαν **Συντελεστές Σχεδιασμού** για τη γεωμορφική επιδείνωση 2Δ συμμετρικών τραπεζοειδών κοιλάδων, που δίνουν τιμές ενίσχυσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού υπό 1-Δ συνθήκες που διαφοροποιούνται χωρικά ανάλογα με τη θέση ενδιαφέροντος κατά μήκος της κοιλάδας. Για το σκοπό αυτό, αρχικώς, γίνεται η κατηγοριοποίηση της κοιλάδας: α) ως τραπεζοειδής ($B/H < 10$), β) ως μακρόστενη ($B/H \geq 10, T_s/T_e > 1.0$), ή γ) ως μονοδιάστατη ($B/H > 10, T_s/T_e \leq 1.0$). Στη συνέχεια προτείνονται διαφορετικοί Συντελεστές (γεωμορφικής επιδείνωσης) Σχεδιασμού για την οριζόντια και την παρασιτική κατακόρυφη επιτάχυνση F_{Hgeo} και F_{Vgeo} αντίστοιχα. Οι Συντελεστές αυτοί εξαρτώνται από δύο (2) ανεξάρτητες συναρτήσεις, τις $A(T)$ και $G(x/B)$, όπου η $A(T)$ είναι η «φασματική» ενίσχυση που σχετίζεται με την περίοδο κατασκευής T και η $G(x/B)$ είναι η «χωρική» συνάρτηση που σχετίζεται με την αδιαστατοποιημένη απόσταση x/B από το κέντρο της κοιλάδας. Επισημαίνεται ότι οι συντελεστές $A(T)$ και $G(x/B)$ είναι διαφορετικοί ανάλογα με την κατηγορία της κοιλάδας, όπως παρουσιάζονται αναλυτικά στο Σχήμα 2.9 για τραπεζοειδείς και στο Σχήμα 2.10 για μακρόστενες κοιλάδες.



Σχήμα 2.8: Προτεινόμενη κατηγοριοποίηση κοιλάδας με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της και τις περιόδους T_e και $T_{s,1d}$ (Παρασκευόπουλος 2014).

#	B(m)	H(m)	Vs(m/s)	Vb(m/s)	T_e (s)	λ (m)	i (°)	ξ (%)	α	input1	input2
1	200	50	500	1000	0.1	50	45	5	0.5	aig_100	koz_100
2	400	50	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	aig_050	koz_050
3	1000	50	500	1000	0.5	250	45	5	0.5	aig_020	koz_020
4	1000	20	500	1000	0.5	250	45	5	0.5	aig_020	koz_020
5	400	200	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	aig_050	koz_050
6	100	50	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	aig_050	koz_050
7	250	50	500	1000	0.5	250	45	5	0.5	aig_020	koz_020
8	500	40	500	1000	1	500	45	5	0.5	aig_010	koz_010
9	1000	50	500	1000	0.1	50	45	5	0.5	aig_100	koz_100
10	1000	100	250	500	0.4	100	45	5	0.5	aig_025	koz_025
11	1000	50	500	1000	0.1	50	45	5	0.5	aig_100	koz_100

Πίνακας 2.1: Τιμές σημαντικών παραμέτρων ομάδων αναλύσεων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ εδαφικών κοιλάδων τραπεζοειδούς διατομής.

#	Te(s)	B/λ	λ/H	B/H	Ts,1d(s)	Tmin	Tr
1	0.1	4	1	4	0.4	0.16	0.23
2	0.2	4	2	8	0.4	0.26	0.32
3	0.5	4	5	20	0.4	0.44	0.38
4	0.5	4	12.5	50	0.16	0.24	0.16
5	0.2	4	0.5	2	1.6	0.35	0.52
6	0.2	1	2	2	0.4	0.27	0.13
7	0.5	1	5	5	0.4	0.44	0.26
8	1	1	12.5	12.5	0.32	0.48	0.29
9	0.1	2	1	2	0.4	0.16	0.13
10	0.4	10	1	10	1.6	0.64	1.38
11	0.1	20	1	20	0.4	0.16	0.38

Πίνακας 2.2: Αδιαστατοποίηση γεωμετρίας κοιλάδας και τιμές σημαντικών περιόδων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ εδαφικών κοιλάδων τραπεζοειδούς διατομή.

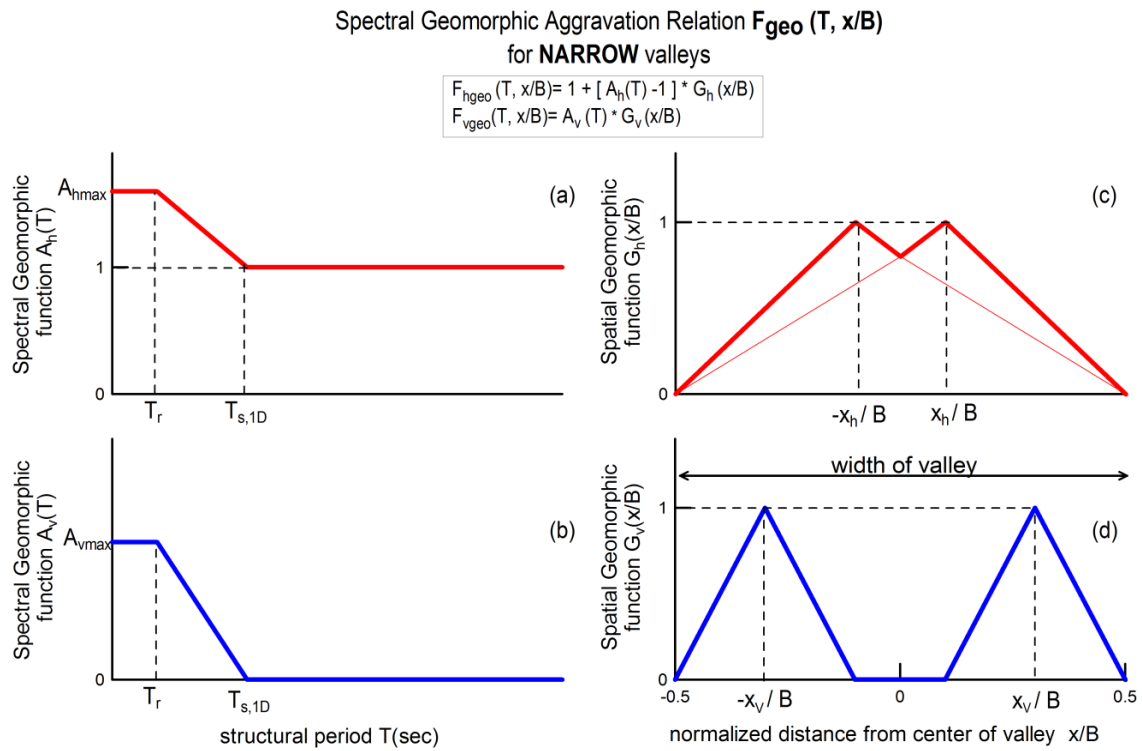
Γενικά χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας:

- **Τραπεζοειδείς:** Στην κατηγορία αυτή πραγματοποιούνται οι σημαντικότερες ενισχύσεις. Ο λόγος ASa_h γίνεται μέγιστος κυρίως στην περιοχή του κέντρου της κοιλάδας. Όσο μικρότερο είναι το B/H οι μέγιστες ενισχύσεις συμβαίνουν στο κέντρο ενώ όσο το B/H προσεγγίζει την τιμή 10 τότε η $maxASa_h$ μετατοπίζεται λίγο πιο μακριά από το κέντρο όχι όμως κοντά στα άκρα της λεκάνης. Γενικά όσο στενότερη είναι η κοιλάδα, δηλαδή όσο μικρότερος είναι ο λόγος B/λ , τα μέγιστα απλώνονται σε όλο το πλάτος τη. Κυρίαρχος παράγοντας που καθορίζει το πόσο μεγάλη θα είναι η οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση είναι ο λόγος λ/H καθώς όσο μικραίνει μεγαλώνει ο ASa_h . Για τον λόγο ASa_v ισχύουν γενικά οι παραπάνω παρατηρήσεις με την διαφορά πως οι μέγιστες ενισχύσεις για μικρές τιμές του λόγου B/H γίνονται στο $0.25x/B$ με μικρή μετατόπιση του σημείου όσο αυξάνει το B/H . Σε κάθε περίπτωση η περίοδος γύρω και μέχρι την οποία λαμβάνουν χώρα σημαντικές ενισχύσεις είναι η Tr .

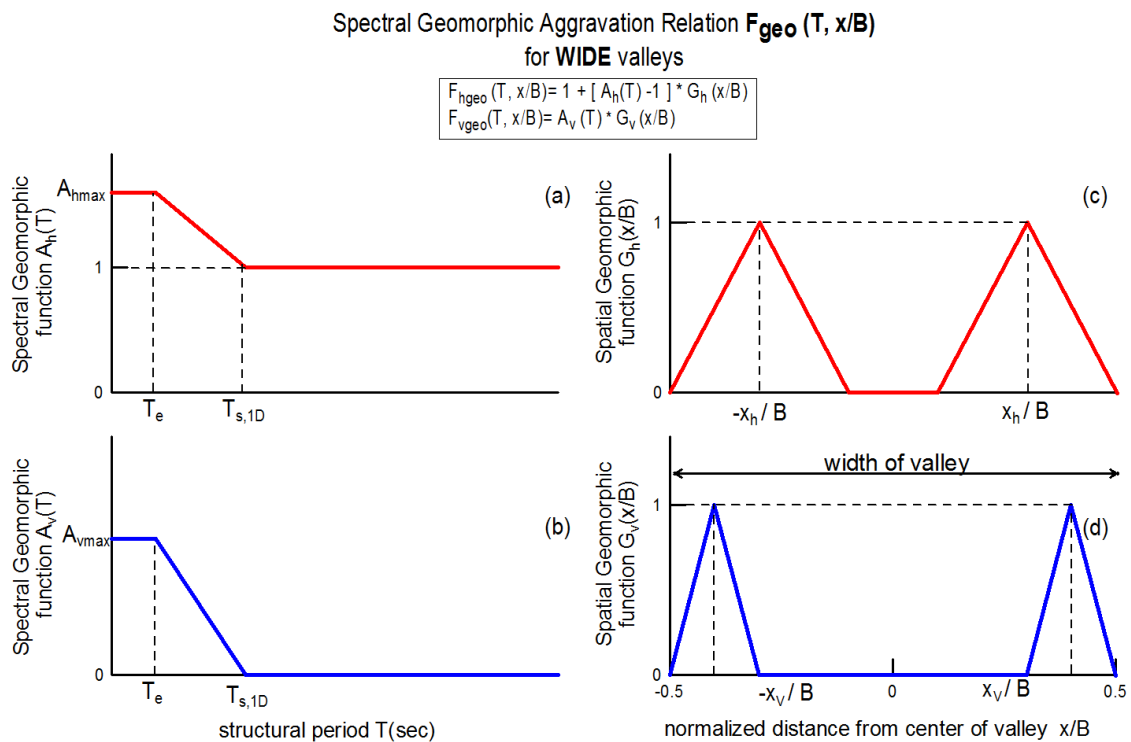
- **Μακρόστενες:** Σε αυτήν την κατηγορία συμβαίνουν γεωμορφικές επιδεινώσεις στα άκρα της κοιλάδας. Οι ενισχύσεις αυτές καθορίζονται ποσοτικά σχεδόν αποκλειστικά μόνο από τον λόγο λ/H , ενώ ποιοτικά όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος B/H τόσο πιο κοντά στα άκρα πραγματοποιούνται οι μέγιστες ενισχύσεις. Η περίοδος γύρω και μέχρι την οποία λαμβάνουν χώρα σημαντικές ενισχύσεις είναι η Te .

- **Μονοδιάστατες:** Στην κατηγορία αυτή η οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση δεν ξεπερνά την τιμή 1.2 ενώ η κατακόρυφη την 0.3. Η απόκριση της κοιλάδας είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη και μικρές ενισχύσεις συμβαίνουν κοντά στα άκρα της κοιλάδας και σε περίοδο Ts_{1d} .

Συναρτήσεις $A(T)$ για «τραπεζοειδείς» κοιλάδες:



Σχήμα 2.9: Συναρτήσεις $A_h(T)$ και $A_v(T)$ και $G_h(x/B)$ και $G_v(x/B)$ για τραπεζοειδείς κοιλάδες (Παρασκευόπουλος 2014).



Σχήμα 2.10: Συναρτήσεις $A_h(T)$ και $A_v(T)$ και $G_h(x/B)$ και $G_v(x/B)$ για μακρόστενες κοιλάδες (Παρασκευόπουλος 2014).

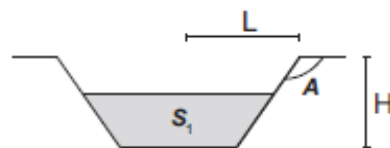
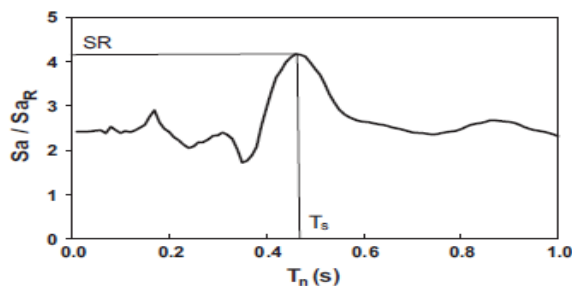
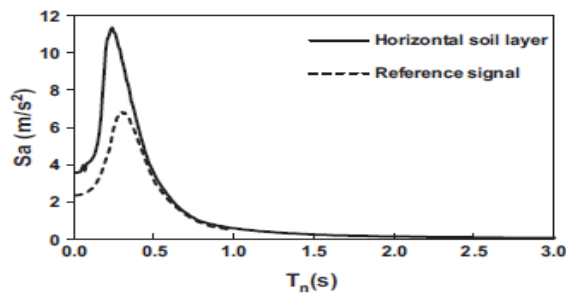
Στις ανωτέρω περιπτώσεις, οι συνολικοί Συντελεστές Σχεδιασμού για το ελαστικό φάσμα απόκρισης είναι διαφορετικοί για την οριζόντια και κατακόρυφη γεωμορφικής F_{Hgeo} και F_{Vgeo} και ορίζονται ως συνάρτηση των $A(T)$ και $G(x/B)$ σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$F_{Hgeo} = 1 + [A(T) - 1] * G(x/B) \quad (2.6)$$

$$F_{Vgeo} = A(T) * G(x/B) \quad (2.7)$$

Ειδικά για την περίπτωση της «μονοδιάστατης» κοιλάδας οι τιμές F_{Hgeo} και F_{Vgeo} θεωρούνται ίσες με $F_{Hgeo}=1$ και $F_{Vgeo}=0$.

Στις εργασίες των Gatmiri et al (2012, 2014) εξετάστηκε η επίδραση του λόγου πλήρωσης, του λόγου εμπέδησης και των μηχανικών χαρακτηριστικών του εδάφους στην επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης εξαιτίας τόσο της γεωμετρίας κοιλάδας όσο και της ύπαρξης «μαλακού» εδάφους (basin and soil effects). Συγκεκριμένα εξετάστηκαν κοιλάδες διαφόρων γεωμετριών με σταθερό το ήμισυ του πλάτους $L=100m$ (τετράγωνα, τραπεζοειδείς, τριγωνικές, ελλειπτικές, ημιτονοειδείς) οι οποίες υπόκεινται σε διατμητικά κύματα SV με την μορφή παλμού Ricker με δεσπόζουσα περίοδο ταλάντωσης $T_e=0.5sec$. Στις δύο αυτές εργασίες, ορίστηκε η γεωμετρική παράμετρος S/A ως ο λόγος του εμβαδού της κοιλάδας προς την γωνία που σχηματίζεται με το κεκλιμένο επίπεδο εκφρασμένη σε degrees και ο λόγος σχήματος H/L , όπου H το ύψος της κοιλάδας και L το ήμισυ του πλάτους (**Σχήμα 2.12**). Ορίστηκε ο φασματικός λόγος SR ως η μέγιστη τιμή του λόγου -ανεξάρτητη της περιόδου- που προκύπτει από το ελαστικό φάσμα απόκρισης της 2Δ ανάλυσης σε χαρακτηριστικές θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας προς το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα που προκύπτει σε θέση μακριά από τα άκρα της κοιλάδας στο αναδυόμενο βραχώδες υπόβαθρο (**Σχήμα 2.11**). Με βάση παραμετρική διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε για λόγους σχήματος H/L από 0.2 έως 1 και λόγους πλήρωσης $H_1/H=1/3, 2/3$ & 1 (όπου H_1 το πάχος της κοιλάδας όπου συναντάται εδαφικό υλικό) και για διάφορους λόγους εμπέδησης β , προτάθηκαν καμπύλες υπολογισμού του φασματικού λόγου SR , που αφορά το κέντρο της κοιλάδας, ώστε να χρησιμοποιηθεί κατά τον σχεδιασμό.



Σχήμα 2.12: Ορισμός γεωμετρικής παραμέτρου S/A . (Gatmiri et al, 2012, 2014)

Σχήμα 2.11: Ορισμός του spectral ratio (SR) και της περιόδου T_s . (Gatmiri et al, 2012, 2014)

Πιο αναλυτικά, οι προσεγγιστικές σχέσεις που προτάθηκαν είναι οι ακόλουθες:

Υπολογισμός Sr με βάση τον βαθμό πλήρωσης H_1/H

$$SR \cdot \sin(A) = 1.905 \cdot \ln(S / A) - 4.879 \text{ για } H_1/H=1 \quad (2.8)$$

$$SR \cdot \sin(A) = 1.302 \cdot \ln(S / A) - 3.38 \text{ για } H_1/H=2/3 \quad (2.9)$$

$$SR \cdot \sin(A) = 0.424 \cdot \ln(S / A) - 0.833 \text{ για } H_1/H=1/3 \quad (2.10)$$

όπου:

A: η γωνία που σχηματίζεται από την κεκλιμένη πλευρά του τραπεζίου και την οριζόντια πλευρά στην επιφάνεια του εδάφους (σχήμα 2.12),

S: το εμβαδόν της κοιλάδας,

H: το ύψος της κοιλάδας και

H_1 : το ύψος της κοιλάδας που έχει πληρωθεί με εδαφικό υλικό.

Υπολογισμός SR με βάση το λόγο γεωμετρίας H/L

$$SR \cdot H / L = 0.027 \cdot (S_1 / A) - 0.536 \text{ για τετράγωνες κοιλάδες} \quad (2.11)$$

$$SR \cdot H / L = 0.036 \cdot (S_1 / A) + 0.259 \text{ για τραπεζοειδείς κοιλάδες} \quad (2.12)$$

$$SR \cdot H / L = 0.052 \cdot (S_1 / A) + 0.323 \text{ για τριγωνικές κοιλάδες} \quad (2.13)$$

όπου:

H: το ύψος της κοιλάδας,

L: το μισό πλάτος της κοιλάδας,

S_1 : το εμβαδό της επιφάνειας της κοιλάδας που έχει πληρωθεί με εδαφικό υλικό και

A: η γωνία που σχηματίζεται από την κεκλιμένη πλευρά του τραπεζίου και την οριζόντια πλευρά στην επιφάνεια του εδάφους (σχήμα 2.12)

Υπολογισμός SR συναρτήσει του συνδυασμού λόγου εμπέδησης β -γεωμετρικής παραμέτρου S/A

$$SR \cdot \sin(A) = 0.02 \cdot \left(\frac{S}{A} \cdot \frac{1}{\beta}\right)^{0.896} \text{ για } H_1/H=1 \quad (2.14)$$

$$SR \cdot \sin(A) = 0.014 \cdot \left(\frac{S}{A} \cdot \frac{1}{\beta}\right)^{0.905} \text{ για } H_1/H=2/3 \quad (2.15)$$

$$SR \cdot \sin(A) = 0.01 \cdot \left(\frac{S}{A} \cdot \frac{1}{\beta}\right)^{0.88} \text{ για } H_1/H=1/3 \quad (2.16)$$

$$SR \cdot \sin(A) \cdot (H_1 / L) = 0.003 \cdot \left(\frac{S_1}{A} \cdot \frac{1}{\beta}\right)^{1.102}, \text{ γενικευμένος τύπος} \quad (2.17)$$

όπου:

A: η γωνία που σχηματίζεται από την κεκλιμένη πλευρά του τραπεζίου και την οριζόντια πλευρά στην επιφάνεια του εδάφους (σχήμα 2.12),

S: το εμβαδόν της κοιλάδας,

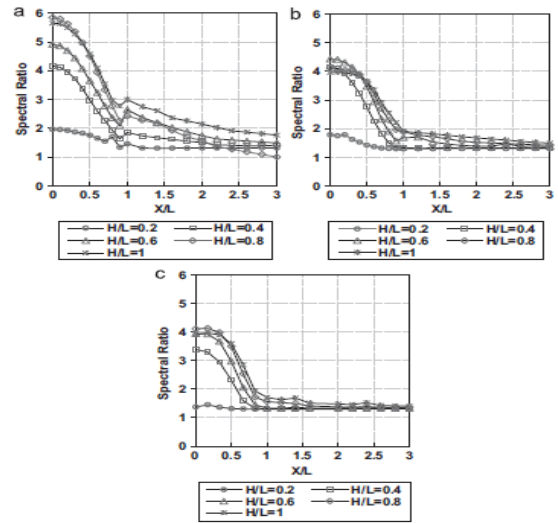
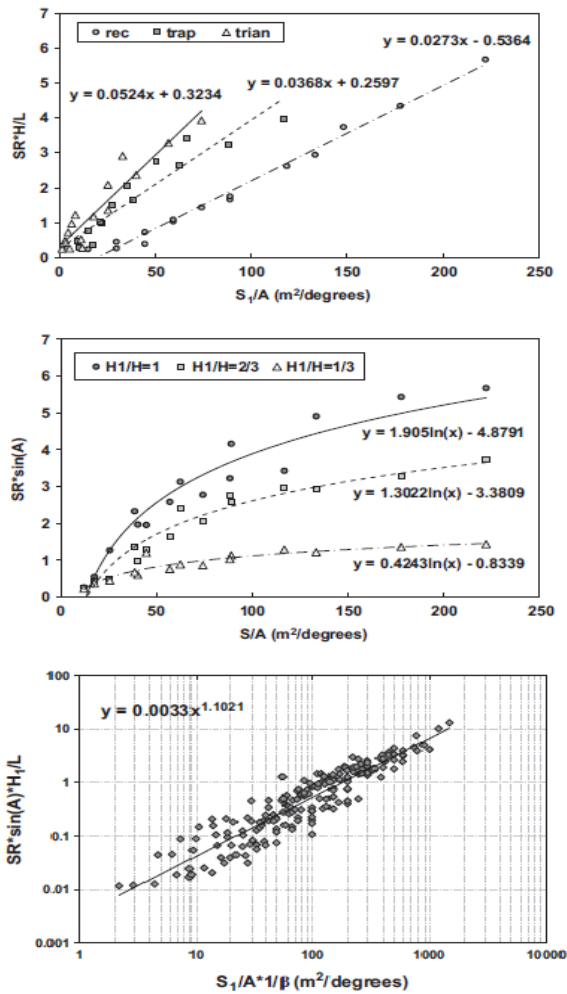
β : ο λόγος εμπέδησης,

H_1 : το ύψος της κοιλάδας που έχει πληρωθεί με εδαφικό υλικό

H: το ύψος της κοιλάδας,

L: το μισό πλάτος της κοιλάδας και

S_1 : το εμβαδό της επιφάνειας της κοιλάδας που έχει πληρωθεί με εδαφικό υλικό



Σχήμα 2.14: Χωρική κατανομή του SR για πλήρεις κοιλάδες με εδαφικό υλικό για τις 5 διαφορετικές περιπτώσεις που εξετάστηκαν. (Gatmiri et al, 2012)

Σχήμα 2.13: Προτεινόμενες σχέσεις για τον υπολογισμό του φασματικού λόγου SR, ανάλογα: με το Σχήμα της κοιλάδας (2.13a), με το βαθμό πλήρωσής της με εδαφικά υλικά (2.13b) και γενικευμένη πρόταση για όλες τις περιπτώσεις (2.13c). (Gatmiri et al, 2012)

Αντίστοιχες μαθηματικές σχέσεις για τον υπολογισμό του φασματικού λόγου SR στο κέντρο ημιτονοειδών και ελλειπτικών κοιλάδων, καθώς και της θεμελιώδης ιδιοπεριόδου του 2Δ εδάφους Ts, προτάθηκαν το 2014 από τους Gatmiri et al. Οι σχέσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

Υπολογισμός SR με βάση τον βαθμό πλήρωσης με εδαφικά υλικά της κοιλάδας

$$SR \cdot \eta \cdot \lambda = 1.0726 \cdot \ln(S \cdot \eta) - 1.4741 \text{ για } \lambda=1 \tag{2.18}$$

$$SR \cdot \eta \cdot \lambda = 0.6745 \cdot \ln(S \cdot \eta) - 1.1360 \text{ για } \lambda=2/3 \tag{2.19}$$

$$SR \cdot \eta \cdot \lambda = 0.2369 \cdot \ln(S \cdot \eta) - 0.3649 \text{ για } \lambda=1/3 \tag{2.20}$$

όπου:

λ: ο βαθμός πλήρωσης της κοιλάδας με εδαφικό υλικό που ισούται με τον λόγο H_1/H ,

η: η αναλογία ημιπλάτους-ύψους κοιλάδας που ισούται με τον λόγο H/L και

S: το εμβαδόν της κοιλάδας

Υπολογισμός θεμελιώδους ιδιοπεριόδου 2Δ κοιλάδων, T_s , συναρτήσει του βαθμού πλήρωσης και του λόγου εμπέδησης

$$T_s \cdot (H_1 / L) = 5 \cdot (S_1 / \beta)^{1.2342} \cdot 10^{-7} \quad (2.21)$$

Υπολογισμός Sr συναρτήσει του συνδυασμού λόγου εμπέδησης-γεωμετρικής παραμέτρου

$$SR \cdot \eta \cdot \lambda = 0.043 \cdot (S \cdot \eta \cdot \frac{1}{\beta})^{0.734} \quad (2.22)$$

$$SR \cdot \eta \cdot \lambda = 0.016 \cdot (S \cdot \eta \cdot \frac{1}{\beta})^{0.828} \quad (2.23)$$

$$SR \cdot \eta \cdot \lambda = 0.003 \cdot (S \cdot \eta \cdot \frac{1}{\beta})^{0.974} \quad (2.24),$$

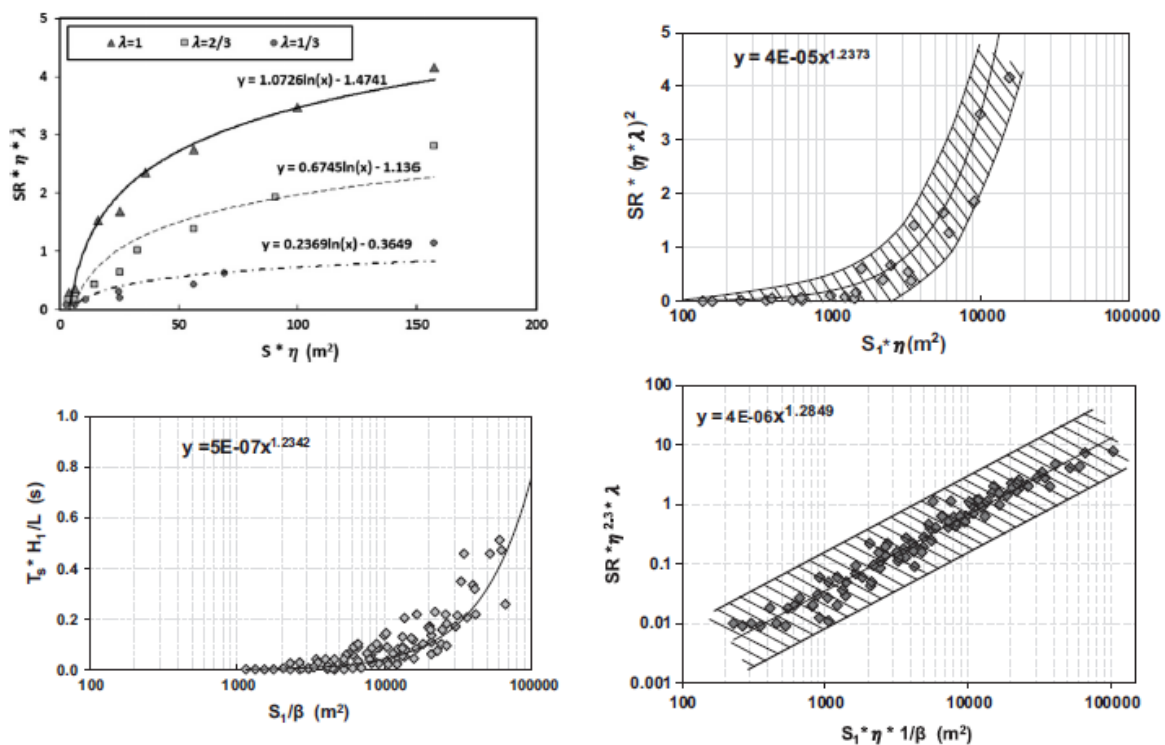
όπου:

λ : ο βαθμός πλήρωσης της κοιλάδας με εδαφικό υλικό που ισούται με τον λόγο H_1/H ,

η : η αναλογία πάχους προς το ημιπλάτος κοιλάδας που ισούται με τον λόγο H/L ,

S : το εμβαδόν της κοιλάδας και

β : ο λόγος εμπέδησης.



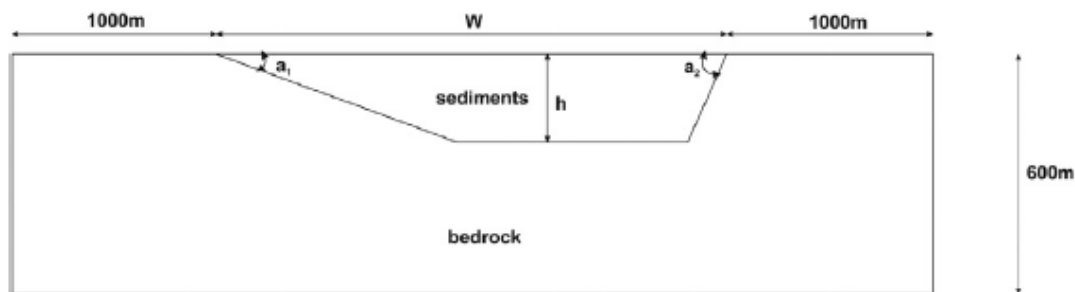
Σχήμα 2.15: Καμπύλες υπολογισμού SR με βάση την γεωμετρία της κοιλάδας (a), με βάση τον βαθμό πλήρωσης με εδαφικά υλικά (b), σαν συνδυασμός όλων των παραγόντων (d) και καμπύλη υπολογισμού περιόδου T_s (c). (Gatmiri et al, 2014)

Στην συνέχεια, στην εργασία των Riga et al (2016) μελετήθηκε η επίδραση του λόγου γεωμετρίας SR , που ορίζεται ως ο λόγος ύψους της κοιλάδας h προς το ήμισυ του πλάτους $0.5W$, $SR=h/0.5W$, της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων V_s , αλλά και της κλίσης α των κατακόρυφων πλευρών της κοιλάδας στην γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν συνολικά 96 παραμετρικές αναλύσεις που αφορούσαν 32 διαφορετικές γεωμετρίες 2Δ κοιλάδων τραπεζοειδούς διατομής, με λόγους w/h από 10 έως 84 σε συνδυασμό με τρία διαφορετικά εδάφη με $V_s=250, 350$ και 500m/s . Το έδαφος θεωρείται ομοιόμορφο ιξωδο-ελαστικό επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου με $V_r=1500\text{m/s}$, το οποίο διεγείρεται με κατακόρυφα κύματα SV , με την μορφή εννιά πραγματικών χρονοϊστοριών (Aquila, Ano Liosia, Izmit (2), N Miyagi, Friuli, Tabas, Northridge-01, Loma Prieta) συνδυασμένων με παλμό Gabor.

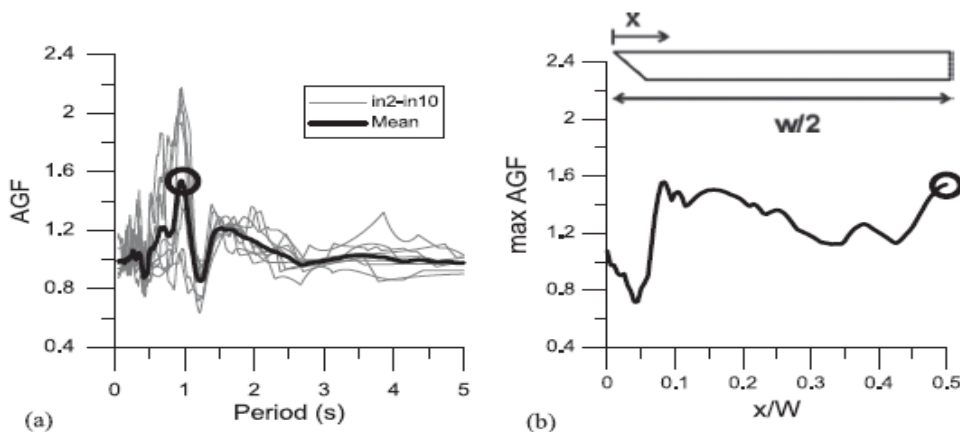
Για την ποσοτικοποίηση του φαινομένου υιοθετείται ο λόγος ενίσχυσης $AGF_m^x(T)$ σε κάθε θέση κατά μήκος της κοιλάδας ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης, για απόσβεση 5%, που προκύπτει από την 2Δ ανάλυση $Sam^x2D(T)$ προς τον αντίστοιχο από την 1Δ ανάλυση $Sam^x1D(T)$. Βρίσκεται ο φασματικός λόγος για κάθε διεγερση που μελετάται και εν συνεχεία προκύπτει ο μέσος όρος του λόγου ενίσχυσης σύμφωνα με την παρακάτω σχέση (Σχήμα 2.17α):

$$AGF^x(T) = 10^{\left[\frac{1}{9} \sum_{m=2}^{10} \log AGF_m^x(T) \right]} \quad (2.25)$$

Στην συνέχεια, βρίσκεται η μέγιστη τιμή ($\max \text{meanAGF}$) από το μέσο λόγο ενίσχυσης συναρτήσει της περιόδου, σε κάθε θέση κατά μήκος της κοιλάδας (Σχήμα 2.17β). Τέλος, η κοιλάδα χωρίζεται σε επιμέρους περιοχές (Σχήμα 2.18) σε κάθε μια από τις οποίες προτείνονται σχέσεις για την εύρεση του φασματικού λόγου AGF (Σχήμα 2.19).

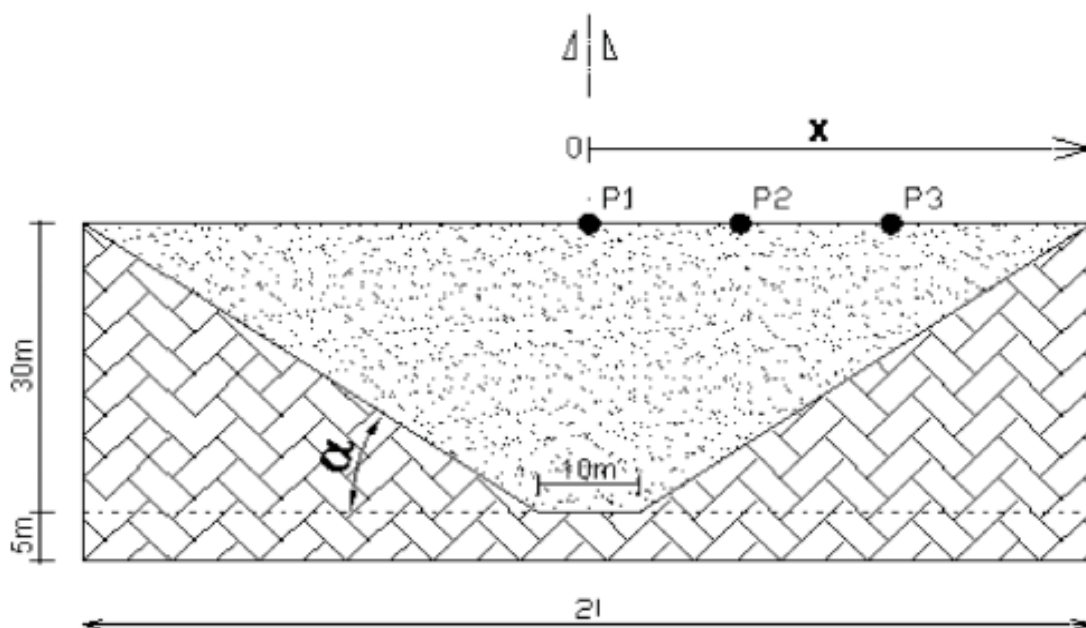


Σχήμα 2.16: Γεωμετρία κοιλάδας τραπεζοειδούς διατομής που χρησιμοποιήθηκε στις παραμετρικές αναλύσεις των Riga et al (2016).



Σχήμα 2.17: Εύρεση της μέσης τιμής του φασματικού λόγου AGF που προκύπτει από τις 9 διεγέρσεις (α) και μέγιστη τιμή της meanAGF στο κέντρο της κοιλάδας (β). Riga et al (2016).

Τέλος, στην εργασία των Vessia et al (2011) πραγματοποιήθηκαν αριθμητικές αναλύσεις σε τρία διαφορετικά μοντέλα που παρουσιάζουν αβαθής και βαθιές αλλουβιακές κοιλάδες σύμφωνα με τις τιμές που λαμβάνει η γωνιά ακμής α (Σχήμα 2.20). Η γωνία α , λαμβάνει τις τιμές 10° , 20° και 40° , γεγονός που επηρεάζει άμεσα την συνολική γεωμετρία της κοιλάδας και οδηγεί σε τιμές λόγου γεωμετρίας SR, που ορίζεται ως ο λόγος του πάχους της κοιλάδας H προς το ήμισυ του πλάτους L, SR= 0.2, 0.4 και 0.8 αντίστοιχα. Τα εδαφικά υλικά στις κοιλάδες είναι ομογενή, διερευνήθηκαν εδάφη κατηγορίας B, C σύμφωνα με τον ιταλικό κώδικα και οι τιμές V_{s30} που εξετάστηκαν είναι 360 m/s, 500 m/s, 780 m/s για εδάφη κατηγορίας B και 180 m/s, 250 m/s για εδάφη κατηγορίας C.

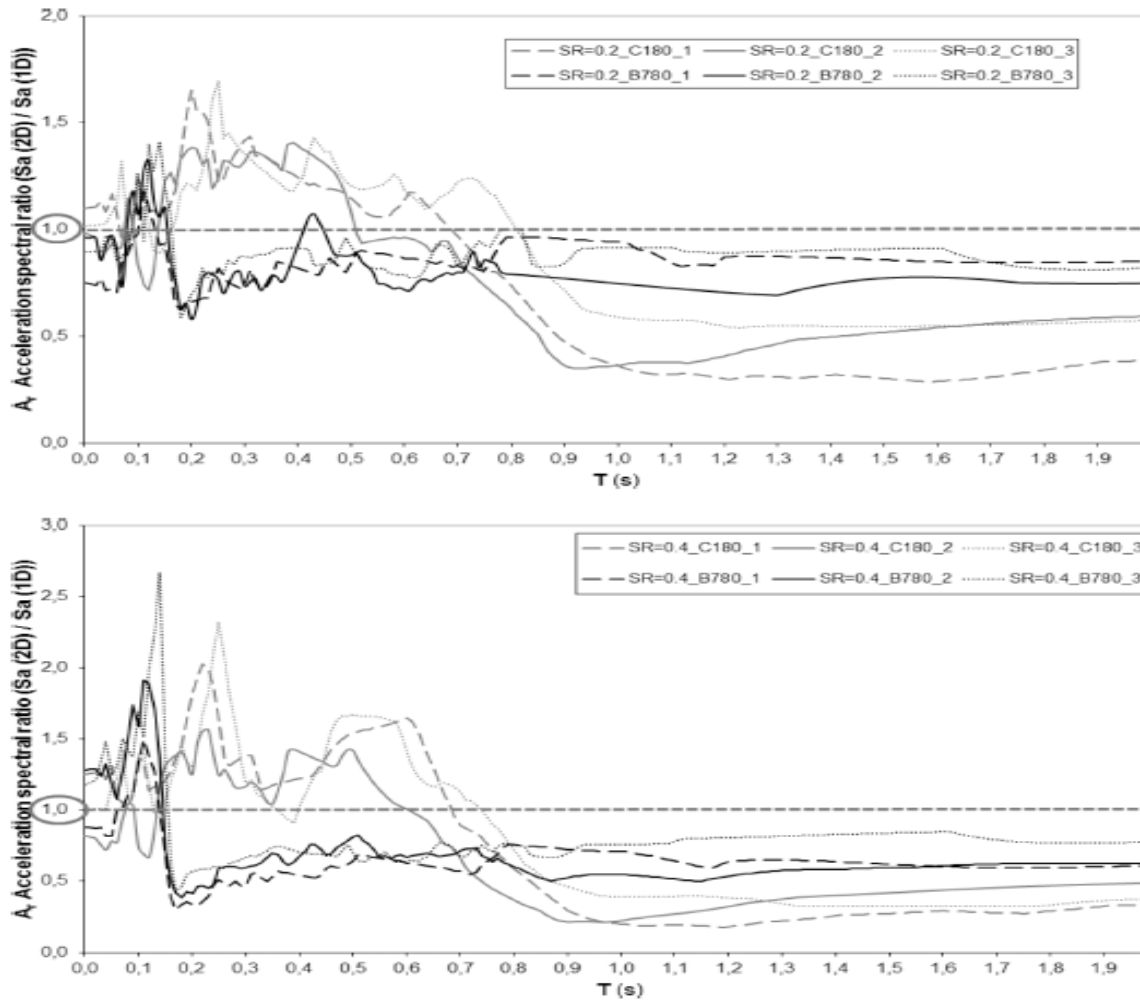


Σχήμα 2.20: Απεικόνιση της γεωμετρίας των κοιλάδων που εξετάστηκαν στην εργασία των Vessia et al (2011).

Στην συνέχεια, ορίζεται ο λόγος A_r , που είναι ο λόγος μεταξύ του ελαστικού φάσματος απόκρισης S_{a2D} που προκύπτει από την 2Δ ανάλυση προς το αντίστοιχο της 1Δ ανάλυσης S_{a1D} . Ακόμη ορίζεται η περίοδος T_s , τιμή στην οποία ο λόγος A_r γίνεται μονάδα. Ο συγκεκριμένος τρόπος ορισμού του A_r εξυπηρετεί στην παρατήρηση του φαινομένου της ενίσχυσης, λόγω της γεωμετρίας της κοιλάδας απομονωμένης από την στρωματογραφία. Πιο συγκεκριμένα ορίζεται ο φασματικός λόγος:

$$A_r(T) = \frac{S_{a2D}(T)}{S_{a1D}(T)} \quad (2.26)$$

Ο δείκτης A_r διερευνήθηκε, ως προς: α) την γεωμετρία της κοιλάδας (SR), β) τις εισαγόμενες σεισμικές διεγέρσεις, γ) την απόσταση από το κέντρο της κοιλάδας (x/l), δ) τον λόγο εμπέδησης.



Σχήμα 2.21: Η μεταβολή του δείκτη A_r συναρτήσει της περιόδου σε απόσταση $x/l=0.3$ από το κέντρο της κοιλάδας (πάνω $SR=0.2$, κάτω $SR=0.4$), Vessia et al (2011).

Τα εξαγόμενα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την πρόταση του συντελεστή S_G , ο υπολογίζεται με την ακόλουθη σχέση:

$$S_{G(0.01+T_s)} = \frac{\int_0^{T_s} A_r(T) dt}{(T_s - 0.01)}, \quad (2.27)$$

όπου:

A_r : υπολογίζεται από την σχέση 2.10,

T_s : είναι το άνω όριο της ενισχυμένης σειράς των περιόδων (Περίοδος όπου $A_r=1$).

Με βάση την παραμετρική διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε προτάθηκαν συγκεκριμένες τιμές του Συντελεστή S_G και της περιόδου T_s , ώστε να χρησιμοποιηθούν κατά τον σχεδιασμό, ανάλογα με το λόγο γεωμετρίας SR , την θέση κατά μήκος της κοιλάδας καθώς και την κατηγορία του εδάφους ανάλογα με την $V_{s,30}$. Το x μετρά πάντα από το κέντρο της κοιλάδας όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.20

Valley shape	x/l	S_G (B,C)	T_s (B)	T_s (C)
Shallow ($SR \leq 0.2$)	0	1.35	0.35	0.85
	0.3	1.30	0.20	0.60
	0.6	1.50	0.15	0.35
Deep ($SR \geq 0.4$)	0	1.60	0.28	0.65
	0.3	1.35	0.25	0.60
	0.6	1.40	0.15	0.40

Πίνακας 2.3: Προτεινόμενες τιμές δείκτη S_G και περιόδου T_s ανάλογα με το είδος της κοιλάδας, το είδος του εδάφους και την εξεταζόμενη θέση στην επιφάνεια αυτής. Vessia et al (2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Για την παρούσα εργασία εκτελέστηκε μία σειρά αριθμητικών αναλύσεων σεισμικής απόκρισης εδάφους. Το υπολογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιείται είναι το FLAC (Itasca Inc 2005), το οποίο εφαρμόζεται για την επίλυση δισδιάστατων προβλημάτων με χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων διαφορών. Πρόκειται για 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 (**Σχήμα 3.1**). Η επαλληλία αυτών με τη δύναμη λόγω αποσβέσεως αλλά και τις εξωτερικές δυνάμεις δίνει τη μη ισορροπούσα δύναμη ΣF σε κάθε κόμβο. Η δύναμη αυτή θα πρέπει σύμφωνα με τη διαφορική εξίσωση κίνησης να είναι ίση με την αδρανειακή δύναμη. Έτσι διαιρώντας με την ισοδύναμη μάζα m κάθε κόμβου και πολλαπλασιάζοντας το πηλίκο επί κάποιο μικρό χρονικό βήμα Δt , προκύπτει η προσαύξηση της ταχύτητας κάθε κόμβου σύμφωνα με τη σχέση:

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

Έχοντας υπολογίσει την νέα ταχύτητα του κόμβου η ανωτέρω διαδικασία επαναλαμβάνεται για το επόμενο υπολογιστικό βήμα. Στην περίπτωση που το πρόβλημα επιλύεται δυναμικά, η μάζα και η σταθερά αποσβέσεως είναι αυτές που αντιστοιχούν σε πραγματικές παραμέτρους, ενώ τα χρονικά βήματα υπολογισμού Δt αντιστοιχούν σε πραγματικά χρονικά διαστήματα. Αν η επίλυση επιλεγεί να γίνει στατικά, τότε η μάζα, η σταθερά αποσβέσεως και το βήμα υπολογισμού καθορίζονται από το ίδιο το πρόγραμμα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ταχύτερη σύγκλιση. Για καλύτερα αποτελέσματα η επίλυση διαχωρίζει την κάθε τετραπλευρική ζώνη του καννάβου σε τέσσερις τριγωνικές αλληλοκαλυπτόμενες υποζώνες. Σε δυναμικά προβλήματα το χρονικό βήμα υπολογισμού, καθορίζεται από το λογισμικό, έτσι ώστε να είναι μικρότερο από το κρίσιμο για το οποίο ισχύει:

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

όπου:

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

d_{\max} : η μεγαλύτερη διαγώνιος της κάθε ζώνης

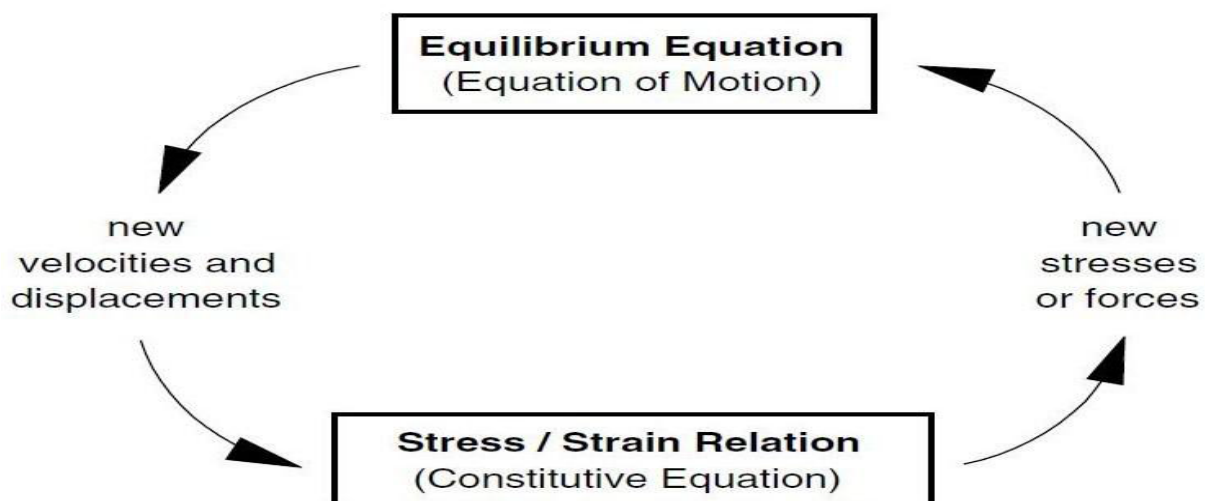
V_p : η ταχύτητα διάδοσης των διαμήκων κυμάτων όπως αυτή υπολογίζεται από τις δεδομένες ελαστικές σταθερές της κάθε ζώνης,

Το \min (ελάχιστο) αναφέρεται στην ελάχιστη τιμή του λόγου $A / (V_p d_{\max})$, που απαντάται σε όλο το δίκτυο πεπερασμένων διαφορών.

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

Οι συνοριακές συνθήκες του εξεταζόμενου προβλήματος επιλέγονται με βάση:

- την κατά το δυνατό καλύτερη προσομοίωση του προβλήματος σε σχέση με αυτό που συναντάται στην φύση,
- την υπολογιστική ταχύτητα που απαιτείται για την εξαγωγή των ζητούμενων αποτελεσμάτων.



Σχήμα 3.1: Βασικός κύκλος υπολογισμού τάσεων-παραμορφώσεων του προγράμματος πεπερασμένων διαφορών FLAC (Itasca Inc, 2005).

Πλεονεκτήματα-Αδυναμίες του προγράμματος FLAC

Το λογισμικό FLAC παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα σε σύγκριση με άλλα αντίστοιχα προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων:

- 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, άλλα προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων απαιτούν σημαντικά περισσότερο χρόνο.
- Δεν 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 προγράμματος FLAC, υπάρχουν και ορισμένες αδυναμίες που ενδέχεται να αυξήσουν τις απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ. Αναλυτικότερα:

- Η χρήση συντελεστή αποσβέσεως ανάλογου της ακαμψίας, πολύπλοκα ελαστοπλαστικά καταστατικά προσομοιώματα και άλλες υπορουτίνες γραμμένες σε γλώσσα 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.

Στην πράξη και για το δικό μας πρόβλημα το σημαντικότερο πλεονέκτημα του FLAC ήταν η χρήση της γλώσσας Fish για την εξαγωγή μεγάλου αριθμού αποτελεσμάτων χωρίς επιπλέον κόπο ή περιθώριο λάθους χρήστη.

3.2 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Για την παρούσα εργασία εκτίμησης της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης, λόγω της μορφολογίας υποβάθρου πραγματοποιήθηκαν 3 ομάδες αναλύσεων. Κάθε μια ομάδα αποτελούνταν από 10 αναλύσεις που έφεραν τα ίδια γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά συστήματος βραχώδους υποβάθρου-εδαφικής λεκάνης και διαφοροποιούνταν μόνο στην εισαγόμενη σεισμική διέγερση. Για να προκύψουν τα απαραίτητα αριθμητικά εργαλεία για την μελέτη του προβλήματος, κάθε ανάλυση αποτελούνταν από τρεις υπο-αναλύσεις, όπως αυτές παρουσιάζονται στο (E) παρακάτω. Πρώτα όμως παρουσιάζονται τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των αναλύσεων στα (A) έως (Δ), ακολούθως:

A) Μηχανικά χαρακτηριστικά εδάφους-βράχου

Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, τόσο το έδαφος, όσο και ο βράχος θεωρήθηκαν ομοιόμορφα ιξωδοελαστικά υλικά, με κοινή πυκνότητα $\rho=2\text{Mg/m}^3$, κοινό λόγο poisson $\nu=1/3$ και διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης διατμητικών κυμάτων στο έδαφος $V_s=500\text{m/s}$ και στο βράχο $V_b=1000\text{m/s}$, και σταθερό λόγο εμπέδησης $\alpha=1/2$. Οι μηχανικές παράμετροι που εισάγονται στο μοντέλο είναι το μέτρο διάτμησης G και το μέτρο ισότροπης συμπίεσης K που δίνονται από τους σχέσεις $G=V^2\rho$ και $K=[2G(1+\nu)] / [3(1-2\nu)]$. Είναι φανερό ότι τα G και K είναι διαφορετικά για έδαφος και βράχο αφού αλλάζει η ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων σε αυτό. Η ιδιοπερίοδος του «μαλακού» εδάφους προκύπτει από την σχέση $T_{s,1d}=4H / V_s$, όπου H το πάχος της εδαφικής λεκάνης, θεωρώντας 1Δ συνθήκες ταλάντωσης.

B) Σεισμική διέγερση συστήματος

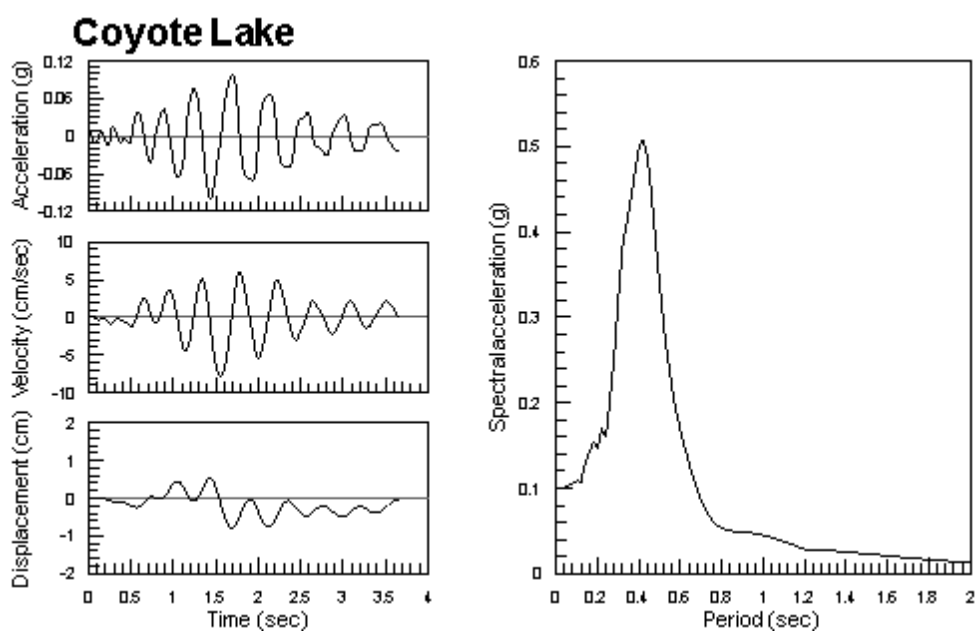
Όπως έχει αναφερθεί για την μελέτη του προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν δέκα διαφορετικές σεισμικές διεγέρσεις οι οποίες είναι οι ακόλουθες: Coyote Lake (1979), Κεφαλονιά (1983), Kobe (1995), Λευκάδα (2003), Loma Prieta (1989), Northridge (1994), Northridge 265 (1994), Parkfield (2004), Πύργος (1993) και Σεπόλια (1999) λεπτομέρειες των οποίων φαίνονται στο Σχήμα (3.2).

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 ημιχώρο. Για κάθε διέγερση δίνεται η χρονοϊστορία ταχύτητας του υλικού σημείου (u'). Η τάση υπολογίζεται ως εξής:

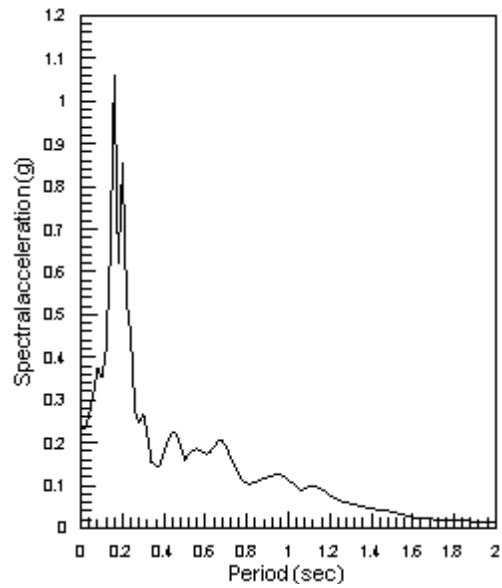
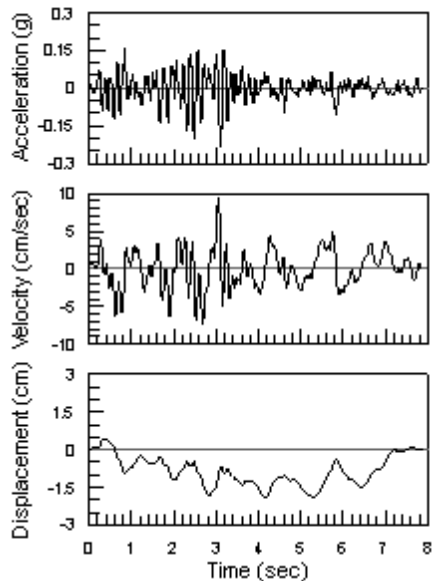
$$\bullet \quad \tau = -2\rho \sqrt{\frac{Gb}{\rho}} * u' \quad (3.1)$$

Στη βάση του καννάβου τοποθετήθηκαν και στις δύο διευθύνσεις, αποσβεστήρες οι οποίοι διασφαλίζουν τη μη δημιουργία τεχνητών ανακλάσεων.

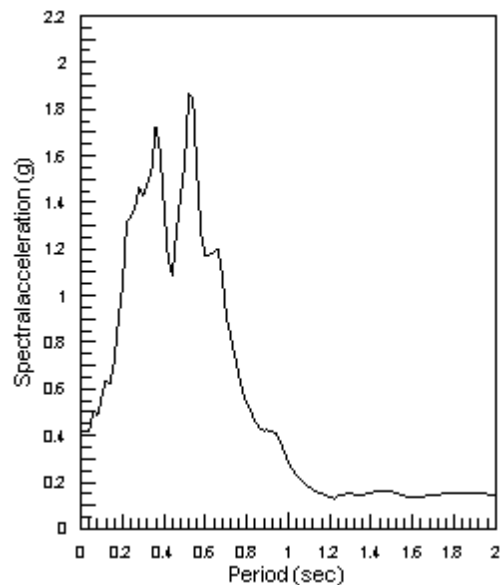
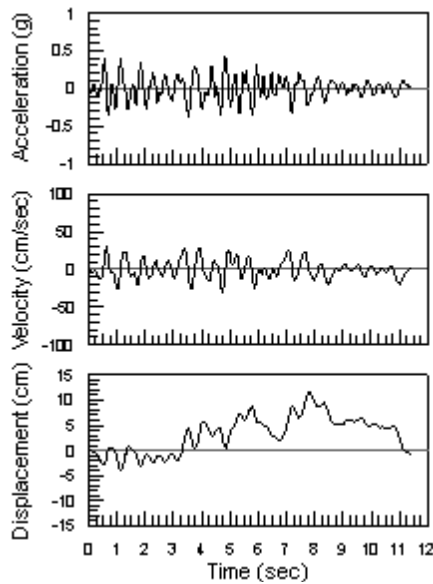
Οι χρονοϊστορίες επιτάχυνσης, ταχύτητας και μετατόπισης που χρησιμοποιήθηκαν εμφανίζονται στα παρακάτω σχήματα.



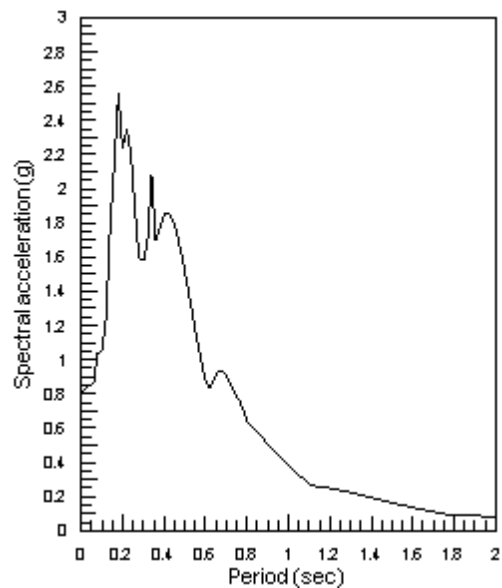
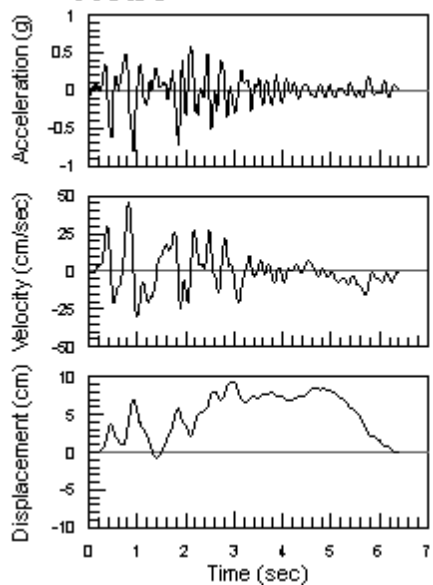
Kefalonia



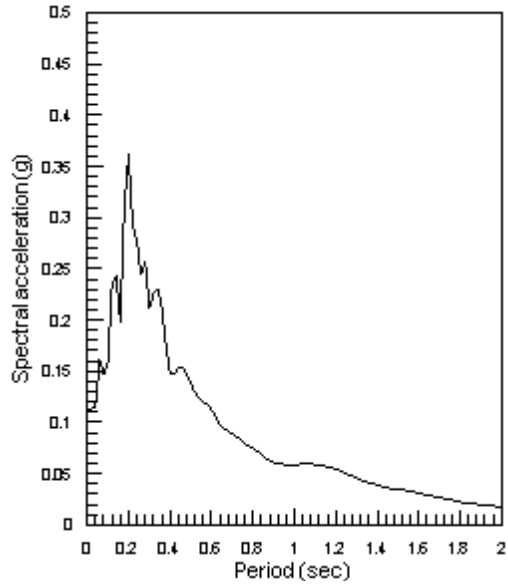
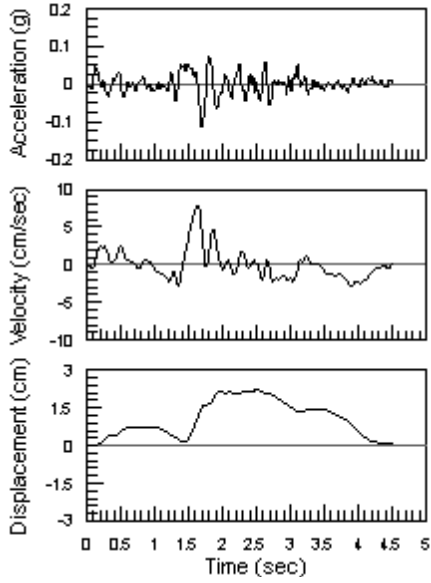
Lefkada



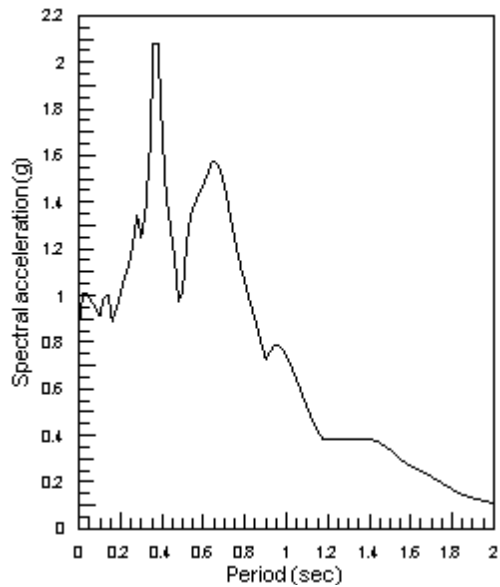
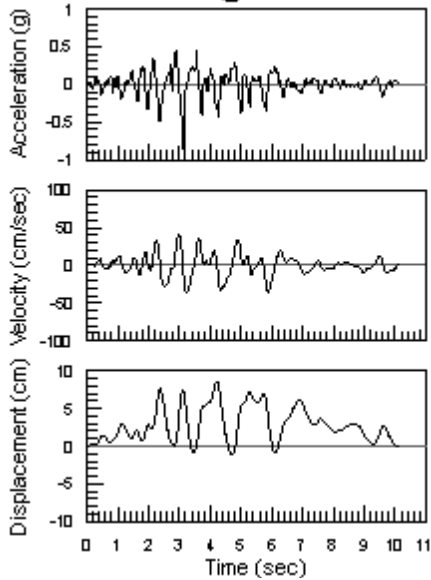
Kobe



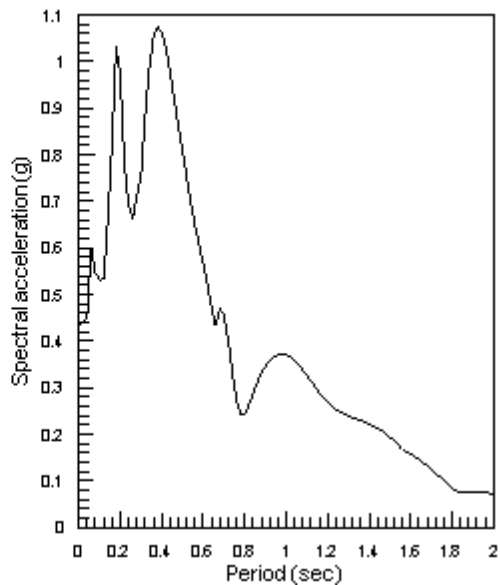
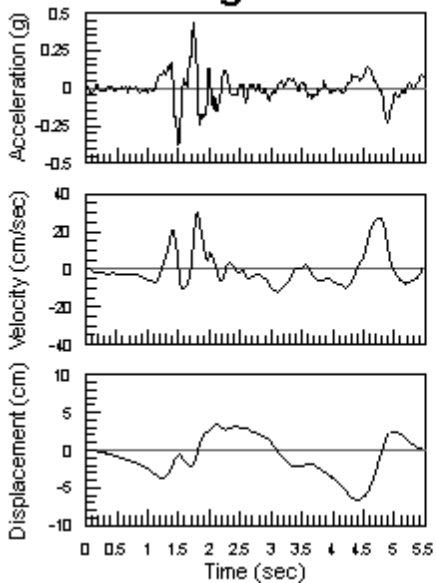
Loma Prieta

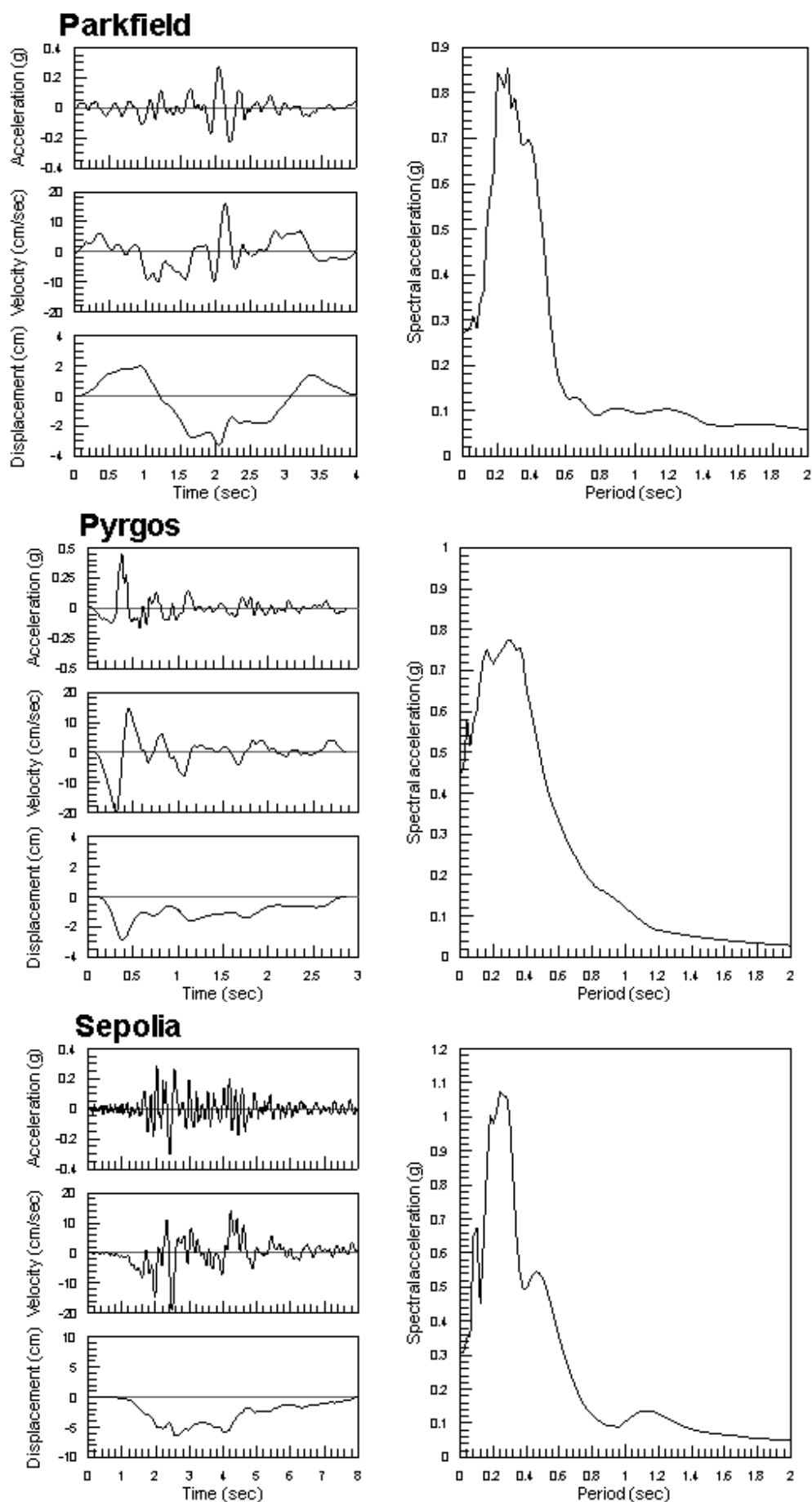


Northridge

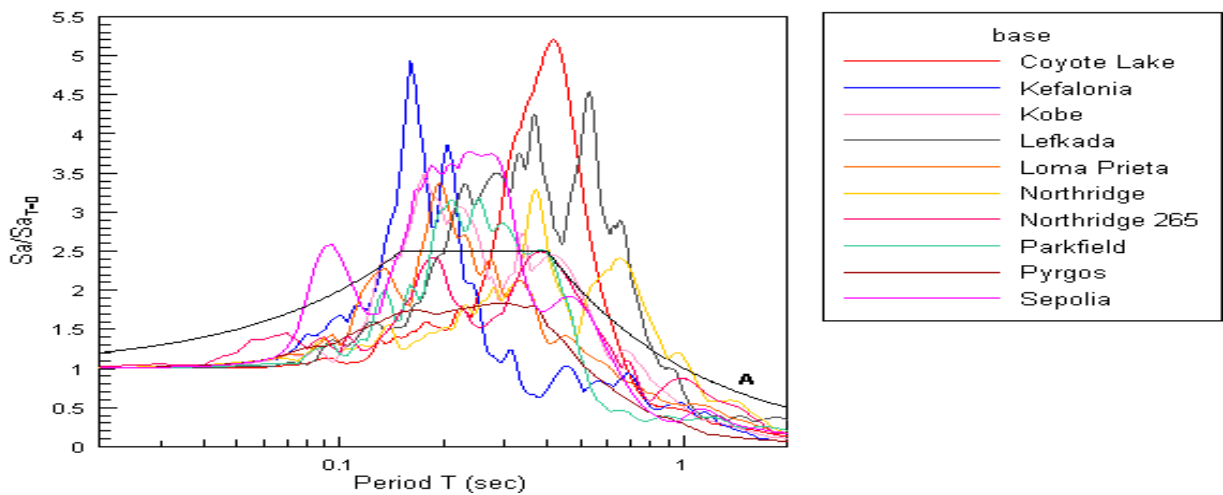


Northridge 265





Σχήμα 3.2: Χρονοιστορίες επιτάχυνσης, ταχύτητας, μετατόπισης και ελαστικά φάσματα απόκρισης (5% απόσβεση) των 10 διεγέρσεων.



Σχήμα 3.3: Κανονικοποιημένα ελαστικά φάσματα απόκρισης (5% απόσβεση) των 10 διεγέρσεων σε συσχέτιση με το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού του EC8 για κατηγορία εδάφους Α.

Γ) Απόσβεση συστήματος

Οι αναλύσεις που πραγματοποιούνται στην παρούσα εργασία είναι ιξωδο-ελαστικές, χάριν απλότητας. Σε τέτοιου είδους αναλύσεις, η πραγματικός υστερητική απόσβεση των γεωυλικών 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:

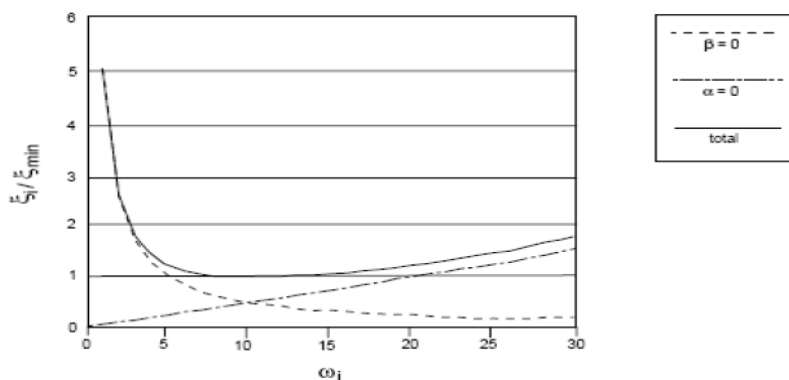
$$C = \alpha \cdot M + \beta \cdot K \quad (3.2)$$

όπου :

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

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

Η εν λόγω συσχέτιση της τελικής τιμής της απόσβεσης ξ με την κυκλική συχνότητα ω αποτυπώνεται στο **Σχήμα 3.4**. Όπως προκύπτει, παρουσιάζει ελάχιστη τιμή $\xi = \xi_{\min}$ για συχνότητα $\omega = \omega_{\min}$ και τιμές $\xi > \xi_{\min}$ για τιμές ω τόσο μικρότερες όσο μεγαλύτερες του ω_{\min} . Έτσι, το ζητούμενο είναι η βαθμονόμηση των ξ_{\min} και ω_{\min} ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της κάθε ανάλυσης.



Σχήμα 3.4: Απόσβεση Rayleigh σε συνάρτηση με την συχνότητα (ενδεικτικό γράφημα).

Δεδομένου ότι η εξάρτηση της απόσβεσης ξ από τη συχνότητα ω 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 ξ στις συχνότητες που κυρίως ενδιαφέρουν. Στο υπό μελέτη πρόβλημα, οι συχνότητες που κυρίως ενδιαφέρουν είναι εκείνες μεταξύ της δεσπόζουσας κυκλικής συχνότητας της διέγερσης ω_e και της ιδιοσυχνότητας κυκλικής ταλάντωσης της εδαφικής στρώσης ω_s , καθώς η δεσπόζουσα συχνότητα της τελικής ταλάντωσης των υλικών σημείων του εδάφους θα έχει τιμή μεταξύ των δύο αυτών ακραίων τιμών. Χάριν απλότητας, στην παρούσα εργασία η εκτίμηση του ω_{\min} γίνεται θεωρώντας τη δεσπόζουσα περίοδο στην οποία αντιστοιχεί ίση με τη μέση τιμή μεταξύ των δύο προαναφερθέντων περιόδων ενδιαφέροντος, δηλαδή σύμφωνα με τη σχέση:

$$T_{\min} = \frac{2}{\left(\frac{1}{T_e} + \frac{1}{T_s}\right)}, \quad \omega_{\min} = \frac{\omega_e + \omega_s}{2} \quad (3.3)$$

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. Να σημειωθεί ότι η τιμή του ξ ελήφθη κοινή τόσο για την εδαφική απόθεση όσο και για τον βράχο, χάριν απλότητας. Το προφανές πρόβλημα ακρίβειας που αυτό δημιουργεί στις τιμές των επιταχύνσεων στην επιφάνεια της εδαφικής λεκάνης, αναμένεται να απαλείφεται στη μελέτη της γεωμορφικής επιδείνωσης, καθώς οι ενιαίες τιμές ξ υιοθετούνται τόσο στις αναλύσεις λεκάνης, όσο και στις μονοδιάστατες αναλύσεις απειρομήκους εδάφους επί βράχου και ομοιόμορφου βράχου, που χρησιμοποιούνται για την κανονικοποίηση των αποτελεσμάτων για την εδαφική λεκάνη.

Δ) Συνοριακές Συνθήκες

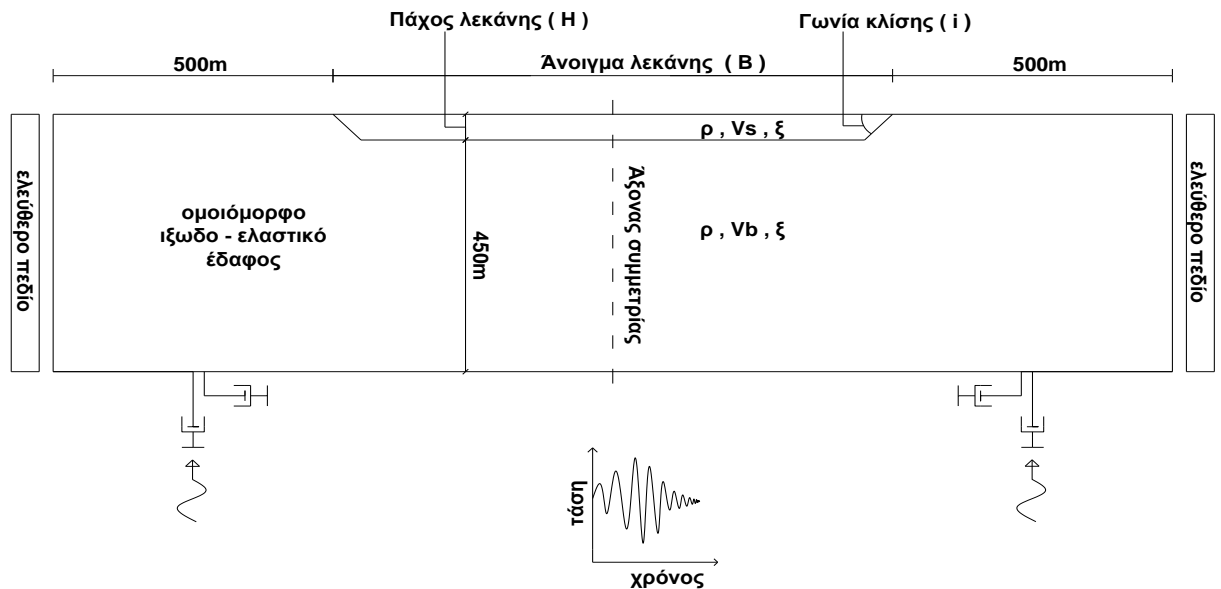
Για το δυναμικό πρόβλημα που αναλύεται εδώ και για να μην επηρεαστεί η περιοχή ενδιαφέροντος από τις συνοριακές συνθήκες δημιουργείται ανάγκη για πολύ μεγάλους καννάβους προσομοίωσης. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται ένας λογικού μεγέθους κάρναβος στο κάτω όριο του οποίου επιβάλλονται συνθήκες απορρόφησης της ενέργειας που ισοδυναμούν με την απόσβεση ακτινοβολίας που θα λάμβανε χώρα αν επρόκειτο για ημιχώρο. Επίσης, στα πλευρικά όρια του καννάβου εφαρμόζονται συνθήκες ελεύθερου πεδίου οι οποίες εξασφαλίζονται με ειδικές διατάξεις που πρακτικά "επιβάλλουν" συνθήκη ταλάντωσης ελεύθερου πεδίου στο άκρο. Τέλος, επισημαίνεται ότι η κίνηση επιβάλλεται στο κάτω όριο του καννάβου ως χρονοϊστορία τάσης και όχι μετατόπισης, ταχύτητας ή επιτάχυνσης, οπότε και θα είχαμε ως αποτέλεσμα την δημιουργία τεχνητών ανακλάσεων στο εν λόγω όριο.

Ε) Υποκατηγορίες Αναλύσεων

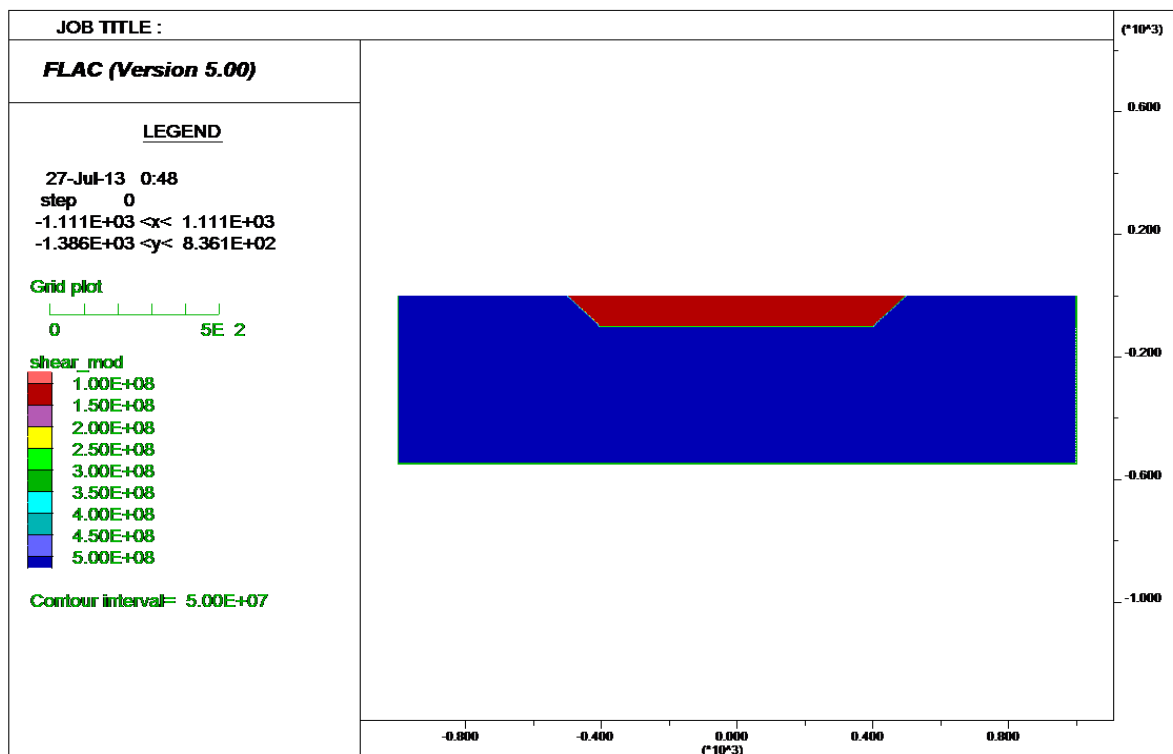
- **Σύστημα εδαφικής λεκάνης επί βραχώδους υποβάθρου (2Dsoil).**

Για την προσομοίωση της πραγματικής διδιάστατης συμπεριφοράς μιας εδαφικής απόθεσης σε βραχώδες υπόβαθρο, χρησιμοποιήθηκαν 2 λεκάνες τραπεζοειδούς διατομής και 1 τριγωνικής, με γεωμετρικές παραμέτρους το άνοιγμα της λεκάνης (B), το βάθος της (H) (ύψος τραπεζίου) και την κλίση των άκρων της (i). **(σχήμα 3.5)** Σε κάθε ανάλυση, βραχώδες υπόβαθρο βάθους 450m υπόκειται της εδαφικής λεκάνης, ενώ εκατέρωθεν αυτής το αναδυόμενο βραχώδες υπόβαθρο εκτείνεται κατά 500m. Κατ' επέκταση, το μέγεθος του κάθε

κάνναβου καθορίζεται από το άνοιγμα και το βάθος της λεκάνης ως εξής: $[(500+B+500)/5] \times [450/5] + (H/2.5)$. Ο κάνναβος σχεδιάστηκε έτσι ώστε, στην περιοχή της εδαφικής λεκάνης να υπάρχει πυκνωση και επιπλέον στην επιφάνεια να υπάρχουν κόμβοι ανά 5m. Για παράδειγμα, μια περίπτωση λεκάνης με $H=50m$, $B=1000m$ και $i=45^\circ$ αποτελείται από 400 x 110 ζώνες. (σχήμα 3.6)



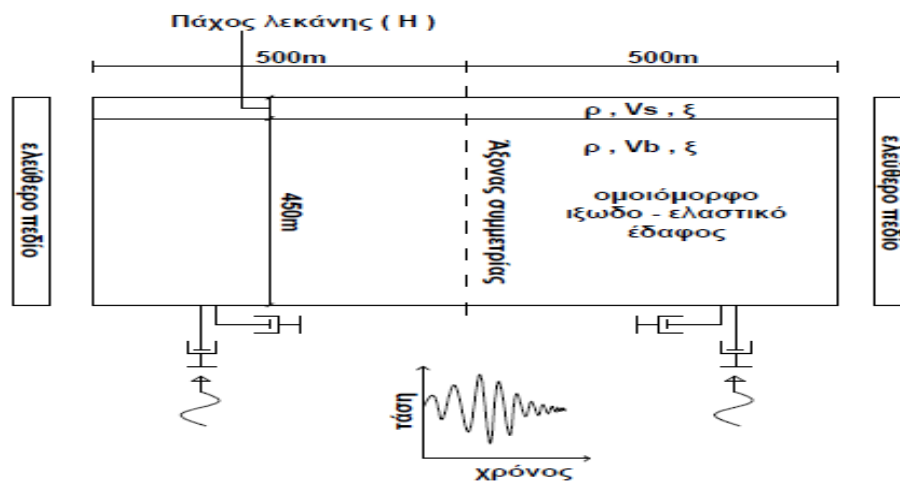
Σχήμα 3.5: Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης συστήματος εδαφικής λεκάνης επί βραχώδους υποβάθρου.



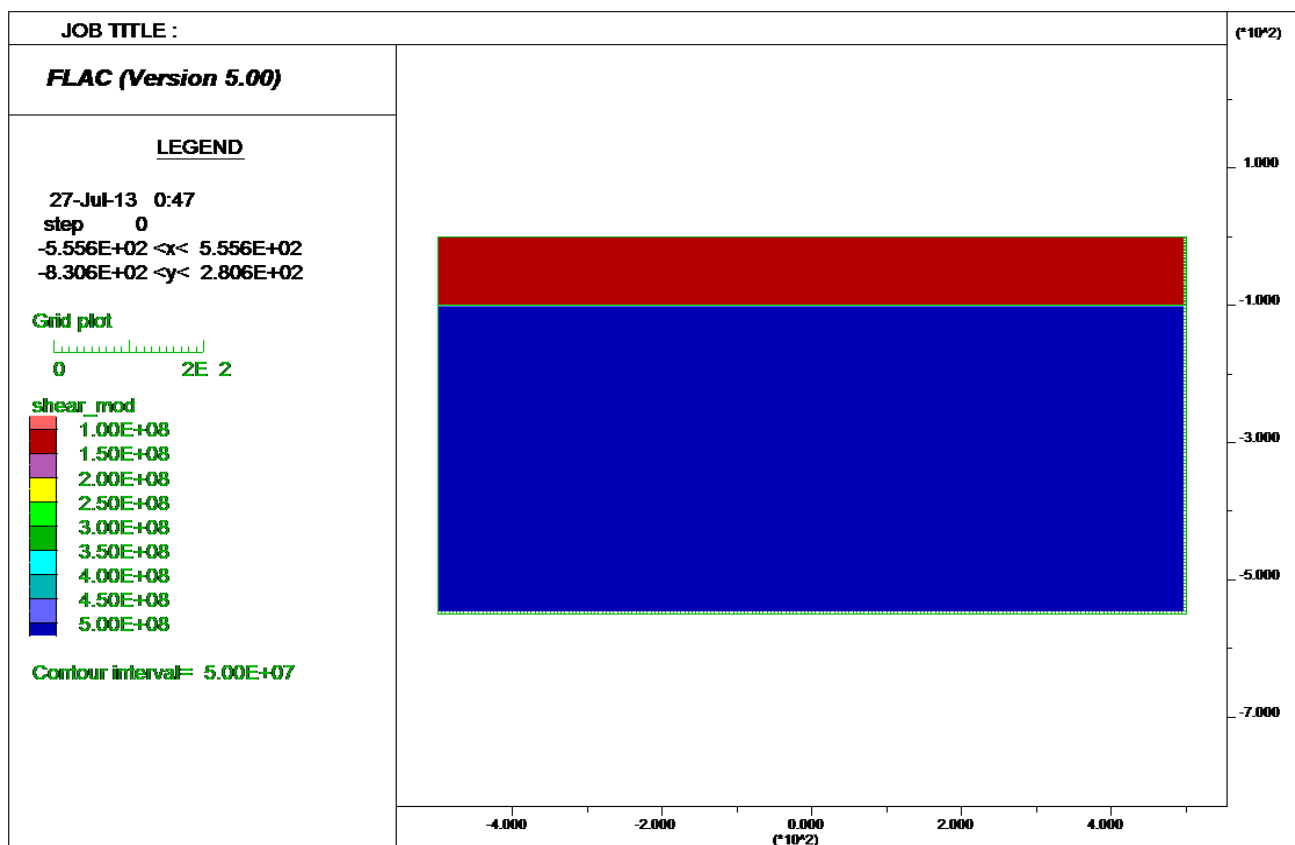
Σχήμα 3.6: Ενδεικτικός κάνναβος ανάλυσης συστήματος εδαφικής λεκάνης επί βραχώδους υποβάθρου (2Dsoil).

- **Σύστημα απειρομήκους εδάφους επί βραχώδους υποβάθρου (1Dsoil).**

Δημιουργήθηκαν κάρναβοι αντίστοιχοι της πρώτης ανάλυσης με τη διαφορά ότι εδαφική στρώση πάχους ίσου με αυτό της αντίστοιχης λεκάνης, εκτείνεται οριζοντίως έως τα όρια του καννάβου. Αντίστοιχα, σε κάθε περίπτωση, βραχώδες υπόβαθρο πάχους 450m υπόκειται της εδαφικής στρώσης. Για την πραγματοποίηση των αναλύσεων αυτού του συστήματος, επιλέχθηκε εδαφική στρώση μήκους 1000m. **(σχήμα 3.7)** Αυτός ο κάρναβος αφορά την θεωρητικώς 1D σεισμική απόκριση της λεκάνης υπό σεισμική διέγερση, μια απόκριση πραγματική μόνο για λεκάνη απείρου μήκους B. Χάριν απλότητας και απαλοιφής οποιασδήποτε τεχνητής επίδρασης του καννάβου στα αποτελέσματα, για την ανάλυση του συστήματος βραχώδους υποβάθρου – εδάφους χρησιμοποιήθηκε ίδια διακριτοποίηση σε στοιχεία με την ανάλυση του συστήματος βραχώδους υποβάθρου – εδαφικής λεκάνης. Στο συγκεκριμένο σύστημα, καθώς δεν υπάρχει η έννοια του ανοίγματος της λεκάνης, το μέγεθος του καννάβου εξαρτάται από το πάχος H της εδαφικής στρώσης ως εξής: $200 \times [(450/5) + (H/2.5)]$. Στο **Σχήμα 3.8** παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κάρναβος για μια ανάλυση με $H = 50m$, ο οποίος αποτελείται από 200×110 ζώνες, με πύκνωση στην περιοχή της εδαφικής στρώσης.



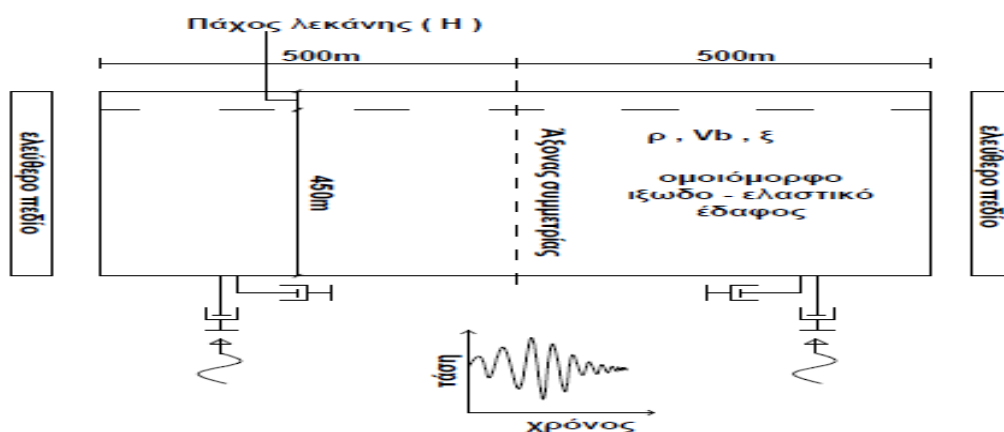
Σχήμα 3.7: Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης απειρομήκους εδάφους επί βραχώδους υποβάθρου.



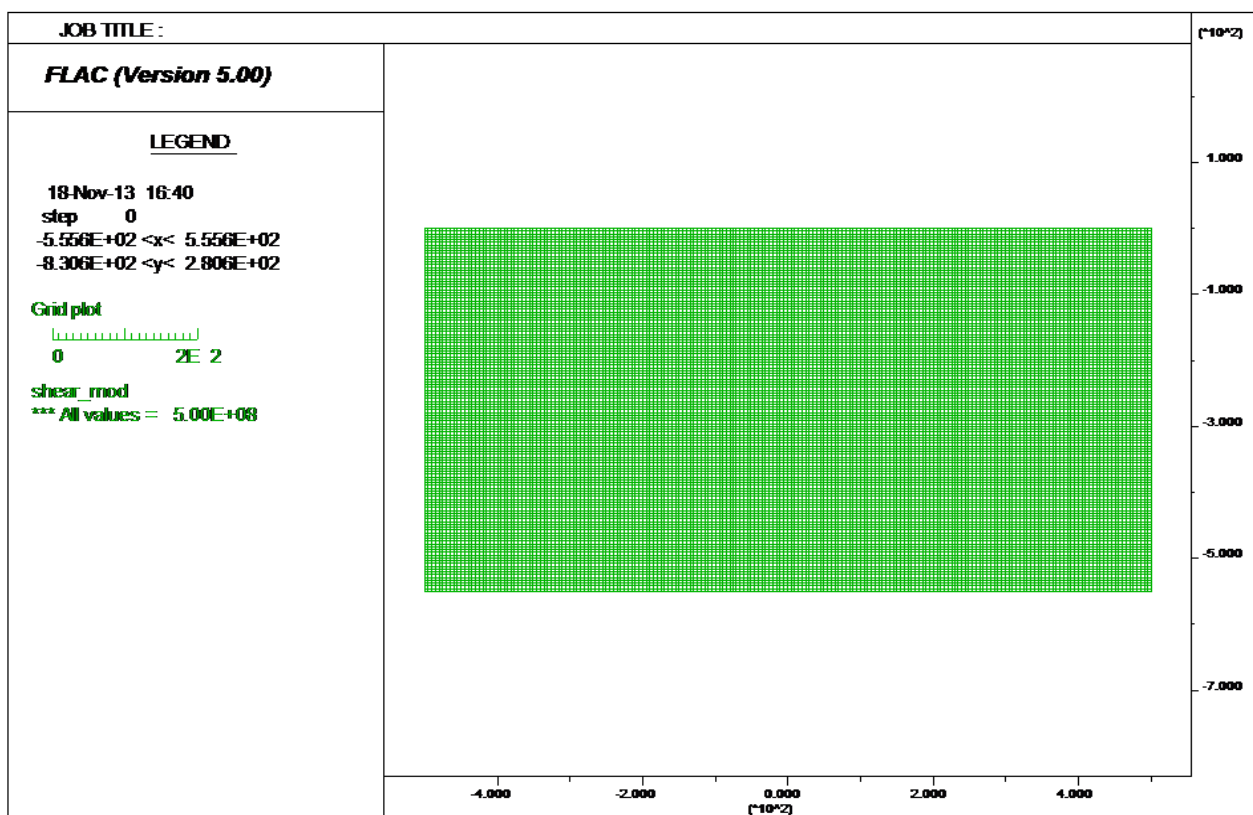
Σχήμα 3.8: Ενδεικτικός κάρναβος ανάλυσης απειρομήκους εδάφους επί βραχώδους υποβάθρου (1Dsoil).

- **Βραχώδες υπόβαθρο (1D rock).**

Δημιουργήθηκαν κάρναβοι αντίστοιχοι των προηγούμενων, με τη διαφορά ότι σε όλο τον κάρναβο υπάρχει μόνο βράχος (**Σχήμα 3.9**). Αυτός ο κάρναβος αφορά την θεωρητικώς 1Δ σεισμική απόκριση του βραχώδους υποβάθρου, μια απόκριση πραγματική μόνο σε πολύ μεγάλη (οιονεί 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 χωρίς ωστόσο την πύκνωση της περιοχή όπου στις προηγούμενες αναλύσεις αντιπροσώπευε την εδαφική λεκάνη. Ο κάρναβος αυτός έχει ίδιο αριθμό ζωνών με αυτόν του συστήματος βραχώδες υπόβαθρο – απειρομήκους εδάφους. Στο **Σχήμα 3.10** παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός κάρναβος βράχου που αντιστοιχεί σε μια ανάλυση με πάχος λεκάνης $H = 50\text{m}$, ο οποίος αποτελείται από 200×110 ζώνες, με πύκνωση στην περιοχή της εδαφικής στρώσης.



Σχήμα 3.9: Σκαρίφημα στοιχείων ανάλυσης βραχώδους υποβάθρου.



Σχήμα 3.10: Ενδεικτικός κάνναβος βραχώδους υποβάθρου (1Drock)

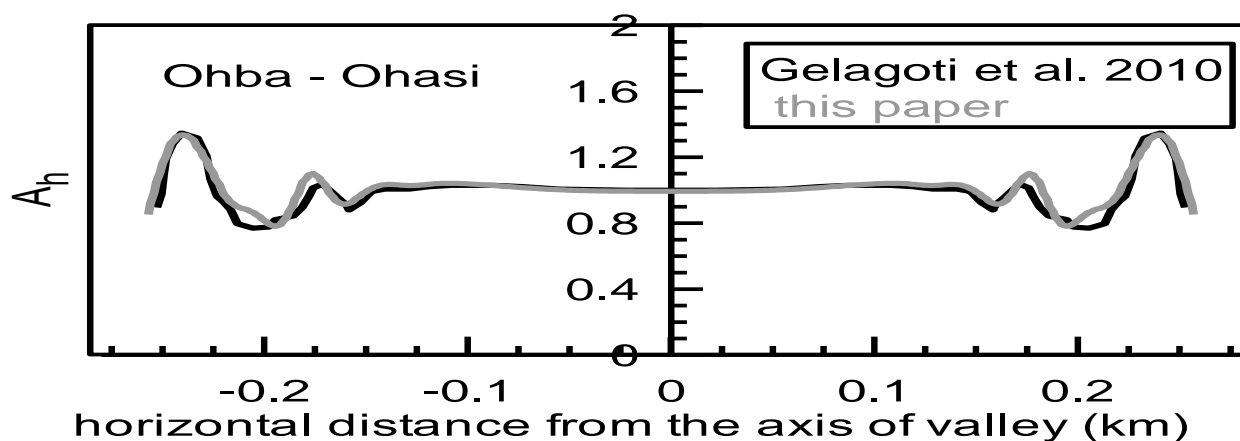
Σχετικά με τα στοιχεία των αναλύσεων της παρούσας εργασίας θα ήταν χρήσιμο να επισημανθούν τα κάτωθι :

- Στα πλευρικά όρια του καννάβου, χρησιμοποιήθηκαν συνοριακές συνθήκες ελεύθερου πεδίου (ff), για την αναπαράσταση της θεωρητικής 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 υποβάθρου κάτω από αυτήν είναι πάντα 450m, ώστε να είναι συγκρίσιμα τα μεγέθη ενίσχυσης στην επιφάνεια του εδάφους από όλες τις αναλύσεις.

3.3. ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία είναι ίδια με την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην μεταπτυχιακή εργασία της Τέττας (2012) από όπου δανείζεται το παρακάτω κείμενο. «Πριν αρχίσει η εκτέλεση των παραμετρικών αναλύσεων, απαιτείται λεπτομερής έλεγχος της χρησιμοποιούμενης μεθοδολογίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα αναλυτικά αποτελέσματα από μια 2Δ ιξωδο-ελαστικής ανάλυσης των Gelagoti et al. (2010). Η ανάλυσή τους έγινε με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων και αφορά τα αποτελέσματα για την επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης (που ονομάζεται AG στην εργασία τους) της κοιλάδας Ohba Ohasi στην Ιαπωνία. Είναι μια αρκετά μεγάλη τραπεζοειδής συμμετρική κοιλάδα ($B = 520$) με σχετικά μικρό πάχος ($H = 24\text{m}$) που αποτελείται από πολύ μαλακή άργιλο υψηλής πλαστιμότητας ($V_s = 60\text{m/s}$) πάνω σε βραχώδες υπόβαθρο με $V_b = 400\text{m/s}$, το οποίο αναδύεται στην επιφάνεια με σχετικά ήπια κλίση από $i = 16.7^\circ$. Ως κατακόρυφο προσπίπτον κύμα SV χρησιμοποιήθηκε παλμός Ricker με δεσπόζουσα συχνότητα (από το ελαστικό φάσμα απόκρισης) $f_e = 5\text{Hz}$.

Στο **Σχήμα 3.11** συγκρίνεται η χωρική διαφοροποίηση της AG κατά μήκος της κοιλάδας από τα δημοσιευμένα αποτελέσματα των Gelagoti et al. (2010), με τα αποτελέσματα μας, όπου για κάθε θέση η μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση από την ανάλυση 2D_valley διαιρέθηκε με την μέγιστη οριζόντια επιτάχυνση από την ανάλυση 1D_soil. Η σύγκριση δείχνει σχεδόν ταυτόσημα αποτελέσματα για την γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης οριζόντιας επιτάχυνσης. Οι μικρές διαφορές μπορούν να θεωρηθούν δικαιολογημένες, λαμβάνοντας υπόψη τις αναπόφευκτες διαφορές στην αριθμητική ανάλυση που χρησιμοποιείται (πεπερασμένες διαφορές έναντι μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων), την διακριτοποίηση του καννάβου (το μέγιστο μέγεθος στοιχείων ήταν $\lambda/10$ στην περίπτωσή μας, αλλά ασαφής στον Gelagoti et al. 2010) και η βαθμονόμηση της απόσβεσης Rayleigh (στον συνδυασμό (μάζας και δυσκαμψίας) είναι $f_{min} = (f_e + f_s) / 2$ στην περίπτωσή μας, αλλά ασαφής στον Gelagoti et al. 2010)».



Σχήμα 3.11 : Διακρίβωση μεθοδολογίας $B/\lambda=26$, $\lambda/H=0.83$, $i=17^\circ$, $a=0.11$, $\xi=5\%$. (Τέττα 2012).

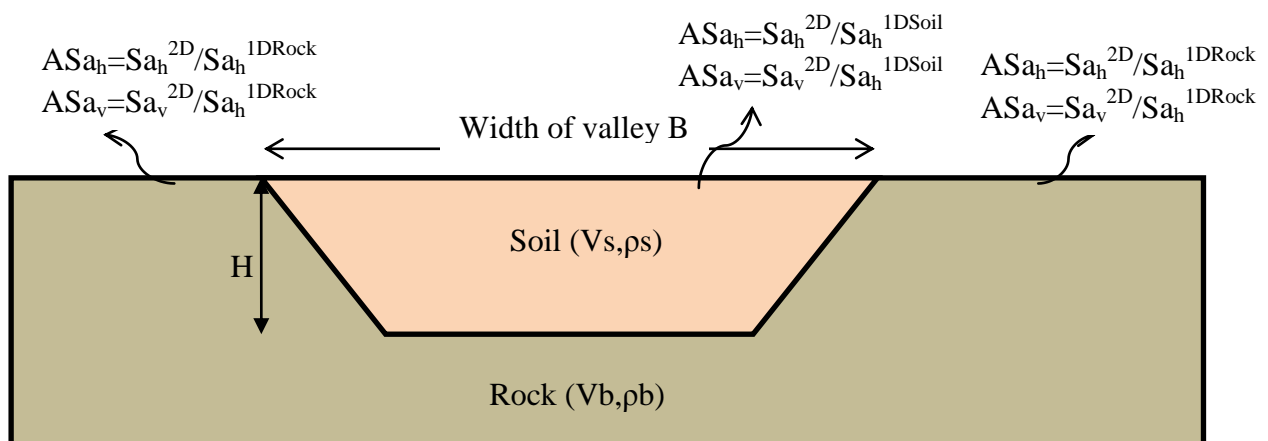
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι η ύπαρξη κάποιων μέτρων «μαλακού» εδάφους πάνω σε βραχώδες υπόβαθρο, επιδρά στην σεισμική κίνηση του εδάφους και πολλές φορές επιφέρει ενισχυμένες τιμές ταλαντώσεων στην επιφάνεια, σε σχέση με την περίπτωση που σε όλο το εδαφικό προφίλ μιας περιοχής υπάρχει μόνο βράχος. Στην περίπτωση που η στρώση του «μαλακού» εδάφους είναι οριζόντια τότε είτε με αναλυτικές σχέσεις προσέγγισης της μονοδιάστατης ταλάντωσης ή με την βοήθεια αναλύσεως μονοδιάστατης σεισμικής απόκρισης το πρόβλημα προσεγγίζεται ικανοποιητικά. Στις περιπτώσεις, ωστόσο, όπου η διεπιφάνεια του «μαλακού» εδάφους και του βράχου δεν είναι οριζόντια και αποκτά μια κλίση, καθώς ο βράχος αναδύεται στην επιφάνεια δημιουργώντας μια κλειστή λεκάνη εδαφικών αποθέσεων, το πρόβλημα είναι αρκετά δύσκολο να προσεγγιστεί μονοδιάστατα. Στο Κεφάλαιο 2 έγινε αναφορά στους συντελεστές επιδείνωσης του **Παρασκευόπουλου (2014)** για την εκτίμηση της γεωμορφικής επιδείνωσης ολόκληρου του ελαστικού φάσματος απόκρισης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος αλλουβιακών κοιλάδων. Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η ορθή εφαρμογή των Συντελεστών επιδείνωσης σε νέες παραμετρικές αναλύσεις. Για την ποσοτικοποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης υιοθετούνται δύο αδιάστατοι φασματικοί λόγοι γεωμορφικής επιδείνωσης (ASa_h , ASa_v) που είναι συναρτήσεις της θέσης κατά μήκος της κοιλάδας και της περιόδου κατασκευής T και αφορούν λόγο κρίσιμης απόσβεσης ίσο με 5%.

Συγκεκριμένα, ορίζεται η **οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση ASa_h** σε κάθε θέση της επιφάνειας ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης δεδομένης της ύπαρξης της λεκάνης (Sa_h^{2D}) προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης που προκύπτει από την κατάλληλη μονοδιάστατη ανάλυση (Sa_h^{1DSoil} ή Sa_h^{1DRock}). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση ορίζεται ως $ASa_h = Sa_h^{2D} / Sa_h^{1DSoil}$, ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδύμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε $ASa_h = Sa_h^{2D} / Sa_h^{1DRock}$ (**Σχήμα 4.1**).

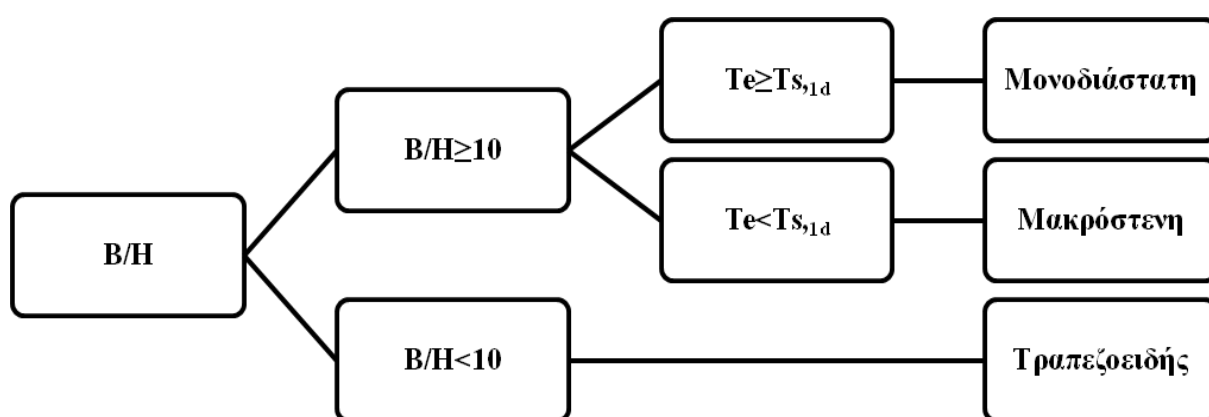
Αντίστοιχα, ορίζεται και η παρασιτική **κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση ASa_v** σε κάθε θέση της επιφάνειας ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης της κατακόρυφης επιτάχυνσης δεδομένης της ύπαρξης της λεκάνης Sa_v^{2D} προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης της οριζόντιας επιτάχυνσης που προκύπτει από την κατάλληλη μονοδιάστατη ανάλυση (Sa_h^{1DSoil} ή Sa_h^{1DRock}). Πιο συγκεκριμένα, αν το σημείο της επιφάνειας είναι εδαφικό, τότε η παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση ορίζεται ως $ASa_v = Sa_v^{2D} / Sa_h^{1DSoil}$, ενώ αν το σημείο της επιφάνειας είναι επί του αναδύμενου βραχώδους υποβάθρου, τότε $ASa_v = Sa_v^{2D} / Sa_h^{1DRock}$ (**Σχήμα 4.1**).



Σχήμα 4.1: Ορισμός κατακόρυφης(ASa_v) και οριζόντιας(ASa_h) γεωμορφικής ενίσχυσης ελαστικού φάσματος απόκρισης.

4.2: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ

Με βάση τον Παρασκευόπουλο (2014), αρχικώς γίνεται μια κατηγοριοποίηση με βάση της σημαντικές περιόδους του προβλήματος. Πρόκειται για τη δεσπόζουσα περίοδο ταλάντωσης T_e , την ιδιοπερίοδο της «μαλακής» εδαφικής στρώσης $T_{s,1d}$ και της περιόδου συντονισμού κοιλάδας T_r όπως προτάθηκε από τους Bard-Bouchon (1985). Όταν το $B/H < 10$ τότε οι μέγιστες τιμές της γεωμορφικής επιδείνωσης συμβαίνουν στην περιοχή του T_r . Αντίθετα, όταν $B/H \geq 10$ οι σημαντικές ενισχύσεις συμβαίνουν είτε στην περίοδο T_e είτε στην $T_{s,1d}$. Παρατηρείται ότι όταν η δεσπόζουσα περίοδος ταλάντωσης T_e είναι μεγαλύτερη από την ιδιοπερίοδο της εδαφικής στρώσης $T_{s,1d}$ τότε δεν υπάρχουν σημαντικές ενισχύσεις και οι όποιες μικρές συμβαίνουν στην περίοδο $T_{s,1d}$, ενώ όταν η δεσπόζουσα περίοδος ταλάντωσης T_e είναι μικρότερη από την ιδιοπερίοδο της εδαφικής στρώσης $T_{s,1d}$ τότε υπάρχουν σημαντικές ενισχύσεις και αυτές πραγματοποιούνται κοντά στην περίοδο T_e . Στην πρώτη περίπτωση η κοιλάδα αναφέρεται ως «μονοδιάστατη» ενώ στην δεύτερη ως «μακρόστενη». Συγκεκριμένα ισχύει η παρακάτω διαφοροποίηση του **Σχήματος 4.2**:



Σχήμα 4.2: Προτεινόμενη κατηγοριοποίηση κοιλάδας με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της και τις περιόδους T_e και $T_{s,1d}$ (Παρασκευόπουλος 2014).

Ακολούθως, ορίστηκαν δύο συναρτήσεις: Η $A(T)$ που αποτελεί συνάρτηση της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης ανάλογα με την περίοδο κατασκευής και η $G(x/B)$ η οποία αποτελεί συνάρτηση που αφορά την χωρική διαφοροποίηση της γεωμορφικής επιδείνωσης. Φυσικά, οι συναρτήσεις αυτές είναι διαφορετικές για την οριζόντια και τη παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση, αλλά και για κάθε κατηγορία κοιλάδας.

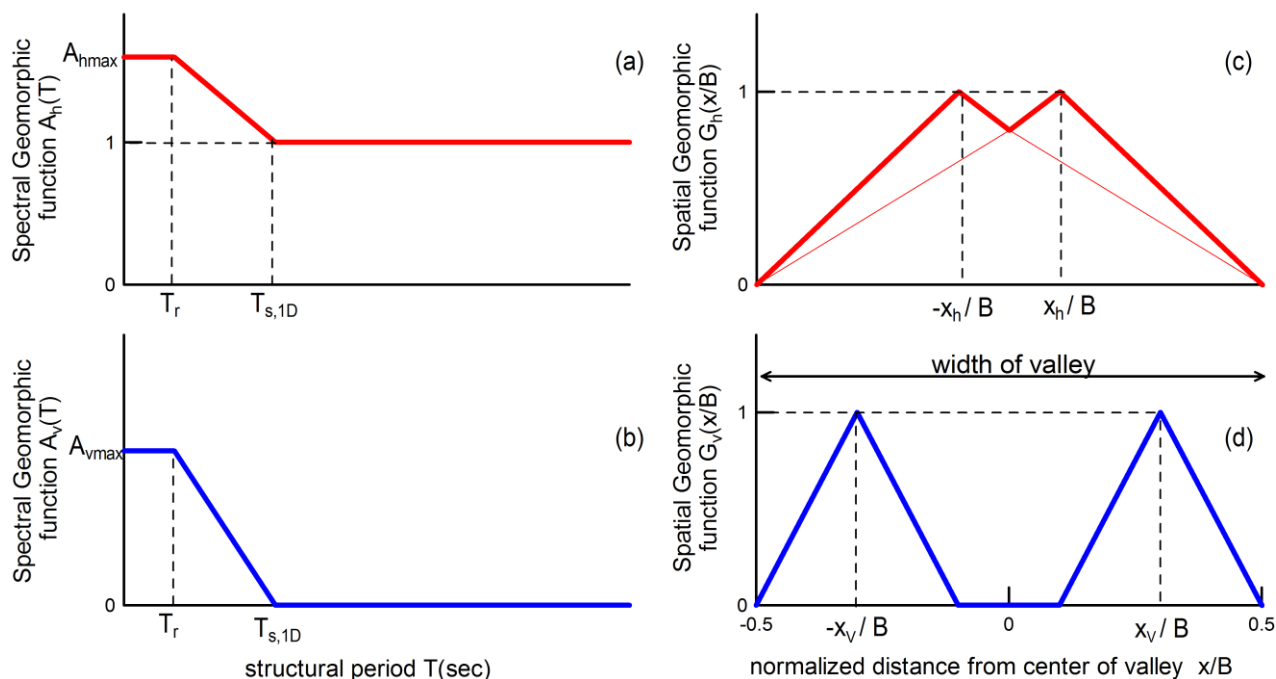
Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να τονιστεί πως χρησιμοποιήθηκαν δύο εργαλεία από την εργασία των Μέλλιου και Τέττας (2010) για να προκύψουν οι συναρτήσεις αυτές. Καταρχάς για τις συναρτήσεις $A_h(T)$ και $A_v(T)$ ως ολικό μέγιστο του διαγράμματος επιλέγονται οι τιμές της μέγιστης γεωμορφικής ενίσχυσης της οριζόντιας επιτάχυνσης στην επιφάνεια του εδάφους της λεκάνης, A_{hmax} και της μέγιστης γεωμορφικής ενίσχυσης της παρασιτικής κατακόρυφης επιτάχυνσης στην επιφάνεια του εδάφους, A_{vmax} . Για τις συναρτήσεις $G_h(x/B)$ και $G_v(x/B)$ χρησιμοποιείται τα διαγράμματα του **Σχήματος 4.3** όπου προσεγγίζεται η θέση εμφάνισης των μέγιστων οριζόντιων και κατακόρυφων γεωμορφικών ενισχύσεων σε σχέση με τον λόγο B/H .

Συναρτήσεις $A(T)$ και $G(x/B)$ για «τραπεζοειδείς-narrow» κοιλάδες:

Spectral Geomorphic Aggravation Relation $F_{geo}(T, x/B)$
for NARROW valleys

$$F_{hgeo}(T, x/B) = 1 + [A_h(T) - 1] \cdot G_h(x/B)$$

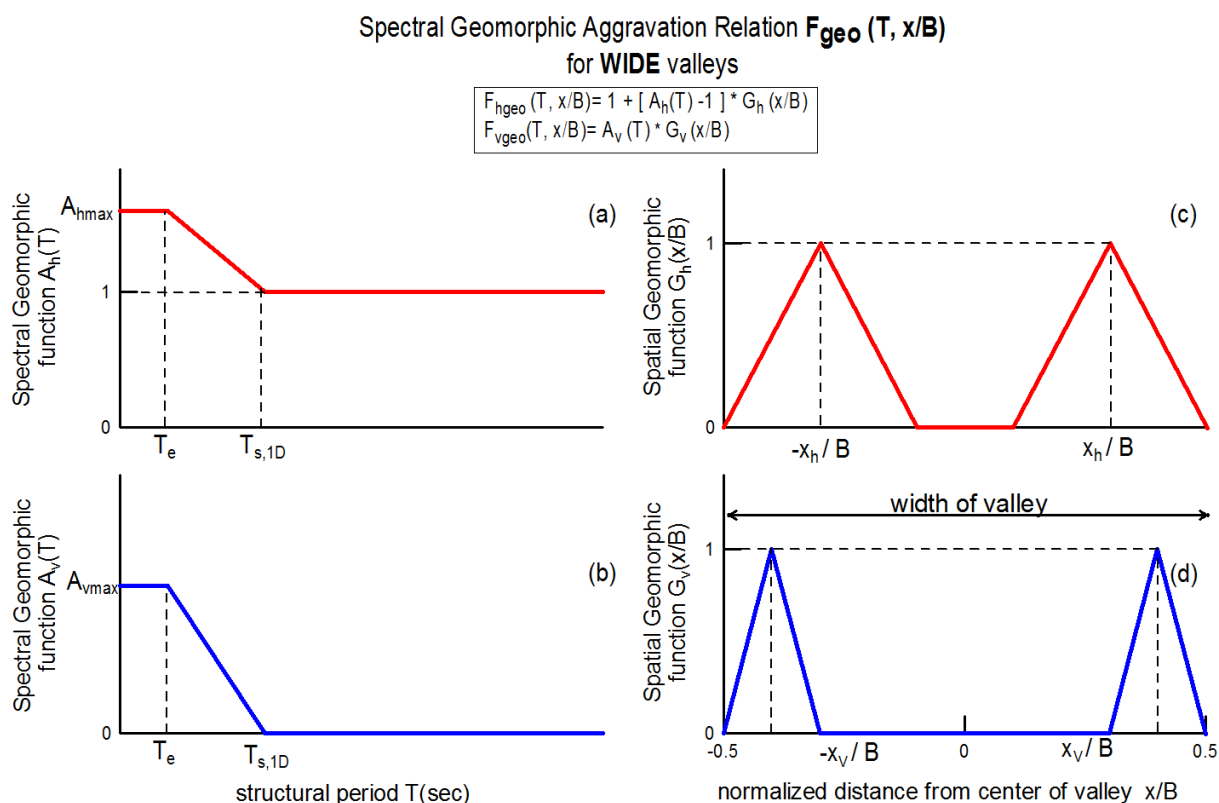
$$F_{vgeo}(T, x/B) = A_v(T) \cdot G_v(x/B)$$



Σχήμα 4.4: Συναρτήσεις $A(T)$ της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης ανάλογα με την περίοδο κατασκευής (a,b) και συναρτήσεις $G(x/B)$ της χωρικής περιβάλλουσας της γεωμορφικής επιδείνωσης (b,d) που αφορούν τις τραπεζοειδείς-narrow κοιλάδες (Παρασκευόπουλος 2014).

Η λογική των παραπάνω σχημάτων είναι πως οι σημαντικές ενισχύσεις συμβαίνουν μέχρι την περίοδο T_r και στην συνέχεια φθίνουν μέχρι τη ιδιοπερίοδο της «μαλακής» στρώσης εδάφους $T_{s,1d}$ όπου έπειτα από την τιμή αυτή η απόκριση της κοιλάδας είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη και δεν χρειάζεται εφαρμογή στο ελαστικό φάσμα απόκρισης κάποιου συντελεστή. Για αυτό η $A_h(T)$ γίνεται ίση με την μονάδα ενώ η $A_v(T)$ μηδενίζεται. Ακόμη κατά μήκος της κοιλάδας μόνο σε ένα σημείο θα εμφανιστεί η μέγιστη οριζόντια και κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση για κάθε διαφορετική περίοδο. Σχεδόν για κάθε περίοδο κατασκευής το σημείο αυτό συμπίπτει. Εκτός από αυτό είναι υπερβολή να εφαρμοστεί η μέγιστη τιμή της συνάρτησης $A(T)$ σε όλη την λεκάνη. Για το σκοπό αυτό ανάλογα με το B/H από το **Σχήμα 4.3** αντιστοιχείται ένα x_h/B και ένα x_v/B πάνω στα οποία εφαρμόζεται ολόκληρη η $A_h(T)$ και $A_v(T)$ αντίστοιχά. Στην υπόλοιπη κοιλάδα υπάρχει απομείωση της $G(x/B)$ η οποία μηδενίζεται όπου η απόκριση της κοιλάδας είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη. Όταν το $x_h/B=0$ δηλαδή μέγιστη επιδείνωση στο κέντρο της κοιλάδας τότε τα δύο τρίγωνα του $G_h(x/B)$ συμπίπτουν.

Συναρτήσεις $A(T)$ για «μακρόστενες» κοιλάδες:



Σχήμα 4.5: Συναρτήσεις $A(T)$ της γεωμορφικής επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης ανάλογα με την περίοδο κατασκευής (a,b) και συναρτήσεις $G(x/B)$ της χωρικής περιβάλλουσας της γεωμορφικής επιδείνωσης (b,d) που αφορούν τις μακρόστενες-wide κοιλάδες (Παρασκευόπουλος 2014).

Σημαντικές ενισχύσεις συμβαίνουν μέχρι την περίοδο T_e και στην συνέχεια φθίνουν μέχρι τη ιδιοπερίοδο της μαλακής στρώσης εδάφους $T_{s,1d}$, όπου, έπειτα από την τιμή αυτή η απόκριση της κοιλάδας είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη και δεν χρειάζεται εφαρμογή στο ελαστικό φάσμα απόκρισης κάποιου συντελεστή. Για αυτό η $A_h(T)$ γίνεται ίση με την μονάδα ενώ η $A_v(T)$ μηδενίζεται.

Οι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν στα σημεία όπου εμφανίζεται η μέγιστη οριζόντια και κατακόρυφη ενίσχυση. Αυτό συμβαίνει κοντά στα άκρα της κοιλάδας και από το **Σχήμα 4.3** ορίζονται τα σημεία αυτά ανάλογα με το λόγο B/H . Στο υπόλοιπα σημεία κατά μήκος της κοιλάδας οι συντελεστές απομειώνονται και ειδικότερα στην περιοχή κοντά στο κέντρο δεν είναι εφαρμόζονται καθώς η απόκριση των μακρόστενων κοιλάδων εκεί είναι μονοδιάστατη.

Οι συντελεστές της οριζόντιας και κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης για **μονοδιάστατες κοιλάδες** παίρνουν απευθείας τις τιμές 1 και 0 αντίστοιχα καθώς στην κατηγορία αυτή οι ενισχύσεις είναι πάρα πολύ μικρές και δεν χρειάζεται εφαρμογή αυξητικών συντελεστών στις τιμές του ελαστικού φάσματος απόκρισης υπό μονοδιάστατες συνθήκες ταλάντωσης.

4.3: ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ

4.3.1 Γενικά

Οι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης όπως προτάθηκαν και περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2 εξήχθησαν ως αποτέλεσμα μελέτης έντεκα (11) διαφορετικών τύπων γεωμετρίας κοιλάδας και δύο χρονοϊστοριών. Επομένως γίνεται κατανοητό πως ενώ η χωρική συμπεριφορά του φαινομένου έχει πλήρως μελετηθεί, σε επίπεδο διεγέρσεων το φαινόμενο έχριζε περισσότερης μελέτης. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν τρεις αντιπροσωπευτικές γεωμετρίες κοιλάδας με λόγους $B/H=2, 4$ και 20 στις οποίες επεβλήθησαν δέκα (10) διαφορετικές διεγέρσεις, όπως παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες.

Υιοθετήθηκαν οι ίδιοι λόγοι ASa_h και Asa_v όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν τόσο την διακρίβωση των προτάσεων των Μέλλιου – Τέττας (2010) για την θέση και ένταση της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους καθώς και των συντελεστών επιδείνωσης όπως προτάθηκαν από τον Παρασκευόπουλο (2014).

Case #1	Type of Valley	B (m)	H (m)	Vs (m/s)	Vb (m/s)	Te (s)	λ (m)	i ($^\circ$)	ξ (%)	a	Input
1	1	200	50	500	1000	0.42	210	45	5	0.5	Coyote Lake
2	1	200	50	500	1000	0.18	90	45	5	0.5	Kefalonia
3	1	200	50	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	Kobe
4	1	200	50	500	1000	0.46	230	45	5	0.5	Lefkada
5	1	200	50	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	Loma Prieta
6	1	200	50	500	1000	0.36	180	45	5	0.5	Northridge
7	1	200	50	500	1000	0.4	200	45	5	0.5	Northridge 265
8	1	200	50	500	1000	0.27	135	45	5	0.5	Parkfield
9	1	200	50	500	1000	0.3	150	45	5	0.5	Pyrgos
10	1	200	50	500	1000	0.25	125	45	5	0.5	Sepolia

Πίνακας 4.1: Τιμές σημαντικών παραμέτρων ομάδων αναλύσεων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ εδαφικών κοιλάδων συνήθους τραπεζοειδούς διατομής ($B/H=4$)

#1	Te(s)	B/ λ	λ/H	B/H	Ts,1d(s)	Tr
1	0.42	0,95	4,2	4	0.4	0.23
2	0.18	2,22	1,8	4	0.4	0.23
3	0.2	2	2	4	0.4	0.23
4	0.46	0,87	4,6	4	0.4	0.23
5	0.2	2	2	4	0.4	0.23
6	0.36	1,11	3,6	4	0.4	0.23
7	0.4	1	4	4	0.4	0.23
8	0.27	1,48	2,7	4	0.4	0.23
9	0.3	1,33	3	4	0.4	0.23
10	0.25	1,6	2,5	4	0.4	0.23

Πίνακας 4.2: Αδιαστατοποίηση γεωμετρίας κοιλάδας και τιμές σημαντικών περιόδων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ εδαφικών κοιλάδων συνήθους τραπεζοειδούς διατομής ($B/H=4$).

Case #5	Type of Valley	B (m)	H (m)	Vs (m/s)	Vb (m/s)	Texc (s)	λ (m)	i ($^{\circ}$)	ξ (%)	a	Input
1	5	400	200	500	1000	0.42	210	45	5	0.5	Coyote Lake
2	5	400	200	500	1000	0.18	90	45	5	0.5	Kefalonia
3	5	400	200	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	Kobe
4	5	400	200	500	1000	0.46	230	45	5	0.5	Lefkada
5	5	400	200	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	Loma Prieta
6	5	400	200	500	1000	0.36	180	45	5	0.5	Northridge
7	5	400	200	500	1000	0.4	200	45	5	0.5	Northridge 265
8	5	400	200	500	1000	0.27	135	45	5	0.5	Parkfield
9	5	400	200	500	1000	0.3	150	45	5	0.5	Pyrgos
10	5	400	200	500	1000	0.25	125	45	5	0.5	Sepolia

Πίνακας 4.3: Τιμές σημαντικών παραμέτρων ομάδων αναλύσεων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ εδαφικών τριγωνικών κοιλάδων (B/H=2).

#5	Te(s)	B/ λ	λ /H	B/H	Ts,1d(s)	Tr
1	0.42	1,90	1,05	2	1.6	0,52
2	0.18	4,44	0,45	2	1.6	0,52
3	0.2	4	0,5	2	1.6	0,52
4	0.46	1,74	1,15	2	1.6	0,52
5	0.2	4	0,5	2	1.6	0,52
6	0.36	2,22	0,9	2	1.6	0,52
7	0.4	2	1	2	1.6	0,52
8	0.27	2,96	0,675	2	1.6	0,52
9	0.3	2,67	0,75	2	1.6	0,52
10	0.25	3,2	0,625	2	1.6	0,52

Πίνακας 4.4: Αδιαστατοποίηση γεωμετρίας κοιλάδας και τιμές σημαντικών περιόδων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ τριγωνικών κοιλάδων (B/H=2).

Case #11	Type of Valley	B (m)	H (m)	Vs (m/s)	Vb (m/s)	Texc (s)	λ (m)	i ($^{\circ}$)	ξ (%)	a	Input
1	11	1000	50	500	1000	0.42	210	45	5	0.5	Coyote Lake
2	11	1000	50	500	1000	0.18	90	45	5	0.5	Kefalonia
3	11	1000	50	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	Kobe
4	11	1000	50	500	1000	0.46	230	45	5	0.5	Lefkada
5	11	1000	50	500	1000	0.2	100	45	5	0.5	Loma Prieta
6	11	1000	50	500	1000	0.36	180	45	5	0.5	Northridge
7	11	1000	50	500	1000	0.4	200	45	5	0.5	Northridge 265
8	11	1000	50	500	1000	0.27	135	45	5	0.5	Parkfield
9	11	1000	50	500	1000	0.3	150	45	5	0.5	Pyrgos
10	11	1000	50	500	1000	0.25	125	45	5	0.5	Sepolia

Πίνακας 4.5: Τιμές σημαντικών παραμέτρων ομάδων αναλύσεων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ μακρόστενων κοιλάδων τραπεζοειδούς διατομής (B/H=20).

#11	Te(s)	B/λ	λ/H	B/H	Ts,1d(s)	Tr
1	0.42	0,95	4,2	4	0.4	0.23
2	0.18	2,22	1,8	4	0.4	0.23
3	0.2	2	2	4	0.4	0.23
4	0.46	0,87	4,6	4	0.4	0.23
5	0.2	2	2	4	0.4	0.23
6	0.36	1,11	3,6	4	0.4	0.23
7	0.4	1	4	4	0.4	0.23
8	0.27	1,48	2,7	4	0.4	0.23
9	0.3	1,33	3	4	0.4	0.23
10	0.25	6,67	3	4	0.4	0.23

Πίνακας 4.6: Αδιαστατοποίηση γεωμετρίας κοιλάδας και τιμές σημαντικών περιόδων για την γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης 2Δ εδαφικών κοιλάδων μακρόστενων κοιλάδων (B/H=20).

4.3.2 ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Παρουσιάζονται αρχικά οι θέσεις πρόβλεψης εμφάνισης της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους x_h/B και x_v/B όπως προτείνονται από τα νομογραφήματα (**Σχήμα 4.3**) σε σχέση με την αντίστοιχη θέση που προκύπτει από τα αριθμητικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε όρους διακρίβωσης της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους όπως προβλέπονται από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) και των αποτελεσμάτων των αναλύσεων ώστε να διαπιστωθεί αν η πρώτη τιμή που χρησιμοποιείται στις συναρτήσεις A_{hmax} και $A_{v_{max}}$ (**Σχήματα 4.5 και 4.6**) είναι πράγματι αντιπροσωπευτική των προτεινόμενων συντελεστών.

<i>B/H</i>	4	2	20
Predicted x_h/B	0	0	0,34
Numerical x_h/B			
Coyote Lake(1979)	0	0	0,28
Kefalonia(1983)	0	0	0,405
Kobe(1995)	0	0	0,36
Lefkada(2003)	0	0	0,36
Loma Prieta(1989)	0	0	0,39
Northridge(1994)	0	0	0
Northridge 265(1994)	0	0	0,3
Parkfield(2004)	0	0	0,355
Pyrgos (1993)	0	0	0,385
Sepolia(1999)	0	0	0,365

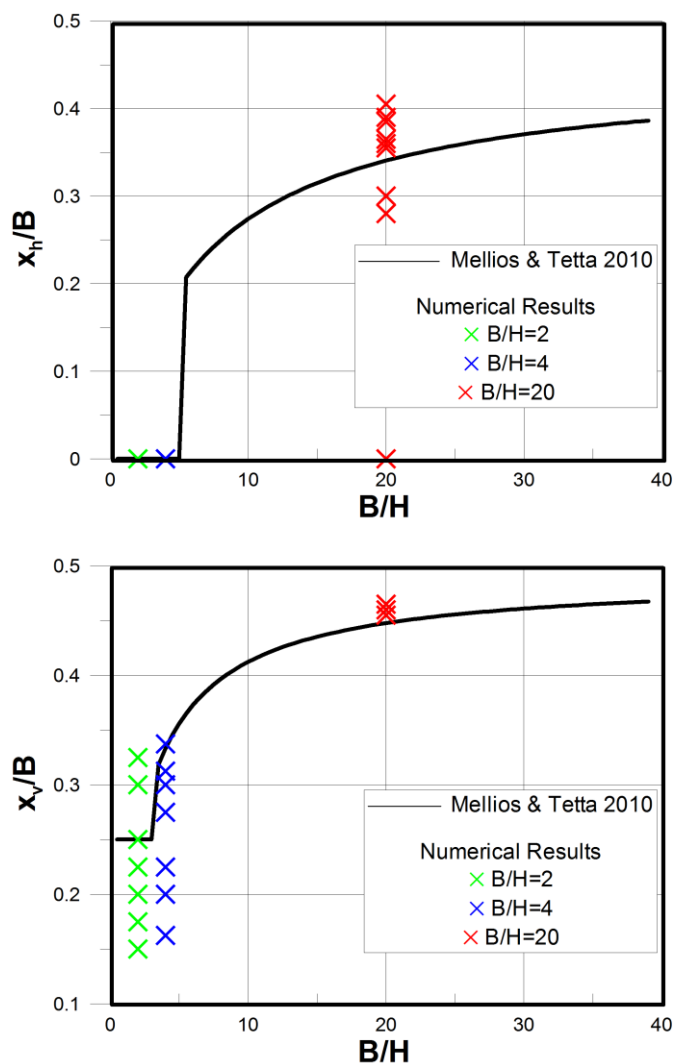
Πίνακας 4.7: Θέση εμφάνισης της μέγιστης οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους x_h/B , σε σχέση με τις αντίστοιχες θέσεις που προκύπτουν από τα αριθμητικά αποτελέσματα για όλες τις διεγέρσεις και όλες τις κοιλάδες.

<i>B/H</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>20</i>
Predicted x_v/B	0,33	0,25	0,45
Numerical x_h/B			
Coyote Lake(1979)	0,3	0,3125	0,455
Kefalonia(1983)	0,15	0,3375	0,465
Kobe(1995)	0,25	0,3	0,46
Lefkada(2003)	0,225	0,225	0,455
Loma Prieta(1989)	0,175	0,3125	0,465
Northridge(1994)	0,325	0,2	0,46
Northridge 265(1994)	0,2	0,1625	0,465
Parkfield(2004)	0,225	0,3125	0,455
Pyrgos (1993)	0,2	0,3	0,46
Sepolia(1999)	0,25	0,275	0,46

Πίνακας 4.8: Θέση εμφάνισης της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους x_v/B , σε σχέση με τις αντίστοιχες θέσεις που προκύπτει από τα αριθμητικά αποτελέσματα για όλες τις διεγέρσεις και όλες τις κοιλάδες.

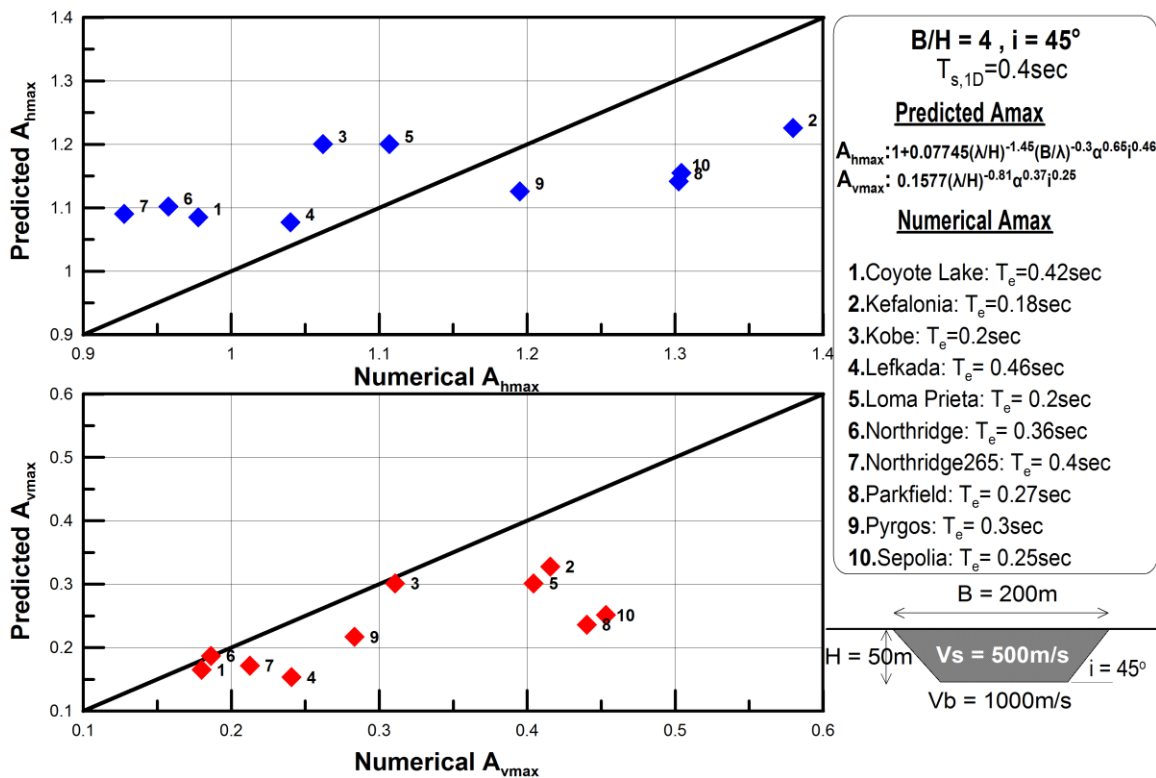
Από τα παραπάνω Σχήματα εξάγεται το συμπέρασμα πως για τις στενές κοιλάδες με $B/H < 10$ η πρόβλεψη πως η θέση εμφάνισης της μέγιστης οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους $A_{h_{max}}$ είναι το κέντρο της κοιλάδας επαληθεύεται συστηματικά. Για τις μακρόστενες κοιλάδες με $B/H \geq 10$ η θέση αυτή μετατοπίζεται προς τα άκρα της κοιλάδας. Η πρόβλεψη δίνει ακριβώς αυτή την μετατόπιση, με το $x_h/B = 0,34$ στην περίπτωση όπου το $B/H = 20$. Μάλιστα η θέση αυτή επαληθεύεται με τα περισσότερα αριθμητικά αποτελέσματα εκτός μιας περίπτωσης (Northridge 1994). Η συγκεκριμένη όμως όπως φαίνεται από το **Σχήμα 4.55** έχει την μικρότερη επιδείνωση –περίπου 1.06- με την απόκριση της κοιλάδας να είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη. Επομένως κρίνεται ορθή η δυνατότητα χρήσης του νομογραφήματος των Μέλλιου-Τέττας. Σε ότι αφορά τη θέση εμφάνισης της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους $A_{v_{max}}$, με μικρές αποκλίσεις που δεν κρίνονται σημαντικές, επαληθεύεται στις περισσότερες των περιπτώσεων.

Όλα τα παραπάνω γίνονται καλύτερα αντιληπτά στα Σχήματα 4.6α και 4.6β, όπου συγκρίνονται τα αριθμητικά αποτελέσματα με τις προβλέψεις των Μέλλιου- Τέττα (2010).

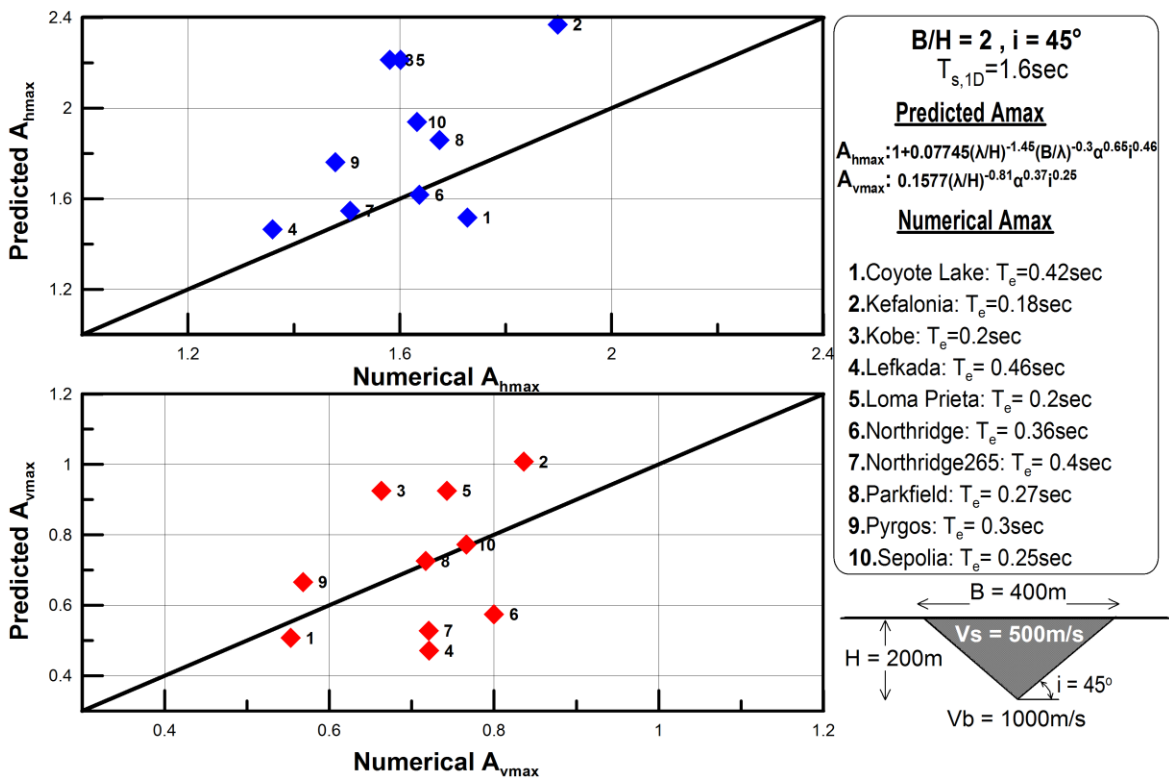


Σχήμα 4.6: Θέσεις εμφάνισης της μέγιστης οριζόντιας x_h/B (a) και παρασιτικής κατακόρυφης x_v/B γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους (b) , σε σχέση με τις αντίστοιχες θέσεις που προκύπτουν από τα αριθμητικά αποτελέσματα για όλες τις διεγέρσεις και όλες τις κοιλάδες.

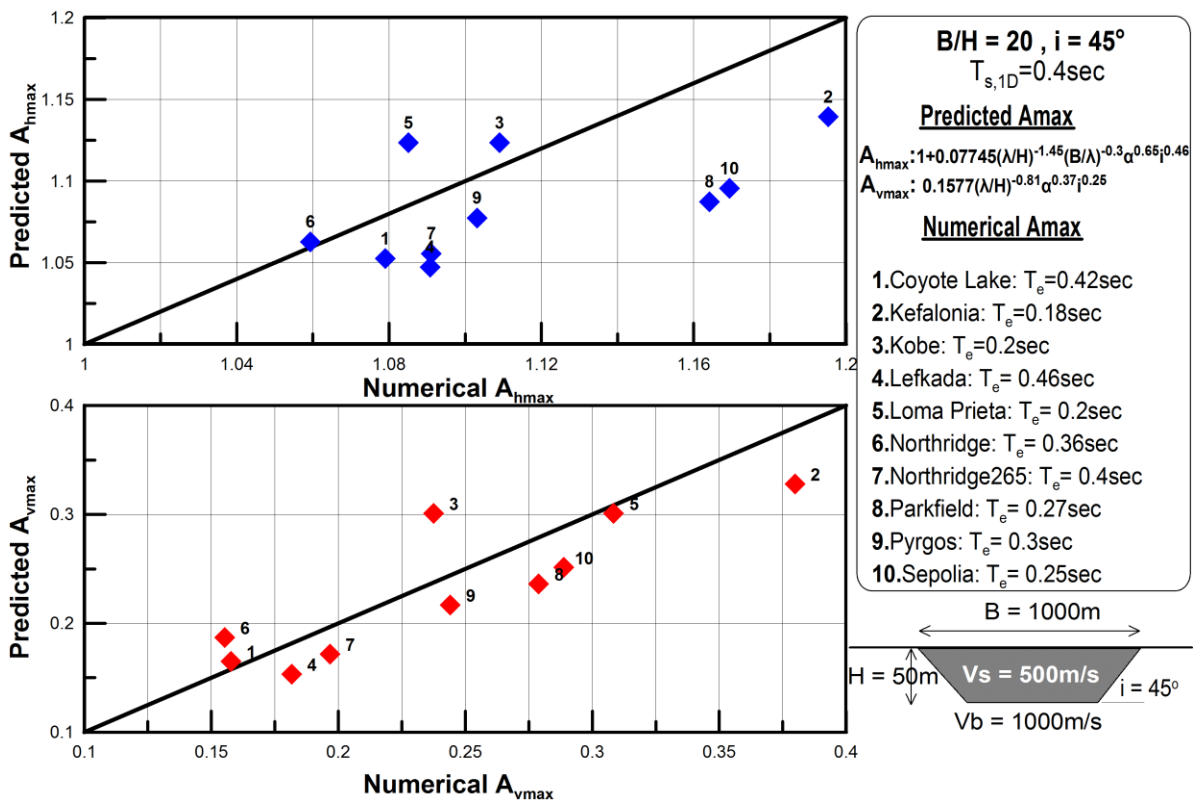
Στην συνέχεια, γίνεται σύγκριση των προβλέψεων του Μέλλιου και Τέττα (2010) για την μέγιστη οριζόντια A_{hmax} και κατακόρυφη παρασιτική A_{vmax} γεωμορφική επιδείνωση του εδάφους για όλους τους συνδυασμούς κοιλάδας και διεγέρσεων.



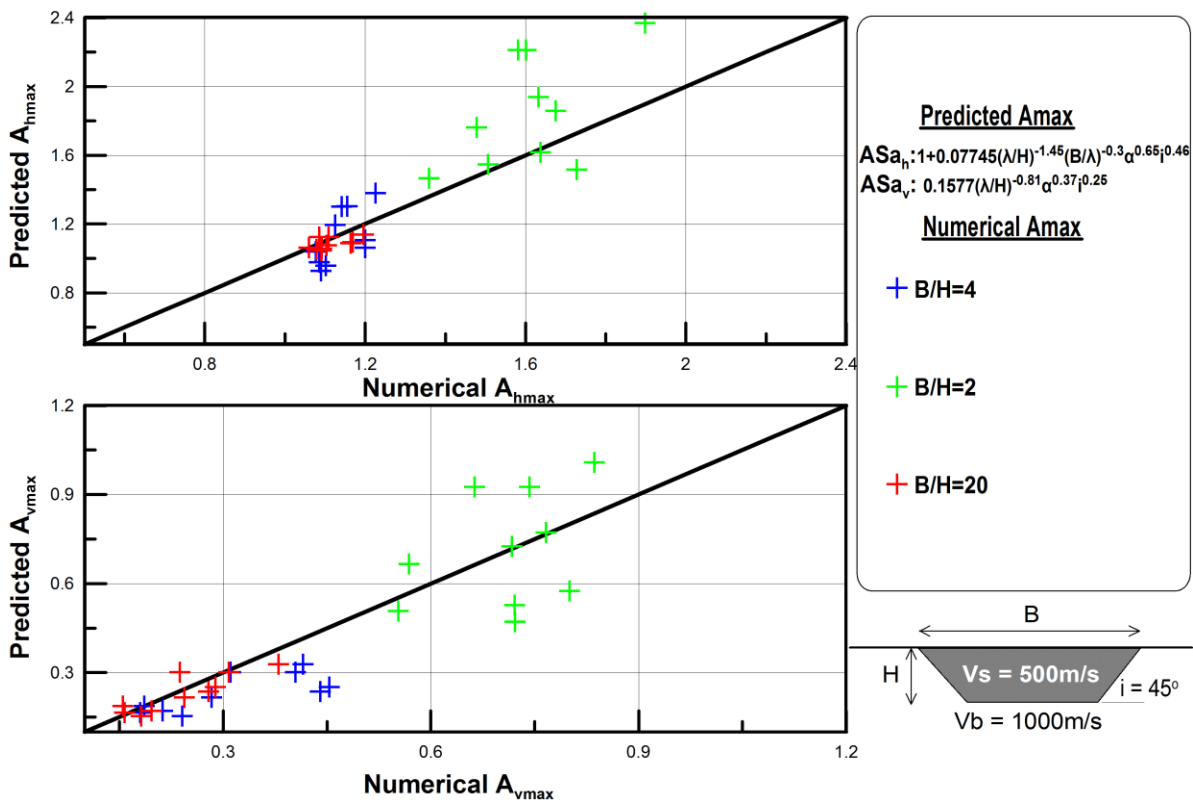
Σχήμα 4.7: Σύγκριση της προτεινόμενης γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας A_{hmax} και παρασιτικής κατακόρυφης A_{vmax} επιτάχυνσης από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) , με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθη τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) και όλες τις διεγέρσεις.



Σχήμα 4.8: Σύγκριση της προτεινόμενης γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας A_{hmax} και παρασιτικής κατακόρυφης A_{vmax} επιτάχυνσης από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) , με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και όλες τις διεγέρσεις.



Σχήμα 4.9: Σύγκριση της προτεινόμενης γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας A_{hmax} και παρασιτικής κατακόρυφης A_{vmax} επιτάχυνσης από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) , με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενη κοιλάδα ($B/H=20$) και όλες τις διεγέρσεις.



Σχήμα 4.10: Συγκεντρωτική σύγκριση της προτεινόμενης γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας A_{hmax} και παρασιτικής κατακόρυφης A_{vmax} επιτάχυνσης από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) , με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για όλους τους συνδυασμούς κοιλάδων-διεγέρσεων που εξετάστηκαν.

Από τα παραπάνω Σχήματα εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα, ανά είδος κοιλάδας:

Συνήθης τραπεζοειδής κοιλάδα-narrow ($B/H=4$): Για τέτοιες κοιλάδες όπου οι μέγιστες επιδεινώσεις είναι μέσου μεγέθους (έως 45%), από το **Σχήμα 4.7** φαίνεται αρχικά πως για την περίπτωση της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης A_{hmax} τα αποτελέσματα έχουν αρκετά καλή σύγκλιση. Δεν παρατηρείται κάποια συστηματικότητα σφάλματος, ενώ οι τιμές των προβλέψεων με αυτές των αριθμητικών αναλύσεων συγκλίνουν σε ικανοποιητικό βαθμό.

Στην περίπτωση της κατακόρυφης παρασιτικής γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους παρατηρείται μια συστηματική μικρή υποεκτίμηση των αριθμητικών αποτελεσμάτων. Ωστόσο επειδή οι περισσότερες τιμές τείνουν να συγκλίνουν τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά.

Τριγωνική κοιλάδα- very narrow ($B/H=2$): Για τέτοιες κοιλάδες, οι μέγιστες επιδεινώσεις μπορεί να είναι εντυπωσιακές (και 100%), ενώ από το **Σχήμα 4.8** φαίνεται αρχικά πως για την περίπτωση της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης του εδάφους A_{hmax} οι προβλέψεις είναι υπερ-εκτιμημένες σε σχέση με τα αριθμητικά αποτελέσματα. Τούτο είναι αναμενόμενο καθώς αυτές οι αναλύσεις είναι εκτός του εύρους του λ/H , της σημαντικότερης παραμέτρου σύμφωνα με την πρόταση των Μέλλιου και Τέττας (2010). Συγκεκριμένα στις αναλύσεις με $B/H=2$ όπου χρησιμοποιήθηκαν οι υψίσυχνες διεγέρσεις Kefalonia, Kobe, Loma Prieta, και Sepolia το λ/H είναι μικρότερο του 0.67 δηλαδή της ελάχιστης τιμής των αναλύσεων των Μέλλιου-Τέττας (2010). Ως εκ τούτου στην ακραία περίπτωση των πολύ στενών τραπεζοειδών έως τριγωνικών κοιλάδων είναι αναγκαίο να εισαχθεί μια μείωση των προβλέψεων αυτών όταν εκφεύγουν του ορίου εφαρμογής των Μέλλιου –Τέττας (2010).

Στην περίπτωση της κατακόρυφης παρασιτικής γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους το μέσο σφάλμα μεταξύ των προβλέψεων και των αριθμητικών αποτελεσμάτων τείνει ουσιαστικά στο μηδέν και η πρόβλεψη κρίνεται άκρως ικανοποιητική

Μακρόστενη κοιλάδα- wide ($B/H=20$): Για τέτοιες κοιλάδες οι μέγιστες επιδεινώσεις είναι σχετικά μικρές (από 5%-35%). Από το **Σχήμα 4.9** φαίνεται αρχικά πως για την περίπτωση της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης A_{Sah} τα αποτελέσματα έχουν αρκετά καλή σύγκλιση. Δεν παρατηρείται κάποια συστηματικότητα σφάλματος, ενώ οι τιμές των προβλέψεων με αυτές των αριθμητικών αναλύσεων συγκλίνουν σε ικανοποιητικό βαθμό.

Στην περίπτωση της κατακόρυφης παρασιτικής γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους παρατηρείται μια συστηματικότητα υποεκτίμησης των αποτελεσμάτων. Ωστόσο επειδή οι τιμές τείνουν να συγκλίνουν τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά.

Ουσιαστικά, όπως φαίνεται και από το **Σχήμα 4.10** όπου παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα, προσοχή στην χρήση των προβλέψεων Μέλλιου-Τέττας (2010) χρειάζεται μόνο η περίπτωση των πολύ στενών κοιλάδων, που τείνουν στην τριγωνική γεωμετρία, όταν υπόκεινται σε υψίσυχνες διεγέρσεις. Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις οι προτάσεις υπερεκτιμούν τα αποτελέσματα. Κατά τα άλλα, οι προτάσεις κρίνονται αξιόπιστες προς χρήση.

4.3.3 ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

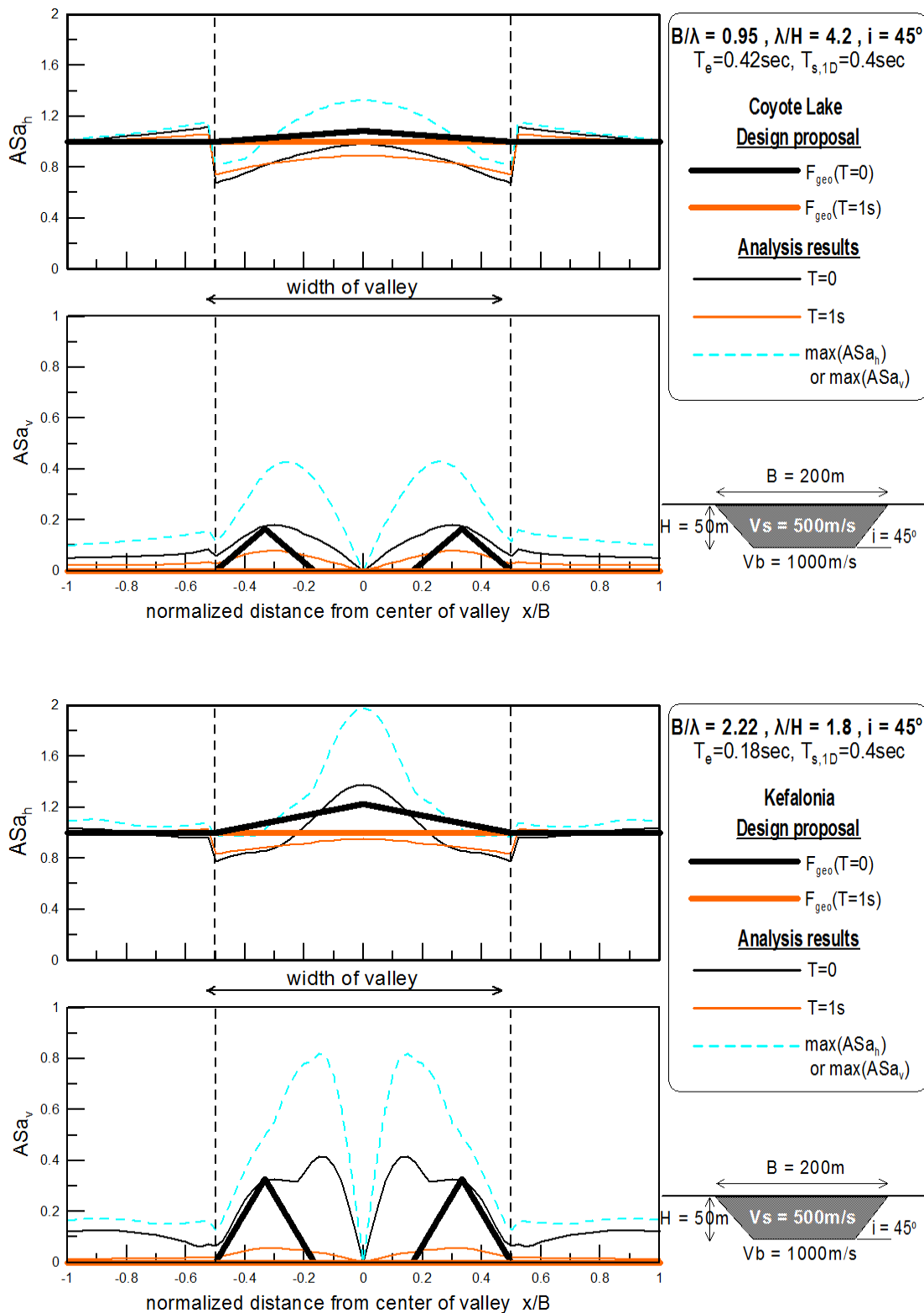
Παρουσιάζονται αρχικά τα αποτελέσματα για την περίπτωση της «συνήθους» τραπεζοειδούς κοιλάδας με λόγο πλάτους προς ύψος $B/H=4$. Συγκεκριμένα, γίνεται σύγκριση της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1sec$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για αυτή την κοιλάδα ($B/H=4$) και επιλεγμένες διεγέρσεις (**Σχήματα 4.11-4.15**). Είναι εμφανές ότι για την οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση ASa_h τα αποτελέσματα συγκλίνουν εξαιρετικά. Σε όλες τις περιπτώσεις η μέγιστη γεωμορφική ενίσχυση συμβαίνει ανεξάρτητα της περιόδου στο κέντρο της κοιλάδας, ενώ στο άκρα η ενίσχυση αυτή φθίνει. Η εφαρμογή της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης εκφράζει ακριβώς αυτή την χωρική κατανομή επιβεβαιώνοντας την αρχική πρόβλεψη.

Αντίθετα, για την περίπτωση της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης φαίνεται πως η εφαρμογή της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής παρασιτικής επιτάχυνσης έχει περιθώρια βελτίωσης. Συγκεκριμένα, ενώ η προβλεπόμενη θέση της μέγιστης επιδείνωσης είναι ορθή, ο τρόπος που εφαρμόζεται η χωρική περιβάλλουσα με το ισόπλευρο τρίγωνο είναι λανθασμένη καθώς σε ένα μεγάλο εύρος της κοιλάδας γίνεται υποεκτίμηση του φαινομένου. Επομένως χρίζει διόρθωσης η χωρική περιβάλλουσα της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης στις θέσεις της κοιλάδας από x_{vmax}/B έως το κέντρο της λαμβάνοντας υπόψη πάντα την συμμετρικότητα της απόκρισης λόγω συμμετρίας της κοιλάδας για κατακόρυφα SV κύματα.

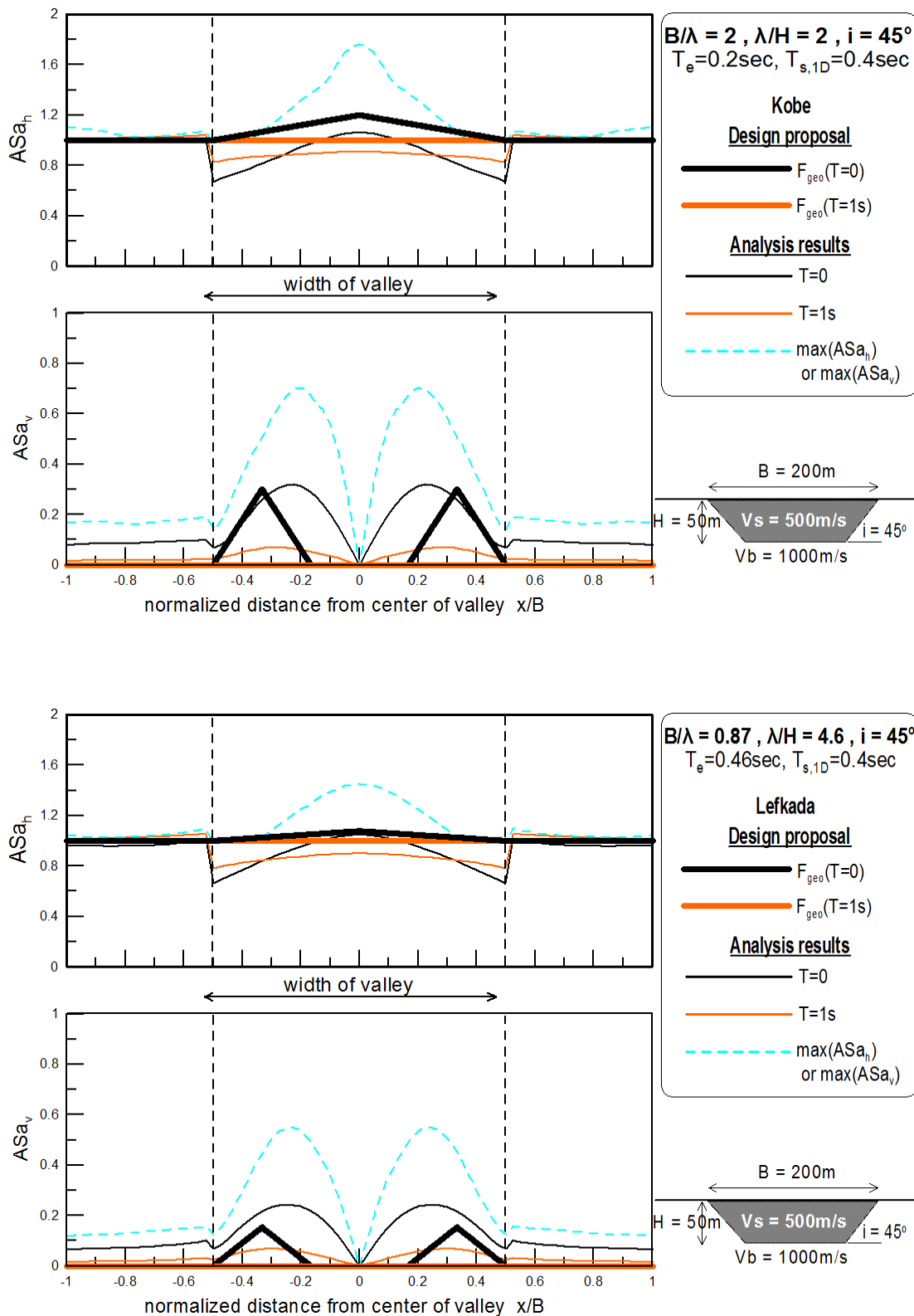
Στην συνέχεια (**Σχήματα 4.16-4.20**) παρουσιάζεται η φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τη συνήθη τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) και επιλεγμένες διεγέρσεις. Στα αποτελέσματα αυτά η προσοχή εστιάζεται σε επίπεδο περιόδων όπου συμβαίνουν οι σημαντικές ενισχύσεις του φαινομένου, καθώς και η ένταση του.

Όσον αφορά την οριζόντια φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού παρατηρείται πως σε επίπεδο περιόδων το φαινόμενο έχει εισαχθεί ορθά στον σχεδιασμό. Πράγματι, οι σημαντικότερες ενισχύσεις συμβαίνουν από $T=0sec$ έως και την περιοχή τιμών γύρω από την περίοδο συντονισμού T_r και στην συνέχεια φθίνουν μέχρι την ιδιοπερίοδο της «μαλακής» στρώσης εδάφους $T_{s,1d}$ τιμή μετά την οποία η απόκριση της κοιλάδας γίνεται ουσιαστικά μονοδιάστατη. Ωστόσο, η ένταση του φαινομένου υποεκτιμάται σε περιόδους γύρω από την περίοδο T_r . Στην αρχική πρόβλεψη του Παρασκευόπουλου (2014) είχε εκτιμηθεί πως η μέγιστη τιμή της γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους Ah_{max} , όπως προτάθηκε από τους Μέλλιο-Τέττα (2010) σχεδόν συμπίπτει με την μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση ολόκληρου του ελαστικού φάσματος απόκρισης και δύναται να χρησιμοποιηθεί ως μέγιστη τιμή κατά των σχεδιασμό. Αυτό, ωστόσο, δεν επαληθεύεται απόλυτα, καθώς παρατηρείται σε ένα εύρος περιόδων γύρω από το T_r συστηματική αύξηση των τιμών της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης σχεδόν μάλιστα 30% της αρχικής πρόβλεψης που θα ήταν χρήσιμο να προβλέπεται.

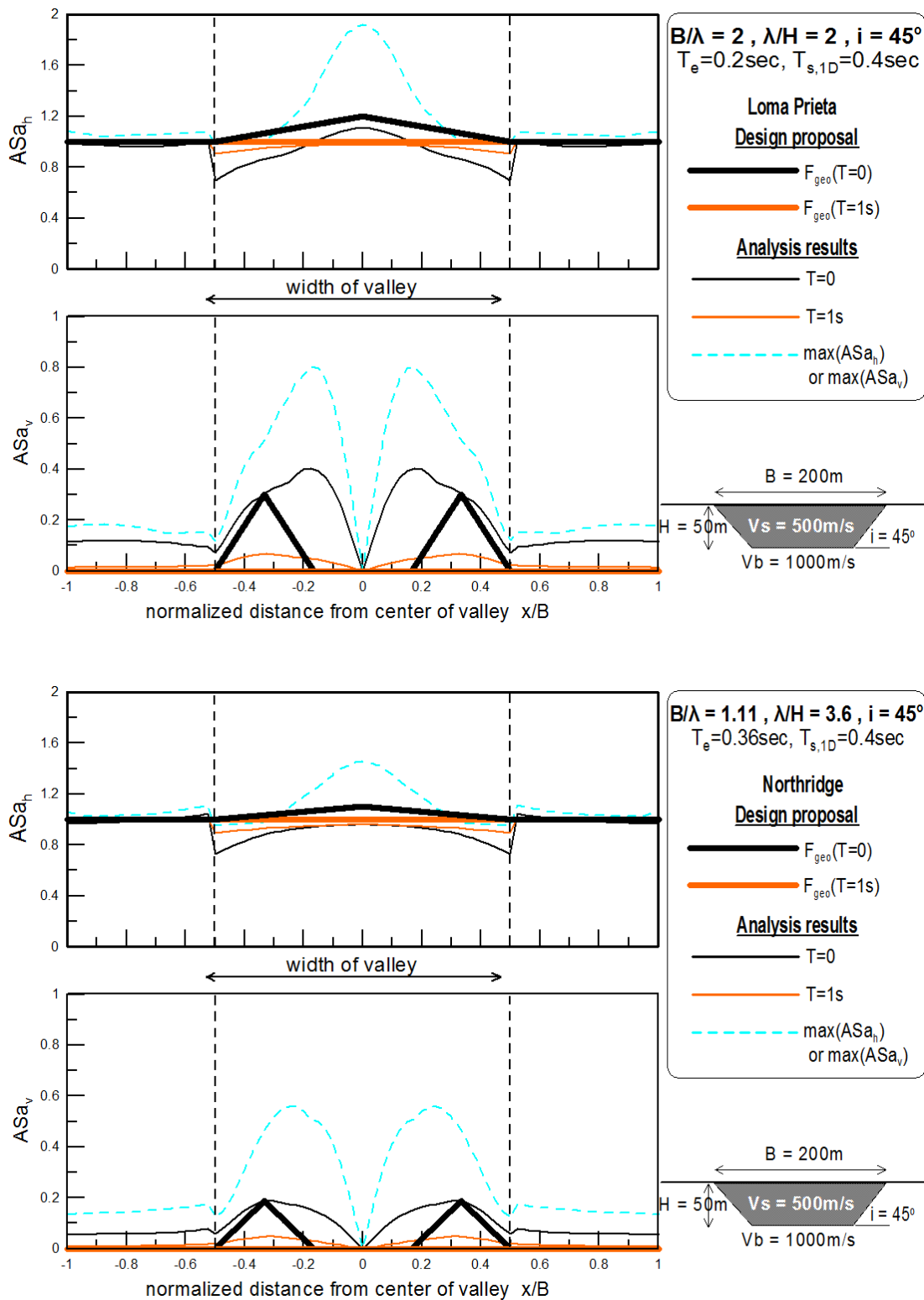
Ακριβώς τα ίδια ισχύουν και για την παρασιτική κατακόρυφη επιτάχυνση με την αύξηση ωστόσο στην περιοχή τιμών γύρω από το T_r να είναι σημαντικά μεγαλύτερη (γύρω στο 90%).



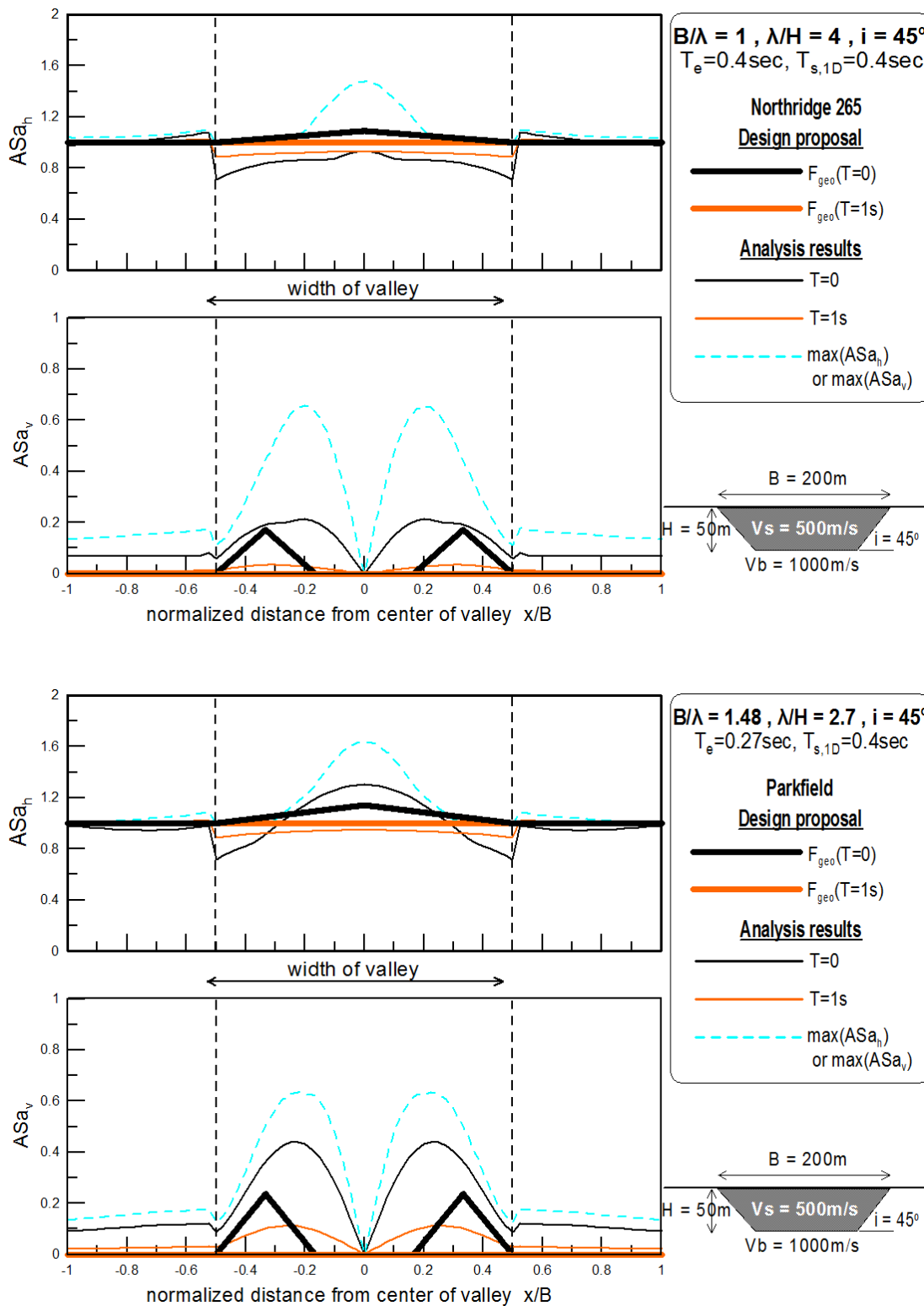
Σχήμα 4.11: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a, b) και Kefalonia (c, d).



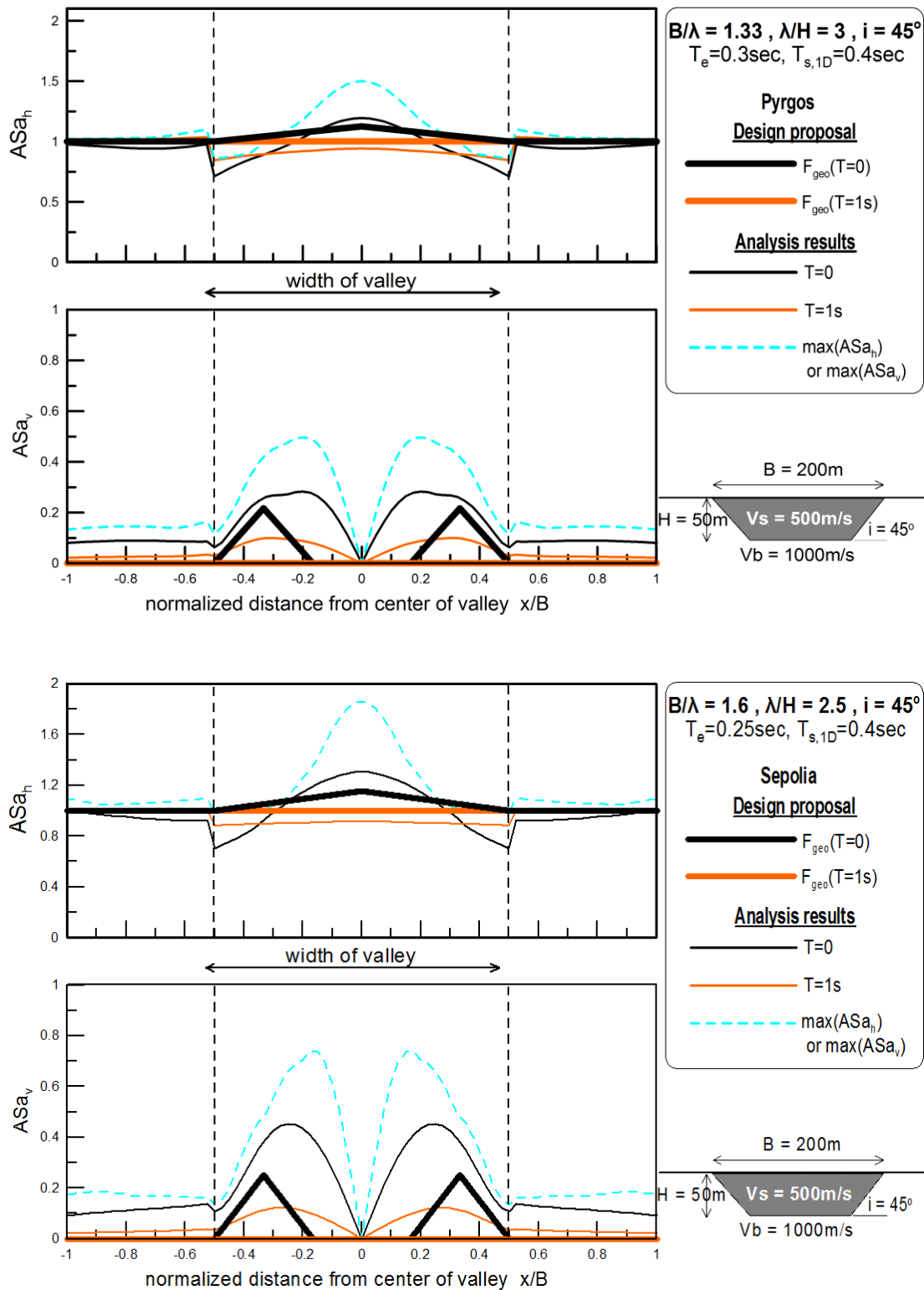
Σχήμα 4.12: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1s$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



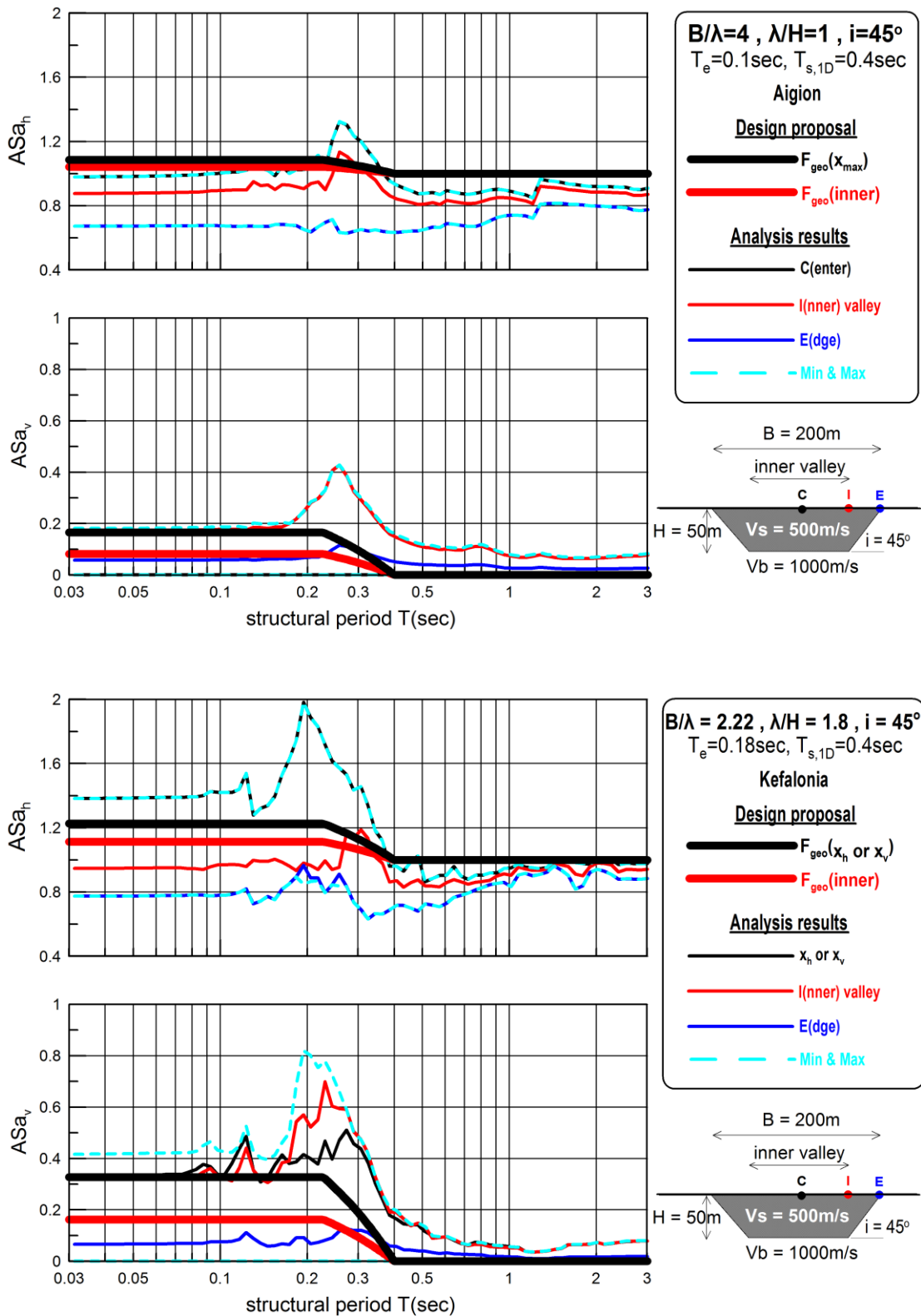
Σχήμα 4.13: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



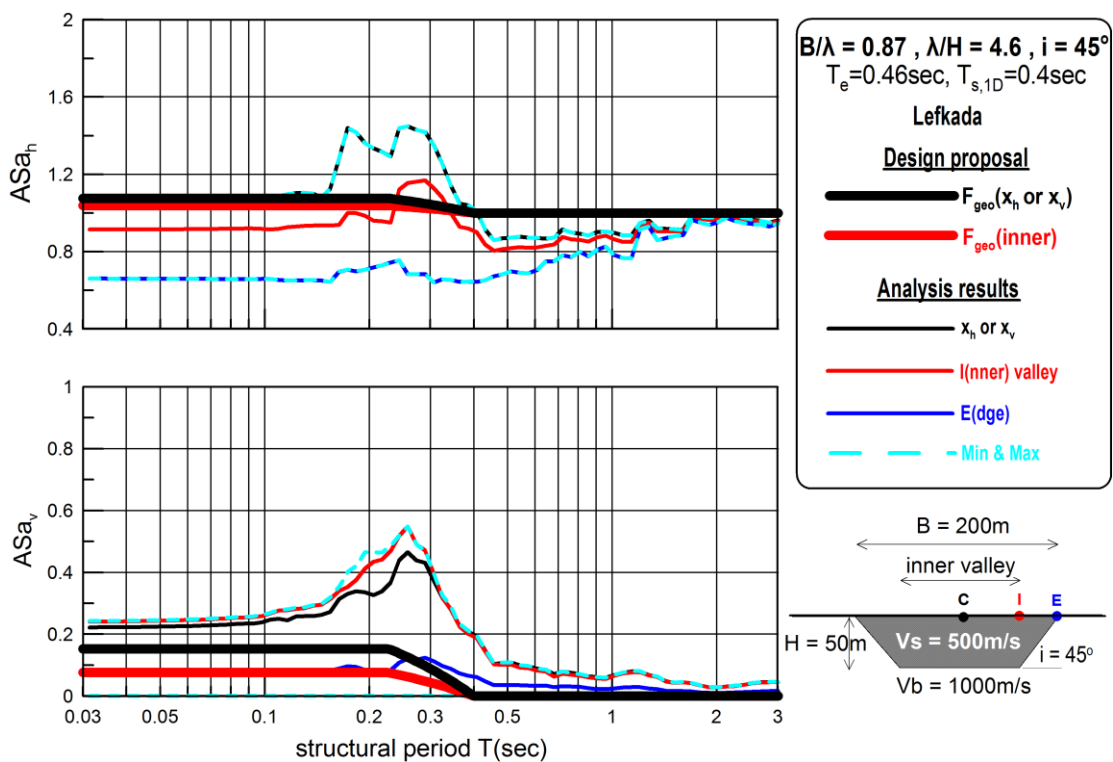
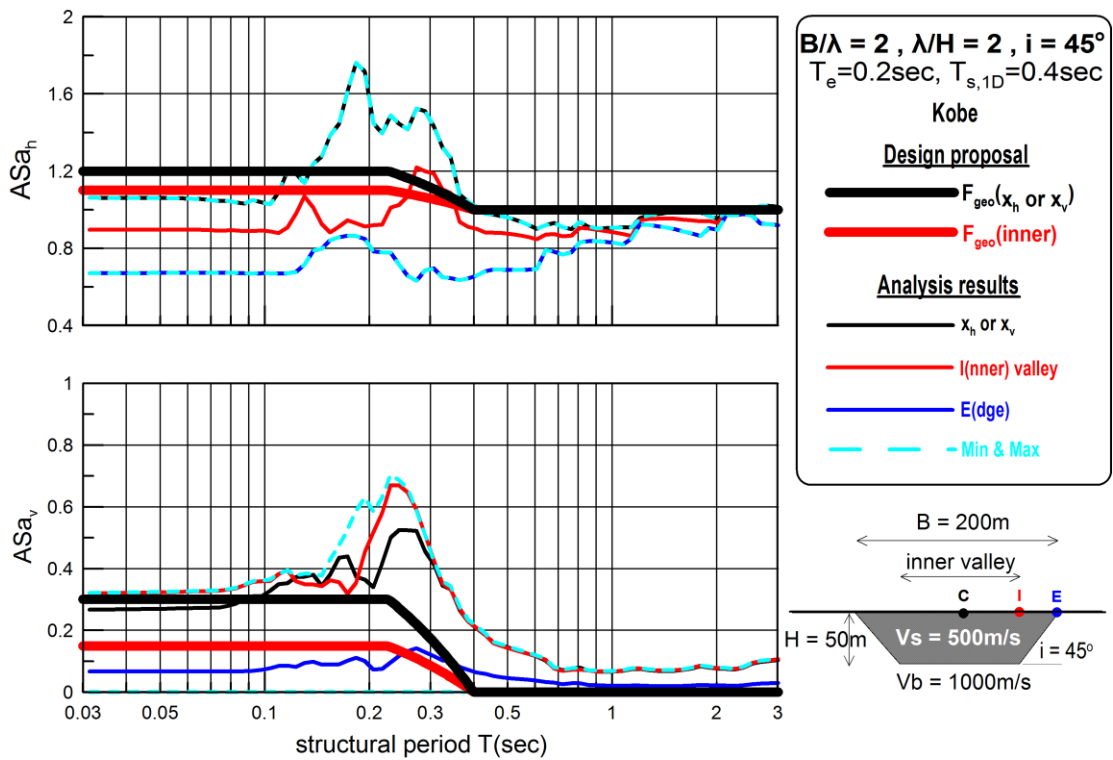
Σχήμα 4.14: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



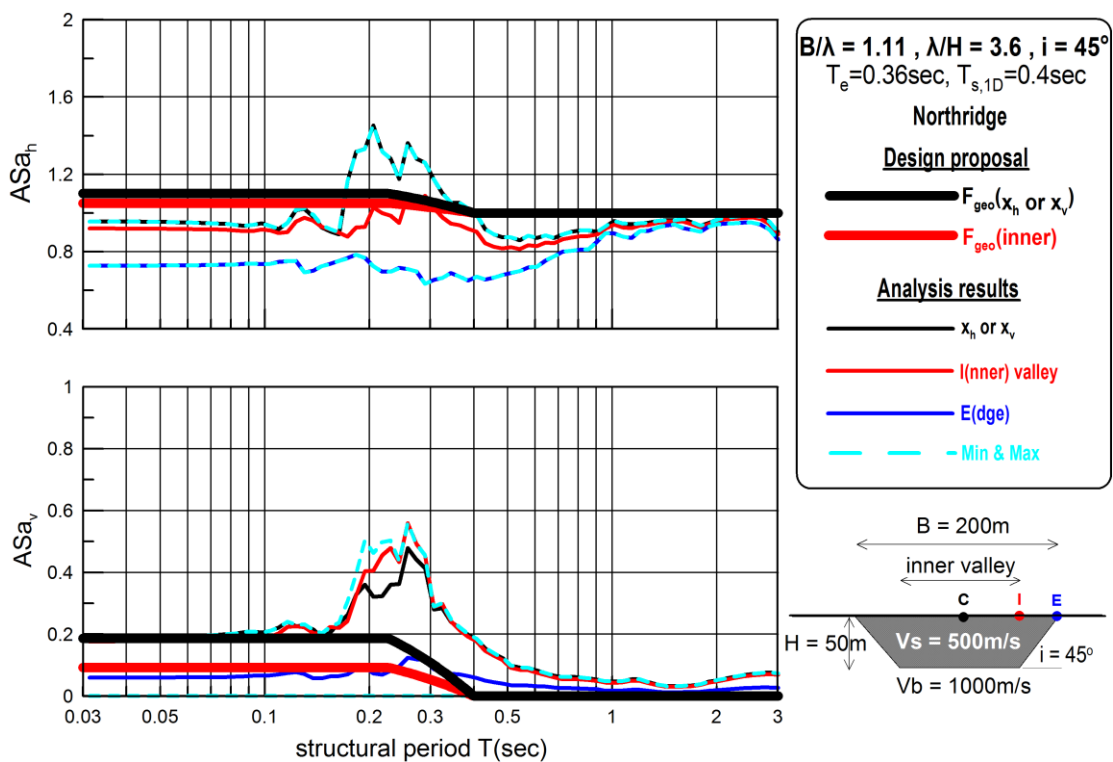
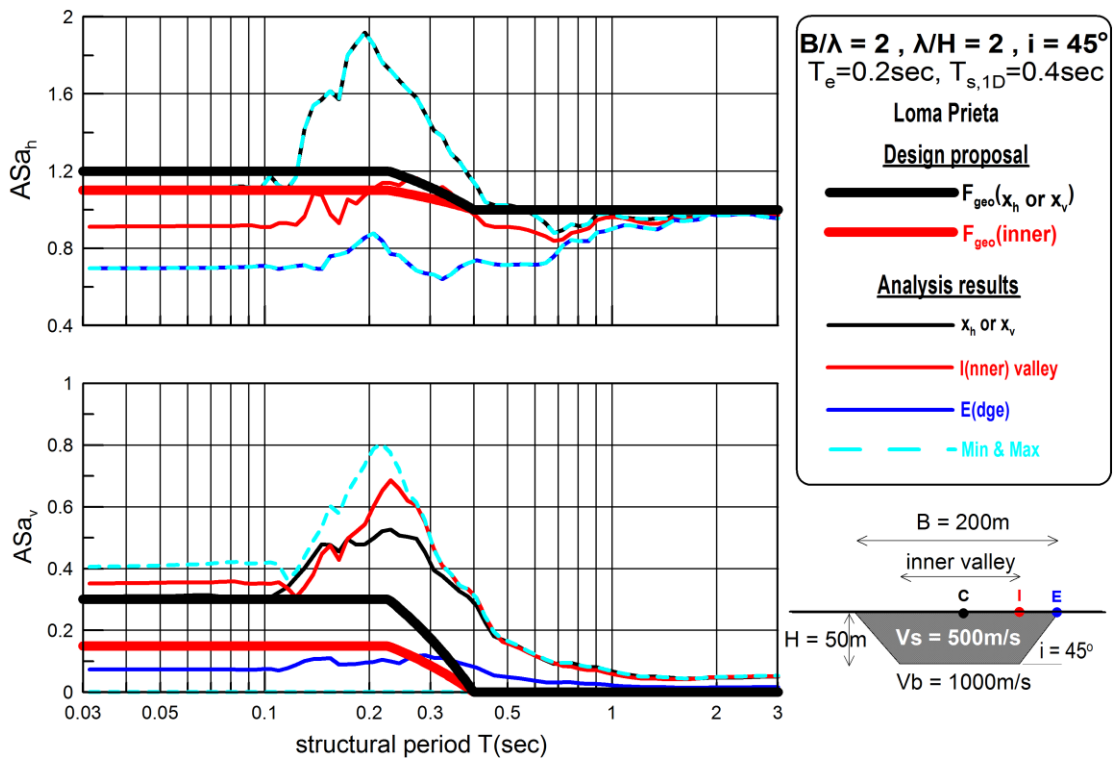
Σχήμα 4.15: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).



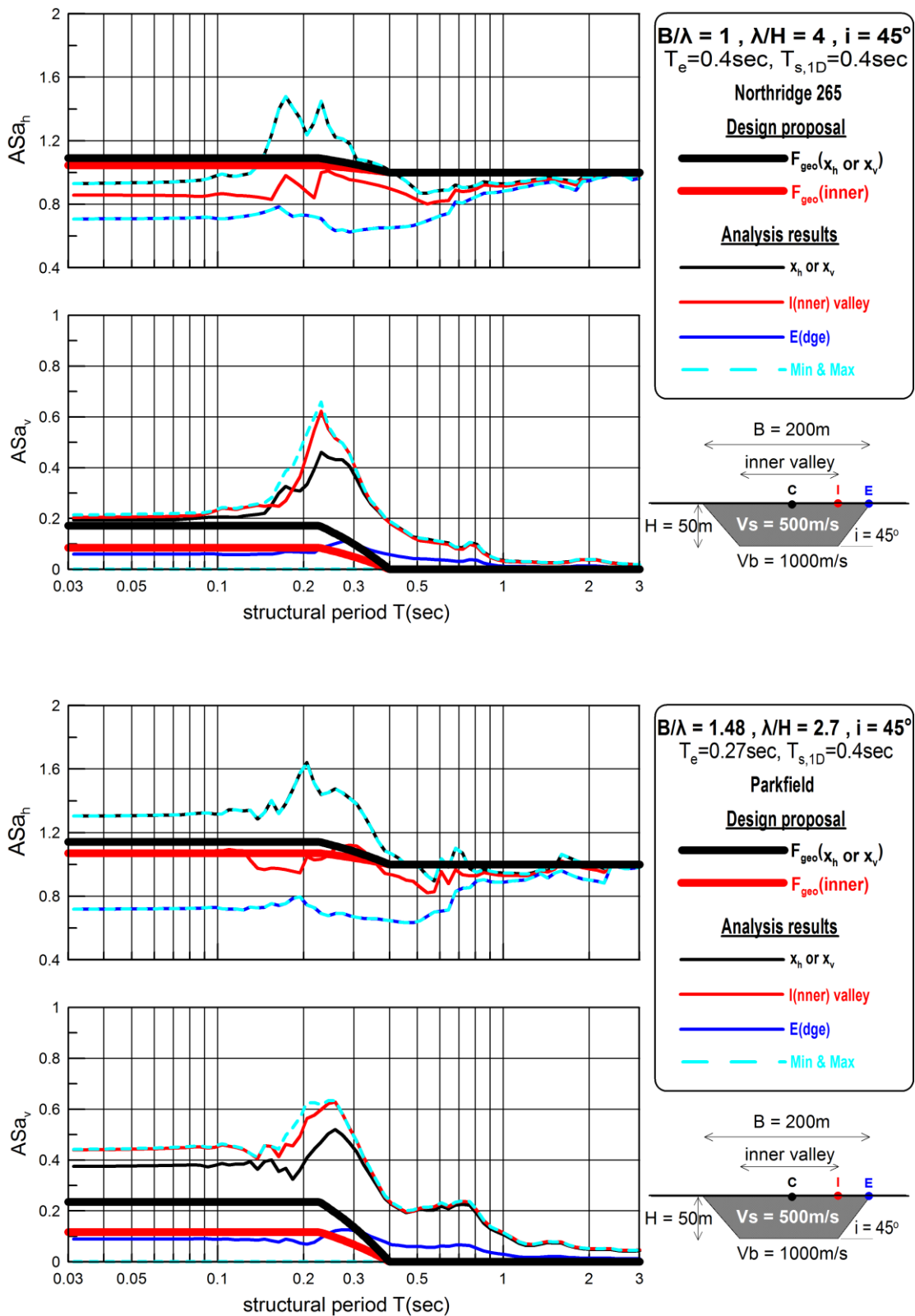
Σχήμα 4.16: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a, b) και Kefalonia (c, d).



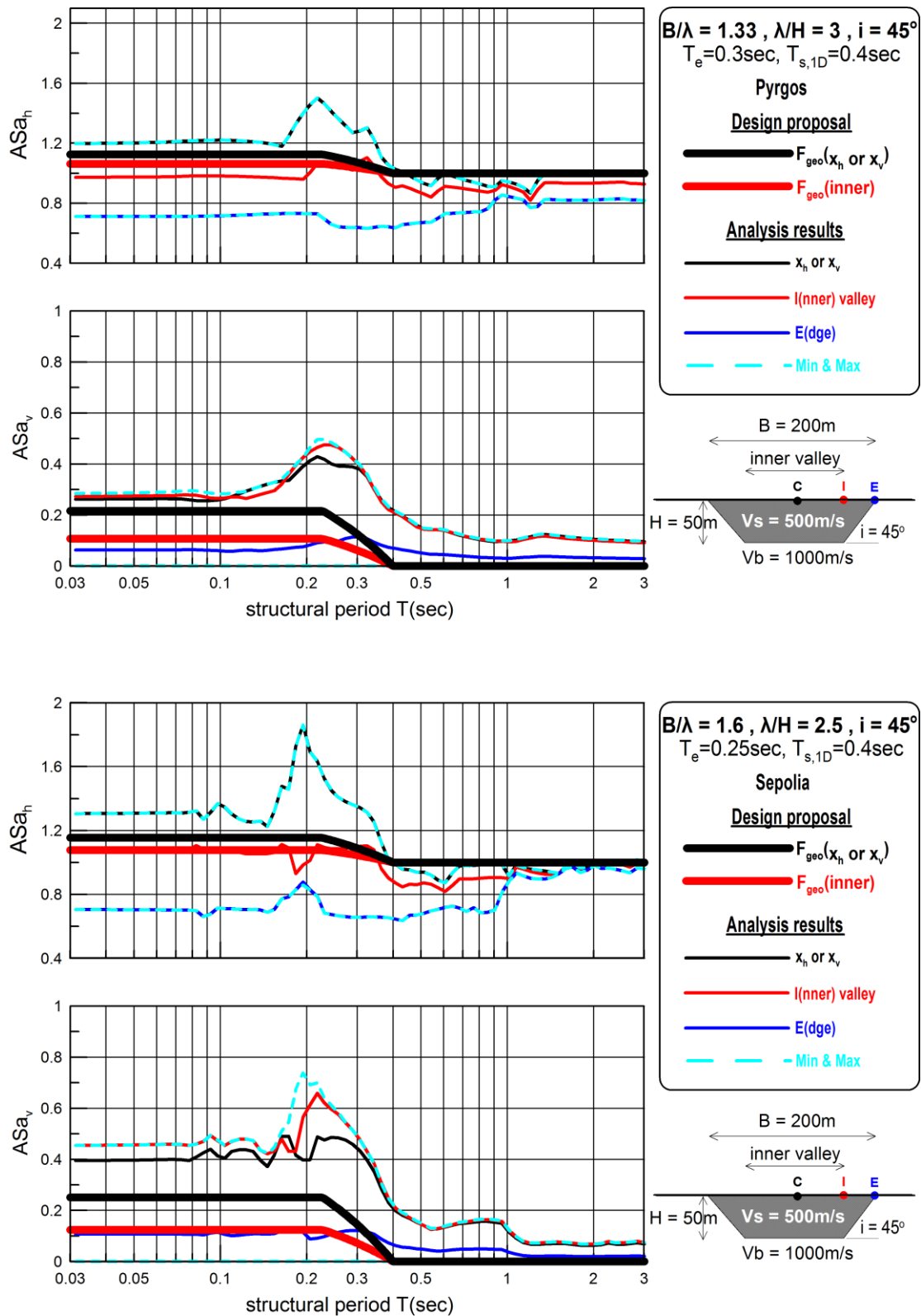
Σχήμα 4.17: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



Σχήμα 4.18: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



Σχήμα 4.19: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



Σχήμα 4.20: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για συνήθεις τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την περίπτωση της γεωμετρίας τριγωνικής κοιλάδας με $B/H=2$. Η συγκεκριμένη γεωμετρία είναι μια ακραία περίπτωση η οποία αποτελεί ουσιαστικά υποπερίπτωση των συνήθων τραπεζοειδών-narrow κοιλάδων. Η συγκεκριμένη γεωμετρία επιλέχθηκε προς μελέτη, καθώς ήταν η περίπτωση που συστηματικά εμφανίζονται οι μεγαλύτερες ενισχύσεις. Εδώ είναι αναγκαίο να τονιστεί εκ νέου πως για την εύρεση της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους, όπως προτάθηκε από τους Μέλλιο και Τέττα (2010), κατά την παραμετρική διερεύνηση του φαινομένου χρησιμοποιήθηκαν συνδυασμοί γεωμετρίας κοιλάδας και διεγέρσεων με λ/H μεγαλύτερο του 0.67. Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις τριγωνικών κοιλάδων, όταν η διέγερση είναι υψίσυχη το λ/H είναι μικρότερο του 0.67 και ως εκ τούτου εκτός του εύρους των αποτελεσμάτων των Μέλλιου-Τέττα (2010).

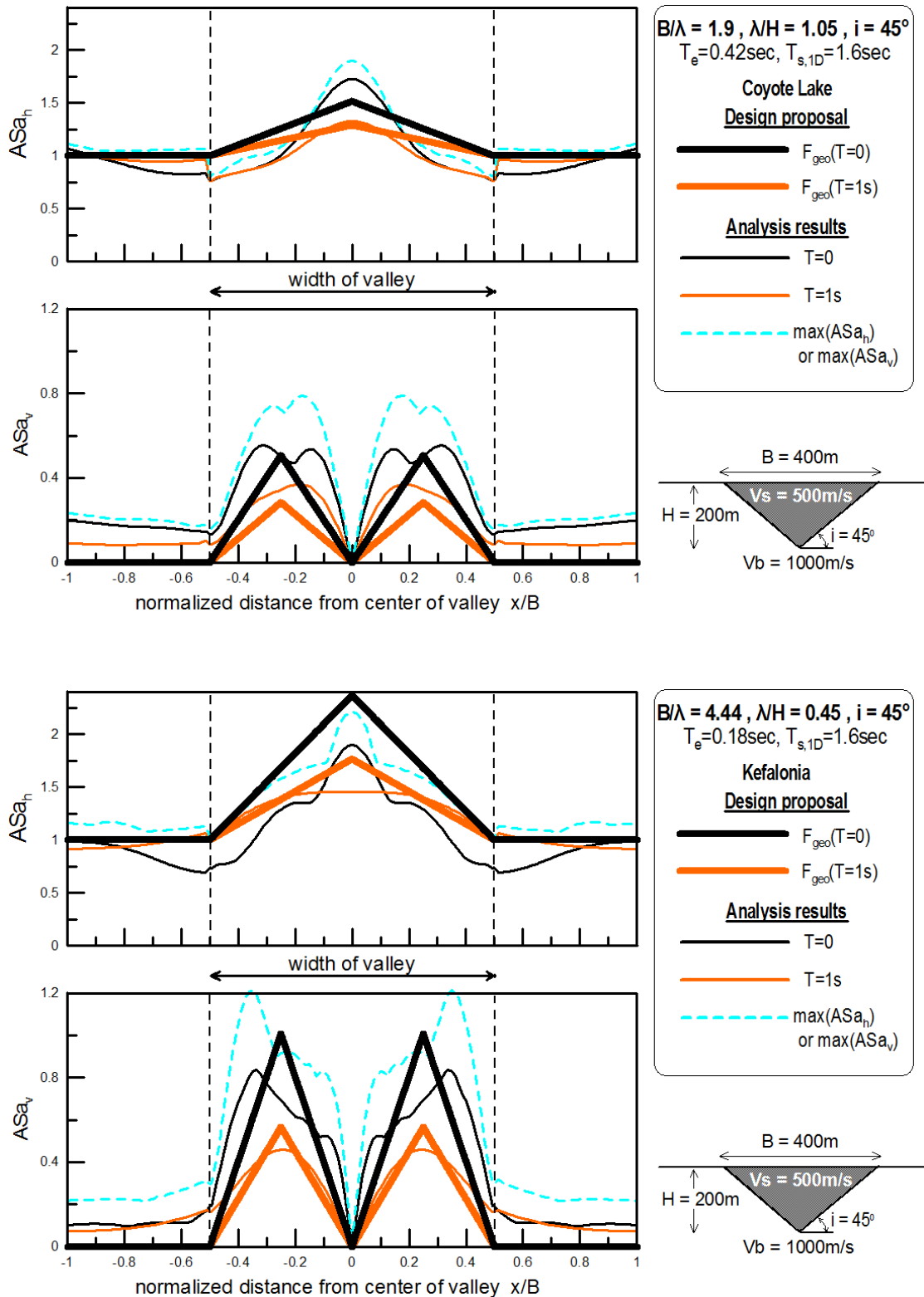
Αρχικά, στα παρακάτω σχήματα γίνεται σύγκριση της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1sec$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για αυτή την κοιλάδα ($B/H=2$) και επιλεγμένες διεγέρσεις (**Σχήματα 4.21-4.25**). Για την οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση $ASah$ τα αποτελέσματα κρίνονται ικανοποιητικά. Σε όλες τις περιπτώσεις η μέγιστη γεωμορφική ενίσχυση συμβαίνει ανεξάρτητα της περιόδου στο κέντρο της κοιλάδας, ενώ στο άκρο η ενίσχυση αυτή φθίνει. Η εφαρμογή της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης εκφράζει ακριβώς αυτή την χωρική κατανομή, επιβεβαιώνοντας την αρχική πρόβλεψη.

Ακόμη και για την περίπτωση της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης η εφαρμογή της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής παρασιτικής επιτάχυνσης είναι σωστή. Συγκεκριμένα, η θέση της μέγιστης τιμής των προβλέψεων ($=0,25x/B$) επαληθεύεται όπως και ο τρόπος που εφαρμόζεται η χωρική περιβάλλουσα με το ισόπλευρο τρίγωνο που λόγω γεωμετρίας της κοιλάδας καταλήγει στο κέντρο της ($x/B=0$).

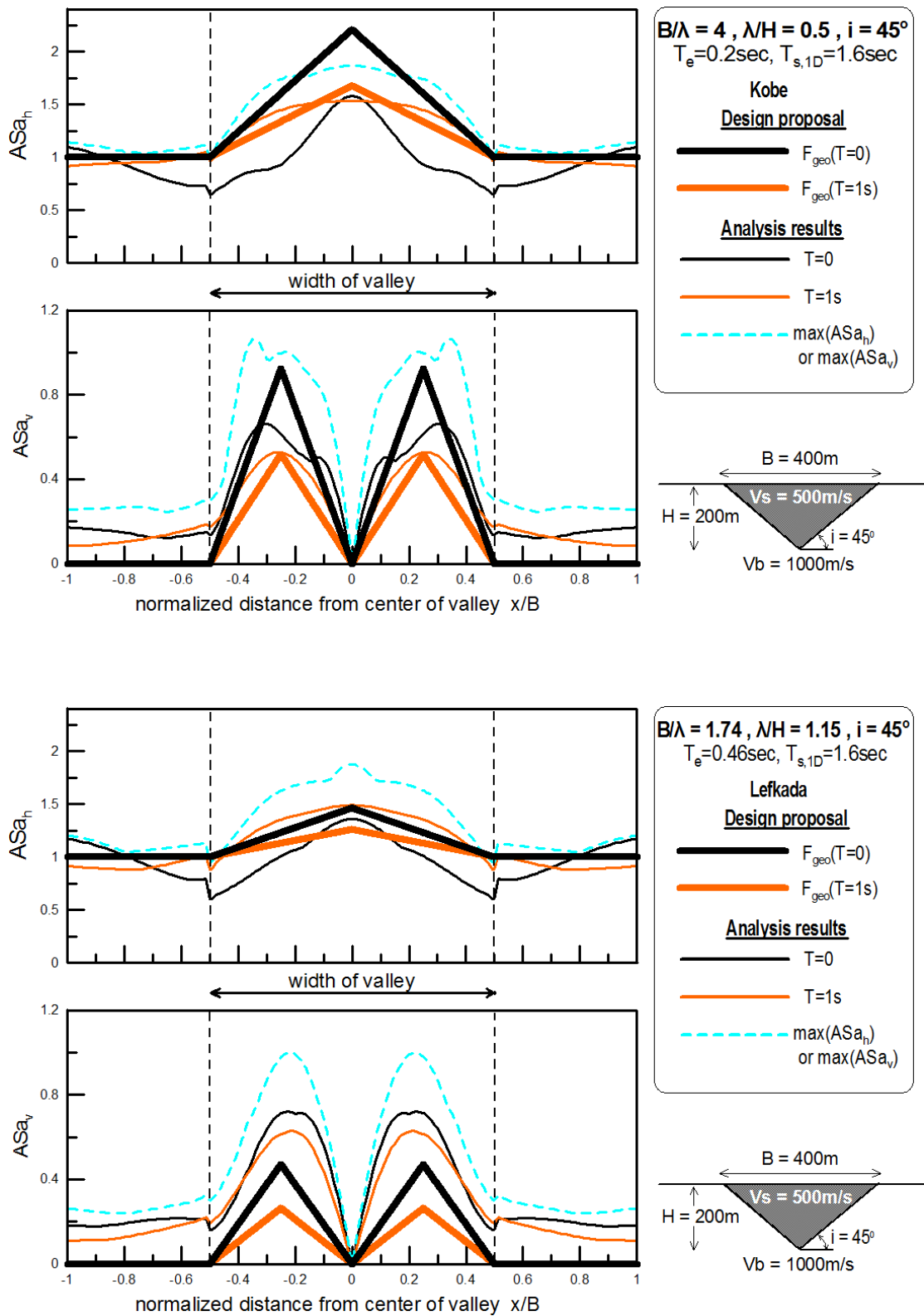
Ακολούθως (**Σχήματα 4.26-4.30**), παρουσιάζεται η φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τη τριγωνική κοιλάδα ($B/H=2$) και επιλεγμένες διεγέρσεις. Στα αποτελέσματα αυτά η προσοχή εστιάζεται σε επίπεδο περιόδων όπου συμβαίνουν οι σημαντικές ενισχύσεις του φαινομένου, καθώς και η ένταση του.

Όσον αφορά την οριζόντια φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού παρατηρείται πως σε επίπεδο περιόδων το φαινόμενο αποτυπώνεται ορθά από τους συντελεστές. Πράγματι οι σημαντικότερες ενισχύσεις συμβαίνουν από $T=0sec$ έως και την περιοχή τιμών γύρω από την περίοδο συντονισμού T_r και στην συνέχεια φθίνουν μέχρι την ιδιοπερίοδο της μαλακής στρώσης εδάφους $T_{s, 1d}$ τιμή μετά την οποία η απόκριση της κοιλάδας γίνεται ουσιαστικά μονοδιάστατη. Ωστόσο η ένταση του φαινομένου δεν προσεγγίζεται ορθά στις περιπτώσεις όπου το λ/H είναι μικρότερο του 0,67, με τα αποτελέσματα να υπερεκτιμάται η γεωμορφική επιδείνωση οδηγώντας σε αντιοικονομικό σχεδιασμό. Στην αρχική πρόβλεψη του Παρασκευόπουλου (2014) είχε εκτιμηθεί πως η μέγιστη τιμή της γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους όπως προτάθηκε από τους Μέλλιο-Τέττα (2010) σχεδόν συμπίπτει με την μέγιστη γεωμορφική επιδείνωση ολόκληρου του ελαστικού φάσματος απόκρισης και δύναται να χρησιμοποιηθεί ως μέγιστη τιμή κατά των σχεδιασμών. Στην περίπτωση όπου οι αναλύσεις είναι εκτός του εύρους των αναλύσεων Μέλλιου –Τέττα (2010) $\lambda/H < 0,67$ θα πρέπει να εφαρμοστεί ένας μειωτικός συντελεστής στο αποτελέσματα της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης. Η οποία μείωση αρκεί να εφαρμοστεί στην τιμή της A_{hmax} καθώς η μορφή της φασματικής επιδείνωσης κρίνεται ορθή κατά τον σχεδιασμό.

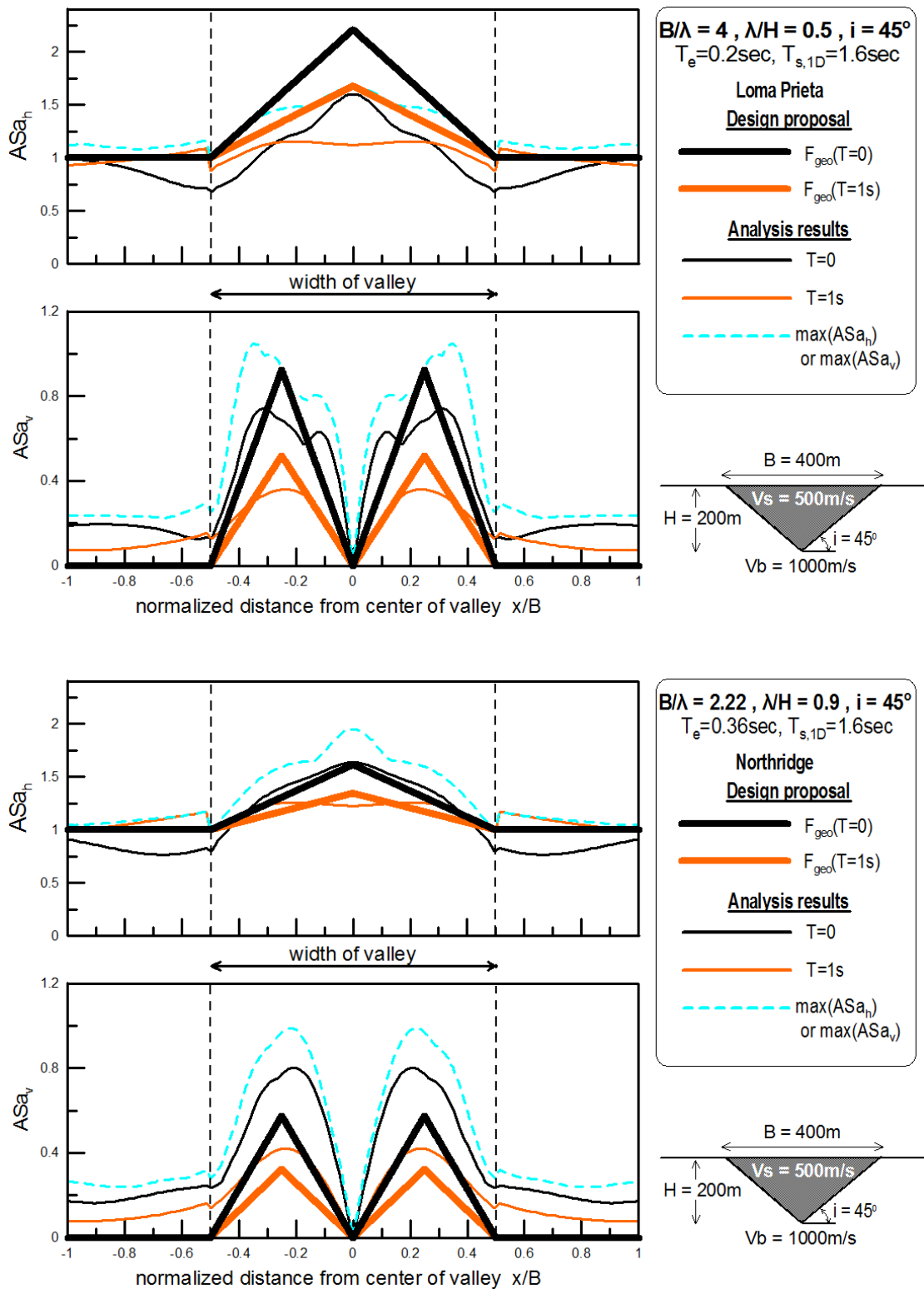
Η εφαρμογή της κατακόρυφης φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης σχεδιασμού εν συγκρίσει με τα αποτελέσματα επαληθεύει την προταθείσα μεθοδολογία, χωρίς να προκύπτει ανάγκη βελτίωσης.



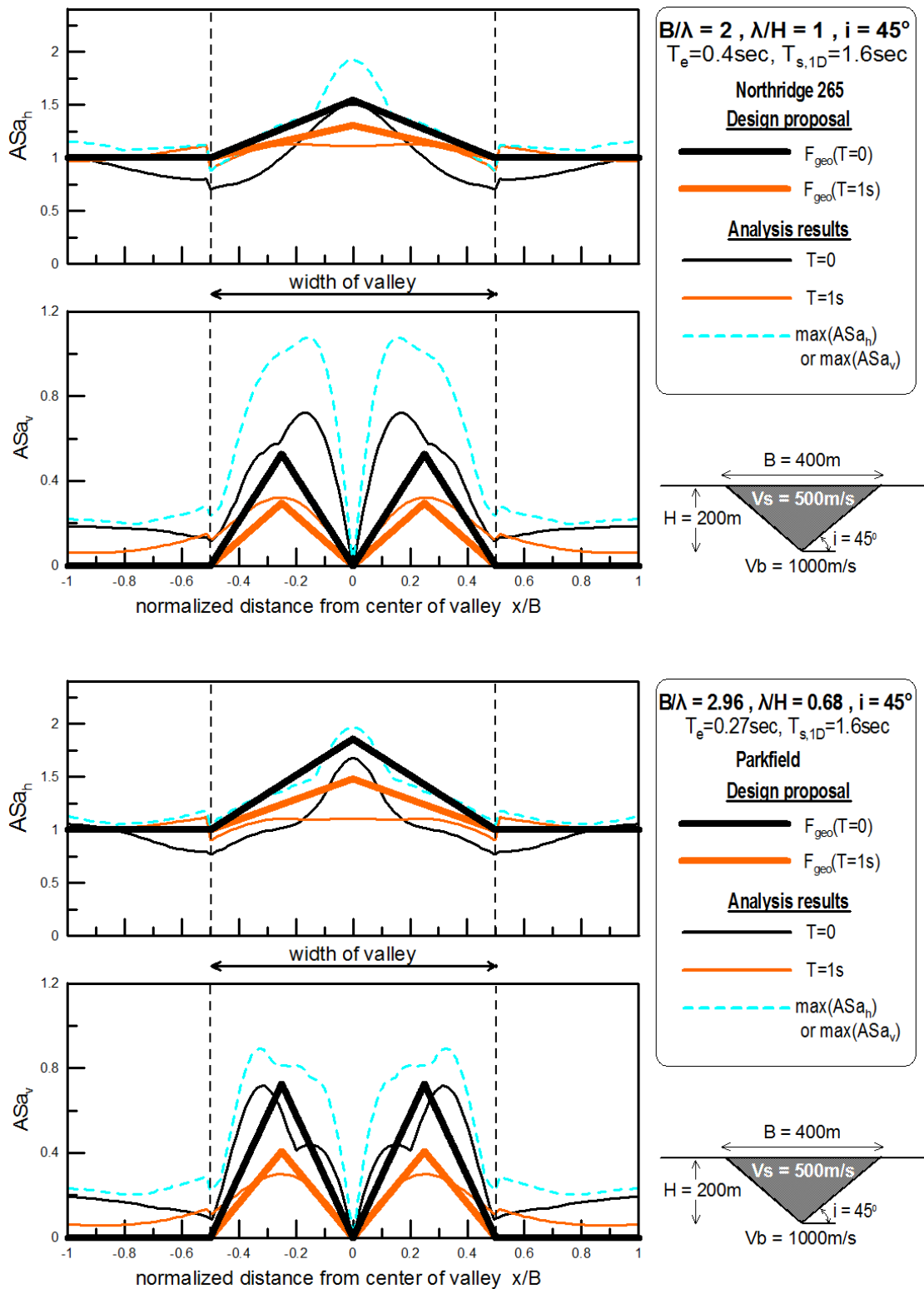
Σχήμα 4.21: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονιοιστορίες Coyote Lake (a, b) και Kefalonia (c, d).



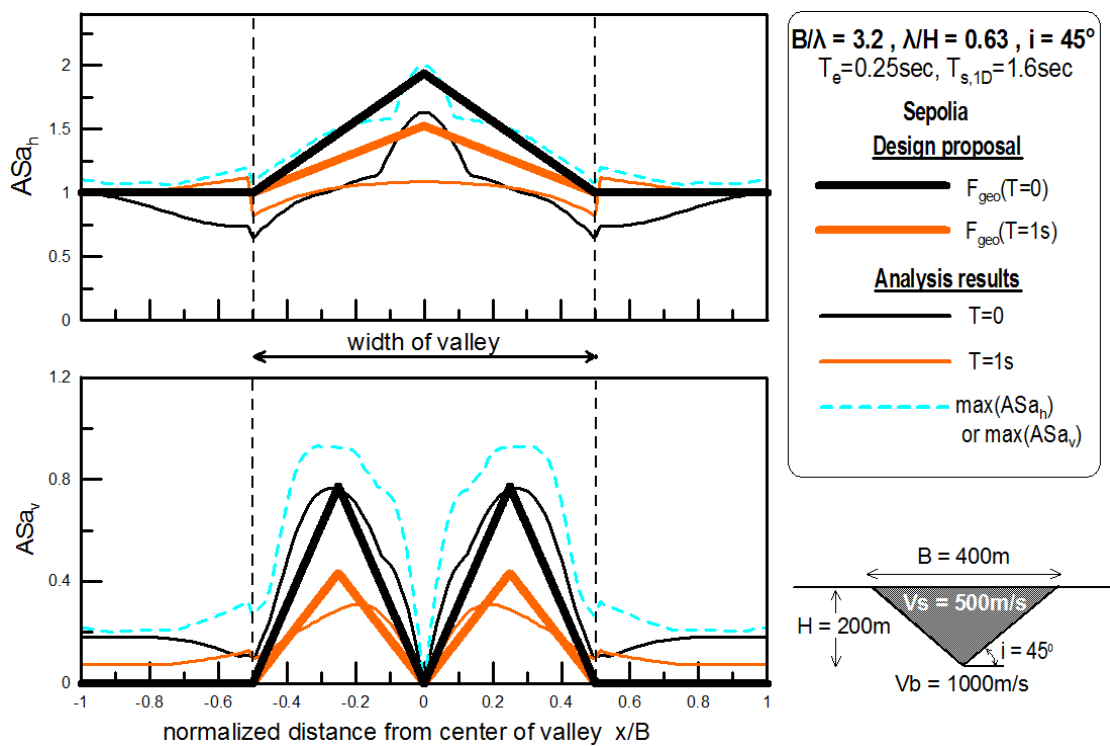
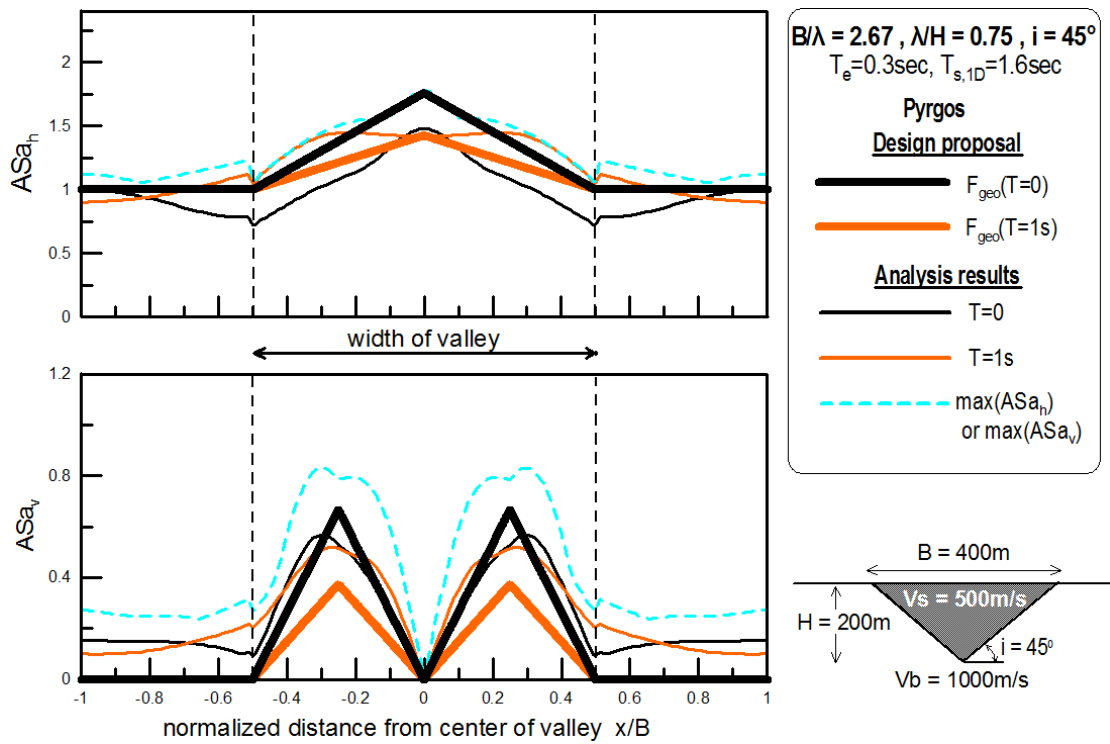
Σχήμα 4.22: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



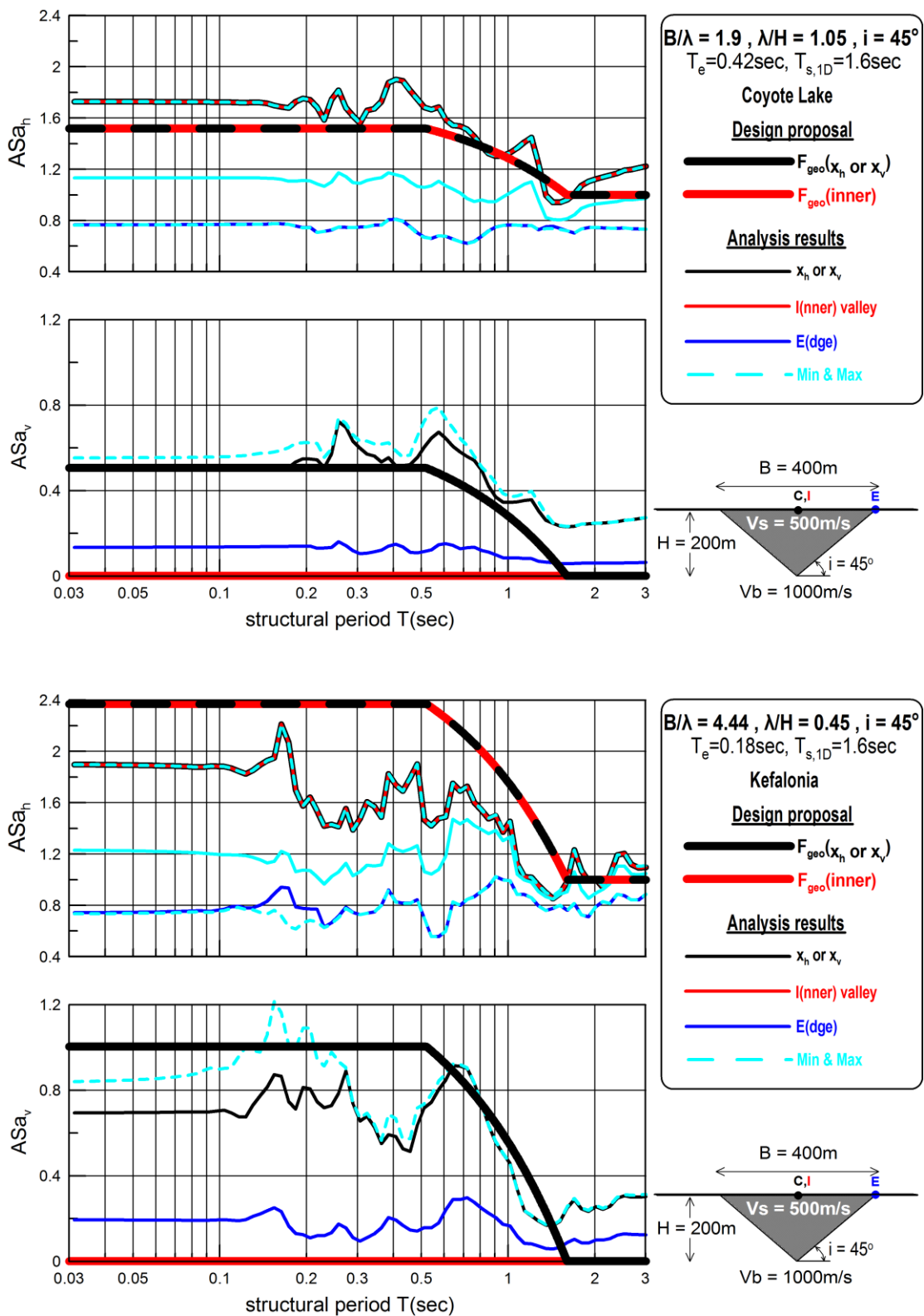
Σχήμα 4.23: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



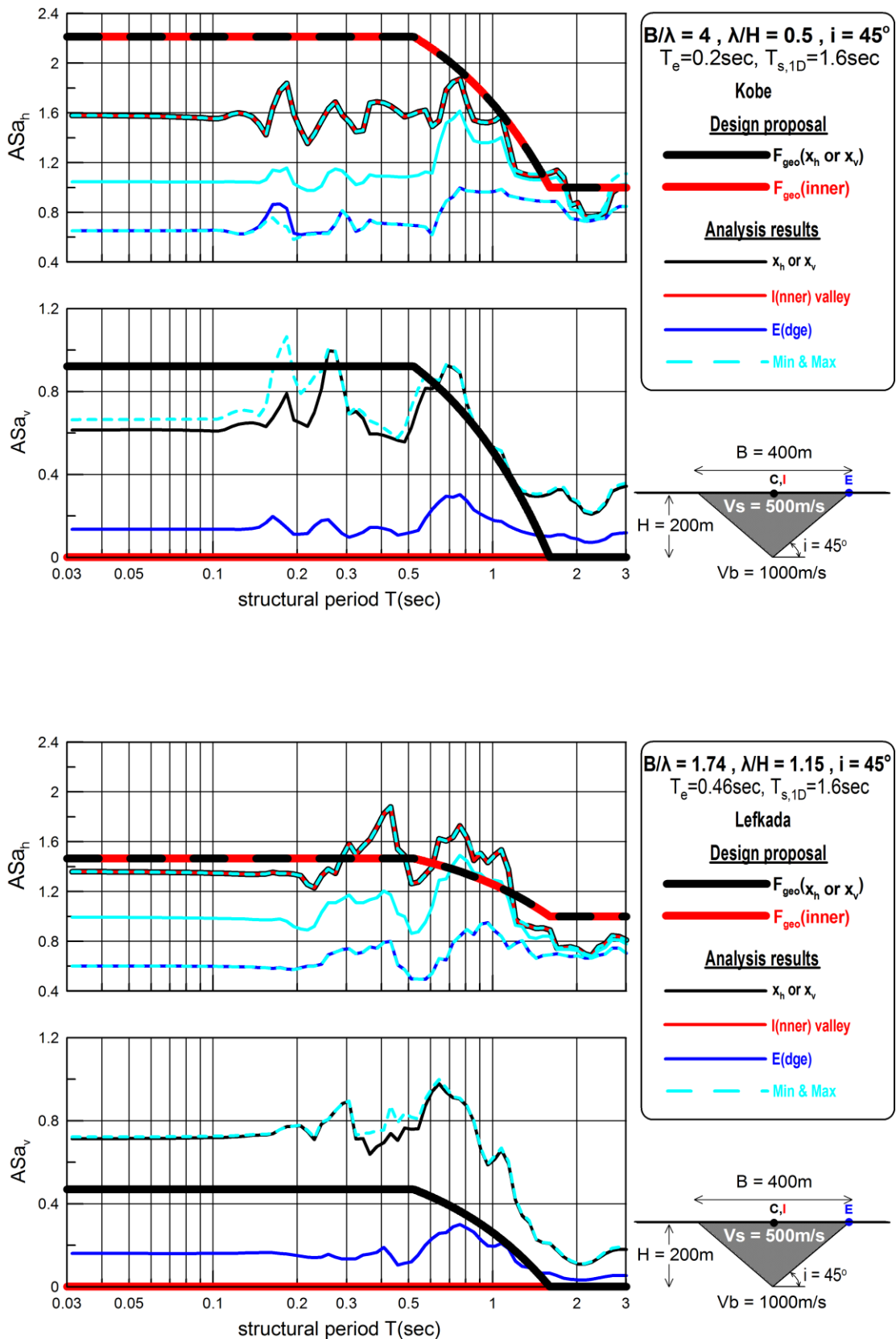
Σχήμα 4.24: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



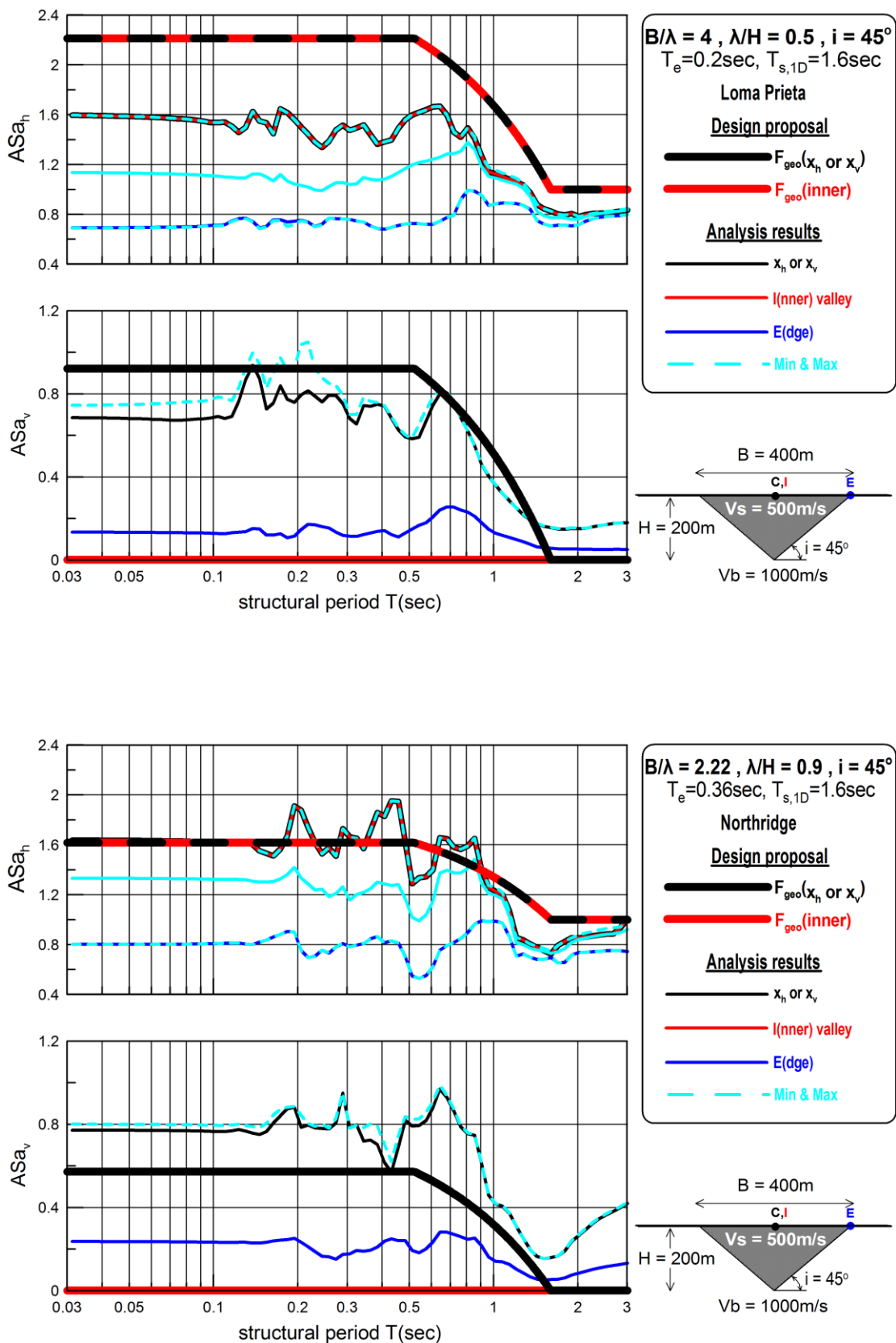
Σχήμα 4.25: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).



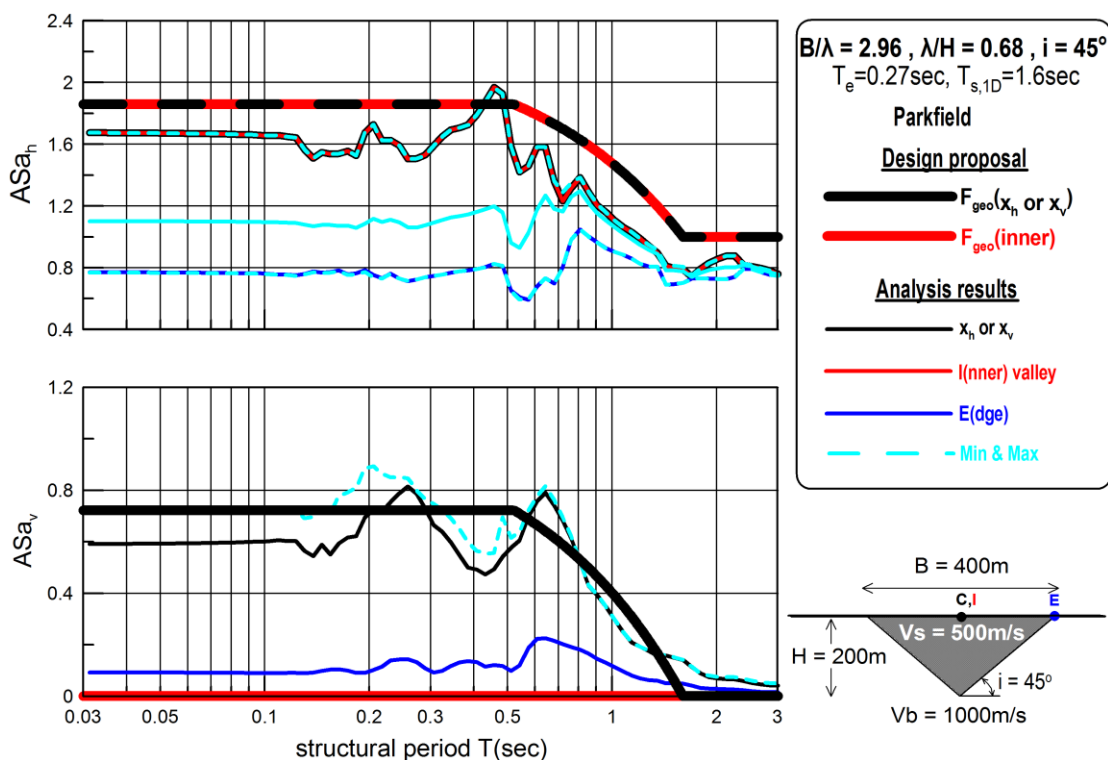
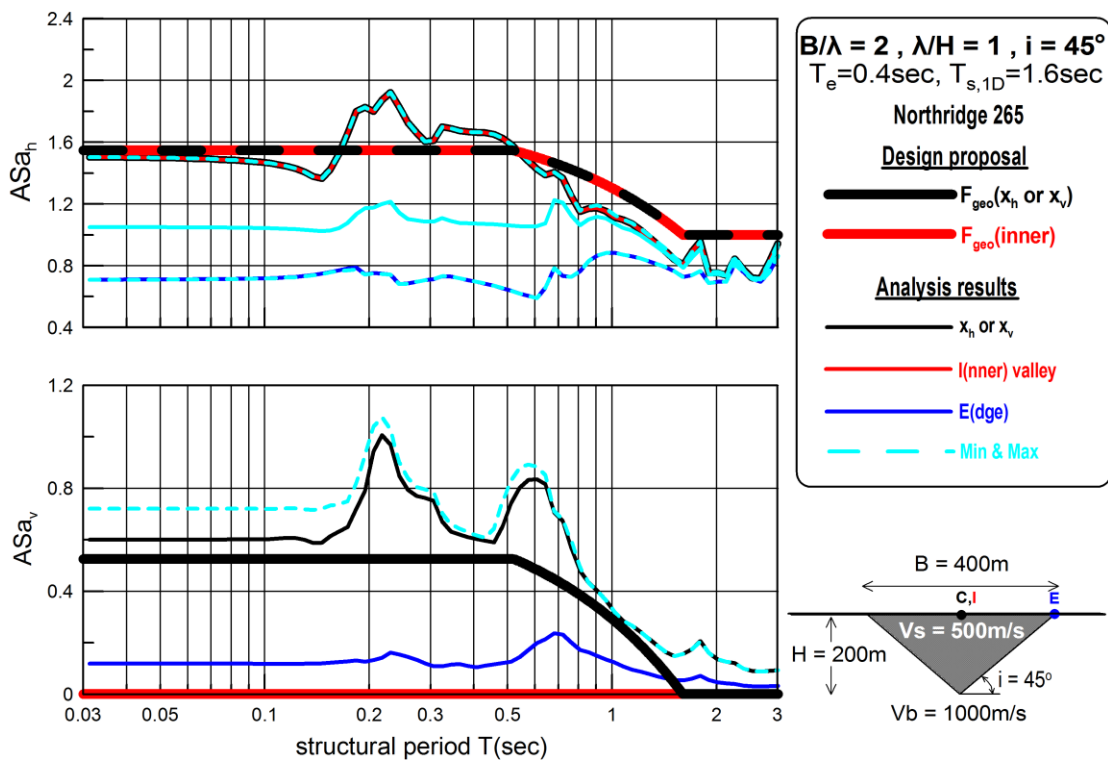
Σχήμα 4.26: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a, b) και Kefalonia (c, d).



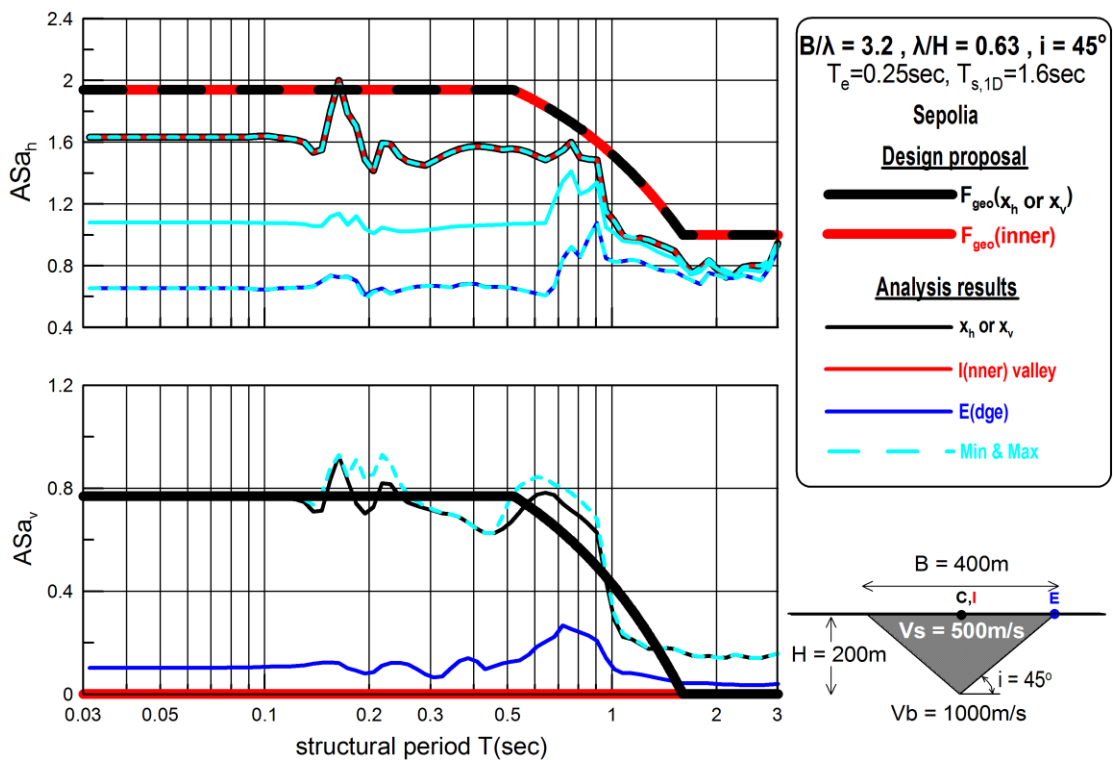
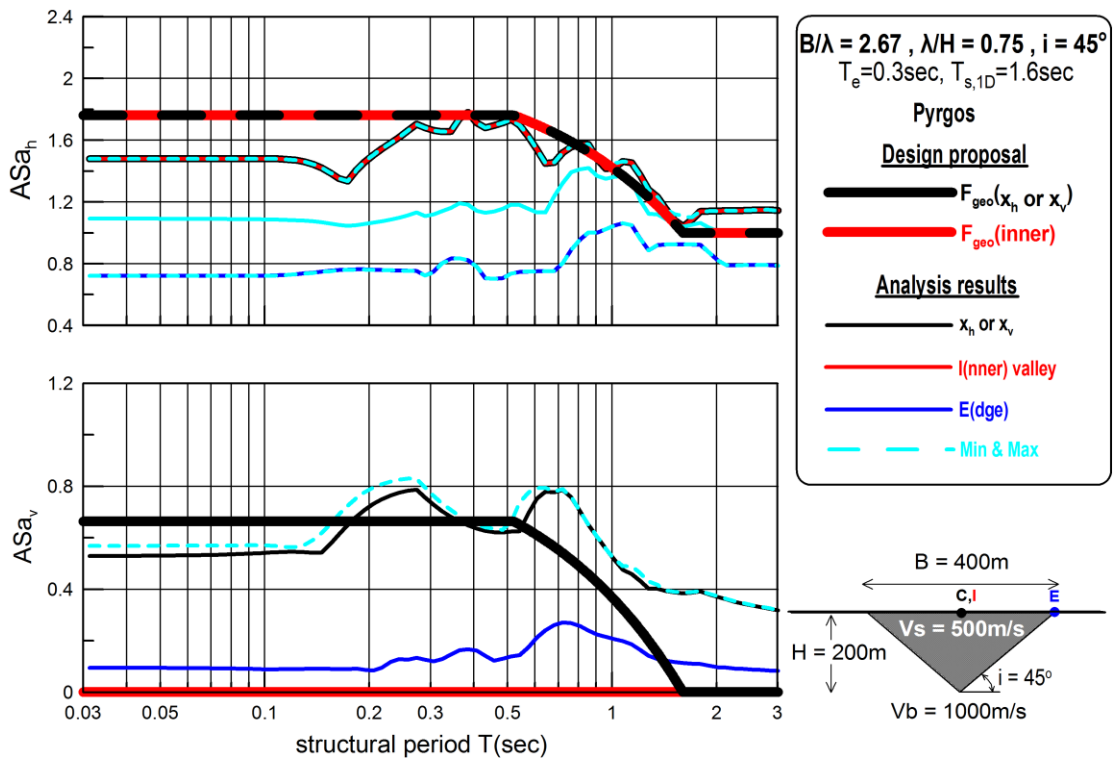
Σχήμα 4.27: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



Σχήμα 4.28: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



Σχήμα 4.29: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H_{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V_{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



Σχήμα 4.30: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για τριγωνικές-very narrow κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).

Τέλος, εδώ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για μακρόστενες-ευρείες κοιλάδες με λόγο πλάτους προς πάχος $B/H=20$ που εμπεριέχει δύο κατηγορίες κοιλάδων όπως προτάθηκαν από τον Παρασκευόπουλο (2014). Ειδικότερα, όταν η δεσπόζουσα περίοδος ταλάντωσης είναι μεγαλύτερη ή ίση με την ιδιοπερίοδο της «μαλακής» στρώσης εδάφους η κοιλάδα χαρακτηρίζεται ως **μονοδιάστατη**, ενώ όταν $T_e < T_{s,1d}$, τότε χαρακτηρίζεται ως **μακρόστενη**. Στην πρώτη περίπτωση δεχόμαστε πως η απόκριση της κοιλάδας είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη και δεν εφαρμόζονται συντελεστές επιδείνωσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης εξαιτίας της γεωμετρίας κοιλάδας. Στην δεύτερη περίπτωση δεχόμαστε πως υπάρχουν ενισχύσεις στα άκρα κυρίως της κοιλάδας, όπου εφαρμόζονται συντελεστές επιδείνωσης.

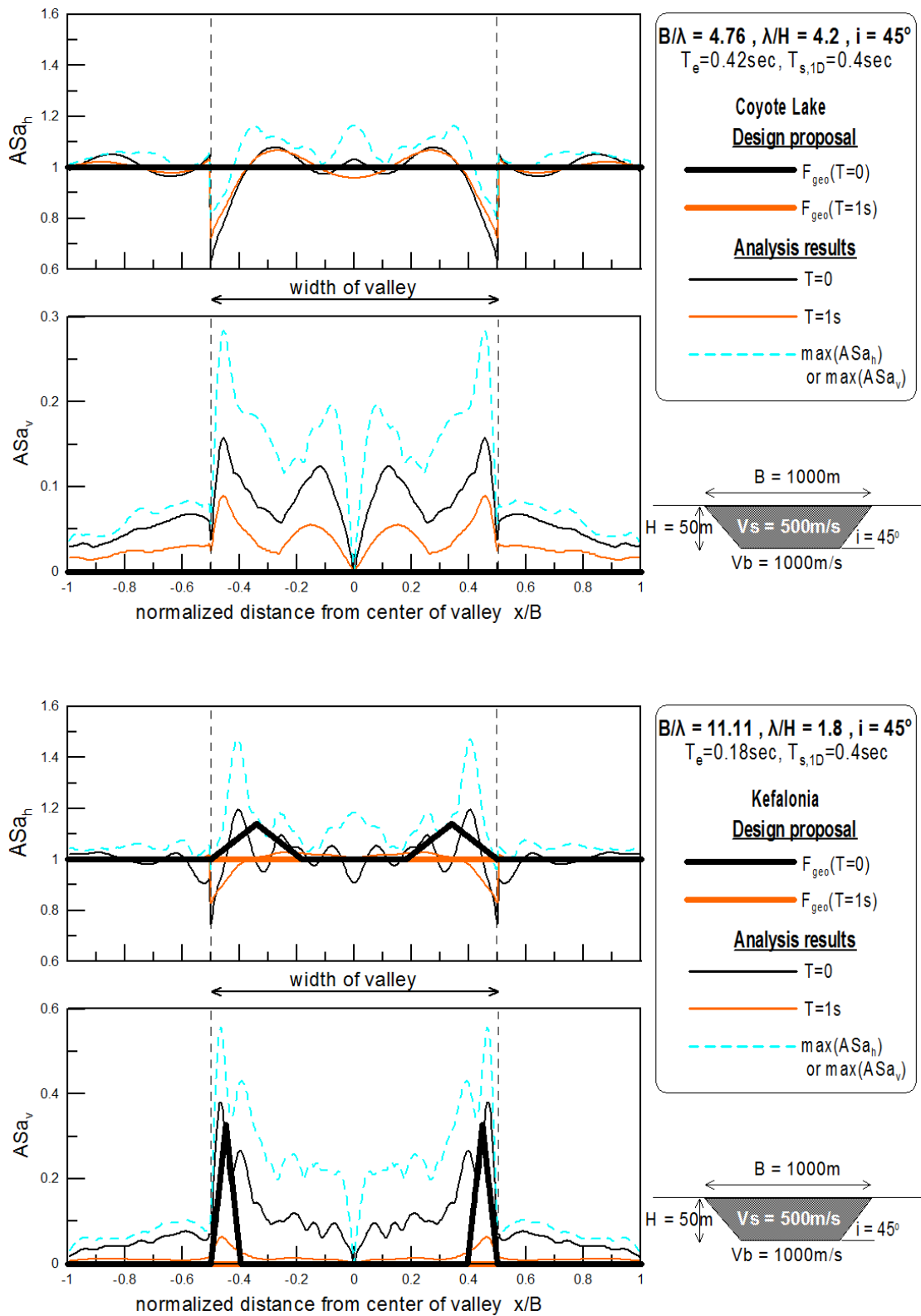
Στα παρακάτω σχήματα γίνεται σύγκριση της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H_{geo}}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V_{geo}}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1sec$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενη κοιλάδα ($B/H=20$) και επιλεγμένες διεγέρσεις (**Σχήματα 4.31-4.35**). Για την περίπτωση της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης ASah τα αποτελέσματα της σύγκρισης είναι ικανοποιητικά. Σε όλες τις περιπτώσεις η μέγιστη γεωμορφική ενίσχυση συμβαίνει ανεξάρτητα της περιόδου στα άκρα της κοιλάδας. Η εφαρμογή της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης εκφράζει ακριβώς αυτή την χωρική κατανομή με την σύγκλιση να είναι άκρως ικανοποιητική επιβεβαιώνοντας την αρχική πρόβλεψη. Ακόμη στις περιπτώσεις όπου το $T_e > T_{s,1d}$ οι ενισχύσεις είναι μικρές και συμβαίνουν κυρίως στα άκρα. Η συγκεκριμένη περίπτωση είναι ουσιαστικά 1Δ .

Αντίθετα, για την περίπτωση της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης φαίνεται πως η εφαρμογή της χωρικής περιβάλλουσας της φασματικής παρασιτικής επιτάχυνσης έχει περιθώρια βελτίωσης. Συγκεκριμένα, ενώ η θέση της μέγιστης τιμής των προβλέψεων είναι ορθή, ο τρόπος που εφαρμόζεται η χωρική περιβάλλουσα με το ισόπλευρο τρίγωνο είναι λανθασμένη, καθώς σε ένα μεγάλο εύρος του πλάτους της γίνεται υποεκτίμηση του φαινομένου.

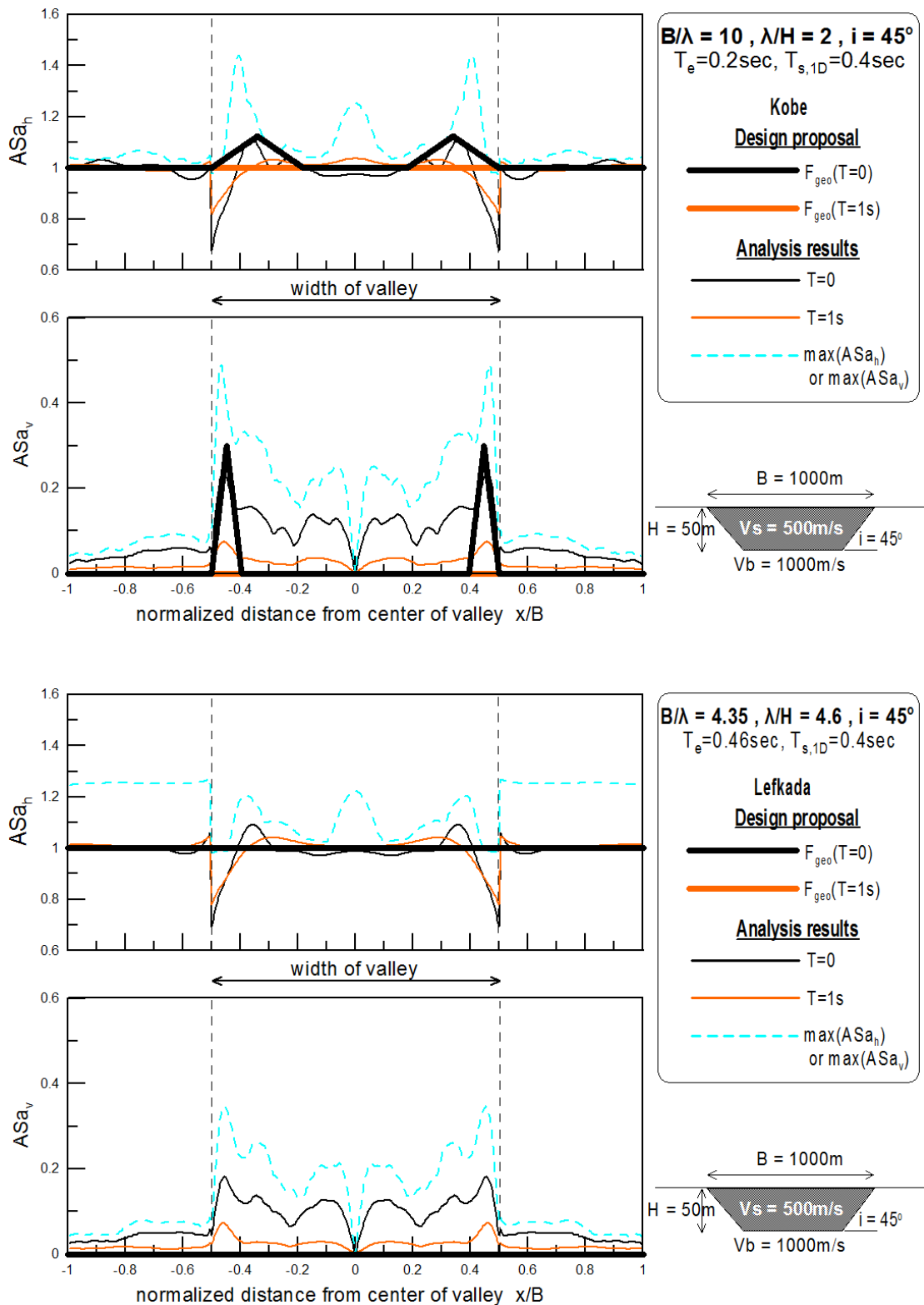
Ακολούθως (**Σχήματα 4.36-4.40**), παρουσιάζεται η φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H_{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V_{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες κοιλάδες ($B/H=20$) και επιλεγμένες διεγέρσεις. Στα αποτελέσματα αυτά η προσοχή εστιάζεται σε επίπεδο περιόδων όπου συμβαίνουν οι σημαντικές ενισχύσεις του φαινομένου, καθώς και η ένταση του. Όσον αφορά την οριζόντια φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού παρατηρείται πως σε επίπεδο περιόδων το φαινόμενο αποτυπώνεται ορθά από τους συντελεστές. Πράγματι, οι σημαντικότερες ενισχύσεις συμβαίνουν από την εκάστοτε δεσπόζουσα περίοδο ταλάντωσης T_e έως και την περιοχή τιμών γύρω την ιδιοπερίοδο της «μαλακής» στρώσης εδάφους $T_{s,1d}$ τιμή μετά την οποία η απόκριση της κοιλάδας γίνεται ουσιαστικά μονοδιάστατη. Ακόμη στις περιπτώσεις όπου το $T_e > T_{s,1d}$ πράγματι οι ενισχύσεις είναι μικρές, κάτι που προβλέπεται ικανοποιητικά.

Ακριβώς τα ίδια με τα ανωτέρω συμπεράσματα ισχύουν και για την παρασιτική κατακόρυφη επιτάχυνση.

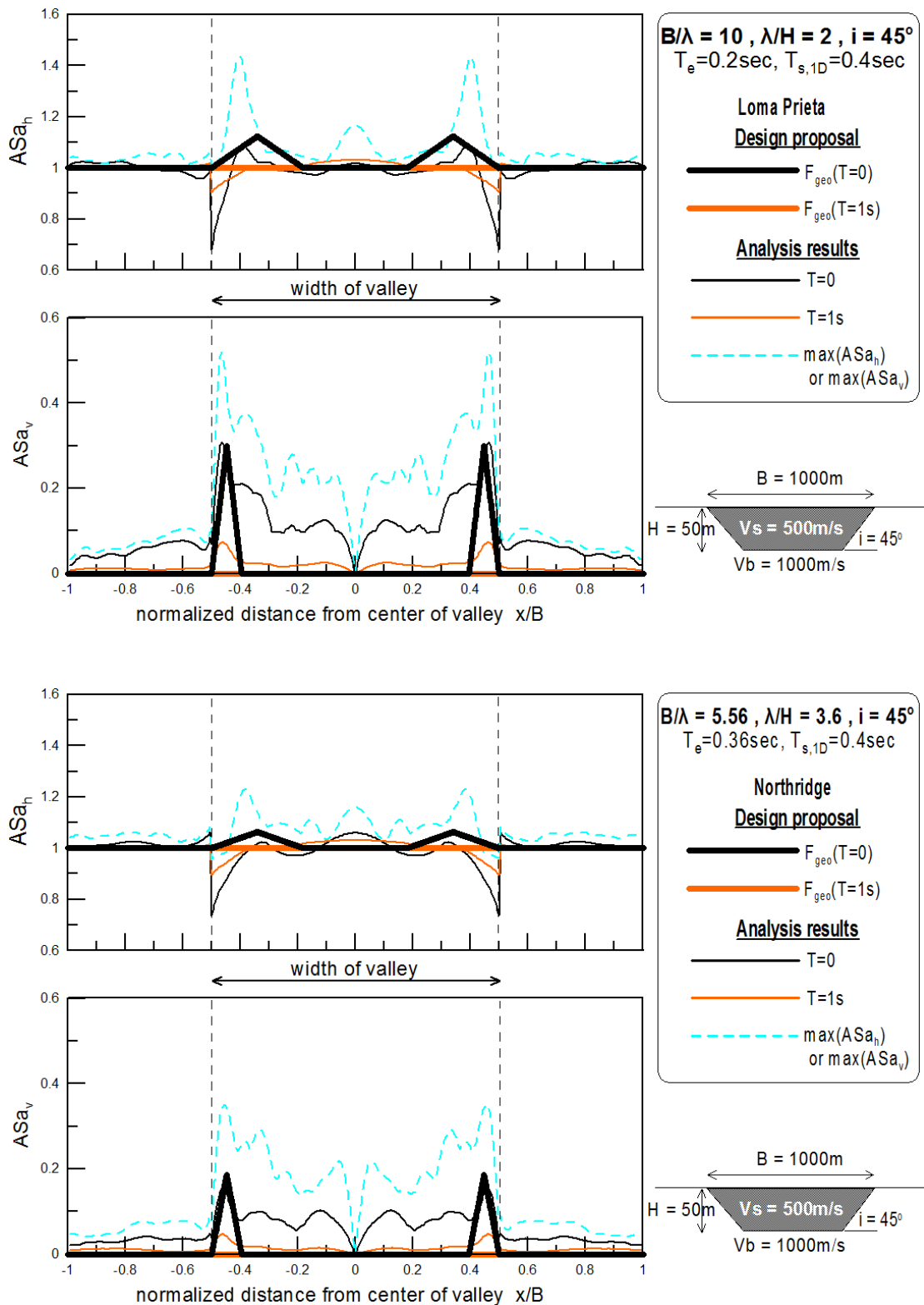
Συνολικά, κρίνεται ότι για λόγους ομοιομορφίας οι συντελεστές επιδείνωσης για την περίπτωση των μακρόστενων κοιλάδων δύναται να χρησιμοποιηθούν, με μικρές διαφοροποιήσεις, και για τις μονοδιάστατες κοιλάδες.



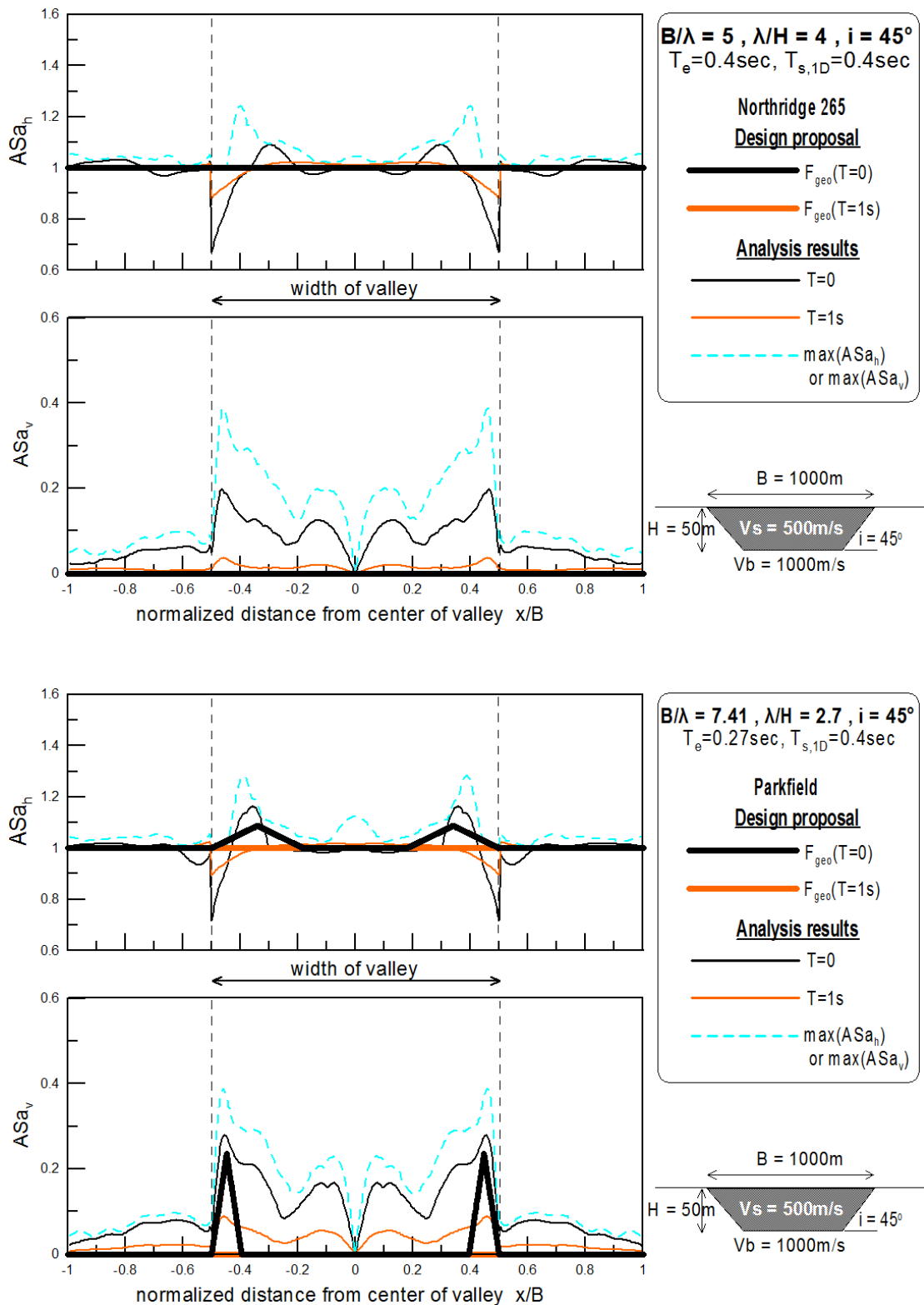
Σχήμα 4.31: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a, b) και Kefalonia (c, d).



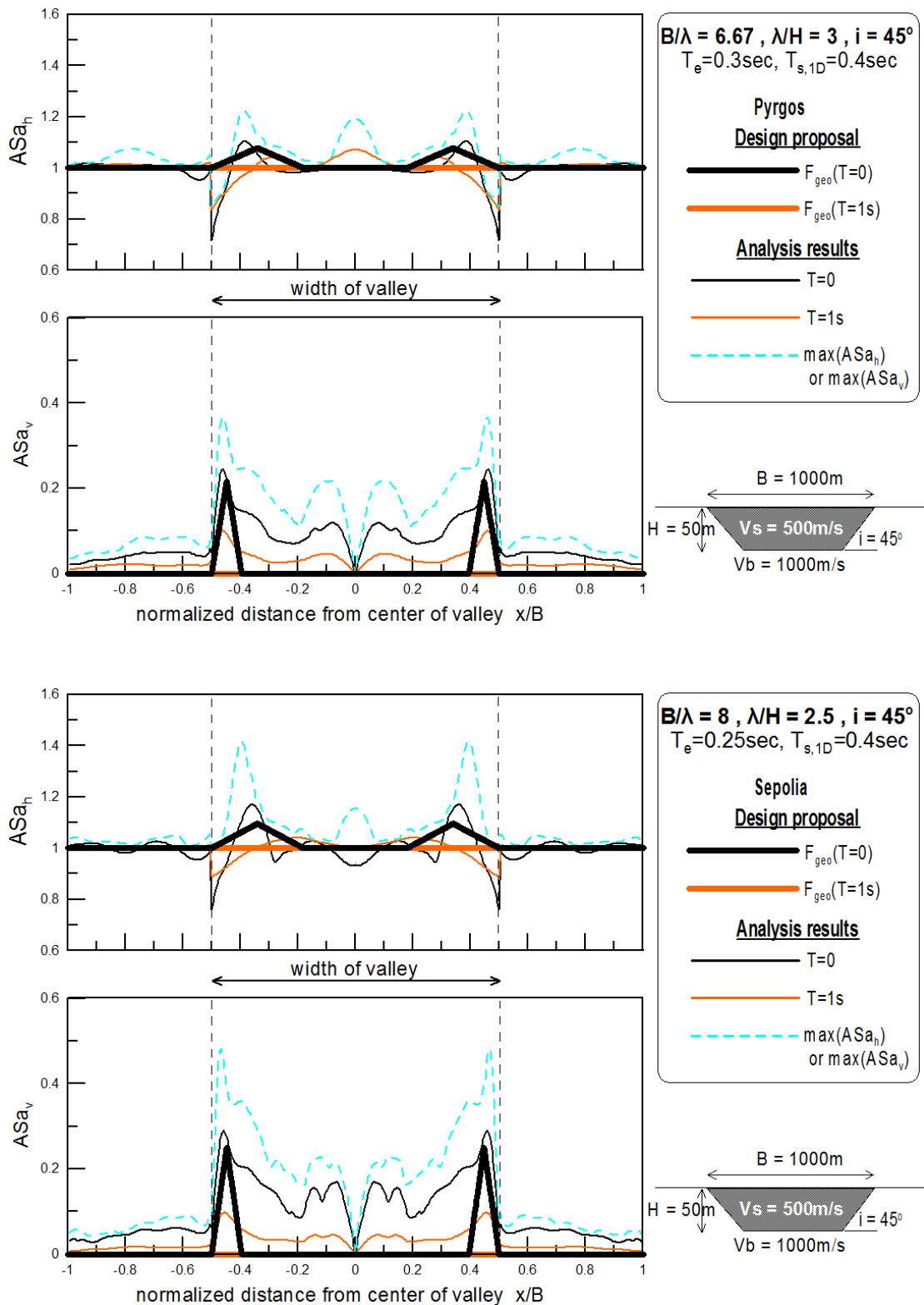
Σχήμα 4.32: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



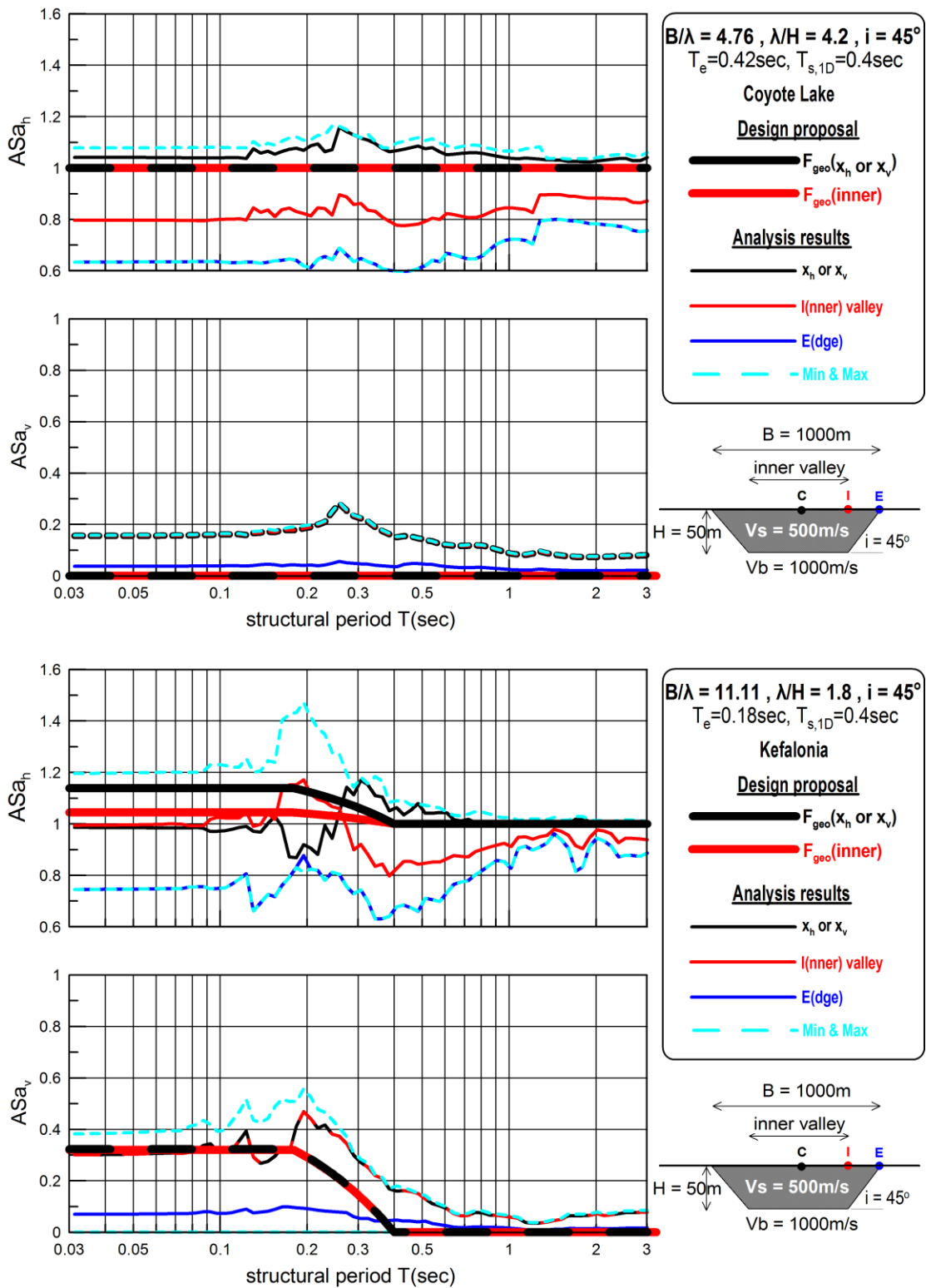
Σχήμα 4.33: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



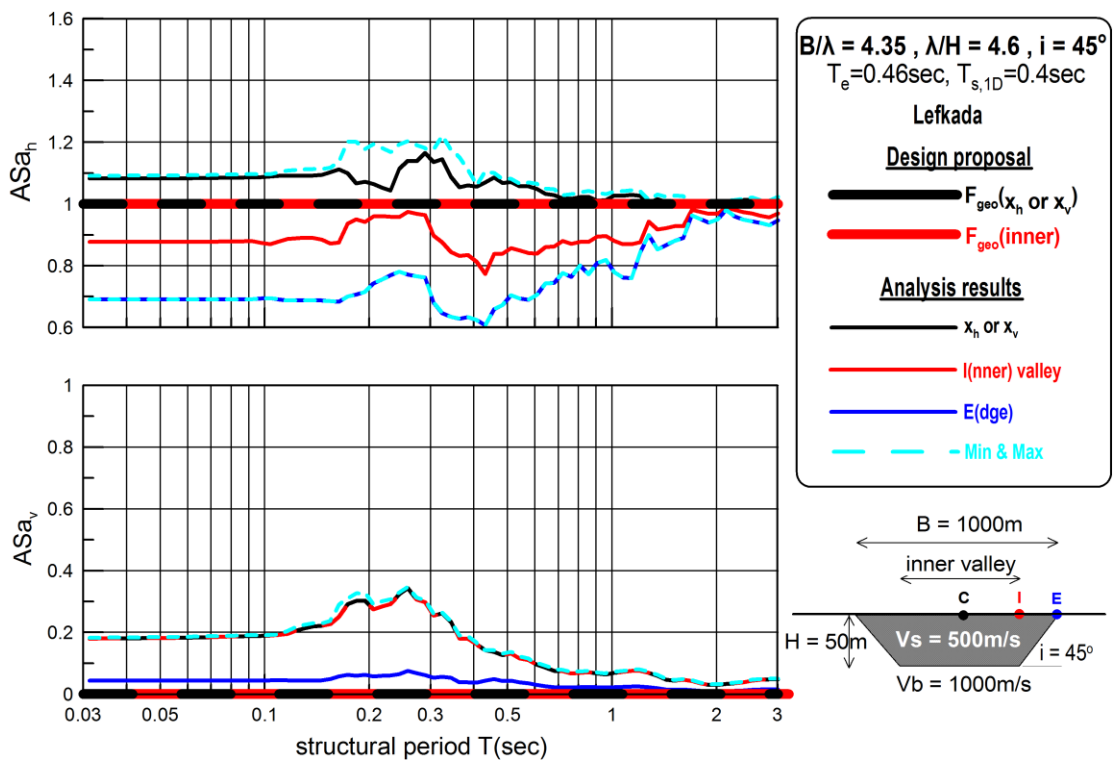
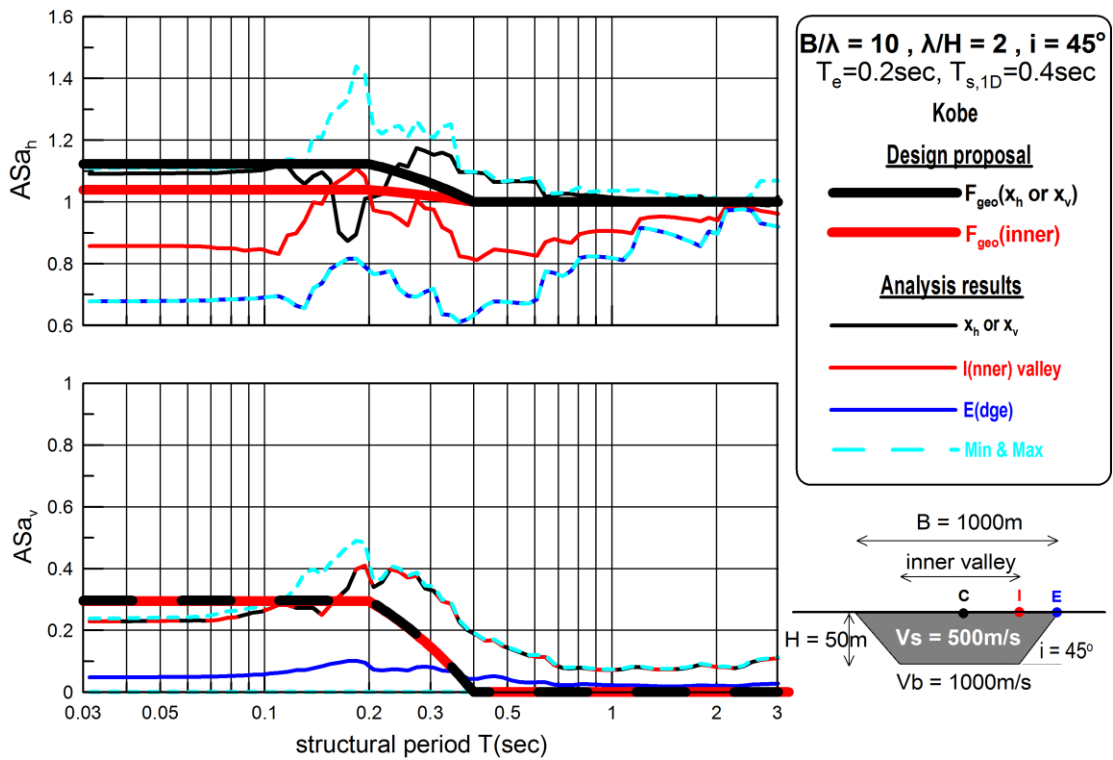
Σχήμα 4.34: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1s$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



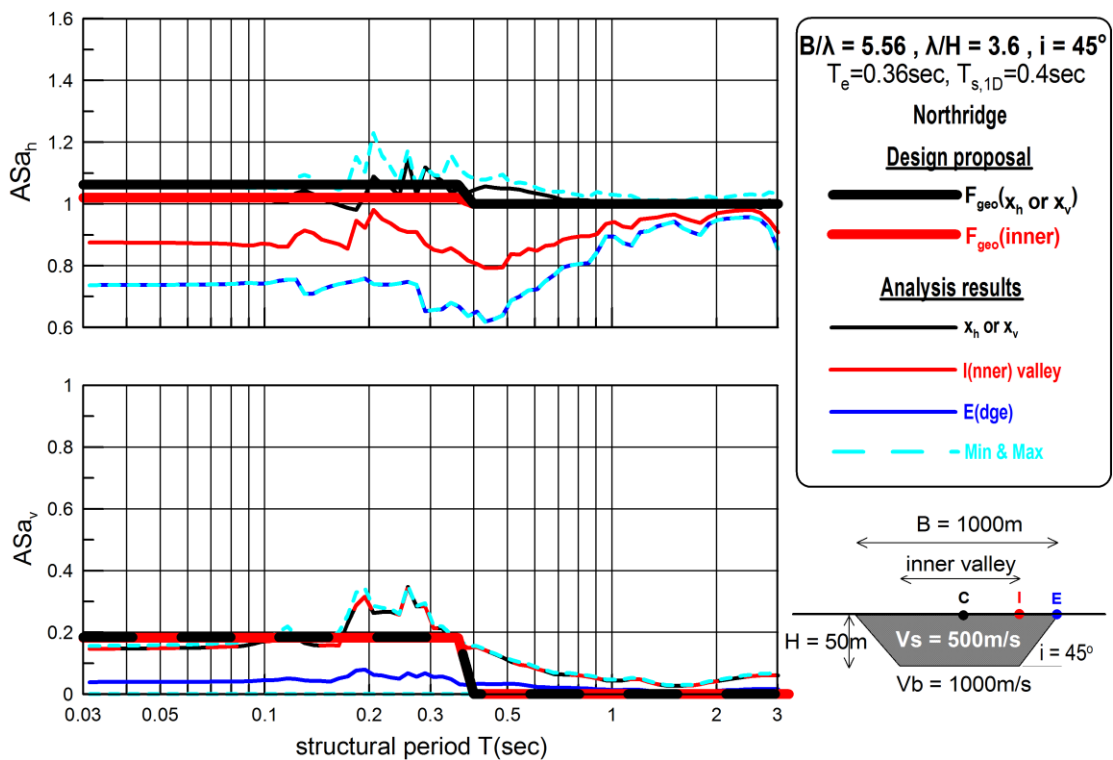
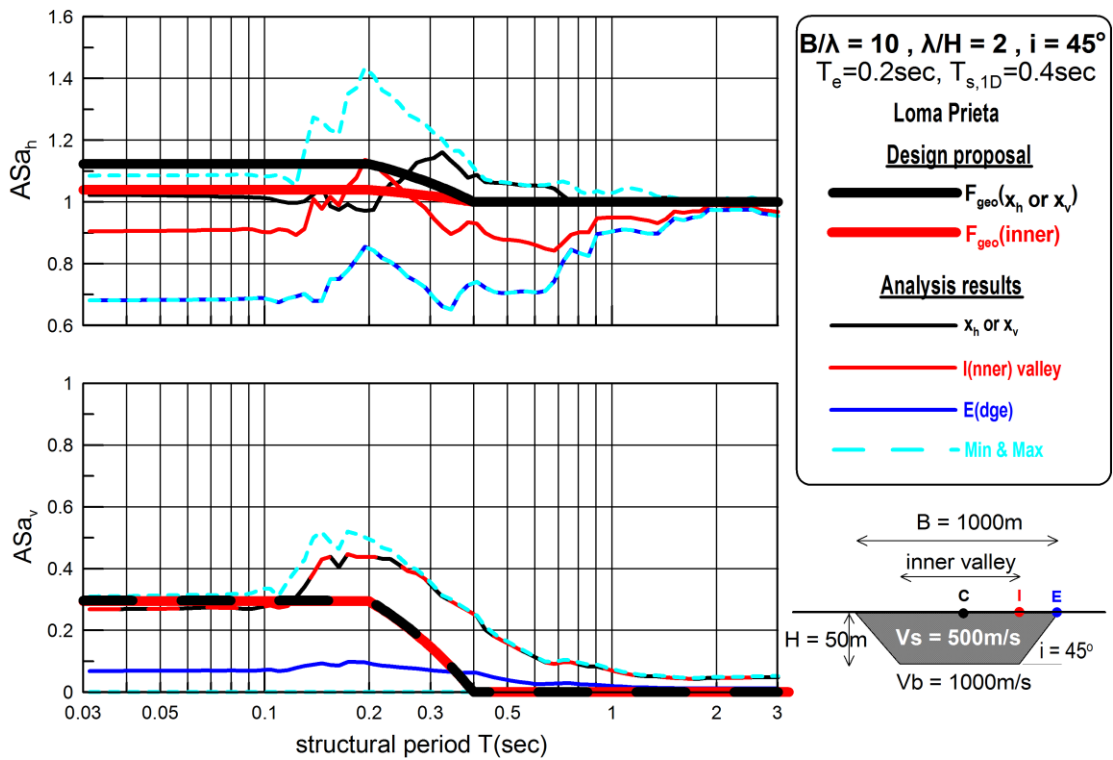
Σχήμα 4.35: Χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(x)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(x)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).



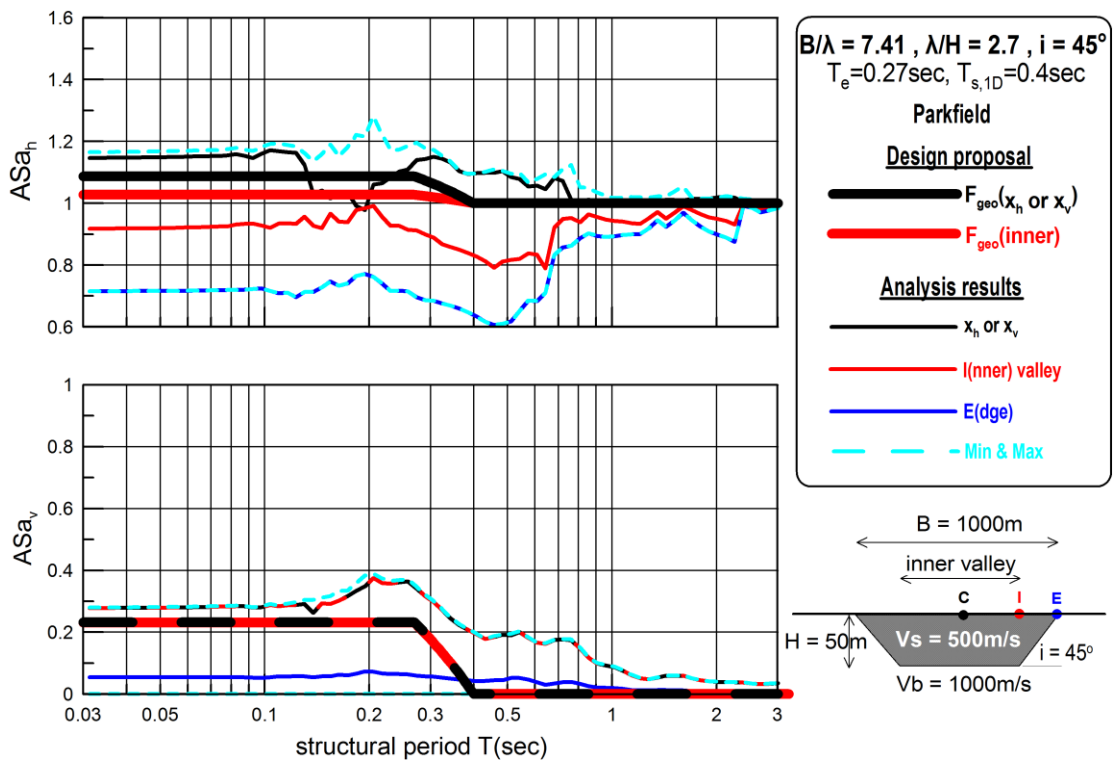
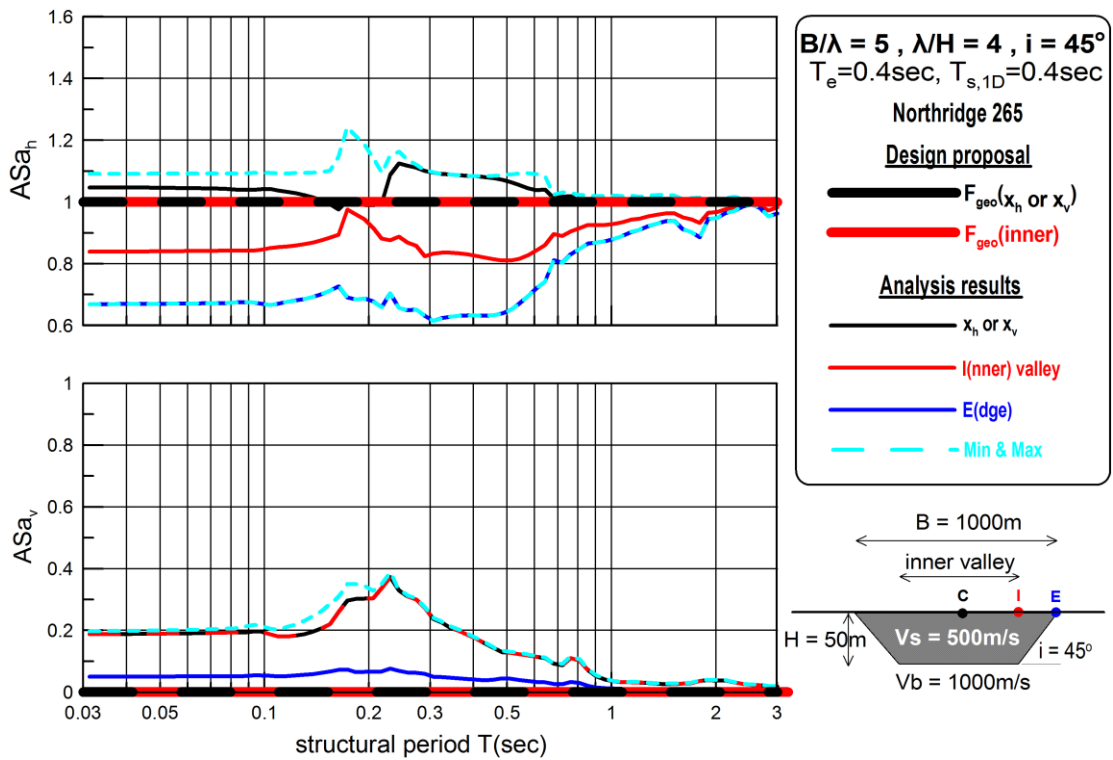
Σχήμα 4.36: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a, b) και Kefalonia (c, d).



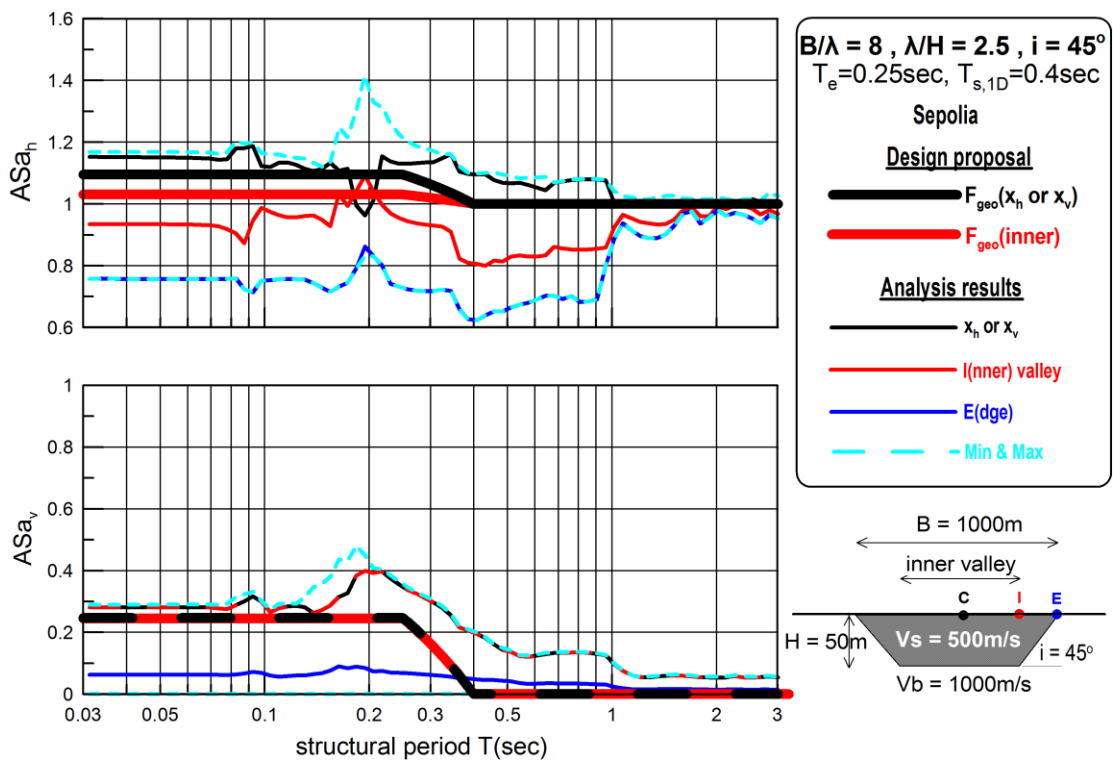
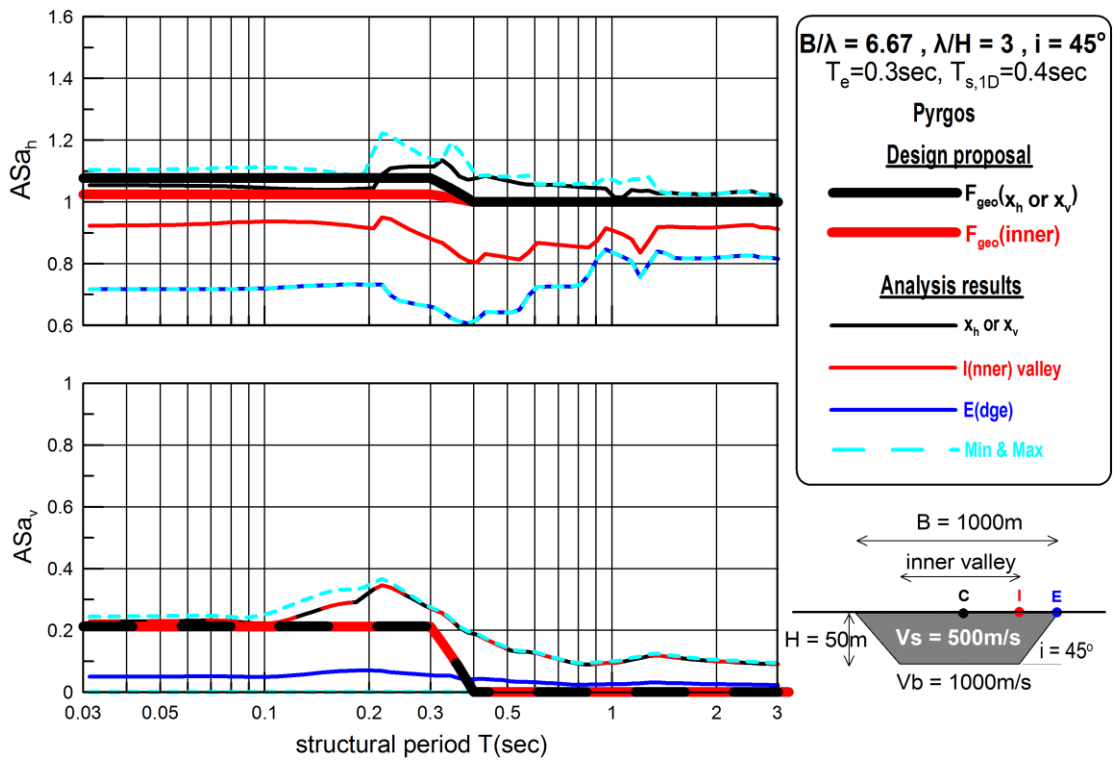
Σχήμα 4.37: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



Σχήμα 4.38: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



Σχήμα 4.39: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



Σχήμα 4.40: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για μακρόστενες-wide κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΝΕΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

5.1: ΓΕΝΙΚΑ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι νέοι συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης που προτείνονται ως διορθωμένες εκδοχές εκείνων του Παρασκευόπουλου (2014). Συγκεκριμένα, στο προηγούμενο κεφάλαιο, διακριβώθηκαν τα μειονεκτήματα των εν λόγω συντελεστών στα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων της παρούσας εργασίας και με βάση τις αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν προτείνονται οι αλλαγές που παρουσιάζονται εδώ. Επισημαίνεται ότι διατηρείται η χρήση των προτάσεων Μέλλιου και Τέττας (2010), όσον αφορά την θέση εμφάνισης της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους (**Σχήμα 2.5**), αλλά και τις σχέσεις εκτίμησης των μέγιστων γεωμορφικών επιδείνωσης του εδάφους $A_{h_{max}}$, $A_{v_{max}}$ με μικρές διαφοροποιήσεις όταν το λ/H είναι μικρότερο του 0.67.

5.2: ΝΕΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ

Με βάση τις παρατηρήσεις του προηγούμενου κεφαλαίου προτείνεται νέα απλούστερη κατηγοριοποίηση των κοιλάδων που εξαρτάται μόνο από τον γεωμετρικό λόγο B/H . Συγκεκριμένα όταν το $B/H \leq 2$ ορίζονται οι «στενές» (narrow) κοιλάδες, όταν $2 < B/H < 10$, ορίζονται οι «συνήθεις» (usual) κοιλάδες ενώ $B/H \geq 10$ ορίζονται οι «ευρείες» (wide) κοιλάδες.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται οι προβλέψεις των νέων συντελεστών γεωμορφικής επιδείνωσης, ανά κατηγορία κοιλάδας.

(α) «Συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες

Η υπάρχουσα χωρική περιβάλλουσα της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης που προτάθηκε στην εργασία του Παρασκευόπουλου (2014) εφαρμόζει άκρως ικανοποιητικά στα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων και διατηρείται (**Σχήμα 5.1c**). Επίσης, η υπάρχουσα χωρική περιβάλλουσα της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης είχε ορθή πρόβλεψη για την θέση εμφάνιση της μέγιστης κατακόρυφης επιδείνωσης, αλλά δεν ήταν το ίδιο ακριβής για τις θέσεις από το κέντρο της κοιλάδας έως την θέση της μέγιστης τιμής. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η τροποποιημένη περιβάλλουσα που απεικονίζεται στο **Σχήμα 5.1d**.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων παρουσιάστηκε συστηματική αύξηση της οριζόντιας αλλά και της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης σε περιόδους κοντινές της περιόδου συντονισμού κοιλάδας T_r , γεγονός που λήφθηκε υπόψη και στις αντίστοιχες περιβάλλουσες σχεδιασμού με αύξηση των τιμών κατά 30% της οριζόντιας και 90% της παρασιτική κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης συγκριτικά με ότι προβλέπεται για $T=0sec$. Λεπτομερώς ο τρόπος αύξησης παρουσιάζεται στο **Σχήμα 5.2(a,b)**, για την οριζόντια και παρασιτική κατακόρυφη φασματική επιτάχυνση.

(β) «Στενές» (narrow) κοιλάδες

Η υπάρχουσα χωρική περιβάλλουσα σχεδιασμού της οριζόντιας και της κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης επαληθεύεται από τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Προτείνεται για λόγους ευκολίας, χωρίς καμία υστέρηση στην ορθότητα ωστόσο, στην περίπτωση των «στενών» (narrow) κοιλάδων με $B/H \leq 2$ ως θέση εμφάνισης της μέγιστης οριζόντιας

γεωμορφικής επιδείνωσης να επιλέγεται απευθείας το κέντρο της κοιλάδας ($x_H/B=0$) όπως φαίνεται στο **Σχήμα 5.3c**.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όσο αφορά την οριζόντια φασματική επιδείνωση, στις περιπτώσεις εκτός εύρους των αποτελεσμάτων της εργασίας των Μέλλιου και Τέττας (2010) και συγκεκριμένα όταν $\lambda/H < 0.67$, η προταθείσα μεθοδολογία υπερεκτιμά τα αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό προτείνεται νέα απομειωμένη τιμή της Ah_{\max} για $\lambda/H < 0.67$. Συγκεκριμένα:

$$Ah_{\max} = 1 + A1 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \cdot \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} \cdot \alpha^{-0.65} \cdot i^{0.46} \quad (5.1)$$

όπου:

A1: Συντελεστής. Όταν $\lambda/H \geq 0.67$ τότε $A=0.07445$ και όταν $\lambda/H < 0.67$ τότε $A=0.055$

λ/H : Αδιάστατος λόγος μήκους κύματος προς πάχος κοιλάδας

B/λ : Αδιάστατος λόγος πλάτους κοιλάδας προς μήκος κύματος

α : Λόγος εμπέδησης εδάφους-υποβάθρου, όπου $\alpha = \rho_s V_s / \rho_b V_b$

i : Κλίση του υποβάθρου στις άκρες της 2Δ εδαφικής λεκάνης

Η παρασιτική κατακόρυφη γεωμορφική επιδείνωση $A_{v_{\max}}$ δεν έχει ανάγκη τροποποίησης, καθώς ο εκθέτης της επίδρασης του λ/H είναι μικρότερος υπονοώντας μικρότερη επίδραση του λ/H στη τιμή του $A_{v_{\max}}$.

Η οριζόντια και η κατακόρυφη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού που προτάθηκε από τον Παρασκευόπουλο (2014), συγκλίνει σε μεγάλο βαθμό με τα αποτελέσματα των αναλύσεων και της παρούσας εργασίας για τις περιπτώσεις που ο λόγος λ/H ήταν μεγαλύτερος του 0.67 και διατηρείται. (**Σχήμα 5.3a,b**).

(γ) «Ευρείες» (wide) τραπεζοειδείς κοιλάδες

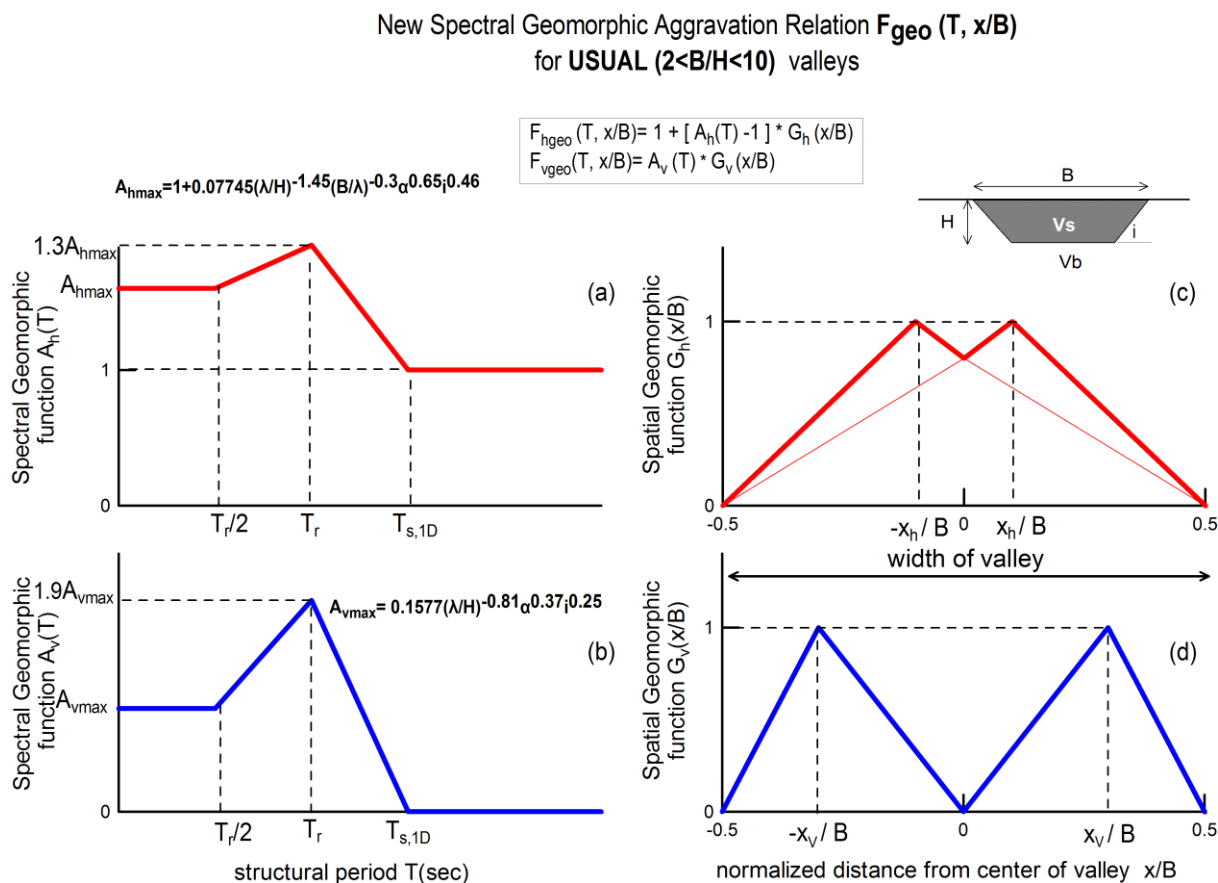
Σε αυτήν την κατηγορία προκύπτουν σημαντικές γεωμορφικές επιδεινώσεις μόνο στα άκρα της κοιλάδας. Οι ενισχύσεις αυτές καθορίζονται ποσοτικά κυρίως από τον λόγο λ/H . Στην περίπτωση των υψίσυχων διεγέρσεων οι επιδεινώσεις αυξάνουν. Η περίοδος γύρω και μέχρι την οποία λαμβάνουν χώρα σημαντικές ενισχύσεις είναι η δεσπόζουσα περίοδος της διέγερσης T_e . Σε περιόδους μεγαλύτερες από την $T_{s,1d}$ η απόκριση της κοιλάδας είναι ουσιαστικά μονοδιάστατη.

Στην παρούσα εργασία ως «ευρείες» (wide) θεωρούνται οι κοιλάδες που ικανοποιούν την σχέση $B/H \geq 10$ και η δεσπόζουσα περίοδος T_e είναι μικρότερη ή ίση με την ιδιοπερίοδο της εδαφικής στρώσης $T_{s,1d}$. Στην περίπτωση όπου η δεσπόζουσα περίοδος ταλάντωσης T_e είναι μεγαλύτερη από την ιδιοπερίοδο της μαλακής στρώσης εδάφους $T_{s,1d}$ τότε ουσιαστικά η απόκριση της κοιλάδας είναι μονοδιάστατη. Οι ενισχύσεις λόγω της γεωμετρίας κοιλάδας είναι πάρα πολύ μικρές έως αμελητέες, συμβαίνουν στα άκρα της και μόνο σε περιόδους μικρότερες της $T_{s,1d}$. Τούτο είναι αναμενόμενο, καθώς το δεσπόζον μήκος διατμητικού κύματος λ είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με το πάχος H της λεκάνης και ουσιαστικά η ταλάντωση δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη της κοιλάδας. Δύναται να μην ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς, ωστόσο για λόγους πληρότητας προτείνονται και για την περίπτωση αυτή συντελεστές γεωμορφικής ενίσχυσης (**Σχήμα 5.4**). Υπόκειται στον χρήστη θεώρηση ή όχι των συντελεστών για την περίπτωση ετούτη, αλλά θεωρείται αναγκαία μόνο αν $Ah_{\max} > 1.1$ ή αν το $A_{v_{\max}} > 0.1$, αντίστοιχα.

Για τις «ευρείες» (wide) κοιλάδες με $T_e \leq T_{s,1d}$ η υπάρχουσα χωρική περιβάλλουσα της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης εφαρμόζει εξαιρετικά στα αποτελέσματα των αναλύσεων (**Σχήμα 5.3c**), ενώ για την κατακόρυφη συνιστώσα αντιμετωπίστηκε παρόμοια απόκλιση με αυτή που αναφέρθηκε στην κατηγορία των «συνήθων» (usual) τραπεζοειδών κοιλάδων για τις θέσεις μεταξύ της θέσης εμφάνισης της μέγιστης παρασιτικής κατακόρυφης

γεωμορφικής επιδείνωσης x_v/B και του κέντρου της κοιλάδας και έτσι προτείνεται το **Σχήμα 5.3d**.

Για τις περιπτώσεις της οριζόντιας και κατακόρυφης φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης σχεδιασμού δεν προτείνεται καμία διαφοροποίηση σε σχέση με τους συντελεστές επιδείνωσης όπως προτάθηκαν από τον Παρασκευόπουλου (**Σχήμα 5.3 a,b**), και οι διαφοροποιήσεις υπάρχουν μόνο για τις «μονοδιάστατες» κοιλάδες όπου αντί για τα **Σχήματα 5.3 (a,b)** προτείνονται τα **Σχήματα 5.4 (a,b)**

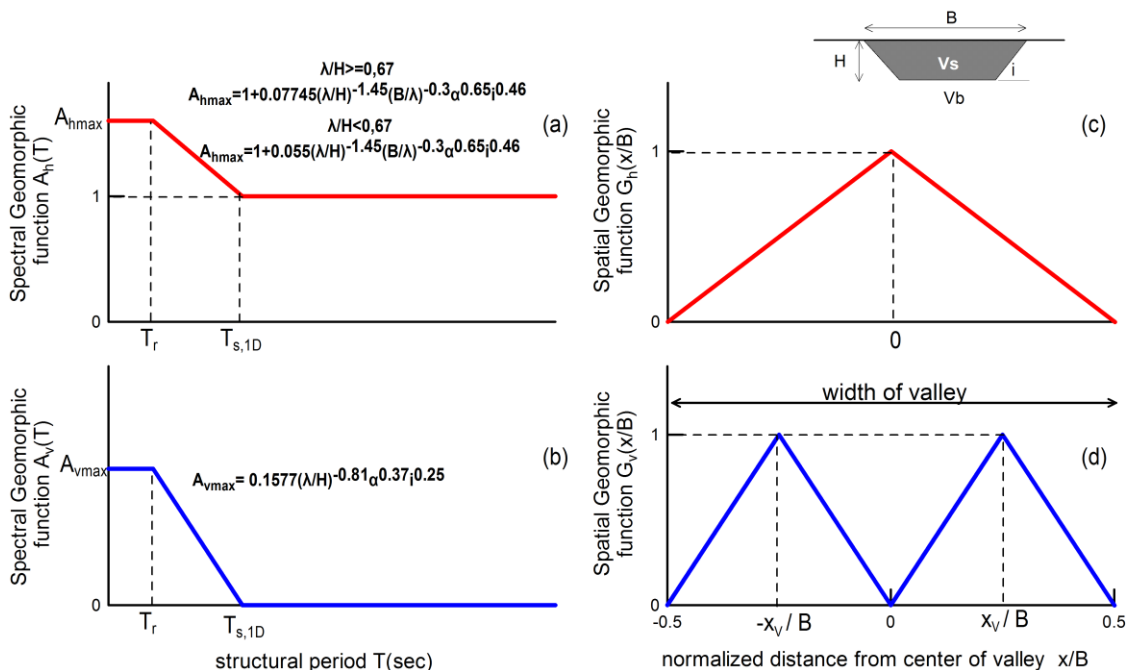


Σχήμα 5.1: Συναρτήσεις $A_h(T)$ (σχήμα a), $A_v(T)$ (σχήμα b) και συναρτήσεις $G_h(x/B)$ (σχήμα c) και $G_v(x/B)$ (σχήμα d) για «συνήθεις» τραπεζοειδείς κοιλάδες.

New Spectral Geomorphic Aggravation Relation $F_{geo}(T, x/B)$
for **NARROW** ($B/H \leq 2$) valleys

$$F_{hgeo}(T, x/B) = 1 + [A_h(T) - 1] \cdot G_h(x/B)$$

$$F_{vgeo}(T, x/B) = A_v(T) \cdot G_v(x/B)$$

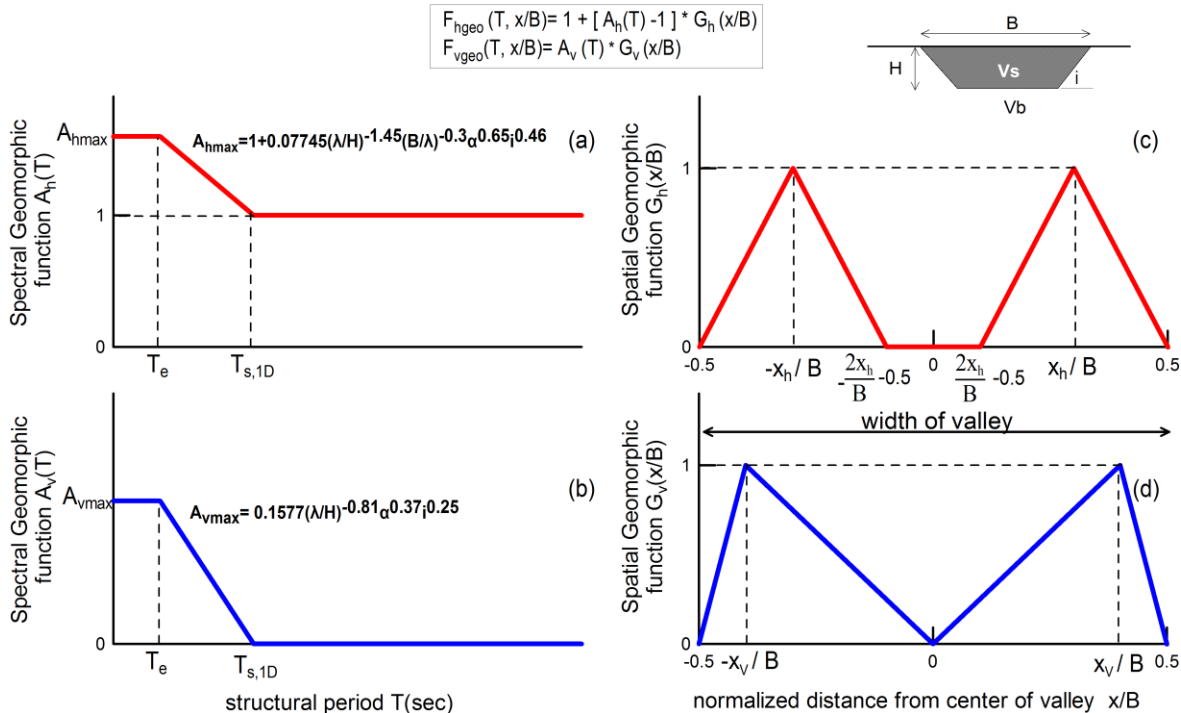


Σχήμα 5.2: Συναρτήσεις $A_h(T)$ (σχήμα a), $A_v(T)$ (σχήμα b) και συναρτήσεις $G_h(x/B)$ (σχήμα c) και $G_v(x/B)$ (σχήμα d) για «στενές» κοιλάδες.

New Spectral Geomorphic Aggravation Relation $F_{geo}(T, x/B)$
for **WIDE** ($B/H \geq 10$) valleys
when $T_e \leq T_{s,1d}$ (usual case)

$$F_{hgeo}(T, x/B) = 1 + [A_h(T) - 1] \cdot G_h(x/B)$$

$$F_{vgeo}(T, x/B) = A_v(T) \cdot G_v(x/B)$$

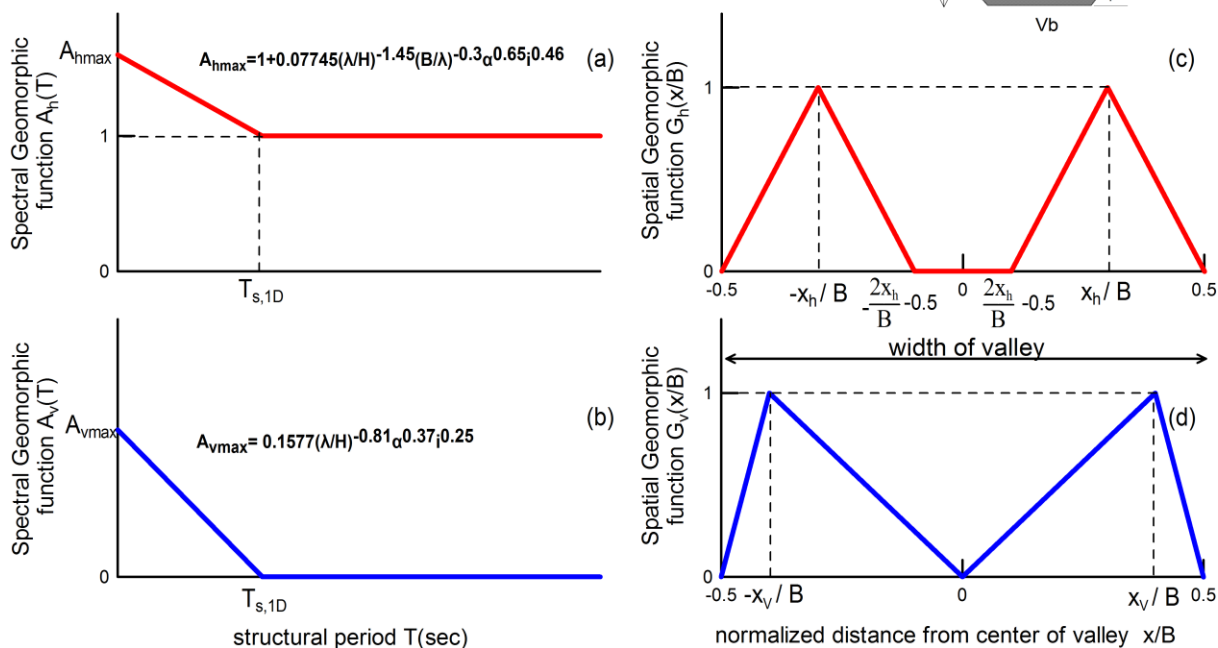
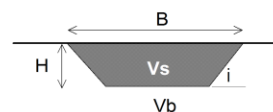


Σχήμα 5.3: Συναρτήσεις $A_h(T)$ (σχήμα a), $A_v(T)$ (σχήμα b) και συναρτήσεις $G_h(x/B)$ (σχήμα c) και $G_v(x/B)$ (σχήμα d) για «ευρείες» (wide) κοιλάδες $T_e \geq T_{s,1d}$.

**New Spectral Geomorpic Aggravation Relation $F_{geo}(T, x/B)$
for **WIDE** ($B/H \geq 10$) valleys
when , $T_e > T_{s,1d}$ (unusual case)**

$$F_{hgeo}(T, x/B) = 1 + [A_h(T) - 1] * G_h(x/B)$$

$$F_{vgeo}(T, x/B) = A_v(T) * G_v(x/B)$$

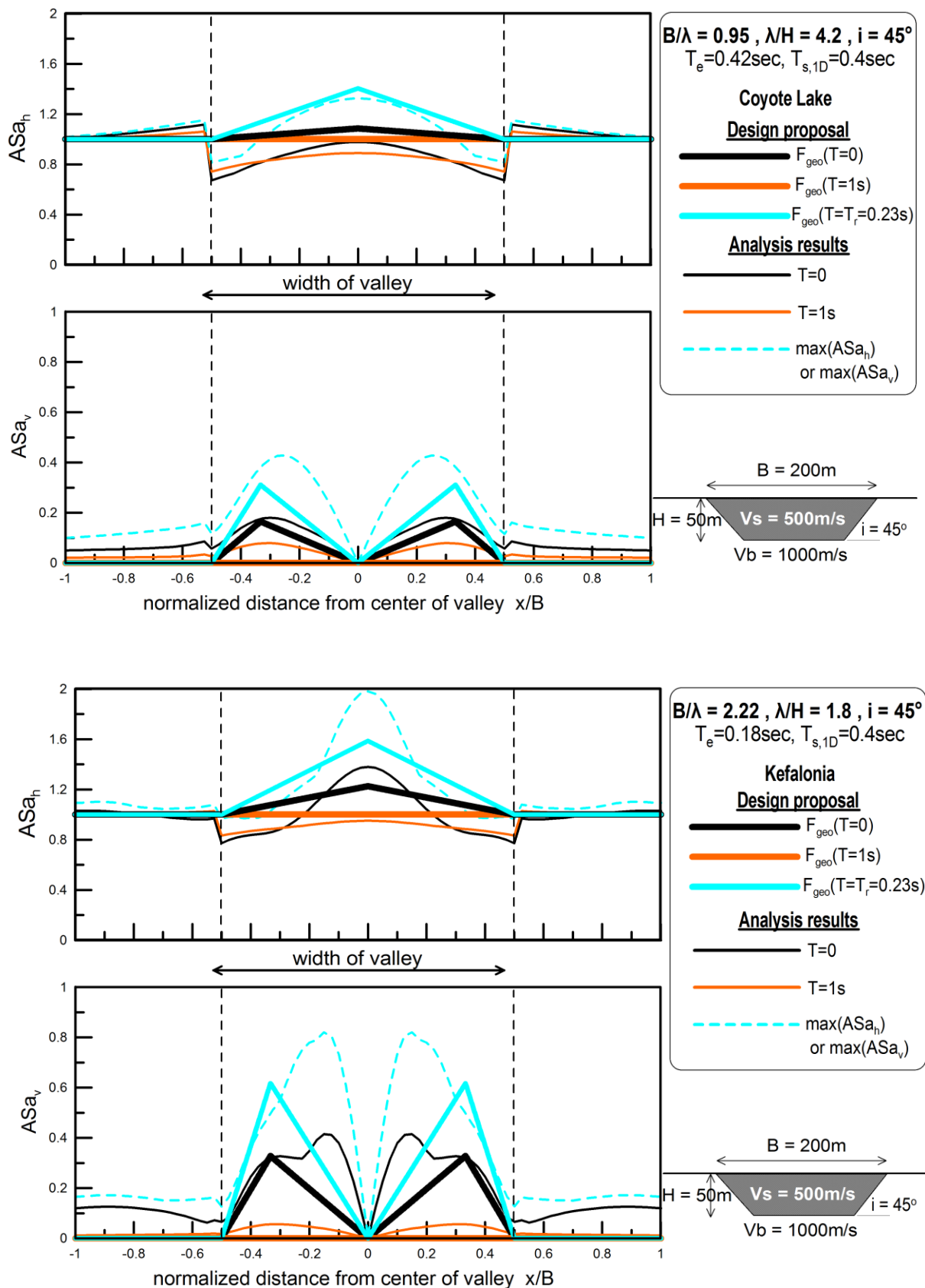


Σχήμα 5.4: Συναρτήσεις $A_h(T)$ (σχήμα a), $A_v(T)$ (σχήμα b) και συναρτήσεις $G_h(x/B)$ (σχήμα c) και $G_v(x/B)$ (σχήμα d) για «ευρείες» (wide) κοιλάδες όταν $T_e < T_{s,1d}$.

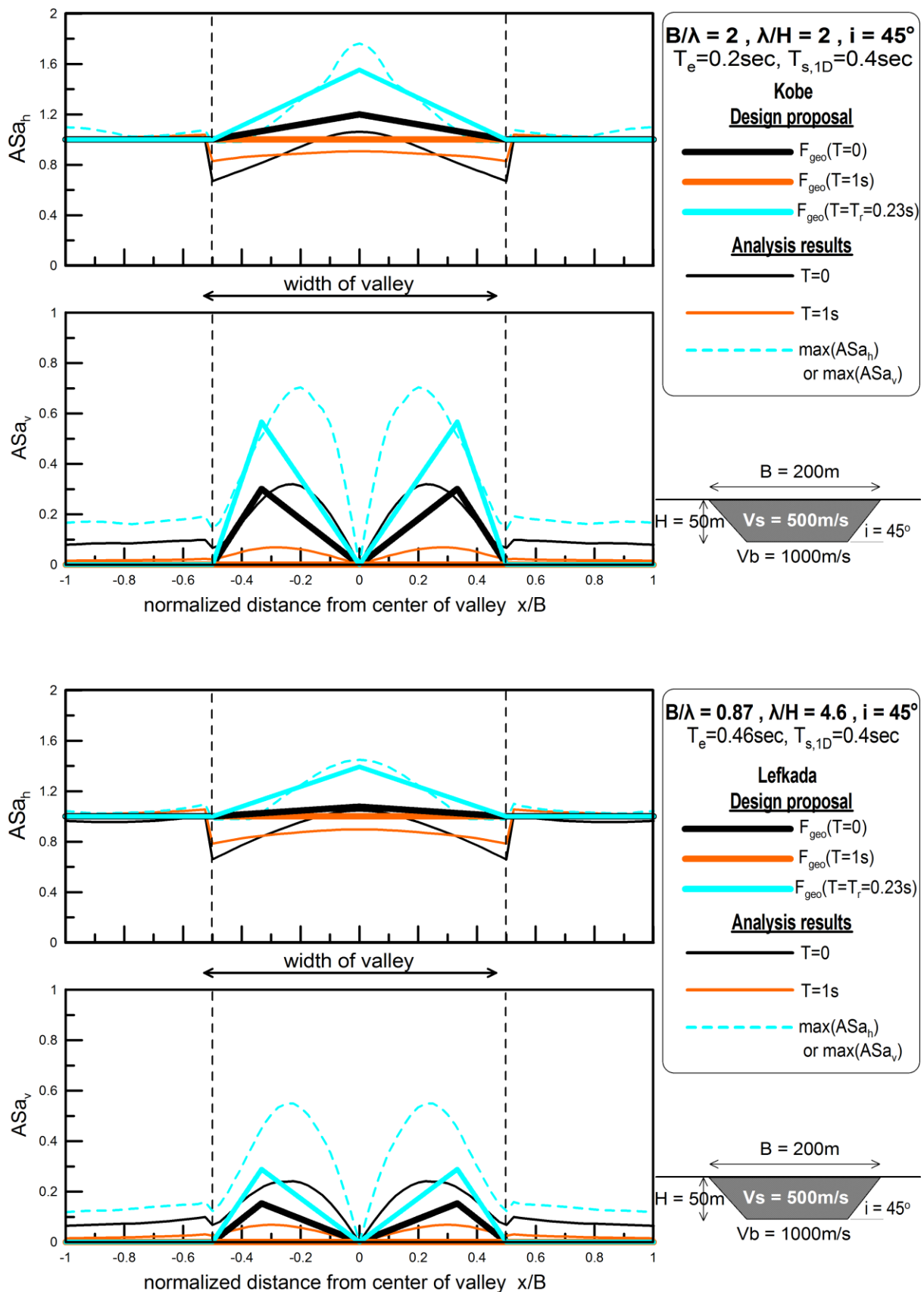
5.3: ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

Στα παρακάτω σχήματα προκύπτει ικανοποιητική ακρίβεια από την σύγκριση αριθμητικών αποτελεσμάτων τους συντελεστές F_{geo} αρχικά σε σχέση με την χωρική διαφοροποίηση της γεωμορφικής ενίσχυσης για περιόδους $T=0\text{sec}$, $T=1\text{sec}$ και $T=Tr$ και στην συνέχεια για το ελαστικό φάσμα απόκρισης για την θέση όπου εμφανίζεται η μέγιστη γεωμορφική ενίσχυση και για άλλα χαρακτηριστικά σημεία της κοιλάδας. Αυτό γίνεται και για τις δέκα διεγέρσεις. Και η σύγκριση γίνεται επί βάση διαφορετικών χρωμάτων, όπου η ελαφρού πάχους γραμμή υποδηλώνει την αριθμητική ανάλυση και η παχύτερη συνεχής την πρόβλεψη επί τη βάση των νέων Συντελεστών Γεωμορφικής Επιδείνωσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά κατηγορία κοιλάδας: Αρχικά οι «συνήθεις» (Σχήματα 5.5-5.14) , ακολούθως οι «στενές» (Σχήματα 5.15-5.24) και τέλος οι «ευρείες» (Σχήματα 5.25-5.34).

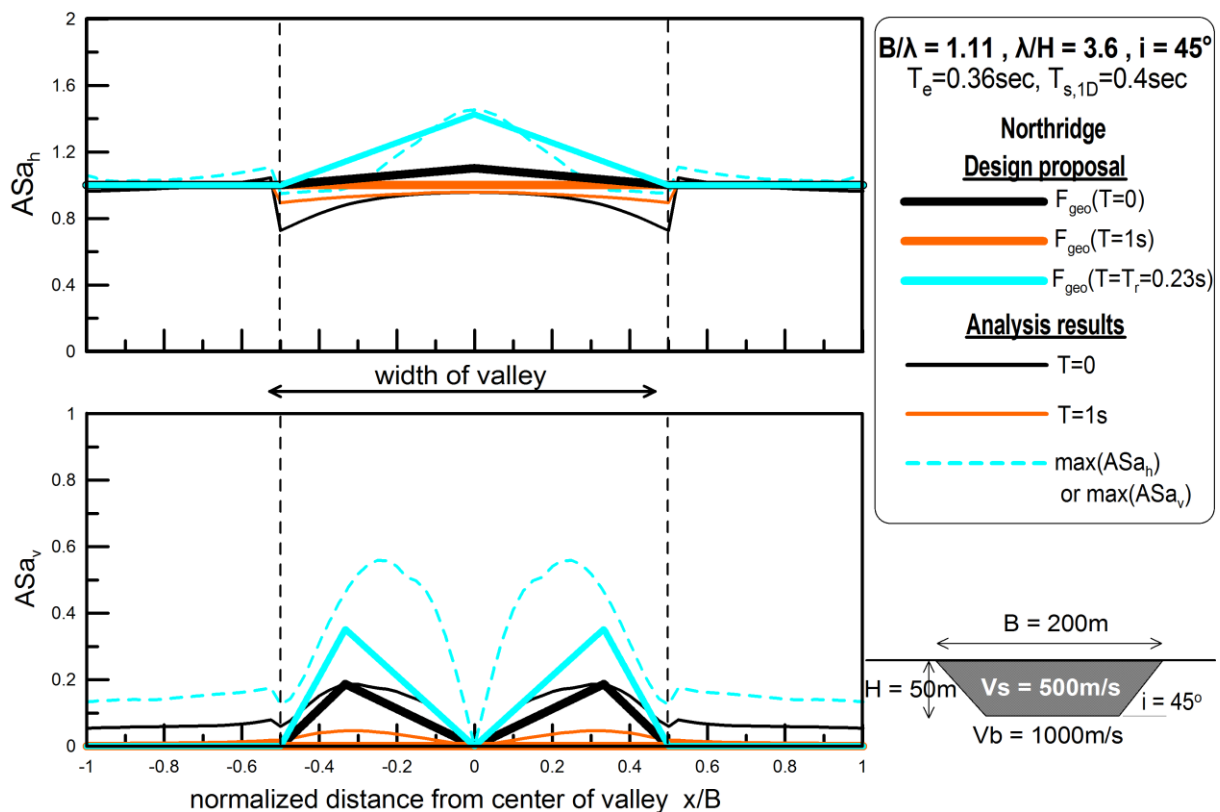
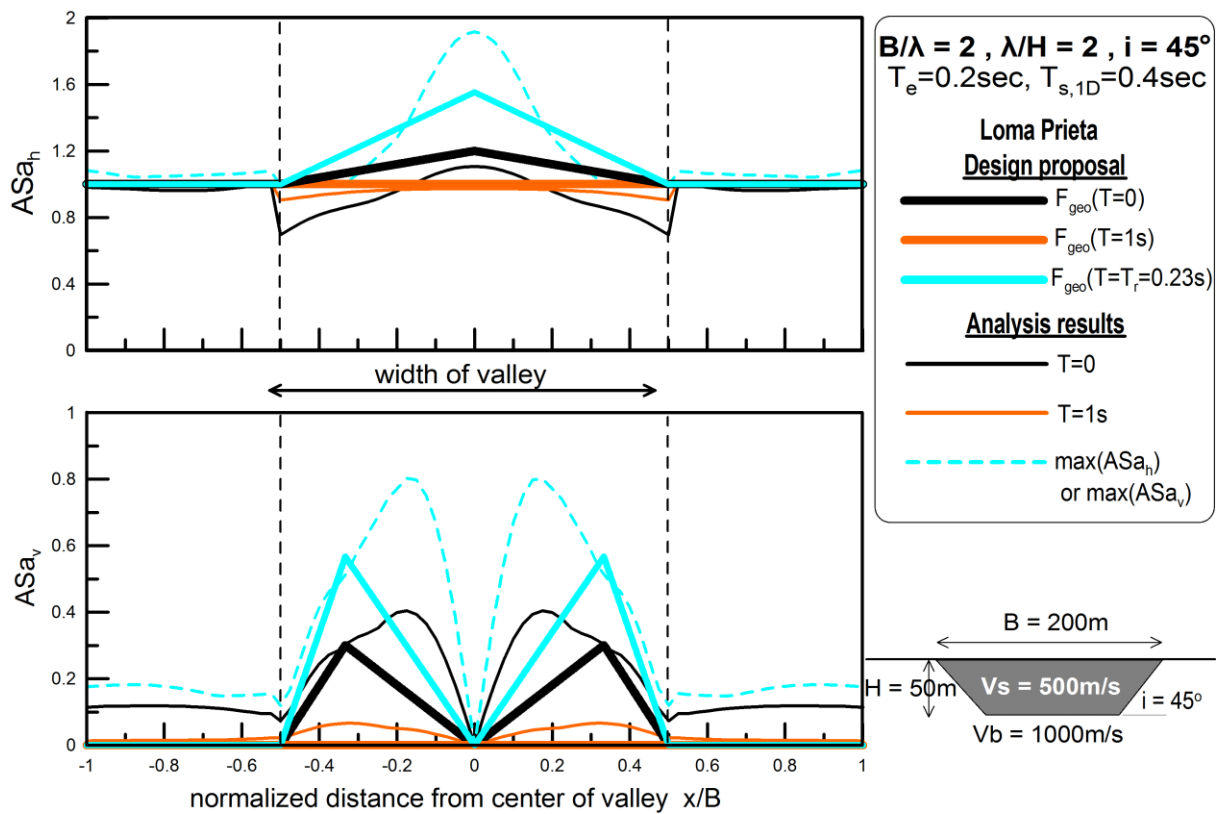
«ΣΥΝΗΘΕΙΣ» (USUAL) ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΕΙΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ



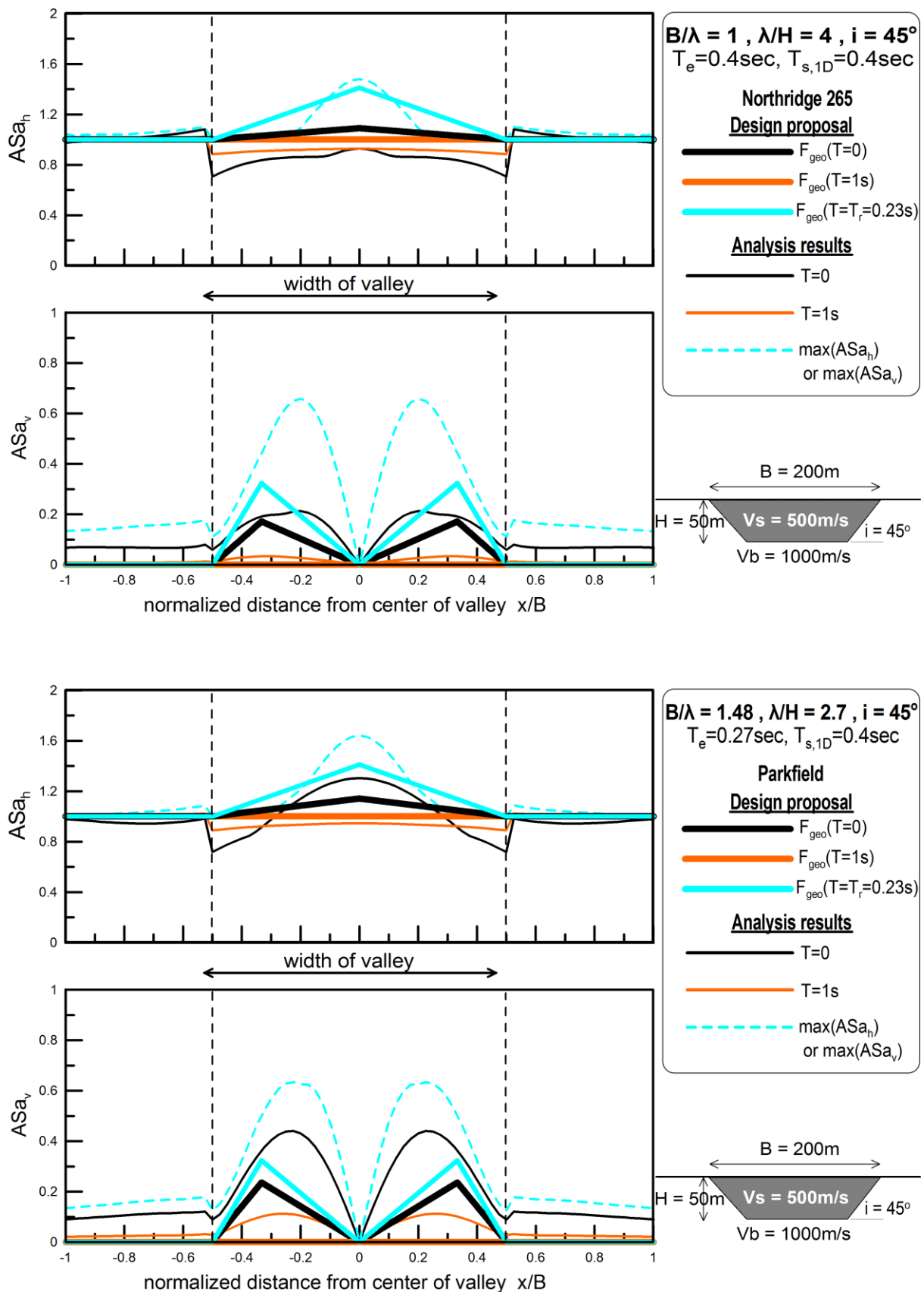
Σχήμα 5.5: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0, 1\text{sec}$ και $T=T_r=0.23\text{sec}$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a,b) και Kefalonia (c,d).



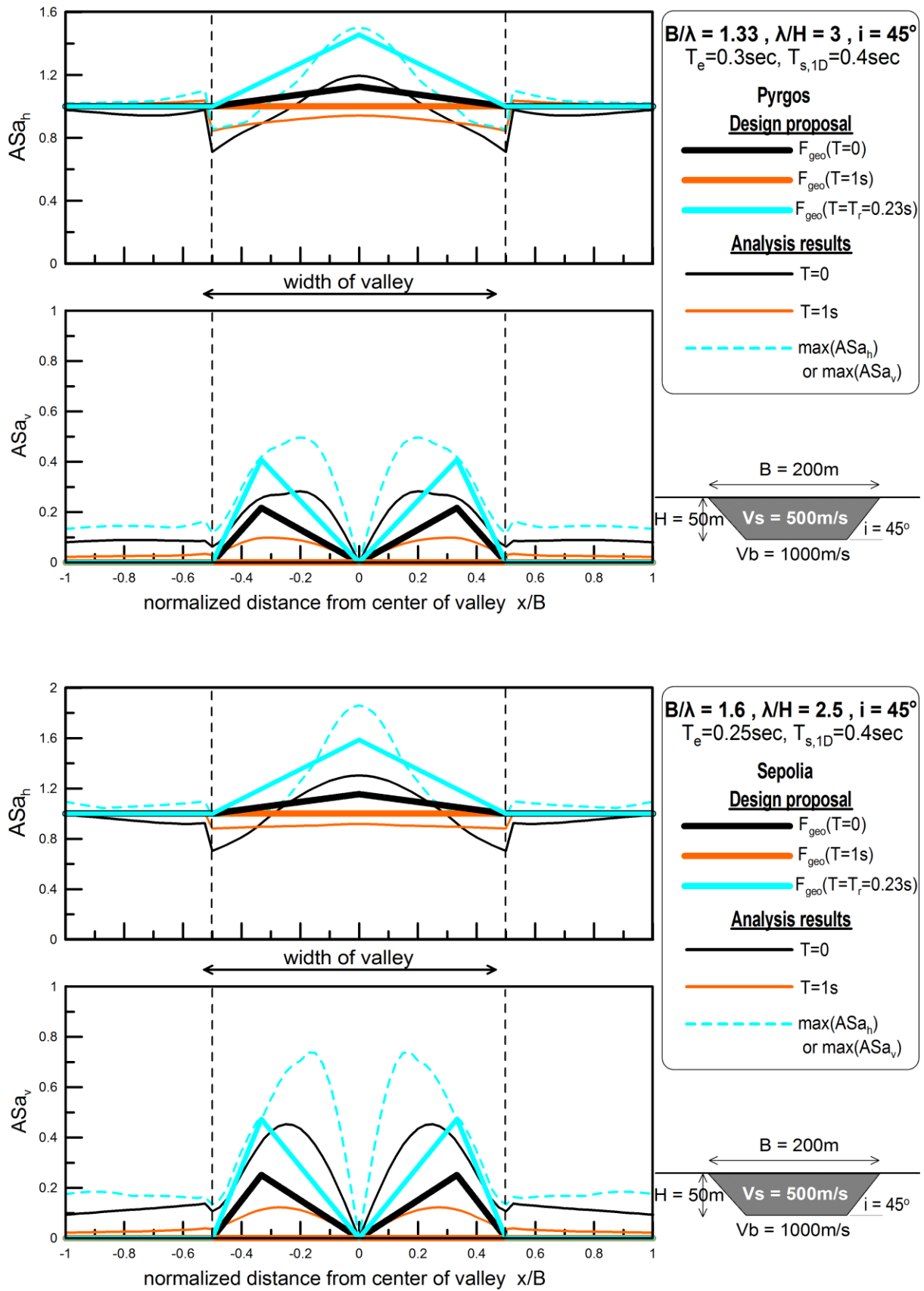
Σχήμα 5.6: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0, 1\text{sec}$ και $T=T_r=0.23\text{sec}$ εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a,b) και Lefkada (c,d).



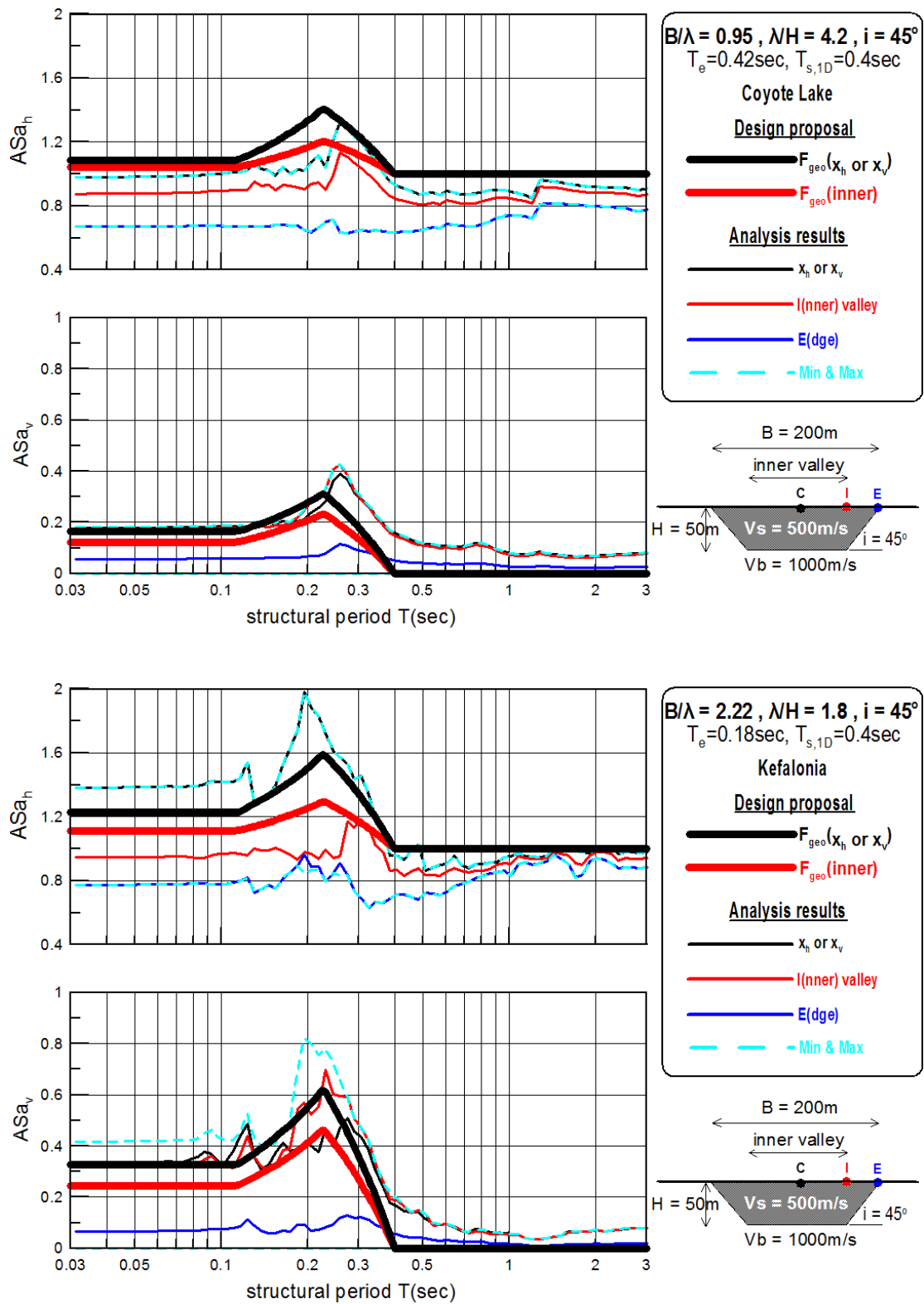
Σχήμα 5.7: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0, 1\text{sec}$ και $T=T_r=0.23\text{sec}$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονιοιστορίες Loma Prieta (a,b) και Northridge (c,d).



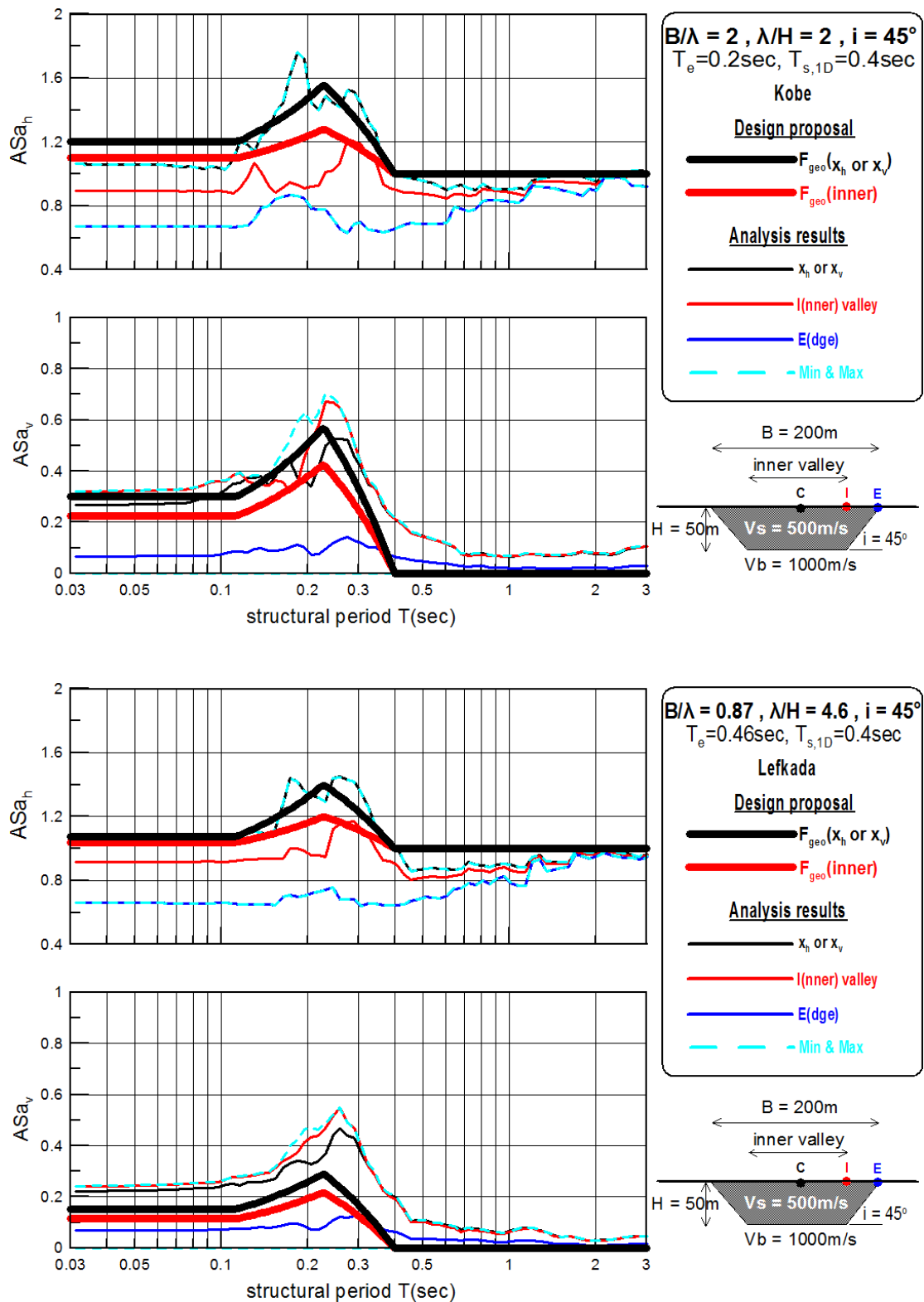
Σχήμα 5.8: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0, 1\text{sec}$ και $T=T_r=0.23\text{sec}$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a,b) και Parkfield (c,d).



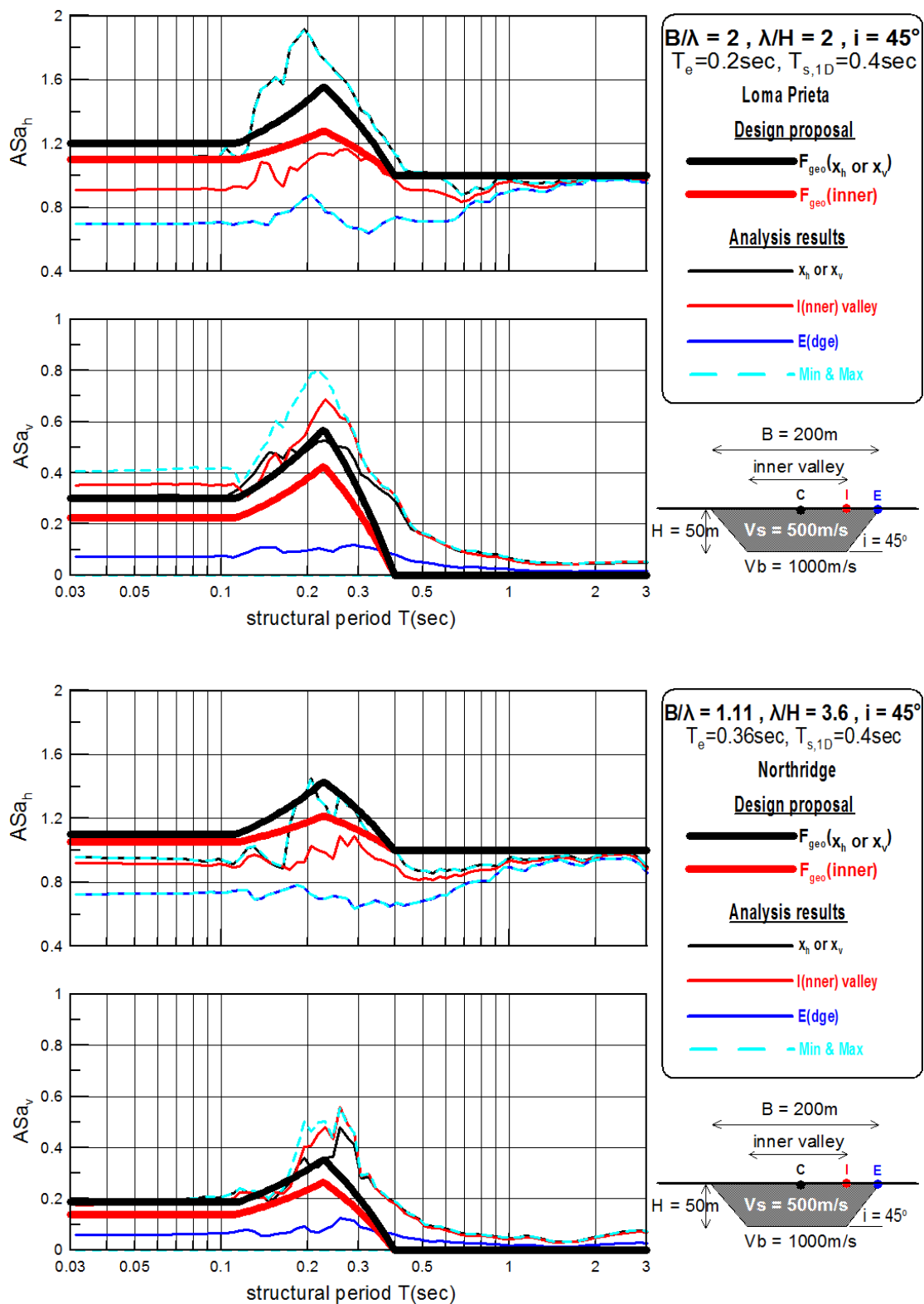
Σχήμα 5.9: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$, 1sec και $T=T_r=0.23\text{sec}$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονιοιστορίες Pyrgos (a,b) και Sepolia (c,d).



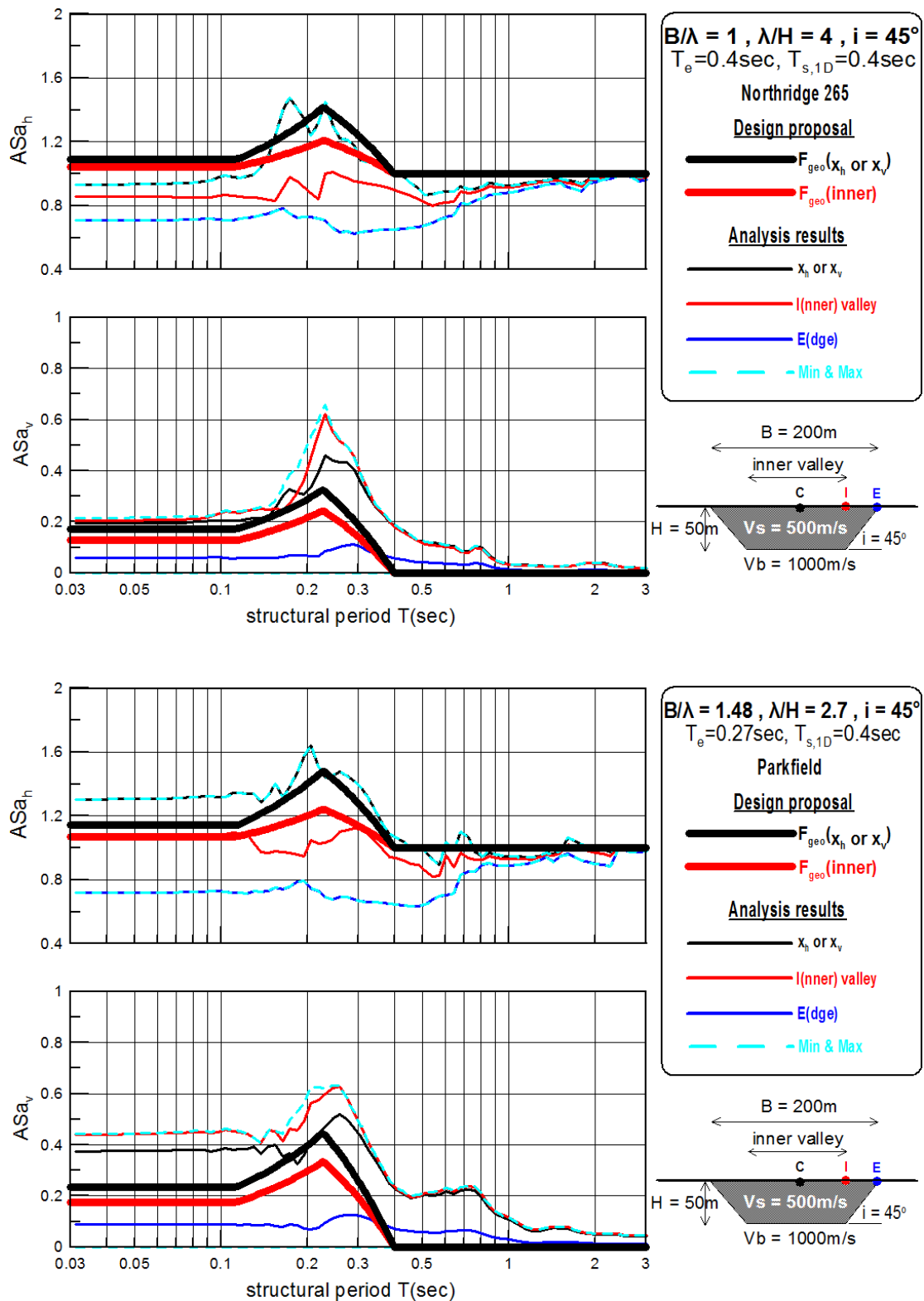
Σχήμα 5.10: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a,b) και Kefalonia (c,d).



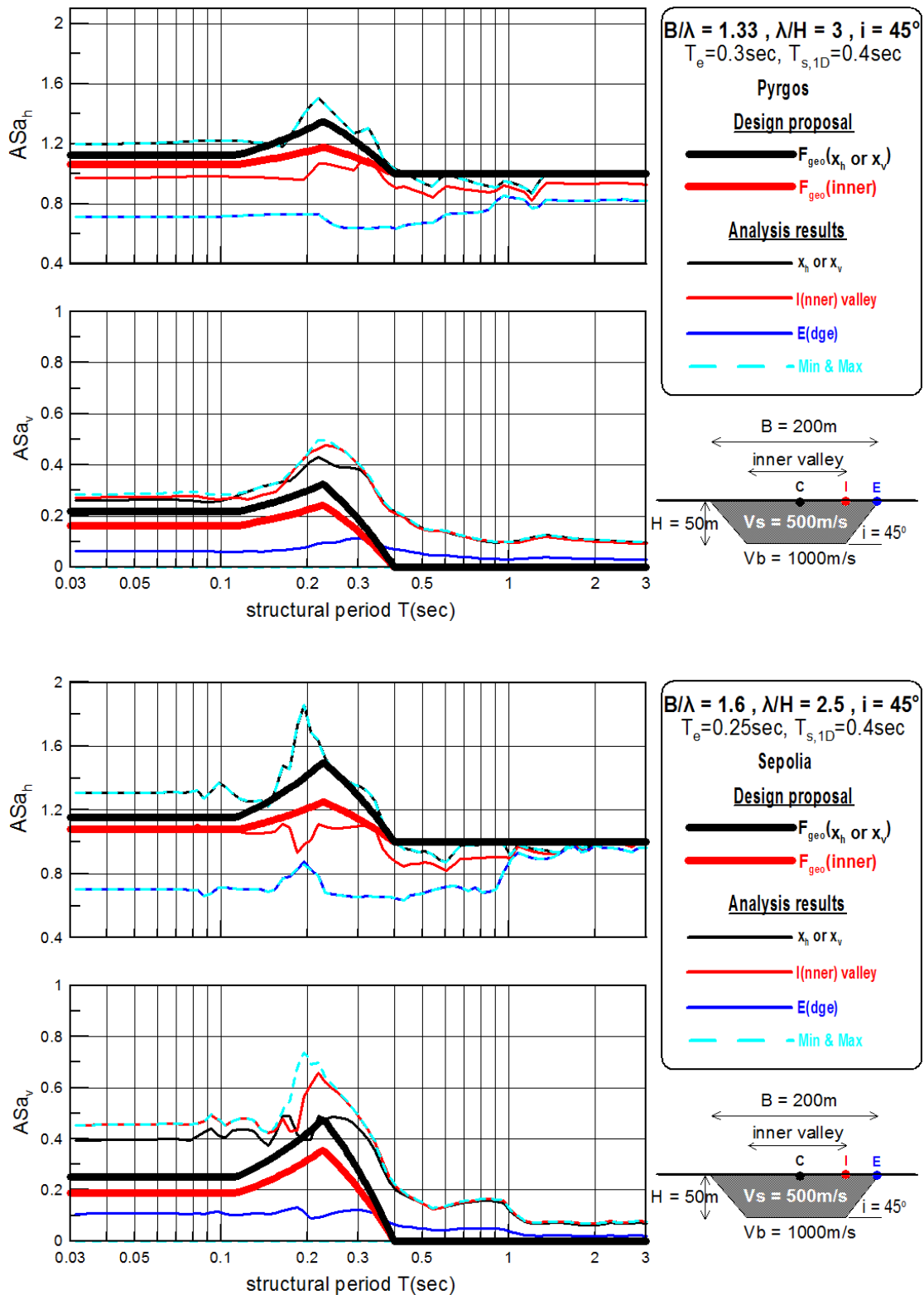
Σχήμα 5.11: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a,b) και Lefkada (c,d).



Σχήμα 5.12: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a,b) και Northridge (c,d).

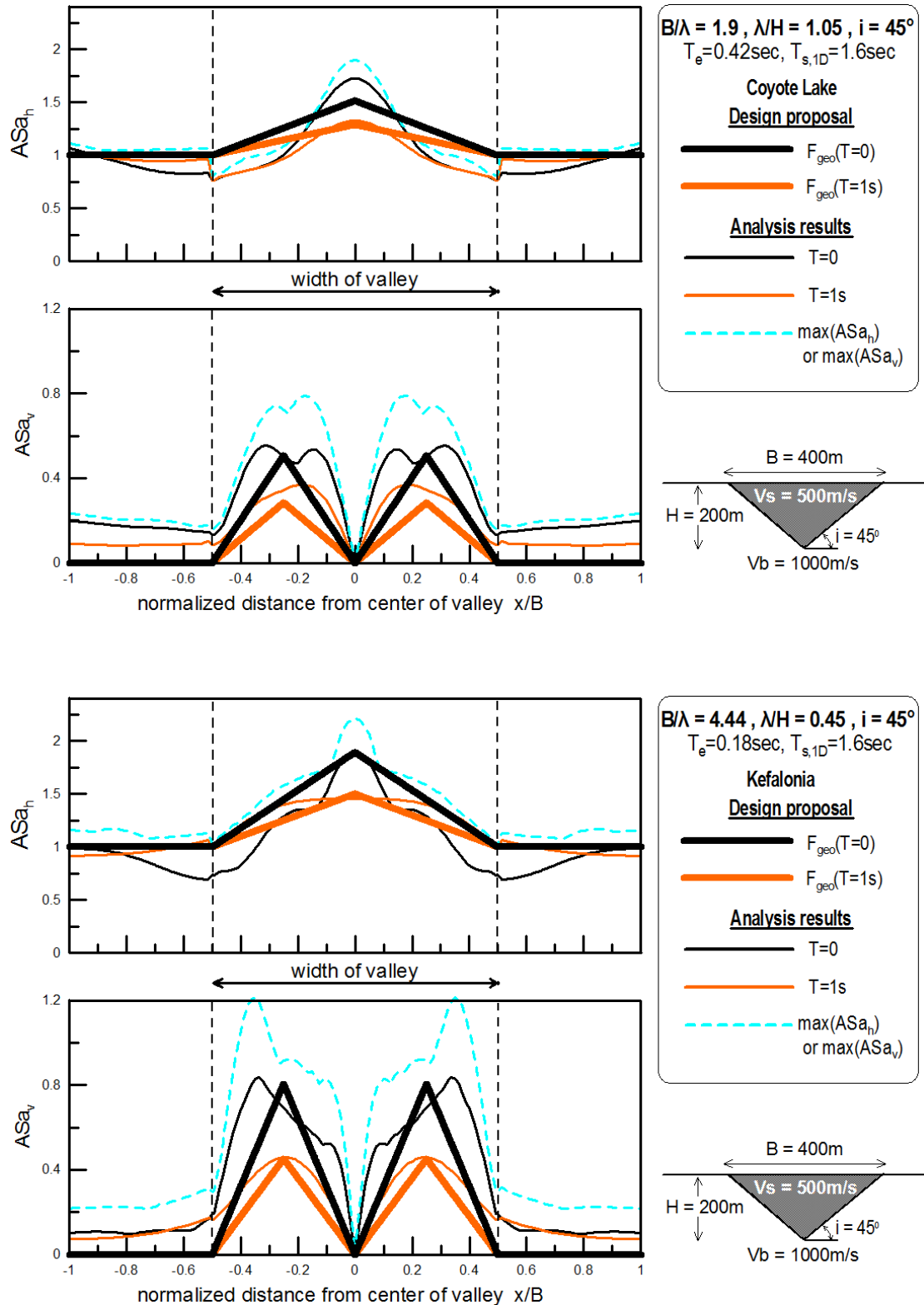


Σχήμα 5.13: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονιότητες Northridge265 (a,b) και Parkfield (c,d).

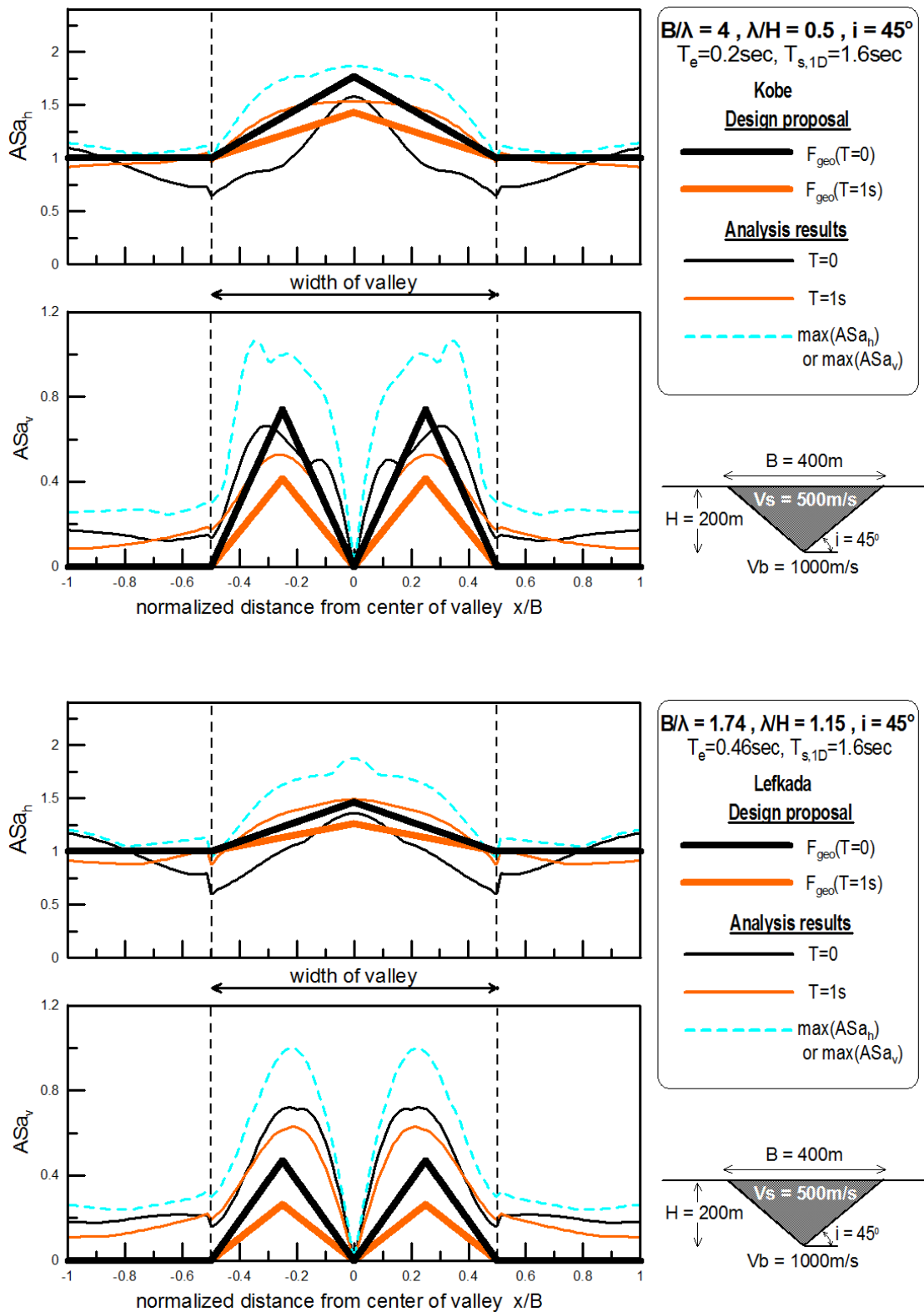


Σχήμα 5.14: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a,b) και Sepolia (c,d).

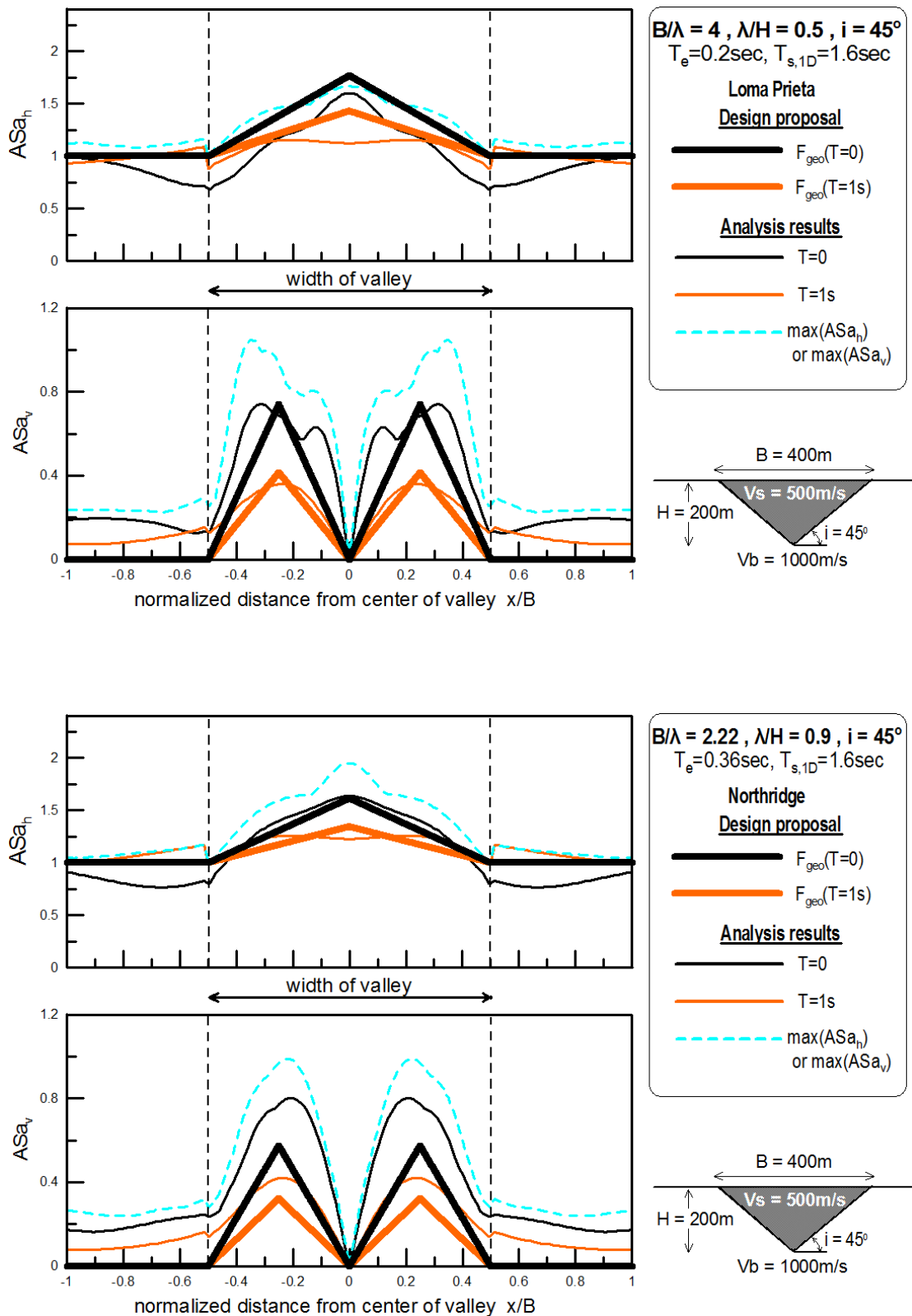
«ΣΤΕΝΕΣ» (NARROW) ΚΟΙΛΑΔΕΣ



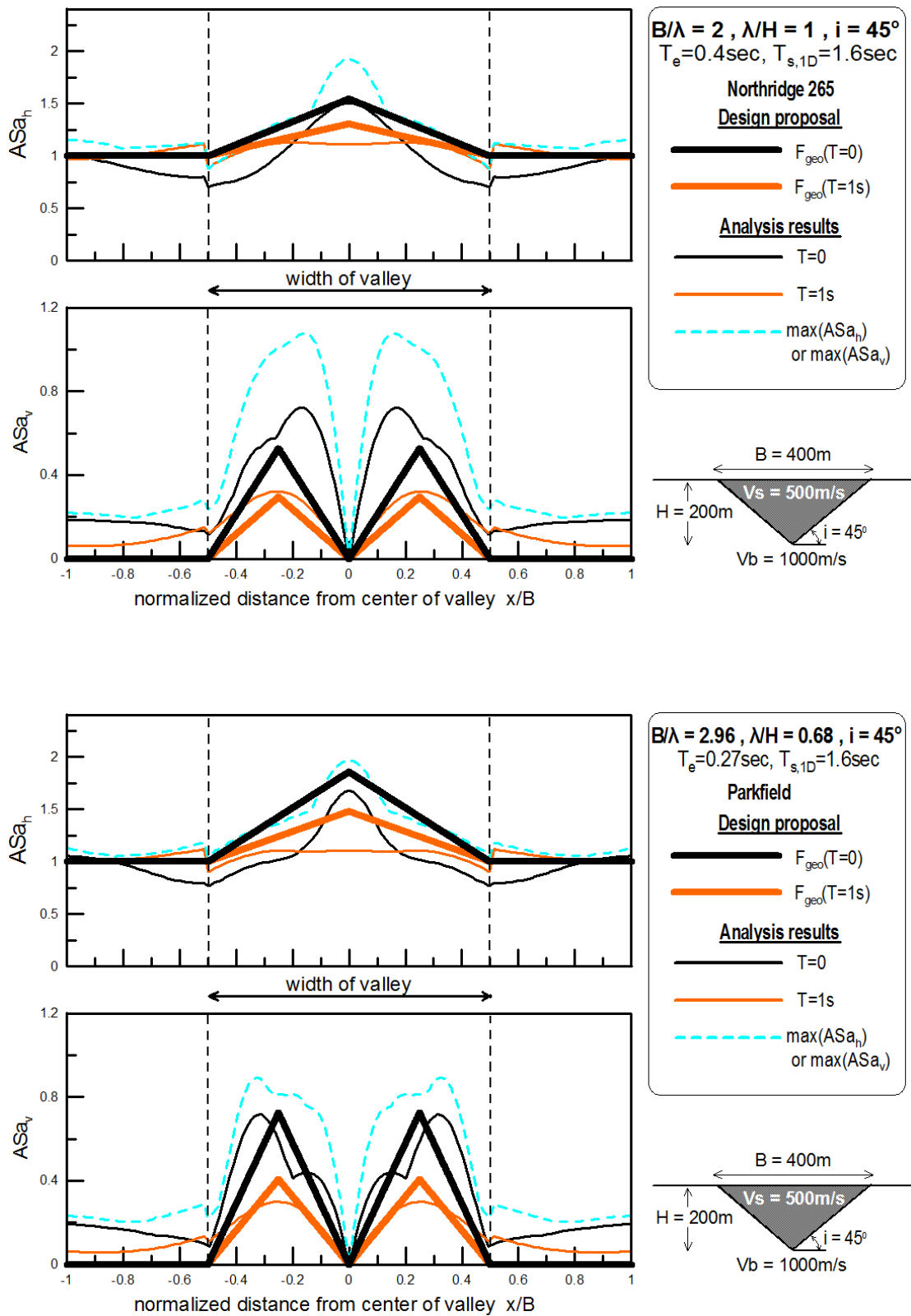
Σχήμα 5.15: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1sec$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονιότητες Coyote Lake (a,b) και Kefalonia (c,d).



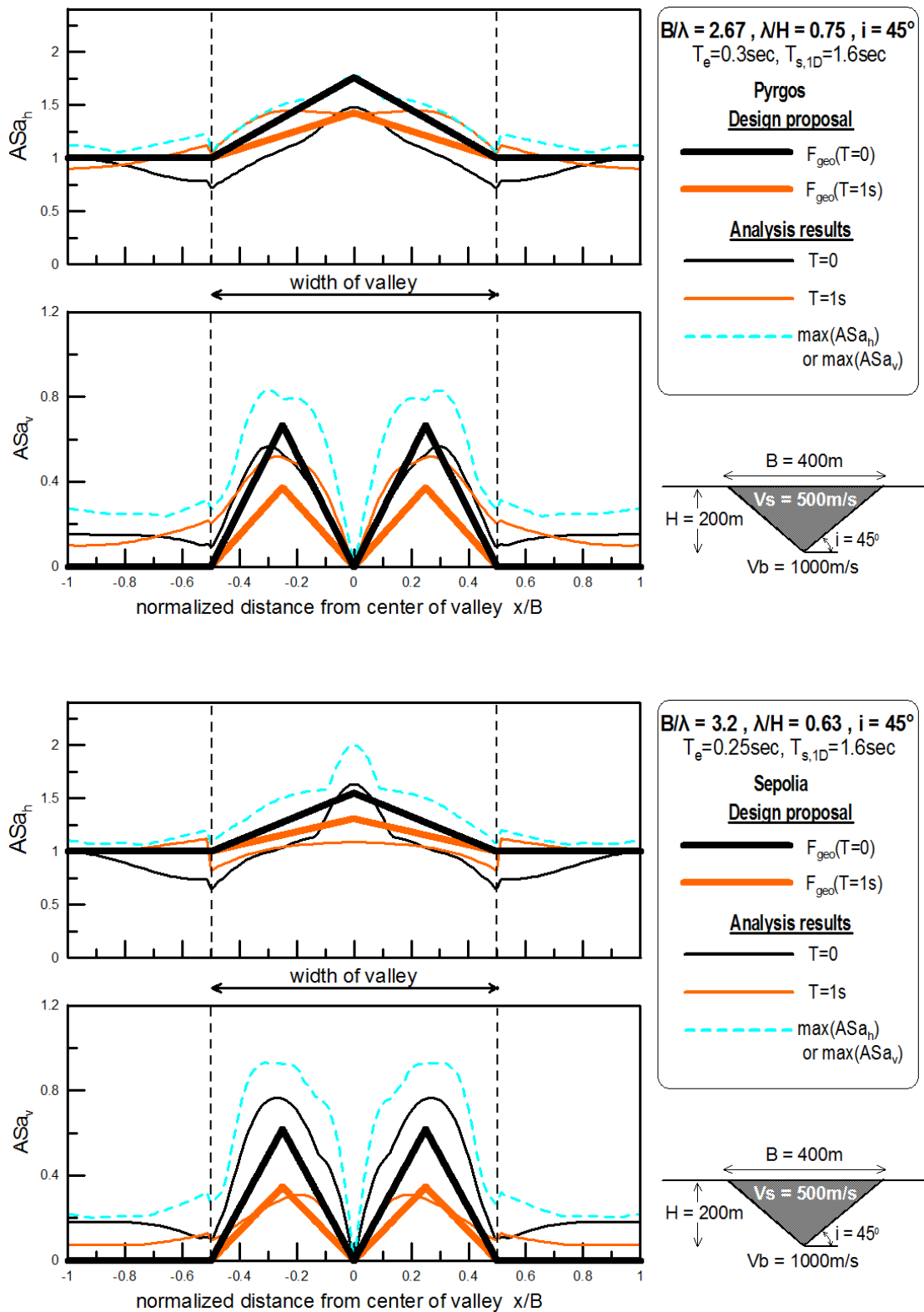
Σχήμα 5.16: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονιότητες Kobe (a,b) και Lefkada (c,d).



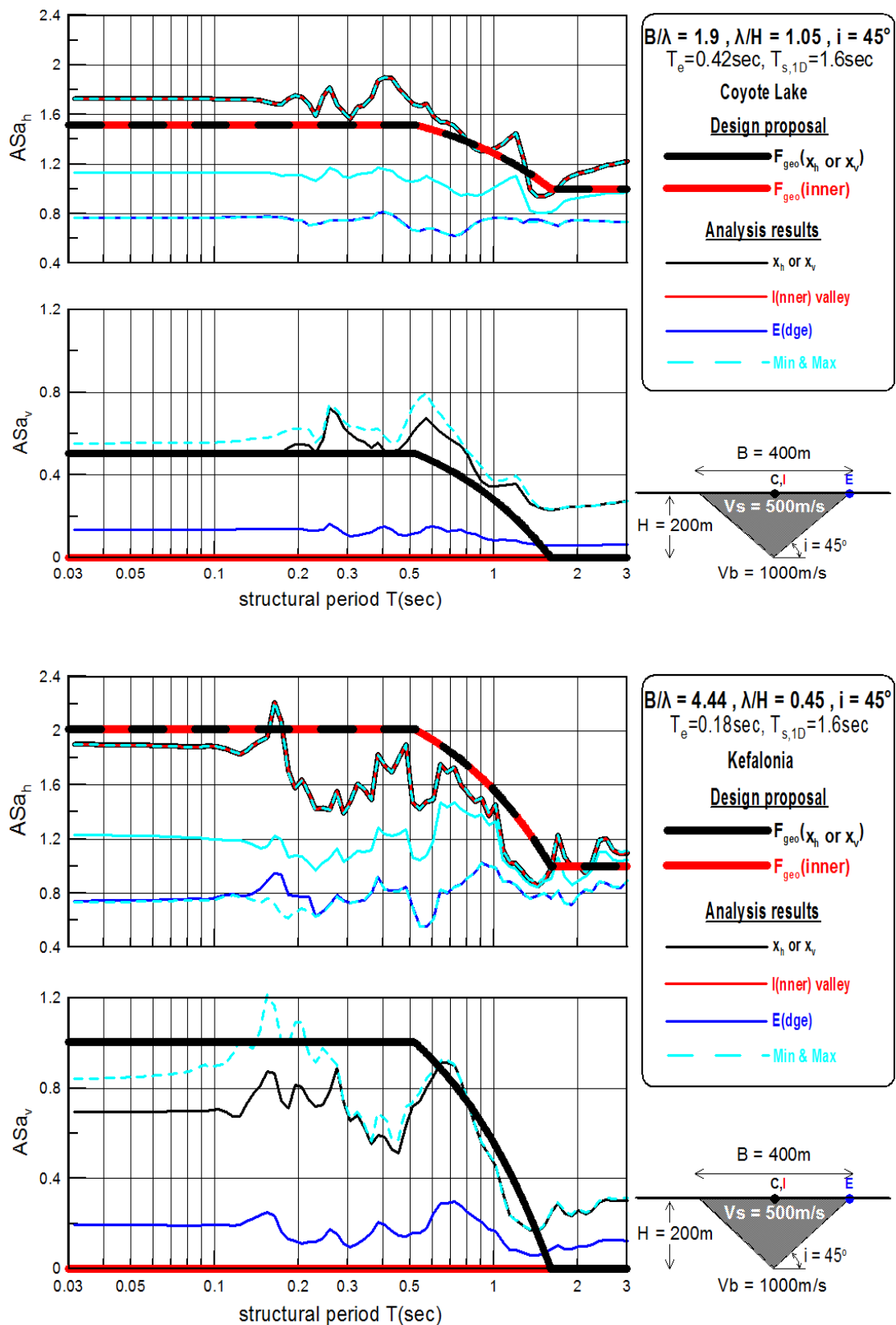
Σχήμα 5.17: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονιοστορίες Loma Prieta (a,b) και Northridge (c,d).



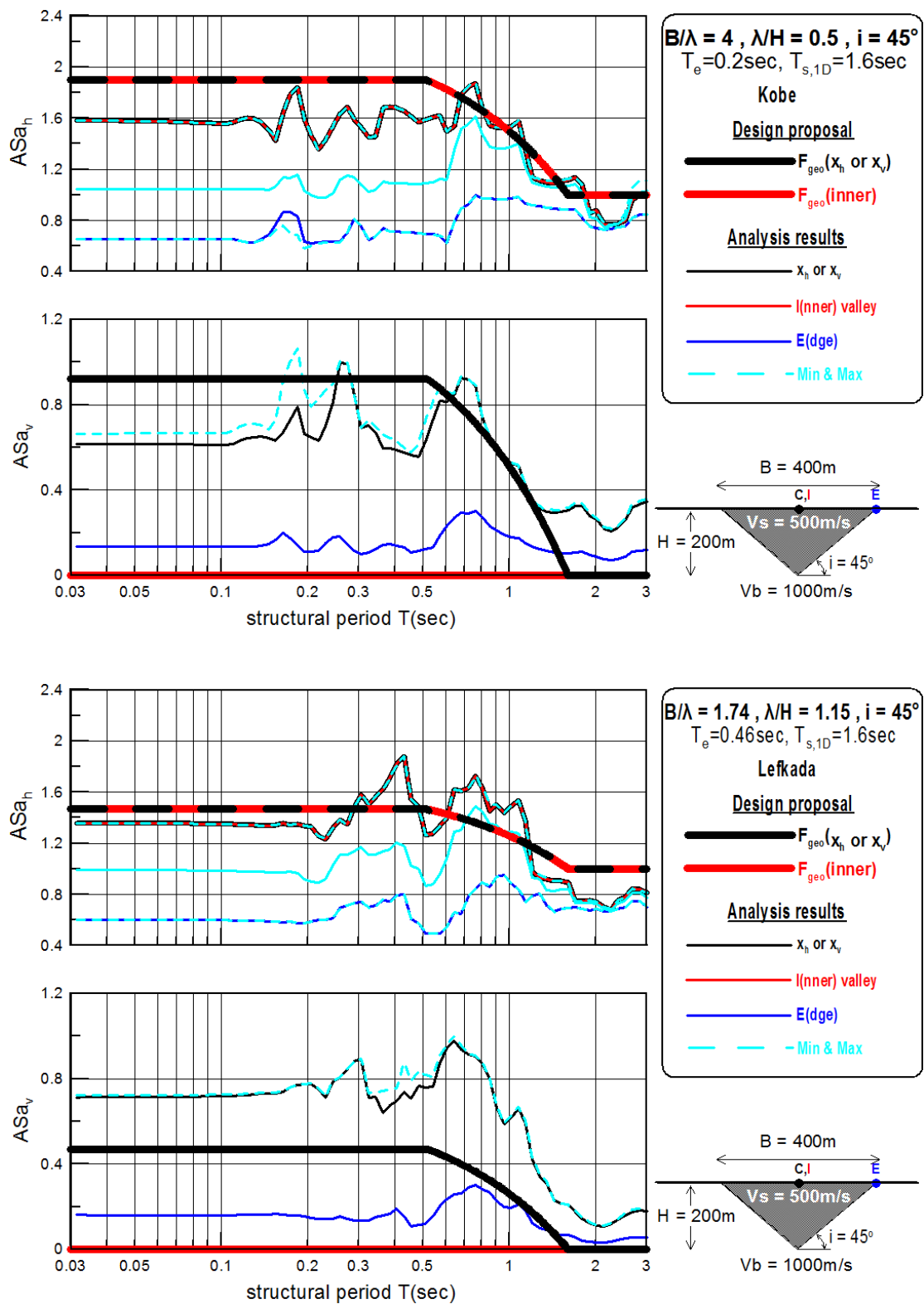
Σχήμα 5.18: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονιοστορίες Northridge265 (a,b) και Parkfield (c,d).



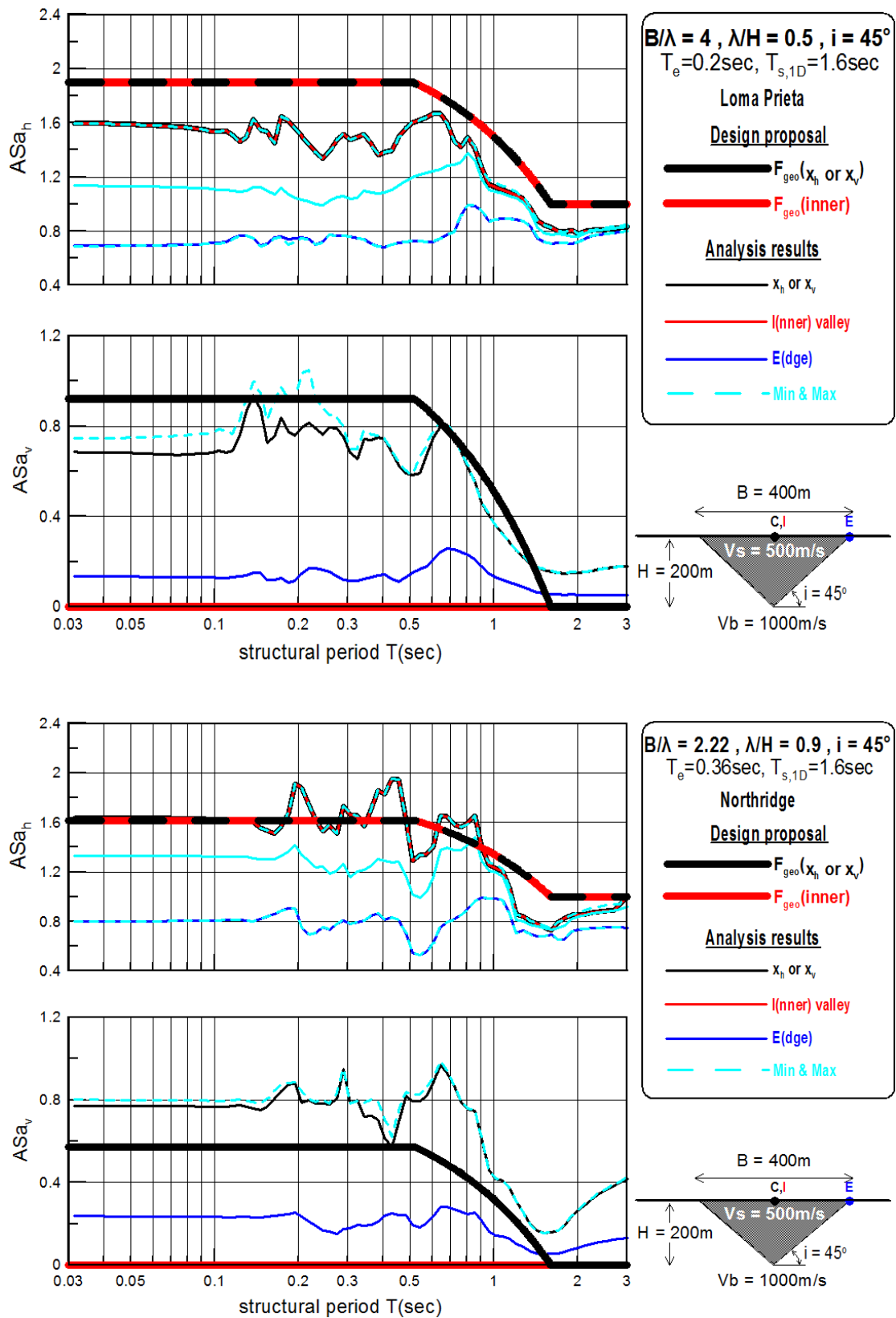
Σχήμα 5.19: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονιότητες Pyrgos (a,b) και Sepolia (c,d).



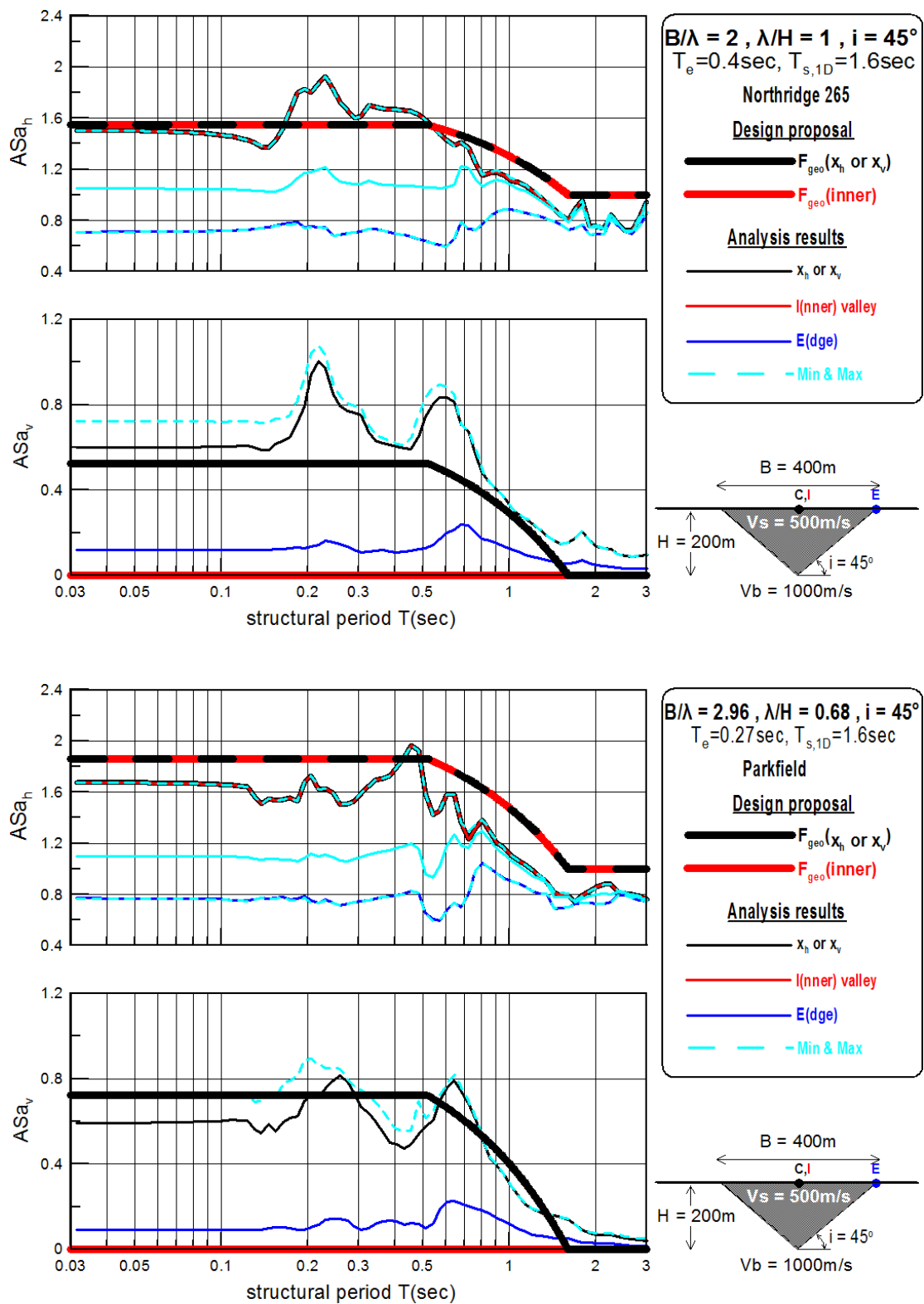
Σχήμα 5.20: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a,b) και Kefalonia (c,d).



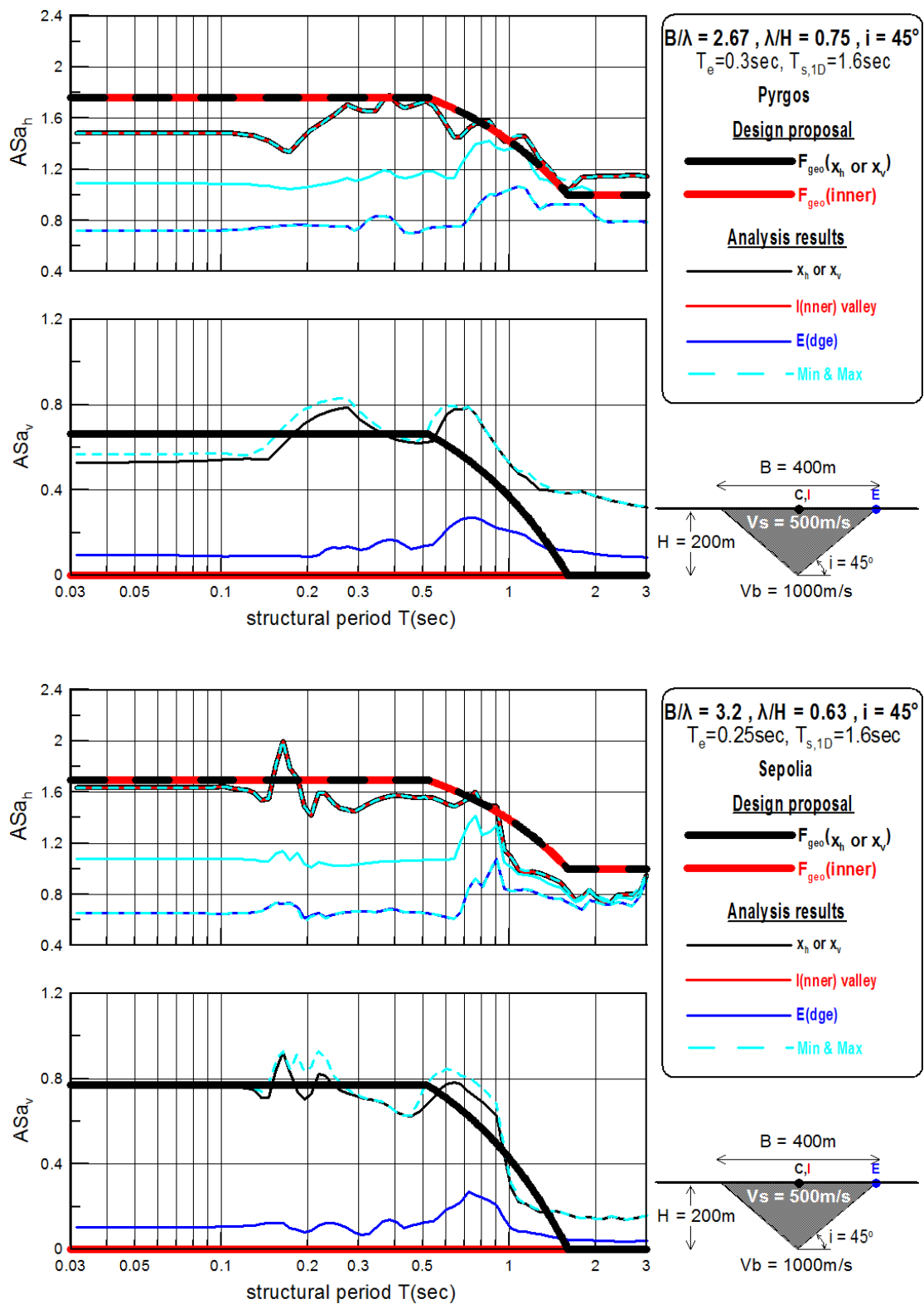
Σχήμα 5.21: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοιστορίες Kobe (a,b) και Lefkada (c,d).



Σχήμα 5.22: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a,b) και Northridge (c,d).

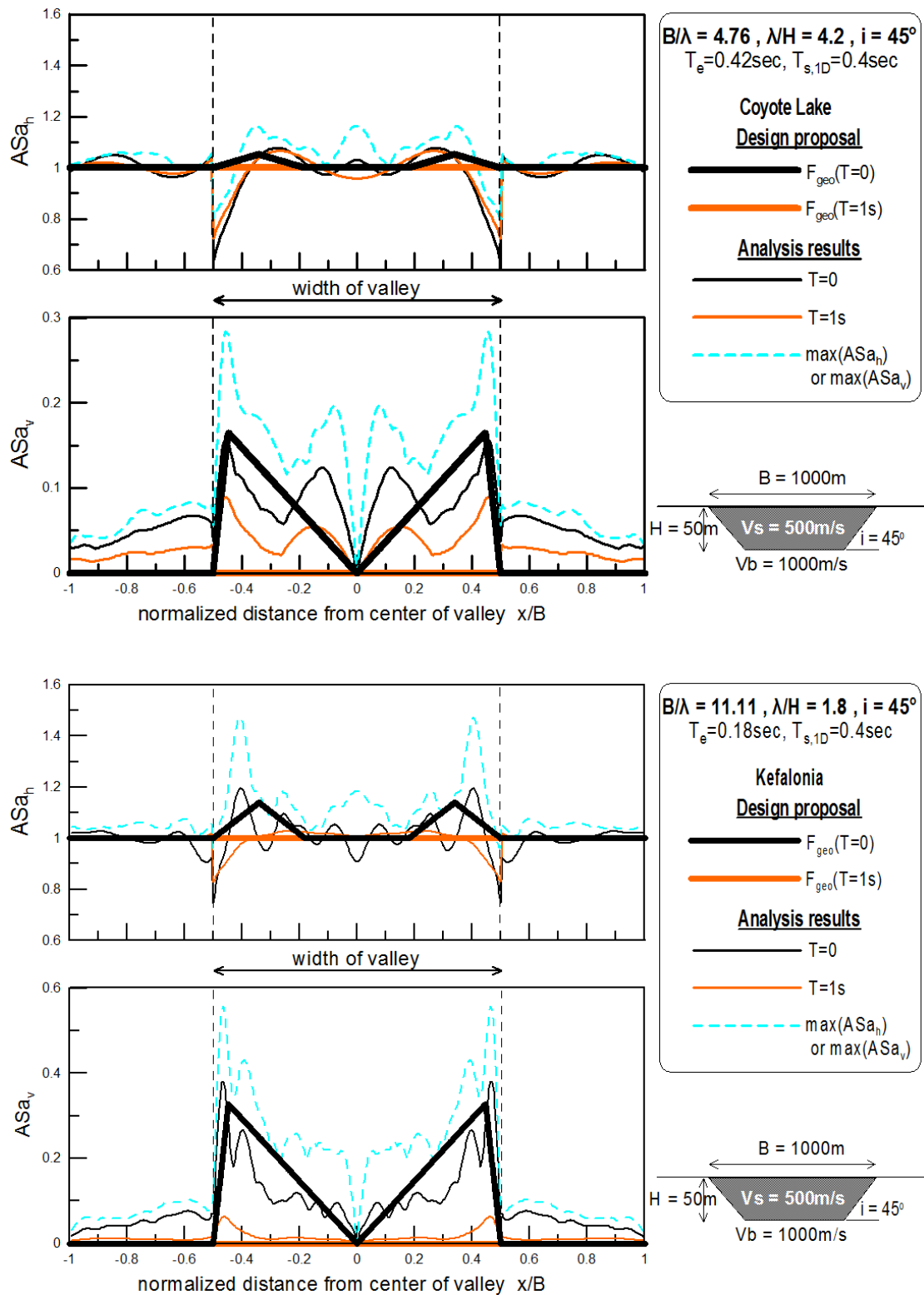


Σχήμα 5.23: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοιστορίες Northridge265 (a,b) και Parkfield (c,d).

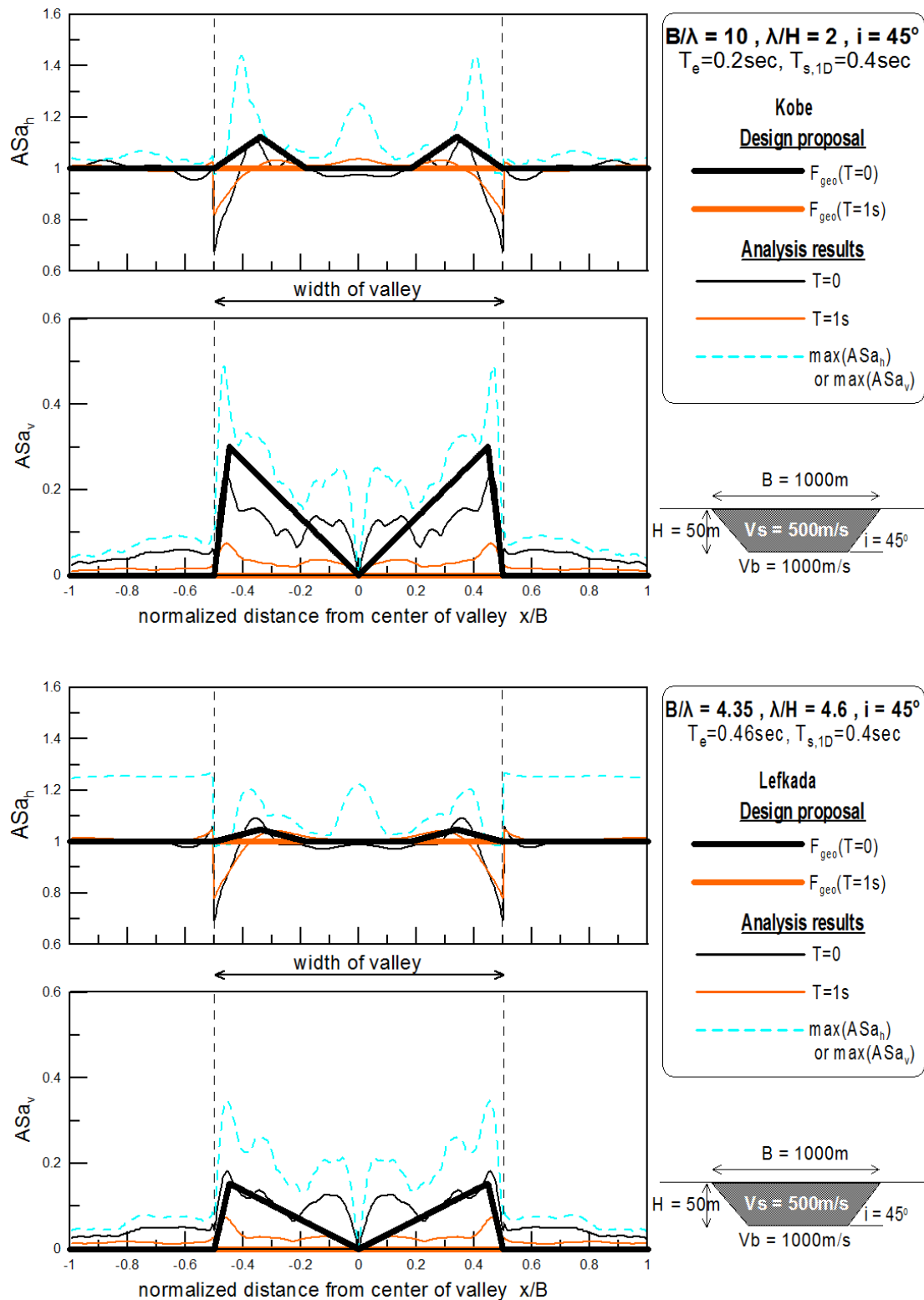


Σχήμα 5.24: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{H\text{geo}}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{V\text{geo}}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a,b) και Sepolia (c,d).

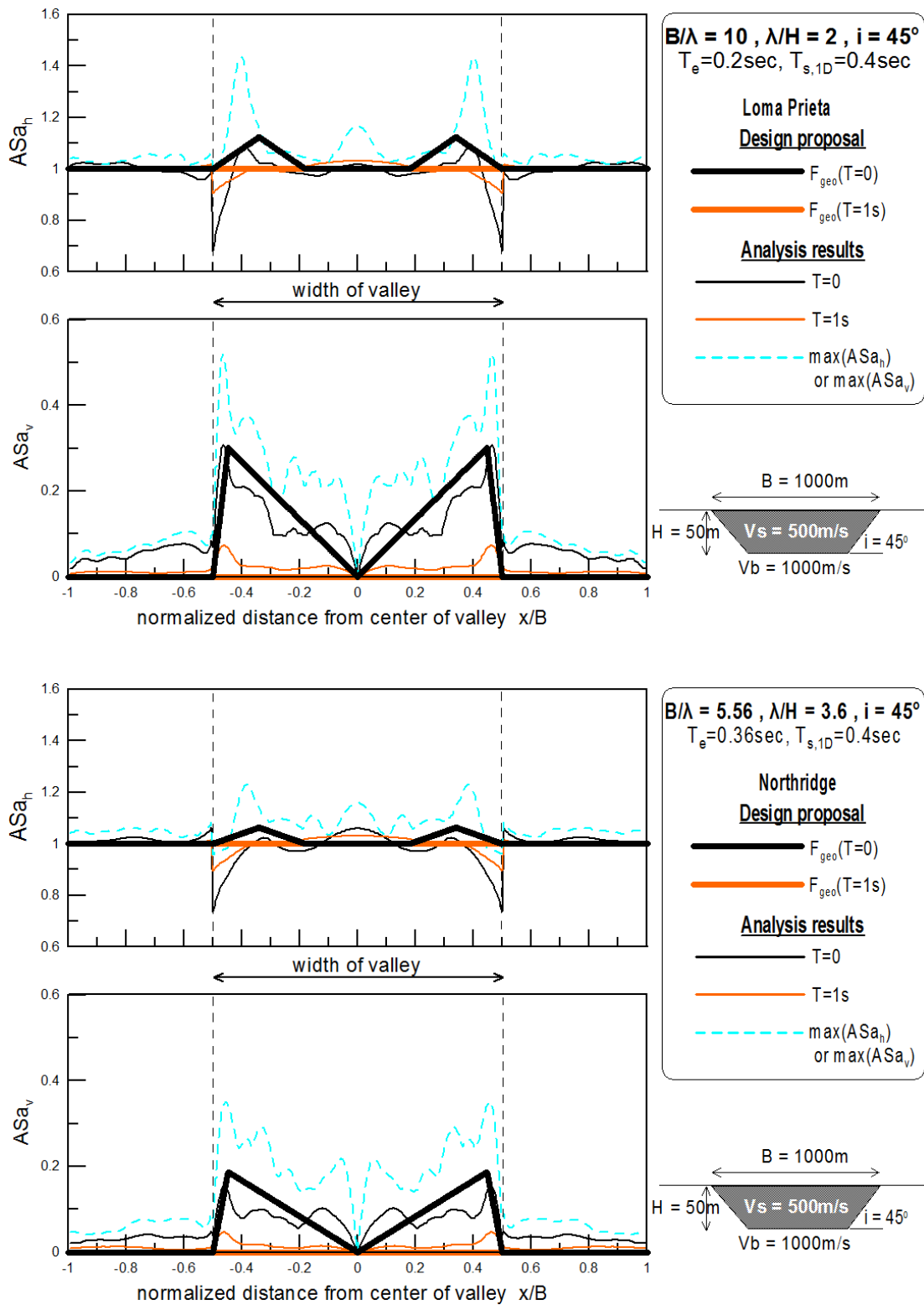
«ΕΥΡΕΙΕΣ» (WIDE) ΚΟΙΛΑΔΕΣ



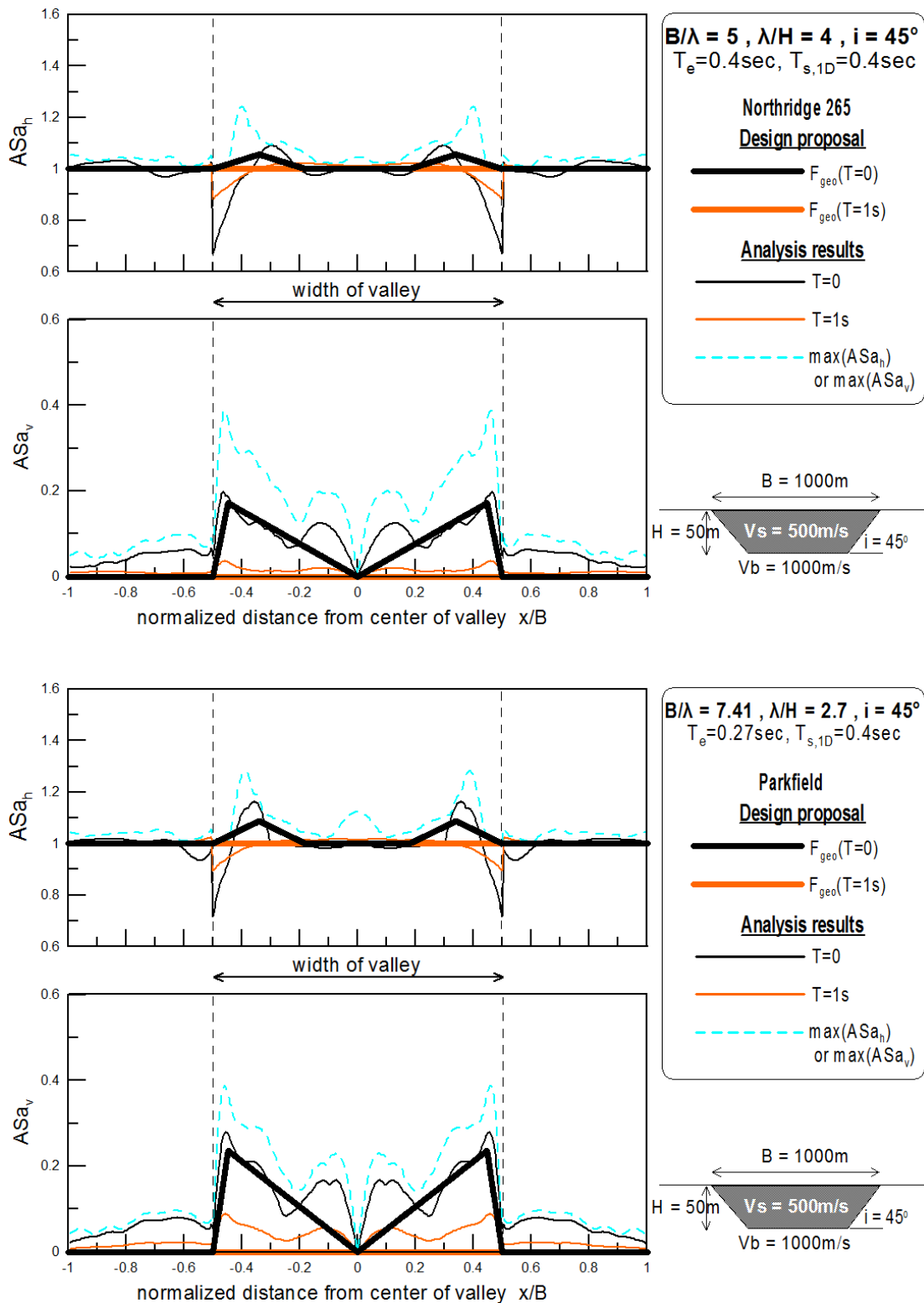
Σχήμα 5.25: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονόιστορίες Coyote Lake (a,b) και Kefalonia (c,d).



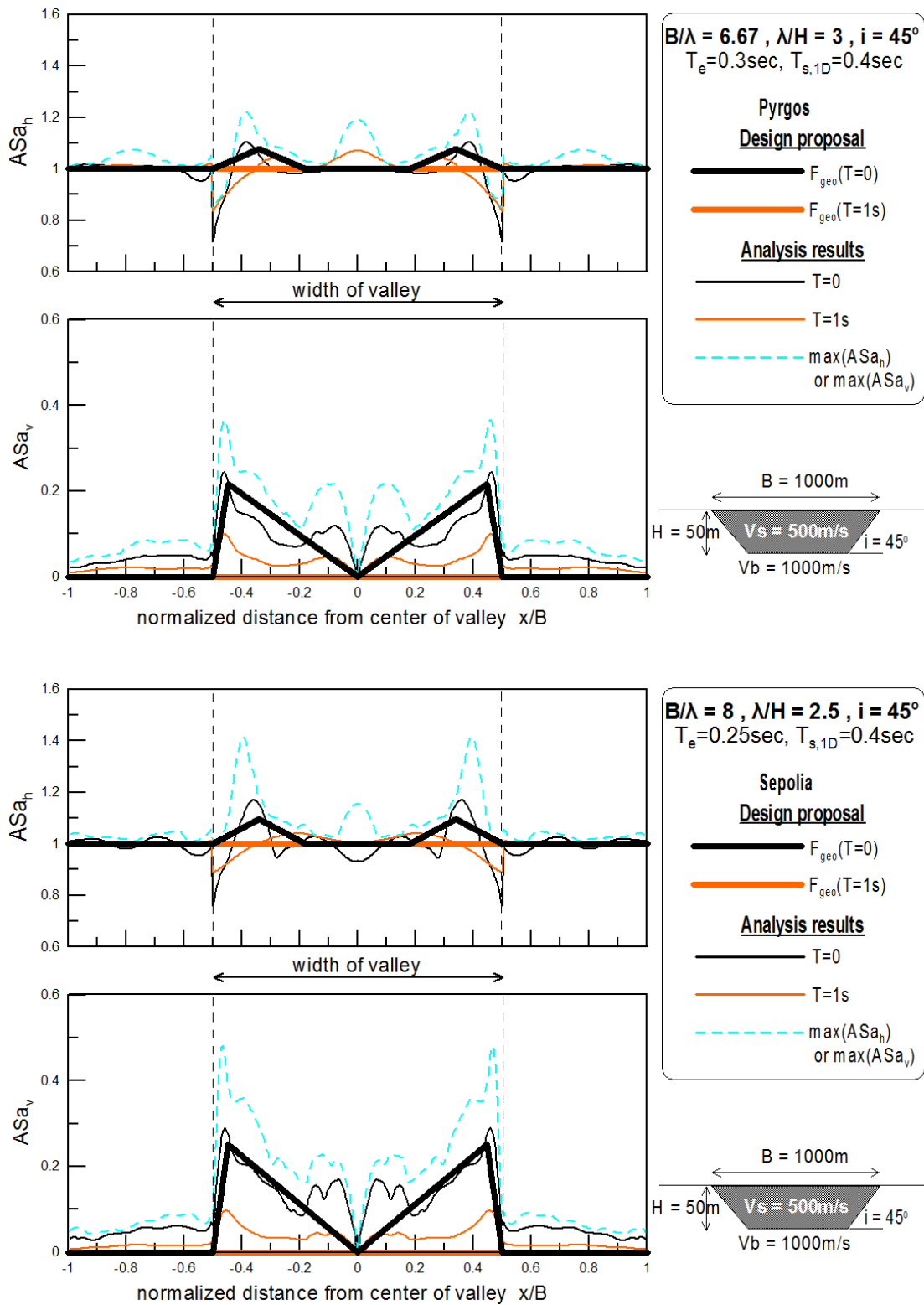
Σχήμα 5.26: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και $1s$, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a,b) και Lefkada (c,d).



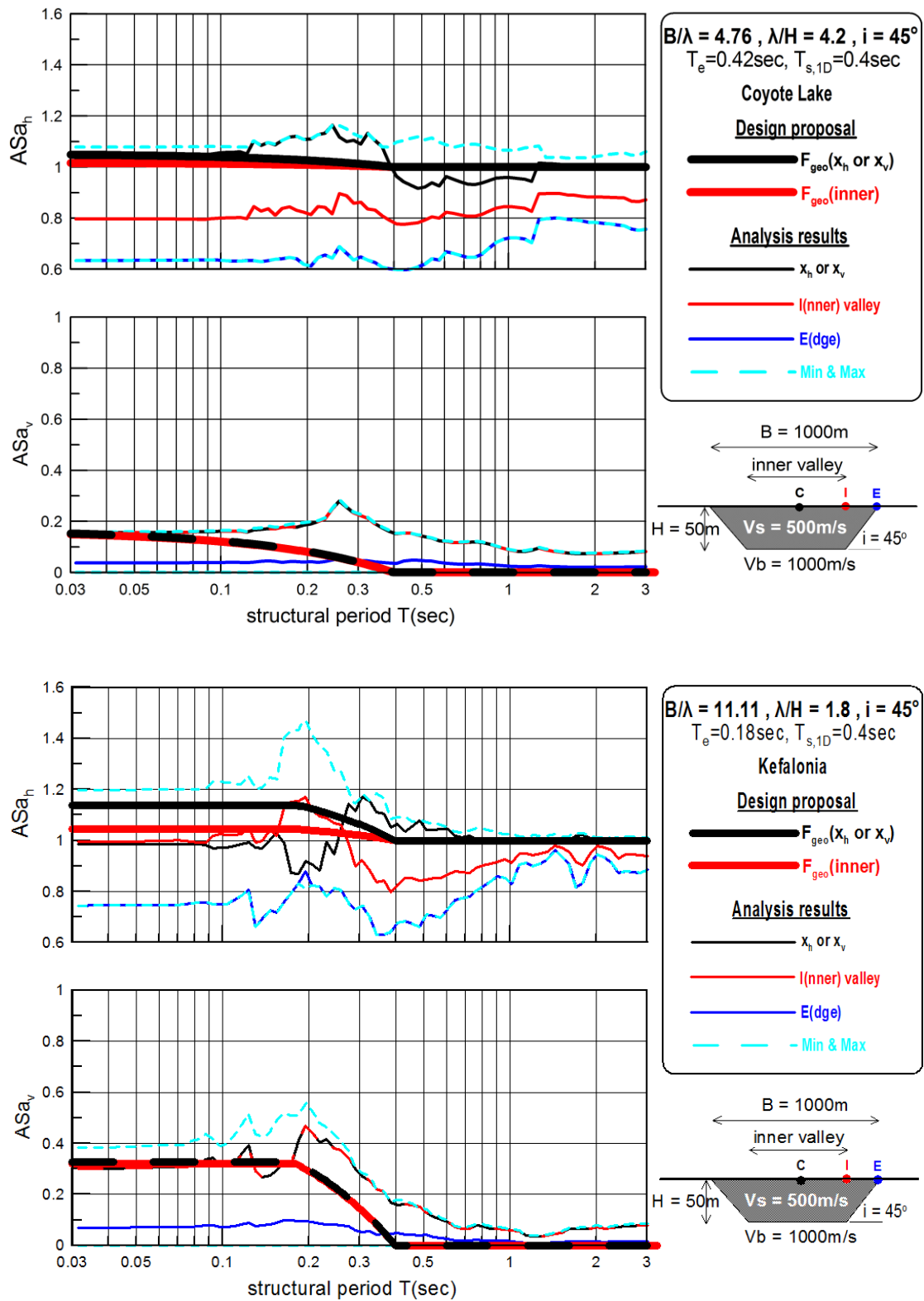
Σχήμα 5.27: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1 sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a,b) και Northridge (c,d).



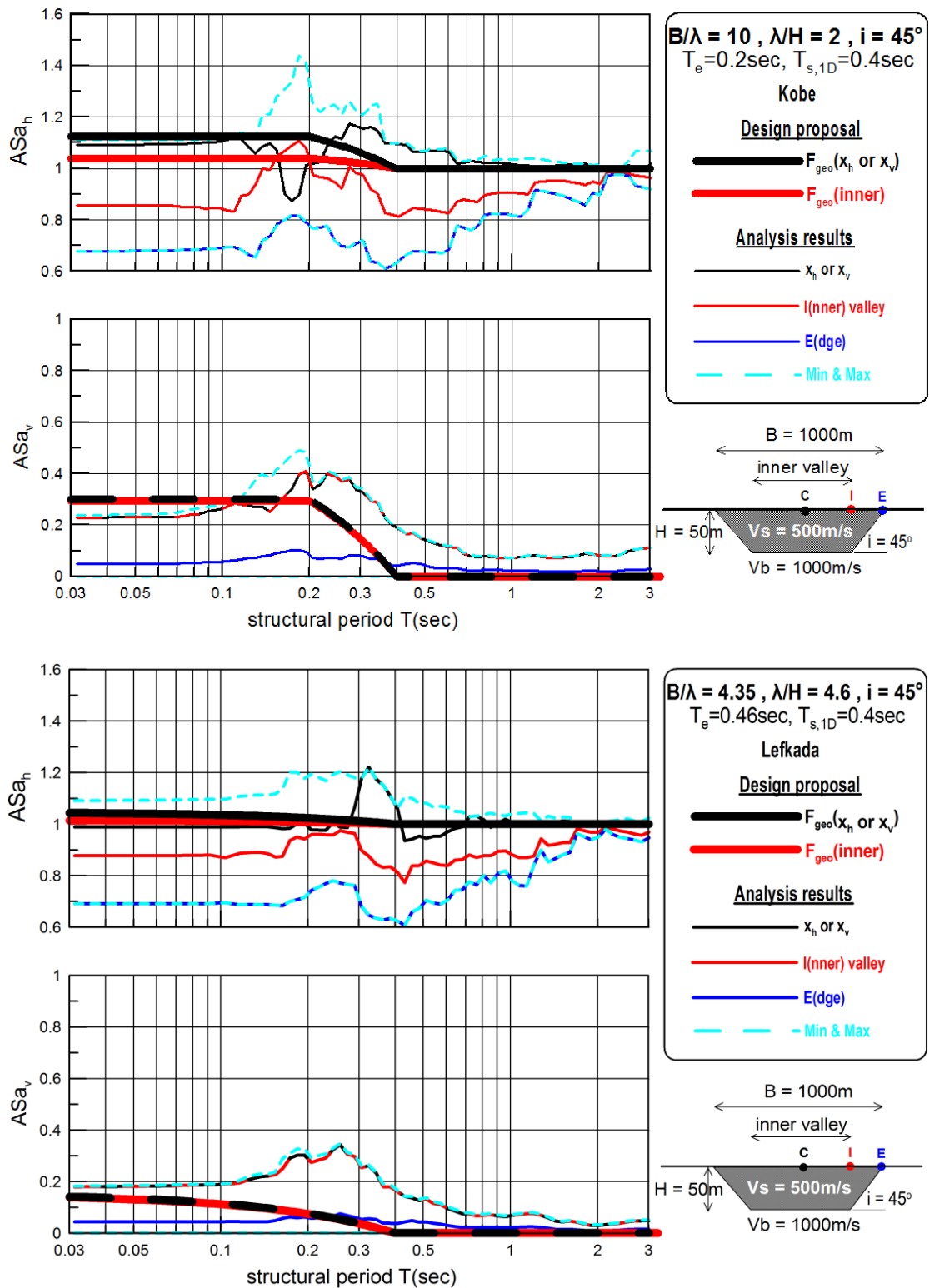
Σχήμα 5.28: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a,b) και Parkfield (c,d).



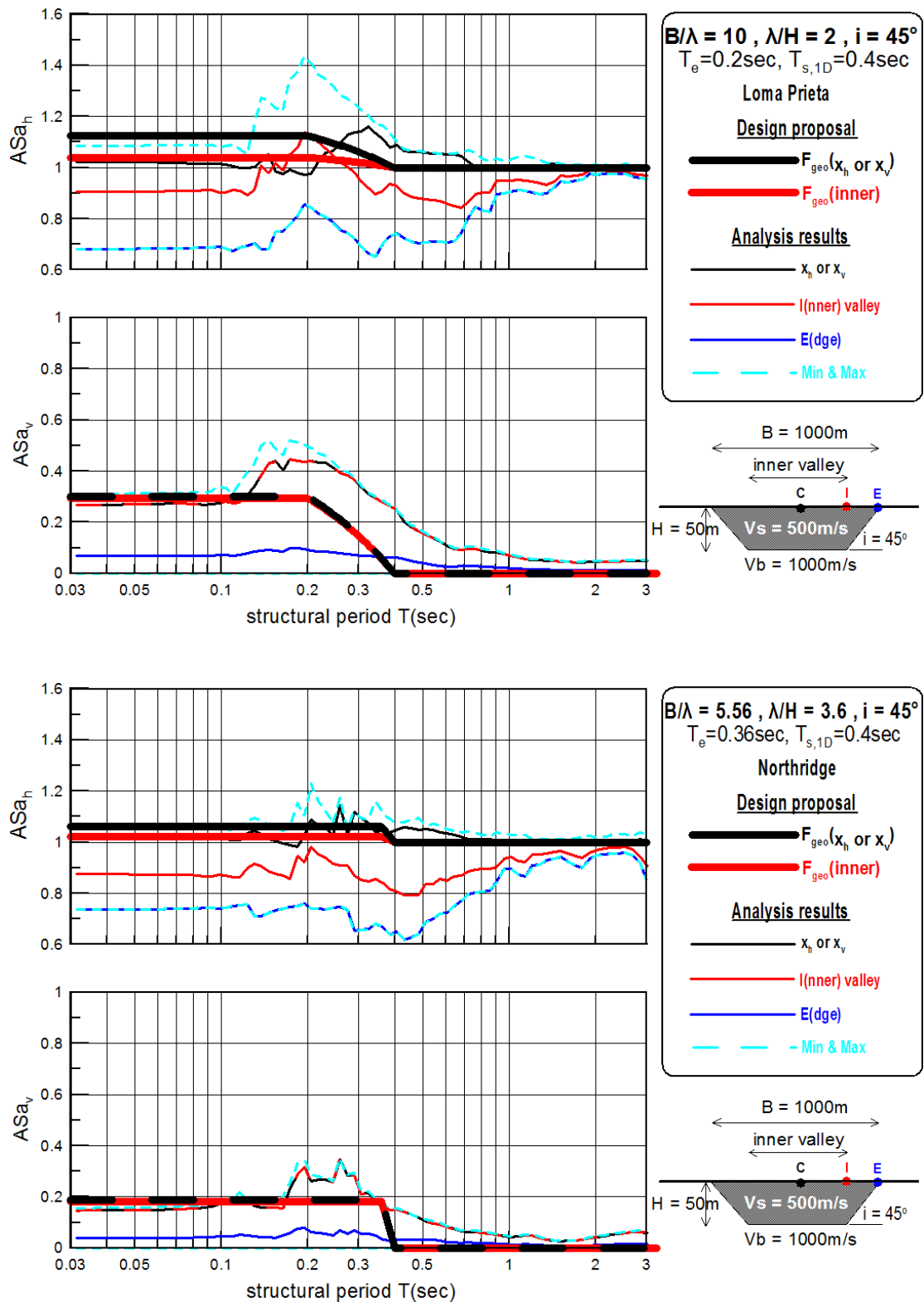
Σχήμα 5.29: Νέα χωρική περιβάλλουσα φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης για $T=0$ και 1sec , εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a,b) και Sepolia (c,d).



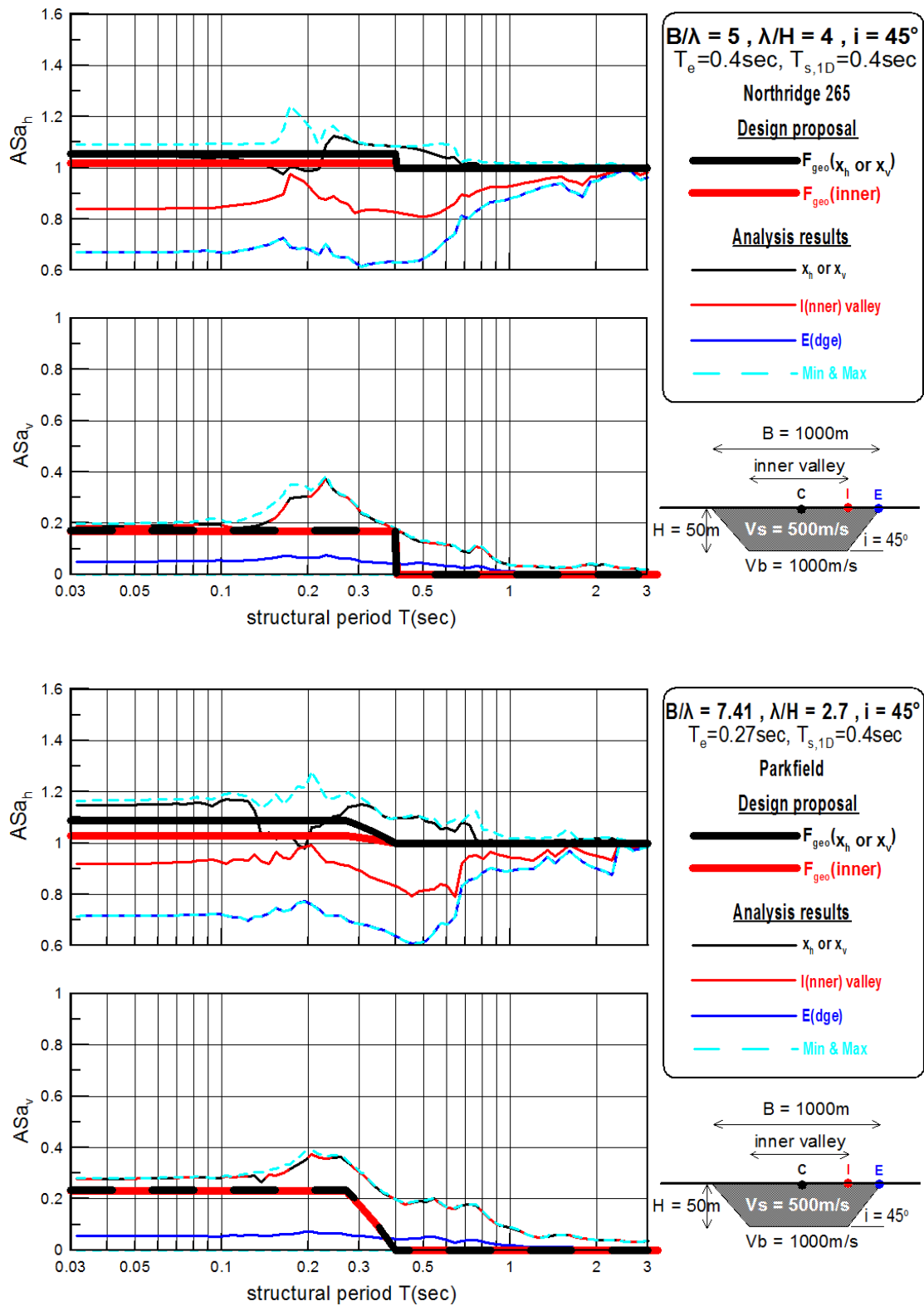
Σχήμα 5.30: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Coyote Lake (a,b) και Kefalonia (c,d).



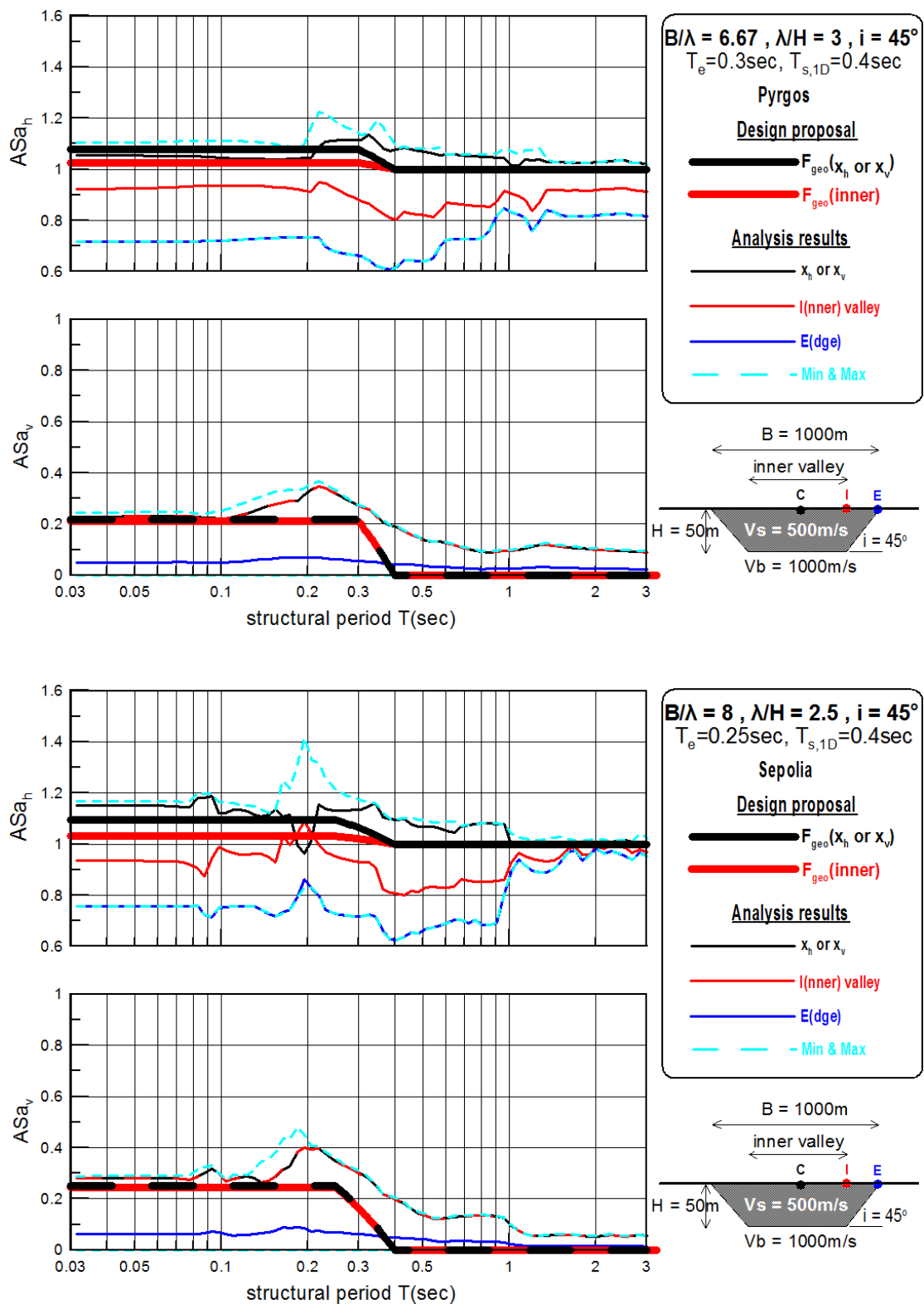
Σχήμα 5.31: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a,b) και Lefkada (c,d).



Σχήμα 5.32: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a,b) και Northridge (c,d).



Σχήμα 5.33: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοιστορίες Northridge265 (a,b) και Parkfield (c,d).



Σχήμα 5.34: Νέα φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας $F_{Hgeo}(T)$ και παρασιτικής κατακόρυφης $F_{Vgeo}(T)$ επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις, εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοιστορίες Pyrgos (a,b) και Sepolia (c,d).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΙΚΗΣ ΕΠΙΔΕΙΝΩΣΗΣ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διακρίβωση αξιοπιστίας των προτάσεων άλλων μελετητών για συντελεστές γεωμορφικής επιδείνωσης, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2 της συγκεκριμένης εργασίας. Πιο αναλυτικά, οι προτάσεις που εφαρμόζονται και διακριβώνονται και παρουσιάζονται ακολούθως αφορούν τις έρευνες των: α) Vessia et al (2011), β) Gatmiri et al (2012, 2014) και γ) Riga et al (2016). Η διακρίβωση γίνεται επί τη βάση των αριθμητικών αποτελεσμάτων που παρουσιάστηκαν και στα Κεφάλαιο 4 και 5.

6.1: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ VESSIA ET AL (2011)

Στην μελέτη των Vessia et al (2011), οι αριθμητικές προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν σε συμμετρικές τραπεζοειδείς αλλουβιακές κοιλάδες, με την μικρή βάση του τραπεζίου να είναι μήκους 10m και το μέγιστο πάχος H των εδαφικών αποθέσεων (ύψος τραπεζίου) να λαμβάνεται 30m. Επίσης, η γωνία α που ορίζεται από την επικλινή πλευρά του τραπεζίου και την οριζόντια προέκταση της μικρής πλευράς αυτού έλαβε διαδοχικά τις τιμές των 10° , 20° και 40° , στοιχείο που επηρέαζε άμεσα την γεωμετρία της κοιλάδας και διαμόρφωσε 3 διαφορετικούς λόγους $SR = H/(0.5B)$ με τιμές 0.2, 0.4 και 0.8 αντίστοιχα. Ακολούθως, το εδαφικό υλικό πλήρωσης της κοιλάδας εξετάστηκε για 5 διαφορετικές τιμές ταχύτητας διατμητικών κυμάτων, 3 εκ των οποίων ($V_s = 360\text{m/s}$, 500m/s , 780m/s) αντιστοιχούν σε έδαφος κατηγορίας B, ενώ οι υπόλοιπες 2, ($V_s = 180\text{m/s}$, 250m/s) σε έδαφος κατηγορίας C, σύμφωνα με τον Ιταλικό αντισεισμικό κώδικα. Τέλος, για το βραχώδες υπόβαθρο θεωρήθηκε διατμητική ταχύτητα $V_b = 800\text{m/s}$, ενώ αναφέρεται ότι ως περίοδο T_s , ορίστηκε το ανώτατο όριο των περιόδων για τις οποίες εφαρμόζεται ο συντελεστής επιδείνωσης S_G και πέραν του οποίου η απόκριση της κοιλάδας θεωρείται μονοδιάστατη.

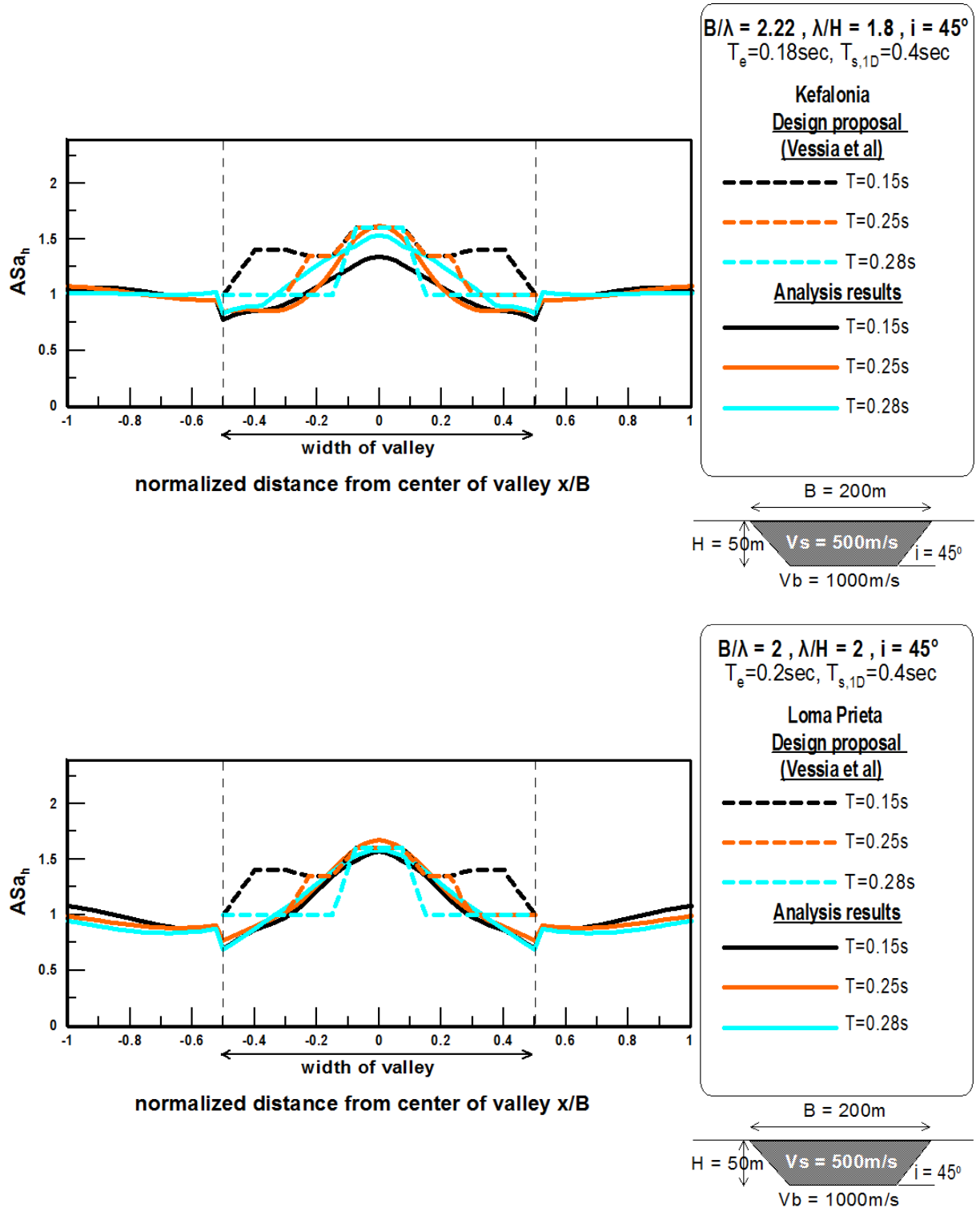
Στην μελέτη αυτή, εξετάστηκε μονάχα η οριζόντια γεωμορφική επιδείνωση ASa_h και προτάθηκε ο γεωμετρικός συντελεστής S_G με τον οποίο θα πρέπει να επαυξάνονται τα φάσματα (σχεδιασμού) υπό 1Δ συνθήκες ανάλογα με το σχήμα της κοιλάδας και τις ιδιότητες του εδαφικού υλικού. Ο γεωμετρικός συντελεστής S_G μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση και την περίοδο κατασκευής και αντιστοιχεί ουσιαστικά στον συντελεστή $F_{h_{geo}}$ όπως προτάθηκε στην παρούσα εργασία. Επίσης, άξια αναφοράς είναι η ποιοτική συμφωνία αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης μελέτης με την παρούσα εργασία και τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων που παρουσιάζονται εδώ. Αναλυτικότερα, και στις δύο εργασίες παρατηρείται ότι στις κοιλάδες με χαμηλό λόγο $SR = H/(0.5B)$ (της τάξης του 0.2) η μέγιστη οριζόντια φασματική επιδείνωση εμφανίζεται στις άκρες της κοιλάδας (περίπτωση «ευρείας» κοιλάδας), ενώ για μεγαλύτερες τιμές του λόγου $SR = H/(0.5B)$, η μέγιστη επιδείνωση εμφανίζεται στο κέντρο της κοιλάδας (περιπτώσεις «στενής» και «συνήθους» κοιλάδας). Ακολούθως, παρουσιάζονται σχήματα σύγκρισης αριθμητικών αναλύσεων με την πρόταση των συγκεκριμένων μελετητών για τις 3 κοιλάδες που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, ενδεικτικά, μόνο για δύο από τις δέκα διεγέρσεις σε κάθε κοιλάδα. Τα αποτελέσματα των υπόλοιπων 8 διεγέρσεων για κάθε περίπτωση παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.

Valley shape	x/l	$S_G(B,C)$	$T_s(B)$	$T_s(C)$
Shallow ($SR \leq 0.2$)	0	1.35	0.35	0.85
	0.3	1.30	0.20	0.60
	0.6	1.50	0.15	0.35
Deep ($SR \geq 0.4$)	0	1.60	0.28	0.65
	0.3	1.35	0.25	0.60
	0.6	1.40	0.15	0.40

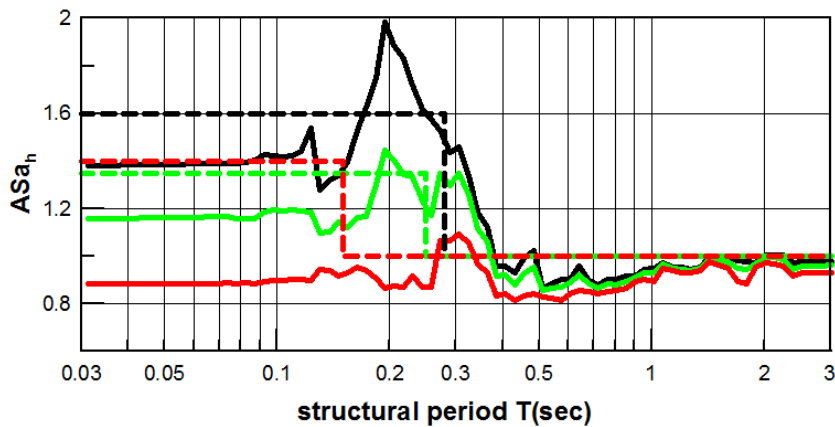
Πίνακας 6.1: Προτεινόμενες τιμές δείκτη S_G και περιόδου T_s ανάλογα με το είδος της κοιλάδας, το είδος του εδάφους και την εξεταζόμενη θέση στην επιφάνεια αυτής όπως ορίζεται από την κανονικοποιημένη απόσταση x/l , όπου x η απόσταση από το κέντρο και l το ημιπλάτος ($B/2$) της κοιλάδας. (Vessia et al (2011)).

Στα Σχήματα 6.1 και 6.2 γίνεται η σύγκριση προβλέψεων-συγκρίσεων για την «συνήθη» κοιλάδα σε όρους γεωγραφικής διαφοροποίησης για διαφορετικές περιόδους και φασματικής ενίσχυσης για συγκεκριμένες θέσεις.

Τα Σχήματα 6.3 και 6.4 κάνουν το ίδιο για την «στενή» κοιλάδα, ενώ τα 6.5 και 6.6 για την «ευρεία» κοιλάδα. Οι συγκρίσεις γίνονται για τις θέσεις και περιόδους κατασκευής όπου μπορεί να γίνει ευχερής σύγκριση.



Σχήμα 6.1: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα στο συνδυασμό «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Kefalonia (a) και Loma Prieta (b).



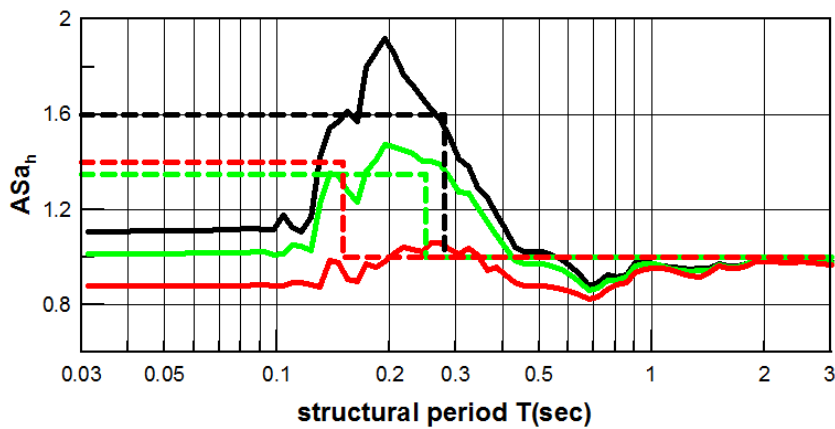
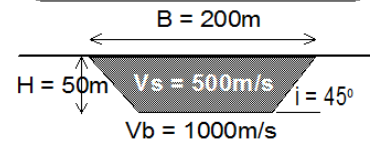
$B/\lambda = 2.22$, $\lambda/H = 1.8$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.18\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Kefalonia
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



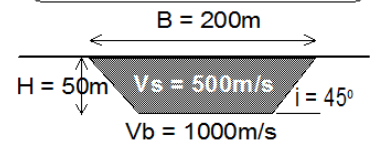
$B/\lambda = 2$, $\lambda/H = 2$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.2\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Loma Prieta
Design proposal
(Vessia et al)

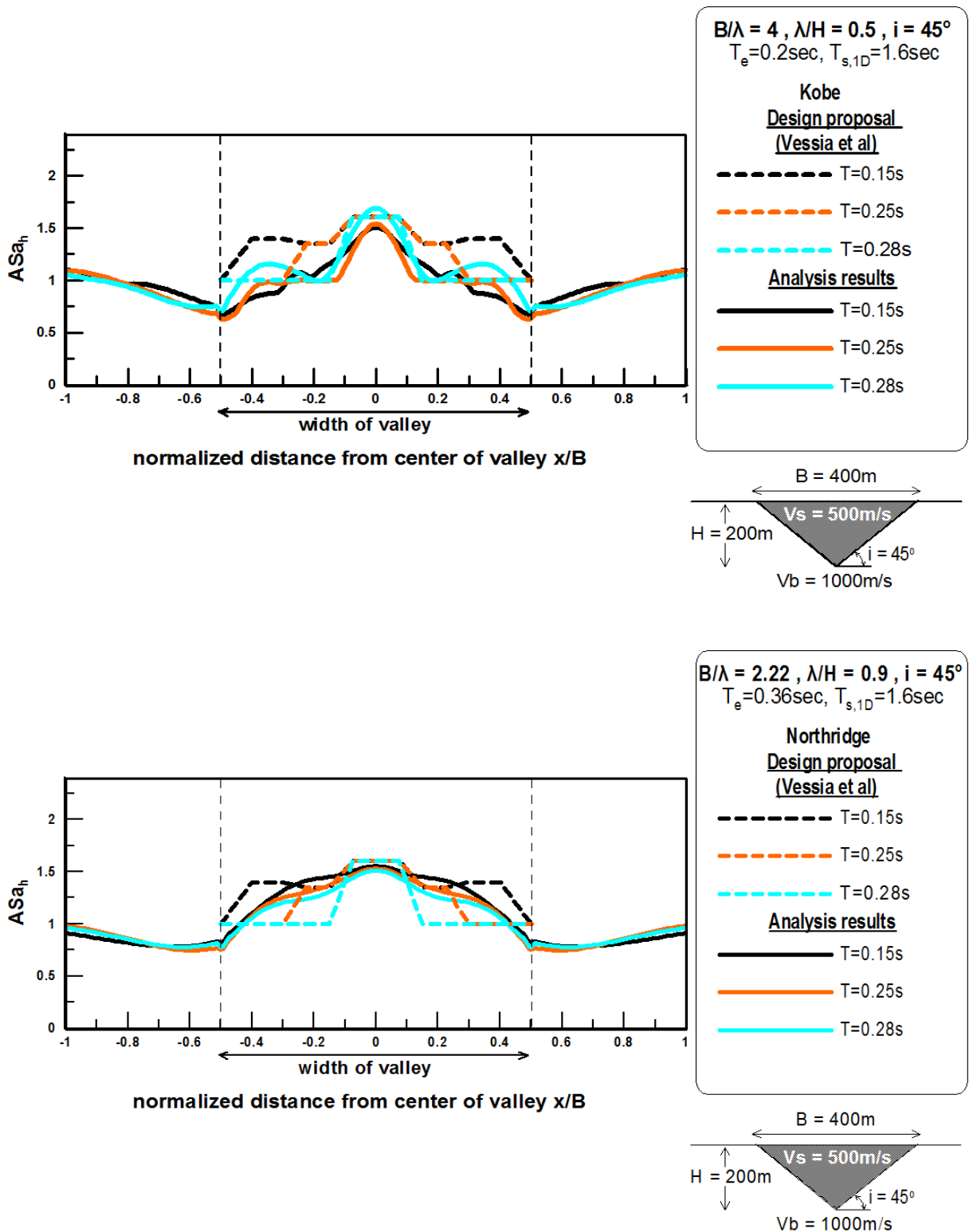
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

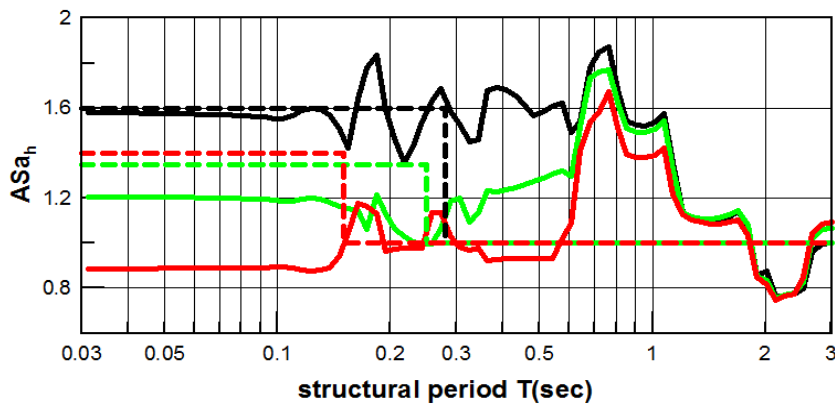
— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



Σχήμα 6.2: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Kefalonia (a) και Loma Prieta (b).



Σχήμα 6.3: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για T=0.15, 0.25 και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα στο συνδυασμό «στενής» (narrow) τριγωνικής κοιλάδας (B/H=2) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a) και Northridge (b).



$B/\lambda = 4, \lambda/H = 0.5, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.2 \text{sec}, T_{s,1D} = 1.6 \text{sec}$

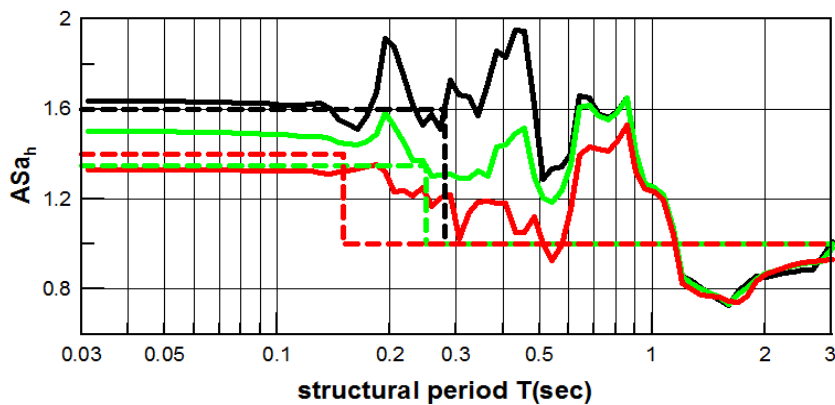
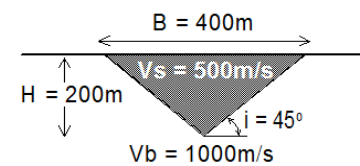
Kobe

Design proposal
 (Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



$B/\lambda = 2.22, \lambda/H = 0.9, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.36 \text{sec}, T_{s,1D} = 1.6 \text{sec}$

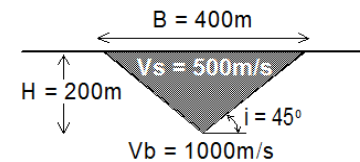
Northridge

Design proposal
 (Vessia et al)

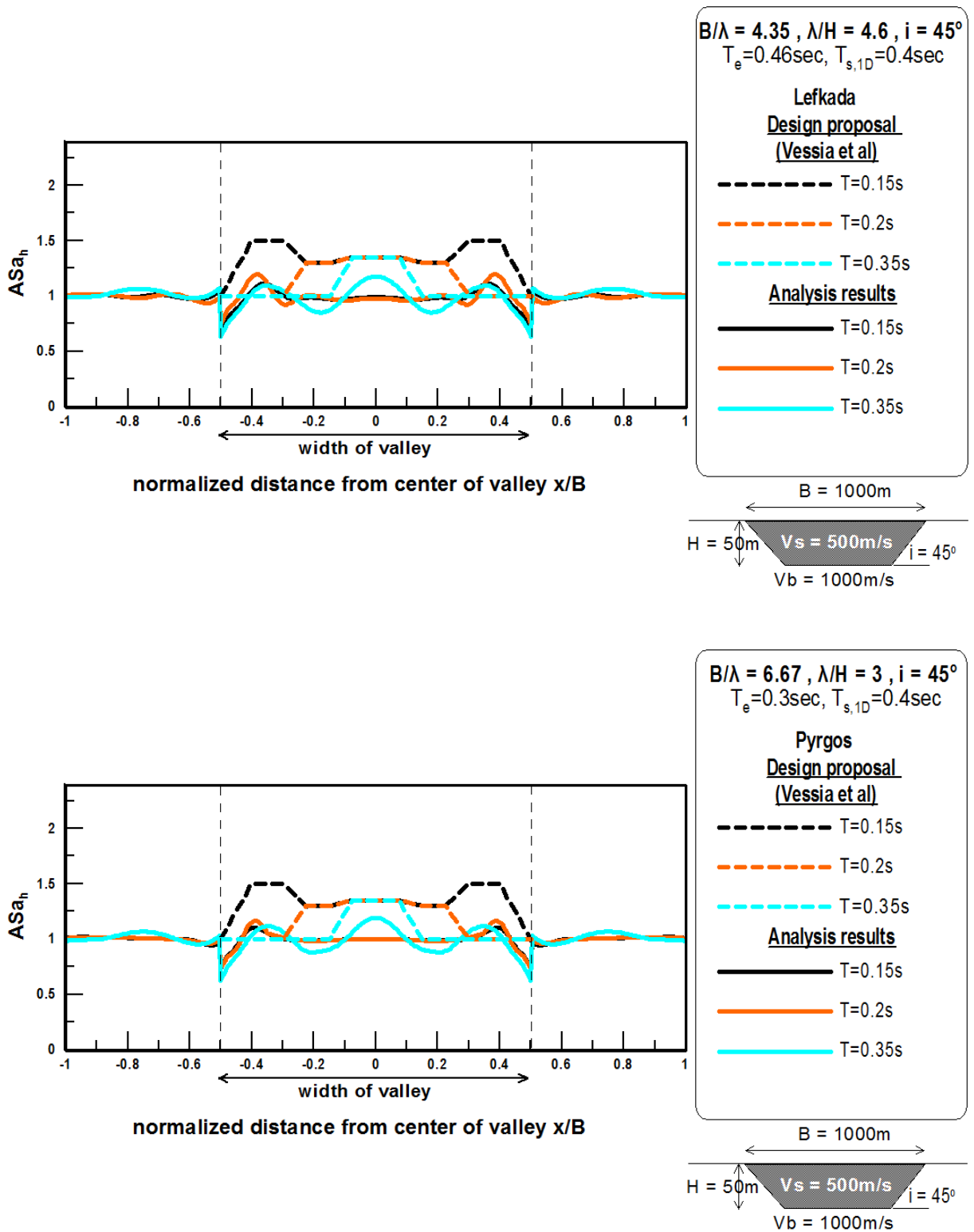
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

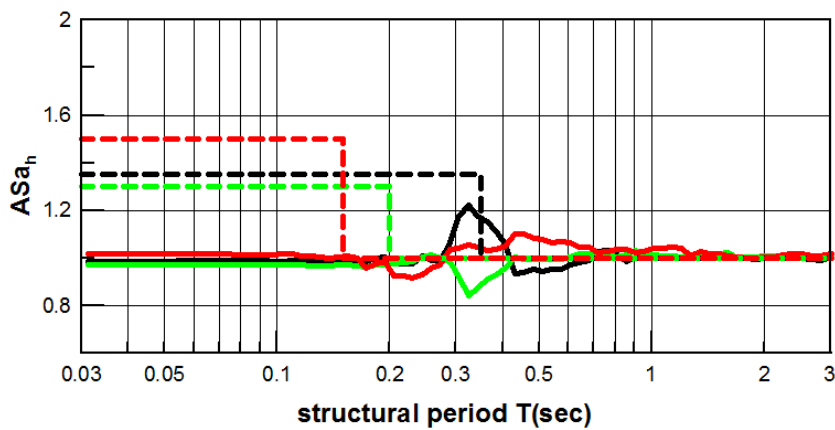
— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



Σχήμα 6.4: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα στο συνδυασμό «στενής» (narrow) τριγωνικής κοιλιάδας ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a) και Northridge (b).



Σχήμα 6.5: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα στο συνδυασμό «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Lefkada (a) και Pyrgos (b).



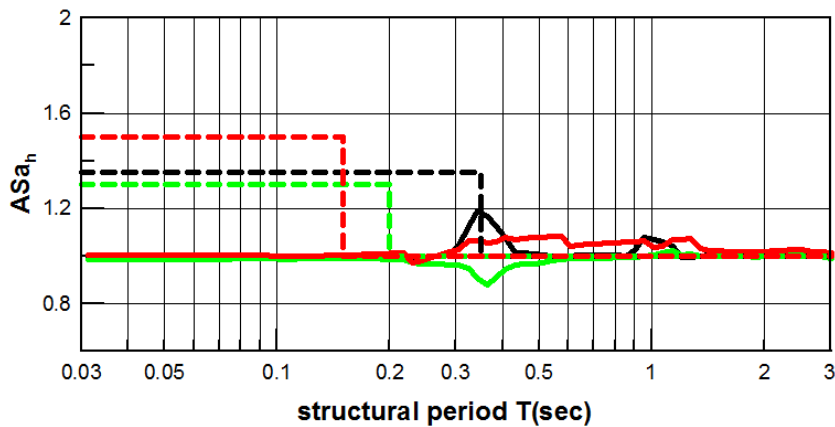
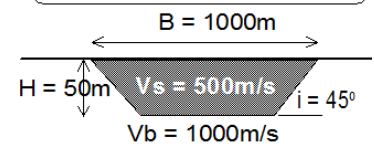
$B/\lambda = 4.35$, $\lambda/H = 4.6$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.46\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Lefkada
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



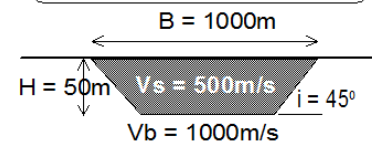
$B/\lambda = 6.67$, $\lambda/H = 3$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.3\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Pyrgos
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



Σχήμα 6.6: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα στο συνδυασμό «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Lefkada (a) και Pyrgos (b).

Σε αυτό το σημείο, είναι απαραίτητο να αναφερθούν οι δύο παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν προκειμένου να προκύψουν τα σχήματα σύγκρισης που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα:

- δεν ερευνήθηκαν στην μελέτη των Vessia et al (2011) τριγωνικές κοιλάδες, παρά μόνο τραπεζοειδείς. Παρόλα αυτά, έγινε σύγκριση στα σχήματα 6.3 και 6.4, καθώς η τριγωνική κοιλάδα θεωρήθηκε ως υποπερίπτωση των τραπεζοειδών με συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ($B/H=2$, $i=45^\circ$).
- για τον προτεινόμενο επαυξητικό γεωμετρικό συντελεστή του φάσματος από τους Vessia et al (2011) παρουσιάζονται τιμές μέχρι την κανονικοποιημένη απόσταση από το κέντρο της κοιλάδας $x/B=0.3$. Από τα σημεία αυτά μέχρι τα άκρα της κοιλάδας, χωρίστηκε το υπολοιπόμενο τμήμα της στην μέση, με το πρώτο μισό κομμάτι που βρίσκεται προς το κέντρο της κοιλάδας να λαμβάνει την τιμή που προτείνεται από τους ερευνητές για την θέση όπου $x/B=0.3$ και το δεύτερο κομμάτι που καταλήγει μέχρι το άκρο της κοιλάδας να λαμβάνει τιμή ίση με το 1.

Τέλος, για την εφαρμογή των προτάσεων σχεδιασμού των Vessia et al (2011) στα αντίστοιχα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν σε αυτή την διπλωματική εργασία διατυπώνονται οι εξής παρατηρήσεις:

α) Περίπτωση «συνήθους» τραπεζοειδούς κοιλάδας (Σχήματα 6.2 και 6.2)

Στην χωρική σύγκριση αριθμητικών αποτελεσμάτων-προβλέψεων παρατηρείται μια πολύ καλή σύγκλιση των ενισχύσεων στο κέντρο της κοιλάδας, σημείο όπου για τον συγκεκριμένο τύπο κοιλάδας καταγράφεται και η μέγιστη ενίσχυση. Από την άλλη πλευρά, στα άκρα της κοιλάδας που η ενίσχυση φθίνει και καταλήγει σε τιμές πολύ κοντινές στην μονάδα, οι προβλέψεις φαίνεται να υπερεκτιμούν το φαινόμενο.

Με την εφαρμογή της φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης που προτείνεται παρατηρήθηκε ότι στις κατασκευές με χαμηλή ιδιοπερίοδο (μικρότερη των 0.2sec) υπάρχει απόκλιση, με τις περιπτώσεις όμως του κέντρου της κοιλάδας ($x/B=0$) και της θέσης $x/B=0.15$ να έχουν καλύτερη σύγκλιση σε σχέση με την θέση $x/B=0.3$. Για κατασκευές με ιδιοπερίοδο μεγαλύτερη των 0.2sec παρατηρείται ικανοποιητική σύγκλιση αριθμητικών αποτελεσμάτων και προβλέψεων.

β) Περίπτωση «στενής» κοιλάδας (Σχήματα 6.3 και 6.4)

Στην χωρική σύγκριση αριθμητικών αποτελεσμάτων-προβλέψεων οι παρατηρήσεις προκύπτουν αντίστοιχα συμπεράσματα με την αντίστοιχη σύγκριση για την περίπτωση της «συνήθους» τραπεζοειδούς κοιλάδας, στοιχείο που ως ένα σημείο τεκμηριώνει την αντιμετώπιση της τριγωνικής κοιλάδας ως υποπερίπτωση των τραπεζοειδών. Στο κέντρο της κοιλάδας και για αποστάσεις μέχρι $x/B=0.3$ από αυτό, υπάρχει εξαιρετική σύγκλιση των αποτελεσμάτων για όλες τις περιόδους κατασκευών που εξετάστηκαν ($T_e \leq 0.28\text{sec}$) και παρουσιάζονται στα παραπάνω σχήματα. Αντιθέτως, πηγαίνοντας προς τα άκρα της κοιλάδας που οι τιμές των ενισχύσεων φθίνουν σημαντικά παρατηρείται μικρή απόκλιση.

Η προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού συγκλίνει ικανοποιητικά με τα αποτελέσματα των αναλύσεων για ιδιοπερίόδους κατασκευών μέχρι 0.2-0.25sec. Για μεγαλύτερες ιδιοπερίόδους παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις.

γ) Περίπτωση «μακρόστενης» κοιλάδας (Σχήματα 6.5 και 6.6)

Στον συγκεκριμένο τύπο κοιλάδων οι μεγαλύτερες ενισχύσεις παρατηρούνται στα άκρα. Οι προβλέψεις φαίνεται πως υπερεκτιμούν σημαντικά το φαινόμενο στο σύνολο της κοιλάδας με πιθανή εξαίρεση τις προβλέψεις των ενισχύσεων αφενός στα άκρα της κοιλάδας για κατασκευές με ιδιοπερίοδο $T=0.15\text{sec}$, αφετέρου στο κέντρο της κοιλάδας για κατασκευές με ιδιοπερίοδο της τάξης των 0.35sec.

Στην προτεινόμενη φασματική επιδείνωση σχεδιασμού παρατηρείται σημαντική απόκλιση των ενισχύσεων για τις χαμηλοπερίοδες κατασκευές ($T=0.15\text{sec}$) και στις τρεις θέσεις τις

κοιλιάδες που εξετάστηκαν, ενώ αντίθετα για κατασκευές με μεγαλύτερη ιδιοπερίοδο φαίνεται πως το φαινόμενο έχει εισαχθεί ορθά στον σχεδιασμό, καθώς δεν αναμένονται γεωμορφικές επιδεινώσεις όπως άλλωστε προβλέπουν και οι Vessia et al (2011).

6.2: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ GATMIRI ET AL (2012, 2014)

Η μελέτη της γεωμορφικής επιδείνωσης έχει απασχολήσει διαδοχικά τους Gatmiri et al (2012 και 2014) σε δύο εργασίες που εξετάστηκαν ιζηματογενείς κοιλάδες διαφόρων σχημάτων: τριγωνικές, τραπεζοειδείς, τετράγωνες, στην εργασία των Gatmiri et al (2012) και ημιτονοειδείς και ελλειπτικές από τους Gatmiri et al (2014). Επίσης, αναφέρεται ότι οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και στις δύο αυτές εργασίες αφορούσαν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών για τους λόγους: 1) B/H, 2) H₁/H (όπου H₁ το ύψος της κοιλάδας που είναι πληρωμένο με εδαφικό υλικό), 3) εμπέδησης. Σκοπός της εργασίας ήταν η εύρεση του φασματικού συντελεστή SR που ορίζεται ως η μέγιστη τιμή -ανεξάρτητη της περιόδου- που προκύπτει από το ελαστικό φάσμα απόκρισης της 2Δ ανάλυσης σε χαρακτηριστικές θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας προς το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα που προκύπτει σε θέση μακριά από τα άκρα της κοιλάδας στο αναδυόμενο βραχώδες υπόβαθρο. Αναλυτικότερα αναφέρεται ότι:

- ο μέγιστος λόγος B/H που εξετάστηκε είναι ίσος με 10, γεγονός που καθιστά αδύνατη την σύγκριση οποιασδήποτε πρότασης των ερευνητών με την περίπτωση των «ευρειών» κοιλάδων που εξετάστηκε στην παρούσα εργασία,
- ο λόγος υψών H₁/H (και οποιοδήποτε άλλος λόγος εμβαδών πλήρωσης προς μέγιστο εμβαδό κοιλάδας χρησιμοποιήθηκε) θεωρείται σε όλες τις περιπτώσεις ίσος με την μονάδα, καθώς σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν εδώ οι κοιλάδες ήταν πληρωμένες με εδαφικό υλικό,
- το πλάτος της κοιλάδας B σε όλες τις αναλύσεις και των δύο εργασιών λήφθηκε ίσο με 200m, γεγονός που αποτρέπει την σύγκριση της τριγωνικής κοιλάδας που παρουσιάστηκε και εξετάστηκε παραπάνω και έχει πλάτος ίσο με 400m.

Ακολουθώς, υπογραμμίζεται ότι προτάθηκαν σχέσεις υπολογισμού της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης SR στο κέντρο της κοιλάδας, βάση της παραμετρικής διερεύνησης που πραγματοποιήθηκε.

Για την σύγκριση την πρόβλεψη της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης στο κέντρο της κοιλάδας χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις **2.14** και **2.22** για Gatmiri et al (2012) και Gatmiri et al (2014) αντίστοιχα, εκφρασμένες με τις παραμέτρους της παρούσας μεθοδολογίας. Συγκεκριμένα:

$$SR \cdot \sin(180 - i) = 0.02 \cdot \left(\frac{S}{180 - i} \cdot \frac{1}{\alpha} \right)^{0.896} \quad (6.1)$$

όπου:

SR η μέγιστη ενίσχυση στο κέντρο της κοιλάδας ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο

S: Το εμβαδό της κοιλάδας

α: Λόγος εμπέδησης εδάφους-υποβάθρου, όπου $\alpha = \rho_s V_s / \rho_b V_b$

i: Κλίση του υποβάθρου στις άκρες της 2Δ εδαφικής λεκάνης

$$SR \cdot \left(\frac{2H}{B} \right) \cdot 1 = 0.043 \cdot \left(S \cdot \left(\frac{2H}{B} \cdot \frac{1}{\alpha} \right)^{0.734} \right) \quad (6.2)$$

όπου:

SR η μέγιστη ενίσχυση στο κέντρο της κοιλάδας ως προς το αναδυόμενο υπόβαθρο

S: Το εμβαδό της κοιλάδας

α: Λόγος εμπέδησης εδάφους-υποβάθρου, όπου $\alpha = \rho_s V_s / \rho_b V_b$.

Επειδή, όπως προαναφέρθηκε, οι εργασίες των Gatmiri et al (2012,2014) ασχολούνται με την μέγιστη επιδείνωση SR, εξαιτίας τόσο της γεωμετρίας κοιλάδας όσο και της ύπαρξης «μαλακού» εδάφους χρειάστηκε να γίνει μετατροπή των αποτελεσμάτων αυτών ώστε να απομονωθεί η επίδραση του «μαλακού» εδάφους και τα αποτελέσματα να είναι άμεσα συγκρίσιμα και μόνο σε όρους γεωμορφικής επιδείνωσης.

Για το σκοπό αυτό εκτιμάται ο λόγος $A_{1D} = S_{a, soil} / S_{a, rock}$ που ορίζεται ως ο φασματικός λόγος που προκύπτει από το ελαστικό φάσμα απόκρισης της 1Δ ανάλυσης αμιγώς λόγω της ύπαρξης εδαφικού υλικού και του αντίστοιχου φάσματος που προκύπτει στο αναδυόμενο βραχώδες υπόβαθρο. Στην βιβλιογραφία υπάρχουν αριθμητικοί και αναλυτικοί τρόποι εκτίμησης του συντελεστή A_{1D} (που είναι συνάρτηση της περιόδου κατασκευής T) και συγκεκριμένα εδώ επιλέγεται ο γνωστός τρόπος αναλυτικού υπολογισμού:

$$A_{1D} = \frac{1}{\left[\cos^2(k_s H) + (\xi_s k_s H)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (6.3)$$

όπου:

$$k_s = \frac{\pi T_{s,1d}}{2 T_e}$$

$$\xi_s = \xi + \frac{2}{\pi} a \left(\frac{T_{s,1d}}{T_e} \right)^{-1}, \text{ με } \xi=5\% \text{ και } a = \rho_s V_s / \rho_b V_b$$

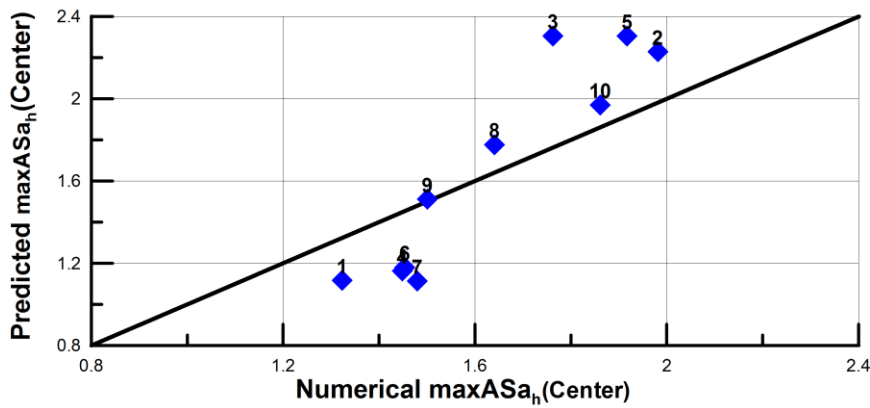
H: το ύψος της κοιλάδας

Η εφαρμογή της σχέσης 6.3 γίνεται για περίοδο T_e ίση με την εκάστοτε δεσπόζουσα περίοδο ταλάντωσης. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 4.1 αναλυτικά αναφέρεται για κάθε μια από τις δέκα διεγέρσεις που χρησιμοποιήθηκαν η αντίστοιχη δεσπόζουσα περίοδος T_e .

Επομένως, τελικά ισχύει ότι:

$$\max A S_{ah} = \frac{SR}{A_{1D}} \quad (6.4)$$

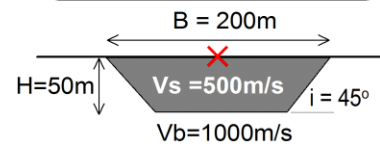
Με άλλα λόγια, γίνεται η παραδοχή πως η 1Δ φασματική ενίσχυση στην περίοδο κατασκευής όπου προκύπτει το SR είναι ίδιου μεγέθους με την 1Δ ενίσχυση της μέγιστης επιτάχυνσης.



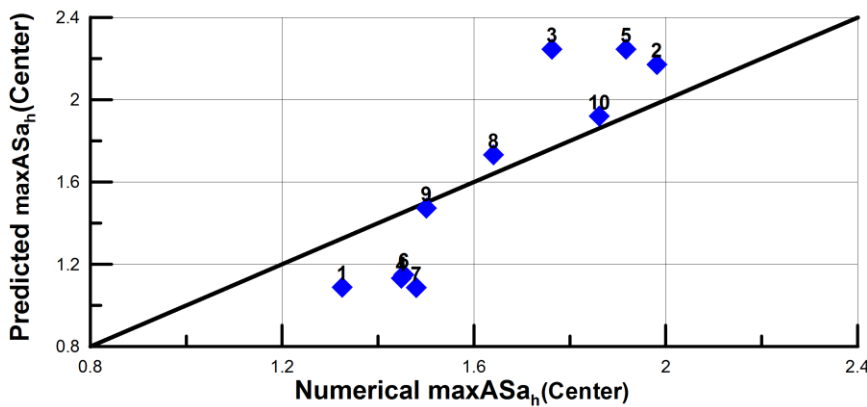
B/H = 4 , i = 45°
 $T_{s,1D} = 0.4 \text{sec}$
Predicted maxASa(Center)
 Gatzmiri et al(2012)

Numerical maxASa (Center)

- 1.Coyote Lake: $T_e = 0.42 \text{sec}$
- 2.Kefalonia: $T_e = 0.18 \text{sec}$
- 3.Kobe: $T_e = 0.2 \text{sec}$
- 4.Lefkada: $T_e = 0.46 \text{sec}$
- 5.Loma Prieta: $T_e = 0.2 \text{sec}$
- 6.Northridge: $T_e = 0.36 \text{sec}$
- 7.Northridge265: $T_e = 0.4 \text{sec}$
- 8.Parkfield: $T_e = 0.27 \text{sec}$
- 9.Pyrgos: $T_e = 0.3 \text{sec}$
- 10.Sepolia: $T_e = 0.25 \text{sec}$



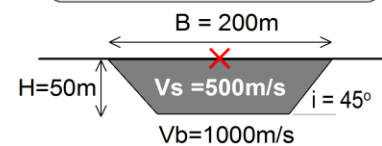
Σχήμα 6.7: Σύγκριση της προτεινόμενης τιμής της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης στο κέντρο της «συνήθους» (usual) κοιλάδας για λόγο πλήρωσης $H_1/H=1$ με βάση τους (Gatzmiri et al 2012), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για όλες τις σχετικές διεγέρσεις.



B/H = 4 , i = 45°
 $T_{s,1D} = 0.4 \text{sec}$
Predicted maxASa(Center)
 Gatzmiri et al(2014)

Numerical maxASa (Center)

- 1.Coyote Lake: $T_e = 0.42 \text{sec}$
- 2.Kefalonia: $T_e = 0.18 \text{sec}$
- 3.Kobe: $T_e = 0.2 \text{sec}$
- 4.Lefkada: $T_e = 0.46 \text{sec}$
- 5.Loma Prieta: $T_e = 0.2 \text{sec}$
- 6.Northridge: $T_e = 0.36 \text{sec}$
- 7.Northridge265: $T_e = 0.4 \text{sec}$
- 8.Parkfield: $T_e = 0.27 \text{sec}$
- 9.Pyrgos: $T_e = 0.3 \text{sec}$
- 10.Sepolia: $T_e = 0.25 \text{sec}$



Σχήμα 6.8: Σύγκριση της προτεινόμενης τιμής της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης στο κέντρο της «συνήθους» (usual) κοιλάδας για λόγο πλήρωσης $H_1/H=1$ με βάση τους (Gatzmiri et al 2014), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για όλες τις σχετικές διεγέρσεις.

Όπως φαίνεται από τα Σχήματα 6.7 και 6.8 οι δύο προτάσεις των Gatmiri et al (2012) και Gatmiri et al (2014) επαληθεύονται ικανοποιητικά από τα αριθμητικά αποτελέσματα, ενώ παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους. Ωστόσο, επειδή οι προτεινόμενες σχέσεις αφορούν την μέγιστη τιμή της οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης $\max AS_{ah}$ (ανεξαρτήτως περιόδου κατασκευής) και μάλιστα μόνο για το κέντρο της κοιλάδας δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί πρακτικά για το σχεδιασμό, παρά μόνο για μια προκαταρκτική πρόβλεψη της αναμενόμενης μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης.

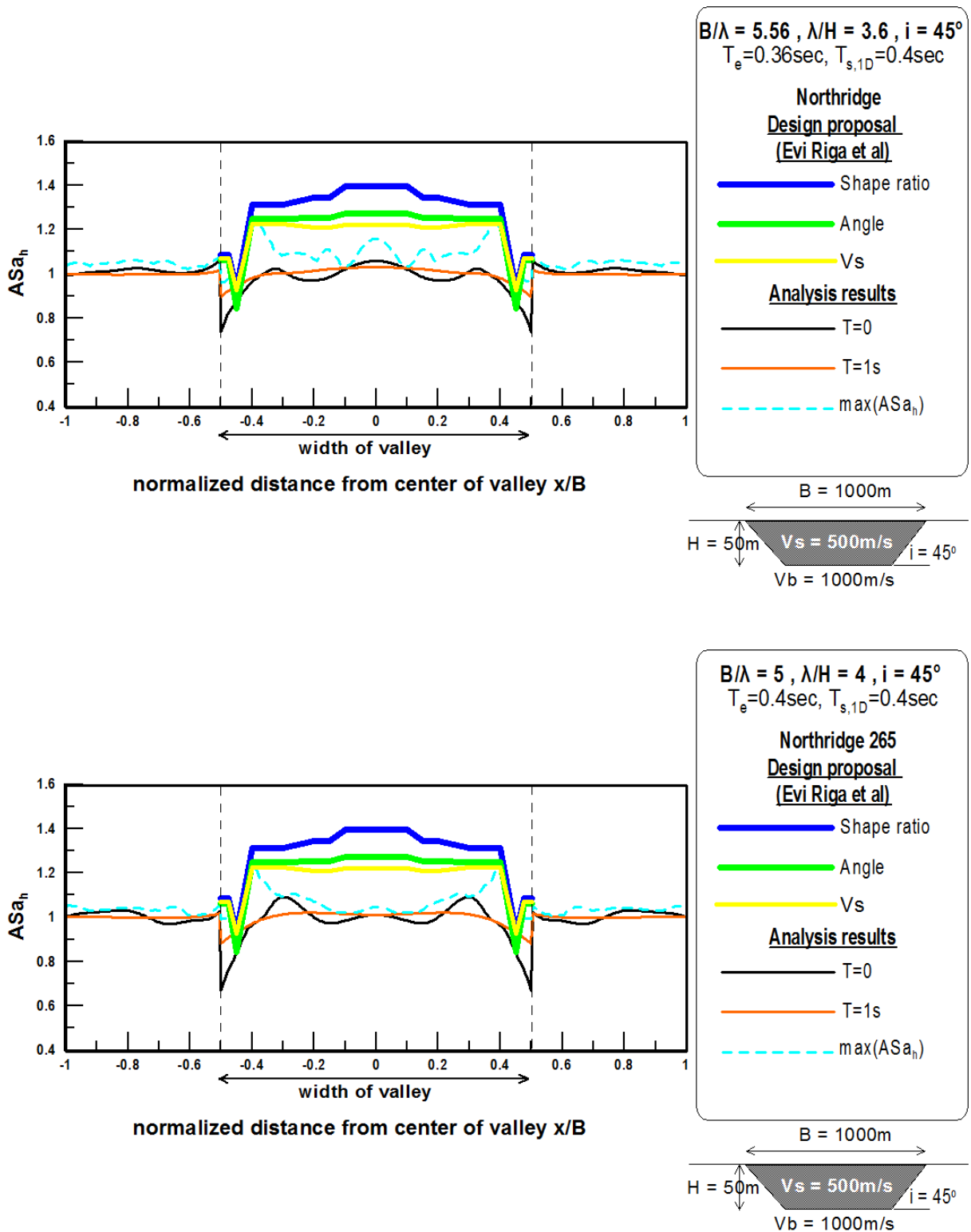
6.3: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ RIGA ET AL (2016)

Σκοπός της εργασίας των Riga et al (2016) ήταν η διερεύνηση της ευαισθησίας της 2Δ σεισμικής απόκρισης των τραπεζοειδών κοιλάδων σε σχέση με την γεωμετρία τους, αλλά και των ιδιοτήτων των εδαφικών υλικών που εμφανίζονται σε αυτές. Ο λόγος B/H των κοιλάδων που εξετάστηκαν είχε ελάχιστη τιμή 10, γεγονός που κατατάσσει όλες τις εξεταζόμενες κοιλάδες από τους συγκεκριμένους ερευνητές στην κατηγορία των «ευρειών» κοιλάδων της παρούσας εργασίας. Όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι μέγιστες αναμενόμενες ενισχύσεις σε τέτοιο τύπο κοιλάδας παρατηρούνται σε περιοχές κοντά στα άκρα της.

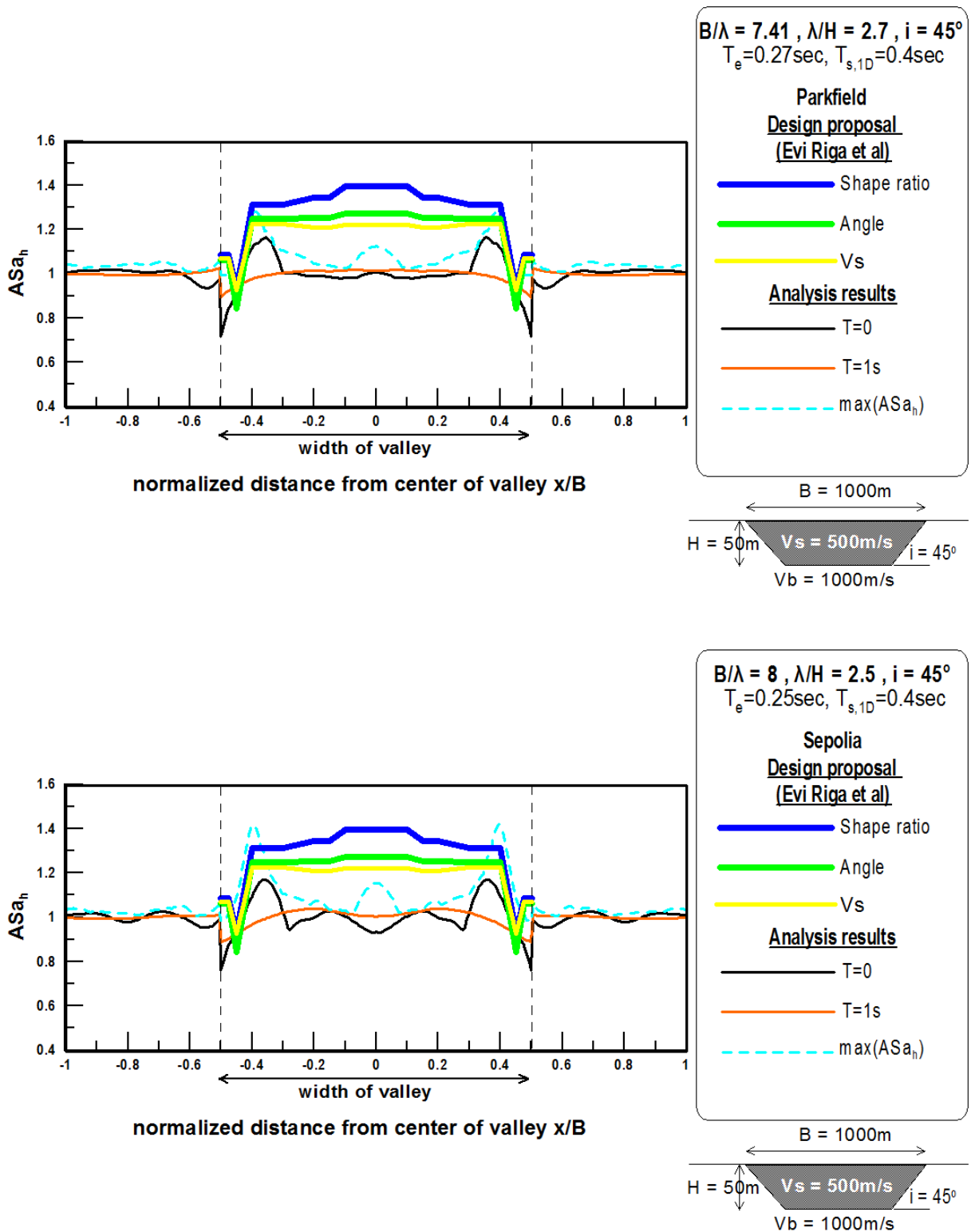
Όσον αφορά την σύγκριση των προτάσεων της συγκεκριμένης με τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων που παρουσιάζονται εδώ υπογραμμίζεται ότι αυτό μπορεί να εφαρμοστεί μονάχα στην περίπτωση της «ευρείας» κοιλάδας που εξετάστηκε και έχει λόγο $B/H=20$. Οι Riga et al (2016) είχαν επιλέξει προς μελέτη κοιλάδες με λόγους B/H από 10 έως 84. Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων τους ποιοτικά επαληθεύτηκε πως αύξηση του λόγου B/H μετατοπίζει τις μέγιστες γεωμορφικές ενισχύσεις στα άκρα της κοιλάδας και καθιστά την απόκριση στο κέντρο πρακτικά μονοδιάστατη. Οι γεωμετρίες που επιλέχθηκαν από τους συγκεκριμένους μελετητές παρουσίαζαν πολύ μεγάλα πλάτη κοιλάδας (ελάχιστο $B=2.500m$) και διαφορετικές γωνίες κλίσης i από 45° . Επομένως, και η σύγκριση με την περίπτωση της «ευρείας» κοιλάδας με $B/H=20$ της παρούσας εργασίας κρίνεται επισφαλής.

Οι τραπεζοειδείς κοιλάδες που διερευνήθηκαν από τους Riga et al (2016) χωρίστηκαν στην μέση και τα επιμέρους μισά κομμάτια διαχωρίστηκαν εκ νέου σε 5 μικρότερα τμήματα, με τις διαστάσεις που διατυπώνονται αναλυτικά στην βιβλιογραφική παρουσίαση της εργασίας στο κεφάλαιο 2. Ακολούθως, παρουσιάστηκαν τριών ειδών καμπύλες προσδιορισμού του $\max AS_{ah}$ ανά περιοχή της κοιλάδας, η καθεμία εκ των οποίων είναι συνάρτηση του λόγου $2H/B$, της ταχύτητας διατμητικών κυμάτων V_s στο εδαφικό υλικό και της γωνίας κλίσης i αντίστοιχα. Επίσης, υπογραμμίζεται το γεγονός ότι η «ευρεία» κοιλάδα για την οποία πραγματοποιήθηκε η διακρίβωση των συγκεκριμένων προβλέψεων χωρίστηκε όπως προτείνεται σε 5 υποτμήματα ανά μισό τμήμα κοιλάδας και για υποτμήμα εκτιμήθηκε ενιαία τιμή $\max AS_{ah}$ με βάση τις προταθείσες σχέσεις.

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται στα ακόλουθα Σχήματα 6.9 6.10 τα αποτελέσματα των αριθμητικών αναλύσεων για την περίπτωση της «ευρείας» κοιλάδας ($B=1000m$, $H=50m$) και για τις διεγέρσεις Northridge, Northridge265, Parkfield και Sepolia μαζί με τις προβλέψεις των τιμών του $AS_{ah_{\max}}$, για όλες τις θέσεις κατά μήκος της κοιλάδας, με βάση διαφορετικές σχέσεις εκτίμησης τους, ως συναρτήσεις γεωμετρίας (shape ratio), της γωνία κλίσης πρηνών (angle) και της δυσστησίας του εδάφους (V_s) ξεχωριστά.



Σχήμα 6.9: Εκτίμηση της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης σε κάθε κανονικοποιημένη θέση από το κέντρο της κοιλάδας σύμφωνα με την εργασία των Riga et al (2016), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για την «ευρεία» ($B/H=20$) κοιλάδα και τις χρονοϊστορίες Northridge (a) και Northridge265 (b).



Σχήμα 6.10: Εκτίμηση της μέγιστης γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης σε κάθε κανονικοποιημένη θέση από το κέντρο της κοιλάδας σύμφωνα με την εργασία των Riga et al (2016), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για την «ευρεία» ($B/H=20$) κοιλάδα και τις χρονοϊστορίες Parkfield (a) και Sepolia (b).

Όπως φαίνεται, στα τέσσερα παραπάνω σχήματα (τα σχήματα για τις υπόλοιπες 6 διεγέρσεις επισυνάπτονται στο Παράρτημα Β), στα άκρα της κοιλάδας το μέγεθος της μέγιστης οριζόντιας γεωμορφικής επιδείνωσης προβλέπεται ορθά. Ωστόσο, στο κέντρο της κοιλάδας υπάρχει συστηματική υπερεκτίμηση του φαινομένου. Ενώ, σύμφωνα με τα αριθμητικά αποτελέσματα η απόκριση της κοιλάδας είναι μονοδιάστατη στο κέντρο της κοιλάδας, η πρόταση των Riga et al προβλέπει ισχυρές ενισχύσεις, ακόμη μεγαλύτερες και από ότι στα άκρα. Τούτο δύναται να δικαιολογηθεί εξαιτίας της διαφορετικού μεγέθους γεωμετρίας που χρησιμοποιήθηκε. Ενώ υπάρχει σύγκριση σε όρους B/H με την παρούσα εργασία, σε όρους εμβαδού S της κοιλάδας και μήκους λ δεσπόζοντος διατμητικού κύματος οι αποκλίσεις είναι σχετικά μεγάλες, και αυτό μπορεί να αποτελεί μια εξήγηση για την εμφάνιση των μέγιστων ενισχύσεων στο κέντρο της κοιλάδας, ακόμη και για $B/H=20$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η παρούσα εργασία μελετά την ενίσχυση της οριζόντιας και την εμφάνιση παρασιτικής κατακόρυφης φασματικής επιτάχυνσης στην επιφάνεια τραπεζοειδών αλλουβιακών κοιλάδων. Η εργασία τελικώς προτείνει Συντελεστές Επιδείνωσης των φασμάτων επιτάχυνσης υπό μονοδιάστατες συνθήκες ταλάντωσης. Επικεντρώνεται σε 2Δ εδαφικές λεκάνες τραπεζοειδούς (και τριγωνικής) διατομής με ιξωδο-ελαστικό ομοιόμορφο έδαφος επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου το οποίο διεγείρεται με κατακόρυφα κύματα SV, με την μορφή δέκα πραγματικών διεγέρσεων (σεισμών Coyote Lake 1979, Κεφαλονιάς 1983, Kobe 1995, Λευκάδας 2003, Loma Prieta 1989, Northridge 1994, Northridge265 1994, Parkfield 2004, Πύργος 1993 και Σεπόλια 1999). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις για 30 περιπτώσεις συνδυασμών εδαφικής λεκάνης-υποβάθρου-σεισμικής διέγερσης. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για λεκάνες με εύρος λόγω γεωμετρίας πλάτους B προς πάχος H που λαμβάνει τιμές $B/H=2,4$ και 20, κλίση πρανών $i=45^\circ$, με έδαφος δυστημσίας $V_s=500\text{m/s}$ επί υποβάθρου με $V_b=500$ έως 1000m/s , που υποβάλλονται σε διεγέρσεις με δεσπόζουσα περίοδο $T_e=0.18$ έως 0.46sec με τη μη γραμμικότητα των γεωϋλικών να υπεισέρχεται στις αναλύσεις μέσω (ελάχιστης) απόσβεσης Rayleigh $\xi=5\%$. Τα κυριότερα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας συνοψίζονται στην παράγραφο 7.2, ενώ οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας συνοψίζονται στην παράγραφο 7.3, όπου παράλληλα προτείνεται πιθανή μελλοντική έρευνα σε αντίστοιχο αντικείμενο.

7.2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αριθμητικά αποτελέσματα και τις συγκρίσεις τους με προβλέψεις της βιβλιογραφίας προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Ορίζεται ως γενικό όριο της συμπεριφοράς της κοιλάδας ο λόγος $B/H=10$. Τιμές μικρότερες του λόγου αυτό δίνουν τις μέγιστες γεωμορφικές επιδεινώσεις που συναντώνται κυρίως στο κέντρο της κοιλάδας. Μεγαλύτερες τιμές του B/H εμφανίζουν μικρότερες ενισχύσεις που όσο μεγαλώνει το B/H τόσο μετατοπίζονται προς τα άκρα της κοιλάδας.
- Οι «στενές» κοιλάδες ($B/H \leq 2$) εμφανίζουν γενικώς τις μεγαλύτερες οριζόντιες ενισχύσεις στο κέντρο και τις κατακόρυφες στο $0.25x/B$. Αυτό συμβαίνει λόγω συμβολής των ανακυκλωμένων κυμάτων στο κέντρο της «στενής» κοιλάδας.
- «Συνήθεις» τραπεζοειδείς κοιλάδες, με τιμές του λόγου $2 < B/H < 10$, δίνουν πολύ σημαντικές ενισχύσεις (π.χ. AS_{a_h} έως 1.9 και AS_{a_v} έως 0.8) κοντά στο κέντρο της κοιλάδας και σε περιόδους κατασκευής T κοντά στην θεμελιώδη περίοδο T_f της κοιλάδας.
- «Ευρείες» κοιλάδες, με τιμές του λόγου $B/H \geq 10$, εξαρτούν το αν δημιουργούν γεωμορφική επιδείνωσή τους από τη διέγερση. Συγκεκριμένα αν η δεσπόζουσα περίοδος της διέγερσης T_e είναι μεγαλύτερη από την πρώτη ιδιοπερίοδο $T_{s,1d}$ της στρώσης εδάφους, τότε οι ενισχύσεις είναι ασήμαντες (π.χ. $AS_{a_h} < 1.1$, $AS_{a_v} < 0.3$) και η απόκριση είναι πρακτικώς μονοδιάστατη. Αν όμως $T_{s,1d} \geq T_e$, όπως συνήθως συμβαίνει, τότε αναμένονται αξιόλογες ενισχύσεις (AS_{a_h} έως 1.4 και AS_{a_v} έως 0.6), κυρίως στα άκρα της κοιλάδας και σε περιόδους κατασκευής T κοντά στην δεσπόζουσα περίοδο ταλάντωσης T_e .
- Οι σχέσεις εκτίμησης της μέγιστης οριζόντιας και κατακόρυφης παρασιτικής γεωμορφικής επιδείνωσης των Μέλλιου και Τέττας (2010) επαληθεύονται για όσες περιπτώσεις είναι εντός του εύρους των αποτελεσμάτων τους. Για τις εκτός εύρους περιπτώσεις (όπου $\lambda/H < 0.67$) προτείνεται διαφοροποίηση μόνο στον τρόπο υπολογισμού της τιμής $A_{h_{max}}$ και μόνο για τις «στενές» κοιλάδες ($B/H \leq 2$) που δεν έχουν αναλυθεί από τους εν λόγω ερευνητές. Συγκεκριμένα ισχύσει ότι:

$$Ah_{\max} = 1 + A1 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-1.45} \cdot \left(\frac{B}{\lambda}\right)^{-0.3} \cdot \alpha^{-0.65} \cdot i^{0.46} \otimes, \text{για } \lambda/H \geq 0.67 \quad (7.1)$$

$$Av_{\max} = 0.1577 \cdot \left(\frac{\lambda}{H}\right)^{-0.81} \cdot \alpha^{-0.37} \cdot i^{0.25}, \quad (7.2)$$

όπου:

A1: Συντελεστής. A=0.07445 (γενική περίπτωση) .Όταν $\lambda/H < 0.67$ και $B/H \leq 2$ τότε A=0.055

λ/H : Αδιάστατος λόγος μήκους κύματος προς πάχος κοιλάδας

B/ λ : Αδιάστατος λόγος πλάτους κοιλάδας προς μήκος κύματος

α : Λόγος εμπέδησης εδάφους-υποβάθρου, όπου $\alpha = \rho_s V_s / \rho_b V_b$

i: Κλίση του υποβάθρου στις άκρες της 2Δ εδαφικής λεκάνης

- Τα νομογραφήματα (**Σχήμα 2.2**) που προτάθηκαν από τους Μέλλιο και Τέττα (2010) για τις θέσεις εμφάνισης της μέγιστης οριζόντιας και παρασιτικής κατακόρυφης γεωμορφικής επιδείνωσης του εδάφους κρίνονται αξιόπιστα προς χρήση.
- Οι περισσότερες προτάσεις της βιβλιογραφίας δεν δίνουν ένα εύχρηστο τρόπο υπολογισμού Συντελεστών Επιδείνωσης ώστε να εισαχθούν στους υπολογισμούς ενίσχυσης φασμάτων υπό 1Δ συνθήκες, καθώς είτε (επιτυχώς) ασχολούνται μόνο για το κέντρο της κοιλάδας (Gatmiri et al 2012 & 2014), είτε ασχολούνται μόνο για την μέγιστη τιμή της γεωμορφικής επιδείνωσης σε διάφορα σημεία της κοιλάδας (Riga et al 2016). Εξαιρεση μπορεί να αποτελέσει η πρόταση του επαυξητικού συντελεστή στα φάσματα υπό 1Δ συνθήκες των Vessia et al (2011) η οποία δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για τον προσδιορισμό των ενισχύσεων στο κέντρο της κοιλάδας και σε περιοχές κοντινές σε αυτό (μέχρι περίπου $x/B=0.3$), ειδικά για «συνήθεις» κοιλάδες (π.χ. $B/H=4$).
- Προτείνονται **Συντελεστές Επιδείνωσης** για τη γεωμορφική επιδείνωση 2Δ συμμετρικών τραπεζοειδών (και τριγωνικών) κοιλάδων, που δίνουν τιμές ενίσχυσης των ελαστικών φασμάτων σχεδιασμού υπό 1Δ συνθήκες ταλάντωσης, που διαφοροποιούνται χωρικά ανάλογα με τη θέση ενδιαφέροντος κατά μήκος της κοιλάδας. Για το σκοπό αυτό, αρχικώς, γίνεται η κατηγοριοποίηση της κοιλάδας: α) ως «στενής» (narrow) για $B/H \leq 2$, β) ως «συνήθους» (usual) για $2 < B/H < 10$ και γ) ως «ευρείας» (wide) για $B/H \geq 10$. Στη συνέχεια προτείνονται διαφορετικοί Συντελεστές (γεωμορφικής) Επιδείνωσης για την οριζόντια και την παρασιτική κατακόρυφη φασματική επιτάχυνση F_{Hgeo} και F_{Vgeo} αντίστοιχα. Οι Συντελεστές αυτοί εξαρτώνται από δύο (2) ανεξάρτητες συναρτήσεις, τις A(T) και G(x/B), όπου η A(T) είναι η «φασματική» ενίσχυση που σχετίζεται με την περίοδο κατασκευής T και η G(x/B) είναι η «χωρική» συνάρτηση που σχετίζεται με την αδιαστατοποιημένη απόσταση x/B από το κέντρο της κοιλάδας. Επισημαίνεται ότι οι συντελεστές A(T) και G(x/B) είναι διαφορετικοί ανάλογα με την κατηγορία της κοιλάδας.

7.3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η συγκεκριμένη εργασία και τα συμπεράσματα της αφορούν περιπτώσεις 2Δ εδαφικής λεκάνης τραπεζοειδούς (και τριγωνικής) διατομής με ομοιόμορφο έδαφος επί ιξωδο-ελαστικού βραχώδους υποβάθρου το οποίο διεγείρεται με κατακόρυφα κύματα SV με τη μορφή πραγματικών χρονοϊστοριών. Συνεπώς, η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να στοχεύσει στην αναίρεση των παραπάνω περιορισμών μελέτης της γεωμορφικής επιδείνωσης. Για παράδειγμα θα μπορούσαν να μελετηθούν 2Δ λεκάνες κάθε πιθανής μορφής (ελλειπτική, ημικυκλική) ή να γίνουν αναλύσεις για πιο ρεαλιστικές 3Δ γεωμετρίες υποβάθρου, καθώς επίσης και εδαφικές λεκάνες με μη οριζόντια επιφάνεια ή λεκάνες ανομοιόμορφης στρωματογραφίας. Επιπλέον, θα μπορούσε να μελετηθεί πιο συστηματικά η επίδραση της κλίσης πρανών i και του λόγου εμπέδησης α στην γεωμορφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος. Επίσης, το έδαφος θα μπορούσε να θεωρηθεί πιο ρεαλιστικά ως μη γραμμικό.

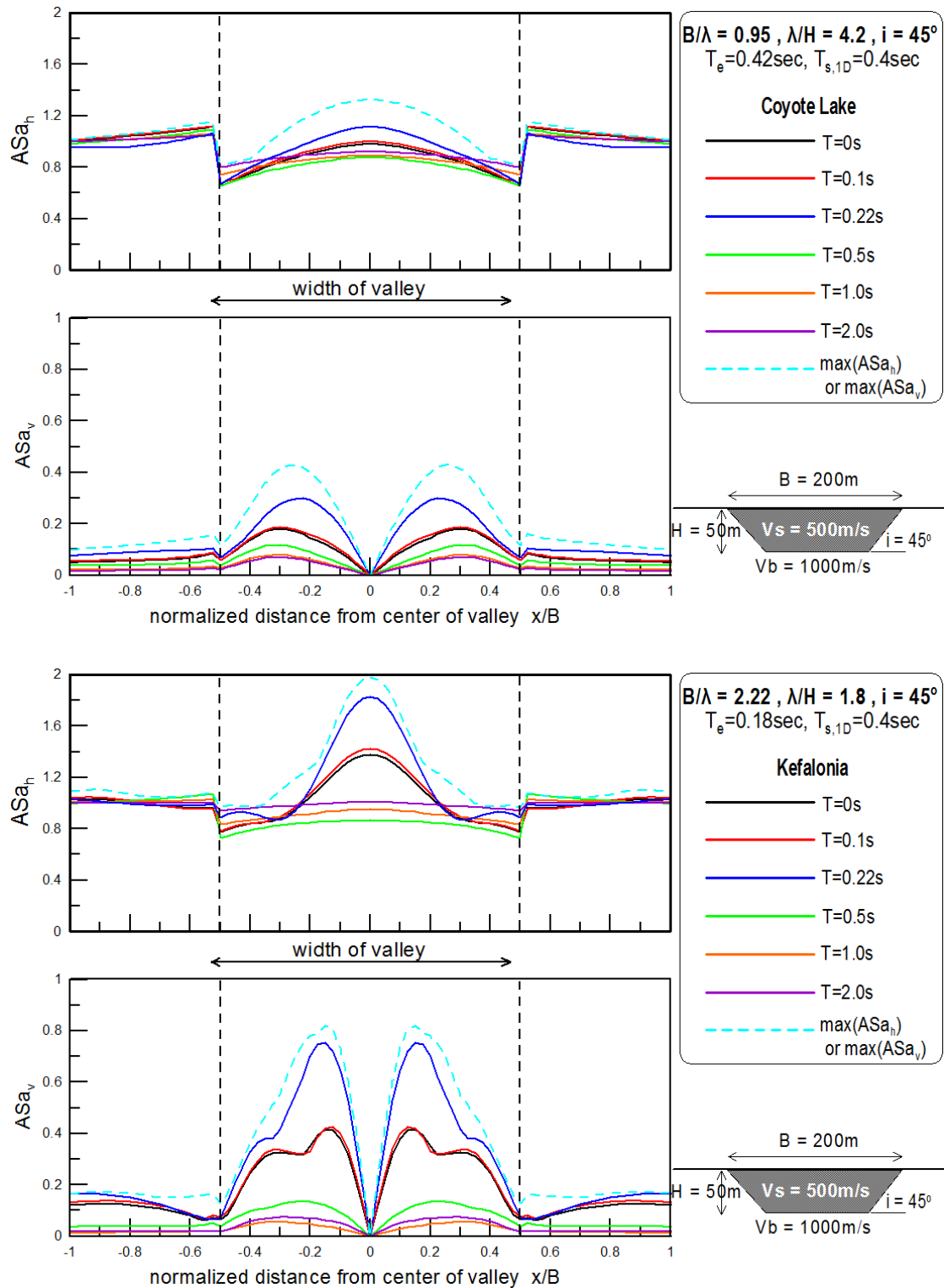
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bard P. and Bouchon M. (1985), “*The two-dimensional resonance of sediment-filled valleys*” Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 75, No. 2, pp. 519-541, April 1985
2. B. Gatmiri, T. Foroutan, “*New criteria on the filling ratio and impedance ratio effects in seismic response evaluation of the partial filled alluvial valleys*”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 41 (2012) 89–101.
3. B. Gatmiri, D. Amini-baneh “*Impact of geometrical and mechanical characteristics on the spectral response of sediment-filled valleys*”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 67 (2014) 233–250.
4. 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)
5. Hans-Balder Havenith, Donat Fah, Sonia Alvarez-Rubio, Daniel Roten (2007) “*Response spectra for the deep sediment-filled Rhone Valley in the Swiss Alps*” Soil Dynamics and Earthquake Engineering 29: 17–38
6. Giuseppe Lanzo, Alessandro Pagliaroli (2012) “*Seismic site effects at near-fault strong motion stations along the Aterno River Valley during the Mw=6.3 2009 L’Aquila earthquake*” Soil Dynamics and Earthquake Engineering 40(2012)1–14
7. 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 2011
8. Evi Riga, K. Makra, K. Pitilakis, “*Aggravation factors for seismic response of sedimentary basins: A code-oriented parametric study*”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering (in press)
9. G. Vessia, S. Russo, D. Lo Presti, “*A new proposal for the evaluation of the amplification coefficient due to valley effects in the simplified local seismic response analyses*” RIVISTA ITALIANA DI GEOTECNICA 4/2011
10. 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
11. Γελαγώτη Φ., Κουρκούλης Ρ., Γκαζέτας Γ. (2008), “*Φαινόμενα 2-Διάστατης Κυματικής Διάδοσης εντός εδαφικής Κοιλιάδας*” 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, 2008
13. Γελαγώτη Φ., Κουρκούλης Ρ., Αναστασόπουλος Ι., Γκαζέτας Γ. (2010) “*Σεισμική αλληλεπίδραση εδάφους-θεμελιώσεως πλαισίου, σε περιοχές εντόνου γεωμορφικού αναγλύφου*” Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής (Βόλος 2010)
14. Μέλλιος και Τέττα (2010) “*Γεωμορφική επιδείνωση της μέγιστης επιτάχυνσης του εδάφους υπό πραγματικές σεισμικές διεγέρσεις*” Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

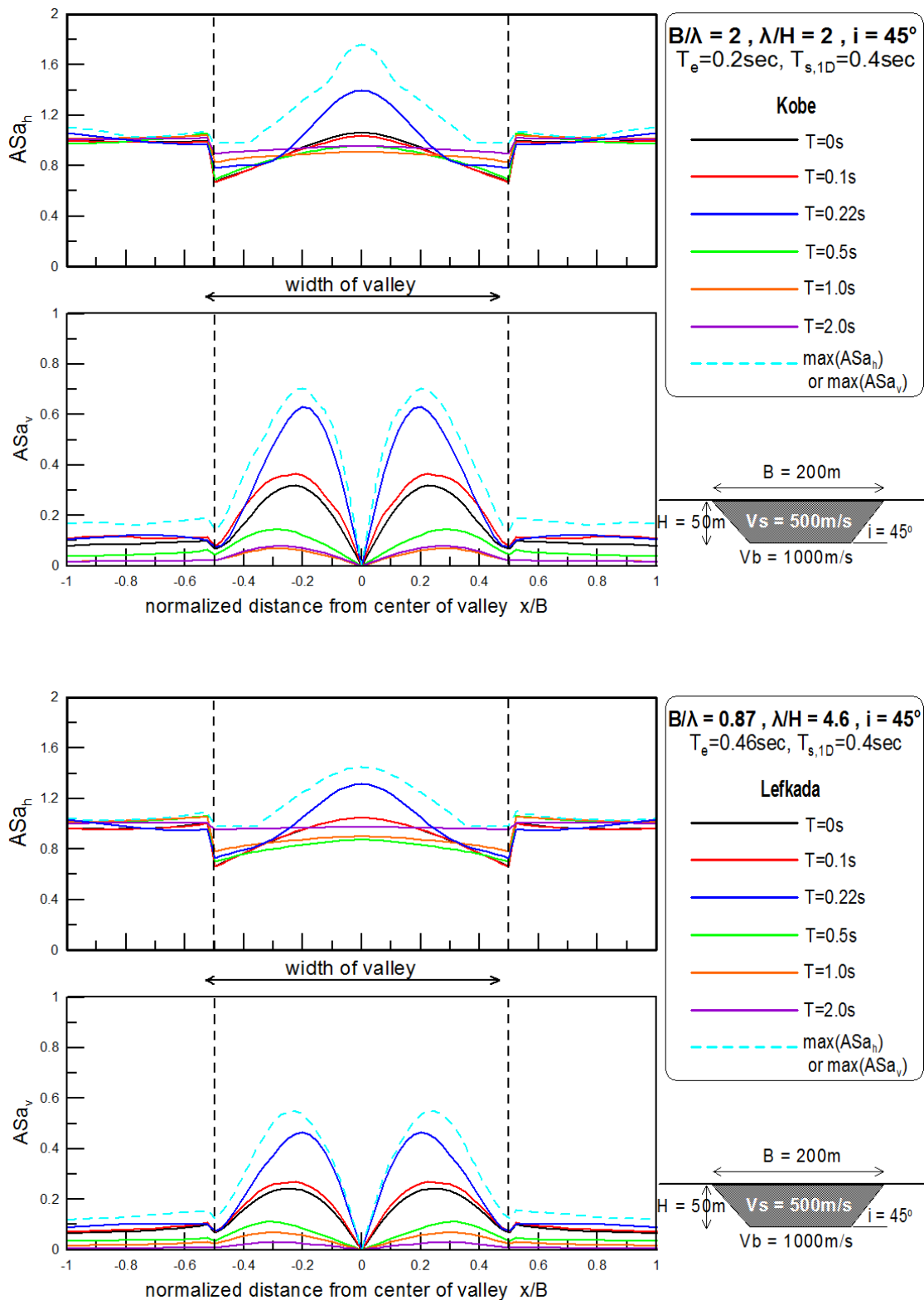
15. Παρασκευόπουλος (2014) “*Συντελεστές Σχεδιασμού για την Γεωμορφική Επιδείνωση του Ελαστικού Φάσματος Απόκρισης*” Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
16. Τέττα Ζ. (2012), “*Παραμετρική διερεύνηση της σεισμικής απόκρισης αλλουβιακών κοιλάδων*” Μεταπτυχιακή διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

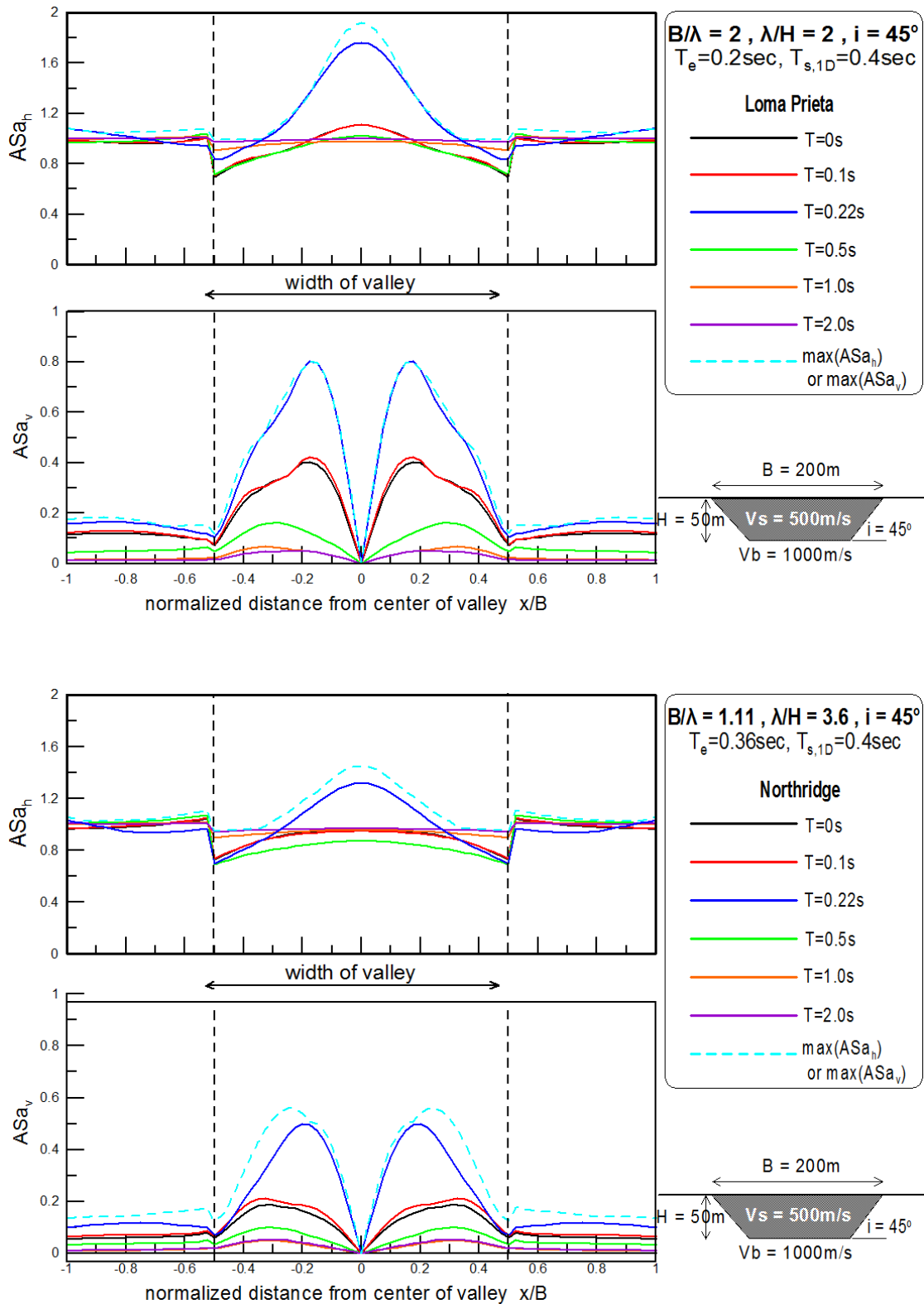
"ΣΥΝΗΘΕΙΣ" ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΕΙΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ



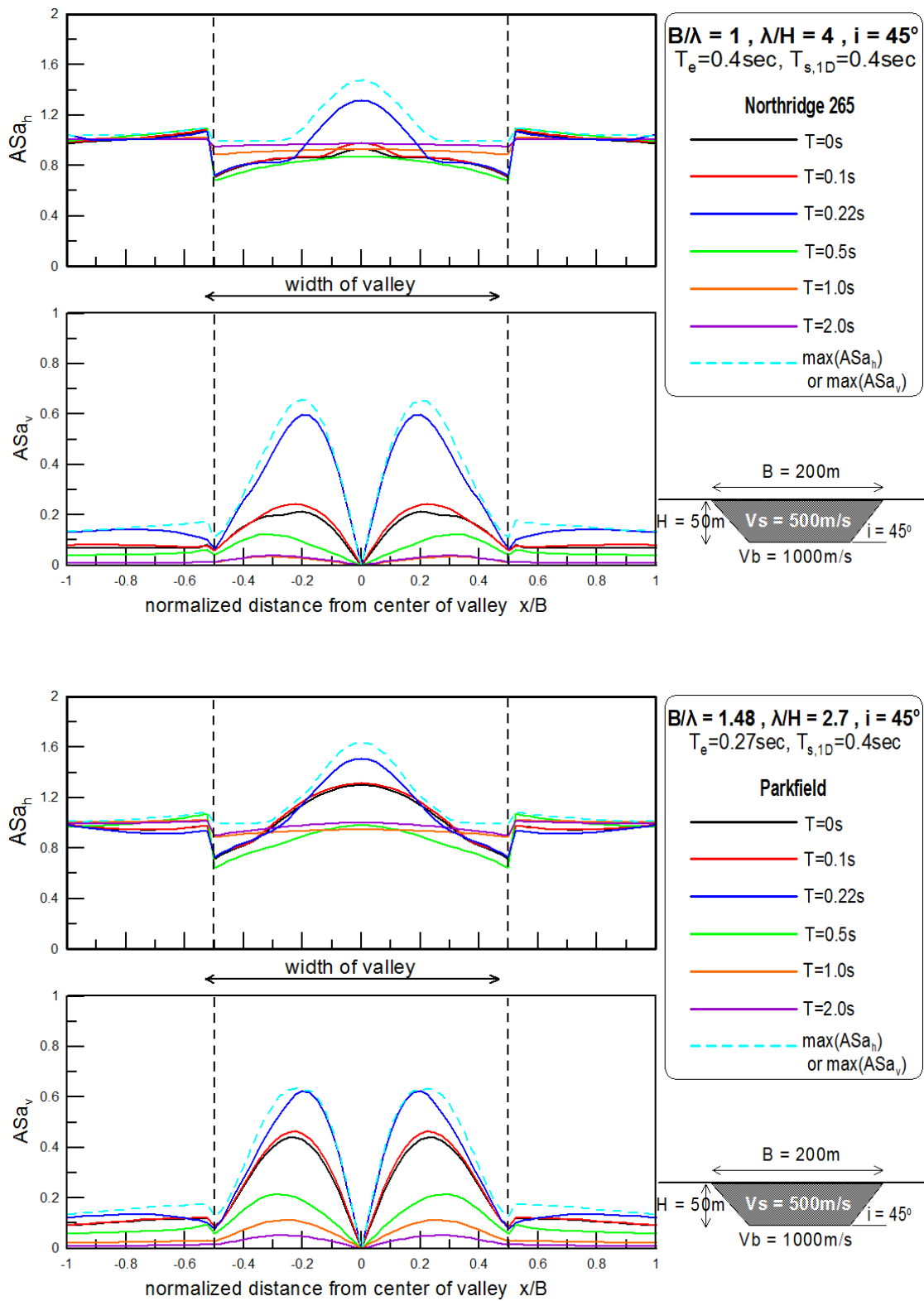
Σχήμα Α.1: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T σε «συνήθη» (usual) τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Coyote (a, b) και Kefalonia (c, d).



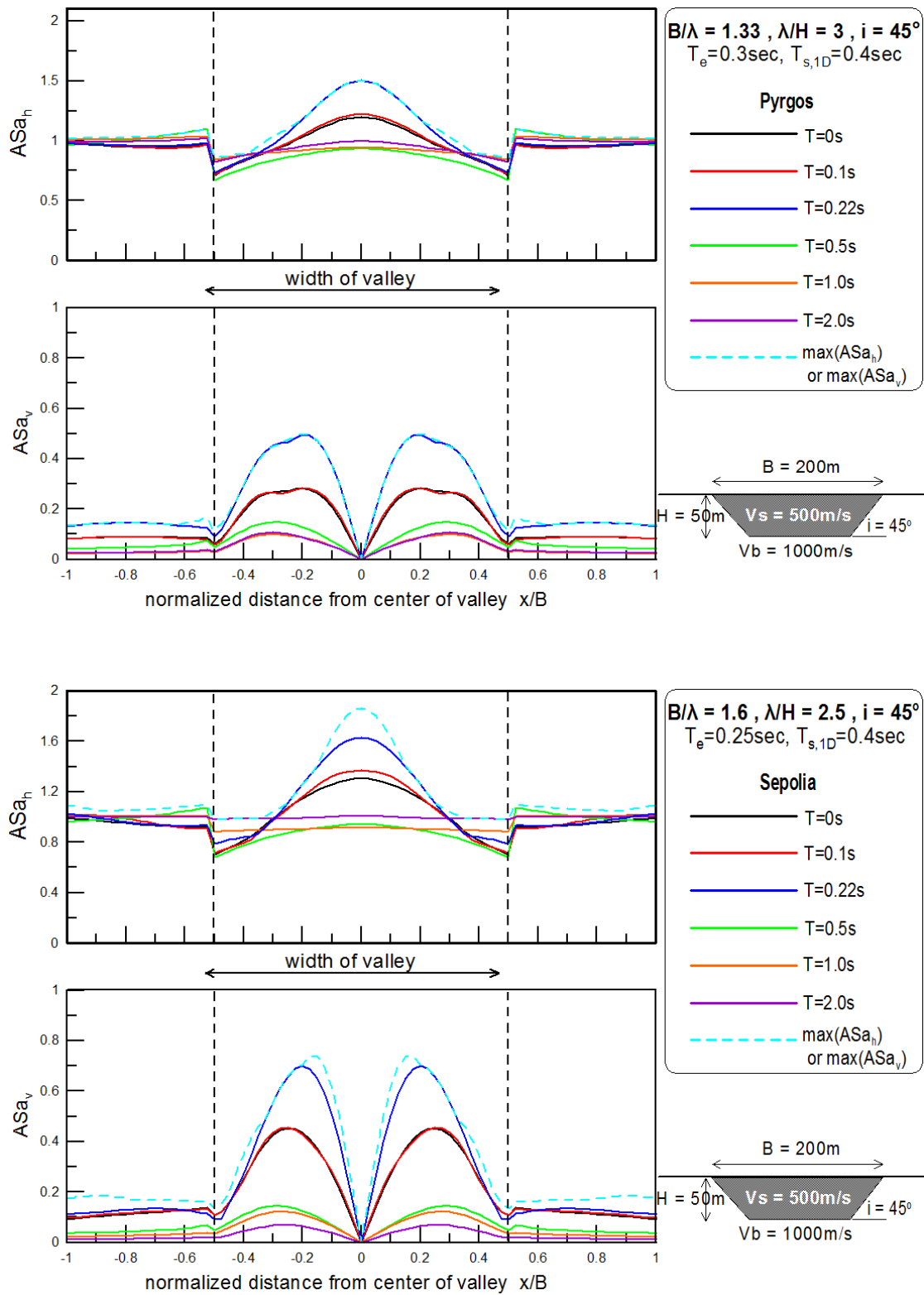
Σχήμα Α.2: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T σε «συνήθη» (usual) τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



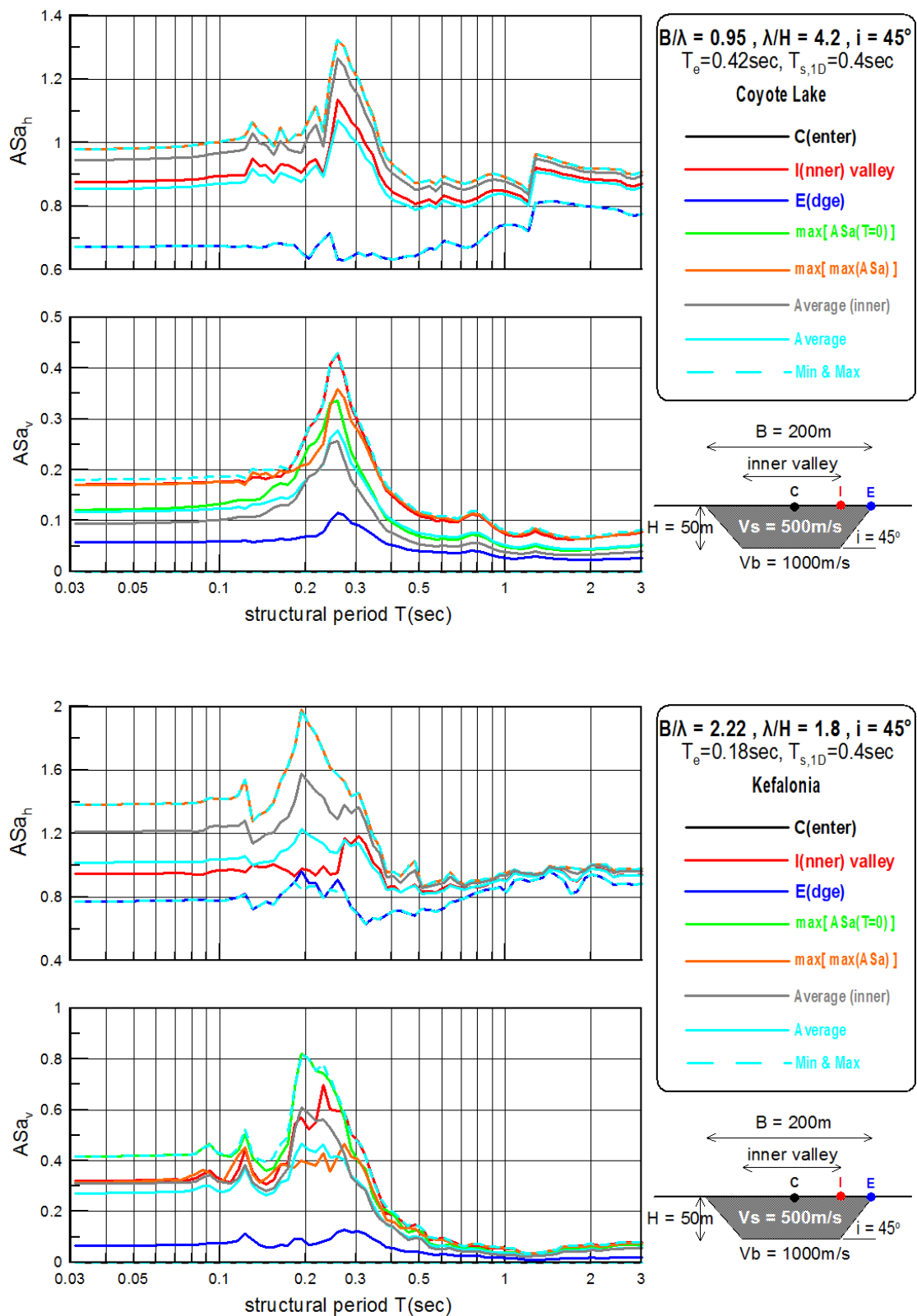
Σχήμα Α.3: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T σε «σνήθη» (usual) τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



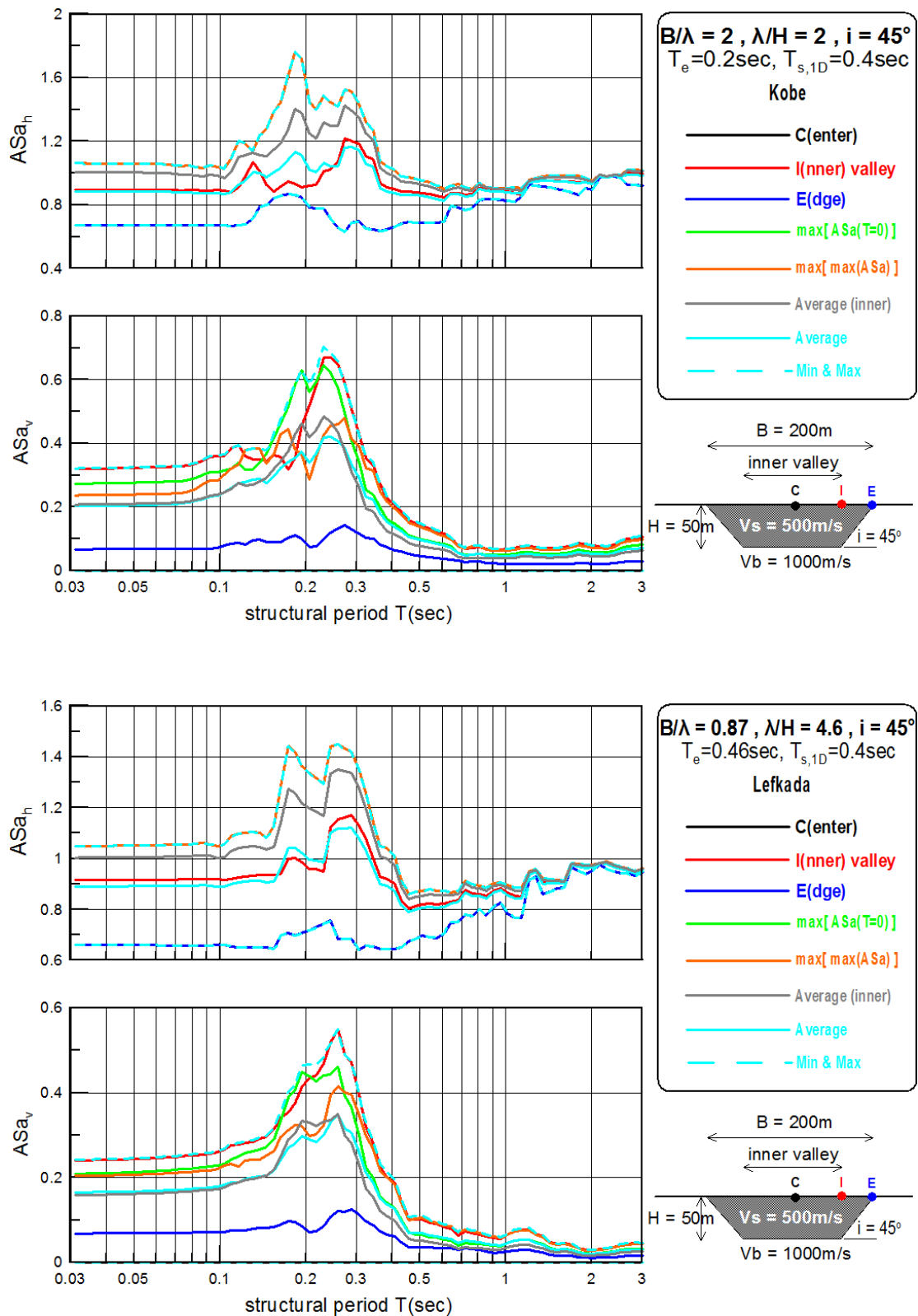
Σχήμα Α.4: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T σε «σνήθη» (usual) τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



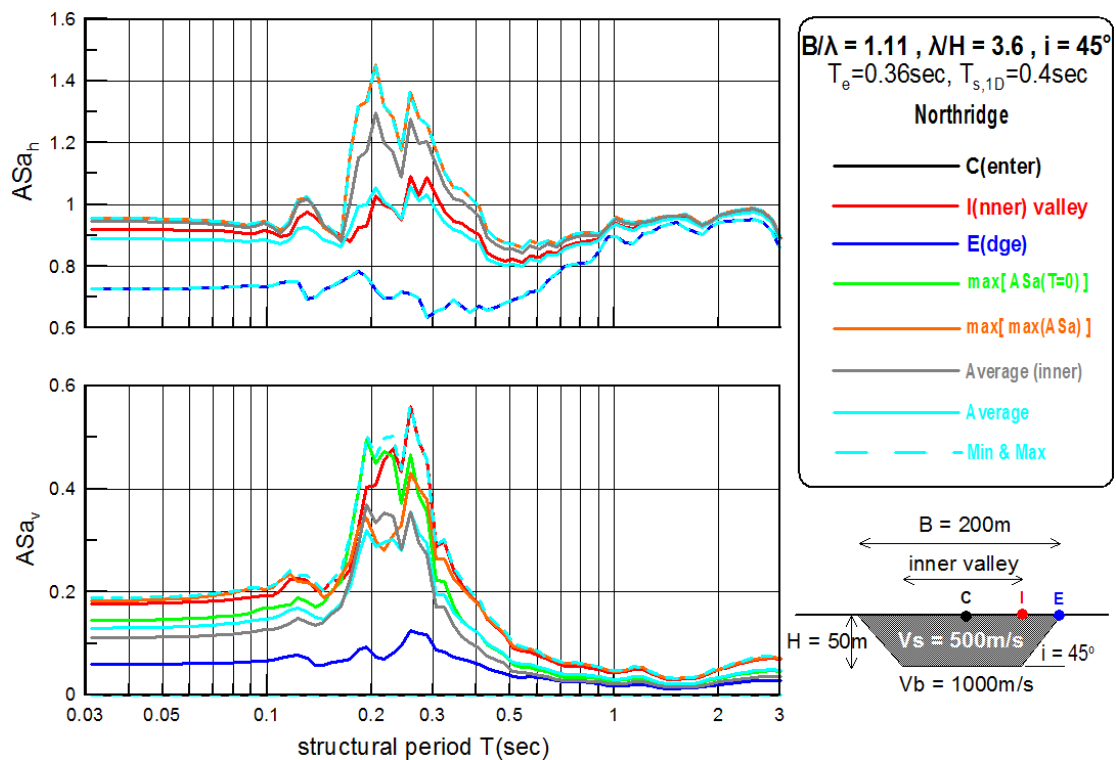
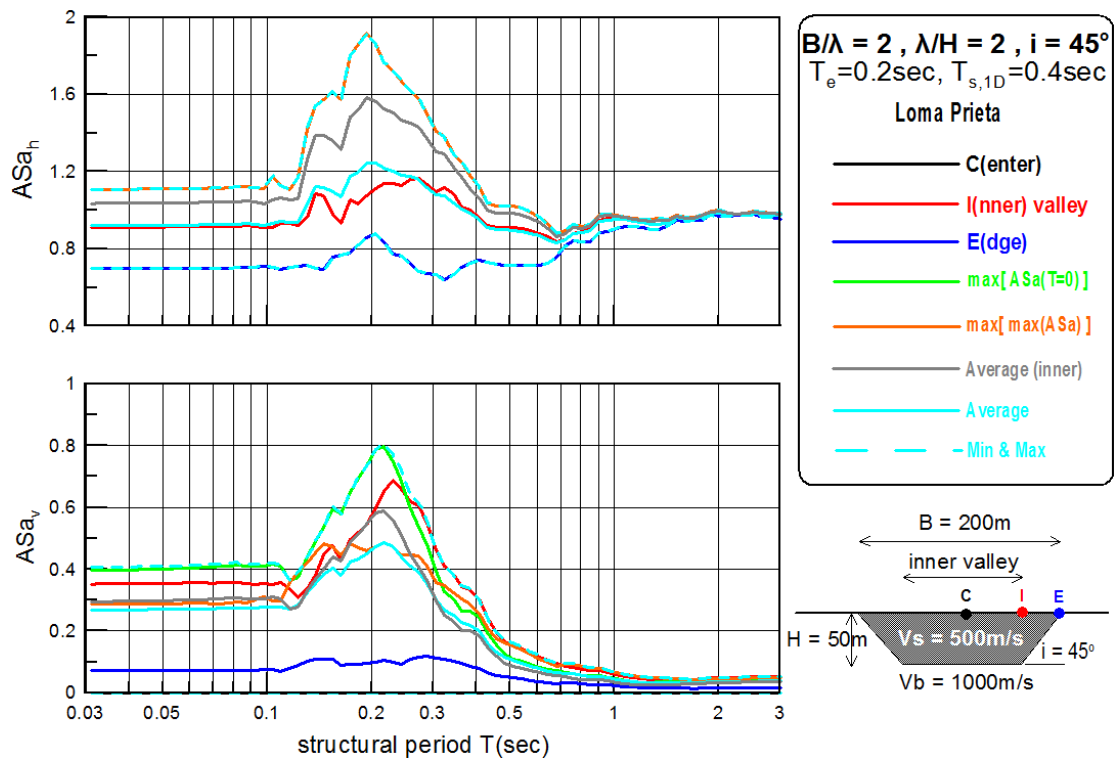
Σχήμα Α.5: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T σε «συνήθη» (usual) τραπεζοειδή κοιλάδα ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).



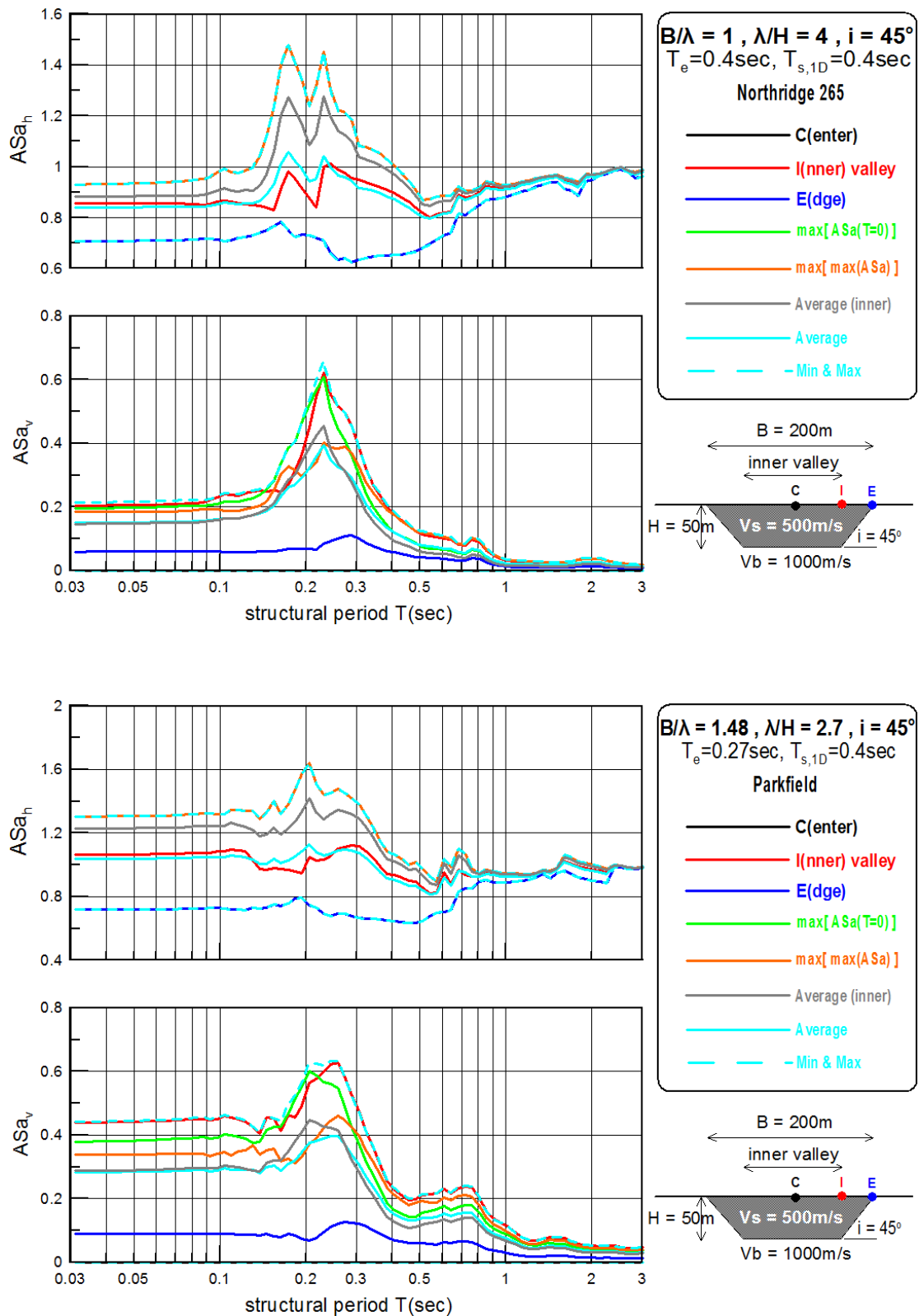
Σχήμα Α.6: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Coyote (a, b) και Kefalonia (c, d).



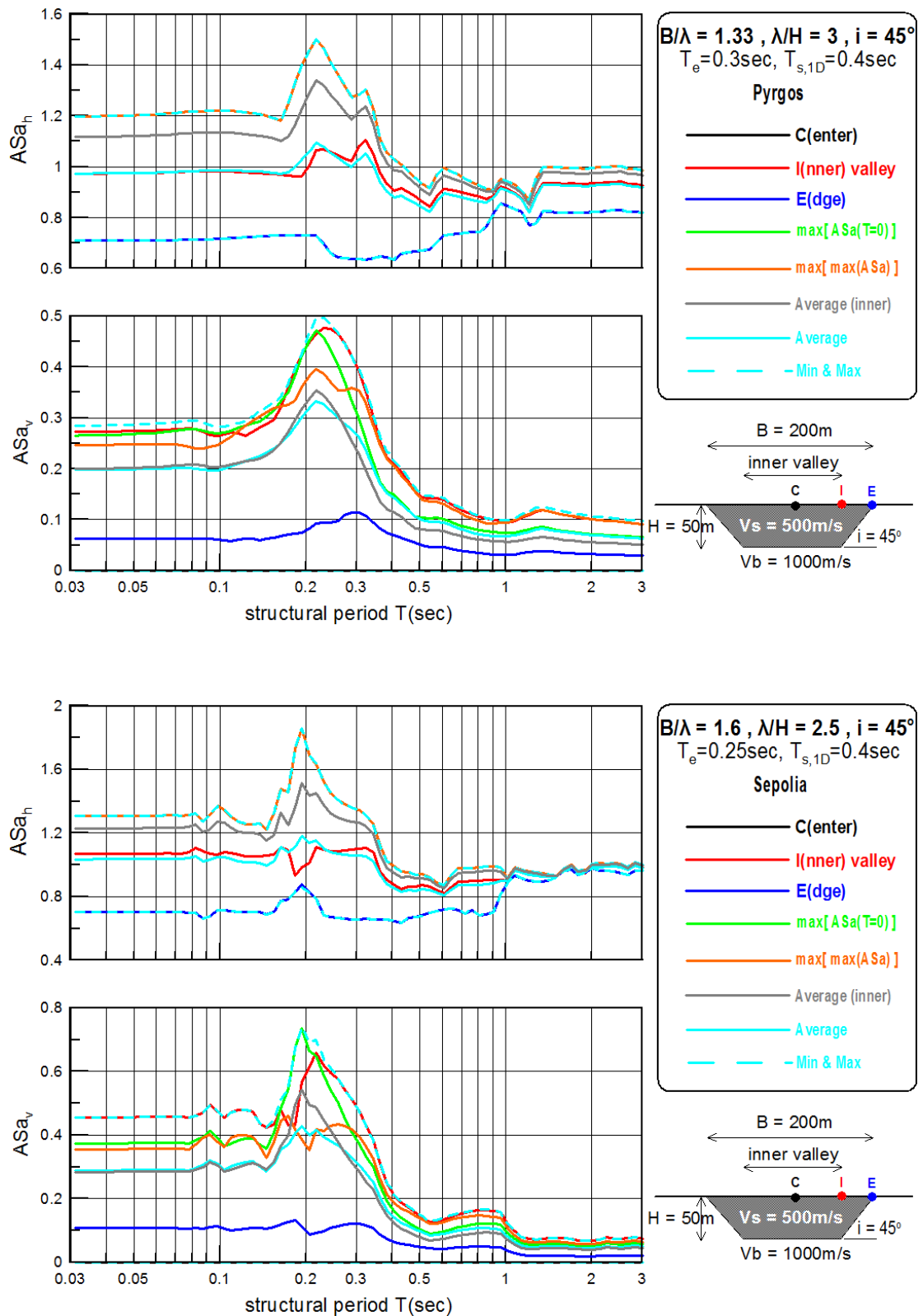
Σχήμα Α.7: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



Σχήμα Α.8: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).

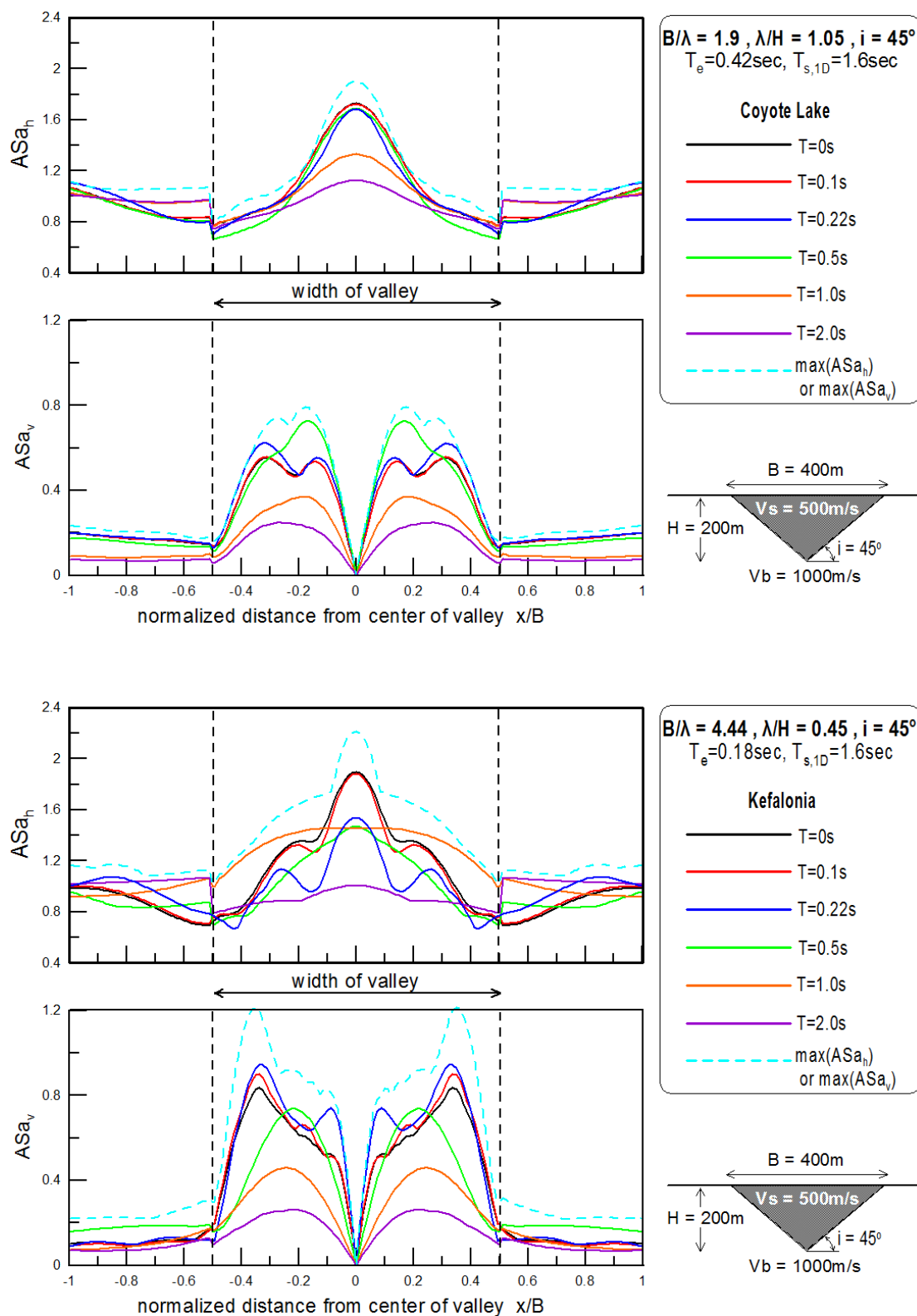


Σχήμα Α.9: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).

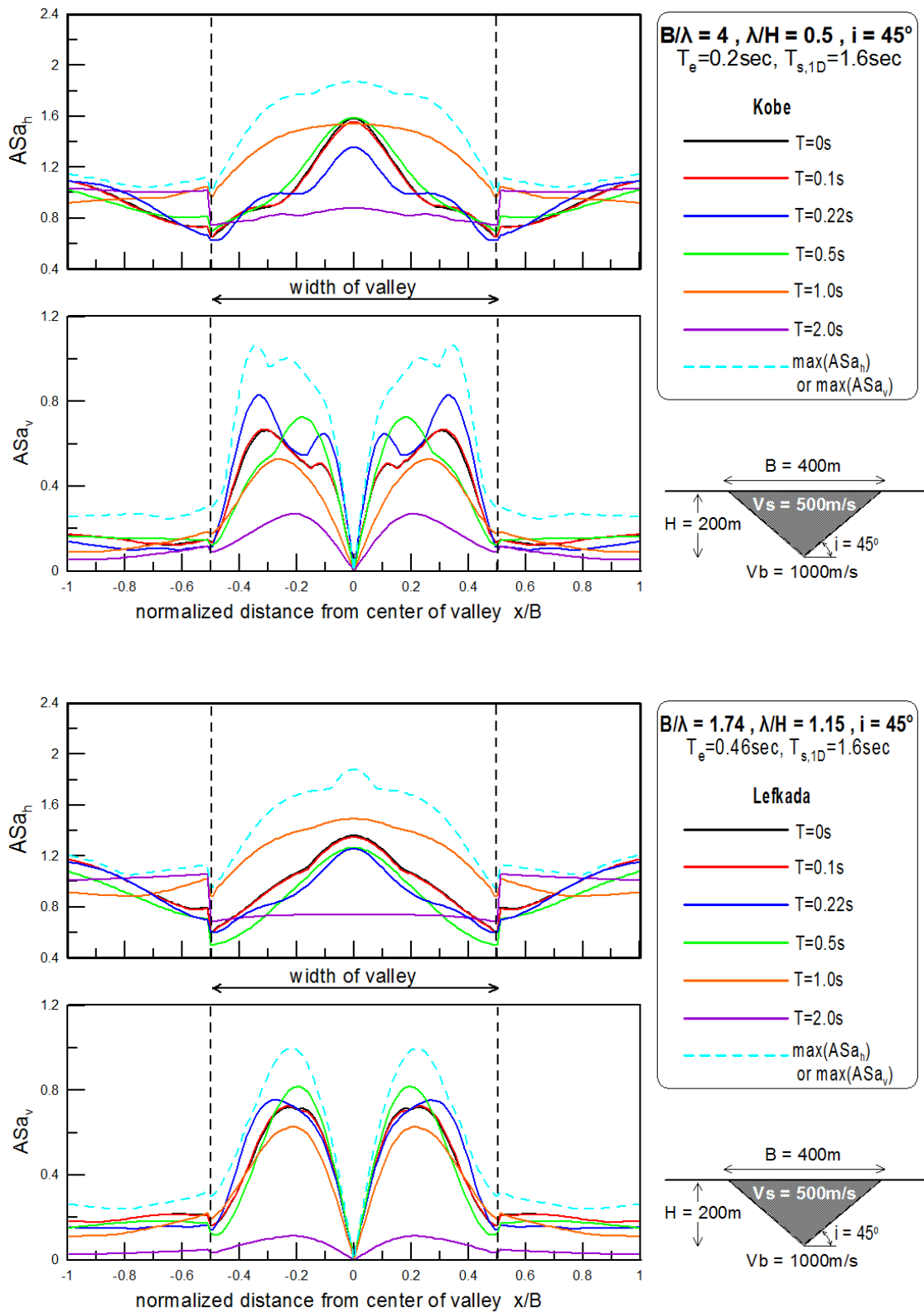


Σχήμα Α.10: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «συνήθους» (usual) τραπεζοειδούς κοιλάδας ($B/H=4$) για τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).

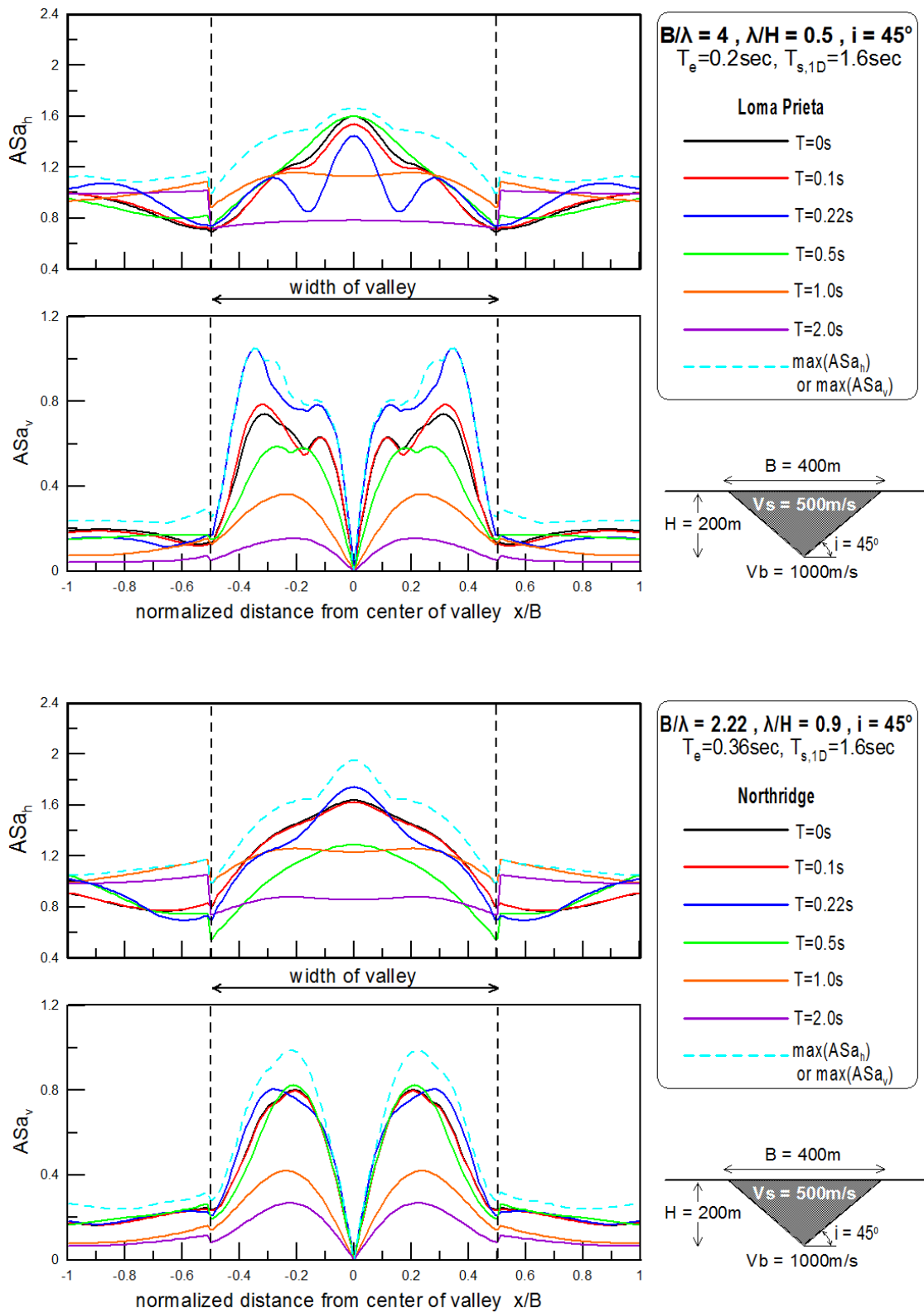
ΤΡΙΓΩΝΙΚΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ



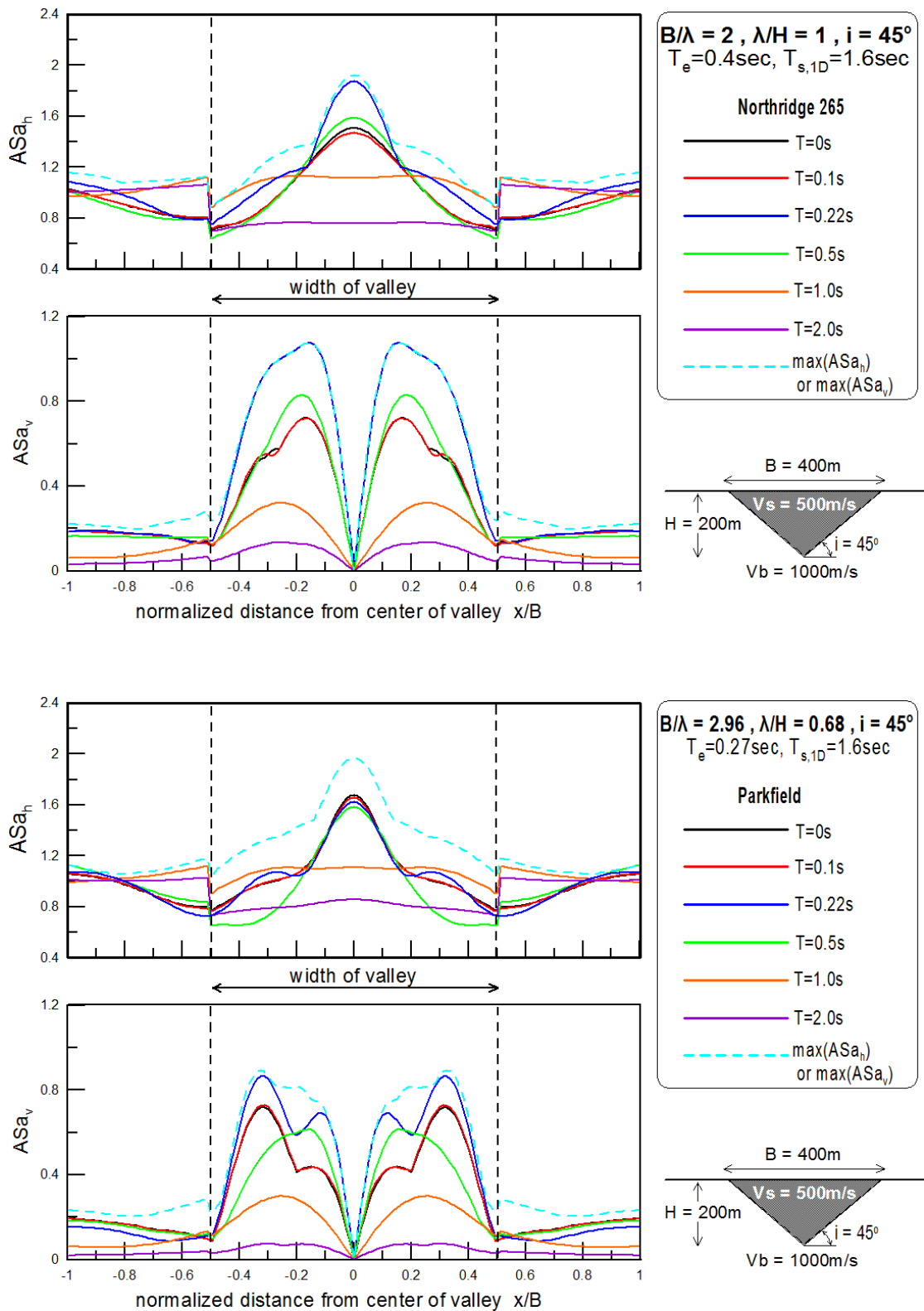
Σχήμα Α.11: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Coyote (a, b) και Kefalonia (c, d).



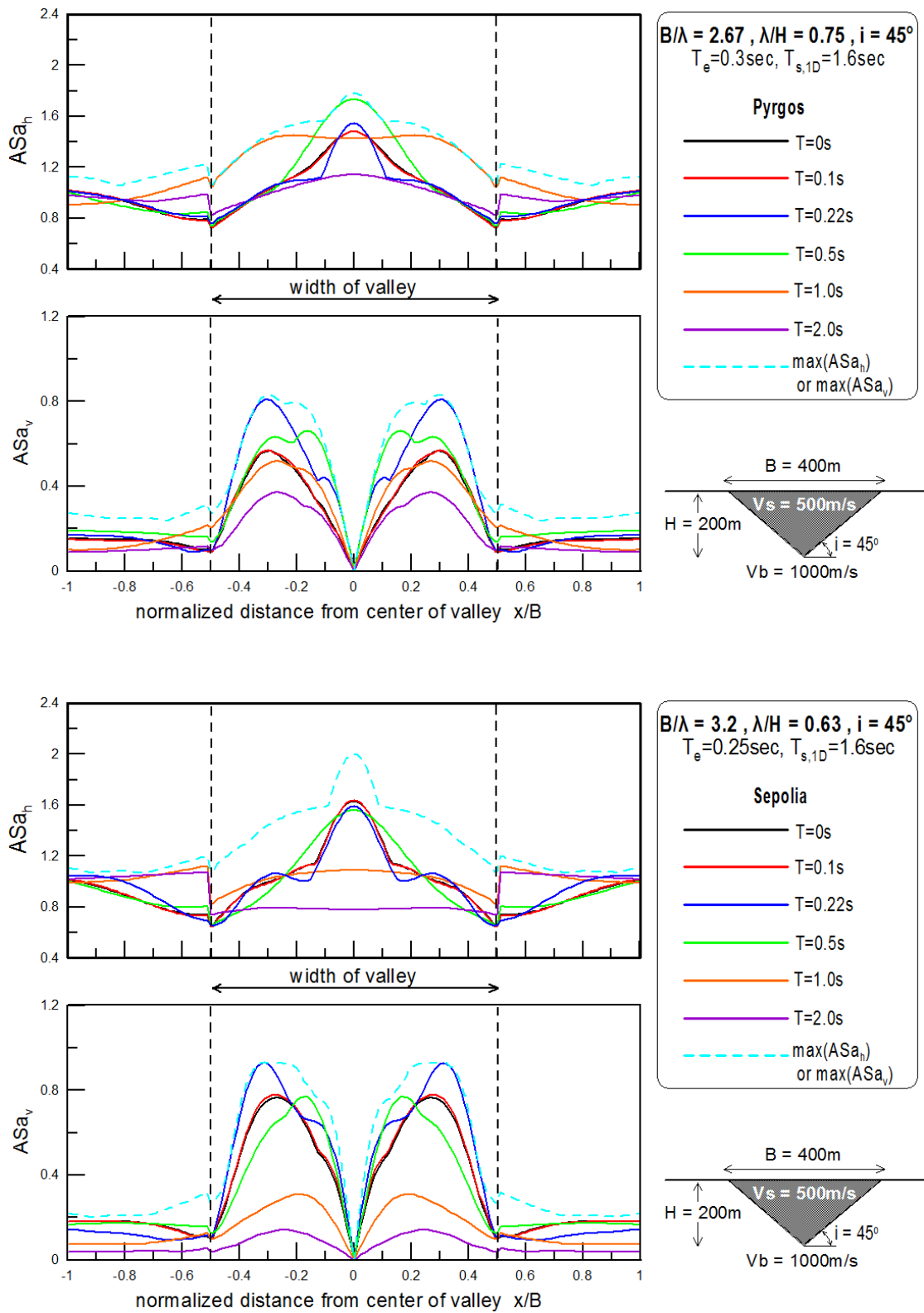
Σχήμα A.12: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



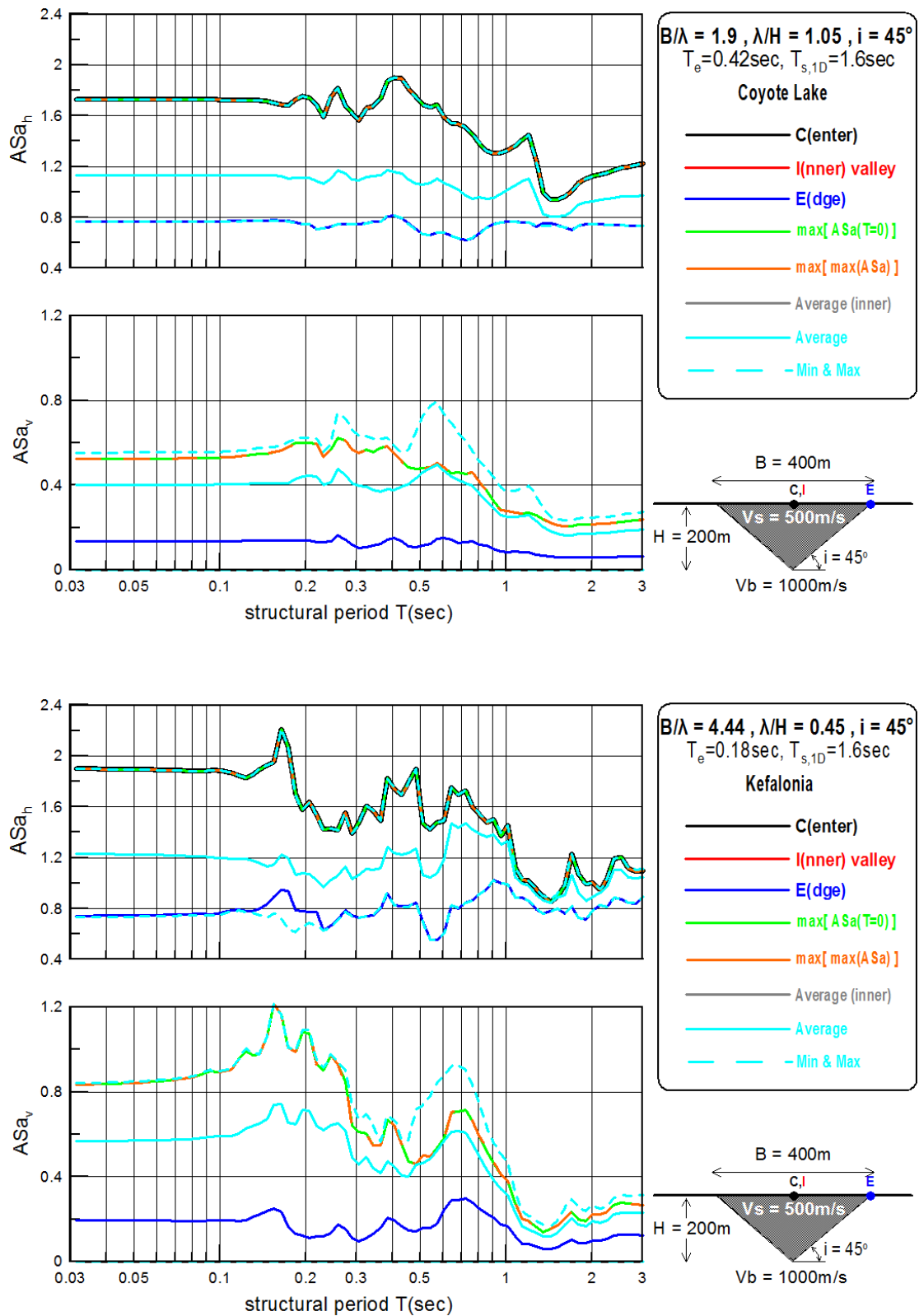
Σχήμα Α.13: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



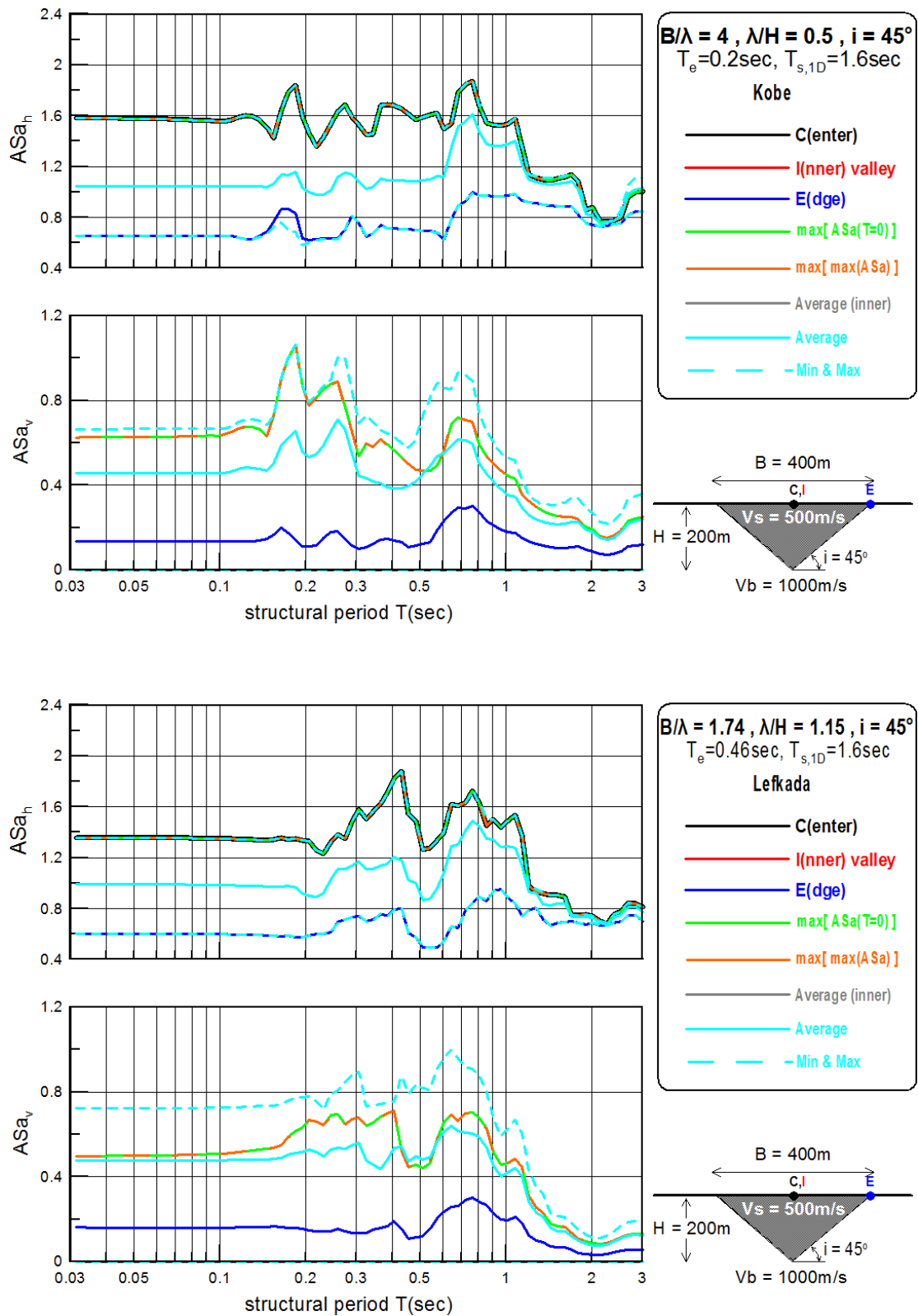
Σχήμα A.14: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



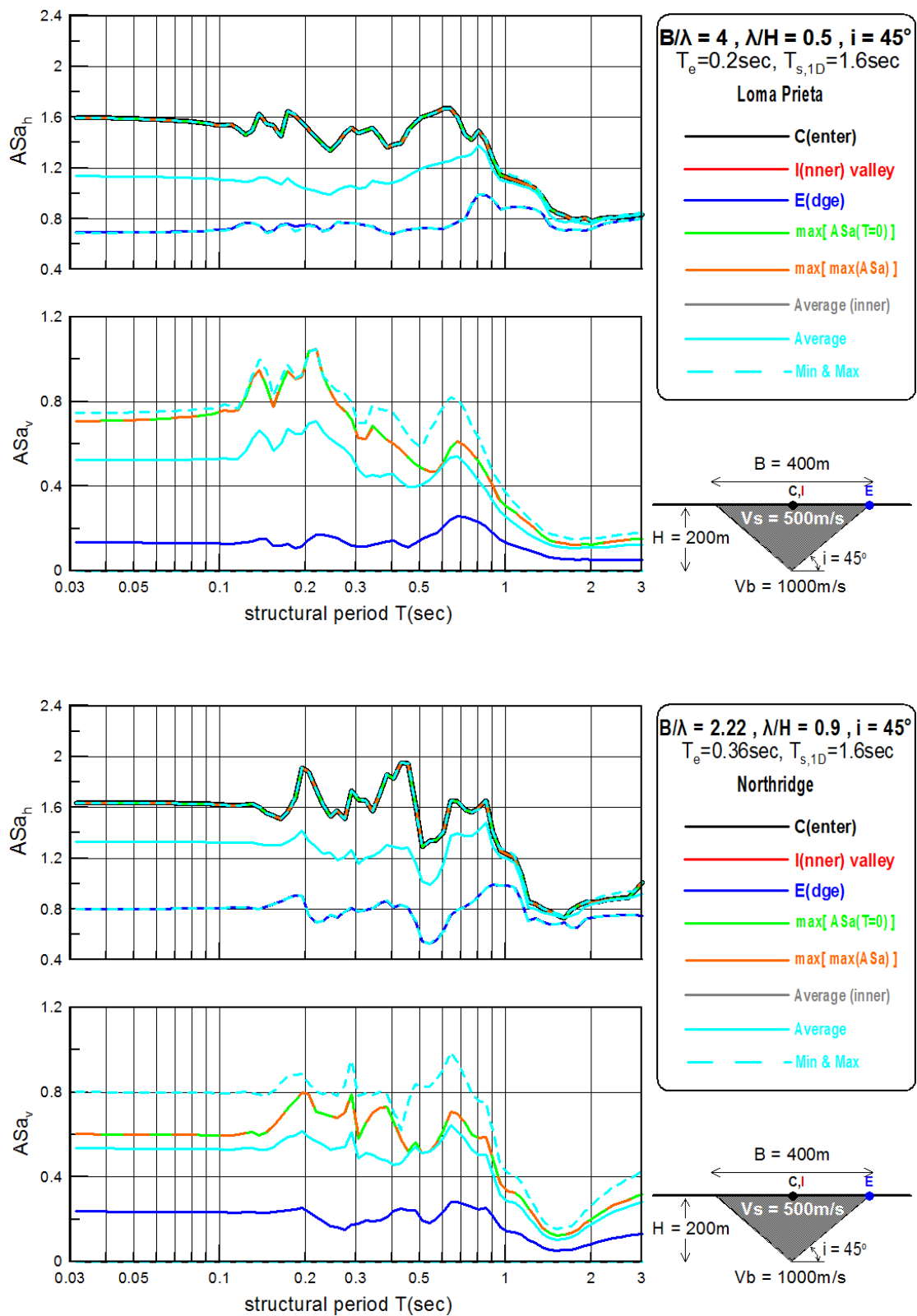
Σχήμα A.15: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).



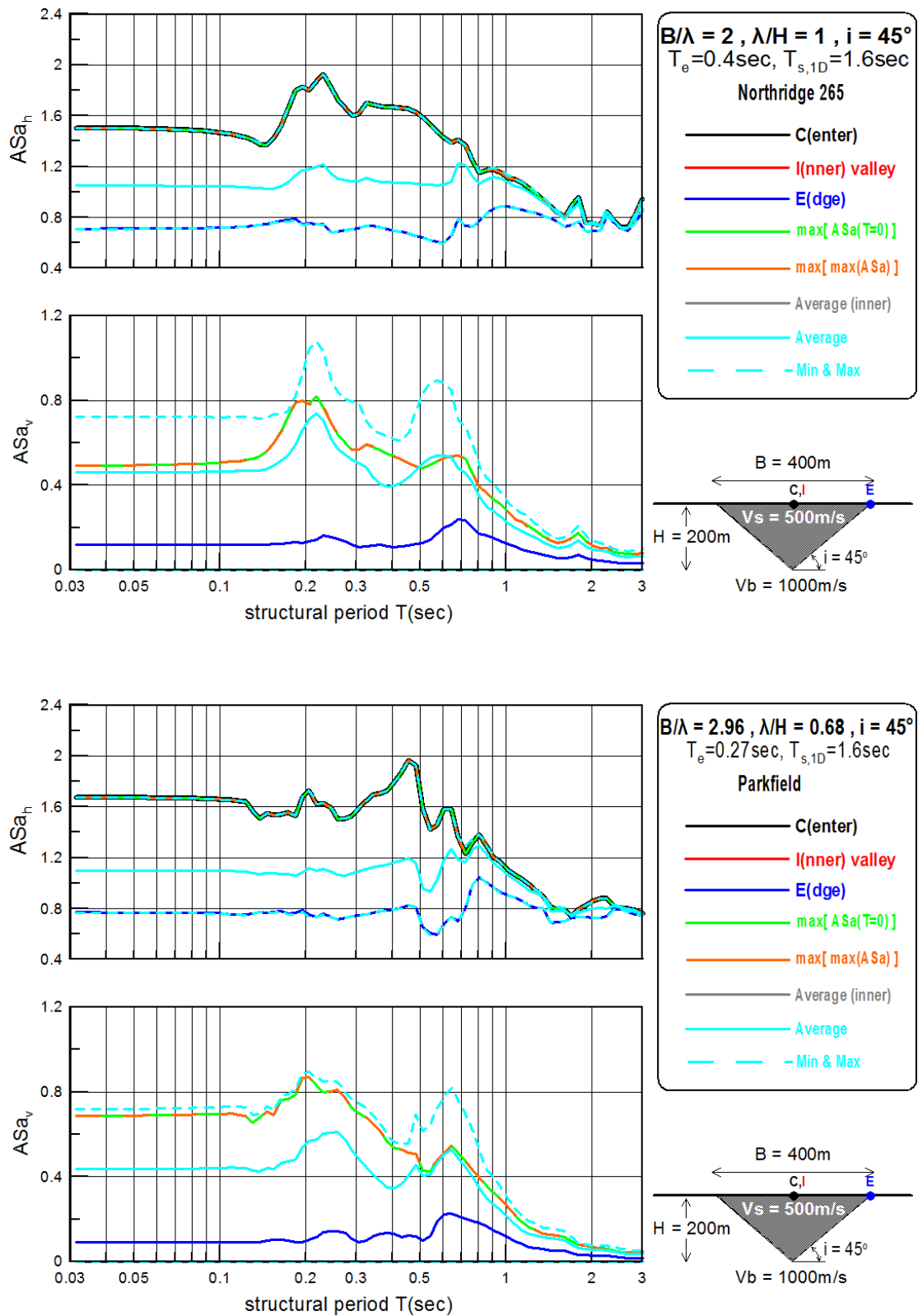
Σχήμα Α.16: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «στενής» (narrow) κοιλάδας ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Coyote (a, b) και Kefalonia (c, d).



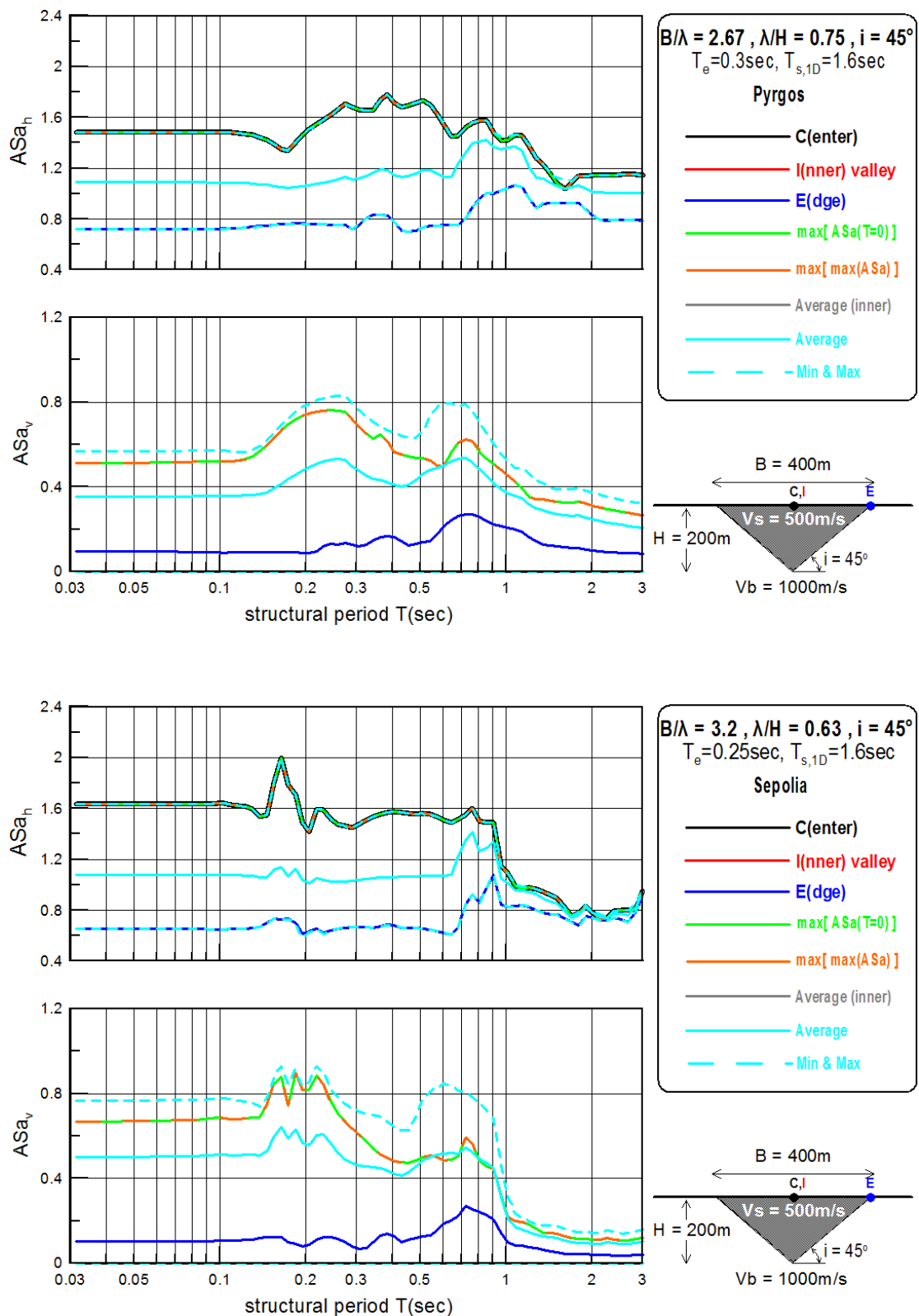
Σχήμα Α.17: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «στενής» (narrow) κοιλάδας ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



Σχήμα Α.18: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «στενής» (narrow) κοιλάδας (B/H=2) για τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).

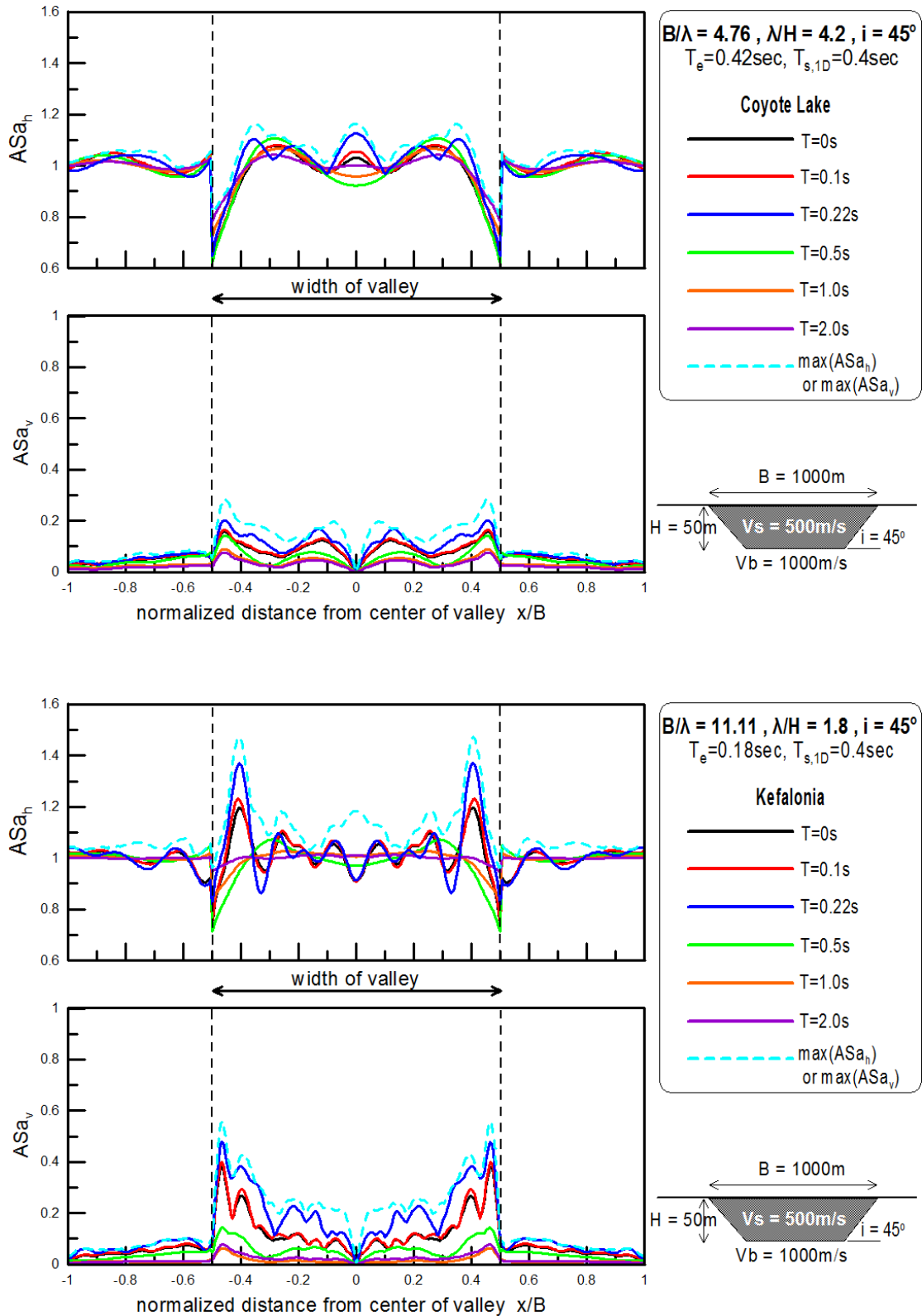


Σχήμα Α.19: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «στενής» (narrow) κοιλάδας ($B/H=2$) για τις χρονοιστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).

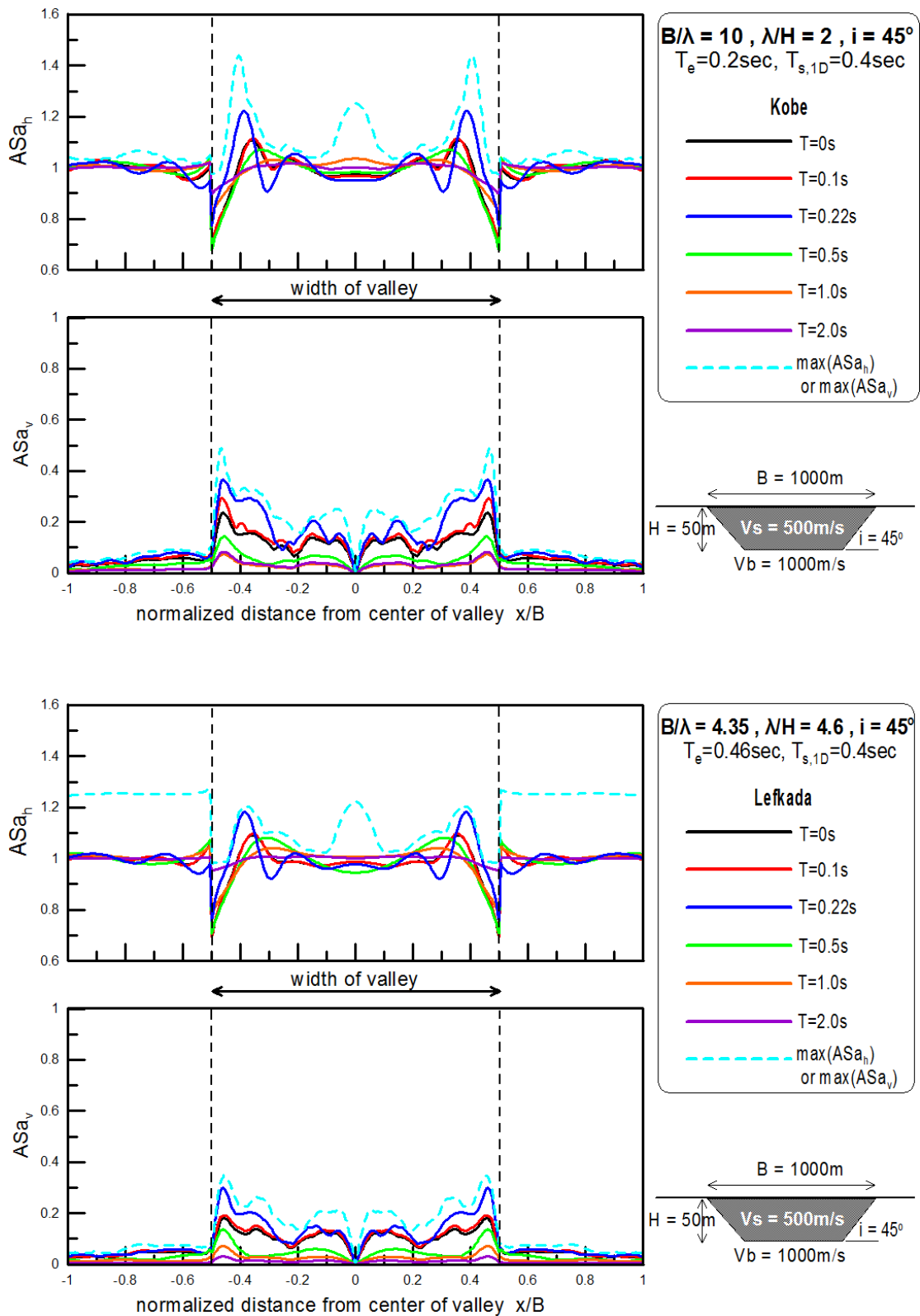


Σχήμα Α.20: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «στενής» (narrow) κοιλάδας ($B/H=2$) για τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).

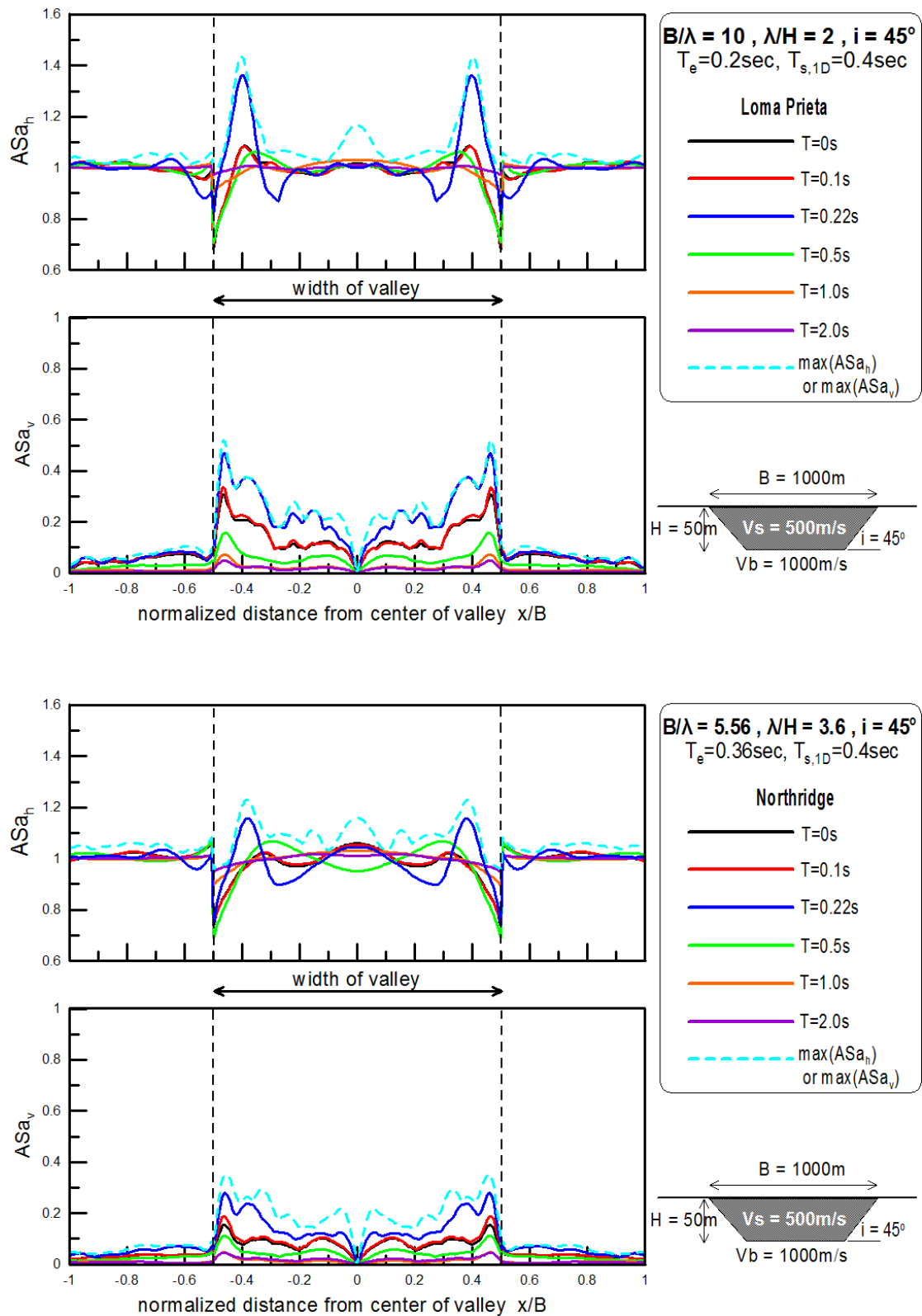
ΕΥΡΕΙΕΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ



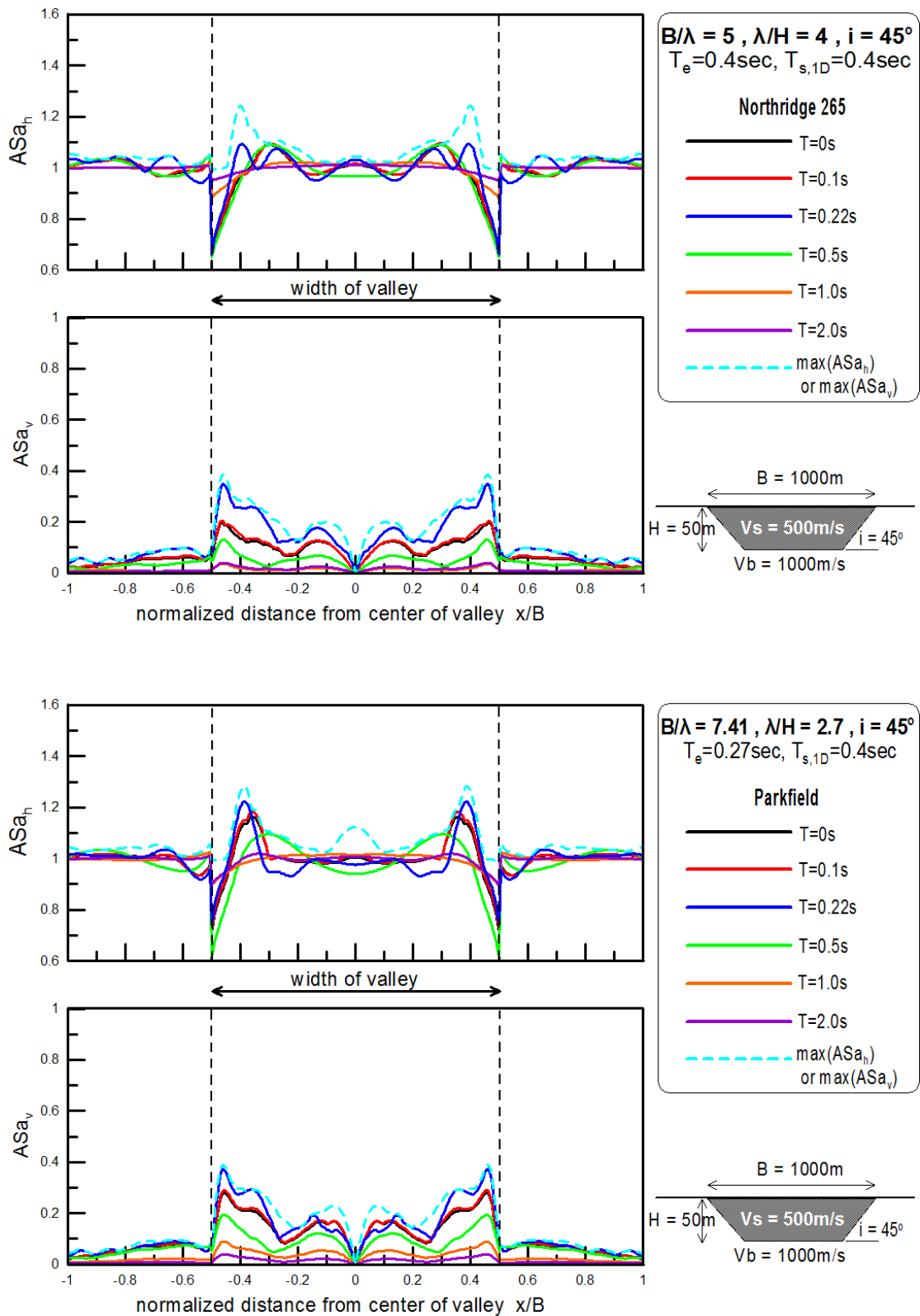
Σχήμα A.21: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Coyote (a, b) και Kefalonia (c, d).



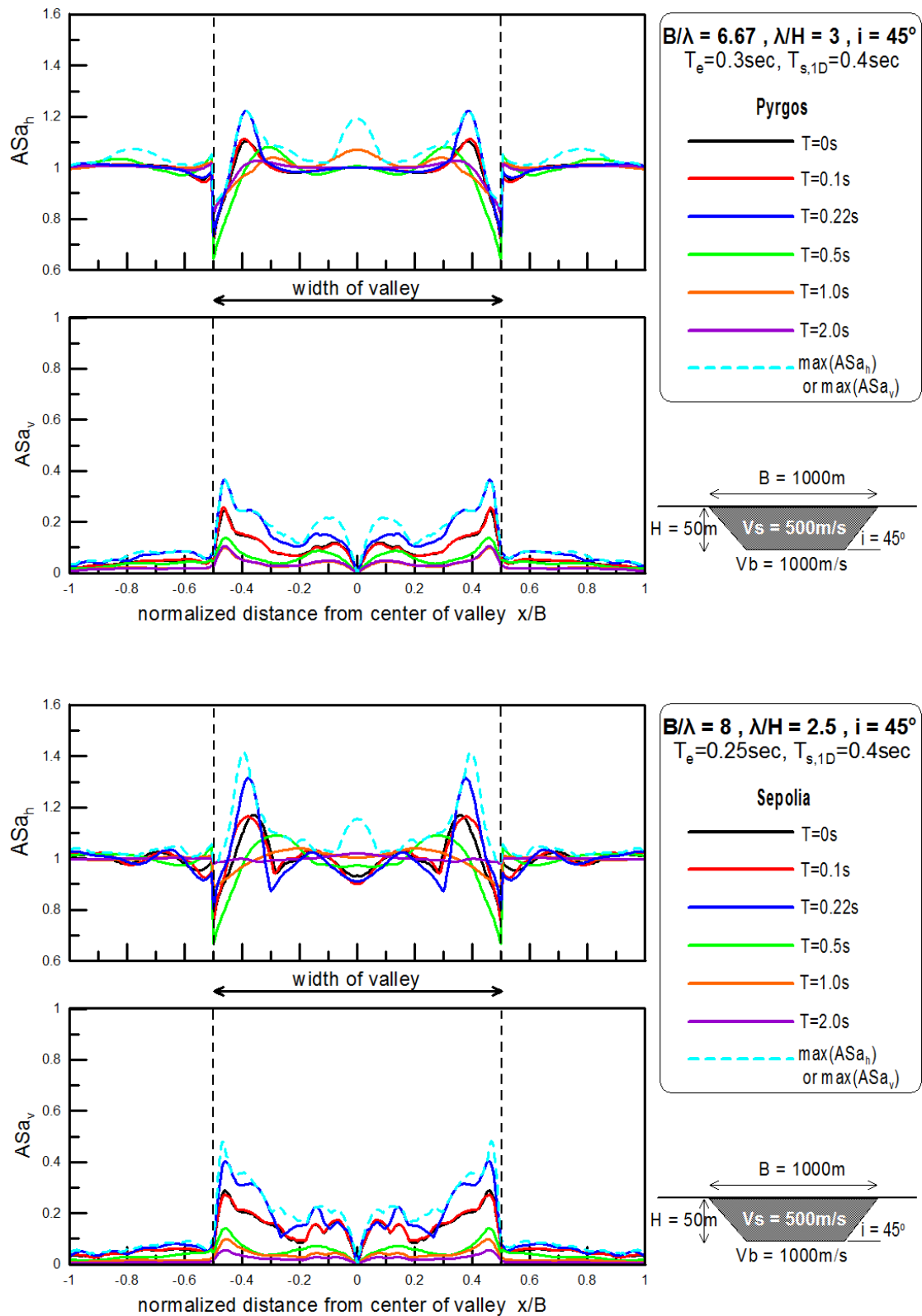
Σχήμα A.22: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



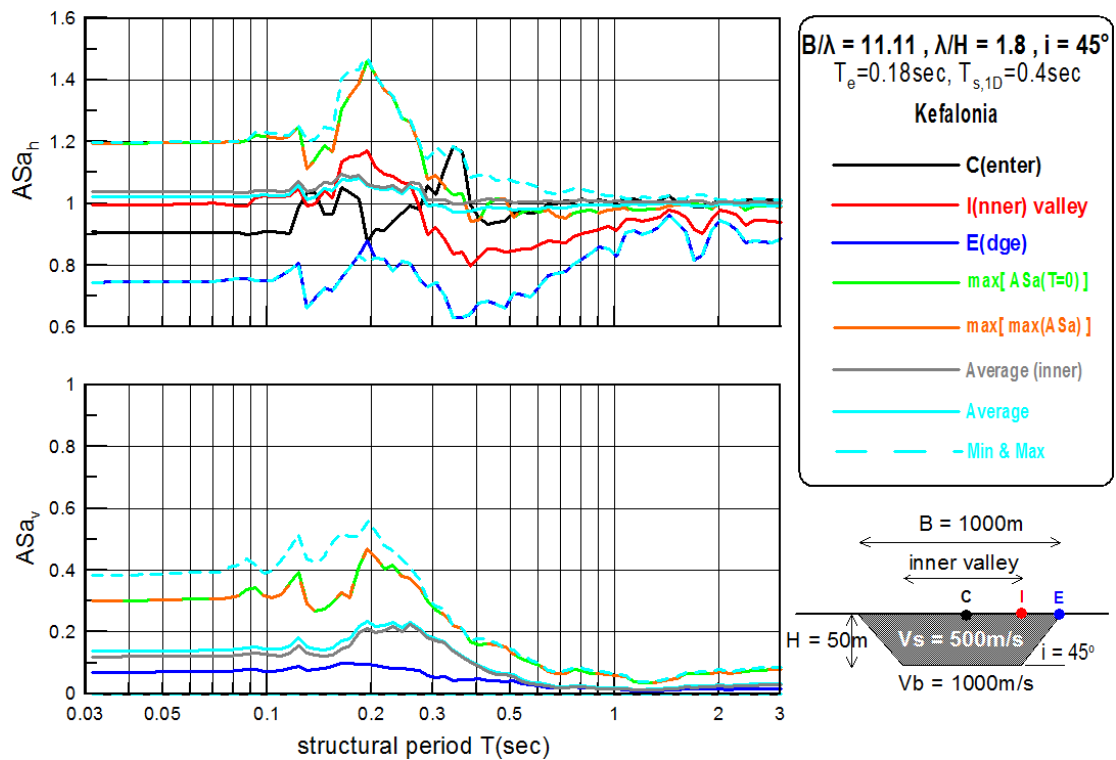
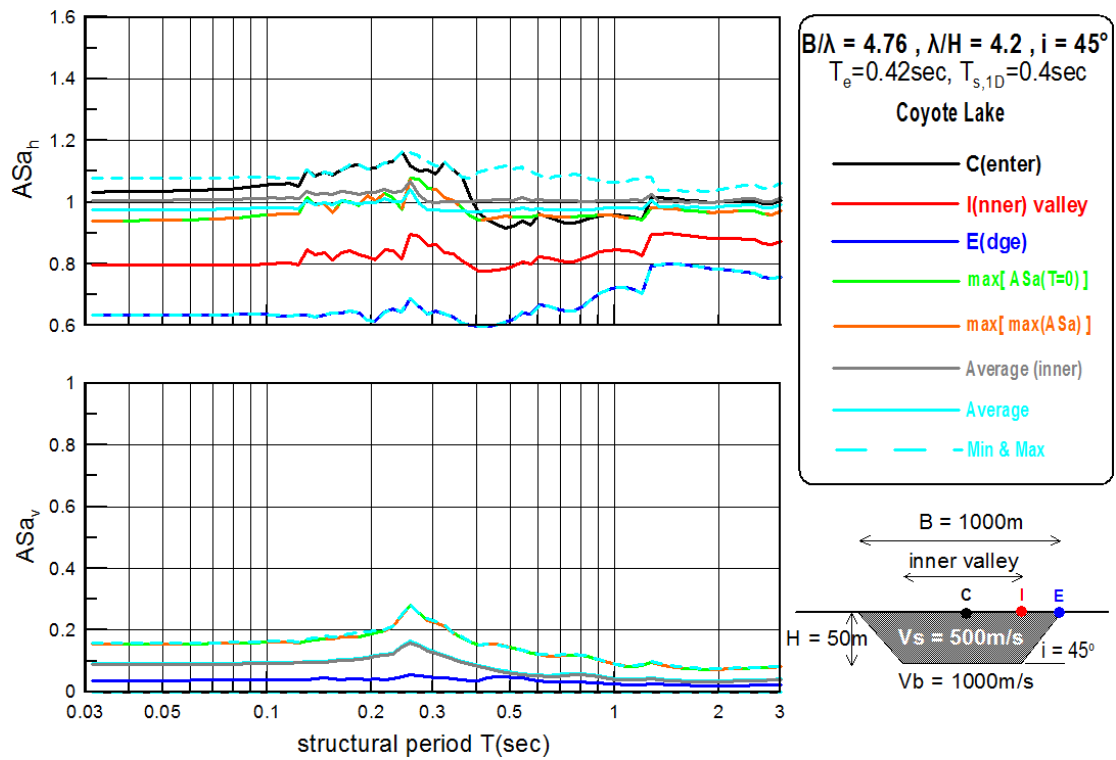
Σχήμα A.23: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



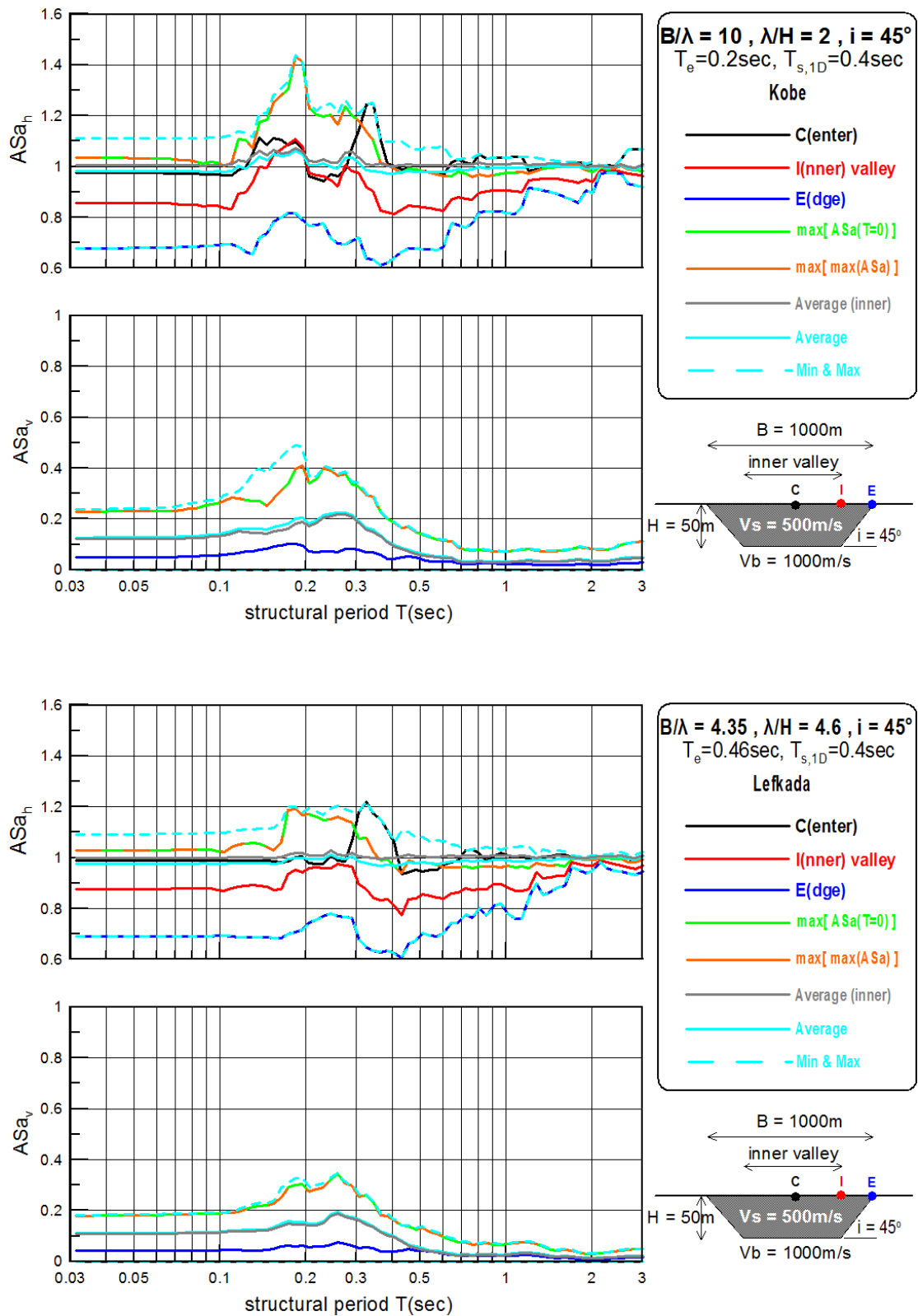
Σχήμα Α.24: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



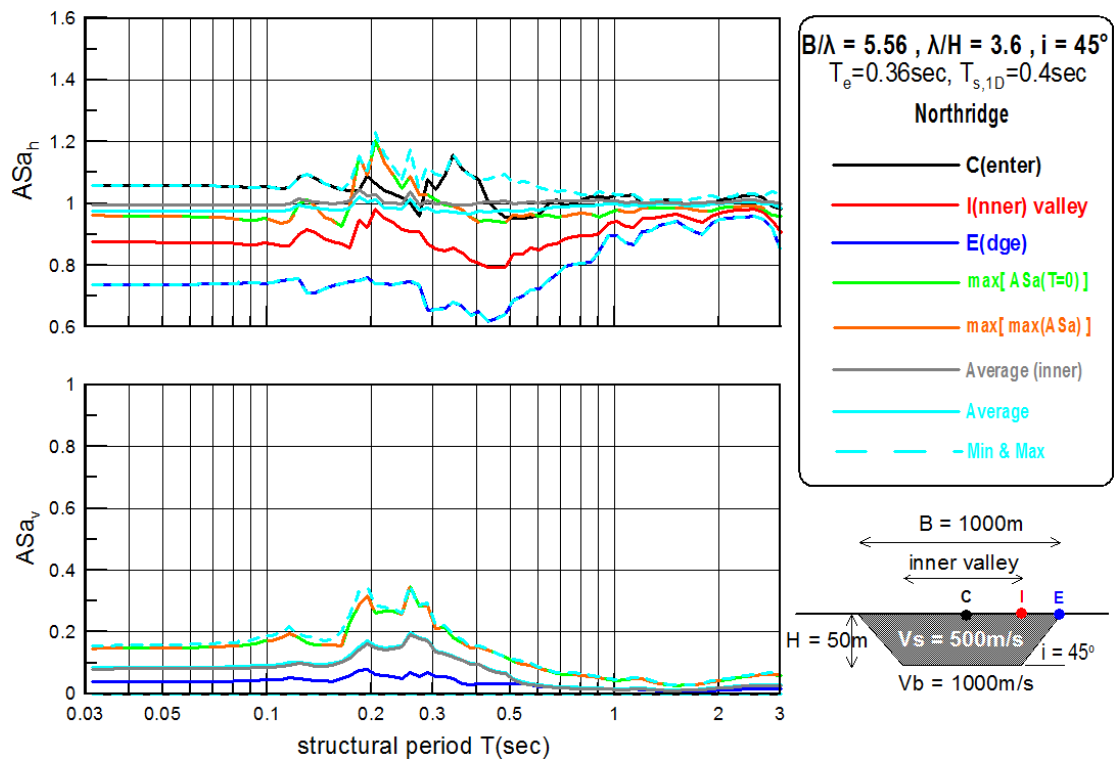
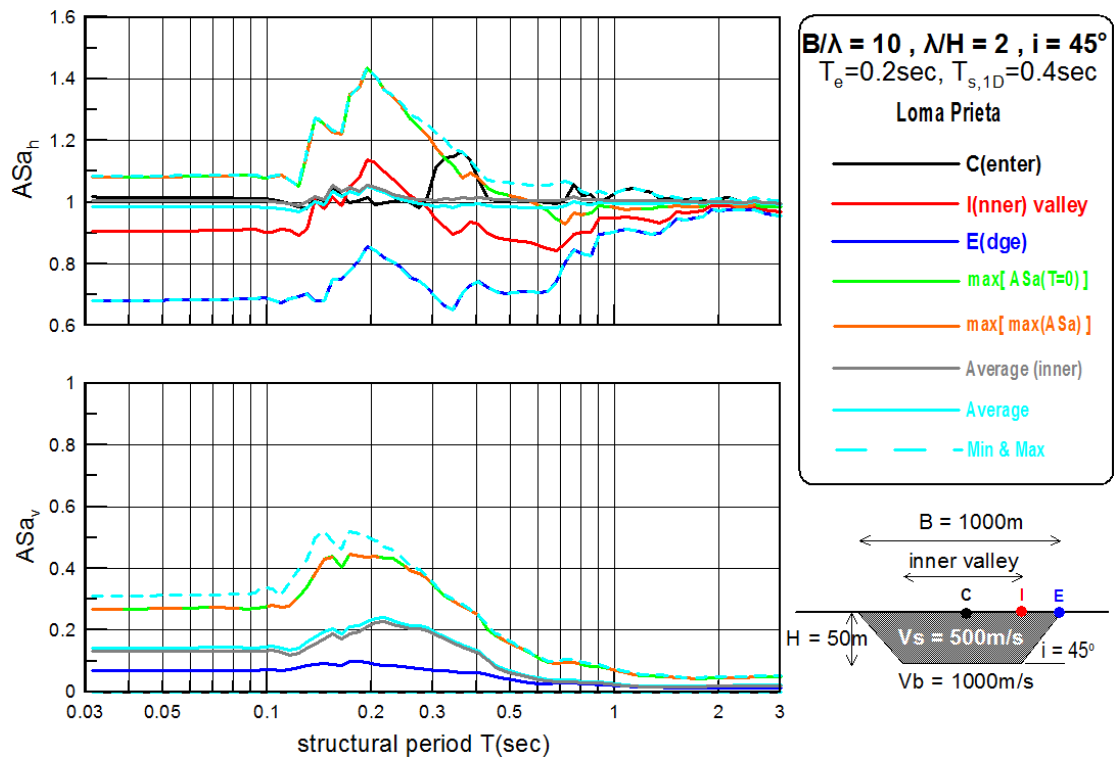
Σχήμα A.25: Χωρική διαφοροποίηση φασματικής γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης για διάφορες περιόδους κατασκευής T για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).



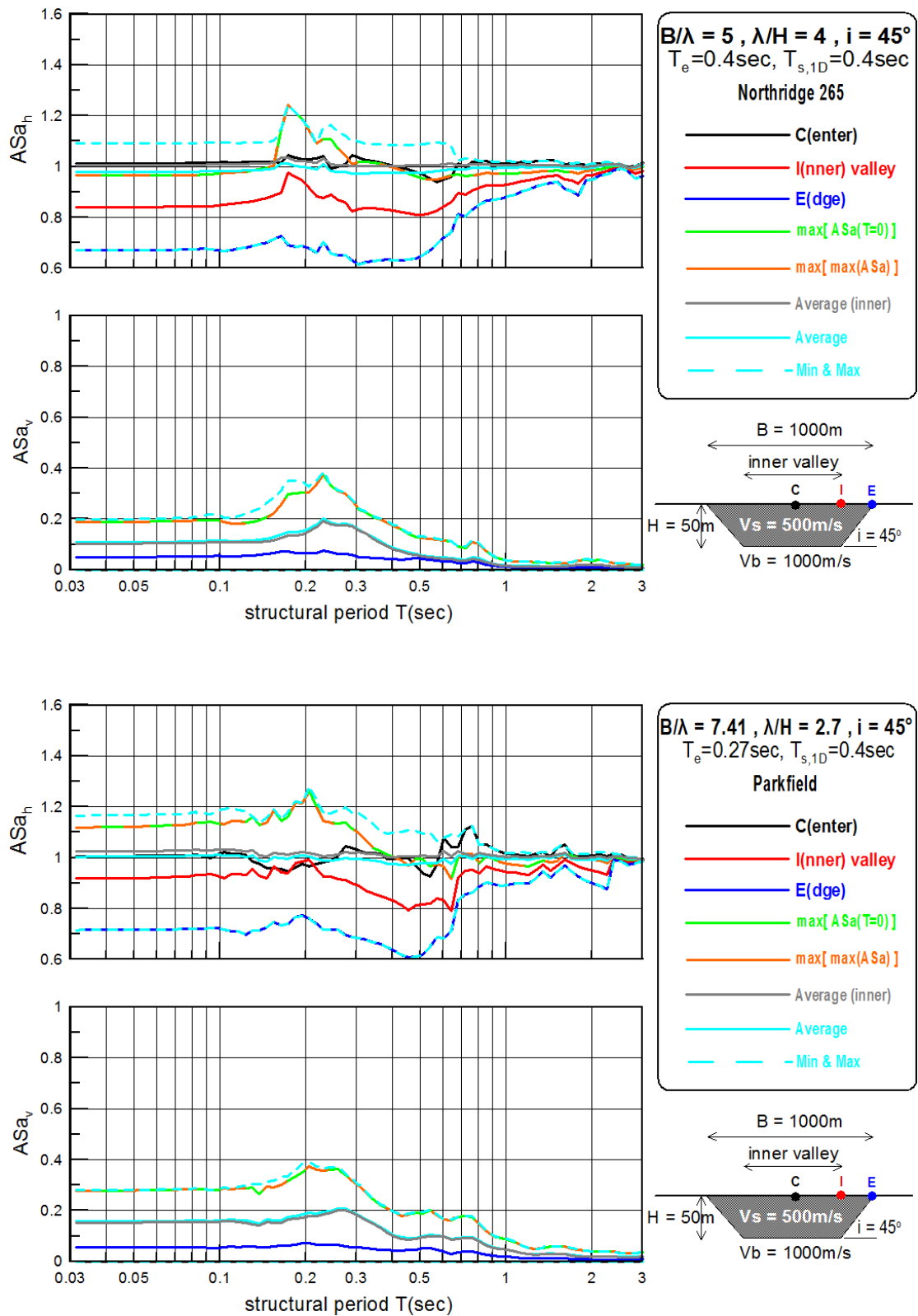
Σχήμα Α.26: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Coyote (a, b) και Kefalonia (c, d).



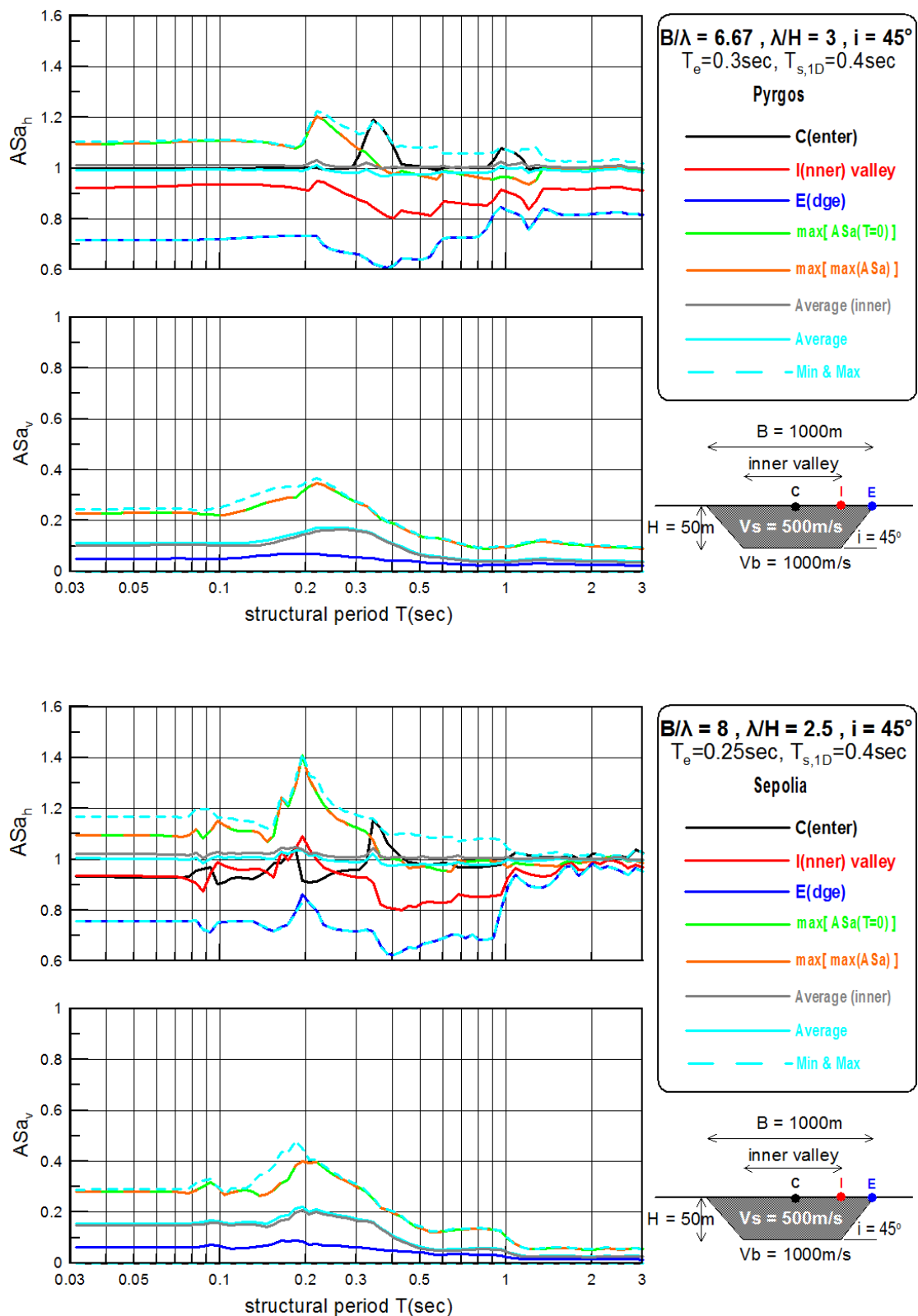
Σχήμα Α.27: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Kobe (a, b) και Lefkada (c, d).



Σχήμα Α.28: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a, b) και Northridge (c, d).



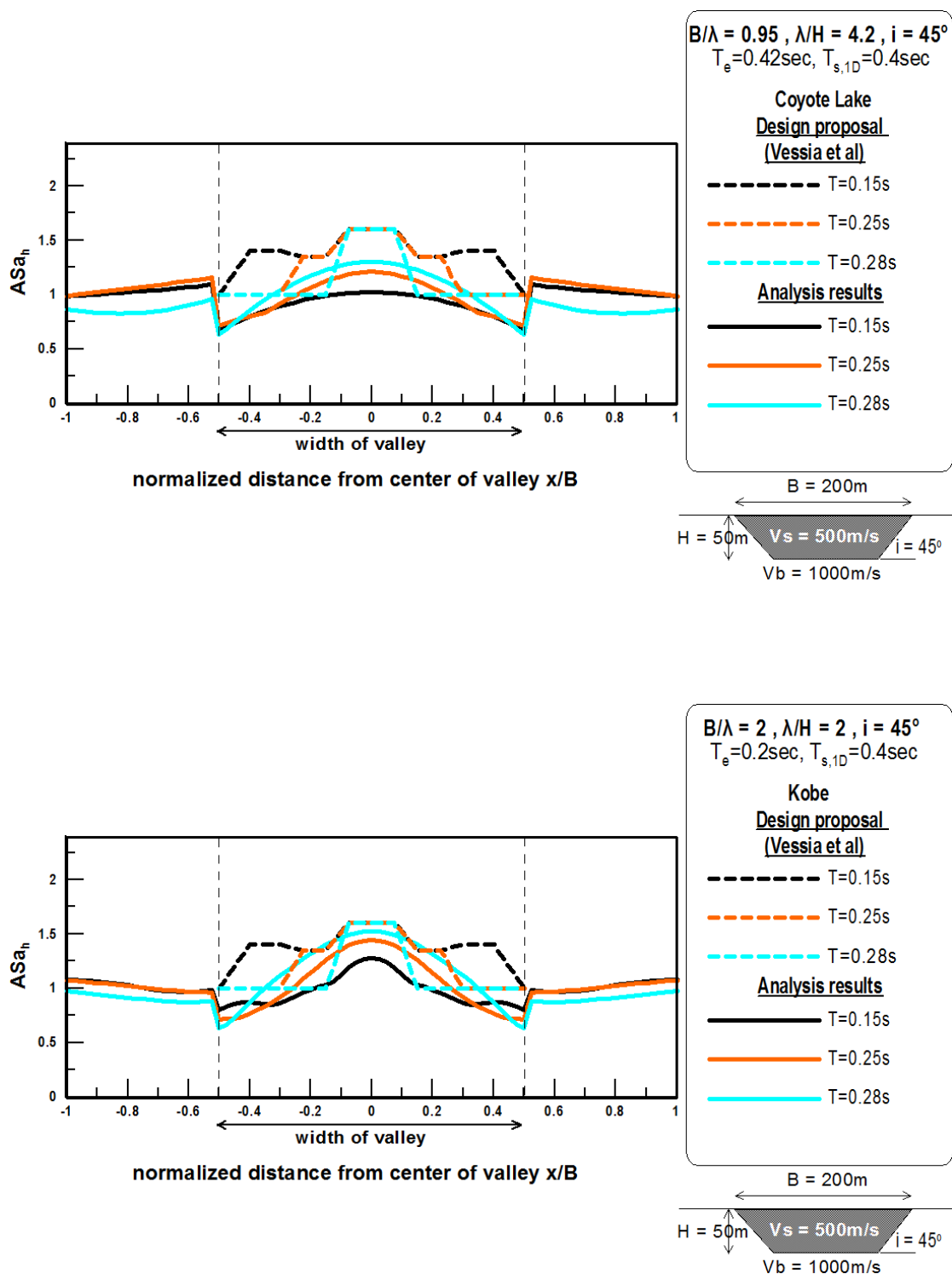
Σχήμα Α.29: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a, b) και Parkfield (c, d).



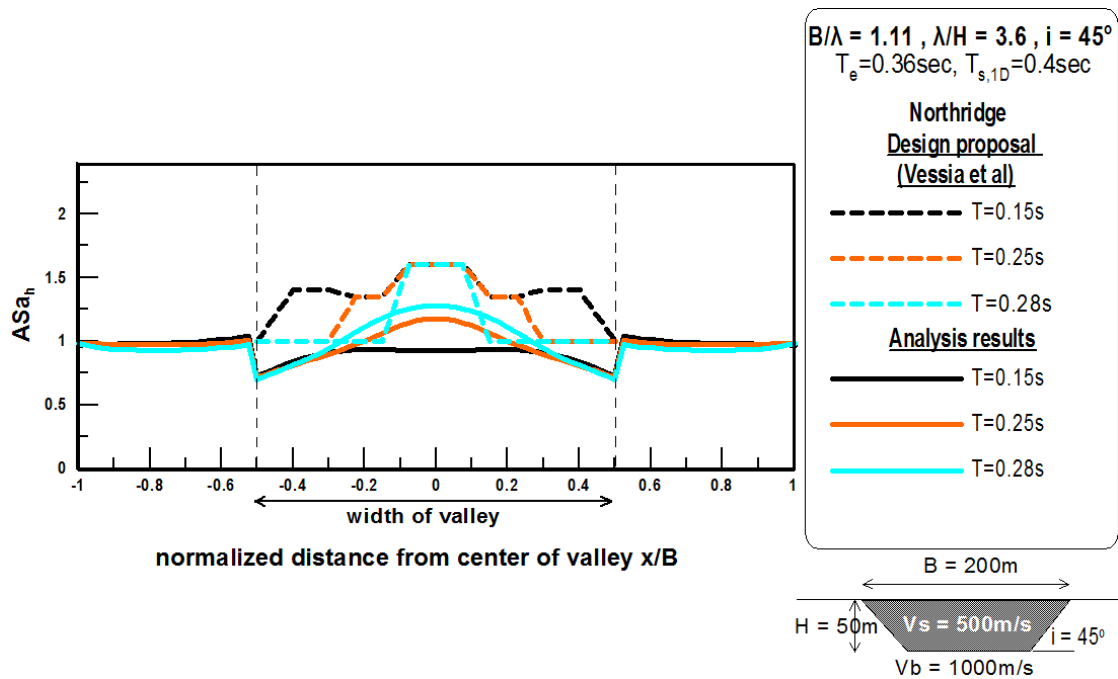
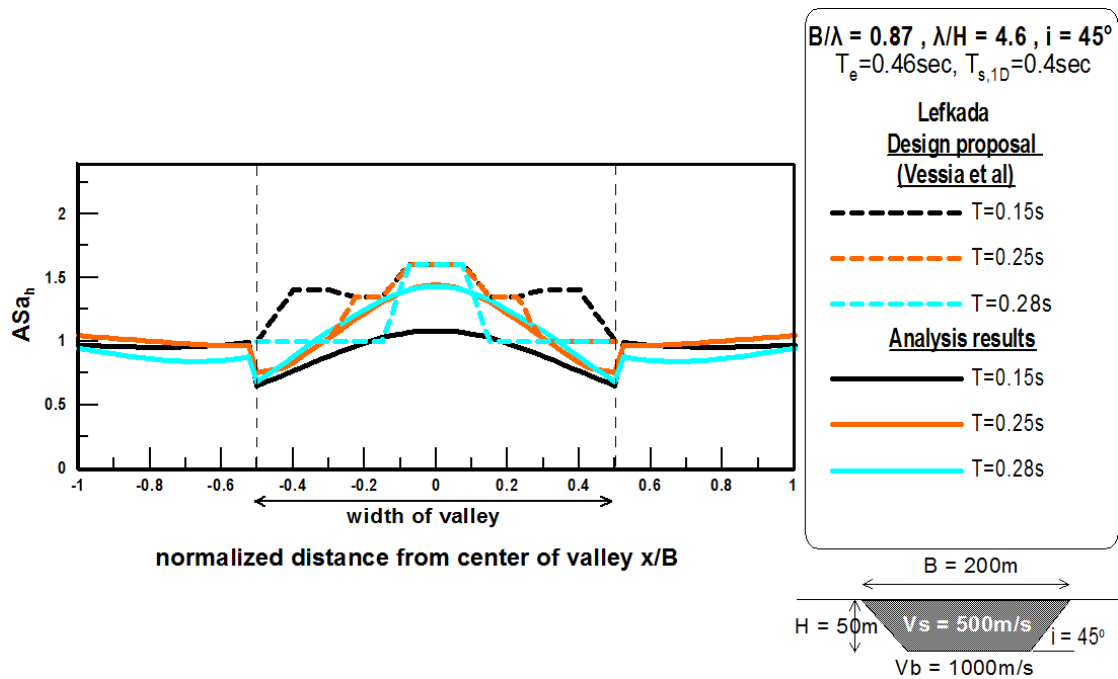
Σχήμα Α.30: Φασματική γεωμορφική επιδείνωση της οριζόντιας ASa_h και παρασιτικής κατακόρυφης ASa_v επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις κατά μήκος «ευρείας» (wide) κοιλάδας ($B/H=20$) για τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a, b) και Sepolia (c, d).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

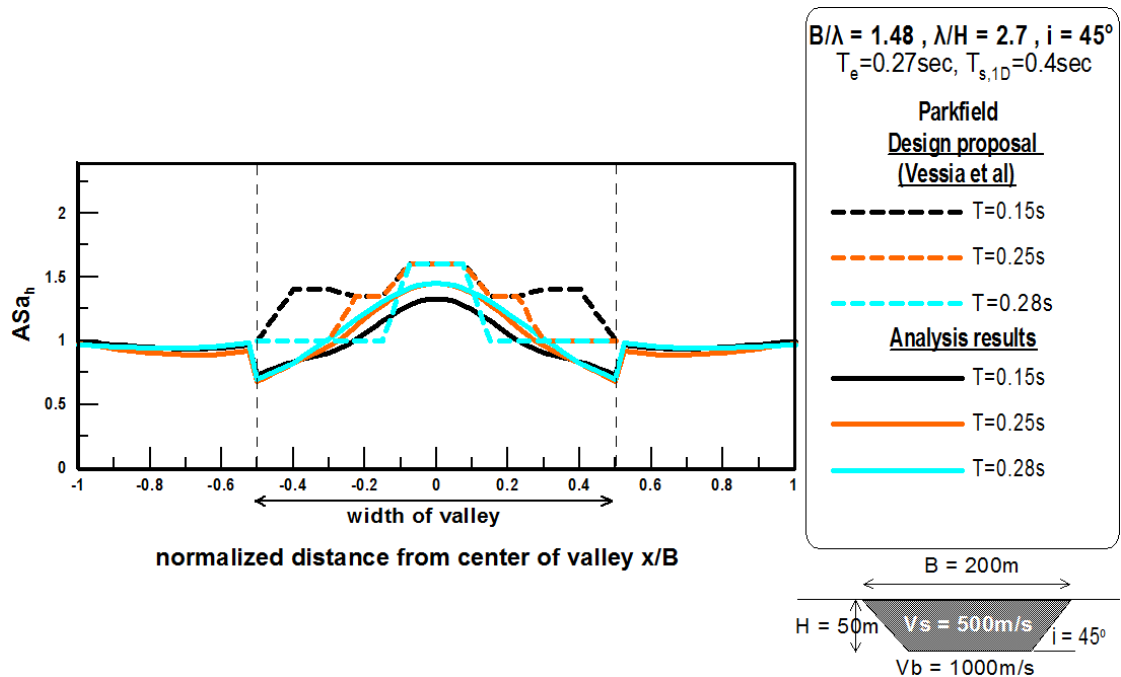
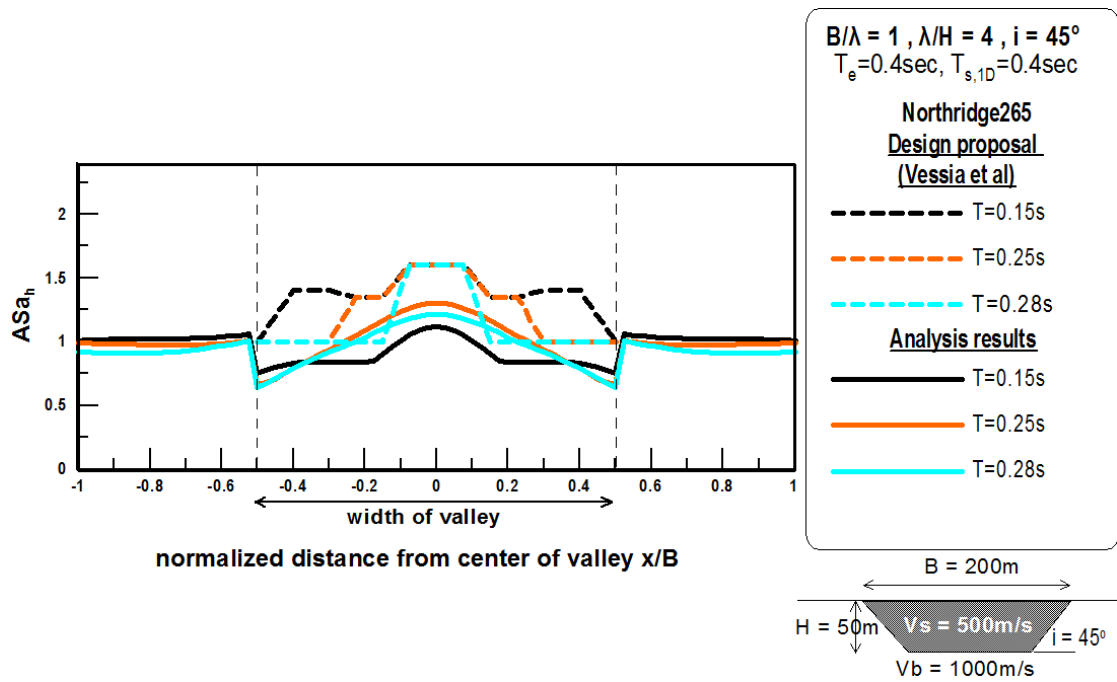
ΜΕΛΕΤΗ VESSIA ET AL (2011)



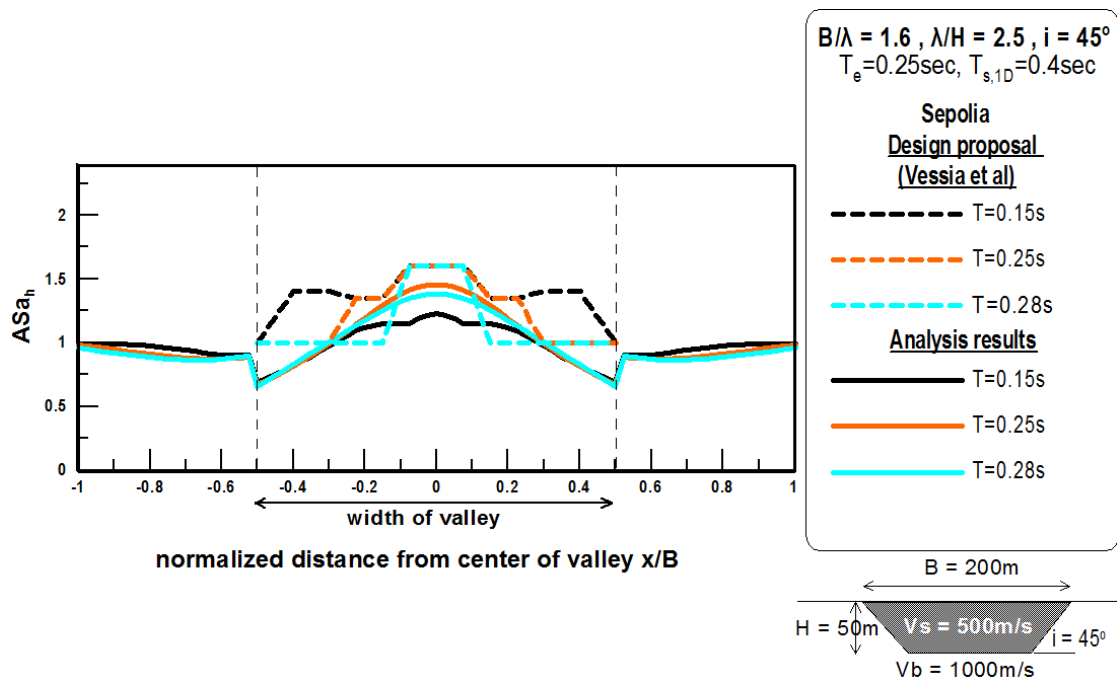
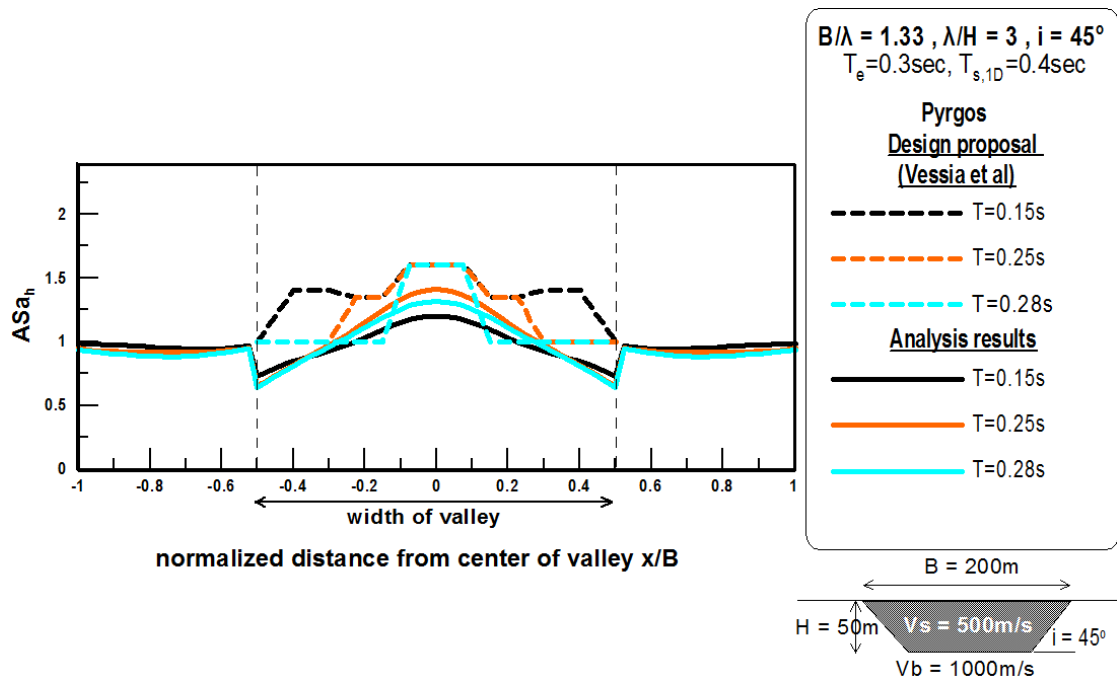
Σχήμα Β.1: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για T=0.15, 0.25 και 0.28sec απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες (B/H=4) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kobe (b).



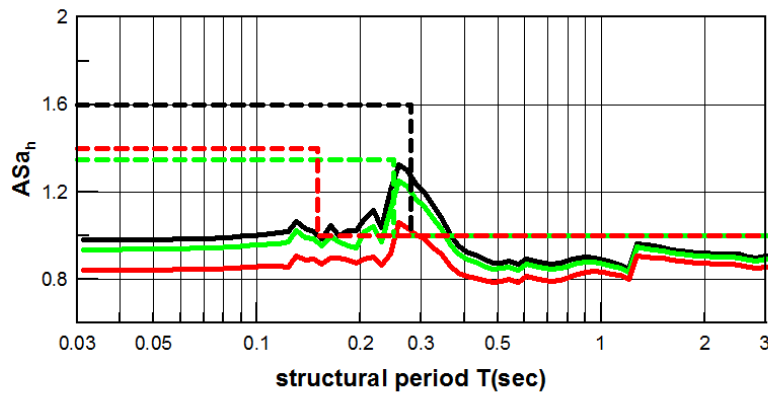
Σχήμα Β.2: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Lefkada (a) και Northridge (b).



Σχήμα Β.3: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a) και Parkfield (b).



Σχήμα Β.4: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a) και Sepolia (b).



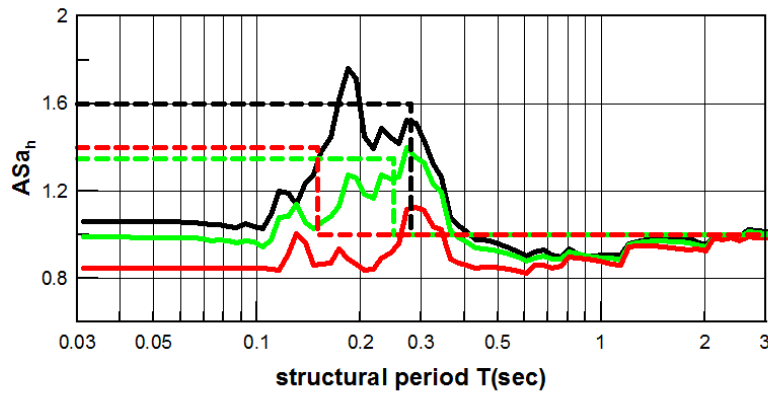
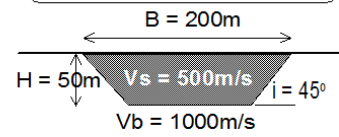
$B/\lambda = 0.95$, $\lambda/H = 4.2$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.42\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Coyote Lake
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



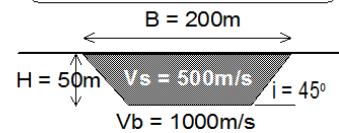
$B/\lambda = 2$, $\lambda/H = 2$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.2\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Kobe
Design proposal
(Vessia et al)

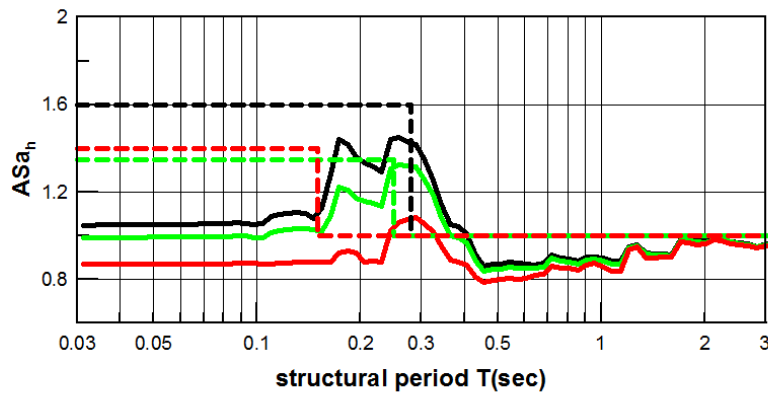
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



Σχήμα Β.5: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kobe (b).



$B/\lambda = 0.87$, $\lambda/H = 4.6$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.46\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Lefkada

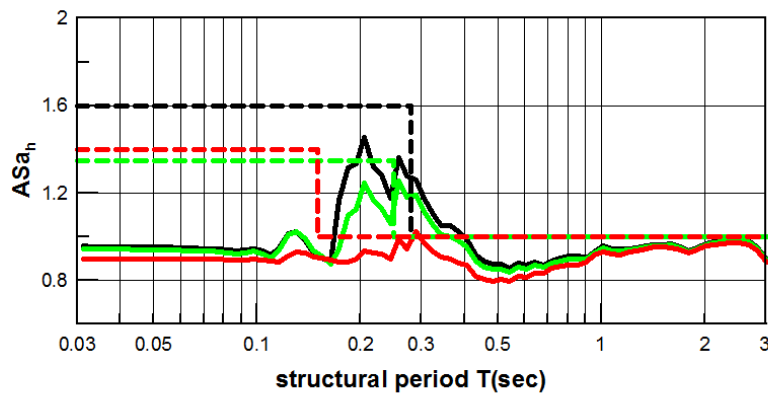
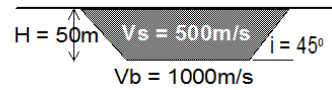
Design proposal
 (Vessia et al)

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

Analysis results

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

$B = 200\text{m}$



$B/\lambda = 1.11$, $\lambda/H = 3.6$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.36\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Northridge

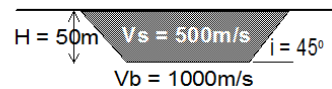
Design proposal
 (Vessia et al)

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

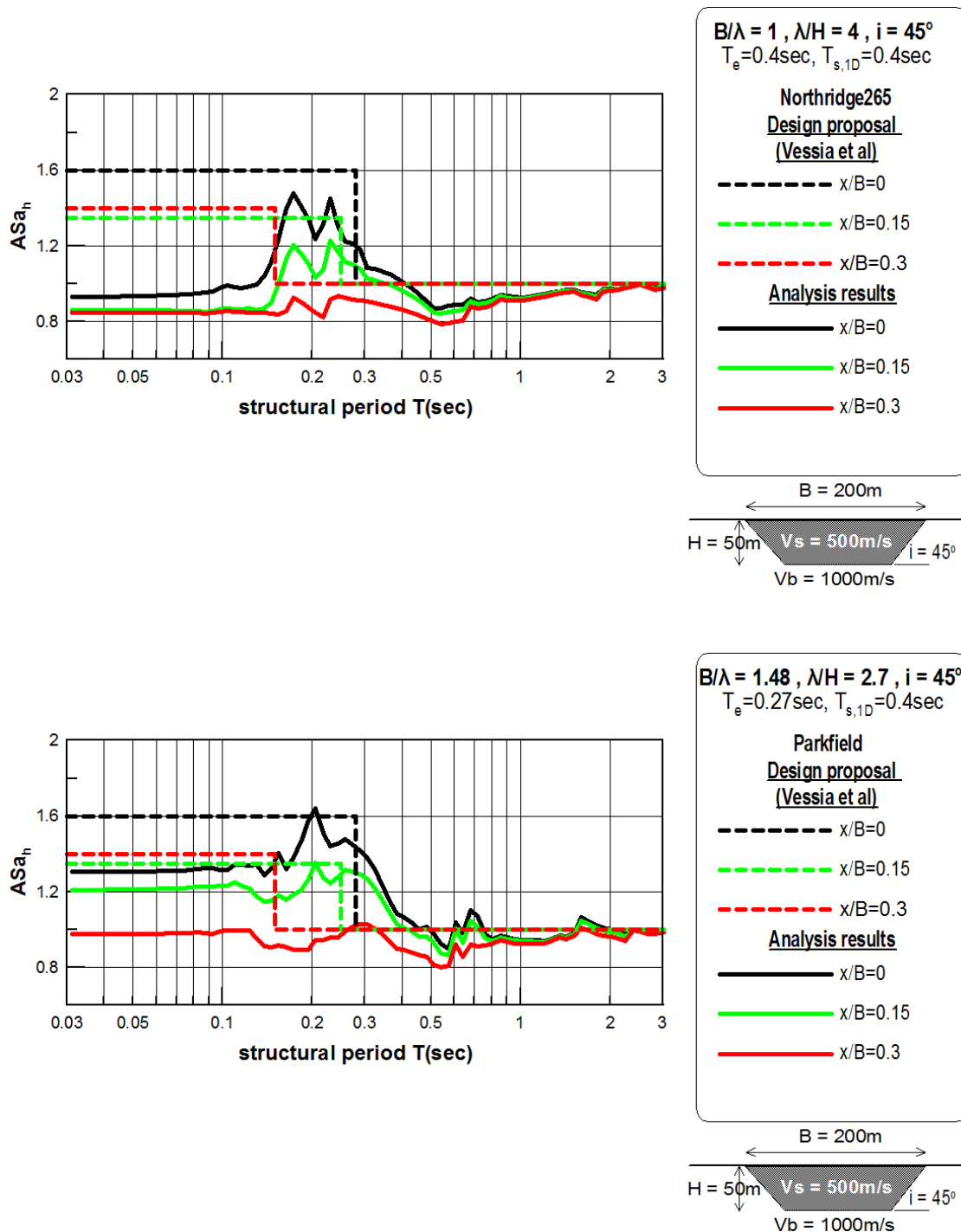
Analysis results

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

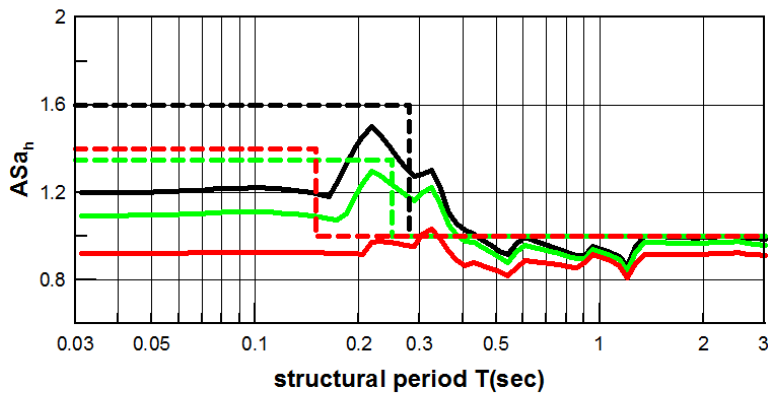
$B = 200\text{m}$



Σχήμα Β.6: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Lefkada (a) και Northridge (b).



Σχήμα Β.7: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a) και Parkfield (b).



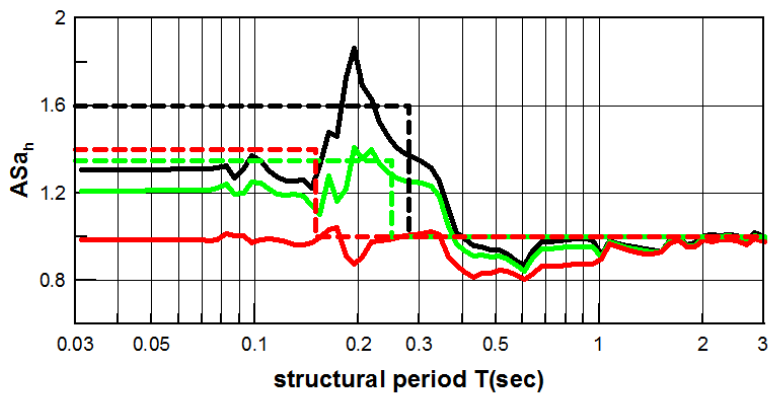
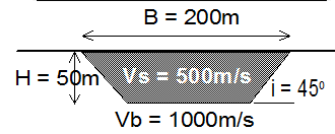
$B/\lambda = 1.33$, $\lambda/H = 3$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.3 \text{ sec}$, $T_{s,1D} = 0.4 \text{ sec}$

Pyrgos
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



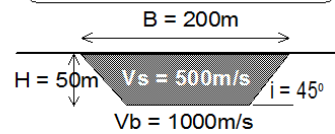
$B/\lambda = 1.6$, $\lambda/H = 2.5$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.25 \text{ sec}$, $T_{s,1D} = 0.4 \text{ sec}$

Sepolia
Design proposal
(Vessia et al)

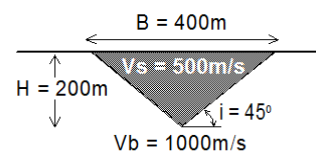
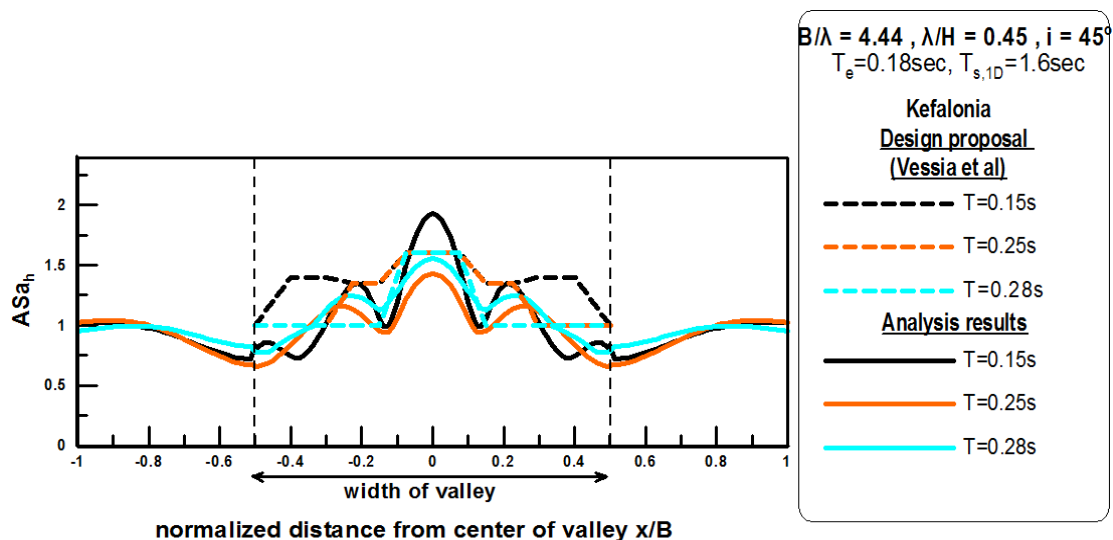
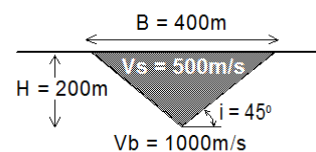
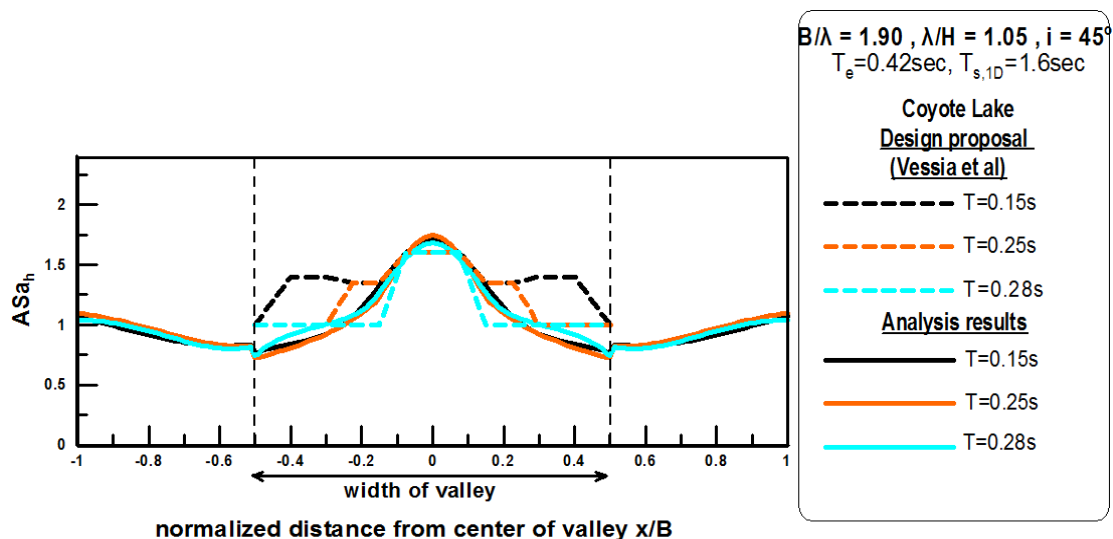
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

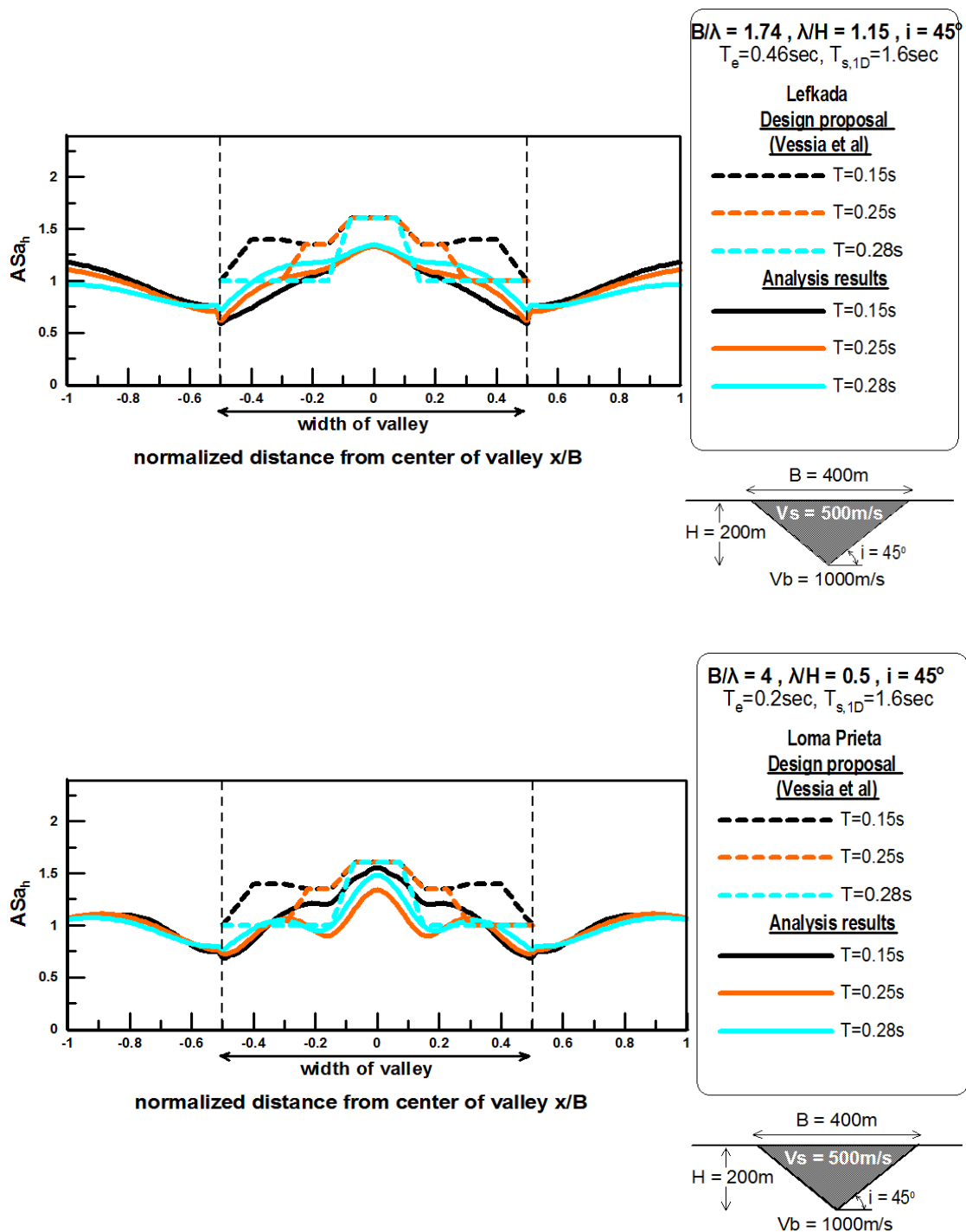
— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



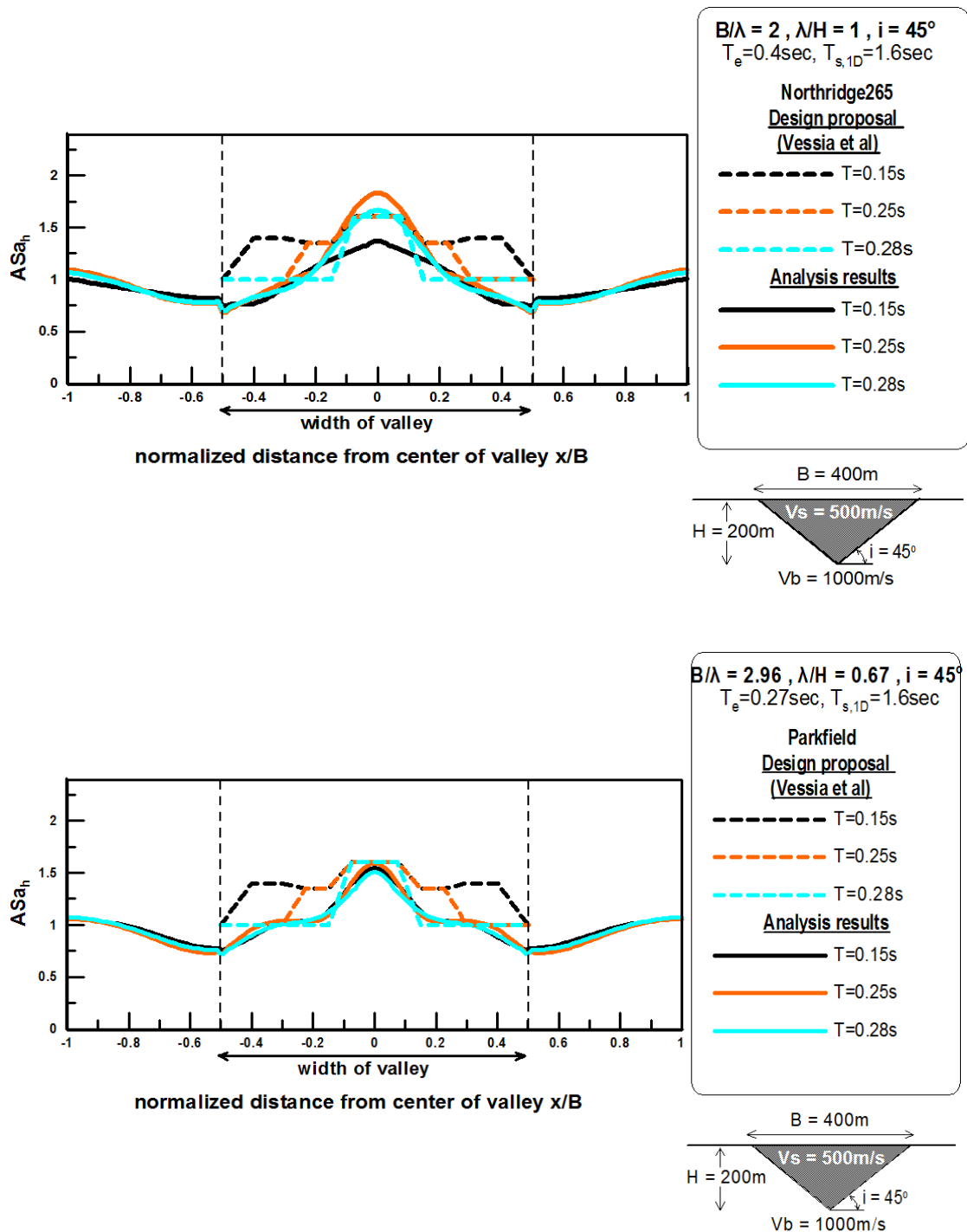
Σχήμα Β.8: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «συνήθεις» (usual) τραπεζοειδείς κοιλάδες ($B/H=4$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a) και Sepolia (b).



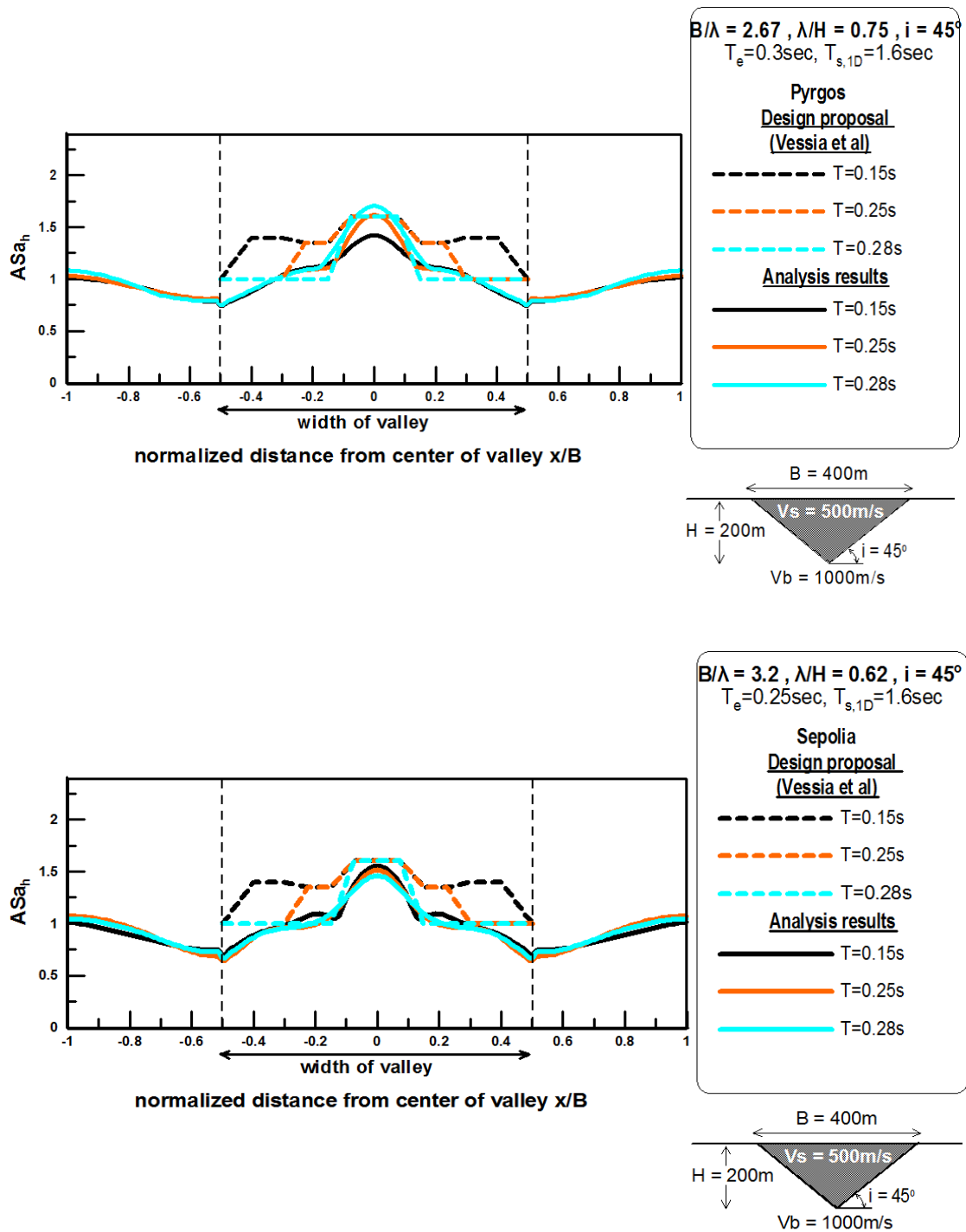
Σχήμα Β.9: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15$, 0.25 και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kefalonia (b).



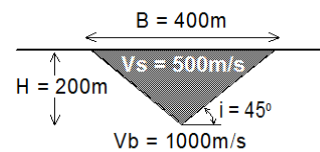
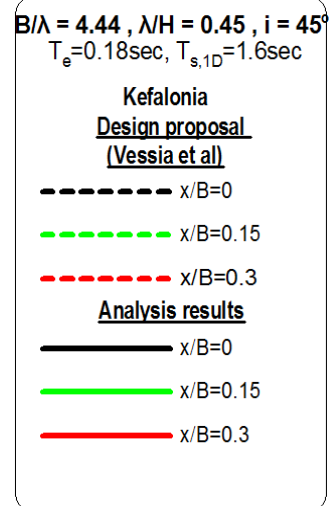
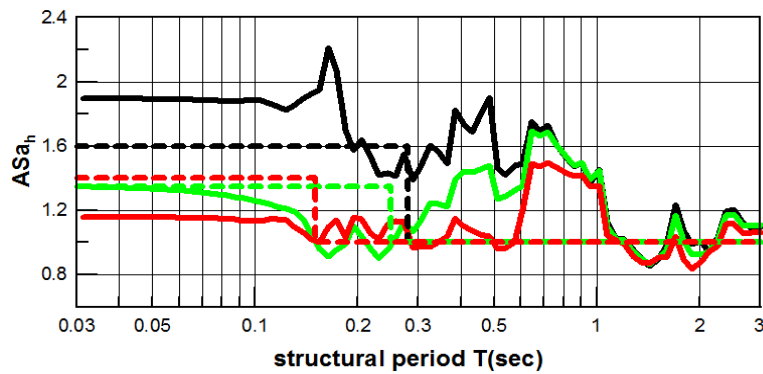
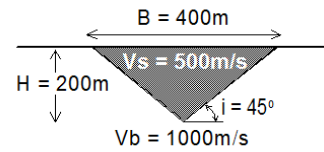
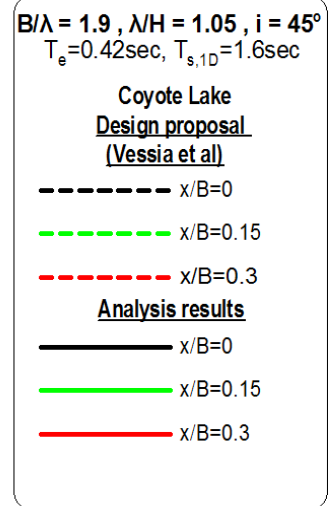
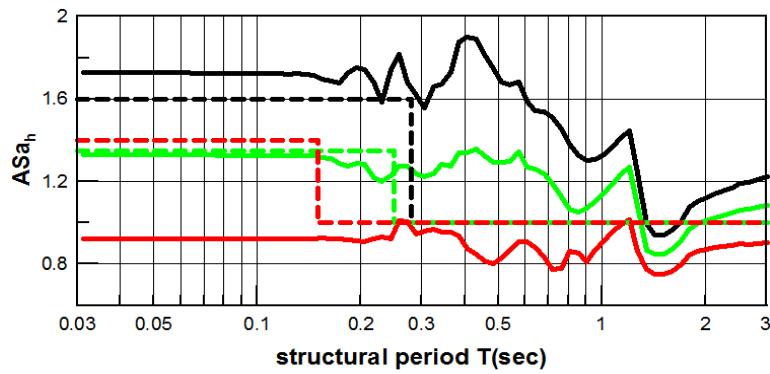
Σχήμα Β.10: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Lefkada (a) και Loma Prieta (b).



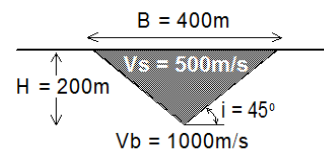
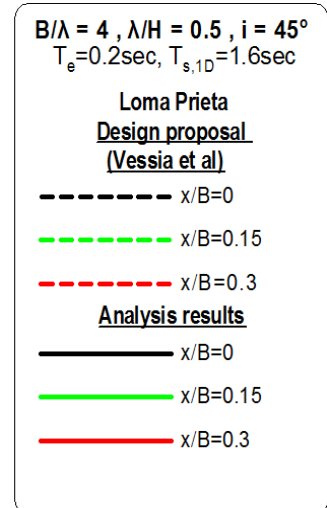
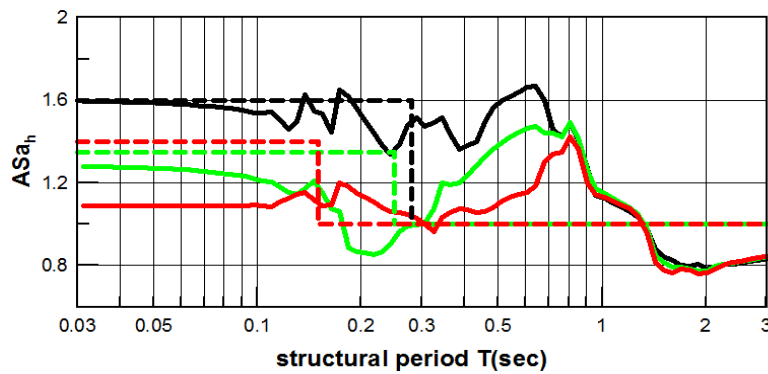
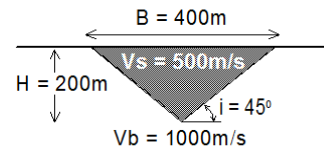
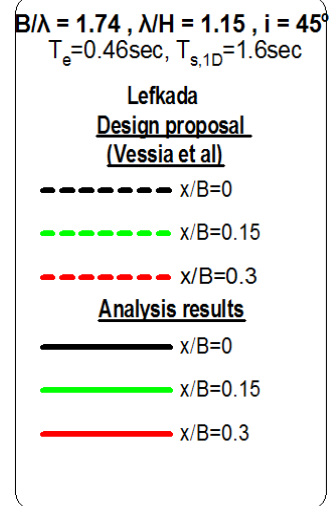
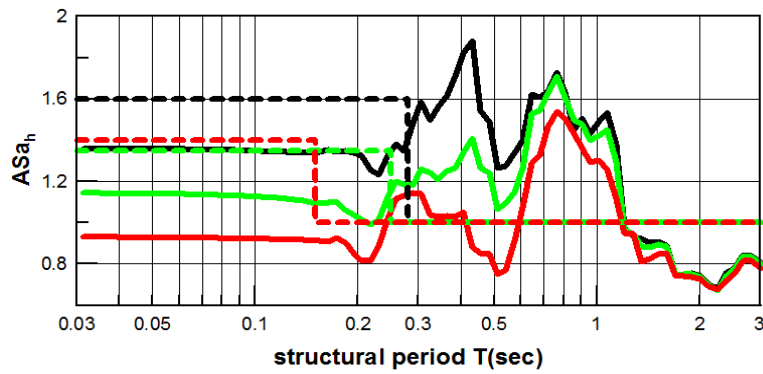
Σχήμα Β.11: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a) και Parkfield (b).



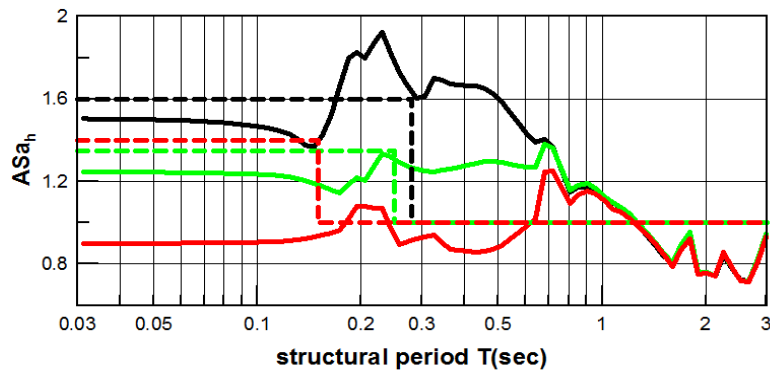
Σχήμα Β.12: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a) και Sepolia (b).



Σχήμα Β.13: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kefalonia (b).



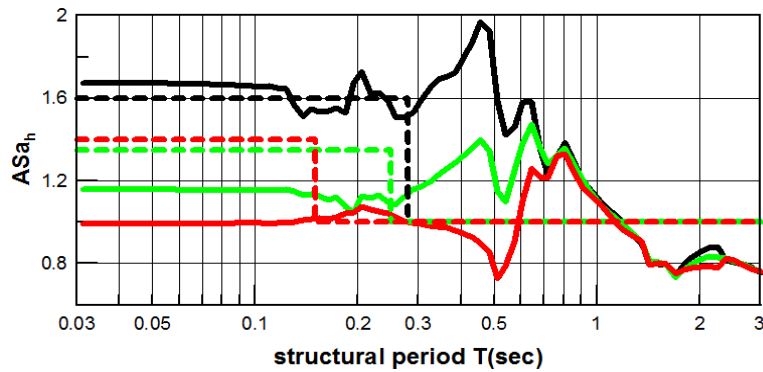
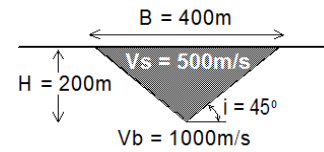
Σχήμα Β.14: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Lefkada (a) και Loma Prieta (b).



$B/\lambda = 2, \lambda/H = 1, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.4\text{sec}, T_{s,1D} = 1.6\text{sec}$

Northridge265
Design proposal
(Vessia et al)

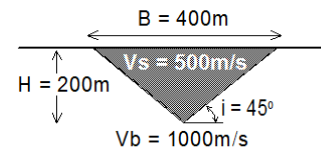
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$
Analysis results
 — $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



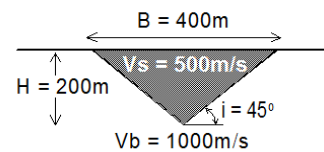
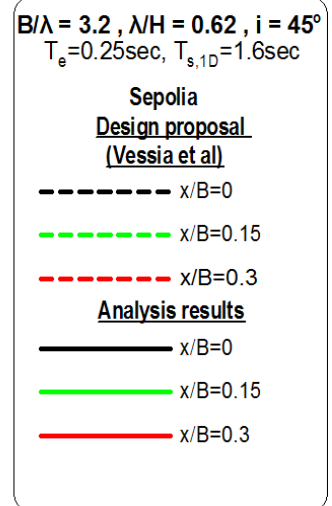
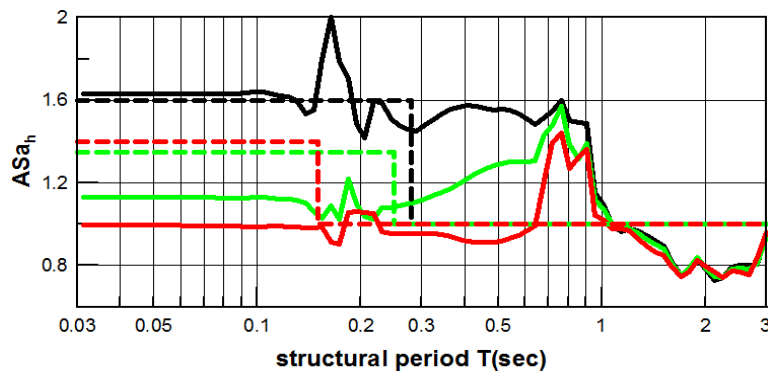
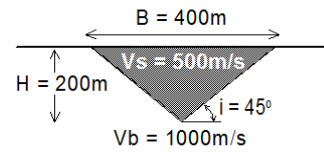
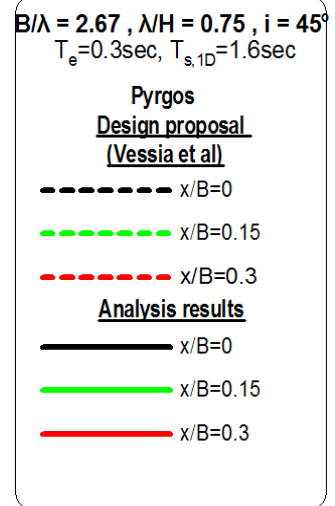
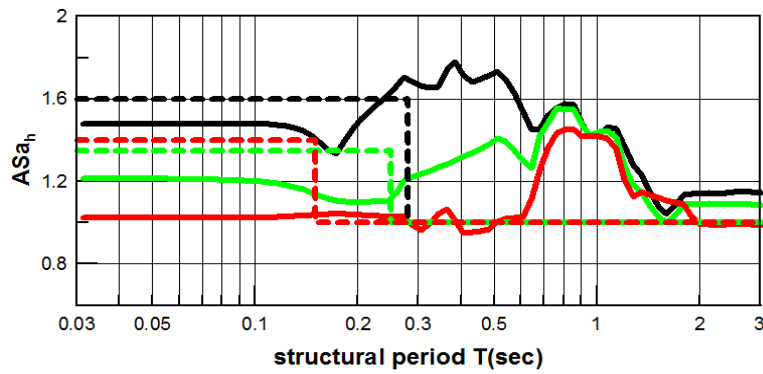
$B/\lambda = 2.96, \lambda/H = 0.67, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.27\text{sec}, T_{s,1D} = 1.6\text{sec}$

Parkfield
Design proposal
(Vessia et al)

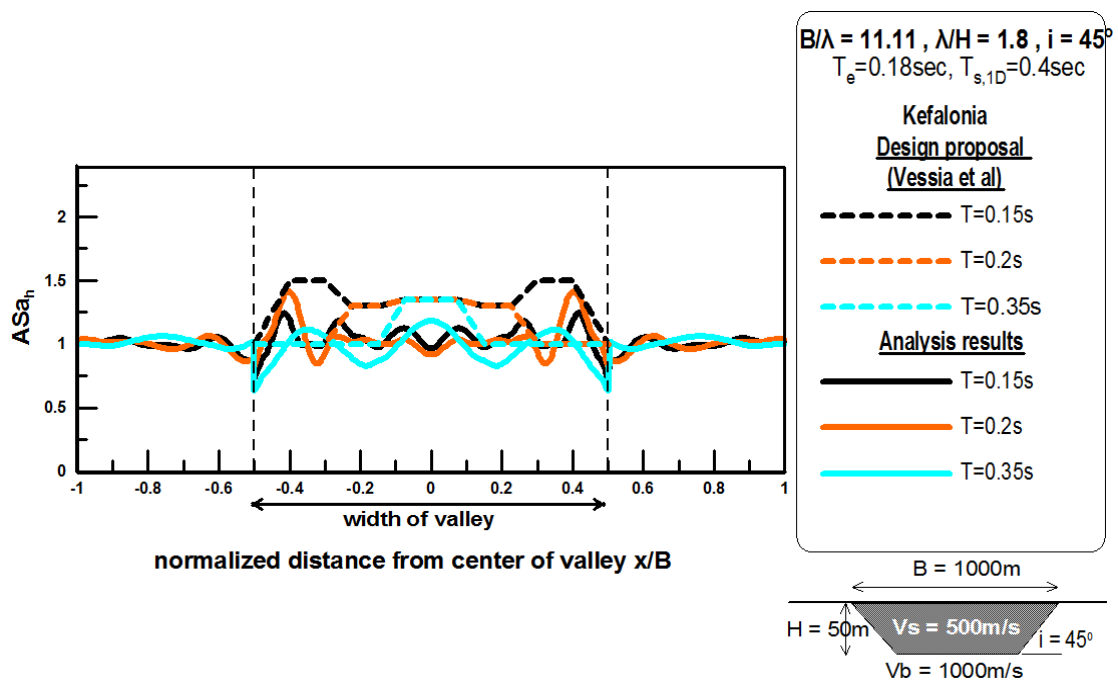
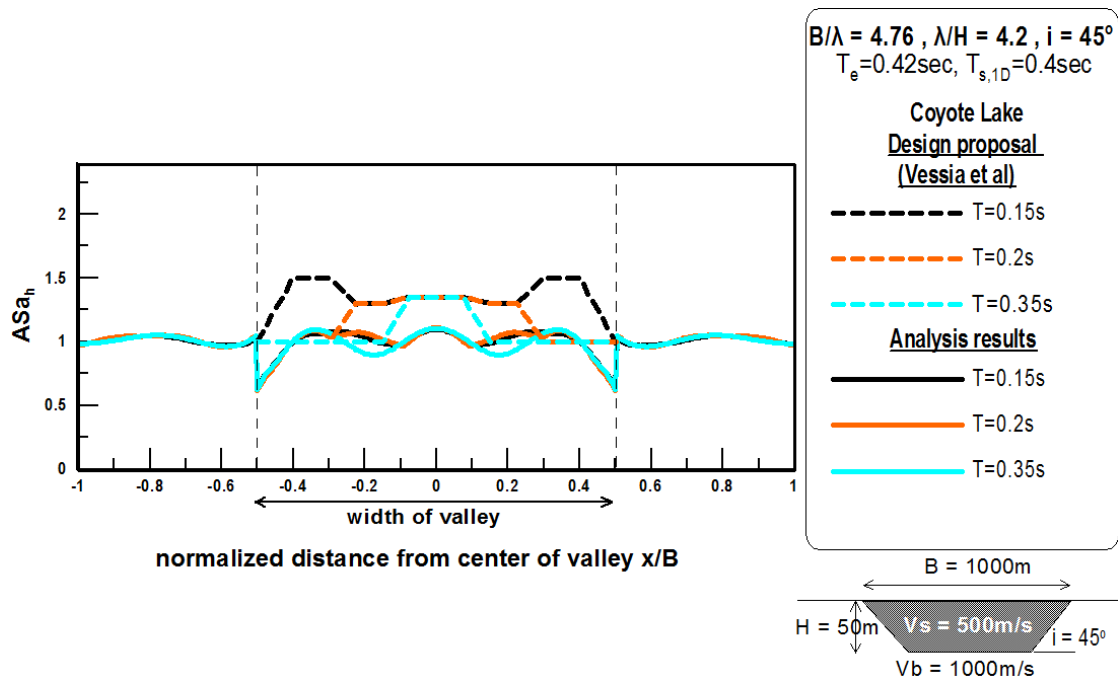
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$
Analysis results
 — $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$



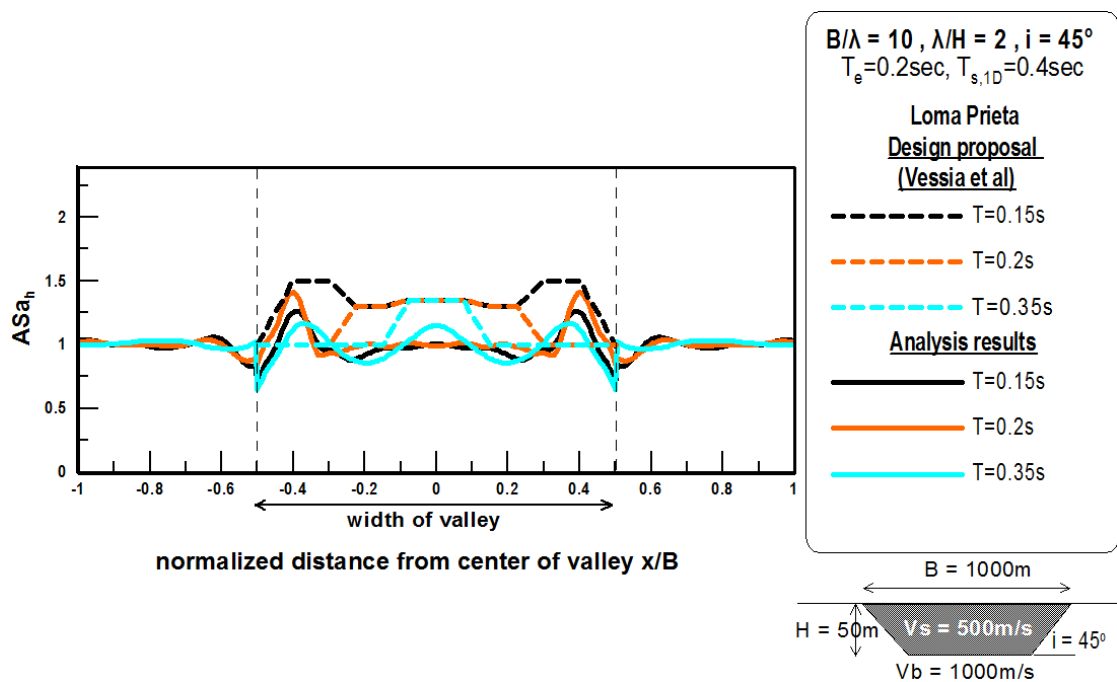
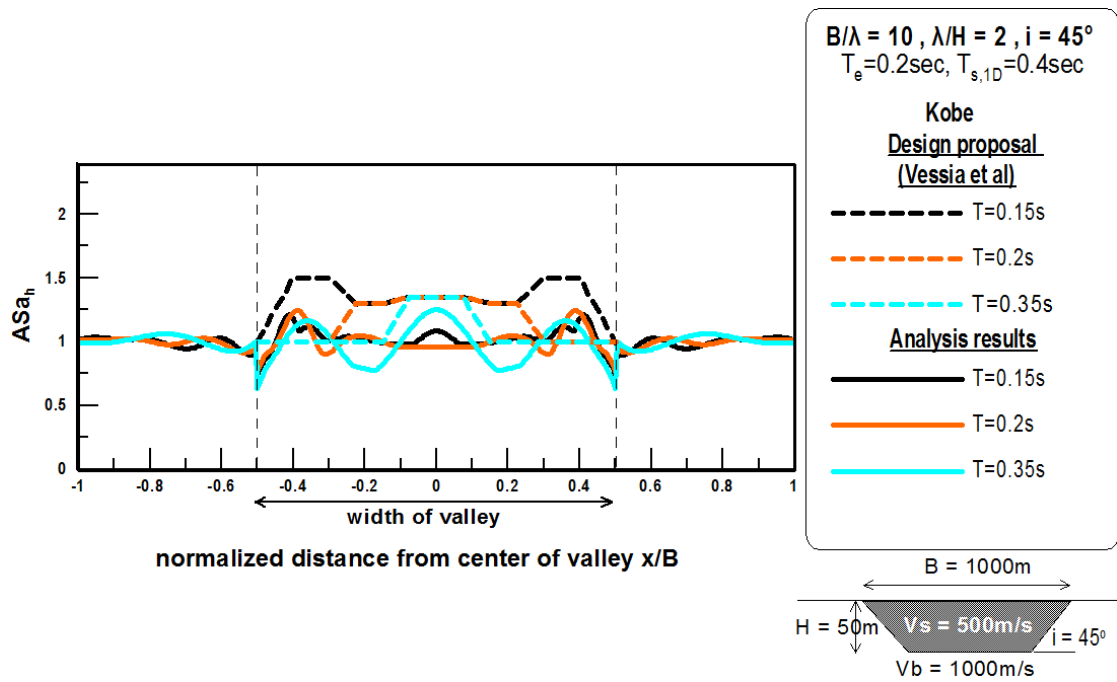
Σχήμα Β.15: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Northridge265 (a) και Parkfield (b).



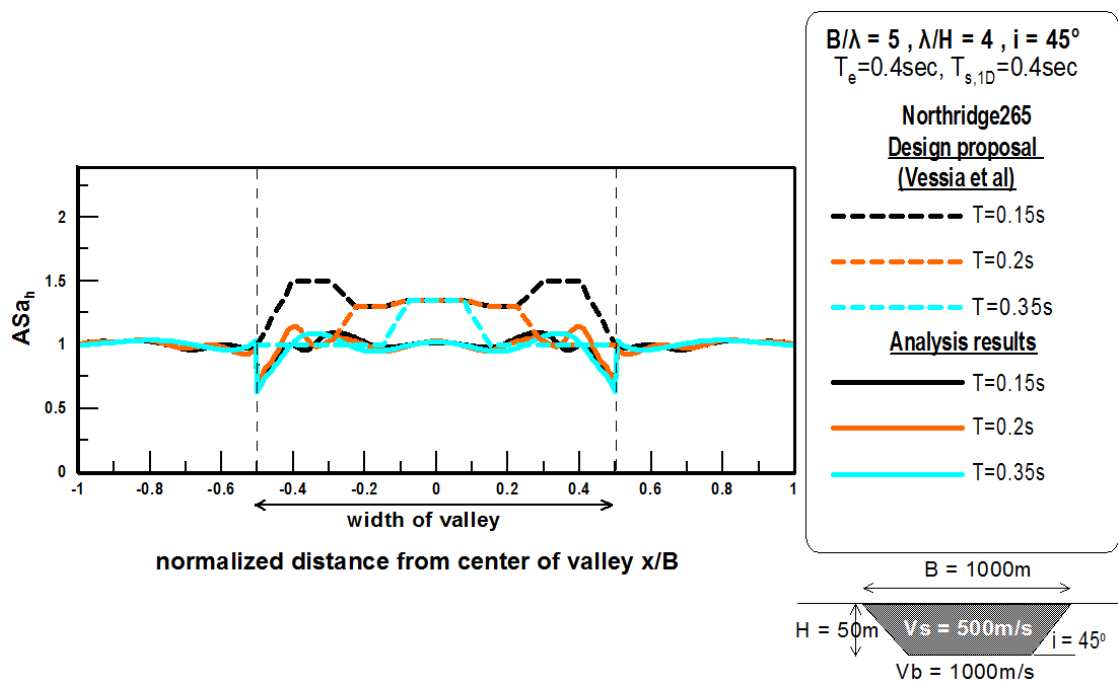
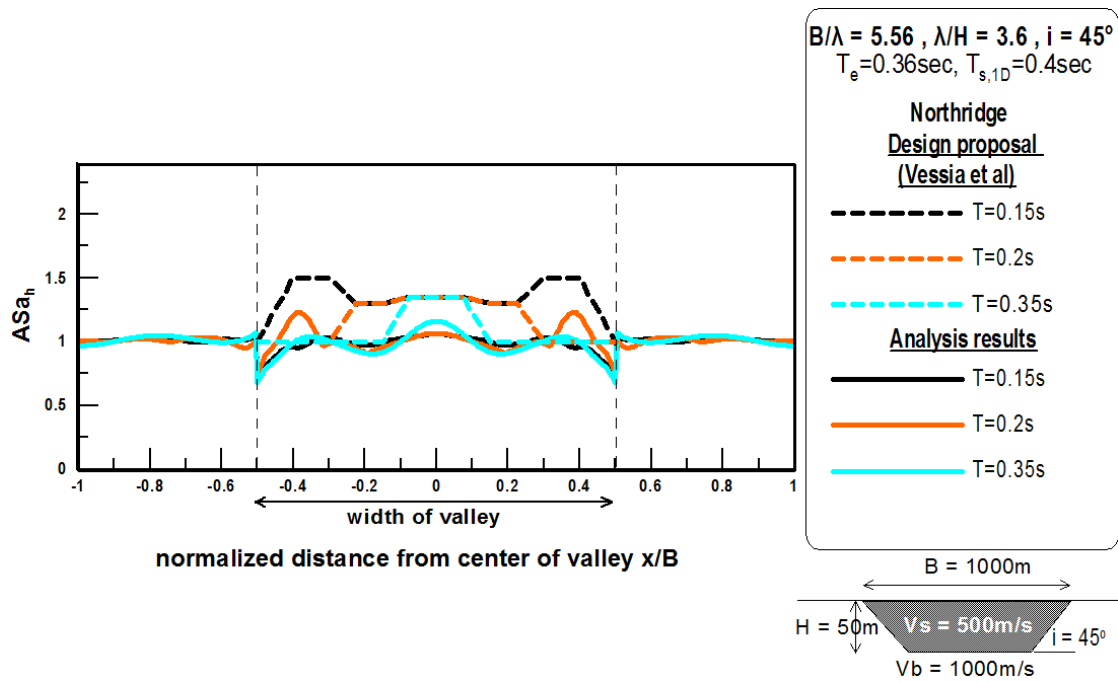
Σχήμα Β.16: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «στενές» (narrow) κοιλάδες ($B/H=2$) και τις χρονοϊστορίες Pyrgos (a) και Sepolia (b).



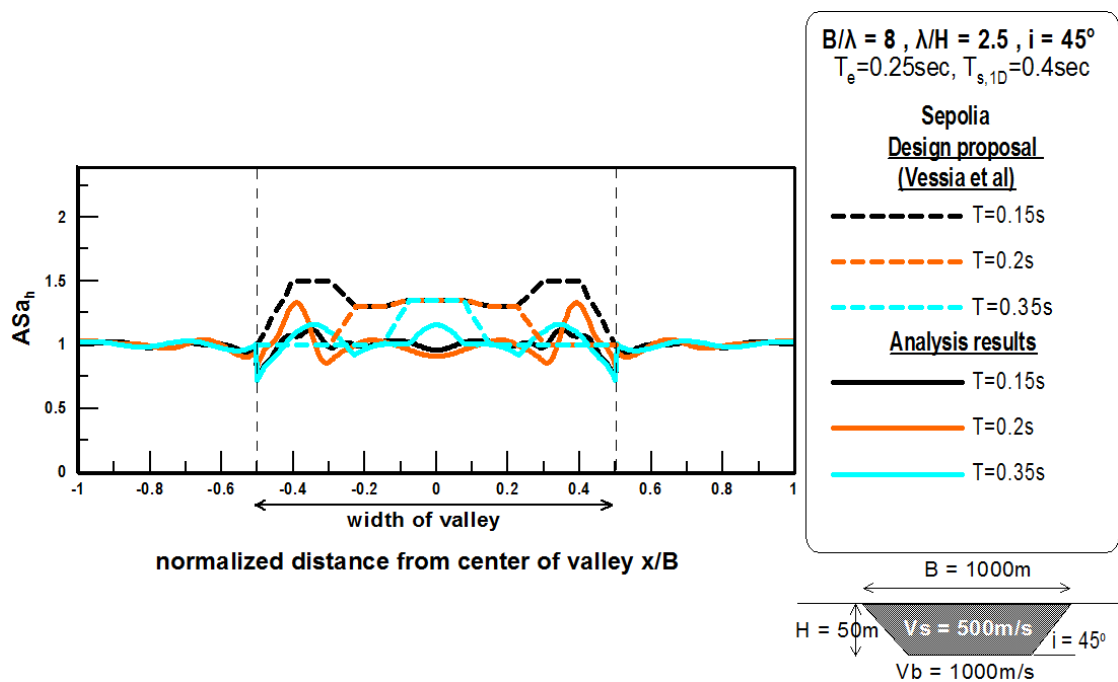
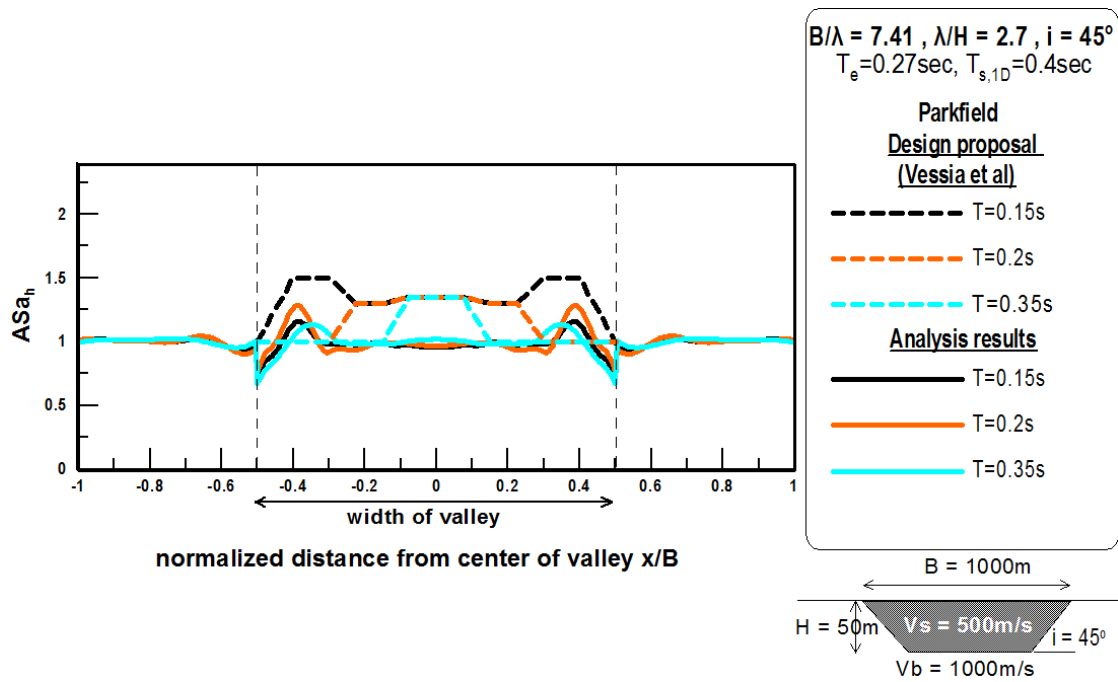
Σχήμα Β.17: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kefalonia (b).



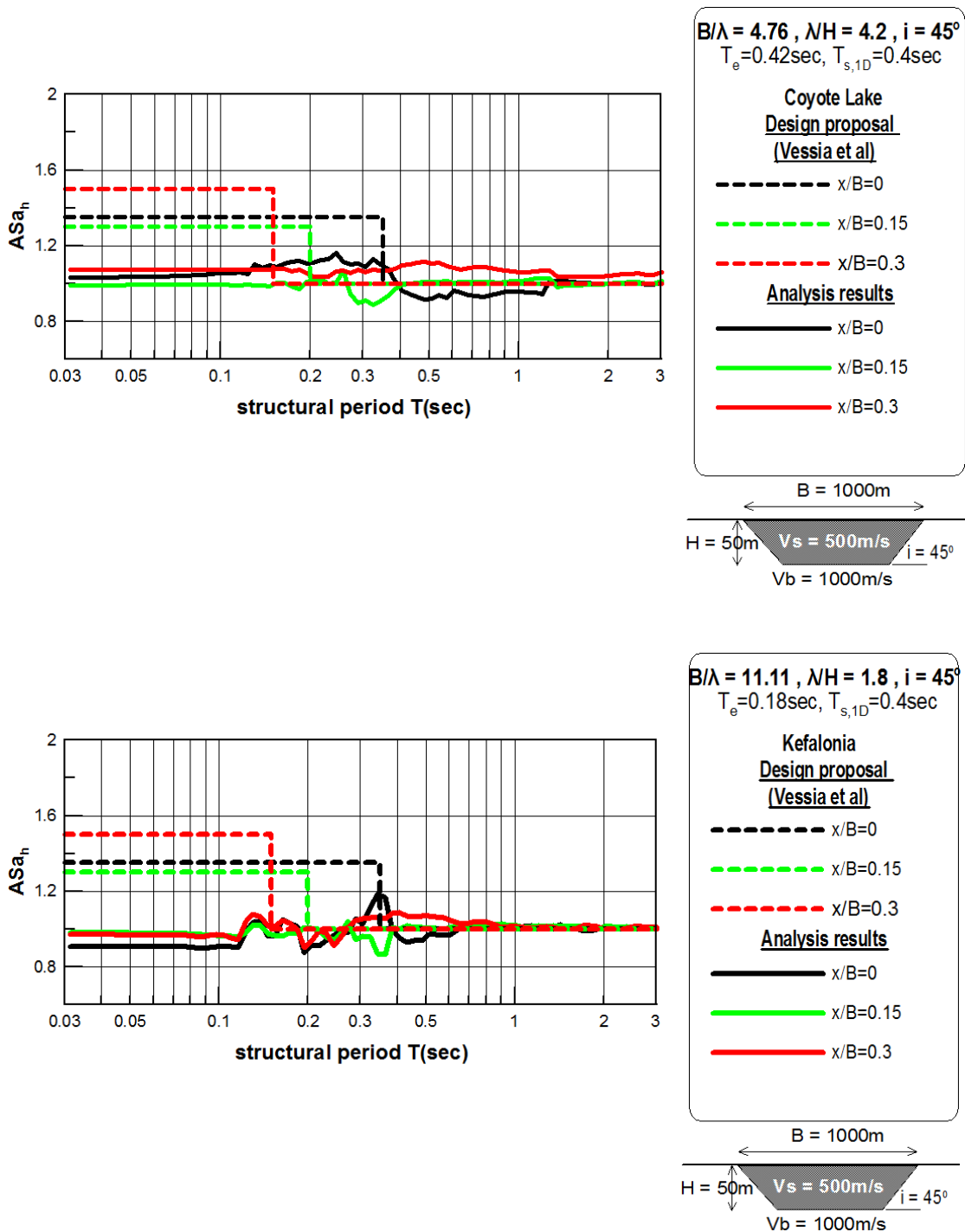
Σχήμα Β.18: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a) και Loma Prieta (b).



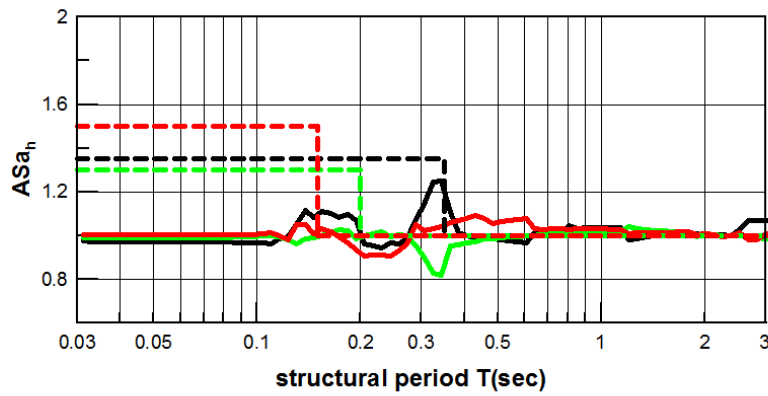
Σχήμα Β.19: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15$, 0.25 και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Northridge (a) και Northridge265 (b).



Σχήμα Β.20: Προτεινόμενη χωρική περιβάλλουσα γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης για $T=0.15, 0.25$ και 0.28sec από την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Parkfield (a) και Sepolia (b).



Σχήμα Β.21: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kefalonia (b).



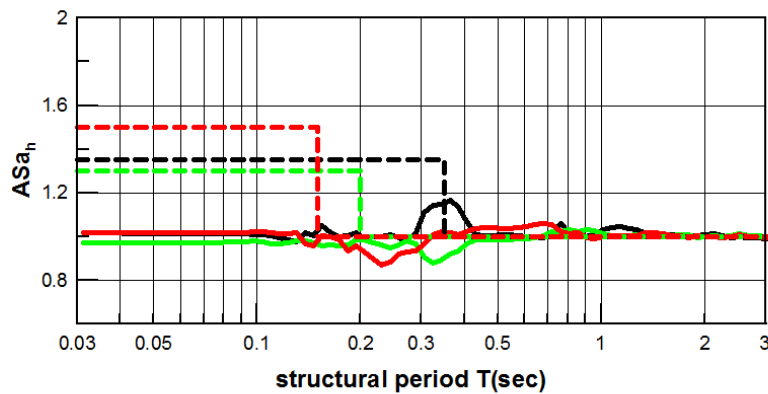
$B/\lambda = 10, \lambda/H = 2, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.2\text{sec}, T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Kobe
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$
Analysis results
 — $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$

$B = 1000\text{m}$

$H = 50\text{m}$ $V_s = 500\text{m/s}$ $i = 45^\circ$
 $V_b = 1000\text{m/s}$



$B/\lambda = 10, \lambda/H = 2, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.2\text{sec}, T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

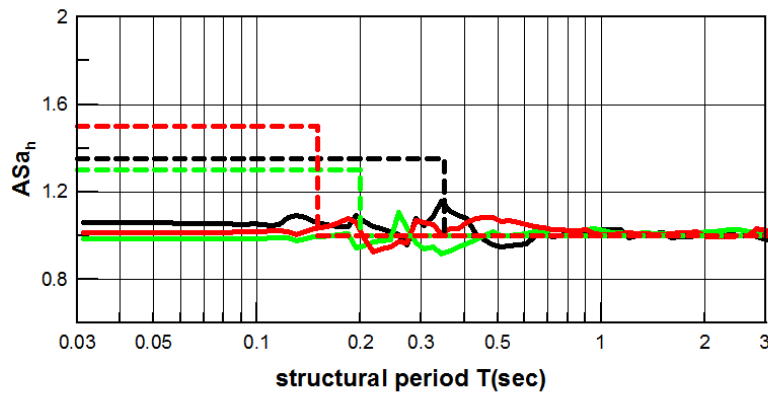
Loma Prieta
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$
Analysis results
 — $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$

$B = 1000\text{m}$

$H = 50\text{m}$ $V_s = 500\text{m/s}$ $i = 45^\circ$
 $V_b = 1000\text{m/s}$

Σχήμα Β.22: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a) και Loma Prieta (b).



$B/\lambda = 5.56, \lambda/H = 3.6, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.36\text{sec}, T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Northridge
Design proposal
(Vessia et al)

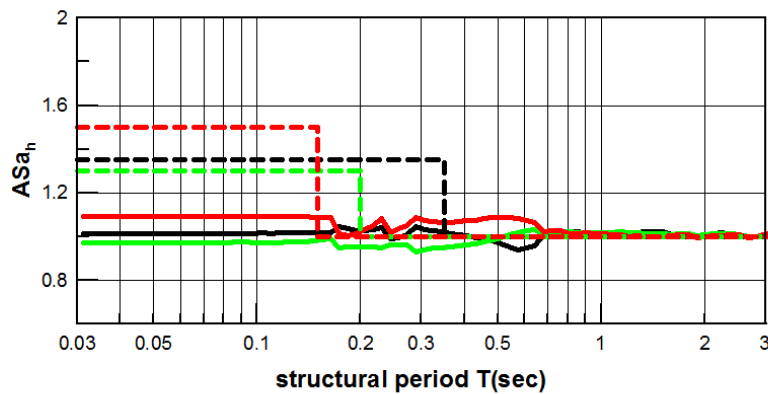
--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$

$B = 1000\text{m}$

$H = 50\text{m}$ $V_s = 500\text{m/s}$ $i = 45^\circ$
 $V_b = 1000\text{m/s}$



$B/\lambda = 5, \lambda/H = 4, i = 45^\circ$
 $T_e = 0.4\text{sec}, T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Northridge265
Design proposal
(Vessia et al)

--- $x/B=0$
 --- $x/B=0.15$
 --- $x/B=0.3$

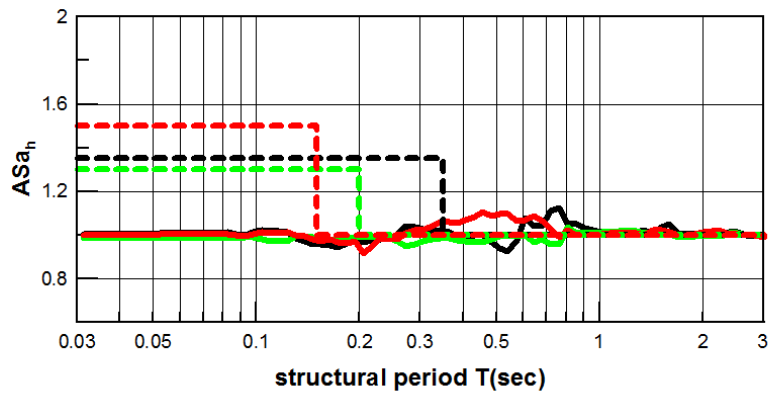
Analysis results

— $x/B=0$
 — $x/B=0.15$
 — $x/B=0.3$

$B = 1000\text{m}$

$H = 50\text{m}$ $V_s = 500\text{m/s}$ $i = 45^\circ$
 $V_b = 1000\text{m/s}$

Σχήμα Β.23: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Northridge (a) και Northridge265 (b).



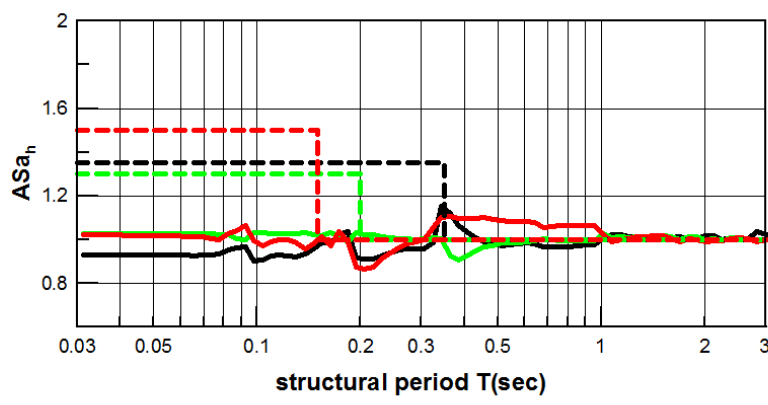
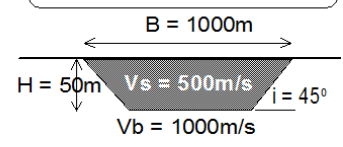
$B/\lambda = 7.41$, $\lambda/H = 2.7$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.27\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Parkfield
Design proposal
 (Vessia et al)

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

Analysis results

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$



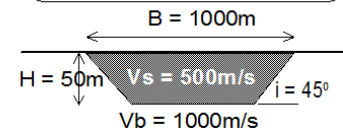
$B/\lambda = 8$, $\lambda/H = 2.5$, $i = 45^\circ$
 $T_e = 0.25\text{sec}$, $T_{s,1D} = 0.4\text{sec}$

Sepolia
Design proposal
 (Vessia et al)

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

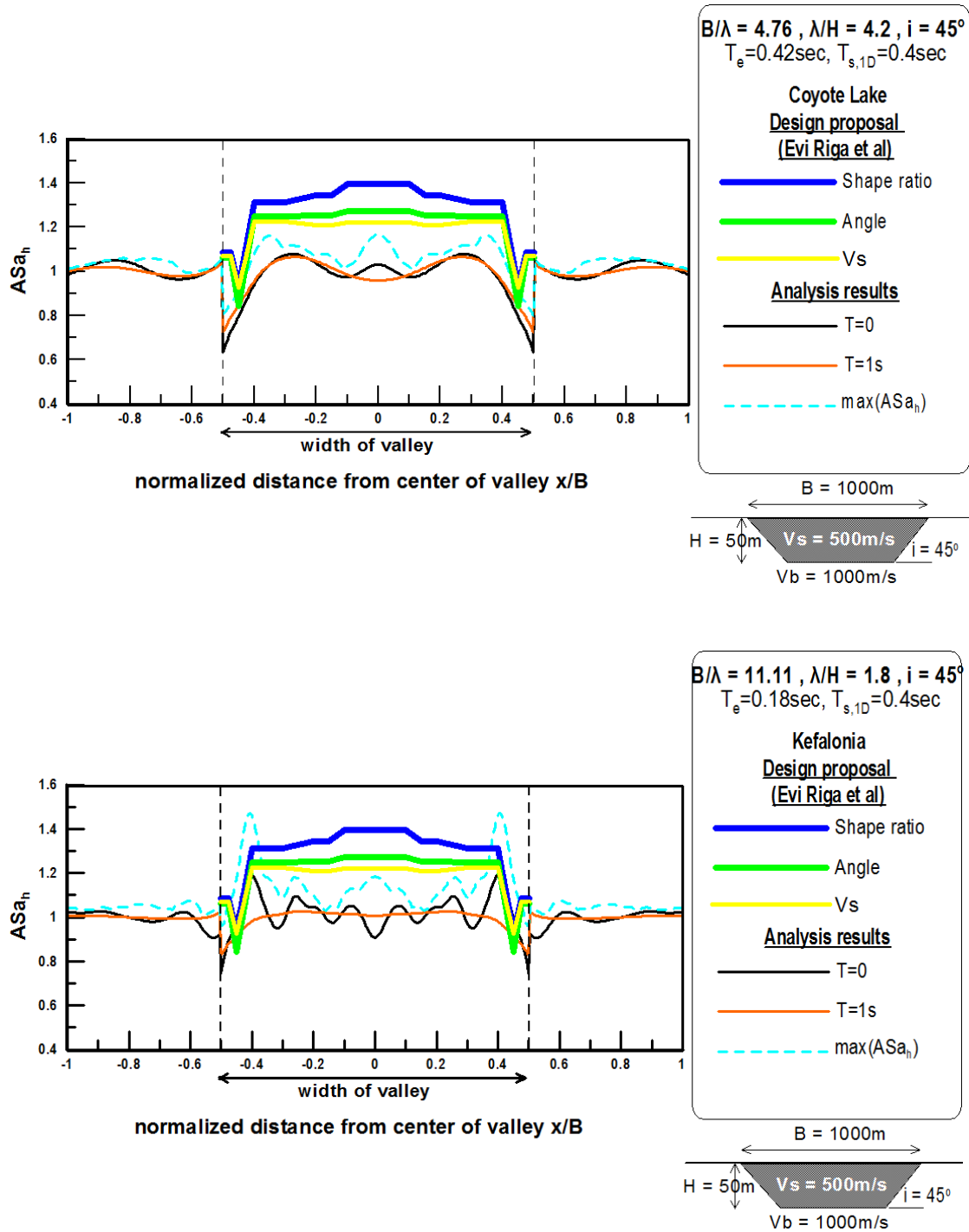
Analysis results

- $x/B=0$
- $x/B=0.15$
- $x/B=0.3$

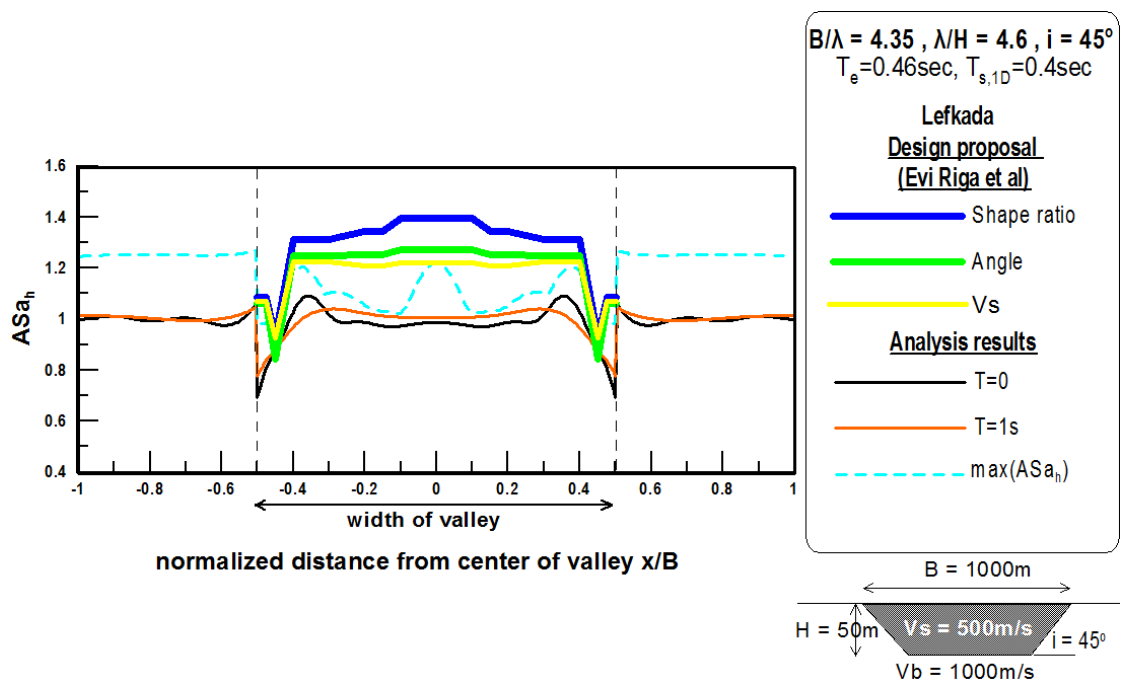
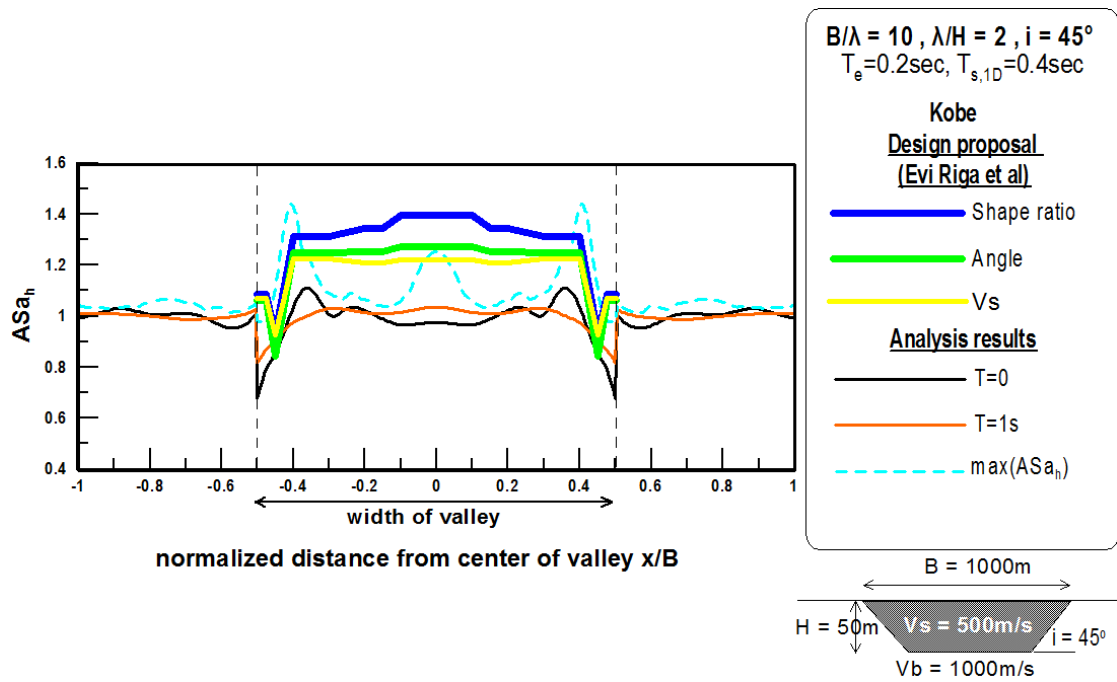


Σχήμα Β.24: Προτεινόμενη φασματική γεωμορφική επιδείνωση σχεδιασμού της οριζόντιας επιτάχυνσης σε διάφορες θέσεις απο την μελέτη των Vessia et al (2011), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Parkfield (a) και Sepolia (b).

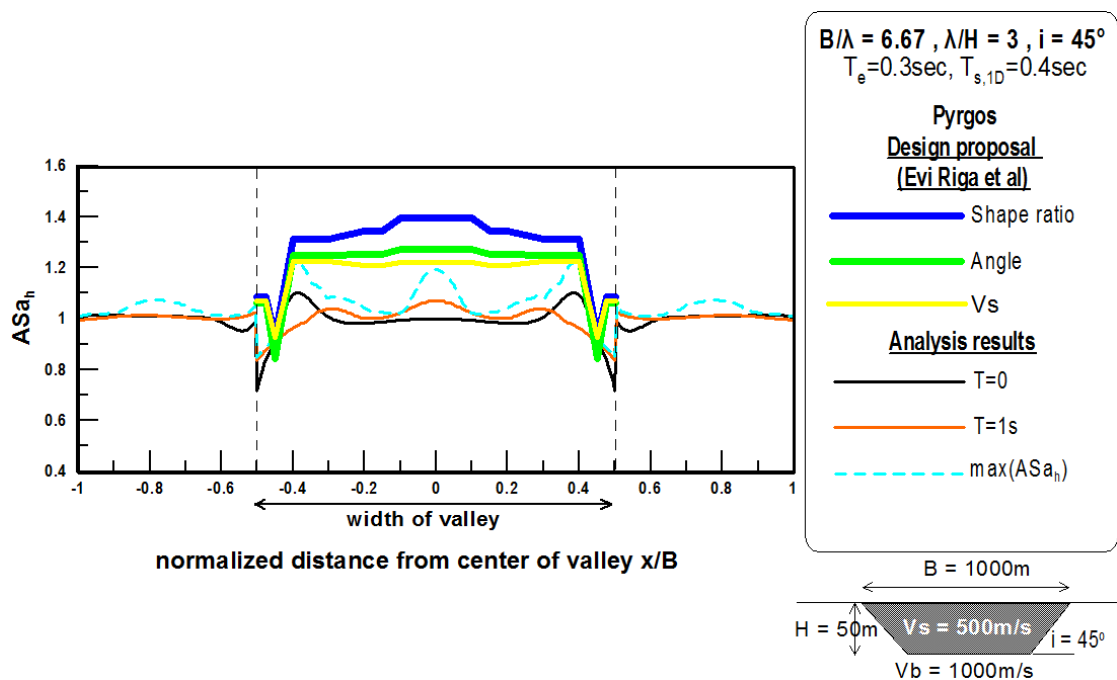
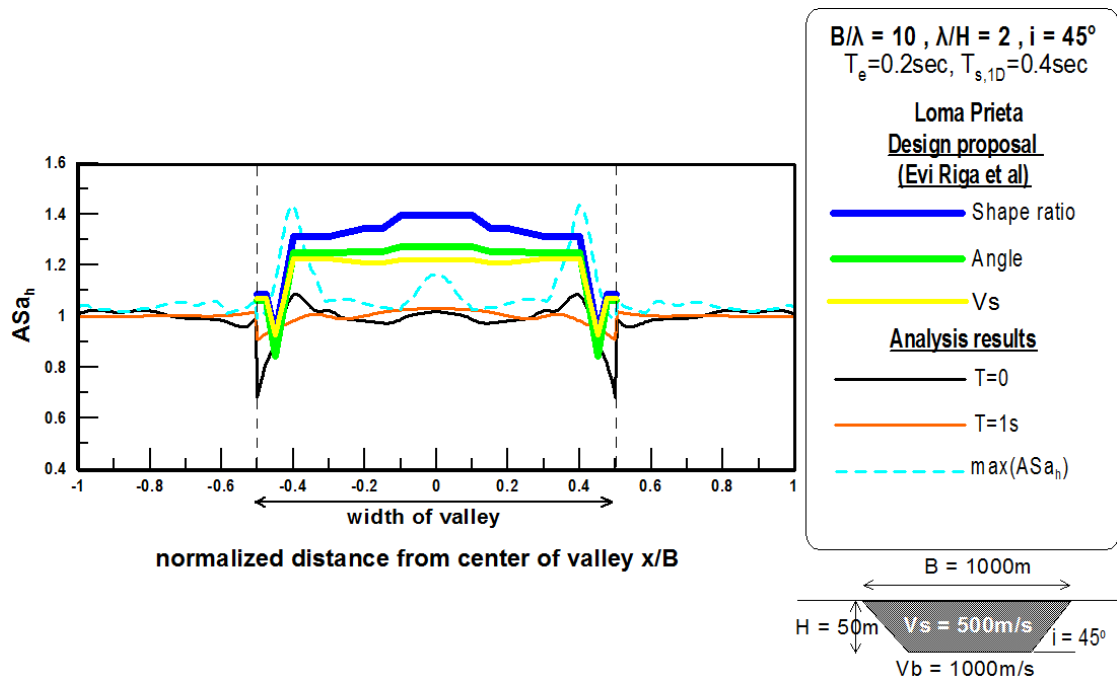
ΜΕΛΕΤΗ RIGA ET AL –«ΕΥΡΕΙΕΣ» ΚΟΙΛΑΔΕΣ



Σχήμα Β.25: Εκτίμηση της γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης σε κάθε κανονικοποιημένη θέση απο το κέντρο της κοιλάδας σύμφωνα με την εργασία των Riga et al (2016), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Coyote (a) και Kefalonia (b).



Σχήμα Β.26: Εκτίμηση της γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης σε κάθε κανονικοποιημένη θέση απο το κέντρο της κοιλάδας σύμφωνα με την εργασία των Riga et al (2016), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Kobe (a) και Lefkada (b).



Σχήμα Β.27: Εκτίμηση της γεωμορφικής επιδείνωσης της οριζόντιας επιτάχυνσης σε κάθε κανονικοποιημένη θέση απο το κέντρο της κοιλάδας σύμφωνα με την εργασία των Riga et al (2016), εν συγκρίσει με τα σχετικά αριθμητικά αποτελέσματα για «ευρείες» (wide) κοιλάδες ($B/H=20$) και τις χρονοϊστορίες Loma Prieta (a) και Pyrgos (b).