



Πανεπιστήμιο Κύπρου

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
και Μηχανικών Περιβάλλοντος

**ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ Η ΕΠΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ
ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ MASTER OF SCIENCE

ΖΑΦΕΙΡΗΣ ΛΟΥΛΟΥΡΓΑΣ

Επιβλέπων καθηγητής:

Δημήτριος Λουκίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Λευκωσία, Μάιος 2023

**ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ
ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ**

ΖΑΦΕΙΡΗΣ ΛΟΥΛΟΥΡΓΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΛΟΥΚΙΔΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΠΕΤΡΟΣ ΚΩΜΟΔΡΟΜΟΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΡΟΥΣΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΛΟΥΚΙΔΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου διατριβής, Δημήτριο Λουκίδη, για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια που μου παρείχε, καθώς και για την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, Πέτρο Κωμοδρόμο και Παναγιώτη Ρουσή, για το χρόνο που διέθεσαν για την αξιολόγηση της διατριβής μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους προαναφερθέντες και για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδωσαν ως καθηγητές μου τόσο σε προπτυχιακό όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, την αδερφή μου και τη γυναίκα μου για την υποστήριξη τους σε κάθε μου επιλογή κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων βάσει των εξισώσεων που προτείνονται στο Παράρτημα F του Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 5 (EN 1998-5:2004). Συγκεκριμένα, διερευνάται η υπόθεση της μεθοδολογίας του Παραρτήματος F ότι και η εδαφική επιτάχυνση, και κατά συνέπεια οι αδρανειακές δυνάμεις εντός του μηχανισμού αστοχίας του εδάφους, βρίσκονται «σε φάση» με την τέμνουσα βάσης. Από τη θεωρία αρμονικά διεγερόμενου μονοβάθμιου ταλαντωτή είναι γνωστό ότι η τέμνουσα βάσης και η εδαφική επιτάχυνση δεν βρίσκονται σε φάση στην περίπτωση του συντονισμού και για ιδιοπεριόδους ταλαντωτή μεγαλύτερες από την περίοδο της διέγερσης. Συνεπώς τίθεται το ερώτημα κατά πόσο η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας με βάση τη θεώρηση συμφωνίας φάσης είναι υπερσυντηρητική.

Στα πλαίσια της διατριβής εκτελέστηκαν αναλύσεις ταλάντωσης μονοβάθμιων και πολυβάθμιων συστημάτων διαφόρων δυναμικών χαρακτηριστικών, διεγερόμενων από επιταχυνσιογραφήματα πραγματικών σεισμών. Πλέον των 550 επιταχυνσιογραφημάτων πάρθηκαν από το PEER Ground Motion Database και ομαδοποιήθηκαν με βάση το μέγεθος του σεισμού, την απόσταση της καταγραφής από το σεισμογόνο ρήγμα και την κατηγορία του εδάφους. Η ολοκλήρωση του συστήματος εξισώσεων κίνησης έγινε με τη μέθοδο Newmark στο περιβάλλον της MATLAB.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων δείχνουν ότι η τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης που δρα στη βάση του ταλαντωτή όταν συμβαίνει η μέγιστη τιμή τέμνουσας μειώνεται προοδευτικά όσο η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του ταλαντωτή αυξάνεται. Σε γενικές γραμμές μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι είναι σχεδόν μηδενική όταν η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος γίνει ίση με τη δεσπόζουσα περίοδο του επιταχυνσιογραφήματος, ενώ μπορεί ακόμη και να λάβει αντίθετο πρόσημο σε σχέση την τέμνουσα βάσης σε περίπτωση που η ιδιοπερίοδος είναι μεγαλύτερη από τη δεσπόζουσα περίοδο της διέγερσης.

Στη συνέχεια και με βάση τα ευρήματα των παραμετρικών αναλύσεων, παρουσιάζεται μέσω διαγραμμάτων ο βαθμός συντηρητισμού που δύναται να προκύψει από τις εξεταζόμενες σχέσεις φέρουσας ικανότητας του Ευρωκώδικα 8 για διάφορες περιπτώσεις θεμελιώσεων σε άμμους και αργίλους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

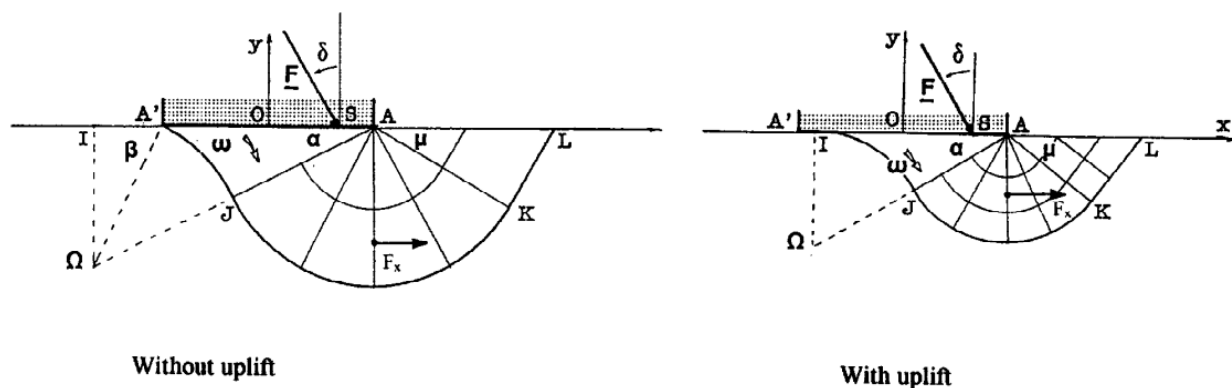
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1. Περιγραφή του προβλήματος.....	7
1.2. Διάρθρωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	10
2.1 Φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης σε σεισμό - Εξισώσεις EN 1998-5.....	10
2.2 Εισαγωγή στα μονοβάθμια και πολυβάθμια συστήματα.....	14
2.2.1 Εξίσωση κίνησης μονοβάθμιου συστήματος.....	14
2.2.2 Μέθοδος Newmark για ΜΒΣ.....	15
2.2.3 Εξίσωση κίνησης πολυβάθμιου συστήματος.....	17
2.2.4 Ιδιομορφές ΠΒΣ.....	20
2.2.5 Απόσβεση ΠΒΣ.....	21
2.2.6 Μέθοδος Newmark για ΠΒΣ.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	23
3.1. Επιλογή και ομαδοποίηση σεισμικών καταγραφών.....	24
3.2. Προσδιορισμός της εδαφικής επιτάχυνσης τη χρονική στιγμή της μέγιστης τέμνουσας βάσης.....	26
3.2.1. Μονοβάθμια συστήματα.....	26
3.2.2. Πολυβάθμια συστήματα.....	29
3.3. Επαλήθευση υπολογιστικής μεθοδολογίας.....	31
3.4. Επίπτωση στον υπολογισμό φέρουσας ικανότητας.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	37
4.1. Συγκριτικά διαγράμματα.....	37
4.1.1. Μονοβάθμια συστήματα.....	37
4.1.2. Πολυβάθμια συστήματα - Δύο βαθμοί ελευθερίας.....	40
4.1.3. Πολυβάθμια συστήματα - Τέσσερις βαθμοί ελευθερίας.....	43
4.1.4. Πολυβάθμια συστήματα - Οκτώ βαθμοί ελευθερίας.....	46
4.2. Διαγράμματα λόγου συντελεστού ODF.....	49
4.2.1. Κοιτόστρωση σε άργιλο.....	51
4.2.2. Κοιτόστρωση σε άμμο.....	53
4.2.3. Θεμέλιο σε άργιλο.....	54
4.2.4. Θεμέλιο σε άμμο.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	61
Α.1. Κώδικας για ανάλυση ΜΒΣ	62
Α.2. Κώδικας για ανάλυση ΠΒΣ.....	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι θεμελιώσεις αποτελούν ίσως το σημαντικότερο στοιχείο μιας κατασκευής, καθώς αναλαμβάνουν την μεταφορά των φορτίων της ανωδομής στο έδαφος. Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις επιφανειακές και τις βαθιές θεμελιώσεις. Αν δεν συντρέχουν ειδικοί λόγοι, ως η ευκολότερη και οικονομικότερη λύση επιλέγεται η κατασκευή κάποιου τύπου επιφανειακής θεμελίωσης, καθώς δεν απαιτεί τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού. Για τη διαστασιολόγηση της θεμελίωσης, απαιτείται η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας κάτω από όλους τους συνδυασμούς φορτίων σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένου και του σεισμικού συνδυασμού.

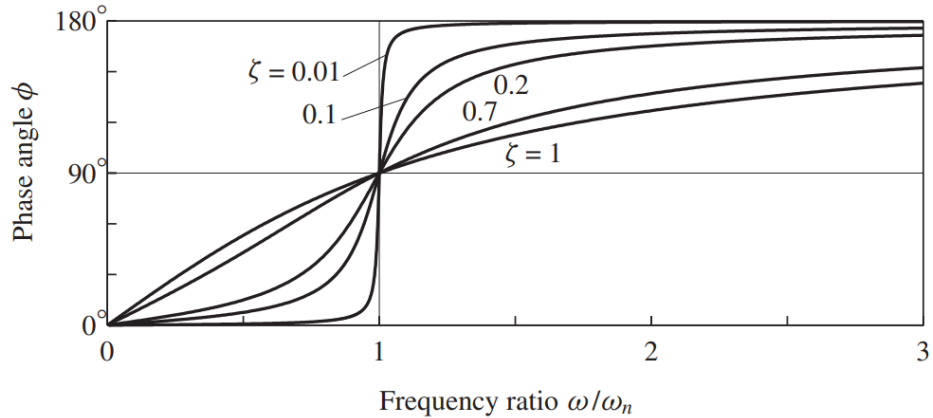
Σύμφωνα με τον Pecker (1996), ο έλεγχος της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων δεν είχε εξεταστεί επαρκώς για την περίπτωση της σεισμικής δράσης λόγω του ότι τα περιστατικά αστοχίας που είχαν καταγραφεί μέχρι τότε και δεν οφείλονταν σε ρευστοποίηση εδαφών ή αστάθεια πρανών, ήταν σχετικά λίγα. Όπως αναφέρουν οι Paolucci & Pecker (1997), κατά τον σεισμό του Michoacan (Μεξικό, 1985) παρατηρήθηκαν αρκετές αστοχίες, αν και σε γενικές γραμμές η επίδοση των επιφανειακών θεμελιώσεων κρίθηκε επαρκής. Ακολούθησαν όμως οι σεισμοί του Kobe (Ιαπωνία, 1995) και της Νικομήδειας (Izmit – Τουρκία, 1999) και οι καταγραφές σημαντικών αστοχιών θεμελιώσεων πλήθυναν. Στα επόμενα χρόνια, έγινε προσπάθεια να συμπεριληφθεί στα κανονιστικά πλαίσια και οδηγίες η επίδραση της αδρανειακής δύναμης που αναπτύσσεται εντός του εδάφους στην εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων, καθώς η συνήθης πρακτική ήταν να χρησιμοποιούνται απλές προσεγγίσεις που δεν την λάμβαναν υπόψη, όπως η κλασική σχέση του Terzaghi (1943) συνδυαζόμενη με συντελεστές κλίσης φορτίου (π.χ. Vesic, 1973) και μειωμένο πλάτος («ενεργό») λόγω εκκεντρότητας κατακόρυφου φορτίου (Meyerhof, 1953), όπως χρησιμοποιούνται και για τις στατικές συνθήκες. Παρά ταύτα, στη βιβλιογραφία εξακολουθούν να είναι σχετικά λίγες οι προτεινόμενες σχέσεις που συμπεριλαμβάνουν τις αδρανειακές δυνάμεις του εδάφους εντός του μηχανισμού αστοχίας (Conti, 2018).



Σχήμα 1.1. Μηχανισμοί αστοχίας φέρουσας ικανότητας σε συνεκτικά εδάφη υπό σεισμικές συνθήκες (Pecker, 1996).

1.1. Περιγραφή του προβλήματος

Στην Κύπρο, ο αντισεισμικός κανονισμός που βρίσκεται σε ισχύ είναι ο Ευρωκώδικας 8 με τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα. Στο πληροφοριακό (informative) Παράρτημα F του Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 5 (EN 1998-5:2004-Annex F), παρατίθενται οι σχέσεις που αφορούν στον έλεγχο της φέρουσας ικανότητας επιφανειακής θεμελίωσης υποκείμενης σε σεισμική δράση, οι οποίες βασίστηκαν στις επιλύσεις των Pecker (1996) και Paolucci & Pecker (1997). Στη βασική εξίσωση ελέγχου φέρουσας ικανότητας γίνεται χρήση σχέσεων που περιλαμβάνουν την τέμνουσα βάσης σχεδιασμού V_{Ed} (μέγιστη-peak τιμή) και την επιτάχυνση σχεδιασμού a_{gR} που αντιστοιχεί στη μέγιστη (peak) εδαφική επιτάχυνση για έδαφος τύπου A. Επομένως, στη μεθοδολογία του Παραρτήματος F γίνεται η υπόθεση ότι τα δύο αυτά μεγέθη βρίσκονται «σε φάση» (συμβαίνουν ταυτόχρονα), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.1. Εντούτοις, από τη θεωρία των φασμάτων απόκρισης για αρμονικά διεγυρόμενα μονοβάθμια συστήματα (ΜΒΣ) γνωρίζουμε ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβαίνει παρά μόνο για συστήματα με πολύ μικρή ιδιοπερίοδο (άρα πολύ μεγάλη δυσκαμψία), τα οποία κινούνται πρακτικώς μαζί με το έδαφος και με σχεδόν μηδενική σχετική μετακίνηση. Στην περίπτωση πολύ εύκαμπτου ταλαντωτή (πολύ μεγάλη ιδιοπερίοδος), η κίνηση της μάζας του και η κίνηση του εδάφους είναι σε αντίθεση φάσης, δηλαδή διαφορά φάσης ίση με 180° (Chopra, 2013), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2. Διαφορά φάσης μεταξύ σχετικής μετακίνησης και διέγερσης αρμονικού ταλαντωτή συναρτήσει του λόγου της συχνότητας διέγερσης ω ως προς την ιδιοσυχνότητα ω_n για διάφορες τιμές του λόγου απόσβεσης ζ (από Chopra, 2013).

Για τους σκοπούς της παρούσας ερευνητικής εργασίας, πραγματοποιείται έλεγχος της παραπάνω παραδοχής μέσω αναλύσεων απόκρισης μονοβάθμιων και πολυβάθμιων ταλαντωτών σε πραγματικούς σεισμούς. Συγκεκριμένα, ερευνάται η επίδραση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου μονοβάθμιων και πολυβάθμιων συστημάτων στην τιμή που έχει η επιτάχυνση του εδάφους τη στιγμή που συμβαίνει η μέγιστη τέμνουσα βάση που αναπτύσσεται λόγω σεισμικής διέγερσης. Στη συνέχεια, εξετάζεται ο βαθμός ενδεχόμενης υπερδιαστασιολόγησης μιας θεμελίωσης όταν χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις του προτύπου EN 1998-5:2004-Annex F.

1.2. Διάρθρωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας

Η παρούσα διατριβή περιλαμβάνει πέντε κεφάλαια, το περιεχόμενο των οποίων περιγράφεται συνοπτικά ακολούθως.

Στο 1^ο κεφάλαιο έγινε διατύπωση του πρακτικού προβλήματος και παρουσιάστηκε το αντικείμενο της μελέτης.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρατίθενται και επεξηγούνται οι εξισώσεις του Παραρτήματος F του Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 5. Επίσης πραγματοποιείται περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών

μονοβάθμιων και πολυβάθμιων συστημάτων διεγερόμενων από σεισμική διέγερση, καθώς και της μεθόδου Newmark που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόκρισης.

Στο 3^ο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της τιμής της εδαφικής επιτάχυνσης όταν συμβαίνει η μέγιστη τέμνουσας βάσης και περιγράφεται η επιλογή των σεισμικών καταγραφών για τις οποίες έγιναν αναλύσεις απόκρισης.

Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις απόκρισης που πραγματοποιήθηκαν στη MATLAB, καθώς και διαγράμματα που αποτυπώνουν τον βαθμό ενδεχόμενου υπερσυντηρητισμού της μεθοδολογίας του EN 1998-5:2004-Annex F μέσω υπολογισμού του συντελεστή ασφαλείας έναντι φέρουσας ικανότητας.

Στο 5^ο κεφάλαιο καταγράφονται και σχολιάζονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα ερευνητική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης σε σεισμό - Εξισώσεις EN 1998-5

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 (Μέρος 5 – Παράρτημα F), η αστοχία σε φέρουσα ικανότητα επιφανειακής θεμελίωσης που εδράζεται σε ομοιογενές έδαφος ελέγχεται με χρήση της ακόλουθης σχέσης:

$$\frac{(1-e\cdot\bar{F})^{c_T} \cdot (\beta \cdot \bar{V})^{c_T}}{\bar{N}^a \cdot \left[(1-m_f \cdot \bar{F}^k)^{k'} - \bar{N} \right]^b} + \frac{(1-f\cdot\bar{F})^{c'_M} \cdot (\gamma \cdot \bar{M})^{c_M}}{\bar{N}^c \cdot \left[(1-m_f \cdot \bar{F}^k)^{k'} - \bar{N} \right]^d} - 1 \leq 0 \quad (\text{Εξ.2.1})$$

όπου:

- \bar{N} : ανηγμένη κατακόρυφη (αξονική) δύναμη
- \bar{V} : ανηγμένη οριζόντια (τέμνουσα) δύναμη
- \bar{M} : ανηγμένη ροπή
- \bar{F} : αδιάστατη αδρανειακή δύναμη εδάφους
- $a, b, c, d, e, f, m_f, k, k', c_T, c_M, c'_M, \beta, \gamma$: σταθερές με τιμές ανάλογα με τον τύπο του εδάφους (Πίνακας 2.1)

Πίνακας 2.1. Τιμές σταθερών εξίσωσης (2.1) για συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη.

	Συνεκτικά εδάφη	Μη συνεκτικά εδάφη
α	0,70	0,92
b	1,29	1,25
c	2,14	0,92
d	1,81	1,25
e	0,21	0,41
f	0,44	0,32
m_f	0,21	0,96
k	1,22	1,00
k'	1,00	0,39
c_T	2,00	1,14
c_M	2,00	1,01
c'_M	1,00	1,01
β	2,57	2,90
γ	1,85	2,80

Η εξίσωση (2.1) συσχετίζει την αντοχή του εδάφους, την αδρανειακή δύναμη που αναπτύσσεται εντός αυτού και τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού στο επίπεδο της θεμελίωσης. Οι ανηγμένες τιμές των φορτίων που επιβάλλονται στη θεμελίωση υπολογίζονται ως εξής:

$$\bar{N} = \frac{\gamma_{Rd} \cdot N_{Ed}}{N_{max}}, \quad \bar{V} = \frac{\gamma_{Rd} \cdot V_{Ed}}{N_{max}}, \quad \bar{M} = \frac{\gamma_{Rd} \cdot M_{Ed}}{B \cdot N_{max}} \quad (\text{Εξ. 2.2}\alpha, \beta, \gamma)$$

όπου:

- N_{Ed}, V_{Ed}, M_{Ed} : σεισμικά φορτία σχεδιασμού της θεμελίωσης
- N_{max} : μέγιστη κατακόρυφη φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης (δηλαδή όταν φορτίζεται μόνο από κατακόρυφο φορτίο στο μέσον της)
- γ_{Rd} : επιμέρους συντελεστής μοντέλου (Πίνακας 2.2)
- B : πλάτος θεμελίωσης

Πίνακας 2.2. Τιμές συντελεστή γ_{Rd} .

Μετρίως πυκνή προς πυκνή άμμος	Χαλαρή ξηρή άμμος	Χαλαρή κορεσμένη άμμος	Μη ευαίσθητη άργιλος	Ευαίσθητη άργιλος
1.00	1.15	1.50	1.00	1.15

Πρέπει να σημειωθεί ότι, βάσει του Εθνικού Προσαρτήματος στο CYS EN 1998-5:2004, στην Κύπρο για τον έλεγχο σεισμικής φέρουσας ικανότητας δεν χρησιμοποιούνται συντελεστές υλικού γ_M (έχουν τιμή 1.0), ενώ ο συντελεστής γ_{Rd} ισούται με 1.4, όπως υπό στατικές συνθήκες.

Η αδιάστατη αδρανειακή δύναμη του εδάφους \bar{F} και η μέγιστη φέρουσα ικανότητα της θεμελίωσης N_{max} καθορίζονται ανάλογα με το είδος του εδάφους ως ακολούθως:

Αμιγώς συνεκτικά ή κορεσμένα μη συνεκτικά εδάφη

Σε αυτή την περίπτωση, η μέγιστη φέρουσα ικανότητα υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$N_{max} = (\pi + 2) \cdot \frac{\bar{c}}{\gamma_M} \cdot B \quad (\text{Εξ.2.3})$$

όπου:

- \bar{c} : αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους, c_u , για συνεκτικά εδάφη ή η κυκλική αστράγγιστη διατμητική αντοχή, $\tau_{cy,u}$, για μη συνεκτικά εδάφη
- γ_M : επιμέρους συντελεστής αντοχής εδάφους (EN1998-5:2004 παρ.3.1 (3))

Η αδιάστατη αδρανειακή δύναμη του εδάφους σε αυτή την περίπτωση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\bar{F} = \frac{\rho \cdot a_g \cdot S \cdot B}{\bar{c}} \quad (\text{Εξ.2.4})$$

όπου:

- ρ : πυκνότητα του εδαφικού υλικού
- a_g : τιμή εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού που αντιστοιχεί σε έδαφος τύπου A ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$)
- a_{gR} : τιμή αναφοράς της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης για έδαφος τύπου A
- γ_I : συντελεστής σπουδαιότητας (Πίνακας 2.3)
- S : συντελεστής εδάφους (Πίνακας 2.4)

Επιπλέον, για τις σχέσεις (2.1) και (2.2) πρέπει να ισχύουν:

$$0 < \bar{N} \leq 1 \quad , \quad |\bar{V}| \leq 1 \quad (\text{Εξ.2.5})$$

Πίνακας 2.3. Συντελεστές εδάφους. Πηγή: EN1998-1:2004 (Table 3.2 παρ.3.2.2.2)

Τύπος εδάφους	S
A	1.0
B	1.2
C	1.15
D	1.35
E	1.4

Πίνακας 2.4. Συντελεστές σπουδαιότητας. Πηγή: EN1998-1:2004 (Table 4.3 παρ.4.2.5)

Κατηγορία σπουδαιότητας	Συντελεστής σπουδαιότητας (γ_I)	Κτίρια
I	0.8	Κτίρια ελάσσονος σημασίας για τη δημόσια ασφάλεια, π.χ. αγροτικά κτίρια
II	1.0	Συνήθη κτίρια, κτίρια που δεν ανήκουν σε άλλες κατηγορίες
III	1.2	Κτίρια των οποίων η αντοχή τους σε σεισμό είναι σημαντική, λαμβάνοντας υπόψη τις συνέπειες σε περίπτωση κατάρρευσης, π.χ. σχολεία, αίθουσες συνάθροισης, πολιτιστικά κέντρα κλπ.
IV	1.4	Κτίρια των οποίων η ακεραιότητα κατά τη διάρκεια σεισμού είναι ζωτικής σημασίας, π.χ. νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, εργοστάσια παραγωγής ενέργειας κλπ.

Αμιγώς μη συνεκτικά ή κορεσμένα μη συνεκτικά εδάφη χωρίς σημαντική πίεση πόρων

Σε αυτή την περίπτωση, γίνεται χρήση της εξίσωσης:

$$N_{max} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot \left(1 \pm \frac{a_v}{g}\right) \cdot B^2 \cdot N_\gamma \quad (\text{Εξ.2.6})$$

όπου:

- g : επιτάχυνση της βαρύτητας
- a_v : εδαφική επιτάχυνση στην κατακόρυφη διεύθυνση, που μπορεί να θεωρηθεί ίση με $a_v = 0.5 \cdot a_g \cdot S$
- N_γ : συντελεστής φέρουσας ικανότητας, που αποτελεί συνάρτηση της τιμής σχεδιασμού της γωνίας τριβής του εδάφους φ'_d
- φ'_d : γωνία τριβής σχεδιασμού του εδάφους, η οποία προκύπτει διαιρώντας τη χαρακτηριστική γωνία τριβής με τον επιμέρους συντελεστή υλικού γ_M

Η αδιάστατη αδρανειακή δύναμη του εδάφους υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\bar{F} = \frac{a_g}{g \cdot \tan \varphi'_d} \quad (\text{Εξ.2.7})$$

Επιπλέον, για τις σχέσεις (2.1) και (2.2) θα πρέπει να ισχύουν:

$$0 < \bar{N} \leq (1 - m \cdot \bar{F})^{k'} \quad (\text{Εξ.2.8})$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι το Παράρτημα F αναφέρει ότι, σε συνήθεις περιπτώσεις, η τιμή της αδιάστατης αδρανειακής δύναμης του εδάφους \bar{F} για συνεκτικά εδάφη μπορεί να μη ληφθεί υπόψη ($\bar{F}=0$). Όσον αφορά στα μη συνεκτικά εδάφη, μπορεί μη ληφθεί υπόψη αν $a_g \cdot S < 0,1 \cdot g$ (δηλαδή σε περιοχές χαμηλής σεισμικότητας).

2.2 Εισαγωγή στα μονοβάθμια και πολυβάθμια συστήματα

Για την πραγματοποίηση δυναμικής ανάλυσης μιας κατασκευής που υποβάλλεται σε σεισμική διέγερση, υπάρχει η δυνατότητα προσομοίωσης της με σύστημα ενός ή περισσοτέρων δυναμικών βαθμών ελευθερίας. Στην πρώτη περίπτωση θεωρείται ότι το σύνολο της μάζας βρίσκεται συγκεντρωμένο σε ένα σημείο και στηρίζεται σε αβαρή κατασκευή με δυσκαμψία k και απόσβεση c . Στην περίπτωση του πολυβάθμιου συστήματος στην παρούσα διατριβή υιοθετείται το μοντέλο όπου κάθε όροφος της κατασκευής διαθέτει έναν βαθμό ελευθερίας σε οριζόντια μετακίνηση (διατμητικό πλαίσιο). Και οι δύο απλουστεύσεις προσομοιώνουν ικανοποιητικά την απόκριση σε σεισμική διέγερση, ιδιαίτερα αν εξετάζονται κανονικά σε κάτοψη και χωρίς εκκεντρότητες κτίρια, πυλώνες γεφυρών ή πύργοι. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις θεωρείται ότι το σύστημα συμπεριφέρεται γραμμικώς ελαστικά.

2.2.1 Εξίσωση κίνησης μονοβάθμιου συστήματος

Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει την κίνηση μονοβάθμιου συστήματος (ΜΒΣ) υπό την επίδραση επιβαλλόμενου φορτίου έχει τη μορφή:

$$m \cdot \ddot{u}(t) + c \cdot \dot{u}(t) + k \cdot u(t) = P(t) \quad (\text{Εξ.2.9})$$

όπου:

- m: μάζα
- c: συντελεστής απόσβεσης
- k: δυσκαμψία
- $\ddot{u}(t)$: χρονοϊστορία σχετικής επιτάχυνσης
- $\dot{u}(t)$: χρονοϊστορία σχετικής ταχύτητας
- $u(t)$: χρονοϊστορία σχετικής μετατόπισης
- $P(t)$: χρονοϊστορία επιβαλλόμενου φορτίου

Στην περίπτωση όπου το σύστημα διεγείρεται λόγω κίνησης στη βάση του (σεισμική κίνηση), το $P(t)$ δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$P(t) = -m \cdot \ddot{u}_g(t) \quad (\text{Εξ.2.10})$$

όπου $\ddot{u}_g(t)$ η χρονοϊστορία της εδαφικής επιτάχυνσης.

Η επίλυση της διαφορικής εξίσωσης (2.9) πραγματοποιείται με χρήση αριθμητικών μεθόδων, από τις οποίες, αφού ληφθούν παραδοχές ως προς τον τρόπο μεταβολής της επιτάχυνσης και της ταχύτητας, προκύπτουν λύσεις για συγκεκριμένες χρονικές τιμές, ανά σταθερό χρονικό βήμα Δt . Εφόσον εξετάζονται πραγματικές σεισμικές καταγραφές, οι οποίες ανάγονται σε χρονοϊστορίες εδαφικών επιταχύνσεων, το βήμα Δt είναι δεδομένο και ίσο με το βήμα του ψηφιακού επιταχυνσιογραφήματος (συνήθως 0.005s με 0.02s). Για κάθε ένα βήμα υπολογισμού Δt , υπολογίζεται η μετακίνηση (και κατ' επέκταση η ταχύτητα και η επιτάχυνση) για τη χρονική στιγμή $t+\Delta t$, ώστε να ικανοποιείται η εξίσωση δυναμικής ισορροπίας (2.9). Στις αναλύσεις απόκρισης της παρούσας διατριβής γίνεται χρήση μιας μορφής της μεθόδου Newmark (1959), όπως αυτή διατυπώνεται στο βιβλίο «Finite Element Procedures» του Bathe (1996).

2.2.2 Μέθοδος Newmark για MBΣ

Σύμφωνα με τη μέθοδο ολοκλήρωσης Newmark, με δεδομένο ότι η απόκριση είναι γνωστή μέχρι τη χρονική στιγμή t , οι ακόλουθες προσεγγιστικές σχέσεις οδηγούν στον υπολογισμό της μετατόπισης στη χρονική στιγμή $t+\Delta t$:

$$\dot{u}_{(t+\Delta t)} = \dot{u}_{(t)} + \ddot{u}_{(t)} \cdot (1 - \gamma) \cdot \Delta t + \ddot{u}_{(t+\Delta t)} \cdot \gamma \cdot \Delta t \quad (\text{Εξ.2.11})$$

$$u_{(t+\Delta t)} = u_{(t)} + \dot{u}_{(t)} \cdot \Delta t + \ddot{u}_{(t)} \cdot (0.5 - \beta) \cdot \Delta t^2 + \ddot{u}_{(t+\Delta t)} \cdot \beta \cdot \Delta t^2 \quad (\text{Εξ.2.12})$$

Τα β και γ αποτελούν παραμέτρους της μεθόδου ολοκλήρωσης. Αν $\beta=0.25$ και $\gamma=0.5$, οι υπολογισμοί ισοδυναμούν με το να θεωρείται ότι η επιτάχυνση κατά τη διάρκεια του χρονικού βήματος Δt είναι σταθερή και ίση με τη μέση τιμή των τιμών επιτάχυνσης στις χρονικές στιγμές t και $t+\Delta t$ (μέθοδος «μέσης επιτάχυνσης»). Αν $\beta=1/6$ και $\gamma=0.5$, είναι σαν να θεωρείται γραμμική αύξηση της επιτάχυνσης κατά το διάστημα Δt (μέθοδος «γραμμικής επιτάχυνσης»). Αν και η μέθοδος γραμμικής επιτάχυνσης είναι πιο ακριβής από τη μέθοδο μέσης επιτάχυνσης (Chopra, 2013), η δεύτερη είναι πιο διαδεδομένη διότι παρέχει αριθμητική σταθερότητα ανεξαρτήτως του μεγέθους του υπολογιστικού βήματος Δt και των χαρακτηριστικών του ταλαντωτή. Στις αναλύσεις απόκρισης της παρούσας διατριβής γίνεται χρήση της μεθόδου μέσης επιτάχυνσης ($\beta=0.25$, $\gamma=0.5$).

Θεωρώντας τιμές $\beta=0.25$, $\gamma=0.5$ και αντικαθιστώντας τις σχέσεις 2.11 και 2.12 στην εξίσωση κίνησης (2.9), προκύπτει η παρακάτω σχέση:

$$\hat{K} \cdot u_{(t+\Delta t)} = \hat{P}_{(t+\Delta t)} \quad (\text{Εξ.2.13})$$

όπου:

$$- \hat{K} = k + a_0 \cdot m + a_1 \cdot c \quad (\text{Εξ.2.14})$$

$$- \hat{P}_{(t+\Delta t)} = P_{(t+\Delta t)} + m \cdot (a_0 \cdot u_{(t)} + a_2 \cdot \dot{u}_{(t)} + a_3 \cdot \ddot{u}_{(t)}) + c \cdot (a_1 \cdot u_{(t)} + a_4 \cdot \dot{u}_{(t)} + a_5 \cdot \ddot{u}_{(t)}) \quad (\text{Εξ.2.15})$$

$$- a_0 = 4/\Delta t^2, a_1 = 2/\Delta t, a_2 = 4/\Delta t, a_3 = a_4 = 1, a_5 = 0, a_6 = a_7 = \Delta t/2$$

Η σχέση 2.13 λύνεται ως προς την άγνωστη μετατόπιση κατά τη χρονική στιγμή $t+\Delta t$:

$$u_{(t+\Delta t)} = \frac{\hat{P}_{(t+\Delta t)}}{\hat{K}} \quad (\text{Εξ.2.16})$$

Έπειτα, μορφώνονται οι εξισώσεις που υπολογίζουν την επιτάχυνση και την ταχύτητα του μονοβάθμιου συστήματος σε χρόνο $t+\Delta t$:

$$\ddot{u}_{(t+\Delta t)} = a_0 \cdot (u_{(t+\Delta t)} - u_{(t)}) - a_2 \cdot \dot{u}_{(t)} - a_3 \cdot \ddot{u}_{(t)} \quad (\text{Εξ.2.17})$$

$$\dot{u}_{(t+\Delta t)} = \dot{u}_{(t)} + a_6 \cdot \ddot{u}_{(t)} + a_7 \cdot \ddot{u}_{(t+\Delta t)} \quad (\text{Εξ.2.18})$$

2.2.3 Εξίσωση κίνησης πολυβάθμιου συστήματος

Η διαφορική εξίσωση που περιγράφει την κίνηση πολυβάθμιου συστήματος (ΠΒΣ) υπό την επίδραση επιβαλλόμενων φορτίων $\mathbf{P}(t)$ έχει τη μορφή:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{u}(t) = \mathbf{P}(t) \quad (\text{Εξ.2.19})$$

όπου:

- \mathbf{M} : μητρώο μάζας
- \mathbf{C} : μητρώο απόσβεσης
- \mathbf{K} : μητρώο δυσκαμψίας

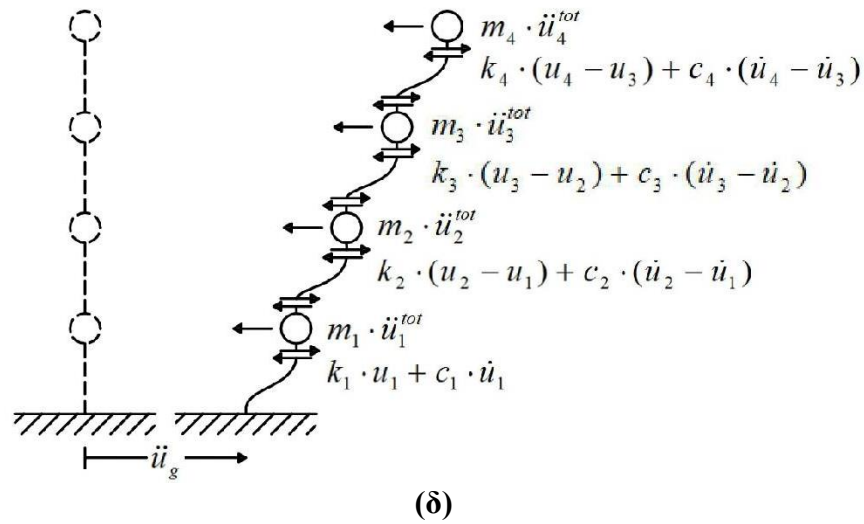
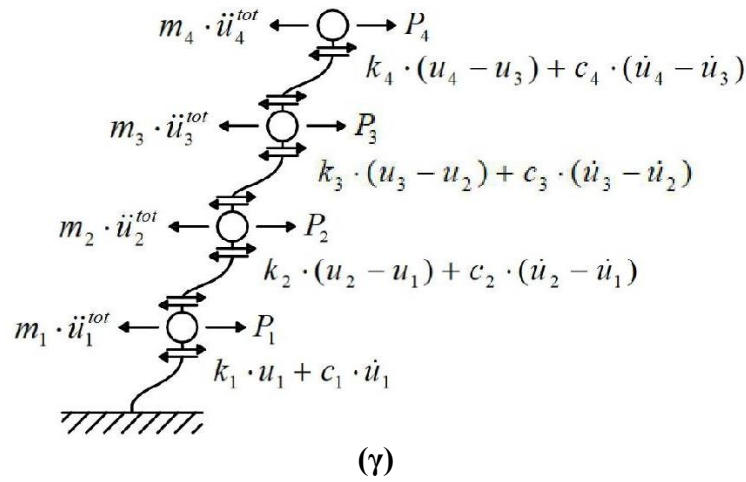
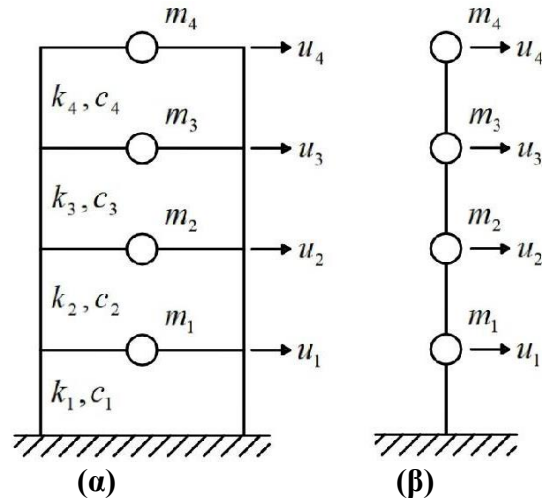
Όταν το σύστημα διεγείρεται λόγω κίνησης στη βάση του (σεισμική επιτάχυνση \ddot{u}_g), το μητρώο στήλη των επιβαλλόμενων φορτίων δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\mathbf{P}(t) = -\mathbf{M} \cdot \boldsymbol{\iota} \cdot \ddot{u}_g(t) \quad (\text{Εξ.2.20})$$

όπου:

- $\boldsymbol{\iota}$: μητρώο επιρροής, όπου για σύστημα της μορφής διατμητικού πλαισίου ισούται με το μοναδιαίο διάνυσμα (μητρώο στήλη) με στοιχεία όσα οι βαθμοί ελευθερίας.

Προκειμένου να παρουσιαστεί σε αυτή την ενότητα η μορφή των μητρώων που αντιστοιχούν σε σύστημα με συμπεριφορά διατμητικού πλαισίου, θεωρείται ως παράδειγμα το σύστημα τεσσάρων βαθμών ελευθερίας του Σχήματος 2.1. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται ως παραδοχές η πλήρης ακαμψία των οποιωνδήποτε οριζόντιων μελών, οι αμελητέες αξονικές παραμορφώσεις, καθώς και η ύπαρξη μόνο τεσσάρων δυναμικών βαθμών ελευθερίας που αντιστοιχούν στις οριζόντιες μετακινήσεις των ορόφων (Σχήμα 2.1β). Παρότι η μάζα στην πραγματικότητα επιμερίζεται στο σύνολο του κτιρίου, στην περίπτωση διατμητικού πλαισίου μπορεί να προσομοιωθεί ως σημειακή, ευρισκόμενη στο επίπεδο της πλάκας (δίσκου) κάθε ορόφου.



Σχήμα 2.1. Σχηματισμός εξισώσεων κίνησης τετραώροφου κτιρίου.

Η κίνηση του τετραώροφου κτιρίου, αφού εκτραπεί από την αρχική θέση ισορροπίας εξαιτίας επιβολής της διέγερσης (Σχήμα 2.1γ,δ), διέπεται από το σύστημα διαφορικών εξισώσεων (2.19). Τα μητρώα μάζας, απόσβεσης και δυσκαμψίας καταρτίζονται ως ακολούθως:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 \end{bmatrix} \quad (\text{Εξ.2.21})$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 & 0 \\ 0 & -c_3 & c_3 + c_4 & -c_4 \\ 0 & 0 & -c_4 & c_4 \end{bmatrix} \quad (\text{Εξ.2.22})$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3 + k_4 & -k_4 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4 \end{bmatrix} \quad (\text{Εξ.2.23})$$

Οι τιμές κάθε στήλης του μητρώου δυσκαμψίας προκύπτουν με διαδοχική επιβολή μοναδιαίας μετατόπισης σε κάποιον εκ των βαθμών ελευθερίας, ενώ οι εναπομένουσες μετατοπίσεις λαμβάνονται μηδενικές. Έτσι, η αντίστοιχη δυσκαμψία κάθε βαθμού ελευθερίας προκύπτει ίση με το άθροισμα των επιμέρους τιμών δυσκαμψίας που παρουσιάζουν τα κατακόρυφα στοιχεία των ορόφων που συνδέονται σε αυτόν. Με αντίστοιχη λογική σχηματίζονται και τα μητρώα μάζας και απόσβεσης (επιβολή μοναδιαίας ταχύτητας και επιτάχυνσης, αντίστοιχα). Λόγω του ότι οι μάζες m_i θεωρούνται σημειακές (lumped mass approach), το μητρώο μάζας είναι διαγώνιο (μηδενικοί μη-διαγώνιοι όροι).

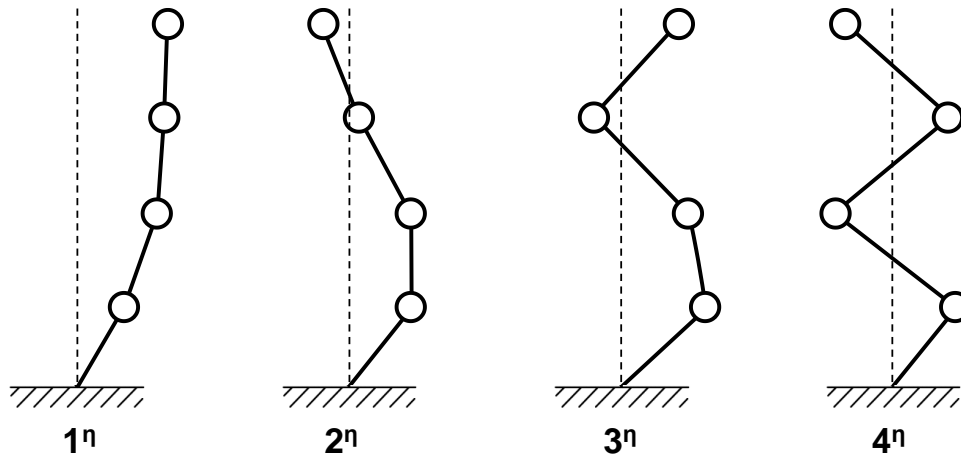
Καταλήγοντας, η κίνηση κάθε ΠΒΣ καθορίζεται από ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων, ο αριθμός των οποίων ισούται με τους βαθμούς ελευθερίας. Το σύστημα είναι συζευγμένο και μπορεί να επιλυθεί με μετασχηματισμό με την βοήθεια των ιδιομορφών της κατασκευής (με την προϋπόθεση ότι το σύστημα είναι γραμμικά ελαστικό) ή με απευθείας ολοκλήρωση με χρήση αριθμητικών μεθόδων.

2.2.4 Ιδιομορφές ΠΒΣ

Θεωρώντας ΠΒΣ που εκτελεί ελεύθερη ταλάντωση χωρίς απόσβεση, η εξίσωση κίνησης προκύπτει από τροποποίηση της σχέσης 2.19:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{u}(t) = \mathbf{0} \quad (\text{Εξ.2.24})$$

Ιδιομορφές ή φυσικές μορφές ταλάντωσης Φ μιας κατασκευής ονομάζονται οι μορφές παραμορφωμένου φορέα τις οποίες αναπτύσσει το ΠΒΣ όταν εκτελεί ελεύθερη ταλάντωση. Ο αριθμός των ιδιομορφών που έχει ένα σύστημα ισούται με τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας. Επιπλέον, κάθε ιδιομορφή n χαρακτηρίζεται από μια ιδιοπερίοδο T_n , κυκλική ιδιοσυχνότητα ω_n και ιδιοσυχνότητα f_n . Η 1^η ιδιομορφή ($n=1$) καλείται θεμελιώδης και θεωρείται ότι έχει τη σημαντικότερη συνεισφορά στην ταλάντωση του συστήματος, ενώ εμφανίζει την μεγαλύτερη τιμή ιδιοπεριόδου και την μικρότερη τιμή ιδιοσυχνότητας. Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζονται οι ιδιομορφές ενός συστήματος με τέσσερις βαθμούς ελευθερίας.



Σχήμα 2.2. Ιδιομορφές συστήματος με 4 βαθμούς ελευθερίας.

Για την εύρεση των κυκλικών ιδιοσυχνοτήτων ω_n και κατ' επέκταση των ιδιοπεριόδων T_n ενός ΠΒΣ, απαιτείται η επίλυση του παρακάτω προβλήματος ιδιοτήτων:

$$\det[\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M}] = \mathbf{0} \quad (\text{Εξ.2.25})$$

όπου $\det[]$ συμβολίζει την ορίζουσα του πίνακα που περιέχεται εντός της αγκύλης. Στα πολυβάθμια συστήματα που εξετάζονται, θεωρείται ότι όλοι ο βαθμοί ελευθερίας έχουν την ίδια μάζα m . Επίσης, στη μεθοδολογία που ακολουθείται για τις αναλύσεις της παρούσας διατριβής, είναι δεδομένη κάθε φορά η επιθυμητή (target) τιμή θεμελιώδους (πρώτης) ιδιοπεριόδου. Οπότε η εξίσωση 2.25 λύνεται εδώ ως προς την άγνωστη μάζα m με δεδομένο το ω_n .

2.2.5 Απόσβεση ΠΒΣ

Δεδομένου ότι οι αναλύσεις απόκρισης που παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια πραγματοποιούνται με απευθείας ολοκλήρωση, έναντι της ιδιομορφικής ανάλυσης, είναι αναγκαίος ο καθορισμός των μητρώων απόσβεσης. Ο απλούστερος τρόπος υπολογισμού του μητρώου \mathbf{C} ώστε να επιτυγχάνεται (προσεγγιστικά) μια επιθυμητή τιμή λόγου απόσβεσης είναι κατά Rayleigh. Σε αυτή την περίπτωση θεωρείται ότι το μητρώο απόσβεσης αποτελεί γραμμικό συνδυασμό των μητρώων μάζας και δυσκαμψίας:

$$\mathbf{C} = \alpha_r \mathbf{M} + \beta_r \mathbf{K} \quad (\text{Εξ.2.26})$$

όπου α_r , β_r αποτελούν σταθερές που εξαρτώνται από τον στοχευόμενο λόγο απόσβεσης ξ και το εύρος κυκλικών συχνοτήτων $[\omega_i, \omega_j]$ εντός του οποίου θα πρέπει να επιτευχθεί. Οι σταθερές αυτές μπορούν να εκτιμηθούν από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha_r = \xi \frac{2\omega_i\omega_j}{\omega_i + \omega_j}, \quad \beta_r = \xi \frac{2}{\omega_i + \omega_j} \quad (\text{Εξ.2.27}\alpha,\beta)$$

Ο λόγος απόσβεσης ξ για συνήθεις κατασκευές λαμβάνεται ίσος με 0.05 (5%). Τα όρια του εύρους κυκλικής συχνότητας ω_i και ω_j μπορούν να τεθούν ίσα με την πρώτη και την τελευταία ιδιοσυχνότητα ενός ΠΒΣ.

2.2.6 Μέθοδος Newmark για ΠΒΣ

Οι προσεγγιστικές σχέσεις που ισχύουν για τον υπολογισμό των ζητούμενων μεγεθών στα μονοβάθμια συστήματα, εφαρμόζονται και στα πολυβάθμια συστήματα με τη διαφορά ότι αναφέρονται σε διανύσματα (μητρώα στήλης) μετατοπίσεων, ταχυτήτων και επιταχύνσεων. Επομένως, οι εξισώσεις 2.11 και 2.18 μετασχηματίζονται σε:

$$\dot{\mathbf{u}}_{(t+\Delta t)} = \dot{\mathbf{u}}_{(t)} + \ddot{\mathbf{u}}_{(t)}(1 - \gamma)\Delta t + \ddot{\mathbf{u}}_{(t+\Delta t)}\gamma\Delta t \quad (\text{Εξ.2.28})$$

$$\mathbf{u}_{(t+\Delta t)} = \mathbf{u}_{(t)} + \dot{\mathbf{u}}_{(t)}\Delta t + \ddot{\mathbf{u}}_{(t)}(0.5 - \beta)\Delta t^2 + \ddot{\mathbf{u}}_{(t+\Delta t)}\beta\Delta t^2 \quad (\text{Εξ.2.29})$$

Αντικαθιστώντας τις σχέσεις 2.28 και 2.29 στην εξίσωση 2.19 και θέτοντας $\beta=0.25$ και $\gamma=0.5$, προκύπτει η παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{K}_{eff}\mathbf{u}_{(t+\Delta t)} = \mathbf{P}_{eff}_{(t+\Delta t)} \quad (\text{Εξ.2.30})$$

όπου:

$$- \mathbf{K}_{eff} = \mathbf{K} + a_0\mathbf{M} + a_1\mathbf{C} \quad (\text{Εξ.2.31})$$

$$- \mathbf{P}_{eff}_{(t+\Delta t)} = \mathbf{P}_{(t+\Delta t)} + \mathbf{M}(a_0\mathbf{u}_{(t)} + a_2\dot{\mathbf{u}}_{(t)} + a_3\ddot{\mathbf{u}}_{(t)}) + c \cdot (a_1\mathbf{u}_{(t)} + a_4\dot{\mathbf{u}}_{(t)} + a_5\ddot{\mathbf{u}}_{(t)})$$

(Εξ.2.32)

$$- a_0 = 4/\Delta t^2, a_1 = 2/\Delta t, a_2 = 4/\Delta t, a_3 = a_4 = 1, a_5 = 0, a_6 = a_7 = \Delta t/2$$

Αντιστρέφοντας το μητρώο \mathbf{K}_{eff} , από την εξίσωση 2.30 μπορούν να υπολογιστούν οι άγνωστες τιμές της μετατόπισης τη χρονική στιγμή $t+\Delta t$:

$$\mathbf{u}_{(t+\Delta t)} = \mathbf{K}_{eff}^{-1}\mathbf{P}_{eff}_{(t+\Delta t)} \quad (\text{Εξ.2.33})$$

Έπειτα, υπολογίζονται η επιτάχυνση και η ταχύτητα του συστήματος σε χρόνο $t+\Delta t$ από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\ddot{\mathbf{u}}_{(t+\Delta t)} = a_0(\mathbf{u}_{(t+\Delta t)} - \mathbf{u}_{(t)}) - a_2\dot{\mathbf{u}}_{(t)} - a_3\ddot{\mathbf{u}}_{(t)} \quad (\text{Εξ.2.34})$$

$$\dot{\mathbf{u}}_{(t+\Delta t)} = \dot{\mathbf{u}}_{(t)} + a_6\ddot{\mathbf{u}}_{(t)} + a_7\dot{\mathbf{u}}_{(t+\Delta t)} \quad (\text{Εξ.2.35})$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την πραγματοποίηση των αναλύσεων απόκρισης μονοβάθμιων ή πολυβάθμιων συστημάτων με την μέθοδο Newmark χρησιμοποιήθηκαν οι υπορουτίνες σε MATLAB του Π. Κωμοδρόμου, οι οποίες περιγράφονται στο βιβλίο «Ανάλυση Κατασκευών – Σύγχρονες μέθοδοι με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών» (Κωμοδρόμος, 2009). Γύρω από αυτές προστέθηκαν γραμμές κώδικα που χρειάζονταν για τις ανάγκες τις παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, προστέθηκε η δυνατότητα ανάγνωσης και αποθήκευσης όλων των επιταχυνσιογραφημάτων που βρίσκονται σε φάκελο που ορίζεται από τον χρήστη, καθώς και η ανάλυση του κάθε επιταχυνσιογραφήματος με τη μέθοδο Fast Fourier Transform και κατ' επέκταση ο προσδιορισμός της δεσπόζουσας περιόδου T_p (predominant period), δηλαδή την τιμή περιόδου στην οποία αντιστοιχεί η κορυφαία τιμή του φάσματος Fourier.

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια υπορουτίνας, εισάγονται τα χαρακτηριστικά μονοβάθμιου ή πολυβάθμιου συστήματος και πραγματοποιείται αριθμητικός υπολογισμός της δυναμικής απόκρισης υπό σεισμική διέγερση με τη μέθοδο Newmark που αναφέρεται στις παραγράφους 2.2.2 και 2.2.6. Με σκοπό την αυτοματοποίηση των αναλύσεων, ο κώδικας δομήθηκε ώστε να εκτελεί υπολογισμούς για ένα μεγάλο πλήθος συστημάτων και διεγέρσεων. Συνολικά εκτελέστηκαν αναλύσεις απόκρισης για 401 μονοβάθμια συστήματα και 101 αναλύσεις για πολυβάθμια συστήματα. Η διαφορά στο πλήθος αναλύσεων ΜΒΣ και ΠΒΣ οφείλεται στο σαφώς μεγαλύτερο υπολογιστικό κόστος των δεύτερων. Οι κώδικες MATLAB που χρησιμοποιήθηκαν για τις αναλύσεις απόκρισης και την εξαγωγή αποτελεσμάτων παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

Μετά το πέρας των αναλύσεων στη MATLAB, τα αποτελέσματα εισήχθησαν σε υπολογιστικό φύλλο του Excel, προκειμένου να παραχθούν διαγράμματα ώστε να ελεγχθεί η επίδραση της μεταβολής της ιδιοπεριόδου μιας κατασκευής στην τιμή και το πρόσημο της εδαφικής επιτάχυνσης τη χρονική στιγμή που λαμβάνει μέγιστη τιμή η τέμνουσα βάσης (τιμή σχεδιασμού V_{Ed} κατά τον Ευρωκώδικα 8-Μέρος 5). Ως τέμνουσα βάσης θεωρείται η αντίδραση που προέρχεται και από τη δυσκαμψία του μέλους του συστήματος που συνδέεται με τη θεμελίωση αλλά και από την απόσβεση, δηλαδή $V_E(t) = k_1 u_1(t) + c_1 \dot{u}_1(t)$, αφού αυτή είναι η συνολική δράση που θα κληθεί να αναλάβει η θεμελίωση σε ένα πραγματικό σεισμικό γεγονός.

Η διαδικασία ολοκληρώθηκε σε υπολογιστικό φύλλο του Excel, όπου διερευνήθηκε ο βαθμός υπερσυντηρητισμού της θεμελίωσης που προκύπτει βάσει των Εξ.2.1 έως 2.8.

3.1. Επιλογή και ομαδοποίηση σεισμικών καταγραφών

Τα επιταχυνσιογραφήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των αναλύσεων προέρχονται από τη βάση δεδομένων του PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) του University of California – Berkeley, και συγκεκριμένα της βάσης NGA-West2 η οποία αρμόζει στο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον της Μεσογείου. Η επιλογή τους πραγματοποιήθηκε με γνώμονα να εξεταστούν τυχαίες καταγραφές εντός συγκεκριμένου κάθε φορά εύρους παραμέτρων. Συγκεκριμένα, η κατηγοριοποίηση έγινε με βάση το μέγεθος του σεισμού σεισμικής ροπής M (moment magnitude), την απόσταση από την προβολή της επιφάνειας διάρρηξης στην επιφάνεια του εδάφους R_{JB} (Joyner-Boore distance) και την ταχύτητα διάδοσης των εγκάρσιων σεισμικών κυμάτων σε βάθος 30 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους V_{s30} .

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η προαναφερθείσα κατηγοριοποίηση, ο αριθμός των καταγραφών που εντοπίστηκαν στη βάση δεδομένων και ο αριθμός των καταγραφών που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις (συνολικά 557 καταγραφές). Να σημειωθεί ότι η κάθε καταγραφή περιλαμβάνει επιταχυνσιογραφήματα κατά τους δυο οριζόντιους άξονες (x και y άξονες) και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Άρα η στήλη που αφορά τον αριθμό των καταγραφών εμφανίζει το μισό των επιταχυνσιογραφημάτων (οριζόντιας κίνησης) που υπήρχε η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν.

Για όσες κατηγορίες (γραμμές του Πίνακα 3.1) υπήρχαν διαθέσιμες λιγότερες από 7 καταγραφές επιλέχθηκε να μη πραγματοποιηθούν αναλύσεις καθώς ο περιορισμένος αριθμός δεν θα επέτρεπε την παραγωγή αξιόπιστων στατιστικών αποτελεσμάτων (μέσου όρου και τυπικής απόκλισης). Ως εκ τούτου, απέμειναν 32 κατηγορίες (ομάδες) επιταχυνσιογραφημάτων που καταχωρήθηκαν σε αντίστοιχο αριθμό ηλεκτρονικών φακέλων, ώστε να μπορούν να φορτωθούν στο πρόγραμμα. Σε όσες κατηγορίες βρέθηκαν περισσότερες από 20 καταγραφές, επιλέχθηκαν τυχαία 18-20 από αυτές και επίσης τυχαία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το επιταχυνσιογράφημα είτε κατά τον x είτε κατά τον y άξονα. Το ανώτερο όριο στον αριθμό επιταχυνσιογραφημάτων ανά κατηγορία τέθηκε ώστε να μη υπάρχει μεγάλη διαφορά στο μέγεθος του δείγματος μεταξύ των κατηγοριών.

Τα στοιχεία και χαρακτηριστικά (συμπεριλαμβανομένης της T_p) όλων το επιταχυνσιογραφημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται σε πίνακες στο Παράρτημα Β.

Πίνακας 3.1. Κατηγοριοποίηση των επιταχυνσιογραφημάτων.

A/A	Μέγεθος	R_{JB} (km)	V_{s30} (m/sec)	Αριθμός καταγραφών στην βάση δεδομένων	Αριθμός καταγραφών που χρησιμοποιήθηκαν
1	5-6	0-20	0-180	3	-
2	5-6	0-20	180-360	>100	20
3	5-6	0-20	360-800	>100	20
4	5-6	0-20	800-2000	9	9
5	5-6	20-100	0-180	10	10
6	5-6	20-100	180-360	>100	20
7	5-6	20-100	360-800	>100	20
8	5-6	20-100	800-2000	24	20
9	5-6	100-1000	0-180	4	8
10	5-6	100-1000	180-360	>100	20
11	5-6	100-1000	360-800	>100	20
12	5-6	100-1000	800-2000	53	20
13	6-7	0-20	0-180	7	7
14	6-7	0-20	180-360	>100	20
15	6-7	0-20	360-800	>100	20
16	6-7	0-20	800-2000	9	9
17	6-7	20-100	0-180	50	20
18	6-7	20-100	180-360	>100	18
19	6-7	20-100	360-800	>100	20
20	6-7	20-100	800-2000	38	20

21	6-7	100-1000	0-180	>100	20
22	6-7	100-1000	180-360	>100	20
23	6-7	100-1000	360-800	>100	20
24	6-7	100-1000	800-2000	73	20
25	7-8	0-20	0-180	1	-
26	7-8	0-20	180-360	42	20
27	7-8	0-20	360-800	81	20
28	7-8	0-20	800-2000	2	-
29	7-8	20-100	0-180	10	10
30	7-8	20-100	180-360	>100	20
31	7-8	20-100	360-800	>100	20
32	7-8	20-100	800-2000	7	7
33	7-8	100-1000	0-180	3	-
34	7-8	100-1000	180-360	>100	19
35	7-8	100-1000	360-800	>100	20
36	7-8	100-1000	800-2000	30	20

3.2. Προσδιορισμός της εδαφικής επιτάχυνσης τη χρονική στιγμή της μέγιστης τέμνουσας βάσης

3.2.1. Μονοβάθμια συστήματα

Θεωρήθηκαν μονοβάθμια συστήματα με σταθερή μάζα ($m=10000\text{kg}$) και μεταβαλλόμενη ιδιοπερίοδο, τέτοια ώστε ο λόγος ιδιοπεριόδου T_n προς την δεσπόζουσα περίοδο T_p του εκάστοτε επιταχυνσιογραφήματος να λαμβάνει τιμές από 0.05 έως 20 με σταθερό βήμα 0.05, πέραν μιας αρχικής τιμής 0.01 (σύνολο 401 τιμές). Με δεδομένο τον λόγο T_n/T_p που πρέπει να επιτευχθεί και αφού οριστεί από τον χρήστη ο φάκελος που περιέχει την ομάδα επιταχυνσιογραφημάτων, το πρόγραμμα υπολογίζει την δεσπόζουσα περίοδο T_p κάθε σεισμικής καταγραφής και με βάση αυτή την ιδιοπερίοδο T_n του συστήματος, και κατ' επέκταση την αντίστοιχη κυκλική ιδιοσυχνότητα ω_n ,

δυσκαμψία k , και συντελεστή απόσβεσης c . Έπειτα, με χρήση της μεθόδου ολοκλήρωσης Newmark υπολογίζονται οι χρονοϊστορίες σχετικής μετατόπισης, σχετικής ταχύτητας και σχετικής επιτάχυνσης της μάζας του ταλαντωτή. Προσθέτοντας τις τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης σε αυτές της σχετικής επιτάχυνσης του ταλαντωτή προκύπτουν οι τιμές της ολικής (απόλυτης) επιτάχυνσης \ddot{u}_{tot} , και στη συνέχεια γίνεται εύρεση της μέγιστης (peak) τιμής της. Στην περίπτωση του μονοβάθμιου ταλαντωτή, η χρονική στιγμή που συμβαίνει η μέγιστη \ddot{u}_{tot} είναι η ίδια με αυτή της τέμνουσας βάσης $V_E(t) = ku(t) + cu(t)$ αφού η V_E θα πρέπει να εξισορροπεί την αδρανειακή δύναμη $m\ddot{u}_{tot}$ που αναπτύσσεται στη μάζα του ταλαντωτή. Για την χρονική στιγμή που προκύπτει η μέγιστη απόλυτη επιτάχυνση ($\ddot{u}_{tot,peak}$) εντοπίζεται η αντίστοιχη τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης (a_s) και προσδιορίζεται ο λόγος της ως προς τη μέγιστη τιμή PGA (peak ground acceleration) του επιταχυνσιογραφήματος, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη το αν οι a_s και $\ddot{u}_{tot,peak}$ έχουν την ίδια ή αντίθετη φορά (ίδια ή αντίθετα πρόσημα):

$$R = \frac{|a_s|}{PGA} \cdot \text{sign}(a_s \cdot \ddot{u}_{tot,peak}) \quad (\text{Εξ.3.1})$$

όπου:

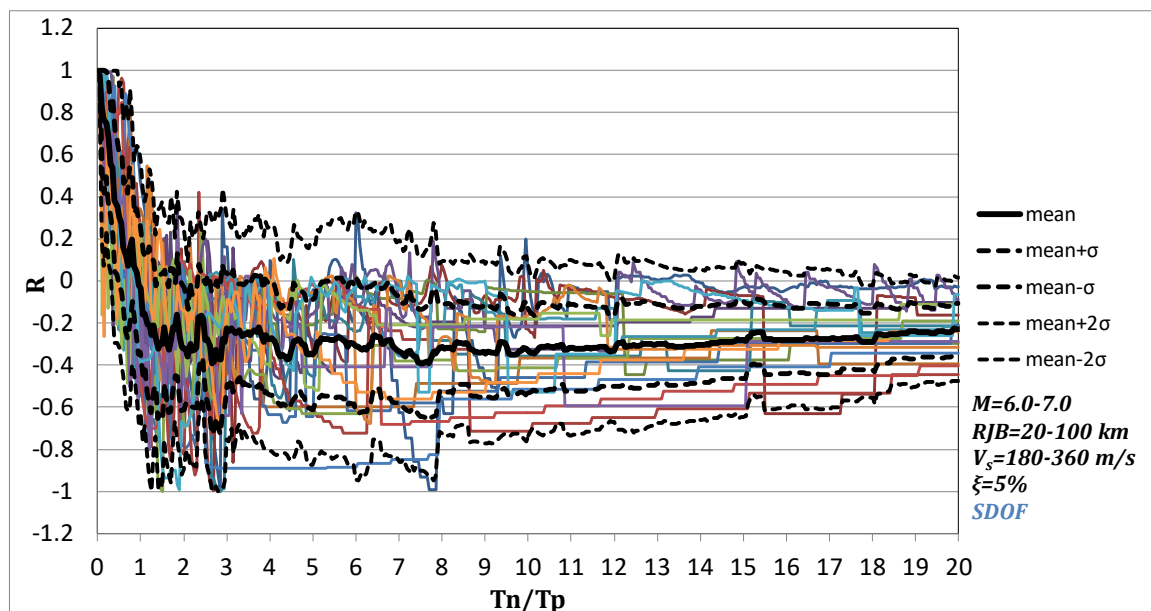
- R : λόγος εδαφικής επιτάχυνσης που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή της μέγιστης απόλυτης επιτάχυνσης ΜΒΣ προς τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση
- $\ddot{u}_{tot,peak}$: μέγιστη απόλυτη επιτάχυνση του ταλαντωτή
- a_s : επιτάχυνση του εδάφους τη στιγμή που εμφανίζεται η μέγιστη απόλυτη επιτάχυνση του ταλαντωτή
- PGA : μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (peak ground acceleration)
- $\text{sign}(\)$: το πρόσημο της ποσότητας εντός της παρένθεσης

Η συνάρτηση $\text{sign}(a_s \cdot \ddot{u}_{tot,peak})$ παίρνει τιμή 1 όταν οι a_s και $\ddot{u}_{tot,peak}$ έχουν το ίδιο πρόσημο και -1 όταν έχουν αντίθετο πρόσημο.

Στη συνέχεια, παράγεται πίνακας με τους υπολογισθέντες λόγους R , οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στον αριθμό των επιταχυνσιογραφημάτων που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ οι γραμμές είναι ίσες με το πλήθος των μονοβάθμιων συστημάτων που εξετάστηκαν (401 τιμές).

Πέραν των αναλύσεων απόκρισης που πραγματοποιήθηκαν για κάθε μία από τις 32 ομάδες επιταχυνσιογραφημάτων, εκτελέστηκαν υπολογισμοί και για ημιτονοειδή (αρμονική) διέγερση

για σκοπούς σύγκρισης. Επίσης, για να διερευνηθεί η επίδραση του ξ στον λόγο R , οι υπολογισμοί έγιναν για τρεις διαφορετικούς λόγους απόσβεσης, $\xi=3\%$, 5% και 10% . Οι πίνακες με τους λόγους R εισήχθησαν σε υπολογιστικό φύλλο του Excel με σκοπό τη δημιουργία καμπυλών συναρτήσεως του λόγου T_n/T_p , όπως στο Σχήμα 3.1. Στο Σχήμα 3.1 φαίνονται οι καμπύλες για όλα τα επιταχυνσιογραφήματα που ανήκουν στην ομάδα με μέγεθος σεισμού M από 6 έως 7, απόσταση Joyner-Boore R_{JB} από 20km έως 100km και εδαφικό προφίλ με ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων $V_{s,30}$ από 180m/s έως 360m/s. Παρατηρούμε ότι όλες οι καμπύλες ξεκινούν με $R=1$ για πολύ χαμηλές τιμές της ιδιοπεριόδου T_n (πολύ δύσκαμπτα συστήματα). Στη συνέχεια, όσο αυξάνεται ο λόγος T_n/T_p , η τιμή του R μειώνεται γρήγορα και από ένα σημείο και πέρα λαμβάνει ως επί το πλείστον αρνητικές τιμές, δηλαδή όταν συμβαίνει η μέγιστη τέμνουσα βάσης η εδαφική επιτάχυνση όχι μόνο δεν είναι ίση με την PGA, αλλά έχει και αντίθετη φορά από ότι η τέμνουσα. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις όπου ο λόγος T_n/T_p είναι μεταξύ 1 και 3, το R γίνεται ίσο με -1, δηλαδή η εδαφική επιτάχυνση είναι ίση κατά μέγεθος με την PGA αλλά έχει αντίθετη φορά με την τέμνουσα βάσης. Διαγράμματα όπως αυτό του Σχήματος 3.1 παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ για όλες τις αναλύσεις ΜΒΣ που πραγματοποιήθηκαν.



Σχήμα 3.1. Διάγραμμα λόγου R συναρτήσεως λόγου ιδιοπεριόδου, T_n , μονοβάθμιου συστήματος προς δεσπόζουσα περίοδο, T_p , σεισμικής καταγραφής. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s και $\xi=5\%$.

Από στατιστική επεξεργασία του θύσανου των καμπυλών προκύπτουν οι καμπύλες του μέσου όρου (mean), καθώς και οι καμπύλες μέσου όρου \pm μια ή δυο φορές η τυπική απόκλιση ($\text{mean} \pm \sigma$, $\text{mean} \pm 2\sigma$). Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1 φαίνεται ότι οι καμπύλες $\text{mean} \pm \sigma$ περικλείουν σε μεγάλο βαθμό τον θύσανο καμπυλών, ειδικά για $T_n/T_p > 3$. Αντίθετα οι καμπύλες $\text{mean} \pm 2\sigma$ σε μεγάλο εύρος τιμών T_n/T_p υπερβαίνουν σημαντικά τις υπολογισθείσες τιμές R. Για τον καταρτισμό των συγκριτικών διαγραμμάτων του Κεφαλαίου 4 γίνεται χρήση μόνο των καμπυλών mean και $\text{mean} \pm \sigma$.

3.2.2. Πολυβάθμια συστήματα

Θεωρήθηκαν πολυβάθμια συστήματα δύο, τεσσάρων και οκτώ βαθμών ελευθερίας, με την ίδια δυσκαμψία σε κάθε στάθμη (k) και την ίδια μάζα σε κάθε βαθμό ελευθερίας (m). Κατ' επέκταση η τιμή της σταθεράς απόσβεσης είναι επίσης η ίδια σε κάθε στάθμη (c). Η τιμή του k διατηρείται σταθερή και ίση 10^6 kN/m σε όλα τα συστήματα, ενώ η μάζα m αυξάνεται από ανάλυση σε ανάλυση ώστε ο λόγος της θεμελιώδους (πρώτης) ιδιοπεριόδου προς τη δεσπόζουσα περίοδο του εκάστοτε επιταχυνσιογραφήματος να λαμβάνει τιμές από 0.05 έως 5 με σταθερό βήμα 0.05, πλέον μιας αρχικής τιμής 0.01. Με δεδομένο τον λόγο T_n/T_p που πρέπει να επιτευχθεί και αφού οριστεί από τον χρήστη ο φάκελος με τα επιταχυνσιογραφήματα, το πρόγραμμα υπολογίζει την δεσπόζουσα περίοδο κάθε σεισμικής καταγραφής και με βάση αυτή την επιθυμητή ιδιοπερίοδο του κάθε συστήματος. Έπειτα, με χρήση των εντολών της MATLAB που καθορίζουν τις ιδιοτιμές και ιδιομορφές δύο πινάκων, υπολογίζεται η απαιτούμενη τιμή μάζας m.

Θεωρώντας τιμές λόγου απόσβεσης $\xi=3\%$, 5% και 10% , εκτιμάται το μητρώο απόσβεσης κατά Rayleigh. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται η μέθοδος Newmark για τον υπολογισμό των χρονοϊστοριών σχετικής μετατόπισης, σχετικής ταχύτητας και σχετικής επιτάχυνσης. Η χρονοϊστορία της τέμνουσας βάσης προσδιορίζεται από τις χρονοϊστορίες της σχετικής μετατόπισης και της σχετικής ταχύτητας της πρώτης στάθμης του ΠΒΣ, δηλαδή $V_E(t) = ku_1(t) + c\dot{u}_1(t)$. Για την χρονική στιγμή που συμβαίνει η μέγιστη (κορυφαία) τιμή της τέμνουσας βάσης ($V_{E,\text{peak}}$), εντοπίζεται η αντίστοιχη τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης (a_s) και προσδιορίζεται ο λόγος της ως προς τη μέγιστη τιμή PGA (peak ground acceleration) του επιταχυνσιογραφήματος,

λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη το αν οι a_s και $V_{E,peak}$ έχουν την ίδια ή αντίθετη φορά (ίδια ή αντίθετα πρόσημα):

$$R = \frac{|a_s|}{PGA} \cdot \text{sign}(a_s \cdot V_{E,peak}) \quad (\text{Εξ.3.2})$$

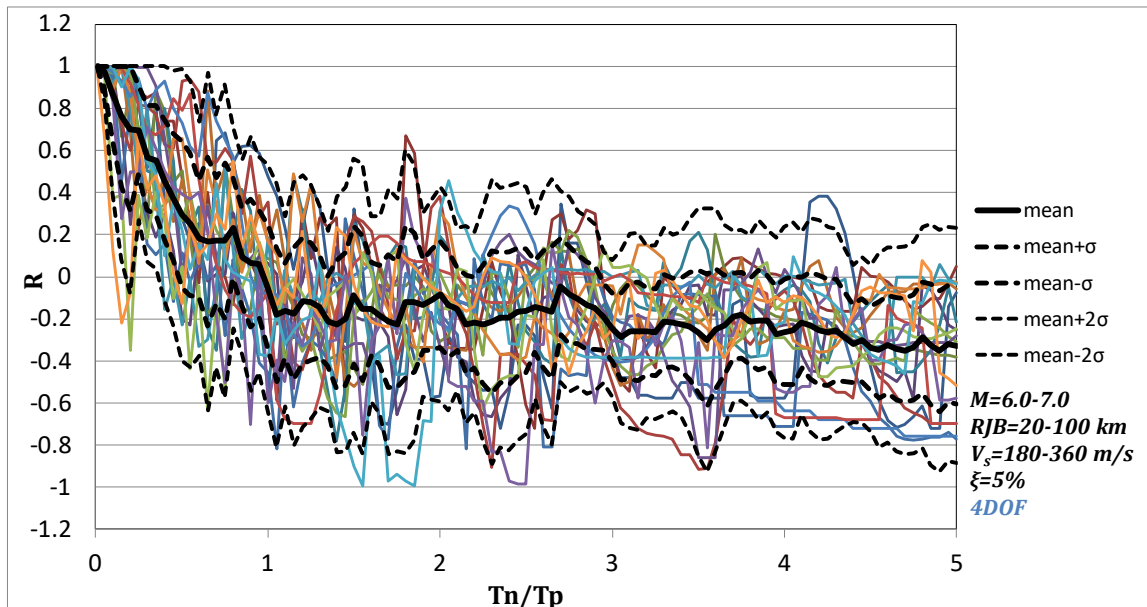
όπου:

- R : λόγος εδαφικής επιτάχυνσης που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή της μέγιστης τέμνουσας βάσης προς τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση PGA
- $V_{E,peak}$: μέγιστη (κορυφαία) τιμή τέμνουσας βάσης
- a_s : επιτάχυνση του εδάφους τη στιγμή που εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της τέμνουσας βάσης
- $\text{sign}(\)$: το πρόσημο της ποσότητας εντός της παρένθεσης

Η συνάρτηση $\text{sign}(a_s \cdot V_{E,peak})$ παίρνει τιμή 1 όταν οι a_s και $V_{E,peak}$ έχουν το ίδιο πρόσημο και -1 όταν έχουν αντίθετο πρόσημο.

Τέλος, δημιουργείται πίνακας με τους λόγους R , οι στήλες του οποίου εξαρτώνται από τον αριθμό των επιταχυνσιογραφημάτων που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ οι γραμμές είναι ίσες με το πλήθος των πολυβάθμιων συστημάτων που εξετάστηκαν (101 τιμές). Η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε για κάθε μία από τις 32 κατηγορίες (ομάδες) σεισμικών καταγραφών, καθώς και για ημιτονοειδή (αρμονική) διέγερση για σκοπούς σύγκρισης. Αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για τιμές λόγου απόσβεσης $\xi=3\%$, 5% και 10% για συστήματα δύο, τεσσάρων και οκτώ βαθμών ελευθερίας.

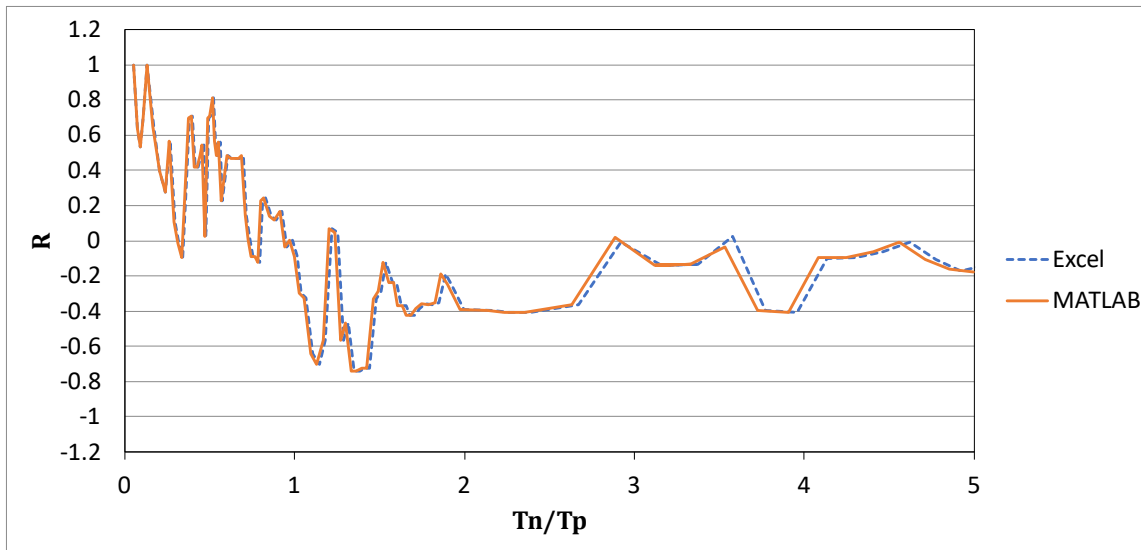
Στο Σχήμα 3.2 φαίνονται οι καμπύλες για όλα τα επιταχυνσιογραφήματα που ανήκουν στην ομάδα με μέγεθος σεισμού M από 6 έως 7, απόσταση Joyner-Boore R_{JB} από 20km έως 100km και εδαφικό προφίλ με ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων $V_{s,30}$ από 180m/s έως 360m/s. Όπως και στην περίπτωση των μονοβάθμιων συστημάτων, η τιμή του R μειώνεται γρήγορα από αρχική τιμή 1 όσο αυξάνεται ο λόγος T_n/T_p , φτάνοντας μεσοσταθμικά τιμή μηδέν για T_n/T_p περίπου ίση με 1.0 (συνθήκες συντονισμού). Για μεγαλύτερες τιμές T_n/T_p , ο λόγος R παίρνει γενικά τιμές μεταξύ 0 και -0.4, δηλαδή η εδαφική επιτάχυνση έχει αντίθετη φορά από ότι η τέμνουσα βάσης. Διαγράμματα όπως αυτό του Σχήματος 3.2 παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ για όλες τις αναλύσεις ΠΒΣ που πραγματοποιήθηκαν.



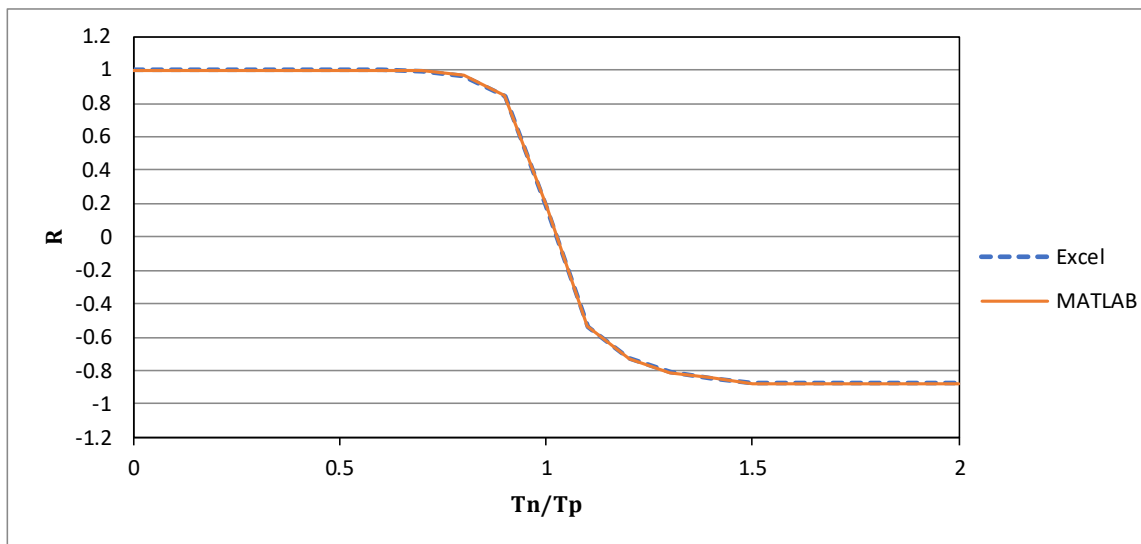
Σχήμα 3.2. Διάγραμμα λόγου R συναρτήσει λόγου θεμελιώδους ιδιοπεριόδου T_n πολυβάθμιου συστήματος (με 4 βαθμούς ελευθερίας) προς δεσπόζουσα περίοδο T_p επιταχυνσιογραφήματος. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s και $\xi=5\%$.

3.3. Έλεγχος της υπολογιστικής μεθοδολογίας

Προκειμένου να ελεγχθεί η ορθότητα του προγράμματος στη MATLAB και να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα του, δημιουργήθηκε υπολογιστικό φύλλο στο Excel στο οποίο γίνονται οι υπολογισμοί απόκρισης μονοβάθμιου ταλαντωτή με χρήση της μεθόδου Newmark όπως αυτή διατυπώθηκε αρχικά (Newmark, 1959). Το γράφημα που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.3 συγκρίνει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τους δυο αλγορίθμους για ΜΒΣ με δυσκαμψία $k=25000$ kN/m και μεταβαλλόμενη μάζα με τιμές από 1 ton έως 9000 ton. Η σεισμική καταγραφή που χρησιμοποιήθηκε αφορά στον σεισμό της Loma Prieta, 1989. Παρατηρούνται κάποιες σχετικά μικρές διαφορές στον υπολογιζόμενο λόγο R όσο αυξάνεται η ιδιοπερίοδος του συστήματος, ειδικά όταν ο λόγος T_n/T_p είναι μεγαλύτερος από 2.5. Επιπλέον, εντοπίζεται μικρή διαφορά και στον υπολογισμό της δεσπόζουσας περιόδου T_p . Οι διαφορές πιθανόν να προκύπτουν κυρίως λόγω διαφορετικού σφάλματος αποκοπής στα δυο προγράμματα.



Σχήμα 3.3. Διάγραμμα λόγου R συναρτήσει λόγου ιδιοπεριόδου T_n μονοβάθμιου συστήματος προς δεσπόζουσα περίοδο T_p σεισμικής καταγραφής. Αποτελέσματα για το επιταχυνσιογράφημα Loma Prieta από ανάλυση στο υπολογιστικό φύλλο του Excel και στο περιβάλλον της MATLAB για $\xi=2\%$.

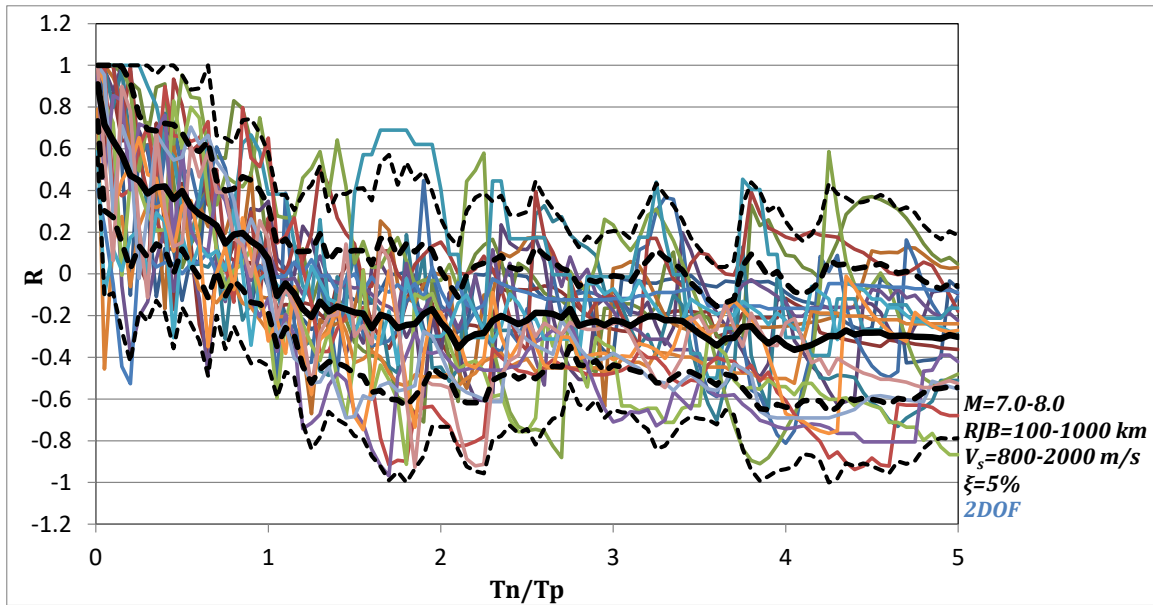


Σχήμα 3.4. Διάγραμμα λόγου R συναρτήσει λόγου ιδιοπεριόδου T_n μονοβάθμιου συστήματος προς δεσπόζουσα περίοδο T_p ημιτονοειδούς διέγερσης. Αποτελέσματα από ανάλυση στο υπολογιστικό φύλλο του Excel και στο περιβάλλον της MATLAB για $\xi=10\%$.

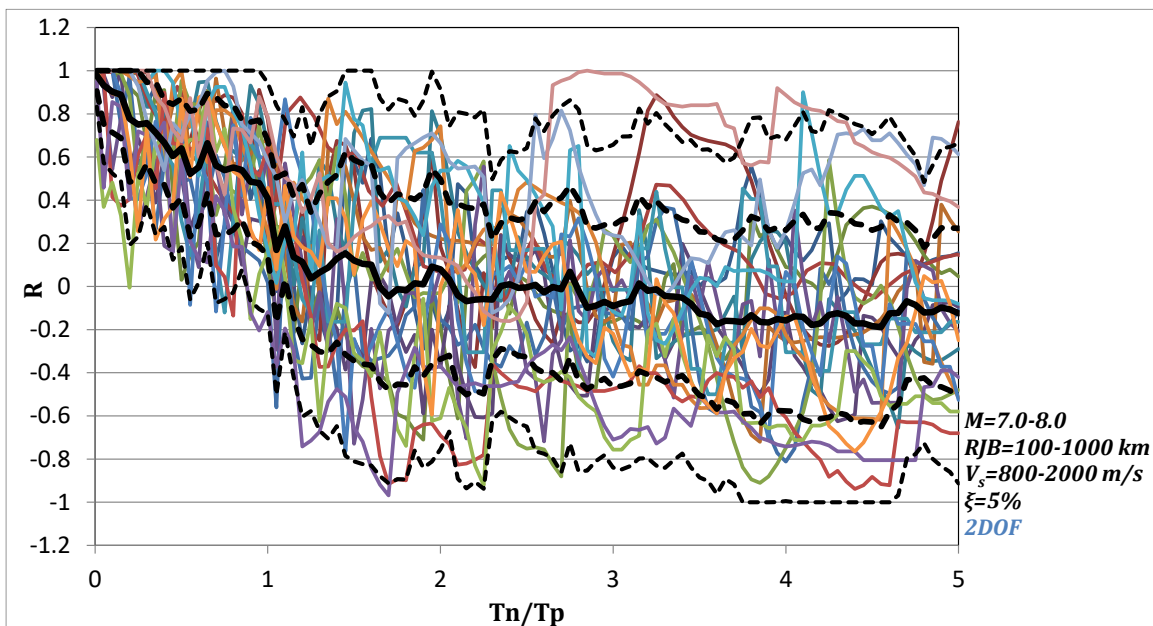
Επιπλέον, έγινε σύγκριση αποτελεσμάτων στην περίπτωση ημιτονοειδούς (αρμονικής) διέγερση με τιμές περιόδου από 0 έως 19,98sec με βήμα 0,01sec. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για τιμές λόγου απόσβεσης $\xi=3\%$, 5%, 10%, 15% και 30%. Για τον προσδιορισμό του λόγου R

χρησιμοποιήθηκε η απόκριση του συστήματος μετά τα 15sec ώστε να έχει αποσβεσθεί η όποια παροδική (transient) απόκριση από την έναρξη της επιβολής της διέγερσης και να έχει απομείνει η μόνιμη (steady-state) ταλάντωση. Στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζονται ενδεικτικά τα διαγράμματα $R - T_n/T_p$ για $\xi=10\%$. Στην περίπτωση αρμονικής διέγερσης, οι διαφορές μεταξύ των δυο αλγορίθμων είναι αμελητέες.

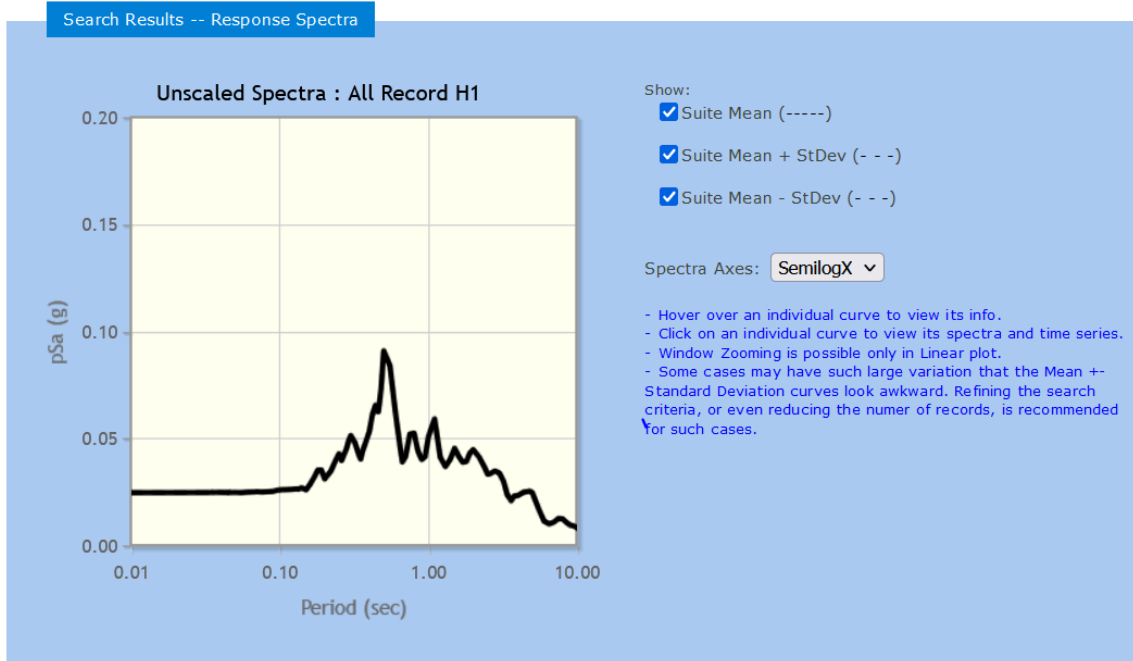
Η δεσπόζουσα περίοδος T_p ορίζεται σύμφωνα με τον Kramer (1996) ως αυτή που αντιστοιχεί στην κορυφαία τιμή του φάσματος Fourier. Εντούτοις, για προβλήματα που αφορούν την αντισεισμική μηχανική και την απόκριση κατασκευών, είθισται να λαμβάνεται ως δεσπόζουσα περίοδος αυτή που αντιστοιχεί στην κορυφαία τιμή του φάσματος απόκρισης μονοβάθμιου ταλαντωτή. Τίθεται επομένως το ερώτημα ποιος ορισμός από τους δυο παράγει τιμές T_p που οδηγούν σε καλύτερη κανονικοποίηση (normalization) των καμπυλών $R - T_n/T_p$, δηλαδή επιτυγχάνει μικρότερη διασπορά των καμπυλών των θυσάνων. Έτσι, για επιλεγμένες περιπτώσεις έγινε σύγκριση των θυσάνων που προκύπτουν θεωρώντας τιμές T_p από ανάλυση Fourier και από το φάσμα απόκρισης, όπως αυτό δίνεται στο περιβάλλον αναζήτησης του ιστοτόπου της βάσης δεδομένων PEER (Εικόνα 3.1). Ενδεικτικά παρατίθενται τα Σχήματα 3.5 και 3.6 που αφορούν σε σύστημα δύο βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$ που υποβάλλεται σε σεισμικές διεγέρσεις με $M=7.0-8.0$, $R_{JB}=100-1000$ km και $V_{s30}=800-2000$ m/s. Παρατηρήθηκε ότι χρησιμοποιώντας τις τιμές δεσπόζουσας περιόδου από το φάσμα απόκρισης προκύπτει πολύ μεγάλη διασπορά των καμπυλών (Σχήμα 3.6) από ότι αν ληφθούν οι τιμές δεσπόζουσας περιόδου από το φάσμα Fourier (Σχήμα 3.5). Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για καταγραφές από μεγάλους σεισμούς ή σε μακρινές αποστάσεις από την πηγή. Κατά συνέπεια, επιλέχθηκε ο προσδιορισμός των T_p να γίνεται με βάση το φάσμα Fourier.



Σχήμα 3.5. Διάγραμμα λόγου R συναρτήσει λόγου ιδιοπεριόδου, T_n , πολυβάθμιου συστήματος 2 β.ε., με $\xi=5\%$, προς δεσπόζουσα περίοδο επιταχυνσιογραφήματος, T_p , προσδιοριζόμενη με βάση το φάσμα Fourier. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=7.0-8.0$, $RJB=100-1000$ km, $V_{s30}=800-2000$ m/s.



Σχήμα 3.6. Διάγραμμα λόγου R συναρτήσει λόγου ιδιοπεριόδου, T_n , πολυβάθμιου συστήματος 2 β.ε., με $\xi=5\%$, προς δεσπόζουσα περίοδο επιταχυνσιογραφήματος, T_p , προσδιοριζόμενης με βάση το φάσμα απόκρισης. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=7.0-8.0$, $RJB=100-1000$ km, $V_{s30}=800-2000$ m/s.



Εικόνα 3.1. Παράδειγμα φάσματος απόκρισης ψευδο-επιτάχυνσης για $\xi=5\%$ από τη βάση δεδομένων PEER.

3.4. Επίπτωση στον υπολογισμό φέρουσας ικανότητας

Μετασηματίζοντας την συνθήκη ελέγχου αστοχίας σε φέρουσα ικανότητα (Εξ.2.1) ως ακολούθως, ορίζεται ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης ODF (Overdesign Factor):

$$ODF_c = \frac{1}{\frac{(1-e \cdot \bar{F})^{cT} \cdot (\beta \cdot \bar{V})^{cT}}{\bar{N}^a \cdot \left[(1-m_f \cdot \bar{F}^k)^{k'} - \bar{N} \right]^b} + \frac{(1-f \cdot \bar{F})^{cM} \cdot (\gamma \cdot \bar{M})^{cM}}{\bar{N}^c \cdot \left[(1-m_f \cdot \bar{F}^k)^{k'} - \bar{N} \right]^d}} \geq 1 \quad (\text{Εξ.3.3})$$

Ο συντελεστής ODF_c αφορά σε αστοχία λόγω δυσμενούς συνδυασμού ροπής και τέμνουσας. Για να ληφθεί υπόψη και το ενδεχόμενο αστοχίας λόγω υπερβάλλουσας αξονικής φόρτισης, ορίζεται και συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης που αντιστοιχεί στην αστοχία της θεμελίωσης λόγω αξονικής δύναμης με βάση τις εξισώσεις 2.5 και 2.8:

$$ODF_N = \frac{1}{\bar{N}} \quad \text{για συνεκτικά εδάφη} \quad (\text{Εξ. 3.4α})$$

$$ODF_N = \frac{(1 - m_f \cdot \bar{F}^k)^{k'}}{\bar{N}} \text{ για μη-συνεκτικά εδάφη (Εξ.3.4β)}$$

Ο συντελεστής ODF που διέπει τη θεμελίωση προκύπτει ως η ελάχιστη από τις τιμές των Εξ.3.3 και 3.4. Η επίπτωση του ετεροχρονισμού μέγιστης τέμνουσας βάσης και μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης εξετάζεται συγκρίνοντας τις τιμές ODF που προκύπτουν για εδαφική επιτάχυνση διαφορετική από την PGA στον υπολογισμό του όρου \bar{F} .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν με χρήση της MATLAB για μονοβάθμια και πολυβάθμια συστήματα, οδήγησαν στην παραγωγή διαγραμμάτων συσχετισμού του λόγου R με τον λόγο T_n/T_p (π.χ. Σχήματα 3.1 και 3.2). Προκειμένου να μελετηθεί η επιρροή των παραμέτρων του προβλήματος στον λόγο R , θεωρούνται ως κεντρικές παραμετρικές αναλύσεις αυτές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s και $\xi=5\%$. Τα συγκριτικά διαγράμματα καμπυλών μέσου όρου (mean) και μέσου όρου \pm μια φορά τυπική απόκλιση ($\text{mean}\pm\sigma$) που ακολουθούν (Σχήματα 4.1-4.16) καταρτίστηκαν διατηρώντας σταθερές τρεις εκ των κεντρικών τιμών των παραμέτρων και μεταβάλλοντας την τέταρτη, σύμφωνα με τα εύρη του Πίνακα 3.1. Διαγράμματα παρουσιάζονται για μονοβάθμια και πολυβάθμια συστήματα (όπως περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3), ώστε να εξεταστεί και η επίδραση του πλήθους των βαθμών ελευθερίας.

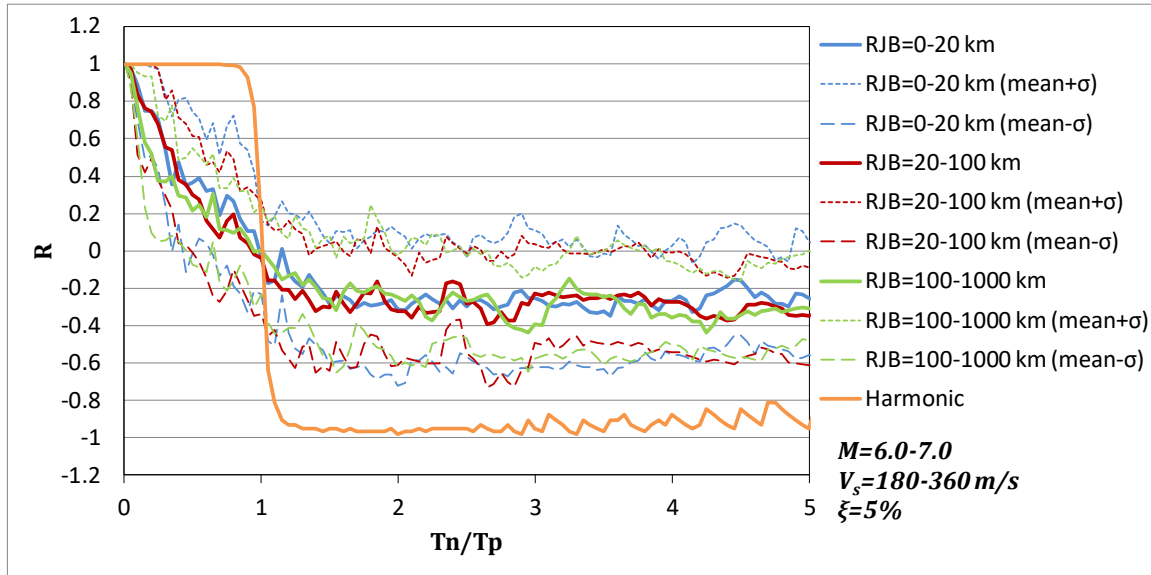
4.1. Συγκριτικά διαγράμματα

4.1.1. Μονοβάθμια συστήματα

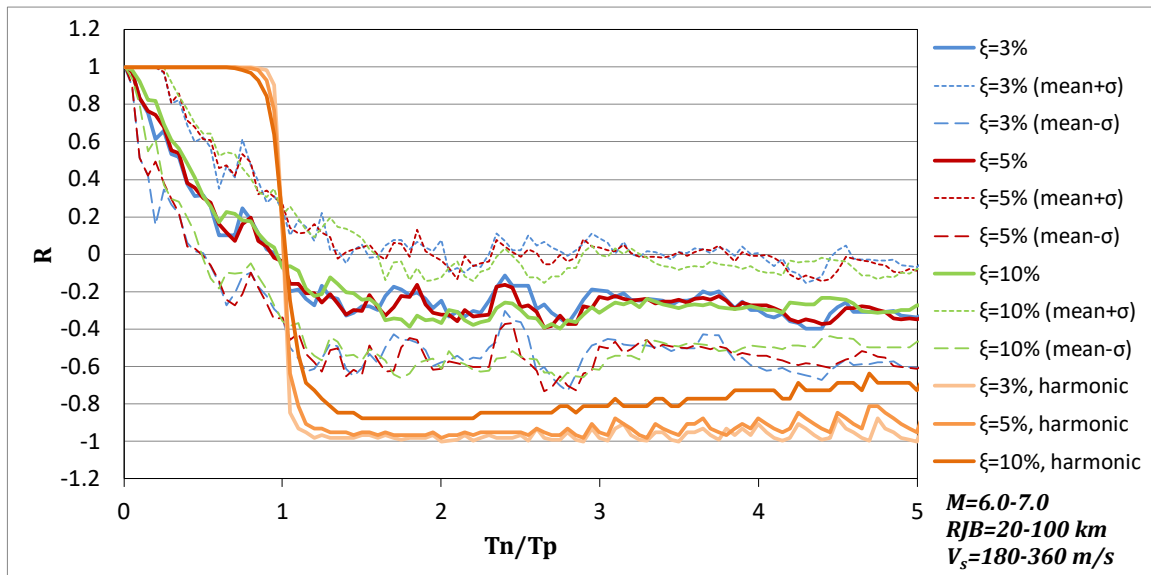
Στα Σχήματα 4.1 έως 4.4 δίνονται οι καμπύλες μέσου όρου και μέσου όρου \pm μια φορά τυπική που προκύπτουν από τους θύσανους καμπυλών από τις αναλύσεις απόκρισης μονοβάθμιων ταλαντωτών. Παρατηρούμε ότι, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, μέχρι η τιμή της ιδιοπεριόδου του συστήματος να ξεπεράσει την τιμή της δεσπόζουσας περιόδου της σεισμικής διέγερσης, ο λόγος R έχει θετικό πρόσημο και τείνει προοδευτικά προς το μηδέν. Η καμπύλη μέσου όρου διασταυρώνει τον οριζόντιο άξονα ($R=0$) για λόγο περιόδων T_n/T_p ίσο με 1. Για $T_n/T_p > 1$, ο μέσος R λαμβάνει μια τιμή που είναι πρακτικά ανεξάρτητη του T_n/T_p και η οποία σε όλες τις περιπτώσεις έχει αρνητικό πρόσημο (R μεταξύ -0.4 και -0.2), δηλαδή η μέγιστη τέμνουσα βάσης και η εδαφική επιτάχυνση στην αντίστοιχη χρονική στιγμή έχουν αντίθετες φορές.

Η θεώρηση του μέσου όρου αποτελεσμάτων από αναλύσεις με 7 ή περισσότερα επιταχυνσιογραφήματα είναι αποδεκτή σύμφωνα με τον EN 1998-1, παράγραφος 4.3.3.4.3(3). Εντούτοις, στο γεωτεχνικό σχεδιασμό ενίοτε λαμβάνεται υπόψη η μέση τιμή συν μια φορά η τυπική απόκλιση. Από τα σχήματα προκύπτει ότι οι καμπύλες $\text{mean}+\sigma$ βρίσκονται γενικά πάνω στον οριζόντιο άξονα $R=0$ για $T_n/T_p > 1$, με κάποιες περιπτώσεις (κυρίως για σεισμούς μεγάλου

μεγέθους και καταγραφή σε βράχο) η τιμή του R να φτάνει το 0.2 (Σχήματα 4.3, 4.4). Επίσης η αρχική μείωση του R φαίνεται να είναι πιο απότομη για χαμηλές τιμές της ταχύτητας διάδοσης διατμητικών κυμάτων V_{s30} (Σχήμα 4.3). Αντίθετα, η απόσταση R_{JB} από τη σεισμική πηγή και ο λόγος απόσβεσης ξ δεν φαίνεται να έχουν επίδραση στις καμπύλες του λόγου R.

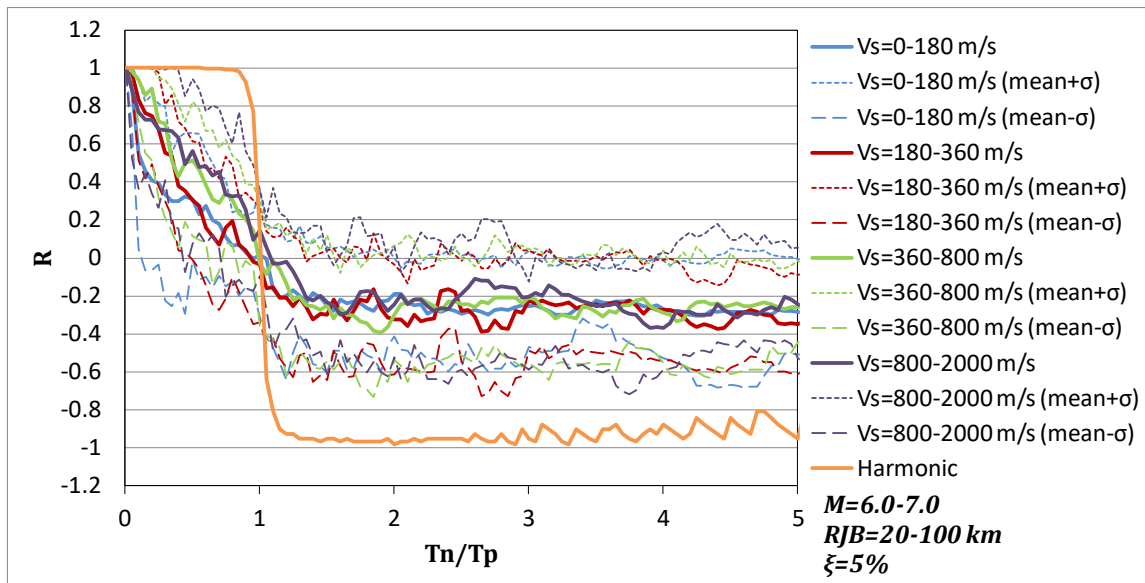


Σχήμα 4.1. Διάγραμμα R- T_n/T_p μονοβάθμιου συστήματος με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $V_{s30}=180-360$ m/s και διαφορετικές τιμές απόστασης από πηγή R_{JB} .



Σχήμα 4.2. Διάγραμμα R- T_n/T_p για μονοβάθμια συστήματα με διαφορετικές τιμές λόγου απόσβεσης ξ . Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $V_{s30}=180-360$ m/s και $R_{JB}=20-100$ km.

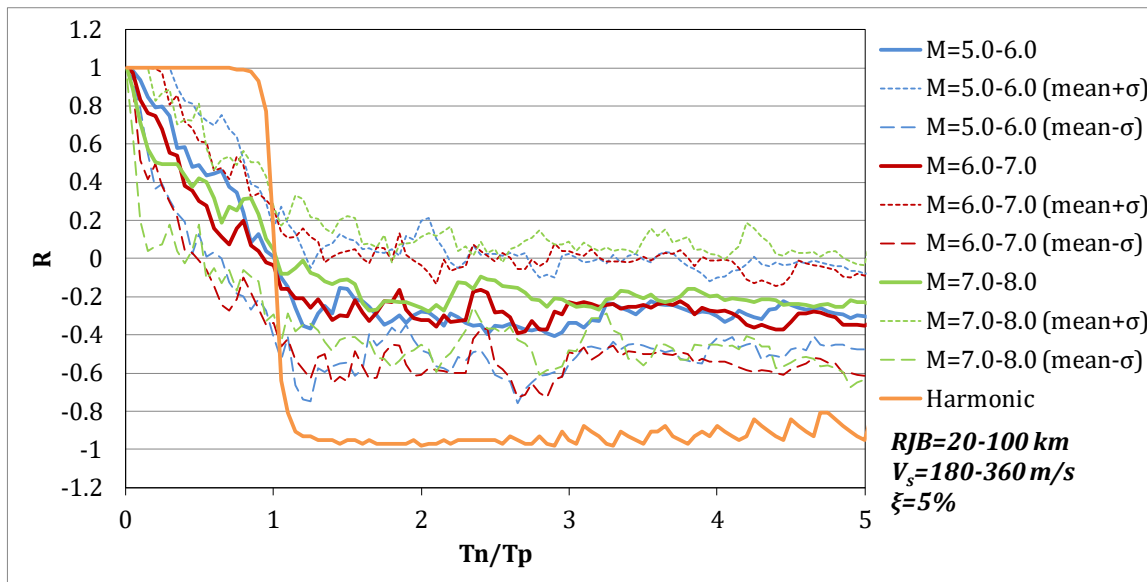
Στα σχήματα παρατίθενται επίσης και καμπύλες R συναρτήσεως του T_n/T_p για τη θεωρητική περίπτωση αρμονικά διεγερόμενου ταλαντωτή. Οι καμπύλες αυτές έχουν σαφείς ποιοτικές διαφορές σε σχέση με αυτές που προκύπτουν από πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα. Συγκεκριμένα, ενώ για πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα η μείωση του R είναι σταδιακή και ξεκινάει από μόλις ο λόγος T_n/T_p ξεπεράσει το 0.05, η τιμή R για αρμονικό ταλαντωτή παραμένει ίση με 1 (μηδενική διαφορά φάσης) για $T_n/T_p < 0.9$ και με περαιτέρω αύξηση του λόγου περιόδων μειώνεται απότομα προς την τιμή -1 (διαφορά φάσης 180°). Οι αστάθειες (μικρές διακυμάνσεις) που εμφανίζουν αυτές οι καμπύλες για μεγάλες τιμές T_n/T_p οφείλονται πιθανώς στη συσσώρευση αριθμητικού σφάλματος, δεδομένου ότι για με μεγάλο T_n/T_p η μέγιστη τέμνουσα βάσης συμβαίνει μετά από παρέλευση πολλών κύκλων ταλάντωσης μεγάλης διάρκειας και άρα πολλών υπολογιστικών βημάτων.



Σχήμα 4.3. Διάγραμμα R- T_n/T_p μονοβάθμιου συστήματος με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $RJB=20-100$ km και διαφορετικές τιμές ταχύτητας διατμητικών κυμάτων V_{s30} .

Στο Σχήμα 4.2, φαίνεται ότι η μετάβαση από $R=1$ σε $R=-1$ του αρμονικού ταλαντωτή γίνεται ελαφρώς πιο ομαλή όσο αυξάνεται ο λόγος απόσβεσης του συστήματος. Αυτή η συμπεριφορά είναι εφάμιλλη με αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 1.2 από το βιβλίο του Chopra (2013), όπου δίνεται η διαφορά φάσης μεταξύ μετατόπισης του ΜΒΣ και διεγείρουσας δύναμης, η οποία διαφορά φάσης είναι ταυτόσημη με τη διαφορά φάσης μεταξύ σχετικής μετατόπισης ταλαντωτή και

μετακίνησης εδάφους, και κατ' επέκταση σχετικής επιτάχυνσης ταλαντωτή και διεγείρουσας επιτάχυνσης εδάφους. Εντούτοις, παρατηρούμε στο Σχήμα 4.2 ότι όσο αυξάνεται ο λόγος απόσβεσης ξ , η κατώτερη τιμή R για μεγάλες τιμές T_n/T_p δεν είναι κοντά στο -1 αλλά προσεγγίζει το -0.8 . Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η διαφορά φάσης που αποτυπώνεται στον λόγο R αφορά σε αυτή μεταξύ διεγείρουσας εδαφικής επιτάχυνσης και ολικής (απόλυτης) επιτάχυνσης του ταλαντωτή, όχι της σχετικής.

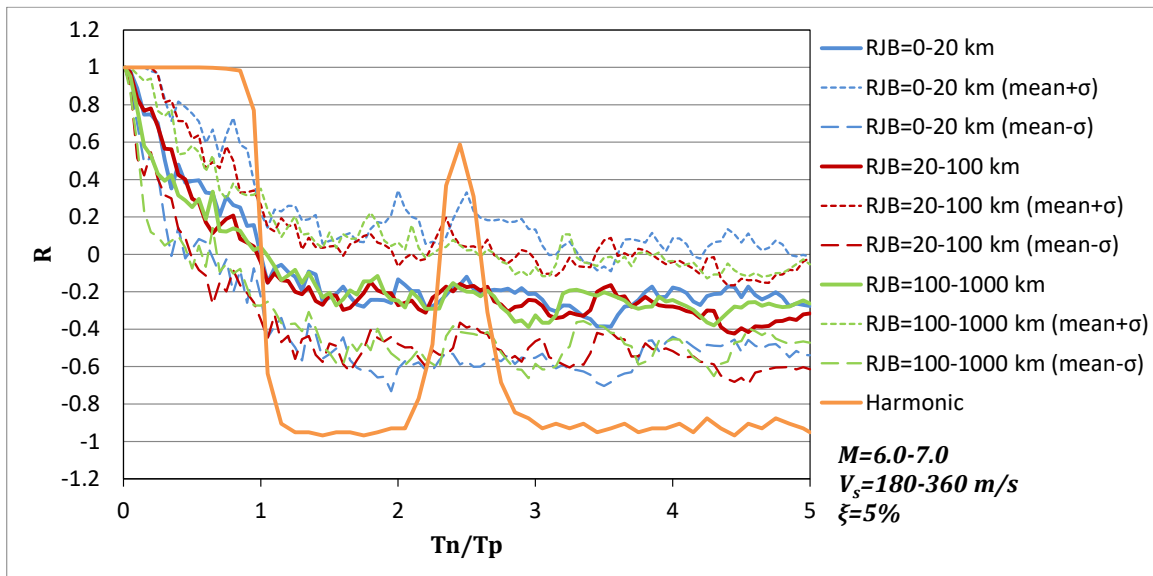


Σχήμα 4.4. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ μονοβάθμιου συστήματος με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s και διαφορετικές τιμές μεγέθους σεισμού M .

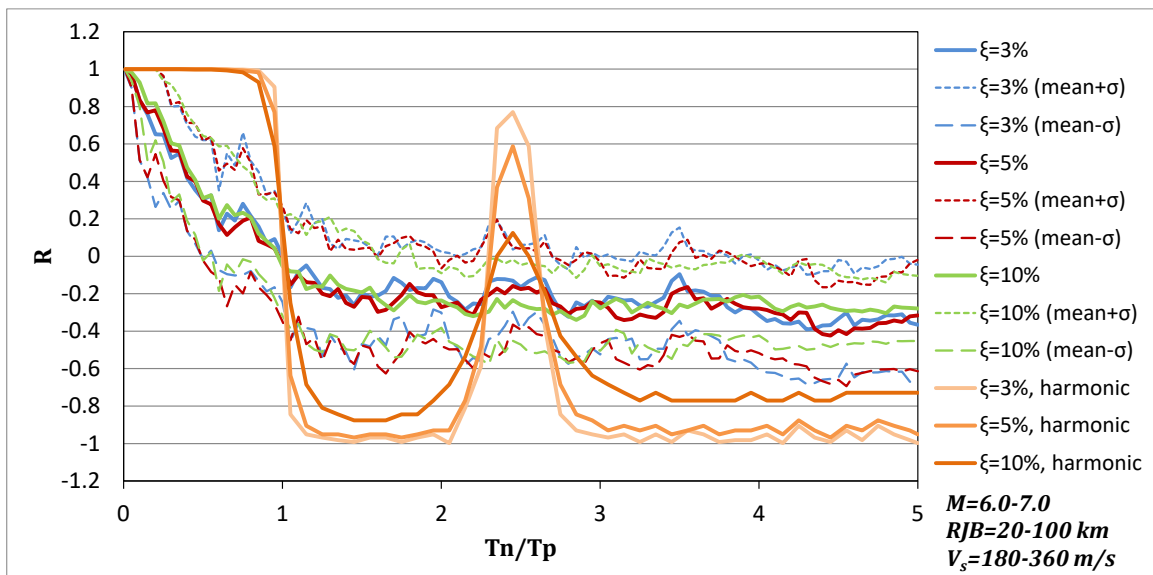
4.1.2. Πολυβάθμια συστήματα - Δύο βαθμοί ελευθερίας

Στα Σχήματα 4.5-4.8 φαίνονται οι καμπύλες $R - T_n/T_p$ για σύστημα με 2 βαθμούς ελευθερίας (2DOF) με διέγερση από πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών των καμπυλών είναι ταυτόσημα με αυτά για το μονοβάθμιο σύστημα, παρά το γεγονός ότι το διβάθμιο σύστημα ενέχει μια ακόμη ιδιομορφή. Συγκεκριμένα, οι καμπύλες μέσου όρου διασταυρώνουν τον οριζόντιο άξονα πρακτικά σε $T_n/T_p=1$, και για $T_n/T_p > 1.5$ ο μέσος λόγος R κυμαίνεται από -0.2 έως -0.4 . Η απόσταση από την σεισμική πηγή R_{JB} και ο λόγος απόσβεσης ξ δεν φαίνεται να παίζουν κάποιο ρόλο (Σχήματα 4.5 και 4.6). Αντίθετα, η αύξηση της ταχύτητας διάδοσης διατμητικών κυμάτων V_{s30} τείνει να μετατοπίσει τις καμπύλες προς τα πάνω σε όλο το

εύρος των τιμών T_n/T_p . Αντίστοιχη αλλά σαφώς πιο ασθενής εξάρτηση φαίνεται να υπάρχει και μεταξύ των καμπυλών και του σεισμικού μεγέθους M .

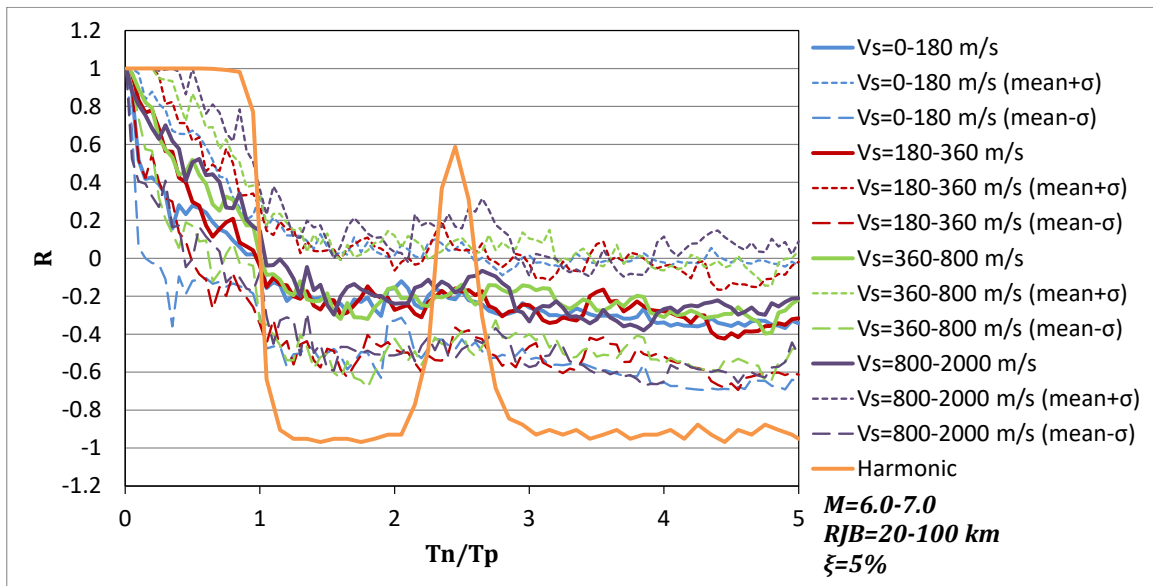


Σχήμα 4.5. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 2 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $V_{s30}=180-360$ m/s και διαφορετικές τιμές απόσταση από την πηγή R_{JB} .

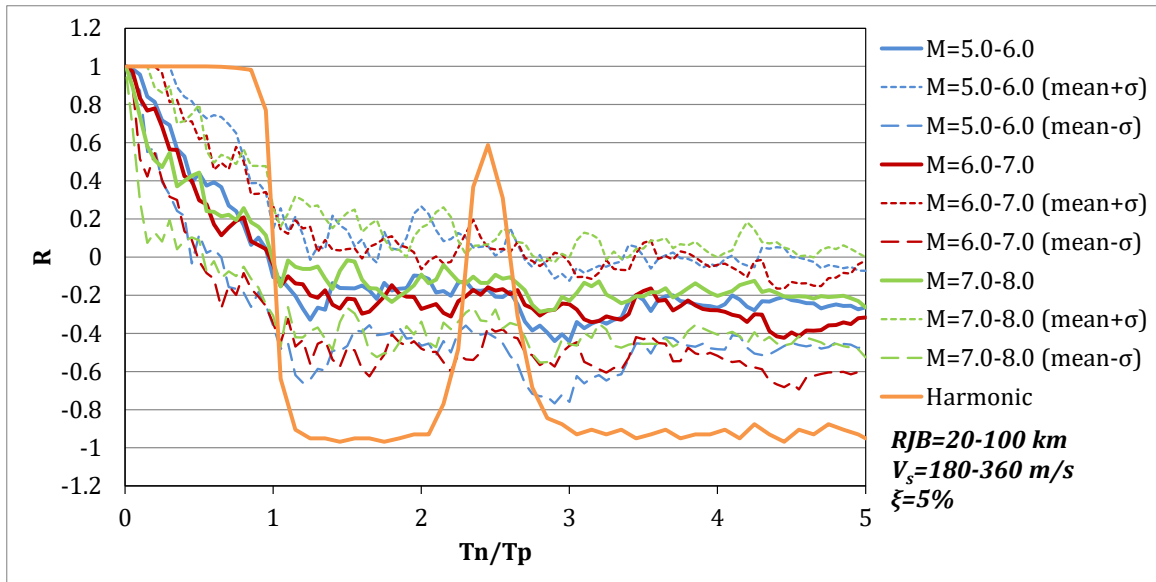


Σχήμα 4.6. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ για συστήματα 2 βαθμών ελευθερίας με διαφορετικές τιμές λόγου απόσβεσης ξ . Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km και $V_{s30}=180-360$ m/s.

Όπως και στην περίπτωση του μονοβάθμιου ταλαντωτή, οι καμπύλες $R - T_n/T_p$ για αρμονικά διεγερόμενο ΠΒΣ έχουν πολύ μεγάλες ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές σε σχέση με αυτές που προκύπτουν για σύστημα που διεγείρεται από πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα. Από τις καμπύλες $R - T_n/T_p$ για αρμονικά (ημιτονοειδώς) διεγερόμενο σύστημα παρατηρούμε ότι στην περίπτωση του συστήματος με 2 βαθμούς ελευθερίας υπάρχουν περισσότερες από μια τιμές λόγου T_n/T_p για τις οποίες ο λόγος R γίνεται ίσος με 0, δηλαδή έχουμε διαφορά φάσης 90° μεταξύ τέμνουσας βάσης και εδαφικής επιτάχυνσης. Οι τιμές αυτές (πέραν της αναμενόμενης $T_n/T_p=1$) είναι 2.25 και 2.7, ανεξαρτήτως του λόγου απόσβεσης ξ (Σχήμα 4.6). Ως αποτέλεσμα, στα εύρος μεταξύ αυτών των τιμών T_n/T_p , η τιμή του R ξαναγίνεται θετική, δηλαδή η μέγιστη τέμνουσα βάσης και η αντίστοιχη εδαφική επιτάχυνση έχουν την ίδια φορά. Υπενθυμίζεται σε αυτό το σημείο ότι τα αποτελέσματα για αρμονικά διεγερόμενο σύστημα αφορούν τη μόνιμη απόκριση (steady-state), αφού έχει αποσβεσθεί πλήρως η παροδική (transient) απόκριση.



Σχήμα 4.7. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 2 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $RJB=20-100 \text{ km}$ και διαφορετικές τιμές V_s 30.

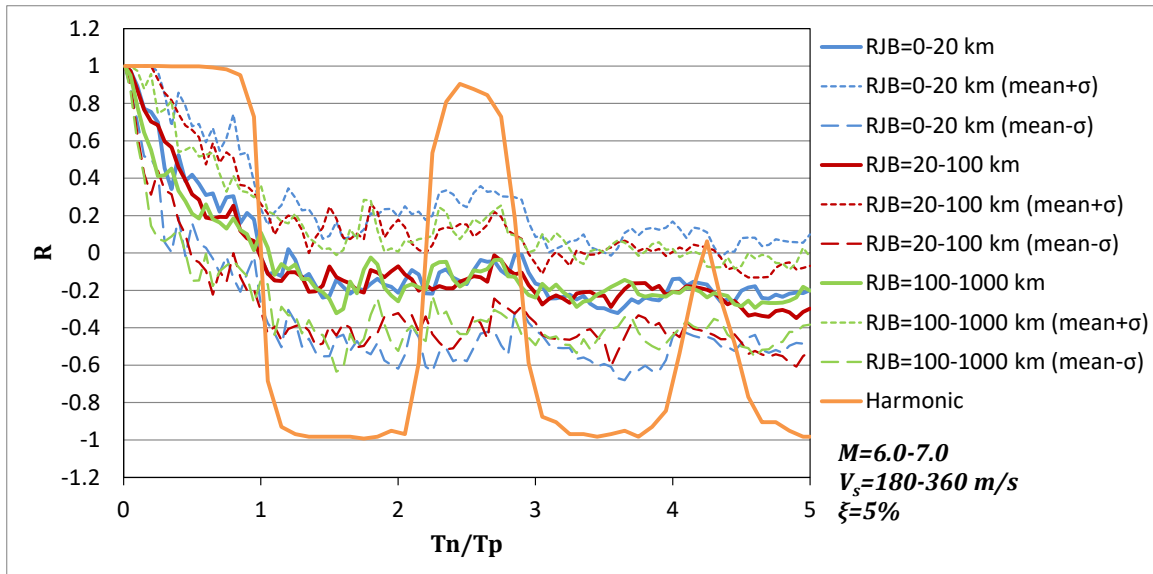


Σχήμα 4.8. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 2 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s, και διαφορετικές τιμές μεγέθους σεισμού M .

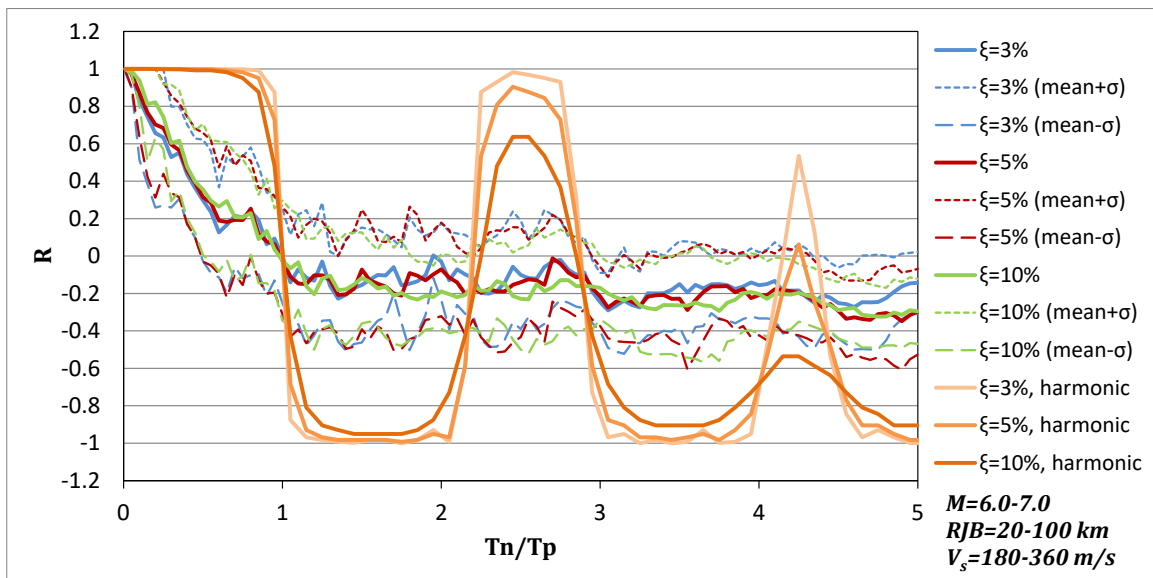
4.1.3. Πολυβάθμια συστήματα - Τέσσερις βαθμοί ελευθερίας

Στα Σχήματα 4.9-4.12 φαίνονται οι καμπύλες $R - T_n/T_p$ για σύστημα με 4 βαθμούς ελευθερίας (4DOF). Παρόμοια με την προηγούμενη υποενότητα, η ύπαρξη 4 ιδιομορφών δεν επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καμπυλών $R - T_n/T_p$, είτε πρόκειται για την μέση καμπύλη είτε για τις αυτές με \pm μια φορά την τυπική απόκλιση. Για $T_n/T_p > 1.5$ ο μέσος λόγος R κυμαίνεται γύρω από το -0.2 . Μεταξύ των χαρακτηριστικών των επιταχυνσιογραφημάτων, αισθητό ρόλο παίζει η ταχύτητας διάδοσης διατμητικών κυμάτων V_{s30} , η οποία μεταθέτει τις καμπύλες προς τα πάνω, αλλά στην παρούσα περίπτωση μόνο για το εύρος $0 < T_n/T_p < 1.1$.

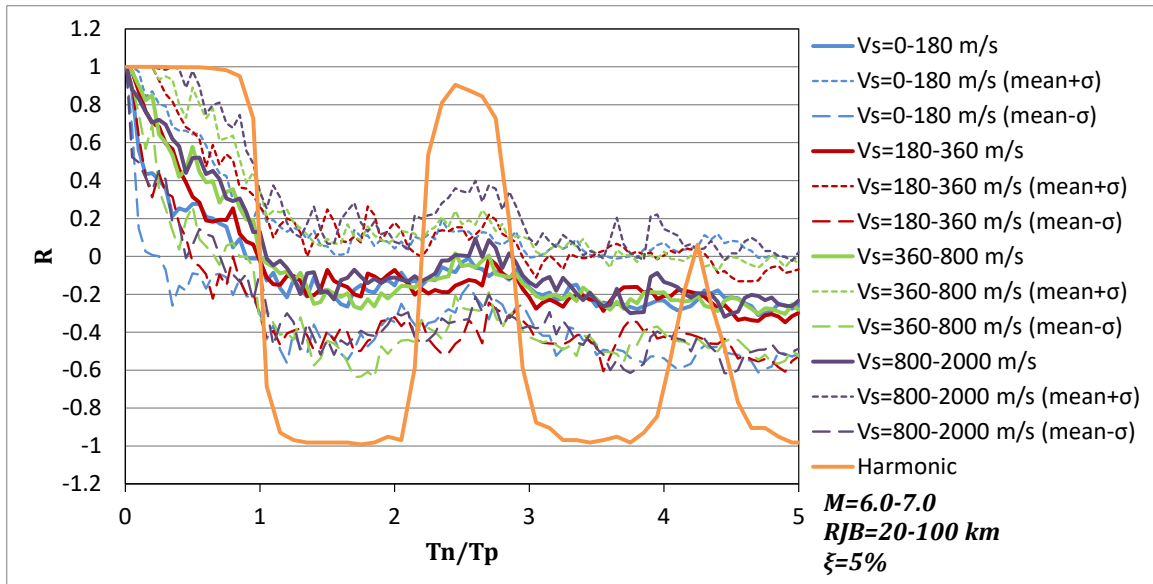
Από το αρμονικά (ημιτονοειδώς) διεγερόμενο σύστημα παρατηρούμε ότι στην περίπτωση του συστήματος με 4 βαθμούς ελευθερίας υπάρχουν εντός των διαγραμμάτων 5 τιμές λόγου T_n/T_p για τις οποίες ο R γίνεται ίσος με 0 (διαφορά φάσης 90°). Επίσης, στο Σχήμα 4.10 παρατηρούμε ότι η αύξηση του λόγου απόσβεσης ξ αμβλύνει τις κορυφαίες (θετικές και αρνητικές) τιμές του R για αρμονικά διεγερόμενο σύστημα.



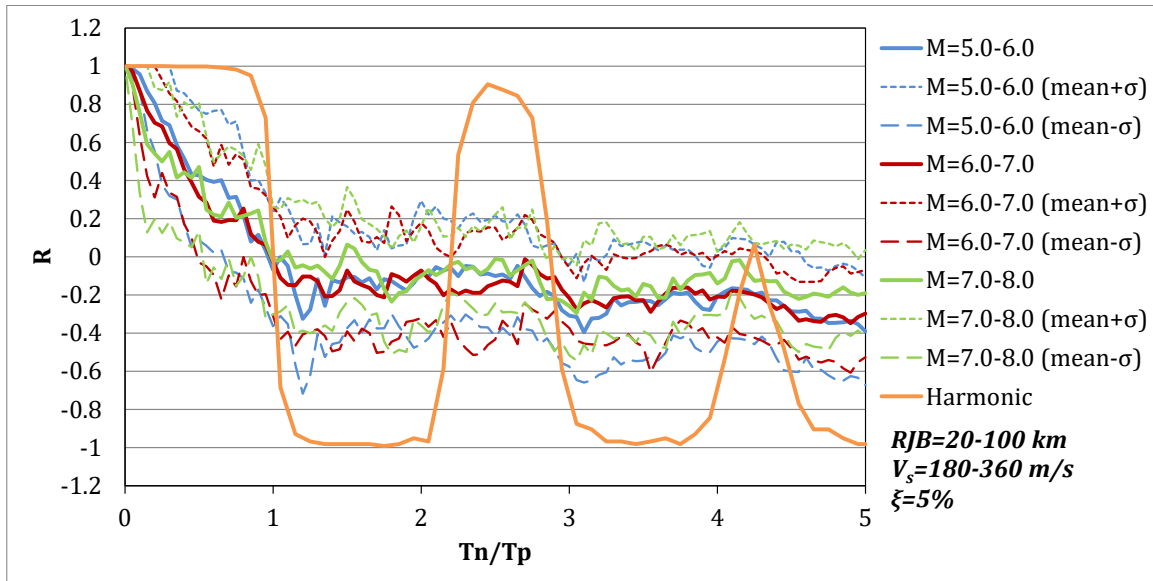
Σχήμα 4.9. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 4 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $V_{s30}=180-360$ m/s και διαφορετικές τιμές απόστασης R_{JB} .



Σχήμα 4.10. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ για συστήματα 4 βαθμών ελευθερίας με διαφορετικές τιμές ξ . Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km και $V_{s30}=180-360$ m/s.



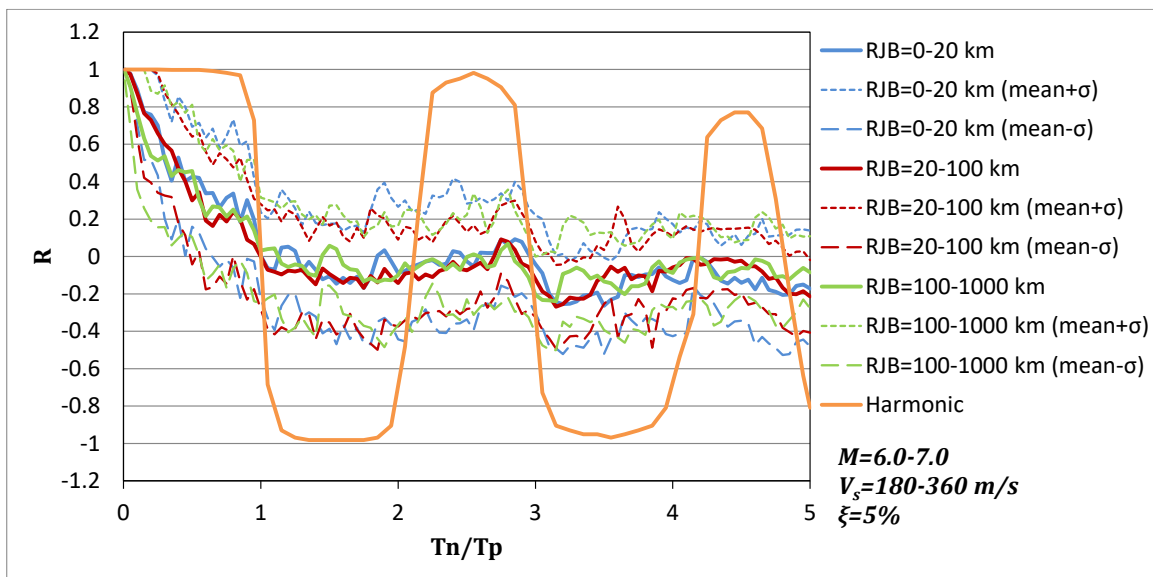
Σχήμα 4.11. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 4 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km και διαφορετικές τιμές V_{s30} .



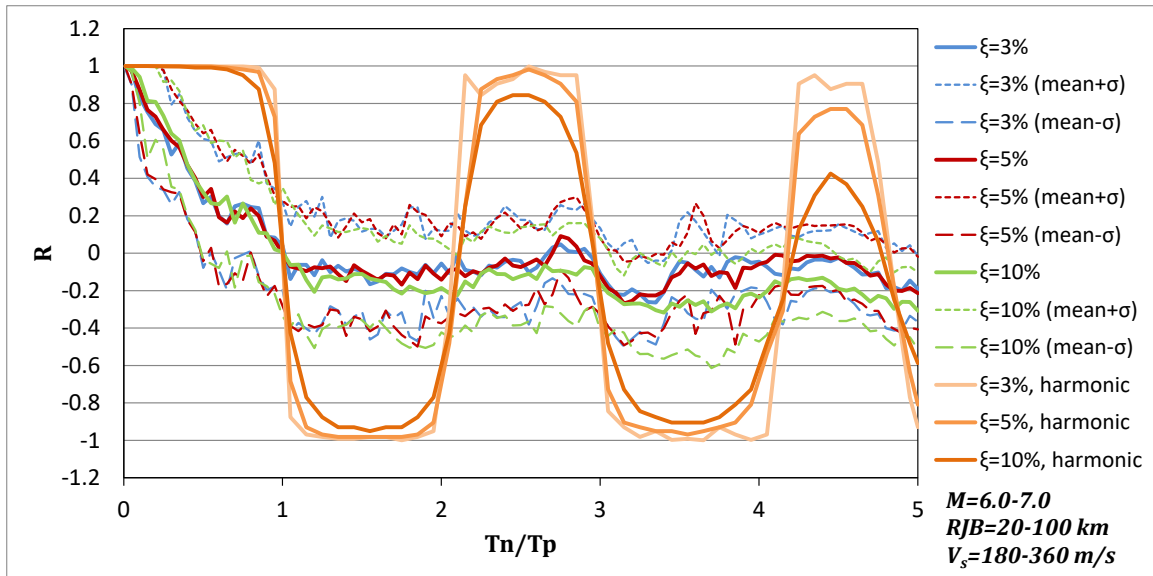
Σχήμα 4.12. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 4 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s, και διαφορετικές τιμές μεγέθους σεισμού M .

4.1.4. Πολυβάθμια συστήματα - Οκτώ βαθμοί ελευθερίας

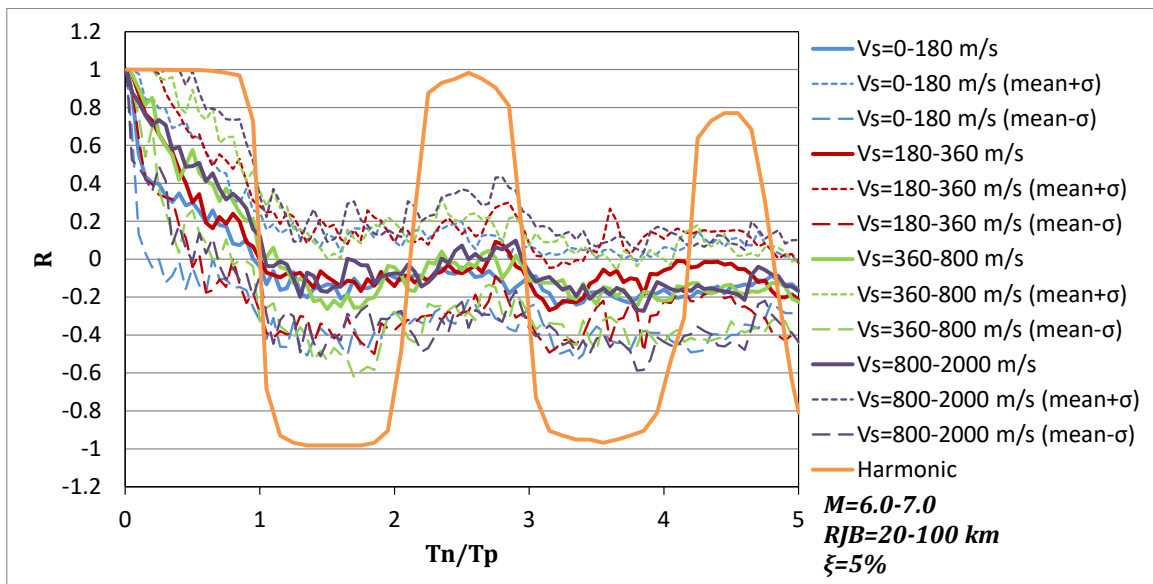
Στα Σχήματα 4.13-4.16 δίνονται τα αποτελέσματα για σύστημα με 8 βαθμούς ελευθερίας (8DOF). Η γενική εικόνα των καμπυλών $R - T_n/T_p$ είναι ποιοτικά η ίδια με αυτή για τα συστήματα λιγότερων βαθμών ελευθερίας. Για $T_n/T_p > 1.5$ ο μέσος λόγος R κυμαίνεται μεταξύ -0.2 και 0 , ενώ η καμπύλη $mean+\sigma$ κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0.2 . Το μέγεθος του σεισμού M , ο λόγος απόσβεσης ξ και η απόσταση από τη σεισμική πηγή R_{JB} δεν φαίνεται να έχουν κάποια επιρροή, ενώ η ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων V_{s30} εξακολουθεί να τείνει να αυξήσει τις τιμές του λόγου R . Αλλά παρόμοια με την περίπτωση των 4 βαθμών ελευθερίας, αυτό ισχύει μόνο για το εύρος $0 < T_n/T_p < 1$. Σε αντίθεση με τις προηγούμενες περιπτώσεις, οι καμπύλες $R - T_n/T_p$ για πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα τείνουν να εμφανίσουν τοπικές ανυψώσεις και κοιλάδες σε συμφωνία τις αντίστοιχες (και σαφώς πιο έντονες) της καμπύλης για αρμονικά διεγερόμενο ταλαντωτή, υποδηλώνοντας ενδεχομένως την ισχυρότερη επίδραση των περισσότερων ιδιομορφών.



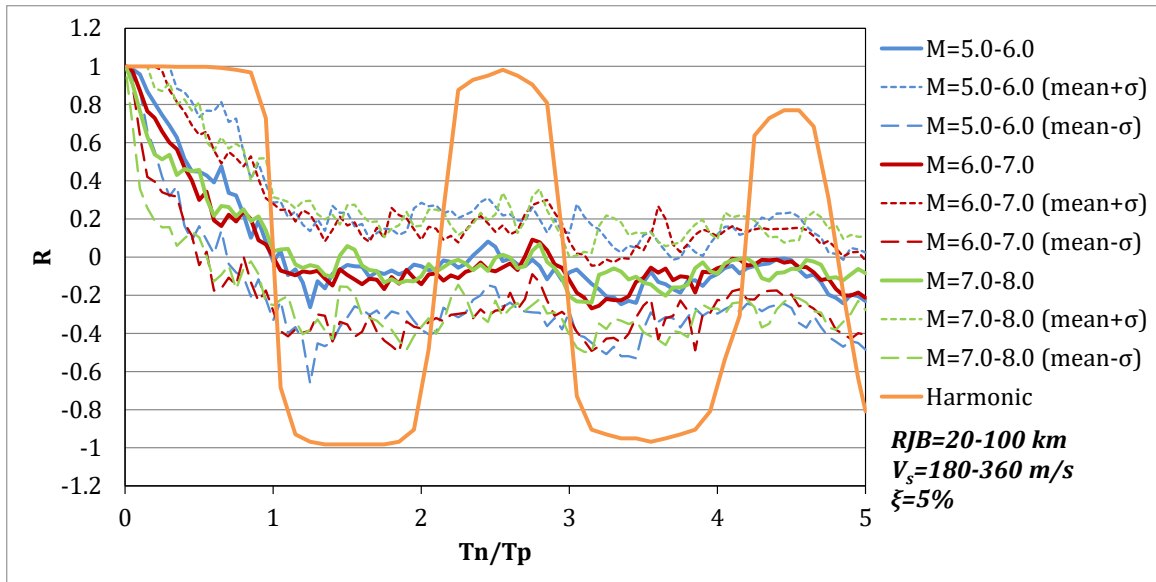
Σχήμα 4.13. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 8 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $V_{s30}=180-360 \text{ m/s}$ και διαφορετικές τιμές απόστασης R_{JB} .



Σχήμα 4.14. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ για συστήματα 8 βαθμών ελευθερίας με διαφορετικές τιμές λόγους απόσβεσης ξ . Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km και $V_{s30}=180-360$ m/s.

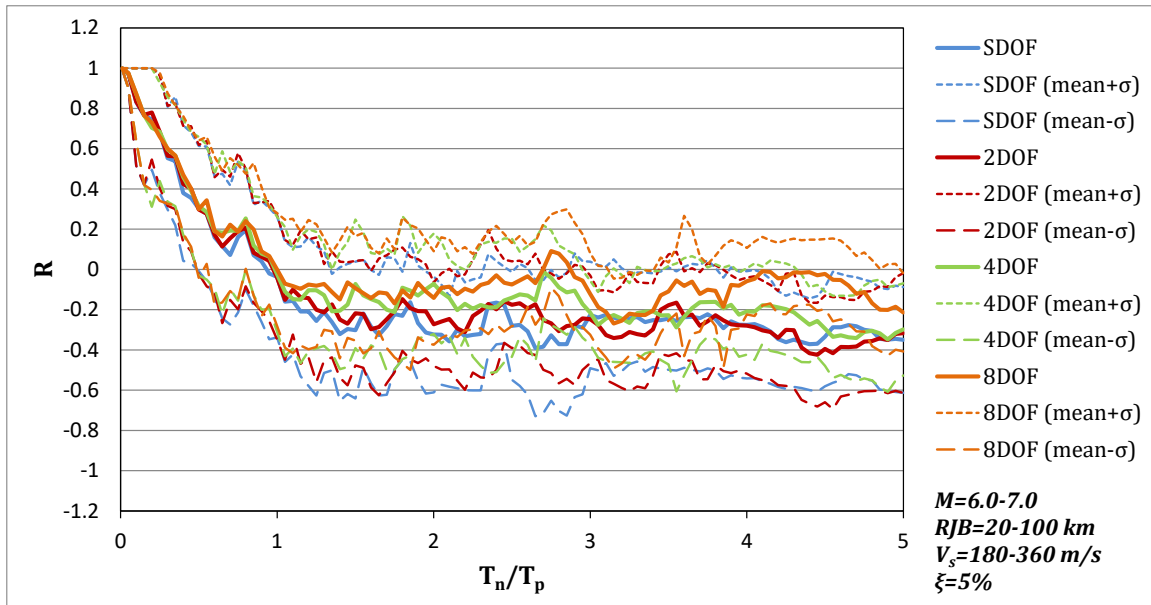


Σχήμα 4.15. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 8 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km και διαφορετικές τιμές V_{s30} .



Σχήμα 4.16. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστήματος 8 βαθμών ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $R_{JB}=20-100$ km, $V_{s30}=180-360$ m/s, και διαφορετικές τιμές μεγέθους σεισμού M .

Τέλος, στο Σχήμα 4.17 γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ συστημάτων με διαφορετικούς βαθμούς ελευθερίας (SDOF, 2DOF, 4DOF, 8DOF). Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας, τα τμήματα των καμπυλών για $T_n/T_p > 1$ μετατοπίζονται προοδευτικά προς τα πάνω. Αυτό ισχύει και για τις καμπύλες mean και για τις $mean \pm \sigma$. Για παράδειγμα, ενώ η καμπύλη mean+ σ για μονοβάθμιο ταλαντωτή ξεπερνά ελάχιστα την τιμή $R=0$, η αντίστοιχη καμπύλη για σύστημα 8 βαθμών ελευθερίας κυμαίνεται μεταξύ 0 και 0.2. Αντίθετα, για $T_n/T_p \leq 1$ οι καμπύλες πρακτικά ταυτίζονται, δηλαδή είναι ανεξάρτητες του πλήθους βαθμών ελευθερίας. Αυτές οι παρατηρήσεις μπορούν να αποδοθούν στο ότι οι «αρμονικές» των ιδιομορφών πέραν τις πρώτης συμβάλουν στο να μειώσουν το βαθμό ετεροχρονισμού (να «διαταράξουν» την τάση για αντίθεση φάσης) που υπάρχει όταν $T_n/T_p > 1$.



Σχήμα 4.17. Διάγραμμα $R-T_n/T_p$ συστημάτων με 1, 2, 4 και 8 βαθμούς ελευθερίας με $\xi=5\%$. Αποτελέσματα για σεισμικές καταγραφές με $M=6.0-7.0$, $R_{JB}=20-100$ km και $V_{s30}=180-360$ m/s.

4.2. Διαγράμματα λόγου συντελεστού ODF

Από τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας, θα μπορούσε να θεωρηθεί από γενική πρακτική σκοπιά ότι ο λόγος R μειώνεται σχεδόν γραμμικά από τιμή 1.0 για ιδιοπερίοδο $T_n=0$ σε τιμή μηδενική για λόγο $T_n/T_p=1$ (κατάσταση συντονισμού). Για $T_n/T_p>1$, η τιμή του R μπορεί να θεωρηθεί συντηρητικά ότι παραμένει ίση με 0. Αξίζει να σημειωθεί ότι η περίπτωση $T_n/T_p>1$ (και κατ' επέκταση $R=0$), δηλαδή θεμελιώδους ιδιοπεριόδου μεγαλύτερης από τη δεσπόζουσα περίοδο του σεισμού σχεδιασμού δεν είναι ασυνήθιστη για το σεισμοτεκτονικό περιβάλλον της Κύπρου, όπου ο σεισμός σχεδιασμού είναι μεγέθους 6.5-7.5 και σε απόσταση 5km-50km, ειδικά αν πρόκειται για πολυώροφα κτίρια, βάθρα γεφυρών και υδατόπυργους. Οπότε για την εξέταση του βαθμού συντηρητισμού της υπόθεσης ταυτόχρονης δράσης της PGA και της μέγιστης τέμνουσας βάσης ($R=1$) που κάνει το Annex F του EC8-5, υπολογίζεται ο λόγος του συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης (overdesign factor, ODF) για $R=0$, δηλαδή για μηδενική εδαφική επιτάχυνση εντός του μηχανισμού αστοχίας ($ODF_{a=0}$) και συγκρίνεται με τον λόγο ODF για $R=1$, δηλαδή θεωρώντας τη μέγιστη (peak) τιμή εδαφικής επιτάχυνσης ($ODF_{a=ag}$). Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$, τόσο περισσότερο συντηρητική είναι η θεώρηση του Annex F.

Πρέπει να σημειωθεί ότι εξέταση του ODF για την περίπτωση που η επιτάχυνση του εδάφους έχει αντίθετη φορά από την τέμνουσα βάσης δεν είναι δόκιμη διότι η Εξ. 2.1 πιθανότατα δεν έχει προσαρμοστεί σε αριθμητικά δεδομένα από επιλύσεις όπου η επιτάχυνση του εδάφους έχει αρνητικό πρόσημο. Επίσης ενδεικτικό της περιορισμένης εφαρμοσιμότητας της Εξ. 2.1 στην περίπτωση των συνεκτικών εδαφών είναι ότι για πολύ μεγάλα πλάτη θεμελίωσης B (όπως π.χ. στην περίπτωση των κοιτοστρώσεων), η αδιάστατη αδρανειακή δύναμη εδάφους που υπολογίζεται από την Εξ. 2.4 μπορεί να προκύψει υπέρμετρα μεγάλη (λόγω της παρουσίας του B στον αριθμητή της εξίσωσης) και έτσι ο όρος στην παρένθεση των παρονομαστών της Εξ. 2.1 να γίνει αρνητικός (καθιστώντας αδύνατο τον οποιοδήποτε υπολογισμό).

Εξετάζονται τέσσερις πρακτικές περιπτώσεις: κοιτόστρωση και θεμέλιο σε αργιλώδες έδαφος (συνεκτικό), και κοιτόστρωση και θεμέλιο σε αμμώδες έδαφος (μη-συνεκτικό). Για τις κοιτοστρώσεις χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τιμές εδαφικής αντοχής, πλήθους ορόφων (άρα και κατακόρυφων φορτίων) και πλάτους θεμελίωσης, ενώ για τα θεμέλια εξετάστηκε κυρίως η επίδραση της αναλογίας των φορτίων (αξονική, τέμνουσα, ροπή), της αδρανειακής δύναμης του εδάφους και η μεταξύ τους σχέση. Για τον καθορισμό των παραπάνω μεγεθών και την πραγματοποίηση ελέγχων, θεωρήθηκε ότι η αξονική δύναμη σχεδιασμού ανά μέτρο μήκους της κοιτόστρωσης είναι:

$$N_{Ed} = (12kPa) \cdot n \cdot B \quad (\text{Εξ.3.5})$$

όπου:

- n : αριθμός ορόφων κατασκευής
- B : πλάτος θεμελίωσης

Η τέμνουσα σχεδιασμού λήφθηκε ως:

$$V_{Ed} = N_{Ed} \cdot S_d \cdot \lambda \quad (\text{Εξ.3.6})$$

όπου:

- V_{Ed} : τέμνουσα σχεδιασμού
- S_d : φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού ($2.5a_g$ βάσει του επίπεδου κλάδου του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού)

- λ : συντελεστής που λαμβάνει τιμή 0,85 όταν ο αριθμός των ορόφων είναι μεγαλύτερος από δύο, διαφορετικά ισούται με τη μονάδα

Επιπλέον, η ροπή σχεδιασμού θεωρείται ότι προκύπτει από τη δράση της τέμνουσας στο 0.7 του ύψους του κτιρίου (με τυπικό ύψος ορόφου 3 μέτρα):

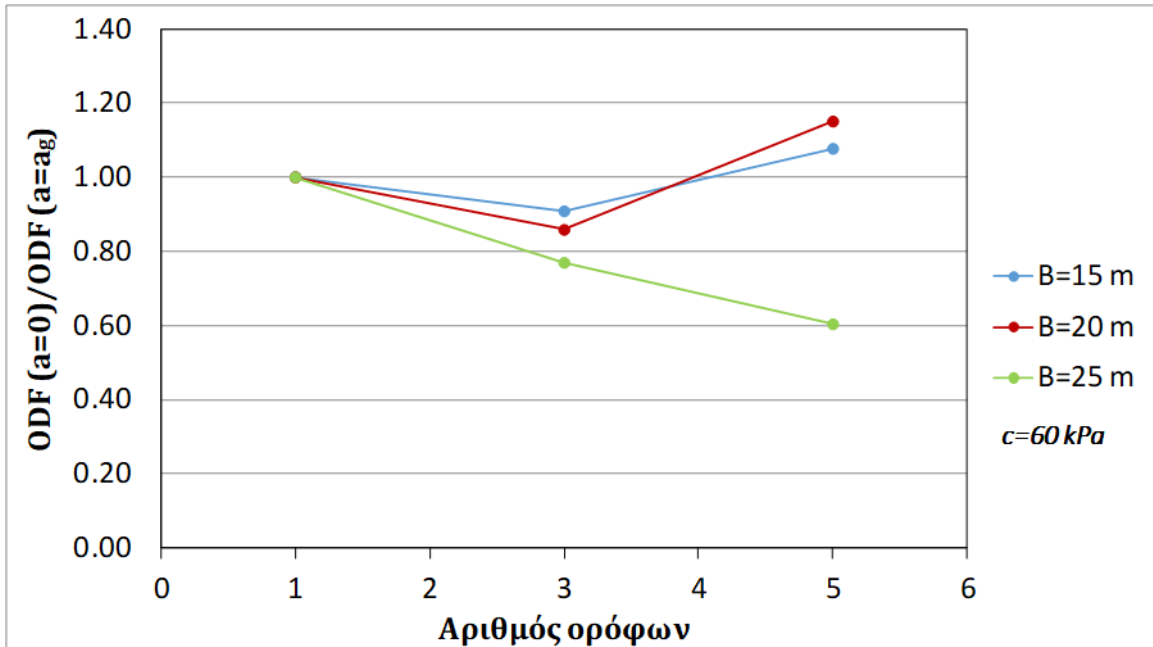
$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot (0.7 \cdot n \cdot 3) \quad (\text{Εξ.3.7})$$

Η μέγιστη φέρουσα ικανότητα θεμελίωσης (υπό την επίδραση κάθετου φορτίου στο μέσον της), N_{max} , υπολογίστηκε ανάλογα με το είδος του εδάφους από τις Εξ.2.3 και 2.6, ενώ αντίστοιχα προέκυψε η τιμή της αδιάστατης αδρανειακής δύναμης, \bar{F} , από τις Εξ.2.4 και 2.7. Για τον υπολογισμό της \bar{F} , θεωρήθηκε ζώνη σεισμικότητας III της Κύπρου ($a_{gR}=0.25g$), συντελεστής εδαφικής ενίσχυσης 1.2 και συντελεστής σπουδαιότητας 1.0. Για τον υπολογισμό της N_{max} στην περίπτωση μη συνεκτικών εδαφών (Εξ. 2.6), θεωρείται ότι η κατακόρυφη επιτάχυνση a_v δρα με φορά προς τα πάνω. Ο υπολογισμός των τιμών του συντελεστή φέρουσας ικανότητας N_γ γίνεται με τη σχέση του Brinch Hansen (1970).

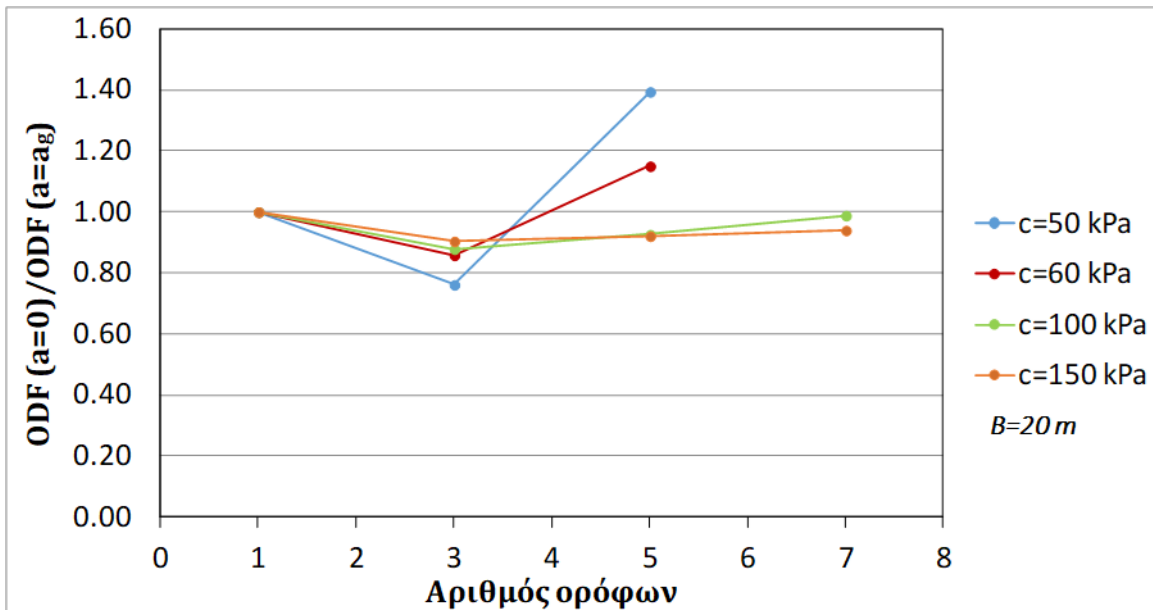
4.2.1. Κοιτόστρωση σε άργιλο

Στα Σχήματα 4.18 και 4.19 παρατηρείται ότι για αριθμό ορόφων μεγαλύτερο των 3, θέτοντας την εδαφική επιτάχυνση ίση με το μηδέν, ο $ODF_{a=0}$ προκύπτει στις περισσότερες περιπτώσεις σαφώς μεγαλύτερος από τον $ODF_{a=ag}$, με τιμές $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ που φτάνουν και ξεπερνούν το 1.2. Αντίθετα, από το Σχήμα 4.19 γίνεται αντιληπτό ότι με αύξηση της αντοχής του εδάφους ο λόγος $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ και άρα ο βαθμός υπερσυντηρητισμού του Annex F περιορίζονται.

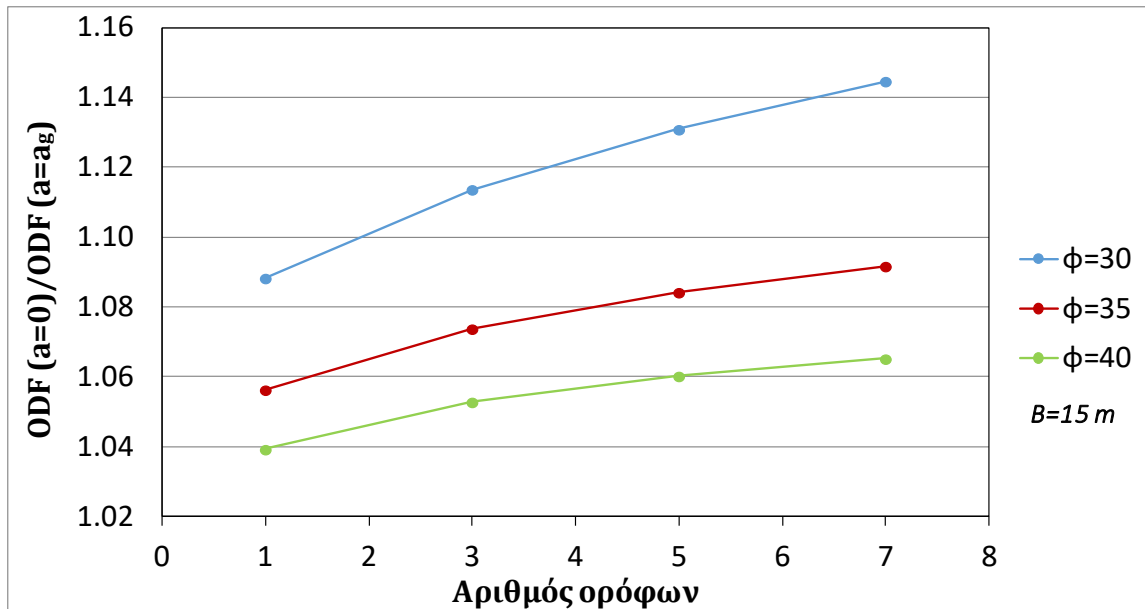
Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου ο λόγος $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ προκύπτει μικρότερος του 1.0. Αυτό μάλλον οφείλεται περισσότερο σε περιορισμούς της εφαρμοσιμότητας της Εξ. 2.1, η οποία έχει προκύψει από στατιστική προσαρμογή (fitting) σε αριθμητικά δεδομένα, παρά στο να πρόκειται για περιπτώσεις όπου η αδρανειακή επιτάχυνση του εδάφους δρα πραγματικά ευμενώς στην ανάπτυξη φέρουσας ικανότητας.



Σχήμα 4.18. Κοιτόστρωση σε άργιλο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς τον αριθμό των ορόφων. Αποτελέσματα για αντοχή $c=60$ kPa και για διαφορετικές τιμές πλάτους θεμελίωσης B .



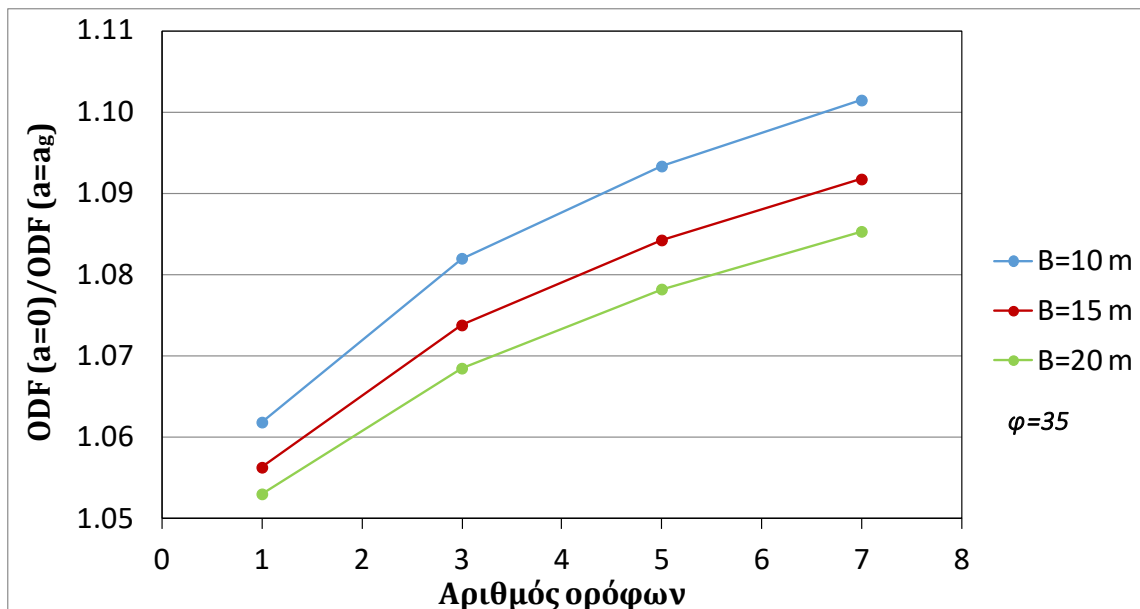
Σχήμα 4.19. Κοιτόστρωση σε άργιλο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς τον αριθμό των ορόφων. Αποτελέσματα για πλάτος θεμελίωσης $B=20$ m και για διαφορετικές τιμές συνοχής c .



Σχήμα 4.20. Κοιτόστρωση σε άμμο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς τον αριθμό των ορόφων. Αποτελέσματα για πλάτος θεμελίωσης $B=20\text{ m}$ και για διαφορετικές τιμές γωνίας τριβής ϕ .

4.2.2. Κοιτόστρωση σε άμμο

Από τα Σχήματα 4.20 και 4.21 προκύπτει ότι στην περίπτωση συνεκτικών εδαφών όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ορόφων της κατασκευής, τόσο αυξάνεται ο λόγος $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$, με τις τιμές να κυμαίνονται από 1.04 έως 1.15. Ο ρυθμός αύξησης είναι μικρότερος όσο μεγαλύτερη είναι η γωνίας τριβής του εδάφους, δηλαδή όσο πιο ανθεκτικό είναι το έδαφος θεμελίωσης. Επίσης, όσο μικρότερο είναι το πλάτος B της θεμελίωσης τόσο μεγαλύτερος είναι βαθμός υπερσυντηρητισμού της θεώρησης του Annex F.



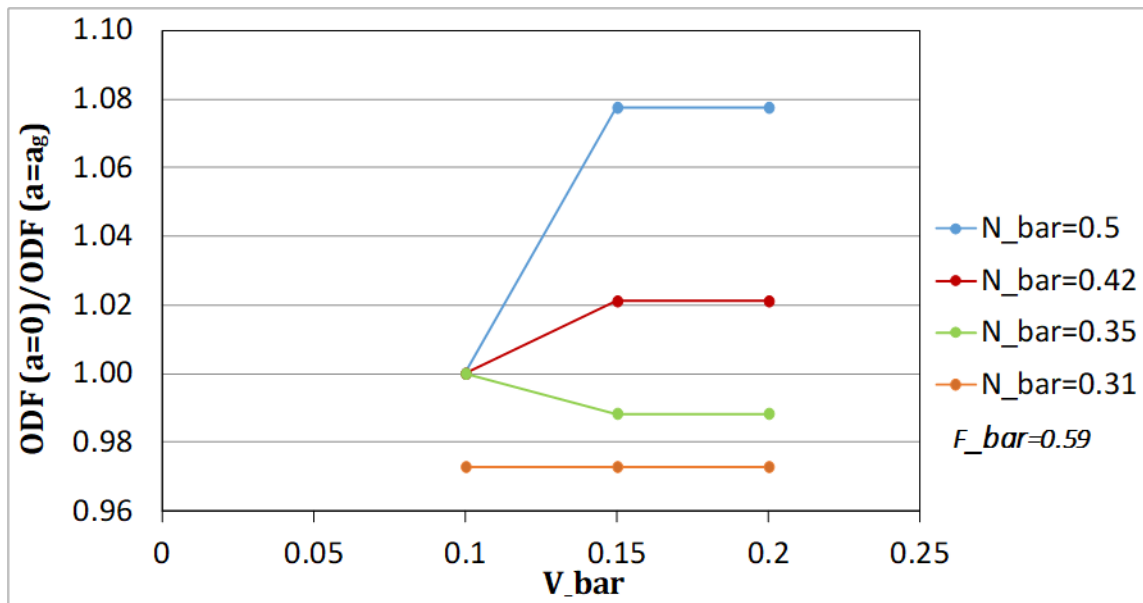
Σχήμα 4.21. Κοιτόστρωση σε άμμο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς τον αριθμό των ορόφων. Αποτελέσματα για γωνία τριβής $\varphi=35^0$ και για διαφορετικές τιμές πλάτους θεμελίωσης B.

4.2.3. Θεμέλιο σε άργιλο

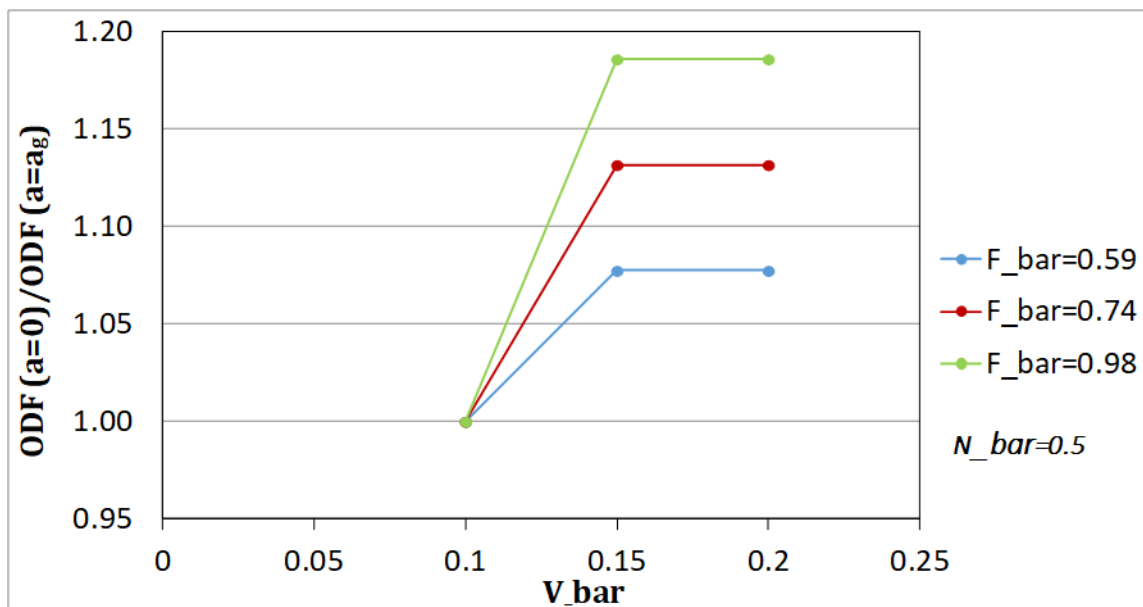
Στο Σχήμα 4.22 παρατηρείται ότι διατηρώντας σταθερή την αδιάστατη αδρανειακή δύναμη \bar{F} , η αύξηση της ανηγμένης αξονικής δύναμης \bar{N} με ταυτόχρονη αύξηση της ανηγμένης τέμνουσας \bar{V} οδηγεί σε μεγαλύτερο λόγο $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$, με τιμές που φτάνουν το 1.08. Στο Σχήμα 4.23 φαίνεται ότι κρατώντας σταθερή την ανηγμένη αξονική δύναμη \bar{N} και αυξάνοντας την \bar{F} (π.χ. μειώνοντας τη συνοχή του εδάφους), αυξάνεται ο βαθμός υπερσυντηρητισμού της θεώρησης επιτάχυνσης εδάφους ίση με τη μέγιστη (PGA).

4.2.4. Θεμέλιο σε άμμο

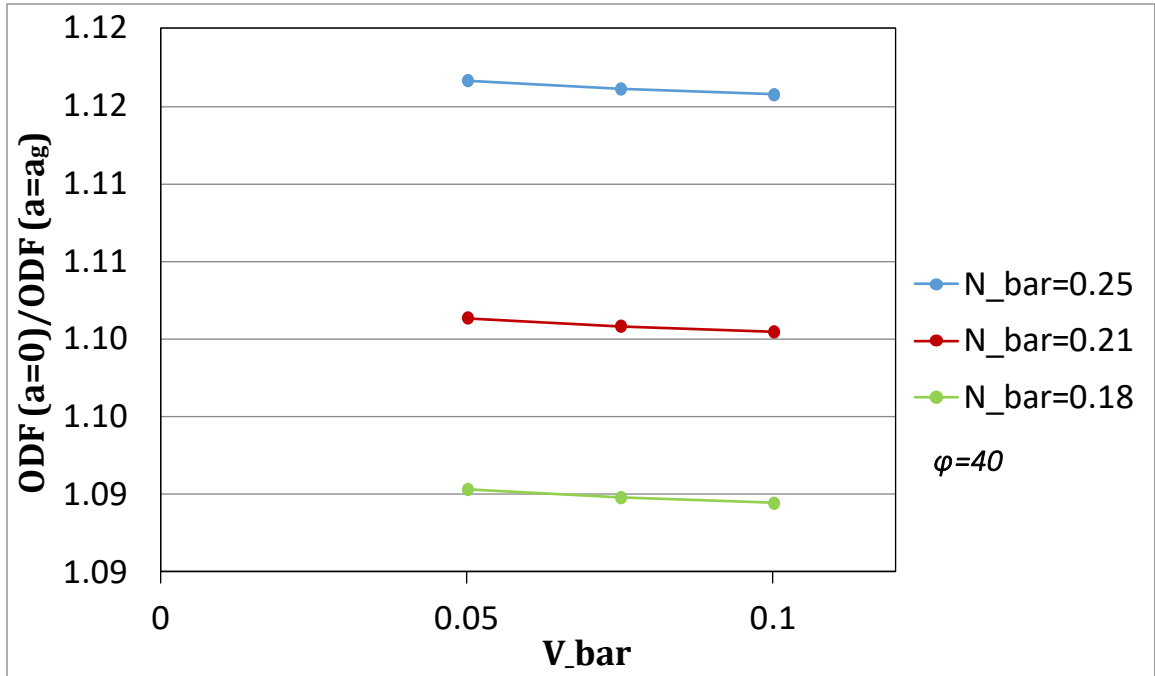
Στο Σχήμα 4.24 παρατηρείται ότι η αύξηση της ανηγμένης αξονικής δύναμης \bar{N} οδηγεί σε ελαφριά αύξηση του λόγου $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$, όπως και στην περίπτωση των συνεκτικών εδαφών. Παρά ταύτα, οι τιμές σε όλες τις περιπτώσεις βρίσκονται πολύ κοντά στο 1.10 με το φ της άμμου σταθερά ίσο με 40^0 . Από το Σχήμα 4.25 φαίνεται ότι η μείωση της γωνίας τριβής κρατώντας σταθερά τα \bar{N} και \bar{V} οδηγεί σε σημαντική αύξηση του λόγου $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$, με την τιμή να φτάνει το 1.25 για γωνία τριβής ίση με 30^0 (χαλαρή άμμος).



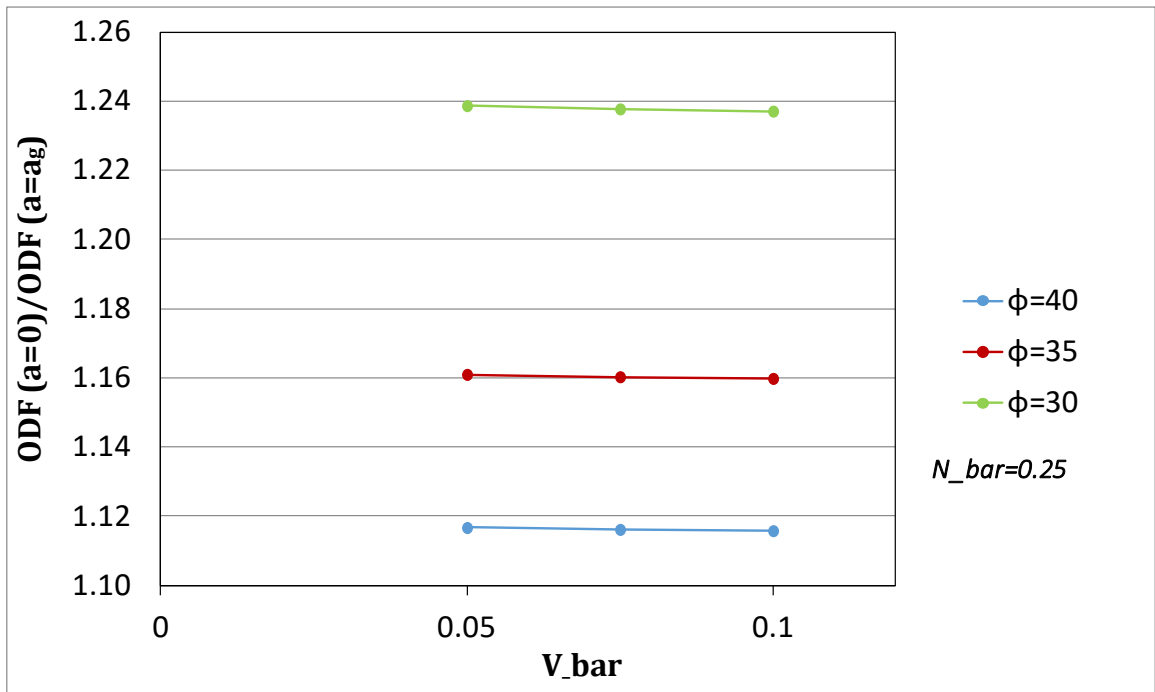
Σχήμα 4.22. Θεμέλιο σε άργιλο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς την ανηγμένη διατμητική δύναμη. Αποτελέσματα για $\bar{F}=0.59$, $\bar{M}=0.3\bar{V}$ και διαφορετικές τιμές ανηγμένης αξονικής δύναμης.



Σχήμα 4.23. Θεμέλιο σε άργιλο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς την ανηγμένη διατμητική δύναμη. Αποτελέσματα για $\bar{N}=0.5$, $\bar{M}=0.3\bar{V}$ και διαφορετικές τιμές αδιάστατης αδρανειακής δύναμης.



Σχήμα 4.24. Θεμέλιο σε άργιλο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς την ανηγμένη διατμητική δύναμη. Αποτελέσματα για γωνία τριβής $\phi=40^\circ$, $\bar{M}=0.3\bar{V}$ και διαφορετικές τιμές ανηγμένης αξονικής δύναμης.



Σχήμα 4.25. Θεμέλιο σε άργιλο. Διάγραμμα $ODF_{a=0}/ODF_{a=ag}$ ως προς την ανηγμένη διατμητική δύναμη. Αποτελέσματα για $\bar{N}=0.25$, $\bar{M}=0.3\bar{V}$ και διαφορετικές τιμές γωνίας τριβής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής εξετάστηκε το πόση είναι η τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης όταν συμβαίνει η μέγιστη τιμή της τέμνουσας βάσης που φορτίζει μια θεμελίωση, και κατ' επέκταση ο βαθμός υπερσυντηρητισμού της μεθόδου εκτίμησης φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων που προτείνεται στο Παράρτημα F του Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 5, η οποία υποθέτει ότι η τέμνουσα σχεδιασμού και η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση δρουν ταυτόχρονα. Για τους σκοπούς αυτούς, πραγματοποιήθηκε ένα μεγάλο πλήθος αναλύσεων απόκρισης μονοβάθμιων και πολυβάθμιων συστημάτων υπό σεισμική διέγερση χρησιμοποιώντας πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα.

Σε ότι αφορά τον ετεροχρονισμό μεταξύ της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και της μέγιστης τέμνουσας βάσης, τα συμπεράσματα της μελέτης μπορούν να συνοψισθούν ως εξής :

- i) Επιβεβαιώθηκε, ως αναμενόταν και από τη θεωρία αρμονικά διεγειρόμενου μονοβάθμιου ταλαντωτή, ότι η υπόθεση η μέγιστη τέμνουσα βάσης να συμβαίνει ταυτόχρονα με τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ισχύει μόνο για πολύ δύσκαμπτα συστήματα, δηλαδή για κατασκευές με ιδιοπερίοδο δέκα φορές μικρότερη από τη δεσπόζουσα περίοδο της διέγερσης. Η αύξηση της ιδιοπεριόδου οδηγεί σε μείωση της τιμής εδαφικής επιτάχυνσης a_s που ισχύει όταν συμβαίνει η μέγιστη (peak) τιμή της τέμνουσας βάσης. Όσο η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του συστήματος (μονοβάθμιου ή πολυβάθμιου) προσεγγίζει τη δεσπόζουσα περίοδο της σεισμικής διέγερσης, ο λόγος της a_s προς την μέγιστη επιτάχυνση PGA φθίνει σχεδόν γραμμικά και μηδενίζεται όταν οι δυο περίοδοι γίνουν πρακτικά ίσες (κατάσταση «συντονισμού»).
- ii) Αν η τιμή της ιδιοπεριόδου μιας κατασκευής ξεπερνά τη δεσπόζουσα περίοδο της σεισμικής διέγερσης, η επιτάχυνση εντός του εδάφους έχει γενικά αντίθετη φορά από τη μέγιστη τέμνουσα βάσης, γεγονός που αναμένεται να δρα ευεργετικά σε ότι αφορά την αντίσταση έναντι αστοχίας φέρουσας ικανότητας.
- iii) Το μέγεθος του σεισμού, η απόσταση από την προβολή του ρήγματος στην επιφάνεια του εδάφους, και ο λόγος απόσβεσης της κατασκευής δεν επηρεάζουν σημαντικά την εξέλιξη του λόγου R της εδαφικής επιτάχυνσης a_s προς την μέγιστη επιτάχυνση PGA αυξανόμενης

της ιδιοπεριόδου ενός συστήματος. Εξαίρεση φαίνεται να αποτελεί η ταχύτητα διάδοσης διατμητικών κυμάτων στα ανώτερα 30m του εδαφικού προφίλ, η οποία όσο αυξάνεται τείνει να μετατοπίσει προς τα πάνω τις τιμές του λόγου R σε όλο το εύρος των τιμών θεμελιώδους ιδιοπεριόδου.

- iv) Όσο περισσότεροι είναι οι βαθμοί ελευθερίας τόσο ο λόγος R που ισχύει για τιμές θεμελιώδους ιδιοπεριόδου μεγαλύτερες από τη δεσπόζουσα περίοδο λαμβάνει λιγότερο αρνητικές τιμές και προσεγγίζει το μηδέν.

Στη συνέχεια, για την εξέταση του βαθμού υπερσυντηρητισμού της μεθοδολογίας εκτίμησης φέρουσας ικανότητας του προτύπου EN 1998-5:2004 (Annex F), θεωρήθηκαν τόσο η μέγιστη όσο και μηδενική εδαφική επιτάχυνση εντός του μηχανισμού αστοχίας. Για μη συνεκτικό έδαφος, στις πλείστες των περιπτώσεων ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης (overdesign factor, ODF) της θεμελίωσης για επιτάχυνση εδάφους ίση με μηδέν ($ODF_{a=0}$) προκύπτει 5% με 20% μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ODF που υπολογίζεται με θεώρηση της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης ($ODF_{a=ag}$). Για συνεκτικό έδαφος, υπάρχουν περιπτώσεις που αυτή η διαφορά είναι ακόμη μεγαλύτερη.

Συνοψίζοντας, η εξίσωση εκτίμησης φέρουσας ικανότητας επιφανειακών θεμελιώσεων που προτείνεται στο Παράρτημα F του Ευρωκώδικα 8 – Μέρος 5 βασίζεται στη μη ρεαλιστική παραδοχή ταυτόχρονης δράσης τέμνουσας βάσης σχεδιασμού και εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού, οδηγώντας σε υπερδιαστασιολόγηση. Για εύκαμπτες κατασκευές με θεμελιώδη ιδιοπερίοδο μεγαλύτερη από την αναμενόμενη δεσπόζουσα περίοδο του σεισμού σχεδιασμού, οι αδρανειακές δυνάμεις εντός του μηχανισμού αστοχίας φέρουσας ικανότητας μπορούν να αγνοηθούν και ο έλεγχος φέρουσας ικανότητας μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τύπους που έχουν προκύψει για στατικές συνθήκες, που είναι και πιο δοκιμασμένοι στην πράξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής βιβλιογραφία

- Bathe, K.J. (1996). Finite element procedures. Prentice-Hall Inc.
- Brinch Hansen, J. (1970). A revised and extended formula for bearing capacity. Danish Geotechnical Institute Bulletin, 28, 5-11.
- Chopra, A.K. (2013). Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering, 4th edition. Pearson Education Limited
- Conti, R. (2018). Simplified formulas for the seismic bearing capacity of shallow strip foundations. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 104, 64–74.
- Cyprus National Annex to CYS EN 1998-5:2004 Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 5: Foundation, retaining structures and geotechnical aspects. Cyprus Organisation for Standardisation, Nicosia.
- European Standard (2004a). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee for Standardization, Brussels.
- European Standard (2004b). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 5: Foundations, retaining structures & geotechnical aspects. European Committee for Standardization, Brussels.
- Kramer, S. L. (1996). Geotechnical earthquake engineering. Prentice-Hall.
- Meyerhof, G. (1953). The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads. In Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich, Vol. 1, p. 440-445.
- Newmark, N. M. (1959), A method of computation for structural dynamics, Journal of the Engineering Mechanics Division, 85(EM3), 67–94
- Paolucci, R. and Pecker, A. (1997). Seismic bearing capacity of shallow strip foundations on dry soils. Soils and Foundations, 37(3), 95-105.
- Pecker, A. (1996). Seismic bearing capacity of shallow foundations. Paper No.2076 Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Elsevier Science Ltd
- PEER Ground Motion Database. Website: <https://ngawest2.berkeley.edu/>
- Rathje, E. M., Abrahamson, N. A., & Bray, J. D. (1998). Simplified frequency content estimates of earthquake ground motions. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 124(2), 150-159.

Terzaghi, K. 1943. Theoretical Soil Mechanics. Wiley Publishing, New York, USA.

Vesic, A. S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, 99(1), 45-73.

Ελληνική βιβλιογραφία

Καββαδάς, Μ. (2005). Οριακή φέρουσα ικανότητα επιφανειακών θεμελιώσεων λόγω σεισμικών δράσεων. Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ)

Κωμοδρόμος, Π. (2009). Ανάλυση Κατασκευών: Σύγχρονες μέθοδοι με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, 2^η Αναθεωρημένη Έκδοση. Εκδόσεις Παπασωτηρίου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΤΩΝ

A.1. Κώδικας για ανάλυση ΜΒΣ

Ακολουθεί το πρόγραμμα και οι υπορουτίνες στη MATLAB που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της απόκρισης μονοβάθμιων συστημάτων.

sdof response.m

```
%% This program uses Newmark's method for calculating the earthquake response  
of SDOF systems.
```

```
%% Written by Dr. Petros Komodromos
```

```
%% Customized by Zafeiris Loulourgas
```

```
%% Program starts here
```

```
% Set input folder (full path)  
input_folder='...';
```

```
% Read all *.txt files from input folder  
files=dir(fullfile(input_folder, '*.txt'));
```

```
% Get full path names for each text file  
file_paths=fullfile({files.folder},{files.name});
```

```
% Read data from files  
for i=1:numel(file_paths)
```

```
    % Read data from ith file  
    data=textread(file_paths{i}, '');
```

```
    % Extract ground acceleration sequence (ag) from ith file (check  
units!!!)
```

```
    % Extract time sequence (t) from ith file  
    g=9.81;  
    ag{i}=(data(:,2))*g;  
    t{i}=data(:,1);  
    n(i)=length(t{i});
```

```
    % Apply Fast Fourier Transform
```

```
    % N(i)=numel(ag{i});  
    Ts{i}=(t{i}(n(i))-t{i}(1))/(n(i)-1);           % Sample Time  
    Fs{i}=1/Ts{i};                                 % Sampling Frequency  
    df(i)=Fs{i}/n(i);  
    Y{i}=fft(ag{i})/n(i);  
    f{i}=(0:n(i)-1)*df(i);
```

```
    % Initialize parameters
```

```
    Ymax(i)=abs(Y{i}(1));  
    fYmax(i)=f{i}(1);
```

```
    % Peak Y
```

```
    % Frequency value when Peak Y occurs
```

```
    % Dominant period of record
```

```

for x=2:n(i)
if Ymax(i)<abs(Y{i}(x))
    Ymax(i)=abs(Y{i}(x));
    fYmax(i)=f{i}(x);
    Tp(i)=1/fYmax(i);
end
end

% SDOF input data
sdof_input

for l=1:length(Tx)
% Initialize parameters for Newmark
u0=0;
v0=0;
dt(i)=t{i}(2)-t{i}(1);
P{i}=-ag{i}*m;

% Apply Newmark to calculate SDOF relative acceleration
Newmark

% Define SDOF total acceleration (atot) for ith file
% Initialize parameters
atot{i,l}=a{i,l}'+ag{i};
dt(i)=t{1,i}(2)-t{1,i}(1);
pga(i)=abs(ag{i}(1));
tpga(i)=t{i}(1);

% PGA
% Time when PGA occurs
% Total acceleration value when PGA occurs
for j=2:n(i)
if pga(i)<abs(ag{i}(j))
    pga(i)=abs(ag{i}(j));
    tpga(i)=t{i}(j);
    atottpga{i,l}=atot{i,l}(j);
end
end

% Peak total acceleration
% Time when PTA occurs
% Ground acceleration value when PTA occurs
[~,X]=max(abs(atot{i,l}));
atotmax(i,l)=atot{i,l}(X);
a_g(i,l)=ag{i}(X);

S(i,l)=sign(a_g(i,l)*atotmax(i,l));
R(i,l)=abs(a_g(i,l))/pga(i)*S(i,l);

end
end

R=R';
clear u0;
clear v0;

```

sdof input.m

```
m=10000;
Tx=[0.01 0.05:0.05:20]';
Tn{i}=(Tx).*Tp(i);
z=0.1;
```

```
%for l=1:length(Tx)
wn{i}=(2*pi)./Tn{i};
k{i}=m.*(wn{i}.^2);
fn{i}=1./Tn{i};
c{i}=(2*z*m).*wn{i};
```

Newmark.m

```
%% Written by Dr. Petros Komodromos
```

```
alpha=0.25;
delta=0.5;
```

```
a0=1/(alpha*dt(i)^2);
a1=delta/(alpha*dt(i));
a2=1/(alpha*dt(i));
a3=1/(2*alpha)-1;
a4=delta/alpha-1;
a5=dt(i)/2*(delta/alpha-2);
a6=dt(i)*(1-delta);
a7=delta*dt(i);
```

```
keff{i}=k{i}+a0*m+a1*c{i};
```

```
u{i,l}(1)=u0;
v{i,l}(1)=v0;
a{i,l}(1)=(P{i}(1)-c{i}(1)*v{i,l}(1)-k{i}(1)*u{i,l}(1))/m;
up{i,l}=u{i,l}(1);
vp{i,l}=v{i,l}(1);
ap{i,l}=a{i,l}(1);
```

```
for x=1:n(i)-1
```

```
Peff{i}(1)=P{i}(x+1)+m*(a0*up{i,l}+a2*vp{i,l}+a3*ap{i,l})+c{i}(1)*(a1*up{i,l}
+a4*vp{i,l}+a5*ap{i,l});
```

```
u{i,l}(x+1)=Peff{i}(1)/keff{i}(1);
```

```
a{i,l}(x+1)=a0*(u{i,l}(x+1)-up{i,l})-a2*vp{i,l}-a3*ap{i,l};
```

```
v{i,l}(x+1)=vp{i,l}+a6*ap{i,l}+a7*a{i,l}(x+1);
```

```
up{i,l}=u{i,l}(x+1);
```

```
vp{i,l}=v{i,l}(x+1);
```

```
ap{i,l}=a{i,l}(x+1);
```

```
end
```

```
clear a0;
clear a1;
clear a2;
```

```
clear a3;  
clear a4;  
clear a5;  
clear a6;  
clear a7;  
clear u;  
clear up;  
clear v;  
clear vp;  
clear ap;
```

A.2. Κώδικας για ανάλυση ΠΒΣ

Παρατίθεται το πρόγραμμα και οι υπορουτίνες στη MATLAB που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της απόκρισης πολυβάθμιων συστημάτων. Ενδεικτικά, παρουσιάζονται όσα αφορούν σύστημα τεσσάρων βαθμών ελευθερίας.

four dof response.m

```
%% This program uses Newmark's method for calculating the earthquake response
of SDOF systems.

%% Written by Dr. Petros Komodromos

%% Customized by Zafeiris Loulourgas

%% Program starts here

T_target=[0.01 0.05:0.05:5]';

% Set input folder
input_folder='C:\Users\Zafeiris Loulourgas\Desktop\recfinal\6-7,20-100,0-
180';

% Read all *.txt files from input folder
files=dir(fullfile(input_folder, '*.txt'));

% Get full path names for each text file
file_paths=fullfile({files.folder},{files.name});
% Read data from files
for i=1:numel(file_paths)

    % Read data from ith file
    data=textread(file_paths{i}, '');

    % Extract ground acceleration sequence (ag) from ith file (check
units!!!)
    % Extract time sequence (t) from ith file
    g=9.81;
    ag{i}=(data(:,2))*g;
    t{i}=data(:,1);
    n(i)=length(t{i});

    % Apply Fast Fourier Transform
    Ts{i}=(t{i}(n(i))-t{i}(1))/(n(i)-1);           % Sample Time
    Fs{i}=1/Ts{i};                                 % Sampling Frequency
    df(i)=Fs{i}/n(i);
    Y{i}=fft(ag{i})/n(i);
    f{i}=(0:n(i)-1)*df(i);

    % Initialize parameters
    Ymax(i)=abs(Y{i}(1));
    fYmax(i)=f{i}(1);
```

```

% Peak Y
% Frequency value when Peak Y occurs
% Dominant period of record
for q=2:n(i)
if Ymax(i)<abs(Y{i}(q))
    Ymax(i)=abs(Y{i}(q));
    fYmax(i)=f{i}(q);
    Tdes(i)=1/fYmax(i);
end
end

k(1)=10e6;
k(2)=10e6;
k(3)=10e6;
k(4)=10e6;

N=length(k);

for j=1:length(T_target)

%Stiffness and Mass matrices
K=zeros(N,N);
M{j}=zeros(N,N);

for l=1:N
    TN{i}=(T_target).*Tdes(i);
    w{i}=(2*pi)./TN{i}.^2;
    B{j}(1,l)=w{i}(j);
    K(1,l)=k(l);
    if l>1
        K(1,l-1)=K(1,l-1)-k(l);
        K(l-1,l)=K(l-1,l)-k(l);
        K(l-1,l-1)=K(l-1,l-1)+k(l);
    end
end

% Eigenvalues and modes
[Modes{j},D{j}]=eig(K,B{j});

for l=1:N
    M{j}(1,l)=D{j}(1,l);
end

% Eigenvalues and modes (after defining mass)
[MD,D2]=eig(K,M{j});

for l=1:N
    wN(j,l)=sqrt(D2(1,l));
end

z1=0.05;
z4=0.05;

%Rayleigh Damping
x{j}=[1/wN(j,1) wN(j,1);1/wN(j,N) wN(j,N)];
y{j}=[2*z1;2*z4];

```



```

rcoeff{j}=inv(x{j})*y{j};
C{j}=rcoeff{j}(1)*M{j}+rcoeff{j}(2)*K;

% for j=1:Tt
%Initialize parameters
u0=zeros(N,j);
v0=zeros(N,j);
dt(i)=t{i}(2)-t{i}(1);
P{i,j}=- (M{j}*ones(N,1))*ag{i}';

%Apply Newmark
Newmark_mdof
for floor=1:N
if floor>1
dU{i,j}(floor,:)=U{i,j}(floor,:)-U{i,j}(floor-1,:);
dV{i,j}(floor,:)=V{i,j}(floor,:)-V{i,j}(floor-1,:);
else
dU{i,j}(floor,:)=U{i,j}(floor,:);
dV{i,j}(floor,:)=V{i,j}(floor,:);
end
end

%Base shear
Vbase{i,j}(1,:)=-(k(1)*dU{i,j}(1,:)+C{j}(1)*dV{i,j}(1,:));

[~,Z]=max(abs(Vbase{i,j}(1,:)));
Tpeak(i,j)=Vbase{i,j}(Z);
a_g(i,j)=ag{i}(Z);

% Define MDOF total acceleration (Atot) for ith file
% Initialize parameters
Atot{i,j}=A{i,j}(:,1)'+ag{i};
dt(i)=t{1,i}(2)-t{1,i}(1);
pga(i)=abs(ag{i}(1));
tpga(i)=t{i}(1);

% PGA
% Time when PGA occurs
% Total acceleration value when PGA occurs
for r=2:n(i)
if pga(i)<abs(ag{i}(r))
pga(i)=abs(ag{i}(r));
tpga(i)=t{i}(r);
Atottpga{i,j}=Atot{i,j}(r);
end
end

S(i,j)=sign(a_g(i,j)*Tpeak(i,j));
R(i,j)=abs(a_g(i,j))/pga(i)*S(i,j);

end
end

R=R';
clearvars -except R;

```

Newmark.m

%% Written by Dr. Petros Komodromos

```
alpha=0.25;  
delta=0.5;
```

```
a0=1/(alpha*dt(i)^2);  
a1=delta/(alpha*dt(i));  
a2=1/(alpha*dt(i));  
a3=1/(2*alpha)-1;  
a4=delta/alpha-1;  
a5=dt(i)/2*(delta/alpha-2);  
a6=dt(i)*(1-delta);  
a7=delta*dt(i);
```

```
U{i,j}(:,1)=u0(:,1);  
V{i,j}(:,1)=v0(:,1);  
A{i,j}(:,1)=inv(M{j})*(P{i,j}(:,1)-C{j}*V{i,j}(:,1)-K*U{i,j}(:,1));
```

```
Keff{j}=K+a0*M{j}+a1*C{j};
```

```
for x1=1:n(i)-1
```

```
Peff{i,j}=P{i,j}(:,x1+1)+M{j}*(a0*U{i,j}(:,x1)+a2*V{i,j}(:,x1)+a3*A{i,j}(:,x1)  
) +C{j}*(a1*U{i,j}(:,x1)+a4*V{i,j}(:,x1)+a5*A{i,j}(:,x1));
```

```
    U{i,j}(:,x1+1)=inv(Keff{j})*Peff{i,j};
```

```
    A{i,j}(:,x1+1)=a0*(U{i,j}(:,x1+1)-U{i,j}(:,x1))-a2*V{i,j}(:,x1)-  
a3*A{i,j}(:,x1);
```

```
    V{i,j}(:,x1+1)=V{i,j}(:,x1)+a6*A{i,j}(:,x1)+a7*A{i,j}(:,x1+1);
```

```
end
```

```
clear a0;  
clear a1;  
clear a2;  
clear a3;  
clear a4;  
clear a5;  
clear a6;  
clear a7;
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ PEER

Πίνακας Β.1

M=5.0-6.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
96	0.443	"Managua_ Nicaragua-02"	1972	"Managua_ ESSO"	5.2	strike slip	4.33	288.77	RSN96_MANAGUA_B-ESO090.AT2
97	0.799	"Point Mugu"	1973	"Port Hueneme"	5.65	Reverse	15.48	248.98	RSN97_PTMUGU_PHN270.AT2
149	0.680	"Coyote Lake"	1979	"Gilroy Array #4"	5.74	strike slip	4.79	221.78	RSN149_COYOTELK_G04270.AT2
199	0.375	"Imperial Valley-07"	1979	"El Centro Array #11"	5.01	strike slip	13.61	196.25	RSN199_IMPVAL.A_A-E11230.AT2
206	0.283	"Imperial Valley-07"	1979	"El Centro Array #8"	5.01	strike slip	8.18	206.08	RSN206_IMPVAL.A_A-E08140.AT2
314	0.145	"Westmorland"	1981	"Brawley Airport"	5.9	strike slip	15.28	208.71	RSN314_WESMORL_BRA315.AT2
316	0.662	"Westmorland"	1981	"Parachute Test Site"	5.9	strike slip	16.54	348.69	RSN316_WESMORL_PTS225.AT2
383	0.299	"Coalinga-02"	1983	"Pleasant Valley P.P. - yard"	5.09	Reverse	6.51	257.38	RSN383_COALINGA_A-PVY135.AT2
406	0.561	"Coalinga-05"	1983	"Coalinga-14th & Elm (Old CHP)"	5.77	Reverse	7.02	286.41	RSN406_COALINGA_D-CHP000.AT2
445	0.264	"New Zealand-01"	1984	"Turangi Telephone Exchange"	5.5	Normal	3.76	356.39	RSN445_NEWZEAL_D-TUR329.AT2
502	1.212	"Mt. Lewis"	1986	"Halls Valley"	5.6	strike slip	12.37	281.61	RSN502_MTLEWIS_HVR000.AT2
595	0.612	"Whittier Narrows-01"	1987	"Bell Gardens - Jaboneria"	5.99	Reverse Oblique	10.31	267.13	RSN595_WHITTIER.A_A-JAB297.AT2
614	0.540	"Whittier Narrows-01"	1987	"Downey - Birchdale"	5.99	Reverse Oblique	14.9	245.06	RSN614_WHITTIER.A_A-BIR090.AT2
622	0.261	"Whittier Narrows-01"	1987	"Hacienda Heights - Colima"	5.99	Reverse Oblique	9.6	337	RSN622_WHITTIER.A_A-COM230.AT2
635	0.526	"Whittier Narrows-01"	1987	"LA - Hollywood Stor FF"	5.99	Reverse Oblique	19.22	316.46	RSN635_WHITTIER.A_A-PEL000.AT2
676	0.710	"Whittier Narrows-01"	1987	"Pasadena - CIT Bridge Lab"	5.99	Reverse Oblique	4.3	341.14	RSN676_WHITTIER.A_A-BRI360.AT2
681	0.154	"Whittier Narrows-01"	1987	"Pasadena - CIT Lura St"	5.99	Reverse Oblique	4.3	341.14	RSN681_WHITTIER.A_A-LUR090.AT2
701	0.290	"Whittier Narrows-01"	1987	"Terminal Island - S Seaside"	5.99	Reverse Oblique	37.67	260.6	RSN701_WHITTIER.A_A-SSE342.AT2
1681	0.870	"Northridge-04"	1994	"Moorpark - Fire Sta"	5.93	Reverse Oblique	13.61	341.58	RSN1681_NORTH142_MRP090.AT2
1693	0.225	"Northridge-06"	1994	"Arleta - Nordhoff Fire Sta"	5.28	Reverse	1.32	297.71	RSN1693_NORTH392_ARL360.AT2
M=5.0-6.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
45	0.162	"Lytle Creek"	1970	"Devil's Canyon"	5.33	Reverse Oblique	18.39	667.13	RSN45_LYTLECR_DCF090.AT2
136	0.600	"Santa Barbara"	1978	"Santa Barbara Courthouse"	5.92	Reverse Oblique	0	514.99	RSN136_SBARB_SBA222.AT2
214	0.954	"Livermore-01"	1980	"San Ramon - Eastman Kodak"	5.8	strike slip	15.19	377.51	RSN214_LIVERMOR_A-KOD180.AT2
226	0.153	"Anza (Horse Canyon)-01"	1980	"Anza - Terwilliger Valley"	5.19	strike slip	5.85	617.78	RSN226_ANZA_TVY135.AT2
234	0.508	"Mammoth Lakes-02"	1980	"Long Valley Dam (Upr L Abut)"	5.69	strike slip	14.28	537.16	RSN234_MAMMOTH.J_J-LUL000.AT2
240	0.149	"Mammoth Lakes-04"	1980	"Convict Creek"	5.7	strike slip	1.37	382.12	RSN240_MAMMOTH.AH_B-CVK180.AT2
245	0.380	"Mammoth Lakes-05"	1980	"Long Valley Dam (Upr L Abut)"	5.7	strike slip	14.91	537.16	RSN245_MAMMOTH.K_K-LUL000.AT2
318	0.423	"Westmorland"	1981	"Superstition Mtn Camera"	5.9	strike slip	19.26	362.38	RSN318_WESMORL_SUP135.AT2
377	0.354	"Coalinga-02"	1983	"LLN (temp)"	5.09	Reverse	3.55	486.67	RSN377_COALINGA_A-LLN000.AT2

384	0.267	"Coalinga-02"	1983	"SGT (temp)"	5.09	Reverse	4.57	481.07	RSN384_COALINGA_A-SGT350.AT2
395	0.226	"Coalinga-04"	1983	"Anticline Ridge Pad"	5.18	Reverse	5.56	478.63	RSN395_COALINGA_C-ATP270.AT2
403	0.250	"Coalinga-04"	1983	"Sulphur Baths (temp)"	5.18	Reverse	12.53	617.43	RSN403_COALINGA_C-CSU090.AT2
414	0.192	"Coalinga-05"	1983	"Sulphur Baths (temp)"	5.77	Reverse	9.75	617.43	RSN414_COALINGA_D-CSU000.AT2
442	0.665	"Borah Peak_ID-02"	1983	"BOR"	5.1	Normal	16.31	468.44	RSN442_BORAH.AS_BOR000.AT2
442	0.516	"Borah Peak_ID-02"	1983	"BOR"	5.1	Normal	16.31	468.44	RSN442_BORAH.AS_BOR090.AT2
477	0.592	"Lazio-Abruzzo_Italy"	1984	"Atina"	5.8	Normal	12.8	585.04	RSN477_ABRUZZO_ATI-NS.AT2
545	0.974	"Chalfant Valley-01"	1986	"Bishop - Paradise Lodge"	5.77	strike slip	14.99	585.12	RSN545_CHALFANT.B_B-BPL160.AT2
569	0.845	"San Salvador"	1986	"National Geographical Inst"	5.8	strike slip	3.71	455.93	RSN569_SANSALV_NG1180.AT2
590	0.095	"Whittier Narrows-01"	1987	"Altadena - Eaton Canyon"	5.99	Reverse Oblique	8.72	375.16	RSN590_WHITTIER.A_A-ALT090.AT2
632	0.498	"Whittier Narrows-01"	1987	"LA - Cypress Ave"	5.99	Reverse Oblique	8.56	366.71	RSN632_WHITTIER.A_A-CYP053.AT2

M=5.0-6.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
23	0.260	"San Francisco"	1957	"Golden Gate Park"	5.28	Reverse	9.74	874.72	RSN23_SANFRAN_GGP010.AT2
43	0.121	"Lytle Creek"	1970	"Cedar Springs_ Allen Ranch"	5.33	Reverse Oblique	17.4	813.48	RSN43_LYTLCCR_CSM185.AT2
98	0.110	"Hollister-03"	1974	"Gilroy Array #1"	5.14	strike slip	9.99	1428.14	RSN98_HOLLISTR_A-G01157.AT2
146	0.200	"Coyote Lake"	1979	"Gilroy Array #1"	5.74	strike slip	10.21	1428.14	RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
680	0.702	"Whittier Narrows-01"	1987	"Pasadena - CIT Kresge Lab"	5.99	Reverse Oblique	6.78	969.07	RSN680_WHITTIER.A_A-KRE090.AT2
1709	0.495	"Northridge-06"	1994	"LA - Griffith Park Observatory"	5.28	Reverse	18.53	1015.88	RSN1709_NORTH392_GPO270.AT2
1715	0.250	"Northridge-06"	1994	"LA - Wonderland Ave"	5.28	Reverse	13.15	1222.52	RSN1715_NORTH392_WON095.AT2
4312	0.243	"Umbria-03_Italy"	1984	"Gubbio"	5.6	Normal	14.67	922	RSN4312_UMBRIA.P_I-GBB090.AT2
9291	0.505	"14095628"	2004	"Cattani Ranch"	5.03	strike slip	19.91	895	RSN9291_14095628_CITEHHLE.AT2

M=5.0-6.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}<180 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
608	0.781	"Whittier Narrows-01"	1987	"Carson - Water St"	5.99	Reverse Oblique	26.3	160.58	RSN608_WHITTIER.A_A-WAT270.AT2
1843	0.495	"Yountville"	2000	"APEEL 2 - Redwood City"	5	strike slip	94.18	133.11	RSN1843_YOUNTVL_A02090.AT2
1852	0.607	"Yountville"	2000	"Larkspur Ferry Terminal (FF)"	5	strike slip	47.65	169.72	RSN1852_YOUNTVL_LKS360.AT2
2175	0.215	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY047"	5.9	Reverse	67.81	169.52	RSN2175_CHICHI.02_CHY047N.AT2
2178	0.487	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY054"	5.9	Reverse	92.14	172.1	RSN2178_CHICHI.02_CHY054E.AT2
2192	0.247	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY076"	5.9	Reverse	79.64	169.84	RSN2192_CHICHI.02_CHY076N.AT2
2209	0.374	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY107"	5.9	Reverse	94.3	175.68	RSN2209_CHICHI.02_CHY107W.AT2
2284	0.976	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA044"	5.9	Reverse	98.04	158.13	RSN2284_CHICHI.02_ILA044N.AT2
3697	0.731	"Whittier Narrows-02"	1987	"Carson - Water St"	5.27	Reverse Oblique	26.14	160.58	RSN3697_WHITTIER.B_B-WAT180.AT2
3828	1.224	"Yountville"	2000	"Treasure Island"	5	strike slip	60.29	155.11	RSN3828_YOUNTVL_TIGA360.AT2

M=5.0-6.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
10	0.444	"Imperial Valley-03"	1951	"El Centro Array #9"	5.6	strike slip	24.58	213.44	RSN10_IMPVAL.BG_C-ELC000.AT2
19	0.651	"Central Calif-01"	1954	"Hollister City Hall"	5.3	strike slip	25.11	198.77	RSN19_CTRCALIF_A-HCH271.AT2
46	0.262	"Lytle Creek"	1970	"LA - Hollywood Stor FF"	5.33	Reverse Oblique	73.46	316.46	RSN46_LYTLCCR_PEL090.AT2

151	0.429	"Coyote Lake"	1979	"Halls Valley"	5.74	strike slip	33.69	281.61	RSN151_COYOTELK_HVR240.AT2
196	0.355	"Imperial Valley-07"	1979	"Delta"	5.01	strike slip	49.4	242.05	RSN196_IMPVALLA_A-DLT262.AT2
218	0.305	"Livermore-02"	1980	"Antioch - 510 G St"	5.42	strike slip	29.31	304.68	RSN218_LIVERMOR_B-ANT360.AT2
228	0.411	"Anza (Horse Canyon)-01"	1980	"Borrego Air Ranch"	5.19	strike slip	39.21	336.07	RSN228_ANZA_BAR225.AT2
309	0.248	"Taiwan SMART1(5)"	1981	"SMART1 M01"	5.9	Reverse	26.31	268.37	RSN309_SMART1.05_05M01NS.AT2
421	0.363	"Trinidad offshore"	1983	"Rio Dell Overpass_ E Ground"	5.7	strike slip	68.02	311.75	RSN421_TRINIDAD_RDE000.AT2
478	0.597	"Lazio-Abruzzo_ Italy"	1984	"Garigliano-Centrale Nucleare"	5.8	Normal	49.33	266.41	RSN478_ABRUZZO_GCN-NS.AT2
486	0.432	"Taiwan SMART1(33)"	1985	"SMART1 C00"	5.8	Normal	41.53	309.41	RSN486_SMART1.33_33C00EW.AT2
492	0.167	"Taiwan SMART1(33)"	1985	"SMART1 O07"	5.8	Normal	41.24	314.33	RSN492_SMART1.33_33O07NS.AT2
544	1.109	"Chalfant Valley-01"	1986	"Bishop - LADWP South St"	5.77	strike slip	23.38	303.47	RSN544_CHALFANT.B_B-LAD180.AT2
562	0.518	"Chalfant Valley-04"	1986	"Bishop - LADWP South St"	5.44	strike slip	23.99	303.47	RSN562_CHALFANT.B_D-LAD270.AT2
607	0.765	"Whittier Narrows-01"	1987	"Carson - Catskill Ave"	5.99	Reverse Oblique	29.85	305.14	RSN607_WHITTIER.A_A-CAT090.AT2
624	0.258	"Whittier Narrows-01"	1987	"Huntington Beach - Lake St"	5.99	Reverse Oblique	42.16	315.52	RSN624_WHITTIER.A_A-HNT360.AT2
670	0.192	"Whittier Narrows-01"	1987	"Pacific Palisades - Sunset"	5.99	Reverse Oblique	38.7	191.06	RSN670_WHITTIER.A_A-SUN190.AT2
689	0.354	"Whittier Narrows-01"	1987	"Rosamond - Goode Ranch"	5.99	Reverse Oblique	81.74	275.12	RSN689_WHITTIER.A_A-ROS090.AT2
717	0.349	"Whittier Narrows-02"	1987	"Tarzana - Cedar Hill"	5.27	Reverse Oblique	39.95	257.21	RSN717_WHITTIER.B_B-TAR000.AT2
1684	0.690	"Northridge-05"	1994	"Elizabeth Lake"	5.13	Reverse Oblique	41.59	326.19	RSN1684_NORTH151_ELL180.AT2

M=5.0-6.0, R_B=20-100 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _B (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
48	0.339	"Lytle Creek"	1970	"Puddingstone Dam (Abutment)"	5.33	Reverse Oblique	29.49	421.44	RSN48_LYTLCCR_PUD055.AT2
105	0.210	"Northern Calif-07"	1975	"Shelter Cove_ Sta B"	5.2	strike slip	59.7	518.98	RSN105_NCALIF.AG_D-SCP160.AT2
135	0.300	"Santa Barbara"	1978	"Cachuma Dam Toe"	5.92	Reverse Oblique	23.75	465.51	RSN135_SBARB_CAD250.AT2
152	0.419	"Coyote Lake"	1979	"SJB Overpass_ Bent 3 g.l."	5.74	strike slip	20.44	367.43	RSN152_COYOTELK_SJ3337.AT2
246	0.788	"Mammoth Lakes-06"	1980	"Benton"	5.94	strike slip	41.75	370.94	RSN246_MAMMOTH.L_L-BEN270.AT2
370	0.507	"Coalinga-02"	1983	"ALP (temp)"	5.09	Reverse	24.23	467.03	RSN370_COALINGA_A-ALP355.AT2
444	0.058	"Borah Peak_ ID-02"	1983	"HAU"	5.1	Normal	48.43	612.78	RSN444_BORAH.AS_HAU000.AT2
479	0.182	"Lazio-Abruzzo_ Italy"	1984	"Isernia-Sant'Agapito"	5.8	Normal	29.71	460.31	RSN479_ABRUZZO_ISE-NS.AT2
494	0.346	"Drama_ Greece"	1985	"Kavala"	5.2	Normal Oblique	43.38	535.24	RSN494_GREECE_G-KAV-WE.AT2
543	0.487	"Chalfant Valley-01"	1986	"Benton"	5.77	strike slip	24.25	370.94	RSN543_CHALFANT.B_B-BEN270.AT2
598	0.196	"Whittier Narrows-01"	1987	"Big Tujunga_ Angeles Nat F"	5.99	Reverse Oblique	22.5	550.11	RSN598_WHITTIER.A_A-TUJ352.AT2
617	0.305	"Whittier Narrows-01"	1987	"Featherly Park - Maint"	5.99	Reverse Oblique	35.04	367.54	RSN617_WHITTIER.A_A-FEA000.AT2
631	0.330	"Whittier Narrows-01"	1987	"LA - Chalon Rd"	5.99	Reverse Oblique	32.11	740.05	RSN631_WHITTIER.A_A-CHL120.AT2
659	0.764	"Whittier Narrows-01"	1987	"Malibu - W Pacific Cst Hwy"	5.99	Reverse Oblique	60.35	436.53	RSN659_WHITTIER.A_A-WPA060.AT2
822	0.441	"Roermond_ Netherlands"	1992	"GSH"	5.3	Normal	55.48	445.66	RSN822_ROERMOND_GSH-EW.AT2
1133	0.209	"Kozani_ Greece-04"	1995	"Grevena"	5.1	Normal Oblique	83.8	520.19	RSN1133_KOZANI_C-GR1--L.AT2
1729	0.247	"Northridge-06"	1994	"San Marino - SW Academy"	5.28	Reverse	32.06	379.43	RSN1729_NORTH392_SMA360.AT2
1847	0.561	"Yountville"	2000	"Danville Fire Station"	5	strike slip	71.63	365.26	RSN1847_YOUNTVL_0722A090.AT2
1911	0.323	"Mohawk Val_ Portola"	2001	"Carson City - Nevada Com College"	5.17	strike slip	97.58	436.79	RSN1911_MOHAWK_1409C090.AT2
2159	0.265	"Chi-Chi_ Taiwan-02"	1999	"CHY024"	5.9	Reverse	38.33	427.73	RSN2159_CHICHI.02_CHY024E.AT2

M=5.0-6.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
643	0.143	"Whittier Narrows-01"	1987	"LA - Wonderland Ave"	5.99	Reverse Oblique	23.4	1222.52	RSN643_WHITTIER.A_A-WON075.AT2
703	0.230	"Whittier Narrows-01"	1987	"Vasquez Rocks Park"	5.99	Reverse Oblique	47.25	996.43	RSN703_WHITTIER.A_A-VAS090.AT2
1649	0.274	"Sierra Madre"	1991	"Vasquez Rocks Park"	5.61	Reverse	37.63	996.43	RSN1649_SMADRE_VAS000.AT2
2207	0.301	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY102"	5.9	Reverse	78.6	804.36	RSN2207_CHICHI.02_CHY102N.AT2
2296	0.220	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA063"	5.9	Reverse	80.14	996.51	RSN2296_CHICHI.02_ILA063N.AT2
2396	0.344	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TCU085"	5.9	Reverse	78.11	999.66	RSN2396_CHICHI.02_TCU085N.AT2
2447	0.302	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TTN042"	5.9	Reverse	97.46	845.34	RSN2447_CHICHI.02_TTN042W.AT2
3718	0.092	"Whittier Narrows-02"	1987	"LA - Wonderland Ave"	5.27	Reverse Oblique	25.04	1222.52	RSN3718_WHITTIER.B_B-WON075.AT2
4438	0.188	"Molise-02_Italy"	2002	"Sannicandro"	5.7	strike slip	49.6	865	RSN4438_MOLISE.P_B-SCO000.AT2
4438	0.200	"Molise-02_Italy"	2002	"Sannicandro"	5.7	strike slip	49.6	865	RSN4438_MOLISE.P_B-SC0270.AT2
8775	0.092	"14383980"	2008	"Chilao Flat Rngr Sta"	5.39	Reverse Oblique	46.9	927	RSN8775_14383980_CICFHNE.AT2
8845	0.334	"14383980"	2008	"Saddle Butte State Park"	5.39	Reverse Oblique	80.94	1131	RSN8845_14383980_CSBB2HNN.AT2
8877	0.391	"14383980"	2008	"Wonderland Avenue School"	5.39	Reverse Oblique	57.15	1043	RSN8877_14383980_CIWNSHLE.AT2
8931	0.238	"14383980"	2008	"Idyllwild - Keenwild Fire Sta."	5.39	Reverse Oblique	97.46	845.41	RSN8931_14383980_N5232270.AT2
9014	0.034	"14151344"	2005	"El Monte County Park"	5.2	strike slip	74.08	805	RSN9014_14151344_CIEMLHHE.AT2
9050	0.165	"14151344"	2005	"Marine Combat Center 29palms"	5.2	strike slip	91.03	1188	RSN9050_14151344_CIMCTHHN.AT2
9187	0.332	"14095628"	2004	"Edwards Air Force Base 2"	5.03	strike slip	78.99	1242	RSN9187_14095628_CEDW2HLE.AT2
18007	0.565	"14517500"	2009	"China Lake"	5	strike slip	65.8	1464	RSN18007_14517500_CICLCHHN.AT2
18072	0.224	"14519780"	2009	"China Lake"	5.19	strike slip	68.27	1464	RSN18072_14519780_CICLCHNE.AT2
18146	0.155	"14519780"	2009	"Springville 2"	5.19	strike slip	83.55	924	RSN18146_14519780_CSPG2HNN.AT2
M=5.0-6.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}<180 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
2193	0.415	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY078"	5.9	Reverse	119.96	160.67	RSN2193_CHICHI.02_CHY078N.AT2
2193	0.293	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY078"	5.9	Reverse	119.96	160.67	RSN2193_CHICHI.02_CHY078E.AT2
2266	0.955	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA004"	5.9	Reverse	107.49	124.27	RSN2266_CHICHI.02_ILA004N.AT2
2266	1.333	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA004"	5.9	Reverse	107.49	124.27	RSN2266_CHICHI.02_ILA004W.AT2
2309	0.947	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP005"	5.9	Reverse	128.36	179.84	RSN2309_CHICHI.02_TAP005E.AT2
2309	1.315	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP005"	5.9	Reverse	128.36	179.84	RSN2309_CHICHI.02_TAP005N.AT2
2317	1.029	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP021"	5.9	Reverse	122.52	167.18	RSN2317_CHICHI.02_TAP021N.AT2
2317	1.458	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP021"	5.9	Reverse	122.52	167.18	RSN2317_CHICHI.02_TAP021E.AT2
M=5.0-6.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
623	0.200	"Whittier Narrows-01"	1987	"Hemet Fire Station"	5.99	Reverse Oblique	102.88	328.09	RSN623_WHITTIER.A_A-H05270.AT2
1916	0.301	"Mohawk Val_Portola"	2001	"Silver Springs Fire Station"	5.17	strike slip	125.65	306.37	RSN1916_MOHAWK_1996B360.AT2
2156	0.740	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY017"	5.9	Reverse	102.54	190.57	RSN2156_CHICHI.02_CHY017N.AT2

2213	0.401	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY115"	5.9	Reverse	121.41	259.43	RSN2213_CHICHI.02_CHY115W.AT2
2279	1.074	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA030"	5.9	Reverse	104.25	200.98	RSN2279_CHICHI.02_ILA030E.AT2
2279	0.575	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA030"	5.9	Reverse	104.25	200.98	RSN2279_CHICHI.02_ILA030N.AT2
2291	0.636	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"ILA055"	5.9	Reverse	108.56	266.77	RSN2291_CHICHI.02_ILA055N.AT2
2314	1.531	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP014"	5.9	Reverse	124.6	188.98	RSN2314_CHICHI.02_TAP014E.AT2
2343	0.683	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP090"	5.9	Reverse	126.63	324.38	RSN2343_CHICHI.02_TAP090N.AT2
2343	0.651	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP090"	5.9	Reverse	126.63	324.38	RSN2343_CHICHI.02_TAP090E.AT2
2394	1.186	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TCU083"	5.9	Reverse	105.62	354.63	RSN2394_CHICHI.02_TCU083E.AT2
3829	0.755	"Yountville"	2000	"Half Moon Bay - Hwy 101/Tunitas GeoArray"	5	strike slip	111.98	353.43	RSN3829_YOUNTVL_HMB360.AT2
3842	0.324	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY016"	5.9	Reverse	110.38	200.86	RSN3842_CHICHI.02_CHY016N.AT2
4539	0.958	"L'Aquila (aftershock 1)_Italy"	2009	"San Sepolcro"	5.6	Normal Oblique	175.24	322	RSN4539_L-AQUILA.A_CA057YLN.AT2
4570	1.193	"L'Aquila (aftershock 2)_Italy"	2009	"Bojano"	5.4	Normal	142.79	306	RSN4570_L-AQUILA.B_EI163XTE.AT2
4570	1.193	"L'Aquila (aftershock 2)_Italy"	2009	"Bojano"	5.4	Normal	142.79	306	RSN4570_L-AQUILA.B_EI163YLN.AT2
6061	1.058	"Mohawk Val_Portola"	2001	"Carson City - Fire Station #1 "	5.17	strike slip	101.15	306.37	RSN6061_MOHAWK_CF01090.AT2
8710	0.935	"40204628"	2007	"Mammoth Lakes"	5.45	strike slip	246.66	317	RSN8710_40204628_NMMLBHNE.AT2
8855	1.527	"14383980"	2008	"Shoshone"	5.39	Reverse Oblique	255.39	356	RSN8855_14383980_CISHOHHN.AT2
8973	0.621	"14151344"	2005	"LA - Obregon Park"	5.2	strike slip	156.95	349.43	RSN8973_14151344_24400HLE.AT2

M=5.0-6.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
41	0.334	"Lytle Creek"	1970	"Castaic - Old Ridge Route"	5.33	Reverse Oblique	103.23	450.28	RSN41_LYTLCCR_ORR021.AT2
484	0.242	"Pelekanada_Greece"	1984	"Pelekanada"	5	Normal	154.56	527.96	RSN484_GREECE_E-PLK-NS.AT2
484	0.298	"Pelekanada_Greece"	1984	"Pelekanada"	5	Normal	154.56	527.96	RSN484_GREECE_E-PLK-WE.AT2
824	0.329	"Roermond_Netherlands"	1992	"WBS"	5.3	Normal	100.81	525.95	RSN824_ROERMOND_WBS-NS.AT2
824	0.631	"Roermond_Netherlands"	1992	"WBS"	5.3	Normal	100.81	525.95	RSN824_ROERMOND_WBS-EW.AT2
2158	0.238	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY022"	5.9	Reverse	105.72	564.07	RSN2158_CHICHI.02_CHY022N.AT2
2191	0.117	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"CHY075"	5.9	Reverse	146.96	465.86	RSN2191_CHICHI.02_CHY075E.AT2
2326	1.333	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP042"	5.9	Reverse	128.43	375.85	RSN2326_CHICHI.02_TAP042N.AT2
2344	1.255	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TAP094"	5.9	Reverse	130.78	416.34	RSN2344_CHICHI.02_TAP094E.AT2
2355	1.058	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TCU014"	5.9	Reverse	116.05	496.47	RSN2355_CHICHI.02_TCU014N.AT2
2433	0.797	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TTN004"	5.9	Reverse	104.56	463.59	RSN2433_CHICHI.02_TTN004W.AT2
2450	0.408	"Chi-Chi_Taiwan-02"	1999	"TTN046"	5.9	Reverse	100.13	528.12	RSN2450_CHICHI.02_TTN046N.AT2
4424	0.272	"Molise-01_Italy"	2002	"Lab.Gran Sasso"	5.7	strike slip	129.93	547	RSN4424_MOLISE.P_A-ASE000.AT2
4424	0.251	"Molise-01_Italy"	2002	"Lab.Gran Sasso"	5.7	strike slip	129.93	547	RSN4424_MOLISE.P_A-ASE270.AT2
4541	0.483	"L'Aquila (aftershock 1)_Italy"	2009	"Petrella Tifernina"	5.6	Normal Oblique	116.82	496.46	RSN4541_L-AQUILA.A_AL106XTE.AT2
4541	0.584	"L'Aquila (aftershock 1)_Italy"	2009	"Petrella Tifernina"	5.6	Normal Oblique	116.82	496.46	RSN4541_L-AQUILA.A_AL106YLN.AT2
4576	0.534	"L'Aquila (aftershock 2)_Italy"	2009	"Cassino"	5.4	Normal	115.65	630	RSN4576_L-AQUILA.B_BS031XTE.AT2

4576	0.298	"L'Aquila (aftershock 2)_ Italy"	2009	"Cassino"	5.4	Normal	115.65	630	RSN4576_L-AQUILA.B_BS031YLN.AT2
8309	0.306	"CA/Baja Border Area"	2002	"Dos Picos County Park"	5.31	strike slip	167.88	611	RSN8309_CABAJA_CIDPPHNN.AT2
8309	0.029	"CA/Baja Border Area"	2002	"Dos Picos County Park"	5.31	strike slip	167.88	611	RSN8309_CABAJA_CIDPPHHE.AT2

M=5.0-6.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
8743	2.299	"40204628"	2007	"San Luis Hill Digital"	5.45	strike slip	265.1	818	RSN8743_40204628_PGSHDHNE.AT2
8792	0.391	"14383980"	2008	"El Monte County Park"	5.39	Reverse Oblique	142.06	805	RSN8792_14383980_CIEMLHNN.AT2
8812	1.149	"14383980"	2008	"Marine Combat Center 29palms"	5.39	Reverse Oblique	159.21	1188	RSN8812_14383980_CIMCTHNE.AT2
8853	0.256	"14383980"	2008	"San Diego Road Dept"	5.39	Reverse Oblique	151.84	827	RSN8853_14383980_CISDRHNN.AT2
8869	0.901	"14383980"	2008	"Toro Canyon"	5.39	Reverse Oblique	145.27	1100	RSN8869_14383980_CITORHNE.AT2
8989	0.806	"14151344"	2005	"Blythe"	5.2	strike slip	189.49	1029	RSN8989_14151344_CIBLYHHN.AT2
9000	0.971	"14151344"	2005	"China Lake"	5.2	strike slip	269.3	1464	RSN9000_14151344_CICLCHLE.AT2
9013	0.369	"14151344"	2005	"Edwards Air Force Base 2"	5.2	strike slip	197.45	1242	RSN9013_14151344_CEDW2HHN.AT2
9089	0.833	"14151344"	2005	"Santa Barbara Island"	5.2	strike slip	226.12	854	RSN9089_14151344_CISBIHHE.AT2
9114	0.649	"14151344"	2005	"Turquoise Mountain"	5.2	strike slip	219.06	819	RSN9114_14151344_CITUQHNN.AT2
9126	0.441	"14346868"	2008	"El Monte County Park"	5.1	strike slip	151.28	805	RSN9126_14346868_CIEMLHLE.AT2
9168	0.878	"14095628"	2004	"Chilao Flat Rngr Sta"	5.03	strike slip	128.14	927	RSN9168_14095628_CICHFHLN.AT2
9188	0.535	"14095628"	2004	"El Monte County Park"	5.03	strike slip	321.18	805	RSN9188_14095628_CIEMLHHE.AT2
9201	3.001	"14095628"	2004	"Iron Mountain Pumping Station"	5.03	strike slip	344.93	981	RSN9201_14095628_CIRMHLN.AT2
9268	1.961	"14095628"	2004	"Santa Barbara Island"	5.03	strike slip	214.82	854	RSN9268_14095628_CISBIHHE.AT2
18012	0.482	"14517500"	2009	"Edwards Air Force Base 2"	5	strike slip	166.36	1242	RSN18012_14517500_CEDW2HHN.AT2
18087	4.217	"14519780"	2009	"Granite Mountains Research Center"	5.19	strike slip	267.14	943	RSN18087_14519780_CIGMRHNE.AT2
18103	2.179	"14519780"	2009	"Marine Combat Center 29palms"	5.19	strike slip	292.2	1188	RSN18103_14519780_CIMCTHNN.AT2
18156	0.864	"14519780"	2009	"Turquoise Mountain"	5.19	strike slip	203.25	819	RSN18156_14519780_CITUQHNE.AT2
18392	1.266	"21401069"	2004	"Kaiser Creek_ CA_ USA"	5	strike slip	183.93	1252	RSN18392_21401069_BKKCCHNN.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}<180 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
178	2.476	"Imperial Valley-06"	1979	"El Centro Array #3"	6.53	strike slip	10.79	162.94	RSN178_IMPVAL.H_H-E03140.AT2
718	0.426	"Superstition Hills-01"	1987	"Imperial Valley Wildlife Liquefaction Array"	6.22	strike slip	17.59	179	RSN718_SUPER.A_A-IVW360.AT2
3934	0.900	"Tottori_ Japan"	2000	"SMN002"	6.61	strike slip	16.6	138.76	RSN3934_TOTTORI_SMN002EW.AT2
3965	1.075	"Tottori_ Japan"	2000	"TTR008"	6.61	strike slip	6.86	139.21	RSN3965_TOTTORI_TTR008NS.AT2
4100	0.727	"Parkfield-02_ CA"	2004	"Parkfield - Cholame 2WA"	6	strike slip	1.63	173.02	RSN4100_PARK2004_C02090.AT2
4107	0.723	"Parkfield-02_ CA"	2004	"Parkfield - Fault Zone 1"	6	strike slip	0.02	178.27	RSN4107_PARK2004_COW360.AT2
8123	0.926	"Christchurch_ New Zealand"	2011	"Christchurch Resthaven "	6.2	Reverse Oblique	5.11	141	RSN8123_CCHURCH_REHSN02E.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
6	0.680	"Imperial Valley-02"	1940	"El Centro Array #9"	6.95	strike slip	6.09	213.44	RSN6_IMPVALI_I-ELC180.AT2
31	0.495	"Parkfield"	1966	"Cholame - Shandon Array #8"	6.19	strike slip	12.9	256.82	RSN31_PARKF_C08320.AT2
126	1.078	"Gazli_ USSR"	1976	"Karakyr"	6.8	Reverse	3.92	259.59	RSN126_GAZLI_GAZ000.AT2
171	2.667	"Imperial Valley-06"	1979	"El Centro - Meloland Geot. Array"	6.53	strike slip	0.07	264.57	RSN171_IMPVALH_H-EMO270.AT2
179	0.909	"Imperial Valley-06"	1979	"El Centro Array #4"	6.53	strike slip	4.9	208.91	RSN179_IMPVALH_H-E04140.AT2
232	0.454	"Mammoth Lakes-01"	1980	"Mammoth Lakes H. S."	6.06	Normal Oblique	4.48	346.82	RSN232_MAMMOTH_I-MLS344.AT2
266	0.675	"Victoria_ Mexico"	1980	"Chihuahua"	6.33	strike slip	18.53	242.05	RSN266_VICT_CHI102.AT2
367	0.329	"Coalinga-01"	1983	"Pleasant Valley P.P. - bldg"	6.36	Reverse	7.69	257.38	RSN367_COALINGA_H_H-PVB135.AT2
461	0.526	"Morgan Hill"	1984	"Halls Valley"	6.19	strike slip	3.45	281.61	RSN461_MORGAN_HVR150.AT2
529	0.297	"N. Palm Springs"	1986	"North Palm Springs"	6.06	Reverse Oblique	0	344.67	RSN529_PALMSPR_NPS300.AT2
723	0.744	"Superstition Hills-02"	1987	"Parachute Test Site"	6.54	strike slip	0.95	348.69	RSN723_SUPERB_B-PTS315.AT2
764	1.538	"Loma Prieta"	1989	"Gilroy - Historic Bldg."	6.93	Reverse Oblique	10.27	308.55	RSN764_LOMAP_GOF160.AT2
803	1.212	"Loma Prieta"	1989	"Saratoga - W Valley Coll."	6.93	Reverse Oblique	8.48	347.9	RSN803_LOMAP_WVC270.AT2
821	0.670	"Erzican_ Turkey"	1992	"Erzincan"	6.69	strike slip	0	352.05	RSN821_ERZINCAN_ERZ-EW.AT2
1063	0.306	"Northridge-01"	1994	"Rinaldi Receiving Sta"	6.69	Reverse	0	282.25	RSN1063_NORTHR_RRS318.AT2
1116	0.694	"Kobe_ Japan"	1995	"Shin-Osaka"	6.9	strike slip	19.14	256	RSN1116_KOBE_SHI000.AT2
1141	0.875	"Dinar_ Turkey"	1995	"Dinar"	6.4	Normal	0	219.75	RSN1141_DINAR_DIN180.AT2
1752	0.220	"Northwest China-03"	1997	"Jiashi"	6.1	Normal	9.98	240.09	RSN1752_NWCHINA3_JIA000.AT2
3933	0.240	"Tottori_ Japan"	2000	"SMN001"	6.61	strike slip	14.42	331	RSN3933_TOTTORI_SMN001NS.AT2
4066	0.135	"Parkfield-02_ CA"	2004	"PARKFIELD - FROELICH"	6	strike slip	1.85	226.63	RSN4066_PARK2004_FROEL-90.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
1	0.404	"Helena_ Montana-01"	1935	"Carroll College"	6	strike slip	2.07	593.35	RSN1_HELENA.A_A-HMC180.AT2
28	1.342	"Parkfield"	1966	"Cholame - Shandon Array #12"	6.19	strike slip	17.64	408.93	RSN28_PARKF_C12320.AT2
73	0.153	"San Fernando"	1971	"Lake Hughes #9"	6.61	Reverse	17.22	670.84	RSN73_SFERN_L09291.AT2
125	0.498	"Friuli_ Italy-01"	1976	"Tolmezzo"	6.5	Reverse	14.97	505.23	RSN125_FRIULI.A_A-TMZ000.AT2
265	0.573	"Victoria_ Mexico"	1980	"Cerro Prieto"	6.33	strike slip	13.8	471.53	RSN265_VICT_CPE315.AT2
284	0.591	"Irpinia_ Italy-01"	1980	"Auletta"	6.9	Normal	9.52	476.62	RSN284_ITALY_A-AUL000.AT2
313	0.544	"Corinth_ Greece"	1981	"Corinth"	6.6	Normal Oblique	10.27	361.4	RSN313_CORINTH_COR--L.AT2
496	0.525	"Nahanni_ Canada"	1985	"Site 2"	6.76	Reverse	0	605.04	RSN496_NAHANNI_S2240.AT2
518	0.722	"N. Palm Springs"	1986	"Fun Valley"	6.06	Reverse Oblique	12.79	388.63	RSN518_PALMSPR_FVR135.AT2
553	0.253	"Chalfant Valley-02"	1986	"Long Valley Dam (Downst)"	6.19	strike slip	18.3	537.16	RSN553_CHALFANT.A_A-LVD000.AT2
564	0.609	"Kalamata_ Greece-01"	1986	"Kalamata (bsmt)"	6.2	Normal	6.45	382.21	RSN564_GREECE_H-KAL-NS.AT2
587	3.289	"New Zealand-02"	1987	"Matahina Dam"	6.6	Normal	16.09	551.3	RSN587_NEWZEAL_A-MAT353.AT2
779	0.641	"Loma Prieta"	1989	"LGPC"	6.93	Reverse Oblique	0	594.83	RSN779_LOMAP_LGP000.AT2
802	2.857	"Loma Prieta"	1989	"Saratoga - Aloha Ave"	6.93	Reverse Oblique	7.58	380.89	RSN802_LOMAP_STG090.AT2
901	0.335	"Big Bear-01"	1992	"Big Bear Lake - Civic Center"	6.46	strike slip	7.31	430.36	RSN901_BIGBEAR_BLC270.AT2
982	1.059	"Northridge-01"	1994	"Jensen Filter Plant Administrative Building"	6.69	Reverse	0	373.07	RSN982_NORTHR_JEN292.AT2

983	0.349	"Northridge-01"	1994	"Jensen Filter Plant Generator Building"	6.69	Reverse	0	525.79	RSN983_NORTHR_JGB022.AT2
1085	1.116	"Northridge-01"	1994	"Sylmar - Converter Sta East"	6.69	Reverse	0	370.52	RSN1085_NORTHR_SCE281.AT2
1126	0.170	"Kozani_Greece-01"	1995	"Kozani"	6.4	Normal	14.13	649.67	RSN1126_KOZANI_KOZ--L.AT2
3907	0.177	"Tottori_Japan"	2000	"OKY004"	6.61	strike slip	19.72	475.8	RSN3907_TOTTORI_OKY004NS.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
455	0.208	"Morgan Hill"	1984	"Gilroy Array #1"	6.19	strike slip	14.9	1428.14	RSN455_MORGAN_G01230.AT2
765	0.374	"Loma Prieta"	1989	"Gilroy Array #1"	6.93	Reverse Oblique	8.84	1428.14	RSN765_LOMAP_G01090.AT2
1011	0.789	"Northridge-01"	1994	"LA - Wonderland Ave"	6.69	Reverse	15.11	1222.52	RSN1011_NORTHR_WON095.AT2
1108	1.333	"Kobe_Japan"	1995	"Kobe University"	6.9	strike slip	0.9	1043	RSN1108_KOBE_KBU090.AT2
3548	1.107	"Loma Prieta"	1989	"Los Gatos - Lexington Dam"	6.93	Reverse Oblique	3.22	1070.34	RSN3548_LOMAP_LEX000.AT2
3925	0.069	"Tottori_Japan"	2000	"OKYH07"	6.61	strike slip	15.23	940.2	RSN3925_TOTTORI_OKYH07NS.AT2
3954	0.385	"Tottori_Japan"	2000	"SMNH10"	6.61	strike slip	15.58	967.27	RSN3954_TOTTORI_SMNH10EW.AT2
4083	0.581	"Parkfield-02_CA"	2004	"PARKFIELD - TURKEY FLAT #1 (0M)"	6	strike slip	4.66	906.96	RSN4083_PARK2004_36529360.AT2
5618	2.454	"Iwate_Japan"	2008	"IWT010"	6.9	Reverse	16.26	825.83	RSN5618_IWATE_IWT010EW.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}<180 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
334	1.250	"Coalinga-01"	1983	"Parkfield - Fault Zone 1"	6.36	Reverse	41.04	178.27	RSN334_COALINGA.H_H-COW000.AT2
729	2.069	"Superstition Hills-02"	1987	"Imperial Valley Wildlife Liquefaction Array"	6.54	strike slip	23.85	179	RSN729_SUPER.B_B-IVW360.AT2
759	1.091	"Loma Prieta"	1989	"Foster City - APEEL 1"	6.93	Reverse Oblique	43.77	116.35	RSN759_LOMAP_A01000.AT2
780	0.954	"Loma Prieta"	1989	"Larkspur Ferry Terminal (FF)"	6.93	Reverse Oblique	94.56	169.72	RSN780_LOMAP_LKS360.AT2
2492	3.009	"Chi-Chi_Taiwan-03"	1999	"CHY076"	6.2	Reverse	59.24	169.84	RSN2492_CHICHI.03_CHY076E.AT2
2715	1.367	"Chi-Chi_Taiwan-04"	1999	"CHY047"	6.2	strike slip	38.59	169.52	RSN2715_CHICHI.04_CHY047N.AT2
2737	1.267	"Chi-Chi_Taiwan-04"	1999	"CHY078"	6.2	strike slip	84.01	160.67	RSN2737_CHICHI.04_CHY078E.AT2
2955	0.284	"Chi-Chi_Taiwan-05"	1999	"CHY047"	6.2	Reverse	66.53	169.52	RSN2955_CHICHI.05_CHY047N.AT2
2975	0.107	"Chi-Chi_Taiwan-05"	1999	"CHY076"	6.2	Reverse	83.74	169.84	RSN2975_CHICHI.05_CHY076E.AT2
3282	1.764	"Chi-Chi_Taiwan-06"	1999	"CHY047"	6.3	Reverse	53.54	169.52	RSN3282_CHICHI.06_CHY047N.AT2
3302	2.500	"Chi-Chi_Taiwan-06"	1999	"CHY076"	6.3	Reverse	69.66	169.84	RSN3302_CHICHI.06_CHY076E.AT2
4199	1.176	"Niigata_Japan"	2004	"NIG009"	6.63	Reverse	71.02	179.6	RSN4199_NIIGATA_NIG009NS.AT2
4203	2.802	"Niigata_Japan"	2004	"NIG013"	6.63	Reverse	38	174.55	RSN4203_NIIGATA_NIG013EW.AT2
5117	0.921	"Chuetsu-oki_Japan"	2007	"ISK002"	6.8	Reverse	96.52	166.91	RSN5117_CHUETSU_ISK002NS.AT2
5256	3.358	"Chuetsu-oki_Japan"	2007	"NIG010"	6.8	Reverse	48.1	173.09	RSN5256_CHUETSU_NIG010EW.AT2
5271	0.732	"Chuetsu-oki_Japan"	2007	"NIG025"	6.8	Reverse	28.3	134.5	RSN5271_CHUETSU_NIG025NS.AT2
5470	3.437	"Iwate_Japan"	2008	"AKT015"	6.9	Reverse	74.75	135.4	RSN5470_IWATE_AKT015EW.AT2
5665	2.970	"Iwate_Japan"	2008	"MYG006"	6.9	Reverse	30.38	146.72	RSN5665_IWATE_MYG006NS.AT2
5676	1.059	"Iwate_Japan"	2008	"MYG017"	6.9	Reverse	95.3	122.07	RSN5676_IWATE_MYG017EW.AT2
5749	3.612	"Iwate_Japan"	2008	"YMT006"	6.9	Reverse	40.83	130.69	RSN5749_IWATE_YMT006NS.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
7	1.429	"Northwest Calif-02"	1941	"Ferndale City Hall"	6.6	strike slip	91.15	219.31	RSN7_NWCALIF.C_C-FRN045.AT2
20	0.625	"Northern Calif-03"	1954	"Ferndale City Hall"	6.5	strike slip	26.72	219.31	RSN20_NCALIF.FH_H-FRN314.AT2
82	2.324	"San Fernando"	1971	"Port Hueneme"	6.61	Reverse	68.84	248.98	RSN82_SFERN_PHN180.AT2
123	0.314	"Friuli_ Italy-01"	1976	"Conegliano"	6.5	Reverse	80.37	352.05	RSN123_FRIULI.A_A-CLV270.AT2
191	0.189	"Imperial Valley-06"	1979	"Victoria"	6.53	strike slip	31.92	242.05	RSN191_IMPVAL.H_H-VCT075.AT2
298	0.771	"Irpinia_ Italy-02"	1980	"Bovino"	6.2	Normal	43.5	356.39	RSN298_ITALY_B-BOV270.AT2
328	0.706	"Coalinga-01"	1983	"Parkfield - Cholame 3W"	6.36	Reverse	44.82	230.57	RSN328_COALINGA.H_H-C03000.AT2
341	1.250	"Coalinga-01"	1983	"Parkfield - Fault Zone 2"	6.36	Reverse	37.92	294.26	RSN341_COALINGA.H_H-Z02090.AT2
348	1.303	"Coalinga-01"	1983	"Parkfield - Gold Hill 1W"	6.36	Reverse	35.04	214.43	RSN348_COALINGA.H_H-PG1000.AT2
425	1.501	"Taiwan SMART1(25)"	1983	"SMART1 C00"	6.5	Reverse	95.57	309.41	RSN425_SMART1.25_25C00NS.AT2
431	0.944	"Taiwan SMART1(25)"	1983	"SMART1 M06"	6.5	Reverse	94.58	308.39	RSN431_SMART1.25_25M06EW.AT2
436	0.268	"Borah Peak_ ID-01"	1983	"CPP-601"	6.88	Normal	82.6	279.97	RSN436_BORAH.MS_CPPA179.AT2
446	0.741	"Morgan Hill"	1984	"APEEL 1E - Hayward"	6.19	strike slip	51.68	219.8	RSN446_MORGAN_A1E000.AT2
464	0.541	"Morgan Hill"	1984	"Hollister Differential Array #3"	6.19	strike slip	26.42	215.54	RSN464_MORGAN_HD3345.AT2
504	0.987	"Taiwan SMART1(40)"	1986	"SMART1 E01"	6.32	Reverse	55.96	308.39	RSN504_SMART1.40_40E01EW.AT2
509	0.938	"Taiwan SMART1(40)"	1986	"SMART1 O01"	6.32	Reverse	60.77	267.67	RSN509_SMART1.40_40O01NS.AT2
522	1.579	"N. Palm Springs"	1986	"Indio"	6.06	Reverse Oblique	35.34	307.54	RSN522_PALMSPR_INO225.AT2
556	0.252	"Chalfant Valley-02"	1986	"McGee Creek - Surface"	6.19	strike slip	28.2	359.23	RSN556_CHALFANT.A_A-MCG360.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
17	0.597	"Southern Calif"	1952	"San Luis Obispo"	6	strike slip	73.35	493.5	RSN17_SCALIF_SLO234.AT2
32	0.508	"Parkfield"	1966	"San Luis Obispo"	6.19	strike slip	63.34	493.5	RSN32_PARKF_SLO324.AT2
58	0.290	"San Fernando"	1971	"Cedar Springs Pumphouse"	6.61	Reverse	92.25	477.22	RSN58_SFERN_CSP126.AT2
63	0.273	"San Fernando"	1971	"Fairmont Dam"	6.61	Reverse	25.58	634.33	RSN63_SFERN_FTR326.AT2
190	0.464	"Imperial Valley-06"	1979	"Superstition Mtn Camera"	6.53	strike slip	24.61	362.38	RSN190_IMPVAL.H_H-SUP045.AT2
303	0.560	"Irpinia_ Italy-02"	1980	"Sturno (STN)"	6.2	Normal	20.38	382	RSN303_ITALY_B-STU270.AT2
357	0.469	"Coalinga-01"	1983	"Parkfield - Stone Corral 3E"	6.36	Reverse	32.81	565.08	RSN357_COALINGA.H_H-SC3000.AT2
420	0.258	"Ierissos_ Greece"	1983	"Ierissos"	6.7	strike slip	65.67	463.92	RSN420_GREECE_B-IER-NS.AT2
427	0.505	"Taiwan SMART1(25)"	1983	"SMART1 E02"	6.5	Reverse	91.54	671.52	RSN427_SMART1.25_25EO2EW.AT2
438	0.369	"Borah Peak_ ID-01"	1983	"PBF (second bsmt)"	6.88	Normal	87.69	375.38	RSN438_BORAH.MS_PBF50U.AT2
555	0.328	"Chalfant Valley-02"	1986	"Mammoth Lakes Sheriff Subst."	6.19	strike slip	34.92	529.39	RSN555_CHALFANT.A_A-MAM020.AT2
751	0.782	"Loma Prieta"	1989	"Calaveras Reservoir"	6.93	Reverse Oblique	35.28	571.99	RSN751_LOMAP_CLR180.AT2
814	0.633	"Griva_ Greece"	1990	"Edessa (bsmt)"	6.1	Normal	32.84	551.3	RSN814_GREECE_L-EDE-WE.AT2
818	0.745	"Georgia_ USSR"	1991	"Iri"	6.2	Reverse	31.38	437.72	RSN818_GEORGIA_IRI--X.AT2
934	0.184	"Big Bear-01"	1992	"Silent Valley - Poppet Flat"	6.46	strike slip	34.43	659.09	RSN934_BIGBEAR_SIL360.AT2
942	0.723	"Northridge-01"	1994	"Alhambra - Fremont School"	6.69	Reverse	35.66	549.75	RSN942_NORTHR_ALH090.AT2
1123	0.249	"Kozani_ Greece-01"	1995	"Florina"	6.4	Normal	72.82	649.67	RSN1123_KOZANI_FLR--L.AT2
1139	0.366	"Dinar_ Turkey"	1995	"Cardak"	6.4	Normal	43.13	428.57	RSN1139_DINAR_CAR346.AT2

4350	2.000	"Umbria Marche_ Italy"	1997	"Gubbio-Piana"	6	Normal	35.79	492	RSN4350_UBMARCHE.P_A-GBP000.AT2
4487	1.175	"L'Aquila_ Italy"	2009	"Mompeo 1"	6.3	Normal	47.45	574.88	RSN4487_L-AQUILA_CU008YLN.AT2
M=6.0-7.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
59	0.921	"San Fernando"	1971	"Cedar Springs_ Allen Ranch"	6.61	Reverse	89.37	813.48	RSN59_SFERN_CSM095.AT2
80	0.266	"San Fernando"	1971	"Pasadena - Old Seismo Lab"	6.61	Reverse	21.5	969.07	RSN80_SFERN_PSL270.AT2
788	0.471	"Loma Prieta"	1989	"Piedmont Jr High School Grounds"	6.93	Reverse Oblique	72.9	895.36	RSN788_LOMAP_PJH045.AT2
789	1.428	"Loma Prieta"	1989	"Point Bonita"	6.93	Reverse Oblique	83.37	1315.92	RSN789_LOMAP_PTB297.AT2
795	0.800	"Loma Prieta"	1989	"SF - Pacific Heights"	6.93	Reverse Oblique	75.96	1249.86	RSN795_LOMAP_PHT270.AT2
1091	0.615	"Northridge-01"	1994	"Vasquez Rocks Park"	6.69	Reverse	23.1	996.43	RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2
2508	0.803	"Chi-Chi_ Taiwan-03"	1999	"CHY102"	6.2	Reverse	59.99	804.36	RSN2508_CHICHI.03_CHY102E.AT2
2753	0.075	"Chi-Chi_ Taiwan-04"	1999	"CHY102"	6.2	strike slip	39.3	804.36	RSN2753_CHICHI.04_CHY102N.AT2
2989	0.075	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"CHY102"	6.2	Reverse	69.76	804.36	RSN2989_CHICHI.05_CHY102E.AT2
3194	0.326	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"TCU085"	6.2	Reverse	91.5	999.66	RSN3194_CHICHI.05_TCU085N.AT2
3390	0.182	"Chi-Chi_ Taiwan-06"	1999	"ILA063"	6.3	Reverse	82.06	996.51	RSN3390_CHICHI.06_ILA063W.AT2
3542	1.226	"Chi-Chi_ Taiwan-06"	1999	"TTN042"	6.3	Reverse	84.03	845.34	RSN3542_CHICHI.06_TTN042N.AT2
3920	1.053	"Tottori_ Japan"	2000	"OKYH02"	6.61	strike slip	70.52	1047.01	RSN3920_TOTTORI_OKYH02NS.AT2
4167	0.078	"Niigata_ Japan"	2004	"FKSH07"	6.63	Reverse	52.15	828.95	RSN4167_NIIGATA_FKSH07EW.AT2
5006	0.080	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"FKSH07"	6.8	Reverse	77.65	828.95	RSN5006_CHUETSU_FKSH07NS.AT2
5483	0.121	"Iwate_ Japan"	2008	"AKTH05"	6.9	Reverse	37.45	829.46	RSN5483_IWATE_AKTH05EW.AT2
5650	0.125	"Iwate_ Japan"	2008	"IWTH18"	6.9	Reverse	64.27	891.55	RSN5650_IWATE_IWTH18NS.AT2
5762	3.985	"Iwate_ Japan"	2008	"YMTH03"	6.9	Reverse	99.49	899.84	RSN5762_IWATE_YMTH03EW.AT2
8167	4.908	"San Simeon_ CA"	2003	"Diablo Canyon Power Plant"	6.52	Reverse	37.92	1100	RSN8167_SANSIMEO_DCPP337.AT2
8168	0.583	"Parkfield-02_ CA"	2004	"Diablo Canyon Power Plant"	6	strike slip	78.14	1100	RSN8168_PARK2004_EST28247.AT2
M=6.0-7.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}<180 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
2561	1.490	"Chi-Chi_ Taiwan-03"	1999	"ILA044"	6.2	Reverse	125.18	158.13	RSN2561_CHICHI.03_ILA044N.AT2
2818	1.180	"Chi-Chi_ Taiwan-04"	1999	"KAU045"	6.2	strike slip	119.21	150.18	RSN2818_CHICHI.04_KAU045E.AT2
2976	1.837	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"CHY078"	6.2	Reverse	113.51	160.67	RSN2976_CHICHI.05_CHY078N.AT2
3303	3.192	"Chi-Chi_ Taiwan-06"	1999	"CHY078"	6.3	Reverse	103.8	160.67	RSN3303_CHICHI.06_CHY078E.AT2
4151	2.710	"Niigata_ Japan"	2004	"FKS020"	6.63	Reverse	101.78	133.05	RSN4151_NIIGATA_FKS020NS.AT2
4900	1.361	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"AIC001"	6.8	Reverse	274.22	162.09	RSN4900_CHUETSU_AIC001EW.AT2
4947	2.529	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"CHB014"	6.8	Reverse	241.67	166.02	RSN4947_CHUETSU_CHB014NS.AT2
4965	1.214	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"FKI003"	6.8	Reverse	242.95	135.18	RSN4965_CHUETSU_FKI003EW.AT2
5103	1.737	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"IBRH07"	6.8	Reverse	217.49	106.83	RSN5103_CHUETSU_IBRH07NS.AT2
5119	0.393	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"ISK004"	6.8	Reverse	109.16	139.13	RSN5119_CHUETSU_ISK004EW.AT2
5536	0.877	"Iwate_ Japan"	2008	"AOMH13"	6.9	Reverse	159.15	154.27	RSN5536_IWATE_AOMH13NS.AT2
5695	2.418	"Iwate_ Japan"	2008	"NIG009"	6.9	Reverse	157.76	179.6	RSN5695_IWATE_NIG009EW.AT2
5758	1.707	"Iwate_ Japan"	2008	"YMT015"	6.9	Reverse	121.15	164.79	RSN5758_IWATE_YMT015NS.AT2

6130	1.904	"Tottori_Japan"	2000	"AIC003"	6.61	strike slip	299.13	144.37	RSN6130_TOTTORI.1_AIC003EW.AT2
6177	0.640	"Tottori_Japan"	2000	"FKO002"	6.61	strike slip	290.78	129.45	RSN6177_TOTTORI.1_FKO002NS.AT2
6206	0.954	"Tottori_Japan"	2000	"HRS013"	6.61	strike slip	124.08	137.98	RSN6206_TOTTORI.1_HRS013EW.AT2
6273	0.706	"Tottori_Japan"	2000	"KYT004"	6.61	strike slip	164.52	147.73	RSN6273_TOTTORI.1_KYT004NS.AT2
6393	0.714	"Tottori_Japan"	2000	"WKY003"	6.61	strike slip	190.35	152.33	RSN6393_TOTTORI.1_WKY003EW.AT2
6598	1.747	"Niigata_Japan"	2004	"IBRH07"	6.63	Reverse	192.88	106.83	RSN6598_NIIGATA_IBRH07NS.AT2
6731	1.327	"Niigata_Japan"	2004	"SIT003"	6.63	Reverse	146.8	99.93	RSN6731_NIIGATA_SIT003EW.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
22	1.538	"El Alamo"	1956	"El Centro Array #9"	6.8	strike slip	121	213.44	RSN22_ELALAMO_ELC180.AT2
37	1.401	"Borrego Mtn"	1968	"LA - Hollywood Stor FF"	6.63	strike slip	222.42	316.46	RSN37_BORREGO_A-PEL180.AT2
53	2.222	"San Fernando"	1971	"Bakersfield - Harvey Aud"	6.61	Reverse	111.88	241.41	RSN53_SFERN_BFA180.AT2
61	1.133	"San Fernando"	1971	"Cholame - Shandon Array #8"	6.61	Reverse	218.17	256.82	RSN61_SFERN_C08321.AT2
74	1.999	"San Fernando"	1971	"Maricopa Array #1"	6.61	Reverse	193.25	303.79	RSN74_SFERN_MA1130.AT2
918	0.909	"Big Bear-01"	1992	"Newport Bch - Irvine Ave. F.S"	6.46	strike slip	107.18	339.6	RSN918_BIGBEAR_NBI360.AT2
933	1.429	"Big Bear-01"	1992	"Seal Beach - Office Bldg"	6.46	strike slip	115.57	296.62	RSN933_BIGBEAR_SEA000.AT2
1103	1.250	"Kobe_Japan"	1995	"FUK"	6.9	strike slip	158.07	256	RSN1103_KOBE_FUK090.AT2
2059	1.514	"Nenana Mountain_ Alaska"	2002	"Anchorage - Aho Res (Basement)"	6.7	strike slip	270.65	341.56	RSN2059_NENANA_AHO090.AT2
2082	1.313	"Nenana Mountain_ Alaska"	2002	"Anchorage - K2-22"	6.7	strike slip	280.41	341.56	RSN2082_NENANA_K222360.AT2
2513	2.788	"Chi-Chi_Taiwan-03"	1999	"CHY116"	6.2	Reverse	102.9	195.38	RSN2513_CHICHI.03_CHY116N.AT2
2808	1.169	"Chi-Chi_Taiwan-04"	1999	"KAU008"	6.2	strike slip	110.26	285.94	RSN2808_CHICHI.04_KAU008E.AT2
2963	1.833	"Chi-Chi_Taiwan-05"	1999	"CHY059"	6.2	Reverse	113.93	191.09	RSN2963_CHICHI.05_CHY059N.AT2
3046	1.377	"Chi-Chi_Taiwan-05"	1999	"ILA006"	6.2	Reverse	113.18	279.41	RSN3046_CHICHI.05_ILA006W.AT2
4050	1.019	"Bam_Iran"	2003	"Kerman 1"	6.6	strike slip	180.63	242.05	RSN4050_BAM_KER1-L.AT2
4058	0.260	"Bam_Iran"	2003	"Shahdad"	6.6	strike slip	158.32	342.7	RSN4058_BAM_SHAH-T.AT2
4473	1.261	"L'Aquila_Italy"	2009	"Cerignola"	6.3	Normal	227.08	315.95	RSN4473_L-AQUILA_EB150XTE.AT2
4497	2.489	"L'Aquila_Italy"	2009	"S. Severo"	6.3	Normal	164.92	321.36	RSN4497_L-AQUILA_IY045YLN.AT2
6133	1.538	"Tottori_Japan"	2000	"AIC012"	6.61	strike slip	328.2	193.88	RSN6133_TOTTORI.1_AIC012EW.AT2
6140	0.647	"Tottori_Japan"	2000	"EHM003"	6.61	strike slip	137.83	244.59	RSN6140_TOTTORI.1_EHM003NS.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
40	0.502	"Borrego Mtn"	1968	"San Onofre - So Cal Edison"	6.63	strike slip	129.11	442.88	RSN40_BORREGO_A-SON303.AT2
52	0.438	"San Fernando"	1971	"Anza Post Office"	6.61	Reverse	173.16	360.45	RSN52_SFERN_AZP045.AT2
86	1.220	"San Fernando"	1971	"San Onofre - So Cal Edison"	6.61	Reverse	124.79	442.88	RSN86_SFERN_SON303.AT2
435	0.496	"Borah Peak_ID-01"	1983	"ANL-768 Power Plant (Bsmt)"	6.88	Normal	100.22	445.66	RSN435_BORAH.MS_ANLCEAS.AT2
785	0.727	"Loma Prieta"	1989	"Olema - Point Reyes Station"	6.93	Reverse Oblique	117.02	418.07	RSN785_LOMAP_OLEM090.AT2
912	0.432	"Big Bear-01"	1992	"LA - City Terrace"	6.46	strike slip	114.94	365.22	RSN912_BIGBEAR_LAC090.AT2
1117	0.708	"Kobe_Japan"	1995	"TOT"	6.9	strike slip	119.64	609	RSN1117_KOBE_TOT090.AT2
1136	1.430	"Dinar_Turkey"	1995	"Balikesir"	6.4	Normal	255.44	468.44	RSN1136_DINAR_BLK000.AT2

1138	0.968	"Dinar_ Turkey"	1995	"Bursa"	6.4	Normal	240.71	490.65	RSN1138_DINAR_BUS090.AT2
2091	1.486	"Nenana Mountain_ Alaska"	2002	"TAPS Pump Station #07"	6.7	strike slip	199.27	424.9	RSN2091_NENANA_PS07039.AT2
2569	1.811	"Chi-Chi_ Taiwan-03"	1999	"KAU012"	6.2	Reverse	106.87	516.18	RSN2569_CHICHI.03_KAU012N.AT2
2843	0.864	"Chi-Chi_ Taiwan-04"	1999	"TCU026"	6.2	strike slip	126.71	569.98	RSN2843_CHICHI.04_TCU026E.AT2
3047	0.657	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"ILA007"	6.2	Reverse	110.97	496.27	RSN3047_CHICHI.05_ILA007W.AT2
3383	1.432	"Chi-Chi_ Taiwan-06"	1999	"ILA051"	6.3	Reverse	100.23	520.64	RSN3383_CHICHI.06_ILA051N.AT2
3831	2.959	"Nenana Mountain_ Alaska"	2002	"Anchorage - K2-01"	6.7	strike slip	265.25	425	RSN3831_NENANA_K201090.AT2
3875	0.121	"Tottori_ Japan"	2000	"HRS006"	6.61	strike slip	108.36	457.52	RSN3875_TOTTORI_HRS006NS.AT2
4048	0.108	"Bam_ Iran"	2003	"Joshan"	6.6	strike slip	133.3	412.23	RSN4048_BAM_JOSH-L.AT2
4470	1.279	"L'Aquila_ Italy"	2009	"Castelmauro"	6.3	Normal	108.72	638.39	RSN4470_L-AQUILA_AU056YLN.AT2
4506	1.257	"L'Aquila_ Italy"	2009	"Vairano Patenora"	6.3	Normal	115.19	476.54	RSN4506_L-AQUILA_QX001XTE.AT2
6202	2.714	"Tottori_ Japan"	2000	"GIFH07"	6.61	strike slip	272.99	424.3	RSN6202_TOTTORI.1_GIFH07NS.AT2

M=6.0-7.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
2805	0.677	"Chi-Chi_ Taiwan-04"	1999	"KAU003"	6.2	strike slip	116.17	913.77	RSN2805_CHICHI.04_KAU003N.AT2
3042	0.389	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"ILA001"	6.2	Reverse	134.67	909.09	RSN3042_CHICHI.05_ILA001W.AT2
3094	1.237	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"KAU051"	6.2	Reverse	157.44	1004.58	RSN3094_CHICHI.05_KAU051E.AT2
3145	0.400	"Chi-Chi_ Taiwan-05"	1999	"TAP086"	6.2	Reverse	127.97	887.68	RSN3145_CHICHI.05_TAP086N.AT2
3430	0.361	"Chi-Chi_ Taiwan-06"	1999	"TAP086"	6.3	Reverse	117.56	887.68	RSN3430_CHICHI.06_TAP086N.AT2
3893	0.822	"Tottori_ Japan"	2000	"HYG004"	6.61	strike slip	108.34	834.56	RSN3893_TOTTORI_HYG004EW.AT2
4247	0.091	"Niigata_ Japan"	2004	"TCGH14"	6.63	Reverse	100.37	849.01	RSN4247_NIIGATA_TCGH14NS.AT2
4926	0.113	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"AKTH05"	6.8	Reverse	219.2	829.46	RSN4926_CHUETSU_AKTH05EW.AT2
5013	0.385	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"FKSH15"	6.8	Reverse	125.46	803.57	RSN5013_CHUETSU_FKSH15NS.AT2
5052	1.141	"Chuetsu-oki_ Japan"	2007	"GIFH20"	6.8	Reverse	202.73	809.86	RSN5052_CHUETSU_GIFH20EW.AT2
5606	0.590	"Iwate_ Japan"	2008	"IBRH14"	6.9	Reverse	239.71	829.12	RSN5606_IWATE_IBRH14NS.AT2
5743	5.212	"Iwate_ Japan"	2008	"TCGH17"	6.9	Reverse	228.66	1432.75	RSN5743_IWATE_TCGH17EW.AT2
6231	2.926	"Tottori_ Japan"	2000	"HYG027"	6.61	strike slip	152.1	901.98	RSN6231_TOTTORI.1_HYG027NS.AT2
6287	0.414	"Tottori_ Japan"	2000	"KYTH04"	6.61	strike slip	191.54	1068.94	RSN6287_TOTTORI.1_KYTH04EW.AT2
6336	6.261	"Tottori_ Japan"	2000	"OITH05"	6.61	strike slip	281.77	1269.4	RSN6336_TOTTORI.1_OITH05NS.AT2
6440	6.444	"Tottori_ Japan"	2000	"YMGH12"	6.61	strike slip	216.55	1137.66	RSN6440_TOTTORI.1_YMGH12EW.AT2
6463	0.116	"Niigata_ Japan"	2004	"AKTH05"	6.63	Reverse	222.04	829.46	RSN6463_NIIGATA_AKTH05NS.AT2
6551	7.059	"Niigata_ Japan"	2004	"GIFH11"	6.63	Reverse	236.74	904.15	RSN6551_NIIGATA_GIFH11EW.AT2
6714	1.535	"Niigata_ Japan"	2004	"NGNH22"	6.63	Reverse	169.76	938.5	RSN6714_NIIGATA_NGNH22NS.AT2
6861	0.164	"Niigata_ Japan"	2004	"YMTH03"	6.63	Reverse	131.62	899.84	RSN6861_NIIGATA_YMTH03EW.AT2

M=7.0-8.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
848	0.528	"Landers"	1992	"Coolwater"	7.28	strike slip	19.74	352.98	RSN848_LANDERS_CLW-LN.AT2
1158	1.942	"Kocaeli_ Turkey"	1999	"Duzce"	7.51	strike slip	13.6	281.86	RSN1158_KOCAELI_DZC270.AT2

1176	3.889	"Kocaeli_Turkey"	1999	"Yarimca"	7.51	strike slip	1.38	297	RSN1176_KOCAELI_YPT060.AT2
1194	1.579	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY025"	7.62	Reverse Oblique	19.07	277.5	RSN1194_CHICHI_CHY025-N.AT2
1203	0.796	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY036"	7.62	Reverse Oblique	16.04	233.14	RSN1203_CHICHI_CHY036-E.AT2
1244	4.500	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY101"	7.62	Reverse Oblique	9.94	258.89	RSN1244_CHICHI_CHY101-N.AT2
1246	4.688	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY104"	7.62	Reverse Oblique	18.02	223.24	RSN1246_CHICHI_CHY104-W.AT2
1503	1.071	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU065"	7.62	Reverse Oblique	0.57	305.85	RSN1503_CHICHI_TCU065-E.AT2
1602	0.766	"Duzce_Turkey"	1999	"Bolu"	7.14	strike slip	12.02	293.57	RSN1602_DUZCE_BOL090.AT2
1615	0.356	"Duzce_Turkey"	1999	"Lamont 1062"	7.14	strike slip	9.14	338	RSN1615_DUZCE_1062-E.AT2
2114	1.375	"Denali_Alaska"	2002	"TAPS Pump Station #10"	7.9	strike slip	0.18	329.4	RSN2114_DENALI_PS10-317.AT2
3749	0.543	"Cape Mendocino"	1992	"Fortuna Fire Station"	7.01	Reverse	16.54	355.18	RSN3749_CAPEMEND_FFT270.AT2
4458	1.460	"Montenegro_Yugoslavia"	1979	"Ulcinj - Hotel Olympic"	7.1	Reverse	3.97	318.74	RSN4458_MONTENE.GRO_UL0090.AT2
5825	3.030	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"CERRO PRIETO GEOTHERMAL"	7.2	strike slip	8.88	242.05	RSN5825_SIERRA.MEX_GEO000.AT2
5991	0.582	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"El Centro Array #10"	7.2	strike slip	19.36	202.85	RSN5991_SIERRA.MEX_E10320.AT2
6888	2.683	"Darfield_New Zealand"	2010	"Christchurch Cathedral College"	7	strike slip	19.89	198	RSN6888_DARFIELD_CCCCN26W.AT2
6906	1.302	"Darfield_New Zealand"	2010	"GDLC"	7	strike slip	1.22	344.02	RSN6906_DARFIELD_GDLCN55W.AT2
6927	2.478	"Darfield_New Zealand"	2010	"LINC"	7	strike slip	5.07	263.2	RSN6927_DARFIELD_LINC67W.AT2
6962	1.305	"Darfield_New Zealand"	2010	"ROLC"	7	strike slip	0	295.74	RSN6962_DARFIELD_ROLCS61W.AT2
8606	4.651	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Westside Elementary School"	7.2	strike slip	10.31	242	RSN8606_SIERRA.MEX_CIWESHNN.AT2

M=7.0-8.0, R_{JB}=0-20 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
139	0.389	"Tabas_Iran"	1978	"Dayhook"	7.35	Reverse	0	471.53	RSN139_TABAS_DAY-L1.AT2
143	0.786	"Tabas_Iran"	1978	"Tabas"	7.35	Reverse	1.79	766.77	RSN143_TABAS_TAB-T1.AT2
825	0.286	"Cape Mendocino"	1992	"Cape Mendocino"	7.01	Reverse	0	567.78	RSN825_CAPEMEND_CPM000.AT2
827	3.143	"Cape Mendocino"	1992	"Fortuna - Fortuna Blvd"	7.01	Reverse	15.97	457.06	RSN827_CAPEMEND_FOR090.AT2
828	0.735	"Cape Mendocino"	1992	"Petrolia"	7.01	Reverse	0	422.17	RSN828_CAPEMEND_PET000.AT2
864	0.688	"Landers"	1992	"Joshua Tree"	7.28	strike slip	11.03	379.32	RSN864_LANDERS_JOS090.AT2
881	1.809	"Landers"	1992	"Morongo Valley Fire Station"	7.28	strike slip	17.36	396.41	RSN881_LANDERS_MVH045.AT2
1197	0.841	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY028"	7.62	Reverse Oblique	3.12	542.61	RSN1197_CHICHI_CHY028-N.AT2
1231	0.826	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY080"	7.62	Reverse Oblique	0.11	496.21	RSN1231_CHICHI_CHY080-E.AT2
1489	6.000	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU049"	7.62	Reverse Oblique	3.76	487.27	RSN1489_CHICHI_TCU049-N.AT2
1492	2.195	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU052"	7.62	Reverse Oblique	0	579.1	RSN1492_CHICHI_TCU052-E.AT2
1504	0.390	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU067"	7.62	Reverse Oblique	0.62	433.63	RSN1504_CHICHI_TCU067-N.AT2
1533	2.432	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU106"	7.62	Reverse Oblique	14.97	451.37	RSN1533_CHICHI_TCU106-E.AT2
1551	1.442	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU138"	7.62	Reverse Oblique	9.78	652.85	RSN1551_CHICHI_TCU138-N.AT2
1617	0.343	"Duzce_Turkey"	1999	"Lamont 375"	7.14	strike slip	3.93	454.2	RSN1617_DUZCE_375-N.AT2
1633	0.369	"Manjil_Iran"	1990	"Abbar"	7.37	strike slip	12.55	723.95	RSN1633_MANJIL_ABBAR--L.AT2
1787	0.553	"Hector Mine"	1999	"Hector"	7.13	strike slip	10.35	726	RSN1787_HECTOR_HEC090.AT2
3748	1.440	"Cape Mendocino"	1992	"Ferndale Fire Station"	7.01	Reverse	16.64	387.95	RSN3748_CAPEMEND_FFS270.AT2

4451	0.563	"Montenegro_ Yugoslavia"	1979	"Bar-Skupstina Opstine"	7.1	Reverse	0	462.23	RSN4451_MONTENE.GRO_BSO090.AT2
8166	0.340	"Duzce_ Turkey"	1999	"IRIGM 498"	7.14	strike slip	3.58	425	RSN8166_DUZCE_498-EW.AT2
M=7.0-8.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}<180 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
1147	0.880	"Kocaeli_ Turkey"	1999	"Ambarli"	7.51	strike slip	68.09	175	RSN1147_KOCAELI_ATS000.AT2
1209	0.263	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"CHY047"	7.62	Reverse Oblique	24.13	169.52	RSN1209_CHICHI_CHY047-W.AT2
1212	2.045	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"CHY054"	7.62	Reverse Oblique	48.49	172.1	RSN1212_CHICHI_CHY054-E.AT2
1228	7.500	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"CHY076"	7.62	Reverse Oblique	42.15	169.84	RSN1228_CHICHI_CHY076-N.AT2
1229	0.726	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"CHY078"	7.62	Reverse Oblique	77.19	160.67	RSN1229_CHICHI_CHY078-E.AT2
1247	3.571	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"CHY107"	7.62	Reverse Oblique	50.61	175.68	RSN1247_CHICHI_CHY107-W.AT2
1310	5.192	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"ILA004"	7.62	Reverse Oblique	86.61	124.27	RSN1310_CHICHI_ILA004-N.AT2
1334	2.475	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"ILA044"	7.62	Reverse Oblique	78	158.13	RSN1334_CHICHI_ILA044-W.AT2
1421	1.895	"Chi-Chi_ Taiwan"	1999	"TAP021"	7.62	Reverse Oblique	99.54	167.18	RSN1421_CHICHI_TAP021-E.AT2
5989	5.778	"El Mayor-Cucapah_ Mexico"	2010	"El Centro Array #3"	7.2	strike slip	40.96	162.94	RSN5989_SIERRA.MEX_E03360.AT2
M=7.0-8.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
138	0.522	"Tabas_ Iran"	1978	"Boshrooyeh"	7.35	Reverse	24.07	324.57	RSN138_TABAS_BOS-L1.AT2
140	0.186	"Tabas_ Iran"	1978	"Ferdows"	7.35	Reverse	89.76	302.64	RSN140_TABAS_FER-T1.AT2
280	0.895	"Trinidad"	1980	"Rio Dell Overpass - FF"	7.2	strike slip	76.06	311.75	RSN280_TRINIDAD.B_B-RDL000.AT2
281	0.319	"Trinidad"	1980	"Rio Dell Overpass_ E Ground"	7.2	strike slip	76.06	311.75	RSN281_TRINIDAD.B_B-RDE270.AT2
282	0.314	"Trinidad"	1980	"Rio Dell Overpass_ W Ground"	7.2	strike slip	76.06	311.75	RSN282_TRINIDAD.B_B-RDW000.AT2
570	3.057	"Taiwan SMART1(45)"	1986	"SMART1 C00"	7.3	Reverse	56.01	309.41	RSN570_SMART1.45_45C00NS.AT2
583	0.612	"Taiwan SMART1(45)"	1986	"SMART1 O10"	7.3	Reverse	56.94	320.11	RSN583_SMART1.45_45O10EW.AT2
826	1.419	"Cape Mendocino"	1992	"Eureka - Myrtle & West"	7.01	Reverse	40.23	337.46	RSN826_CAPEMEND_EUR090.AT2
841	0.800	"Landers"	1992	"Boron Fire Station"	7.28	strike slip	89.69	291.03	RSN841_LANDERS_BFS000.AT2
882	1.051	"Landers"	1992	"North Palm Springs"	7.28	strike slip	26.84	344.67	RSN882_LANDERS_FHS090.AT2
1144	0.458	"Gulf of Aqaba"	1995	"Eilat"	7.2	strike slip	43.29	354.88	RSN1144_AQABA_EIL-EW.AT2
1163	1.720	"Kocaeli_ Turkey"	1999	"Hava Alani"	7.51	strike slip	58.33	354.37	RSN1163_KOCAELI_DHM090.AT2
1637	0.696	"Manjil_ Iran"	1990	"Rudsar"	7.37	strike slip	63.96	242.05	RSN1637_MANJIL_188040.AT2
1791	1.000	"Hector Mine"	1999	"Indio - Coachella Canal"	7.13	strike slip	73.55	339.02	RSN1791_HECTOR_IND360.AT2
2111	0.224	"Denali_ Alaska"	2002	"R109 (temp)"	7.9	strike slip	42.99	341.56	RSN2111_DENALI_R109-90.AT2
3758	0.981	"Landers"	1992	"Thousand Palms Post Office"	7.28	strike slip	36.93	333.89	RSN3758_LANDERS_TPP135.AT2
5972	4.333	"El Mayor-Cucapah_ Mexico"	2010	"Brawley Airport"	7.2	strike slip	41.15	208.71	RSN5972_SIERRA.MEX_BRA090.AT2
6923	0.768	"Darfield_ New Zealand"	2010	"Kaiapoi North School "	7	strike slip	30.53	255	RSN6923_DARFIELD_KPOCS75E.AT2
8160	5.981	"El Mayor-Cucapah_ Mexico"	2010	"El Centro Array #4"	7.2	strike slip	35.08	208.91	RSN8160_SIERRA.MEX_E04090.AT2
8492	1.961	"El Mayor-Cucapah_ Mexico"	2010	"Salton Sea Wildlife Refuge"	7.2	strike slip	57.74	191.14	RSN8492_SIERRA.MEX_N5062HLN.AT2

M=7.0-8.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
14	0.543	"Kern County"	1952	"Santa Barbara Courthouse"	7.36	Reverse	81.3	514.99	RSN14_KERN_SBA042.AT2
15	0.334	"Kern County"	1952	"Taft Lincoln School"	7.36	Reverse	38.42	385.43	RSN15_KERN_TAF111.AT2
572	0.471	"Taiwan SMART1(45)"	1986	"SMART1 E02"	7.3	Reverse	51.35	671.52	RSN572_SMART1.45_45E02EW.AT2
830	0.138	"Cape Mendocino"	1992	"Shelter Cove Airport"	7.01	Reverse	26.51	518.98	RSN830_CAPEMEND_SHL090.AT2
832	2.632	"Landers"	1992	"Amboy"	7.28	strike slip	69.21	382.93	RSN832_LANDERS_ABY000.AT2
838	0.727	"Landers"	1992	"Barstow"	7.28	strike slip	34.86	370.08	RSN838_LANDERS_BRS090.AT2
891	0.119	"Landers"	1992	"Silent Valley - Poppet Flat"	7.28	strike slip	50.85	659.09	RSN891_LANDERS_SIL000.AT2
1154	1.514	"Kocaeli_Turkey"	1999	"Bursa Sivil"	7.51	strike slip	65.53	612.78	RSN1154_KOCAELI_BSI090.AT2
1169	7.529	"Kocaeli_Turkey"	1999	"Maslak"	7.51	strike slip	52.96	445.66	RSN1169_KOCAELI_MSK000.AT2
1190	0.982	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY019"	7.62	Reverse Oblique	49.98	497.53	RSN1190_CHICHI_CHY019-N.AT2
1211	0.348	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY052"	7.62	Reverse Oblique	38.7	573.04	RSN1211_CHICHI_CHY052-W.AT2
1268	0.685	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"HWA017"	7.62	Reverse Oblique	47.04	578.11	RSN1268_CHICHI_HWA017-E.AT2
1339	0.856	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"ILA051"	7.62	Reverse Oblique	76.45	520.64	RSN1339_CHICHI_ILA051-N.AT2
1444	0.890	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP072"	7.62	Reverse Oblique	99.76	671.52	RSN1444_CHICHI_TAP072-W.AT2
1616	1.349	"Duzce_Turkey"	1999	"Lamont 362"	7.14	strike slip	23.41	517	RSN1616_DUZCE_362-N.AT2
1762	1.667	"Hector Mine"	1999	"Amboy"	7.13	strike slip	41.81	382.93	RSN1762_HECTOR_ABY090.AT2
1773	2.037	"Hector Mine"	1999	"Cabazon"	7.13	strike slip	77.01	376.91	RSN1773_HECTOR_CAB270.AT2
1786	0.397	"Hector Mine"	1999	"Heart Bar State Park"	7.13	strike slip	61.21	624.94	RSN1786_HECTOR_HBS090.AT2
2113	4.217	"Denali_Alaska"	2002	"TAPS Pump Station #09"	7.9	strike slip	53.02	382.5	RSN2113_DENALI_PS09-13.AT2
3757	0.860	"Landers"	1992	"North Palm Springs Fire Sta #36"	7.28	strike slip	26.95	367.84	RSN3757_LANDERS_NPF180.AT2

M=7.0-8.0, R_{JB}=20-100 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
1245	0.968	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"CHY102"	7.62	Reverse Oblique	36.06	804.36	RSN1245_CHICHI_CHY102-E.AT2
1257	0.823	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"HWA003"	7.62	Reverse Oblique	52.46	1525.85	RSN1257_CHICHI_HWA003-N.AT2
1347	0.242	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"ILA063"	7.62	Reverse Oblique	57.69	996.51	RSN1347_CHICHI_ILA063-W.AT2
1442	0.919	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP067"	7.62	Reverse Oblique	95.31	807.68	RSN1442_CHICHI_TAP067-E.AT2
1452	1.169	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP086"	7.62	Reverse Oblique	92.01	887.68	RSN1452_CHICHI_TAP086-N.AT2
1518	0.590	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TCU085"	7.62	Reverse Oblique	55.14	999.66	RSN1518_CHICHI_TCU085-E.AT2
1587	0.595	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TTN042"	7.62	Reverse Oblique	62.11	845.34	RSN1587_CHICHI_TTN042-N.AT2

M=7.0-8.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=180-360 (m/sec)

Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
12	0.833	"Kern County"	1952	"LA - Hollywood Stor FF"	7.36	Reverse	114.62	316.46	RSN12_KERN.PEL_PEL090.AT2
141	1.833	"Tabas_Iran"	1978	"Kashmar"	7.35	Reverse	193.91	280.26	RSN141_TABAS_KSH-T1.AT2
142	0.755	"Tabas_Iran"	1978	"Sedeh"	7.35	Reverse	150.33	354.37	RSN142_TABAS_SED-L1.AT2

833	0.992	"Landers"	1992	"Anaheim - W Ball Rd"	7.28	strike slip	144.9	269.29	RSN833_LANDERS_WBA090.AT2
834	1.280	"Landers"	1992	"Arcadia - Arcadia Av"	7.28	strike slip	137.25	330.5	RSN834_LANDERS_ARC172.AT2
1145	0.714	"Gulf of Aqaba"	1995	"Hadera"	7.2	strike slip	365.14	276.92	RSN1145_AQABA_HAD-NS.AT2
1173	0.623	"Kocaeli_Turkey"	1999	"Tokat"	7.51	strike slip	472.56	323.8	RSN1173_KOCAELI_TKT090.AT2
1354	1.406	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU007"	7.62	Reverse Oblique	105.92	290.86	RSN1354_CHICHI_KAU007-N.AT2
1382	0.909	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU058"	7.62	Reverse Oblique	107.77	229.66	RSN1382_CHICHI_KAU058-E.AT2
1413	1.063	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP007"	7.62	Reverse Oblique	102.16	207.39	RSN1413_CHICHI_TAP007-W.AT2
1456	0.699	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP095"	7.62	Reverse Oblique	107.8	206.24	RSN1456_CHICHI_TAP095-E.AT2
1607	1.174	"Duzce_Turkey"	1999	"Galata Kop."	7.14	strike slip	164.32	329.45	RSN1607_DUZCE_GB270.AT2
1639	0.475	"Manjil_Iran"	1990	"Tehran - Sarif University"	7.37	strike slip	171.75	302.64	RSN1639_MANJIL_186008.AT2
1760	2.478	"Hector Mine"	1999	"Alhambra - LA Co PW HQ FF"	7.13	strike slip	174.9	338.99	RSN1760_HECTOR_ALC360.AT2
1779	5.062	"Hector Mine"	1999	"El Centro Array #10"	7.13	strike slip	186	202.85	RSN1779_HECTOR_E10230.AT2
1808	0.367	"Hector Mine"	1999	"Los Angeles - Acosta Residence"	7.13	strike slip	177.48	330.03	RSN1808_HECTOR_ACR270.AT2
2096	1.515	"Denali_Alaska"	2002	"Anchorage - Dowl Eng Warehouse"	7.9	strike slip	270.25	212.48	RSN2096_DENALI_DOWL-90.AT2
3781	5.857	"Hector Mine"	1999	"Anaheim - Kraemer & La Palma"	7.13	strike slip	162.36	283.54	RSN3781_HECTOR_AKL342.AT2
3824	2.537	"Hector Mine"	1999	"Van Nuys - Civic Center Grounds"	7.13	strike slip	196.24	304.04	RSN3824_HECTOR_VNC090.AT2

M=7.0-8.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=360-800 (m/sec)

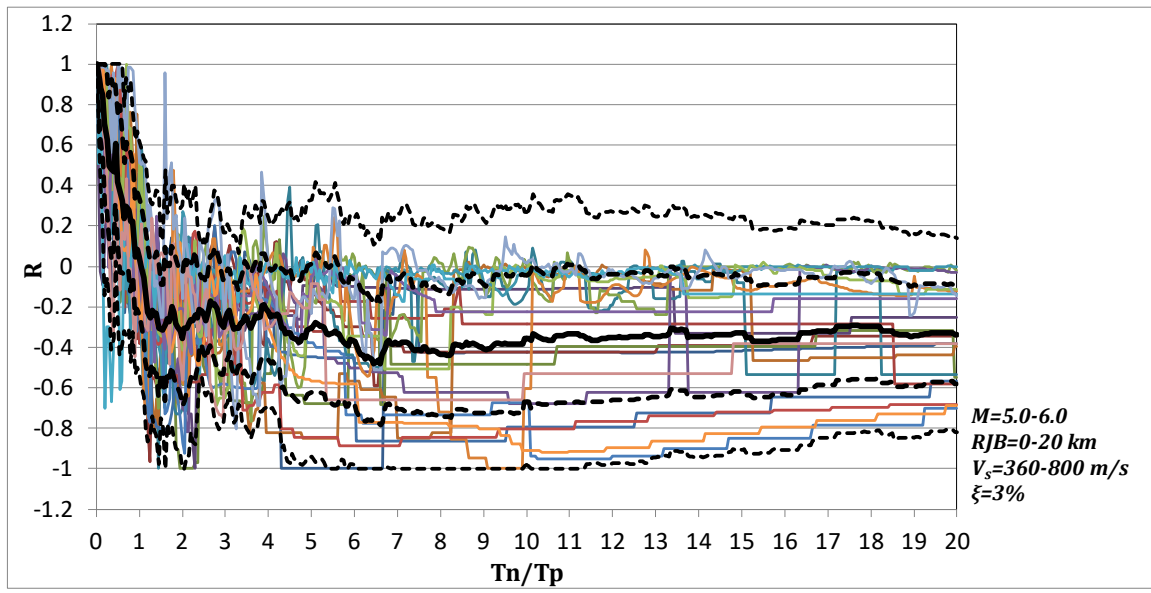
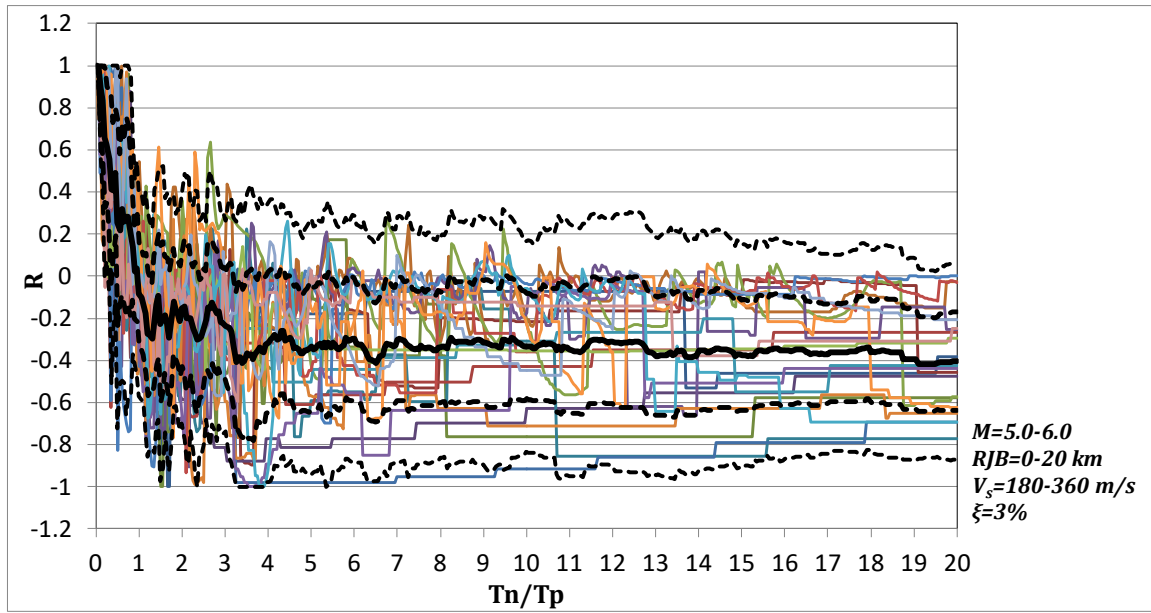
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
13	0.955	"Kern County"	1952	"Pasadena - CIT Athenaeum"	7.36	Reverse	122.65	415.13	RSN13_KERN_PAS270.AT2
137	0.207	"Tabas_Iran"	1978	"Bajestan"	7.35	Reverse	119.77	377.56	RSN137_TABAS_BAJ-L1.AT2
835	1.640	"Landers"	1992	"Arcadia - Campus Dr"	7.28	strike slip	135.22	367.53	RSN835_LANDERS_CAM279.AT2
837	2.636	"Landers"	1992	"Baldwin Park - N Holly"	7.28	strike slip	131.92	544.68	RSN837_LANDERS_NHO180.AT2
840	7.294	"Landers"	1992	"Big Tujunga_Angeles Nat F"	7.28	strike slip	144.13	550.11	RSN840_LANDERS_TUJ352.AT2
1159	0.710	"Kocaeli_Turkey"	1999	"Eregli"	7.51	strike slip	141.37	585.09	RSN1159_KOCAELI_ERG090.AT2
1172	0.918	"Kocaeli_Turkey"	1999	"Tekirdag"	7.51	strike slip	164.18	521.76	RSN1172_KOCAELI_TKR180.AT2
1368	0.814	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU038"	7.62	Reverse Oblique	141.79	667.59	RSN1368_CHICHI_KAU038-E.AT2
1404	0.135	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"PNG"	7.62	Reverse Oblique	110.3	465.86	RSN1404_CHICHI_PNG-N.AT2
1435	1.200	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP051"	7.62	Reverse Oblique	102.46	403.17	RSN1435_CHICHI_TAP051-E.AT2
1460	0.928	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP103"	7.62	Reverse Oblique	114.28	429.49	RSN1460_CHICHI_TAP103-N.AT2
1600	8.566	"Duzce_Turkey"	1999	"Arcelik"	7.14	strike slip	131.17	523	RSN1600_DUZCE_ARE000.AT2
1638	0.661	"Manjil_Iran"	1990	"Tehran - Building & Housing"	7.37	strike slip	174.55	376.92	RSN1638_MANJIL_187268.AT2
1769	1.191	"Hector Mine"	1999	"Beverly Hills Pac Bell Bsmr"	7.13	strike slip	195.87	460.09	RSN1769_HECTOR_BHP090.AT2
1818	1.095	"Hector Mine"	1999	"Pacoima Kagel Canyon"	7.13	strike slip	186.31	508.08	RSN1818_HECTOR_PKC360.AT2
2098	1.739	"Denali_Alaska"	2002	"Anchorage - K2-03"	7.9	strike slip	263.54	428.08	RSN2098_DENALI_K203-90.AT2
4452	0.301	"Montenegro_Yugoslavia"	1979	"Debar - Skupstina Opstine"	7.1	Reverse	118.21	485.04	RSN4452_MONTENE.GRO_DEB090.AT2
5824	0.559	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"CICESE"	7.2	strike slip	118.4	505.23	RSN5824_SIERRA.MEX_CIC000.AT2

5850	0.355	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Spring Valley - Jamacha"	7.2	strike slip	116.84	441.78	RSN5850_SIERRA.MEX_03152360.AT2
6872	0.275	"Montenegro_Yugoslavia"	1979	"Stolac - PPD"	7.1	Reverse	103.14	536.7	RSN6872_MONTENE.GRO_5679NS.AT2
M=7.0-8.0, R_{JB}=100-1000 km, V_{s30}=800-2000 (m/sec)									
Record Sequence Number	T _p (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	Mechanism	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/sec)	Horizontal Acc. Filename
1307	4.882	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"ILA001"	7.62	Reverse Oblique	101.24	909.09	RSN1307_CHICHI_ILA001-N.AT2
1352	3.225	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU003"	7.62	Reverse Oblique	113.39	913.77	RSN1352_CHICHI_KAU003-W.AT2
1366	0.765	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU034"	7.62	Reverse Oblique	106.72	1010.4	RSN1366_CHICHI_KAU034-E.AT2
1371	1.765	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU042"	7.62	Reverse Oblique	158.96	806.48	RSN1371_CHICHI_KAU042-N.AT2
1378	1.861	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"KAU051"	7.62	Reverse Oblique	123.56	1004.58	RSN1378_CHICHI_KAU051-E.AT2
1440	1.818	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP065"	7.62	Reverse Oblique	120.84	1023.45	RSN1440_CHICHI_TAP065-N.AT2
1446	0.965	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TAP077"	7.62	Reverse Oblique	117.31	1022.77	RSN1446_CHICHI_TAP077-W.AT2
1571	1.629	"Chi-Chi_Taiwan"	1999	"TTN016"	7.62	Reverse Oblique	121.45	826.15	RSN1571_CHICHI_TTN016-E.AT2
3799	0.793	"Hector Mine"	1999	"LA - Griffith Park Observatory"	7.13	strike slip	185.92	1015.88	RSN3799_HECTOR_GPO360.AT2
5967	5.496	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Blythe"	7.2	strike slip	164.38	1029	RSN5967_SIERRA.MEX_BLY-90.AT2
5993	0.075	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"El Monte County Park"	7.2	strike slip	104.9	805	RSN5993_SIERRA.MEX_EML360.AT2
6009	10.750	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Idyllwild - Keenwild Fire Sta."	7.2	strike slip	147.39	845.41	RSN6009_SIERRA.MEX_0604A180.AT2
6051	7.618	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Toro Canyon"	7.2	strike slip	111.38	1100	RSN6051_SIERRA.MEX_TOR360.AT2
8520	7.408	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Desert Studies Center"	7.2	strike slip	277.74	1329	RSN8520_SIERRA.MEX_CIDSCHNE.AT2
8528	8.001	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Granite Mountains Research Center"	7.2	strike slip	235.77	943	RSN8528_SIERRA.MEX_CIGMRHNN.AT2
8551	10.001	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Marine Combat Center 29palms"	7.2	strike slip	176.05	1188	RSN8551_SIERRA.MEX_CIMCTHNE.AT2
8569	8.000	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Parker Dam"	7.2	strike slip	233.99	1312	RSN8569_SIERRA.MEX_CIPDMHNN.AT2
8586	7.143	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Santa Barbara Island"	7.2	strike slip	318.58	854	RSN8586_SIERRA.MEX_CISBIHNE.AT2
8599	9.091	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Cattani Ranch"	7.2	strike slip	382.84	895	RSN8599_SIERRA.MEX_CITEHHNN.AT2
8609	7.693	"El Mayor-Cucapah_Mexico"	2010	"Wonderland Avenue School"	7.2	strike slip	292.84	1043	RSN8609_SIERRA.MEX_CIWNSHNE.AT2

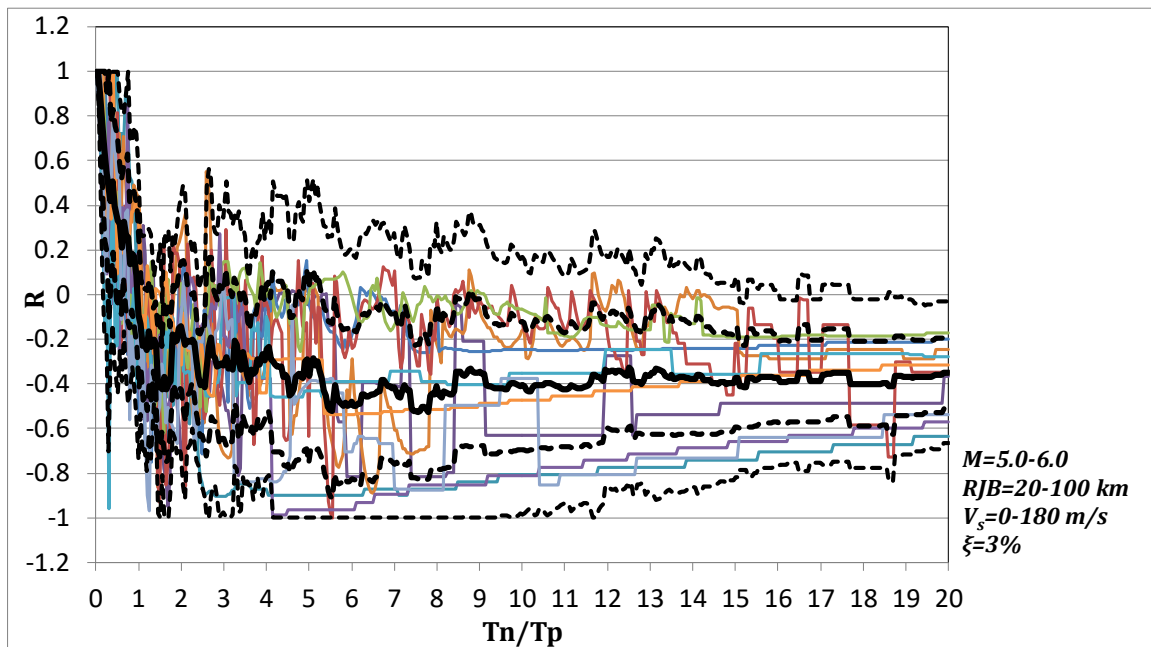
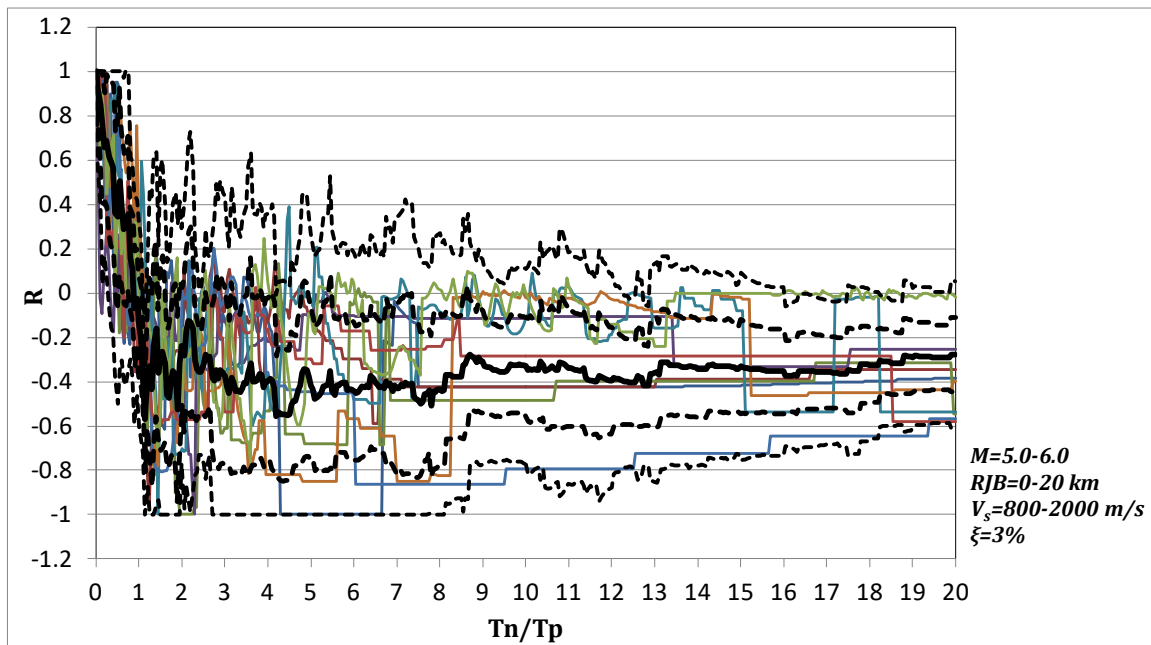
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ R vs. T_n/T_p ΑΠΟ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

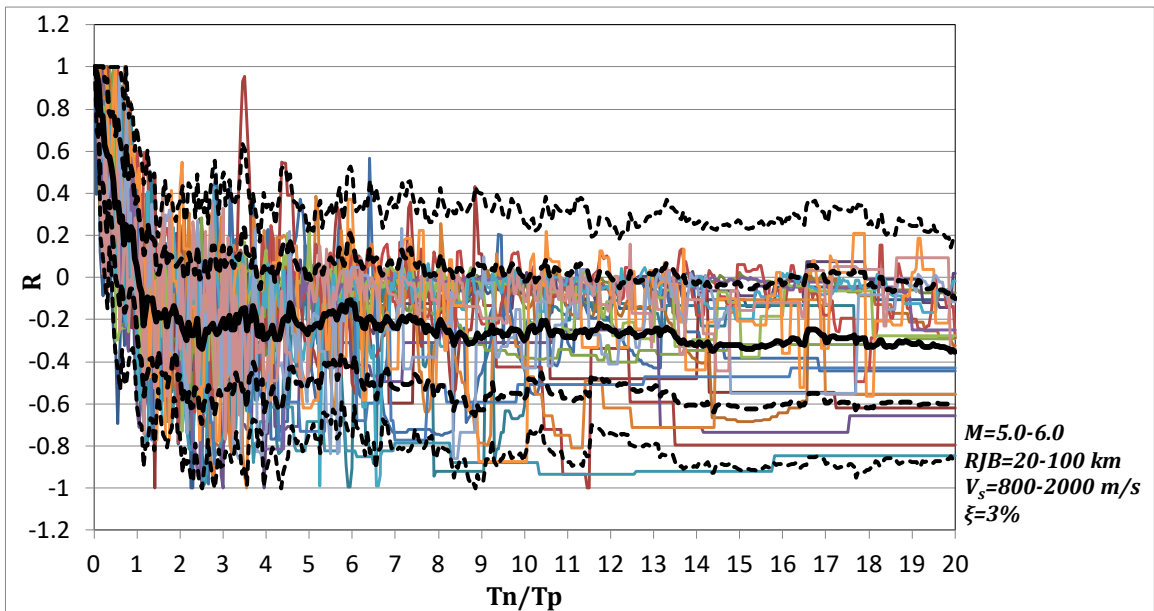
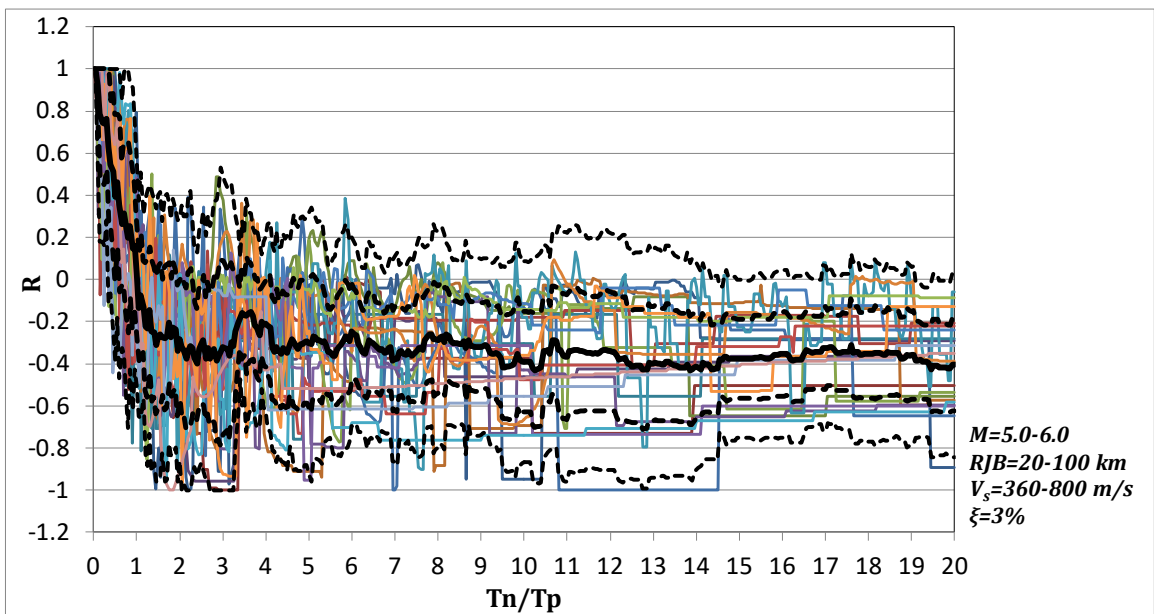
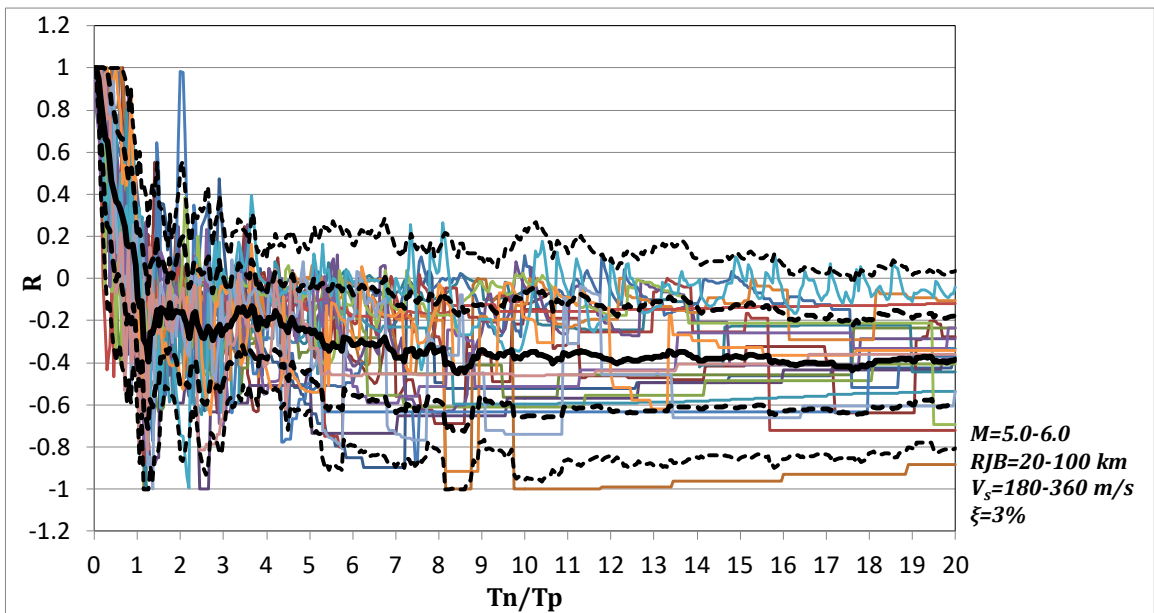
Γ1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΕΝΑ ΒΑΘΜΟ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (1DOF)

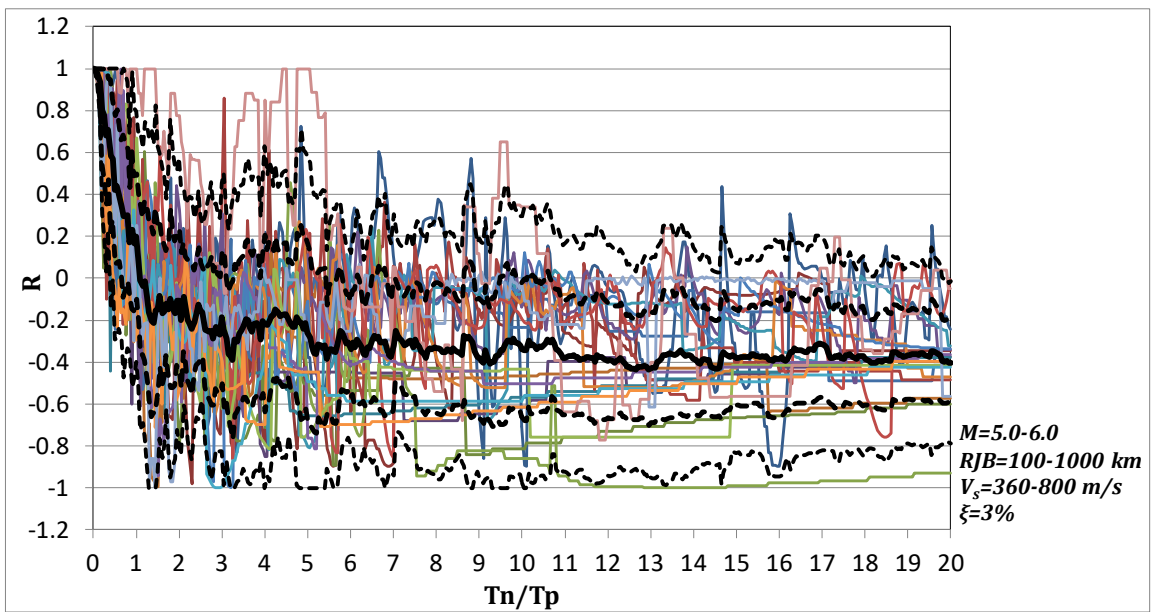
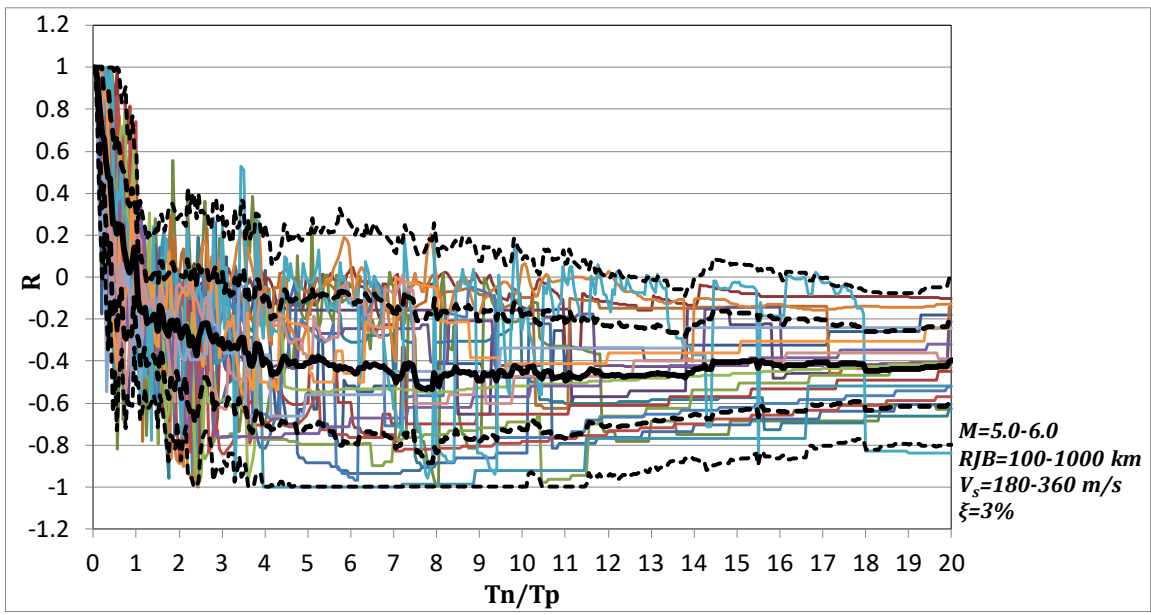
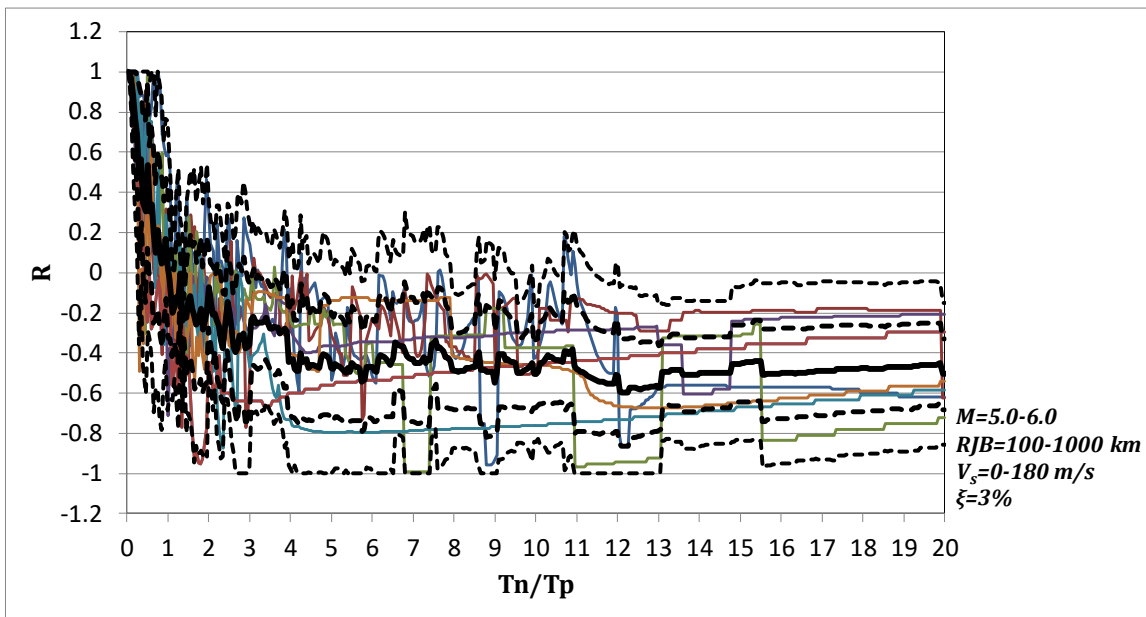


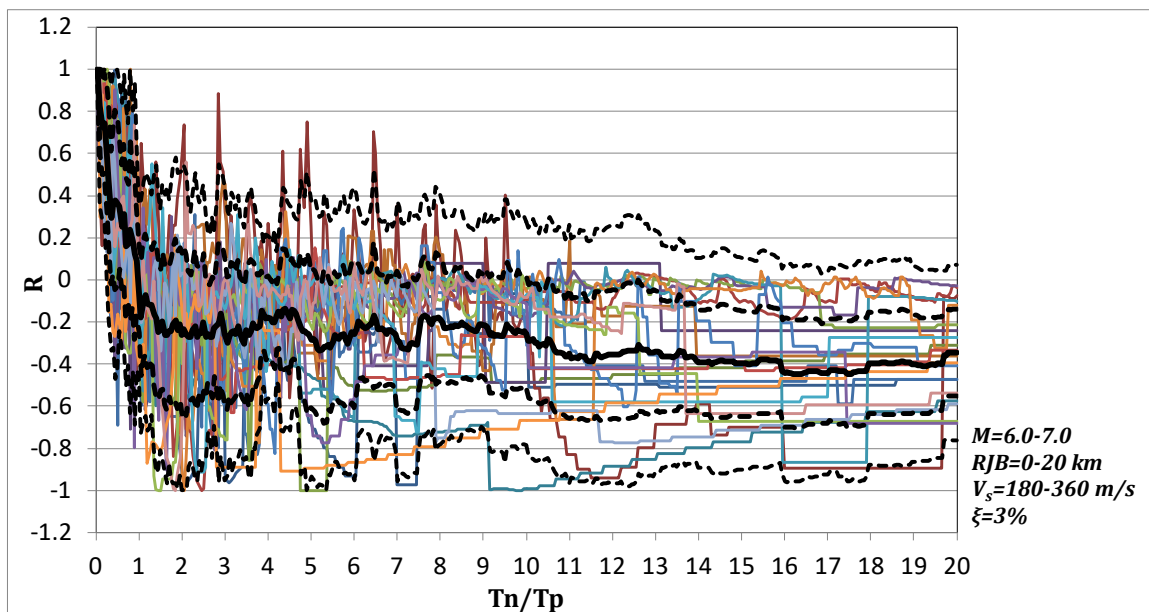
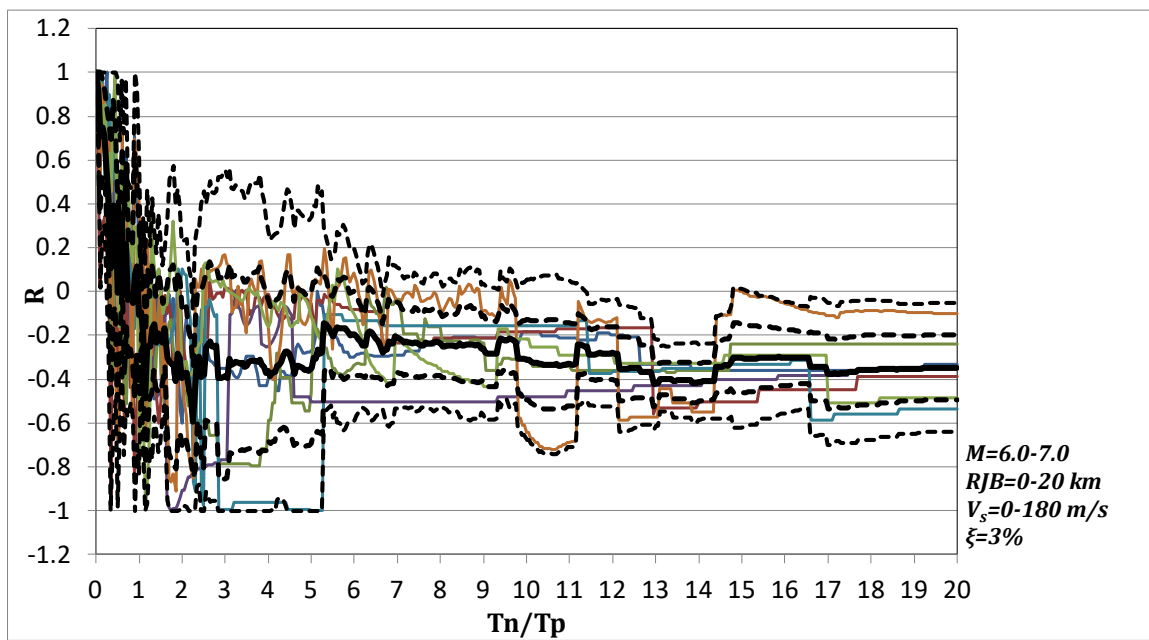
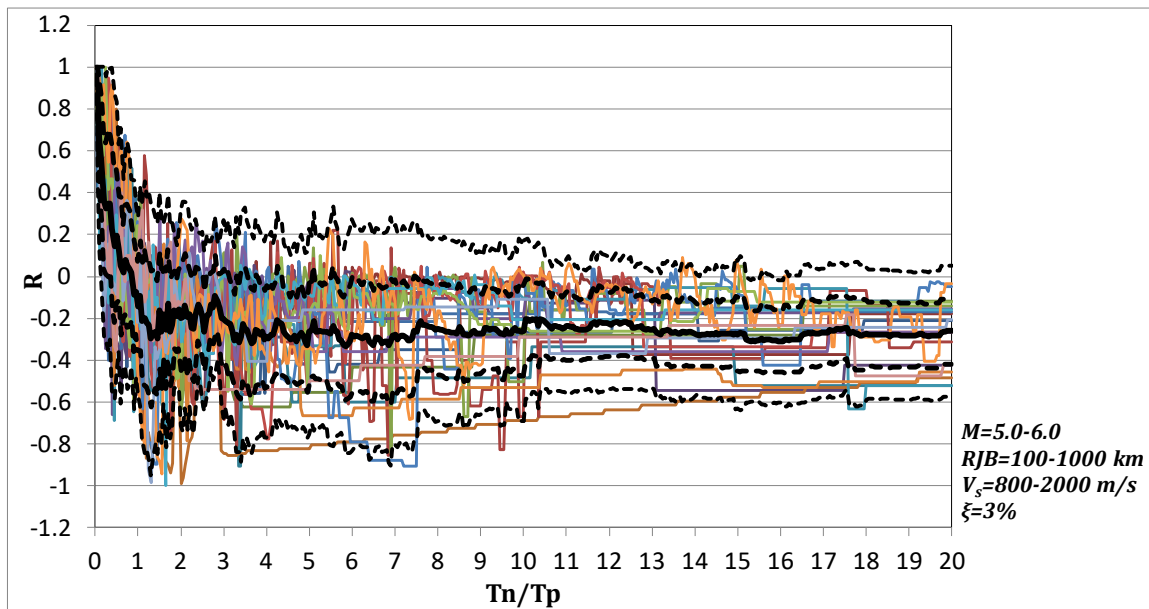
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+2 σ
- - - mean-2 σ

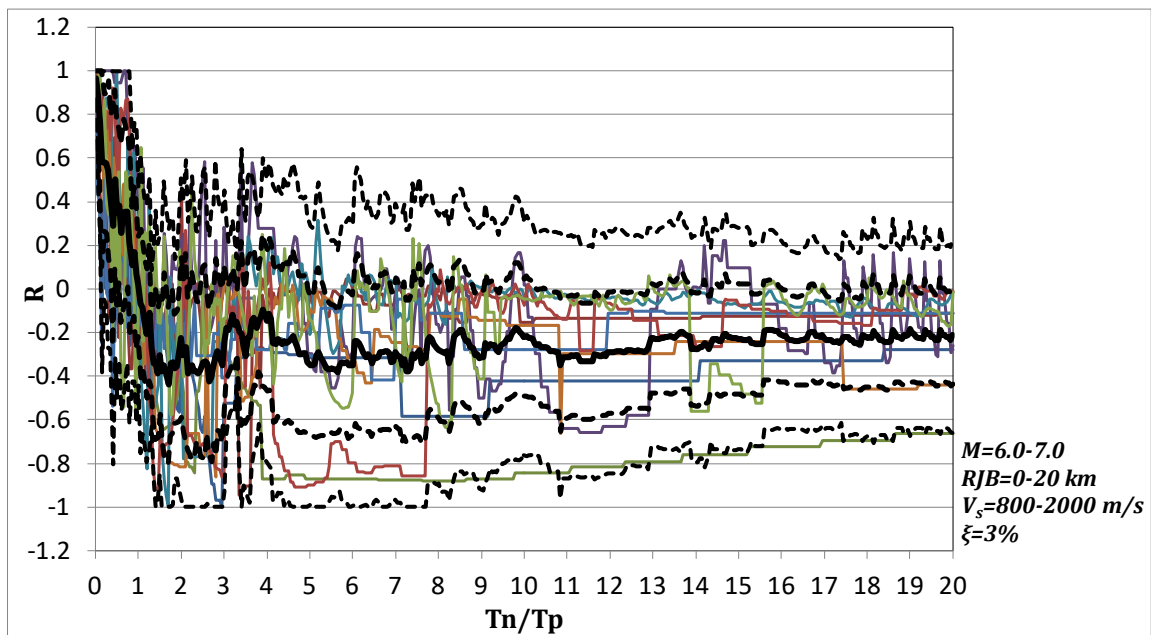
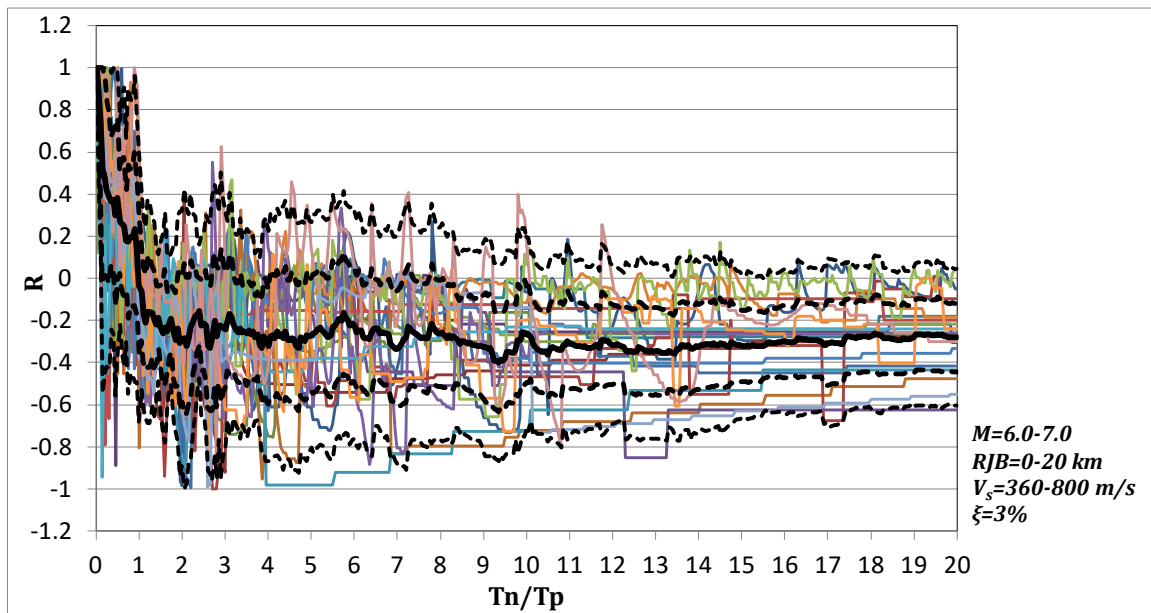


— mean
 - - - mean + σ
 - - - mean - σ
 - - - mean + 2σ
 - - - mean - 2σ

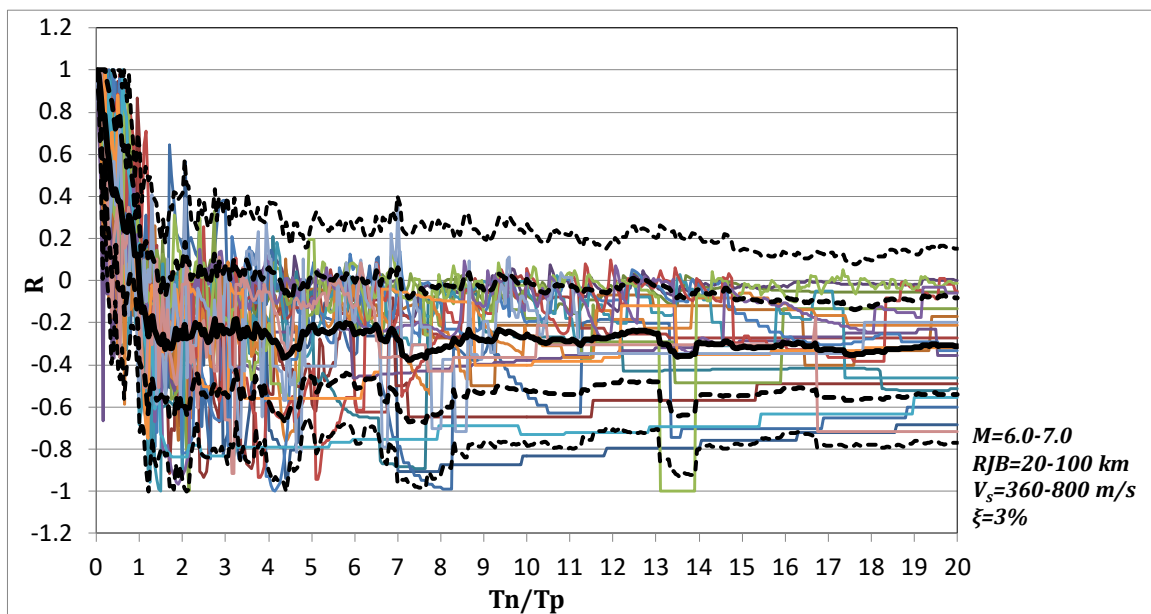
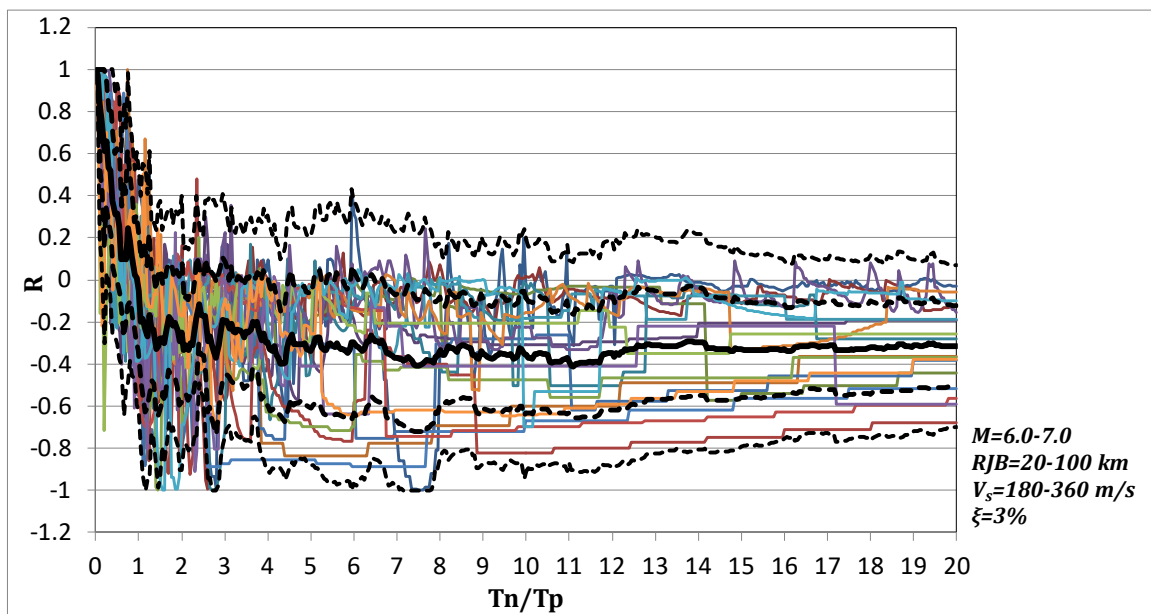
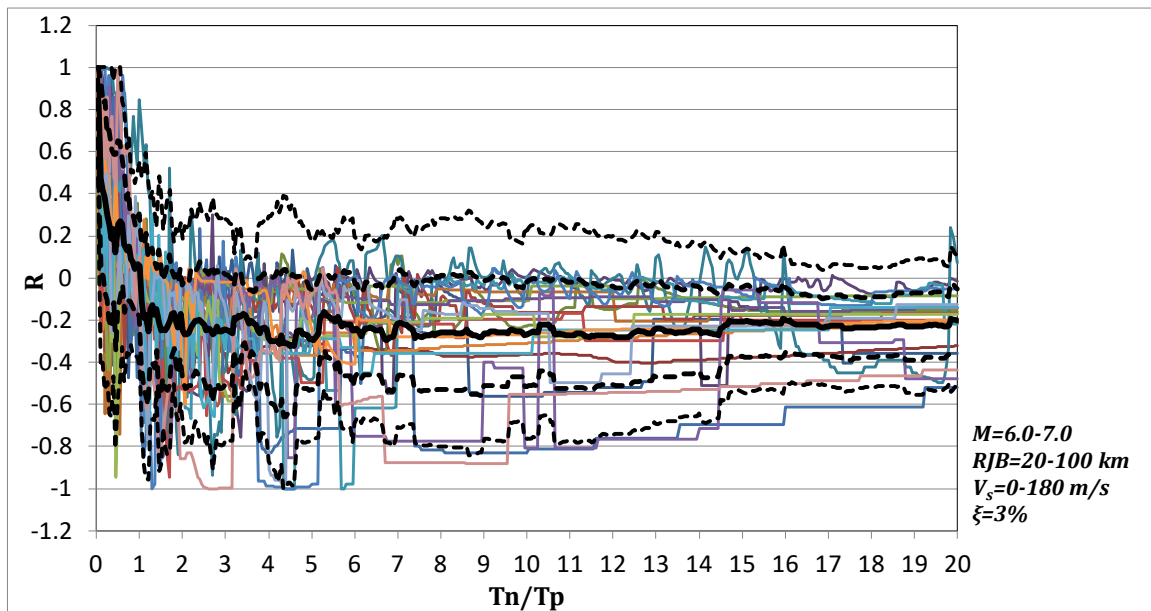


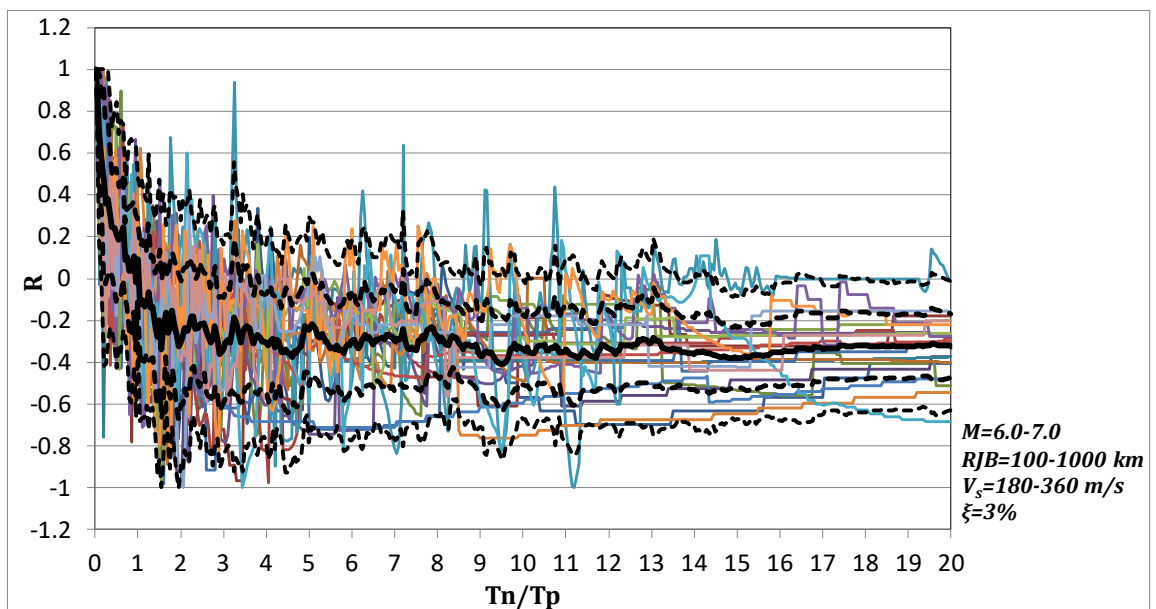
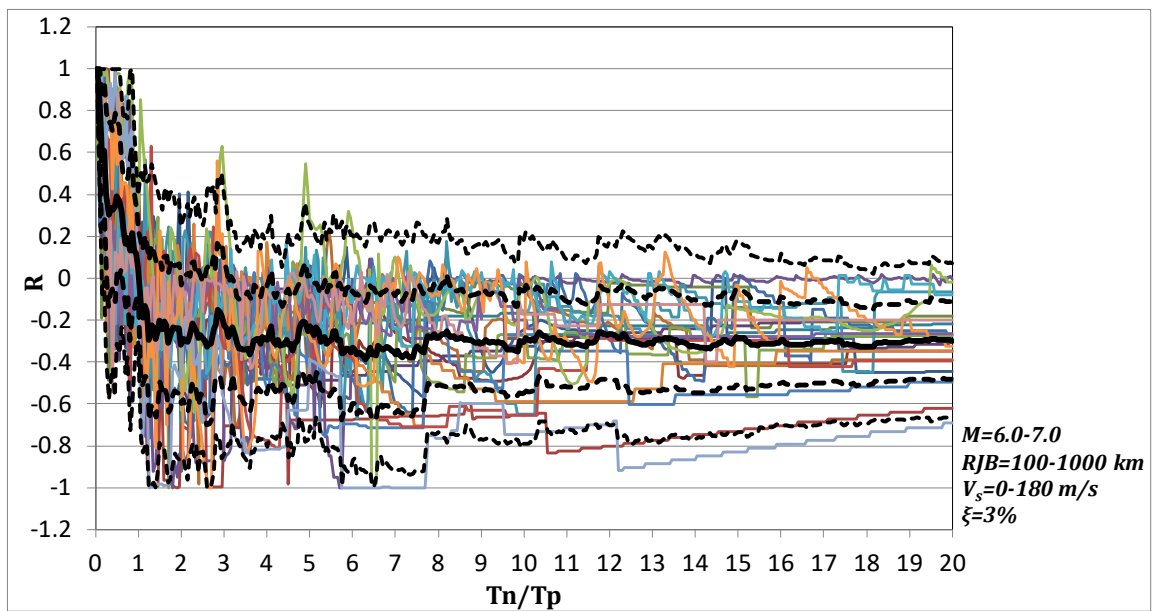
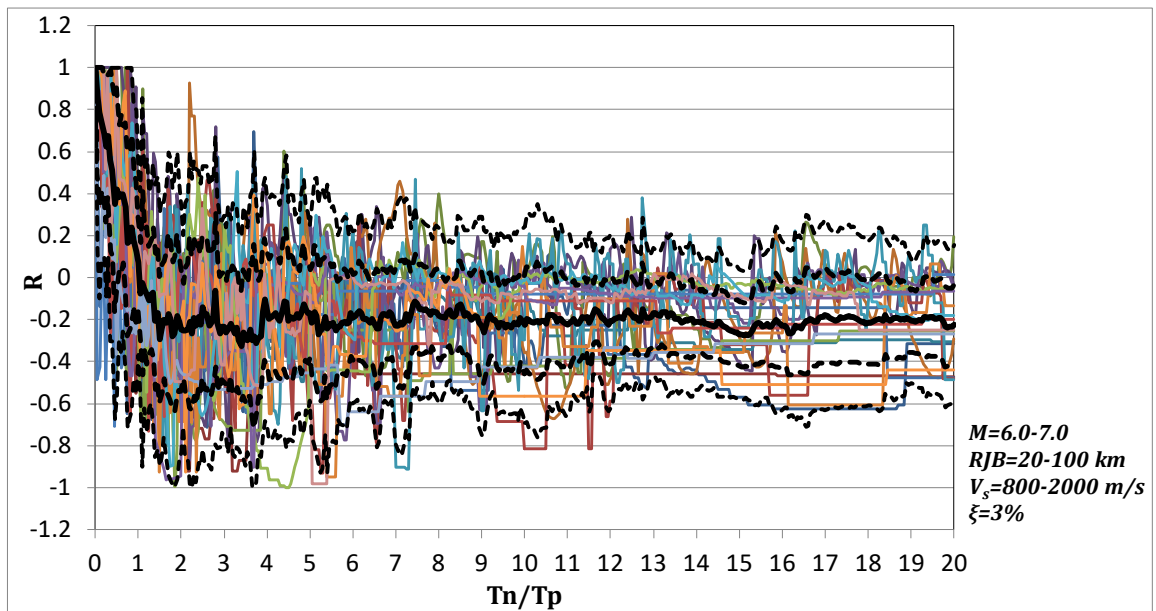


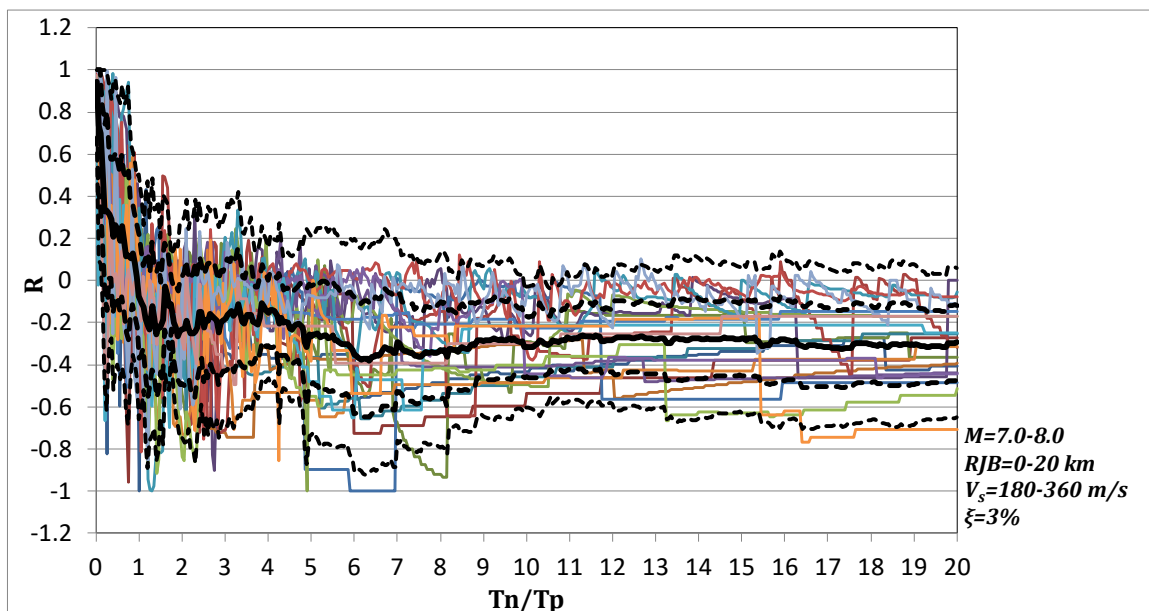
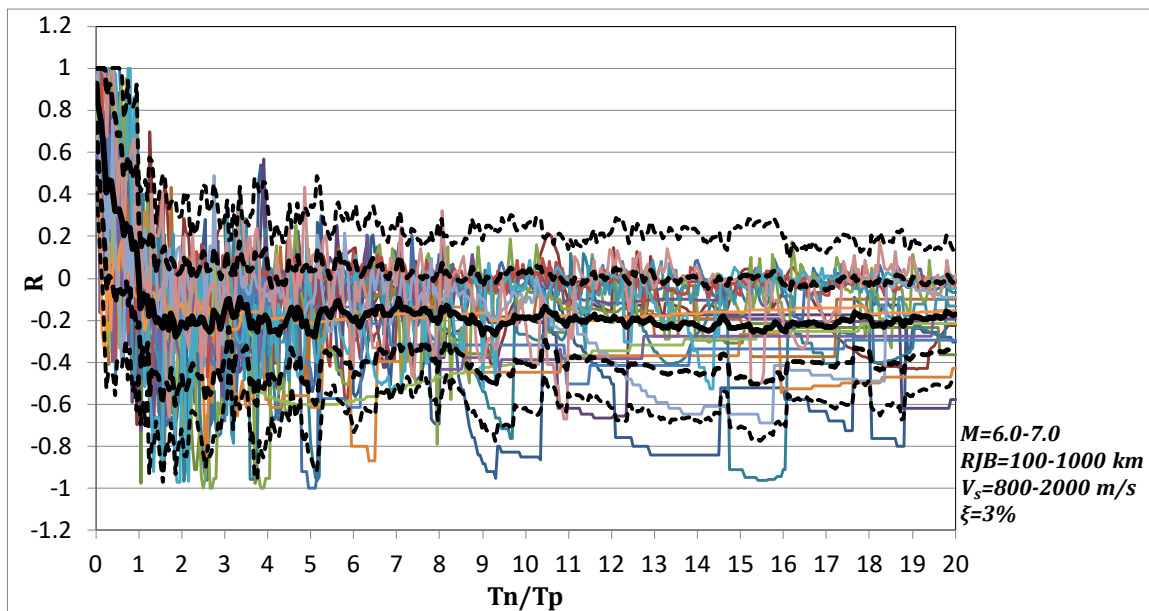
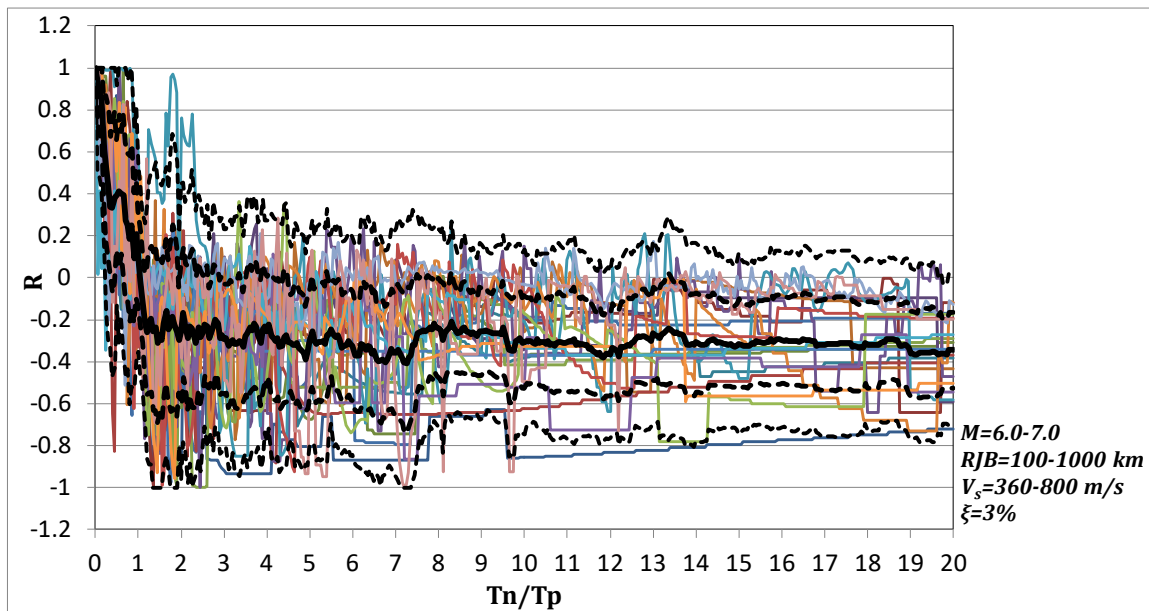


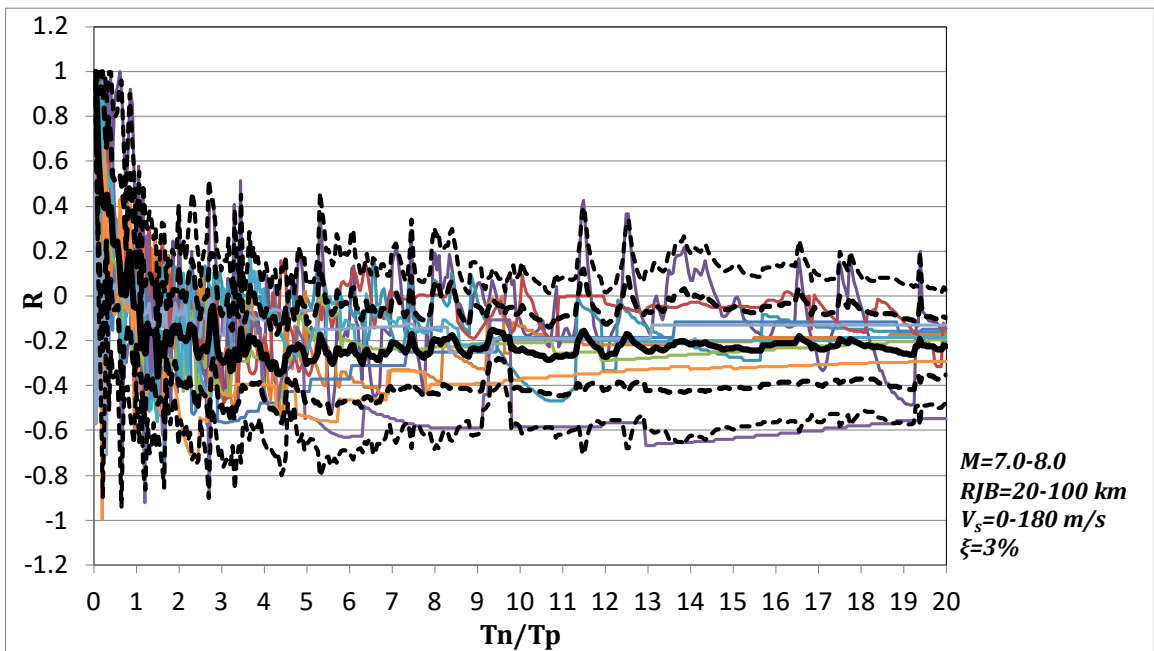
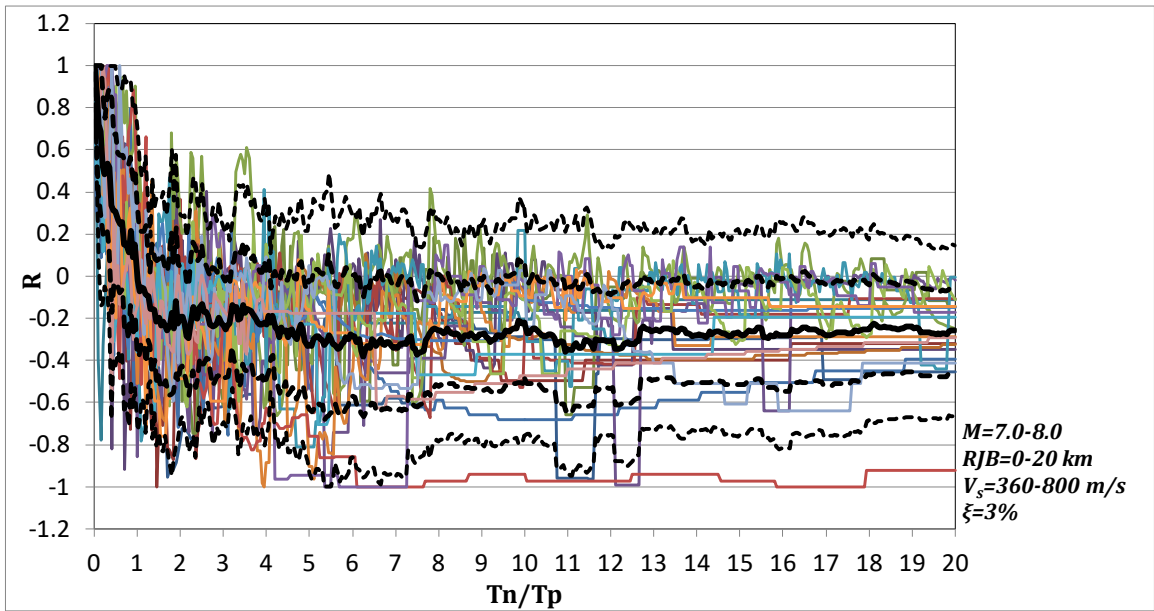


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

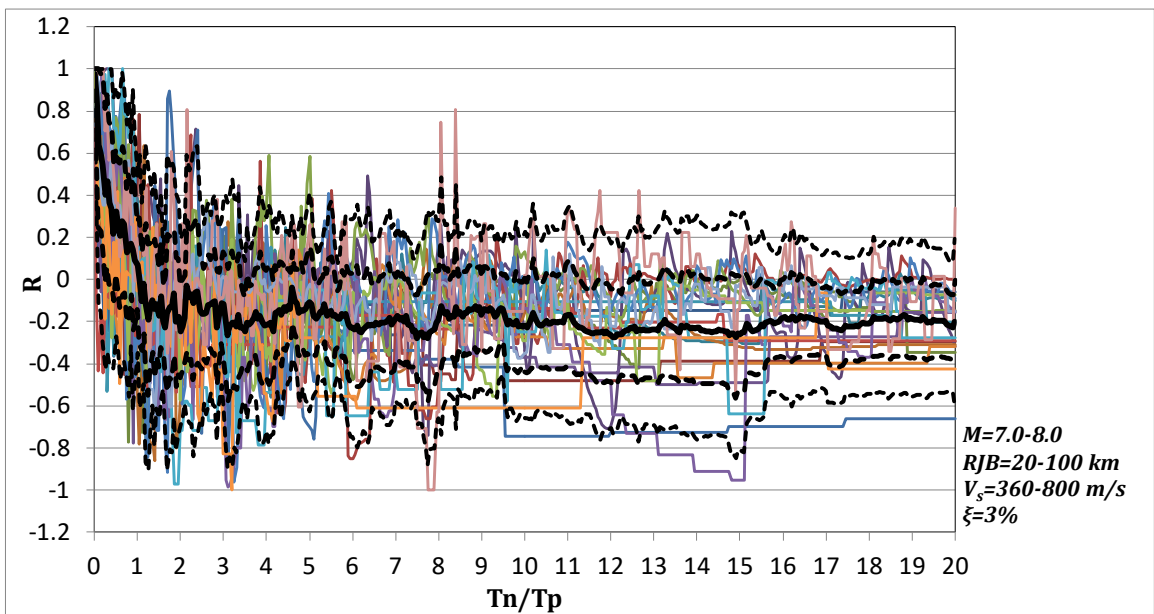
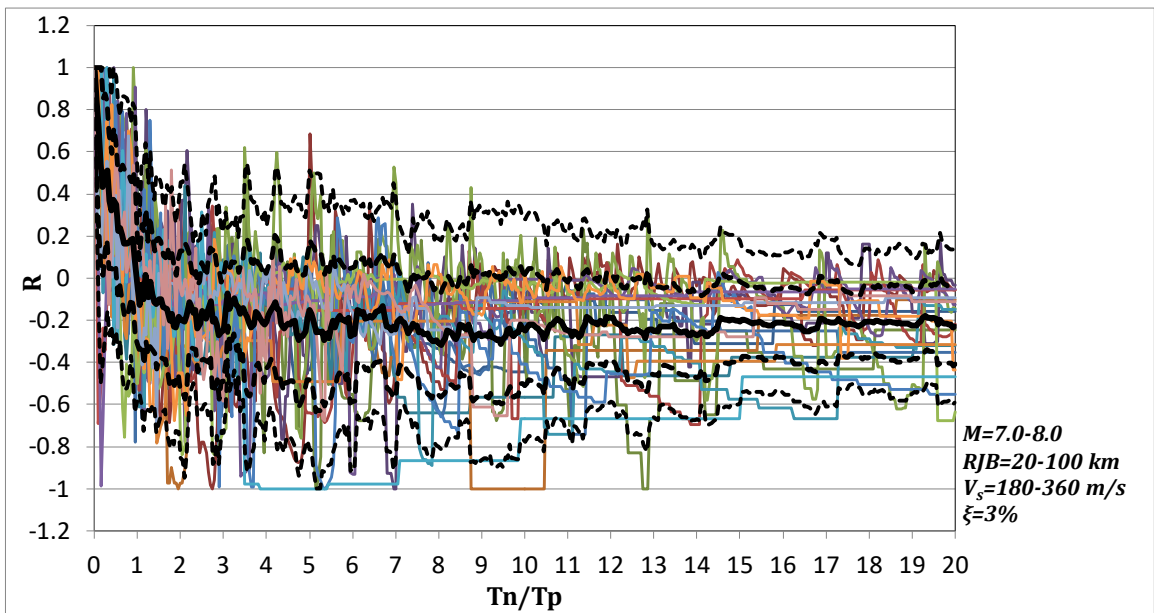




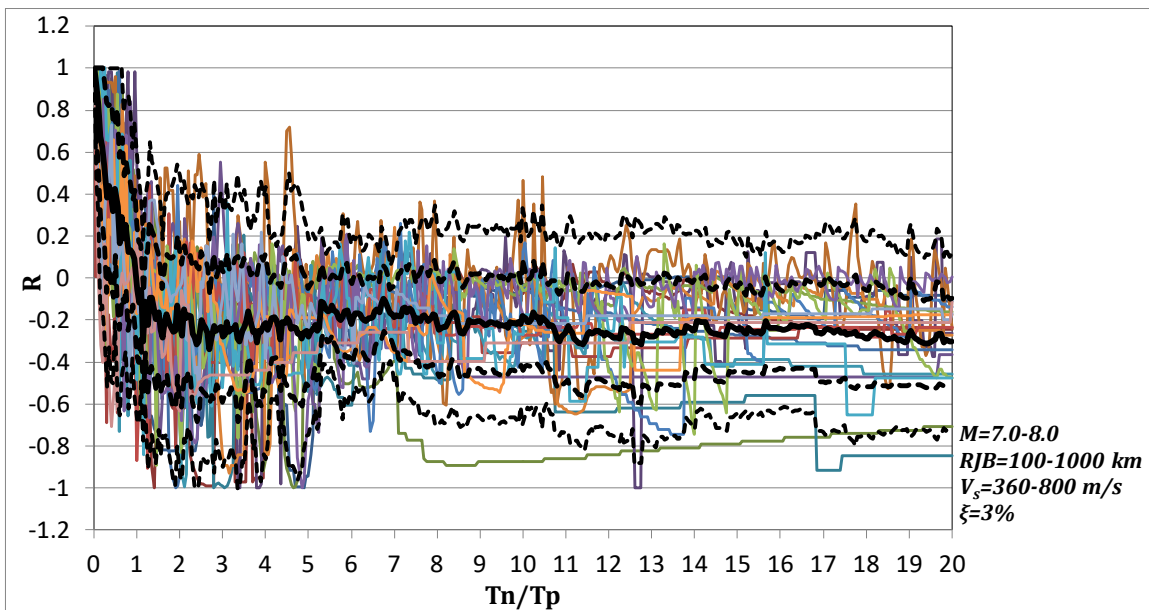
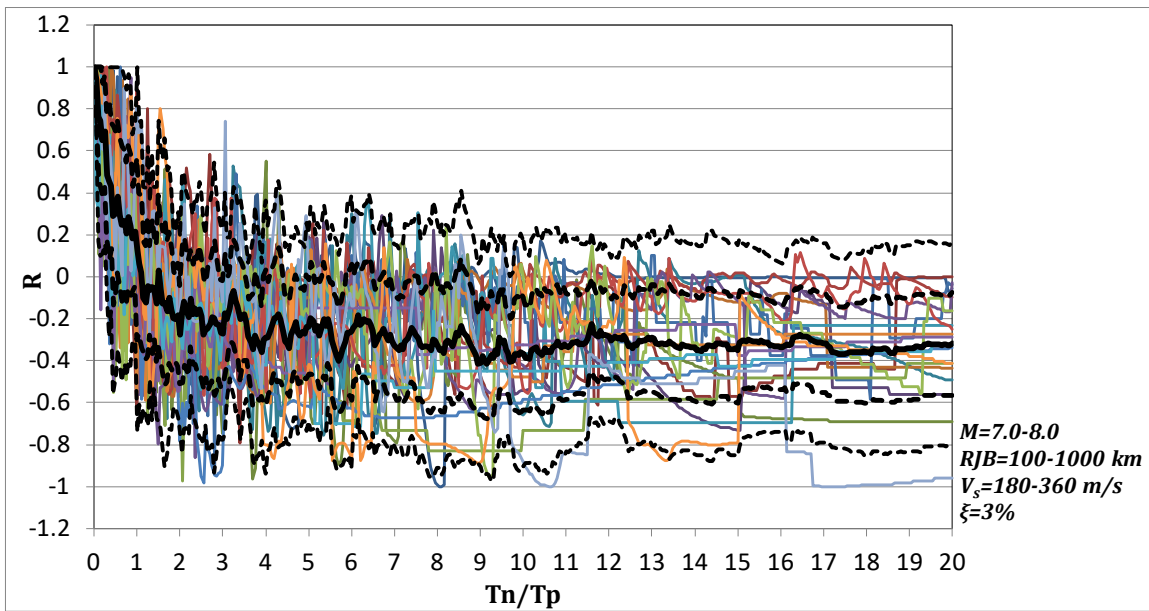
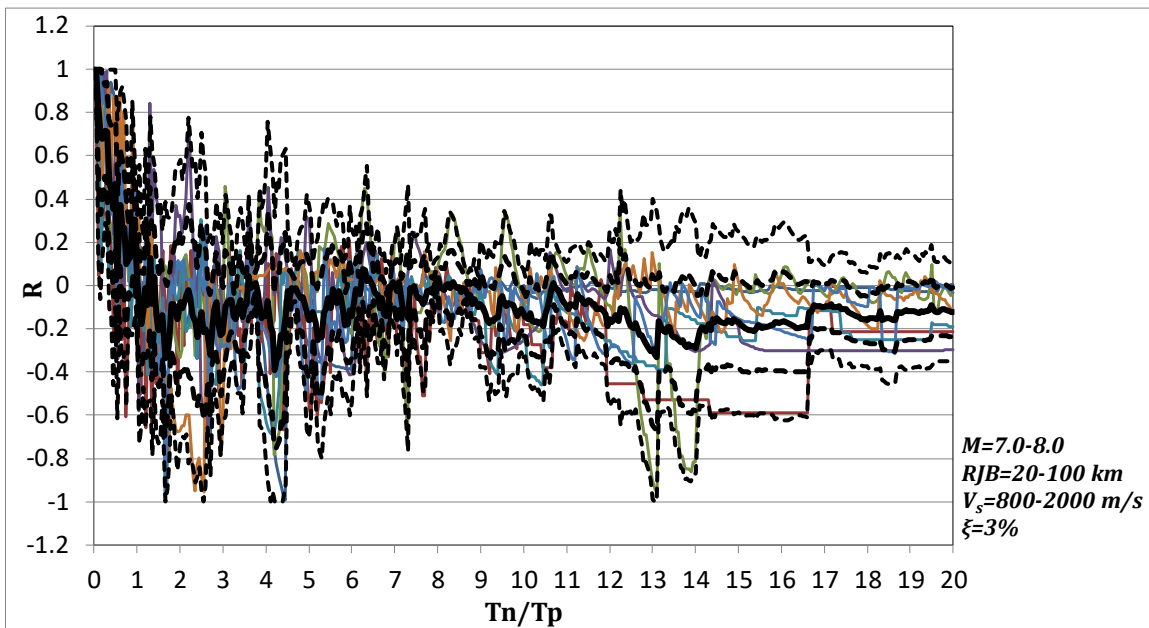


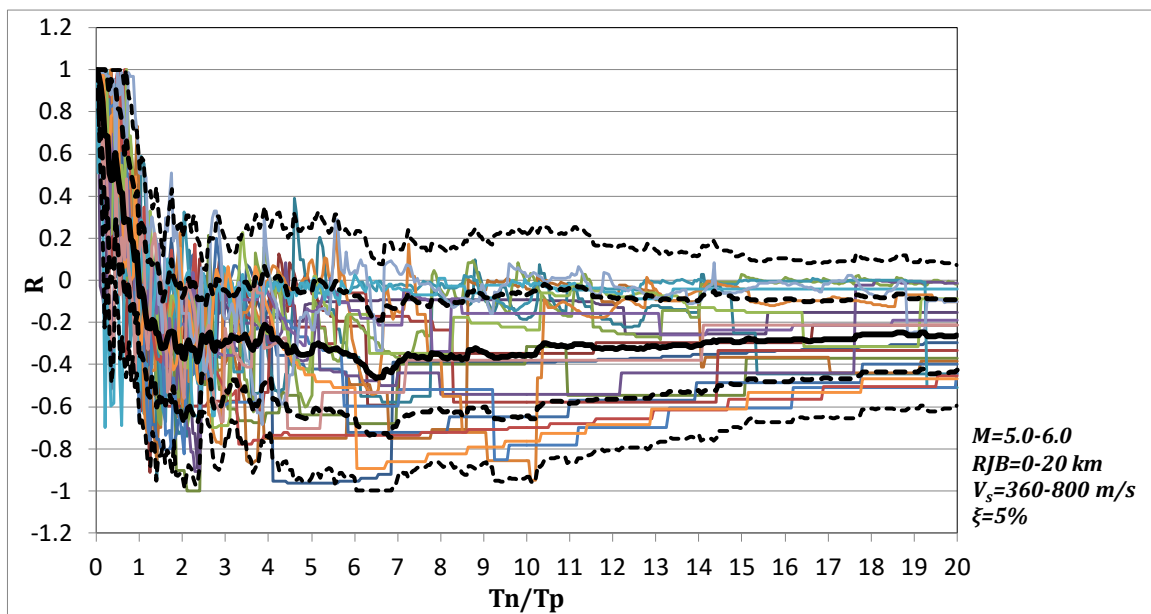
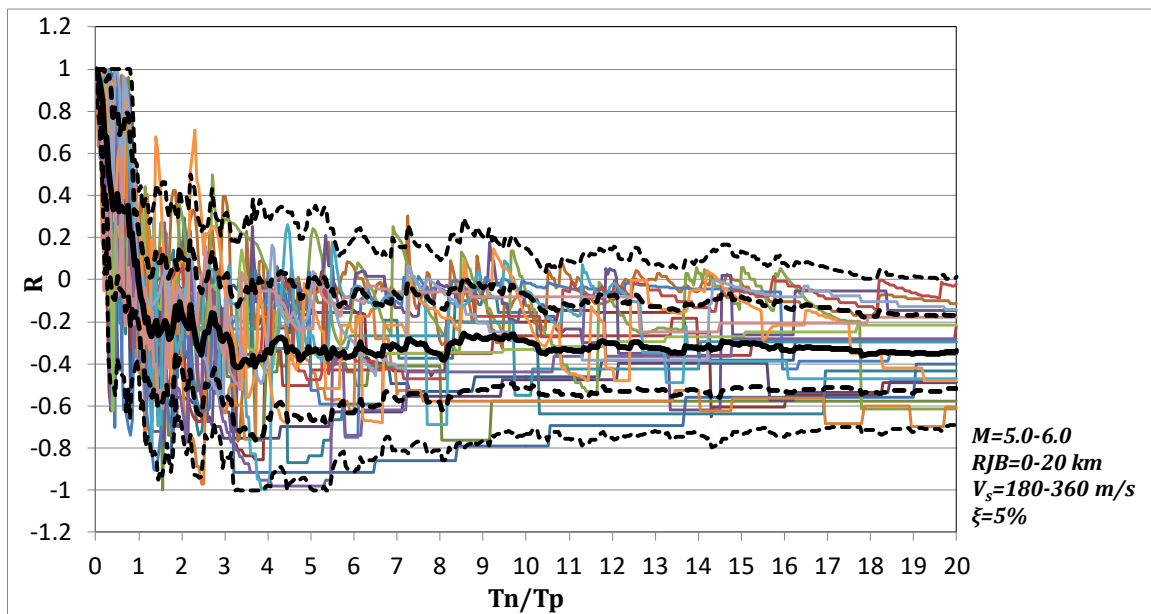
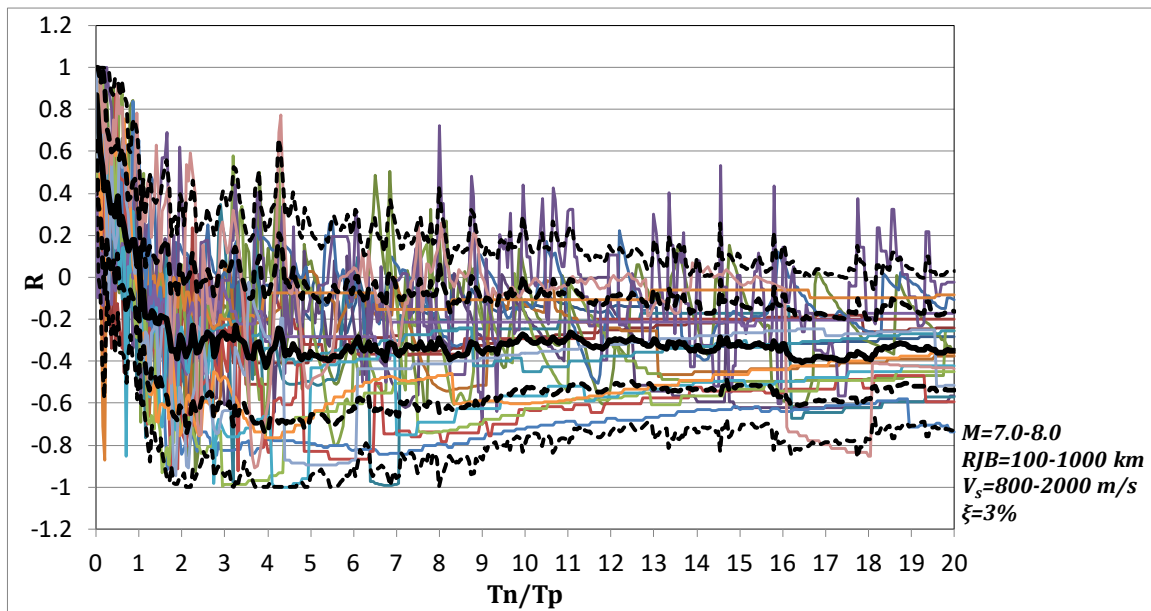


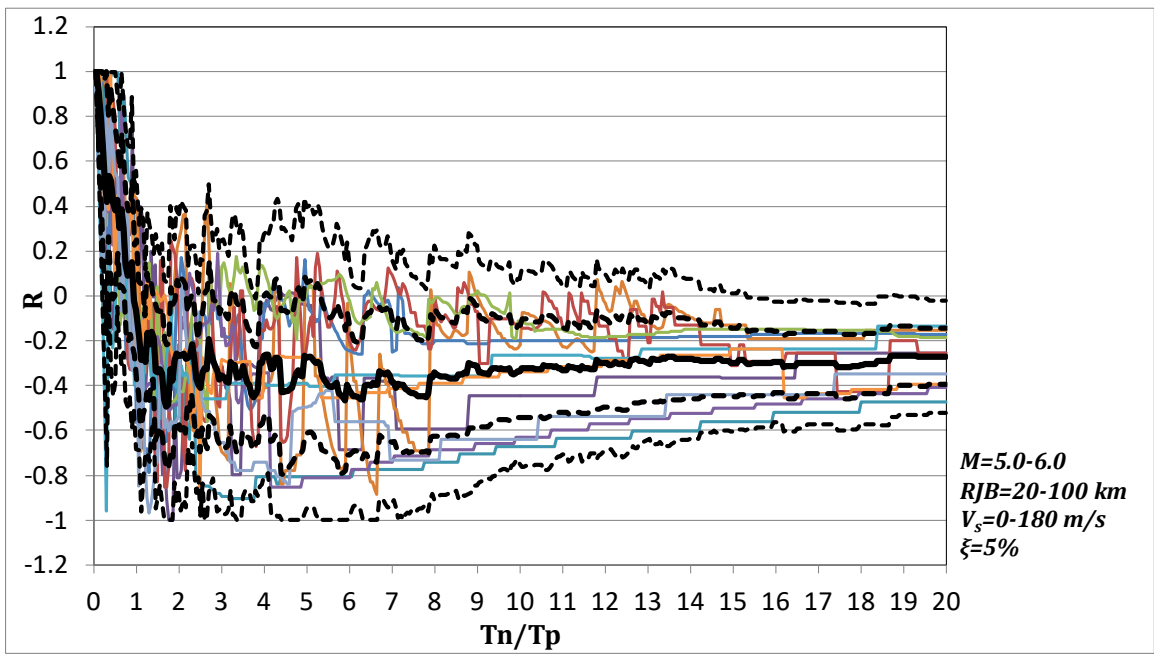
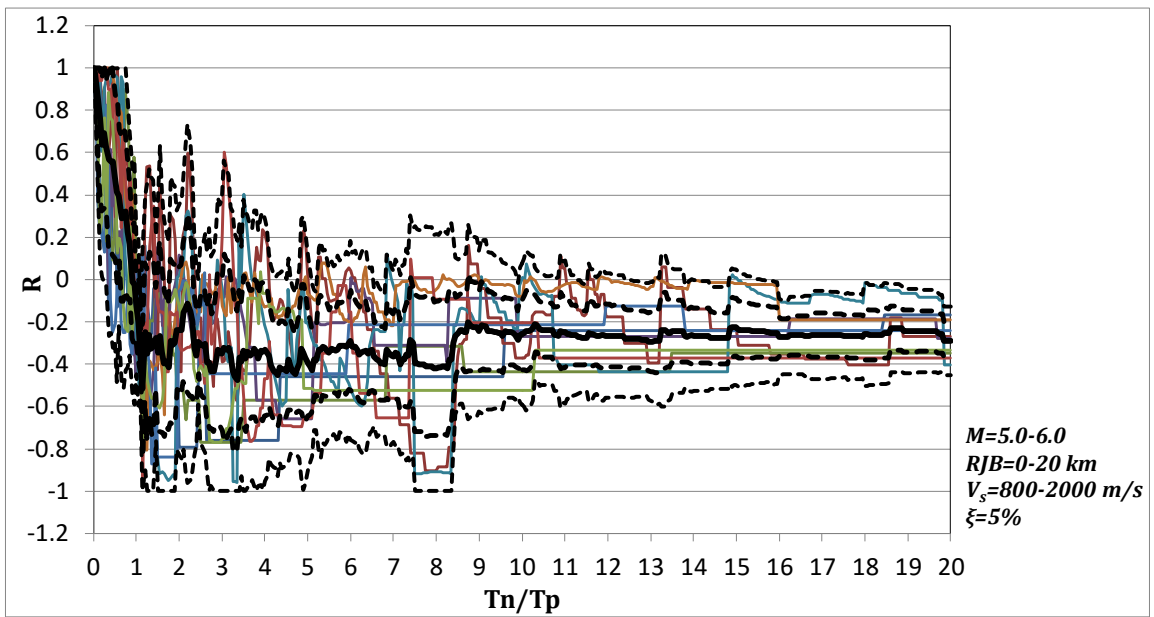
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



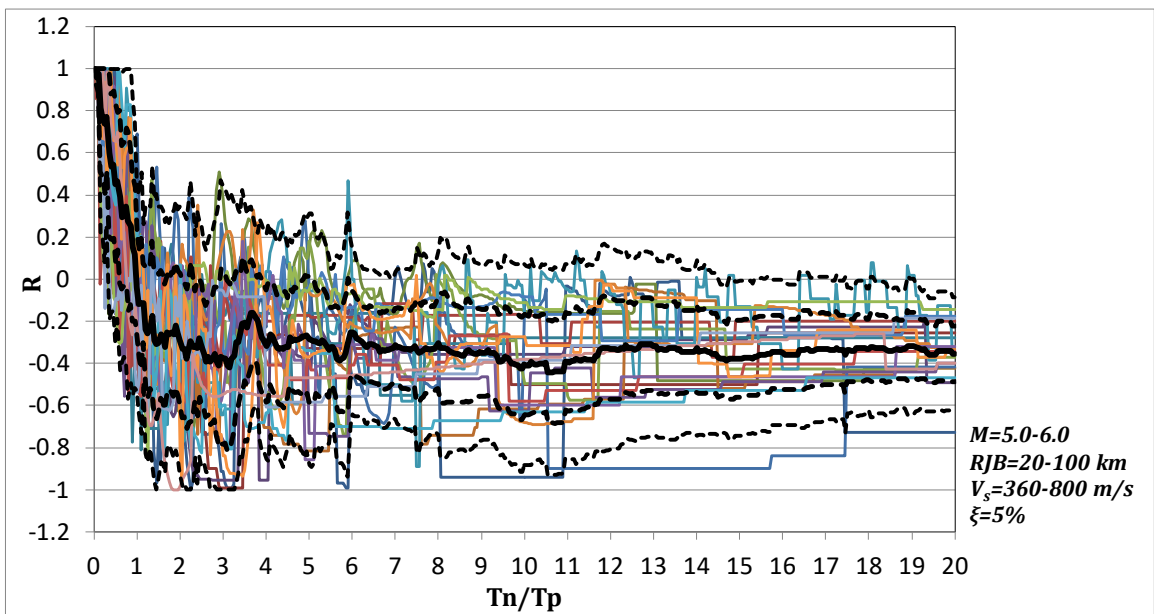
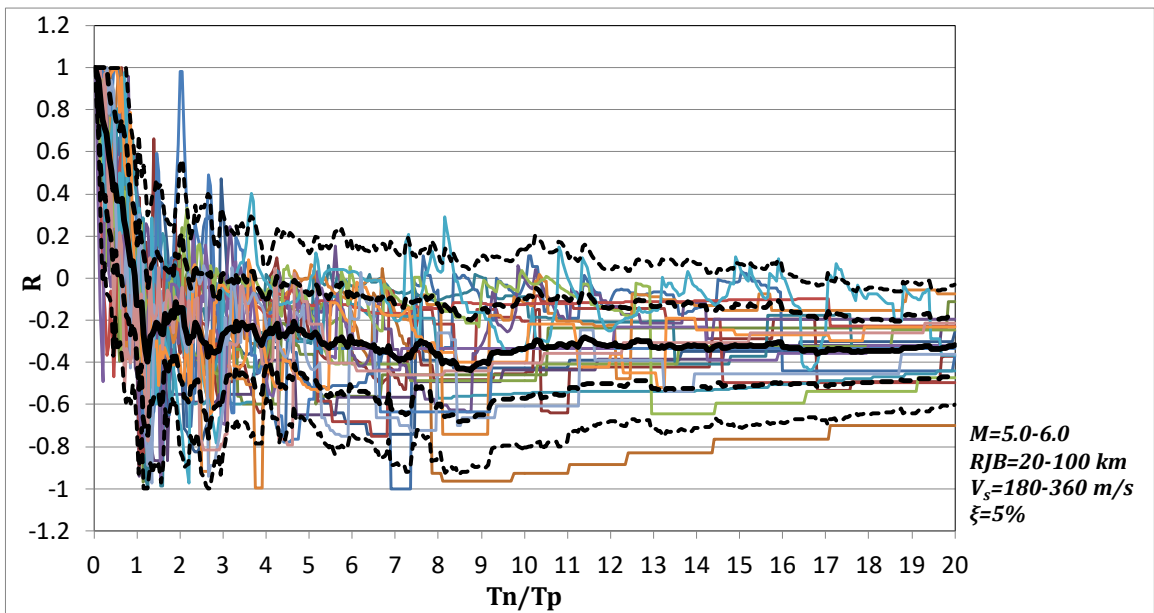
- mean
- · - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



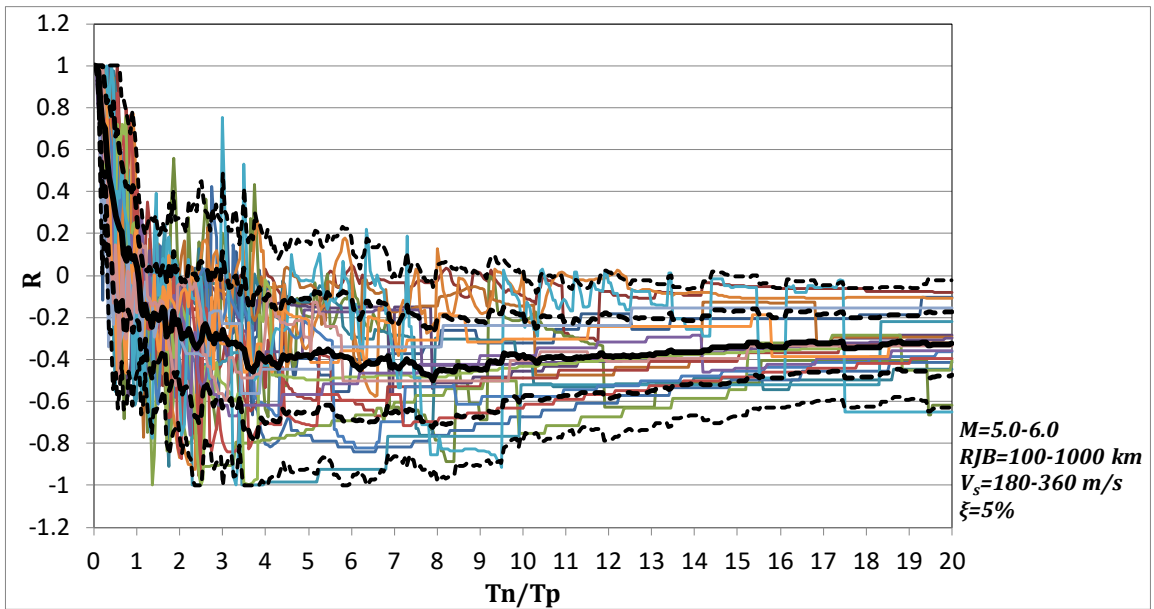
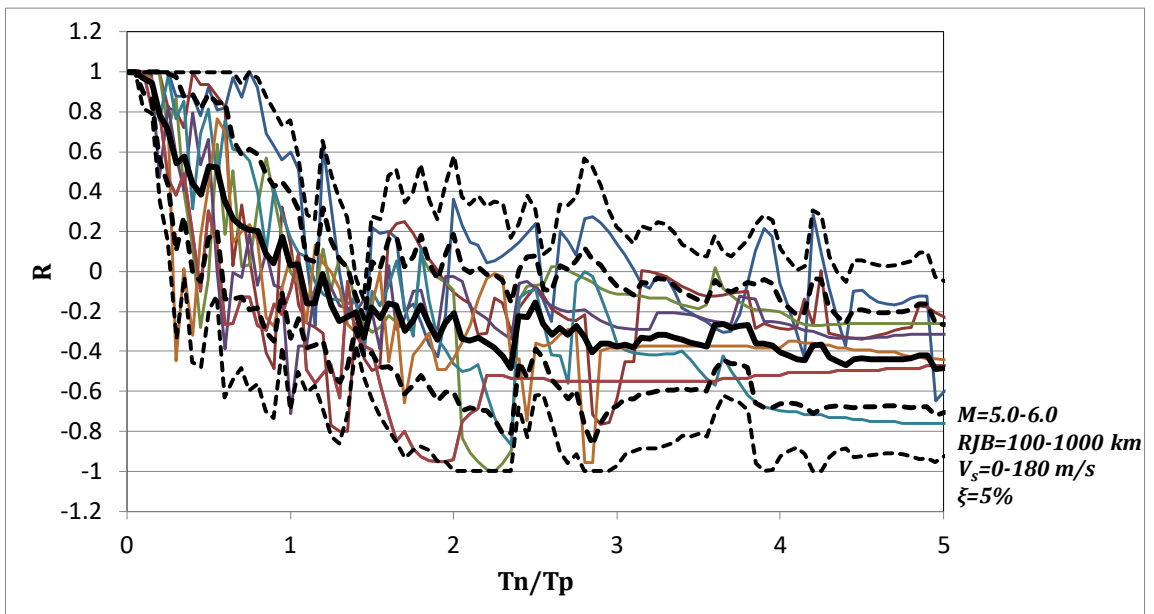
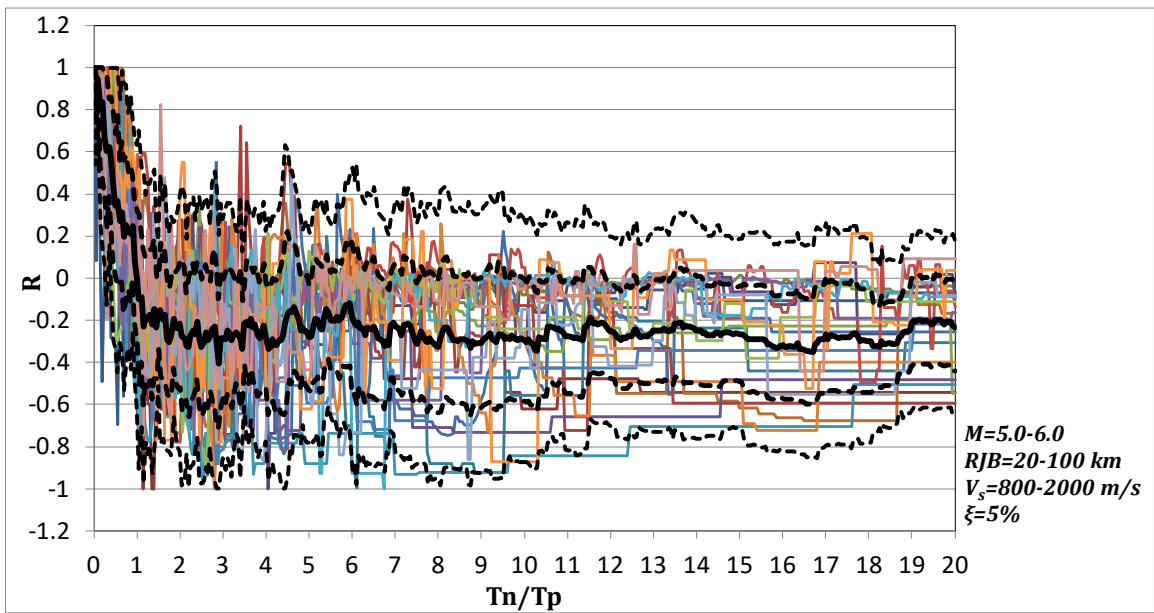


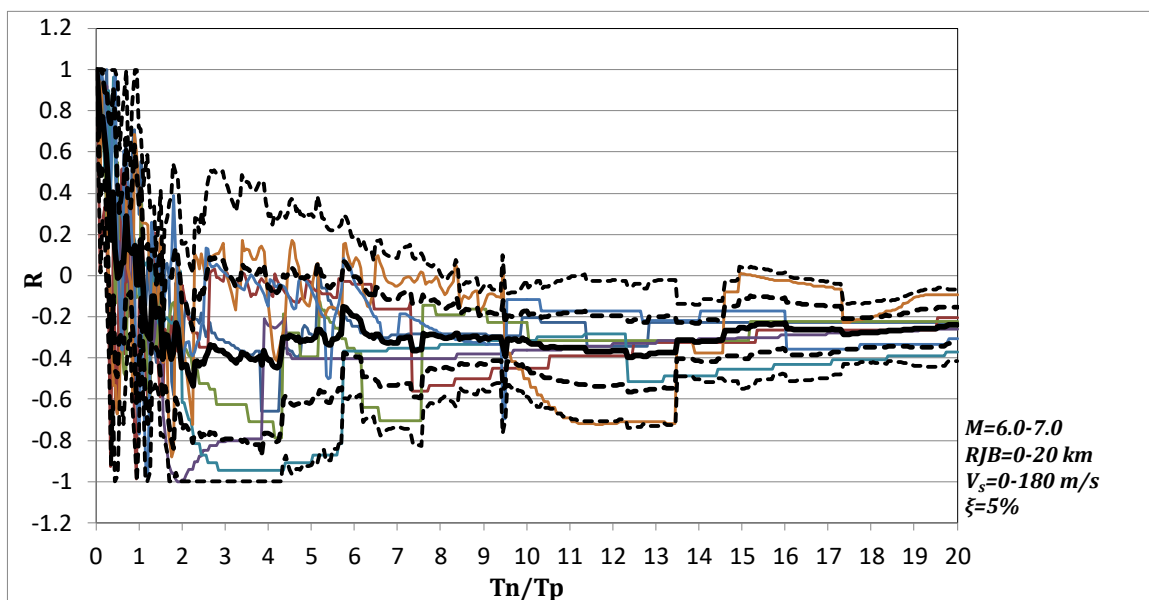
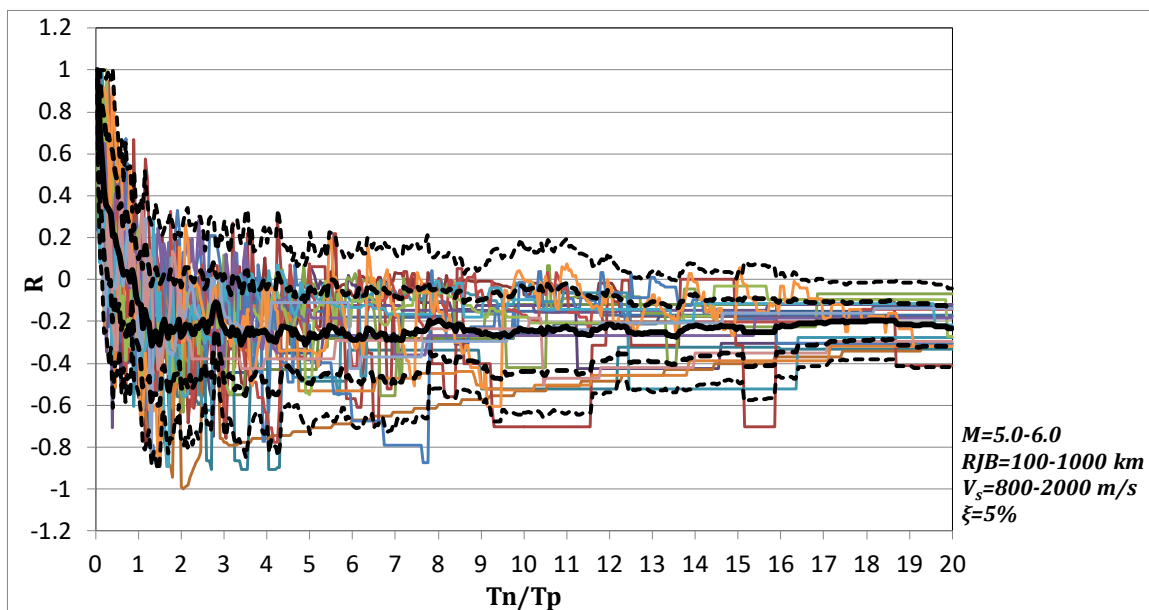
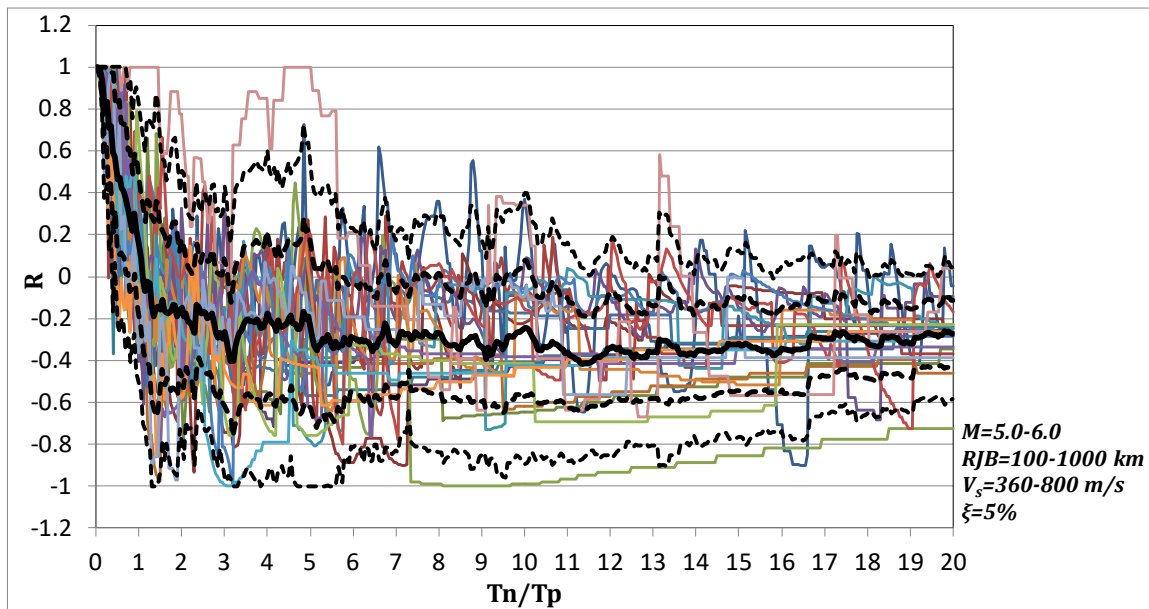


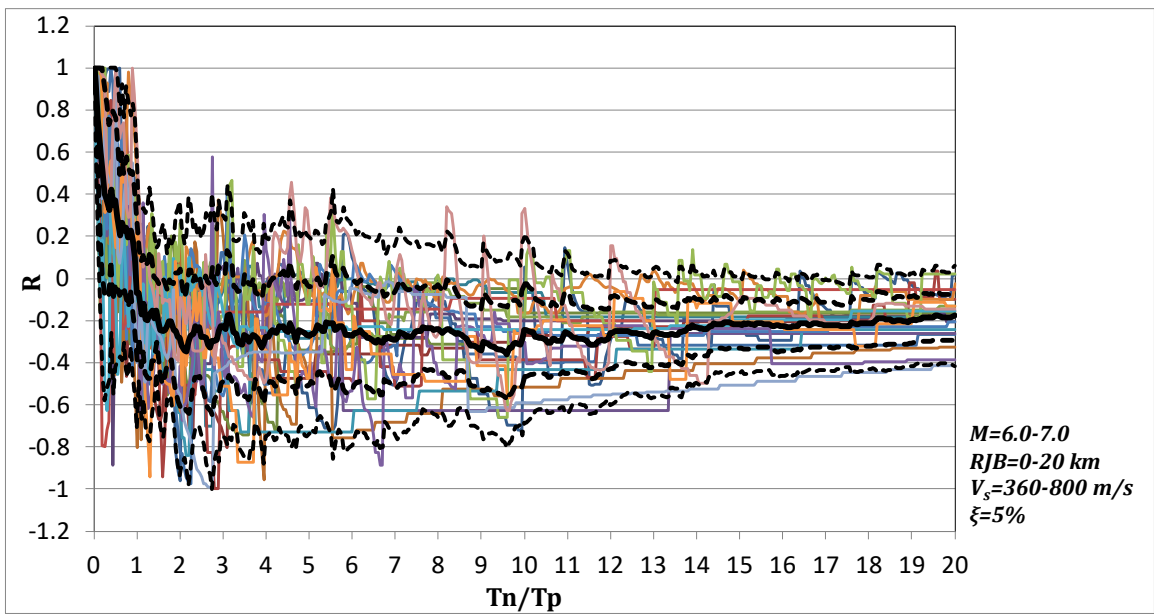
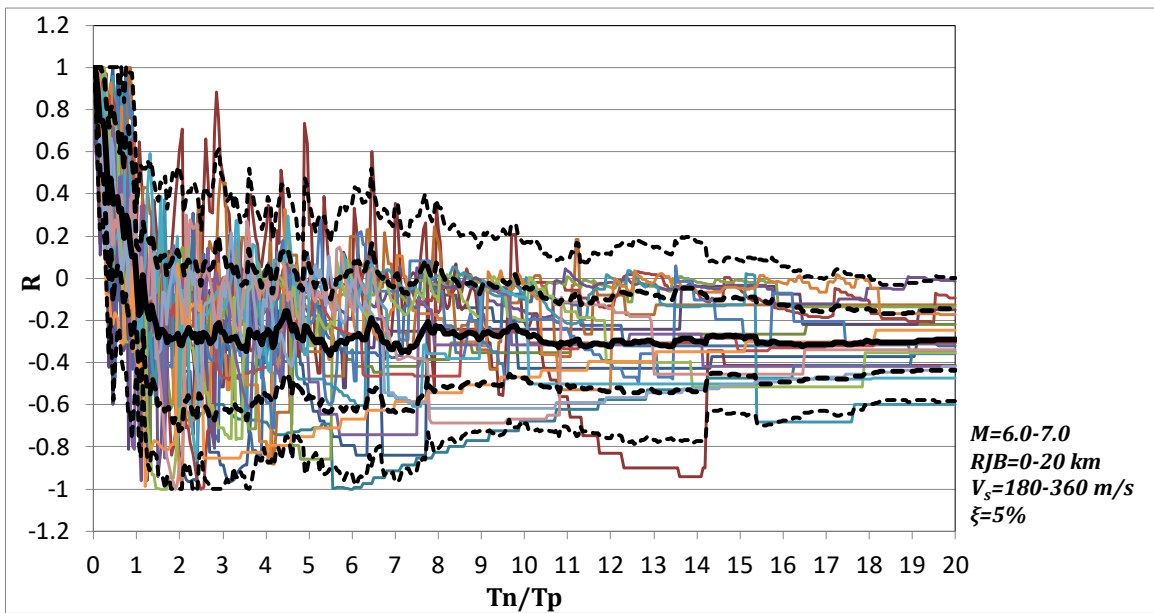
— mean
 - - - mean + σ
 - - - mean - σ
 - - - mean + 2σ
 - - - mean - 2σ



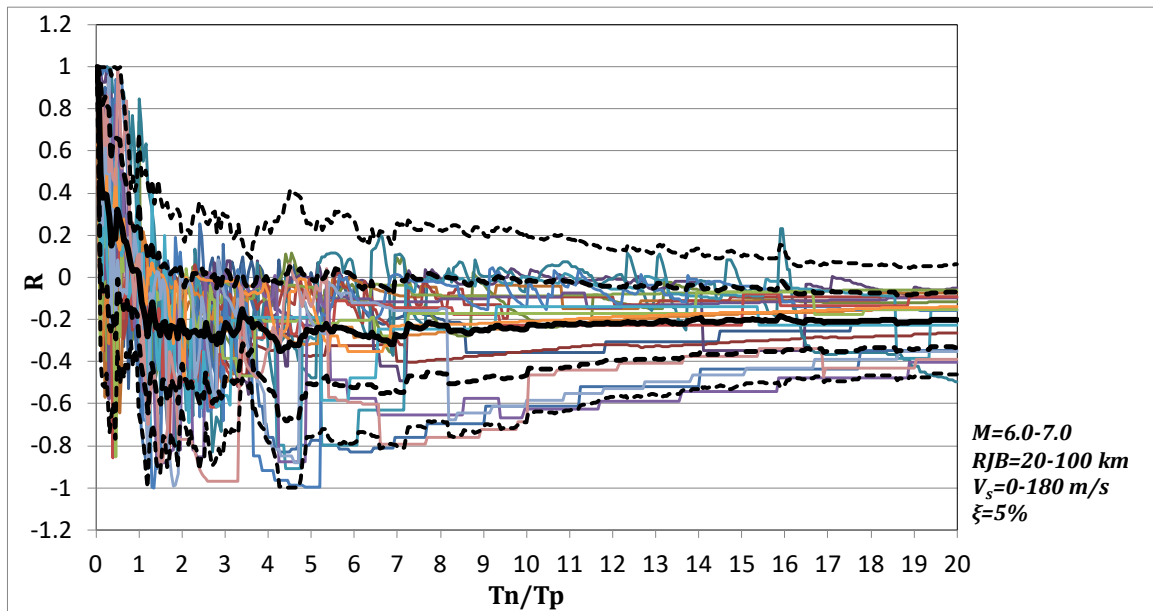
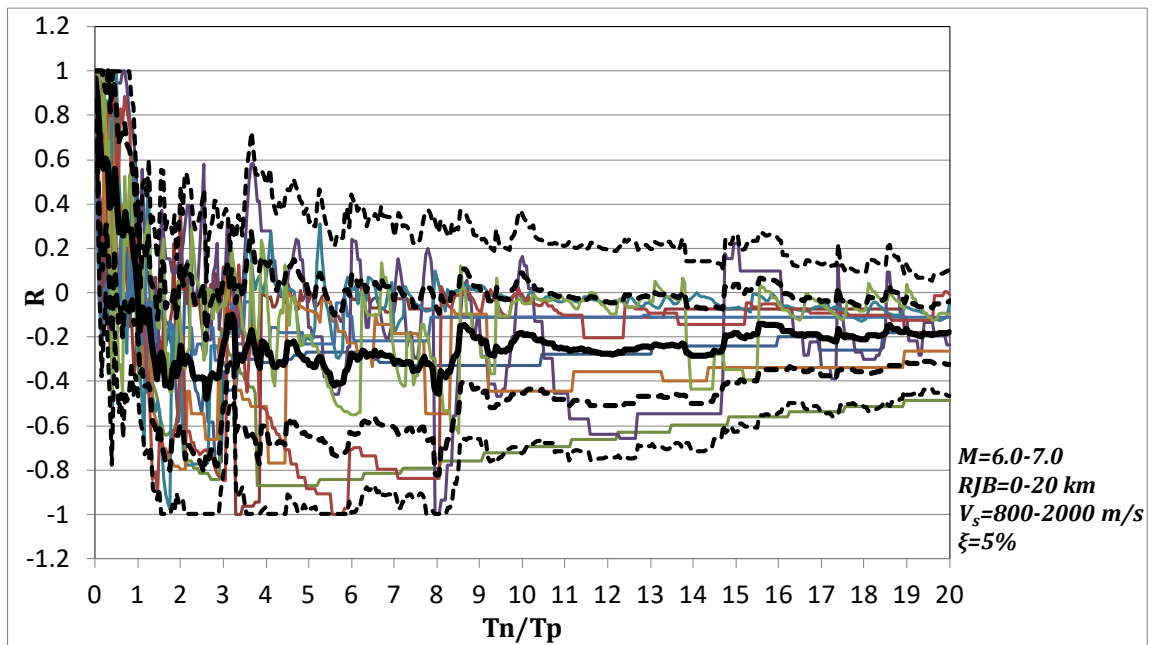
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



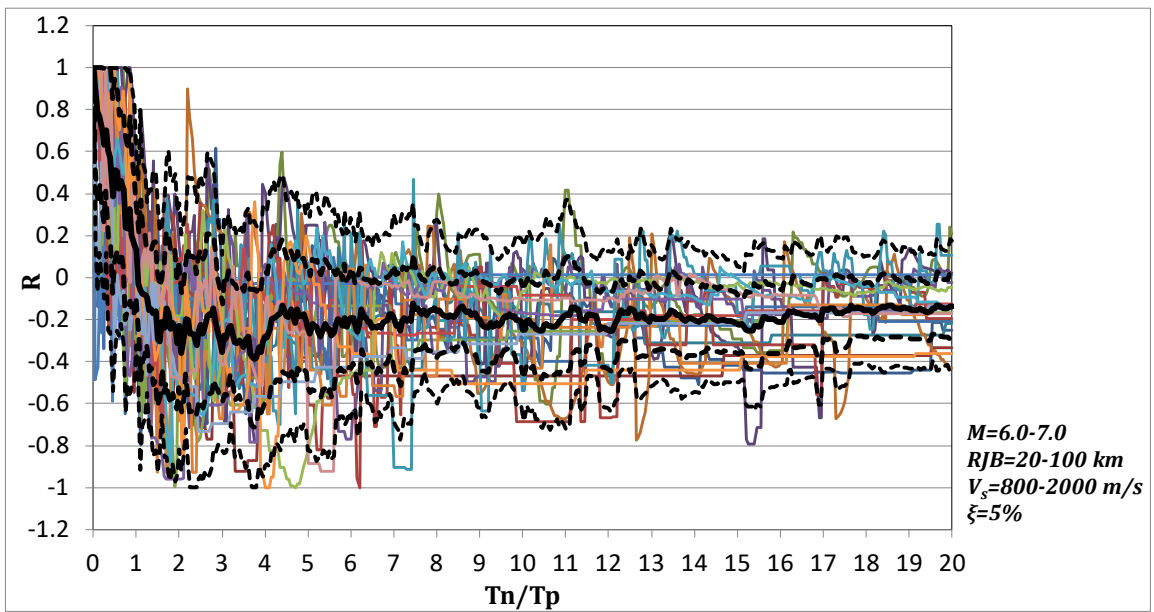
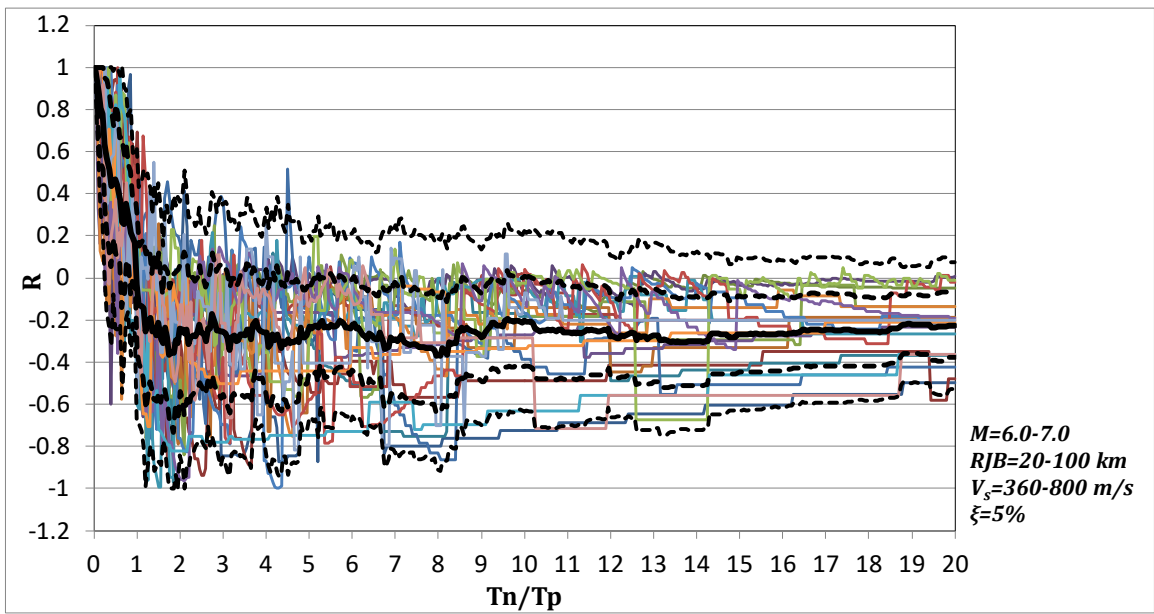
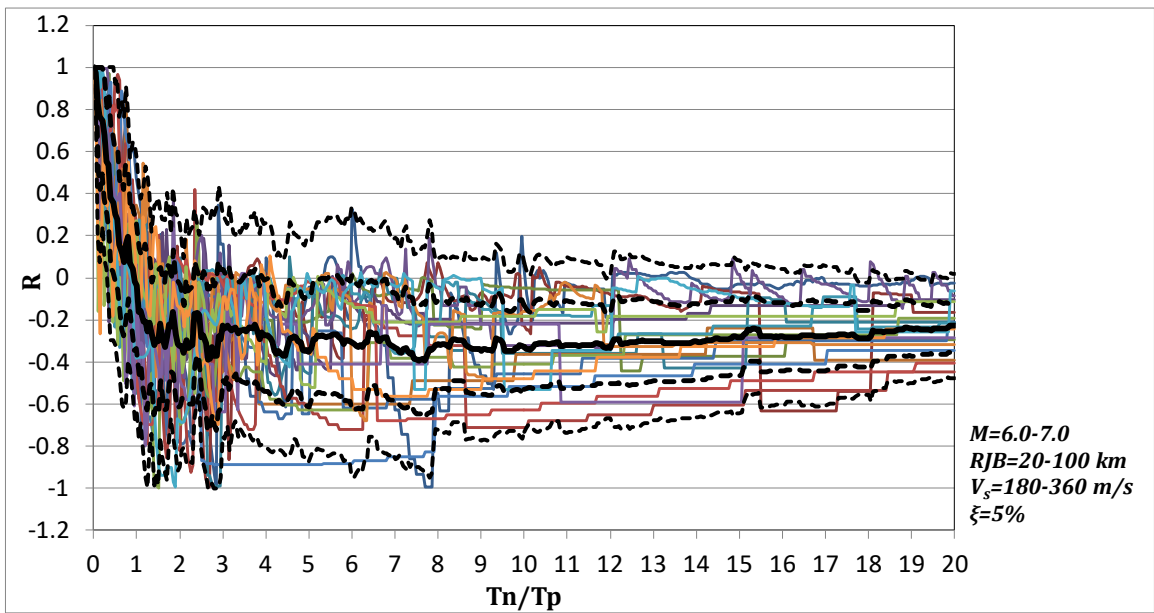


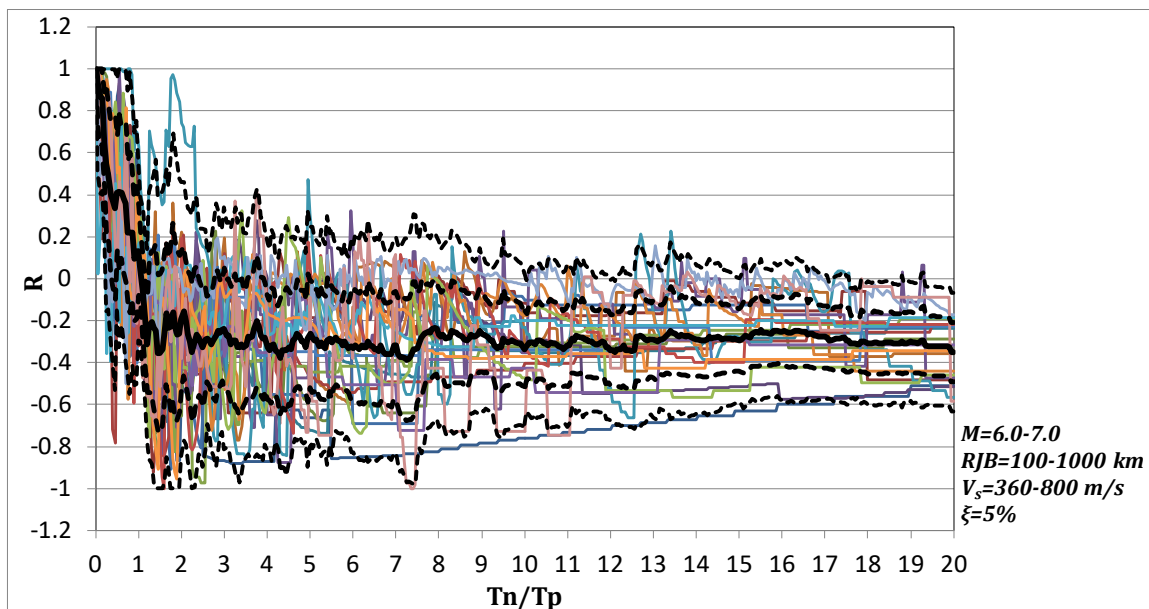
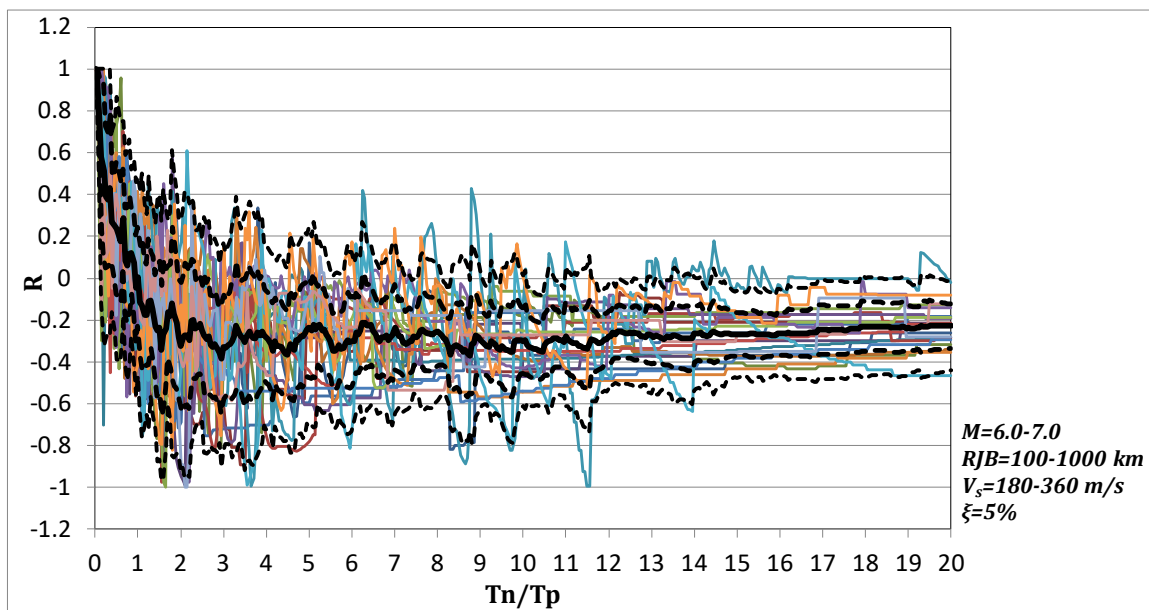
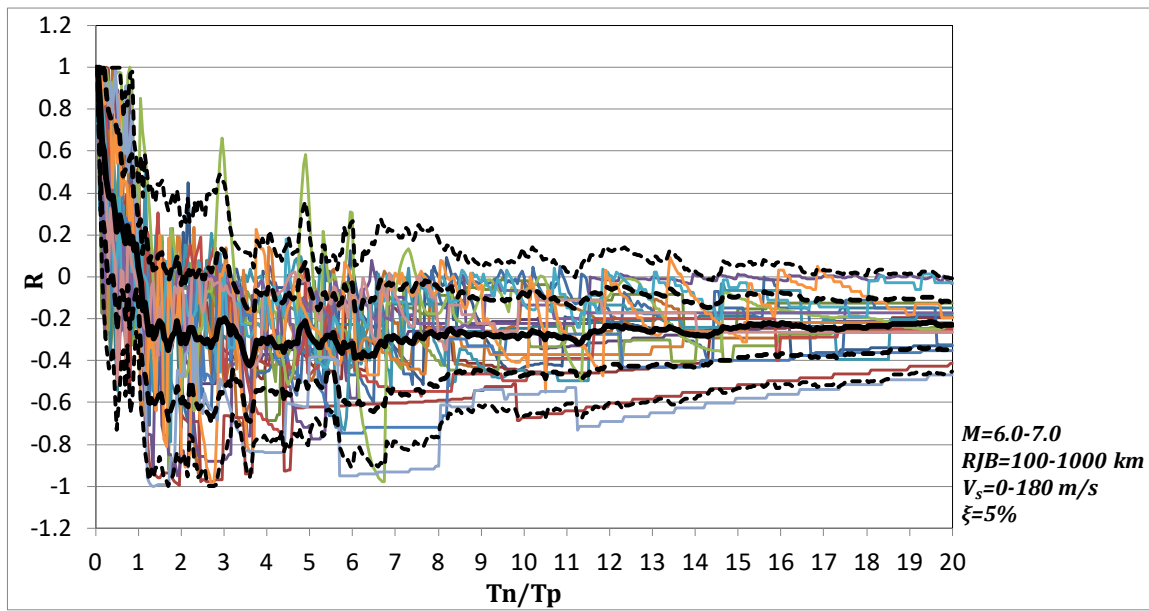


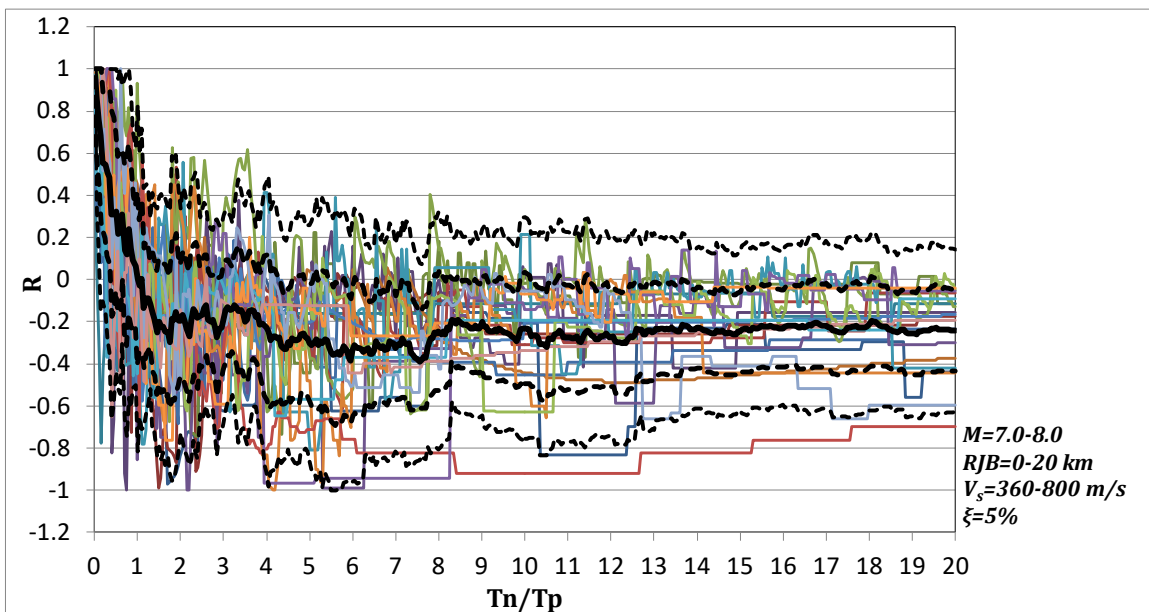
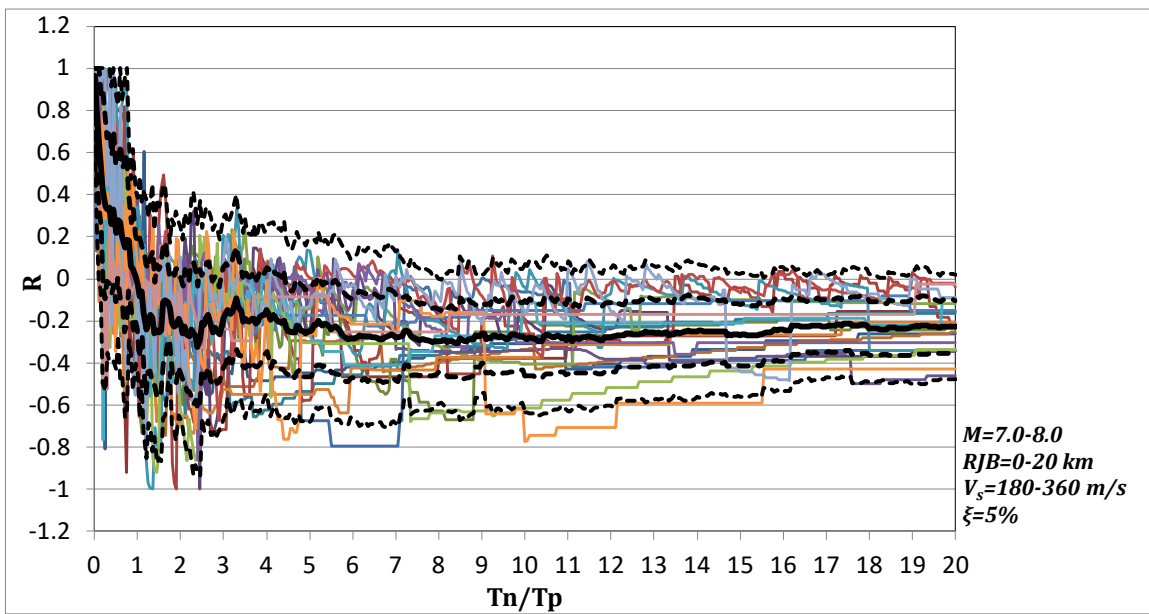
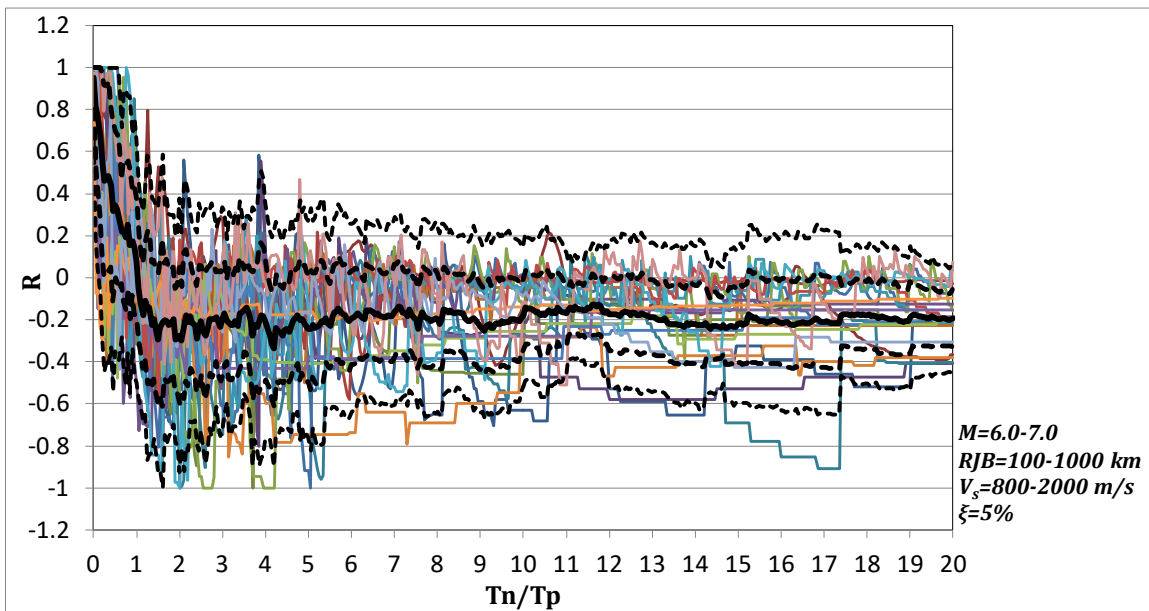
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

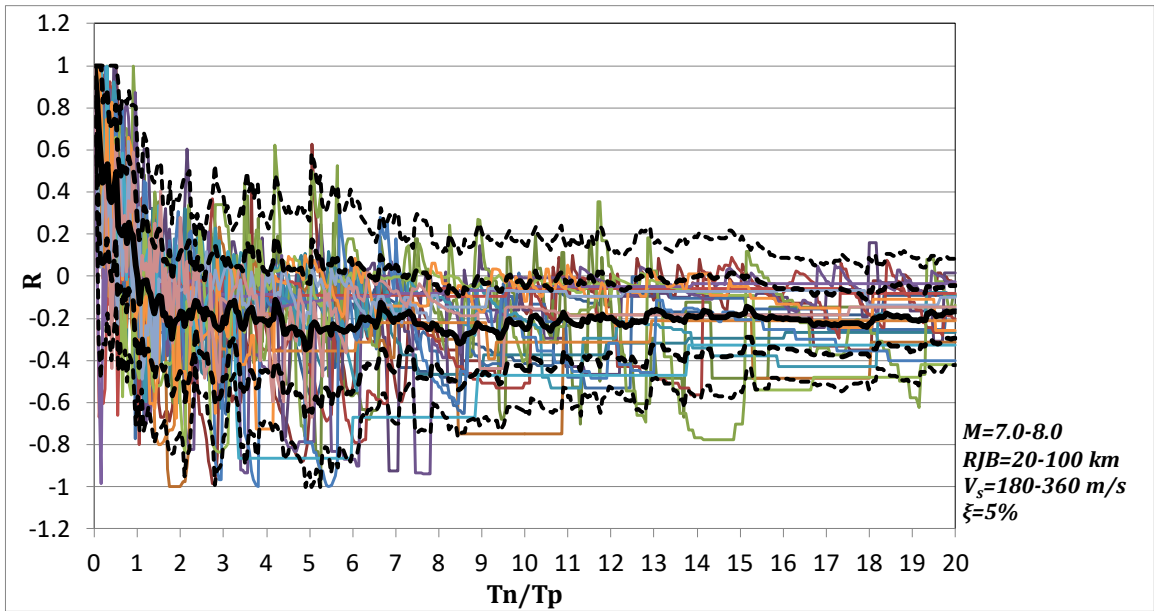
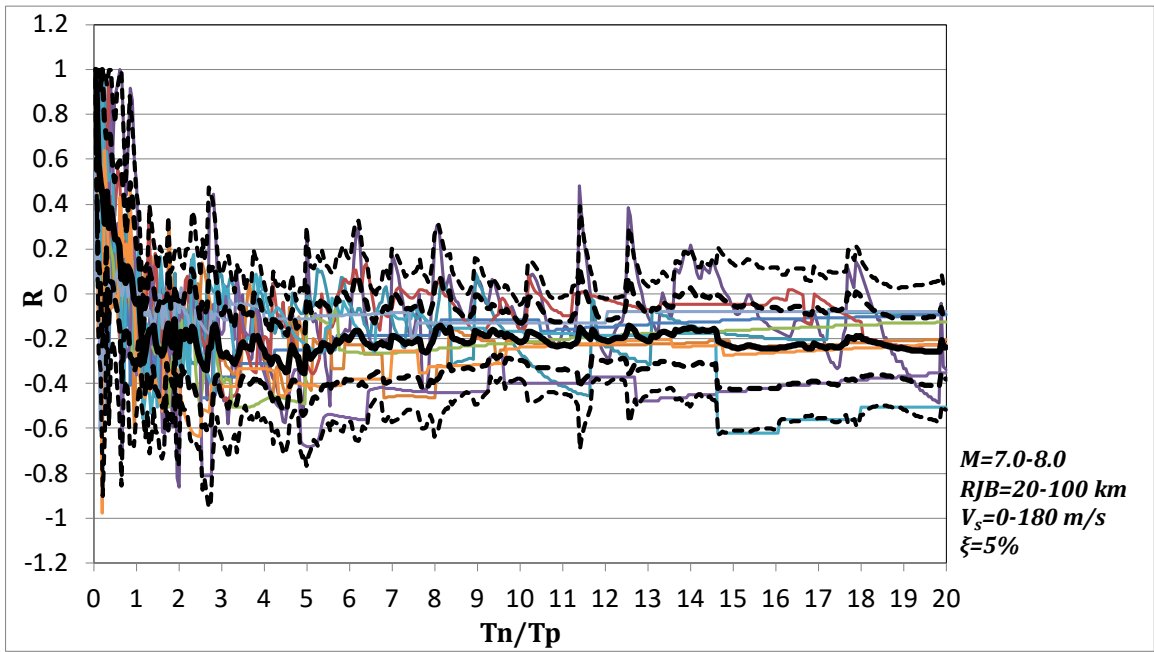


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

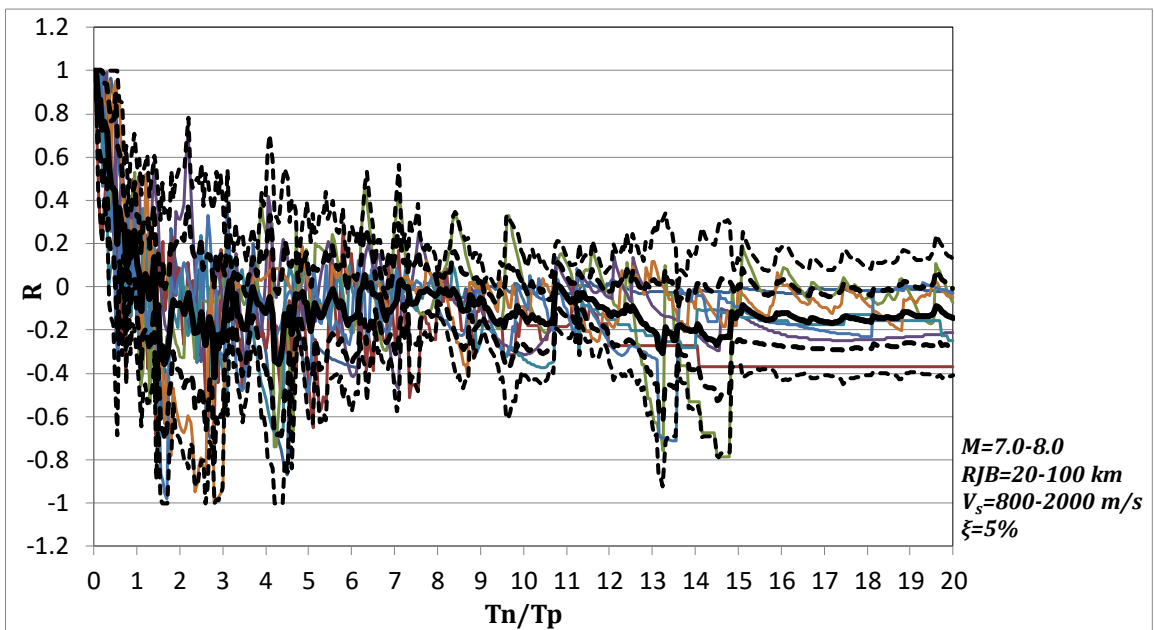
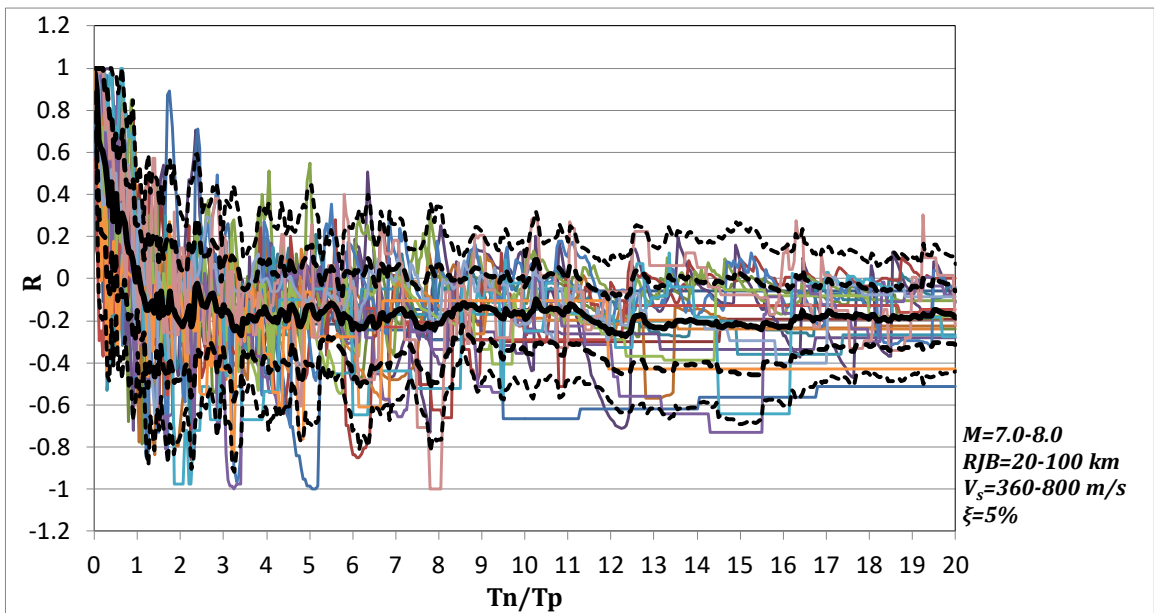




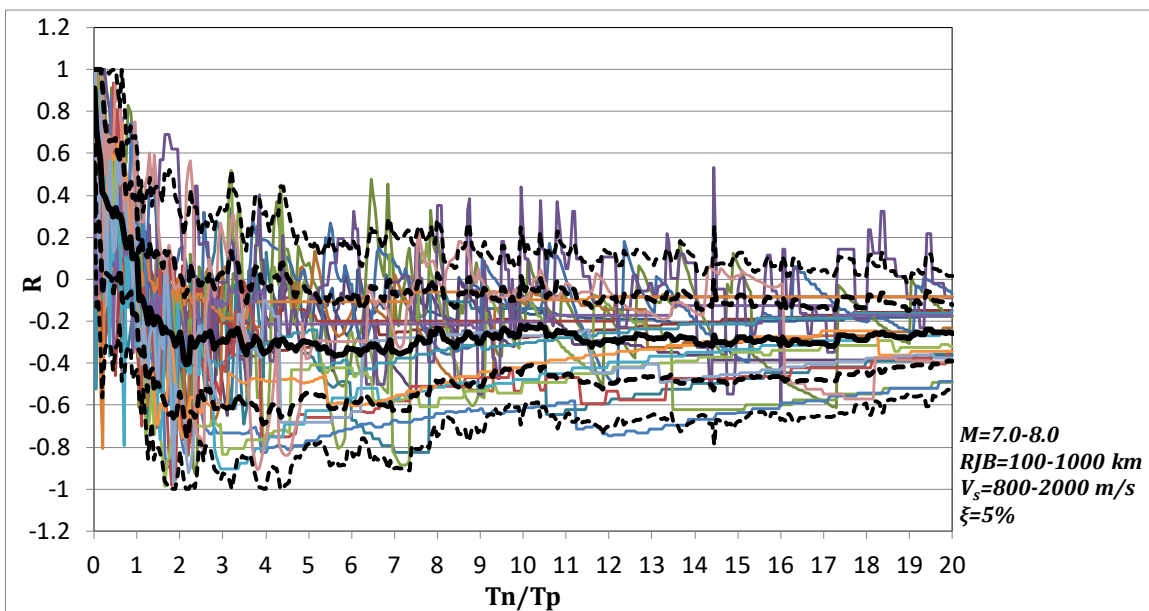
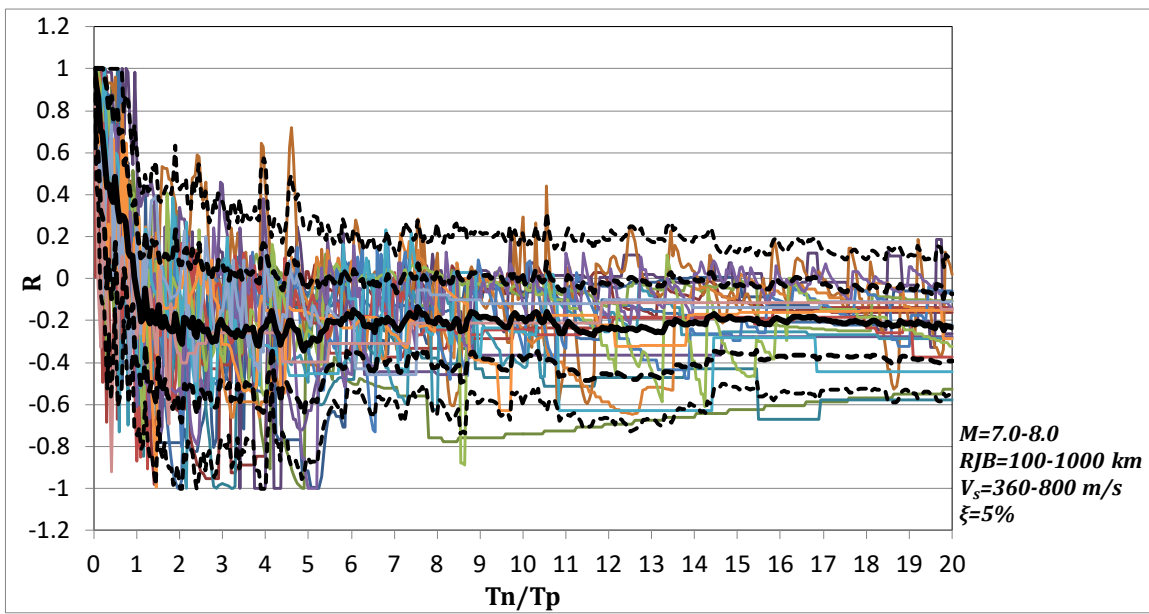
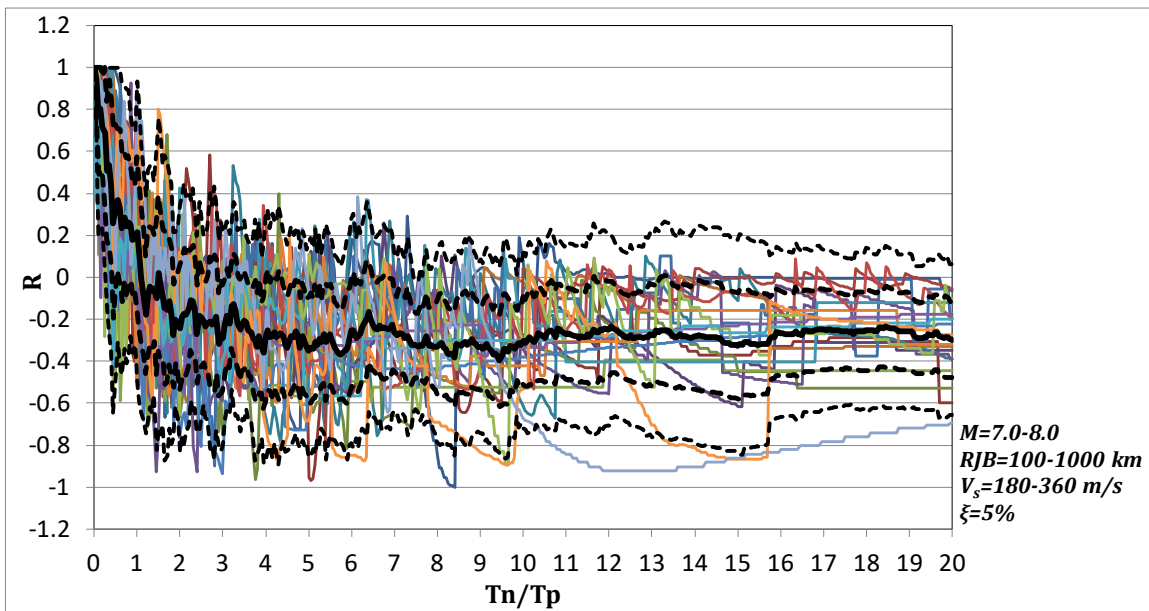


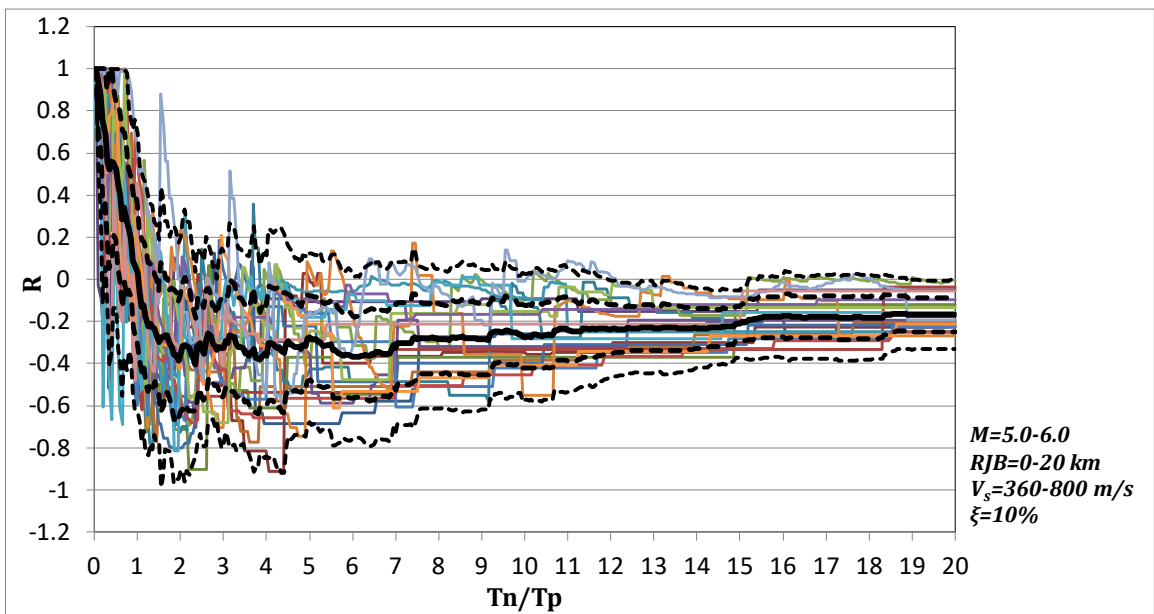
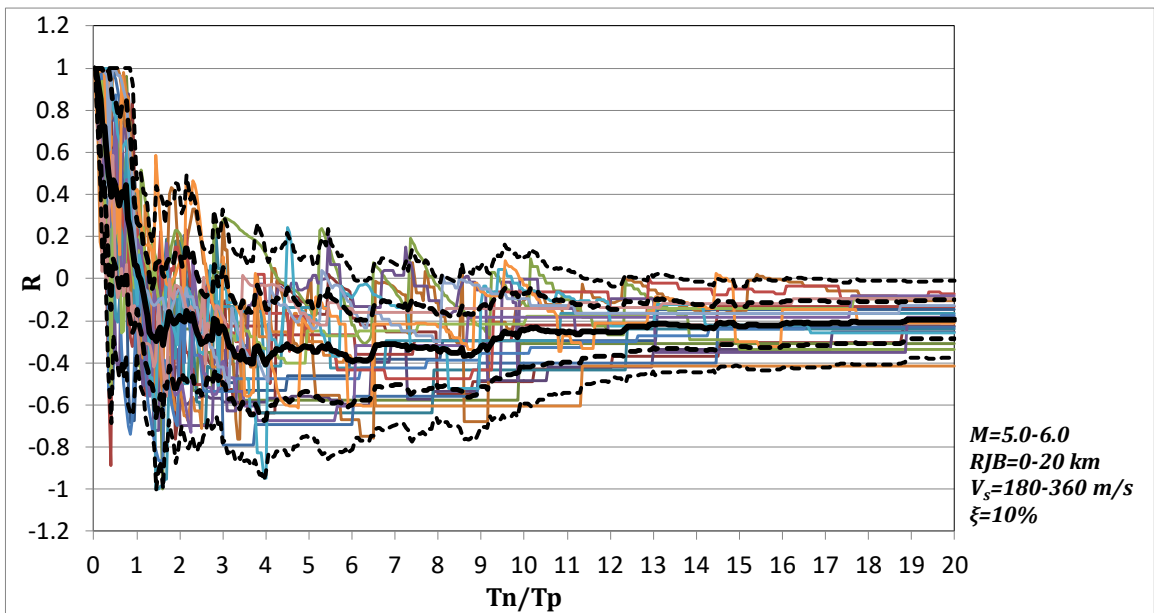


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

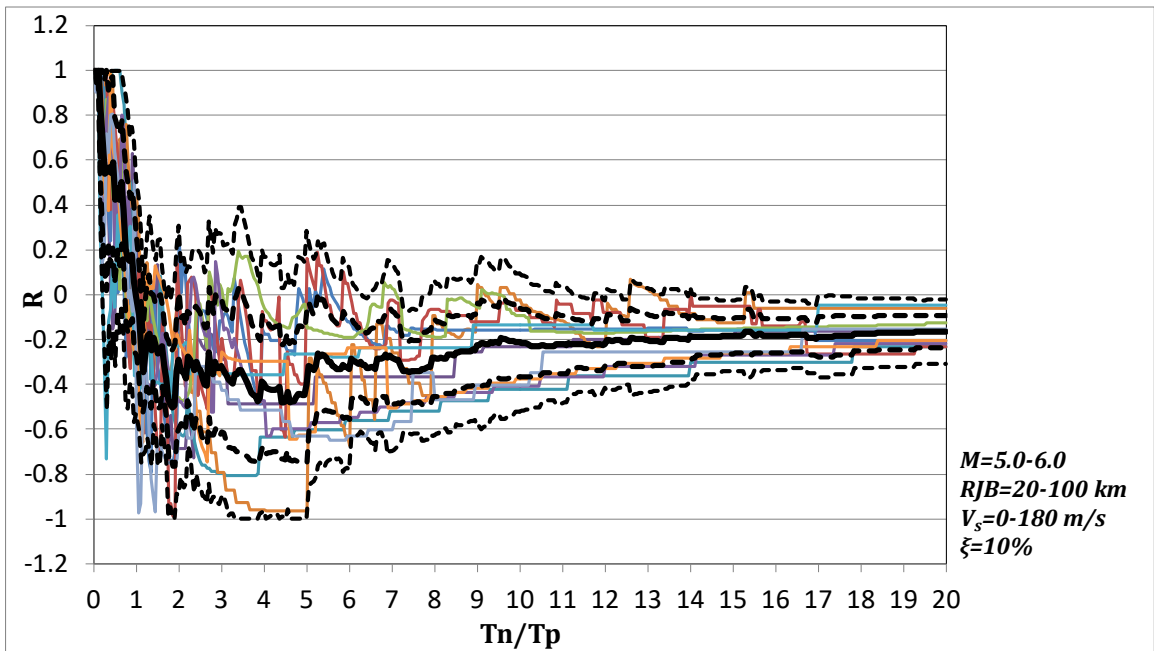
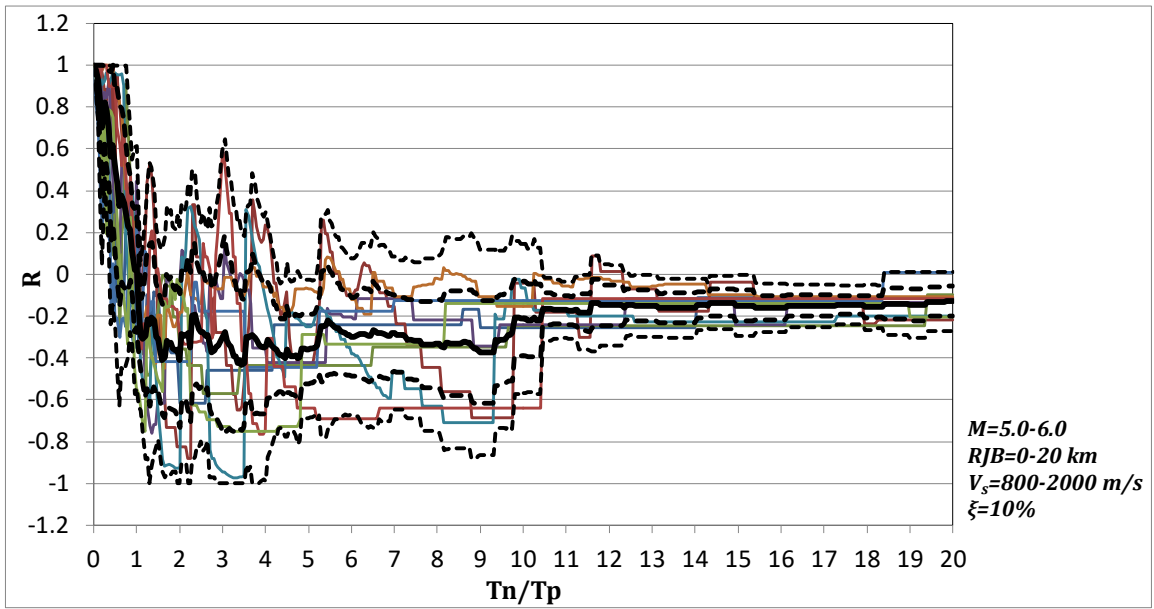


- mean
- - - mean + σ
- - - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ

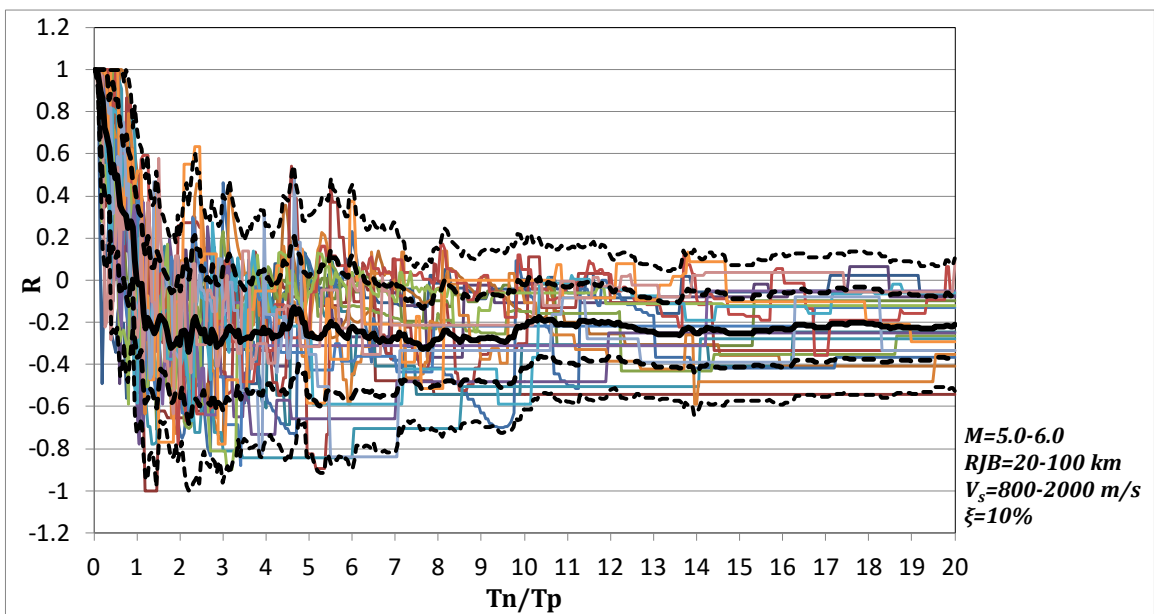
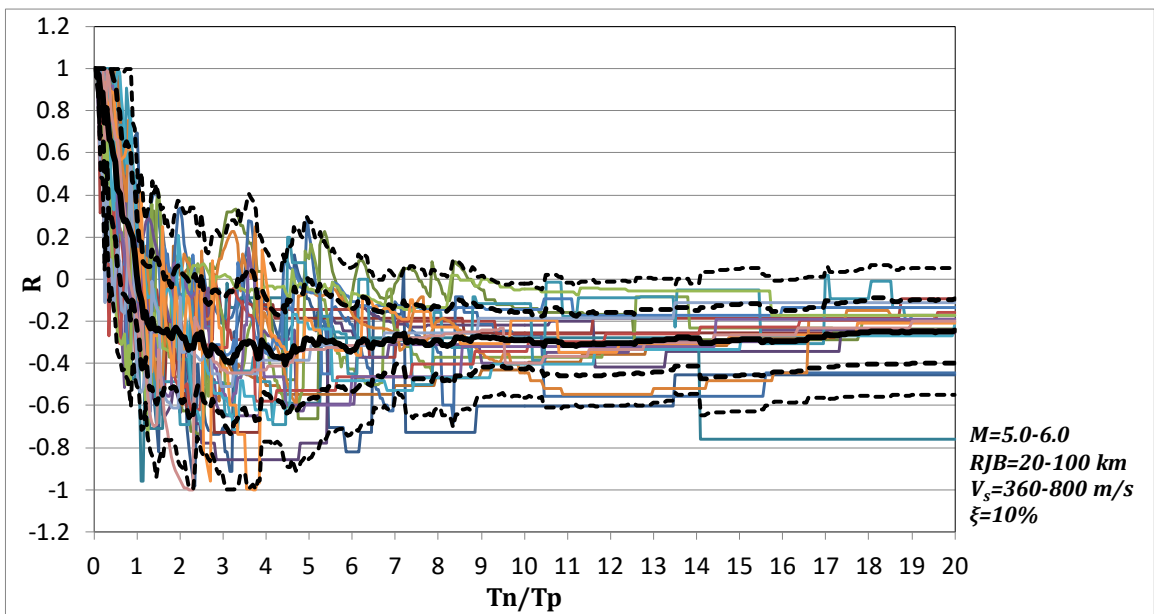
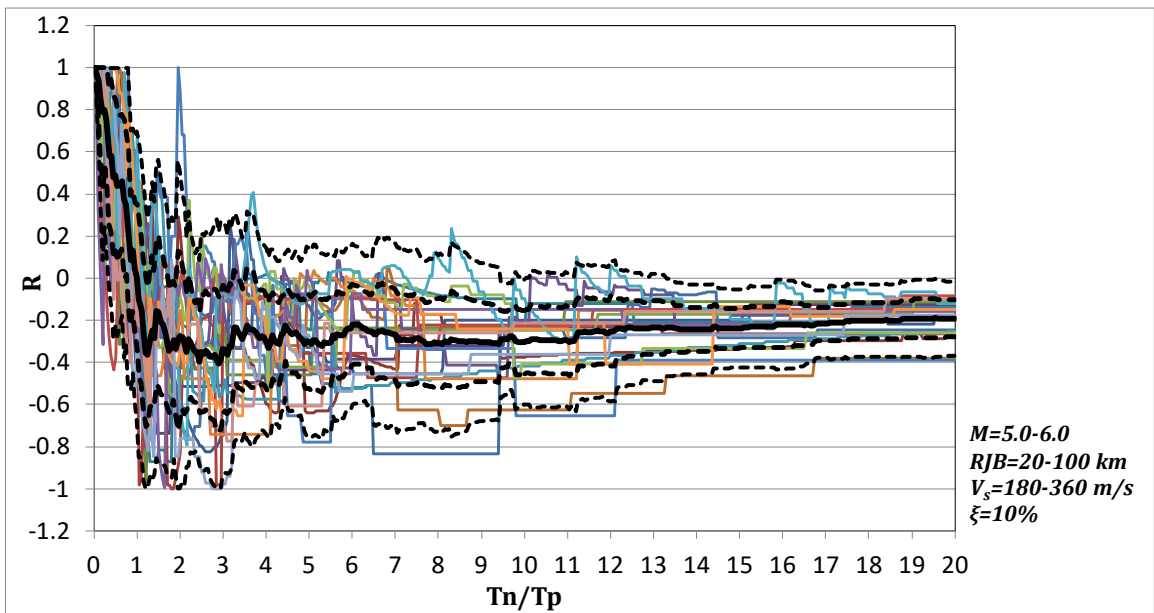


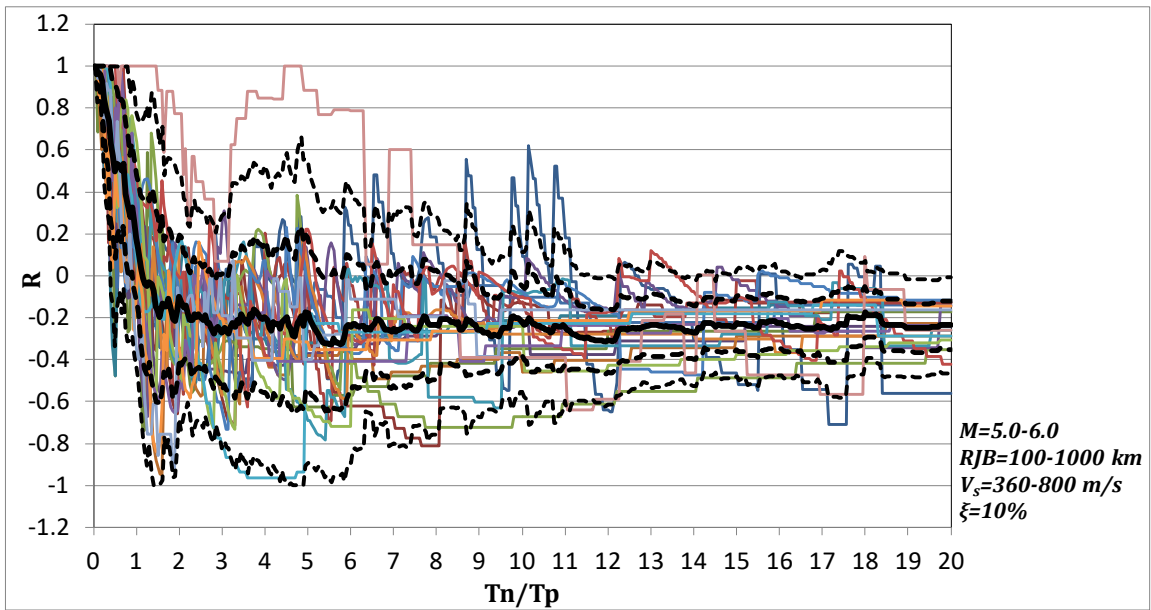
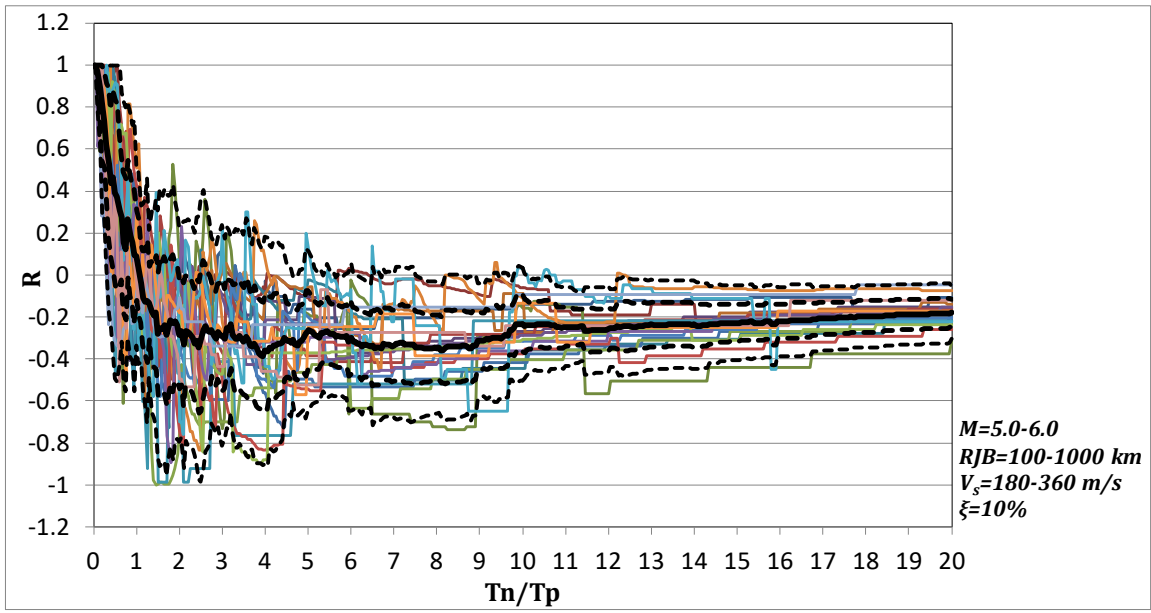
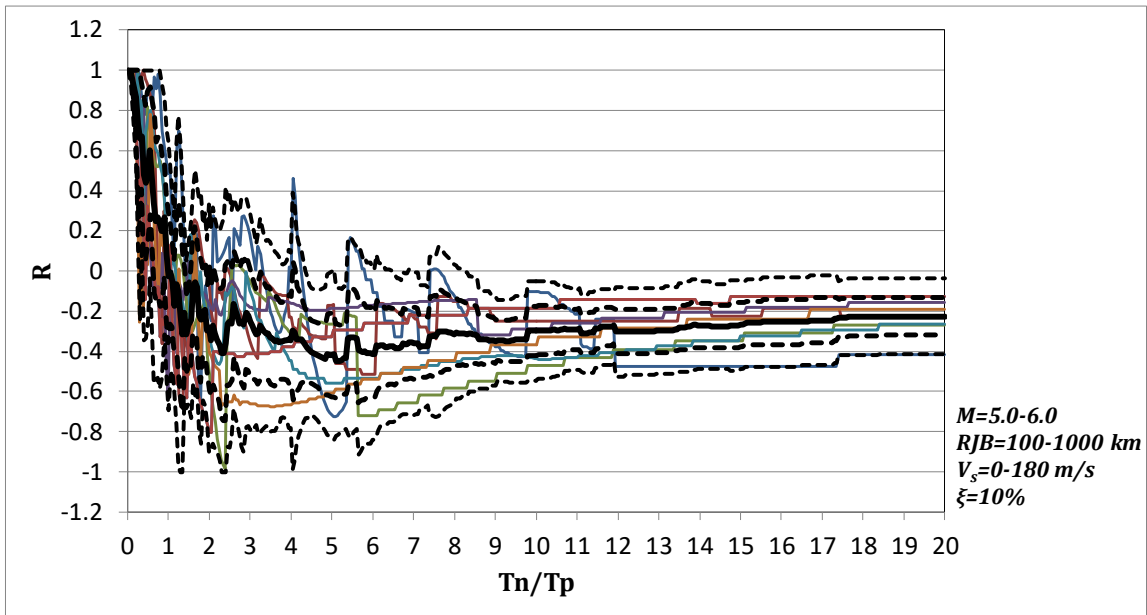


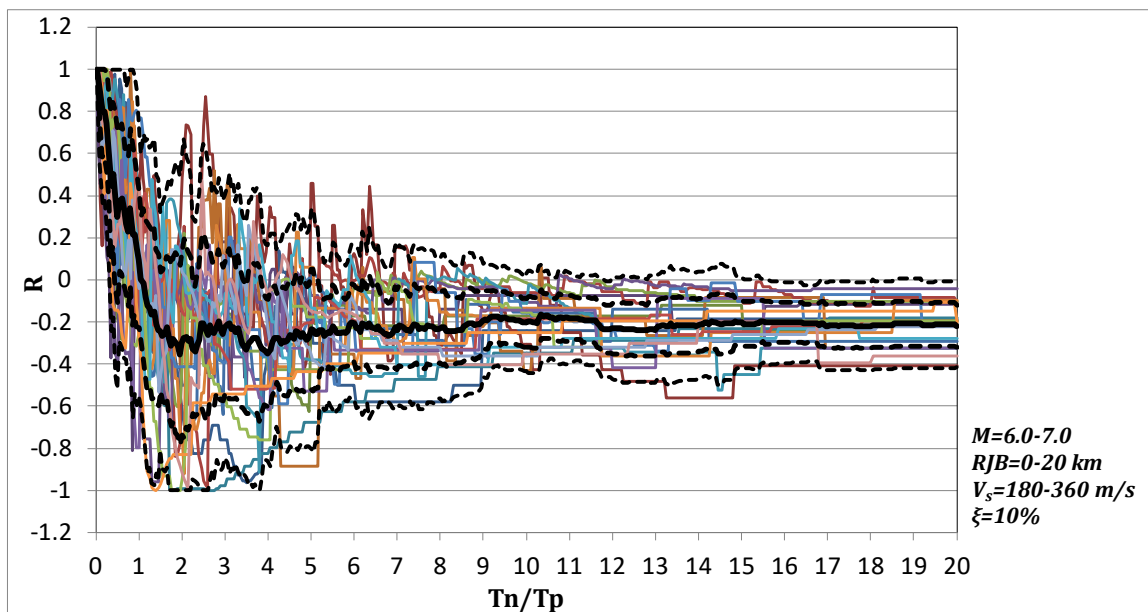
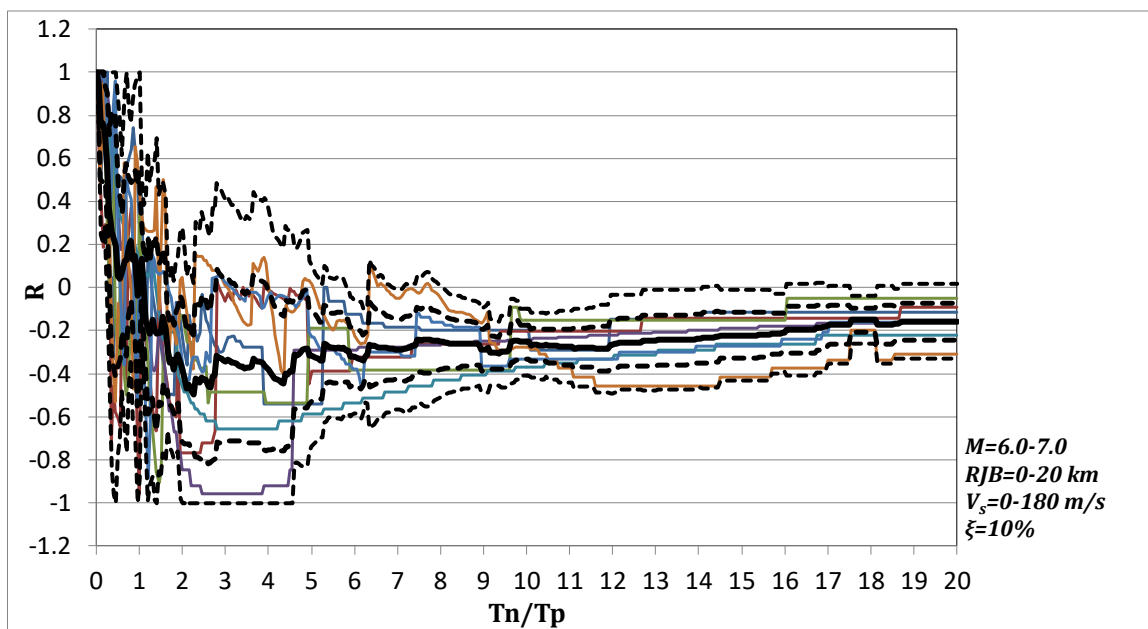
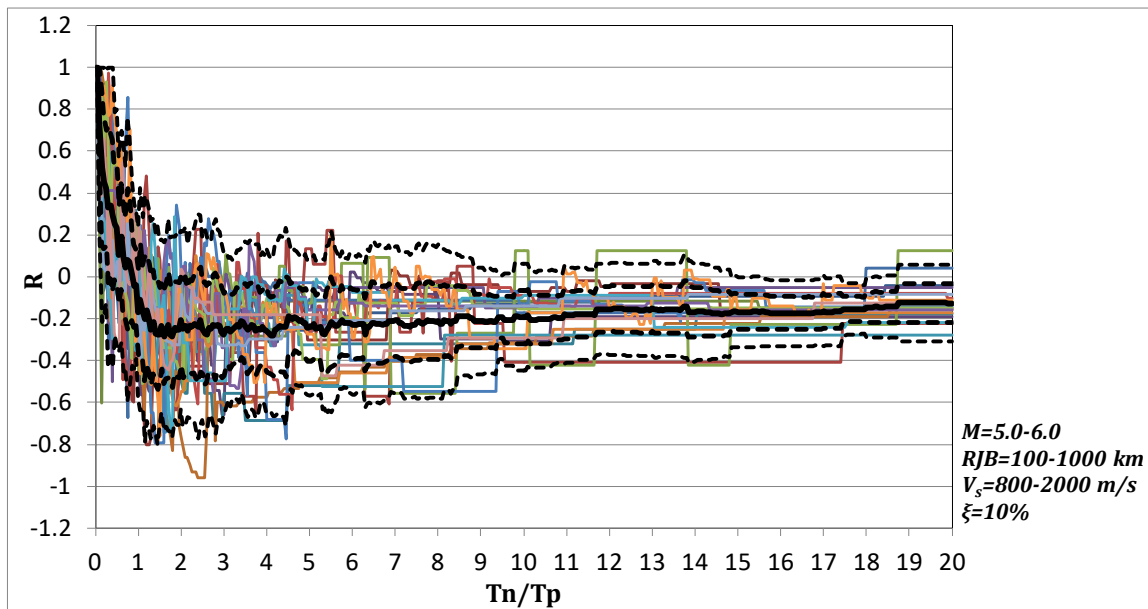
- mean
- - • mean + σ
- - • mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ

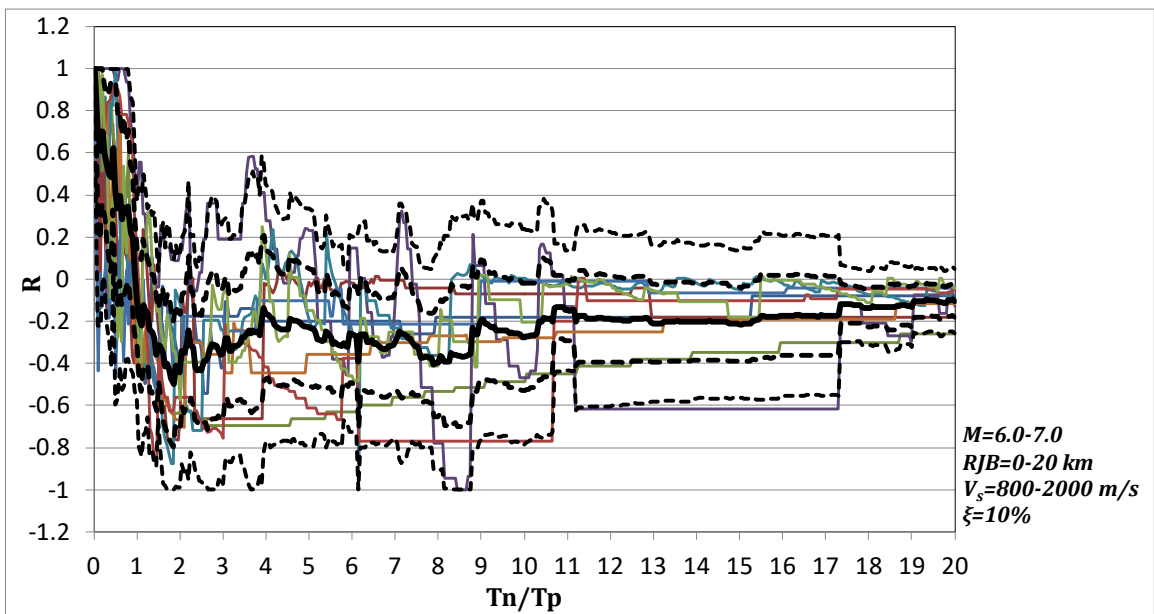
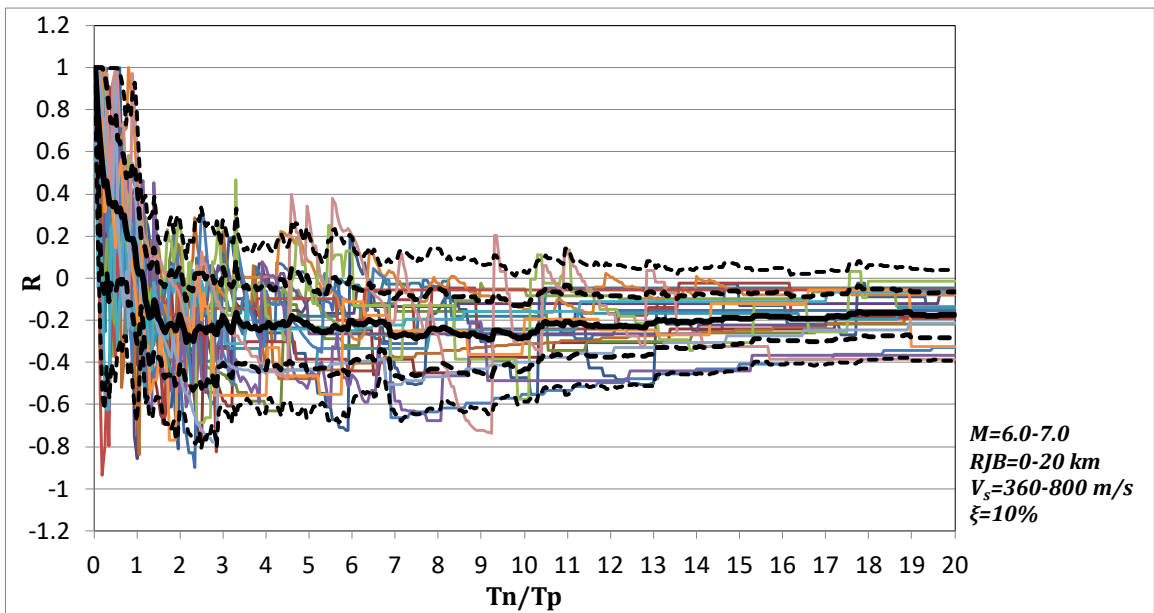


- mean
- - - mean + σ
- - - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ

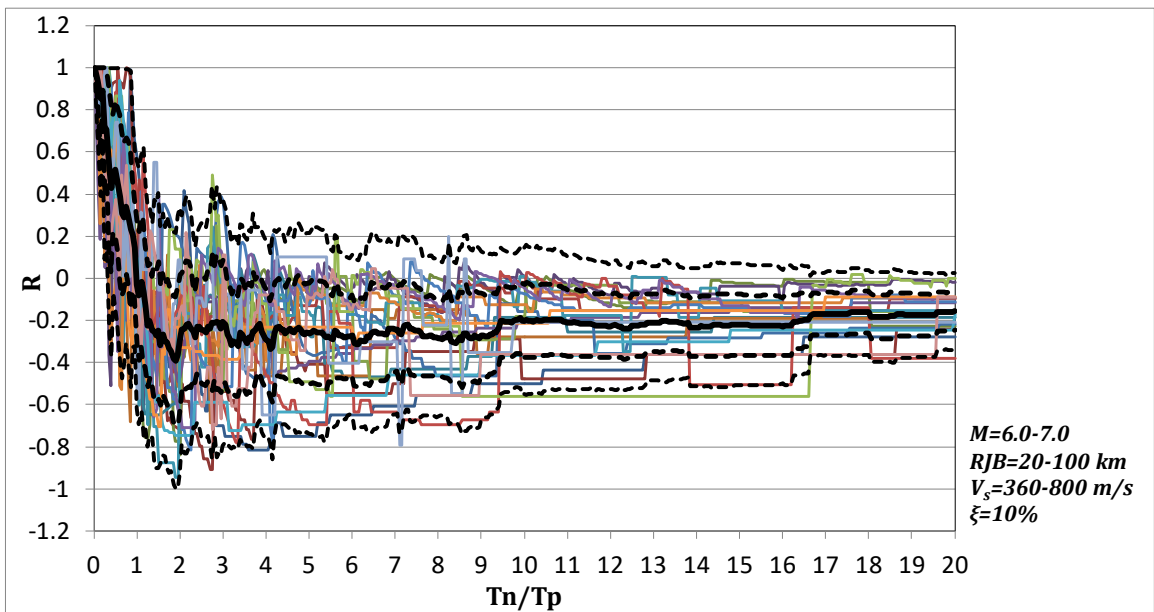
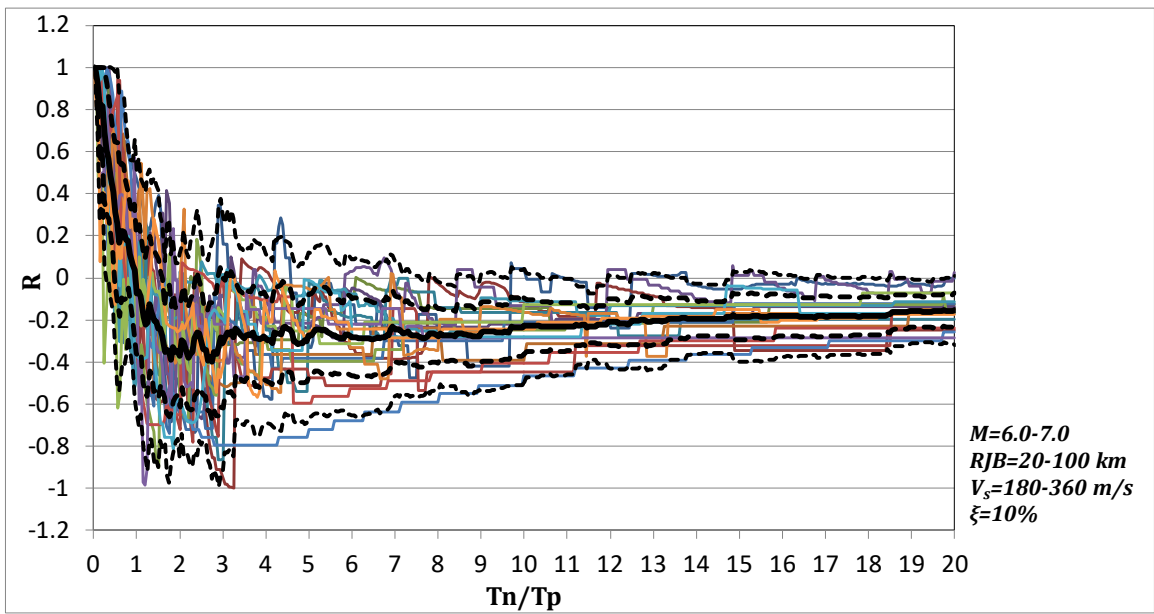
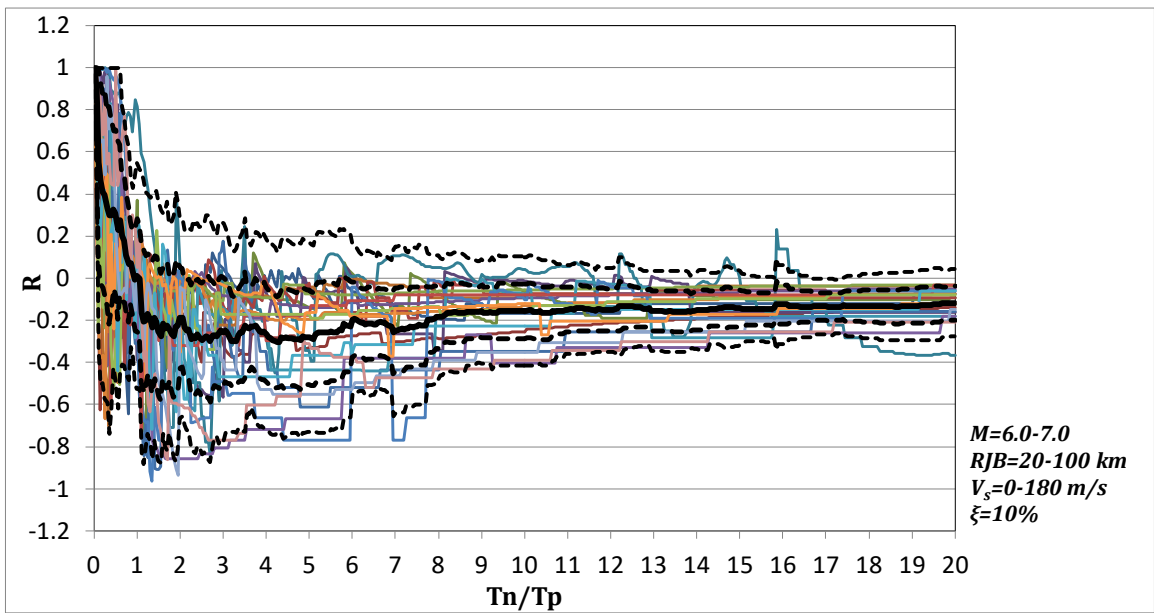


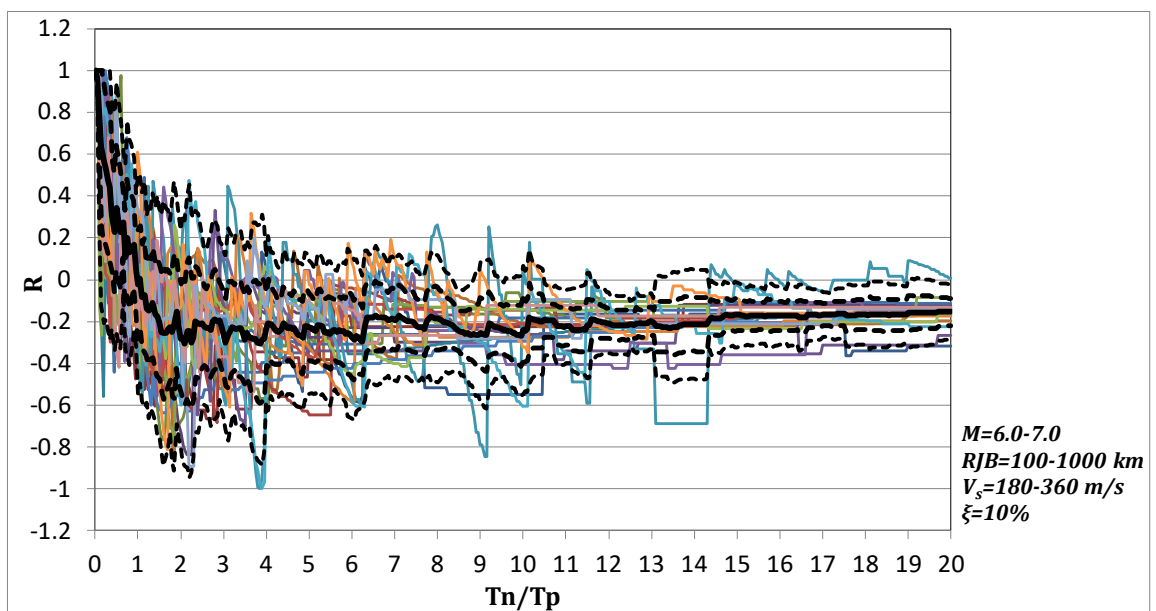
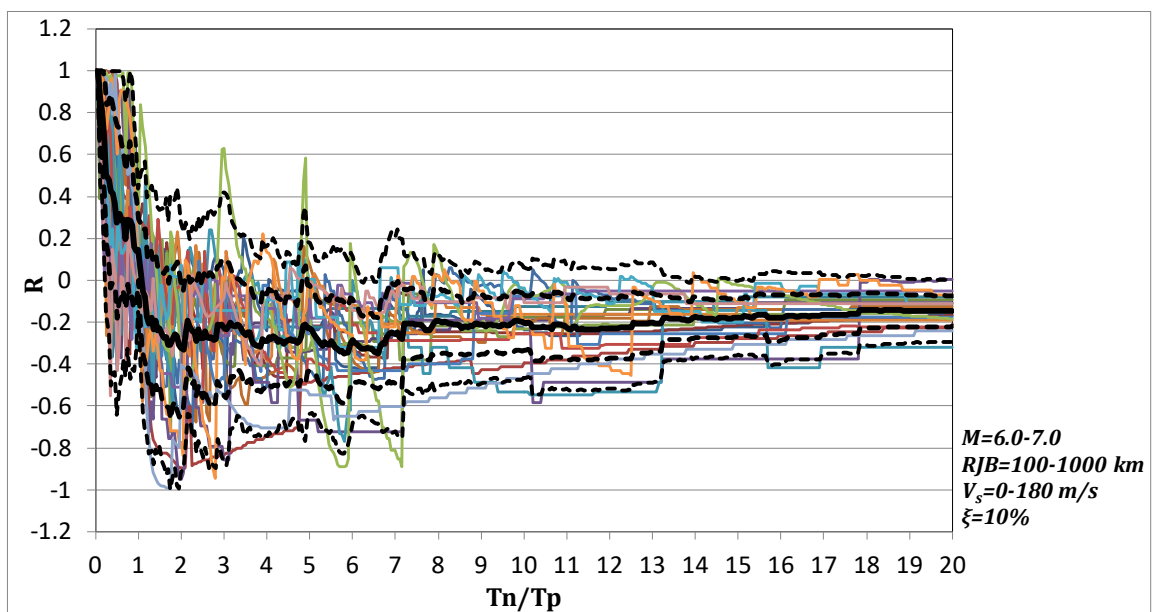
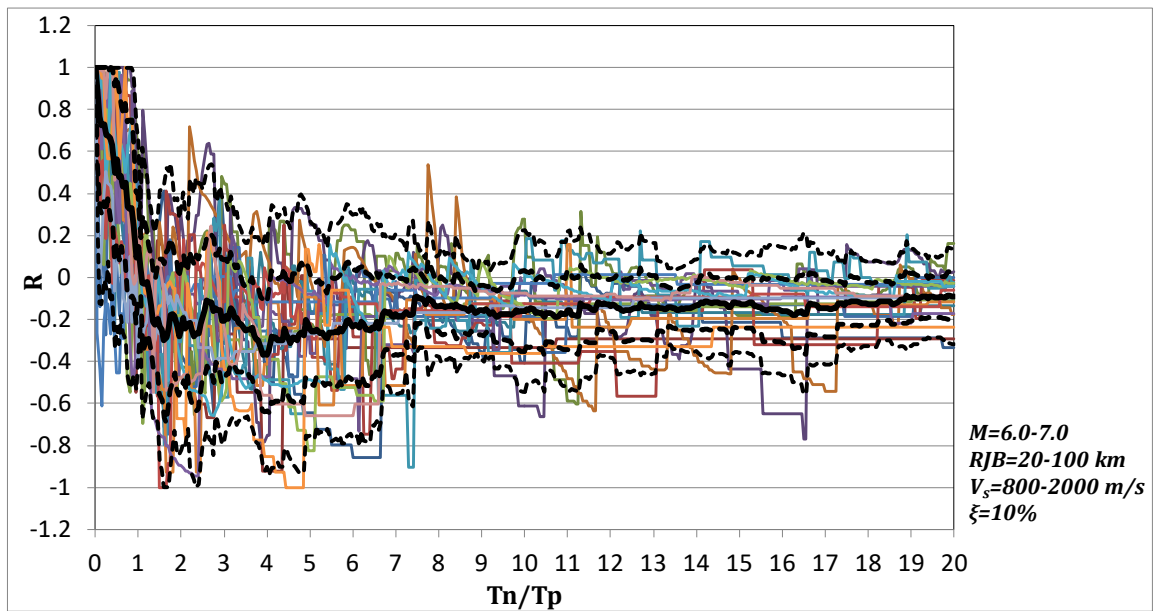


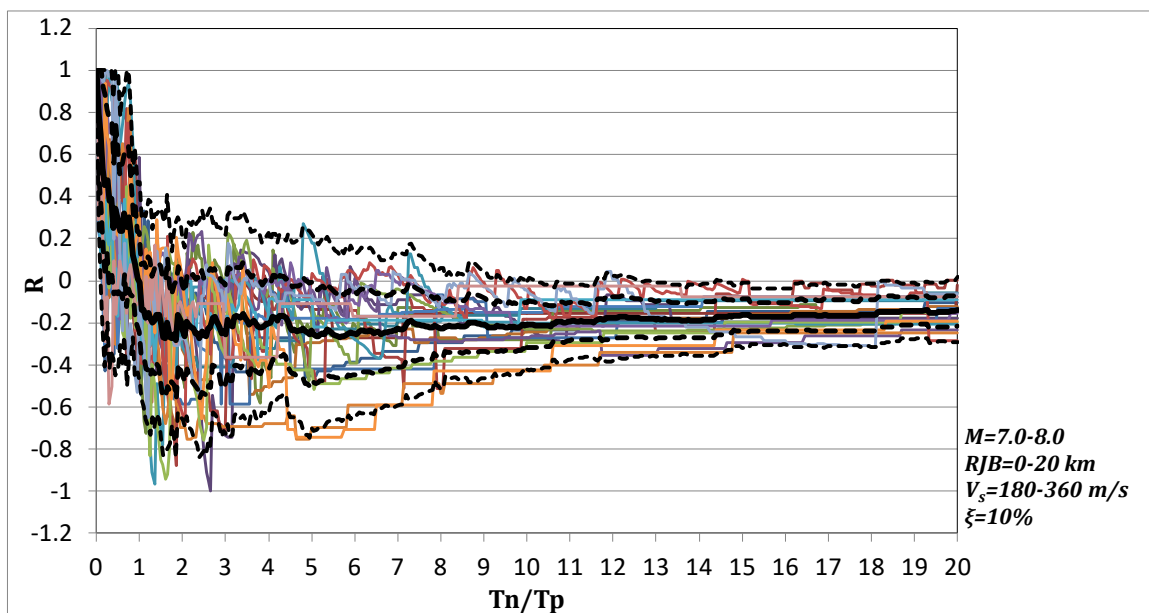
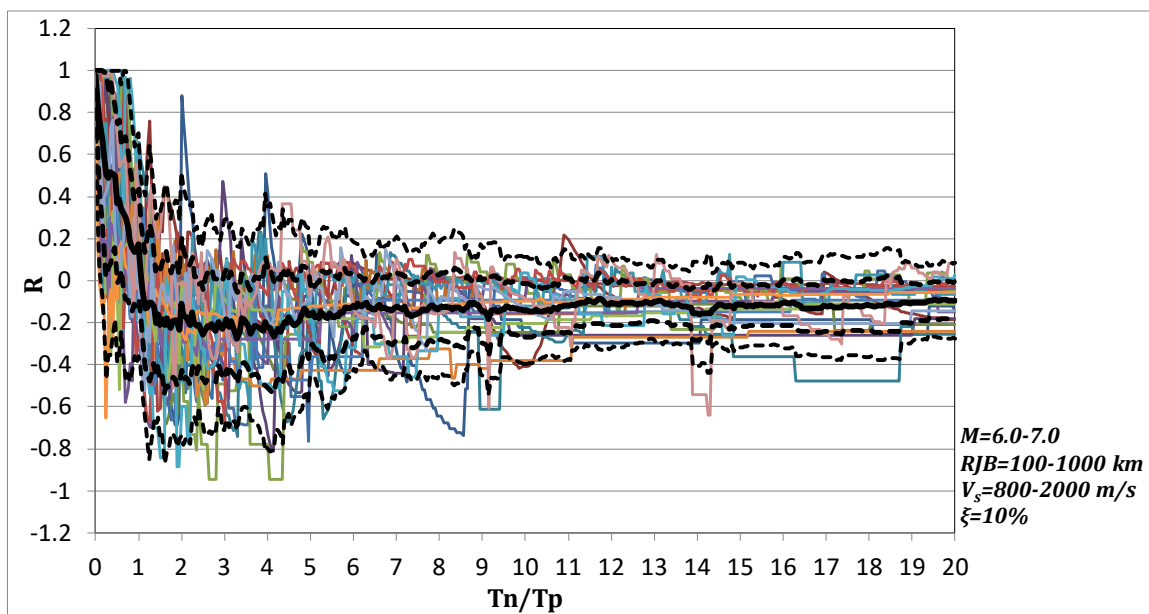
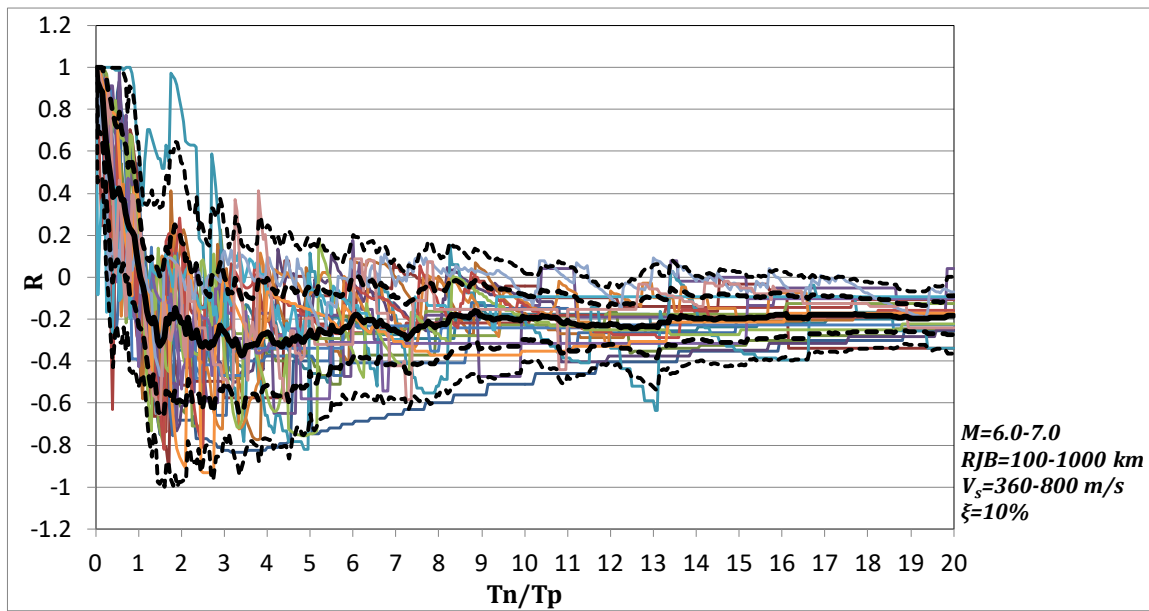


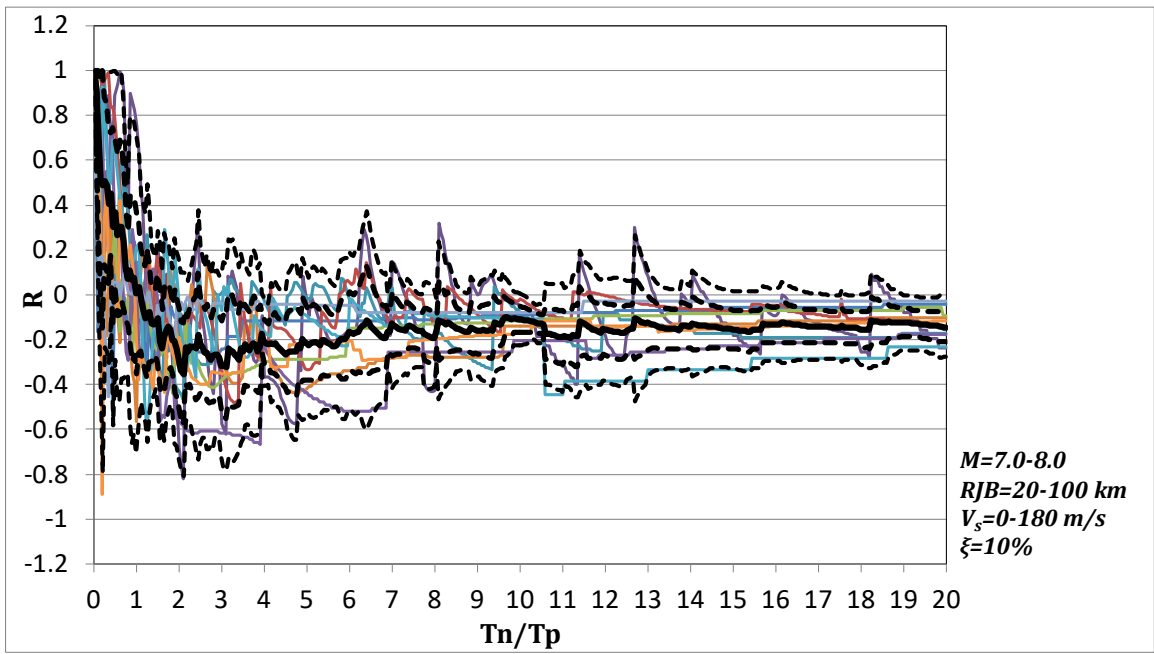
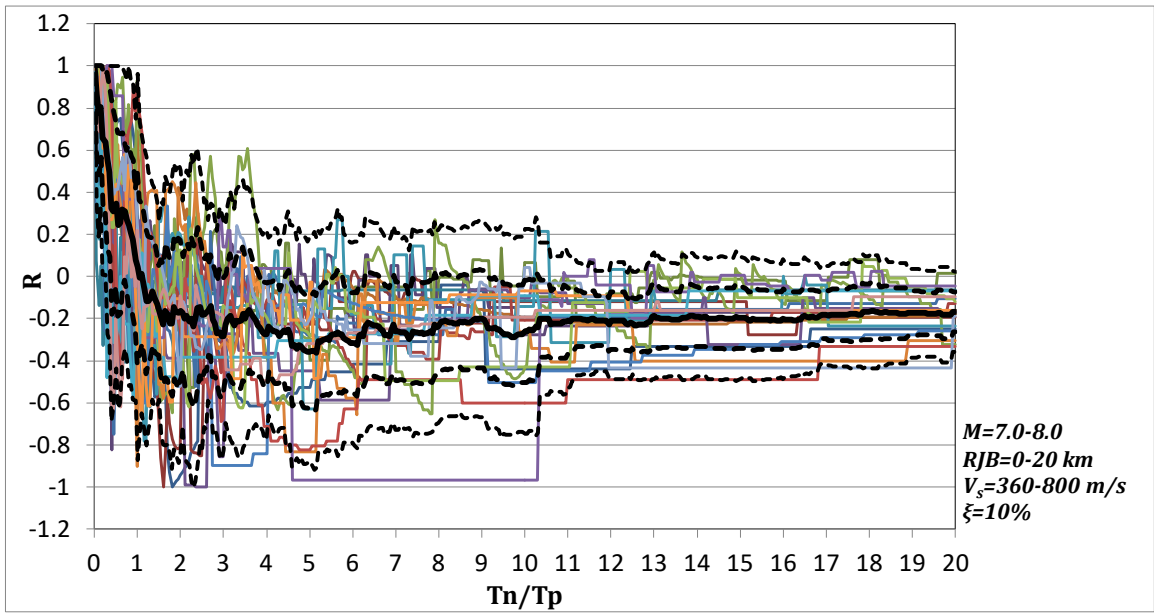


- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

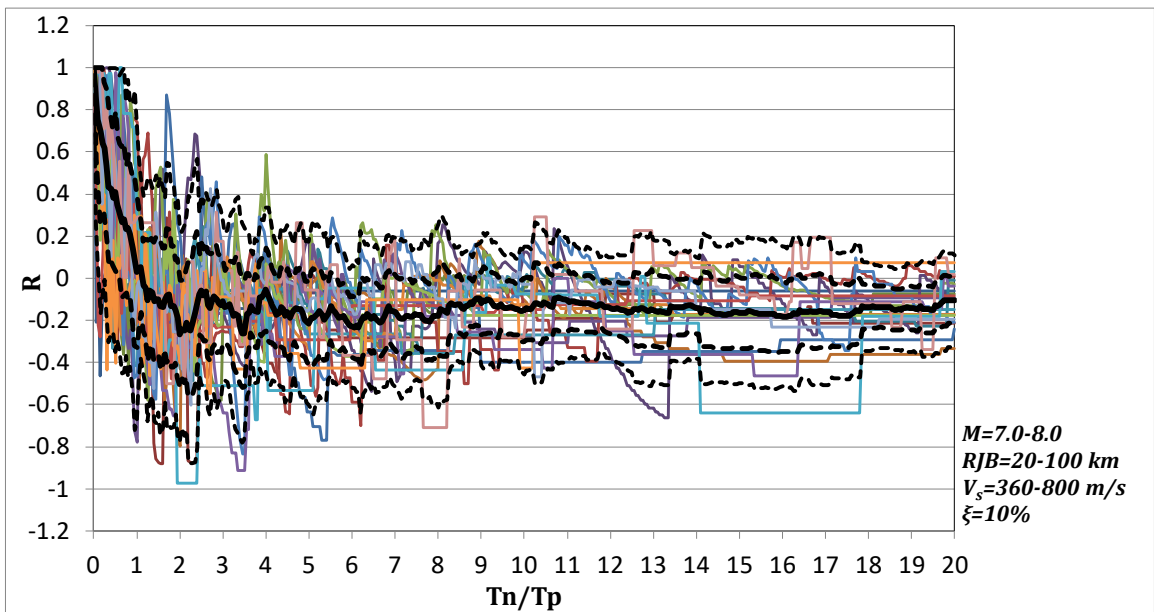
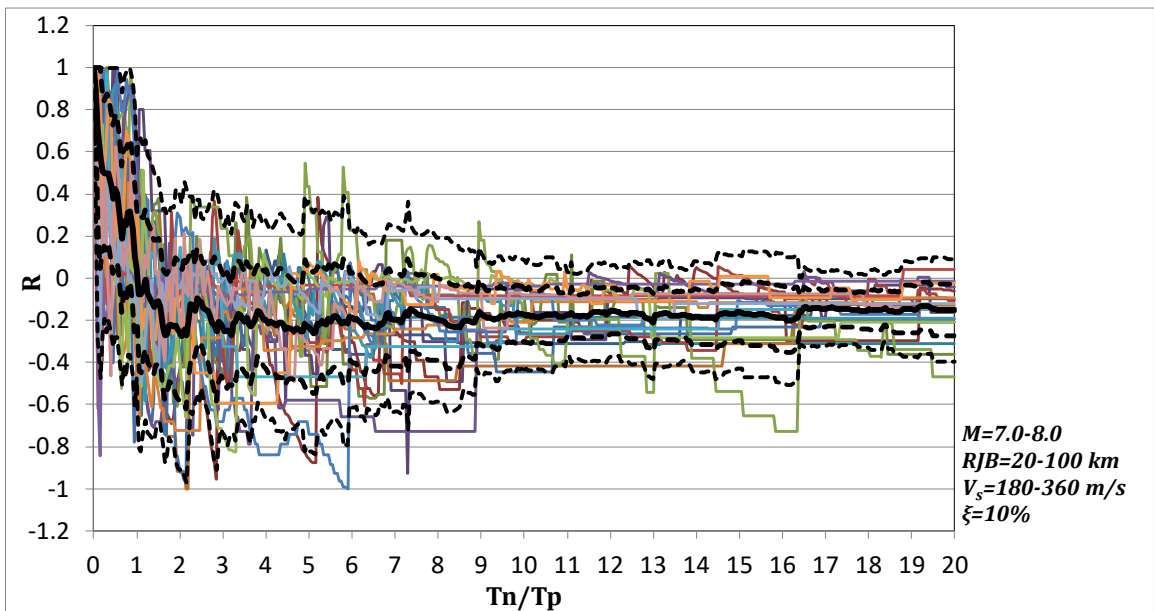




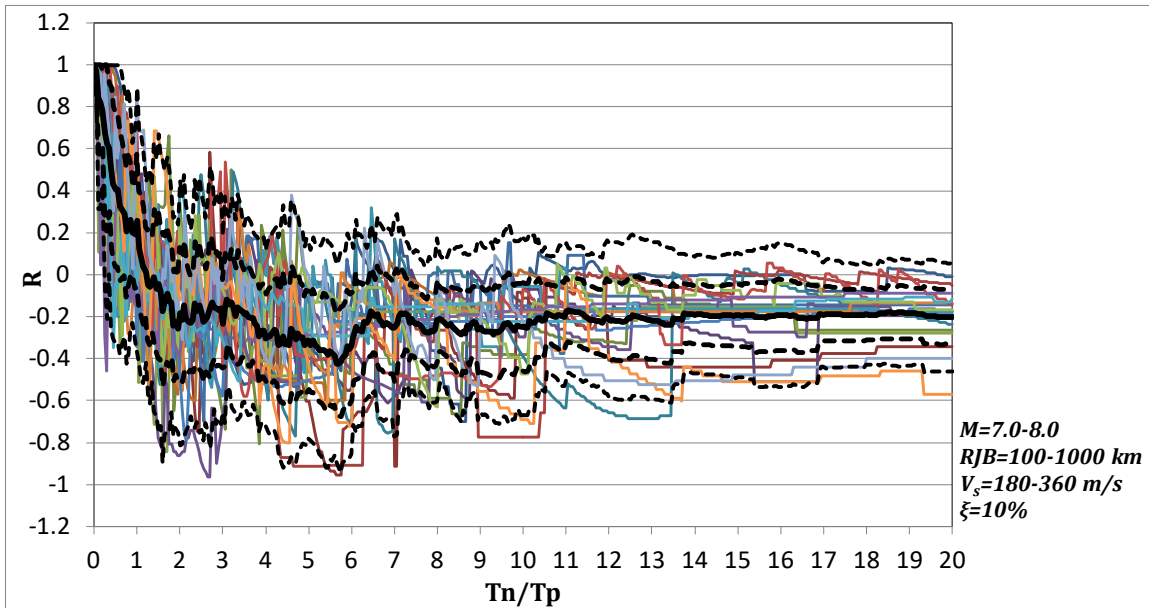
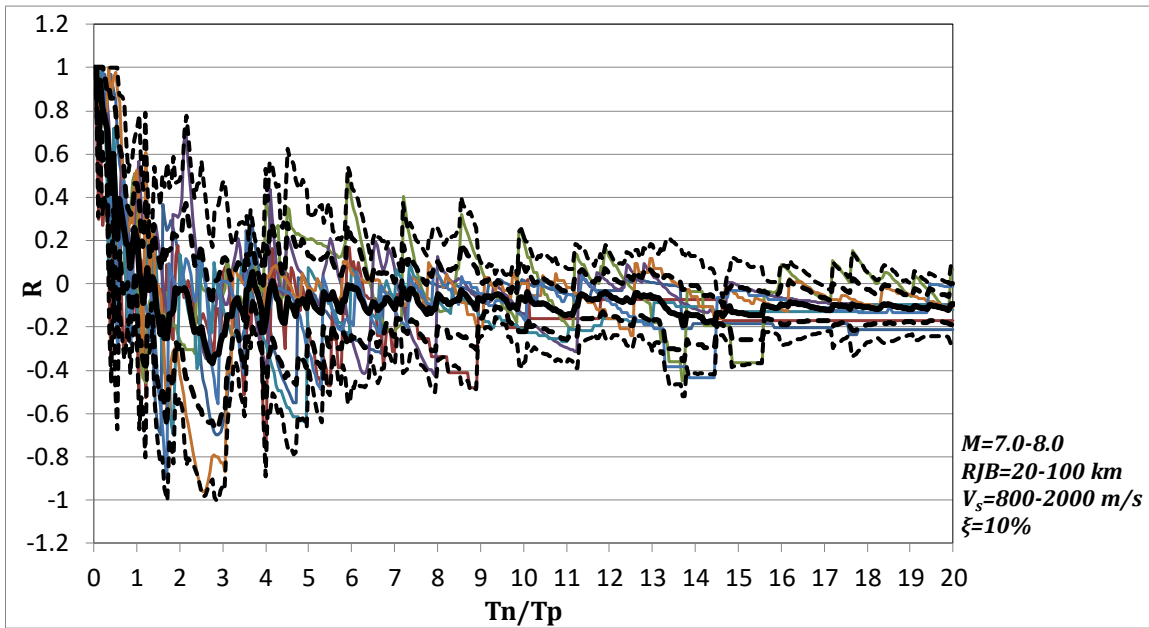




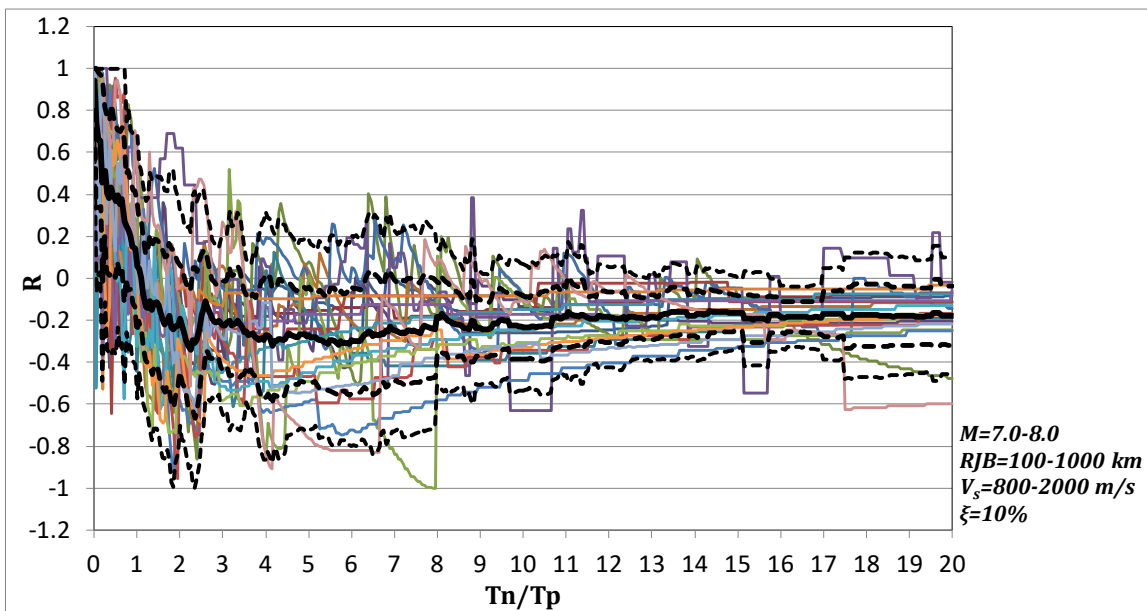
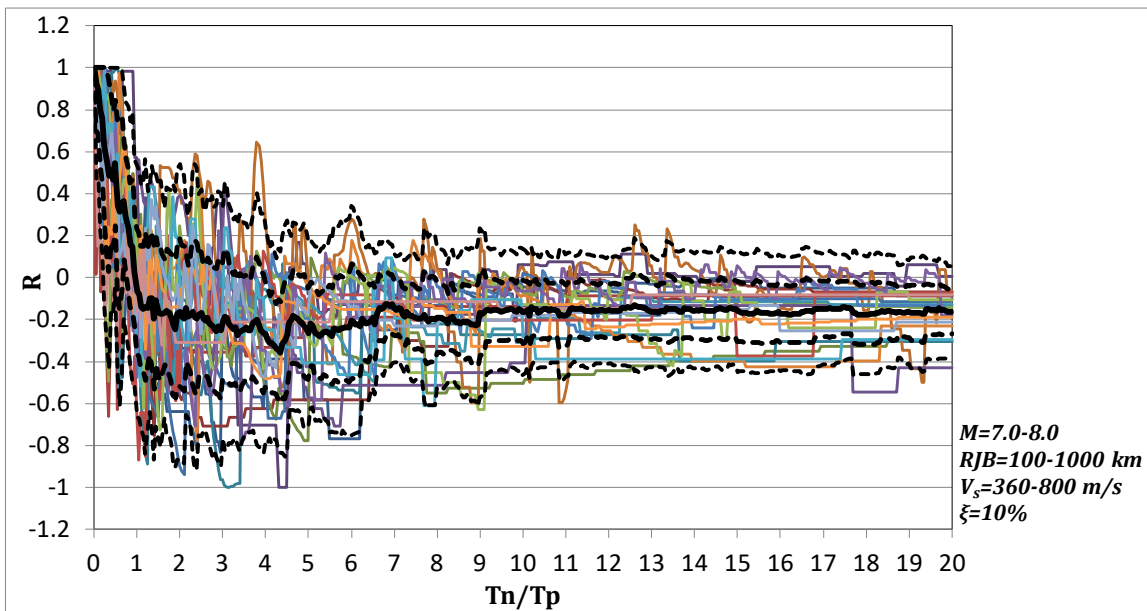
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

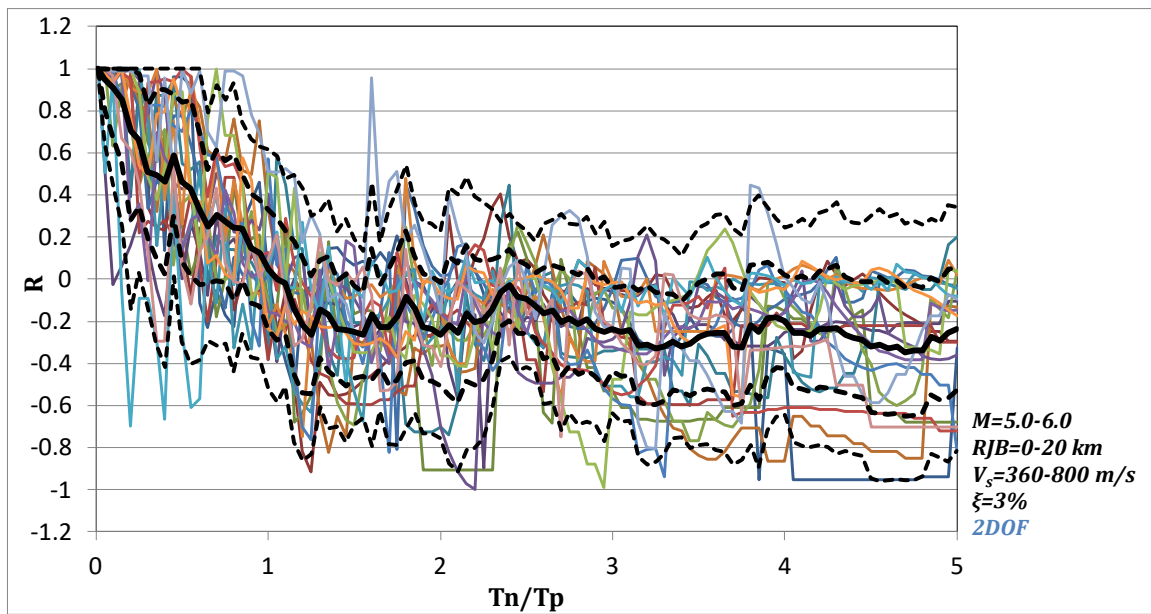
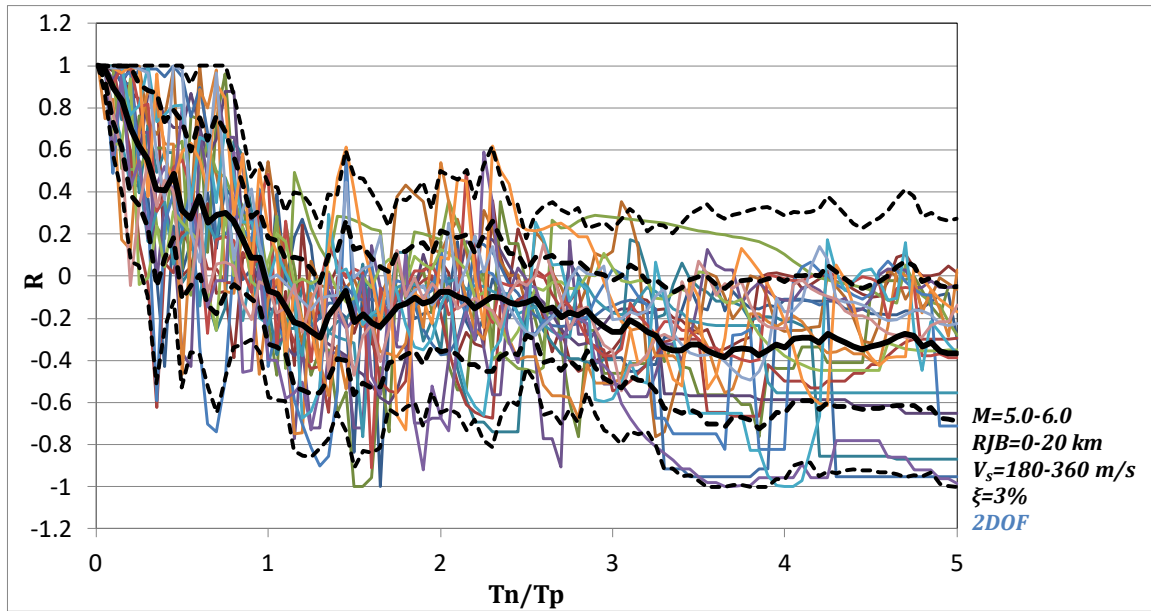


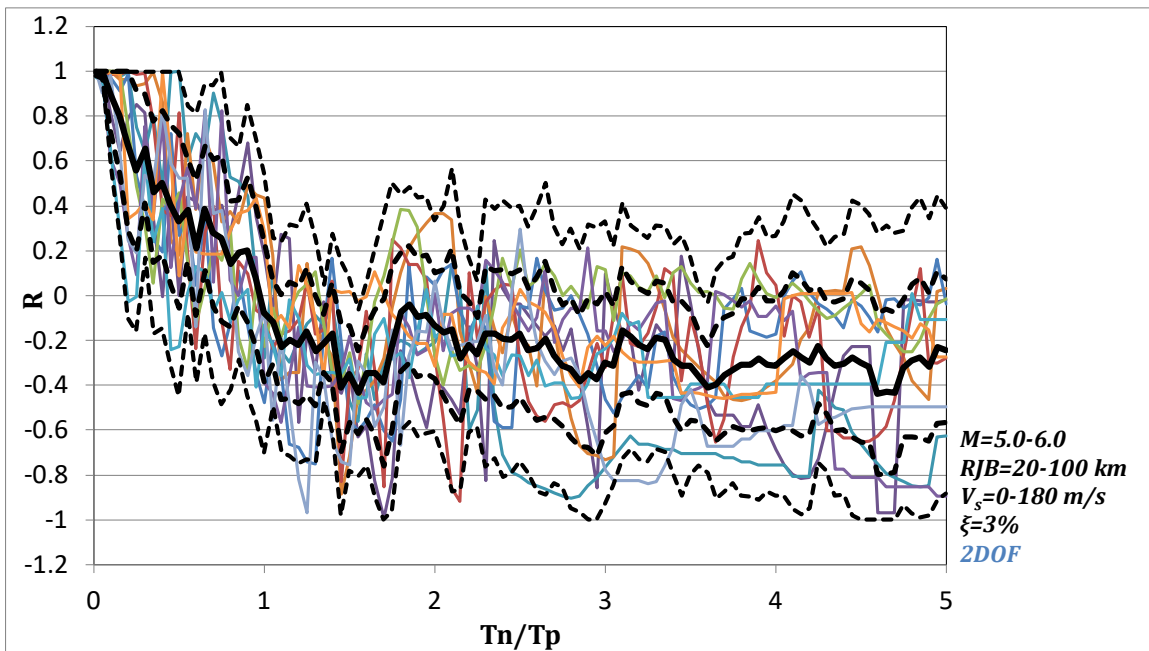
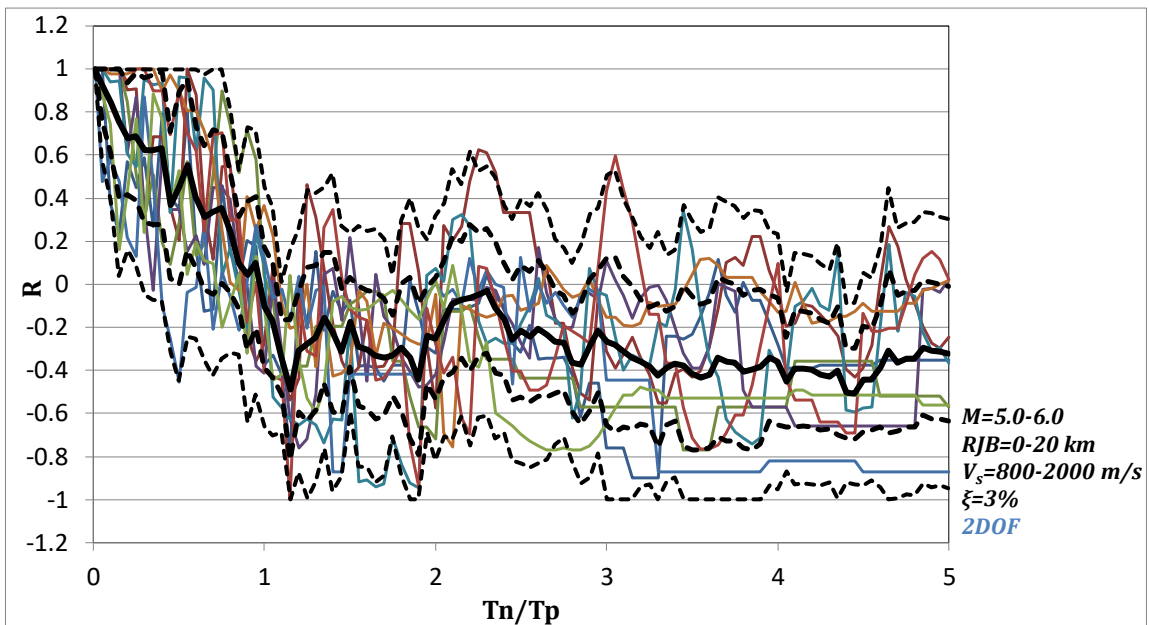
- mean
- · - mean + σ
- · - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ



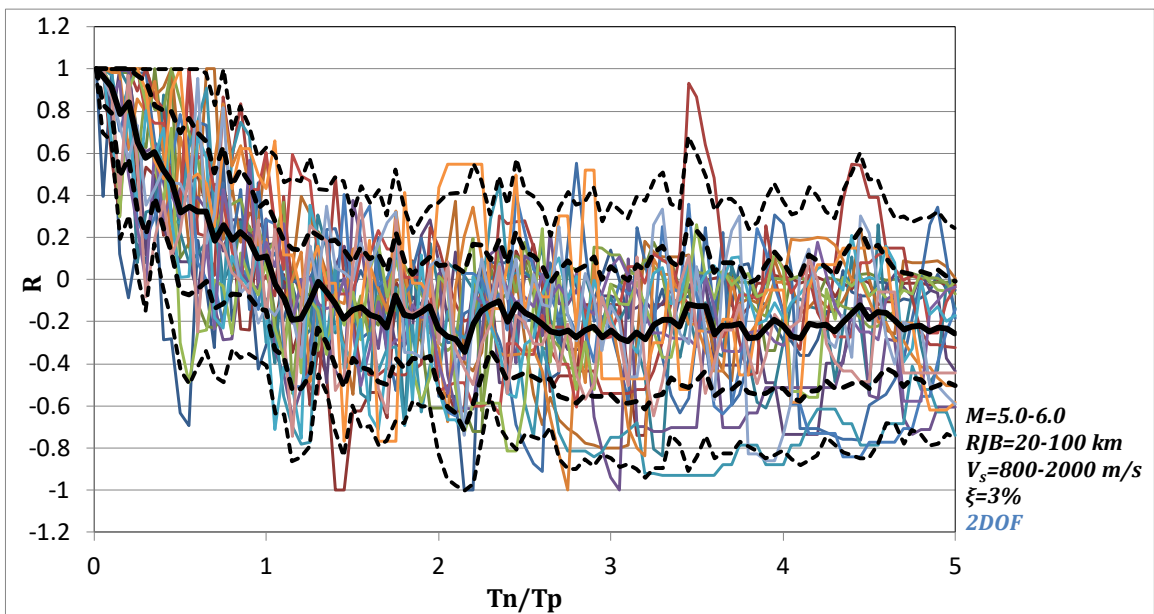
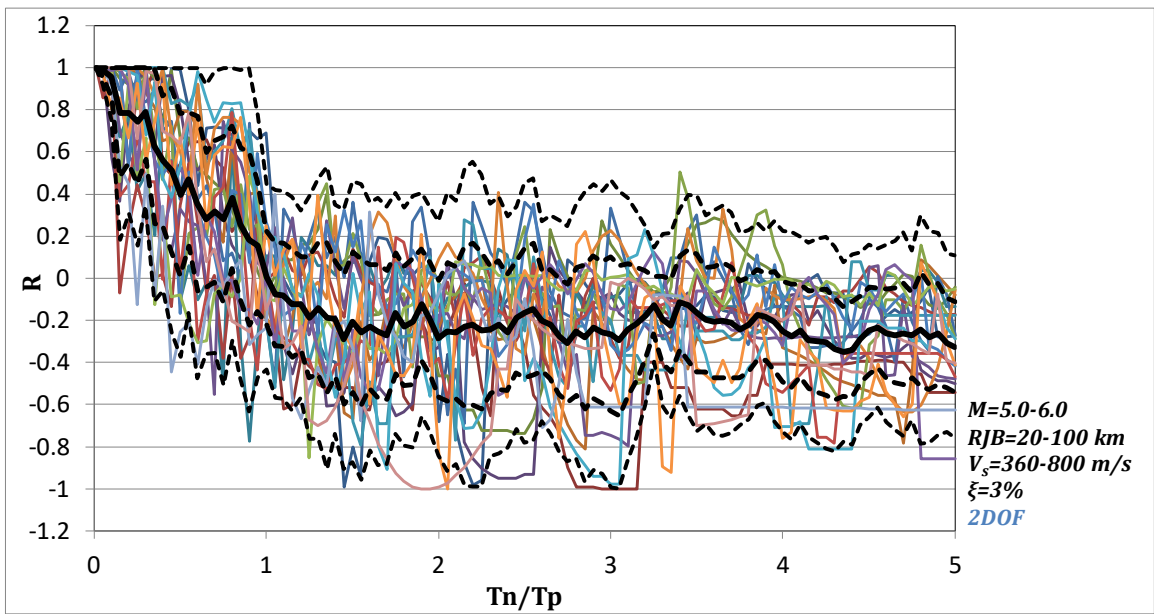
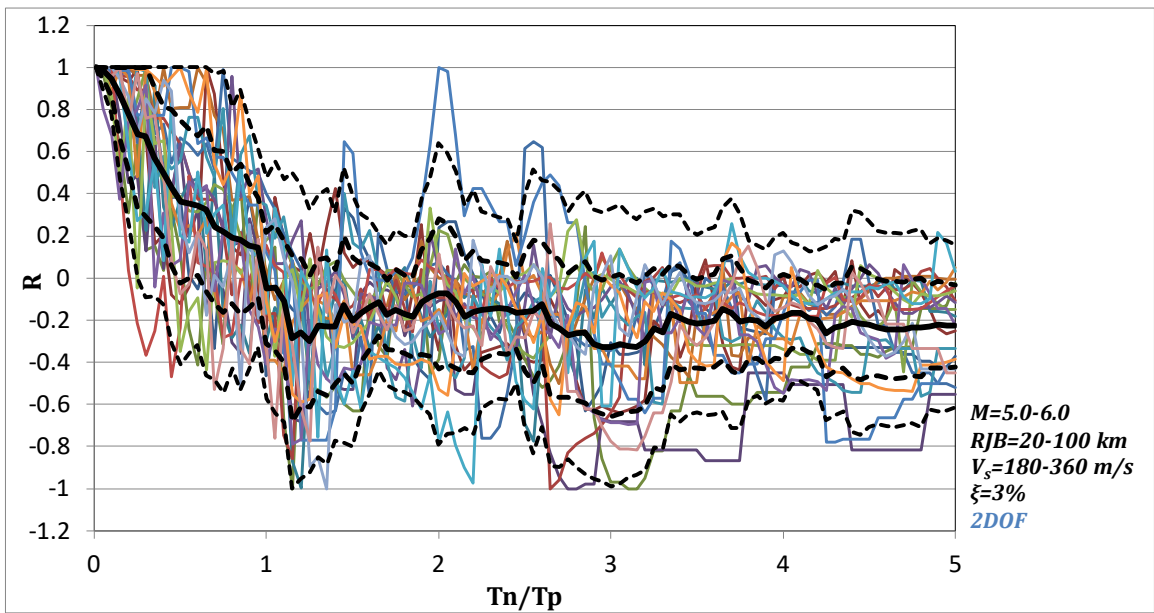
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+2 σ
- - - mean-2 σ

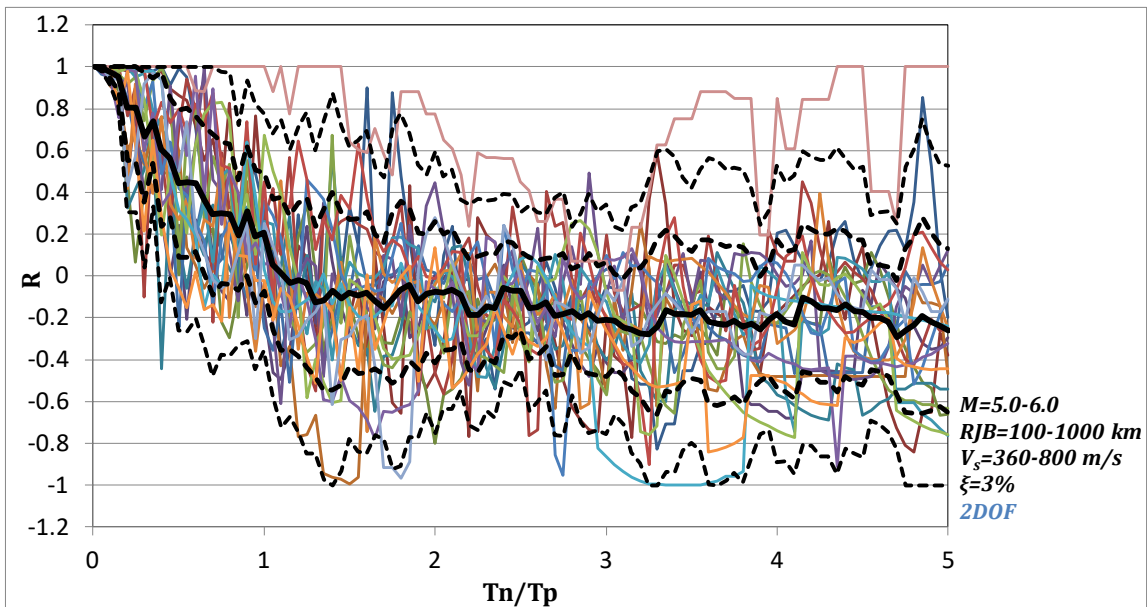
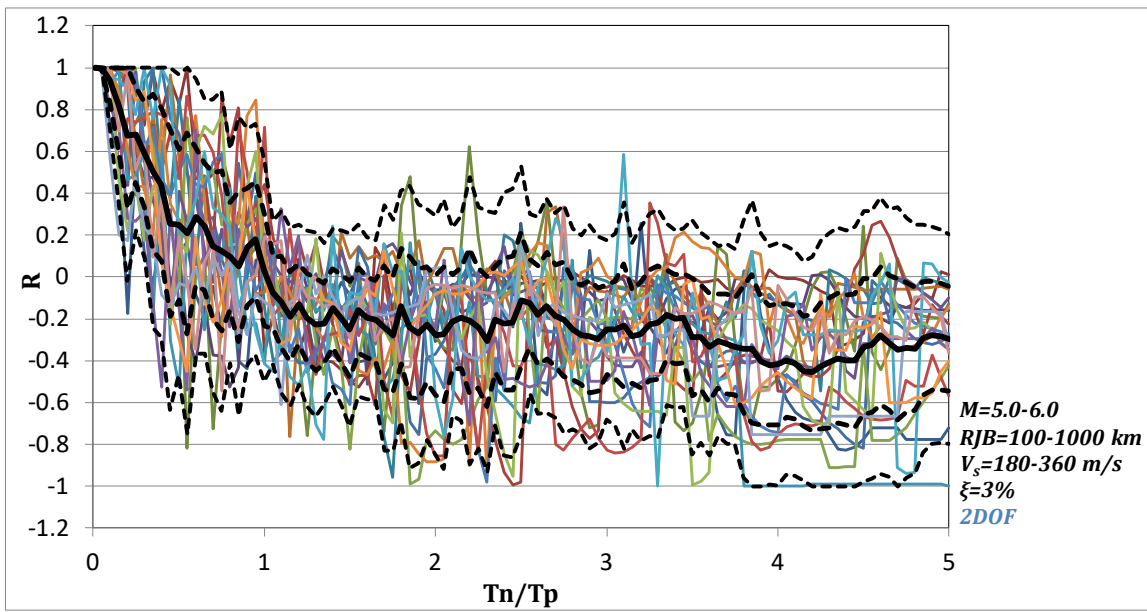
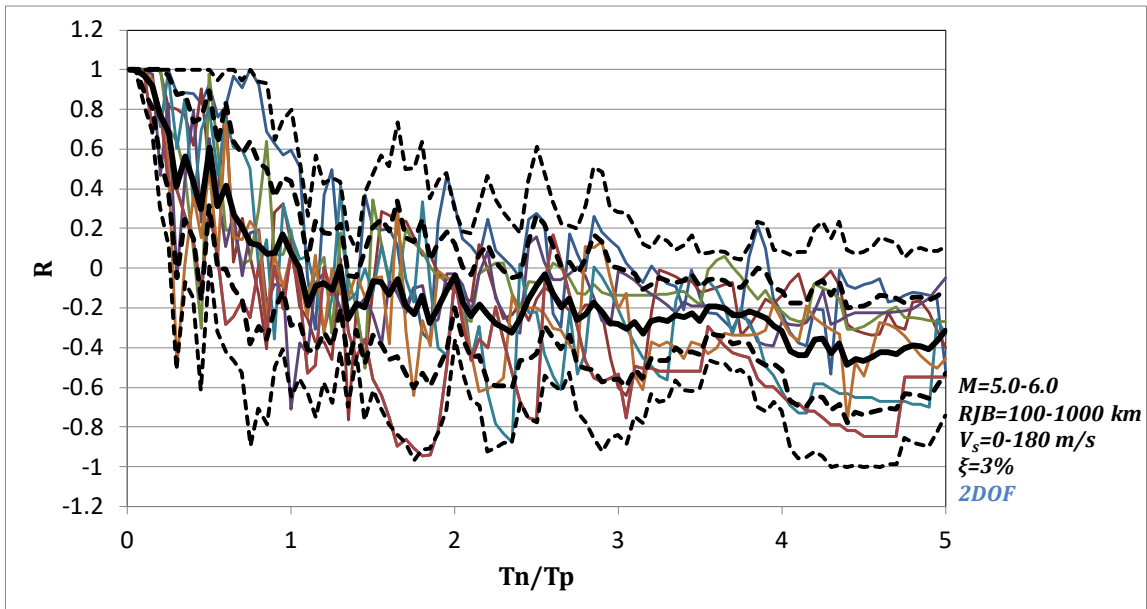
Γ2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ 2 ΒΑΘΜΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (2DOF)

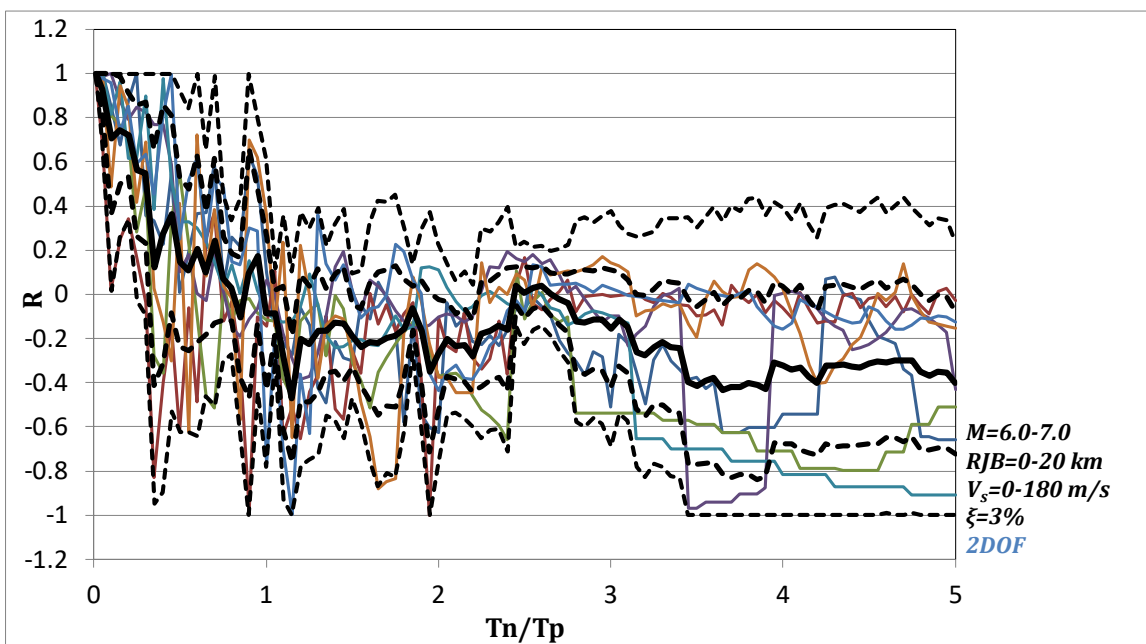
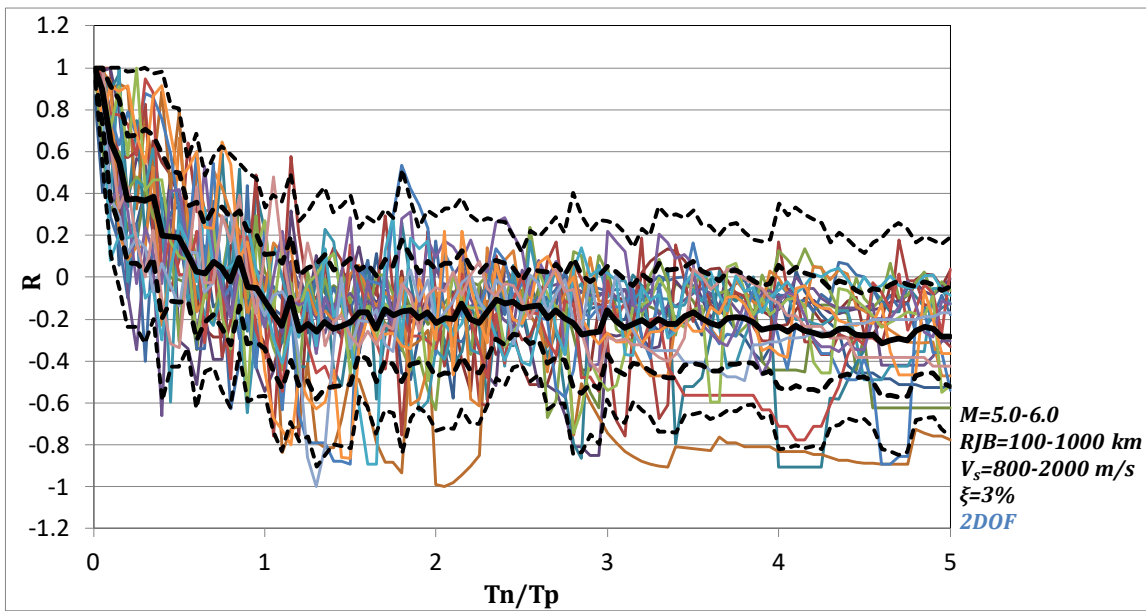




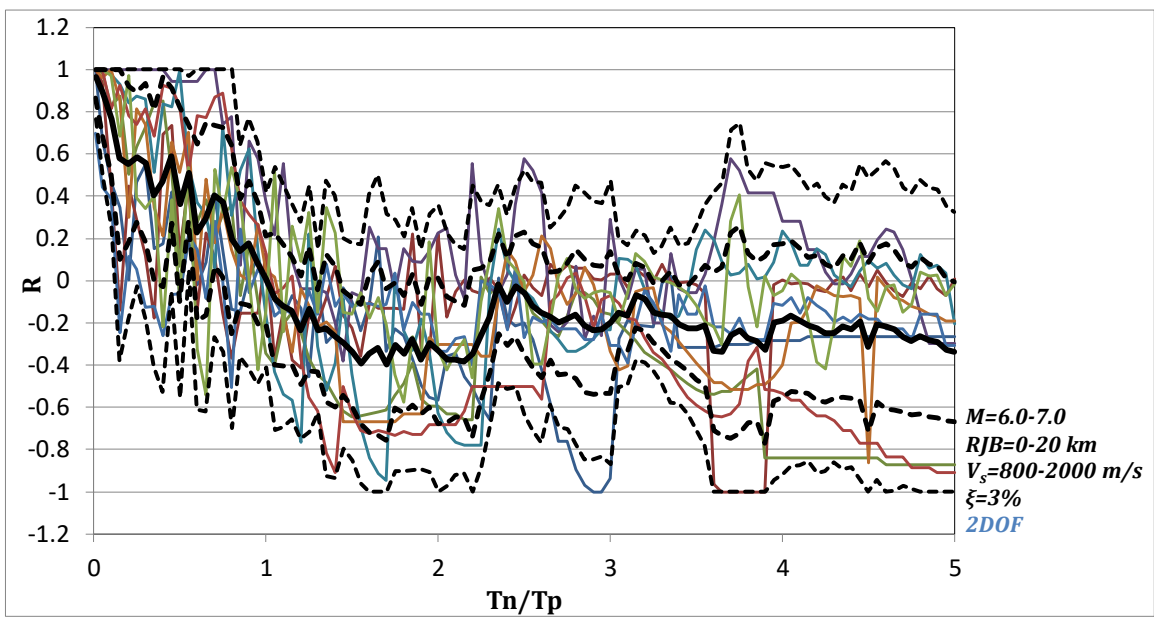
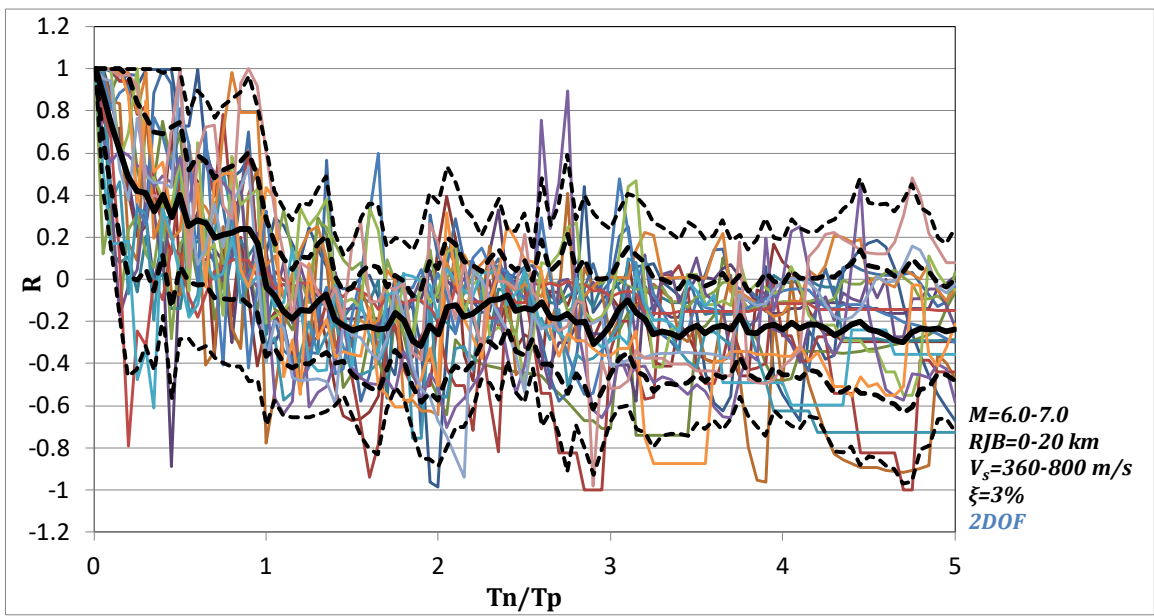
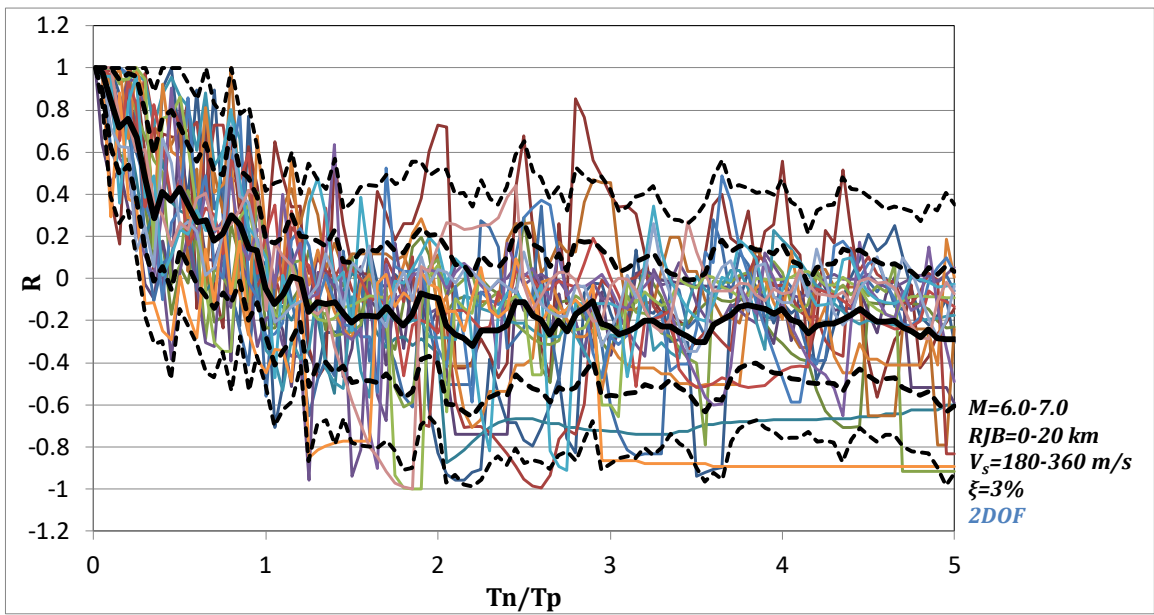
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

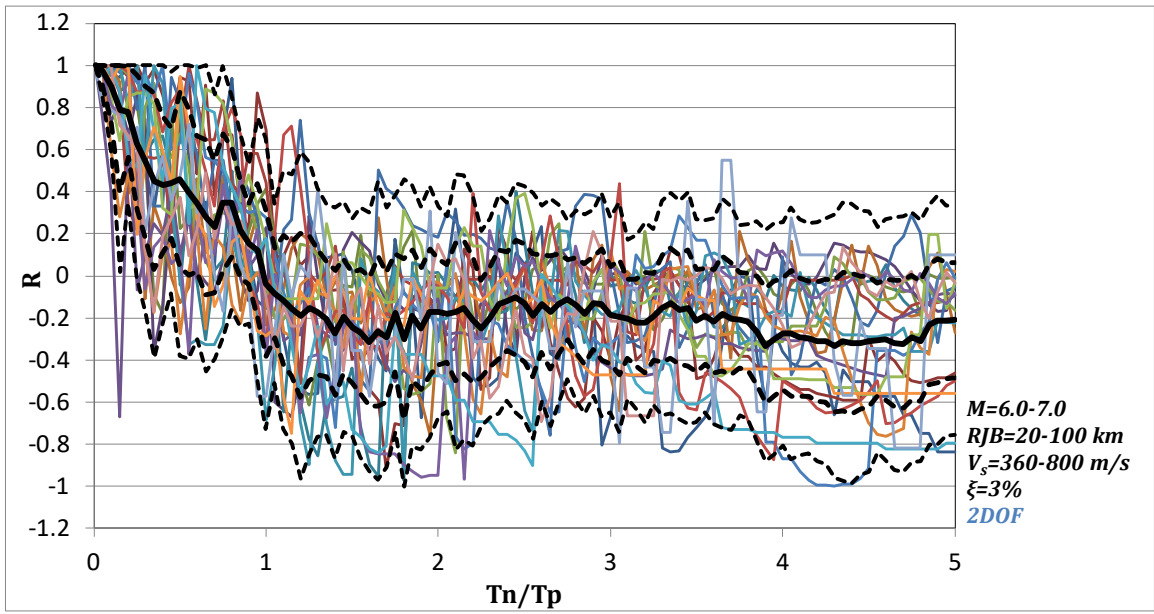
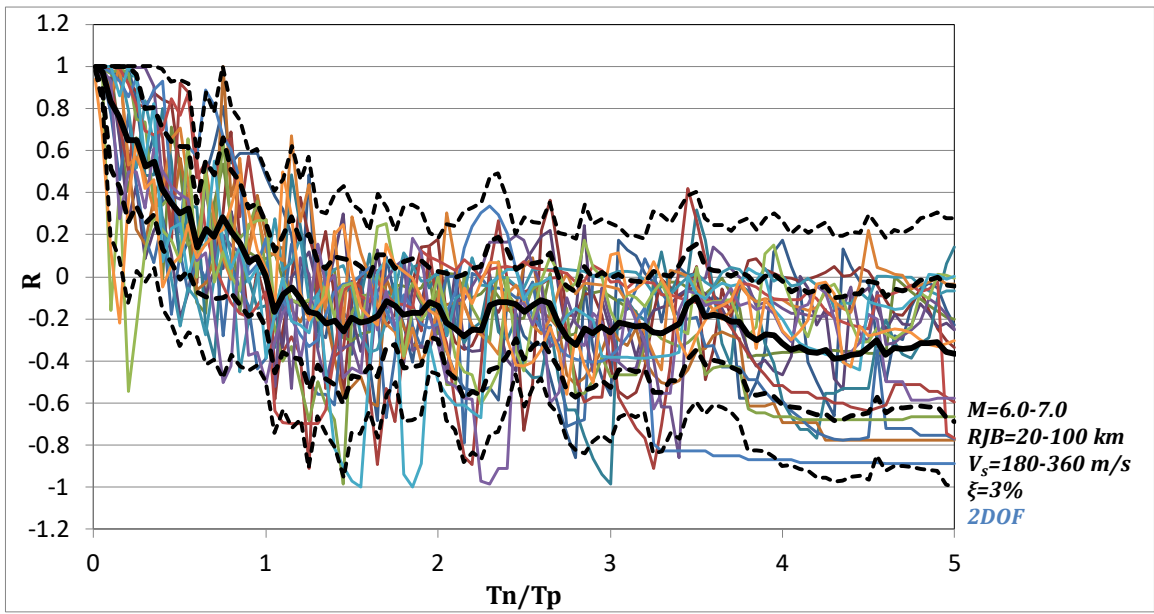
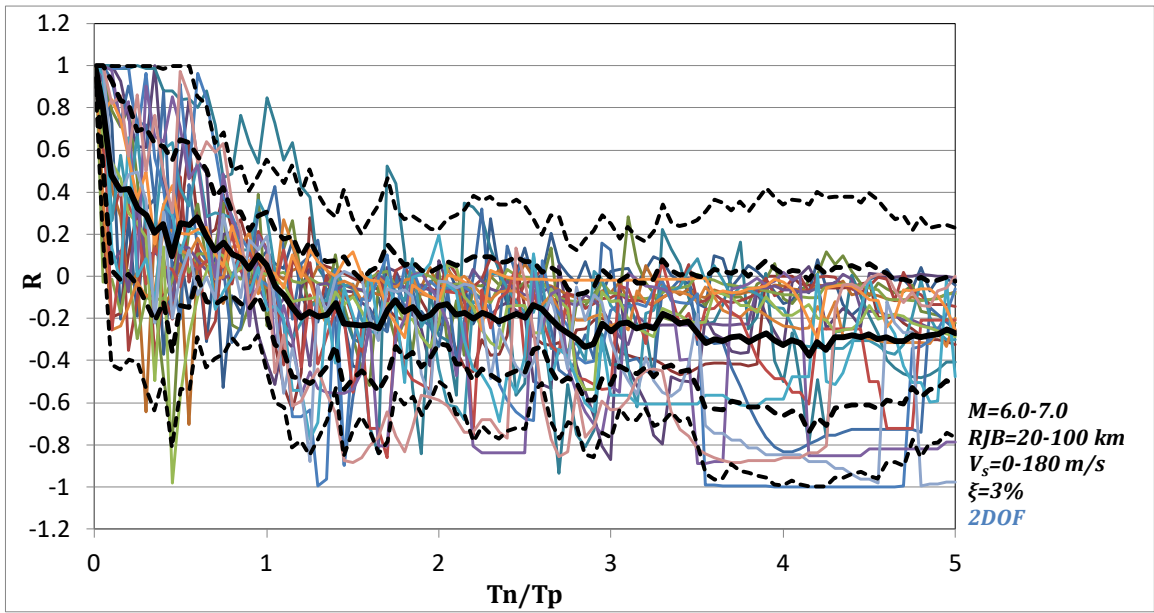


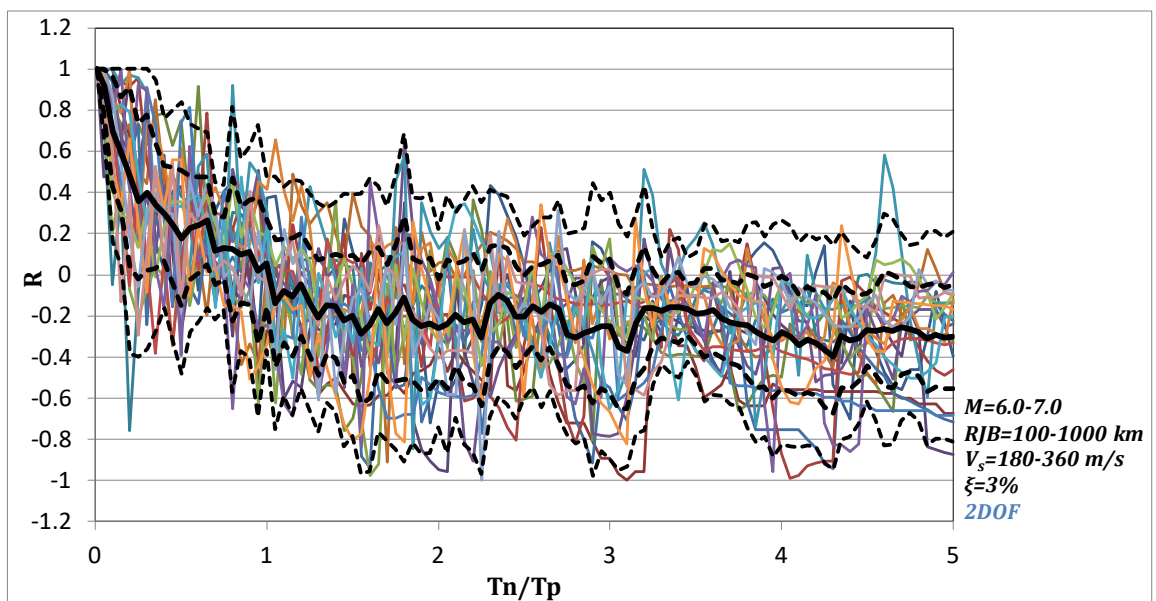
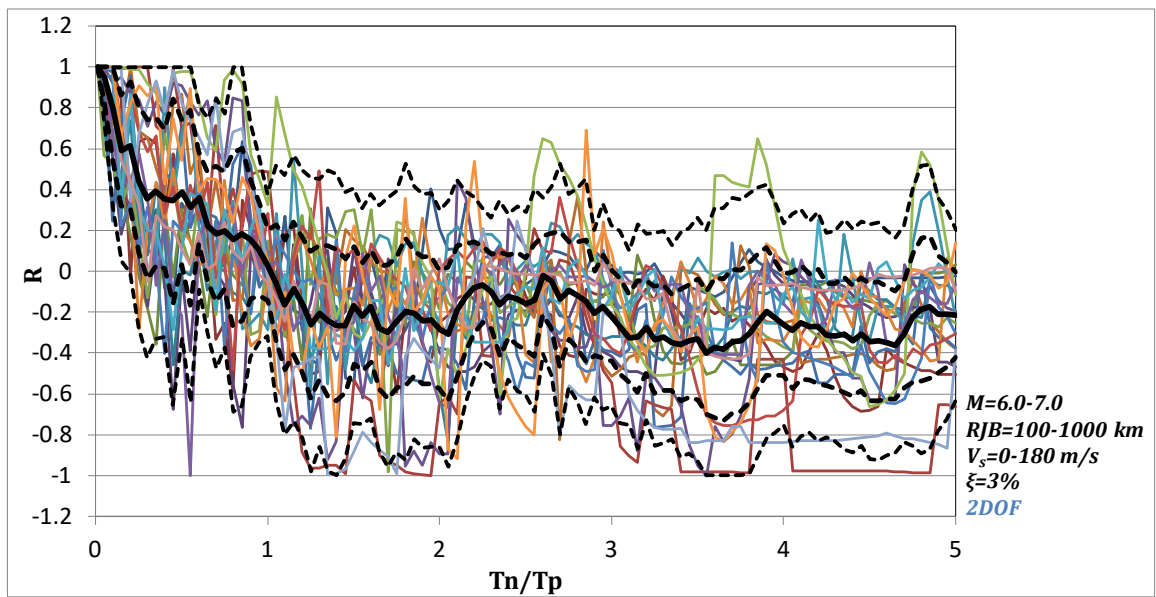
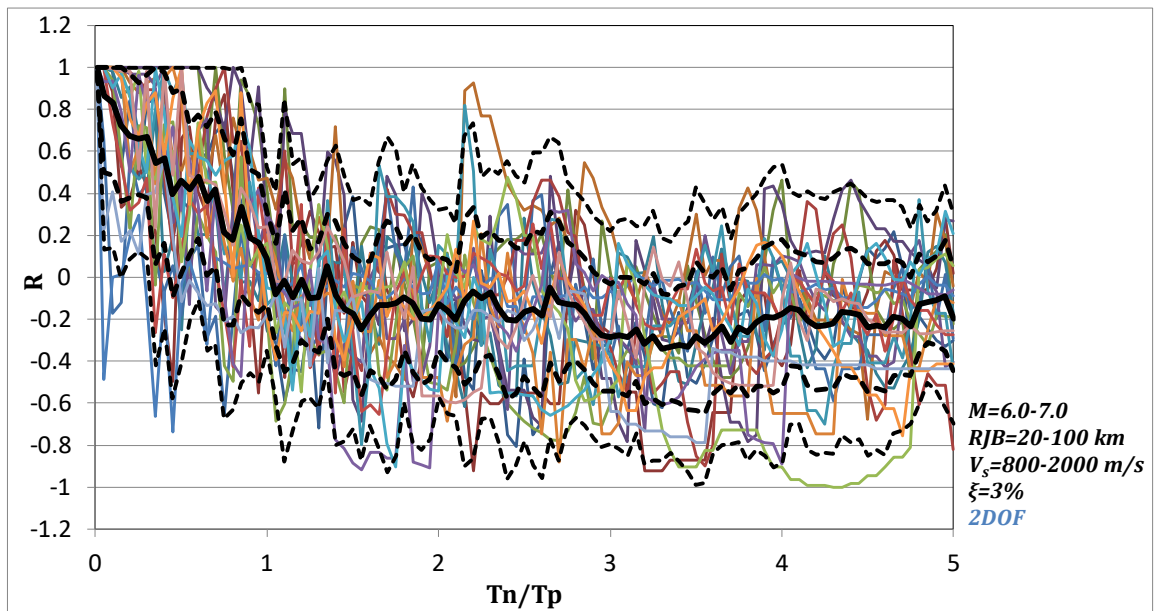


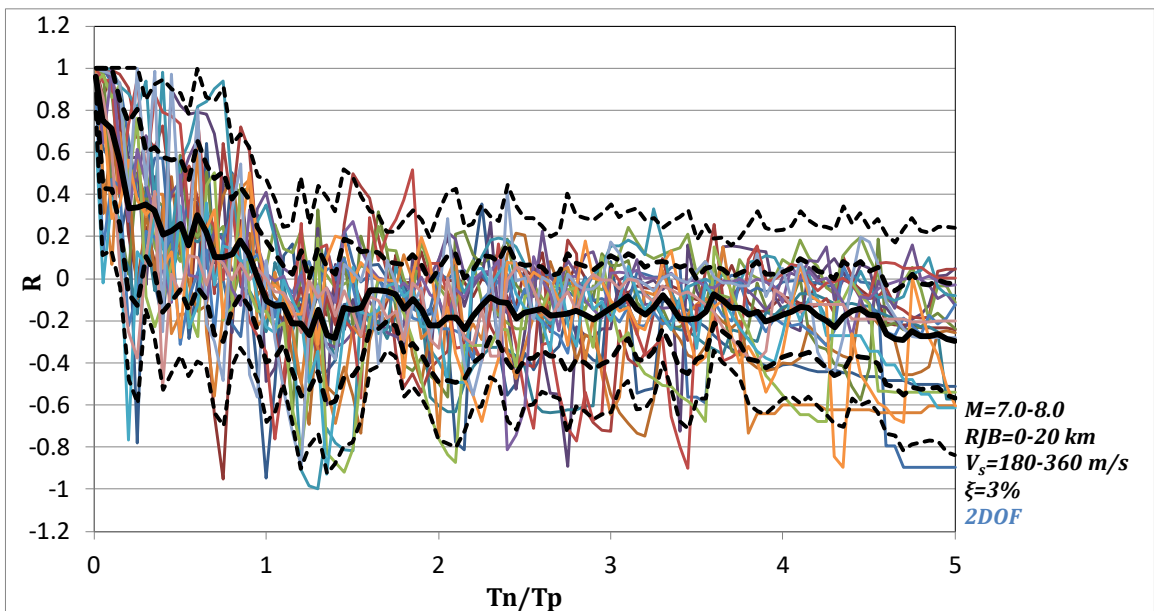
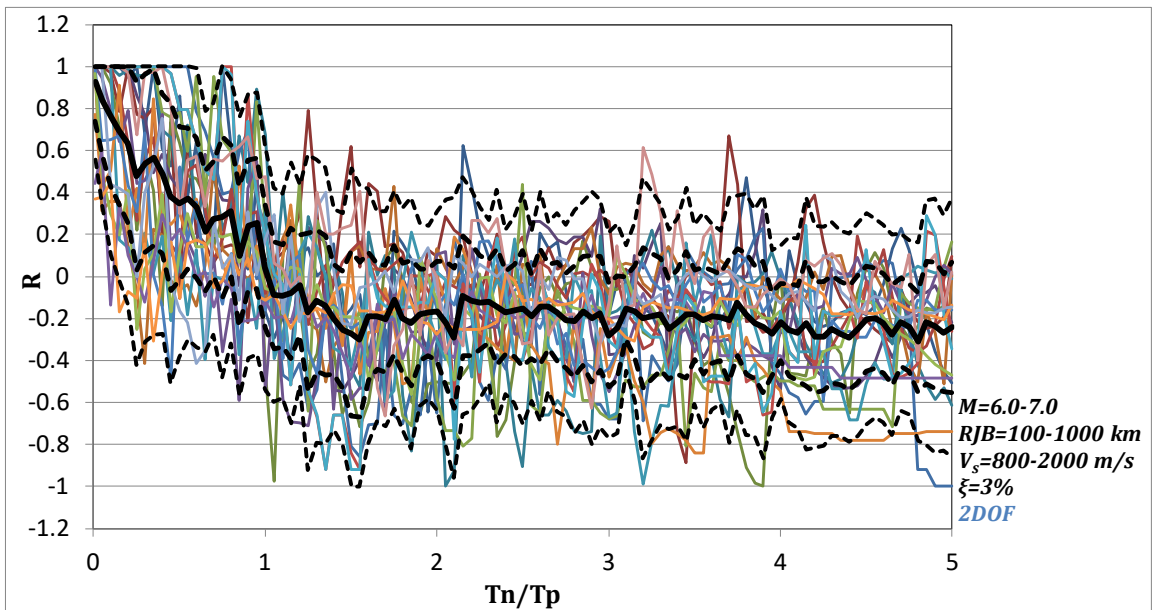
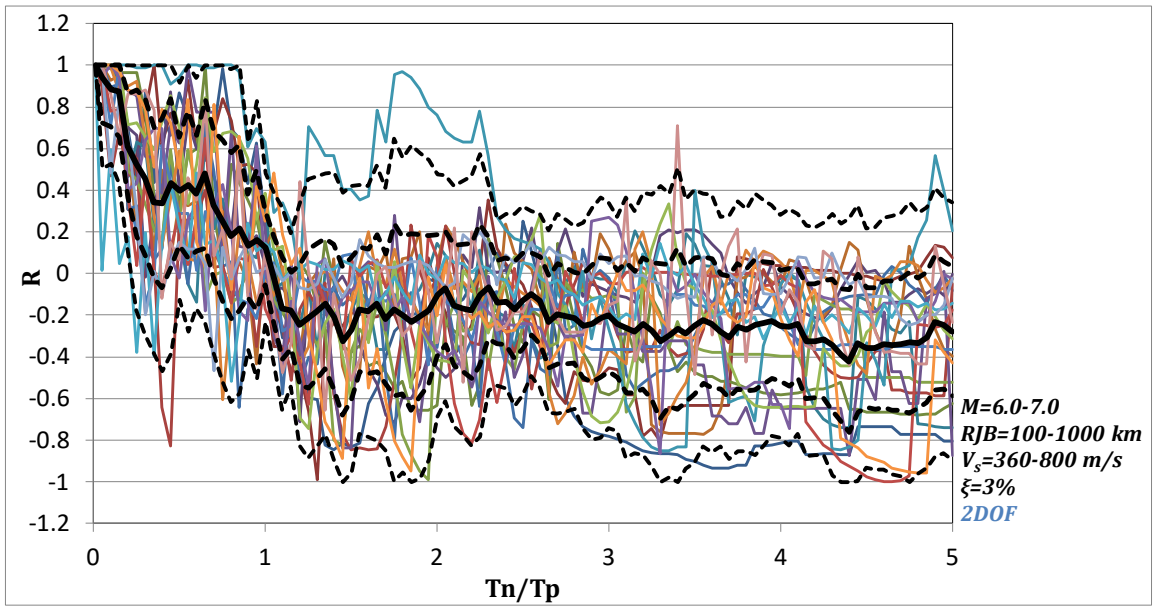


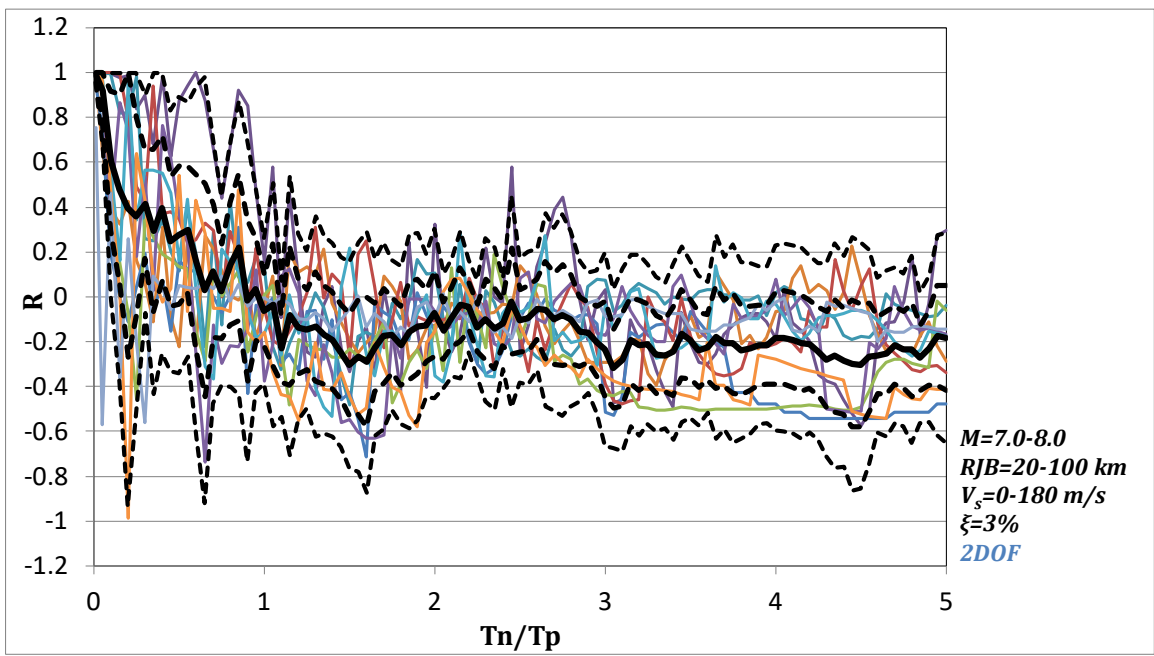
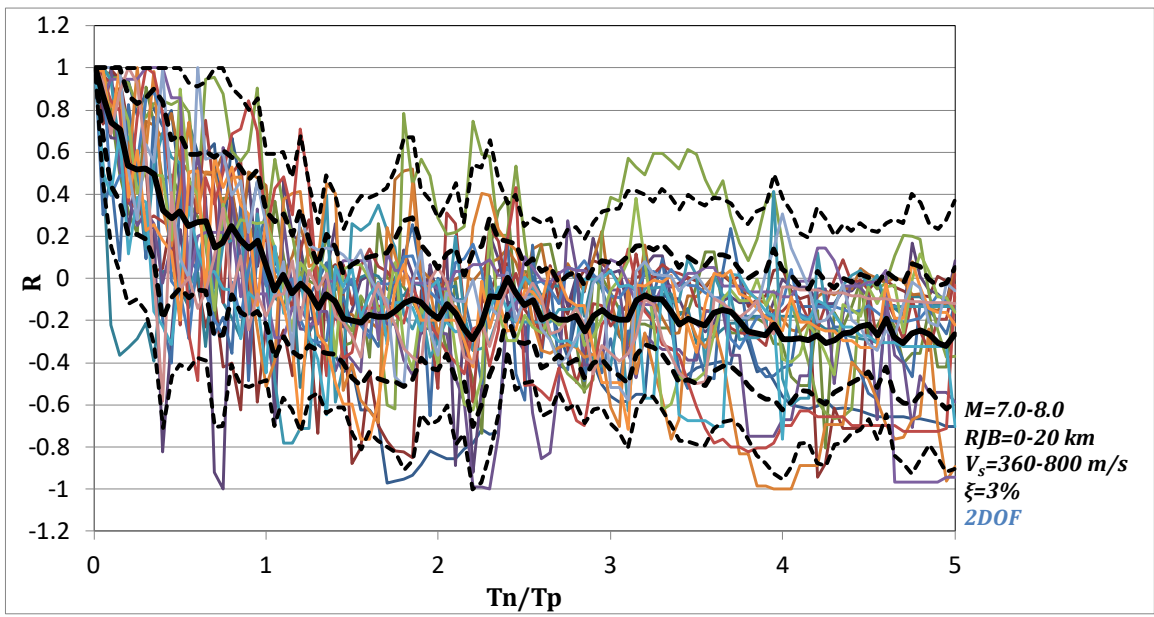
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



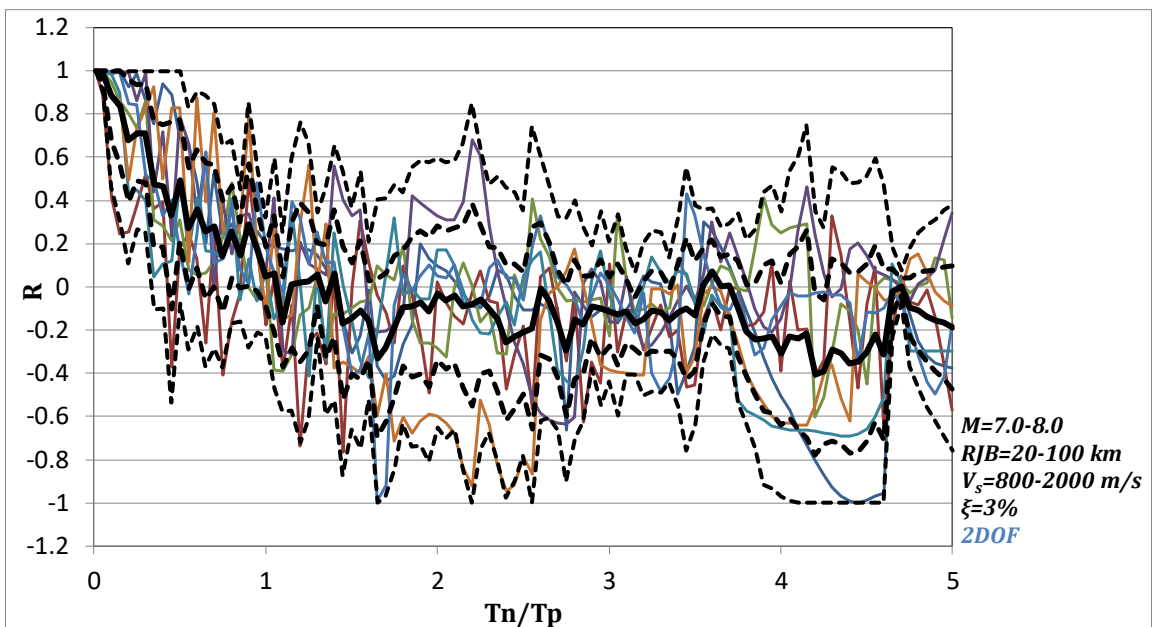
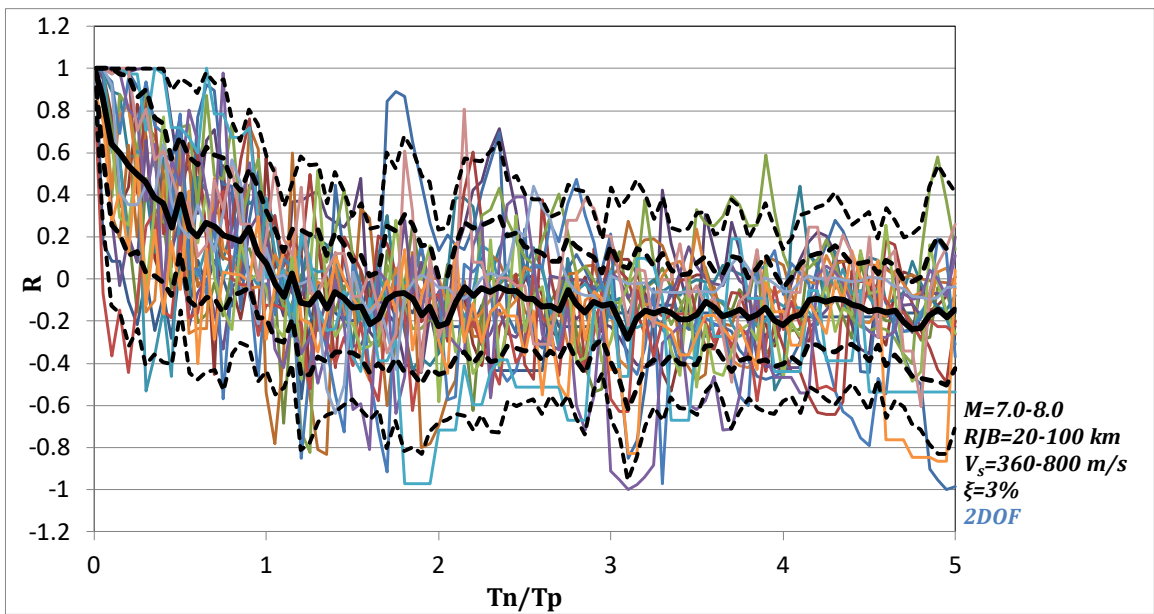
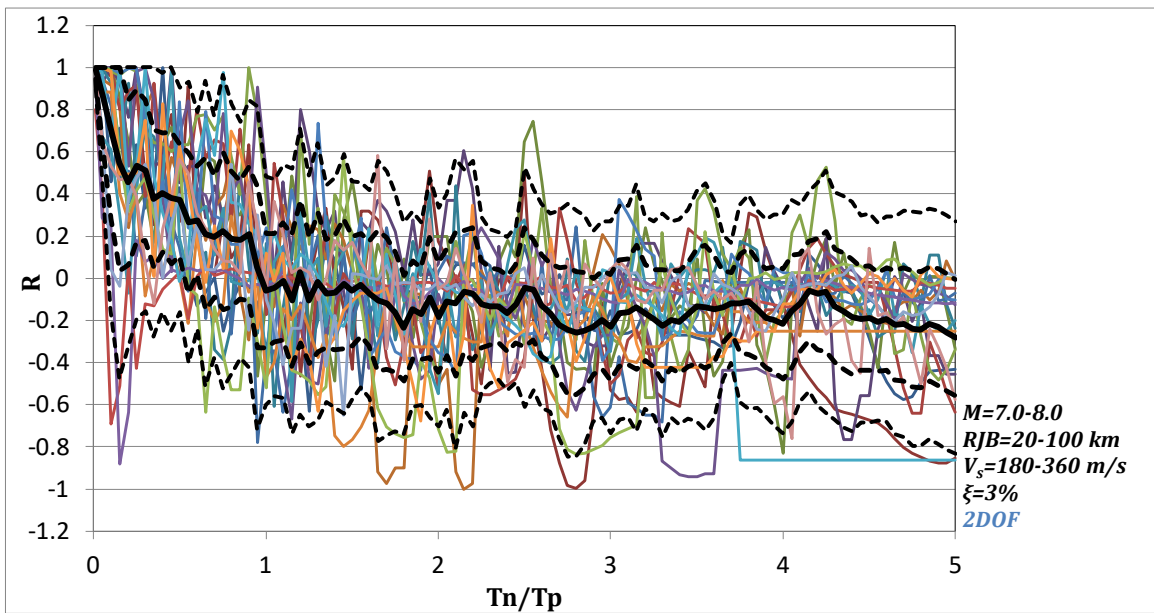


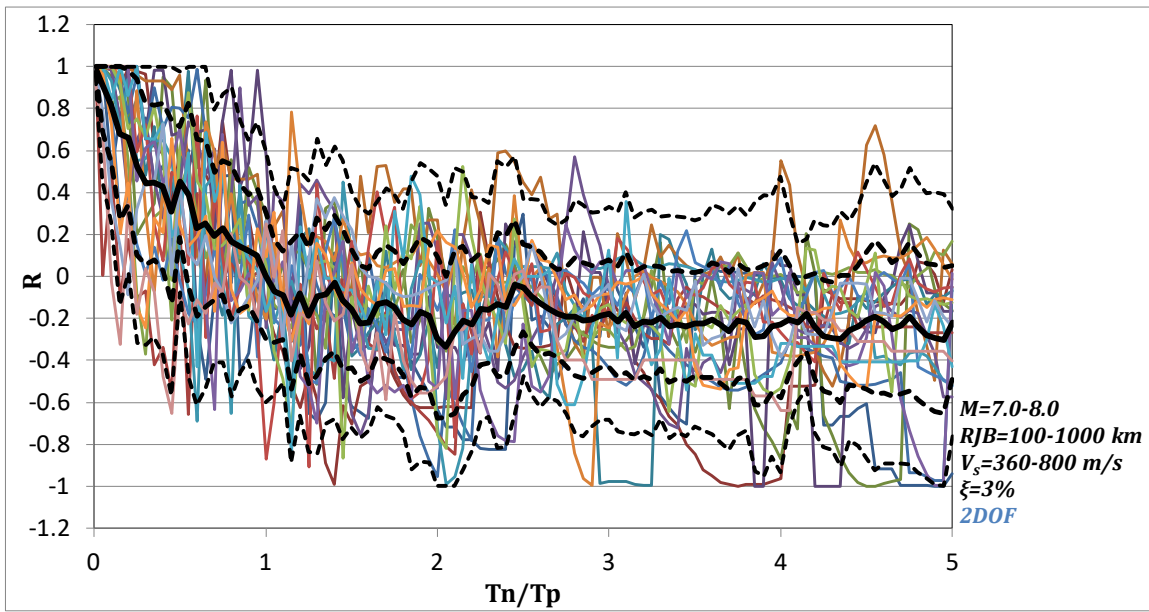
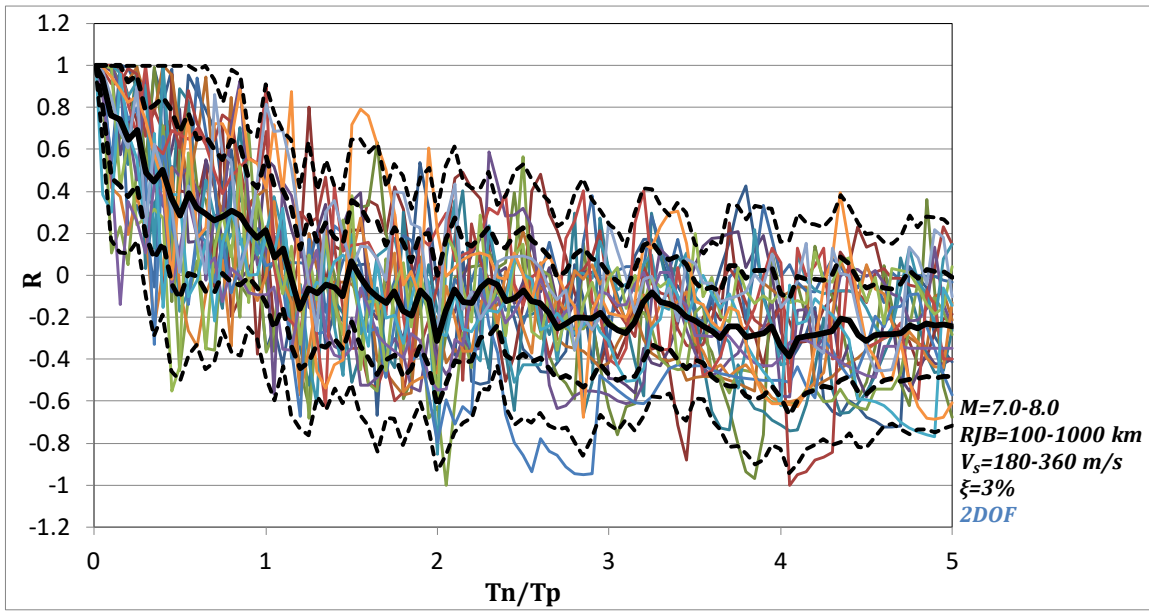




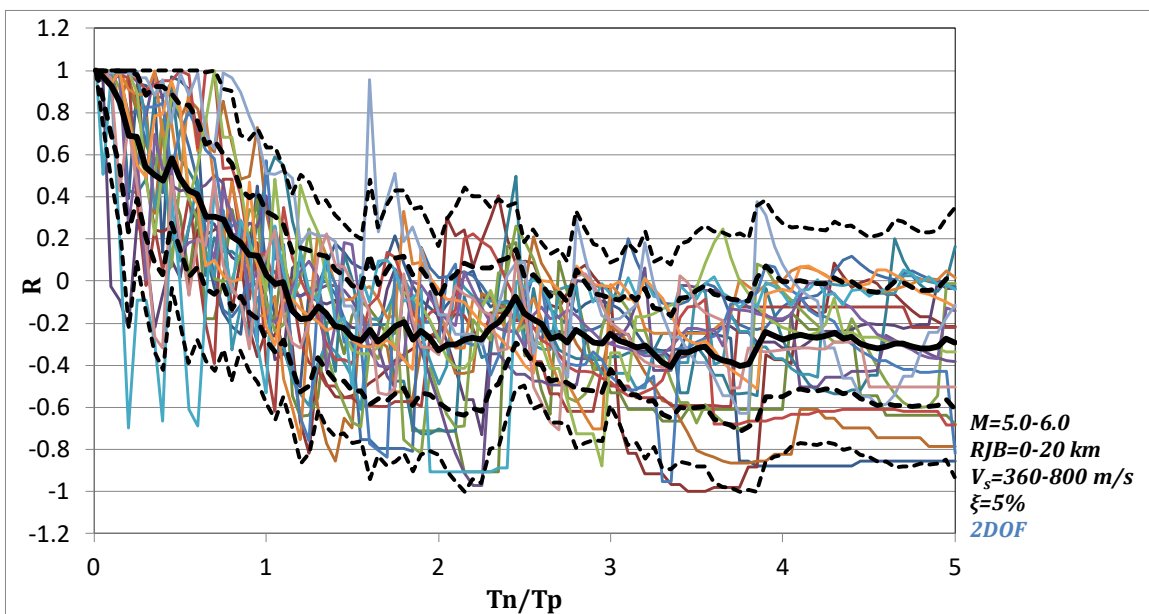
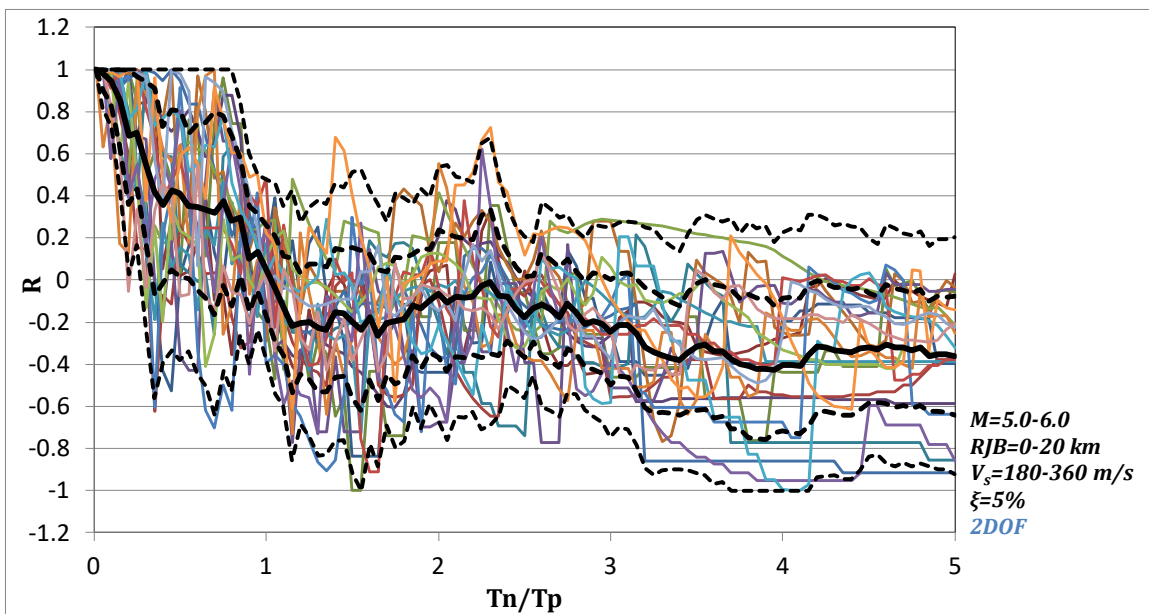
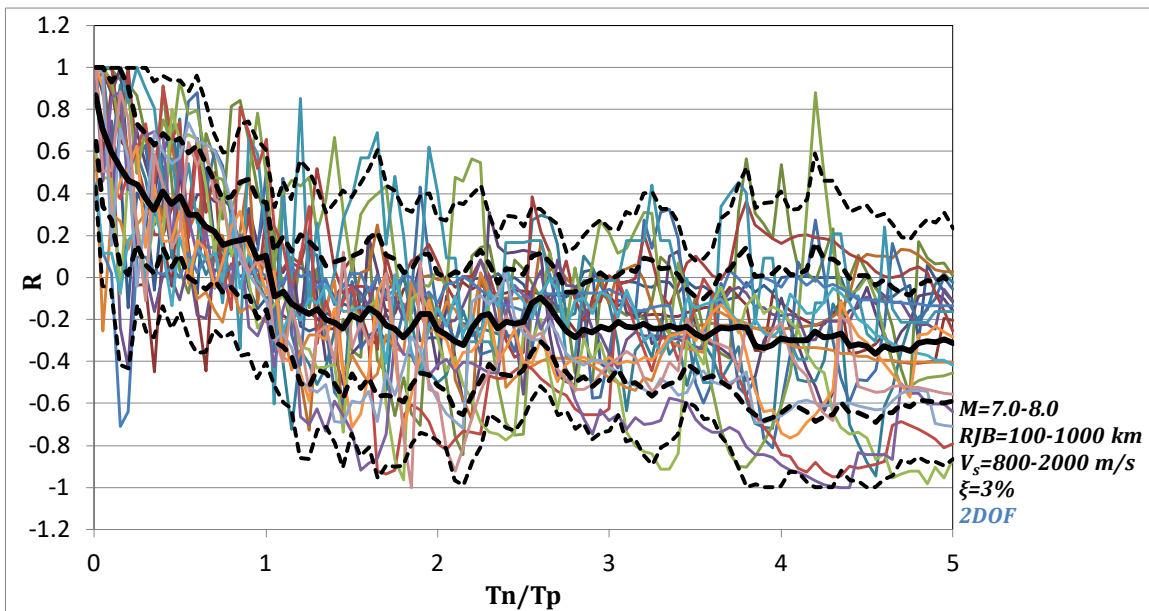


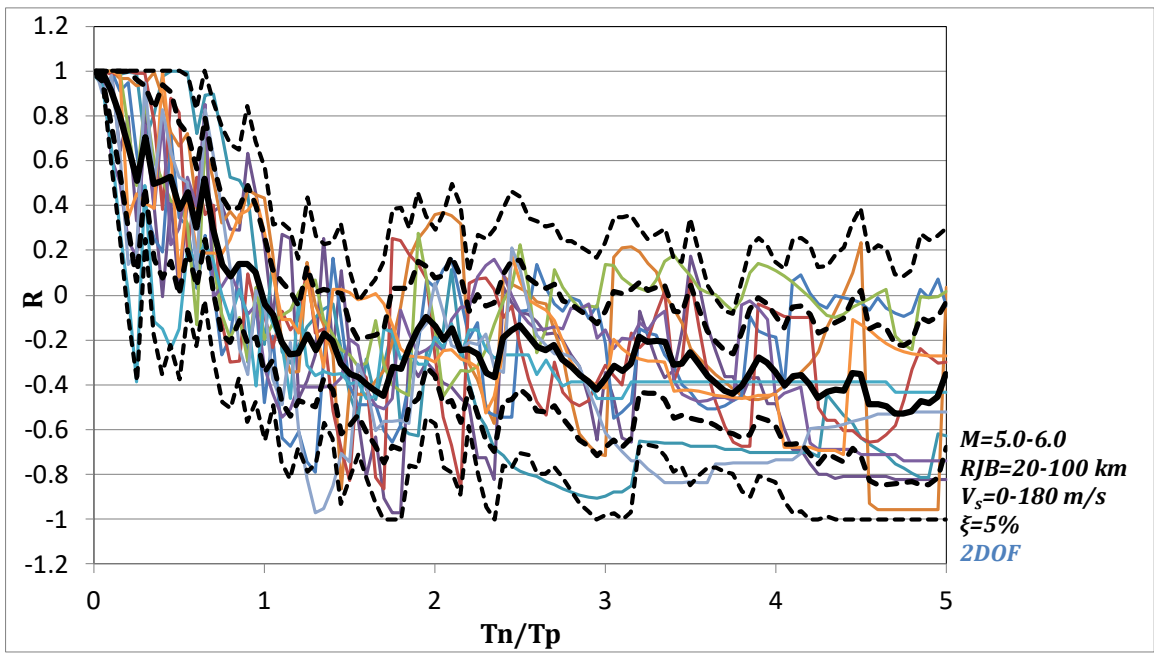
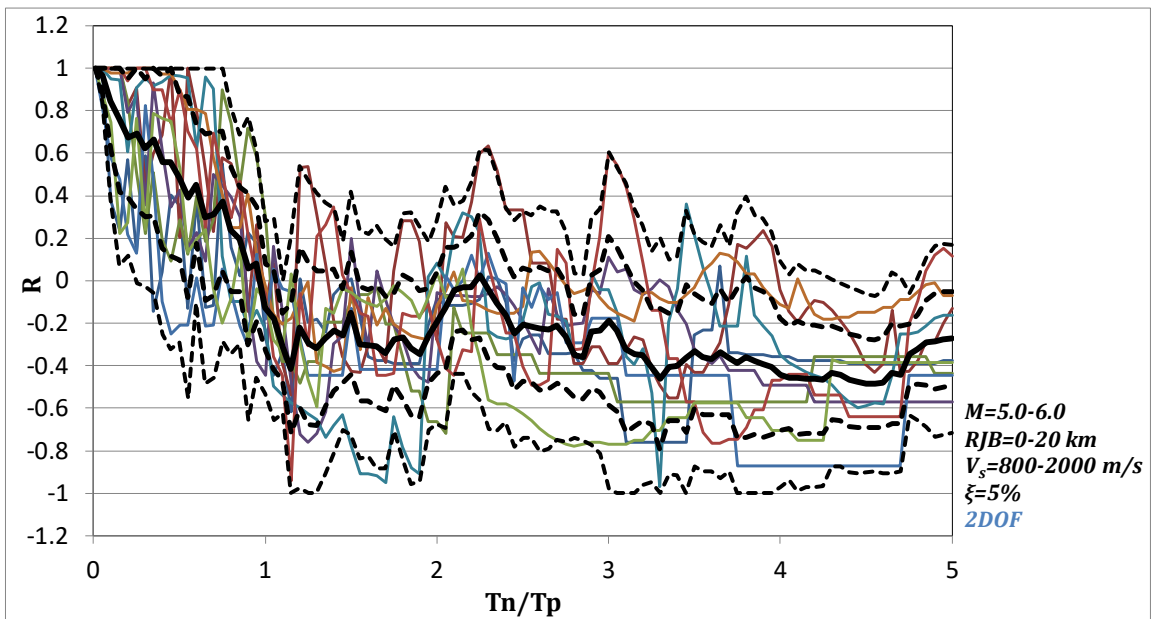
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



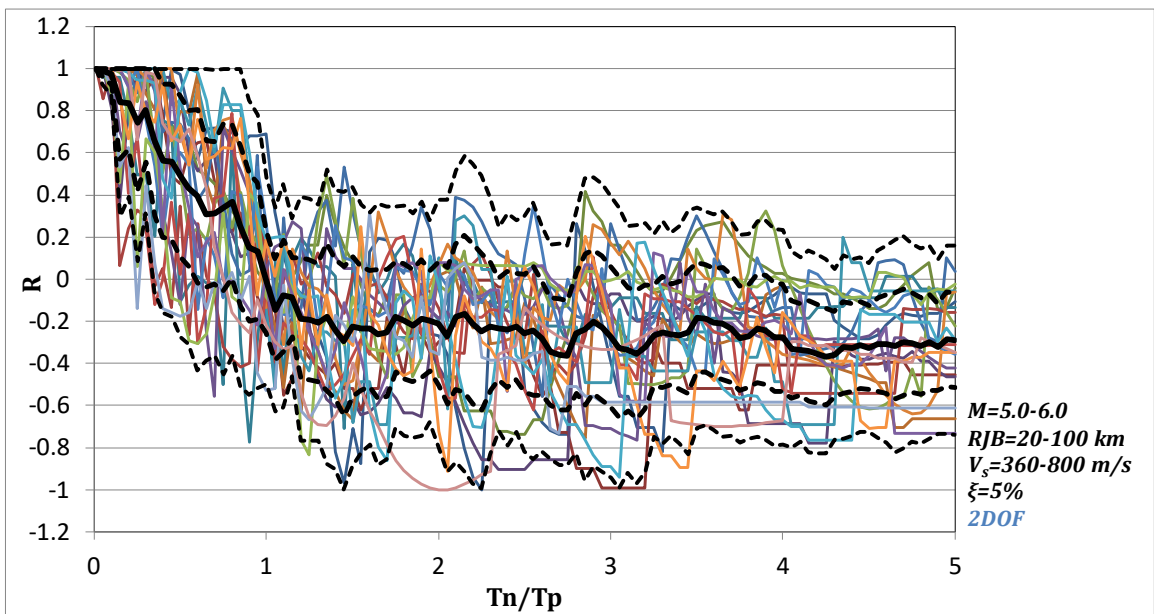
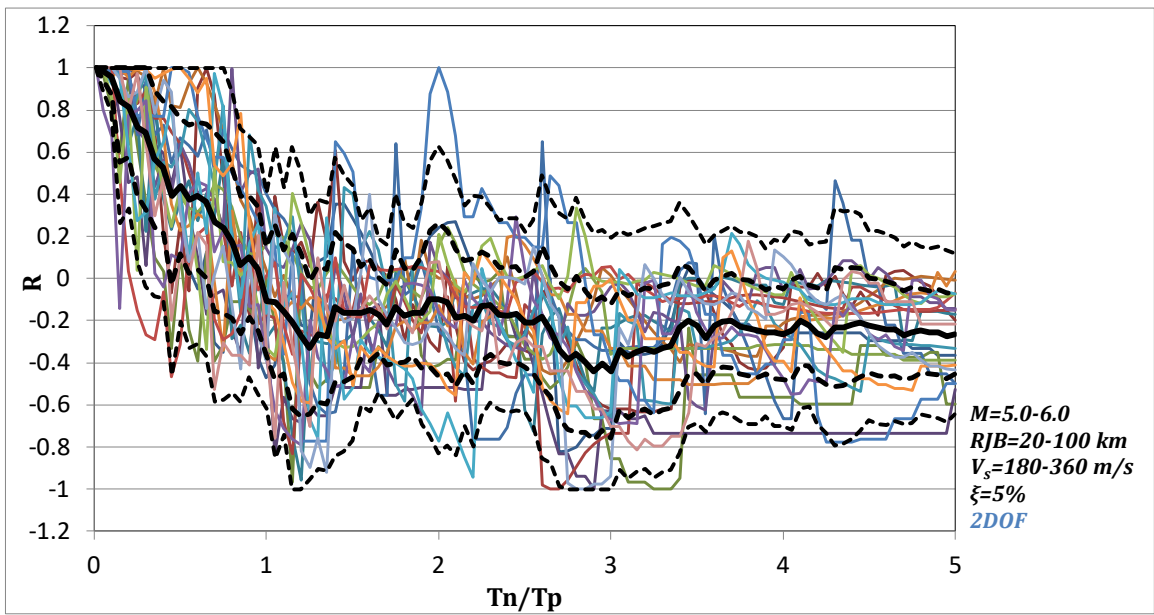


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

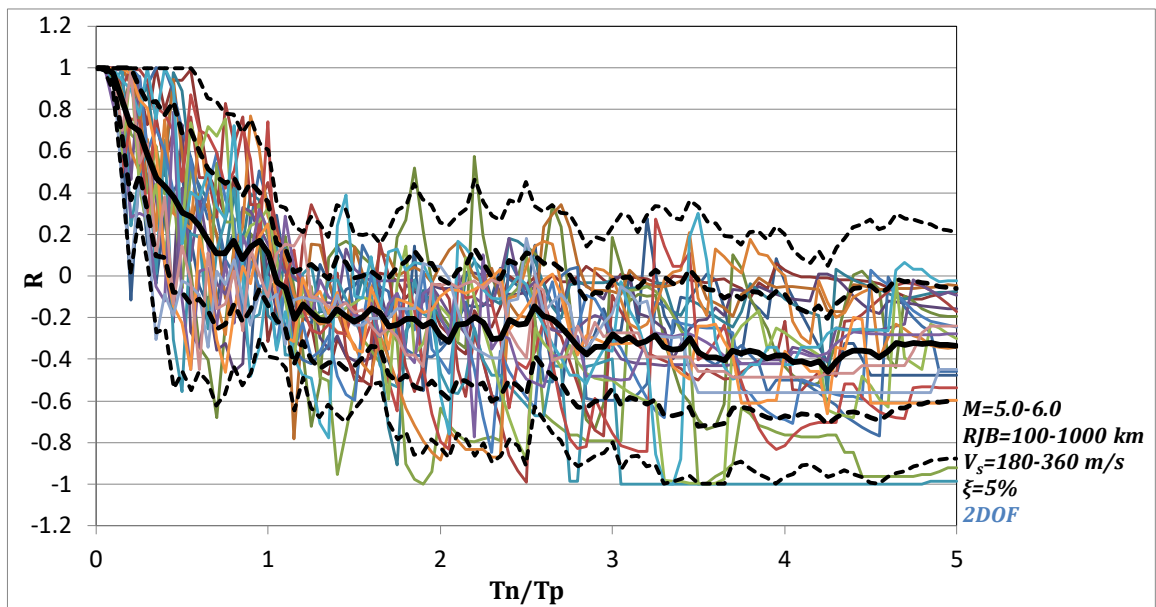
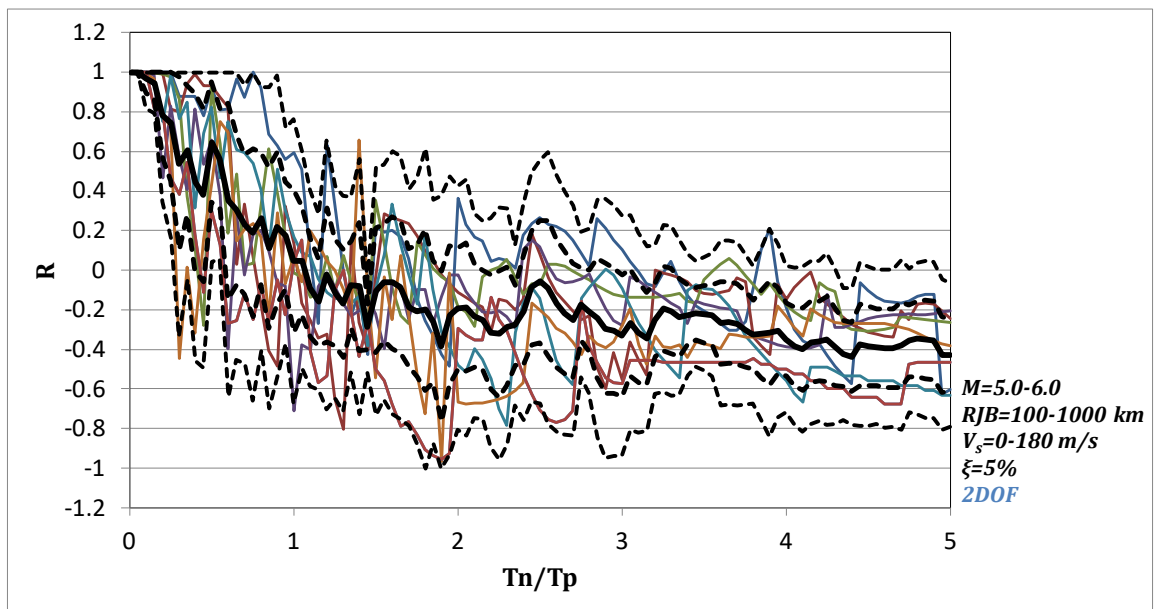
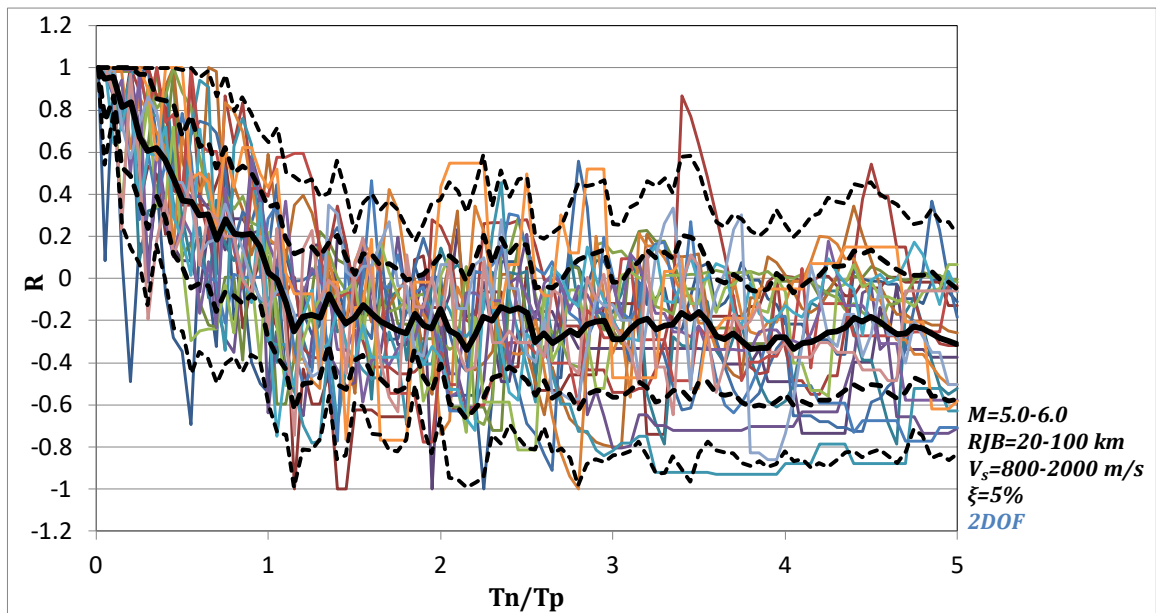


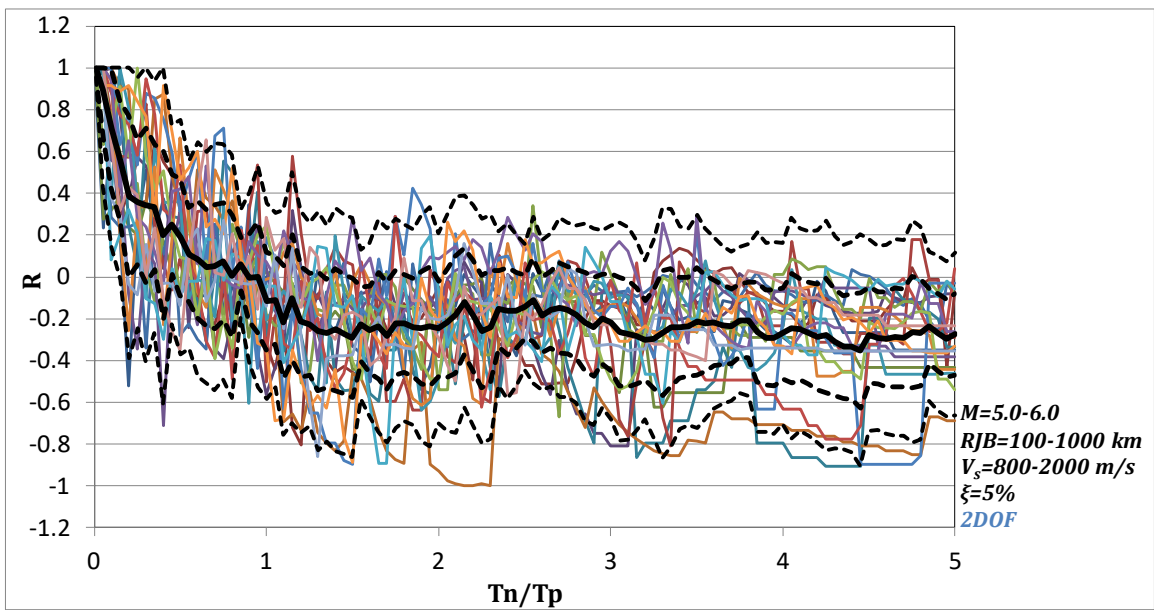
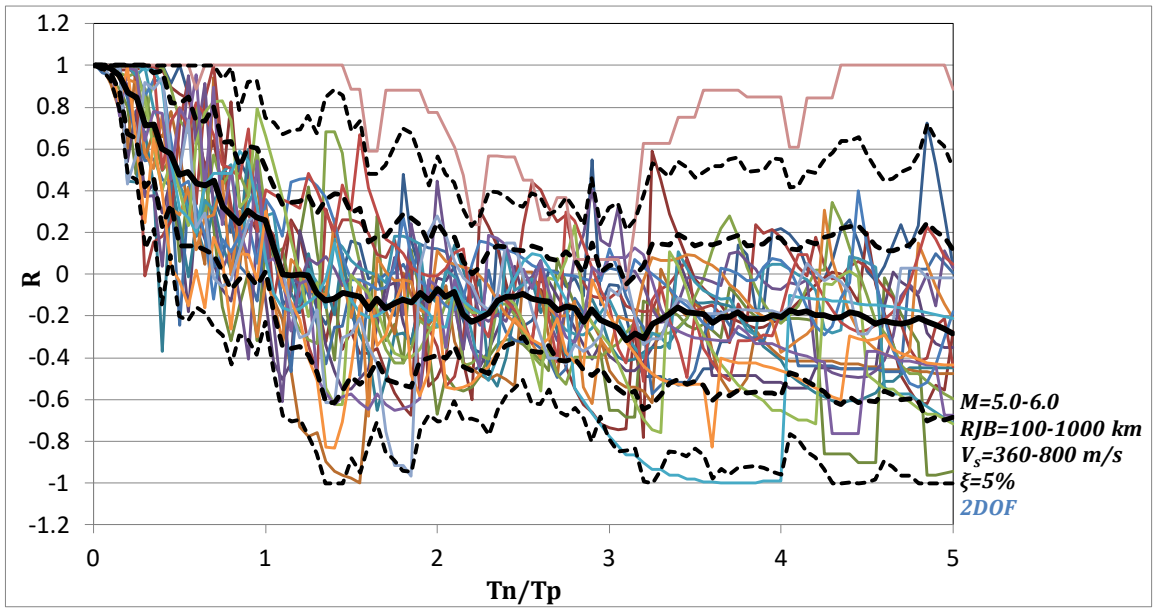


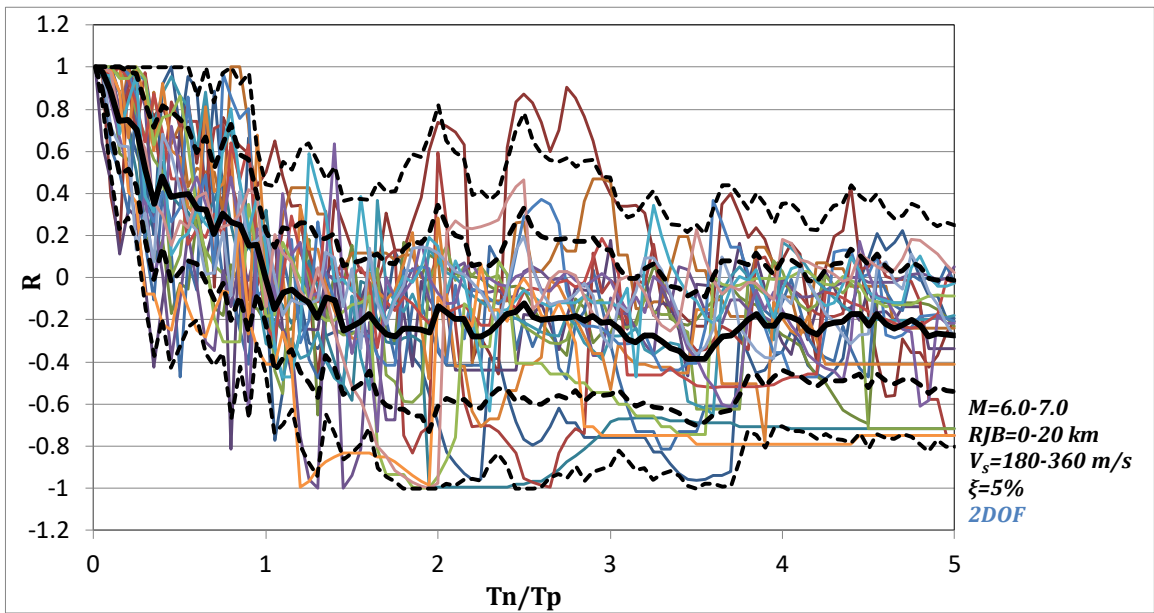
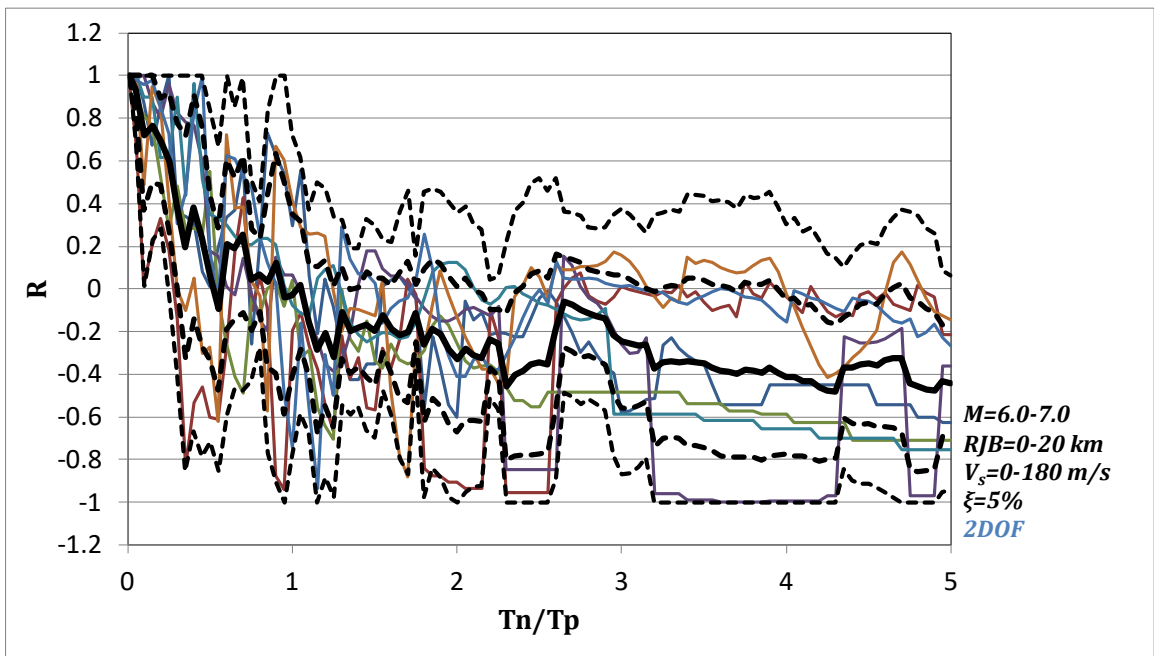
- mean
- - - mean + σ
- - - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ



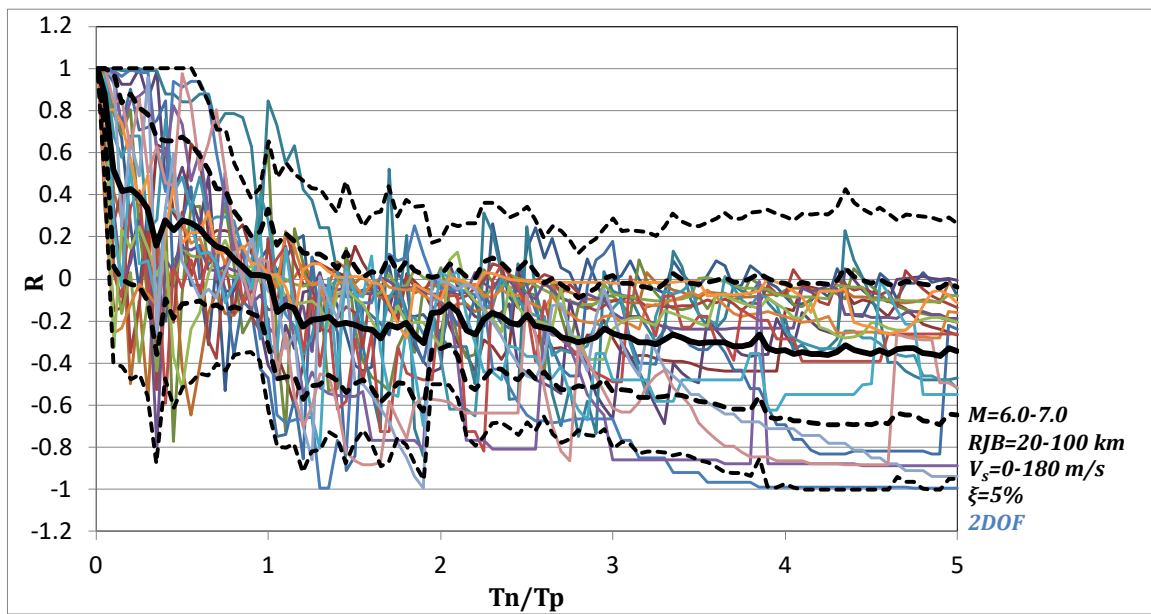
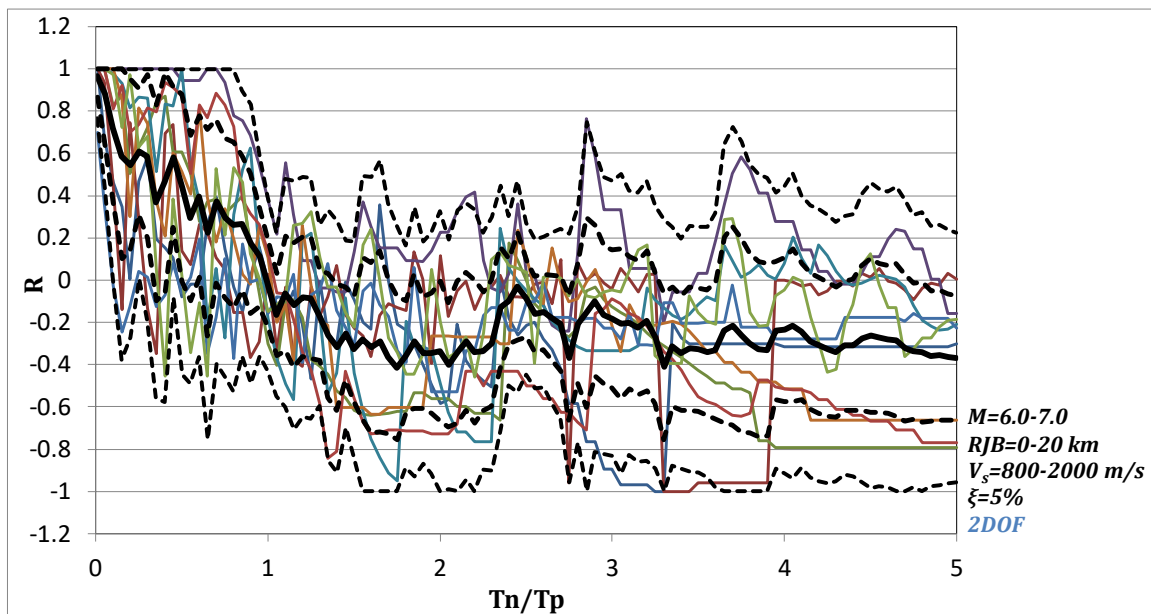
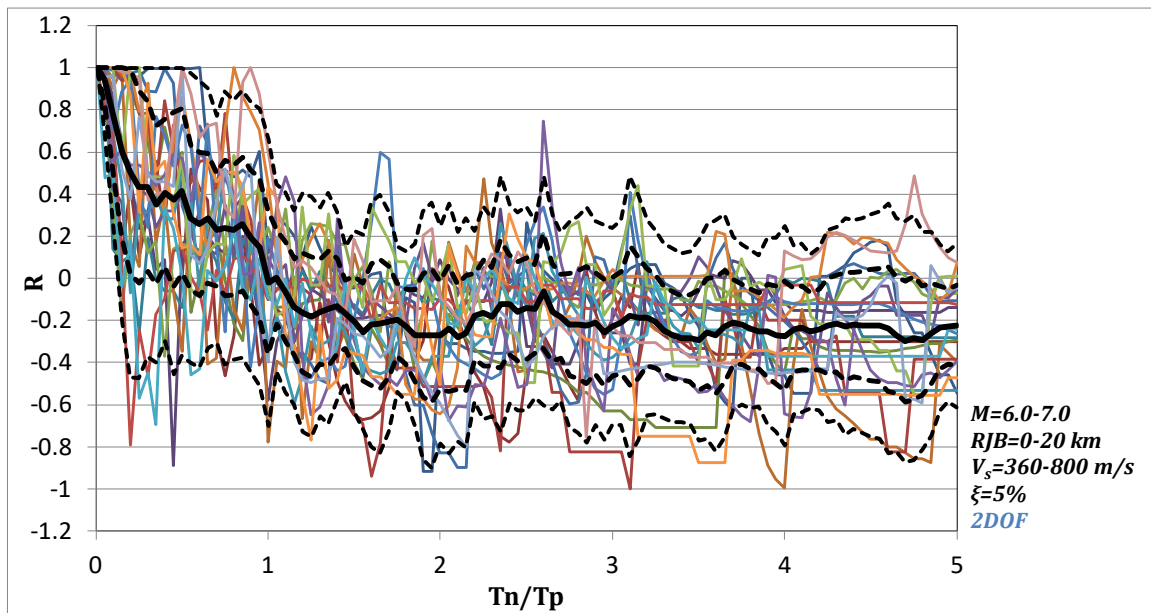
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

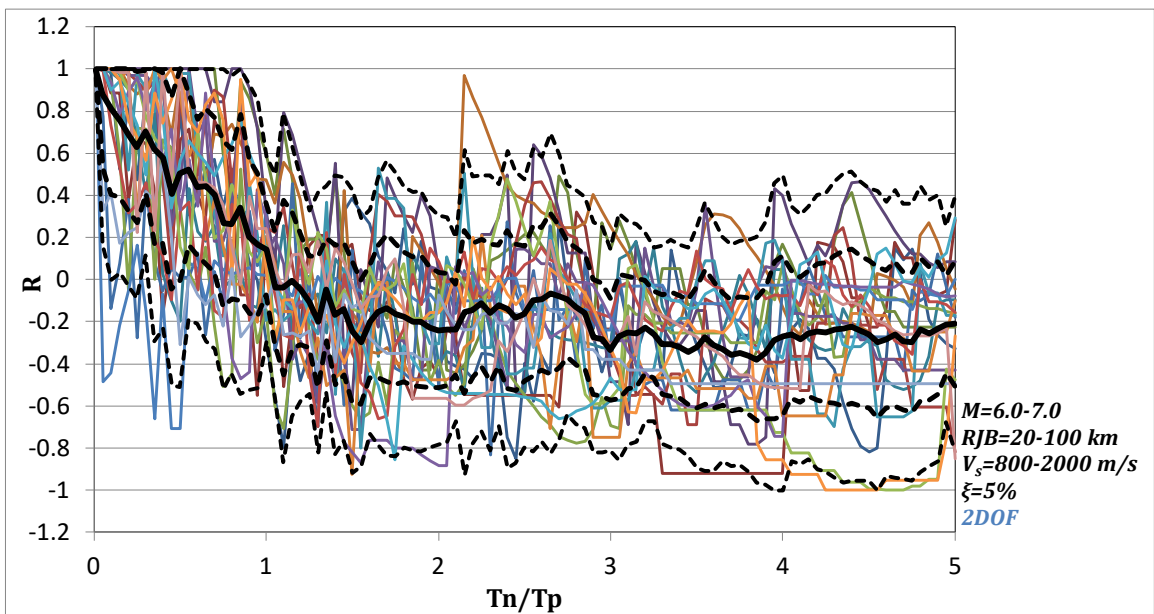
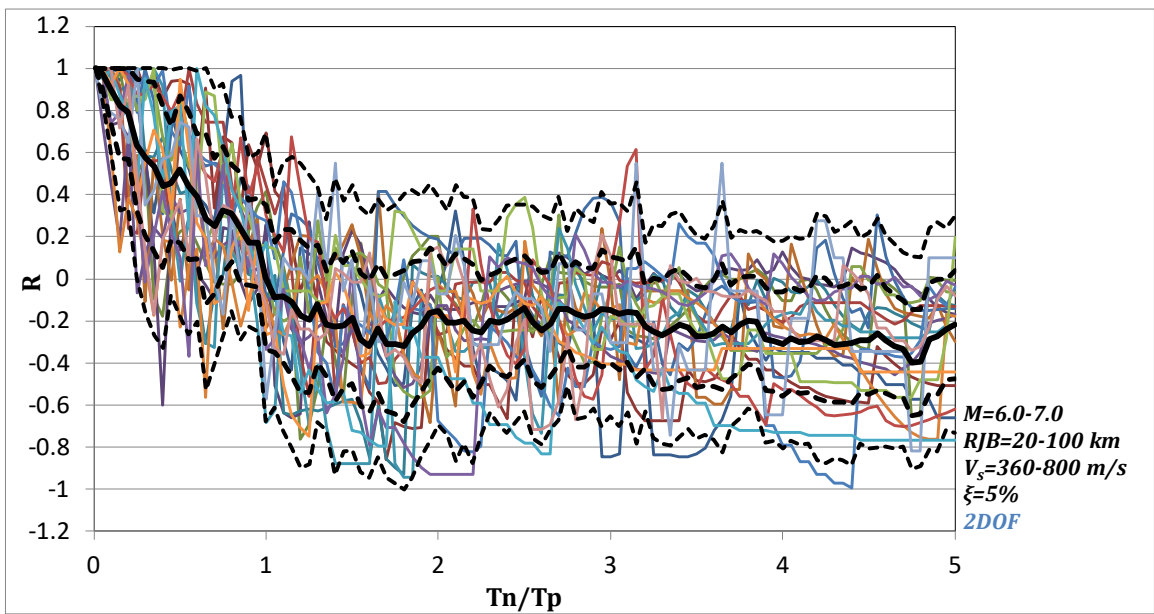
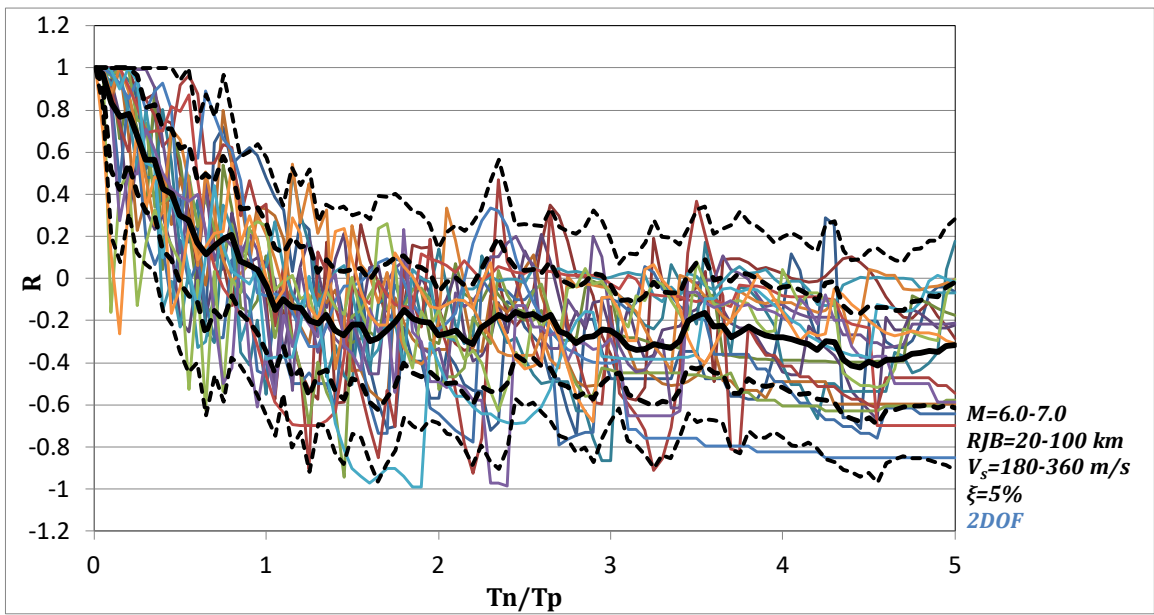


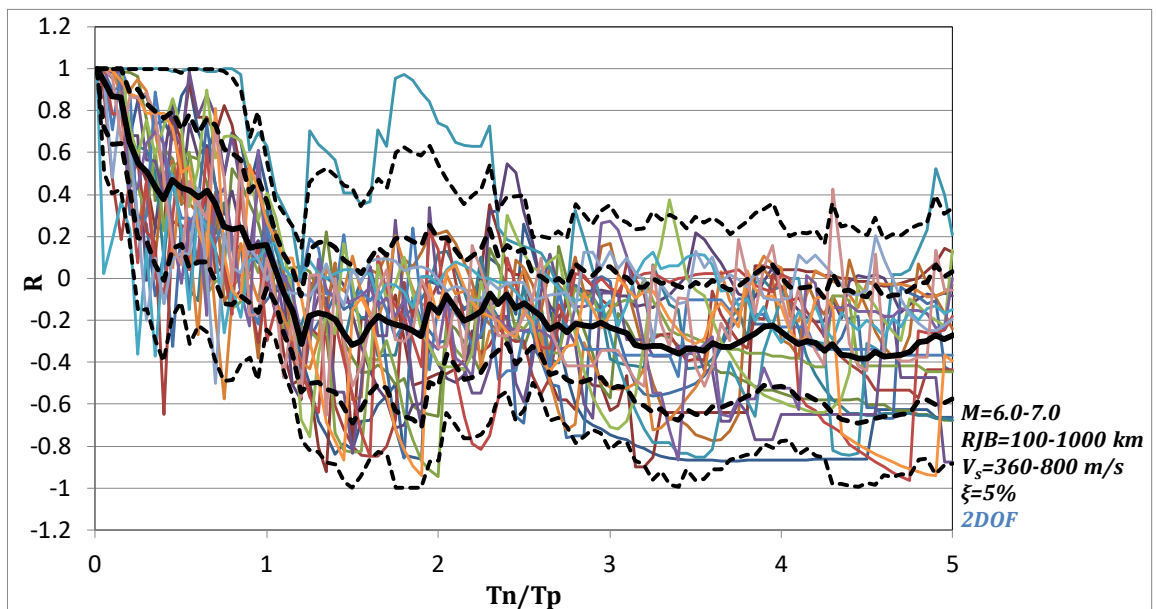
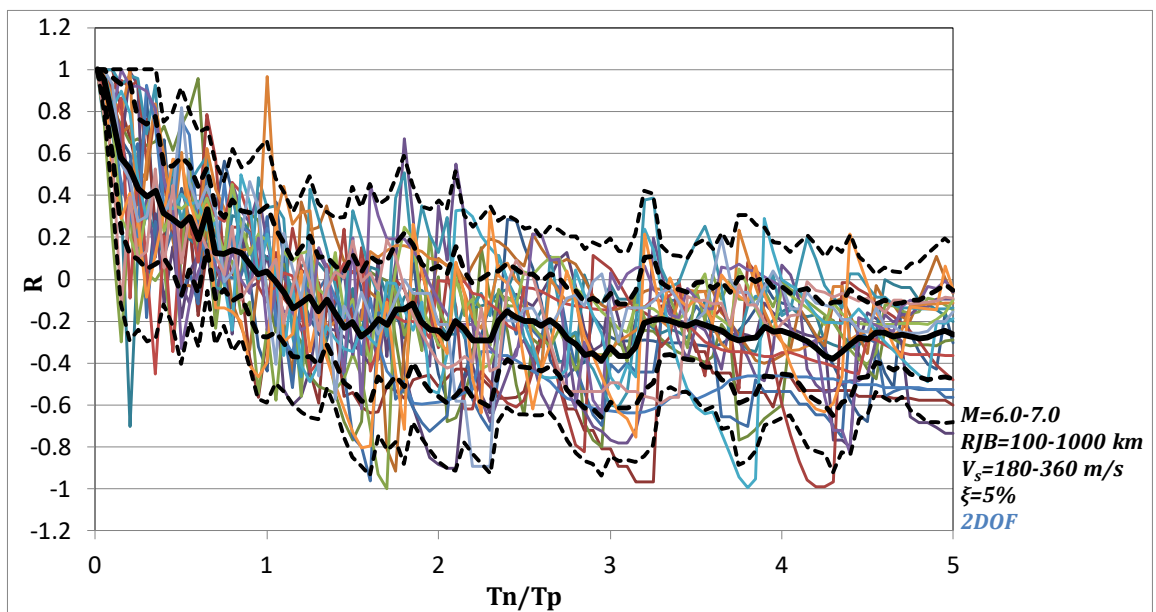
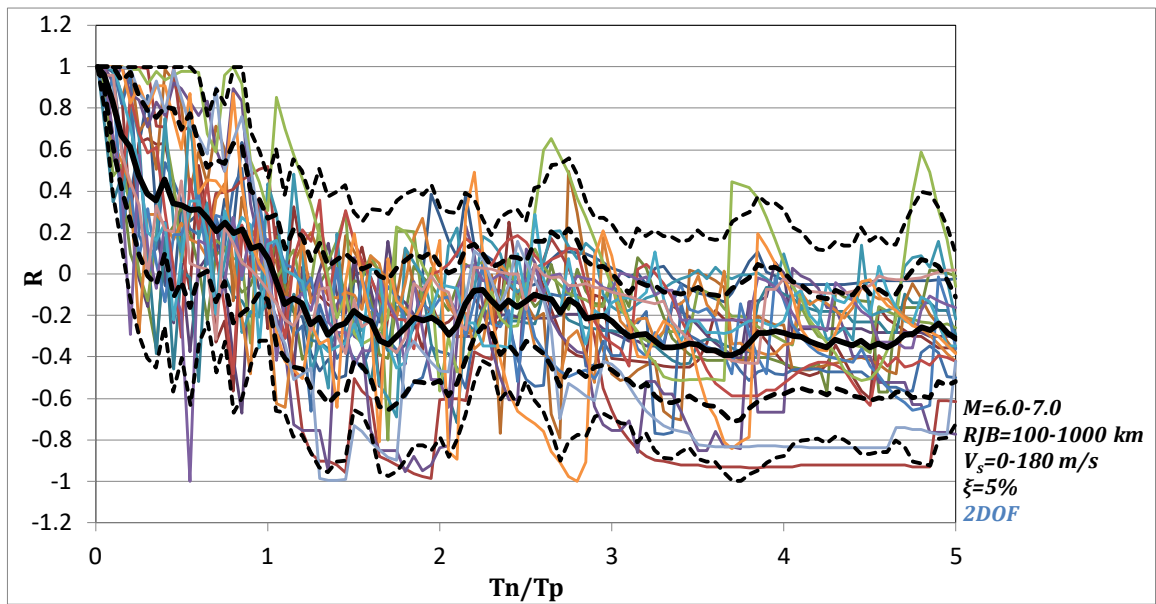


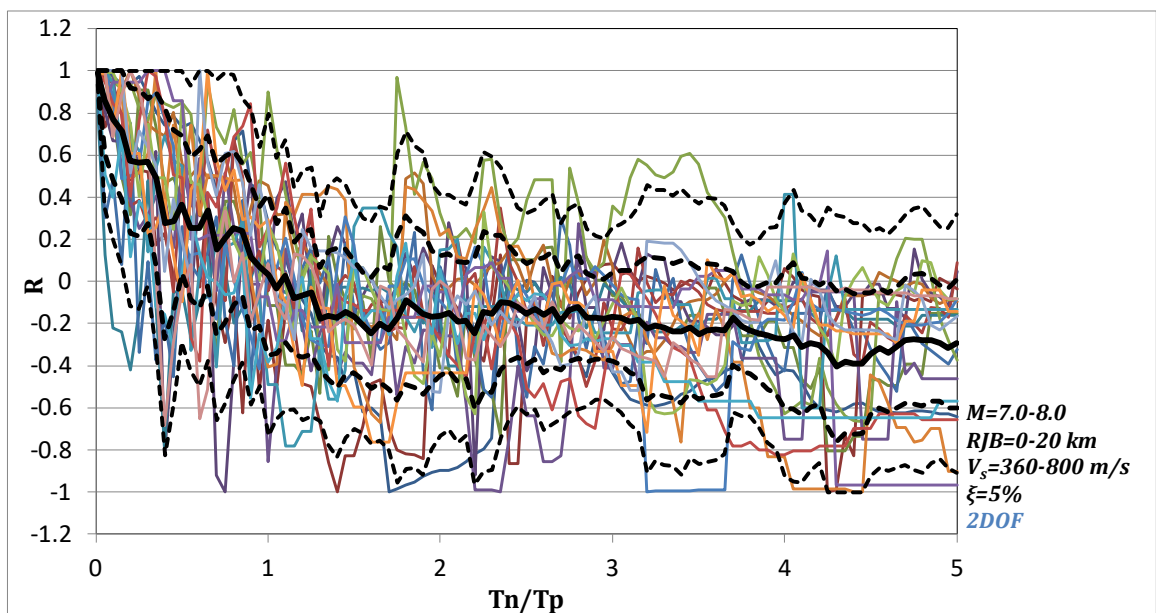
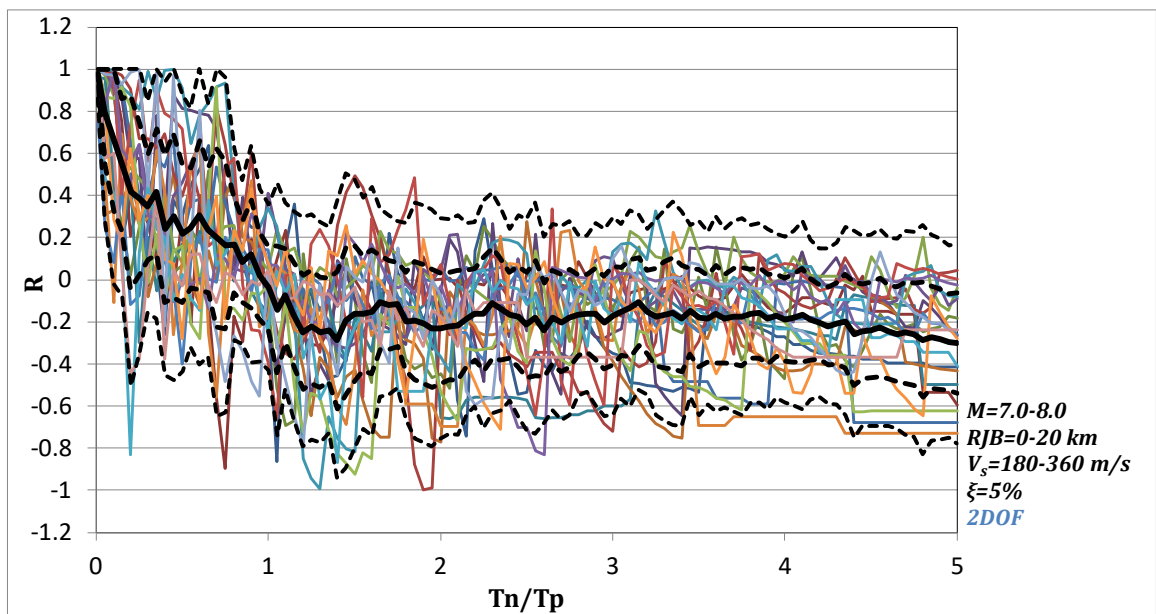
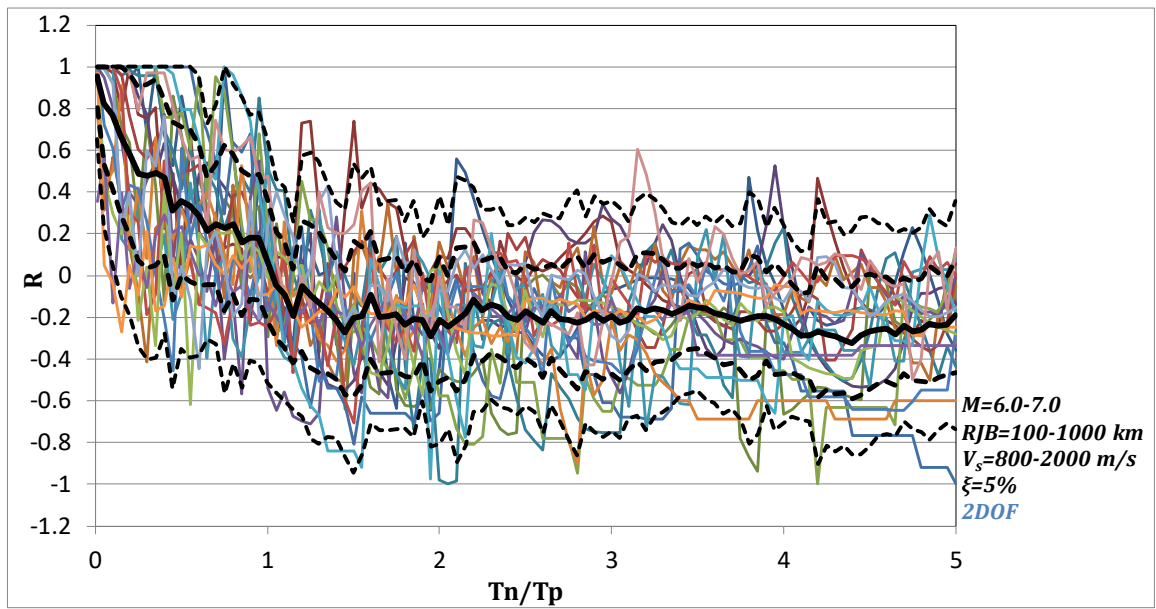


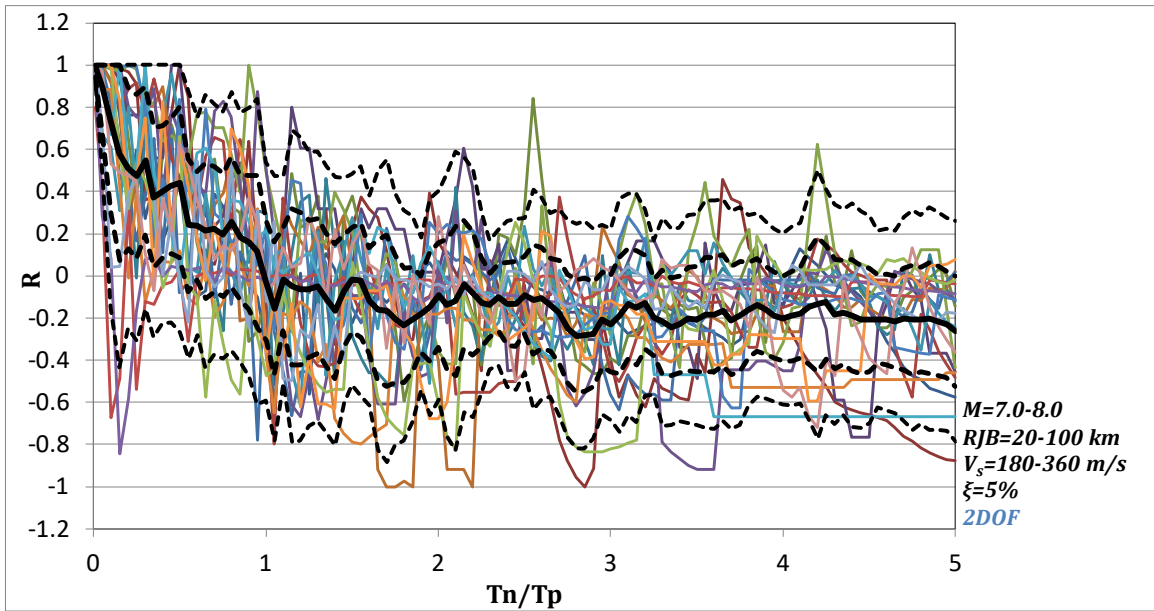
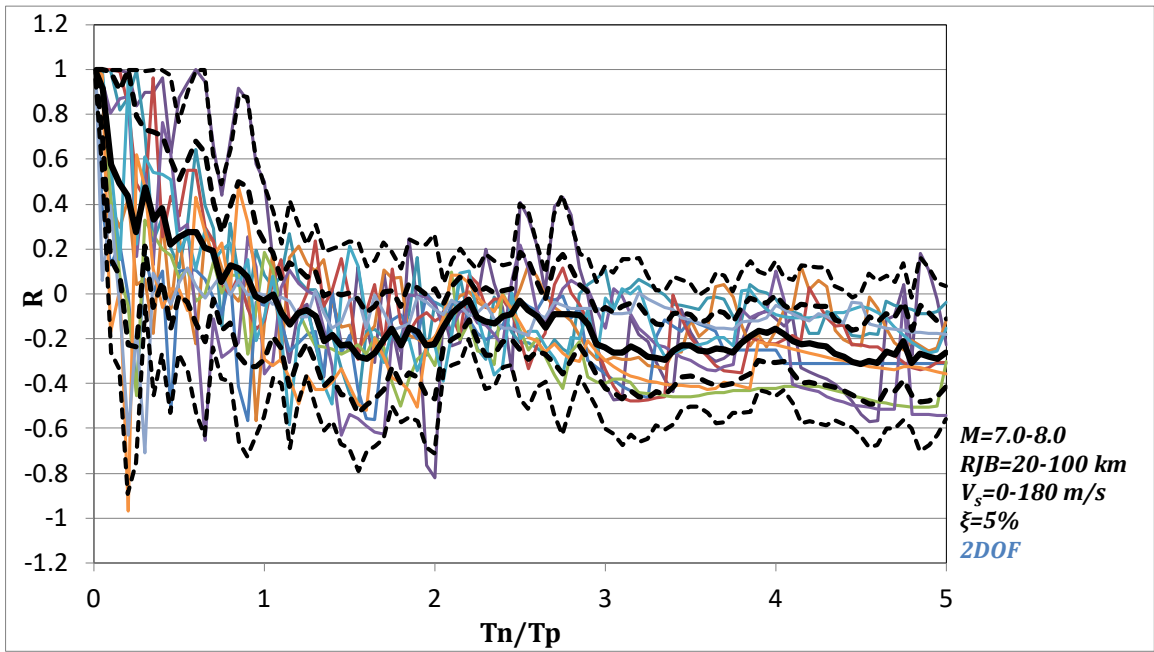
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



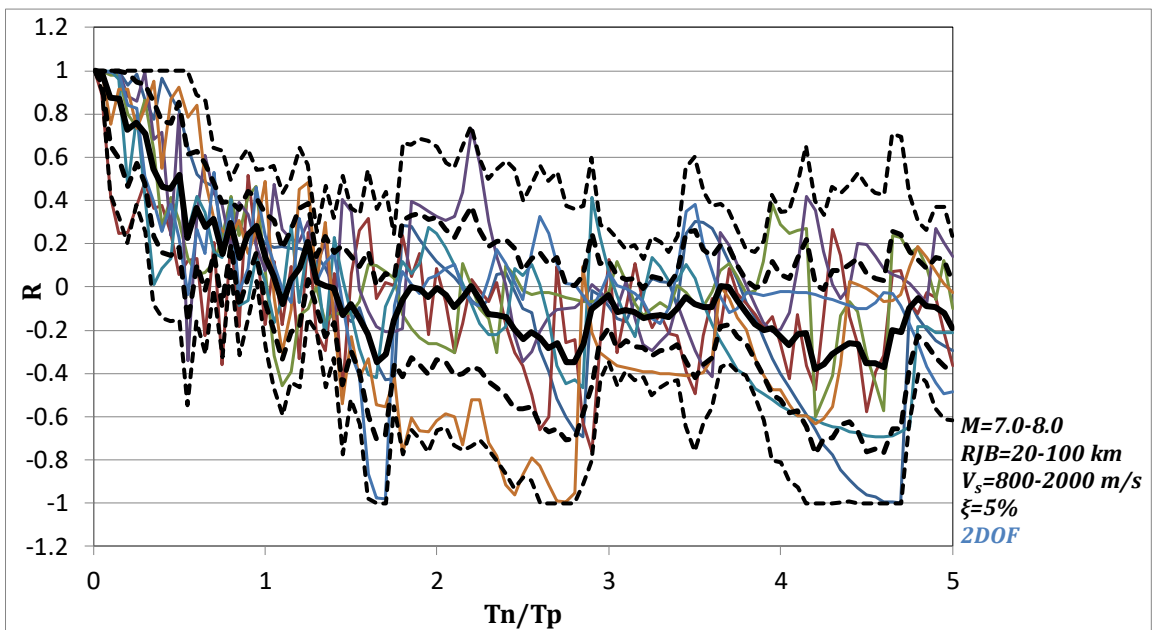
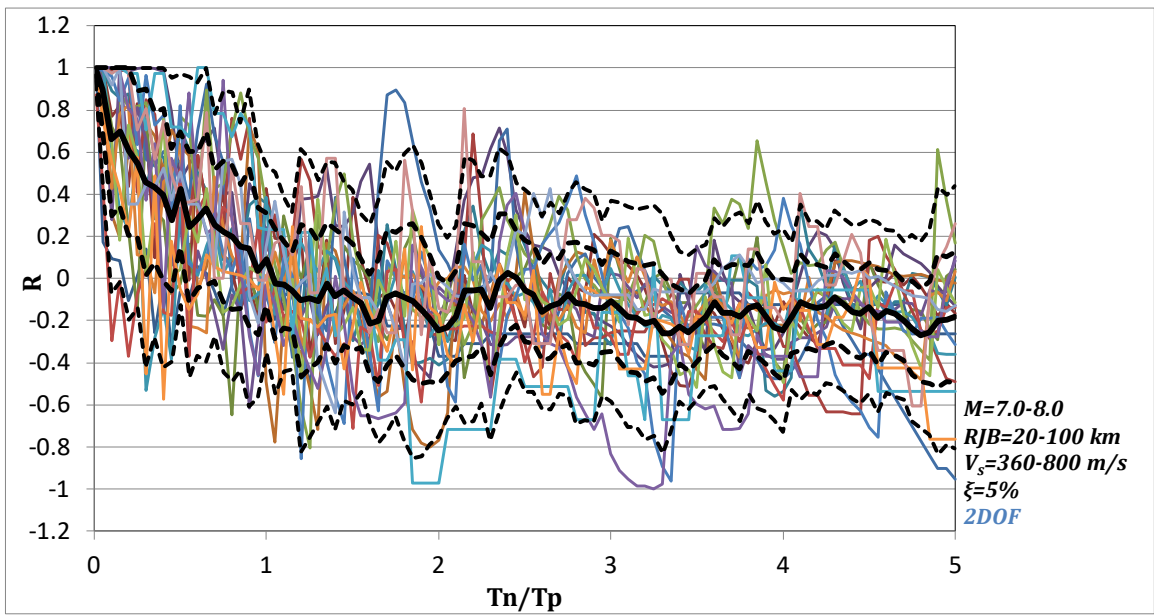




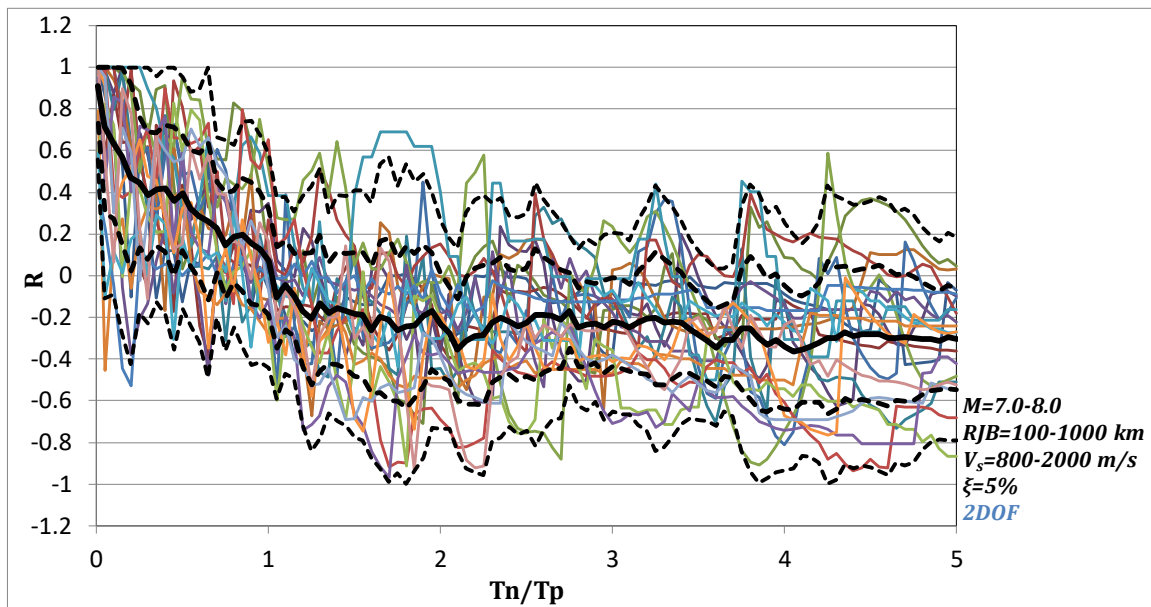
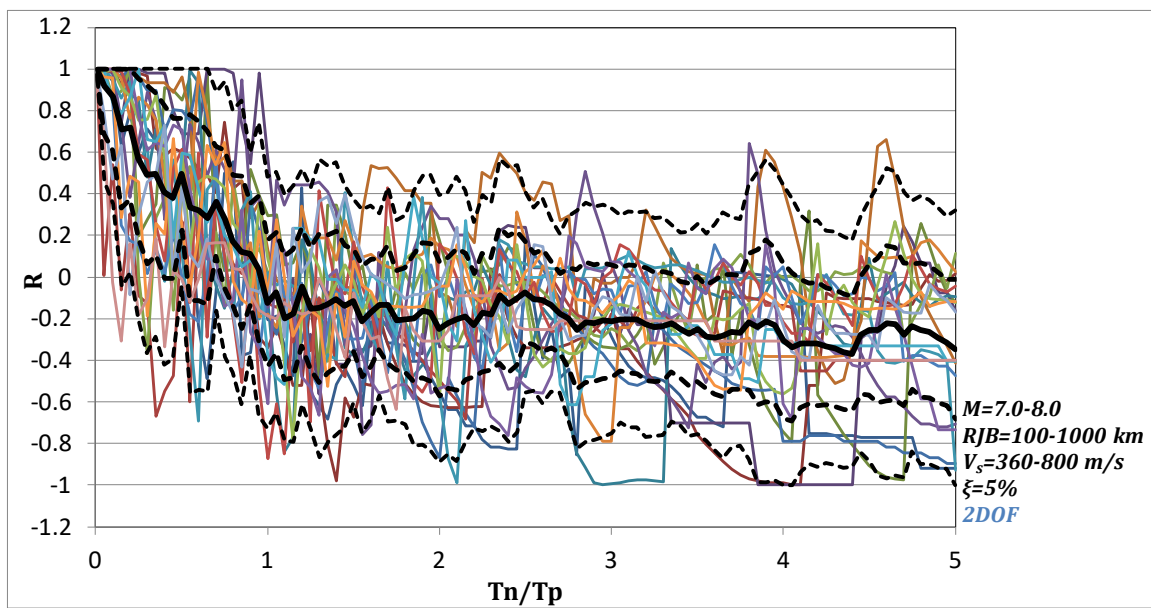
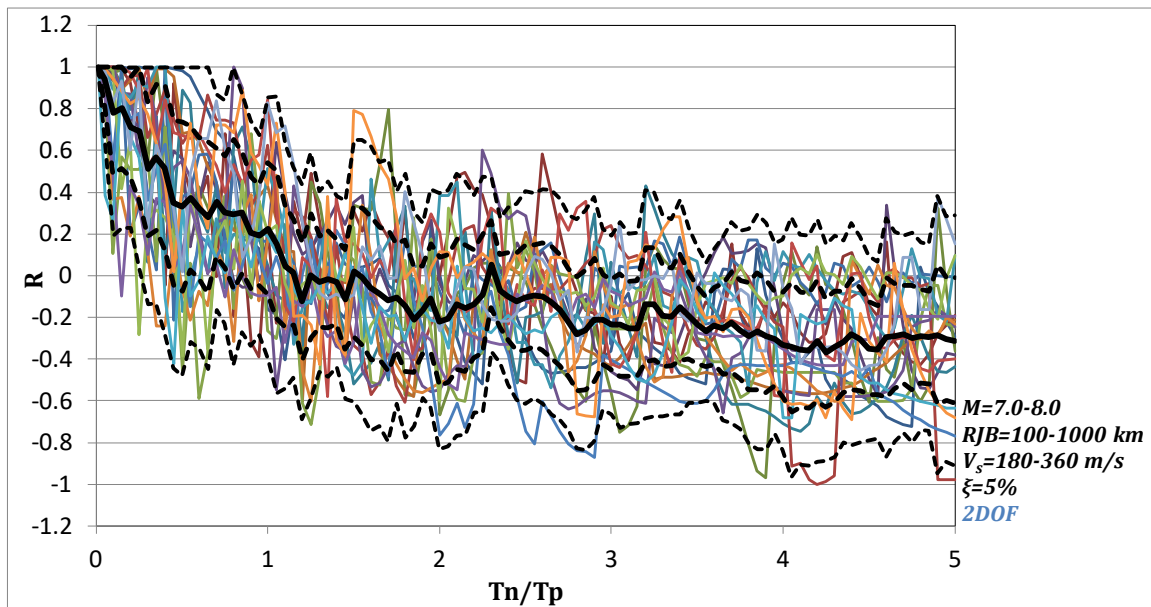


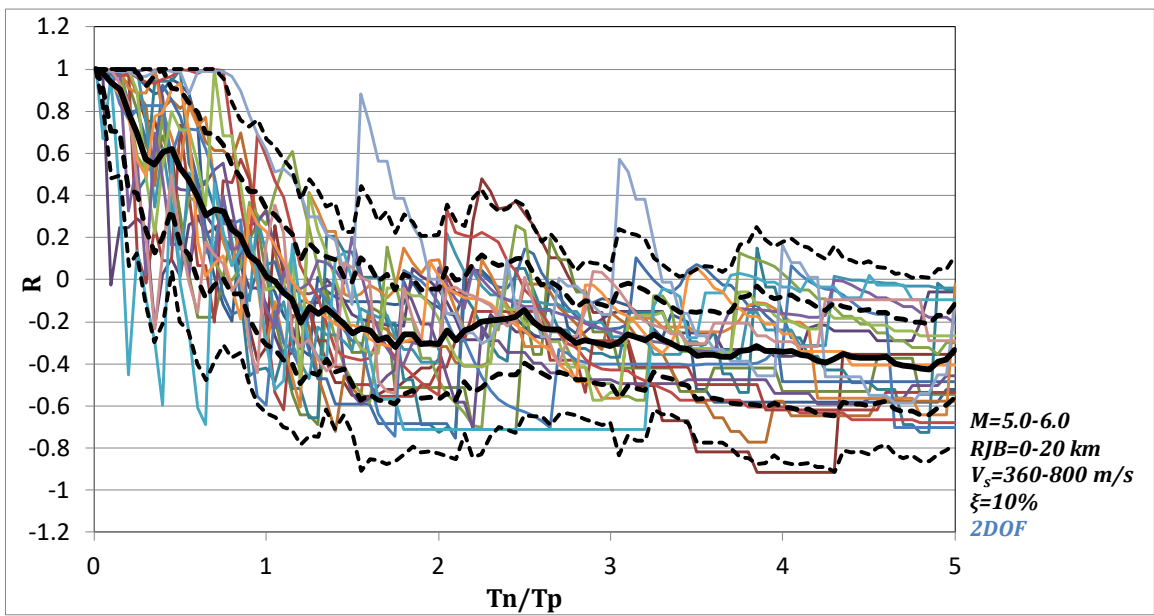
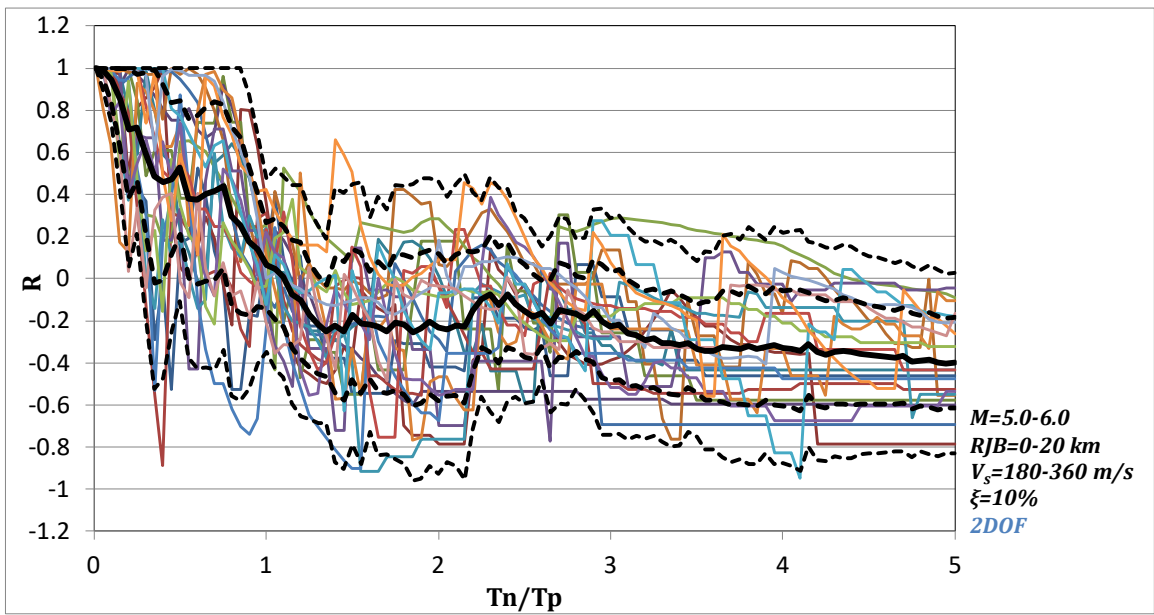


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

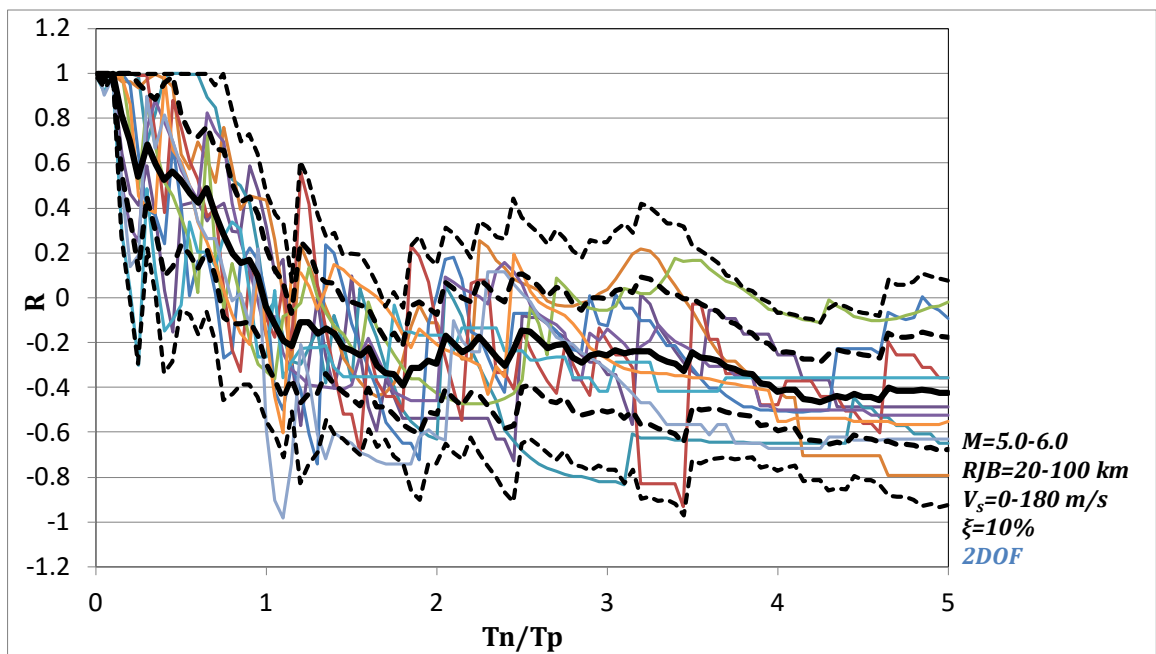
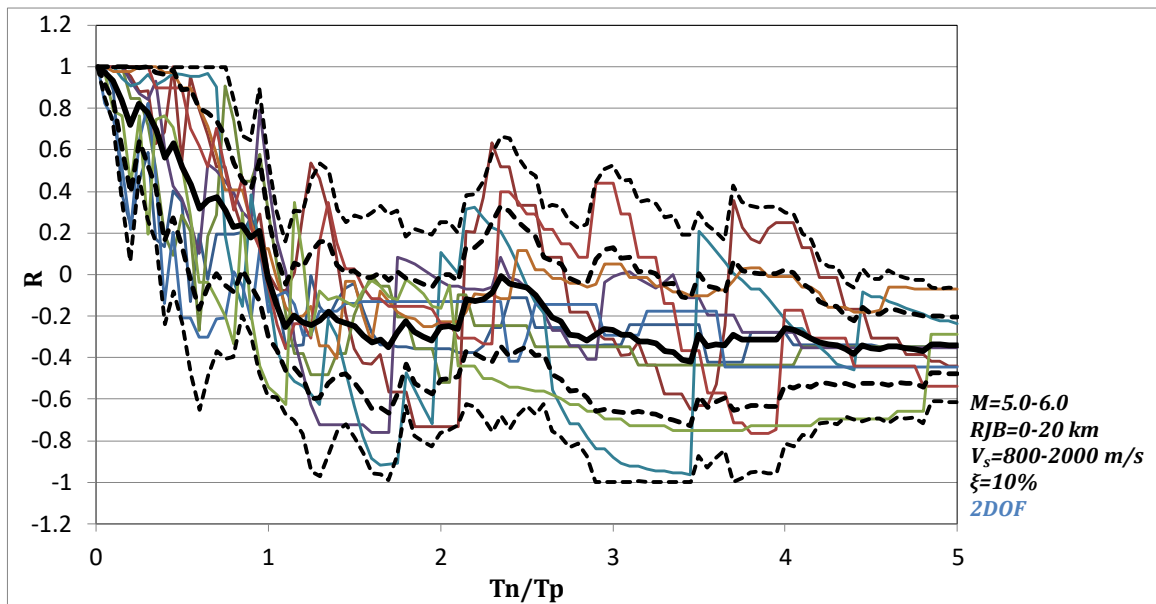


— mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

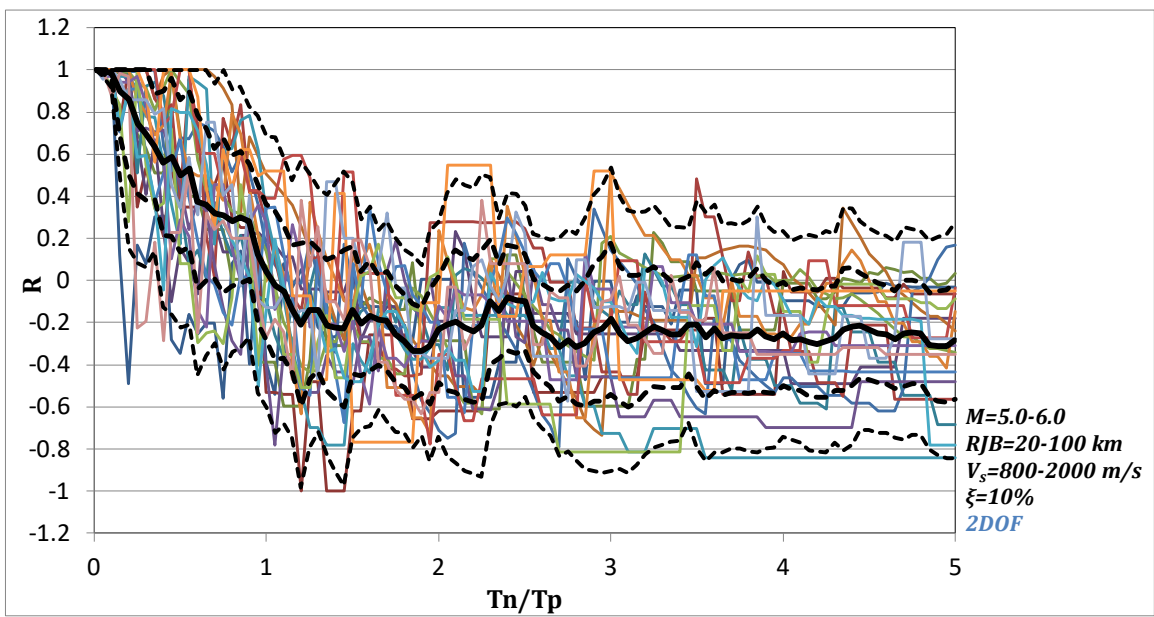
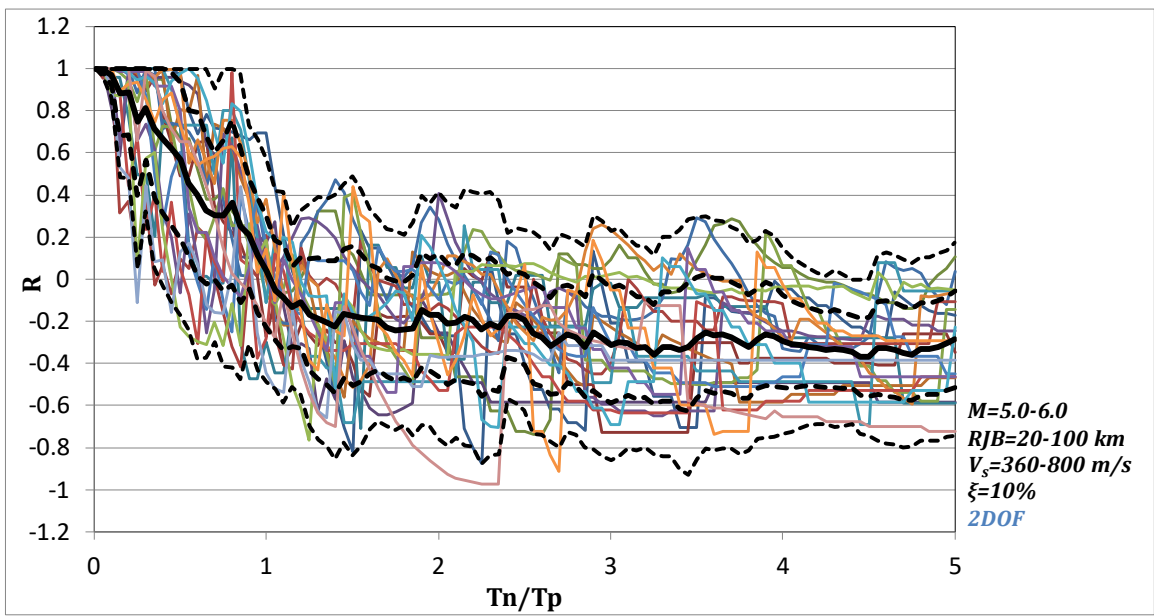
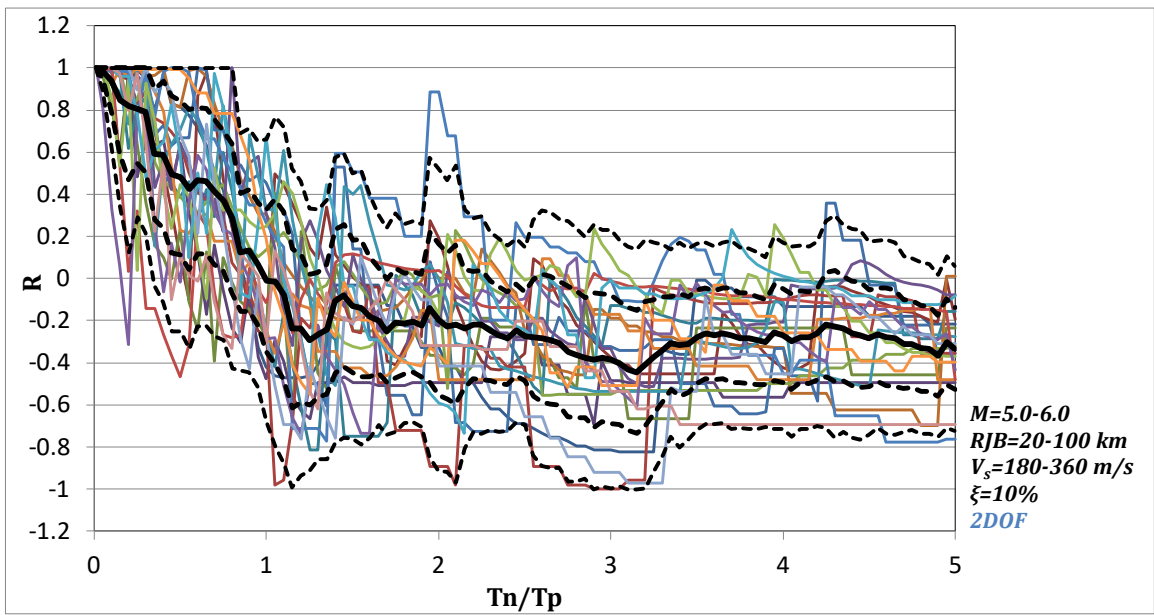


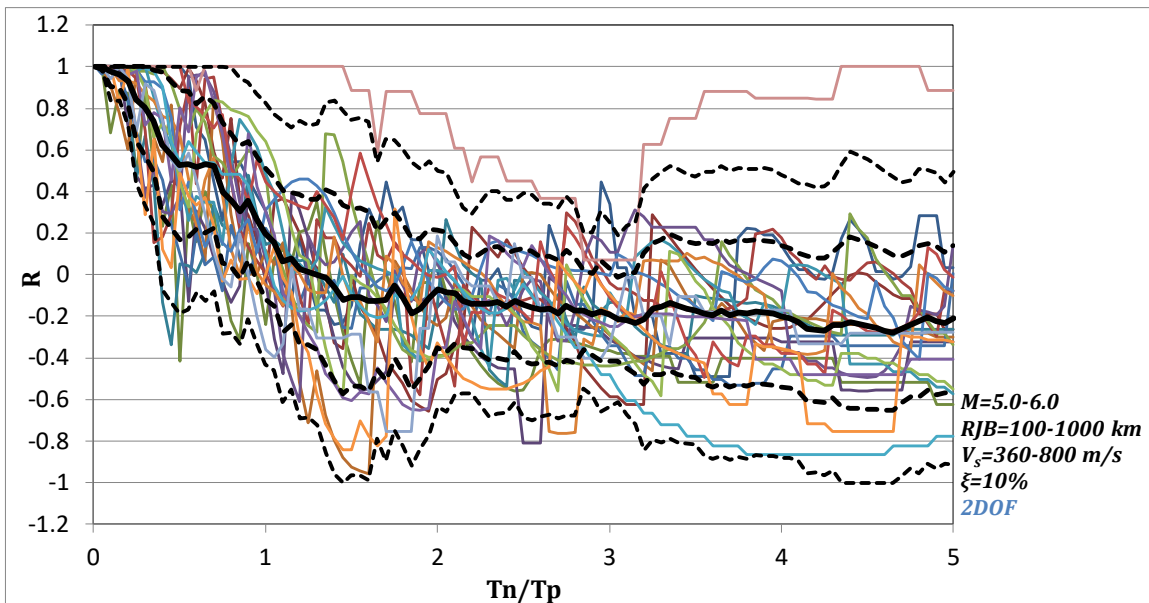
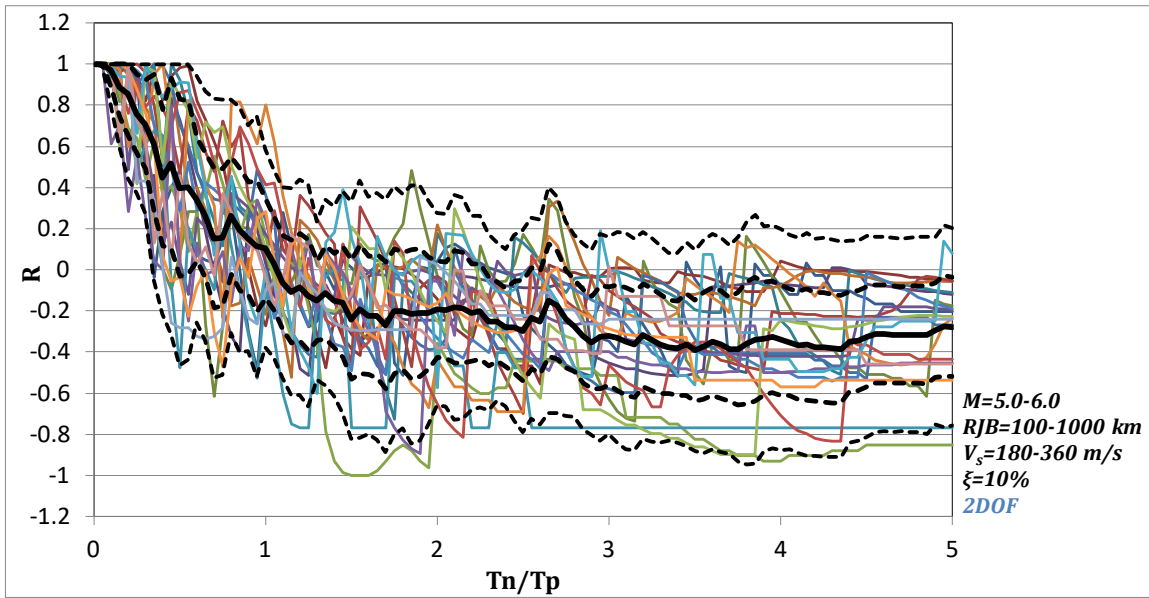
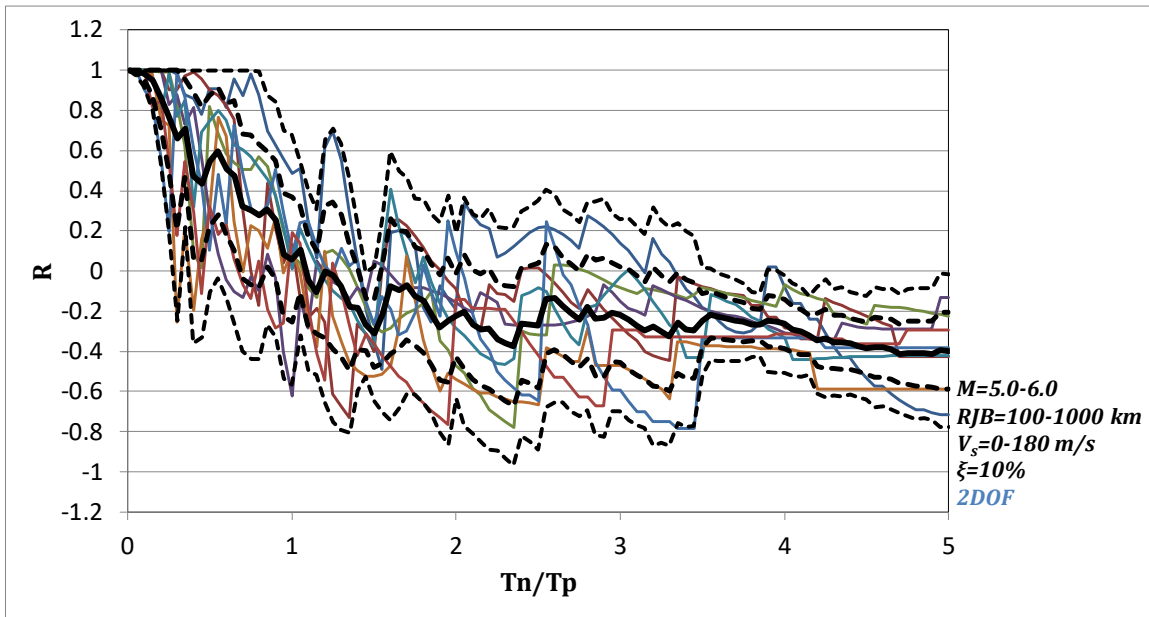


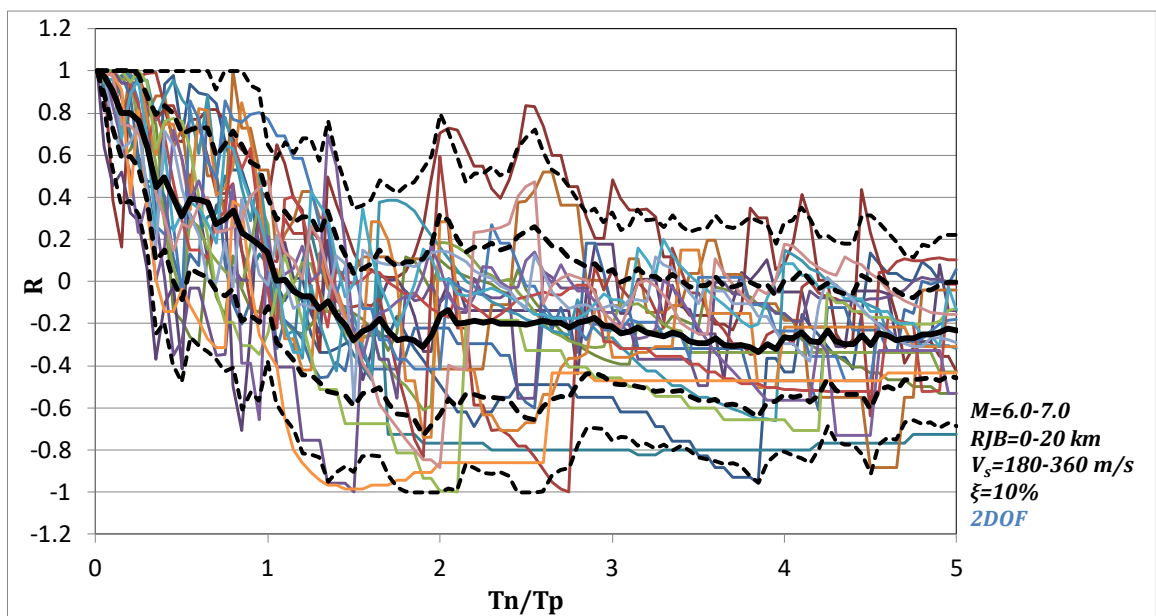
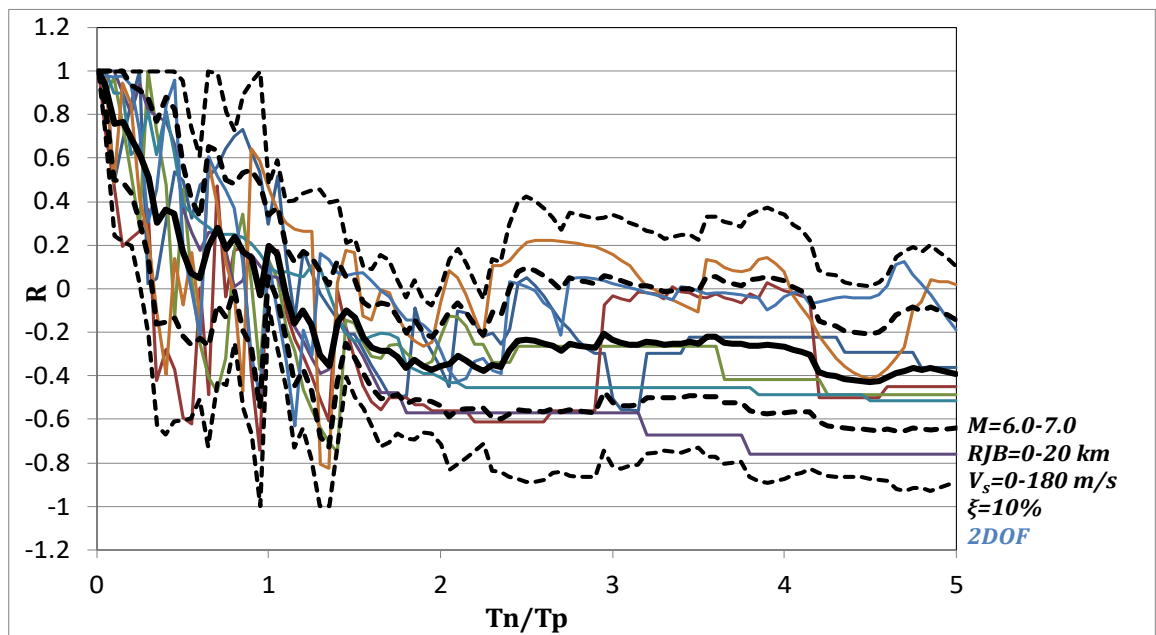
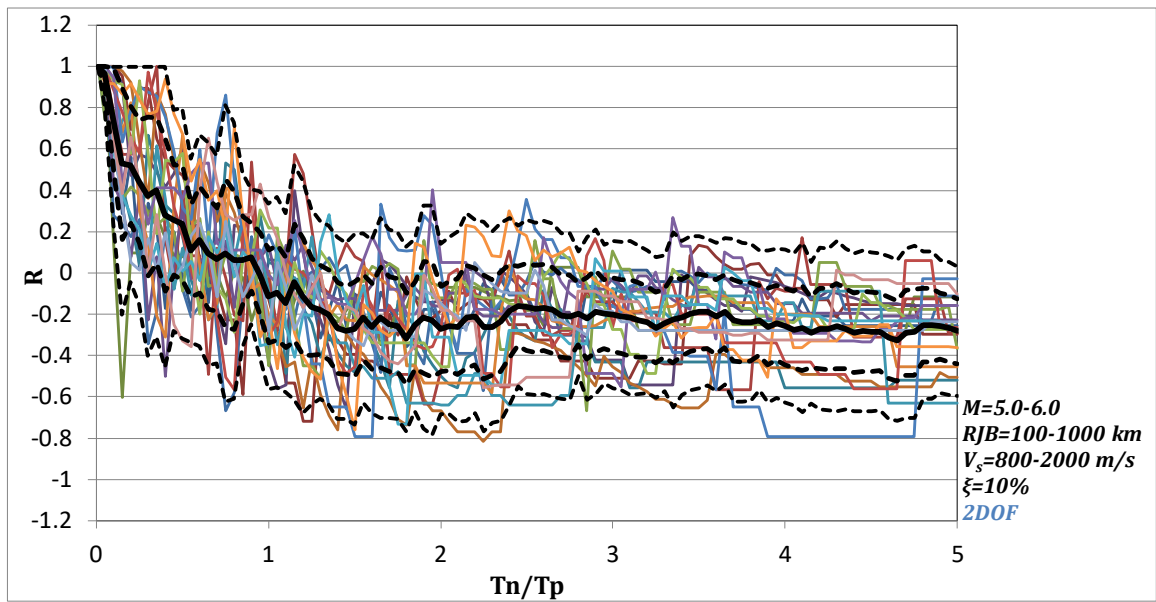
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

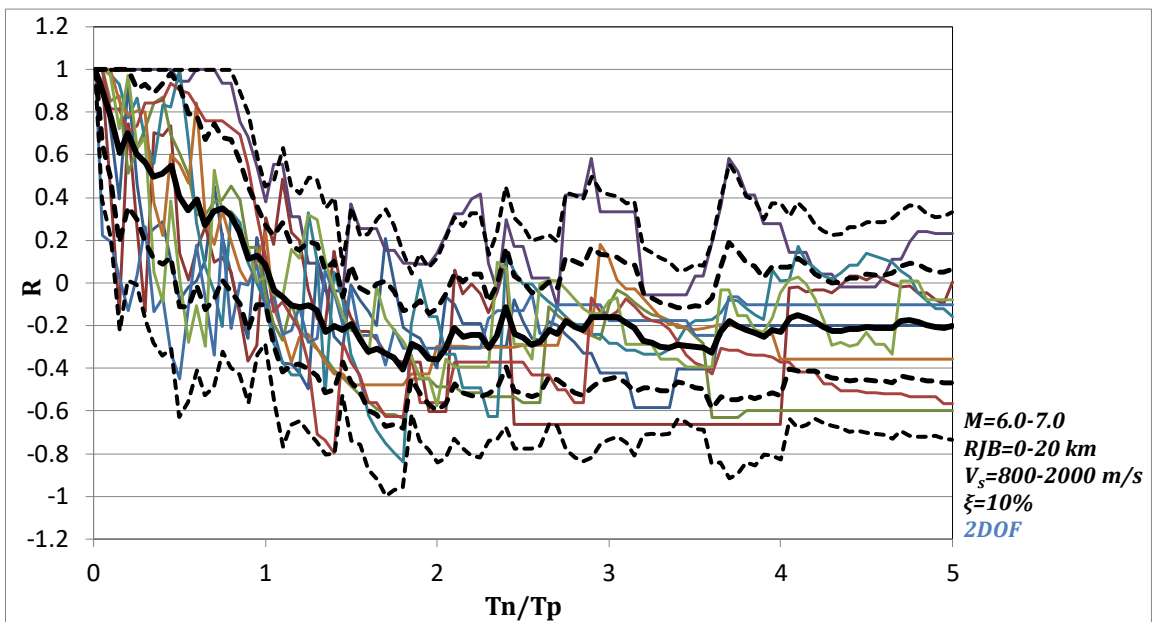
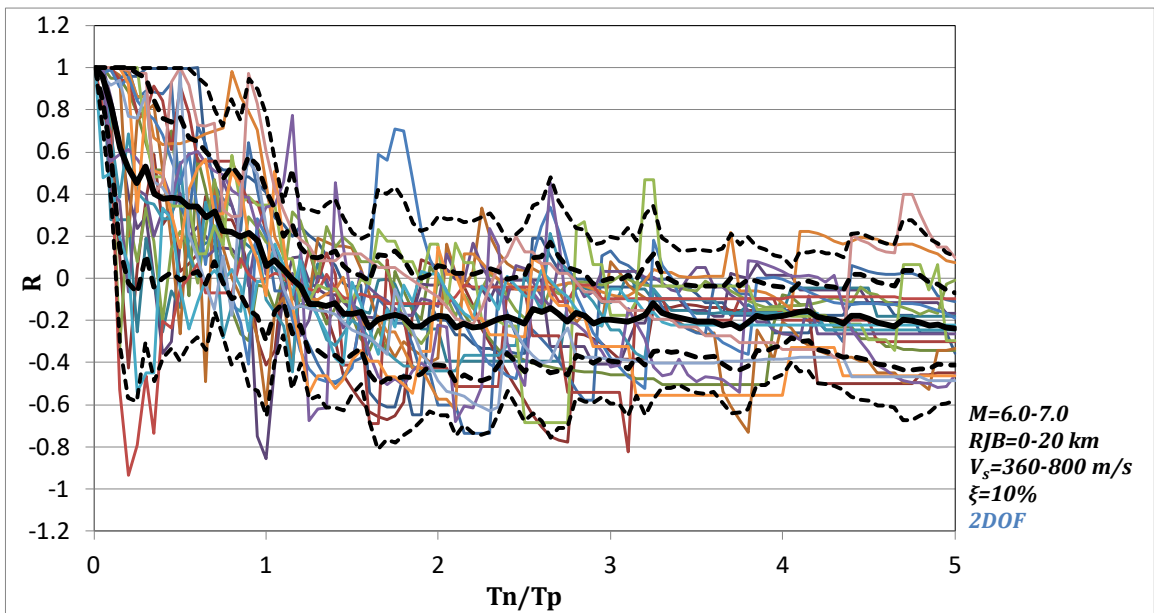


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

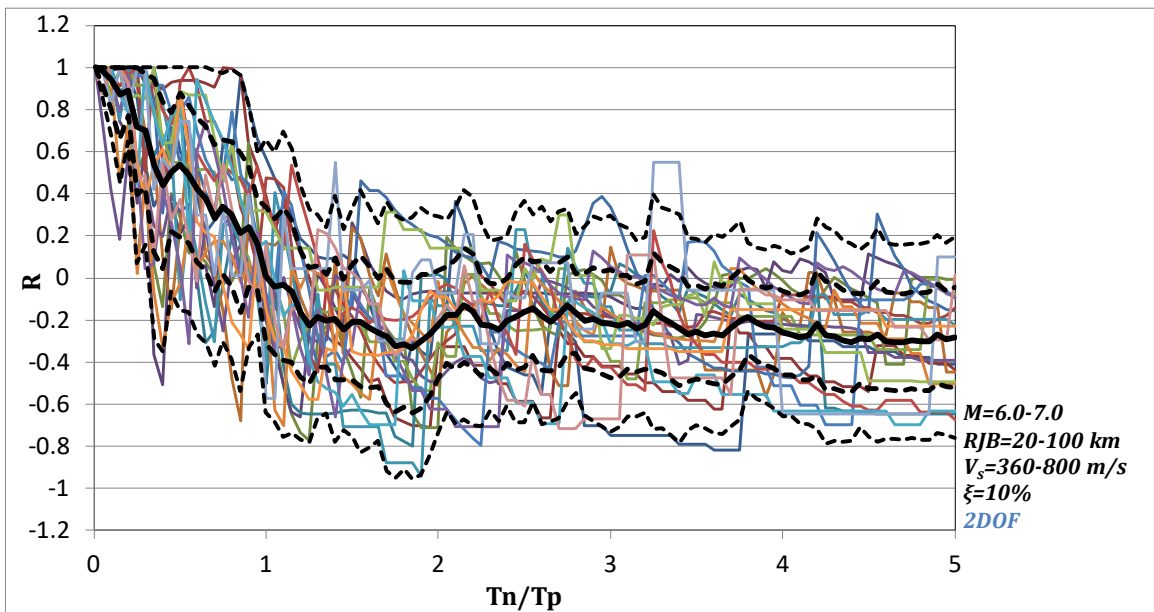
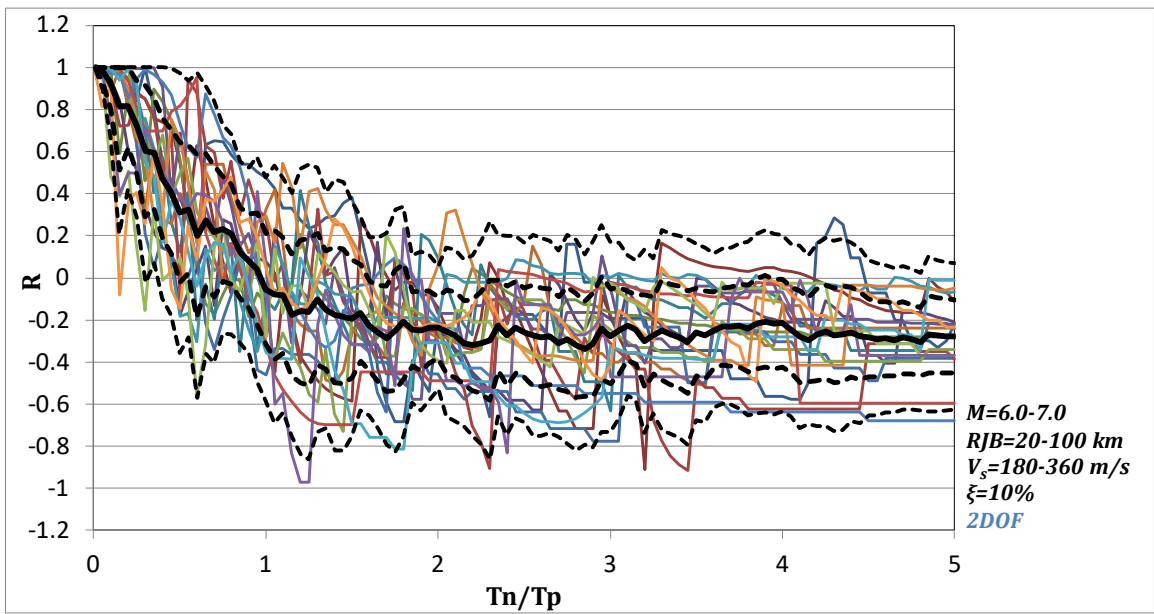
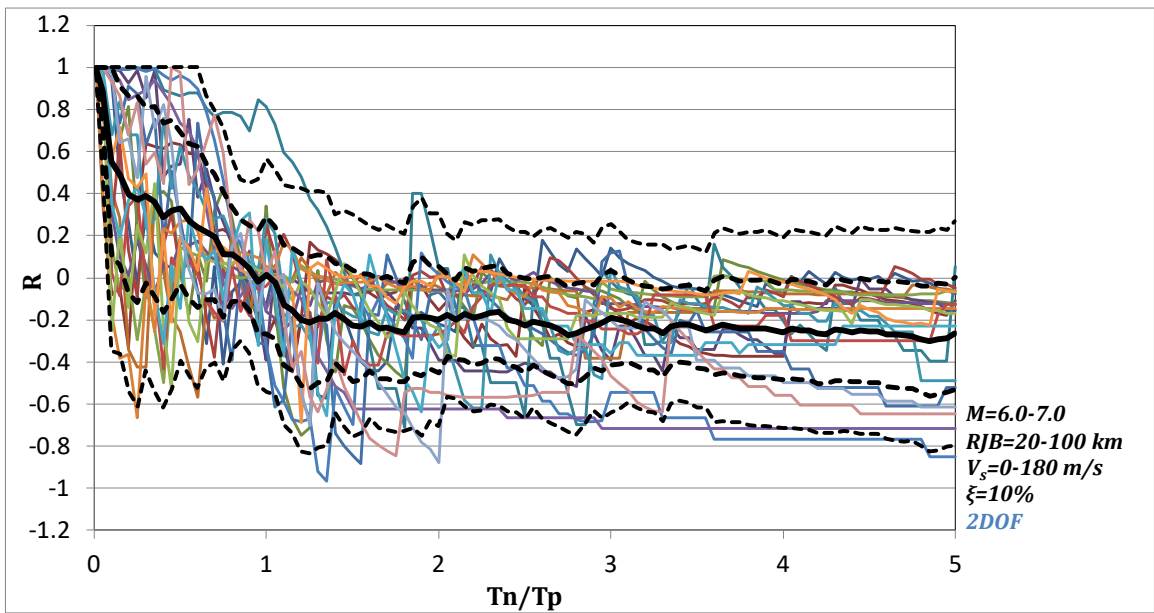


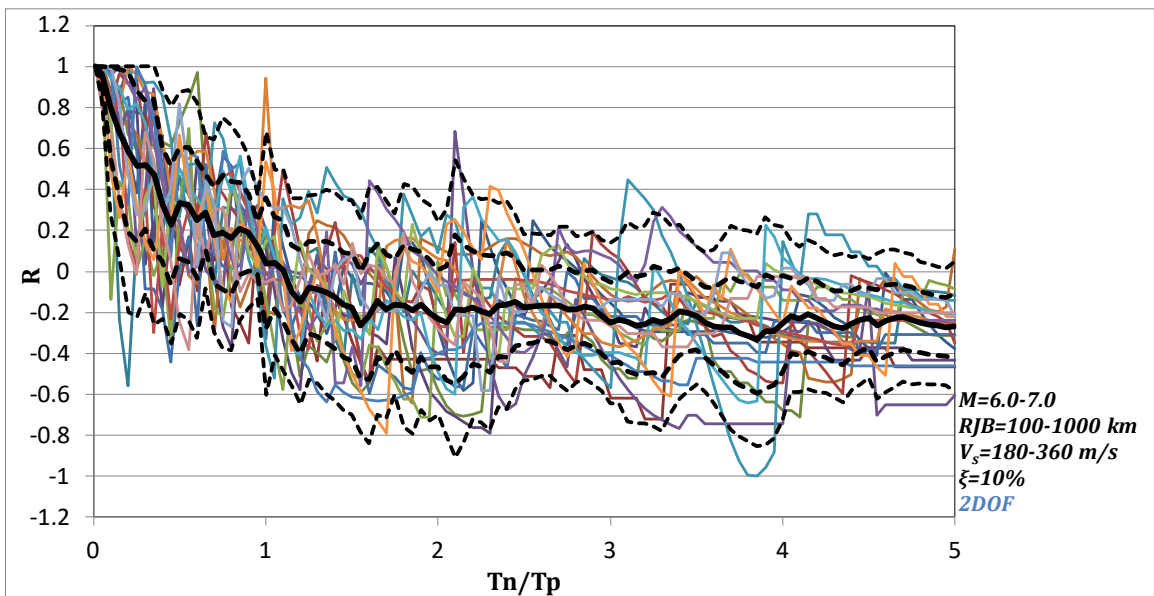
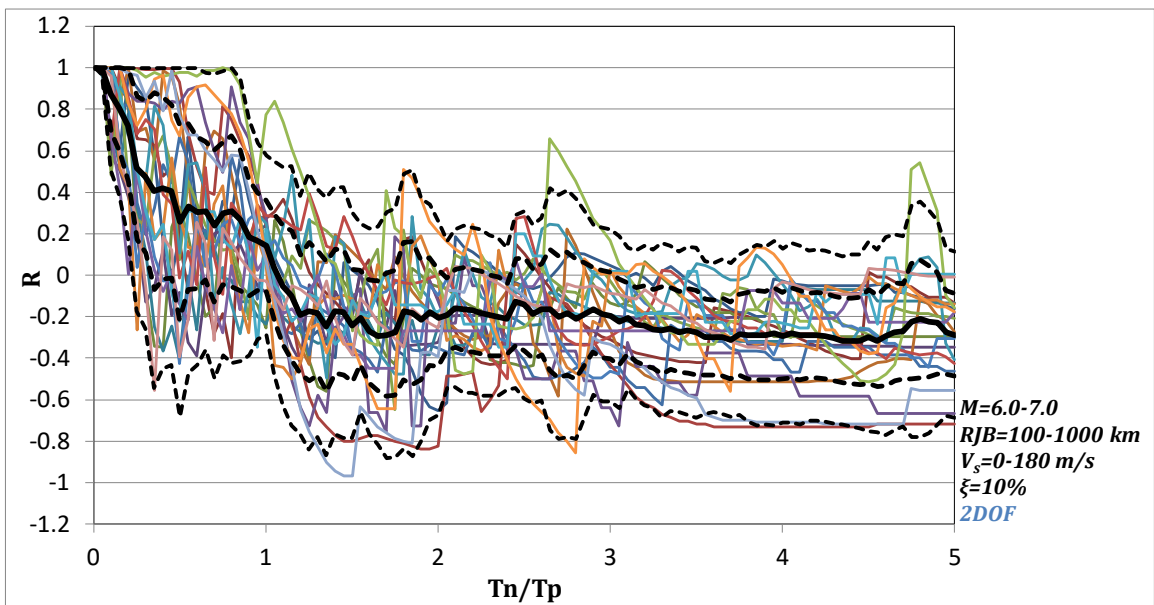
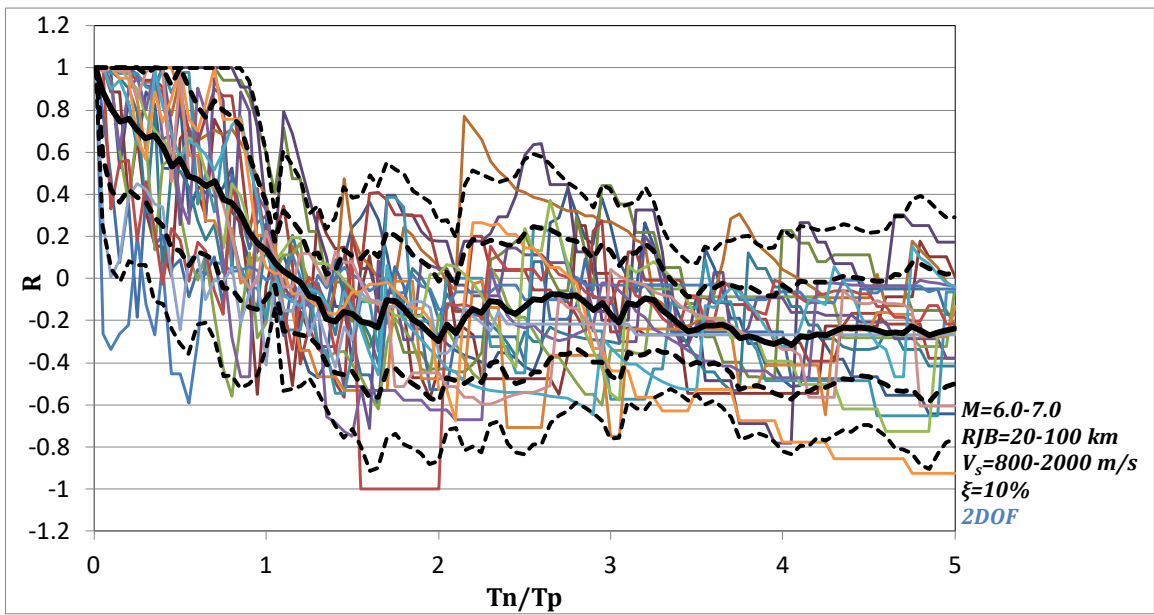


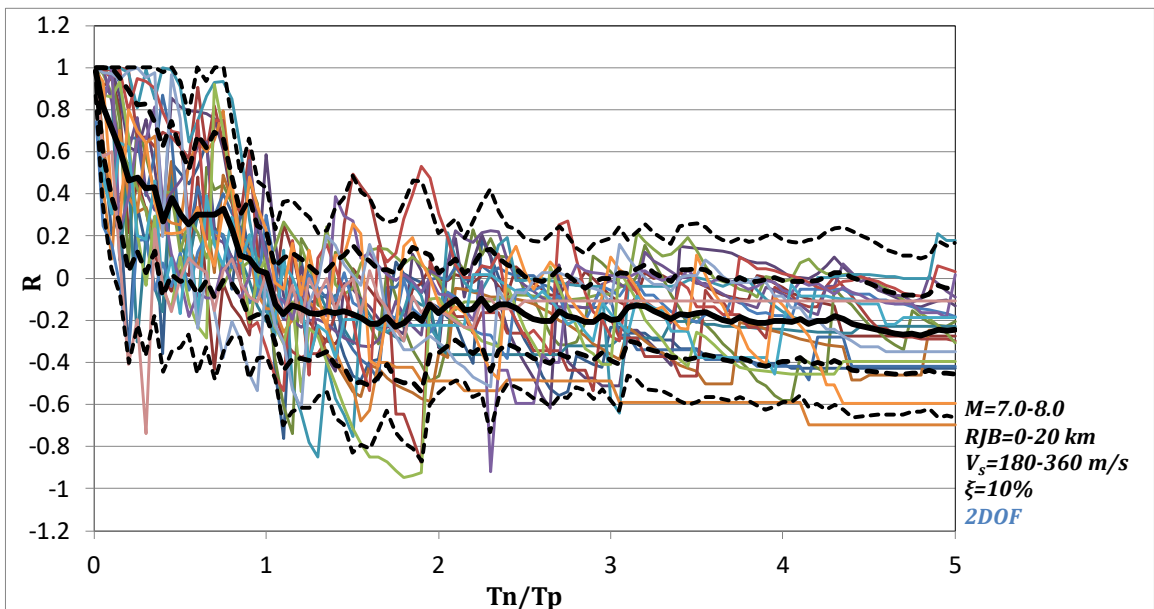
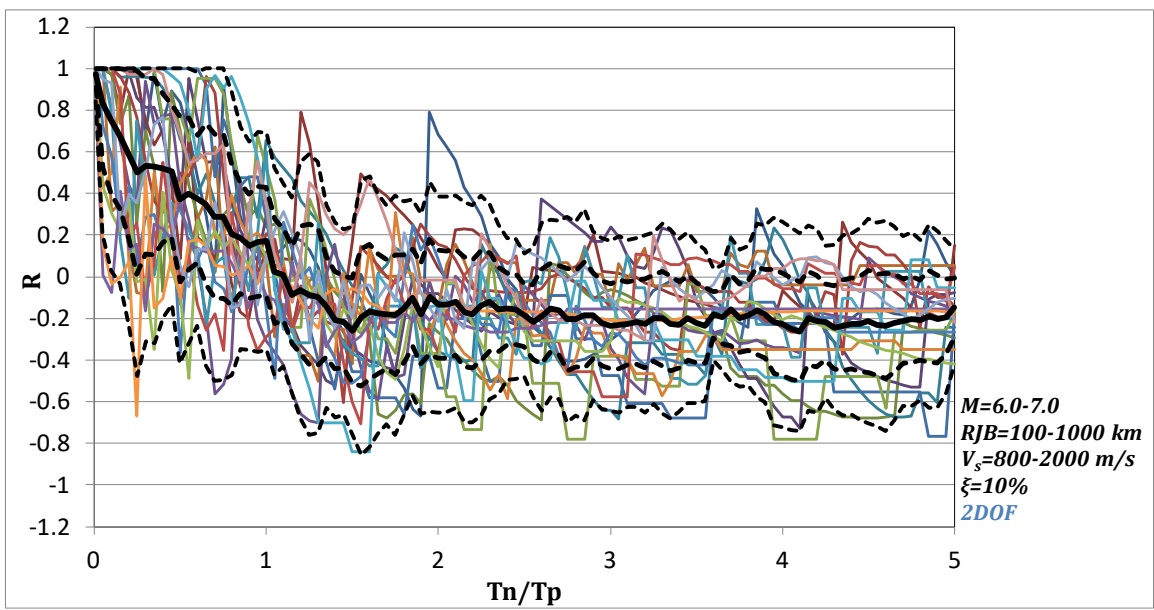
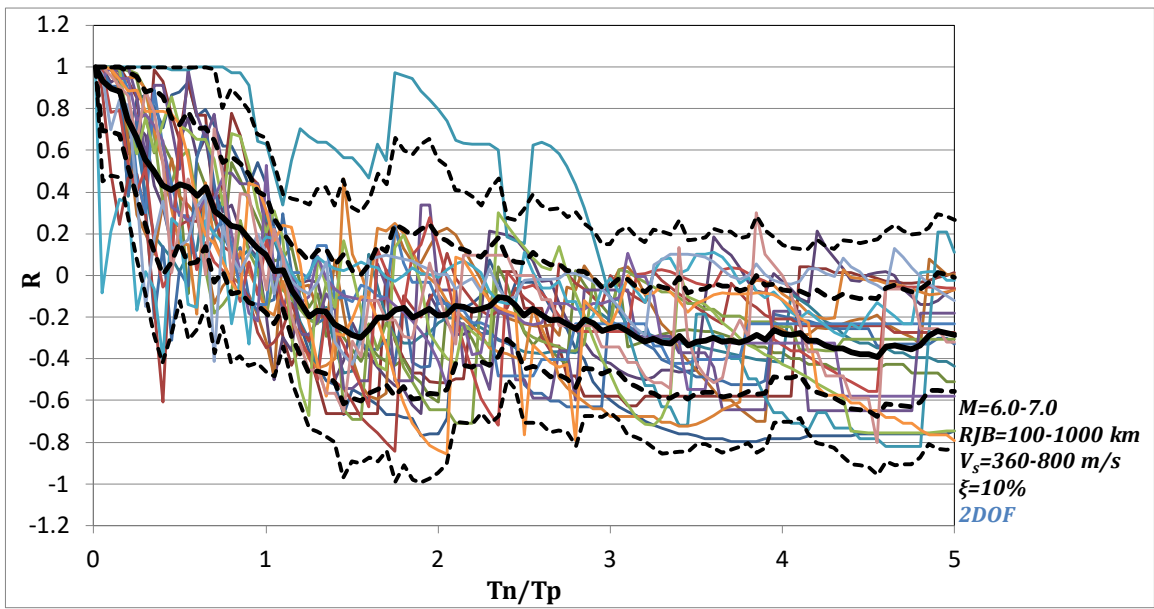


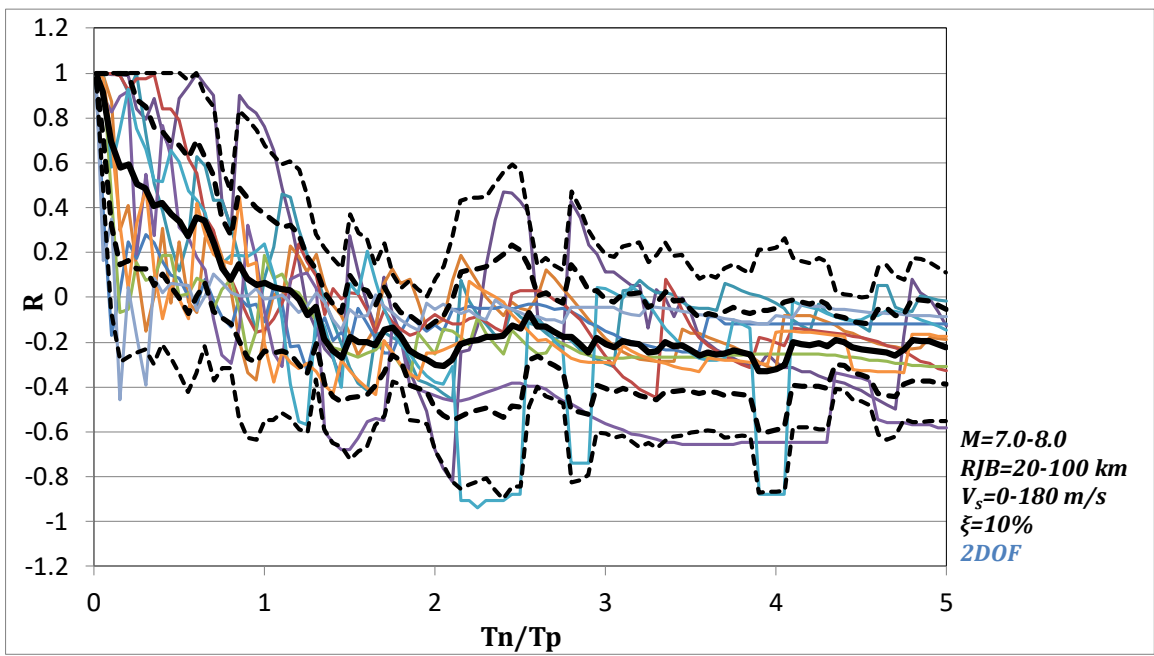
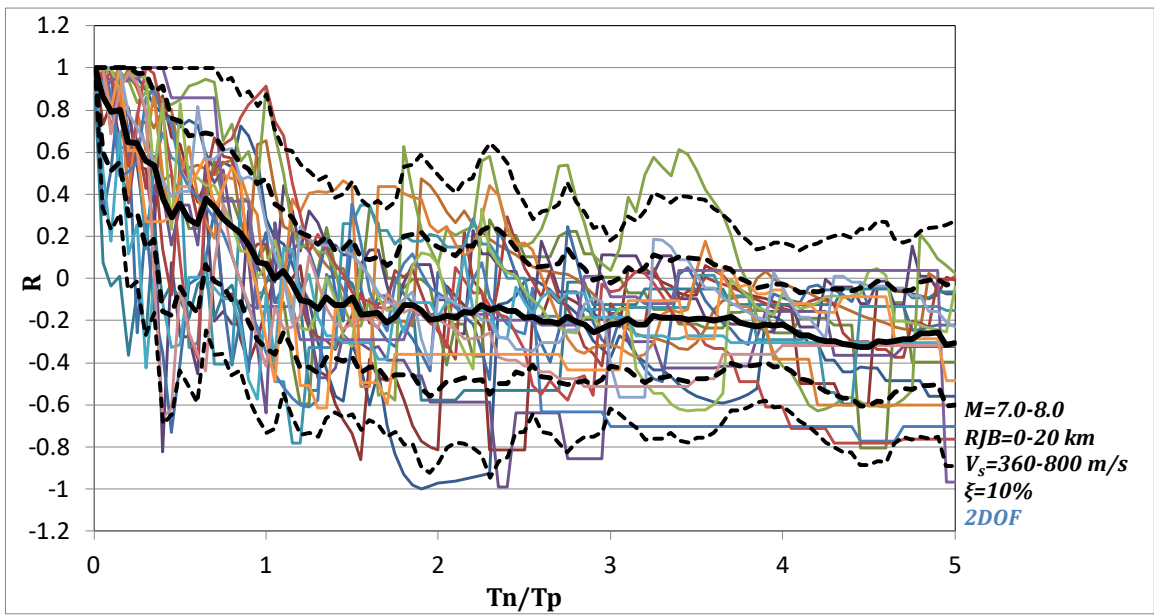


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

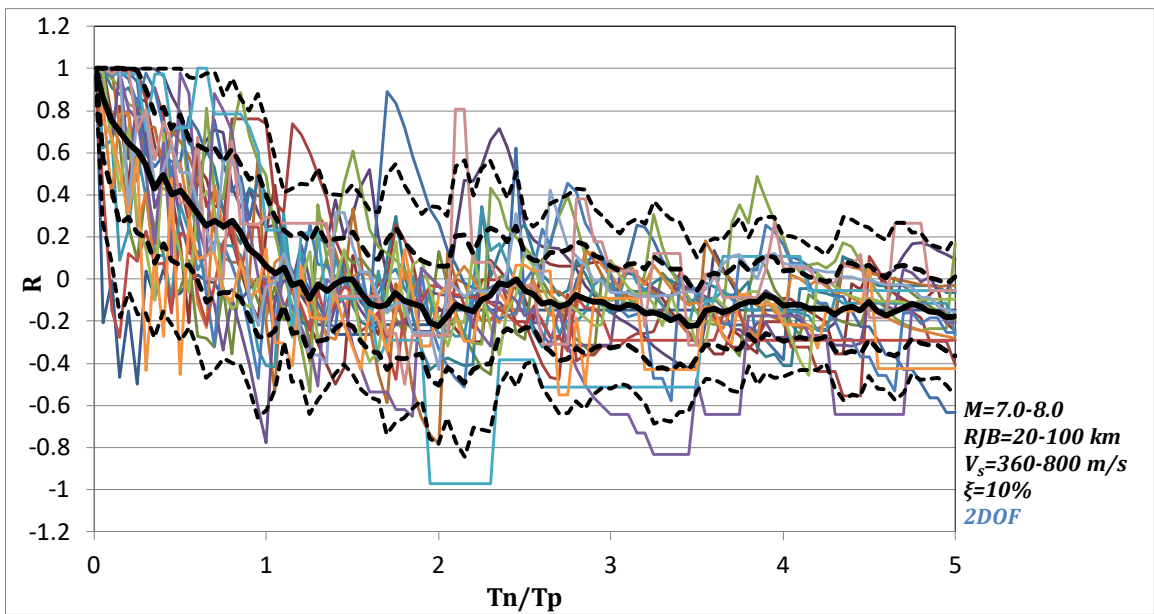
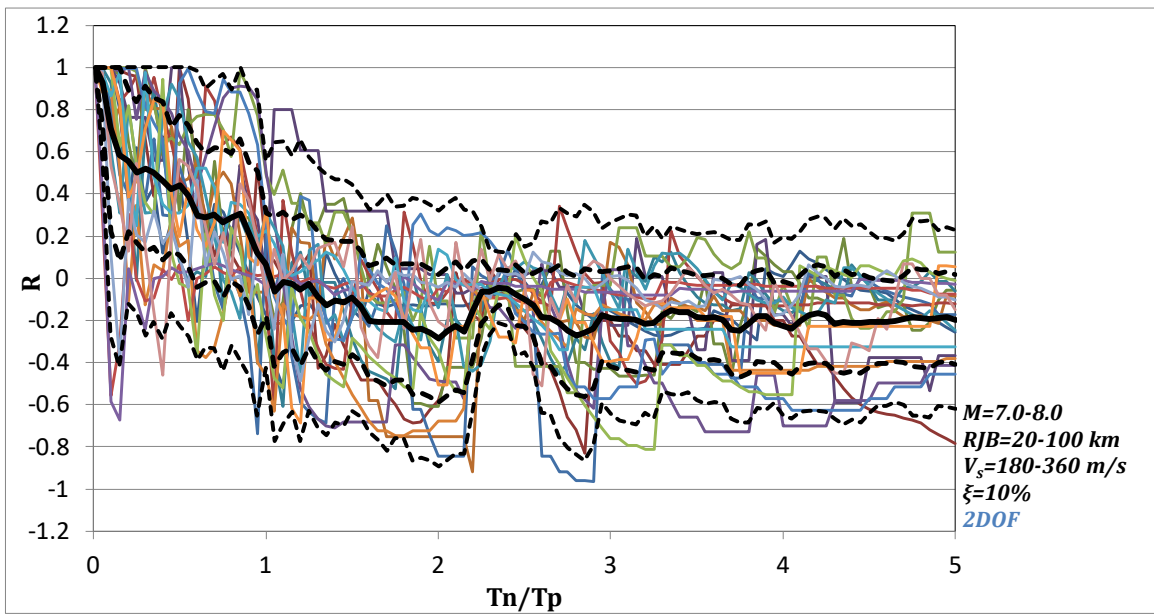




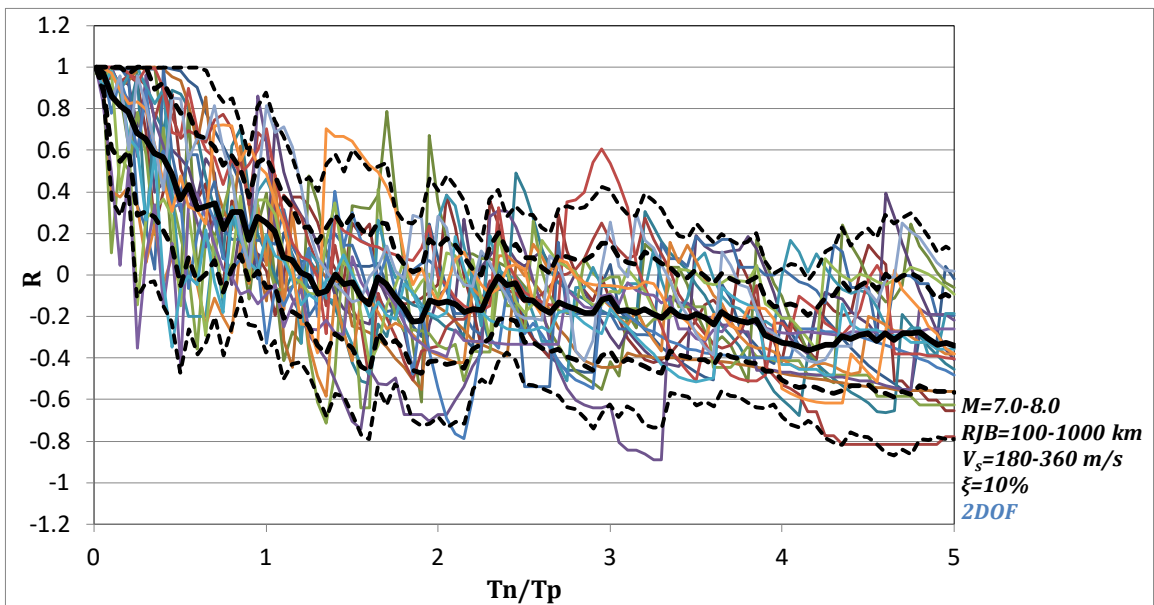
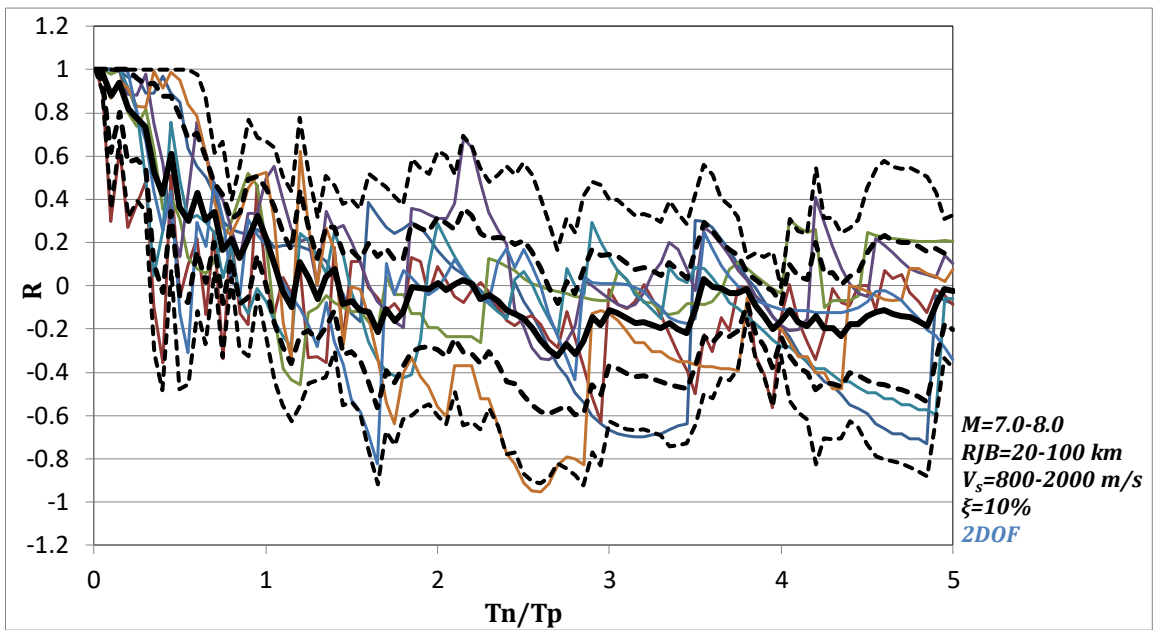




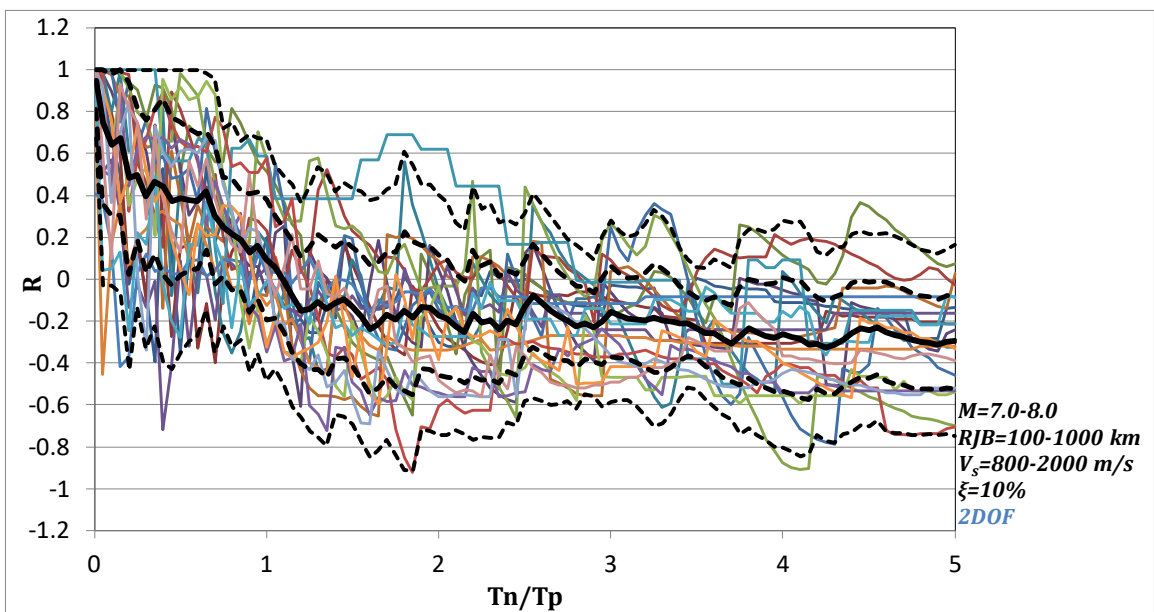
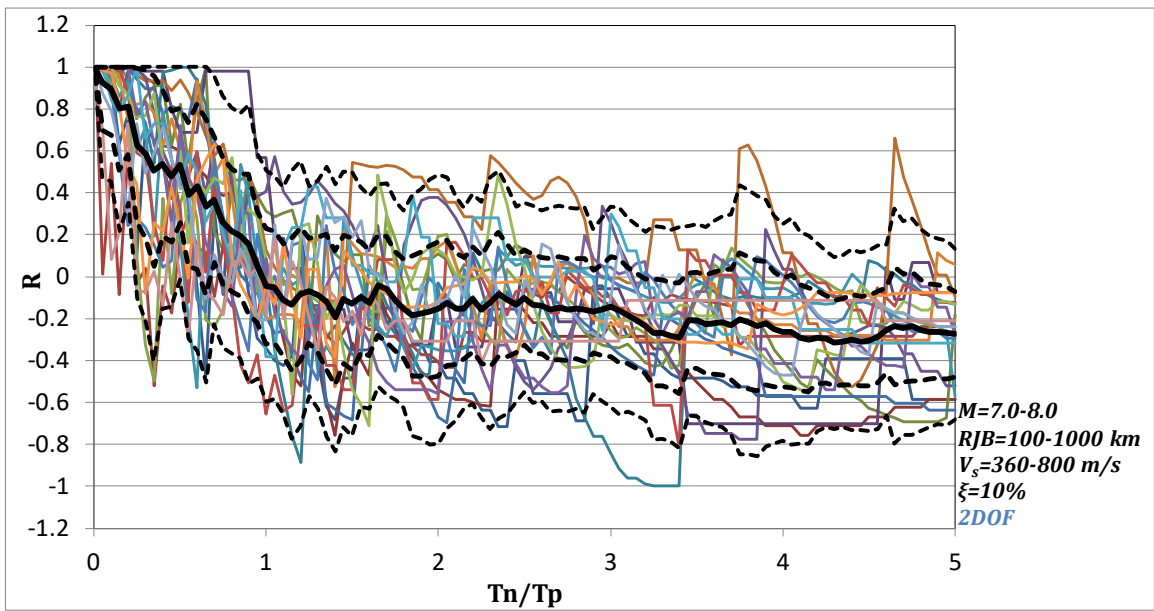
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

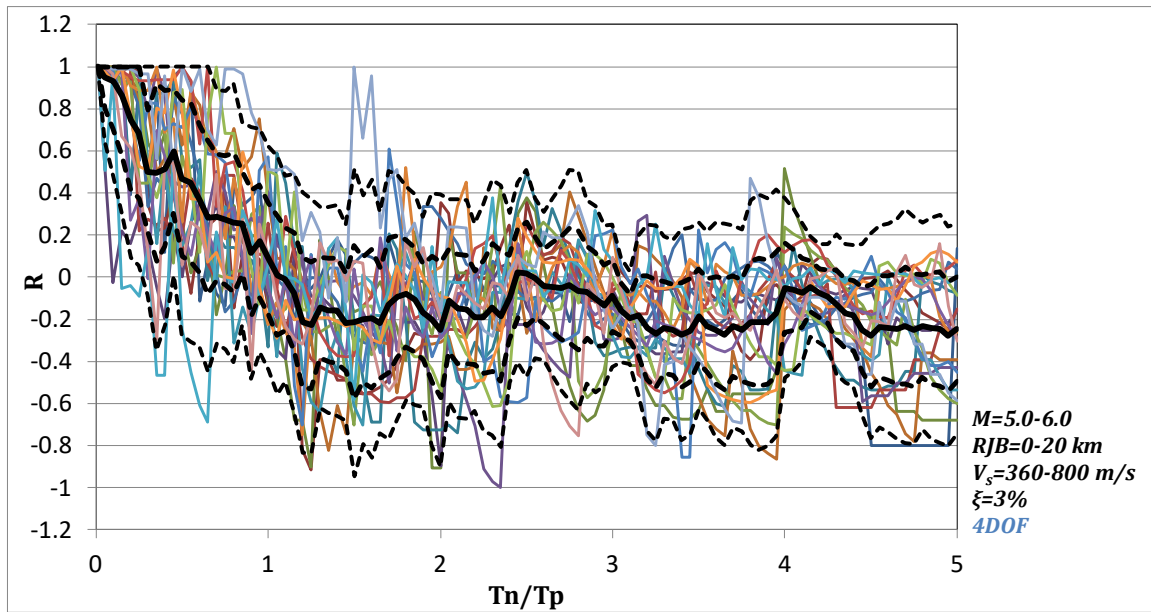
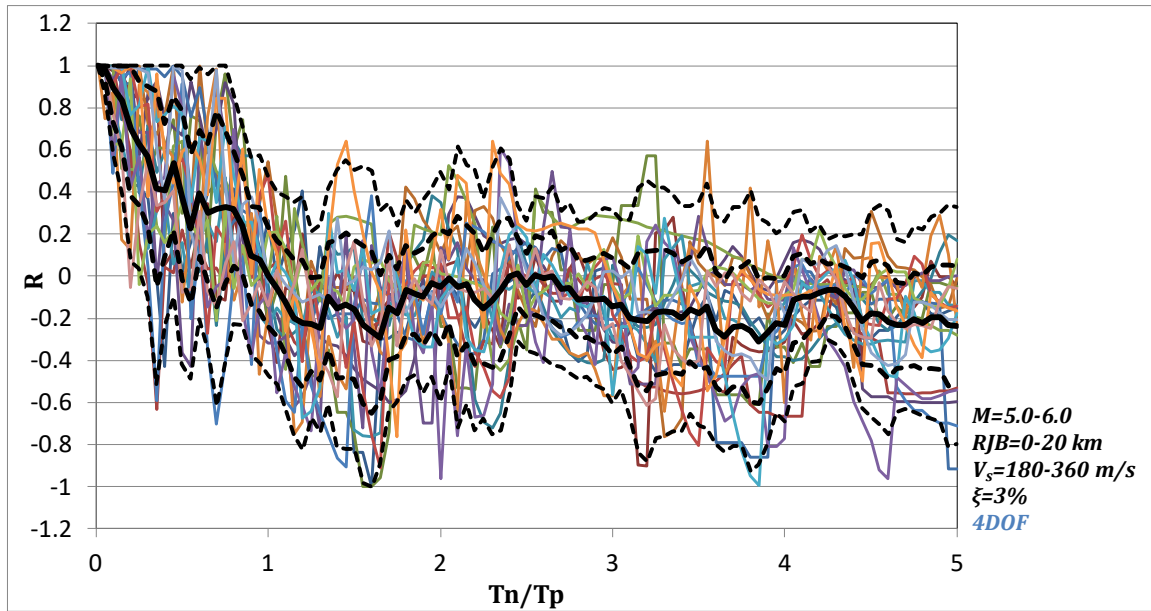


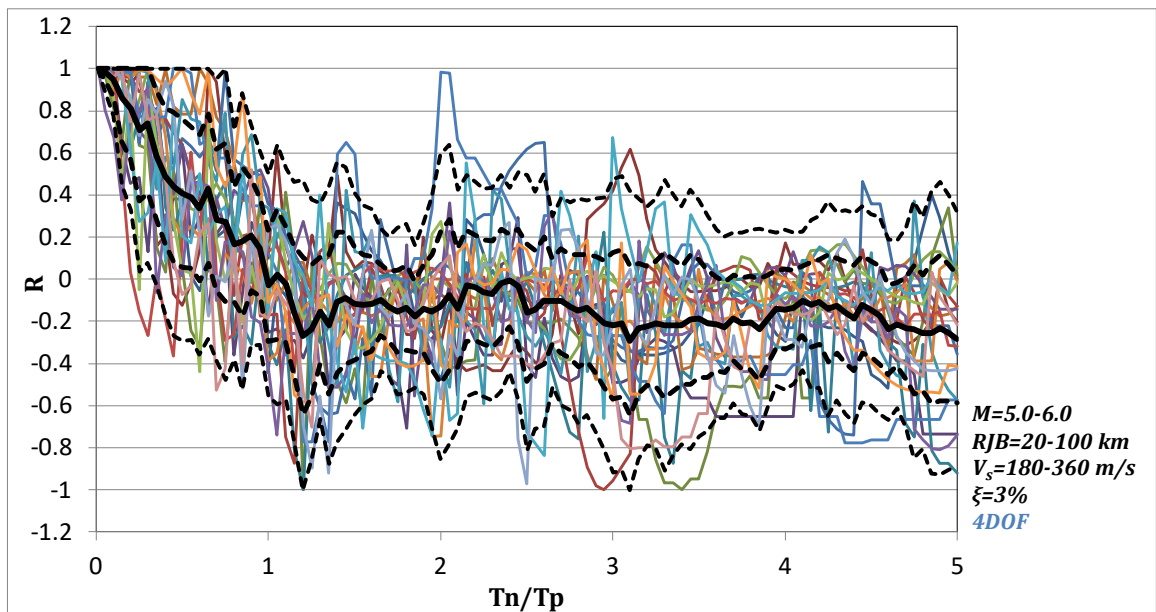
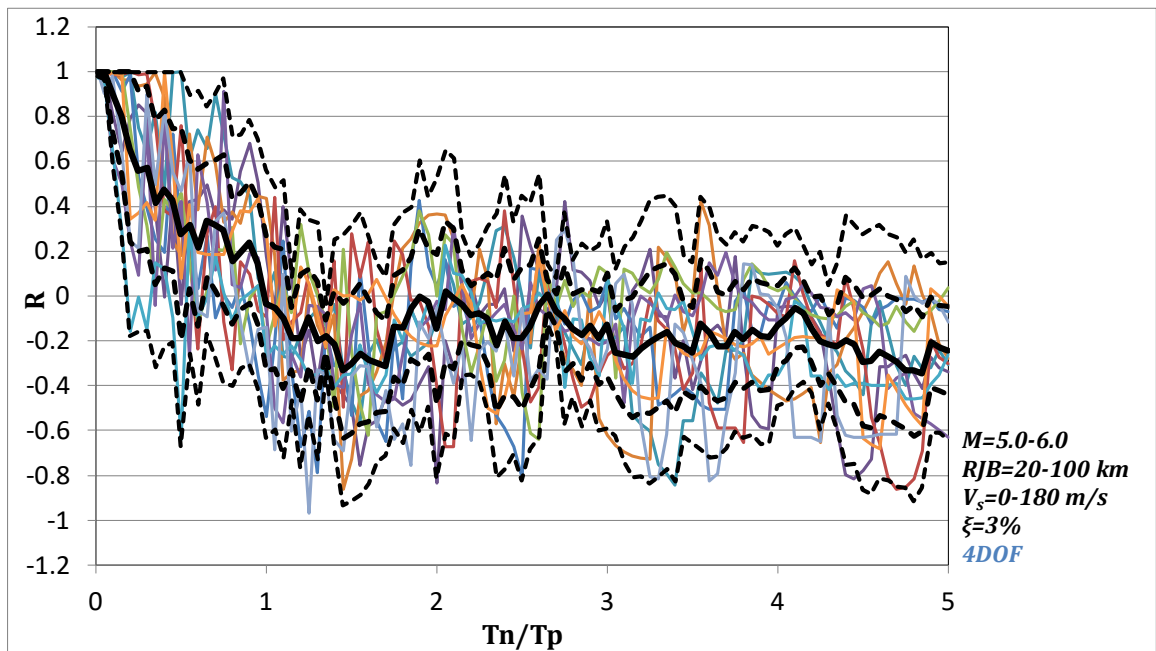
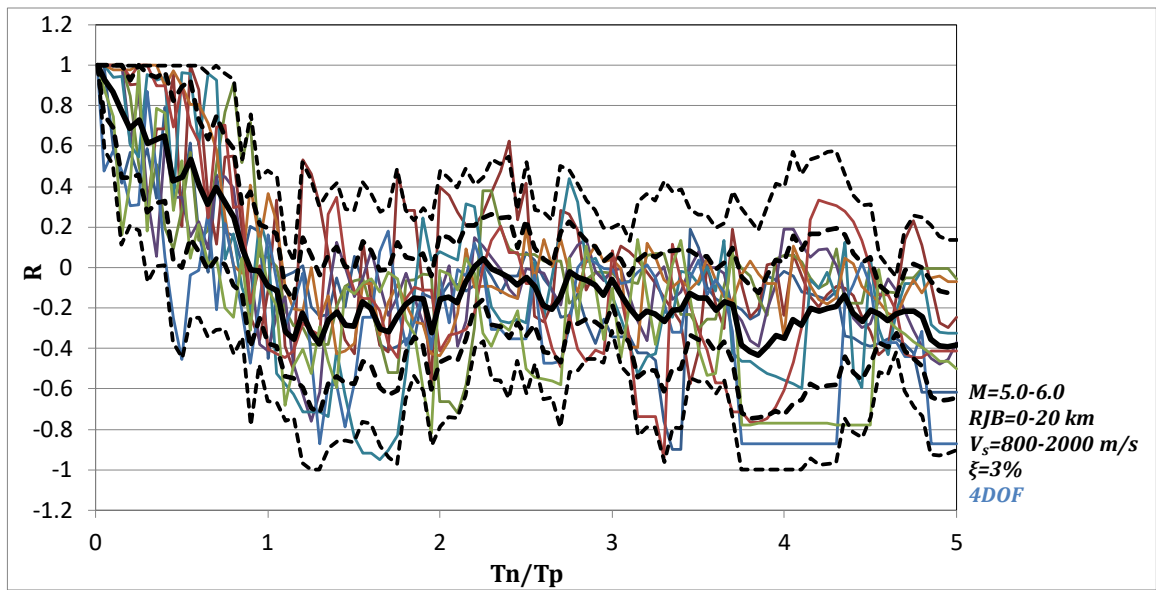
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

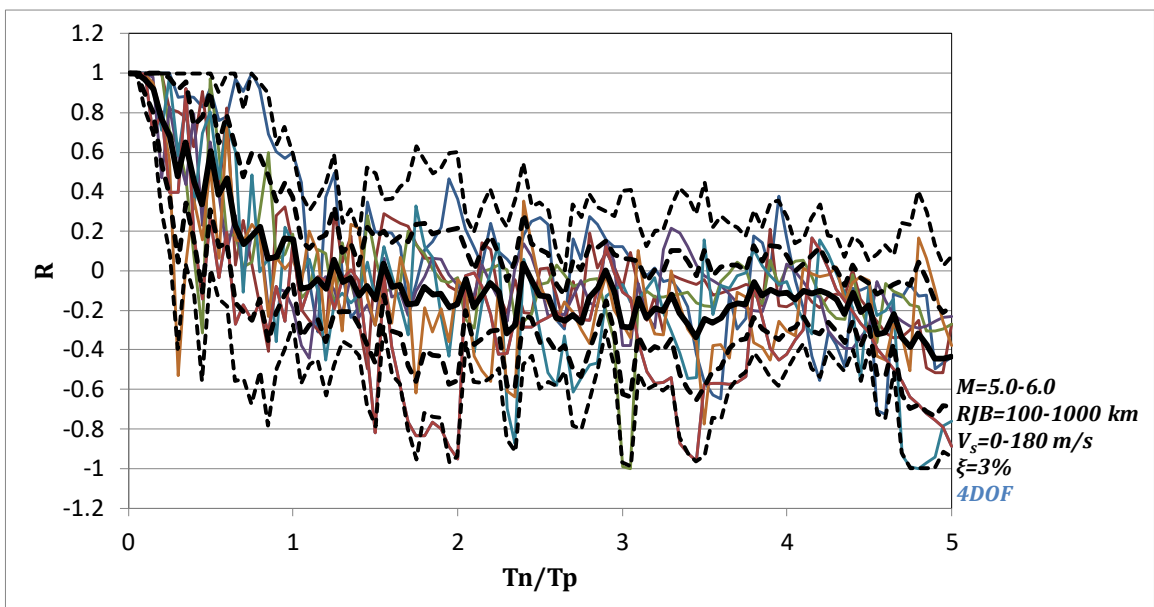
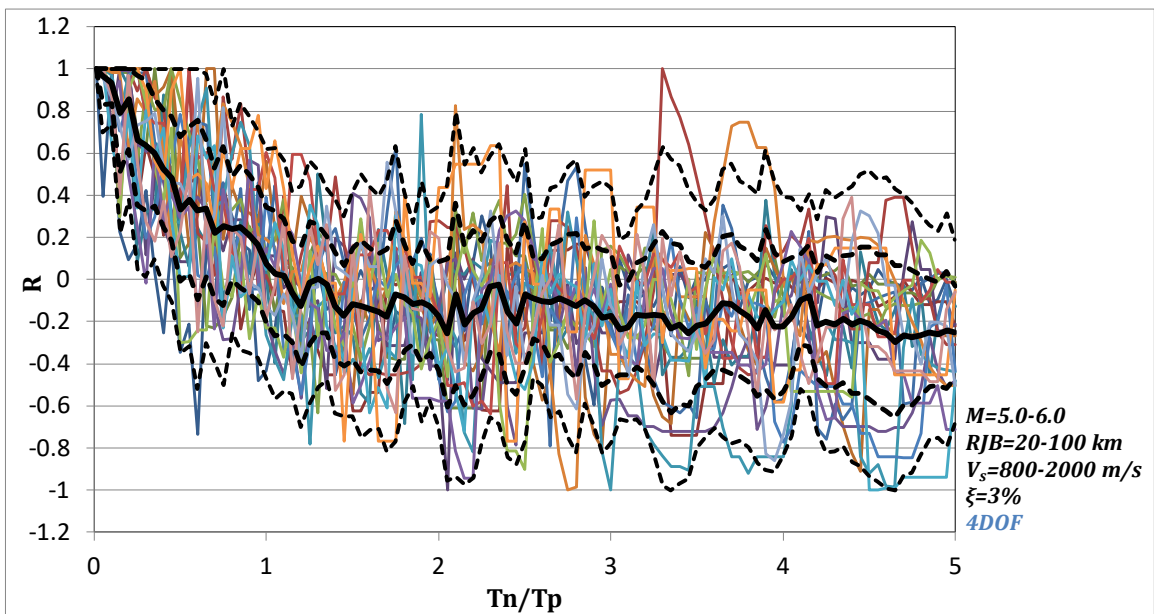
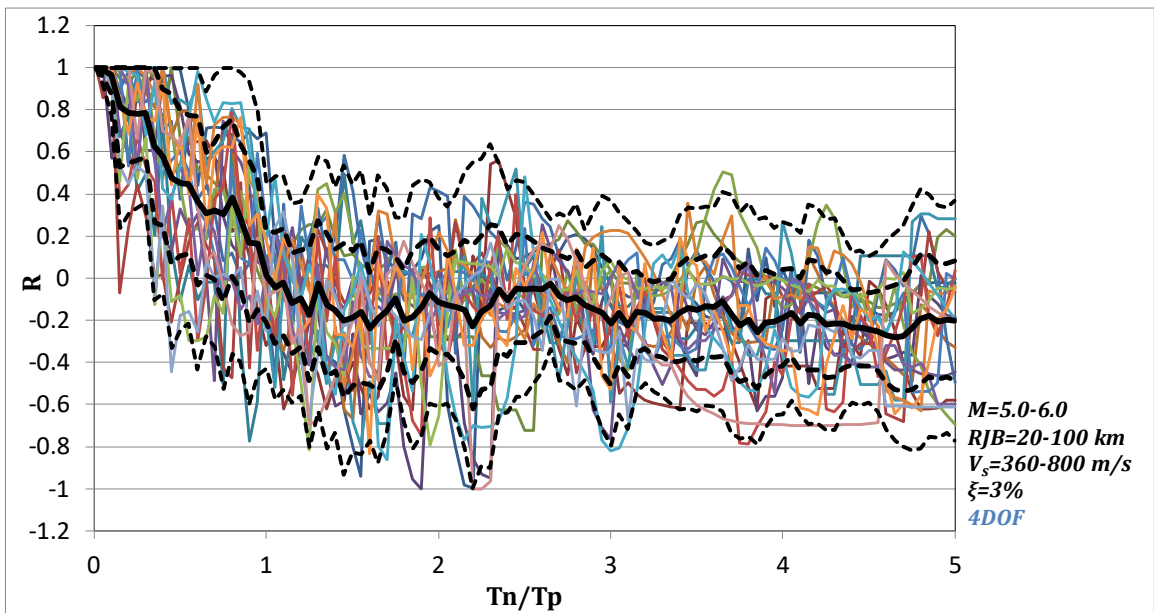


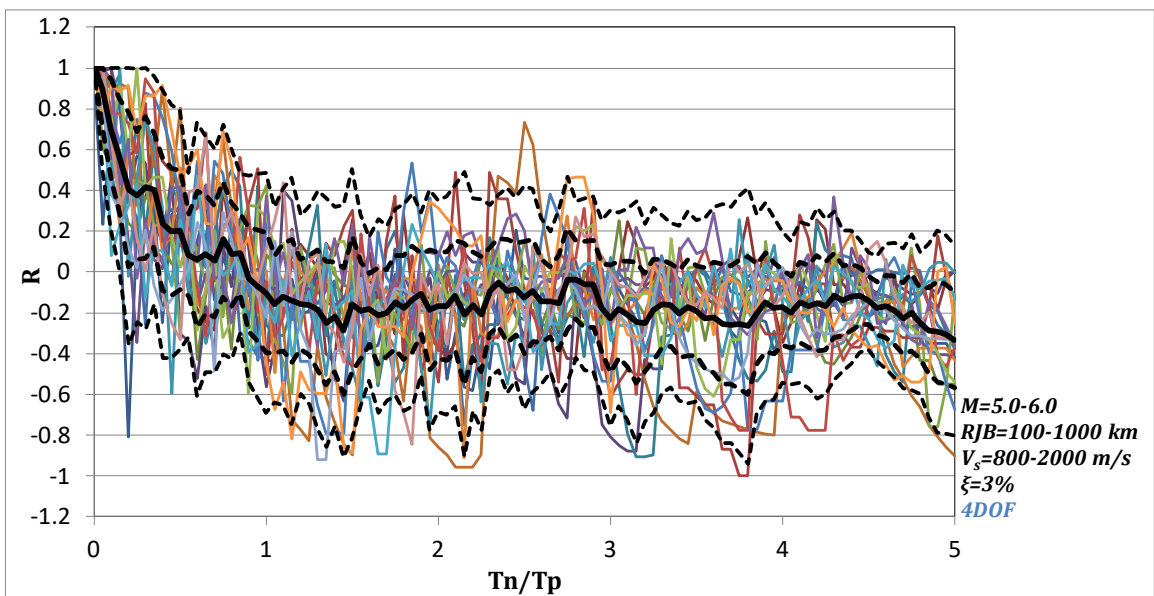
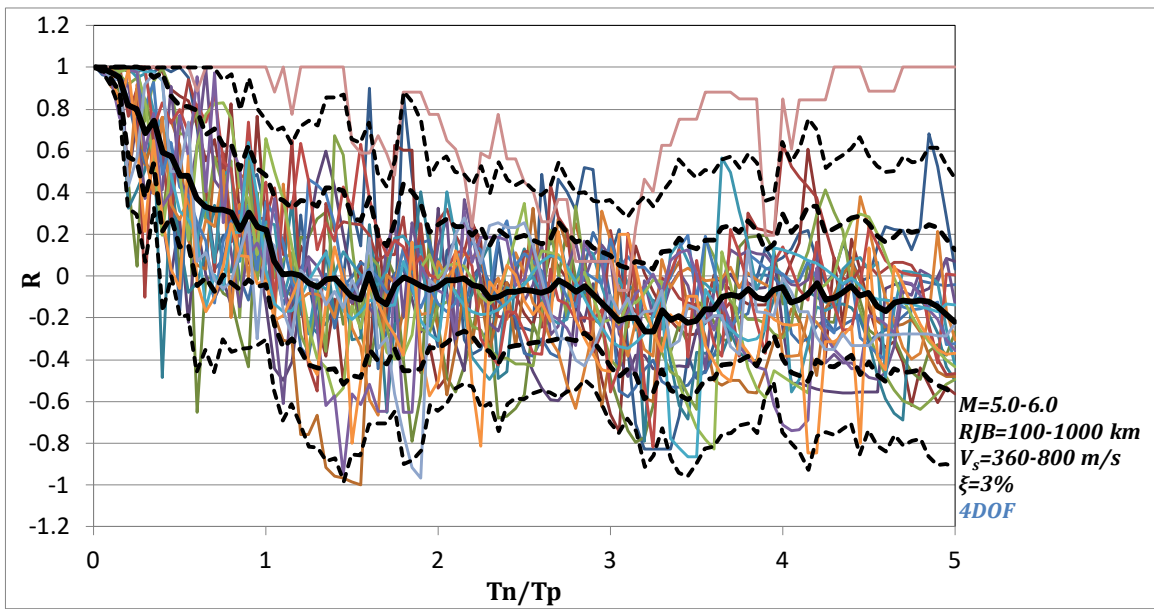
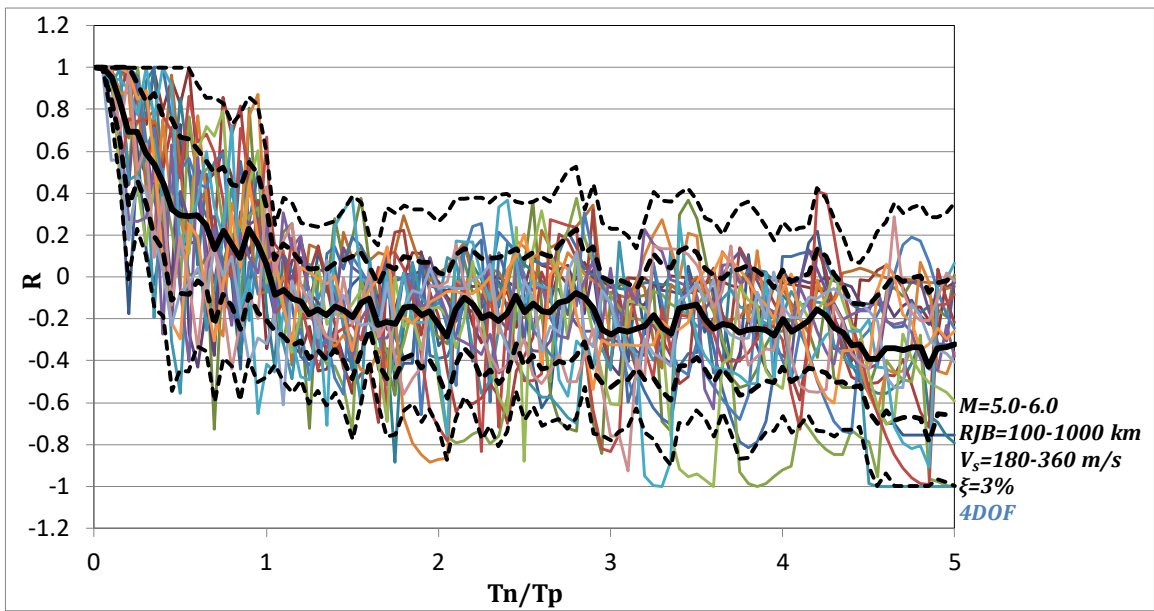
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

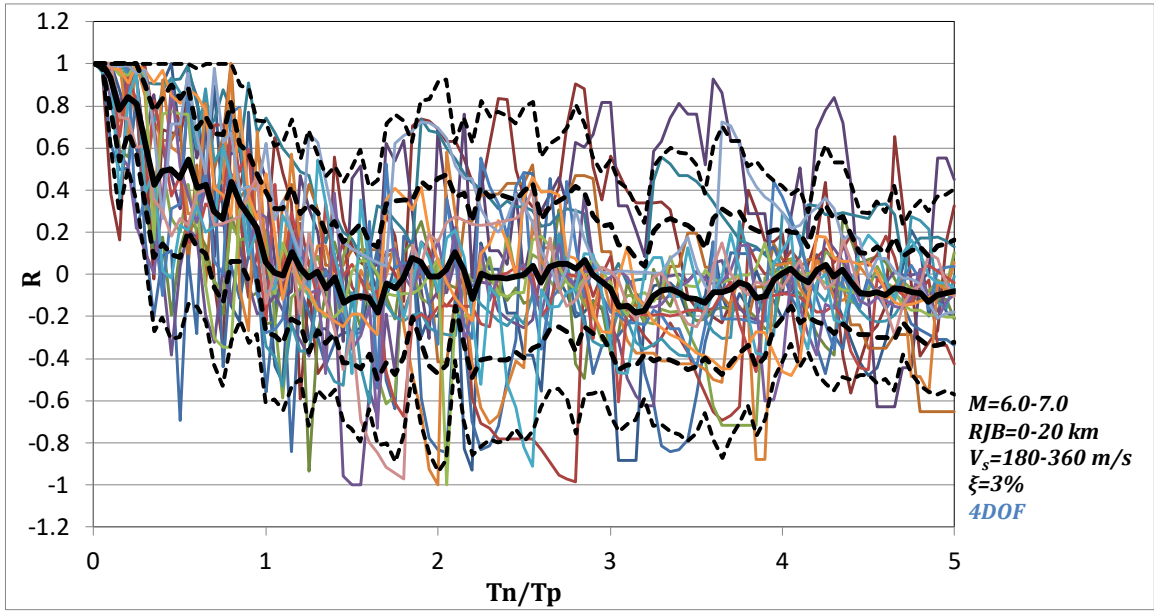
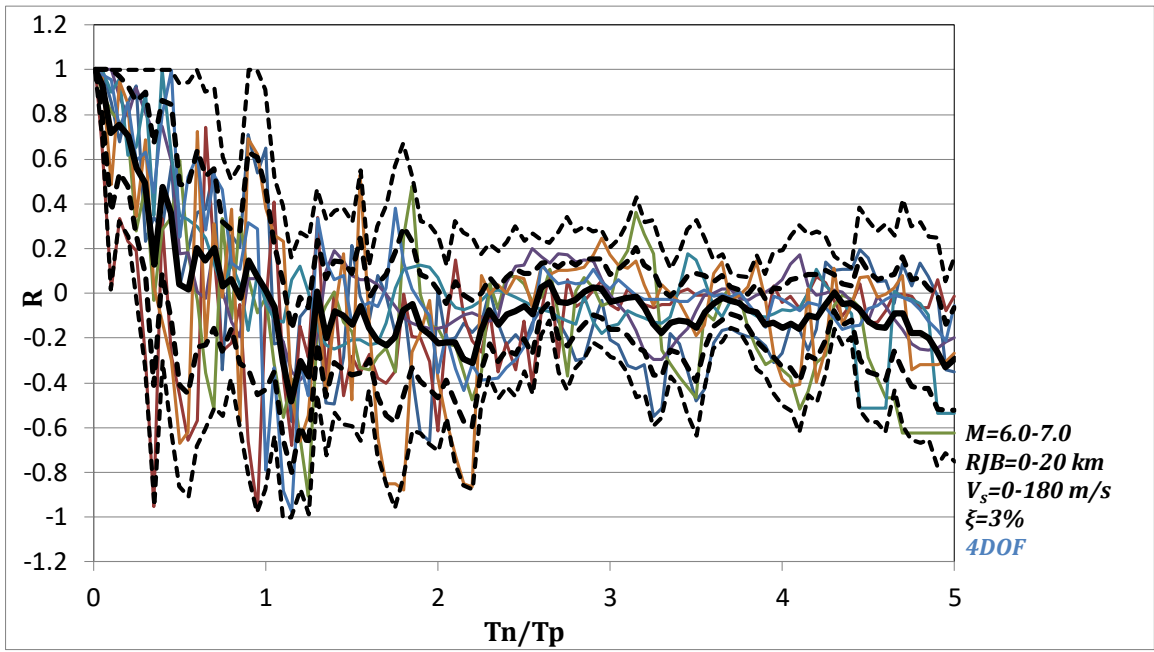
Γ3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ 4 ΒΑΘΜΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (4DOF)



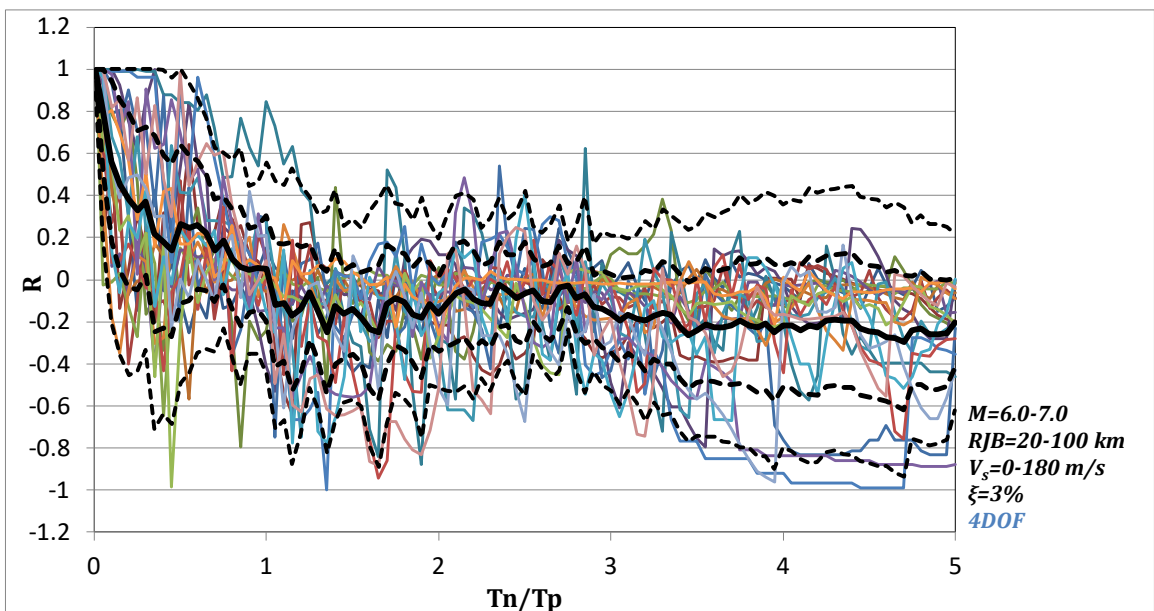
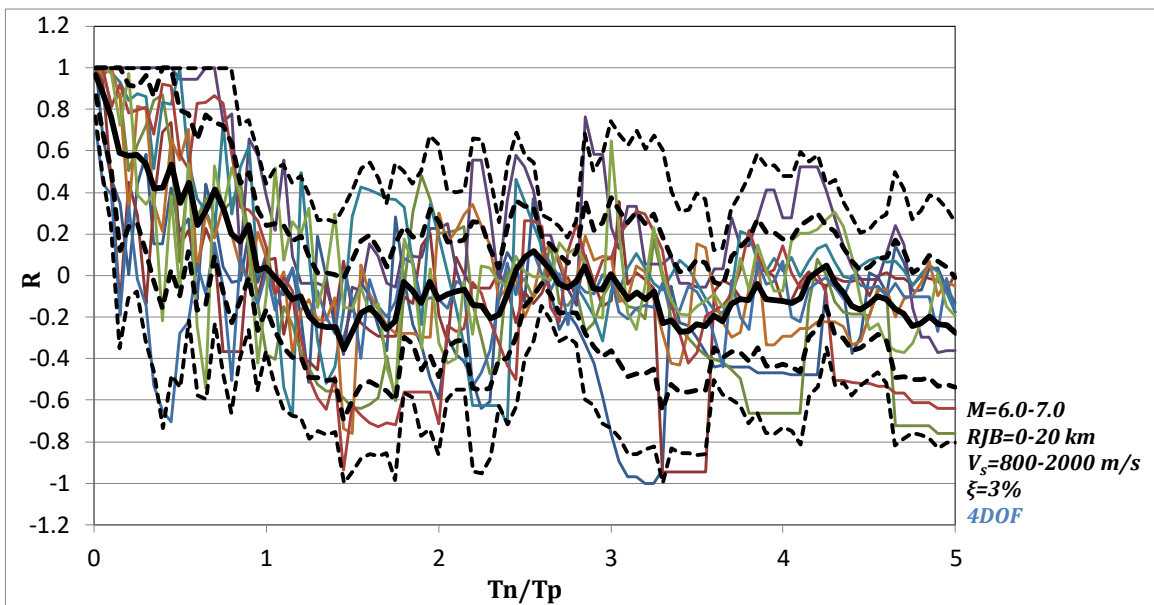
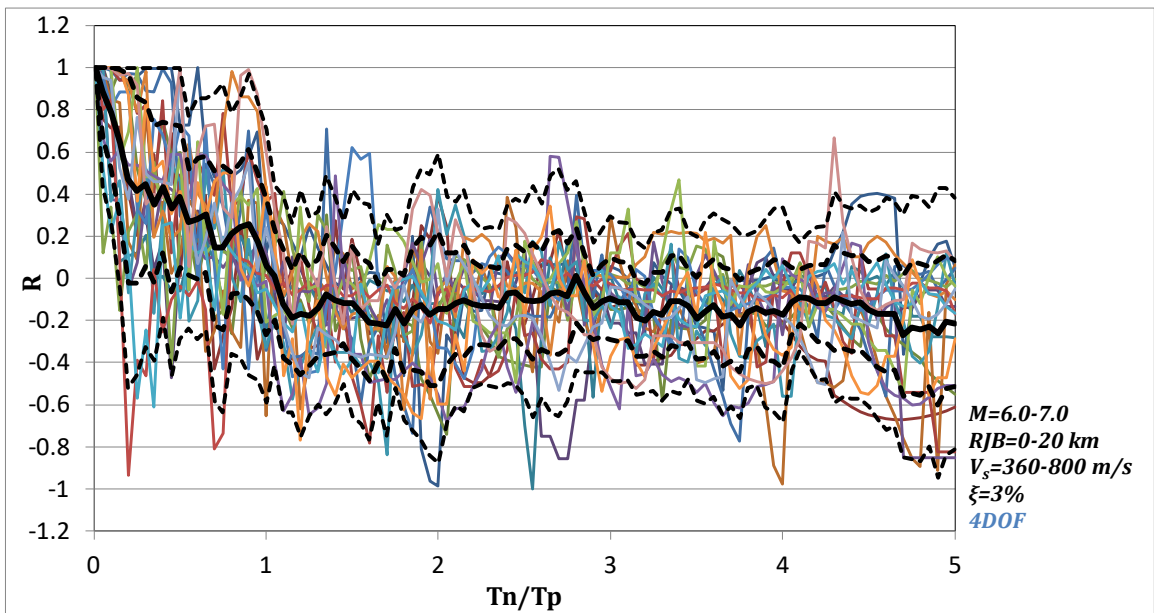


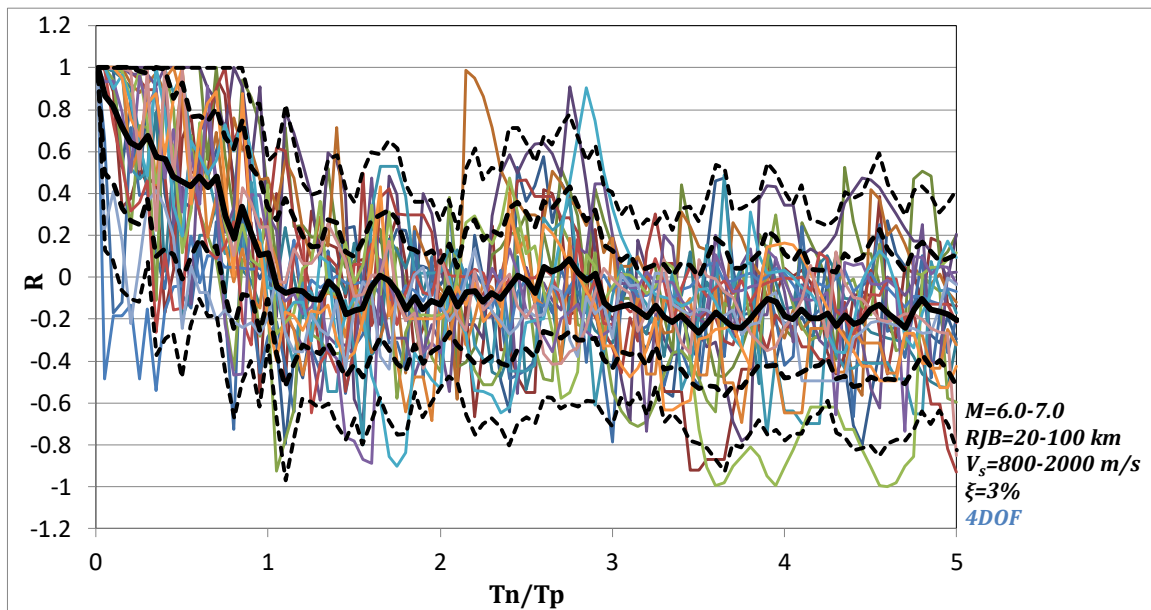
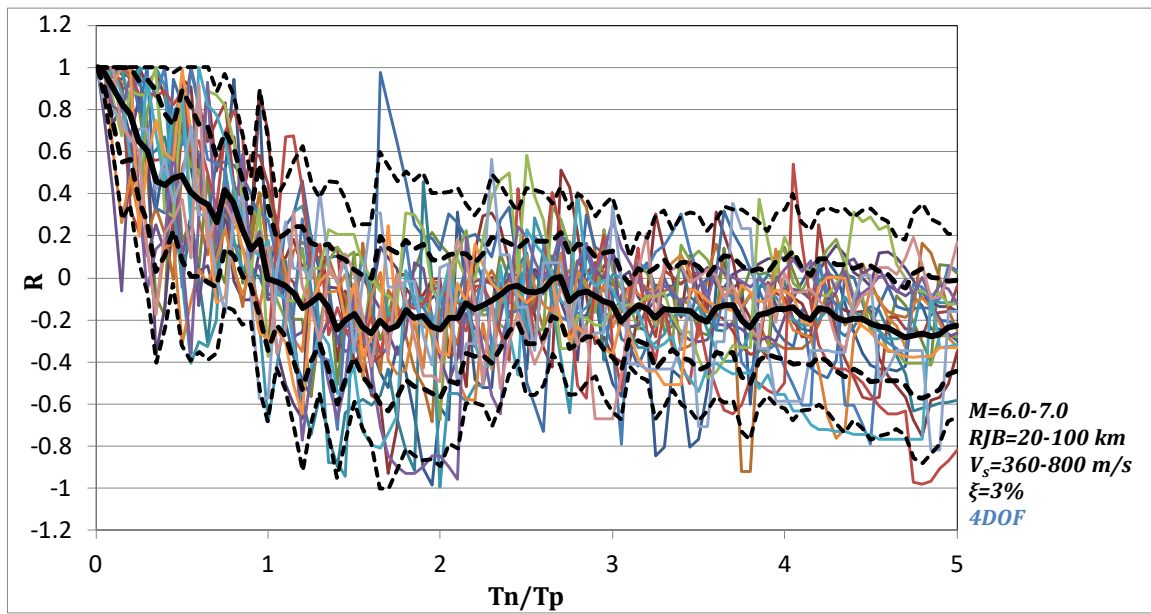
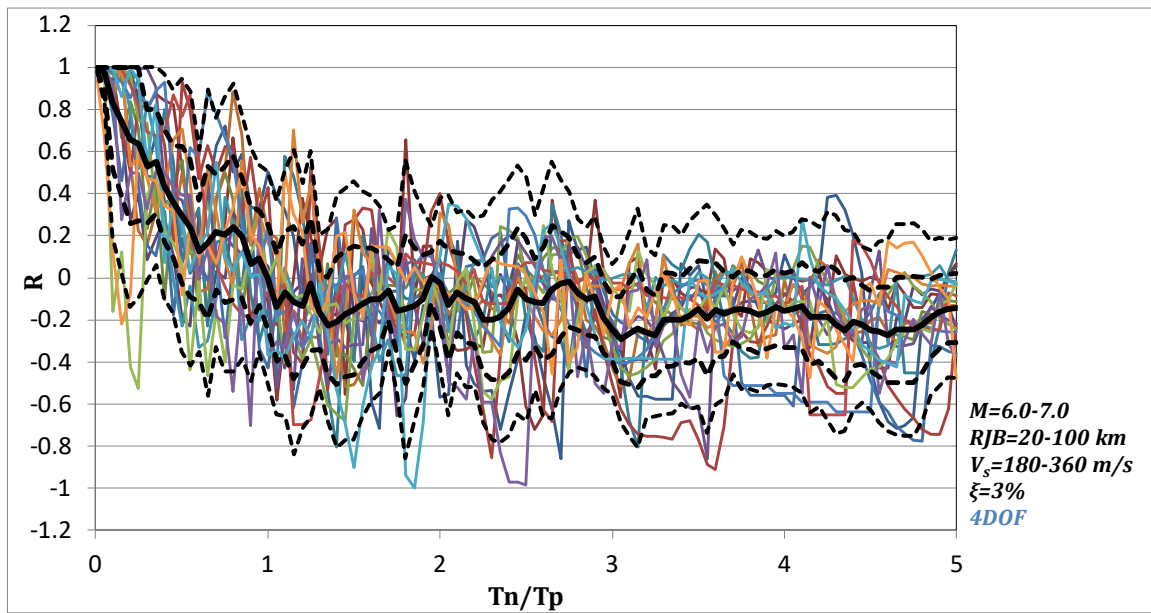


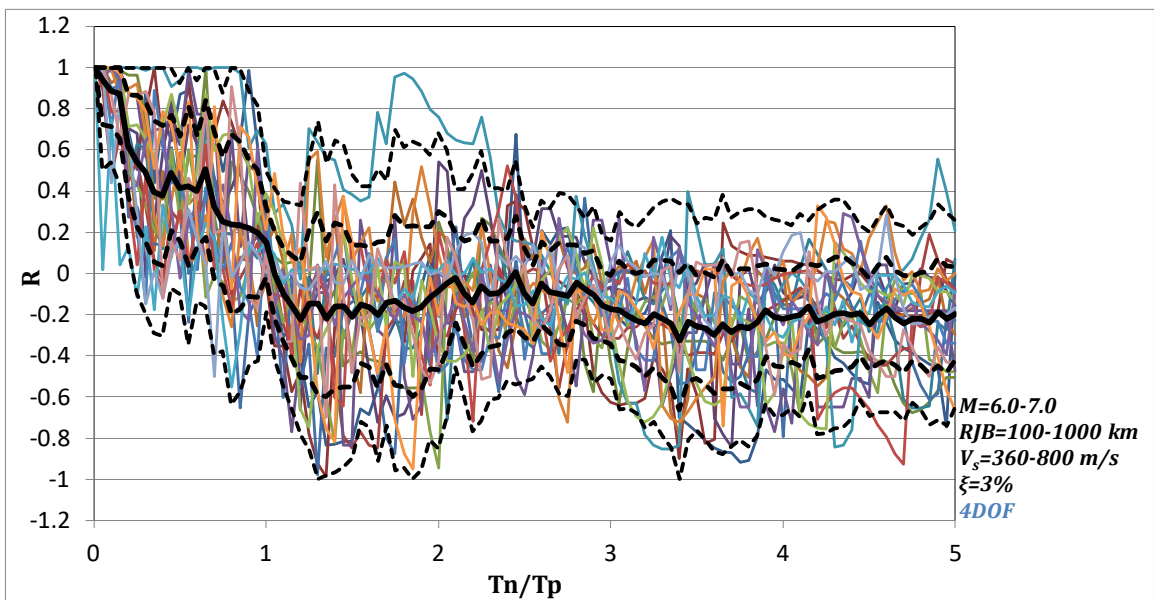
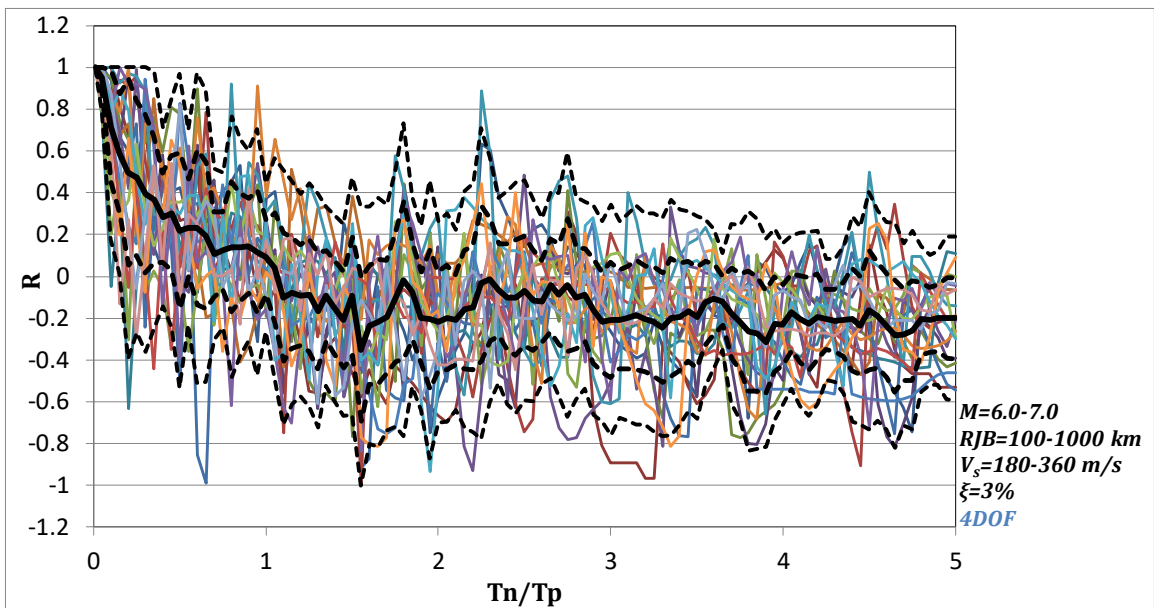
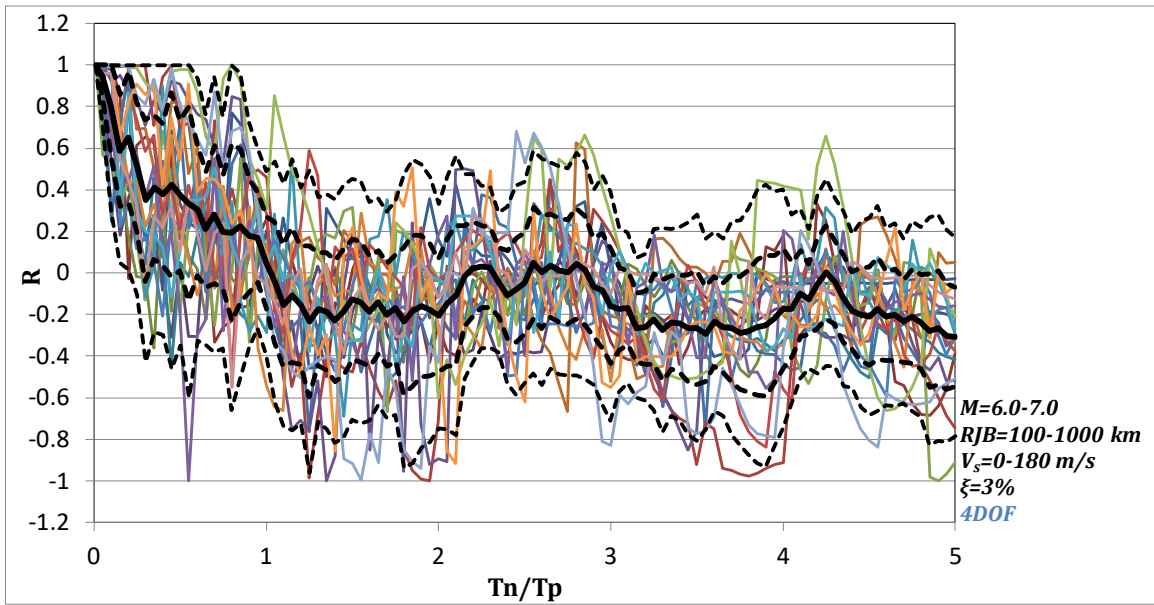


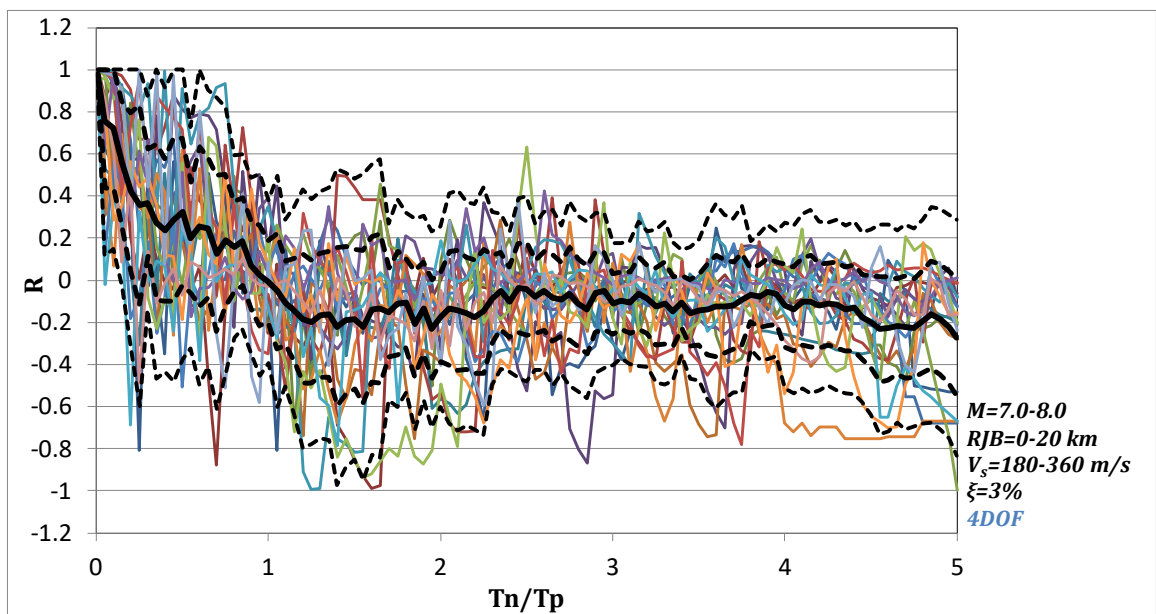
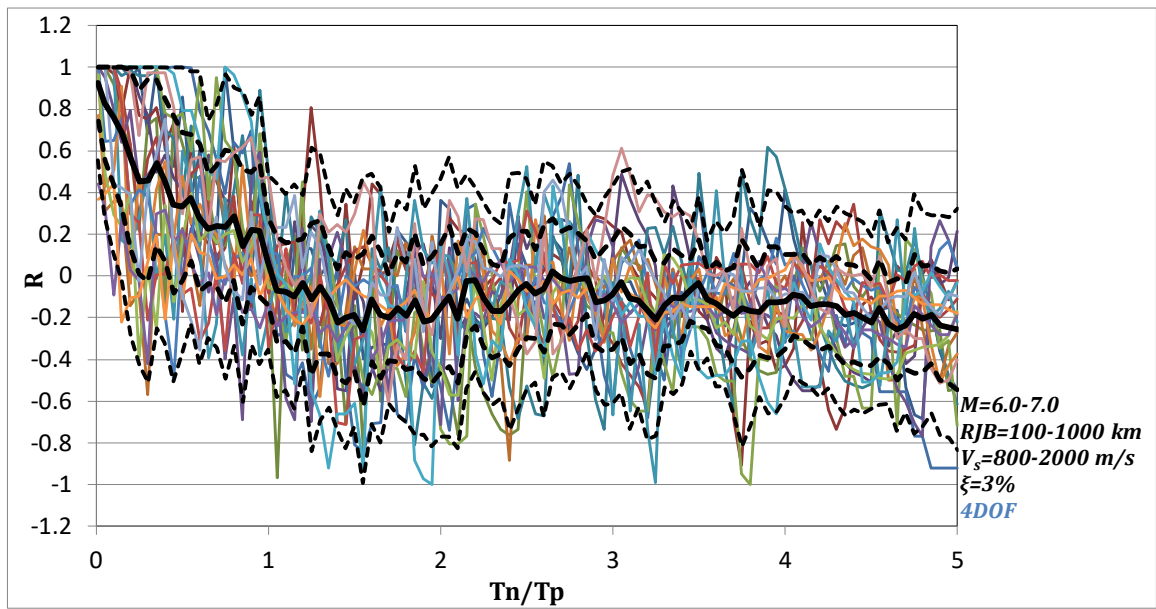


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

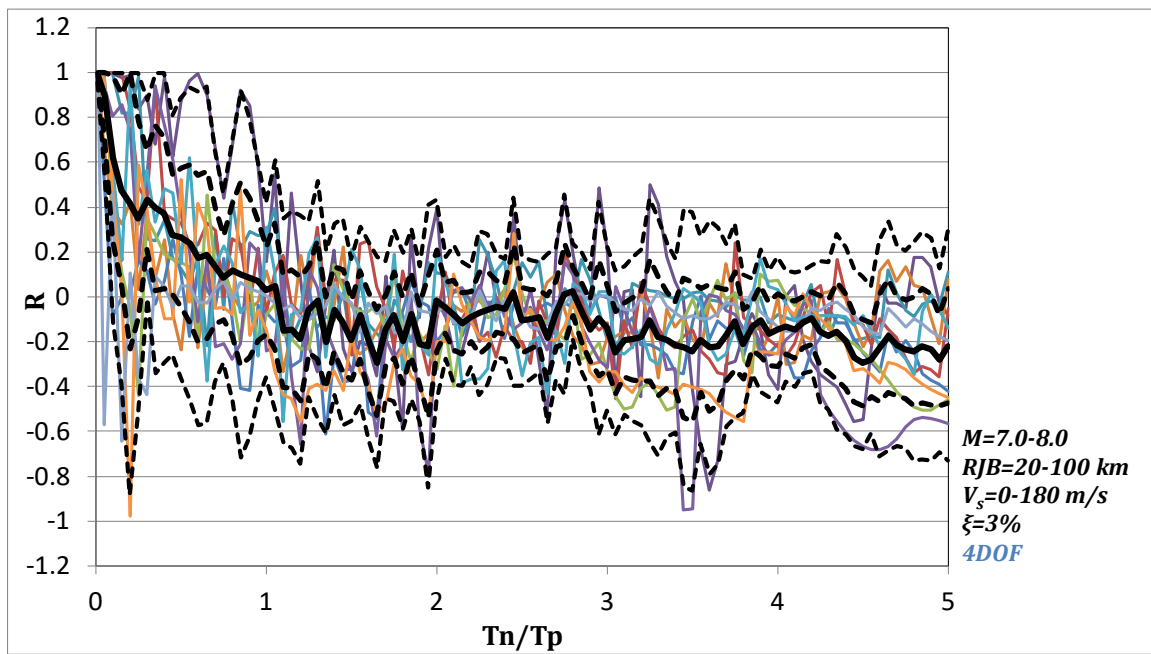
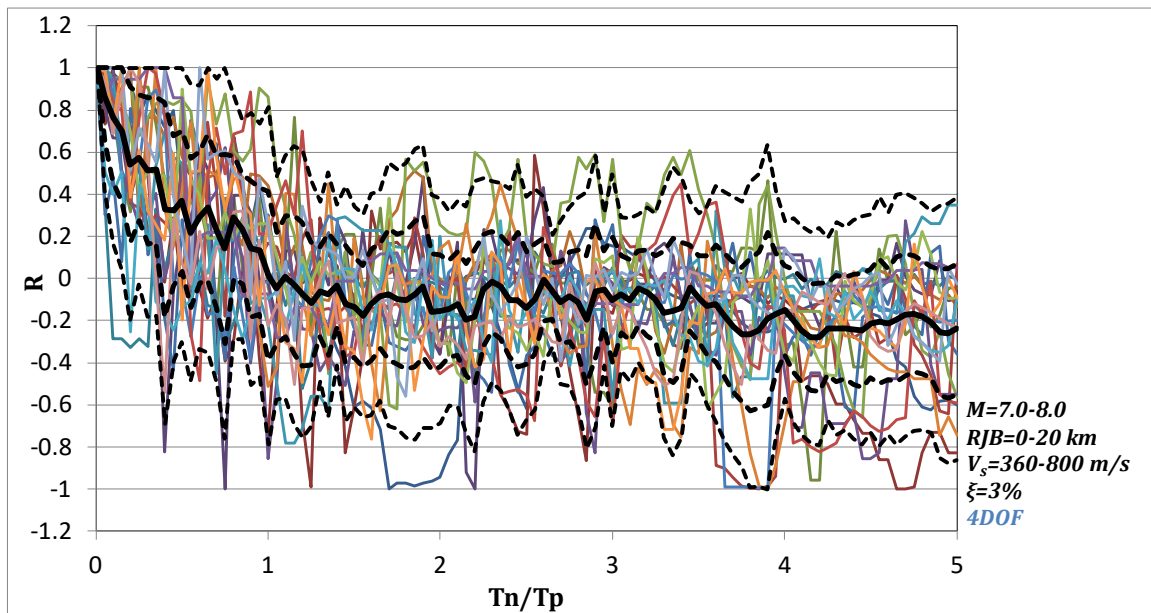




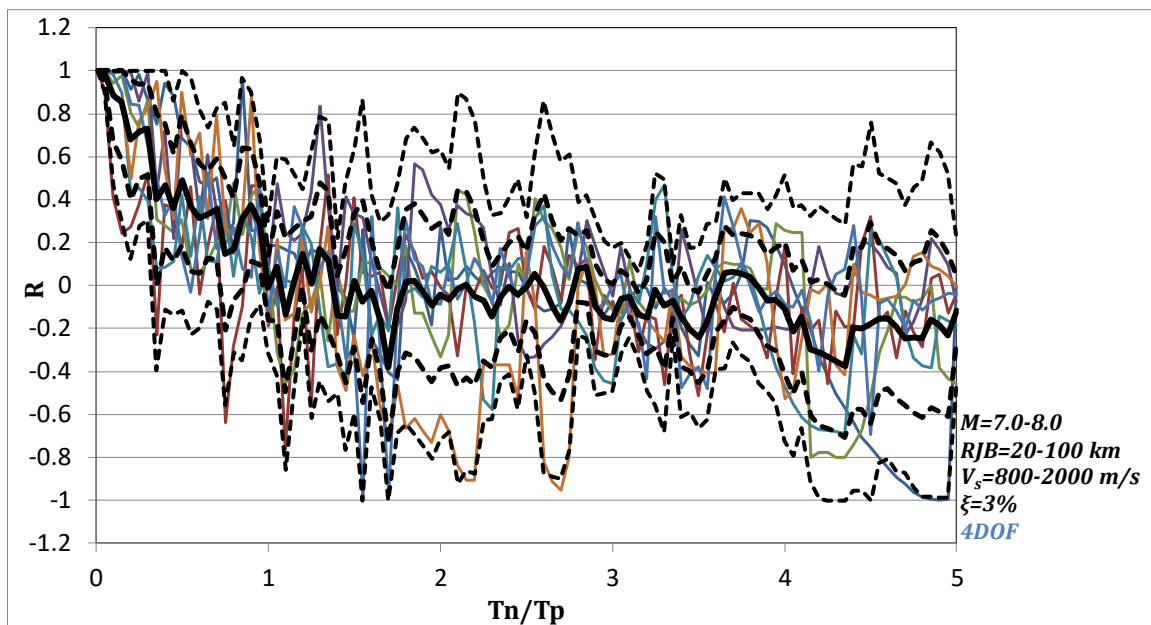
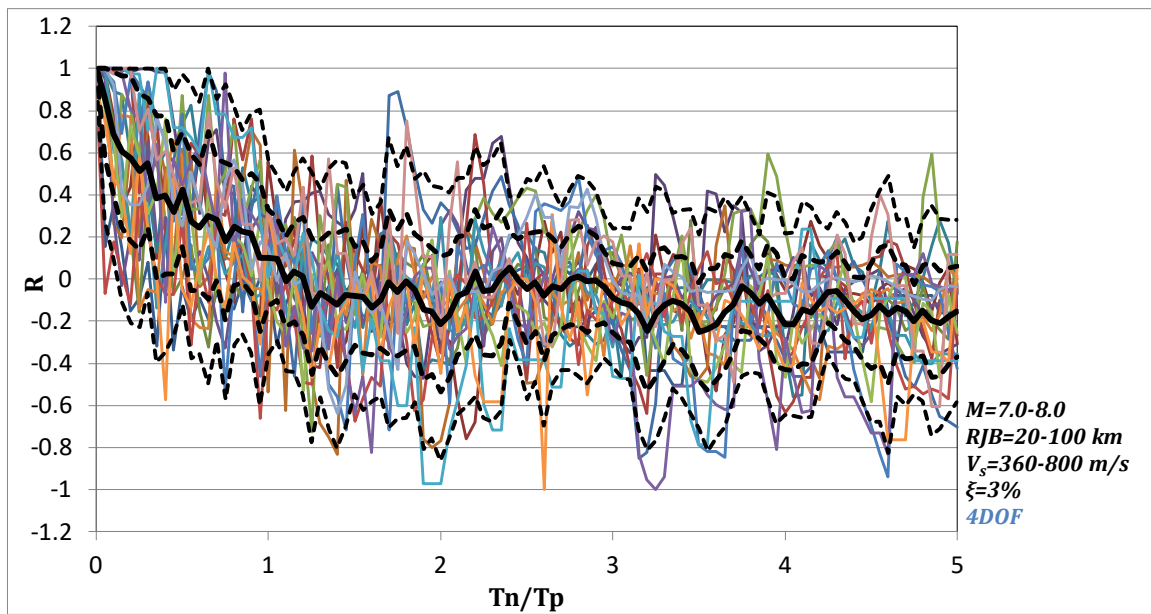
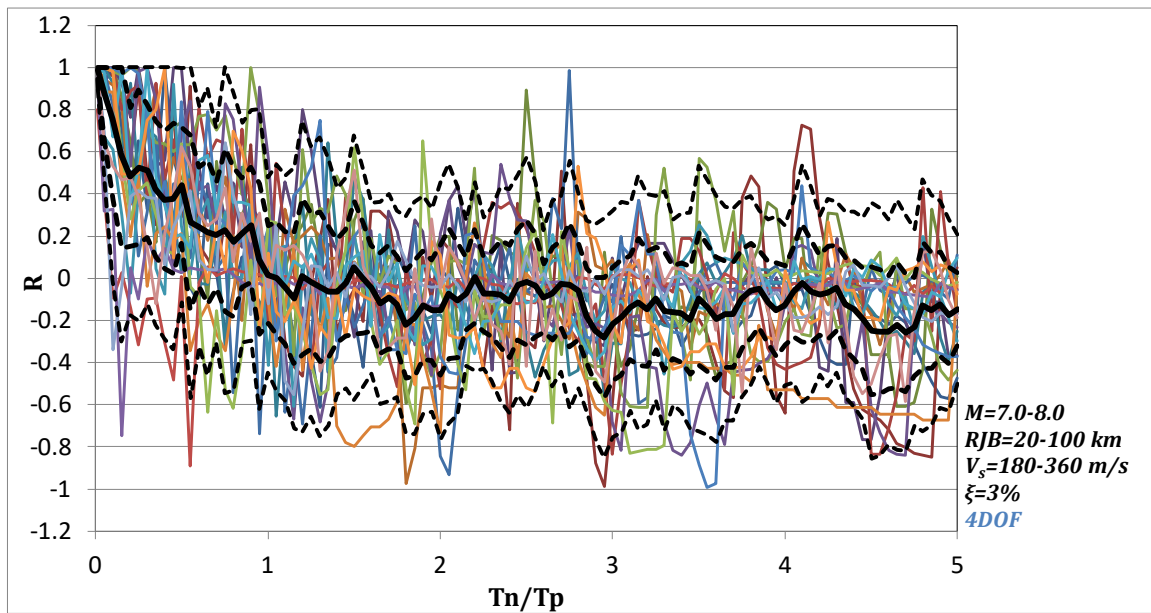


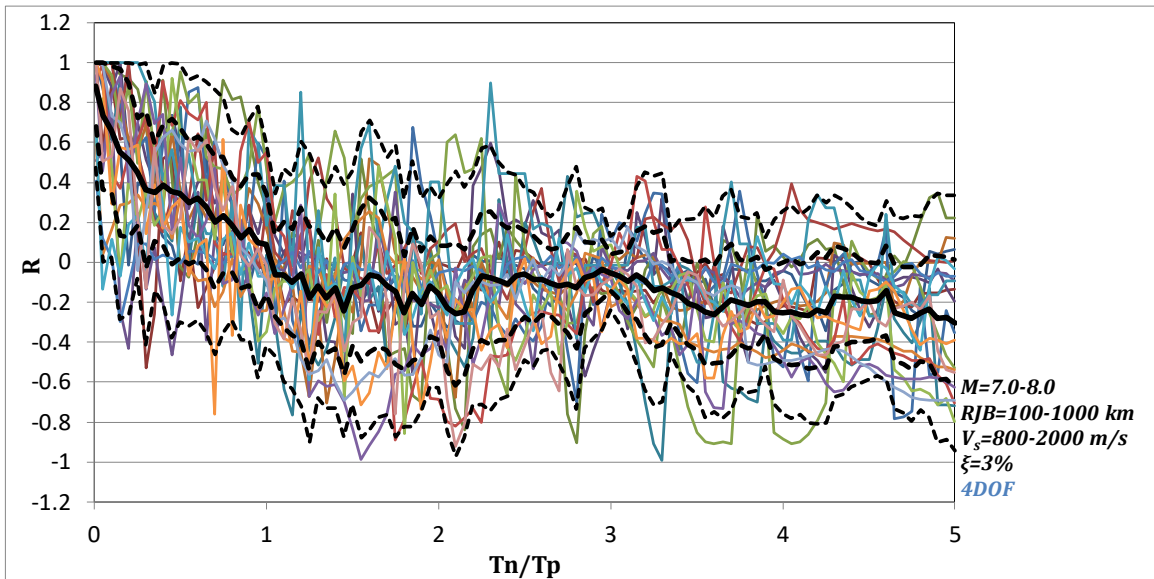
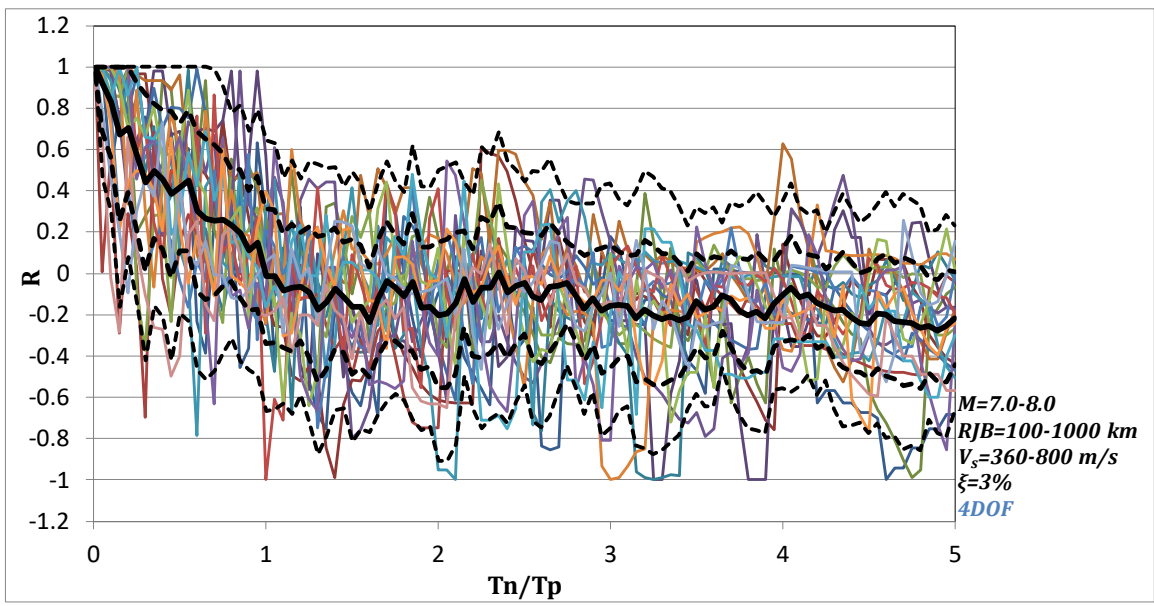
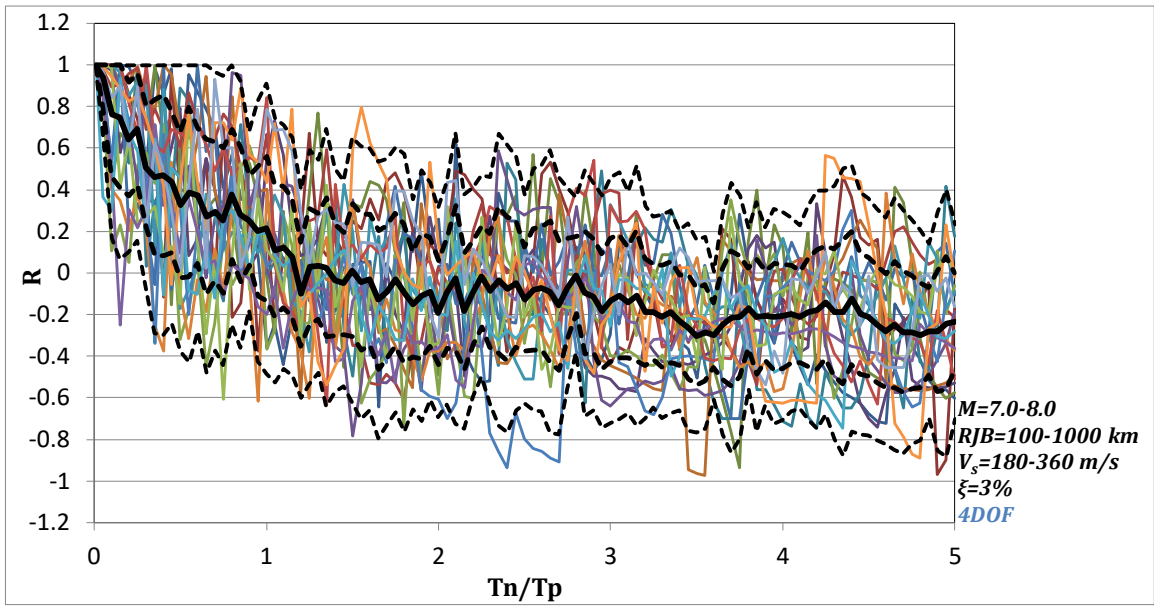


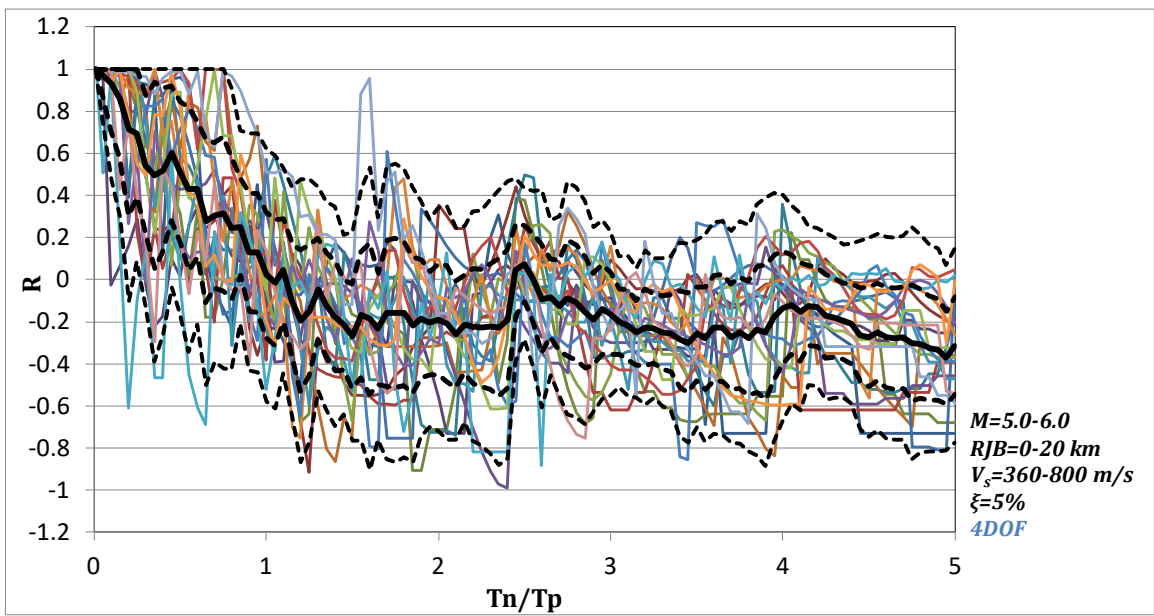
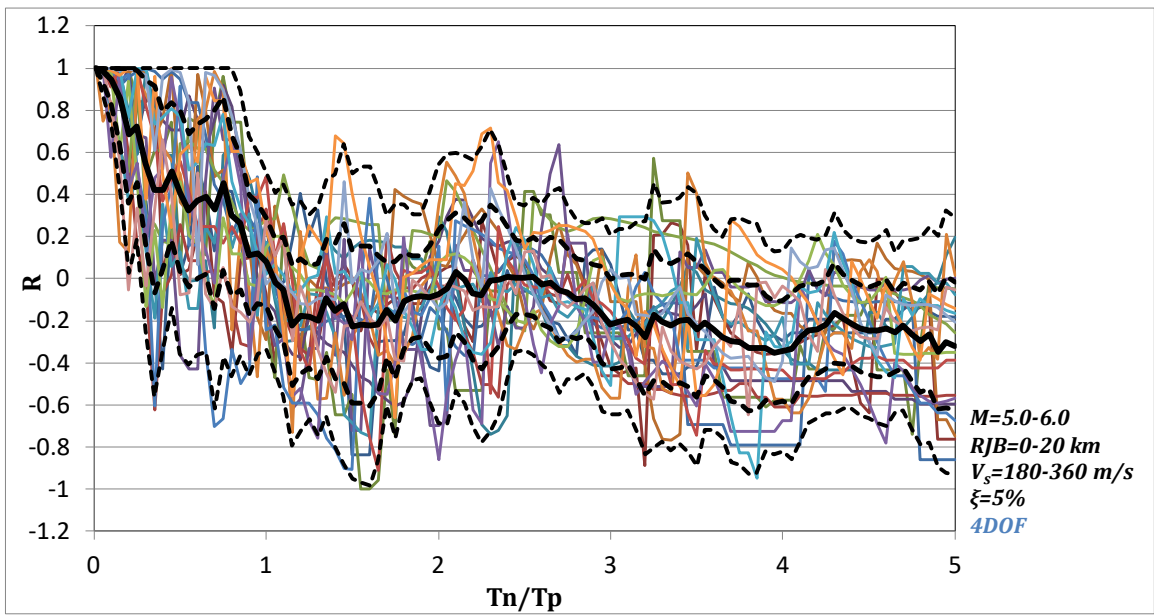
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+2 σ
- - - mean-2 σ



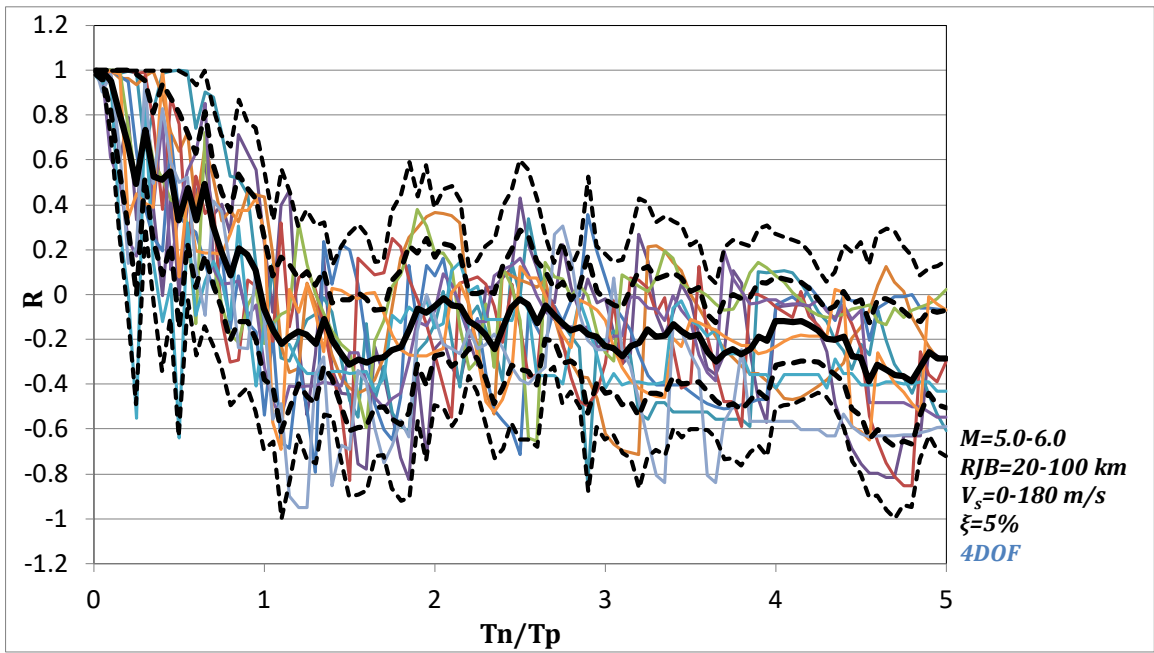
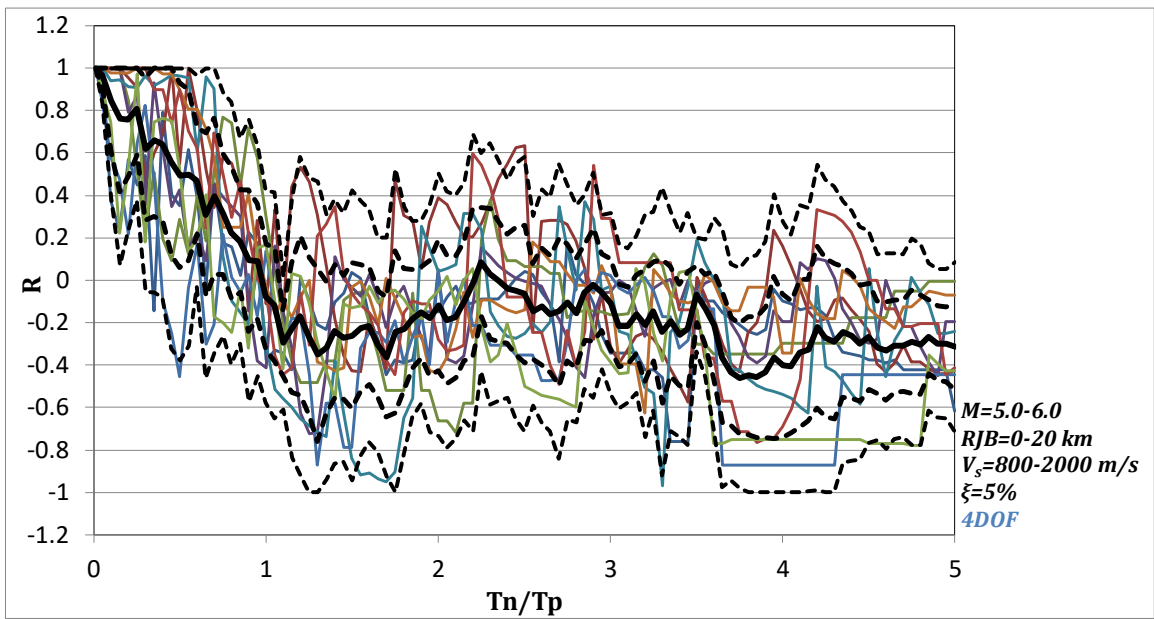
- mean
- - - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+2 σ
- · - mean-2 σ



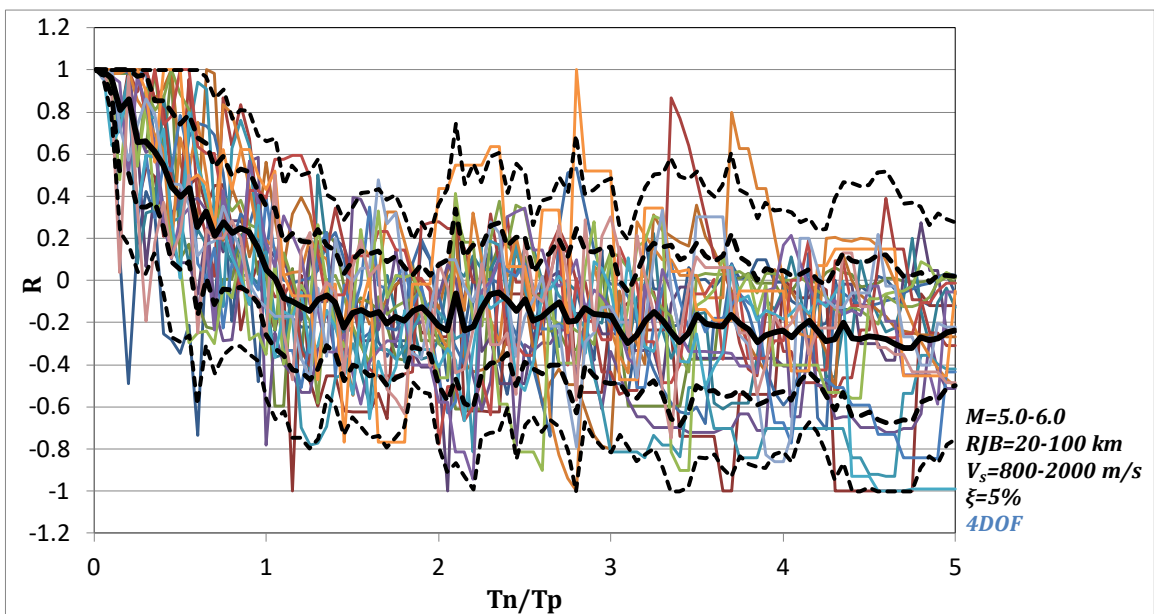
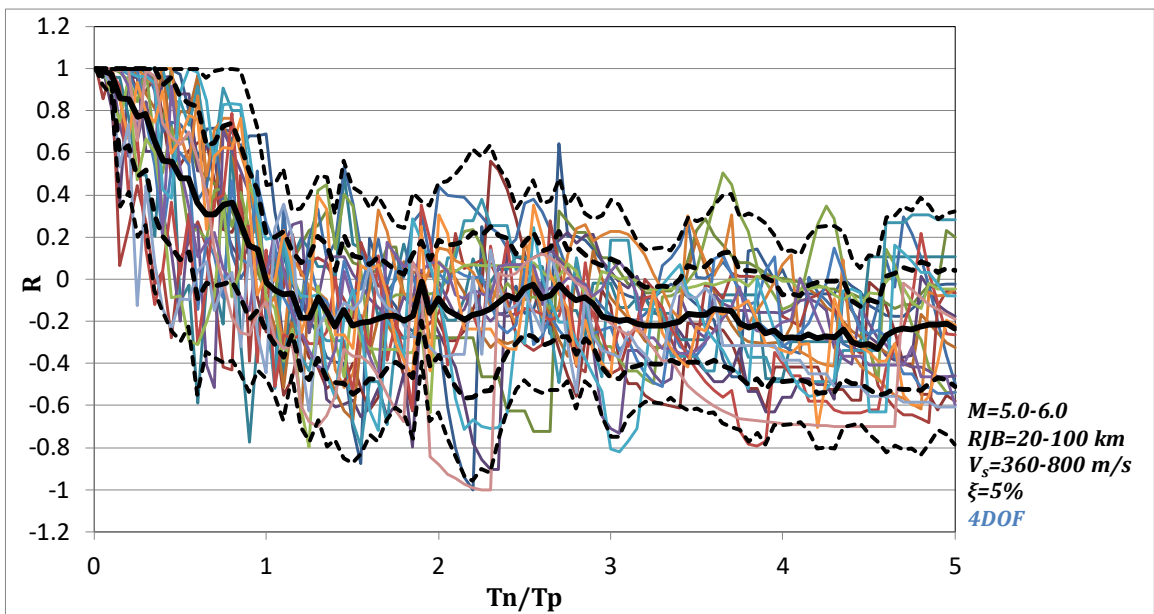
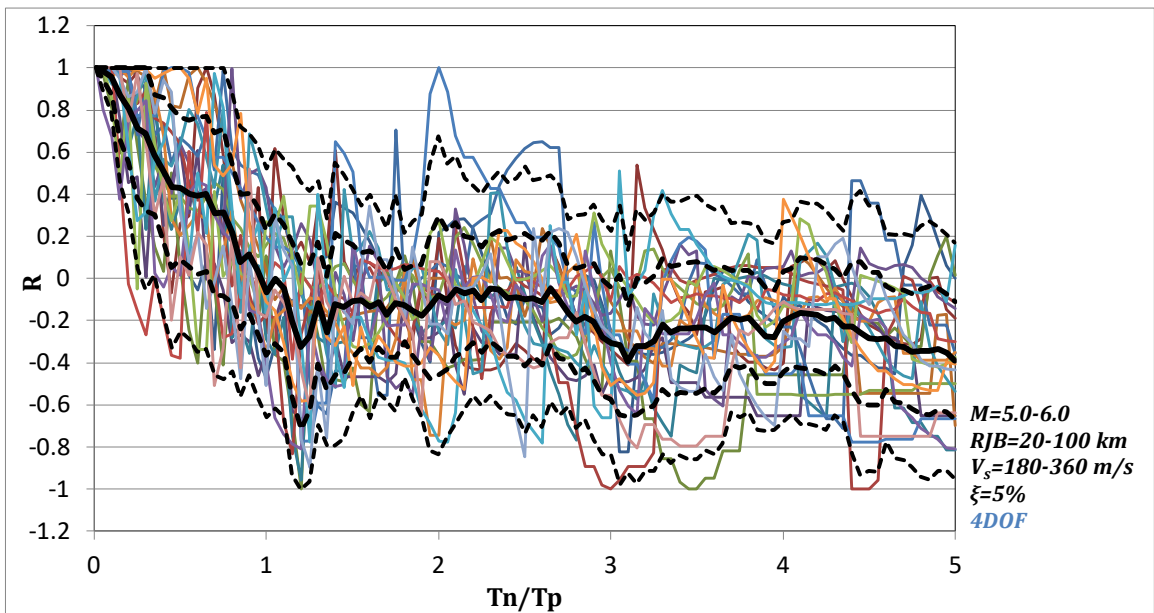


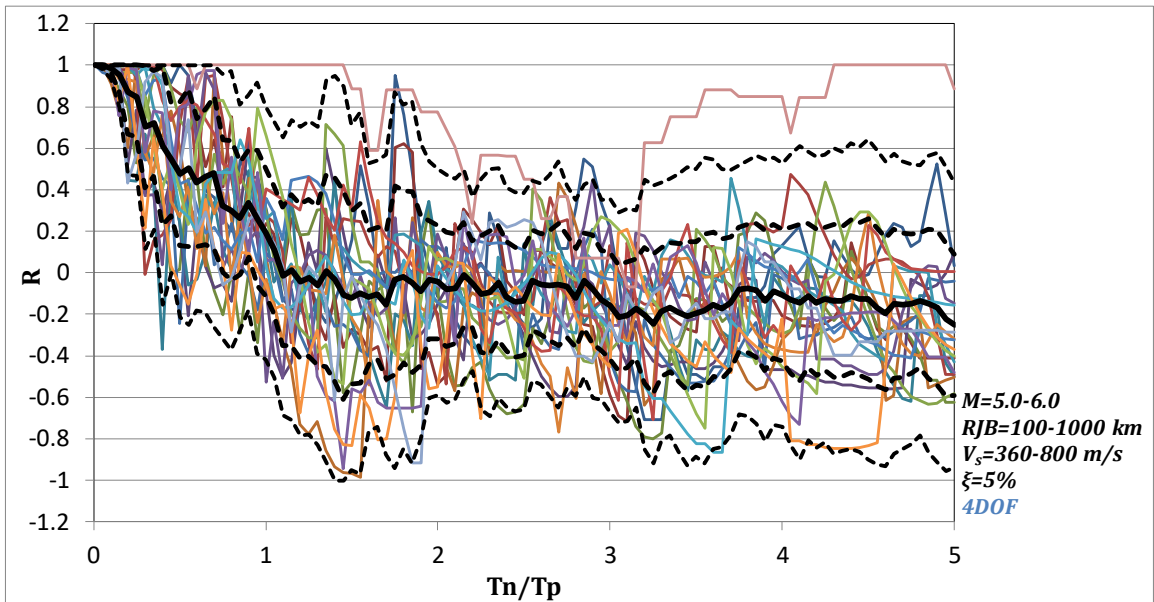
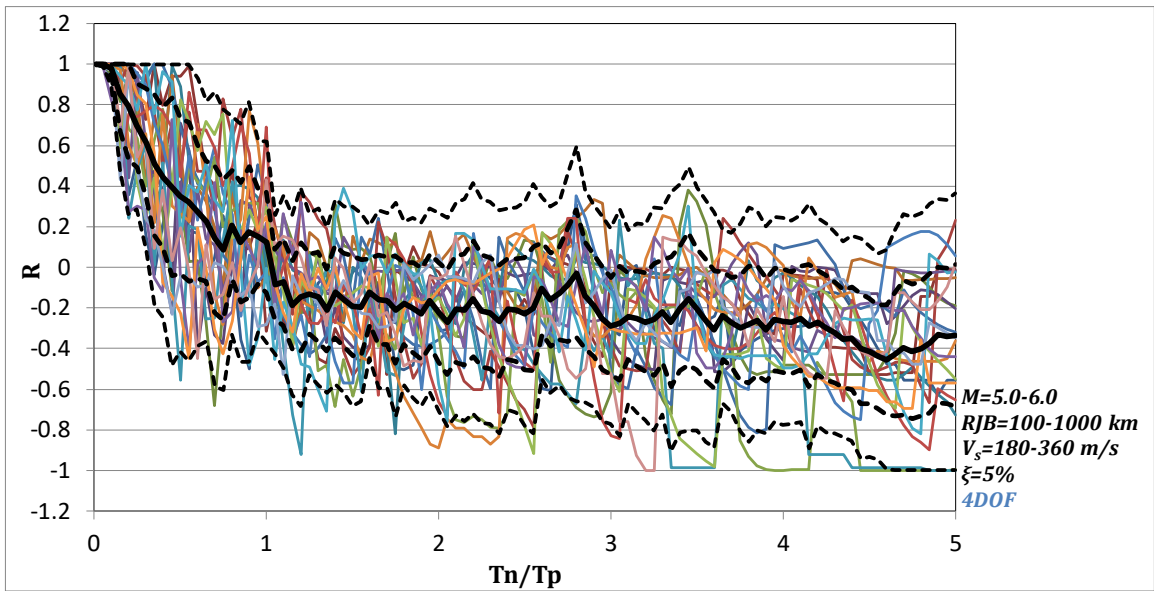
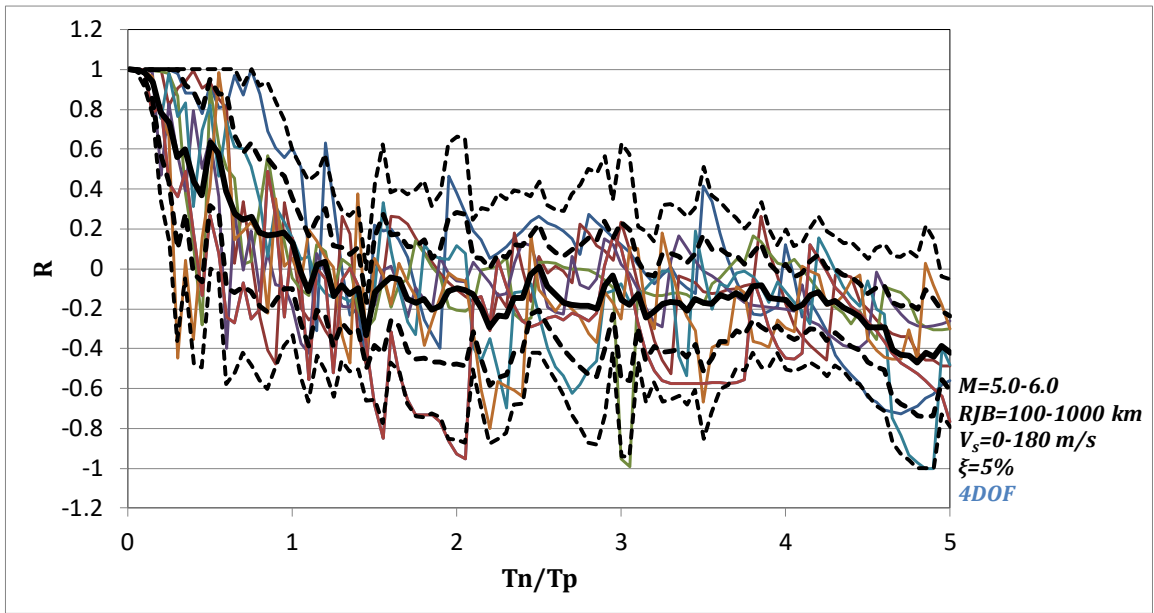


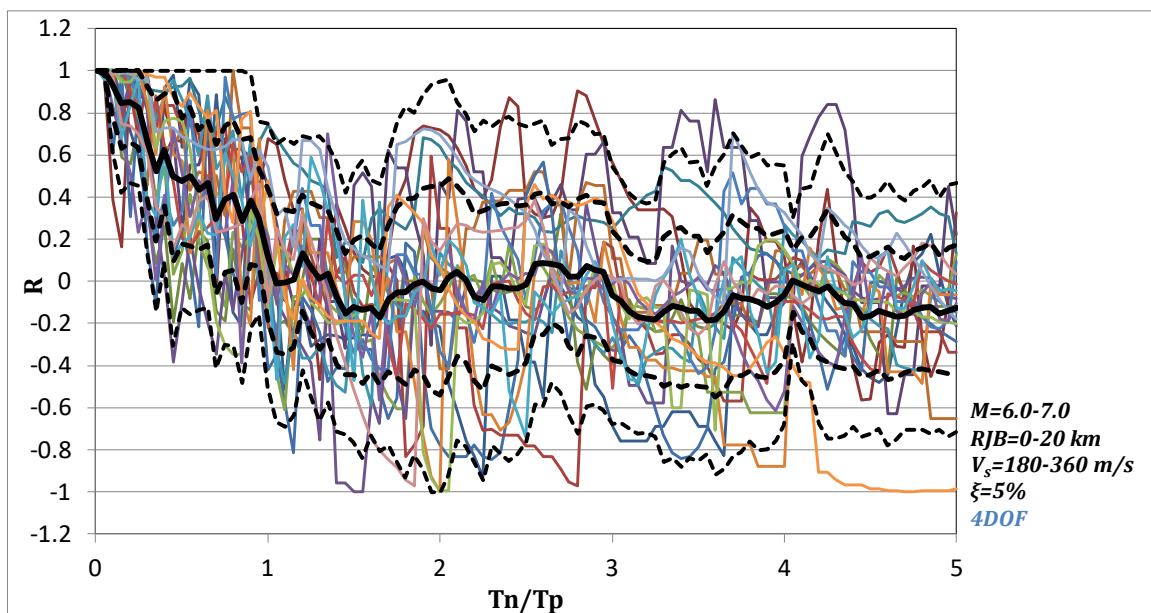
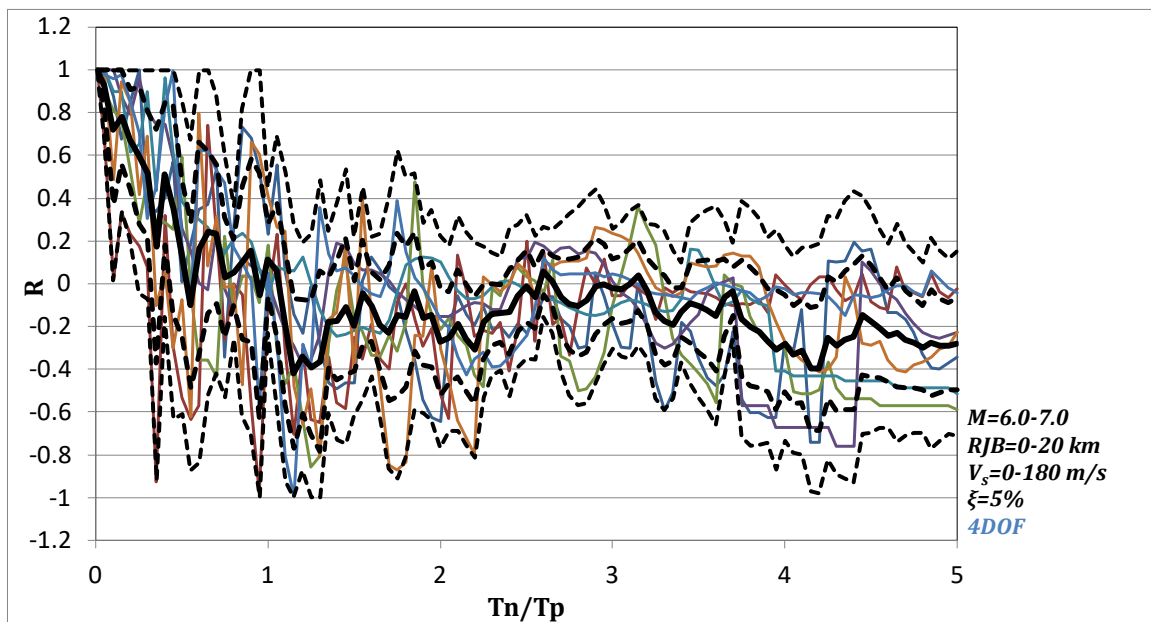
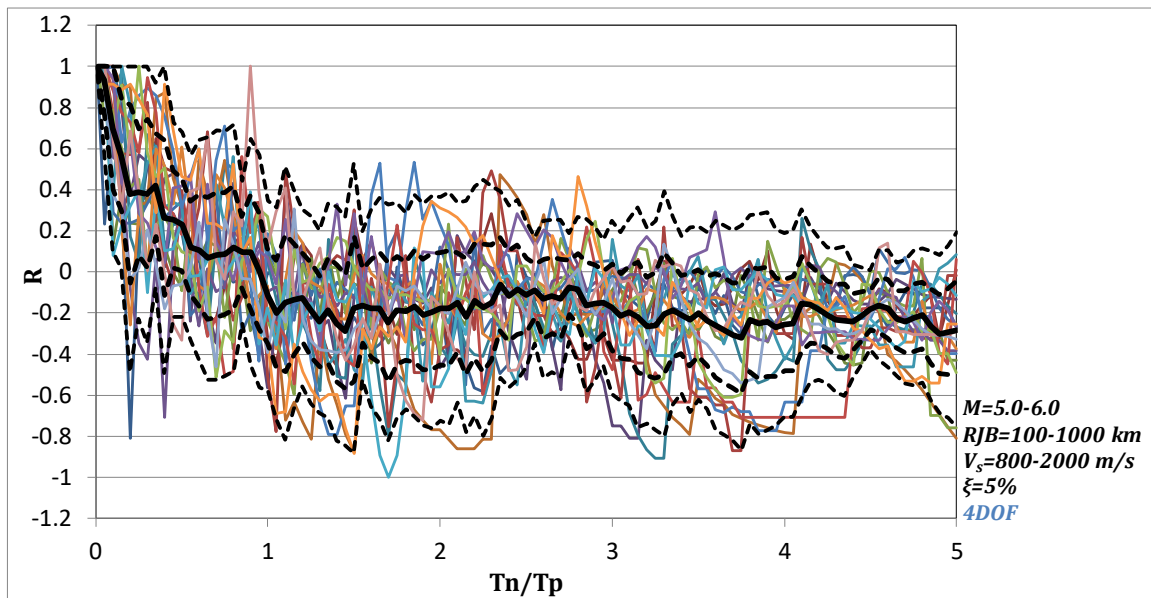
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

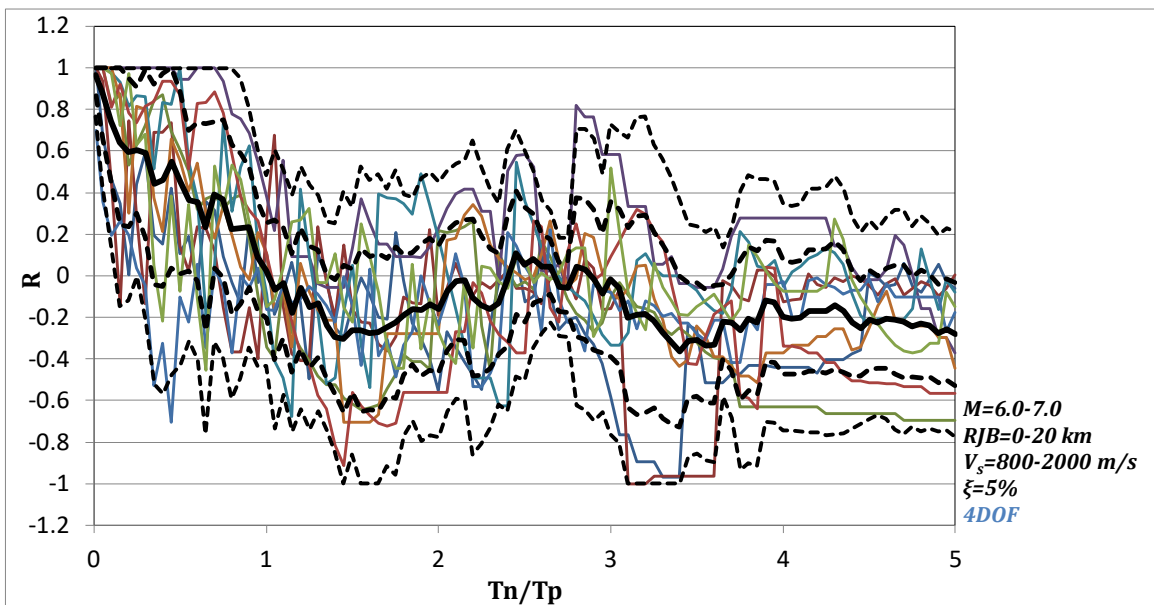
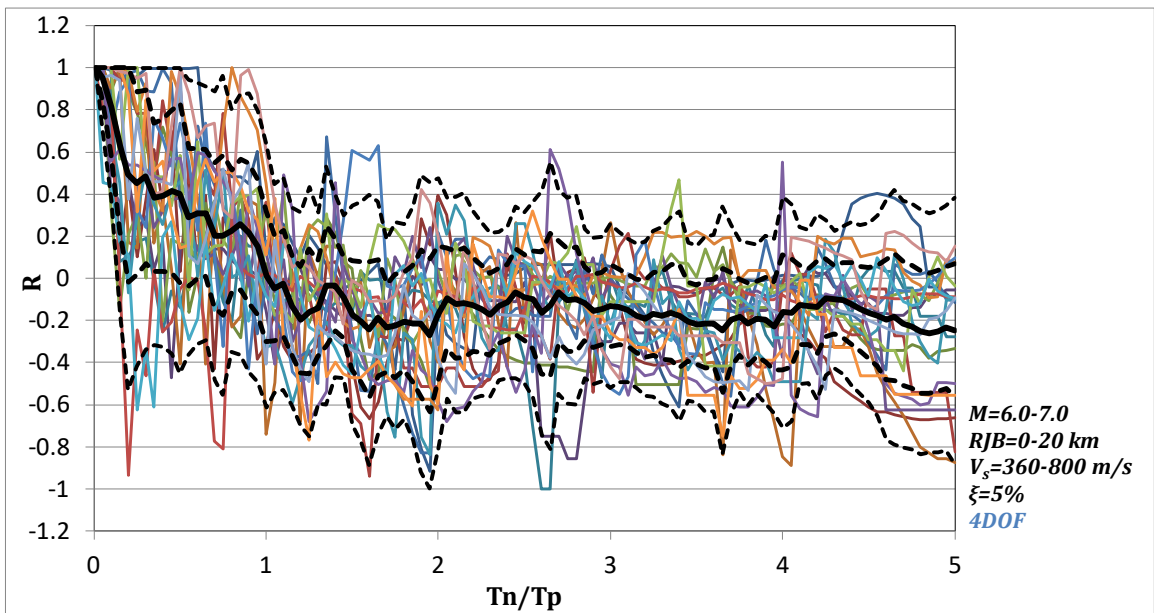


- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

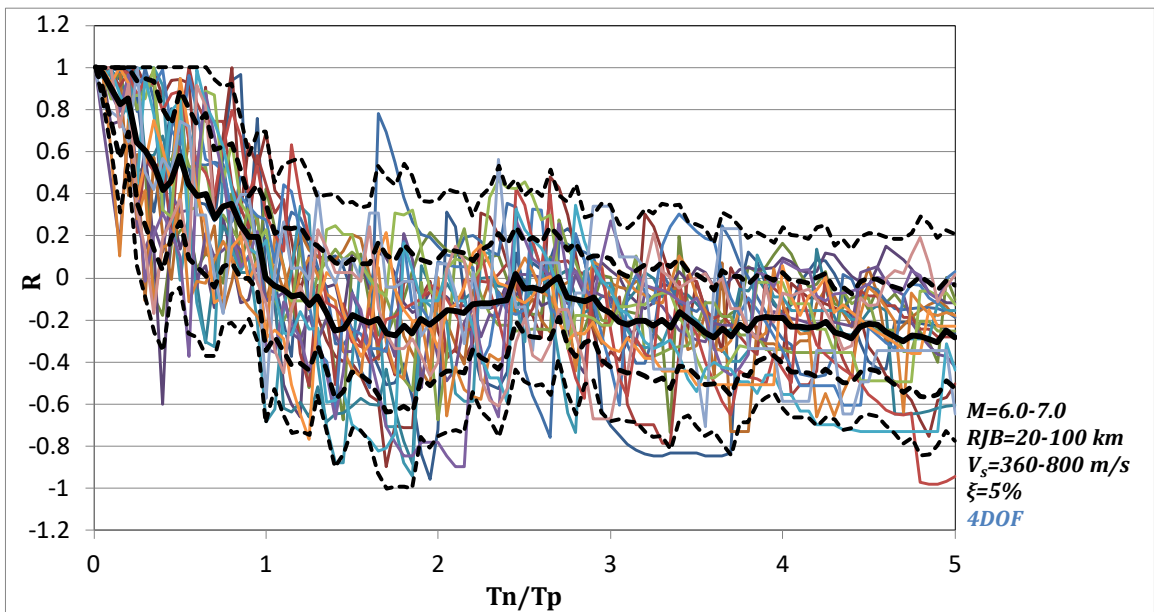
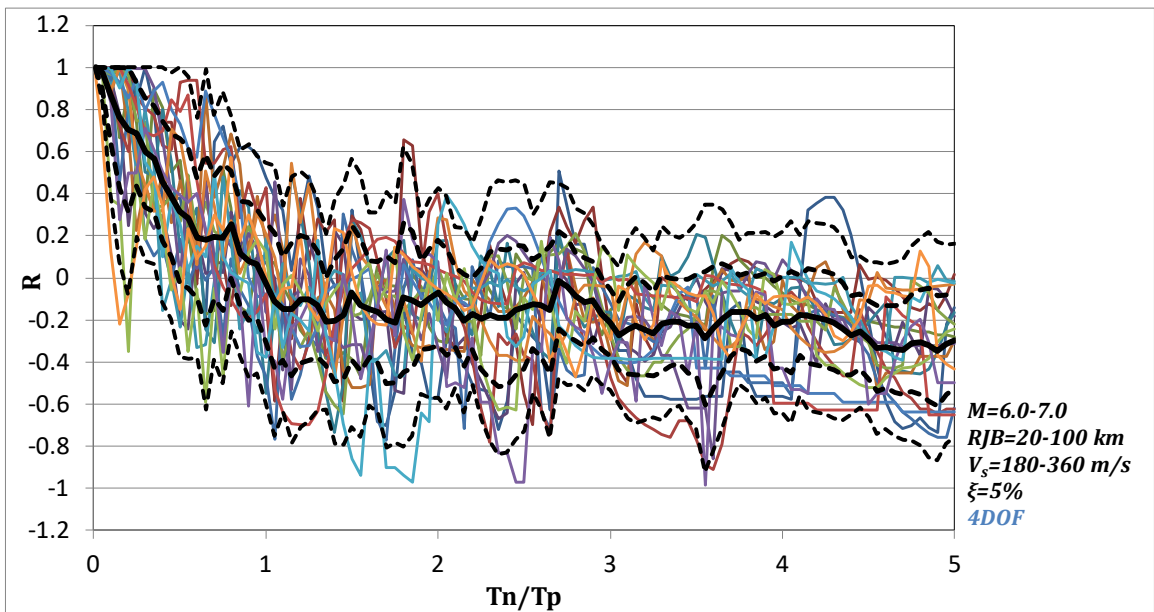
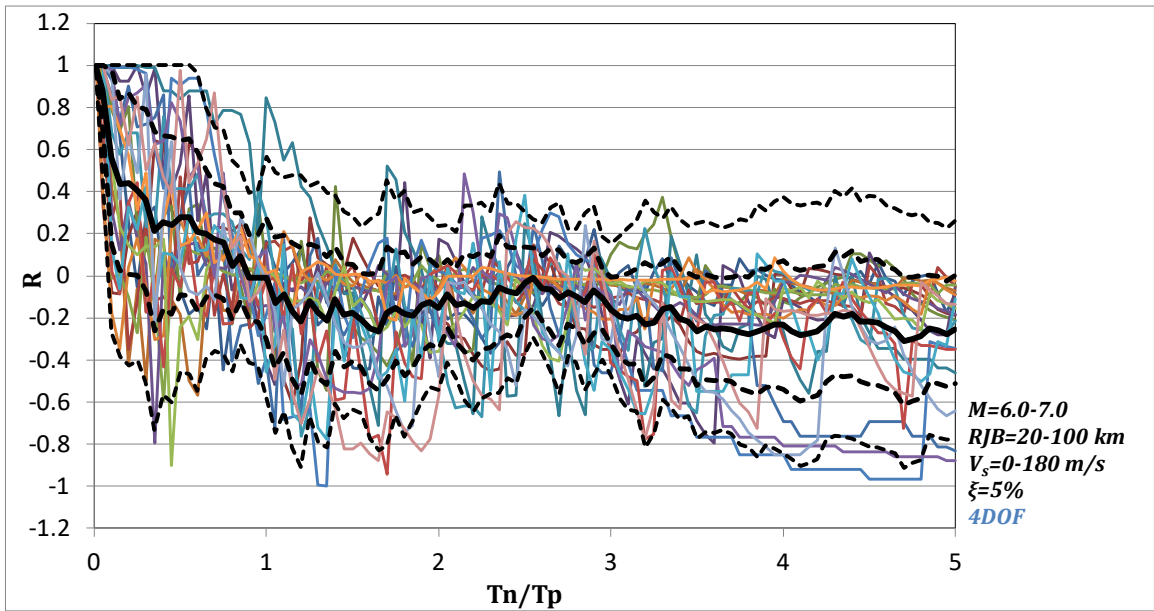


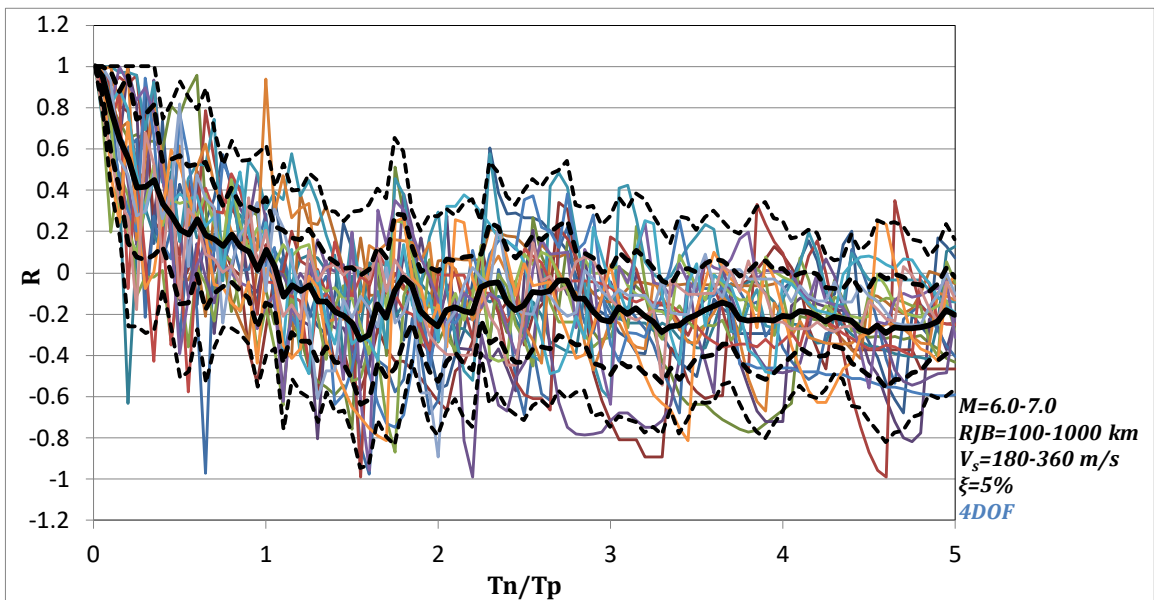
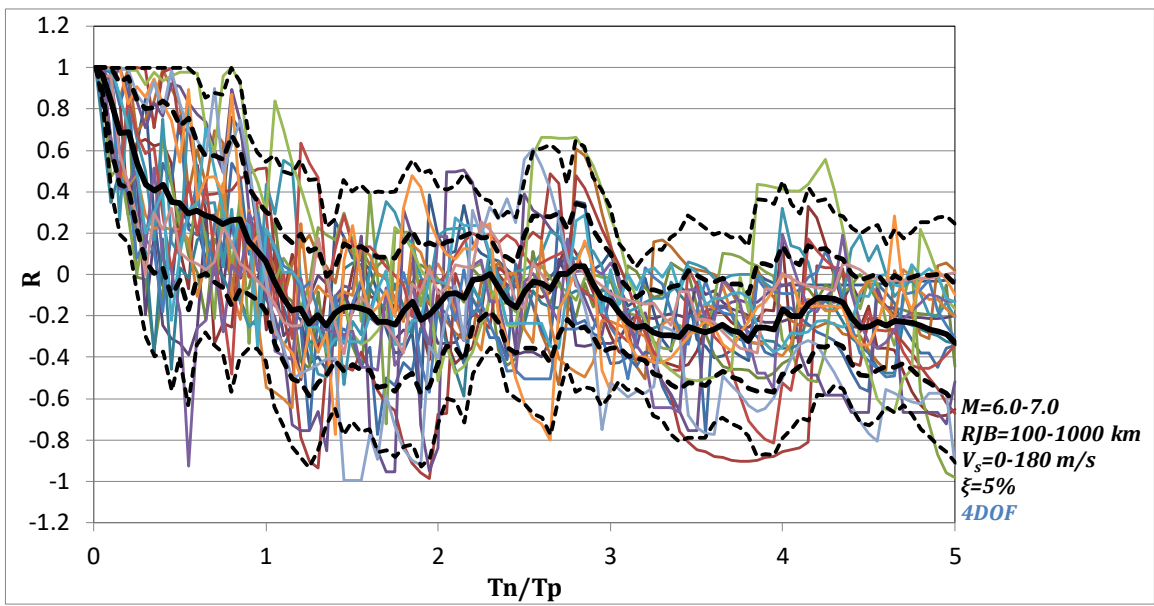
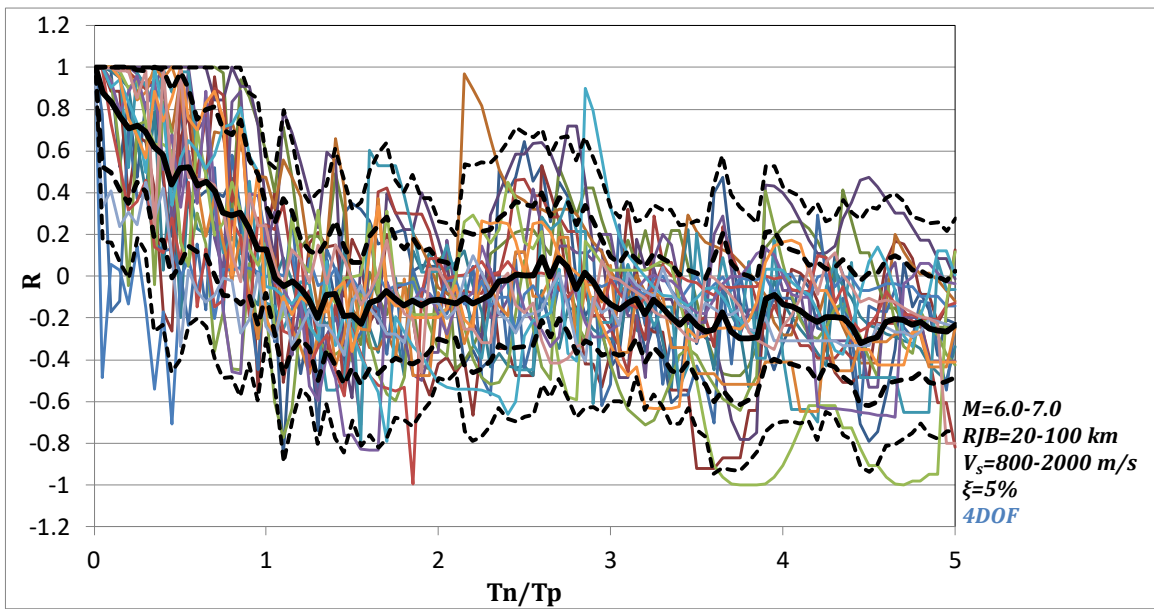


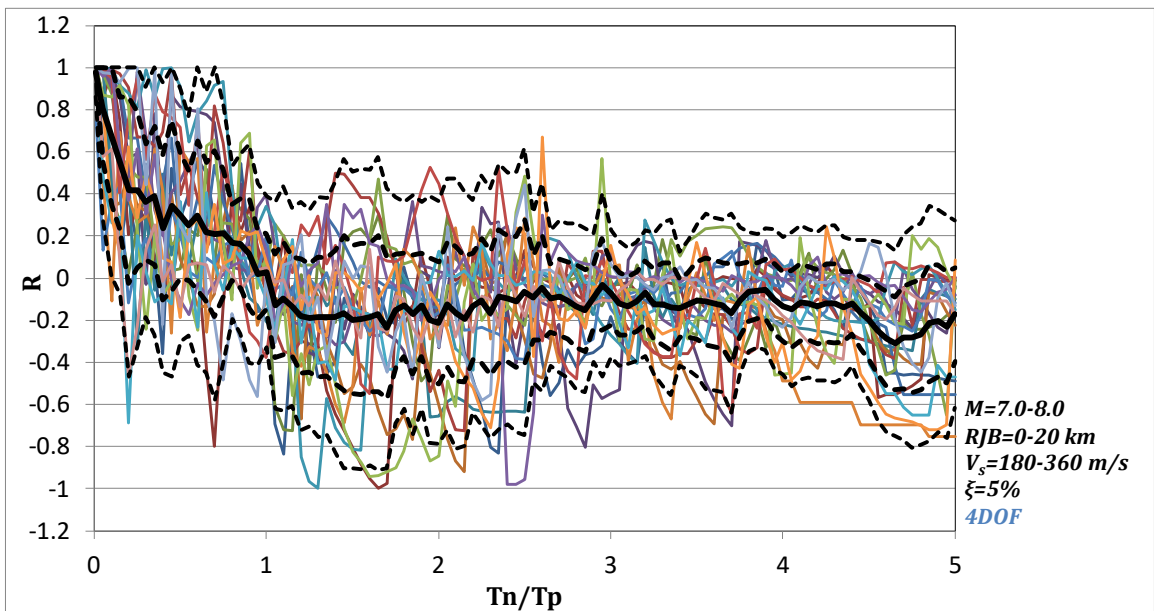
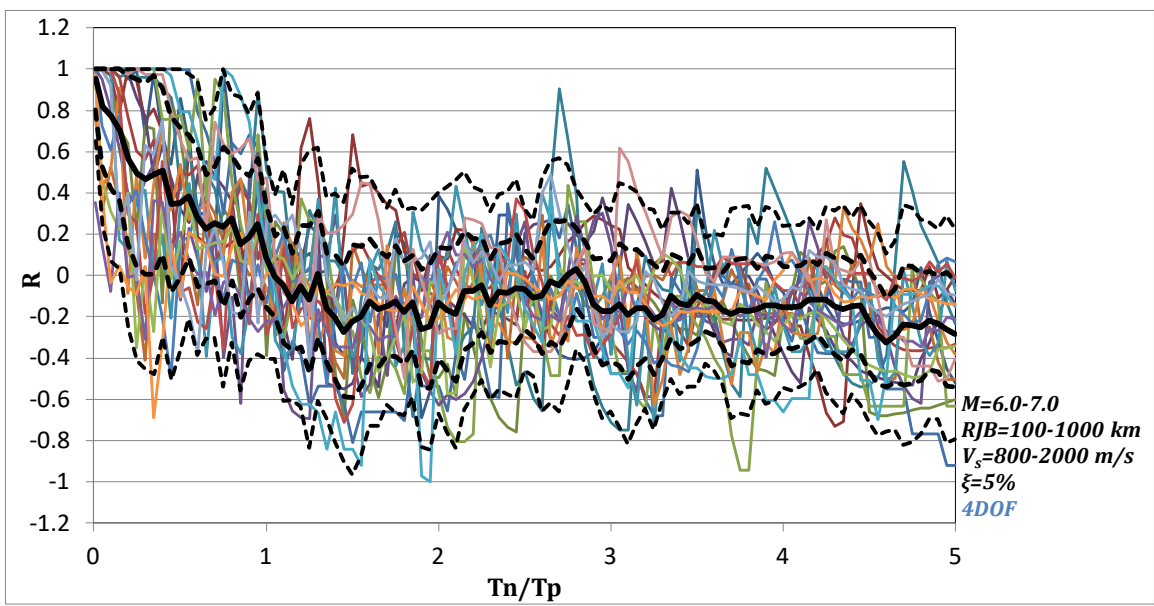
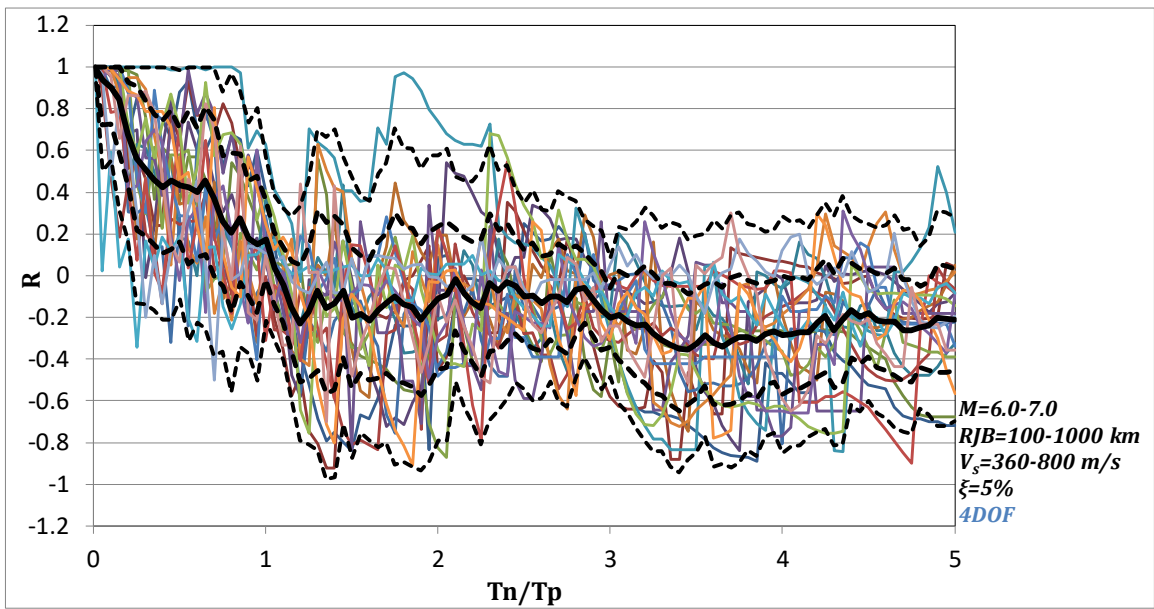


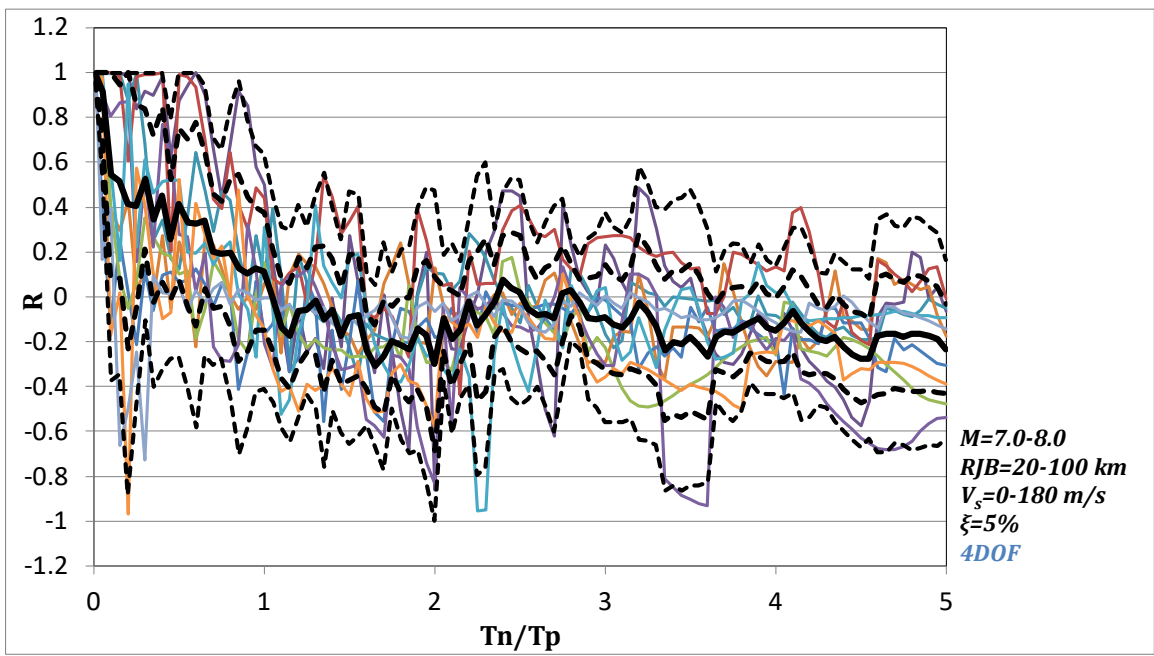
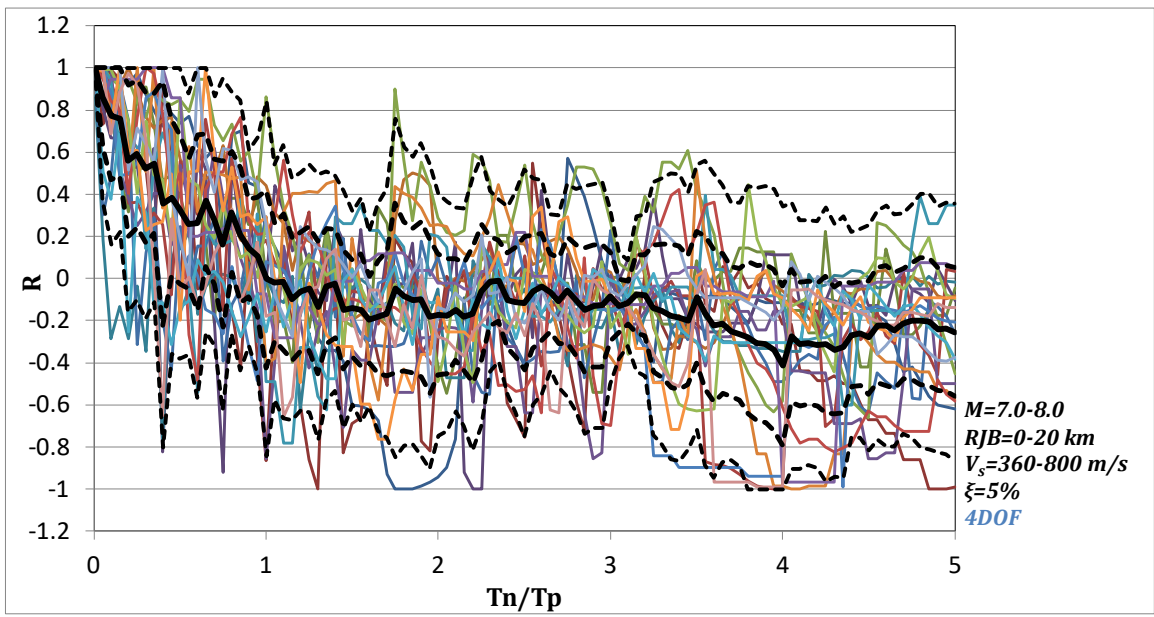


— mean
 - - mean+ σ
 - - mean- σ
 - - - mean+ 2σ
 - - - mean- 2σ

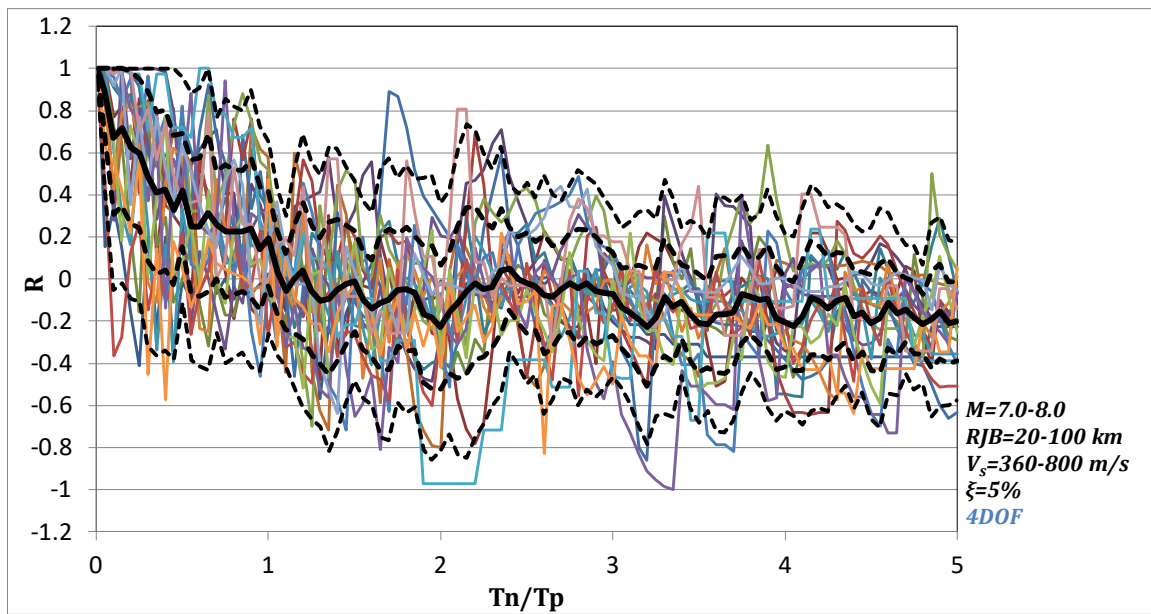
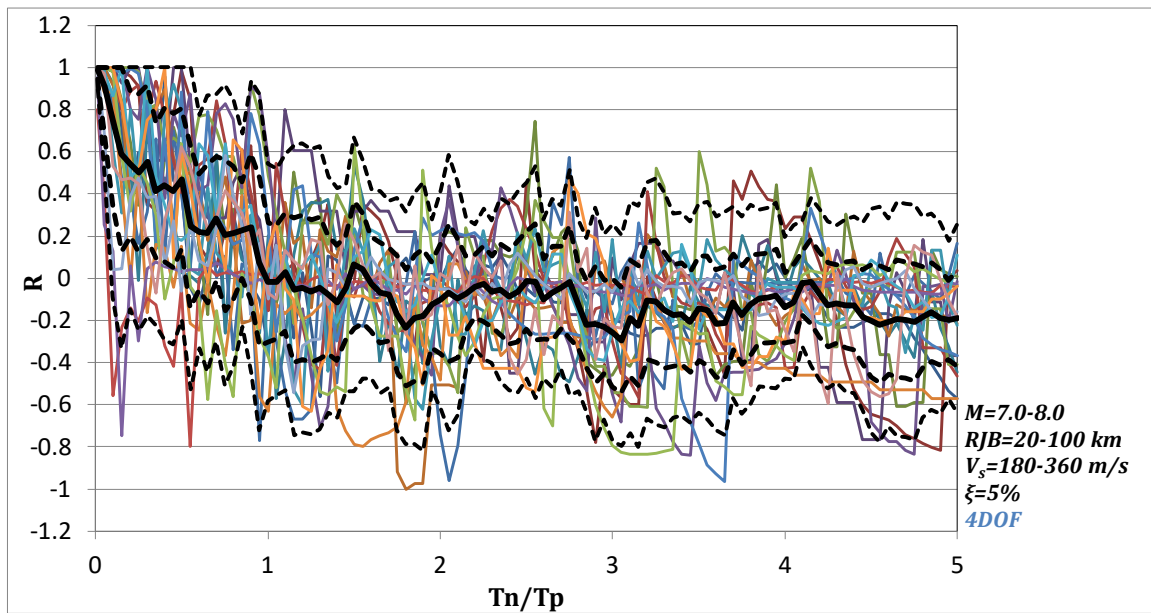




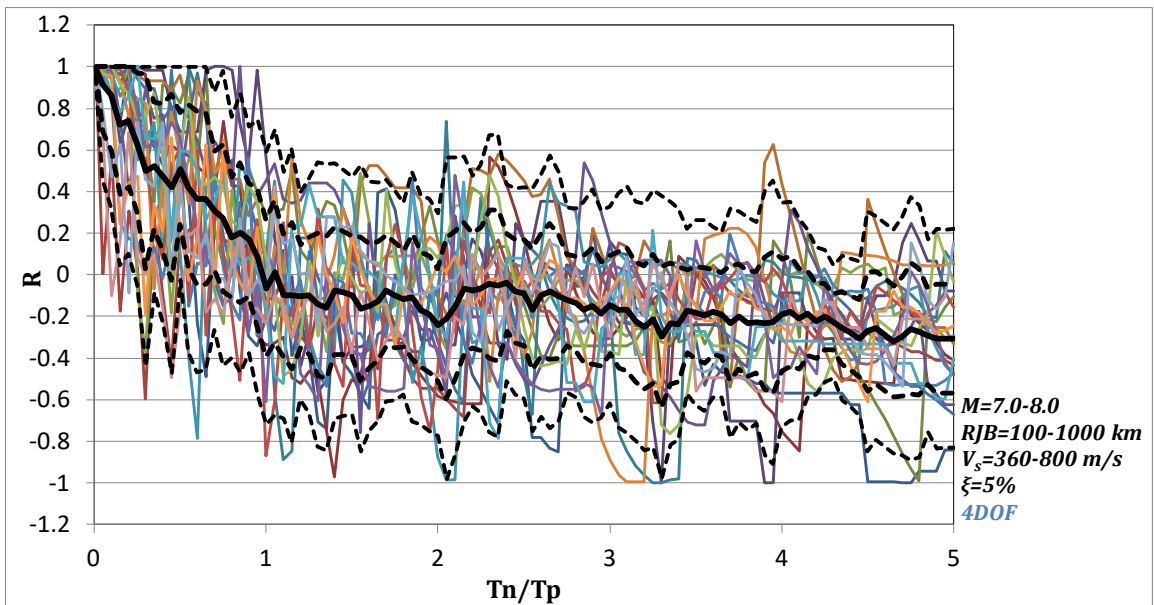
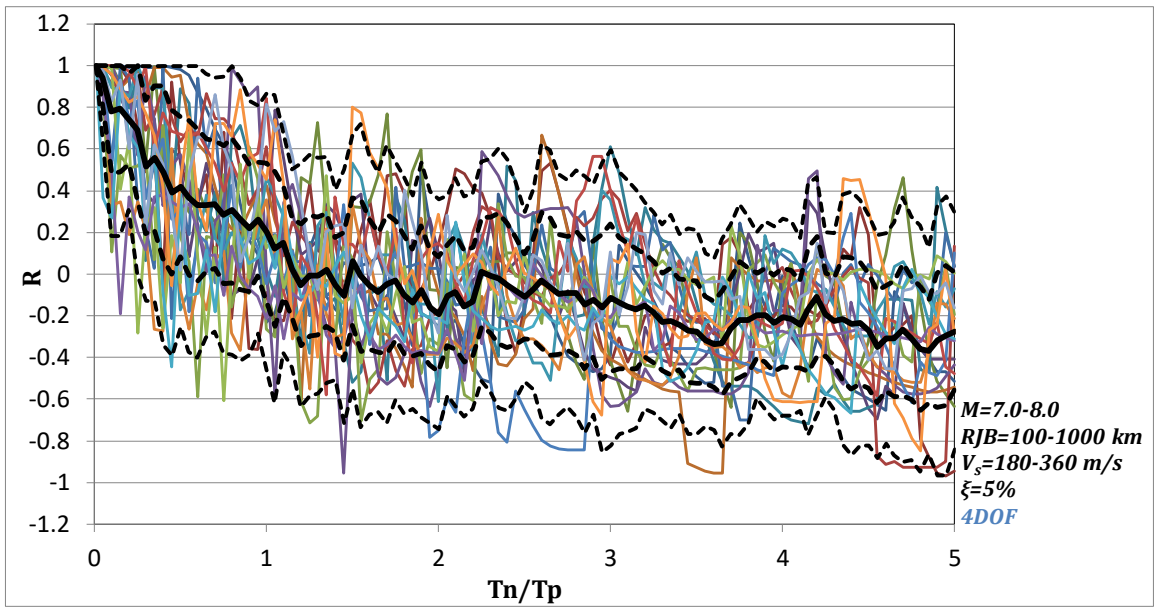
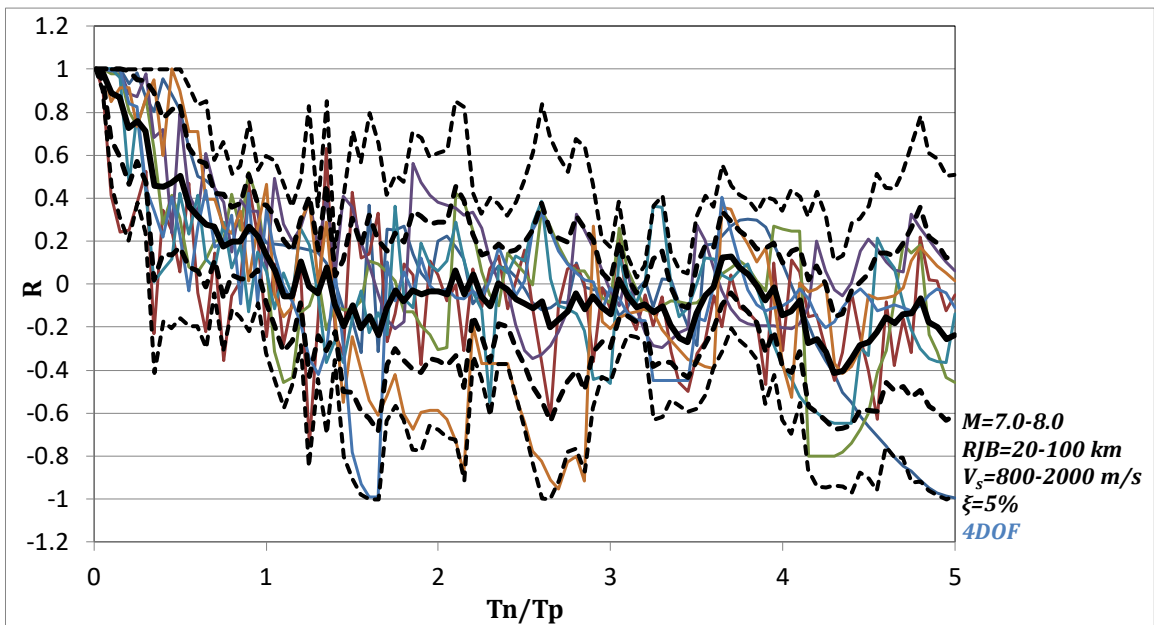


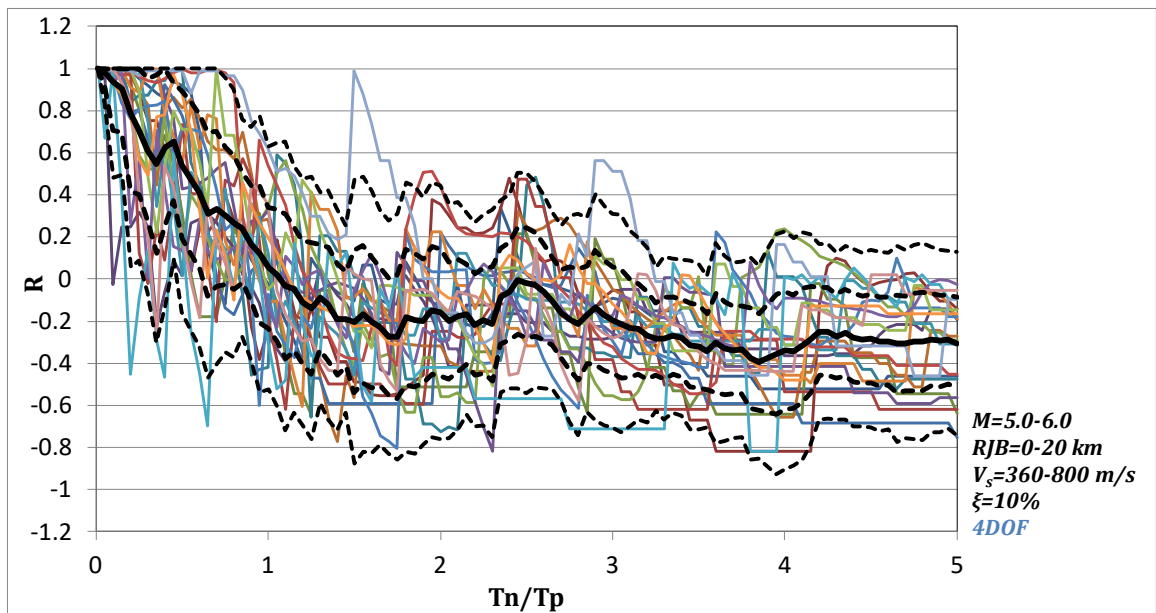
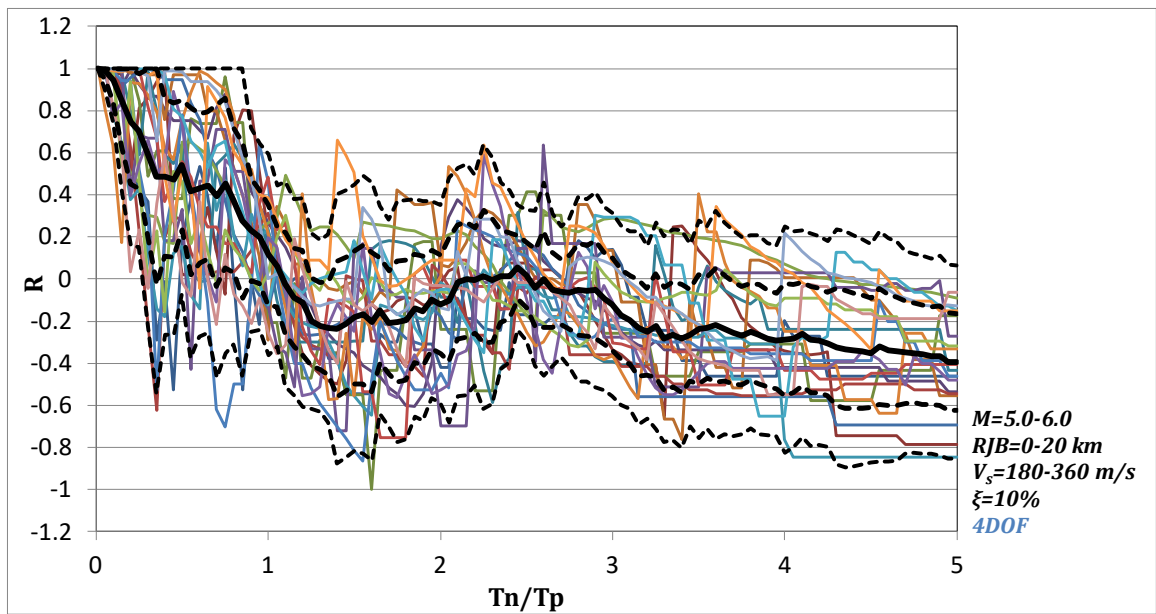
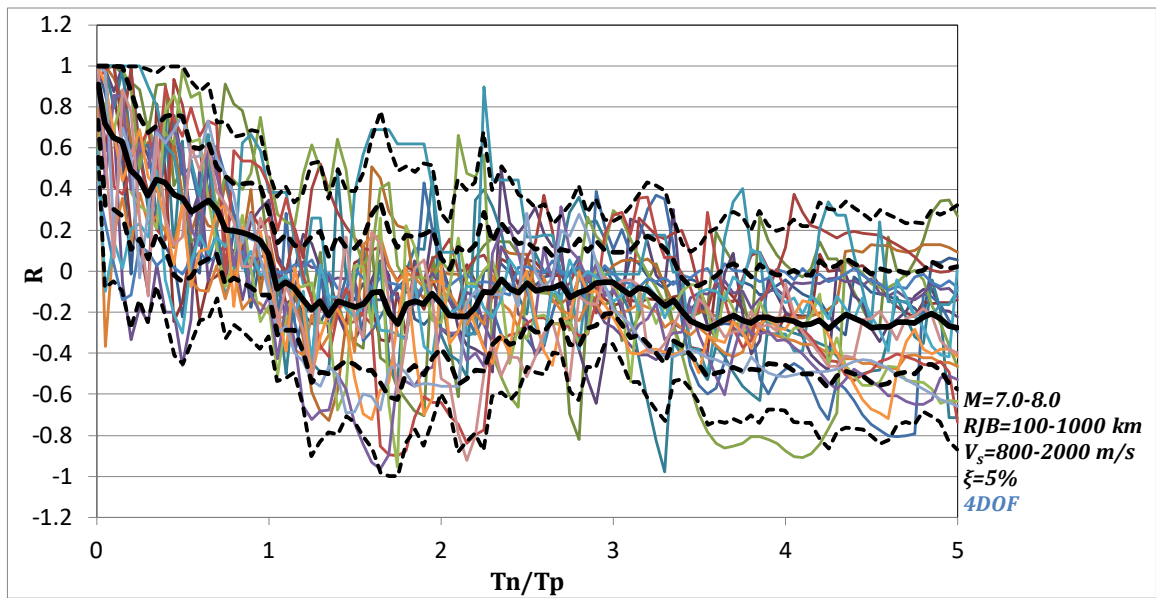


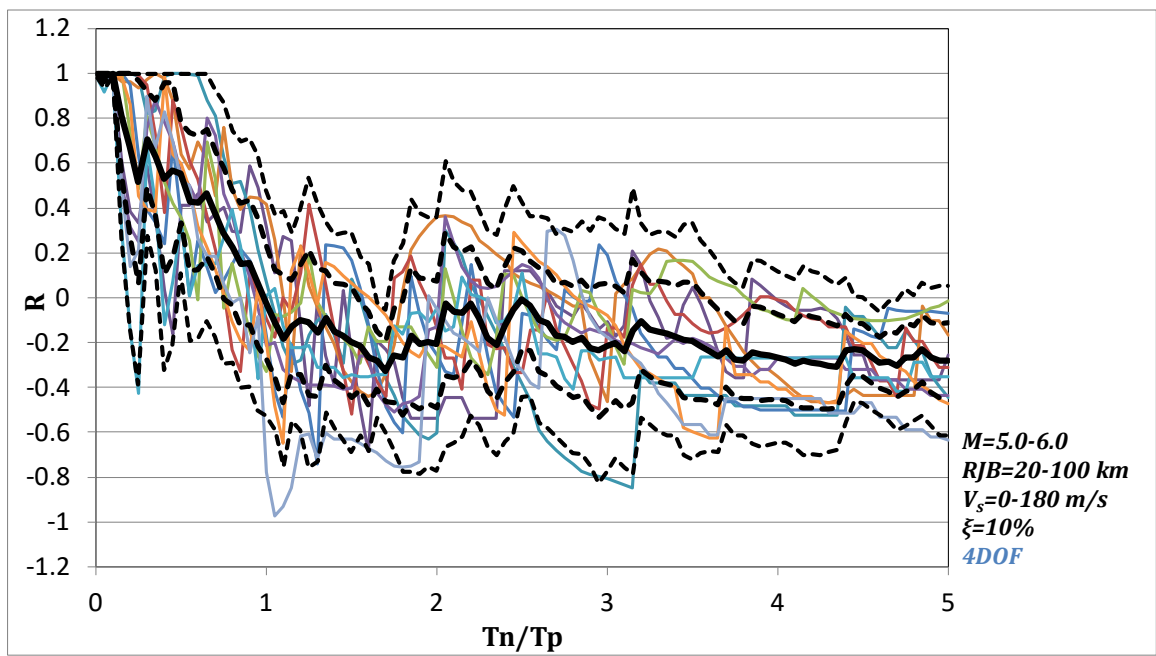
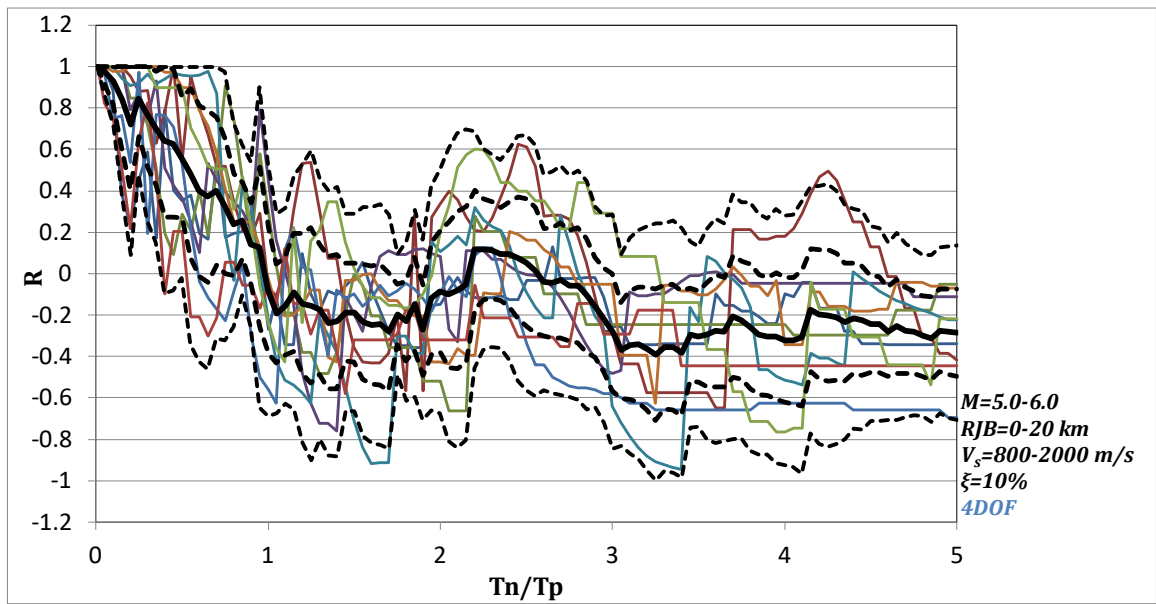
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



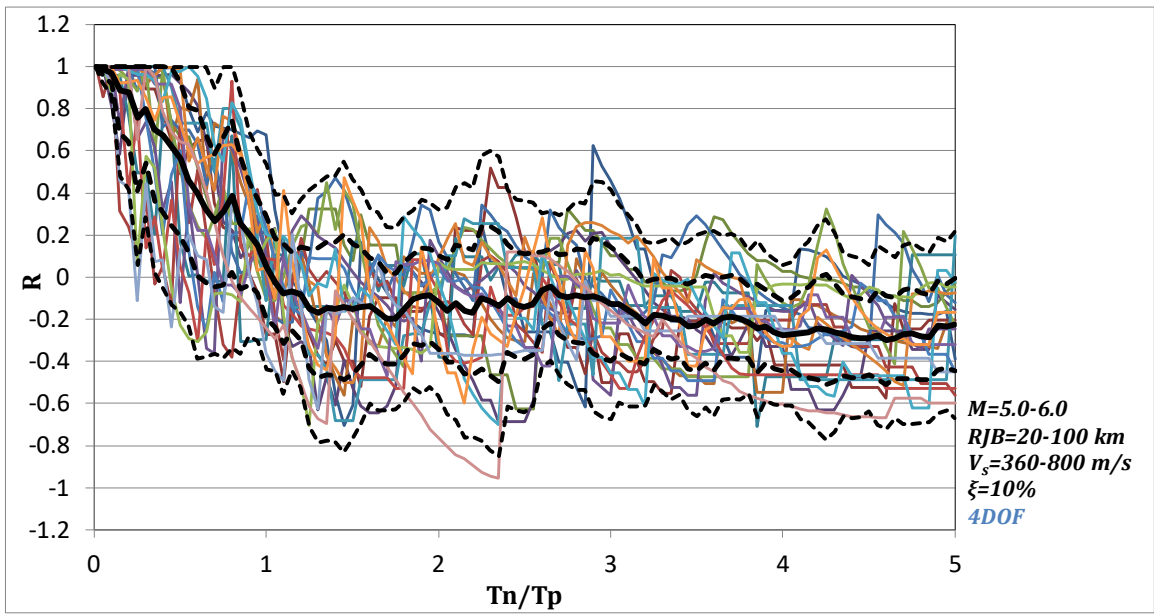
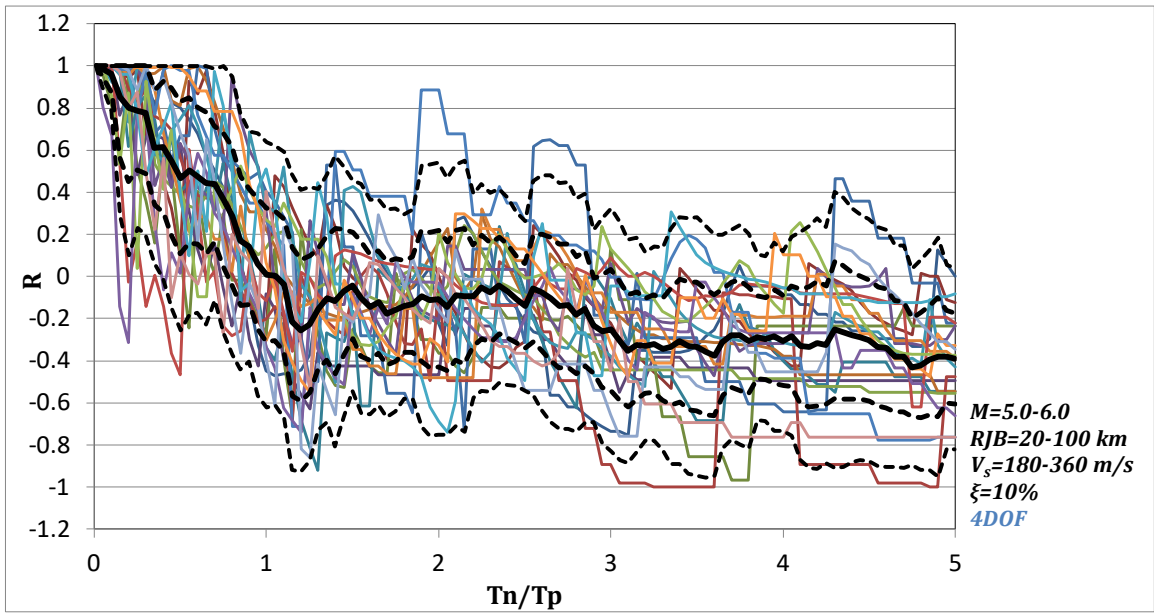
- mean
- - - mean + σ
- - - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ



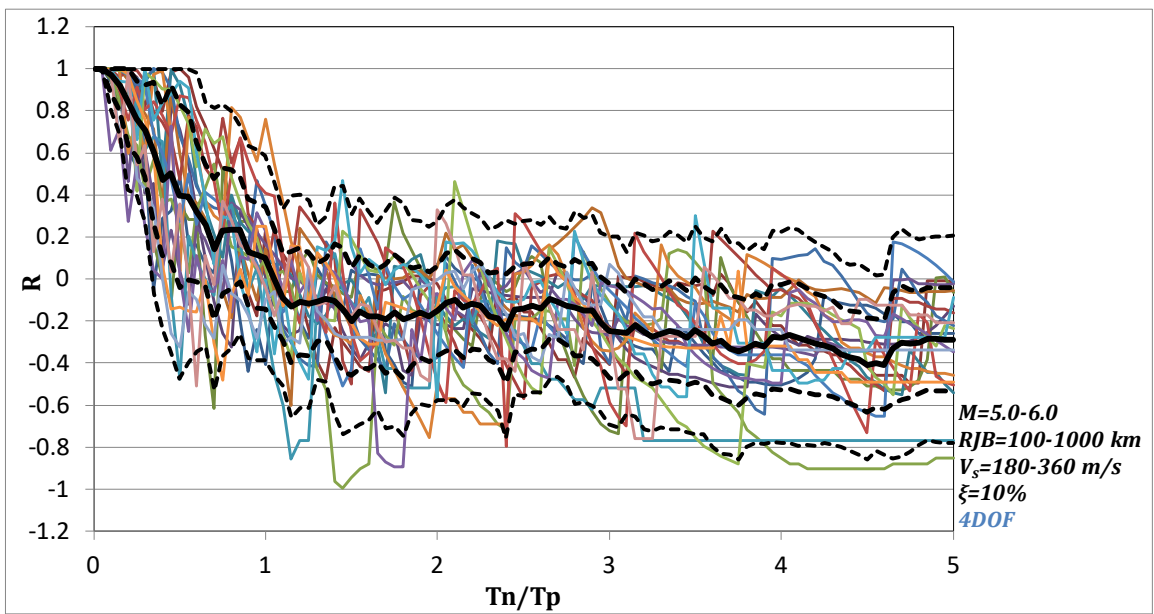
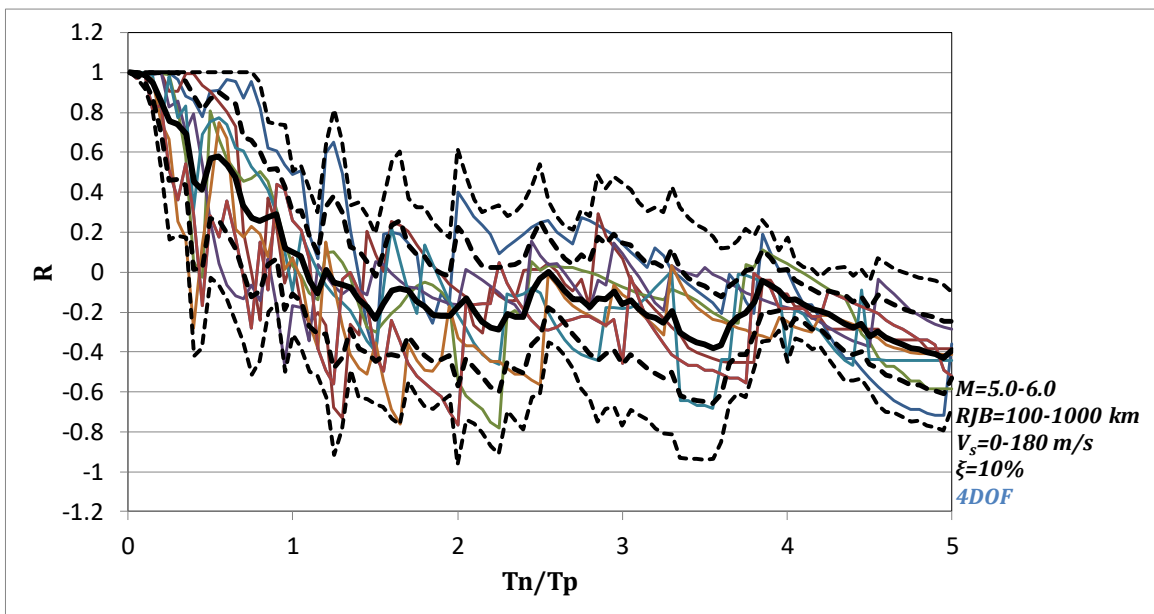
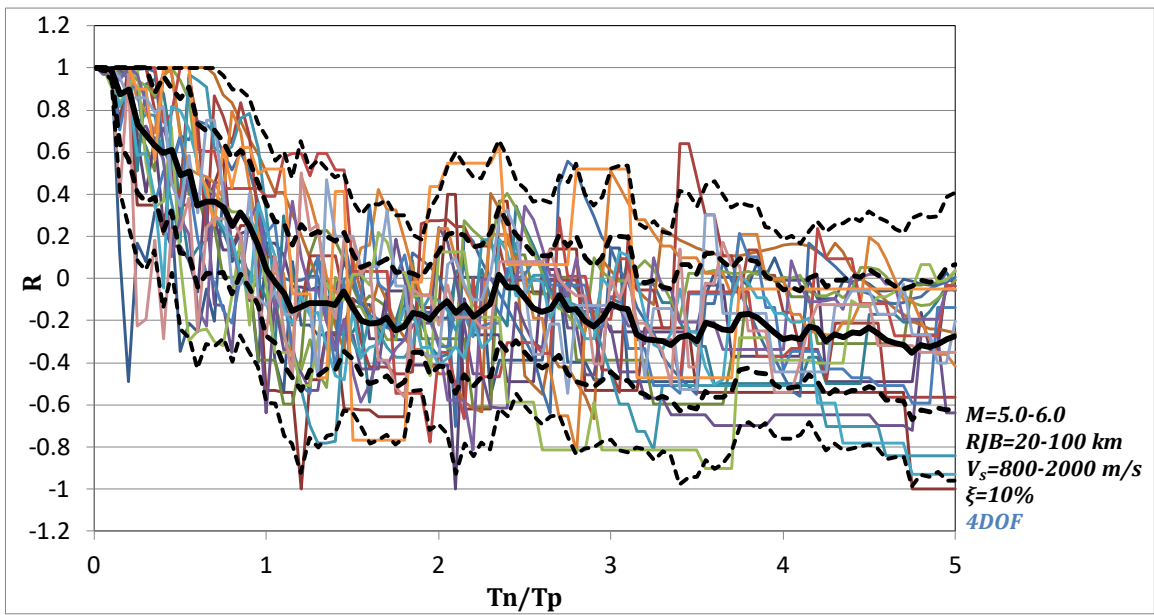


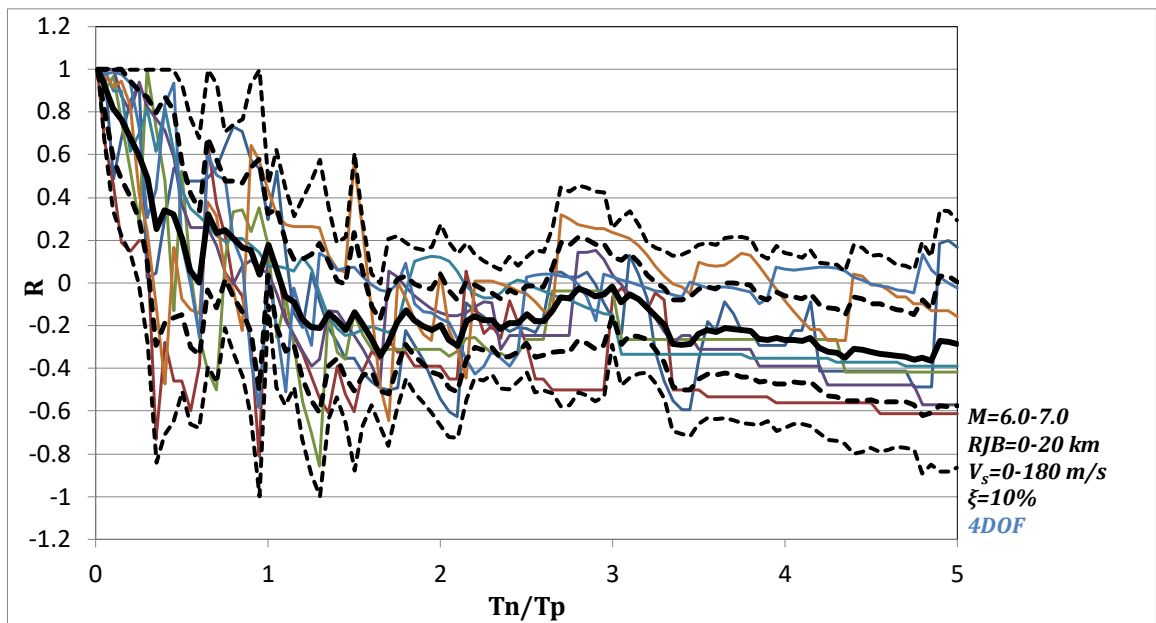
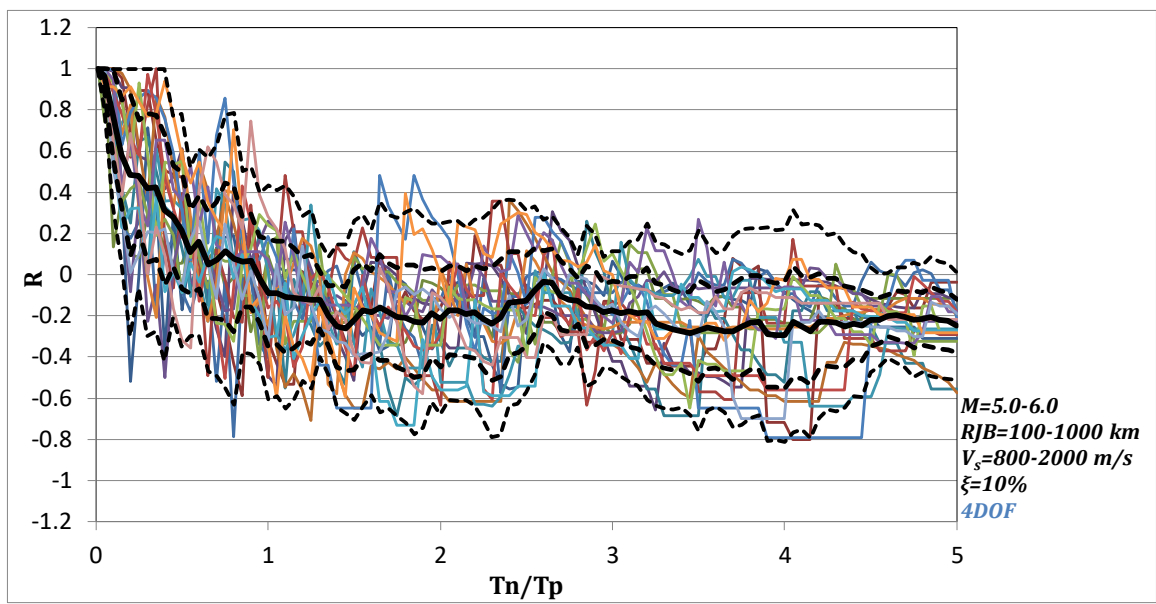
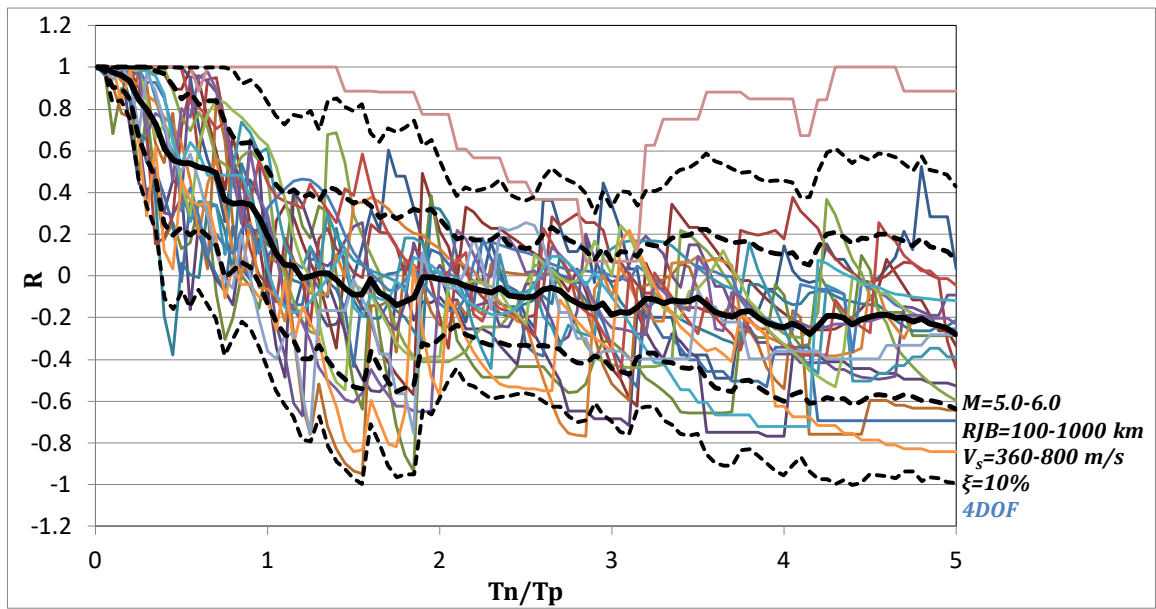


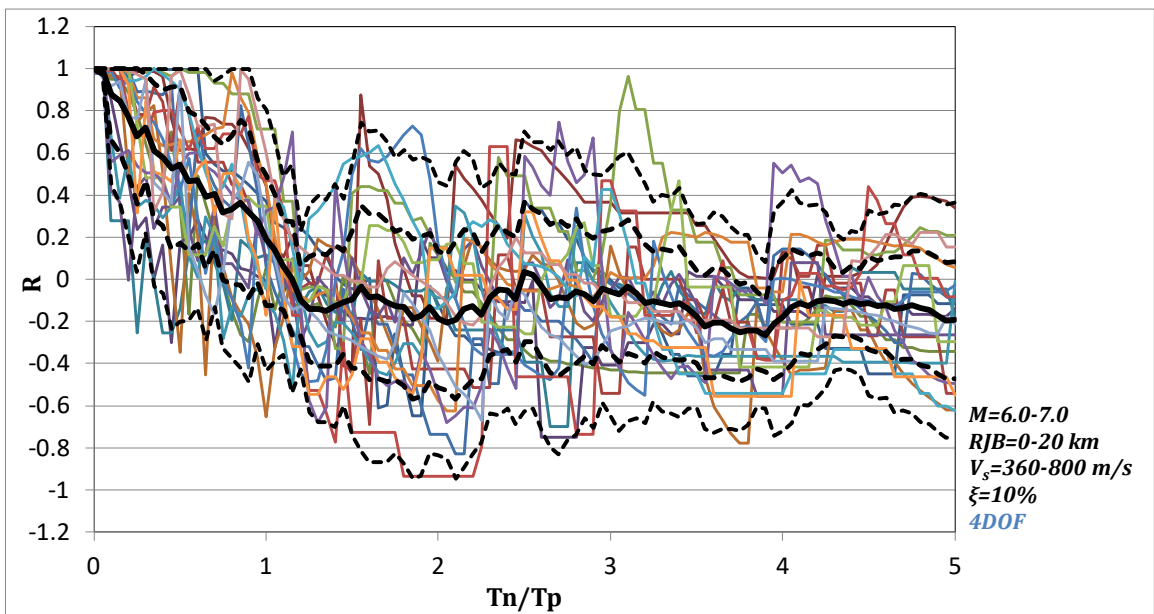
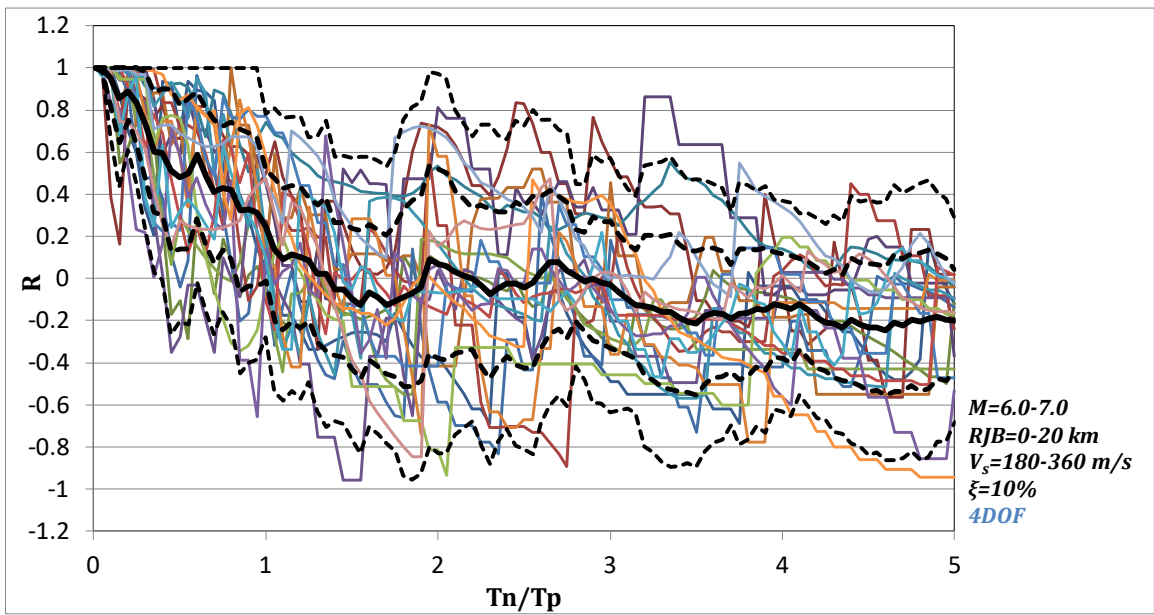
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



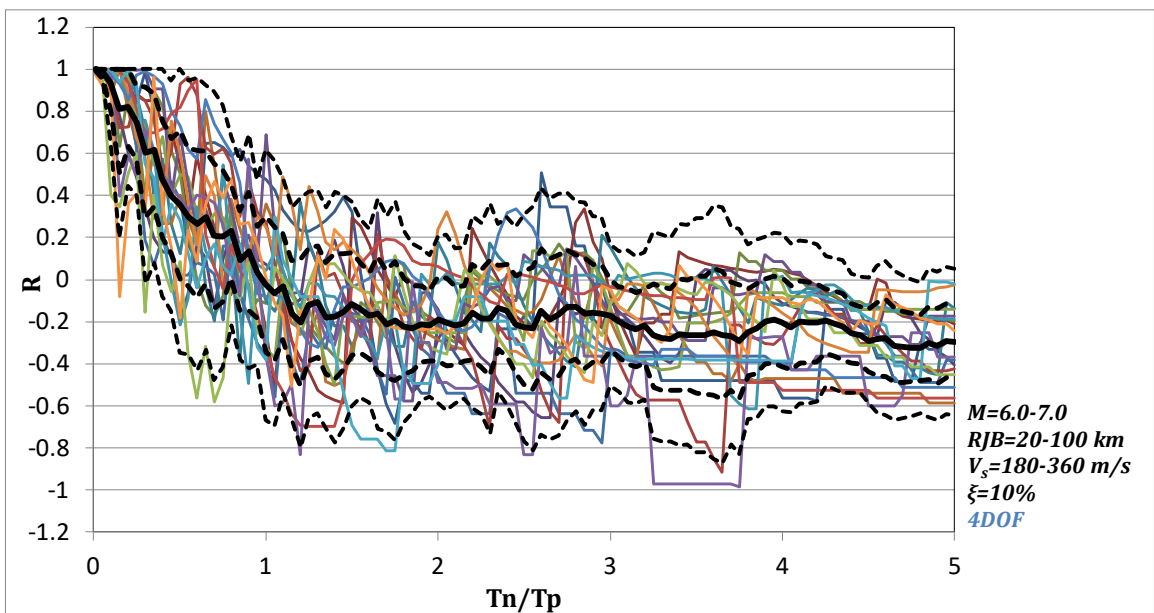
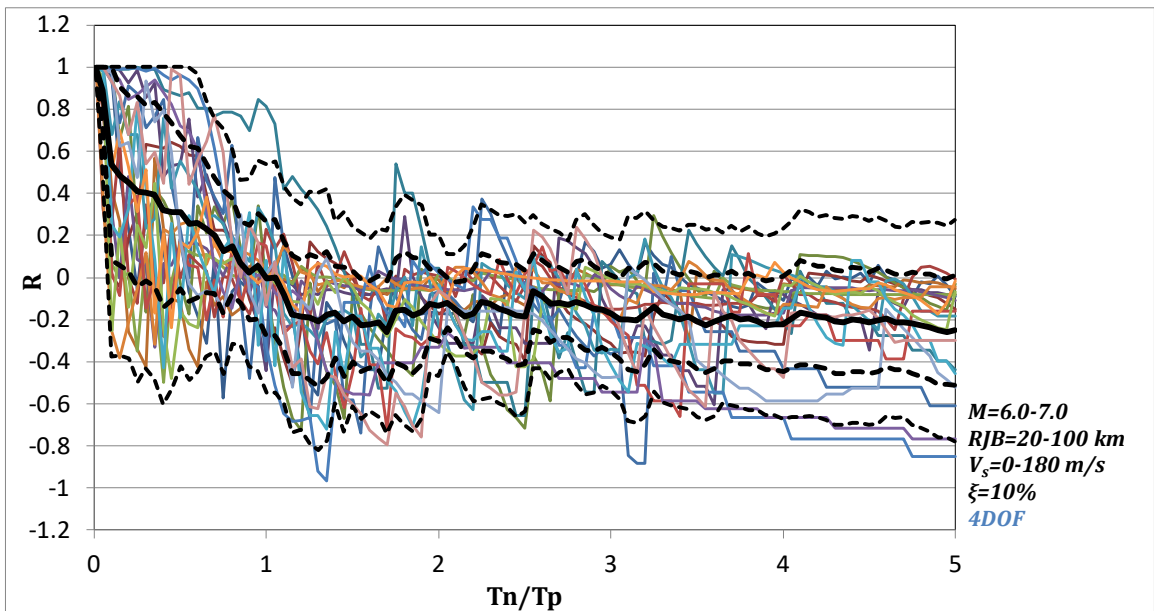
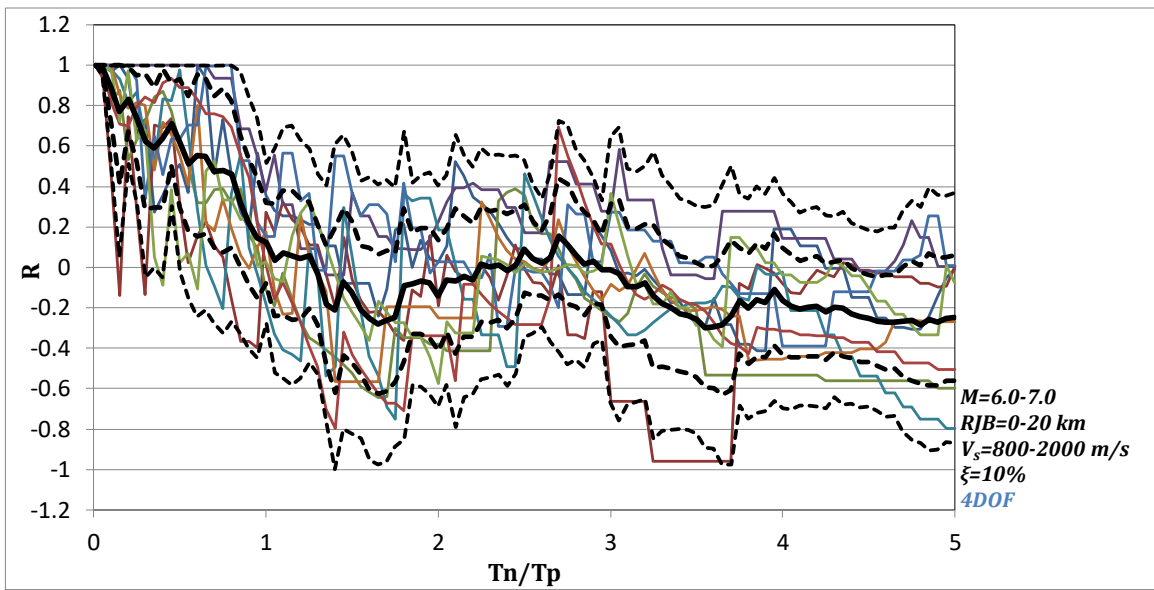
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

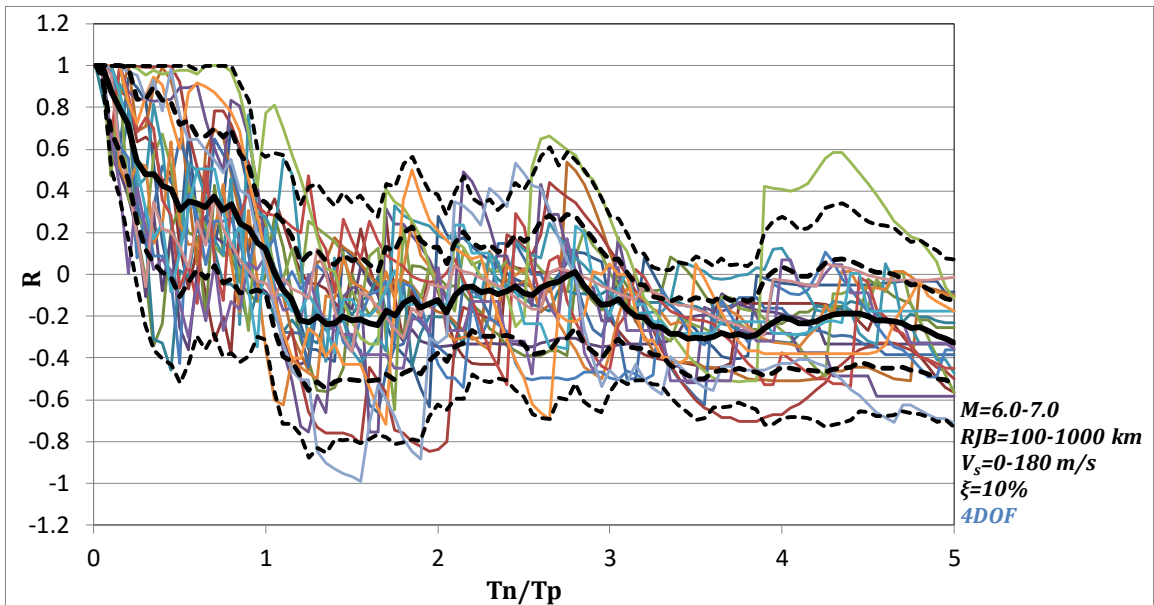
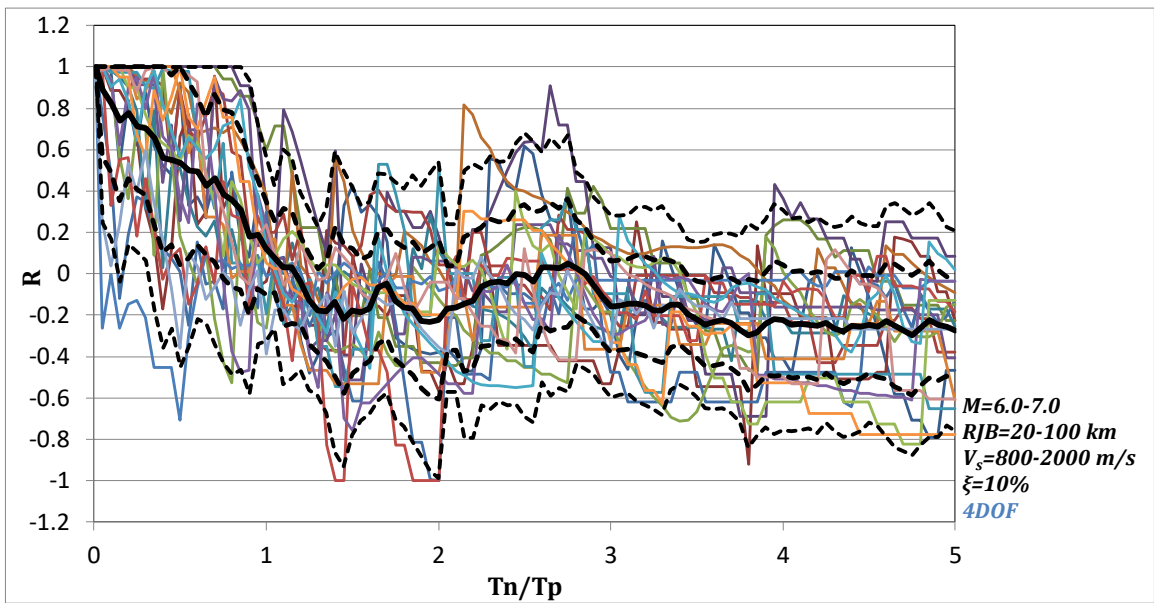
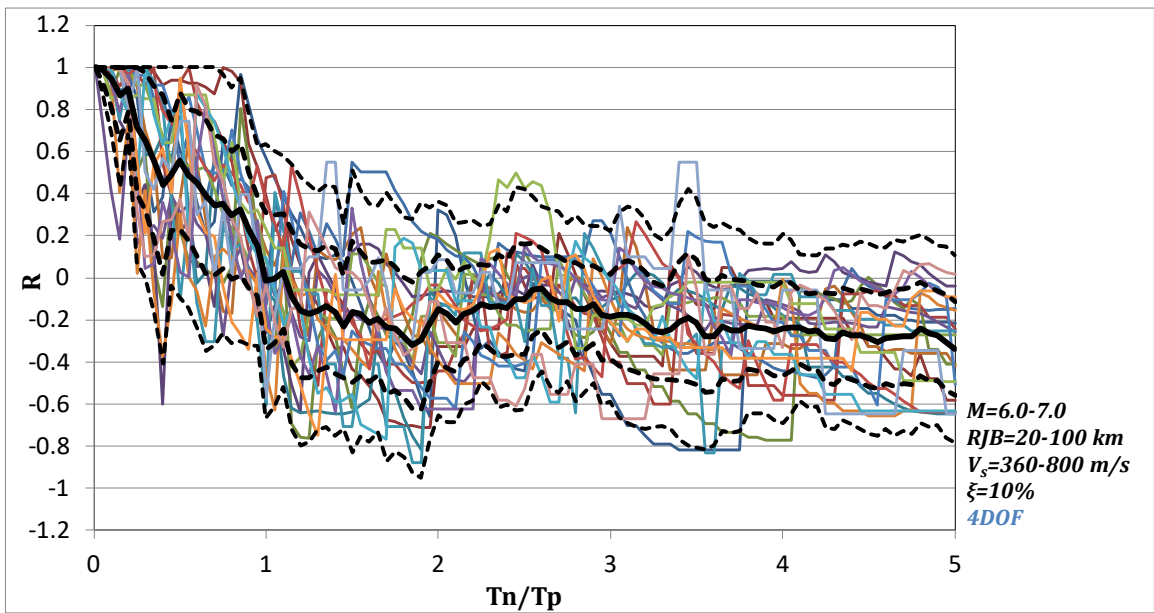


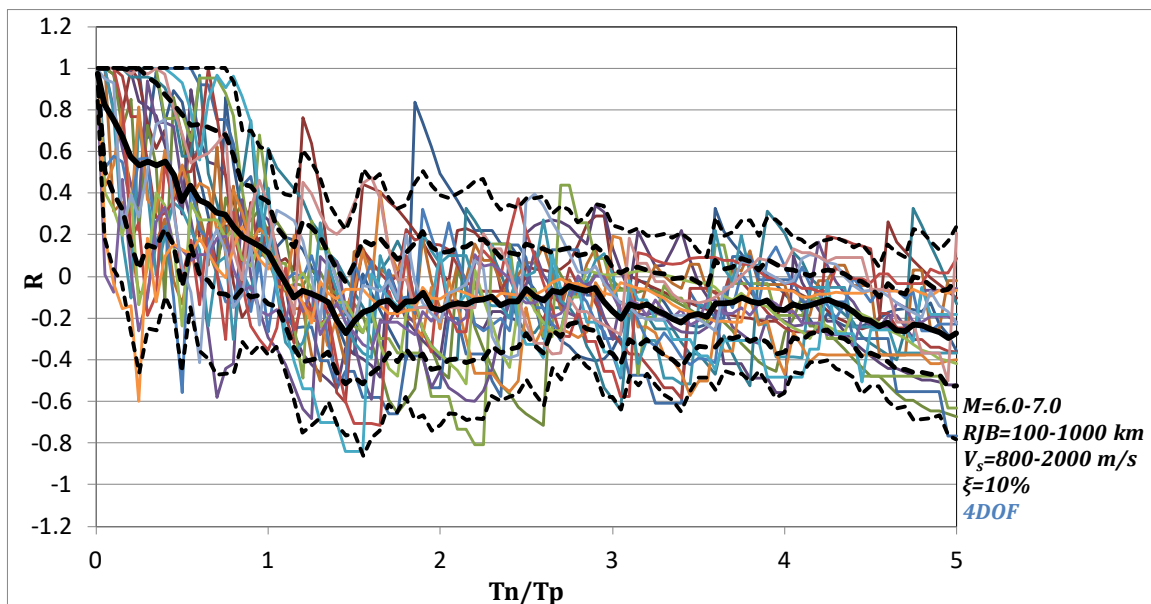
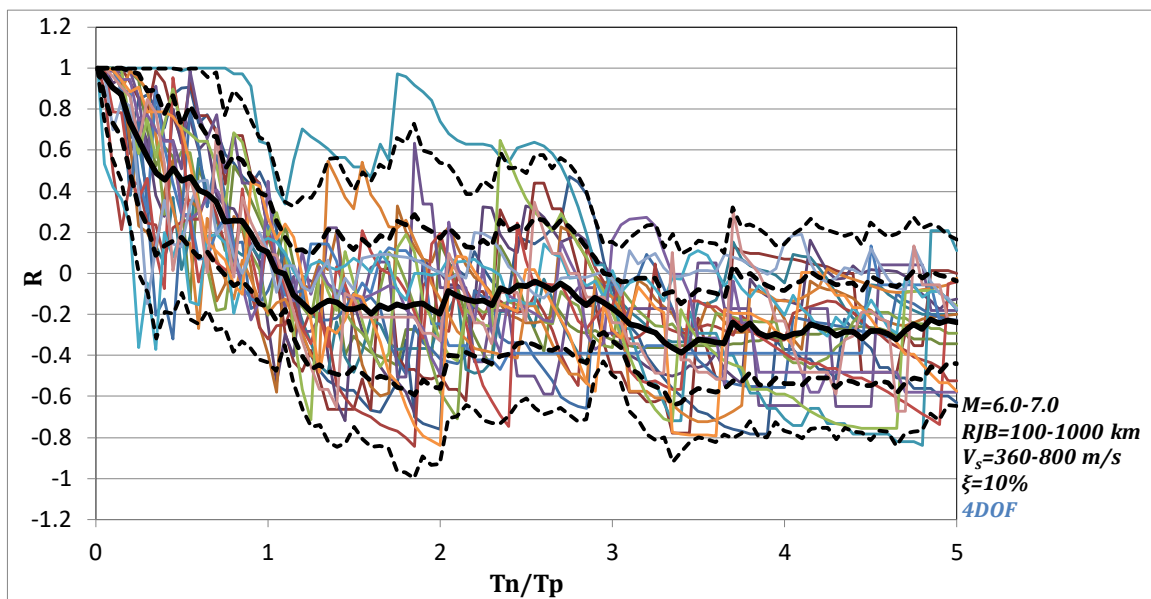
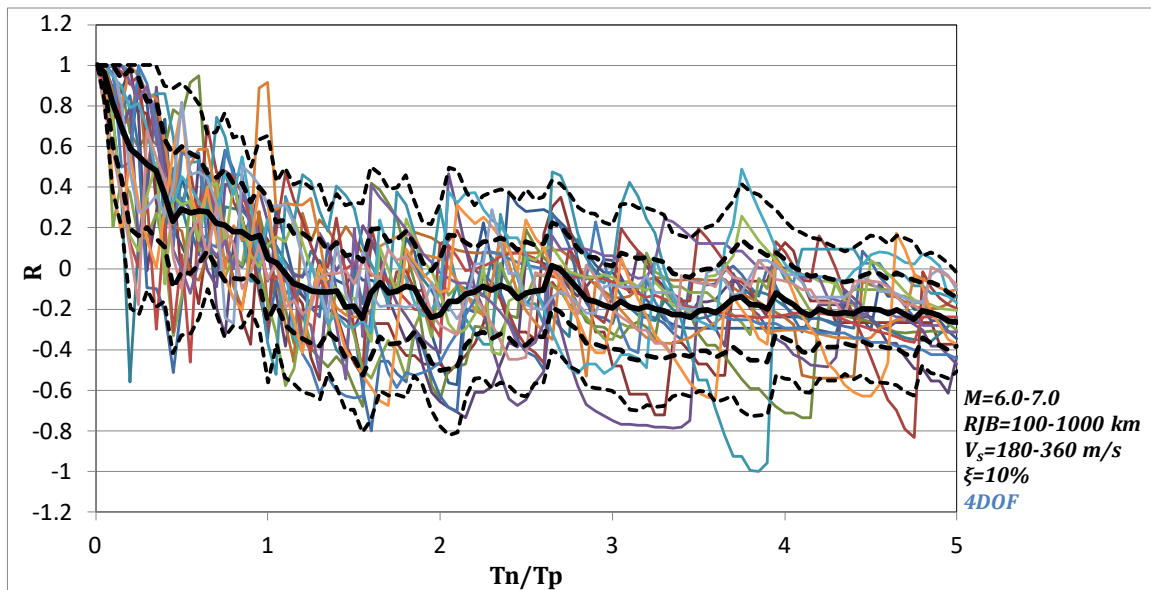


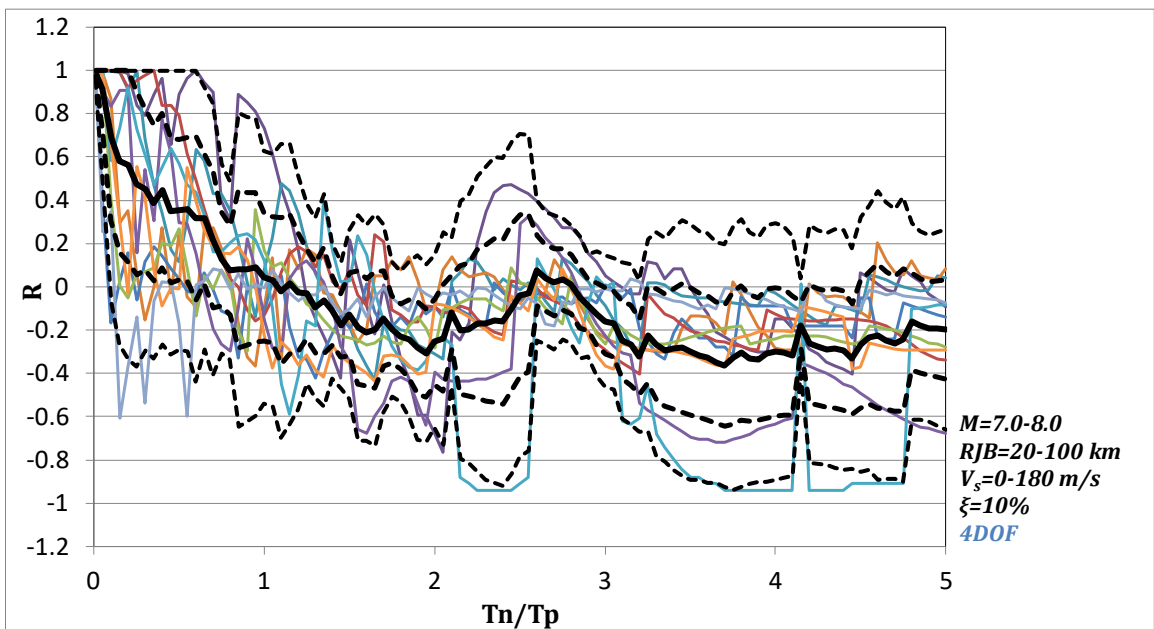
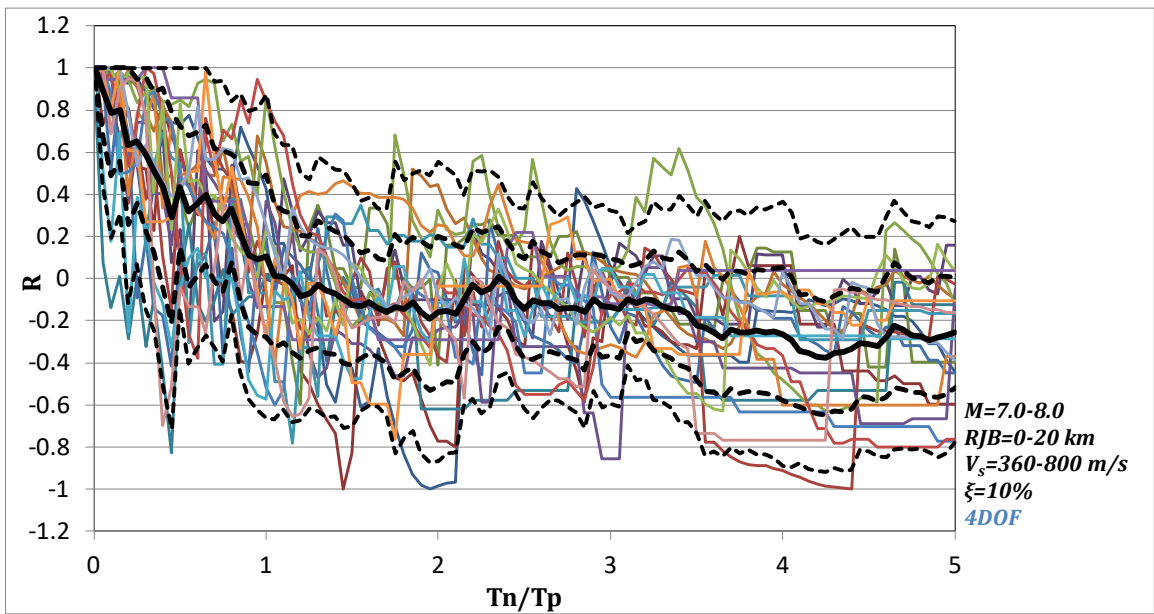
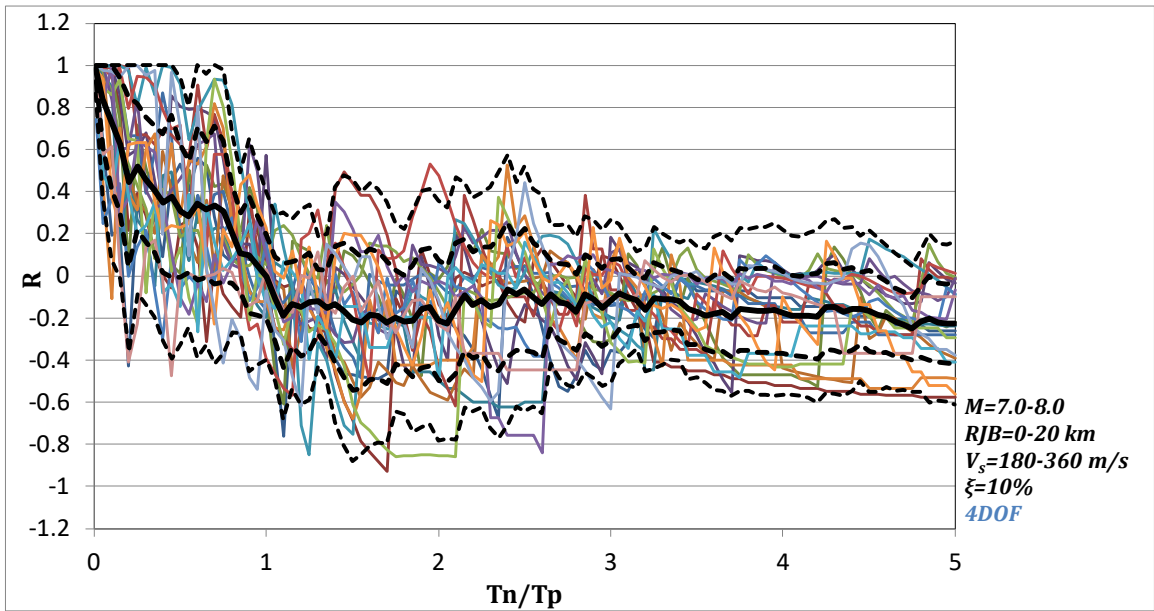


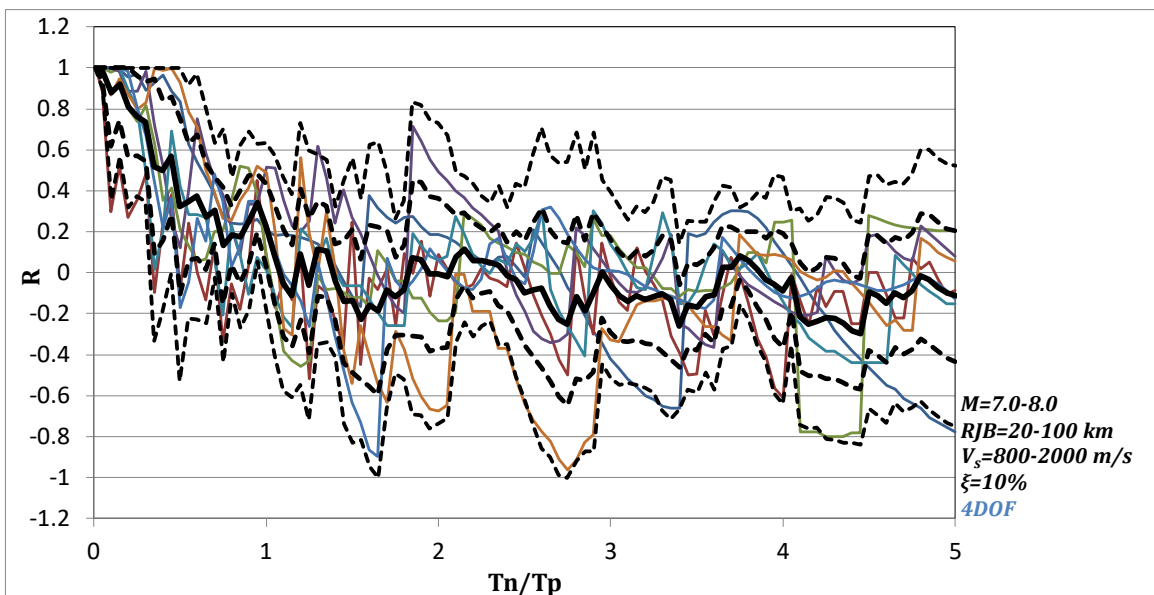
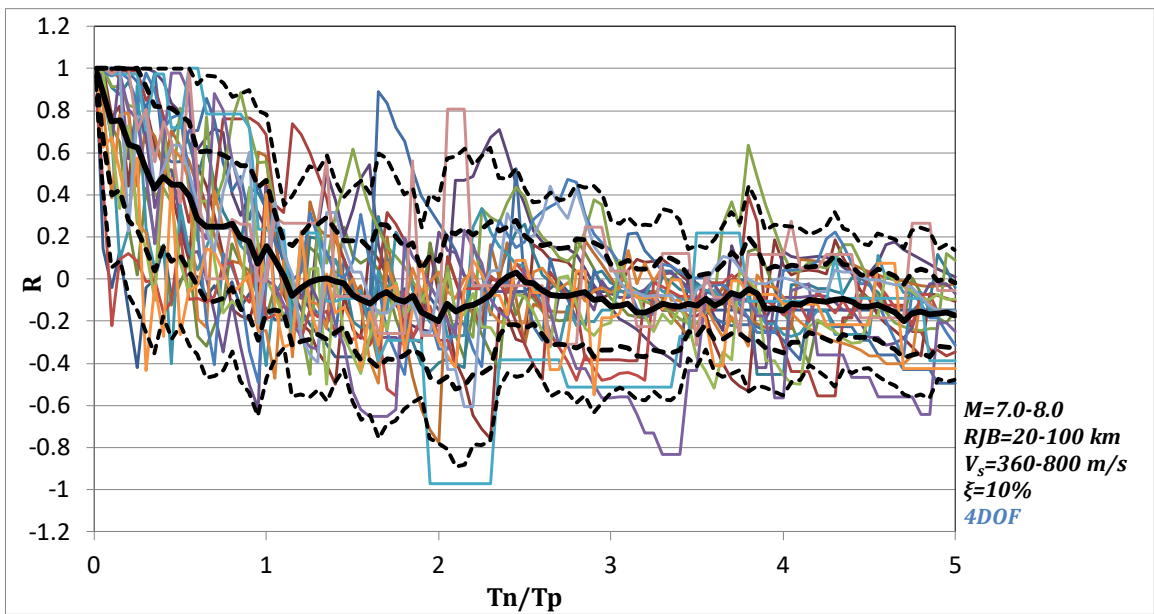
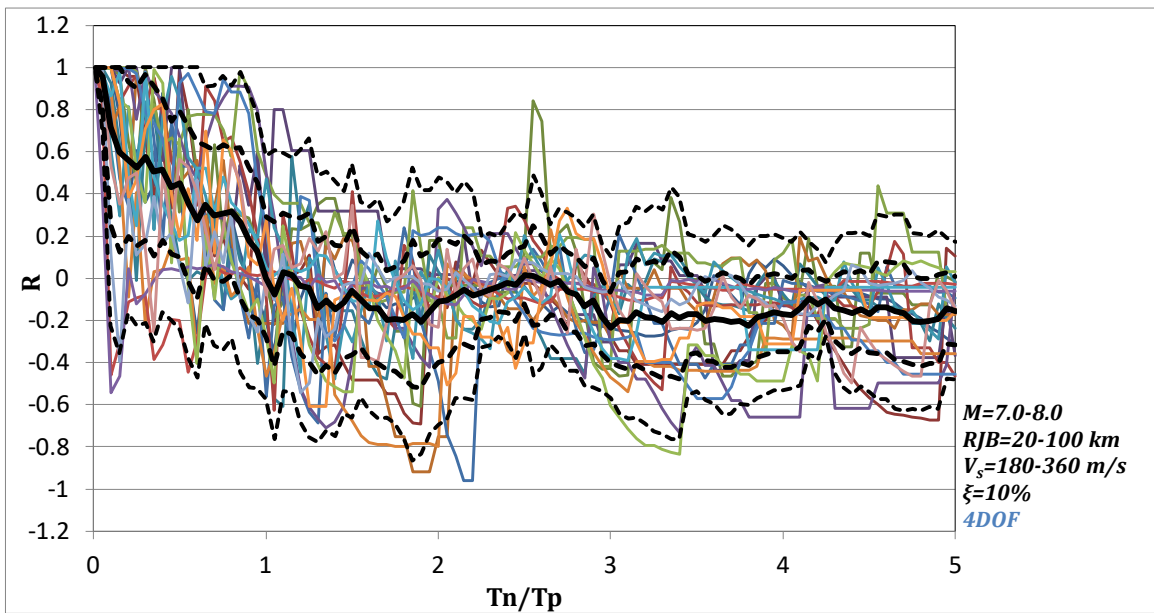
- mean
- - - mean + σ
- - - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ

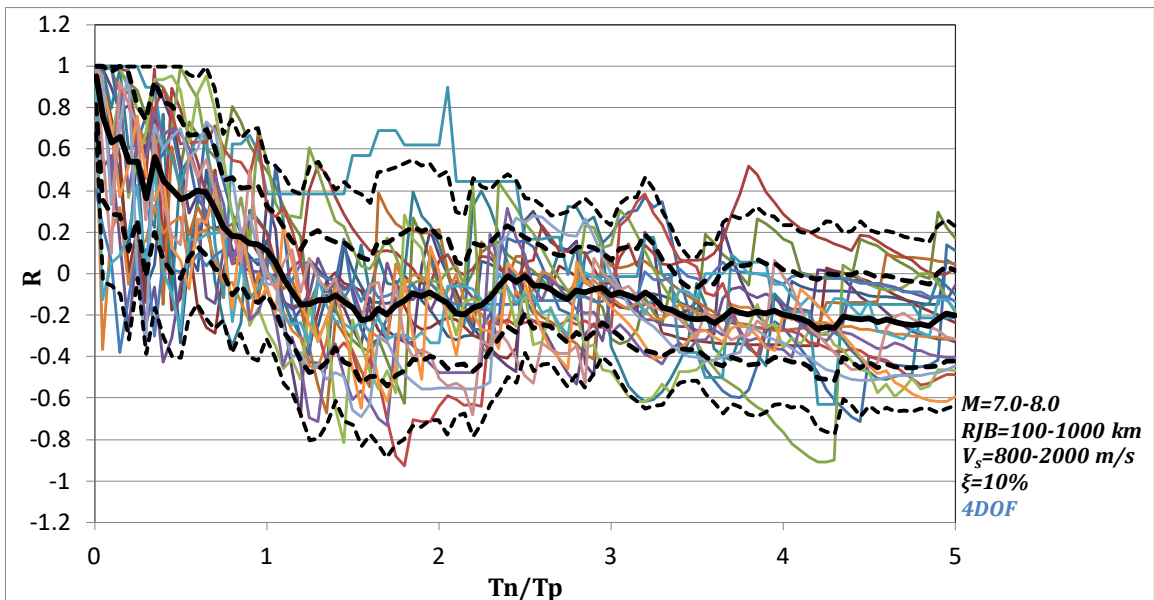
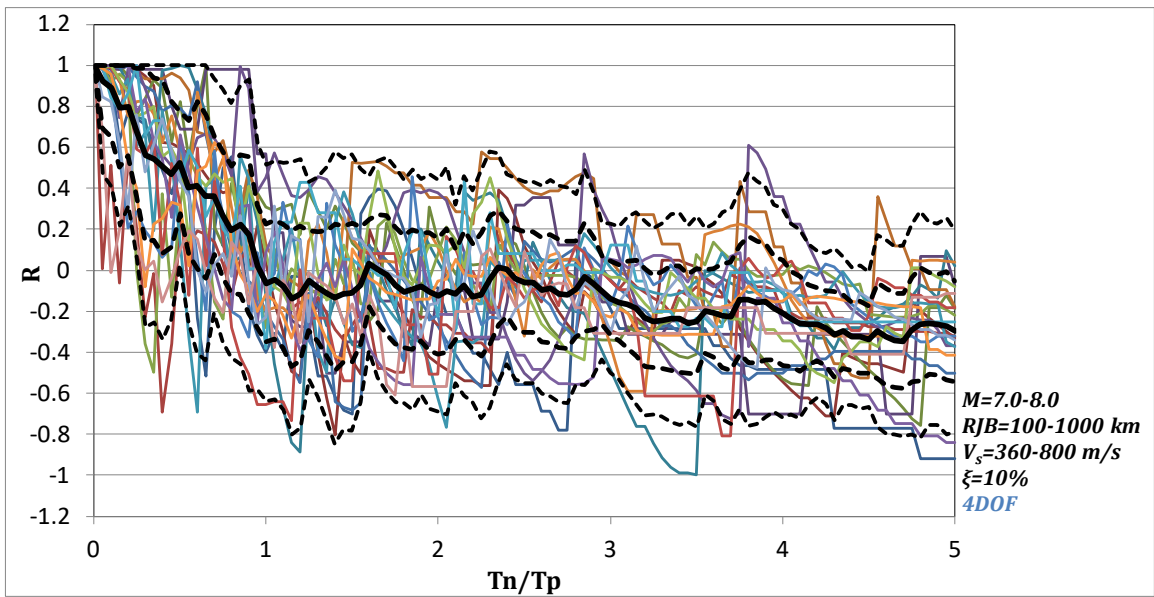
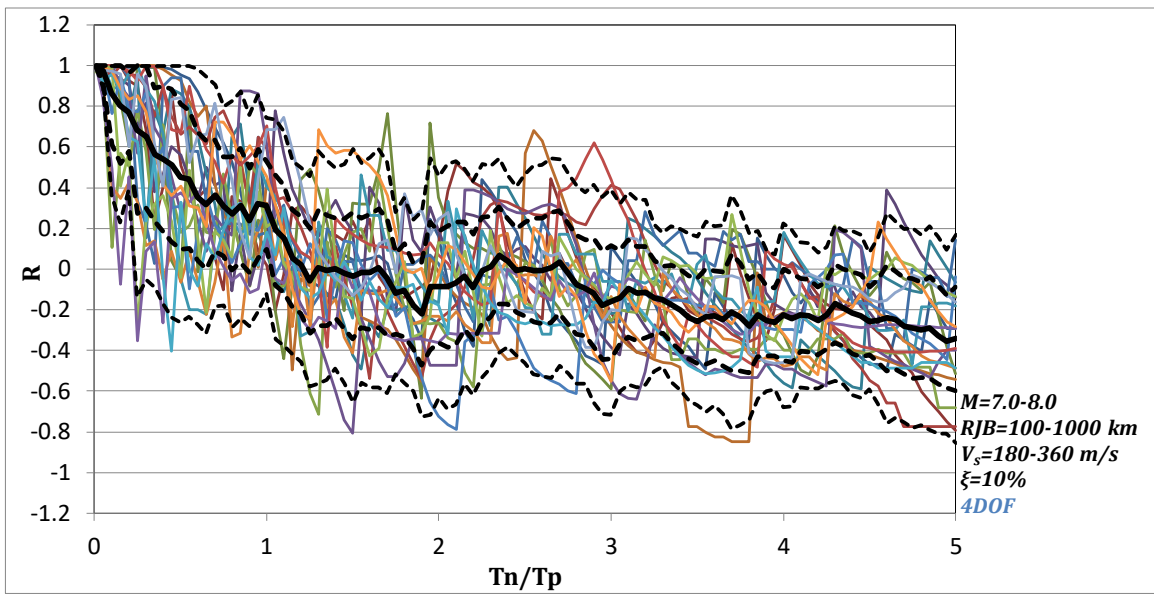




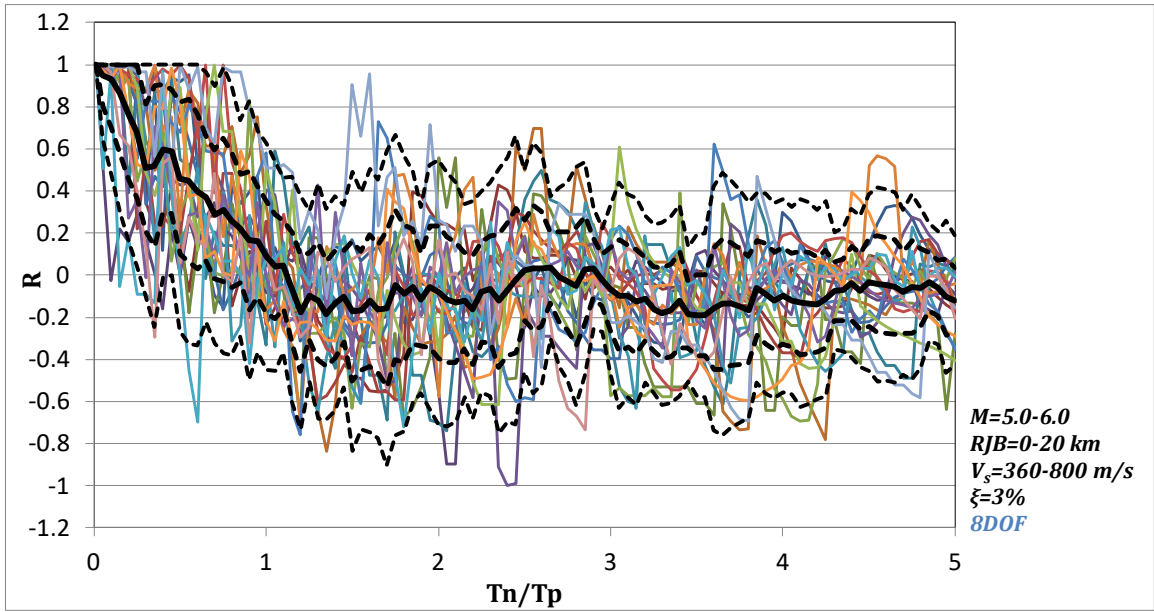
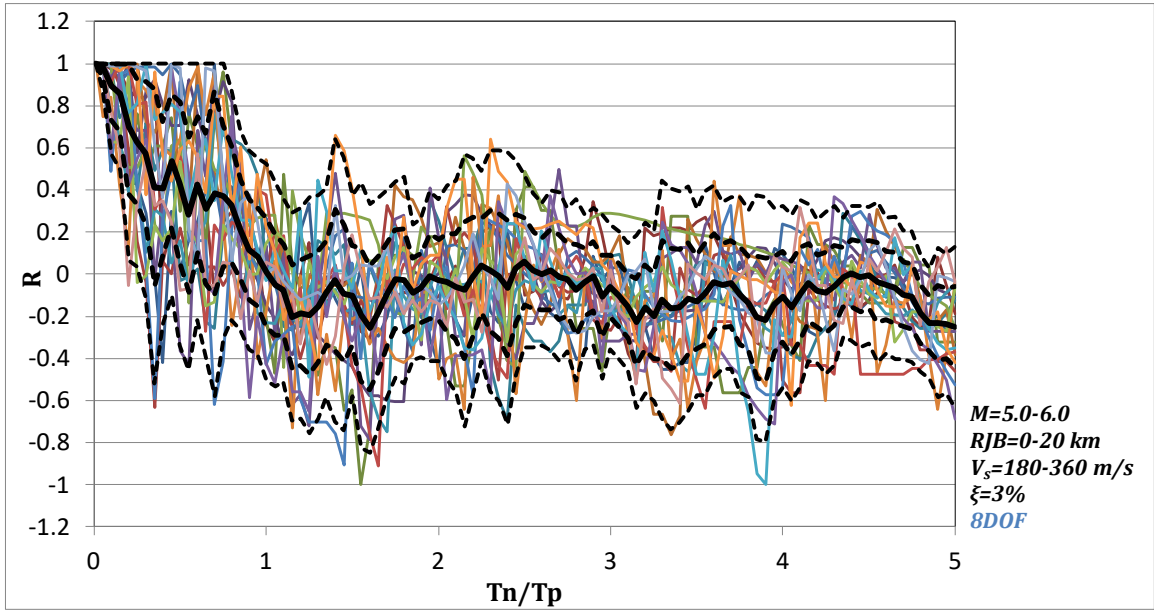




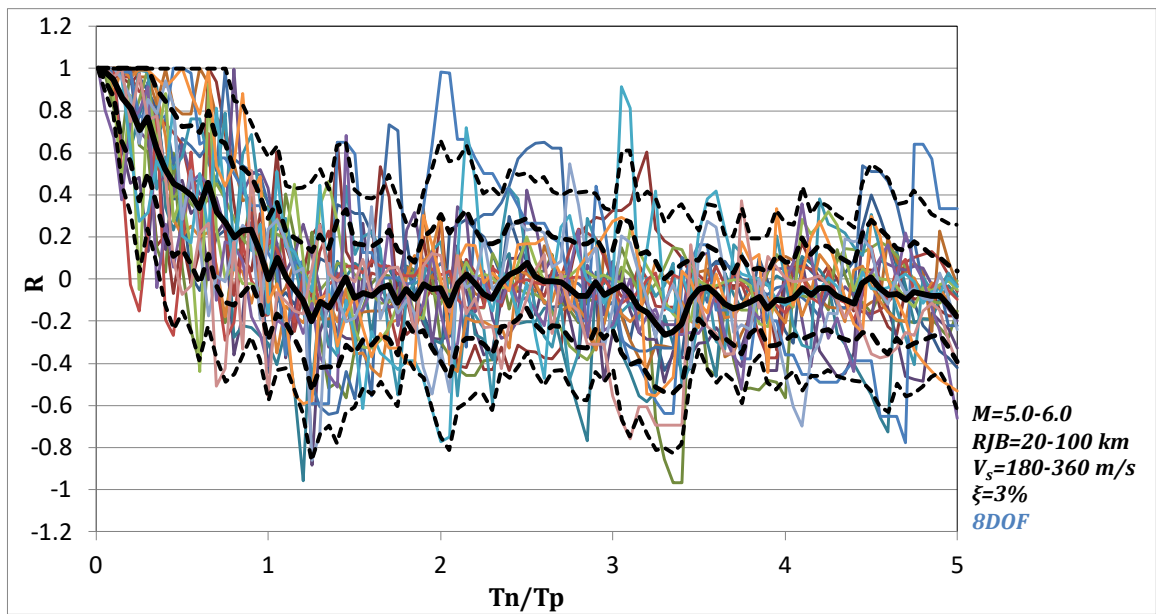
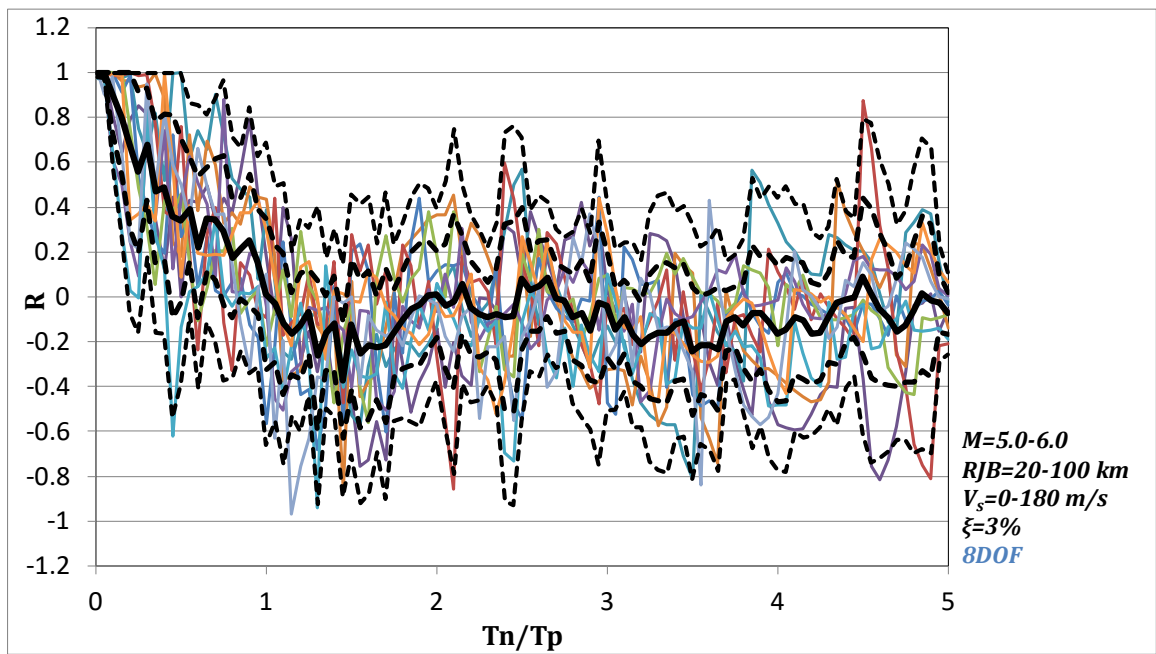
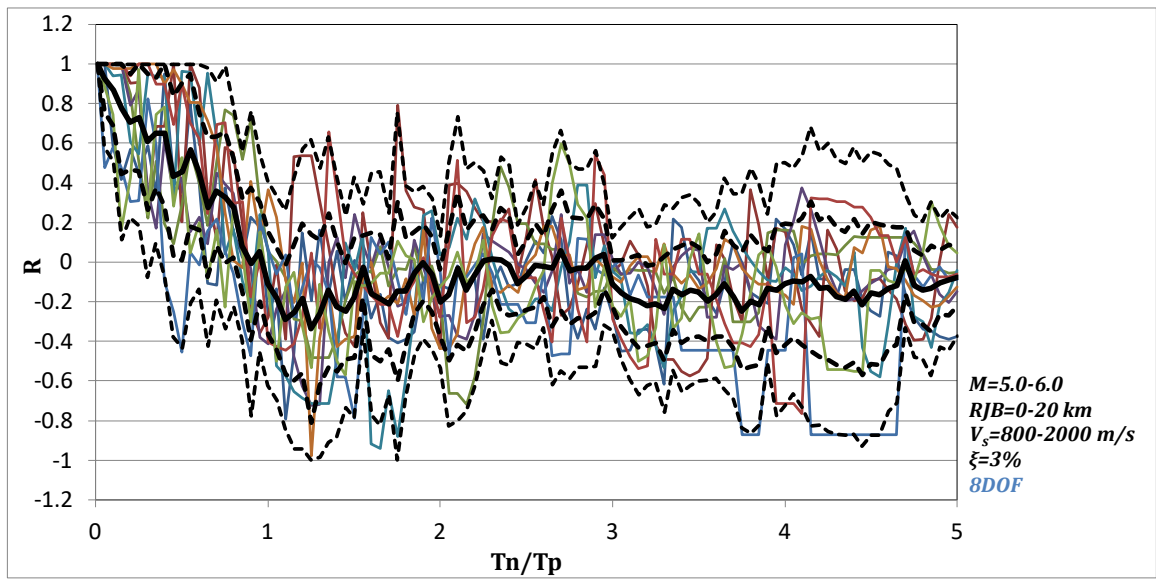


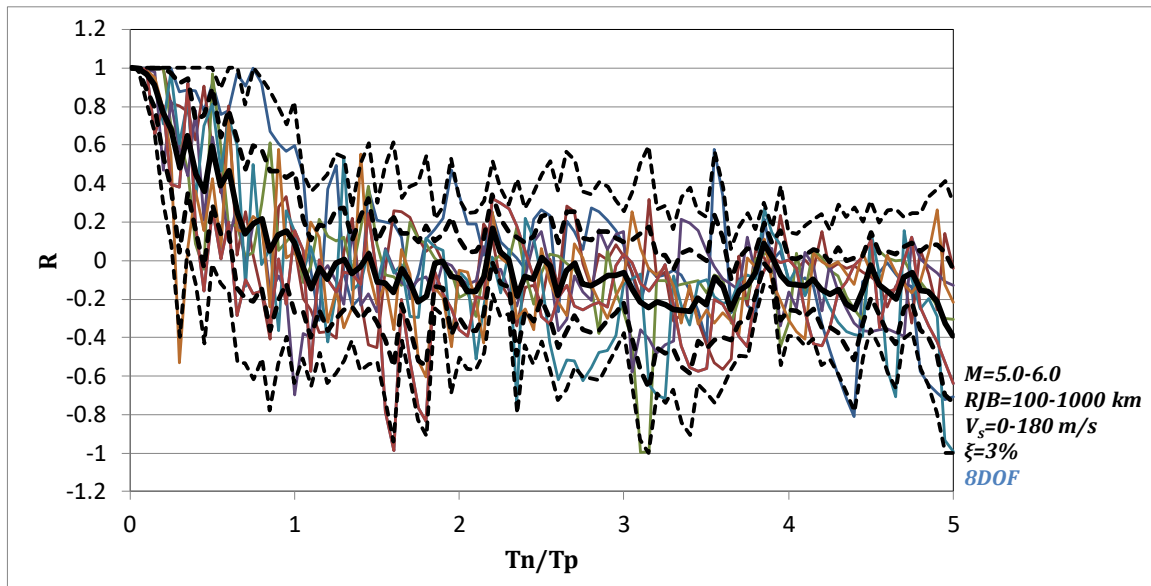
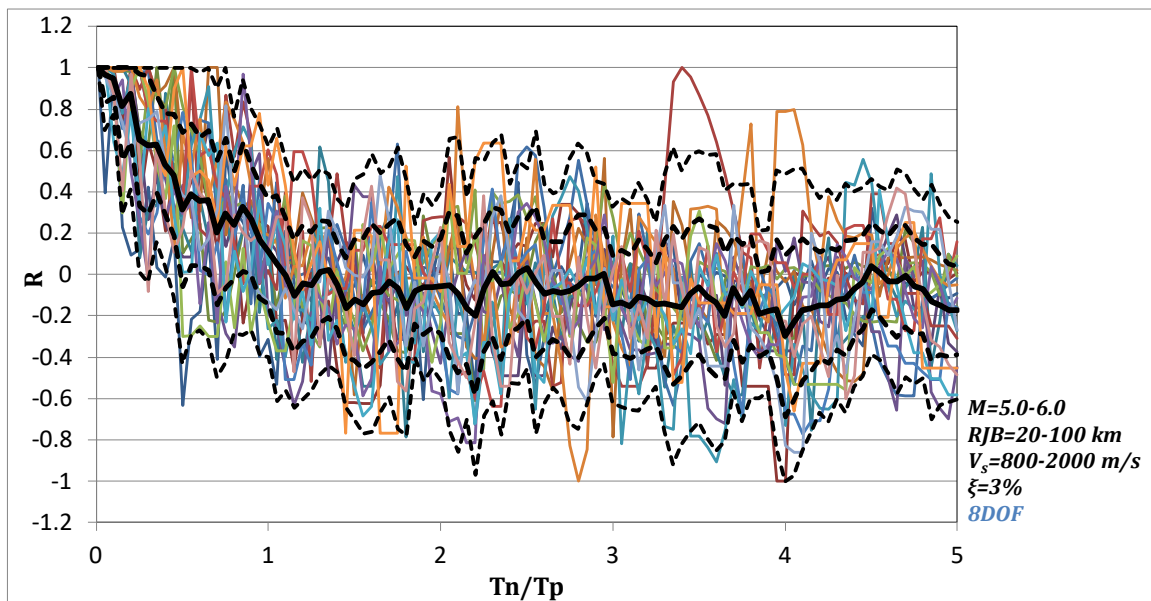
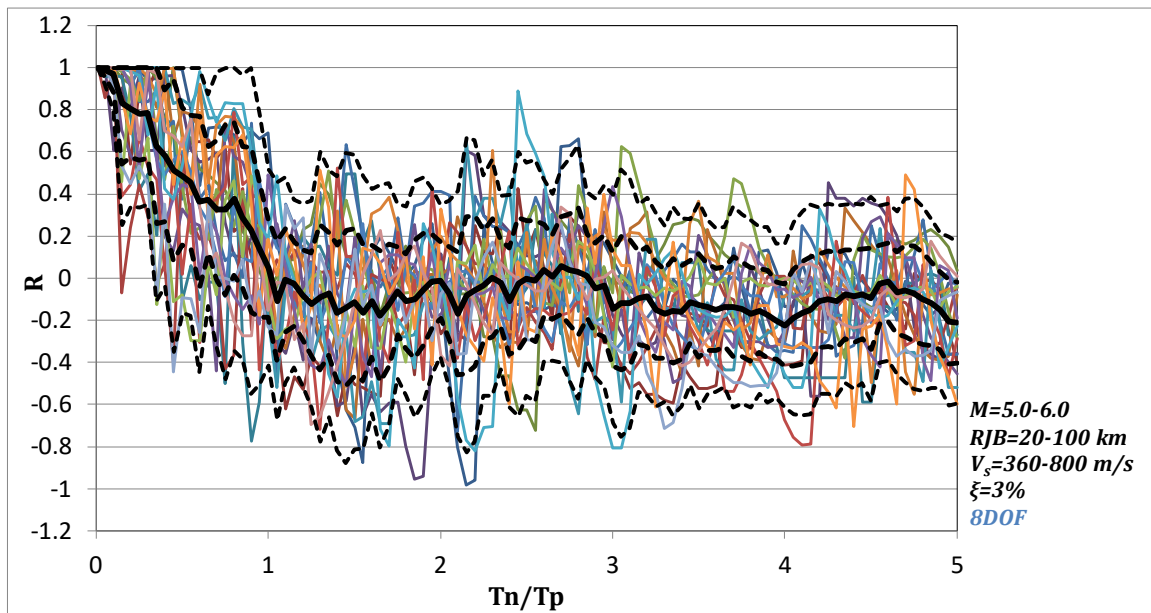


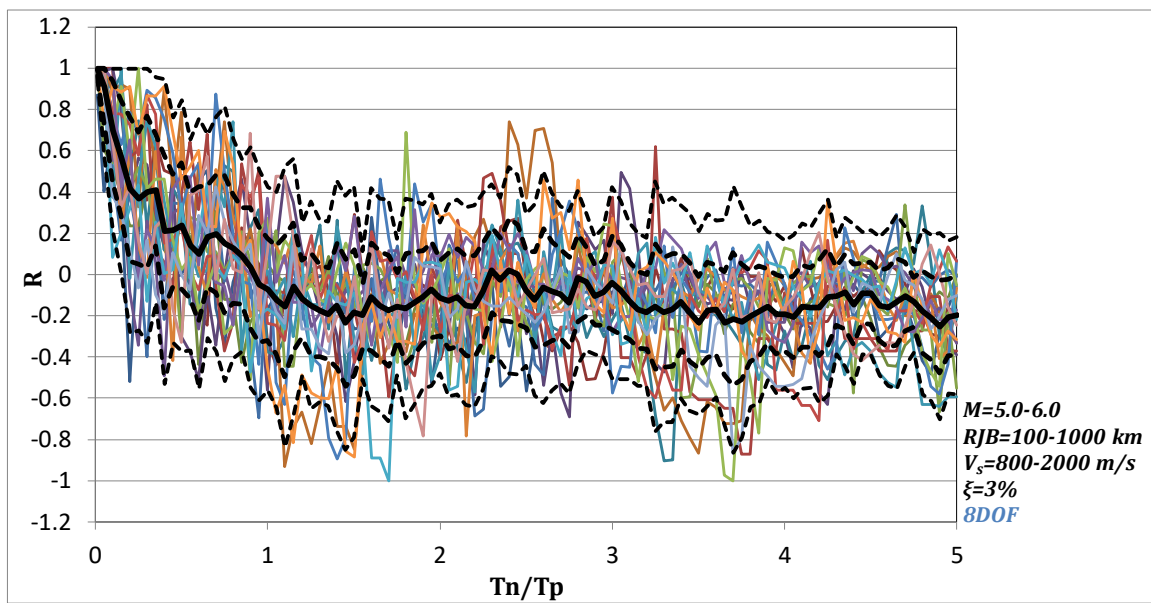
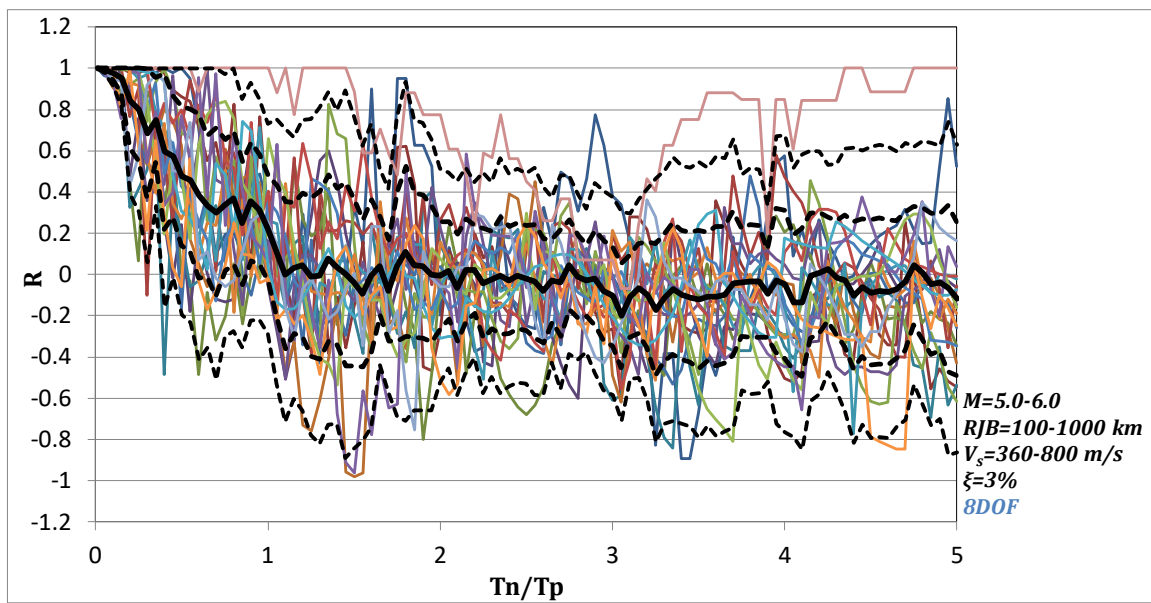
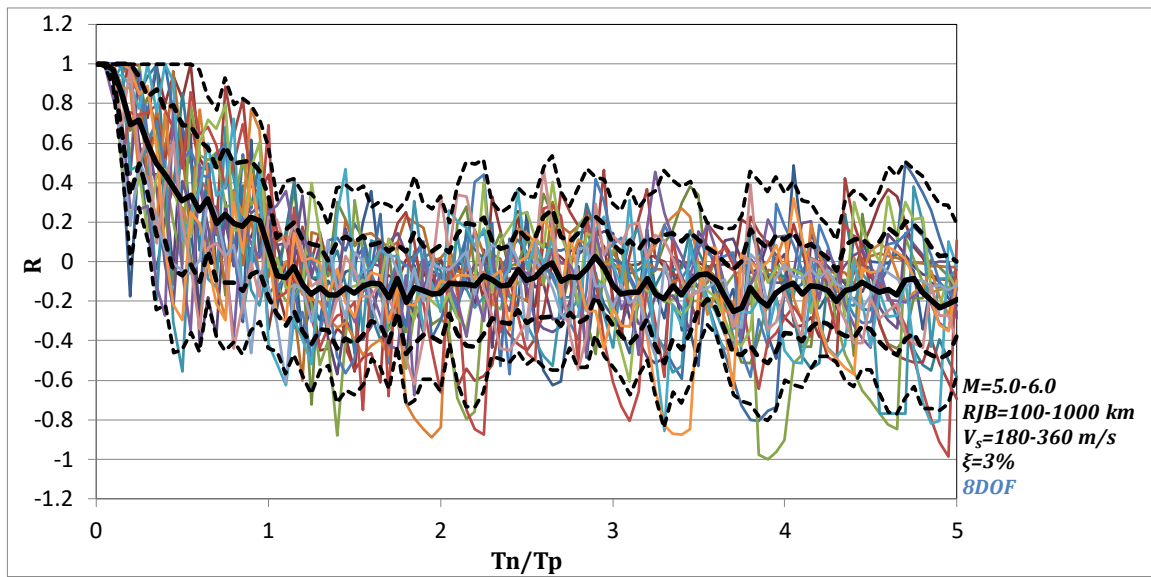
Γ4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ 8 ΒΑΘΜΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (8DOF)

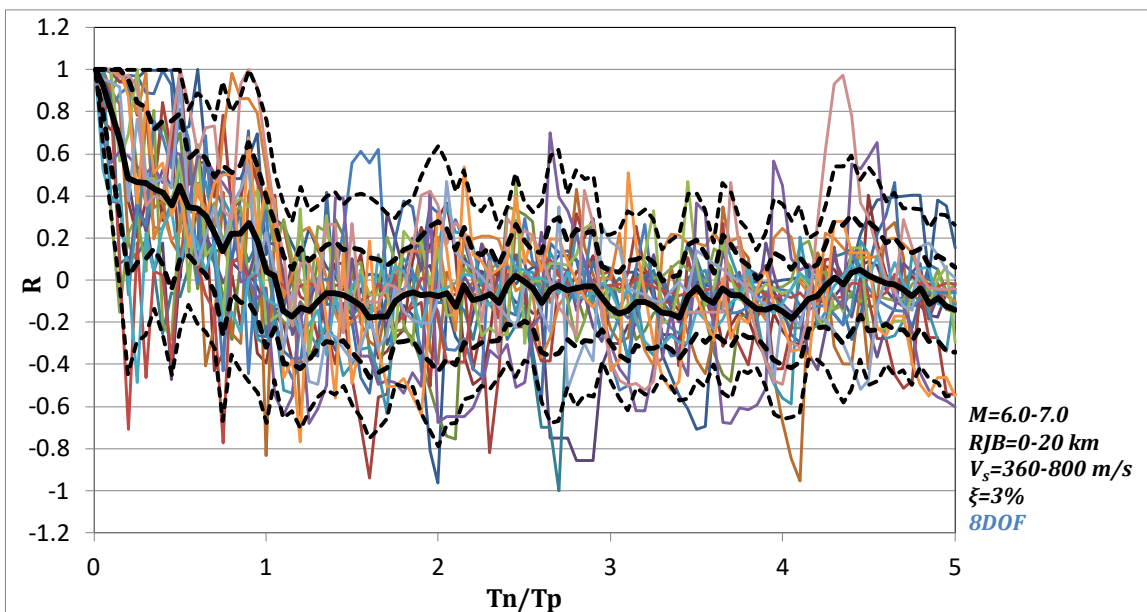
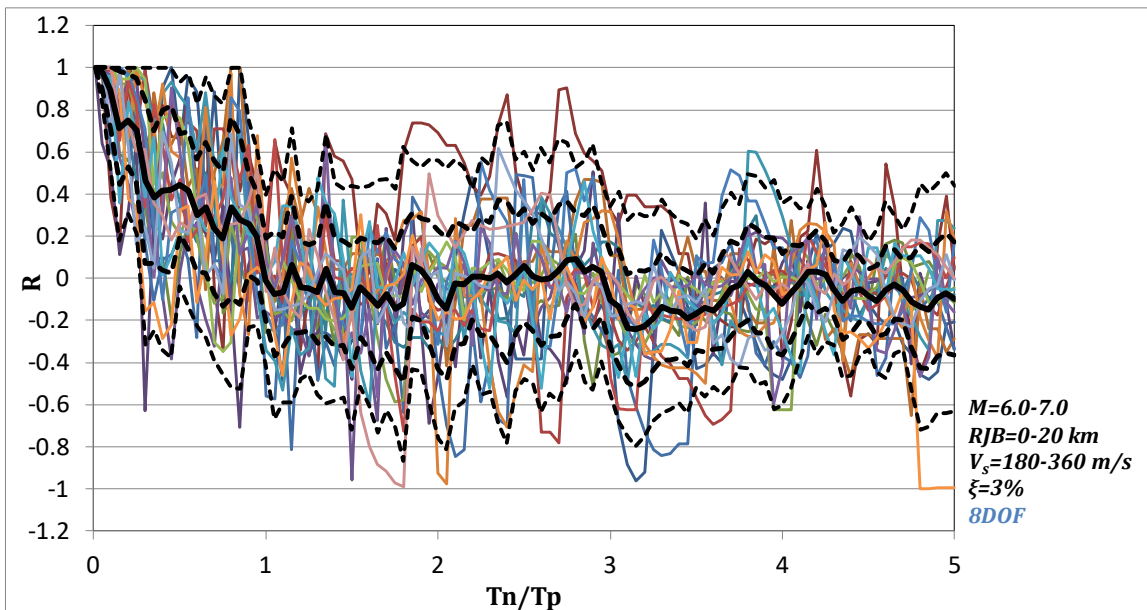
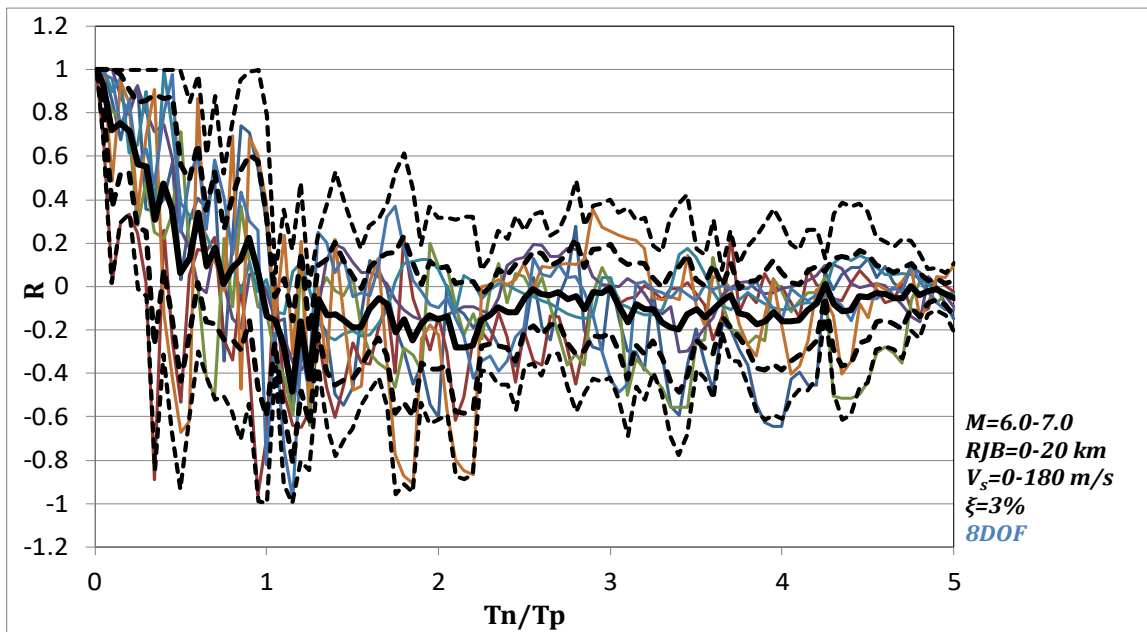


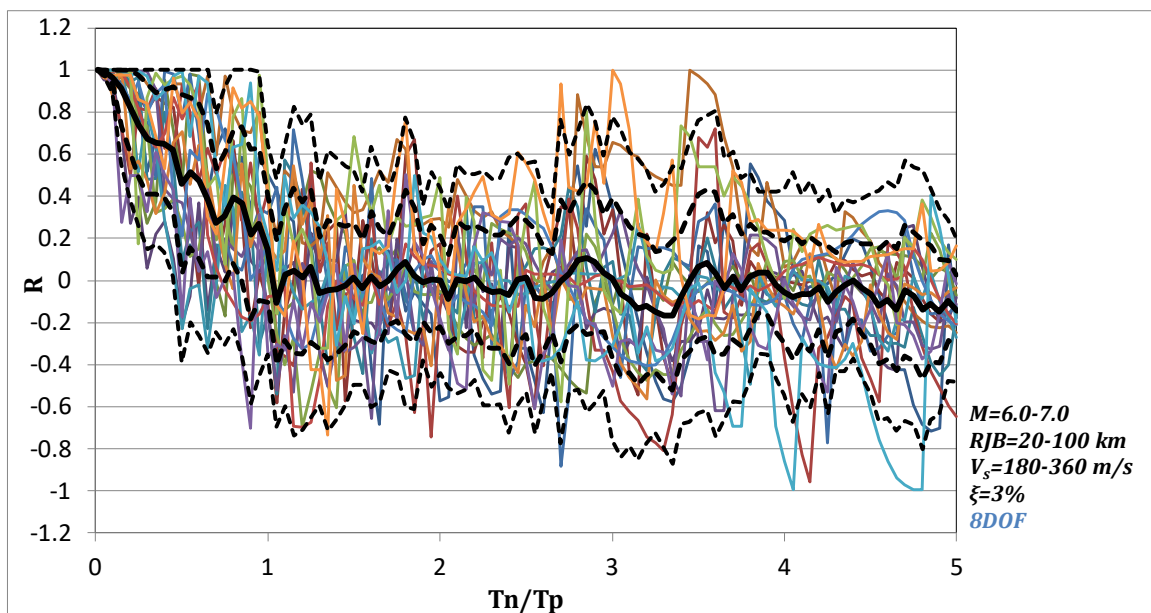
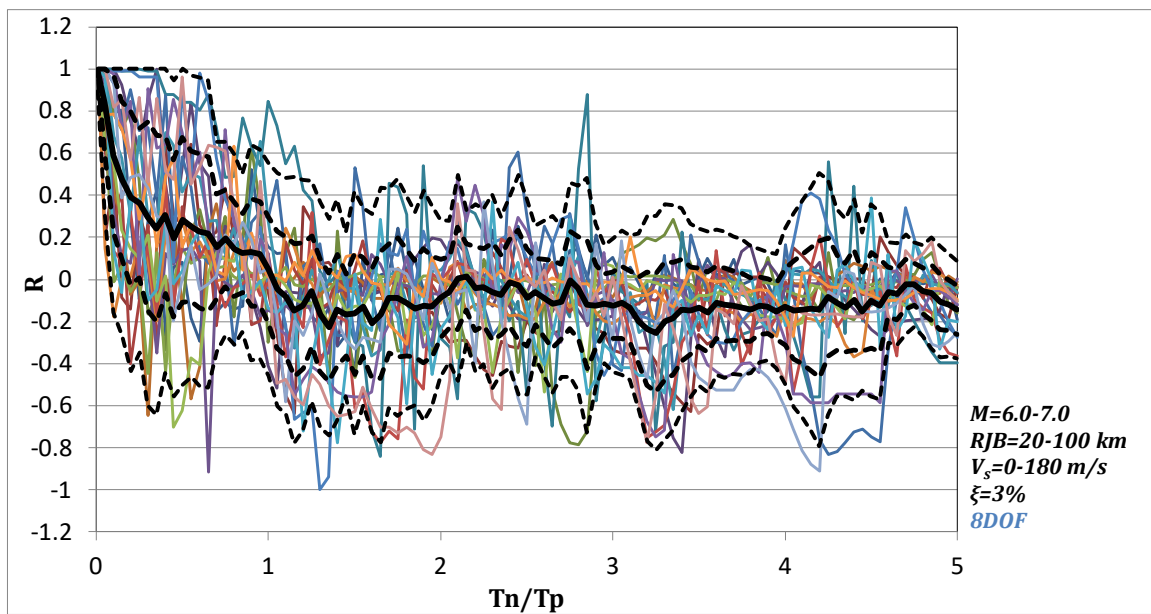
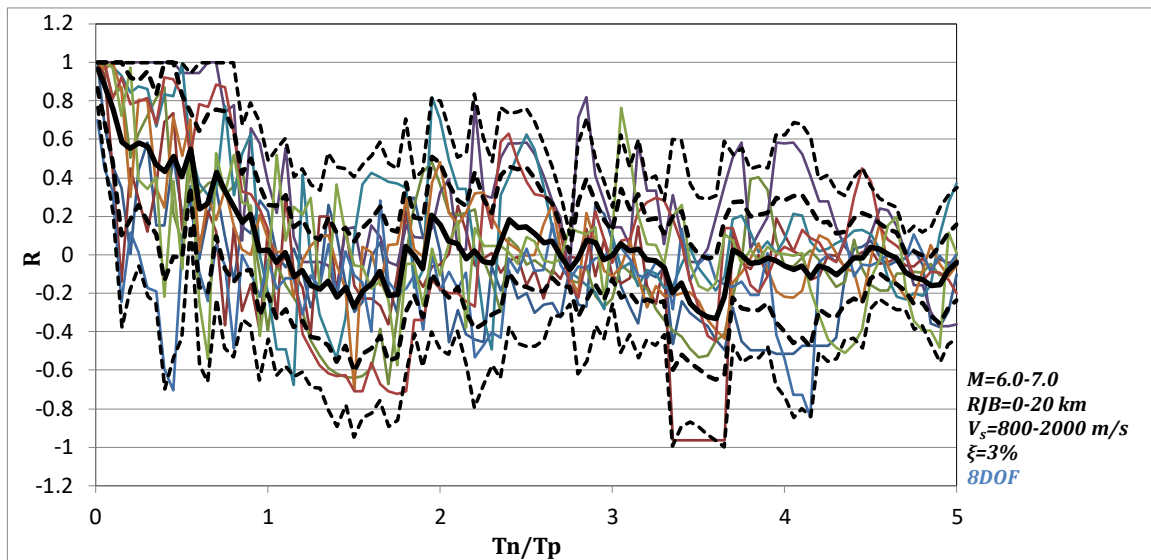
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

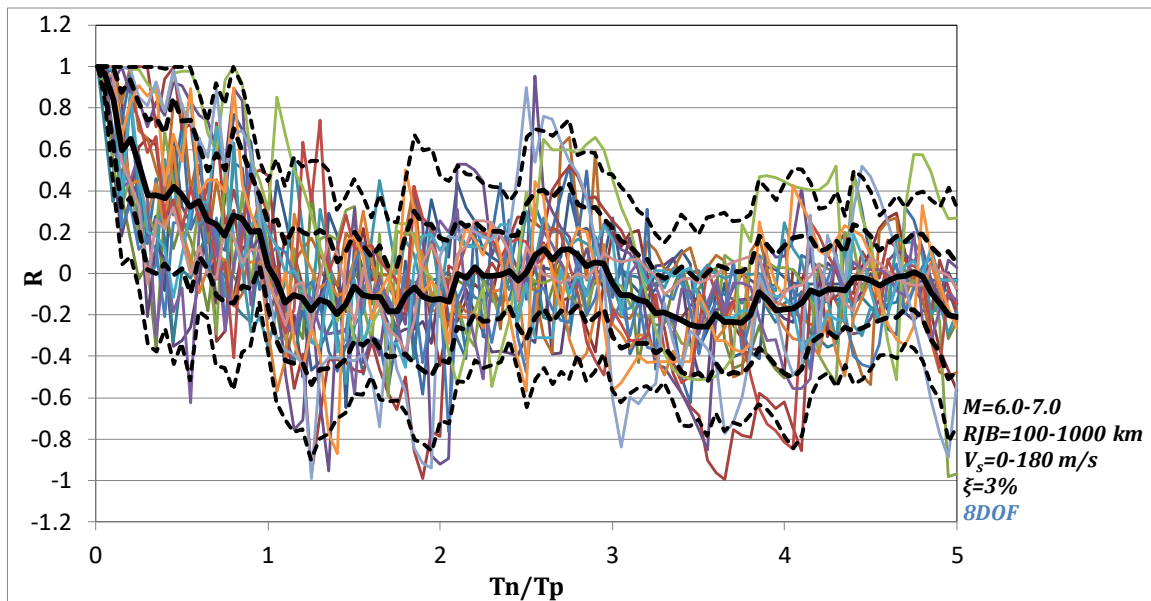
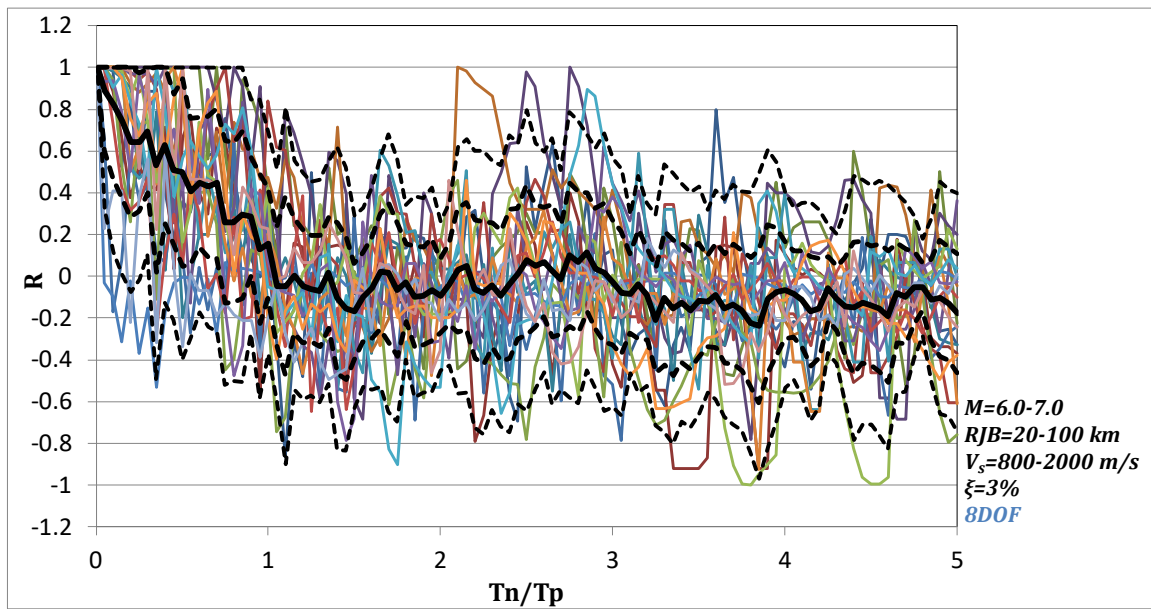
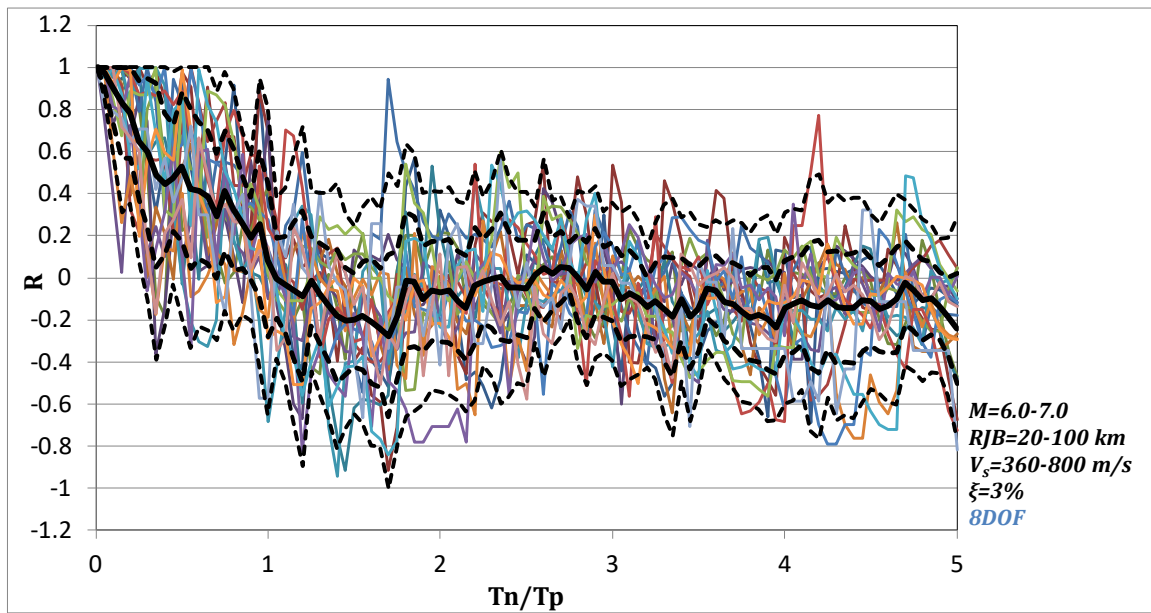


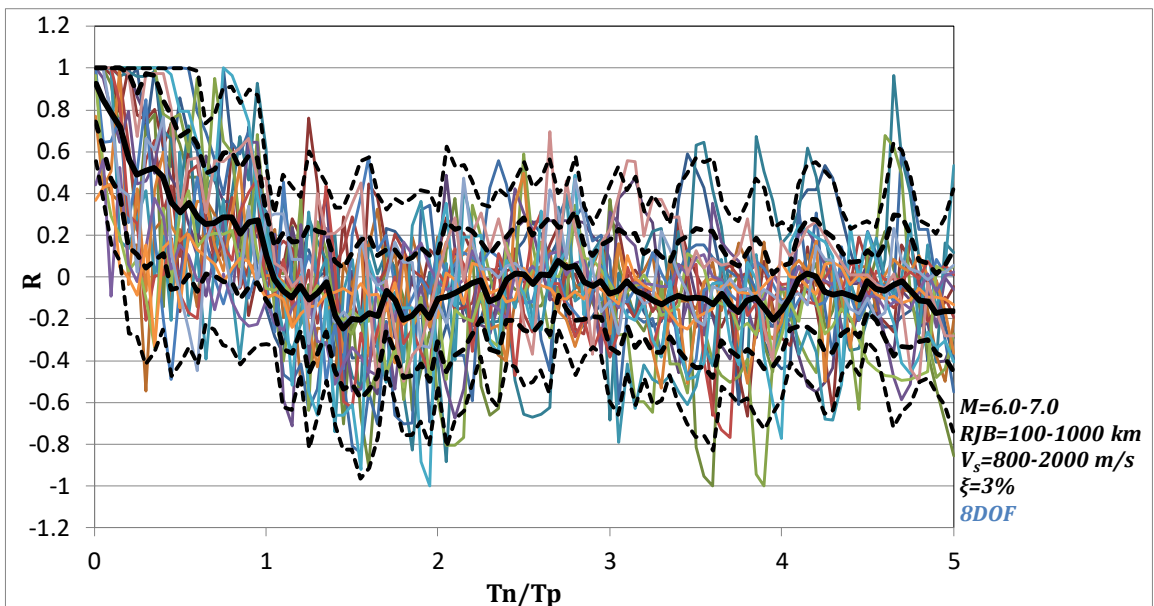
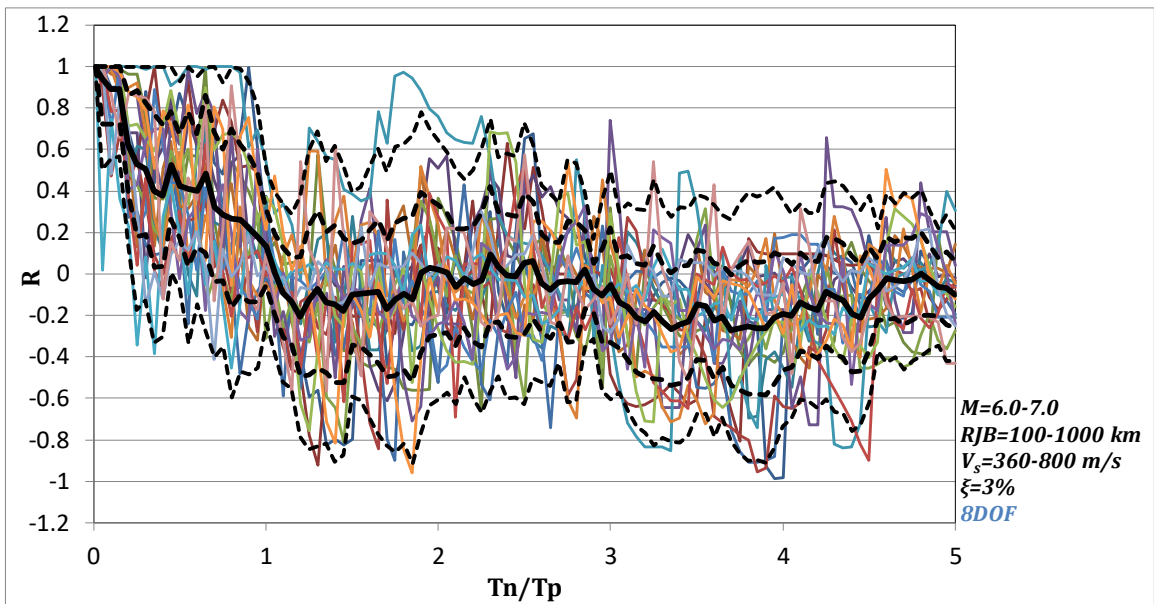
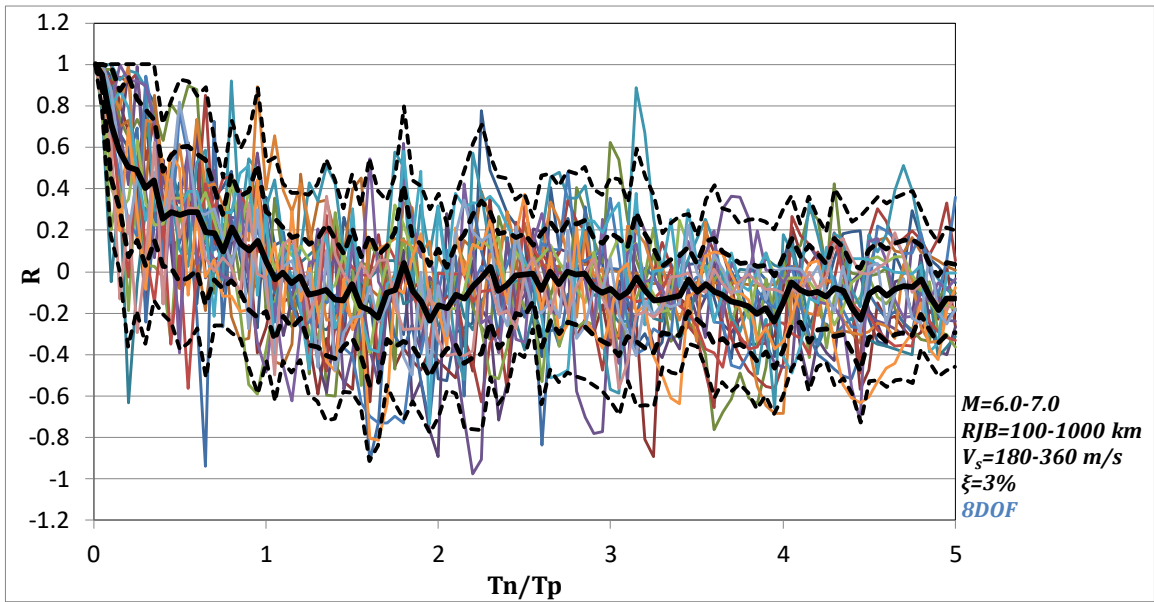


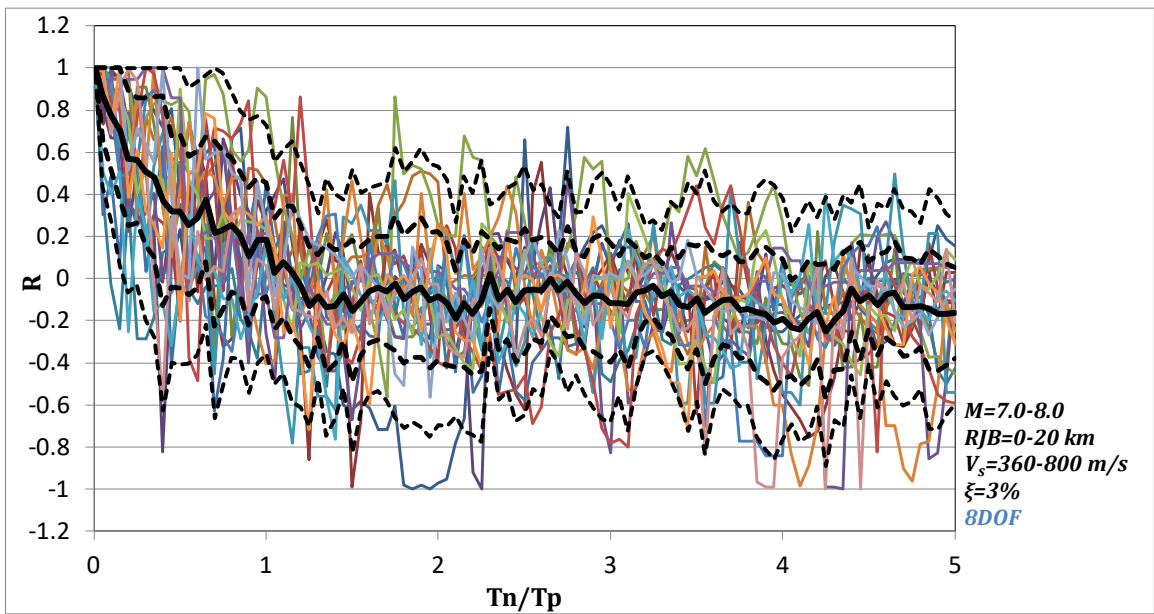
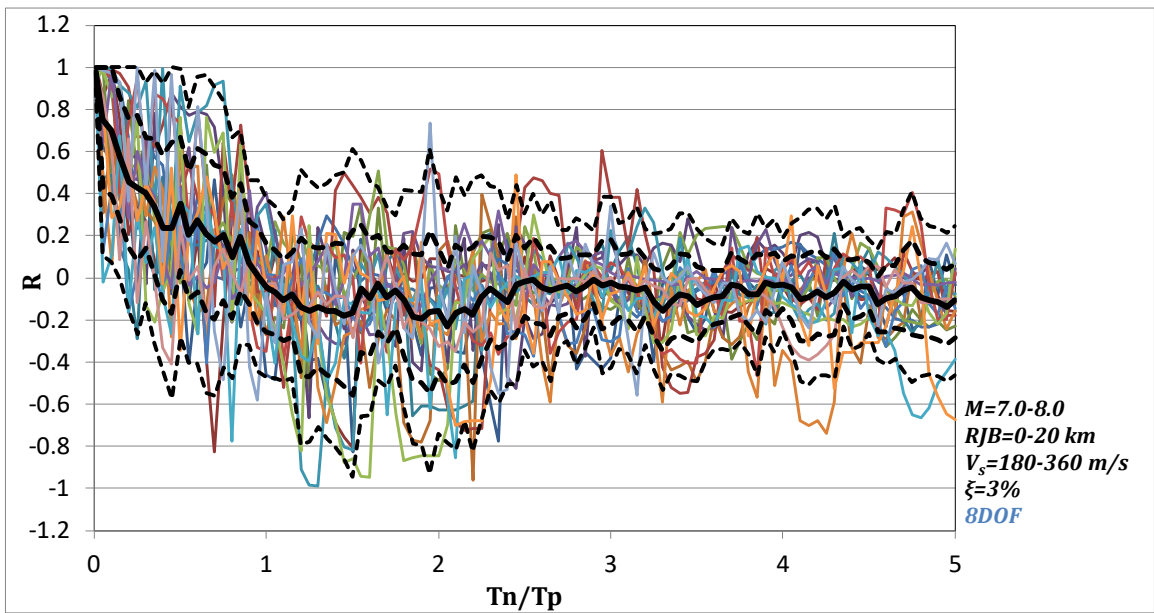




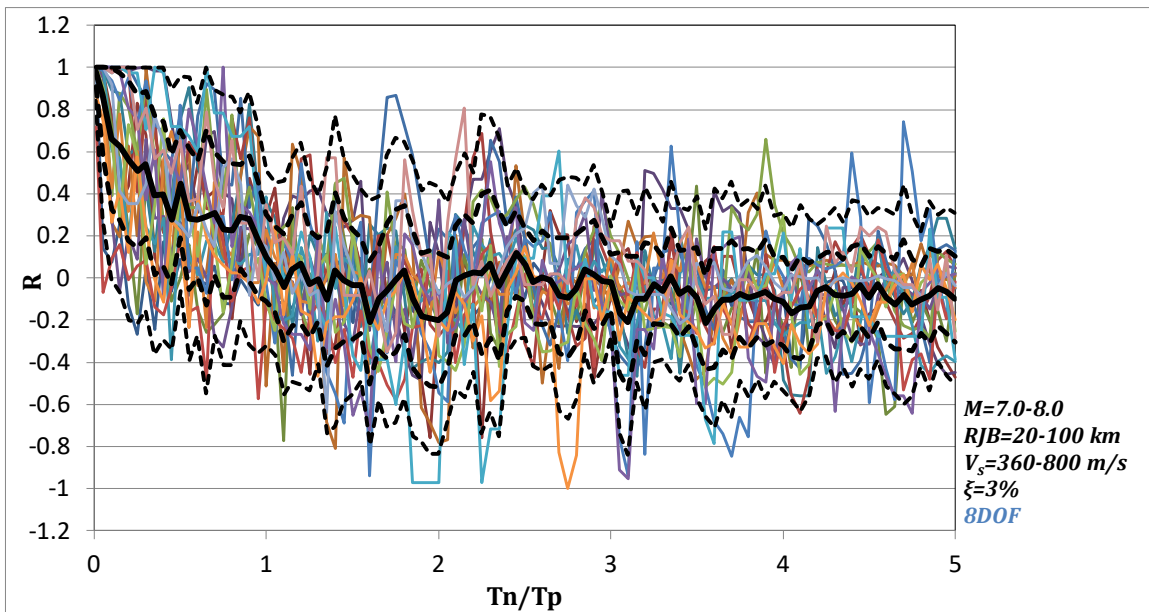
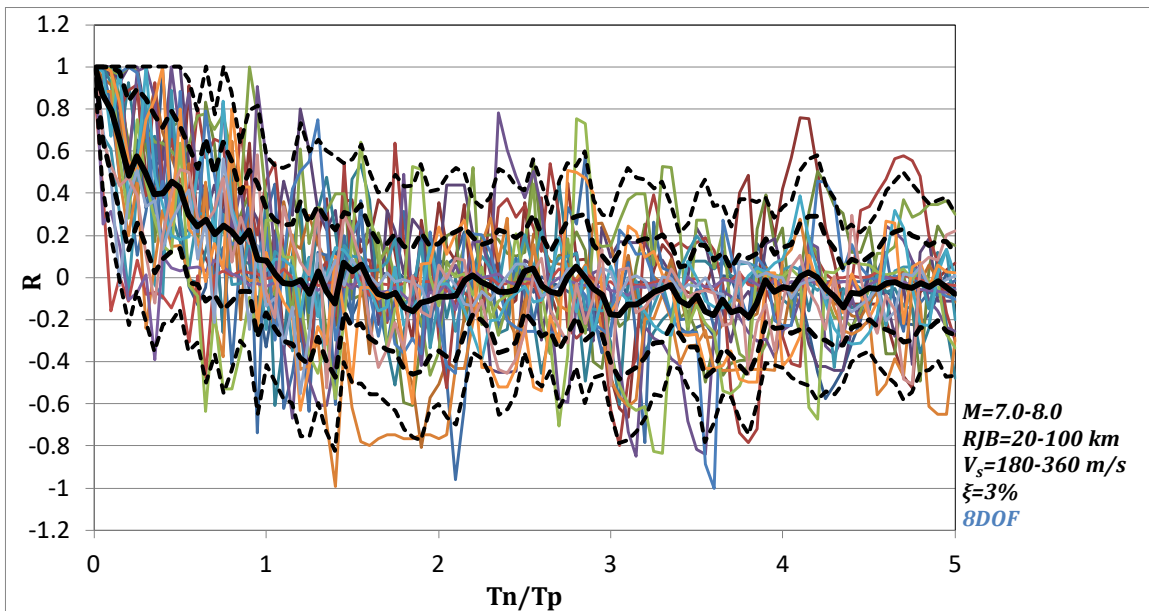
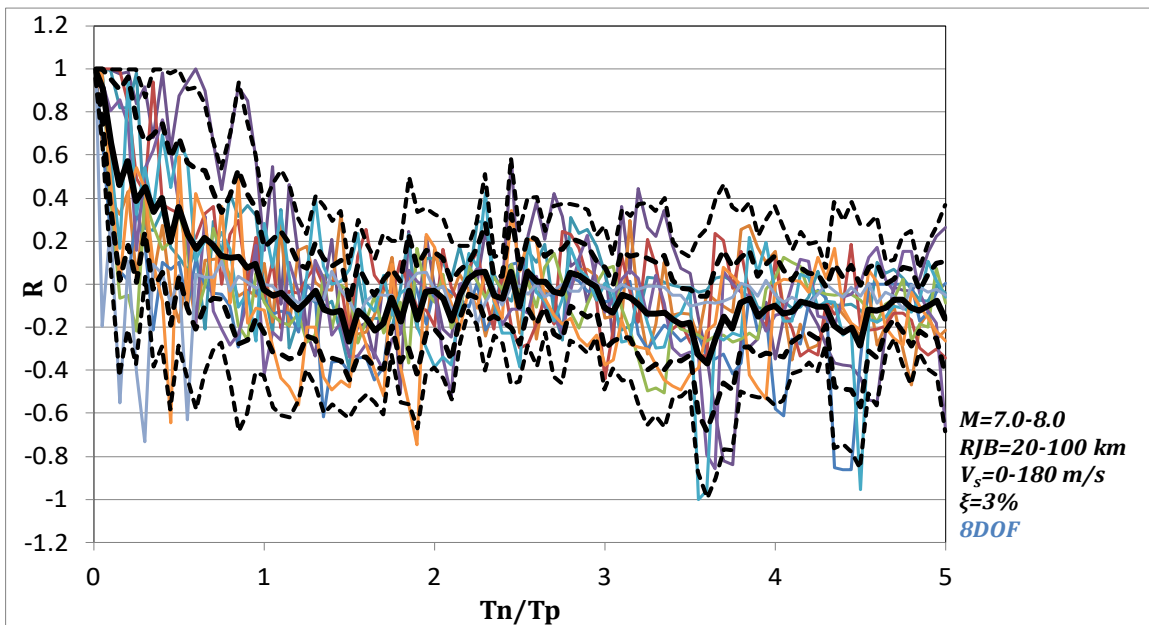


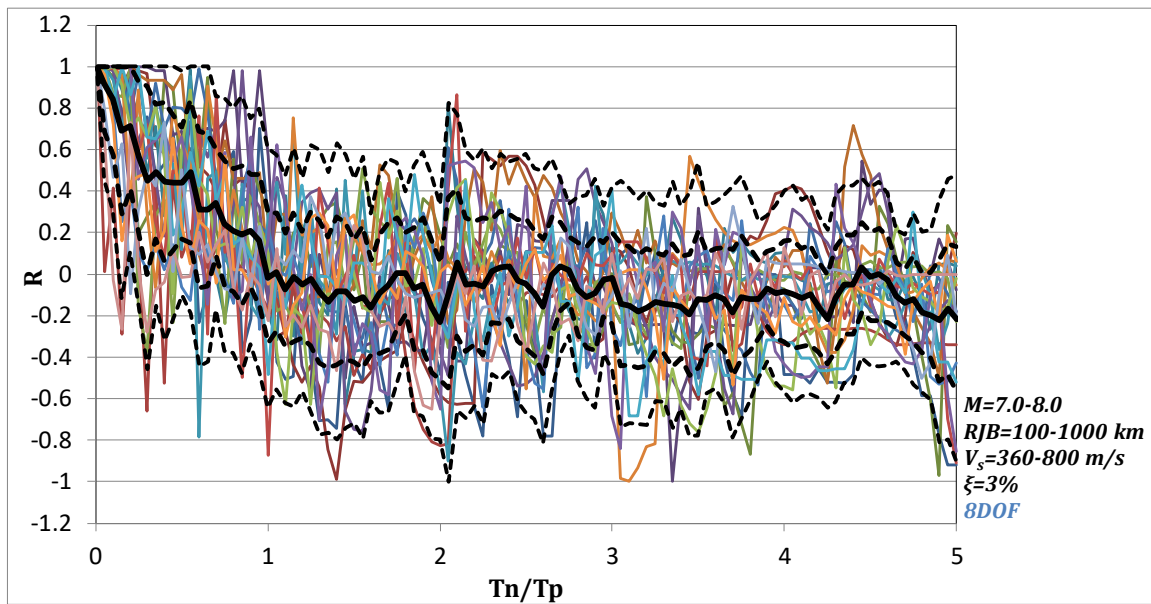
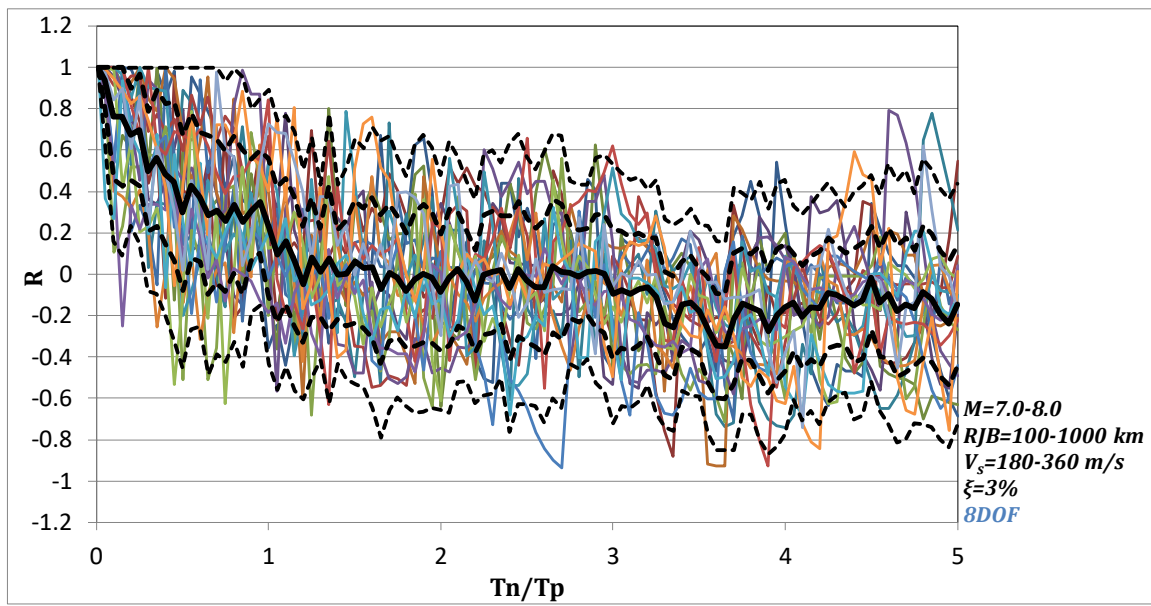
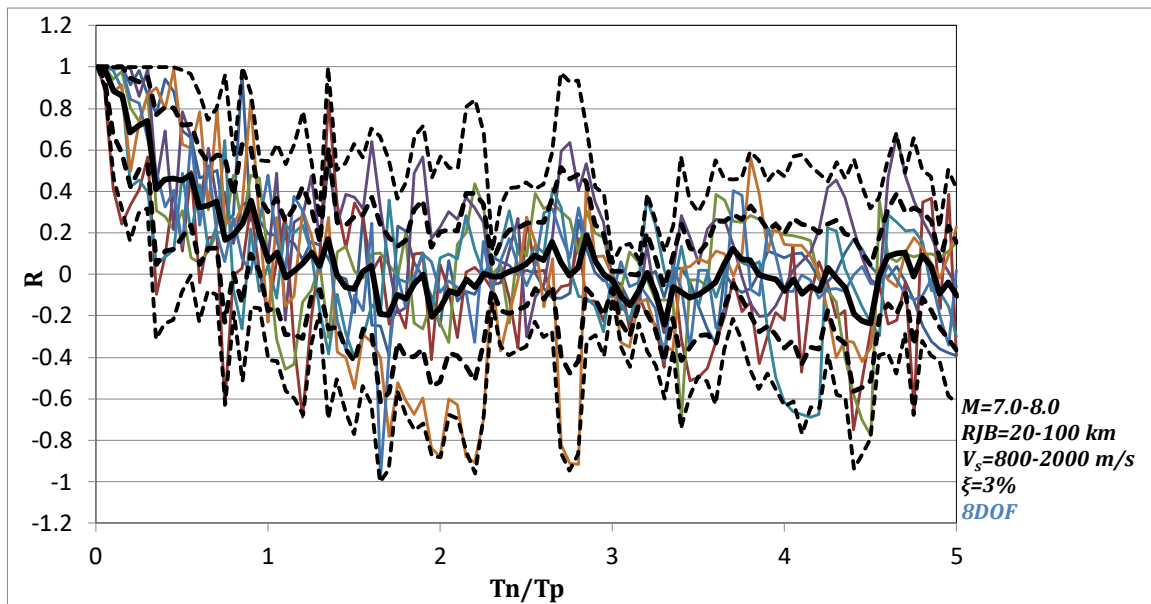


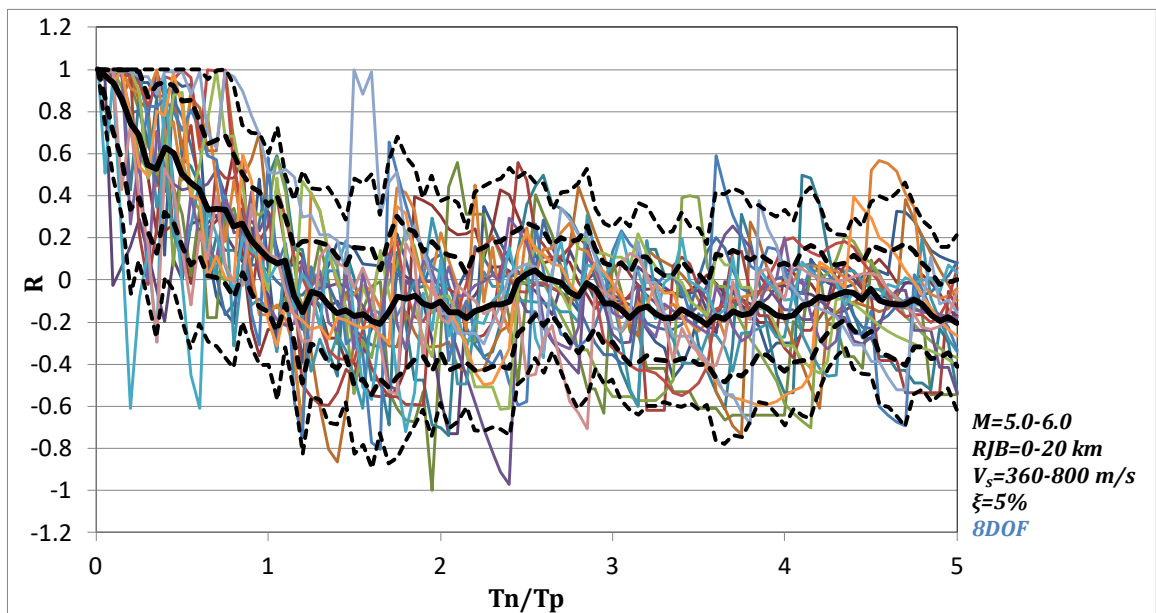
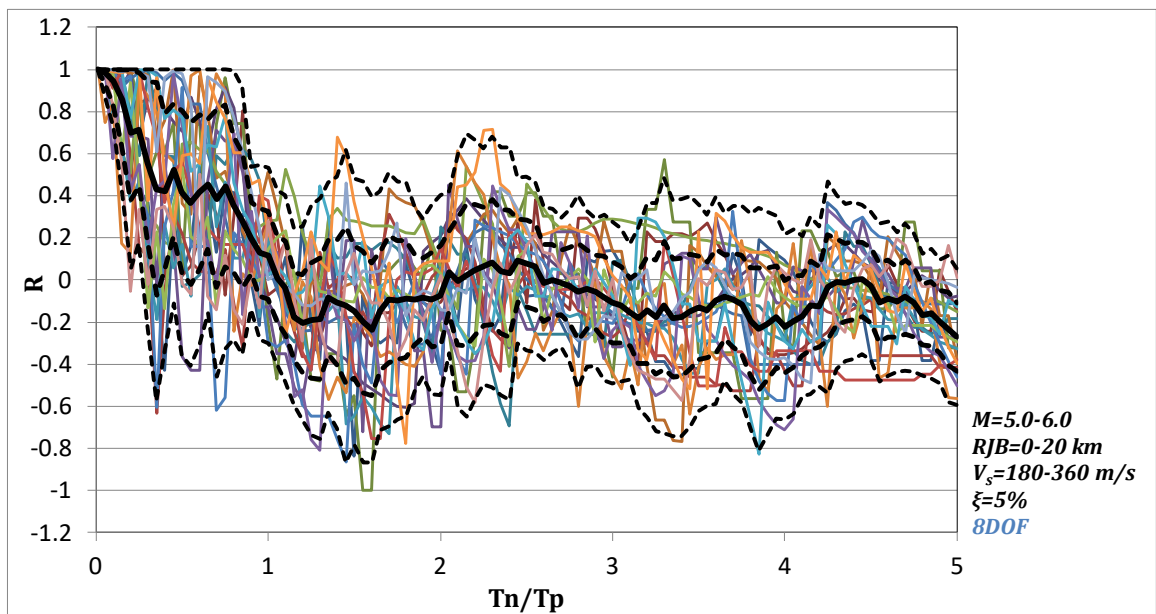
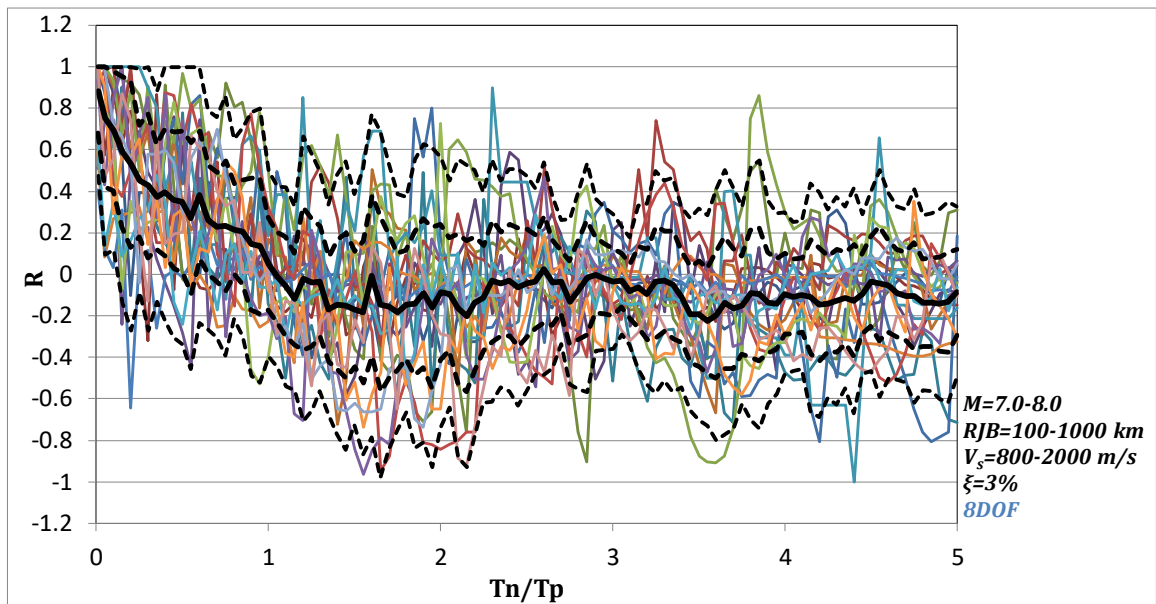


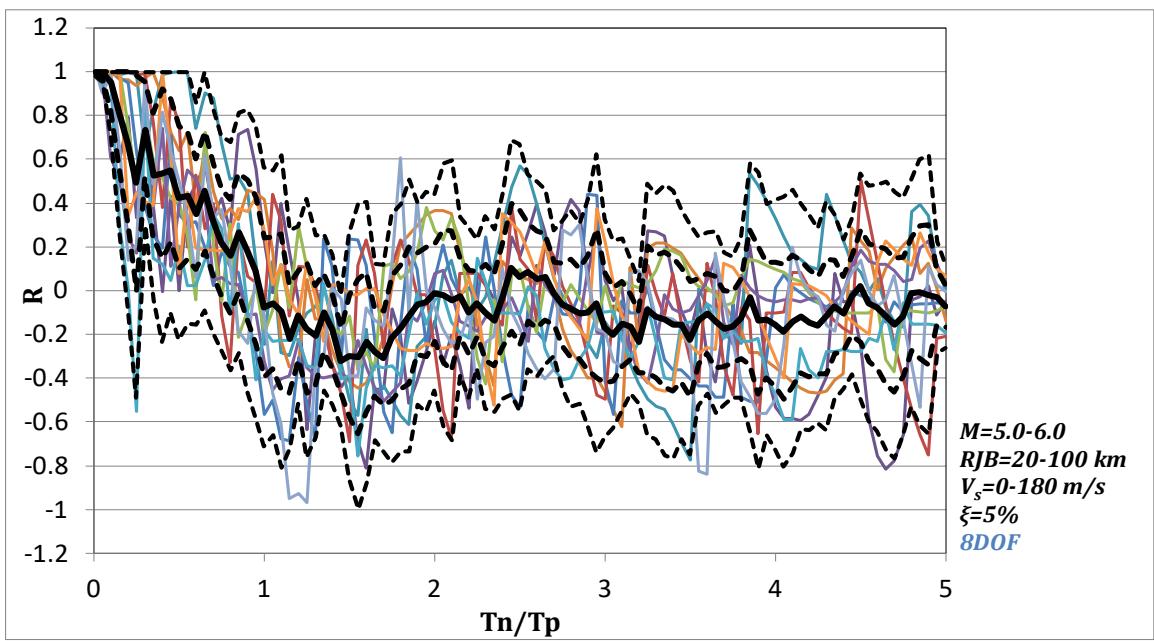
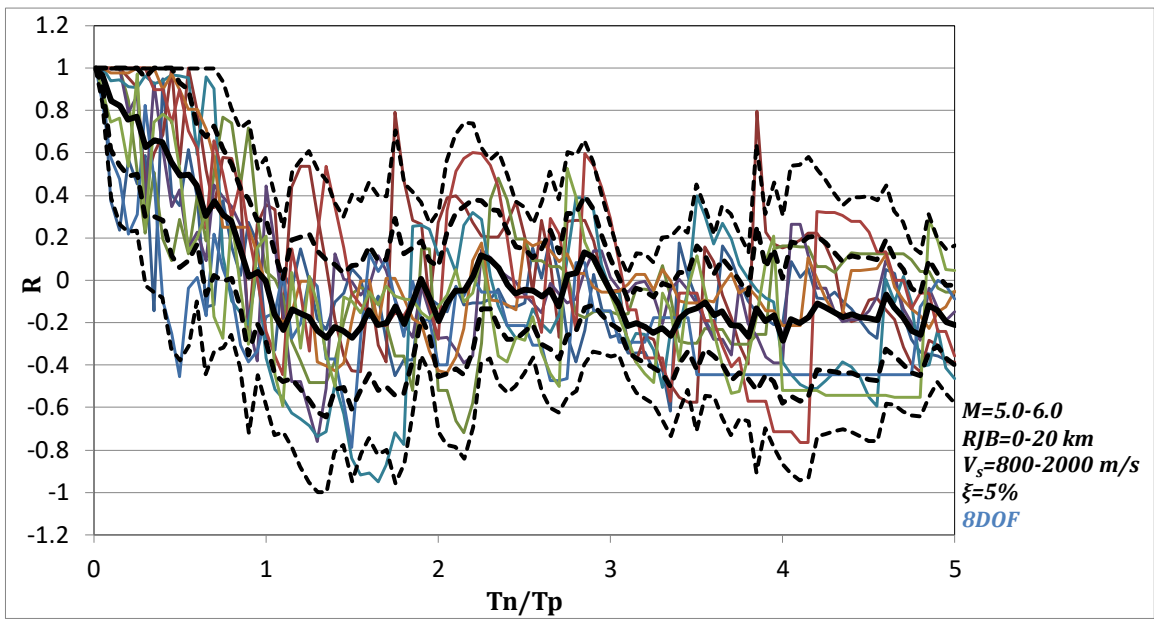


- mean
- - - mean + σ
- - - mean - σ
- - - mean + 2σ
- - - mean - 2σ

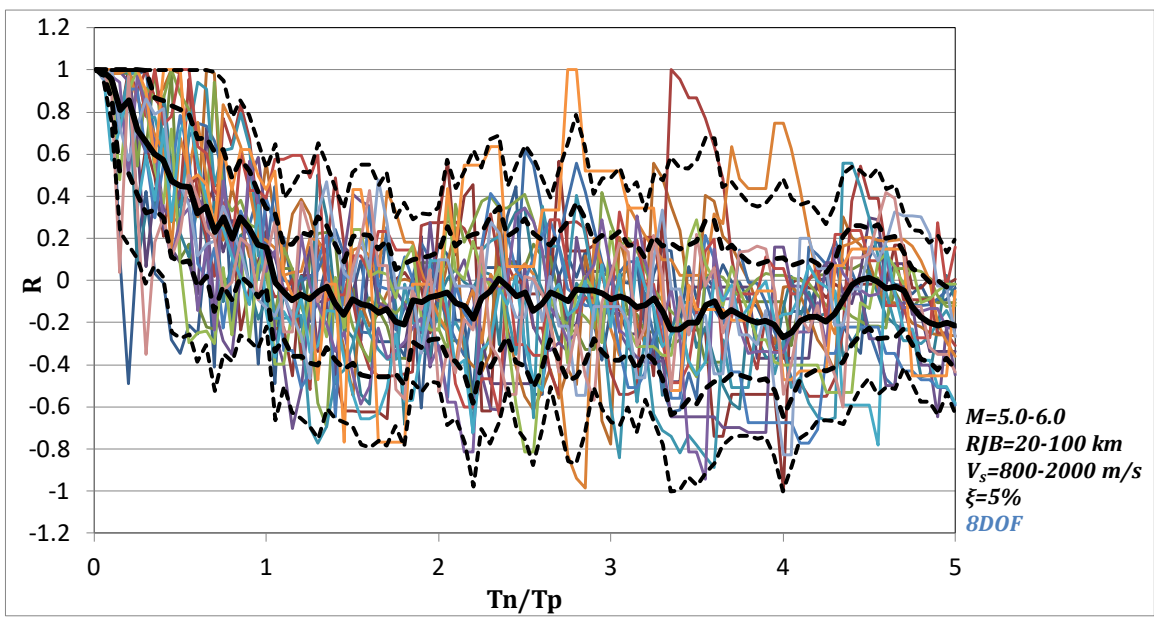
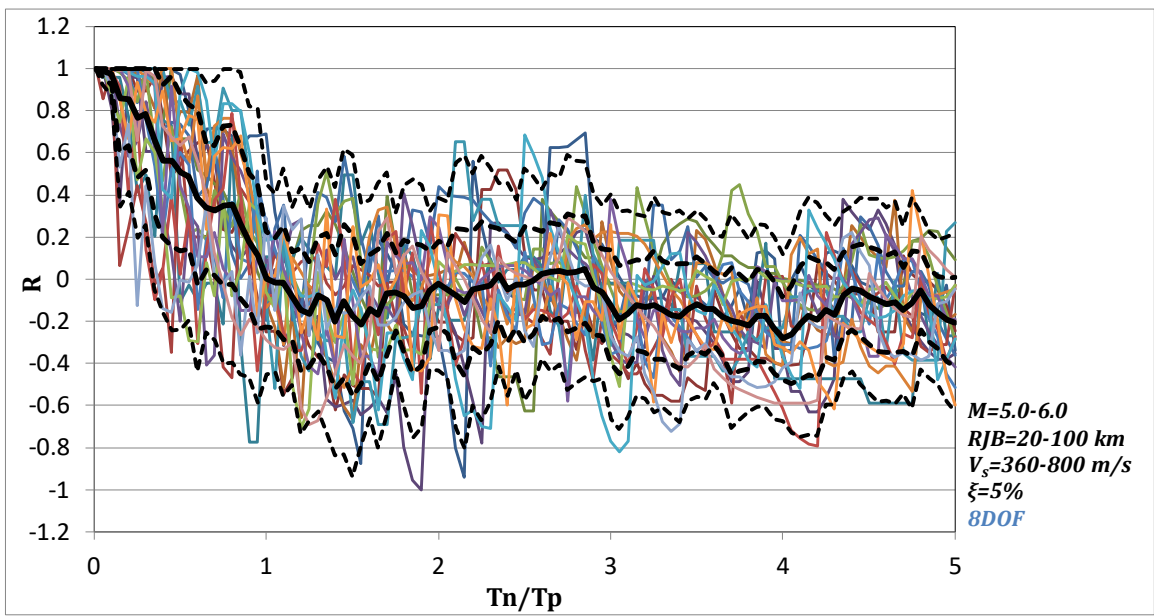
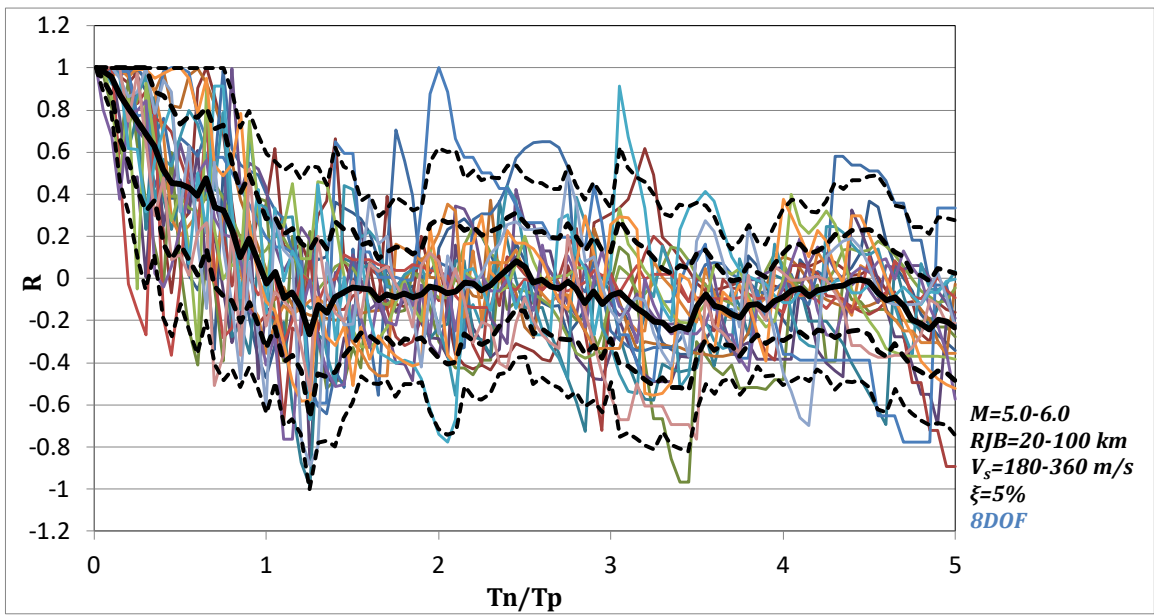


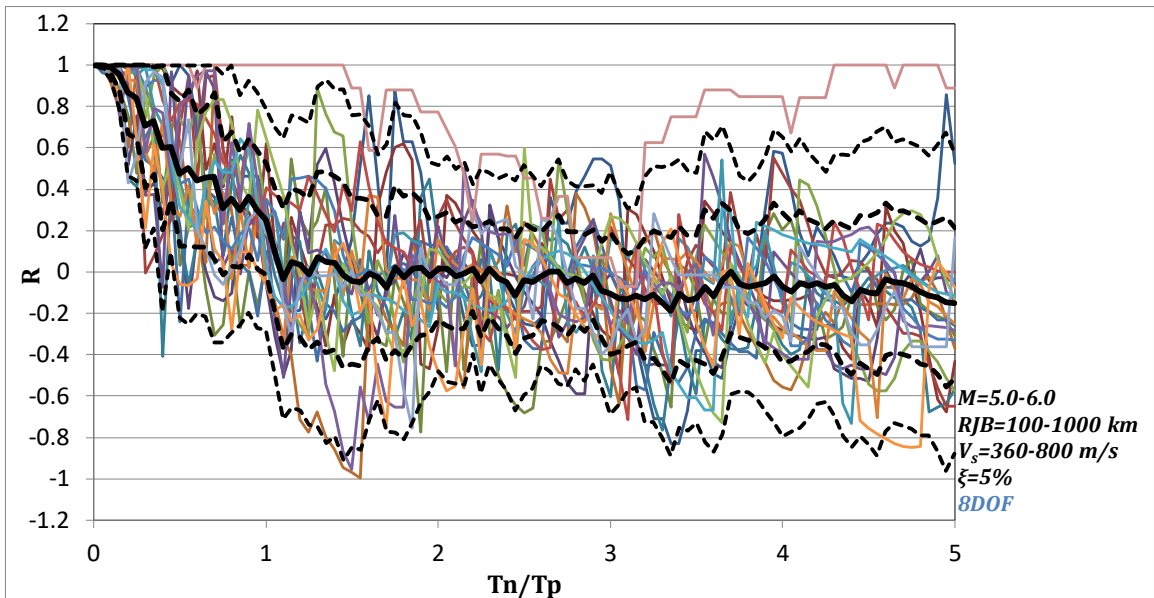
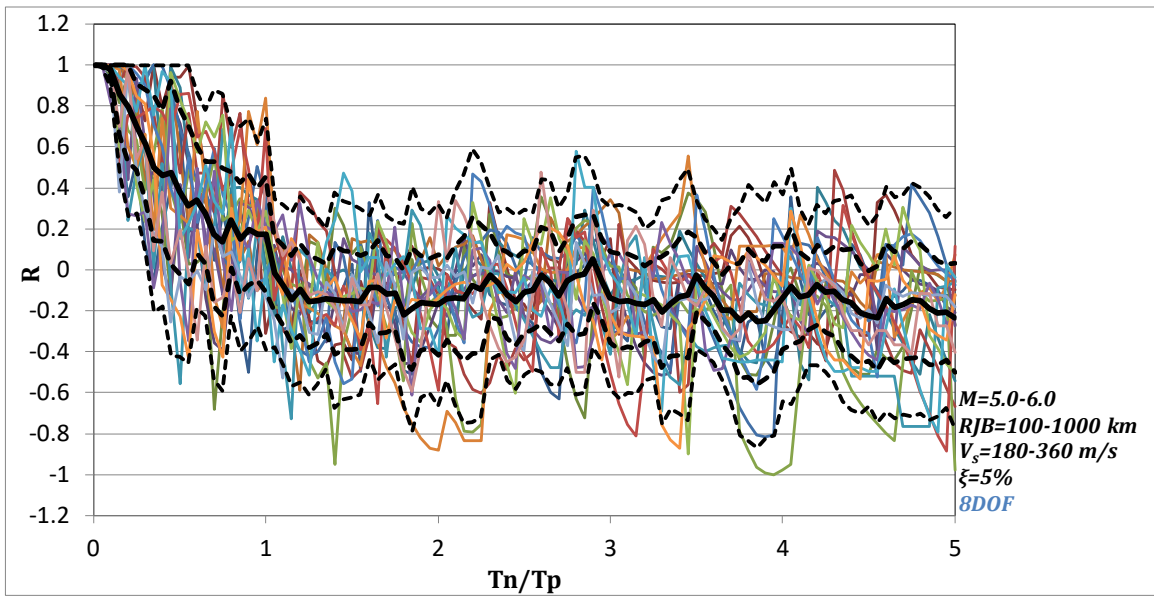
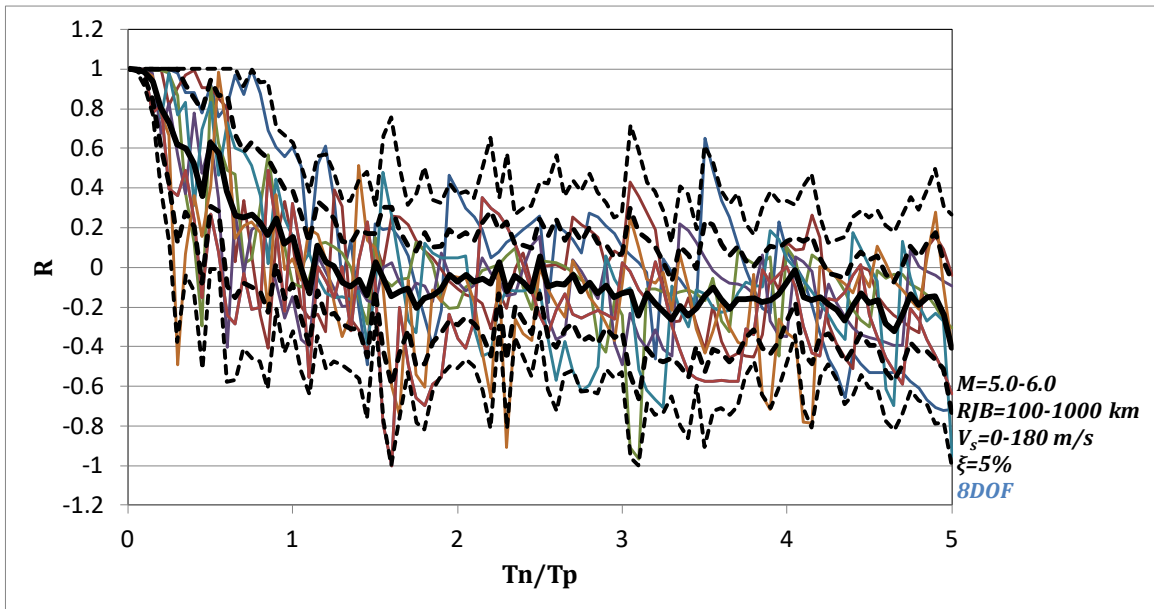


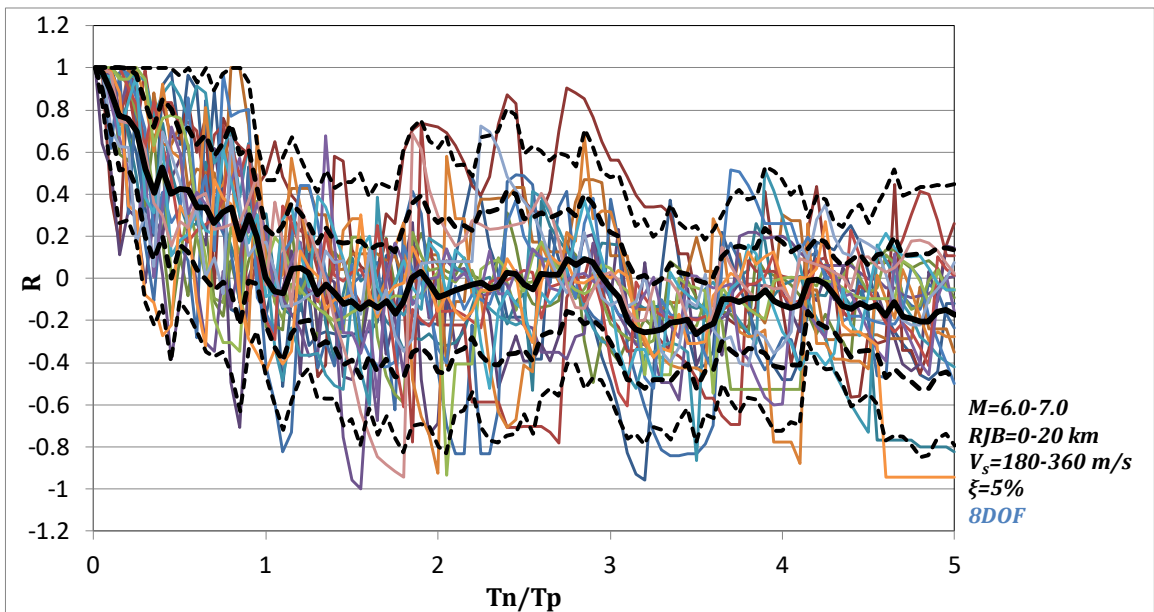
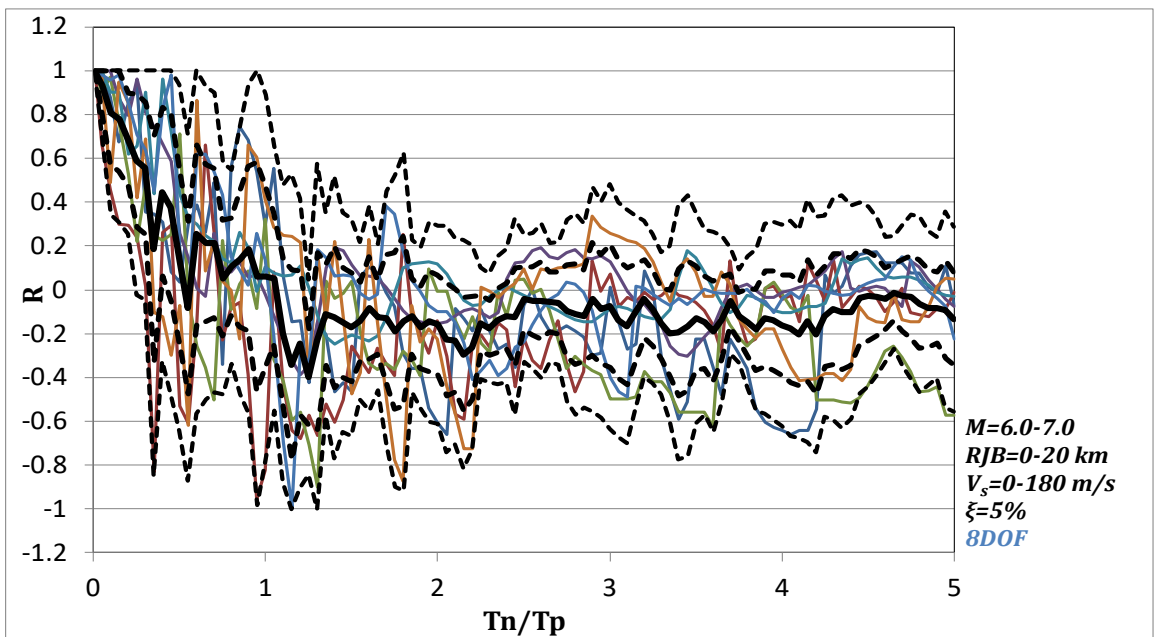
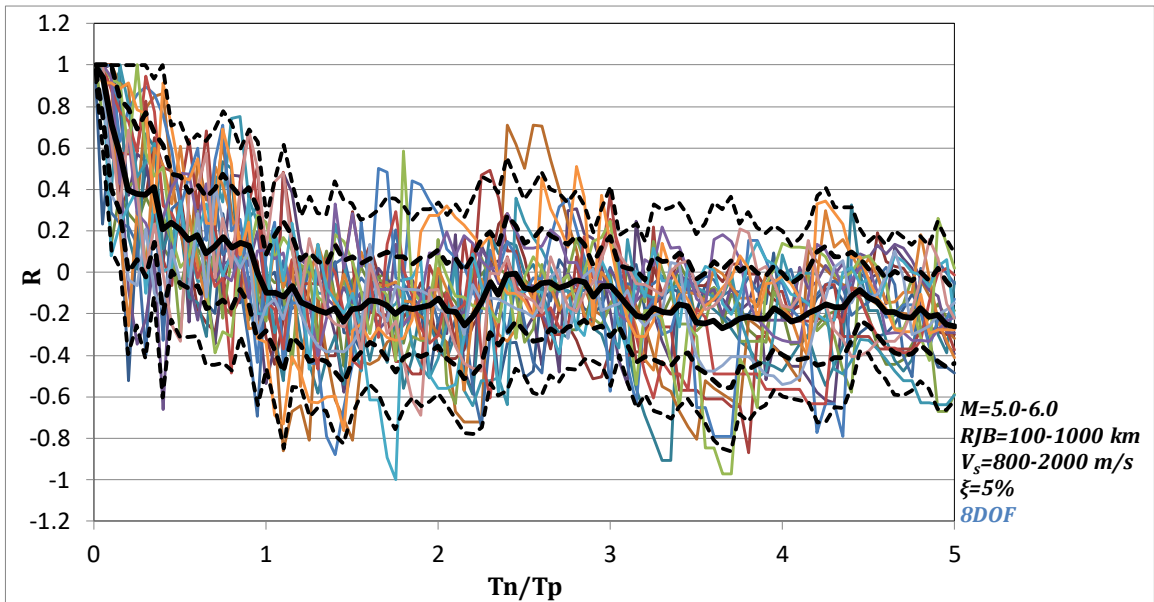


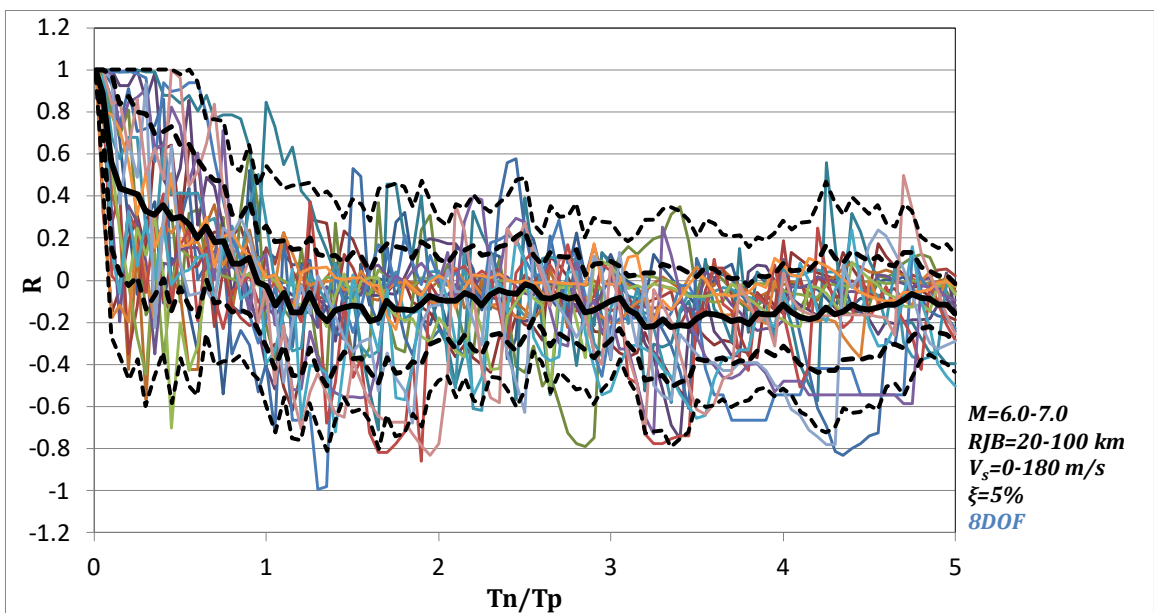
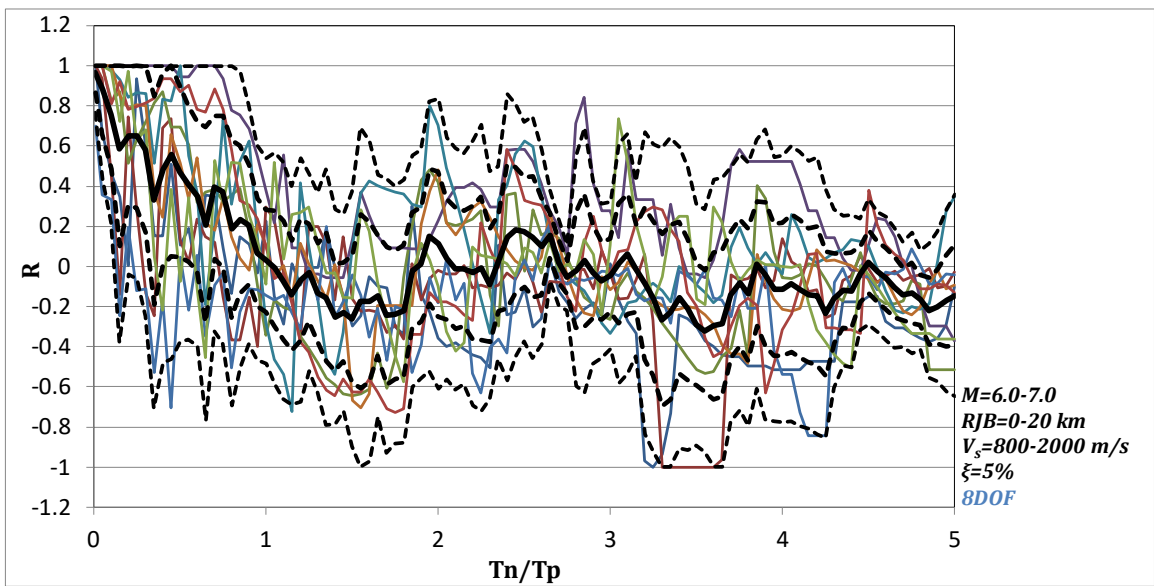
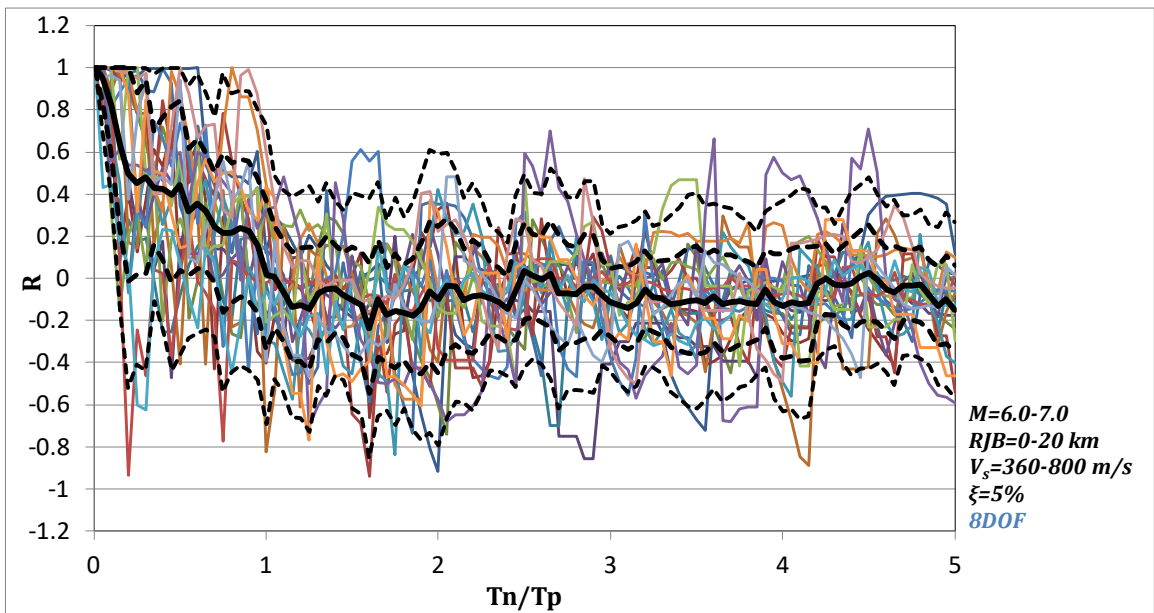


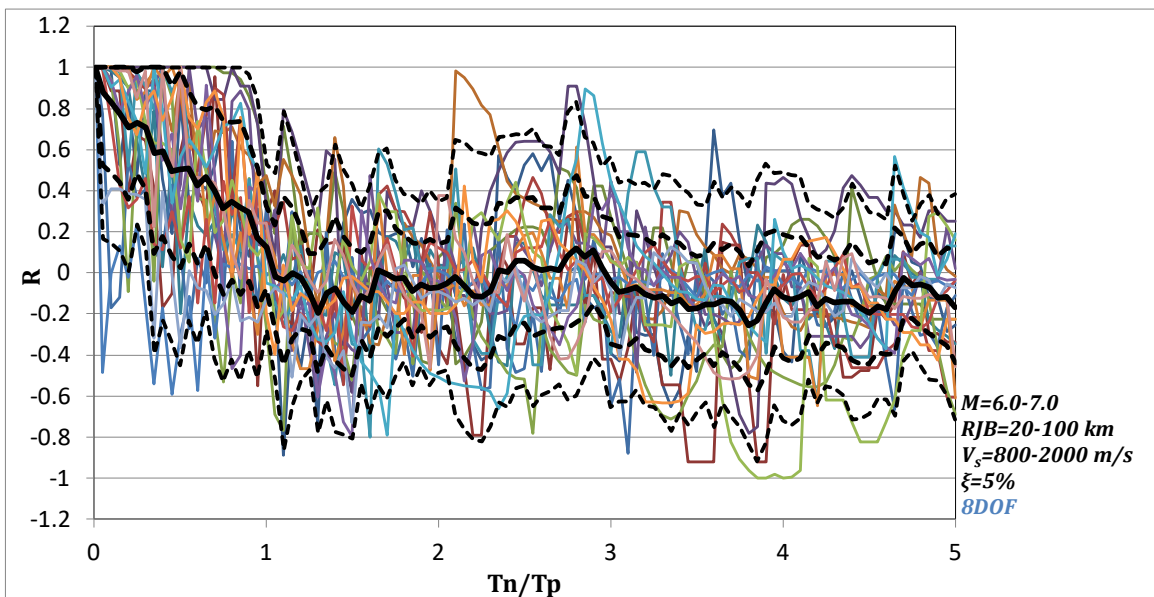
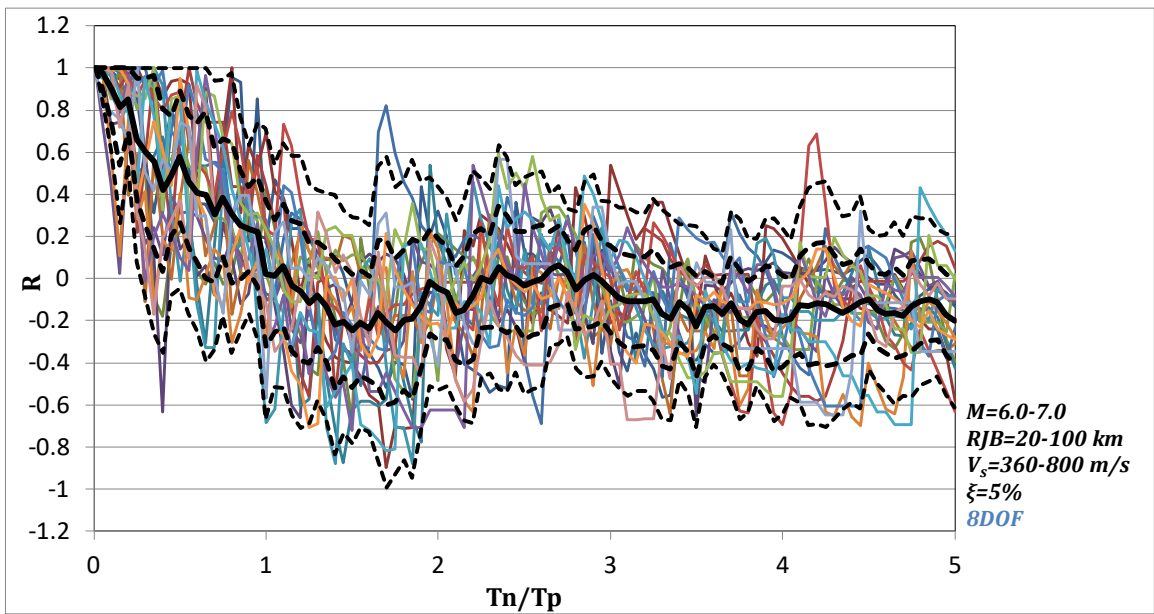
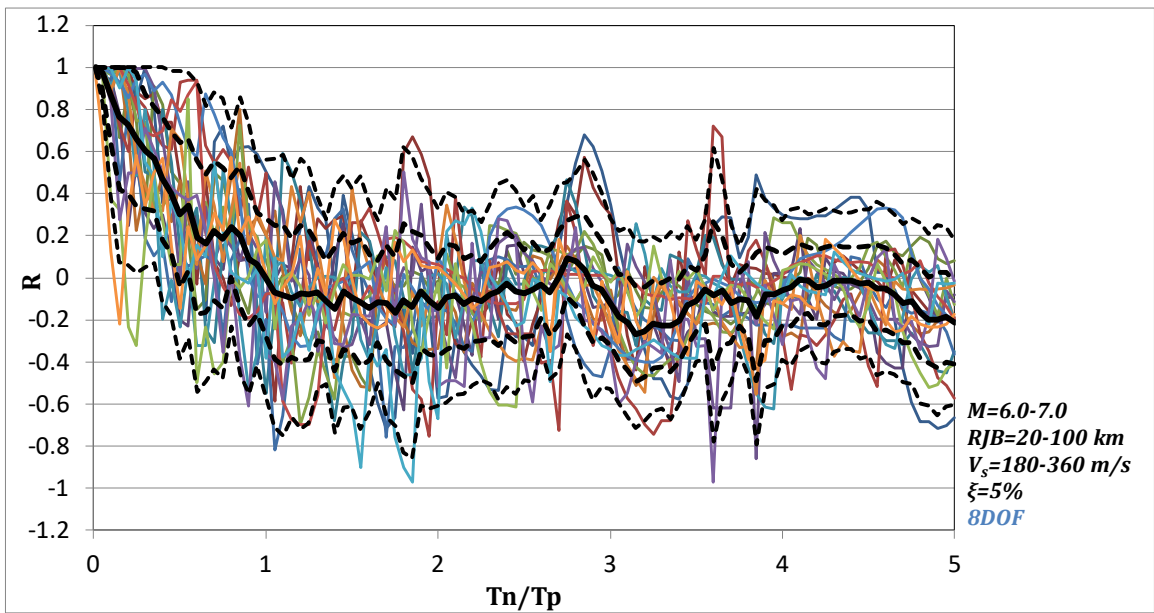
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

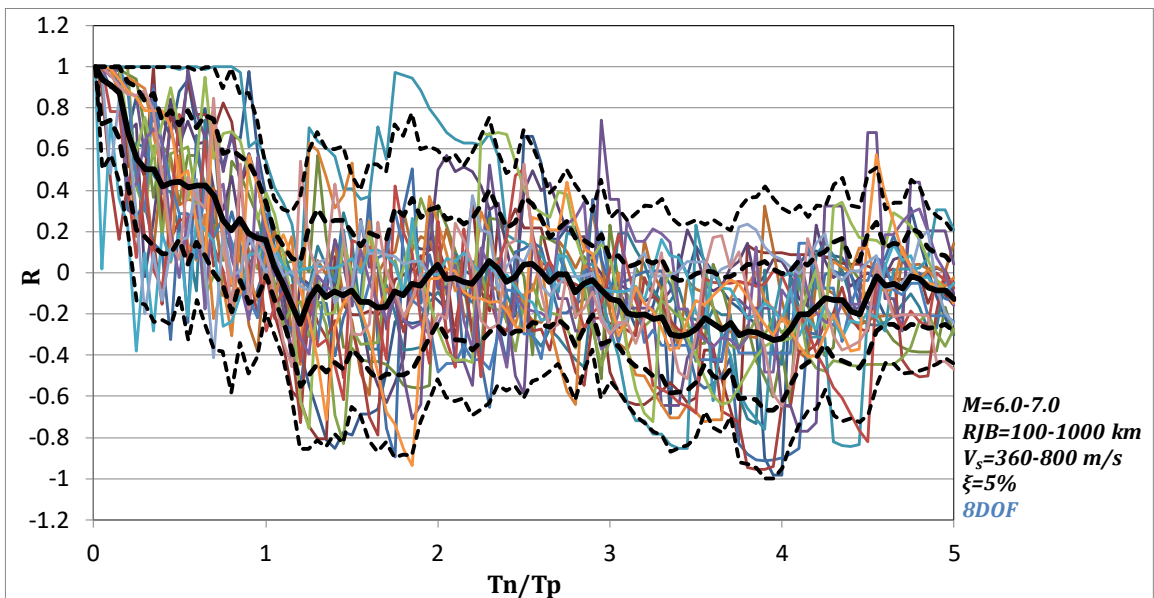
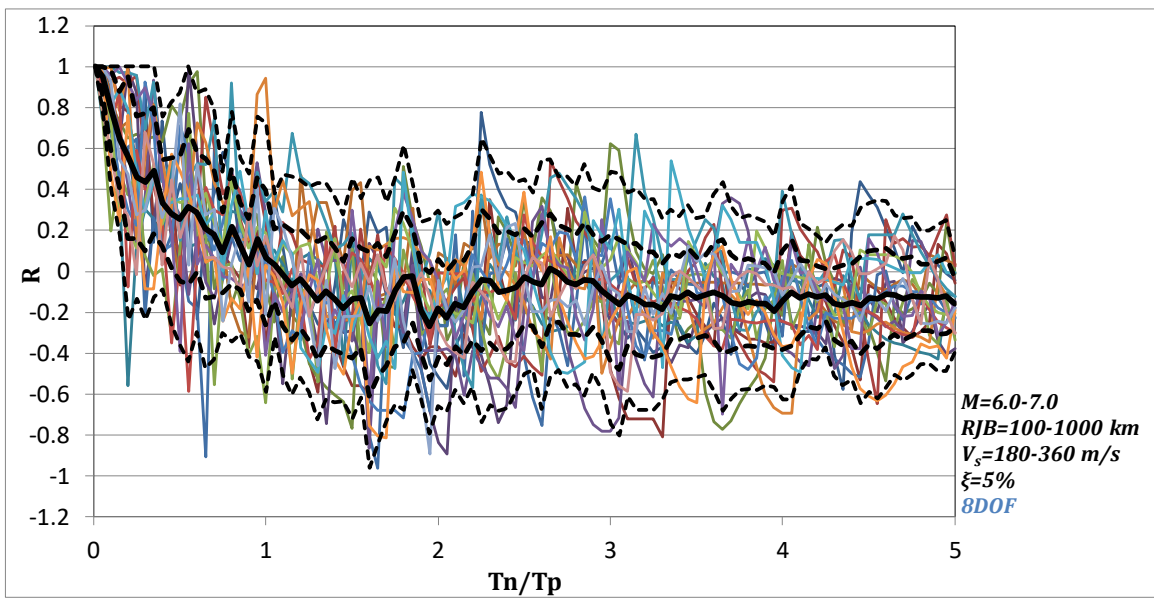
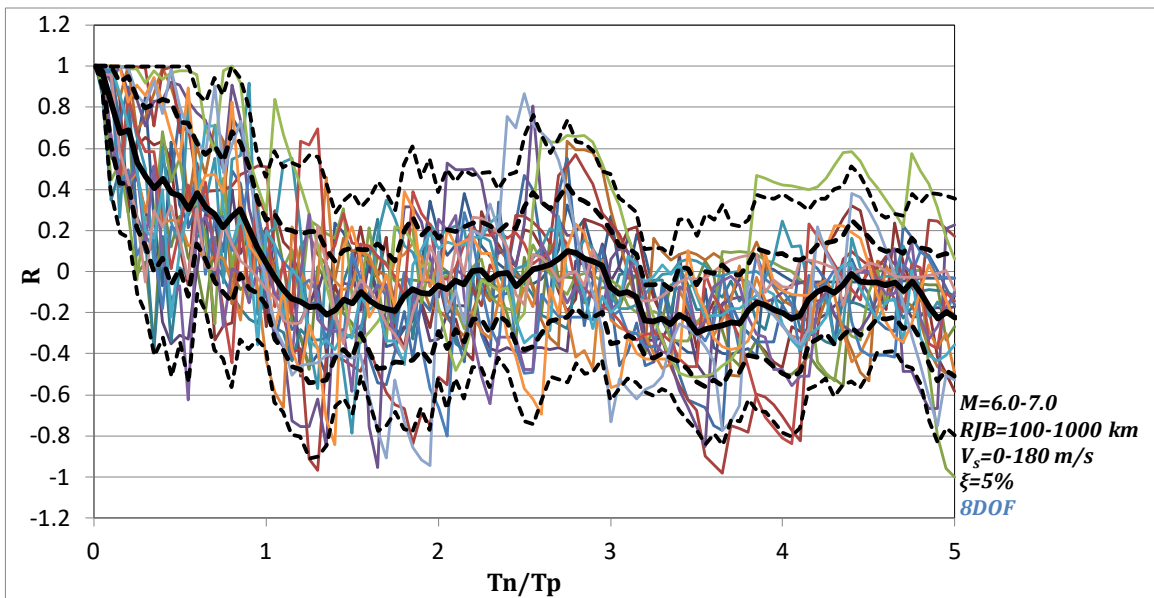


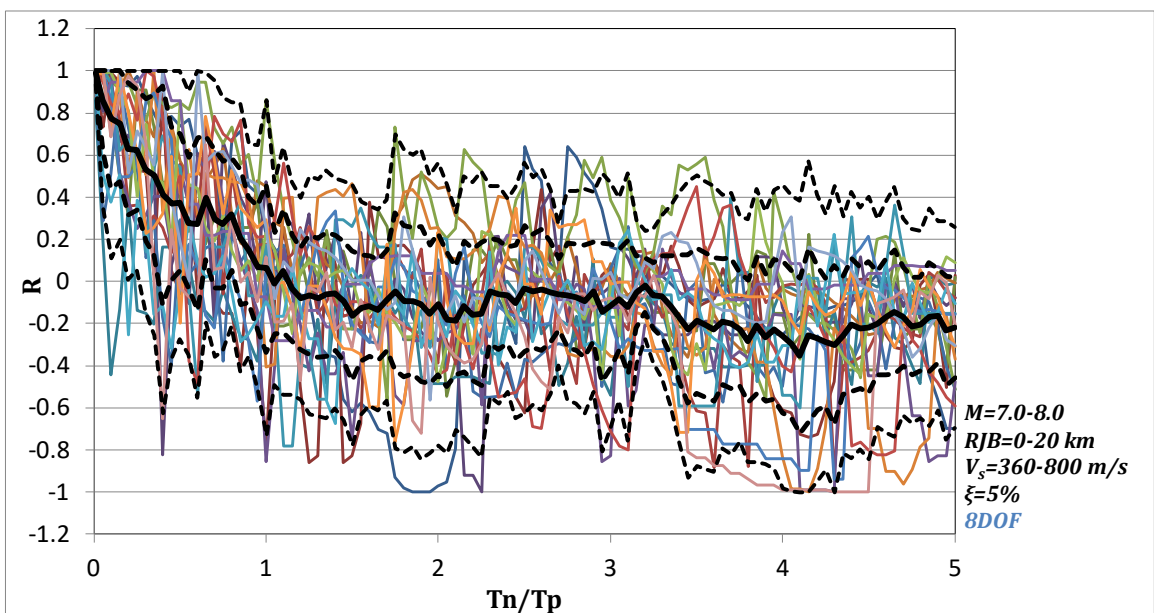
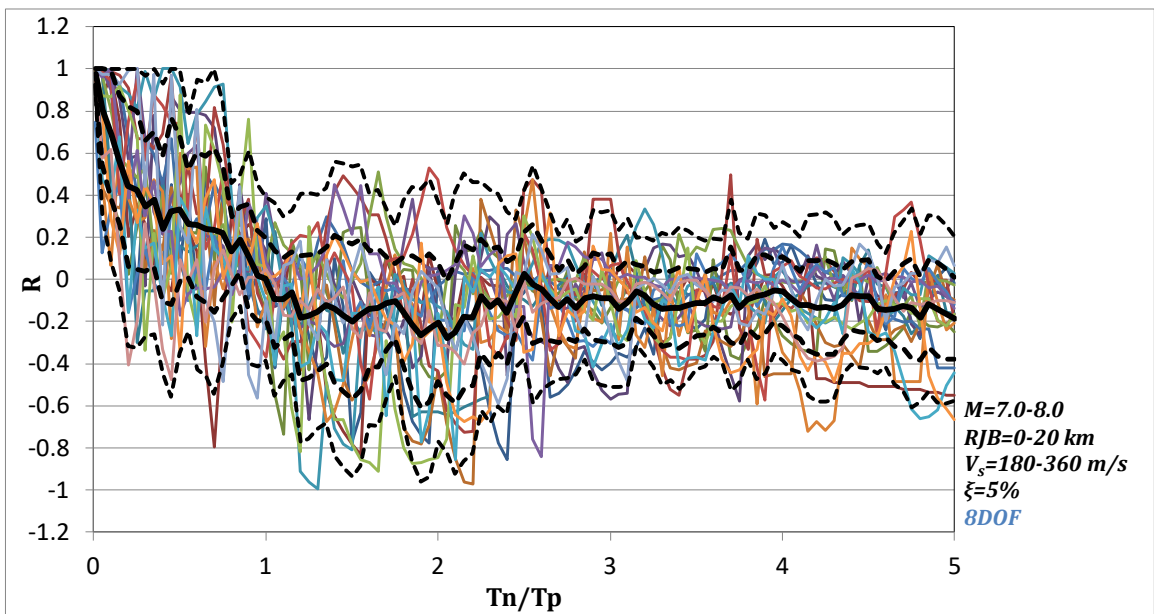
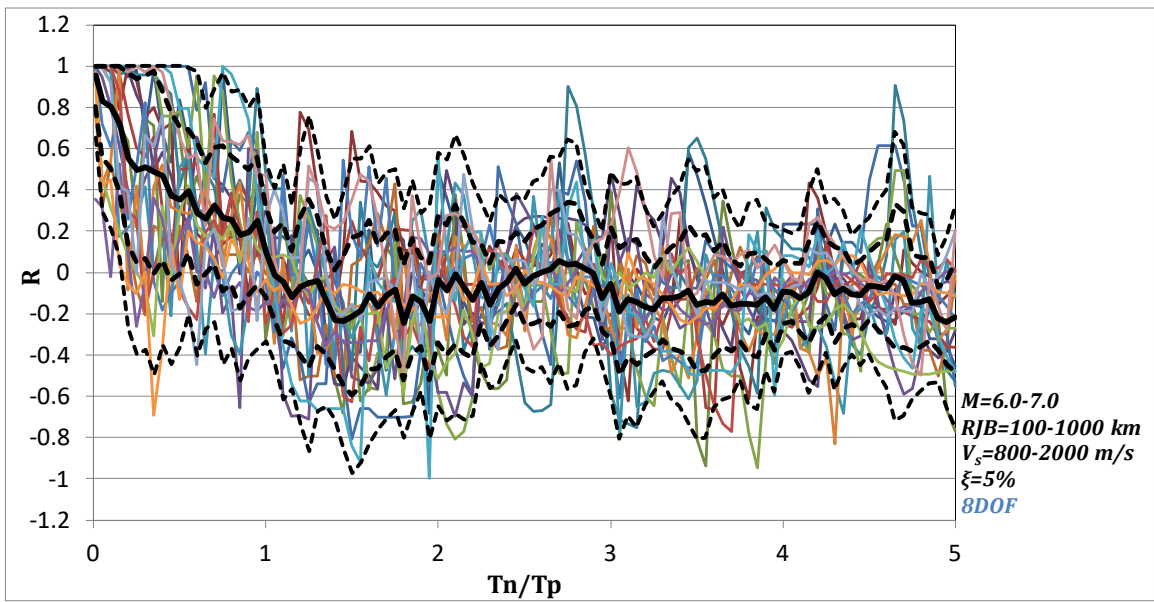


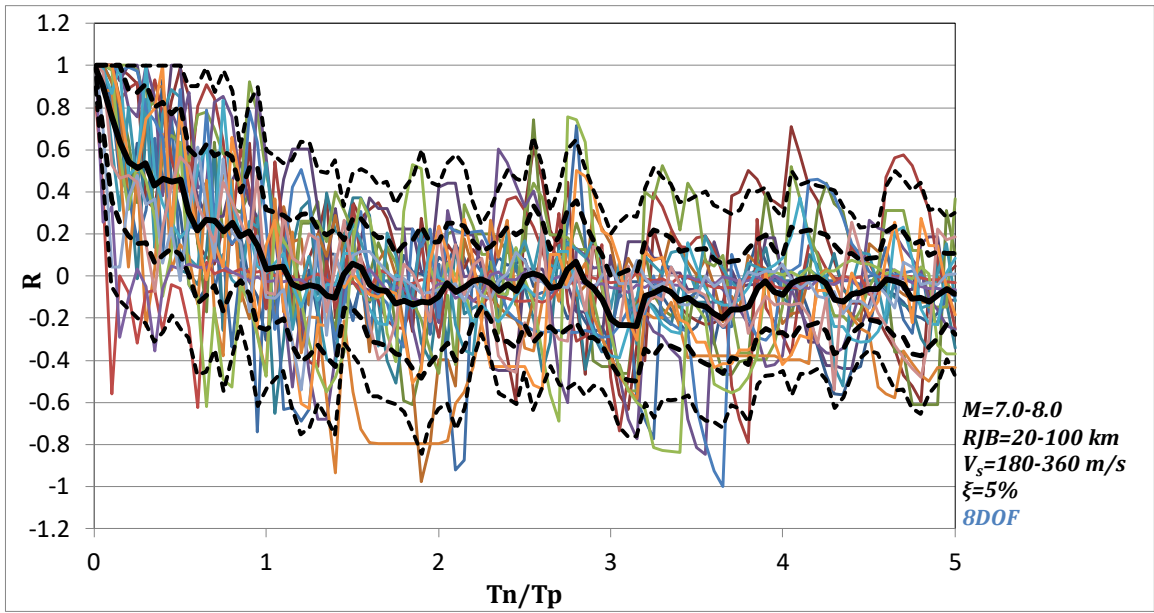
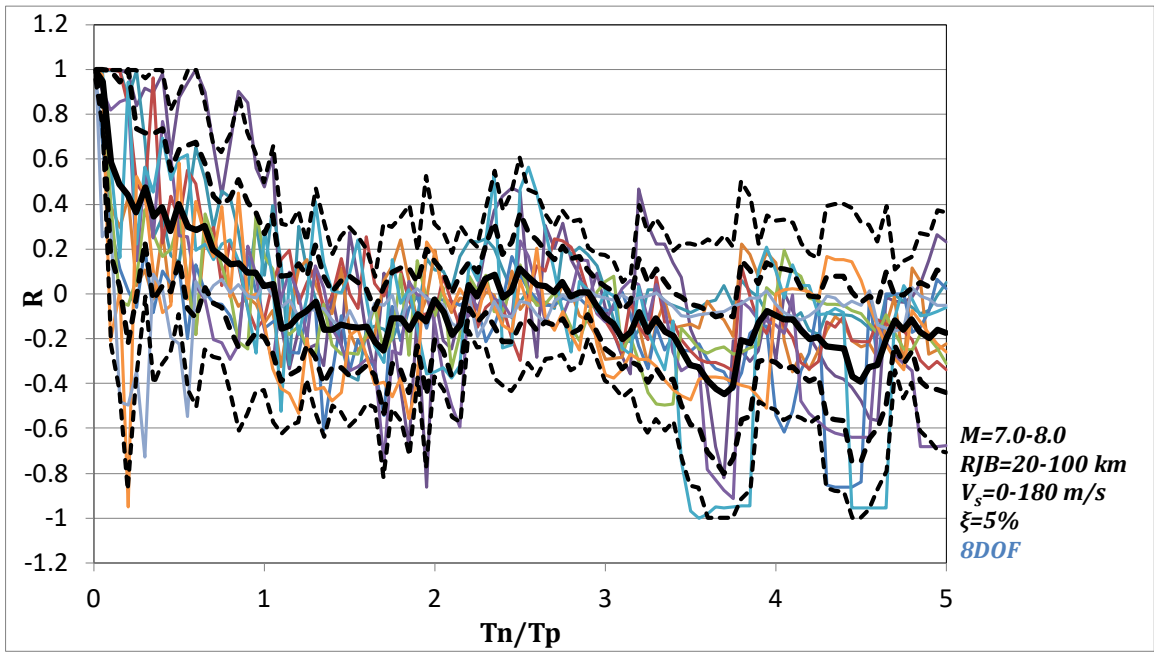




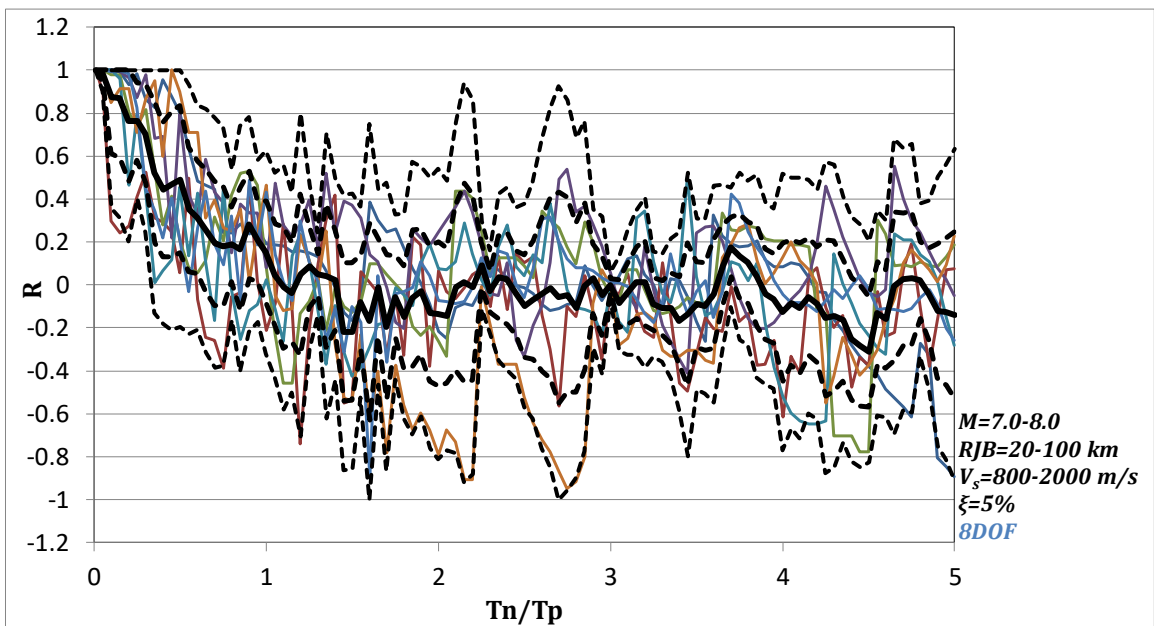
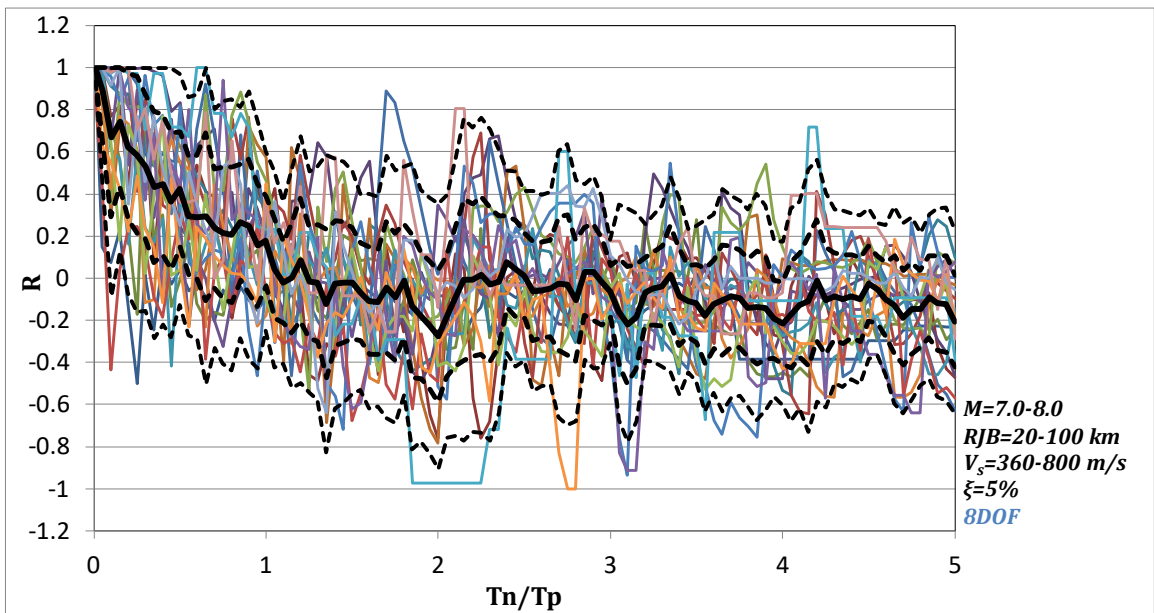




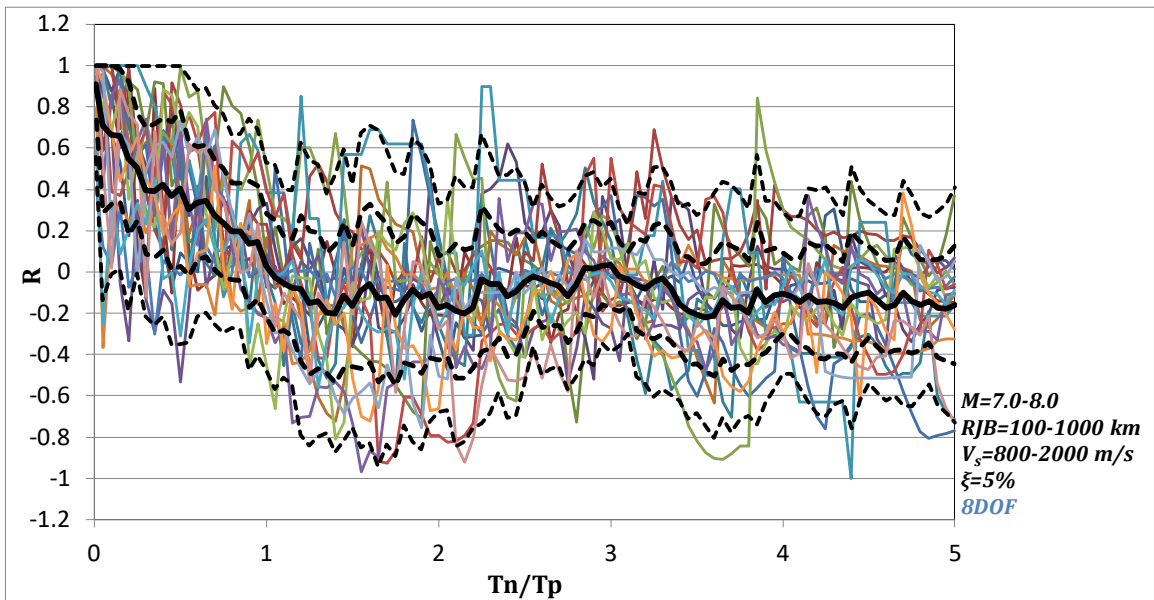
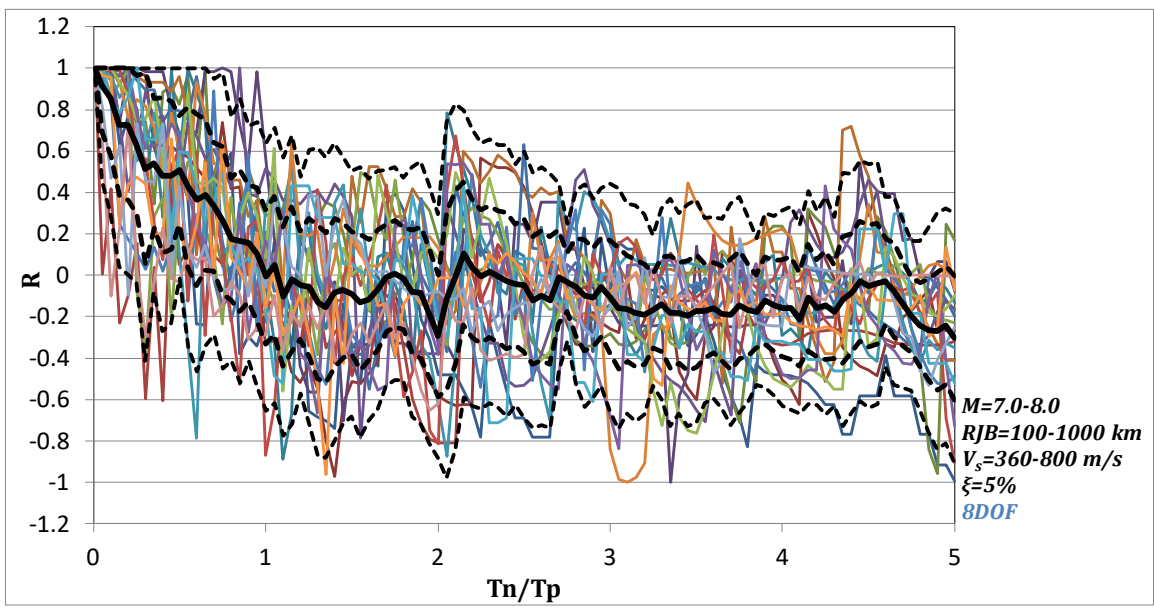
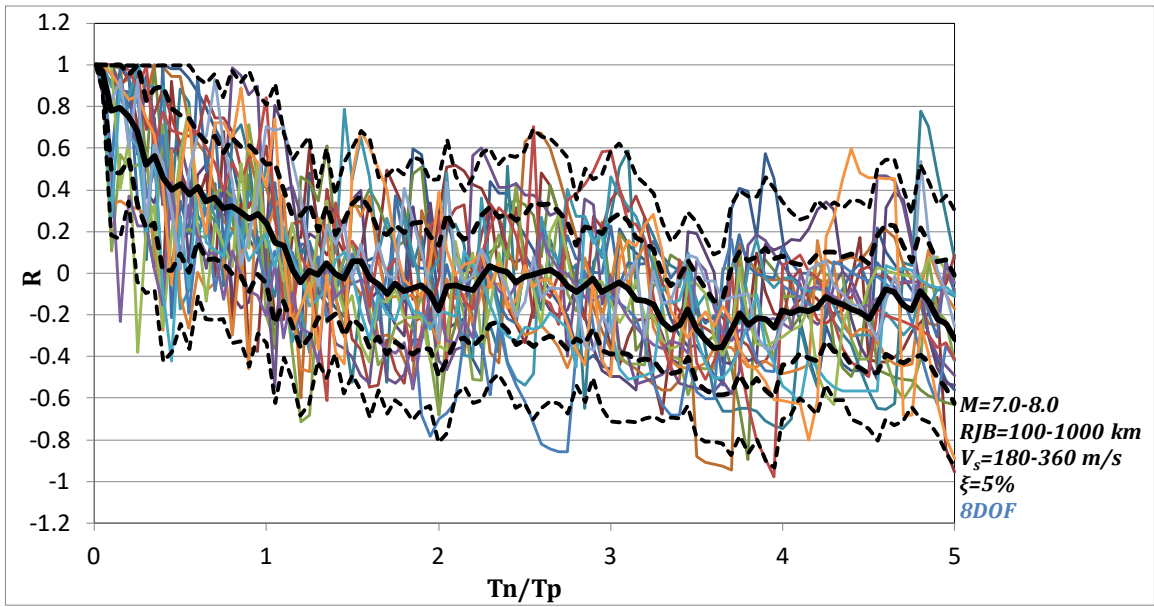


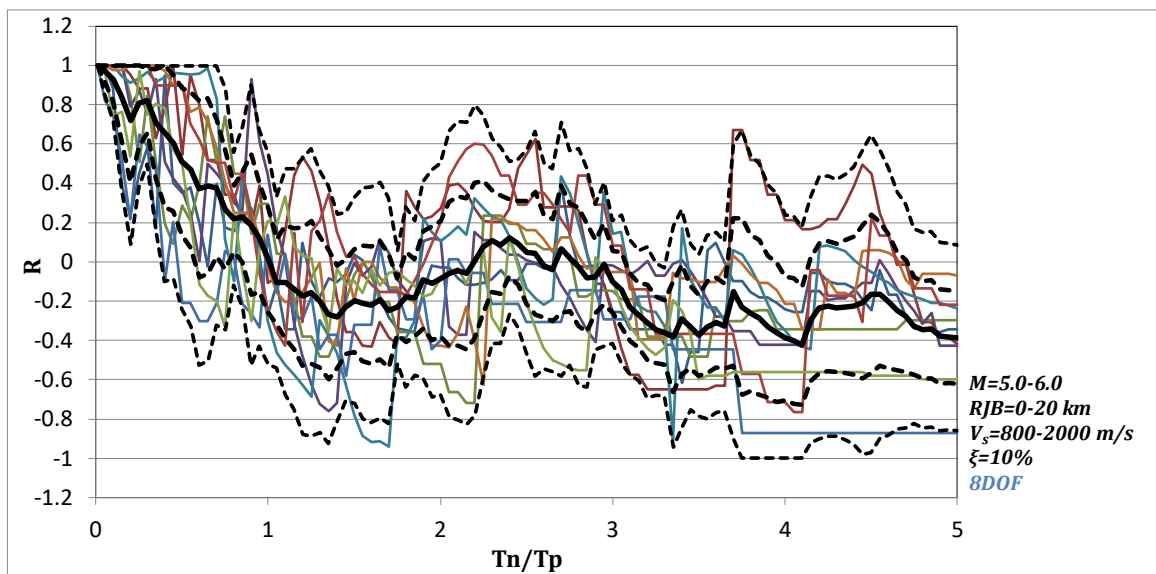
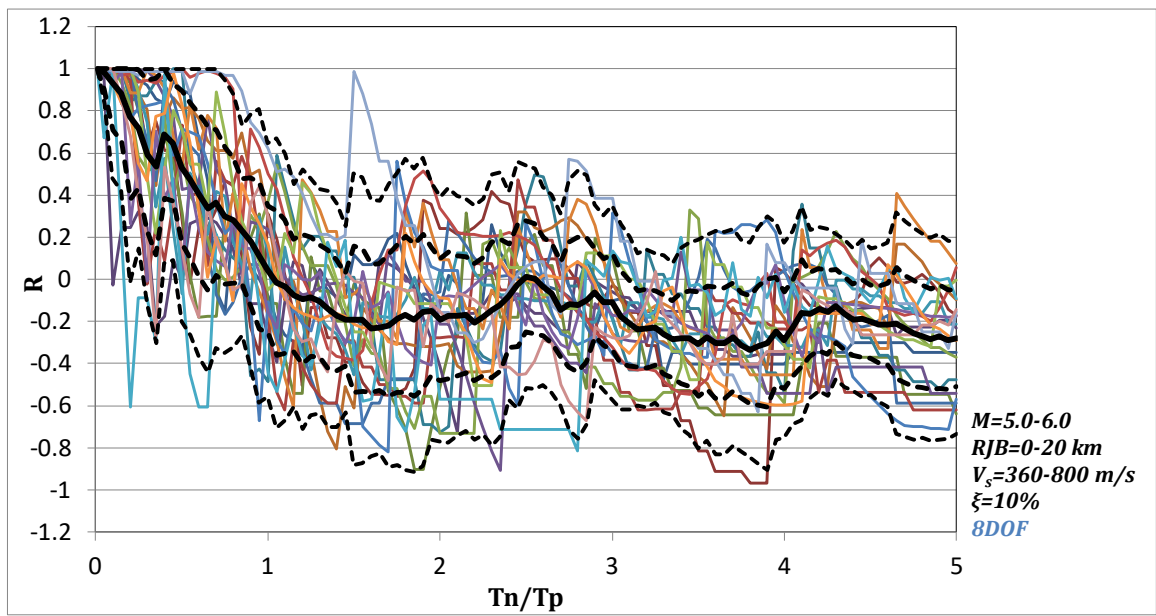
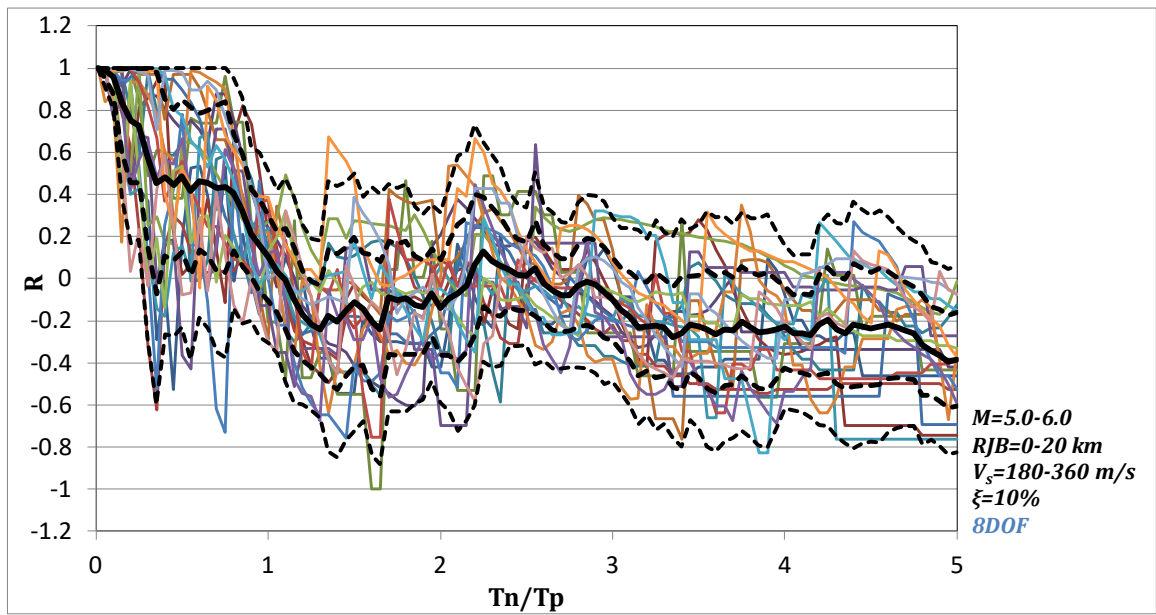


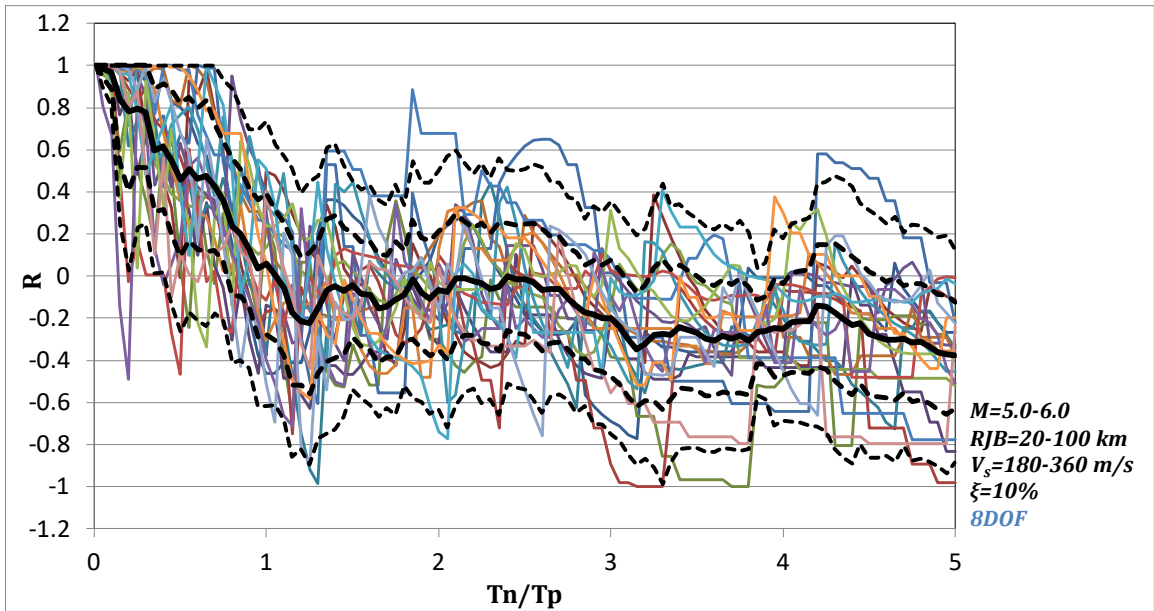
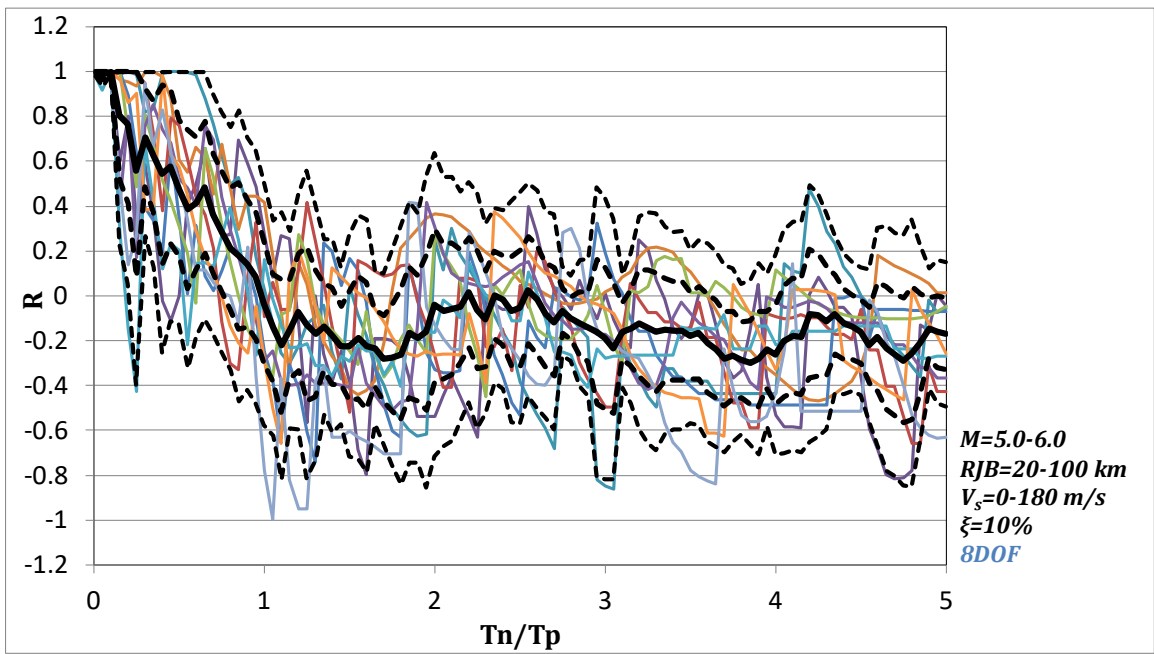
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



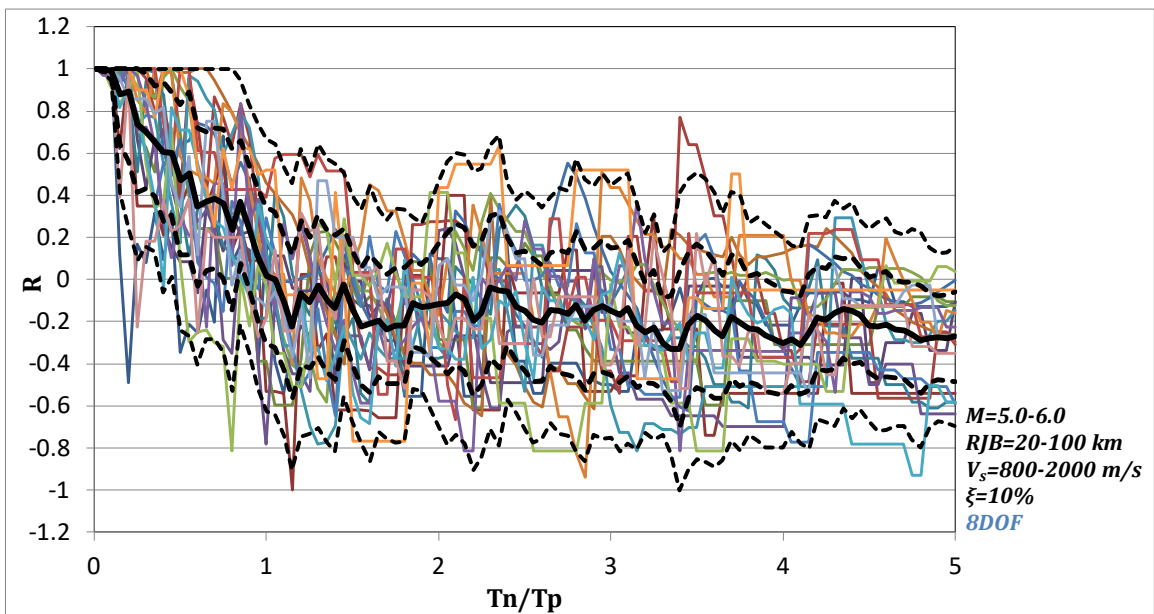
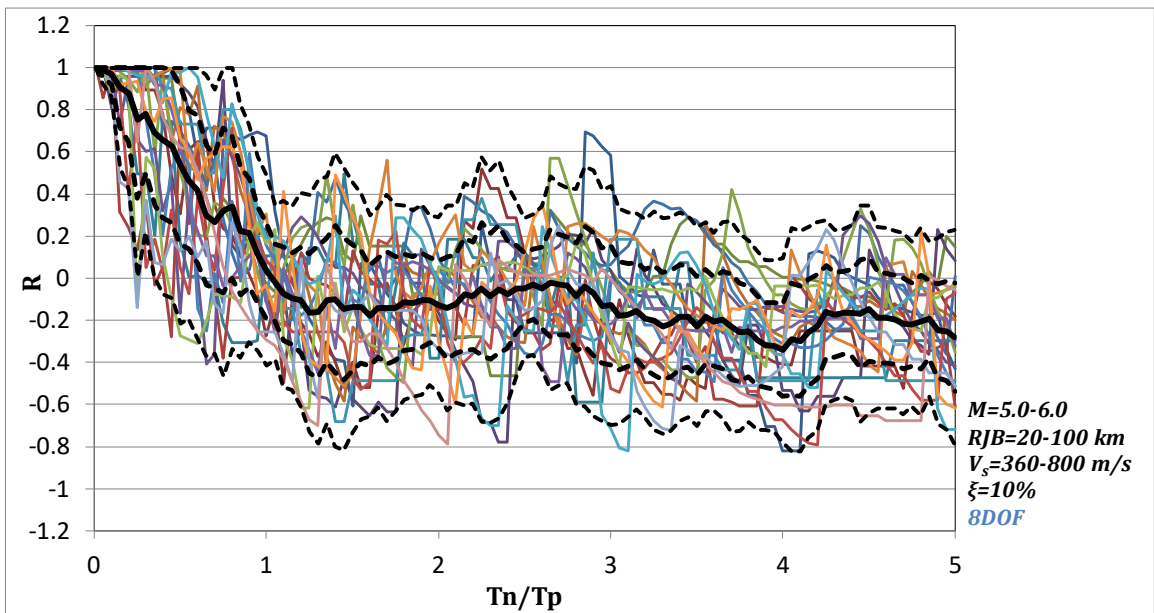
- mean
- · - mean+ σ
- · - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



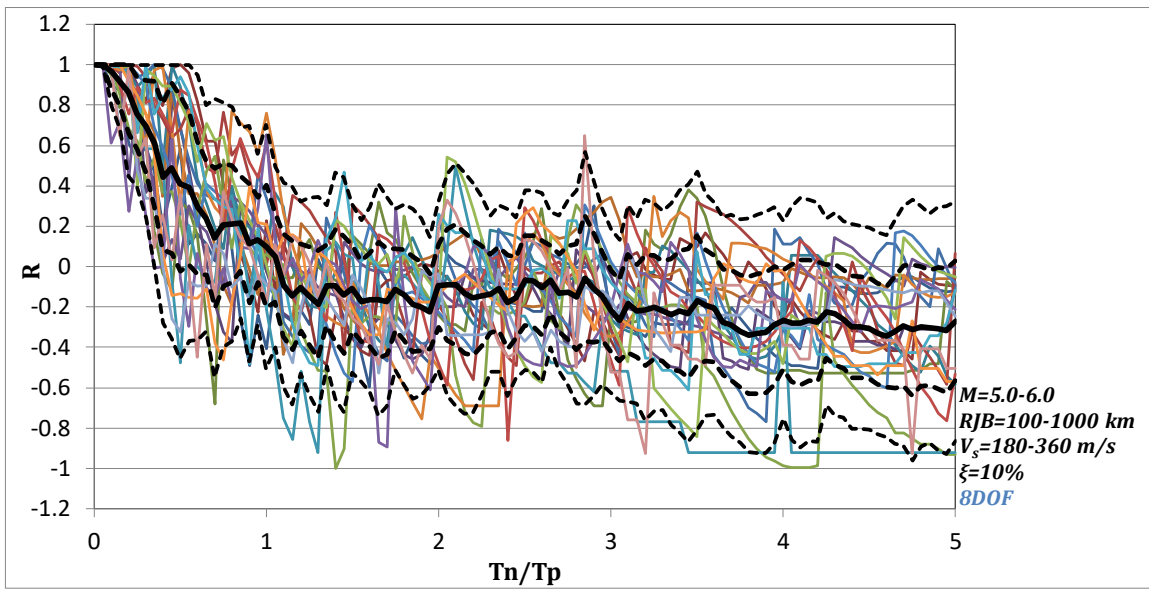
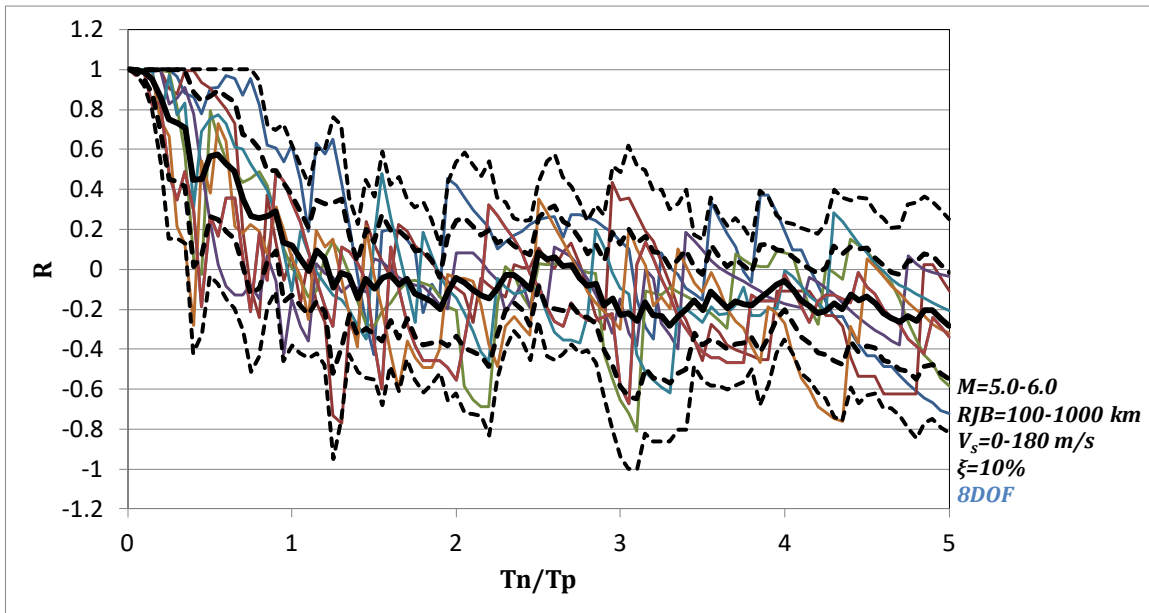




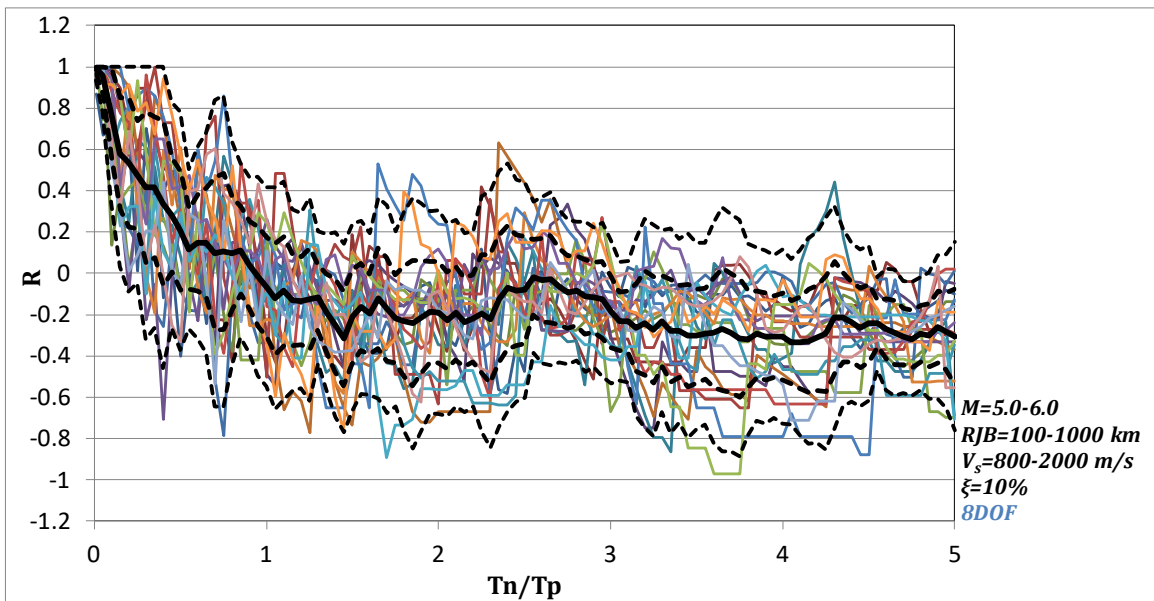
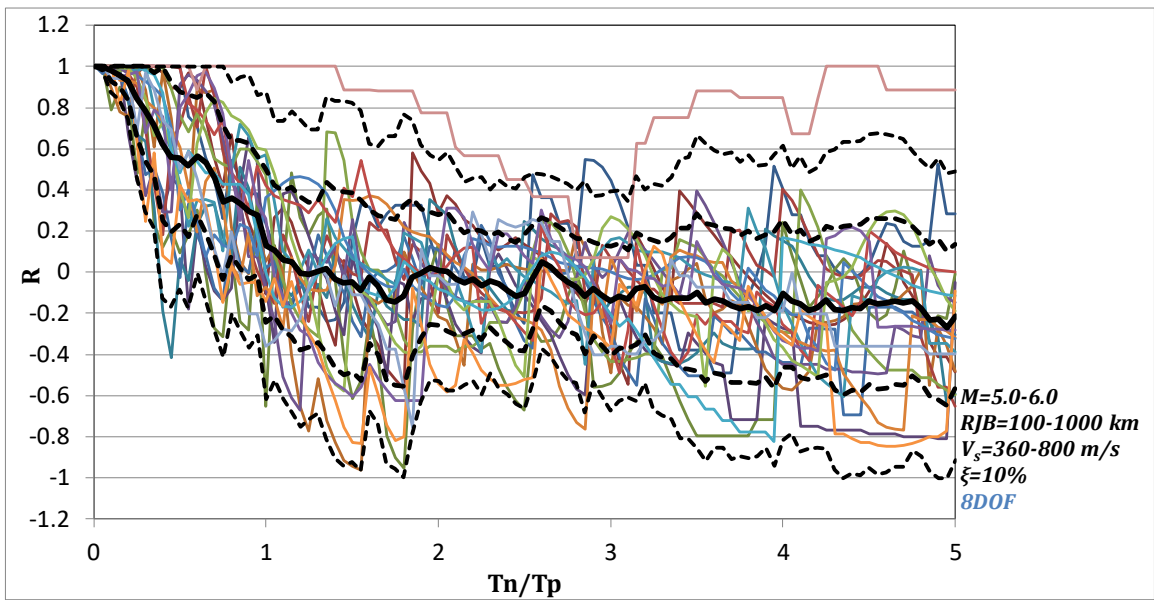
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ



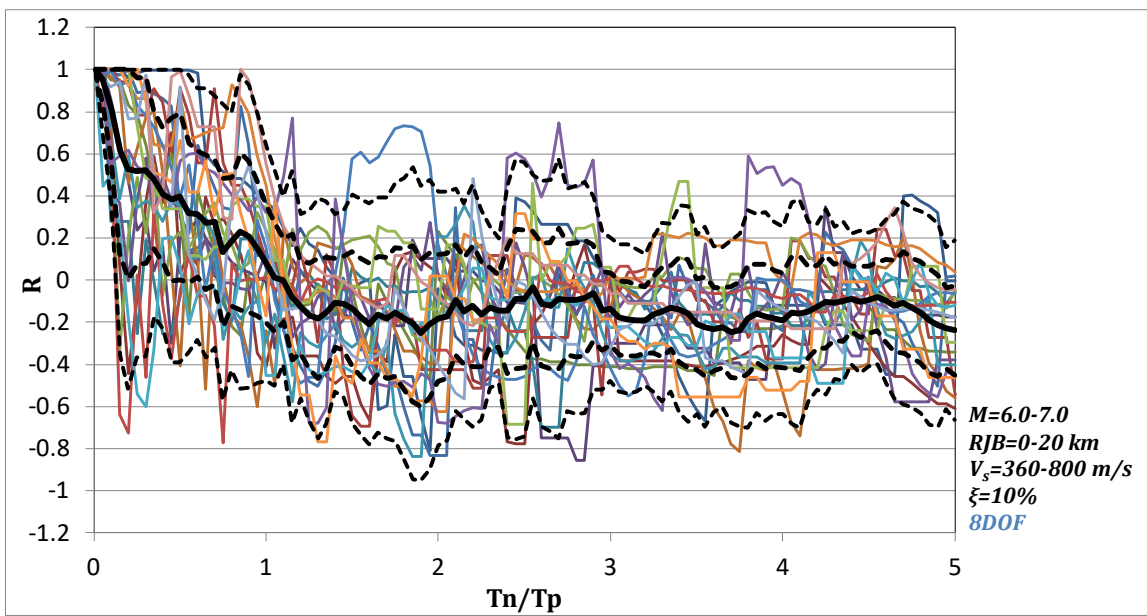
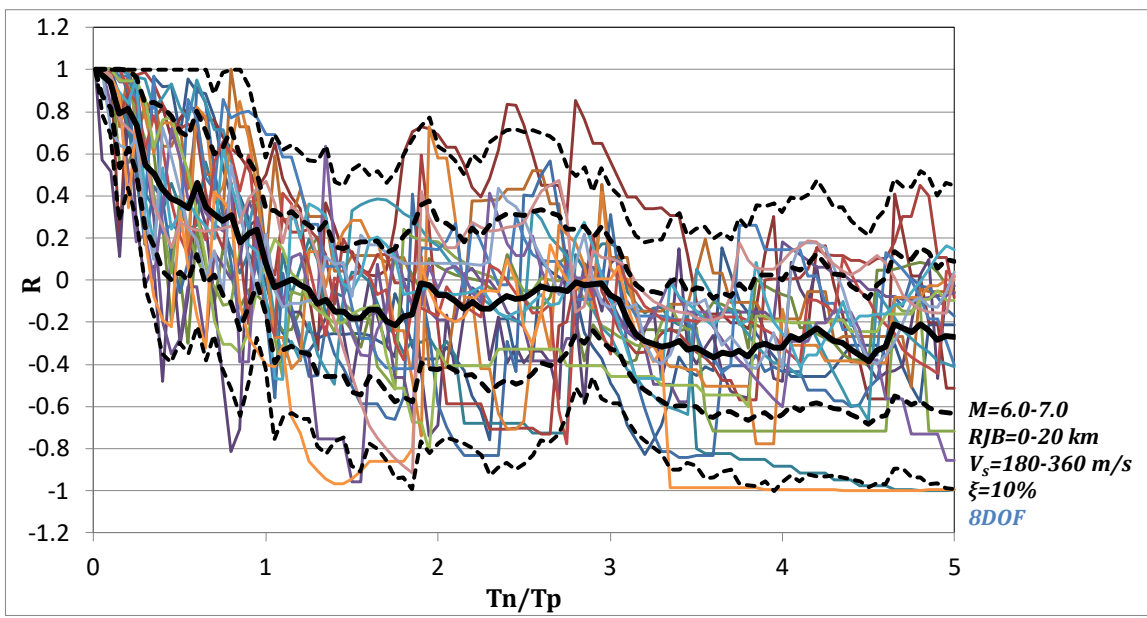
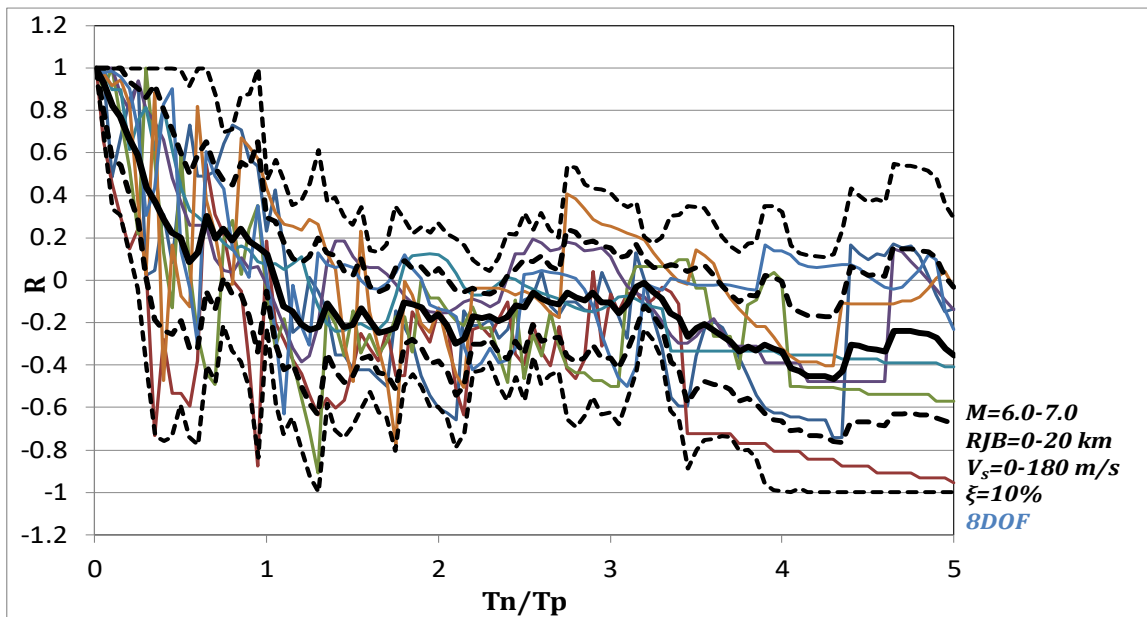
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

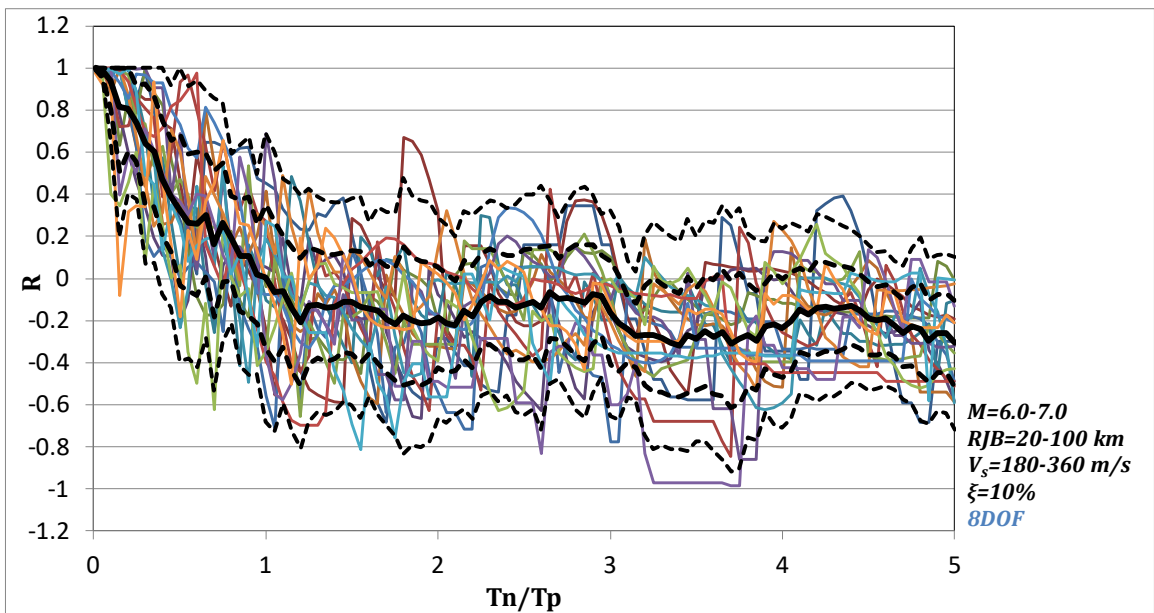
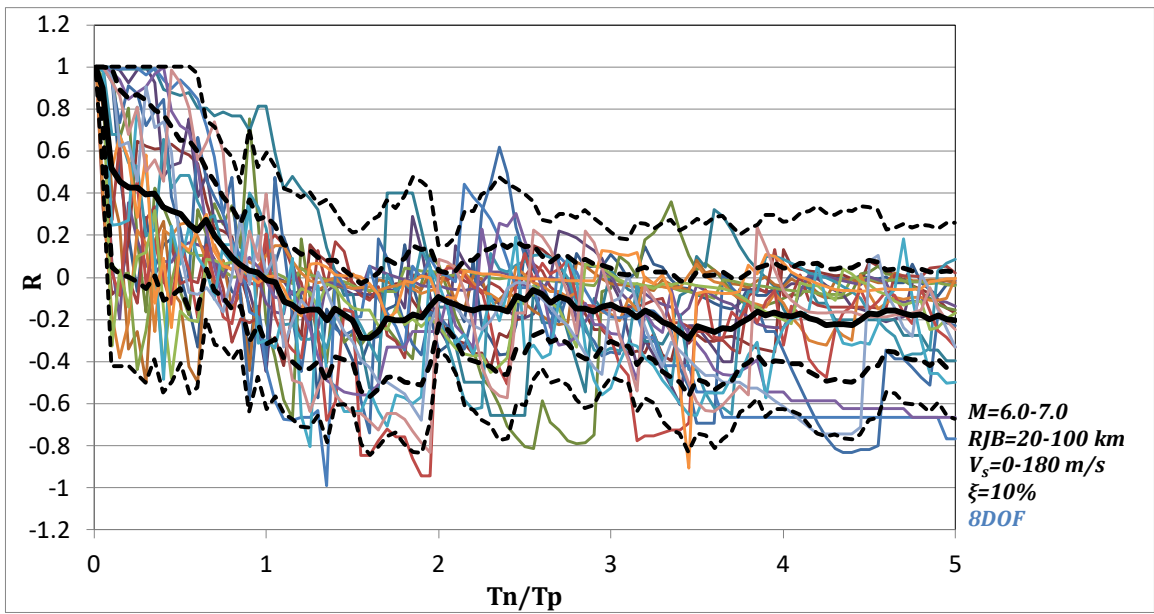
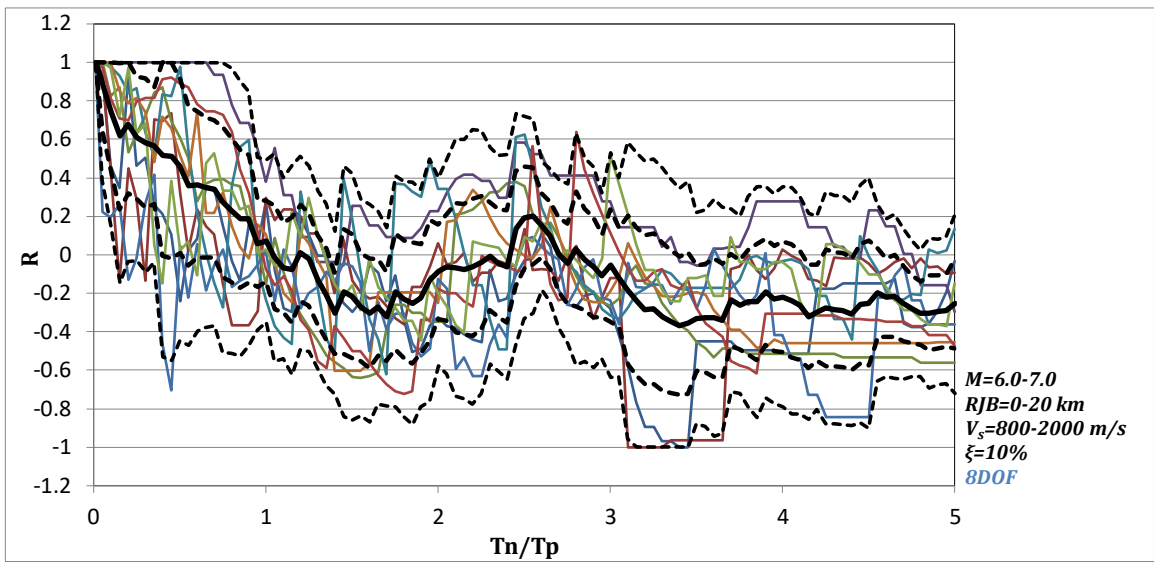


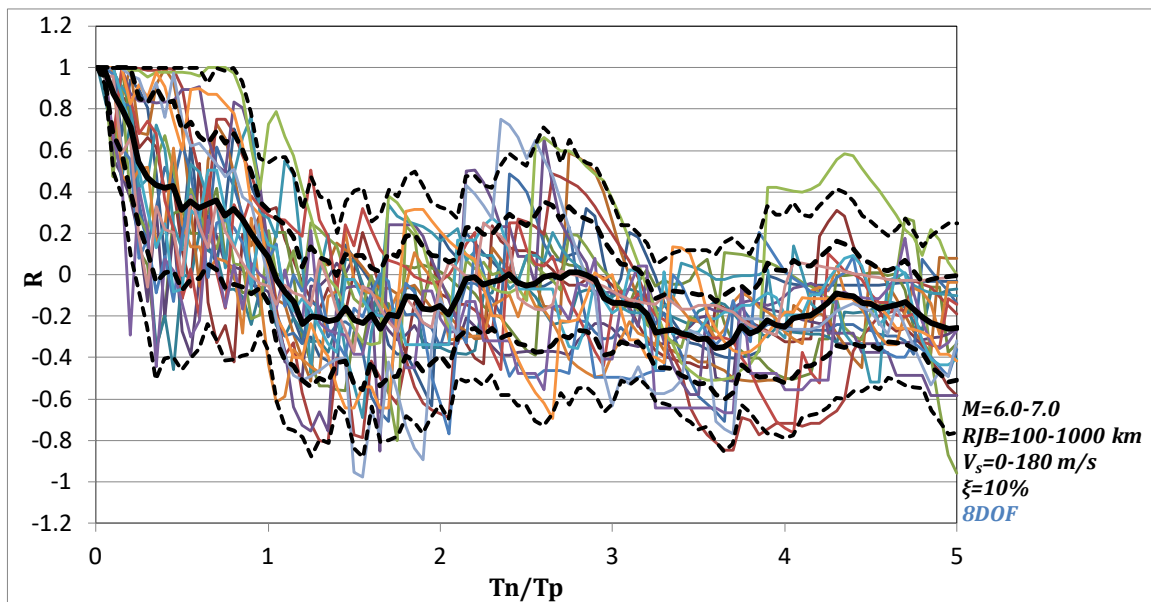
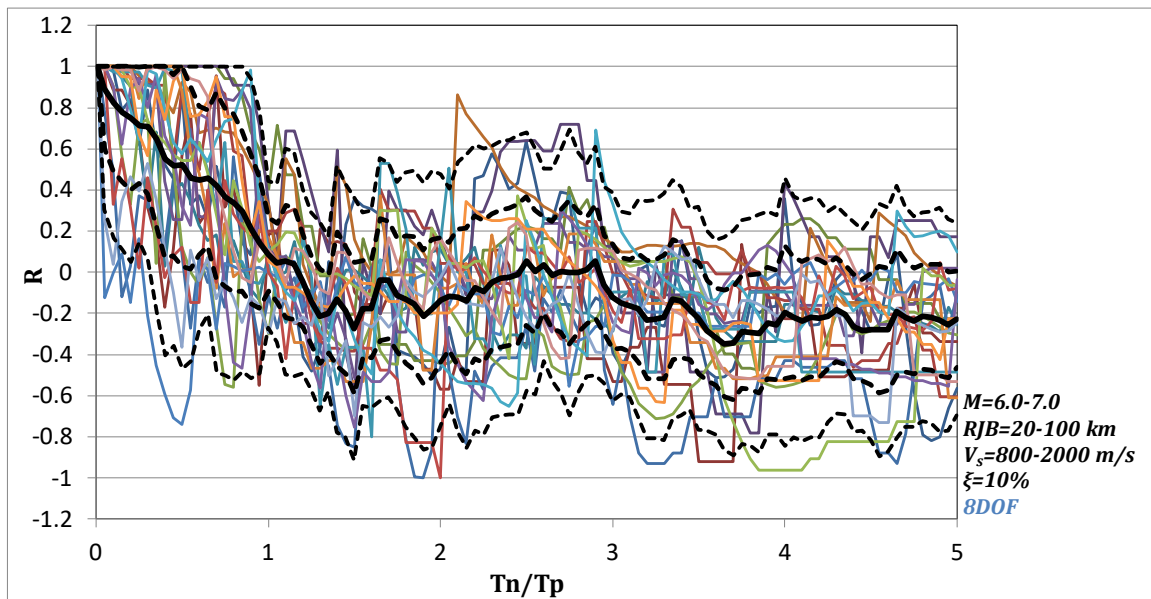
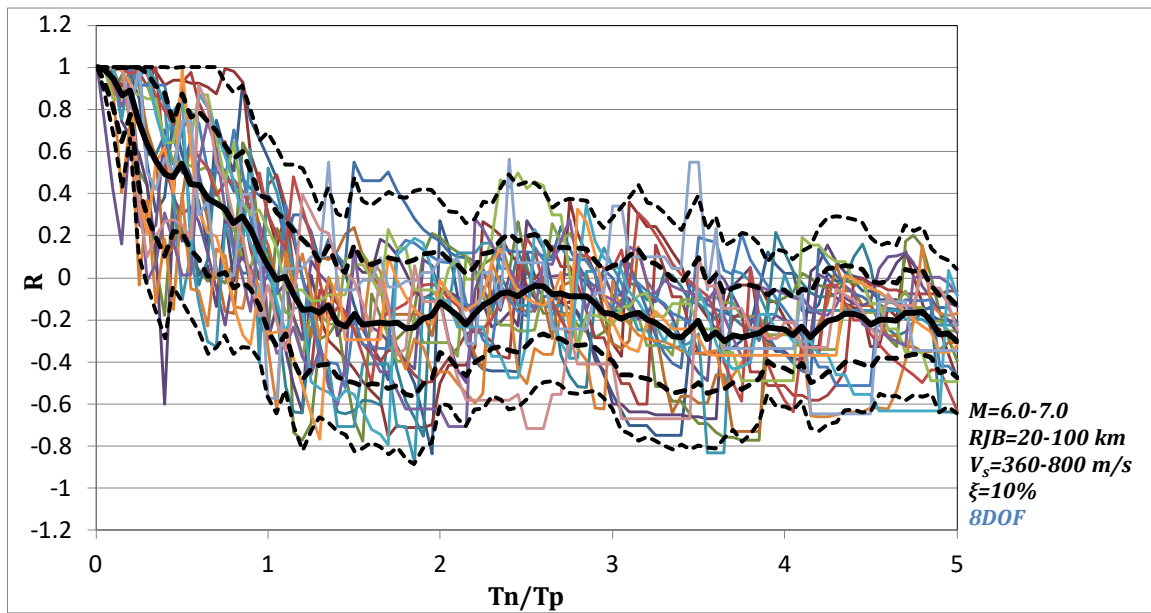
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+2 σ
- - - mean-2 σ

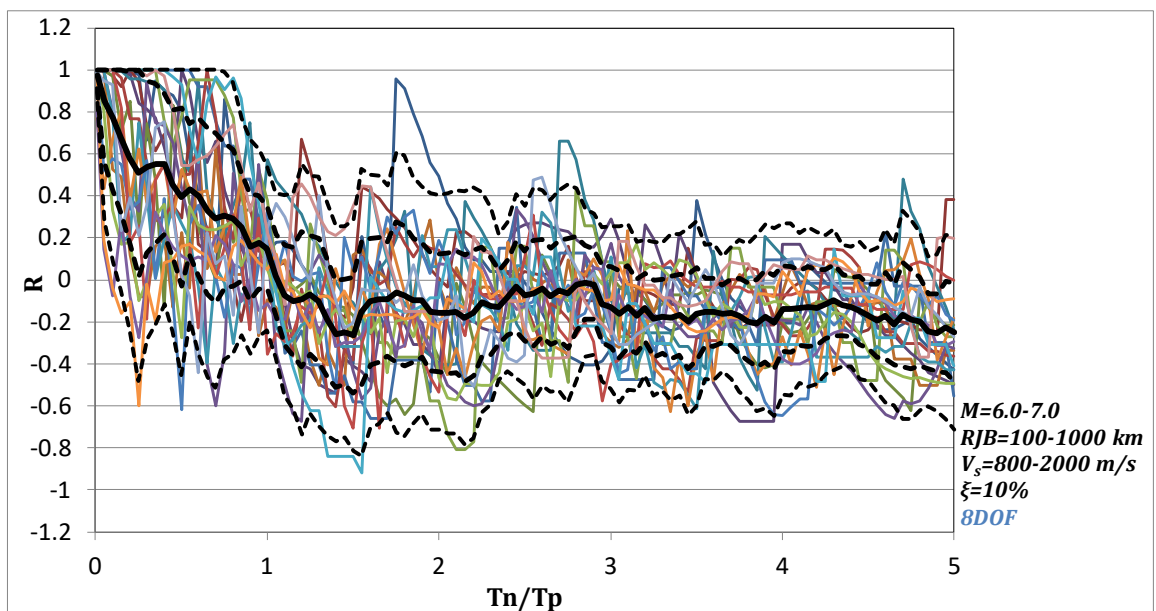
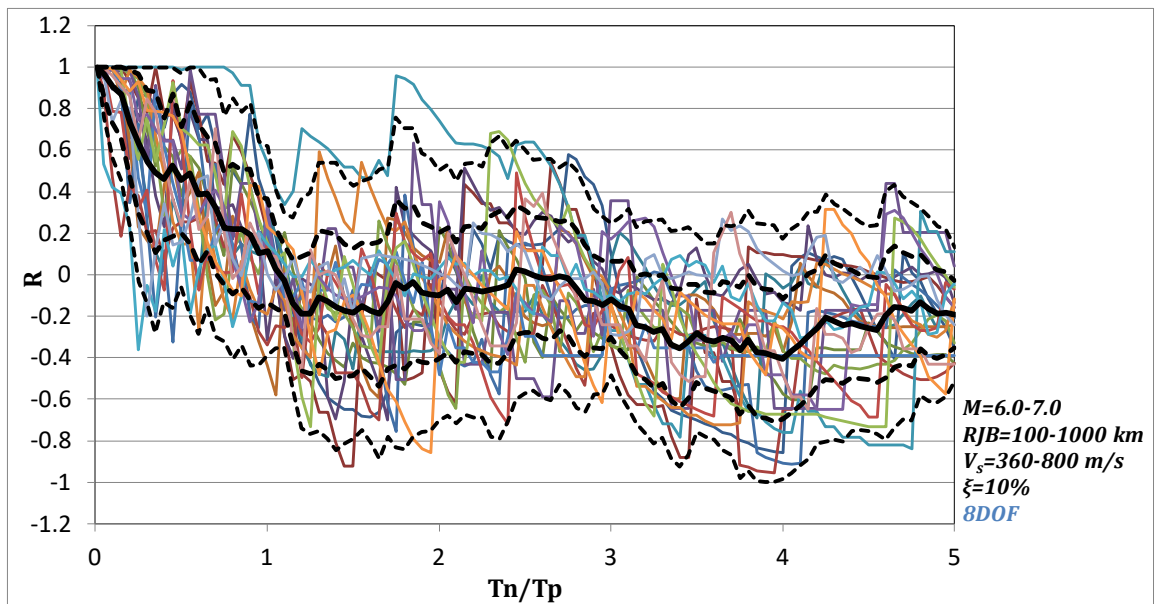
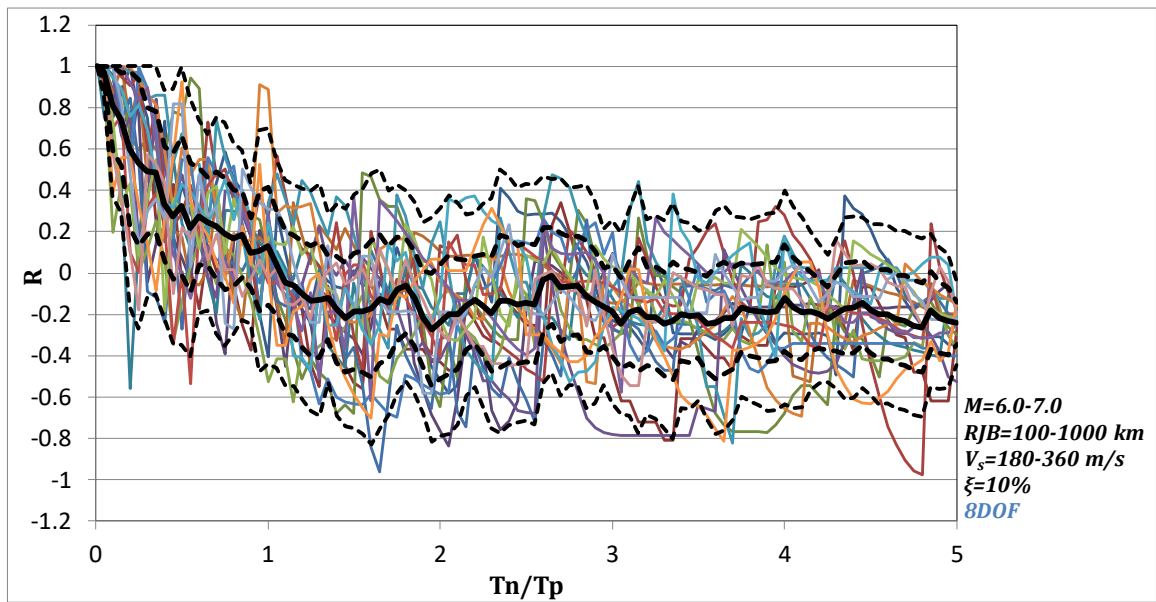


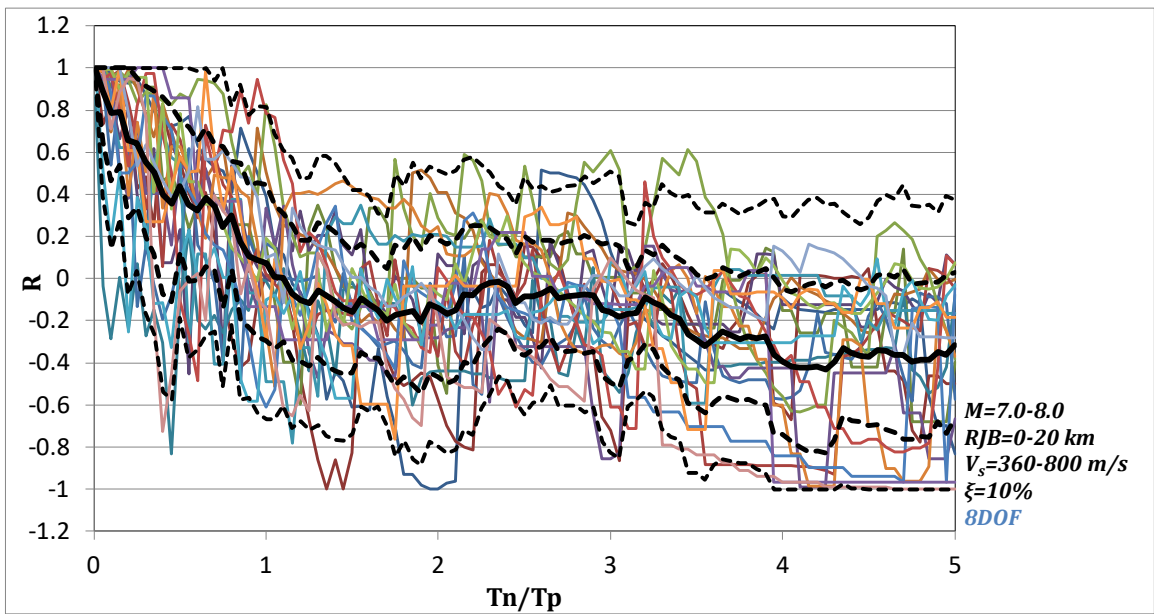
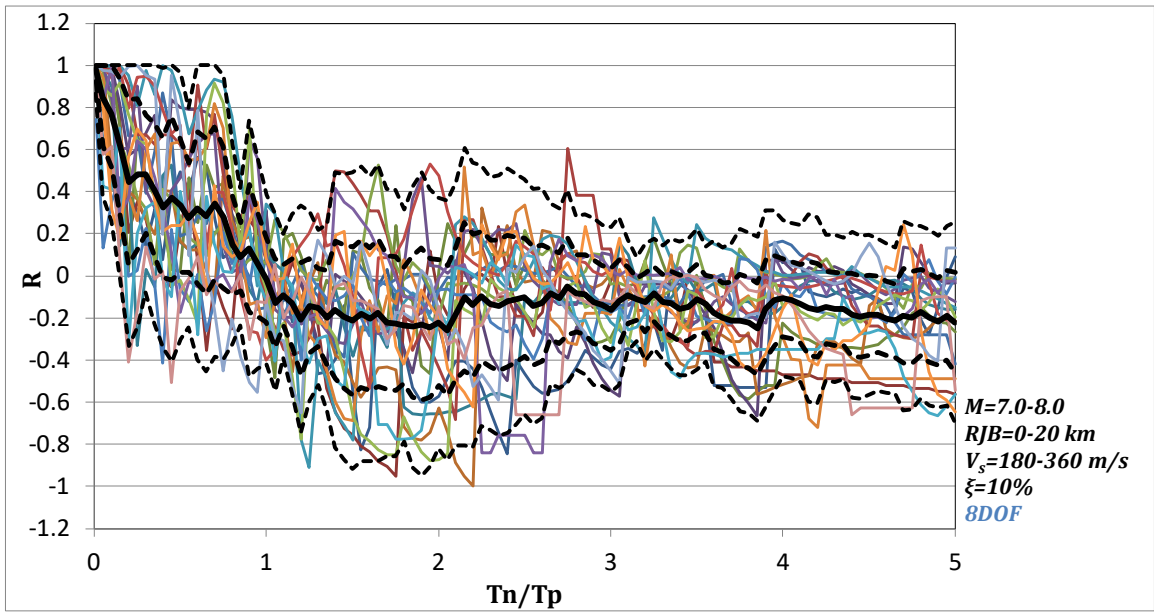
- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+2 σ
- - - mean-2 σ











- mean
- - - mean+ σ
- - - mean- σ
- - - mean+ 2σ
- - - mean- 2σ

