



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη των διακυμάνσεων της παραμέτρου τάξης
της σεισμικότητας στον Ελλαδικό χώρο**

Ιωάννα Βούλτσου

A.M.: 201202

Τριμελής Επιτροπή : Παναγιώτης Α. Βαρώτσος, Ομότιμος Καθηγητής

Νικόλαος Β. Σαρλής, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ευθύμιος Σ. Σκορδάς, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)

ΑΘΗΝΑ 2015



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Τομέας Φυσικής Στερεάς Κατάστασης

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη των διακυμάνσεων της παραμέτρου τάξης
της σεισμικότητας στον Ελλαδικό χώρο**

Ιωάννα Βούλτσου

A.M.: 201202

Τριμελής Επιτροπή : Παναγιώτης Α. Βαρώτσος, Ομότιμος Καθηγητής

Νικόλαος Β. Σαρλής, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ευθύμιος Σ. Σκορδάς, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)

ΑΘΗΝΑ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΩΣ ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ.....	9
1.1: ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	9
1.2: ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΙ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ.....	13
2.1: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ.....	13
2.2: ΤΟ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΑΣΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΟΝΟ	14
2.3: ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ (SES)	17
2.3.1: ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΙΕЗОΔΙΕΓΕΙΡΟΜΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ (PSC)	17
2.3.2: ΤΟ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΑΣΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ SES ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΟΝΟ	21
2.4: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΤΑΞΕΩΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΟΝΟ.....	22
2.5: Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ β ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΑΞΕΩΣ K_1	23
2.5.1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ K_1	24
2.5.2: ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ (PDF) ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ K_1 ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΙΣΧΥΡΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ	25
2.5.3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ β ΜΕ ΣΑΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	28
2.5.4: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ β ΟΤΑΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ- ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΙΑΠΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ β ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΑΞΕΩΣ K_1 ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 2000-2008	37
3.1: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	37
3.2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	41
3.2.1: Ο $M_W=6.5$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΚΥΡΟΥ	41
3.2.2: Ο $M_W=6.3$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΛΕΥΚΑΔΑΣ	58
3.2.3: Ο $M_W=6.1$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ	74

3.2.4: Ο $M_W=6.7$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΘΗΡΩΝ	90
3.2.5: Ο $M_W=6.2$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΛΕΩΝΙΔΙΟΥ.....	106
3.2.6: Ο $M_W=6.9$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΩΝΗΣ (ΜΕΘΩΝΗ 1)	122
3.2.7: Ο $M_W=6.4$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΔΡΑΒΙΔΑΣ	138
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	155
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (14).....	157
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ β ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΑΞΕΩΣ K_1 ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 01/01/2000-30/06/2008.....	159
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΛΟΓΩΝ	185

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα ερευνητική εργασία εκπονήθηκε υπό την καθοδήγηση του κ. Ευθύμιου Σκορδά, επίκουρου καθηγητή του τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης του Τμήματος Φυσικής του ΕΚΠΑ.

Πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (Μ.Δ.Ε) στη Φυσική των Υλικών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής κ. Π. Βαρώτσο, κ. Ν. Σαρλή και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ε. Σκορδά για την πολύτιμη βοήθειά τους. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια Διδάκτορα του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης κ. Κωνσταντίνα Παπαδοπούλου για όλη τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου, χωρίς τη στήριξη των οποίων η επιτυχής περάτωση τόσο του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών στη Φυσική των Υλικών όσο και της παρούσας εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου τάξεως κ_1 της σεισμικότητας για 7 διαφορετικές περιοχές που εμπεριέχουν τον Ελλαδικό χώρο με χρήση δυο σεισμολογικών καταλόγων (του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, GI-NOA, και του United States Geological Survey, USGS) και για δυο μεγέθη κατωφλίου ($M_{thres} = 3.2$ και $M_{thres} = 3.6$) κατά τη χρονική περίοδο από 01/01/2000 έως και 08/06/2008. Η μελέτη επικεντρώθηκε στα χρονικά διαστήματα έως και 6 μήνες πριν από τους σεισμούς μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που σημειώθηκαν στην περιοχή $N_{39.5}^{34.0} E_{19.5}^{25.0}$ με σκοπό να ελεγχθεί το εάν η β εμφανίζει παρόμοια συμπεριφορά με εκείνη που έχει παρατηρηθεί στην Ιαπωνία. Διαπιστώθηκε η εμφάνιση πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β , παρόμοιων με αυτά της Ιαπωνίας, πριν από την εκδήλωση του συνόλου των σεισμών μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ της μικρότερης περιοχής μελέτης κατά την 9ετία 2000-2008. Επίσης ελέγχθηκε η τυχόν σύμπτωση των ημερομηνιών εμφάνισης ελαχίστων της β με τις ημερομηνίες καταγραφής των αντίστοιχων SES, όπου αυτά ήταν διαθέσιμα. Για τους οκτώ σεισμούς για τους οποίους υπάρχει καταγεγραμμένο SES διαπιστώνεται σύμπτωση εντός δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης τοπικού ελαχίστου της β και των ημερομηνιών καταγραφής των αντίστοιχων SES.

Λέξεις κλειδιά: σεισμοί; φυσικός χρόνος; παράμετρος τάξης

ABSTRACT

The time evolution of the fluctuation β of the order parameter κ_1 of seismicity for seven different regions that include Greece has been studied using two seismic catalogues (from the Institute of Geodynamics of the National Observatory of Athens, GI-NOA and from the United States Geological Survey USGS) and for two magnitude thresholds ($M_{thres} = 3.2$ and $M_{thres} = 3.6$) from 01/01/2000 to 08/06/2008. The study focused on the time periods up until six months before the earthquakes of magnitude $M_w(USGS) > 6.0$ occur in the area $N_{34.0}^{39.5}E_{19.5}^{25.0}$ in order to check if β shows similar behavior to the one observed in Japan. The existence of possible precursory minima, similar to those of Japan, before the occurrence of all earthquakes of magnitude $M_w(USGS) > 6.0$ in the smaller region studied during the years 2000-2008 has been verified. Additionally, the probable coincidence between the dates that the minima of β occur and the record dates of the relevant, where available, SES has been checked. For the eight earthquakes for which SES activities have been reported, coincidence has been found within fourteen days between the dates that the local minima of β occurs and the record dates of the relevant SES activities.

Keywords: earthquakes; natural time; order parameter

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΙ ΣΕΙΣΜΟΙ ΩΣ ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

1.1: ΚΡΙΣΙΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Οι μεταβολές φάσης που λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικά φυσικά συστήματα διαχωρίζονται σε μεταβολές φάσεις πρώτης και δεύτερης τάξης. Ο διαχωρισμός βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η μετάβαση του συστήματος από τη μια φάση στην άλλη.

Στις μεταβολές φάσης πρώτης τάξης (first-order phase transitions) παρατηρείται απότομη μετάβαση του συστήματος από τη μια φάση στην άλλη. Η παράμετρος τάξης μεταβάλλεται ασυνεχώς. Αυτού του είδους οι μεταβολές φάσης σχετίζονται με το φαινόμενο της πυρηνοποίησης (Rundle et al., 2003) και πραγματοποιούνται μακριά από το κρίσιμο σημείο.

Στις μεταβολές φάσης δεύτερης τάξης (second-order phase transitions) το σύστημα, κατά την προσέγγιση στο κρίσιμο σημείο, μεταβαίνει με συνεχή τρόπο από την κατάσταση χαμηλής συμμετρίας (μη συμμετρική φάση) στην κατάσταση υψηλής συμμετρίας (συμμετρική φάση, Landau-Lifshitz, 1980). Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της κατηγορίας μεταβολών αποτελεί το γεγονός ότι η παράμετρος τάξης είναι μη μηδενική (θετική ή αρνητική) στη μη συμμετρική φάση και μηδενίζεται στη συμμετρική φάση, λαμβάνοντας τιμές σε ένα συνεχές διάστημα (π.χ., η διαφορά πυκνότητας $\rho_L - \rho_G$ στο σύστημα ρευστού-αερίου ή η μαγνήτιση $M(T)$ σε συστήματα παραμαγνητικών στερεών). Τα φαινόμενα που σχετίζονται με τις μεταβολές φάσης δεύτερης τάξης ονομάζονται κρίσιμα φαινόμενα (critical phenomena).

Κοντά στο κρίσιμο σημείο η παράμετρος τάξης παρουσιάζει σημαντικές χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις. Αυτές οι διακυμάνσεις χαρακτηρίζονται από δύο παραμέτρους, το μήκος συσχέτισης (correlation length) ξ και το χρόνο συσχέτισης (correlation time) τ αντίστοιχα (Varotsos, 2005a). Το μήκος συσχέτισης ξ αντανάκλα την εμβέλεια των συσχετίσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των διαφόρων μικροσκοπικών μεταβλητών του συστήματος ενώ ο χρόνος συσχέτισης τ εκφράζει τη χρονική απόσταση αυτών των συσχετίσεων. Κάτω από το κρίσιμο σημείο

παρατηρείται η ύπαρξη συσχετίσεων μακράς εμβέλειας (long range correlations) μεγάλης χρονικής διάρκειας, ανεξαρτήτως κλίμακας (scale invariance, το σύστημα παρουσιάζει αυτοοργάνωση) ενώ πάνω από το κρίσιμο σημείο εμφανίζονται συσχετίσεις βραχείας εμβέλειας (short range correlations) με μικρή χρονική διάρκεια (η αυτοοργάνωση καταστρέφεται). Κατά την προσέγγιση στο κρίσιμο σημείο οι ποσότητες ξ και τ αποκλίνουν ($\xi \rightarrow \infty$ και $\tau \rightarrow \infty$) και συνδέονται μέσω της σχέσης $\tau \propto \xi^z$ όπου z είναι ο δυναμικός κρίσιμος εκθέτης.

Ο βαθμός τάξης του συστήματος περιγράφεται από τη συνάρτηση συσχέτισης $C(r)$, όπου r η απόσταση μεταξύ των μικροσκοπικών μεταβλητών του συστήματος. Μακριά από το κρίσιμο σημείο η συνάρτηση συσχέτισης έχει εκθετική μορφή, δηλαδή $C(r) \sim \exp(-r/\xi)$ και φθίνει εκθετικά με την αύξηση της απόστασης r . Στο κρίσιμο σημείο η συνάρτηση συσχέτισης παίρνει τη μορφή νόμου δύναμης, δηλαδή $C(r) \sim 1/r^{d-2+\eta}$ όπου d είναι η διάσταση του συστήματος και η είναι εκθέτης που ονομάζεται κρίσιμος εκθέτης (critical exponent).

Χαρακτηριστική ιδιότητα των συστημάτων που κλιμακώνονται γύρω από ένα κρίσιμο σημείο είναι η παγκοσμιότητα (universality), δηλαδή το γεγονός ότι διαφορετικά φυσικά συστήματα που εισέρχονται σε κρισιμότητα έχουν τους ίδιους κρίσιμους εκθέτες.

1.2: ΚΡΙΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΙ

Είναι γνωστό ότι η εκδήλωση των σεισμών είναι ένα φυσικό φαινόμενο που παρουσιάζει σύνθετες χωρικές και χρονικές συσχετίσεις σε πλήθος διαφορετικών κλιμάκων. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη νόμων δύναμης παγκόσμιας ισχύος που διέπουν την εκδήλωση των σεισμικών γεγονότων έχει ως αποτέλεσμα τη θεώρησή τους ως κρίσιμα φαινόμενα και ειδικότερα ως γενικευμένες μεταβολές φάσης δεύτερης τάξης (Rundle et al., 2003).

Οι σημαντικότεροι από αυτούς τους νόμους κλιμάκωσης είναι (Rundle et al., 2003; Varotsos et al., 2011a):

- i. Ο νόμος Gutenberg-Richter που περιγράφει την κατανομή των μεγεθών των σεισμών. Η αθροιστική συχνότητα των σεισμών μεγέθους $m > M$ που συμβαίνουν εντός καθορισμένης περιοχής και χρονικής περιόδου, συνδέεται με το μέγεθος M μέσω της σχέσης

$\log_{10} N(m > M) = a - bM$, όπου a, b θετικές σταθερές με $b \approx 1$. Ο νόμος αυτός γράφεται συνήθως και με τη μορφή $N(m > M) \propto 10^{-bM}$. Με συνδυασμό του νόμου Gutenberg-Richter και της σχέσης $E \propto 10^{cM}$ μεταξύ της ενέργειας E και του μεγέθους M των σεισμών, με c σταθερά, προκύπτει η σχέση κατανομής της ενέργειάς τους $P(E) \propto E^{-\gamma}$ με $\gamma = 1 + b/1.5$. Για $b \approx 1$ προκύπτει $\gamma = 1.6-1.7$ (πίνακας 1).

Process / type of measurement	γ	References
Dislocation glide in hexagonal ice single crystals (acoustic emission)	1.6	[26]
Intermittent plastic flow in nickel microcrystals	1.6	[9]
Solar flares	1.5–2.1	[5, 32, 18, 29]
Microfractures before the breakup of wood (acoustic emission)	1.5	[14, 1]
Microfractures before the breakup of fiberglass (acoustic emission)	2.0	[14, 1]
Earthquakes	1.5–1.8	See Ref. [36] and references therein
Icequakes	≈ 1.8	See p.212 of Ref. [64] and references therein

Πίνακας 1: Πειραματικές τιμές του εκθέτη γ που προκύπτουν από διαφορετικές φυσικές διεργασίες (Varotsos et al., 2011a, p.144).

- ii. Ο νόμος του Omori που περιγράφει τη χρονική εξέλιξη του πλήθους των μετασεισμών. Το πλήθος N_{as} των μετασεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο ενός μεγέθους κατωφλίου συνδέεται με το χρόνο t που μεσολαβεί από την εκδήλωση του κύριου σεισμού μέσω

της σχέσης
$$\frac{dN_{as}}{dt} = \frac{1}{t_0 \left(1 + \frac{t}{t_1}\right)^p} , \text{ όπου } t_0, t_1 \text{ σταθερές και } p = 0.7-$$

2.0 με $p \approx 1$ για σεισμούς μεγάλου μεγέθους. Συνεπώς

$$\frac{dN_{as}}{dt} \propto t^{-p} .$$

iii. Η fractal διάσταση των ρηγμάτων. Η αθροιστική συχνότητα των σεισμών που συμβαίνουν εντός καθορισμένης περιοχής και χρονικής περιόδου με επιφάνεια διάρρηξης μεγαλύτερη μιας επιφάνειας A δίνεται από τη σχέση $N_{GR} = CA^{-\gamma}$, όπου C, γ σταθερές και fractal διάσταση $D=2\gamma$. Για $\gamma=b=D/2$ η προηγούμενη σχέση είναι ισοδύναμη με το νόμο Gutenberg-Richter.

iv. Ο νόμος του Båth που διέπει την εκδήλωση των μετασεισμών. Σύμφωνα με αυτό το νόμο η διαφορά μεγέθους ανάμεσα στον κύριο σεισμό (M) και τον ισχυρότερο μετασεισμό του (M_1) είναι κατά προσέγγιση σταθερή ($M - M_1 = 1.2$), ανεξαρτήτως του μεγέθους του κύριου σεισμού.

Η μελέτη των σεισμών ως γενικευμένες μεταβολές φάσης δεύτερης τάξης προϋποθέτει την επιλογή κατάλληλης κρίσιμης παραμέτρου για την περιγραφή της φυσικής εξέλιξης του φαινομένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

2.1: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Σε κάθε γεγονός μιας χρονοσειράς που αποτελείται από N συνολικά γεγονότα μπορεί να αποδοθεί ο φυσικός χρόνος $\chi_k = \frac{k}{N}$, $k=1,2,\dots,N$ (Varotsos et al.,2001).

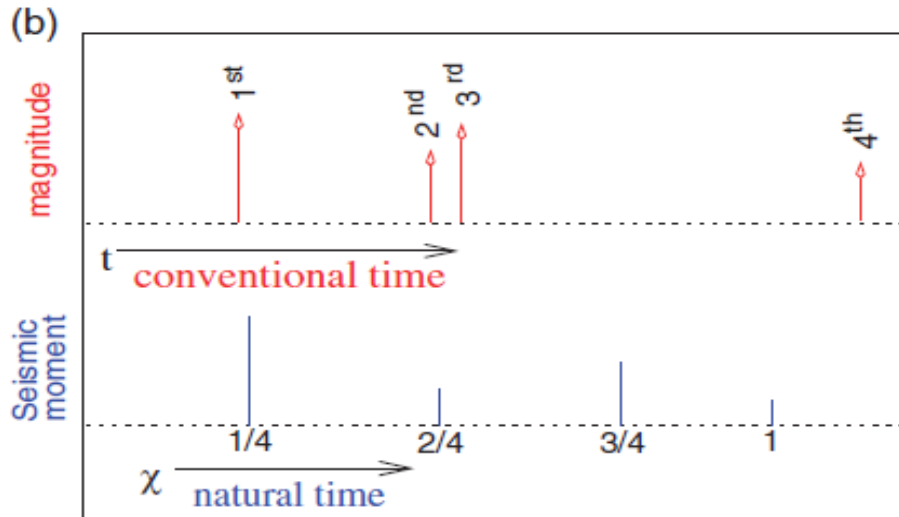
Ο φυσικός χρόνος είναι ένα νέο πεδίο χρόνου, διαφορετικό από το συμβατικό χρόνο που μετράται από ένα ρολόι. Όπως προκύπτει από τη σχέση ορισμού του δεν είναι συνεχής ποσότητα αλλά ένα είδος δείκτη που λαμβάνει τιμές στο διάστημα $(0,1]$.

Η μελέτη πολύπλοκων συστημάτων σε αυτό το πεδίο μπορεί να οδηγήσει αφενός στην αποκάλυψη ιδιοτήτων που αφορούν τη δυναμική εξέλιξή τους και αφετέρου στον προσδιορισμό της χρονικής στιγμής κατά την οποία εισέρχονται σε κρίσιμότητα (Varotsos et al.,2011b).

Ένα τέτοιο σύστημα αυξημένης πολυπλοκότητας είναι και ο φλοιός της Γής, η δυναμική εξέλιξη του οποίου εκφράζεται μέσω της σεισμικότητας.

Όπως είναι γνωστό, στο συμβατικό χρόνο μια σεισμική ακολουθία αποτελούμενη από N γεγονότα περιγράφεται από ζεύγη (t_i, M_i) δηλαδή από ζεύγη χρόνου γένεσης-μεγέθους σεισμών.

Στο φυσικό χρόνο η ίδια σεισμική ακολουθία περιγράφεται εναλλακτικά από ζεύγη (χ_k, E_k) όπου $\chi_k = \frac{k}{N}$ είναι ο φυσικός χρόνος που αποδίδεται στο k σεισμικό γεγονός και $E_k \propto M_{0,k}$ είναι η ενέργειά του, η οποία αντιστοιχεί στη σεισμική του ροπή.



Εικόνα 1: Ανάλυση μιας σεισμικής ακολουθίας σε πραγματικό-συμβατικό και φυσικό χρόνο (Varotsos et al.,2011a,p.122).

Με αυτό τον τρόπο τα σεισμικά γεγονότα ανακατανέμονται σε ισαπέχοντα διαστήματα διατηρώντας τη χρονική αλληλουχία τους ενώ λαμβάνεται υπόψη η ολική ενέργεια που εκλύεται κατά την εκδήλωσή τους και όχι μόνο ένα μέρος αυτής (εικόνα 1).

2.2: ΤΟ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΑΣΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΟΝΟ

Η μελέτη της χρονικής εξέλιξης της σεισμικότητας στο πεδίο του φυσικού χρόνου ανάγεται στη μελέτη της χρονικής εξέλιξης των ζευγών (χ_k, E_k) .

Για το σκοπό αυτό ορίζεται η συνεχής συνάρτηση
$$F(\omega) = \sum_{k=1}^N E_k \exp(i\omega \frac{k}{N})$$
, όπου $\omega=2\pi\varphi$ και φ η φυσική συχνότητα.

Διαιρώντας την $F(\omega)$ με $F(0) = \sum_{k=1}^N E_k$ προκύπτει η κανονικοποιημένη

$$\text{συνάρτηση } \Phi(\omega) = \frac{\sum_{k=1}^N E_k \exp(i\omega \frac{k}{N})}{\sum_{k=1}^N E_k} = \sum_{k=1}^N p_k \exp(i\omega \frac{k}{N}) = \sum_{k=1}^N p_k \exp(i\omega \chi_k)$$

,όπου $P_k = \frac{E_k}{\sum_{k=1}^N E_k}$ η πιθανότητα παρατήρησης του σεισμικού

γεγονότος ενέργειας E_k σε φυσικό χρόνο χ_k με $\sum_{k=1}^N p_k = 1$.

Όταν η φυσική συχνότητα ω λαμβάνει τιμές στο διάστημα $0 < \omega \leq 0.5$ η φασματική συνάρτηση $\Pi(\omega) = |\Phi(\omega)|^2 = \Phi(\omega) \cdot \Phi^*(\omega)$ ανάγεται σε μια χαρακτηριστική συνάρτηση η οποία περιγράφει την κατανομή πιθανότητας P_k .

Οι ιδιότητες αυτής της κατανομής προσδιορίζονται από τη συμπεριφορά της $\Pi(\omega)$ γύρω από το μηδέν.

Το ανάπτυγμα Taylor της $\Pi(\omega)$ γύρω από την $\omega \rightarrow 0$ δίνεται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} \Pi(\omega) = \Pi(0) + \left. \frac{d\Pi(\omega)}{d\omega} \right|_{\omega=0} \cdot \omega + \frac{1}{2!} \left. \frac{d^2\Pi(\omega)}{d\omega^2} \right|_{\omega=0} \cdot \omega^2 + \frac{1}{3!} \left. \frac{d^3\Pi(\omega)}{d\omega^3} \right|_{\omega=0} \cdot \omega^3 + \dots + \\ + \frac{1}{n!} \left. \frac{d^n\Pi(\omega)}{d\omega^n} \right|_{\omega=0} \cdot \omega^n + O(\omega^{n+1}) \quad (2.1). \end{aligned}$$

Οι όροι του αναπτύγματος δίνονται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} \blacksquare \Pi(0) &= \left(\sum_{k=1}^N p_k \cdot \exp(i\omega\chi_k) \right) \left(\sum_{k=1}^N p_k \cdot \exp(-i\omega\chi_k) \right) \Big|_{\omega=0} = \\ &= \left(\sum_{k=1}^N p_k \right)^2 = 1 \end{aligned}$$

$$\blacksquare \left. \frac{d\Pi(\omega)}{d\omega} \right|_{\omega=0} = i \sum_{k=1}^N \chi_k p_k - i \sum_{k=1}^N \chi_k p_k = 0$$

$$\blacksquare \left. \frac{d^2\Pi(\omega)}{d\omega^2} \right|_{\omega=0} = -2 \sum_{k=1}^N \chi_k^2 p_k + 2 \left(\sum_{k=1}^N \chi_k p_k \right)^2 = -2 \left(\langle \chi^2 \rangle - \langle \chi \rangle^2 \right) = -2\kappa_1$$

$$\left. \frac{d^3 \Pi(\omega)}{d\omega^3} \right|_{\omega=0} = -i \sum_{k=1}^N \chi_k^3 p_k + 3i \sum_{k=1}^N \chi_k^2 p_k - 3i \sum_{k=1}^N \chi_k^2 p_k + i \sum_{k=1}^N \chi_k^3 p_k = 0$$

κ.ο.κ.

Με αντικατάσταση των παραπάνω σχέσεων στη (2.1) το ανάπτυγμα Taylor της $\Pi(\omega)$ γράφεται στη μορφή:

$$\Pi(\omega) = 1 - \kappa_1 \omega^2 + \kappa_2 \omega^4 + \kappa_3 \omega^6 + \kappa_4 \omega^8 + \dots \quad (2.2) \quad , \text{όπου}$$

$$\kappa_1 = \sum_{k=1}^N \chi_k^2 p_k - \left(\sum_{k=1}^N \chi_k p_k \right)^2 \equiv \langle \chi^2 \rangle - \langle \chi \rangle^2$$

$$\kappa_2 = \frac{\langle \chi^3 \rangle^2}{4} + \frac{\langle \chi^4 \rangle}{12} - \frac{\langle \chi \rangle \langle \chi^3 \rangle}{3}$$

$$\kappa_3 = \frac{\langle \chi^3 \rangle^2}{36} + \frac{\langle \chi \rangle \langle \chi^5 \rangle}{60} - \frac{\langle \chi^6 \rangle}{360} - \frac{\langle \chi^2 \rangle \langle \chi^4 \rangle}{24}$$

$$\kappa_4 = \frac{\langle \chi^8 \rangle}{20160} + \frac{\langle \chi^2 \rangle \langle \chi^6 \rangle}{720} + \frac{\langle \chi^4 \rangle^2}{576} - \frac{\langle \chi^3 \rangle \langle \chi^5 \rangle}{360} - \frac{\langle \chi \rangle \langle \chi^7 \rangle}{2520}$$

$$, \text{με } \langle \chi^n \rangle = \sum_{k=1}^N \chi_k^n p_k .$$

Επιπλέον, από τη σχέση $|\Phi(\omega)|^2 = \Phi(\omega) \cdot \Phi^*(\omega) =$

$$\sum_{k=1}^N p_k \cdot \exp(i\omega\chi_k) \sum_{l=1}^N p_l \cdot \exp(-i\omega\chi_l) = \sum_{k,l} p_k p_l \cdot \exp(i\omega(\chi_k - \chi_l)) =$$

$$\sum_{k,l} p_k p_l [\cos(\omega(\chi_k - \chi_l)) + i \sin(\omega(\chi_k - \chi_l))] \quad \text{προκύπτει ότι}$$

$$\Pi(\omega) = \text{Re}|\Phi(\omega)|^2 = \sum_{k,l} p_k p_l \cos(\omega(\chi_k - \chi_l)) \quad , \text{δηλαδή η } \Pi(\omega) \text{ είναι}$$

άρτια συνάρτηση ως προς ω και για το λόγο αυτό από τη σχέση (2.2) απουσιάζουν οι όροι εκείνοι που περιέχουν περιττές δυνάμεις της ω .

Η σχέση:

$$\kappa_1 = -\frac{1}{2} \frac{d^2 \Pi(\omega)}{d\omega^2} \Big|_{\omega=0} = -\frac{1}{2} \left[-2 \sum_{k=1}^N \chi_k^2 p_k + 2 \left(\sum_{k=1}^N \chi_k p_k \right)^2 \right] = \langle \chi^2 \rangle - \langle \chi \rangle^2 \quad (2.3)$$

αποτελεί τη σχέση ορισμού της διακύμανσης κ_1 στο φυσικό χρόνο.

Το διάστημα τιμών της κ_1 προσδιορίζεται από το αντίστοιχο διάστημα τιμών του φυσικού χρόνου χ (Varotsos et al., 2011a).

Ισχύει $\chi \in (0,1]$. Θέτοντας $p(\chi=1) \equiv p$ η (2.3) γράφεται στη μορφή

$$\kappa_1 = p - p^2 \quad (2.4)$$

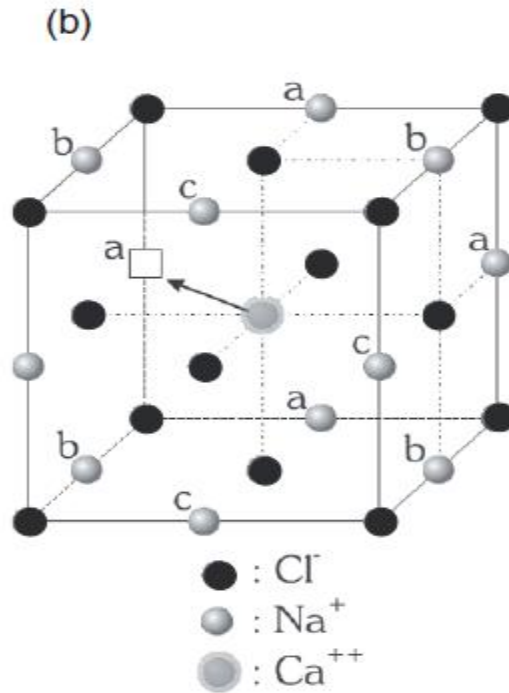
,με $0 < p \leq 1$. Στις ακραίες περιπτώσεις $p=0$ και $p=1$ από τη (2.4) προκύπτει $\kappa_1=0$, συνεπώς μεγιστοποίηση της κ_1 παρατηρείται όταν $p = \frac{1}{2}$ οπότε $\kappa_1 = \frac{1}{4}$. Με άλλα λόγια η κ_1 λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[0, 0.25]$.

2.3: ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ (SES)

Τα SES είναι χαμηλής συχνότητας ($\leq 1\text{Hz}$) μεταβατικές (transient) διαταραχές του ηλεκτρικού πεδίου της Γης ή ακολουθίες τους, που εκπέμπονται σε χρονικό διάστημα λίγων ημερών έως λίγων μηνών πριν από την εκδήλωση σεισμών σημαντικού μεγέθους (Varotsos et al., 2011a). Η γένεση των SES περιγράφεται από το μοντέλο των πιεζοδιεγερόμενων ρευμάτων (pressure stimulated currents-PSC, Varotsos et al., 2011a).

2.3.1: ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΙΕΖΟΔΙΕΓΕΙΡΟΜΕΝΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ (PSC)

Το μοντέλο βασίζεται στη δημιουργία και τη μετανάστευση των πλεγματικών ανωμαλιών που εμφανίζονται σε ιοντικούς κρυστάλλους A^+B^- εξαιτίας της ύπαρξης ετεροσθενών προσμίξεων του τύπου M^{2+} .



Εικόνα 2: Δημιουργία κενού κατιόντος κατά την κατάληψη πλεγματικής θέσης ανιόντος Cl^- από δισθενές κατιόν Ca^{2+} σε κρύσταλλο Na^+Cl^- . Ένα κατιόν Na^+ μετακινείται από την πλεγματική του θέση προκειμένου να εξασφαλισθεί η ηλεκτρική ουδετερότητα του κρυστάλλου, με αποτέλεσμα την εμφάνιση κενού κατιόντος ενεργού αρνητικού φορτίου. Το κενό κατιόντος έλκεται από το Ca^{2+} με συνέπεια το σχηματισμό ενός ηλεκτρικού διπόλου, του οποίου ο προσανατολισμός στο χώρο μπορεί να μεταβάλλεται (Varotsos et al., 2011a, p.40).

Συγκεκριμένα, τα ετεροσθενή κατιόντα M^{2+} καταλαμβάνουν τις πλεγματικές θέσεις των ανιόντων B^- μεταβάλλοντας το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο του κρυστάλλου.

Η διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας επιβάλλει τη μετακίνηση ισάριθμων κατιόντων A^+ από τις πλεγματικές θέσεις που καταλαμβάνουν, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κενών κατιόντων ενεργού αρνητικού φορτίου. Η έλξη μεταξύ των κενών κατιόντων και των προσμίξεων M^{2+} οδηγεί στο σχηματισμό προσανατολισμένων ηλεκτρικών διπόλων, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.

Η μετανάστευση (μετακίνηση των κενών με άλματα σε διαδοχικές πλεγματικές θέσεις) προκαλεί μεταβολή στον προσανατολισμό αυτών των διπόλων, η οποία ολοκληρώνεται εντός ενός χρονικού διαστήματος που ονομάζεται χρόνος αποκατάστασης τ και δίνεται από τη σχέση

$$\tau^{m,b} = (\lambda \nu)^{-1} \exp\left(\frac{g^{m,b}}{kT}\right), \text{ όπου } \lambda \text{ μια αριθμητική σταθερά που σχετίζεται}$$

με το πλήθος των ισοδύναμων διευθετήσεων ενός ηλεκτρικού διπόλου στο χώρο (απουσία εξωτερικού ηλεκτρικού πεδίου), ν η συχνότητα πραγματοποίησης αλμάτων και $g^{m,b} = h^{m,b} - Ts^{m,b}$ η ελεύθερη ενέργεια Gibbs που απαιτείται για την πραγματοποίηση ενός άλματος.

Η εξάρτηση της $g^{m,b}$ και κατ' επέκταση του τ από την πίεση οδηγεί στην εμφάνιση των πιεζοδιεγειρόμενων ρευμάτων.

Τα δημιουργούμενα ηλεκτρικά δίπολα κατανέμονται αρχικά στο χώρο έχοντας τυχαίους προσανατολισμούς. Υποθέτοντας την ύπαρξη ενός μόνο είδους διπόλων (ένας χρόνος αποκατάστασης) και απαιτώντας συνθήκες σταθερής θερμοκρασίας (ισόθερμες μεταβολές), η ύπαρξη βαθμίδας πίεσης προκαλεί τη μετατόπιση των ιόντων του κρυστάλλου σε νέες θέσεις ισορροπίας κάνοντας την περιστροφή των διπόλων ταχύτερη ή βραδύτερη.

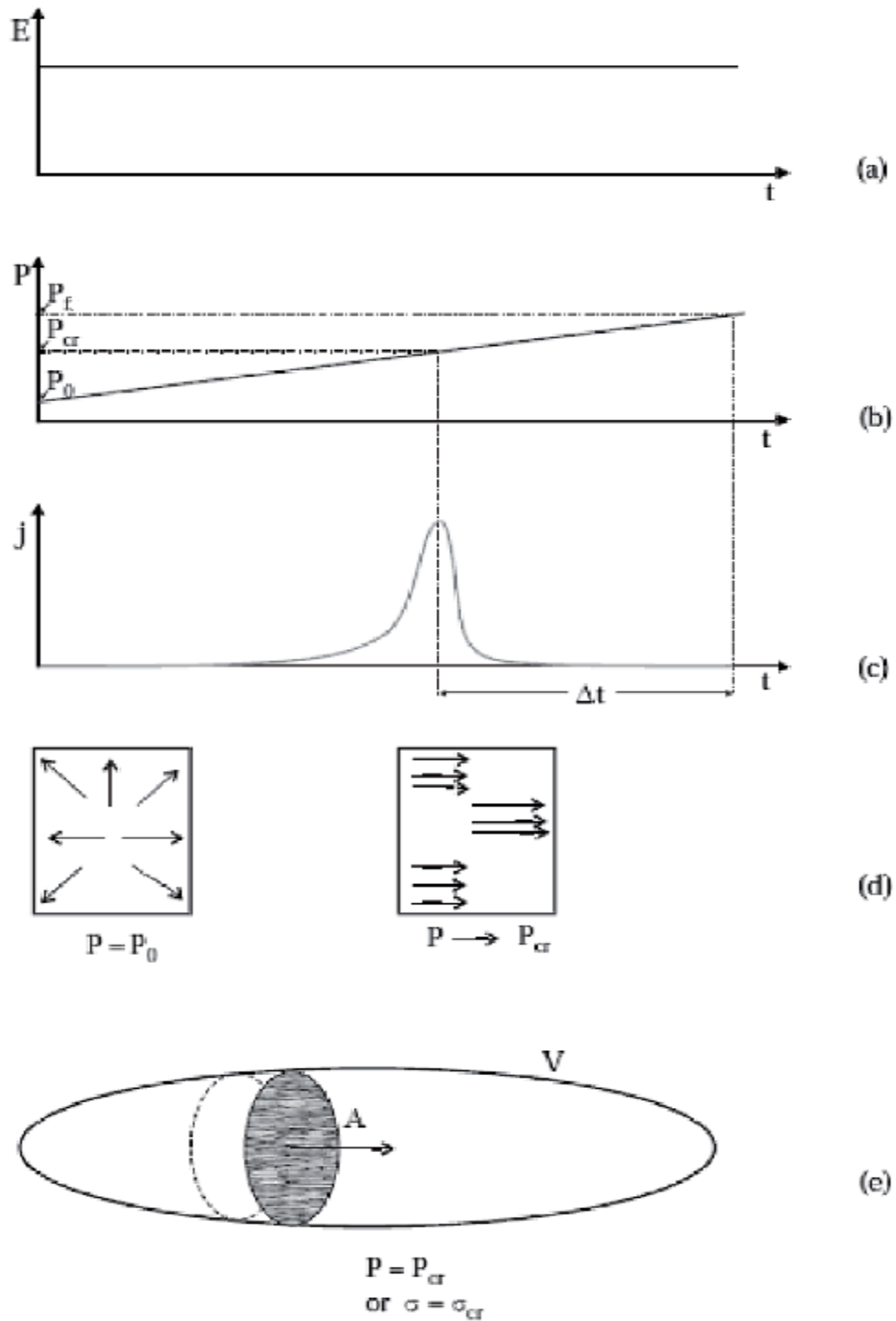
Ο προσανατολισμός των διπόλων προκαλεί την πόλωση του κρυστάλλου και η χρονική μεταβολή της πόλωσης έχει ως αποτέλεσμα τη ροή ρεύματος πυκνότητας $j = -\frac{d\Pi(t)}{dt} = \frac{\Pi(t) - \Pi_E}{\tau(t)}$, όπου $\Pi(t)$ είναι η πόλωση σε κάθε χρονική στιγμή και Π_E είναι η ισόθερμη πόλωση κόρου.

Αποδεικνύεται ότι η πυκνότητα ρεύματος μεγιστοποιείται ($j = j_M$) όταν πληρείται η συνθήκη:

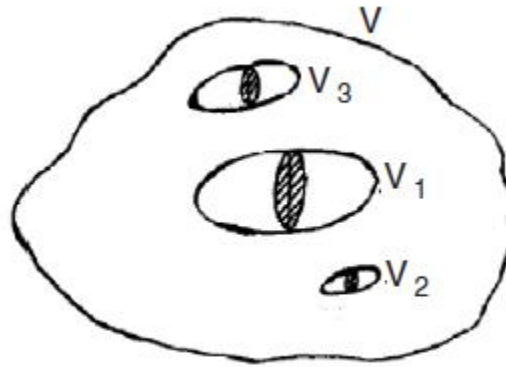
$$\left(\frac{dP}{dt}\right)_T \frac{v^m}{kT} = -\frac{1}{\tau(P_M)} \quad (2.5)$$

όπου $\left(\frac{dP}{dt}\right)_T$ είναι ο ρυθμός μεταβολής της πίεσης για σταθερή θερμοκρασία, $\tau(P_M)$ ο χρόνος αποκατάστασης για τον οποίο $j = j_M$ και $v^m = \left(\frac{dg^{m,b}}{dP}\right)_T$ ο όγκος μετανάστευσης των πλεγματικών κενών.

Για $v^m < 0$ σύμφωνα με την προηγούμενη σχέση ο ρυθμός μεταβολής της πίεσης και ο χρόνος αποκατάστασης είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα.



Εικόνα 3: Μηχανισμός εκπομπής ενός ηλεκτρικού σήματος (c) που οφείλεται στον ομαδικό προσανατολισμό των ηλεκτρικών διπόλων (d) υπό την επίδραση είτε ομογενούς εξωτερικού ηλεκτρικού πεδίου E (a), είτε της ύπαρξης βαθμίδας πίεσης (b). Στην περίπτωση ενός στερεού (e), η συνθήκη $\sigma = \sigma_{cr}$ δεν ικανοποιείται ταυτόχρονα από ολόκληρο τον όγκο του V , αλλά από ένα τμήμα του επιφάνειας A η οποία με την πάροδο του χρόνου ‘σαρώνει’ τον όγκο αυτό. Μεταξύ της σ_{cr} (P_{cr}) και της σ_f (P_f) μεσολαβεί χρονικό διάστημα Δt (Varotsos et al.,2011a,p.44).



Εικόνα 4: Ερμηνεία εκπομπής μεμονωμένων SES ή ακολουθιών τους. Σε ένα ρήγμα τα διάφορα τμήματα V_i του σεισμογόνου όγκου V δεν ικανοποιούν ταυτόχρονα τη συνθήκη $\sigma = \sigma_{cr}$, με αποτέλεσμα η εκπομπή των αντίστοιχων SES να γίνεται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (ακολουθία SES) (Varotsos et al., 2011a, p.44).

Αύξηση της πίεσης οδηγεί σε σταδιακή μείωση του χρόνου αποκατάστασης μέχρις ότου η πίεση λάβει μια κρίσιμη τιμή (P_{cr}) οπότε ο χρόνος αποκατάστασης $\tau(P_{cr})$ μικραίνει τόσο ώστε επιτρέπει τον ταυτόχρονο προσανατολισμό όλων των διπόλων κατά μήκος μίας συγκεκριμένης διεύθυνσης και τη μεγιστοποίηση του ρεύματος πόλωσης j . Αυτή η κατάσταση εκδηλώνεται μακροσκοπικά με την εκπομπή ενός διακριτού ηλεκτρικού παλμού (εικόνες 3 και 4).

Στην περίπτωση των πετρωμάτων του φλοιού, γενεσιουργός αιτία ενός τέτοιου παλμού είναι η αύξηση της τάσης παραμόρφωσης σ στην εστιακή περιοχή ενός μελλοντικού σεισμού σημαντικού μεγέθους. Όταν η σ λάβει την κρίσιμη τιμή σ_{cr} τα δίπολα που περιέχονται στα πετρώματα προσανατολίζονται ταυτόχρονα σύμφωνα με τη συνθήκη (2.5) και ως αποτέλεσμα εκπέμπεται ένα σεισμικό ηλεκτρικό σήμα (SES).

Η σ συνεχίζει να αυξάνεται, για ένα χρονικό διάστημα μερικών ημερών έως μερικών εβδομάδων, μέχρις ότου εξισωθεί με την τάση θραύσης σ_f οπότε και εκδηλώνεται ο σεισμός.

2.3.2: ΤΟ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΑΣΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ SES ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΟΝΟ

Το φασματικό περιεχόμενο των SES δίνεται από τη σχέση (Varotsos et al.,2001) :

$$\Pi(\omega) = \frac{18}{5\omega^2} - \frac{6\cos \omega}{5\omega^2} - \frac{12\sin \omega}{5\omega^3} \quad (2.6) .$$

Αναπτύσσοντας κατά Taylor την (2.6) γύρω από την $\omega=0$ προκύπτει:

$$\Pi(\omega) = 1 - 0.07\omega^2 + \dots \quad (2.7) .$$

Αποδεικνύεται (Varotsos et al.,2001) ότι η προηγούμενη σχέση εκτός από το κανονικοποιημένο φάσμα ισχύος των SES περιγράφει ταυτόχρονα και τη χρονική εξέλιξη της σεισμικότητας, συνεπώς συγκρίνοντας τις (2.2) και (2.7) προκύπτει ότι:

$$\kappa_1 = \sum_{k=1}^N \chi_k^2 p_k - \left(\sum_{k=1}^N \chi_k p_k \right)^2 \equiv \langle \chi^2 \rangle - \langle \chi \rangle^2 = 0.07 \quad .$$

2.4: ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΤΑΞΕΩΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΧΡΟΝΟ

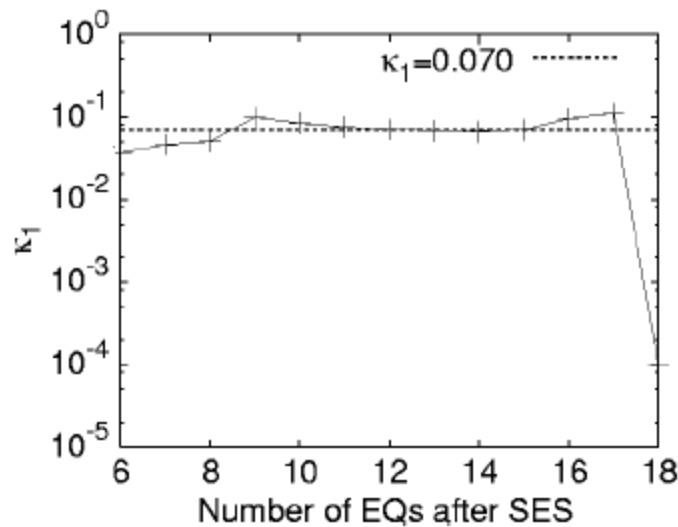
Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφηκε αναλυτικά η συμπεριφορά της παραμέτρου τάξεως πριν και μετά την αλλαγή φάσης, στις μεταβολές φάσης δεύτερης τάξης.

Ειδικότερα, η παράμετρος τάξης είναι διάφορη του μηδενός πριν από την αλλαγή φάσης (κάτω από το κρίσιμο σημείο) και μηδενίζεται μετά την αλλαγή φάσης (πάνω από το κρίσιμο σημείο).

Με βάση αυτό, τεκμηριώνεται (Varotsos et al.,2001;Varotsos et al.,2005b) ότι η παράμετρος κ_1 που ορίζεται μέσω της σχέσης (2.3) συμπεριφέρεται ως παράμετρος τάξεως της σεισμικότητας.

Αναλυτικότερα, έχει δειχτεί (Varotsos et al.,2001;Varotsos et al.,2011a) ότι πριν από την εκδήλωση σημαντικών σεισμών για τους οποίους υπάρχουν διαθέσιμες καταγραφές SES η διακύμανση κ_1 της σεισμικότητας προσεγγίζει την τιμή 0.07.

Η ταύτιση $\kappa_1 = 0.07$ υποδεικνύει τη χρονική στιγμή στην οποία το σύστημα-εστιακός χώρος εισέρχεται σε κρίσιμη κατάσταση, ενώ η μεταβολή φάσης (κύριος σεισμός) λαμβάνει χώρα μετά από σύντομο χρονικό διάστημα, της τάξης των μερικών ημερών έως μερικών εβδομάδων και κατά την εκδήλωσή της ισχύει $\kappa_1 \rightarrow 0$, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.



Εικόνα 5: Εξέλιξη, ανά σεισμικό γεγονός, της διακύμανσης κ_1 στο χρονικό διάστημα μεταξύ της εκπομπής του SES στις 18 Απριλίου 1995 έως την εκδήλωσή του, μεγέθους $M_w = 6.6$, σεισμού στην Κοζάνη-Γρεβενά στις 13 Μαΐου 1995 (Varotsos et al., 2005b).

Η προηγούμενη συμπεριφορά της κ_1 έχει παρατηρηθεί σε πλήθος σεισμών σημαντικού μεγέθους που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα, την Ιαπωνία και την Καλιφόρνια και συνοδεύτηκαν από την εκπομπή SES (Varotsos et al., 2011a), και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η συνθήκη $\kappa_1 = 0.07$ σηματοδοτεί τη χρονική στιγμή κατά την οποία ένα πολύπλοκο σύστημα εισέρχεται σε κρισιμότητα (Varotsos et al., 2011b), ενισχύει την ορθότητα της επιλογής της ως παραμέτρου τάξεως της σεισμικότητας, όταν αυτή μελετάται στο πεδίο του φυσικού χρόνου.

2.5: Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ Β ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΑΞΕΩΣ κ_1

2.5.1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ κ_1

Οι διαθέσιμες καταγραφές SES δείχνουν ότι τα σήματα αυτά εκπέμπονται σε χρονικό διάστημα μερικών μηνών πριν από την εκδήλωση των αντίστοιχων σεισμών και το ανώτατο όριο της χρονικής απόστασης μεταξύ της εκπομπής SES και του αντίστοιχου σεισμού είναι περίπου 5,5 μήνες.

Μετά την καταγραφή ενός SES η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να προσδιοριστεί η χρονική στιγμή κατά την οποία ο εστιακός χώρος της υποψήφιας προς εκδήλωση σημαντικού σεισμού περιοχής προσεγγίζει το κρίσιμο σημείο, περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια (εικόνα 6, Varotsos et al., 2011a) :

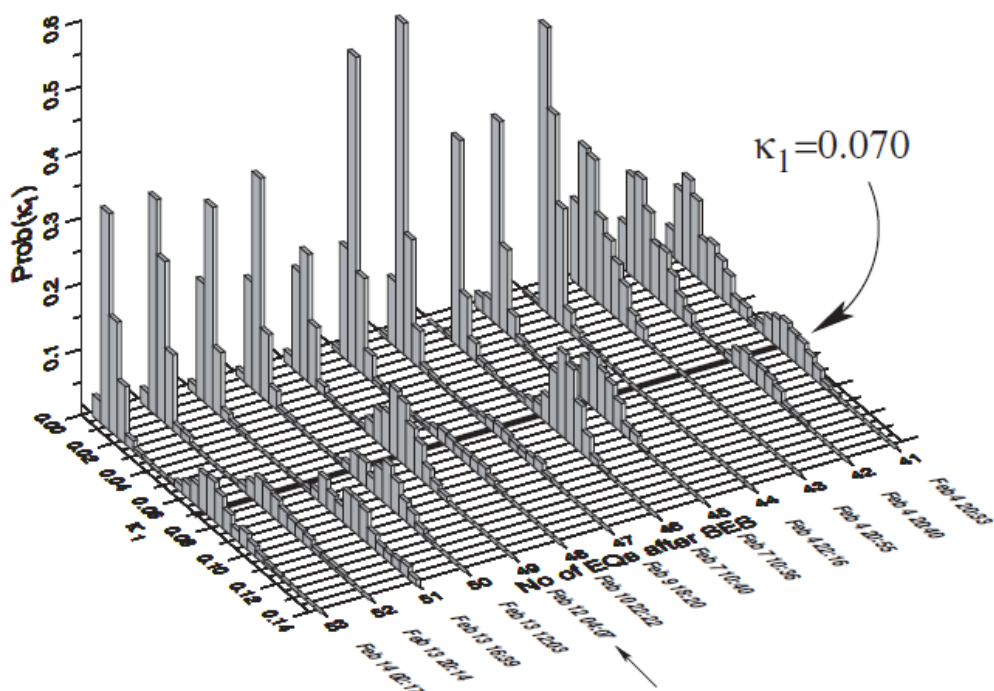
Το μηδέν του φυσικού χρόνου αποδίδεται στη χρονική στιγμή κατά την οποία εκπέμπεται το SES.

Στη συνέχεια αναλύεται στο φυσικό χρόνο η σεισμικότητα τόσο της υποψήφιας περιοχής όσο και όλων των δυνατών υποπεριοχών της, οι οποίες καθορίζονται από τις συντεταγμένες κάθε νέου σεισμού που συμβαίνει εντός της. Έναυσμα για την ανάλυση αυτή αποτελεί το γεγονός ότι όταν η ευρύτερη (υποψήφια) περιοχή εισέρχεται σε κρισιμότητα αναμένεται ότι όλες οι δυνατές υποπεριοχές που την απαρτίζουν θα εισέρχονται επίσης σε κρισιμότητα.

Συγκεκριμένα υπολογίζεται η διακύμανση κ_1 του φυσικού χρόνου για κάθε νέο σεισμικό γεγονός μεγέθους $M \geq M_{thres}$ που συμβαίνει εντός της υποψήφιας περιοχής και κάθε δυνατής υποπεριοχής της και κατασκευάζεται η γραφική παράσταση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας $P(\kappa_1) = f(\kappa_1)$.

Έχει παρατηρηθεί ότι η κατανομή πιθανότητας $P(\kappa_1)$ μεγιστοποιείται στην τιμή $\kappa_1 = 0.07$, ανεξαρτήτως του μέγεθος κατωφλίου και της περιοχής, μερικές ημέρες έως μια εβδομάδα πριν από την εκδήλωση ισχυρών σεισμών που συνέβησαν τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες περιοχές ανά τον κόσμο (Ιαπωνία, Καλιφόρνια).

Με άλλα λόγια η συνθήκη $\kappa_1 = 0.07$ σηματοδοτεί την εκδήλωση σημαντικού μεγέθους σεισμού εντός της υποψήφιας περιοχής μέσα σε χρονικό διάστημα της τάξεως της μίας εβδομάδας από την εκπλήρωσή της.

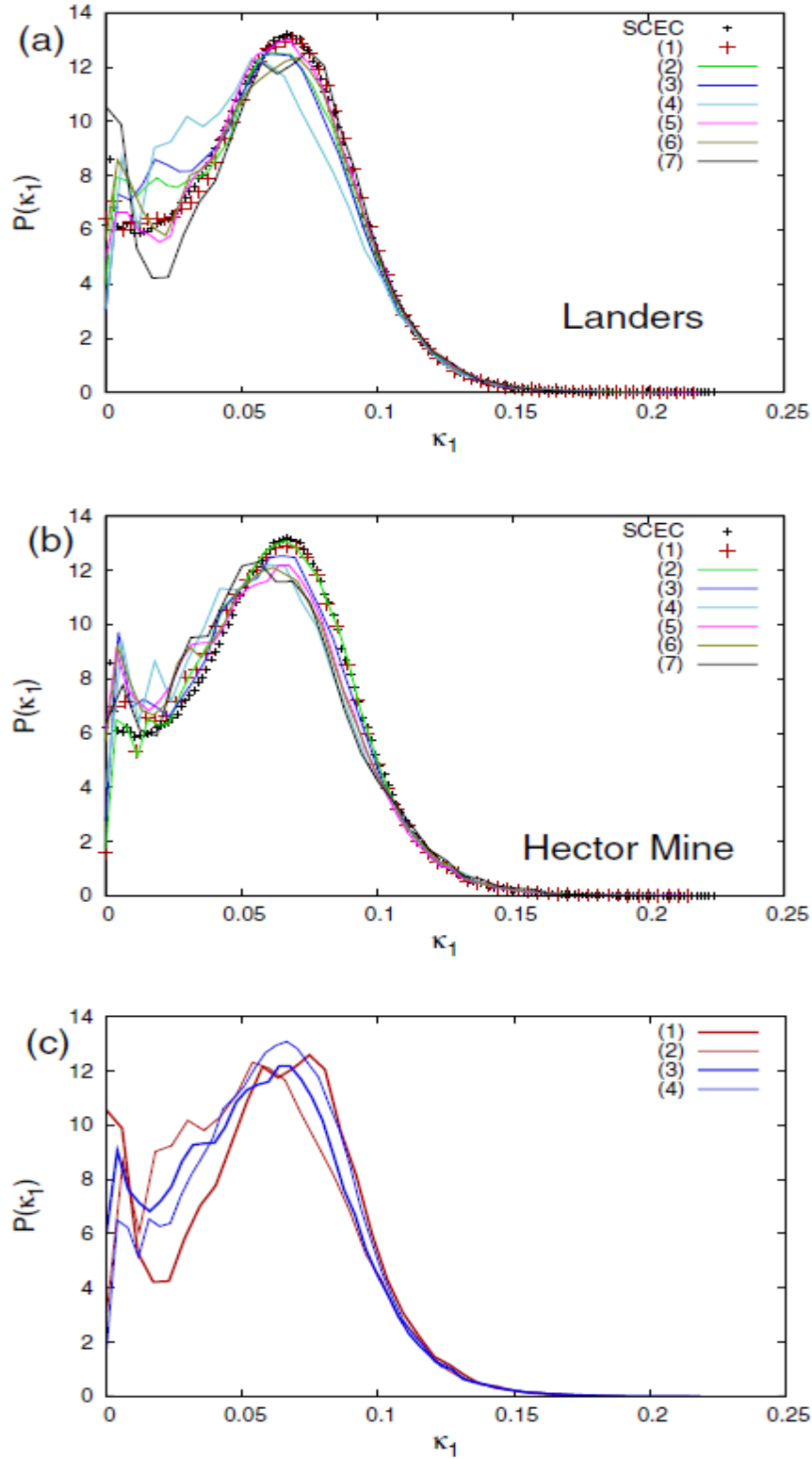


Εικόνα 6: Προσδιορισμός του χρόνου εκδήλωσης των σεισμών της Μεθώνης ($M_w = 6.9$ και $M_w = 6.5$) στις 14 Φεβρουαρίου 2008. Απεικονίζεται η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $Prob(\kappa_1)$ συναρτήσει της διακύμανσης κ_1 , ανά σεισμικό γεγονός, για τους σεισμούς που συνέβησαν εντός της περιοχής $N_{38.6}^{36.0}E_{20.0}^{22.5}$ με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$ μετά την καταγραφή του βραχείας διάρκειας SES στο σταθμό του Πύργου (PIR) στις 14 Ιανουαρίου 2008 (Varotsos et al., 2011a, p.322).

2.5.2: ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ (PDF) ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ κ_1 ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΙΣΧΥΡΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ

Συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας κατασκευάστηκαν (Sarlis et al., 2010) προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά της σεισμικότητας πριν και μετά την εκδήλωση δυο εκ των σημαντικότερων σεισμών που συνέβησαν στην Καλιφόρνια (Landers, $M_w = 7.3$, 28/06/1992 και Hector Mine, $M_w = 7.1$, 16/10/1999).

Ο υπολογισμός της παραμέτρου κ_1 έγινε με σάρωση αποσπασμάτων μήκους $W=5000$, 3000 και 1000 γεγονότων του σεισμικού καταλόγου Southern California Earthquake Catalog (SCEC) πριν και μετά την εκδήλωση των δυο παραπάνω σεισμών, σε παράθυρα σταθερού μήκους $l = 6 - 40$ γεγονότων.



Εικόνα 7: Γραφική παράσταση $P(\kappa_1) = f(\kappa_1)$ για αποσπάσματα μήκους $W=5000$, 3000 και 1000 γεγονότων πριν (2-4) και μετά (5-7) το σεισμό του Landers (a) και του Hector Mine (b) σε συνδυασμό με την pdf της SCEC (μαύροι σταυροί) και την pdf της μετασεισμικής ακολουθίας (1) κάθε σεισμού. Η ίδια γραφική παράσταση (c) για αποσπάσματα μήκους $W=1000$ γεγονότων πριν και μετά το σεισμό του Landers (1-2) και αποσπάσματα μήκους $W=5000$ γεγονότων πριν και μετά το σεισμό του Hector Mine (3-4), (Sarlis et al.,2010).

Όπως φαίνεται και από την εικόνα 7, η σεισμικότητα συμπεριφέρεται με διαφορετικό τρόπο πριν και μετά την εκδήλωση ενός ισχυρού σεισμού. Ειδικότερα, για μεγάλους μήκους αποσπάσματα W (μακριά από τον κύριο σεισμό) η κατανομή της $P(\kappa_1)$ είναι μονοκόρυφη. Καθώς το μήκος των αποσπασμάτων W μειώνεται (προσέγγιση στον κύριο σεισμό) εμφανίζεται μια δεύτερη κορυφή για $\kappa_1 \approx 0$. Τέλος για μικρού μήκους αποσπάσματα W (επικείμενη εκδήλωση του κύριου σεισμού) η κατανομή ξαναγίνεται μονοκόρυφη έχοντας σημαντικά διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σχέση με την αρχική μορφή της (σημαντική ενίσχυση του ύψους της κύριας κορυφής και μεταβολή του αρχικού σχήματός της) και διατηρείται στη μορφή αυτή και μετά την εκδήλωση του σεισμού.

Η συμπεριφορά αυτή είναι χαρακτηριστική των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας της παραμέτρου τάξεως των φυσικών συστημάτων που προσεγγίζουν (από μικρότερες τιμές) το κρίσιμο σημείο. Επιπλέον εξαιτίας του ότι η K_1 αποτελεί την παράμετρο τάξεως της σεισμικότητας, η προηγούμενη συμπεριφορά αναμένεται πριν από κάθε ισχυρό σεισμό.

Η ανάγκη ποσοτικής περιγραφής της παρατηρούμενης μεταβολής της συμπεριφοράς της σεισμικότητας, και ειδικότερα της εμφάνισης δυκόρυφης συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας, οδήγησε στον ορισμό (Sarlis et al., 2010) της διακύμανσης (variability) β της παραμέτρου

τάξεως K_1 ως $\beta = \frac{\sigma(\kappa_1)}{\mu(\kappa_1)}$, όπου $\mu(\kappa_1)$ η μέση τιμή και $\sigma(\kappa_1)$ η

τυπική απόκλιση ενός συνόλου τιμών της K_1 .

Με βάση τα παραπάνω η συμπεριφορά της β πριν από την εκδήλωση ισχυρών σεισμών όταν χρησιμοποιούνται μειούμενου μήκους αποσπάσματα W αναμένεται να είναι η ακόλουθη: κατά την προσέγγιση στον κύριο σεισμό η εμφάνιση δεύτερης κορυφής στην pdf της K_1 συνεπάγεται αισθητή αύξηση της β . Για μικρού μήκους αποσπάσματα W , οπότε και επίκειται η εκδήλωση του σεισμού, η pdf της K_1 ξαναγίνεται μονοκόρυφη με αποτέλεσμα τη μείωση της τιμής της β .

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η εκπομπή ενός SES σηματοδοτεί τη χρονική στιγμή κατά την οποία η τάση παραμόρφωσης σ του εστιακού χώρου εξισώνεται με την κρίσιμη τιμή της σ_{cr} , οδηγώντας στην

ανάπτυξη συσχετίσεων μακράς εμβέλειας μεταξύ των ηλεκτρικών διπόλων που περιέχονται στα πετρώματα του φλοιού σε χρονική κλίμακα της τάξεως των μερικών μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού. Το ενδεχόμενο η συνθήκη $\sigma = \sigma_{cr}$ να μπορεί να επηρεάσει το είδος των συσχετίσεων που αναπτύσσονται μεταξύ άλλων φυσικών ποσοτήτων, όπως η σεισμικότητα, αναμένεται να αντανakλάται στις διακυμάνσεις της αντίστοιχης παραμέτρου τάξεως. Το γεγονός αυτό αποτελεί έναυσμα για τη μελέτη της χρονικής εξέλιξης της διακύμανσης β της παραμέτρου τάξεως K_1 στην ίδια χρονική κλίμακα.

2.5.3: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ β ΜΕ ΣΑΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Για τον υπολογισμό της διακύμανσης β ενός τμήματος μιας σεισμικής ακολουθίας ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία (Sarlis et al., 2013):

επιλέγεται απόσπασμα του προς μελέτη σεισμικού καταλόγου, το οποίο περιέχει W διαδοχικά σεισμικά γεγονότα και υπολογίζονται οι τιμές της K_1 για όλα τα υποτμήματά του μήκους n έως $(n+5)$ σεισμών, $n=1,2,\dots,W-5$. Με άλλα λόγια υπολογίζονται τα K_1 για όλες τις διαδοχικές και αλληλεπικαλυπτόμενες βάδες σεισμών που περιέχονται στο W .

Η προηγούμενη διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα υποτμήματα του W μήκους $7,8,\dots,W$ σεισμών.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η μέση τιμή $\mu(K_1)$ και η τυπική απόκλιση $\sigma(K_1)$ των $(W-5)+(W-6)+\dots+1=(W-4)(W-5)/2$ τιμών της K_1 και η υπολογιζόμενη διακύμανση $\beta = \frac{\sigma(K_1)}{\mu(K_1)}$ αποδίδεται στο $(W+1)$

γεγονός του καταλόγου. Με ολίσθηση του W κατά μήκος του καταλόγου έως κάποιο σεισμό-στόχο, δηλαδή με σάρωση ολόκληρου του καταλόγου σε ομάδες των $6-W$ γεγονότων, αποδίδονται τιμές β σε όλους τους σεισμούς στο διάστημα $(W+1)$ έως και το σεισμό-στόχο. Με αυτό τον τρόπο η τιμή της β που αποδίδεται σε κάθε σεισμό εμπεριέχει την πληροφορία της ήδη εκδηλωμένης σεισμικότητας της εκάστοτε περιοχής και χρονικής περιόδου μελέτης.

Το μήκος του αποσπάσματος W είναι τέτοιο ώστε να αντιστοιχεί στο πλήθος των σεισμών που εκδηλώνονται σε χρονικό διάστημα λίγων μηνών πριν από τη γένεση του εκάστοτε σεισμού-στόχου, σε συμφωνία με το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της εκπομπής των SES και της εκδήλωσης των αντίστοιχων σεισμών. Για το λόγο αυτό η επιλογή κατάλληλων μηκών W εξαρτάται άμεσα από το συνολικό αριθμό των σεισμών του υπό μελέτη τμήματος του σεισμικού καταλόγου.

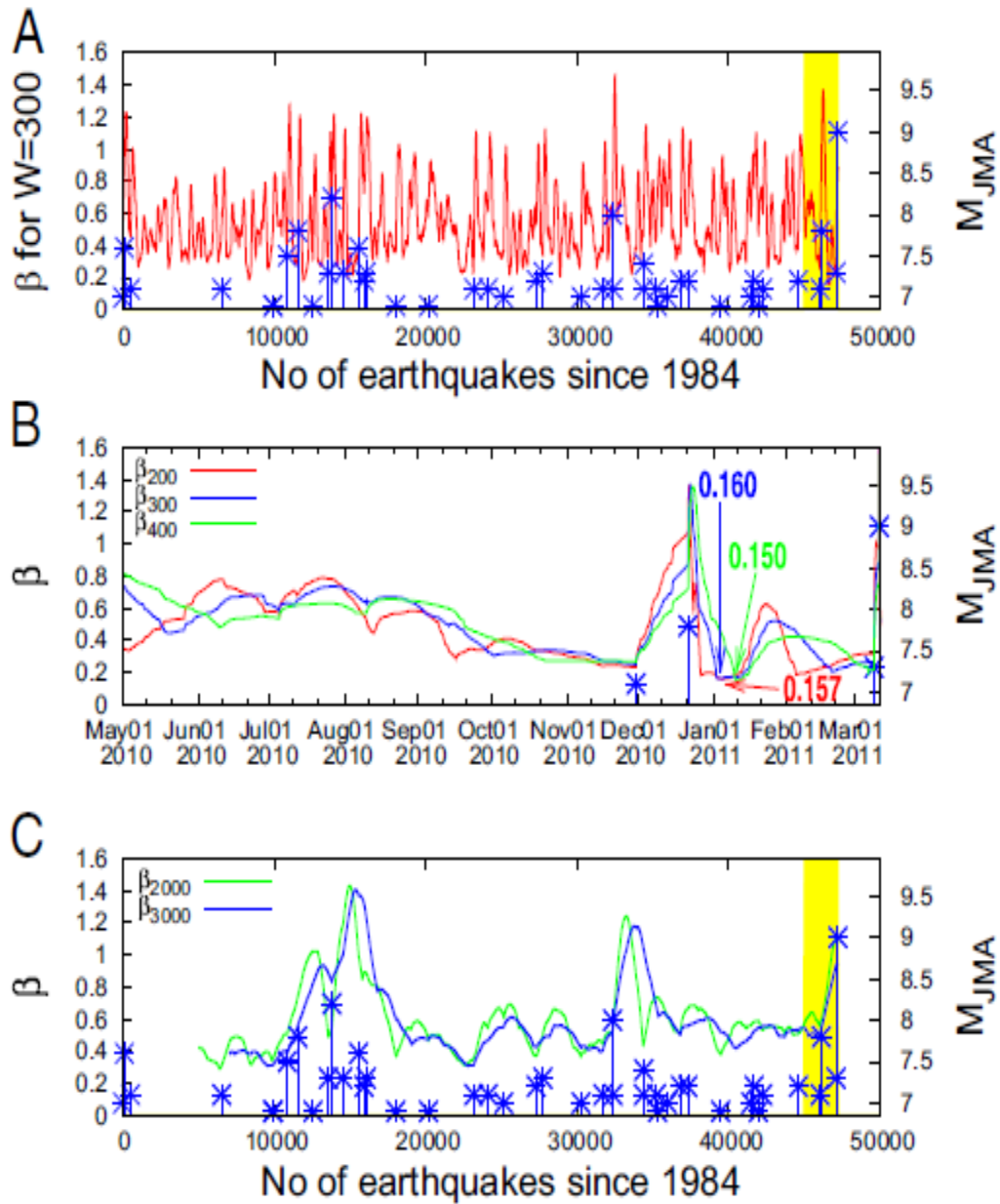
2.5.4: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ β ΟΤΑΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ- ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΙΑΠΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

Αρχικά πραγματοποιήθηκε μελέτη της χρονικής εξέλιξης της διακύμανσης β για την Ιαπωνία (Sarlis et al., 2013).

Για το σκοπό αυτό αναλύθηκε στο φυσικό χρόνο ο σεισμικός κατάλογος Japan Meteorological Agency seismic catalog (JMA) κατά το χρονικό διάστημα 01/01/1984-11/03/2011 οπότε και εκδηλώθηκε ο ισχυρότερος σεισμός που έχει συμβεί στην περιοχή (Tohoku, $M_w = 9.0$). Η ανάλυση συμπεριέλαβε τους σεισμούς που συνέβησαν εντός της περιοχής 25° - 46° N, 125° - 128° E με μέγεθος κατωφλίου $M_{JMA} = 3.5$. Το μέγεθος σεισμικής ροπής υπολογίστηκε μέσω της σχέσης $M_w = 10^{(1.5M_{JMA})}$ και με βάση το μηνιαίο ρυθμό εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων (~ 100 σεισμοί/μήνα) πραγματοποιήθηκε σάρωση του καταλόγου σε αποσπάσματα σταθερού μήκους $W=200, 300$ και 400 γεγονότων. Οι τιμές της β υπολογίστηκαν και αποδόθηκαν στους ανάλογους σεισμούς σύμφωνα με την διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Οι γραφικές παραστάσεις της β συναρτήσει του συμβατικού χρόνου και του μεγέθους των σεισμών αποκάλυψαν (εικόνα 8B) την ύπαρξη ολικού ελαχίστου της σε όλα τα παράθυρα σάρωσης W ($\beta_{200,\min} \sim 0.157$ στις 05/01/2011, $\beta_{300,\min} \sim 0.160$ στις 05/01/2011 και $\beta_{400,\min} \sim 0.150$ στις 10/01/2011), δύο περίπου μήνες πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Tohoku. Παρατηρήθηκε ότι για τα ολικά αυτά ελάχιστα ισχύει

$$\frac{\beta_{300,\min}}{\beta_{200,\min}} = 1.02.$$



Εικόνα 8: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M_{JMA} \geq 6.9$, συναρτήσει του πλήθους των σεισμών που συνέβησαν εντός της χρονικής περιόδου 01/01/1984-11/03/2004, κατά τη σάρωση του καταλόγου JMA σε παράθυρο μήκους $W=300$ (A) και παράθυρα μήκους $W=2000$ και $W=3000$ (C). (B): Μεγέθυνση του χρονικού διαστήματος των τελευταίων 10 μηνών (κίτρινη ταινία) πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Tohoku ($M_w = 9.0$). Απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη της β για σάρωση του καταλόγου σε παράθυρα μήκους $W=200$ (κόκκινο), $W=300$ (μπλε) και $W=400$ (πράσινο) γεγονότων. Επισημαίνονται με βέλη, τα αντίστοιχα ολικά ελάχιστα της β σε κάθε παράθυρο (Sarlis et al., 2013).

Η εμφάνιση ολικού ελαχίστου της β στην ημερομηνία αυτή (05/01/2011) συμπίπτει χρονικά με την καταγραφή ανώμαλων διακυμάνσεων της κατακόρυφης συνιστώσας του γήινου μαγνητικού πεδίου στην περιοχή (4-14/01/2011 σε σταθμό παρατήρησης σε απόσταση 135km από το επίκεντρο), που έχει παρατηρηθεί ότι συνοδεύουν την εκπομπή SES (Skordas et al.,2013). Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε η ύπαρξη σημαντικών παραμορφώσεων του φλοιού κατά την ίδια περίπου ημερομηνία. Ειδικότερα επιβεβαιώθηκε, μέσω της ανάλυσης των δεδομένων GPS, παραμόρφωση του φλοιού σε δύο φάσεις (80-65 ημέρες πριν από το σεισμό με ανύψωση του φλοιού και 65-47 ημέρες πριν από το σεισμό με καταβύθιση του φλοιού) που οφείλεται στην αύξηση της τάσης παραμόρφωσης στην εστιακή περιοχή (Chen et al.,2013).

Επιπλέον, τοπικά ελάχιστα της β παρατηρήθηκαν πριν από την εκδήλωση όλων των σεισμών μεγέθους $M_{JMA} \geq 7.6$ που συνέβησαν στην Ιαπωνία κατά τη χρονική περίοδο 1984-2011 (πίνακας 2).

Label	EQ date	EQ name	Lat.,°N	Long., °E	M	$\beta_{200,min}$	$\beta_{300,min}$	$\beta_{300,min}/\beta_{200,min}$	Δt_{200}
a	1993-07-12	Southwest-Off Hokkaido EQ	42.78	139.18	7.8	0.293 (1993-05-23)	0.278 (1993-06-07)	0.95	2
b	1994-10-04	East-Off Hokkaido EQ	43.38	147.67	8.2	0.295 (1994-06-30)	0.319 (1994-07-22)	1.08	3
c	1994-12-28	Far-Off Sanriku EQ	40.43	143.75	7.6	0.196 (1994-10-15)	0.197 (1994-10-19)	1.01	2-3
d	2003-09-26	Off Tokachi EQ	41.78	144.08	8.0	0.289 (2003-07-03)	0.306 (2003-07-14)	1.06	3
e	2010-12-22	Near Chichi-jima EQ	27.05	143.94	7.8	0.232 (2010-11-30)	0.248 (2010-11-30)	1.07	1
f	2011-03-11	Tohoku EQ	38.10	142.86	9.0	0.157 (2011-01-05)	0.160 (2011-01-05)	1.02	2

Πίνακας 2: Οι σεισμοί μεγέθους $M_{JMA} \geq 7.6$ που συνέβησαν εντός της περιοχής 25° - 46° N, 125° - 148° E κατά τη χρονική περίοδο 01/01/1984-11/03/2011 και τα αντίστοιχα τοπικά ελάχιστα της β (Sarlis et al.,2013).

Το διάστημα τιμών του λόγου $\frac{\beta_{300,min}}{\beta_{200,min}}$ των σεισμών του πίνακα 2 είναι 0.95-1.08 σε κατά προσέγγιση συμφωνία με τον αντίστοιχο λόγο των ολικών ελαχίστων του σεισμού του Tohoku.

Τέλος, λόγο $\frac{\beta_{300,min}}{\beta_{200,min}}$ εντός του διαστήματος 0.95-1.08 εμφανίζουν εννέα από τα εναπομείναντα παρατηρούμενα τοπικά ελάχιστα της β . Τα

τοπικά αυτά ελάχιστα βρέθηκε ότι προηγούνται της εκδήλωσης σεισμών μεγέθους $M_{JMA} \geq 6.4$ (πίνακας 3).

No.	$\beta_{200,min}$	$\beta_{300,min}$	$\beta_{300,min}/\beta_{200,min}$	EQ date	Lat., °N	Long., °E	M	Δt_{200} mo
1	0.254 (1986-10-13)	0.257 (1986-11-15)	1.01	1987-01-14	42.45	142.93	6.6	3
2	0.278 (1989-08-08)	0.292 (1989-09-15)	1.05	1989-11-02	39.86	143.05	7.1	3
3	0.250 (1992-04-05)	0.253 (1992-05-10)	1.01	1992-07-18	39.37	143.67	6.9	3
4	0.188 (1993-07-13)	0.182 (1993-07-15)	0.97	1993-10-12	32.03	138.24	6.9	3
5	0.237 (1998-02-17)	0.233 (1998-03-12)	0.98	1998-05-31	39.03	143.85	6.4	3
6	0.229 (2000-04-12)	0.219 (2000-05-06)	0.96	2000-07-01	34.19	139.19	6.5	3
7	0.243 (2000-07-09)	0.258 (2000-07-09)	1.06	2000-10-06	35.27	133.35	7.3	3
8	0.244 (2002-05-12)	0.252 (2002-06-03)	1.03	2002-06-29	43.50	131.39	7.0	2
9	0.286 (2005-06-11)	0.309 (2005-07-01)	1.08	2005-08-16	38.15	142.28	7.2	2

Πίνακας 3: Οι σεισμοί μεγέθους $M_{JMA} \geq 6.4$ για τους οποίους $\frac{\beta_{300,min}}{\beta_{200,min}} \in [0.95, 1.08]$ (Sarlis et al., 2013).

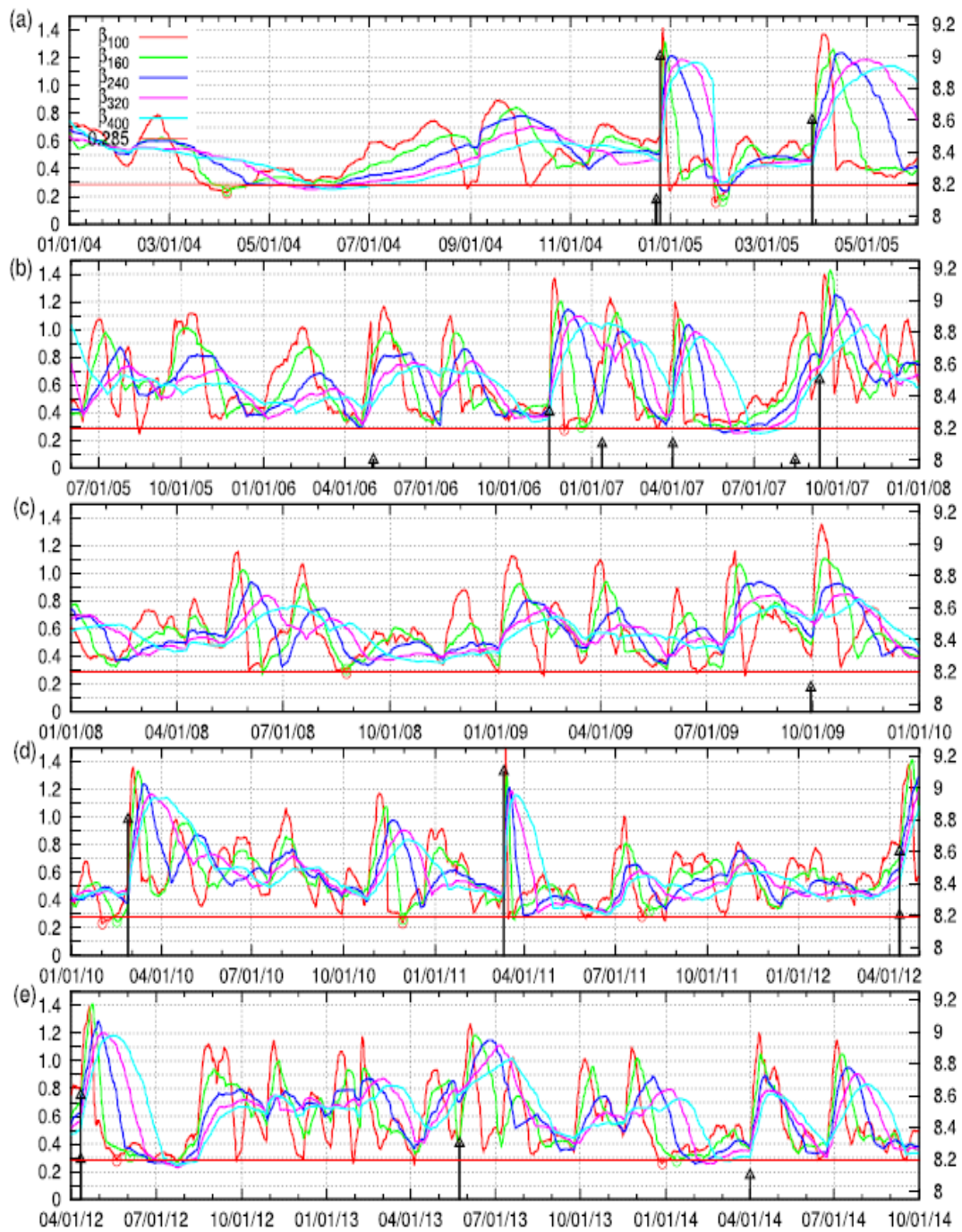
Η χρονική απόσταση μεταξύ της ημερομηνίας εμφάνισης του συνόλου των προαναφερθέντων ελαχίστων της β και της ημερομηνίας εκδήλωσης του σχετιζόμενου με κάθε ένα από αυτά σεισμού κυμαίνεται από 1 έως 3 μήνες. Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα ελάχιστα της β για τα οποία ισχύει $\frac{\beta_{300,min}}{\beta_{200,min}} \in [0.95, 1.08]$

ενδεχομένως είναι πρόδρομα της εκδήλωσης σημαντικών σεισμών.

Το ενδεχόμενο αυτό επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη της χρονικής εξέλιξης της διακύμανσης β για την παγκόσμια σεισμικότητα (Sarlis et al., 2015).

Ειδικότερα πραγματοποιήθηκε ανάλυση στο φυσικό χρόνο του σεισμικού καταλόγου Global Centroid Moment Tensor catalog (CMT) κατά τη χρονική περίοδο 01/01/1976-01/10/2014 με μέγεθος κατωφλίου ίσο με $M_{thres}=5.0$. Ο κατάλογος σαρώθηκε σε αποσπάσματα W μήκους 100, 160, 240, 320 και 400 γεγονότων, η επιλογή των οποίων βασίσθηκε στο μηνιαίο ρυθμό εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων του (~80 σεισμοί/μήνα).

Διαπιστώθηκε η ύπαρξη εννέα πρόδρομων τοπικών ελαχίστων της β πριν την εκδήλωση ισχυρών σεισμών ($M \geq 7.7$) και πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε η εμφάνιση τοπικών ελαχίστων της β πριν από όλους τους σεισμούς μεγέθους $M \geq 8.5$ που εκδηλώθηκαν σε παγκόσμια κλίμακα κατά το ανωτέρω χρονικό διάστημα (εικόνα 9 και πίνακας 4).



Εικόνα 9: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 στο χρονικό διάστημα 01/01/2004-10/01/2014 κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου CMT σε αποσπάσματα μήκους 100 (κόκκινο), 160 (πράσινο), 240 (μπλε), 320 (μωβ) και 400 (κυανό) γεγονότων. Η οριζόντια κόκκινη γραμμή αντιστοιχεί στην τιμή $\beta_0 = 0.285$ που είναι το ρηχότερο από τα τοπικά ελάχιστα $\beta_{100, \min}$ που παρατηρήθηκαν πριν από τους σεισμούς του πίνακα 4. Οι κόκκινοι και πράσινοι κύκλοι υποδεικνύουν τη θέση των ελαχίστων $\beta_{100, \min}$ και $\beta_{160, \min}$ ενώ οι σεισμοί μεγέθους $M \geq 8.0$ απεικονίζονται με κατακόρυφες γραμμές που καταλήγουν σε τρίγωνα μαύρου χρώματος (Sarlis et al., 2015).

$\min(\beta_{100})$ (date)	$\min(\beta_{160})$ (date)	$\frac{\min(\beta_{160})}{\min(\beta_{100})}$	EQ date	EQ area	M	Δt_{100}	Δt_{160}
0.2270 (2004-04-05)	0.2431 (2004-04-05)	1.071	2004-12-26	Sumatra-Andaman	9.0	8.8	8.8
0.1605 (2005-01-28)	0.1702 (2005-02-02)	1.060	2005-03-28	Sumatra-Nias	8.6	2.0	1.8
0.2770 (2006-12-02)	0.2971 (2006-12-20)	1.073	2007-09-12	Sumatra, Indonesia	8.5	9.5	8.9
0.2789 (2008-08-25)	0.3049 (2008-08-25)	1.088	2009-01-03	Papua, Indonesia	7.7	4.4	4.4
0.2317 (2010-02-01)	0.2462 (2010-02-16)	1.063	2010-02-27	Chile	8.8	0.9	0.4
0.2368 (2010-11-29)	0.2638 (2010-11-30)	1.114	2011-03-11	Tohoku, Japan	9.1	3.4	3.4
0.2849 (2011-07-27)	0.3232 (2011-08-04)	1.134	2012-04-11	Indian Ocean	8.6	8.6	8.4
0.2789 (2012-05-20)	0.3053 (2012-06-03)	1.095	2013-02-06	Solomon Islands	7.9	8.7	8.3
0.2612 (2013-12-28)	0.2767 (2014-01-13)	1.059	2014-04-01	Iquique, Chile	8.1	3.1	2.6

Πίνακας 4: Τα εννέα τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εμφανίζονται κατά τη χρονική περίοδο 01/01/1976-01/10/2014 και οι αντίστοιχοι σεισμοί με τους οποίους συσχετίζονται (Sarlis et al.,2015).

Τα τοπικά ελάχιστα της β των σεισμών του πίνακα 4 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα $1.05 < \frac{\beta_{160,\min}}{\beta_{100,\min}} < 1.15$ και εμφανίζονται σε ημερομηνίες που απέχουν χρονικά έως και 9 μήνες πριν από την ημερομηνία εκδήλωσης των αντίστοιχων σεισμικών γεγονότων.

Το χρονικό αυτό διάστημα είναι κατά 3 φορές μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα που προσδιορίστηκε στην περίπτωση της μελέτης της σεισμικότητας της Ιαπωνίας (~3 μήνες) γεγονός που πιθανόν υποδηλώνει ότι το προπαρασκευαστικό στάδιο που προηγείται της εκδήλωσης ισχυρών σεισμών είναι μεγαλύτερο σε παγκόσμια κλίμακα σε σχέση με το αντίστοιχο στάδιο σε τοπική κλίμακα.

Στο γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται και η απόκλιση των ημερομηνιών εμφάνισης πρόδρομων ελαχίστων της β πριν από το σεισμό του Tohoku κατά τη μελέτη της σεισμικότητας σε τοπική (Ιαπωνία) και παγκόσμια κλίμακα. Συγκεκριμένα, όπως προαναφέρθηκε, κατά τη μελέτη της σεισμικότητας της Ιαπωνίας μέσω της ανάλυσης του καταλόγου JMA προκύπτει η εμφάνιση ολικού ελαχίστου της β στις 05/01/2011 (βλ. πίνακα 2) σε συμφωνία με την καταγραφή ανώμαλων διακυμάνσεων της κατακόρυφης συνιστώσας του γήινου μαγνητικού πεδίου που συνοδεύουν την εκπομπή SES. Η μελέτη της παγκόσμιας σεισμικότητας μέσω της ανάλυσης του καταλόγου CMT αποκαλύπτει την ύπαρξη τοπικού ελαχίστου της β στις 29-30/11/2010 (βλ. πίνακα 4), που αποδίδεται στον εν λόγω σεισμό. Με βάση αυτά πιθανολογείται ότι η εμφάνιση τοπικού ελαχίστου της β στις 29-30/11/2010 σηματοδοτεί την

έναρξη της παγκόσμιας προπαρασκευαστικής διαδικασίας για το σεισμό αυτό, η οποία ακολουθείται από την έναρξη της προπαρασκευαστικής διαδικασίας σε τοπικό επίπεδο (Ιαπωνία) σε μεταγενέστερο χρόνο (εμφάνιση ελαχίστου της β στις 05/01/2011) και ολοκληρώνεται με την εκδήλωση του σεισμού (11/03/2011).

Συνεπώς, σύμφωνα με τα παραπάνω, η διακύμανση β της κρίσιμης παραμέτρου K_1 μπορεί ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά ως παράμετρος πρόγνωσης ισχυρών σεισμών στις περιπτώσεις μη ύπαρξης καταγραφών SES εφόσον ο υπολογισμός της βασίζεται στην ήδη καταγεγραμμένη σεισμικότητα ή δρώντας συμπληρωματικά στη μέθοδο πρόγνωσης μέσω των SES. Υπογραμμίζεται η ύπαρξη δραστηκής ποιοτικής διαφοράς ανάμεσα στις δυο μεθόδους (αυξομειώσεις της β και SES) αφού η ανάλυση των SES επιτρέπει τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό της επικεντρικής περιοχής και του μεγέθους του επικείμενου σεισμού. Επιπλέον η ανάλυση της σεισμικότητας της υποψήφιας εστιακής περιοχής στο φυσικό χρόνο από τη στιγμή της εκπομπής ενός SES περιορίζει το χρονικό παράθυρο εκδήλωσης του σεισμού σε διάστημα της τάξεως της μιας εβδομάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ β ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΑΞΕΩΣ κ_1 ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 2000-2008

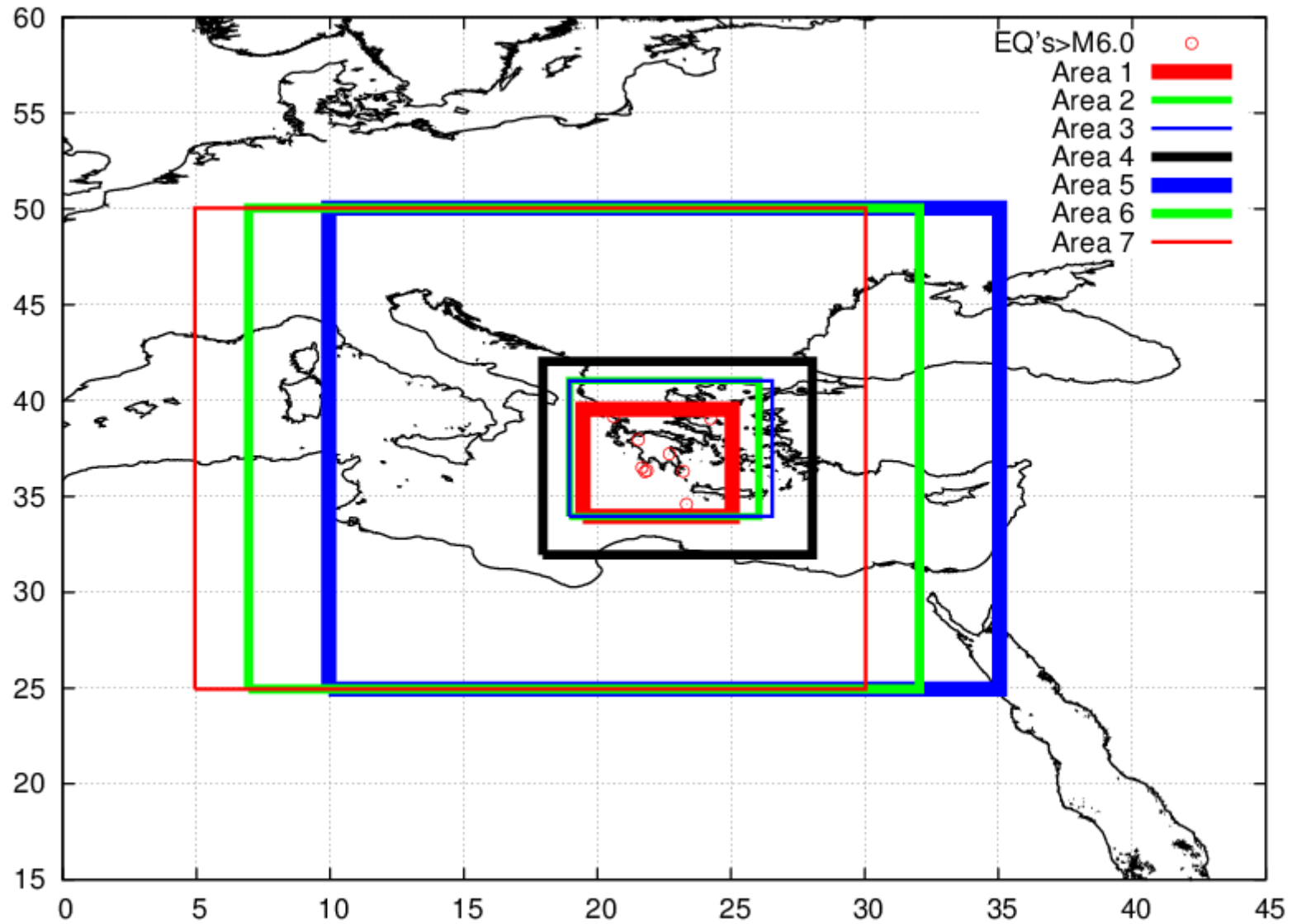
Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη της χρονικής εξέλιξης της β τόσο για την Ιαπωνία όσο και για την παγκόσμια σεισμικότητα διερευνήθηκε το εάν η παράμετρος αυτή εκδηλώνει παρόμοια συμπεριφορά πριν από την εκδήλωση μεγάλων σεισμών στην Ελλάδα.

3.1: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Προκειμένου να μελετηθεί η χρονική εξέλιξη της β για την Ελλάδα αναλύθηκαν στο φυσικό χρόνο τα δεδομένα των σεισμικών καταλόγων GI-NOA, του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (συγκεκριμένα ο κατάλογος NOAIG που είναι διαθέσιμος στην ιστοσελίδα www.gein.noa.gr/en/seismicity/earthquake-catalogs) και US-National Earthquake Information Center, PDE του United States Geological Survey (USGS) (διαθέσιμος στην ιστοσελίδα earthquake.usgs.gov/earthquake/search) κατά τη χρονική περίοδο από 01/01/2000 έως και τις 08/06/2008 ημερομηνία κατά την οποία εκδηλώθηκε ο μεγέθους $M_L(ATH)=6.5/M_w(USGS)=6.4$ σεισμός της Ανδραβίδας. Ο σεισμός αυτός είναι ο ισχυρότερος σεισμός που έχει καταγραφεί στην Ελλάδα κατά την 9ετία 2000-2008 σύμφωνα με τον κατάλογο GI-NOA.

Η ενέργεια κάθε σεισμού υπολογίστηκε μέσω της σχέσης $E_k \propto 10^{(1.64 \cdot M_L(ATH))}$ για τις καταγραφές του σεισμικού καταλόγου GI-NOA και μέσω της σχέσης $E_k \propto 10^{(1.5 \cdot M_w(USGS))}$ για τις καταγραφές του σεισμικού καταλόγου USGS.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για επτά διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές του Ελλαδικού χώρου (βλ. εικόνα 10 και πίνακα 5) και για μεγέθη κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$ και $M_{thres} = 3.6$.



Εικόνα 10: Γεωγραφικές περιοχές μελέτης της β για την Ελλάδα. Στο χάρτη απεικονίζονται με κόκκινους κύκλους τα επίκεντρα όλων των σεισμών μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν εντός της μικρότερης περιοχής μελέτης ($N_{34.0}^{39.5} E_{19.5}^{25.0}$) κατά τη χρονική περίοδο 01/01/2000-08/06/2008.

Area	Lat.,°N	Long.,°E
1	33.95-39.54	19.45-25.04
2	33.95-41.04	18.95-26.04
3	33.95-41.04	18.95-26.54
4	31.95-42.04	17.95-28.04
5	24.95-50.04	9.95-35.04
6	24.95-50.04	6.95-32.04
7	24.95-50.04	4.95-30.04

Πίνακας 5: Γεωγραφικά όρια των περιοχών μελέτης της β για την Ελλάδα.

Οι περιοχές 1,2 και 3 (εσωτερικές περιοχές) μελετήθηκαν με χρήση και των δύο σεισμικών καταλόγων ενώ οι περιοχές 4,5,6 και 7 (εξωτερικές περιοχές) μελετήθηκαν με χρήση μόνο του σεισμικού καταλόγου USGS. Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στη μεγάλη έκταση των περιοχών 4-7 που έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία πλήρους κάλυψής τους από το ενοποιημένο σεισμολογικό δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Ειδικότερα, με βάση το μηνιαίο ρυθμό εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων κάθε περιοχής και για κάθε μέγεθος κατωφλίου έγινε σάρωση του αντίστοιχου καταλόγου σε αποσπάσματα μήκους W (πίνακες 6 και 7) που καλύπτουν χρονικό διάστημα της τάξης των 1-6 μηνών σε αντιστοιχία με το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της εκπομπής SES και της εκδήλωσης των αντίστοιχων σεισμών στην Ελλάδα (Varotsos et al.,2011a).

$M_{thres}=3.2$				
Area	Seismic catalog	NR of EQ's in the time period 01/01/2000-08/06/2008	EQ's per month	W
1	GI-NOA	11117	110	110
	USGS	7940	79	80
2	GI-NOA	14339	142	140
	USGS	10327	102	100
3	GI-NOA	15460	153	150
	USGS	11033	109	110
4	USGS	13477	133	130
5	USGS	16782	166	170
6	USGS	16606	164	160
7	USGS	16484	163	160

Πίνακας 6: Μηνιαίος ρυθμός εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων και ‘παράθυρα’ σάρωσης W ανά περιοχή και σεισμικό κατάλογο για μέγεθος κατωφλίου ίσο με $M_{thres} = 3.2$.

$M_{thres}=3.6$				
Area	Seismic catalog	NR of EQ's in the time period 01/01/2000-08/06/2008	EQ's per month	W
1	GI-NOA	2815	28	30
	USGS	2573	25	25
2	GI-NOA	3795	38	40
	USGS	3376	33	30
3	GI-NOA	4198	42	40
	USGS	3725	37	40
4	USGS	4804	48	50
5	USGS	6496	64	60
6	USGS	6392	63	60
7	USGS	6313	63	60

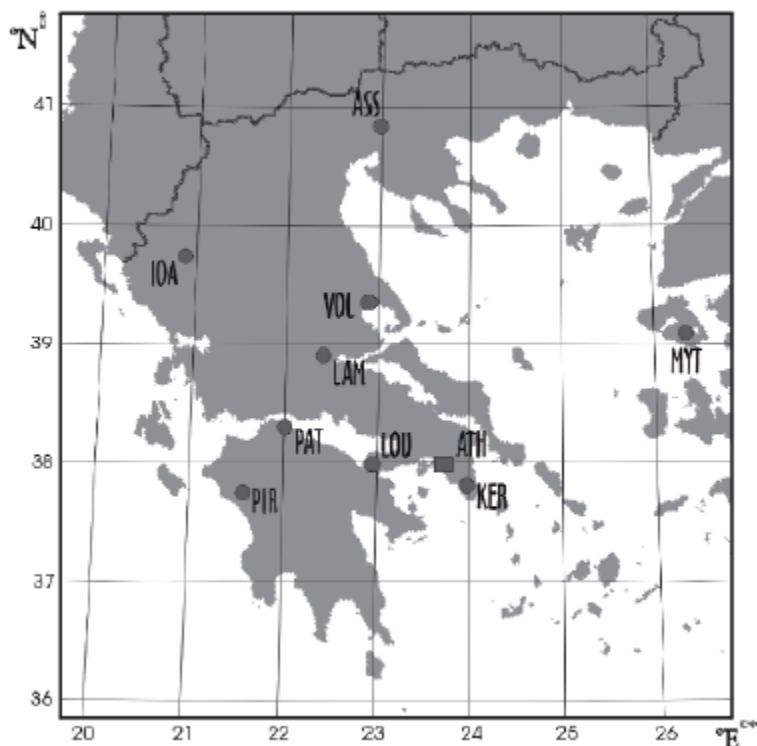
Πίνακας 7: Μηνιαίος ρυθμός εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων και ‘παράθυρα’ σάρωσης W ανά περιοχή και σεισμικό κατάλογο για μέγεθος κατωφλίου ίσο με $M_{thres} = 3.6$.

Τέλος κατασκευάστηκαν οι γραφικές παραστάσεις της διακύμανσης β συναρτήσει του συμβατικού χρόνου για τη χρονική περίοδο από 01/01/2000 έως και 08/06/2008 και εξετάστηκε η συμπεριφορά της β πριν από όλους τους σεισμούς μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που συνέβησαν στην Ελλάδα ($N_{34.0}^{39.5} E_{19.5}^{25.0}$) κατά το ίδιο χρονικό διάστημα (πίνακας 8).

EQ name	EQ date	Lat.,°N	Long.,°E	$M_L(ATH)/M_w(USGS)$	Related SES activity
Skyros	26/07/2001	39.05	24.35	5.3-6.5	17/03/2001
Lefkada	14/08/2003	38.79	20.56	5.9-6.3	08/08/2003
Crete	17/03/2004	34.46	23.26	6.0-6.1	—
Kithira	08/01/2006	36.21	23.41	6.4-6.7	17/09/2005
Leonidio	06/01/2008	37.11	22.78	6.1-6.2	07/11/2007
Methoni 1	14/02/2014	36.50	21.78	6.2-6.9	14/01/2008 and 21-26/01/2008
Methoni 2	14/02/2014	36.22	21.75	6.1-6.5	14/01/2008 and 21-26/01/2008
Methoni 3	20/02/2014	36.18	21.72	6.0-6.2	14/01/2008 and 21-26/01/2008
Andravida	08/06/2008	37.98	21.51	6.5-6.4	29/02-02/03/2008

Πίνακας 8: Σύνολο των σεισμών μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που συνέβησαν εντός της περιοχής 1 ($N_{34.0}^{39.5} E_{19.5}^{25.0}$) κατά το χρονικό διάστημα 01/01/2000-08/06/2008 και οι ημερομηνίες καταγραφής των αντίστοιχων SES για όσους από αυτούς είναι δυνατή η καταγραφή των σημμάτων αυτών από το υπάρχον δίκτυο του BAN.

Για οκτώ από τους σεισμούς αυτούς έχουν καταγραφεί SES ενώ για τον σεισμό της Κρήτης δεν υπάρχει αντίστοιχη καταγραφή SES καθώς η περιοχή αυτή δεν καλύπτεται από το υπάρχον δίκτυο BAN (εικόνα 11).

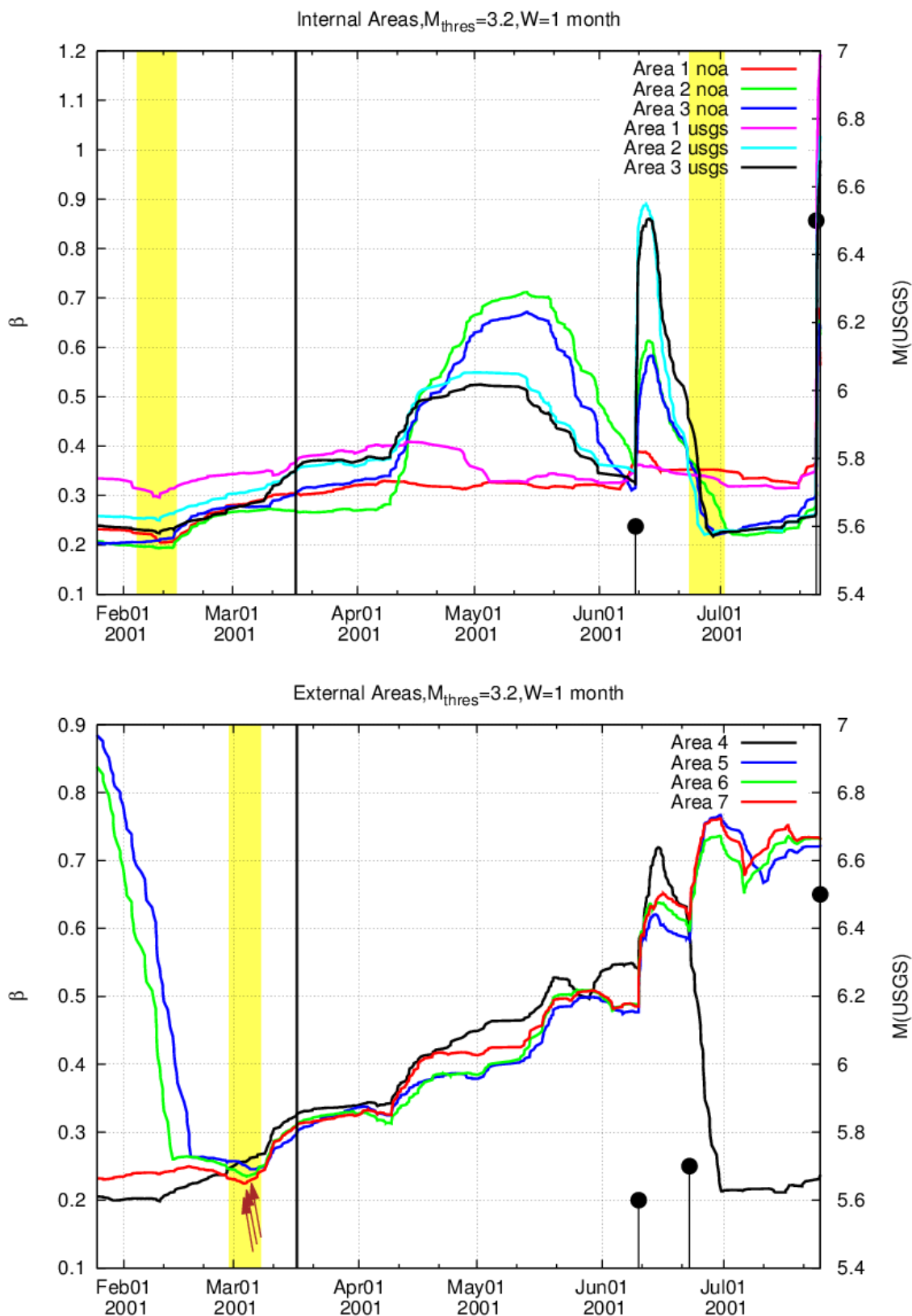


Εικόνα 11: Οι θέσεις των σταθμών που απαρτίζουν το δίκτυο του BAN (Varotsos et al.,2011a,p.5).

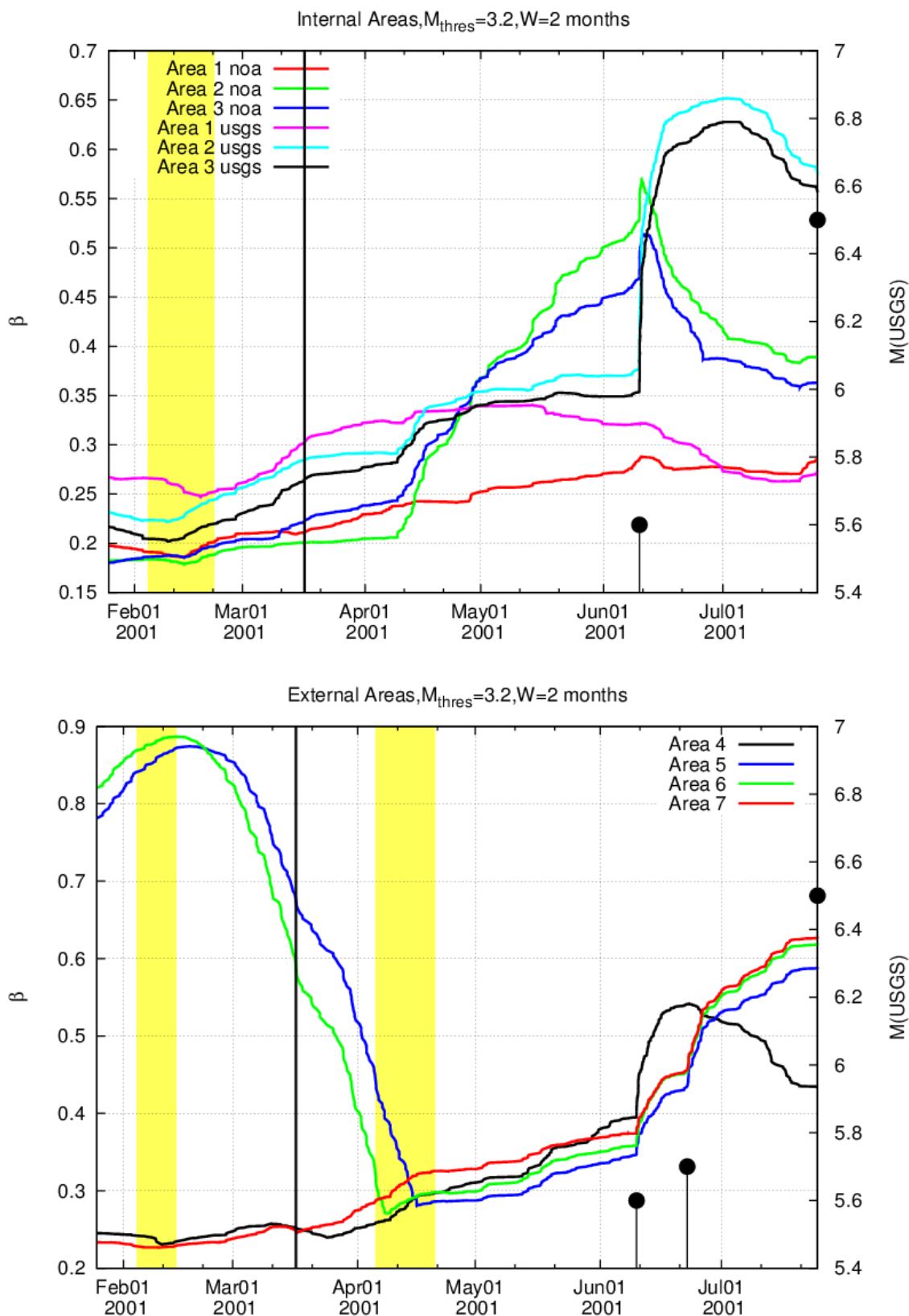
3.2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.2.1: Ο $M_w=6.5$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΚΥΡΟΥ

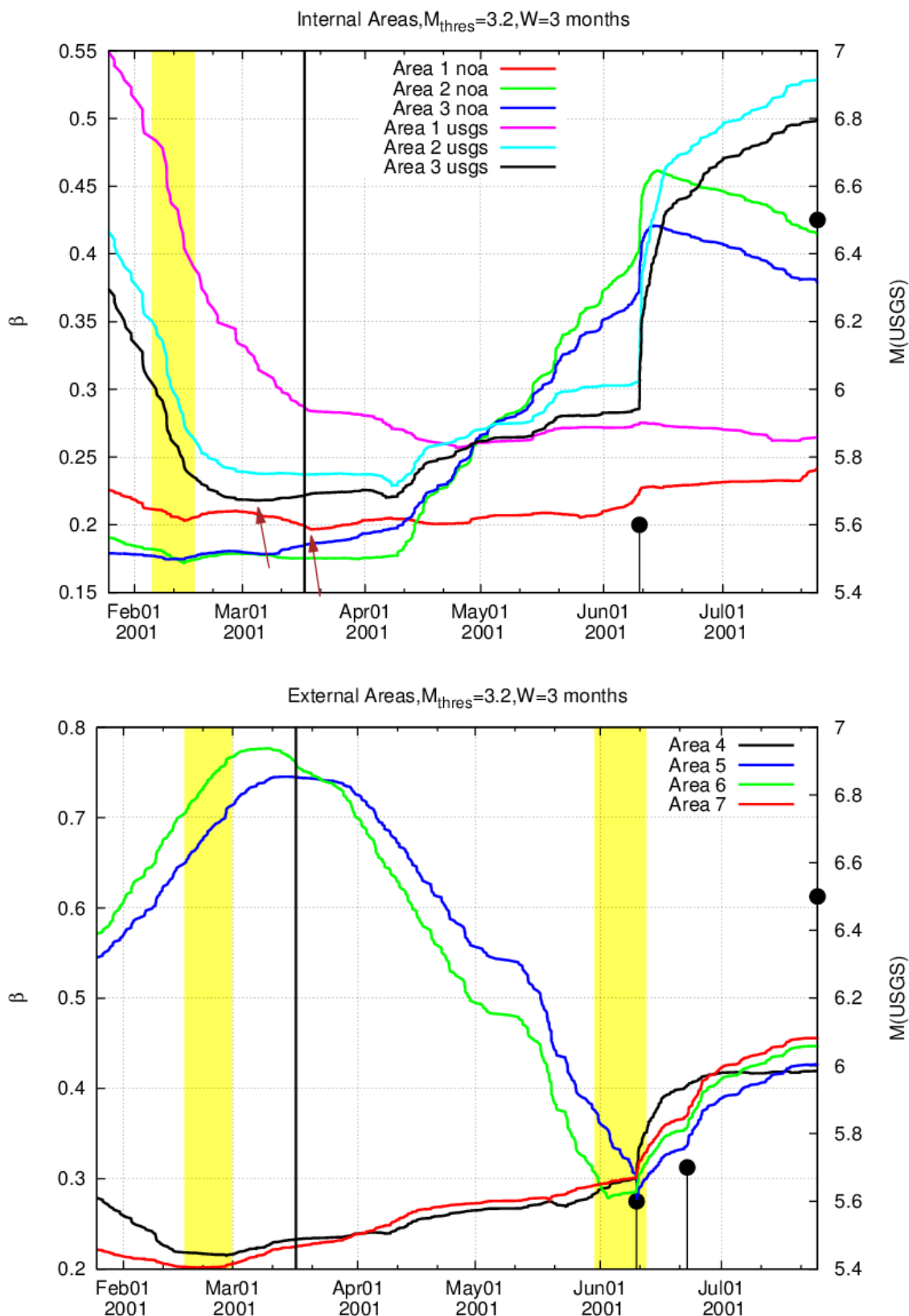
Ο σεισμός της Σκύρου εκδηλώθηκε στις 26 Ιουλίου 2001 έχοντας μέγεθος $M_w(USGS)=6.5$. Το σχετιζόμενο με το σεισμό αυτό SES καταγράφηκε στις 17 Μαρτίου 2001 από το σταθμό BAN του Βόλου (VOL) έχοντας χρονική απόσταση μεγαλύτερη των τεσσάρων μηνών από την εκδήλωσή του σεισμού.



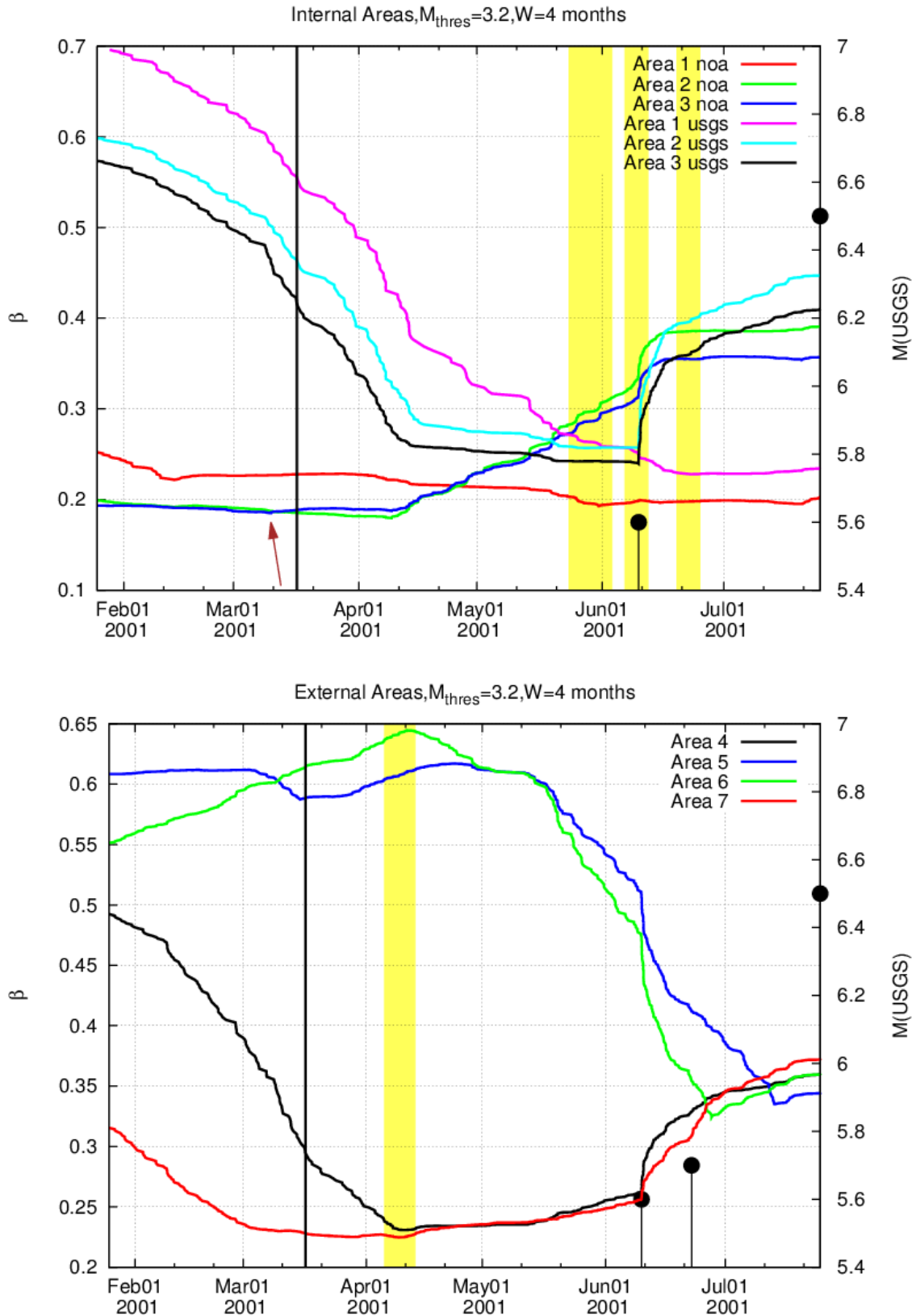
Εικόνα 12: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



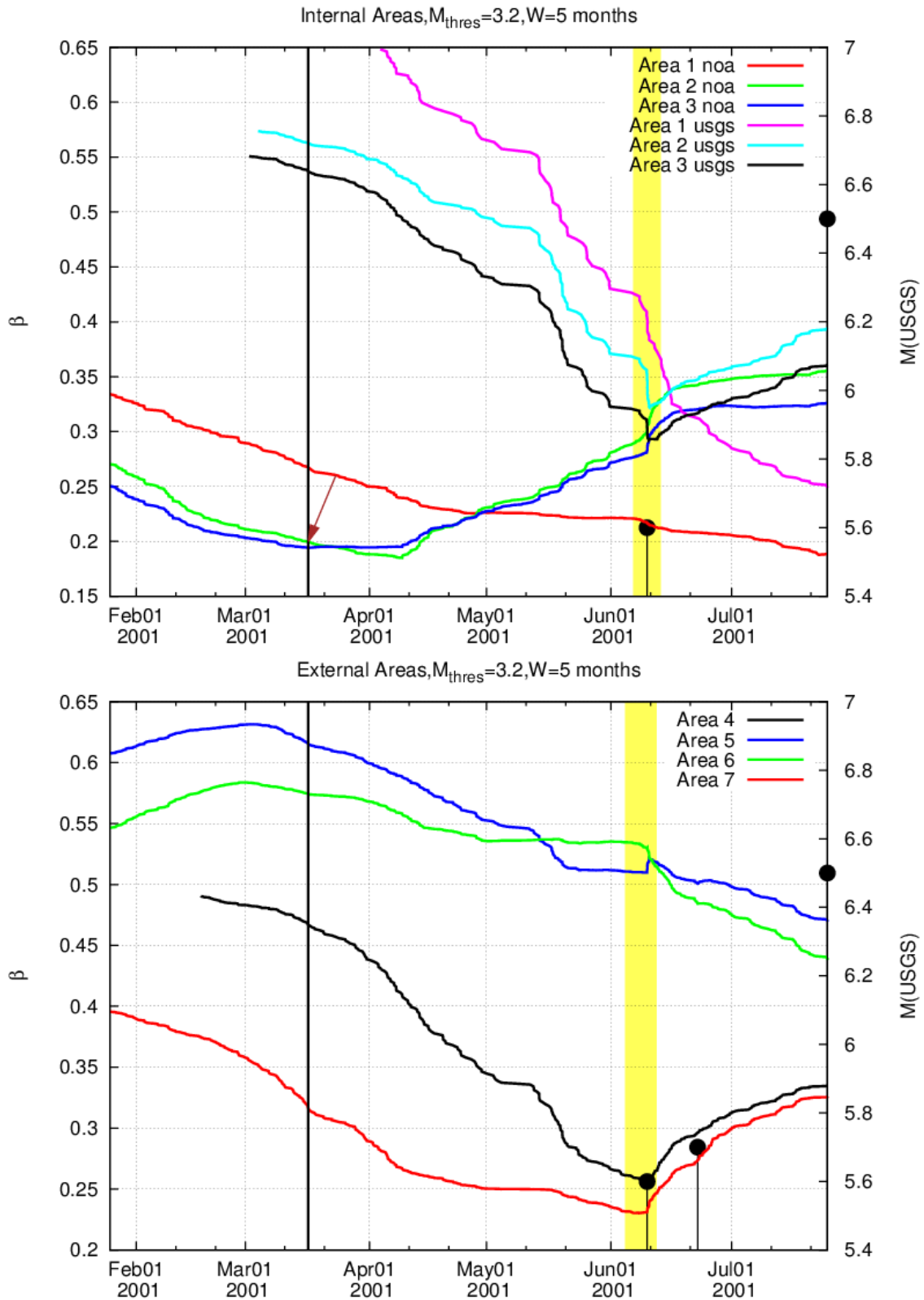
Εικόνα 13: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A3) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A4) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



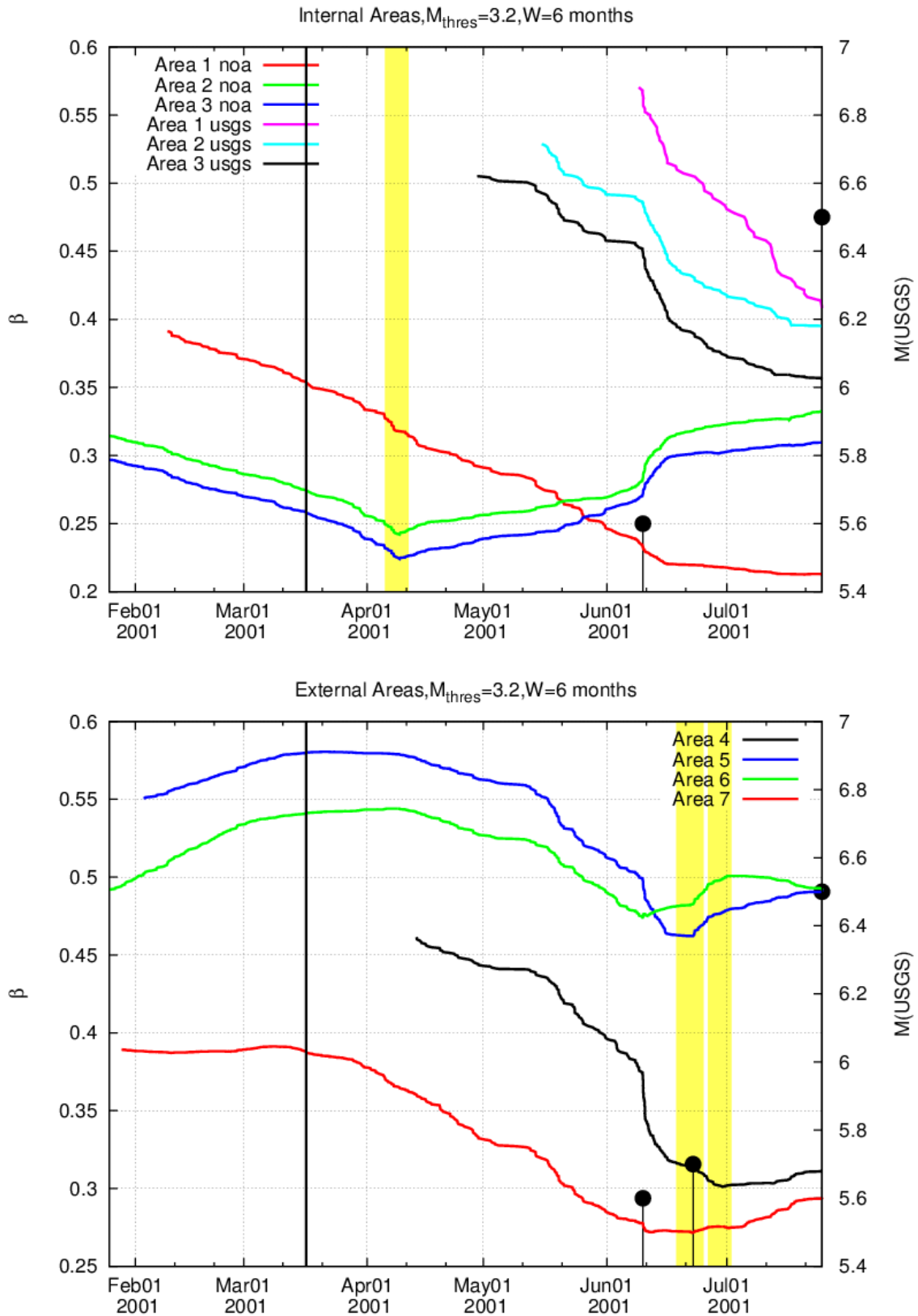
Εικόνα 14: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 15: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



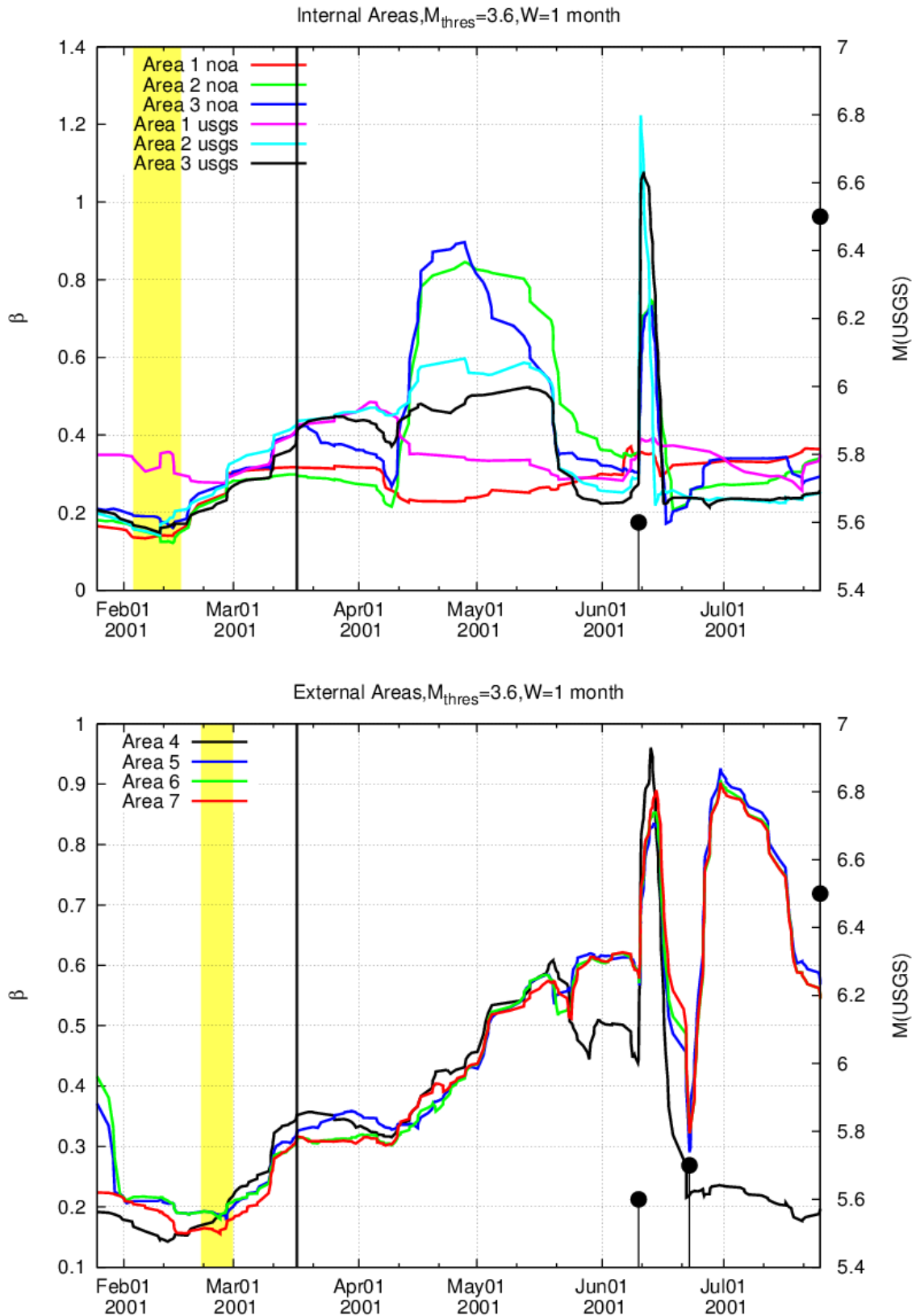
Εικόνα 16: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



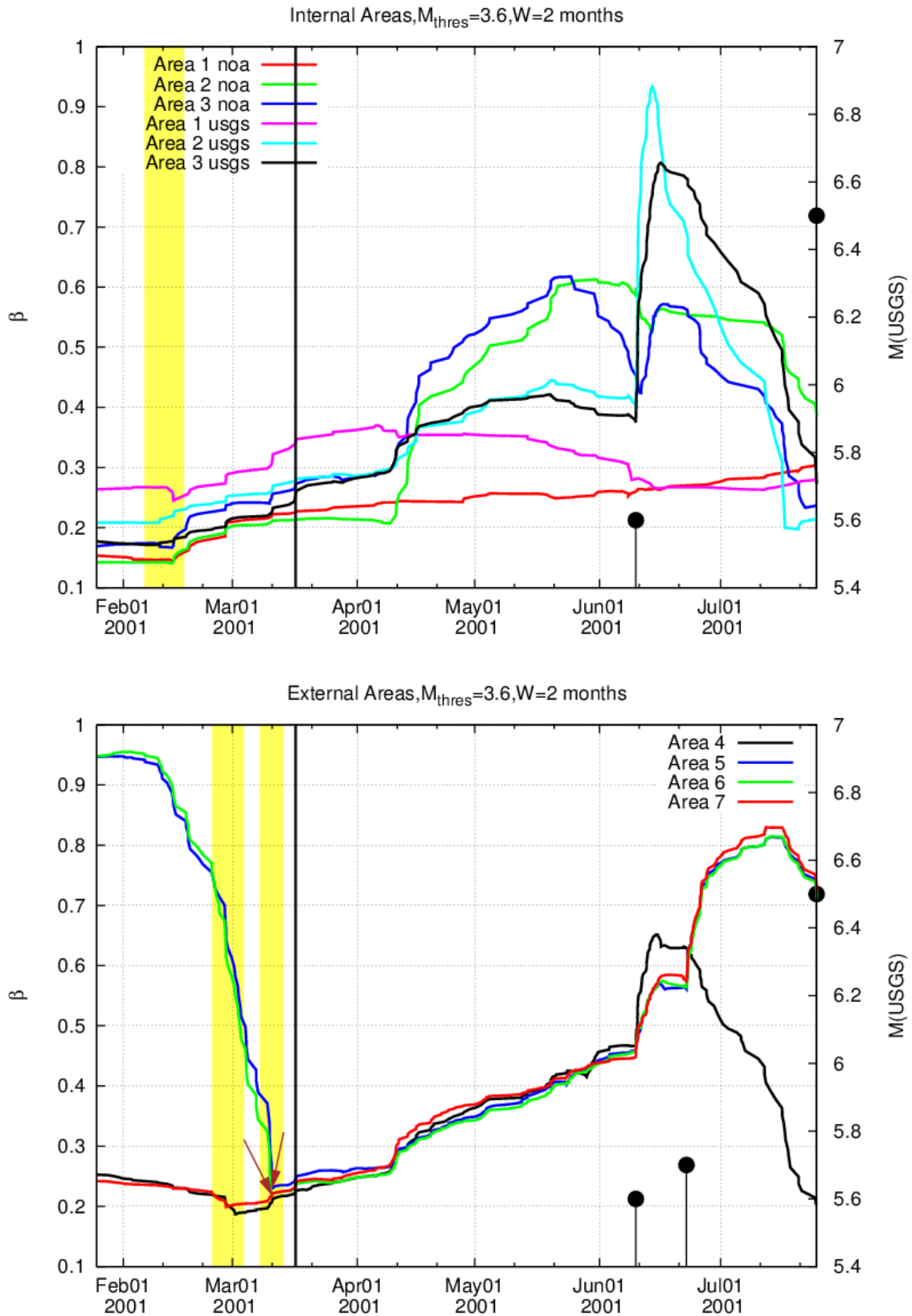
Εικόνα 17: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.204 (2001-02-10)	0.186 (2001-02-13)	0.197 (2001-03-18)	1.06 (GI-NOA) 1.04 (USGS)	0.193 (2001-05-31)	0.188 (2001-07-23)	0.213 (2001-07-26)
	USGS	0.296 (2001-02-10)	0.247 (2001-02-18)	0.257 (2001-04-24)		0.228 (2001-06-23)	0.249 (2001-07-26)	0.408 (2001-07-26)
2	GI-NOA	0.193 (2001-02-10)	0.179 (2001-02-14)	0.172 (2001-02-14)	0.96 (GI-NOA) 1.03 (USGS)	0.180 (2001-04-09)	0.185 (2001-04-09)	0.242 (2001-04-09)
	USGS	0.221 (2001-06-27)	0.222 (2001-02-09)	0.229 (2001-04-08)		0.257 (2001-05-27)	0.322 (2001-06-11)	0.395 (2001-07-26)
3	GI-NOA	0.202 (2001-01-27)	0.180 (2001-01-26)	0.175 (2001-02-09)	0.97 (GI-NOA) 1.08 (USGS)	0.185 (2001-03-10)	0.194 (2001-03-17)	0.224 (2001-04-09)
	USGS	0.217 (2001-06-30)	0.202 (2001-02-10)	0.218 (2001-03-05)		0.239 (2001-06-10)	0.292 (2001-06-10)	0.356 (2001-07-26)
4	USGS	0.198 (2001-02-10)	0.231 (2001-02-11)	0.215 (2001-02-27)	0.93	0.231 (2001-04-11)	0.253 (2001-06-10)	0.301 (2001-06-30)
5	USGS	0.245 (2001-03-05)	0.281 (2001-04-16)	0.277 (2001-06-10)	0.99	0.334 (2001-07-14)	0.470 (2001-07-26)	0.462 (2001-06-22)
6	USGS	0.235 (2001-03-04)	0.271 (2001-04-08)	0.279 (2001-06-03)	1.03	0.324 (2001-06-28)	0.438 (2001-07-26)	0.473 (2001-06-10)
7	USGS	0.224 (2001-03-03)	0.227 (2001-02-10)	0.202 (2001-02-20)	0.89	0.225 (2001-04-09)	0.230 (2001-06-08)	0.272 (2001-06-23)

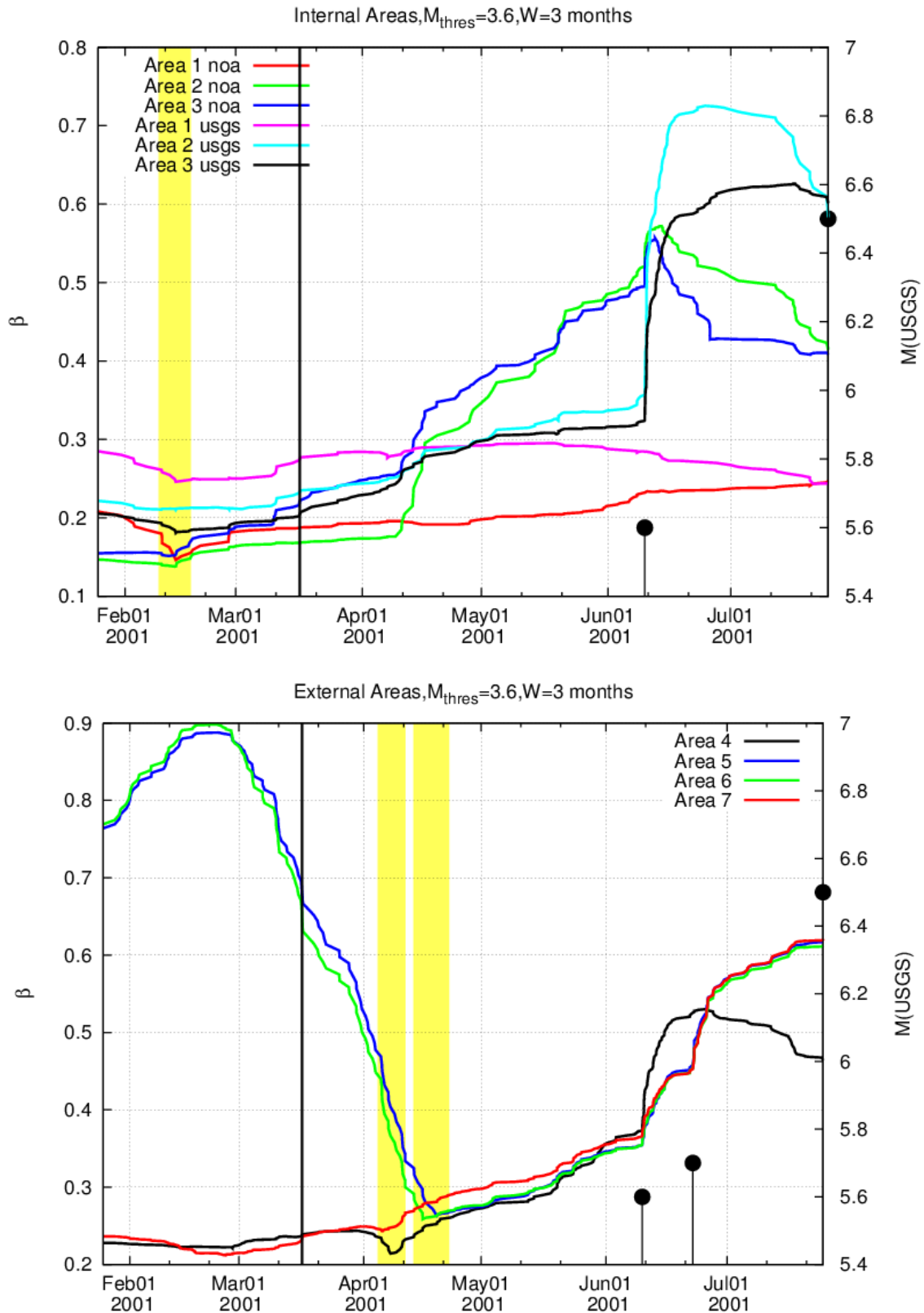
Πίνακας 9: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Σκύρου για μέγεθος καταφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 12-17.



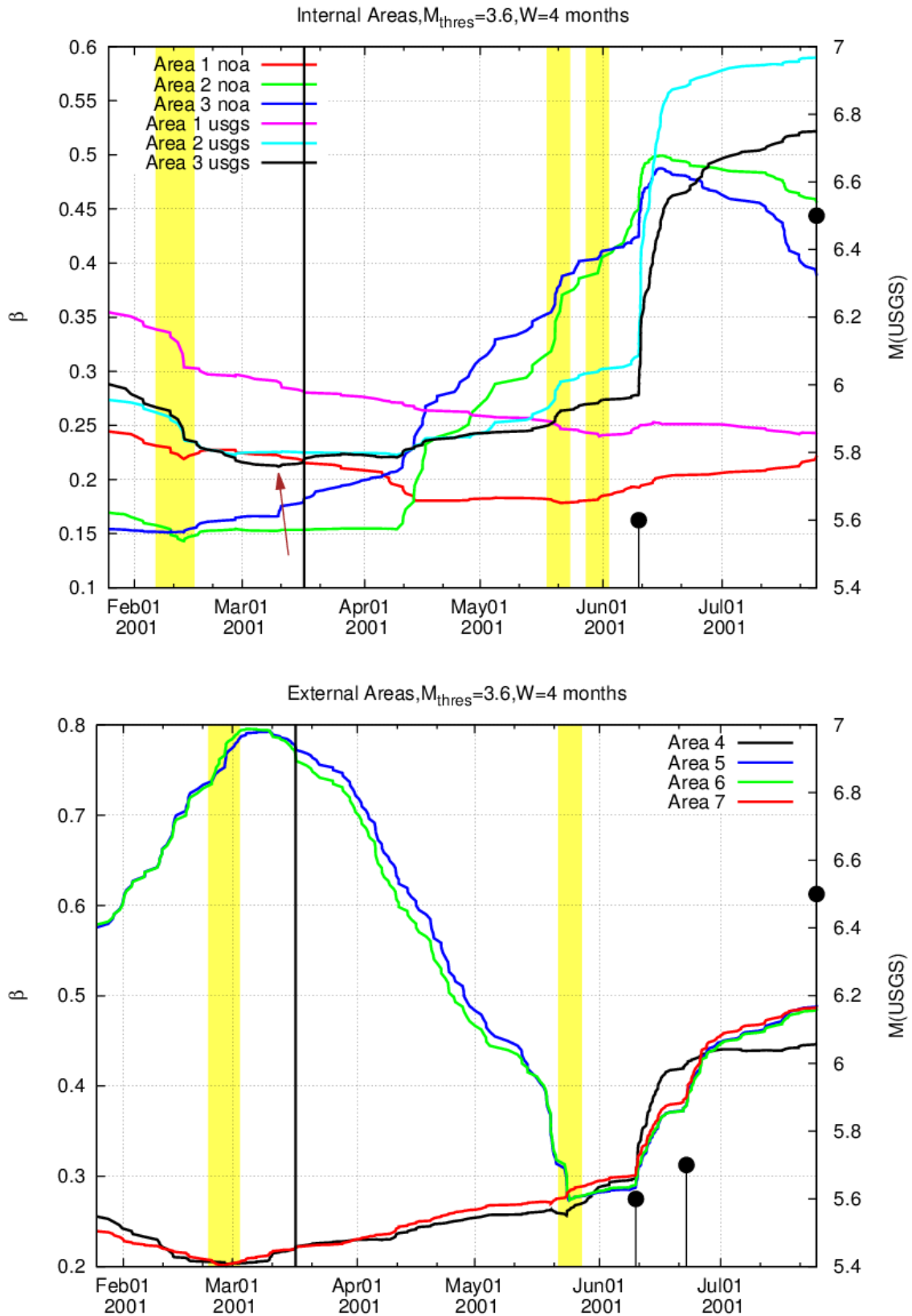
Εικόνα 18: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



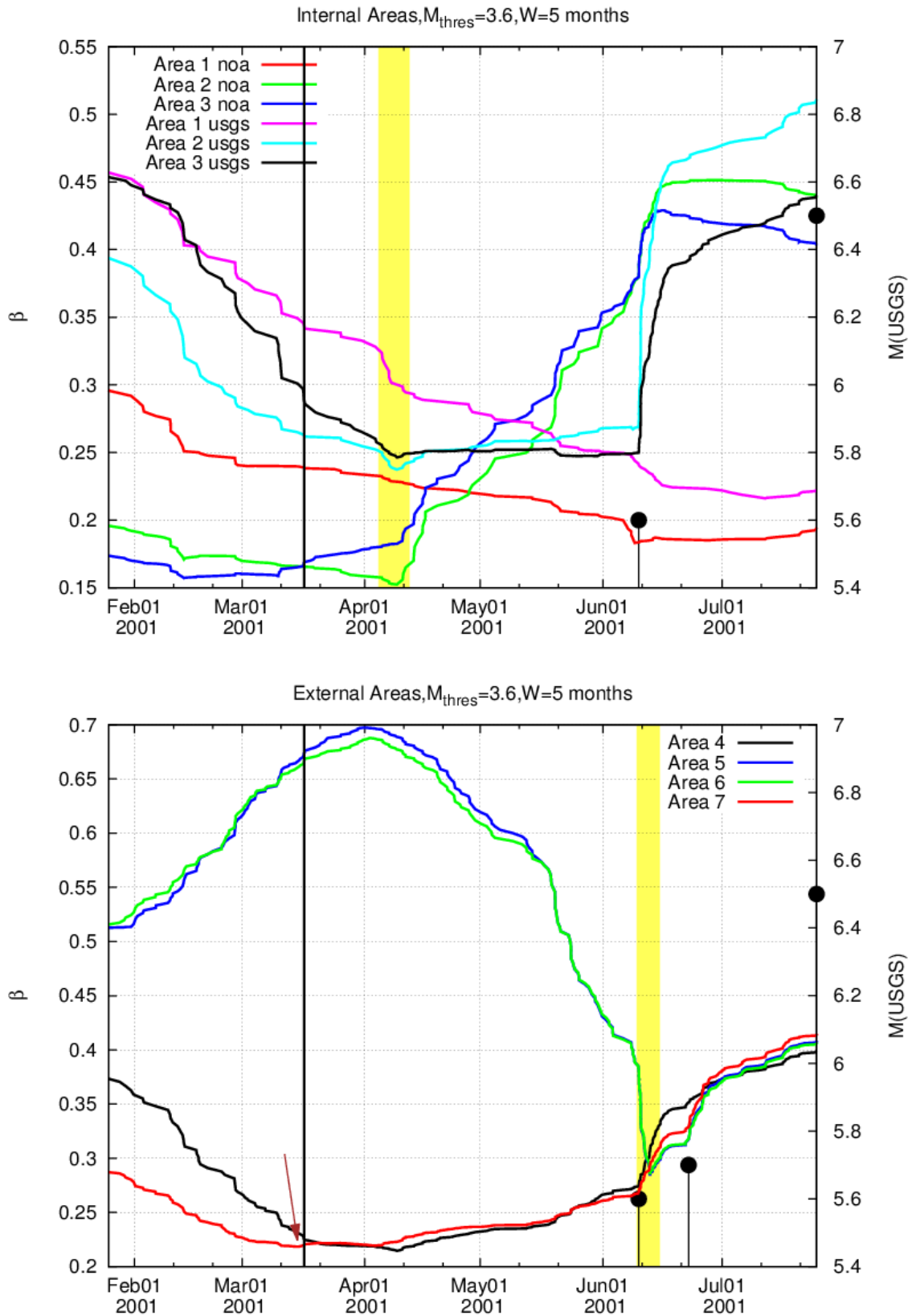
Εικόνα 19: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



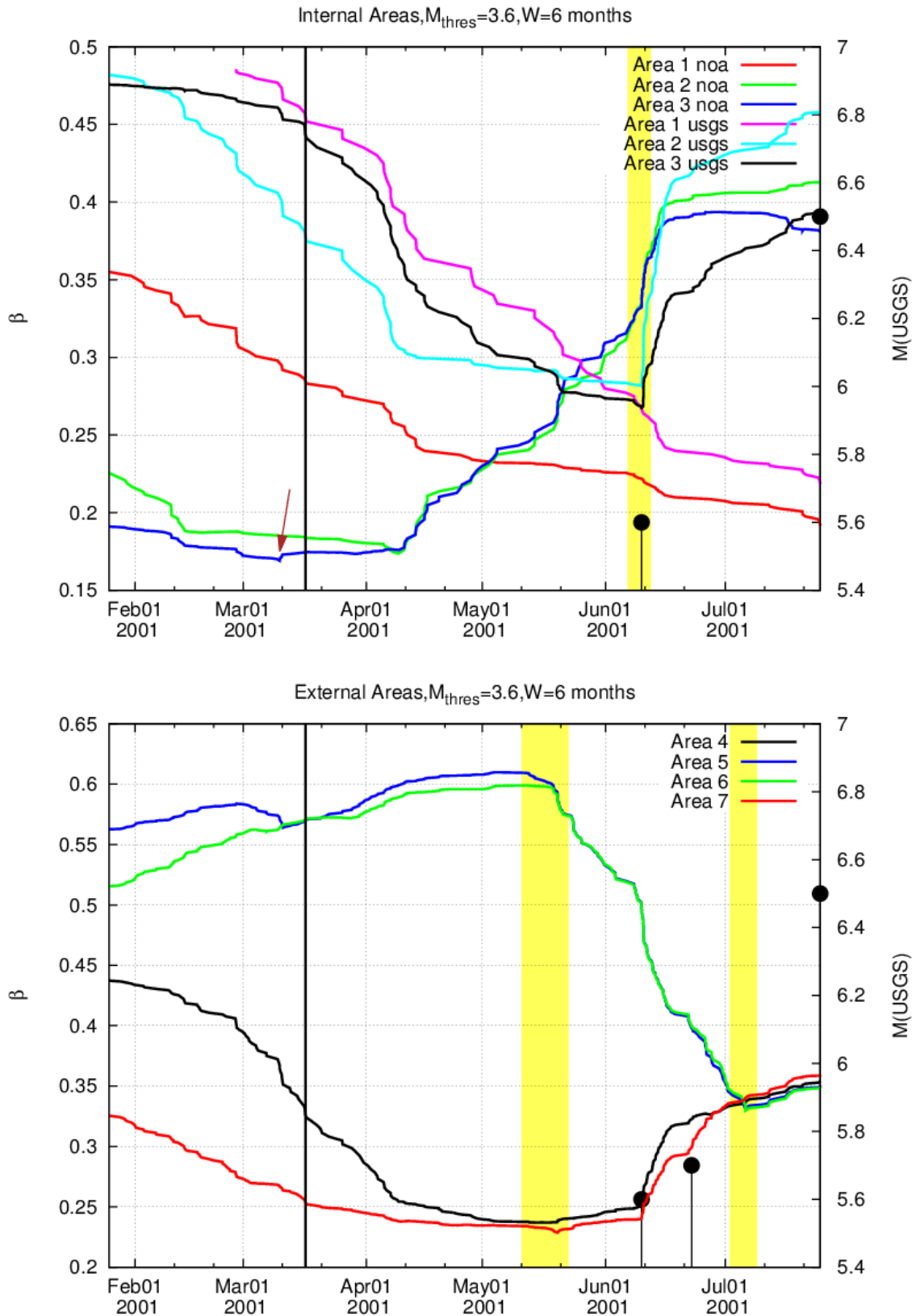
Εικόνα 20: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 21: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 22: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 23: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 26/01/2001 έως και το σεισμό της Σκύρου (26/07/2001) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/03/2001) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού

Area	Seismic Catalog	$\beta_{W,min}$						
		W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.134 (2001-02-07)	0.145 (2001-02-13)	0.146 (2001-02-14)	1.01 (GI-NOA) 0.99 (USGS)	0.178 (2001-05-21)	0.183 (2001-06-09)	0.192 (2001-07-26)
	USGS	0.256 (2001-07-21)	0.245 (2001-02-14)	0.243 (2001-07-26)		0.240 (2001-05-31)	0.216 (2001-07-12)	0.219 (2001-07-26)
2	GI-NOA	0.122 (2001-02-13)	0.141 (2001-02-13)	0.138 (2001-02-13)	0.98 (GI-NOA) 1.07 (USGS)	0.143 (2001-02-14)	0.152 (2001-04-09)	0.174 (2001-04-09)
	USGS	0.142 (2001-02-10)	0.197 (2001-07-21)	0.210 (2001-02-14)		0.222 (2001-02-27)	0.237 (2001-04-09)	0.282 (2001-06-10)
3	GI-NOA	0.161 (2001-02-13)	0.167 (2001-02-13)	0.151 (2001-02-12)	0.90 (GI-NOA) 1.06 (USGS)	0.151 (2001-02-10)	0.157 (2001-02-14)	0.169 (2001-03-10)
	USGS	0.148 (2001-02-10)	0.171 (2001-02-10)	0.181 (2001-02-14)		0.212 (2001-03-10)	0.246 (2001-04-09)	0.267 (2001-06-10)
4	USGS	0.142 (2001-02-12)	0.187 (2001-03-01)	0.214 (2001-04-08)	1.14	0.202 (2001-02-27)	0.214 (2001-04-09)	0.237 (2001-05-14)
5	USGS	0.181 (2001-02-27)	0.229 (2001-03-11)	0.263 (2001-04-19)	1.15	0.274 (2001-05-24)	0.284 (2001-06-13)	0.331 (2001-07-06)
6	USGS	0.180 (2001-02-25)	0.217 (2001-03-10)	0.259 (2001-04-16)	1.19	0.274 (2001-05-24)	0.285 (2001-06-13)	0.330 (2001-07-07)
7	USGS	0.155 (2001-02-25)	0.199 (2001-02-27)	0.212 (2001-02-25)	1.07	0.201 (2001-02-27)	0.218 (2001-03-15)	0.229 (2001-05-20)

Πίνακας 10: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Σκύρου για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 18-23.

Παρατηρώντας τις εικόνες 12-23 και τα δεδομένα των πινάκων 9 και 10 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Σκύρου συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 07-27/02/2001 ενώ δεν παρατηρείται σύμπτωση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας εκπομπής του αντίστοιχου SES (17/03/2001) πλην μιας περίπτωσης ($\beta_{W=5\text{months},\text{min}}=0.194$, $M_{\text{thres}}=3.2$, Area 3, βλ. πίνακα 9).

Τοπικά ελάχιστα της β , οι ημερομηνίες εμφάνισης των οποίων συμπίπτουν εντός δεκατεσσάρων ημερών με την ημερομηνία καταγραφής του SES, εμφανίζονται για ‘παράθυρα’ σάρωσης $W=1$ μήνας, $W=3$ μήνες, $W=4$ μήνες και $W=5$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{\text{thres}}=3.2$ και για ‘παράθυρα’ σάρωσης $W=2$ μήνες, $W=4$ μήνες, $W=5$ μήνες και $W=6$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{\text{thres}}=3.6$. Το πλησιέστερο στην ημερομηνία εκπομπής του SES από αυτά τα τοπικά ελάχιστα της β εμφανίζεται στις 17/03/2001 ($\beta_{W=5\text{months},\text{min}}=0.194$, Area 3, βλ. πίνακα 9) για μέγεθος κατωφλίου $M_{\text{thres}}=3.2$ και στις 15/03/2001 ($\beta_{W=5\text{months},\text{min}}=0.218$, Area 7, βλ. πίνακα 10) για μέγεθος κατωφλίου $M_{\text{thres}}=3.6$ παρουσιάζοντας το μεν πρώτο ταύτιση και το δε δεύτερο χρονική απόσταση από το SES της τάξης των 2 ημερών αντίστοιχα.

Η ευκρίνεια των τοπικών ελαχίστων μειώνεται στα μεγάλα ‘παράθυρα’ σάρωσης ($W=4-6$ μήνες).

Δεκατέσσερις από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3\text{months},\text{min}}/\beta_{W=2\text{months},\text{min}}$ των ελαχίστων των πινάκων 9 και 10 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] το οποίο θεωρείται το διάστημα τιμών του λόγου $\beta_{W=3\text{months},\text{min}}/\beta_{W=2\text{months},\text{min}}$ των προδρόμων ελαχίστων της β σε τοπική κλίμακα όπως στην περίπτωση της Ιαπωνίας (Sarlis et al., 2013).

$M_{\text{thres}}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months, min}}/\beta_{W=2 \text{ months, min}}$
1	GI-NOA	0.186 (2001-02-13)	0.197 (2001-03-18)	1.06 (GI-NOA)
	USGS	0.247 (2001-02-18)	0.257 (2001-04-24)	1.04 (USGS)
2	GI-NOA	0.179 (2001-02-14)	0.172 (2001-02-14)	0.96 (GI-NOA)
	USGS	0.222 (2001-02-09)	0.229 (2001-04-08)	1.03 (USGS)
3	GI-NOA	0.180 (2001-01-26)	0.175 (2001-02-09)	0.97 (GI-NOA)
	USGS	0.202 (2001-02-10)	0.218 (2001-03-05)	1.08 (USGS)
5	USGS	0.281 (2001-04-16)	0.277 (2001-06-10)	0.99
6	USGS	0.271 (2001-04-08)	0.279 (2001-06-03)	1.03
$M_{\text{thres}}=3.6$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months, min}}/\beta_{W=2 \text{ months, min}}$
1	GI-NOA	0.145 (2001-02-13)	0.146 (2001-02-14)	1.01 (GI-NOA)
	USGS	0.245 (2001-02-14)	0.243 (2001-07-26)	0.99 (USGS)
2	GI-NOA	0.141 (2001-02-13)	0.138 (2001-02-13)	0.98 (GI-NOA)
	USGS	0.197 (2001-07-21)	0.210 (2001-02-14)	1.07 (USGS)
3	USGS	0.171 (2001-02-10)	0.181 (2001-02-14)	1.06 (USGS)
7	USGS	0.199 (2001-02-27)	0.212 (2001-02-25)	1.07

Πίνακας 11: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3\text{months, min}}/\beta_{W=2\text{months, min}}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Σκύρου (από τα δεδομένα των πινάκων 9 και 10).

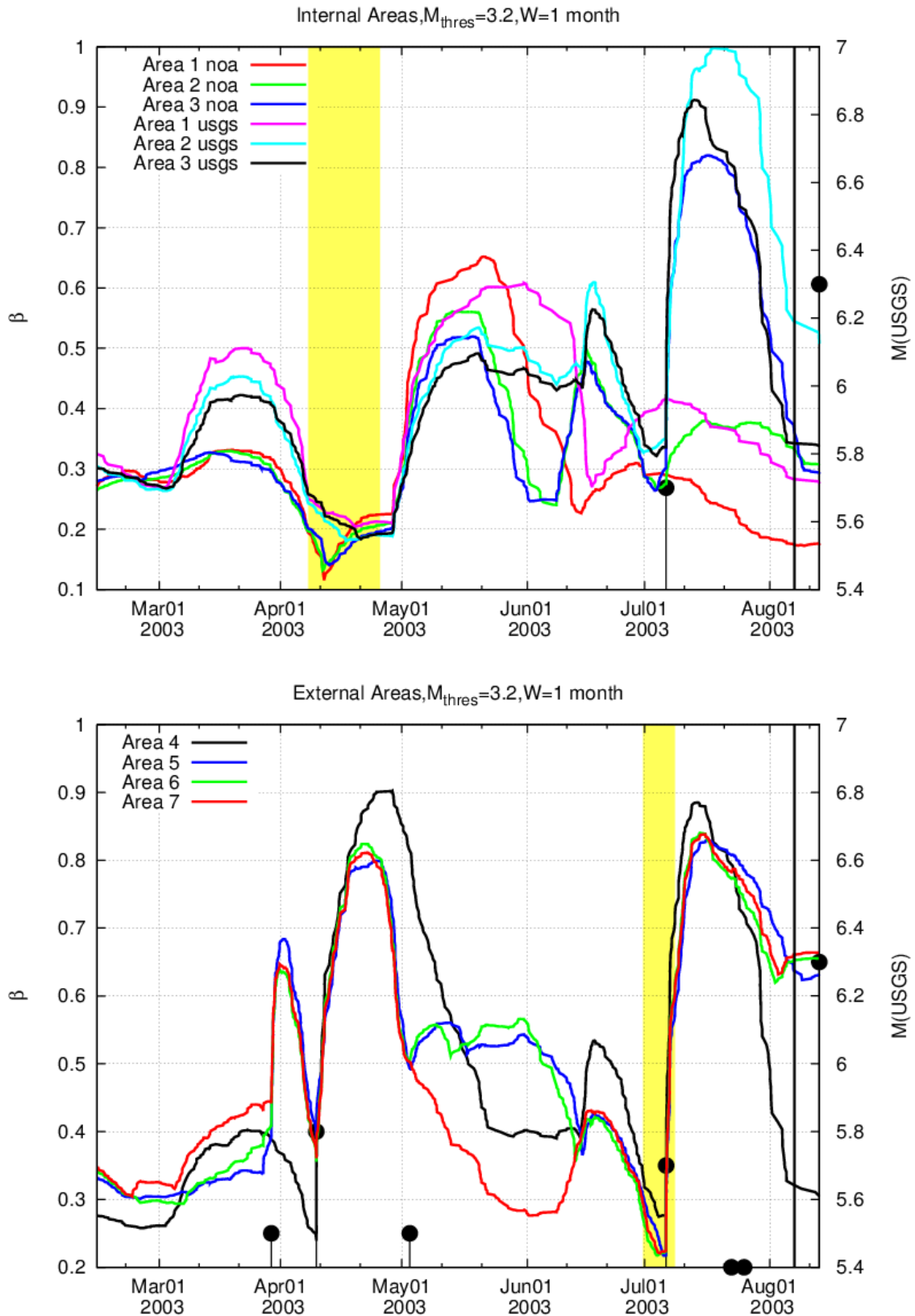
Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3\text{months, min}}/\beta_{W=2\text{months, min}}$ ανήκει στο ανωτέρω διάστημα τιμών να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Σκύρου (βλ. πίνακα 11).

Η συμπεριφορά της διακύμανσης β στις περιοχές μελέτης 5 και 6 πριν από το σεισμό της Σκύρου επηρεάζεται σημαντικά από σεισμό μεγέθους $M_w(USGS) = 6.0$ που εκδηλώθηκε στις 15/12/2000 στην Τουρκία με επίκεντρο 38.46°N, 31.35°E (δηλαδή, εντός των περιοχών αυτών). Ως εκ τούτου η β παρουσιάζει απότομη αύξηση όταν ο σεισμός αυτός υπεισέρχεται στους υπολογισμούς. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παρατηρούμενη συμπεριφορά της β στις περιοχές 5 και 6 να είναι αντίστροφη από εκείνη των περιοχών 4 και 7.

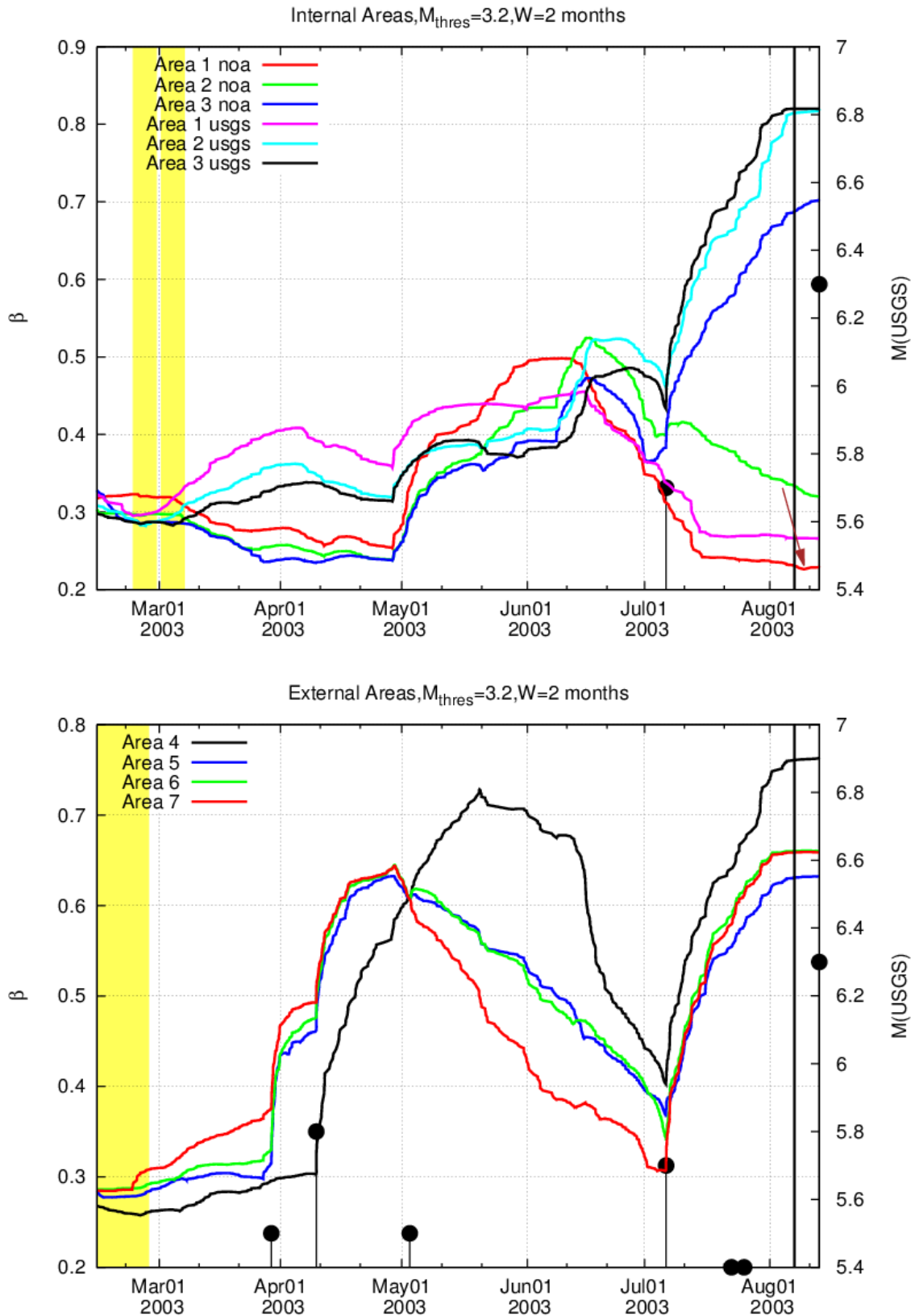
3.2.2: Ο MW=6.3 ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΛΕΥΚΑΔΑΣ

Ο σεισμός της Λευκάδας εκδηλώθηκε στις 14 Αυγούστου 2003 με μέγεθος $M_w(USGS) = 6.3$.

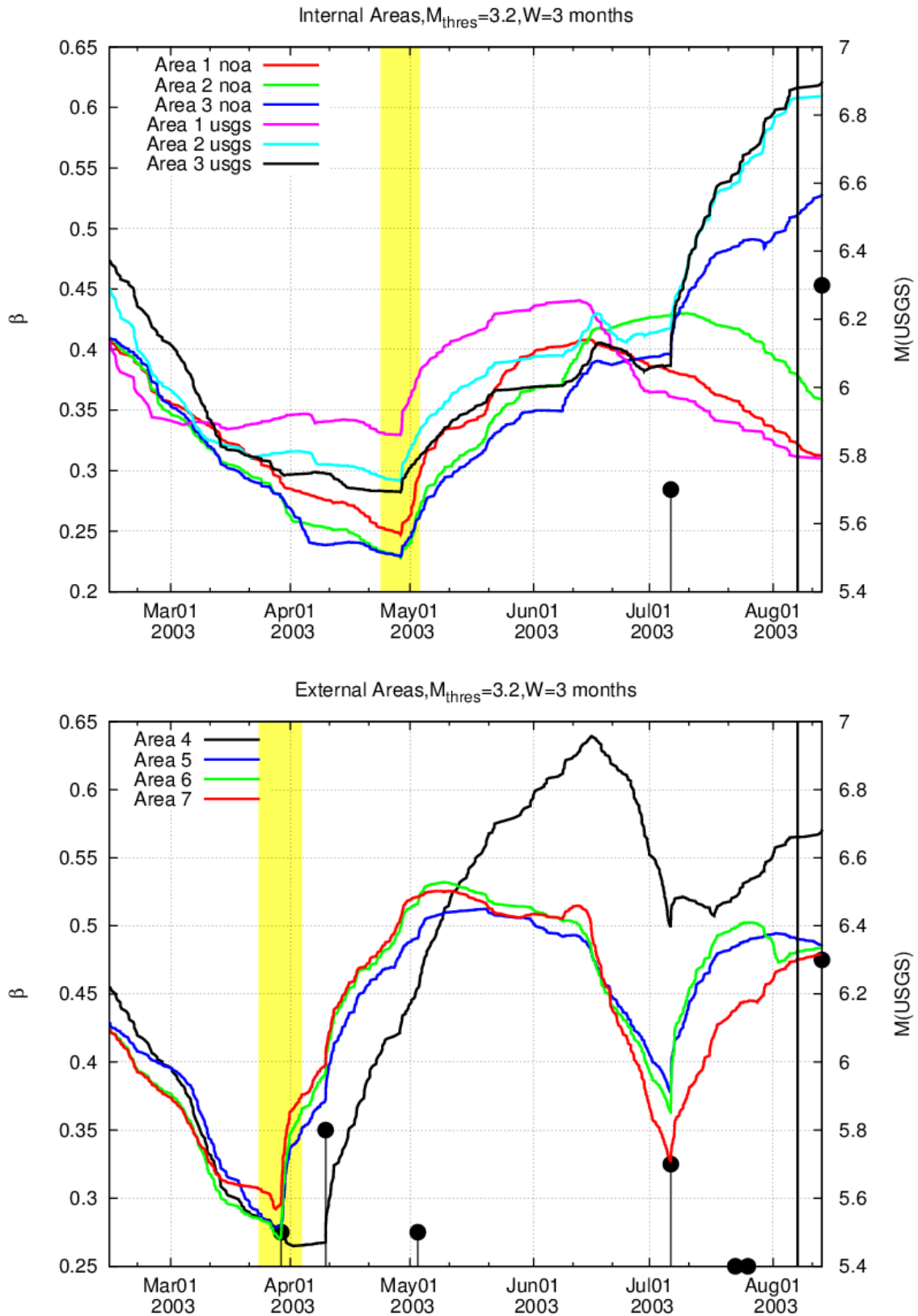
Το σχετιζόμενο με το σεισμό αυτό SES καταγράφηκε από το σταθμό BAN του Πύργου (PIR) στις 8 Αυγούστου 2003 έχοντας χρονική απόσταση από την εκδήλωση του σεισμού μικρότερη της μίας εβδομάδας.



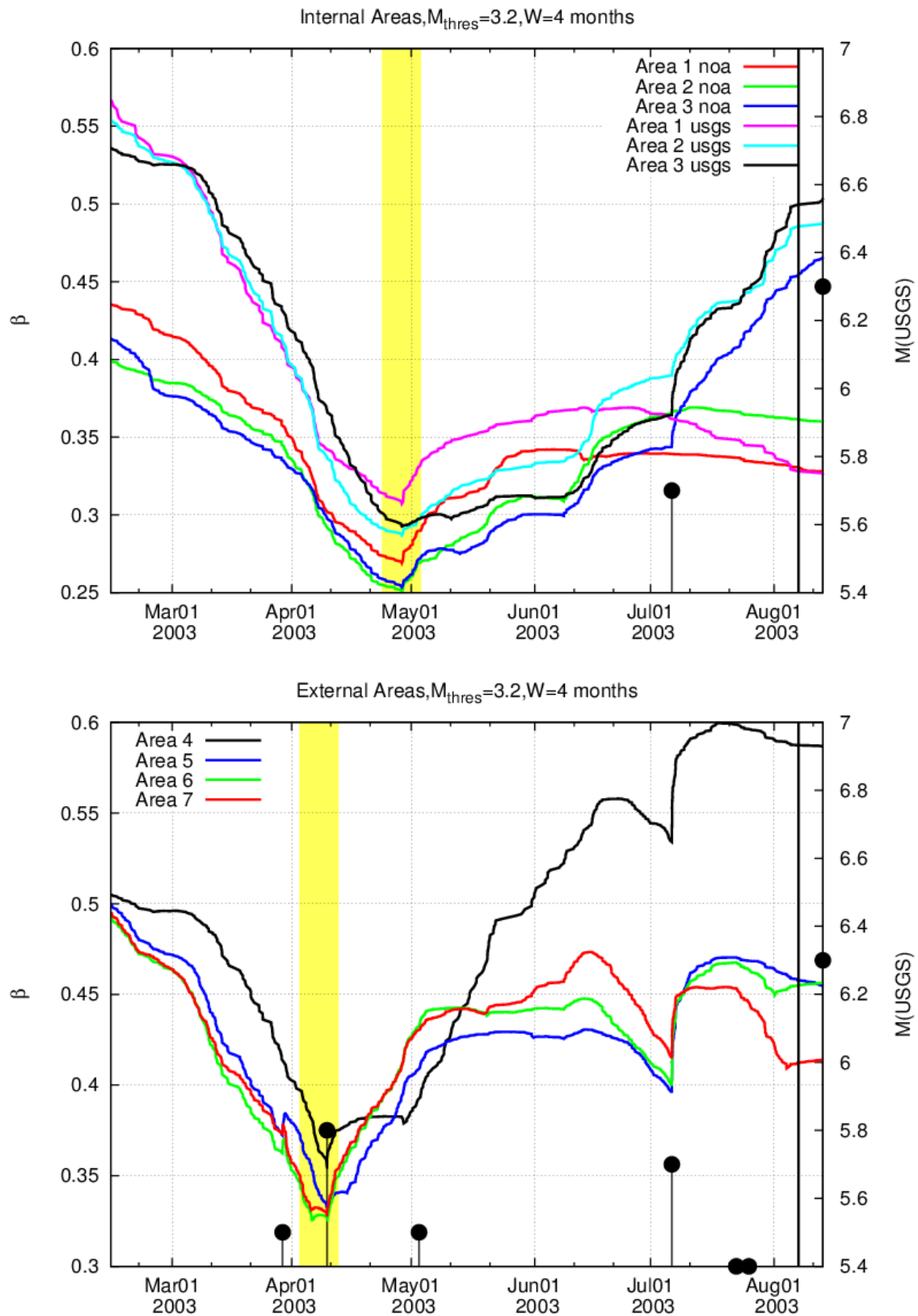
Εικόνα 24: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



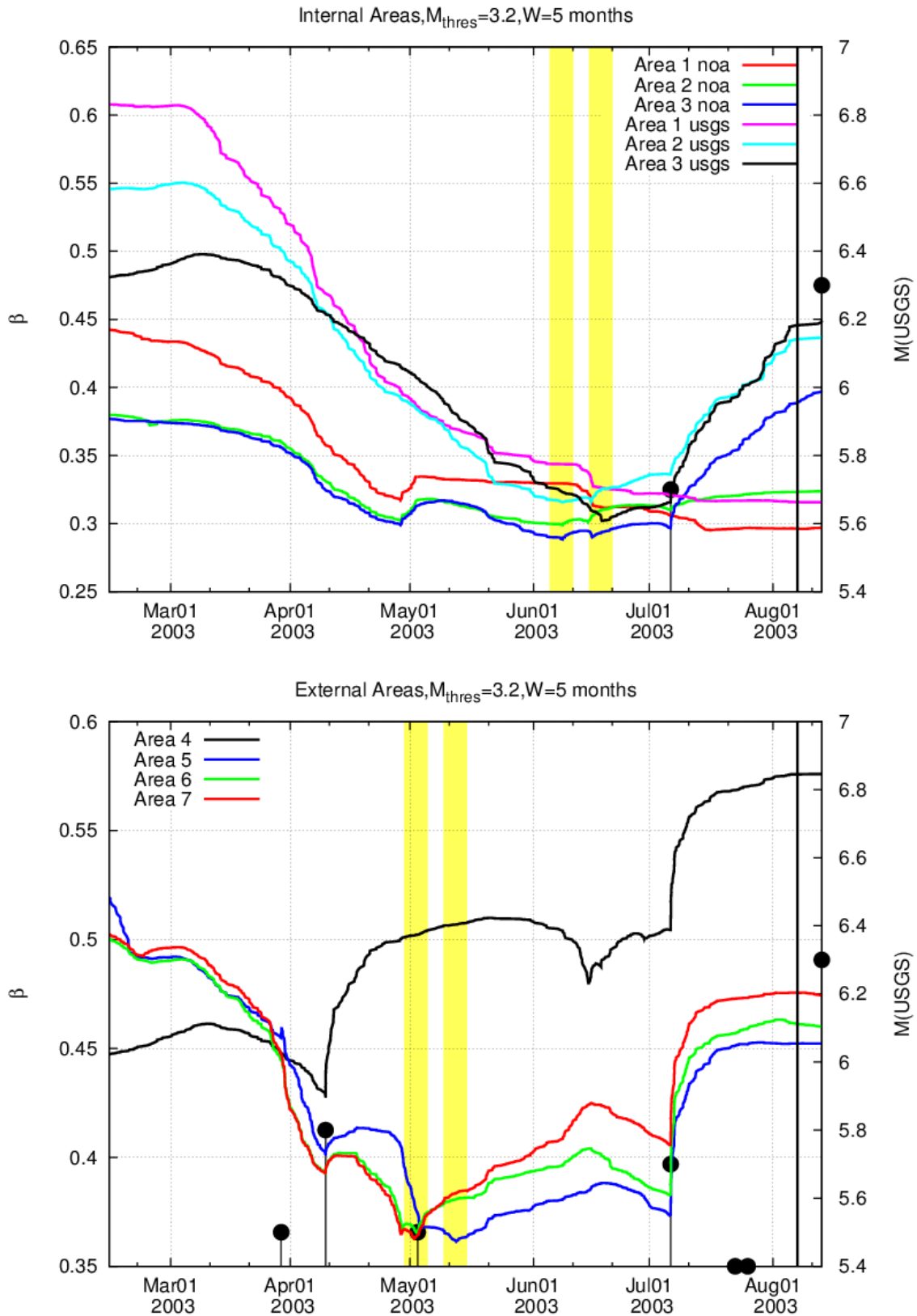
Εικόνα 25: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A3) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A4) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



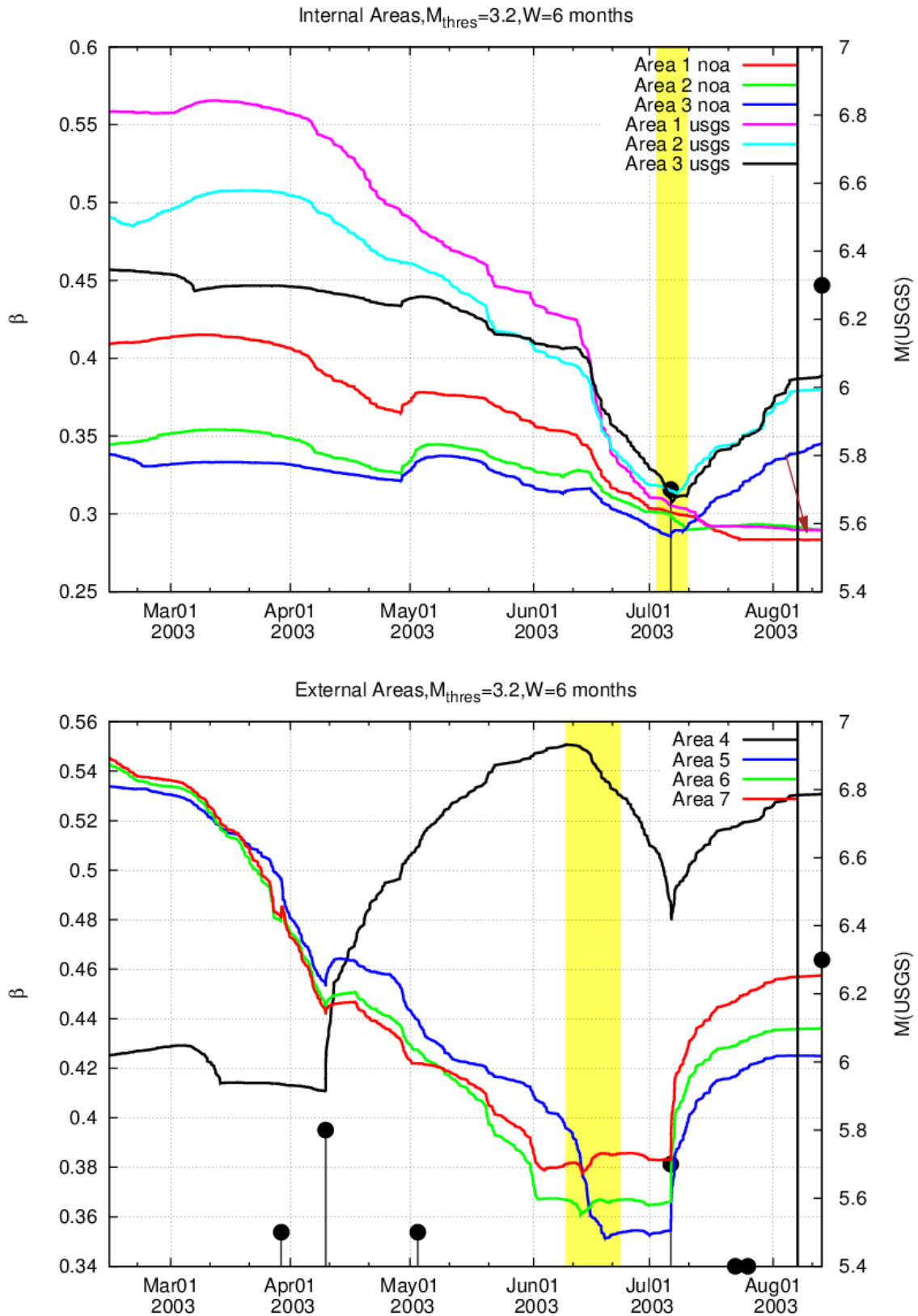
Εικόνα 26: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 27: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



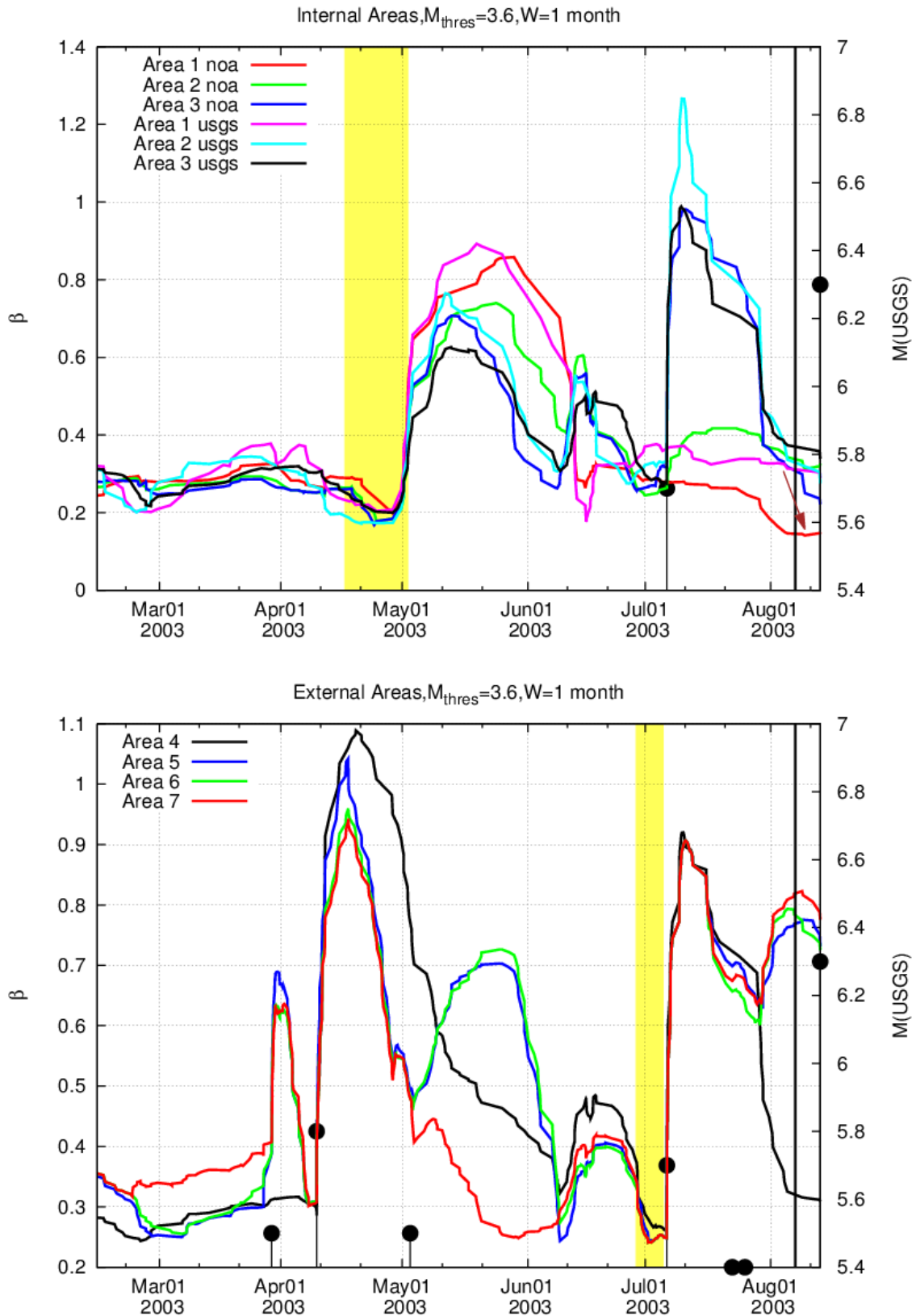
Εικόνα 28: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



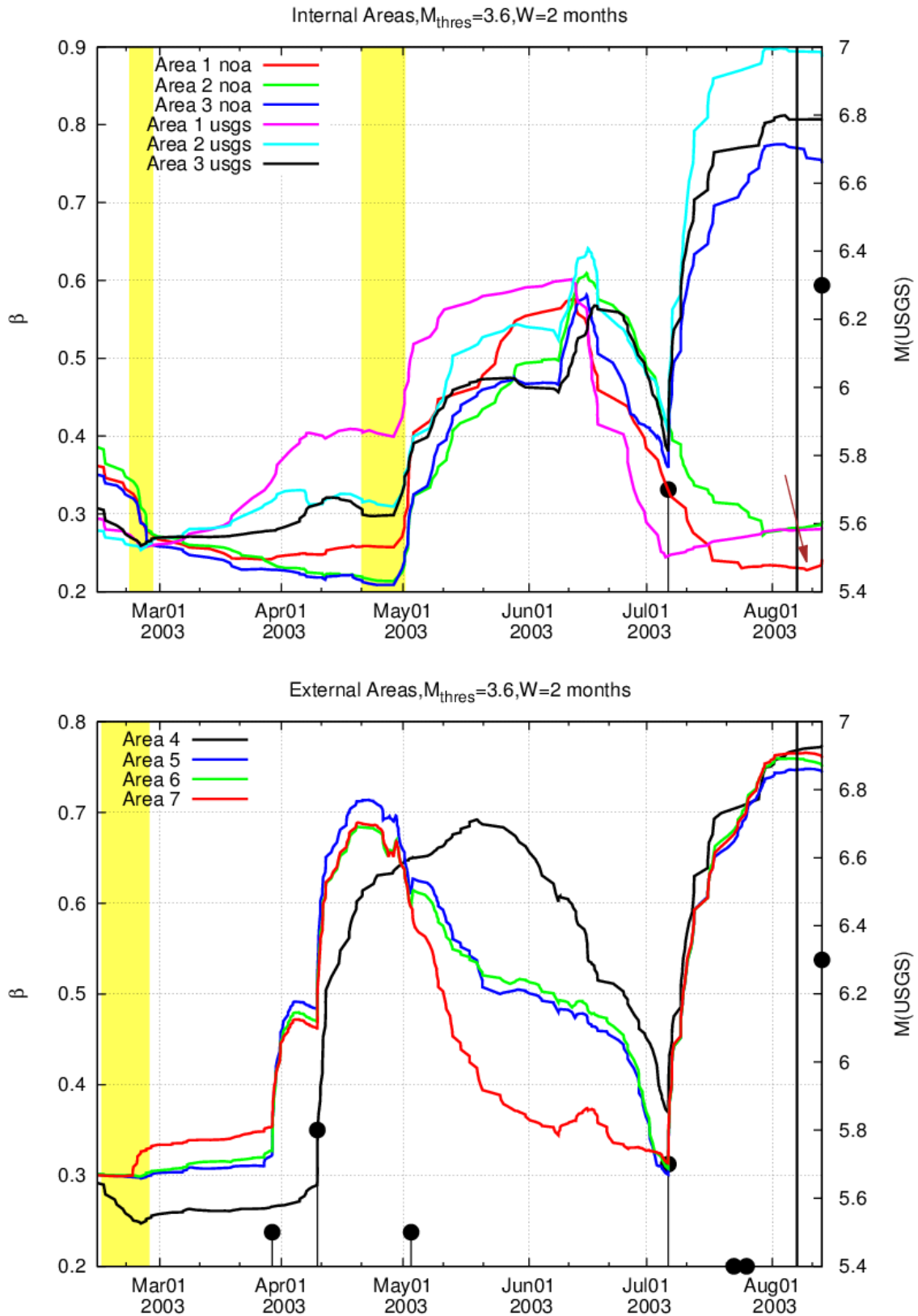
Εικόνα 29: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\text{ months,min}}/\beta_{W=2\text{ months,min}}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.117 (2003-04-11)	0.226 (2003-08-10)	0.247 (2003-04-29)	1.09 (GI-NOA) 1.16 (USGS)	0.269 (2003-04-29)	0.295 (2003-07-16)	0.283 (2003-08-10)
	USGS	0.204 (2003-04-19)	0.266 (2003-08-14)	0.309 (2003-08-14)		0.307 (2003-04-29)	0.316 (2003-08-14)	0.289 (2003-08-14)
2	GI-NOA	0.132 (2003-04-11)	0.238 (2003-04-29)	0.228 (2003-04-29)	0.96 (GI-NOA) 1.03 (USGS)	0.251 (2003-04-29)	0.299 (2003-06-09)	0.290 (2003-08-14)
	USGS	0.181 (2003-04-17)	0.282 (2003-02-26)	0.291 (2003-04-29)		0.287 (2003-04-29)	0.316 (2003-06-09)	0.313 (2003-07-08)
3	GI-NOA	0.141 (2003-04-13)	0.235 (2003-04-09)	0.229 (2003-04-29)	0.97 (GI-NOA) 1.00 (USGS)	0.254 (2003-04-29)	0.289 (2003-06-09)	0.286 (2003-07-06)
	USGS	0.184 (2003-04-21)	0.283 (2003-03-05)	0.282 (2003-04-29)		0.293 (2003-04-29)	0.302 (2003-06-19)	0.307 (2003-07-06)
4	USGS	0.239 (2003-04-10)	0.258 (2003-02-24)	0.265 (2003-04-01)	1.03	0.354 (2003-04-10)	0.427 (2003-04-10)	0.411 (2003-04-10)
5	USGS	0.217 (2003-07-06)	0.277 (2003-02-15)	0.277 (2003-03-27)	1.00	0.330 (2003-04-10)	0.361 (2003-05-13)	0.351 (2003-06-20)
6	USGS	0.217 (2003-07-04)	0.286 (2003-02-16)	0.270 (2003-03-29)	0.94	0.326 (2003-04-06)	0.365 (2003-05-03)	0.361 (2003-06-13)
7	USGS	0.221 (2003-07-05)	0.284 (2003-02-17)	0.292 (2003-03-28)	1.03	0.328 (2003-04-10)	0.362 (2003-05-02)	0.378 (2003-06-14)

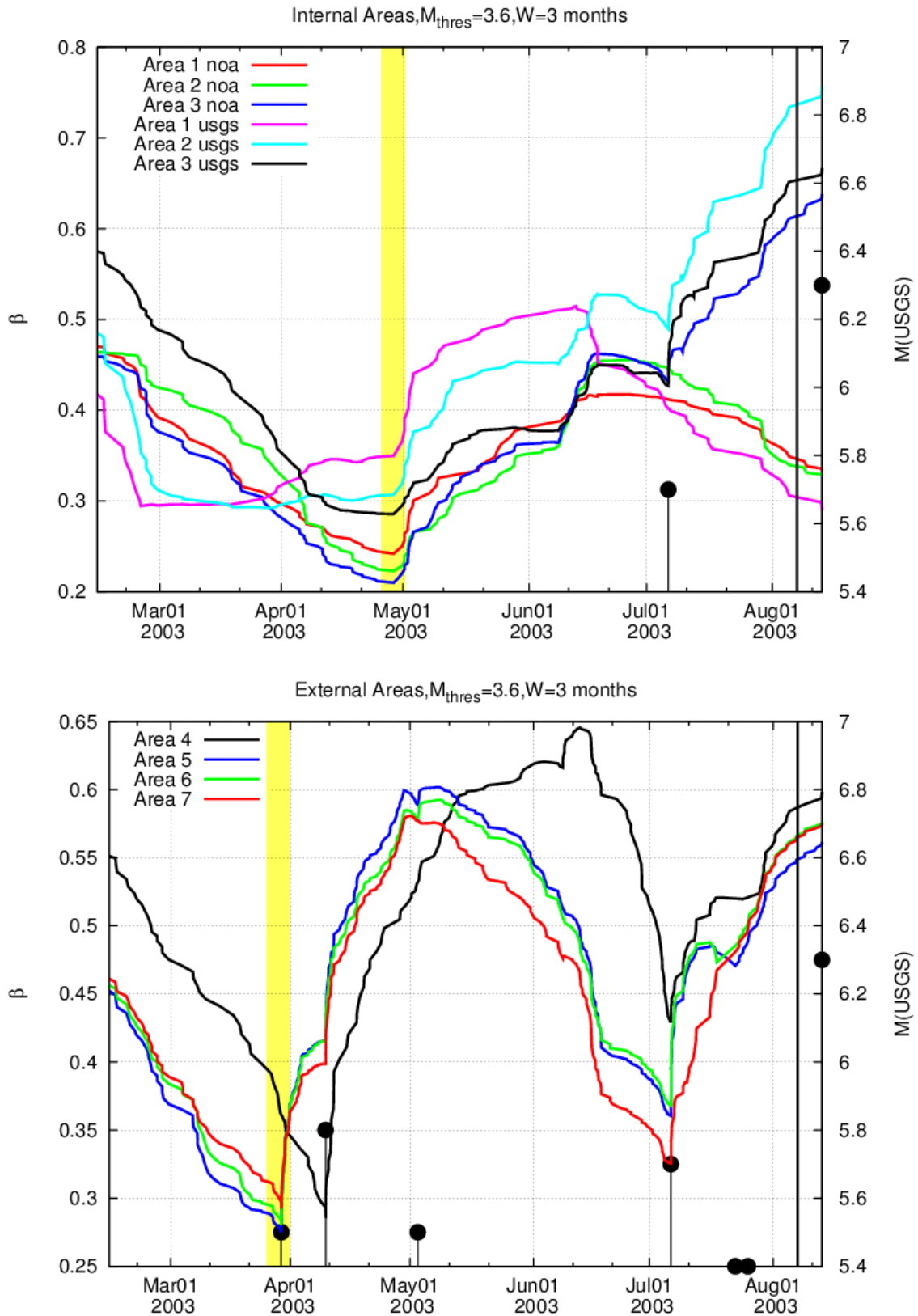
Πίνακας 12: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Λευκάδας για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β τα οποία δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού και για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 24-29.



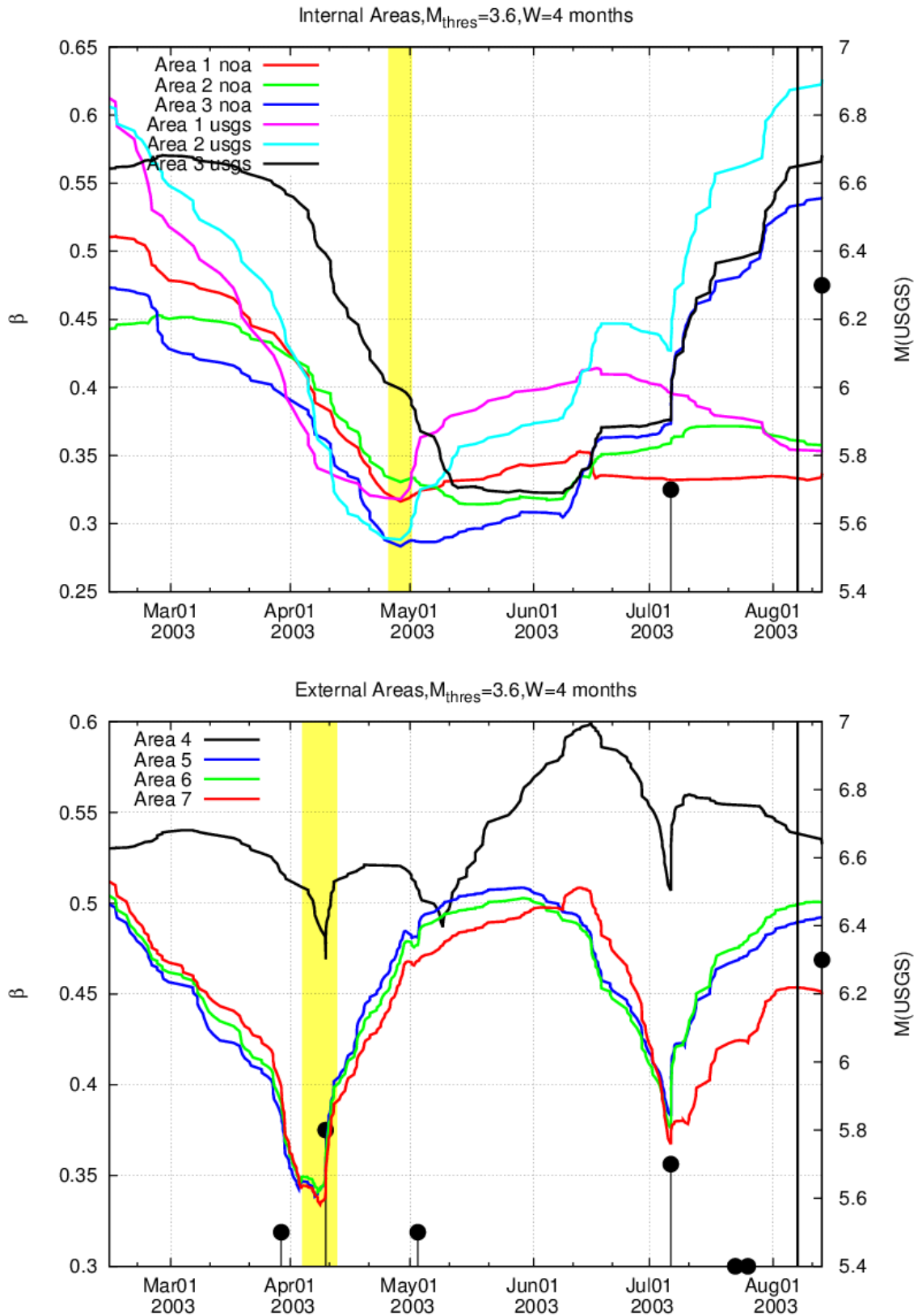
Εικόνα 30: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



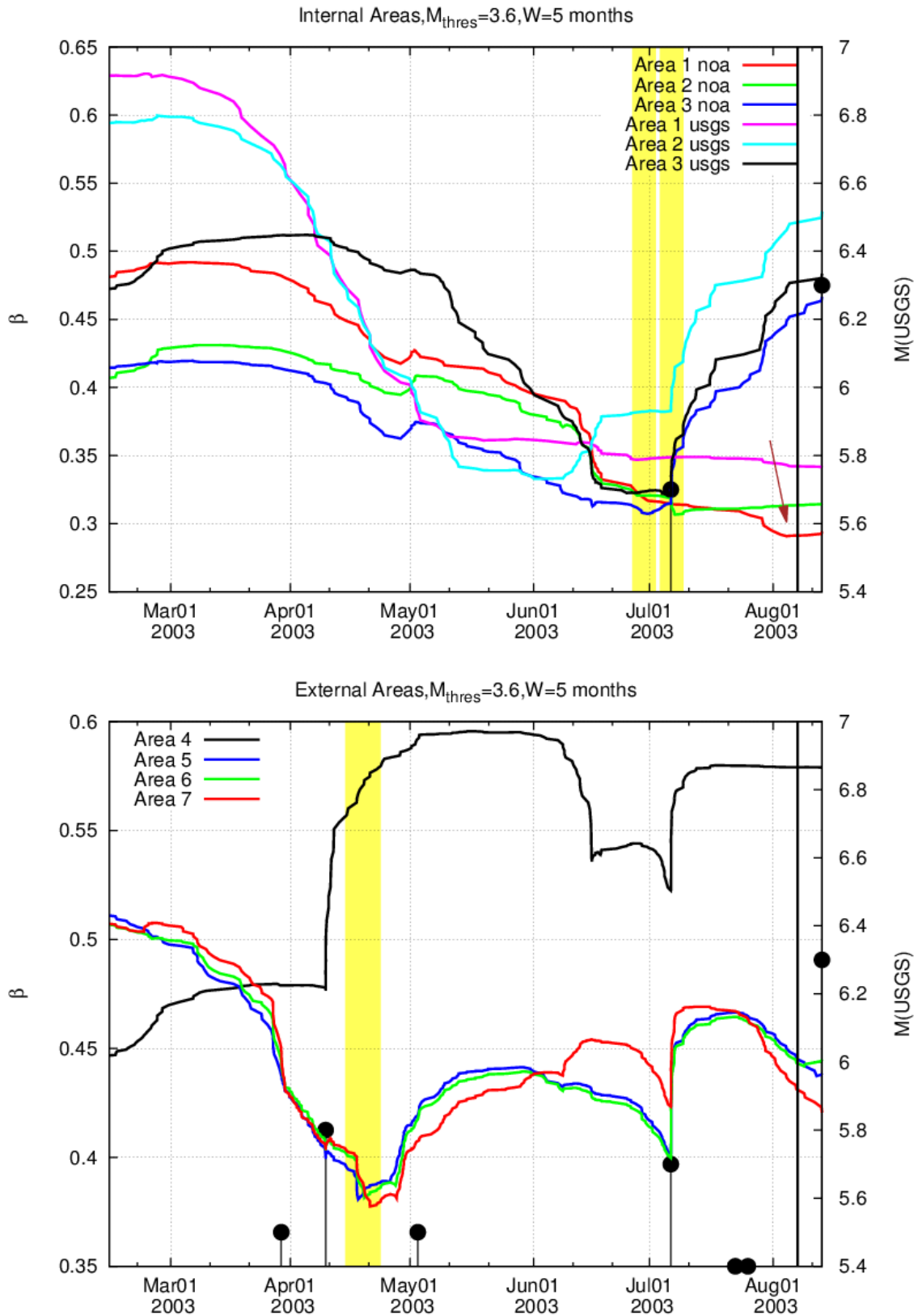
Εικόνα 31: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



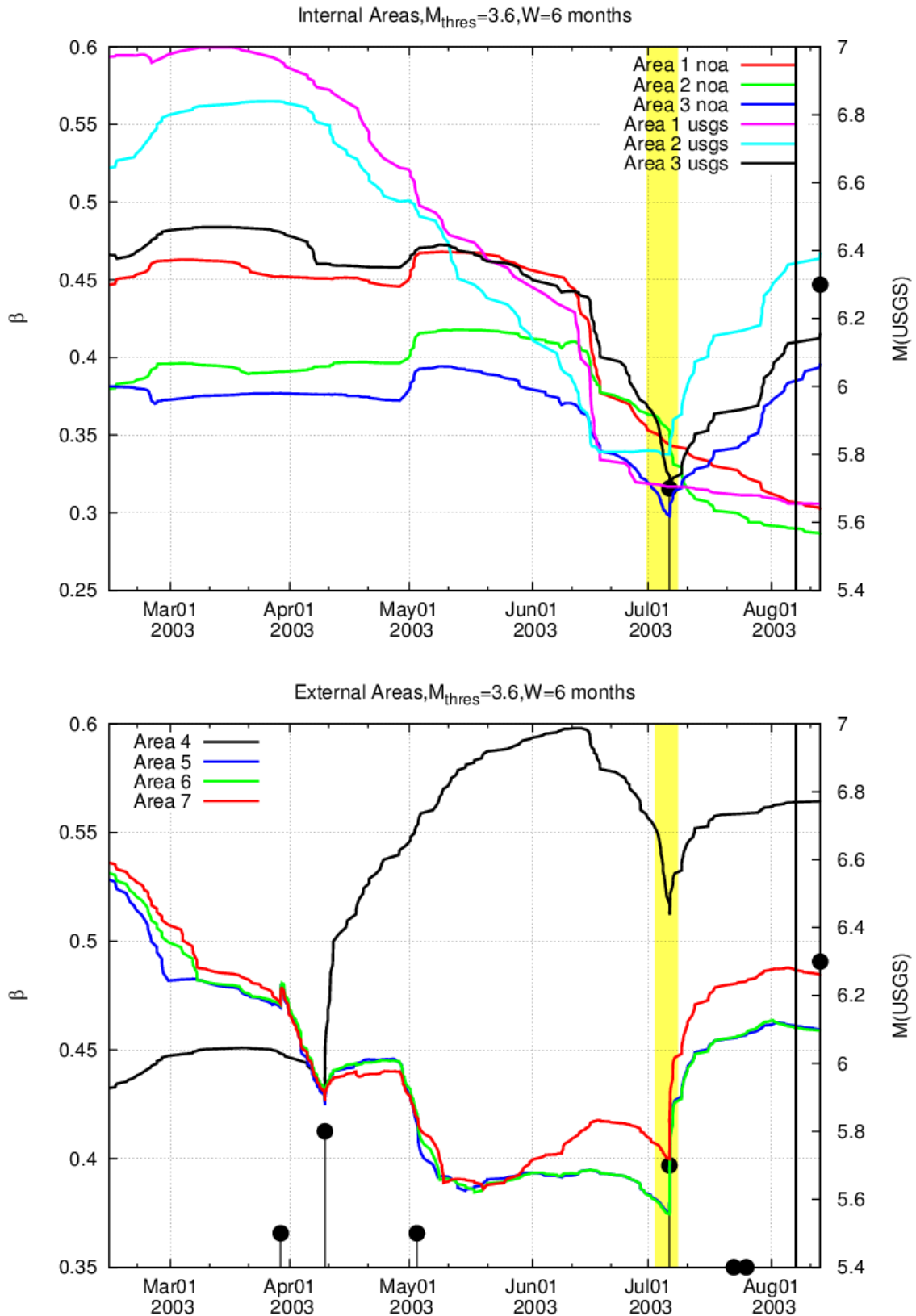
Εικόνα 32: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 33: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 34: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 35: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/02/2003 έως και το σεισμό της Λευκάδας (18/08/2003) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (08/08/2003) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού

Area	Seismic Catalog	$\beta_{W,min}$						
		W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.141 (2003-08-10)	0.228 (2003-08-10)	0.242 (2003-04-29)	1.06 (GI-NOA) 1.19 (USGS)	0.316 (2003-04-29)	0.291 (2003-08-05)	0.302 (2003-08-14)
	USGS	0.177 (2003-06-16)	0.244 (2003-07-06)	0.290 (2003-08-14)		0.318 (2003-04-29)	0.341 (2003-08-14)	0.306 (2003-08-14)
2	GI-NOA	0.178 (2003-04-24)	0.214 (2003-04-29)	0.223 (2003-04-29)	1.04 (GI-NOA) 1.15 (USGS)	0.314 (2003-05-20)	0.307 (2003-07-07)	0.286 (2003-08-14)
	USGS	0.172 (2003-04-21)	0.254 (2003-02-24)	0.292 (2003-03-29)		0.288 (2003-04-29)	0.333 (2003-06-02)	0.337 (2003-07-04)
3	GI-NOA	0.168 (2003-04-24)	0.209 (2003-04-24)	0.210 (2003-04-29)	1.00 (GI-NOA) 1.10 (USGS)	0.283 (2003-04-29)	0.307 (2003-06-30)	0.298 (2003-07-06)
	USGS	0.200 (2003-04-29)	0.259 (2003-02-24)	0.286 (2003-04-29)		0.322 (2003-06-09)	0.320 (2003-07-06)	0.319 (2003-07-06)
4	USGS	0.244 (2003-02-24)	0.247 (2003-02-24)	0.285 (2003-04-10)	1.15	0.469 (2003-04-10)	0.447 (2003-02-15)	0.429 (2003-04-10)
5	USGS	0.243 (2003-07-02)	0.297 (2003-02-24)	0.275 (2003-03-29)	0.93	0.338 (2003-04-07)	0.381 (2003-04-18)	0.375 (2003-07-06)
6	USGS	0.241 (2003-07-02)	0.299 (2003-02-24)	0.280 (2003-03-29)	0.94	0.341 (2003-04-07)	0.382 (2003-04-19)	0.374 (2003-07-06)
7	USGS	0.241 (2003-07-02)	0.299 (2003-02-18)	0.292 (2003-03-29)	0.98	0.334 (2003-04-08)	0.377 (2003-04-21)	0.386 (2003-05-20)

Πίνακας 13: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Λευκάδας για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β τα οποία δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού και για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 30-35.

Παρατηρώντας τις εικόνες 24-35 και τα δεδομένα των πινάκων 12 και 13 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Λευκάδας συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 01-29/04/2003 ενώ δεν παρατηρείται σύμπτωση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας εκπομπής του αντίστοιχου SES (08/08/2003).

Τοπικά ελάχιστα της β , οι ημερομηνίες εμφάνισης των οποίων συμπίπτουν εντός δεκατεσσάρων ημερών με την ημερομηνία καταγραφής του SES, εμφανίζονται για 'παράθυρα' σάρωσης $W=2$ μήνες και $W=6$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$ και για 'παράθυρα' σάρωσης $W=1$ μήνας, $W=2$ μήνες και $W=5$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πλησιέστερο στην ημερομηνία εκπομπής του SES από αυτά τα τοπικά ελάχιστα της β εμφανίζεται στις 10/08/2003 τόσο για $M_{thres} = 3.2$ ($\beta_{W=2months,min}=0.226$ και $\beta_{W=6months,min}=0.283$, Area 1, βλ. πίνακα 12) όσο και για $M_{thres} = 3.6$ ($\beta_{W=1month,min}=0.141$, Area 1 και $\beta_{W=2months,min}=0.228$, Area 2, βλ. πίνακα 13) έχοντας χρονική απόσταση από αυτό της τάξης των 2 ημερών.

Επιπλέον παρατηρείται μείωση της ευκρίνειας των ελαχίστων για τα μεγάλα 'παράθυρα' σάρωσης ($W=4-6$ μήνες).

$M_{thres}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\ months,min}/\beta_{W=2\ months,min}$
2	GI-NOA	0.238 (2003-04-29)	0.228 (2003-04-29)	0.96 (GI-NOA)
	USGS	0.282 (2003-02-26)	0.291 (2003-04-29)	1.03 (USGS)
3	GI-NOA	0.235 (2003-04-09)	0.229 (2003-04-29)	0.97 (GI-NOA)
	USGS	0.283 (2003-03-05)	0.282 (2003-04-29)	1.00 (USGS)
4	USGS	0.258 (2003-02-24)	0.265 (2003-04-01)	1.03
5	USGS	0.277 (2003-02-15)	0.277 (2003-03-27)	1.00
7	USGS	0.284 (2003-02-17)	0.292 (2003-03-28)	1.03
$M_{thres}=3.6$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\ months,min}/\beta_{W=2\ months,min}$
1	GI-NOA	0.228 (2003-08-10)	0.242 (2003-04-29)	1.06 (GI-NOA)
2	GI-NOA	0.214 (2003-04-29)	0.223 (2003-04-29)	1.04 (GI-NOA)
3	GI-NOA	0.209 (2003-04-24)	0.210 (2003-04-29)	1.00 (GI-NOA)
7	USGS	0.299 (2003-02-18)	0.292 (2003-03-29)	0.98

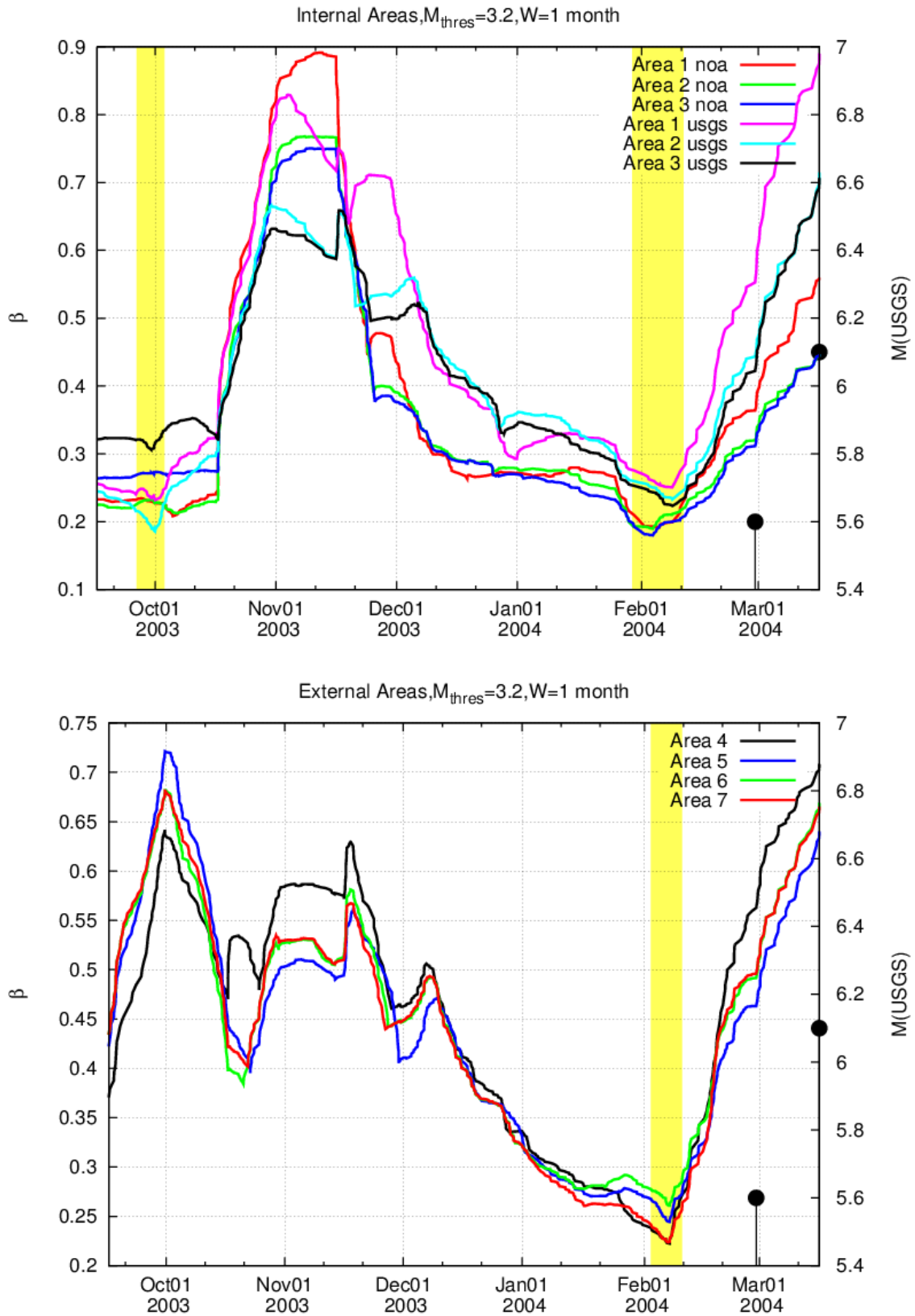
Πίνακας 14: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3months,min}/\beta_{W=2months,min}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Λευκάδας (από τα δεδομένα των πινάκων 12 και 13).

Έντεκα από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ των ελαχίστων των πινάκων 12 και 13 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] με αποτέλεσμα τα ελάχιστα αυτά να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Λευκάδας (βλ. πίνακα 14).

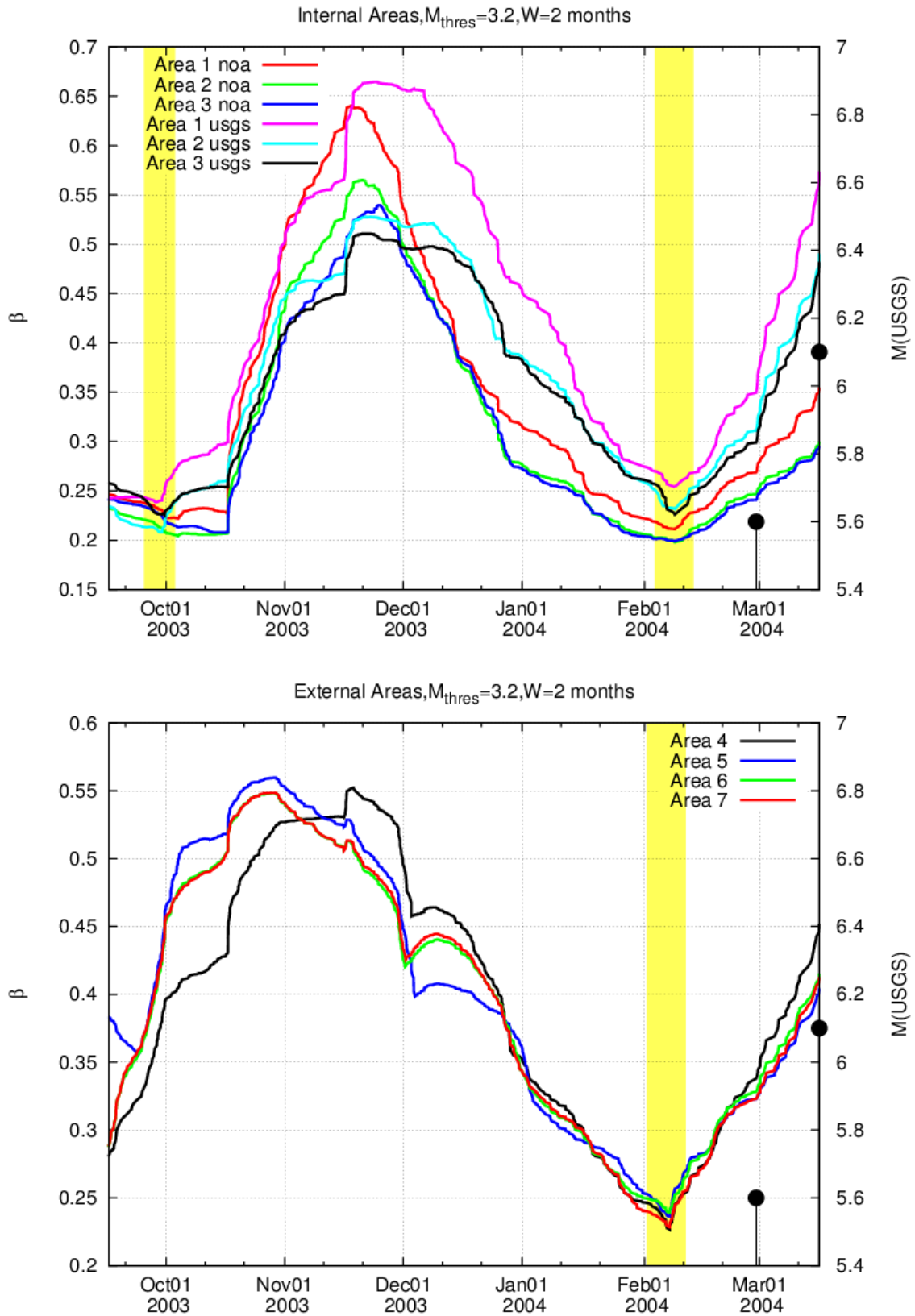
Η εκδήλωση σεισμού μεγέθους $M_W=5.7$ με επίκεντρο $40.45^\circ\text{N}, 36.02^\circ\text{E}$ στη δυτική Τουρκία στις 06/07/2003 επηρεάζει τη συμπεριφορά της β σε όλες τις περιοχές μελέτης. Παρατηρείται η τάση προς συγκέντρωση τοπικών ελαχίστων της β γύρω και πάνω στην ημερομηνία της 6^{ης} Ιουλίου 2003, γεγονός που γίνεται ιδιαίτερα εμφανές για τα μεγάλα 'παράθυρα' σάρωσης W και τις εξωτερικές περιοχές μελέτης (περιοχές 4-7). Η συμπεριφορά της β στις περιοχές αυτές επηρεάζεται επιπλέον από την εκδήλωση σεισμού μεγέθους $M_W=5.8$ με επίκεντρο $38.22^\circ\text{N}, 26.96^\circ\text{E}$ κοντά στα παράλια της δυτικής Τουρκίας στις 10/04/2003. Ως αποτέλεσμα στις περιοχές αυτές παρατηρείται μια δεύτερη τάση συγκέντρωσης τοπικών ελαχίστων γύρω και πάνω στην ημερομηνία της 10^{ης} Απριλίου 2003.

3.2.3: Ο $M_W=6.1$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

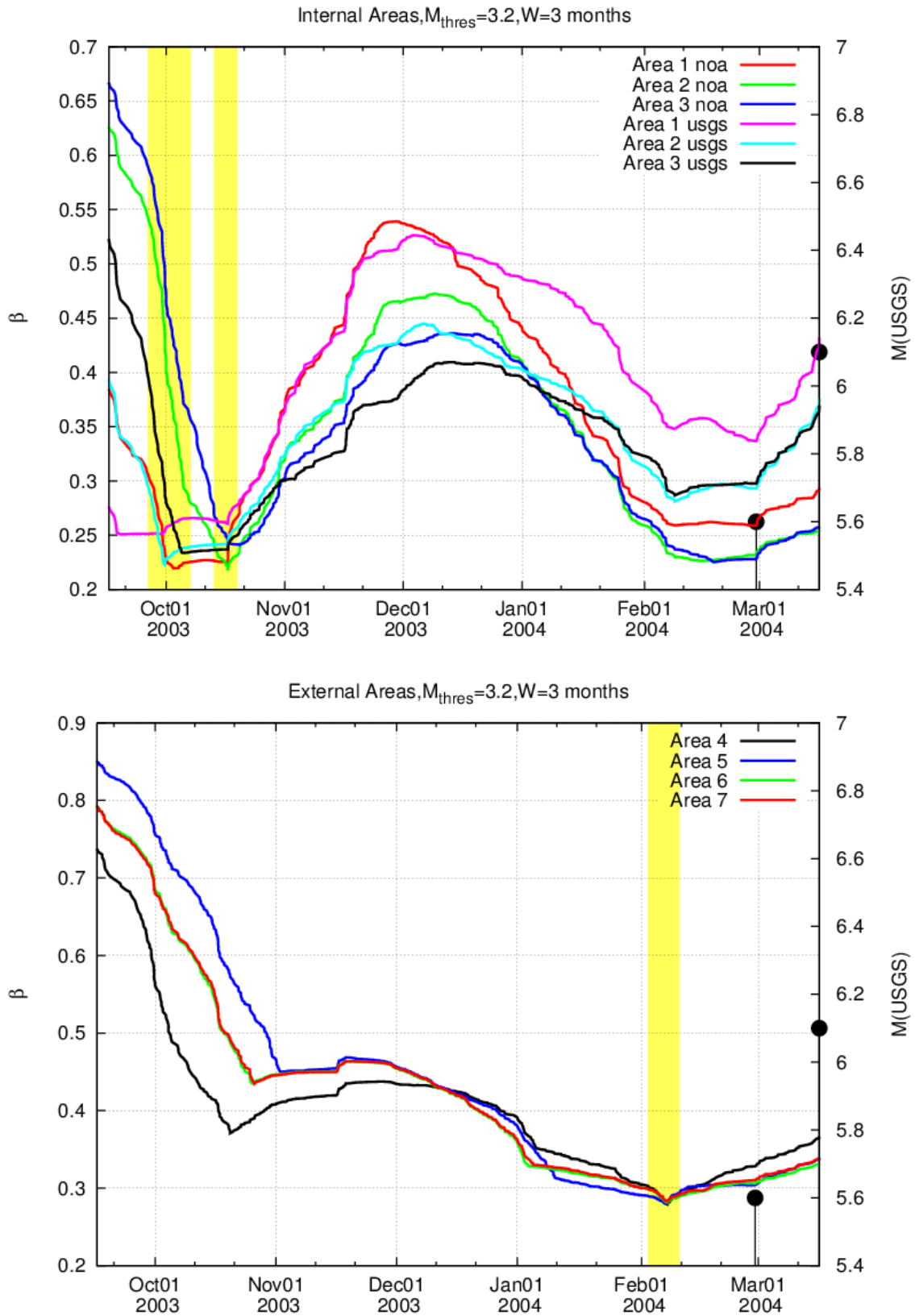
Ο μεγέθους $M_W(USGS)=6.1$ σεισμός της Κρήτης εκδηλώθηκε στις 17/03/2004 και είναι ο μόνος από τους σεισμούς μεγέθους $M_W(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκε στην Ελλάδα κατά το χρονικό διάστημα μελέτης (01/01/2000-08/06-2008) για τον οποίο δεν υπάρχει διαθέσιμη καταγραφή SES.



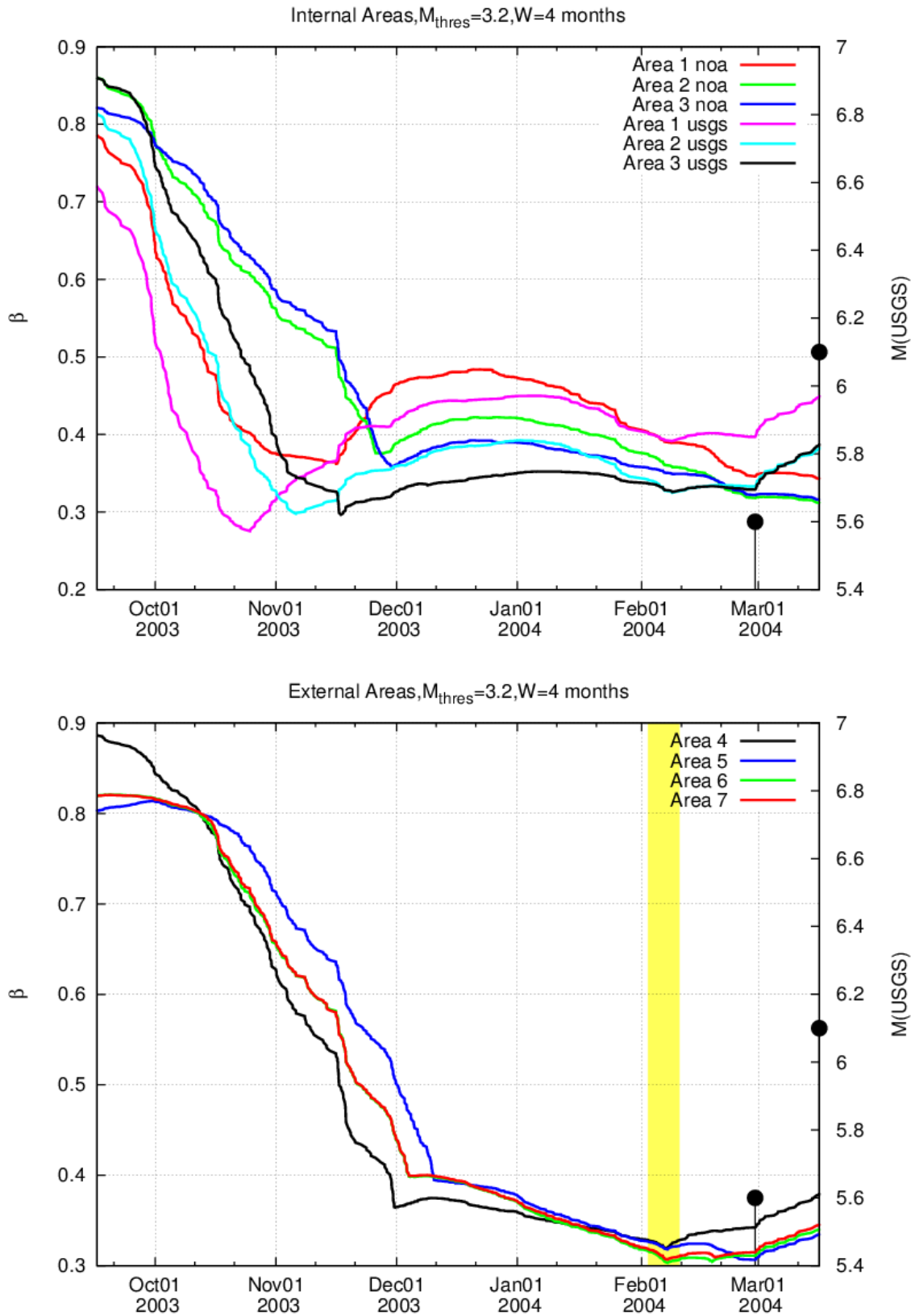
Εικόνα 36: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



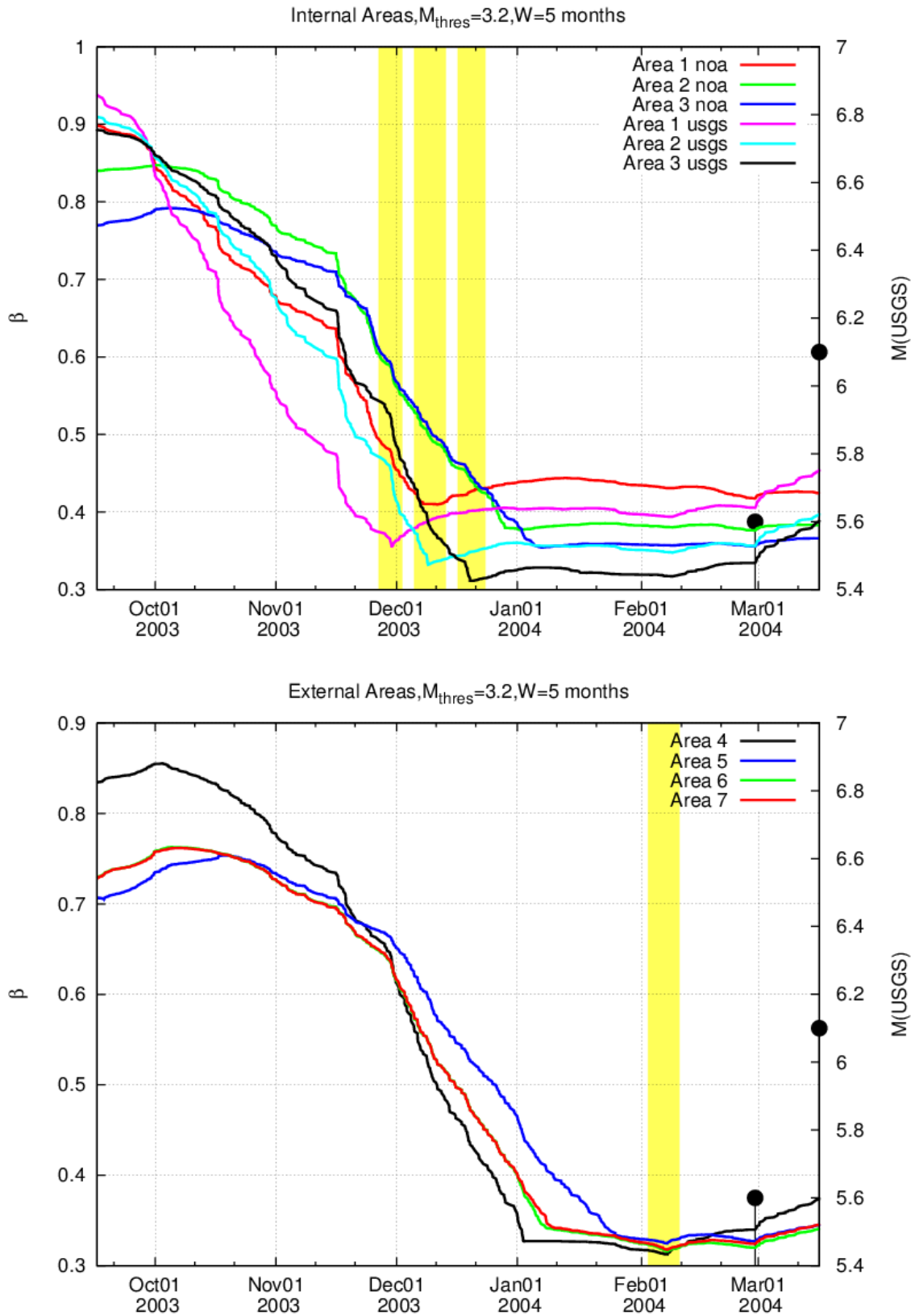
Εικόνα 37: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A3) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A4) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



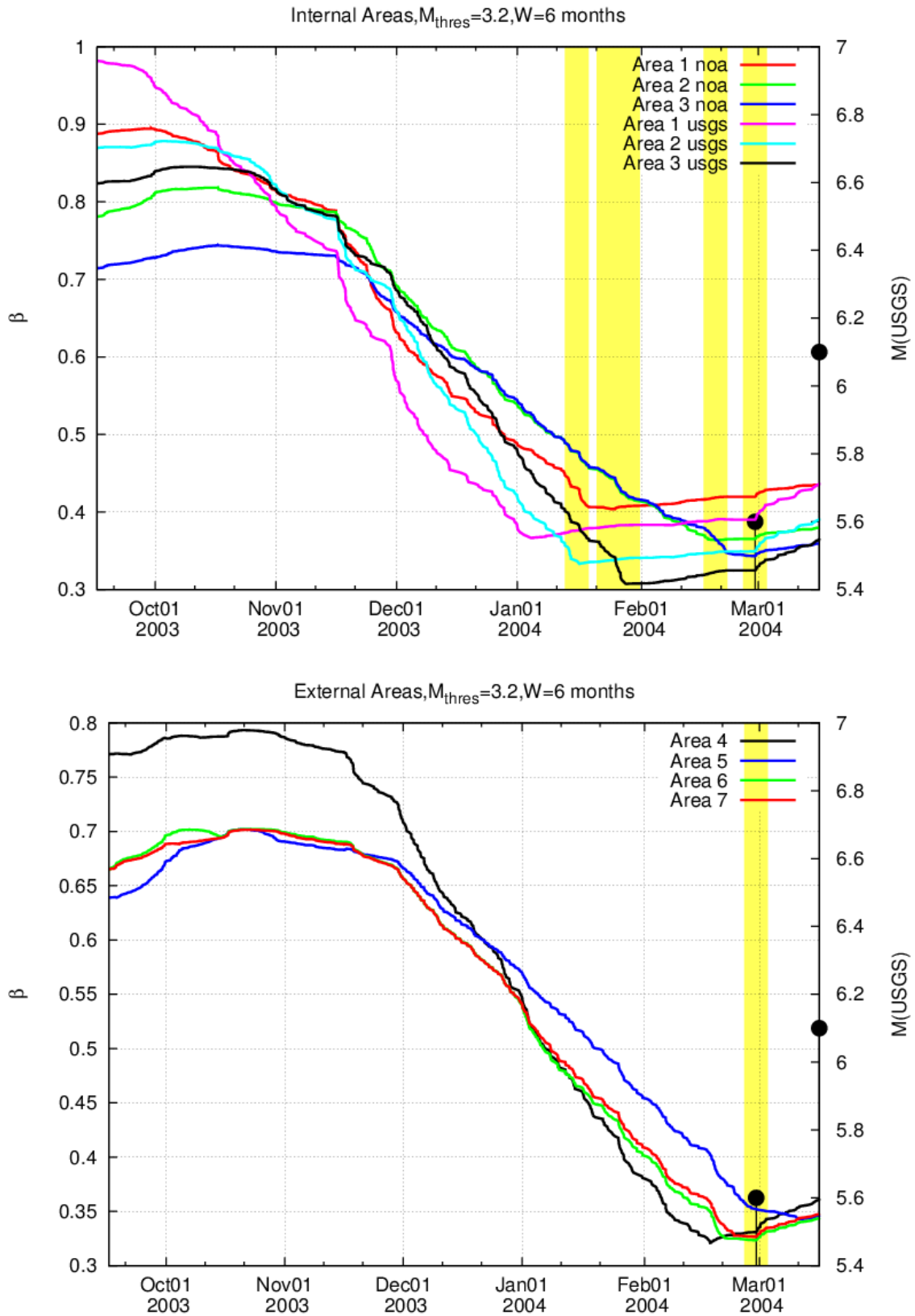
Εικόνα 38: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 39: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



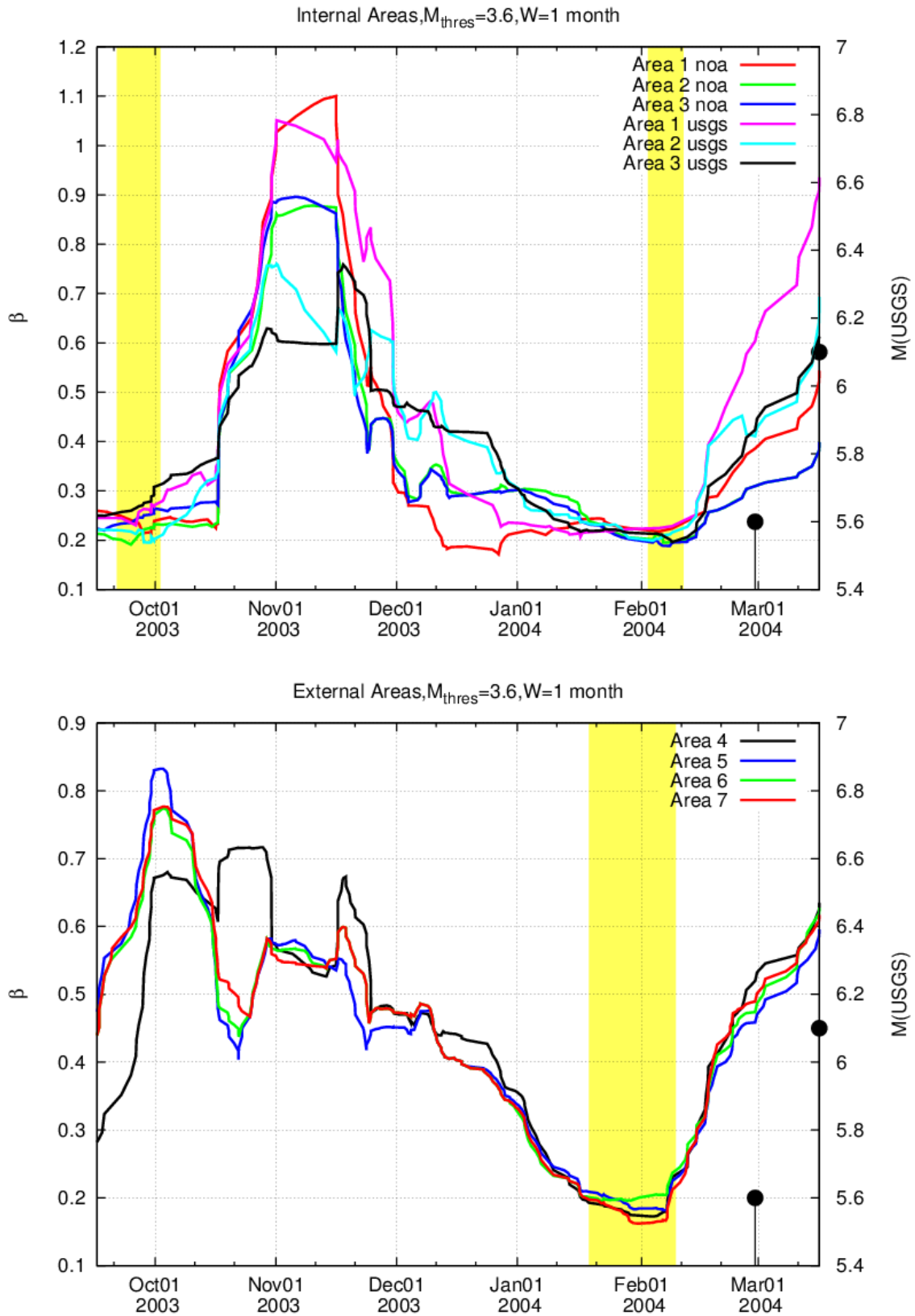
Εικόνα 40: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



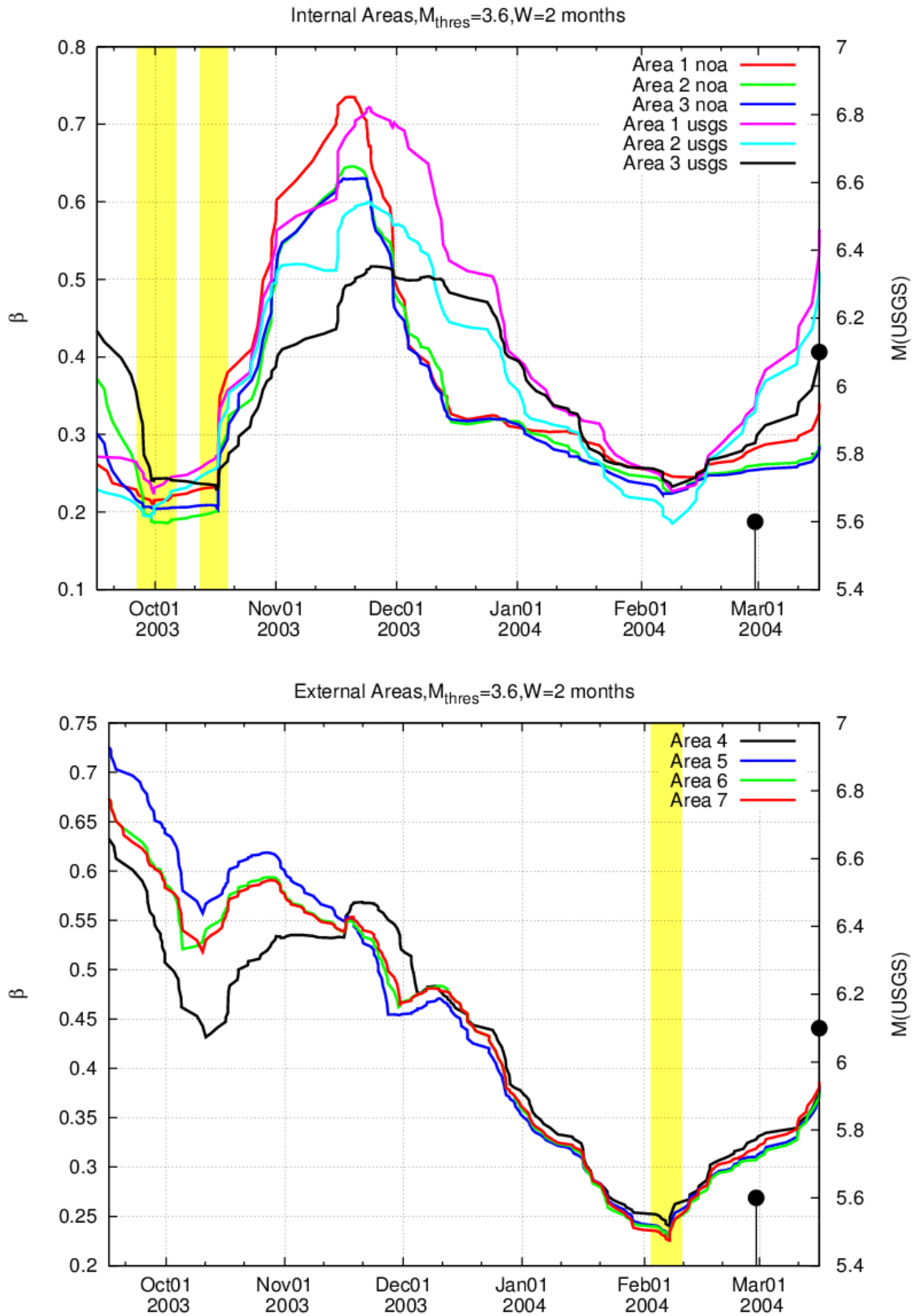
Εικόνα 41: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.192 (2004-02-05)	0.211 (2004-02-09)	0.220 (2003-10-03)	1.04 (GI-NOA) 1.05 (USGS)	0.342 (2004-03-17)	0.410 (2003-12-11)	0.404 (2004-01-24)
	USGS	0.232 (2003-10-01)	0.238 (2003-09-29)	0.251 (2003-09-19)		0.275 (2003-10-25)	0.355 (2003-11-30)	0.366 (2004-01-04)
2	GI-NOA	0.190 (2004-02-04)	0.198 (2004-02-09)	0.219 (2003-10-17)	1.11 (GI-NOA) 1.07 (USGS)	0.311 (2004-03-17)	0.376 (2004-03-01)	0.363 (2004-02-20)
	USGS	0.186 (2003-10-01)	0.208 (2003-09-30)	0.223 (2003-10-01)		0.298 (2003-11-06)	0.332 (2003-12-09)	0.333 (2004-01-16)
3	GI-NOA	0.180 (2004-02-04)	0.199 (2004-02-09)	0.225 (2004-02-19)	1.13 (GI-NOA) 1.04 (USGS)	0.315 (2004-03-17)	0.354 (2004-01-07)	0.343 (2004-03-01)
	USGS	0.223 (2004-02-09)	0.226 (2004-02-09)	0.234 (2003-10-05)		0.297 (2003-11-17)	0.311 (2003-12-20)	0.307 (2004-01-28)
4	USGS	0.222 (2004-02-07)	0.227 (2004-02-07)	0.279 (2004-02-07)	1.23	0.319 (2004-02-07)	0.313 (2004-02-07)	0.321 (2004-02-18)
5	USGS	0.245 (2004-02-07)	0.236 (2004-02-07)	0.280 (2004-02-07)	1.19	0.307 (2004-03-01)	0.325 (2004-02-07)	0.343 (2004-03-12)
6	USGS	0.261 (2004-02-07)	0.239 (2004-02-07)	0.282 (2004-02-07)	1.18	0.303 (2004-02-07)	0.316 (2004-02-07)	0.324 (2004-03-01)
7	USGS	0.224 (2004-02-07)	0.228 (2004-02-07)	0.283 (2004-02-07)	1.24	0.307 (2004-02-07)	0.318 (2004-02-07)	0.327 (2004-03-01)

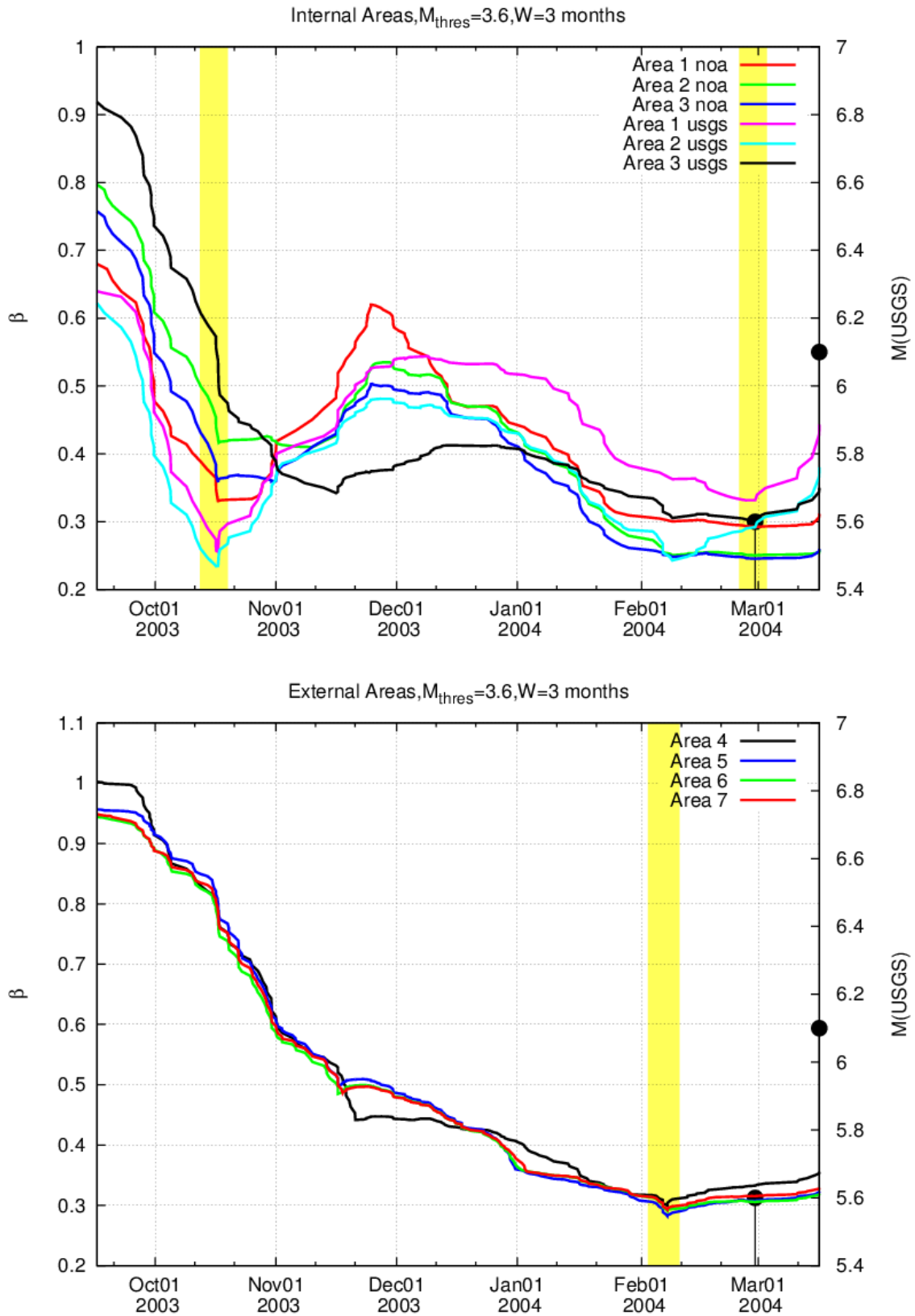
Πίνακας 15: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Κρήτης για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$.



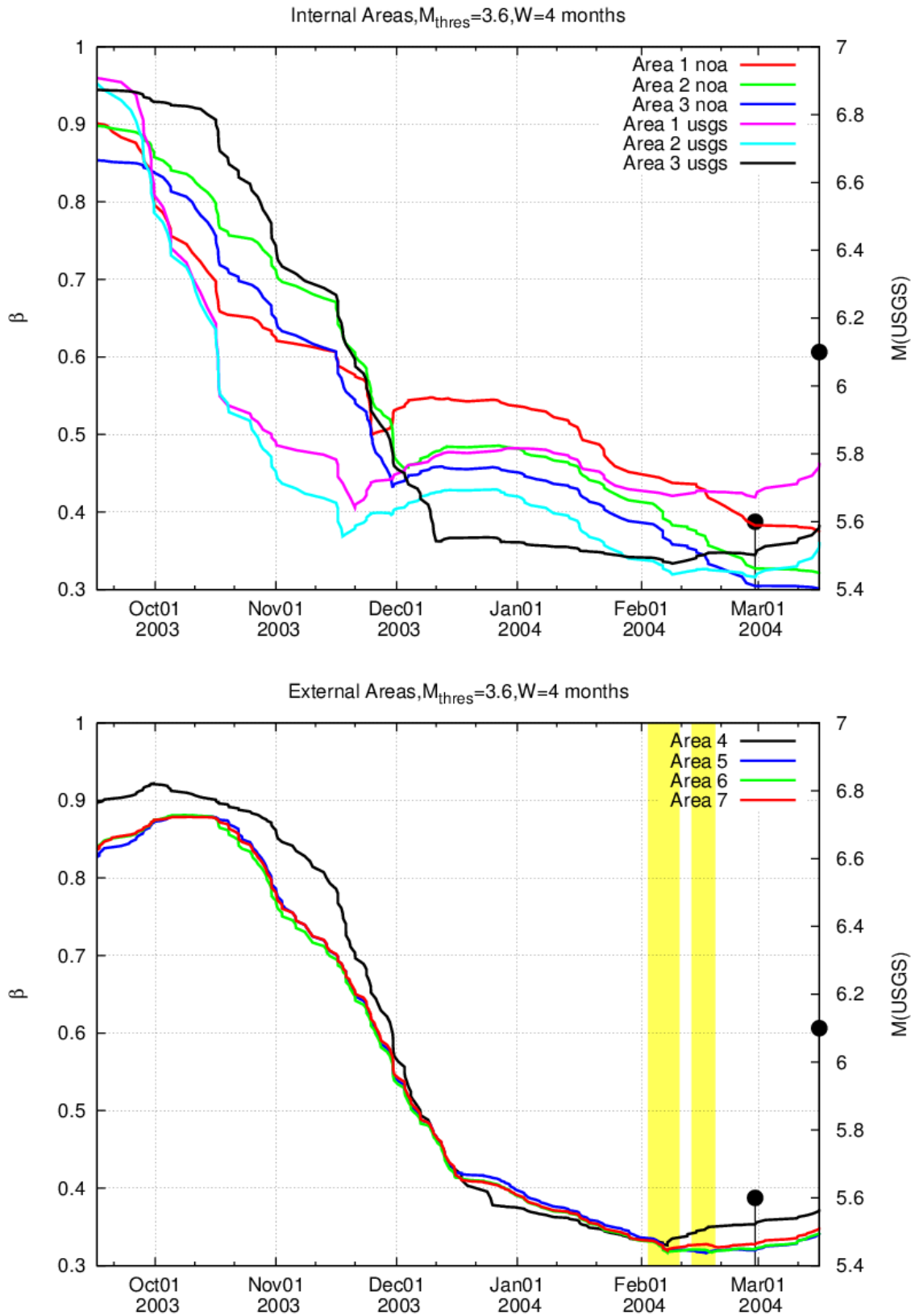
Εικόνα 42: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



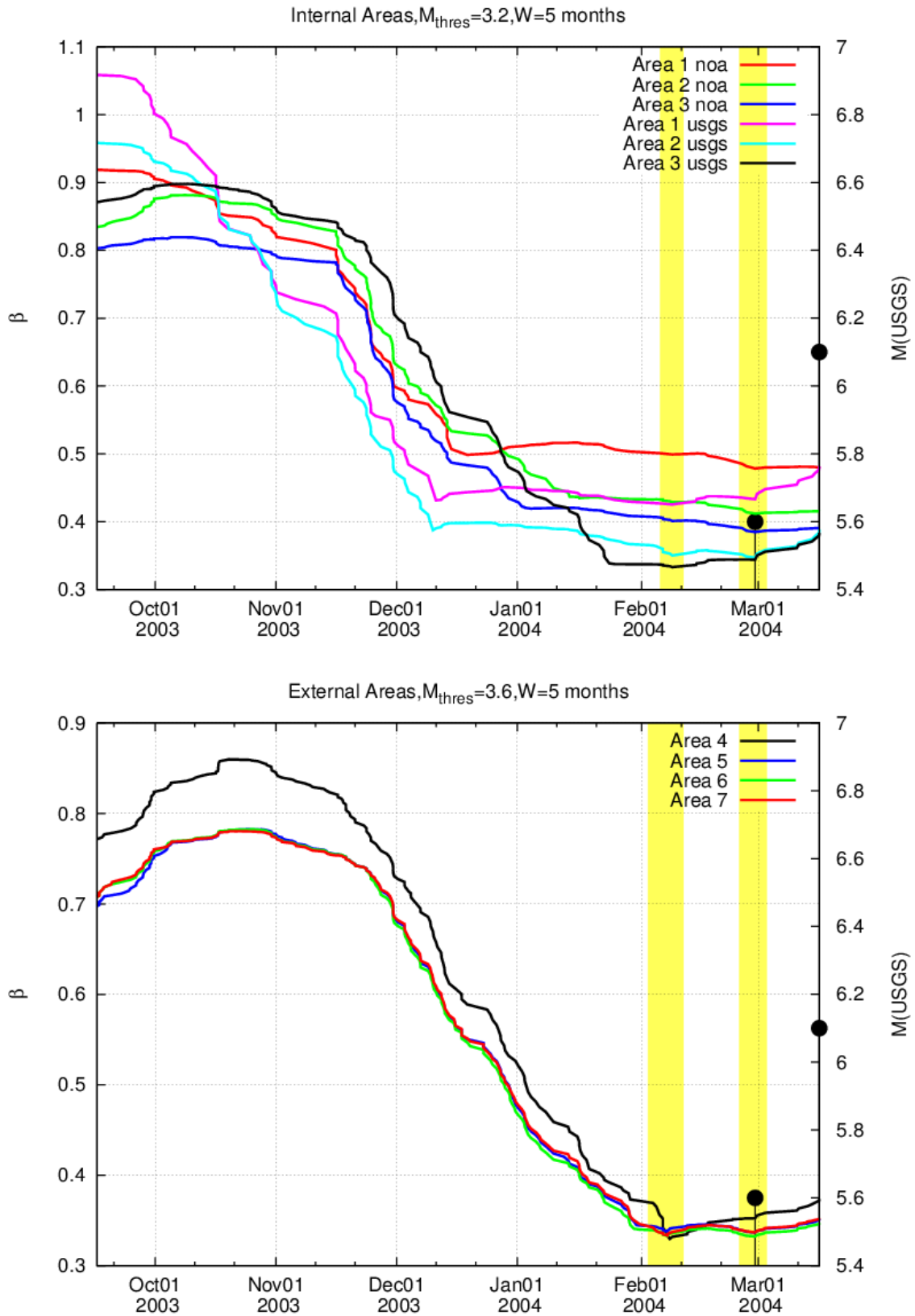
Εικόνα 43: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



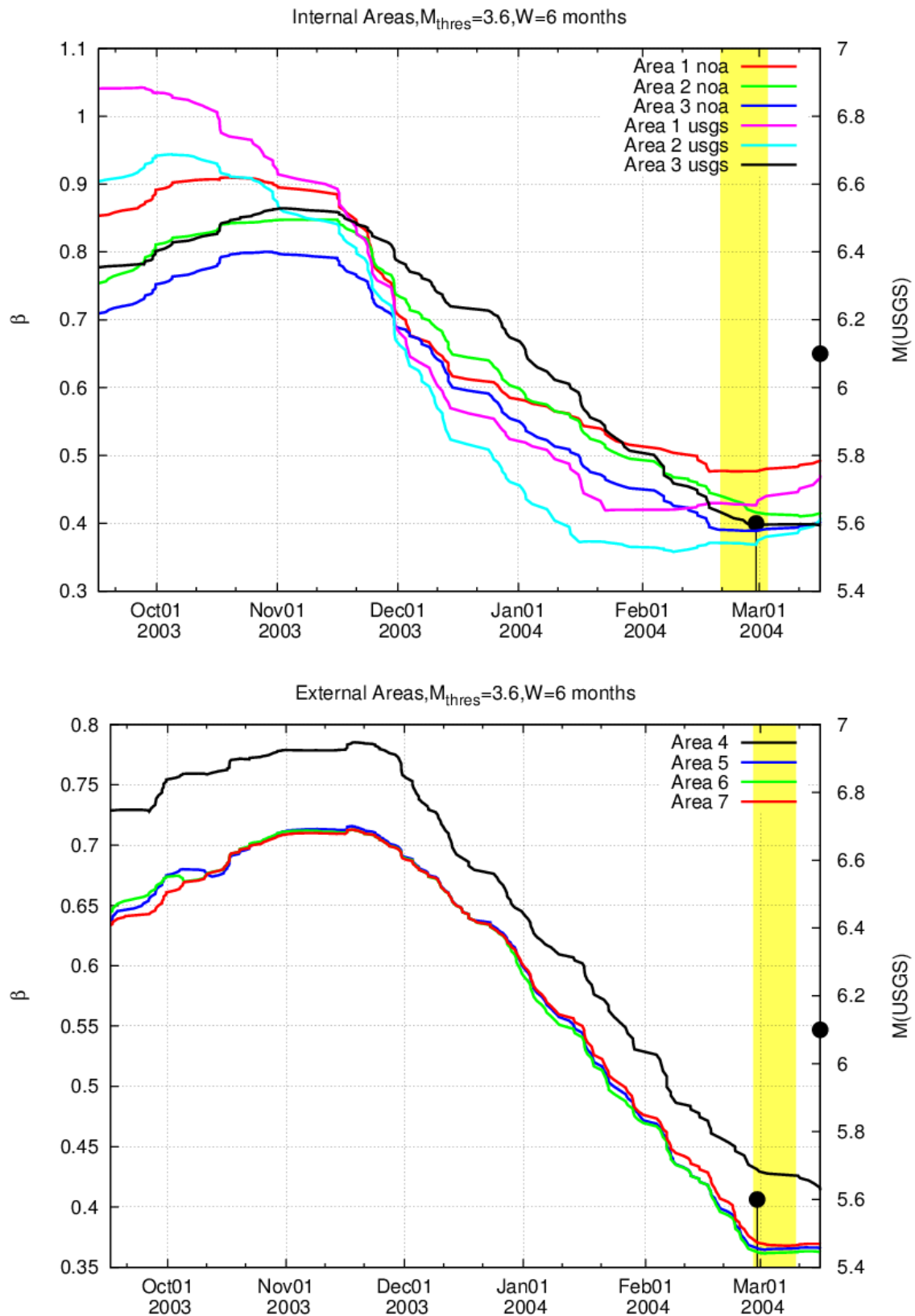
Εικόνα 44: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 45: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 46: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 47: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 17/09/2003 έως και το σεισμό της Κρήτης (17/03/2004) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.172 (2003-12-27)	0.210 (2003-10-01)	0.292 (2004-03-01)	1.39 (GI-NOA) 1.15 (USGS)	0.374 (2004-03-17)	0.478 (2004-03-01)	0.476 (2004-02-24)
	USGS	0.207 (2004-01-16)	0.223 (2003-10-01)	0.256 (2003-10-17)		0.406 (2003-11-21)	0.425 (2004-02-09)	0.419 (2004-01-22)
2	GI-NOA	0.191 (2003-09-25)	0.186 (2003-10-04)	0.250 (2004-03-01)	1.34 (GI-NOA) 1.26 (USGS)	0.321 (2004-03-17)	0.412 (2004-03-01)	0.410 (2004-03-12)
	USGS	0.195 (2003-09-30)	0.185 (2004-02-09)	0.234 (2003-10-17)		0.316 (2004-03-01)	0.347 (2004-03-01)	0.358 (2004-02-09)
3	GI-NOA	0.187 (2004-02-06)	0.204 (2003-10-17)	0.246 (2004-03-01)	1.21 (GI-NOA) 1.31 (USGS)	0.301 (2004-03-17)	0.385 (2004-03-01)	0.389 (2004-03-01)
	USGS	0.196 (2004-02-09)	0.230 (2003-10-17)	0.302 (2004-03-01)		0.333 (2004-02-09)	0.333 (2004-02-09)	0.396 (2004-03-17)
4	USGS	0.173 (2004-02-04)	0.240 (2004-02-07)	0.300 (2004-02-07)	1.25	0.326 (2004-02-07)	0.330 (2004-02-08)	0.414 (2004-03-17)
5	USGS	0.182 (2004-02-07)	0.230 (2004-02-07)	0.282 (2004-02-07)	1.23	0.316 (2004-02-17)	0.337 (2004-03-01)	0.364 (2004-03-03)
6	USGS	0.195 (2004-01-22)	0.229 (2004-02-07)	0.291 (2004-02-07)	1.27	0.317 (2004-02-07)	0.332 (2004-03-01)	0.361 (2004-03-03)
7	USGS	0.162 (2004-01-31)	0.226 (2004-02-07)	0.293 (2004-02-07)	1.30	0.320 (2004-02-07)	0.333 (2004-02-07)	0.368 (2004-03-08)

Πίνακας 16: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Κρήτης για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$.

Παρατηρώντας τις εικόνες 36-47 και τα δεδομένα των πινάκων 15 και 16 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Κρήτης συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 04-24/02/2004. Εξαιτίας της έλλειψης καταγραφής SES για το σεισμό αυτό δε μπορεί να διερευνηθεί πιθανή σύμπτωση ή χρονική απόσταση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης των τοπικών ελαχίστων της β και της ημερομηνίας εκπομπής του.

Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται μείωση της ευκρίνειας των ελαχίστων στα μεγάλα 'παράθυρα' σάρωσης ($W=4-6$ μήνες).

Τέσσερις από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ των ελαχίστων των πινάκων 15 και 16 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] με αποτέλεσμα τα ελάχιστα αυτά να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Κρήτης (βλ. πίνακα 17).

$M_{\text{thres}}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\text{ months,min}}/\beta_{W=2\text{ months,min}}$
1	GI-NOA	0.211 (2004-02-09)	0.220 (2003-10-03)	1.04 (GI-NOA)
	USGS	0.238 (2003-09-29)	0.251 (2003-09-19)	1.05 (USGS)
2	USGS	0.208 (2003-09-30)	0.223 (2003-10-01)	1.07
3	USGS	0.226 (2004-02-09)	0.234 (2003-10-05)	1.04

Πίνακας 17: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Κρήτης (από τα δεδομένα των πινάκων 15 και 16).

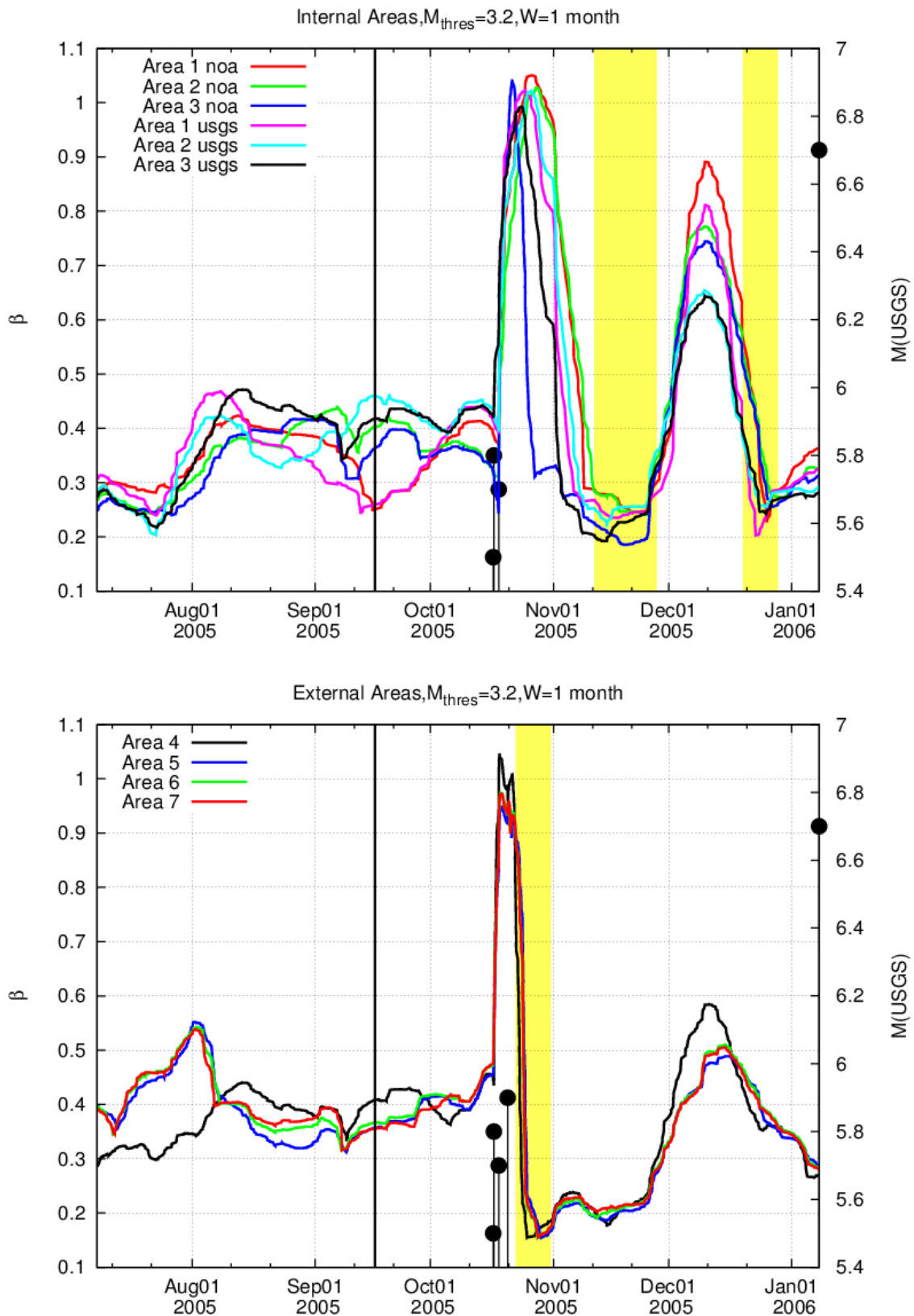
Σημειώνεται ότι τα πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Κρήτης εμφανίζονται μόνο για μέγεθος κατωφλίου πληρότητας $M_{\text{thres}}=3.2$ και μόνο στις εσωτερικές περιοχές μελέτης (περιοχές 1-3).

Η εκδήλωση σεισμού μεγέθους $M_W=5.6$ με επίκεντρο $37.14^\circ\text{N}, 22.12^\circ\text{E}$ στη νότια Ελλάδα (Πελοπόννησος) την 01/03/2004 επηρεάζει τη συμπεριφορά της β στις εσωτερικές κυρίως περιοχές και για τα μεγάλα 'παράθυρα' σάρωσης W . Ως αποτέλεσμα παρατηρείται μια τάση συγκέντρωσης τοπικών ελαχίστων γύρω και πάνω στην ημερομηνία αυτή.

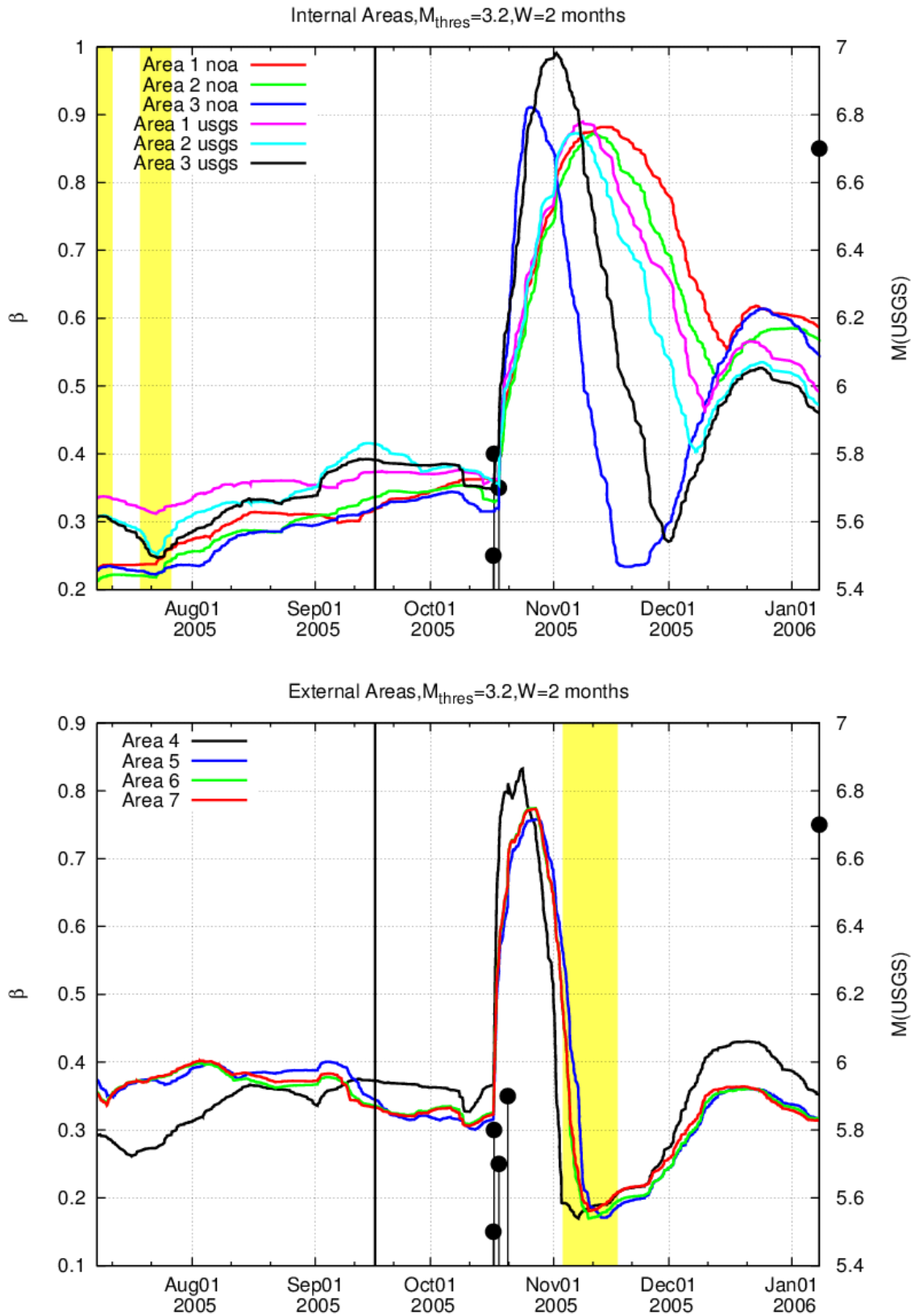
3.2.4: Ο $M_w=6.7$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΘΗΡΩΝ

Ο μεγέθους $M_w(USGS) = 6.7$ σεισμός των Κυθήρων εκδηλώθηκε στις 08/01/2006 και είναι ο δεύτερος ισχυρότερος σεισμός μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκε στην Ελλάδα κατά τη χρονική περίοδο μελέτης (01/01/2000-08/06/2008).

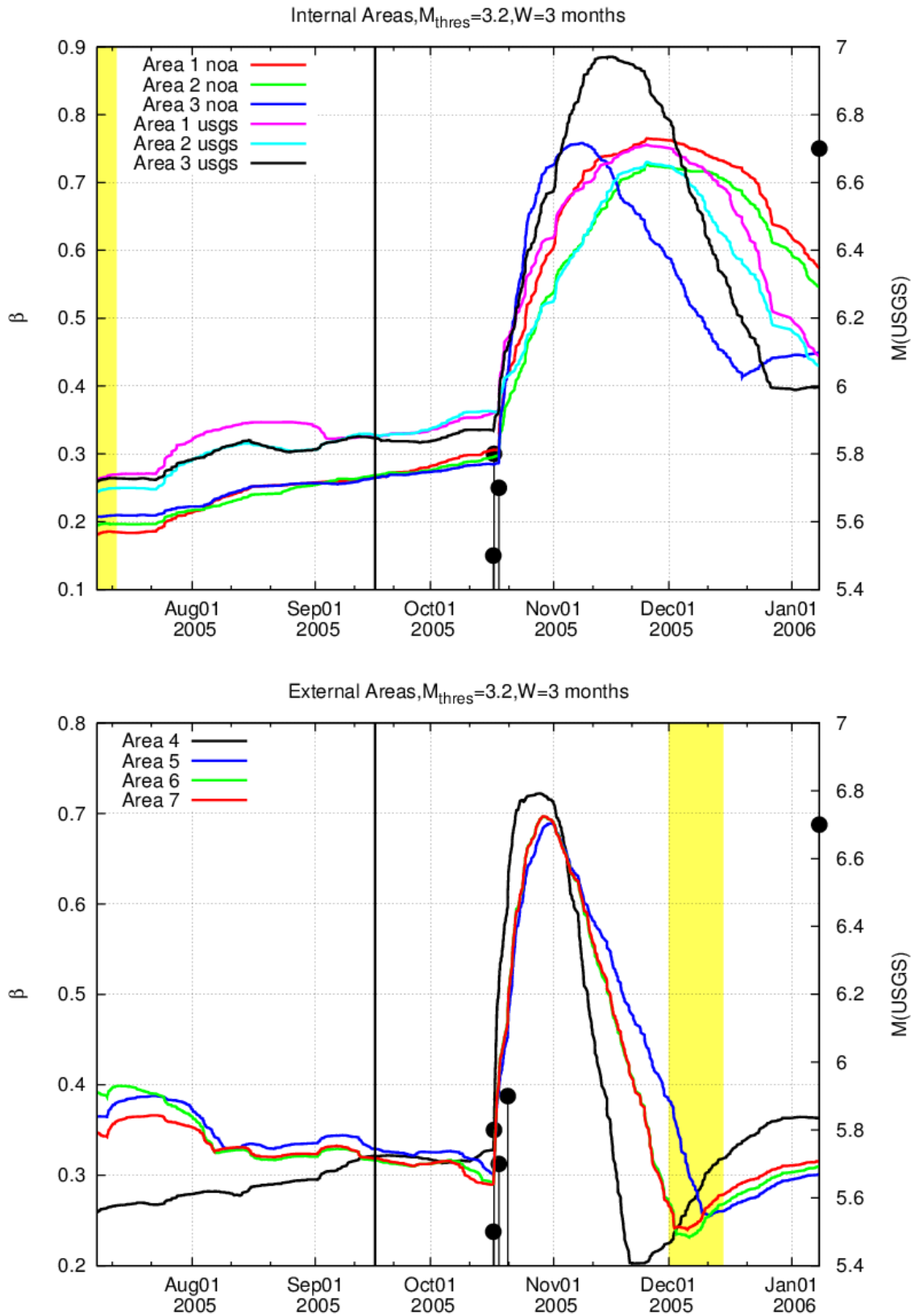
Το σχετιζόμενο με το σεισμό αυτό SES καταγράφηκε από το σταθμό BAN του Πύργου (PIR) στις 17 Σεπτεμβρίου 2005 έχοντας χρονική απόσταση από την εκδήλωση του σεισμού της τάξης των περίπου 3.5 μηνών.



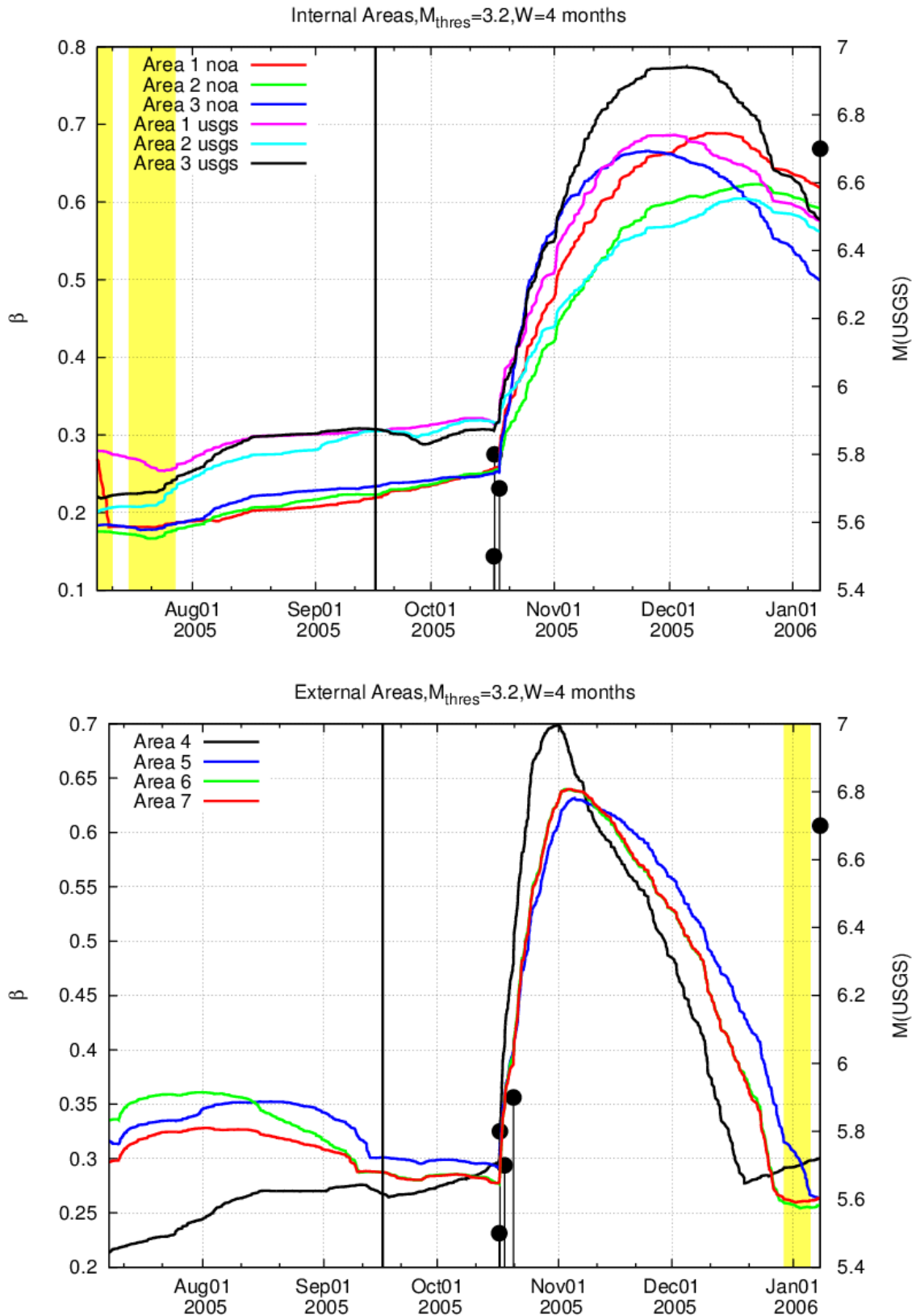
Εικόνα 48: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



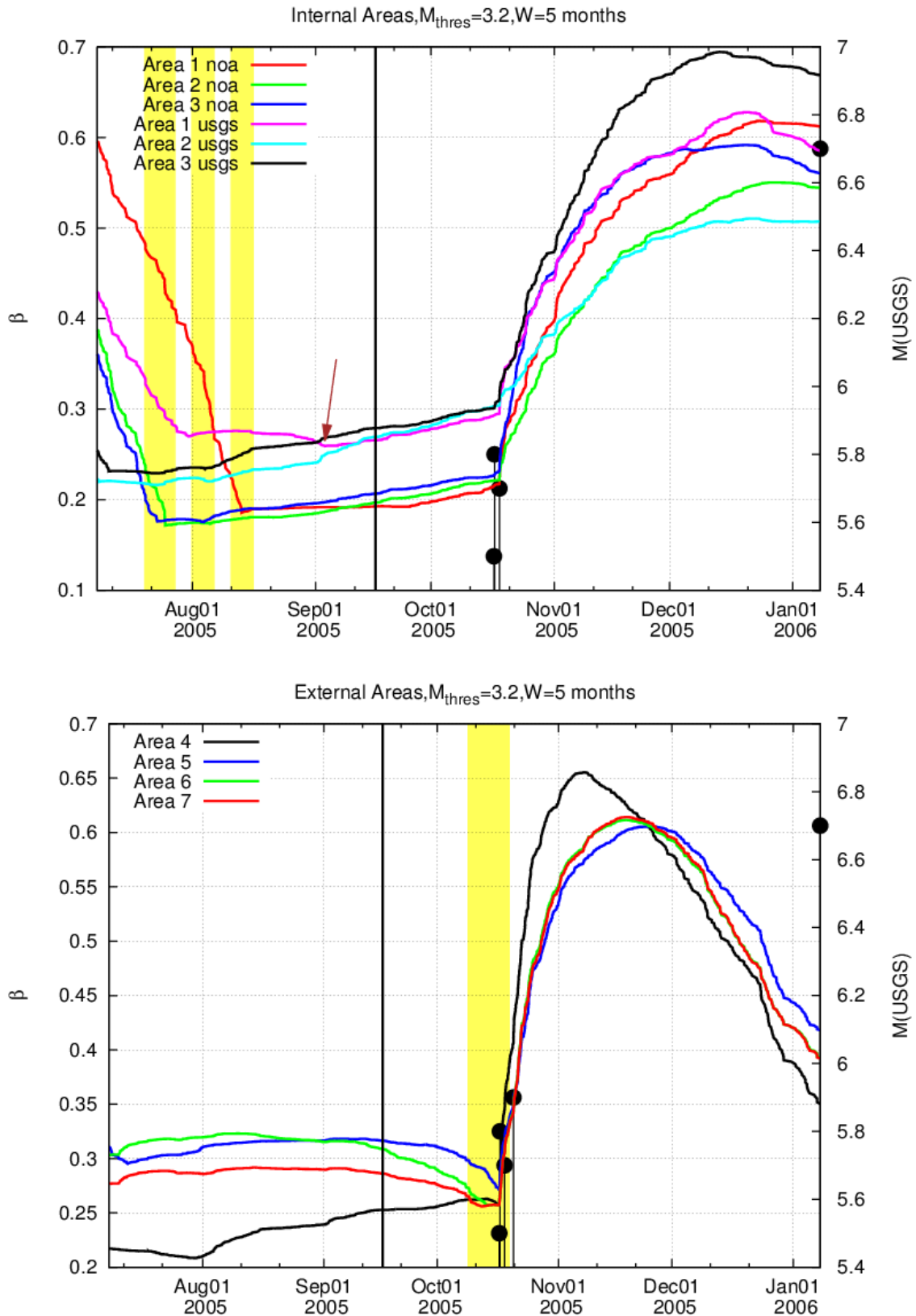
Εικόνα 49: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A3) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A4) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



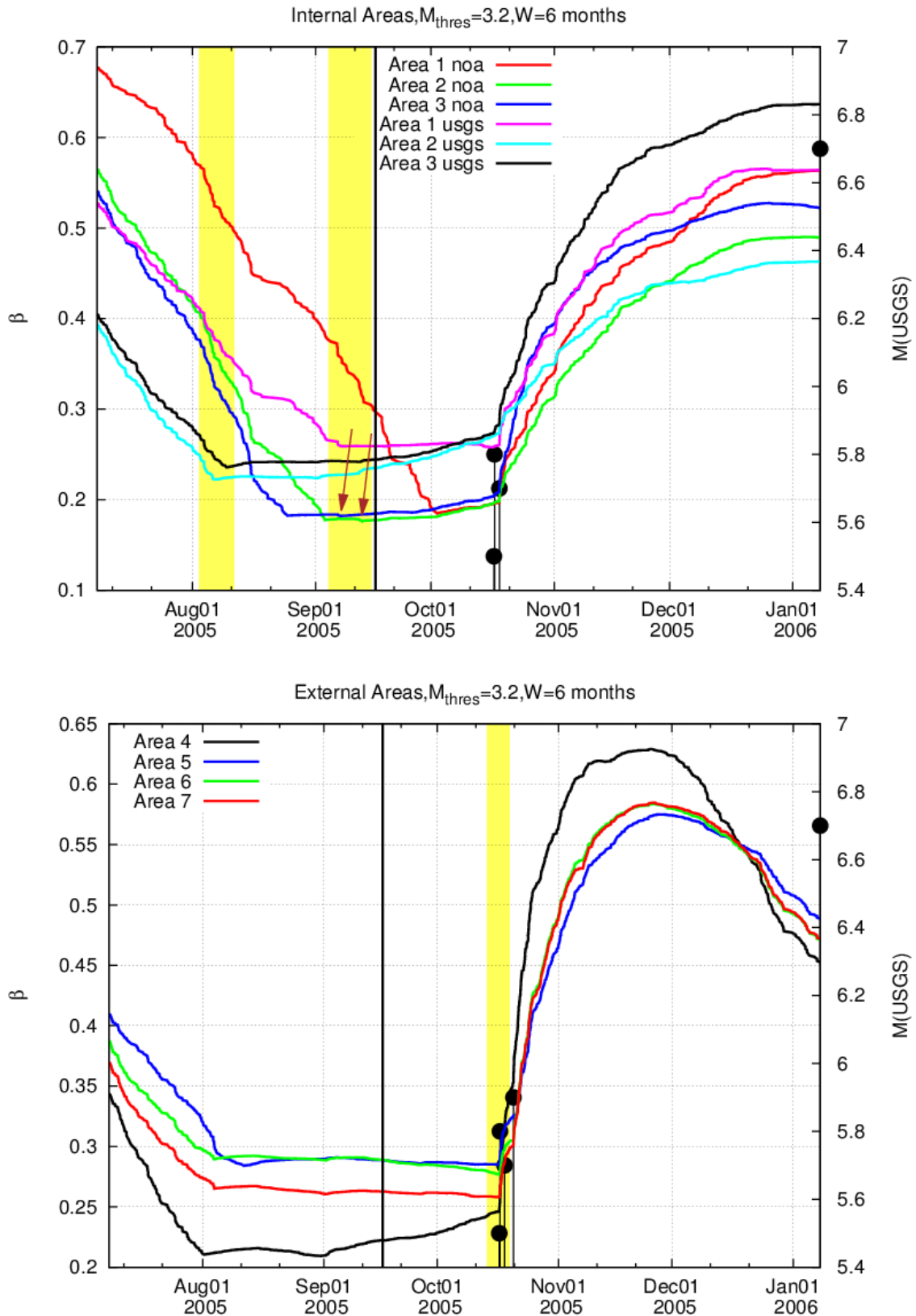
Εικόνα 50: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 51: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



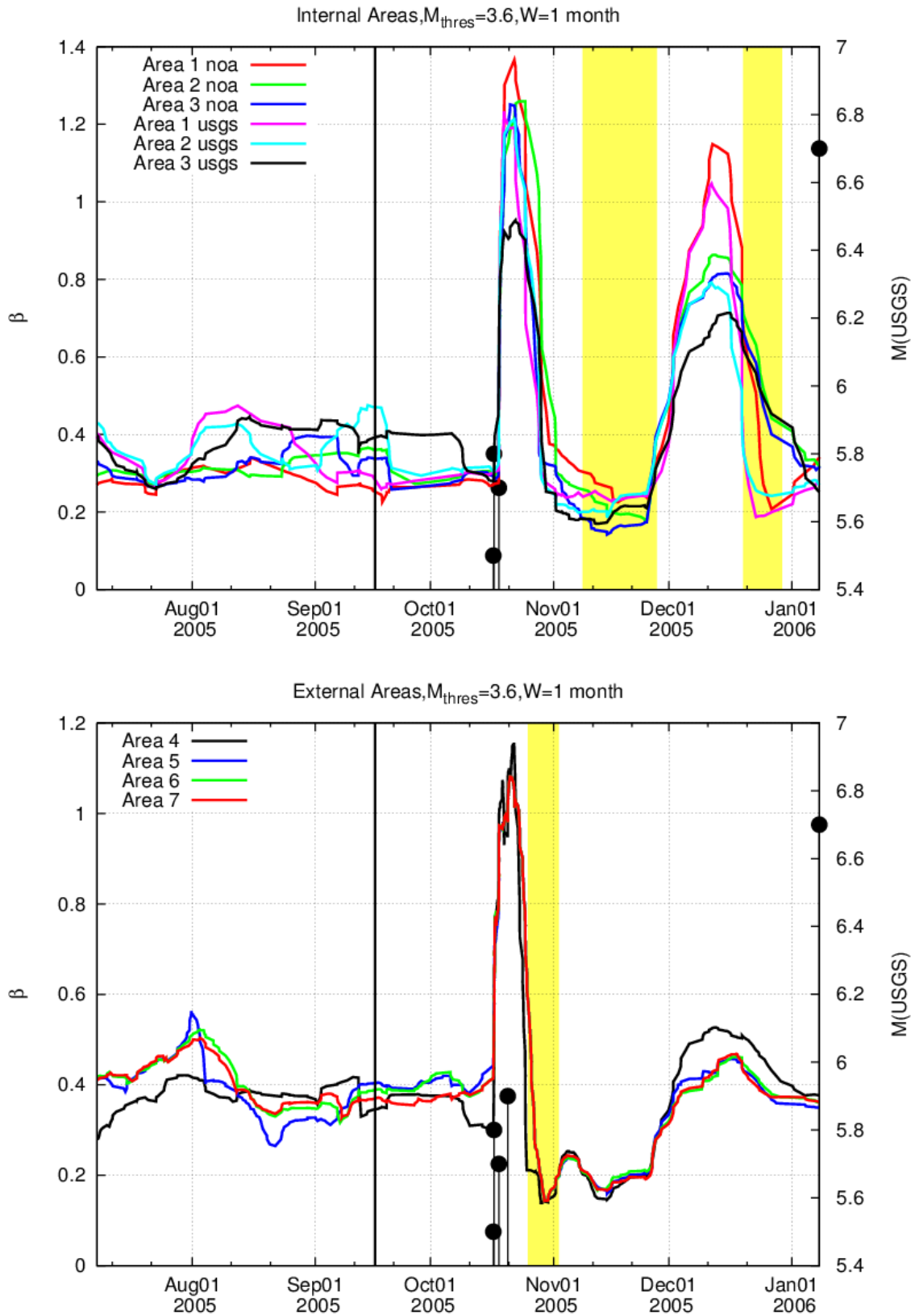
Εικόνα 52: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



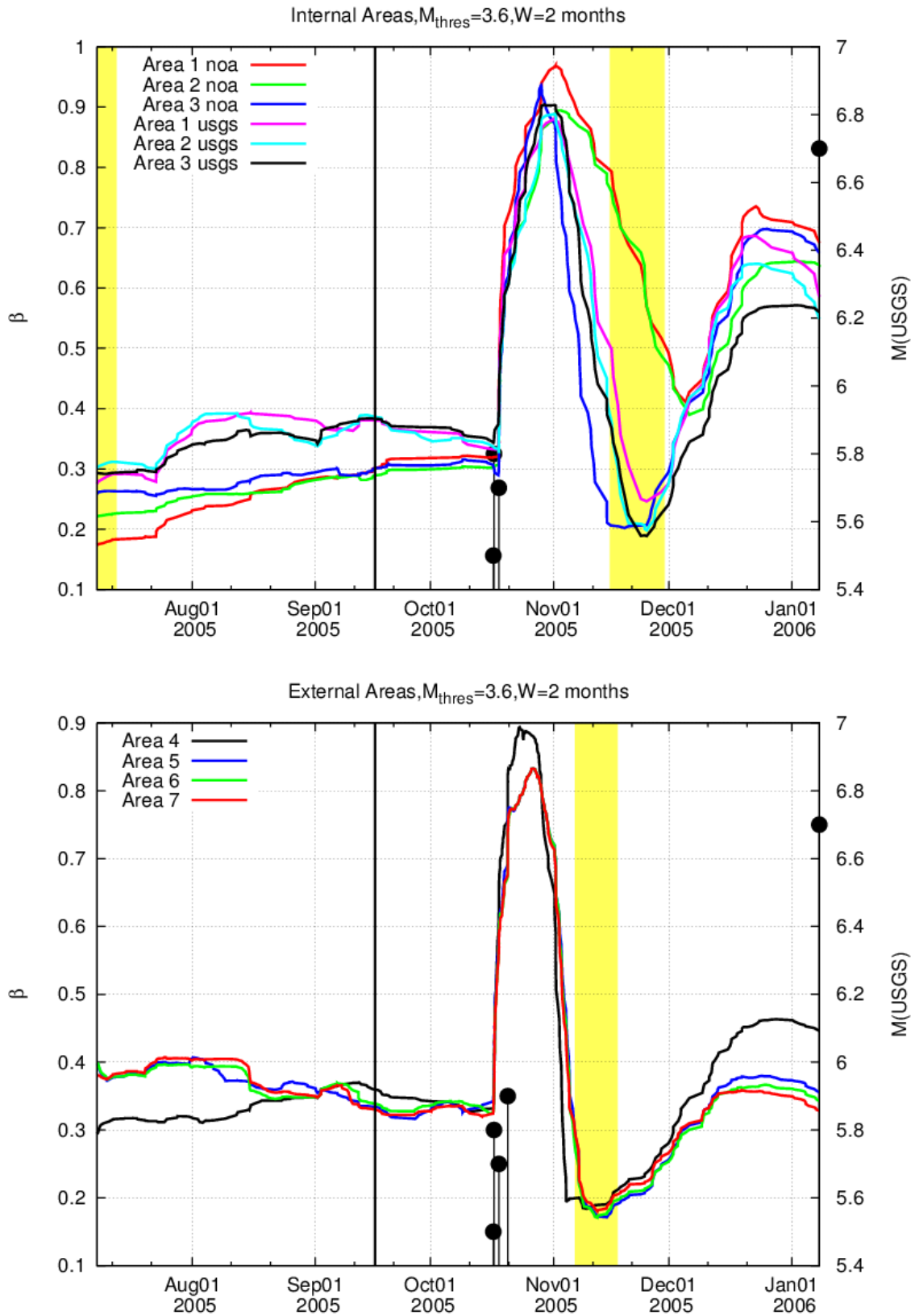
Εικόνα 53: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.227 (2005-12-26)	0.231 (2005-07-08)	0.182 (2005-07-08)	0.79 (GI-NOA) 0.84 (USGS)	0.181 (2005-07-23)	0.186 (2005-08-13)	0.185 (2005-10-02)
	USGS	0.203 (2005-12-23)	0.312 (2005-07-23)	0.262 (2005-07-08)		0.254 (2005-07-25)	0.259 (2005-09-04)	0.258 (2005-10-16)
2	GI-NOA	0.241 (2005-11-25)	0.213 (2005-07-08)	0.195 (2005-07-08)	0.92 (GI-NOA) 0.97 (USGS)	0.167 (2005-07-21)	0.172 (2005-07-25)	0.177 (2005-09-13)
	USGS	0.204 (2005-07-23)	0.251 (2005-07-23)	0.244 (2005-07-08)		0.201 (2005-07-08)	0.216 (2005-07-23)	0.222 (2005-08-06)
3	GI-NOA	0.186 (2005-11-19)	0.222 (2005-07-23)	0.207 (2005-07-08)	0.93 (GI-NOA) 1.05 (USGS)	0.178 (2005-07-19)	0.175 (2005-08-04)	0.182 (2005-09-08)
	USGS	0.191 (2005-11-15)	0.246 (2005-07-23)	0.259 (2005-07-08)		0.218 (2005-07-08)	0.229 (2005-07-23)	0.236 (2005-08-09)
4	USGS	0.155 (2005-10-25)	0.170 (2005-11-07)	0.203 (2005-11-22)	1.19	0.214 (2005-07-08)	0.208 (2005-07-30)	0.209 (2005-09-01)
5	USGS	0.154 (2005-10-29)	0.171 (2005-11-15)	0.255 (2005-12-11)	1.49	0.263 (2006-01-08)	0.271 (2005-10-17)	0.284 (2005-08-11)
6	USGS	0.155 (2005-10-28)	0.170 (2005-11-10)	0.231 (2005-12-06)	1.36	0.254 (2006-01-03)	0.257 (2005-10-14)	0.277 (2005-10-17)
7	USGS	0.156 (2005-10-28)	0.180 (2005-11-10)	0.240 (2005-12-05)	1.33	0.260 (2006-01-02)	0.256 (2005-10-12)	0.258 (2005-10-17)

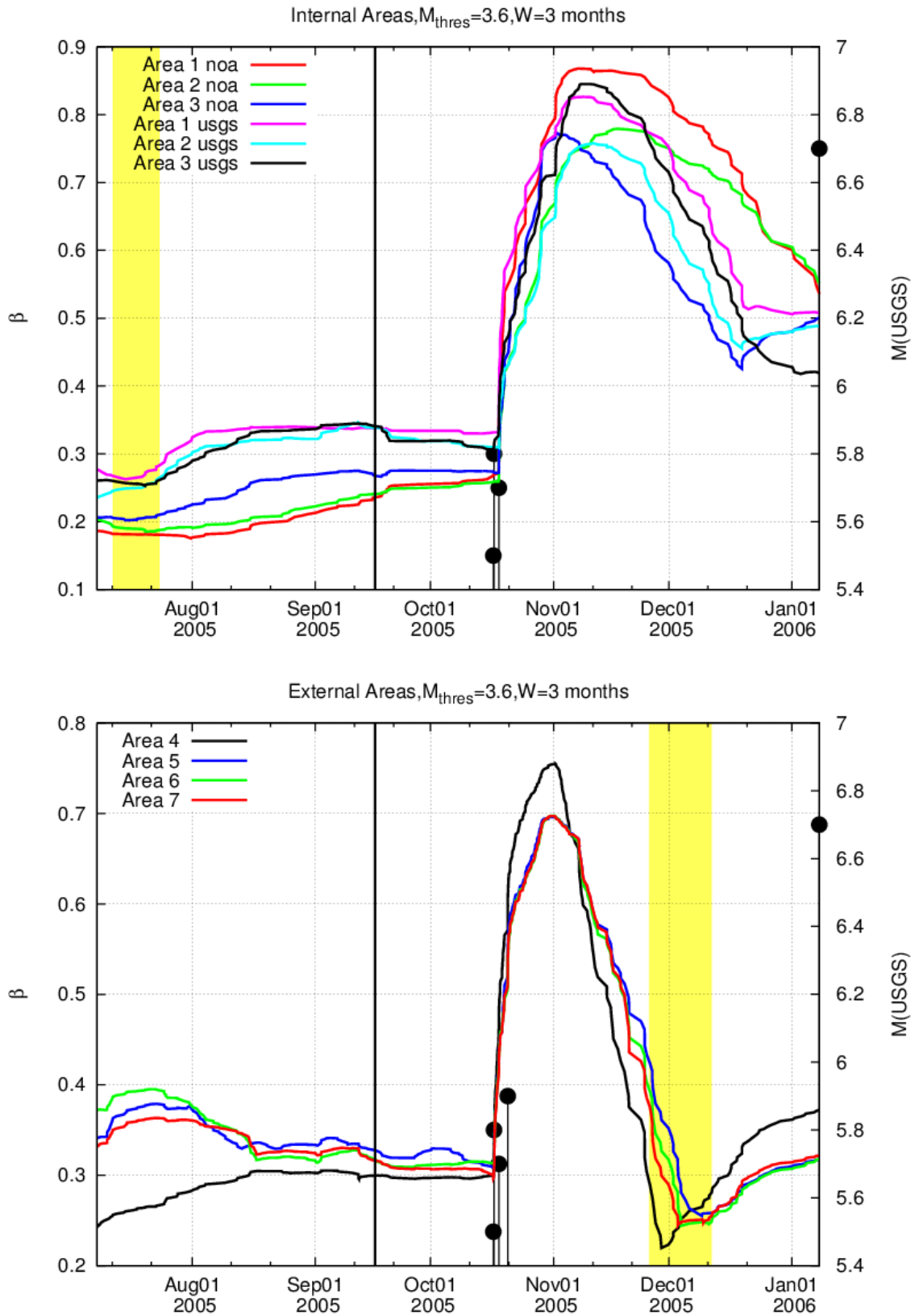
Πίνακας 18: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού των Κυθήρων για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 48-53.



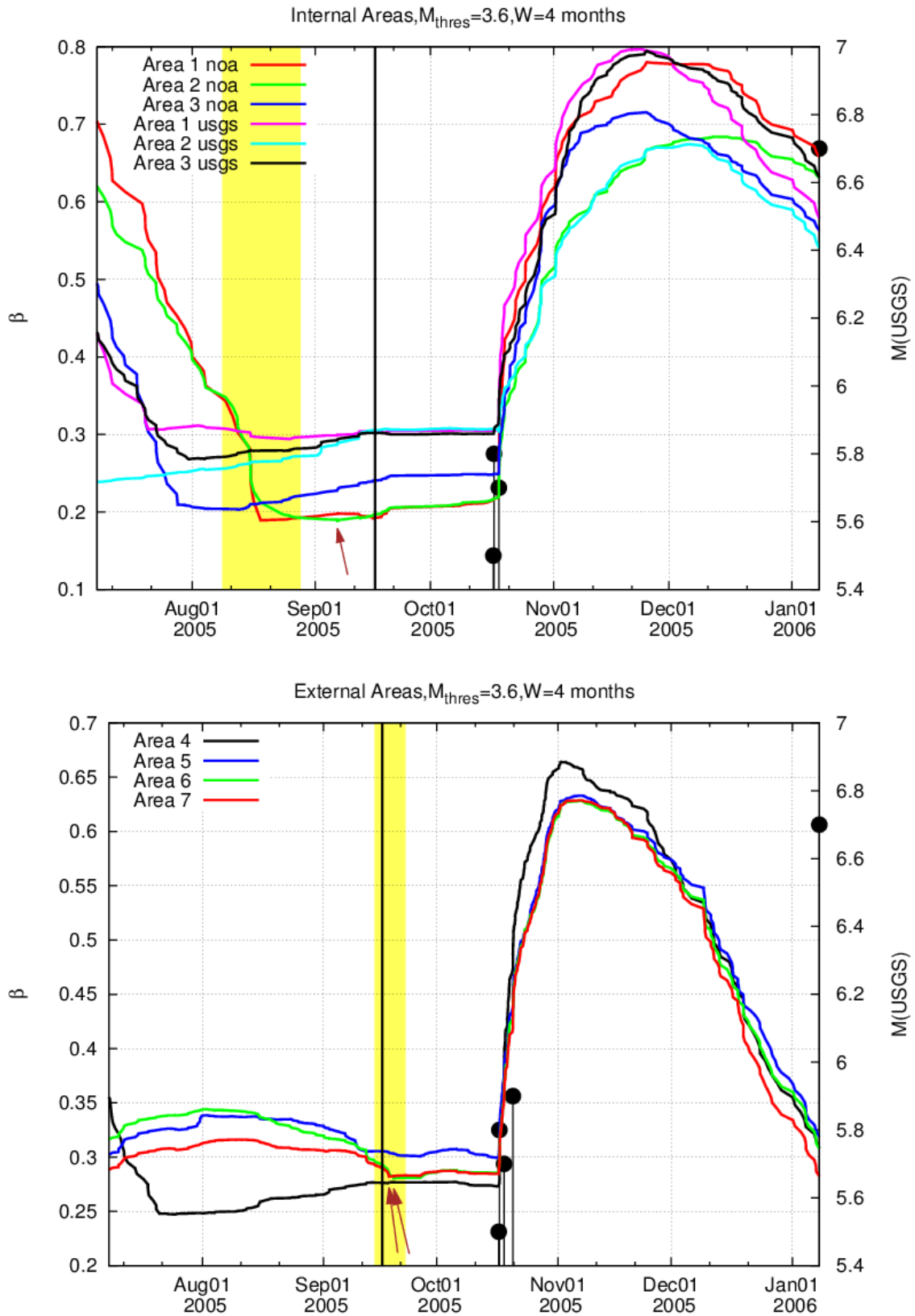
Εικόνα 54: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



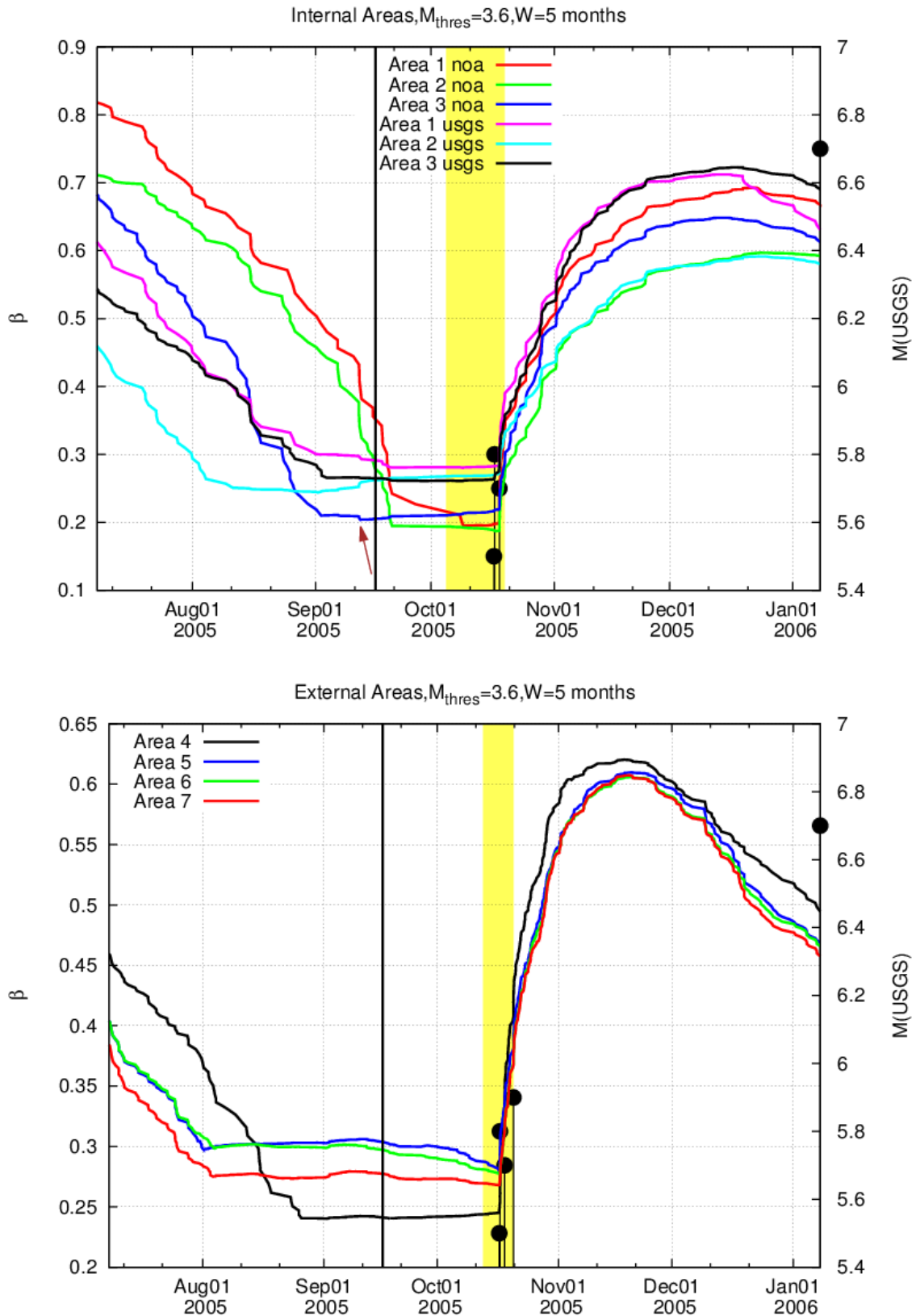
Εικόνα 55: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



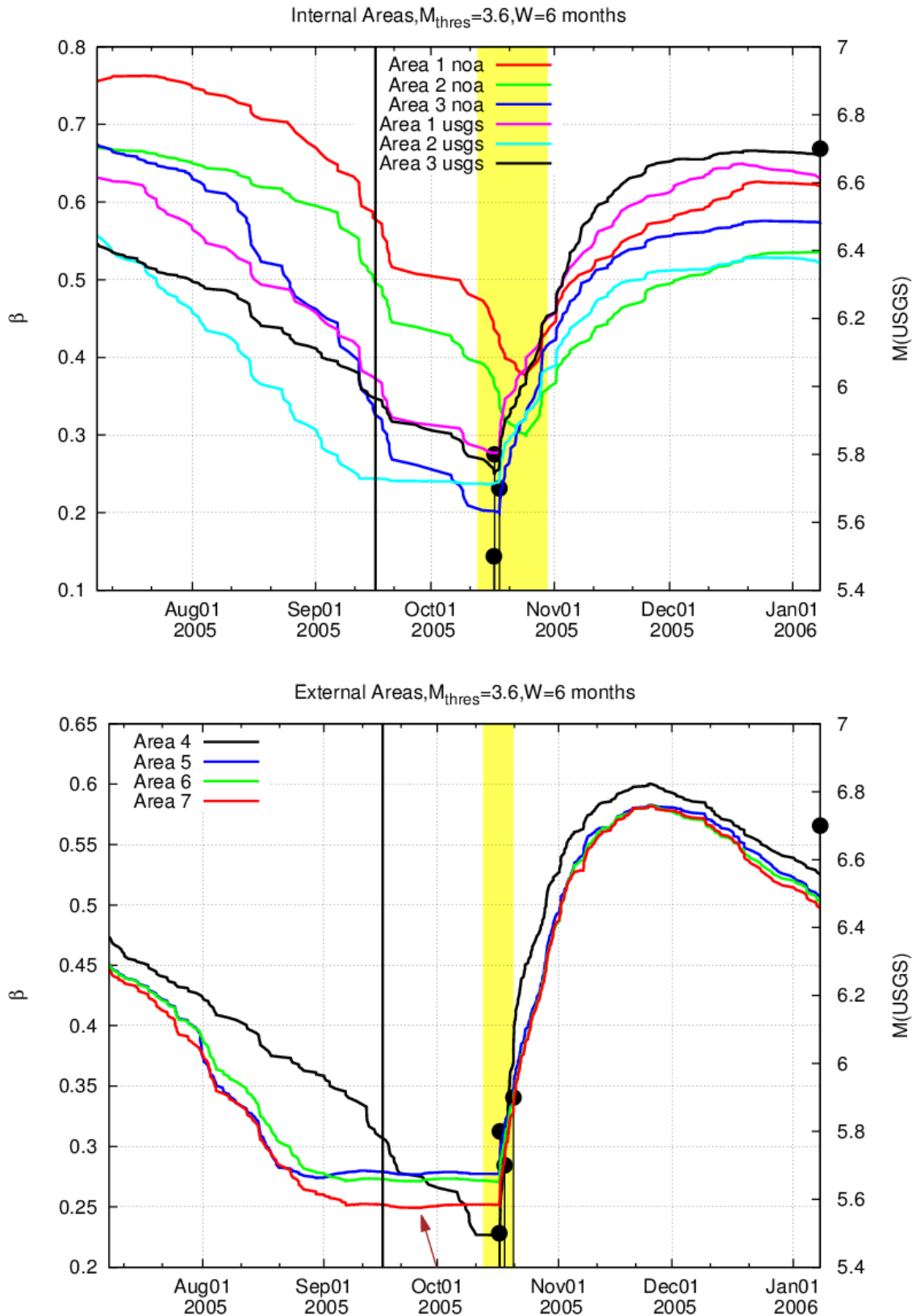
Εικόνα 56: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 57: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 58: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 59: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/07/2005 έως και το σεισμό των Κυθήρων (08/01/2006) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (17/09/2005) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\text{ months,min}}/\beta_{W=2\text{ months,min}}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.207 (2005-12-27)	0.175 (2005-07-08)	0.175 (2005-08-01)	1.00 (GI-NOA) 1.07 (USGS)	0.189 (2005-08-18)	0.195 (2005-10-09)	0.372 (2005-10-25)
	USGS	0.187 (2005-12-23)	0.246 (2005-11-25)	0.263 (2005-07-15)		0.294 (2005-08-26)	0.280 (2005-10-09)	0.277 (2005-10-18)
2	GI-NOA	0.178 (2005-11-25)	0.222 (2005-07-08)	0.185 (2005-07-20)	0.83 (GI-NOA) 1.20 (USGS)	0.189 (2005-09-07)	0.187 (2005-10-17)	0.298 (2005-10-25)
	USGS	0.185 (2005-11-15)	0.198 (2005-11-25)	0.237 (2005-07-08)		0.239 (2005-07-08)	0.244 (2005-09-02)	0.237 (2005-10-16)
3	GI-NOA	0.142 (2005-11-15)	0.202 (2005-11-19)	0.202 (2005-07-15)	1.00 (GI-NOA) 1.34 (USGS)	0.203 (2005-08-12)	0.204 (2005-09-13)	0.200 (2005-10-18)
	USGS	0.170 (2005-11-12)	0.189 (2005-11-25)	0.253 (2005-07-20)		0.268 (2005-07-31)	0.261 (2005-10-08)	0.249 (2005-10-17)
4	USGS	0.138 (2005-10-29)	0.184 (2005-11-10)	0.220 (2005-11-29)	1.20	0.247 (2005-07-25)	0.240 (2005-09-02)	0.226 (2005-10-17)
5	USGS	0.143 (2005-10-30)	0.172 (2005-11-15)	0.255 (2005-12-09)	1.48	0.298 (2005-10-17)	0.278 (2005-10-17)	0.274 (2005-08-30)
6	USGS	0.143 (2005-10-30)	0.171 (2005-11-12)	0.244 (2005-12-04)	1.43	0.281 (2005-09-19)	0.276 (2005-10-17)	0.270 (2005-10-17)
7	USGS	0.143 (2005-10-30)	0.180 (2005-11-12)	0.245 (2005-12-03)	1.36	0.282 (2005-09-18)	0.267 (2005-10-17)	0.249 (2005-09-27)

Πίνακας 19: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού των Κυθήρων για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 54-59.

Παρατηρώντας τις εικόνες 48-59 και τα δεδομένα των πινάκων 18 και 19 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού των Κυθήρων συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 02/10-25/11/2005. Και σε αυτή την περίπτωση δεν παρατηρείται σύμπτωση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης των παραπάνω ελαχίστων της β και της ημερομηνίας εκπομπής του αντίστοιχου SES (17/09/2005).

Τοπικά ελάχιστα της β , οι ημερομηνίες εμφάνισης των οποίων συμπίπτουν εντός δεκατεσσάρων ημερών με την ημερομηνία εκπομπής του SES, εμφανίζονται για 'παράθυρα' σάρωσης $W=5$ μήνες και $W=6$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres}=3.2$ και για 'παράθυρα' σάρωσης $W=4$ μήνες, $W=5$ μήνες και $W=6$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres}=3.6$. Το πλησιέστερο στην ημερομηνία εκπομπής του SES από αυτά τα τοπικά ελάχιστα της β εμφανίζεται στις 13/09/2005 ($\beta_{W=6months,min}=0.177$, Area 2, βλ. πίνακα 18) για $M_{thres}=3.2$ και στις 18/09/2005 ($\beta_{W=4months,min}=0.282$, Area 7, βλ. πίνακα 19) για $M_{thres}=3.6$ έχοντας χρονική απόσταση από αυτό της τάξεως των 4 και 1 ημέρας αντίστοιχα.

Παρατηρείται μείωση της ευκρίνειας των ελαχίστων στα μεγάλα 'παράθυρα' σάρωσης ($W=4-6$ μήνες)

Πέντε από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3months,min}/\beta_{W=2months,min}$ των ελαχίστων των πινάκων 18 και 19 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] με αποτέλεσμα τα ελάχιστα αυτά να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού των Κυθήρων (βλ. πίνακα 20).

$M_{\text{thres}}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months,min}}/\beta_{W=2 \text{ months,min}}$
2	USGS	0.251 (2005-07-23)	0.244 (2005-07-08)	0.97
3	USGS	0.246 (2005-07-23)	0.259 (2005-07-08)	1.05
$M_{\text{thres}}=3.6$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months,min}}/\beta_{W=2 \text{ months,min}}$
1	GI-NOA	0.175 (2005-07-08)	0.175 (2005-08-01)	1.00 (GI-NOA)
	USGS	0.246 (2005-11-25)	0.263 (2005-07-15)	1.07 (USGS)
3	GI-NOA	0.202 (2005-11-19)	0.202 (2005-07-15)	1.00

Πίνακας 20: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού των Κυθήρων (από τα δεδομένα των πινάκων 17 και 18).

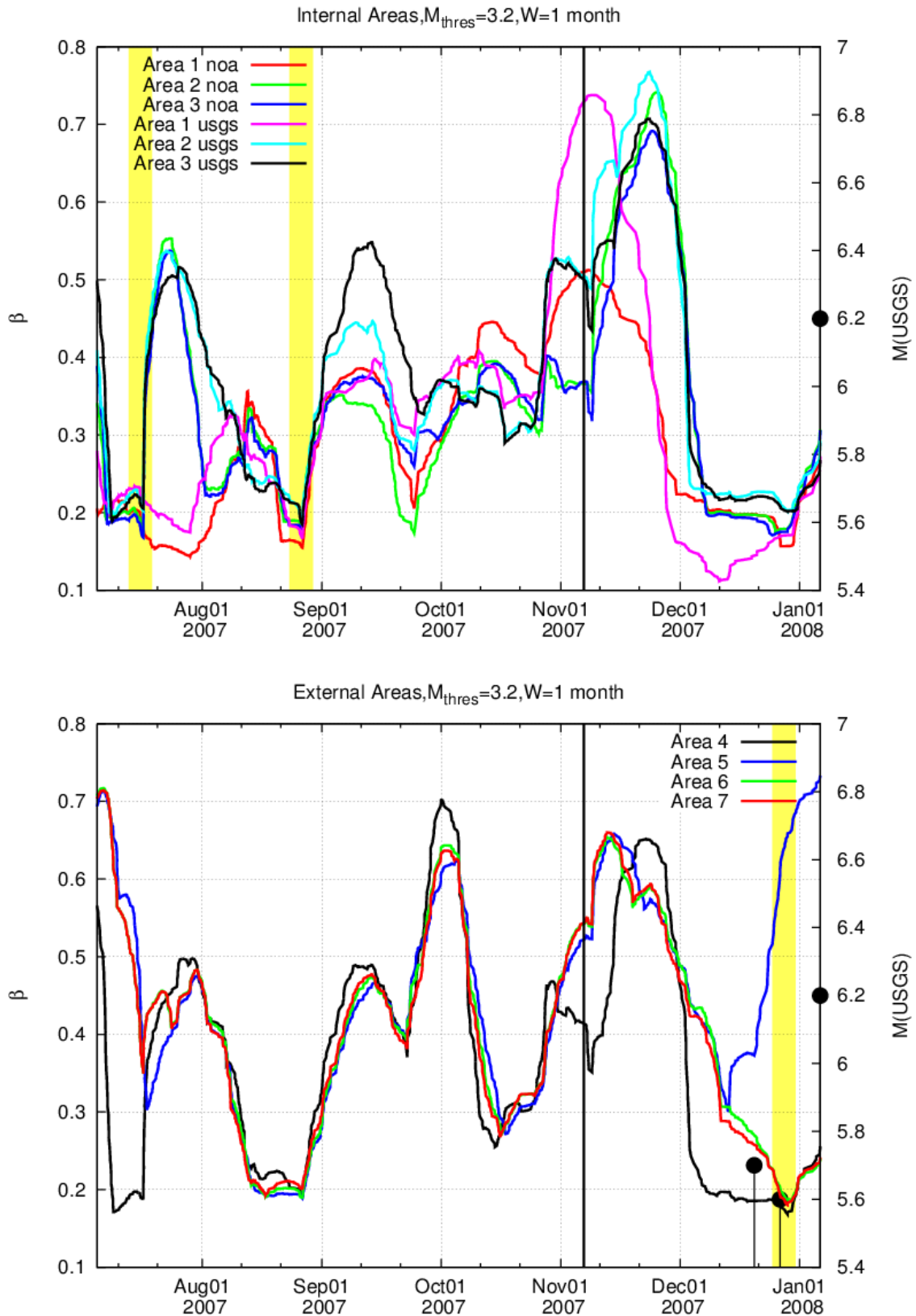
Σημειώνεται ότι τα πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού των Κυθήρων εμφανίζονται μόνο στις εσωτερικές περιοχές μελέτης (περιοχές 1-3).

Ομάδα τεσσάρων σεισμών που εκδηλώθηκαν περί τα μέσα Οκτωβρίου 2005 επηρεάζει τη συμπεριφορά της β σε όλες τις περιοχές μελέτης. Ειδικότερα οι σεισμικές δονήσεις: α) μεγέθους $M_W=5.5$ με επίκεντρο $38.13^\circ\text{N}, 26.51^\circ\text{E}$ κοντά στα παράλια της δυτικής Τουρκίας στις 17/10/2005, β) μεγέθους $M_W=5.8$ με επίκεντρο $38.20^\circ\text{N}, 26.50^\circ\text{E}$ κοντά στα παράλια της δυτικής Τουρκίας στις 17/10/2005, γ) μεγέθους $M_W=5.7$ με επίκεντρο $37.62^\circ\text{N}, 20.92^\circ\text{E}$ στο Ιόνιο πέλαγος στις 18/10/2005 και δ) μεγέθους $M_W=5.9$ με επίκεντρο $38.15^\circ\text{N}, 26.75^\circ\text{E}$ κοντά στα παράλια της δυτικής Τουρκίας στις 20/10/2005 (αυτή η σεισμική δόνηση επηρεάζει τη συμπεριφορά της β μόνο στις εξωτερικές περιοχές) προκαλούν τάση προς συγκέντρωση τοπικών ελαχίστων της β γύρω και πάνω στις ημερομηνίες εκδήλωσής τους.

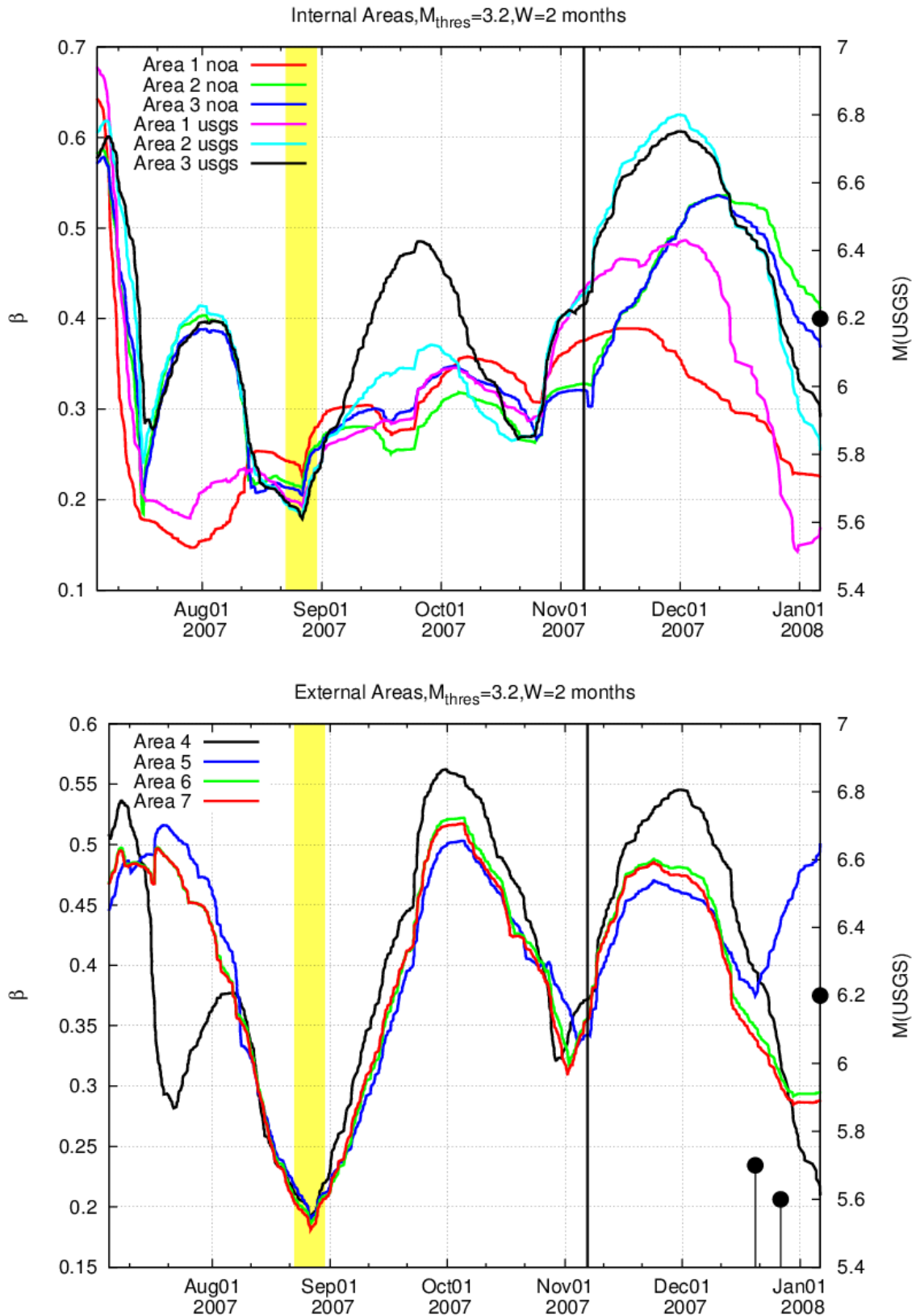
3.2.5: Ο $M_W=6.2$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΛΕΩΝΙΔΙΟΥ

Ο σεισμός του Λεωνιδίου εκδηλώθηκε στις 06/01/2008 με μέγεθος $M_W(USGS) = 6.1$.

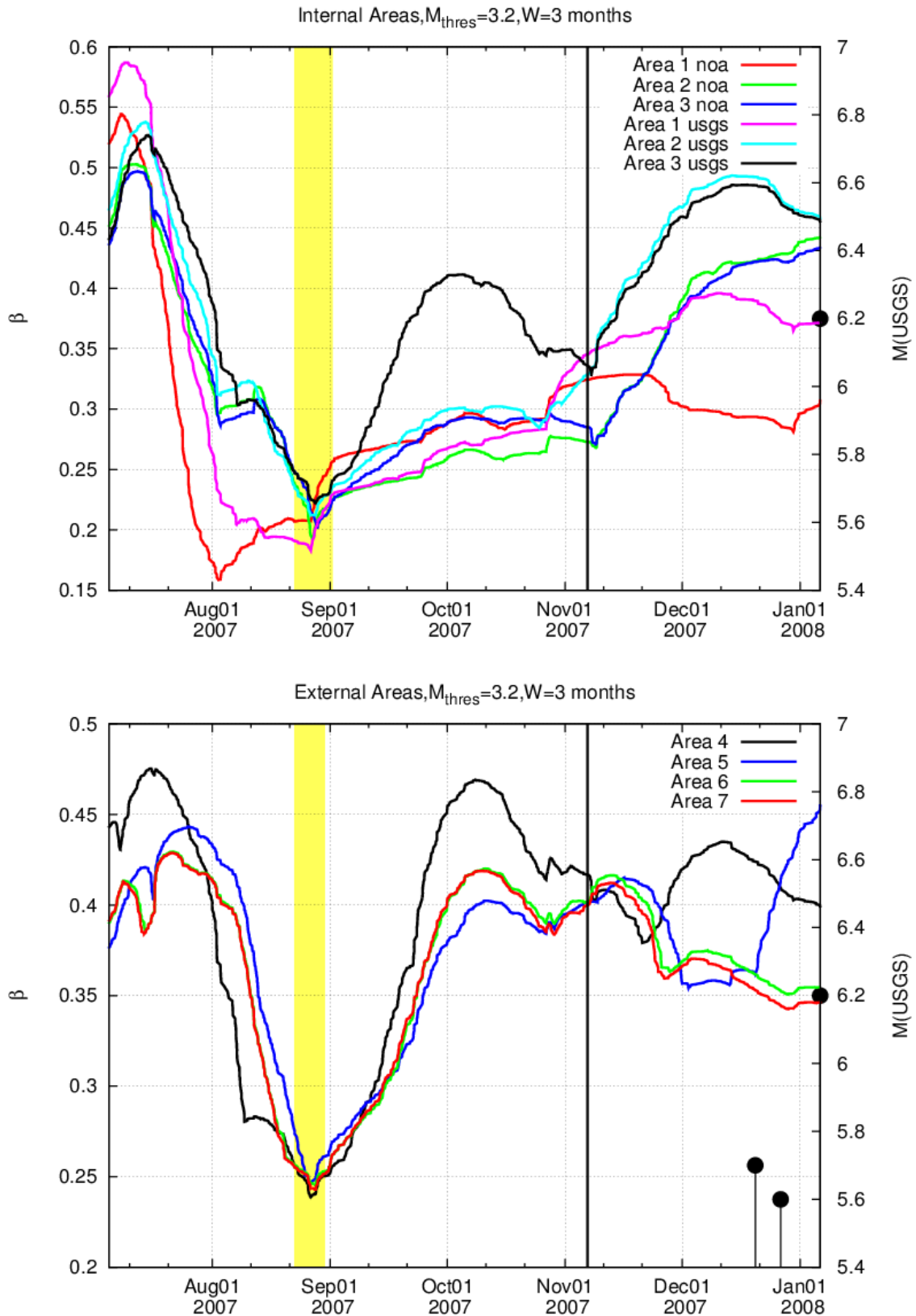
Το σχετιζόμενο με το σεισμό αυτό SES καταγράφηκε από το σταθμό BAN της Πάτρας (PAT) στις 7 Νοεμβρίου 2007 έχοντας χρονική απόσταση από την εκδήλωση του σεισμού της τάξης των 2 μηνών.



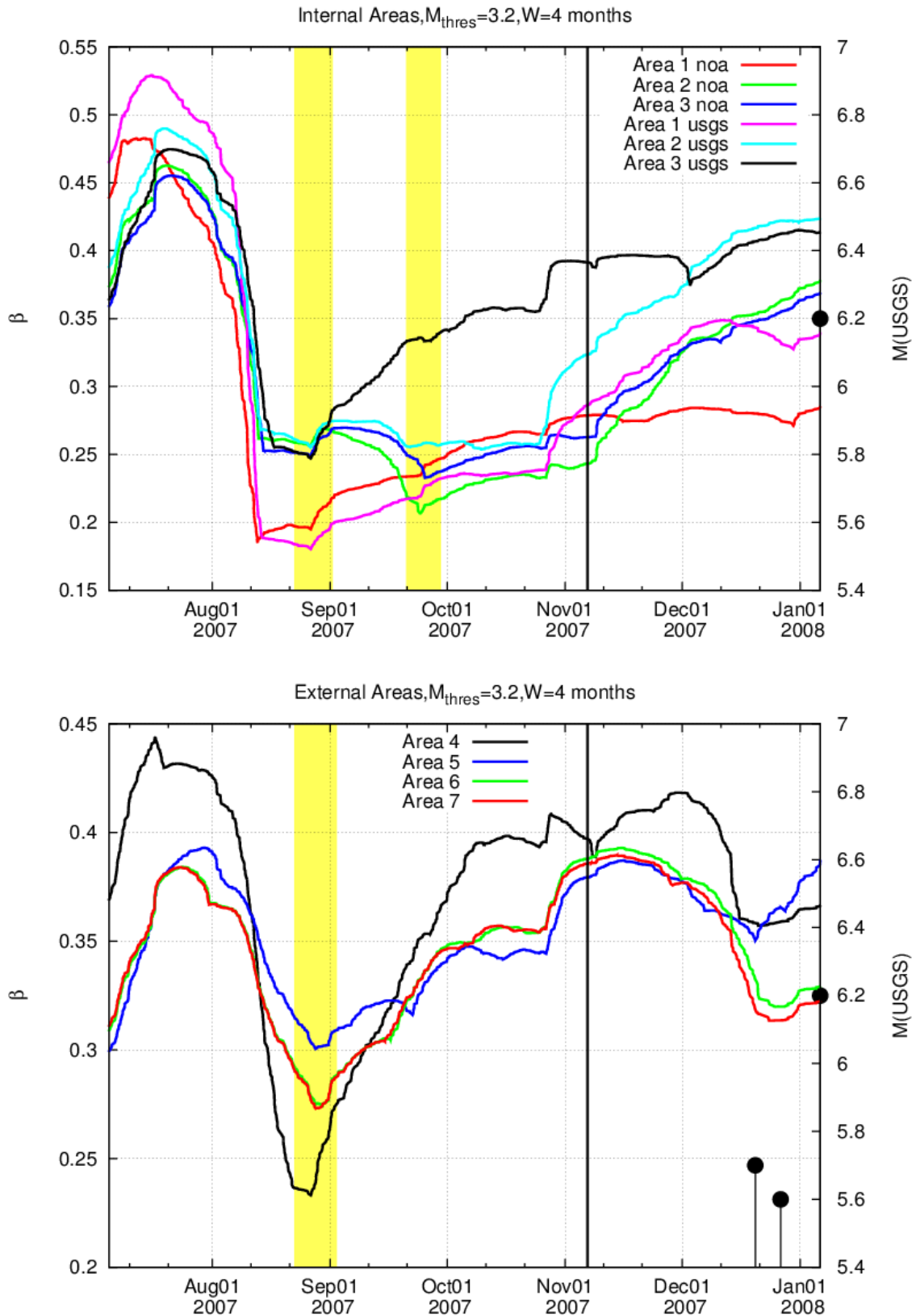
Εικόνα 60: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



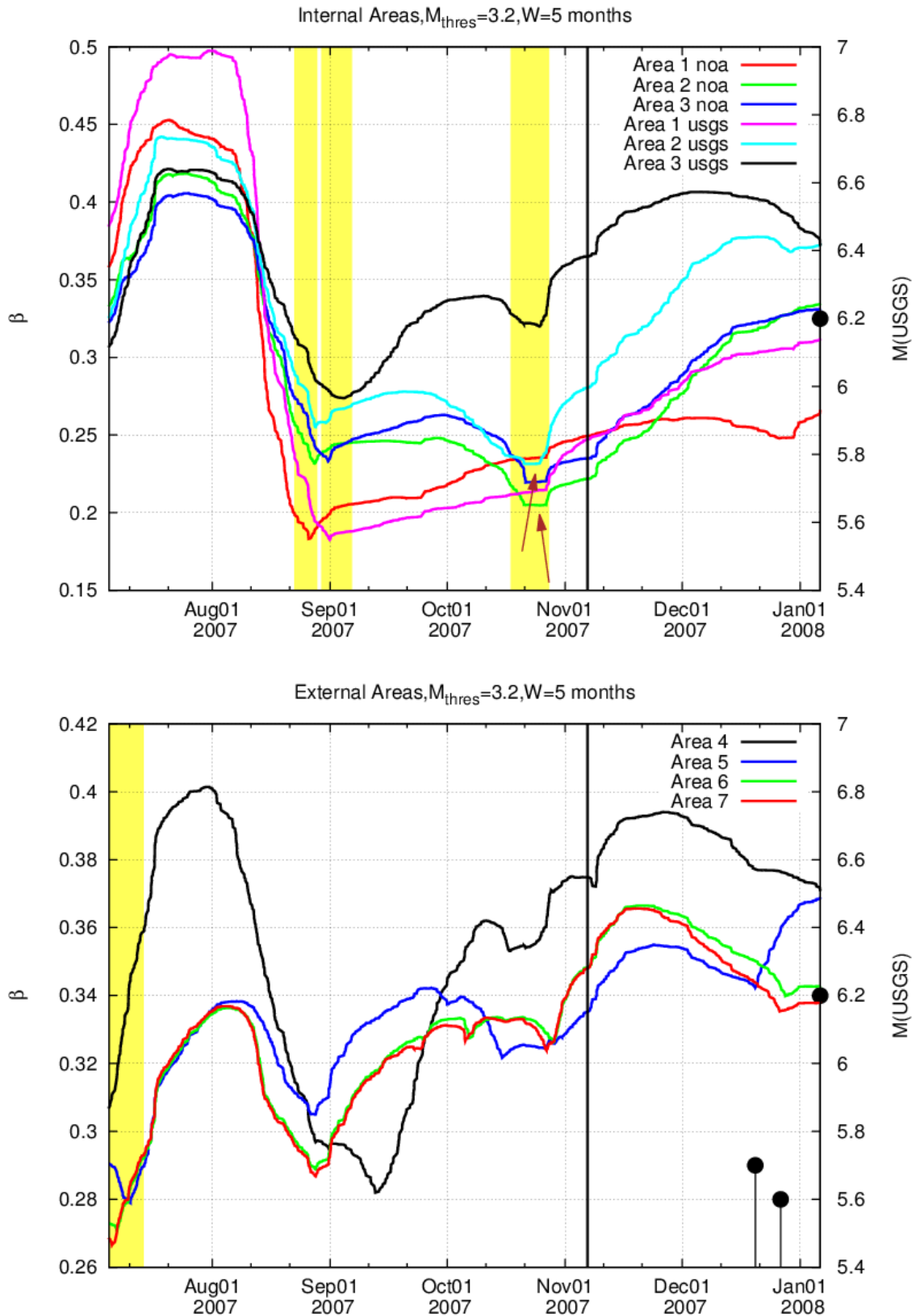
Εικόνα 61: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A3) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A4) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



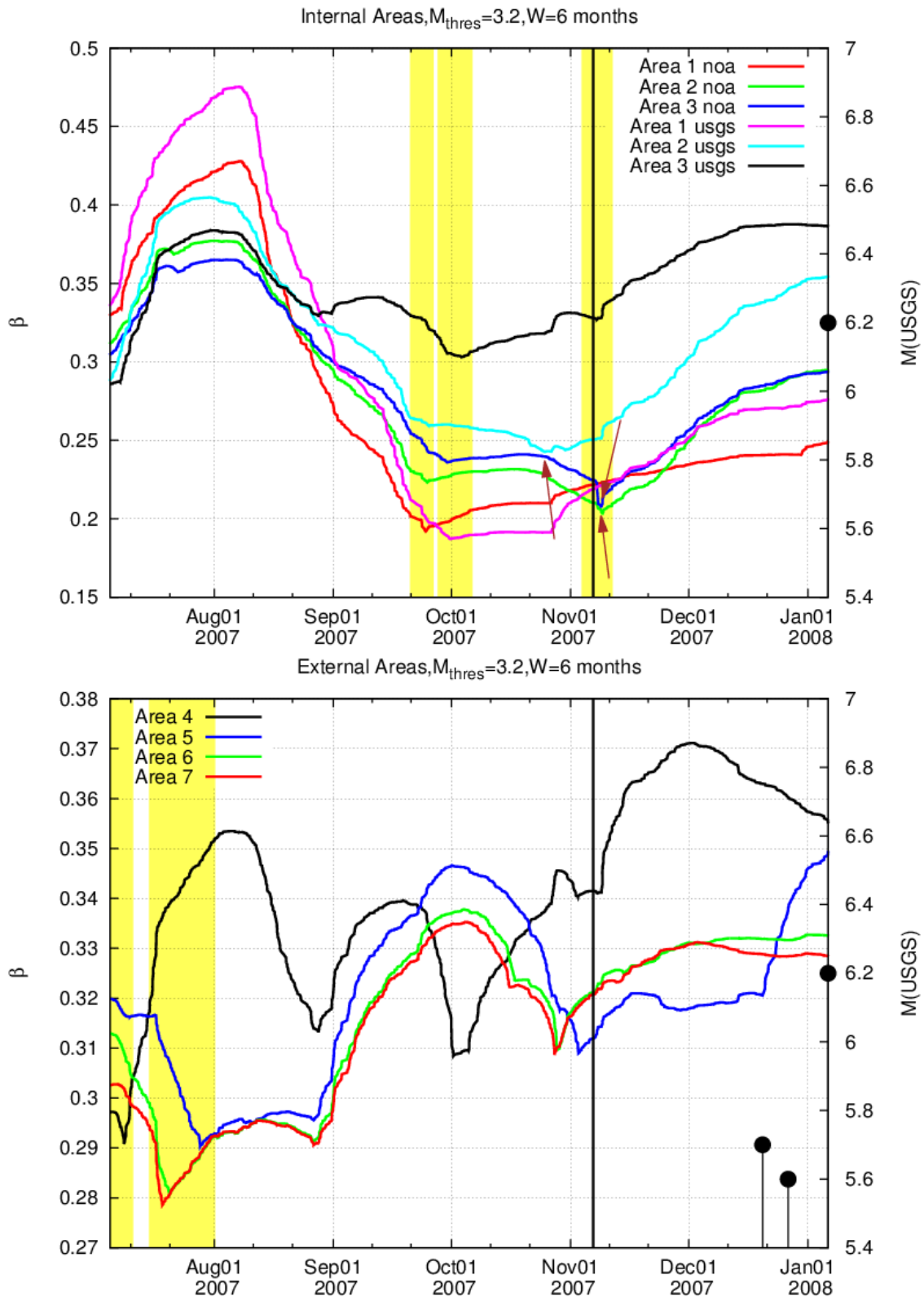
Εικόνα 62: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 63: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



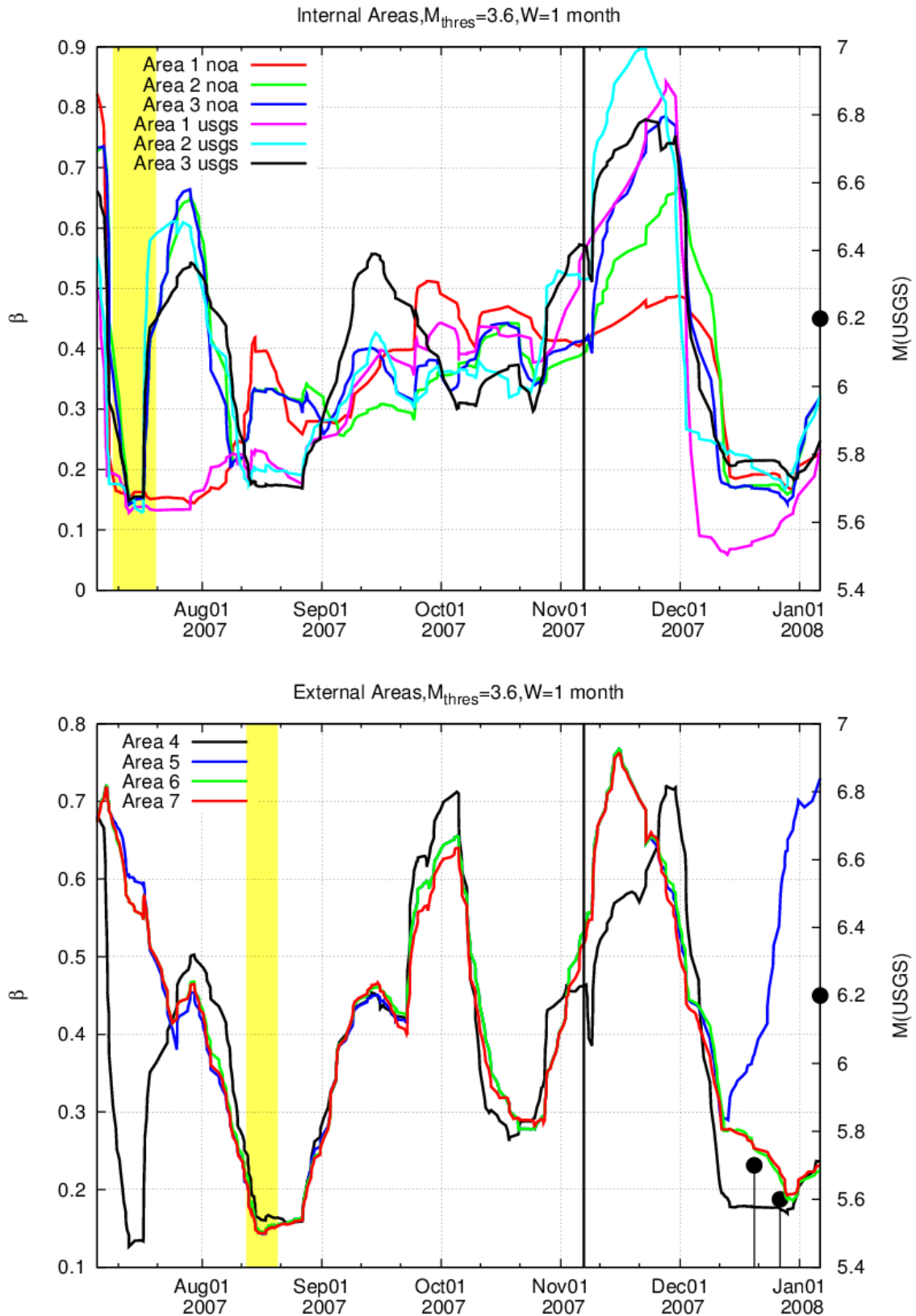
Εικόνα 64: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



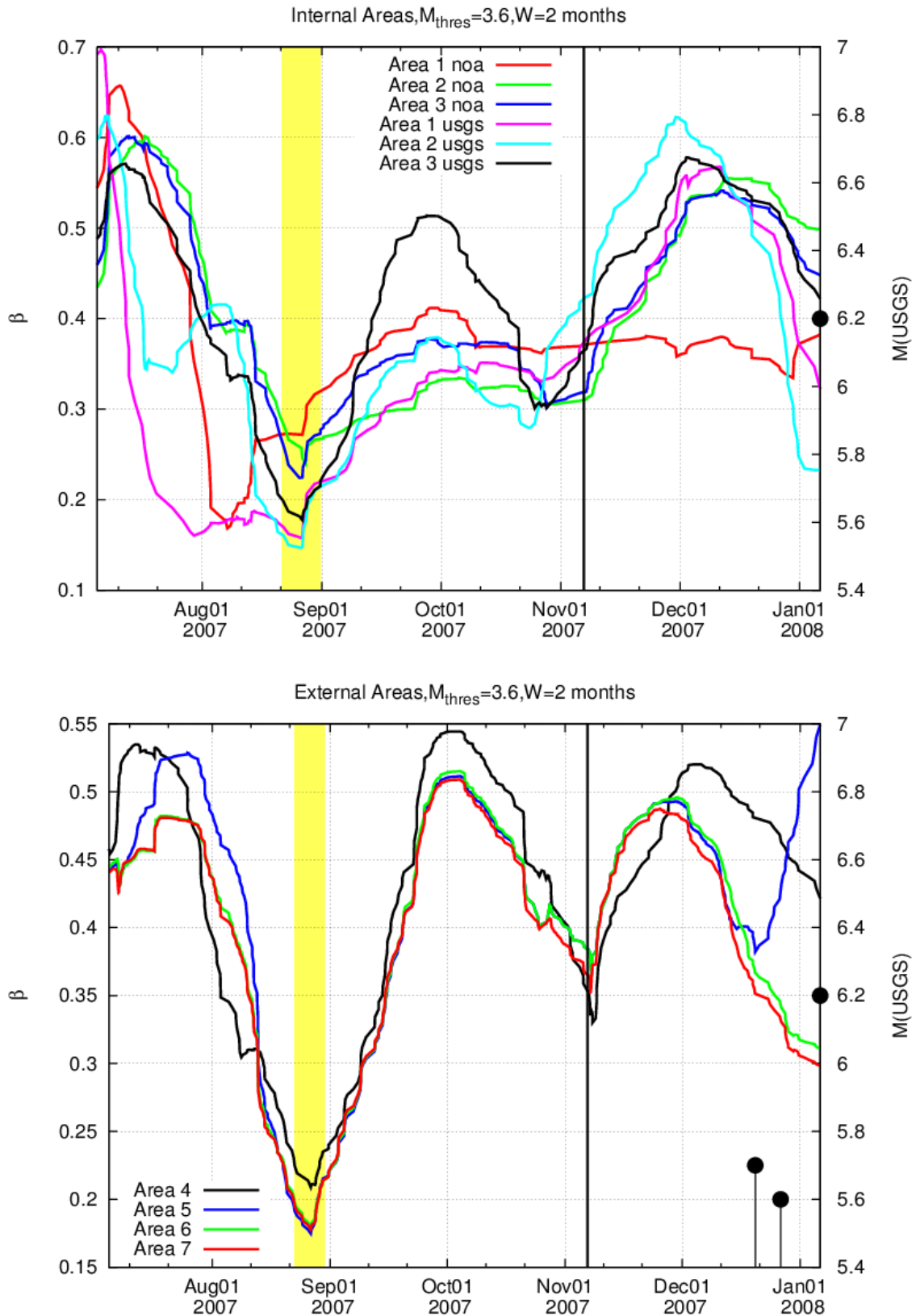
Εικόνα 65: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

Area	Seismic Catalog	$\beta_{W,min}$						
		W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\text{ months},min}/\beta_{W=2\text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.144 (2007-07-29)	0.147 (2007-07-30)	0.159 (2007-08-03)	1.08 (GI-NOA) 1.28 (USGS)	0.185 (2007-08-13)	0.183 (2007-08-26)	0.192 (2007-09-24)
	USGS	0.112 (2007-12-11)	0.143 (2007-12-31)	0.183 (2007-08-27)		0.180 (2007-08-27)	0.183 (2007-09-01)	0.187 (2007-10-01)
2	GI-NOA	0.173 (2007-07-17)	0.184 (2007-07-17)	0.192 (2007-08-27)	1.04 (GI-NOA) 1.17 (USGS)	0.207 (2007-09-24)	0.205 (2007-10-25)	0.203 (2007-11-09)
	USGS	0.192 (2007-08-27)	0.181 (2007-08-27)	0.212 (2007-08-27)		0.254 (2007-10-10)	0.231 (2007-10-24)	0.243 (2007-10-25)
3	GI-NOA	0.168 (2007-07-17)	0.205 (2007-08-27)	0.201 (2007-08-29)	0.98 (GI-NOA) 1.24 (USGS)	0.233 (2007-09-25)	0.219 (2007-10-21)	0.208 (2007-11-08)
	USGS	0.185 (2007-08-27)	0.179 (2007-08-27)	0.222 (2007-08-28)		0.247 (2007-08-27)	0.274 (2007-09-04)	0.286 (2007-07-06)
4	USGS	0.168 (2007-12-28)	0.191 (2007-08-27)	0.239 (2007-08-27)	1.25	0.233 (2007-08-27)	0.282 (2007-09-13)	0.291 (2007-07-09)
5	USGS	0.189 (2007-08-27)	0.190 (2007-08-27)	0.246 (2007-08-27)	1.29	0.299 (2007-07-06)	0.279 (2007-07-11)	0.290 (2007-07-29)
6	USGS	0.187 (2007-12-28)	0.186 (2007-08-27)	0.245 (2007-08-28)	1.32	0.275 (2007-08-30)	0.270 (2007-07-08)	0.281 (2007-07-21)
7	USGS	0.180 (2007-12-28)	0.181 (2007-08-27)	0.243 (2007-08-28)	1.34	0.273 (2007-08-29)	0.267 (2007-07-06)	0.279 (2007-07-19)

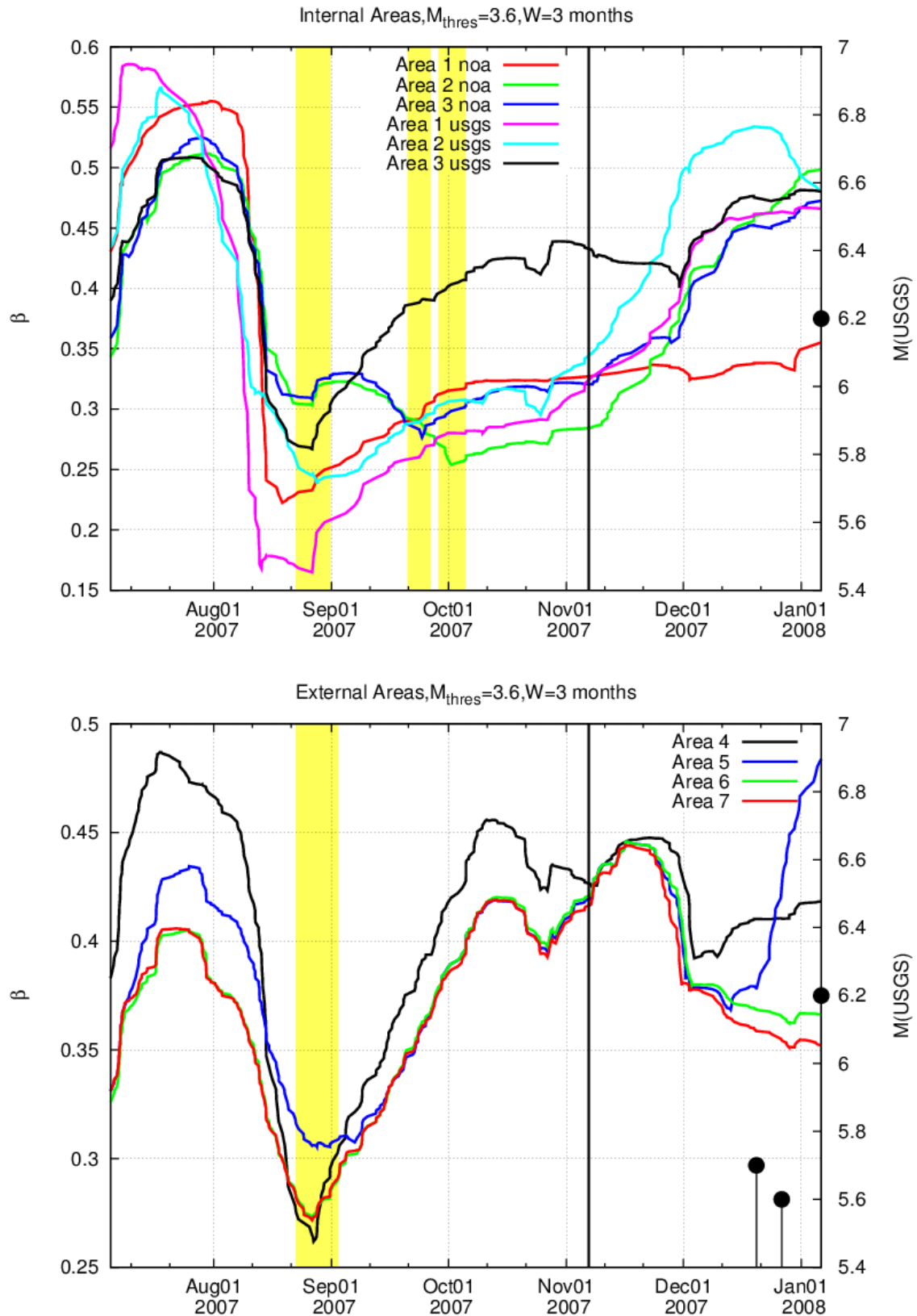
Πίνακας 21: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Λεωνιδίου για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 60-65.



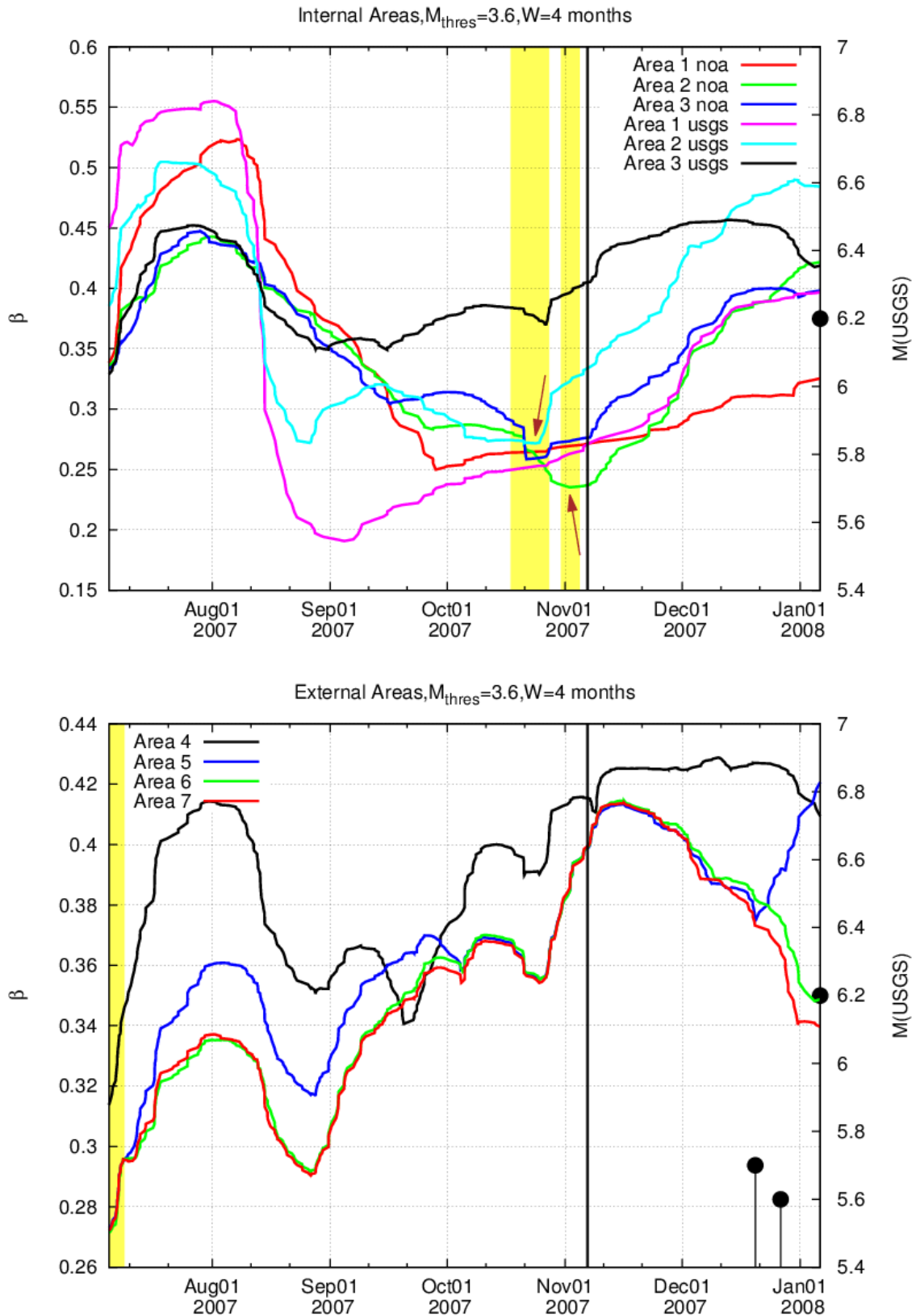
Εικόνα 66: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



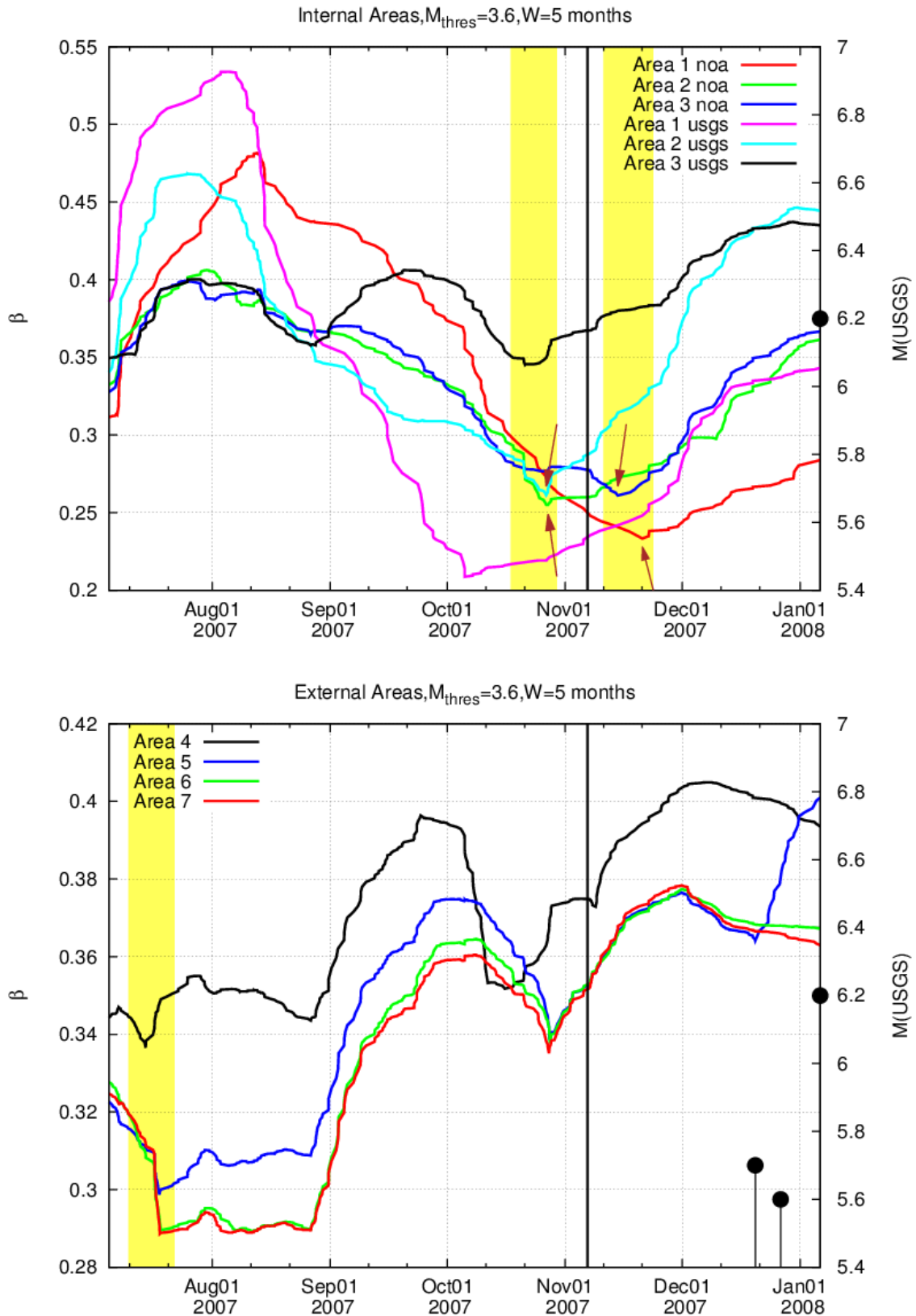
Εικόνα 67: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



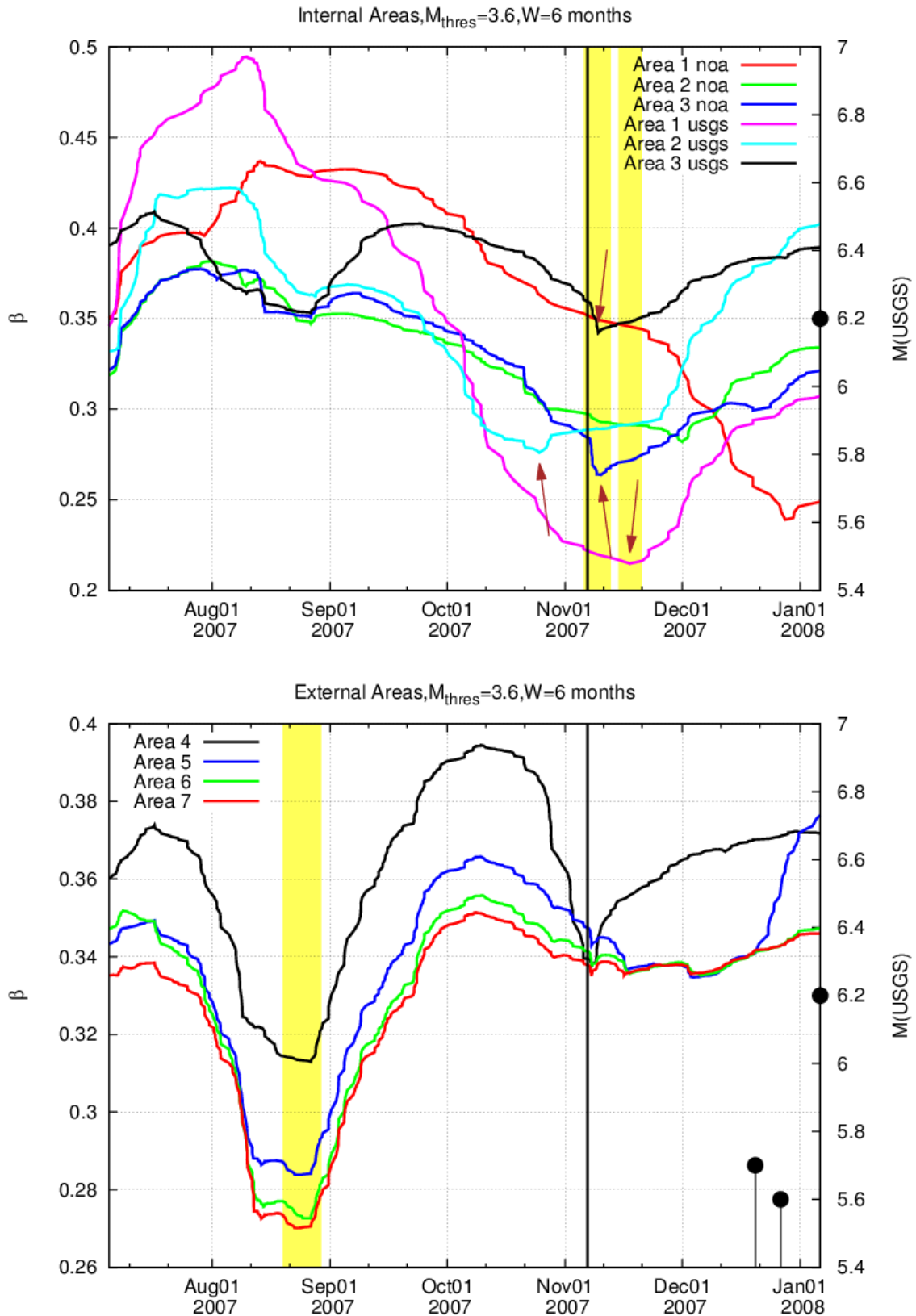
Εικόνα 68: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 69: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 70: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 71: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 06/07/2007 έως και το σεισμό του Λεωνιδίου (06/01/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES που καταγράφηκε πριν από το σεισμό (07/11/2007) απεικονίζεται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.142 (2007-07-29)	0.168 (2007-08-08)	0.222 (2007-08-19)	1.32 (GI-NOA) 1.05 (USGS)	0.250 (2007-09-28)	0.233 (2007-11-21)	0.239 (2007-12-28)
	USGS	0.059 (2007-12-13)	0.157 (2007-08-27)	0.165 (2007-08-27)		0.191 (2007-09-04)	0.209 (2007-10-06)	0.215 (2007-11-17)
2	GI-NOA	0.144 (2007-07-14)	0.240 (2007-08-28)	0.254 (2007-10-02)	1.06 (GI-NOA) 1.62 (USGS)	0.235 (2007-11-02)	0.255 (2007-10-27)	0.282 (2007-12-01)
	USGS	0.129 (2007-07-17)	0.147 (2007-08-27)	0.238 (2007-08-28)		0.272 (2007-10-24)	0.261 (2007-10-27)	0.276 (2007-10-25)
3	GI-NOA	0.142 (2007-07-14)	0.224 (2007-08-26)	0.277 (2007-09-24)	1.24 (GI-NOA) 1.50 (USGS)	0.259 (2007-10-22)	0.261 (2007-11-14)	0.264 (2007-11-10)
	USGS	0.148 (2007-07-14)	0.178 (2007-08-27)	0.267 (2007-08-27)		0.332 (2007-07-06)	0.345 (2007-10-21)	0.342 (2007-11-09)
4	USGS	0.127 (2007-07-14)	0.209 (2007-08-27)	0.262 (2007-08-27)	1.25	0.315 (2007-07-06)	0.337 (2007-07-15)	0.313 (2007-08-27)
5	USGS	0.143 (2007-08-17)	0.175 (2007-08-27)	0.305 (2007-08-31)	1.74	0.273 (2007-07-06)	0.299 (2007-07-19)	0.284 (2007-08-25)
6	USGS	0.146 (2007-08-17)	0.180 (2007-08-27)	0.273 (2007-08-27)	1.52	0.272 (2007-07-06)	0.289 (2007-08-12)	0.273 (2007-08-25)
7	USGS	0.144 (2007-08-17)	0.178 (2007-08-27)	0.272 (2007-08-27)	1.53	0.273 (2007-07-06)	0.289 (2007-07-19)	0.270 (2007-08-23)

Πίνακας 22: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Λεωνιδίου για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 66-71.

Παρατηρώντας τις εικόνες 60-71 και τα δεδομένα των πινάκων 21 και 22 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Λεωνιδίου συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 08-31/08/2007 ενώ δεν παρατηρείται σύμπτωση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης των παραπάνω ελαχίστων της β και της ημερομηνίας εκπομπής του αντίστοιχου SES (07/11/2007).

Τοπικά ελάχιστα της β , οι ημερομηνίες εμφάνισης των οποίων συμπίπτουν εντός δεκατεσσάρων ημερών με την ημερομηνία καταγραφής του SES, εμφανίζονται για ‘παράθυρα’ σάρωσης $W=5$ μήνες και $W=6$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres}=3.2$ και για ‘παράθυρα’ σάρωσης $W=4$ μήνες, $W=5$ μήνες και $W=6$ μήνες για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres}=3.6$. Το πλησιέστερο στην ημερομηνία εκπομπής του SES από αυτά τα τοπικά ελάχιστα της β εμφανίζεται στις 08/11/2007 ($\beta_{W=6months,min}=0.208$, Area 3, βλ. πίνακα 21) για $M_{thres}=3.2$ και στις 09/11/2007 ($\beta_{W=6months,min}=0.342$, Area 3, βλ. πίνακα 22) για $M_{thres}=3.6$ έχοντας χρονική απόσταση από αυτό της τάξεως της 1 ημέρας και των 2 ημερών αντίστοιχα.

Παρατηρείται μείωση της ευκρίνειας των ελαχίστων για τα μεγάλα ‘παράθυρα’ σάρωσης ($W=4-6$ μήνες).

Πέντε από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3months,min}/\beta_{W=2months,min}$ των ελαχίστων των πινάκων 21 και 22 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] με αποτέλεσμα τα ελάχιστα αυτά να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Λεωνιδίου (βλ. πίνακα 23).

$M_{\text{thres}}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months, min}}/\beta_{W=2 \text{ months, min}}$
1	GI-NOA	0.147 (2007-07-30)	0.159 (2007-08-03)	1.08
2	GI-NOA	0.184 (2007-07-17)	0.192 (2007-08-27)	1.04
3	GI-NOA	0.205 (2007-08-27)	0.201 (2007-08-29)	0.98
$M_{\text{thres}}=3.6$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months, min}}/\beta_{W=2 \text{ months, min}}$
1	USGS	0.157 (2007-08-27)	0.165 (2007-08-27)	1.05
2	GI-NOA	0.240 (2007-08-28)	0.254 (2007-10-02)	1.06

Πίνακας 23: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Λεωνιδίου (από τα δεδομένα των πινάκων 21 και 22).

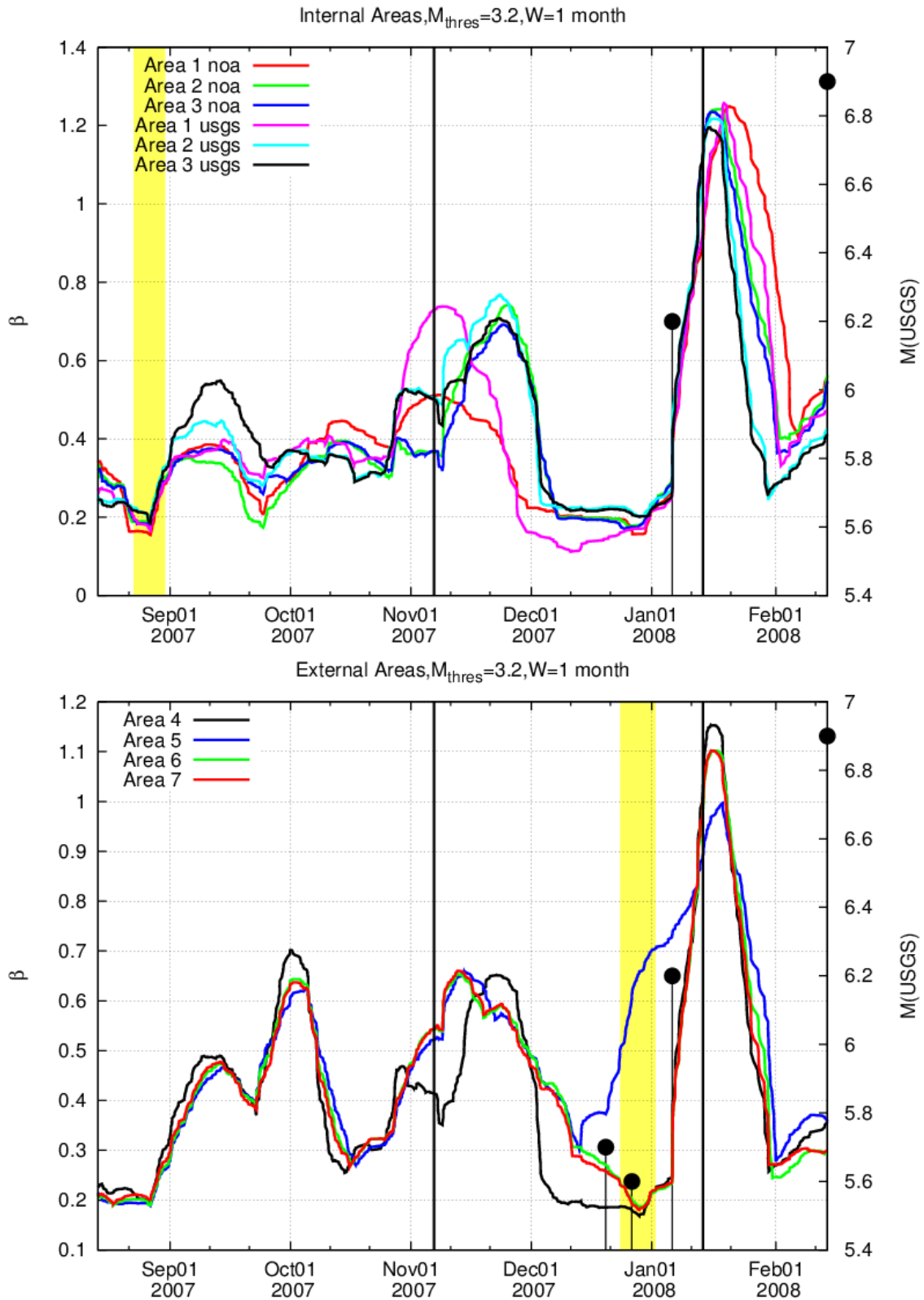
Σημειώνεται ότι τα πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού του Λεωνιδίου εμφανίζονται μόνο στις εσωτερικές περιοχές μελέτης (περιοχές 1-2).

3.2.6: Ο $M_W=6.9$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΕΘΩΝΗΣ (ΜΕΘΩΝΗ 1)

Ο μεγέθους $M_W(USGS) = 6.9$ σεισμός της Μεθώνης 1 εκδηλώθηκε στις 14/02/2008 και είναι ο ισχυρότερος σεισμός μεγέθους $M_W(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκε στην Ελλάδα κατά τη χρονική περίοδο μελέτης (01/01/2000-08/06/2008). Ο σεισμός αυτός είναι ο μεγαλύτερος μιας σεισμικής ακολουθίας τριών ισχυρών δονήσεων που έπληξαν την περιοχή νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου το Φεβρουάριο του 2008.

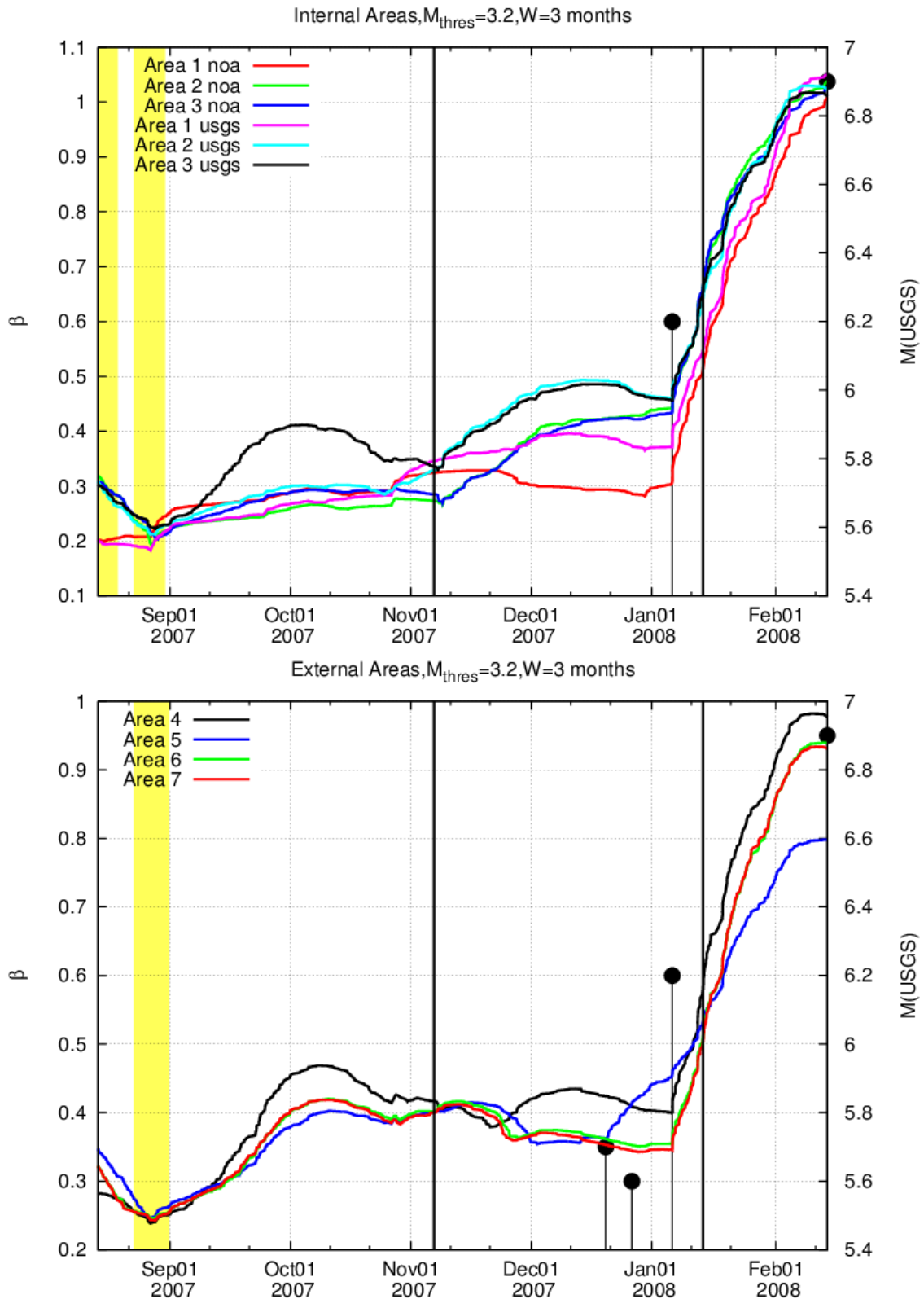
Πριν από την εκδήλωση των εν λόγω σεισμών καταγράφηκε ακολουθία SES στις 14 Ιανουαρίου 2008 και από τις 21 έως τις 26 Ιανουαρίου 2008 από το σταθμό BAN του Πύργου (PIR), δηλαδή, περίπου ένα μήνα πριν από αυτή την σεισμική ακολουθία.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάζεται η χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β και η τυχόν ύπαρξη πρόδρομων ελαχίστων μέχρι και την εκδήλωση του ισχυρότερου εκ των τριών παραπάνω σεισμών (Μεθώνη 1, 14/02/2008, $M_W=6.9$).

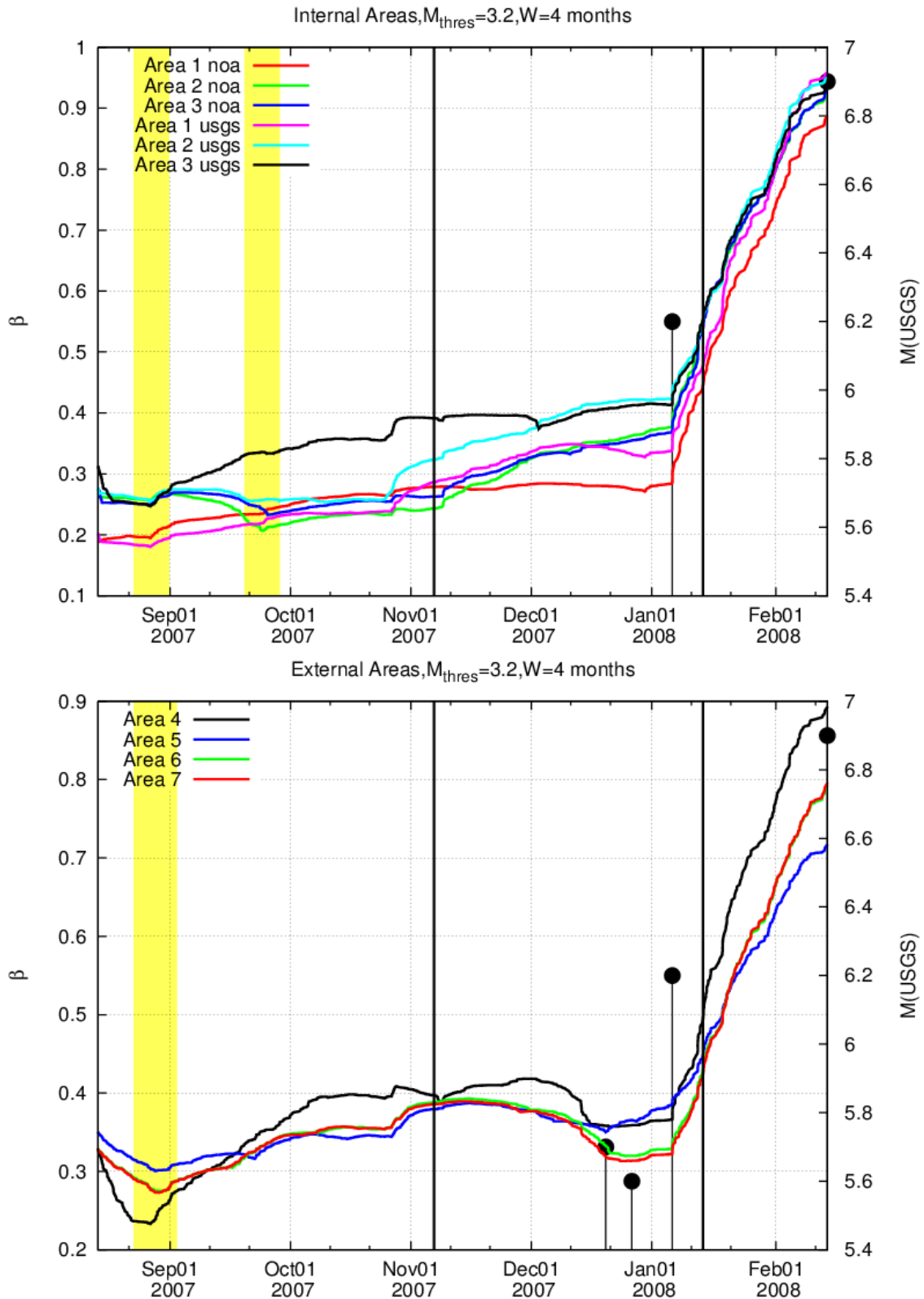


Εικόνα 72: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

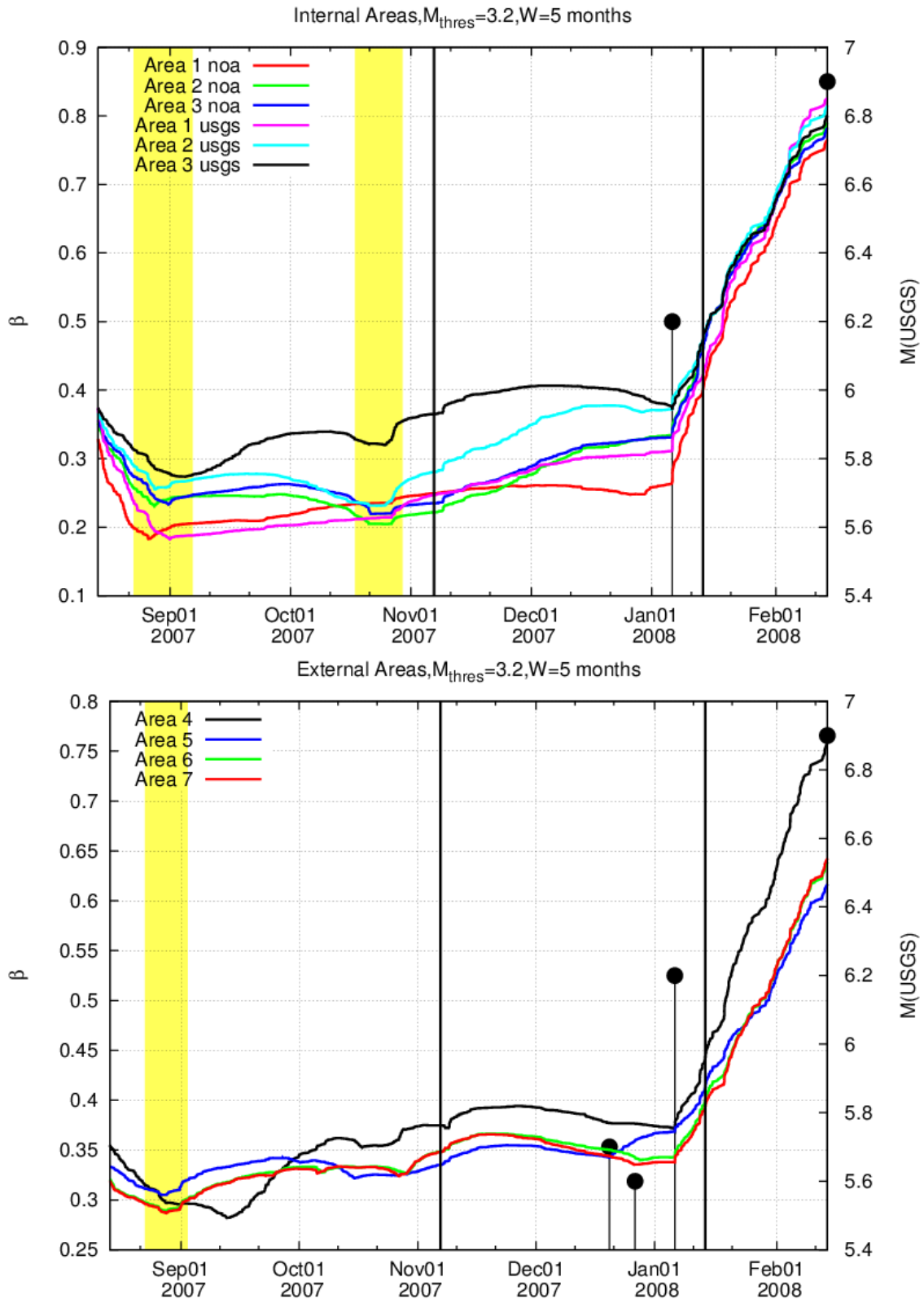
124



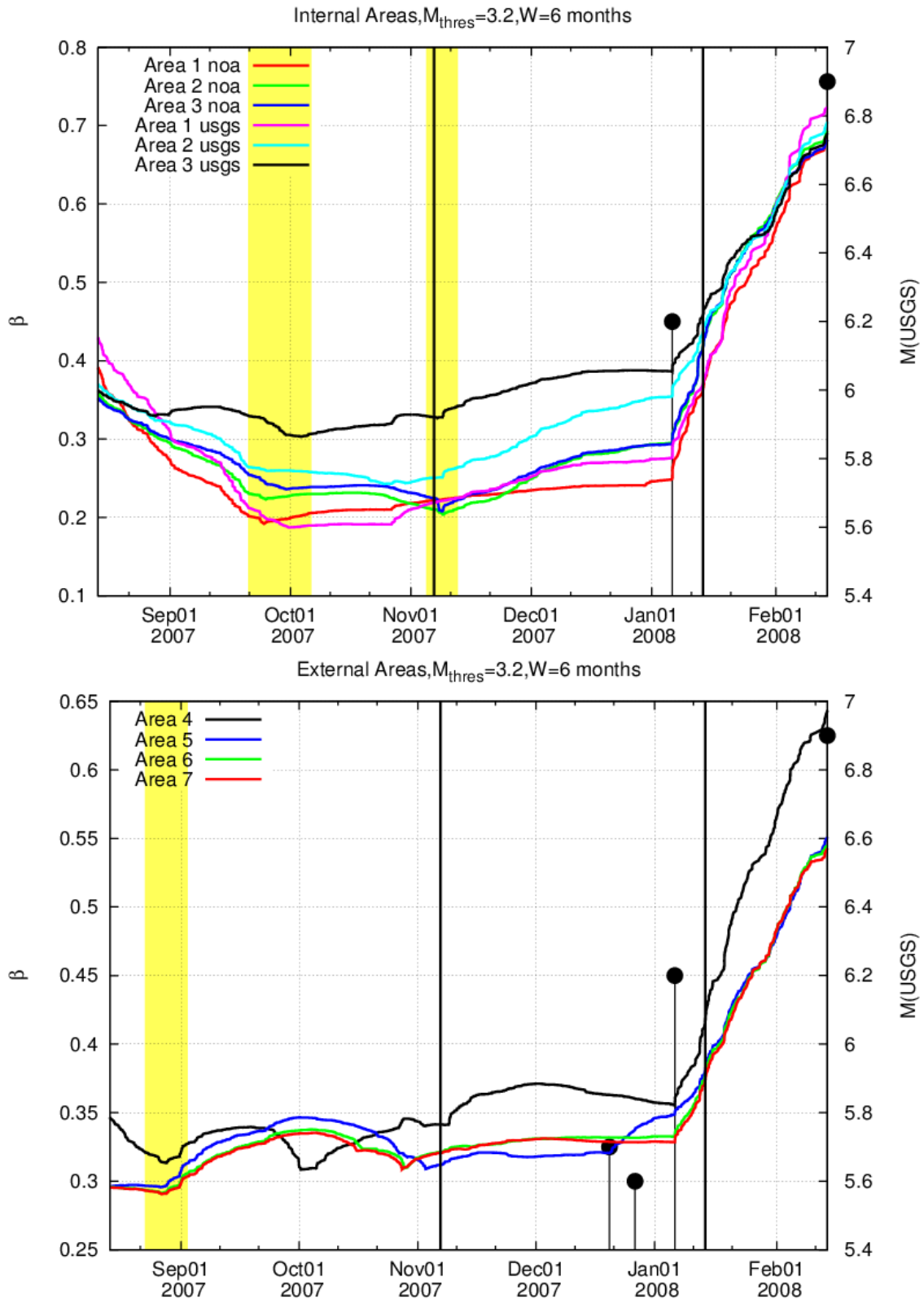
Εικόνα 74: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου k_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 75: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



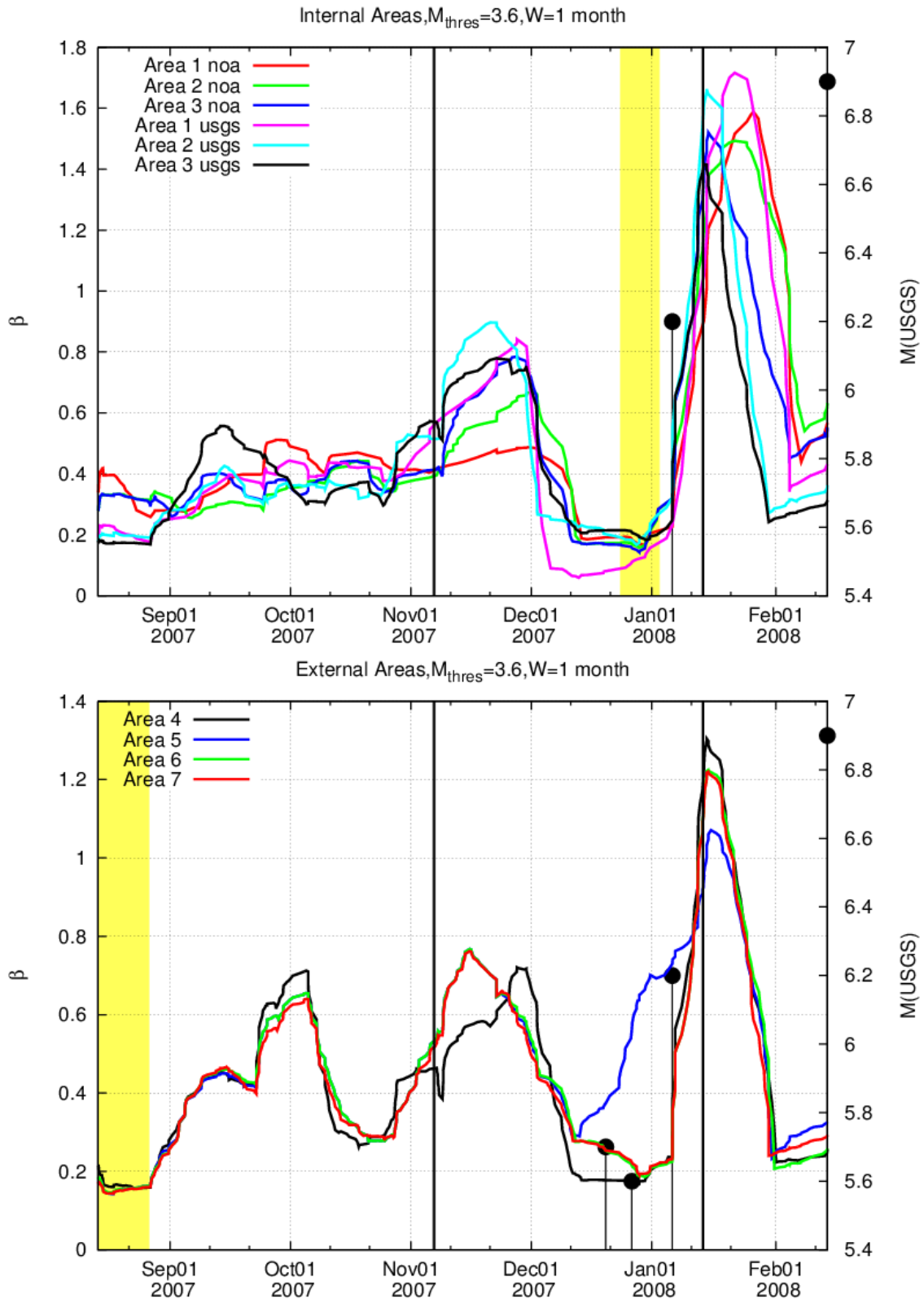
Εικόνα 76: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



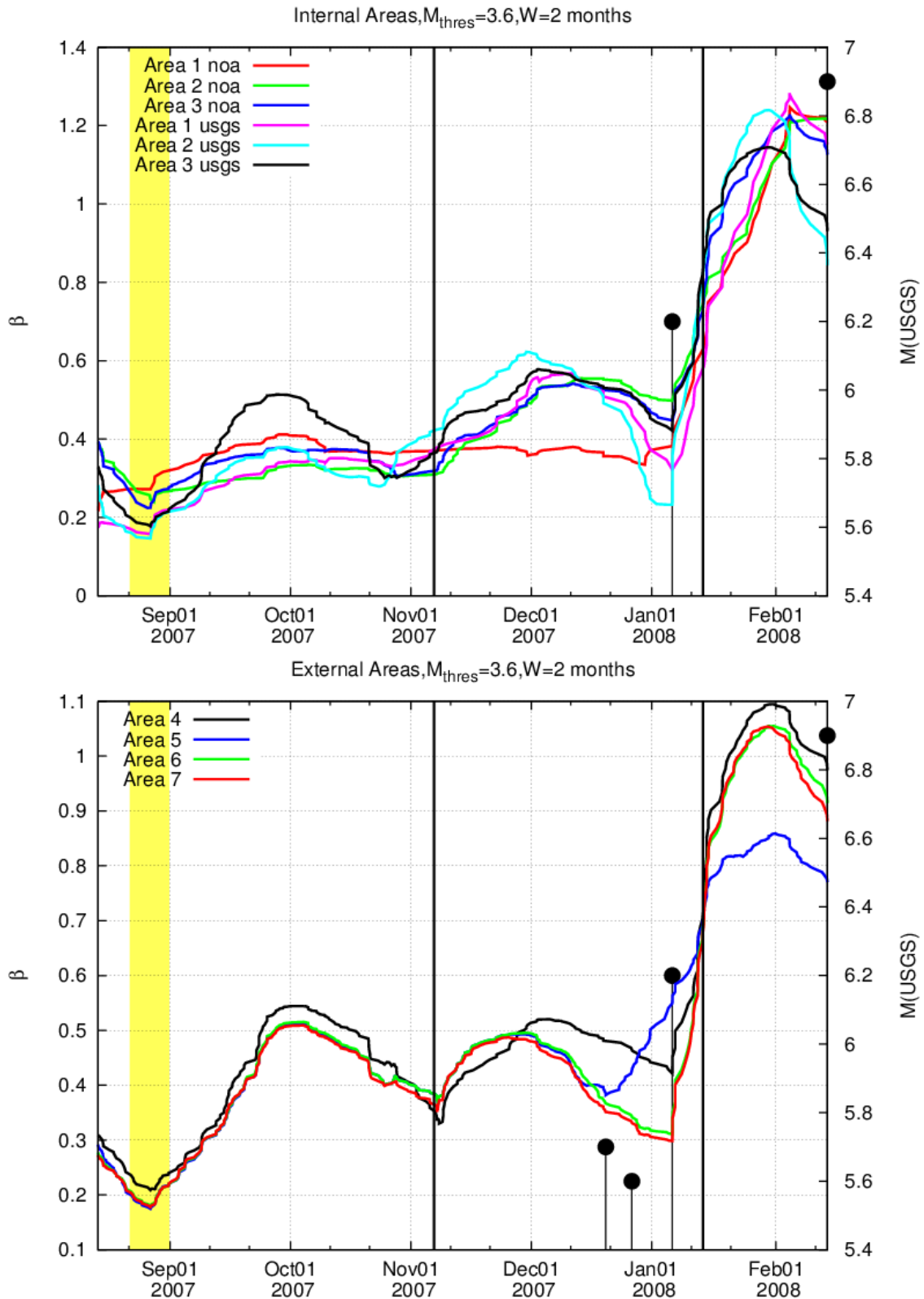
Εικόνα 77: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\text{ months,min}}/\beta_{W=2\text{ months,min}}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.155 (2007-08-27)	0.224 (2008-01-06)	0.198 (2007-08-15)	0.88 (GI-NOA) 1.28 (USGS)	0.188 (2007-08-14)	0.183 (2007-08-26)	0.192 (2007-09-24)
	USGS	0.112 (2007-12-11)	0.143 (2007-12-31)	0.183 (2007-08-27)		0.180 (2007-08-27)	0.183 (2007-09-01)	0.187 (2007-10-01)
2	GI-NOA	0.174 (2007-09-24)	0.214 (2007-08-27)	0.192 (2007-08-27)	0.90 (GI-NOA) 1.17 (USGS)	0.207 (2007-09-24)	0.205 (2007-10-25)	0.203 (2007-11-09)
	USGS	0.192 (2007-08-27)	0.181 (2007-08-27)	0.212 (2007-08-27)		0.254 (2007-10-10)	0.231 (2007-10-24)	0.243 (2007-10-25)
3	GI-NOA	0.171 (2007-12-25)	0.205 (2007-08-27)	0.201 (2007-08-29)	0.98 (GI-NOA) 1.24 (USGS)	0.233 (2007-09-25)	0.219 (2007-10-21)	0.208 (2007-11-08)
	USGS	0.185 (2007-08-27)	0.179 (2007-08-27)	0.222 (2007-08-28)		0.247 (2007-08-27)	0.274 (2007-09-04)	0.303 (2007-10-04)
4	USGS	0.168 (2007-12-28)	0.191 (2007-08-27)	0.239 (2007-08-27)	1.25	0.233 (2007-08-27)	0.282 (2007-09-13)	0.308 (2007-10-02)
5	USGS	0.189 (2007-08-27)	0.190 (2007-08-27)	0.246 (2007-08-27)	1.29	0.300 (2007-08-28)	0.305 (2007-08-28)	0.296 (2007-08-27)
6	USGS	0.187 (2007-12-28)	0.186 (2007-08-27)	0.245 (2007-08-28)	1.32	0.275 (2007-08-30)	0.289 (2007-08-28)	0.291 (2007-08-27)
7	USGS	0.180 (2007-12-28)	0.181 (2007-08-27)	0.243 (2007-08-28)	1.34	0.273 (2007-08-29)	0.287 (2007-08-28)	0.291 (2007-08-27)

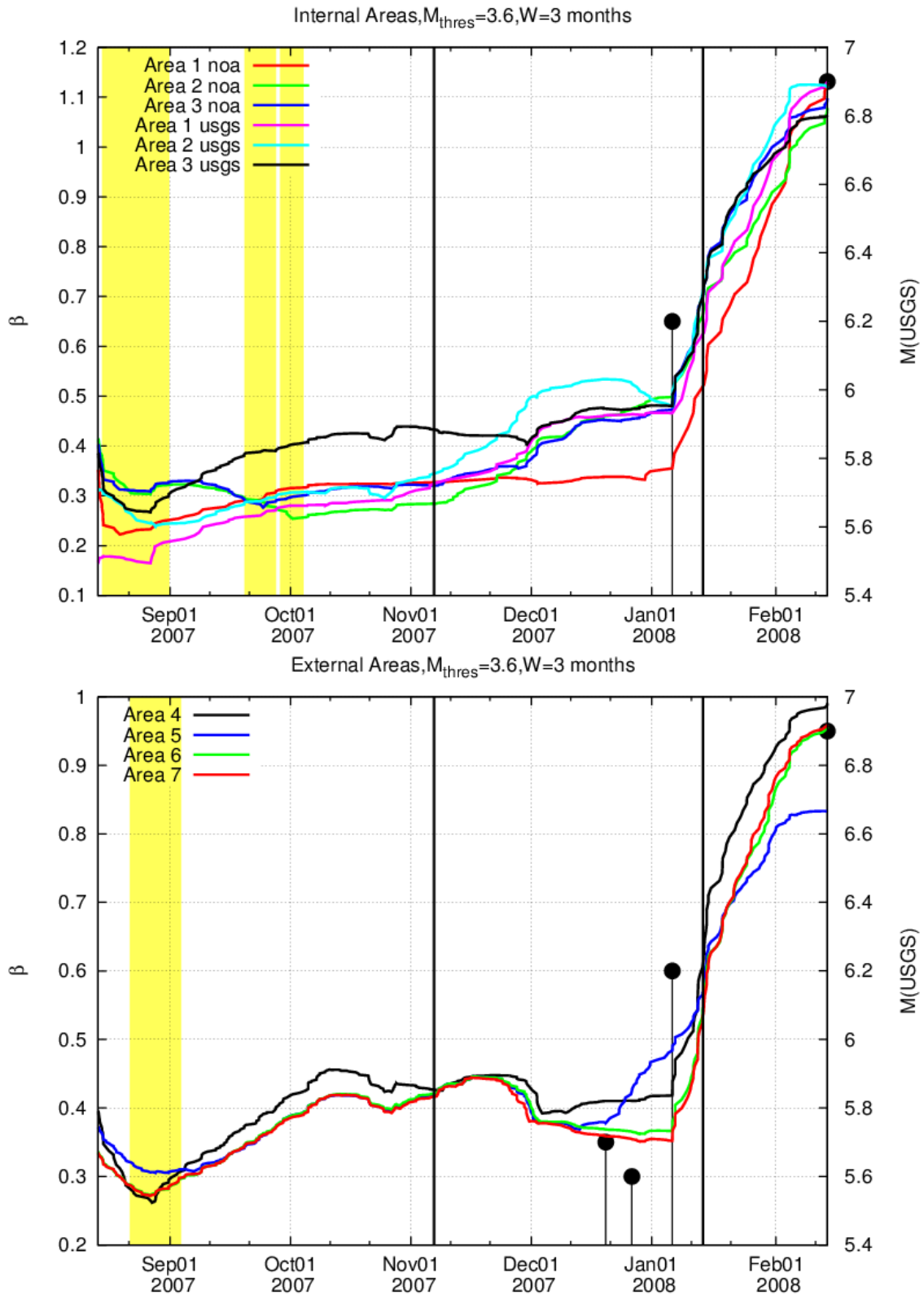
Πίνακας 24: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1 για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 72-77.



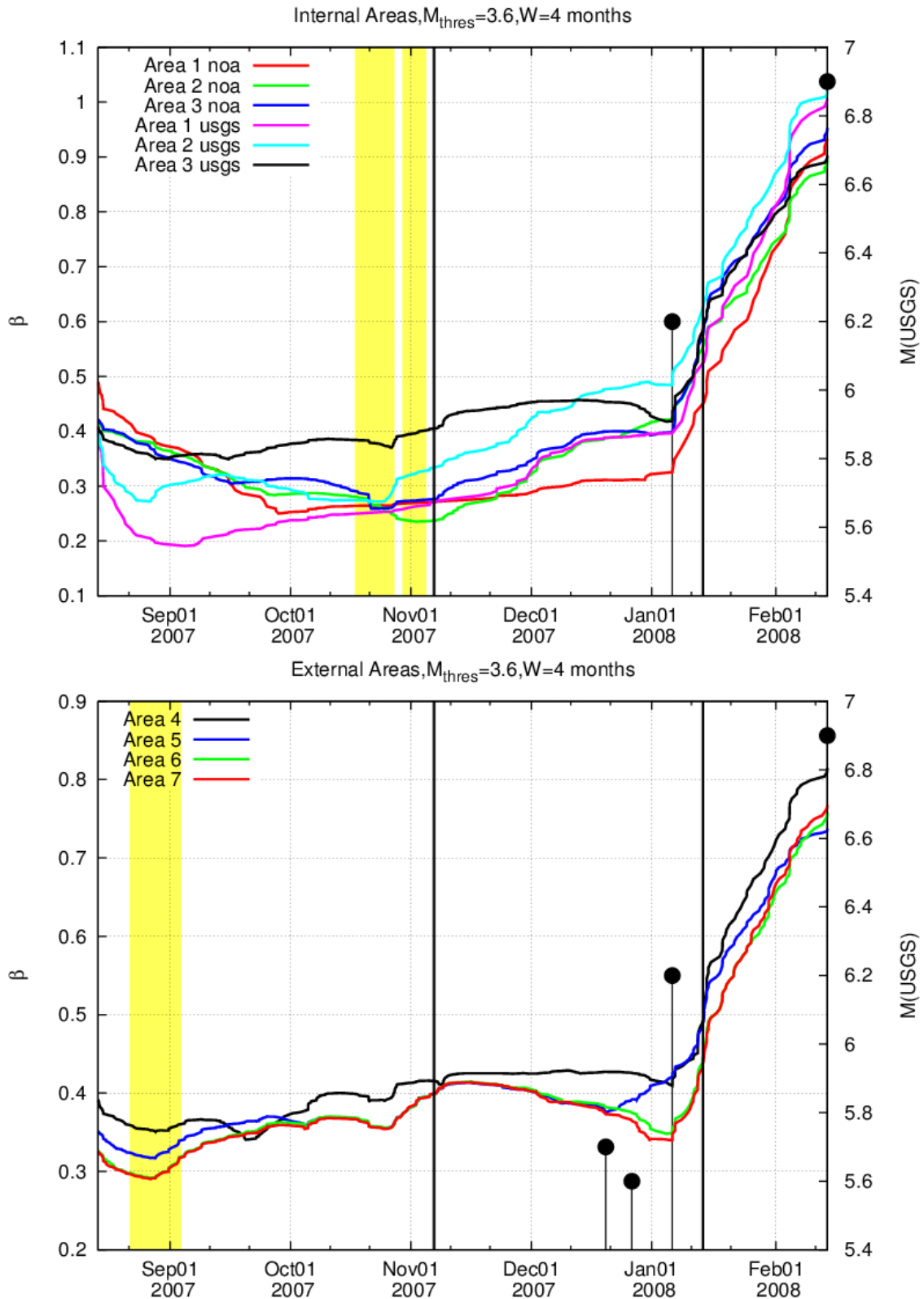
Εικόνα 78: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



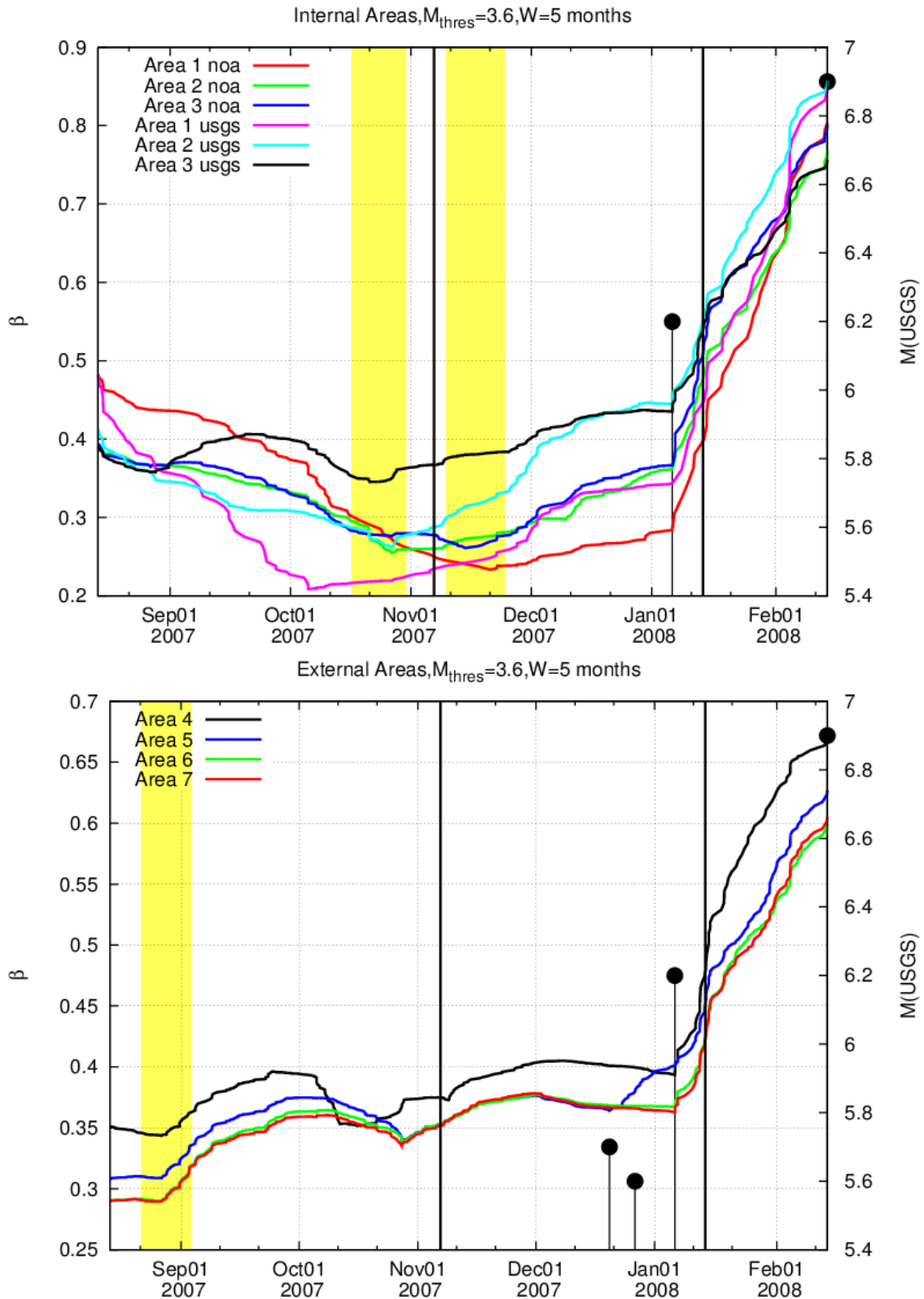
Εικόνα 79: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



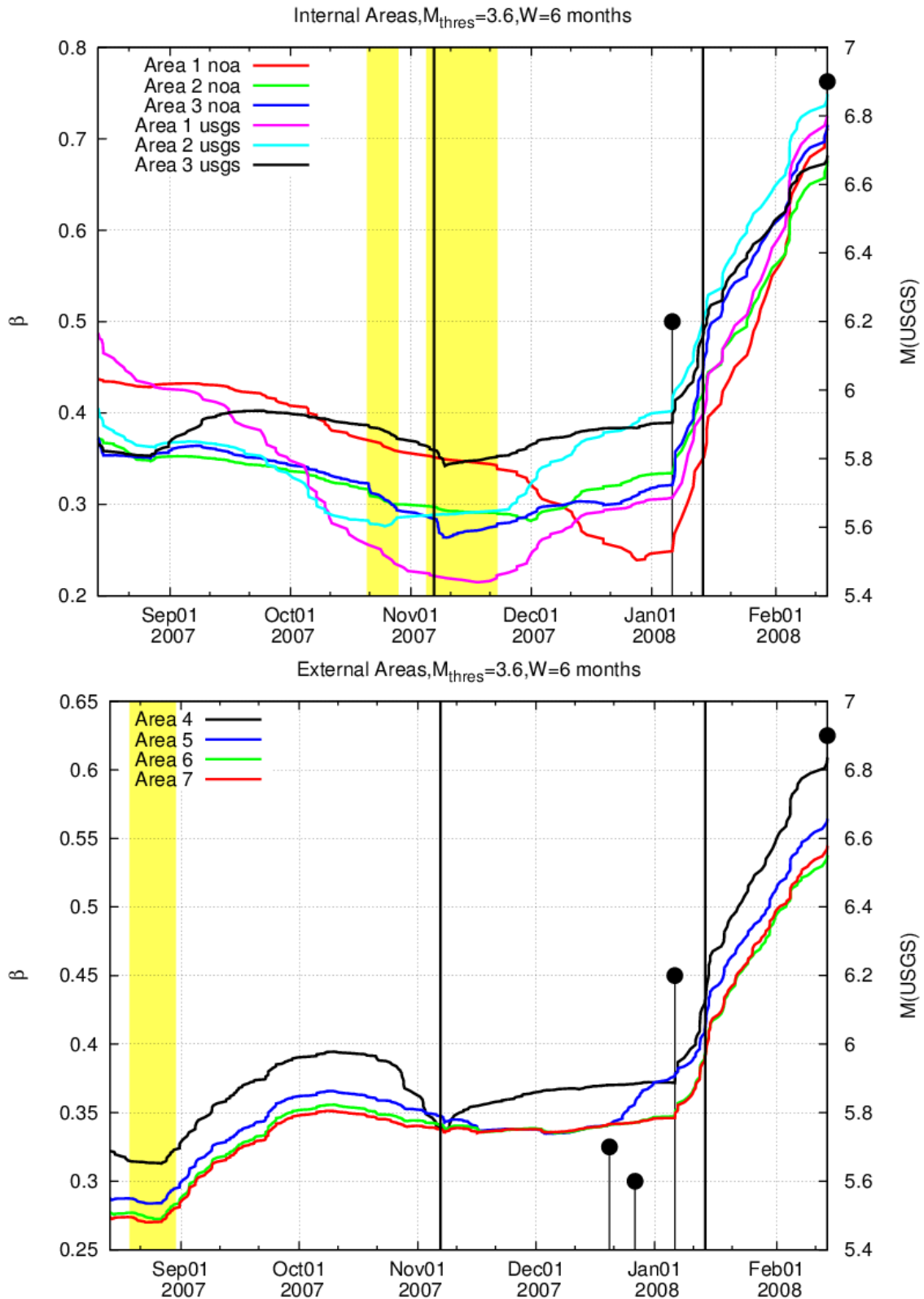
Εικόνα 80: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 81: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 82: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 83: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 14/08/2007 έως και το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/02/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το SES του σεισμού του Λεωνιδίου (07/11/2007) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.166 (2007-12-30)	0.219 (2007-08-14)	0.222 (2007-08-19)	1.01 (GI-NOA) 1.04 (USGS)	0.250 (2007-09-28)	0.233 (2007-11-21)	0.239 (2007-12-28)
	USGS	0.059 (2007-12-13)	0.158 (2007-08-27)	0.165 (2007-08-27)		0.191 (2007-09-04)	0.209 (2007-10-06)	0.215 (2007-11-17)
2	GI-NOA	0.159 (2007-12-28)	0.240 (2007-08-28)	0.254 (2007-10-02)	1.06 (GI-NOA) 1.62 (USGS)	0.235 (2007-11-02)	0.255 (2007-10-27)	0.282 (2007-12-01)
	USGS	0.168 (2007-12-28)	0.147 (2007-08-27)	0.238 (2007-08-28)		0.272 (2007-10-24)	0.261 (2007-10-27)	0.276 (2007-10-25)
3	GI-NOA	0.143 (2007-12-28)	0.224 (2007-08-26)	0.277 (2007-09-24)	1.24 (GI-NOA) 1.50 (USGS)	0.259 (2007-10-22)	0.261 (2007-11-14)	0.264 (2007-11-10)
	USGS	0.169 (2007-08-27)	0.178 (2007-08-27)	0.267 (2007-08-27)		0.349 (2007-09-16)	0.345 (2007-10-21)	0.342 (2007-11-09)
4	USGS	0.157 (2007-08-23)	0.209 (2007-08-27)	0.262 (2007-08-27)	1.25	0.341 (2007-09-20)	0.344 (2007-08-27)	0.313 (2007-08-27)
5	USGS	0.143 (2007-08-17)	0.175 (2007-08-27)	0.305 (2007-08-31)	1.74	0.317 (2007-08-28)	0.308 (2007-08-14)	0.284 (2007-08-25)
6	USGS	0.146 (2007-08-17)	0.180 (2007-08-27)	0.273 (2007-08-27)	1.52	0.292 (2007-08-27)	0.290 (2007-08-27)	0.273 (2007-08-25)
7	USGS	0.144 (2007-08-17)	0.178 (2007-08-27)	0.272 (2007-08-27)	1.53	0.290 (2007-08-27)	0.290 (2007-08-27)	0.270 (2007-08-23)

Πίνακας 25: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1 για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$.

Παρατηρώντας τις εικόνες 72-83 και τα δεδομένα των πινάκων 24 και 25 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1 συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 14-31/08/2007 ενώ δεν παρατηρείται σύμπτωση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης των παραπάνω ελαχίστων της β και της ημερομηνίας εκπομπής του πρώτου SES (14/01/2008) της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από την εκδήλωση του εν λόγω σεισμού.

Τοπικά ελάχιστα της β , η ημερομηνία εμφάνισης των οποίων συμπίπτει εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών με την ημερομηνία έναρξης της καταγραφής της ακολουθίας των SES, πριν από την εκδήλωση του εν λόγω σεισμού εμφανίζονται για ‘παράθυρο’ σάρωσης $W=2$ μήνες και μόνο για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres}=3.2$. Το πλησιέστερο στην ημερομηνία εκπομπής του SES από αυτά τα τοπικά ελάχιστα της β εμφανίζεται στις 06/01/2008 ($\beta_{W=2month,min}=0.224$, Area 1 (GI-NOA), βλ. πίνακα 24) έχοντας χρονική απόσταση από αυτό της τάξεως των 8 ημερών.

Παρατηρείται και στην περίπτωση αυτή μείωση της ευκρίνειας των ελαχίστων για τα μεγάλα ‘παράθυρα’ σάρωσης ($W=4-6$ μήνες).

Τέσσερις από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3months,min}/\beta_{W=2months,min}$ των ελαχίστων των πινάκων 24 και 25 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] με αποτέλεσμα τα ελάχιστα αυτά να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1 (βλ. πίνακα 26).

$M_{thres}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\ months,min}/\beta_{W=2\ months,min}$
3	GI-NOA	0.205 (2007-08-27)	0.201 (2007-08-29)	0.98
$M_{thres}=3.6$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\ months,min}/\beta_{W=2\ months,min}$
1	GI-NOA	0.219 (2007-08-14)	0.222 (2007-08-19)	1.01 (GI-NOA)
	USGS	0.158 (2007-08-27)	0.165 (2007-08-27)	1.04 (USGS)
2	GI-NOA	0.240 (2007-08-28)	0.254 (2007-10-02)	1.06

Πίνακας 26: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3months,min}/\beta_{W=2months,min}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1 (από τα δεδομένα των πινάκων 24 και 25).

Σημειώνεται ότι τα πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1 εμφανίζονται μόνο στις εσωτερικές περιοχές μελέτης (περιοχές 1-3).

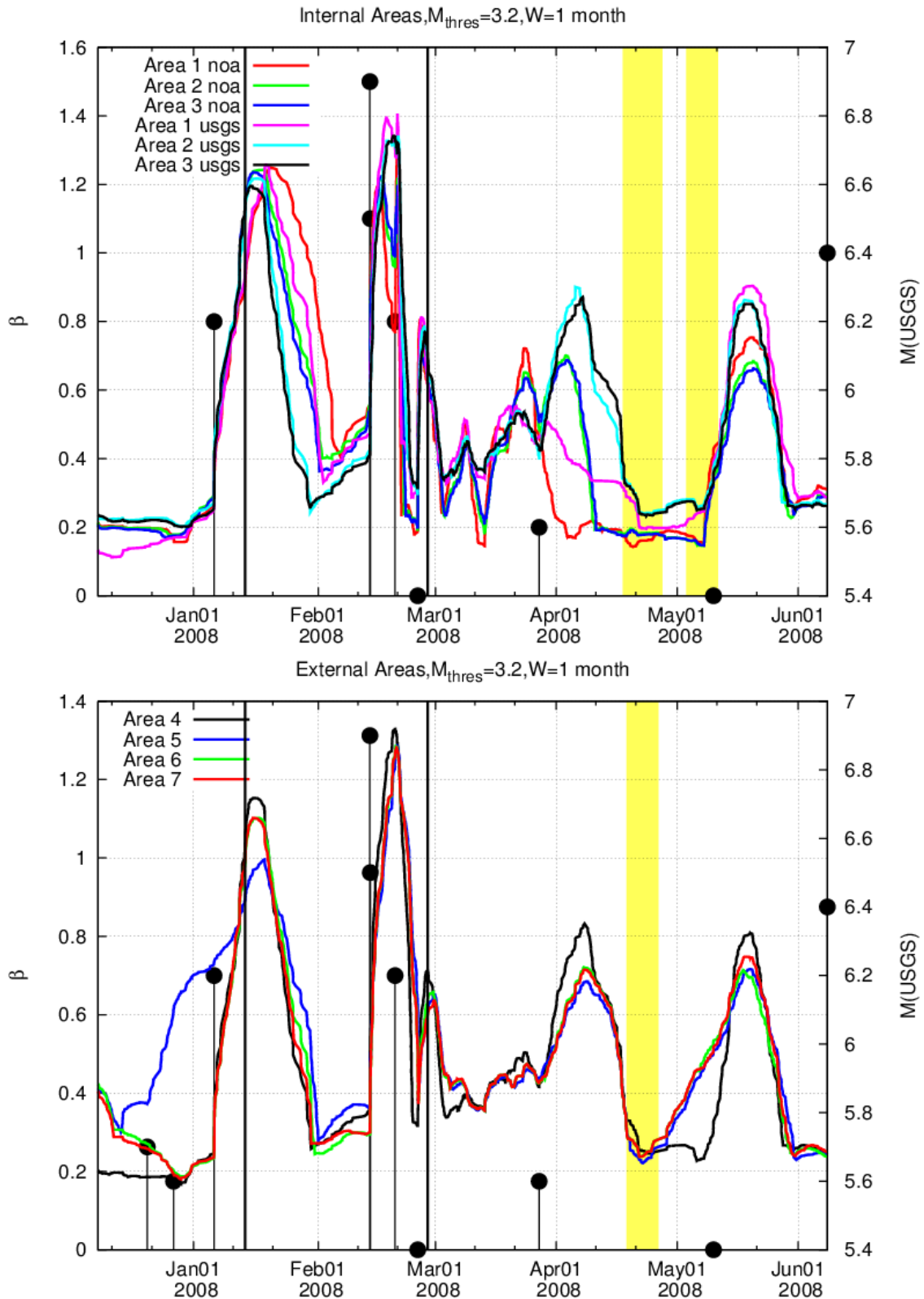
Επιπλέον το σύνολο σχεδόν των τοπικών ελαχίστων της β, που θεωρούνται στους πίνακες 23 και 24 ως τοπικά ελάχιστα που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Μεθώνης 1, έχουν προηγουμένως χαρακτηριστεί (πίνακες 21 και 22) ως τοπικά ελάχιστα του σεισμού του Λεωνιδίου.

Η μικρή χρονική διαφορά μεταξύ της εκδήλωσης αυτών των δυο σεισμών (περίπου 5 εβδομάδες) δεν επιτρέπει τη διάκριση και την ταυτοποίηση των ελαχίστων αυτών ως ελάχιστα της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του ενός ή του άλλου σεισμού.

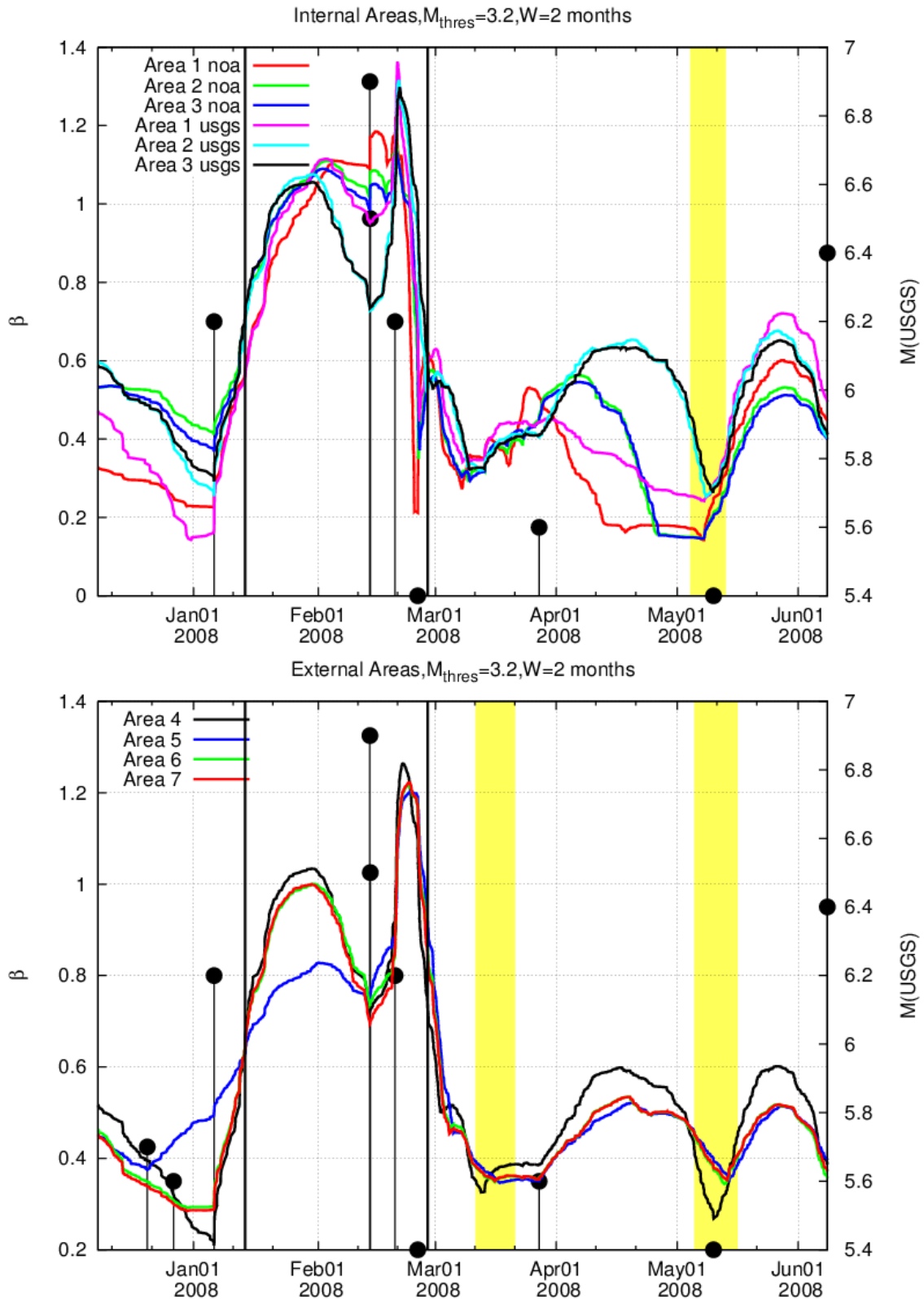
3.2.7: Ο $M_w=6.4$ ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΔΡΑΒΙΔΑΣ

Ο σεισμός της Ανδραβίδας εκδηλώθηκε στις 8 Ιουνίου 2008 με μέγεθος $M_w(USGS) = 6.4$.

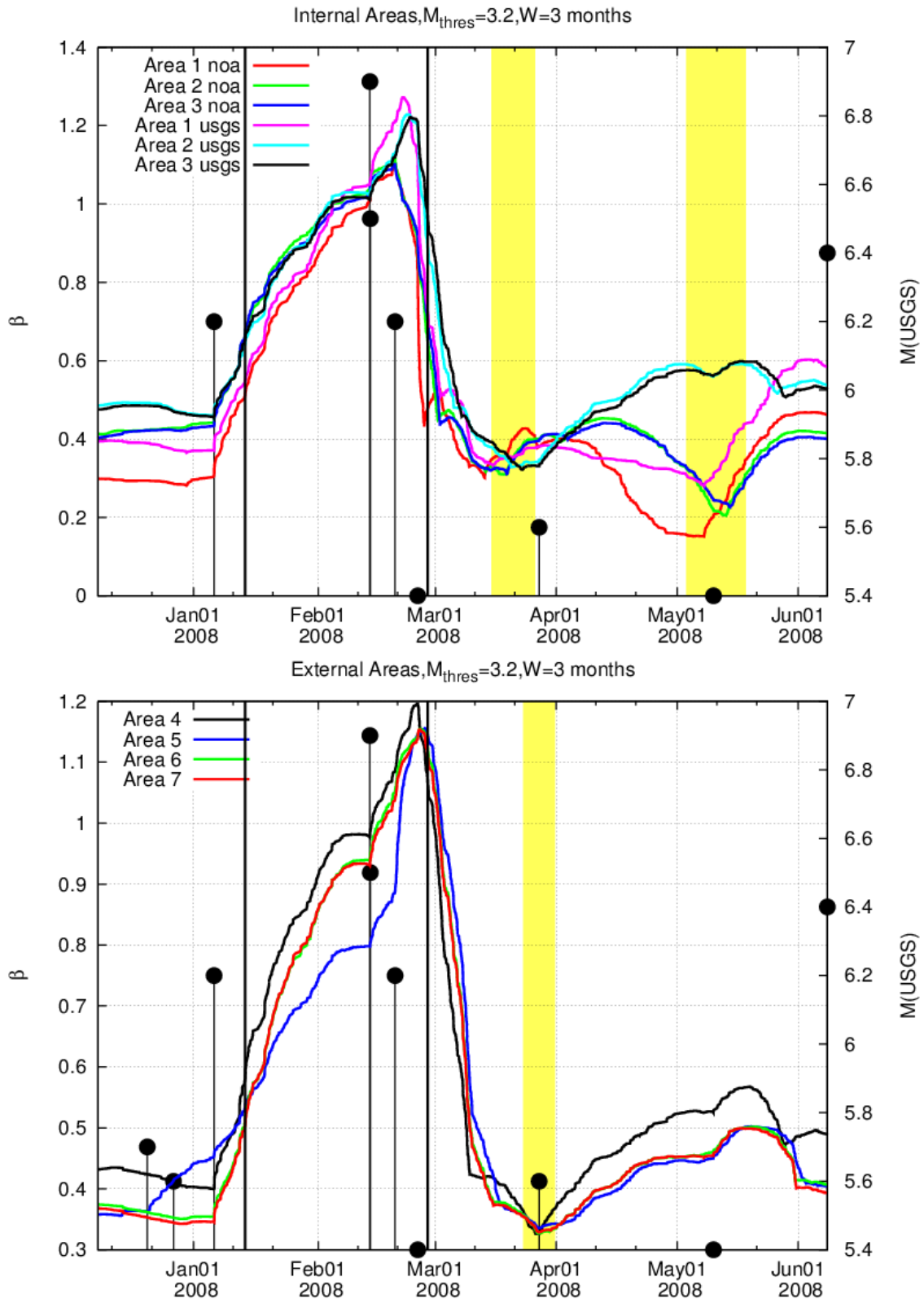
Πριν από την εκδήλωση του σεισμού καταγράφηκε ακολουθία SES από τις 29 Φεβρουαρίου 2008 έως τις 2 Μαρτίου 2008 από το σταθμό BAN του Πύργου (PIR) έχοντας χρονική απόσταση από αυτόν της τάξης των περίπου 3 μηνών.



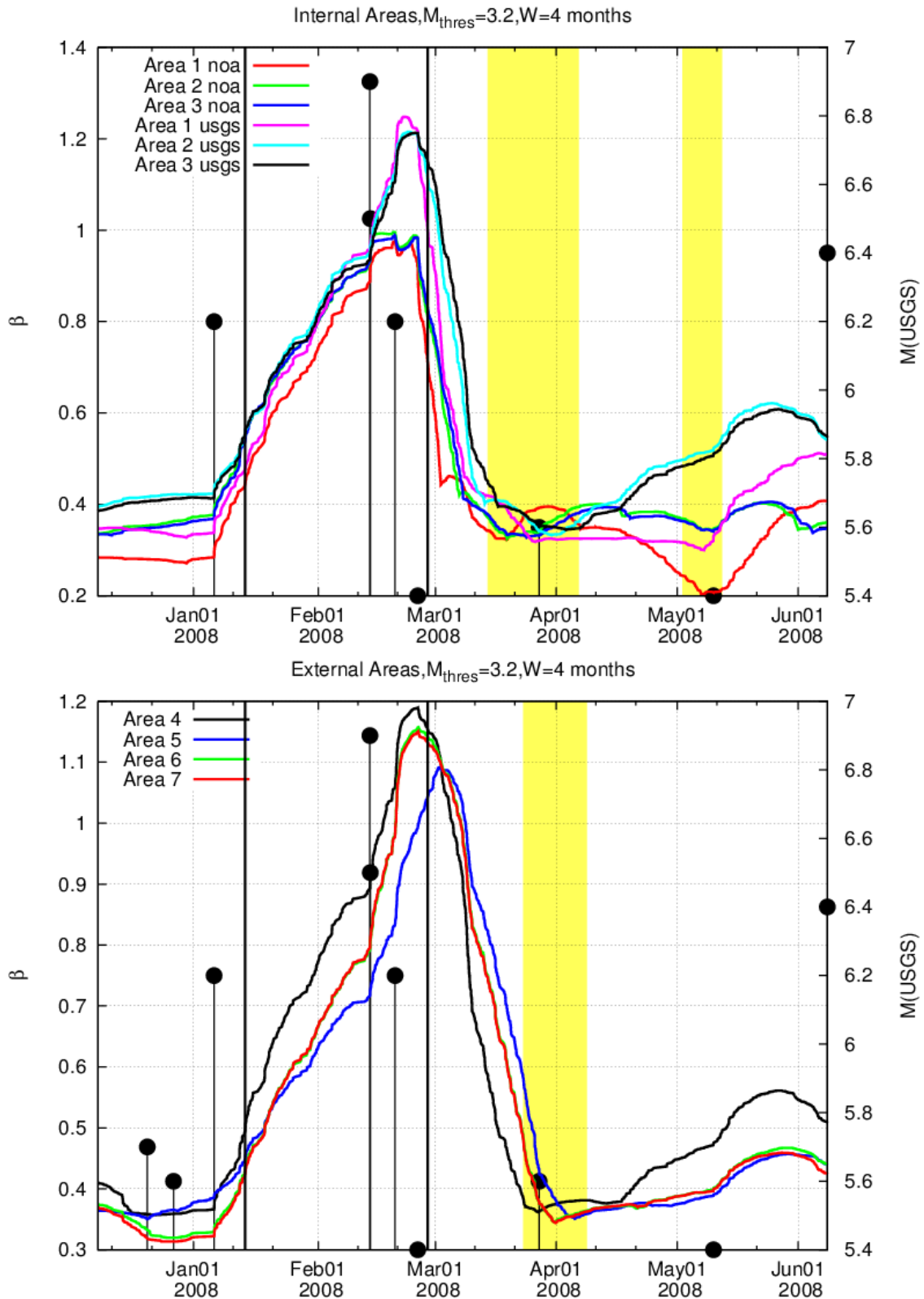
Εικόνα 84: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A1) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A2) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης 1 (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



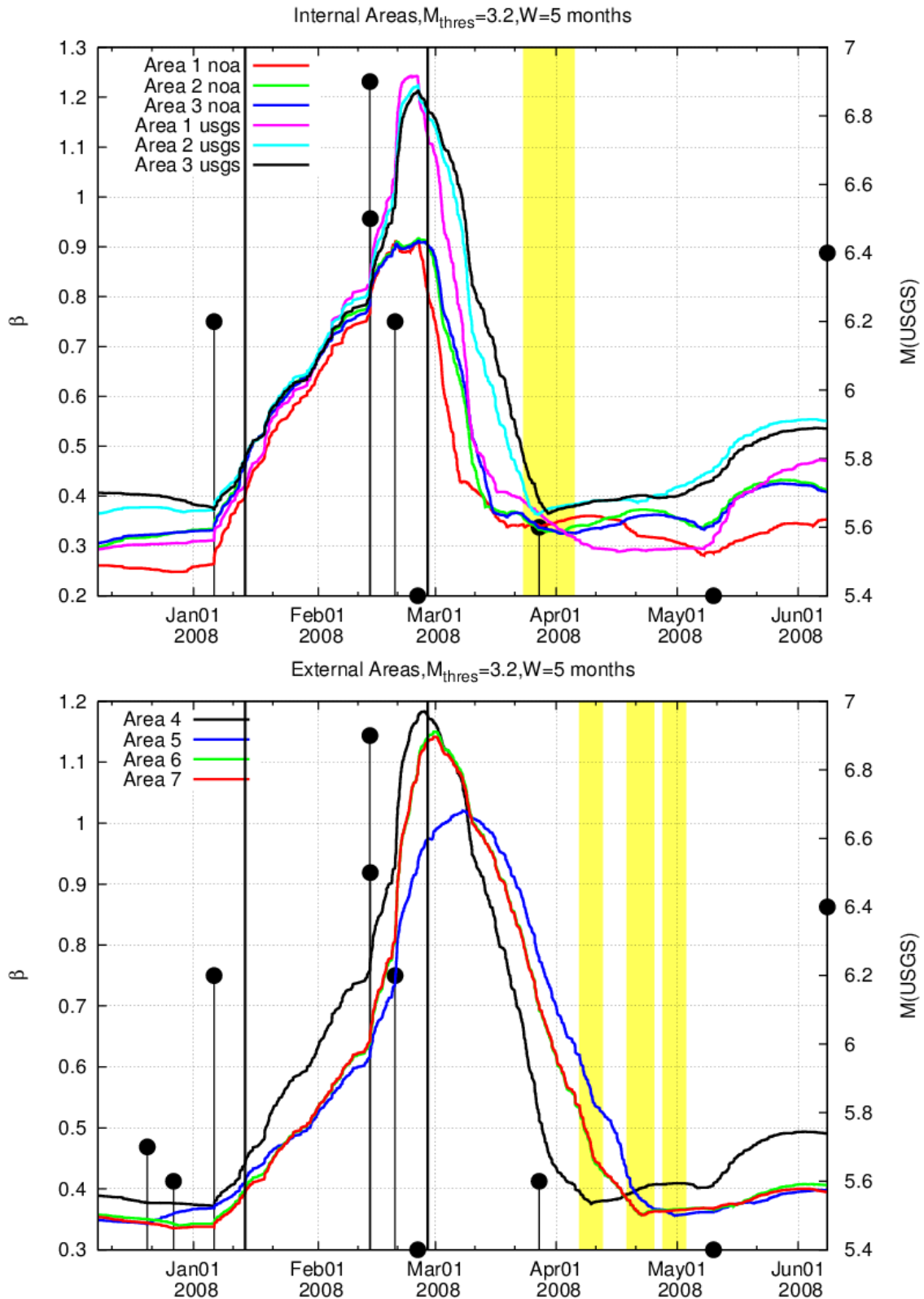
Εικόνα 85: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A3) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A4) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



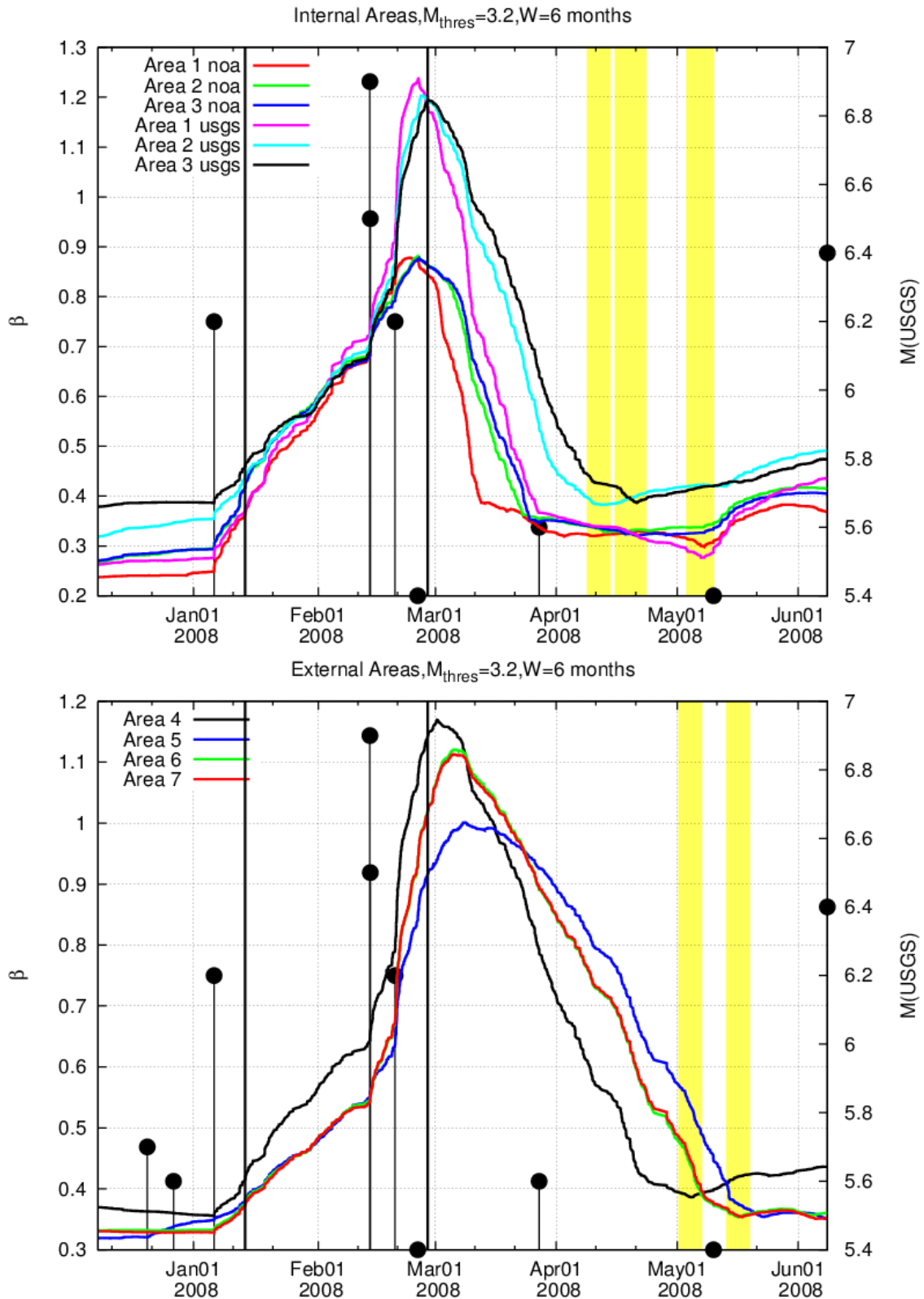
Εικόνα 86: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A5) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A6) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 87: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A7) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A8) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



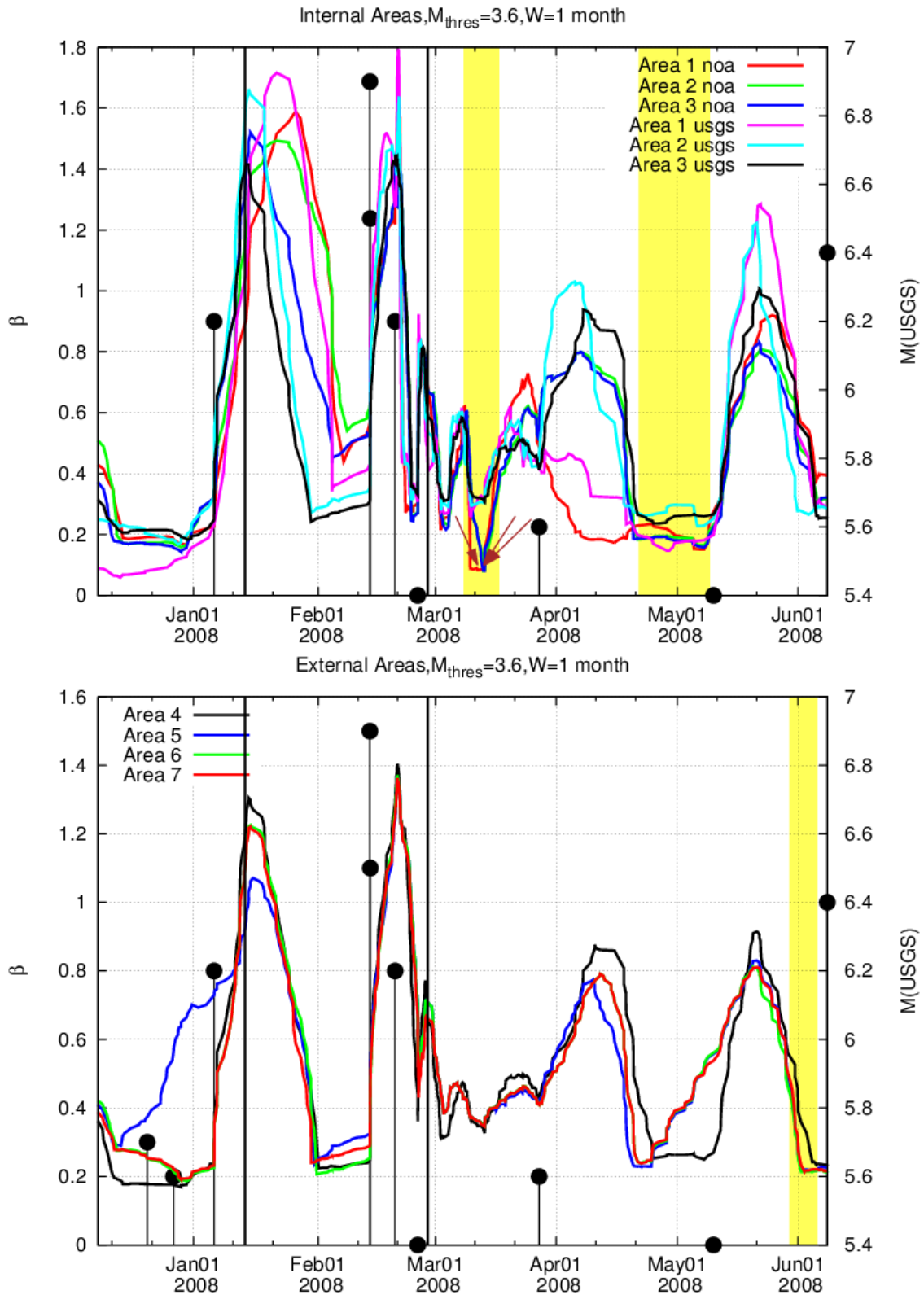
Εικόνα 88: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A9) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A10) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



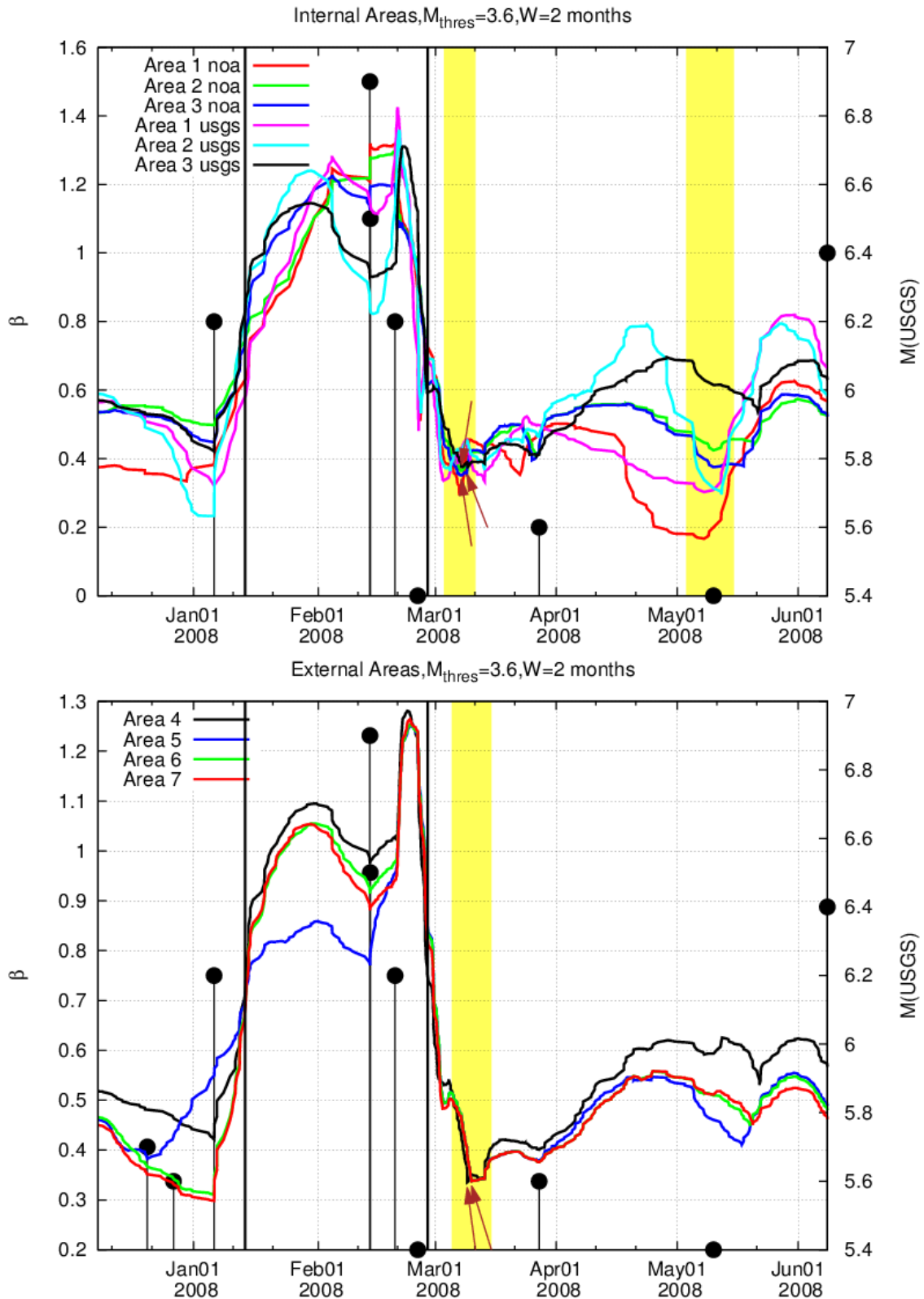
Εικόνα 89: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A11) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A12) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months},min}/\beta_{W=2 \text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.143 (2008-04-20)	0.142 (2008-05-08)	0.152 (2008-05-08)	1.07 (GI-NOA) 1.16 (USGS)	0.202 (2008-05-08)	0.281 (2008-05-08)	0.298 (2008-05-08)
	USGS	0.195 (2008-04-23)	0.242 (2008-05-08)	0.281 (2008-05-08)		0.300 (2008-05-08)	0.289 (2008-05-08)	0.276 (2008-05-07)
2	GI-NOA	0.146 (2008-05-08)	0.146 (2008-05-08)	0.205 (2008-05-14)	1.40 (GI-NOA) 1.30 (USGS)	0.325 (2008-03-19)	0.327 (2008-04-02)	0.326 (2008-04-18)
	USGS	0.238 (2008-04-23)	0.254 (2008-05-08)	0.329 (2008-03-20)		0.333 (2008-03-31)	0.362 (2008-03-28)	0.383 (2008-04-12)
3	GI-NOA	0.147 (2008-05-08)	0.146 (2008-05-08)	0.227 (2008-05-15)	1.55 (GI-NOA) 1.26 (USGS)	0.328 (2008-03-24)	0.325 (2008-04-02)	0.320 (2008-04-21)
	USGS	0.233 (2008-04-23)	0.263 (2008-05-08)	0.332 (2008-03-23)		0.344 (2008-04-03)	0.365 (2008-03-30)	0.386 (2008-04-21)
4	USGS	0.227 (2008-05-06)	0.269 (2008-05-10)	0.326 (2008-03-28)	1.21	0.361 (2008-03-28)	0.375 (2008-04-10)	0.386 (2008-05-05)
5	USGS	0.221 (2008-04-23)	0.347 (2008-03-18)	0.334 (2008-03-28)	0.96	0.351 (2008-04-05)	0.356 (2008-05-01)	0.351 (2008-06-08)
6	USGS	0.236 (2008-06-08)	0.344 (2008-05-13)	0.326 (2008-03-28)	0.95	0.346 (2008-03-31)	0.357 (2008-04-22)	0.354 (2008-05-17)
7	USGS	0.238 (2008-04-22)	0.350 (2008-03-16)	0.328 (2008-03-28)	0.94	0.344 (2008-04-01)	0.357 (2008-04-23)	0.351 (2008-06-05)

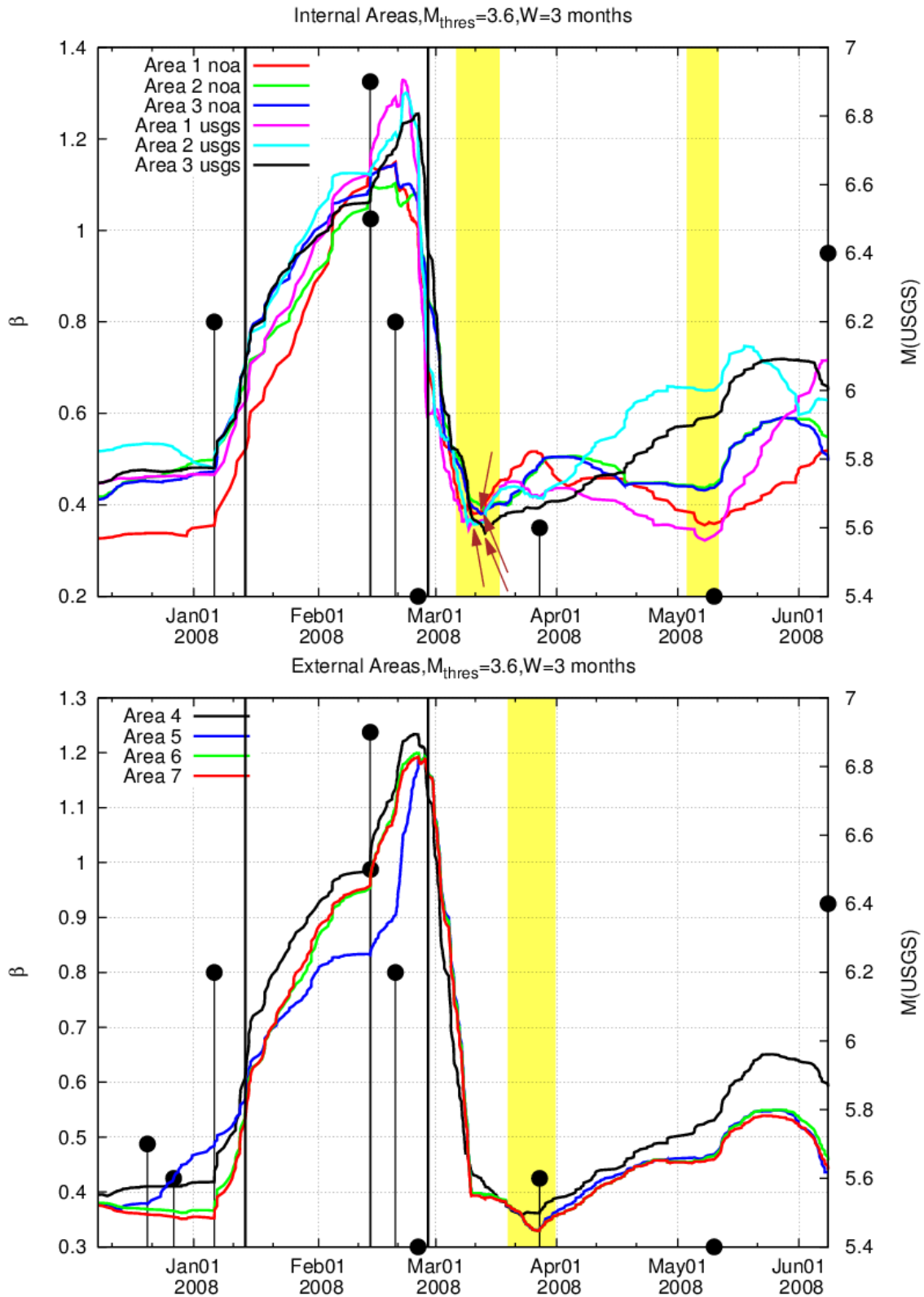
Πίνακας 27: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Ανδραβίδας για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.2$.



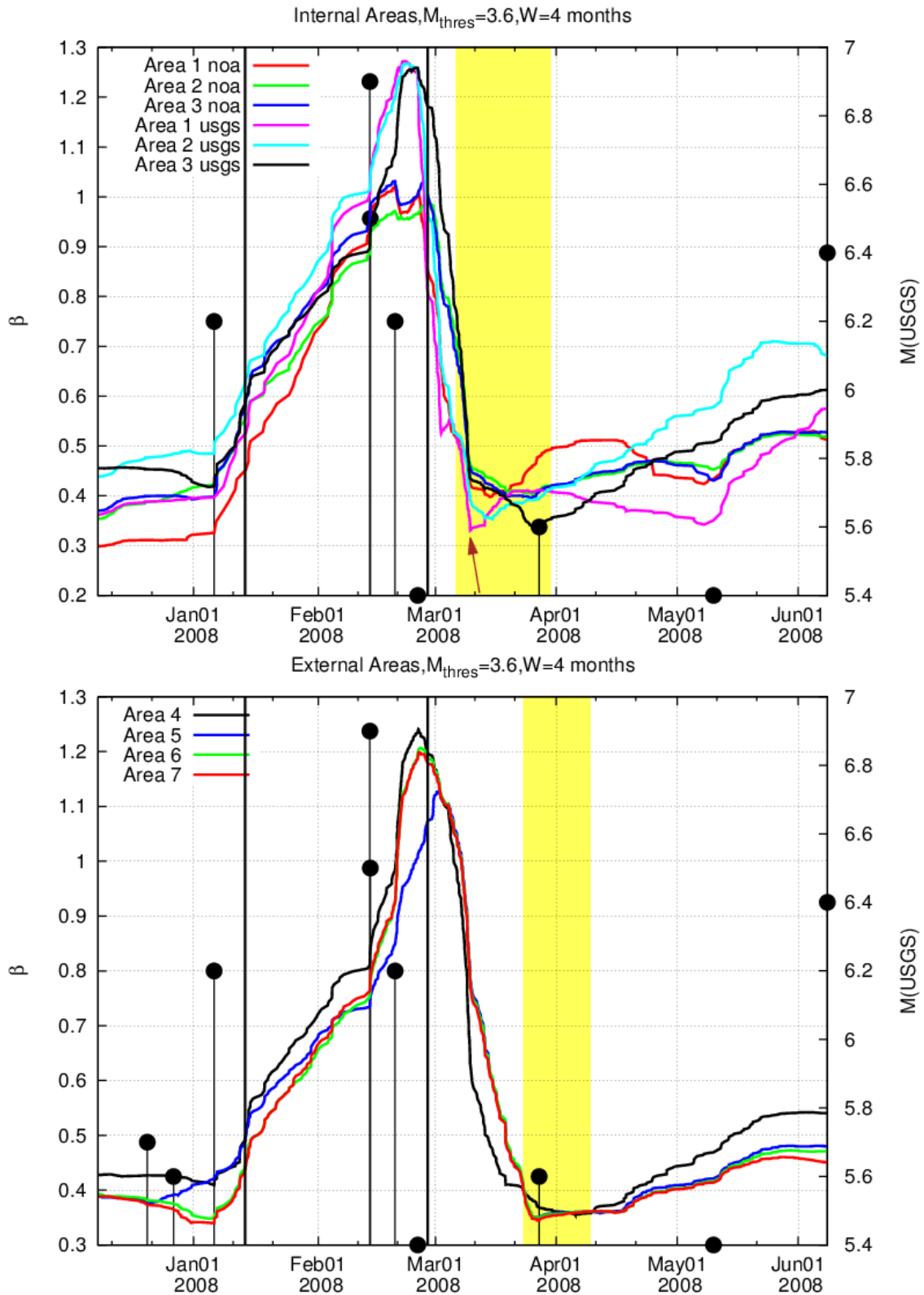
Εικόνα 90: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A13) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A14) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



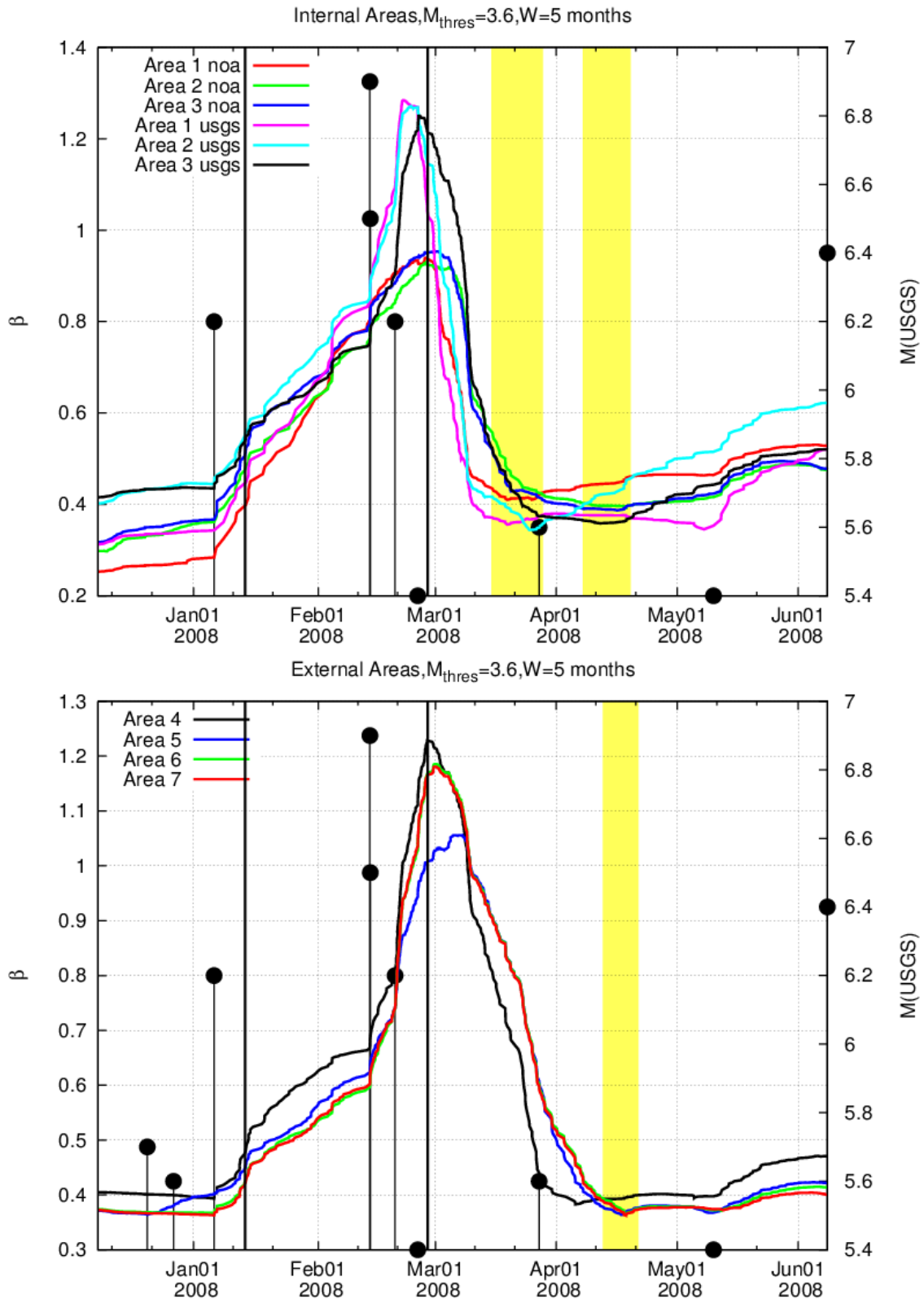
Εικόνα 91: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A15) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A16) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



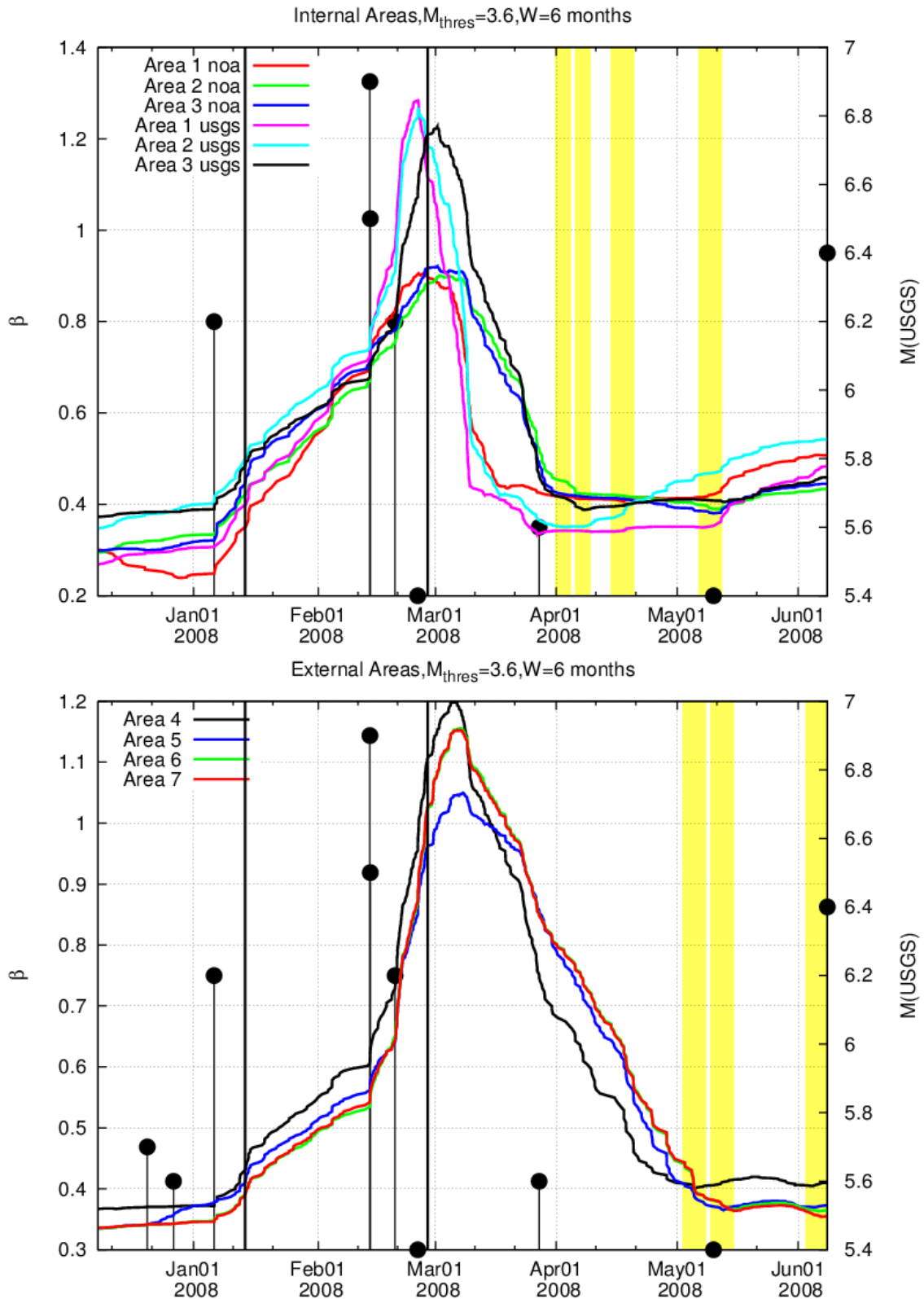
Εικόνα 92: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A17) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A18) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 93: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A19) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A20) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 94: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A21) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A22) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.



Εικόνα 95: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές (άνω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A23) και τις εξωτερικές (κάτω σχήμα, απόσπασμα από εικόνα A24) περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 08/12/2007 έως και το σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008) με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Μεθώνης (14/01/2008) και το πρώτο SES της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από το σεισμό της Ανδραβίδας (29/02/2008) απεικονίζονται με συνεχή κατακόρυφη γραμμή μαύρου χρώματος ενώ με ταινίες κίτρινου χρώματος υποδεικνύονται οι θέσεις πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β που παρατηρούνται σχεδόν ταυτόχρονα (διαφορά όχι μεγαλύτερη των 10 ημερών) σε περισσότερες από μια περιοχές εντός του προαναφερθέντος χρονικού διαστήματος και δε συμπίπτουν με την εκδήλωση του μελετώμενου σεισμού.

		$\beta_{W,min}$						
Area	Seismic Catalog	W=1 month	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3\text{ months},min}/\beta_{W=2\text{ months},min}$	W=4 months	W=5 months	W=6 months
1	GI-NOA	0.083 (2008-03-12)	0.167 (2008-05-08)	0.356 (2008-05-08)	2.13 (GI-NOA) 1.06 (USGS)	0.397 (2008-03-15)	0.410 (2008-03-19)	0.406 (2008-04-18)
	USGS	0.147 (2008-04-29)	0.303 (2008-05-08)	0.322 (2008-05-08)		0.331 (2008-03-10)	0.346 (2008-05-08)	0.335 (2008-03-27)
2	GI-NOA	0.082 (2008-03-13)	0.364 (2008-03-09)	0.388 (2008-03-13)	1.07 (GI-NOA) 1.21 (USGS)	0.402 (2008-03-27)	0.393 (2008-04-18)	0.390 (2008-05-10)
	USGS	0.228 (2008-05-06)	0.296 (2008-05-12)	0.357 (2008-03-11)		0.353 (2008-03-16)	0.344 (2008-03-25)	0.350 (2008-04-03)
3	GI-NOA	0.081 (2008-03-14)	0.351 (2008-03-08)	0.380 (2008-03-13)	1.08 (GI-NOA) 0.91 (USGS)	0.395 (2008-03-25)	0.387 (2008-04-16)	0.381 (2008-05-10)
	USGS	0.236 (2008-04-26)	0.372 (2008-03-08)	0.337 (2008-03-14)		0.332 (2008-03-27)	0.359 (2008-04-12)	0.386 (2008-04-08)
4	USGS	0.231 (2008-06-08)	0.335 (2008-03-09)	0.358 (2008-03-23)	1.07	0.354 (2008-04-06)	0.383 (2008-04-06)	0.400 (2008-05-06)
5	USGS	0.217 (2008-06-05)	0.338 (2008-03-10)	0.331 (2008-03-27)	0.98	0.349 (2008-03-28)	0.364 (2008-04-17)	0.365 (2008-05-13)
6	USGS	0.211 (2008-06-08)	0.338 (2008-03-10)	0.329 (2008-03-27)	0.97	0.348 (2008-03-28)	0.365 (2008-04-18)	0.363 (2008-06-06)
7	USGS	0.214 (2008-06-02)	0.338 (2008-03-10)	0.329 (2008-03-27)	0.97	0.345 (2008-03-28)	0.362 (2008-04-18)	0.354 (2008-06-06)

Πίνακας 28: Τοπικά ελάχιστα της διακύμανσης β που εντοπίζονται εντός του χρονικού διαστήματος των 6 μηνών πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Ανδραβίδας για μέγεθος κατωφλίου των σεισμικών καταλόγων GI-NOA και USGS ίσο με $M_{thres} = 3.6$. Με έντονη γραφή επισημαίνονται τα τοπικά ελάχιστα της β για τα οποία παρατηρείται σύμπτωση εντός χρονικού διαστήματος δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισής τους και της ημερομηνίας καταγραφής του αντίστοιχου SES και απεικονίζονται με βέλη καφέ χρώματος στις εικόνες 90-95.

Παρατηρώντας τις εικόνες 84-95 και τα δεδομένα των πινάκων 27 και 28 διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των τοπικών ελαχίστων της β που εμφανίζονται πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Ανδραβίδας συγκεντρώνεται στο χρονικό διάστημα 08-31/03/2008 ενώ δεν παρατηρείται σύμπτωση μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης των παραπάνω ελαχίστων της β και της ημερομηνίας εκπομπής του πρώτου SES (29/02/2008) της ακολουθίας που καταγράφηκε πριν από την εκδήλωση του εν λόγω σεισμού.

Τοπικά ελάχιστα της β , οι ημερομηνίες εμφάνισης συμπίπτουν εντός δεκατεσσάρων ημερών με την ημερομηνία εκπομπής του SES, εμφανίζονται για 'παράθυρα' σάρωσης $W=1$ μήνας, $W=2$ μήνες, $W=3$ μήνες και $W=4$ μήνες και μόνο για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Το πλησιέστερο στην ημερομηνία εκπομπής του SES από αυτά τα τοπικά ελάχιστα της β εμφανίζεται στις 08/03/2008 ($\beta_{W=2month,min}=0.351$, Area 3 (GI-NOA) και $\beta_{W=2month,min}=0.372$, Area 3 (USGS), βλ. πίνακα 28) έχοντας χρονική απόσταση από αυτό της τάξεως των 8 ημερών.

Παρατηρείται και εδώ μείωση της ευκρίνειάς των ελαχίστων στα μεγάλα 'παράθυρα' σάρωσης ($W=4-6$ μήνες).

Δέκα από τους συνολικά είκοσι λόγους $\beta_{W=3months,min}/\beta_{W=2months,min}$ των ελαχίστων των πινάκων 27 και 28 λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0.95-1.08] με αποτέλεσμα τα ελάχιστα αυτά να μπορούν να θεωρηθούν ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της διακύμανσης β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Ανδραβίδας (βλ. πίνακα 29).

$M_{\text{thres}}=3.2$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months, min}}/\beta_{W=2 \text{ months, min}}$
1	GI-NOA	0.142 (2008-05-08)	0.152 (2008-05-08)	1.07
5	USGS	0.347 (2008-03-18)	0.334 (2008-03-28)	0.96
6	USGS	0.344 (2008-05-13)	0.326 (2008-03-28)	0.95
$M_{\text{thres}}=3.6$				
Area	Seismic Catalog	W=2 months	W=3 months	$\beta_{W=3 \text{ months, min}}/\beta_{W=2 \text{ months, min}}$
1	USGS	0.303 (2008-05-08)	0.322 (2008-05-08)	1.06
2	GI-NOA	0.364 (2008-03-09)	0.388 (2008-03-13)	1.07
3	GI-NOA	0.351 (2008-03-08)	0.380 (2008-03-13)	1.08
4	USGS	0.335 (2008-03-09)	0.358 (2008-03-23)	1.07
5	USGS	0.338 (2008-03-10)	0.331 (2008-03-27)	0.98
6	USGS	0.338 (2008-03-10)	0.329 (2008-03-27)	0.97
7	USGS	0.338 (2008-03-10)	0.329 (2008-03-27)	0.97

Πίνακας 29: Ελάχιστα των οποίων ο λόγος $\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ παίρνει τιμές εντός του διαστήματος [0.95-1.08] και θεωρούνται ως πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Ανδραβίδας (από τα δεδομένα των πινάκων 27 και 28).

Η συμπεριφορά της β σε όλες τις περιοχές και τα μεγέθη κατωφλίου επηρεάζεται από την εκδήλωση σεισμού μεγέθους $M_W=5.6$ με επίκεντρο $34.76^\circ\text{N}, 25.35^\circ\text{E}$ στην Κρήτη στις 28/03/2008. Ειδικότερα παρατηρείται μια τάση συγκέντρωσης τοπικών ελαχίστων γύρω και πάνω στην ημερομηνία αυτή.

Σημειώνεται ότι η αναζήτηση τοπικών ελαχίστων της β πριν από την εκδήλωση του σεισμού της Ανδραβίδας περιορίστηκε στο χρονικό διάστημα 14/02/2008-08/06/2008. Ο περιορισμός αυτός βασίστηκε στο γεγονός ότι ο σεισμός της Μεθώνης 1 (14/02/2008, $M_W(\text{USGS})=6.9$) είναι ο ισχυρότερος σεισμός που εκδηλώθηκε στην Ελλάδα κατά τη χρονική περίοδο μελέτης 01/01/2000-08/06/2008 και η ύπαρξη βαθύτερων τοπικών ελαχίστων πριν από τις 14/02/2008 έχει αποδοθεί στον σεισμό αυτό και δυσχεραίνει την συσχέτιση τους κατά το χρονικό διάστημα 08/12/2007-14/02/2008 με τον συγκριτικά ασθενέστερο σεισμό της Ανδραβίδας (08/06/2008, $M_W(\text{USGS})=6.4$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μελετήθηκε η χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου τάξεως K_1 της σεισμικότητας για 7 διαφορετικές περιοχές που εμπεριέχουν τον Ελλαδικό χώρο με χρήση δυο σεισμολογικών καταλόγων (GI-NOA και USGS) και για δυο μεγέθη κατωφλίου ($M_{thres} = 3.2$ και $M_{thres} = 3.6$) κατά τη χρονική περίοδο από 01/01/2000 έως και 08/06/2008.

Η μελέτη επικεντρώθηκε στα χρονικά διαστήματα έως και 6 μήνες πριν από την εκδήλωση όλων των σεισμών μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που σημειώθηκαν στην Ελλάδα στην περιοχή $N_{34.0}^{39.5}E_{19.5}^{25.0}$ κατά την ανωτέρω χρονική περίοδο με σκοπό να ελεγχθεί το εάν η β εμφανίζει πριν από τους σεισμούς αυτούς παρόμοια συμπεριφορά με εκείνη που εμφανίζει πριν από την εκδήλωση μεγάλων σεισμών στην Ιαπωνία (Sarlis et al., 2013). Ειδικότερα, ελέγχθηκε η ύπαρξη πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β πριν από την εκδήλωση των σεισμών αυτών και η τυχόν σύμπτωση των ημερομηνιών εμφάνισής τους με τις ημερομηνίες καταγραφής των αντίστοιχων SES, όπου αυτά ήταν διαθέσιμα.

Διαπιστώθηκε η εμφάνιση πιθανών προδρόμων ελαχίστων της β , παρόμοιων με αυτά που παρατηρήθηκαν στην περίπτωση της Ιαπωνίας, πριν από την εκδήλωση του συνόλου των σεισμών μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ της Ελλάδας κατά την 9ετία 2000-2008. Συγκεκριμένα πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β εμφανίζονται πριν από τους σεισμούς της Σκύρου ($M_w = 6.5, 26-07-2001$), της Λευκάδας ($M_w = 6.3, 14-08-2003$), των Κυθήρων ($M_w = 6.4, 06-01-2006$), του Λεωνιδίου ($M_w = 6.2, 06-01-2008$), της ακολουθίας των σεισμών της Μεθώνης (με μεγαλύτερο $M_w = 6.9, 14-02-2008$) και της Ανδραβίδας ($M_w = 6.4, 08-06-2008$) για ‘παράθυρα’ διάρκειας $W=2$ μήνες και $W=3$ μήνες και στους δυο σεισμικούς καταλόγους και για μεγέθη κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$ και $M_{thres} = 3.6$. Πριν από το σεισμό της Κρήτης ($M_w = 6.1, 17-03-2004$) για ‘παράθυρα’ διάρκειας $W=2$ μήνες και $W=3$ μήνες και στους δυο σεισμικούς καταλόγους και για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$ βρέθηκαν επίσης πιθανά πρόδρομα ελάχιστα της β . Τα ελάχιστα που εμφανίζονται πριν από αυτό το σεισμό για μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$ δεν θεωρήθηκαν πρόδρομα ελάχιστα της β διότι έχουν τιμή του λόγου

$\beta_{W=3\text{months,min}}/\beta_{W=2\text{months,min}}$ που βρίσκεται στην περιοχή [1.15-1.39] και επομένως εκτός του διαστήματος [0.95-1.08] που βρέθηκε για την περίπτωση της Ιαπωνίας (η τιμή 1.15 ωστόσο είναι συμβατή με το διάστημα που βρέθηκε στην περίπτωση της παγκόσμιας σεισμικότητας, Sarlis et al., 2015).

Παρατηρείται μείωση της ευκρίνειας των ελαχίστων στα μεγάλα ‘παράθυρα’ σάρωσης ($W=4-6$ μήνες) σε όλες τις περιπτώσεις σε συμφωνία με τα αντίστοιχα αποτελέσματα στην περίπτωση της Ιαπωνίας (Sarlis et al., 2013).

Επιπλέον για τους οκτώ σεισμούς για τους οποίους υπάρχει καταγεγραμμένο SES (Σκύρος, Λευκάδα, Κύθηρα, Λεωνίδιο, ακολουθία των σεισμών της Μεθώνης και του σεισμού της Ανδραβίδας) διαπιστώνεται σύμπτωση εντός δεκατεσσάρων ημερών μεταξύ των ημερομηνιών εμφάνισης τοπικού ελαχίστου της β και των ημερομηνιών καταγραφής των αντίστοιχων SES σε διάφορες τιμές του ‘παραθύρου’ σάρωσης W .

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι το σχετικά μικρό μέγεθος των μελετώμενων σεισμών της Ελλάδας ($M_w(USGS) > 6.0$) σε σχέση με τις περιπτώσεις της Ιαπωνίας (εντοπισμός προδρόμων ελαχίστων για όλους τους σεισμούς μεγέθους $M_{JMA} \geq 7.6$) και της παγκόσμιας σεισμικότητας (εντοπισμός προδρόμων ελαχίστων για όλους τους σεισμούς μεγέθους $M \geq 8.5$) επηρεάζει το βάθος και κατά συνέπεια την ευκρίνεια των εμφανιζόμενων ελαχίστων της διακύμανσης β ως εξής: Αφενός η ύπαρξη ικανού αριθμού παραπλήσιου μεγέθους σεισμών σε σχέση με το μέγεθος των μελετώμενων κυρίων γεγονότων στην Ελλάδα επηρεάζει την ακρίβεια προσδιορισμού των σχετιζόμενων τοπικών τους ελαχίστων και αφετέρου σεισμοί της τάξεως του 6.0 δεν οδηγούν κατ’ ανάγκη την ευρύτερη περιοχή σε κρισιμότητα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (14)

Chen, C-H., Wen, S., Liu, J-Y., Hattori, K., Han, P., Hobara, Y., Wang, C-H., Yen, T-K., and Yen, H-Y., “Surface displacements in Japan before the 11 March 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake”, *J. Asian Earth Sci.* ,**80**, 165-171 (2014)

Landau, L. D., and Lifshitz, E.M., “Statistical Physics”, Pergamon Press (1980)

Rundle, J.B., Turcotte, D.L., Shcherbarkov, R., Klein, W., and Sammis, C., “Statistical physics approach to understanding the multiscale dynamics of earthquake fault systems”, *Rev. Geophysics* ,**41**, 4/1019 (2003)

Sarlis, N.V., Skordas, E.S., and Varotsos, P.A., “Order parameter fluctuations of seismicity in natural time before and after mainschocks”, *EPL* ,**91**, 59001 (2010)

Sarlis, N.V., Skordas, E.S., Varotsos, P.A., Nagao, T., Kamogawa, M., Tanaka, H., and Uyeda, S., “Minimum of the order parameter fluctuations of seismicity before earthquakes in Japan”, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **110**, 13734-13738 (2013)

Sarlis, N.V., Christopoulos S.-R.G., and Skordas, E.S., “Minima of the fluctuations of the order parameter of global seismicity”, *CHAOS* ,**25**, 063110 (2015)

Skordas, E.S., and Sarlis, N.V., “On the anomalous changes of seismicity and geomagnetic field prior to the 2011 M_w 9.0 Tohoku earthquake”, *J. Asian Earth Sci.* ,**80**, 161-174 (2014)

Tenenbaum, J.N., Havlin, S., and Stanley, E.H., “Earthquake networks based on similar activity patterns”, *Phys. Rev. E* ,**86**, 046107 (2012)

Varotsos, P., Sarlis, N., and Skordas, E., “Practica Athens Academy” ,**76**, 294-321, Athens (2001)

Varotsos, P.A., “ The Physics of Seismic Electric Signals”, *TerraPub*, Tokyo (2005a)

Varotsos, P.A., Sarlis, N.V., Tanaka, H.K., and Skordas, E.S., “Similarity of fluctuations in correlated systems: The case of seismicity”, *Phys. Rev. E* ,**72**, 041103 (2005b)

Varotsos, P., Sarlis, N., and Skordas, E., “Natural time Analysis, the new view of time”, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg (2011a)

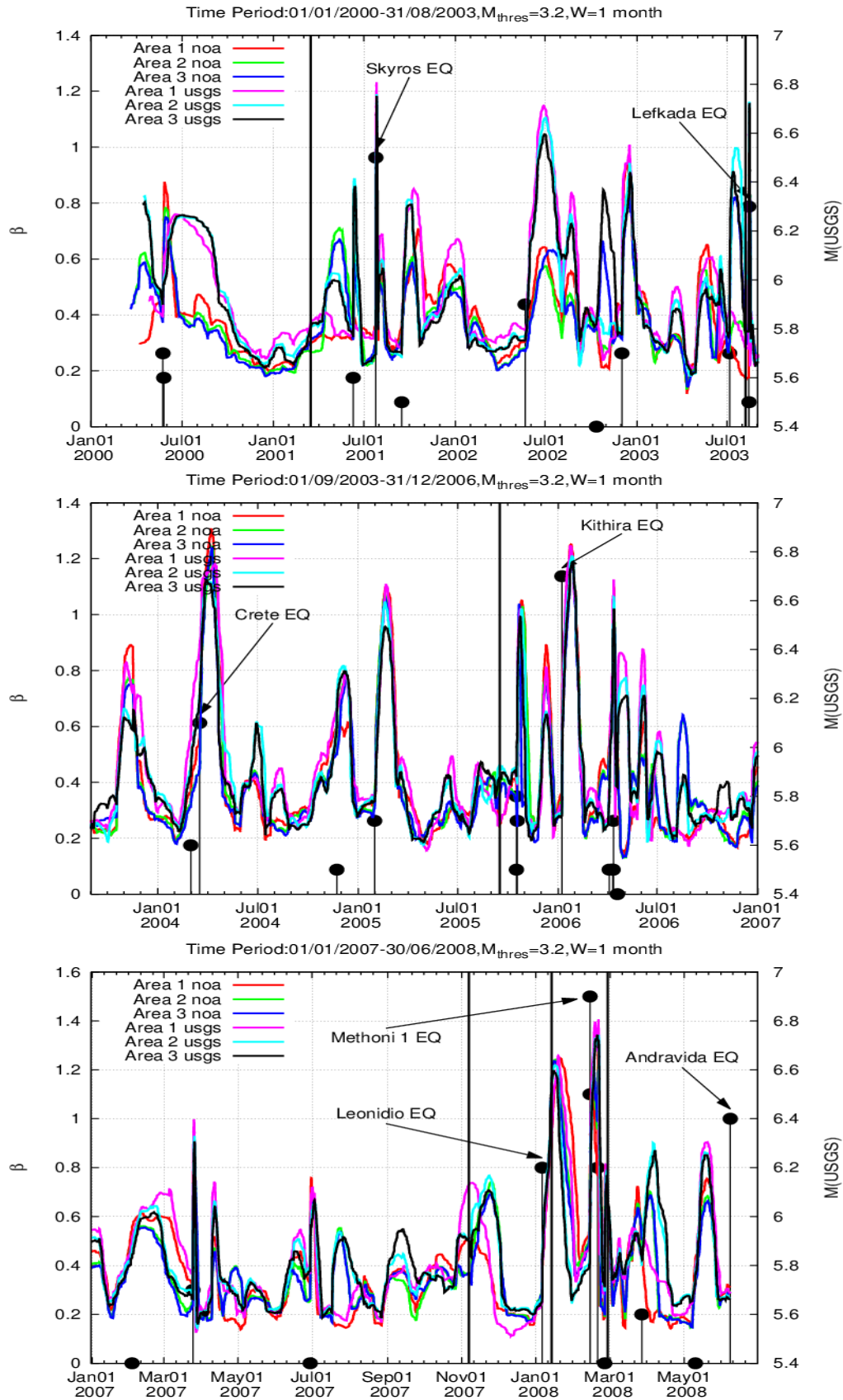
Varotsos, P., Sarlis, N., Skordas, E., Uyeda, S., and Kamogawa, M., “Natural time analysis of critical phenomena” , *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **108**, 11361-11364 (2011b)

Varotsos, P., Sarlis, N., and Skordas, E., “Study of the temporal correlations in the magnitude time series before major earthquakes in Japan”, *J. Geophys. Res. Space Physics* ,**119**, 9192-9206 (2014)

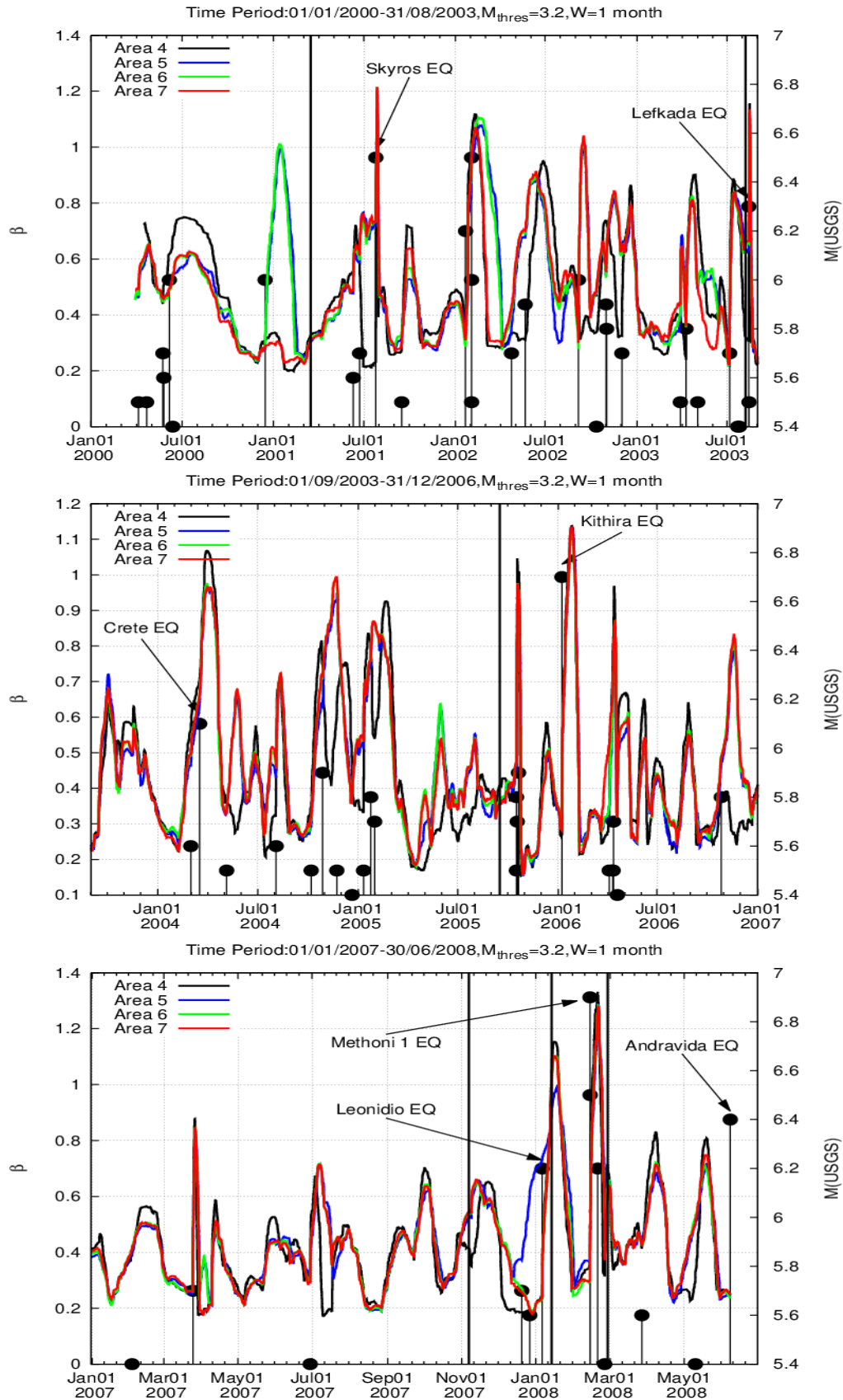
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ β ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥ ΤΑΞΕΩΣ κ_1 ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 01/01/2000- 30/06/2008

Στις παρακάτω εικόνες απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β ανά σεισμικό κατάλογο, μέγεθος κατωφλίου, ‘παράθυρο’ σάρωσης W και ομάδα περιοχών (εσωτερικές-εξωτερικές) κατά το χρονικό διάστημα 01/01/2000-30/06/2008.

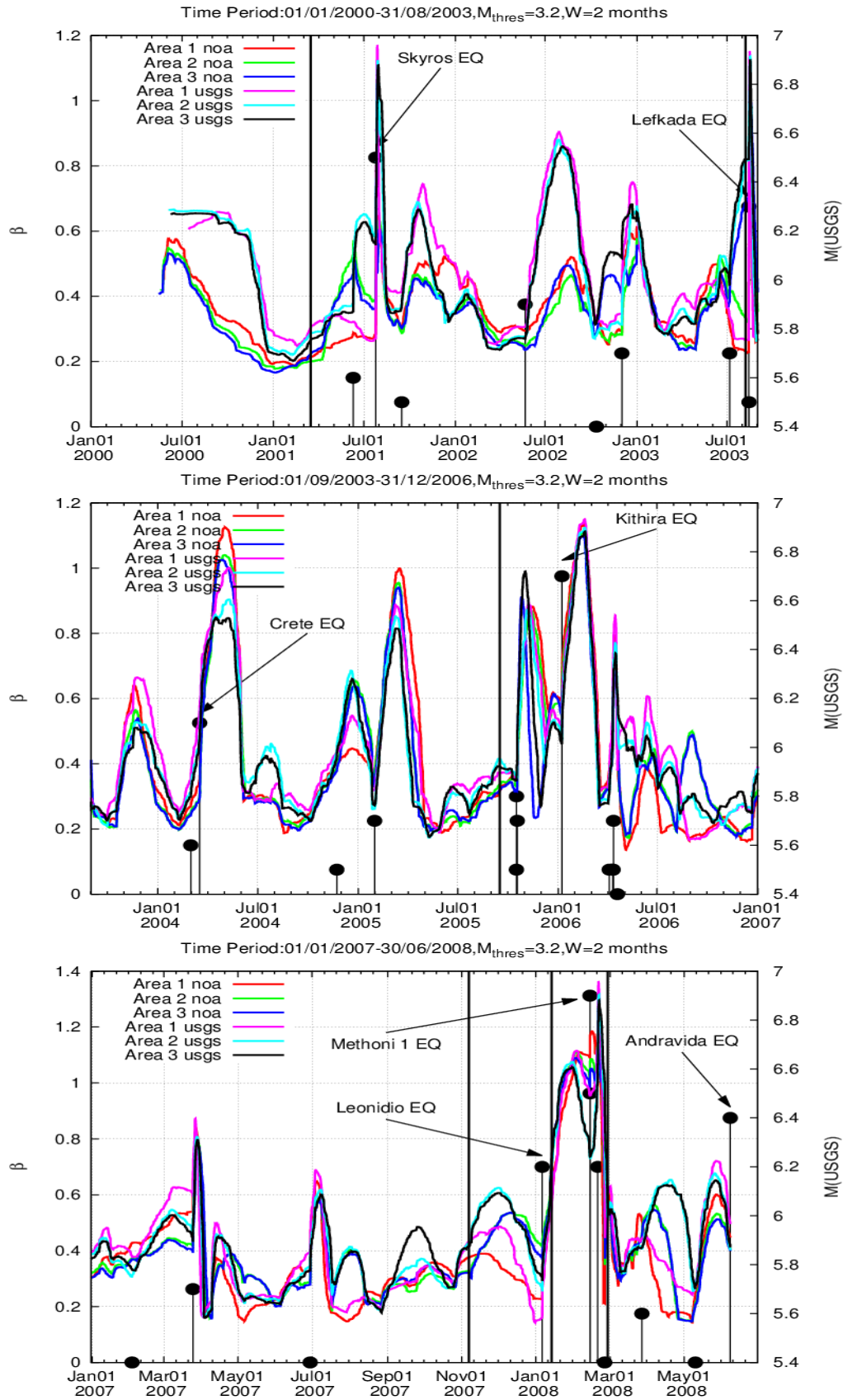
Το χρονικό αυτό διάστημα διαιρείται σε τρεις περιόδους (season 1: 01/01/2000-31/08/2003, season 2: 01/09/2003-31/12/2006 και season 3: 01/01/2007-30/06/2008) και κάθε εικόνα αποτελείται από τρία τμήματα κάθε ένα από τα οποία αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου.



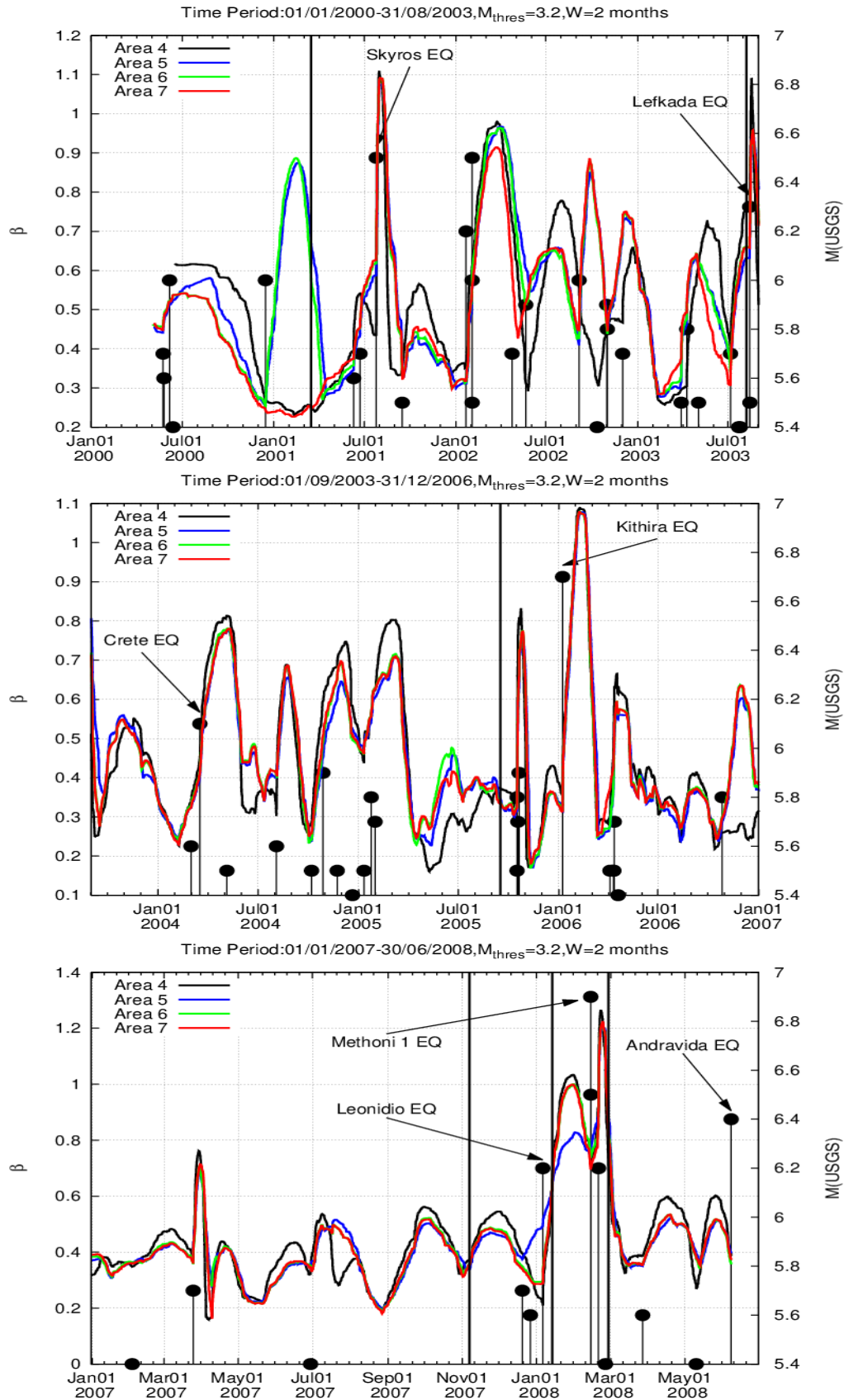
Εικόνα A1: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



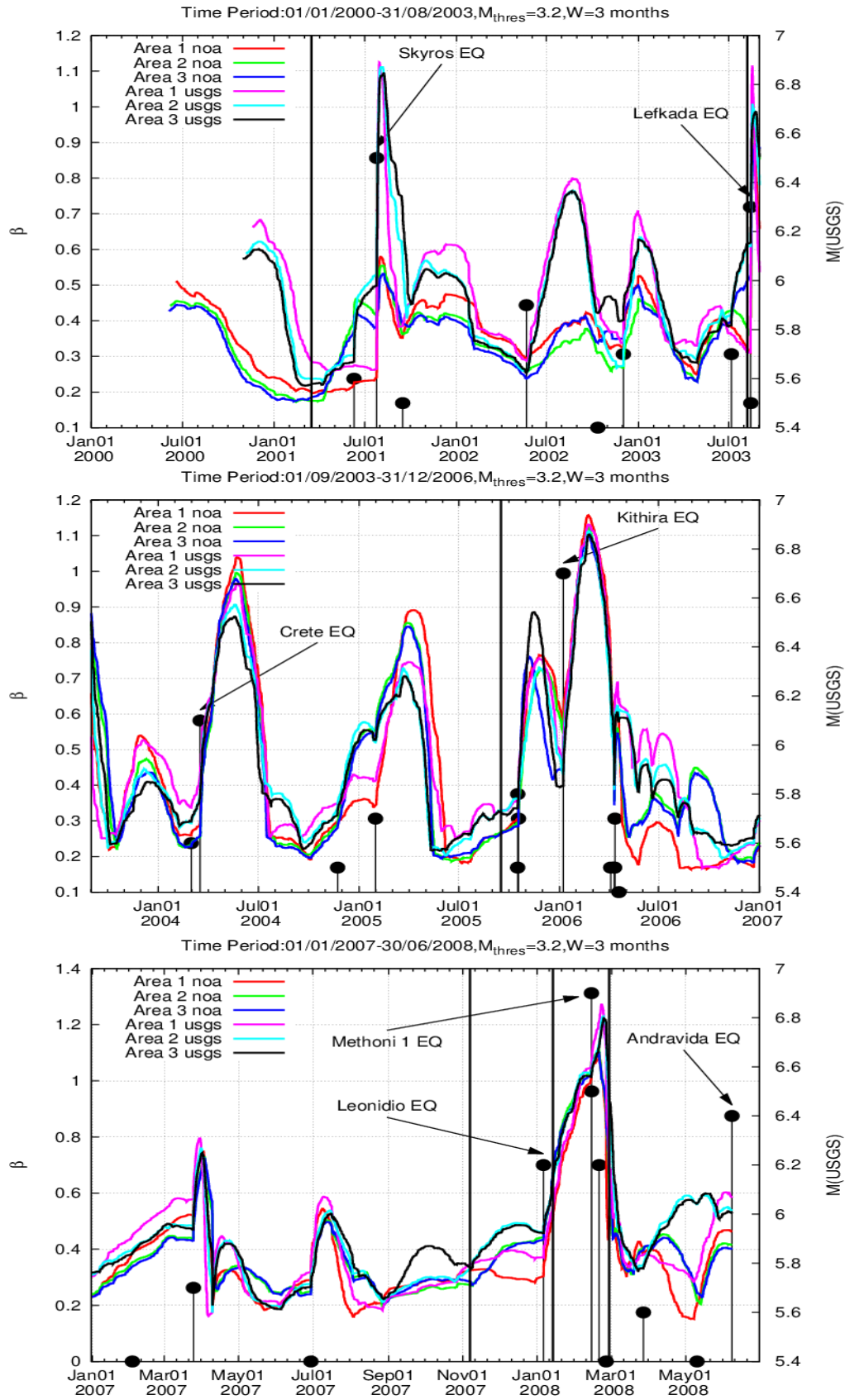
Εικόνα A2: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



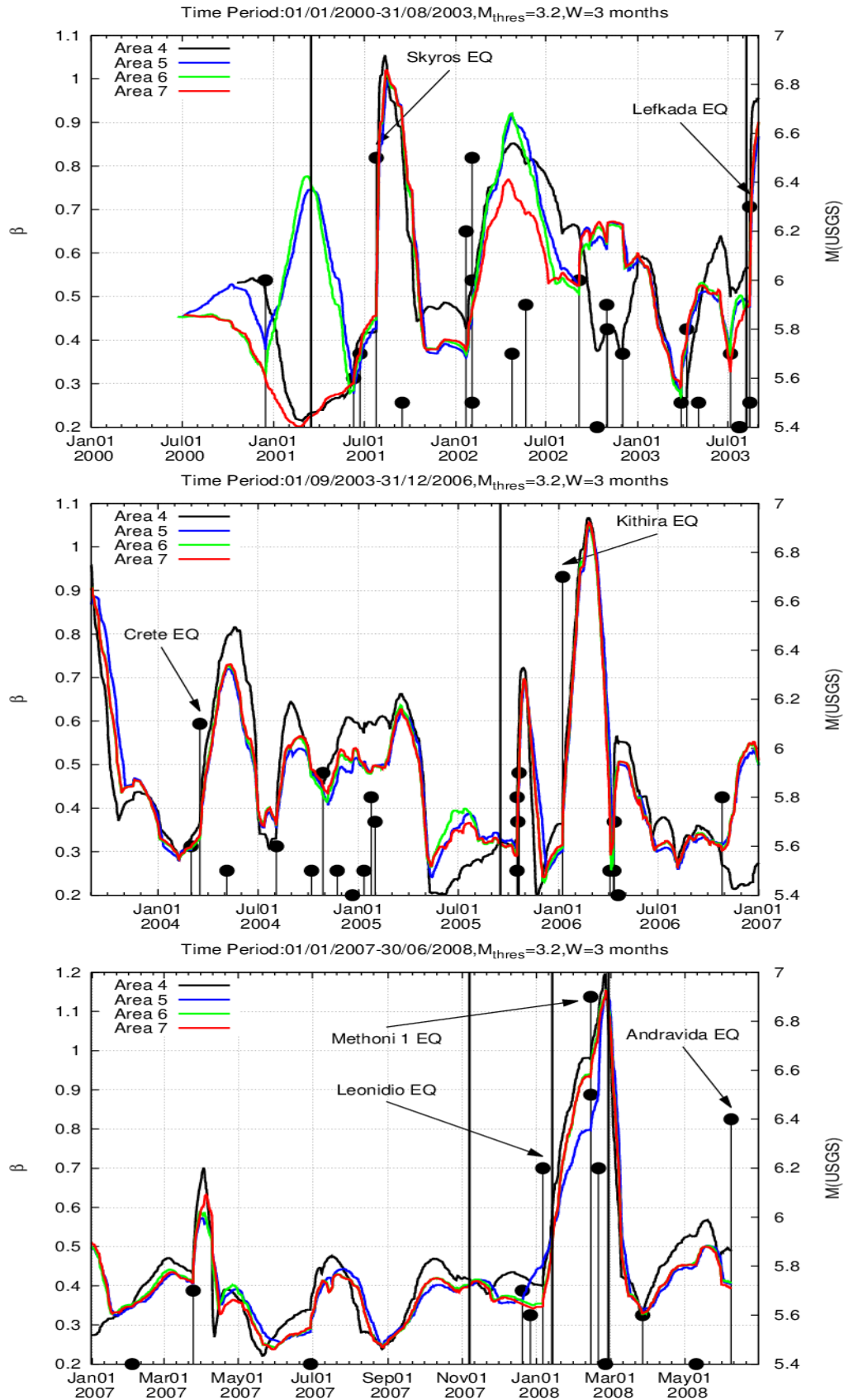
Εικόνα A3: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



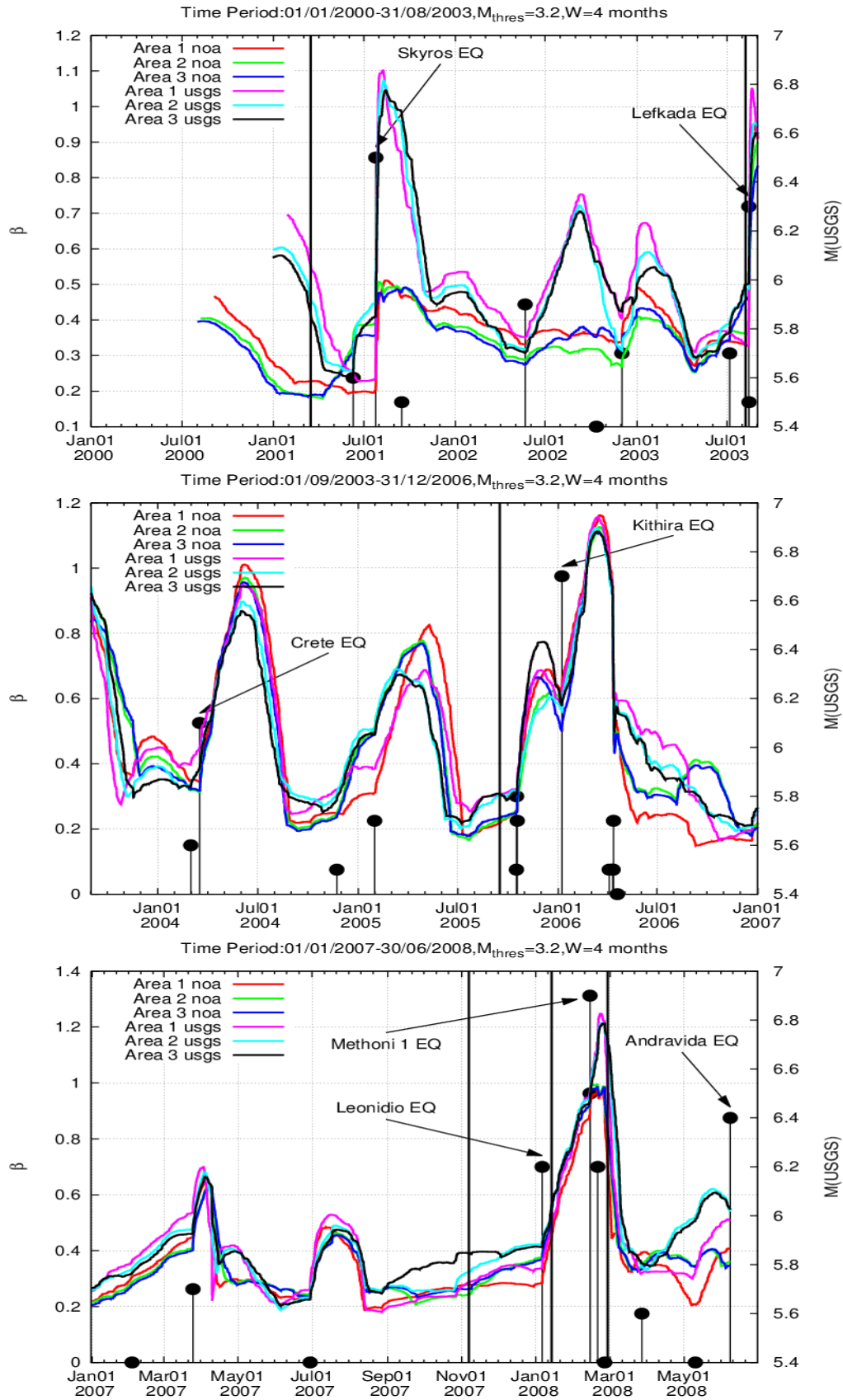
Εικόνα Α4: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



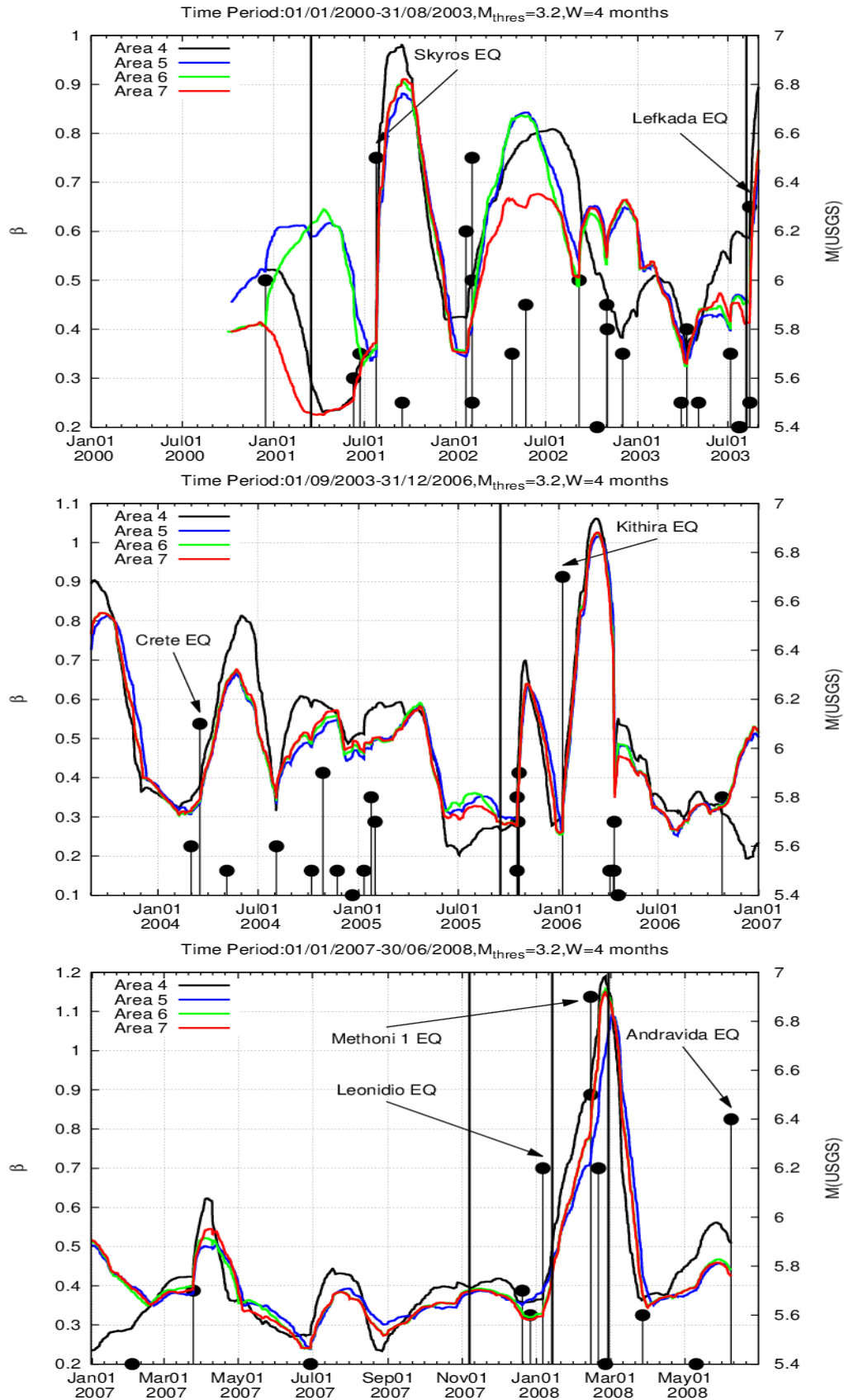
Εικόνα A5: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



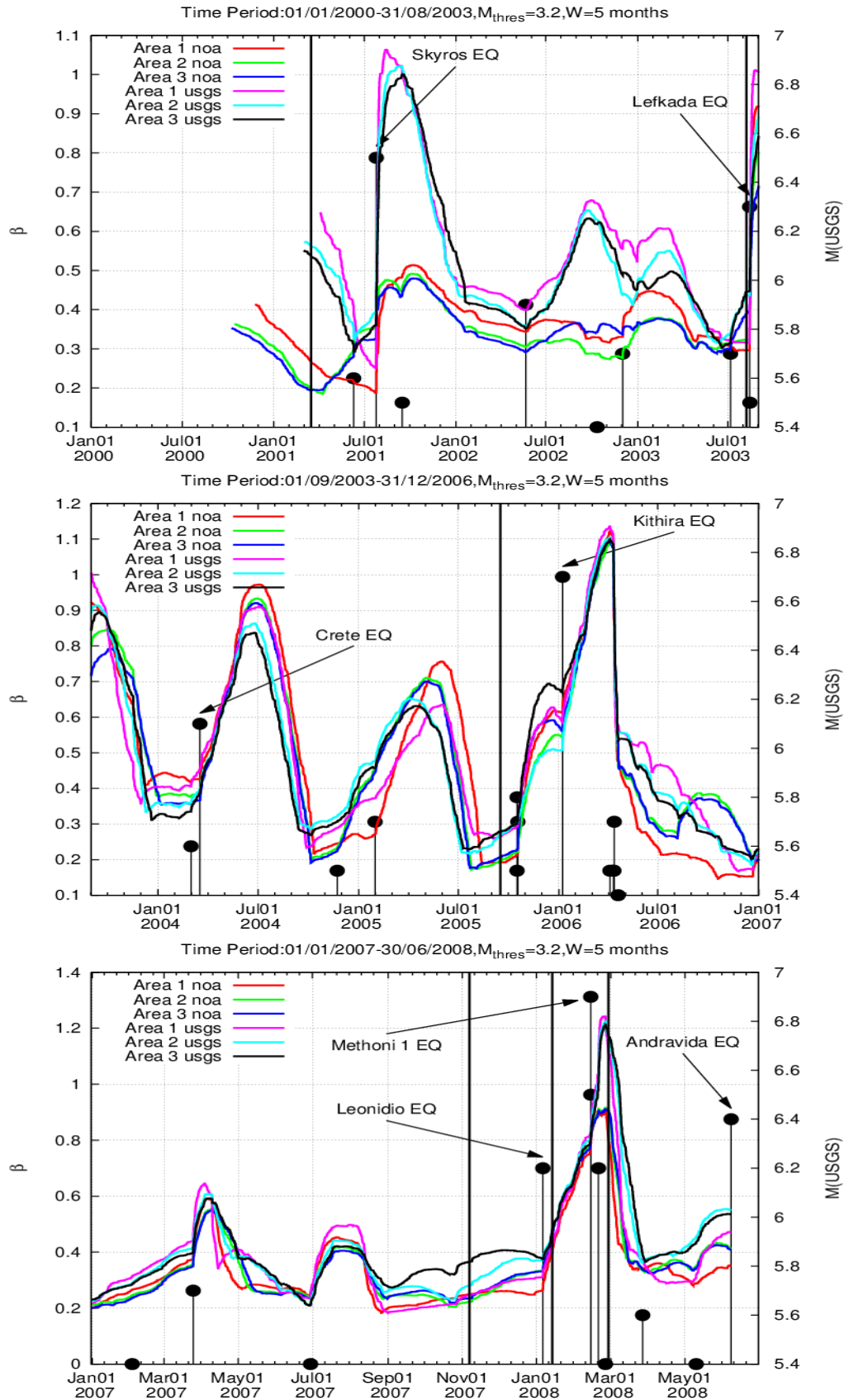
Εικόνα Α6: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



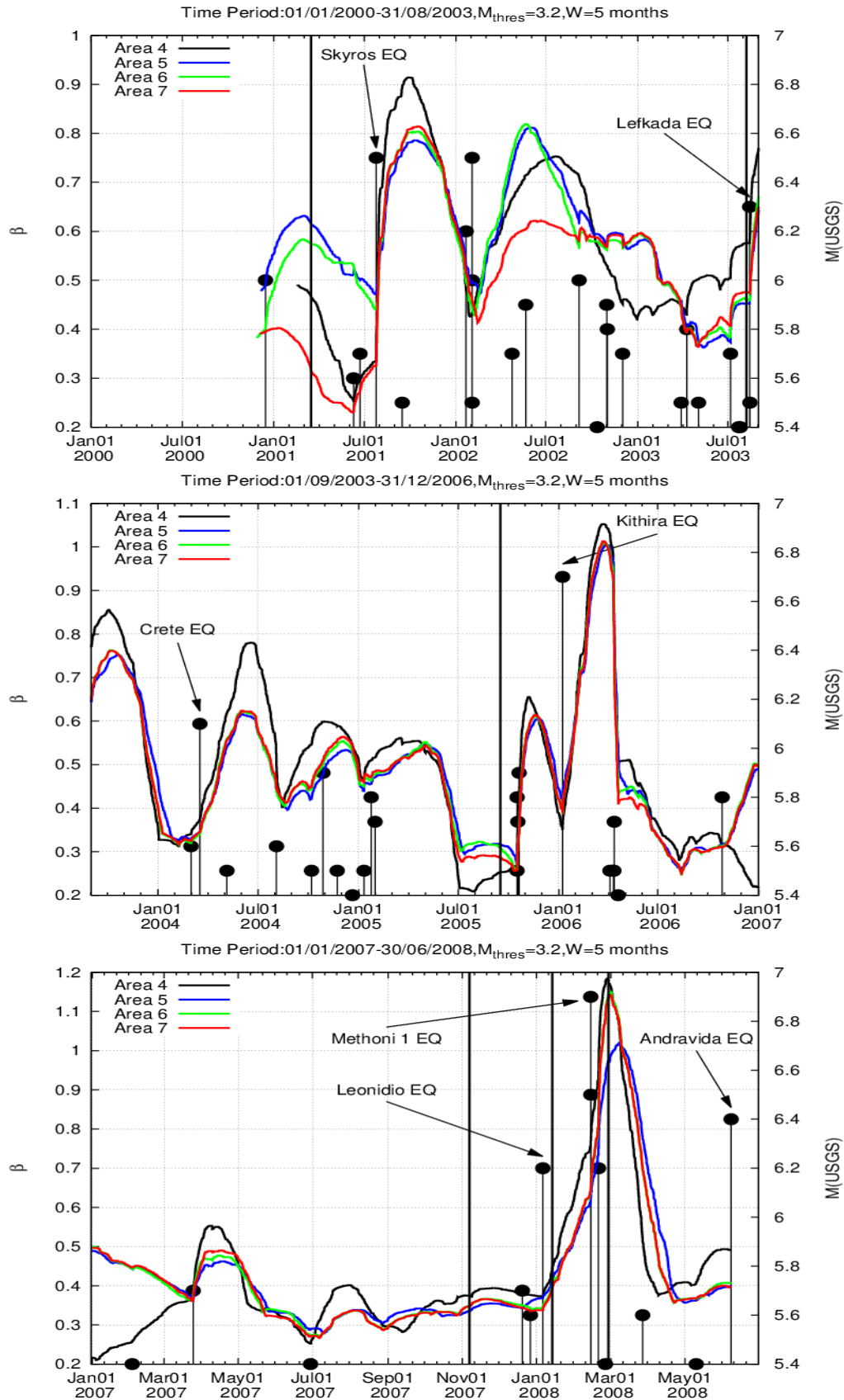
Εικόνα Α7: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



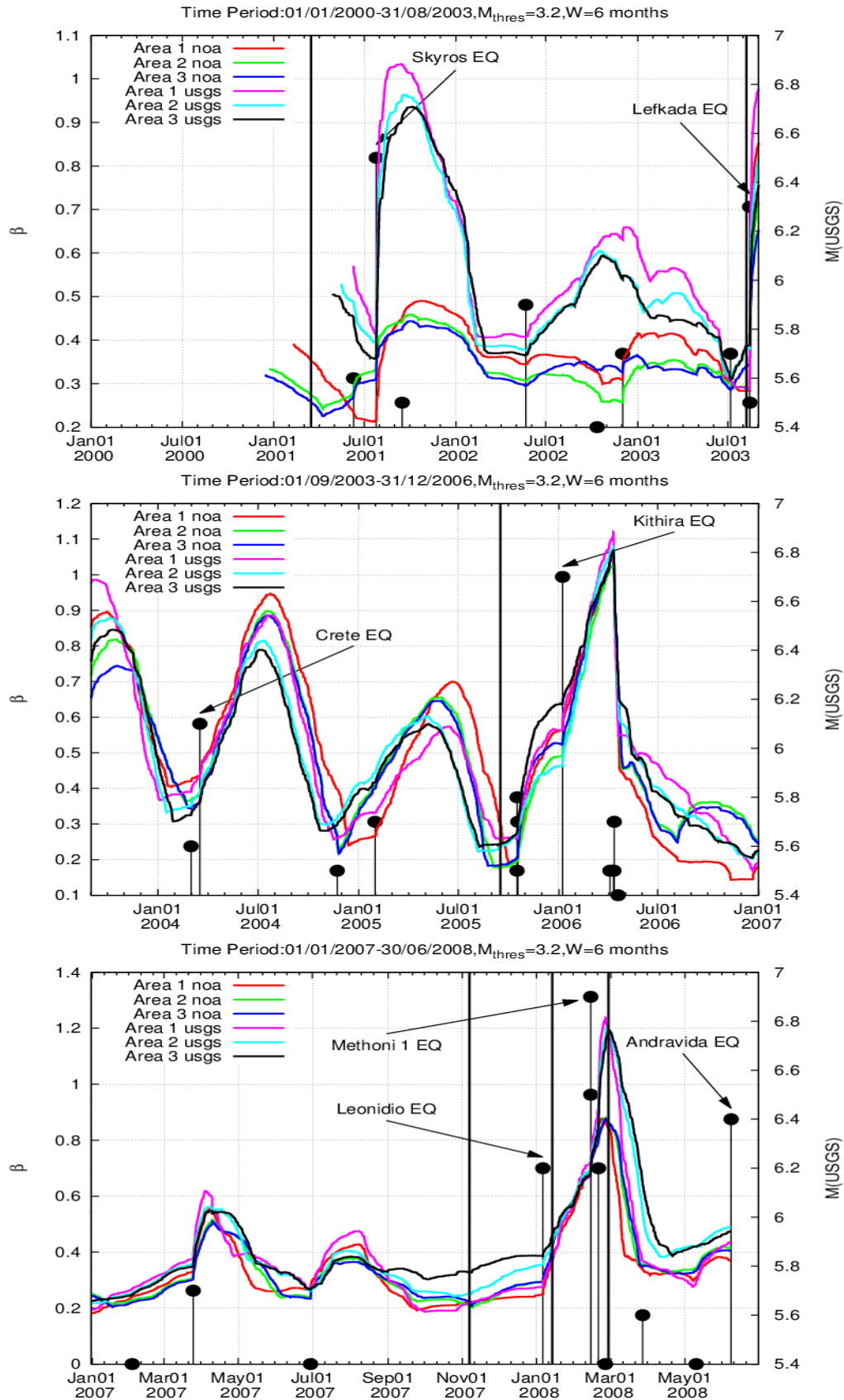
Εικόνα A8: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



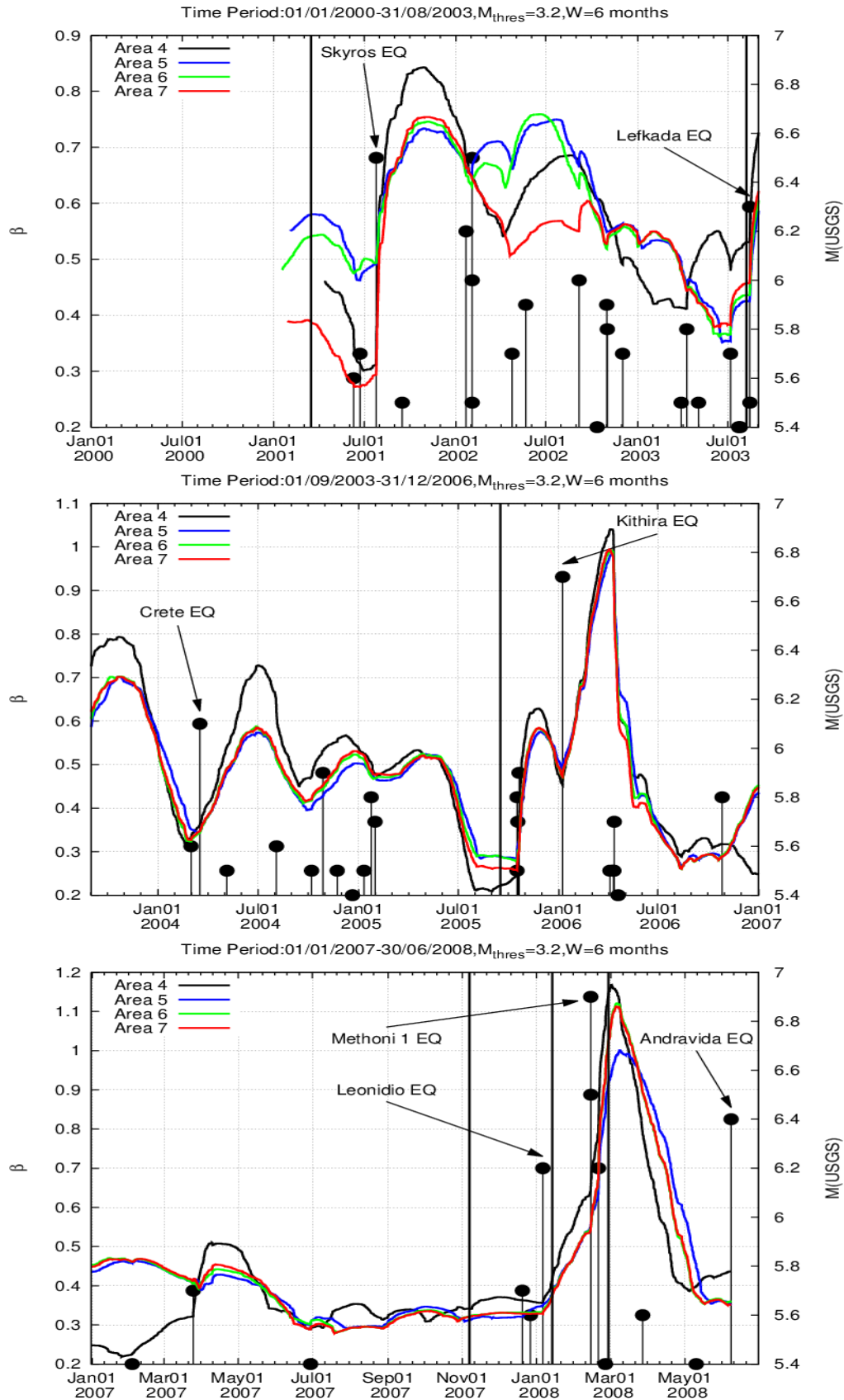
Εικόνα A9: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



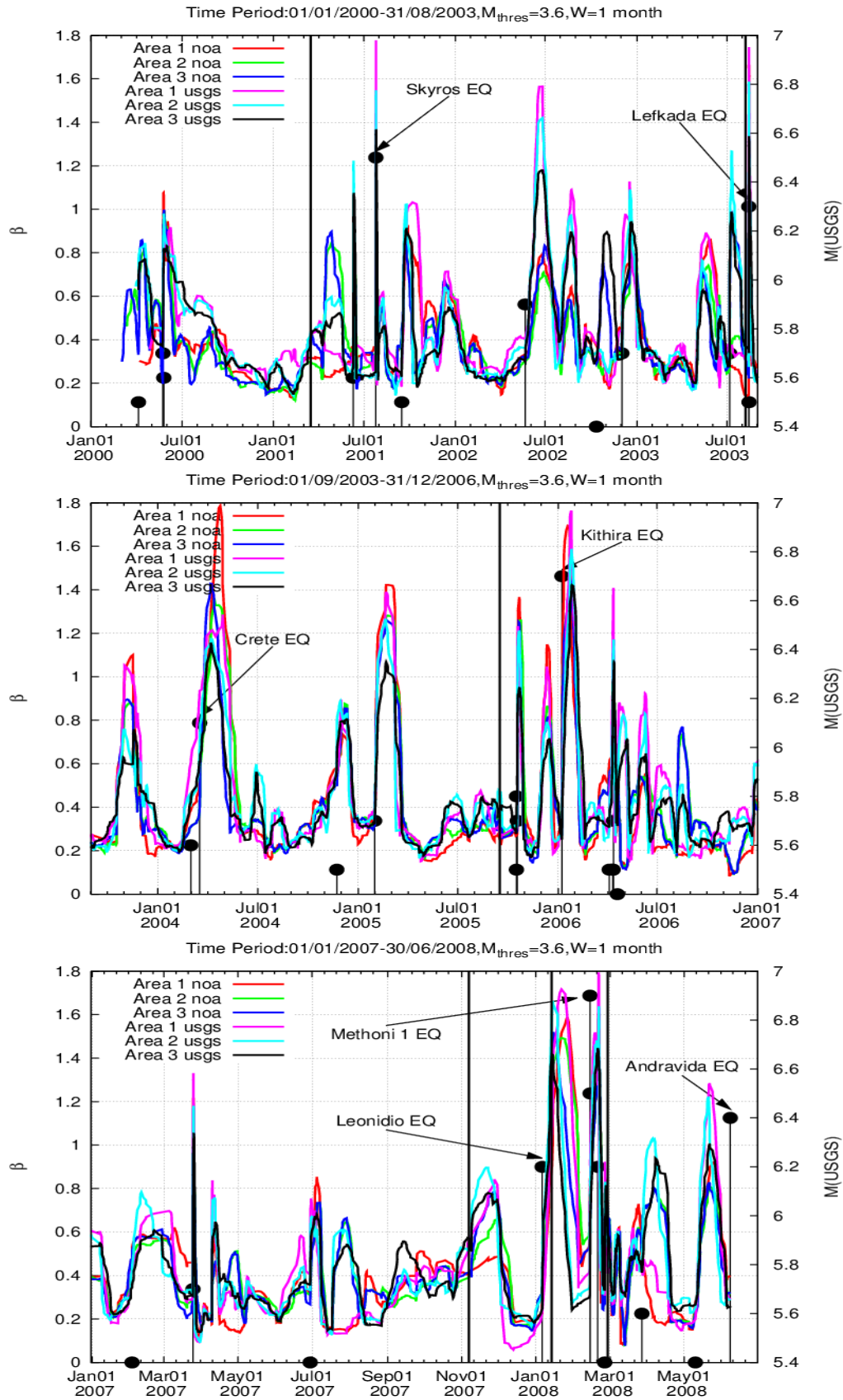
Εικόνα A10: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



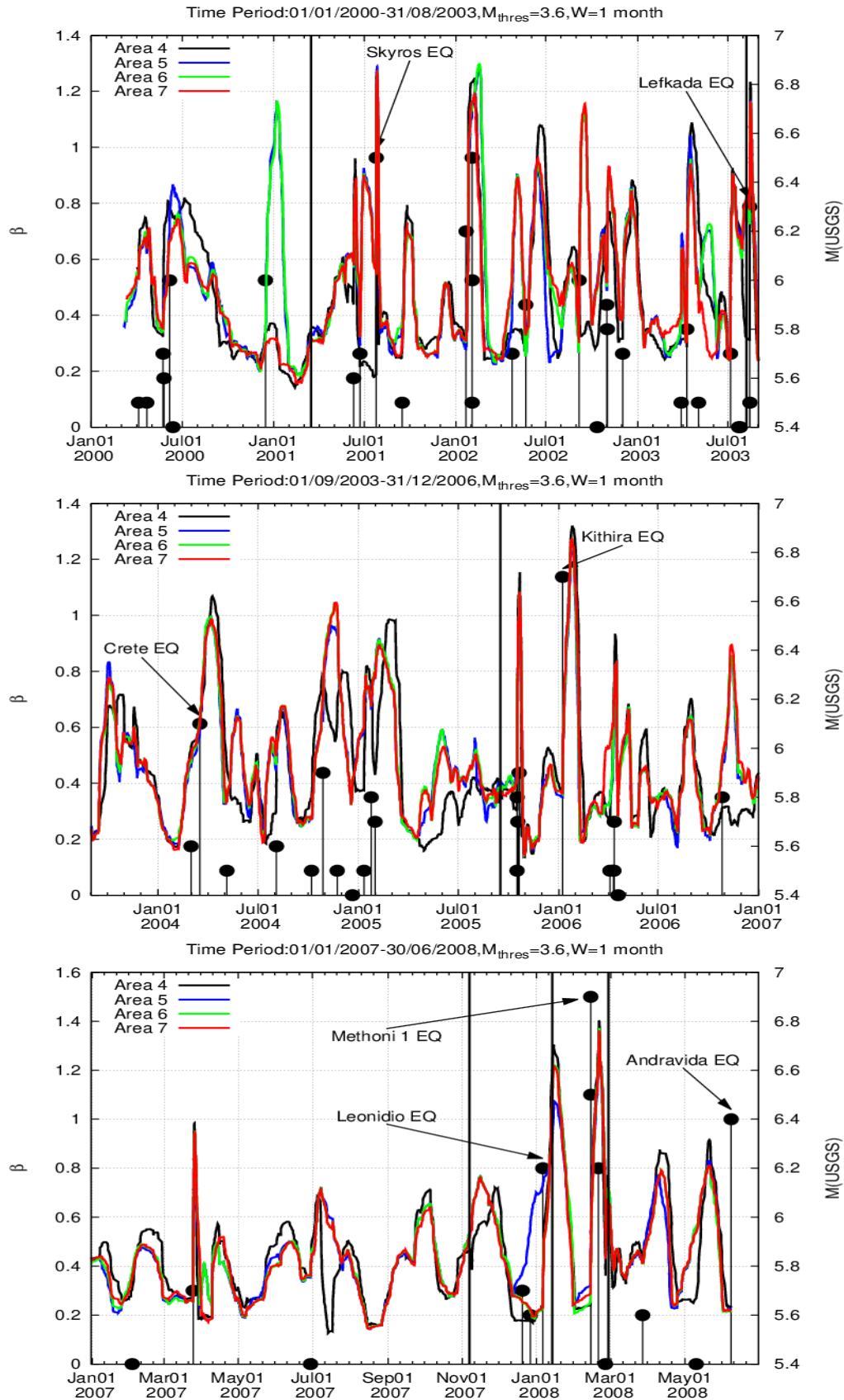
Εικόνα A11: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



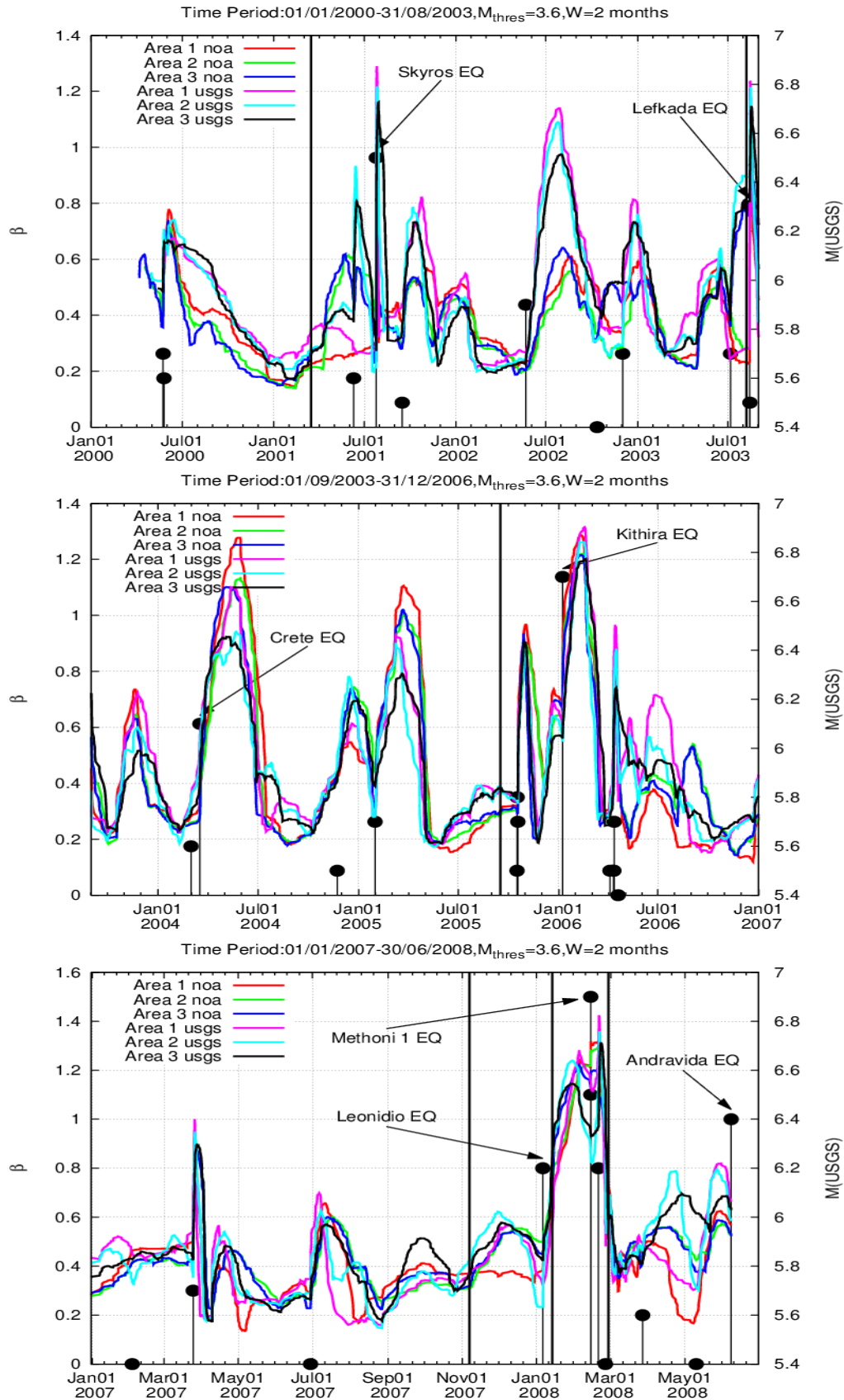
Εικόνα A12: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.2$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



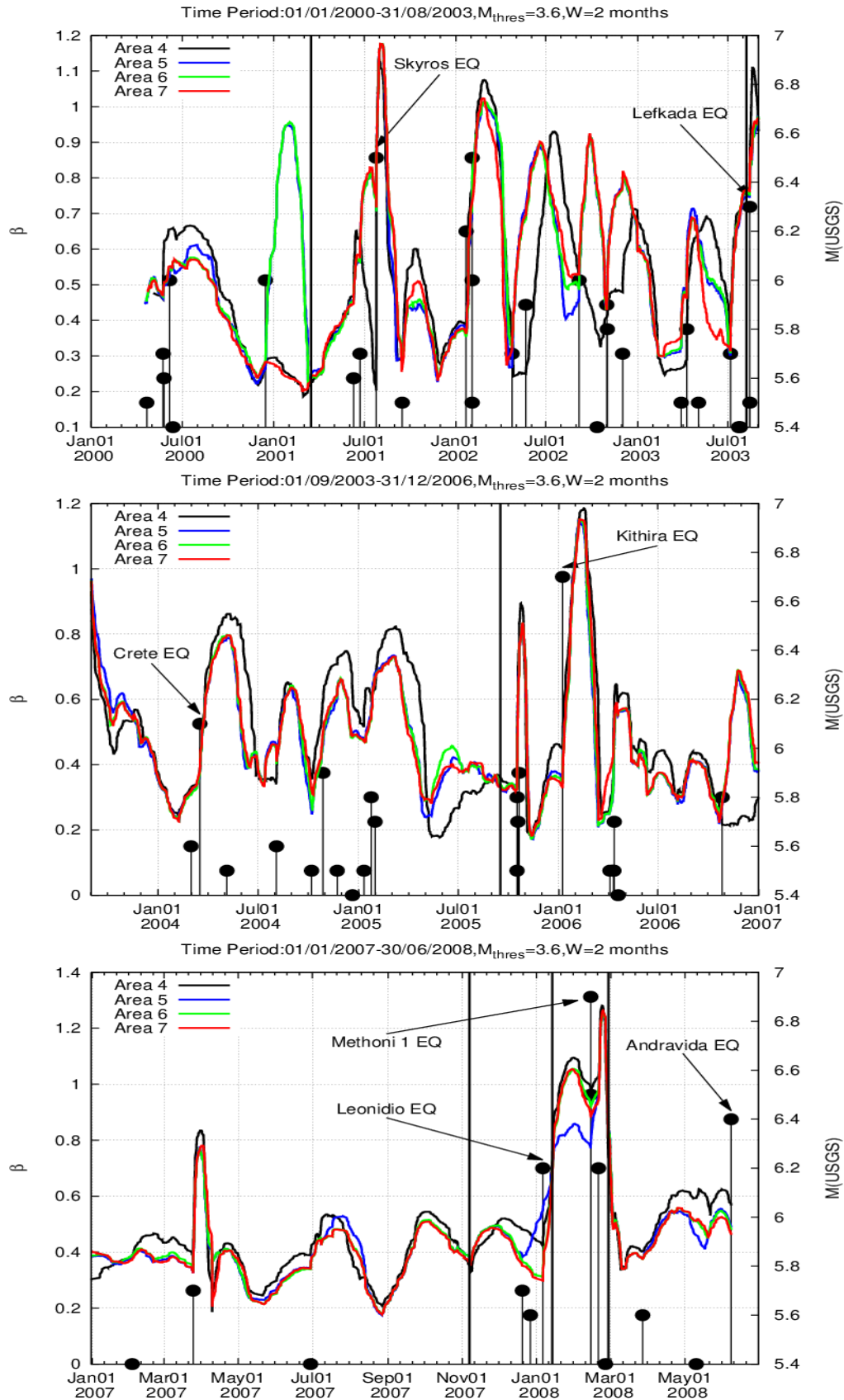
Εικόνα A13: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



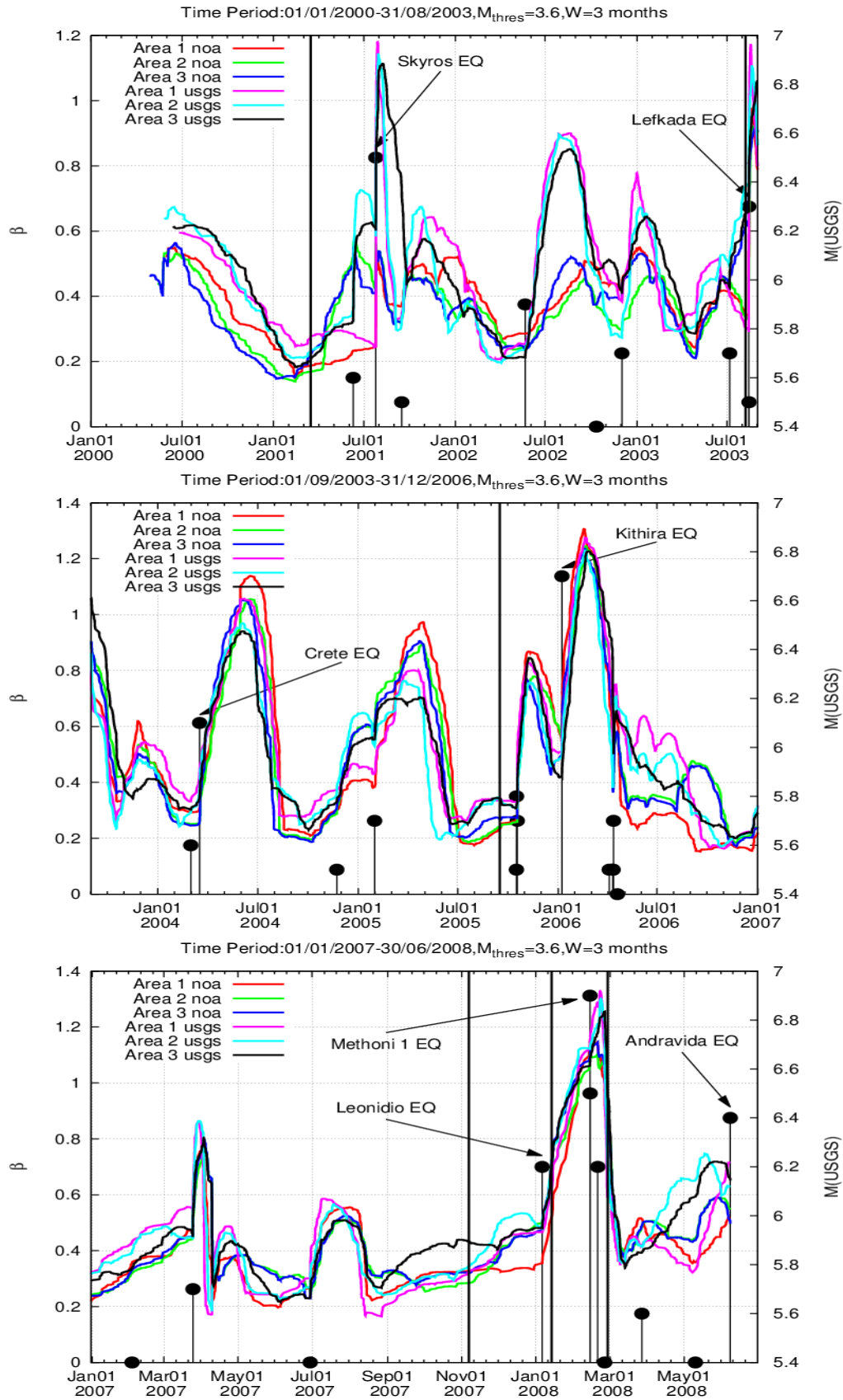
Εικόνα A14: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 1 μήνα για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



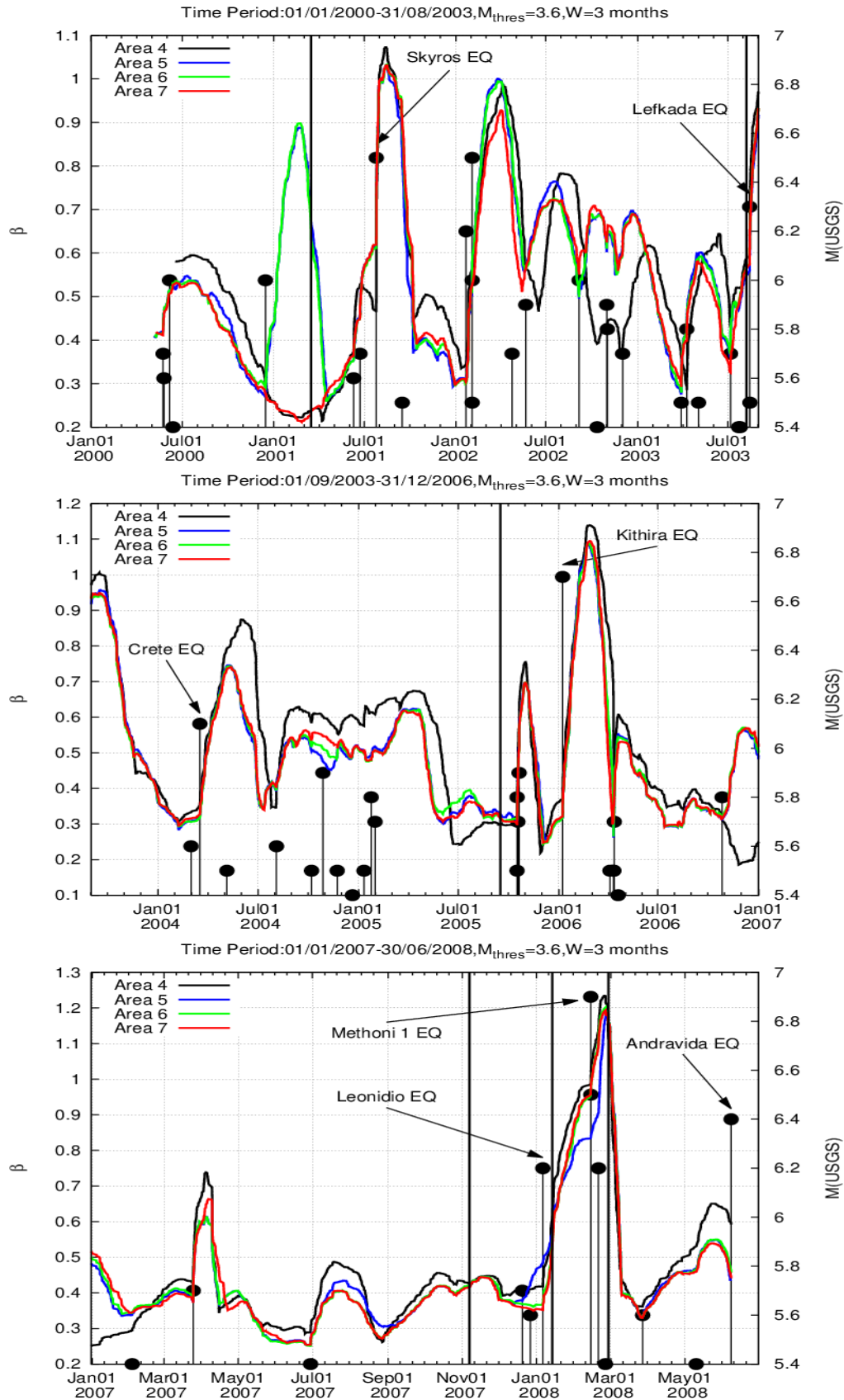
Εικόνα A15: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος κατωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



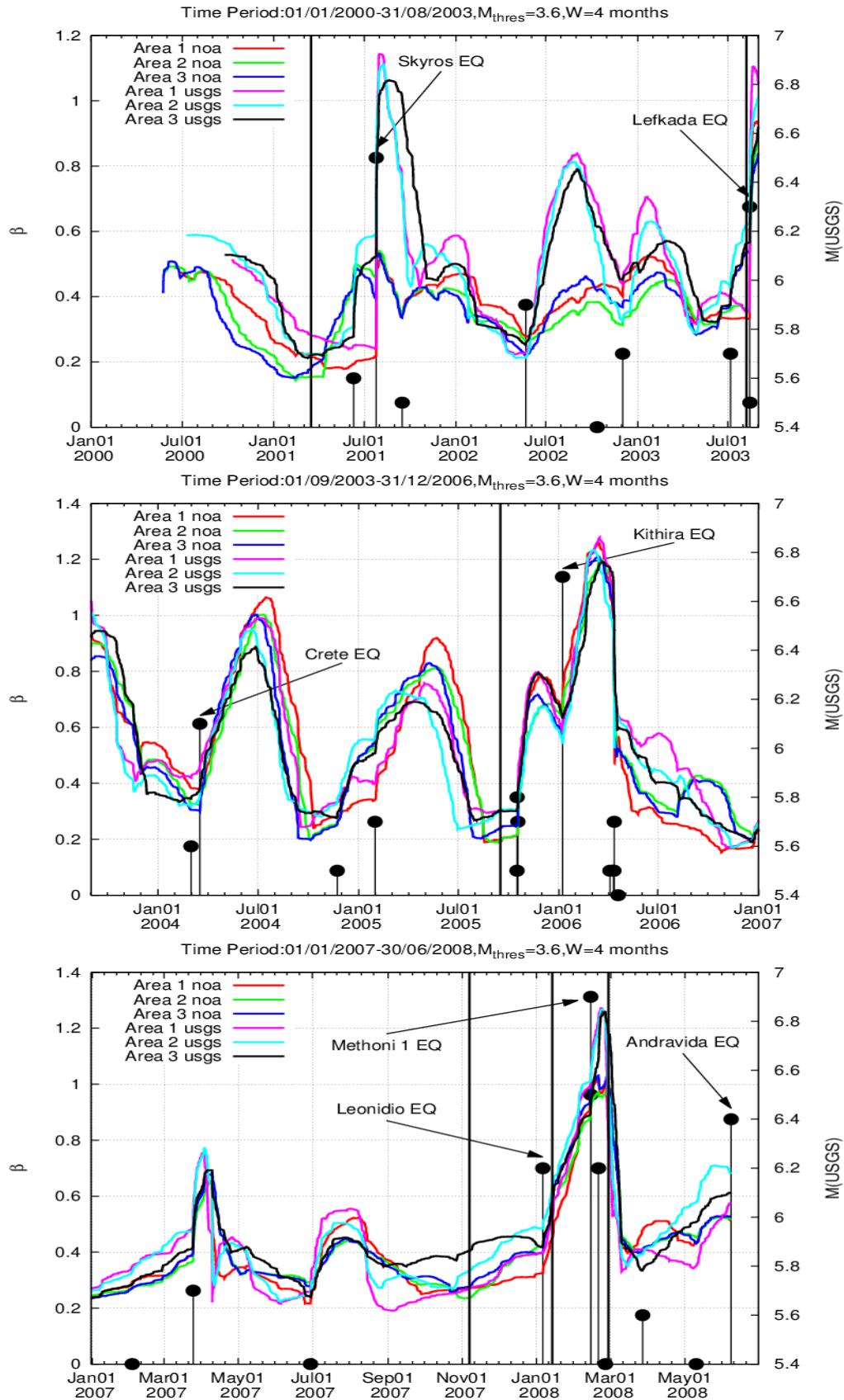
Εικόνα A16: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 2 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



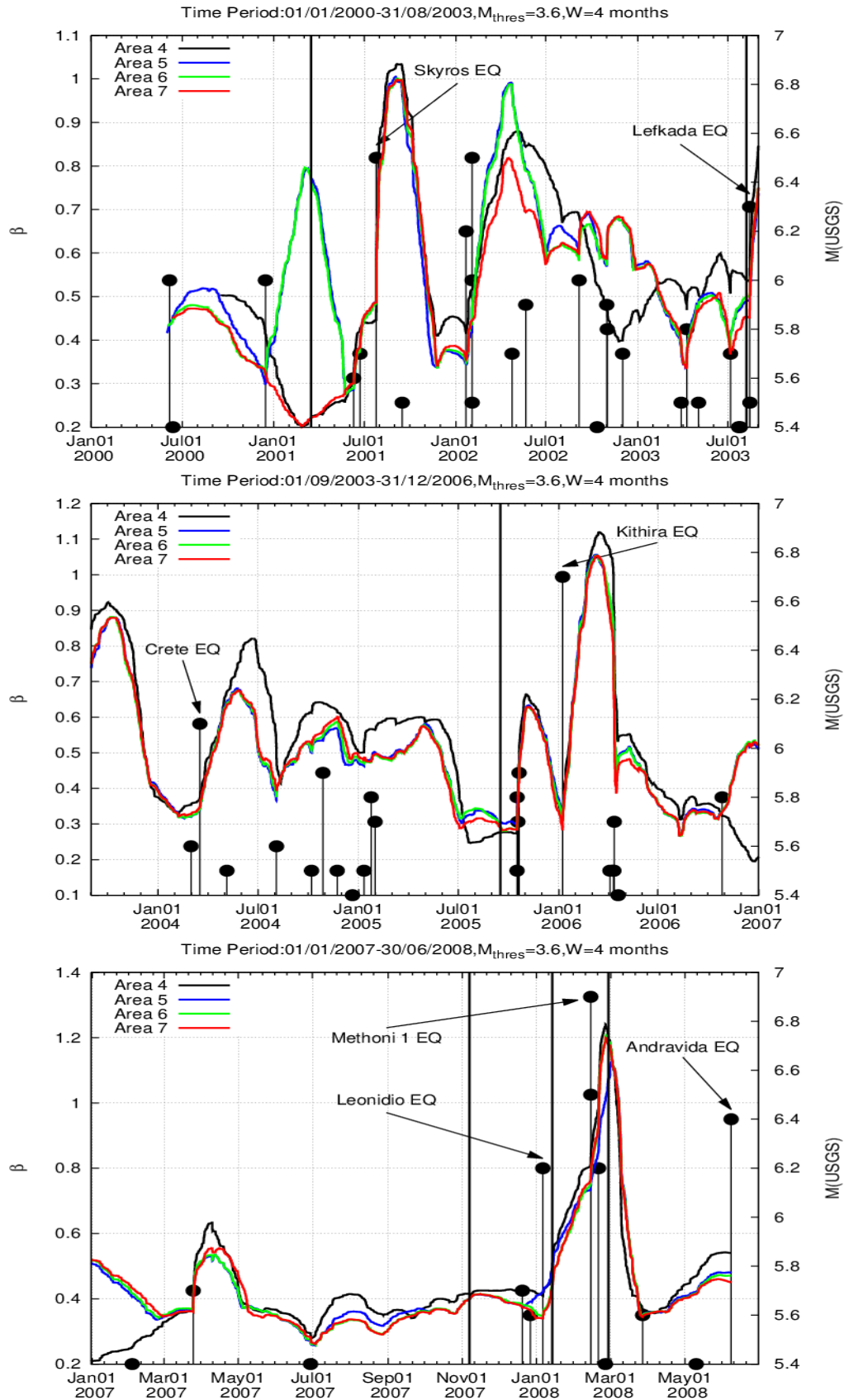
Εικόνα A17: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



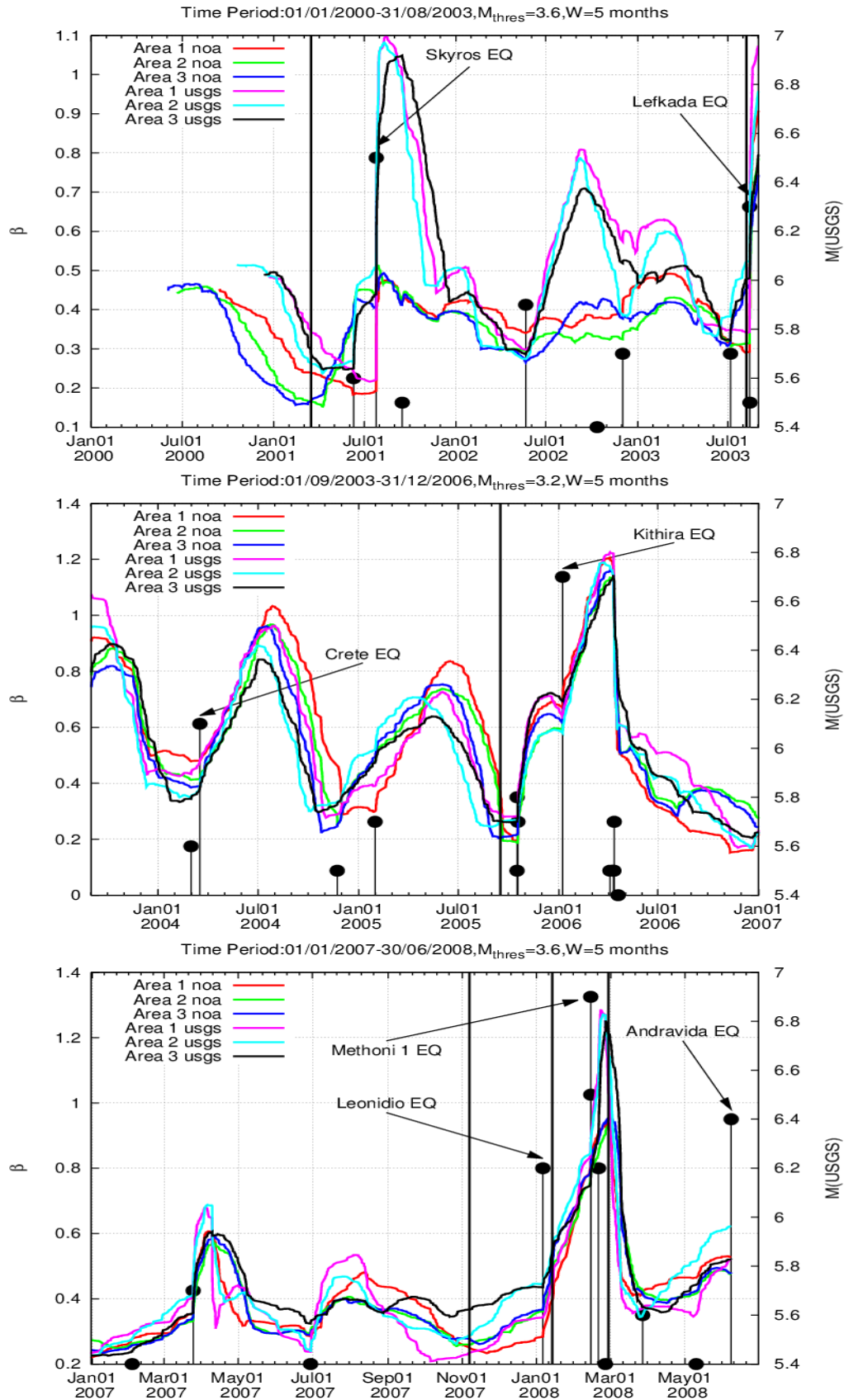
Εικόνα A18: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 3 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



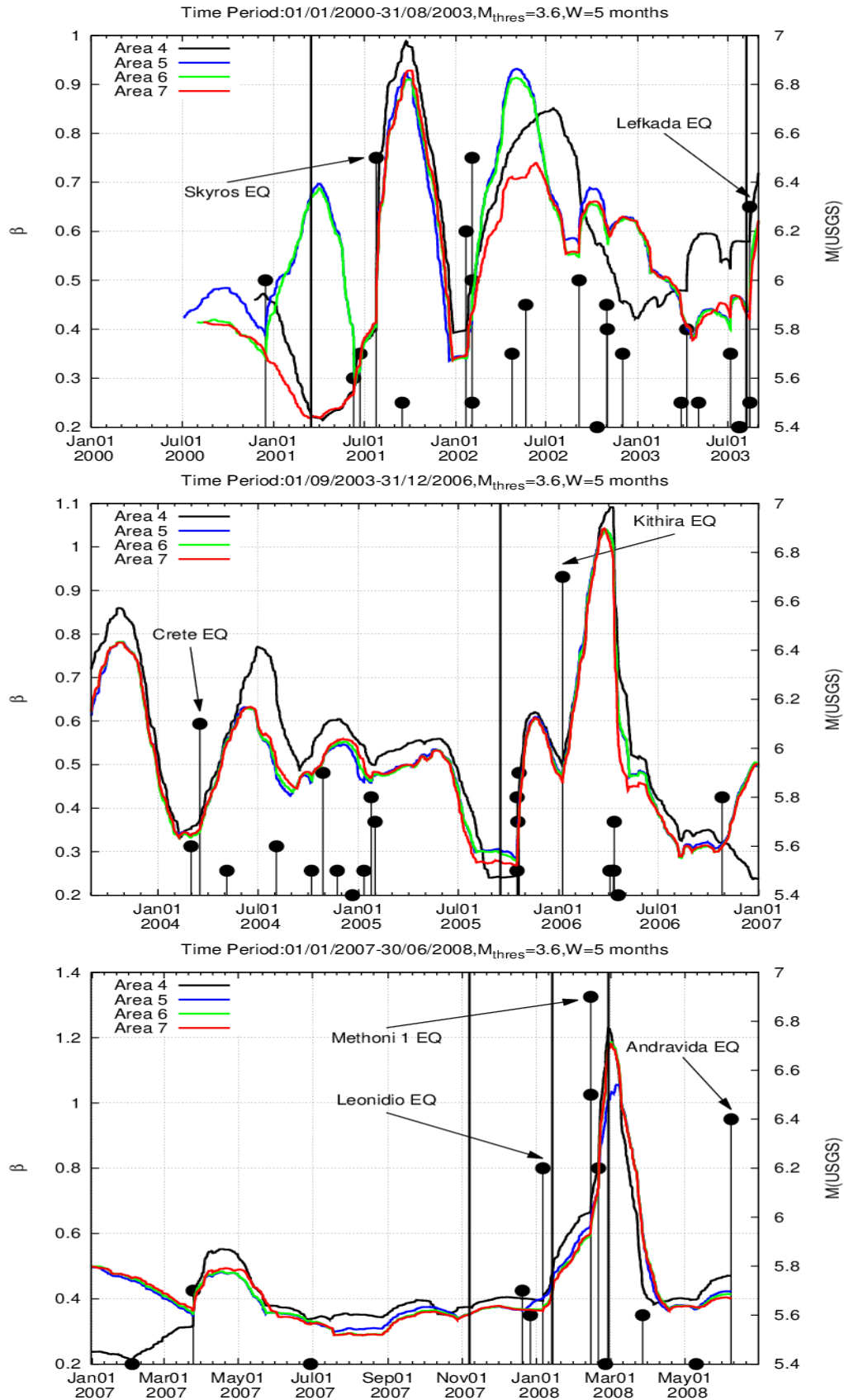
Εικόνα A19: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



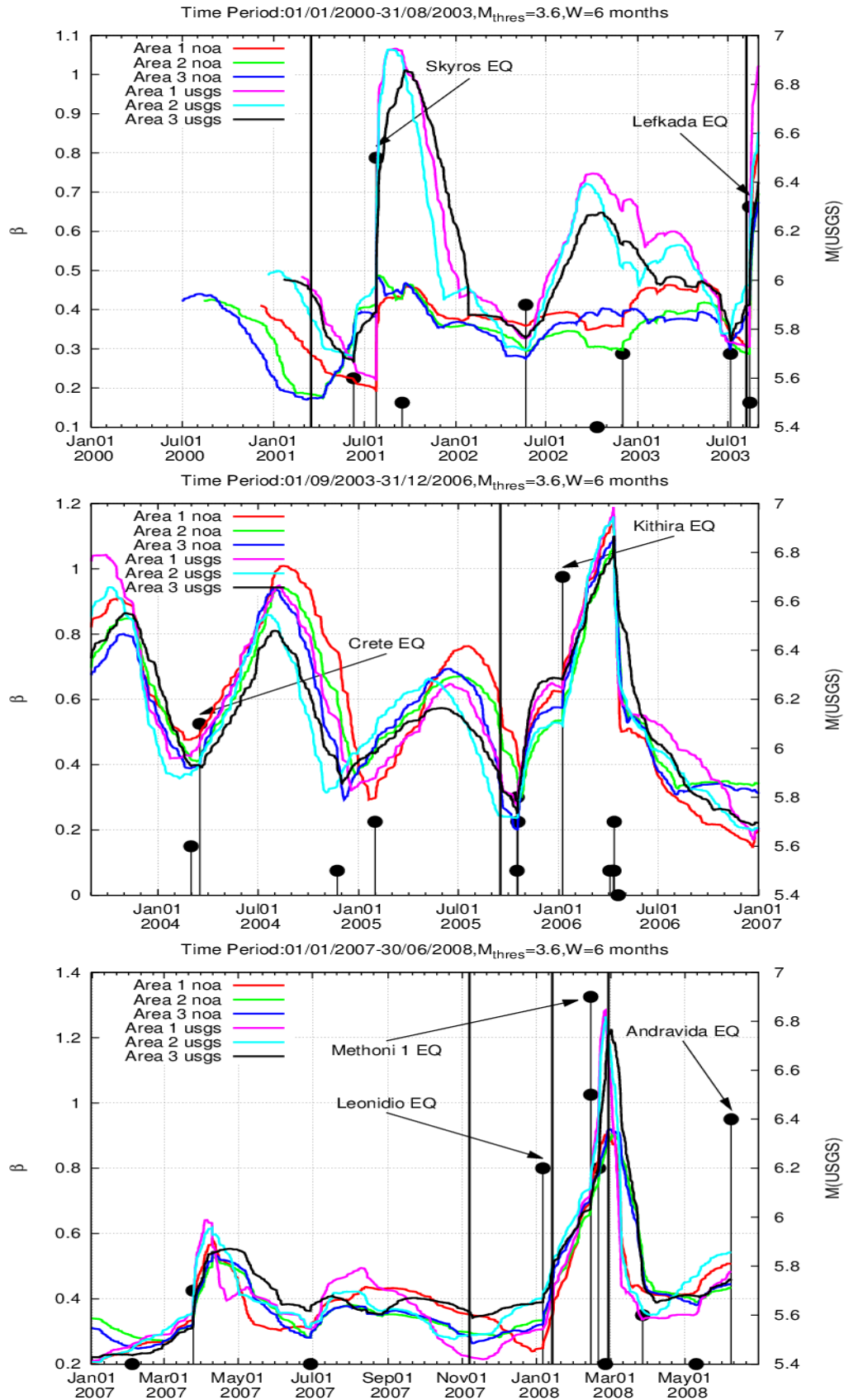
Εικόνα A20: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 4 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



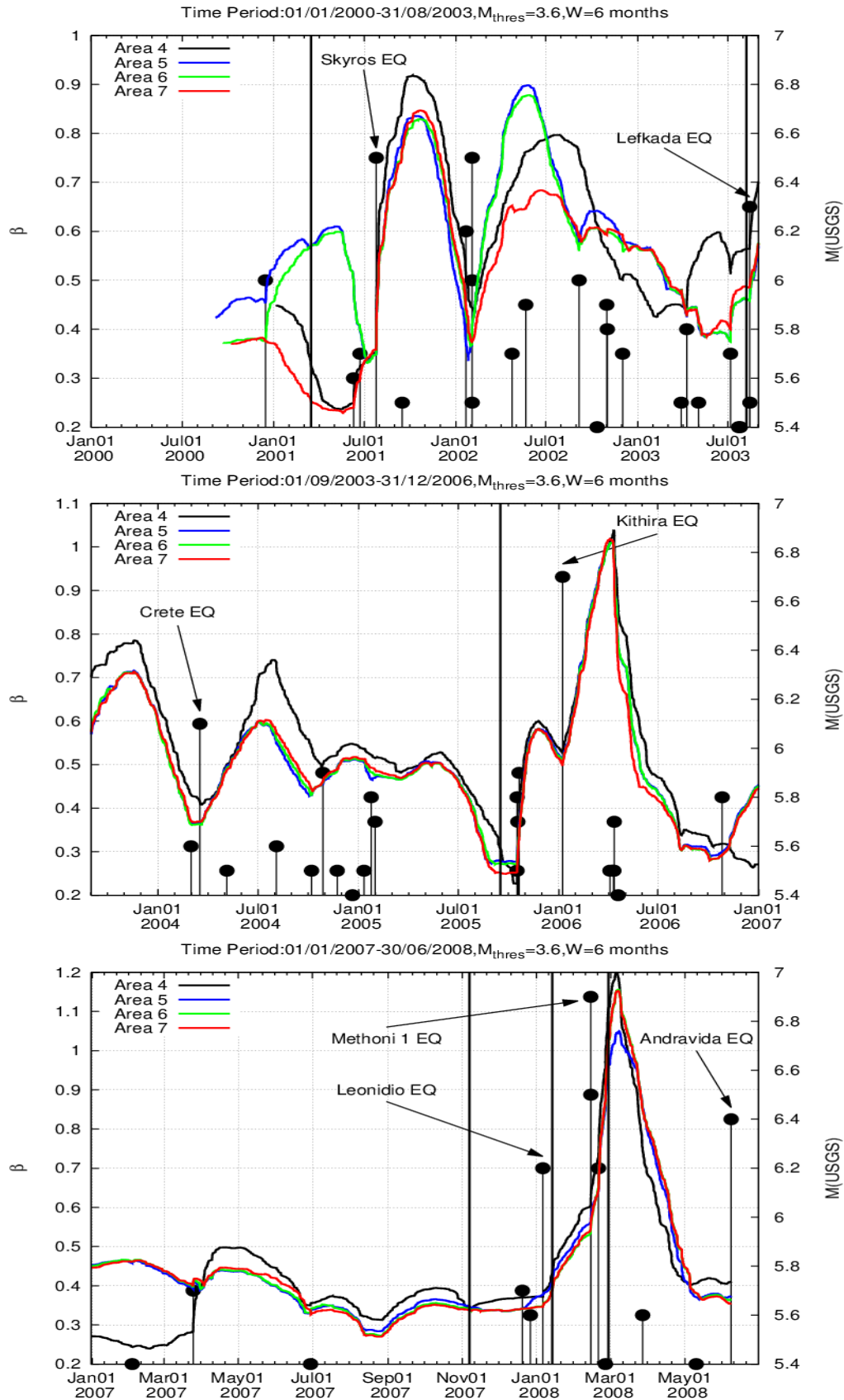
Εικόνα A21: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



Εικόνα A22: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου USGS σε απόσπασμα W μήκους 5 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



Εικόνα A23: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εσωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταωφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.



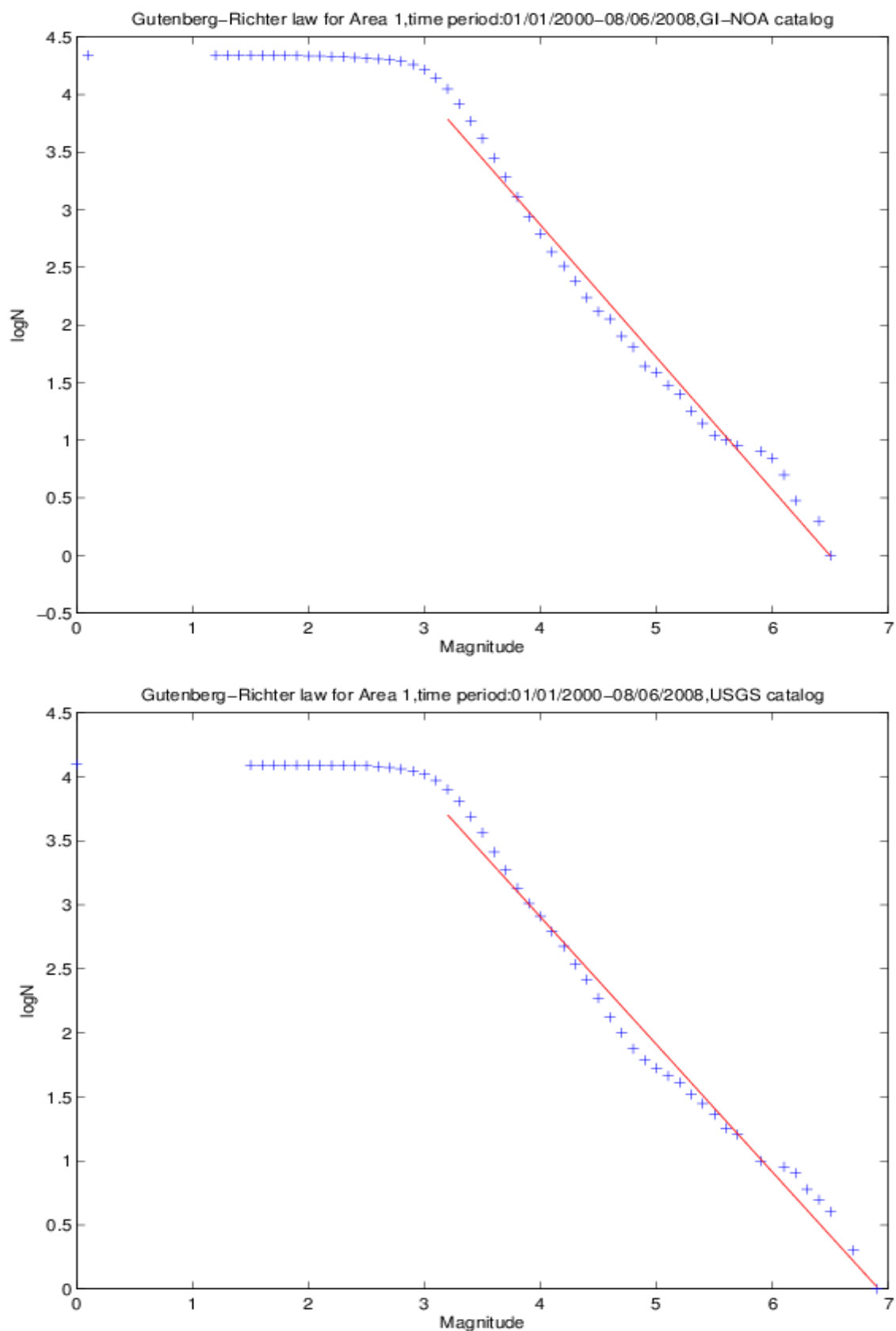
Εικόνα Α24: Χρονική εξέλιξη της διακύμανσης β της παραμέτρου κ_1 με παράλληλη απεικόνιση των σεισμών μεγέθους $M(USGS) \geq 5.4$ κατά τη σάρωση του σεισμικού καταλόγου GI-NOA σε απόσπασμα W μήκους 6 μηνών για τις εξωτερικές περιοχές, για το χρονικό διάστημα από 01/01/2000 έως 30/06/2008 με μέγεθος καταφλίου $M_{thres} = 3.6$. Με βέλη υποδεικνύονται οι σεισμοί μεγέθους $M_w(USGS) > 6.0$ που εκδηλώθηκαν στην Ελλάδα κατά το παραπάνω χρονικό διάστημα ενώ με κατακόρυφες γραμμές μαύρου χρώματος απεικονίζεται το σχετιζόμενο με κάθε σεισμό SES.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΛΟΓΩΝ

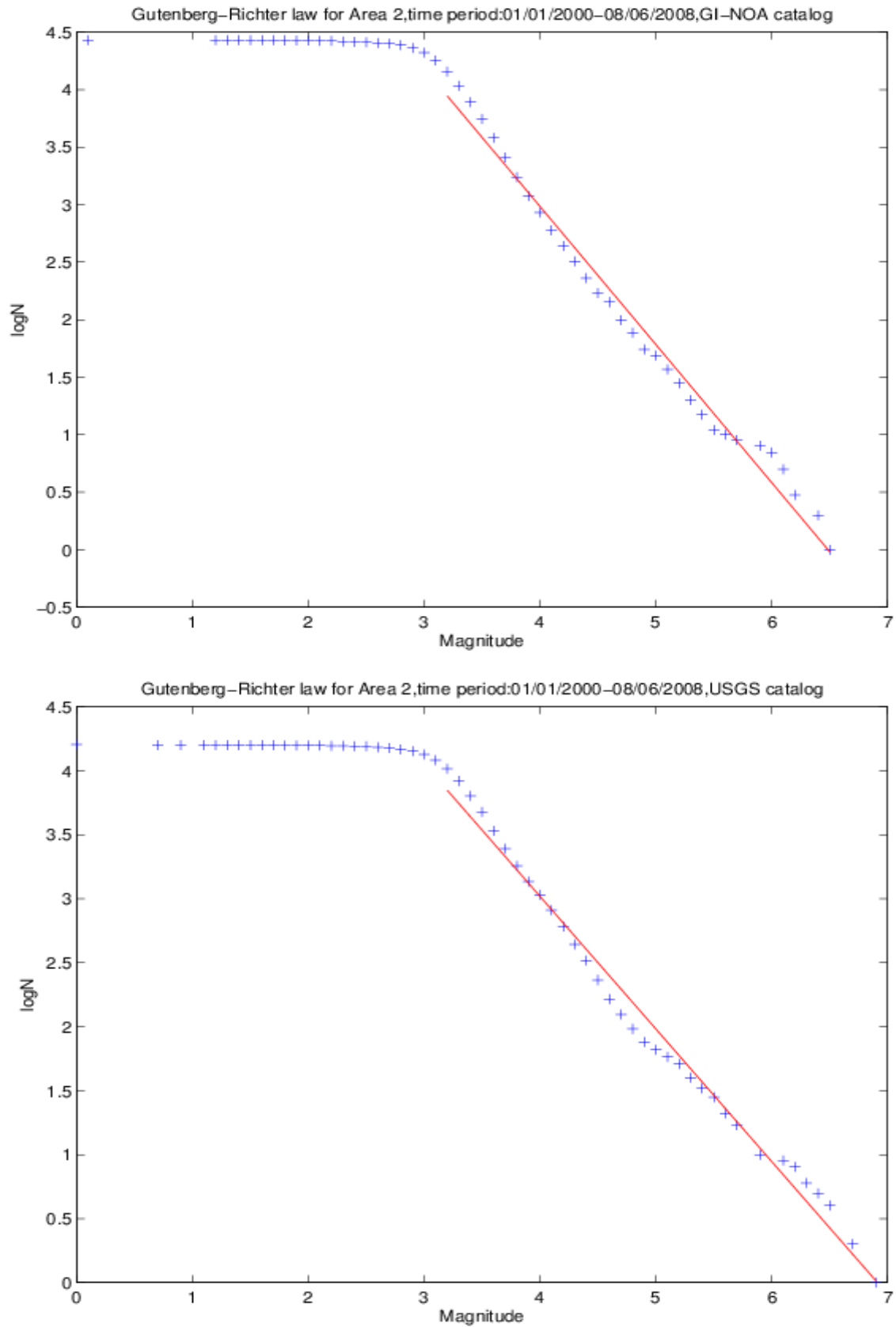
Ο νόμος Gutenberg-Richter (ή σχέση μεγέθους-συχνότητας) είναι ένας νόμος κλιμάκωσης παγκόσμιας ισχύος που συνδέει την αθροιστική συχνότητα N των σεισμών που εκδηλώνονται εντός συγκεκριμένης περιοχής και χρονικής περιόδου με το μέγεθός τους M μέσω της σχέσης $\log_{10}N=a-bM$, όπου a , b είναι παράμετροι που σχετίζονται με τη σεισμικότητα της περιοχής μελέτης και τις τεκτονικές ιδιότητες του εστιακού χώρου αντίστοιχα.

Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει $N \sim 10^{-bM}$ με αποτέλεσμα όσο μικρότερο είναι το μέγεθος M ενός σεισμού τόσο μεγαλύτερη είναι συχνότητα καταγραφής του και ο νόμος Gutenberg-Richter είναι μια γραμμική σχέση που συνδέει αυτές τις δύο ποσότητες. Στην πραγματικότητα η αδυναμία καταγραφής όλων των μικρού μεγέθους σεισμών οδηγεί σε μείωση των αθροιστικών συχνοτήτων τους με συνέπεια η γραμμικότητα του νόμου να περιορίζεται σε ένα τμήμα του μελετώμενου σεισμολογικού καταλόγου. Για το μέγεθος M πέραν του οποίου η σχέση $\log_{10}N=a-bM$ είναι γραμμική ο αντίστοιχος σεισμολογικός κατάλογος θεωρείται πλήρης και το μέγεθος αυτό ονομάζεται μέγεθος κατωφλίου (M_{thres}).

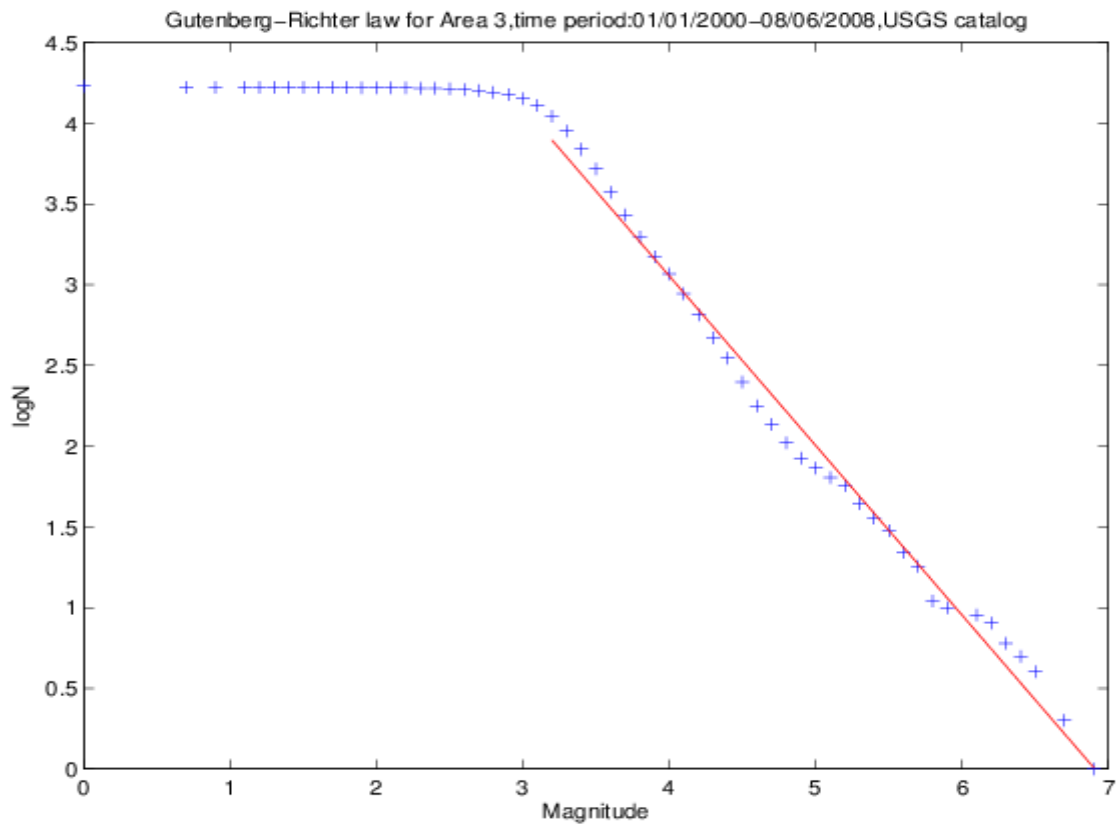
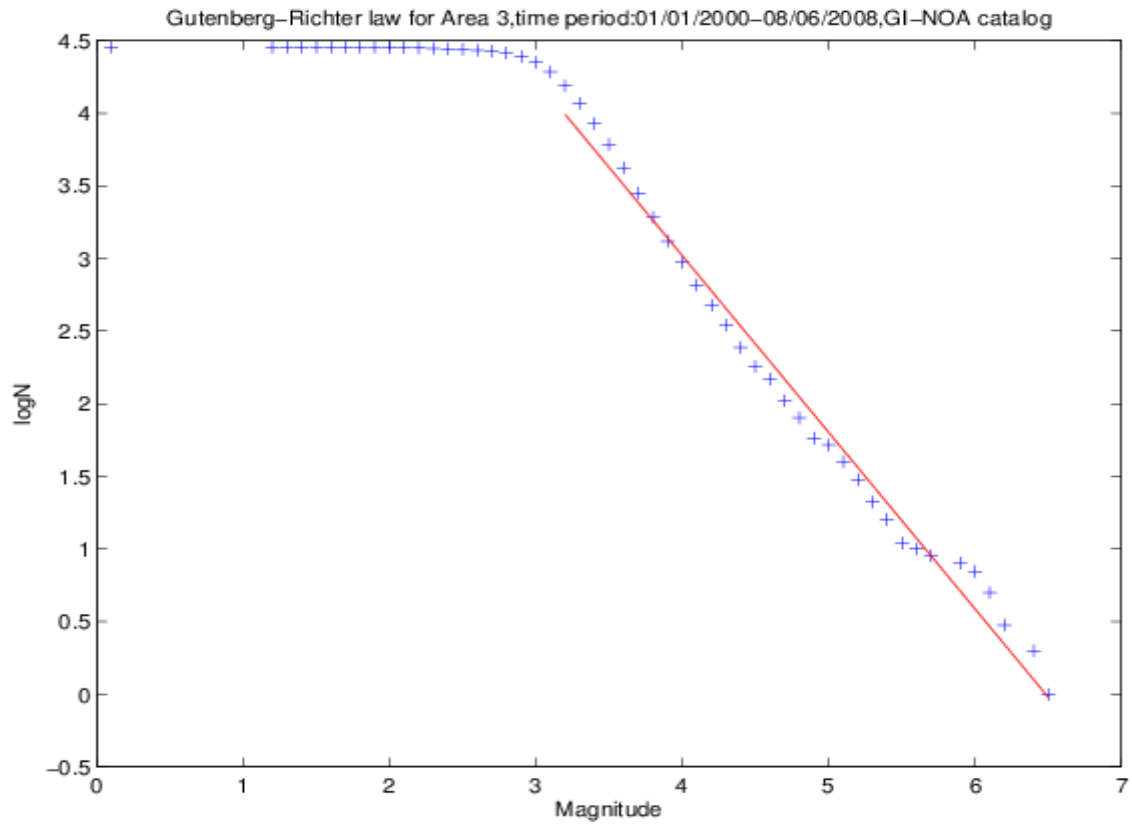
Στα παρακάτω σχήματα δίνονται οι γραφικές παραστάσεις του νόμου Gutenberg-Richter ανά περιοχή και σεισμικό κατάλογο για τις επτά γεωγραφικές περιοχές που μελετώνται στην παρούσα εργασία (βλ. πίνακα 5, σελ.35).



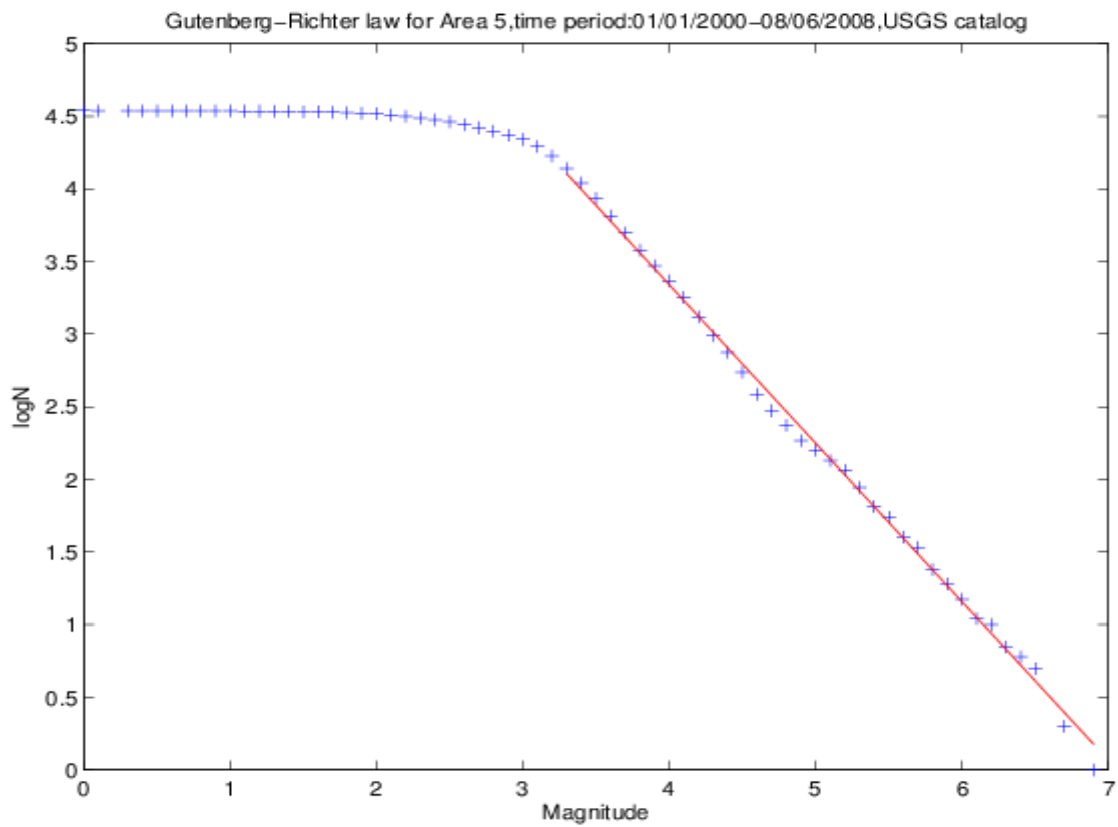
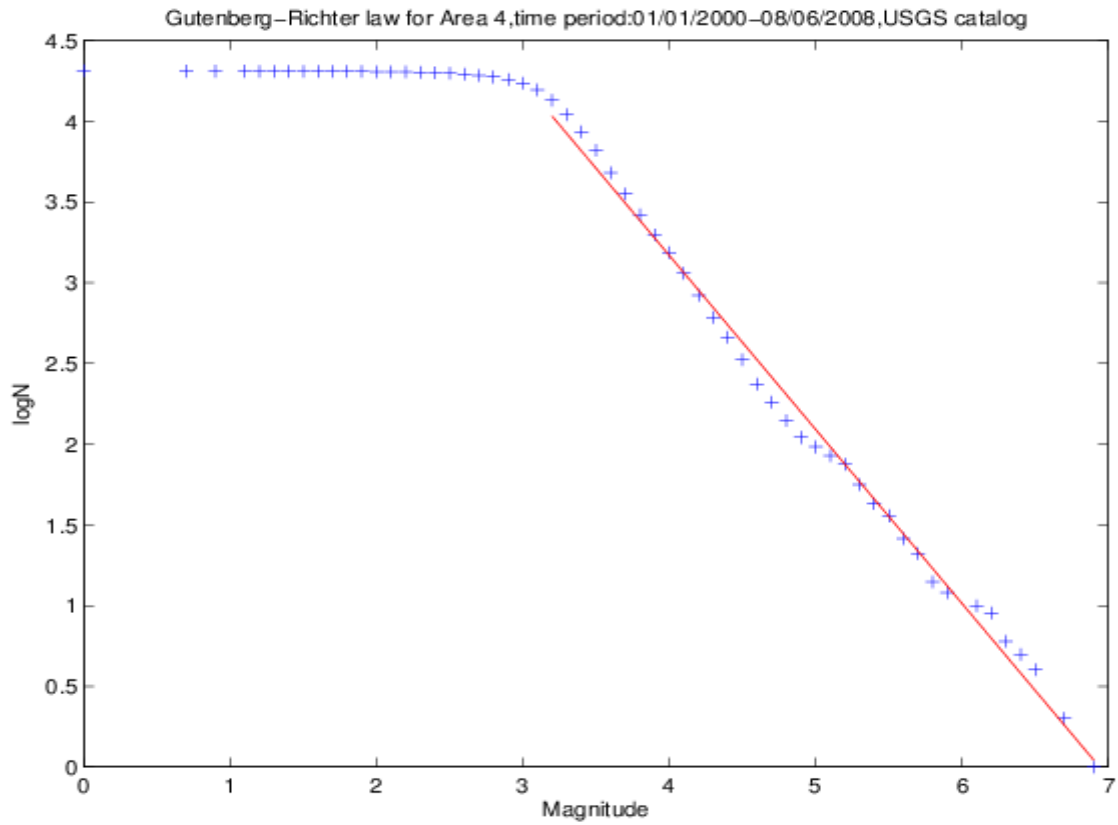
Εικόνα Β1: Γραφική παράσταση του νόμου Gutenberg-Richter για την περιοχή 1 ($N_{33.95}^{39.54}, E_{19.45}^{25.04}$), για το σεισμικό κατάλογο GI-NOA (άνω σχήμα) και το σεισμικό κατάλογο USGS (κάτω σχήμα) κατά τη χρονική περίοδο 01/01/2000-08/06/2008. Το μέγεθος κατωφλίου προκύπτει ίσο με $M_{thres} = 3.2$ και για τους δύο σεισμικούς καταλόγους.



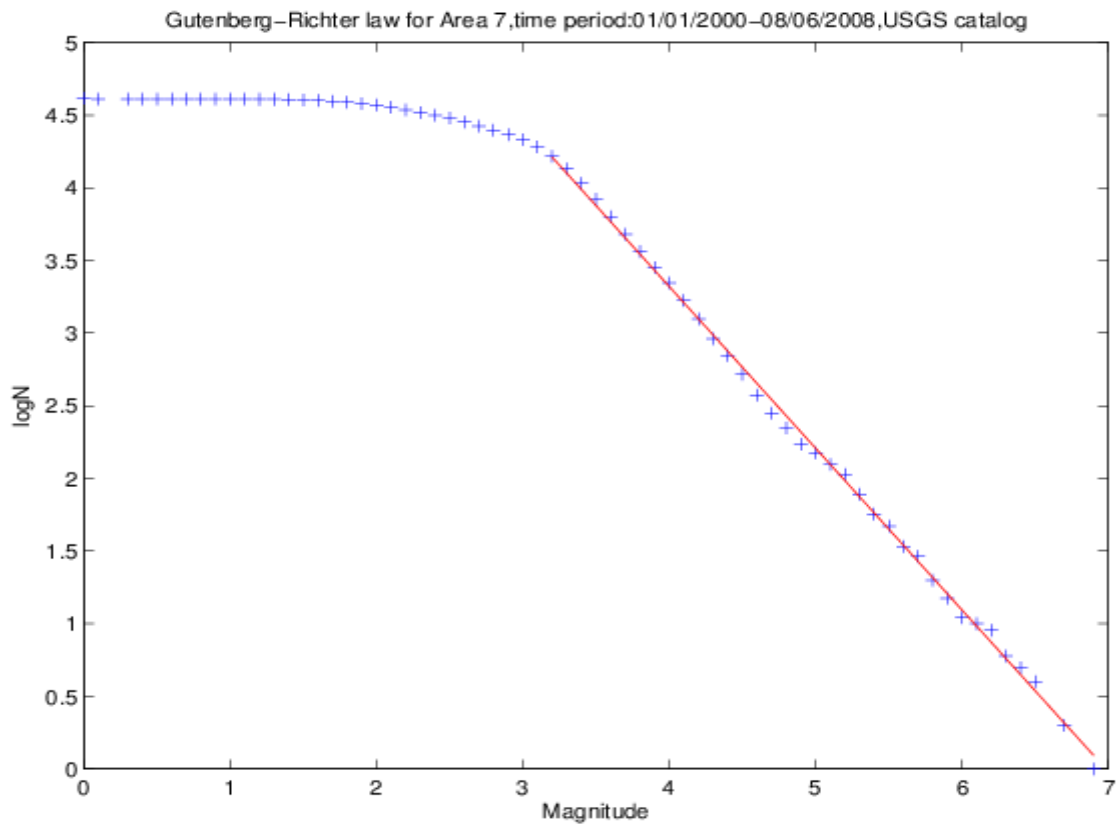
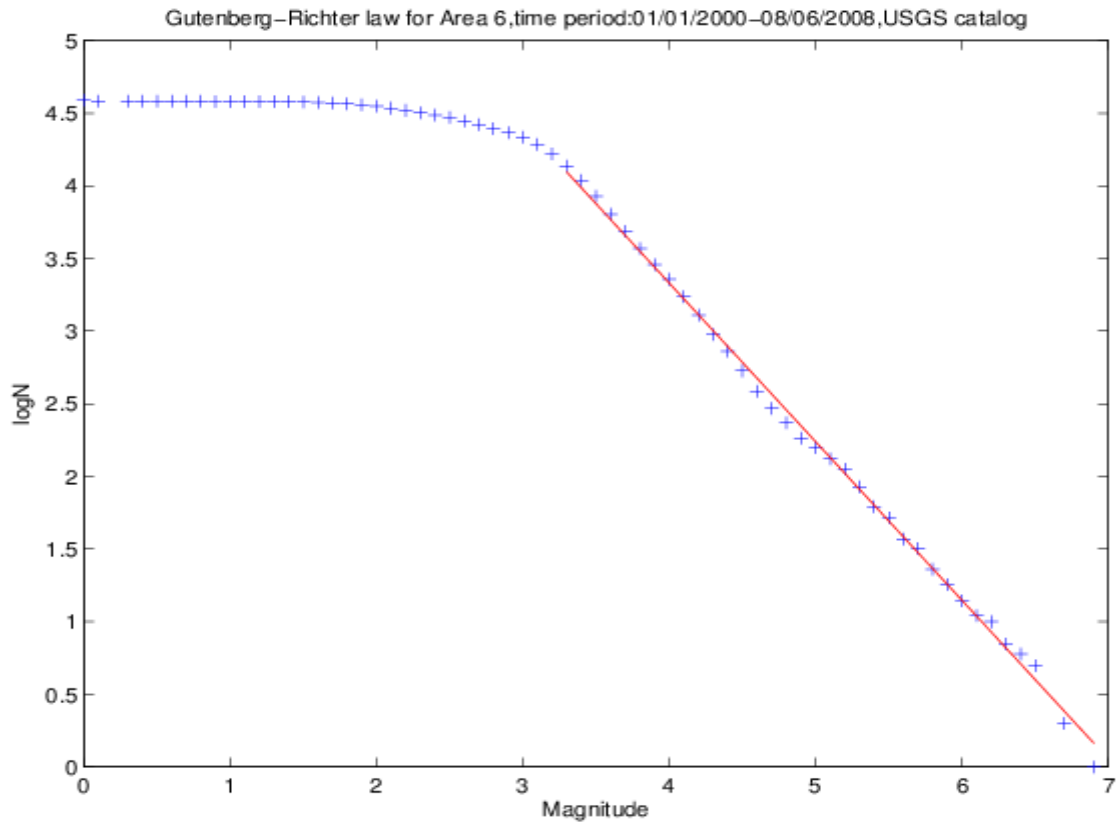
Εικόνα B2: Γραφική παράσταση του νόμου Gutenberg-Richter για την περιοχή 2 ($N_{33.95}^{41.04}, E_{18.95}^{26.04}$), για το σεισμικό κατάλογο GI-NOA (άνω σχήμα) και το σεισμικό κατάλογο USGS (κάτω σχήμα) κατά τη χρονική περίοδο 01/01/2000-08/06/2008. Το μέγεθος κατωφλίου προκύπτει ίσο με $M_{thres} = 3.2$ και για τους δύο σεισμικούς καταλόγους.



Εικόνα Β3: Γραφική παράσταση του νόμου Gutenberg-Richter για την περιοχή 3 ($N_{33.95}^{41.04}, E_{18.95}^{26.54}$), για το σεισμικό κατάλογο GI-NOA (άνω σχήμα) και το σεισμικό κατάλογο USGS (κάτω σχήμα) κατά τη χρονική περίοδο 01/01/2000-08/06/2008. Το μέγεθος κατωφλίου προκύπτει ίσο με $M_{thres} = 3.2$ και για τους δύο σεισμικούς καταλόγους.



Εικόνα Β4: Γραφική παράσταση του νόμου Gutenberg-Richter για τις περιοχές 4, $N_{31.95}^{42.04}, E_{17.95}^{28.04}$ (άνω σχήμα) και 5, $N_{24.95}^{50.04}, E_{9.95}^{35.04}$ (κάτω σχήμα), για το σεισμικό κατάλογο USGS κατά τη χρονική περίοδο 01/01/2000-08/06/2008. Το μέγεθος κατωφλίου προκύπτει ίσο με $M_{thres} = 3.2$ και $M_{thres} = 3.3$ αντίστοιχα.



Εικόνα B5: Γραφική παράσταση του νόμου Gutenberg-Richter για τις περιοχές 6, $N_{24.95}^{50.04}, E_{6.95}^{32.04}$ (άνω σχήμα) και 7, $N_{24.95}^{50.04}, E_{4.95}^{30.04}$ (κάτω σχήμα), για το σεισμικό κατάλογο USGS κατά τη χρονική περίοδο 01/01/2000-08/06/2008. Το μέγεθος κατωφλίου προκύπτει ίσο με $M_{thres} = 3.3$ και $M_{thres} = 3.2$ αντίστοιχα.

