



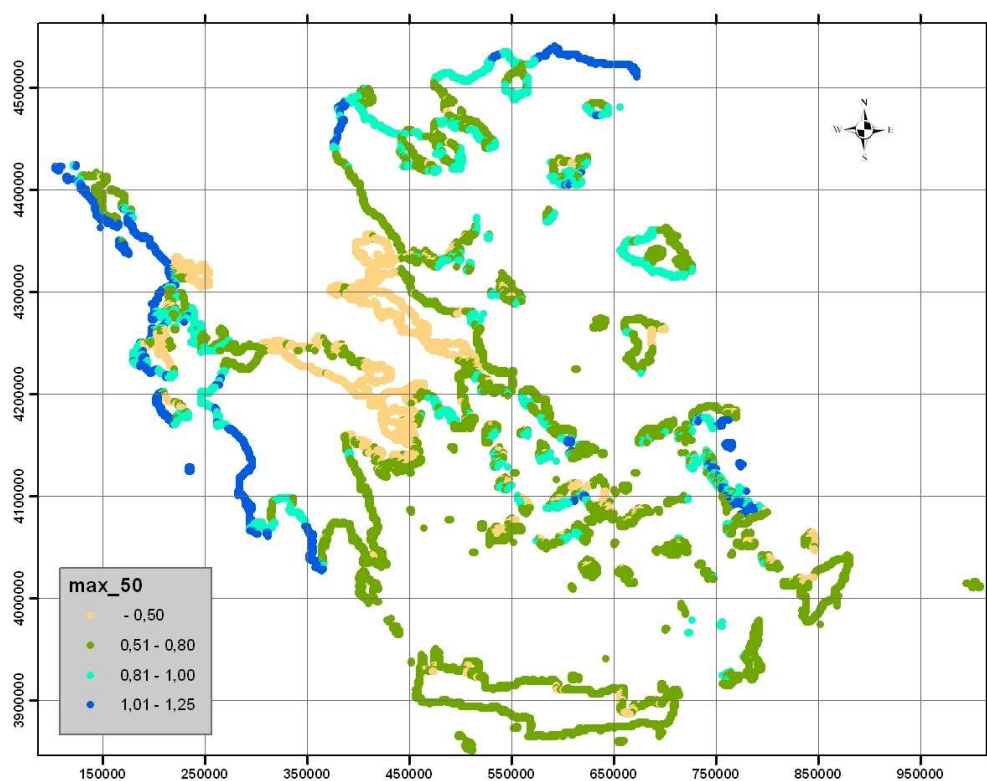
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΤΗ
ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΙΘΑΝΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ
ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

**ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ
ΟΔΗΓΙΑ 2007/60/ΕΚ, ΚΑΤ' ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103**

Το παρόν τεύχος συντάχθηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) με την υποστήριξη της Κ/Ξ Συμβούλου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε. - ΕΦΗ ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ & ΣΙΑ στο πλαίσιο του έργου «Τεχνικός Σύμβουλος Υποστήριξης και Υποβοήθησης της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την Αξιολόγηση και τη Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας».

Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 7/11/2014

Αναθεωρήσεις:

Έκδοση	Ημερομηνία	Παρατηρήσεις



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΟΔΗΓΙΑΣ 2007/60/ΕΚ
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ
ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΑ

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	1
1.1.	Αντικείμενο.....	1
1.2.	Ομάδα Μελέτης	1
1.3.	Επιτροπή Επίβλεψης	2
2.	Γενικά	3
3.	Ιστορικά δεδομένα.....	3
4.	Αξιολόγηση κινδύνου πλημμυρών από την θάλασσα: θεωρητικό υπόβαθρο	4
5.	Αξιολόγηση ανύψωσης θάλασσας: θεωρητικό υπόβαθρο	5
5.1.	Άνεμοι.....	5
5.2.	Αστρονομική και μετεωρολογική παλίρροια.....	6
5.2.1	Εκτίμηση μεγεθών.....	6
5.2.2	Στατιστική ανάλυση αστρονομικής και μετεωρολογικής παλίρροιας.....	6
5.3.	Πλημμύρες λόγω κυματισμών	6
5.3.1	Εκτίμηση ύψους κυματισμών	6
5.3.2	Ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας λόγω κυματισμών	8
5.3.3	Αναρρίχηση κυματισμών στην ακτή	9
5.3.4	Σύνθεση πλημμύρας λόγω κυματισμών	10
5.3.5	Στατιστική ανάλυση ανύψωσης ΜΣΘ και αναρρίχησης κυματισμών	10
5.4.	Παλιρροιακά κύματα	10
5.5.	Σύνθεση των παραπάνω	14
6.	Αξιολόγηση ανύψωσης στάθμης θάλασσας: αποτελέσματα.....	14
6.1.	Γενικά	14
6.2.	Ανύψωση ΜΣΘ από αστρονομική παλίρροια.....	14
6.3.	Ανύψωση ΜΣΘ από μετεωρολογική παλίρροια.....	15

6.4. Ανύψωση ΜΣΘ από κυματισμούς	20
6.5. Συνολική ανύψωση ΜΣΘ	26
7. Προκαταρκτική αξιολόγηση επικινδυνότητας πλημμύρας και καθορισμός περιοχών με κίνδυνο πλημμύρας	27
8. Αξιολόγηση επικινδυνότητας πλημμυρών από την θάλασσα.....	30
Παράρτημα Α: Μετεωρολογική πλημμύρα στο Αιγαίο	
Παράρτημα Β: Μετεωρολογική πλημμύρα στο Ιόνιο	
Παράρτημα Γ: Πλημμύρα από κυματισμούς	

1. Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενο

Η παρούσα έκθεση αποτελεί την Προκαταρκτική Αξιολόγηση των Κινδύνων Πλημμύρας από την θάλασσα για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας, σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ για την «αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας» και την Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1108 Β΄/21.07.2010) ενσωμάτωσης της Οδηγίας στο Ελληνικό Δίκαιο και συμπληρώνει το τεύχος «Εφαρμογή Οδηγίας 2007/60/ΕΚ Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας» με ημερομηνία Δεκέμβριος 2012.

Η παρούσα έκθεση περιλαμβάνει:

- αναφορά στις γνωστές ιστορικές πλημμύρες
- εντοπισμό των περιοχών που παρουσιάζουν χρήσεις ή έχουν περιβαλλοντική σημασία όπου είναι πιθανόν να σημειωθεί πλημμύρα, και
- τον καθορισμό των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας από την θάλασσα.

1.2. Ομάδα Μελέτης

Η Προκαταρκτική Αξιολόγηση των Κινδύνων Πλημμύρας καταρτίστηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) με την υποστήριξη του Τεχνικού Συμβούλου υποστήριξης και υποβοήθησης στην Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ, βάσει της από 01-03-2012 σύμβασης μεταξύ της ΕΓΥ και της Κοινοπραξίας Συμβούλου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε. – ΕΦΗ ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ & ΣΙΑ.

Για την εκπόνησή της εργάσθηκαν οι ακόλουθοι επιστήμονες:

Από την ΕΓΥ οι:

- ✓ Μαρία Γκίνη, ΠΕ Μηχανικών - Αγρ.Τοπογ/φος Μηχ/κός, Μ.Σc. Υδραυλικών Έργων, με Β΄ βαθμό στην ΕΓΥ
- ✓ Θεόδωρος Πλιάκας, ΠΕ Περιβάλλοντος, Μ.Σc. Φυσικής Περιβάλλοντος, με Β΄ βαθμό στην ΕΓΥ
- ✓ Κωνσταντίνα Νίκα, ΠΕ Γεωτεχνικών – Γεωπόνος, Μ.Σc. Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδατικών Πόρων με Δ΄ βαθμό στην ΕΓΥ
- ✓ Αθανασία Παρδάλη, ΠΕ Πολιτικών Μηχανικών, Μ.Σc. Δομοστατικής με Έ΄ βαθμό αποσπασμένη στην ΕΓΥ
- ✓ Πηνελόπη Γκαγκάρη, ΠΕ Γδασολόγων, Μ.Σc. Ανανεώσιμων Πόρων με Δ΄ βαθμό αποσπασμένη στην ΕΓΥ

Από τον Τεχνικό Σύμβουλο οι:

- ✓ Πάνος Παναγόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Ph.D.
- ✓ Θεοφάνης Καραμπάς, Καθηγητής Α.Π.Θ.
- ✓ Παναγιώτης Πρίνος, Καθηγητής Α.Π.Θ.
- ✓ Σπύρος Χριστόπουλος, Υδροακτοτεχνική,
- ✓ Χρ. Παπαιωάννου, Διευθυντής Ερευνών, Ι.Τ.Σ.Α.Κ.
- ✓ Αντώνης Κουκουβίνος, επιστημονικός συνεργάτης Ε.Μ.Π.
- ✓ Αικατερίνη Τριανταφύλλου, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Doctorat Επιστήμες και Τεχνικές Περιβάλλοντος
- ✓ Λένα Κατσαδωράκη, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
- ✓ Αριστοτέλης Τέγος, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Μ.Δ.Ε

1.3. Επιτροπή Επίβλεψης

Με βάση τα προβλεπόμενα στην από 07/03/2012 απόφαση της Διεύθυνσης Προστασίας της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Υ.Π.Ε.Κ.Α. (αρ. πρωτ.: οικ. 105267) οι επιβλέποντες του έργου «Τεχνικός Σύμβουλος υποστήριξης και υποβοήθησης της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων στην Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την Αξιολόγηση και τη Διαχείριση των Κινδύνων Πλημμύρας» είναι οι εξής:

- ✓ Θεόδωρος Πλιάκας, ΠΕ Χ.Β.Φ.Φ.- MSc Φυσικής Περιβάλλοντος με Β' βαθμό στην ΕΓΥ
- ✓ Κωνσταντίνα Νίκα, ΠΕ Γεωτεχνικών – Γεωπόνος - MSc Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδατικών Πόρων με Δ' βαθμό στην ΕΓΥ

Ως συντονιστής της ως άνω ομάδας επιβλεπόντων ορίζεται με την ίδια απόφαση η κ. Κωνσταντίνα Νίκα.

2. Γενικά

Στο πλαίσιο της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ πρέπει να εκτιμηθεί η επικινδυνότητα πλημμυρών από τη θάλασσα με στόχο την κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Θαλάσσιας Πλημμύρας.

3. Ιστορικά δεδομένα

Οι πλημμύρες από την θάλασσα δεν είναι διαδομένες στην Ελλάδα. Έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα ορισμένα μεμονωμένα περιστατικά που χρήζουν ανάλυσης και επεξήγησης, όπως [Παράκτιες Πλημμύρες, Θ. Καραμπάς, Π. Πρίνος, 2014]:



Αιτωλικό, 4.12.2008



Βαθύ Σάμου, 20.12.2009 – 3.1.2010



Λέσβος, 20.12.2009-3.1.2010

4. Αξιολόγηση κινδύνου πλημμυρών από την θάλασσα: θεωρητικό υπόβαθρο

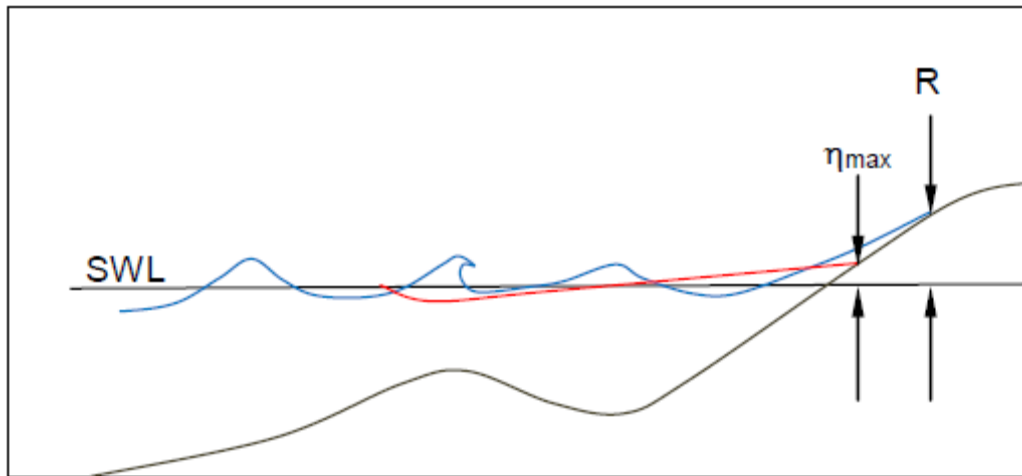
Οι πλημμύρες από την θάλασσα οφείλονται στους εξής παράγοντες:

- της αστρονομικής παλίρροιας
- της μετεωρολογικής παλίρροιας (storm surge)¹
- της ανύψωσης της μέσης στάθμης θαλάσσης (ΜΣΘ) λόγω κυματισμών (wave setup)², και
- της αναρρίχησης (runup) των κυματισμών στην ακτή.

Στο παρακάτω Σχήμα 1 παρουσιάζεται εννοιολογικά η ανύψωση της ΜΣΘ λόγω κυματισμών η_{max} καθώς και η αναρρίχηση των κυματισμών R.

¹ Ως μετεωρολογική παλίρροια νοείται η σημαντική άνοδος της στάθμης της θάλασσας που προκαλείται από τις δυνάμεις ανέμου και πίεσης ενός βαρομετρικού χαμηλού ή μιας έντονης καταιγίδας

² Ως ανύψωση της Μέσης Στάθμης Θάλασσας νοείται η μέση ανύψωση που προκαλείται λόγω της θραύσης τους κατά την πρόσπτωσή τους στις ακτές



Σχήμα 1. Ανύψωση της ΜΣΘ λόγω κυματισμών η_{max} και αναρρίχηση των κυματισμών, R [Wave Runup Prediction and Assessment, US Corps of Engineers, 2012]

Πρόσθετος λόγος για πλημμύρες από την θάλασσα είναι τα παλιρροιακά κύματα (tsunami) που οφείλονται σε απότομες και τοπικές ανυψώσεις ή καταβυθίσεις του πυθμένα της θάλασσας λόγω σεισμών ή κατολισθήσεις του πυθμένα της θάλασσας.

Τα παραπάνω φαινόμενα εξετάζονται στην συνέχεια.

5. Αξιολόγηση ανύψωσης θάλασσας: θεωρητικό υπόβαθρο

5.1. Άνεμοι

Οι άνεμοι αποτελούν την κινητήριο δύναμη για την μετεωρολογική παλίρροια και το μέγεθος των κυματισμών, που επηρεάζει τόσο την ανύψωση της μέσης στάθμης θαλάσσης όσο και την αναρρίχηση των κυματισμών στην ακτή.

Από τα διαθέσιμα ανεμολογικά δεδομένα για τις Ελληνικές θάλασσες προκύπτει ότι οι καταγραφίσεις μέγιστες εντάσεις ανέμων στους περισσότερους εκτεθειμένους μετεωρολογικούς σταθμούς είναι 10 Beaufort από διάφορες διευθύνσεις³. Τα μέχρι σήμερα μετρηθέντα σημαντικά ύψη κυμάτων είναι της τάξης των 7,5 m [Φ. Καραμπάς, προσωπική επικοινωνία, Απρίλιος 2014]. Αυτό οφείλεται στο ότι το μέγεθος των παρατηρούμενων κυματισμών περιορίζεται από την διάρκεια εμφάνισης των μεγάλων εντάσεων ανέμων ή/και από το περιορισμένο ανάπτυγμα πελάγους στο οποίο μπορεί να εμφανιστούν οι εντάσεις αυτές.

Με βάση τα παραπάνω θεωρήθηκε για τις αναλύσεις του παρόντος:

- ταχύτητα ανέμου ίση με 26,4 m/sec, που αντιστοιχεί σε ένταση 10 Beaufort, και
- διάρκεια πνοής της παραπάνω ταχύτητας ανέμου 15 ώρες⁴.

³ Στην Νάξο (που έχει χρονοσειρά μετρήσεων 1955-1997) έχουν καταγραφεί και 11 Beaufort από βόρειες διευθύνσεις (ΒΔ, Β και ΒΑ) καθώς και από ΝΑ

⁴ Ενδεικτικά, με τα δεδομένα αυτά, ο κυματισμός ανοιχτού πελάγους για ανάπτυγμα 350 Km έχει σημαντικό ύψος 8,5 m, αντίστοιχη περίοδο 13 sec και μήκος ~260 m.

5.2. Αστρονομική και μετεωρολογική παλίρροια

5.2.1 Εκτίμηση μεγεθών

Η αστρονομική και μετεωρολογική παλίρροια, για διάφορες περιόδους επαναφοράς, μπορεί να εκτιμηθεί από στατιστική επεξεργασία των δεδομένων των παλιρροιομέτρων (παλαιότερα) και 22 παλιρροιογράφων τώρα που διαθέτει η Υδρογραφική Υπηρεσία (ΥΥ) του Ναυτικού και καλύπτουν σειρά ετών. Αυτό προϋποθέτει πρόσβαση στα πρωτογενή δεδομένα της Υ.Υ. προ του 1990 και ψηφιοποίηση τους.

Ορισμένα χαρακτηριστικά στοιχεία από τα διαθέσιμα δεδομένα για την διαφορά της μέγιστης πλήμμης από την μέση στάθμη θάλασσας [Στατιστικά Στοιχεία της Στάθμης της Θάλασσας Ελληνικών Λιμένων, ΥΥ, 2013] όπως προκύπτει από στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων παλιρροιογράφων για την περίοδο 1990-2012: Αλεξανδρούπολη 0,91 m, Χίος 0,49 m, Ηράκλειο 0,53 m, Σύρος 0,54 m.

Για τις ανάγκες της παρούσας, η αστρονομική παλίρροια εκτιμάται ότι δίνει ανυψώσεις της τάξης των 0,10 m από την ΜΣΘ.

5.2.2 Στατιστική ανάλυση αστρονομικής και μετεωρολογικής παλίρροιας

Η μετεωρολογική παλίρροια με περίοδο επαναφοράς 50, 100 και 1000 χρόνια, μπορεί να εκτιμηθεί επίσης από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων μαθηματικών μοντέλων που προσομοιώνουν την στάθμη θάλασσας για 50 χρόνια (1960-2010), με βάση μετρήσεις πιέσεων και ανέμων και στα οποία μπορεί επίσης να προσομοιωθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Ενδεικτικά αποτελέσματα μιας τέτοιας προσομοίωσης είναι αυτά που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.

5.3. Πλημμύρες λόγω κυματισμών

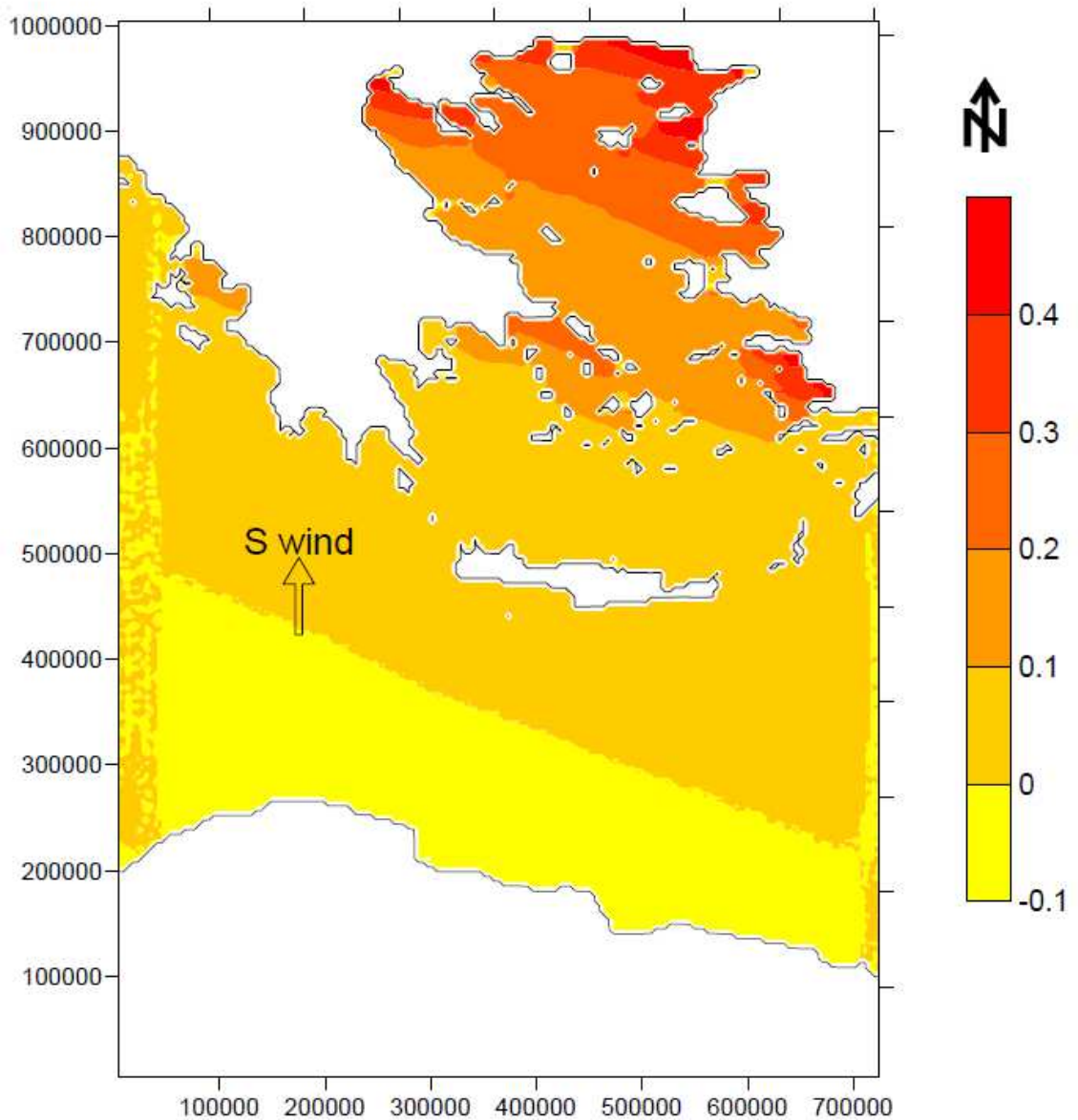
5.3.1 Εκτίμηση ύψους κυματισμών

Ο αριθμός και η διάρκεια των καταγραφών κυματισμών είναι περιορισμένα στον Ελληνικό χώρο. Κατά συνέπεια, η εκτίμηση του ύψους των αναμενόμενων κυματισμών με βάση την στατιστική επεξεργασία των κυματισμών μπορεί να γίνει αξιόπιστα για σχετικά μικρές περιόδους επαναφοράς.

Διατίθενται όμως μετρήσεις κατευθύνσεων και εντάσεων ανέμων αρκετών ετών από το δίκτυο της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ). Με βάση τους ανέμους αυτούς μπορεί να εκτιμηθούν οι αναμενόμενοι κυματισμοί ανοιχτού πελάγους με την απλουστευμένη μέθοδο Jonswar [CEM: Coastal Engineering Manual, 2008] με την υπόθεση πνοής σταθερής έντασης ανέμου πάνω σε ένα ανάπτωμα πελάγους F για συγκεκριμένο χρόνο (διάρκεια, t).

Κατ' αρχάς, από την ένταση του ανέμου (σε Beaufort) εκτιμάται η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10m, U (m/sec)⁵.

⁵ Κατά το CEM γίνεται μια προσαρμογή στην ταχύτητα αυτή ως εξής: U_A (m/sec) = $0,71 U$ (m/sec)^{1,23}, αλλά η σκοπιμότητα της προσαρμογής αυτής (που αυξάνει αισθητά την ταχύτητα ανέμου) αμφισβητείται, οπότε δεν λαμβάνεται υπόψη στην συνέχεια και θεωρείται $U_A = U$.



Σχήμα 2. Ανύψωση της στάθμης θάλασσας λόγω Ν. ανέμων με περίοδο επαναφοράς 50 ετών
[Προστασία ακτών Λέσβου λόγω ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας- Ακτομηχανική διερεύνηση, Θ.
Καραμπάς, 2011, Παράκτιες Πλημμύρες, Θ. Καραμπάς, Π. Πρίνος, 2014]

(α) Ύψος κύματος

Το σημαντικό ύψος κύματος (significant wave height) H_s εκτιμάται για ανάπτυγμα πελάγους F ως:

$$\frac{gH_s}{U_A^2} = 0,0016 \cdot \sqrt{\frac{gF}{U_A^2}} \text{ από την οποία προκύπτει: } H_s (m) = 5,112 \cdot 10^{-4} \cdot U_A (m/sec) \cdot \sqrt{F(m)}$$

Η σχέση αυτή ισχύει για αναπτύγματα πελάγους μικρότερα ή ίσα με αυτά που αντιστοιχούν στην πλήρη ανάπτυξη κυματισμών, δηλαδή για:

$$F \leq 23123 \cdot U_A^2 / g \text{ ή ήτοι } F(m) \leq 2357,08 \cdot U_A \left(\frac{m}{\text{sec}} \right)^2.$$

Σε περίπτωση που τα αναπτύγματα είναι μεγαλύτερα, λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του ύψους κύματος το παραπάνω ανάπτυγμα.

Επίσης, εάν η διάρκεια πνοής του ανέμου t είναι

$$t \leq 68,8 \cdot \frac{U_A}{g} \cdot \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{2/3} \text{ ή } t(\text{sec}) \leq 32,1385 * \left(\frac{F(m)^2}{U_A \text{ m/sec}} \right)^{1/3}$$

τότε λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό ισοδύναμο ανάπτυγμα πελάγους F που είναι:

$$F = \left(\frac{g \cdot t}{68,8 \cdot U_A} \right)^{1,5} \cdot \frac{U_A^2}{g} \text{ ή } F(m) = 5,4886 * t(\text{sec})^{1,5} * \sqrt{U_A \left(\frac{m}{\text{sec}} \right)}$$

(β) Περίοδος και μήκος κύματος

Η αντίστοιχη σχέση εκτίμησης της περιόδου που αντιστοιχεί στο μέγιστο ύψος κύματος είναι:

$$\frac{gT_p}{U_A} = 0,2857 \cdot \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{1/3}$$

από την οποία προκύπτει:

$$T_p(\text{sec}) = 6,238 \cdot 10^{-2} \cdot [U_A(m/\text{sec}) \cdot F(m)]^{1/3}$$

Το αντίστοιχο μήκος κύματος ανοιχτού πελάγους είναι $L_0 = gT_p^2/2\pi$.

Με βάση τα παραπάνω για:

- μέση ταχύτητα ανέμου ίση με 26,4 m/sec, που αντιστοιχεί σε ένταση 10 Beaufort, και
- ανάπτυγμα πελάγους 300 Km

ο εκτιμώμενος κατά τα ανωτέρω κυματισμός ανοιχτού πελάγους έχει σημαντικό ύψος $H_s=7,4$ m, αντίστοιχη περίοδο $T_p=12,1$ sec και μήκος $L_0 \approx 230$ m (δεν είναι καθοριστική του ύψους κύματος). Έτσι, η καμπυλότητα του κύματος H/L (wave steepness) είναι $\sim 0,032$.

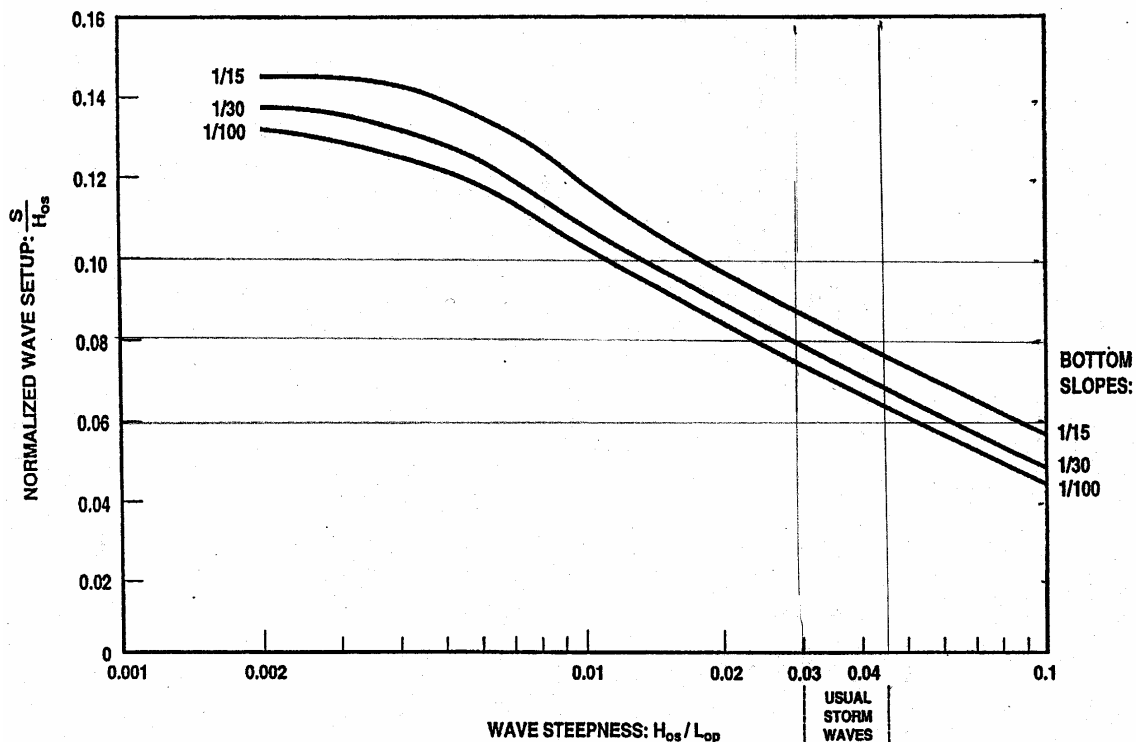
Τα παραπάνω εκτιμάται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς περίπου 50 ετών. Από την εμπειρία στατιστικών αναλύσεων προκύπτει ότι το ύψος κύματος για περίοδο επαναφοράς 100 ετών αναμένεται να είναι 10-20% μεγαλύτερο. Στα πλαίσια της προσέγγισης αυτής δεν είναι δυνατή η εκτίμηση του ύψους των κυματισμών για περίοδο επαναφοράς 1.000 ετών.

5.3.2 Ανύψωση της μέσης στάθμης θαλάσσης λόγω κυματισμών

Η ανύψωση της μέσης στάθμης θαλάσσης (Μ.Σ.Θ.) λόγω κυματισμών μπορεί να εκτιμηθεί συναρτήσει (κυρίως) του ύψους και της καμπυλότητας των κυματισμών ανοιχτής θαλάσσης και (δευτερευόντως) της κλίσης του πυθμένα, είναι δε συνήθως της τάξης του 7-8% του ύψους κύματος ανοιχτής θαλάσσης H_{os} , βλ. Σχήμα 3.

Με βάση τον συσχετισμό αυτό και λαμβάνοντας υπόψη ότι:

- η καμπυλότητα των κυματισμών ανοιχτού πελάγους είναι τυπικά 0,035 και
- κλίση του πυθμένα 1/30, ήτοι μεταξύ των ακραίων τιμών προκύπτει λόγος S/H_{os} ίσης με 7%. Έτσι, η ανύψωση της ΜΣΘ στην ακτή συσχετίζεται με το ύψος κύματος στο ανοιχτό πέλαγος.



Σχήμα 3. Συσχετισμός της ανύψωσης (wave setup) S με την καμπυλότητα του κύματος (wave steepness) [Wave Setup, FEMA Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping Guidelines - Focused Study Report, February 2005]

5.3.3 Αναρρίχηση κυματισμών στην ακτή

Η αναρρίχηση (runup) των κυματισμών στην ακτή εξαρτάται από την φύση και κλίση του πυθμένα και υπολογίζεται συνήθως για παράκτιες κατασκευές όπως μώλοι, αναχώματα προστασίας κλπ.

Από την διαθέσιμη βιβλιογραφία [Wave Runup Prediction for Flood Hazard Assessment, Jeffrey A. Melby, FEMA, σχέδιο May 2012] προκύπτει ότι, προκειμένου για ακτές, η αναρρίχηση R (περιλαμβανομένης της ανύψωσης της ΜΣΘ) μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση του Holman (1986) σύμφωνα με την οποία:

$$R = 1,10 \cdot \xi_{op}^{0,70} \cdot H_s$$

όπου ξ_{op} το surf similarity parameter που ορίζεται ως $\xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_{op}}}$

όπου α η κλίση της ακτής και S_{op} η καμπυλότητα του κυματισμού ανοιχτού πελάγους (ίσο με H_s/L).

5.3.4 Σύνθεση πλημμύρας λόγω κυματισμών

Από τα παραπάνω μπορεί να διακριθούν οι εξής περιπτώσεις:

- εάν η παραλία εκτείνεται πέραν της στάθμης του runup (όπως στο Σχήμα 1), δεν υπάρχει πλημμύρα
- εάν η παραλία έχει μια στάθμη στέψης πάνω από την στάθμη setup αλλά κάτω από την στάθμη runup, τα κύματα θα τροφοδοτούν περιοδικά με overtopping την πίσω από την παραλία περιοχή, οπότε η έκταση της κατακλυζόμενης επιφάνειας και το βάθος νερού θα εξαρτηθούν από τον όγκο του overtopping αυτού (συνάρτηση του βαθμού overtopping και της διάρκειας του φαινομένου)
- εάν η παραλία (και ο πίσω της χερσαίος χώρος) έχει στάθμη κάτω από την στάθμη setup, μπορεί να θεωρηθεί προσεγγιστικά ότι κατακλύζεται όλος ο πίσω χερσαίος χώρος μέχρι την στάθμη αυτή του setup⁶.

Στην ενδιάμεση περίπτωση δεν υπάρχει σταθερή κατάκλυση, αλλά τροφοδοσία της παραλιακής ζώνης με νερό. Η εκτίμηση του όγκου νερού και της κατανομής του είναι δυσχερής και περιορισμένης αξιοπιστίας. Κατά συνέπεια, δεν λαμβάνεται υπόψη η περίπτωση αυτή. Έτσι, για την εκτίμηση της ανύψωσης στάθμης λόγω κυματισμών λαμβάνεται υπόψη μόνο η ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας (setup).

5.3.5 Στατιστική ανάλυση ανύψωσης ΜΣΘ και αναρρίχησης κυματισμών

Η εκτίμηση της ανύψωσης της ΜΘ και της αναρρίχησης των κυματισμών για διάφορες περιόδους επαναφοράς μπορεί να γίνει επίσης από την στατιστική επεξεργασία ακραίων τιμών των σχετικών αποτελεσμάτων από μαθηματικά μοντέλα διάδοσης κυματισμών (WAM, SWAM) που προσομοιώνουν την στάθμη θάλασσας για 50 χρόνια και την εκάστοτε εκτιμώμενη ανύψωση/αναρρίχηση, με βάση μετρήσεις ανέμων για ένα τέτοιο χρονικό διάστημα και στα οποία μπορεί επίσης να προσομοιωθούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί αντικείμενο ερευνητικών προγραμμάτων που βρίσκονται σε εξέλιξη.

5.4. Παλιρροιακά κύματα

Από τα διαθέσιμα ιστορικά αρχεία προκύπτει ότι από το 459 π.χ. μέχρι το 1984 έχουν παρατηρηθεί 56 παλιρροιακά κύματα στον Ελληνικό χώρο και τη νότια Αλβανία, εκ των οποίων 34 είναι από ΙΙΙ και πάνω στην κλίμακα του καθ. Αμβράζη που εξαρτάται από τις προκαλούμενες ζημιές [Tsunami hazard in Greece and the surrounding area, B.C. Papazachos, Ch. Koutitas, P.M. Hatzidimitriou, B.G. Karacostas and Ch. A. Papaioannou, Annales Geophysicae, 1986].

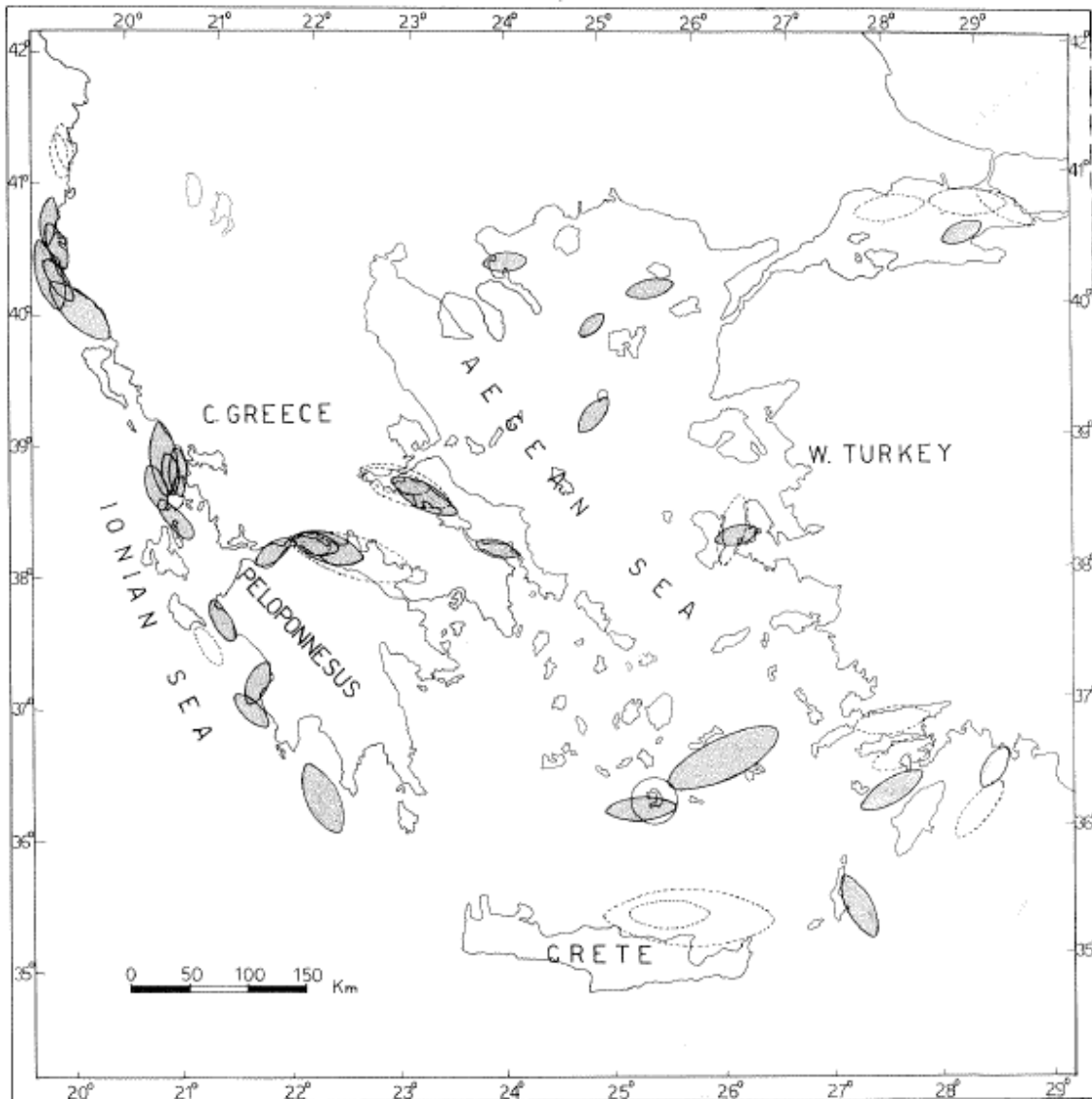
Τα σπουδαιότερα παλιρροιακά κύματα στον Ελληνικό χώρο είναι [Κλιματική αλλαγή και τσουνάμι: η Ελληνική πραγματικότητα, Ε. Δουκάκης, Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ]:

- της Θήρας, ~1490 π.Χ.
- της Ποτίδαιας Χαλκιδικής, 479 π.Χ.
- του Ευβοϊκού, Μαλιακού Κόλπου και Σποράδων, 426 π.Χ.
- της Ελίκης, 373 π.Χ.

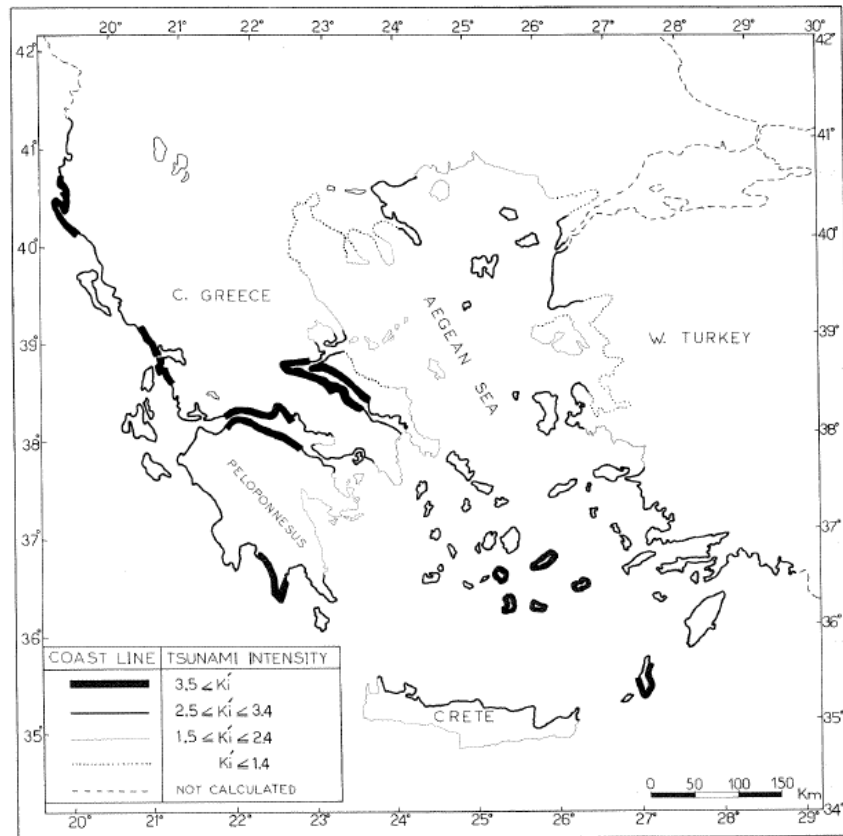
⁶ Στην περίπτωση αυτή μπορεί η πραγματοποιούμενη ανύψωση της ΜΣΘ να είναι μικρότερη της υπολογιζόμενης

- της Αμοργού, 1956, και
- του Κορινθιακού Κόλπου, 1963.

Στην μελέτη Παπαζάχου κ.ά. δίδονται γνωστές και εκτιμώμενες ζώνες γένεσης παλιρροιακών κυμάτων στην περιοχή της Ελλάδας και εκτιμάται η πιο πιθανή ένταση παλιρροιακού κύματος που μπορεί να αναμένεται σε 200 χρόνια, βλ. Σχήματα 4 και 5.

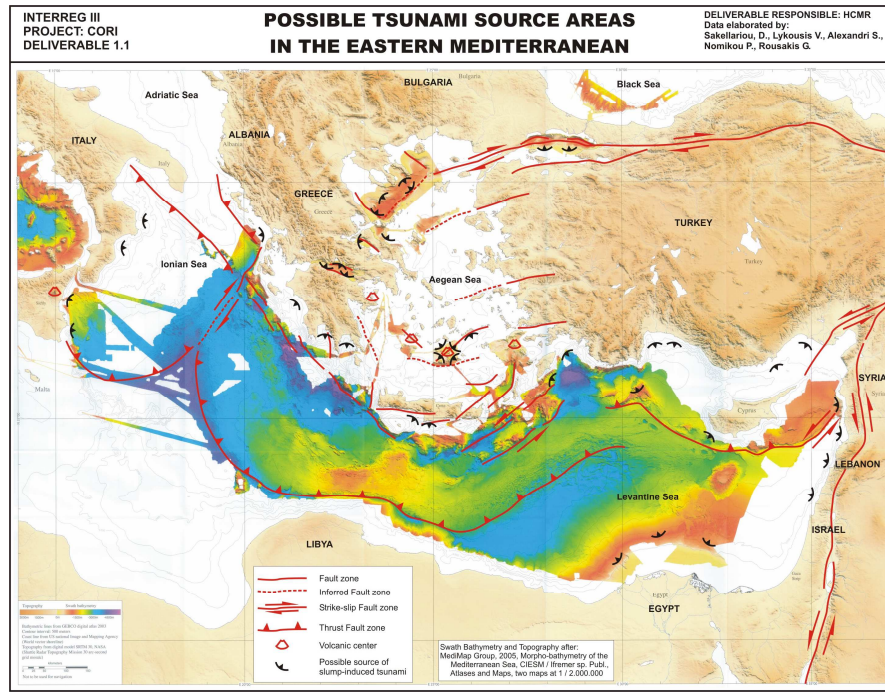


Σχήμα 4. Ζώνες γένεσης παλιρροιακών κυμάτων στην περιοχή της Ελλάδας, με μέγεθος ανάλογο της αναμενόμενης έντασης (κατά Αμβράζη) και ενδεικτική διεύθυνση γέννεσης [B.C. Papazachis, Ch. Koutitas, P.M. Hatzidimitriou, B.G. Karacostas and Ch. A. Papaioannou, 1986]



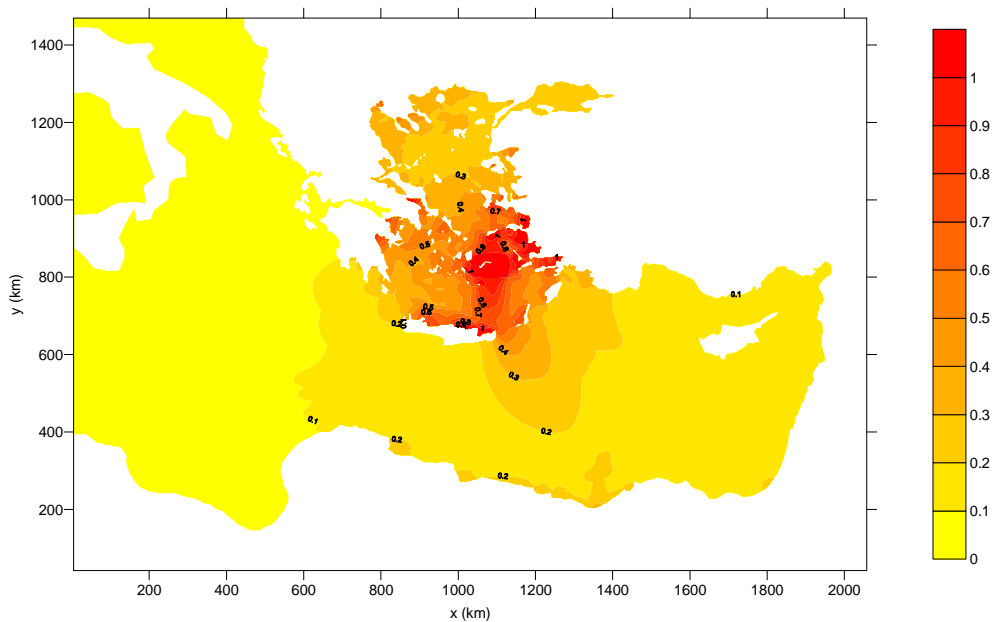
Σχήμα 5. Πιθανή ένταση παλιρροιακού κύματος με περίοδο επαναφοράς 200 ετών [Tsunami hazard in Greece and the surrounding area, B.C. Papazachos, Ch. Koutitas, P.M. Hatzidimitriou, B.G. Karacostas and Ch. A. Papaioannou, 1986]

Οι πιθανές πηγές παλιρροιακών κυμάτων στην Μεσόγειο από σεισμούς και υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, όπως έχουν προκύψει από πρόσφατη έρευνα από τους Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ΕΛΚΕΘΕ, Α.Π.Θ., Ωκαεανογραφικό κέντρο πανεπιστημίου Κύπρου, Conisma [Καραμπάς, Θ. Β., Ι.Ν. Κρεστενίτης, Δ. Σακελλαρίου, Θ. Χασιώτης, Δ. Μαλιάρος (2008)]. 'Πρόληψη και διαχείριση θαλάσσιων κινδύνων στην παράκτια ζώνη (CORI-INTERREG III B/ ARCHIMED): Κίνδυνοι από τσουνάμι και πλημμύρες', 4^ο Παν. Συνέδριο Διαχείρισης και Βελτίωσης Παράκτιων Ζωνών, Ε.Μ.Π., Μυτιλήνη καθώς και Karambas Th., Th. Hasiotis (2012). A study of tsunamis generated by underwater landslides in the Aegean sea. Proceedings of the Twenty-second (2012) International Offshore and Polar Engineering Conference], λαμβάνοντας υπόψη μεταξύ άλλων την εργασία Παπαζάχου κ.ά., παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Πιθανές πηγές παλιρροιακών κυμάτων στην ανατολική Μεσόγειο [CORI Prevention and Management of Sea Originates Risks to the Coastal Zone, Πανεπ., ΕΛΚΕΘΕ, Α.Π.Θ. κ.ά., 2007]

Στην παραπάνω έρευνα προσομοιώθηκε η παραγωγή και διάδοση παλιρροιακών κυμάτων μοναδιαίου ύψους από 40 περιοχές στις ζώνες αυτές. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται ενδεικτικά οι μέγιστες στάθμες νερού για την περίπτωση παλιρροιακού κύματος μοναδιαίου ύψους με γένεση μέσα στο Αιγαίο πέλαγος (περίπτωση 16).



Σχήμα 7. Μέγιστες στάθμες νερού από παλιρροιακό κύμα στο Αιγαίο, περίπτωση 16 από 40 [CORI Prevention and Management of Sea Originates Risks to the Coastal Zone, 2007]

Κατά τα ανωτέρω, υπάρχει μια σχετικά καλή εικόνα για:

- την ένταση του παλιρροιακού κύματος (με την κλίμακα Αμβράζη), και
- την διάδοση ενός μοναδιαίου παλιρροιακού κύματος

δεν είναι όμως ακόμα δυνατή η εκτίμηση του ύψους κύματος που μπορεί να αναμένεται από tsunami. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει ακόμα η επιστημονική γνώση που θα επιτρέψει την εκτίμηση των πλημμυρών από παλιρροιακά κύματα (tsunamis).

5.5. Σύνθεση των παραπάνω

Η μετεωρολογική παλίρροια μπορεί να λάβει χώρα παράλληλα με την ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας λόγω κυματισμών, δεδομένου ότι τα φαινόμενα αυτά οφείλονται σε παρόμοια αίτια. Έτσι, οι ανυψώσεις της στάθμης λόγω των δύο αυτών φαινομένων μπορεί να αθροιστούν ανά διεύθυνση ανέμου.

Επίσης, τα φαινόμενα αυτά διαρκούν επί αρκετές ώρες (στην παρούσα ελήφθη διάρκεια της εξεταζόμενης έντασης ανέμων 15 ώρες), οπότε σε αυτά μπορεί να αθροιστεί και η αστρονομική παλίρροια (που έχει περίοδο 12 ωρών).

Με βάση τα παραπάνω, η συνολική ανύψωση της στάθμης θάλασσας μπορεί να εκτιμηθεί ως το άθροισμα ανυψώσεων από αστρονομική και μετεωρολογική πλημμύρα και από την ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας.

6. Αξιολόγηση ανύψωσης στάθμης θάλασσας: αποτελέσματα

6.1. Γενικά

Κατά τα ανωτέρω ελήφθησαν προκαταρκτικά υπόψη:

- οι προβλέψεις αστρονομικής και μετεωρολογικής πλημμύρας, και
- οι κατά τα ανωτέρω εκτιμήσεις της ανύψωσης της ΜΣΘ λόγω κυματισμών

για την αξιολόγηση των πλημμυρών από την θάλασσα στο Αιγαίο, με την υπόθεση ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς 50 ετών (όσο περίπου τα διαθέσιμα δεδομένα). Για περίοδο επαναφοράς 100 ετών τα μεγέθη εκτιμάται ότι θα είναι ελαφρά αυξημένα.

Η ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας στην ακτογραμμή εκτιμάται σαν άθροισμα της ανύψωσης λόγω κυματισμών, της ανύψωσης λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας και της ανύψωσης λόγω αστρονομικής παλίρροιας.

6.2. Ανύψωση ΜΣΘ από αστρονομική παλίρροια

Η ανύψωση της ΜΣΘ από αστρονομική παλίρροια θεωρήθηκε σταθερή και ίση με 10 cm για όλο το μήκος της ακτογραμμής.

6.3. Ανύψωση ΜΣΘ από μετεωρολογική παλίρροια

Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα ενός αδρού μετεωρολογικού μοντέλου για περίοδο επαναφοράς 50 ετών τα οποία όμως θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν αφού ήταν τα μόνα διαθέσιμα. Τα αποτελέσματα δεν διαφοροποιούνται ουσιαστικά για περίοδο επαναφοράς 100 ετών.

Τα αρχεία εξόδου του μετεωρολογικού μοντέλου (ύψη, σε μορφή αρχείων ascii) δόθηκαν σε δύο διαφορετικές χωρικές κλίμακες μία για το Αιγαίο Πέλαγος (με στοιχειώδη διάσταση κανάβου 4.5 km) και μία για το Ιόνιο Πέλαγος (με διάσταση 2 km). Για το Αιγαίο ήταν διαθέσιμα οκτώ αρχεία με ύψη κατά τις οκτώ κύριες διευθύνσεις ανέμου (Σχήμα 9), ενώ για το Ιόνιο ήταν διαθέσιμα τέσσερα αρχεία με ύψη για τέσσερις διευθύνσεις (N., Δ, ΝΔ,ΒΔ), σε αυτές που εμφανίζεται set up.

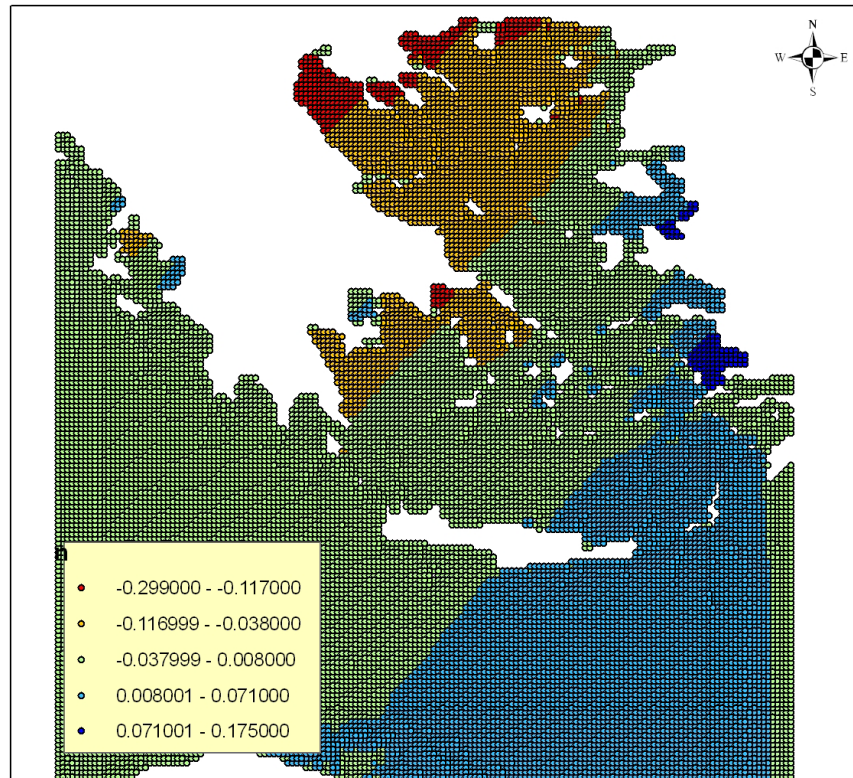
Η διαδικασία γεωαναφοράς των αρχείων αυτών και της αγκύρωσής τους στην ακτογραμμή της ΕΓΥ έγινε χειροκίνητα αφού δεν αντιστοιχούσε σε συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς.

Στα πρωτογενή αρχεία έγιναν οι παρακάτω επεξεργασίες σε περιβάλλον ΓΣΠ:

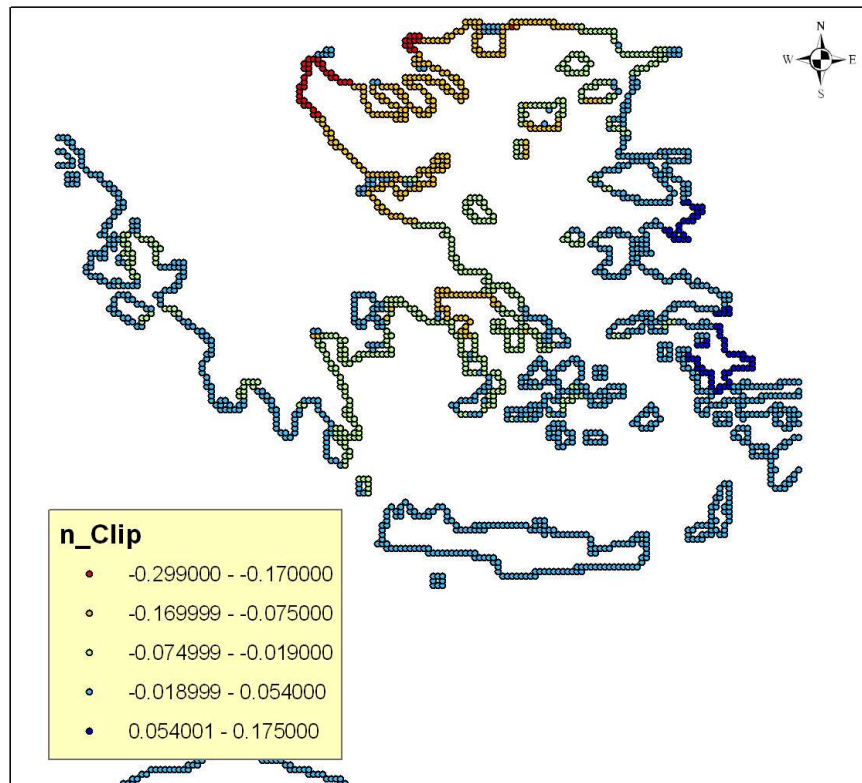
1. Από το σύνολο των δεδομένων (για όλον τον θαλάσσιο χώρο) απομονώθηκε η ξηρά και ορίστηκαν οι ακτογραμμές (μία για το Αιγαίο και μία για το Ιόνιο) όπως ορίζονται από τη βυθομετρία που χρησιμοποιήθηκε κάθε φορά.
2. Επιλέχθηκαν για κάθε διεύθυνση τα σημεία που απείχαν 4.5 km και 2 km από την ακτογραμμή (για το Αιγαίο και το Ιόνιο αντίστοιχα).
3. Βρέθηκε το μέγιστο ύψος από όλες τις διευθύνσεις (Σχήμα 10)
4. Ορίστηκαν δύο αρχεία με το μέγιστο ύψος από όλες τις διευθύνσεις από μετεωρολογική παλίρροια, ένα με στοιχειώδη διάσταση 4.5 km για το Αιγαίο και ένα με στοιχειώδη διάσταση 2km για το Ιόνιο 2km (Σχήματα 11 και 12).
5. Έγινε χειροκίνητη γεωαναφορά των αρχείων των υψών στην ακτογραμμή της ΕΓΥ.

Στα Παραρτήματα Α και Β Α φαίνονται τα αποτελέσματα αναλύσεων για την εκτίμηση της ανύψωσης της στάθμης από μετεωρολογική πλημμύρα για το Αιγαίο και Ιόνιο αντίστοιχα, με ταχύτητα ανέμου 26.4 m/s που αντιστοιχεί σε ανέμους 10 Beaufort. Με την κατά τα ανωτέρω προσέγγιση προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα όσον αφορά το ύψος κύματος στην ακτογραμμή:

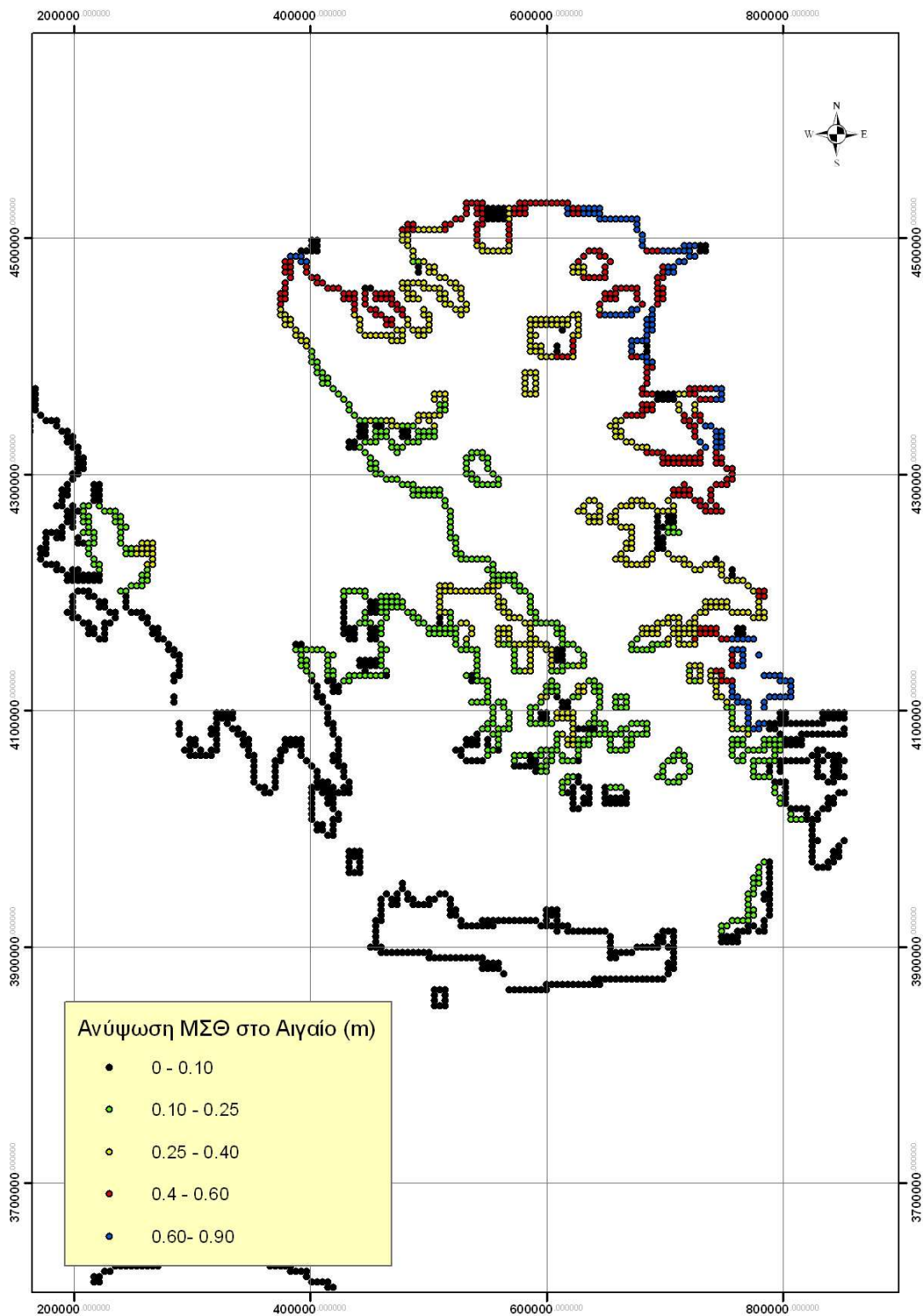
Διεύθυνση	Αιγαίο	Ιόνιο
A	0,30 m	
B	0,18 m	
BA	0,03 m	
ΒΔ	0,63 m	0,21m
N	0,69 m	0,55m
NA	0,58 m	
ΝΔ	0,90 m	0,45m
Δ	0,91 m	0,54m
Από όλες τις διευθύνσεις	0,91 m	0,55m



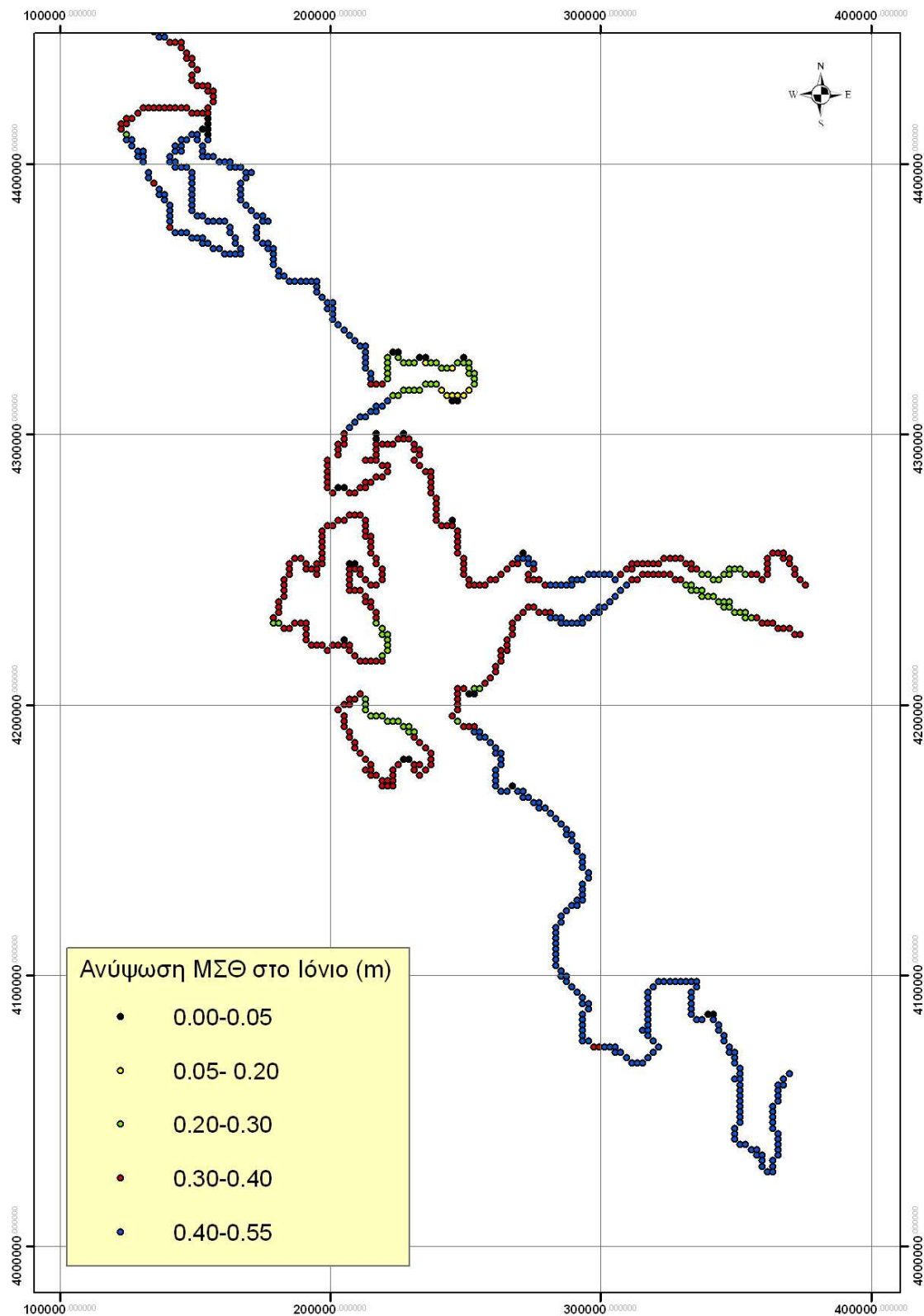
Σχήμα 9. Ανύψωση ΜΣΘ από μετεωρολογική παλίρροια από Β.



Σχήμα 10. Μετεωρολογική παλίρροια από Β. στην ακτογραμμή



Σχήμα 11. Μέγιστη ανύψωση ΜΣΘ στην ακτογραμμή Αιγαίου από μετεωρολογική παλίρροια



Σχήμα 12. Μέγιστη ανύψωση ΜΣΘ στην ακτογραμμή Ιονίου από μετεωρολογική παλίρροια

6.4. Ανύψωση ΜΣΘ από κυματισμούς

Η ανύψωση της ΜΣΘ λόγω κυματισμών υπολογίζεται ως το 7% του ύψους κύματος ανοιχτού πελάγους.

Το μέγιστο ύψος κύματος προκύπτει από τον υπολογισμό των τιμών των ύψους για κάθε μία από τις οκτώ κύριες διευθύνσεις ανέμου και υπολογίζεται, σύμφωνα με την απλουστευμένη μέθοδο Jonswar, βλ. παρ. 5.3.1, από το ανάπτυγμα πελάγους, την ταχύτητα ανέμου (θεωρήθηκε 26,4 m/s σε όλες τις περιπτώσεις) και τη διάρκεια ανέμου (θεωρήθηκε 15 ώρες σε όλες τις περιπτώσεις).

Το ύψος κύματος υπολογίστηκε με χρήση του λογισμικού UWaves που είναι πρόσθετο στο ArcGIS και έχει αναπτυχθεί από το Πανεπιστήμιο της Washington σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία. Η εφαρμογή, που είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα (γραμμένη σε Python), χρησιμοποιεί σαν εισόδους ένα επίπεδο ξηράς, τη διεύθυνση ανέμου, τον παράγοντα wind stress (που εδώ θεωρήθηκε ίσος με την ταχύτητα του ανέμου) και την διάρκεια του ανέμου. Υπολογίζεται αρχικά το ανάπτυγμα του πελάγους και τελικά το ύψος των κυματισμών στο πέλαγος. Για τον υπολογισμό του αναπτύγματος πελάγους δίνονται δύο επιλογές, η μία υπολογίζει το ανάπτυγμα σε ευθεία γραμμή κατά τη διεύθυνση του ανέμου και η άλλη υπολογίζει το μήκος του αναπτύγματος σαν αριθμητικό μέσο των εννέα μηκών που προκύπτουν από τις εννέα διευθύνσεις (με διαφορά 3° μεταξύ τους) γύρω από τη δεδομένη διεύθυνση. Για τον άνεμο θεωρήθηκε όπως προαναφέρθηκε ταχύτητα 28 m/s και διάρκεια 15 h, για όλες τις διευθύνσεις. Οι τιμές αυτές εκτιμήθηκαν σαν μέγιστες για περίοδο επαναφοράς 50 ετών.

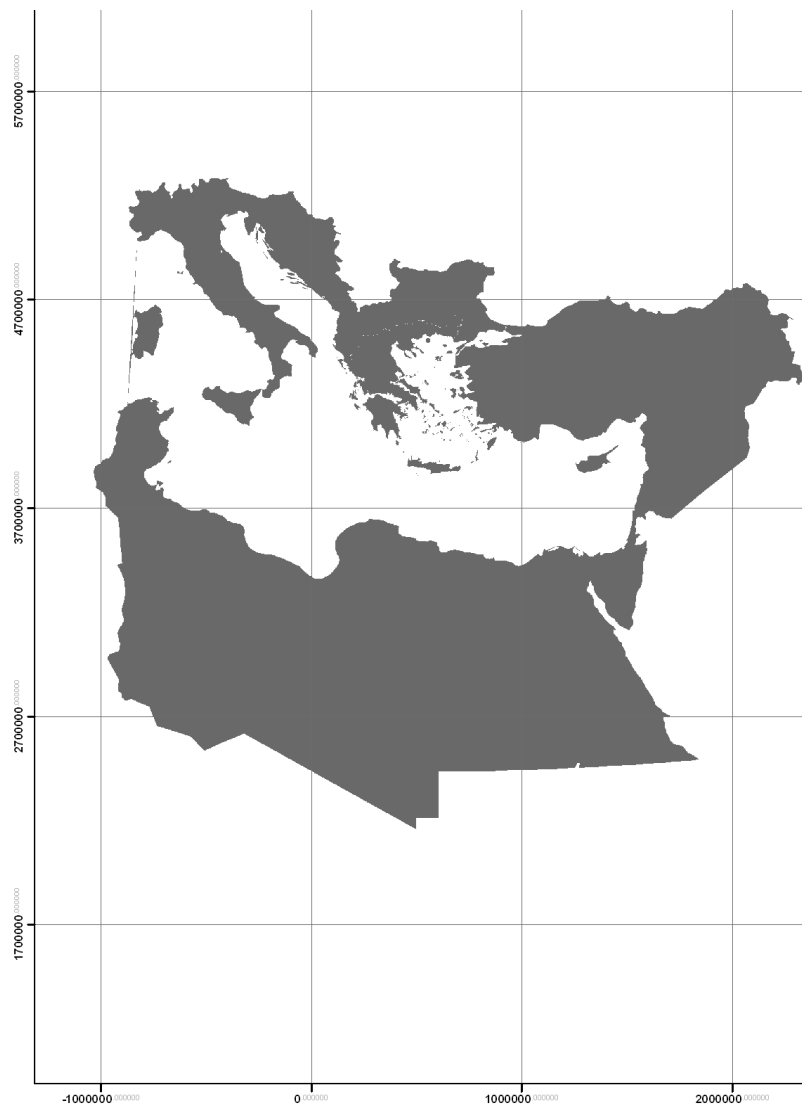
Ακολουθήθηκε η επόμενη διαδικασία:

1. Δημιουργήθηκε ένας κάναβος ξηράς της Α. Μεσογείου, στοιχειώδους διάστασης 2 km, βλ. Σχήμα 13. Για την Ελλάδα ο κάναβος των 2 km προέρχεται από την ακτογραμμή της ΕΓΥ.
1. Με βάση τον κάναβο αυτό, υπολογίστηκε το ανάπτυγμα πελάγους για τις οκτώ κύριες διευθύνσεις για τη Α. Μεσόγειο, βλ. Σχήμα 14. Στη συνέχεια απομονώθηκαν οι τιμές για την Ελλάδα, βλ. Σχήμα 15. Το ανάπτυγμα πελάγους υπολογίστηκε με τη προαναφερθείσα μέθοδο των εννέα διευθύνσεων
2. Υπολογίστηκε το ύψος κύματος από τα οκτώ αναπτύγματα πελάγους για τις οκτώ διευθύνσεις, με ταχύτητα ανέμου 28 m/s και διάρκεια ανέμου 15 h, βλ. Σχήμα 16.
3. Υπολογίστηκε το μέγιστο ύψος κύματος, για κάθε μια από τις οκτώ διευθύνσεις. Στο Σχήμα 17 παρουσιάζεται το μέγιστο κύμα από όλες τις διευθύνσεις.
4. Υπολογίστηκε η ανύψωση της ΜΣΘ ως το 7% του ύψους κύματος, για κάθε μια από τις οκτώ διευθύνσεις. Στο Σχήμα 18 παρουσιάζεται η μέγιστη ανύψωση από όλες τις διευθύνσεις.

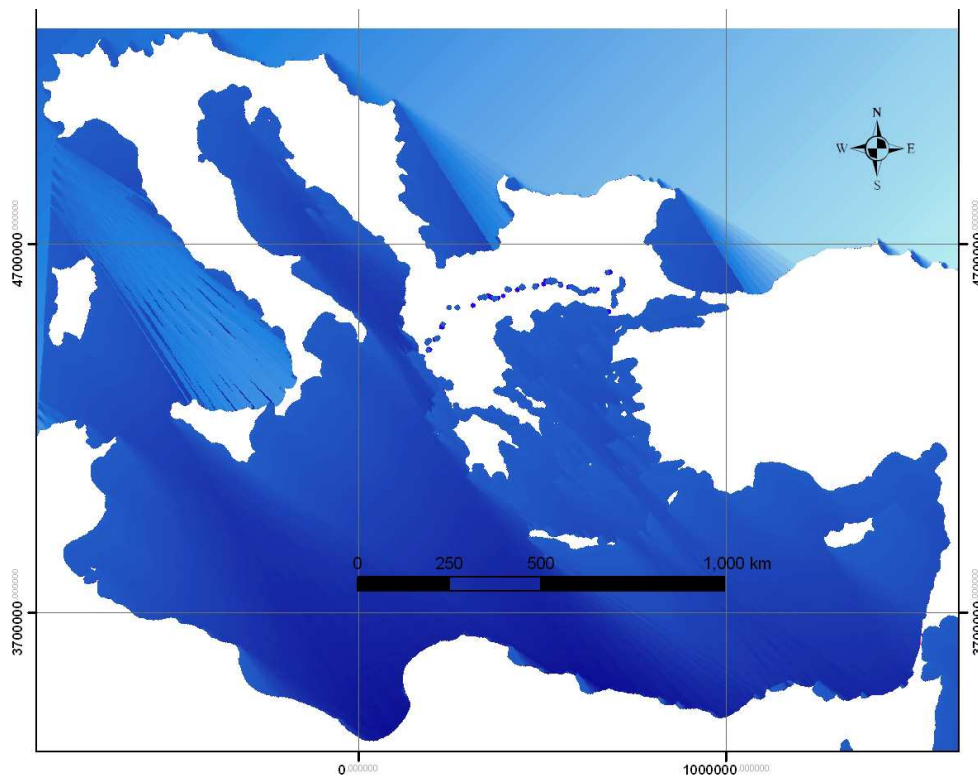
Στο Παράρτημα Γ φαίνονται τα αποτελέσματα αναλύσεων για τον προσδιορισμό της ανύψωσης της στάθμης από κυματισμούς, για ταχύτητα ανέμου 26.4 m/s που αντιστοιχεί σε ανέμους 10 Beaufort. Με την κατά τα ανωτέρω ανάλυση προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα όσον αφορά τα ύψη κύματος στην ακτογραμμή:

Διεύθυνση	Ύψος κύματος
A	8,6 m
B	7,9 m
BA	7,2 m

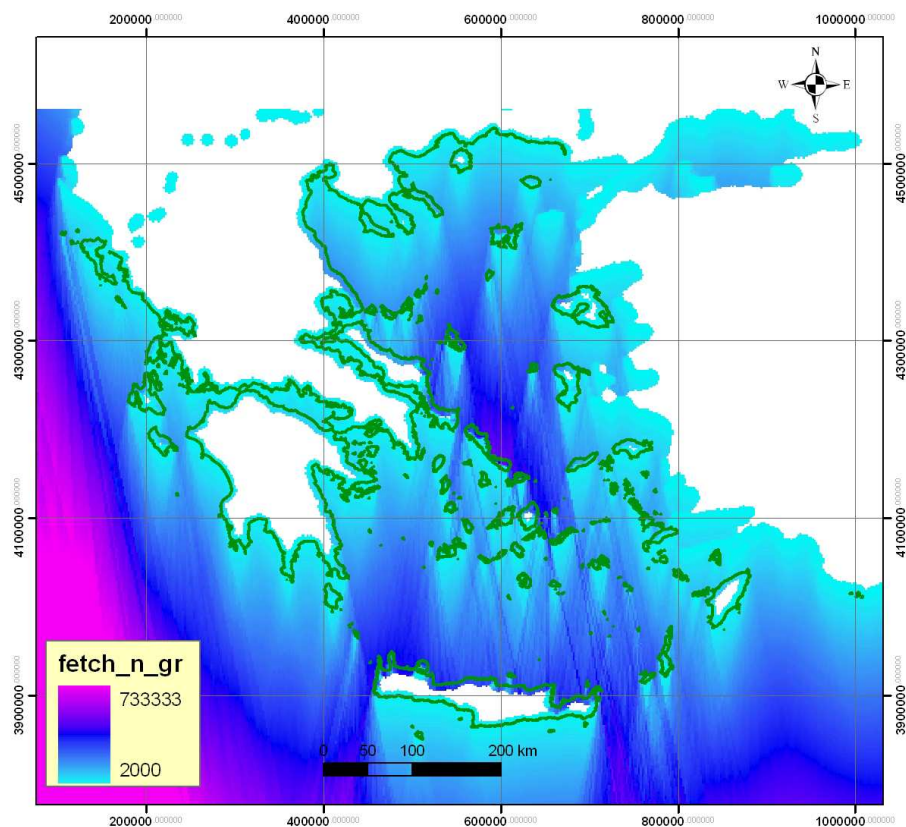
ΒΔ	8,6 m
Ν	8,6 m
ΝΑ	8,6 m
ΝΔ	8,6 m
Δ	8,6 m
Από όλες τις διευθύνσεις	8,6 m



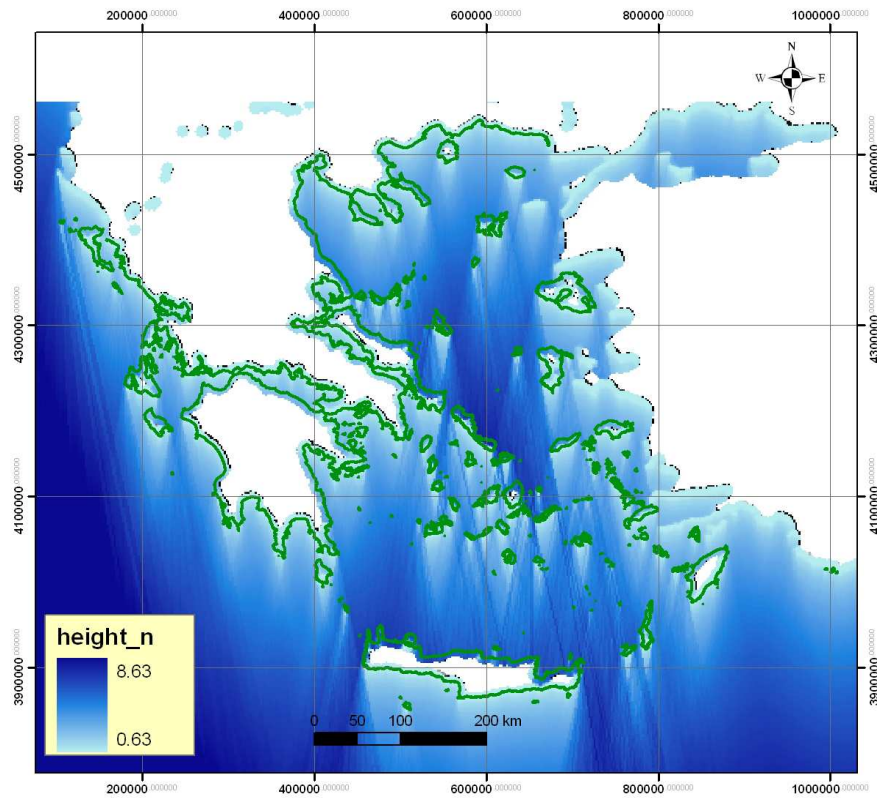
Σχήμα 13. Όριο ακτογραμμής για Α. Μεσόγειο



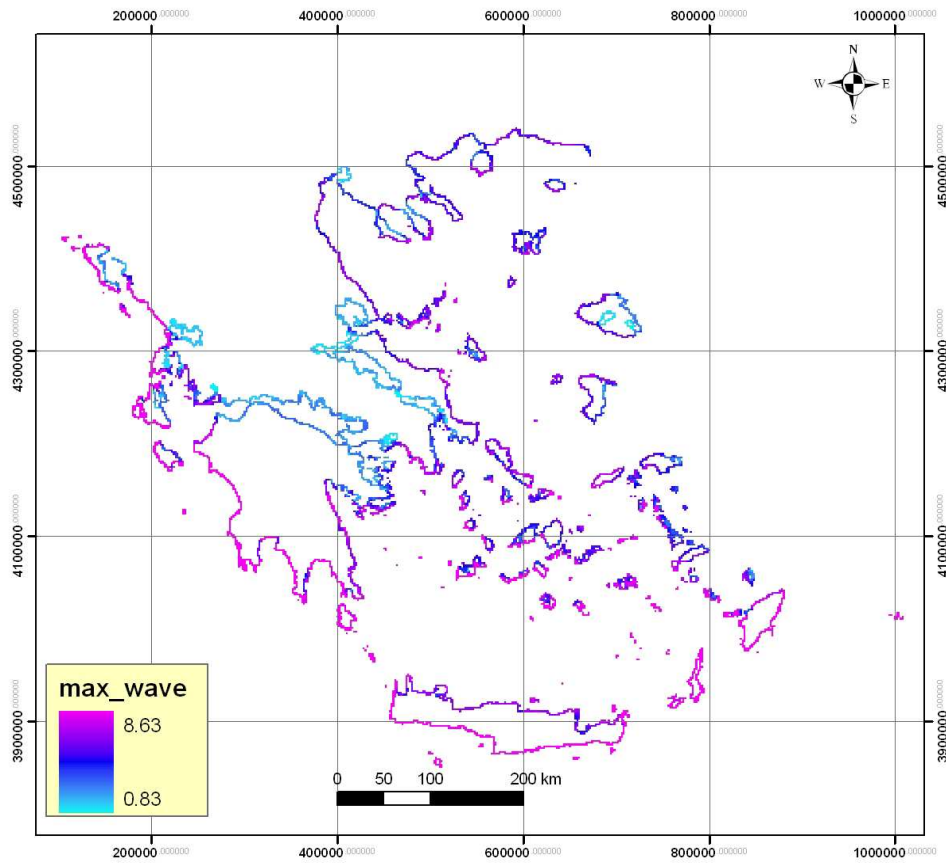
Σχήμα 14. Ανάπτυγμα πελάγους από Β.Δ., για Α. Μεσόγειο



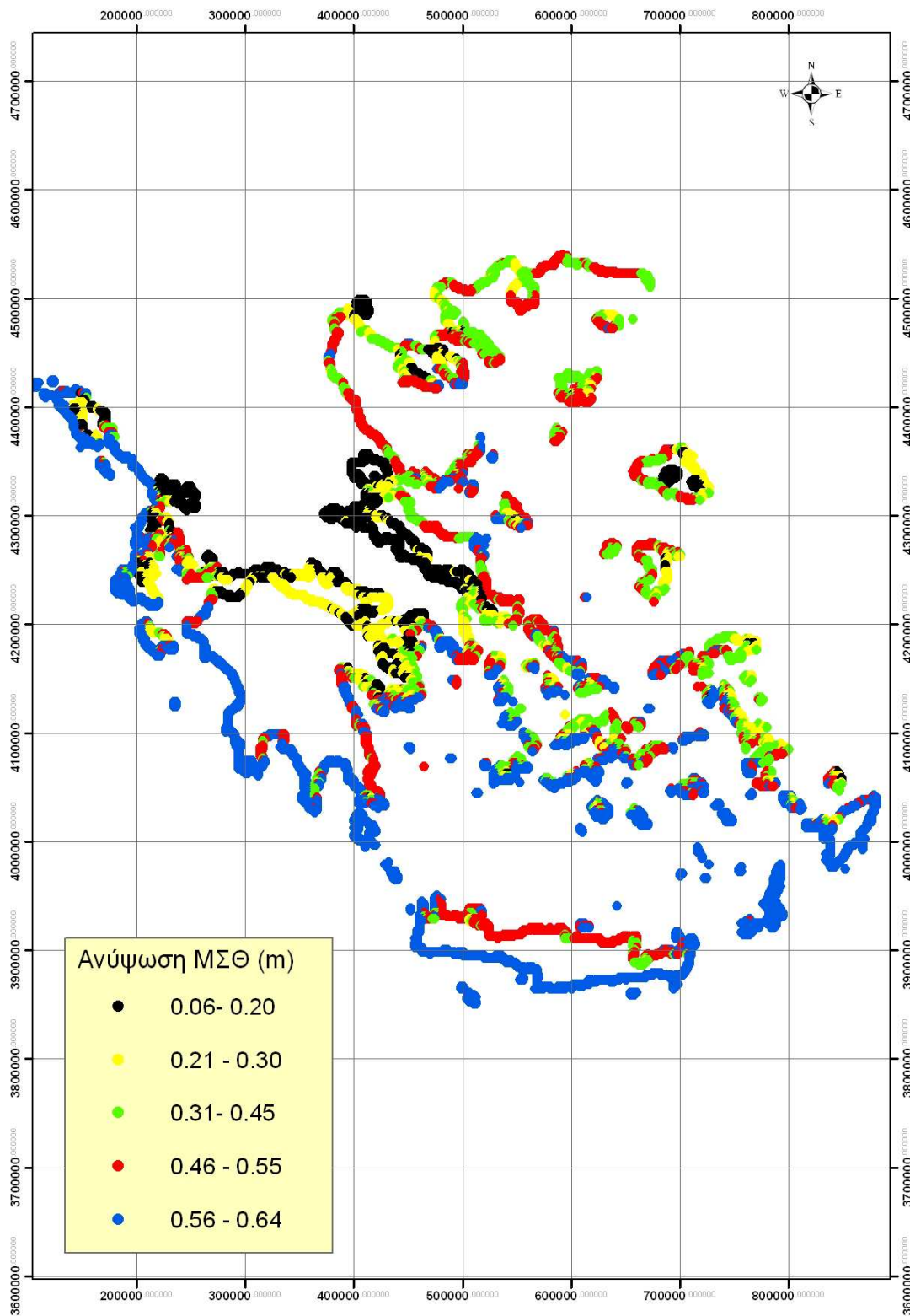
Σχήμα 15. Ανάπτυγμα πελάγους από Β. για Ελλάδα



Σχήμα 16. Ύψος κύματος από Β. διεύθυνση



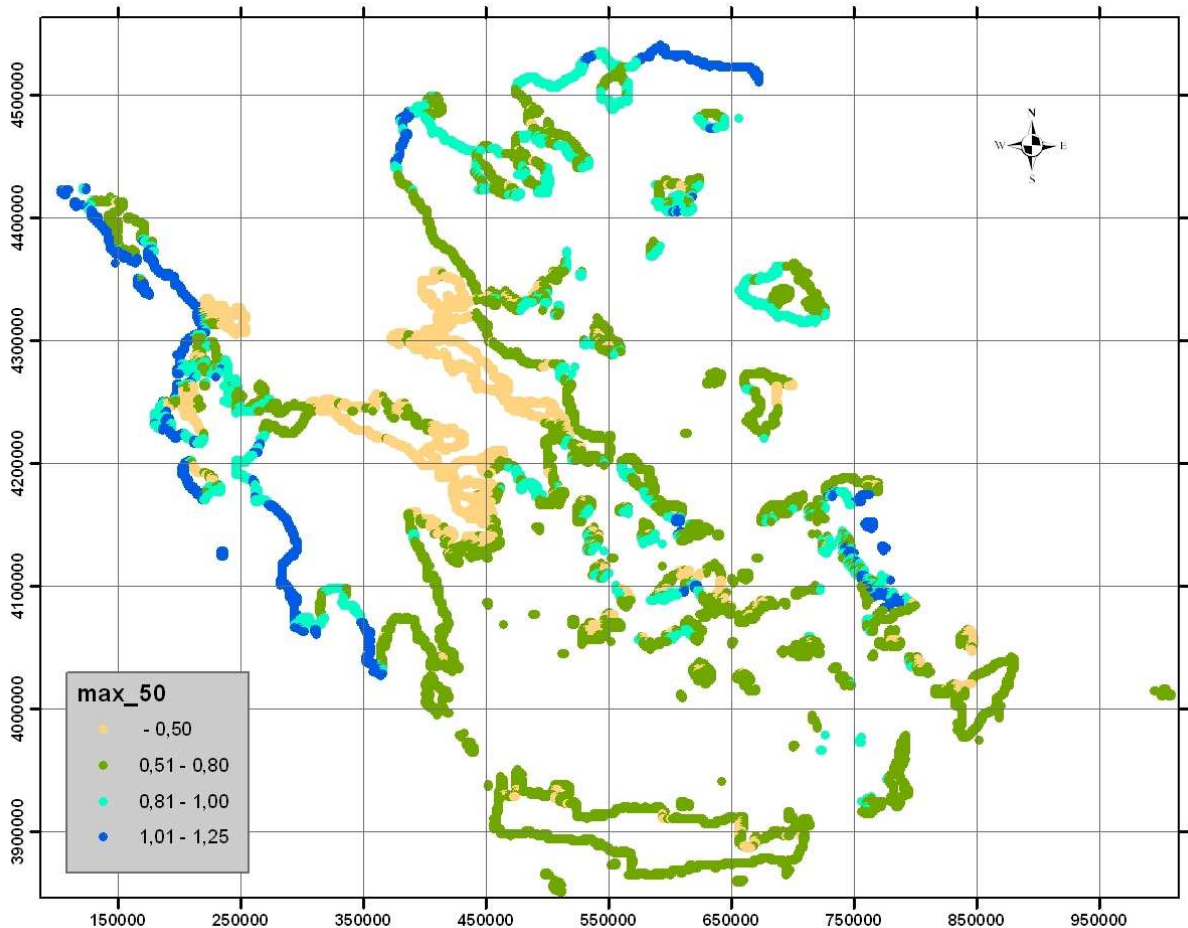
Σχήμα 17. Μέγιστο ύψος κύματος στην ακτογραμμή από όλες τις διευθύνσεις



Σχήμα 18. Μέγιστη ανύψωση ΜΣΘ από κυματισμούς, από όλες τις διευθύνσεις

6.5. Συνολική ανύψωση ΜΣΘ

Για τον υπολογισμό της συνολικής ανύψωσης της μέσης στάθμης θάλασσας αθροίστηκαν, για κάθε διεύθυνση, η μέγιστη αστρονομική και μετεωρολογική παλίρροια, με τους μέγιστους κυματισμούς από την ίδια διεύθυνση (Σχήμα 19).



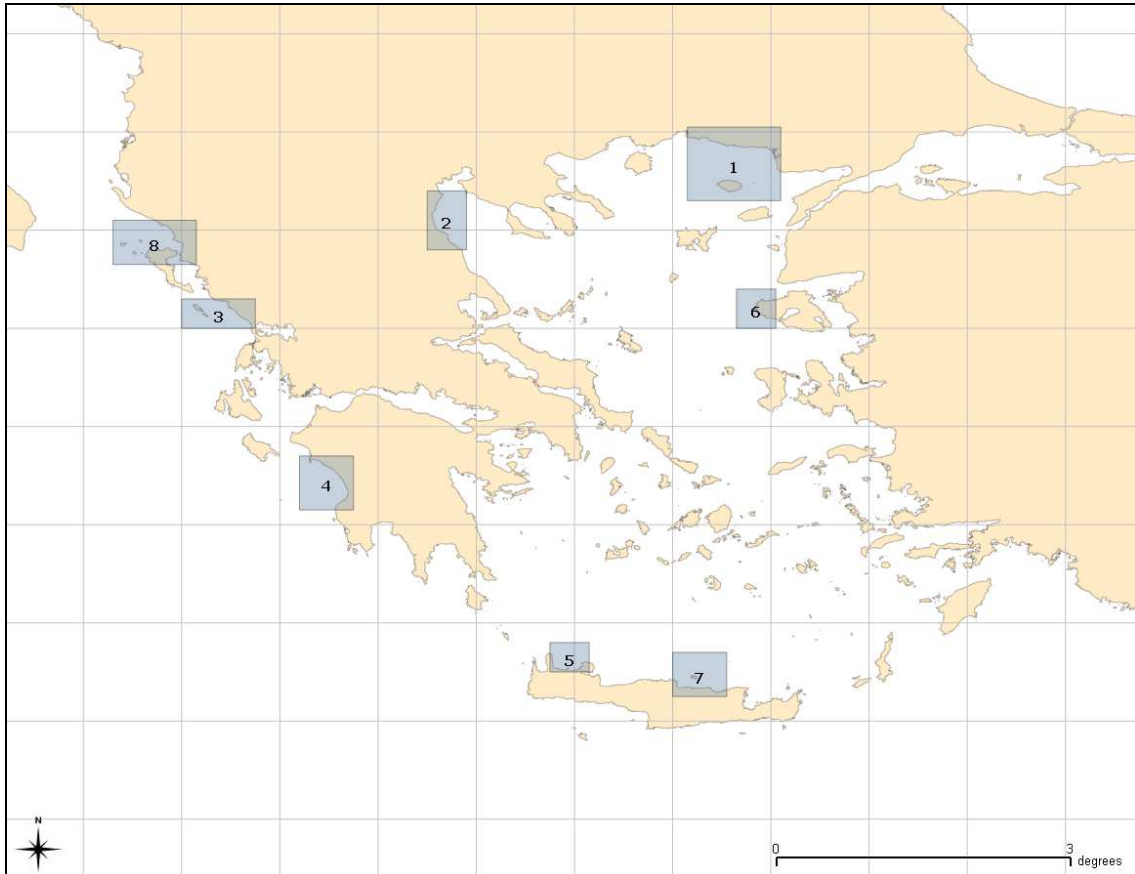
Σχήμα 19. Συνολική μέγιστη ανύψωση Μ.Σ.Θ στην ακτογραμμή, από όλες τις διευθύνσεις, για περίοδο επαναφοράς 50 ετών

Οι παραπάνω τιμές αντιστοιχούν πρακτικά σε πλημύρες με περίοδο επαναφοράς 50 ετών. Όπως προαναφέρθηκε, για περίοδο επαναφοράς 100 ετών αναμένεται ότι η μετεωρολογική πλημμύρα δεν θα διαφοροποιηθεί ιδιαίτερα, ενώ η πλημμύρα από κυματισμούς θα είναι 10-20% μεγαλύτερη. Δεν είναι στην παρούσα φάση δυνατή η αξιόπιστη εκτίμηση της πλημμύρας που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 1.000 ετών.

Παράλληλα, σημειώνεται από το ερευνητικό πρόγραμμα με τίτλο "Estimating the effects of Climate Change in Sea Level and Wave climate of the Greek Seas, coastal Vulnerability and Safety of coastal and marine structures" θα γίνουν σε 7 περιοχές στην Ελλάδα, μεταξύ άλλων, τα εξής, βλ. Σχήμα 20:

- εκτίμηση αναμενόμενης ανύψωσης στάθμης θάλασσας στο Αιγαίο μέχρι το 2100
- εκτίμηση ακραίων κυματισμών και μετεωρολογικής παλίρροιας στο Αιγαίο στις περιόδους 1961-2000 και 2000-2100, και

- αξιολόγηση τρωτότητας πλημμύρας λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας (storm surge) και αναρρίχησης (runup).



Σχήμα 20 . Εξεταζόμενες περιοχές στην Ελλάδα [Estimating the effects of Climate Change in Sea Level and Wave climate of the Greek Seas, coastal Vulnerability and Safety of coastal and marine structures [Π. Πρίνος, προσωπική επικοινωνία 2014].

Από τα δεδομένα αυτά θα παραχθούν χάρτες επικινδυνότητας πλημμυρών από την θάλασσα με περίοδο επαναφοράς 50 και 100 ετών. Στο Σχήμα 21 παρουσιάζονται οι θεωρούμενες κατηγορίες καταιγίδων και η τρωτότητα σε πλημμύρα από την θάλασσα με περίοδο επαναφοράς 50 ετών στην βόρειο Ελλάδα.

7. Προκαταρκτική αξιολόγηση επικινδυνότητας πλημμύρας και καθορισμός περιοχών με κίνδυνο πλημμύρας

Για την προκαταρκτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας πλημμύρας από τη θάλασσα θεωρήθηκε ότι για την πρώτη φάση των διαχειριστικών σχεδίων θα εξεταστούν μόνο οι παράκτιες περιοχές των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) [ΕΓΥ, Εφαρμογή της Οδηγίας 2007/60, Προκαταρκτική αξιολόγηση, 2012]. Υπενθυμίζεται ότι οι περιοχές αυτές έχουν κλίση μικρότερη από 2%, και εμφανίζουν

διάφορες χρήσεις (οικιστικές, οικονομικές, κλπ.) - κατά συνέπεια είναι οι περισσότερο ευάλωτες και για πλημμύρα από θάλασσα εφόσον είναι παράκτιες.





Σχήμα 21 . Κατηγορίες καταιγίδων και τρωτότητα σε πλημμύρα για καταιγίδα με περίοδο επαναφοράς 50 ετών στην βόρειο Ελλάδα [Estimating the effects of Climate Change in Sea Level and Wave climate of the Greek Seas, coastal Vulnerability and Safety of coastal and marine structures, Π. Πρίνος, 2014].

Λαμβάνοντας υπόψη ότι:

- οι παράκτιες αστικές περιοχές έχουν κατά κανόνα κάποιας μορφής κρηπιδώματα ή προστασία από τους κυματισμούς ύψους 0,8 - 1,0 m από την ΜΣΘ
 - οι αρδευτικές χρήσεις βρίσκονται κατά κανόνα 0,7 - 1,0 m πάνω από την ΜΣΘ, και
 - οι βιότοποι βρίσκονται περί την ΜΣΘ αλλά υφίστανται περιοδικά πλημμύρες
- εκτιμάται ότι οι παράκτιες περιοχές θα εμφανίσουν αισθητή επικινδυνότητα για αύξηση της στάθμης κατά τουλάχιστον 1,0 m.

Έτσι, θεωρήθηκε για τον παρόντα 1^ο κύκλο των Σχεδίων Διαχείρισης Πλημμυρικού Κινδύνου ότι, μέσα στις προαναφερθείσες ζώνες, περιοχές με ανύψωση μεγαλύτερη από 1,0 m στην 100ετία εμφανίζουν δυνητικά υψηλό κίνδυνο σε πλημμύρα. Κατά τα ανωτέρω, για την εκτίμηση της ανύψωσης της στάθμης με περίοδο επαναφοράς των 100 ετών, θα αθροιστεί η αστρονομική παλίρροια με την μετεωρολογική πλημμύρα και την πλημμύρα από κύματα προσυζητημένη κατά 15%.

Έτσι, για τον προσδιορισμό των ΖΔΥΚΠ που έχουν δυνητικά σημαντικό κίνδυνο και από θάλασσα απομονώθηκαν αυτές που συνορεύουν με τα παράκτια ύδατα και παρουσιάζουν συνολική ανύψωση της ΜΣΘ (σύμφωνα με τα παραπάνω) μεγαλύτερη από 1 m. Οι ΖΔΥΚΠ που εντοπίστηκαν ανά υδατικό διαμέρισμα είναι (στην παρένθεση εμφανίζεται η εκτιμώμενη ανύψωση):

GR01	GR05	GR10
GR01RAK0004 (1,24 m)	GR05RAK0003 (1,19m)	GR10RAK0008 (1,13 m)
GR01RAK0001 (1,04 m)	GR05RAK0008 (1,06 m)	GR012
GR02	GR05RAK0005 (1,16 m)	GR12RAK0002 (1,23 m)
GR02RAK0003 (1,07 m)	GR05RAK0004 (1,15 m)	GR14RAK0003 (1,28 m)
GR02RAK0008 (1,11 m)	GR05RAK0006 (1,23 m)	GR12RAK0001 (1,23 m)
GR04	GR05RAK0002 (1,21 m)	GR014
GR04RA00K04 (1,11 m)	GR09	GR14RAK0006 (1,20 m)
GR04RAK0003 (1,02 m)	GR09RAK0001 (1,17 m)	GR14RAK0004 (1,21 m)
		GR14RAK0005 (1,15 m)
		GR14RAK0011(1,12 m)

Στις παραπάνω περιοχές περιλαμβάνονται και αυτές που εξετάζονται για λόγους θαλάσσιας πλημμύρας από το ερευνητικό πρόγραμμα με τίτλο "Estimating the effects of Climate Change in Sea Level and Wave climate of the Greek Seas, coastal Vulnerability and Safety of coastal and marine structures" που εκτελείται στο διάστημα 2012-2015 με συντονιστή τον καθ. Π. Πρίνο του ΑΠΘ, βλ. επόμενη ενότητα.

8. Αξιολόγηση επικινδυνότητας πλημμυρών από την θάλασσα

Για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας πλημμυρών από την θάλασσα κατά την Οδηγία 2007/60/ΕΚ πρέπει να εκτιμηθεί η πιθανή μέγιστη ανύψωση της ΜΣΘ για περιόδους επαναφοράς 50, 100 και 1.000 ετών.

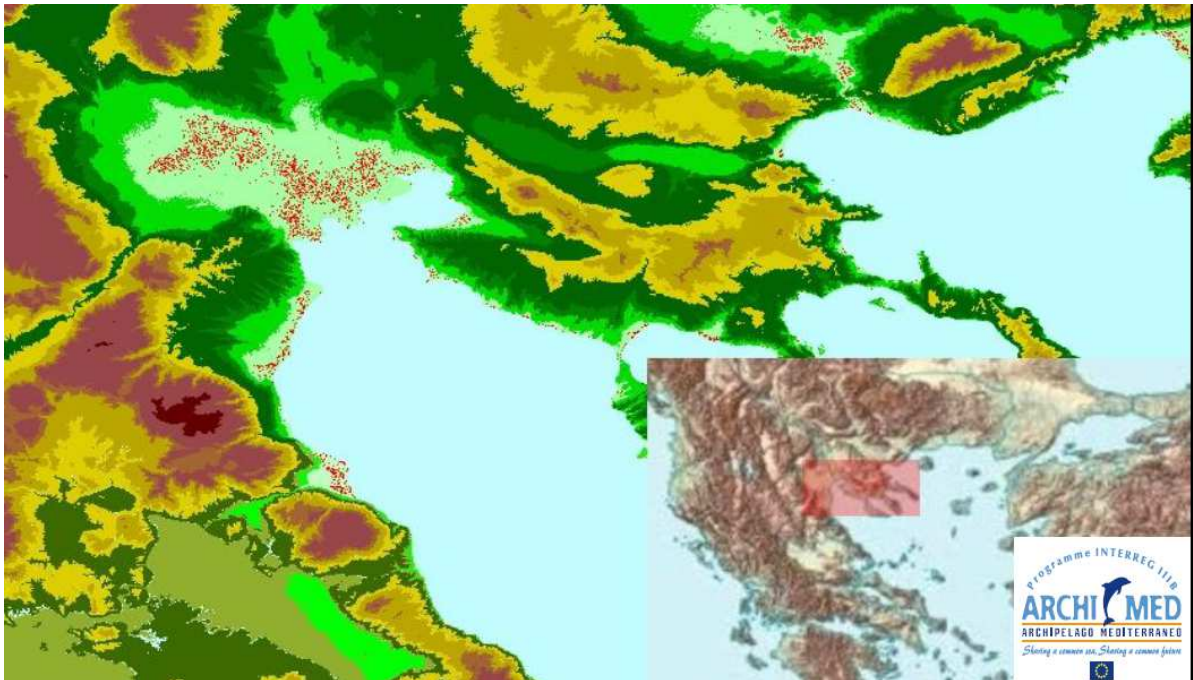
Για τον παρόντα 1^ο διαχειριστικό κύκλο παραγωγής των Σχεδίων Διαχείρισης προτείνεται, για την παραγωγή των αντίστοιχων χαρτών στις λοιπές περιοχές δυνητικά υψηλού κινδύνου πλημμυρών από την θάλασσα, η διάθεση στους αναδόχους μελετητές των Σχεδίων Διαχείρισης Πλημμυρικών Κινδύνων της κατά τα ανωτέρω υπολογισθείσας πιθανής ανύψωσης της στάθμης θάλασσας, που αντιστοιχεί περίπου σε περίοδο επαναφοράς 50 ετών, προκειμένου να συνθέσουν τους χάρτες πλημμυρικής επικινδυνότητας για τις περιοχές με δυνητικά υψηλό κίνδυνο πλημμύρας, με την απλουστευμένη θεώρηση ότι η κατάκλυση θα προσεγγίζει την ισοϋψή εκείνη που είναι ίση με την εκτιμώμενη ανύψωση, και να αξιολογήσουν τους σχετικούς πλημμυρικούς κινδύνους.

Ενδεικτικά σημειώνεται ότι σε πρόσφατη μελέτη [CORI Prevention and Management of Sea Originates Risks to the Coastal Zone, 2009] έχουν εντοπιστεί οι εξής περιοχές όπου αναμένεται κατάκλυση για άνοδο της ΜΣΘ κατά 1 m:

- περιοχή δυτικά της Θεσσαλονίκης
- περιοχή από Καβάλας μέχρι Πόρτο Λάγος

- περιοχή δέλτα Έβρου
- περιοχή από ακρ. Αράξου μέχρι τον Πύργο, και
- περιοχή Μεσολογίου.

Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται η κατάκλυση της περιοχής δυτικά της Θεσσαλονίκης για άνοδο της στάθμης κατά 1 m (στην μελέτη αυτή δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα υφιστάμενα στην περιοχή αναχώματα).



Σχήμα 22. Περιοχές Θεσσαλονίκης όπου αναμένεται κατάκλυση για άνοδο της ΜΣΘ κατά 1 m (με κόκκινες τελείες) [CORI Prevention and Management of Sea Originates Risks to the Coastal Zone, 2009]

Στην προσέγγιση αυτή θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη τα υφιστάμενα αναχώματα όπου υπάρχουν (π.χ. παράκτια περιοχή Δ της Θεσσαλονίκης) προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία της.

Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας διαφοροποιεί την κατάντη συνοριακή συνθήκη ροής των ποταμών, με αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης ροής τους. Επειδή όμως δεν τεκμαίρεται σύνδεση των φαινομένων:

- μεγάλων βροχοπτώσεων, που θα έχουν ως αποτέλεσμα την πλημμυρική παροχή των ποταμών, και
- άλλων μετεωρολογικών συνθηκών (πιέσεων και ανέμων) που θα έχουν ως αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης θάλασσας λόγω μετεωρολογικής πλημμύρας ή/και ανύψωσης λόγω κυματισμών

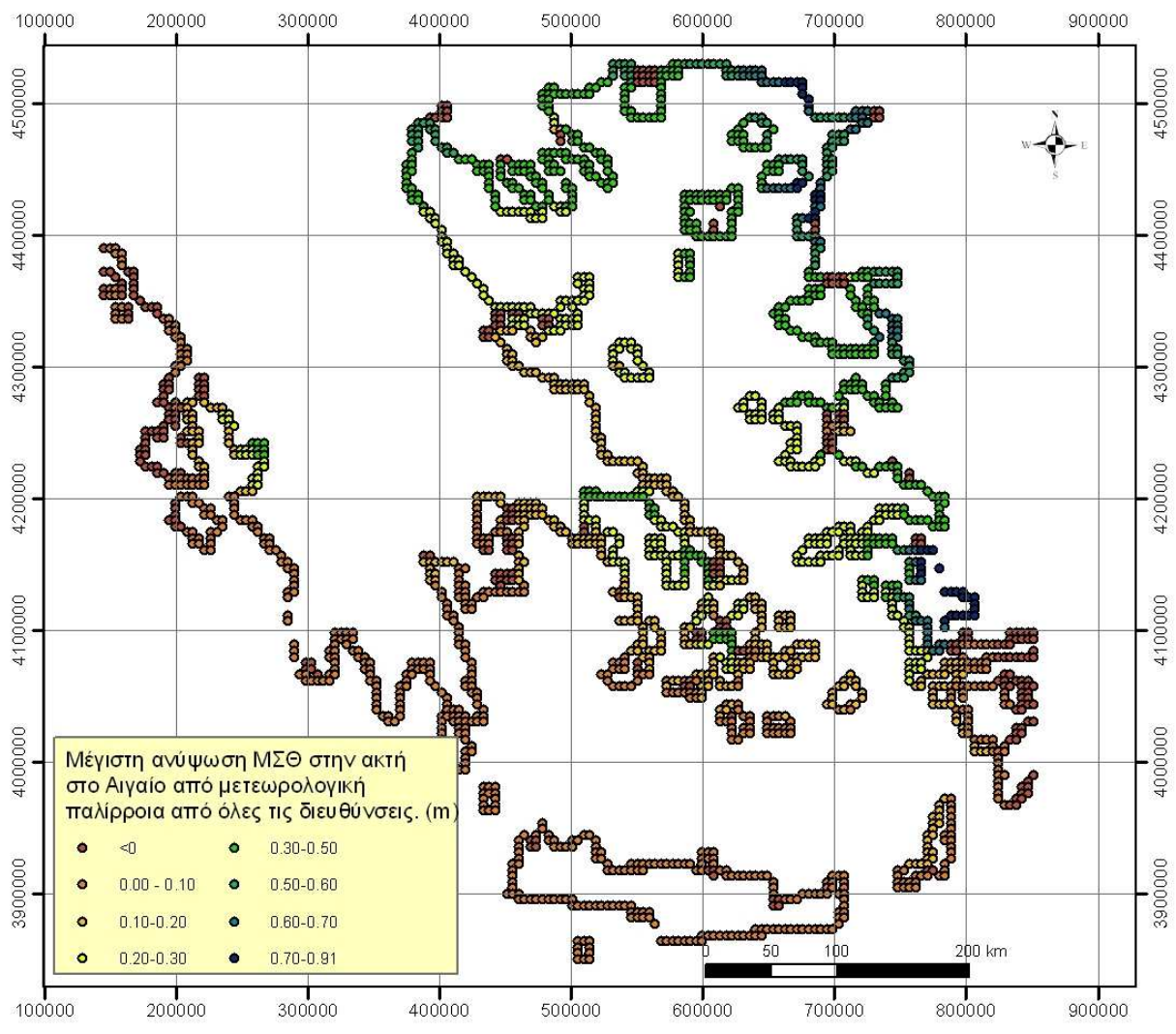
θεωρείται στην παρούσα ότι η πιθανότητα σύγχρονης εμφάνισής τους είναι περιορισμένη.

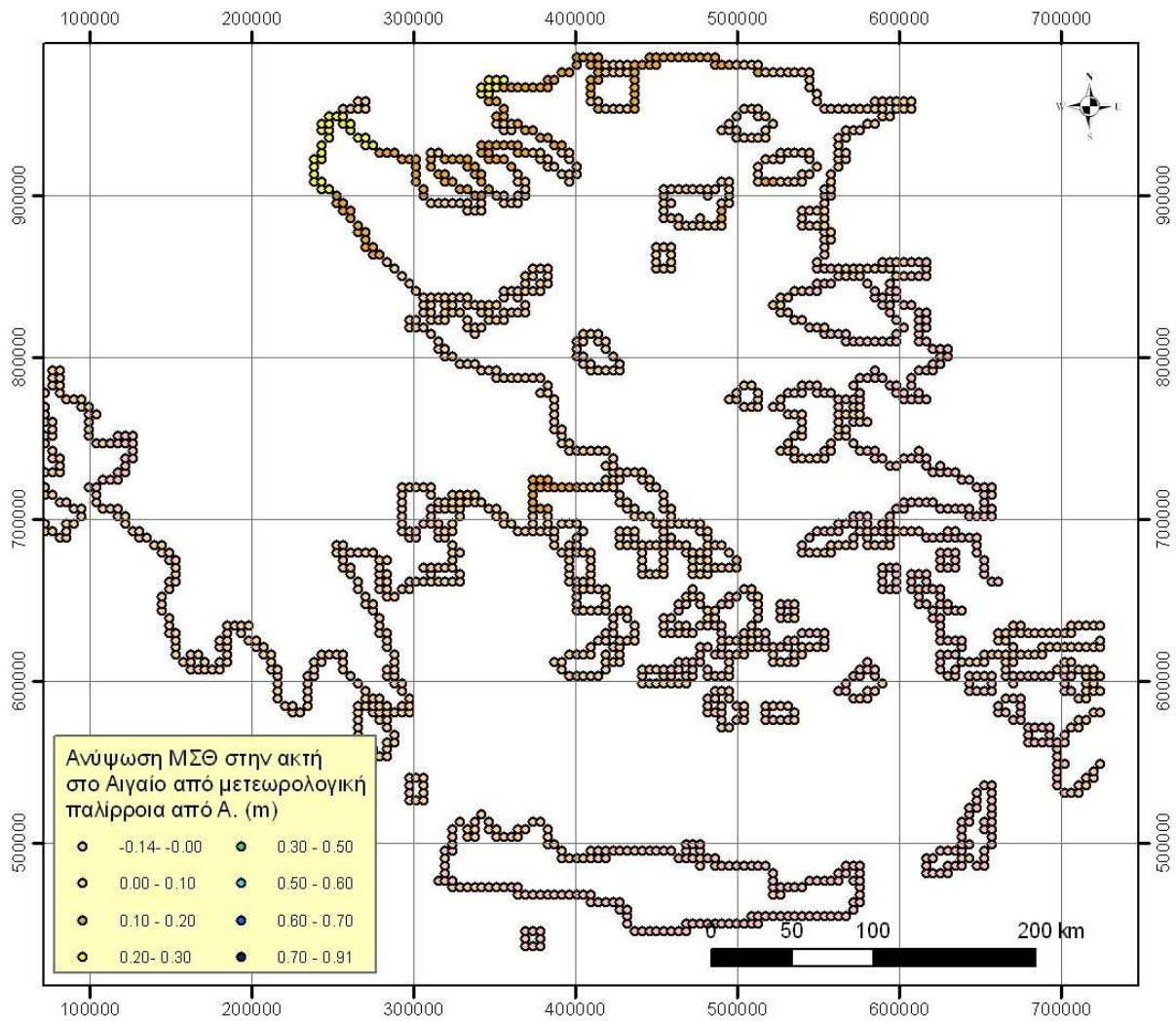
Για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας πλημμυρών από την θάλασσα με περίοδο επαναφοράς 1.000 χρόνια θα πρέπει σε επόμενο κύκλο διαχειριστικό κύκλο παραγωγής των Σχεδίων Διαχείρισης, να

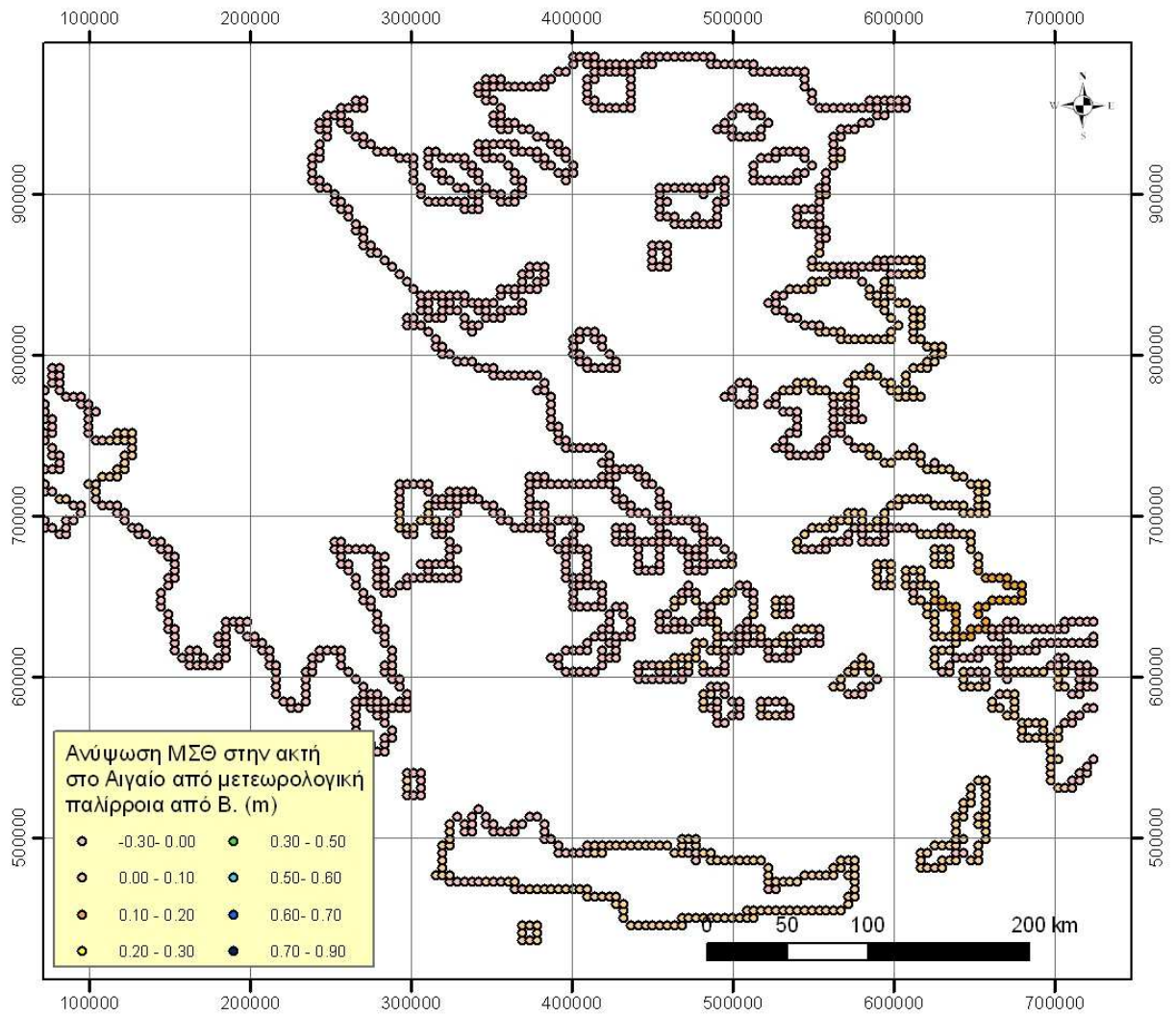
γίνουν οι προαναφερθείσες αναλύσεις, τόσο για την αστρονομική και μετεωρολογική παλίρροια όσο και για την ανύψωση ΜΣΘ λόγω κυματισμών ή/και την αναρρίχηση κυματισμών στις ακτές, με βάση τις διαθέσιμες μετρήσεις στάθμης θάλασσας και διεύθυνσης και έντασης ανέμων.

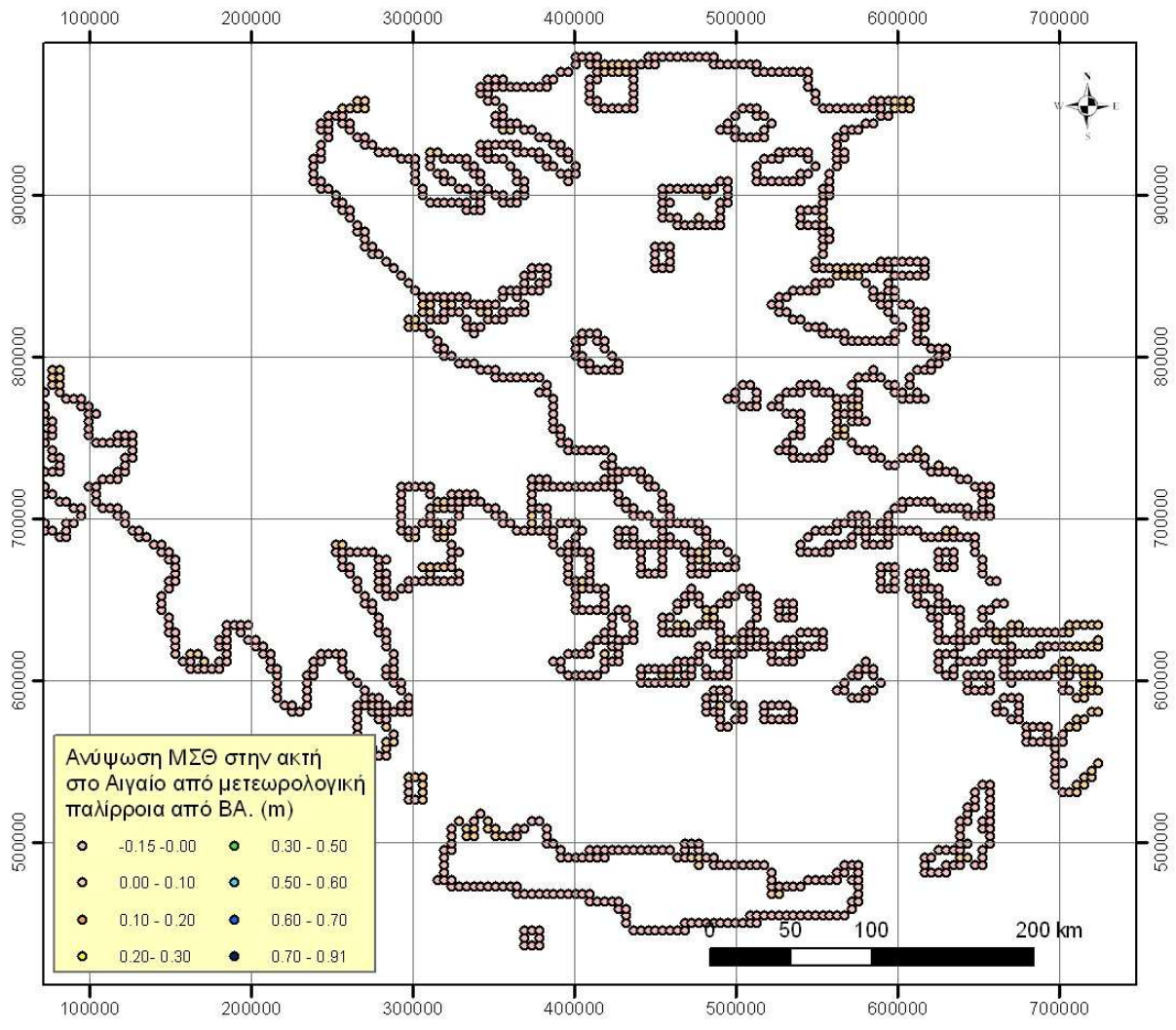
Η επιστημονική εμπειρία στο συγκεκριμένο αντικείμενο βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη και η παραπάνω ολοκληρωμένη προσέγγιση έδωσε την ευκαιρία στους συνεργαζόμενους επιστήμονες να αποκτήσουν πλέον ολοκληρωμένη εικόνα της απαιτούμενης σύνθεσης. Στον επόμενο διαχειριστικό κύκλο παραγωγής των Σχεδίων Διαχείρισης θα αξιοποιηθεί η μέχρι τότε διαθέσιμη εμπειρία, όπως θα προκύψει από τα εξελισσόμενα και μελλοντικά ερευνητικά προγράμματα.

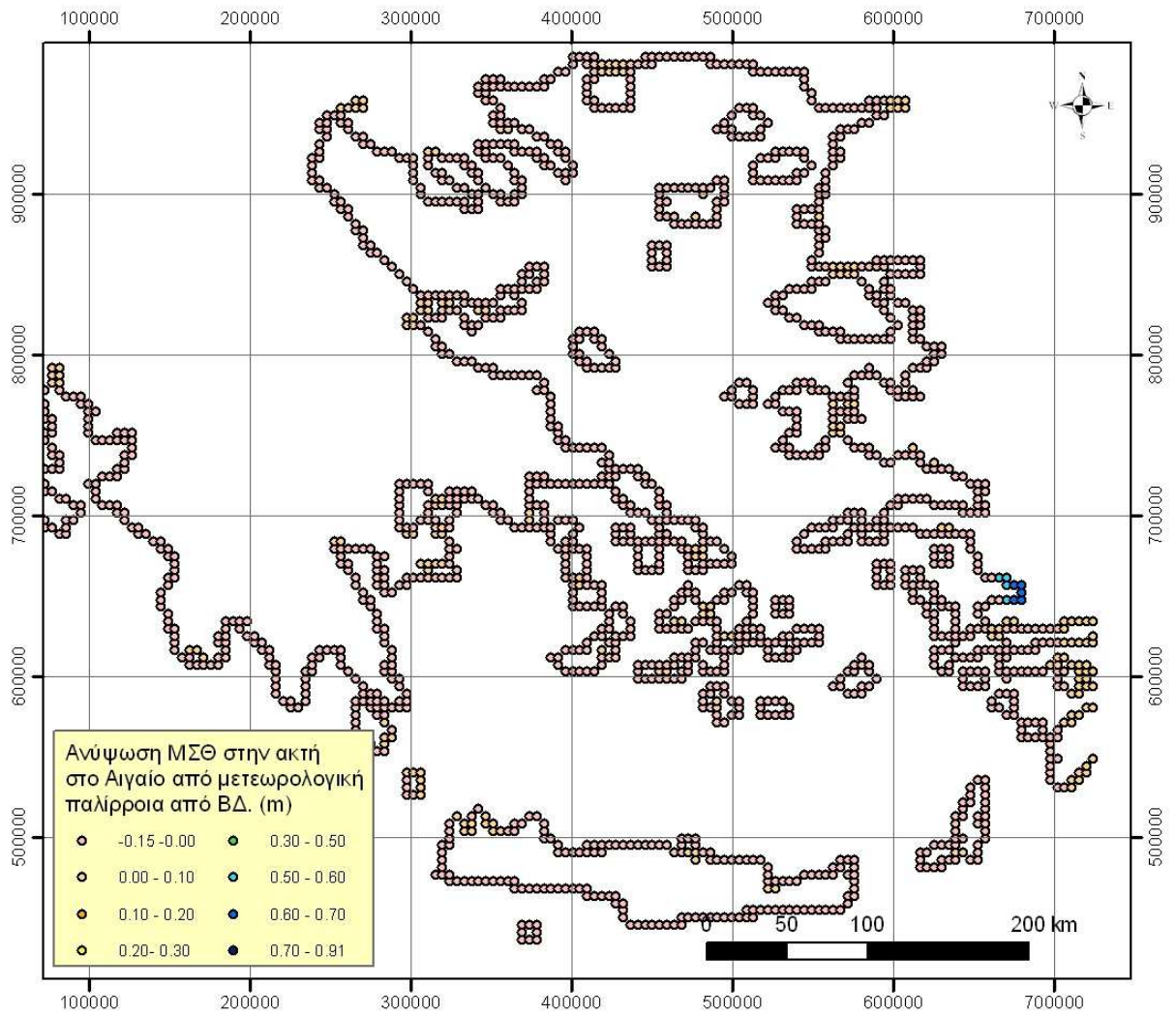
Παράρτημα Α: Μετεωρολογική πλημμύρα στο Αιγαίο

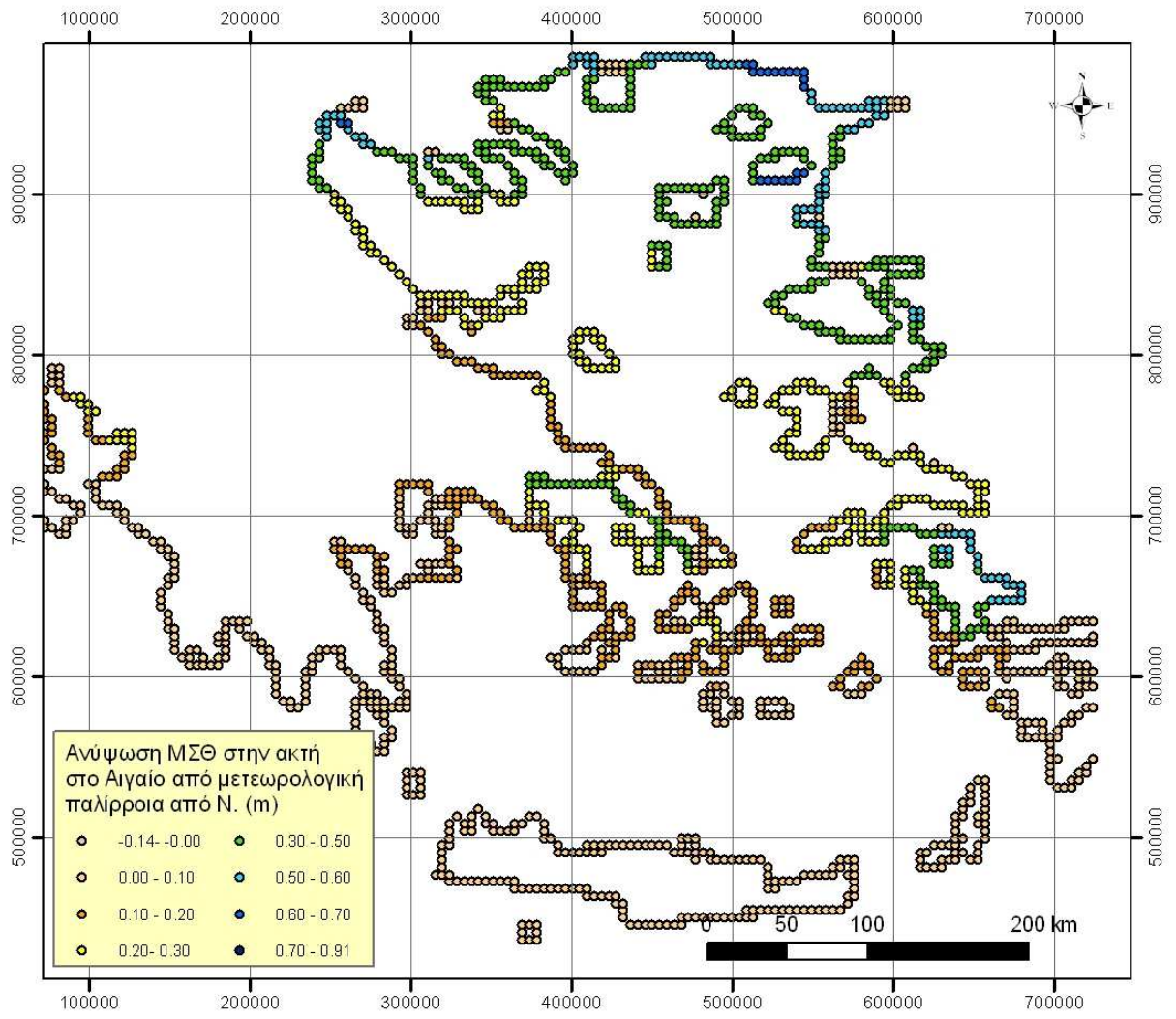


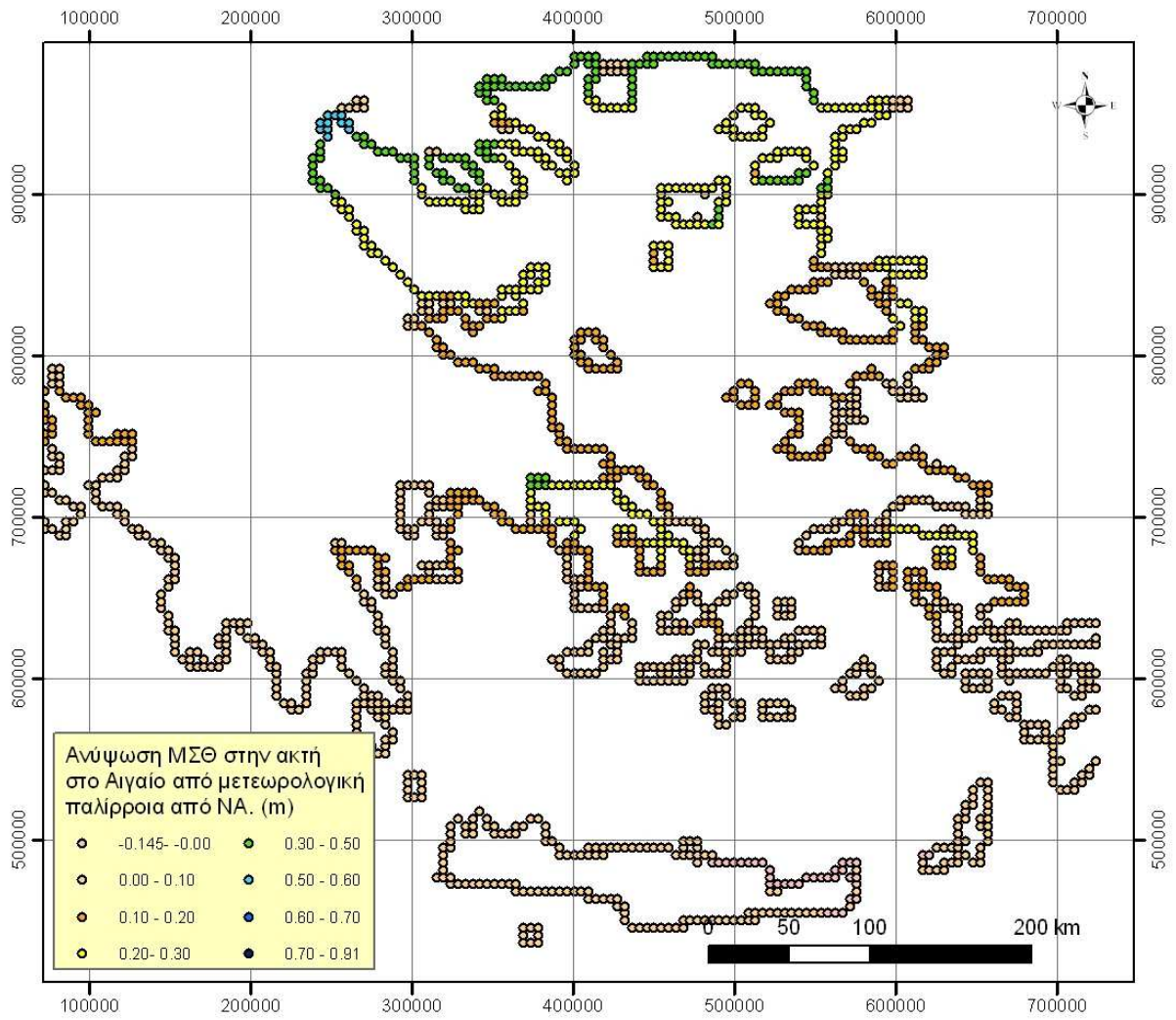


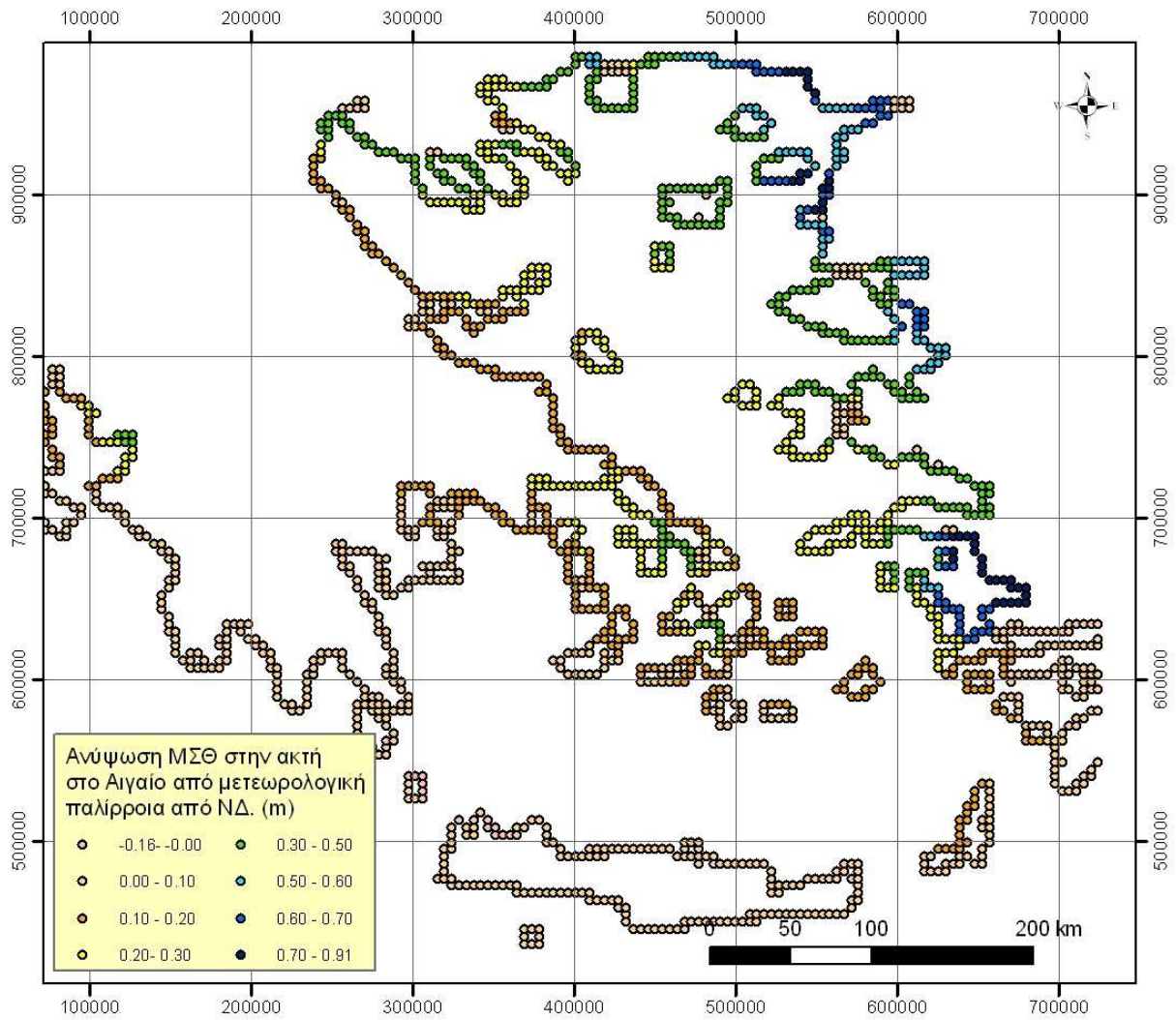


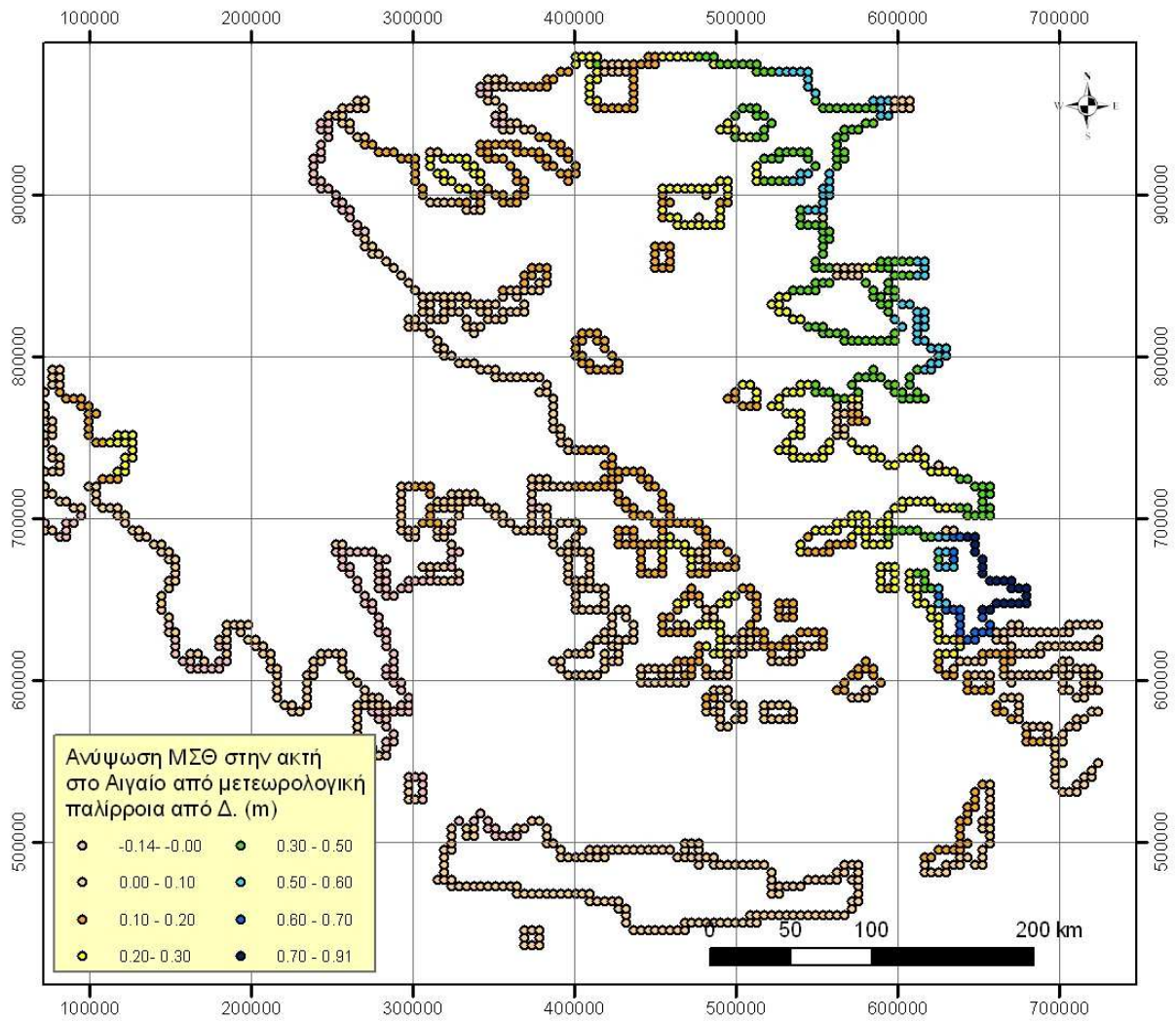


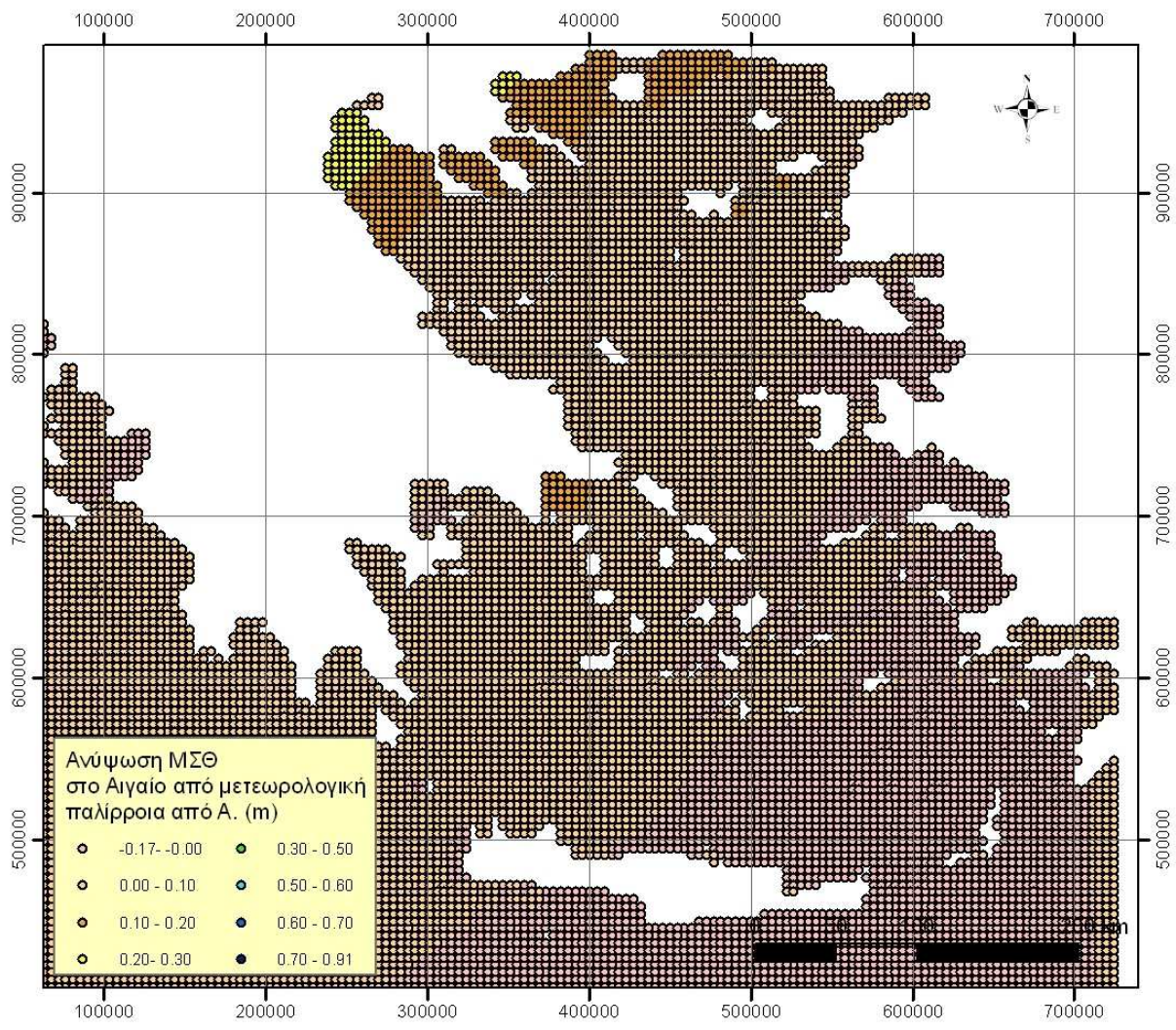


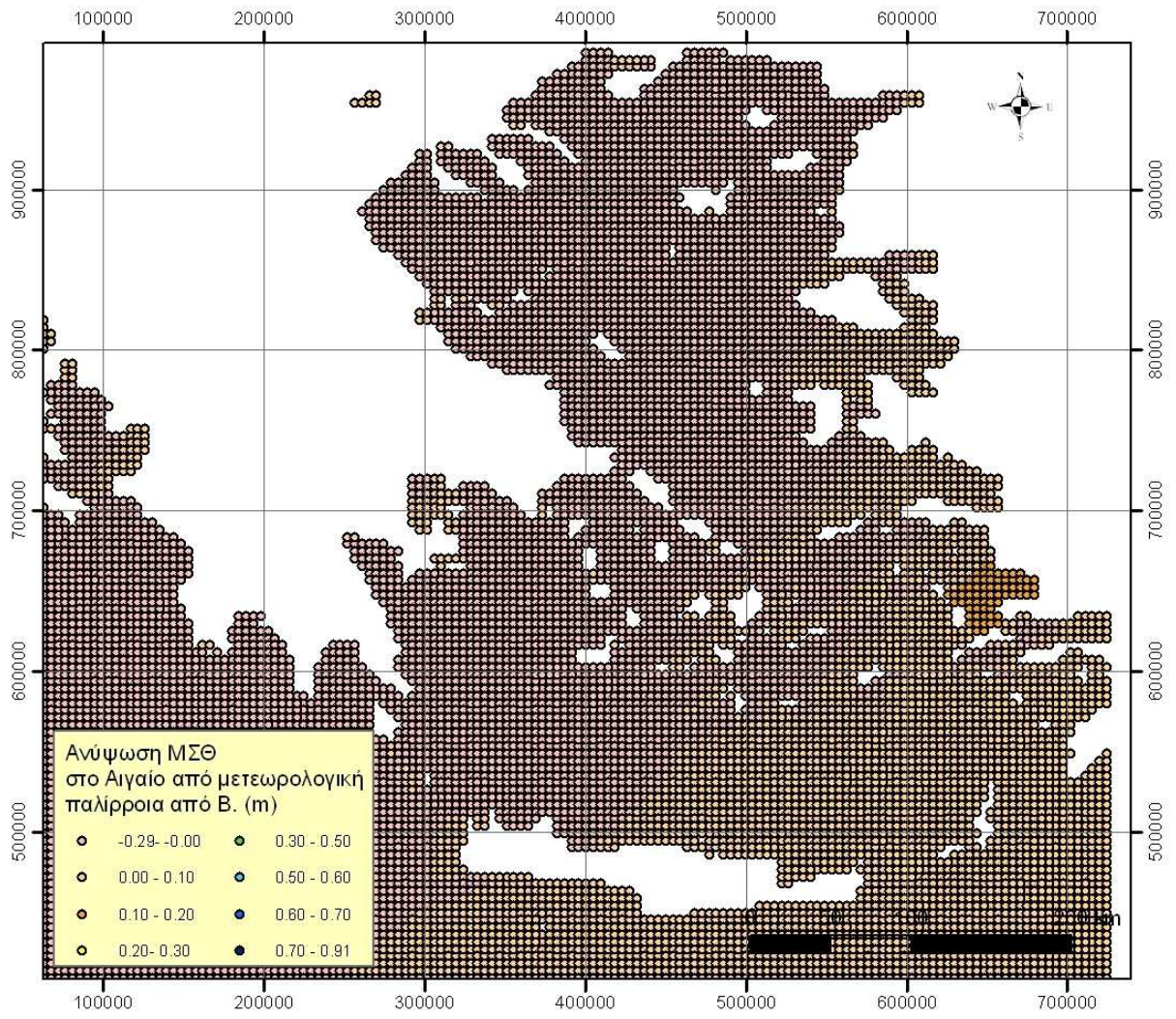


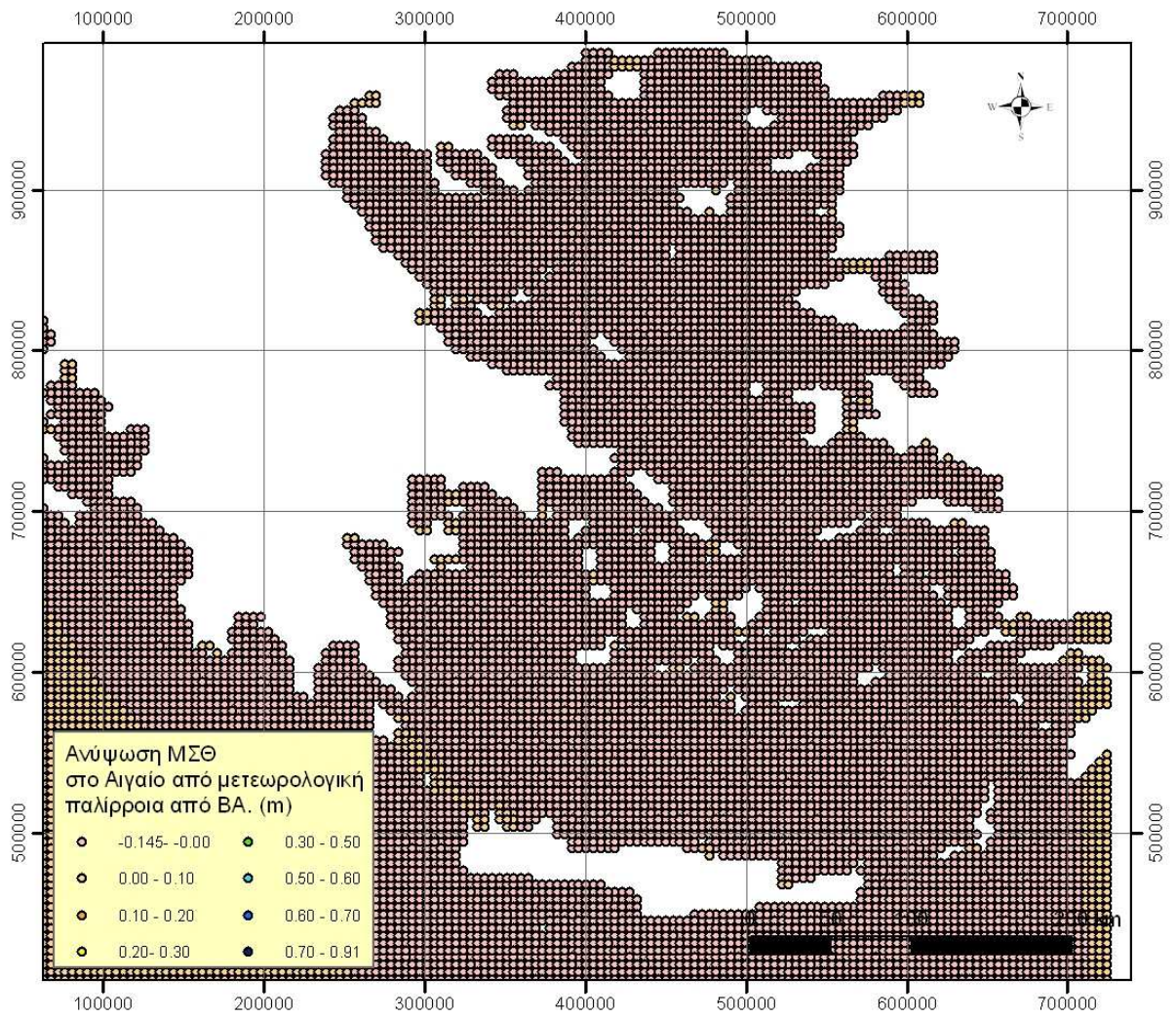


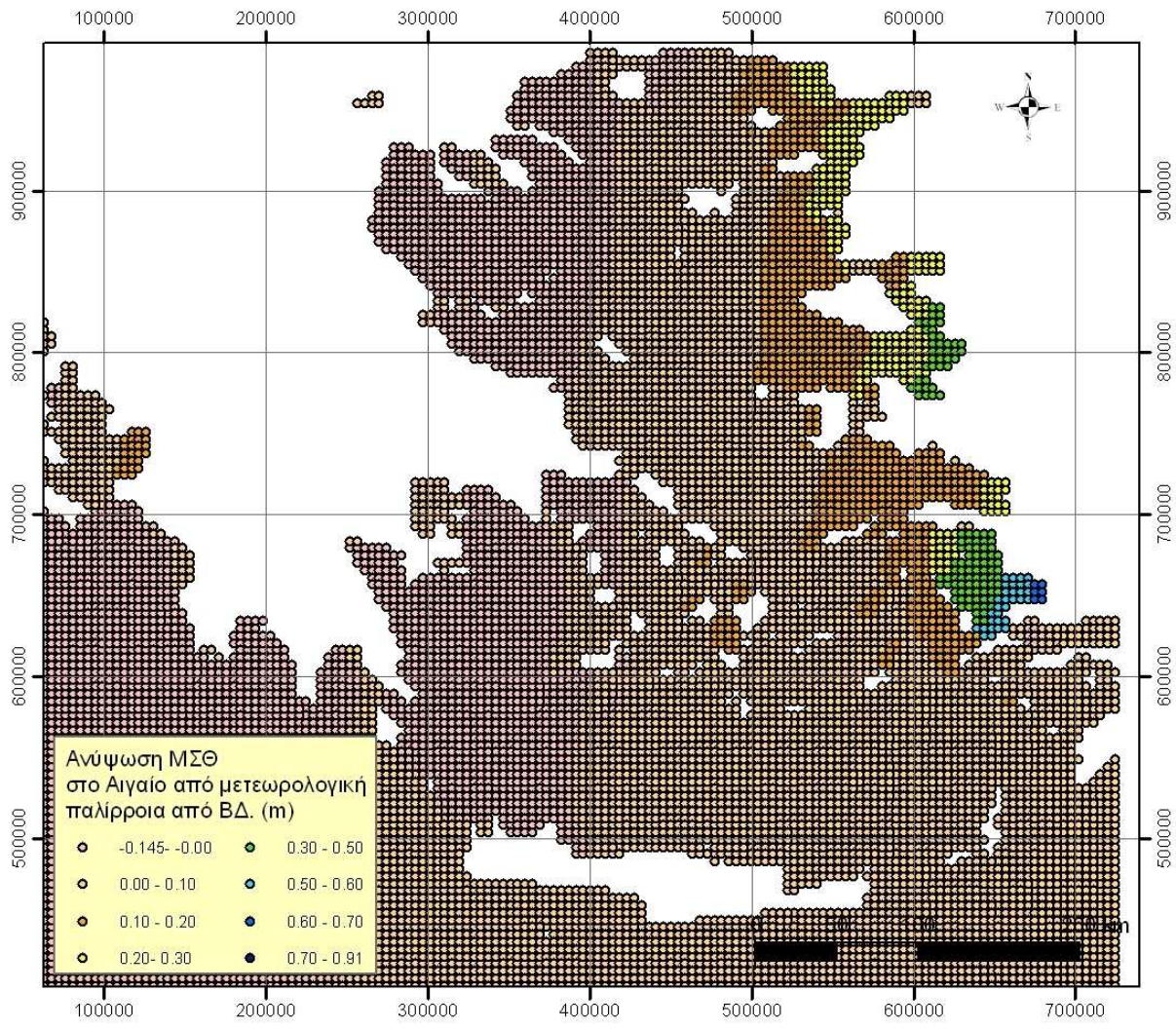


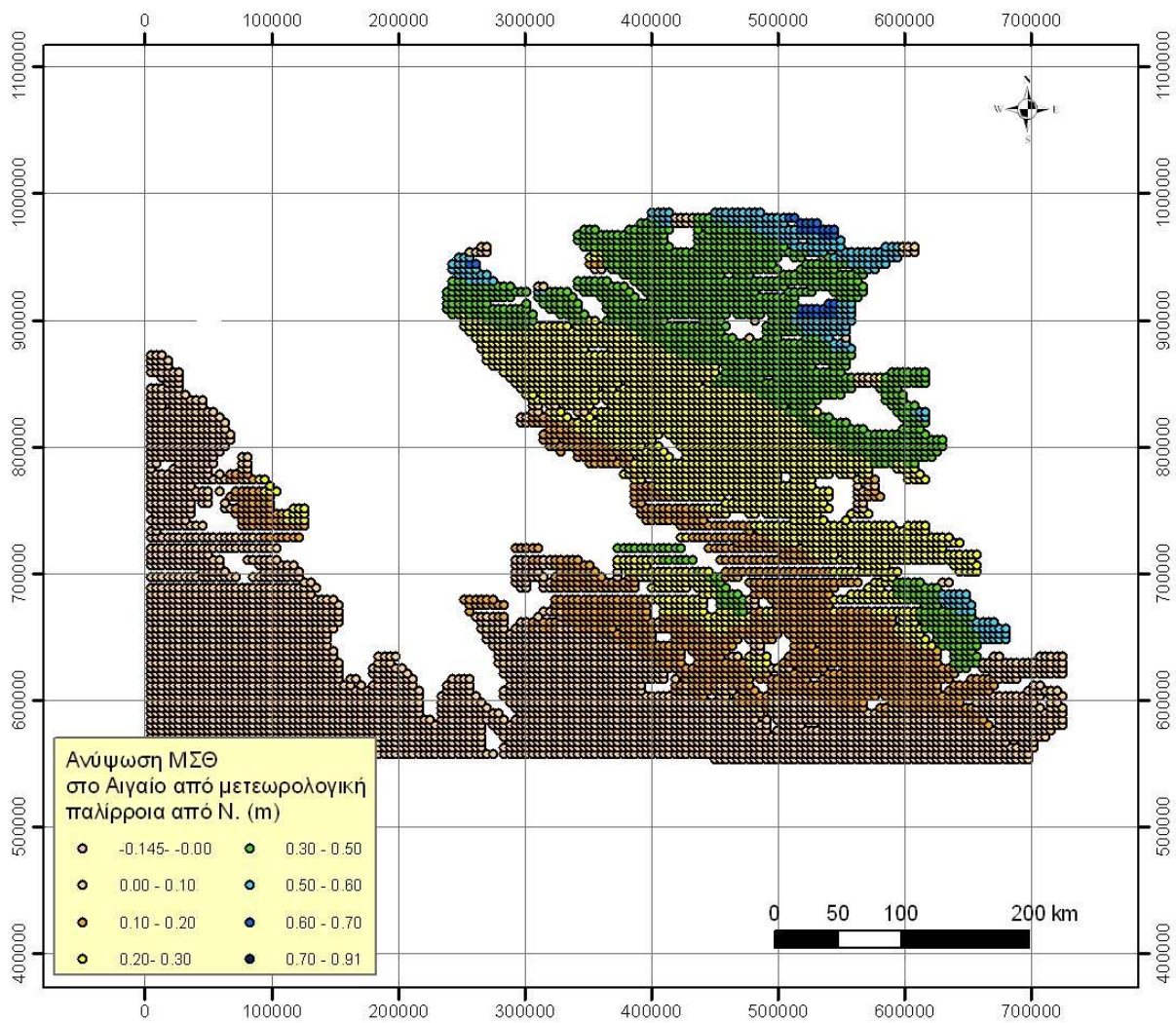


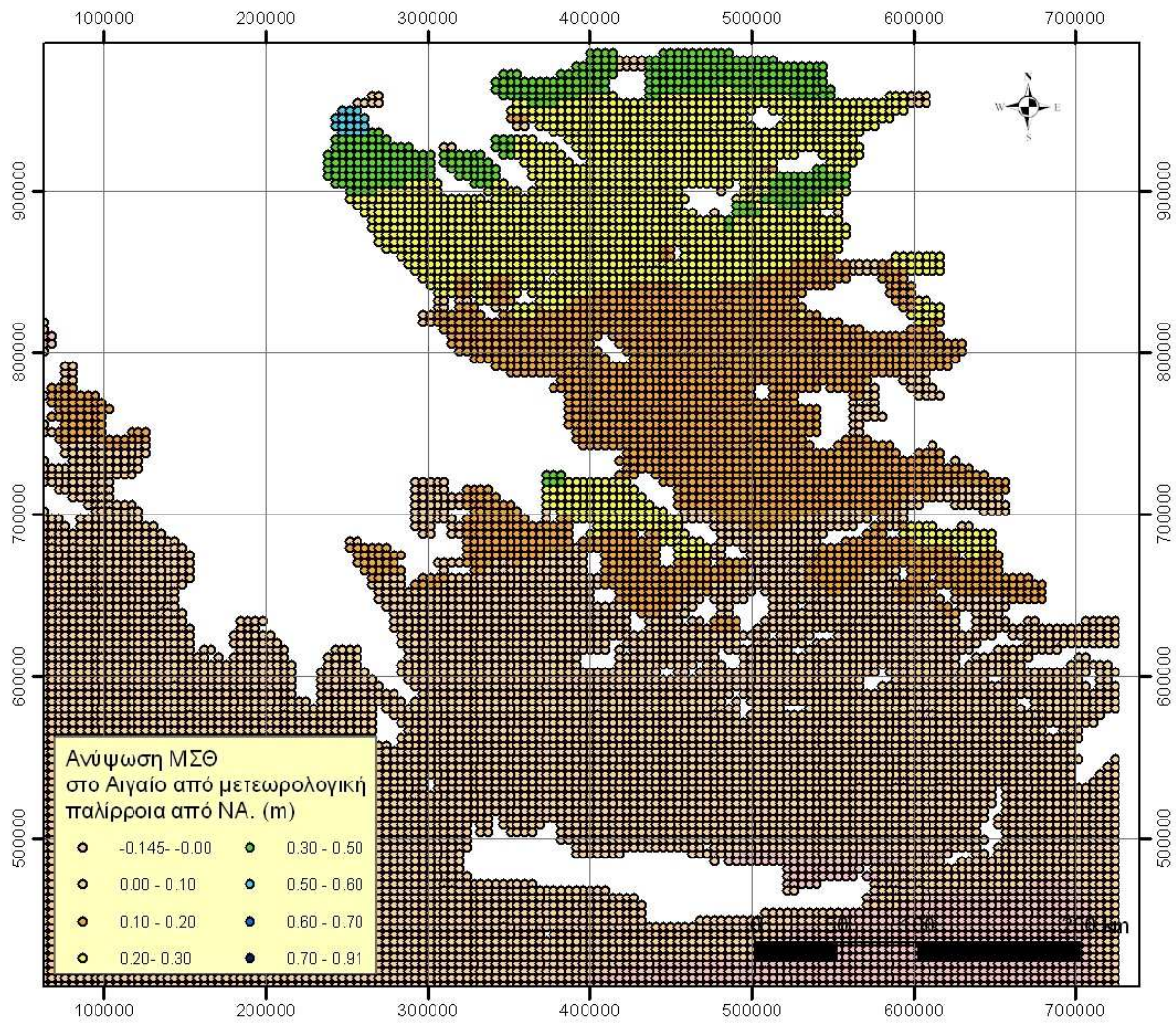


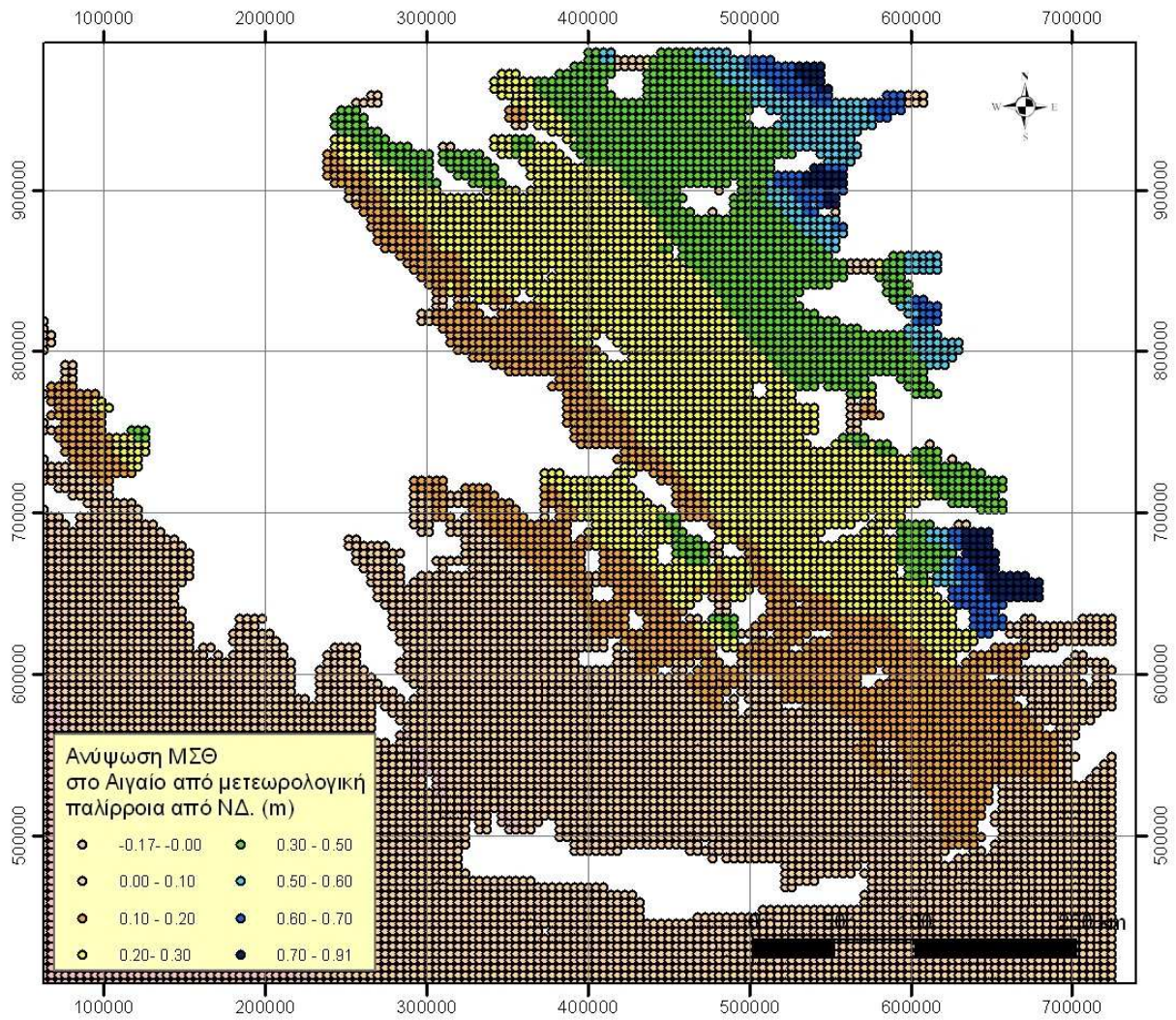


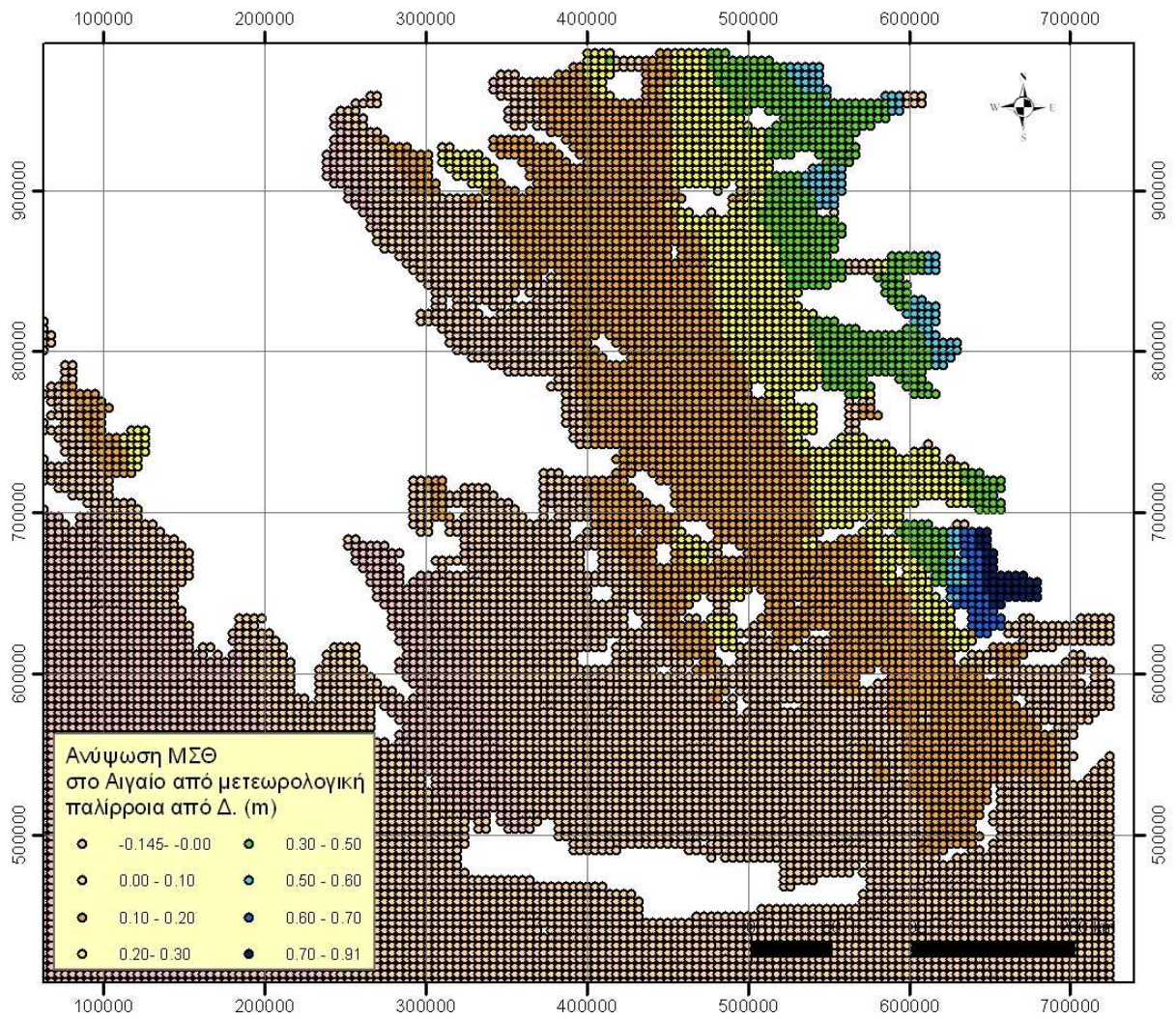




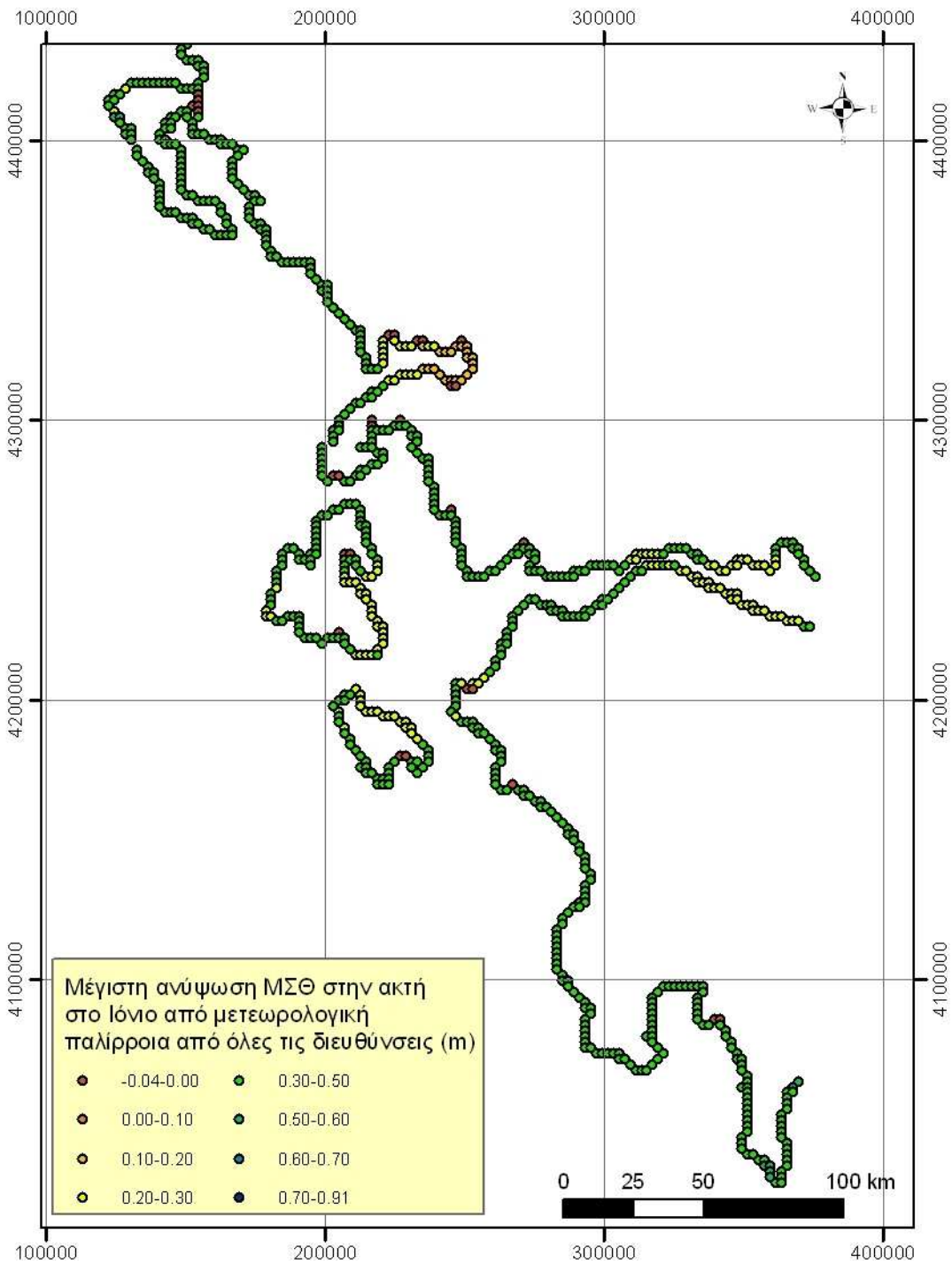


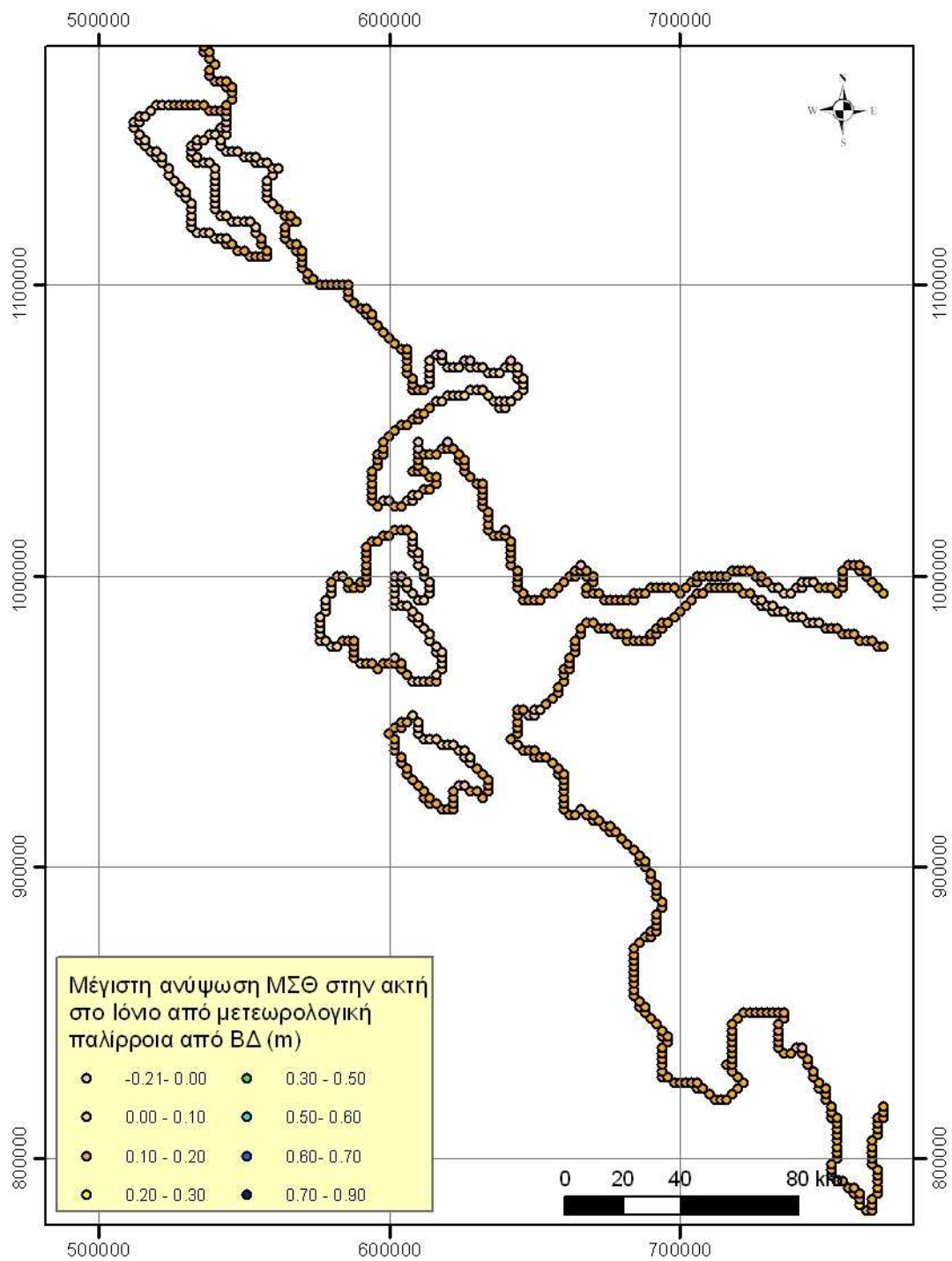


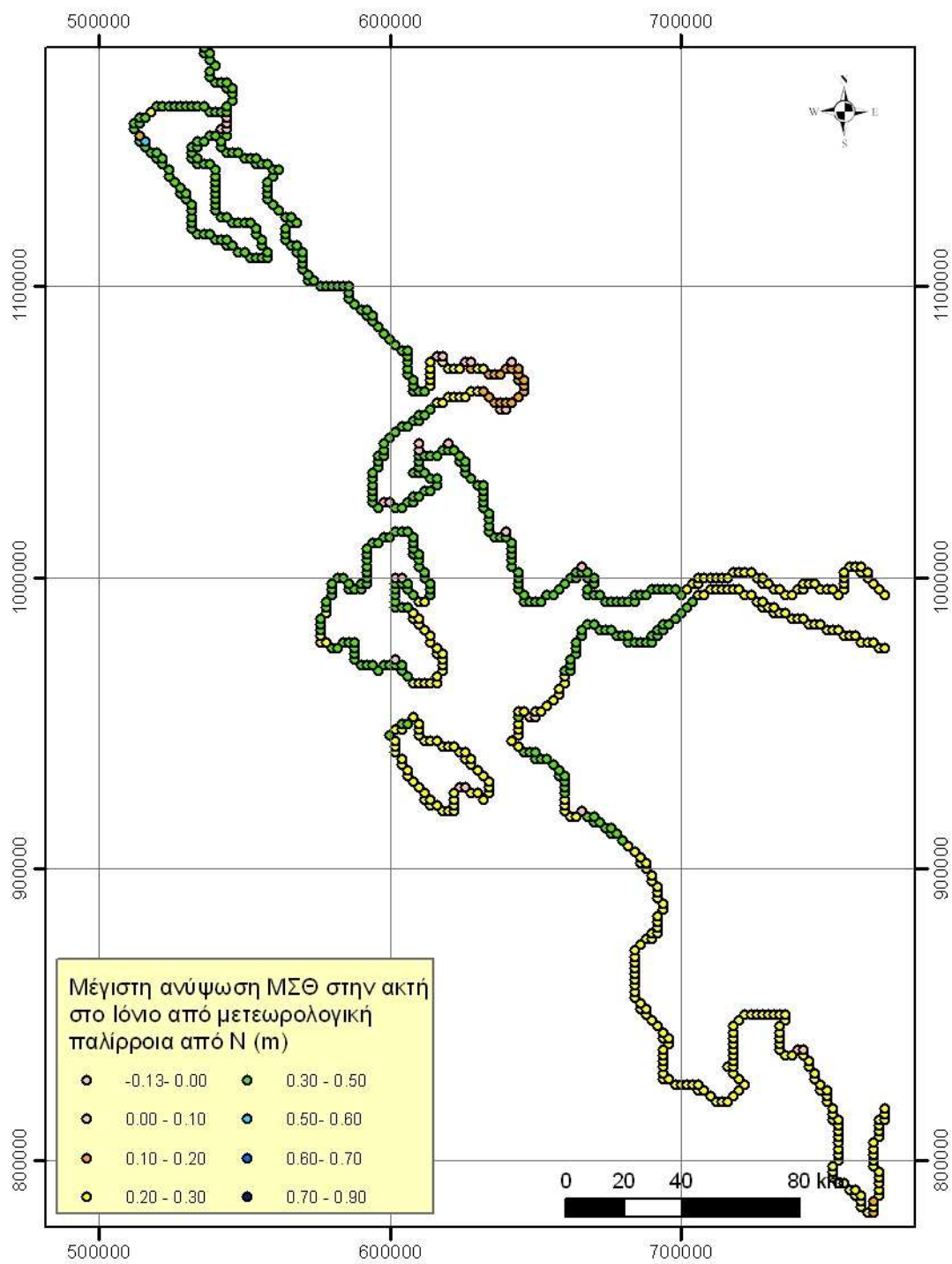


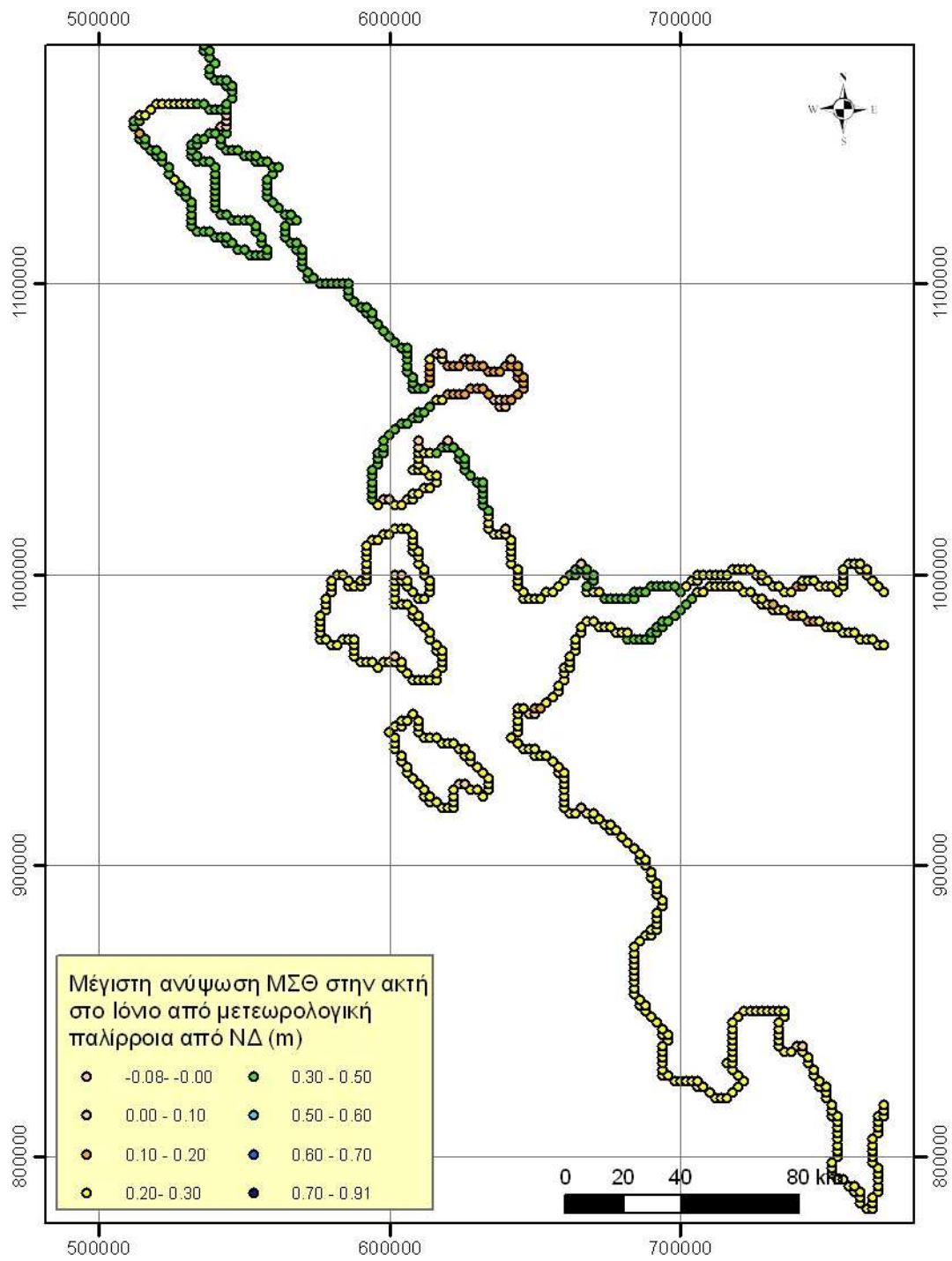


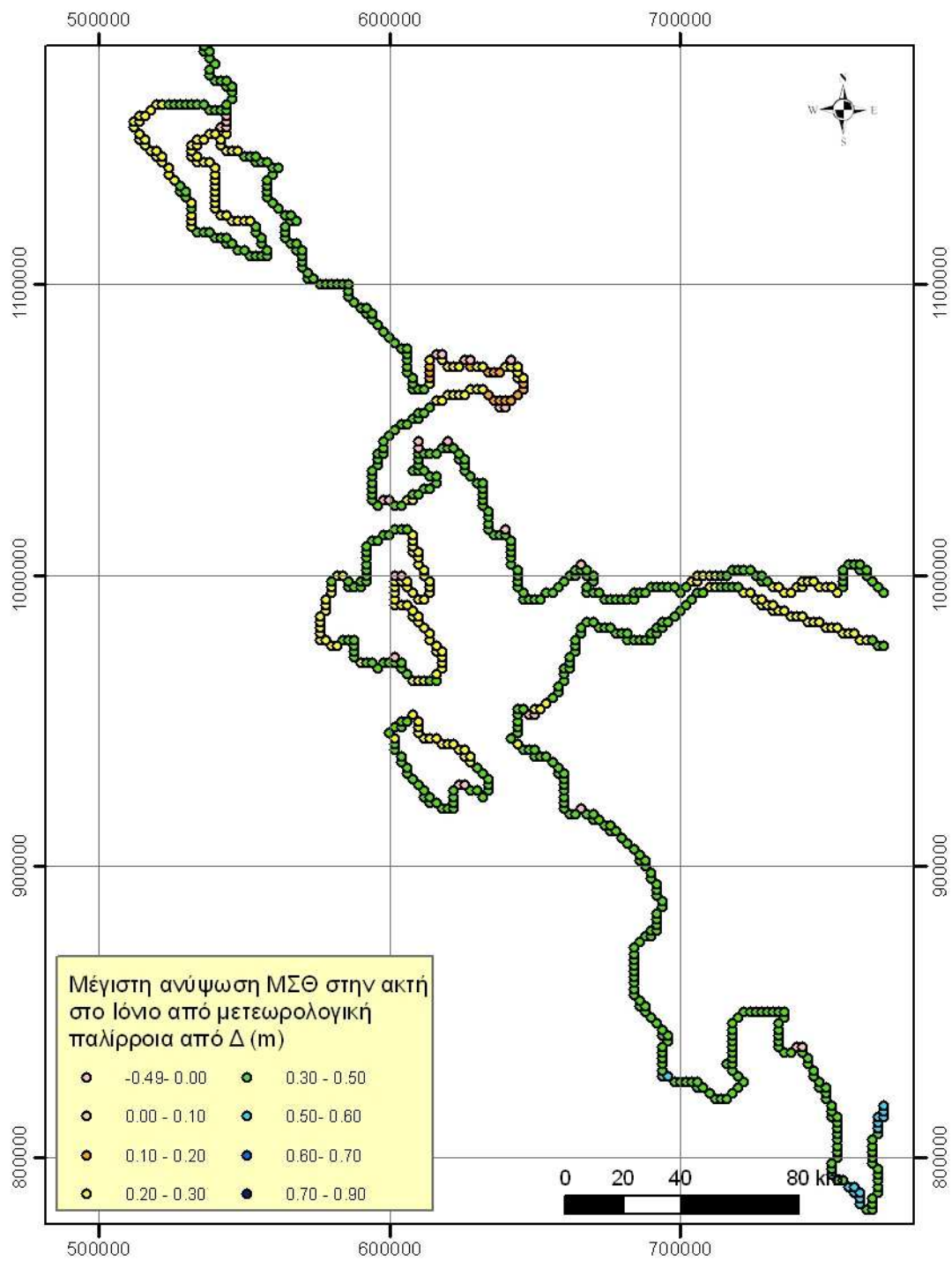
Παράρτημα Β: Μετεωρολογική πλημμύρα στο Ιόνιο

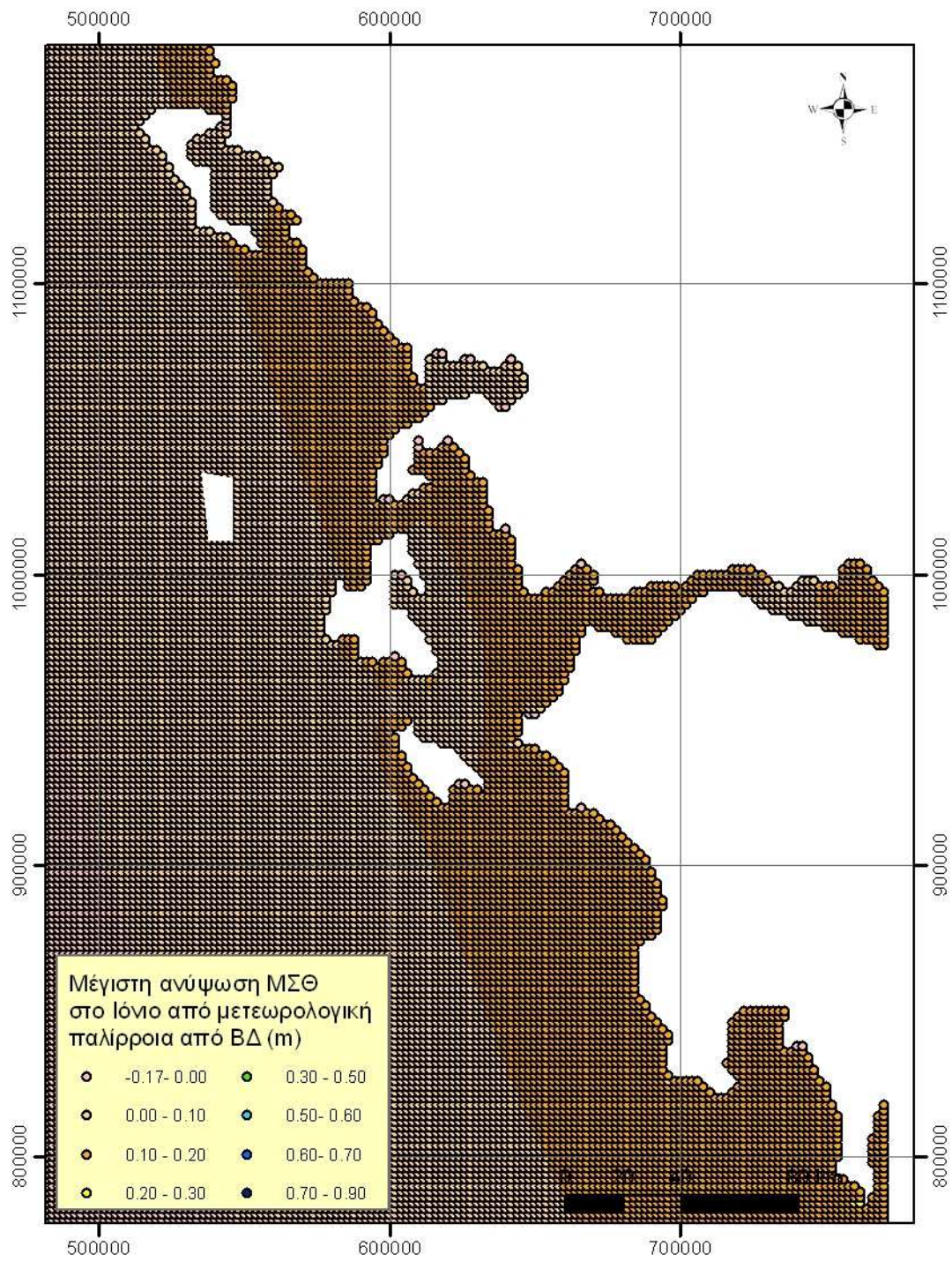


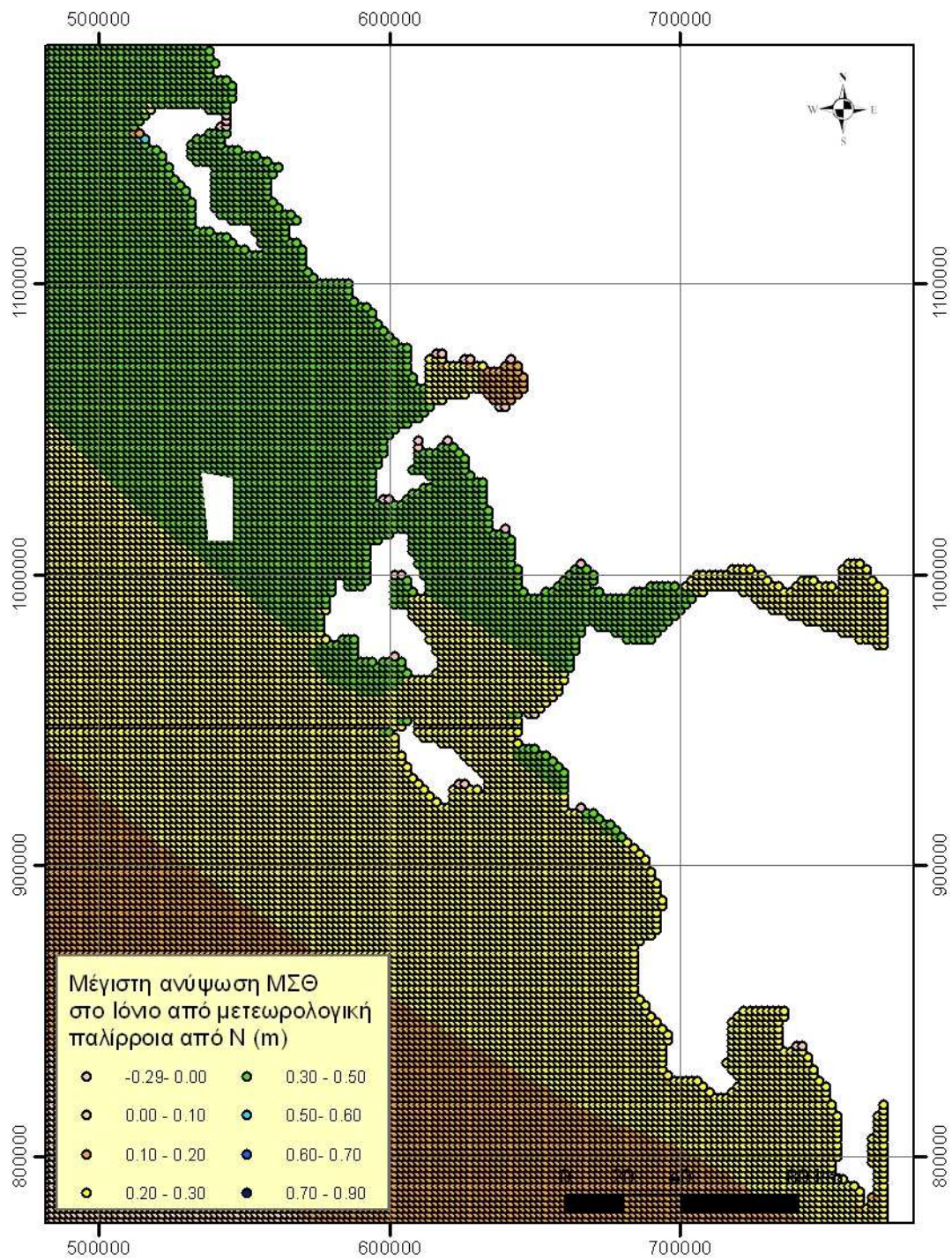


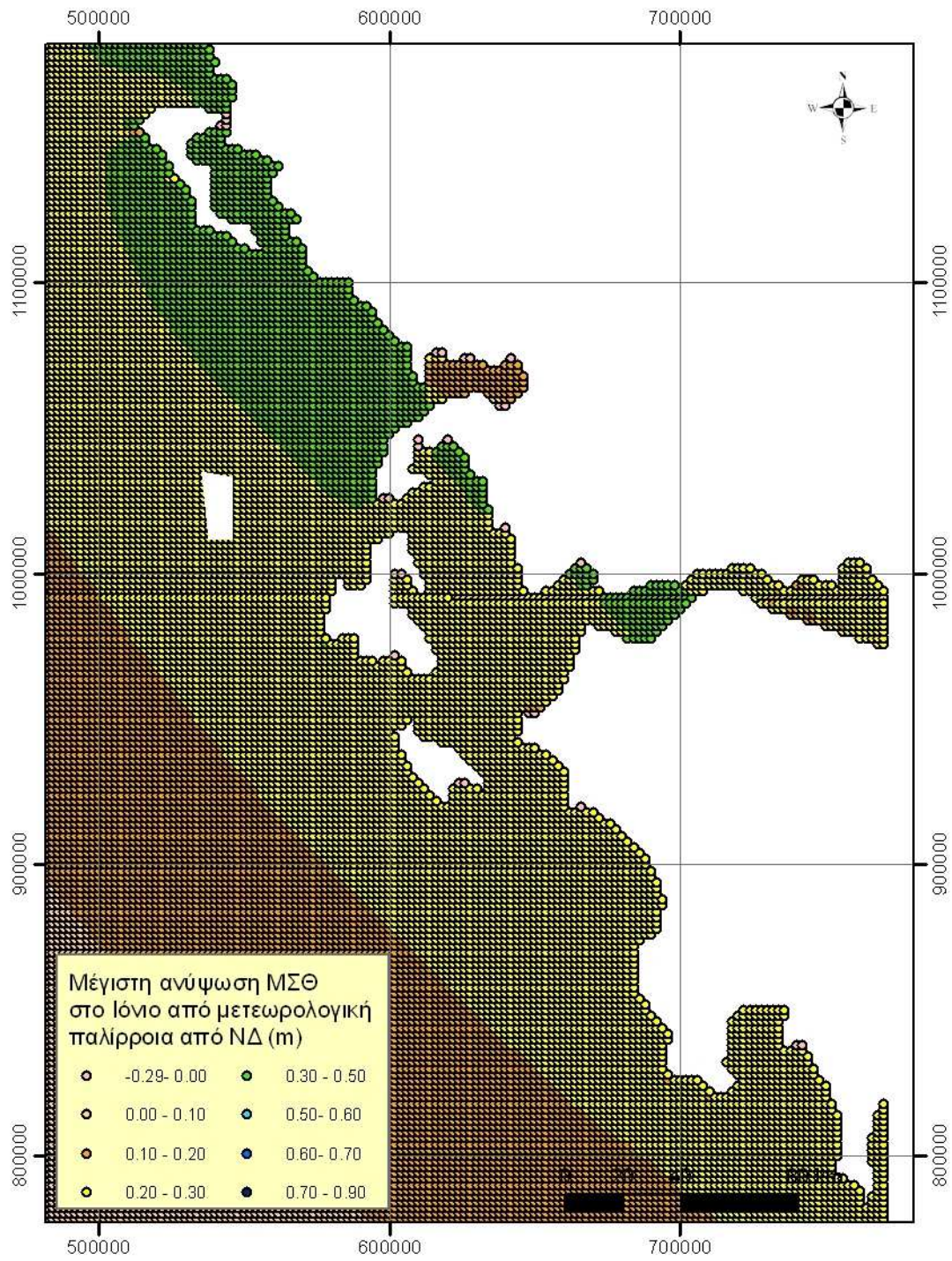


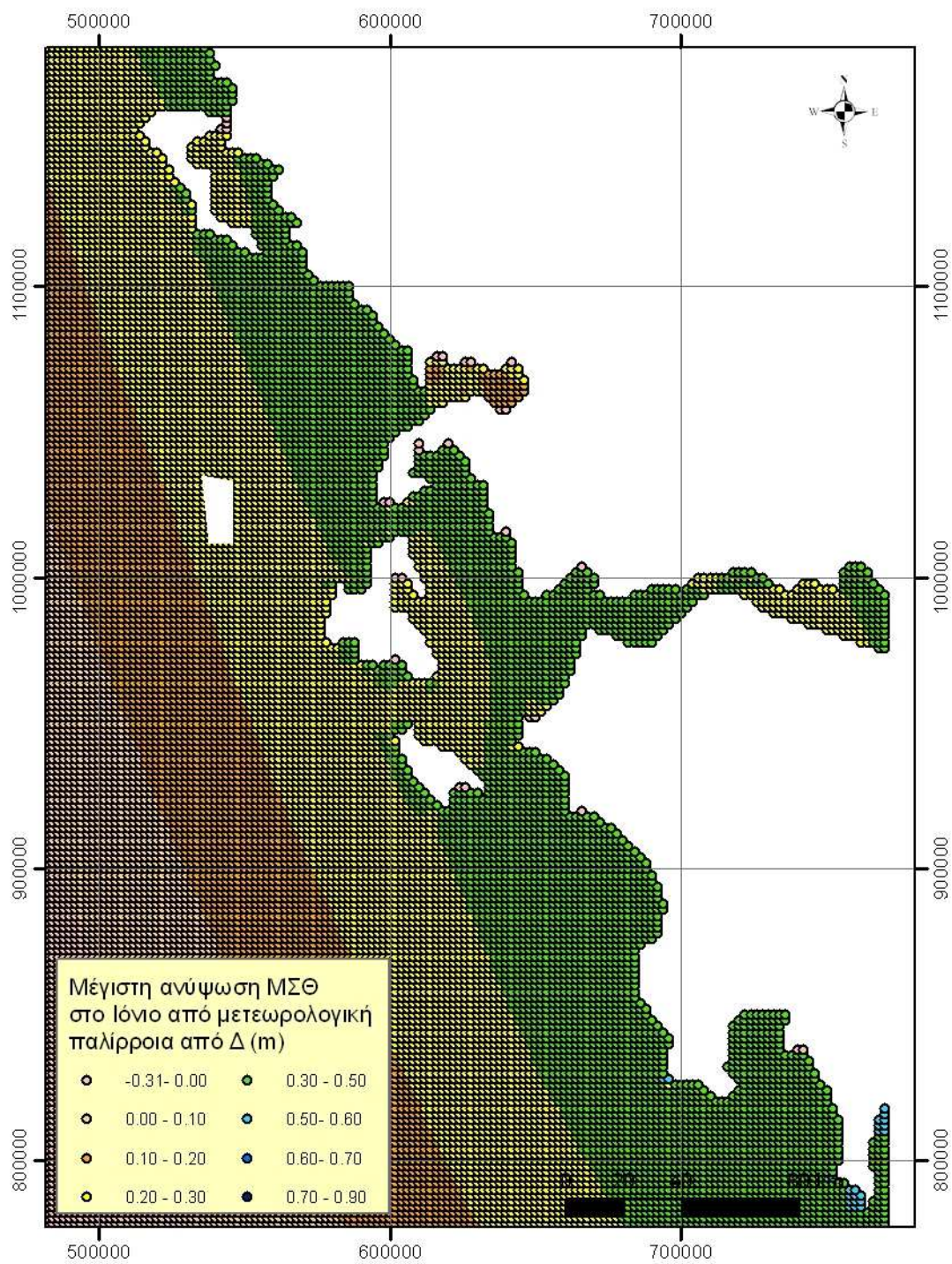












Παράρτημα Γ: Πλημμύρα από κυματισμούς

