



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ



POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

Οι συνέπειες των Καταστροφικών Παλιρροϊκών Κυμάτων στον Κορινθιακό Κόλπο

The Impact of Destructive Tsunami Waves in the Gulf of Corinth

ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΙΧΑΛΕΤΟΣ / IOANNIS MICHALETOS

A.M. / R.N. : 14051

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2016013

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

Athens, October 2016



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

Οι συνέπειες των Καταστροφικών Παλιρροϊκών Κυμάτων στον Κορινθιακό Κόλπο

The Impact of Destructive Tsunami Waves in the Gulf of Corinth

ΙΩΑΝΝΗΣ ΜΙΧΑΛΕΤΟΣ / IOANNIS MICHALETOS

A.M. / R.N. : 14051

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Π. Νομικού,
Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ

Δρ. Π. Νάστος,
Καθηγ. ΕΚΠΑ

Δρ. Ι. Κασσάρας,
Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΙΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

«Οι συνέπειες των καταστροφικών παλιρροϊκών κυμάτων (τσουνάμι)
στον Κορινθιακό Κόλπο»

ΤΟΥ

Μιχαέλου Ιωάννη

A.M.: 14051

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

Επίκουρος Καθηγήτρια: Νομικού Παρασκευή



Αθήνα, Οκτώβριος 2016

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

*Η εργασία αυτή αφιερώνεται στους γονείς μου,
Γεώργιο και Γεωργία,
οι οποίοι είναι πάντα δίπλα μου στις ευχάριστες και δυσάρεστες
στιγμές της ζωής.*

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	v
Περίληψη	vii
Abstract	ix
Ευχαριστίες	x
Κατάλογος Εικόνων	xi
Κεφάλαιο 1. Περιγραφή κυμάτων τσουνάμι	
1.1. Αίτια Γένεσης κυμάτων τσουνάμι	1
1.2. Διάδοση κυμάτων τσουνάμι	3
1.2.1 Θεωρία του Airy	4
1.2.2 Θεωρία του Stokes	5
1.2.3 Θεωρία των Μεμονωμένων Κυμάτων	5
1.3. Κλίμακες Μέτρησης των τσουνάμι	6
1.4. Μεγάλα τσουνάμι στην παγκόσμια ιστορία	10
1.5. Ιστορική αναδρομή στα τσουνάμι του Ελλαδικού χώρου	15
Κεφάλαιο 2. Σεισμοί και Τσουνάμι του Κορινθιακού Κόλπου	
2.1. Τεκτονικό καθεστώς του Κορινθιακού Κόλπου	19
2.2. Σεισμικότητα του Κορινθιακού Κόλπου	21
2.3. Τα τσουνάμι του Κορινθιακού Κόλπου: Ιστορική και γεωλογική τεκμηρίωση	26
Κεφάλαιο 3. Ο Κίνδυνος από τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο και Μέτρα Μείωσής του	
3.1. Καταστροφικές συνέπειες στο παρελθόν	31
3.2. Παράγοντες τρωτότητας και κινδύνου στη σύγχρονη εποχή	33
3.3. Αναμενόμενες επιπτώσεις από μελλοντικά τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο	36
3.4. Ενέργειες κατά την φάση της ανάπτυξης	39
3.4.1 Πρόληψη	40
3.4.2 Μετριασμός	42
3.4.3 Ετοιμότητα	43
3.4.4 Το Εθνικό Κέντρο Προειδοποίησης για Τσουνάμι	44
Βιβλιογραφία	47
Παράρτημα Α. Κατάλογος κυμάτων τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο	53
Παράρτημα Β. Χάρτες Κορινθιακού Κόλπου.	55
Παράρτημα Γ. Φωτογραφίες παράκτιων ευπαθών κτιριακών υποδομών	57

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Περίληψη

Από την αρχαιότητα έως την σημερινή εποχή στην ακτογραμμή της Ελλάδας, αλλά και της ευρύτερης περιοχής της Ανατολικής Μεσογείου, έχουν καταγραφεί περιπτώσεις εκδήλωσης παλιρροϊκών κυμάτων τσουνάμι, πολλά εκ των οποίων ήταν μεγάλης έντασης και επέφεραν εκτεταμένες καταστροφές στις παράκτιες περιοχές. Αρκετά από τα τσουνάμι αυτά έχουν τεκμηριωθεί και από γεωλογικές μαρτυρίες. Το ιστορικό των τσουνάμι στον Ελλαδικό χώρο δεν αφήνει αμφιβολία ότι ισχυρά τσουνάμι αναμένονται και στο μέλλον.

Η οικιστική ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης του Κορινθιακού Κόλπου, που έχει ως αποτέλεσμα την πυκνή δόμηση πάνω στον αιγιαλό καθώς και η αναγωγή της περιοχής σε παραθαλάσσιο θερινό θέρετρο είναι παράγοντες πολλαπλασιασμού των δυσμενών επιπτώσεων των τσουνάμι. Ταυτόχρονα, τα γεωλογικά και γεωφυσικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου (αυξημένη σεισμικότητα, κατολισθήσεις υποθαλάσσιων πρηνών) ευνοούν την εκδήλωση τσουνάμι με σημαντικό ύψος κύματος.

Παρά τη δυσκολία για έγκαιρη προειδοποίηση με ενόργανα συστήματα, λόγω του εξαιρετικά μικρού χρόνου άφιξης των τσουνάμι στις παράκτιες περιοχές του Κορινθιακού Κόλπου, είναι ιδιαίτερα επωφελής και σχετικά προσδιορίσιμη η εκτίμηση των αναμενόμενων συνεπειών των τσουνάμι και ο αναγκαίος σχεδιασμός για τη μείωση των συνεπειών τους. Τα αναδυόμενα συμπεράσματα, που θα προκύψουν από μια μελέτη επιπτώσεων και συνεπειών, ενδεχομένως, να αποτελέσουν τον βατήρα για τον προσδιορισμό των απαιτούμενων ενεργειών προστασίας σε προκαταστροφικό επίπεδο και θα συμβάλουν στην βελτίωση του επιπέδου ετοιμότητας των τοπικών κοινωνιών γύρω από τον Κορινθιακό Κόλπο.

Στη παρούσα μελέτη επιχειρείται ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός της ευπάθειας του Κορινθιακού Κόλπου μέσα από το πρίσμα των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της περιοχής. Στα κεφάλαια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αναλύονται οι συνέπειες των τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο κατά το παρελθόν, ενώ παράλληλα επιχειρείται ο προσδιορισμός των πιθανών επιπτώσεων από μελλοντικά τσουνάμι με βάση τα σύγχρονα δεδομένα και χαρακτηριστικά της περιοχής.

Τέλος, προτείνονται μέτρα που θα μπορούσαν να αμβλύνουν τις επιπτώσεις σε τοπικό επίπεδο λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες (φυσικές – κοινωνικές) του παράκτιου περιβάλλοντος του Κορινθιακού Κόλπου.

Λέξεις κλειδιά: Επιπτώσεις τσουνάμι, Στρατηγικές Διαχείρισης Κρίσεων, Κορινθιακός κόλπος, Φυσικές Καταστροφές, προειδοποίηση εκδήλωσης Τσουνάμι, μέτρα ετοιμότητας.

Abstract

From antiquity to the present era a number of tsunami waves have been recorded at the coastline of Greece, many of which were of great intensity and caused extensive damage in the coastal areas. The history of tsunamis in Greece leaves no doubt that powerful Tsunamis are expected in the future.

The residential development of the coastal zone and the conversion of the Gulf of Corinth in a popular summer resort are factors which multiplies the effects of tsunami waves. Simultaneously, the geological and geophysical characteristics of the area (increased seismicity, undersea landslides) favoring the tsunamis significant wave height.

Any society must analyze the assessment of the anticipated effects and the necessary preparations in order to reduce the consequences of tsunamis. The conclusions from the analysis may become the base for the necessary improvements and actions. In this postgraduate study, we tried to analyze the effects of tsunami in the Corinthian Gulf in the past and also to determine the possible effects of a future tsunami, based on current data and characteristics of the region.

Finally, we propose measures that could reduce the effects at local level, taking into account the specificities (physical - social) of the coastal environment of the Corinthian Gulf.

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στις Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα Καθηγήτρια, Επίκουρο Καθηγήτρια του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. **Παρασκευή Νομικού** για την αμέριστη συμπαράσταση της, καθώς και για τις υποδείξεις της αναφορικά με την διάρθρωση και το περιεχόμενο της εργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ θερμά τον Διευθυντή Ερευνών του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κ. **Γεράσιμο Παπαδόπουλο** καθώς επίσης και τον Επιστημονικό Συνεργάτη του Γ.Ι.-Ε.Α.Α., Γεωλόγο M.Sc. κ. **Σπυρίδωνα Λιακόπουλο** για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν, καθώς και για τις συμβουλές και παροτρύνσεις τους για την τεκμηριωμένη ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την **Οικογένεια** μου για την υπομονή και την συνδρομή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Π.Μ.Σ. στις Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων.

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.4.1	Η κατανομή της στάχτης από τη Μινωική έκρηξη.	12
Εικόνα 1.4.2	Ταχύτητα διάδοσης του τσουνάμι της 21 ^{ης} Ιουλίου 365 μ.Χ..	12
Εικόνα 1.4.3	Η καταστροφή της Λισαβόνας. Γκραβούρα εποχής.	14
Εικόνα 1.4.4	Περιοχές που επλήγησαν από το τσουνάμι της 26-12-2004.	14
Εικόνα 1.4.5	Γεωγραφική απεικόνιση του τσουνάμι της 26-12-2004.	15
Εικόνα 1.5.1	Καταστροφές από το τσουνάμι της 9 ^{ης} Ιουλίου του 1956	18
Εικόνα 2.1.1	Ενεργά ρήγματα τεκτονικής τάφρου Κορινθιακού Κόλπου.	20
Εικόνα 2.1.2	Φυσιογραφικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου.	21
Εικόνα 2.2.1	Χάρτης σεισμικών επικέντρων για τον Κορινθιακό Κόλπο.	26
Εικόνα 3.4.4.1	Χάρτης Εθνικού Δικτύου Σεισμογράφων.	45
Εικόνα 3.4.4.2	Χάρτης Εθνικού Δικτύου Παλιρροιογράφων.	46
Εικόνα Β-1:	Φυσιογραφικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου.	55
Εικόνα Β-2:	Βαθυμετρικός Χάρτης Κορινθιακού Κόλπου.	55
Εικόνα Β-3:	Χάρτης σεισμικών επικέντρων για τον Κορινθιακό Κόλπο. Σεισμοί περιόδου 1900 έως 2000.	56
Εικόνα Β-4:	Χάρτης χρήσεων-καλύψεων γης κατά CORINE Land Cover (CLC 2000) περιμετρικά του Κορινθιακού Κόλπου.	56
Εικόνα Γ-1:	Παιδική χαρά επί του παραλιακού δρόμου της πόλης του Κιάτου σε απόσταση λίγων μέτρων από την ακτή.	57
Εικόνα Γ-2:	Κεντρικός παραλιακός δρόμος της πόλης του Κιάτου στο ύψος του επιπέδου της θάλασσας χωρίς ύπαρξη αντιπλημμυρικών υποδομών.	57
Εικόνα Γ-3:	Μαρίνα της πόλης του Κιάτου.	58
Εικόνα Γ-4:	Παραλιακά καφέ και εστιατόρια λίγα μέτρα από την παραλία της πόλης του Κιάτου.	58
Εικόνα Γ-5:	Παραλιακός χώρος στάθμευσης, εκτεθειμένος σε περίπτωση εκδήλωσης Τσουνάμι.	59

Εικόνα Γ-6: Ισόγεια παραλιακά καφέ και κέντρα διασκέδασης στην πόλη του Ξυλοκάστρου. 59

Εικόνα Γ-7: Κεντρική παραλιακή οδική αρτηρία μεταξύ Ξυλοκάστρου – Κιάτου στο ύψος του επιπέδου της θάλασσας, χωρίς ύπαρξη αντιπλημμυρικών υποδομών. 60

Εικόνα Γ-8: Εκβολές ποταμού Σύθα πλησίον της τοπικής Μαρίνας του Ξυλοκάστρου.

Εικόνα Γ-9: Παραλιακό οδικό δίκτυο και ξενοδοχειακή μονάδα στο ύψος του επιπέδου της θάλασσας στην πόλη του Ξυλοκάστρου. 61

Κεφάλαιο 1

Περιγραφή κυμάτων τσουνάμι

1.1. Αίτια Γένεσης κυμάτων τσουνάμι

Η λέξη **“tsunami”** προέρχεται από τις Ιαπωνικές λέξεις τσου + νάμι (**tsu, 津, λιμάνι και nami, 波, κύμα**), που στην ελληνική γλώσσα αποδίδεται ως το κύμα του λιμανιού ([https:// el.wikipedia.org](https://el.wikipedia.org)). Χαρακτηρίζονται και ως παλιρροϊκά κύματα που όμως δεν θα πρέπει να συσχετίζονται με την παλίρροια, αφού δεν έχουν ως αιτία την βαρυτική επίδραση της Σελήνης. **Τα τσουνάμι είναι θαλάσσια κύματα με μεγάλο μήκος κύματος που προκαλούνται από σημαντική μετατόπιση θαλάσσιων μαζών σε ωκεανούς, θάλασσες και σπανιότερα σε λίμνες.** Διαδίδονται με μεγάλη ταχύτητα από μια συγκεκριμένη πηγή, στην οποία συντελείται και το αίτιο του φαινομένου, με κατεύθυνση την ακτή, στην οποία φτάνουν με σημαντικά μικρότερη ταχύτητα.

Οι κυριότερες αιτίες εκδήλωσης τσουνάμι είναι οι σεισμοί και οι ηφαιστειακές εκρήξεις στο υποθαλάσσιο περιβάλλον, οι κατολισθήσεις πλησίον της ακτογραμμής, οι υποθαλάσσιες εκπομπές φυσικών αερίων και οι πτώσεις μετεωριτών σε θαλάσσιες μάζες. Σε επίπεδο συνεπειών, τα πιο καταστροφικά τσουνάμι προκαλούνται από μεγάλης έντασης υποθαλάσσιους σεισμούς και ηφαιστειακές εκρήξεις.

Για να δημιουργηθεί ένα τσουνάμι θα πρέπει ο υποθαλάσσιος σεισμός να είναι τουλάχιστον 6,5 βαθμούς της Κλίμακας Richter και σε σχετικά μικρό εστιακό βάθος (www.physics4u.gr). Οι σεισμοί αυτοί εκδηλώνονται λόγω της βύθισης μιας τεκτονικής πλάκας κάτω από μια άλλη, με συνέπεια την κατακόρυφη και ανοδική μετατόπιση τεράστιας ποσότητας θαλάσσιας μάζας. Τα τσουνάμι που δημιουργούνται από υποθαλάσσιους «τσουναμογενείς» σεισμούς και ηφαιστειακές εκρήξεις έχουν μεγάλο ενεργειακό περιεχόμενο και διαδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Γενικότερα, τα τσουνάμι που οφείλονται σε σεισμική δραστηριότητα προκαλούνται συνήθως από ρήγματα κανονικών και ανάστροφων μετατοπίσεων. Για τη δημιουργία τσουνάμι από ρήγματα έχουν αναπτυχθεί δύο θεωρίες. **Η πρώτη θεωρία αντιμετωπίζει τα τσουνάμι ως αποτέλεσμα της διάδοσης της ταλάντωσης του φλοιού στη θαλάσσια μάζα, ενώ η δεύτερη αντιμετωπίζει τα τσουνάμι σαν**

γραμμικά κύματα βαρύτητας τα οποία διεγείρονται από την μετατόπιση ενός μεγάλου όγκου νερού (Σχιζάς, 2014).

Τα τσουνάμι που οφείλονται σε κατολισθήσεις, που λαμβάνουν χώρα πλησίον της ακτογραμμής, προκαλούν συνέπειες σε τοπικό επίπεδο, αφού δεν διαδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις. Αντίθετα, τα παλιρροϊκά κύματα που είναι αποτέλεσμα υποθαλάσσιας κατολίσθησης του πυθμένα της θάλασσας έχουν σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο, μεγάλο ύψος κύματος και προκαλούν εκτεταμένες καταστροφές στις παράκτιες περιοχές (**Papadopoulos, 2005**).

Οι κατολισθήσεις, που αποτελούν την δεύτερη σε συχνότητα αιτία γένεσης των τσουνάμι, είναι μετακινήσεις τεμαχών κατά μήκος μιας επιφάνειας διάρρηξης. Μπορούν να πάρουν τη μορφή μιας ανάμεικτης μάζας από βράχους και ιζήματα, η οποία μετακινείται προς το βυθό, ή μιας περιστρεφόμενης μάζας τεμαχών που αποκολλάται από το πέτρωμα (**Σχιζάς, 2014**). Η αρχική **ταχύτητα** της κατολίσθησης εξαρτάται από τον μηχανισμό που θα την διεγείρει. Εάν ο μηχανισμός είναι ένα σεισμικό φαινόμενο τότε η μάζα που ολισθαίνει αποκτά την ταχύτητά της ακαριαία, ενώ αν οφείλεται σε θραύση της συνοχής του πετρώματος αποκτά μια επιταχυνόμενη ταχύτητα που εξαρτάται από τη μάζα και την πυκνότητα της μάζας που ολισθαίνει και την κλίση του πρηνούς από το οποίο αποκολλήθηκε (**Bryant, 2001**). Η **περίοδος** των τσουνάμι από υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, είναι συνάρτηση του όγκου της ολισθαίνουσας μάζας, της κλίσης και του βάθους στο οποίο συμβαίνει η κατολίσθηση (**Bryant, 2001**).

Οι περιπτώσεις γένεσης τσουνάμι από υποθαλάσσιες εκπομπές φυσικών αερίων καθώς και από πτώσεις μετεωριτών σε θαλάσσιες μάζες είναι σπάνιες. Αναφορικά με την πρώτη περίπτωση, τα τσουνάμι που δημιουργούνται λόγω διαφυγής φυσικών αερίων από ιζηματογενείς πυθμένες έχουν σχετικά μικρό ενεργειακό περιεχόμενο και δεν διαδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις (**Levin, 2005**). Αντίθετα τα τσουνάμι που προκαλούνται από πτώση μετεωριτών, είναι μεν σπάνια, έχουν όμως καταστρεπτικές επιπτώσεις, αφού οι διαταραχές στη θαλάσσια μάζα είναι ικανές να δημιουργήσουν κατακλυσμιαία τσουνάμι. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι η πτώση ενός μετεωρίτη διαμέτρου 5-6 χλμ. στον Ατλαντικό ωκεανό είναι πιθανό να δημιουργήσει τσουνάμι που θα πλήξει τόσο τις παράκτιες περιοχές της Βόρειας Αμερικής όσο και της Δυτικής Ευρώπης με ανυπολόγιστες συνέπειες (**unesco.org**) .

Από τους μετεωρίτες ή κομήτες που προσκρούουν στη γη, περίπου το 70% από αυτούς χτυπά τους ωκεανούς. Με ταχύτητες μεγαλύτερες των 20 km/s τα αντικείμενα

αυτά εκρήγνυνται με την επαφή τους στις θάλασσες και τους ωκεανούς εκτοξεύοντας υδάτινες μάζες, δημιουργώντας μια ακολουθία κυμάτων τσουνάμι (**Σχιζάς, 2014**). Το **ύψος** του τσουνάμι εξαρτάται από τη μετατόπιση του νερού από τον υδάτινο κρατήρα της πρόσκρουσης προς τον ωκεανό. Το κύμα τσουνάμι διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις, απομακρυνόμενο από το σημείο πρόσκρουσης. Όσο το κύμα απομακρύνεται από την εστία της πρόσκρουσης, χάνει την ενέργεια του και το ύψος του ελαττώνεται (**Σχιζάς, 2014**).

1.2. Διάδοση κυμάτων τσουνάμι

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση της διάδοσης των κυμάτων τσουνάμι θα αναφερθούμε επιδερμικά στα διάφορα είδη κυμάτων καθώς και στις θεωρίες διάδοσης που τα συνοδεύουν. Η αναφορά αυτή, αποσκοπεί στην καλύτερη κατανόηση των διαφορετικών χαρακτηριστικών των κυμάτων τσουνάμι σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες θαλάσσιων κυμάτων.

Κύμα ονομάζεται μια διαταραχή που μεταδίδεται στο χώρο και το χρόνο. Ο όρος «Κύμα» (από το αρχαίο ελληνικό ρήμα "κύω" = φουσκώνομαι) χαρακτηρίζει τη μεταφορά της διαταραχής διαμέσου ενός μέσου. Στα κύματα της θάλασσας, το διαταρασσόμενο μέγεθος είναι το υδάτινο επιφανειακό στρώμα. Υπάρχουν πολλά ακόμη είδη κυμάτων, όλα όμως έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: **μεταφέρουν ενέργεια.**

Τα βασικότερα είδη θαλάσσιων κυμάτων είναι τα ανεμογενή, τα βαρυτικά και τα παλιρροϊκά. Η κυριότερη διαφοροποίηση τους έγκειται στην παράγωγο αιτία, η οποία για τα ανεμογενή κύματα είναι ο άνεμος, για τα βαρυτικά κύματα η βαρυτική έλξη της Σελήνης και του Ήλιου, ενώ για τα τσουνάμι είναι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί και ηφαιστειακές εκρήξεις, η εκπομπή φυσικών αερίων, οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις και η πτώση μετεωριτών σε θαλάσσιες μάζες.

Τα βασικότερα φυσικά μεγέθη των θαλάσσιων κυμάτων, τα οποία καθορίζουν την διάδοση τους είναι τα κάτωθι:

- i. **Περίοδος κύματος (T)**, είναι το χρονικό διάστημα, μετρούμενο σε δευτερόλεπτα, μεταξύ της διέλευσης δυο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών από ένα σταθερό σημείο.
- ii. **Ταχύτητα κύματος (C)**, είναι η ταχύτητα μετάδοσης ενός κύματος.

- iii. **Μήκος κύματος (L)**, είναι η απόσταση δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών του κύματος.
- iv. **Ύψος κύματος (H)**: Είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της κορυφής και της αντίστοιχης κοιλίας του κύματος.

Υπάρχουν ποικίλες θεωρίες διάδοσης των κυμάτων που διαφοροποιούνται μεταξύ τους εξαιτίας των παραδοχών αναφορικά με το ύψος κύματος, το βάθος του νερού και την μεταξύ τους σχέση. Οι κυριότερες θεωρίες που περιγράφουν την διάδοση των κυμάτων σε συνάρτηση με το βάθος θαλάσσης είναι η Θεωρία του Airy, η Θεωρία του Stokes και η Θεωρία των Μεμονωμένων Κυμάτων.

1.2.1 Θεωρία του Airy

Σύμφωνα με την Θεωρία του Airy (www.geo.auth.gr) το κύμα είναι μια ημιτονοειδής ταλάντωση, της οποίας το ύψος δίδεται από τον κάτωθι τύπο:

$$\eta = \frac{H}{2} \eta \mu \left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right)$$

Παράλληλα, η ταχύτητα και το μήκος κύματος υπολογίζονται από τις σχέσεις:

$$C = \frac{gL}{2\pi} \varepsilon \varphi h \left(2\pi \frac{D}{L} \right)$$

$$L = \frac{gT}{2\pi} \varepsilon \varphi h \left(2\pi \frac{D}{L} \right)$$

, όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας και όπου T η περίοδος του κύματος.

Συνεπώς, σύμφωνα με την Θεωρία του Airy, το μήκος κύματος είναι συνάρτηση της περιόδου (T) και του βάθους (D), ενώ η ταχύτητα του κύματος μόνο του βάθους (D).

Στα ρηχά νερά, στα οποία το βάθος είναι μικρότερο του 1/20 του μήκους κύματος, η ταχύτητα και το μήκος κύματος δίδονται από τις κάτωθι σχέσεις:

$$C = \sqrt{gD}$$

$$L = T\sqrt{gD}$$

Αντίθετα στα βαθιά νερά, όπου το βάθος είναι μεγαλύτερο από το $1/2$ του μήκους κύματος, η ταχύτητα και το μήκος του κύματος δίδονται από τους τύπους :

$$L=1,56 \cdot T^2$$

$$C=1,56 \cdot T$$

Τέλος, η κίνηση των μορίων του νερού, κατά την Θεωρία του Airy, είναι κυκλική και σε βάθη μεγαλύτερα του $L/2$ η ταχύτητα κίνησης τους είναι τόσο μικρή που θεωρούνται ακίνητα.

1.2.2 Θεωρία του Stokes

Η Θεωρία του Stokes (www.geo.auth.gr) περί διάδοσης κυμάτων διαφοροποιείται από την θεωρία του Airy κυρίως στο ότι οι κινήσεις των μορίων θεωρούνται μεν κυκλικές όμως τα μόρια διαγράφουν τόξα και όχι πλήρη κύκλο σε μία περίοδο. Έτσι ουσιαστικά επιλύεται και το πρόβλημα της μεταφοράς μάζας, ενώ ταυτόχρονα επεξηγείται η μετάδοση και μετατόπιση μάζας κατά την διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

Σύμφωνα με την Θεωρία του Stokes, η ταχύτητα κύματος δίδεται από τον κάτωθι τύπο:

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \left(1 + \frac{\pi^2 H^2}{2L^2}\right)$$

1.2.3 Θεωρία των Μεμονωμένων Κυμάτων

Η υδροδυναμική συμπεριφορά και η διάδοση των κυμάτων τσουνάμι επεξηγείται καλύτερα από την Θεωρία των Μεμονωμένων Κυμάτων σε σχέση με τις υπόλοιπες θεωρίες που αναφέρθηκαν ανωτέρω. Στη θεωρία αυτή κάθε κύμα εξετάζεται ξεχωριστά. Η αρχική ταχύτητα των μορίων του νερού είναι μηδενική (στάσιμα). Τα μόρια αποκτούν ταχύτητα από το κύμα και διαγράφουν τοξοειδή κίνηση ως προς την επιφάνεια του κύματος.

Ουσιαστικά, η θεωρία των μεμονωμένων κυμάτων είναι μια μη γραμμική θεωρία μακρών κυματισμών, όπου το μεμονωμένο κύμα δημιουργείται από την μετατόπιση μάζας νερού, η οποία μπορεί να εκδηλωθεί λόγω ποικίλων αιτιών (**Κουτίτας, 1998**).

Ως προς το σχήμα τους η Θεωρία των Μεμονωμένων Κυμάτων εγκαταλείπει την συμμετρική ημιτονοειδή θεώρηση του κύματος. Εδώ τα κύματα παίρνουν ασύμμετρο σχήμα, προσεγγίζοντας τα ρηχά ύδατα και την ακτογραμμή, λόγω της διαφοράς ταχύτητας των εμπρόσθιων τμημάτων του κύματος από τα πίσω. Η ταχύτητα ενός μεμονωμένου κύματος δίδεται από τον τύπο:

$$C = \sqrt{g(D + H)}$$

1.3 Κλίμακες Μέτρησης των τσουνάμι

Η προσπάθεια προσδιορισμού της ισχύος των τσουνάμι συναρτήσκει διαφόρων μεγεθών όπως η ένταση, οι μακροσκοπικές συνέπειες τους αλλά και άλλες παράμετροι οδήγησαν στην κατάρτιση διαφόρων κλιμάκων μέτρησης. Οι πρώτες κλίμακες μέτρησης των τσουνάμι καταρτίστηκαν στις αρχές του προηγούμενου αιώνα και εξελίσσονται συνεχώς μέχρι και σήμερα εντάσσοντας νέες παραμέτρους στην εξίσωση υπολογισμού της ισχύος τους.

Η πρώτη κλίμακα μέτρησης των τσουνάμι προτάθηκε από τον Sieberg το 1927. Ο Sieberg παρουσίασε μια 6-βάθμια κλίμακα με κριτήριο τις επιπτώσεις των τσουνάμι στο ανθρωπογενές περιβάλλον, η οποία το 1962 εμπλουτίστηκε από τον Νικόλαο Αμβράζη (N.Ambraseys). Η κλίμακα Sieberg – Ambraseys είχε ως μοναδικό κριτήριο, για την διαβάθμιση ενός Τσουνάμι, τις συνέπειες που προκαλεί, αγνοώντας όμως ποικίλες κρίσιμες και πιο αντικειμενικές παραμέτρους (**Ambraseys, 1962**).

Προοδευτικά, τις ελλείψεις της Κλίμακας Sieberg – Ambraseys κάλυψαν νεότερες κλίμακες μέτρησης, οι οποίες εμπεριείχαν διαφορετικά αξιολογικά κριτήρια για την ποσοτικοποίηση των κυμάτων τσουνάμι. Στις μετέπειτα δεκαετίες, κυριάρχησε η τάση μέτρησης της ισχύος των τσουνάμι με βάση μαθηματικά μοντέλα αγνοώντας, ουσιαστικά, το κριτήριο των επιπτώσεων στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Τέτοιες κλίμακες κατήρτισαν οι Imamura (1942), Soloviev (1971) και Shuto (1993).

Το 2001 οι Γεράσιμος Παπαδόπουλος και Imamura παρουσίασαν μια νέα 12-βάθμια κλίμακα μέτρησης των τσουνάμι, αντίστοιχη με την κλίμακα μέτρησης της έντασης των σεισμικών φαινομένων.

Η νέα κλίμακα βασίστηκε στις κάτωθι αρχές:

(α) ανεξαρτησία από οποιοδήποτε φυσικό μέγεθος,

(β) ευαισθησία που επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης ενός αριθμού βαθμίδων στην κλίμακα μέτρησης και

γ) λεπτομερή περιγραφή κάθε βαθμού μέτρησης της έντασης (*Papadopoulos, Imamura, 2001*).

Τα κυριότερα κριτήρια της 12-βάθμιας Κλίμακας είναι οι επιπτώσεις ενός τσουνάμι

(α) στους ανθρώπους,

(β) στα αντικείμενα και στην φύση και

(γ) στις υποδομές.

Αναλύοντας τις επιπτώσεις ενός Τσουνάμι στα ανωτέρω μεγέθη είναι εφικτή η ταξινόμηση του φυσικού φαινομένου στην 12-βάθμια κλίμακα μέτρησης, η οποία παρουσιάζεται κάτωθι (*Papadopoulos, Imamura, 2001*).

I. Not felt

a) Not felt even under the most favourable circumstances.

b) No effect.

c) No damage.

II. Scarcely felt

a) Felt by few people on board in small vessels. Not observed in the coast.

b) No effect.

c) No damage.

III. Weak

- a) Felt by most people on board in small vessels. Observed by few people.
- b) No effect.
- c) No damage.

IV. Largely observed

- a) Felt by all on board in small vessels and by few people on board in large vessels. Observed by most people in the coast.
- b) Few small vessels move slightly onshore.
- c) No damage.

V. Strong

- a) Felt by all on board in large vessels and observed by all in the coast. Few people are frightened and run to higher ground.
- b) Many small vessels move strongly onshore, few of them crash each other or overturn. Traces of sand layer are left behind in grounds of favourable conditions. Limited flooding of cultivated land.
- c) Limited flooding of outdoors facilities (e.g. gardens) of near-shore structures.

VI. Slightly damaging

- a) Many people are frightened and run to higher ground.
- b) Most small vessels move violently onshore, or crash strongly each other, or overturn.
- c) Damage and flooding in a few wooden structures. Most masonry buildings withstand.

VII. Damaging

a) Most people are frightened and try to run in higher ground.

b) Many small vessels damaged. Few large vessels oscillate violently.

Objects of variable size and stability overturn and drift. Sand layer and accumulations of pebbles are left behind. Few aquaculture rafts washed away.

c) Many wooden structures damaged, few are demolished or washed away. Damage of grade 1 and flooding in a few masonry buildings.

VIII. Heavily damaging

a) All people escape to higher ground, a few are washed away.

b) Most of the small vessels are damaged , many are washed away. Few large vessels are moved ashore or crashed each other. Big objects are drifted away. Errosion and littering in the beach. Extensive flooding . Slight damage in tsunami control forest, stop drifts. Many aquaculture rafts washed away, few partially damaged.

c) Most wooden structures are washed away or demolished. Damage of grade 2 in a few masonry buildings. Most RC buildings sustain damage, in a few damage of grade 1 and flooding is observed.

IX. Destructive

a) Many people are washed away.

b) Most small vessels are destructed or washed away. Many large vessels are moved violently ashore , few are destructed. Extensive errosion and littering of the beach. Local ground subsidence. Partial destruction in tsunami control forest, stop drifts. Most aquaculture rafts washed away, many partially damaged.

c) Damage of grade 3 in many masonry buildings , few RC buildings suffer from damage grade 2.

X. Very destructive

a) General panic. Most people are washed away.

b) Most large vessels are moved violently ashore , many are destructed or collided with buildings. Small bolders from the sea bottom are moved inland. Cars overturned and drifeted. Oil spill, fires start. Extensive ground subsidence.

c) Damage of grade 4 in many masonry buildings , few RC buildings suffer from damage grade 3. Artificial embankments collapse, port water breaks damaged.

XI. Devastating

b) Lifelines interrupted. Extensive fires. Water backwash drifts cars and other objects in the sea. Big bolders from the sea bottom are moved inland.

c) Damage of grade 5 in many masonry buildings. Few RC buildings suffer from damage grade 4, many suffer from damage grade 3.

XII. Completely devastating

c) Practically all masonry buildings demolished. Most RC buildings suffer from at least damage grade 3.

1.4 Μεγάλα τσουνάμι στην παγκόσμια ιστορία

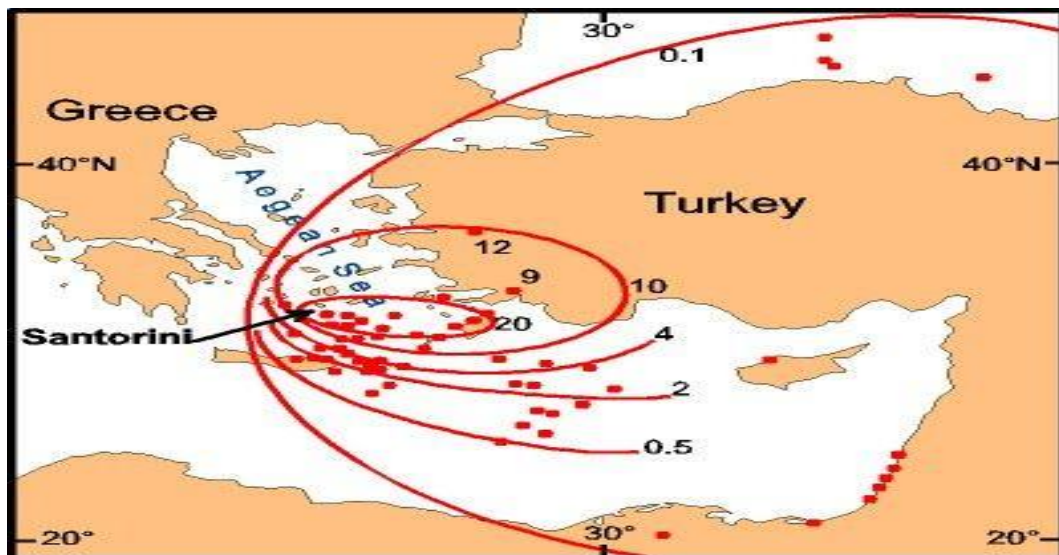
Οι συνέπειες της εκδήλωσης κυμάτων τσουνάμι στις ανθρώπινες κοινωνίες είναι αποτυπωμένες τόσο στην σύγχρονη όσο και στην αρχαία – αρχαϊκή περίοδο. Όπως όλα τα ακραία φυσικά φαινόμενα, τα Τσουνάμι αποτελούν μια αέναη απειλή για τον άνθρωπο, η οποία δεν αμβλύνεται με την τεχνολογική εξέλιξη των ανθρώπινων κοινωνιών αλλά αντιθέτως, σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελεί την αιτία εκδήλωσης πολυεπίπεδων και δύσκολα διαχειρίσιμων καταστροφών (τεχνολογικές καταστροφές). Για αυτό τον λόγο είναι εξαιρετικά σημαντική η μελέτη των διδαγμάτων από καταστροφές του παρελθόντος, οι οποίες αποτελούν δυνητικά τον οδηγό για την υιοθέτηση στρατηγικών διαχείρισης διακινδύνευσης και απομείωσης των συνεπειών από μια ενδεχόμενη εκδήλωση κύματος Τσουνάμι σε μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή.

Η γεωλογική έρευνα και οι ιστορικές πηγές έχουν καταγράψει πολλά τσουνάμι που προκάλεσαν ανυπολόγιστες υλικές καταστροφές καθώς και τον θάνατο χιλιάδων ανθρώπων ανά τους αιώνες. Αν και τα πιο πρόσφατα τσουνάμι έχουν εκδηλωθεί στην

περιοχή του Ινδικού και Ειρηνικού Ωκεανού, η Μεσόγειος Θάλασσα αποτελεί ιστορικά μια περιοχή στην οποία εκδηλώνονται κύματα Τσουνάμι συχνά με καταστροφικές συνέπειες για τις παράκτιες περιοχές. Κατά μέσο όρο, ένα καταστροφικό Τσουνάμι εκδηλώνεται στην Μεσόγειο ανά αιώνα ενώ η Ιταλία και η Ελλάδα είναι οι μεσογειακές χώρες που πλήττονται σε μεγαλύτερο βαθμό.

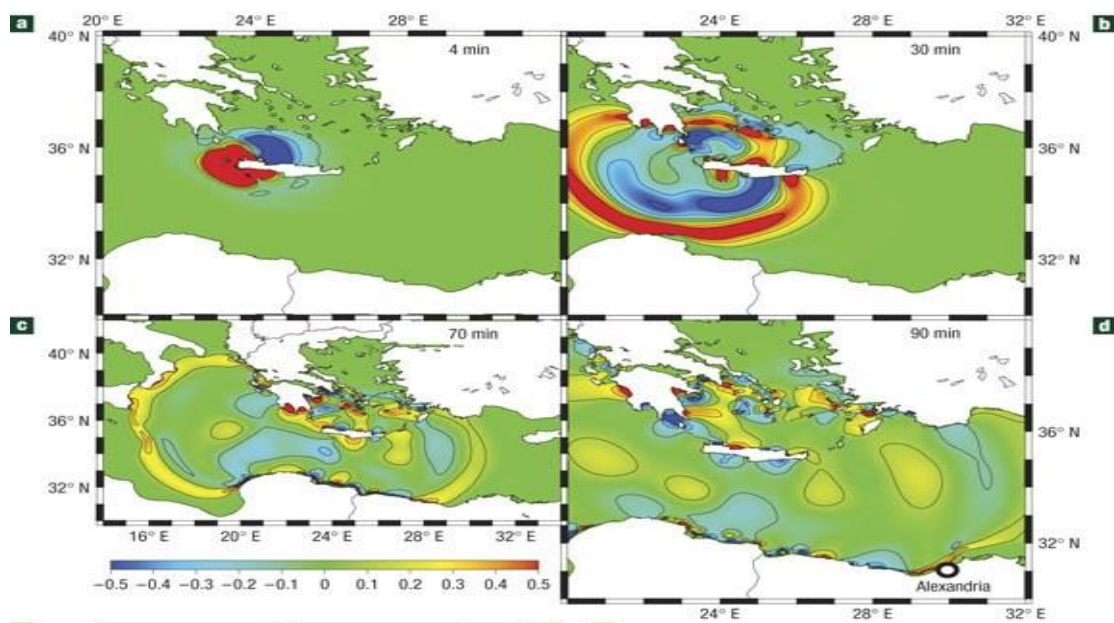
Το πλέον «διάσημο» τσουνάμι της ιστορίας, λόγω της έντασης του φαινομένου αλλά κυρίως λόγω των γεωπολιτικών συνεπειών που προκάλεσαν οι συνέπειες του, ήταν αυτό που προκλήθηκε από την **έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης** κατά την Υστεροκυκλαδική Ι περίοδο. Έχει υπολογιστεί ότι ο δείκτης μεγέθους της ηφαιστειακής έκρηξης (V.E.I. - Volcanic Explosivity Index) είναι ίσος με 7 και ο όγκος των υλικών που εκτοξεύτηκαν ήταν περίπου 60 κυβικά χιλιόμετρα (**Sigurdsson, 2001**). Τα δεδομένα αυτά κατατάσσουν την Μινωική έκρηξη ως την δεύτερη μεγαλύτερη έκρηξη στην ανθρώπινη ιστορία μετά από αυτή στο **ηφαίστειο Ταμπόρα στην Ινδονησία** το 1815 μ.Χ. (**wikipedia.org**). Το «παράγωγο» της ανωτέρω ηφαιστειακής έκρηξης ήταν ένα τσουνάμι ύψους 30 μέτρων, το οποίο έπληξε την Κρήτη, τα νοτιοδυτικά παράλια της Μ. Ασίας, ενώ νεότερες έρευνες αποδεικνύουν την άφεση ιζημάτων πάχους 40 εκατοστών ακόμα και στις δυτικές ακτές του Ισραήλ (**www.physics4u.gr**). Οι επιπτώσεις του τσουνάμι της Μινωικής έκρηξης δεν περιορίζονται μόνο σε επίπεδο υλικών και ανθρώπινων απωλειών, αλλά έχουν προεκτάσεις και σε πολιτιστικό επίπεδο αφού η εκδήλωση του καταστροφικού Τσουνάμι πιθανόν να αποτέλεσε τον καταλύτη για την πτώση του μινωικού πολιτισμού και για την επακόλουθη ανατολή της Μυκηναϊκής περιόδου.

Στον ίδιο γεωγραφικό χώρο ένας σεισμός προκάλεσε την εκδήλωση κύματος τσουνάμι οι συνέπειες του οποίου έμειναν χαραγμένες σε τέτοιο βαθμό στους κάτοικους της Αλεξάνδρειας, ώστε ακόμα και μετά από έναν αιώνα από την καταστροφή η ημέρα της εκδήλωσης του τσουνάμι να μνημονεύεται ως «η ημέρα του τρόμου» (**Hamouda, 2010**). Τον Ιούλιο του 365 μ.Χ. εκδηλώνεται σεισμός, με επίκεντρο την **θαλάσσια περιοχή δυτικά της Κρήτης**, εντάσεως άνω των 8 βαθμών της Κλίμακας Richter που προκάλεσε εκτεταμένες καταστροφές σε πόλεις της ηπειρωτικής Ελλάδας και της Κρήτης. Τον σεισμό ακολούθησε τσουνάμι ύψους έως 12 μέτρων, το οποίο έπληξε τις παράκτιες πόλεις της δυτικής Κρήτης καθώς και το δέλτα του Νείλου (**Polonia et al, 2013**). Σύμφωνα με τον σύγχρονο ιστορικό Αμμιανό Μαρκελλίνο 10.000 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους μόνο στην Αλεξάνδρεια, ενώ ο εμπορικός λιμένας της πόλης καταστράφηκε ολοσχερώς.



Ash from the Minoan eruption (in cm)

Εικόνα 1.4.1: Η κατανομή της στάχτης από τη Μινωική έκρηξη στην Ανατολική Μεσόγειο (**Friedrich, 1994**).



Εικόνα 1.4.2: Ταχύτητα διάδοσης του Τσουνάμι της 21 Ιουλίου 365 μ.Χ. (www.geodifhs.com).

Και στην σύγχρονη εποχή όμως έχουν εκδηλωθεί τσουνάμι που προκάλεσαν κατακλυσμιαίες καταστροφές σε παράκτιες περιοχές. Μια τέτοια περίπτωση είναι το τσουνάμι που έπληξε παράκτιες περιοχές κατά μήκος του πορθμού Sunda μετά την ηφαιστειακή έκρηξη του **ηφαιστείου Krakatoa στην Ινδονησία** (www.physics4u.gr). Η έκρηξη του ηφαιστείου πραγματοποιήθηκε την 26-27 Αυγούστου του 1883 και

υπολογίζεται ότι ήταν 13.000 φορές μεγαλύτερη από αυτήν της ατομικής βόμβας που κατέστρεψε τη Χιροσίμα και προκάλεσε τεράστια Τσουνάμι ύψους μέχρι 30 - 40 m τα οποία έπληξαν τις παράκτιες περιοχές κατά μήκος του πορθμού Sunda (www.geo.auth.gr). Γειτονικά νησιά του ινδονησιακού νησιωτικού συμπλέγματος πλημμύρισαν και ερημώθηκαν ενώ και απόμακρες, παράκτιες, περιοχές υπέστησαν καταστροφές από το φυσικό φαινόμενο. Οι ανθρώπινες απώλειες από το Τσουνάμι ήταν 36.000 άτομα, ενώ οι υλικές και φυσικές καταστροφές που προκλήθηκαν στα γειτονικά νησιά άφησαν ανεξίτηλο το αποτύπωμα τους κατά τις επόμενες δεκαετίες.

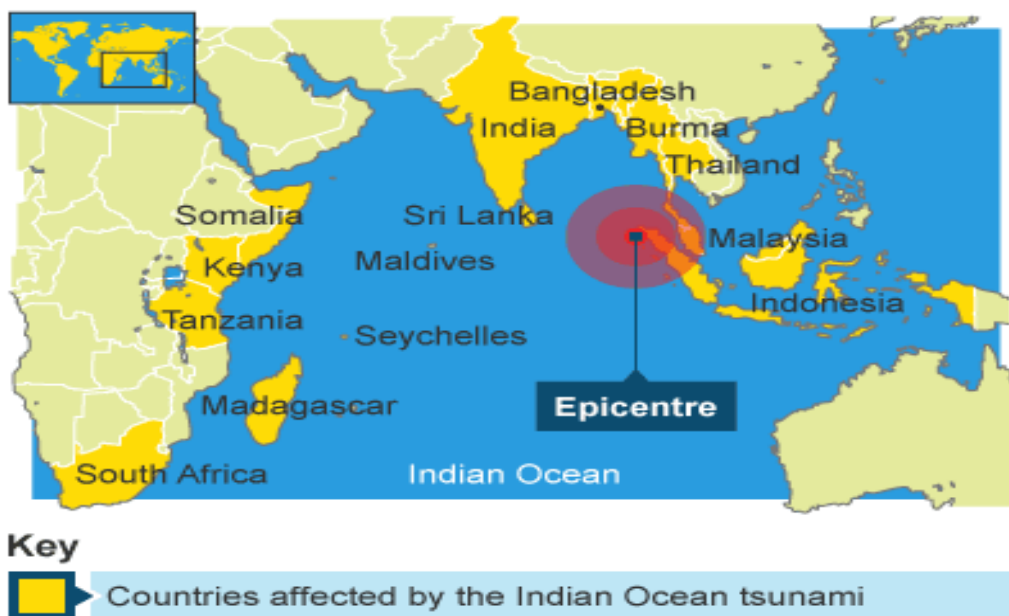
Αλλά και στον Ευρωπαϊκό χώρο έχουν εκδηλωθεί Τσουνάμι με καταστροφικές συνέπειες. Την 1^η Νοεμβρίου του 1755 η **Λισαβόνα** κατεδαφίστηκε από μια φοβερή σεισμική δόνηση 8,5 βαθμών της Κλίμακας Richter, με επίκεντρο την θαλάσσια περιοχή νοτιοδυτικά της πόλης στον Ατλαντικό Ωκεανό. Περίπου μία ώρα μετά την εκδήλωση του σεισμικού φαινομένου ένα τσουνάμι με ύψος κύματος 7 m έπληξε την πόλη, προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές στις λιμενικές υποδομές καθώς και σε παράκτια οικοδομήματα. Από το σύνολο των κατοικιών τουλάχιστον το ένα δέκατο κατεστράφη ολοσχερώς ενώ 40.000 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους (**Shrady, 2010**).

Ένα από τα πιο καταστροφικά τσουνάμι που έχει καταγραφεί παγκοσμίως, τουλάχιστον αναφορικά με το επίπεδο των ανθρώπινων απωλειών, είναι αυτό που έπληξε την περιοχή της **Σουμάτρας** τον Δεκέμβριο του 2004 (el.wikipedia.org). Στις 26 Δεκεμβρίου 2004 μια ισχυρότατη σεισμική δόνηση μεγέθους 9 βαθμών της Κλίμακας Richter εκδηλώθηκε στην θαλάσσια περιοχή του Ινδικού Ωκεανού δημιουργώντας κύματα τσουνάμι ύψους 10 m που έπληξαν παράκτιες περιοχές σε ακτίνα έως 3000 ν μ. από το επίκεντρο του σεισμού. Τουλάχιστον 250.000 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους ενώ αρκετές χιλιάδες παραμένουν έως σήμερα αγνοούμενοι.

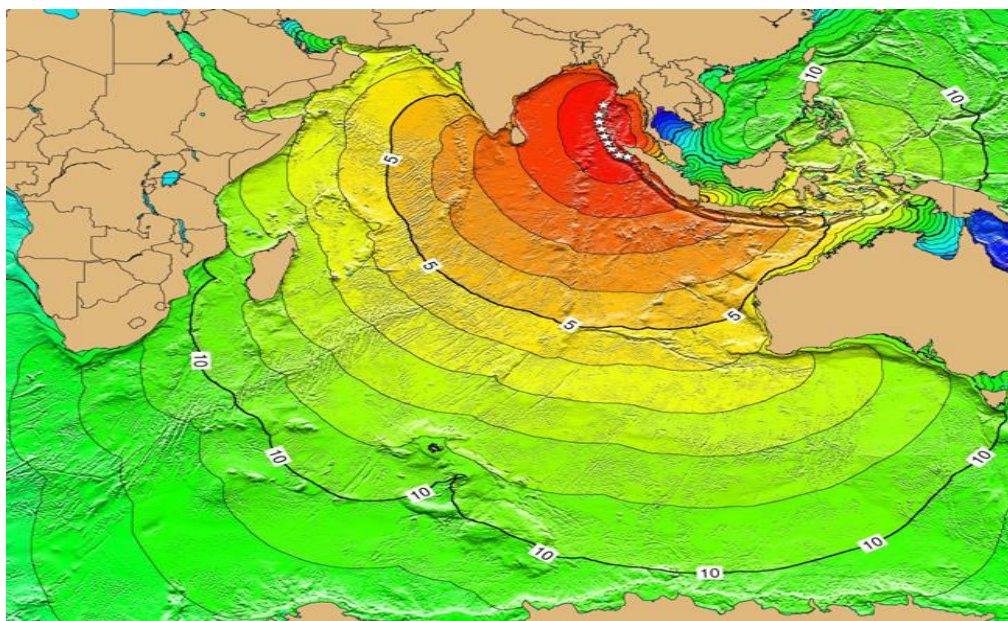
Η σύντομη αναδρομή στα μεγάλα τσουνάμι της αρχαιότητας και της σύγχρονης εποχής κατέδειξε κυρίως τις συνέπειες που έχουν σε επίπεδο υλικών καταστροφών και ανθρώπινων ζωών. Παράλληλα, πολλές από αυτές τις καταστροφές ήταν εφιαλτήριο και καταλύτης για πολιτισμικές αλλαγές επιφέροντας μακροχρόνιες συνέπειες τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Συνεπώς, η μελέτη και η άντληση πληροφοριών από επιστημονικές και ιστορικές πηγές μπορεί να αποτελέσει βοήθημα για τον προσδιορισμό των συνεπειών από μια ενδεχόμενη εκδήλωση ενός ακραίου φυσικού φαινομένου στην σύγχρονη εποχή.



Εικόνα 1.4.3: Η καταστροφή της Λισαβόνας. Γκραβούρα εποχής (www.meteo-news.gr).



Εικόνα 1.4.4: Περιοχές που επλήγησαν από το Τσουνάμι της 26 Δεκεμβρίου 2004 (<http://www.bbc.co.uk>).



Εικόνα 1.4.5: Γεωγραφική απεικόνιση του τσουνάμι της 26^{ης} Δεκεμβρίου 2004 (www.noaa.gov).

1.5 Ιστορική αναδρομή στα τσουνάμι του ελλαδικού χώρου

Παρά την ιαπωνική προέλευση του όρου Τσουνάμι, και οι αρχαίοι Έλληνες προσπάθησαν να επεξηγήσουν με επιστημονικό τρόπο το ανωτέρω φυσικό φαινόμενο. Συγκεκριμένα ο Αριστοτέλης περιγράφει στα «Μετεωρολογικά» ότι οι σεισμοί προκαλούν μεγάλα θαλάσσια κύματα τα οποία πλήττουν με δυσμενείς συνέπειες τις παράκτιες περιοχές, καταρτίζοντας χάρτη με επικίνδυνες περιοχές μέσα στις οποίες περιλαμβάνονταν ο Ελλήσποντος, η Αχαΐα, η Κόρινθος, η Σικελία και η Εύβοια.

Αναφορικά με τον ελλαδικό χώρο έχουν καταγραφεί αρκετές περιπτώσεις εκδήλωσης κυμάτων τσουνάμι από την αρχαιότητα έως την σύγχρονη εποχή. Η κύρια αιτία δημιουργίας Τσουνάμι στον Ελληνικό χώρο είναι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί, που είτε προκαλούν μετατόπιση του πυθμένα κατά μήκος του ρήγματος που ενεργοποιείται από τον σεισμό, είτε προκαλούν υποθαλάσσια κατολίσθηση (**Papadopoulos, 2003**).

- Εκτός από τα «διάσημα» τσουνάμι που προκλήθηκαν από την **Μινωική έκρηξη** και τη σεισμική δραστηριότητα το **365 μ.Χ. στην Κρήτη**, από την ιστορική έρευνα διαπιστώνουμε ότι κατά την αρχαιότητα ένας αριθμός από

μεγάλα τσουνάμι έπληξαν τον γεωγραφικό χώρο του Αιγαίου Πελάγους. Το πρώτο ιστορικά καταγεγραμμένο τσουνάμι ήταν της **Ποτίδαιας το 479 π.Χ.**. Ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι μετά από σεισμό προκλήθηκαν μεγάλα κύματα τα οποία καταπόντισαν τον Περσικό στόλο στην περιοχή της χερσονήσου του Άθω.

- Στο τρίτο βιβλίο της Ιστορίας του Θουκυδίδη περιγράφεται το τσουνάμι που έπληξε την περιοχή των **Οροβίων στην Εύβοια το 427 π.Χ.**. Μετά από σεισμική δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή, θαλάσσιο κύμα έπληξε τις Οροβίες καθώς και το νησί Αταλάντη της Λοκρίδας, όπου καταστράφηκαν και αμυντικά οχυρωματικά έργα των Αθηναίων. Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός πως κατά την καταγραφή του γεγονότος από τον Θουκυδίδη (**Θουκυδίδης, 3, 89, 1**) αναφέρεται ότι αιτία του θαλασσίου κύματος ήταν το φυσικό φαινόμενο του σεισμού και όχι κάποια θεική παρέμβαση όπως η οργή του σεισίχθονος Ποσειδώνα (**Σπυρόπουλος, 1997**).
- Στα «Αχαϊκά» του Πausανία αναφέρεται ότι η **Ελίκη**, ιωνική πόλη του Κορινθιακού Κόλπου, καταστράφηκε από σεισμό και Τσουνάμι το **373 π.Χ.**. Η πόλη καλύφτηκε πλήρως από θαλάσσια ύδατα και η περιοχή μετατράπηκε σε λιμνοθάλασσα. Η καταστροφή της Ελίκης τροφοδότησε τις συζητήσεις πολλών Ελλήνων και Ρωμαίων συγγραφέων, ενώ είναι πιθανό να ενέπνευσε στον Πλάτωνα το μύθο της Ατλαντίδος (**Κατσωνοπούλου, Stevens, 2005**).
- Ο πολύ ισχυρός σεισμός του **142 μ.Χ.** κατέστρεψε το νησί της **Ρόδου** σε εποχή που το νησί ήκμαζε και βρισκόταν σε υψηλό επίπεδο ανάπτυξης (**Παπαδόπουλος, 2014**). Από τον Ροδιακό λόγο του Αριστείδη του Αίλιου αντλούμε την πληροφορία ότι αμέσως μετά τον σεισμό η θάλασσα υποχώρησε και τα λιμάνια του νησιού έμειναν άδεια από νερό. Συνεπώς είναι πιθανή, αλλά όχι και βέβαιη, η εκδήλωση τσουνάμι, το οποίο ενδεχομένως να έπληξε την ήδη κατεστραμμένη, από τον ισχυρό υποθαλάσσιο σεισμό, πόλη της Ρόδου.

Όμως και κατά την σύγχρονη ιστορική περίοδο ο ελλαδικός χώρος επλήγη από μεγάλα τσουνάμι, συχνά με καταστροφικές επιπτώσεις.

- Το **1303 μ.Χ.** μεγάλος σεισμός, μεγέθους 8 βαθμών της Κλίμακας Richter (*Paradopoulos, 2011*), διέρρηξε το **ανατολικό τέμαχος του ελληνικού σεισμικού τόξου** προκαλώντας την εκδήλωση τσουνάμι που έπληξε την Κρήτη αλλά και τις παράκτιες περιοχές της Αιγύπτου και της Παλαιστίνης (*Παπαδόπουλος, 2014*), (*Guidoboni et al, 1994*).
- Το **1741 μ.Χ.** το νησί της **Ρόδου** επλήγη από ισχυρό υποθαλάσσιο σεισμό, ο οποίος συνοδεύτηκε από τσουνάμι. Το τσουνάμι πλημμύρισε την πόλη της Ρόδου καταστρέφοντας οικίες και οχυρωματικά έργα ενώ προκάλεσε ζημιές σε οικισμούς που απείχαν 1 χλμ. από τις ακτές του νησιού (*Παπαδόπουλος, 2014*), (*Ambraseys et al, 1995*).
- Στις **9 Φεβρουαρίου 1948** εκδηλώθηκε ισχυρός υποθαλάσσιος σεισμός, μεγέθους 7 βαθμών της Κλίμακας Richter στην περιοχή του νοτιοανατολικού Αιγαίου (*Παπαδόπουλος, 2014*). Το τσουνάμι που ακολούθησε έπληξε κυρίως το νησί της **Καρπάθου**, προκαλώντας εκτεταμένες καταστροφές σε εκατοντάδες παραθαλάσσιες οικίες. Το μεγαλύτερο όμως τσουνάμι της Μεσογείου των τελευταίων 100 ετών είναι αυτό που προκλήθηκε από ισχυρό υποθαλάσσιο σεισμό στις 9 Ιουλίου του 1956.
- Ο σεισμός, μεγέθους 7,5 βαθμών της Κλίμακας Richter, είχε επίκεντρο την θαλάσσια περιοχή νότια της **Αμοργού** και προκάλεσε την καταστροφή εκατοντάδων κατοικιών και δημόσιων κτιρίων στα νησιά της Σαντορίνης, Αμοργού, Ανάφης, Αστυπάλαιας, Ίου, Πάρου, Νάξου, Καλύμνου, Λέρου, Πάτμου και Λειψών. Το τσουνάμι, που ακολούθησε τον σεισμό της **9^{ης} Ιουλίου του 1956** έφθασε τα 25 m στη νοτιοανατολική ακτή της Αμοργού, τα 20 m. στη βορειοδυτική ακτή της Αστυπάλαιας, τα 10 m. στη Φολέγανδρο.



Εικόνα 1.5.1: Καταστροφές από το τσουνάμι της 9^{ης} Ιουλίου του 1956 στην Αμοργό.

Εκτός όμως από τα τσουνάμι που οφείλονται σε σεισμική ή ηφαιστειακή δραστηριότητα, στον ελλαδικό χώρο παρατηρούνται και ασεισμικά θαλάσσια κύματα που συχνά είναι αρκετά ισχυρά. Τέτοια φαινόμενα εκδηλώνονται κυρίως στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου αλλά και σε άλλες παράκτιες περιοχές του Αιγαίου πελάγους (**Papadopoulos, 2003**). Το πιο πρόσφατο ασεισμικό τσουνάμι καταγράφηκε στις 24 Μαρτίου του 2002 στην περιοχή της **Ρόδου**, με πιθανότερη αιτία πρόκλησης την υποβρύχια κατολίσθηση πλησίον της ακτής (**Παπαδόπουλος, 2014**).

Κεφάλαιο 2

Σεισμοί και Τσουνάμι του Κορινθιακού Κόλπου

2.1 Τεκτονικό καθεστώς του Κορινθιακού Κόλπου

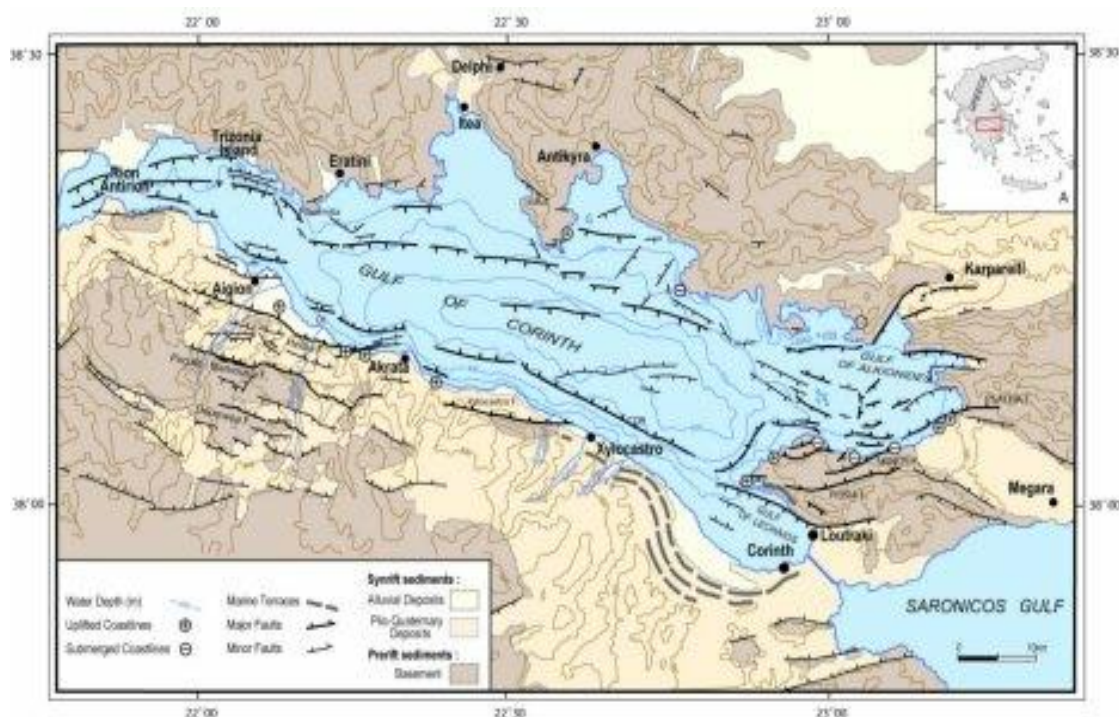
Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μία ενεργή τεκτονική τάφρο, εμβαδού 100 X 25 km και βάθους 900 m, το κεντρικό τμήμα της οποίας διαχωρίζει το αλπικό υπόβαθρο της Κεντρικής Ελλάδας από αυτό της Πελοποννήσου (**Stefatos et al, 2005**). Ουσιαστικά δηλαδή είναι μια μεταλπική λεκάνη με κατεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ. Η συγκεκριμένη περιοχή έχει χαρακτηριστεί, από σύγχρονους επιστήμονες ως η περιοχή με τη μεγαλύτερη πιθανότητα για εκδήλωση τσουνάμι σε ολόκληρη την Μεσόγειο Θάλασσα (**Papadopoulos, 2003**).

Ο κόλπος αυτός είναι αποτέλεσμα γεωλογικών διεργασιών που άρχισαν από την Ολιγόκαινο περίοδο με την δημιουργία της Ελληνικής Γης, η οποία ήταν μια συμπαγής ξηρά από το Ιόνιο Πέλαγος μέχρι την περιοχή της Μικράς Ασίας και ονομάζεται «Αιγαίς». Κατά την Πλειόκαινο περίοδο πραγματοποιήθηκαν ποικίλες γεωλογικές μεταβολές (καταποντίσεις, σεισμική και ηφαιστειακή δραστηριότητα) που οδήγησαν στην δημιουργία λιμνοθαλασσών, θαλασσών και λιμνών στην περιοχή της «Αιγαίς». Κατά την ανωτέρω περίοδο δημιουργήθηκε η Κορινθιακή λίμνη, γεωγραφικά προσδιοριζόμενη μεταξύ του Ρίου – Αντίρριου.

Κατά το τέλος της Πλειόκαινου περιόδου, η μορφολογία και το ανάγλυφο του Ελλαδικού χώρου έχει σχεδόν οριστικοποιηθεί. Οι γεωλογικές μεταβολές είχαν οδηγήσει στην ύψωση της περιοχής του Ισθμού και στην καταβύθιση της βόρειας πλευράς του Κορινθιακού Κόλπου, ενώ είχαν αναδυθεί οι βόρειες ακτές της Πελοποννήσου. Όμως την τελική του μορφή ο Κορινθιακός κόλπος την λαμβάνει κατά την Πλειστόκαινο περίοδο.

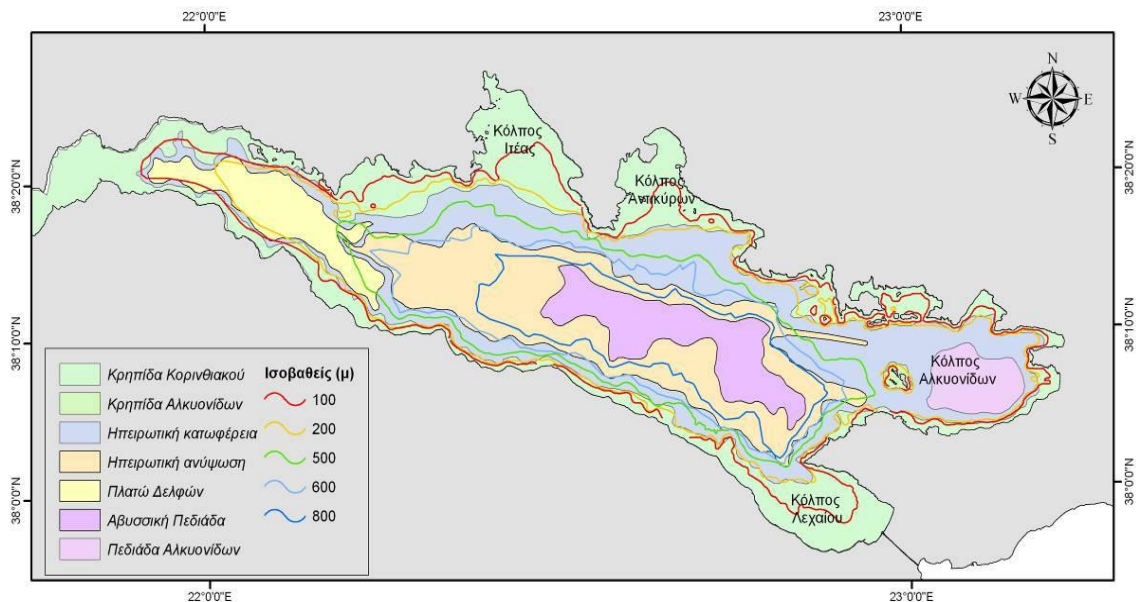
Η σύντομη σκιαγράφηση της ιστορικής εξέλιξης της γεωμορφίας του Κορινθιακού Κόλπου αποσκοπεί στο να καταδείξει ότι η περιοχή ενδιαφέροντος είναι μια ενεργή λεκάνη που εξελίσσεται συνεχώς, από το Νεογενές μέχρι και την σύγχρονη περίοδο, σε ένα έντονο τεκτονικό περιβάλλον κυρίαρχων εφελκυστικών τάσεων (<http://ppel.gov.gr/2011/05/korinthiakos-kolpos/>).

Η τεκτονική τάφρος του Κορινθιακού Κόλπου οριοθετείται περιφερειακά από ενεργά ρήγματα, εκ των οποίων έχει μελετηθεί συστηματικά το σύστημα των ενεργών ρηγμάτων της παράκτιας ζώνης της Πελοποννήσου που σχετίζεται με τον σεισμό του Αιγίου το 1995 (**Μητσακάκη et al, 2005**). Το βόρειο σύνορο της τάφρου ορίζεται από ορθά ρήγματα με βύθιση νότιας διεύθυνσης, ενώ αντίθετα το νότιο σύνορο της τεκτονικής τάφρου του Κορινθιακού Κόλπου οριοθετείται από ορθά ρήγματα με βύθιση βόρειας διεύθυνσης (**Armijo, 1996**). Η δυτική πλευρά του Κορινθιακού Κόλπου υφίσταται μετακίνηση, λόγω εφελκυστικών τάσεων με ταχύτητα 10-15mm/yr (**Avallone, 2004**), ενώ η ανατολική πλευρά του Κορινθιακού Κόλπου εκτείνεται με ταχύτητα μικρότερη (~5-6mm/yr) από αυτή της δυτικής (**Briole, 2000**).



Εικόνα 2.1.1:Ενεργά ρήγματα τεκτονικής τάφρου Κορινθιακού Κόλπου (**Heezen, 1966**).

Η περιοχή του νότιου Κορινθιακού Κόλπου χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τεσσάρων (4) κύριων ενεργών ρηγμάτων με πρόσφατη σεισμική δραστηριότητα, ενώ στον Βόρειο Κορινθιακό κόλπο υπάρχουν τρία (3) ενεργά ρήγματα (Ερατεινή, Ψαρομύτα, Τριζόνια) (**Κουκιάσα et al, 2007**). Το μεγαλύτερο, σε μήκος, ρήγμα της περιοχής είναι το ρήγμα της Κορίνθου στον Κεντρικό Κορινθιακό κόλπο, ενώ αναφορικά με την περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου διαπιστώνουμε την ύπαρξη εννέα (9) ρηγμάτων (**Κουκιάσα et al, 2007**).



Εικόνα 2.1.2: Φυσιογραφικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου **(επεξεργασία από Heezen, 1966)**.

2.2 Σεισμικότητα του Κορινθιακού Κόλπου

Η περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου συγκαταλέγεται ανάμεσα στις πιο ενεργές σεισμικά περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου με καταγεγραμμένους πάνω από 30 σεισμούς μεγέθους άνω του βαθμού 6 της Κλίμακας Richter μέσα στα τελευταία 600 χρόνια **(Μπουρδόπουλος, 2006)**. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι κατά τον τελευταίο αιώνα εκδηλώθηκαν στην περιοχή ενδιαφέροντος δέκα (10) σεισμοί με μέγεθος μεγαλύτερο των 6.2 βαθμών της Κλίμακας Richter σε σχετικά μικρό εστιακό βάθος, με πλέον πρόσφατο τον καταστροφικό σεισμό που έπληξε κυρίως την περιοχή του Αιγίου τον Ιούνιο του 1995 **(Bernard et al, 1997)**.

Αναφορικά με την αρχαιότητα, οι πιο αξιόπιστες μαρτυρίες είναι τα κείμενα των Ελλήνων αρχαίων φιλοσόφων και ιστορικών, στα οποία εντοπίζονται αναφορές για σεισμικά φαινόμενα και τσουνάμι στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου. Η ανωτέρω περιοχή, μαζί με την «εϋσειστο Λακωνική», αποτέλεσαν τις περιοχές του ηπειρωτικού κορμού της Ελλάδας με τις περισσότερες εκδηλώσεις σεισμικών φαινομένων κατά την αρχαιότητα και συνεπώς δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι η περιοχή ενδιαφέροντος συγκαταλέγεται στον χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας του Αριστοτέλη.

- Το **χειμώνα του 373 π.Χ.** εκδηλώθηκε, στον Κορινθιακό κόλπο, ο καταστρεπτικότερος ίσως σεισμός της ελληνικής ιστορίας, εκτιμώμενου μεγέθους 6,5 βαθμών της Κλίμακας Richter, που είχε ως αποτέλεσμα την

εκ θεμελίων καταστροφή δύο πόλεων: της **Ελίκης και της Βούρας**. Αυτός ο σεισμός, καθώς και οι συνέπειες του, έχει περιγραφεί από τον Αριστοτέλη, τον Ερατοσθένη, τον Πausανία, τον Πλίνιο και τον Στράβωνα. Σύμφωνα με τα κείμενα της αρχαιότητας ο σεισμός συνοδεύτηκε από Τσουνάμι, που έπληξε και καταπόντισε την πόλη της Ελίκης.

- Η πόλη του **Αιγίου** καταστράφηκε, σχεδόν ολοκληρωτικά, από τον σεισμό του **23 μ.Χ.**. Ρωμαίοι συγγραφείς της περιόδου αναφέρουν ότι οι κάτοικοι του Αιγίου της Αχαΐας απαλλάχθηκαν από τις φορολογικές υποχρεώσεις για τρία (3) έτη λόγω των σοβαρών καταστροφών που υπέστη η περιοχή τους από τον σεισμό (*Guidoboni et al, 1994*).
- Στις **20 Ιουνίου του 74 μ.Χ.** ήταν η σειρά της **Κορίνθου** να δοκιμαστεί από τον εγκέλαδο. Ισχυρός σεισμός, με επίκεντρο την περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου, καταστρέφει την πόλη, η οποία ανοικοδομείτο με μέριμνα του Ρωμαίου αυτοκράτορα Βεσπασιανού (*Guidoboni et al, 1994*).
- Το **524 μ.Χ.** ισχυρός σεισμός, με επίκεντρο την περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου, καταστρέφει εκ νέου την πόλη της **Κορίνθου**. Σύγχρονοι ιστορικοί (Θεοφάνης, Κεδρηνός, Προκόπιος) περιγράφουν τις δυσμενείς συνέπειες του καταστρεπτικού φαινομένου, οι οποίες οδήγησαν τον Αυτοκράτορα Ιουστίνου Α΄ στην αποστολή υλικής βοήθειας για την ανοικοδόμηση της πόλης.
- Το **1402 μ.Χ.** ισχυρός σεισμός, με επίκεντρο την σημερινή πόλη του **Διακοφτού**, έπληξε την ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, προκαλώντας την εκδήλωση Τσουνάμι. Από τον ανωτέρω σεισμό καταστράφηκαν τα φρούρια του Αιγίου και της Ζάχολης, ενώ προκλήθηκαν μεγάλες κατολισθήσεις στην περιοχή του Ξυλοκάστρου (*Παπαζάχος et al, 2003*).
- Την **7^η Αυγούστου 1714 μ.Χ.** εκδηλώνεται ισχυρός σεισμός στην περιοχή του ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου. Στην πόλη της **Ναυπάκτου** καταστράφηκαν δεκάδες οικίες και δημόσια κτίρια, ενώ στην Πάτρα κατέρρευσαν πολλές εκκλησίες καθώς και τμήμα του τοίχους της πόλης (*(Ambraseys et al, 1998), (Ambraseys et al, 1999)*).

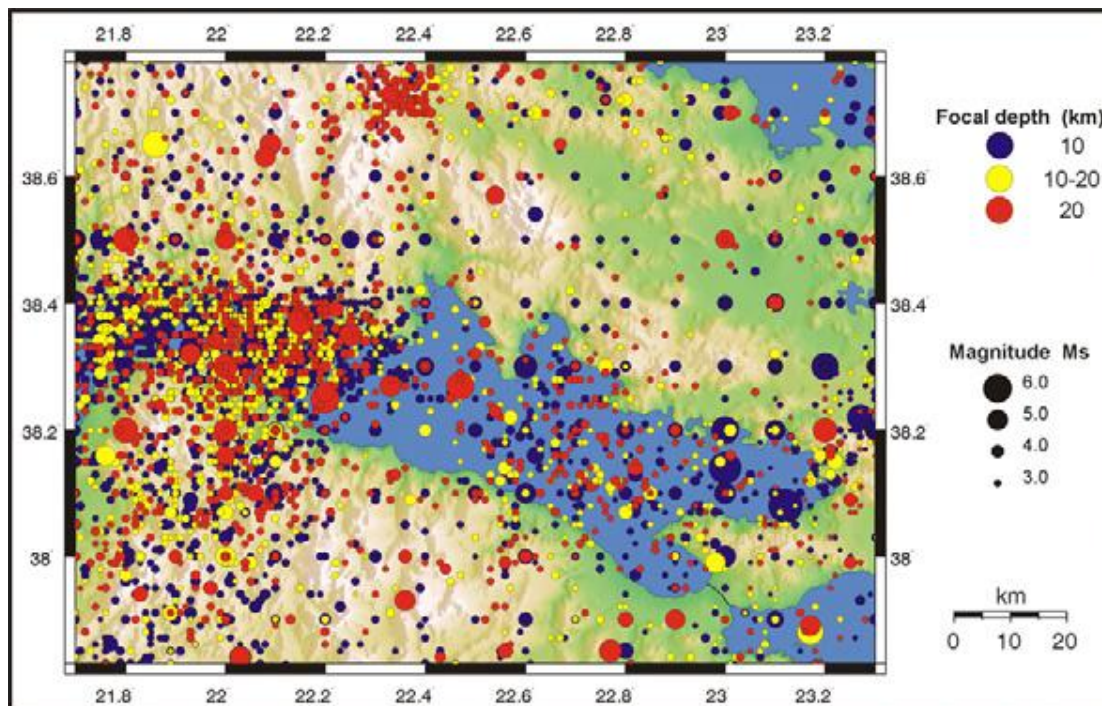
- Στις **25 Μαΐου 1748** η περιοχή του **Αιγίου** υπέστη εκτεταμένες καταστροφές από ισχυρό σεισμό μεγέθους 6,5 βαθμών της Κλίμακας Richter. Ο σεισμός, αλλά και το tsunami που ακολούθησε, προκάλεσε τον θάνατο 65 ατόμων και την καταστροφή εκατοντάδων οικιών σε Αίγιο και Κόρινθο ενώ έγινε αισθητός και στην Ζάκυνθο. Μια από τις συνέπειες του σεισμού του 1748 ήταν η μετανάστευση των κατοίκων του Αιγίου προς την Πάτρα και τα νησιά του Ιονίου πελάγους (*Ambraseys et al, 1999*).
- Μια δεκαετία αργότερα, το **1756**, εκδηλώνεται νέος ισχυρός σεισμός στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, που προκαλεί καταστροφές στη **Ναύπακτο**. Η σεισμική ακολουθία διήρκησε σαράντα (40) ημέρες και προκλήθηκαν ζημιές και στις πόλεις του Αιγίου, της Άμφισσας και της Πάτρας (*Ambraseys et al, 1998*), (*Ambraseys et al, 1999*).
- Στις **23 Αυγούστου του 1817** ισχυρός σεισμός, μεγέθους 6,5 βαθμών της Κλίμακας Richter, πλήττει την περιοχή του **Αιγίου**. Ο σεισμός είχε επίκεντρο την υποθαλάσσια περιοχή του δυτικού Κορινθιακού Κόλπου και προκάλεσε την εκδήλωση ισχυρού θαλάσσιου κύματος. Οι πόλεις της Πάτρας, της Γαστούνης και του Γαλαξιδίου υπέστησαν σοβαρές ζημιές από τον σεισμό, ενώ το Τσουνάμι έπληξε κυρίως την παράκτια περιοχή του Γαλαξιδίου και του Αιγίου (Βοστίτσα) (*Παπαζάχος et al, 2003*).
- Ο **σεισμός της 21^{ης} Φεβρουαρίου του 1858**, μεγέθους 6,5 βαθμών της Κλίμακας Richter, προκάλεσε την καταστροφή των χωριών Παλαιά (Αρχαία) Κόρινθος, Εξαμίλια, Καλαμάκι, Περιγιάλι και των οικισμών Ξυλοκέριζα, Νεοχώρι, Κεχριές, Κάτω Άσσοι. Από το σεισμό 21 άτομα σκοτώθηκαν και 65 τραυματίστηκαν. Λόγω της ολοκληρωτικής καταστροφής της Παλαιάς Κορίνθου, η πόλη εγκαταλείπεται από τους κατοίκους της και μεταφέρεται σε νέα θέση κοντά στη θάλασσα (*Παπαναστασίου et al, 1993*). Ο σεισμός έγινε έντονα αισθητός στην Αργολίδα, Τρίπολη, Γορτυνία και Ηλεία ενώ η σεισμική ακολουθία διήρκησε έως τον Μάιο του 1858.
- Τρία χρόνια αργότερα, στις **26 Δεκεμβρίου του 1861**, νέος ισχυρός σεισμός, μεγέθους 6,8 βαθμών της Κλίμακας Richter, καταστρέφει πολλά χωριά και οικισμούς στην περιοχή της Αχαΐας. Τον σεισμό ακολουθεί

τσουνάμι, το οποίο πλήττει τις βόρειες ακτές του Κορινθιακού Κόλπου. Από τον σεισμό παρατηρήθηκαν ρευστοποιήσεις, καταρρεύσεις βράχων, κατολισθήσεις στην περιοχή του Αιγίου. Ο σεισμός έγινε έντονα αισθητός στην βόρεια Πελοπόννησο και στα νησιά του Ιονίου ενώ οι μετασεισμοί διήρκησαν έως τον Ιανουάριο του 1862 μ.Χ. (*Παπαζάχος et al, 2003*).

- Το **1876** ισχυρός σεισμός, μεγέθους 6,1 βαθμών της Κλίμακας Richter, πλήττει την Κορινθία ενώ μια δεκαετία αργότερα, στις 3 Οκτωβρίου του **1887**, σεισμός με επίκεντρο την θαλάσσια περιοχή του Ξυλοκάστρου προκαλεί ζημιές σε χωριά της περιοχής ενώ εκδηλώνεται και θαλάσσιο κύμα που έπληξε κυρίως την παράκτια περιοχή του Ξυλόκαστρου. Στις 9 Σεπτεμβρίου του 1888 εκδηλώθηκε νέα ισχυρή σεισμική δόνηση, καθώς και Τσουνάμι, που προκάλεσε εκτεταμένες καταστροφές στην περιοχή του Αιγίου και στο Γαλαξίδι (*Galanopoulos, 1953*).
- Ο σεισμός της **Κορίνθου του 1928** εκδηλώθηκε στις 22 Απριλίου του 1928, και είχε μέγεθος 6,3 βαθμών της Κλίμακας Richter. Η δόνηση προκάλεσε σημαντικές καταστροφές, δυσανάλογες του μεγέθους της, λόγω της κακής ποιότητας κατασκευής των κτισμάτων της Κορίνθου και των γειτονικών οικισμών. Για την ανοικοδόμηση της πόλης εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά στην Ελλάδα νέοι κανονισμοί αντισεισμικής κατασκευής (*Παπαφωτίου, 2002*). Χάρη στους πολλούς μικρούς σεισμούς που προηγήθηκαν της κύριας δόνησης, οι περισσότεροι κάτοικοι βρισκόνταν έξω από τα σπίτια τους, γεγονός που περιορίσε τον αριθμό των θυμάτων στους 20 νεκρούς και 30 τραυματίες . Όμως ο σεισμός κατέστρεψε το σύνολο σχεδόν των 3000 κτιρίων της πόλης της Κορίνθου και προκάλεσε σημαντικές ζημιές σε γειτονικούς οικισμούς όπως το Λουτράκι (*Κίσκουρας, 1986*).
- Στις **28 Αυγούστου του 1962** νέος ισχυρός σεισμός πλήττει την ευρύτερη περιοχή της **Κορίνθου**. Ο σεισμός έγινε αισθητός, εκτός από την Κορινθία, στην Αχαΐα, στην Βοιωτία, στην Ηλεία και στην Αργολίδα. Από τον σεισμό καταστράφηκαν 400 οικίες και δημόσια κτίρια στην περιοχή της Κορίνθου ενώ ένα (1) άτομο έχασε την ζωή του και τρία (3) υπέστησαν σοβαρούς τραυματισμούς (*Παπαζάχος et al, 2003*).

- Ο σεισμός της **24^{ης} Φεβρουαρίου 1981**, 6,7 βαθμών της Κλίμακας Richter , με επίκεντρο της **Αλκυονίδες**, καθώς και ο μεγαλύτερος του μετασεισμός της 4ης Μαρτίου (6,4 Richter), προκάλεσαν καταστροφές σε Κορινθία, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια και Φωκίδα. Συνολικά καταστράφηκαν 22.554 κτίρια, ενώ σκοτώθηκαν είκοσι (20) άνθρωποι και τραυματίστηκαν 500. Οι μεγαλύτερες ζημιές σημειώθηκαν στην Περαχώρα, στην Κινέττα, στα Μέγαρα, στο Λουτράκι, στην Κόρινθο, στο Κιάτο και στην Αθήνα. Σε διάφορα σημεία της ευρύτερης περιοχής παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης, πτώσεις βράχων καθώς και ασθενές θαλάσσιο κύμα (*Παπαζάχος et al, 2003*).
- Όμως, ο σεισμός που έχει μείνει χαραγμένος στην συλλογική μνήμη των κατοίκων της Κεντρικής Ελλάδας, λόγω της έντασης του φαινομένου και , κυρίως, των συνεπειών του, είναι αυτός της **15^{ης} Ιουνίου του 1995**. Το επίκεντρο του σεισμού, μεγέθους 6,2 βαθμών της Κλίμακας Richter, βρισκόταν περίπου 15 km B-BA από την περιοχή του **Αιγίου**, στο δυτικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου και σε εστιακό βάθος 10km. Από τον σεισμό έχασαν την ζωή τους είκοσι έξι (26) άτομα ενώ κατέρρευσαν τρία κτίρια, μεταξύ των οποίων ένα ξενοδοχείο στα Βαλιμίτικα. Στις παράκτιες περιοχές του Αιγίου παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης καθώς και περιορισμένες κατολισθήσεις (*Παπαναστασίου et al, 2005*); (*Παπαζάχος et al, 2003*).

Εκτεταμένη αναφορά για όλα τα σεισμικά φαινόμενα στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου από την αρχαιότητα έως την σύγχρονη εποχή γίνεται στα βιβλία του κ. G. Papadopoulou «Historical Earthquakes and Tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece» και των Β. Παπαζάχου, Α. Παπαζάχου «Οι σεισμοί της Ελλάδας». Μελετώντας την σεισμικότητα της περιοχής από την αρχαιότητα έως σήμερα καθώς και τις επιπτώσεις του φυσικού φαινομένου στην ανθρώπινη κοινωνία, μπορούμε να αντιληφθούμε τους κινδύνους αλλά και την ανάγκη υιοθέτησης και τήρησης των απαιτούμενων μέτρων μείωσης της διακινδύνευσης, αναφορικά με την πιθανότητα εκδήλωσης ενός ισχυρού σεισμού στην περιοχή ενδιαφέροντος.



Εικόνα 2.2.1: Χάρτης σεισμικών επικέντρων για τον Κορινθιακό κόλπο. Σεισμοί περιόδου 1900 έως 2000 (**Αρχείο Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο**).

2.3 Τα Τσουνάμι του Κορινθιακού Κόλπου: Ιστορική και γεωλογική τεκμηρίωση.

Η περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, εκτός από ισχυρούς σεισμούς, πλήττεται και από τσουνάμι. Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, ορισμένοι επιστήμονες την χαρακτηρίζουν ως την περιοχή με τη μεγαλύτερη πιθανότητα εκδήλωσης Τσουνάμι σε ολόκληρη την Μεσόγειο θάλασσα (**Papadopoulos, 2003**). Σε αυτό το κεφάλαιο της εργασίας θα επιχειρηθεί η ιστορική και γεωλογική τεκμηρίωση των μεγαλύτερων Τσουνάμι που έπληξαν την περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, ενώ στο **Παράρτημα Α** παρατίθενται πίνακας με τις καταγεγραμμένες περιπτώσεις εκδήλωσης τσουνάμι στην περιοχή ενδιαφέροντος.

- Τα κείμενα της Ελληνικής αρχαιότητας δεν αφήνουν αμφιβολία ότι ο σεισμός του **373 π.Χ.**, ο οποίος κατέστρεψε την **Αρχαία Ελίκη**, συνοδεύτηκε και από πλημμυρικό συμβάν προερχόμενο από την πλευρά της θάλασσας, που συμπλήρωσε την καταστροφή και καταπόντισε την αρχαία πόλη. Η Ελίκη ήταν παράκτια πόλη του Κορινθιακού Κόλπου, βρισκόταν ανατολικότερα των εκβολών του ποταμού Σελινούντα και

απείχε από τη θάλασσα 12 στάδια (2.2 Km). Ο αρχαίος Έλληνας γεωγράφος Στράβων αναφέρει ότι η Βούρα καταστράφηκε από χάσμα που δημιουργήθηκε στο έδαφος μετά τον σεισμό, ενώ η Ελίκη καταποντίστηκε από θαλάσσιο κύμα που ακολούθησε την εκδήλωση του σεισμικού φαινομένου. Ο Διόδωρος αποδίδει την καταστροφή της Ελίκης σε κατακλυσμό που προκάλεσε τον αφανισμό της πόλης. Όμως ακόμα και οι σύγχρονοι ερευνητές δεν συμφωνούν αναφορικά με το αίτιο της καταστροφής της Ελίκης. Η πλειοψηφία των σύγχρονων επιστημόνων υποστηρίζουν ότι η ανωτέρω καταστροφή προέκυψε από Τσουνάμι, που εκδηλώθηκε λόγω συνσεισμικής τεκτονικής μετάθεσης, ενώ άλλοι αποδέχονται ως μηχανισμό γέννησης του θαλάσσιου κύματος την υποβρύχια κατολίσθηση, που εκδηλώθηκε αμέσως μετά την ισχυρή σεισμική δόνηση. Η καταστροφή της αρχαίας Ελίκης είναι πιθανόν να έλαβε χώρα λόγω της ακολουθίας τριών (3) γεωφυσικών γεγονότων, άμεσα συνδεδεμένων μεταξύ τους: **(α) ενός ισχυρότατου σεισμού, (β) μιας συνσεισμικής τεκτονικής μετάθεσης και υγροποίησης της παράκτιας ζώνης, (γ) ενός τσουνάμι (Papadopoulos, 1998).** Ο ανωτέρω συνδυασμός των γεωφυσικών φαινομένων εξηγεί τις κλασσικές περιγραφές, οι οποίες αναφέρουν τόσο το πλημμυρικό φαινόμενο (τσουνάμι) όσο και την καταπόντιση της πόλης (καθίζηση του εδάφους).

- Ισχυρότατος σεισμός του **Ιουνίου του 1402**, με επίκεντρο την σημερινή πόλη του **Διακοφτού**, προκάλεσε την εκδήλωση ενός καταστροφικού Τσουνάμι που διείσδυσε στην ενδοχώρα του νότιου Κορινθιακού Κόλπου, σε απόσταση 1 km από την ακτή. Το τσουνάμι έπληξε και την βόρεια ακτή του Κορινθιακού Κόλπου, προκαλώντας εκτεταμένες ζημιές σε καλλιέργειες και οικισμούς (**Παπαζάχος et al, 2003**).
- Τον 18^ο αιώνα μ.Χ., δύο ισχυροί τσουναμογενείς σεισμοί έπληξαν την περιοχή του Κορινθιακού. Την **21^η Φεβρουαρίου του 1742** εκδηλώθηκε μεγάλος σεισμός, με επίκεντρο τις ακτές της βόρειας Πελοποννήσου, ο οποίος προκάλεσε τσουνάμι με ιδιαίτερα μεγάλο ύψος κύματος (**Ambraseys et al, 1998**), το οποίο κατέκλυσε τις ακτές του Αιγίου. Όμως καταστρεπτικότερο ήταν το τσουνάμι που προκάλεσε ο σεισμός της **25^{ης} Μαΐου 1748 μ.Χ.** Μετά τον σεισμό, η θάλασσα υποχώρησε και εν

συνεχεία έπληξε με ορμή τις ακτές της ευρύτερης περιοχής του Αιγίου προκαλώντας ανθρώπινα θύματα και μεγάλες ζημιές σε πλοία, οικίες, λιμενικές εγκαταστάσεις και αγροτεμάχια ενώ τουλάχιστον τρία (3) μεγάλα θαλάσσια κύματα έπληξαν την περιοχή του Αιγίου (**Ambraseys et al, 1999**).

- Σύμφωνα με έναν ανώνυμο, αλλά αξιόπιστο, χειρόγραφο, η περιοχή του Γαλαξιδίου χτυπήθηκε από ένα ισχυρό σεισμό την **11^η Ιουνίου του 1794** (**Papadopoulos, 2003**). Ο σεισμός προκάλεσε παράκτια υποθαλάσσια κατολίσθηση, που είχε ως άμεση συνέπεια την δημιουργία Τσουνάμι. Το ύψος των κυμάτων ήταν περίπου 3m και η διαταραχή της θάλασσας διήρκεσε για περίπου 12 h.
- Στις **23 Αυγούστου 1817** ισχυρός σεισμός, μεγέθους 6,5 βαθμών της Κλίμακας Richter, πλήττει την περιοχή του **Αιγίου**. Ο σεισμός είχε επίκεντρο την υποθαλάσσια περιοχή του δυτικού Κορινθιακού Κόλπου και προκάλεσε την εκδήλωση ισχυρού θαλάσσιου κύματος. Το τσουνάμι κατέκλυσε την παράκτια ζώνη του Αιγίου προκαλώντας μεγάλο αριθμό ανθρώπινων θυμάτων και εκτεταμένες καταστροφές.
- Στις **26 Δεκεμβρίου του 1861** ένας σεισμός, εκτιμώμενου μεγέθους 6,6 βαθμών της Κλίμακας Richter (**Papadopoulos, 1998**), προκάλεσε τσουνάμι που έπληξε τις ακτές του **Αιγίου**. Το θαλάσσιο κύμα εμφανίστηκε 8-10 sec μετά το σεισμό εισχώρησε βαθιά στην πεδιάδα. Η περιοχή της Ιτέας χτυπήθηκε από 5 κύματα, που προκάλεσαν πλημμύρες ύψους 6 ft στην πλειοψηφία των παράκτιων κατοικιών της πόλης (Schmidt, 1879), ενώ η θάλασσα διείσδυσε 35m από την ακτή. Το θαλάσσιο κύμα προσέβαλε και τις βόρειες ακτές του Κορινθιακού. Εκεί, εισχώρησε σε απόσταση 93 m από την ακτή και είχε ύψος 1.5 m. Στο Ποταμάκι και στον Ξηρόλακο, το κύμα προχώρησε μέχρι 140 m στο εσωτερικό των περιοχών όπου σάρωσε εγκαταστάσεις και την ξυλεία των ναυπηγείων της περιοχής (**Παπαζάχος et al, 2003**).
- Στις **3 Οκτωβρίου του 1887**, σεισμός με επίκεντρο την θαλάσσια περιοχή του **Ξυλοκάστρου** προκαλεί ζημιές σε χωριά της περιοχής, ενώ εκδηλώνεται και θαλάσσιο κύμα, το οποίο έπληξε κυρίως την παράκτια

περιοχή του Ξυλόκαστρου. Το θαλάσσιο κύμα εισχώρησε στην ενδοχώρα σε βάθος 20 m. Στις 9 Σεπτεμβρίου του 1888 εκδηλώθηκε Τσουνάμι, μετά από υποθαλάσσιο σεισμό, στην περιοχή του Αιγίου και στο Γαλαξίδι (*Galanopoulos, 1953*). Το Tsunami ενδεχομένως να προκλήθηκε από υποθαλάσσια κατολίσθηση, λόγω του σεισμικού φαινομένου, και σε αυτό το ενδεχόμενο συντείνει και το γεγονός της αποκοπής υποβρύχιων τηλεγραφικών καλωδίων στην παράκτια περιοχή του Αιγίου.

- Στις **7 Φεβρουαρίου του 1963** ισχυρό τσουνάμι, ύψους 6 m, έπληξε την βόρεια και τη νότια ακτή του Κορινθιακού Κόλπου. Το κύμα προκλήθηκε από από βαρυτική υποθαλάσσια κατολίσθηση χαλαρών ιζημάτων στις εκβολές του ποταμού Σαλμένικου, δυτικά της πόλης του **Αιγίου** (*Galanopoulos et al, 1964*). Από το τσουνάμι έχασαν την ζωή τους 2 άνθρωποι.
- Μια παρόμοια περίπτωση σημειώθηκε την **Πρωτοχρονιά του 1996** με θαλάσσιο κύμα 2.5 m, το οποίο έπληξε την παράκτια περιοχή του **Αιγίου** και οφειλόταν στην ίδια αιτία.
- Στις **6 Ιουλίου του 1965**, μια ισχυρή σεισμική δόνηση μεγέθους 6.3 βαθμών της Κλίμακας Richter, προκάλεσε παράκτια κατολίσθηση στην περιοχή της Ερατεινής, η οποία δημιούργησε τοπικό τσουνάμι ύψους 3 m (*Ambraseys, 1967*), ενώ
- ο σχετικά πρόσφατος σεισμός της **15^{ης} Ιουνίου του 1995** στην περιοχή του **Αιγίου** προκάλεσε την εκδήλωση τοπικού Τσουνάμι, ύψους 1 m, που έπληξε τις παράκτιες περιοχές του Αιγίου και της Ερατεινής (*Papadopoulos, 2003*), (*Papadopoulos, 1996*).

Η ιστορική αναδρομή στα, πιο αξιομνημόνευτα και επιστημονικά καταγεγραμμένα, τσουνάμι του Κορινθιακού Κόλπου, είναι δηλωτική της αυξημένης πιθανότητας πρόκλησης ενός παρόμοιου φαινομένου στο προσεχές μέλλον. Τα εκδηλωθέντα τσουνάμι στην περιοχή ενδιαφέροντος έχουν ποικίλες αιτίες, με κυρίαρχη την έντονη σεισμικότητα της περιοχής, χωρίς όμως να είναι έκδηλο αν οι σεισμοί προκάλεσαν το Τσουνάμι ή αν διέγειραν κάποιον άλλο μηχανισμό, όπως οι κατολίσθησεις, ο οποίος αποτέλεσε την πραγματική αιτία πρόκλησης τους. Όμως, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα ασεισμικά τσουνάμι που προκαλούνται από

παράκτιες υποθαλάσσιες κατολισθήσεις και έχουν, συνήθως, τοπικό χαρακτήρα. Στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας θα αναλυθούν οι κίνδυνοι από τσουνάμι, οι καταστροφικές συνέπειες τους στο παρελθόν αλλά και οι αναμενόμενες επιπτώσεις από μελλοντικά τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο.

Κεφάλαιο 3

Ο κίνδυνος από Τσουνάμι στον Κορινθιακό κόλπο και μέτρα μείωσης του

3.1. Καταστροφικές συνέπειες στο παρελθόν

Στο προηγούμενο κεφάλαιο επιχειρήθηκε μια ιστορική αναδρομή στα σημαντικότερα τσουνάμι που εκδηλώθηκαν στον Κορινθιακό κόλπο, εκ των οποίων αρκετά ήταν ιδιαιτέρως καταστροφικά. Από την αρχαιότητα ακόμα, υπάρχουν ποικίλες πηγές στις οποίες περιγράφονται, με γλαφυρό τρόπο, οι συνέπειες των θαλάσσιων κυμάτων στην ανθρώπινη κοινωνία.

- Το πιο καταστροφικό τσουνάμι έπληξε την περιοχή ενδιαφέροντος τον **χειμώνα του 373 π.Χ.**. Όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, η πόλη της **Ελίκης** καταποντίστηκε από το θαλάσσιο κύμα που προκάλεσε ο υποθαλάσσιος σεισμός. Οι καταστροφή της περιοχής, σύμφωνα με τους αρχαίους συγγραφείς, ήταν κατακλυσμιαία. Η αρχαία πόλη της Ελίκης απείχε από την ακτή του Κορινθιακού Κόλπου περίπου 2,5 χλμ. και κατά την προκαταστροφική περίοδο βίωνε μια παρατεταμένη περίοδο πολιτιστικής και οικονομικής ακμής. Σύμφωνα με τον Ηρακλείδη, τον Διόδωρο τον Σικελιώτη και τον Πausανία τα συνδυασμένα φαινόμενα του σεισμού και του Τσουνάμι προκάλεσαν την αύτανδρη καταστροφή της, ενώ τα ερείπια της αρχαίας πόλης παρέμειναν κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας με αποτέλεσμα, ακόμα και στην σύγχρονη εποχή, να μην είναι προσδιορίσιμη με ακρίβεια η γεωγραφική θέση της.
- Ο ισχυρός σεισμός του **1402 μ.Χ.** προκάλεσε την εκδήλωση τσουνάμι που έπληξε τόσο την βόρεια όσο και τη νότια ακτή του Κορινθιακού Κόλπου (**Παπαζάχος et al, 2003**). Οι συνέπειες του θαλασσίου κύματος ήταν πιο έντονες στην βόρεια ακτή της περιοχής ενδιαφέροντος αφού καταστράφηκε το σύνολο της αγροτικής σοδειάς, ενώ η αγροτική παραγωγή της περιοχής υπέστη ανεπανόρθωτη ζημιά λόγω της εισροής θαλασσινού ύδατος στις καλλιεργήσιμες περιοχές. Αναφορικά με τη νότια ακτή του Κορινθιακού Κόλπου, το τσουνάμι έπληξε κυρίως την περιοχή

του **Ξυλοκάστρου** διεισδύοντας στην ενδοχώρα του νότιου Κορινθιακού Κόλπου, σε απόσταση έως 1 χλμ. από την ακτή. Οι συνέπειες του φαινομένου ήταν κυρίως οικονομικές, ενώ δεν είναι εφικτός ο προσδιορισμός των ανθρώπινων θυμάτων, αφού οι σύγχρονες πηγές δεν διακρίνουν τον αριθμό των νεκρών που προκάλεσε ο σεισμός από τα θύματα του Τσουνάμι.

- Το τσουνάμι της **25^{ης} Μαΐου 1748 μ.Χ.** προκλήθηκε από ισχυρό υποθαλάσσιο σεισμό και είχε καταστροφικές συνέπειες που μετέβαλαν την κοινωνική δομή της περιοχής. Το θαλάσσιο κύμα εισχώρησε στην πόλη του **Αιγίου** καταστρέφοντας δεκάδες οικίες και δημόσια κτίρια, ενώ οι λιμενικές εγκαταστάσεις της πόλης υπέστησαν σοβαρές ζημιές (**Ambraseys et al, 1999**). Ο τρόμος που προκάλεσε το μέγεθος του σεισμού, οι οικονομικές καταστροφές που επέφερε ο συνδυασμός του Τσουνάμι και του ισχυρού σεισμού, αλλά κυρίως η αβεβαιότητα για τυχόν επανάληψη της καταστροφής στο μέλλον οδήγησαν μεγάλο μέρος του πληθυσμού της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου, κυρίως της περιοχής του Αιγίου, να μεταναστεύσει στα Ιόνια νησιά μεταβάλλοντας τις κοινωνικές και πληθυσμιακές δομές των περιοχών.
- Ιδιαίτερα σοβαρές ήταν και οι συνέπειες του τσουνάμι της **23^{ης} Αυγούστου του 1817**, το οποίο προκλήθηκε από υποθαλάσσιο σεισμό μεγέθους 6,5 βαθμών της Κλίμακας Richter με επίκεντρο την θαλάσσια περιοχή του δυτικού Κορινθιακού Κόλπου. Το θαλάσσιο κύμα κατέστρεψε την λιμενική υποδομή της πόλης του **Αιγίου**, προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές σε παράκτιες οικίες και κτίρια και έπνιξε 18 άτομα. Σημαντικές ζημιές υπέστησαν και περιοχές της βόρειας ακτής του Κορινθιακού Κόλπου. Το Τσουνάμι εισχώρησε στην πόλη του Γαλαξιδίου προκαλώντας την αχρήστευση της αγροτικής παραγωγής της περιοχής.
- Στις **26 Δεκεμβρίου του 1861** ένας σεισμός, εκτιμώμενου μεγέθους 6,6 βαθμών της Κλίμακας Richter (**Papadopoulos et al, 2011**), προκάλεσε τσουνάμι που έπληξε τις ακτές του **Αιγίου**. Η θάλασσα εισχώρησε στην ενδοχώρα προκαλώντας μικρές ζημιές σε διάφορες περιοχές όπως στο Αίγιο και τη ΝΑ ακτή του Αιγίου, στην Ιτέα, στην Κίρρα, στους Κόλπους

Ποταμάκι και Χηρόλακα και στο λιμάνι της Βιτρινίτσας (**Παπαζάχος, 1989**), (**Ambraseys et al, 1998**).

- Το σεισμικό τσουνάμι της 7^{ης} **Φεβρουαρίου του 1963** έπληξε την βόρεια και τη νότια ακτή του Κορινθιακού Κόλπου (**Galanopoulos et al, 1964**), (**Papadopoulos et al, 2011**). Αν και έχασαν την ζωή τους δύο (2) άνθρωποι, οι υλικές ζημιές από το θαλάσσιο κύμα ήταν περιορισμένες. Το τσουνάμι διείσδυσε στις παράκτιες περιοχές από τις Καμάρες της Αιγιαλείας έως τον Λόγγο και το Αίγιο σε αποστάσεις 100 m έως 400 m. Το θαλάσσιο κύμα έγινε αισθητό και στις βόρειες ακτές του Κορινθιακού Κόλπου, προκαλώντας περιορισμένες μόνο υλικές ζημιές. Τα τσουνάμι που έπληξαν την περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, είτε λόγω σεισμικών φαινομένων είτε ως συνέπεια παράκτιων κατολισθήσεων, κατά τα έτη 1967, 1996 και 1996 είχαν ως αποτέλεσμα μικρές υλικές συνέπειες, καθώς προκάλεσαν φθορές κυρίως σε σκάφη που ελλιμενίζονταν στην ευρύτερη περιοχή καθώς και πλημμύρες σε παράκτια οικήματα.

Οι συνέπειες των θαλάσσιων κυμάτων στον Κορινθιακό κόλπο, με εξαίρεση το τσουνάμι του 373 π.Χ., ήταν σχετικά ήπιες παρά το ύψος των κυμάτων και την σφοδρότητα των φαινομένων. Αυτό εξηγείται από την απουσία πυκνής δόμησης στην περιοχή ενδιαφέροντος κατά τις προηγούμενες δεκαετίες. Η μεταβολή του βασικού αυτού παράγοντα, που μαζί με ένα πλέγμα υφιστάμενων συνθηκών αποτελούν τους παράγοντες τρωτότητας και κινδύνου, καθιστούν τον Κορινθιακό κόλπο περιοχή υψηλού κινδύνου για μελλοντικά καταστροφικά τσουνάμι.

3.2 Παράγοντες μείωσης επιπτώσεων από φυσικούς κινδύνους

Ο εντοπισμός, η ανάλυση και η υιοθέτηση στρατηγικών διαχείρισης των παραγόντων τρωτότητας αποτελούν το πρώτο, και ίσως το σημαντικότερο, βήμα για την ανάληψη των απαιτούμενων ενεργειών για την μείωση των επιπτώσεων οποιουδήποτε κινδύνου. Η **τρωτότητα περιλαμβάνει ένα συνδυασμό παραγόντων που καθορίζουν τον βαθμό που η ζωή και το περιβάλλον ενός ατόμου ή μιας κοινότητας ανθρώπων εκτίθενται σε κίνδυνο από ένα διακριτό και αναγνωρίσιμο γεγονός της φύσης ή της κοινωνίας (Blaikie, 1994)**. Η τρωτότητα βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την ευπάθεια, δηλαδή με τους παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν τις

προϋποθέσεις για τη εξέλιξη ενός κινδύνου σε καταστροφή, καθώς και με την ικανότητα της αντίστασης στις επιπτώσεις μιας καταστροφής.

Οι παράγοντες τρωτότητας μιας περιοχής μπορούν να διακριθούν σε δύο γενικές κατηγορίες με κριτήριο την δυνατότητα εξέλιξης τους. Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν την **τρωτότητα ενός περιβάλλοντος απέναντι σε ένα φυσικό φαινόμενο και δεν υφίστανται αξιοσημείωτες αλλαγές**, όπως το τεκτονικό καθεστώς μιας περιοχής, και **παράγοντες που εξελίσσονται διαμέσου των αιώνων και μεταβάλλουν σημαντικά την τρωτότητα**, όπως οι αλλαγές που επιφέρει η ανθρώπινη δραστηριότητα.

Ο συγκερασμός των ανωτέρω κατηγοριών διαμορφώνει τους κινδύνους που εγκυμονεί, για την ανθρώπινη και κοινωνική ζωή, η εκδήλωση ενός συγκεκριμένου φυσικού φαινομένου σε μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή. Συνεπώς, οι ανθρώπινες δράσεις και ενέργειες θα πρέπει να συνυπολογίζουν τους παράγοντες τρωτότητας και ευπάθειας που χαρακτηρίζουν ιστορικά μια περιοχή, ώστε να καταστεί η πρόληψη ως ο βασικότερος άξονας για την αντιμετώπιση των κινδύνων που εγκυμονούν οι εκδηλώσεις ακραίων φυσικών φαινομένων.

Αναφορικά με την περιοχή ενδιαφέροντος, ο Κορινθιακός Κόλπος παρουσιάζει ένα σύνολο παραγόντων, οι οποίοι καθιστούν την περιοχή ευπρόσβλητη σε θαλάσσια κύματα. Είναι η ανάλυση αυτών ακριβώς των παραγόντων που οδήγησε την επιστημονική κοινότητα να κατατάξει τον Κορινθιακό Κόλπο στις πρώτες θέσεις αναφορικά με τις περιοχές της Μεσογείου με την μεγαλύτερη επικινδυνότητα για εκδήλωση ενός καταστρεπτικού τσουνάμι. Αυτό είναι έκδηλο και από σύγχρονες μελέτες, που αποδεικνύουν ότι οι εκδηλώσεις τσουνάμι θα έχουν απρόβλεπτες, και δυσανάλογες με την ένταση των φαινομένων, συνέπειες για τις τοπικές παράκτιες κοινωνίες (**Stefatos et al, 2005**).

Ένας παράγοντας τρωτότητας, ο οποίος αποτελεί διαχρονική σταθερά για την περιοχή ενδιαφέροντος, είναι το **τεκτονικό και γεωλογικό καθεστώς της**. Όπως αναφέρθηκε εκτενέστερα σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, η τεκτονική τάφρος του Κορινθιακού Κόλπου οριοθετείται από ένα σύνολο ενεργών ρηγμάτων που δύναται να προκαλέσουν σεισμικά φαινόμενα μεγέθους έως 6,7 βαθμών της Κλίμακας Richter (**Doutsos, 1992**). Η αυξημένη **σεισμικότητα** σε συνδυασμό με τα απότομα **παράκτια πρηνή** και τις **χαλαρές παράκτιες αποθέσεις** αποτελούν κυρίαρχους παράγοντες αναφορικά με τον βαθμό τρωτότητας της περιοχής σε φαινόμενα τσουνάμι.

Η **βαθυμετρία** της περιοχής (*Nomikou et al., 2011*) αποτελεί έναν επιπρόσθετο φυσικό παράγοντα τρωτότητας. Τα σχετικά μεγάλα βάθη σε συνδυασμό με το στενό εύρος του κόλπου περιορίζουν σημαντικά τον χρόνο αντίδρασης σε περίπτωση εκδήλωσης ενός τσουνάμι. Είναι χαρακτηριστικό ότι μια υποθαλάσσια κατολίσθηση που ενδεχομένως να προκληθεί στο υφαλόριο της χερσονήσου της Περαχώρας θα εκδηλώσει τσουνάμι, το οποίο αναμένεται να βρίσκεται στην ακτή του Ξυλόκαστρου σε 4,5 m, στο Κιάτο σε 3,5 m, στην Κόρινθο σε 9 m και στην περιοχή του Αιγίου σε 15 m από την στιγμή της κατολίσθησης (*Μπουρδόπουλος, 2006*).

Η αναγωγή του Κορινθιακού Κόλπου σε παραθαλάσσιο τουριστικό θέρετρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες, οδήγησε στην ανέγερση πολλών παράκτιων οικιών κυρίως κατά μήκος των νότιων ακτών του. Η **πολεοδομική ανάπτυξη** της περιοχής πραγματοποιήθηκε με άναρχο τρόπο, χωρίς την εφαρμογή συγκεκριμένων προδιαγραφών ασφαλείας αναφορικά με τρόπο δόμησης των κτιρίων αλλά και την γενικότερη οικιστική ανάπτυξη της περιοχής σε συνάρτηση με το ιστορικό σεισμικότητας της. Στο **Παράρτημα Γ** της εργασίας παρουσιάζονται ορισμένα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα κατοικιών και κτιριακών υποδομών της ευρύτερης περιοχής που δεν πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές ασφαλείας για μια πιθανή εκδήλωση ενός κύματος τσουνάμι.

Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι ένας μεγάλος αριθμός παράκτιων κατοικιών είναι **δομημένος με υλικά αμφισβητούμενης καταλληλότητας και αντοχής**, ενώ είναι εμφανέστατη η **απουσία προστατευτικών υποδομών** τόσο σε παραθαλάσσια συγκροτήματα κατοικιών όσο και σε ορισμένες λιμενικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής. Ειδικότερα, η οικιστική ανάπτυξη της περιοχής από την πόλη του Κιάτου έως την πόλη των Πατρών πραγματοποιήθηκε με κυρίαρχο γνώμονα την διευκόλυνση της πρόσβασης των παραθεριστών στην θάλασσα. Αυτή η οικιστική τάση είχε ως συνέπεια την κατασκευή συγκροτημάτων στο επίπεδο της θάλασσας, καθιστώντας τις ανωτέρω κατασκευές ιδιαιτέρως ευπρόσβλητες από κύματα τσουνάμι.

Ένας επιπλέον παράγοντας τρωτότητας είναι το **οδικό δίκτυο**. Οι τοπικές οδικές αρτηρίες απέχουν, σε ορισμένα σημεία τους, μόλις 5 m από την ακτή, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα του είναι κατασκευασμένο στο επίπεδο της θάλασσας. Επιπρόσθετα, από το ανωτέρω δίκτυο απουσιάζουν, σε όλη την έκταση του, προστατευτικά αντιπλημμυρικά έργα, γεγονός που το καθιστά ευπρόσβλητο από κύματα τσουνάμι, ενώ

παράλληλα είναι δυσλειτουργικό σε περίπτωση εκκένωσης της περιοχής από τον τοπικό πληθυσμό.

Η **έλλειψη ενημέρωσης του πληθυσμού** αναφορικά με τα χαρακτηριστικά του φαινομένου, τους κινδύνους, αλλά και τις ενδεδειγμένες ενέργειες που πρέπει να αναληφθούν άμεσα από τον τοπικό πληθυσμό αποτελούν παράγοντες τρωτότητας που δύναται να πολλαπλασιάσουν τις επιπτώσεις ενός κύματος Τσουνάμι. Τα ανωτέρω, συνδυαζόμενα με την απουσία pre-plan responses (π.χ. καθορισμός ζωνών επικινδυνότητας και συγκέντρωσης του πληθυσμού), συνιστούν ένα εκρηκτικό μείγμα παραγόντων παθογένειας της τοπικής κοινωνίας, που δύναται να εξαλειφτούν με την ανάληψη κατάλληλων ενεργειών από τους αρμόδιους φορείς.

Οι παράγοντες τρωτότητας και κινδύνου της ευρύτερης περιοχής κατά την σύγχρονη εποχή αποτελούν καταλύτες για την πρόκληση αρνητικών συνεπειών σε περίπτωση εκδήλωσης τσουνάμι στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου. Ενώ η ένταση του φυσικού φαινομένου παραμένει η ίδια ανά τους αιώνες, η μεταβολή και ανάδειξη νέων παραγόντων τρωτότητας διαφοροποιεί τις αναμενόμενες επιπτώσεις σε επίπεδο υλικών ζημιών αλλά και ανθρώπινων απωλειών στην σύγχρονη εποχή.

3.3 Αναμενόμενες επιπτώσεις από Τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο

Για να αναλυθούν οι αναμενόμενες επιπτώσεις από μελλοντικά τσουνάμι στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου θα πρέπει, σε πρώτο βαθμό, να προσδιοριστεί η **πιθανή ένταση του φαινομένου σε συνάρτηση με την γεωμορφία της περιοχής ενδιαφέροντος**. Πιο συγκεκριμένα, για την εκτίμηση των επιπτώσεων από την εκδήλωση Tsunami, θα πρέπει αρχικά να υπολογιστεί η έκταση της ζώνης πλημμύρας, δεδομένου ότι εντός αυτής αναμένετε η πλειονότητα των ζημιών (**Στεφάτος, 2006**). Τα αναμενόμενα ύψη των θαλάσσιων κυμάτων διαφέρουν ανάλογα με την αιτία πρόκλησης ενός κύματος τσουνάμι. Μια πιθανή σεισμική δόνηση μεγέθους 6.5 βαθμών της Κλίμακας Richter θα προκαλούσε επιφανειακή μετατόπιση του πυθμένα έως 1m και συνεπαγωγικά θα δημιουργούσε τσουνάμι ύψους 1 m. Αντίθετα, μια υποθαλάσσια κατολίσθηση μπορεί να προκαλέσει τσουνάμι ύψους 1 έως 6 μ. (**Stefatos et al, 2005**).

Μία επιστημονική μελέτη, αναφορικά με τον αναμενόμενο κίνδυνο από την εκδήλωση κύματος τσουνάμι λόγω υποθαλάσσιας κατολίσθησης στην περιοχή του Ξυλοκάστρου, δεικνύει ότι εάν το ύψος κύματος στην ακτή είναι 4 μ, τότε μια ζώνη 0,6

Km² αναμένεται να πλημμυρίσει, η έκταση της οποίας θα φτάνει τα 230 μ προς τη στεριά (**Stefatos et al, 2006**). Οι συνέπειες του κύματος τσουνάμι στην περιοχή του Ξυλοκάστρου, σύμφωνα με την έρευνα, θα ήταν ιδιαίτερα σοβαρές. Λαμβάνοντας υπόψη τα μορφολογικά δεδομένα της περιοχής, καθώς και την βαθυμετρία της, η έρευνα κατέδειξε ότι σχεδόν το 23% του μόνιμου πληθυσμού της περιοχής αναμένεται να προσβληθεί από το θαλάσσιο κύμα. Παράλληλα, 985 κτίρια της περιοχής βρίσκονται εντός της ζώνης πλημμύρας, ενώ το 28% του οδικού δικτύου της περιοχής αναμένεται να πλημμυρίσει (**Stefatos et al, 2006**). Επιπρόσθετα, τα μισά κτίρια εντός της ζώνης πλημμύρας είναι κατασκευασμένα από μη ανθεκτικά υλικά δόμησης (π.χ. ξύλο κ.α.), ενώ το 39% των κτιρίων είναι ισόγεια ή μονοκατοικίες και συνεπώς δεν διαθέτουν άλλους ορόφους διαφυγής.

Παρόμοιες μελέτες επικινδυνότητας από τσουνάμι, οφειλόμενου σε υποθαλάσσια κατολίσθηση, για την ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου έχουν καταδείξει ανάλογες δυσμενείς συνέπειες. Για ύψος κύματος έως 5m οριοθετήθηκε η ζώνη πλημμύρας, όπου διαπιστώθηκε ότι το 47% των κτιρίων στην περιοχή της Άκολης και το 29% των κτιρίων στα Σελινιάτικα ήταν κατασκευές υψηλής ευπάθειας (**Μπουρδόπουλος, 2006**), (**Papathoma et al, 2003**).

Γενικότερα, οι επιπτώσεις ενός κύματος τσουνάμι στην σύγχρονη εποχή αναμένεται να είναι πολυεπίπεδες. Ακόμα και αν δεν επιφέρει ανθρώπινες απώλειες, το θαλάσσιο κύμα θα έχει συνέπειες στις ανθρώπινες κατασκευές, στην οικονομία και γενικότερα στην κοινωνική ζωή και ανάπτυξη της περιοχής. Εκτός όμως από τις άμεσες και έμμεσες συνέπειες του κύματος στο ανθρωπογενές περιβάλλον, θα υπάρξουν επιπτώσεις και στο φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής.

Ένα μελλοντικό τσουνάμι αναμένεται να έχει σοβαρότερες επιπτώσεις στην παράκτια μορφολογία του Κορινθιακού Κόλπου. Ανάλογα με την σφοδρότητα του φαινομένου είναι ορατός ο κίνδυνος αλλοίωσης της μορφολογίας των ακτών, λόγω πιθανής μετατόπισης της αμμώδους ακτής, αλλά και των ιζηματογενών παράκτιων αποθέσεων.

Περισσότερο επικίνδυνες, αλλά και μακροπρόθεσμες, αναμένονται να είναι οι συνέπειες του τσουνάμι στον άνθρωπο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Όπως επισημάνθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας, ο άναρχος τρόπος οικιστικής ανάπτυξης της περιοχής είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή οικιών, αλλά και ξενοδοχειακών μονάδων, εντός της ζώνης πλημμυρικής επικινδυνότητας, ενώ η

κατασκευή κτιρίων χωρίς την εφαρμογή ενιαίου κώδικα δόμησης, ο οποίος θα ήταν προσανατολισμένος στην αντιμετώπιση σεισμικών και πλημμυρικών φαινομένων, προκάλεσε την ανέγερση κτιρίων υψηλής ευπάθειας κατά μήκος των ακτών του Κορινθιακού Κόλπου.

Εκτός όμως από τα κτίρια, το θαλάσσιο κύμα αναμένεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις και στις λιμενικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής. Ιδιαίτερα οι λιμενικές εγκαταστάσεις του Κιάτου και του Ξυλοκάστρου, αν και προστατεύονται από κυματοθραύστη, είναι πιθανόν να υποστούν εκτεταμένες φθορές λόγω διαβρώσεων που θα προκληθούν από το τσουνάμι. Παράλληλα, το θαλάσσιο κύμα θα προκαλέσει σημαντικές ζημιές και στα αλιευτικά και ταχύπλοα σκάφη που ελλιμενίζονται στις ανωτέρω εγκαταστάσεις λόγω της ελλιπής προστασίας που παρέχεται από τους τοπικούς κυματοθραύστες αλλά και της γεωμορφίας των περιοχών. Ειδικά για την περίπτωση του Ξυλοκάστρου, η ύπαρξη των εκβολών του ποταμού Σύθα πλησίον των λιμενικών εγκαταστάσεων είναι σημείο προβληματισμού αναφορικά με την προστασία της τοπικής μαρίνας σε περίπτωση κύματος τσουνάμι, αφού δεν υφίστανται αντιπλημμυρικά έργα εκατέρωθεν των όχθων του ποταμού.

Επιπρόσθετα, το τσουνάμι αναμένεται να προκαλέσει αλυσιδωτές συνέπειες στην τοπική οικονομία. Ο κινητήριος μοχλός της τοπικής οικονομίας είναι ο εποχιακός τουρισμός. Η ευρύτερη περιοχή του νότιου Κορινθιακού έχει αναδειχθεί σε δημοφιλή θερινό προορισμό για τους κατοίκους της Αττικής, λόγω της εγγύτητας και της εύκολης πρόσβασης. Οι επιπτώσεις του θαλάσσιου κύματος στο οδικό δίκτυο και στις παράκτιες ξενοδοχειακές μονάδες αναμένεται να επιφέρει ραγδαία κάμψη στην τουριστική κίνηση της περιοχής, η οποία θα αποτυπωθεί με εμφαντικό τρόπο στην τοπική οικονομία. Οι συνέπειες μάλιστα ενδεχομένως να είναι μακροπρόθεσμες, λόγω της μειωμένης άφιξης τουριστών κατά τα επόμενα έτη.

Εκτός από τον τουρισμό, πυλώνας της τοπικής οικονομίας είναι και η αλιεία. Οι τοπικές μαρίνες των πόλεων του Κορινθιακού Κόλπου ελλιμενίζουν μεγάλο αριθμό αλιευτικών σκαφών διαφόρων τύπων και μεγεθών. Οι πιθανές ζημιές που θα προκληθούν στις λιμενικές υποδομές και στα αλιευτικά σκάφη από την εκδήλωση ενός κύματος Τσουνάμι, σε συνάρτηση και με την υπάρχουσα δημοσιονομική κρίση που καθιστά σχεδόν ανέφικτη την αποκατάσταση των ζημιών, θα επιφέρουν δυσμενέστερες συνέπειες σε αυτόν το τομέα της οικονομίας.

Κατά την ιστορική αναδρομή στα σημαντικότερα τσουνάμι που έπληξαν την περιοχή, καταγράφηκε μια τουλάχιστον περίπτωση εσωτερικής μετανάστευσης των κατοίκων του Κορινθιακού Κόλπου προς τα Ιόνια νησιά, η οποία προκλήθηκε λόγω των υλικών και ψυχολογικών επιπτώσεων του σεισμού και του τσουνάμι του 1748 μ.Χ. Μια ανάλογη περίπτωση είναι δύσκολο να επαναληφθεί στο μέλλον, όμως οι ψυχολογικές επιπτώσεις ενός τσουνάμι μπορούν να επιφέρουν κάμψη στην οικιστική και οικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Ο φόβος για επανάληψη του φαινομένου, οι αγχωτικές διαταραχές λόγω της ανασφάλειας και η κατάθλιψη που θα προκληθεί λόγω τυχόν ανθρώπινων και υλικών απωλειών θα αποτελέσουν τροχοπέδη στην ανοικοδόμηση νέων οικιών και παραθεριστικών συγκροτημάτων.

Τα ανωτέρω δεν θα έχουν μόνο οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Το άγχος, η κατάθλιψη, το αίσθημα της συνεχούς διακινδύνευσης θα έχουν ως συνέπεια την εκδήλωση ψυχολογικών διαταραχών και την ψυχολογική αποσταθεροποίηση των κατοίκων της πληγείσας περιοχής (**Stevens, 2005**). Ιδιαίτερα οι ευπαθείς ηλικιακά ομάδες (γυναίκες, παιδιά, ηλικιωμένοι) θα επηρεαστούν περισσότερο από τις ψυχολογικές συνέπειες του φαινομένου και των επιπτώσεων που αυτό θα προκαλέσει (**Μπουρδόπουλος, 2006**).

Οι πολυεπίπεδες επιπτώσεις, που θα προκληθούν από την εκδήλωση κύματος τσουνάμι στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, είναι εφικτό να μετριαστούν με την έγκαιρη ανάληψη κατάλληλων συλλογικών ενεργειών και δράσεων. Οι ενέργειες κατά την φάση της ανάπτυξης, που θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο, δεν θα θωρακίσουν σε απόλυτο βαθμό την περιοχή ενδιαφέροντος αλλά θα συμβάλουν στην απομείωση των συνεπειών του φυσικού φαινομένου, τουλάχιστον ως προς το ανθρωπογενές περιβάλλον.

3.4 Ενέργειες κατά την φάση της ανάπτυξης

Οι ενέργειες κατά την φάση της ανάπτυξης, η οποία ταυτίζεται με την χρονική περίοδο πριν την εκδήλωση ενός φαινομένου, στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων, κυρίως στο ανθρωπογενές περιβάλλον, καθώς και στην αύξηση της ικανότητας διαχείρισης καταστροφών της κοινωνίας. Οι ανωτέρω ενέργειες πραγματοποιούνται σε τρία (3) στάδια: **κατά το στάδιο της πρόληψης, του μετριασμού και της ετοιμότητας.**

Τα στάδια της **φάσης ανάπτυξης** απαιτούν σχεδιασμό και συντονισμό σε τοπικό, Περιφερειακό αλλά και εθνικό επίπεδο ώστε το σύνολο των ενεργειών που αναλαμβάνονται να εξυπηρετούν την επίτευξη κοινών στόχων. Ο συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων διασφαλίζει την λειτουργικότητα των στρατηγικών που υιοθετούνται, την άρση αντιφατικών ενεργειών καθώς και τον αποτελεσματικό διαχωρισμό των ρόλων στο πλαίσιο της διαχείρισης των συνεπειών που αναμένονται να προκύψουν σε περίπτωση εκδήλωσης ενός ακραίου φυσικού φαινομένου σε μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή.

Οι ενέργειες μετριασμού των επιπτώσεων, κατά την φάση της ανάπτυξης, θα πρέπει να είναι εστιασμένες στις ιδιαιτερότητες κάθε φυσικού φαινομένου. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να συνυπολογίζονται από τους αρμόδιους φορείς, προ της ανάληψης των ενεργειών, οι παράγοντες τρωτότητας των τοπικών κοινωνιών ώστε οι αναληφθείσες δράσεις να είναι προσανατολισμένες στις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης περιοχής.

3.4.1 Πρόληψη

Οι ενέργειες που αναλαμβάνονται κατά το **στάδιο της πρόληψης** στοχεύουν στον περιορισμό των επιπτώσεων από την εκδήλωση ακραίων φυσικών φαινομένων. Οι ενέργειες αυτές θα πρέπει να είναι δομημένες ώστε να προσφέρουν το κατάλληλο θεσμικό και υλικοτεχνικό πλαίσιο για την μόνιμη αντιμετώπιση των κινδύνων που συνεπάγονται τα φυσικά φαινόμενα.

Αναφορικά με την περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, είναι επιτακτική η ανάληψη κατάλληλων ενεργειών ώστε να αρθούν οι παράγοντες τρωτότητας που καθιστούν την ευρύτερη περιοχή ευπαθή στην εκδήλωση κύματος τσουνάμι. Σε περιφερειακό, αλλά κυρίως σε εθνικό, επίπεδο δεν έχουν αναληφθεί οι απαιτούμενες δράσεις που θα εξασφαλίσουν την απομείωση των επιπτώσεων στην, ιδιαίτερα σεισμογενή, περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου.

Σε αρχικό επίπεδο, είναι επιτακτική η δημιουργία ενός θεσμοθετημένου πλαισίου συνεργασίας μεταξύ των ακαδημαϊκών και ερευνητικών ιδρυμάτων με τους αρμόδιους τοπικούς και εθνικούς φορείς, ώστε να συγκεκριμενοποιηθούν οι ενέργειες που πρέπει να αναληφθούν στην ευρύτερη περιοχή για την μείωση της διακινδύνευσης από κύματα Τσουνάμι. Από την ανωτέρω συνεργασία θα πρέπει να ανακύψουν νέοι κανονισμοί και κώδικες δόμησης για την περιοχή ενδιαφέροντος, οι οποίοι θα θωρακίσουν αντιπλημμυρικά τις ιδιωτικές και δημόσιες κτιριακές υποδομές, λαμβάνοντας υπόψη τις

ιδιαιτερότητες της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου. Συνέπεια των ανωτέρω θα είναι η περαιτέρω οικιστική ανάπτυξη της περιοχής με γνώμονα την αντιπλημμυρική και αντισεισμική προστασία των νέων κατασκευών και η σταδιακή προσαρμογή των παλαιότερων στα νέα δεδομένα.

Η συνεργασία των ακαδημαϊκών και ερευνητικών ιδρυμάτων με τους τοπικούς και εθνικούς φορείς θα πρέπει να επεκταθεί και στον τομέα της κοινωνικής ενημερότητας, η οποία είναι καίρια για την απομείωση των επιπτώσεων από την εκδήλωση κύματος τσουνάμι. Η ενημέρωση των πολιτών θα πρέπει να είναι ευρεία αλλά και στοχευμένη. Η ευρεία ενημέρωση μπορεί να επιτευχθεί μέσω των μέσων μαζικής ενημέρωσης, διαλέξεων σε σχολικά συγκροτήματα και ενημερωτικών φυλλαδίων και θα πρέπει να περιλαμβάνει εκπαιδευτικά και ενημερωτικά προγράμματα και έντυπα, που θα ενημερώνουν το ευρύ κοινό για τους πιθανούς κινδύνους και τους τρόπους αντιμετώπισης τους σε συλλογικό και ατομικό επίπεδο.

Εξίσου κομβικής σημασίας είναι και η εφαρμογή στοχευμένης ενημέρωσης, από τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, σε πολίτες που υφίστανται άμεσα τις επιπτώσεις της εκδήλωσης ενός κύματος τσουνάμι, δηλαδή σε κατοίκους περιοχών που βρίσκονται εντός της ζώνης υψηλού κινδύνου. Η ανωτέρω ενημέρωση πρέπει να αποσκοπεί στον καθορισμό των αρχικών ενεργειών των κατοίκων σε περίπτωση που γίνει αντιληπτή η εκδήλωση του φυσικού φαινομένου (διαδικασία εκκένωσης περιοχής, μετάβαση σε ζώνες συγκέντρωσης κτλ), η οποία απαιτεί την ανάληψη σύνθετων ενεργειών, αφού δεν επιτυγχάνεται με μέσα ευρείας ενημέρωσης. Οι πολίτες θα πρέπει να ενημερωθούν σε ατομικό επίπεδο για ένα σύνολο στοιχείων τα οποία είναι διακριτά ανά κατασκευή, όπως τυχόν δομικά μειονεκτήματα, η απόσταση από την ακτή, η υψομετρική διαφορά από το επίπεδο της θάλασσας, το πλησιέστερο σημείο συγκέντρωσης κτλ..

Τέλος, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή ασκήσεων ετοιμότητας υπό την αιγίδα της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου, με στόχο την συνεχή επαγρύπνηση της τοπικής κοινωνίας αναφορικά με τους κινδύνους που συνεπάγεται η εκδήλωση ενός κύματος τσουνάμι. Οι ασκήσεις ετοιμότητας θα πρέπει να διεξάγονται κατά τους θερινούς μήνες, ώστε η παρεχόμενη εκπαίδευση να έχει αποδέκτες όχι μόνο τους μόνιμους κάτοικους της περιοχής αλλά και τους παραθεριστές.

3.4.2 Μετριασμός

Κατά το **στάδιο του μετριασμού** λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα για τον περιορισμό των αρνητικών συνεπειών ενός φυσικού φαινομένου στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον. Οι ενέργειες αυτές αποσκοπούν στο να μειωθεί ο βαθμός της διακινδύνευσης της κοινωνίας απέναντι σε ένα φυσικό φαινόμενο και εστιάζουν στην διόρθωση των παθογενειών μιας αναπτυσσόμενης κοινωνίας.

Αναφορικά με την περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός και η τυποποίηση των χρήσεων γης. Η εκπόνηση μελετών χρήσεων γης για την ευρύτερη περιοχή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί από ακαδημαϊκούς και ερευνητικούς φορείς υπό κρατική αιγίδα. Η υιοθέτηση και εφαρμογή τεχνικών land use planning αποσκοπεί στην κατάρτιση επιχειρησιακών χαρτών, οι οποίοι θα καταδείξουν τις ζώνες επικινδυνότητας, τις περιοχές αποστολής υπηρεσιών παροχής άμεσης βοήθειας σε περίπτωση κινδύνου καθώς και την σχετική τρωτότητα των διαφορετικών κατασκευών σε περίπτωση κύματος τσουνάμι. Οι επιχειρησιακοί χάρτες της περιοχής θα συμβάλουν στον προσδιορισμό των θέσεων ανάπτυξης των οικιστικών περιοχών με βάση τους φυσικούς κινδύνους που απειλούν την ευρύτερη περιοχή, ενώ ταυτόχρονα θα αποτρέψουν την συνέχιση της πρακτικής της άναρχης παράκτιας δόμησης.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανάληψη ενεργειών για την δομική βελτίωση των ευπαθών κατασκευών της ευρύτερης περιοχής. Ουσιαστικά θα πρέπει να ελεγχθεί το σύνολο των κτιρίων εντός των ζωνών επικινδυνότητας, υπό το πρίσμα νέων αντιπλημμυρικών κανόνων δόμησης. Τα ευπαθή κτίρια θα πρέπει να ενισχυθούν δομικά, με έμφαση στην πλευρική στήριξη τους, ενώ στην αντιπλημμυρική άμυνα θα συμβάλει και η ανέγερση παράκτιων προστατευτικών υποδομών και κατασκευών κατά του τσουνάμι.

Σε αυτή την δέσμη ενεργειών εντάσσεται και η ενίσχυση των λιμενικών εγκαταστάσεων των πόλεων του Κορινθιακού Κόλπου. Οι κυματοθραύστες θα πρέπει να ελεγχθούν για τυχόν διαβρώσεις, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. Μαρίνα Ξυλόκαστρου) επιβάλλεται η επέκτασή τους, ώστε να επιτευχθεί συνολική αντιπλημμυρική προστασία των λιμανιών. Ειδικότερα για την περίπτωση του Ξυλόκαστρου είναι επιτακτική η κατασκευή προστατευτικών υποδομών κατά μήκος των εκβολών του ποταμού Σήθα σε απόσταση τουλάχιστον τριακοσίων (300) μέτρων από την ακτή, ώστε να απομειωθεί ο κίνδυνος υπερχειλίσης του σε περίπτωση κύματος τσουνάμι.

3.4.3 Ετοιμότητα

Κατά το **στάδιο της ετοιμότητας** αναλαμβάνονται μέτρα που θα εξασφαλίσουν την αποτελεσματική και έγκαιρη αντίδραση της κοινωνίας και των πολιτών σε περίπτωση κινδύνου. Οι ενέργειες αυτές περιλαμβάνουν την έκδοση προειδοποιήσεων από τους αρμόδιους φορείς προς τους πολίτες, την τμηματική ή συνολική εκκένωση περιοχής και την ταχεία αρωγή προς την πληγείσα περιοχή. Το σύνολο των ενεργειών αυτών δύναται να αποτελεί τμήμα ενός εθνικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης και αποσκοπεί πρωτίστως στην ελαχιστοποίηση των απωλειών ζωής και δευτερευόντως στον περιορισμό των υλικών ζημιών.

Η αποτελεσματική εφαρμογή του εκάστοτε σχεδίου έκτακτης ανάγκης έγκειται στην έγκαιρη προειδοποίηση για επικείμενη εκδήλωση ενός φυσικού φαινομένου. Αναφορικά με τα κύματα Τσουνάμι, αρμόδιος φορέας για την έκδοση προειδοποιήσεων είναι το Εθνικό Κέντρο Προειδοποίησης για Τσουνάμι, του οποίου τις αρμοδιότητες αλλά και τις δυνατότητες θα αναλύσουμε στο κεφάλαιο 3.4.4. Οι εκδιδόμενες προειδοποιήσεις πρέπει να απευθύνονται, εκτός από τους αρμόδιους φορείς για την υλοποίηση του σχεδίου έκτακτης ανάγκης, στο σύνολο των πολιτών με έμφαση στους κάτοικους των περιοχών οι οποίες αναμένεται να πληγούν από κύμα τσουνάμι. **Ειδικά για την περίπτωση του Κορινθιακού Κόλπου, όπου οι χρόνοι άφιξης ενός κύματος τσουνάμι είναι μικροί, είναι επιτακτική η ανάγκη έγκαιρης έκδοσης προειδοποίησης, η οποία πρέπει να γίνει άμεσα κατανοητή από τους πολίτες που βρίσκονται εντός των ζωνών επικινδυνότητας.**

Το πόσο σημαντική είναι η έγκαιρη έκδοση προειδοποιήσεων από τον αρμόδιο φορέα διαφαίνεται και από την ποικιλία των αιτιών πρόκλησης ενός κύματος Τσουνάμι. Το ανωτέρω φυσικό φαινόμενο δύναται να προκληθεί, εκτός από υποθαλάσσιο σεισμό, και από κατολίσθηση, η οποία δεν μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτή από τους κατοίκους των παράκτιων περιοχών. Συνεπώς, η έγκαιρη ενημέρωση των πολιτών εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από την έκδοση προειδοποίησης βασισμένης σε μετρήσεις ανόργανων συστημάτων.

Όπως προαναφέραμε, η έκδοση προειδοποίησης παραμένει χωρίς ουσιαστικό περιεχόμενο αν δεν επιτευχθεί συνολική ενημέρωση των πολιτών και των αρμόδιων υπηρεσιών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ανάληψη δράσεων που θα εξασφαλίσουν, από την προκαταστροφική περίοδο, την ταχεία μετάδοση της πληροφορίας. Τέτοιες ενέργειες είναι η εγκατάσταση συστημάτων προειδοποίησης (π.χ.

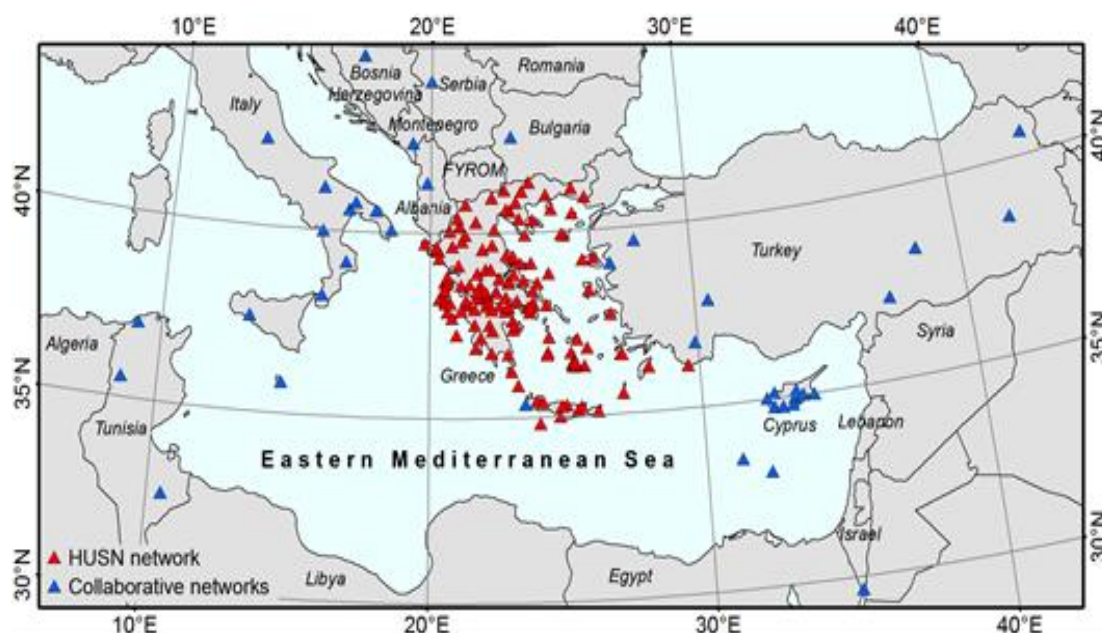
σειρήνες συναγερμού) πλησίον των ακτών υψηλής επικινδυνότητας, η εξασφάλιση εκπομπής των προειδοποιητικών μηνυμάτων από μέσα μαζικής ενημέρωσης, η προετοιμασία και διαθεσιμότητα ζωνών συγκέντρωσης πληθυσμού σε περίπτωση εκκένωσης και η συγκρότηση ομάδας ταχείας απόκρισης υπό την αιγίδα της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας. Όλες οι ανωτέρω ενέργειες θα πρέπει να εντάσσονται στο επιχειρησιακό σχέδιο για την διαχείριση καταστροφών και κρίσεων.

Το Εθνικό Σύστημα Διαχείρισης Καταστροφών και Κρίσεων είναι προσανατολισμένο στην αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου, λόγω της έντονης σεισμικότητας της χώρας, και των πυρκαγιών. Το 2002, θεσμοθετήθηκε ένα Σύστημα Πολιτικής Προστασίας, το οποίο εκδηλώνεται σε επιχειρησιακό επίπεδο με την κατάρτιση του σχεδίου ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ. Στο Σύστημα Πολιτικής Προστασίας περιλαμβάνονται δημόσιες υπηρεσίες, που είναι αρμόδιες για την εφαρμογή των μέτρων πολιτικής προστασίας, εξειδικευμένοι φορείς διαχείρισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και εθελοντικές οργανώσεις. Παρόλα αυτά, τα μέτρα του σχεδίου ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ δεν περιλαμβάνουν την αντιμετώπιση κυμάτων Τσουνάμι. Ο περιορισμένος αριθμός ανάλογων συμβάντων προκαλεί τον εφησυχασμό της Πολιτείας, ο οποίος εκδηλώνεται μέσω της ουσιαστικής ανυπαρξίας επιχειρησιακών σχεδίων για αντιμετώπιση τους. Συνεπώς, στο σχέδιο ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ θα πρέπει να συμπεριληφθούν τα απαιτούμενα μέτρα προστασίας για την αντιμετώπιση κυμάτων Τσουνάμι, τα οποία θα λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες των περιοχών υψηλού κινδύνου (π.χ. Κορινθιακός Κόλπος).

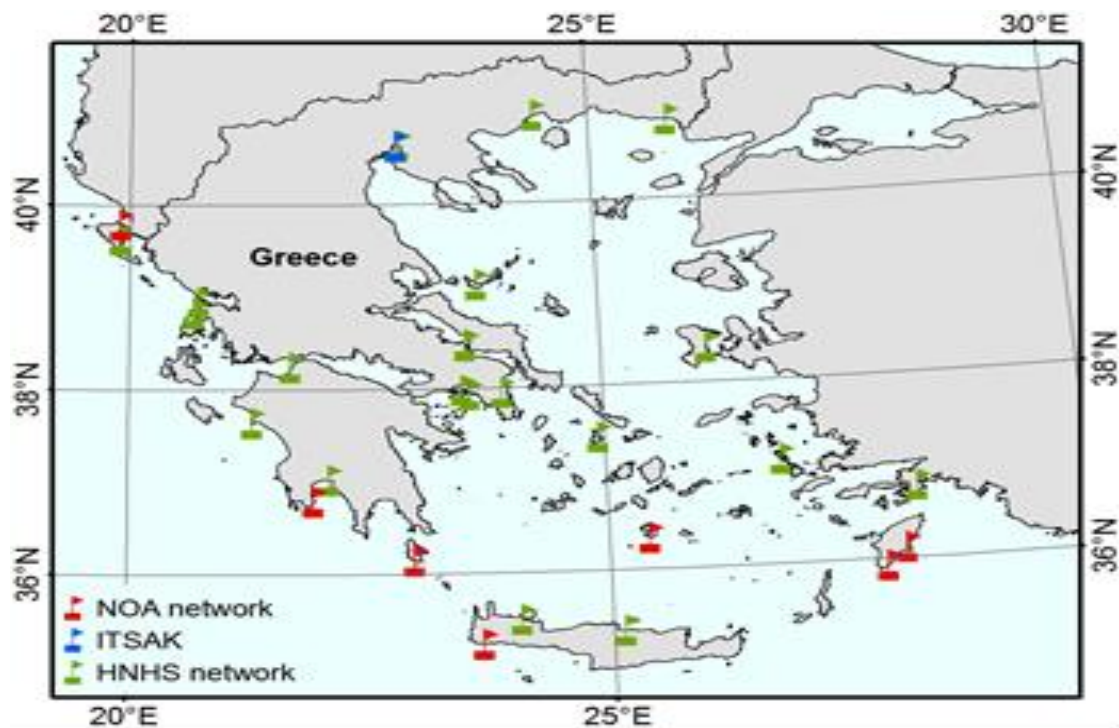
3.4.4 Το Εθνικό Κέντρο Προειδοποίησης για Τσουνάμι

Το Εθνικό Κέντρο Προειδοποίησης για Τσουνάμι (Ε.Κ.Π.Τ.) αποτελεί τον αρμόδιο εθνικό φορέα έκδοσης προειδοποιήσεων κυμάτων Τσουνάμι προς την Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας. Ιδρύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2010 και λειτουργεί ως ιδιαίτερη μονάδα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (**Papadopoulos, 2016**). Κύρια λειτουργία του είναι η παρακολούθηση της εκδήλωσης κυμάτων Τσουνάμι στον ελλαδικό χώρο και την ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, ενώ ταυτόχρονα ενεργεί ως Υποψήφιος Πάροχος Υπηρεσιών Τσουνάμι (CTSP) στο πλαίσιο του Συστήματος Προειδοποίησης για Τσουνάμι στο Βορειοανατολικό Ατλαντικό, στη Μεσόγειο και τις γειτονικές θάλασσες (NE.A.M.T.W.S.) της I.O.C./UNESCO (**Papadopoulos et al , 2016**).

Το Ε.Κ.Π.Τ. αξιοποιεί το δίκτυο σειсмоγράφων και παλιρροιογράφων του Ε.Α.Α. χρησιμοποιώντας παράλληλα βάσεις δεδομένων και υπολογιστικά εργαλεία, ενώ παράλληλα εγκαταστάθηκε, αρχικά σε πειραματικό στάδιο, και πρόσθετο ενόργανο ψηφιακό σύστημα σειсмоγράφων και παλιρροιογράφων (**Papadopoulos, 2001**). Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, το Ε.Κ.Π.Τ. έχει εκδώσει έγκαιρα 13 μηνύματα προειδοποίησης για τσουνάμι. Αναφορικά με τον Κορινθιακό κόλπο, τον Δεκέμβριο του 2015 τοποθετήθηκαν 3 νέοι παλιρροιογράφοι στην περιοχή του λιμένα της Κορίνθου, της Ιτέας και του Αιγίου.



Εικόνα 3.4.4.1: Χάρτης Εθνικού Δικτύου Σεισμογράφων (**Papadopoulos et al, 2016**).



Εικόνα 3.4.4.2: Χάρτης Εθνικού Δικτύου Παλιρροιογράφων (**Papadopoulos et al, 2016**).

Κομβικής σημασίας για την εύρυθμη και αποτελεσματική λειτουργία του Ε.Κ.Π.Τ. είναι και η συμμετοχή στα προγράμματα GITEC (Genesis and Impact of Tsunamis in the European Seas) και GITEC TWO (Genesis and Impact of Tsunamis in the European Seas - Tsunami Warning and Observations). Παράλληλα, η συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Τοχόκυ της Ιαπωνίας εξυπηρετεί στην συνεχή τεχνολογική και ερευνητική πρόοδο, αναφορικά με την αντιμετώπιση των συνεπειών που προκαλούν τα τσουνάμι.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Κίσκουρας Δ. Α, 1986, Σεισμοί Κορινθίας και Γεωλογική Ιστορία του Κορινθιακού Κόλπου, Πρακτικά Β' Τοπικού Συνεδρίου Κορινθιακών Ερευνών 31-33.

Μητσακάκη Χ, Σακελλαρίου Μ, Τσίνας Δ, Μαρίνου Α, 2005, Προσομοίωση της αλληλεπίδρασης των ενεργών ρηγμάτων στον Κορινθιακό, Εργασίες Ημερίδας Δερβένι – Δήμος Ευρωσίνης.

Μπουρδόπουλος Κ, 2006, Η Επίδραση Τσουνάμι στον πολεοδομικό ιστό της πόλης του Ξυλοκάστρου με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S), Πανεπιστήμιο Πατρών.

Παπαζάχος Β, Παπαζάχου Α, 2003, Οι σεισμοί της Ελλάδας, Ζήτη Πελαγία, 52-95.

Παπαναστασίου Δ, Παπαναστασίου Κ, 1993, Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στην περιοχή Κεχριών – Αρχαίας Κορίνθου και συσχέτιση τους με σεισμολογικά δεδομένα, 3ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο.

Παπαναστασίου Δ, Παπαναστασίου Κ, Ο σεισμός του Αιγίου, σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις και Γεωμορφικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον». Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης..

Παπαφωτίου Α. Ε, 2002, Σεισμοί και κατασκευές στην Κορινθία (ιστορική Αναδρομή), Κατάγραμμα, 35-77.

Σπυρόπουλος Π, 1997, Χρονικό των σεισμών της Ελλάδας: Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα (βάσει αρχαίων και βυζαντινών κειμένων, κωδίκων, αφηγήσεων περιηγητών κ.ά.), εκδ. Δωδώνη, 1997, 453-456

Στεφάτος Α, Χαραλαμπάκης Μ, Χασιώτης Θ, 2006, Γεω-επικινδυνότητες και η επίδραση τους σε παράκτιες περιοχές. παράδειγμα: η περιοχή Ξυλόκαστρου στον Κορινθιακό κόλπο και τα αποτελέσματα της προσβολής από Τσουνάμι, Αθήνα.

Σχιζάς Κ, 2014 Κίνδυνος της παράκτιας ζώνης του δήμου Αιγιαλείας στα θαλάσσια κύματα βαρύτητας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 15-75.

Shrady N, 2010, Ο μεγάλος σεισμός. Καταστροφή, δέος και ορθολογισμός στη Λισσαβώνα το 1755, Κριτική, 32 - 58.

Ξένη βιβλιογραφία

Ambraseys N, Melville C, Adams R.D, 1994, The seismicity of Egypt, Arabia and the Red Sea. A historical review. Cambridge University Press.

Ambraseys N.N., Jackson J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophysical Journal International, 390-406.

Ambraseys N.N, Finkel C, 1999, Unpublished Ottoman archival information on the seismicity of the Balkans during the period 1500-1800. In: E. Zachariadou (ed), Halcyon Days in Crete III, A Symposium Held in Rethymnon (Greece), Crete University Press

Ambraseys N, 1962,. Data for the investigation of seismic sea waves in the Eastern Mediterranean. Bulletin of the Seismological Society of America, 895 – 913.

Avallone A, Briole P, Agatza-Balodimou A.M, Billiris H, Charade O, Mitsakaki C, Nercessian A, Papazissi K, Paradissis D, Veis G, 2004, Analysis of eleven years of deformation measured by GPS in the Corinth Rift Laboratory area, Comptes Rendus Geoscience, 301–311.

Briole P, Rigo A, Lyon-Caen H, Ruegg J. C, Papazissi K, Mitsakaki C, Balodimou A, Veis G, Hatzfeld D, Deschamps A, 2000, Active deformation of the Corinth Rift, Greece: results from repeated Global Positioning System surveys between 1990 and 1995, Journal of Geophysical Research, 105

Bernard P, Briole P, Meyer B, Lyon-caen H, Gomez J.M, Tiberi C, Berge C, Cattin R, Hatzfeld D, Lachet C, Lebrun B, Deschamps A, Courboux F, Larroque C, Rigo A, Massonet D, Papadimitriou P, Kassaras J, Diagourtas D, Makropoulos K, Veis G, Papazisi E, Mitsakaki C, Karakostas V, Papadimitriou E., Papanastassiou D, Chouliaras M, Stavrakakis G, 1997. A low angle normal fault earthquake: the Ms=6.2, June 1995 Aigion earthquake (Greece), Journal of Seismology, 131-150.

- Bryant E, 2001**, Tsunami the underrated hazard, Cambridge: Cambridge University Press, 24-46.
- Blaikie P, Cannon T, Davis I, and Wisner B, 1994**, At Risk: Natural Hazards, People, Vulnerability, and Disasters. Routledge, London, UK.
- Galanopoulos A.G, 1953**, Katalog der Erdbeben in Griechenland für die Zeit von 1879 bis 1892. Annales Géologiques des pays Helléniques, Laboratoire de Géologie de l' Université.
- Galanopoulos A. G, Comninakis P, and Delibasis N, 1964**, A tsunami generated by an earth slump set in motion without shock, Ann. Geol. Pays Hell., 16, 93–110.
- Guidoboni E, Comastri A, Traina G, 1994**, Catalogue of the Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century, Istituto Nazionale di Geofisica.
- Hamouda A, 2010**, A reanalysis of the AD 365 tsunami impact along the Egyptian Mediterranean coast . Acta geophysica, 687-704.
- Heezen B.C, Ewing M, Johnson L, 1966**, The Gulf of Corinth floor. Deep-Sea Research, 381 - 411.
- Katsonopoulou D, Soter S, Koukouvelas I, 2005**, Helike III. Ancient Helike and Aigialeia: Archaeological Sites in Geologically Active Regions, 15–32.
- Kortekaas S, Papadopoulos G, Ganas A, Cundy A, and Diakantoni A, 2011**, Geological identification of historical tsunamis in the Gulf of Corinth, Central Greece, Natural hazards and Earth System Sciences.
- Levin B.W, 2005**, Tsunamis : Causes, Consequences, Prediction and Response. Natural Disasters
- Nomikou P, Alexandri M, Lykousis V, Sakellariou D, Ballas D, 2011**, Swath Bathymetry and morphological slope analysis of the Corinth Gulf. 2nd INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering. Corinth 19-24 September 2011, 155-158.
- Papadopoulos G, 2001**, Tsunamis in the East Mediterranean: A Catalogue for the area of Greece and adjacent seas, Workshop Tsunami Risk Assessment Beyond 2000: Theory, Practice & Plans, Moscow, 34 – 43

Papadopoulos G, Imamura, 2001, Proposal for a new tsunami intensity scale. Proc. 20th Internat. Tsunami Conference, 569-577

Papadopoulos G, 2003, Tsunami Hazard in the Eastern Mediterranean : Strong Earthquakes and Tsunamis in the Corinth Gulf, Central Greece. Natural Hazards 29, 437-464.

Papadopoulos G, 2011, A seismic history of Crete, Earthquakes and Tsunamis: 2000BC -2011AD,Ocelotos Publications, 22 – 53.

Papadopoulos G, 2003, Tsunami hazard in the eastern Mediterranean:strong earthquakes and tsunamis in the Corinth Gulf, Central Greece. Natural Hazards.

Papadopoulos G, 1998, A reconstruction of the 373 B.C. large earthquake in the western Corinthos Gulf, In: Proc. 2nd Internat. Confer. on the Ancient Eliki, Aeghio, 1–3 Dec. 1995, Athens, 479–494.

Papadopoulos G, 2000, A new tsunami catalogue of the Corinth Rift: 373 B.C.–A.D. 2000, In: Papadopoulos, G.A. (ed.) Historical earthquakes and tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece, National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, 122–126.

Papadopoulos G, Tselentis G, Charalampakis, M and all the scientific staff of the Institute of Geodynamics, 2016, The hellenic national tsunami warning center: research, operational and training activities, Proceedings of the 14th Intern. Conference of the Geological Society of Greece, 1-5

Papadopoulos G, 1996, Recent tsunami and earthquakes: June 15, 1995, Mw = 6.3, Greece, Descriptive Account, Tsunami Newsletter, 1–2.

Papathoma M., Howes D., 2003, Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete. Natural hazards and Earth System Sciences, 2-5

Polonia A, Bonatti E, Camerlenghi A, 2013. Mediterranean megaturbidite triggered by the AD 365 Crete earthquake and tsunami. Scientific reports.

Schmidt J, 1879, Studien uber Erdbeben. Leipzig, 360.

Stefatos A., Charalambakis M, Papatheodorou G, Ghionis G & Ferentinos G, 2005, Potential tsunami hazard from submarine landslides in the Corinth Gulf, Greece In: Proc. of the 22nd International Tsunami Symposium, Chania, Greece, 27-29.

Stefatos A, Charalamakis M, Papatheodorou G, Ferentinos G, 2006, Tsunamigenic sources in an active European half-graben , Marine Geology.

Stefatos A, Charalamakis M, Papatheodorou G, Ferentinos G, Ghionis G, 2005, Potential Tsunami hazard from submarine landslides in the Corinth Gulf, 22nd International Tsunami Symposium, 1-7.

Διαδικτυακές πηγές

1. www.unesco.org
2. www.physics4u.gr
3. el.wikipedia.org
4. www.unesco.org
5. www.geo.auth.gr
6. www.geodifhs.com
7. www.korinthiakos.info
8. www.noaa.gov
9. www.meteo-news.gr
10. www.bbc.co.uk
11. www.gein.noa.gr

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή...

Παράρτημα Α.

Κατάλογος κυμάτων Tsunami στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου

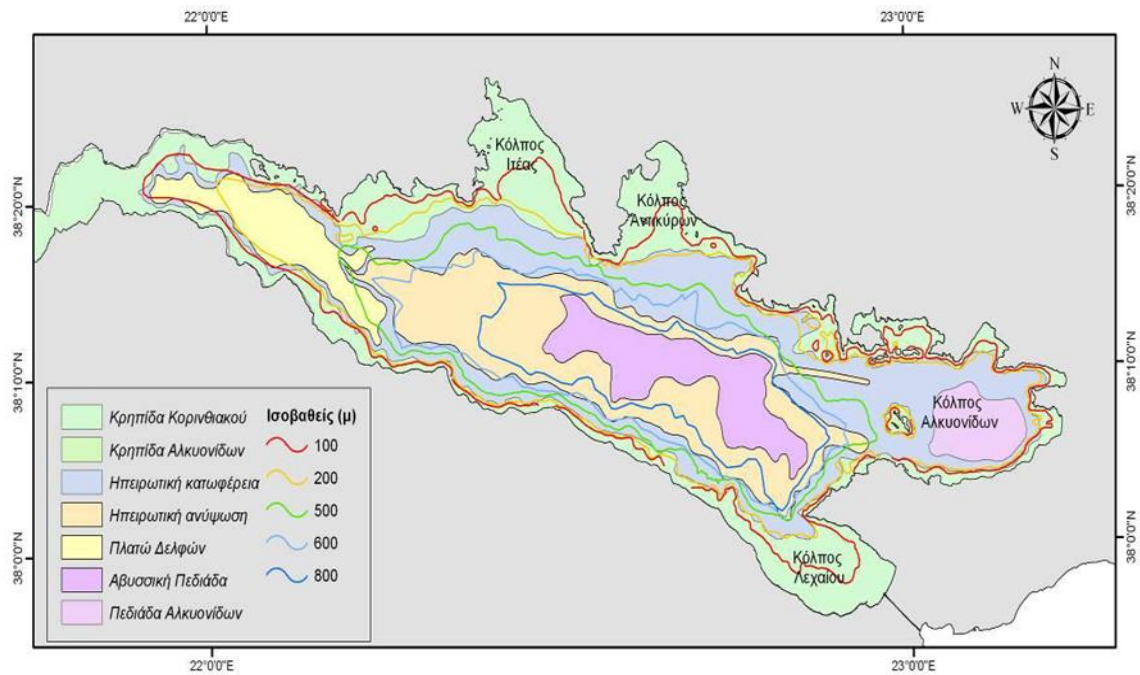
Στον ακόλουθο πίνακα εμπεριέχονται τα ιστορικά καταγεγραμμένα Τσουνάμι από το 373 π.Χ. έως και την σημερινή εποχή (*Papadopoulos, 2000*). Επίσης συμπεριλαμβάνονται οι αιτίες πρόκλησης καθώς και οι περιοχές εκδήλωσης τους. Αναλυτικότερες πληροφορίες για τις συνέπειες καθώς και την ένταση των Τσουνάμι εμπεριέχονται στο βιβλίο του καθηγητή G. Papadopoulos «Historical Earthquakes and Tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece», το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως πηγή για τον κάτωθι πίνακα.

A/A	Έτος	Περιοχή εκδήλωσης	Αίτιο πρόκλησης
01	373 π.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
03	1402 μ.Χ.	Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
04	1742 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
05	1748 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
06	1769 μ.Χ.	Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
07	1794 μ.Χ.	Κορινθιακός Κόλπος	Κατολίσθηση, μετά από σεισμό
08	1817 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
10	1821 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	-
13	1861 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Κατολίσθηση, μετά από σεισμό
14	1887 μ.Χ.	βόρειες ακτές Κορινθιακού Κόλπου	Υποθαλάσσιος σεισμός
15	1888 μ.Χ.	βόρειες ακτές Κορινθιακού Κόλπου	Υποθαλάσσιος σεισμός
16	1898 μ.Χ.	νότιες ακτές Κορινθιακού Κόλπου	Υποθαλάσσιος σεισμός

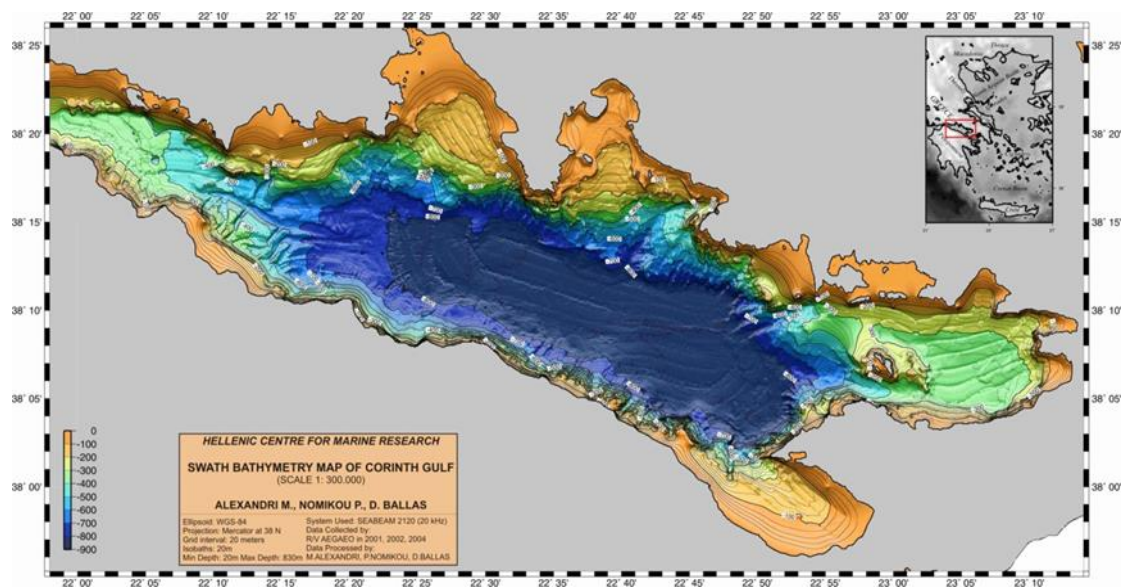
17	1928 μ.Χ.	ανατολικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
18	1963 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσια κατολίσθηση
19	1965 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Κατολίσθηση, μετά από σεισμό
20	1981 μ.Χ.	ανατολικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
21	1984 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Κατολίσθηση, μετά από σεισμό
22	1995 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσιος σεισμός
23	1996 μ.Χ.	δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	Υποθαλάσσια κατολίσθηση

Παράρτημα Β.

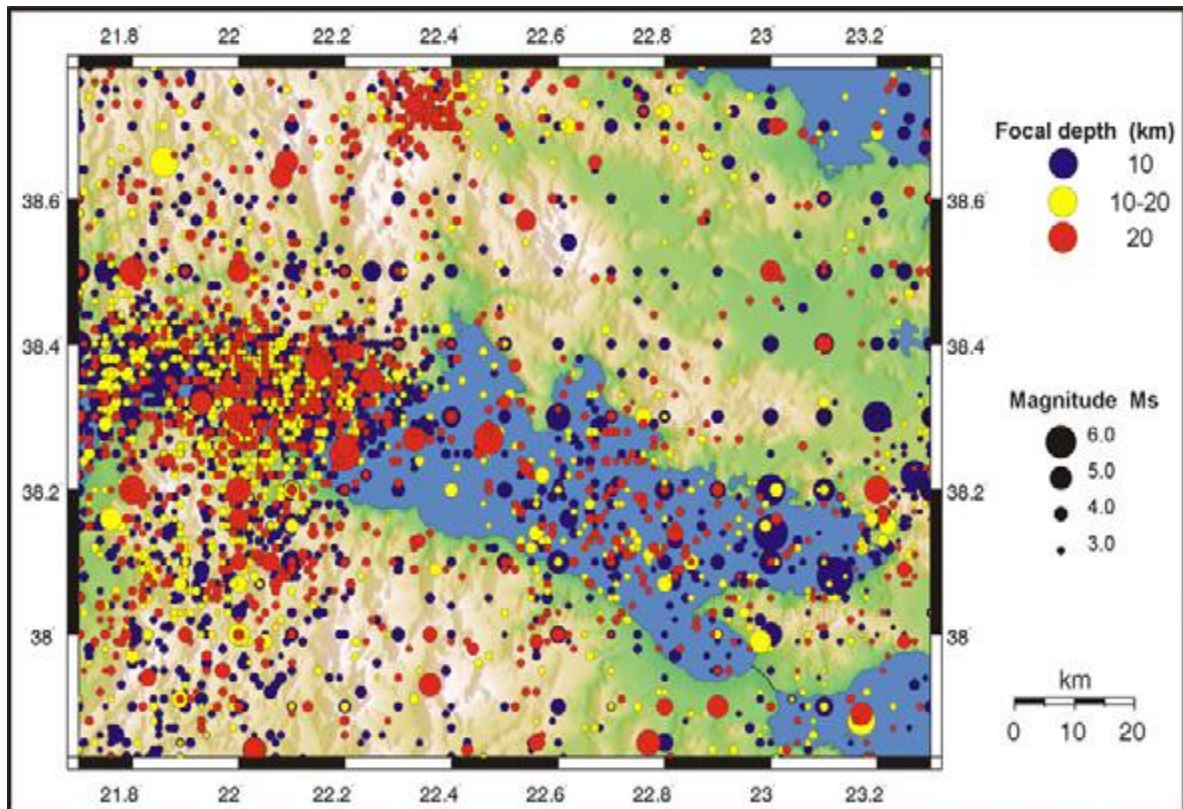
Χάρτες Κορινθιακού Κόλπου.



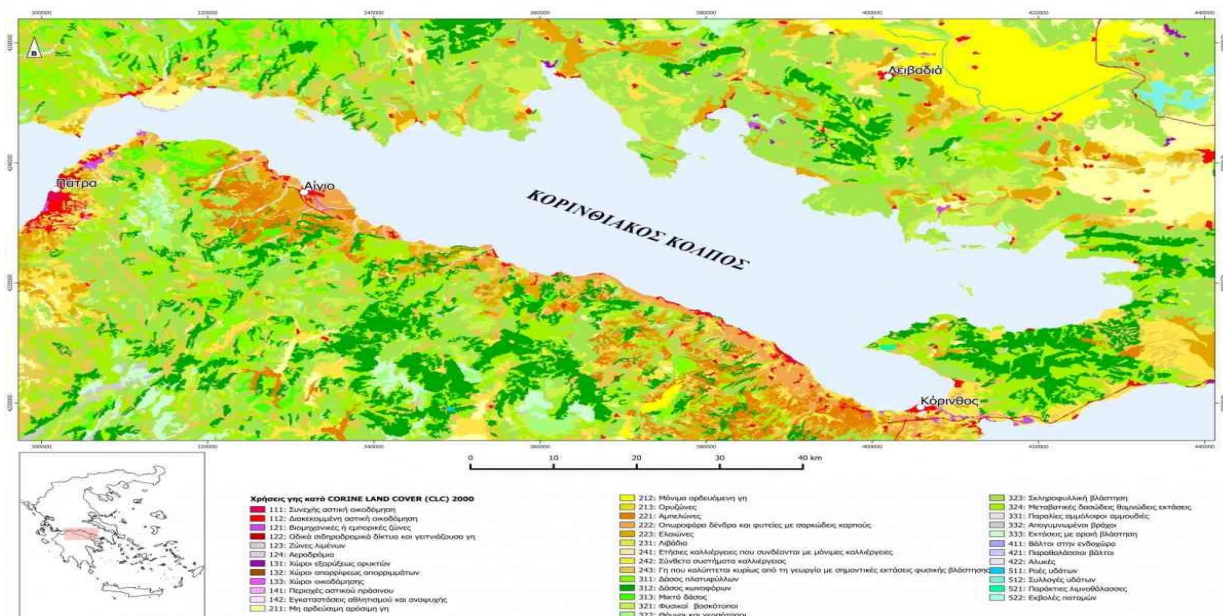
Εικόνα Β-1: Φυσιογραφικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου (*Heezen et al, 1966*).



Εικόνα Β-2: Βαθυμετρικός Χάρτης Κορινθιακού Κόλπου (*Nomikou et al., 2011*).



Εικόνα Β-3: Χάρτης σεισμικών επικέντρων για τον Κορινθιακό κόλπο. Σεισμοί περιόδου 1900 έως 2000 (**Αρχείο Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο**).



Εικόνα Β-4: Χάρτης χρήσεων-καλύψεων γης κατά CORINE Land Cover (CLC 2000) περιμετρικά του Κορινθιακού Κόλπου (<http://www.korinthiakos.info>).

Παράρτημα Γ.

Φωτογραφίες παράκτιων ευπαθών κτιριακών υποδομών



Εικόνα Γ-1: Παιδική χαρά επί του παραλιακού δρόμου της πόλης του Κιάτου σε απόσταση λίγων μέτρων από την ακτή.



Εικόνα Γ-2: Κεντρικός παραλιακός δρόμος της πόλης του Κιάτου στο ύψος του επιπέδου της θάλασσας χωρίς ύπαρξη αντιπλημμυρικών υποδομών.



Εικόνα Γ-3: Μαρίνα της πόλης του Κιάτου, προστατευμένη τμηματικά με τσιμεντένιο κυματοθραύστη.



Εικόνα Γ-4: Παραλιακά καφέ και εστιατόρια λίγα μέτρα από την παραλία της πόλης του Κιάτου.



Εικόνα Γ-5: Παραλιακός χώρος στάθμευσης, εκτεθειμένος σε περίπτωση εκδήλωσης Tsunami.



Εικόνα Γ-6: Ισόγεια παραλιακά καφέ και κέντρα διασκέδασης στην πόλη του Ξυλοκάστρου.



Εικόνα Γ-7: Κεντρική παραλιακή οδική αρτηρία μεταξύ Ξυλοκάστρου – Κιάτου στο ύψος του επιπέδου της θάλασσας, χωρίς ύπαρξη αντιπλημμυρικών υποδομών.



Εικόνα Γ-8: Εκβολές ποταμού Σύθα, πλησίον της τοπικής Μαρίνας του Ξυλοκάστρου.



Εικόνα Γ-9: Παραλιακό οδικό δίκτυο και ξενοδοχειακή μονάδα στο ύψος του επιπέδου της θάλασσας στην πόλη του Ξυλόκαστρου.