



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και
Εφαρμοσμένων Οικονομικών

Τμήμα Γεωγραφίας

**Γεωμορφολογική μελέτη του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού
Κερυνίτη (Β. Πελοπόννησος) με την χρήση νέων τεχνολογιών**

Πτυχιακή εργασία

Διαμαντίνα Γρίβα



Αθήνα, 2018



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Σχολή Περιβάλλοντος, Γεωγραφίας και
Εφαρμοσμένων Οικονομικών

Τμήμα Γεωγραφίας

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ευθύμιος Καρύμπαλης
Καθηγητής, Γεωγραφία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Χρήστος Χαλκιάς
Καθηγητής, Γεωγραφία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ισαάκ Παρχαρίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής, Γεωγραφία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Διαμαντίνα Γρίβα

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2017-2018 στο τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου Αθηνών.

Θα ήθελα συνεπώς να ευχαριστήσω των επιβλέπων καθηγητή μου κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη κατ' αρχήν για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας εργασίας, για την απαραίτητη υποστήριξη αλλά και το σημαντικό χρόνο που μου αφιέρωσε, χωρίς την αδιάκοπη καθοδήγηση του οποίου η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής δε θα ήταν εφικτή. Επίσης, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην διδάκτωρ κ. Αντιγόνη Φάκα για την πολύτιμη βοήθειά στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όλα τα άτομα που συνέβαλλαν στην εκμάθησή μου κατά τα πρώτα βήματά μου στο εργαστήριο γεωπληροφορικής και φυσικής γεωγραφίας.

Δίνονται ιδιαίτερες ευχαριστίες στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο που με τις παροχές του συνέβαλε στην επιστημονική εγκυρότητα της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Καθώς επίσης, χωρίς την συμβολή των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών και συγκεκριμένα των προγραμμάτων ArcGIS και GMT δεν θα ήταν εφικτή η χαρτογραφική απεικόνιση, αλλά ούτε και οι υπολογισμοί της.

Κλείνοντας, θα ήθελα να απευθύνω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους, οι οποίοι μου παρείχαν συνεχή υποστήριξη καθ όλη την διάρκεια της φοίτησης μου μέχρι και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	7
Abstract ή Περίληψη στα Αγγλικά	9
Πρόλογος	16
1. Εισαγωγή.....	17
Περιοχή μελέτης	17
1.1 Κερυνίτης	17
1.2 Νομός Αχαΐας.....	18
1.2.3. Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής.....	21
1.3. Γεωδυναμικό καθεστώς και μορφολογικά χαρακτηριστικά του Κορινθιακού κόλπου	22
2. Ρηγματογόνο τεκτονική	28
2.1. Ορισμός ενεργού ρήγματος και κριτήρια αναγνώρισής τους.....	30
2.2. Ταξινόμηση ενεργών ρηγμάτων	33
2.3. Σεισμικά ρήγματα στον Ελλαδικό χώρο	33
2.3.1. Ιστορικά.....	33
2.3.2. Ο σεισμός της Ελίκης κατά την Κλασική περίοδο	35
2.4. Επιφανειακές παραμορφώσεις	36
2.5. Ρήγμα Ελίκης.....	38
2.5.1 Μελέτες σχετικά με το ρήγμα της Ελίκης.....	38
2.5.1.1. Έρευνες στο ρήγμα της Ελίκης.....	39
2.5.2 Πως επηρεάζονται τα ποταμιά συστήματα της περιοχής απ' την τεκτονικής ανύψωσης.....	42
3. Δεδομένα και Μεθοδολογία	45
3.1. Χωρικά δεδομένα της λεκάνης απορροής και του δελταϊκού ριπιδίου (για τη δημιουργία της βάσης ψηφιακών δεδομένων στο λογισμικό ArcGis).	45
3.2. Δεδομένα που αξιοποιήθηκαν με το λογισμικό Gmt.....	47
3.3. Λογισμικό GMT	48
3.4. Google earth	50
3.5. Λογισμικό ArcGis.....	51
3.5.1. Ορισμός ΣΓΠ.....	51
3.5.2. Σχεδίαση χάρτη	52
3.5.3. Ποσοτική εκτίμηση υποχώρησης και προέλασης της δελταϊκής ακτογραμμής.....	52
3.6. Έρευνα πεδίου	54
4. Σεισμοί	55

4.4. Σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή	58
5. Το υδρογραφικό δίκτυο και η λεκάνη απορροής του ποταμού Κερυνίτη.....	63
5.1 Γενικά - Τύποι υδρογραφικού δικτύου	63
5.2. Υδρογραφικό δίκτυο ποταμού Κερυνίτη.....	64
5.3. Λεκάνη απορροής ποταμού Κερυνίτη.....	67
6. Το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Κερυνίτη.....	70
6.1. Γενικά για τα ποτάμια δέλτα	71
6.2. Η σπουδαιότητα των δέλτα	71
6.2.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα	72
6.2.2. Σχηματισμός δέλτα	73
6.2.3. Παράγοντες διαμόρφωσης των δέλτα	73
6.3. Αλλουβιακά κι δελταϊκά ριπίδια	75
6.3.1. Διεργασίες απόθεσης στα αλλουβιακά ριπίδια.....	75
6.3.2. Διεργασία απόθεσης	76
6.4. Δελταϊκά ριπίδια (fan delta)	77
6.4.1. Σύστημα τροφοδοσίας.....	77
6.4.2. Μορφολογία δελταϊκών ριπιδίων	78
6.5. Γεωμορφολογία του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη	79
6.5.1. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του δελταϊκού Ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη.....	81
6.5.2. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της δελταϊκής πεδιάδας.....	82
6.6. Διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής	96
6.6.1. 1 ^η περίοδος παρατήρησης (1945 – 1969)	97
6.6.2. 2 ^η περίοδος παρατήρησης (1969 - 1996)	99
6.6.3. 3 ^η περίοδος παρατήρησης (1996-2009).....	102
6.6.4. 4 ^η περίοδος παρατήρησης (2009-2017).....	105
6.6.5. Συνολικά για την περίοδο παρατήρησης (1945-2017).....	107
6.7. Αίτια μεταβολών ακτογραμμής.....	108
7. Μέτρα προστασίας από τη διάβρωση.....	112
7.1. Μέτρα προστασίας στην περιοχή.....	112
8. Συμπεράσματα.....	118
Βιβλιογραφία	122
Παράρτημα Α΄	128
Παράρτημα Β΄	130

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία επιχειρείται η μελέτη της γεωμορφολογίας του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη με την αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, καθώς και υπαίθρια έρευνα πεδίου. Για την απεικόνιση της σεισμικής δραστηριότητας στην ευρύτερη περιοχή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για τους σεισμούς από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών τα όποια οπτικοποιήθηκαν με την χρήση του λογισμικού GMT (General Mapping Tools). Σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό και τη διαμόρφωση του δελταϊκού ριπιδίου έχει η αυξημένη στερεομεταφορά που οφείλεται στο έντονο ανάγλυφο της λεκάνης απορροής εξαιτίας της τεκτονικής δραστηριότητας που είναι ιδιαίτερα έντονη. Το ριπίδιο αναπτύσσεται στο κατερχόμενο τέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης της Ελίκης, ενώ το υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού αναπτύσσεται στο ανυψούμενο τέμαχος. Για τη μελέτη της γεωμορφολογίας σχεδιάστηκε ένας γεωμορφολογικός χάρτης που απεικονίζει τις γεωμορφές τόσο της δελταϊκής πεδιάδας όσο και της δελταϊκής ακτογραμμής. Στη γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής συνέβαλλαν καθοριστικά οι διαθέσιμοι ορθοφωτοχάρτες και αεροφωτογραφίες οι οποίοι αξιοποιήθηκαν για τη δημιουργία χαρτών, οι οποίοι κατασκευάστηκαν μέσω Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών τα θεματικά επίπεδα της τοπογραφίας και της γεωλογίας. Το δελταϊκό ριπίδιο ηλικίας Ανώτερου Ολοκαίνου είναι προϊόν της απόθεσης ιζημάτων από τον Κερυνίτη πόταμο που είναι ένα ποτάμι μεγάλης μορφολογικής κλίσης το οποίο αποθέτει το αδρομερές φορτίο ιζημάτων του κατά μήκος των νότιων ακτών του δυτικού Κορινθιακού κόλπου στην βόρεια Πελοπόννησο. Διαπιστώθηκε ότι η κοίτη του Κερυνίτη στο δέλτα μετατοπίστηκε διαχρονικά από τα ανατολικά προς τα βορειοδυτικά πιθανά εξαιτίας της απόθεσης υλικών λόγω βαρύτητας από το ποτάμι ή εξαιτίας της προς ανατολάς τεκτονικής δραστηριότητας του ρήγματος της Ελίκης. Σημαντική διεργασία κατά μήκος της ακτής είναι η διάβρωση που αποτυπώνεται σε μεγάλο μήκος της ακτογραμμής με έναν μικρού ύψους κρημνό στις δελταϊκές αποθέσεις. Εκτιμήθηκε ότι μεταξύ 1945 και 2017 ο μέγιστος μέσος ρυθμός διάβρωσης έφθασε τα 0,57 m/έτος. Βασική αιτία της υποχώρησης είναι οι αμμοληψίες από την κεντρική κοίτη του ποταμού.

Λέξεις κλειδιά: δελταϊκό ριπίδιο, σεισμική δραστηριότητα, γεωμορφολογία, διάβρωση.

Abstract ή Περίληψη στα Αγγλικά

This dissertation aims at the study of the geomorphology of the Kerynitis River fan delta utilizing Geographic Information System techniques and fieldwork. In order to depict the seismicity of the broader area earthquake data from the Insitute of Geodynamics of the National Observatory of Athens have been used and maps of seismic activity have been constructed using GMT (General Mapping Tools) software. An important role for the formation and configuration of the Kerynitis fan delta played the increased sediment load which is the result of the intense relief of the drainage basin due to high rated of tectonic uplift. The fan delta is developed at the hanging wall of the Eliki fault while the drainage network of the river drains the footwall. In order to study the geomorphology of the fan delta a detailed geomorphological map has been prepared depicting the landforms of both the fan delta plain and the fan delta front. Particularly useful information for the geomorphological were mapping : orthophotomosaics and aerial photos of the area, topographic and geological maps of the area. The fan delta which is of Late Holocene age is the result of the deposition of the Kerinitis River sediments. The River has a high channel slope and deposits its coarse material along the southern coast of the western Gulf of Corinth (North Peloponnese). One of the main conclusions of the dissertation is that the main channel of the River has migrated towards northwest probably due to the deposition of debris flow sediments from the river or due to the higher eastward activity of the Eliki fault. The most important process along the coastline of the fan delta is erosion which is obvious for a significant part of the coast with the presence of a low coastal cliff which has developed at the fan delta plain sediments. The mean maximum erosion rate of the delta coastline between the years 1945 and 2017 reaches 0,57 m/year while the main reason for this retreat is the extensive sandpits during the last decades.

Keywords: delta fan, seismic activity, geomorphology, erosion.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΕΛ/ΛΑΚ	Ελεύθερο Λογισμικό/Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα
ΓΣΠ ή ΣΓΠ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα	Σελίδα
Εικόνα 1: Όπου απεικονίζεται η λεκάνη απορροής και το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Κερυνίτη	18
Εικόνα 2: Το κύριο υδρογραφικό δίκτυο που εκβάλλει στον Κορινθιακό κόλπο	21
Εικόνα 3: Google Earth όπου απεικονίζεται ο Κορινθιακός κόλπος	22
Εικόνα 4.:Χάρτης της ευρύτερης περιοχής των κύριων γεωτεκτονικών δομών του ευρύτερου Ελλαδικού χώρου.	24
Εικόνα 5. Συνοπτικός γεωλογικός χάρτης με τα κυριότερα ρήγματα και τα επίκεντρα ισχυρών σεισμών της Κορινθιακής τάφρου	25
Εικόνα 6.:Γεωτεκτονικός χάρτης της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου, όπως τροποποιήθηκε από Armijo et al. (1996), Sakellariou et al. (2001) και Stefano et al. (2002). Το χερσαίο τεκτονικό καθεώς στην περιοχή του Αιγίου έχει τροποποιηθεί από το χάρτη των Ghisetti et al. (2001).	27
Εικόνα 7: Ρήγμα Ελίκης, παράλια Αιγιαλείας, Πελοπόννησος (Schmidt 1864-67) 1η παγκοσμία λεπτομερής χαρτογράφηση επιφανειακών διαρρήξεων σεισμικών ρηγμάτων και άλλων εδαφικών παραμορφώσεων μετά το σεισμό του 1861.	34
Εικόνα 8:Συνθετικός χάρτης γεωλογικής επικινδυνότητας (σύνθεση από Heezen et al (1966), Ferentinis et al (1988), Ambraseys & Jackson (1997), Stefatos et al (2002), Moreti et al (2003), Bell et al (2009), (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο).	37
Εικόνα 9: Πανοραμική άποψη του ανατολικού τμήματος του ρήγματος της Ελίκης (Αιγιαλεία-Κόρινθος) , με τα βέλη να διαχωρίζουν το ορεινό από το πεδινό τμήμα.	40
Εικόνα 10: Σεισμική διάρρηξη με άλμα 90cm του σεισμού της Ελίκης – Βαλιμίτικα (1861 Αιγιαλεία) μετά την αποκάλυψη της από παλαιοσεισμική τομή.	30
Εικόνα 11: Φωτογραφία από ελικόπτερο, όπου απεικονίζονται τα δυο	42

κύρια τμήματα του ρήγματος	
Εικόνα 12: Κύρια πρότυπα ανάπτυξης υδρογραφικών δικτύων	63
Εικόνα 13: Πρότυπα ανάπτυξης υδρογραφικών	64
Εικόνα 14: Φωτογραφία εκβολής Κερυνίτη ποταμού από την υπαίθρια έρευνα	67
Εικόνα 15: Χάρτης δελταϊκού ριπιδίου Κερυνίτης	71
Εικόνα 16: Μορφολογικά χαρακτηρίστηκα ενός Δέλτα	72
Εικόνα 17: Σχηματισμός δέλτα	73
Εικόνα 18: Κανάλια διανομής Δέλτα	73
Εικόνα 19: Αλλουβιακά ριπίδια και δέλτα όπου η μείωση της μεταφορικής ικανότητας μεταφοράς προκαλεί την ταχεία απόθεση μεγάλου μέρους του ποτάμιου ιζήματος της ροής	75
Εικόνα 20: Διεργασίες αποθέσεις στα αλλουβιακά – δελταϊκά ριπίδια	76
Εικόνα 21: Μορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηρίστηκα τύπων δελταϊκών ριπιδίων	78
Εικόνα 22: Ο άμεσος χώρος των εκβολών του ποταμού	79
Εικόνα 23. Χάρτης μέσου ετήσιου σημαντικού ύψους κύματος για τις ακτές του Κορινθιακού κόλπου όπως έχει προκύψει από μετρήσεις του προγράμματος POSEIDON του ΕΛΚΕΘΕ	80
Εικόνα 24: Φωτογραφία εκβολής του ποταμού ανατολική πρόσοψη από την έρευνα πεδίου.	84
Εικόνα 25 :Εκβολή ποταμού δυτική πρόσοψη, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας	84
Εικόνα26,27: Ποτάμιες αποθέσεις στην πάνω χονδρόκοκκο και ύλης στην κάτω αδρομερές και χονδρόκοκκο υλικό αποτίθεται, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας	85
Εικόνα 28: Αποθέσεις εντος της κοίτης (ιλύς), φωτογραφία επιτόπιας έρευνας	85
Εικόνα 29,30,31: Πλευρικές αποθέσεις κοίτης φωτογραφία επιτόπιας	86

έρευνας	
Εικόνα 32:Κεντρική κοίτη, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας	86
Εικόνα 33 : εκβολή ποταμού	87
Εικόνα 34,35: Φυσικά αναχώματα πλεξοειδων κοιτών , φωτογραφία επιτόπιας έρευνας	87
Εικόνα 36,37: Τεχνητά αναχώματα προσπάθειες οριοθέτησης της κοίτης φωτογραφία επιτόπιας έρευνας	88
Εικόνα 38: Αποθέσεις αδρομερούς υλικού από την κεντρική κοίτη του ποταμού, φωτογραφία επιτόπιας	88
Εικόνα 39:Το ρήγμα της Ελίκης απεικονίζεται με κόκκινη γραμμή και φαίνονται τα δελταϊκά ριπίδια που αναπτύσσονται στο κατερχόμενο τέμαχος του ρήγματος. Το ριπίδιο του Κερυνίτη βρίσκεται ανάμεσα στο δυτικό και το ανατολικό τμήμα του ρήγματος. Το πορτοκαλί βέλος δείχνει τη διεύθυνση που η δραστηριότητα του ρήγματος αυξάνει.	90
Εικόνα 40: Πρόβολος στο δυτικό τμήμα της δελταϊκής ακτογραμμής. Φαίνεται η συσσώρευση των παράκτιων ιζημάτων στην ανατολική πλευρά του προβόλου γεγονός που αποτελεί ένδειξη ότι το επικρατών παράκτιο ρεύμα είναι προς τα δυτικά.	91
Εικόνα 41: Τα δύο κόκκινα βέλη οριοθετούν το περίπου 2km μήκους τμήμα της δελταϊκής ακτογραμμής όπου αναπτύσσεται ο χαμηλός παράκτιος κρημνός εξαιτίας της διάβρωσης της δελταϊκής πεδιάδας από τη δράση των παράκτιων διεργασιών .	92
Εικόνα 42:Τοιχίο προστασίας της νοτιοανατολικής ακτής του δελταϊκού ριπιδίου από τη διάβρωση που έχει καταρρεύσει από τη δράση των παράκτιων διεργασιών. Η φωτογραφία έχει τραβηχτεί στο νοτιοανατολικό κόκκινο βέλος της προηγούμενης εικόνας.	93
Εικόνα 43: Η φωτογραφία τραβήχτηκε στο σημείο όπου απεικονίζεται το βορειοδυτικό κόκκινο βέλος (βλέπε παραπάνω χάρτη). Είναι εμφανής η παράκτια διάβρωση της πλευράς αυτής του ριπιδίου όπου η θάλασσα έχει φθάσει στον περίβολο οικίας.	93
Εικόνα 44:Χαμηλός κρημνός που έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο μήκος (περίπου 2km) της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου που αποτελεί ένδειξη εκτεταμένης παράκτιας διάβρωσης.	94
Εικόνα 45: Άποψη του χονδρόκοκκου υλικού αιγιαλού στη βορειοδυτική ακτή του δελταϊκού ριπιδίου. Η πεπλατυσμένη κροκάλα είναι ψαμμιτικής	95

σύστασης.	
Εικόνα 46: Άποψη του παράκτιου αδρομερούς υλικού του αιγιαλού που αναπτύσσεται νοτιοανατολικά των ενεργών εκβολών του ποταμού. Το υλικό έχει διαβαθμισθεί σε τέσσερις berms οι οποίες έχουν σημειωθεί με κόκκινες γραμμές.	96
Εικόνα 47. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1945-1969.	97
Εικόνα 48. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1969-1996.	99
Εικόνα 49. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1996 -2009.	102
Εικόνα 50. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 2009-2017.	105
Εικόνα 51. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1945-2017	107
Εικόνα 52: τοίχος προστασίας υπό κατάρρευση	113
Εικόνα 53: Ρωγμές στο παράκτιο οδικό δίκτυο	114
Εικόνα 54,55 : Εκτεταμένη διάβρωση στο νοτιοανατολικό δελταϊκό ριπίδιο.	114
Εικόνα 56,57 : Διάβρωση στο νοτιοανατολικό δελταϊκό ριπίδιο	115
Εικόνα 58: Πρόβολος που έχει κατασκευαστεί για την προστασία της ακτογραμμής του δυτικού τμήματος του δελταϊκού ριπιδίου.	115
Εικόνα 59: Οι βραχίονες ή πρόβολοι (groins) κατασκευάζονται για να συσσωρεύσουν την άμμο στην πλευρά που το μεταφερόμενο από το παράκτιο ρεύμα ίζημα συναντά την κατασκευή προκαλώντας διάβρωση στο πίσω από τους βραχίονες τμήμα του αιγιαλού (Α= απόθεση, Δ= διάβρωση)	116
Εικόνα 60: καταστροφές στο παράκτιο οδικό δίκτυο του δυτικού τμήματος του δελταϊκού ριπιδίου	116
Εικόνα 61: διάβρωση του δυτικού τμήματος του δελταϊκού ριπιδίου	117

Εικόνα 62: καταστροφές στο δυτικό τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου	117
--	-----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα	Σελίδα
Σχήμα1: Κριτήρια για την αναγνώριση των ενεργών ρηγμάτων	32
Σχήμα2: Παλαιοσεισμολογική τομή στην ζώνη του κυρίου ρήγματος της Ελίκης, χαρτογραφημένη σε κλίμακα 1:20	41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελίδα
Πίνακας 1: Πηγές δεδομένων για την δημιουργία βάσης δεδομένων στο ArcGis	46
Πίνακας 2: Πηγές δεδομένων στο Gmt	48
Πίνακας 3: Σεισμολογικά δεδομένα	49
Πίνακας 4: Σεισμολογικά δεδομένα μεγέθους $\geq 5M$	49
Πίνακας 5: Κατάλογος σεισμικών δονήσεων της ευρύτερης περιοχής μελέτης από 01/01/1964 έως 01/01/2018 με μέγεθος $\geq 5 ML$	59
Πίνακας 6: Μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ έτος, για την χρονική περίοδο 1945-1969	98
Πίνακας 7 : έκτασης μετατόπισης μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km^2 και $km^2/έτος$) για τη χρονική περίοδο 1945-1969	99
Πίνακας 8: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ έτος, για την χρονική περίοδο 1969-1996	100
Πίνακας 9: έκτασης μετατόπισης μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km^2 και $km^2/έτος$) για τη χρονική περίοδο 1969-1996	100
Πίνακας 10: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ έτος, για την χρονική περίοδο 1996-2009	103
Πίνακας 11: έκτασης μετατόπισης μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km^2 και $km^2/έτος$) για τη χρονική περίοδο 1996-2009	103
Πίνακας 12: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ έτος, για την χρονική περίοδο 2009-2017	106
Πίνακας 13: έκτασης μετατόπισης μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km^2 και $km^2/έτος$) για τη χρονική περίοδο 2009-2017	106
Πίνακας 14: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ έτος, για την χρονική περίοδο 1945-2017	108
Πίνακας 15: έκτασης μετατόπισης μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km^2 και $km^2/έτος$) για τη χρονική περίοδο 1945-2017	108

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης	Σελίδα
Χάρτης 1: Δημοτική ενότητα Αχαΐας. Στο χάρτη απεικονίζεται η γεωγραφική θέση του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Κερυνίτη	19
Χάρτης 2: Γεωγραφικής κατανομής της ετήσιας βροχόπτωσης, της μέσης θερμοκρασίας του αέρα και της υγρασίας στην Ελλάδα	20
Χάρτης 3: Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός Χάρτης	39
Χάρτης 4: Τοπογραφικό σκαρίφημα του ρήγματος της Ελίκης : θέσεις παλαιοσεισμολογικών εκσκαφών (ELI-1 έως ELI-5)	42
Χάρτης 5: Οι κυριότερες λεκάνες απορροής της βόρειας Πελοποννήσου, τα αντίστοιχα δελταϊκά τους ριπίδια και τα κύρια ρήγματα στην περιοχή από τους Armijo et al., 1996	43
Χάρτης 6: α) Ακτογραμμή της περιοχής μελέτης όπου απεικονίζονται τα δελταϊκά ριπίδια αλλά και τα ρήγματα που επηρεάζουν την ακτογραμμή. (Κ.φ.: ριπίδιο Κερυνίτη) β) μορφολογία κάτω από την επιφάνεια του Κορινθιακού κόλπου	44
Χάρτης 7: σεισμικά γεγονότα στην περιοχή μελέτης από 01/01/1964 έως 01/01/2018 με μέγεθος ≥ 5 ML	58
Χάρτης 8: σεισμικά γεγονότα στην περιοχή μελέτης από 01/01/2011 έως 01/08/2017 με μέγεθος ≥ 3 ML	60
Χάρτης 9: σεισμικά γεγονότα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης από 01/01/2011 έως 01/08/2017 με μέγεθος ≥ 3 ML πάνω σε ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής	61
Χάρτης 10: σεισμικά γεγονότα στην περιοχή μελέτης από 01/01/2011 έως 01/08/2017 με μέγεθος ≥ 3 ML	62
Χάρτης 11: Το υδρογραφικό δίκτυο του Κερυνίτη ποταμού	65
Χάρτης 12: Απεικονίζει την λιθολογία των λεκανών απορροής ευρύτερα της περιοχής μελέτης	70
Χάρτης 13: Γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη ποταμού	82
Χάρτης 14: Ορθοφωτοχάρτης του 1996 όπου απεικονίζεται η μεταβολή μεταξύ των ακτογραμμών 1945-1996	101
Χάρτης 15: Τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ έτους 1969 στον οποίο απεικονίζονται οι ακτογραμμές του 1945, 1996 και 2009.	104
Χάρτης 16: Χρήσεις Γης περιοχής μελέτης	111

Πρόλογος

Η ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας με θέμα τη γεωμορφολογική μελέτη του δελταϊκού ριπιδίου του ρέματος Κερυνίτη στο νομό Αχαΐας έγινε από τον επιβλέπων Καθηγητή κ. Καρύμπαλη Ευθύμιο τον Οκτώβριο του 2017. Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της δελταϊκής πεδιάδας και του παρακτίου μετώπου του δελταϊκού ριπιδιού και των αντιστοιχών μορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής.

Για την συλλογή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε κυρίως επιτόπια έρευνα σε συνδυασμό με τη συλλογή βιβλιογραφίας. Επιπλέον για την αξιολόγηση των δεδομένων σχεδιάστηκε και οργανώθηκε μια ψηφιακή βάση δεδομένων που αφορούν τόσο το δελταϊκό ριπίδιο, όσο και τη λεκάνη απορροής.

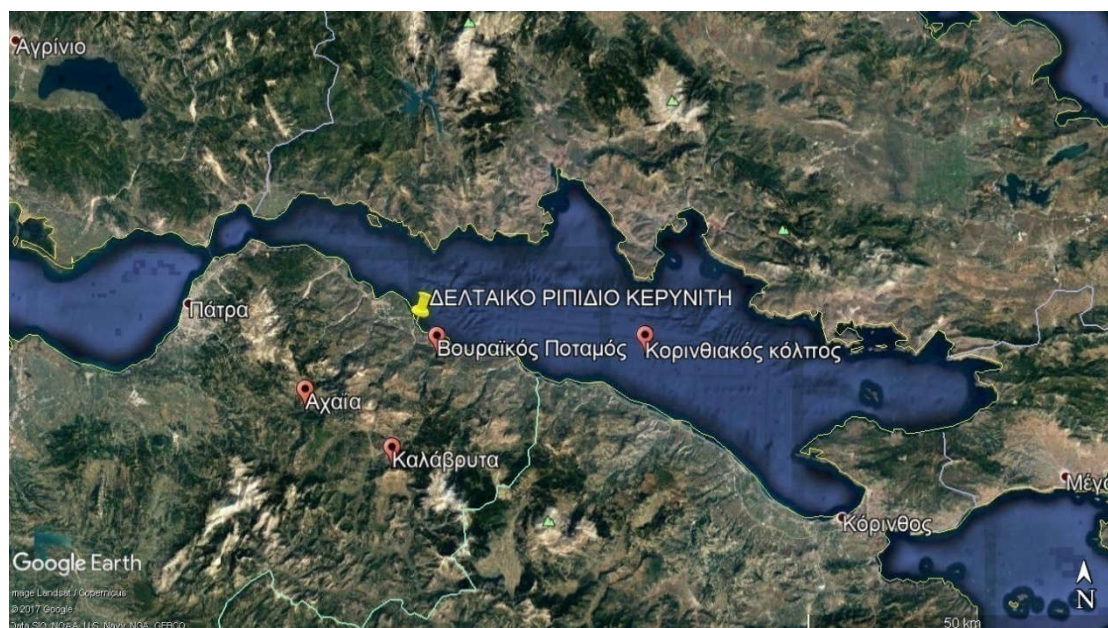
Στόχος της εργασίας αποτελεί η κατανόηση, από τον αναγνώστη, της γεωμορφολογίας της περιοχής καθώς και η ανάδειξη των παραγόντων διαμόρφωσης των χαρακτηριστικών του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε ένας λεπτομερής γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου όπου απεικονίζονται οι κύριες γεωμορφές της δελταϊκής πεδιάδας και του δελταϊκού μετώπου ενώ ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη μελέτη της διαχρονικής μετατόπισης της ακτογραμμής από το 1945 έως σήμερα.

1. Εισαγωγή

Περιοχή μελέτης

1.1 Κερυνίτης

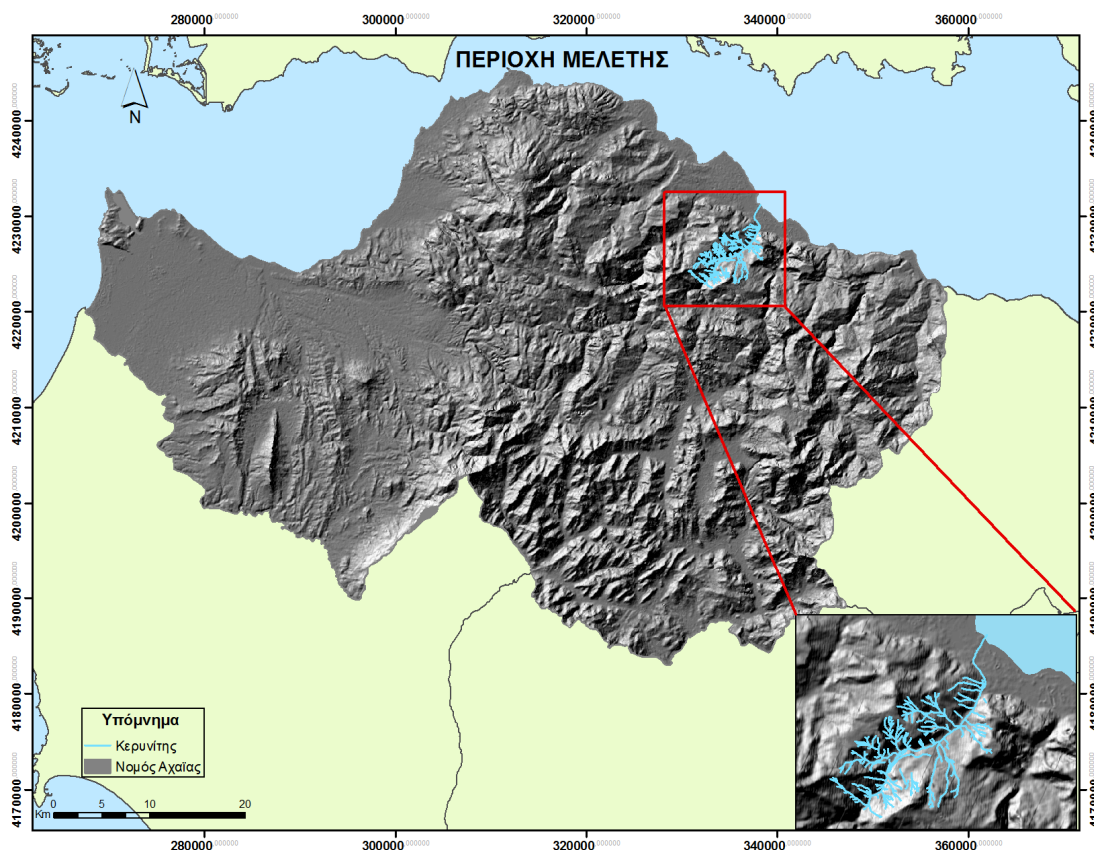
Η λεκάνη απορροής και το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Κερυνίτη βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της Βόρειας Πελοποννήσου. Η περιοχή μελέτης διοικητικά υπάγεται στην περιφερειακή ενότητα Αχαΐας. Ο Κερυνίτης πηγάζει από το Όρος Κερύνεια περιοχή που συμφώνα με την παρούσα διοικητική διαίρεση ανήκει στον Καλλικρατικό δήμο Καλαβρύτων μεταξύ των χωριών Πλατανιώτισσα (Κλαπατσούνα) και Κερπινή. Στην διαδρομή του πόταμου κατά μήκος της κεντρικής κοίτης σχηματίζεται ένα φαράγγι με ιδιαίτερα πλούσια ορνιθοπανίδα. Στις εκβολές του στις νότιες ακτές του Κορινθιακού κόλπου η απόθεση των ιζημάτων από τη διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής έχει διαμορφώσει ένα δελταϊκό ριπίδιο. Κατά την έξοδο του στην δελταϊκή πεδιάδα του ριπιδίου του ο ποταμός στρέφεται Β-ΒΔ συνεχίζοντας την πορεία τους υπό την ίδια διεύθυνση και εν συνέχεια στρέφεται ξανά Β-ΒΑ έως ότου εκβάλει στην νοτιοδυτική πλευρά του Κορινθιακού κόλπου. Η αλλαγή αυτή στη διεύθυνση ροής της κεντρικής κοίτης του ποταμού όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια οφείλεται κυρίως στη δραστηριότητα του ρήγματος της Ελίκης.



Εικόνα1: Όπου απεικονίζεται η λεκάνη απορροής και το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Κερυνίτη (Πηγή: Google Earth)

1.2 Νομός Αχαΐας

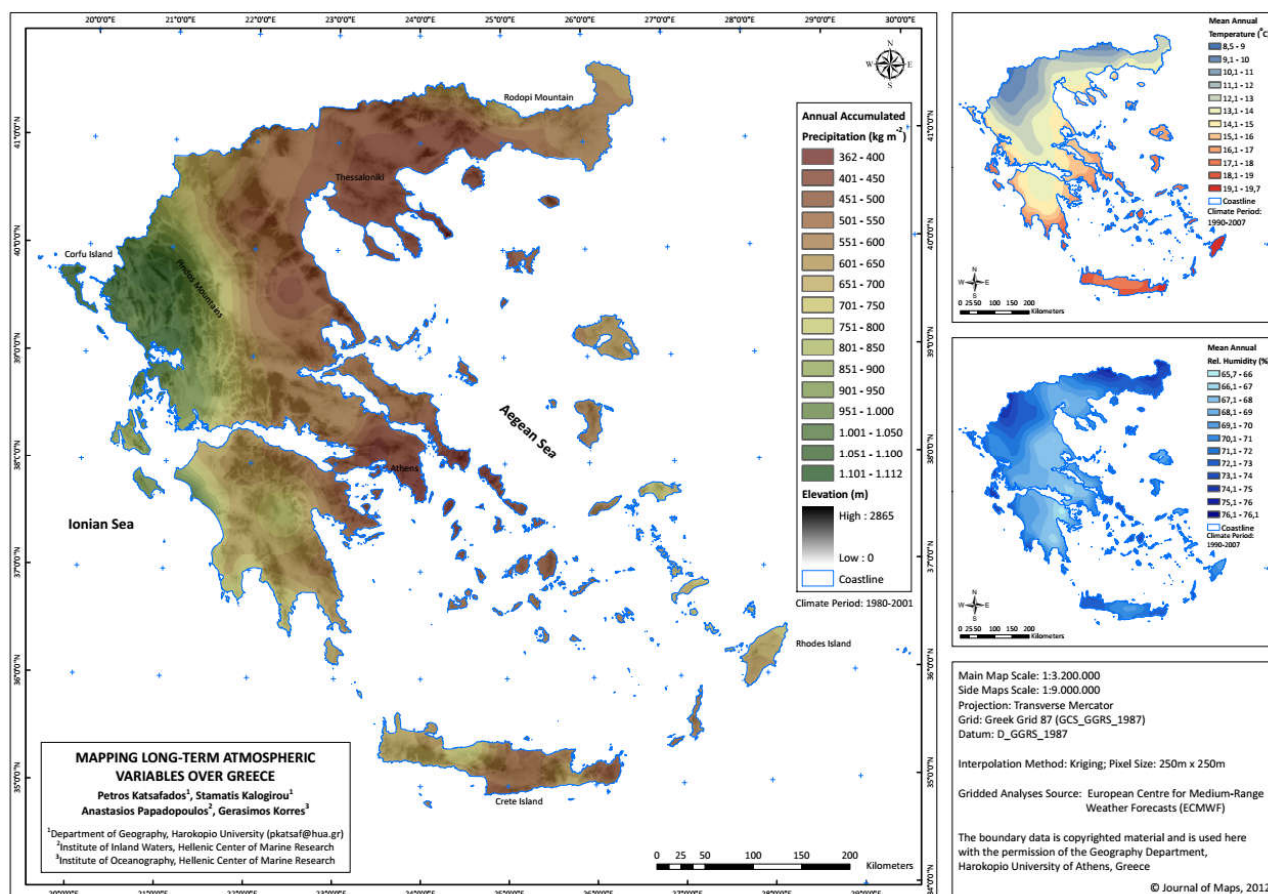
Η λεκάνη απορροής του Κερυνίτη όπως ήδη αναφέρθηκε βρίσκεται στο Νομό Αχαΐας. Η Αχαΐα αποτελεί μια από τις περιφερειακές ενότητες της Ελλάδος όπως αυτές καθορίστηκαν μετά το 2011. Εκτείνεται στο βόρειο μέρος του γεωγραφικού διαμερίσματος της Πελοποννήσου βρέχεται από θάλασσα σε δυο πλευρές , το βόρειο μέρος από τον Κορινθιακό και τον Πατραϊκό Κόλπο καθώς επίσης από το Ιόνιο πέλαγος στα δυτικά. Συνορεύει νότια με τους νομούς Ηλείας και Αρκαδίας και ανατολικά με τον νόμο Κορίνθιας.



Χάρτης 1: Δημοτική ενότητα Αχαΐας. Στο χάρτη απεικονίζεται η γεωγραφική θέση του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Κερυνίτη.

Πηγή: Ιδία επεξεργασία δεδομένων

Το κλίμα της Αχαΐας μπορεί να χαρακτηριστεί ως Εύκρατο Μεσογειακό. Όπως φαίνεται στον χάρτη 2., όπου απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή της μέσης βροχόπτωσης και της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην Ελλάδα, οι κλιματολογικές συνθήκες ποικίλουν ανάλογα με το υψόμετρο και την απόσταση από την θάλασσα. Το Μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες στα πεδινά με θερμά και ξηρά καλοκαίρια.



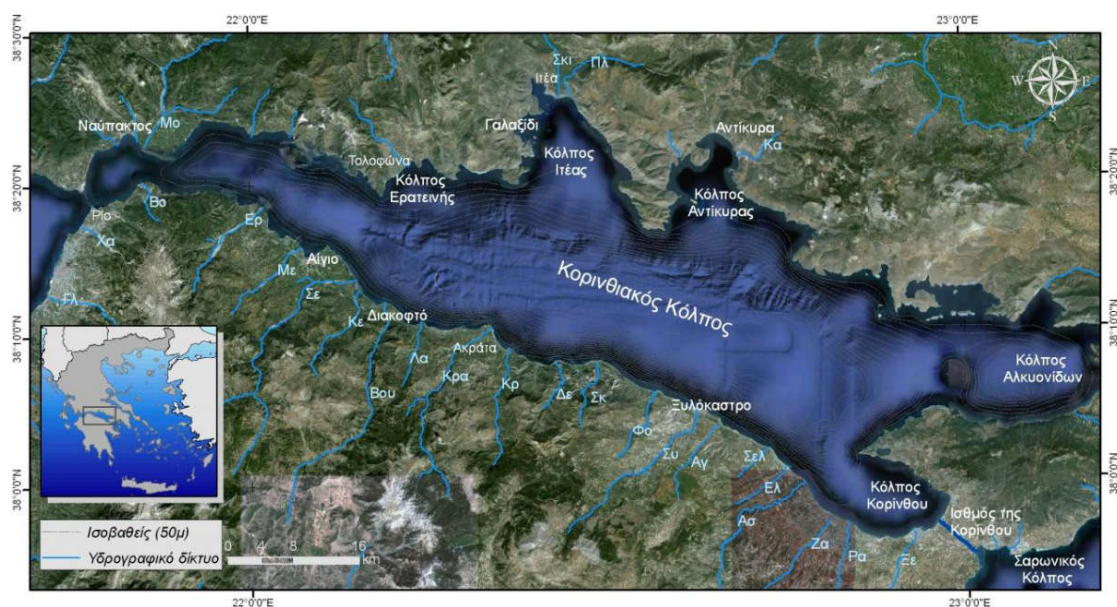
Χάρτης(2) γεωγραφικής κατανομής της ετήσιας βροχόπτωσης, της μέσης θερμοκρασίας του αέρα και της υγρασίας στην Ελλάδα.

Πηγή: Katsafados P. et al. 2012

Το κλίμα της περιοχής μελέτης είναι εύκρατο μεσογειακό με μέση ετήσια βροχόπτωση που κυμαίνεται από 800 mm κατά μήκος της ακτής σε πάνω από 1200 mm στα νοτιότερα υψίπεδα. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 15°C στα μεγάλα υψόμετρα και 17°C κατά μήκος της ακτογραμμής (Karymbalis et al. 2016). Η βροχόπτωση παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές κατά τη χειμερινή περίοδο και μικρότερες κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Ανάλογη είναι και η ετήσια διακύμανση της παροχής του ποταμού. Συνεπώς η διάβρωση εντός της λεκάνης απορροής λαμβάνει χώρα κυρίως κατά το χειμώνα και την άνοιξη που η παροχή είναι αυξημένη λόγω της τήξης του χιονιού.

1.2.3. Μορφολογία της ευρύτερης περιοχής

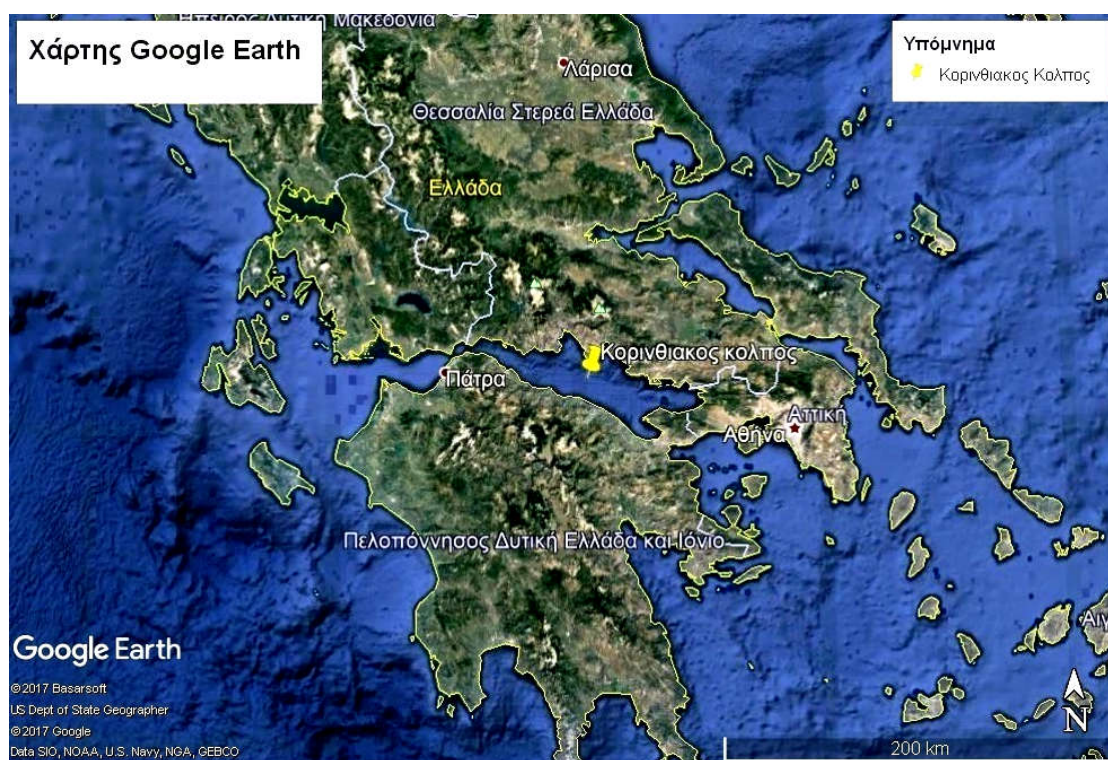
Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής μελέτης είναι έντονα. Η περιοχή στο σύνολό της χαρακτηρίζεται ως ορεινή αν και βόρεια βρέχεται από θάλασσα. Ο ποταμός Κερυνίτης είναι ένα από τα ποτάμια της βόρειας Πελοποννήσου που εκβάλλουν στις νότιες ακτές του Κορινθιακού κόλπου. Ο Κορινθιακός κόλπος είναι μια μεταορογενετική τεκτονική τάφρος με την ίσως μεγαλύτερη τεκτονική δραστηριότητα παγκοσμίως. Η μορφολογία λοιπόν της λεκάνης απορροής του Κερυνίτη αλλά και η διαμόρφωση και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του δελταϊκού του ριπιδίου σχετίζονται άμεσα με την τεκτονική δραστηριότητα του Κορινθιακού κόλπου. Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η αναφορά στον Κορινθιακό κόλπο και στα ιδιαίτερα γεωτεκτονικά του χαρακτηριστικά.



Εικόνα 2: Το κύριο υδρογραφικό δίκτυο που εκβάλλει στον Κορινθιακό κόλπο (πηγή: <http://korinthiakos.info/>)

1.3. Γεωδυναμικό καθεστώς και μορφολογικά χαρακτηριστικά του Κορινθιακού κόλπου

Ο Κορινθιακός Κόλπος περιβάλλεται από τις περιφερειακές ενότητες της Αιτωλοακαρνανίας και Φωκίδας στα βόρεια, της Βοιωτίας στα βορειοανατολικά, της Αττικής στα ανατολικά, νοτιοανατολικά από την Κορίνθια και νοτιοδυτικά από την Αχαΐα. Ο ποταμός Κερυνίτης εκβάλλει στις νότιες ακτές του δυτικού Κορινθιακού κόλπου και στις εκβολές του έχει διαμορφωθεί ένα δελταϊκό ριπίδιο έκτασης μόλις 6,16 km². Στις περιοχές πέραν των βόρειων και των νότιων ακτών του κόλπου συναντώνται υψόμετρα που αγγίζουν τα 2.000m σε μικρή σχετικά απόσταση από τις ακτές.



Εικόνα 3: Google Earth όπου απεικονίζεται ο Κορινθιακός κόλπος

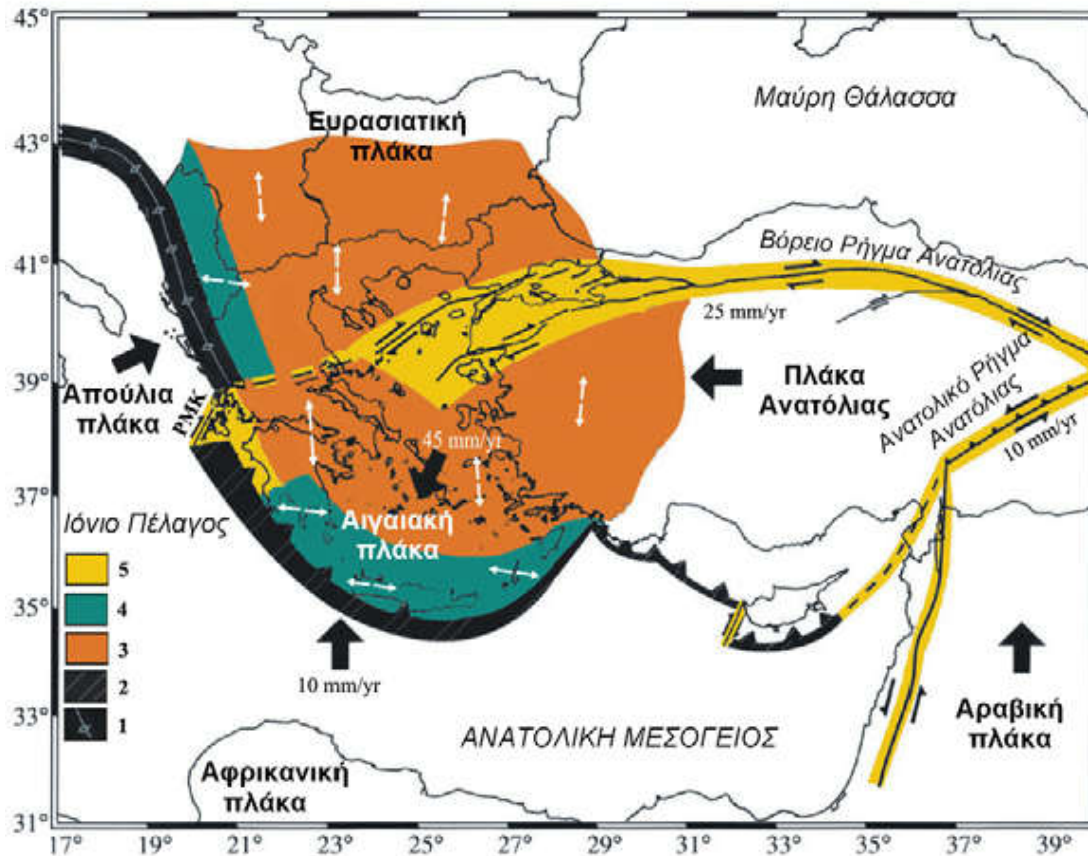
Ο Κορινθιακός κόλπος (εικ.3) χωροθετείται εντός των γεωγραφικών συντεταγμένων WGS84 38° 12' 55.08" N, 22° 32' 35.88" E. Εκτείνεται ανάμεσα σε Στερεά Ελλάδα και Πελοπόννησο. Δυτικά εκτείνεται έως τον Πορθμό του Ρίου - Αντιρρίου ενώ ανατολικά έως τον κόλπο των Αλκυονίδων. Μέσω του στενού του Ρίου - Αντίρριου και της διώρυγας της Κορίνθου ο Κορινθιακός κόλπος επικοινωνεί με τον Πατραϊκό κόλπο και τον Σαρωνικό κόλπο αντίστοιχα.

Η τάφρος του Κορινθιακού αναπτύσσεται επί ηπειρωτικού φλοιού μπροστά από το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, σε μια περιοχή που χαρακτηρίζεται ως μία από τις περισσότερο ενεργές περιοχές διαστολής, παγκοσμίως (Makris, 1976; Mercier et al. 1977; Doutsos et al., 1988; Jackson & McKenzie, 1988). Αποτελεί τμήμα του συστήματος του Ελληνικού τόξου (εικ. 4) και ο σχηματισμός της θεωρείται αποτέλεσμα της διαστολής που υφίσταται η μικροπλάκα του Αιγαίου λόγω της καταβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από αυτήν (Parazachos & Comninakis 1971; McKenzie 1972).

Ο Κορινθιακός Κόλπος θεωρείται ένα τυπικό Μεταλλικό τεκτονικό βύθισμα, με χαρακτήρα οπισθοτάφρου (Le Pichon & Angelier 1979), μήκους 100-130 km και πλάτους 20-40 km περίπου με διεύθυνση Α.ΝΑ- Δ.ΒΔ (Dia, Cohen, O’Nions, Jackson, 1997). Το τεκτονικό αυτό βύθισμά (τάφρος) χωρίζει το Αλπικό υπόβαθρο της ηπειρωτικής Ελλάδας από την Πελοπόννησο (Doutsos et al. 1988). Η δημιουργία του ξεκίνησε κατά το Αν. Μειόκαινο και σήμερα αποτελεί μια από τις πιο σεισμοτεκτονικά ενεργές δομές του ελλαδικού χώρου. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μέγιστο βάθος του κόλπου φτάνει τα 900 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και εντοπίζεται στο ανατολικό του τμήμα.

Ηλικιακά η γένεση της λεκάνης χρονολογείται κατά το Μειόκαινο και η εξέλιξη της ελέγχεται.

Μπορεί να διακριθεί σε τρεις επιμέρους ζώνες : Την Κορινθιακή τάφρο στα ανατολικά, την τάφρο του Ρίου Αντιρρίου και την Πατραϊκή τάφρο στα δυτικά.



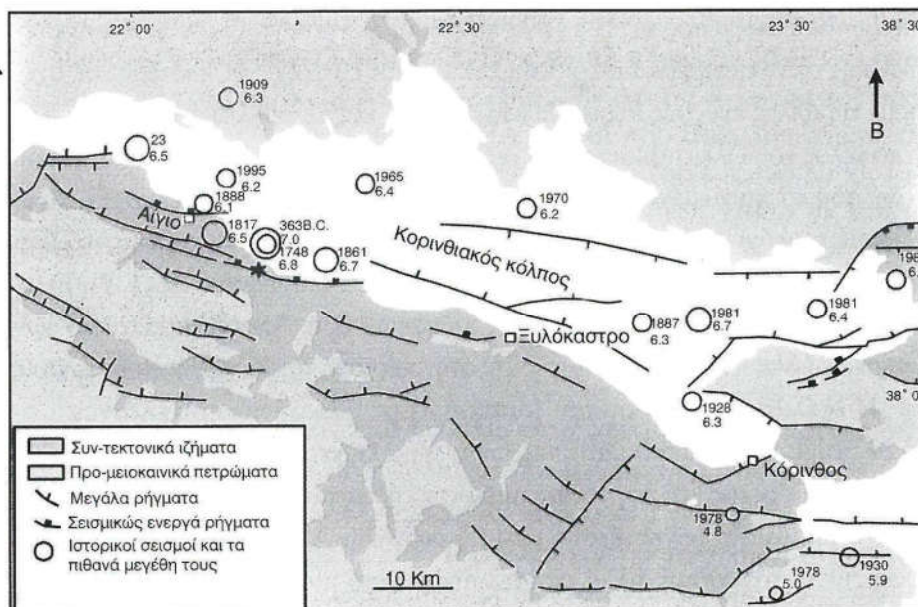
*Εικόνα 4.:Χάρτης της ευρύτερης περιοχής των κύριων γεωτεκτονικών δομών του ευρύτερου Ελλαδικού χώρου.
(Γεωτεκτονικές δομές από Kahle et al., 2000 και Le-Pichon et al., 1995)*

Πηγή:

<http://www.korinthiakos.info/content/%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%BA%CE%B1%CE%B8%CE%B5%CF%83%CF%84%CF%8E%CF%82-%CE%BA%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BD%CE%B8%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D>

Η εξέλιξη της τάφρου του Δυτικού Κορινθιακού κόλπου ελέγχεται από δυο υποθαλάσσιες ρηξιγενείς ζώνες, που βρίσκονται κατά μήκος της βόρειας και νοτιάς ηπειρωτικής κατωφέρειας του Κόλπου, με μέση διεύθυνση Α.ΝΑ-Δ.ΒΔ παράλληλη προς την ακτογραμμή και αποτελούνται από μια σειρά με κλιμακωτή διάταξη ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ (Παυλίδης, 2003)(εικόνα 5.). Κανονικά ενεργά ρήγματα οριοθετούν τη νότια ακτογραμμή του κόλπου και μαζί με τα υποθαλάσσια ευθύνονται για την κατά 1000μ. τουλάχιστον ανύψωση των Πλειστοκαινικής ηλικίας

θαλάσσιων ιζημάτων της Β. Πελοποννήσου (Philippson 1892, Kelletat et al. 1976, Doutsos et al. 1988, 1990,1992) διαμορφώνοντας έτσι ένα ιδιαίτερα έντονο ανάγλυφο στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 5. Συνοπτικός γεωλογικός χάρτης με τα κυριότερα ρήγματα και τα επίκεντρα ισχυρών σεισμών της Κορινθιακής τάφρου (Koukouvelas et al. 2000)

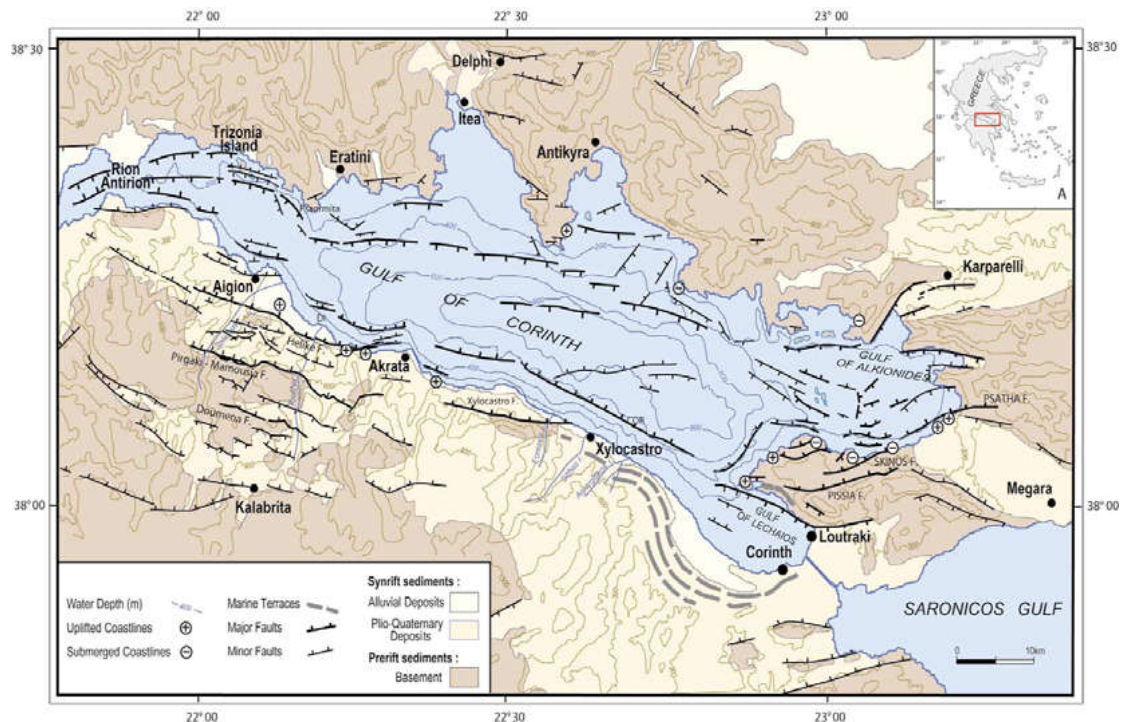
Η περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου είναι μια τεκτονικά ενεργή περιοχή που οριοθετείται από ρηξιγενής ζώνες διεύθυνσης Α-Δ και Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ που βυθίζουν τον Κορινθιακό Κόλπο και ανυψώνουν την ξηρά. Συγκεκριμένα τα ποσοστά της τεκτονικής αυτής κίνησης (ανύψωσης) της βόρειας Πελοποννήσου ποικίλουν από 0,3 mm / έτος στο ανατολικό μέρος της Πελοποννήσου (Κόρινθος) (Armijo et al., 1996) για να φτάσουν σε ρυθμούς 1,0-1,28mm / έτος κοντά στο Αίγιο, κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου - Ολόκαινου (Pirazzoli et al., 2004, Karymbalis et al., 2016) για να μειωθεί σχετικά σε 0,7mm/έτος στο δυτικό τμήμα της βόρειας Πελοποννήσου, καθιστώντας την, την πιο τεκτονικά ενεργή περιοχή στην Ελλάδα. Άρα η λεκάνη απορροής του Κερυνίτη βρίσκεται στην ταχύτερα ανυψωμένη περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου.

Η ασυμμετρία που συναντάται μεταξύ του ανάγλυφου αλλά και της μορφής της ακτογραμμής της βόρειας και της νότιας πλευράς του Κόλπου οφείλεται στους διαφορετικούς ρυθμούς δράσης των ρηξιγενών ζωνών που τον οριοθετούν. Ιδιαίτερη αναφορά θα γίνει στη συνέχεια στο ρήγμα της Ελίκης το οποίο ανυψώνει τη λεκάνη απορροής του Κερυνίτη ενώ στο κατερχόμενο τέμαχος του αναπτύσσεται το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού.

Η εξέλιξη της τάφρου του Κορινθιακού κόλπου μπορεί να διαχωριστεί σε δυο φάσεις:

Στην 1^η φάση λόγο τεκτονικών διεργασιών κυρίως παρατηρείτε η βύθιση της σημερινής βόρειας Πελοποννήσου και στην 2^η φάση που διαρκεί μέχρι σήμερα η τεκτονική τάφρος μεταναστεύει προς βορρά, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ανάδυση της Βόρειας Πελοποννήσου και ταυτόχρονα τη βύθιση των βόρειων ακτών του κόλπου, με έλλειψη τροφοδοσίας των ακτών με νέο ίζημα το οποίο οδηγεί σε πιο περιορισμένες και στενές ακτές. Η ανύψωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή του υδρογραφικού δικτύου και προκαλεί την κατά βάθος διάβρωση των υδρογραφικών δικτύων που αποστραγγίζουν την τεκτονικά ανυψούμενη περιοχή της βόρειας Πελοποννήσου (Στείρος 1991) όπου βρίσκεται και η περιοχή μελέτης.

Μελετώντας την γεωδυναμική εξέλιξη της Μεταλπικής λεκάνης του δυτικού Κορινθιακού κόλπου οι Παπανικολάου κ.α. (1990) δέχονται ότι υπάρχει μια μετατόπιση η οποία οφείλεται στην αδρανοποίηση των παλαιότερων περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών καθώς και στην δημιουργία και δραστηριοποίηση νεώτερων βορειότερα. Αφορά μια μετατόπιση της λεκάνης του νότιου ρηξιγενούς περιθωρίου προς τον βορρά αλλά και γενικότερα αντικατοπτρίζει μια μετατόπιση της συνολικής δομής του Κόλπου από το Πλειόκαινο έως σήμερα.



Εικόνα 6.:Γεωτεκτονικός χάρτης της περιοχής του Κορινθιακού Κόλπου, όπως τροποποιήθηκε από Armijo et al. (1996), Sakellariou et al. (2001) και Stefano et al. (2002). Το χερσαίο τεκτονικό καθεώς στην περιοχή του Αιγίου έχει τροποποιηθεί από το χάρτη των Ghisetti et al. (2001). (Πηγή:

<http://www.korinthiakos.info/content/%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1-%CE%BA%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BD%CE%B8%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CF%8D-%CE%BA%CF%8C%CE%BB%CF%80%CE%BF%CF%85>

Έντονη γεωτεκτονική δραστηριότητα συνεπάγεται με έντονη σεισμικότητα, μετά από μελέτη και επεξεργασία των μηχανισμών γένεσης 128 σεισμών κανονικού εστιακού βάθους και μεγέθους $>5,4R$ για την περίοδο 1947-1981 που περιλαμβάνονται στον κατάλογο των Drakopoulos & Delibasis (1982). Οι Μαριολάκος & Παπανικολάου (1987) παρατήρησαν ότι η περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου χαρακτηρίζεται από τεκτονικές κινήσεις με σημαντική συνιστώσα οριζόντιας ολίσθησης. Οι Παπαζάχος και Παπαζάχου (1989) μελετώντας την περιοχή μίλησαν για 5 σεισμούς μεγαλύτερους των $6R$ που έχουν λάβει χώρα κατά τα τελευταία 30 χρόνια στην περιοχή.

2. Ρηγματογόνος τεκτονική

Όπως ήδη αναφέρθηκε η περιοχή μελέτης αποτελεί μια τεκτονικά ενεργή περιοχή με σημαντική παρουσία ρηγμάτων που έχουν δραστηριοποιηθεί πρόσφατα προκαλώντας αρκετά ισχυρούς σεισμούς. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η ιδιαίτερη αναφορά στα ρήγματα εστιάζοντας συχνά στο ρήγμα της Ελίκης που είναι και αυτό που οριοθετεί προς νότο το δελταϊκό ριπίδιο του Κερυνίτη.

Σύμφωνα με τον Καρύμπαλης (2013) κυριότερη αιτία δημιουργίας σεισμικών κυμάτων είναι τα σεισμικά ρήγματα αφού κάθε απότομη διαταραχή της ισορροπίας των πετρωμάτων του στερεού φλοιού της γης οδηγεί στη δημιουργία ταλαντώσεων ήτοι κάποιας από τις μορφές των σεισμικών κυμάτων.

Στο εσωτερικό της γης, τα πετρώματα βρίσκονται υπό την επίδραση τάσεων που συντελούν στην ελαστική τους παραμόρφωση και τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων δυναμικής ενέργειας. Η φύση του πετρώματος καθώς και ένα σύνολο παραγόντων καθορίζει το όριο δυναμικής ενεργείας που μπορεί να δεχτεί ώστε να παραμένει συνθετικό όταν υπερβεί αυτή την τιμή τότε έχουμε θραύση του πετρώματος. Η επιφάνεια εκατέρωθεν της οποίας κινούνται τα δύο τεμάχη του πετρώματος που υπέστη τη θραύση ονομάζεται σεισμικό ρήγμα. (Καρύμπαλης, 2013)

Κατηγοριοποιούνται με βάση την κίνηση των τεμαχίων κατά την διάρρηξη (Σπυράκος, Τουτουδάκη, 2010)

- **Κανονικά** (Normal faults): είναι αυτά στα οποία το πάνω τέμαχος της κεκλιμένης ρηξιγενούς επιφάνειας κινείται προς τα κάτω, δηλαδή τα δύο τεμάχη απομακρύνονται το ένα από το άλλο. Τα ρήγματα αυτά είναι αποτέλεσμα εφελκυστικών δυνάμεων, συνδέονται επομένως με έκταση του γεωλογικού σχηματισμού και παρατηρούνται εκεί όπου η λιθόσφαιρα διευρύνεται. Το επίπεδο της ρηξιγενούς επιφάνειας έχει συνήθως μεγάλη κλίση (πάνω από 45ο), παρ' όλο δε που ονομάζονται 'κανονικά', δεν είναι τα πλέον συχνά συναντώμενα.

- **Ανάστροφα** (Reverse faults): είναι αυτά στα οποία συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο

απ' ότι στα 'κανονικά', δηλαδή το άνω πάνω τέμαχος του ρήγματος κινείται προς τα πάνω, επομένως τα δύο τεμάχη πλησιάζουν το ένα στο άλλο και έχουμε σμίκρυνση του γεωλογικού σχηματισμού. Τα ανάστροφα ρήγματα συνδέονται με θλιπτικές δυνάμεις και μείωση του φλοιού, παρατηρούνται δε στα όρια σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών και της δημιουργίας των ορεινών όγκων, που συνοδεύονται από επωθήσεις και πτυχώσεις. Στη βιβλιογραφία γίνεται διαχωρισμός αυτού του τύπου ρηγμάτων, ανάλογα με την γωνία κλίσης του επιπέδου του ρήγματος. Έτσι ανάστροφα θεωρούνται όσα έχουν κλίση μεγαλύτερη των 45ο, ενώ αν η κλίση είναι μικρότερη των 45ο χαρακτηρίζονται ως **επιπεύσεις** (thrust faults).

• **Οριζόντιας μετατόπισης** (Strike-slip faults): στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται ρήγματα, στα οποία παρατηρείται οριζόντια μετατόπιση των τεμαχών επί της ρηξιγενούς επιφάνειας, χωρίς αύξηση ή μείωση του γεωλογικού σχηματισμού. Ο μηχανισμός τους είναι πολύ πιο πολύπλοκος από αυτόν των κανονικών και ανάστροφων ρηγμάτων, συνδέονται με συμπιεστικές κυρίως τάσεις και συναντώνται συνήθως στο άκαμπτο τμήμα του γήινου φλοιού. Εδώ ανήκουν και τα ρήγματα μετασχηματισμού, τα οποία διαφέρουν ως προς τον τρόπο γένεσης και εμφανίζονται στις μέσο-ωκεάνιες ράχες. Διακρίνονται σε δεξιόστροφα (Dextral strike-slip faults) όταν η μία πλευρά του ρήγματος φαίνεται κινούμενη από αριστερά προς τα δεξιά, όταν παρατηρείται από την άλλη πλευρά του ρήγματος, και αριστερόστροφα (Sinistral strike-slip faults) στα οποία η μία πλευρά του ρήγματος φαίνεται να κινείται από δεξιά προς τα αριστερά, όταν παρατηρείται από την άλλη πλευρά του ρήγματος. Τα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία, διότι φαίνεται να συνδέονται με πολλούς και καταστρεπτικούς σεισμούς.

Το μήκος του ρήγματος εξαρτάται από το μέγεθος του σεισμού και μπορεί να φθάνει τα εκατοντάδες χιλιόμετρα. Το μέγεθος της ολίσθησης και ο χρόνος διάρρηξης είναι επίσης ανάλογα του μεγέθους του σεισμού, όσο δε για την ταχύτητα διάρρηξης, αυτή δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα διάδοσης των επιμηκών κυμάτων.

2.1. Ορισμός ενεργού ρήγματος και κριτήρια αναγνώρισής τους

Στην γεωλογία ρήγματα καλούνται οι θραύσεις του φλοιού της Γης. Ο όρος "ενεργό" υποδηλώνει πρόσφατες τεκτονικές διεργασίες. Ανάγοντας το πρόσφατο στο γεωλογικό χρόνο καλύπτει το χρονικό διάστημα χιλιάδων χρόνων ακόμα και μερικών εκατομμυρίων ετών.

Συμφώνα με τον ορισμό της Αμερικανικής Γεωλογικής Υπηρεσίας **"Ενεργός Τεκτονική"** είναι **"το σύνολο των τεκτονικών κινήσεων, οι οποίες αναμένεται να πραγματοποιηθούν μέσα σένα μελλοντικό χρονικό διάστημα που ενδιαφέρει την κοινωνία"**.

Ως «νέα» ή «πρόσφατα» τεκτονικά γεγονότα, που αποτελούν το αντικείμενο της Νεοτεκτονικής και Ενεργού τεκτονικής, θεωρούνται γενικά όλα εκείνα τα γεγονότα που έλαβαν χώρα κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές.

Γεωλογικές Χρονολογίες (ιστορία της γης): Καινοζωϊκός Αιών -Τριτογενές = 65-2 εκατ. χρόνια πριν Τα τέλη του Τριτογενούς: Νεογενές = 20-5 εκατ. χρόνια πριν Τέλος Νεογενούς = Πλειόκαινο = 5-2 εκατ. χρόνια πριν Στο Πλειόκαινο, περ. 3.500.000 χρόνια: πρώτη εμφάνιση ανθρώπου (Αφρική) -Τεταρτογενές - Πλειστόκαινο = από 2 εκατ. χρόνια-10.000 π.Χ. (ΕΚΠΑ)

Συμφώνα με τον Σ. Παυλίδη (2003) έχουν αποδοθεί ορισμοί για την δράση των ρηγμάτων από ειδικές επιτροπές ανά τον κόσμο και καθίσταται πολύ σημαντική η τήρηση τους στον τομέα των μεγάλων τεχνικών έργων και ειδικά στον τομέα κατασκευής πυρηνικών αντιδραστήρων.

Ορισμός ρηγμάτων στις Η.Π.Α

" Ένα ρήγμα είναι ενεργό (Carable or Active Fault) όταν: Παρουσιάζει κίνηση (σεισμική ή ασεισμική ολίσθηση) στα τελευταία 35.000 χρόνια (κυρίως Ολόκαινο)και περισσότερο από μια φορά στα τελευταία 500.000 χρονιά ή είναι συνδεδεμένο με ένα άλλο γνωστό ενεργό ρήγμα ή συνδέεται με δυο και περισσότερα σεισμικά συμβάντα καταγεγραμμένα με σειсмоγράφους έντασης III MM ή και μεγαλύτερης."

(U.S. Nuclear Regulatory Commission,1982)

Ορισμός Διεθνούς Επιτροπής Ατομικής Ενεργείας (International Atomic Energy Commission)

“ Ένα ρήγμα μπορεί να θεωρηθεί ενεργό αν παρουσιάζει τεκμήρια κίνησης στο ύστερο (Ανώτερο) Τεταρτογενές, παρουσιάζει τοπογραφικές γεωμετρικές αποδείξεις για πρόσφατη επιφανειακή διάρρηξη, αν συνδέεται άμεσα με σεισμούς καταγεγραμμένους με σεισμολογικά όργανα, αν παρουσιάζει ασεισμική ολίσθηση ή έχει μια αποδεδειγμένα δοκιμή σχέση μ’ ένα γνωστό ενεργό ρήγμα, έτσι ώστε η κίνηση του ενός, μπορεί να προκαλέσει την κίνηση του άλλου.”

Συμπληρωματικά το 1988 η International Atomic Energy Agency όρισε ένα ρήγμα ως ενεργό όταν αυτό συνδέεται με ιστορικούς σεισμούς (ή παλαιοσεισμούς του Ολοκαίνου) ή με επίκεντρα σεισμών και το οποίο είναι ικανό να δώσει σεισμό στο μέλλον.

Κατά Παυλίδη (2003) οι Ιαπωνικές οδηγίες διαφέρουν από αυτές των αμερικανικών επιτροπών πυρηνικής ενέργειας στον καθορισμό δραστηριότητας ρηγμάτων και στο γεγονός ότι δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στην σεισμικότητα του παρελθόντος. Διαπιστώνοντας έτσι έναν γενικό Ιαπωνικό ορισμό: ***“ Τα ενεργά ρήγματα καθορίζονται σύμφωνα με το πόσο της μετατόπισης τους ανά μονάδα του χρόνου, την ολίσθηση τους , τις τεταρτογενείς κινήσεις και την αναμενόμενη μελλοντική κίνηση ”.***

Τα κριτήρια για την αναγνώριση των ρηγμάτων που ορίζονται ως ενεργά είναι τα εξής:

Κριτήρια για την αναγνώριση ενεργών ρηγμάτων

1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ

Γεωμορφολογικά-Μορφοτεκτονικά

Νέες γεωμορφολογικές δομές, τεκτονικά πρηνή, μεγάλες κλίσεις, τριγωνικές επιφάνειες, λειασμένες τεκτονικές επιφάνειες, εκτροπή κλάδων υδρογραφικού δικτύου, αλλουβιακά ριπίδια, ανυψώσεις ακτών κ.ά.

Στρωματογραφικά

Επηρεασμός Νεογενών - Τεταρτογενών σχηματισμών.

Παλαιοσεισμολογικά

Τεκτονοστρωματογραφία colluvium, χρονολόγηση παλαιοσεισμικών γεγονότων.

Υδρογεωλογικά

Πηγές – γεωθερμικά πεδία

Γεωχημικά

Rn, He, CO κ.α.

2. ΣΕΙΜΟΪΣΤΟΡΙΚΑ

Γνωστές σεισμικές διαρρήξεις ή εδαφικές παραμορφώσεις σε ιστορικά χρόνια από γραπτές πηγές ή αρχαιολογικά δεδομένα.

3. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ

Μεγάλοι σεισμοί που συνδέονται με επιφανειακές διαρρήξεις και ρήγματα, συγκέντρωση μικροσεισμών, άλλα γεωφυσικά δεδομένα.

4. ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ

Μετρήσεις μικρομετακινήσεων κοντινού ή απομακρυσμένου πεδίου

Σχήμα 1: Κριτήρια για την αναγνώριση των ενεργών ρηγμάτων.

Πηγή: Παυλίδης,(2003)

Ο συνδυασμός των κριτηρίων αυτών σε συνδυασμό με τα σεισμολογικά, γεωδαιτικά δεδομένα μπορούν να δώσουν ικανοποιητικές και αξιόπιστες ενδείξεις για τον καθορισμό ενός ρήγματος ως ενεργού ή γενικότερα μιας περιοχής ως τεκτονικά ενεργής. Παρόλα αυτά οι χαρακτηρισμοί που ακολουθούν αποτελούν εκτιμήσεις και δεν είναι απολυτοί.

2.2. Ταξινόμηση ενεργών ρηγμάτων

Η ταξινόμηση ρηγμάτων γίνεται σε τέσσερις κατηγορίες(Παυλίδης, 2003):

1. **Ενεργά ρήγματα:** Τα ρήγματα που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα σε προσφάτους ή ιστορικούς σεισμούς, όταν παρουσιάζουν μικρή αλλά συνεχή κίνηση των δύο τεμαχίων τους, διαπιστωμένο από ακριβείς γεωδαιτικές μετρήσεις. Όταν «τέμνουν» πρόσφατα ιζήματα ή πετρώματα Τεταρτογενούς ηλικίας. Επίσης όταν συνδέονται με ειδικούς γεωμορφολογικούς σχηματισμούς ή θέρμες πηγες, και τέλος η άμεση σύνδεση τους με μικροσεισμούς.
2. **Πιθανά ενεργά ρήγματα:** Τα ρήγματα τα οποία συσχετίζονται σε μικρό βαθμό με μεγάλους σεισμούς ή συνηθεστέρα μόνο με μικροσεισμούς. Ρήγματα για τα οποία δεν υπάρχουν ιστορικές πληροφορίες για σεισμούς ή εδαφικές υποχωρήσεις, επηρεάζουν νέα ιζήματα χωρίς να δείχνουν σημάδια επαναπροσδιορισμού τους στο πολύ πρόσφατο παρελθόν, και τέλος τα νέα γεωμορφολογικά χαρακτηρίστηκα είτε έχουν διαβρωθεί είτε δεν διακρίνονται με ευκρίνεια.
3. **Αβέβαια ενεργά ρήγματα:** Κατατάσσονται τα ρήγματα τα οποία τα παραπάνω κριτήρια δεν πληρούνται σε ικανοποιητικό βαθμό .
4. **Αδρανή ή ανενεργά ρήγματα:** Ρήγματα τα οποία δεν διαθέτουν σεισμολογικές, ιστορικές και γεωλογικές ενδείξεις για επαναδραστηριοποίηση τους στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν.

2.3. Σεισμικά ρήγματα στον Ελλαδικό χώρο

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που διασχίζεται από πολλά ενεργά ρήγματα, τα οποία συμβάλουν δυναμικά στην διαμόρφωση της ιδιαίτερης μορφολογίας της. Τα ρήγματα κατά κύριο λόγο εκτίνονται σε ένα μήκος 10-15 χλμ. και βάθος 5 με 10 χλμ.

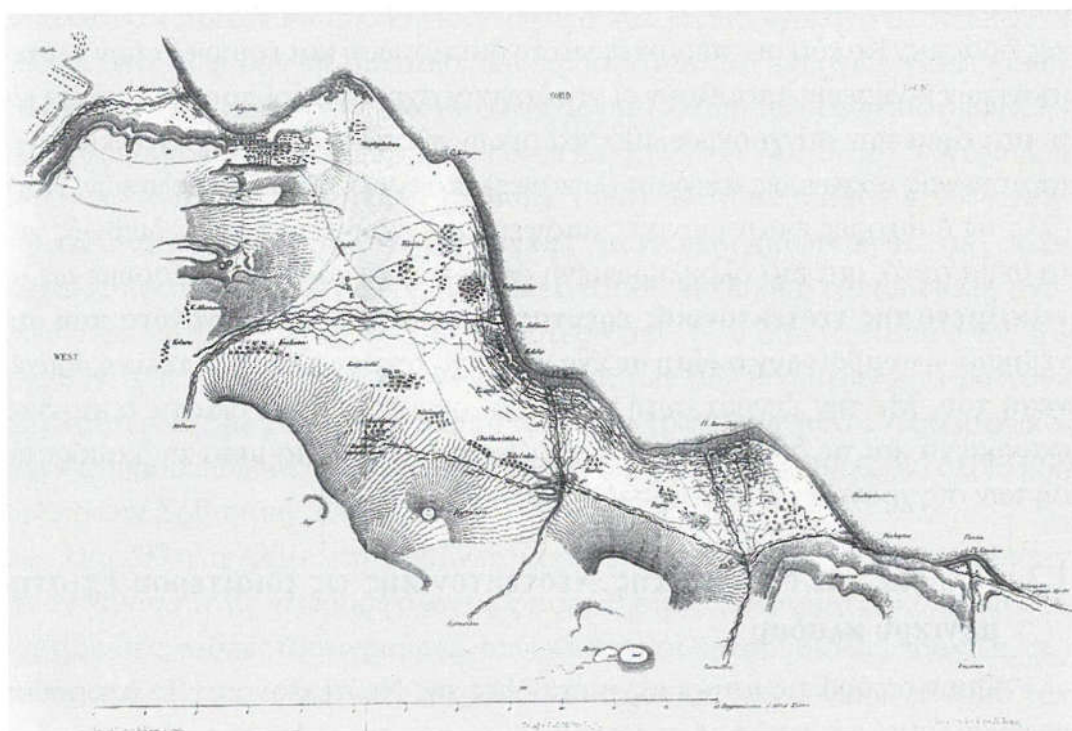
2.3.1. Ιστορικά

Οι πρώτες σαφείς παρατηρήσεις συν-σεισμικών εδαφικών παραμορφώσεων έγιναν από τον Θουκυδίδη.

Ο Charles Lyell το 1833 στο βιβλίο του *Principles of Geology*, δεν σύνδεσε άμεσα γεωλογικά ρήγματα και σεισμούς παρόλο που αναγνώρισε τις απότομες αλλαγές που συμβαίνουν στο έδαφος κατά τη διάρκεια των σεισμών.

Η πρώτη παγκόσμια χαρτογράφηση επιφανειακού ίχνους σεισμικού ρήγματος πραγματοποιήθηκε από τον διευθυντή του Αστεροσκοπείου Αθηνών J. Schmitt και αφορούσε το σεισμό της Αιγιαλείας του 1861 (Ελίκη- Βαλμνίτικα- Διακοφτό) (εικ. 7) στην Πελοπόννησο . Σταδιακά κι άλλοι ερευνητές άρχισαν σταδιακά να μελετούν τις γεωλογικές πληροφορίες για επιφανειακές διαρρήξεις μετά από σεισμικά γεγονότα, σύμφωνα με τον Σ. Παυλίδη έτσι τέθηκαν οι πρώτες βάσεις της Γεωλογίας των σεισμών.

Πολλοί συγγραφείς έχουν ασχοληθεί κατά καιρούς με την συλλογή και ερμηνεία σεισμών των ιστορικών χρόνων για τον Ελλαδικό χώρο και την Ανατολική Μεσόγειο γενικότερα (Guidoboni 1994; Paparzachos and Papazachou 1989/1997)



Εικόνα 7: Ρήγμα Ελίκης, παράλια Αιγιαλείας, Πελοπόννησος (Schmidt 1864-67) 1^η παγκοσμία λεπτομερής χαρτογράφηση επιφανειακών διαρρήξεων σεισμικών ρηγμάτων και άλλων εδαφικών παραμορφώσεων μετά το σεισμό του 1861.

2.3.2. Ο σεισμός της Ελίκης κατά την Κλασική περίοδο

Σύμφωνα με έγκυρες περιγραφές μεγάλων σεισμών της Κλασικής περιόδου τρεις μεγάλοι σεισμοί αποτελούν ίσως του αρχαιότερους γνωστούς σεισμούς από σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι τρεις αυτοί σεισμοί έλαβαν χώρα στον ελλαδικό χώρο. Ένας εκ των τριών έγινε στην Ελίκη Αχαΐας το 373 π.χ. για τον οποίο διαθέτουμε πολλές πληροφορίες από ιστορικές πηγές, χωρίς σχεδόν καθόλου αρχαιολογικές ενδείξεις.

«Κατά τήν Πελοπόννησον ἐγένοντο σεισμοὶ μεγάλοι καὶ κατακλυσμοὶ χώρας καὶ πόλεων ἄπιστοι, οὐδέποτε γάρ ἐν τοῖς ἐπάνω χρόνοις ἐγένοντο πάθη τοιαῦτα περὶ πόλεις Ἑλληνίδας» (Διόδωρος)

«Σείσαντος δὲ ἐξαίφνης τοῦ θεοῦ καὶ ὁμοῦ τῷ σεισμῷ τῆς θαλάσσης ἀναδομούσης, καθείλκυσεν ἄΰταδρον τό κύμα τήν Ἑλίκην » (Παυσανία).

Άλλες μικρότερες αναφορές σχετικά με την Ελίκη και τη Βούρα περιλαμβάνουν την περιγραφή του Οβίδιου:

«Αν αναζητήσεις την Ελίκη και τη Βούρα, πόλεις κάποτε της Αχαΐας, θα τις βρεις κάτω από τα κύματα και οι ναυτικοί ακόμα σου δείχνουν τις βυθισμένες πόλεις με τα θαμμένα τοίχοι τους» (Οβίδιος 43-17 π.χ.)

Δεν έχει προσδιοριστεί η ακριβής θέση της αρχαίας πόλης Ελίκη , για τον εντοπισμό της δίνεται βάση στις διαθέσιμες περιγραφές αρχαίων συγγραφέων, σε γεωφυσικές-γεωλογικές μελέτες, σε αρχαιολογικά ευρήματα (Soter and Katsoroulou 1999) καθώς επίσης βασιστήκαν και σε μελέτες σύγχρονων σεισμών που έλαβαν χώρα στην περιοχή (Koukouvelas et al. 2001 ; Παυλίδης κ.α. 2001; Pavlides et al. 2003), καθώς ο σεισμός του 373 π.χ. παρουσιάζει ομοιότητες ως προς το μηχανισμό γένεσης και τα αλλά φαινόμενα που επακολούθησαν, με το σεισμό του 1861.

Η υποχώρηση της ακτής από το σεισμό του 1861 ήταν μια επιφανειακή δραστηριότητα εκτεταμένης παράκτιας ρευστοποίησης του εδάφους, η οποία προκλήθηκε από τις εδαφικές δομήσεις εκδηλώνοντας “ηφαίστεια ιλύος”, λόγο των χαλαρών δελταϊκών αποθέσεων που υπάρχουν στην περιοχή, γεγονός που την καθίστα επιρρεπή στην ρευστοποίηση εδαφών εξαιτίας σεισμικών συμβάντων.

Πέρα από τα φαινόμενα της υποχώρησης ακτών και ρευστοποίησης συνδέθηκε και ένα άλλο φαινόμενο με τον σεισμό, η δημιουργία παλιρροιακών κυμάτων ή αλλιώς tsunami (Papadopoulos G., 1998)

2.4. Επιφανειακές παραμορφώσεις

Σε μεγάλους επιφανειακούς σεισμούς προκύπτουν σημαντικές μεταβολές στην επιφάνεια της Γης, που έχουν ως αποτέλεσμα την εκδήλωση διαφορών φαινομένων. Σημαντική καθίσταται αυτών των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων, καθώς μπορεί να προκύψουν πέραν από τις βλάβες που προκαλεί η σεισμική δόνηση και καταστροφές σε τεχνικές κατασκευές στην επικεντρική περιοχή.

Διάφορες μεταβολές κάνουν την εμφάνιση τους στα εδάφη επικεντρικών περιοχών στον Ελλαδικό χώρο και των γύρω περιοχών λόγω επιφανειακών σεισμών.

Οι επιφανειακές αυτές μεταβολές σύμφωνα με τον Παυλίδη (2003) αφορούν **εδαφικές διαρρήξεις, πτώσεις βράχων, κατολισθήσεις, ανυψώσεις και καταβυθίσεις εδαφών, ρευστοποιήσεις εδαφών και ανυψώσεις και καταβυθίσεις ακτών.**

Κατά μήκος των περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών του Κορινθιακού κόλπου που συμπίπτουν με την ηπειρωτική κατωφέρεια (περιοχές των μεγαλύτερων υποθαλάσσιων μορφολογικών κλίσεων του βυθού)

παρατηρούνται εκτεταμένες υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, οι οποίες οφείλονται στην συχνή εμφάνιση παλιρροιακών κυμάτων (tsunamis).

Οι σημαντικές καταστροφές στις ακτές του Κορινθιακού κόλπου είναι οι ακόλουθες:

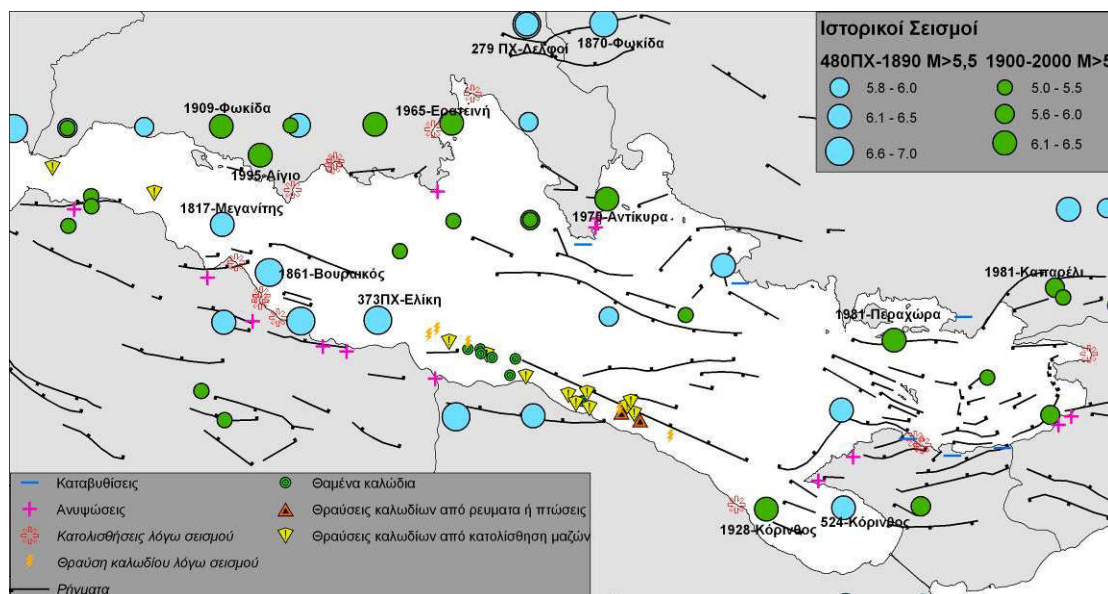
✚ 373 π.χ. Αρχαία Ελίκη

✚ 551 π.χ. Ιτέα

✚ 1402, 1748, 1817, 1861 Αιγιαλεία

✚ 1963 Λόγγος-Λαμπίρι

✚ 1996 Αιγιαλεία



Εικόνα 8:Συνθετικός χάρτης γεωλογικής επικινδυνότητας (σύνθεση από Heezen et al (1966), Ferentinis et al (1988), Ambraseys & Jackson (1997), Stefatos et al (2002), Moreti et al (2003), Bell et al (2009), (Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο).

Πηγή: <http://www.korinthiakos.info>

Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί μια από τις περιπτώσεις κανονικών ρηγμάτων του Ελλαδικού χώρου που σημειώνονται σημαντικές **ανυψώσεις ακτών** . Οι ανυψώσεις και οι καταβυθίσεις ακτών οφείλονται συχνά σε υποθαλάσσιους σεισμούς.

“Οι πιο σημαντικές ρευστοποιήσεις εδαφών συνέβησαν στην περιοχή Αιγιαλεία-Αχαΐας στους σεισμούς του 378 π.χ. Αρχαία Ελίκη και 1861 Ελίκη- Αιγιαλεία.”
(Παυλίδης, 2003)

Κατά την **ρευστοποίηση του εδάφους** ,σημειώνεται σε περιοχές όπου το έδαφος αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό και περιέχει ποσότητες νερού και άμμου , σημειώνοντας ολισθήσεις και κατολισθήσεις. Αυτό συμβαίνει λόγω της έντονης ταλάντωσης που προκαλεί ο σεισμός και το έδαφος συμπεριφέρεται σαν ως ρευστό υλικό, αλλάζοντας έτσι την συνοχή του εδάφους.

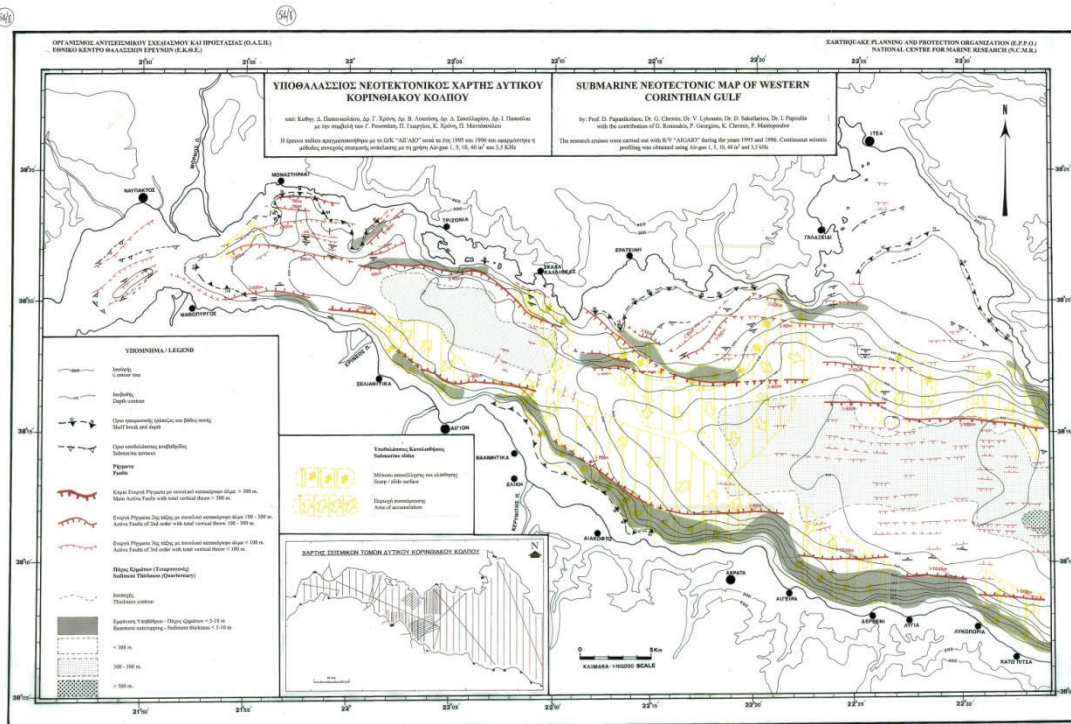
2.5. Ρήγμα Ελίκης

Το ρήγμα της Ελίκης έχει μήκος 40km και η απότομη έξοδος του εμφανίζεται σε δελταϊκά ριπίδια και αλλουβιακά ιζήματα στα δυτικά (Karymbalis et al. 2011).

Ένα από τα δελταϊκά ριπίδια που προσπίπτουν κάθετα στο ρήγμα της Ελίκης είναι κι αυτό του υπό μελέτη ποταμού Κερυνίτη.

2.5.1 Μελέτες σχετικά με το ρήγμα της Ελίκης

Σύμφωνα με τον McNeil et al. (2005), στην περίοδο του Ανώτερου Πλειστόκαινου ο ρυθμός ανύψωσης σε όλο το μήκος του ρήγματος της Ελίκης υπολογίζεται για το ανατολικό τμήμα να είναι (3-5 mm / έτος), ενώ τα ποσοστά ανύψωσης στο Ολόκαινο είναι ελαφρώς χαμηλότερα (περίπου 1-2 mm /έτος). Το ανατολικό τμήμα του ρήγματος της Ελίκης συμβάλλει κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο σε επέκτασης (2-3 mm / έτος), ενώ το μέγιστο ποσοστό επέκτασης του Ολοκαίνου είναι 5 mm /έτος. Σημαντική επέκταση αποδίδεται επίσης στη δράση των υποθαλάσσιων ρηγματών (Stefatos et al., 2002). Ωστόσο, οι χωρικές διακυμάνσεις της τεκτονικής δραστηριότητας κατά μήκος των κατακερματισμένων ορεινών μετώπων δείχνουν μια γενική τάση αυξανόμενης δραστηριότητας προς τα ανατολικά (Verrios et al. 2004). Εκτιμάται ότι ολόκληρη η προσχωσιγενή πεδιάδα που σχηματίζεται από τις αποθέσεις εκβολών των ποταμών Κερυνίτη και Βουραϊκού, οι οποίοι βρίσκονται στον κατερχόμενο τέμαχος του ανατολικού τμήματος του ρήγματος της Ελίκης, έχει υποχωρήσει σε ρυθμό 1,42 mm / έτος¹, με αποτέλεσμα την ταφή οριζόντων κατοίκησης της ύστερης ελληνιστικής-ρωμαϊκής περιόδου κάτω από 3 m από τα ιζήματα των ποταμών (Koukouvelas et al. 2001; Pavlides et al. 2004). Τα ρήγματα της Ελίκης και του Αίγιου χαρακτηρίζονται από μεγάλη σεισμική δραστηριότητα. Τα ιστορικά μακροσεισμικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι και τα δύο αυτά ρήγματα ενδέχεται να ευθύνονται για τουλάχιστον πέντε ισχυρούς σεισμούς. Η μεγάλης έντασης και συχνότητας σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή είναι επίσης υπεύθυνη για πολλές υποθαλάσσιες αποσταθεροποιήσεις των ιζημάτων των μεγάλης κλίσης πρανών των προδέλτα (Hasiotis et al., 2006).



Χάρτης 3: Υποθαλάσσιος Νεοτεκτονικός Χάρτης

Πηγή: (Ο.Α.Σ.Α.Π.), (Ε.Κ.Θ.Ε.)

2.5.1.1. Έρευνες στο ρήγμα της Ελίκης

Στο ίχνος του ρήγματος της Ελίκης διανοιχτήκαν πέντε σεισμολογικές τομές, όπου αναγνωρίστηκαν τέσσερις στρωματογραφικοί ορίζοντες, οι οποίοι παρατίθενται με σειρά από το κατώτερο προς το ανώτερο στρώμα. (Κουκουνέλας et al. 2001; Παυλίδης κ.α. 2001).

Χερσογενείς ερυθρόχρωμοι ποτάμιες προέλευσης σχηματισμοί: Μέγιστο πάχος στρώματος εκτιμούνται τα 3m. Στο οποίο περιέχονται κύριος ασβεστολιθικές κροκάλες και στο ανώτερο τμήμα του υποδηλώνεται εδαφογένεση λόγω της εμφάνισης ασβεστολιθικών συγκριμάτων.

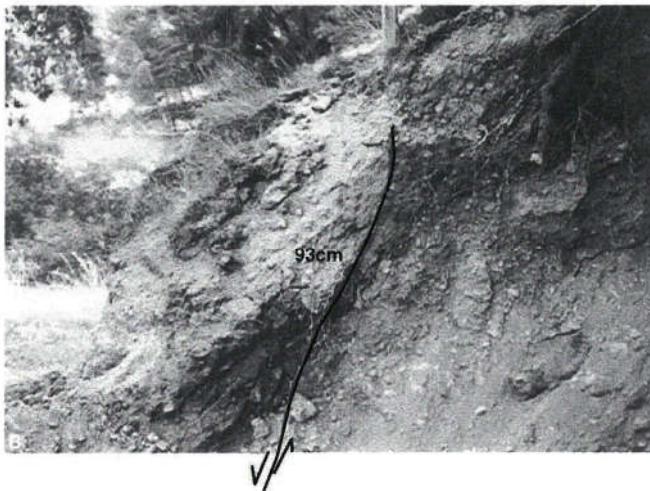
Ποτάμιες αποθέσεις: Μέγιστο πάχος στρώματος εκτιμούνται τα 2,5m. Στο οποίο περιέχοντα κροκαλοπαγή έχοντας μέγεθος μεγάλου άξονα κροκάλων από 7 έως 25cm και εντοπίζονται σε όλες τις τομές.

Κολλουβιακές αποθέσεις: Μέγιστο πάχος στρώματος ποικίλοι και είναι περίπου στα 2m, εμφανίζουν πολύμεικτες αποθέσεις κόκκινου ή καφέ χρώματος, οι οποίες ανάλογα με τον βαθμό εδαφογένεσης διαφοροποιούνται εσωτερικά. Εμφανίζεται συχνή παρεμβολή εδαφικών οριζόντων λόγω περιόδων τεκτονικής ησυχίας.

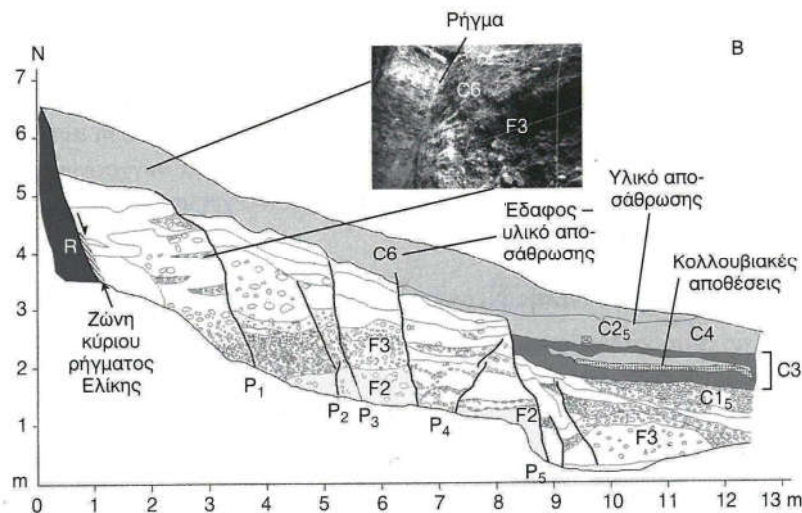
Αποθέσεις λασποροών: Μέγιστο πάχος στρώματος εκτιμάται το 1m. Στις αποθέσεις αυτές εμφανίζονται κροκαλοπαγή κίτρινου χρώματος, οι οποίες έχουν πλευρική σχέση με τις κολλουβιακές αποθέσεις.



Εικόνα 9: Πανοραμική άποψη του ανατολικού τμήματος του ρήγματος της Ελίκης (Αιγιαλεία-Κόρινθος) , με τα βέλη να διαχωρίζουν το ορεινό από το πεδινό τμήμα.(Koukouvelas et al. 2001 ; Παυλίδης κ.α. 2001)



Εικόνα 10: Σεισμική διάρρηξη με άλμα 90cm του σεισμού της Ελίκης –Βαλιμίτικα (1861 Αιγιαλεία) μετά την αποκάλυψη της από παλαιοσεισμική τομή (Koukouvelas et al. 2001 ; Παυλίδης κ.α. 2001)

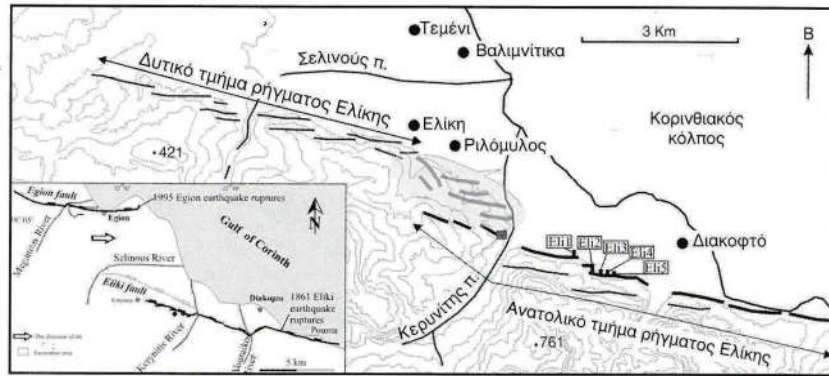


Σχήμα 2: Παλαιοσεισμολογική τομή στην ζώνη του κυρίου ρήγματος της Ελίκης, χαρτογραφημένη σε κλίμακα 1:20.

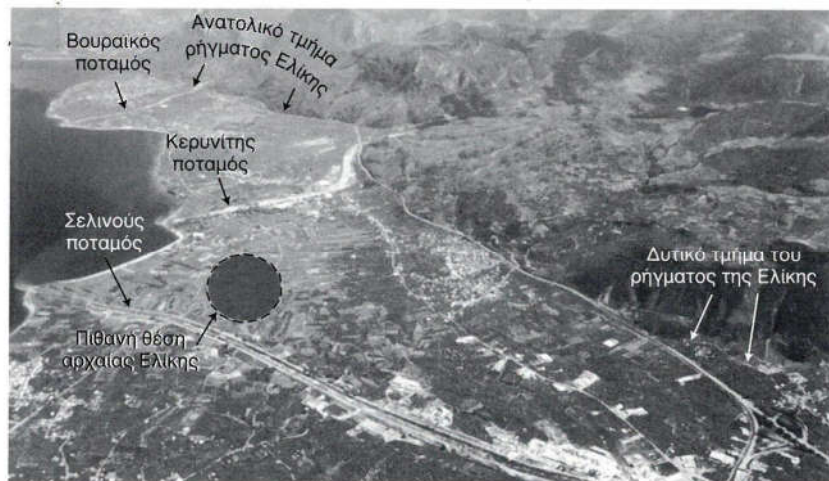
(Pavlidis et al. 2003, Quat. Int.)

Στην χαρτογραφημένη παλαιοσεισμολογική τομή του ρήγματος της Ελίκης που πραγματοποίησαν οι Pavlides et al. το 2003 Διακρίνονται τα ποταχειμμάρια στρώματα που επηρεάζονται από μια σειρά ρηγματών (P1-P5) και τα υπερκείμενα χερσαία (C3, C4, C6). Το υλικό αποσάθρωσης (στρώματα C3, C4, C6) χρονολογήθηκαν με C^{14} σε ηλικίες που αντιστοιχούν στον 16^ο -18^ο αιώνα.

Συμφώνα με τον Παυλίδη οι τρεις κλάδοι ρηγματών όπως παρουσιάζονται στην τομή του Σχήματος 2 μετατοπίζουν τις ποτάμιες και τις κολλουβιακές αποθέσεις. Οι κλάδοι των ρηγματών κλίνουν προς τα βόρεια με μέση κλίση $>60^\circ$. Το ρήγμα (2) έχει μετατοπίσεις 0,70m και το ρήγμα (3) έχει μετατοπίσεις 0,30m, βάση της μετατόπισης των κολλουβιακών τους αποθέσεων. Στο νοτιότερο άκρο της τομής έχει εκτιμηθεί η μετατόπιση του κυρίου περιθωριακού ρήγματος μεταξύ υποβάθρου και συγχρόνων αποθέσεων πάνω από 4m.



Χάρτης 4: Τοπογραφικό σκαρίφημα του ρήγματος της Ελίκης : θέσεις παλαιοσεισμολογικών εκσκαφών (ELI-1 έως ELI-5), (Pavlides et al. ,2003)

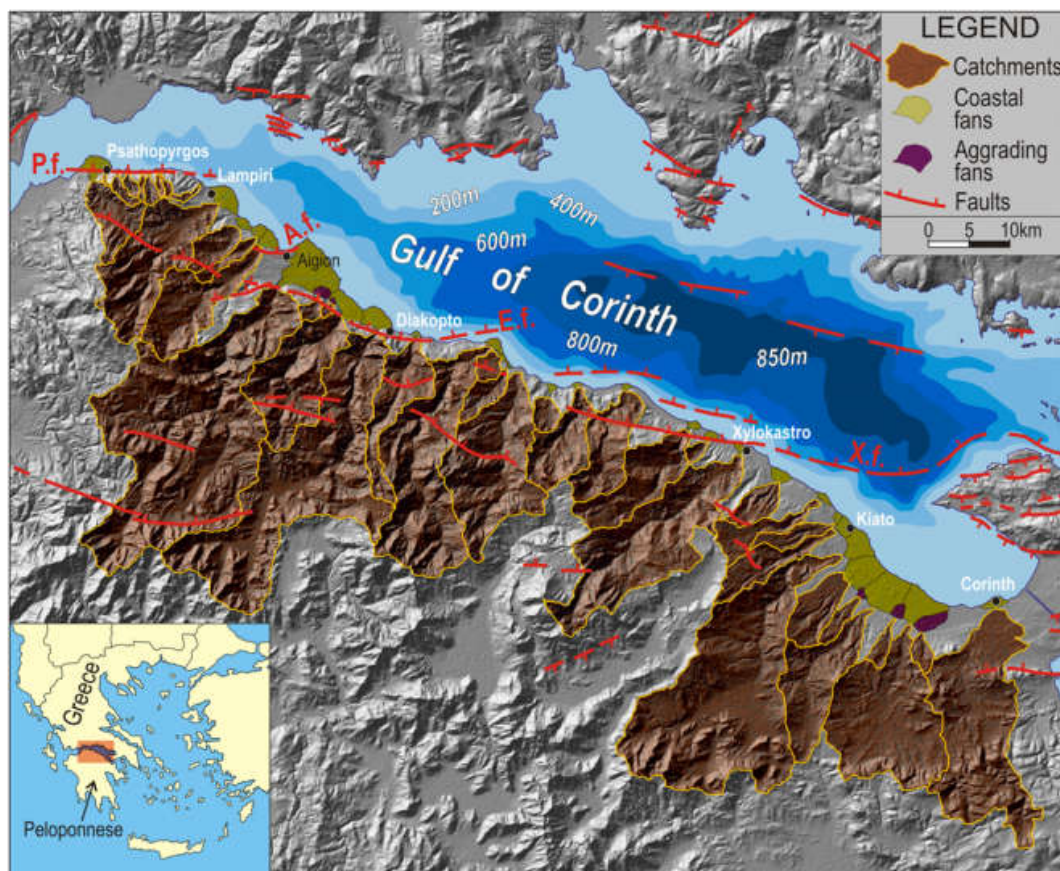


Εικόνα 11: Φωτογραφία από ελικόπτερο, όπου απεικονίζονται τα δυο κύρια τμήματα του ρήγματος (Pavlides et al. ,2003)

2.5.2 Πως επηρεάζονται τα ποταμιά συστήματα της περιοχής απ' την τεκτονικής ανύψωσης

Ως αποτέλεσμα της τεκτονικής ανύψωσης της ευρύτερης περιοχής, τα ποτάμια που διασχίζουν τη βόρεια Πελοπόννησο διαβρώνουν κατά βάθος διαμορφώνοντας απότομα φαράγγια, (Zelilidis, 2000). Η Εξέλιξη των υδρογραφικών δικτύων της βόρειας Πελοποννήσου έχει επηρεαστεί από τη λιθολογία των γεωλογικών

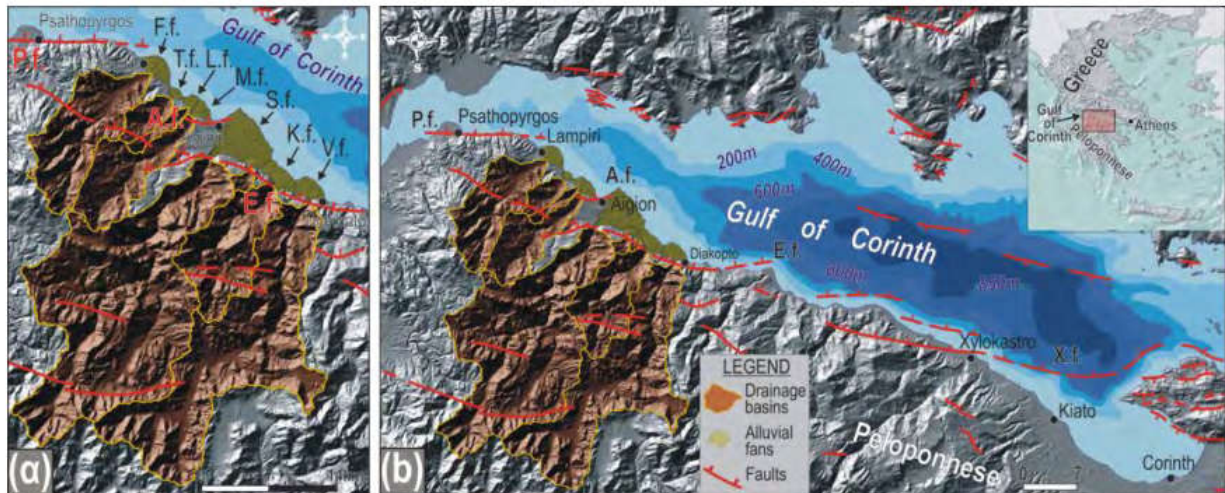
σχηματισμών που βρίσκονται στο ανυψούμενο τέμαχος των ρηγμάτων που οριοθετούν τις νότιες ακτές του Κορινθιακού κόλπου, τις αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας, τις αλλαγές της μορφολογίας των πεδινών περιοχών μετά από πλημμύρες, και από τα ρήγματα, με τον τελευταίο παράγοντα (ρήγματα) να είναι ο πιο σημαντικός (Pavlidis et al., 2004). Τα περισσότερα ποτάμια ρεύματα είναι χείμαρροι που έχουν σε εφήμερη ροή. Μερικά ρέματα με μεγαλύτερες λεκάνες απορροής έχουν συνεχή ροή, αλλά οι λεκάνες τους δεν διαθέτουν σταθμούς μέτρησης παροχής και στερεοπαροχής.



Χάρτης 5: Οι κυριότερες λεκάνες απορροής της βόρειας Πελοποννήσου, τα αντίστοιχα δελταϊκά τους ριπίδια και τα κύρια ρήγματα στην περιοχή από τους Armijo et al., 1996

Πηγή : Karymbalis et al. (2016)

Η νότια πλευρά του Κόλπου, όπου βρίσκεται η ακτή της περιοχής μελέτης, επηρεάζεται από το βόρειο ενεργό ρήγμα Αίγιου και Ελίκης (χάρτης 6). (Perrou et al. 2013).



Χάρτης 6: α) Ακτογραμμή της περιοχής μελέτης όπου απεικονίζονται τα δελταϊκά ριπιδία αλλά και τα ρήγματα που επηρεάζουν την ακτογραμμή. (Κ.φ.: ριπίδιο Κερυνίτη) β) μορφολογία κάτω από την επιφάνεια του Κορινθιακού κόλπου [Πηγή: (Perrou et al., 2013)]

3. Δεδομένα και Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια γεωμορφολογική μελέτη με την χρήση νέων τεχνολογιών, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για την περιοχή μελέτης (λεκάνη απορροής και κυρίως δελταϊκό ριπίδιο του Κερυνίτη) με την αξιοποίηση των λογισμικών ArcGis και Gmt. Στη συνέχεια παρατίθενται τα δεδομένα που αξιοποιήθηκαν και τις πηγές από τις οποίες συλλέχθηκαν.

3.1. Χωρικά δεδομένα της λεκάνης απορροής και του δελταϊκού ριπιδίου (για τη δημιουργία της βάσης ψηφιακών δεδομένων στο λογισμικό ArcGis).

Τα χωρικά δεδομένα συλλέχθηκαν και οργανώθηκαν σε θεματικά επίπεδα μιας ψηφιακής χωρικής βάσης δεδομένων για την περιοχή μελέτης σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ87. Τα δεδομένα αυτά και οι πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν έχουν ως εξής:

Δεδομένα	Πηγή
Νομοί	geodata.gov
Ανάγλυφο λεκάνης απορροής	Τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) κλίμακας 1:50000.
Λιθολογικός χάρτης	Γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.
Χάρτης χρήσεων γης Ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου έτους 1996	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ilot 2016).
Ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου έτους 1945	Αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας

	Στρατού (ΓΥΣ).
Ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου έτους 1969	Τοπογραφικά διαγράμματα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) κλίμακας 1:5000.
Ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου έτους 2009	Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) (ανάλυσης 5X5) από το Εθνικό Κτηματολόγιο.
Ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου έτους 2017	Ψηφιοποιήθηκε από εικόνες Google Earth

*Πίνακας 1: Πηγές δεδομένων για την δημιουργία ψηφιακής βάσης
χωρικών δεδομένων για την περιοχή μελέτης στο ArcGis*

Οι νόμοι της Ελλάδος καθώς και η διοικητική της διαίρεση μέσω του geodata.gov. Για το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) κλίμακας 1:50000. Από τους αναλογικούς αυτούς χάρτες αφού σαρώθηκαν και γεωαναφέρθηκαν, ψηφιοποιήθηκαν οι ισοϋψείς καμπύλες ανά 20 m, υπομετρικά σημεία καθώς και οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου του Κερυνίτη. Λαμβάνοντας υπόψη τις ισοϋψείς αυτές καμπύλες χαράχθηκε ο υδροκρίτης που οριοθετεί τη λεκάνη απορροής του ποταμού.

Για τη σχεδίαση του λιθολογικού χάρτη της λεκάνης απορροής χρησιμοποιήθηκε ο γεωλογικός χάρτης κλίμακας 1:50000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών. Ο αναλογικός αυτός χάρτης σαρώθηκε, γεωαναφέρθηκε και ψηφιοποιήθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη λεκάνη

απορροής. Αυτοί στη συνέχεια ομαδοποιήθηκαν με βάση τη λιθολογία τους για να προκύψει ο λιθολογικός χάρτης της λεκάνης.

Για την δημιουργία του χάρτη χρήσεων γης της λεκάνης απορροής αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα ilot 2016 από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Το 1945 η ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου για ψηφιοποιήθηκε από αεροφωτογραφίες της ΓΥΣ. Οι αεροφωτογραφίες ήταν γεωαναφερμένες και συνιστούσαν ένα αεροφωτομωσαϊκό της περιοχής. Χορηγήθηκαν από το Εθνικό Κτηματολόγιο.

Για τα δεδομένα της ακτογραμμής του 1969 καθώς και για την σχεδίαση του γεωμορφολογικού χάρτη του δελταϊκού ριπιδίου χρησιμοποιήθηκαν λεπτομερή τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ κλίμακας 1:5000 που απεικονίζουν την περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου. Τα τοπογραφικά διαγράμματα γεωαναφέρθηκαν και ψηφιοποιήθηκε η ακτογραμμή αλλά και οι ισοϋψείς καμπύλες (ανά 4 μ και ανά 2 στη χαμηλή τοπογραφικά περιοχή του δελταϊκού μετώπου).

Η ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου του 1996 ψηφιοποιήθηκε από ορθοφωτοχάρτη (αεροφωτομωσαϊκό της περιοχής από γεωαναφερμένες αεροφωτογραφίες έτους λήψης 1996) που χορηγήθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Η ακτογραμμή του 2009 ψηφιοποιήθηκε από το λεπτομερές ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) που χορηγήθηκε από το Εθνικό Κτηματολόγιο.

Τέλος η πιο πρόσφατη χρονικά ακτογραμμή (2017) ψηφιοποιήθηκε μέσα από το πρόγραμμα δορυφορικών εικόνων Google Earth.

3.2. Δεδομένα που αξιοποιήθηκαν με το λογισμικό Gmt

Δεδομένου ότι η ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι τεκτονικά ιδιαίτερα ενεργή έγινε μια προσπάθεια απεικόνισης των σεισμικών επικέντρων με την αξιοποίηση του λογισμικού Gmt.

Δεδομένα	Πηγή
Σεισμολογικά δεδομένα	Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών http://www.gein.noa.gr .
Ενεργά ρήγματα	GreDaSS (http://gredass.unife.it/)
Ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου DEM (Etopo1)	National Oceanic and Atmospheric administration (https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html)

Πίνακας 2: Πηγές δεδομένων στο Gmt

Τα σεισμολογικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης αντλήθηκαν από το site του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών <http://www.gein.noa.gr>. Τα δεδομένα είχαν τη μορφή αρχείου Excel και μετά από επεξεργασία πήραν την τελική μορφή txt αρχείου ώστε να μπορεί να τα αναγνωρίσει το λογισμικό.

Πέραν της απεικόνισης των σεισμικών επικέντρων για την χρονική περίοδο 2011-2017 και για την χρονική περίοδο 1964-2018, έγινε προσπάθεια τα επίκεντρα αυτά να συσχετισθούν με τα σημαντικότερα ενεργά ρήγματα της περιοχής. Τα ρήγματα της ευρύτερης περιοχής παρήχθησαν από το GreDaSS (<http://gredass.unife.it/>) και “κατέβηκαν” σε αρχείο μορφής Kmz , στο οποίο έγινε μετατροπή σε Kml ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία του σε πρόγραμμα Google Earth.

Τα δεδομένα για το ψηφιακό μοντέλο εδάφους που αξιοποιήθηκε για την παράγωγη χαρτών στο πρόγραμμα GMT αποκτήθηκαν μέσω του ιστοτόπου <https://www.ngdc.noaa.gov> .Η διαδικασία απαιτεί κατ’ αρχήν την εγγραφή χρήστη για τον ιστότοπο με δωρεάν παροχή των δεδομένων της.

3.3. Λογισμικό GMT

Το λογισμικό GMT είναι ένας κώδικας ανοιχτού λογισμικού και αξιοποιήθηκε για την επεξεργασία δεδομένων σεισμικής δραστηριότητας στην περιοχή.

Το GMT σύμφωνα με το gmt.soest.hawaii.edu ορίζεται ως μια συλλογή ανοιχτού κώδικα από περίπου 80 εργαλεία γραμμής εντολών για τον χειρισμό γεωγραφικών και καρτεσιανών συνόλων δεδομένων (συμπεριλαμβανομένου του φιλτραρίσματος, της τοποθέτησης τάσεων, του πλέγματος, της προβολής κλπ.).

Κατά κύριο λόγο οι χρήστες του GMT ασχολούνται με τις επιστήμες της γης και των ωκεανών. Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν όρια στο εύρος των εφαρμογών που μπορούν να ωφεληθούν από το GMT. Άλλες χρήσεις του GMT αποτελούν η ιατρική έρευνα, η μηχανική, η φυσική, τα μαθηματικά, από επιστήμες γεωγραφίας, βιολογίας και κοινωνικές επιστήμες, αλιευτικά ινστιτούτα, πετρελαϊκές εταιρείες, ένα ευρύ φάσμα κρατικών φορέων, χρησιμοποιείτε ακόμα και απλούς χρήστες. (<http://gmt.soest.hawaii.edu/>).

Με σκοπό τη μελέτη της σεισμικής δραστηριότητας στην περιοχή μελέτης για την χρονική περίοδο 01/Ιανουαρίου/2011 έως 01/Αυγούστου/2017 επεξεργαστήκαν τα ακόλουθα δεδομένα:

- Ρήγματα
- Εστιακό βάθος
- Μέγεθος σεισμού
- Επίκεντρο σεισμού
- Ημερομηνία και ώρα σεισμικού γεγονότος.

Τα σεισμολογικά δεδομένα παρήχθησαν από την ηλεκτρονική σελίδα του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών:

3	Ημερομηνίες <i>Date</i>	Πλάτος <i>Latitude</i>	Μήκος <i>Longitude</i>	Βάθος (Km) <i>Depth</i>	Μέγεθος (M _L) <i>Magnitude Local</i>
Από	2011/JAN/01	37.8981	21.2774	0	3
Έως	2017/AUG/01	28.4526	23.2930	200	9

Πίνακας 3: σεισμολογικά δεδομένα (πηγή: www.gein.noa.gr)

4	Ημερομηνίες <i>Date</i>	Πλάτος <i>Latitude</i>	Μήκος <i>Longitude</i>	Βάθος (Km) <i>Depth</i>	Μέγεθος (M _L) <i>Magnitude Local</i>
Από	1964/JAN/01	37.8981	21.2774	0	5
Έως	2018/JAN/01	28.4526	23.2930	200	9

Πίνακας 4: σεισμολογικά δεδομένα μεγέθους $\geq 5M_L$ (πηγή: www.gein.noa.gr)

3.4. Google earth

Το Google Earth είναι μία εφαρμογή η οποία μας παρέχει δορυφορικές εικόνες μεγάλης ευκρίνειας από όλα τα σημεία του πλανήτη. Η ακρίβεια κυμαίνεται ανάλογα με την χώρα. (Αναλυτικός οδηγός χρήσης του Google Earth <http://earth.google.com/userguide/v4/>)

Για τις ευρωπαϊκές χώρες η ακρίβεια κυμαίνεται από ένα μετρώ μέχρι μερικά εκατοστά. Με τις φωτογραφίες να είναι από το 2004 σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να νωρίτερα.

Το πρόγραμμα συνθέτει εικόνες και πληροφορίες από δορυφορικές φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, στοιχεία GIS και από πολλές πηγές σε επάλληλα στρώματα «επίπεδα» .(https://el.wikipedia.org/wiki/Google_Earth).

Στην παρούσα εργασία το πρόγραμμα Google Earth χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό και τον σχεδιασμό ορισμένων γεωμορφών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη που πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Arc map. Συγκεκριμένα αναγνωρίστηκαν και ψηφιοποιήθηκαν οι ενεργές επιμέρους κοίτες στον κεντρικό κλάδο διανομής του δελταϊκού ριπιδίου, τα όρια του δελταϊκού ριπιδίου, οι εγκαταλελειμμένες ανενεργές κοίτες του δελταϊκού ριπιδίου, τα φυσικά αναχώματα της κεντρικής κοίτης, τα όρια των αποθέσεων κοίτης του ποταμού και η πλέον πρόσφατη ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου.

Αξιοποιώντας στοιχεία από εικόνες Google earth:

Για την ακτογραμμή και τις γεωμορφές που ψηφιοποιήθηκαν για την παράγωγη του γεωμορφολογικού χάρτη, έγινε αποθήκευση σε αρχείο Kml κι αφού έγινε η εισαγωγή τους στο πρόγραμμα ArcGis. Όπου πραγματοποιήθηκε η μετατροπή τους από το προβολικό WGS84 σε ΕΓΣΑ87 ώστε να προβάλλονται στο σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείτε για την παρούσα εργασία.

Για τα ρήγματα :

Για να γίνει δυνατή η εισαγωγή των ρηγμάτων στο λογισμικό Gmt όπως ήδη αναφέρθηκε έγινε επεξεργασία του σχετικού αρχείου στο πρόγραμμα Google Earth με σκοπό την προβολή των ρηγμάτων στην περιοχή μελέτης. Ακολούθησε η

ψηφιοποίηση των ρηγμάτων της περιοχής μελέτης και η αποθήκευση τους σε μορφή Kml, το αρχείο ανοίχτηκε με το πρόγραμμα editorplus από το οποίο αποσπάστηκαν οι συντεταγμένες των ψηφιοποιημένων ρηγμάτων και μεταφερθήκαν σε ένα αρχείο txt ώστε να μπορούν να εισελθόν ως δεδομένα για το λογισμικό παράγωγης χαρτών Gmt.

3.5. Λογισμικό ArcGis

Με την χρήση της Γεωπληροφορικής και συγκεκριμένα με την αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφορικής έγινε η ερμηνεία των γεωμορφών και η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης του δελταϊκού ριπιδίου αλλά και η σχεδίαση που αφορούν τους χάρτες της λεκάνης απορροής.

Τελευταία χρησιμοποιείται και η απόδοση του όρου ως GIS και ως Geographical Information Science : *Επιστήμη των Γεωγραφικών Πληροφοριών*. Με σκοπό να δοθεί έμφαση στην επιστημονική μελέτη των ζητημάτων που σχετίζονται με τη δημιουργία, διαχείριση, αποθήκευση και χρήση των γεωγραφικών πληροφοριών (Goodchild 1992).

3.5.1. Ορισμός ΣΓΠ

Έχει διατυπωθεί ένας αξιοσημείωτος αριθμός ορισμών σχετικά με τα ΣΓΠ. Σύμφωνα με το διεθνές γλωσσάρι όρων GIS, Τα ΣΓΠ αναφέρονται ως **“ένα υπολογιστικό σύστημα για τη συλλογή, διαχείριση, ολοκλήρωση, εκμετάλλευση, ανάλυση και εμφάνιση δεδομένων τα οποία αναφέρονται σε ένα τμήμα της γήινης επιφάνειας”** (R McDonnell & K Kemp. 1995. *International GIS Dictionary*. Cambridge: GeoInformation International).

Συμφώνα με τον Χ. Χαλκιά τα ΣΓΠ ορίζονται ως εξής: **“ΣΓΠ αποτελεί σύνολο υλικού, λογισμικού, και διαδικασιών το οποίο με την κατάλληλη χρήση υποστηρίζει τη συλλογή, διαχείριση, ανάλυση, μοντελοποίηση και παρουσίαση δεδομένων με χωρική αναφορά. Αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο υποστήριξης λήψεων αποφάσεων στην επίλυση ποικίλων προβλημάτων διαχείρισης και σχεδιασμού”** (Χαλκιάς, 2006).

Τα ΣΓΠ βρίσκουν ιδιαίτερα σημαντική εφαρμογή στην κατασκευή θεματικών χαρτών όπως είναι και ο γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη που αποτελεί ένα από τα αντικείμενα της παρούσας εργασίας. Ιδιαίτερα σημαντική ήταν και η αξιοποίησή τους στη ποσοτικοποίηση των ρυθμών προέλασης και υποχώρησης της δελταϊκής ακτογραμμής σε διάφορες χρονικές περιόδους.

3.5.2. Σχεδίαση χάρτη

Για την δημιουργία του γεωμορφολογικού χάρτη του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη οργανώθηκε μια ψηφιακή βάση χωρικών δεδομένων στο πρόγραμμα ArcMap, καθώς και η σύνθεση αυτών, για την δημιουργία στοιχείων απαραίτητων για τον τελικό χάρτη. Τα δεδομένα οργανώθηκαν σε κοινό σύστημα συντεταγμένων που ήταν το GGRS_1987. Για τη σχεδίαση του χάρτη όπως ήδη αναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν διάφορα διδόμενα από διαφορετικές πηγές. Κάθε είδος πληροφορίας αποτέλεσε ένα ξεχωριστό θεματικό επίπεδο. Έτσι δημιουργήθηκαν θεματικά επίπεδα για το όριο των δελταϊκών αποθέσεων του ποταμού, την περιοχή που καταλαμβάνεται από αποθέσεις κοίτης, τη σύγχρονη κοίτη το ποταμού, τα φυσικά αναχώματα, την ακτογραμμή, την εκτίμηση περιοχών προέλασης και υποχώρησης της ακτογραμμής, τις εγκαταλελειμμένες κοίτες, το είδος του ιζήματος κατά μήκος της ακτογραμμής κλπ. Τα θεματικά αυτά επίπεδα άλλοτε ήταν σημειακά, άλλοτε γραμμικά και άλλοτε πολύγωνα.

3.5.3. Ποσοτική εκτίμηση υποχώρησης και προέλασης της δελταϊκής ακτογραμμής

Ένας από τους σκοπούς της εργασίας είναι η ποσοτική εκτίμηση της διαχρονικής μετατόπισης της ακτογραμμής από τη συνδυασμένη δράση της ποτάμιας προσφοράς ποτάμιου ιζήματος και απομάκρυνσης των δελταϊκών ιζημάτων από τη δράση των παράκτιων διεργασιών (κυματισμός, παράκτια ρεύματα, υποθαλάσσιες κινήσεις υλικών κα). Η εκτίμηση αυτή έγινε με τη χρήση του λογισμικού ArcGis.

Μετά την ψηφιοποίηση των διαφορετικών ετών ακτογραμμών του δελταϊκού ριπιδίων (1945, 1969, 1996, 2009, 2017) για κάθε περίοδο δημιουργήθηκαν πολύγωνα (Feature to polygon) μεταξύ των δύο ακτογραμμών και υπολογίστηκε

στον πίνακα τιμών (Open attribute table) σε ένα νέο πεδίο (Add field) η έκταση (Calculate geometry) που προέκυψε από την απόθεση ή που χάθηκε λόγω της διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών, το είδος της μεταβολής της ακτογραμμής προσδιορίστηκε ύστερα από την δημιουργία ζωνών (Buffer zone) στην δεξιά και την αριστερή πλευρά της παλιάς ακτογραμμής. Επιπλέον η ακτογραμμή χωρίστηκε σε ίσα απέχουσα τμήματα μήκους 10m και για κάθε τμήμα εκτιμήθηκε η κάθετη απόσταση (Near) μεταξύ των ακτογραμμών των δύο ετών. Η κάθετη αυτή απόσταση διαιρέθηκε το συνολικό αριθμό των ετών και εκτιμήθηκε ποσοτικά ο μέσος ρυθμός μετατόπισης της ακτογραμμής για την συγκεκριμένη περίοδο.

Το αποτέλεσμα που παρήχθη παραπάνω, άφορα την μεταβολή της ακτογραμμής. Παρόλα αυτά, για τον σκοπό της συγκεκριμένης μελέτης χρειάστηκε να διερευνηθεί που η μεταβολή αυτή που είναι θετική και που αρνητική. Δηλαδή σε ποια σημεία η νέα διαιρεμένη ακτογραμμή έναντι της παλαιότερης προελαύνει, και σε πια υποχωρεί. Τα τμήματα της ακτογραμμής με προέλαση εντοπίστηκαν με την δημιουργία ζώνης (Buffer zone) και ορίστηκε μια απόσταση 150 μέτρων από την αριστερή πλευρά της παλιάς ακτογραμμής, όπου τα τμήματα που βρεθήκαν μέσα στην ζώνη δηλώνουν προέλαση. Εν συνεχεία, για τον εντοπισμό των τμημάτων της ακτογραμμής με υποχώρηση της ακτογραμμής δημιουργήθηκε μια ζώνη (Buffer zone) με μια απόσταση 150 μέτρων μόνο από την δεξιά πλευρά της παλιάς ακτογραμμής, όπου τα τμήματα που βρεθήκαν μέσα στην ζώνη δηλώνουν υποχώρηση. Δημιουργήθηκε ένα νέο πεδίο (Add field) στον πίνακα τιμών (Open attribute table) της ακτογραμμής για να καταγράφει η πληροφορία προέλασης ή οπισθοχώρησης της ακτογραμμής. Τα τμήματα που υπάγονται στην κάθε ζώνη επιλέχτηκαν μέσω χωρικού εντοπισμού (Select by Location) με τα τμήματα που εμπεριέχονται εντός της εκάστοτε ζώνης και καταχωρηθήκαν (Field calculator) στο πεδίο, με την τιμή 1 για τα τμήματα προέλασης της ακτογραμμής, 0 για όταν δεν υπήρξε μεταβολή μεταξύ της νέας και της παλαιάς ακτογραμμής και -1 για τα υποχώρησης. Τα ποσοτικά δεδομένα που εξήχθησαν με τον τρόπο αυτό οδήγησαν στη σχεδίαση διαγραμμάτων που απεικονίζουν τις μεταβολές της δελταϊκής ακτογραμμής ανά περίοδο παρατήρησης.

3.6. Έρευνα πεδίου

Μετά τη σχεδίαση του αρχικού γεωμορφολογικού χάρτη αξιοποιώντας τα λεπτομερή τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ κλίμακας 1:5000, την ερμηνεία αεροφωτογραφιών και την οπτική παρατήρηση εικόνων Google Earth καθώς και της εκτίμησης των ρυθμών προέλασης και υποχώρησης της δελταϊκής ακτογραμμής πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στην περιοχή μελέτης. Η έρευνα πεδίου έγινε τον Μάιο του 2018 και σκοπό είχε την επιβεβαίωση και λεπτομερή αποτύπωση των γεωμορφών που είχαν ήδη αναγνωρισθεί και αποτυπωθεί στον αρχικό “πρόχειρο” γεωμορφολογικό χάρτη. Στην επιτόπια έρευνα αντλήθηκαν πληροφορίες για την ενεργό κοίτη του ποταμού, για τις εκβολές του, για τις περιοχές υποχώρησης και προέλασης της δελταϊκής ακτογραμμής καθώς και για τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα έντονες τόσο στη δελταϊκή πεδιάδα όσο και κατά μήκος της ακτογραμμής.

4.Σεισμοί

“ Σεισμός είναι η βίαιη κίνηση του εδάφους, μικρής διάρκειας που προκαλείται από διαρρήξεις στο εσωτερικό της γης (απελευθέρωση ενέργειας υπό μορφή ελαστικών τάσεων).”

(Καρύμπαλης, 2013)

Όπου εστία ή υπόκεντρο καλείται η αρχή εκκίνησης των ελαστικών κυμάτων και επίκεντρο η κάθετη προβολή της εστίας στην επιφάνεια της γης, τα σεισμικά κύματα γίνονται πιο αισθητά στο επίκεντρο. (Καρύμπαλης, 2013)

Τα σεισμικά κύματα, στην περίπτωση που είναι ελαστικά, οδεύουν μεταβάλλοντας την πυκνότητα ή παραμορφώνοντας το σχήμα του μέσου από το οποίο διέρχονται και ταξιδεύουν στο εσωτερικό, στην επιφάνεια, μεταφέροντας την ενέργεια του σεισμού, η οποία τελικά απορροφάται από μέσο διάδοσης.

Ο σεισμός συνήθως προκαλείται από ξαφνική απελευθέρωση συσσωρευμένης ενέργειας στο φλοιό της Γης. Μέσω των σεισμικών κυμάτων μέρος της ενέργειας μεταφέρεται στην επιφάνειά της γης κάνοντας τον αντιληπτό.

Ανάλογα με τις αιτίες που γεννώνται οι σεισμοί στο γήινο φλοιό χωρίζονται στους ακόλουθους τύπους (Ουσταμπασίδης, 2012) :

-Τεκτονικοί : Οι περισσότεροι σεισμοί σχετίζονται με τον τεκτονικό χαρακτήρα της Γης και ονομάζονται τεκτονικοί σεισμοί. Αφορούν την διάρρηξη των πετρωμάτων

Η λιθόσφαιρα αποτελείται από πολλές λιθοσφαιρικές (τεκτονικές) πλάκες που βρίσκονται σε διαρκή κίνηση επιπλέοντας πάνω στο ρευστό υπόστρωμα της ασθενόσφαιρας. Οι πλάκες ασκούν πιέσεις μεταξύ τους κυρίως λόγω των κινήσεων του μάγματος κάτω από αυτές που τις παρασύρει και λιγότερο από τις παλιρροϊκές δυνάμεις που παραμορφώνουν τη γη συμπιέζοντας και εφελκύνοντας την, τη βαρύτητα που τείνει να βυθίζει τις βαρύτερες από αυτές.

Λόγο του μάγματος που κινείται κάτω από το φλοιό υπόκειται και στις δυνάμεις του φαινομένου Κοριόλις που σε μεγάλες κλίμακες καθορίζει την κίνηση των τροπικών κυκλώνων και των ωκεάνιων θαλάσσιων ρευμάτων. Ως αποτέλεσμα έχουμε την τάση για κίνηση των πλακών. Στα όρια των πλακών δημιουργούνται εφελκυστικές ή συμπιεστικές ζώνες διάρρηξης : εφελκυστικές στα σημεία που οι πλάκες απομακρύνονται μεταξύ τους, συμπιεστικές στα σημεία που πλησιάζουν.

Κοντά στις ζώνες διάρρηξης, στα όρια των τεκτονικών πλακών, συσσωρεύεται ενέργεια. Εκεί σχηματίζονται ρωγμές στο φλοιό, τα ρήγματα, τις πλευρές των οποίων συγκρατεί η τριβή που δεν επιτρέπει την ολίσθηση μεταξύ τους. Όταν οι τεκτονικές τάσεις ξεπεράσουν την κρίσιμη τιμή του ορίου θραύσης του πετρώματος στον εστιακό χώρο, το σπάσιμο των σημείων τριβής έχει ως αποτέλεσμα την ολίσθηση του ρήγματος. Η ολίσθηση συνεπάγεται τη βίαιη ταλάντωση των πετρωμάτων και η απελευθερωμένη ενέργεια μεταφέρεται με τα σεισμικά κύματα ώσπου να απορροφηθεί εντελώς. Που οδηγεί σε τεκτονικό σεισμό.

-Ηφαιστειακοί : Ο δεύτερος βασικός τύπος σεισμών σχετίζεται με ηφαιστειακή δραστηριότητα, είναι αποτέλεσμα αλλαγής της πίεσης στο εσωτερικό της γης, λόγω της εισροής ή εκροής μάγματος.

-Εγκατακρημνισιγενείς : Οφείλονται πτώση στη οροφών υπογείων κοιλωμάτων (π.χ. σπηλαίων) .

-Κρυογενείς Σεισμοί (frostquake): Οφείλονται στην απότομη πτώση της θερμοκρασίας.

-Τεχνητοί Σεισμοί : Ως σεισμός χαρακτηρίζεται και το άμεσο αποτέλεσμα από μία μη φυσική διεργασία, (π.χ. μία έκρηξη ή χτύπημα της επιφάνειας του φλοιού).

Το βάθος σεισμικότητας εστίας: χωρίζεται σε 3 κατηγορίες (Καρύμπαλης, 2013):

α. Επιφανειακούς (βάθος μέχρι 60km).

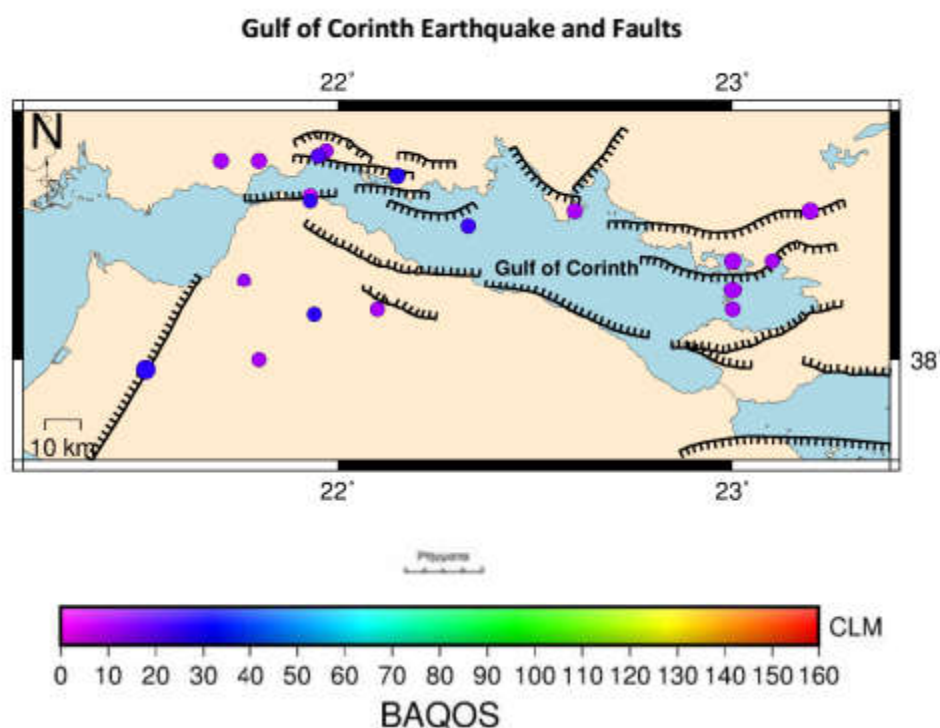
β. Ενδιάμεσους (βάθος από 60 μέχρι 300km)

γ. Μεγάλου βάθους (η εστία από 300 μέχρι 700km βάθος).

Με τους σειсмоγράφους πραγματοποιείτε η μέτρηση των σεισμικών κυμάτων . Έχουμε δύο μεθόδους μέτρησης της έντασης και της εκλυόμενης ενέργειας ενός σεισμού αντίστοιχα. Η κλίμακα Mercalli η οποία έχει δώδεκα διαβαθμίσεις (από I έως XII) για τη μέτρηση της έντασης ενός σεισμού. Καθώς επίσης και η κλίμακα Richter, η οποία έχει διαβαθμίσεις μεγέθους, δηλαδή μετρά την εκλυόμενη ενέργεια ενός σεισμού. (Καρύμπαλης, 2013)

4.4. Σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή

Όπως αναφέρθηκε σε παραπάνω κεφάλαιο (Βλέπε 3.3. GMT), στο πλαίσιο της εργασίας δημιουργήθηκαν χάρτες στους οποίους απεικονίζονται τα επίκεντρα των σεισμικών δονήσεων της περιοχής, ταξινομημένες με βάση την κλίμακα που παρουσιάστηκε από τον Charles Richter το 1935, την κλίμακα τοπικού μεγέθους ML (Magnitude Local).



Χάρτης 7: σεισμικά γεγονότα στην περιοχή μελέτης από 01/01/1964 έως 01/01/2018 με μέγεθος ≥ 5 ML

Πηγή: ίδια επεξεργασία – δεδομένα από: www.gein.noa.gr

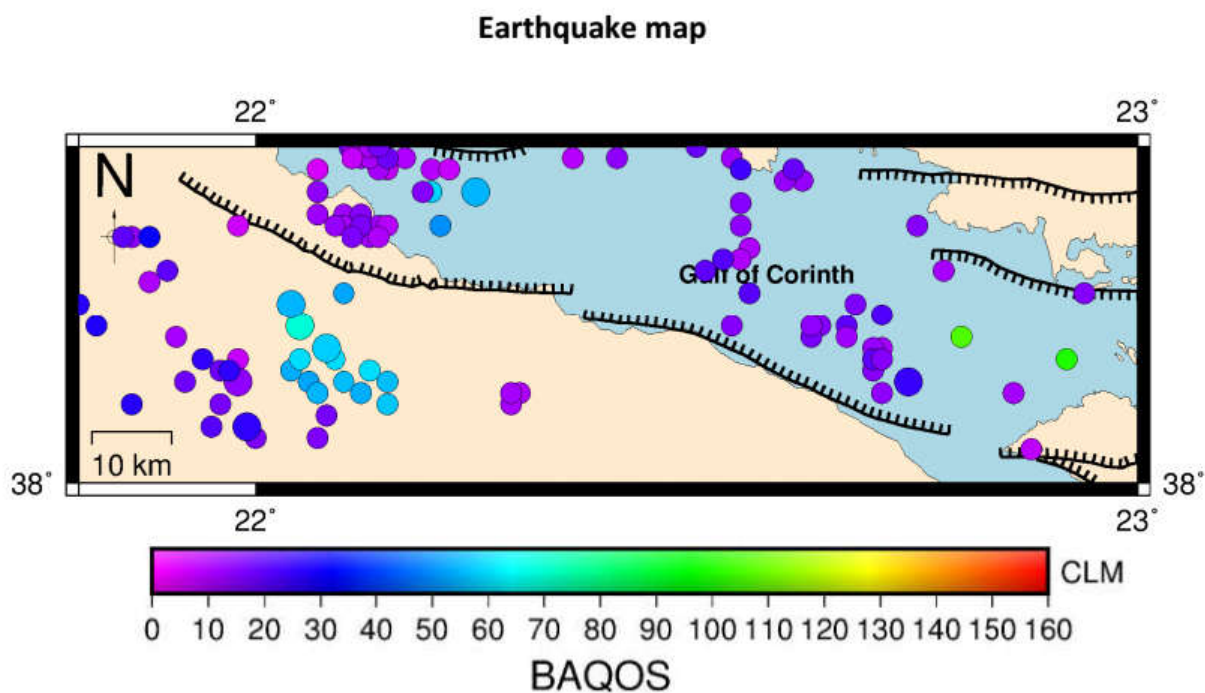
Στον παραπάνω χάρτη παρουσιάζονται τα επίκεντρα των σεισμικών δονήσεων που συνέβησαν στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου με μέγεθος μεγαλύτερο από 5 ML από τότε που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από το γεωδυναμικό ινστιτούτο.

Πίνακας: Κατάλογος σεισμών

A/A	Χρόνος Γένεσης (GMT)	Επίκεντρο	Γεωγρ.Πλάτος (°B)	Γεωγρ.Μήκος (°A)	Βάθος (χμ)	Μέγεθος
1	22/1/2010 0:46	21.4 χμ ΒΒΔ του Αγίου	38.42	21.97	12	5.1
2	18/1/2010 15:56	21.3 χμ ΒΒΔ του Αγίου	38.41	21.95	20	5.2
3	8/6/2008 12:25	23.1 χμ ΑΒΑ της Ανδραβίδας	37.98	21.51	25	6.5
4	4/2/2008 22:15	16.4 χμ ΔΒΔ των Καλαβρύτων	38.09	21.94	25	5.0
5	15/6/1995 0:30	16.1 χμ ΒΔ του Αγίου	38.33	21.93	5	5.2
6	15/6/1995 0:15	14.7 χμ ΒΒΑ του Αγίου	38.37	22.15	26	5.6
7	14/7/1993 12:31	9.7 χμ ΝΝΑ της Πάτρας	38.16	21.76	13	5.1
8	18/11/1992 21:10	21.8 χμ Α του Αγίου	38.27	22.33	23	5.2
9	11/2/1984 8:02	15.5 χμ ΔΒΔ του Αγίου	38.32	21.93	24	5.1
10	5/3/1981 6:59	32.2 χμ ΑΝΑ της Λειβαδιάς	38.30	23.20	10	5.6
11	4/3/1981 21:58	32.2 χμ ΑΝΑ της Λειβαδιάς	38.30	23.20	10	5.8
12	25/2/1981 5:08	32.6 χμ ΒΒΑ της Κορίνθου	38.20	23.10	10	5.1
13	25/2/1981 2:35	28.4 χμ ΝΝΑ της Λειβαδιάς	38.20	23.00	10	5.9
14	25/2/1981 1:57	19.0 χμ ΒΒΑ της Κορίνθου	38.10	23.00	10	5.2
15	24/2/1981 20:53	23.3 χμ ΒΒΑ της Κορίνθου	38.14	23.00	10	6.3
16	21/12/1975 16:07	17.6 χμ Β της Πάτρας	38.40	21.70	10	5.1
17	30/6/1975 13:26	17.6 χμ Β της Πάτρας	38.40	21.70	10	5.4
18	4/4/1975 5:16	7.6 χμ Β των Καλαβρύτων	38.10	22.10	10	5.1
19	8/4/1970 13:50	28.2 χμ ΔΝΔ της Λειβαδιάς	38.30	22.60	10	5.4
20	4/1/1967 5:58	18.2 χμ ΒΒΑ της Πάτρας	38.40	21.80	10	5.3
21	24/4/1964 3:49	27.6 χμ Δ των Καλαβρύτων	38.00	21.80	10	5.0

Πίνακας 5: Κατάλογος σεισμικών δονήσεων της ευρύτερης περιοχής μελέτης από 01/01/1964 έως 01/01/2018 με μέγεθος ≥ 5 ML
Πηγή: www.gein.noa.gr

Περιέχει τα στοιχεία των δονήσεων των σεισμών που απεικονίζονται στον παραπάνω χάρτη (Βλέπε χάρτη 7).

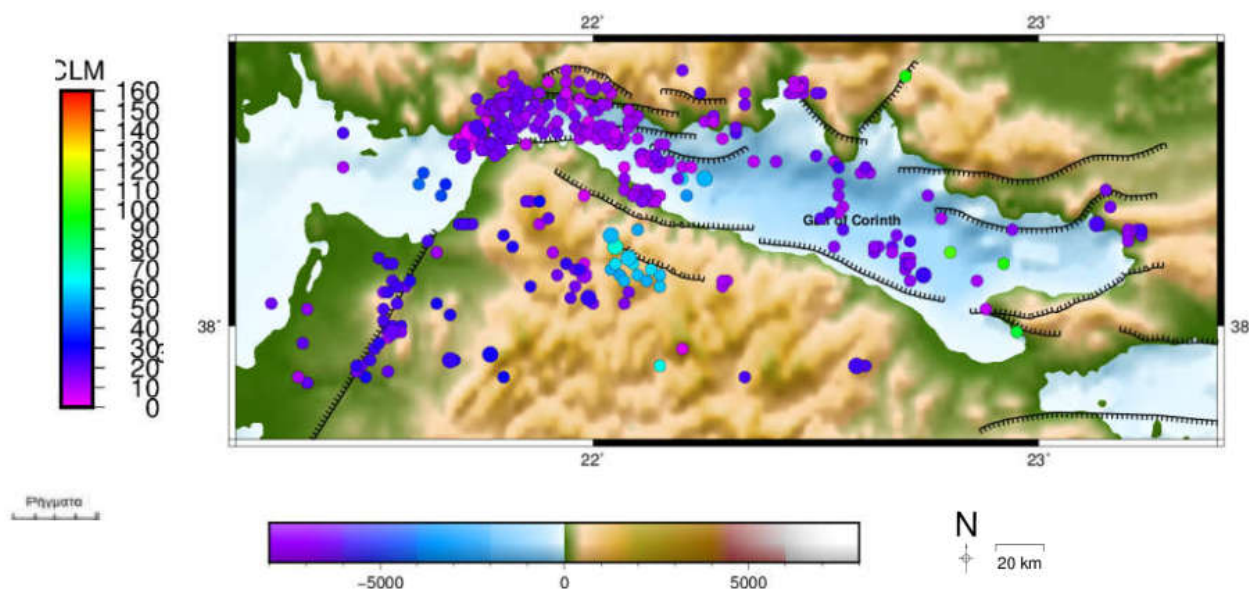


Χάρτης 8: σεισμικά γεγονότα στην περιοχή μελέτης

από 01/01/2011 έως 01/08/2017 με μέγεθος ≥ 3 ML

Πηγή: ιδία επεξεργασία – δεδομένα από: www.gein.noa.gr

Earthquake map Gulf of Corinth

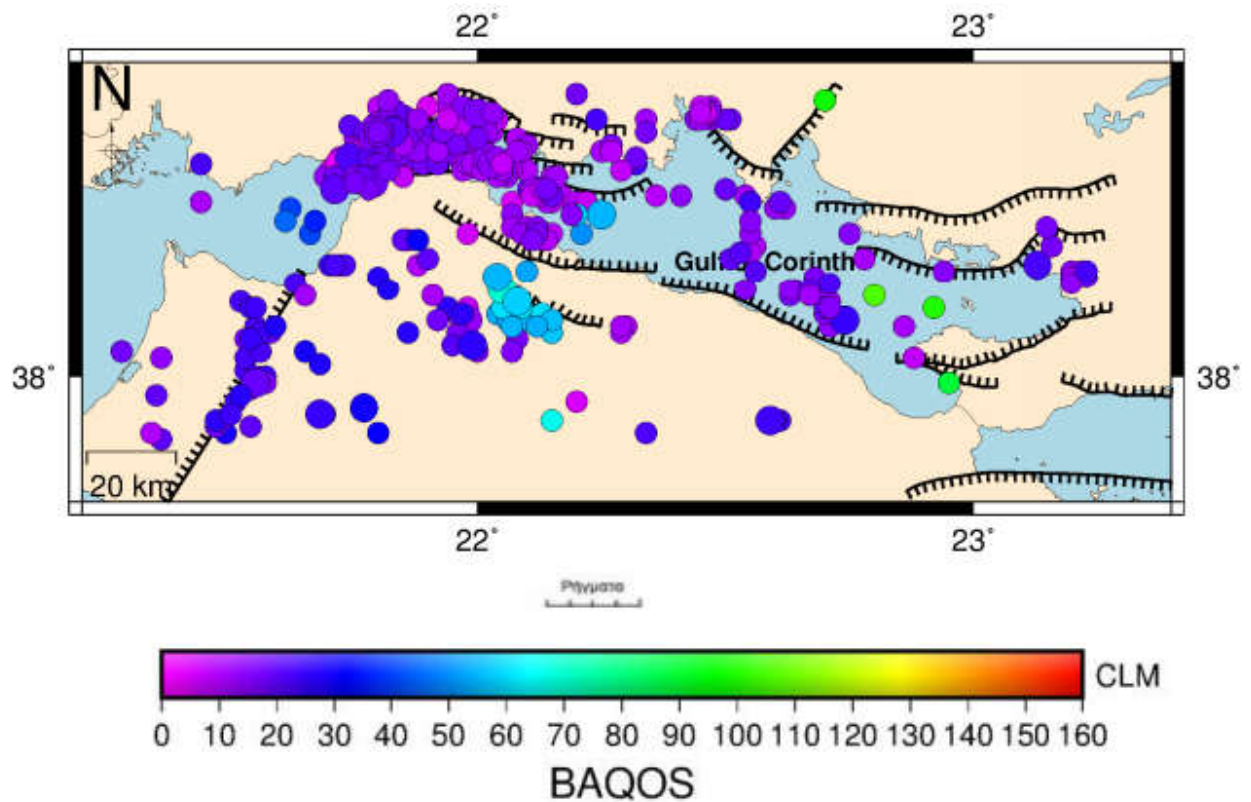


Χάρτης 9: σεισμικά γεγονότα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης από 01/01/2011 έως 01/08/2017 με μέγεθος ≥ 3 ML πάνω σε ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής

Πηγή: ίδια επεξεργασία – δεδομένα από: www.gein.noa.gr

Από την επεξεργασία των δεδομένων σεισμών για την ευρύτερη περιοχή και την κατασκευή των αντίστοιχων χαρτών σεισμικών επικέντρων με το λογισμικό GMT γίνεται φανερό ότι η περιοχή μελέτης εμφανίζει ιδιαίτερη σεισμική δραστηριότητα για την περίοδο που καλύπτουν τα δεδομένα. Ιδιαίτερα αυξημένη πυκνότητα σεισμικών επικέντρων παρατηρείται στον δυτικό Κορινθιακό κόλπο γεγονός που αποδίδεται στη δραστηριότητα των ρηξιγενών ζωνών της περιοχής αυτής και κυρίως του Αιγίου της Ελίκης και του Ψαθόπυργου. Στον χάρτη που αφορά την περίοδο 2011-2017 παρατηρείται ένα σμήνος σεισμών, μικρού σχετικά εστιακού βάθους, ακριβώς στην περιοχή του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη.

Earthquake map Gulf of Corinth



Χάρτης 10: σεισμικά γεγονότα στην περιοχή μελέτης από 01/01/2011 έως 01/08/2017 με μέγεθος ≥ 3 ML Πηγή: ιδία επεξεργασία – www.gein.noa.gr

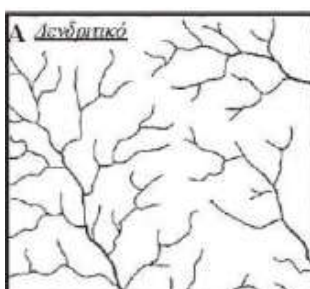
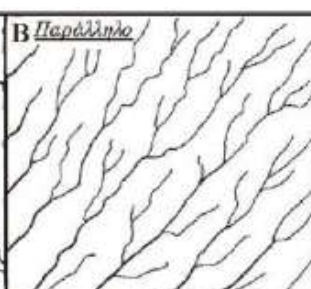
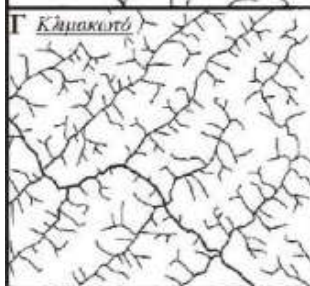
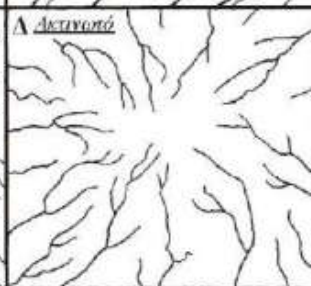
5. Το υδρογραφικό δίκτυο και η λεκάνη απορροής του ποταμού Κερυνίτη

Δεδομένου ότι ένας σημαντικός παράγοντας για τη διαμόρφωση των δέλτα και των δελταϊκών ριπιδίων είναι τα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου και της λεκάνης απορροής του ποταμού κρίνεται σκόπιμη η αναφορά στο υδρογραφικό δίκτυο και τη λεκάνη απορροής του ποταμού Κερυνίτη.

5.1 Γενικά - Τύποι υδρογραφικού δικτύου

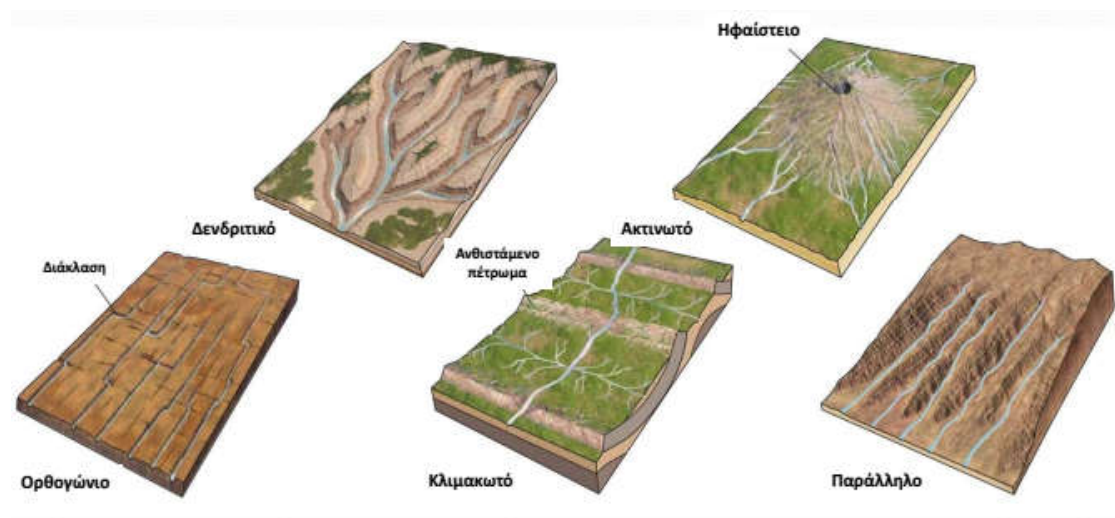
Ο τρόπος αποστράγγισης της λεκάνης απορροής ενός ποταμού ορίζει τον τύπο του υδρογραφικού δικτύου. Τα πρότυπα ανάπτυξης των υδρογραφικών δικτύων εξαρτώνται από τη γεωλογική δομή και η τεκτονική δραστηριότητα σε μια περιοχή επιδρούν στο βαθμό κατάτμησης του αναγλύφου και ταυτόχρονα στο πρότυπο ανάπτυξης (γεωμετρία) και την πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου που αναπτύσσονται μέσα σε αυτή επηρεάζοντας το ρυθμός μεταφοράς νερού και ιζήματος(Τσόδουλος 2017).

Η μορφολογία της περιοχής (τοπογραφικές κλίσεις) και η δομή του υποκείμενου πετρώματος (λιθολογία και τεκτονική) καθορίζει κατά κύριο λόγο την πορεία του ποταμού(Τσόδουλος 2017).

A Δενδρικό		B Παράλληλο		Δενδρικό	Αναπτύσσεται κυρίως πάνω από ομογενή πετρώματα ή χαλαρά ιζήματα σε περιοχές με ήπιο ανάγλυφο.
Γ Κλιμακωτό		Δ Ακτινωτό		Παράλληλο	Αναπτύσσεται κυρίως πάνω από περιοχές με απότομη κλίση και εκεί όπου η κλίση των στρωμάτων του υποβάθρου ή οι τεκτονικές δομές είναι παράλληλες με την κλίση του πλανού.
		Κλιμακωτό		Ακτινωτό	Αναπτύσσεται κυρίως πάνω από περιοχές όπου το υπόβαθρο έχει μία ή περισσότερες επιφάνειες αδυναμίας με διεύθυνση που βρίσκεται υπό γωνία σε σχέση με αυτή της κλίσης. Τέτοιες δομές είναι ρήγματα, διακλάσεις και άξονες πτυχών.
					Αναπτύσσεται κυρίως πάνω από περιοχές όπου σχηματίζονται τεκτονικής ή μη τεκτονικής προέλευσης ανυψώσεις σχήματος θόλου όπως η φαιστεια, όμοι αλάτος ή τεκτονικές ανυψώσεις.

Εικόνα 12: Κύρια πρότυπα ανάπτυξης υδρογραφικών δικτύων

Πηγή: Τσόδουλος, 2017



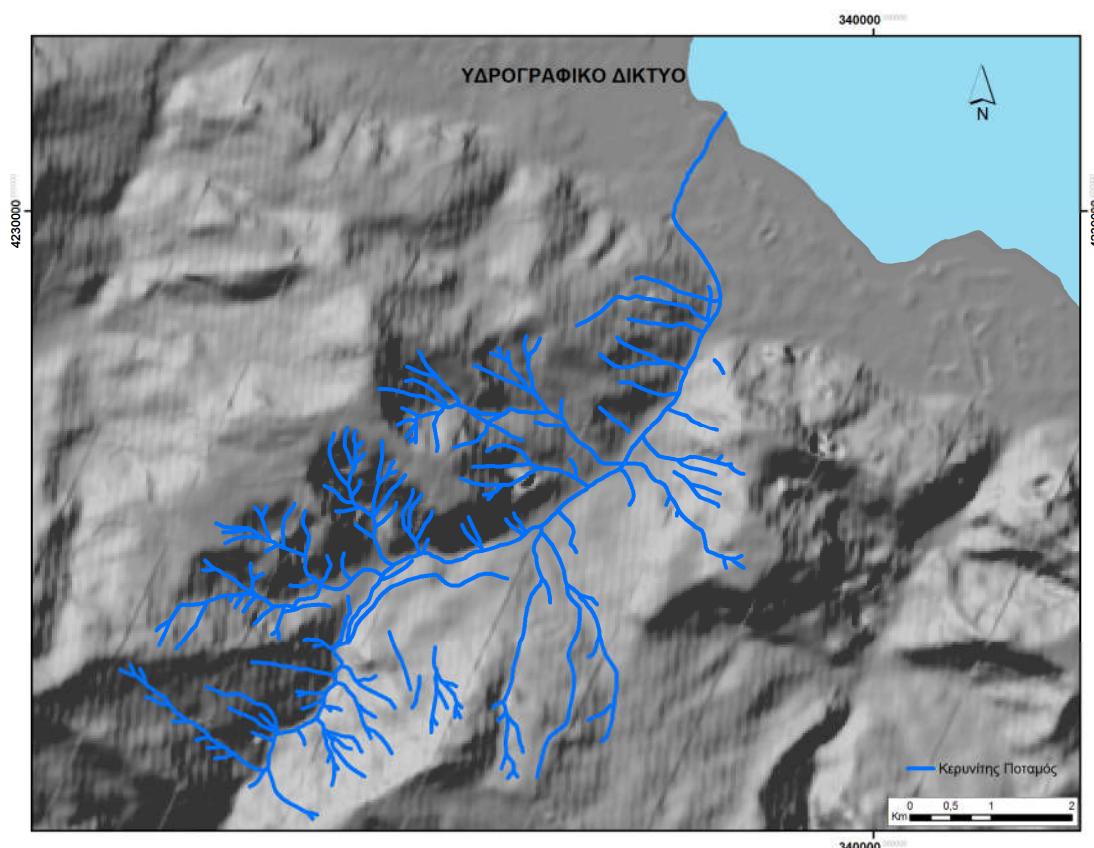
Εικόνα 13: Πρότυπα ανάπτυξης υδρογραφικών δικτύων

Πηγή: Τσόδουλος 2017 <http://geologylearn.blogspot.com/>

5.2. Υδρογραφικό δίκτυο ποταμού Κερυνίτη

Στον παρακάτω χάρτη απεικονίζεται το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης. Ιδιαίτερη αναφορά θα γίνει για την κεντρική κοίτη του ποταμού και την αλλαγή της διεύθυνσης ροής του μετά την έξοδό του από τη λεκάνη απορροής και την είσοδο στο δελταϊκό του ριπίδιο. Η γενική μορφή του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού δείχνει ότι ανήκει στον δενδριτικό τύπο. Οι κλάδοι δηλαδή συνδέονται με τυχαίες οξείες γωνίες. Το συνολικό μήκος των κοιτών όλων των κλάδων εντός της λεκάνης απορροής ανέρχεται σε 215,6 km. Η υδρογραφική πυκνότητα που είναι το πηλίκο του συνολικού μήκους όλων των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής έχει την τιμή 2,67 km/km², γεγονός που αποτελεί ένδειξη σχετικά λεπτής υδρογραφικής υφής και υψηλού δυναμικού διάβρωσης. Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών πάνω στους οποίους αναπτύσσεται το δίκτυο αλλά και από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Αφού η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υποβάθρου και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην λεκάνη αποστράγγισης εκφράζει και το ρυθμό διάβρωσης από τη δράση των κοιτών (Τσόδουλος 2017). Το υδρογραφικό

δίκτυο του Κερυνίτη εμφανίζει μεγαλύτερη υδρογραφική συχνότητα (πλήθος κλάδων) στο βόρειο τμήμα του όπου η περιοχή καταλαμβάνεται από ευδιάβρωτους και σχετικά αδιαπέρατους σχηματισμούς Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας. Αντίθετα το νότιο και ορεινό τμήμα του δικτύου αποστραγγίζει ανθρακικούς σχηματισμούς που είναι σχετικά διαπερατοί και η συχνότητα των κλάδων είναι ελαφρά μικρότερη. Σε ότι αφορά την κεντρική κοίτη του ποταμού ανήκει στον πλεξοειδή τύπο (braided channel).



Χάρτης 11: Το υδρογραφικό δίκτυο του Κερυνίτη ποταμού

Ως κοίτη ορίζεται **η φυσική ή διευθετημένη διαμόρφωση του εδάφους στην οποία ρέει μόνιμα ή περιοδικά νερό του υδατορεύματος. Δεν περιλαμβάνονται στην έννοια αυτή οι περιοχές μόνιμης ή περιοδικής κατάκλυσης των υγροτόπων.**''
(<http://www.opengov.gr/minenv/?p=5056>)

Η διαμόρφωση της κοίτης ενός ποταμού όπως φαίνεται από ψηλά ονομάζεται ως τύπος ποτάμιας κοίτης.

Οι τύποι των ποτάμιων κοιτών χαρακτηρίζονται από μια σειρά μορφών με διαφορετική γεωμετρία, κυριότερες από τις οποίες είναι τέσσερις οι Ευθυτενείς, οι Μαιανδρικές, οι Πλεξοειδείς και οι Αναστομωμένες (Τσόδουλος 2017), οι οποίοι ταξινομούνται με βάση τα κριτήρια του μαιανδρικού λόγου, ο βαθμός διαχωρισμού, το μεταφερόμενο φορτίο, η αναλογία πλάτους-βάθους, η σταθερότητα και η ταχύτητα ροής. Όπου ο λόγος του μήκους της κοίτης ενός ποταμού προς το μήκος του άξονα της μαιανδρικής ζώνης. Εκφράζει το μέγεθος της ελικοειδούς-μαιανδρικής μορφής ενός ποταμού. $SI = \frac{\text{μήκος ποταμού}}{\text{μήκος άξονα μαιανδρικής ζώνης}}$ (Brice, 1964). Συστήματα ταξινόμηση των ποταμών αποτελούν το επίπεδο μοντέλο ανάπτυξης της κοίτης, η γεωμετρία της εγκάρσιας διατομής της κοίτης, το επίμηκες προφίλ της κοίτης και ο τύπος του μεταφερόμενου υλικού (κροκάλες, άμμος, ιλύς ή άργιλος).

Όπως ήδη αναφέρθηκε η κεντρική κοίτη του Κερυνίτη κατατάσσεται στον πλεξοειδή τύπο (braided streams). Οι πλεξοειδείς ποταμοί διαθέτουν ασταθείς και εύκολα διαβρούμενες κοίτες όπου εγκαταλείπουν περιοδικά τις μεγάλες ποσότητες υλικών που μεταφέρουν (κυρίως φορτίο πυθμένα). Η επιφανειακή απορροή σχηματίζει χαρακτηριστικές μικρού βάθους αλλά μεγάλου πλάτους κοίτες δικτυωτής ή πλεξοειδούς μορφής. Συνεπώς δημιουργούνται ενδιάμεσες νησίδες ιζημάτων (αδρομερών και λεπτοκόκκων) οι οποίες πλημμυρίζουν κατά τη διάρκεια πλημμυρικών επεισοδίων.

Συγκεκριμένα τα βασικά χαρακτηρίστηκα των πλεξοειδών ποταμών, μορφολογικά οι πλεξοειδείς ποταμοί διαθέτουν δυο ή περισσότερες κοίτες με μικρές νησίδες, ο μαιανδρικός λόγος είναι $> 1,3$. Κυριότερη διεργασία είναι η μεταφορά φορτίου κοίτης, με αναλογία πλάτους βάθους > 40 , η κοίτη διευρύνεται και από τις αποθέσεις σχηματίζονται ιζηματογενή φράγματα που διακλαδίζουν την κοίτη.

Η διαπίστωση ότι η κεντρική κοίτη του Κερυνίτη ανήκει στον πλεξοειδή τύπο αποτελεί ένδειξη μεγάλης στερεομεταφοράς. Κατά μήκος της κοίτης μεταφέρονται κυρίως ως φορτίο κοίτης με κύλιση αναπήδηση ή σύρση μεγάλες ποσότητες αδρομερών αλλά και λεπτόκοκκων υλικών. Χαρακτηριστικό της μεγάλης στερεομεταφοράς και της μεταφορικής ικανότητας του ποταμού είναι η διαπίστωση και την έρευνα πεδίου ευμεγεθών κροκαλών να έχουν μεταφερθεί μέχρι τις εκβολές

του ποταμού (εικ. 14). Η μεγάλη μεταφορική ικανότητα του ποταμού σχετίζεται και με την μεγάλη μορφολογική κλίση της κοίτης που με τη σειρά της είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής ανύψωσης που εν μέρει οφείλεται στη δραστηριοποίηση του ρήγματος της Ελίκης που οριοθετεί την έξοδο του ποταμού από τα λεκάνη απορροής.



Εικόνα 14: Φωτογραφία εκβολής Κερυνίτη ποταμού από την υπαίθρια έρευνα

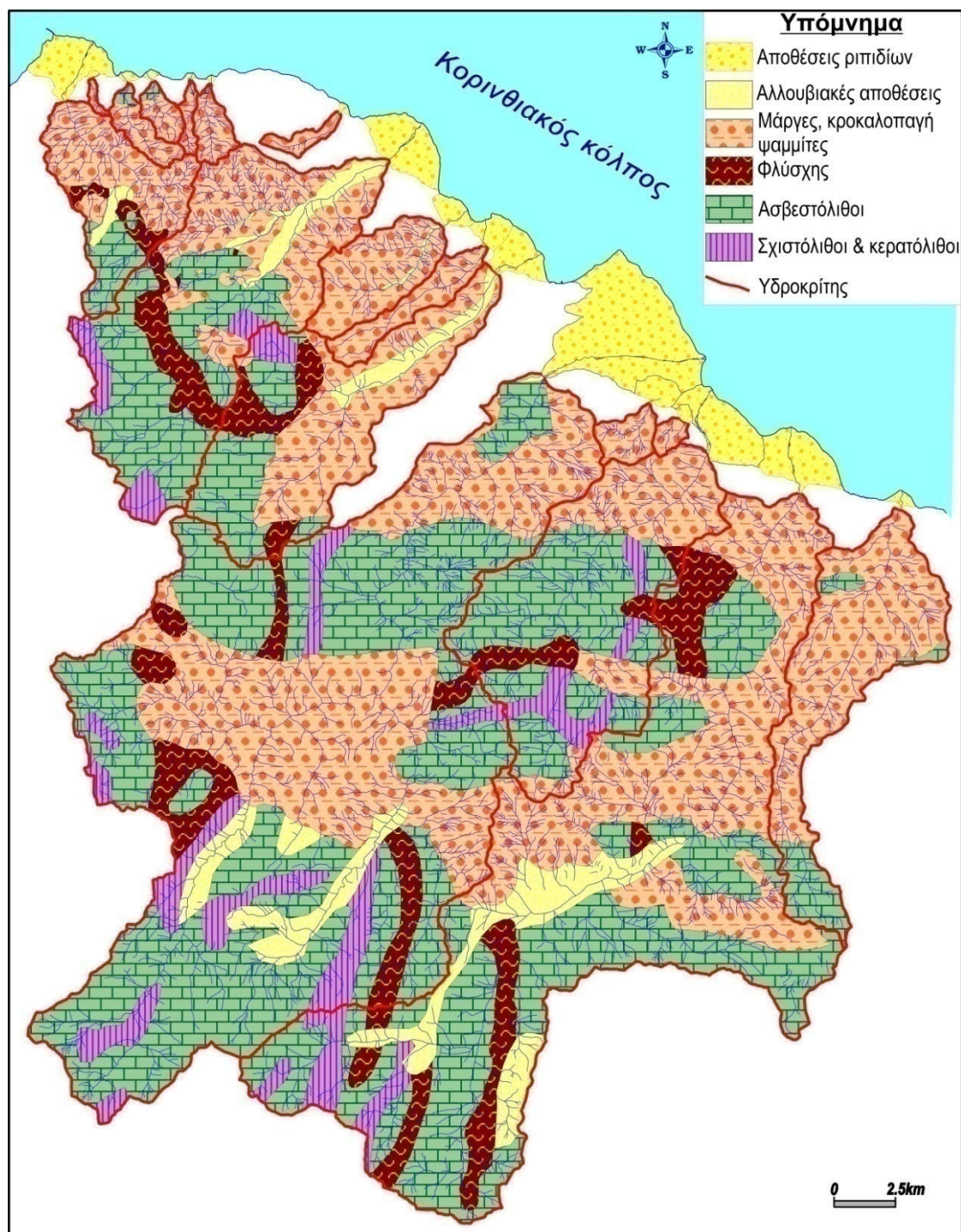
5.3. Λεκάνη απορροής ποταμού Κερυνίτη

Ο ποταμός Κερυνίτης έχει διαμορφώσει μια λεκάνη απορροής συνολικής έκτασης 80,84 km² και περιμέτρου (μήκους υδροκριτικής γραμμής) 46,58 km. Η λεκάνη απορροής του ποταμού έχει ένα σχετικά επίμηκες σχήμα με τον μέγιστο άξονα να διευθύνεται Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ. Το μέγιστο υψόμετρό της φθάνει τα 1765 m. Το ανάγλυφο της λεκάνης είναι τραχύ και δύσβατο όπως φαίνεται από την τιμή του δείκτη τραχύτητας αναγλύφου Melton (0,19). Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια ποσοτικοποίηση της τραχύτητας του αναγλύφου της λεκάνης και δίνεται από τον τύπο: $M=RbAb^{-0.5}$ όπου Rb είναι η κάθετη υψομετρική διαφορά μεταξύ του

μεγαλύτερου και του μικρότερου υψομέτρου της λεκάνης ενώ A_b είναι το εμβαδόν της λεκάνης. Χαρακτηριστικά μεγάλη είναι και η μορφολογική κλίση της λεκάνης αφού η τιμή της κλίσης των κυτών της φθάνει το 48%. Η κλίση των κοιτών της λεκάνης είναι ένας μορφομετρικός δείκτης που υπολογίζεται με την τύπο: $S_b = e \Sigma L_c / A_b$ όπου e είναι η ισοδιάσταση του χάρτη που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παραμέτρου (στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 20 m), ΣL_c είναι το συνολικό μήκος των ισοϋψών καμπυλών ανά 20 m που βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής και A_b είναι το εμβαδόν της λεκάνης. Είναι προφανές ότι η τραχύτητα του αναγλύφου και η μεγάλες μορφολογικές κλίσεις σχετίζονται με την τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η περιοχή παρουσιάζει υψηλούς ρυθμούς τεκτονικής ανύψωσης με αποτέλεσμα οι κοίτες του υδρογραφικού δικτύου να διαβρώνουν σε βάθος και να δημιουργούν ένα τραχύ δύσβατο ανάγλυφο μεγάλων κλίσεων. Τα χαρακτηριστικά αυτά του ανάγλυφου της λεκάνης ευνοούν τη διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών της και την αυξημένη στερεομεταφορά της κεντρικής κοίτης. Τα ιζήματα της διάβρωσης που μεταφέρονται μέσω της κεντρικής κοίτης του ποταμού καταλήγουν στις εκβολές διαμορφώνοντας το δελταϊκό ριπίδιο με τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά που θα περιγραφούν στη συνέχεια.

Η λιθολογία στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κερυνίτη (Βλέπε χάρτη 12), αποτελείται από ασβεστόλιθους, φλύσχη, εναλλαγές στρωμάτων από μάργες, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες, ενώ μικρή έκταση της λεκάνης καταλαμβάνουν σχιστόλιθοι και κερατόλιθοι. Συγκεκριμένα οι ασβεστόλιθοι καταλαμβάνουν έκταση $43,03 \text{ km}^2$ της λεκάνης απορροής του Κερυνίτη και αντιστοιχεί στο 50% της συνολικής της έκτασης. Τα πετρώματα αυτά περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) σε πόστο $< 90\%$. Μπορούν να περιέχουν και άλλα συστατικά κυρίως αργιλικά, σιδηρούχα ή μαγνησιούχα. (Δερμιτζάκης & Λέκκα, 2010). Θεωρείτε ευδιάλυτο πέτρωμα και διαπερατό από το νερό γεγονός που ευνοεί σε συνδυασμό με μεγάλες κλίσεις εντός της λεκάνης αποστράγγισης την διάβρωση-παράγωγη ιζήματος. Παράλληλα στον παραπάνω χάρτη όπου αποτυπώνετε η λιθολογία και το υδρογραφικό δίκτυο παρατηρείτε ότι οι περιοχές της λεκάνης όπου καταλαμβάνονται από ασβεστόλιθο εμφανίζει μια σχετικά μικρότερη συχνότητα κλάδων του δικτύου. Ο φλύσχος αποτελεί ένα αδιαπέρατο πέτρωμα και

καταλαμβάνει μικρό ποσοστό 7,13% (5,76 km²) της υδρολογικής λεκάνης. Ένα ποσοστό της τάξεως του 30% καταλαμβάνουν μάργες –κροκαλοπαγή- ψαμμίτες Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας. Υπάρχει και ένα ποσοστό μεταμορφωμένων πετρωμάτων σχιστόλιθοι-κερατόλιθοι (9,52%) τα όποια διαβρώνονται πιο δύσκολα εξου και παρατηρείτε ότι το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο στις περιοχές που επικρατούν οι σχηματισμοί αυτοί.

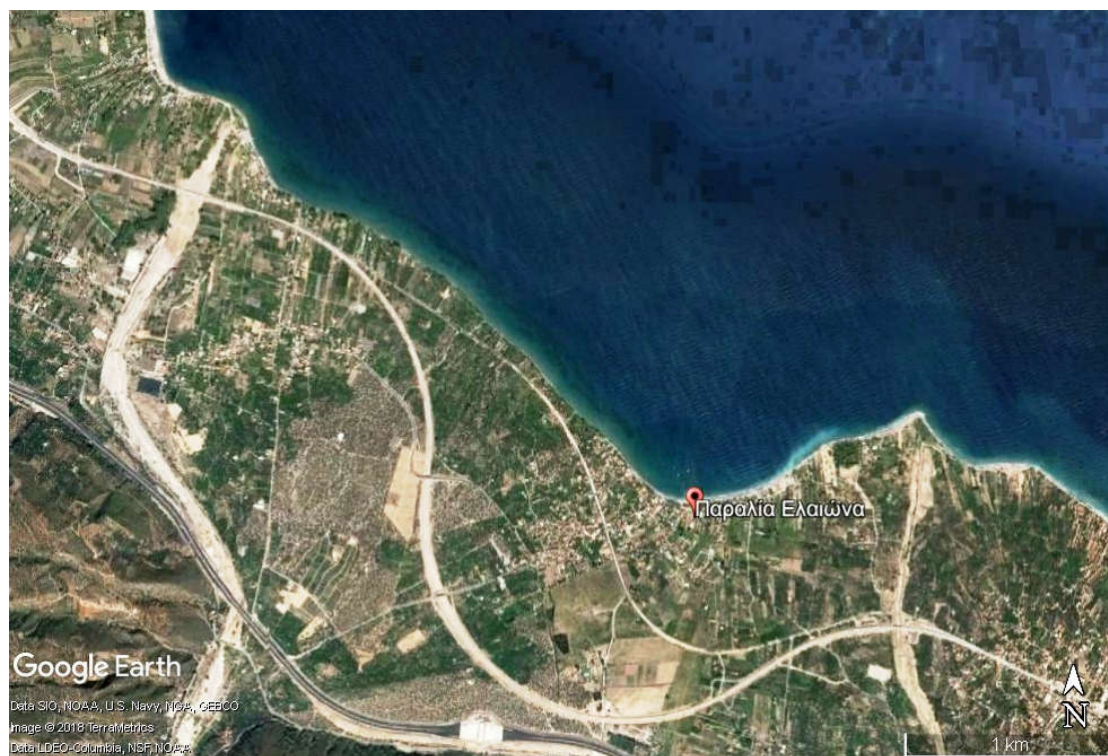


Χάρτης 12 : απεικονίζει την λιθολογία των λεκανών απορροής ευρύτερα της περιοχής μελέτης (Πηγή: Karymbalis et al. 2011)

6. Το δελταϊκό ριπίδιο του ποταμού Κερυνίτη

Η εργασία περιλαμβάνει τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη. Πριν την παράθεση των αποτελεσμάτων της

γεωμορφολογικής χαρτογράφησης και της εργασίας πεδίου κρίνεται σκόπιμη η αναφορά στα ποτάμια δέλτα και τα δελταϊκά ριπιδία που αποτελούν μια υποκατηγορία αυτών.



Εικόνα 15: Χάρτης δελταϊκού ριπιδίου Κερυνίτης

6.1. Γενικά για τα ποτάμια δέλτα

Τα ποτάμια δέλτα είναι χαρακτηριστικές γεωμορφές απόθεσης σε σχήμα που θυμίζει το κεφαλαίο γράμμα Δ, που αναπτύσσονται στις εκβολές ενός ποταμού.

Ο όρος περιλαμβάνει διαφορές χαρακτηρίστηκες μορφές απόθεσης στην περιοχή των εκβολών ενός ποταμού, ο ρυθμός προσφοράς ιζήματος του ποταμού είναι ταχύτερος από τον ρυθμό απομάκρυνσης λόγω της δράσης των θαλασσίων διεργασιών.

6.2. Η σπουδαιότητα των δέλτα

Από κοινωνικοοικονομικής άποψης:

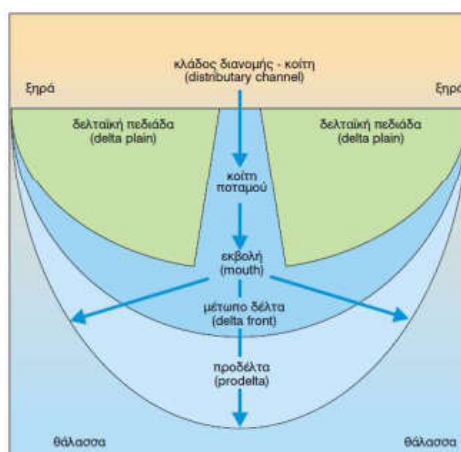
Τα δέλτα από την αρχαιότητα αποτελούσαν πόλο έλξης καθώς ευρήματα πολιτισμών αναφέρουν την εγκατάστασή τους αλλά και την άνθιση πολιτισμών σε τέτοιες περιοχές. Μέχρι και σήμερα συγκεντρώνουν πληθώρα δραστηριοτήτων.

Επίσης τα δελταϊκά ιζήματα συχνά εμπεριέχουν οργανικές αποθέσεις (τύρφη, ορυκτούς άνθρακες), οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν την πηγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, καθώς επίσης μπορούν να αποτελέσουν φυσικούς χώρους αποθήκευσης υδρογονανθράκων.

Από περιβαλλοντικής άποψης στις περιοχές των ποταμίων δέλτα δημιουργούνται υγρότοποι που συγκεντρώνουν ποικίλα είδη χλωρίδας και πανίδας.

6.2.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα

Τα ποτάμια δέλτα χωρίζονται σε δυο τμήματα των οποίων η έκταση είναι άνιση αλλά διαφορετική για το εκάστοτε δέλτα ένα επιφανειακό τμήμα κι ένα υποθαλάσσιο. Εξαρτάται από διαφόρους παράγοντες με κυριότερο τις θαλασσιές διεργασίες (κύματα, παλίρροιες, θαλασσιά ρεύματα) και την υποθαλάσσια μορφολογία. Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά αποτελούν η δελταϊκή πεδιάδα, το μέτωπο του δέλτα και το προδέλτα.



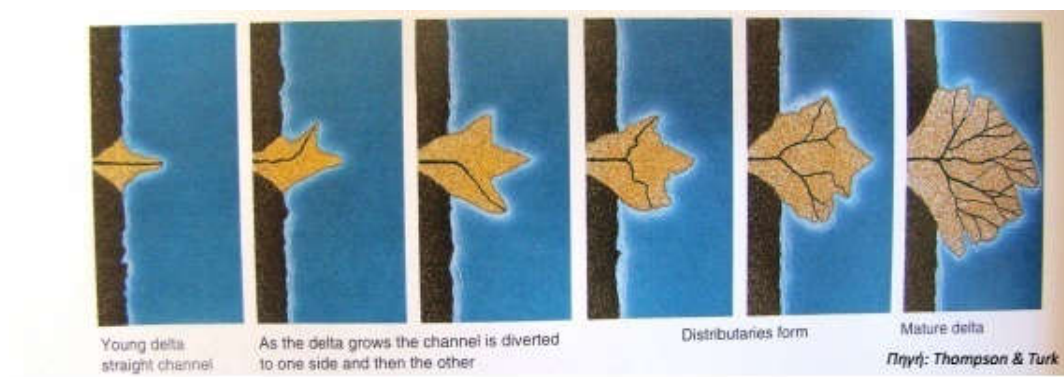
Εικόνα 16: Μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός Δέλτα

Πηγή: Καρύμπαλης (2010)

Το τμήμα που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας αποτελεί την δελταϊκή πεδιάδα που ουσιαστικά είναι η προς τη θάλασσα συνέχεια της αλλουβιακής κοιλάδας του ποταμού. Το μέτωπο περιλαμβάνει την εκβολή, την ακτογραμμή και ένα μικρό τμήμα του υποθαλάσσιου δέλτα. Το τμήμα που βρίσκεται υποθαλάσσια ονομάζεται προ δέλτα.

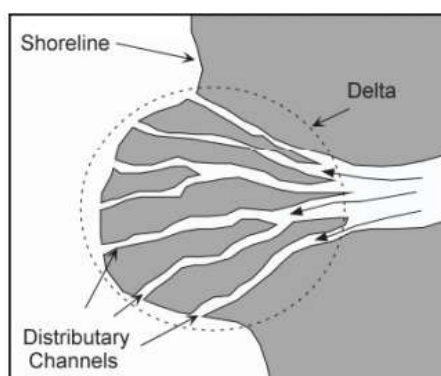
6.2.2. Σχηματισμός δέλτα

Τα δέλτα σχηματίζονται και αναπτύσσονται με το χρόνο στο σημείο όπου ένα ποτάμι εκβάλλει σε μια λίμνη ή θάλασσα και αποθέτει τα ιζήματα που μεταφέρει.



Εικόνα 17: Σχηματισμός δέλτα (Πηγή: Thompson R. G. and Turk J.,1997)

Η κλίση της κοίτης μειώνεται με την αύξηση του δέλτα προς την πλευρά της θάλασσας, έχει ως αποτέλεσμα το την διακλαδώσει της κεντρικής κοίτης του ποταμού σε μικρότερα κανάλια διανομής.



Εικόνα 18: Κανάλια διανομής Δέλτα

Πηγή: <http://www.tulane.edu>

6.2.3. Παράγοντες διαμόρφωσης των δέλτα

Τα δέλτα αποτελούν φυσικά συστήματα που μεταβάλλονται δυναμικά και ανταποκρίνονται άμεσα ή έμμεσα σε κάθε μεταβολή που συντελείται τόσο εντός των λεκανών απορροής, όσο και στην ένταση και το ρυθμό δράσης των παράκτιων διεργασιών.

Ο σχηματισμός των ποταμίων δέλτα είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού πολλών παραγόντων. Για να δημιουργηθεί ένας πόταμος δέλτα στις εκβολές που πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις.

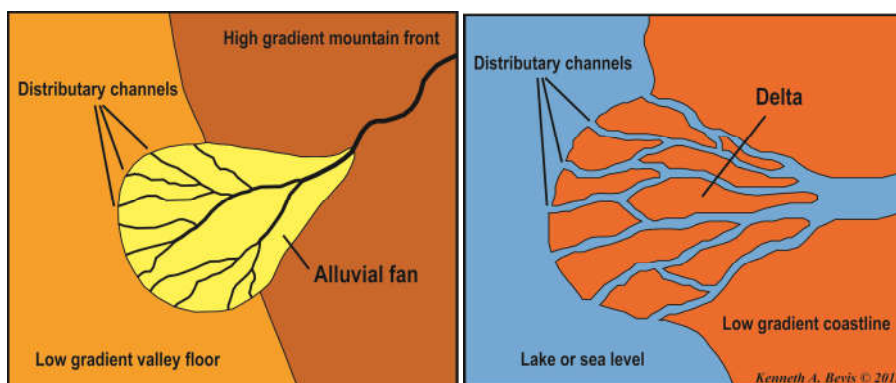
- Μεγάλη πρόσφορα ιζήματος από το ποτάμι που έχει να κάνει με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο της λεκάνης απορροής (κλιματικές συνθήκες, είδος και πυκνότητα βλάστησης, ανθρώπινες ενέργειες π.χ. κατασκευή φραγμάτων, λιθολογική σύσταση και τεκτονική καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή.)
- Ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών στη θαλασσιά λεκάνη “υποδοχής” των ιζημάτων (χαμηλή κυματική ενεργεία, σχετικά μικρό βάθος, μικρό εύρος παλίρροιας, ευνοϊκά παράκτια ρεύματα και γεωμετρία κλειστού κόλπου.)

Τα δέλτα ως φυσικά συστήματα μεταβάλλονται δυναμικά, επηρεάζονται απ κάθε μεταβολή που διαδραματίζεται όντος των λεκανών απορροής, όσο και από την ένταση – ρυθμό δράσης των παράκτιων διεργασιών.

Το είδος και ποσότητα του ιζήματος που αποτίθεται μέσω του ποταμού εξαρτάται:

- Την έκταση και την τραχύτητα του ανάγλυφου της λεκάνης απορροής.
- Τη λιθολογία ,είδος πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης απορροής.
- Ο τεκτονισμός της λεκάνης απορροής.
- Οι κλιματικές και βλάστησης συνθήκες εντός της λεκάνης απορροής.
- Οι επεμβάσεις ανθρωπογενούς προέλευσης εντός της λεκάνης απορροής.

Οι κλιματολογικές συνθήκες καθορίζουν το είδος και την ένταση της αποσάθρωσης των πετρωμάτων της λεκάνης απορροής. Σε περιοχές με ξηρό κλίμα το υλικό που καταλήγει στην ακτή είναι συνήθως αμμώδες, ενώ σε υγρές τροπικές περιοχές το υλικό είναι πιο λεπτομερές (ιλύς και άργιλος) που προέρχεται από διεργασίες χημικής αποσάθρωσης.(Καρύμπαλης, 2010)



Εικόνα 19: Αλλουβιακά ριπίδια και δέλτα όπου η μείωση της μεταφορικής ικανότητας μεταφοράς προκαλεί την ταχεία απόθεση μεγάλου μέρους του ποτάμιου ιζηματοσ της ροής

Πηγή <http://intheplaygroundofgiants.com>

6.3. Αλλουβιακά κι δελταϊκά ριπίδια

Αλλουβιακά ριπίδια: Γεωμορφές αποθέσεις, σχήματος βεντάλιας ή κώνου που σχηματίζονται, συνήθως, όταν ένας ποταμός αφήσει μια στενή και απότομη κοιλάδα και αρχίσει να ρέει σε μια ανοικτή πεδιάδα όπου μειώνεται απότομα η ταχύτητά του. (Τσόδουλος, 2017) Σε περίπτωση που ο χώρος συσσώρευσης των ποτάμιων υλικών είναι η θάλασσα ονομάζονται δελταϊκά ριπίδια.

6.3.1. Διεργασίες απόθεσης στα αλλουβιακά ριπίδια

Οι διεργασίες απόθεσης στα αλλουβιακά ριπίδια καθορίζονται από:

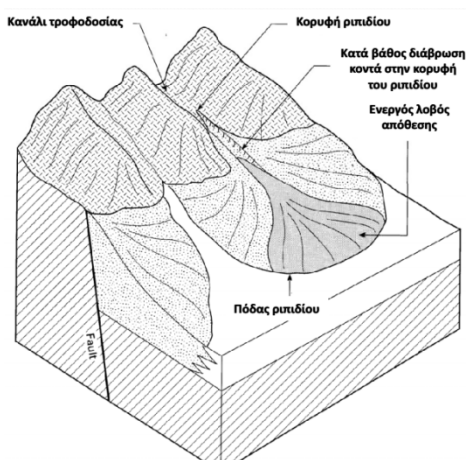
- Την ποσότητα του νερού (παροχή)
- Την ποσότητα και το είδος των ιζημάτων που μεταφέρονται από το κανάλι τροφοδοσίας
- Την κλίση του ριπιδίου

Τα αλλουβιακά ριπίδια με κριτήριο τις διεργασίες μεταφοράς και απόθεσης που τα διαμορφώνουν ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Αυτά που κυριαρχούνται από τη δράση ποτάμιων διεργασιών.

2. Αυτά που κυριαρχούνται από κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας.

Μορφολογικά τα ποτάμια διεργασίας αλλουβιακά ριπιδία έχουν μεγάλη έκταση και μικρή μορφολογική κλίση ενώ αποτελούνται από λεπτόκοκκα καλά αποστρογγυλωμένα υλικά ενώ τα ριπιδία που κυριαρχούνται από κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας έχουν μικρή μορφολογική κλίση, μικρή έκταση και αποτελούνται από αδρομερή και γωνιώδη ή υπό-γωνιώδη υλικά. (Καρύμπαλης και Τσόδουλος, 2016)



Εικόνα 20: Διεργασίες αποθέσεις στα αλλουβιακά – δελταϊκά ριπιδία

Πηγή: <http://www.seddepseq.co.uk>

Η κορυφή των ριπιδίων βρίσκεται τοπογραφικά ψηλότερα και προσδιορίζεται από την έξοδο της κοιλάδας στην πεδιάδα. Στην κορυφή τους συγκεντρώνονται τα χονδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, λατύπες, χάλικες κλπ) και όσο απομακρυνόμαστε προς την περιφέρειά του αποτίθενται τα λεπτόκοκκα (άμμος, ιλύς και άργιλος).

Οι διαστάσεις των αλλουβιακών ριπιδίων ποικίλουν σημαντικά. Το ίδιο και η κλίση της επιφάνειάς τους. Υπάρχουν ριπιδία με πολύ μικρή κλίση $< 1^\circ$ και μεγάλο εύρος και άλλα με μεγάλη κλίση (έως και 15°) που ονομάζονται αλλουβιακοί κώνοι.

6.3.2. Διεργασία απόθεσης

Αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων και ποτάμιων δέλτα:

Όταν ένας ποταμός που μεταφέρει αδρομερή ιζήματα αφήσει μια στενή και μεγάλης κλίσης κοιλάδα και αρχίσει να ρέει σε μια ανοικτή πεδιάδα μικρής κλίσης μειώνεται απότομα η ταχύτητά του. Έτσι παράγεται στο στόμιο της κοιλάδας και επί της πεδιάδας ένα τριγωνικό πρίσμα αποθέσεων γνωστό ως αλλουβιακό ριπίδιο. Αντίστοιχα όταν ο ποταμός εισέρχεται σε μια λίμνη ή στη θάλασσα μειώνεται η ταχύτητα ροής του και κατά συνέπεια η μεταφορική του ικανότητα με αποτέλεσμα τον σχηματισμό δελταϊκών αποθέσεων.

6.4. Δελταϊκά ριπίδια (fan delta)

Δελταϊκά ριπίδια : Ποτάμια δέλτα μικρής έκτασης και μεγάλης μορφολογικής κλίσης που αποτελούνται κυρίως από χονδρόκοκκα ιζήματα εν αντίθεση με τα ποτάμια δέλτα που αποτελούνται από λεπτόκοκκα υλικά.

Πρισματικής μορφής αποθέσεις, η όποια αποτίθενται, μερικώς ή ολικώς σε υδάτινο περιβάλλον, στο όριο αλληλεπίδρασης μεταξύ του ενεργού ριπιδίου και του υδάτινου σώματος.

6.4.1. Σύστημα τροφοδοσίας

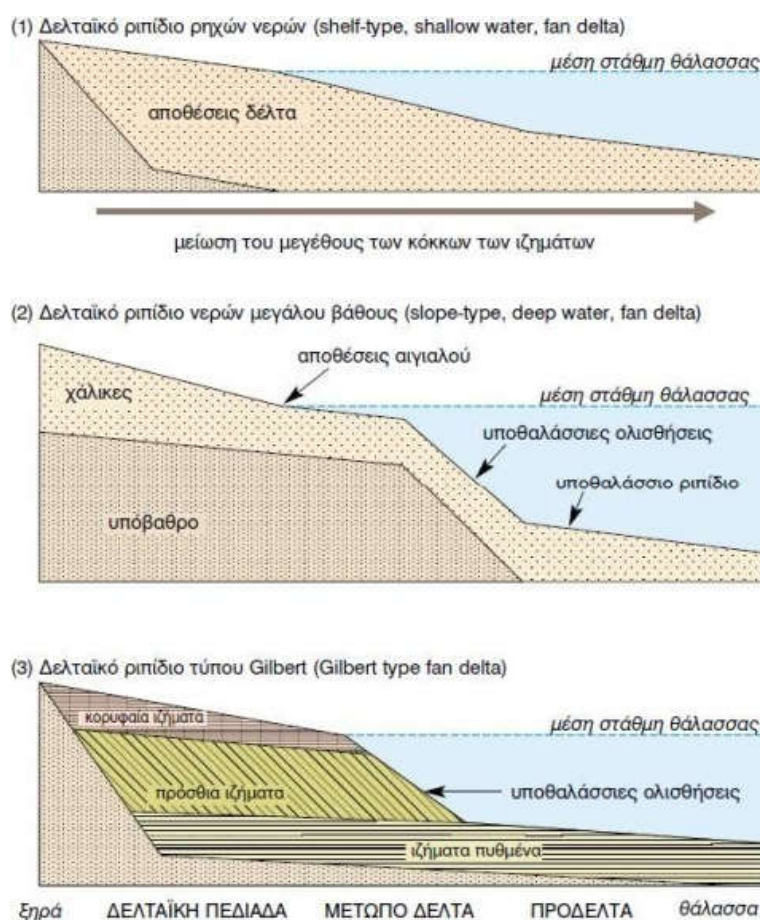
Το σύστημα τροφοδοσίας αποτελεί την πηγή των ποτάμιων υλικών από τα οποία σχηματίζονται τα δελταϊκά ριπίδια. Σύμφωνα με τον Postma (1990) αναγνωρίζονται τρία είδη συστημάτων τροφοδοσίας :

1. Ποταμοί ή χείμαρροι μεγάλης κλίσης, των οποίων το υδρογραφικό δίκτυο αποστραγγίζει μια περιοχή με έντονο και ορεινό ανάγλυφο που ανυψώνεται τεκτονικά.
2. Σχετικά μεγάλης κλίσης ποταμοί με διακλαδιζόμενες κοίτες (βρίσκονται συνήθως σε παγετώδεις και τεκτονικά ενεργές περιοχές).
3. Ποταμοί με διακλαδιζόμενο τύπο κοίτης και ενδιάμεση κλίση (διαμορφώνονται συνήθως σε παγετώδη περιβάλλοντα).

6.4.2. Μορφολογία δελταϊκών ριπιδίων

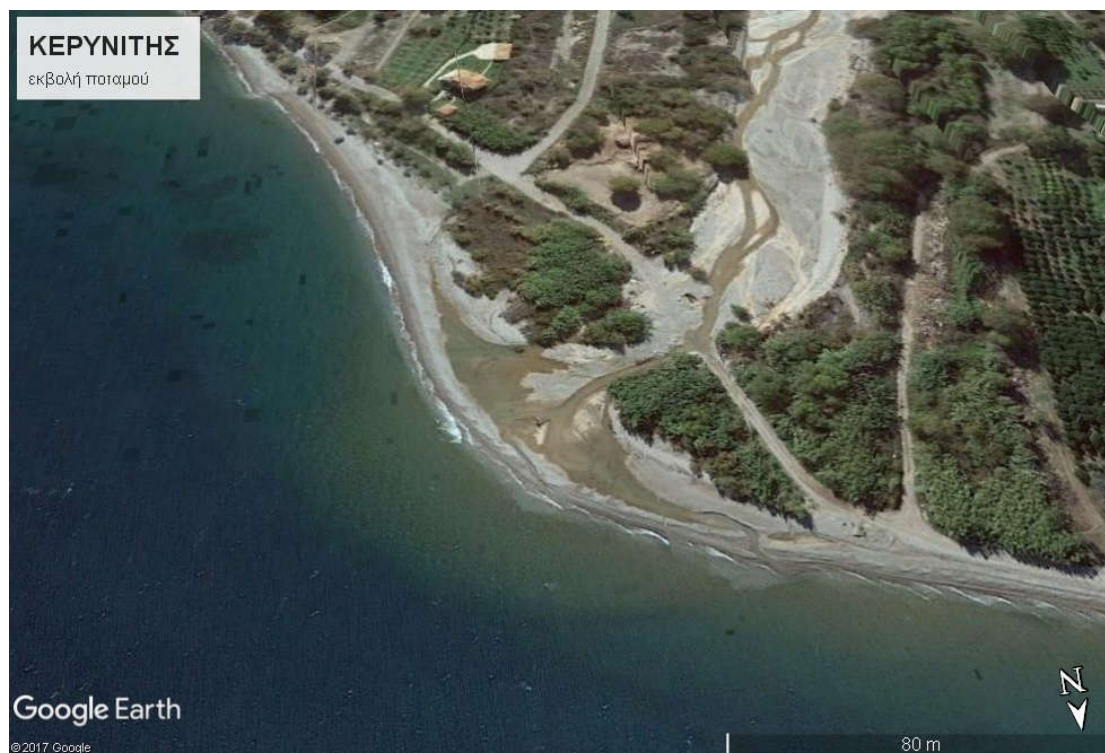
Με κριτήριο την κλίση και το βάθος της υφαλοκρηπίδας διακρίνονται τρεις μεγάλες κατηγορίες (Reading and Collison, 1996)

1. Δελταϊκά ριπίδια κρηπίδας που εκτείνονται μέχρι το βάθος των 200 m.
2. Δελταϊκά ριπίδια κατωφέρειας που αναπτύσσονται σε βάθη μεγαλύτερα των 200m.
3. Δελταϊκά ριπίδια τύπου Gilbert που μπορούν να αναπτυχθούν τόσο σε βαθιά, όσο και σε ρηχά νερά



Εικόνα 21: Μορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά τύπων δελταϊκών ριπιδίων .Πηγή: Καρύμπαλης (2010)

6.5. Γεωμορφολογία του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη

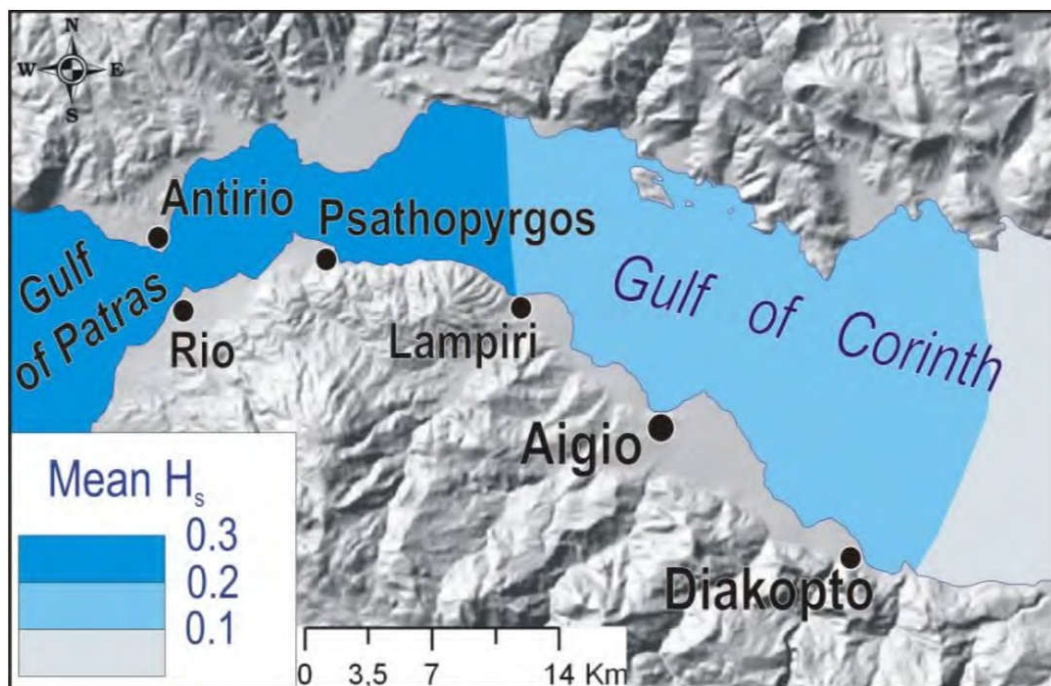


*Εικόνα 22: Ο άμεσος χώρος των εκβολών του ποταμού
(Πηγή : Google earth)*

Στις εκβολές του ποταμού Κερυνίτη η απόθεση των ποτάμιων ιζημάτων έχει οδηγήσει στο σχηματισμό ενός δελταϊκού ριπιδίου έκτασης $6,16 \text{ km}^2$ και συνολικού μήκους ακτογραμμής $3,22 \text{ km}$. Το δελταϊκό ριπίδια έχει μήκος (απόσταση δηλαδή από την ακτογραμμή έως την κορυφή του) $3,08 \text{ km}$ κι η μορφολογική του κλίση ανέρχεται σε $0,03$. Ο δείκτης καμπυλότητας υπολογίστηκε σε $0,97$ και θεωρείται ότι η τιμή αυτή αντιπροσωπεύει ένα ριπίδιο η επιφάνεια του οποίου δεν είναι ούτε κυρτή ούτε κοίλη αλλά διατηρεί μια σταθερή κλίση από την κορυφή έως την ποδιά του.

Το δελταϊκό ριπίδιο αναπτύσσεται στις νότιες ακτές του δυτικού Κορινθιακού κόλπου. Νότια και νοτιοδυτικά οριοθετείται από το ρήγμα της Ελίκης για το οποίο έγινε ιδιαίτερη αναφορά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η μορφολογία του και η ιζηματολογία των αποθέσεων του συνηγορούν ότι πρόκειται για ένα δελταϊκό ριπίδιο τύπου Gilbert όπως άλλωστε και όλα τα ριπίδια των ποταμών που εκβάλουν

στην ακτή της βόρειας Πελοποννήσου. Επιπλέον σύμφωνα με την ταξινόμηση των Coleman and Wright (1975) των δέλτα με βάση τις διεργασίες που θεωρούνται κυρίαρχες στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών τους, το ριπίδιο του Κερυνίτη ανήκει στην κατηγορία αυτών που σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν η ποτάμια τροφοδοσία με ίζημα και ο κυματισμός. Η ποτάμια τροφοδοσία είναι έντονη και φαίνεται από τον διακλαδιζόμενο τύπο κοίτης του ποταμού στο τμήμα που διαρρέει την δελταϊκή πεδιάδα ενώ η επίδραση του κυματισμού και των επιμηκών παρακτίων ρευμάτων φαίνεται από την ευθύγραμμη μορφή που έχει η ακτογραμμή. Η δράση της παλίρροιας είναι αμελητέα καθώς ο Κορινθιακός κόλπος έχει εύρος αστρονομικής παλίρροιας περίπου 20 cm. Σύμφωνα με τον άτλαντα ανέμων κι κυματισμού των ελληνικών θαλασσών του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (Soukisian, 2007) το μέσο σημαντικό ύψος κύματος που δέχεται η δελταϊκή ακτογραμμή του ριπιδίου του Κερυνίτη είναι 0,2 m.



Εικόνα 23. Χάρτης μέσου ετήσιου σημαντικού ύψους κύματος για τις ακτές του Κορινθιακού κόλπου όπως έχει προκύψει από μετρήσεις του προγράμματος POSEIDON του ΕΛΚΕΘΕ (Perrou et al., 2013; Soukisian et al., 2007)

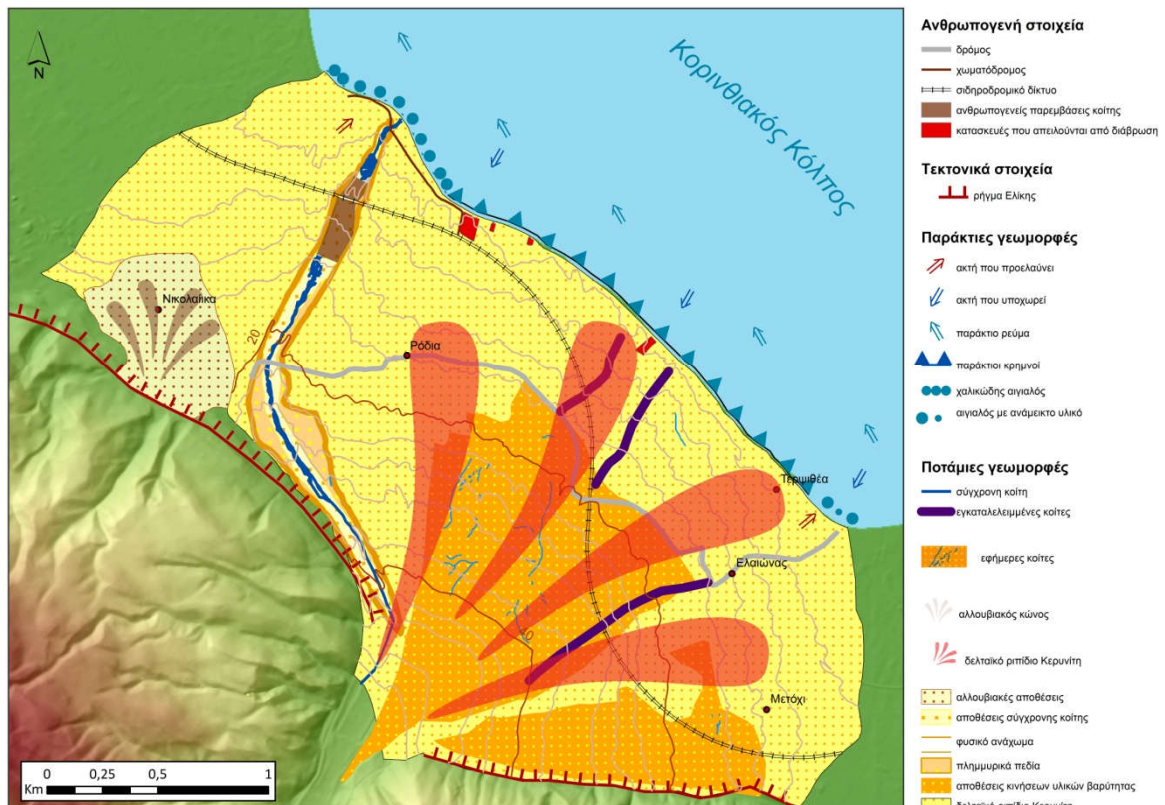
Για τη μελέτη των διεργασιών που οδήγησαν στο σχηματισμό και τη διαμόρφωση της σημερινής μορφολογίας του ριπιδίου σχεδιάστηκε ένας λεπτομερής γεωμορφολογικός χάρτης που περιλαμβάνει τόσο τις γεωμορφές της δελταϊκής πεδιάδας, όσο και του δελταϊκού μετώπου.

6.5.1. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του δελταϊκού Ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη

Για τη μελέτη και αποτύπωση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της δελταϊκής πεδιάδας και του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη όπως ήδη αναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν τόσο δεδομένα τηλεπισκόπησης (ορθοφωτοχάρτης, εικόνες Google Earth) όσο και τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ και το λεπτομερές 5Χ5 ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής. Σημαντική υπήρξε η επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή τον Μάιο του 2018. Η αποτύπωση των γεωμορφών είναι σημαντική για τη διερεύνηση των διεργασιών που οδήγησαν στη διαμόρφωση του δελταϊκού ριπιδίου.

Ακολουθεί η παρουσίαση των γεωμορφών που αναγνωρίστηκαν και αποτυπώθηκαν στο γεωμορφολογικό χάρτη που σχεδιάστηκε. Αρχικά παρουσιάζονται οι γεωμορφές και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της δελταϊκής πεδιάδας και ακολουθεί η παρουσίαση των γεωμορφών που παρατηρήθηκαν κατά μήκος της ακτογραμμής.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑΪΚΟΥ ΡΙΠΙΔΙΟΥ ΚΕΡΥΝΙΤΗ



Χάρτης 13: Γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη ποταμού. (Πηγή: ίδια επεξεργασία)

6.5.2. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της δελταϊκής πεδιάδας

Η δελταϊκή πεδιάδα του ριπιδίου του Κερυνίτη εκτείνεται μεταξύ των δελταϊκών ριπιδίων του Βουραϊκού (στα ανατολικά) και του Σεληνούντα (στα δυτικά – βορειοδυτικά), έχει έκταση 6,16 km² (υπολογίστηκε με βάση την ακτογραμμή του 2017). Νότια οριοθετείται από τη ρηξιγενή ζώνη της Ελίκης που έχει ανυψώσει σημαντικά το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής. στο βορειοδυτικό τμήμα του δέλτα, δυτικά της ενεργού κοίτης, έχει αναπτυχθεί ένας αλλουβιακός κώνος από τα ιζήματα ενός μικρού υδρογραφικού δικτύου. Ο κώνος αυτός καλύπτει τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας του Κερυνίτη.

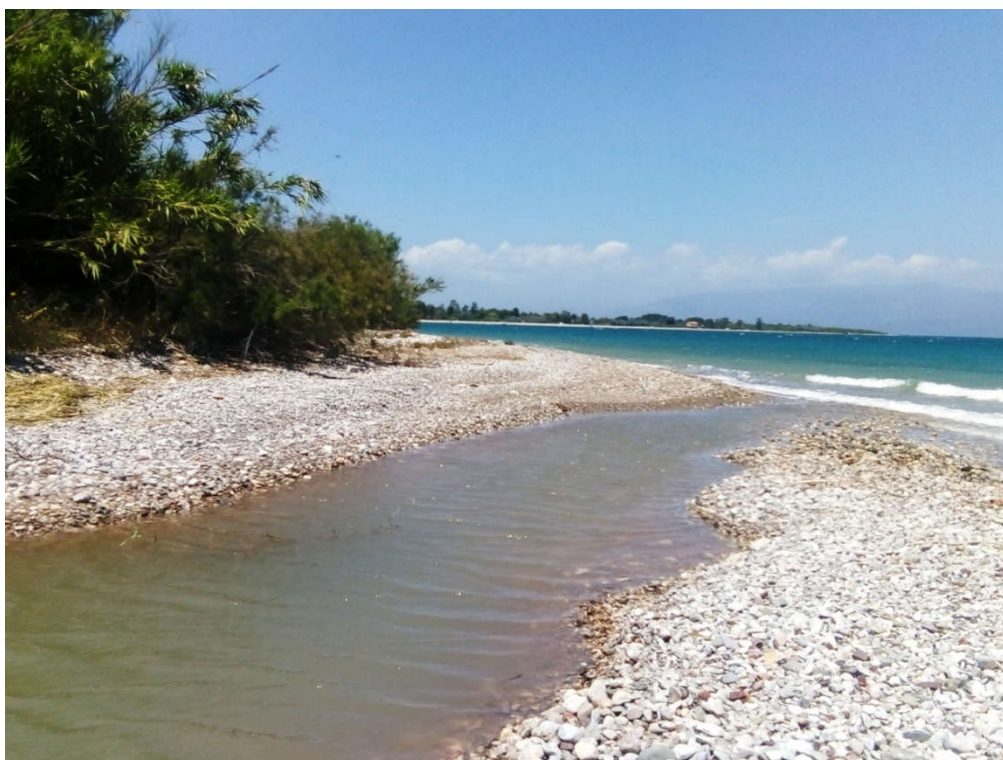
Σχετικά μεγάλη είναι η μορφολογική κλίση της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου. Αυτό υποδηλώνει ότι η διεργασία σχηματισμού - απόθεσης των υλικών-ιζημάτων από τα οποία αποτελείται δεν ήταν αμιγώς ποτάμια. Τα ποτάμια απόθεσης ριπίδια

έχουν σημαντικά μικρότερη μορφολογική κλίση. Άρα η διεργασία απόθεσης και σχηματισμού του ριπιδίου ενδεχομένως περιλαμβάνει και φαινόμενα κινήσεων υλικών λόγω βαρύτητας. Στο συμπέρασμα αυτό οδηγεί και η σημαντική παρουσία αδρομερών υλικών σε όλο το δελταϊκό ριπίδιο. Τα συμβάντα αυτά δεν είναι δεσμευτικό να συμβαίνουν άμεσα στην περιοχή των εκβολών του ποταμού αλλά σε περιοχές σχετικά κοντά στην έξοδο του ποταμού από τη λεκάνη απορροής. Η παρατήρηση εικόνων Google Earth οδήγησε στη διαπίστωση ότι σημαντική έκταση του κεντρικού τμήματος του ριπιδίου αλλά και του νοτιοανατολικού του ορίου αποτελεί μια περιοχή μεγάλης σχετικά κλίσης και σχετικά αραιής βλάστησης που διασχίζεται από μικρές ανενεργές κοίτες που κατευθύνονται από την κορυφή του ριπιδίου προς τα κατάντη. Οι εκτάσεις αυτές χαρτογραφήθηκαν σαν πιθανές αποθέσεις κινήσεων υλικού λόγω βαρύτητας. Πιθανά έχουν καλύψει την επιφάνεια του παλαιότερου ριπιδίου του ποταμού. Η απόθεση ενδέχεται να μην έγινε με μια ταχεία διεργασία αλλά σταδιακά. (Βλέπε χάρτη 13)

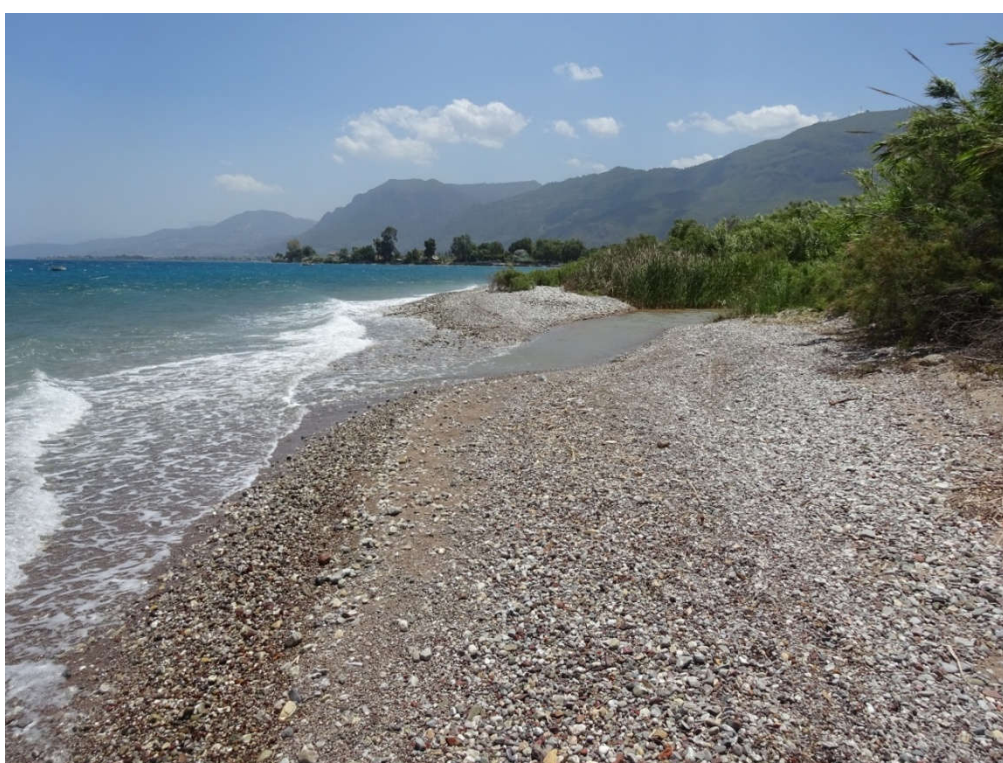
Οι αποθέσεις αυτές είναι πιθανό να βοήθησαν την μετατόπιση της ενεργού κοίτης του ριπιδίου προς τα δυτικά όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια.

Ενεργός κοίτη

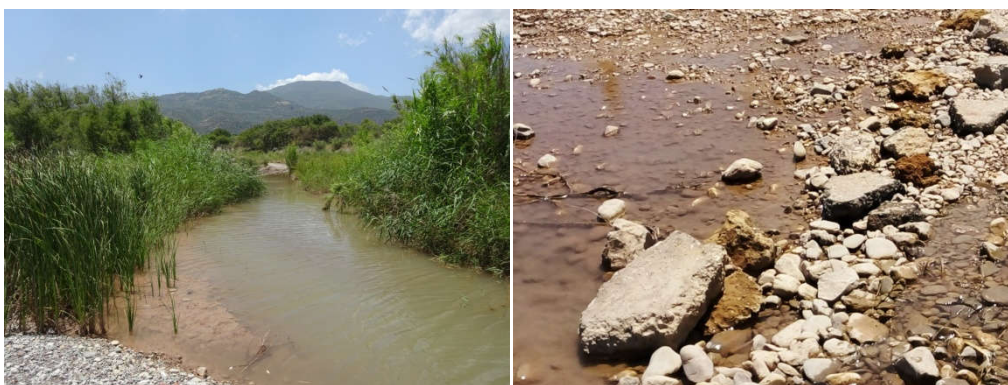
Η κεντρική κοίτη του ποταμού μετά την έξοδο της από τη λεκάνη να ακολουθεί διεύθυνση ροής από ΝΑ προς τα ΒΔ για ένα μήκος περίπου 1,5 km και στη συνέχεια στρέφεται ακολουθώντας διεύθυνση ροής ΝΔ-ΒΑ για να εκβάλει στον Κορινθιακό κόλπο στο βορειοδυτικό άκρο του δέλτα. Ανήκει στον διακλαδιζόμενο τύπο κοιτών και χαρακτηρίζεται από την παρουσία μεγάλου αριθμού επιμέρους κοιτών πολλές από τις οποίες ενεργοποιούνται σε περιόδους αυξημένης παροχής του ποταμού. Οι κοίτες αυτές διαχωρίζονται από νησίδες ποτάμιων ιζημάτων ποικίλης κοκκομετρίας. Ως επί το πλείστον είναι αδρομερή υλικά (μεγάλου μεγέθους κροκάλες) ασβεστολιθικής, κερατολιθικής και ψαμμιτικής σύστασης. Λεπτόκοκκα υλικά αποτίθενται στον πυθμένα των επιμέρους κοιτών. Σε αρκετές θέσεις το ποτάμι διαβρώνει τις ίδιες του τις αποθέσεις έχοντας σχηματίσει ένα είδος εσωτερικών ποτάμιων αναβαθμίδων οι οποίες όμως σε περιόδους υψηλών παροχών καλύπτονται από νερό. (βλέπε χάρτη 13)



Εικόνα 24: Φωτογραφία εκβολής του ποταμού ανατολική πρόσοψη από την έρευνα πεδίου.



Εικόνα 25 :Εκβολή ποταμού δυτική πρόσοψη, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνα 26,27: Ποτάμιες αποθέσεις στην πάνω χονδρόκοκκο και ύλης στην κάτω αδρομερές και χονδρόκοκκο υλικό αποτίθεται, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνα 28: Αποθέσεις εντος της κοίτης (ιλύς), φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνα 29,30,31: Πλευρικές αποθέσεις κοίτης φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνα 32:Κεντρική κοίτη, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνα 33 : εκβολή ποταμού



Εικόνες 34,35: Φυσικά αναχώματα πλεξοειδων κοιτών , φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνες 36,37: Τεχνητά αναχώματα προσπάθειες οριοθέτησης της κοίτης φωτογραφία επιτόπιας έρευνας



Εικόνα 38: Αποθέσεις αδρομερούς υλικού από την κεντρική κοίτη του ποταμού, φωτογραφία επιτόπιας έρευνας

Στο γεωμορφολογικό χάρτη (Βλέπε χάρτη 13) με τη βοήθεια του Google Earth έχουν αποτυπωθεί το όριο των αποθέσεων της σύγχρονης κοίτης (φυσικά αναχώματα) και εντός της κοίτης περιοχές που αποτελούν το πλημμυρικό πεδίο (εκτάσεις που καταλαμβάνονται από νερό όταν στο ποτάμι οι παροχές είναι πλημμυρικές.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την περίοδο της χαρτογράφησης οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες εντός της κοίτης ήταν τεράστιες. Οι επεμβάσεις αυτές έχουν αλλοιώσει τη μορφή της ενεργού κοίτης αλλά και των διεργασιών της ποτάμιας ροής εντός αυτής. Οι σημαντικότερες παρεμβάσεις αφορούν την απομάκρυνση υλικού (ιζημάτων) από την ενεργό κοίτη για διάφορους λόγους (κυρίως για κατασκευαστικά έργα). Η ενεργός κοίτη καταλήγει στην ακτογραμμή έχοντας δημιουργήσει έναν ενεργό μικρό δελταϊκό λοβό στο βορειοδυτικό άκρο του ριπιδίου.

Εγκαταλελειμμένες κοίτες

Η παρατήρηση του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους, των τοπογραφικών διαγραμμάτων και κυρίως των εικόνων Google Earth οδήγησαν στον εντοπισμό και τη χαρτογράφηση ιχνών παλαιών ροών του ποταμού. Οι εγκαταλελειμμένες αυτές κοίτες τροφοδοτούσαν με ίζημα την ακτογραμμή και η απόθεση των ιζημάτων σταδιακά διαμόρφωσε το σημερινό δελταϊκό ριπίδιο. Κάθε μια από τις παλαιοκοίτες σχετιζόταν προφανώς με έναν παλαιολοβό. Σήμερα όμως η δράση των παράκτιων διεργασιών έχει οδηγήσει στη διάβρωση των λοβών και τη διαμόρφωση ενός μεγάλου παλαιολοβού δυτικά του σημερινού ενεργού ο οποίος σχετίζεται με τη σημερινή ενεργή εκβολή του ποταμού.

Μια εγκαταλελειμμένη κοίτη φαίνεται να διασχίζει το νοτιοανατολικό τμήμα του δέλτα και καταλήγει στο νοτιοανατολικό του άκρο. Η παρουσία αδρομερών κροκαλών στο τμήμα αυτό της ακτογραμμής πιθανά οφείλεται στην παλαιοκοίτη αυτή.

Δύο επιπλέον παλαιοκοίτες χαρτογραφήθηκαν στο κεντρικό τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας (ανατολικά της σημερινής ενεργού κοίτης) καταλήγοντας στην ακτογραμμή. Η παρουσία αυτών των παλαιοκοιτών δείχνουν μια σταδιακή μετανάστευση της ενεργού κοίτης του ποταμού από το ανατολικό άκρο του

ριπιδίου στο δυτικό. Η αλλαγή αυτή του κεντρικού κλάδου διανομής είναι δυνατό να αποδοθεί σε δύο αίτια. Ένα πιθανό αίτιο είναι η δραστηριοποίηση του ρήγματος της Ελίκης που όπως έχει αναφερθεί οριοθετεί το ριπίδιο νότια και νοτιοδυτικά. Έχει διαπιστωθεί ότι το ανατολικό τμήμα του ρήγματος δραστηριοποιείται με μεγαλύτερους ρυθμούς σε σχέση με το δυτικό.

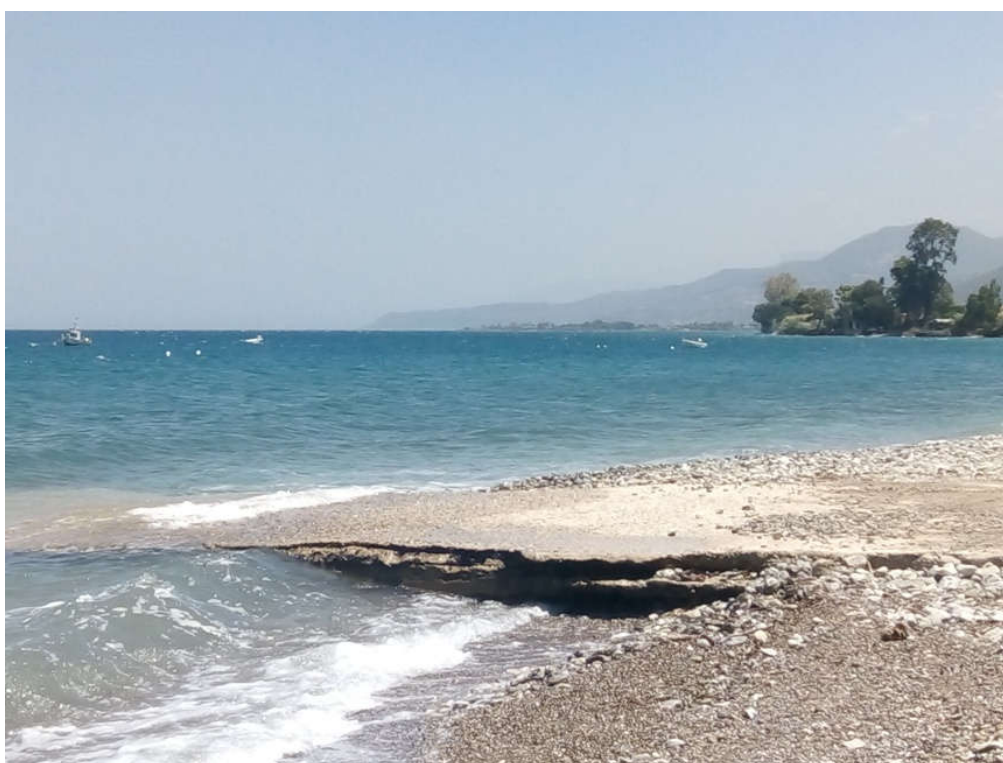


Εικόνα 39: Το ρήγμα της Ελίκης απεικονίζεται με κόκκινη γραμμή και φαίνονται τα δελταϊκά ριπίδια που αναπτύσσονται στο κατερχόμενο τέμαχος του ρήγματος. Το ριπίδιο του Κερυνίτη βρίσκεται ανάμεσα στο δυτικό και το ανατολικό τμήμα του ρήγματος. Το πορτοκαλί βέλος δείχνει τη διεύθυνση που η δραστηριότητα του ρήγματος αυξάνει.

Η μεγαλύτερη αυτή δραστηριοποίηση πιθανά έχει οδηγήσει την κεντρική κοίτη του ποταμού μετά την έξοδο της από τη λεκάνη να ακολουθεί διεύθυνση ροής από ΝΑ προς τα ΒΔ για ένα μήκος περίπου 1,5 km και στη συνέχεια στρέφεται ακολουθώντας διεύθυνση ροής ΝΔ-ΒΑ για να εκβάλει στον Κορινθιακό κόλπο στο βορειοδυτικό άκρο του δέλτα. Το δεύτερο πιθανό αίτιο είναι το "μπλοκάρισμα" της κοίτης εξαιτίας της απόθεσης των ιζημάτων από τις διεργασίες κίνησης υλικών λόγω βαρύτητας που αναφέρθηκε παραπάνω.

Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της δελταϊκής ακτογραμμής

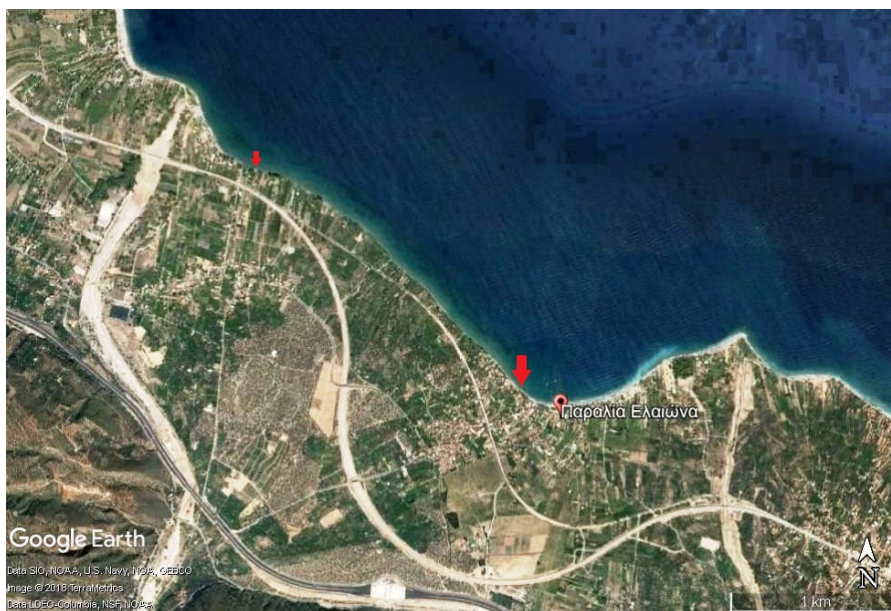
Η μορφή της ακτογραμμής του ριπιδίου είναι ευθεία γεγονός που αποδίδεται στη δράση των θαλάσσιων διεργασιών και στην αναδιανομή των ιζημάτων της εκβολής και των παλαιών εκβολών. Το επικρατών παράκτιο ρεύμα έχει διεύθυνση από τα ΝΑ προς τα ΒΔ αλλά ανάλογα με τη διεύθυνση πνοής των ανέμων στον Κορινθιακό κόλπο αρκετά συχνά η παράκτια κυκλοφορία έχει αντίθετη διεύθυνση. Το συμπέρασμα για το επικρατών παράκτιο ρεύμα προέκυψε από τη διαπίστωση ότι σε κάθετα στην ακτογραμμή εμπόδια (πρόβολοι ή άλλες κατασκευές) το παράκτιο ίζημα συσσωρεύεται στην ανατολικά του εμποδίου περιοχή.



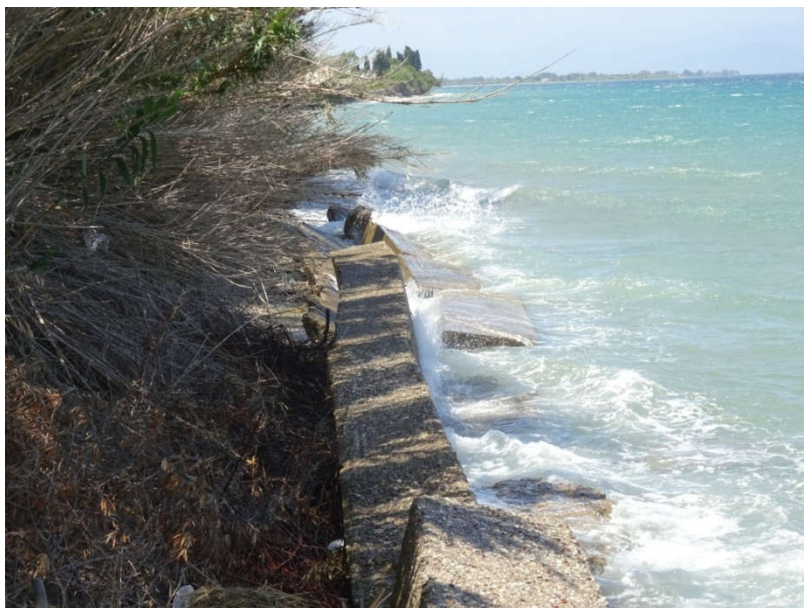
Εικόνα 40: Πρόβολος στο δυτικό τμήμα της δελταϊκής ακτογραμμής. Φαίνεται η συσσώρευση των παράκτιων ιζημάτων στην ανατολική πλευρά του προβόλου γεγονός που αποτελεί ένδειξη ότι το επικρατών παράκτιο ρεύμα είναι προς τα δυτικά.

Το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου είναι η παρουσία ενός μικρού κρημνού που έχει αναπτυχθεί στις δελταϊκές αποθέσεις. Ο κρημνός αυτός αναπτύσσεται σε ένα μήκος περίπου 2 km και εκτείνεται από περίπου 400 m νοτιοανατολικά των σημερινών ενεργών εκβολών

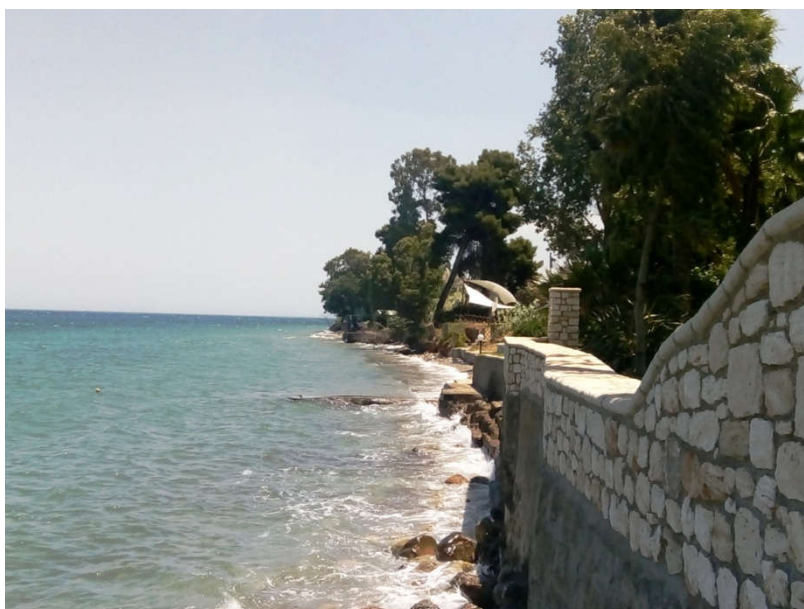
του ποταμού έως περίπου 300 m βορειοδυτικά του νοτιοανατολικού άκρου του ριπιδίου. Ο κρημνός αυτός αποτελεί ένδειξη ισχυρής διάβρωσης της δελταϊκής πεδιάδας από τη δράση των παράκτιων διεργασιών και κυρίως των επιμηκών παράκτιων ρευμάτων και του κυματισμού. Επιπλέον στην διάβρωση και υποχώρηση της δελταϊκής πεδιάδας πιθανά συμβάλουν και τα φαινόμενα ρευστοποιήσεων ή ακόμη και υποθαλάσσιων ολισθήσεων των ιζημάτων του προδέλτα. Αυτά τα φαινόμενα σχετίζονται με τη σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή που όπως αναλύθηκε πριν είναι ιδιαίτερα σημαντική και σχετίζεται με την ενεργοποίηση των ενεργών ρηγμάτων. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε όλο το μήκος της ακτογραμμής που αναπτύσσεται ο χαμηλός αυτός κρημνός η πρόσβαση είναι δύσκολη, η βλάστηση φθάνει ακριβώς στην ακτογραμμή και σε αρκετά σημεία ο περίβολος των οικιών ή ανθρωπογενείς κατασκευές έχουν καταστραφεί. Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση έδειξε ότι ένα σημαντικό μήκος της ακτογραμμής του δέλτα που αντιστοιχεί στο 75% πλήττεται σε σοβαρό βαθμό από την εκτεταμένη παράκτια διάβρωση. Δηλαδή από τα ~3,2 km που είναι το συνολικό μήκος της ακτογραμμής ενδείξεις διάβρωσης παρατηρήθηκαν κατά μήκος περίπου 2 km.



Εικόνα 41: Τα δύο κόκκινα βέλη οριοθετούν το περίπου 2km μήκους τμήμα της δελταϊκής ακτογραμμής όπου αναπτύσσεται ο χαμηλός παράκτιος κρημνός εξαιτίας της διάβρωσης της δελταϊκής πεδιάδας από τη δράση των παράκτιων διεργασιών (Πηγή: Google earth, ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 42:Τοιχίο προστασίας της νοτιοανατολικής ακτής του δελταϊκού ριπιδίου από τη διάβρωση που έχει καταρρεύσει από τη δράση των παράκτιων διεργασιών. Η φωτογραφία έχει τραβηχτεί στο νοτιοανατολικό κόκκινο βέλος της προηγούμενης εικόνας.



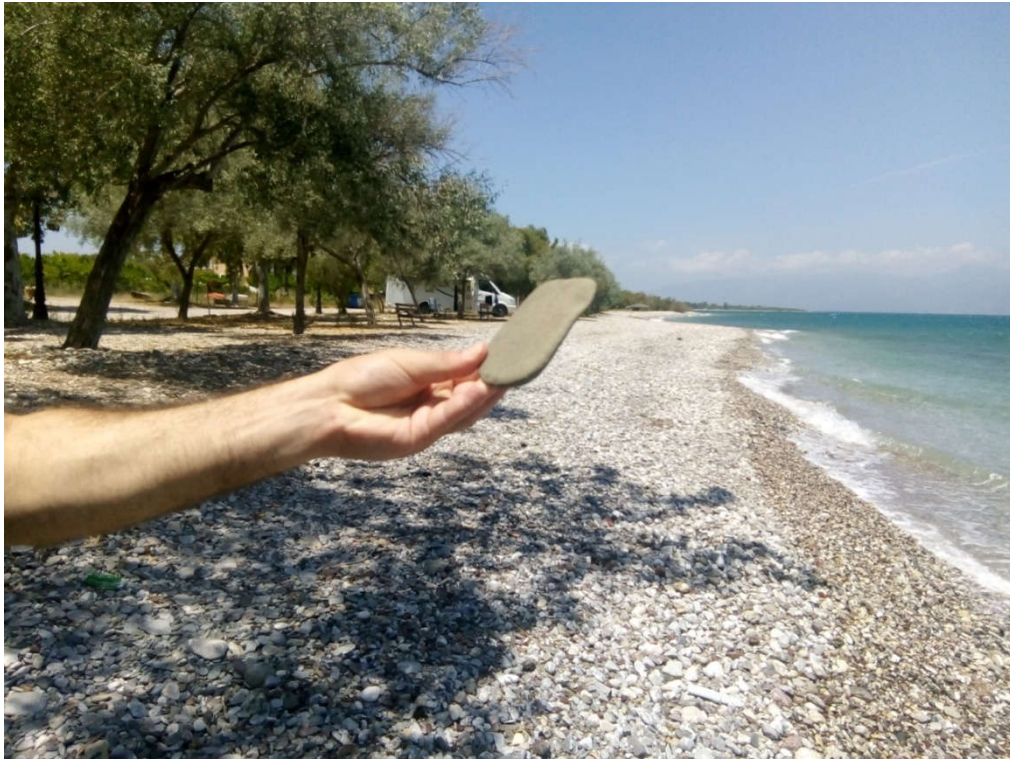
Εικόνα 43: Η φωτογραφία τραβήχτηκε στο σημείο όπου απεικονίζεται το βορειοδυτικό κόκκινο βέλος (βλέπε παραπάνω χάρτη). Είναι εμφανής η παράκτια διάβρωση της πλευράς αυτής του ριπιδίου όπου η θάλασσα έχει φθάσει στον περίβολο οικίας.



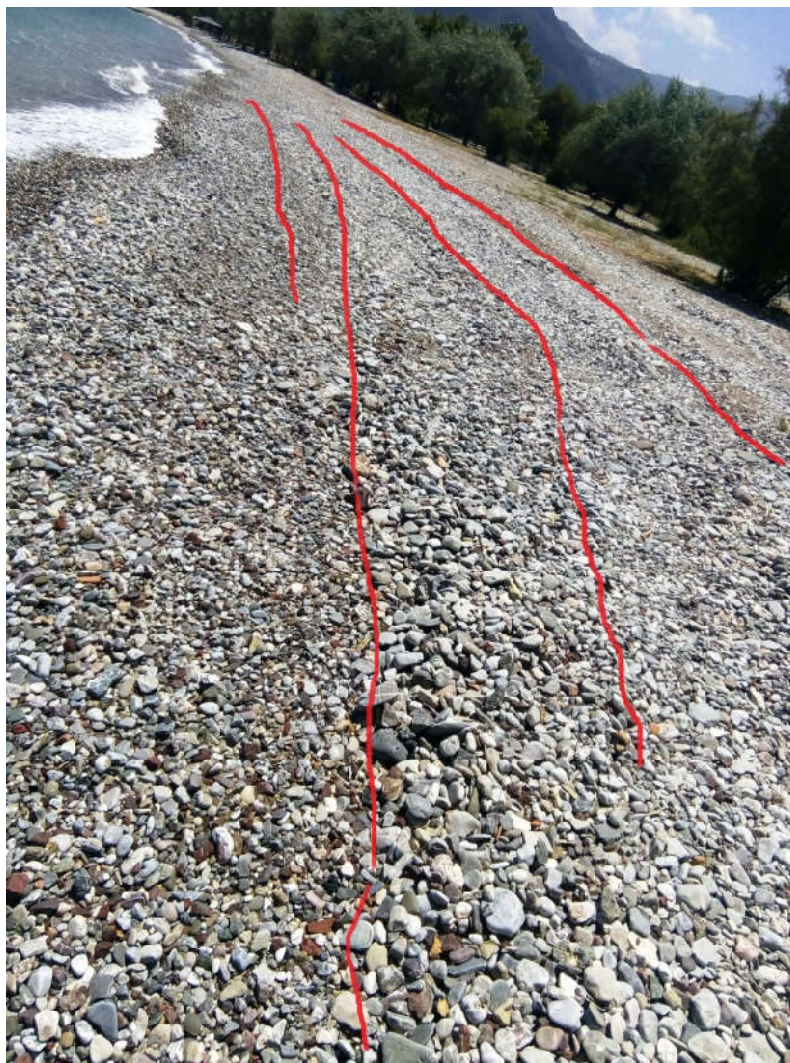
Εικόνα 44: Χαμηλός κρημνός που έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο μήκος (περίπου 2km) της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου που αποτελεί ένδειξη εκτεταμένης παράκτιας διάβρωσης.

Στα δυο άκρα του δελταϊκού ριπιδίου αναπτύσσονται χαλικώδεις αιγιαλοί. Ο αιγιαλός του βορειοδυτικού δέλτα που αναπτύσσεται εκατέρωθεν των εκβολών του ποταμού αποτελούνται από αδρομερές υλικό, κυρίως ευμεγέθεις κροκάλες. Η σύσταση των κροκαλών ποικίλει και περιλαμβάνει ασβεστολιθικές, ψαμμιτικές και κερατολιθικές ποικίλων μεγάλων, μορφής και σχήματος. Κατά θέσεις το υλικό αναπτύσσεται σε χαρακτηριστικές berms (ζώνες παράκτιου υλικού που αναπτύσσονται παράλληλα στην ακτογραμμή). Την περίοδο της υπαίθριας γεωμορφολογικής χαρτογράφησης ο αριθμός τους έφθανε τις τέσσερεις. Κάθε μια από τις ζώνες αυτές αντιστοιχεί σε κυματισμό συγκεκριμένης κυματικής ενέργειας και καθώς αποτελούν εφήμερες γεωμορφές είναι δυνατό να καταστραφούν με την ίδια ευκολία που σχηματίζονται.

Σε αντίθεση με το υλικό των αιγιαλών του βορειοδυτικού δέλτα το υλικό των αιγιαλών του νοτιοδυτικού χαρακτηρίζεται ως ανάμεικτο. Αυτό σημαίνει ότι οι κροκάλες είναι μικρότερων διαστάσεων ενώ υπάρχουν επίσης παιπάλες αλλά και μικρά ποσά αμμόδους υλικού.



Εικόνα 45: Άποψη του χονδρόκοκκου υλικού αιγιαλού στη βορειοδυτική ακτή του δελταϊκού ριπιδίου. Η πεπλατυσμένη κροκάλα είναι ψαμμιτικής σύστασης.

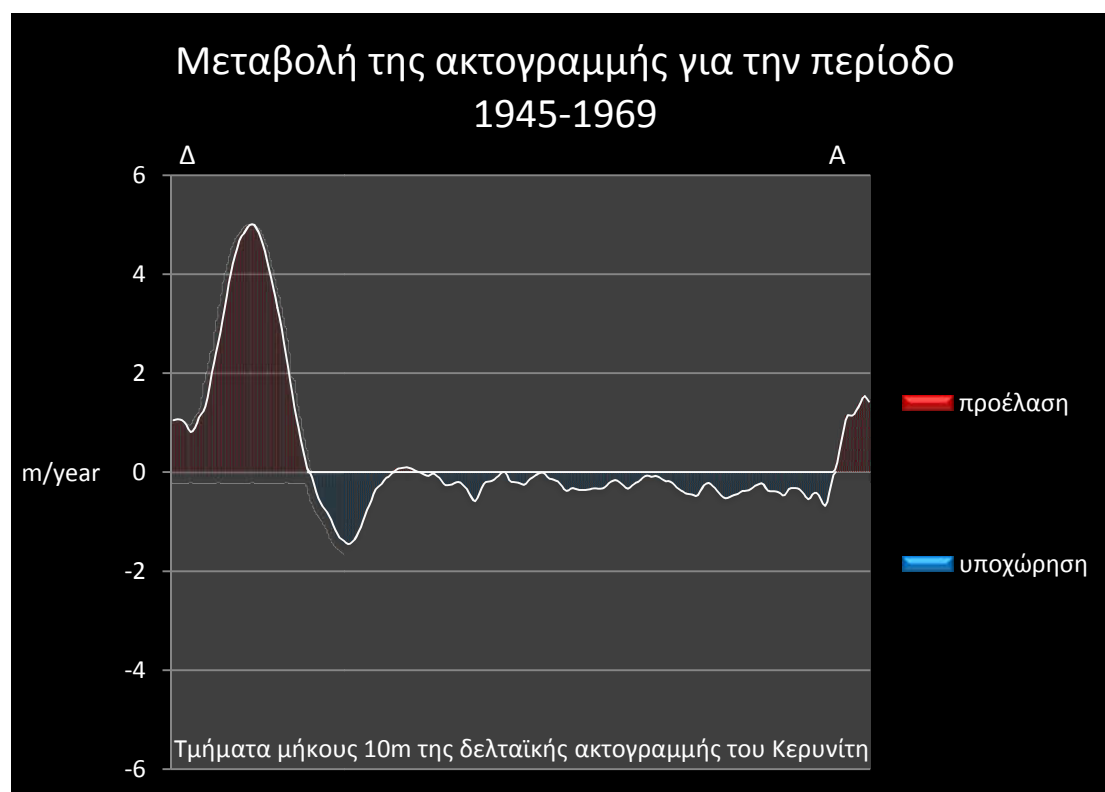


Εικόνα 46: Άποψη του παράκτιου αδρομερούς υλικού του αιγιαλού που αναπτύσσεται νοτιοανατολικά των ενεργών εκβολών του ποταμού. Το υλικό έχει διαβαθμισθεί σε τέσσερις berms οι οποίες έχουν σημειωθεί με κόκκινες γραμμές.

6.6. Διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής

Σε μια προσπάθεια μελέτης της διαχρονικής μετατόπισης της δελταϊκής ακτογραμμής του ριπιδίου σχεδιάστηκαν διαγράμματα όπου απεικονίζονται οι ρυθμοί προέλασης και/ή υποχώρησης της ακτογραμμής για τις χρονικές περιόδους (1945,1969,1996,2009,2017). Επιπλέον για τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους εκτιμήθηκαν οι εκτάσεις που διαβρώθηκαν ή δημιουργήθηκαν λόγω απόθεσης.

6.6.1. 1^η περίοδος παρατήρησης (1945 – 1969)



Εικόνα 47. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1945-1969.

Υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής κατ' έτος με την βοήθεια του λογισμικού ArcGis. Στο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της ακτογραμμής κατά μήκος του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου για την χρονική περίοδο 1945-1969.

Για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο εντοπίστηκε προέλαση μεγαλύτερη των τεσσάρων μέτρων ανά έτος και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα αντίστοιχα διαγράμματα για την έκαστοτε χρονική περίοδο.

Ο μέγιστος ρυθμός προέλασης ανέρχεται σε 5 m/έτος και εντοπίζεται στα 390m ανατολικά του δυτικού άκρου ενώ ο ελάχιστος ρυθμός φθάνει τα 0,01 m/έτος παρατηρείται περίπου στο 1,5km ανατολικά του δυτικού άκρου .

Στις περιοχές που εντοπίστηκε υποχώρηση σήμερα εμφανίζονται χαμηλοί παράκτιοι κρημνοί που έχουν αναπτυχθεί στα ιζήματα της δελταϊκής πεδιάδας.

Ο μέγιστος ρυθμός υποχώρησης ανέρχεται σε 1,4 m/έτος ενώ ο ελάχιστος στο βορειοανατολικό άκρο του δελταϊκού ριπιδίου ~1,75 km ανατολικά του δυτικού άκρου στα -0,006 m/έτος .

1945-1969		
ρυθμός μεταβολής (m/έτος)	προέλαση	υποχώρηση
MAX	5,0117	-0,0061
MIN	0,0013	-1,4657

Πίνακας 6: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ' έτος της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη, για την χρονική περίοδο 1945-1969

Η παρουσία των χαμηλών κρημνών και της υποχώρησης της ακτογραμμής στην περιοχή αυτή διαπιστώθηκε τόσο μέσα από την περιήγηση στο πρόγραμμα Google Earth, όπως και από την έρευνα πεδίου.

Προέλαση παρατηρείται στον άμεσο χώρο των εκβολών του ποταμού κι οφείλεται στην τροφοδοσία της ακτής με ίζημα εξαιτίας της μεγάλης στερεοπαροχής του ποταμού. Το υλικό που μεταφέρεται και φθάνει στις εκβολές σε μεγάλο ποσοστό είναι φορτίο κοίτης (κροκάλες και παιπάλες) αλλά και αιωρούμενο υλικό. Το αιωρούμενο ίζημα παρασύρεται από τα παράκτια ρεύματα και απομακρύνεται από το χώρο των εκβολών ενώ αντίθετα το φορτίο κοίτης παραμένει στον άμεσο χώρο της εκβολής οδηγώντας σε προέλαση.

Με βάση τη σύγκριση των ψηφιοποιημένων ακτογραμμών του 1945 όπως απεικονίζεται στις αεροφωτογραφίες και την ακτογραμμή του 1969 από τα λεπτομερή τοπογραφικά διαγράμματα δημιουργήθηκαν πολύγωνα στα όποια υπολογίστηκε η έκταση τους σε km². Διαπιστώθηκε προέλαση σε μεγάλο βαθμό της περιοχής του δελταϊκού πέριξ των ενεργών εκβολών του ποταμού, ενώ παράλληλα άρχιζε να φαίνεται ότι οπισθοχωρεί η δελταϊκή πεδιάδας σε κατά μήκος ενός μεγάλου τμήματος της ακτογραμμής.

1945-1969			
Υποχώρηση (km ²)	Προέλαση (km ²)	Υποχώρηση ανά έτος (km ²)	Προέλαση ανά έτος (km ²)
0,021703	0,043289	0,000904292	0,001803708

Πίνακας 7: έκτασης μετατόπισης (προέλασης και υποχώρησης) της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km² και km²/έτος) για τη χρονική περίοδο 1945-1969.

Παρότι το μήκος του δελταϊκού μετώπου κατά το οποίο η ακτογραμμή υποχωρεί είναι μεγαλύτερη αυτού που προελαύνει κυρίαρχη διεργασία ανάμεσα στις δυο μετρήσεις έχουμε στοιχειά προέλασης του ριπιδίου.

6.6.2. 2^η περίοδος παρατήρησης (1969 - 1996)



Εικόνα 48. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1969-1996.

Στο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της ακτογραμμής κατά μήκος του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου για την χρονική περίοδο 1969-1996. Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής προελαύνει 2,38km στο σύνολο τις ακτογραμμής (η απόθεση είναι η κυρίαρχη διεργασία). Με ένα μέρος της 0,92km ανατολικά της εκβολής του ριπιδίου να σημειώνει υποχώρηση ή να παραμένει σταθερό. Ο μέγιστος ρυθμός προέλασης ανέρχεται σε 2,02 m/έτος και εντοπίζεται στην εκβολή του ποταμού με τον ελάχιστο ρυθμό προέλασης να εντοπίζεται περίπου στο 1,65km (ανατολικά του δυτικού άκρου) με 0,001 m/έτος ενώ ο μέγιστος ρυθμός υποχώρησης είναι 0,75 m/έτος στα 740m ανατολικά του δυτικού άκρου του δελταϊκού ριπιδίου κατά μήκος της ακτογραμμής με τον ελάχιστο να ανέρχεται στα 0,003 m/έτος 2,36km ανατολικά του δυτικού άκρου.

1969-1996		
ρυθμός μεταβολής (m/έτος)	προέλαση	υποχώρηση
MAX	2,0257	-0,0035
MIN	0,0019	-0,7545

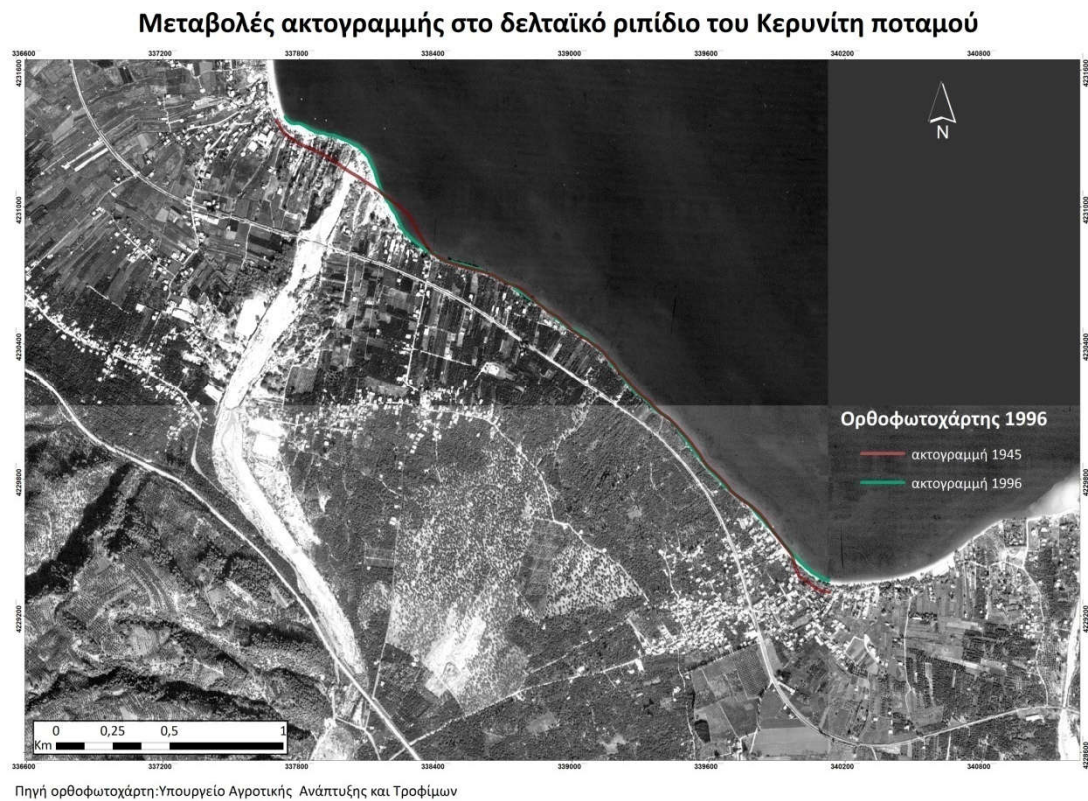
Πίνακας 8: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ' έτος της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη, για την χρονική περίοδο 1969-1996

1969-1996			
Υποχώρηση (km ²)	Προέλαση (km ²)	Υποχώρηση ανά έτος (km ²)	Προέλαση ανά έτος (km ²)
0,006095	0,021783	0,000225741	0,000806778

Πίνακας 9: έκτασης μετατόπισης (προέλασης και υποχώρησης) της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km² και km²/έτος) για τη χρονική περίοδο 1969-1996.

Κατά την χρονική περίοδο 1969-1996 το ριπίδιο εξακολουθεί να προελαύνει στην περιοχή των εκβολών της ενεργού κοίτης ενώ κυρίαρχη διεργασία είναι η απόθεση για το σύνολο σχεδόν του δελταϊκού ριπιδίου. Η διαφορά αυτή σε σχέση με την προηγούμενη περίοδο έχει πιθανά να κάνει με επικράτηση διαφορετικής

διεύθυνσης παράκτιων ρευμάτων λόγω διαφορετικού μέσου ανεμολογικού καθεστώτος.



Χάρτης 14: Ορθοφωτοχάρτης του 1996 όπου απεικονίζεται η μεταβολή μεταξύ των ακτογραμμών 1945-1996 (Πηγή: Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων, ιδία επεξεργασία)

Η κύρια μεταβολή είναι προέλαση στο σημείο όπου εκβάλλει σήμερα το ριπίδιο και στο ανατολικό μέρος του όπου σήμερα διαπιστωμένα υπάρχει αιγιαλός μεικτού υλικού απόθεσης.

ενώ ο ελάχιστος ρυθμός είναι 0,001 m/έτος και αφορά την περιοχή όπου σύμφωνα με τον γεωμορφολογικό χάρτη του 2018 αναπτύσσονται χαμηλοί παράκτιοι κρημνοί.

1996-2009		
ρυθμός μεταβολής (m/έτος)	προέλαση	υποχώρηση
MAX	1,7304	-0,0016
MIN	0,0011	-1,3879

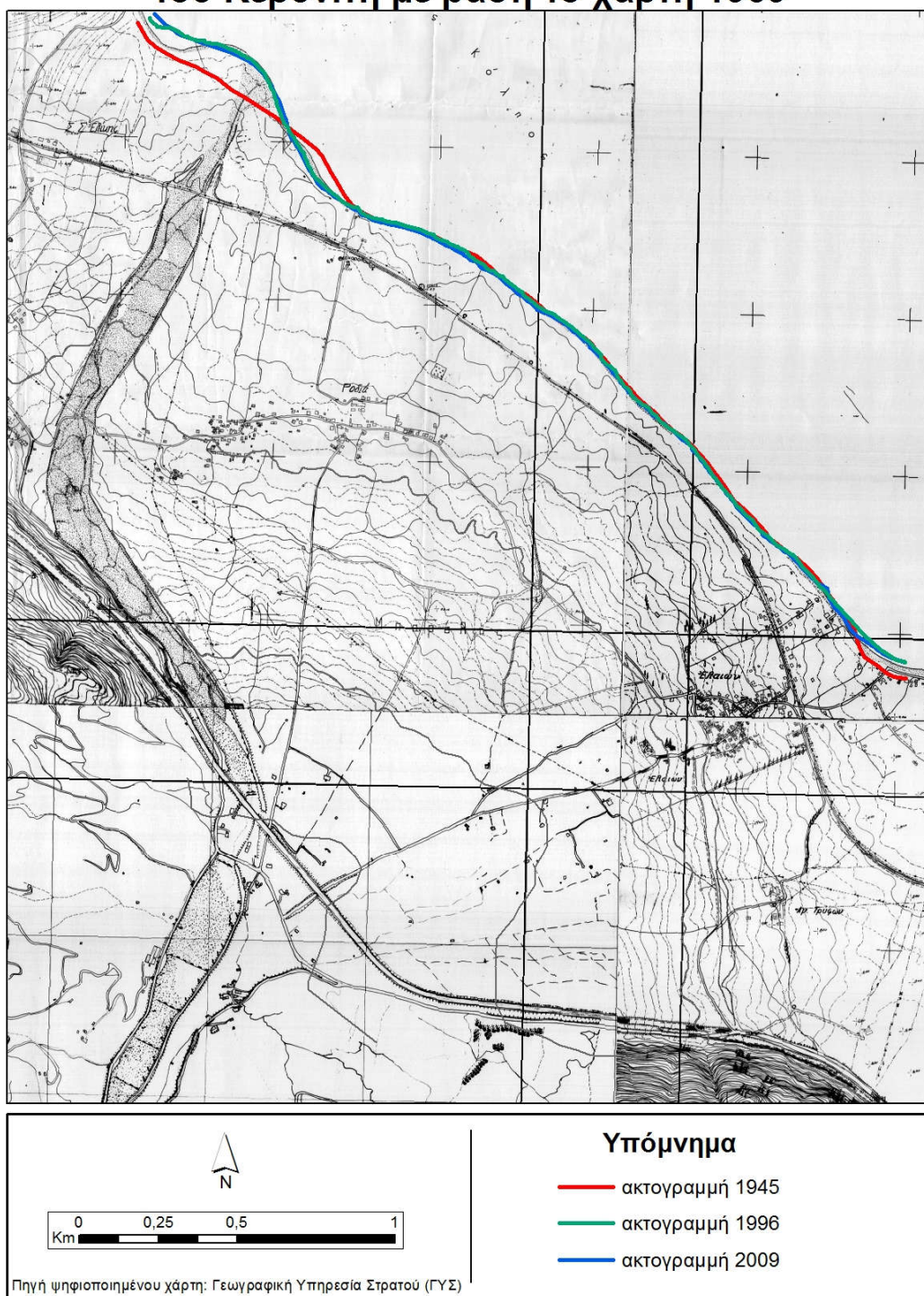
Πίνακας 10: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ' έτος της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη, για την χρονική περίοδο 1996-2009.

1996-2009			
Υποχώρηση (km ²)	Προέλαση (km ²)	Υποχώρηση ανά έτος (km ²)	Προέλαση ανά έτος (km ²)
0,016768	0,002472	0,001289846	0,000190154

Πίνακας 11: έκτασης μετατόπισης (προέλασης και υποχώρησης) της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km² και km²/έτος) για τη χρονική περίοδο 1996-2009.

Οι μετρήσεις που αφορούν τη χρονική περίοδο (13 έτη) μεταξύ των ετών 1996 και 2009 δείχνουν ότι η διάβρωση πλέον αποτελεί την κύρια διεργασία στο δελταϊκό ριπίδιο του ρέματος Κερυνίτη.

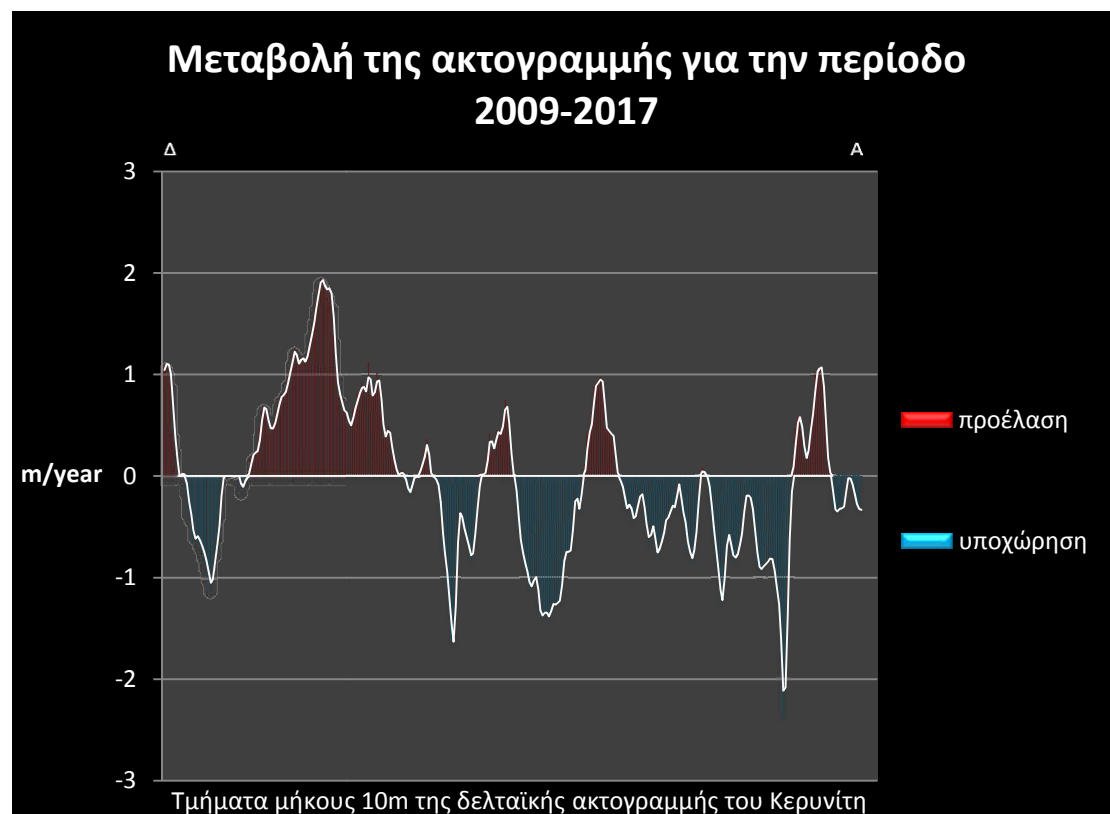
Μεταβολές ακτογραμμής στο δελταϊκό ριπίδιο του Κερυνίτη με βάση το χάρτη 1969



Χάρτης 15: Τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ έτους 1969 στον οποίο απεικονίζονται οι ακτογραμμές του 1945, 1996 και 2009. (Πηγή: ψηφιακός χάρτης ΓΥΣ, ιδία επεξεργασία)

Όπως αποτυπώνετε και στον χάρτη η προέλαση από το 1945 έως το 1996 είναι εντυπωσιακή (ειδικά στην περιοχή των ενεργών εκβολών). Με τις μεταγενέστερες ακτογραμμές να σημειώνουν σταδιακή υποχώρηση.

6.6.4. 4^η περίοδος παρατήρησης (2009-2017)



Εικόνα 50. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 2009-2017.

Στο διάγραμμα της εικόνας 50 απεικονίζεται η μεταβολή της ακτογραμμής κατά μήκος του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου για την χρονική περίοδο 2009-2017. Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής υποχωρεί. Ο μέγιστος ρυθμός υποχώρησης ανέρχεται σε 2,39 m/έτος και εντοπίζεται 2,8km ανατολικά του δυτικού άκρου του δελταϊκού ριπιδίου, ενώ ο ελάχιστος ρυθμός φθάνει τα 0,004 m/έτος.

Για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο ο μέγιστος ρυθμός προέλασης ανέρχεται σε 1,95m/έτος και εντοπίζεται στα ~1,2km κατά μήκος της ακτογραμμής (ανατολικά

του δυτικού άκρου του δέλτα) ενώ ο ελάχιστος ρυθμός είναι 0,003 m/έτος και αφορά την περιοχή του 3^{ου} χιλιομέτρου της ακτογραμμής ανατολικά του δυτικού της άκρου.

2009-2017		
ρυθμός μεταβολής (m/έτος)	προέλαση	υποχώρηση
MAX	1,9573	-0,0045
MIN	0,0030	-2,3902

Πίνακας 12: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ' έτος της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη, για την χρονική περίοδο -2017.

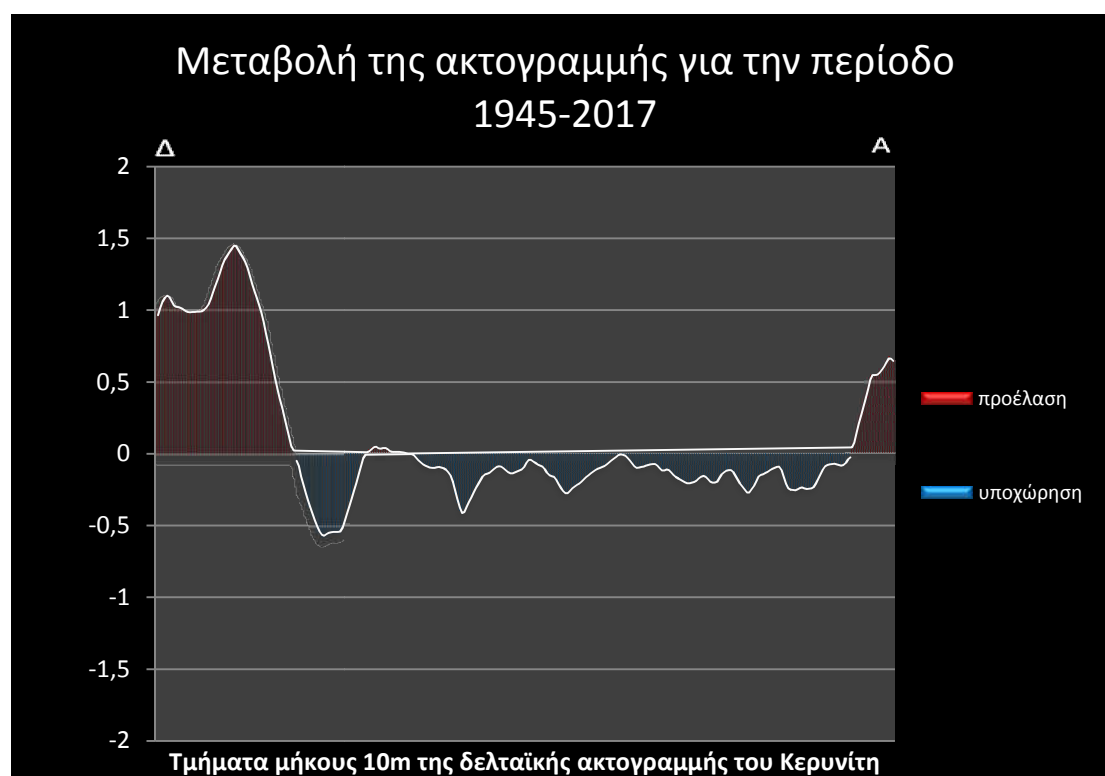
2009-2017			
Υποχώρηση (km ²)	Προέλαση (km ²)	Υποχώρηση ανά έτος (km ²)	Προέλαση ανά έτος (km ²)
0,005106	0,012694	0,00063825	0,00158675

Πίνακας 13: έκτασης μετατόπισης (προέλασης και υποχώρησης) της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km² και km²/έτος) για τη χρονική περίοδο 2009-2017.

Στην 8ετία που ακλούθησε (2009-2017) η ακτογραμμή συνέχισε να υποχωρεί ενώ παράλληλα η ετησία προέλαση συνέχισε να σημειώνει χαμηλούς ρυθμούς, παρόλα αυτά αποτελεί την κυρίαρχη διεργασία.

Στο σύνολο τους τα διαγράμματα οδηγούν στη διαπίστωση ότι υπάρχει ενεργός απόθεση στην περιοχή της εκβολής του Κερυνίτη άλλοτε σε μικρότερη και άλλοτε σε μεγαλύτερη περιοχή εκατέρωθεν της εκβολής. Τα σημεία όπου σήμερα δεν υπάρχει αιγιαλός με ίζημα και οι οικισμοί πλήττονται από την διάβρωση στις 3 από τις 4 περιόδους παρατήρησης διαπιστώθηκε ότι υπήρχε εκτεταμένη υποχώρηση της ακτογραμμής, στις μετρήσεις από το 1996 έως το 2017 υπάρχει βαθμιαία υποχώρηση στην ανατολική πλευρά όπου υπάρχει αιγιαλός με ανάμεικτο υλικό.

6.6.5. Συνολικά για την περίοδο παρατήρησης (1945-2017)



Εικόνα 51. Διάγραμμα κύμανσης του μέσου ρυθμού μετατόπισης της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε m/έτος) για τη χρονική περίοδο 1945-2017.

Στο διάγραμμα της εικόνας 51 απεικονίζεται η μεταβολή της ακτογραμμής κατά μήκος του δελταϊκού μετώπου του ριπιδίου για την χρονική περίοδο 1945-2017. Όπως φαίνεται το μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής υποχωρεί. Ο μέγιστος ρυθμός υποχώρησης ανέρχεται σε $-0,57 \text{ m/έτος}$ και εντοπίζεται $\sim 740\text{m}$ ανατολικά του δυτικού άκρου ενώ ο ελάχιστος ρυθμός φθάνει τα $-0,001 \text{ m/έτος}$ παρατηρείται περίπου 1km ανατολικά του δυτικού άκρου.

. Ο μέγιστος ρυθμός προέλασης ανέρχεται σε $1,46 \text{ m/έτος}$ και εντοπίζεται στα 360m ανατολικά του δυτικού άκρου ενώ ο ελάχιστος ρυθμός προέλασης είναι $0,003\text{m/έτος}$ και αφορά την περιοχή περίπου 1km ανατολικά του δυτικού άκρου του δελταϊκού ριπιδίου. δυτικά.

1945-2017		
ρυθμός μεταβολής (m/έτος)	προέλαση	υποχώρηση
MAX	1,4601	-0,0015
MIN	0,0030	-0,5752

Πίνακας 14: μέγιστο-ελάχιστο του ρυθμού μεταβολής κατ' έτος της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη, για την χρονική περίοδο 1945-2017.

1945-2017			
Υποχώρηση (km ²)	Προέλαση (km ²)	Υποχώρηση ανά έτος (km ²)	Προέλαση ανά έτος (km ²)
0,02938	0,051214	0,00048056	0,000711306

Πίνακας 15: έκτασης μετατόπισης (προέλασης και υποχώρησης) της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη (σε km² και km²/έτος) για τη χρονική περίοδο 1945-2017.

Στις συνολικές μεταβολές κυρίαρχη διεργασία στα δύο άκρα του δέλτα είναι αυτή της απόθεσης. Ειδικά για το βορειοδυτικό άκρο του δέλτα η προέλαση ευνοείται πολύ από την μεγάλη απόθεση πέριξ της εκβολής του ποταμού κατά την χρονική περίοδο 1945-1969. Στο μεγαλύτερο μήκος του κεντρικού δελταϊκού ριπιδίου για τη συνολική περίοδο παρατήρησης κυριαρχεί η διάβρωση η οποία πιστοποιήθηκε και κατά την επιτόπια γεωμορφολογική έρευνα.

6.7. Αίτια μεταβολών ακτογραμμής

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ρυθμοί που υπολογίστηκαν αφορούν τη μέση τάση της ακτογραμμής για την εκάστοτε χρονική περίοδο. Μεγάλο μέρος της προέλασης ή υποχώρησης που παρατηρήθηκε, μπορεί να αφορά μεμονωμένα επεισόδια που πιθανά οφείλονταν σε έτη υψηλών παροχών και άρα μεγάλης στερεοπαροχής (οπότε και προέλασης) ή σε μεμονωμένα ακραία συμβάντα έντονου κυματισμού που οδηγούν σε σημαντική διάβρωση της ακτογραμμής.

Η προέλαση στον άμεσο χώρο των εκβολών οφείλεται στη συσσώρευση των φερτών υλικών που καταλήγουν στην ακτή από την ενεργό κοίτη του ποταμού. Η υποχώρηση της ακτογραμμής οφείλεται στη διάβρωση εξαιτίας της απομάκρυνσης ιζημάτων της δελταϊκής πεδιάδας από τη δράση των παράκτιων διεργασιών ή λόγω καθίζησης της δελταϊκής πεδιάδας εξαιτίας υποθαλάσσιων ολισθήσεων των πρηνών του προδέλτα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σημαντικός παράγοντας ενίσχυσης της υποχώρησης είναι οι εκτεταμένες αμμοληψίες από την κοίτη του ποταμού που υπήρξαν ιδιαίτερα έντονες κατά την περίοδο κατασκευής της νέας εθνικής οδού Αθηνών Κορίνθου.

Σύμφωνα με τους Σκρέτα κ.α. (2002) Η ανθρωπινή διατάραξη στην φυσική εξέλιξη όχι μόνο του αιγιαλού και γενικότερα της ακτογραμμής αλλά και της ευρύτερης παράκτιας ζώνης της περιοχής μελέτης αλλά και γενικότερα των ακτών της Αιγιαλείας οφείλεται σε:

- α) τη διευθέτηση της κοίτης των ποταμών, που ως συνέπεια έχει την ενίσχυση της στερεοπαροχής στις περιοχές των ενεργών εκβολών αλλά και την διάβρωση των ανενεργών σήμερα εκβολών,
- β) στις εκτεταμένες υδροληψίες και αμμοληψίες στον κάτω ρου και κοντά στις εκβολές των ποταμών,
- γ) στην κατασκευή τεχνικών έργων (λιμάνια ή μαρίνες, προβλήτες), όπως η μικρή μαρίνα στο Διακόπτω, ο μικρός πρόβολος στην Τεμένη αλλά και άλλοι που τοποθετούνται χωρίς μελέτη σε διάφορα σημεία, εκτείνοντας τοπικά φαινόμενα διάβρωσης ενώ
- δ) η οικιστική και τουριστική ανάπτυξη στην παράκτια ζώνη και ιδιαίτερα κοντά ή και πάνω στον αιγιαλό τις τελευταίες δεκαετίες, έχει ως αποτέλεσμα την αποκοπή της παραλιακής ζώνης από την ενδοχώρα, αρά και της προσφοράς ή και ανταλλαγής των ιζημάτων.

Από την υπάρχουσα πληροφόρηση και έρευνα έχουν γίνει προσπάθειες προστασίας των ακτών μέσω τεχνικών έργων. Παρόλα αυτά ύστερα από συζητήσεις με τους κατοίκους της περιοχής καθώς και δικαστική έρευνα (Στο data.gov.gr, βρέθηκε καταχωρημένη σε ένα αρχείο excel με τίτλο «Έλεγχοι για την υποβάθμιση περιβάλλοντος στην Π.Ε. Αχαΐας για το έτος 2014», καταγγελία στις 30/10/2014 με αριθμό πρωτοκόλλου **292887/6927**, θέμα: Έλεγχος για αμμοληψίες στον ποταμό Κερυνίτη από την Εισαγγελία Πρωτοδικών Αιγίου). Επίσης βρεθήκαν άρθρα τοπικών εφημερίδων φαίνεται ότι μέρος του προβλήματος οφείλεται σε αμμοληψίες που πραγματοποιούνται στην κοίτη του ποταμού, που έχει ως αποτέλεσμα τον μεγάλο βαθμό διάβρωσης του δελταϊκού ριπιδίου. Αν σταματούσαν τις αμμοληψίες θα περιόριζε σημαντικά την διάβρωση του αφού θα αυξανόταν η ποσότητα του ιζήματος που θα τροφοδοτούσε την ακτή του ριπιδίου.

Ακολουθεί απόσπασμα από άρθρο της εφημερίδας «ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ» που δημοσιεύτηκε στην ιστοσελίδα <http://www.pelop.gr> στις 08/05/2015

«Με ΚΥΑ του 2007 δόθηκε αρχικά η έγκριση για την λήψη περίπου 4,5εκ. κυβικών μέτρων αδρανών υλικών από 7 ποτάμια και λατομεία της Κορινθίας και της Αιγιάλειας. Το 2014 και μπροστά στην ανάγκη επανεκκίνησης του έργου, υπήρξε τροποποιητική απόφαση για την ΜΠΕ, με την οποία εγκρίθηκε η λήψη επιπλέον 5,5 εκ. κ.μ. αδρανών υλικών από 11 νέες θέσεις, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονταν και οι ποταμοί Κράθης, Κερυνίτης, Μεγανίτης και Σελινούντας.»

Για τον πόταμο Κερυνίτη αναφέρει ότι: *«οι τεχνικές εταιρείες έχουν επεκταθεί σε μήκος 3,5 χλμ στην κοίτη του ποταμού μέχρι την θάλασσα και έχουν πάρει πάνω από 850.000 κ.μ. υλικών. Μάλιστα υπήρξε και προσφυγή της Κτηματικής Υπηρεσίας για παράνομες αμμοληψίες και το δικαστήριο επέτρεψε την λήψη φερτών υλικών, μόνο για την υποστήριξη των πέδων της γέφυρας Τσαγρή.»*

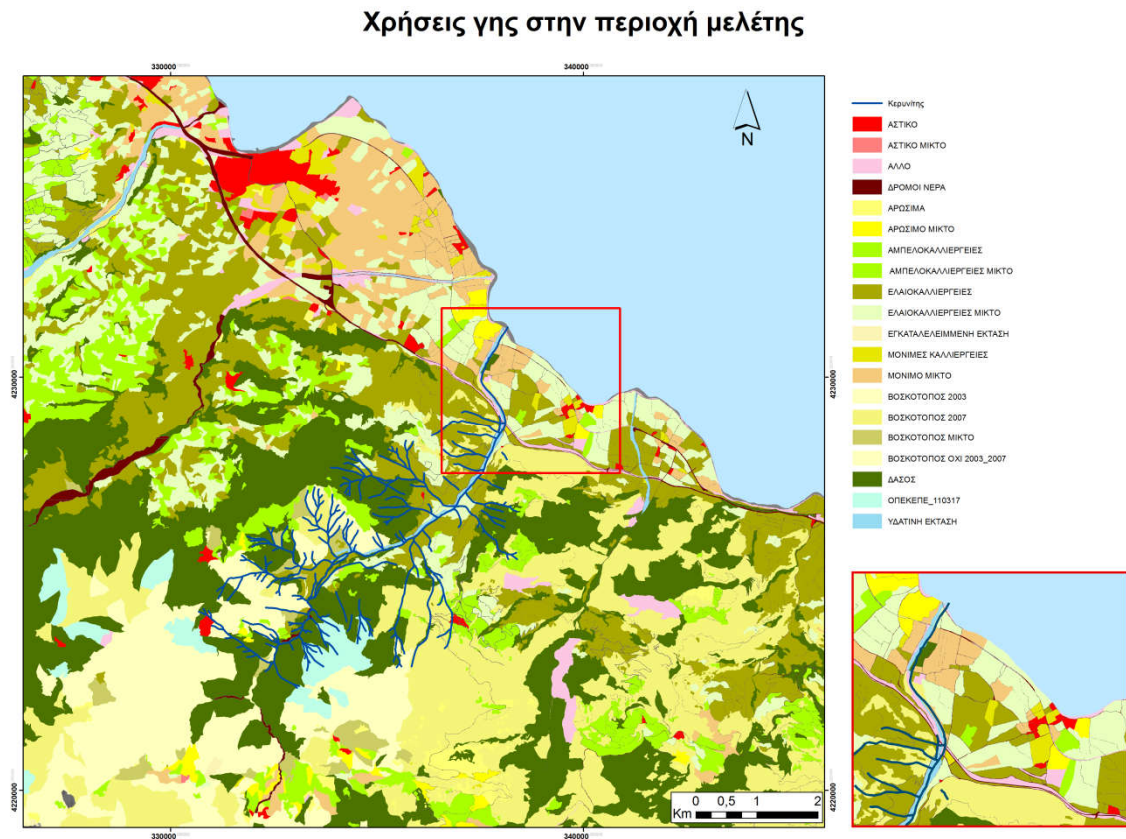
Οι αμμοληψίες είναι προφανές ότι αφαιρούν ίζημα από την κοίτη το οποίο διαφορετικά θα κατέληγε στην ακτή και θα τροφοδοτούσε τους αιγιαλούς. Η απουσία αυτού του ιζήματος έχει σαν αποτέλεσμα οι παράκτιες διεργασίες να διαβρώνουν το ίζημα της δελταϊκής πεδιάδας καθώς δεν επανατροφοδοτούνται οι αιγιαλοί.

Οι διαφοροποιήσεις στη μεταβολή της ακτογραμμής από χρονική περίοδο σε χρονική περίοδο μπορούν να αποδοθούν στο εκάστοτε επικρατών παράκτιο ρεύμα. Είναι πιθανό ανάλογα με τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες, τμήμα της ακτής που υποχωρεί σε μια χρονική περίοδο να παρουσιάζει προέλαση την επόμενη. Άρα σημαντικό ρόλο παίζει η διεύθυνση των επιμικών παράκτιων ρευμάτων και του κυματισμού.

Γίνεται φανερό ότι η μελλοντική άνοδος της μέσης θαλάσσιας στάθμης θα επηρεάσει αρνητικά την ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου προκαλώντας εκτεταμένη διάβρωση. Η έκταση του δέλτα που βρίσκεται κάτω από την ισοϋψή των 2 m και την ακτογραμμή κατά το έτος 2009 εκτιμάται σε 0,084 km² και είναι αυτή που θα υποστεί τις περισσότερες αρνητικές επιπτώσεις.

Με βάση το χάρτη χρήσεων γης που δημιουργήθηκε από δεδομένα (ilot 2016) του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (Βλέπε χάρτη16) διαπιστώνεται ότι οι χρήσεις που απειλούνται λόγω της εκτεταμένης διάβρωσης αφορούν αστικό περιβάλλον, ελαιοκαλλιέργειες, μεικτές ελαιοκαλλιέργειες, αρόσιμα μεικτά εδάφη. Αυτές οι χρήσεις γης έχουν σημαντική κοινωνικό-οικονομική σημασία για την

περιοχή. Η επιρροή στις περιοχές αυτές δεν θα οφείλεται αποκλειστικά στη διάβρωση λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης αλλά αφορά και την αναδιανομή των χρήσεων καθώς η ακτογραμμή θα μετατοπιστεί εσωτερικά προς την δελταϊκή πεδιάδα.



Χάρτης 16: Χρήσεις Γης περιοχής μελέτης(Πηγή δεδομένων: Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων)

7. Μέτρα προστασίας από τη διάβρωση

Γενικά

Στην προσπάθεια επίλυσης των προβλημάτων των παρακτίων περιοχών από την διάβρωση έχουν κατά καιρούς προταθεί διάφορα μέτρα προστασίας. Στα μέτρα προστασίας συμπεριλαμβάνεται η εφαρμογή μηχανικών λύσεων οι οποίες χαρακτηρίζονται ως σκληρές μέθοδοι, υπάρχουν και πιο ήπιες λύσεις, όπως η τεχνητή τροφοδοσία παραλίας με ίζημα της ίδιας κοκκομετρικής σύστασης με αυτό που αποτίθεται φυσικά στην παράλια μιμούμενη την φυσική διεργασία (Καρύμπαλης, 2010).

Στις μηχανικές λύσεις δημιουργούνται τεχνικές κατασκευές στην προσπάθεια σταθεροποίησης της ακτογραμμής, όπως βραχίονες ή πρόβολοι (groins) και ζεύγη προβόλων (jetties) .Τα συγκεκριμένα τεχνικά έργα συγκαταλέγονται στα παράλληλα λόγο της τοποθέτησης τους επί της ακτής.

Τα τοίχοι προστασίας από την διάβρωση (seawalls) με σκοπό την επιβράδυνση της διάβρωσης από την δράση του κυματισμού και κυματοθραύστες (breakwaters) αποτελούν τεχνικά έργα που συγκαταλέγονται στα εγκάρσια.

7.1. Μέτρα προστασίας στην περιοχή

Η γενικότερη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, επιφέρει έκτος των αιφνίδιων απωλειών παράκτιας γης και σημαντικές κοινωνικό-οικονομικές συνέπειες καθώς απειλούνται ιδιοκτησίες, αγροκτήματα, παραθαλάσσιες κατοικίες, καταστρέφονται παραλιακοί δρόμοι, γενικότερη υποβάθμιση του παράκτιου περιβάλλοντος με δυσμενείς συνεπείες και στην τουριστική ανάπτυξη της περιοχής (Σκρέτα et al. 2002). Γι αυτό το λόγο γίνονται προσπάθειες προστασίας των ακτών της περιοχής.

Όσον αναφορά τα μέτρα προστασίας του δελταϊκού ριπιδίου του ποταμού Κερυνίτη όπως προκύπτει από την παρατήρηση μέσω του προγράμματος Google earth και ταχτοποιήθηκε κατά την επιτόπια έρευνα που πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2018 εντοπιστήκαν τα έξης μέτρα προστασίας :

Στην ανατολική πλευρά του ριπιδίου στο χωριό Ελαιώνας υπάρχει τοίχος προστασίας από την διάβρωση (seawalls), το οποίο είναι κατασκευασμένο από τσιμέντο με σκοπό να προστατεύσει το παράκτιο οδικό δίκτυο της περιοχής. Γενικά θεωρείτε ένα αμφιλεγόμενο έργο διότι ο κατακόρυφος σχεδιασμός που προκαλεί

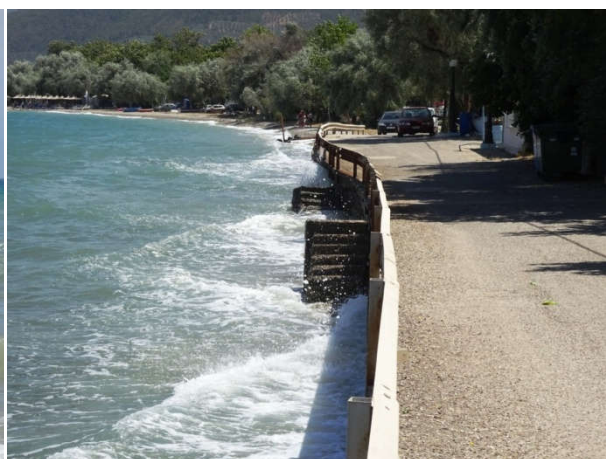
την ανάκλαση κυμάτων καταιγίδας αλλάζοντας τη διεύθυνση διάδοσης της κυματικής ενέργειας. Παρόλα αυτά λόγω της φόρας πρόπτωσης των κυμάτων το μετρό αυτό δεν είναι επαρκές καθώς δεν καθίσταται ικανό να αποτρέψει τις αρνητικές επιπτώσεις της δράσης του κυματισμού. Συγκεκριμένα υπάρχουν εκτεταμένες ρωγμές στο παράκτιο οδικό δίκτυο και αναμένεται περεταίρω υποχώρηση του οδοστρώματος.



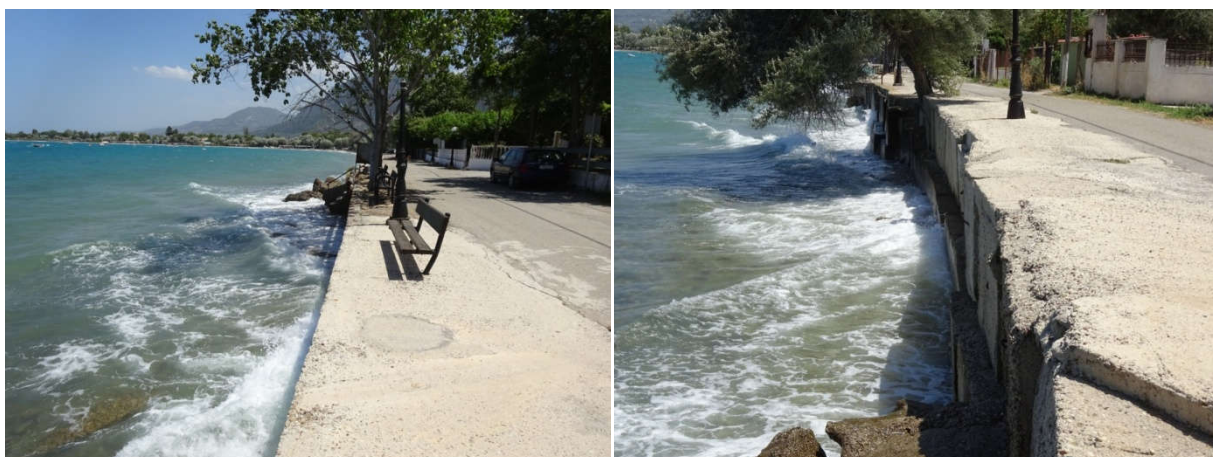
Εικόνα 52: τοίχος προστασίας υπό κατάρρευση



Εικόνα 53: Ρωγμές στο παράκτιο οδικό δίκτυο



Εικόνες 54,55 : Εκτεταμένη διάβρωση στο νοτιονατολικό δελταϊκό ριπίδιο.

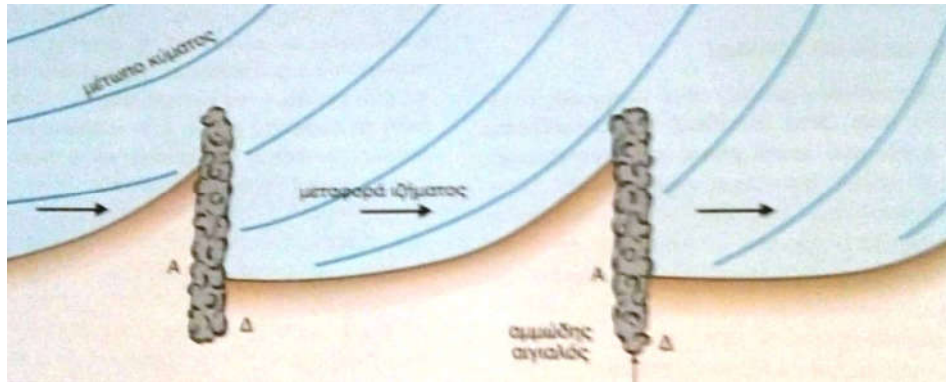


Εικόνες 56,57 : Διάβρωση στο νοτιονατολικό δελταϊκό ριπίδιο



Εικόνα 58: Πρόβολος που έχει κατασκευαστεί για την προστασία της ακτογραμμής του δυτικού τμήματος του δελταϊκού ριπιδίου.

Οι πρόβολοι έχουν σκοπό την συγκράτηση του ιζήματος και την ενίσχυση των αμμωδών ή χαλικωδών ακτών (αιγιαλών), με αυτή την κατασκευή συνήθως δημιουργούνται προβλήματα σε παρακείμενες περιοχές.



Εικόνα 59: Οι βραχίονες ή πρόβολοι (groins) κατασκευάζονται για να συσσωρεύσουν την άμμο στην πλευρά που το μεταφερόμενο από το παράκτιο ρεύμα ίζημα συναντά την κατασκευή προκαλώντας διάβρωση στο πίσω από τους βραχίονες τμήμα του αιγιαλού (A= απόθεση, Δ= διάβρωση) (Πηγή: Καρύμπαλης, 2010)

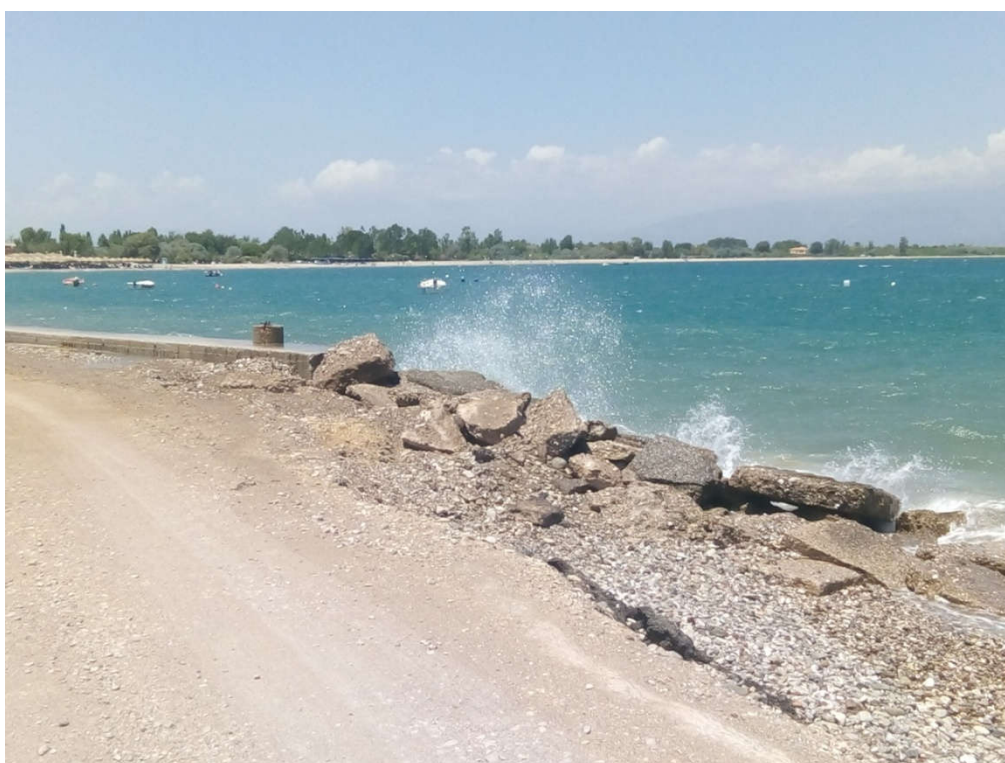
Παρά τα τεχνικά έργα που έχουν κατασκευασθεί κατά μήκος της ακτογραμμής για την προστασία από τη διάβρωση κατά μήκος της ακτής του ριπιδίου διαπιστωθήκαν αρκετές καταστροφές, κυρίως στο παράκτιο οδικό δίκτυο, σε φράκτες-αυλές παρακτίων οικημάτων αλλά και στα ίδια τα έργα προστασίας. Αρκετά από τα θαλάσσια τοιχεία προστασίας έχουν καταστραφεί από τις θαλάσσιες διεργασίες.



Εικόνα 60: καταστροφές στο παράκτιο οδικό δίκτυο του δυτικού τμήματος του δελταϊκού ριπιδίου



Εικόνα 61: διάβρωση του δυτικού τμήματος του δελταϊκού ριπιδίου



Εικόνα 62: καταστροφές στο δυτικό τμήμα του δελταϊκού ριπιδίου

8. Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τη γεωμορφολογική μελέτη του δελταϊκού ριπιδίου Κερυνίτη ποταμού στην βόρεια Πελοπόννησο με την χρήση νέων τεχνολογιών. Για τους σκοπούς της εργασίας αξιοποιήθηκαν ψηφιακά δεδομένα τα οποία επεξεργάστηκαν με το λογισμικό ArcMap ενώ σημαντική ήταν και η χρήση εικόνων Google Earth. Η έρευνα πεδίου ήταν καθοριστική για την αναγνώριση και αποτύπωση των γεωμορφών του δελταϊκού ριπιδίου. Στην ανάλυση της μελέτης εμπεριέχεται η ανάλυση όχι μόνο του δελταϊκού ριπιδίου αλλά και της λεκάνης απορροής, εξαιτίας του καθοριστικού ρόλου που παίζει στην διαμόρφωση και τον σχηματισμό του δελταϊκού ριπιδίου.

Η επεξεργασία δεδομένων του Αστεροσκοπείου Αθηνών για τους σεισμούς που έχουν λάβει χώρα στην ευρύτερη περιοχή μέσω του προγράμματος GMT, οδήγησε στη διαπίστωση ότι υπάρχει έντονη σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή για την περίοδο που καλύπτουν τα δεδομένα (2011-2017) με επιφανειακούς σεισμούς. Ιδιαίτερα αυξημένη πυκνότητα σεισμικών epicέντρων παρατηρείται στον δυτικό Κορινθιακό κόλπο γεγονός που αποδίδεται στη δραστηριότητα των ρηξιγενών ζωνών της περιοχής αυτής και κυρίως του Αιγίου της Ελίκης και του Ψαθόπυργου. Τα κανονικά αυτά ενεργά ρήγματα οριοθετούν τη νότια ακτογραμμή του Κορινθιακού κόλπου και μαζί με τα υποθαλάσσια ευθύνονται για την κατά 1000μ. τουλάχιστον ανύψωση των Πλειστοκαινικής ηλικίας θαλάσσιων ιζημάτων της Β. Πελοποννήσου διαμορφώνοντας έτσι ένα ιδιαίτερα έντονο ανάγλυφο στην περιοχή μελέτης. Η μεγάλης έντασης και συχνότητας σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή είναι επίσης υπεύθυνη για πολλές υποθαλάσσιες αποσταθεροποιήσεις των ιζημάτων των μεγάλης κλίσης πρηνών των προδέλτα μεταξύ των οποίων και του προδέλτα του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη.

Η μεγάλη μεταφορική ικανότητα του ποταμού σχετίζεται με την μεγάλη μορφολογική κλίση της κοίτης που με τη σειρά της είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής ανύψωσης που εν μέρει οφείλεται στη δραστηριοποίηση του ρήγματος της Ελίκης που οριοθετεί την έξοδο του ποταμού από τα λεκάνη απορροής.

Χαρακτηριστικά μεγάλη είναι και η μορφολογική κλίση της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης αφού η τιμή της κλίσης των κλιτύων της φθάνει το 48%.

Επιπλέον μελετήθηκε η λιθολογία της περιοχής όπου το 50% της συνολικής έκτασης της λεκάνης καταλαμβάνουν ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, που θεωρούνται ευδιάλυτοι και διαπερατοί από το νερό σχηματισμοί γεγονός που ευνοεί σε συνδυασμό με μεγάλες κλίσεις εντός της λεκάνης αποστράγγισης την διάβρωση-παράγωγή αδρομερούς ιζήματος. Ο φλύσχης αποτελεί ένα αδιαπέρατο και ευδιάβρωτο πέτρωμα και καταλαμβάνει μικρό ποσοστό 7,13% της υδρολογικής λεκάνης. Ένα ποσοστό της τάξεως του 30% καταλαμβάνουν μάργες –κροκαλοπαγή-ψαμμίτες Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας όπου επίσης θεωρούνται ευδιάβρωτα πετρώματα. Υπάρχει και ένα ποσοστό μεταμορφωμένων πετρωμάτων σχιστόλιθι-κερατόλιθι (9,52%) τα όποια διαβρώνονται πιο δύσκολα.

Η λιθολογία της λεκάνης απορροής αποτυπώνετε και στην συχνότητα του υδρογραφικού δικτύου καθώς οι περιοχές της λεκάνης όπου καταλαμβάνονται από ασβεστόλιθο εμφανίζει μια σχετικά μικρότερη συχνότητα κλάδων του δικτύου ενώ στις περιοχές που επικρατούν οι σχηματισμοί των ευδιάβρωτων και αδιαπέρατων πετρωμάτων το υδρογραφικό δίκτυο είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο.

Σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό του ριπιδίου είχε η μεγάλη στερεοπαροχή λόγω της ευδιάβρωτης λιθολογίας της λεκάνης, η μεγάλες μορφολογικές κλίσεις που ευνοούν την αυξημένη μεταφορική ικανότητας και οι υψηλές βροχοπτώσεις.

Η μορφολογική κλίση του δελταϊκού ριπιδίου ανέρχεται σε 0,03 , σχετικά μεγάλη είναι η μορφολογική κλίση της πεδιάδας του δελταϊκού ριπιδίου. Αυτό υποδηλώνει ότι η διεργασία σχηματισμού - απόθεσης των υλικών-ιζημάτων από τα οποία αποτελείται δεν ήταν αμιγώς ποτάμια. Τα ποτάμιας απόθεσης ριπίδια έχουν σημαντικά μικρότερη μορφολογική κλίση. Άρα η διεργασία απόθεσης και σχηματισμού του ριπιδίου ενδεχομένως περιλαμβάνει και φαινόμενα κινήσεων υλικών λόγω βαρύτητας. Στο συμπέρασμα αυτό οδηγεί και η σημαντική παρουσία αδρομερών υλικών σε όλο το δελταϊκό ριπίδιο.

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση του ριπιδίου περιλαμβάνει την αναγνώριση και αποτύπωση των γεωμορφών τόσο της δελταϊκής πεδιάδας όσο και του παράκτιου μετώπου. Η παρατήρηση εικόνων Google Earth οδήγησε στη διαπίστωση ότι σημαντική έκταση του κεντρικού τμήματος του ριπιδίου αλλά και του νοτιοανατολικού του ορίου αποτελεί μια περιοχή μεγάλης σχετικά κλίσης και σχετικά αραιής βλάστησης που διασχίζεται από μικρές ανενεργές κοίτες που

κατευθύνονται από την κορυφή του ριπιδίου προς τα κατάντη. Οι εκτάσεις αυτές χαρτογραφήθηκαν σαν πιθανές αποθέσεις κινήσεων υλικού λόγω βαρύτητας. Πιθανά έχουν καλύψει την επιφάνεια του παλαιότερου ριπιδίου του ποταμού. Η απόθεση ενδέχεται να μην έγινε με μια ταχεία διεργασία αλλά σταδιακά. Το οποίο οδήγησε και στην σταδιακή μετατόπιση της κοίτης προς τα δυτικά. Από την επιτόπια έρευνα διαπιστώθηκε πως η ενεργός κοίτη ανήκει στον διακλαδιζόμενο τύπο κοιτών και χαρακτηρίζεται από την παρουσία μεγάλου αριθμού επιμέρους κοιτών πολλές από τις οποίες ενεργοποιούνται σε περιόδους αυξημένης παροχής του ποταμού. Σημαντικές γεωμορφές αποτελούν οι εγκαταλελειμμένες κοίτες που χαρτογραφήθηκαν στην περιοχή οι οποίες κοίτες τροφοδοτούσαν με ίζημα την ακτογραμμή και η απόθεση των ιζημάτων σταδιακά διαμόρφωσε το σημερινό δελταϊκό ριπίδιο. Κάθε μια από τις παλαιοκοίτες σχετιζόταν προφανώς με έναν παλαιολοβό. Σήμερα όμως η δράση των παράκτιων διεργασιών έχει οδηγήσει στη διάβρωση των λοβών και τη διαμόρφωση ενός μεγάλου παλαιολοβού δυτικά του σημερινού ενεργού ο οποίος σχετίζεται με τη σημερινή ενεργή εκβολή του ποταμού. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει μια σταδιακή μετανάστευση της ενεργού κοίτης του ποταμού από το ανατολικό άκρο του ριπιδίου στο δυτικό. Η αλλαγή αυτή του κεντρικού κλάδου διανομής είναι δυνατό να αποδοθεί σε δύο αίτια. Ένα πιθανό αίτιο είναι η δραστηριοποίηση του ρήγματος της Ελίκης που οριοθετεί το ριπίδιο νότια και νοτιοδυτικά. Ένα δεύτερο αίτιο είναι η μετατόπιση της κοίτης λόγω της απόθεσης των υλικών λόγω βαρύτητας που ανάγκασαν την κοίτη να ακολουθήσει ροή κατά μήκος του βορειοδυτικού ορίου του ριπιδίου.

Το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό της ακτογραμμής του δελταϊκού ριπιδίου είναι η παρουσία ενός μικρού κρημνού που έχει αναπτυχθεί στις δελταϊκές αποθέσεις και αποτελεί ένδειξη ισχυρής διάβρωσης της δελταϊκής πεδιάδας από τη δράση των παράκτιων διεργασιών και κυρίως των επιμηκών παράκτιων ρευμάτων και του κυματισμού.

Επιπλέον μελετήθηκε η διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής (1945-2017) οι οποίες χωρίστηκαν σε 4 επιμέρους περιόδους όπου υπολογίστηκαν οι μέσοι ρυθμοί τάσης της ακτογραμμής (προέλαση ή υποχώρηση) για την εκάστοτε χρονική περίοδο. Παρατηρήθηκε προέλαση στον άμεσο χώρο των εκβολών που οφείλεται στη συσσώρευση των φερτών υλικών που καταλήγουν στην ακτή από την ενεργό

κοίτη του ποταμού. Η υποχώρηση της ακτογραμμής οφείλεται στη διάβρωση εξαιτίας της απομάκρυνσης ιζημάτων της δελταϊκής πεδιάδας από τη δράση των παράκτιων διεργασιών ή λόγω καθίζησης της δελταϊκής πεδιάδας εξαιτίας υποθαλάσσιων ολισθήσεων των πρανών του προδέλτα. Επίσης σημαντικός παράγοντας ενίσχυσης της υποχώρησης αποτελούν οι εκτεταμένες αμμοληψίες από την κοίτη του ποταμού. Για το σύνολο της περιόδου ο μέγιστος ρυθμός υποχώρησης εκτιμήθηκε σε 0,57m/έτος ενώ ο μέγιστος ρυθμός προέλασης φθάνει τα 1,46m/έτος. Η έκταση που συνολικά προέλασε στην περίοδο αυτή είναι 0,05 km² ενώ η περιοχή που διαβρώθηκε εκτιμήθηκε σε 0,02km².

Οι διαφοροποιήσεις στη μεταβολή της ακτογραμμής από χρονική περίοδο σε χρονική περίοδο μπορούν να αποδοθούν στο εκάστοτε επικρατών παράκτιο ρεύμα. Είναι πιθανό ανάλογα με τις επικρατούσε ανεμολογικές συνθήκες τμήμα της ακτής που υποχωρεί σε μια χρονική περίοδο να παρουσιάζει προέλαση την επόμενη. Άρα σημαντικό ρόλο παίζει η διεύθυνση των επιμηκών παράκτιων ρευμάτων και του κυματισμού.

Η μελλοντική άνοδος της μέσης θαλάσσιας στάθμης θα επηρεάσει αρνητικά την ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου προκαλώντας εκτεταμένη διάβρωση. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα εκτάσεις να απειλούνται με διάβρωση και άλλες με αλλαγή χρήσεων γης. Το επιφανειακό τμήμα του χαμηλού μετώπου του ριπιδίου καλύπτεται από μεικτές εκτάσεις αρόσιμων εδαφών, ελαιοκαλλιεργειών και αστικού περιβάλλοντος, ενώ στην παράκτια ζώνη υπάρχουν αρκετές ανθρωπογενείς κατασκευές. Αυτές είναι παραθαλάσσιες κατοικίες, οι πρόβολοι και τα τοιχεία προστασίας των ακτών .

Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Active tectonic ,(1986), Studies in Geophysics, National Academic Press, Washington D.C., 266pp.

Armijo, R., Meyer, B. G. C. P., King, G. C. P., Rigo, A., & Papanastassiou, D., (1996), «Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean», *Geophysical Journal International*, 126(1), p.11-53.

Ambraseys N. & Jackson J. (1990): Seismicity and associated strain of Central Greece between 1890 and 1988. *Geoph. J. Int.*, 101, p. 663-708.

Coleman J.M. and Wright L.D., (1975), «Modern river deltas: variability of processes and sand bodies», In: M.L. Broussard (ed.): *Deltas, models for exploration*, 90150, 2nd edition, Houston Geological Society, Houston, Texas.

Dia N.A., Cohen S.A., O’Nions R.K. , Jackson J.A.,(1997), <<Rates of uplift investigated through ²³⁰Th dating in the Gulf of Corinth (Greece)>> *Chemical Geology* 138, σ. 171-184.

Doutsos T., Kontopoulos N. & Poulimenos G. (1988): The Corinth-Patras rift as the initial stage of continental fragmentation behind an active island arc (Greece). *Basin Res.* 1, 177-190.

Drakopoulos, J.C. and Delibasis, N. (1982): The focal mechanism of earthquakes in the major area of Greece for the period 1947-1981. *Publ. Geophys. Lab., Univ.of Athens*.

Efe R., Ozturk M., Atalay I., (2011), «Natural Environment and Culture in the Mediterranean Region II», chapter nine «Investigation of Fan Delta and Drainage Basin Morphometric Variables», Karymbalis E., Gaki- Papanastassiou K. , pg. 91, 93-105 Cambridge scholars publishing.

European Commission, (2004) , «Living with coastal erosion in Europe, sediment and space for sustainability», Results from the EUROSION study, Ed. P. Doody, M. Ferreira, S. Lombardo, I. Lucius, R. Misdorp, H. Niesing, A., Salman, M. Smallegange.

Goodchild M.F., (1992): *Geographical Information Science. International Journal of Geographical Information Systems*, 6: 31-45.

Guidoboni E.,(1994), «Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century», Istituto Nazionale di Geofisica (ING), SGA Storia Geofisica Ambiente, Bologna, Italy, 504pp.

Hasiotis T., Charalampakis M., Stefatos A., Papatheodorou G., Ferentinos G., (2006) , «Fan delta development and process offshore a seasonal river seismically active region», NW Gulf of Corinth: Geo-Marine Letters, 26(4), 199-112.
<http://doi.org/10.1007/s00367-006-0020-8>

Jackson J. & McKenzie D., (1988), «The relationship between plate motions and seismic moment tensors and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East», Journal of Geophysics 93, 45 -73.

Karymbalis E., Ferentinou M., Giles P. T., (2016) «Use of morphometric variables and self-organizing maps to identify clusters of alluvial fans and catchments in the north Peloponnese, Greece », <http://sp.lyellcollection.org/>

Katsafados P, Kalogirou S. , Papadopoulos A., Korres G., «Mapping long-term atmospheric variables over Greece»,Journal of Maps, Athens, 2012
<http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2012.694273>

Kelletat D., Kowalczyk G., Schroeder B. & Winter K.-P. (1976): A synoptic view on the neotectonic development of the Peloponnesian coastal regions. Z. Dtsch. Geol. Ges. 127, 447-465.

Koukouvelas I., Stamatopoulos L., Katsonopoulou D., Pavlides S., (2001), «A palaeoseismological and geoarchaeological of the Eliki fault, Gulf of Corinth», J. Struct. Geol. 23, 531-543. [http://doi.org/10.1016/S01918141\(00\)00124-3](http://doi.org/10.1016/S01918141(00)00124-3)

Lyell C., (1833) «Principles of Geology: An Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation» , Cambridge University Press.

Makris J., (1976), «A dynamic model of the Hellenic arc deduced from geophysical data», Tectonophysics, 36, 339 -346.

McDonnell P. & Kemp K., (1995), International GIS Dictionary, Cambridge: GeoInformation International

McNeil, L.C., Collier, R.E.L., De Martini, P.M., Pantosti, D. & D'Adezio, G. 2005. Recent history of the Eastern Eliki fault, Gulf of Corinth: geomorphology, palaeoseismology

and impact on palaeoenvironments. *Geophysical Journal International*, 161, 154–166, <http://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02559.x>

Mercier J., Sorel D., Vergely P., Simeakis K., (1989), Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic, *Basin Research*, 2, 49 - 71.

Papadopoulos G. A., (1998), «A reconstruction of the great Earthquake of 373 B.C. in the western Gulf of Corinth. Ancient Helike and Aigialeia», Athens 1998, 479-494. (Helike Soc. Publ.)

Papazachos B. C., (1975), «Seismic activity along the Saronikos - Corinth - Patras Gulfs», *Monthly Bulletin of the Seismological Institute of the National Observatory of Athens*, 1-16, December.

Papazachos C.B., Kiratzi A.A., (1992), «A formulation for reliable estimation of active crustal deformation and its application to Central Greece», *Geophysical Journal International* 111, 424 - 432.

Papazachos B., Papazachou C., (1997), «The earthquakes of Greece», Ed. Ziti, p.304.

Pavlidis S., Koukouvelas I., Kokkalas S., Stamatopoulos L., Keramydas D., Tsodoulos I., (2003) Late Holocene evolution on the east Eliki fault Gulf of Corinth (Central Greece), *Quaternary International* (in press)

Pavlidis S.B., Koukouvelas I.K., Kokkalas S., Stamatopoulos L., Keramydas D., Tsodoulos I., (2004), «Late Holocene evolution of the East Eliki fault, Gulf of Corinth (Central Greece): *Quaternary International*, 115-116, 139-154.
[http://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00103-4](http://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00103-4)

Perrou Th., Kaza I., Efthymiadis V., Karymbalis K., & Chalkias C., (2013), «Recent coastline changes of fan-deltas in the Western Gulf of Corinth, Central Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*», 47, 315-324.

Philippson A. (1892): *Der Peloponnes, Versuch einer Landeskunde auf geologische Grundlage*. Friedlaender, Berlin.

Pirazzoli, P. A., Stiros, S. C., Fontugne, M., & Arnold, M., (2004), «Holocene and Quaternary uplift in the central part of the southern coast of the Corinth Gulf (Greece)», *Marine Geology*, 212(1), p.35-44.

Postma, G., (1990), Depositional architecture and facies of river and fan delta: a synthesis, In: A. Colella and D.B. Prior (eds.): *Coarse-grained Deltas*. Special Publication of the International Association of Sedimentologists, p. 10, 13-27.

Reading, H.G. and Collinson J.D.,(1996), Clastic coasts, In: H.G. Reading (ed.): *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, p. 157-231, 3rd edition, Blackwell Science, Oxford.

Le Pichon X. & Angelier J. (1979): The Hellenic Arc and Trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, p. 1-42.

Schmidt J.F.,(1867), The earthquakes of 26th December 186, Athens (Ελληνική και Γερμανική έκδοση /1879)

Soter S., Katsonopoulou D.,(1999) Occupation horizons found in the search for ancient Greek city of Helike, *Geoarcheology*, 14, 531-563.

Soukisian T., Hatzinaki M., Korres G., Papadopoulos A., Kallos G. and Anadranistakis E. ,(2007), «*Wave and wind Atlas of the Hellenic Seas*», Hellenic Centre for Marine Research Publ.

Stefatos, A., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., Leeder, M. & Collier, R. (2002), Seismic reflection imaging of active offshore faults in the Gulf of Corinth, Greece: their seismotectonic significance. *Basin Research*, 14/4, 487–502, <http://doi.org/10.1046/j.1365-2117.2002.00176.x>

“U.S. Nuclear Regulatory Commission”,(1982), Apperix A. Deismic and geologic siting criteria for nuclear power plants, Code of Federal-Energy, Title 0, Chapter 1, Part 100. (App. A, 10,CFR 100).

Verrios, S., Zygouri, V. & Kokkalas, S. 2004. Morphotectonic analysis in the Eliki fault zone (Gulf of Corinth, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXVI, 1706–1715

Zelilidis, A. 2000. Drainage evolution in a rifted basin, Corinth graben, Greece. *Geomorphology*, 35, 69–85, [http://doi.org/10.1016/S0169-555X\(00\)00023-4](http://doi.org/10.1016/S0169-555X(00)00023-4)

Ελληνική βιβλιογραφία

Δερμιτζάκη, Μ., Δ., & Σπύρου, Π., Λ., (2010), *Διερευνώντας τη γη. Εισαγωγή στη γενική γεωλογία*, Αθήνα, 236-238σ., 239-244σ.

Καρύμπαλης, Ε., (2010), *Παράκτια γεωμορφολογία*, Αθήνα: ΙΩΝ.

Καρύμπαλης Ε., (2013): Σημειώσεις φυσικής γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο , Σελίδες 51-57

Καρύμπαλης, Ε. και Τσόδουλος Ι., (2016), Σημειώσεις μαθήματος «Ποτάμια Γεωμορφολογία», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Μαριολάκος Η. & Παπανικολάου Δ. (1987): Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης -σεισμικότητας στο Ελληνικό Τόξο. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., τόμ. XIX, 59-76.

Παπαζάχος Β. & Παπαζάχου Κ. (1989): «Οι σεισμοί της Ελλάδας», Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 356 σ.

Παυλίδης Σ., (2003), «Γεωλογικά των σεισμών» ,University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Παυλίδης Σ., Κουκουβελας Ι., Σταματόπουλος Λ., Αγραφιώτης Δ., Αλεξανδρή Γ.Α., Ζυγούτη Β., Σμπορας Σ., (2001), «Παλαιοσεισμολογική μελέτη του ανατολικού κλάδου του ρήγματος της Ελίκης (Κορινθιακός)», Πρακτικά 9^{ου} Διεθν. Συν. ΕΓΓΕ. Δελτίο της Ελλ. Γεωλ. Ετ. Τομ. XXXIV.1, 199-2005.

Ουσταμπασιδής Α.,(2012), Πτυχιακή εργασία «Σεισμός» , Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής.

Σκρέτα Α., Λειβαδίτης Γ., Πούλος ΣΕ., (2002) , «Στο γεωμορφολογική εξέλιξη της παράκτιας ζώνης της Αιγιαλείας στο ανώτερο Ολόκαινο: φυσικές παράμετροι και ανθρωπινή παρέμβαση», www.geolib.geo.auth.gr

Σπυράκος Κ., Τουτουδάκη Ε., (2010) Σημειώσεις μαθήματος: Εργαστήριο αντισεισμικής τεχνολογίας, «ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Στείρος Σ., (1991) «Μηχανισμός της ενεργού παραμόρφωσης του φλοιού στον Κορινθιακό κόλπο», Διδακτορική διατριβή Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας.

Τσόδουλος, Ι., (2017), Διάλεξη μαθήματος «Ποτάμια Γεωμορφολογία»: Τύποι ποταμών , Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Τσόδουλος, Ι., (2017), Διάλεξη μαθήματος «Ποτάμια Γεωμορφολογία»: Αλλουβιακά ριπίδια - Δέλτα - Δελταϊκά ριπίδια, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Χαλκιάς Χ. Ν., (2006): Όροι και έννοιες επιστήμης γεωγραφικών πληροφοριών (GIS). Εκδόσεις ΙΩΝ.

Χαλκιάς Χ. Ν., (2011), Σημειώσεις μαθήματος «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ(Συμπληρωματικές Σημειώσεις)», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

Οργανισμοί

Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας (www.oasp.gr)

ΥΠΕΧΩΔΕ

Γεωδυναμικό Ινστιτούτο– Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Χαροκοπειο Πανεπιστήμιο (<https://www.hua.gr>)

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (<http://www.opengov.gr/minenv/?p=5056>)

ΕΚΠΑ (<http://www.geol.uoa.gr>)

Site

<http://geodata.gov.gr/> : 20/01/2018

τελευταία πρόσβαση:27/05/2018

Εφημερίδα ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ,(08/05/2015), «Επιδρομή στα ποτάμια της Αιγιάλειας για εκατομμύρια κυβικά μέτρα αδρανών υλικών», Πελοπόννησος.

<http://www.pelop.gr>

<http://www.gein.noa.gr/el/seismikotita/katalogoi-seismwn>

<http://www.gein.noa.gr/el/seismikotita/xartes>

<http://gredass.unife.it/>

<http://gmt.soest.hawaii.edu/>

<https://www.hcmr.gr/el/>

<http://earth.google.com/userguide/v4/>

https://el.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

<https://www.ngdc.noaa.gov>

<http://www.oasp.gr/>

Εικόνες διαδικτυακές

<http://www.tulane.edu>

<http://intheplaygroundofgiants.com/geology-basics-2/an-introduction-to-physical-geology/>

<http://www.seddepseq.co.uk>

Παράρτημα Α'

Παρακάτω παρατίθενται οι κύριοι παράμετροι καθώς και οι γραμμές εντολών για τη δημιουργία των χαρτών στο λογισμικό GMT.

Κύριοι παράμετροι

- B: παρουσίαση της κλίμακας στους άξονες κλπ.
- J: προβολικό σύστημα του χάρτη.
- K, -O -: postscript.
- P: επιλέγει Portrait.
- R: όρια των δεδομένων.
- V: προβάλλει σχόλια στο παράθυρο εργασίας.
- X, -Y: μετακινεί το διάγραμμα.
- >: δημιουργεί ένα αρχείο.
- >>: προσθέτει σε υπάρχον αρχείο.

Κύριες γραμμές εντολών

«Βασικός χάρτη»

```
psbasemap -R -J -B01 -K -O -P >> seismoi.ps
```

Ακτογραμμή

```
pscoast -R+21.2/23.4/37.8/38.5 -JM15c -L21.30/37.87+c3+w20k+u -  
T21.26/38.36/0.3i -K -Na/0.25p -Gblanchedalmond -Slightblue -Df -Wthinnest -la -  
B01 -U> seismoi.ps
```

Κείμενο

```
pstext corinth.txt -R+21.2/23.4/37.8/38.5 -JM15c -K -O >> seismoi.ps
```

Σεισμοί

```
makecpt -Crainbow -T0/50/10 -Z > seismoi1.cpt
```

```
psxy -R -J -O -P -K -: noa_seismoi4.txt -Wfaint -Sc -Cseismoi.cpt >> seismoi.ps
```

```
psscale -Cseismoi.cpt -D2.5i/4.75i/5i/0.25ih -I0.4 -O -Baf >>:"Depth": -P >> seismoi.ps
```

Και ρήγματα

```
psxy -R -J -O -P -K -: GRCS444.txt -Sf0.05i/0.1i+f+l -Gblack -W1.0 >> seismoi.ps
```

Ανάγλυφο

```
makecpt -Cglobe -T-8000/8000/500 > topo.cpt
```

```
grdimage etopo1.nc -R+21.2/23.4/37.8/38.5 -JM25c -B01 -Xc -Yc -lhillshade-int.nc -  
Ctopo.cpt -V -K -E700> anaglufo.ps
```

```
psscale -D7.5c/-1c/15c/1ch -Retopo1.nc -JM25c -Ctopo.cpt -I0.4 -O -Baf >>  
anaglufo.ps
```

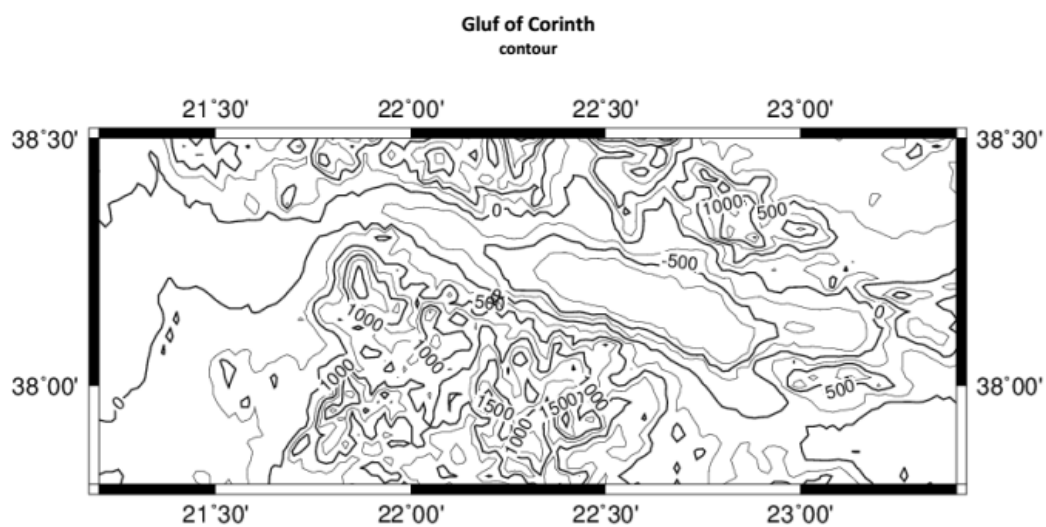
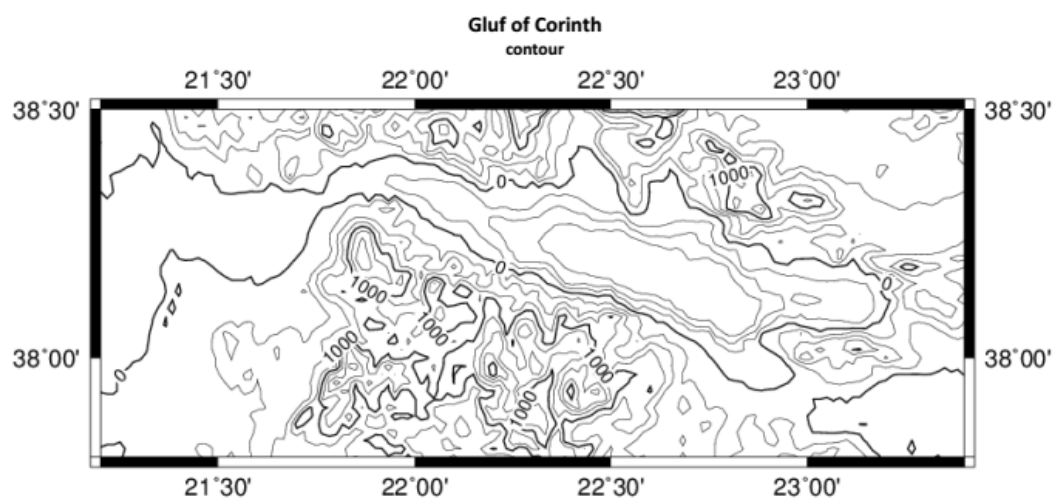
Ισοϋψείς

```
grdcontour etopo1.nc -R+21.2/23.4/37.8/38.5 -JM15c -C250 -A1000 -P -Ba >
```

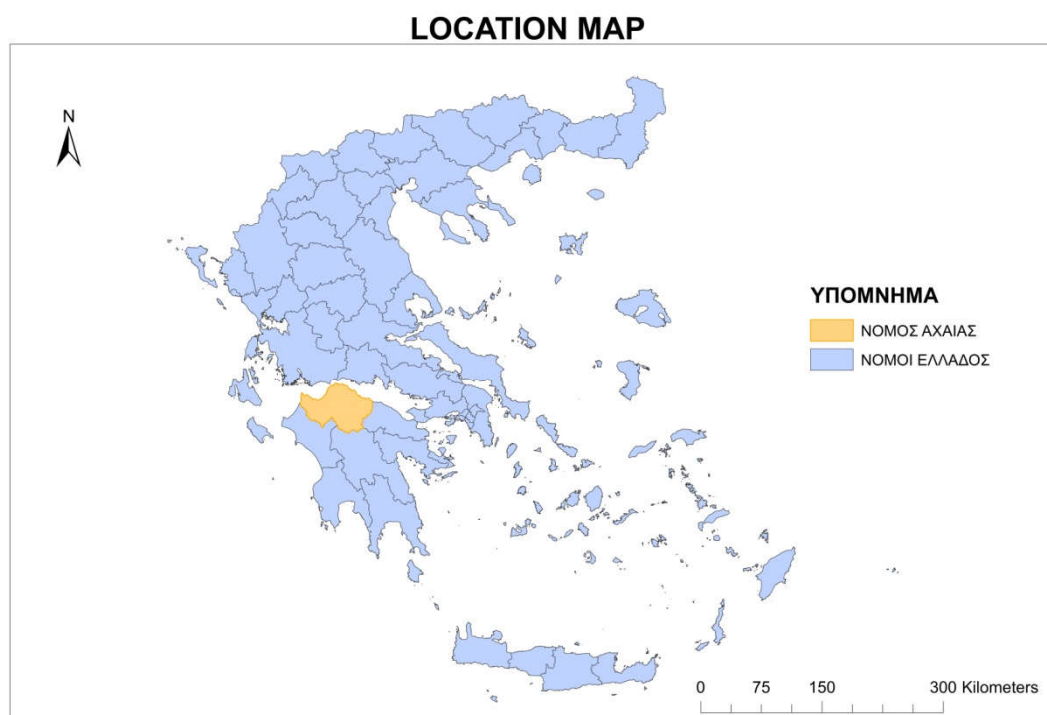
contour.ps

Μετατροπή σε αρχείο Png

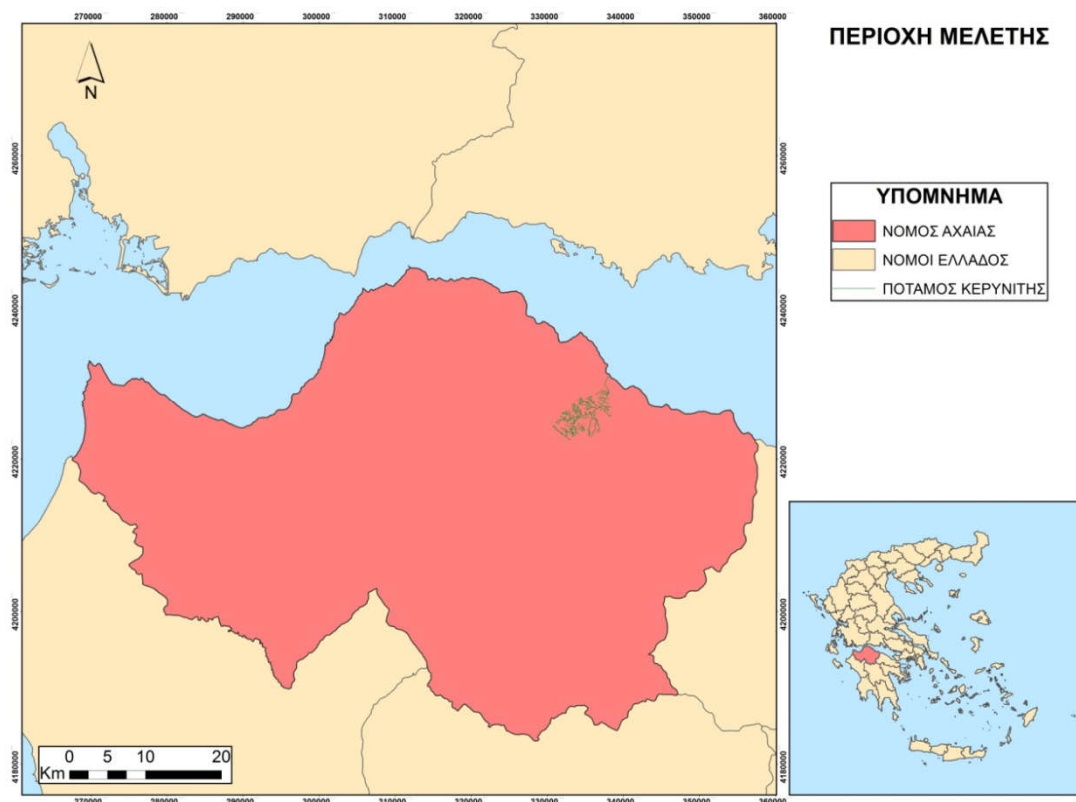
psconvert contour.ps -A -P -Tg



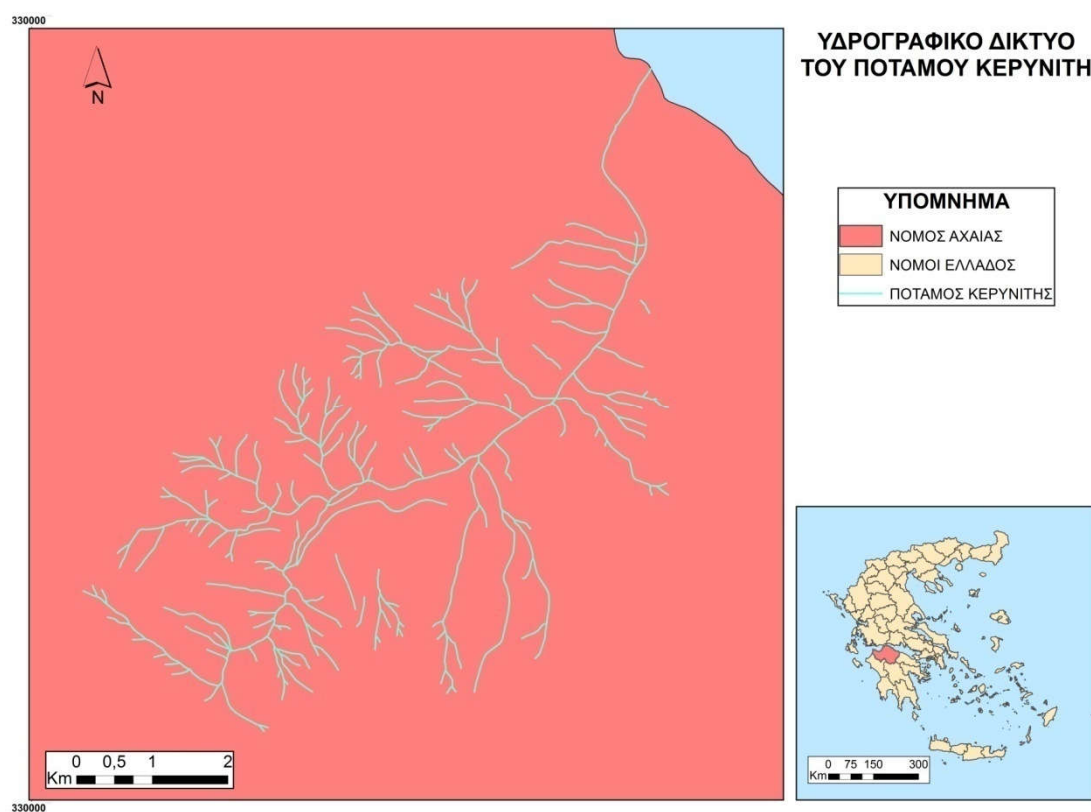
Παράρτημα Β΄



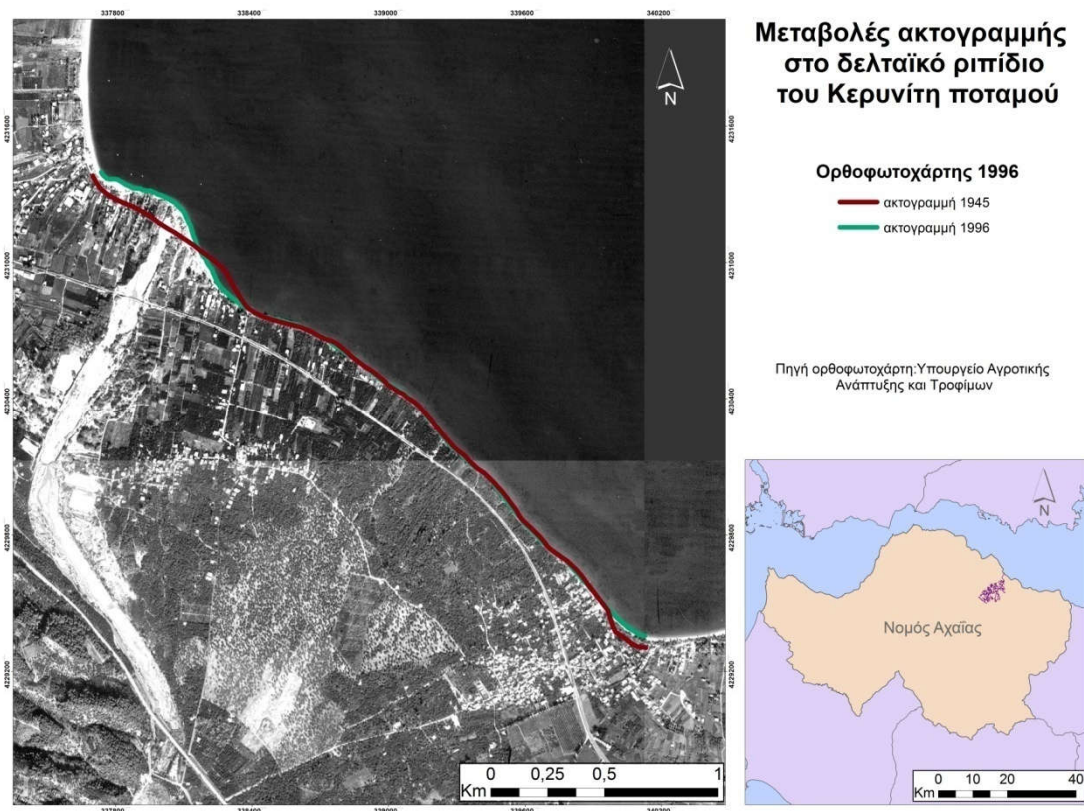
Χάρτες απεικόνισης του νομού Αχαΐας



Χάρτης θέσης του Κερυνίτη ποταμού στον νομό Αχαΐας



Χάρτης απεικόνισης υδρογραφικού δικτύου



Ορθοφωτοχάρτης του 1996 όπου απεικονίζεται η μεταβολή μεταξύ των ακτογραμμών 1945-1996 (Πηγή: Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων, ιδία επεξεργασία)

ΒΟΥΝΑ ΤΗΣ ΑΧΑΪΑΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ
ΠΑΝΑΧΑΪΚΟ	1,926μ.
ΕΡΥΜΑΝΘΟΣ	2,224μ.
ΧΕΛΜΟΣ (ή ΑΡΘΑΝΙΑ)	2,335μ.
ΚΛΩΚΟΣ	1,777μ.
ΑΦΡΟΔΙΣΙΟ	1,445μ.
ΣΚΟΛΙΣ	960μ.
ΣΚΙΑΔΟΒΟΥΝΙ	1466μ.
ΜΟΒΡΗ	692μ.

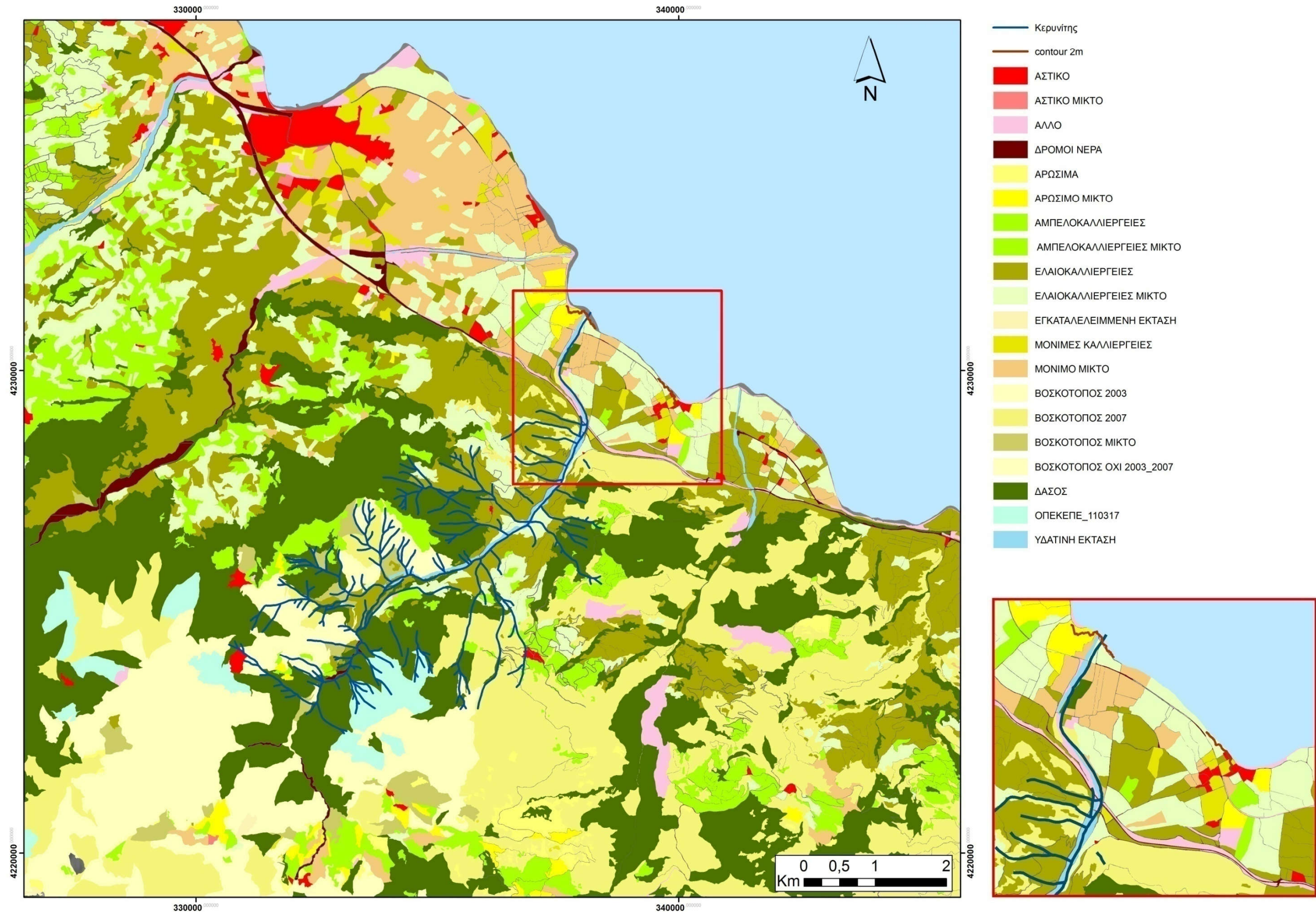
Οι σπουδαιότεροι ορεινοί όγκοι του νομού

Πηγή: <https://www.eospatras.gr/>

<u>ΛΙΜΝΕΣ :</u>	Λάμια, Βεργούρι, Ρακίτα, Τσιβλού, Λιμνοθάλασσα Πάπα (ή Καλόγρια), Λιμνοθάλασσα Προκόπου
<u>ΠΟΤΑΜΙΑ :</u>	Βουραϊκός (ή Ερασίνος), Γλαύκος (ή Λεύκας), Πείρος (ή Καμενίτσα ή Μέλλας ή Πίερος ή Νεζερίτικο ή Πρέβεδος ή Αχελώος), Ερύμανθος, Λάρισσος (ή Ριολίτικο), Κράθις, Λάδωνας, Βυλισσός, Πλατενέικο, Σερδίνη, Τυθεύς (ή Τυθέας ή Παραπείρος ή Τόσκεσι ή Χαϊκαλαίικο ή Μπούρμπουλας), Σέλεμνος, Σελινούντας, Διακονιάρης, Αροάνιος, Φοίνικας (ή Σαλμένικος), Βολιναίος (ή Δραπανεικο), Βουντούχλα (χείμαρρος), Χάραδρος (χείμαρρος), Κριός (χείμαρρος), Λυγιάς (χείμαρρος), Μείλιχος (χείμαρρος), Παναγίτσα (χείμαρρος), Φίλερης (ή Σαραβαλέικο - χείμαρρος) και Κερυνίτης (ρέμα).

Ακολουθεί ο Χάρτης χρήσεων γης με την ισοϋψή των 2m (πηγή ilot 2016 , ιδία επεξεργασία) καθώς και ο Γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού ριπιδίου του Κερυνίτη ποταμού(ιδία επεξεργασία).

Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης



ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑΙΚΟΥ ΡΙΠΙΔΙΟΥ ΚΕΡΥΝΙΤΗ

