



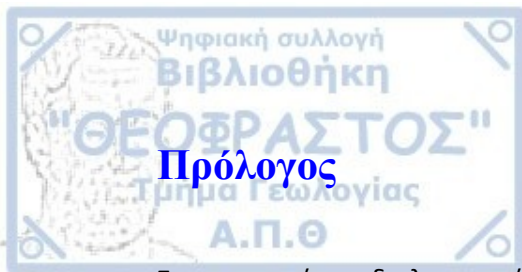
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΦΑΤΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΡΑΧΘΟΥ

Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας Σκουλαρίκου Μαρίας



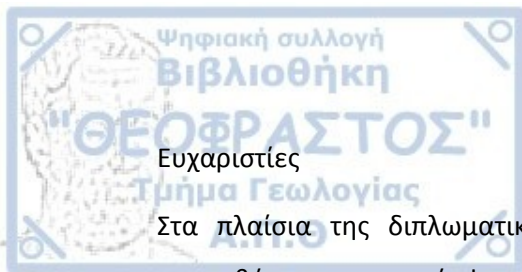
<http://www.ert.gr/aerialphoto/erga-fragmata.asp>. Φράγμα Πουρνάρι 1

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ, 2010**



Στην παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφεται η επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κοίτη και στο δελταϊκό σύστημα του ποταμού Άραχθου και πως αυτές επηρέασαν την εξέλιξη του δέλτα και την περιοχή του Αμβρακικού Κόλπου. Αρχικά δίνεται μια γενική εικόνα των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Με βάση αεροφωτογραφίες του 1945, 1960, 1986 - 1987 και μία δορυφορική εικόνα του 1999, περιγράφεται η μεταβολή τις ακτογραμμής μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα. Επίσης, με δεδομένα από γεωτρήσεις που έγιναν στο δελταϊκό πεδίο δίνεται η λιθολογία, οι αναλογίες άμμου – ιλύος – αργίλου και τα περιβάλλοντα που αποτέθηκαν τα ιζήματα. Έπειτα, δίνονται πληροφορίες για την επιφανειακή κατανομή των ιζημάτων βυθού και περιγράφονται γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο υποθαλάσσιο δέλτα.

Οι σημαντικότερες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην περιοχή του Άραχθου είναι η κατασκευή του υδροηλεκτρικού φράγματος κοντά στο Πουρνάρι στην κοίτη του ποταμού, η χρήση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων και οι διάφορες πηγές μόλυνσης των νερών και των ιζημάτων.



Ευχαριστίες

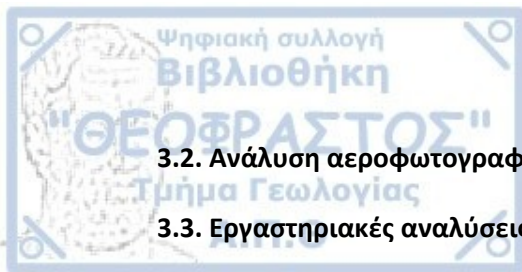
Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Η επίδραση των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στην πρόσφατη εξέλιξη του δελταϊκού συστήματος του Άραχθου ποταμού.» θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Αλμπανάκη Κωνσταντίνο Επίκουρο Καθηγητή του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου για την ανάθεση της παρούσας εργασίας, την πολύτιμη βοήθεια του και τις συμβουλές για την διεκπεραίωσή της.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον Δρ. Καψιμάλη Βασίλειο Εντεταλμένος Ερευνητή στο Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών ο οποίος βοήθησε με τις διορθώσεις και τις συμβουλές του και έδωσε όλες τις πληροφορίες για την υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή	6
1.1 . Μορφές ποτάμιων δέλτα	9
1.2 . Τμήματα δελταϊκού συστήματος	9
1.2.1. Δελταϊκή πεδιάδα	9
1.2.2. Μέτωπο του δέλτα	9
1.2.3. Προδέλτα	10
1.3 . Φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν την διάπλαση του δέλτα	10
1.4 . Ελληνικά δέλτα	10
1.4.1. Δελταϊκό σύστημα Γιαννιτσών-Θεσσαλονίκης	11
1.4.2. Το δέλτα του Αχελώου Ποταμού	13
1.5. Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στις λεκάνες απορροής και στα στα δελταϊκά πεδία	14
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Φυσιογραφικά στοιχεία της λεκάνης απορροής και του δελταϊκού συστήματος του Άραχθου ποταμού	 17
2.1. Γεωλογία	17
2.2. Τεκτονική	19
2.3. Υδρολογία	19
2.4. Χρήσεις γης	20
2.5. Κλίμα	21
2.6. Κοινωνικο-οικονομικοί παράγοντες	22
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Μεθοδολογία	 23
3.1. Εργασίες πεδίου	23
3.1.1. Γεωτρήσεις	23
3.1.2. Δειγματοληψία ιζημάτων στην θάλασσα	23



3.2. Ανάλυση αεροφωτογραφιών	25
3.3. Εργαστηριακές αναλύσεις	26
3.3.1. Κοκκομετρία	26
3.3.2. Ανθρακικό περιεχόμενο	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Δεδομένα-Αποτελέσματα	27
4.1. Περιγραφή γεωτρήσεων	27
4.2. Δελταϊκή ακτογραμμή	33
4.3. Υποθαλάσσιο δέλτα	39
4.3.1. Βυθομετρία	39
4.3.2. Επιφανειακή κατανομή των ιζημάτων βυθού	39
4.3.3. Μεταβολές μεταξύ 1979 και 1986	43
4.3.4. Υποθαλάσσια ιζήματα	44
4.3.5. Εσωτερική δομή και λιθοστρωματογραφία των προδελταϊκών αποθέσεων	47
4.4. Νεοτεκτονισμός	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ερμηνεία και Σύνθεση	49
5.1. Ιστορική εξέλιξη της εκβολής του ποταμού Άραχθου	49
5.2. Ανθρώπινη επίδραση	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Συμπεράσματα	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	55

1.1 Μορφές των ποτάμιων δέλτα

Τα νερά των ποταμών, λόγω της διαβρωτικής τους ικανότητας αποσπούν υλικά των γύρω πετρωμάτων και του πυθμένα τα οποία μετακινούνται στην κοίτη με τη δράση του νερού όπου και αποτίθενται. Έτσι στις εκβολές των ποταμών σχηματίζονται νέα τμήματα ξηράς, όταν μεγάλες ποσότητες ιζήματος που προκύπτουν από την ποτάμια δράση δεν απομακρύνονται με τις θαλάσσιες διεργασίες (ρεύματα, κύματα). Αυτά τα νέα τμήματα ξηράς ονομάζονται δέλτα.

Δεν συμβαίνει πάντα, όλοι οι ποταμοί να σχηματίζουν δέλτα και αυτό συνήθως οφείλεται στη μη επαρκή προσφορά ιζήματος. Οι μικρές ποσότητες ιζημάτων, που δεν αρκούν για το σχηματισμό δέλτα, προκύπτουν λόγω της παρουσίας τεχνητών λιμνών ή άλλων ανθρωπογενών παρεμβάσεων αλλά και της επίδρασης κάποιων φυσικών φαινομένων.

Πρώτη αναφορά για δέλτα ποταμού, έγινε από τον Ηρόδοτο, ο οποίος έδωσε αυτή την ονομασία για τις αποθέσεις των εκβολών του Νείλου ποταμού λόγω του σχήματος του που μοιάζει με το γράμμα Δ (Εικόνα 1).



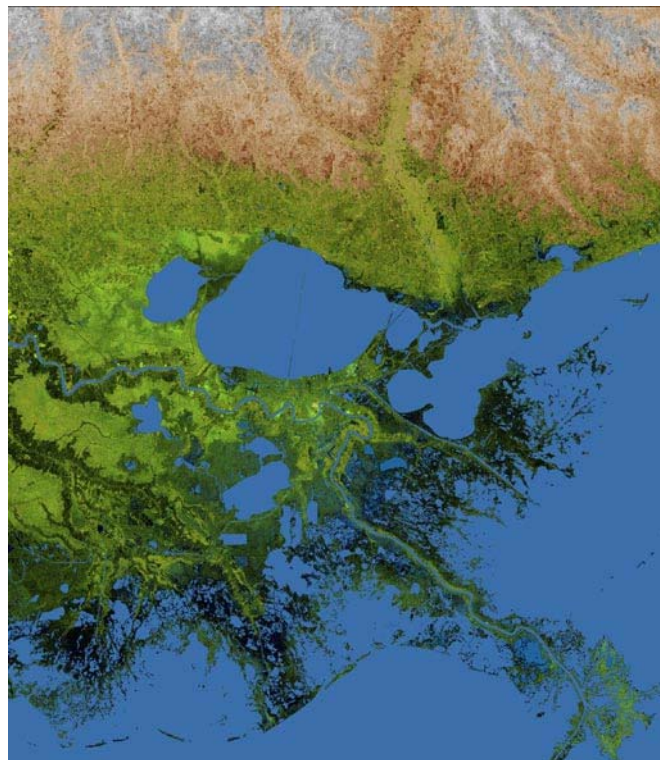
Εικόνα 1: Δορυφορική φωτογραφία του Δέλτα του ποταμού Νείλου (από http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nile_River_and_delta_from_orbit.jpg).

Σε διάφορες περιπτώσεις, όμως, το σχήμα του δέλτα διαφοροποιείται κι έτσι μπορεί να μην έχει αυτό το χαρακτηριστικό σχήμα του ποταμού Νείλου (Δ) .

Με βάση την διεργασία που προηγείται της δημιουργίας της τελικής μορφής του δέλτα, ο Galloway (1975) κατέταξε τις δελταϊκές μορφές σε τέσσερις κατηγορίες :

- Δέλτα με πελματοειδή μορφή
- Δέλτα με λοβοειδή μορφή
- Δέλτα με τοξοειδή μορφή
- Δέλτα με κολποειδή μορφή

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, τα επιμήκη τμήματα ξηράς του δέλτα του ποταμού Μισισσιπή, που είναι ο μεγαλύτερος ποταμός της βόρειας Αμερικής, εκτείνονται προς την θάλασσα και έχουν μορφή πέλματος πτηνού (πελματοειδής μορφή). Το γεγονός ότι ο Μισισσιπή δεν επηρεάζεται από την δράση των κυμάτων και των ρευμάτων επιτρέπει την μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ιζημάτων, αφού ο βασικός παράγοντας διαμόρφωσης του δέλτα του είναι οι ποτάμιες διεργασίες (μεταφορά και απόθεση). Σε αυτές τις διεργασίες οφείλεται η μορφή του δέλτα του Μισισσιπή αλλά και πολλών άλλων ποταμών.



Εικόνα 2: Το δέλτα του Μισισσιπή (από http://www.nasa.gov/images/content/126364main_pia04174-516.jpg).

Τα δέλτα με λοβοειδή μορφή, όπως το δέλτα του ποταμού Πάδου της Ιταλίας, είναι αποτέλεσμα ποτάμιας και κυματικής δράσης. Έχουν σχήμα λοβού που καταλήγει σε πολλές διακλαδώσεις. Όπως έχει διαπιστωθεί ελληνικά δέλτα που έχουν διαμορφωθεί εξίσου από τον κυματισμό και την ποτάμια τροφοδοσία είναι αυτά των ποταμών Καλαμά, Εύηνου, Πηνειού και Μόρνου (Karymbalis et al., 2001) .

Ο τοξοειδής τύπος δέλτα διακρίνεται σε κύριο και σε πλάγιο, ανάλογα με το αν τα κύματα προσπίπτουν κάθετα ή πλάγια, αντίστοιχα, στο δελταϊκό μέτωπο. Αυτά τα δέλτα έχουν

σχήμα τόξου και κύριος παράγοντας για την διαμόρφωσή τους είναι η κυματική δράση. Τα ιζήματα διασκορπίζονται λόγω της επίδραση των κυμάτων κι έτσι δημιουργούνται τόξα προσχώσεων. Χαρακτηριστικός τύπος δέλτα τοξοειδούς μορφής είναι αυτός του ποταμού Νείλου (Εικόνα 1).

Υπάρχουν περιπτώσεις που η διαμόρφωση του δέλτα ενός ποταμού εξαρτάται από την δράση των παλίρροιακών κυμάτων. Οι κοίτες που διαμορφώνονται και που μέσω των οποίων κυκλοφορεί το νερό κατά την πλημμυρίδα και την αμπώτιδα, διακόπτουν της συνέχιση της ακτογραμμής και έτσι δημιουργούνται κολπίσκοι και αμμώδη φράγματα τοποθετημένα κάθετα προς την ακτή.



Εικόνα 3: Το δέλτα του Νίγηρα (από <http://en.wikipedia.org/wiki/File:STS61C-42-72.jpg>).

Η δημιουργία και διάπλαση των δέλτα των ποταμών Γάγγη και Βραχμαπούτρα στην Ινδία και στο Μπαγκλαντές προκύπτει από τη δράση της παλίρροιας και παρουσιάζει την μορφή που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Πολύ συχνά, συμβαίνει η τελική μορφή του δέλτα πολλών ποταμών να είναι απόρροια και των τριών διεργασιών (κυματισμός, παλίρροια, ποτάμια δράση). Ένα παράδειγμα είναι το δέλτα του ποταμού Νίγηρα της Δυτικής Αφρικής (Εικόνα 3).

1.2 Τμήματα δελταϊκού συστήματος

Τα δέλτα των ποταμών αποτελούνται από ένα τμήμα ξηράς που βρίσκεται πάνω από την στάθμη της θάλασσας και από ένα τμήμα που προεκτείνεται υποθαλάσσια. Έτσι, γίνεται διαχωρισμός του δελταϊκού συστήματος σε τρία τμήματα: τη δελταϊκή πεδιάδα, το μέτωπο του δέλτα και το προδέλτα. Η έκταση των επιμέρους τμημάτων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Αυτοί είναι κυρίως η δυνατότητα απόθεσης του ποταμού, η ποσότητα του προσφερόμενου υλικού, οι θαλάσσιες διεργασίες.

1.2.1 Δελταϊκή πεδιάδα

Είναι το τμήμα που εκτείνεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Έχει χαμηλό ανάγλυφο και συναντώνται σ' αυτήν πολλές κοίτες που διακλαδίζονται μεταξύ τους (κλάδοι διανομής). Στην δελταϊκή πεδιάδα, που είναι η προέκταση της ξηράς προς την θάλασσα, οι αποθέσεις των ιζημάτων του ποταμού δημιουργούν αναχώματα τα οποία οριοθετούν τις κοίτες. Τις περιόδους που η παροχή του ποταμού αυξάνεται και η δελταϊκή πεδιάδα καλύπτεται από νερό πραγματοποιείται υποχώρηση των φυσικών αναχωμάτων και η ροή του ποταμού αλλάζει πορεία. Έτσι, σε αυτό το τμήμα του δελταϊκού συστήματος εντοπίζονται συχνά εγκαταλελειμμένες κοίτες που χαρακτηρίζουν την παλαιότερη θέση του ποταμού. Φυσικά, με την νέα ροή του παρατηρούνται και νέες θέσεις κοιτών.

Η δελταϊκή πεδιάδα μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη που μεταξύ τους παρουσιάζουν μεγάλη υψομετρική διαφορά, την άνω (εσωτερική) και την κάτω (εξωτερική) δελταϊκή πεδιάδα. Στην κάτω δελταϊκή πεδιάδα η δράση των κυμάτων και των άλλων θαλάσσιων διεργασιών προκαλούν συχνές μεταβολές στην περιοχή. Στην άνω δελταϊκή περιοχή επιδρούν οι ποτάμιες διεργασίες και στο συγκεκριμένο τμήμα δεν παρουσιάζονται σημαντικές μεταβολές (ανενεργό τμήμα).

1.2.2 Μέτωπο του δέλτα

Τα επιμέρους τμήματα του μετώπου του δέλτα είναι η εκβολή του εκάστοτε ποταμού, η ακτογραμμή του δέλτα και ακολουθεί το τμήμα που προεκτείνεται κάτω από την στάθμη της θάλασσας πριν το προδέλτα.

Με βάση τις διεργασίες που πραγματοποιούνται στο μέτωπο του δέλτα αναπτύσσονται χαρακτηριστικές γεωμορφολογικές δομές. Στα δέλτα που η κυματική δράση παίζει πρωταρχικό ρόλο παρατηρούνται spits, αμμώδη φράγματα, παραλιακές αμμώδης ράχες και

αμμώδης θίνες. Στα δέλτα που κυριαρχεί η παλιρροιακή δράση σχηματίζονται κολπίσκοι με ενδιάμεσα αμμώδη φράγματα. Τέλος, στα δελταϊκά συστήματα που επικρατεί η ποτάμια δράση εντοπίζονται φυσικά αναχώματα, ενώ στις εκβολές κάθετα προς τη ροή του ποταμού αμμώδη φράγματα.

1.2.3 Προδέλτα

Το προδέλτα είναι το τμήμα του δελταϊκού συμπλέγματος το οποίο προεκτείνεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Δεν επηρεάζεται σχεδόν καθόλου από την δράση των κυμάτων και της παλίρροιας. Συνήθως τα υλικά από τα οποία αποτελείται είναι λεπτόκοκκα.

1.3 Φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν την διάπλαση του δέλτα

Η διαμόρφωση των δέλτα των ποταμών εξαρτάται από διάφορους φυσικούς παράγοντες. Σύμφωνα με τους Galloway (1975) και Elliot (1978) οι κυριότεροι είναι οι ποτάμιες διεργασίες, η κυματική δράση και οι παλίρροιες. Επίσης, οι Friedman και Sanders (1973) θεώρησαν ότι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την διάπλαση και εξέλιξη των δέλτα είναι οι εξής:

- ο τεκτονισμός της συγκεκριμένης περιοχής,
- οι μεταβολές της στάθμης του νερού,
- οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή,
- το νερό της λεκάνης απορροής,
- οι ποσότητες του υλικού που μεταφέρεται από τον ποταμό αλλά και από τι αποτελείται αυτό, καθώς και η μορφολογία της λεκάνης.

1.4 Ελληνικά δέλτα

Τα ποτάμια της Ελλάδας και κατ' επέκταση τα δέλτα των ποταμών αυτών είναι πολυάριθμα και εκμεταλλεύτηκαν από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα (αλίευση, γεωργία, τουριστική εκμετάλλευση, υδροηλεκτρικά φράγματα και για άλλες δραστηριότητες).

Πολλά από τα ελληνικά δέλτα αποτελούν σημαντικούς υδροβιότοπους και φιλοξενούν διάφορα είδη χλωρίδας και πανίδας.

Τα ποτάμια της Ελλάδας χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές στερεοπαροχής και αποστραγγίζουν ορεινές περιοχές, ξεκινώντας από μεγάλα υψόμετρα ενώ διασχίζουν

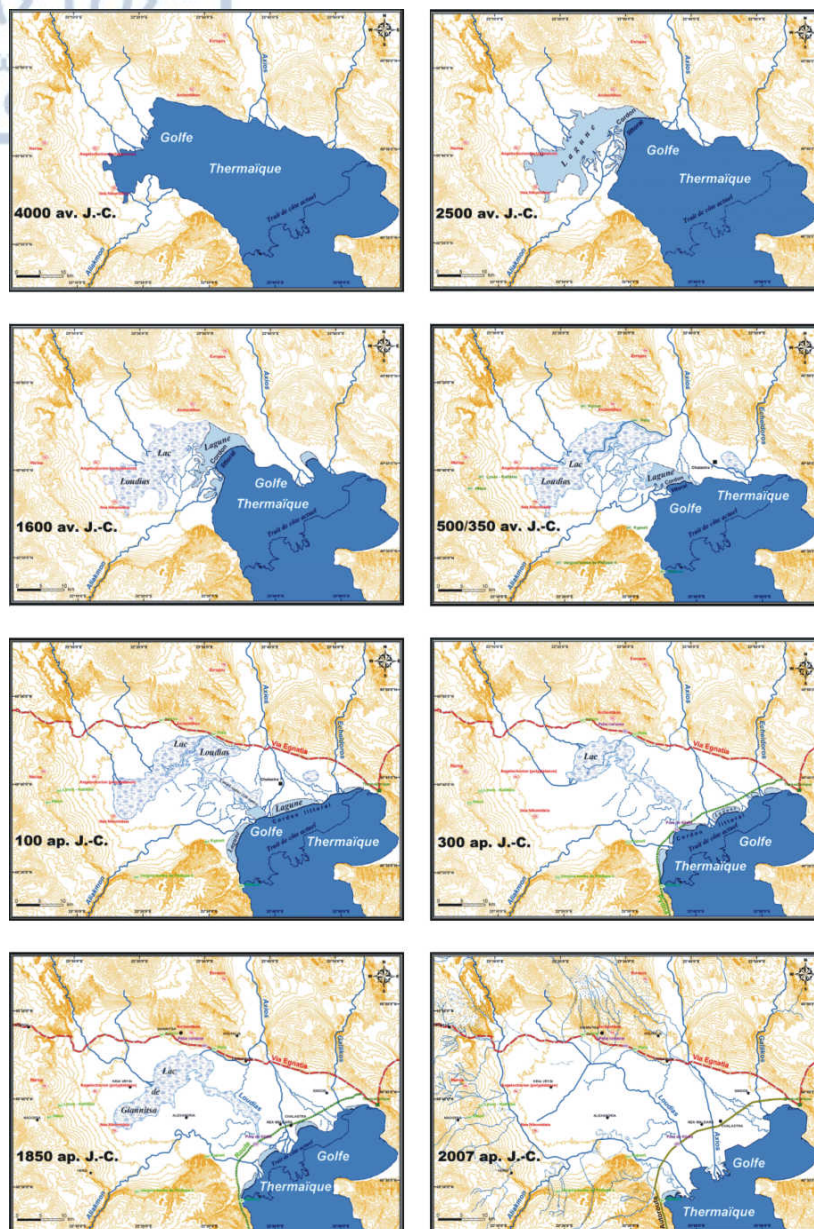
μικρές σχετικά αποστάσεις. Κατά τη ροή τους, από τις περιοχές με μεγάλη κλίση και έντονο ανάγλυφο τα νερά των ποταμών μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ιζημάτων. Αυτό σε συνδυασμό με τα υψηλά ποσοστά της ετήσιας βροχόπτωσης έχουν ως αποτέλεσμα τις μεγάλες τιμές στερεοπαροχής.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα διαφέρουν ανάλογα με τις κυρίαρχες διεργασίες (κυματισμός, παλίρροιες, ποτάμια δράση) που συντελούνται για την ανάπτυξή τους. Στη συνέχεια περιγράφονται, περιληπτικά, τα δυο πιο σημαντικά δελταϊκά συστήματα της Ελλάδας και δίνονται πληροφορίες για την γεωμορφολογική εξέλιξή τους κατά το Ολόκαινο.

1.4.1 Το δελταϊκό σύστημα Γιαννιτσών-Θεσσαλονίκης

Είναι το μεγαλύτερο δελταϊκό σύστημα στην Ελλάδα. Ο σχηματισμός της πεδιάδας ξεκίνησε πριν από 6000 χρόνια όταν ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης επιβραδύνθηκε, φτάνοντας στα 10 m περίπου κάτω από τη σημερινή της θέση (Vounalidis et al., 2005). Έπειτα, παρότι η θάλασσα συνέχισε να ανεβαίνει, η γρήγορη και έντονη συσσώρευση ιζημάτων από τους ποταμούς και τους χείμαρρους της περιοχής οδήγησε στην ανάδρομη κίνηση της ακτογραμμής και την προοδευτική πλήρωση της τότε αβαθούς θαλάσσιας λεκάνης, με δελταϊκά ιζήματα.

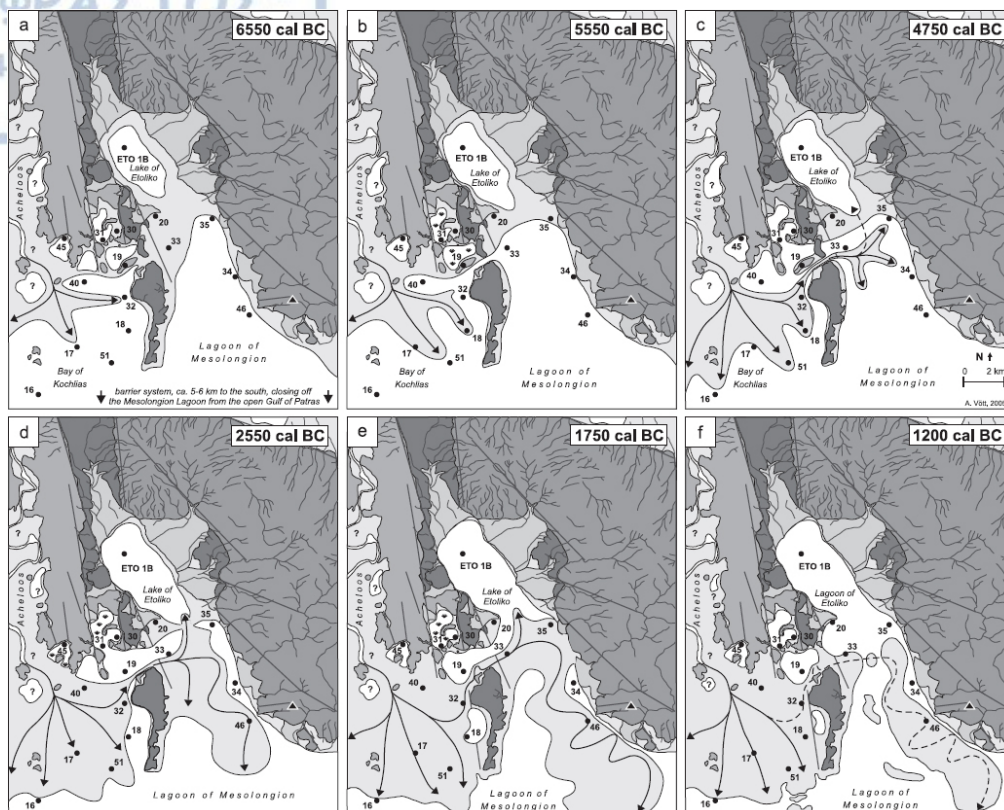
Ο Ghilardi (2007) έδωσε μια σειρά από χάρτες στους οποίους απεικονίζονται τα παλαιογεωγραφικά χαρακτηριστικά της δελταϊκής πεδιάδας Γιαννιτσών-Θεσσαλονίκης κατά το Ολόκαινο (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της εξέλιξης του συμπλέγματος των δελταϊκών πεδίων των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα, Λουδίας και Γαλικούτα τελευταία 6000 χρόνια (από Ghilardi, 2007).

Ο Αλιάκμονας και ο Αξιός είναι τα δυο μεγάλα ποτάμια της πεδιάδας που καταλήγουν στο Θερμαϊκό κόλπο, ενώ οι μικρότεροι ποταμοί είναι ο Λουδίας και ο Γαλλικός. Τα δυο μικρά ποτάμια δεν συμβάλλουν τόσο στην διαμόρφωση του δέλτα, όσο ο Αλιάκμονας και ο Αξιός.

Οι βασικοί παράγοντες ανάπτυξης και διάπλασης αυτού του δελταϊκού συστήματος είναι κατά κύριο λόγο οι ποτάμιες διεργασίες, ενώ λιγότερο συνέβαλε ο κυματισμός. Η μορφή του δέλτα είναι πελματοειδής.



Εικόνα 5: Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της εξέλιξης του δελταϊκού πεδίου των Αχελώου Ποταμού τα τελευταία 8500 χρόνια (από Vött, 2007).

1.5 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στις λεκάνες απορροής και στα δελταϊκά πεδία

Από τους αρχαίους, κιόλας, χρόνους οι άνθρωποι είχαν αντιληφθεί την χρησιμότητα των ποταμών και προχώρησαν στην εκμετάλλευσή τους με διάφορους τρόπους (για την μετακίνησή των ίδιων, ή για την μεταφορά εμπορευμάτων).

Στις μέρες μας, οι ανθρωπίνες δραστηριότητες (φράγματα, αρδευτικά έργα, γεωργία κ.ά.) έχουν προκαλέσει μεταβολές στην εξέλιξη και μορφή των ποτάμιων δέλτα. Επίσης με την κατασκευή νέων κοιτών, στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς της Ελλάδας έχουν προκύψει νέες θέσεις των εκβολών και κατ' επέκταση νέα δελταϊκά πεδία.

Σύμφωνα, με τον Woodward (1995) οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τις ποσότητες ιζημάτων που καταλήγουν στο γειτονικό θαλάσσιο χώρο είναι το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής, η γεωλογία της περιοχής, οι χρήσεις γης και το κλίμα.

Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ροή των υδάτων και την τροφοδοσία του δελταϊκού χώρου σε ιζήματα.

Γενικότερα, οι διάφορες δραστηριότητες του ανθρώπου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ροή των υδάτων και την τροφοδοσία του δελταϊκού χώρου σε ιζήματα.

Συγκεκριμένα, με την κατασκευή φραγμάτων για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 6), την άρδευση για καλλιέργειες και διάφορες άλλες επεμβάσεις, προκύπτει κατακράτηση μεγάλης ποσότητας ιζημάτων και περιορισμός του σχηματισμού και της προέλασης του δέλτα.

Με την κατασκευή φραγμάτων η παροχή του ποταμού ελαττώνεται και οι ποσότητες των μεταφερόμενων ιζημάτων είναι πολύ μικρότερες. Σε συνδυασμό με την κανονική συνεχιζόμενη θαλάσσια δράση, φυσικό επακόλουθο είναι η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής και ανάσχεση της δημιουργίας δέλτα. Επίσης, με την παρουσία τους διαταράσσονται οι ισορροπίες στα αναπτυσσόμενα περιβάλλοντα υγροτόπων στα δέλτα των ποταμών (Πούλος, 1999).



Εικόνα 6: Κατάντι όψη του φράγματος των Κρεμαστών. (Αχελώος Ποταμός). Η κατασκευή του φράγματος ολοκληρώθηκε τον Ιανουάριο του 1966.(ΕΛΚΕΘΕ)

Η εκμετάλλευση των ποταμών για άρδευση, ύδρευση των κοντινών οικισμών όπως και η αποψίλωση δασών γύρω από αυτούς λειτουργούν αρνητικά στην φυσική ροή των ποταμών

και στην μεταφορά ιζημάτων. Η αποψίλωση των δασών ή γενικά της φυτικής ύλης πραγματοποιείται για την κατασκευή βιομηχανιών, οικισμών και έργων προστασίας ώστε να αποφευχθεί η διάβρωση της λεκάνης απορροής. Επιπλέον, τα δέλτα των ποταμών και οι παρακείμενες θαλάσσιες περιοχές επιβαρύνονται με λιπάσματα, φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα και άλλους ρύπους που καταλήγουν στους ποταμούς και μεταφέρονται από αυτούς, λόγω των αγροτικών καλλιεργειών και δραστηριοτήτων.

Ως πιο άμεσες επεμβάσεις του ανθρώπου, μπορούν να θεωρηθούν η ανεξέλεγκτη βόσκηση, η αποξήρανση των υδάτινων περιοχών, τα εγγειοβελτιωτικά έργα και η προσπάθειες για διευθέτηση και ευθυγράμμιση των κοτών.

Τέλος, η σταδιακή οπισθοχώρηση της δελταϊκής ακτογραμμής επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον και τον άνθρωπο και επιπλέον συμβάλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας που γίνεται προοδευτικά (El Raey et al. , 1999).

2. Φυσιογραφικά στοιχεία της λεκάνης απορροής και του δελταϊκού συστήματος του Άραχθου ποταμού

2.1 Γεωλογία

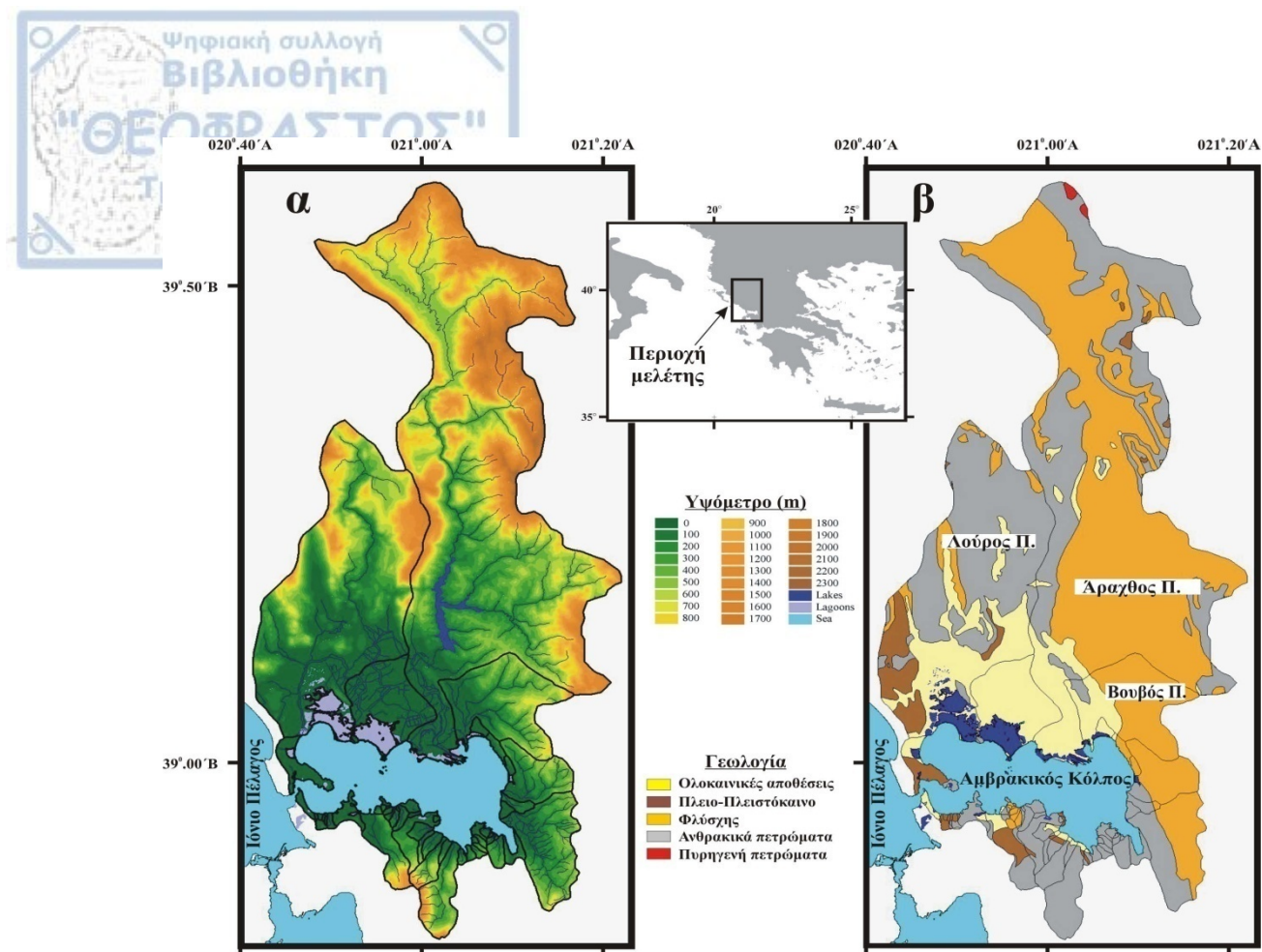
Ο Άραχθος ποταμός πηγάζει από την βόρεια Πίνδο και έχει μήκος περίπου 110 km (Μερτζάνης, 1992). Εκβάλλει στον Αμβρακικό κόλπο και η ροή του από την Πίνδο προς σ' αυτόν ακολουθεί γενική κατεύθυνση Β-Ν. Η λεκάνη απορροής του ποταμού που καλύπτει επιφάνεια περίπου 1850 km (Μερτζάνης, 1992), βρίσκεται εντός της Αδριατικοϊονίου ζώνης και των ζωνών Γαβρόβου-Τριπόλεως και Πίνδου.

Τα πετρώματα τα οποία διαβρέχει ο ποταμός Άραχθος είναι σε μεγαλύτερη έκταση φλύσχης και εν μέρει ασβεστόλιθοι (Εικόνα 7). Τα τεταρτογενή ιζήματα στην περιοχή απόθεσης του Άραχθου ποταμού είναι αμμοπηλώδης (Βруниώτης, 2001).

Γενικά, τα πετρώματα που χαρακτηρίζουν την Αδριατικοϊόνιο ζώνη είναι κυρίως φλύσχης και ασβεστόλιθος. Πετρώματα προαλπικής ηλικίας δεν έχουν αποδειχθεί. Κατά το Περμοτριάδικό αποτέθηκαν εβαπορίτες, ενώ κατά το Άνω Τριαδικό δολομίτες και ασβεστόλιθοι. Κατά το Άνω Λιάσιο αποτίθενται ιζήματα βαθιάς θάλασσας (κερατόλιθοι, αργιλικοί σχιστόλιθοι, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι). Μέχρι το Δογγέριο η ιζηματογένεση συνεχίζεται με απόθεση ασβεστολίθων με αμμωνίτες, ενώ εντοπίζονται και πελαγικοί ασβεστόλιθοι (Μάλμιο - Άνω Κρητιδικό). Όμως, και κατά το Ανώτερο Κρητιδικό έως τα μέσα Ηωκαίνου αποτίθενται ασβεστόλιθοι. Ως τελευταίο ιζημα αναφέρεται ο φλύσχης (Ηώκαινο - Κ. Μειόκαινο) (Μουντράκης, 1985).

Στην ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως το προαλπικό υπόβαθρο που δεν εντοπίζεται σ' όλη την έκταση της, αλλά μόνο σε κάποια τμήματά της, αποτελείται από ημιμεταμορφωμένα πετρώματα (φυλλίτες, χαλαζίτες, ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους). Κατά το Άνω Τριαδικό αποτέθηκαν δολομίτες, ενώ από το Μεσοζωικό έως το Άνω Ηώκαινο ασβεστόλιθοι. Επίσης εντοπίζονται βωξίτες Μεσοηωκαινικής ηλικίας. Στο τέλος του Ηωκαίνου αποτέθηκε ο φλύσχης (Μουντράκης, 1985).

Στην ζώνη Ωλονού – Πίνδου δεν έχουν εντοπιστεί πετρώματα προαλπικής ηλικίας. Πρώτα αλπικά ιζήματα είναι κυρίως οι δολομίτες και οι ασβεστόλιθοι Μεσωτριάδικής ηλικίας.



Εικόνα 7: Τοπογραφία και γεωλογία της ευρύτερης περιοχής του Αμβρακικού κόλπου. Τα υψομετρικά δεδομένα προήλθαν από τους τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ., ενώ τα γεωλογικά δεδομένα προήλθαν από τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. κλίμακας 1:500.000 (Μπορνόβας και Ροντογιάννη).

Κατά το Α. Τριαδικό η ιζηματογένεση διαφοροποιείται και πραγματοποιείται απόθεση βαθιάς θάλασσας (κερατόλιθοι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι, ιζήματα βαθιάς θάλασσας). Στη συνέχεια, στο Ιουρασικό συναντάται η σχιστοκερατολιθική διάπλαση (κερατόλιθοι, ιασπίδες, ψαμμίτες, άργιλοι, ραδιολαρίτες) μαζί με κάποιες εμφανίσεις οφειολιθικών μαζών. Ακολουθεί ο «πρώτος φλύσχος της Πίνδου» ηλικίας Κ. Κρητιδικού. Έπειτα στο Άνω Κρητιδικό αποτίθενται πελαγικοί ασβεστόλιθοι με πυριτικές ενστρώσεις, ενώ στο Ανώτερο Κρητιδικό συνεχίζεται η απόθεση σε πιο ρηχό χώρο ιζηματογένεσης. Κατά το Τριτογενές πραγματοποιείται η απόθεση του «δεύτερου φλύσχη της Πίνδου» (Μουντράκης, 1985).

2.2 Τεκτονική

Στην περιοχή παρατηρείται επώθηση των ζωνών από τα ανατολικά προς τα δυτικά και παρουσία αντικλίνων και συγκλίνων που ακολουθούν διεύθυνση Β.ΒΔ – Ν.ΝΑ (Aubouin, 1959). Το αντίκλινο του Άραχθου εντοπίζεται στα ανατολικά των βουνών Ξεροβούνι και Μιτσικέλι.

Η διεύθυνση των ρηγμάτων είναι σχεδόν σ' όλες τις περιπτώσεις ίδια με αυτή των αντικλινικών και συγκλινικών δομών (Β.ΒΔ – Ν.ΝΑ). Όμως, παρατηρούνται και ρήγματα με διεύθυνση Α – Δ.

2.3 Υδρολογία

Όπως αναφέρθηκε, ο Άραχθος ποταμός πηγάζει από την Πίνδο (περιοχή Μιτσελίου Όρους, Λάκμου, Τύμφης) και εκβάλλει στον Αμβρακικό κόλπο που έχει έκταση 405 km². Η ακτογραμμή έχει μήκος 256 km. Πρόκειται για ένα σχετικά κλειστό θαλάσσιο κόλπο που διαμέσου ενός καναλιού, που έχει μήκος 5 km επικοινωνεί με την θάλασσα του Ιονίου Πελάγους.

Γενικά, στον Αμβρακικό καταλήγουν τα νερά από διάφορα υδάτινα συστήματα. Η απορροή προς τον κόλπο πλησιάζει τα 3×10^9 m³/έτος, ενώ η έκταση της λεκάνης απορροής υπολογίστηκε στα 3670 km², περίπου (Μερτζάνης, 1995).

Λόγω της απόθεσης των ιζημάτων του Άραχθου σε συνδυασμό με αυτής του ποταμού Λούρου προκύπτει το δέλτα / προδέλτα στα βόρεια του Αμβρακικού κόλπου. Σε βάθος 10 – 30 m προεκτείνεται το προδέλτα του δελταϊκού συστήματος με σημαντική κλίση.

Η λεκάνη απορροής χωρίστηκε από τον Μερτζάνη (1995) σε τρεις υδρομορφολογικές ενότητες: τη βόρεια, τη νότια και την ανατολική:

- Νότια – Νοτιοανατολική ενότητα
Σε αυτό το τμήμα παρατηρούνται μόνο χείμαρροι εκ των οποίων ο μεγαλύτερος είναι ο Νήσσης. Το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται ως δίκτυο χαμηλής πυκνότητας.
- Ανατολική ενότητα

Ένα πυκνό υδρογραφικό δίκτυο δημιουργείται από τους χείμαρρους Ξηρόρεμα και Κρικελιώτης. Το μήκος του είναι 16 km για το Ξηρόρεμα και 21 km για το Κρικελιώτη και έχουν διευθύνσεις ΒΔ – ΝΑ, ΒΑ – ΝΔ.

- Βόρεια ενότητα

Εδώ, ρέουν οι ποταμοί Άραχθος και Λούρος και ανατολικότερα ο ποταμός Βουβός.

Στην λεκάνη απορροής του Άραχθου αναπτύσσεται ένα υδρογραφικό δίκτυο με σημαντική παροχή και έχει την μεγαλύτερη έκταση σε σχέση με τα άλλα δίκτυα. Μόνο το δυτικό τμήμα της λεκάνης παρουσιάζει ασήμαντες παροχές, καθώς συντελείται από χείμαρρους μη ενεργούς. Οι κλάδοι του δικτύου έχουν κύρια διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ.

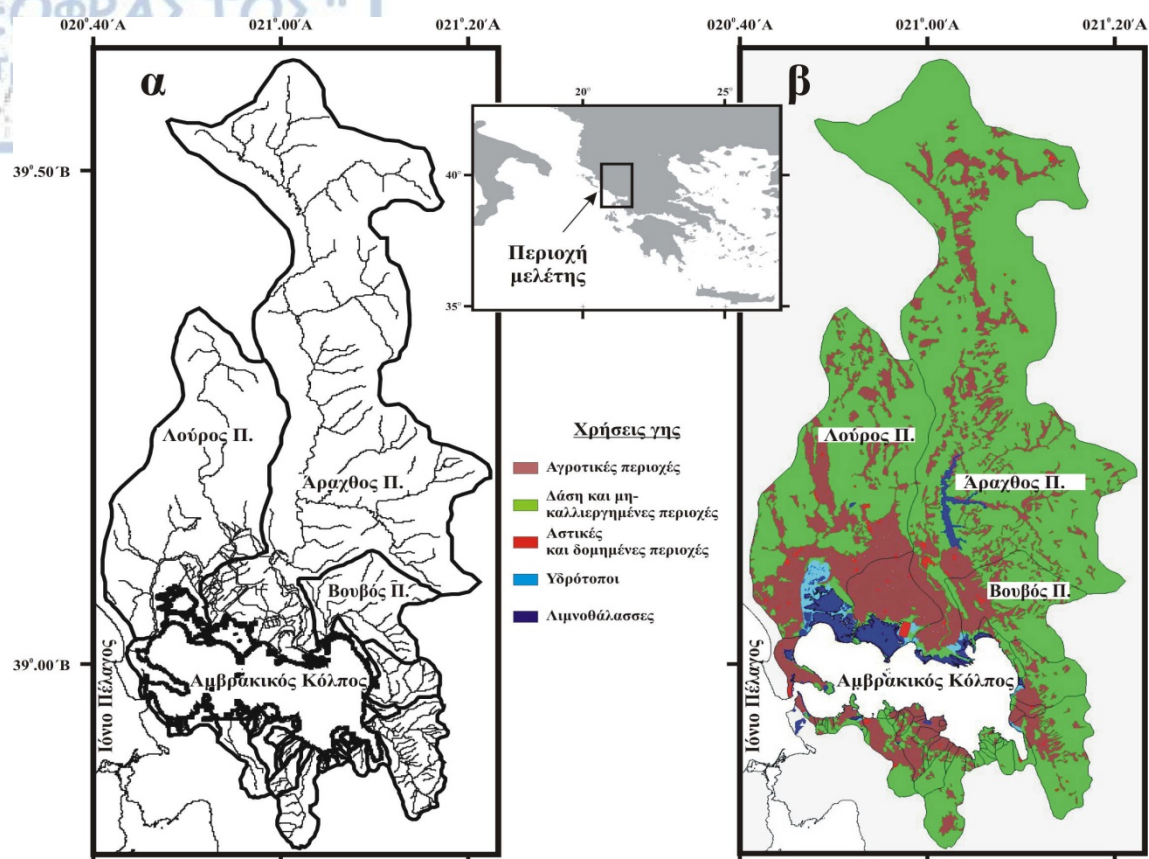
Το δίκτυο αναπτύσσεται ασύμμετρα, λόγω της περατότητας των πετρωμάτων που διαβρέχει ο ποταμός αλλά και εξαιτίας της διάταξης που αναπτύσσονται αυτά. Η πυκνότητα του υδρολογικού δικτύου υπολογίστηκε σε 0,92 km/km² (Μερτζάνης,1995), ενώ η παροχή του ποταμού μετρήθηκε στα 66,41 m³/sec, την περίοδο 1950 – 1980, από την Δ.Ε.Η. στο τμήμα που έχει τοποθετηθεί το φράγμα Πουρναρίου.

Τέλος, στον Άραχθο ποταμό συμβάλλουν οι παραπόταμοι Καλλεντίνης, Καλαρίτικος, Μετσοβίτικος, Βάρδας και Διπόταμος.

2.4 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη στερεοπαροχή των ποταμών και την τροφοδοσία του θαλάσσιου χώρου με ιζήματα (Εικόνα 8).

Το 50% περίπου της έκτασης της δελταϊκής πεδιάδας του Άραχθου ποταμού χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια δημητριακών και φρούτων (κυρίως εσπεριδοειδών), το ένα τρίτο της συνολικής έκτασης της πεδιάδας είναι υδρότοποι, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό (περίπου 17%) καταλαμβάνουν οι λιμνοθάλασσες. Αξιοσημείωτη είναι η αλλαγή που έγινε στη χρήση γης από το 1945, όπου οι υδρότοποι αποτελούσαν το 54% της πεδιάδας και οι καλλιεργήσιμες γαίες μόνο το 29% (Kapsimalis et al., 2004).



Εικόνα 8: Υδρογραφικό δίκτυο και χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής του Αμβρακικού κόλπου. (Μπορνόβα, Ροντογιάννη-Τσιαμπάου, 1983)

Για την αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών χρησιμοποιούνται λιπάσματα σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, που ως βασικά συστατικά περιέχουν το νάτριο και φώσφορο. Κατά αυτό τον τρόπο ρυπαίνονται τα επιφανειακά ύδατα και οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες τα οποία στη συνέχεια μεταφέρουν τους παραπάνω οργανικούς ρύπους στον Κόλπο, συμβάλλοντας έτσι στο φαινόμενο του ευτροφισμού.

2.5 Κλίμα

Η Ελλάδα χωρίζεται σε τέσσερις διαφορετικές ενότητες με βάση τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην καθεμία (Ζαμπάκας, 1981). Αυτές είναι: Ορεινή, Ηπειρωτική, χερσαία Μεσογειακή, θαλάσσια Μεσογειακή.

Ο Αμβρακικός κόλπος κατατάσσεται στη θαλάσσια Μεσογειακή ενότητα. Γενικά, το κλίμα είναι ήπιο, οι βροχοπτώσεις είναι συχνές και οι μέσες ετήσιες τιμές φτάνουν τα 1200 mm (Μπόλτσης, 1986). Το ύψος βροχόπτωσης ελαττώνεται στο τμήμα της λεκάνης του Άραχθου

ποταμού. Πιθανόν, αυτό το γεγονός να οφείλεται στην ύπαρξη των ορεινών όγκων που επηρεάζουν την κίνηση των νεφών από τα δυτικά προς τα ανατολικά προκαλώντας συνθήκες ομβροσκιάς.

Οι άνεμοι που επιδρούν στις δυναμικές διεργασίες στο βορειοανατολικό τμήμα του κόλπου είναι κυρίως νοτιοδυτικοί, σύμφωνα με τις μετρήσεις της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για το σταθμό της Άρτας (Κωστακιοί). Τα κύματα που προκύπτουν από την δράση αυτών των ανέμων μπορεί να φτάσει τα 0,5 m. Σε ακραίες συνθήκες έχει παρατηρηθεί ύψος έως 1,0 – 1,2 m (Τζιαβός, 1996). Οι πιο συνηθισμένες ταχύτητες των επιφανειακών ρευμάτων που συντελούν δεξιόστροφη κίνηση, είναι περίπου 3 cm/sec και σχεδόν πάντα είναι κάτω από 20 cm/sec (Τζιαβός et al., 1989).

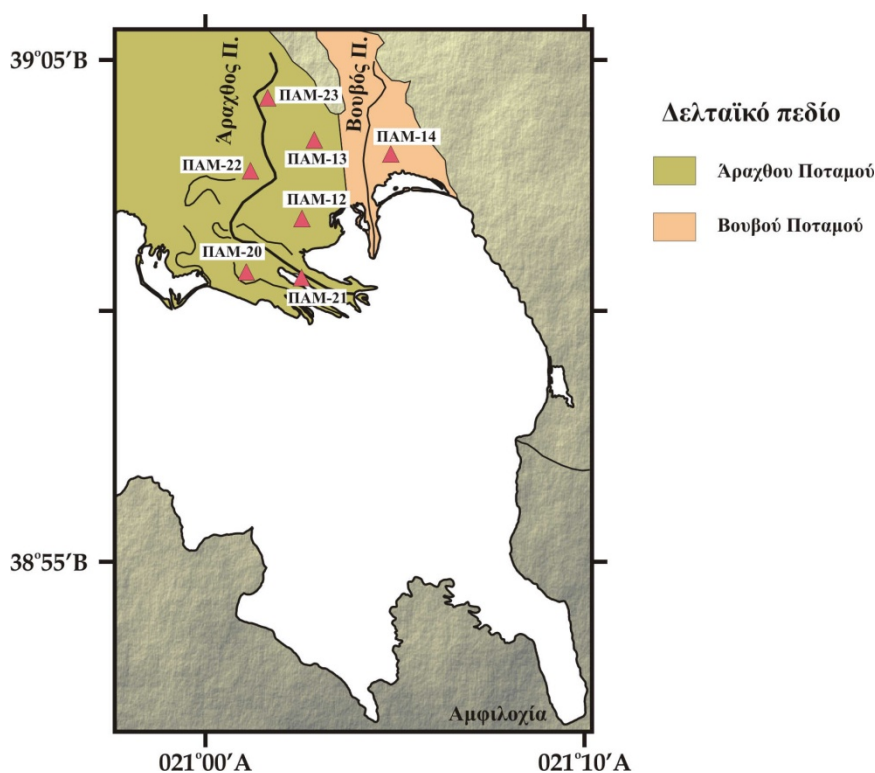
2.6 Κοινωνικό-οικονομικοί παράγοντες

Ο ανθρώπινος παράγοντας έχει επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την προέλαση του δελταϊκού συμπλέγματος και την ικανότητα του ποταμού να προσχώνει. Η κατασκευή του πρώτου φράγματος Πουρναρίου έγινε με κύριο στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αλλά την προστασία από πλημμύρες. Όμως αρνητικές συνέπειες αυτής της κατασκευής ήταν η κατακράτηση των ιζημάτων και του νερού που οδήγησαν στην ανάσχεση του δέλτα. Επίσης, το πυκνό αρδευτικό σύστημα από το οποίο λαμβάνεται νερό για τις γεωργικές καλλιέργειες συμβάλλει στον περιορισμό της προέλασης του δέλτα. Έπειτα, για την βελτίωση των εδαφών χρησιμοποιούνται χημικά λιπάσματα. Έτσι η παραγωγή αυξάνεται αλλά σίγουρα εις βάρος των υδροφόρων που ρυπαίνονται. Η ρύπανση προκαλείται και από φυτοφάρμακα και παρασιτοκτόνα, τα οποία μεταφέρονται καθώς ο ποταμός ρέει και τελικώς εκβάλλει στον κόλπο.

3.1.1 Γεωτρήσεις

Η λιθοστρωματογραφία της περιοχής αναλύθηκε με 7 γεωτρήσεις (από το ΕΛΚΕΘΕ) που έφτασαν σε μικρό βάθος, κάτω από έξι μέτρα. Οι έξι από αυτές (ΠΑΜ-12, 13, 20, 21, 22 και 23) συλλέχθηκαν από το δελταϊκό πεδίο του Άραχθου, και ένας (ΠΑΜ-14) από το δελταϊκό πεδίο του Βουβού (Εικόνα 12).

Στα δείγματα που συλλέχθηκαν, έγινε προσδιορισμός των ποσοστών σ' αυτά σε άμμο, ιλύς και άργιλο καθώς και εργαστηριακές αναλύσεις με την χρήση ραδιενεργού άνθρακα (σε θραύσματα κοχυλιών και /ή σε στρώματα τύρφης).

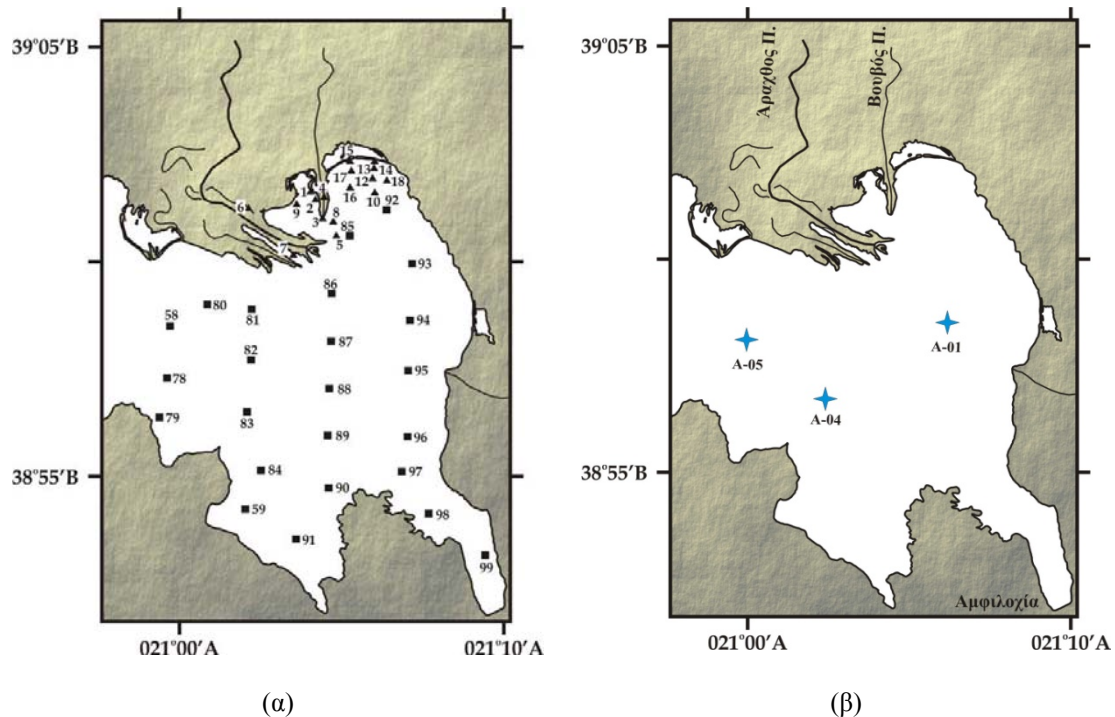


Εικόνα 9: Θέσεις γεωτρήσεων στα δελταϊκά πεδία των ποταμών Άραχθου και Βουβού (ΕΛΚΕΘΕ).

3.1.2 Δειγματοληψία ιζημάτων στη θάλασσα

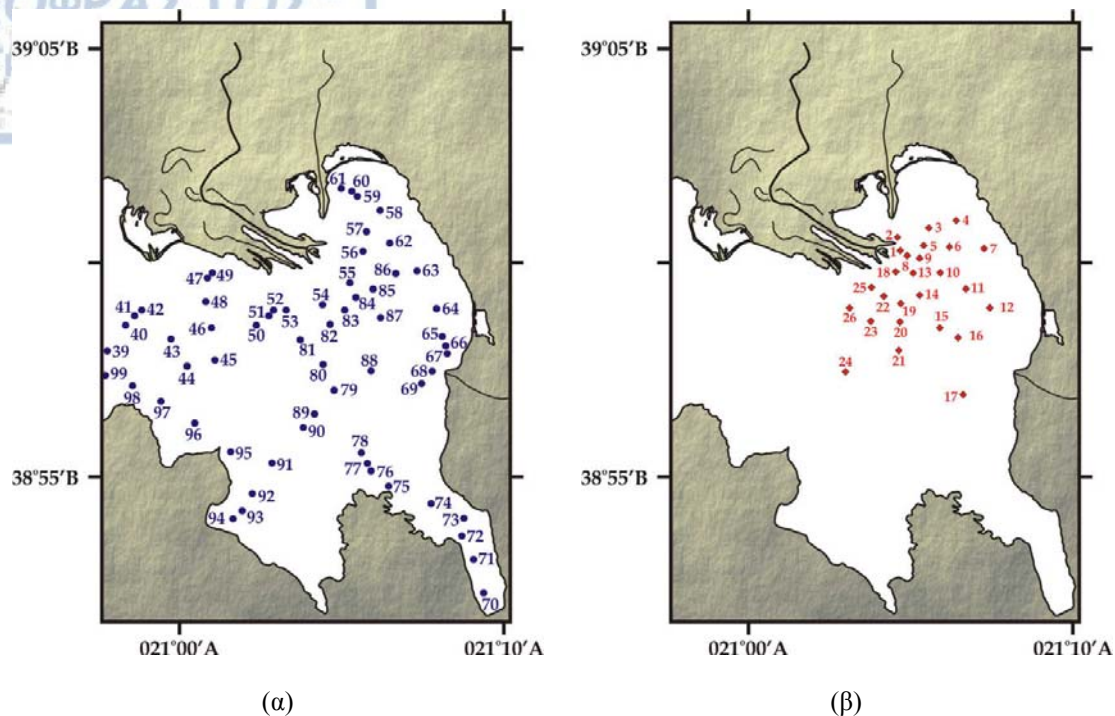
Το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, στα πλαίσια μιας διεπιστημονικής ερευνητικής αποστολής το 1986 (πέντε χρόνια μετά την κατασκευή του φράγματος Πουρναρίου 1), συνέλεξε 41 δείγματα επιφανειακών ιζημάτων και τρεις πυρήνες από τον πυθμένα του Αμβρακικού κόλπου (Εικόνα 9). Από αυτά τα δείγματα, τα 24 ανακτήθηκαν από βάθη

μεγαλύτερα των 10 μέτρων. Τα υπόλοιπα 17 δείγματα συλλέχθηκαν, κατά το μεγαλύτερο μέρος τους, από το βορειότερο όριο των δελταϊκών συστημάτων των ποταμών Άραχθου και Βωβού και σε βάθος μικρότερο των 10 μέτρων. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με δειγματολήπτη Macintyre-type grab. Για τις διάφορες ιζηματολογικές αναλύσεις έγινε χρήση των ανώτερων τμημάτων της ιζηματολογικής στήλης (τα λίγα πρώτα εκατοστά).



Εικόνα 10: Θέσεις δειγματοληψίας επιφανειακών ιζημάτων (α) και πυρήνων (β) στην ανατολική λεκάνη του Αμβρακικού Κόλπου (ΕΛΚΕΘΕ).

Για τις ανάγκες της παρούσης εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα ιζηματολογικά δεδομένα που δημοσιεύτηκαν σε μελέτες των Piper et al. (1982) και Roulos (1989). Στην πρώτη έρευνα των Piper et al. (1982), η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε το 1979 και πάρθηκαν 61 επιφανειακά ιζήματα, ενώ στην έρευνα του Roulos (1989), η δειγματοληψία έγινε το 1986 και τα δείγματα που συλλέχθηκαν ήταν 26 (Εικόνα 10).



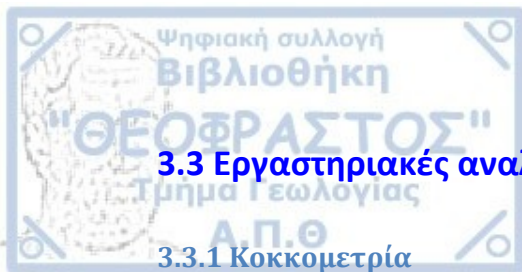
Εικόνα 11: Θέσεις δειγματοληψίας στην ανατολική λεκάνη του Αμβρακικού Κόλπου (α) κατά τη διάρκεια του 1979 (Piper et al., 1982) και (β) του 1986 (Roulos, 1989) .

3.2.1 Ανάλυση αεροφωτογραφιών

Για την μελέτη των μεταβολών στην γεωμορφολογία στον Αμβρακικό κόλπο και ειδικά στο βορειοανατολικό τμήμα του (εκβολές ποταμού Άραχθου), έγινε χρήση τριών αεροφωτογραφιών της Γ.Υ.Σ. Η λήψη της πρώτης αεροφωτογραφίας πραγματοποιήθηκε το 1945, της δεύτερης το 1960 και της τρίτης το 1985. Εκτός από τις αεροφωτογραφίες, χρησιμοποιήθηκαν και τα εξής:

- Βυθομετρικός χάρτης της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού
- Δορυφορική φωτογραφία (Landsat) του 1999
- Τοπογραφικά διαγράμματα της Γ.Υ.Σ (με κλίμακα 1: 50.000, έκδοσης 1981)

Με την χρήση Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (ArcView και ArcInfo) έγινε η ψηφιοποίηση των δεδομένων και έτσι, πραγματοποιήθηκε σύγκριση της μορφολογίας για να διαπιστωθεί η οπισθοχώρηση ή η προέλαση της ακτογραμμής σ' αυτό το χρονικό διάστημα (1946-1999).



3.3 Εργαστηριακές αναλύσεις

3.3.1 Κοκκομετρία

Με την μέθοδο του υγρού διαχωρισμού, με κόσκινο των 63 μm , έγινε δυνατός ο προσδιορισμός του κλάσματος της άμμου (διάμετρος κόκκων $>63 \mu\text{m}$) και αυτός της ιλυαργίλου (διάμετρος κόκκων $<63 \mu\text{m}$). Ο περαιτέρω διαχωρισμός του κλάσματος της ιλύος (διάμετρος κόκκων από 63 μm έως 4 μm) από της αργίλου (διάμετρος κόκκων $<4 \mu\text{m}$) πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της πιπέττας. Ο χαρακτηρισμός της ιζηματολογικής υφής (texture) των δειγμάτων βασίστηκε στην ταξινόμηση κατά Folk (1974).

3.3.2 Ανθρακικό περιεχόμενο

Τα δείγματα, επίσης, μελετήθηκαν με σκοπό να προσδιοριστεί το ανθρακικό περιεχόμενο σ' αυτά. Με την μέθοδο carbonate bomb (Müller and Gastner, 1971) υπολογίζεται το ολικό ποσοστό του άνθρακα, που στηρίζεται στην ποσότητα του CO_2 που εκλύεται μετά από την επίδραση HCl 10% σε ground-to-dust δείγματα.

4.1 Περιγραφή γεωτρήσεων

Στο δελταϊκό πεδίο του ποταμού Άραχθου κατασκευάστηκαν από το ΕΛΚΕΘΕ έξι γεωτρήσεις για να διαπιστωθούν η λιθολογία, οι αναλογίες άμμου, ιλύος και αργίλου (κοκκομετρία), τα ανθρακικά που περιέχονται στα ιζήματα των πυρήνων και τα διάφορα περιβάλλοντα απόθεσης των ιζημάτων. Μια ακόμη ανάλογη γεώτρηση εφαρμόστηκε στην περιοχή του δελταϊκού πεδίου του Βουβού και βρίσκεται βόρεια της λιμνοθάλασσας της Κόπραινας.

Αναλυτικά οι γεωτρήσεις είναι οι εξής:

[Γεώτρηση ΠΑΜ-21 \(βάθος γεώτρησης 5.75 m\)](#)

Πρόκειται για την γεώτρηση που έγινε πιο κοντά στην ακτή και βρίσκεται σε υψόμετρο 20cm. από την στάθμη της θάλασσας. Διαπιστώθηκε ότι τα ιζήματα είναι κατά βάση λεπτόκοκκα (ιλύς, ιλυάργιλος, αμμώδης ιλύς) με σκούρο πρασινότεφρο χρώμα. Στα 0.4m, 1.3m, 1.6m, 2.5m-2.7m, 3.6m, 4.6m, 4.8m-5.2m και 5.5m-5.7m εντοπίστηκε πιο χονδρόκοκκο υλικό δηλαδή άμμος και ιλυώδης άμμος. Η άμμος είναι κυρίως ασβεστολιθική, καθώς παρατηρήθηκε ότι όπου το υλικό είναι πιο χονδρόκοκκο οι ποσότητες των ανθρακικών είναι υψηλότερες. Το περιβάλλον απόθεσης αντιστοιχεί σε πεδίο κατάκλισης ποταμού μέχρι τα 1.6m ενώ κάτω από αυτά εξελίσσεται σε δελταϊκό μέτωπο.

[Γεώτρηση ΠΑΜ-20 \(βάθος γεώτρησης 4.75 m\)](#)

Η συγκεκριμένη γεώτρηση έγινε περίπου 1km νότια της νέας κοίτης του Άραχθου. Στην ανώτερη στάθμη μέχρι τα 1.95m τα ιζήματα είναι χονδρόκοκκα, συντελούνται από αμμώδη ιλύς και ιλυώδη άμμο, ενώ κάτω από αυτό τα ιζήματα είναι πιο λεπτόκοκκα και επικρατούν ιλύς, ιλυάργιλος με πολύ μικρές ποσότητες φυτικών υπολειμμάτων. Στο ανώτερο τμήμα, επίσης, (μέχρι τα 1.95m) διαπιστώθηκαν με βάση την ακολουθία των ιζημάτων εποχιακές μεταβολές που επηρέασαν την παροχή του ποταμού. Συγκεκριμένα, στα εναλλασσόμενα στρώματα αμμώδους ιλύος και μικρού πάχους παρεμβαλλόμενων οριζόντων ιλύος, οι αποθέσεις μεγαλύτερου πάχους στρωμάτων χονδρόκοκκων υλικών δηλώνει μεγάλη παροχή που προκύπτει από έντονες βροχοπτώσεις. Το χρώμα των ιζημάτων είναι καφέ-κίτρινο στο ανώτερο τμήμα λόγω οξείδωσης, έως φαιό στο κάτω τμήμα (κάτω από 1.15m).

Απουσιάζουν ασβεστολιθικά κελύφη. Το περιβάλλον απόθεσης μέχρι τα 3.5m χαρακτηρίζεται πεδίο κατάκλυσης ποταμού και κάτω από τα 3.5m αντιστοιχεί σε λιμνοθαλάσσιο.

[Γεώτρηση ΠΑΜ-12 \(βάθος γεώτρησης 5.65 m\)](#)

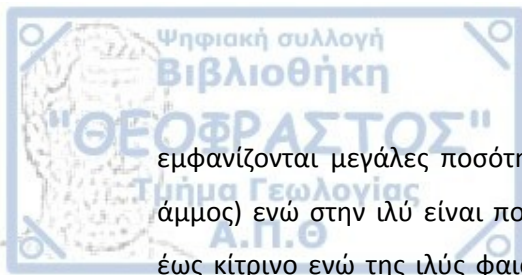
Πραγματοποιήθηκε σε υψόμετρο 80cm από την στάθμη της θάλασσας και βρίσκεται 1km ΝΑ από το χωριό Κομμένο. Είναι επίσης στην περιοχή του δελταϊκού πεδίου του Άραχθου. Στον συγκεκριμένο πυρήνα δεν παρατηρείται βιογενής ιζηματογένεση και όλο το ποσοστό των ανθρακικών προκύπτει από την περιεχόμενη ανθρακική άμμο. Μέχρι τα 2.1m εμφανίζεται ιλύς και έπειτα πηλός. Προς τα κάτω το υλικό γίνεται πιο χονδρόκοκκο και αποτελείται από άμμο και ιλυώδη άμμο. Στα κατώτερα στρώματα (4.5m και κάτω) το υλικό είναι ιλύς και αμμώδης ιλύς. Αυξημένες ποσότητες ανθρακικού παρουσιάζονται ανάμεσα στα 2.1m με 3.2m περίπου όπου επικρατεί η ανθρακική άμμος. Το περιβάλλον στο άνω τμήμα που βρίσκεται το λεπτόκοκκο υλικό χαρακτηρίζεται ως πεδίο κατάκλυσης του ποταμού. Έπειτα, εξελίσσεται σε λιμνοθάλασσα και το τμήμα που συνίσταται από άμμο οφείλεται σε ποτάμιες αποθέσεις, ενώ τα κατώτερα στρώματα δηλώνουν λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον.

[Γεώτρηση ΠΑΜ-13 \(βάθος γεώτρησης 4.30m\)](#)

Βρίσκεται σε καλλιεργημένη έκταση Β.ΒΑ της γεώτρησης ΠΑΜ-12. Το υλικό είναι, κυρίως, λεπτόκοκκο και η σειρά των ιζημάτων έχει ως εξής: (από τα ανώτερα προς τα κατώτερα στρώματα) ιλύς, άργιλος, ιλυώδης άμμος, άμμος, ιλυώδης άμμος με υπολείμματα φυτών (θραύσματα ελασματοβραγχίων). Περίπου μέχρι τα 0.6m το περιβάλλον χαρακτηρίστηκε ποτάμιας κατάκλυσης, μέχρι τα 1.4m επικρατεί λιμναία φάση και έπειτα συναντάται περιβάλλον ποτάμιας κατάκλυσης έως και τα 2.9m. Προς τα κάτω εξελίσσεται σε λιμνοθαλάσσιο. Το υψόμετρο που βρίσκεται η γεώτρηση είναι 30cm.

[Γεώτρηση ΠΑΜ-22 \(βάθος γεώτρησης 2.70 m\)](#)

Αυτή η γεώτρηση, όπως και η προηγούμενη (ΠΑΜ-13), έγινε σε καλλιεργήσιμη περιοχή και βρίσκεται δυτικά του Άραχθου. Κυριαρχεί χονδρόκοκκο υλικό και καλά ταξινομημένο. Έτσι βασικά, συναντάται ποτάμια άμμος με μικρές παρεμβολές ιλύος (στα 1.2m-1.3m) και αμμώδους ιλύος, λεπτόκοκκη άμμος και ιλυάργιλος κάτω από τα 2.4m βάθος. Γενικά,



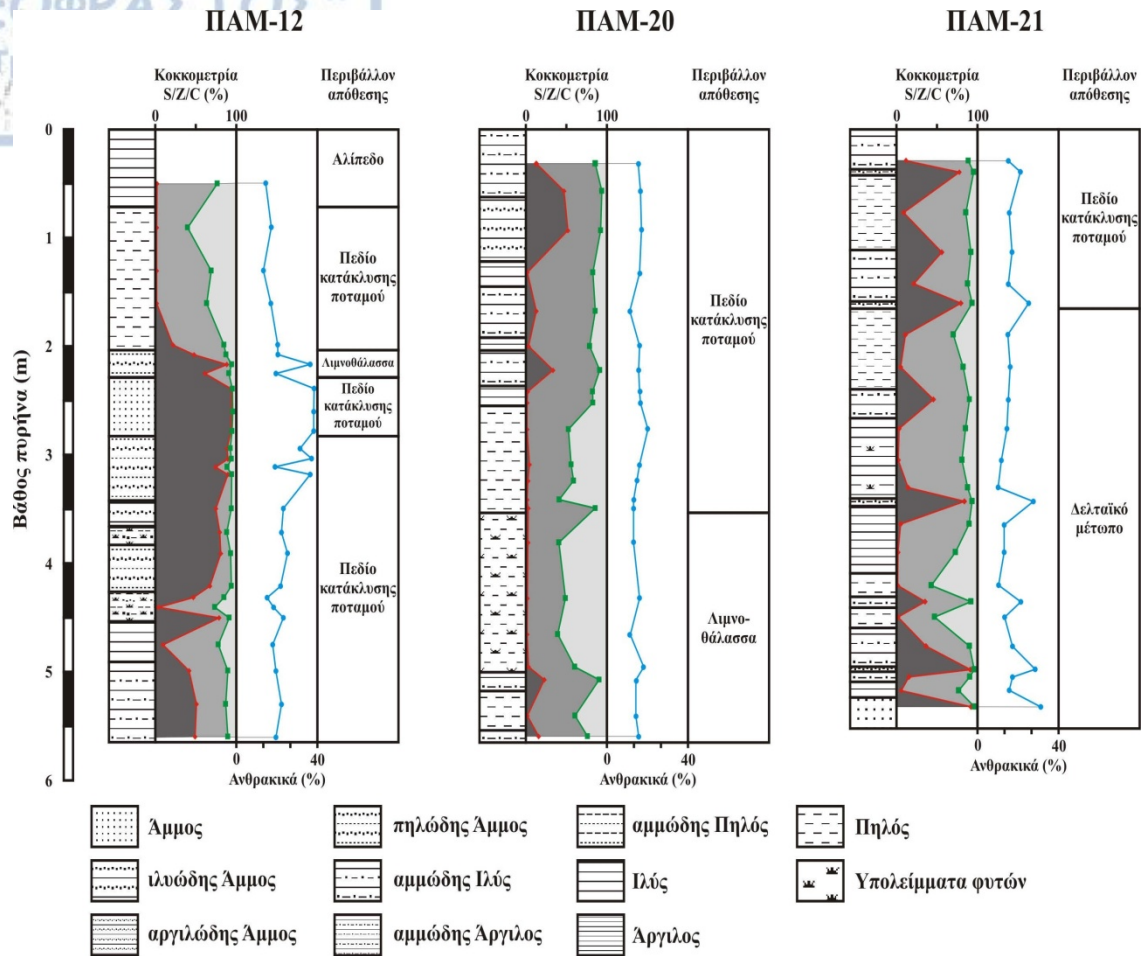
εμφανίζονται μεγάλες ποσότητες ανθρακικού υλικού, κυρίως στην άμμο (ασβεστολιθική άμμος) ενώ στην ιλύ είναι πολύ μικρότερα τα ποσοστά. Το χρώμα της άμμου είναι καφέ έως κίτρινο ενώ της ιλύς φαιοκίτρινο. Το περιβάλλον είναι ποτάμιο και εναλλάσσεται με ποτάμιας κατάκλυσης όπου υπάρχουν λεπτομερέστερα υλικά.

[Γεώτρηση ΠΑΜ-23 \(βάθος γεώτρησης 3.50 m\)](#)

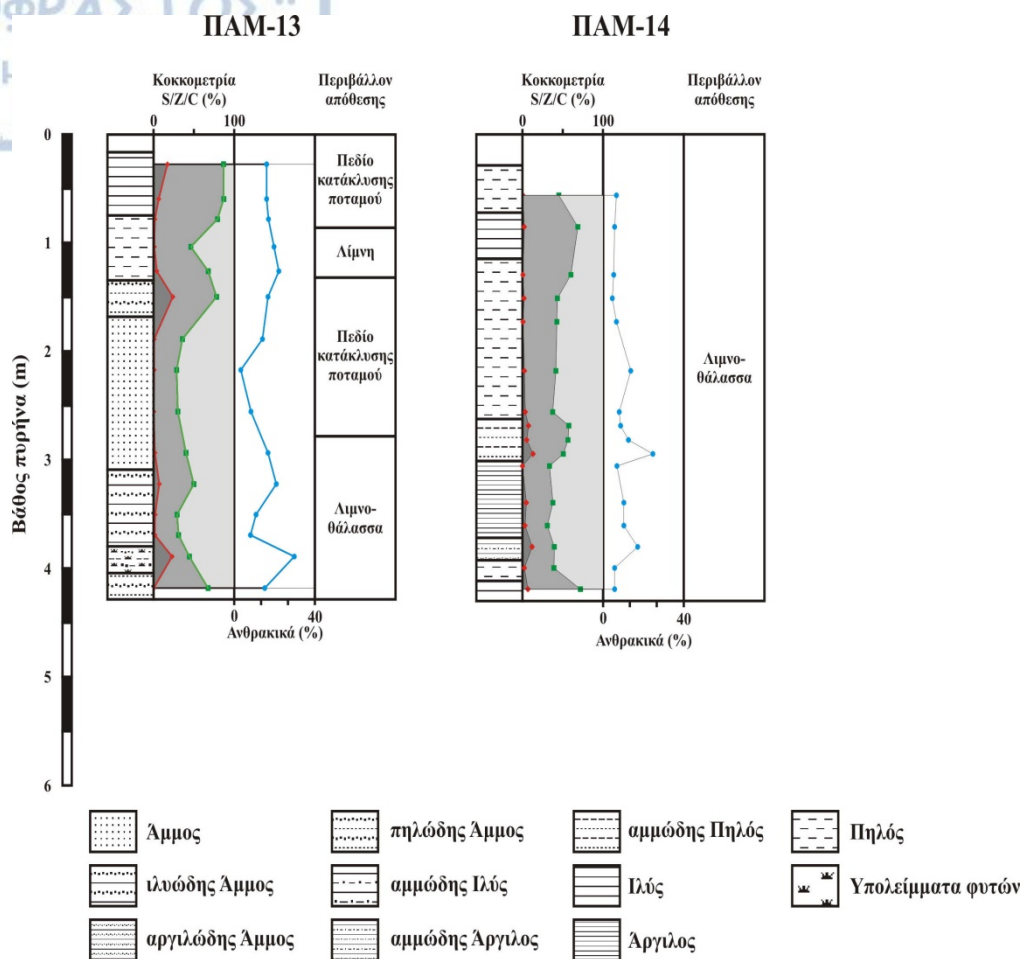
Έγινε ανατολικά του Άραχθου σε υψόμετρο 390cm από την στάθμη της θάλασσας. Τα ιζήματα είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου αδρομερή κιτρινοκαφέ χρώματος και αποτελούνται από λεπτή έως μεσόκοκκη άμμο. Λεπτόκοκκο υλικό εμφανίζεται μόνο στα ανώτερο τμήμα της γεώτρησης έως τα 0.6m (ιλυώδης άμμος τεφροκαφέ χρώματος) και στα 2.0m-2.1m (ιλύς). Το περιβάλλον χαρακτηρίστηκε ποτάμιο (κοίτη ποταμού).

[Γεώτρηση ΠΑΜ-14 \(βάθος γεώτρησης 4.30 m\)](#)

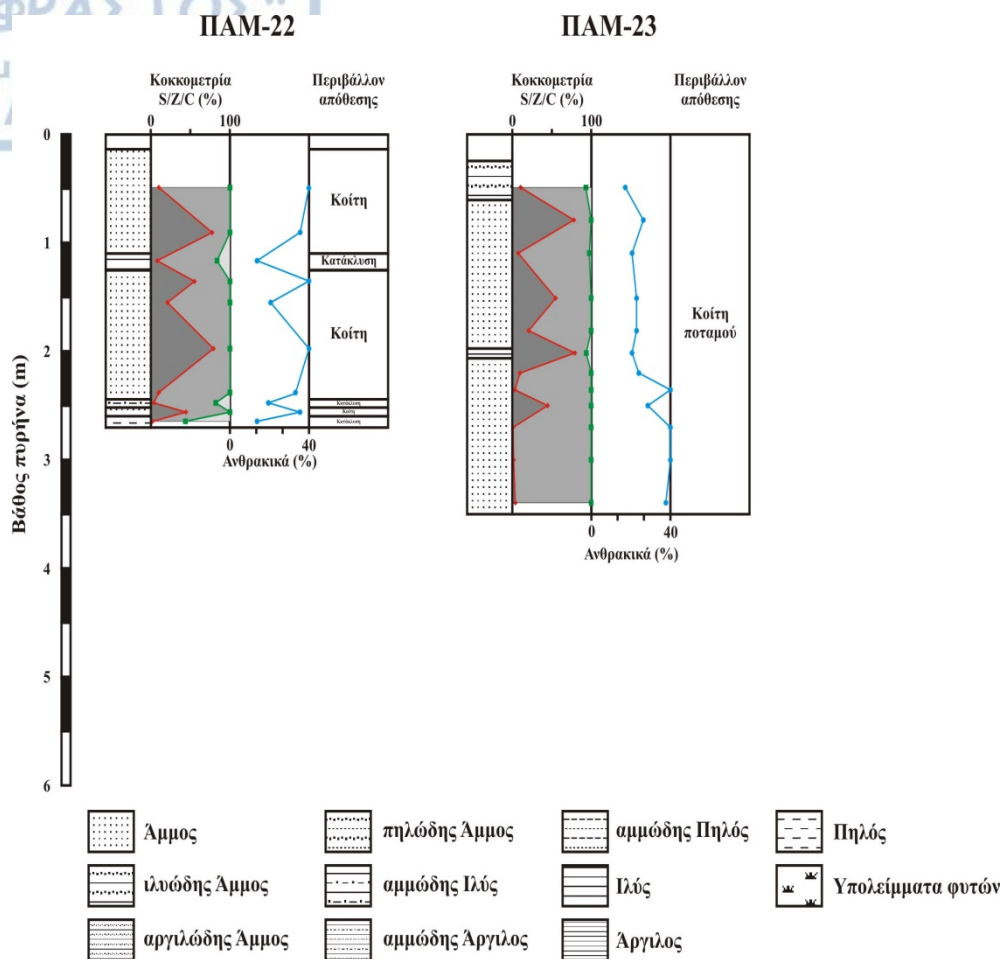
Αυτή είναι η μοναδική από τις εξεταζόμενες γεωτρήσεις που βρίσκεται στο δελταϊκό πεδίο του Βουβού 700m περίπου ανατολικά του ποταμού και βόρεια της λιμνοθάλασσας της Κόπραινας σε απόσταση 500m περίπου και σε ύψος 30cm από την θάλασσα. Το χρώμα σχεδόν όλων των ιζημάτων είναι λαδότεφρο. Τα ιζήματα είναι ιλύς και ιλυάργιλος, δηλαδή λεπτόκοκκα και πολύ μικρές και λίγες εμφανίσεις αμμώδη πηλού και ιλυώδης άμμου. Από τα 2m περίπου και προς τα κατώτερα τμήματα αυξάνονται οι τιμές των ανθρακικών. Το περιβάλλον απόθεσης όπως προκύπτει από τα ιζήματα και τα ανθρακικό περιεχόμενο είναι λιμνοθαλάσσιο.



Εικόνα 12: Λιθοστρωματογραφική απεικόνιση των γεωτρήσεων ΠΑΜ-12, 20 και 21 στο κατώτερο δελταϊκό πεδίο του Άραχθου Ποταμού και κατακόρυφη κατανομή της κοκκομετρίας, του ανθρακικού περιεχομένου και των φάσεων (τροποποιημένη από Poulos et al., 2005).



Εικόνα 13: Λιθοστρωματογραφική απεικόνιση των γεωτρήσεων ΠΑΜ-13 και 14 στο κατώτερο δελταϊκό πεδίο του Άραχθου Ποταμού και κατακόρυφη κατανομή της κοκκομετρίας, του ανθρακικού περιεχομένου και των φάσεων (τροποποιημένη από Poulos et al., 2005).



Εικόνα 14: Λιθοστρωματογραφική απεικόνιση των γεωτρήσεων ΠΑΜ-22 και 23 στο κατώτερο δελταϊκό πεδίο του Άραχθου Ποταμού και κατακόρυφη κατανομή της κοκκομετρίας, του ανθρακικού περιεχομένου και των φάσεων (τροποποιημένη από Poulos et al., 2005).

4.2 Δελταϊκή ακτογραμμή

Θέσεις της εκβολής του ποταμού Άραχθου τους τελευταίους τρεις αιώνες

Σύμφωνα με ιστορικά δεδομένα κατά τον 17^ο αιώνα, ο ποταμός Άραχθος εκφορτιζόταν στην περιοχή της Παλαιοπούκας. Με βάση τις αεροφωτογραφίες στο τέλος του 1930 πραγματοποιήθηκε η διευθέτηση και η ευθυγράμμιση της κοίτης του ποταμού, όπου και οι εκβολές του Άραχθου μετατοπίστηκαν στην αρχική τους θέση.

Στην συνέχεια, μετά το 1930 η ανάπτυξη του δελταϊκού λοβού επηρεάστηκε από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Η τεχνική εκτροπή του ποταμού, η κατασκευή φραγμάτων και η ανάπτυξη εκτεταμένου δικτύου άρδευσης είχαν ως αποτέλεσμα την τροποποίηση στην προσφορά ιζήματος.

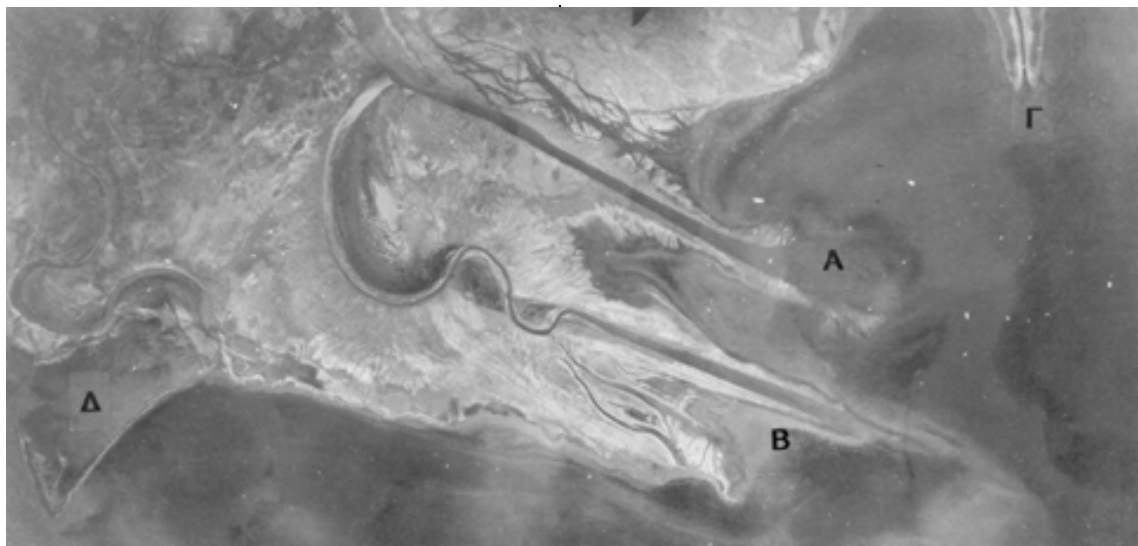


Εικόνα 15: Ιστορικοί χάρτες του Αμβρακικού Κόλπου των ετών 1690, 1794 και 1808 (ΕΛΚΕΘΕ).

Θέσεις της εκβολής του ποταμού Άραχθου τα τελευταία εξήντα χρόνια

Με την χρήση τριών αεροφωτογραφιών που ελήφθησαν κατά τα έτη 1945, 1960, 1986 και μιας δορυφορικής φωτογραφίας που η λήψη της έγινε το έτος 1999, πραγματοποιήθηκε ανάλυση και σύγκριση της εξέλιξης των σύγχρονων εκβολών του Άραχθου ποταμού και της ακτογραμμής στην περιοχή του Αμβρακικού κόλπου, όπου και εκβάλλει ο ποταμός.

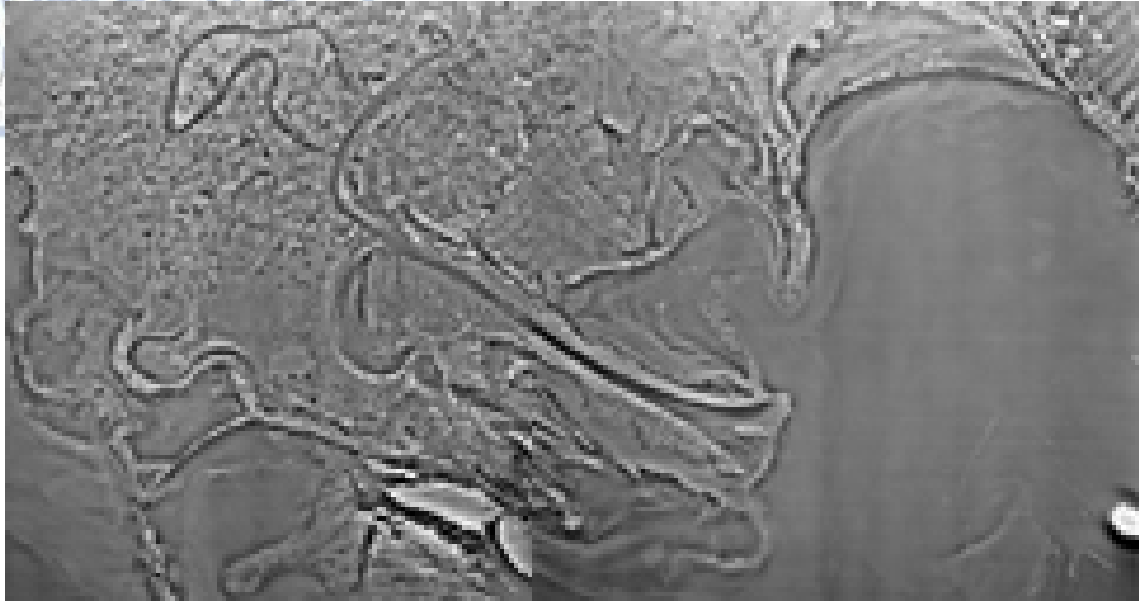
Στα νοτιοδυτικά της εκβολής του ποταμού σε απόσταση περίπου 1 χιλιόμετρο διακρίνονται εγκαταλελειμμένοι μαιάνδροι. Γίνεται, έτσι αντιληπτή η προσπάθεια τεχνητής εκτροπής της και αλλαγής του μαιανδρικού σχήματος του ποταμού σε ευθύγραμμο. Η ανάπτυξη του νέου δελταϊκού λοβού πραγματοποιήθηκε ταχύτατα, μέχρι και το 1945, περίπου 2 χιλιόμετρα εις βάρος της θάλασσας. Ο μέσος ρυθμός επέκτασης του δέλτα υπολογίστηκε μέχρι και 250 μέτρα ετησίως.



Εικόνα 16: Αεροφωτογραφία της Γ.Υ.Σ. από την ενεργή εκβολή του Άραχθου Ποταμού κατά το έτος 1945.

Στα βόρεια της λιμνοθάλασσας της Παλαιομπούκας που βρίσκεται δυτικά του σημερινού δελταϊκού λοβού και έχει σχήμα τριγωνικό, εντοπίζονται οι μαιανδρικοί σχηματισμοί που μαρτυρούν μια παλιά εκβολή του ποταμού Άραχθου.

Στα επόμενα χρόνια (1945-1960) η επέκταση του δέλτα συνεχίζεται με μικρότερο ρυθμό πλέον (περίπου 110 μέτρα) κατά 1700 με 1800 μέτρα, με αποτέλεσμα να περιοριστεί η έκταση της λιμνοθάλασσας της Κόπραινας.



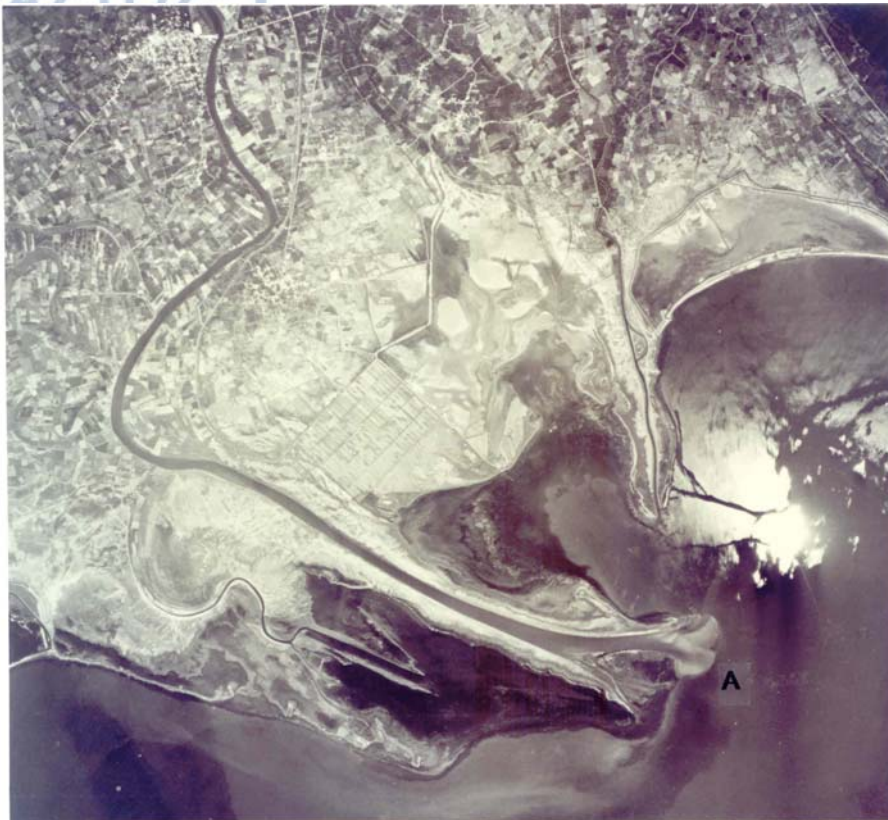
Εικόνα 17: Αεροφωτογραφία της Γ.Υ.Σ. από την ενεργή εκβολή του Άραχθου Ποταμού κατά το έτος 1960.

Στο παλιό δίαυλο, μέχρι το 1945 δεν παρουσιάζεται καμία λειτουργία, αν και ένα τμήμα είναι πληρωμένο με νερό, ενώ αργότερα μέχρι το 1960 πραγματοποιείται διάβρωση και οπισθοχώρηση της ακτογραμμής κατά 2 χιλιόμετρα.

Οι αλλαγές στην διαδικασία επέκτασης του δέλτα πιθανότατα οφείλονται στη μεταβαλλόμενη ικανότητα του ποταμού να προσχώνει.

Στη συνέχεια, από το 1960 μέχρι το 1987, παρατηρείται οπισθοχώρηση του ενεργού δέλτα. Αυτό οφείλεται στην κατασκευή του υδροηλεκτρικού φράγματος Πουρνάρι 1, σε συνάρτηση με το πυκνό αρδευτικό δίκτυο στην πεδιάδα της Άρτας. Έτσι, προέκυψε κατακράτηση ιζήματος και εισχώρηση της θάλασσας.

Συγκεκριμένα, στο νέο δίαυλο κατά την περίοδο αυτή η επέκταση των προσχώσεων προς τα ανατολικά είναι περίπου 700 μέτρα. Επίσης, παρατηρείται διάβρωση εκατέρωθεν της κοίτης και υποχώρηση των αμμουριδίων στην περιοχή νότια-νοτιοδυτικά του παλιού δίαυλου. Στον κόλπο της Κόπραινας εμφανίζονται αμμονησίδες και η λιμνοθάλασσα της Παλαιομπούκας ενώνεται με την λιμνοθάλασσα της Κόφτρας.



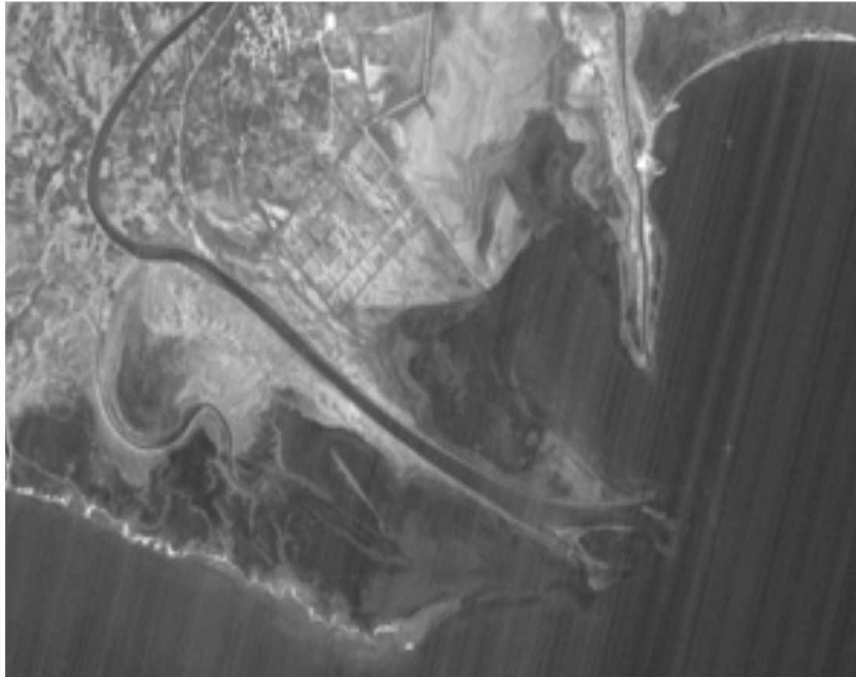
Εικόνα 18: Αεροφωτογραφία της Γ.Υ.Σ. από την ενεργή εκβολή του Άραχθου Ποταμού κατά το έτος 1986-87.

Στην περιοχή του παλιού και του νέου δίαυλου αυξάνεται η υποχώρηση της ακτογραμμής και ανάσχεση της δελταϊκής έκτασης την περίοδο 1987-1999.

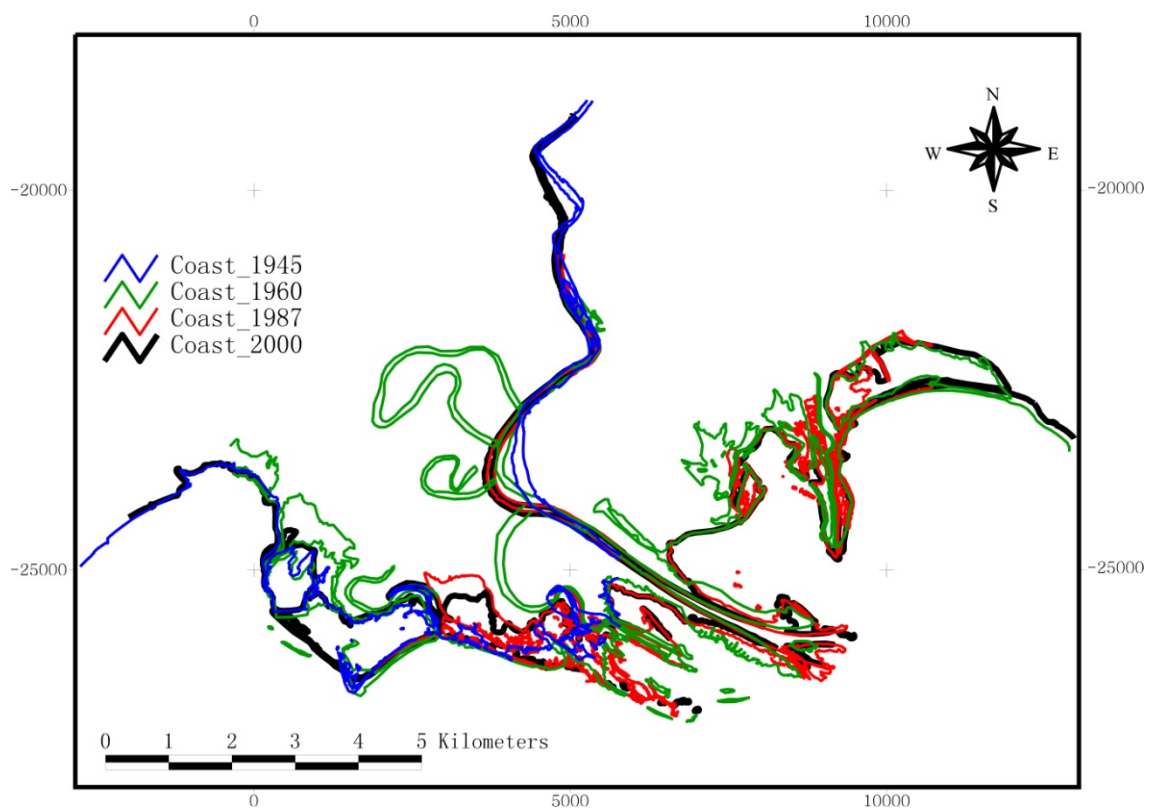
Οι εκβολές του Άραχθου, μέσα σε αυτά τα χρόνια, καθώς και μεγάλο τμήμα της ξηράς μπροστά από το νέο δίαυλο καλύφθηκε από τη θάλασσα. Ανάμεσα στη λιμνοθάλασσα που δημιουργήθηκε την αμέσως προηγούμενη περίοδο, από την ένωση της λιμνοθάλασσας της Κόφτρας και Παλαιομπούκας και την λιμνοθάλασσα Πλατανάκι μοναδικό διαχωριστικό τμήμα ξηράς είναι ένα τεχνητό ανάχωμα (δρόμος).

Τέλος, η αβαθής λιμνοθάλασσα Πλατανάκι σχηματίστηκε λόγω της διάβρωσης, αφού στην περιοχή επικράτησαν οι θαλάσσιες διεργασίες (κυματισμός και ρεύματα) και υπήρξε έλλειψη στην προσφορά ποτάμιου ιζήματος.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις και υπολογισμοί των μετακινήσεων της ακτογραμμής προήλθαν μετά από τη ψηφιοποίηση των αεροφωτογραφιών και σύγκριση των ακτογραμμών μεταξύ τους (Εικόνα 18).



Εικόνα 19: Δορυφορική εικόνα LANDSAT5 του Άραχθου κατά το έτος 1999.



Εικόνα 20: Ακτογραμμή του ευρύτερου χώρου των εκβολών του Άραχθου Ποταμού κατά το έτος (α) 1945, (β) 1960, (γ) 1985-1986 προερχόμενη από την ψηφιοποίηση σειράς αεροφωτογραφιών της Γ.Υ.Σ.

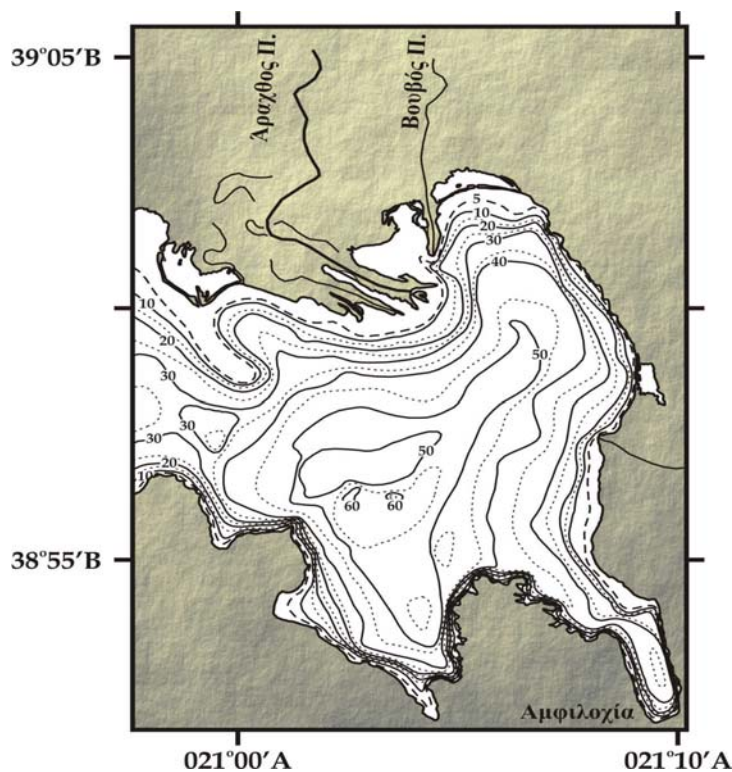


4.3 Υποθαλάσσιο δέλτα

4.3.1. Βυθομετρία

Το δελταϊκό πεδίο στην περιοχή της ενεργής εκβολής του ποταμού Άραχθου έχει σχετικά χαμηλό ανάγλυφο με μέγιστο υψόμετρο 3 μέτρα.

Το υποθαλάσσιο δέλτα μέχρι και την ισοβαθή των 5 μέτρων έχει πολύ μικρή κλίση. Όμως, στη συνέχεια το βάθος αυξάνεται απότομα. Το μέγιστο βάθος που συναντάται είναι τα 60 μέτρα.



Εικόνα 21: Ψηφιοποιημένος βυθομετρικός χάρτης της Ανατολικής υπολεκάνης του Αμβρακικού κόλπου (Υδρογραφική Υπηρεσία, 1983).

4.3.2 Επιφανειακή κατανομή των ιζημάτων βυθού

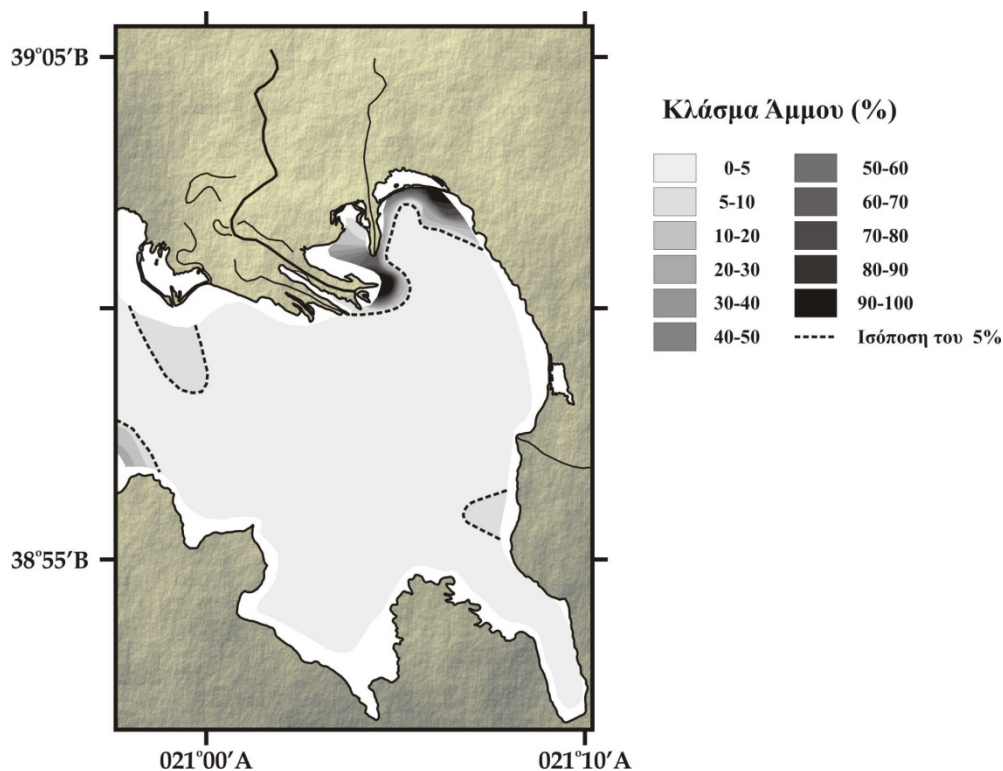
Στα ιζήματα του Αμβρακικού κόλπου παρουσιάζονται σημαντικές ποσότητες ιλύος και αργίλου, ενώ η άμμος συναντάται σε μικρότερες συγκεντρώσεις.

Ο κόλπος καλύπτεται από σχετικά ομοιόμορφη ελαιο- γκρι χρώματος ιλύ και υπολογίστηκε 65- 75% συμμετοχή αργίλου. Το 0.5- 2% των ιζημάτων είναι άμμος. Αυτή η άμμος είναι εξ' ολοκλήρου βιογενής και αποτελείται κυρίως από οστρακοειδή, κελύφη μαλακίων και βενθικά τρηματοφόρα.

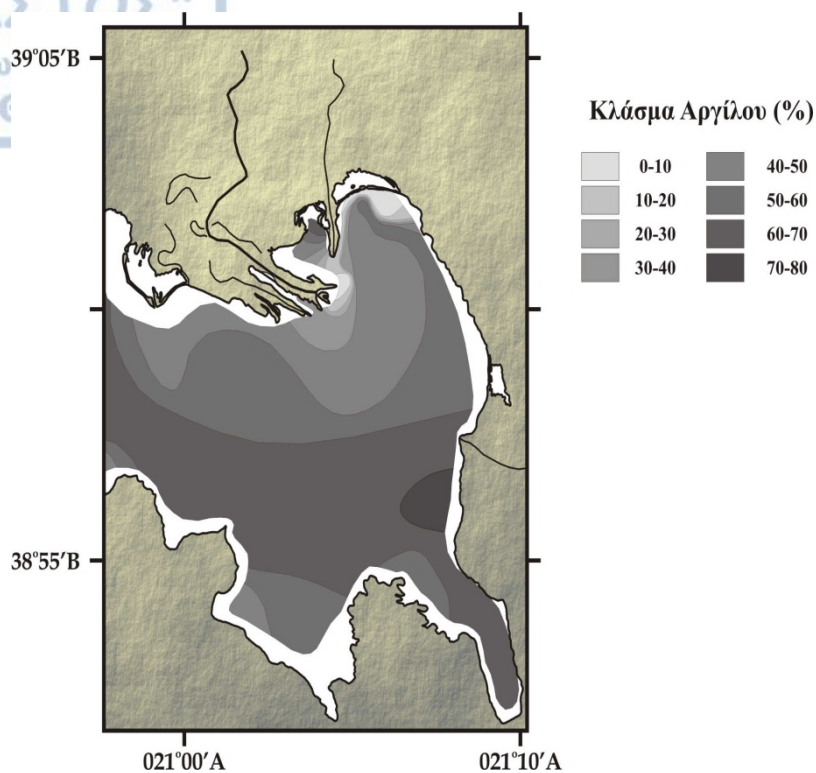
Η προδελταϊκή πλατφόρμα (βάθος μικρότερο των 10 μέτρων) συντελείται από ιλύς. Η συσσώρευση της ιλύς πραγματοποιείται στα πλάγια του περιθωρίου του κόλπου. Με την αύξηση του βάθους το υλικό γίνεται πιο λεπτόκοκκο.

Νοτιότερα από το στόμιο του ποταμού Άραχθου εκτείνεται μία γλώσσα από ιζήματα ιλυώδη και περιεχόμενη άμμο πλούσια σε χρωμίτη. Αντίστοιχα, τα ιζήματα στο στόμιο του ποταμού Λούρου είναι λεπτόκοκκα και πλούσια σε μοντμοριλλονίτη.

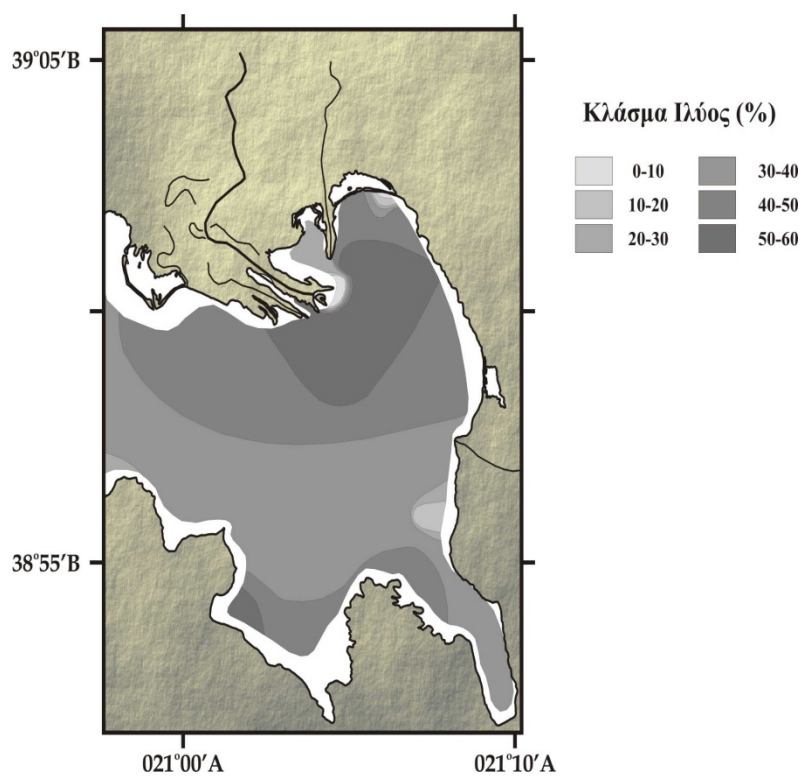
Στα βαθύτερα συναντάται ιλύς με κλάσματα χαλαζιακής άμμου που προκύπτει λόγω της μεταφορικής ικανότητας των κοντινών ποταμών.



Εικόνα 22: Κλάσμα άμμου (Τζιαβός, 1996)



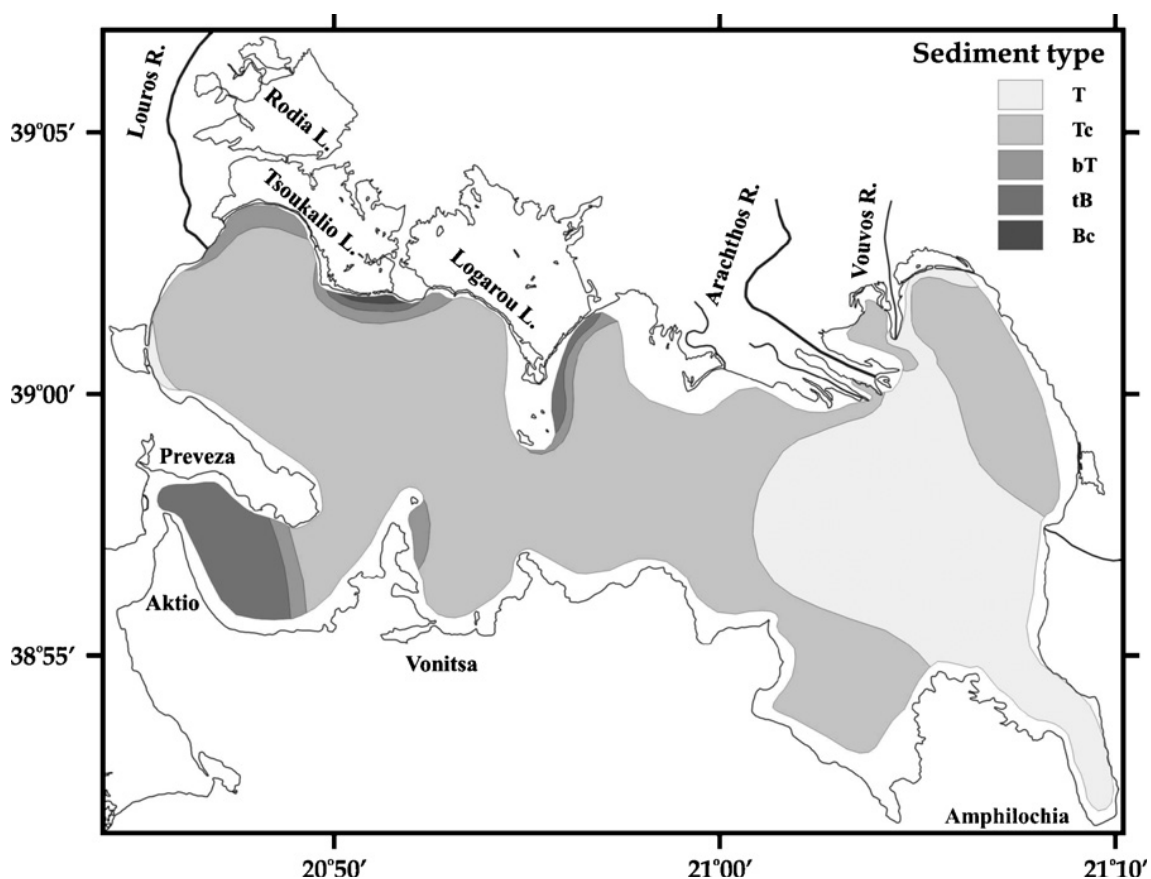
Εικόνα 23: Κλάσμα αργίλου (Τζιαβός, 1996)



Εικόνα 24: Κλάσμα ιλύος (Τζιαβός, 1996)

Αναλογία χερσογενών και βιογενών ιζημάτων

Στην περιοχή του Αμβρακικού έχει διαπιστωθεί ότι τα χερσογενή υπερισχύουν των βιογενών υλικών. Με βάση την κατάταξη των Emelyanov et al (1996) πραγματοποιήθηκε χωροταξική κατανομή των ιζημάτων σε 4 κατηγορίες (Εικόνα 23). Το δυτικό και το κεντρικό μέρος του κόλπου επικρατούν τα χερσογενή ιζήματα (χερσογενή υλικό 90-70), χαμηλής περιεκτικότητας σε ανθρακικό ασβέστιο. Το ανατολικό τμήμα καλύπτεται από καθαρά χερσογενή υλικά (ανθρακικά <10%) που αποδεικνύουν την επιρροή του Άραχθου στις σύγχρονες διεργασίες ιζηματογένεσης. Τέλος, κατά το μήκος της ακτής στην περιοχή των λιμνοθαλασσών Τσουκαλιό και Λογαρού στον κόλπο Σαλαώρας αλλά και στον κόλπο Πρέβεζας επικρατούν τα χερσογενή- βιογενή (ανθρακικά 50-70%) και/ ή ανθρακικά βιογενή (70-90%) ιζήματα.



Εικόνα 25: Χωροταξική κατανομή των ιζηματολογικών τύπων του πυθμένα του Αμβρακικού Κόλπου σύμφωνα με την κατάταξη κατά Emelyanov et al, 1996 (από Poulos et al., 2008).

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των επιφανειακών ιζημάτων στην θάλασσα της Μεσογείου με βάση τις αναλογίες και τα ποσοστά των χερσογενών και βιογενών (CaCO_3) υλικών τους (Emelyanov et al, 1996)

	Τύπος ιζημάτων	Χερσογενή (%)	CaCO_3 (%)
T	Χερσογενή	>90	<10
Tc	Χερσογενή με χαμηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικά	90-70	10-30
bT	Βιογενή - Χερσογενή ανθρακικά	50-30	30-50
tB	Χερσογενή – Βιογενή	30-50	50-70
Bc	Βιογενή - Ανθρακικά ιζήματα	10-30	70-90
B	Βιογενή με υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικά	<10	>90

4.3.3 Μεταβολές μεταξύ του 1979 και 1986 (πριν και μετά την κατασκευή του φράγματος Πουρνάρι Ι)

Κατά το διάστημα 1979 – 1986 και ύστερα από μια εντυπωσιακή επέκταση του δέλτα του Άραχθου από το 1945- 1960, παρατηρείται σημαντική ανάσχεση της δελταϊκής προέλασης. Αυτή η επιβράδυνση παρατηρείται συνολικά στο χρονικό διάστημα 1960- 1987. Μέσα σε αυτά τα χρόνια κατασκευάστηκε και το φράγμα στην κοίτη του Άραχθου, συγκεκριμένα το 1981, κοντά στο Πουρνάρι. Αυτό το γεγονός συνέβαλε καθοριστικά στην οπισθοχώρηση του δέλτα, καθώς ποσότητες ιζημάτων και νερού συγκρατούνται και η εισροή τους μειώθηκε κατά μεγάλο βαθμό.

Η επέκταση των προσχώσεων γίνεται προς τα ανατολικά με ρυθμό ανάπτυξης 25- 30 μέτρα τον χρόνο. Η περιοχή εκατέρωθεν του δέλτα σταδιακά διαβρώνεται. Νότια και νοτιοδυτικά του παλιού δίαυλου οι παράκτιες αμμολουρίδες δίνουν την θέση τους σε ένα νέο λιμνοθαλάσσιο σύστημα, ενώ στα δυτικά πραγματοποιήθηκε ένωση των λιμνοθαλασσών Παλαιομπούκα και Κόφτρα. Στο κόλπο της Κόπραινας σχηματίζονται μικρού μεγέθους αμμολουρίδες.

4.3.4. Υποεπιφανειακά ιζήματα (κατανομή των ιζημάτων στους πυρήνες)

Για την μελέτη των υποεπιφανειακών ιζημάτων στον Αμβρακικό κόλπο ελήφθησαν από το ΕΛΚΕΘΕ οι πυρήνες A-1, A-4, A-5 από τον πυθμένα του κόλπου (Εικόνα 9β).

Περιγραφή θαλάσσιων πυρήνων

Πυρήνας A-1

Βρίσκεται σε βάθος 50m και το μήκος της είναι 200 cm. Ο πυρήνας αποτελείται από ψαμμιτικό υλικό πράσινου έως γκρι χρώματος που εναλλάσσεται με ελαιοπράσινο έως ελαιογκρί ιλυώδες υλικό. Οι ορίζοντες έχουν πάχος 1 mm - 10 cm, αλλά εκτός αυτών παρατηρούνται σε όλη την στήλη και λεπτοί σκουρόχρωμοι ορίζοντες με πάχος 5mm περίπου.

Με περιεκτικότητα λιγότερο από 50% εμφανίζονται τα χερσογενή υλικά που αποτελούνται κυρίως από χαλαζία και αστρίους. Τα αδιαφανή υλικά συμμετέχουν σε ποσοστό έως και 20%, τα ανθρακικά λιγότερο από 10% και οι ποσότητες των ασβεστολιθικών κελυφών υπολογίστηκαν κάτω από 5%, όπως και των μαρμαρυγιών. Τα βαρέα ορυκτά βρίσκονται σε ασήμαντες ποσότητες μέσα στα ιζήματα.

Οι κόκκοι άμμου είναι υπογωνιώδης, ενώ, μόνο στα ασβεστιτικά τεμάχια αποκτούν μεγαλύτερη στρογγυλότητα.

Το περιβάλλον απόθεσης χαρακτηρίστηκε ως μέτωπο προδέλτα. Η ιζηματογένεση επηρεαζόταν εποχιακά από την τροφοδοσία του Άραχθου σε χερσογενή υλικά. Η σχετικά υψηλή, αυτή, παροχή του ποταμού σε ιζήματα, αποδεικνύεται από τις μικρές ποσότητες ασβεστολιθικών κελυφών σε συνάρτηση με τις μεγάλες ποσότητες χερσογενών υλικών. Η έντονη δυναμική ενέργεια που επικρατεί στο περιβάλλον που πραγματοποιείται η απόθεση δηλώνεται από την μορφή των κόκκων που είναι υπογωνιώδης αλλά και από την ύπαρξη των ανθρακικών στα μικροσκοπικά παρασκευάσματα του συνολικού δείγματος (απουσιάζει το κλάσμα >63 μm).

Το βάθος που έγινε η γεώτρηση είναι 57 m και το μήκος της είναι 190 cm. Τα υλικά του πυρήνα είναι χονδρόκοκκα μέχρι τα 90 cm, ενώ στα κατώτερα επικρατούν λεπτόκοκκα ιζήματα. Τα ορυκτά που συναντώνται είναι κυρίως, χαλαζίας, άστριοι, οι ποσότητες των μαρμαρυγιών είναι σταθερές σε ολόκληρη την έκταση της διάτρησης και σ' όλα τα ορυκτά διαπιστώθηκε λεπτόκοκκη φάση (μακροσκοπικές παρατηρήσεις).

Το ανώτερο τμήμα της γεώτρησης, δηλαδή μέχρι τα 90cm, αποτελείται από λεπτές λαμίνες όπου εναλλάσσεται ψαμμιτικό υλικό πράσινου έως γκρι χρώματος με ιλυάργιλο (ελαιογκρί χρώματος). Επίσης, το ποσοστό της αργίλου είναι μικρότερο από 60% και της ιλύος μεγαλύτερο από 40%. Σε πολλά σημεία εντοπίζονται παρεμβολές οργανικής ύλης. Το CaCO_3 βρίσκεται σε ποσοστό 15%. Επιπλέον, παρατηρούνται αδιαφανή υλικά σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες απ' ότι στο κάτω μέρος του πυρήνα που εκτείνεται μετά τα 90cm.

Το τμήμα της γεώτρησης μεταξύ των 90cm και των 150 cm συντελείται, σχεδόν αποκλειστικά, από ιλυάργιλο. Η άργιλος συναντάται σε ποσοστά μεγαλύτερα από 69%, ενώ η ιλύς μικρότερα από 30%. Οι τιμές συμμετοχής του CaCO_3 είναι περίπου 20%. Τα ανθρακικά χερσογενή υλικά βρίσκονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες απ' ότι στο άνω τμήμα (από 0 έως 90cm), όπως επίσης και τα χερσογενή ορυκτά (χαλαζίας, άστριοι). Αυτό δεν ισχύει για τα ανθρακικά βιογενή που στο κάτω τμήμα του πυρήνα βρίσκονται σε μεγαλύτερα ποσοστά.

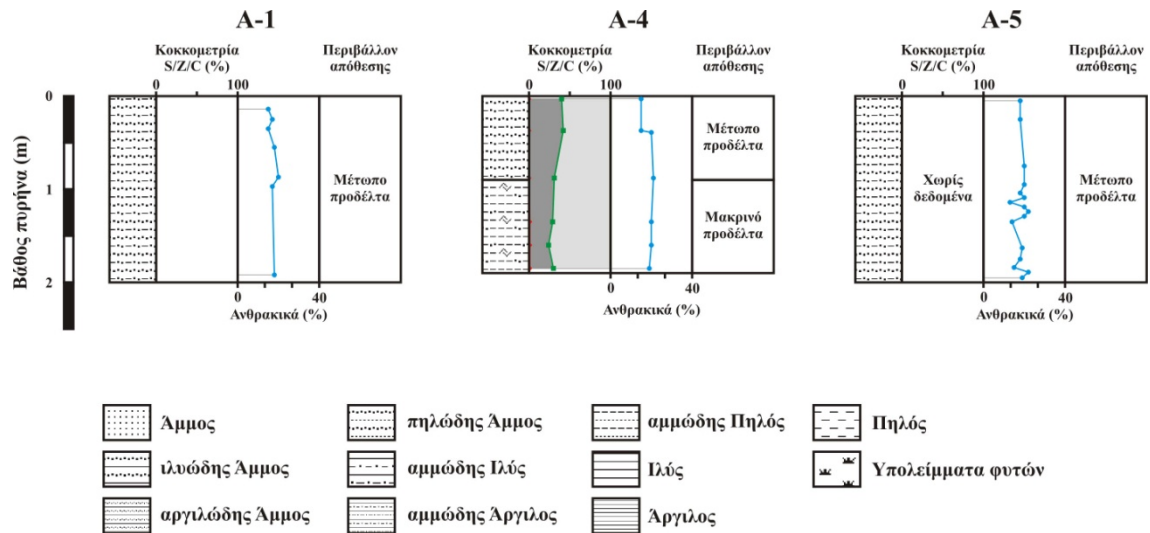
Το περιβάλλον απόθεσης χαρακτηρίζεται ως προδελταϊκό μέτωπο (δελταϊκές αποθέσεις Άραχθου) και εξελίσσεται σε μακρινό προδέλτα (ήρεμη ιζηματογένεση).

Πυρήνας A-5

Το βάθος που έγινε η γεώτρηση είναι 25 m και το μήκος της 198 cm. Παρατηρούνται εναλλαγές λεπτών έως πολύ λεπτών λαμίνων ιλύος σκοτεινού ελαιοπράσινου έως ελαιογκρί χρώματος και άμμου πράσινου έως γκρι χρώματος.

Τα χονδρόκοκκα υλικά και ιδιαίτερα το κλάσμα της άμμου αποτελούνται από χαλαζία, αστρίους, μαρμαρυγίες και ανθρακικά τεμάχια. Σε πολύ μικρές ποσότητες βρίσκονται τα βιογενή ανθρακικά και εντοπίζονται σε όλη την γεώτρηση. Επίσης, παρατηρήθηκαν νανοαπολιθώματα στις ενδιαστρώσεις ιλύος (παρουσία υπομικροσκοπικής φάσης). Στους ορίζοντες άμμου το CaCO_3 υπολογίστηκε σε ποσοστό 13%, ενώ στην ιλυάργιλο 22%.

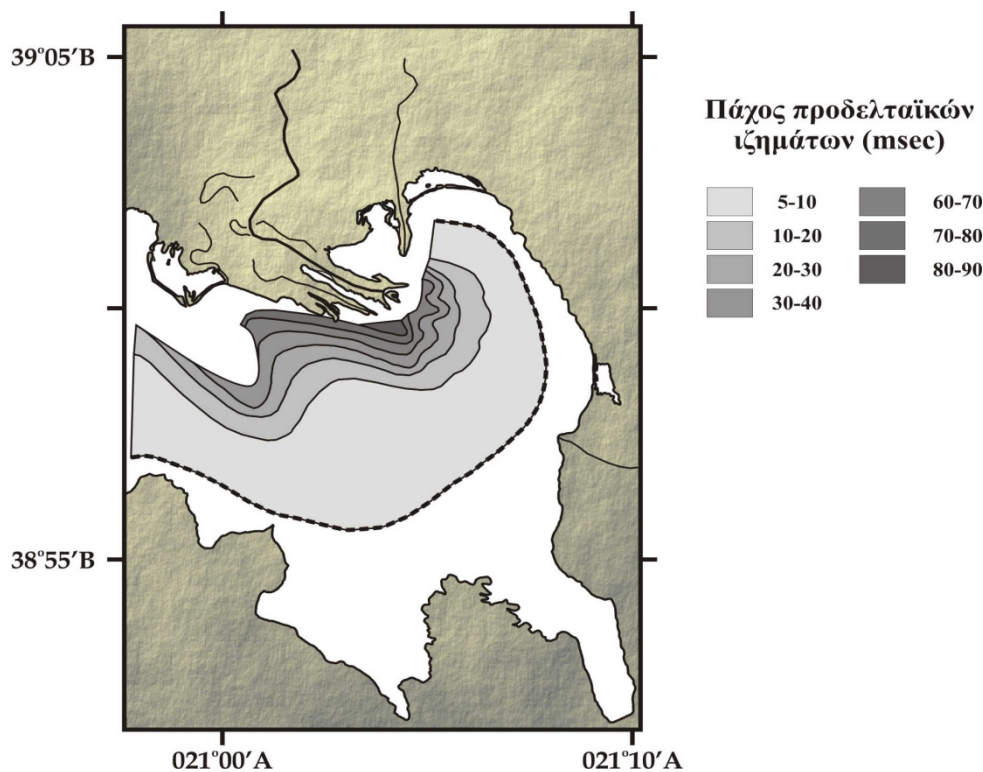
Το περιβάλλον απόθεσης, σύμφωνα με όλες τις παρατηρήσεις που έγιναν για τον πυρήνα της γεώτρησης, θεωρήθηκε δελταϊκό μέτωπο. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι το μικρό βάθος απόθεσης, όπως και η γρήγορη ελάττωση του βάθους προς τον βορρά, που δείχνουν την ταχεία προέλαση των αποθέσεων του ποταμού. Οι ασβεστολιθικοί βενθικοί οργανισμοί απουσιάζουν, γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι η απόθεση και η ιζηματογένεση πραγματοποιήθηκαν με γρήγορο ρυθμό.



Εικόνα 26: Απεικόνιση θαλάσσιων πυρήνων ιζημάτων (Karsimalis, 2004).

4.3.5 Εσωτερική δομή και λιθοστρωματογραφία των προδελταϊκών αποθέσεων

Το Υψηλής στάθμης Απομακρυσμένο Πρίσμα HDW₃ είναι ένας καλά αναπτυγμένος δελταϊκός σχηματισμός που αντιπροσωπεύει τις πιο πρόσφατες αποθέσεις του ποταμού Άραχθου. Η εσωτερική δομή του δείχνει διαμόρφωση της εξέλιξης του δέλτα με σίγμοειδή μορφή, με μέτριες έως υψηλές ανακλάσεις και υψηλή πλευρική συνέχεια στις απολήξεις του πρίσματος. Το HDW₃ στα εκτείνεται 8 km της λεκάνης, σε βάθος κατά προσέγγιση 60 m, ενώ συσσωρεύσεις σε σχήμα λοβού παρατηρήθηκαν στο κατερχόμενο τμήμα. Αυτοί οι λοβοί συνδέονται με βραχύβια και ανεξάρτητα γεγονότα της χρονικής λειτουργίας των δευτερευόντων ποτάμιων στομιών. Ο κεντρικός χώρος απόθεσης του HDW₃ που βρίσκεται στο μπροστινό τμήμα της σημερινής εκβολής του Άραχθου έχει μέγιστο πάχος 45 km, το οποίο μειώνεται προς τα νοτιότερα. Καλύπτει σχεδόν όλη την ανατολική πλευρά του κόλπου, έχοντας σε κάτοψη ένα πρότυπο λοβοειδές σχήμα (Karsimalis et al.,2005).



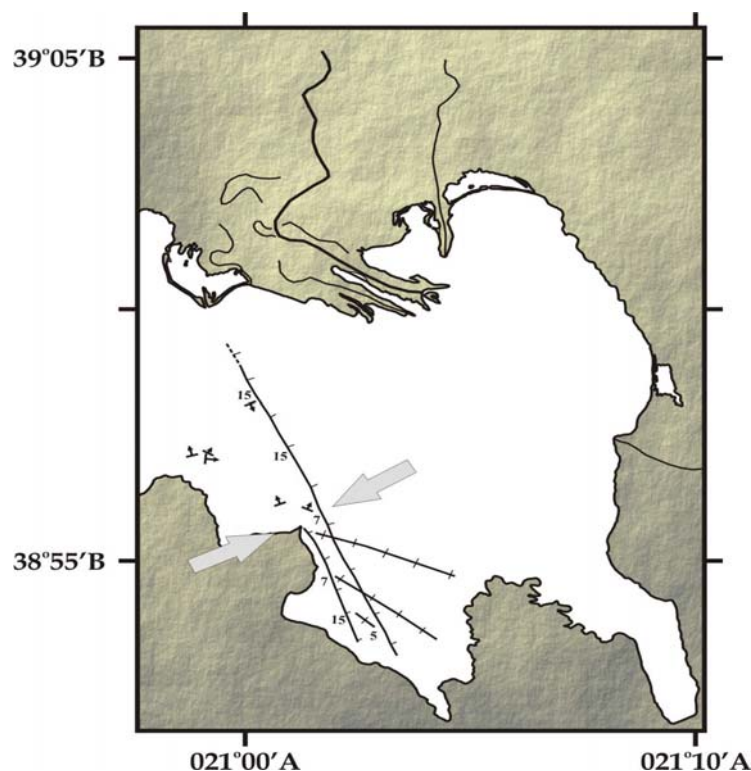
Εικόνα 27: Προδελταϊκές αποθέσεις του Ποταμού Άραχθου (Karsimalis et al.,2005)

Ο Αμβρακικός κόλπος είναι μία ρηξιγενείς λεκάνη που αναπτύχθηκε κατά το Τεταρτογενές και τοποθετείται στο τελείωμα του δεξιόστροφου ρήγματος μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς.

Στην περιοχή του κόλπου διαπιστώθηκαν δύο ομάδες νεοτεκτονικών ρηγμάτων. Η πρώτη αποτελείται από ρήγματα αντενεργά που βρίσκονται στην περιοχή Κατούνα. Η ηλικία τους τοποθετείται στο Τριτογενές και έχουν διεύθυνση ΒΒΑ. Το δεύτερο σύνολο απαρτίζεται από ενεργά ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ και έχουν ηλικία Τεταρτογενή.

Ο συνδυασμός της νεοτεκτονικής δραστηριότητας, των ευστατικών κινήσεων της στάθμης της θάλασσας και οι δελταϊκές διεργασίες δίνουν την αλληλουχία των ιζημάτων στον Αμβρακικό. Επιπλέον, με βάση τις ευστατικές κινήσεις της στάθμης της θάλασσας ερμηνεύεται η στρωματογραφία της περιοχής και εκτιμάται η νεοτεκτονική δραστηριότητα στον κόλπο.

Ένα σημαντικό, ακόμη, γεγονός που έχει διαπιστωθεί από παλαιοκλιματικά δεδομένα είναι ότι η υψηλότερη εκροή των ποταμών πραγματοποιήθηκε στα 8-6 cal. Ka.



Εικόνα 28: Νεοτεκτονισμός στην περιοχή του Ποταμού Άραχθου (Kapsimalis, 2003).

5. Ερμηνεία και σύνθεση

5.1 Ιστορική εξέλιξη της εκβολής του ποταμού Άραχθου

Από την ερμηνεία των διαθέσιμων αποτελεσμάτων και σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα των Τζιαβός (1996), Karsimalis et al. (2005) και Poulos et al. (2008) είναι δυνατή η παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της ευρύτερης περιοχής.

Στο ανατολικό τμήμα του κόλπου, πριν από 70.000 χρόνια σχηματιζόταν μια παλαιο-λίμνη απομονωμένη από το δυτικό τμήμα που ακόμα δεν είχε εμφανισθεί στην επιφάνεια. Η στάθμη ήταν αρκετά χαμηλότερη (περίπου 50 m).

Στην συνέχεια, στα 50.000 χρόνια πριν, ο Αμβρακικός αναδύθηκε και απομονώθηκε από το Ιόνιο Πέλαγος και ακολούθησε διάβρωση της περιοχής και δημιουργία ενός δικτύου παλαιοκοιλάδων με μεγάλο βάθος. Πιθανότατα οι ποταμοί Λούρος και Άραχθος αποτελούσαν παλαιοπόταμο στον οποίο προστέθηκαν και άλλοι μικρότεροι ποταμοί και ρεύματα (Karsimalis et al, 2005).

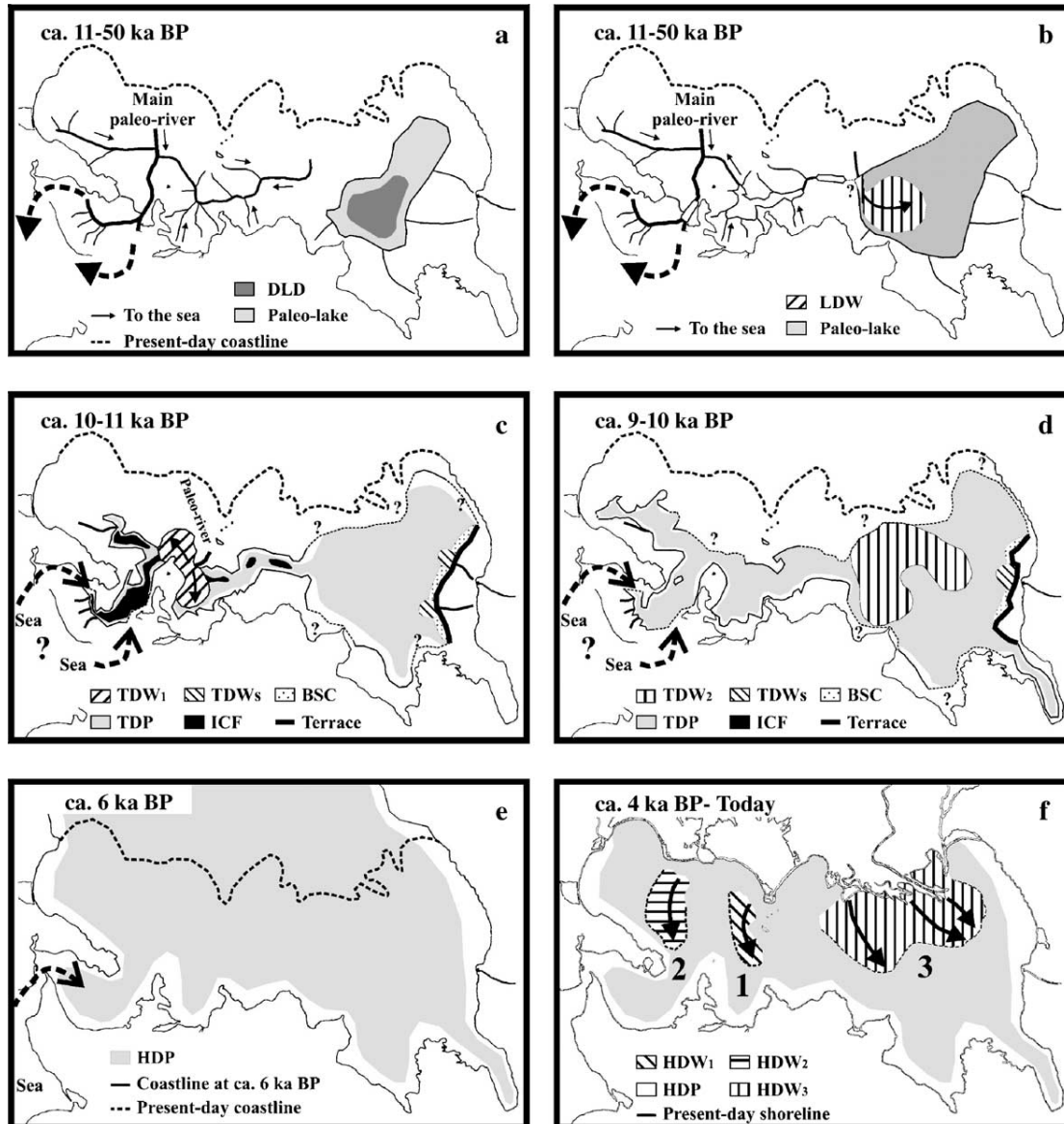
Πριν 11.000 χρόνια η στάθμη της θάλασσας προσδιορίστηκε ότι ήταν στα 55m και πραγματοποιήθηκε εισροή θαλασσινού νερού μέσω του περάσματος Ακτίου- Πρέβεζας.

Στα επόμενα χρόνια η άνοδος της στάθμης της θάλασσας συνεχίζεται με ταυτόχρονη επιβράδυνση της προέλασης της ακτογραμμής και γρήγορη οπισθοχώρηση της. Στα 7.000 χρόνια πριν, βρίσκεται κοντά στη λιμνοθάλασσα Λογαρού περίπου 300m απόσταση βόρεια αυτής (Poulos et al., 2005).

Επιπλέον πριν 6.000 χρόνια λαμβάνει χώρα ελάττωση του ρυθμού της ανόδου του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης και η ακτογραμμή ξεκινά να κατευθύνεται προς τον νότο (Poulos et al., 2005). Επίσης, η ακτογραμμή βρίσκεται 13.5 km περίπου από την Κορωνησία, στα βόρεια αυτής, που στο χρονικό αυτό διάστημα ήταν νησί, όπως και οι λόφοι της Βίλγας και Σαλαώρας. Ο αρχικός παλαιοπόταμος διαχωρίστηκε στο Λούρο, που η πορεία του γίνεται προς τα βορειοδυτικά και στον Άραχθο με πορεία προς τα βορειοανατολικά (Karsimalis et al, 2005).

Ο Λούρος και Άραχθος πρόσχωναν το βόρειο τμήμα του κόλπου, δηλαδή τα ιζήματα που κατέληγαν εκεί προέρχονταν από τους δύο αυτούς ποταμούς σχημάτιζαν το δελταϊκό σύμπλεγμα του Ολοκαίνου (Poulos et al, 1995, Tziavos et al., 1996). Ο σχηματισμός, στα

βαθύτερα, ενός ακραίου προδέλτα οφείλεται στην συγκέντρωση λεπτόκοκκου υλικού (Kapsimalis et al., 2005).



Εικόνα 29. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση του βόρειου τμήματος του Αμβρακικού Κόλπου (από Kapsimalis et al., 2005).

Η εικόνα της ακτογραμμής πριν 3.000 - 4.000 χρόνια προσεγγίζει την σημερινή. Στο ανατολικό μέρος του Αμβρακικού αποτέθηκε ο πιο πρόσφατος δελταϊκός σχηματισμός (από τους τρεις που αποτέθηκαν την συγκεκριμένη χρονική περίοδο) και αντιστοιχεί στον Άραχθο.

Πριν από 1.600 - 1.100 χρόνια ο ποταμός Λούρος εκβάλλει στην Νέα Κερασού και σχηματίζεται η λιμνοθάλασσα Ροδιά.

Στα 800- 900 μ.Χ πραγματοποιείται εκτροπή του ποταμού Λούρου και η νέα θέση είναι πολύ κοντά με την σημερινή εκβολή του, η οποία δεν έχει μεταβληθεί από το 1788. Η εκφόρτιση του Άραχθου λαμβάνει χώρα σε δύο ή σε τρεις ξεχωριστές θέσεις (Poulos et al., 2005).

Τέλος, ο Άραχθος εκφορτίζεται στην Παλαιομπούκα από τον 17^ο αιώνα έως τον 19^ο αιώνα. Οι σύγχρονες εκβολές του ποταμού από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα (Kapsimalis et al., 2005).

Μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, μεγάλα εγγειοβελτιωτικά έργα έχουν αλλάξει ριζικά τις χρήσεις γης στη δελταϊκή πεδιάδα. Βαρύτητα δόθηκε στην αποστράγγιση των εδαφών και ιδιαίτερα των παρόχθιων και περιλίμνιων περιοχών. Έτσι, αυτοί οι υδρότοποι μειώθηκαν κατά 6% τα επόμενα χρόνια, ενώ το 80% αυτών είναι εσωτερικοί βιότοποι γλυκού νερού, όπου χρησιμοποιήθηκαν, κυρίως, για καλλιέργειες. Αντίθετα, η έκταση των λιμνοθαλασσών (Πλατανάκι, Ροδιά, Μαρτινί, κ.α.) που εντοπίζονται μέσα στα όρια της δελταϊκής πεδιάδας και των συνδεδεμένων ελών έχει παραμείνει σχεδόν αμετάβλητο από το 1945.

5.2 Ανθρώπινη επίδραση

Οι ανθρώπινες επεμβάσεις επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό την περιοχή ανάπτυξης του δέλτα του ποταμού Άραχθου, όπως και τα ύδατα αυτού και του Αμβρακικού κόλπου, δηλαδή του υδάτινου αποδέκτη. Όπως, έχει αναφερθεί στον ποταμό Άραχθο έχουν κατασκευαστεί υδροηλεκτρικά φράγματα. Τα αποτελέσματα της κατασκευής αυτών των φραγμάτων είναι η μείωση των φερτών υλικών των ποταμών, καθώς η μεγαλύτερη ποσότητα των ιζημάτων κατακρατείται, και η ελάττωση παροχής γλυκού νερού.

Έτσι, στα νερά του ποταμού τα φερτά υλικά βρίσκονται σε μικρά ποσοστά και αυτό οδηγεί στην ανάσχεση της δελταϊκής προέλασης και κατ' επέκταση στη διάβρωση του μετώπου της εκβολής. Η διάβρωση των λουρονησίδων επηρεάζει αρνητικά την ορνιθοπανίδα αφού χρησιμοποιούνται αυτές ως εστίες φωλιάσματος από τα πτηνά.

Έπειτα, στο κατώτερο μέρος του κόλπου επικρατεί αύξηση της αλατότητας λόγω της μειωμένης παροχής σε γλυκό νερό. Αυτό συμβαίνει, επειδή τα φράγματα εμποδίζουν την φυσιολογική ροή των ποταμών. Με αυτό τον τρόπο οι βιοκοινωνίες των λιμνοθαλασσών

επηρεάζονται αισθητά. (Βαρελά κ.α., 1996). Έμμεσες συνέπειες είναι η αύξηση συρρίκνωσης των καλαμιώνων και η μείωση των δασικών εκτάσεων.

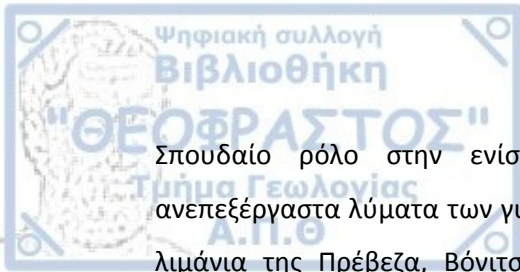
Έχει παρατηρηθεί ότι μετά από πέντε χρόνια λειτουργίας του φράγματος Πουρνάρι 1 στον Άραχθο ποταμό, υπήρξε σημαντική αύξηση της αργίλου σε αναλογία με την ιλύ, λόγω της ελάττωσης της ροής του ποταμού και ιδιαίτερα της αδυναμίας μεταφοράς πιο χονδρόκοκκου υλικού.

Ένας από τους λόγους κατασκευής των φραγμάτων ήταν η συγκράτηση των νερών σε περιόδους πλημμυρών. Όμως, η ύπαρξη των φραγμάτων συνετέλεσε στην κατακράτηση του σωματιδιακού φορτίου εντός των ταμιευτήρων, αποτρέποντας έτσι την τροφοδοσία της δελταϊκής πεδιάδας με υλικά απαραίτητα για την δυναμική ισορροπία του παράκτιου συστήματος. Η χρόνια έλλειψη διαθέσιμων ιζημάτων στην ενεργή εκβολή οδήγησε, αρχικά, στην ανάσχεση της ανάπτυξής του και, τελικά, στην υποχώρησή του.

Η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων είναι ένας επιπλέον λόγος περιβαλλοντικής υποβάθμισης της περιοχής. Γύρω από τον Αμβρακικό κόλπο παρατηρήθηκαν φτωχοί εδαφικοί τύποι. Έτσι, μόνο κατά το έτος 1980 χρησιμοποιήθηκαν περίπου 31.400 τόνοι λιπάσματος. Με την αύξηση, λοιπόν, των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και τη συνεχή χρήση λιπασμάτων και γενικότερα αγροχημικών σκευασμάτων πραγματοποιήθηκε εμπλουτισμός των υδάτων σε θρεπτικά άλατα που οδήγησαν στην εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού στον κόλπο.

Με την μελέτη υδάτινων δειγμάτων που ελήφθησαν από τους ποταμούς Άραχθο και Λούρο εντοπίστηκαν μεγάλα ποσοστά ζιζανιοκτόνων (Αλμπάνης κ.α., 1993), ενώ ένα χρόνο αργότερα ανιχνεύθηκαν εννιά είδη ζιζανιοκτόνων και τρία είδη εντομοκτόνων σε ιζήματα του Αμβρακικού κόλπου (Χελά κ.α., 1994).

Οι διάφορες γεωργικές βιομηχανίες, κτηνοτροφικές μονάδες και βιομηχανίες κρεάτων και χυμών δεν διαθέτουν ή δεν χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων λόγω του υψηλού κόστους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα λύματα αυτών των εγκαταστάσεων να μεταφέρονται από τους ποταμούς και να καταλήγουν στον Αμβρακικό. Με αυτό τον τρόπο επηρεάζονται οι φυσικοχημικοί παράμετροι των υδάτων (pH, οξύτητα, αλκαλικότητα, αλατότητα, αγωγιμότητα, αμμωνία, χλώριο, φώσφορος, νιτρικά, νιτρώδη, λίπη, έλαια, σκληρότητα, διοξείδιο του άνθρακα, οργανικό άζωτο, αλατούχες ενώσεις). Φυσικά, οι αυξημένες ποσότητες θρεπτικών συστατικών συντελούν στον υπερτροφισμό των φυτοπλαγκτικών οργανισμών, κατανάλωση υψηλών ποσοστών οξυγόνου και επικράτηση ασφυκτικών συνθηκών για ζωικούς οργανισμούς του κόλπου.



Σπουδαίο ρόλο στην ενίσχυση του φαινομένου του ευτροφισμού έπαιξαν τα ανεπεξέργαστα λύματα των γύρω κοινοτήτων που καταλήγουν στον Αμβρακικό. Το pH στα λιμάνια της Πρέβεζας, Βόνιτσας και Αμφιλοχίας την καλοκαιρινή περίοδο παρουσιάζει αύξηση, λόγω των λυμάτων που επιβαρύνουν τον κόλπο. Οι βιολογικοί καθαρισμοί της Πρέβεζας, Άρτας και Βόνιτσας βρίσκονται σε λειτουργία, αλλά δεν πληρούν όλες τις προϋποθέσεις ώστε να μην μολύνονται τα ύδατα.

Επιπλέον, τα στερεά λύματα στην περιοχή ανάπτυξης του Άραχθου και του Λούρου ποταμού επιβαρύνουν τα υπόγεια νερά και τα ύδατα του κόλπου. Ιδιαίτερα τον χειμώνα με την υπερχείλιση των ποταμών τα στερεά λύματα οδηγούνται στον Αμβρακικό.

Τέλος, στην περιοχή της Αμφιλοχίας έχουν κατασκευαστεί δύο εγκαταστάσεις υγρών καυσίμων που επιβαρύνουν το υδάτινο οικοσύστημα.

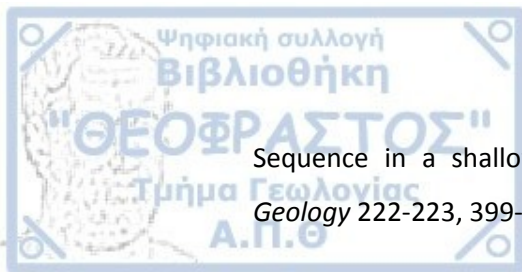
Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στο δελταϊκό πεδίο του ποταμού Άραχθου και γενικότερα στην ευρύτερη περιοχή του Αμβρακικού κόλπου επηρέασαν την ικανότητα μεταφοράς νερού και ιζήματος από τον ποταμό καθώς και το υλικό στην περιοχή του δέλτα και του κόλπου.

Στο ανατολικότερο και κεντρικό τμήμα του Αμβρακικού κόλπου κυριαρχούν οι διεργασίες μεταφοράς ιζημάτων που προκύπτουν από τον Άραχθο, για το σχηματισμό του δελταϊκού λοβού. Όμως η παρουσία του φράγματος, κοντά στην περιοχή Πουρνάρι, στην κύρια κοίτη του ποταμού έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ανάπτυξης του δελταϊκού πεδίου και την διάβρωση των προσχώσεων.

Εκτός από την ανάσχεση της εξέλιξης του δέλτα, η κατακράτηση νερού και ιζημάτων από το φράγμα οδηγεί στην τροποποίηση του ιστολογικού χαρακτήρα των θαλάσσιων ιζημάτων κάνοντάς τα πιο λεπτόκοκκα. Έτσι, επηρεάζεται η αναλογία μεταξύ χερσογενών και βιογενών ιζημάτων.

Στην οπισθοχώρηση του δέλτα, εκτός από το φράγμα που κατασκευάστηκε το 1981, συνέβαλε και η ανάπτυξη εκτεταμένου αρδευτικού δικτύου στην περιοχή της Άρτας. Έπειτα, κατά την περίοδο 1987 - 1999 επικρατούν οι θαλάσσιες διεργασίες και παρατηρείται μεγάλη ελάττωση στις ποσότητες ποτάμιου ιζήματος που μειώνει την τροφοδοσία του δελταϊκού πεδίου σε υλικό και προκύπτει υποχώρηση της δελταϊκής ακτογραμμής.

- Albanis, T., Danis, T., Hela D., 1995. Transportation of pesticides in estuaries of Louros and Arachthos rivers (Ambrakikos Gulf, N.W. Greece).
- Anastasakis, G., Piper, D.J.W., Tziavos, C., 2007. Sedimentological response to neotectonics and sea-level change in a delta-fed, complex graben: Gulf of Amvrakikos, western Greece. *Marine Geology* 236, 27–44.
- Aubouin, J., 1959. Contribution a l'étude geologique de la Grece septentrionale: Les confins de l'Epire et de la Thessalie. *Ann.Geol. d. Pays Hell.* X, 1-525.
- El Raey, M., Frihy, O., Nasr, S.M. and Dewidar, KH. 1999b. Vulnerability assessment of sea level rise over port Said Governorate, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 56, 113-128.
- Eliot, T. (1978b). Modern and ancient deltaic sediments. *Clastic Shorelines*, pp. 143- 177.
- Emelyanov E.M., Shimkus K.M., Kuprin P.N., 1996. Unconsolidated bottom surface sediments of the Mediterranean and Black Seas. Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO). IBCM Geol.-Geoph. Series. Scale 1:1,000,000, St Petersburg, Russia.
- Friedman- Sanndres (1978). Principles of sedimentology. Compl. B. Deltas., New York, John Wiley, pp. 495-508.
- Folk, P.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, 183 pp.
- Ghilardi M., 2007. Dynamiques spatiales et reconstitutions paléogéographiques de la plaine de Thessalonique (Grèce) à l'holocène récent. Université Paris 12 - Val-de-Marne.
- Kapsimalis, V., Poulos. S.E., Karageorgis. A., Pavlakis. P., Collins. M., 2005a. Recent evolution of a Mediterranean deltaic coastal zone: human impacts on the Inner Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea. *Journal of the Geological Society, London* 162, 897–908
- Kapsimalis, V., Pavlakis, P., Poulos, S.E., Alexandri, S., Tziavos, C., Sioulas, A., Filippas, D., Lykousis, V., 2005b. Internal Structure and Evolution of the Late Quaternary



Sequence in a shallow embayment: The Amvrakikos Gulf, NW Greece. *Marine Geology* 222-223, 399-418.

Marinos, G., Stournaras, G., Karotsieris, Z., 1984. A detailed study on the combined utilisation of the water resources of the rivers Louros and Aracthos drainage basins. Technical Report to the Ministry of Energy and Natural Resources, Athens. (in Greek).

Müller, G., Gastner, M., 1971. The carbonate bomb: a simple device for determination of the carbonate content in sediments, soil and other material. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 10, 466-469.

Piper, D.J.W., Panagos, A.G., Kontopoulos N., 1982. Some observations on surficial sediments and physical oceanography of the Gulf of Amvrakia. *Thalassographica* 5, 63-80.

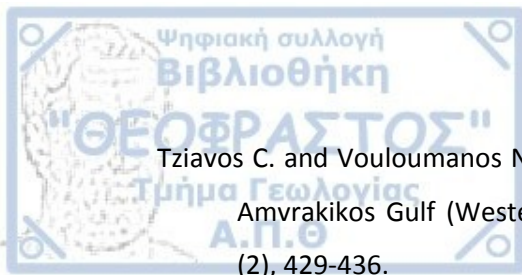
Poulos S.E., 1989. Deltaic sedimentation in the microtidal environment of Greek Waters. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Wales, U.K., 434pp.

Poulos, S.E., Lykousis, V., Collins, M.B., 1995. Late Quaternary deltaic evolution of Amvrakikos Gulf, western Greece, based upon the analysis of 3.5 kHz seismic profiles. *Geo-Marine Letters* 15, 9-16.

Poulos, S.E., Lykousis, V. and Collins, M.B., 1995. Late Quaternary deltaic evolution of Amvrakikos Gulf, western Greece, based upon the analysis of 3.5 kHz seismic profiles. *Geo-Marine Letters*, 15: 9-16.

Poulos, S., Kapsimalis, V., Tziavos, C., Pavlakis, P., Leivaditis G., Collins, M., 2005. Sea-level stands and Holocene geomorphological evolution of the northern deltaic margin of the Amvrakikos Gulf, western Greece. *Z., Geomorphol.* 137, 125-145.

Poulos, S., Kapsimalis, V., Tziavos C., Paramana, T., 2008. Origin and distribution of surface sediments and human impacts on recent sedimentary processes. The case of the Amvrakikos Gulf (NE Ionian Sea).



Tziavos C. and Vouloumanos N., 1994. Microfaunal Distribution in the Surface Sediments of Amvrakikos Gulf (Western Greece)". *Bulletin of the Geological Society of Greece* 30 (2), 429-436.

Tziavos, C.K., 1996. Oceanographic survey and palaeogeographic evolution of the Amvrakikos Gulf. - PhD Thesis, Faculty of Geology, University of Athens, Athens.

Vött, 2007, Holocene Palaeogeographies of the Eastern Acheloos River Delta and the Lagoon of Etoliko (NW Greece).

Woodward, J.C., 1995. Patterns of erosion and suspended sediment yield in Mediterranean river basins. In: Foster, I.D.L., A.M Gurnell and B.W Webb (eds), *Sediment and water quality in river catchments*. John Wiley and Sons Ltd., USA, 365-389.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βαρελα Μ., Καπαντάης Μ., Κουκουβιτάκη Α., Μαλακού Μ., Περγαντής Φ., Σπαταλάς Σ., Ταφάς Τ., 1996. Πρόγραμμα οριοθέτησης υδροβιότοπων Σύμβασης Ramsar. Υδροβιότοπος: Αμβρακικός κόλπος. ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.

Βουβαλίδης, Κ., Γ. Συρίδης, et al. (2003). "Γεωμορφολογικές μεταβολές στον κόλπο της Θεσσαλονίκης εξαιτίας της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας τα τελευταία 10.000 χρόνια." *Αρχαιολογικό Έργο στη Μακεδονία και Θράκη* 17: 313-322.

Βруνιώτης, Δ., 2001. Εδαφογεωχημική έρευνα δελταϊκών αποθέσεων Λούρου-Αράχθου σε συνδυασμό με υδρογεωχημικά στοιχεία. Μελέτη Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα, σελ. 86.

Γαλιατσάτος Π., 2007. Παράγοντες διαμόρφωσης των Ποτάμιων Δέλτα και η σημασία τους.

Πτυχιική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωγραφίας

Καρύμπαλης, Ε., Τέγου, Μ., Τσαλκιτζή, Ο., 2001. «Διερεύνηση Παραγόντων Διαμόρφωσης των Δέλτα της Κεντρικής Ελλάδας». Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. XXXIV/1, 381-388.

Καψιμάλης Β., Τζιαβός Χ., Λίβανος Ι., Αναγνώστου Χ., 2004. Η νέα εκβολή του Άραχθου Ποταμού (ΒΔ Ελλάδα), Παράγοντες που επηρεάζουν την γεωμορφολογική εξέλιξη. 7^ο

Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας – Μυτιλήνης 2004.

Μερτζάνης, Α.Κ., 1992. Γεωμορφολογική εξέλιξη του Αμβρακικού κόλπου. Διδακτορική Διατριβή Πανεπιστημίου Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφία-Κλιματολογία
Μερτζάνης, Α., 1995. Γεωμορφολογική Εξέλιξη του Αμβρακικού Κόλπου. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφίας- Κλιματολογίας.

Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδος, University studio press. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μπόλτσης, Θ., 1986. Συμβολή στη μελέτη του υδατικού ισοδύναμου των ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων της περιοχής Ηπείρου. Διδακτορική Διατριβή Πανεπιστημίου Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφίας- Κλιματολογίας.

Μπορνόβας, Ι. και Θ. Ροντογιάννη - Τσιαμπάου, 1983. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, κλίμακας 1:500000. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, 2η έκδοση, Αθήνα.

Τζιαβός, Χ., Ε. Μπαλόπουλος, Ε. Παπαγεωργίου, Β. Παπαδόπουλος, και Α. Χαραλαμπάκης, 1989 Ωκεανογραφική μελέτη του Αμβρακικού Κόλπου: Φυσική Ωκεανογραφία. Τεχνική έκθεση, Τόμος 2, Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, Αθήνα, σελ. 120.



Τσαμαρδά Κ., 2006. Τυπολογία των λιμνοθαλασσών του Αμβρακικού Κόλπου Διαχείριση του Υδάτινου Οικοσυστήματος. Μεταπτυχιακή Μελέτη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

<http://www.ert.gr/aerialphoto/erga-fragmata.asp>

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nile_River_and_delta_from_orbit.jpg

http://www.nasa.gov/images/content/126364main_pia04174-516.jpg