



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ, ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΠΘ.
**«Ολοκληρωμένη Διαχείριση Λεκανών Απορροής και Παράκτιων
Περιοχών»**

Κηπουρού - Παναγιώτου Αφροδίτη
Γεωλόγος

Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία

**Υδρολογικές, φυσικογεωγραφικές και ανθρωπογενείς διεργασίες
(ανθρωπογενής υδρομορφολογία) στην ανατολική πλευρά της
παράκτιας δελταϊκής πεδιάδας του Νομού Θεσσαλονίκης. Προτάσεις
μείωσης του οικολογικού αποτυπώματος.**

Θεσσαλονίκη 2021



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ, ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΑΠΘ.
**«Ολοκληρωμένη Διαχείριση Λεκανών Απορροής και Παράκτιων
Περιοχών»**

Κηπουρού - Παναγιώτου Αφροδίτη
Γεωλόγος

Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία
**Υδρολογικές, φυσικογεωγραφικές και ανθρωπογενείς διεργασίες
(ανθρωπογενής υδρομορφολογία) στην ανατολική πλευρά της
παράκτιας δελταϊκής πεδιάδας του Νομού Θεσσαλονίκης. Προτάσεις
μείωσης του οικολογικού αποτυπώματος.**

Θεσσαλονίκη 2021



ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
INTERTISCIPLINARY POSTGRADUATE STUDY PROGRAM
"Integrated management of drainage basins and coastal areas"

Kipourou - Panagiotou Afroditi
Geologist

Master Thesis

Hydrological, geographical and anthropogenic processes (anthropogenic hydromorphology) of the eastern part of Thessaloniki coastal deltaic plain.
Suggestions for reducing the ecological footprint.

Thessaloniki 2021

Επιβλέποντες καθηγητές και εξεταστική επιτροπή:

Αλμπανάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Βουβαλίδης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Βουδούρης Κωνσταντίνος, Καθηγητής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών των Τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας & Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ: «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Λεκανών Απορροής και Παράκτιων Περιοχών». Η ανάθεση της έγινε από τον Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ.

Η διεκπεραίωση της μεταπτυχιακής εργασίας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την βοήθεια των καθηγητών και συνεργατών, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αλμπανάκη Κωνσταντίνο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δίνοντας μου την ευκαιρία να εντρυφήσω σε ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα, αλλά και για την καθοδήγηση του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μουρατίδη Αντώνιο, Επίκουρο Καθηγητή του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ για την βοήθεια του σε θέματα που αφορούν την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), καθώς και πολλές ευχαριστίες οφείλω στον κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ, για τη παροχή βιβλιογραφίας και χρήσιμων συμβουλών.

Σημαντική ήταν η συνεισφορά του Αναπληρωτή Καθηγητή Βουβαλίδη Κωνσταντίνου καθώς και της κας Παρασκευής Χατζή, Μεταδιδακτορικής ερευνήτριας του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ, στην παραχώρηση βιβλιογραφίας, την κατανόηση της χρήσης του συστήματος GNSS (TOPCON) και την χρήση του στη διόρθωση παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Κανάκα Γεώργιο, Πρόεδρο του Τ.Ο.Ε.Β Χαλάστρας για τις πολύτιμες πληροφορίες, την ξενάγηση στις καλλιέργειες και τον χρόνο που μου διέθεσε σχετικά με την περιοχή της Χαλάστρας, καθώς επίσης και τους κ. Θεολόγο Κοπαράνη, Προϊστάμενο του Γ.Ο.Ε.Β πεδιάδων Θεσσαλονίκης - Λαγκαδά και τον κ. Χρυσοχοϊδή, Αντιπρόεδρο του Γ.Ο.Ε.Β. Θεσ/νίκης - Λαγκαδά για την βιβλιογραφία και τις πληροφορίες που μου διέθεσαν.

Κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης, σημαντική πηγή βιβλιογραφίας της περιοχής μελέτης αποτέλεσε ο Φορέας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Αθηνά & Γιάννη και τον αδερφό μου Νίκο για την υποστήριξη και την εμπιστοσύνη που μου δείχνουν.

ΣΥΝΟΨΗ

Πολλές μεταβατικές και παράκτιες περιοχές της Ευρώπης πλήττονται εξαιτίας της αύξησης των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που παρεμβαίνουν και υποβαθμίζουν αυτές τις περιοχές. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων η ΕΕ έχει θεσπίσει πολιτικές με βασική συνιστώσα την προστασία του περιβάλλοντος.

Η περιοχή μελέτης αποτελεί μεταβατικό σύστημα και σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, Άρθρο 2, ως μεταβατικά ύδατα ορίζονται τα συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών, τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γειννίας τους με παράκτια ύδατα αλλά τα οποία επηρεάζονται από ρεύματα γλυκού νερού. Εξαιτίας των ανθρωπίνων διεργασιών η περιοχή μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί, σύμφωνα με την παραπάνω Οδηγία, ως τεχνητό υδατικό σύστημα.

Ο Θερμαϊκός κόλπος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κόλπους της χώρας μας και βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του Αιγαίου. Διαβρέχει την Θεσσαλονίκη, την Πιερία, την Λάρισα και την Χαλκιδική. Το βόρειο κομμάτι του Θερμαϊκού κόλπου βρίσκεται στον κόλπο της Θεσσαλονίκης. Η περιοχή μελέτης ανήκει στις δυτικές ακτές του κόλπου της Θεσσαλονίκης.

Η σημερινή μορφή της πεδιάδας είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών που έλαβαν χώρα μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και ανθρωπογενών επεμβάσεων, από το 1930, με κυριότερες την επέμβαση και ευθυγράμμιση των κοιτών των ποταμών, την εκτροπή της κοίτης του Αξιού για να αποφευχθεί η πρόσχωση του λιμανιού της Θεσσαλονίκης, την αποξήρανση της λίμνης των Γιαννιτσών, την κατασκευή φραγμάτων, τις αμμοληψίες, την δημιουργία του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου της πεδιάδας την δεκαετία του 1960, την κατασκευή του παράκτιου αναχώματος και των παράκτιων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων.

Η περιοχή έχει ενταχθεί στη συνθήκη Ramsar, στο δίκτυο οικολογικών περιοχών της Ευρώπης Natura 2000 και είναι γνωστή ως Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού. Από άποψη βιοποικιλότητας οι ορυζώνες χαρακτηρίζονται ως σημαντικοί οικοτόποι, καθώς αποτελούν ενδιαίτημα για πλήθος οργανισμών, και κυρίως για την ορνιθοπανίδα.

Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού στην περιοχή διατίθεται για την άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και κυρίως του ρυζιού, καθώς στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης καλλιεργείται το 80% της συνολικής παραγωγής ρυζιού της χώρας. Οι υδρομορφολογικές συνθήκες της περιοχής είναι ανθρωπογενώς επιβαλλόμενες και ο τρόπος διαχείρισης του αρδευτικού νερού, από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, προσομοιάζει τα χαρακτηριστικά της πρώην φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού. Στο παλαιότερο φυσικό σύστημα υπήρχαν οι διακλαδώσεις της φυσικής κοίτης οι οποίες έχουν αντικατασταθεί πλέον από δύο θέσεις εκτροπής της ροής της κοίτης (Ελεούσας και Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας), όπου το φράγμα ανάσχεσης της Ελεούσας προσάγει το νερό στις κύριες διώρυγες και ο τοπικός περιορισμός του νερού από το χωμάτινο "φράγμα" - ανάχωμα του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, μέσω ενός αντλιοστασίου, τροφοδοτεί με νερό και ιζήματα τον παλιό υπόγειο αγωγό του βιολογικού καθαρισμού, που κατασκευάστηκε αλλά δεν χρησιμοποιήθηκε για αυτό το σκοπό. Η πρώην φυσική πλημμυρική πεδιάδα του δελταϊκού συστήματος, σήμερα αντιπροσωπεύεται από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και κυρίως από ορυζώνες. Τον ρόλο των δευτερευουσών φυσικών κοιτών που τροφοδοτούσαν με νερό την φυσική πλημμυρική πεδιάδα, έχουν αναλάβει πλέον οι αρδευτικές διώρυγες, οι αποστραγγιστικές τάφροι και ο υπόγειος αγωγός του παλαιού βιολογικού καθαρισμού, τα οποία διανέμουν το νερό και τα φερτά υλικά στις καλλιέργειες. Οι εκβολές των φυσικών δευτερευουσών κοιτών αποστράγγιζαν την φυσική πλημμυρική πεδιάδα στην θάλασσα και σήμερα στη θέση τους βρίσκονται τα παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια που παροχετεύουν τα πλεονάζοντα ύδατα στον Θερμαϊκό κόλπο.

Οι αγροτικές εκτάσεις της Χαλάστρας, περίπου τους μισούς μήνες του χρόνου βρίσκονται καλυμμένες με νερό και υδρόβια βλάστηση.

Κατά την αρδευτική περίοδο το νερό που παροχετεύεται από την κοίτη του Αξιού δεν επαρκεί για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών της πεδιάδας και για αυτό το λόγο ο Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας έχει αναπτύξει εναλλακτικές τεχνικές εξοικονόμησης νερού.

Η περιοχή από την δεκαετία του 1960, έχει υποστεί εδαφική υποχώρηση (subsidence) και εδαφική συμπίεση (compaction), οι οποίες σε κάποιες θέσεις της πεδιάδας μελέτης ξεπερνούν τα -2 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Μετά το 2010 στην περιοχή εμφανίζεται μείωση του ρυθμού υποχώρησης των εδαφών και από το 2015 μέχρι σήμερα, οι εδαφικές μετατοπίσεις είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών υποχώρησης το χρόνο. Αυτό το γεγονός πιθανόν να έχει δημιουργήσει υψομετρική διαφορά ανάμεσα στην κοίτη του Αξιού ποταμού και στην γύρω περιοχή και κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε πλευρική διήθηση του νερού του ποταμού, δημιουργώντας πλημμύρες στις γύρω αγροτικές εκτάσεις. Ένα ακόμα πρόβλημα που δημιουργήθηκε από τα φαινόμενα της εδαφικής υποχώρησης (καθίζησης) είναι η αδυναμία αποστράγγισης της πεδιάδας με ελεύθερη ροή και για αυτό το λόγο κατασκευάστηκαν τα παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια. Το παράκτιο ανάχωμα δημιουργήθηκε για να αποτρέψει την εισχώρηση της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές.

Λόγω της συστηματικής άρδευσης και αποστράγγισης, η λειτουργία των αντλιοστασίων είναι εκτεταμένη, καταναλώνοντας μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ενεργειακό αποτύπωμα της πεδιάδας να είναι μεγάλο και είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης και εξοικονόμησης της ενέργειας και των παραγόμενων εκπομπών διοξειδίων για ένα πιο "πράσινο" οικολογικό αποτύπωμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται προσπάθεια διερεύνησης των φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών που επηρεάζουν τις υδρομορφολογικές συνθήκες που επιβάλλονται από τις χρήσεις γης και συνδέονται με την ικανότητα εδαφικής υποχώρησης και αποστράγγισης της χαμηλής δελταϊκής πεδιάδας κοντά στον οικισμό της Χαλάστρας.

Η περιοχή της Χαλάστρας βρίσκεται περίπου 20 km δυτικά της πόλης της Θεσσαλονίκης, εκτείνεται μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού προς τα δυτικά και ανατολικά αντίστοιχα και το θαλάσσιο μέτωπο στα N-NA.

Στην προσπάθεια αυτή, έγινε αρχικά μελέτη της περιοχής μέσω βιβλιογραφίας, δορυφορικών εικόνων και ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM) και στη συνέχεια ακολούθησε η λήψη 46 στιγμάτων σε επιλεγμένες θέσεις, που διανέμονται από το θαλάσσιο μέτωπο μέχρι το βόρειο τμήμα της πεδιάδας, κάτω από την Εγνατία Οδό ή ΠΑΘΕ. Ο σκοπός ήταν να εντοπιστεί η έκταση των θέσεων με αρνητικά υψόμετρα και να υπολογιστεί η περιοχή στην οποία απαιτείται αποστράγγιση μέσω αντλιοστασίων, τα οποία βρίσκονται στο παράκτιο ανάχωμα που προστατεύει την χαμηλή περιοχή της πεδιάδας από την θαλάσσια εισχώρηση. Ταυτόχρονα, καταβλήθηκε προσπάθεια απόκτησης πληροφοριών και περιγραφής του συστήματος άρδευσης που εφαρμόζεται εμπειρικά από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας. Γίνεται επίσης αναφορά στην υψηλή κατανάλωση ενέργειας των παράκτιων αντλιοστασίων για την αποστράγγιση της πεδιάδας και προτείνονται λύσεις για τη μείωσή της με μηχανικό τρόπο, ή με την χρήση ΑΠΕ, ή τέλος, ανάκτησης αυτής της ενέργειας και αξιοποίηση της για ενεργειακή αυτονομία της πεδιάδας.

Οι θέσεις που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας καθορίστηκαν αρχικά χρησιμοποιώντας το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM). Κατόπιν, η περιοχή ερευνήθηκε μέσω 46 επίγειων σταθμών ελέγχου, χρησιμοποιώντας το σύστημα GNSS (TOPCON) για την διόρθωση παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και του χειριστηρίου πεδίου με λογισμικό MAGNET FIELD. Η έρευνα επιβεβαίωσε ότι 28 από τα 46 στίγματα που λήφθηκαν βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα υψόμετρα του DEM. Οι θέσεις με αρνητικά υψόμετρα φαίνεται να συγκεντρώνονται στην ανατολική και στη νότια πλευρά της περιοχής μελέτης, πίσω από το παράκτιο ανάχωμα, με υψόμετρο που φτάνει έως -2 m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Τα αποτελέσματα από την σύγκριση της επιφάνειας των θέσεων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (52 km²), σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια της πεδιάδας (145 km²) έδειξαν ότι το 36% της πεδιάδας βρίσκεται σε υψόμετρο μικρότερο του μηδενός.

Τα αποτελέσματα από την σχηματική απεικόνιση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου, των τεχνικών που εφαρμόζονται για επαναχρησιμοποίηση του αρδευτικού νερού, καθώς και η αντιστοίχιση φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της παλαιάς φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας με την σημερινή ανθρωπογενώς διαμορφωμένη κατάσταση, βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών της πεδιάδας.

Τέλος, λόγω της εδαφικής υποχώρησης (subsidence) που έχει υποστεί η δελταϊκή πεδιάδα, η αποστράγγιση πραγματοποιείται μέσω των παράκτιων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων, τα οποία είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα και συμβάλουν σημαντικά στην αύξηση του οικολογικού αποτυπώματος. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η μείωση ή/και εξοικονόμηση αυτής της ενέργειας.

ABSTRACT

The current study is an effort to investigate the natural and anthropogenic processes that influence the hydromorphological conditions, imposed by land use and interconnected to ground subsidence and drainage ability of a low-lying deltaic plain near Chalastra area.

The area of Chalastra is located approximately 20 km west of Thessaloniki City and extends between the rivers Axios and Gallikos to the West and East respectively and the seafront to the south-southeast.

In this effort, the area initially was studied through bibliography, satellite imagery and digital elevation model (DEM), followed by field surveys to collect ground truth information concerning the absolute elevation of 46 ground stations distributed from the seafront to the upper part of the plain. The purpose was to identify the extend of the negative altitudes and calculate the area necessary to be drained by pumping stations, located on the coastal seawall that protects the low-lying area from the sea. At the same time and effort has been made to obtain information and describe the irrigation scheme applied empirically by Chalastra TOEV authorities.

Reference is also made to the high energy consumption of pumping stations for drainage of the plain and solutions are proposed to reduce it mechanically, or by using RES, or finally to recover this energy and use it for energy autonomy of the plain.

The positions below sea level initially were determined by using digital elevation model (DEM).

The area was also surveyed by means of 46 ground control stations using a GNSS (TOPCON) system with MAGNET FIELD software for RTK differential positioning. The survey confirmed that 28 of 46 stations were below the sea surface and were in good agreement with digital elevation model (DEM) altitudes. The stations with negative elevation appear to be concentrated on the east and south side of the study area, behind the coastal seawall, with an elevation of up to -2 m above sea level. The results from the comparison of the area below sea surface (52 km²) in relation to the total area of the plain (145 km²) showed that 36% of the plain has been subsided. The results from the schematic representation of the irrigation and drainage network, the empirical techniques applied by local irrigation authorities for the recycling of irrigation water, as well as the correspondence of natural - anthropogenic hydromorphological characteristics of the old natural flood plain with the current anthropogenically influenced situation, help in better understanding of the functions of the plain.

Due to the land subsidence of the deltaic plain, drainage is carried out through offshore drainage pumping stations, which are very energy-intensive and contribute significantly to increasing the ecological footprint. It is therefore necessary to reduce and/or save this energy.

Συντομογραφίες & ακρωνύμια

A/Γ	Ανεμογεννήτριες
ΑΕΠΟ	Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων
ΑΠΔΑ	Ανατολική Προσαγωγό Διώρυγα Αξιού
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Γ.Ο.Ε.Β.	Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΕΓΣΑ	Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΛΘ	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης
ΕΖΔ	Ειδική Ζώνη Προστασίας
ΕΚ	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΕΥΑΘ	Εταιρία Ύδρευσης Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΖΕΠ	Ζώνη Ειδικής Προστασίας
Κ.Δ.	Κύρια Διώρυγα
ΚΣΤ	Κεντρική Στραγγιστική Τάφρος
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΛΑΠ	Λεκάνη Απορροής Ποταμού
ΟΠΥ	Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα ή Οδηγία 2000/60/ΕΚ
ΠΔ	Προεδρικό Διάταγμα
ΠΟΑΥ	Περιοχή Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών
Τ.Ο.Ε.Β.	Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΥΔ	Υδατικό Διαμέρισμα
Φ/Β	Φωτοβολταϊκά
ΦΔ	Φορέας Διαχείρισης
ΦΔΠΠ	Φορέας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης
ΧΑΔΑ	Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Αποβλήτων
DEM	Digital Elevation Model
GNSS	Global Navigation Satellite System
Ma	Million years ago

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
ΣΥΝΟΨΗ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1. Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης	16
1.2. Χρήσεις υδάτων.....	20
1.3. Υπόγειοι υδροφορείς	22
1.4. Θεσμικό πλαίσιο.....	23
1.4.1. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για την προστασία των υδάτων (ΟΠΥ).....	23
1.4.2. Εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα	24
1.5. Επικαιροποίηση Νομικού Πλαισίου της προστατευόμενης περιοχής Natura 2000	25
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	30
2.1. Ιζηματολογία και στρωματογραφία της περιοχής.....	32
3. ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	35
3.1. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης	36
4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΟΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ 1,5 ΑΙΩΝΑ	38
5. ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	45
5.1. Παλίρροια.....	46
6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	49
7. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ.....	53
7.1. Ανθρωπογενώς επιβαλλόμενες υδρομορφολογικές συνθήκες.....	53
7.2. Βιοποικιλότητα των πλημμυρισμένων ορυζώνων	57
7.3. Αρδευτικό και αποστραγγιστικό δίκτυο της πεδιάδας	59
7.4. Διαχείριση του νερού από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας.....	63
8. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	67
8.1. Εργασίες γραφείου διαθέσιμων στοιχείων	67
8.2. Τοπογραφικά σημεία υψομέτρου με GNSS.....	67
8.3. Επεξεργασία δεδομένων	69
9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	71
9.1. Προπαρασκευαστικό στάδιο για την εργασία πεδίου.....	71
9.2. Τοπογραφικά σημεία υψομέτρου	72
9.3. Επεξεργασία δεδομένων.....	75
9.4. Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας του δικτύου & αντιστοίχιση φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών	85

10.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	91
11.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	93
11.1.	Συμπεράσματα	93
11.2.	Προτάσεις για μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος & μελλοντικές έρευνες	94
11.2.1.	Μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος (1. μηχανικά 2. μέσω ΑΠΕ)	94
11.2.2.	Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες στην περιοχή	100
12.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	102
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	109
	EXTRA ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.....	114

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μεταβατικά συστήματα χαρακτηρίζονται ως παραγωγικά καθώς φιλοξενούν οικοτόπους, αποτελούν πηγή τροφής και χώρο λειτουργίας δραστηριοτήτων, αλλά θεωρούνται ευάλωτα και απειλούμενα οικοσυστήματα.

Στις μέρες μας οι μεταβατικές και παράκτιες ζώνες δέχονται αυξανόμενες πιέσεις από την υπερεκμετάλλευση τους, ξεπερνώντας τα όρια της φέρουσας ικανότητας του συστήματος. Οι πιέσεις αυτές εστιάζονται στην υπέρμετρη κατανάλωση των φυσικών πόρων και οικοσυστημάτων, στην κατασκευή αλλά και στην αυξανόμενη ζήτηση των παράκτιων υποδομών.

Οι κύριες μεταβολές σχετίζονται με τις κλιματικές αλλαγές, την αυξανόμενη οικιστική και τουριστική ανάπτυξη, τις γεωργικές, βιομηχανικές, αλιευτικές δραστηριότητες και τις μεταφορές (ΕΕΑ, 2006).

Η περιοχή μελέτης οριοθετείται στα βόρεια: από το φράγμα εκτροπής του Αξιού ποταμού (Ελεούσα) και με κατεύθυνση προς νότο φτάνει μέχρι το θαλάσσιο μέτωπο της Χαλάστρας και περικλείεται ανατολικά: δυτικά της Σίνδου και του Γαλλικού ποταμού και δυτικά: από το ανατολικό ανάχωμα της κοίτης του Αξιού ποταμού (εικόνα 1.1). Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον εστιάζεται στο τμήμα της περιοχής που βρίσκεται κάτω από την Εγνατία Οδό μέχρι το παράκτιο ανάχωμα.



Εικ.1.1: Περιοχή μελέτης (Πηγή: Google Earth).

Ο Αξιός ποταμός αποτελεί ένα διασυνοριακό ποταμό και ένα μεγάλο μέρος του ανήκει στην Βόρεια Μακεδονία. Μια από τις μεγαλύτερες αιτίες κατανάλωσης νερού στην περιοχή είναι η άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017). Τόσο τα επιφανειακά ύδατα, όσο και οι υπόγειοι υδροφορείς έχουν υποστεί ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση εξαιτίας της υπερεκμετάλλευσής τους και λόγω της χρήσης τους ως αποδέκτες ρυπαντών. Είναι επιτακτική ανάγκη να γίνει κοινώς αντιληπτό ότι οι πόροι αυτοί είναι πεπερασμένοι και είναι αναγκαία η λήψη μέτρων για ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση των μεταβατικών και παράκτιων πόρων, τόσο για τις σημερινές, όσο και για τις απόμενες γενεές, σύμφωνα με τις αρχές της αειφόρου ανάπτυξης. Ειδικότερα, απαιτείται ορθή διαχείριση των αρδευτικών υδάτων κυρίως τους θερινούς μήνες, όπου τα προβλήματα είναι εντονότερα. Η διαχείριση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω χρήσεων εναλλακτικών πηγών όπως είναι για παράδειγμα η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αρδευτικών υδάτων με την προϋπόθεση το νερό αυτό να πληροί τα κριτήρια που θεσπίζονται από την Ευρωπαϊκή και Εθνική Νομοθεσία για τη χρήση αυτή.

Σύμφωνα με τον Βαϊρακτάρη (2007) ως καθίζηση ορίζεται η κατακόρυφη παραμόρφωση που πραγματοποιείται σε ένα εδαφικό στρώμα λόγω επιβολής φορτίσεων.

Η περιοχή μελέτης αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εδαφικής υποχώρησης (καθίζησης), που ξεκίνησε στην δεκαετία του '60 με γρήγορους ρυθμούς και κοντά στην ακτογραμμή φτάνει περίπου τα -2 m. Πλέον, ο ρυθμός της εδαφικής υποχώρησης της περιοχής έχει μειωθεί σημαντικά (Svigkas et al., 2016), με μετατοπίσεις υποχώρησης της τάξης των μερικών χιλιοστών το χρόνο (Φουμέλης, 2020). Για τον λόγο αυτό κατασκευάστηκε ένα παράκτιο ανάχωμα 22 km ώστε να αποτρέψει την εισχώρηση της θάλασσας στις χαμηλές περιοχές της πεδιάδας. Το παράκτιο ανάχωμα υπόκειται σε φαινόμενα διάβρωσης.

Ως παράκτια διάβρωση ορίζεται η υποχώρηση της ακτογραμμής και υπολογίζεται από το μέσο όρο οπισθοχώρησης για ένα διάστημα περιόδου αρκετά μεγάλο, ώστε να εξαλείφονται οι επιδράσεις των καιρικών συνθηκών και της δυναμικής των ιζημάτων. Η πρόβλεψη και ο ρυθμός της διάβρωσης αντιμετωπίζουν δυσκολίες λόγω της περιοδικότητας του φαινομένου και λόγω της διαφορετικότητας του βαθμού διάβρωσης από περιοχή σε περιοχή, η οποία εξαρτάται από τοπικούς παράγοντες (Κεσανίδου, 2017, από EUROSION 2001).

Σε γενικές γραμμές η παράκτια διάβρωση είναι μία σύνθετη διαδικασία και οι αιτίες που την προκαλούν μπορεί να είναι φυσικές και ανθρωπογενείς.

Οι κύριοι παράγοντες λόγω κλιματικών αλλαγών είναι:

- Αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας
- Μεταβολές στην ένταση και συχνότητα βροχοπτώσεων
- Μεταβολή στη συχνότητα και ένταση των ανέμων
- Δράση μεγάλου ύψους κυματισμών

Εξ αιτίας ανθρώπινων επεμβάσεων:

- Κατασκευή παράκτιων έργων
- Εξόρυξη παράκτιου υλικού
- Κατασκευή φραγμάτων που παγιδεύουν τα φερτά υλικά στους ταμιευτήρες
- Έντονη αστικοποίηση παράκτιων περιοχών
- Υπεράντληση παράκτιων υδροφορέων (Κεσανίδου, 2017 ; Μεσοχωρίτης, 2017).

Λόγω της εδαφικής υποχώρησης, κυρίως στη νότια και ανατολική πλευρά της πεδιάδας μελέτης, στην περιοχή της Χαλάστρας δημιουργήθηκαν υψομετρικές διαφορές, οι οποίες προκαλούν πολλά προβλήματα στην αποστράγγιση των καλλιεργούμενων εκτάσεων με σχεδόν μονοκαλλιέργεια το ρύζι. Κατά συνέπεια, η αποστράγγιση γίνεται μέσω παράκτιων

αντλιοστασίων με αποτέλεσμα να καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας και να δημιουργείται μεγάλο ενεργειακό αποτύπωμα.

Το ενεργειακό ή αλλιώς οικολογικό αποτύπωμα, ορίστηκε από το Παγκόσμιο Δίκτυο Αποτυπώματος (Global Footprint Network, GFN), ως ένας τρόπος μέτρησης των ανθρώπινων επιδράσεων πάνω στον πλανήτη μας. Το ανθρακικό - ενεργειακό αποτύπωμα αποτελεί δείκτη του Δυναμικού Θέρμανσης του Πλανήτη. Το ανθρακικό αποτύπωμα συνυπολογίζει και τα έξι θερμοκηπικά αέρια σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο:

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂),
- Μεθάνιο (CH₄),
- Υποξείδιο του Αζώτου (N₂O),
- Εξαφθοριούχο θείο (SF₆)
- Και την ομάδα των υδροφθορανθράκων (HFCs) και υπερφθορανθράκων (PFCs).

Το ανθρακικό αποτύπωμα υπολογίζεται σε ισοδύναμους τόνους του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂-eq). Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζεται αν πολλαπλασιαστούν οι εκπομπές καθενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου με το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη εντός περιόδου 100 ετών (ιστοσελίδα Δ1 ; Σχέδιο Δράσης Αειφορικής Ενέργειας Δήμου Αλεξανδρούπολης, 2013).

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης των φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών που επηρεάζουν τις υδρομορφολογικές συνθήκες που επιβάλλονται από τις χρήσεις γης και σχετίζονται με την ικανότητα εδαφικής υποχώρησης και αποστράγγισης της ανατολικής χαμηλής δελταϊκής πεδιάδας του νομού Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα της περιοχής της Χαλάστρας.

Στόχος είναι 1) ο εντοπισμός των θέσεων και της πραγματικής επιφάνειας που καταλαμβάνουν οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο μικρότερο από την επιφάνεια της θάλασσας και στις οποίες είναι απαραίτητη η αποστράγγιση μέσω αντλιοστασίων, 2) η επικαιροποίηση της λειτουργίας του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου, σύμφωνα με τον τρόπο χειρισμού του από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, με σκοπό την βελτίωση του, 3) η αντιστοίχιση φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της πρώην φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού με την σημερινή ανθρωπογενώς διαμορφωμένη κατάσταση και τέλος 4) γίνεται αναφορά στην δαπανηρή και μη οικολογική κατανάλωση ενέργειας των παράκτιων αντλιοστασίων για την αποστράγγιση της πεδιάδας και παράλληλα γίνεται πρόταση για πιο "πράσινο" ενεργειακό αποτύπωμα μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίων είτε μέσω χρήσης ΑΠΕ, είτε μειώνοντας με μηχανικό τρόπο την κατανάλωση ενέργειας των παράκτιων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων.

Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την υλοποίηση του σκοπού, ξεκίνησαν με μελέτη της περιοχής μέσω βιβλιογραφίας, δορυφορικών εικόνων και του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου DEM. Ακολούθησε η λήψη τοπογραφικών σημείων υψομέτρου με σύστημα GNSS (TOPCON) και χειριστηρίου πεδίου με λογισμικό MAGNET FIELD, για την διόρθωση παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Εν συνεχεία, ακολούθησε η επεξεργασία των παραπάνω στοιχείων, καθώς και η σχηματική απεικόνιση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου και των τεχνικών που εφαρμόζονται για επαναχρησιμοποίηση του αρδευτικού νερού, με βάση τις επιτόπιες πληροφορίες του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας και σχετικής βιβλιογραφίας. Επιπροσθέτως, διαμορφώθηκε η σχηματική αναπαράσταση της αντιστοιχίας των παλιότερων φυσικών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της πεδιάδας μελέτης σε σχέση με τα σημερινά ανθρωπογενώς επιβαλλόμενα χαρακτηριστικά. Τέλος, έγιναν προτάσεις μείωσης της ενέργειας των αντλιοστασίων που καταναλώνεται για την αποστράγγιση της πεδιάδας, οι οποίες εστιάζονται στον μηχανικό τρόπο και στην χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

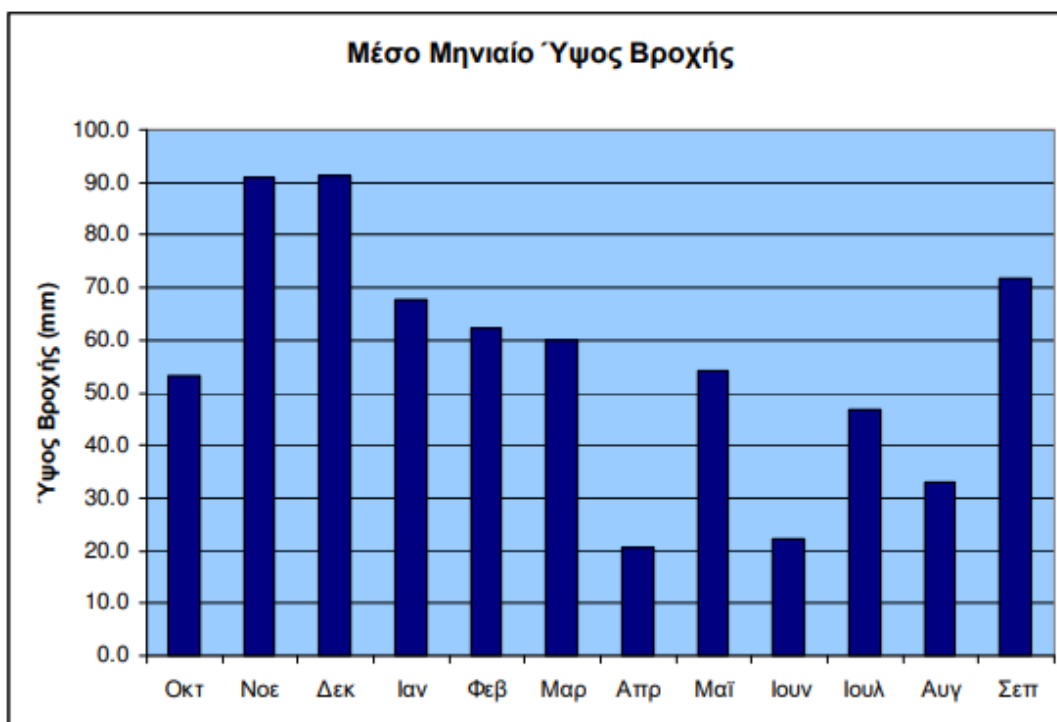
1.1. Γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η περιοχή της Χαλάστρας βρίσκεται στο δυτικό άκρο του Νομού Θεσσαλονίκης, της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας και απέχει 20 km από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Ανήκει στο Δήμο Δέλτα που συστάθηκε το 2011 με το πρόγραμμα Καλλικράτης. Ουσιαστικά πρόκειται για συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Αξιού, Χαλάστρας και Εχεδώρου. Η Δημοτική Ενότητα της Χαλάστρας αποτελείται από την Δημοτική κοινότητα Χαλάστρας και τη Δημοτική κοινότητα Ανατολικού. Αποτελεί έναν από του μεγαλύτερους κάμπους σε παραγωγή ρυζιού και επίσης διαθέτει μεγάλη παραγωγή οστρακοκαλλιεργείων (Δήμος Δέλτα, ιστοσελίδα Δ1.1.1). Από φυσικογεωγραφικής απόψεως η περιοχή είναι πεδινή με ήπια μορφολογία και το υψόμετρο δεν ξεπερνά τα 8 m (Ναρασάνη, 2009).

Το υδρολογικό έτος ξεκινάει πριν την περίοδο των βροχοπτώσεων. Στην χώρα μας αρχίζει τους μήνες Σεπτέμβριο – Οκτώβριο και ολοκληρώνεται στα τέλη Αυγούστου - αρχές Σεπτέμβρη του επόμενου έτους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων εντοπίζεται κατά την υγρή περίοδο (Οκτώβριος – Απρίλιος του επόμενου έτους). Οι μέγιστες τιμές βροχόπτωσης στην Ελλάδα εμφανίζονται τον Νοέμβριο και Δεκέμβριο, ενώ οι πιο ξηροί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος (Βουδούρης, 2017). Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης είναι 663 ± 151 mm (Karpetas et al., 2019).

Σύμφωνα με τις Αναστασιάδου-Αναστασίου & Δαγδηλέλη (2016) για την ευρύτερη περιοχή μελέτης, με δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό Σίνδου για την περίοδο ετών 2008-2016 (εικόνα 1.1.1):

- Οι μήνες Νοέμβριος και Δεκέμβριος εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής (περίπου 90 mm) και συνεπώς αποτελούν τους πιο υγρούς μήνες του υδρολογικού έτους.
- Οι μήνες Απρίλιος και Ιούνιος εμφανίζουν τις μικρότερες τιμές του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής (περίπου 20-22 mm) και ακολουθεί ο Αύγουστος με ύψος 32 mm. Οι μήνες αυτοί χαρακτηρίζονται ως οι πιο ξηροί.
- Οι υπόλοιποι μήνες εμφανίζουν τιμές περίπου από 50-70 mm, με εξαίρεση τον Σεπτέμβριο που παρουσιάζει 72 mm.



Εικ.1.1.1: Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής για τα έτη 2008-2016 (Πηγή: Αναστασιάδου-Αναστασίου & Δαγδηλέλη, 2016).

Σύμφωνα με την Γεωργίου (2019), με δεδομένα από τον σταθμό που διαθέτει ο ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, για τα έτη 2015-2020 τα μεγαλύτερα ύψη κατακρημνισμάτων παρατηρούνται την άνοιξη και το φθινόπωρο (πίνακας 1.1.1).

Οι μέγιστες θερμοκρασίες για την ίδια περίοδο ετών παρατηρούνται τους θερινούς μήνες με μέση θερμοκρασία 24,2°C και οι ελάχιστες κατά τους χειμερινούς μήνες με μέση θερμοκρασία 5,9°C. Το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι της τάξης των 20,7°C (πίνακας 1.1.2).

Οι δύο εργασίες παρουσιάζουν διαφορετική εικόνα ως προς την υγρή και ξηρή περίοδο, διότι αναφέρονται σε διαφορετική χρονική περίοδο. Η παρούσα διατριβή δεν εστιάζει περαιτέρω στο κομμάτι των κατακρημνισμάτων καθώς δεν θεωρείται τόσο καθοριστικός παράγοντας όσο η άρδευση.

Κατακρήμνιση (mm)													Συνολ. ετήσιο ύψος
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΗ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	
2015	45,2	40,2	109,2	19,2	10,8	92,8	4,0	36,2	68,8	100,8	32,6	0,2	560,0
2016	30,0	42,6	105,8	11,8	94,0	23,4	15,0	50,4	156,6	38,6	21,0	0,6	589,8
2017	39,6	10,0	38,2	2,4	88,2	14,8	73,4	25,0	31,0	16,4	140,0	16,2	495,2
2018	20,2	70,8	78,4	6,8	109,4	106,0	50,6	30,4	6,8	0,2	44,4	25,4	549,4

Πίνακας 1.1.1: Μηνιαία και ετήσια ύψη κατακρημνισμάτων για τα έτη 2015-2018 (Πηγή: Γεωργίου, 2019).

Θερμοκρασία (°C)													
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Μέσος Όρος έτους
2015	5,3	6,2	8,0	13,0	19,8	21,9	25,2	24,6	21,5	15,8	11,8	6,6	15,0
2016	4,9	9,3	10,3	16,0	18,3	24,1	25,1	24,5	20,2	15,7	10,0	4,6	15,3
2017	0,9	7,8	11,2	13,9	18,9	23,7	24,5	24,6	20,6	15,2	10,0	7,3	14,9
2018	5,9	7,6	10,8	16,8	20,8	22,7	25,0	24,5	21,1	16,5	11,4	4,9	15,7

Πίνακας 1.1.2: Μηνιαίες και ετήσιες μέσες τιμές θερμοκρασίας για τα έτη 2015-2018 (Πηγή: Γεωργίου, 2019).

Οι ρυζοκαλλιέργειες της περιοχής συγκαταλέγονται στις μεγαλύτερες της Ευρώπης. Ξεκίνησαν στην περιοχή της Χαλάστρας το 1949 και σήμερα στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης παράγεται περίπου το 80% του ελληνικού ρυζιού, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για την τοπική και εθνική οικονομία (εικόνα Δ1.1.2 & εικόνα 1.1.2).

Στις ρυζοκαλλιέργειες της Χαλάστρας καλλιεργούνται 2 τύποι ρυζιού:

1. Indica. Ο τύπος αυτός ανήκει στα μακρόσπερμα είδη και στην περιοχή μελέτης η ποικιλία αυτή αποτελεί το 20% της συνολικής παραγωγής του ρυζιού.
2. Japonica. Ανήκει στα μεσόσπερμα και αποτελεί στις καλλιέργειες της περιοχής το 80% της συνολικής παραγωγής του ρυζιού.



Εικ.Δ1.1.2 & εικ.1.1.2: Ρυζοκαλλιέργειες στην περιοχή της Χαλάστρας

Γενικά στις καλλιέργειες της Χαλάστρας, εκτός από την παραγωγή ρυζιού που παίζει νευραλγικό ρόλο στη συνολική παραγωγή, καλλιεργούνται σε μικρότερα ποσοστά: καλαμπόκι, βαμβάκι, μηδική, βιομηχανική ντομάτα και κηπευτικά όπως φαίνεται και στους πίνακες 1.1.3-1.1.7 (περισσότερα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).

Όπως γίνεται αντιληπτό από τους πίνακες, τον πρωταρχικό ρόλο στην παραγωγή κατέχει το ρύζι, οι καλλιέργειες του οποίου ποικίλουν ελαφρώς ανά χρόνο. Σημαντική έκταση καταλαμβάνουν και οι καλλιέργειες καλαμποκιού και βάμβακος.

Σύμφωνα με τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, πραγματοποιείται ορθολογική χρήση γεωργικών φαρμάκων και λιπασμάτων στις γεωργικές εκτάσεις, όπως προβλέπεται από τους κανονισμούς. Σύμφωνα με τον Χρυσοχοΐδη (Γ.Ο.Ε.Β. Θεσσαλονίκης - Λαγκαδά), οι ανάγκες σε νερό κατά την περίοδο αιχμής, δηλαδή την αρδευτική περίοδο, τους μήνες Απρίλιο - Σεπτέμβριο είναι αυξημένες και η παροχή είναι της τάξης των 15-20 m³/sec στο τμήμα της πεδιάδας που μελετάται, ενώ κατά την χειμερινή περίοδο η παροχή περιορίζεται σε 2-4 m³/sec .

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377221	11440	8990759	6355772	2343964	133801	1167909	24219353	392814	136447	122026	502936
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	108067	695723	0	0	0	0	36999	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	1552027	1238547	446697	58029	108970	3903321	244557	20412	79400	99310
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	2646249	280473	517382	54375	0	6780224	10756	173335	47153	603807
ΣΥΝΟΛΟ	64083034	11440	13297102	8570515	3308043	246205	1276879	34902898	685126	330194	248579	1206053

Πίνακας 1.1.3: Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2000. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377221	0	117484	314040	306329	2155	178385	28685322	0	0	132428	522396
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	840789	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	140133	244791	223984	10750	0	4253271	0	0	154275	85341
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	17396	244186	56921	231941	1327	0	6967602	11000	0	41213	779453
ΣΥΝΟΛΟ	64083034	17396	501803	615752	762254	14232	178385	40746984	11000	0	327916	1387190

Πίνακας 1.1.4: Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2005. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44380222	0	1299067	126950	1074727	29630	0	41089379	10000	0	293887	456582
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	28062	42010	0	0	0	770717	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	437517	0	83269	10750	20906	6931915	0	0	163712	103201
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1252010	0	443662	37217	0	8712909	0	108969	23848	535139
ΣΥΝΟΛΟ	64086035	0	3016656	168960	1601658	77597	20906	57504920	10000	108969	481447	1094922

Πίνακας 1.1.5: Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2010. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ								ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
			ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ		
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377222	0	843680	272957	621239	22521	0	41898758	0	0	297512	420555
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	840789	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	457782	122338	126301	0	0	6753486	0	0	163712	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	27077	1530280	0	311049	82611	0	8601502	0	5060	47520	508655
ΣΥΝΟΛΟ	64083035	27077	2831742	395295	1058589	105132	0	58094535	0	5060	508744	1056861

Πίνακας 1.1.6: Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2015. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

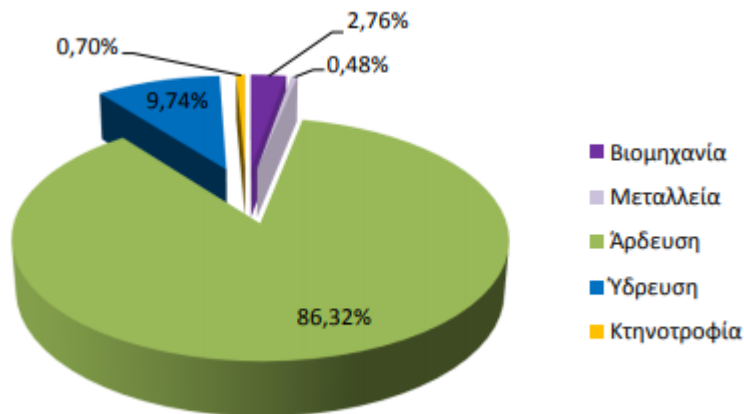
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ								ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
			ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ		
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44460106	0	1077702	6581227	1198396	39214	10000	34831197	0	0	313314	409056
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	42728	0	0	0	798061	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	349669	127684	202965	0	0	6779589	0	0	163712	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1600327	146453	226659	51973	0	8458348	0	78146	46193	505655
ΣΥΝΟΛΟ	64165919	0	3027698	6898092	1628020	91187	10000	50867195	0	78146	523219	1042362

Πίνακας 1.1.7: Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2019. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

1.2. Χρήσεις υδάτων

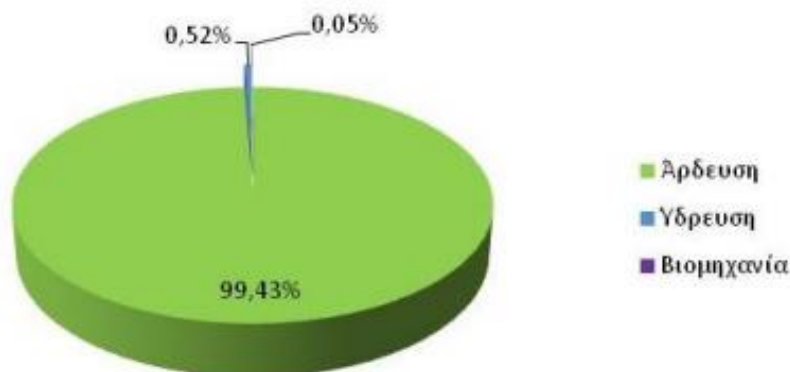
Η κύρια πηγή νερού στην περιοχή μελέτης είναι ο Αξίος ποταμός ο οποίος παροχετεύει μια ποσότητα νερού της τάξης των 180.000 m³ την ημέρα στον Θερμαϊκό κόλπο (Karetas et al., 2019).

Στο Υδατικό Διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ10) οι ποσοστιαίες απολήψεις νερού, επιφανειακού και υπόγειου, για τις κύριες χρήσεις φαίνονται στην εικόνα 1.2.1. Την κύρια χρήση κατέχει η άρδευση με ποσοστό πάνω από 85%, ακολουθεί η ύδρευση με ποσοστό 9,7% ενώ η βιομηχανία, η κτηνοτροφία και οι αντλήσεις των μεταλλείων καταλαμβάνουν πολύ μικρά ποσοστά (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014).



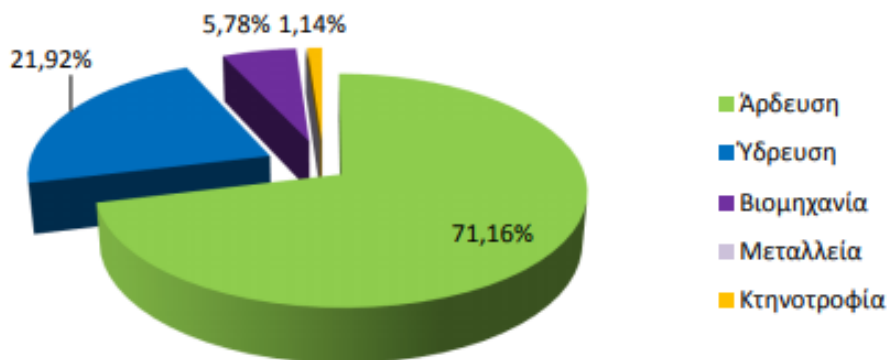
Εικ.1.2.1: Ποσοστιαία κατανομή των υδατικών απολήψεων για τις κύριες χρήσεις στο ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014).

Στην εικόνα 1.2.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα κατανομής απολήψεων από επιφανειακά ύδατα για τις κύριες χρήσεις της λεκάνης απορροής του Αξιού ποταμού για το έτος 2011. Η άρδευση καταλαμβάνει πάνω από το 99% των επιφανειακών απολήψεων, ενώ η ύδρευση και η βιομηχανία καταλαμβάνουν πολύ μικρό ποσοστό. Το νερό αυτό προέρχεται κατά 95% από τον Αξιό ποταμό και συγκεκριμένα από το φράγμα της Ελεούσας (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014).



Εικ.1.2.2: Ποσοστιαία κατανομή των επιφανειακών απολήψεων, του έτους 2011, για τις κύριες χρήσεις της λεκάνης απορροής του Αξιού (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014).

Γενικά, στην Κεντρική Μακεδονία υπάρχουν σημαντικοί υπόγειοι υδροφορείς, οι οποίοι εκμεταλλεύονται για την κάλυψη των υδατικών αναγκών. Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται υπερεκμετάλλευση αυτών των υδροφόρων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλά προβλήματα. Στην εικόνα 1.2.3 απεικονίζεται η κατανομή ζήτησης από υπόγειους πόρους για τις κύριες χρήσεις στη λεκάνη απορροής του Αξιού. Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, και σε αυτή την περίπτωση η άρδευση καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό (71%), ακολουθεί η ύδρευση με ποσοστό σχεδόν 22%, η βιομηχανία με 5,8%, ενώ οι αντλήσεις των μεταλλείων και η κτηνοτροφία αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014).



Εικ.1.2.3: Ποσοστιαία κατανομή ζήτησης από υπόγεια νερά για τις κύριες χρήσεις στη λεκάνη απορροής Αξιού (Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014).

Συμπερασματικά προκύπτει ότι η χρήση και η ζήτηση νερού στη γεωργία είναι αυξημένη. Τα προβλήματα εντείνονται κατά την αρδευτική περίοδο (Απρίλιο – Σεπτέμβριο). Η συνεχής παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού ωθεί στην εντατικοποίηση της γεωργίας και την αύξηση της χρήσης αρδευτικού νερού, ενώ παράλληλα αυξάνει και τη ζήτηση νερού για άλλες χρήσεις. Όλα τα παραπάνω λειτουργούν ως μηχανισμός πίεσης για τους υδάτινους πόρους και είναι απαραίτητη η εύρεση πρόσθετων πηγών νερού (Γεωργίου, 2019).

1.3. Υπόγειοι υδροφορείς

Κατά τις περιόδους λειψυδρίας, όταν οι κύριες πηγές ύδρευσης είναι υπό πίεση, πραγματοποιείται άντληση υπόγειου νερού στο ανατολικό τμήμα του δέλτα για την κάλυψη των αστικών αναγκών της πόλης της Θεσσαλονίκης (Karetas et al., 2019, από ΕΥΑΘ, 2018).

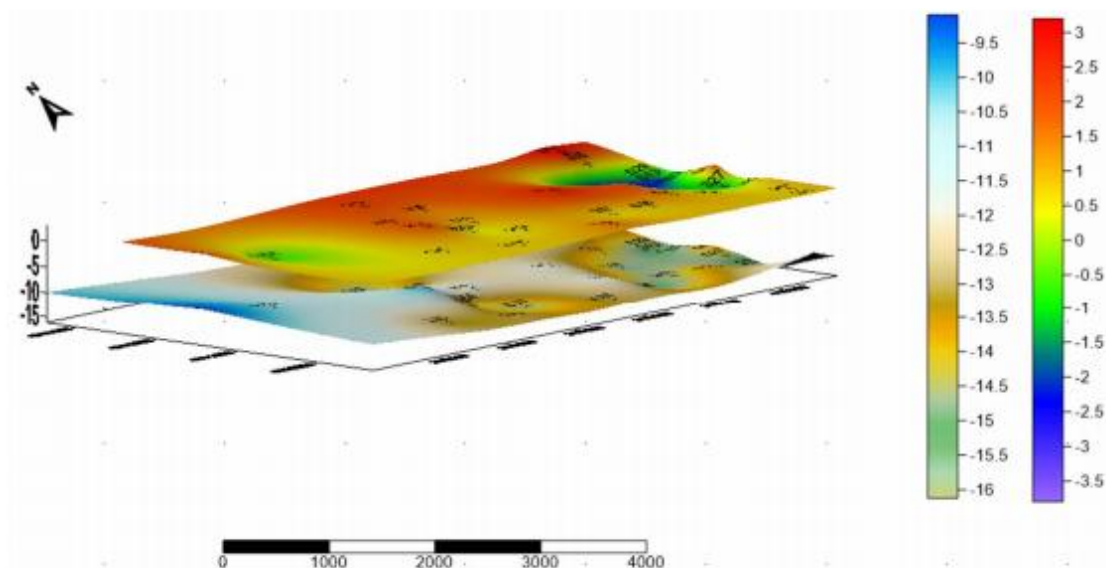
Τα κλιματικά μοντέλα εμφανίζουν μια αλλαγή στα χωροχρονικά πρότυπα κατανομής βροχοπτώσεων και απορροής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τόσο η διήθηση όσο και η ικανότητα ομοιόμορφης κατανομής της ροής να είναι μικρότερες. Αναμένεται ότι η αύξηση στην ένταση και τη συχνότητα των ξηρών περιόδων θα επηρεάσουν αρνητικά τους υπόγειους υδατικούς πόρους (Karetas et al., 2019, από Green et al., 2011). Οι παράκτιοι υδροφορείς εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο υφαλμύρισης, ως συνδυαστικό αποτέλεσμα της υπερεκμετάλλευσής τους και της κλιματικής αλλαγής (αύξηση της στάθμης της θάλασσας, μείωση απορροής, και μείωση των κατακρμινησμάτων). Επίσης αναμένεται ότι η αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα αλλάξει την διεπιφάνεια αλμυρού – γλυκού νερού. Έτσι, οι υπόγειοι πόροι χρήζουν παρακολούθησης μέσω ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης υδατικών πόρων (Karetas et al., 2019).

Παλαιότερα, στην ευρύτερη περιοχή είχε παρατηρηθεί υπεράντληση των υδροφορέων για τις ανάγκες του δευτερογενούς οικονομικού τομέα και των βιομηχανιών. Ως επακόλουθο της υπεράντλησης δημιουργήθηκαν και φαινόμενα υφαλμύρισης των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων, λόγω της αλλαγής της υδραυλικής κλίσης (Svigkas et al., 2016).

Σύμφωνα με τις Αναστασιάδου-Αναστασίου και Δαγδηλέλη (2016), με μετρήσεις της στάθμης σε διάφορες γεωτρήσεις της περιοχής, το 2005 η απόλυτη στάθμη του υπόγειου νερού στην περιοχή της Χαλάστρας βρέθηκε από -9,09 m έως -15,05 m ενώ το έτος 2016 κυμαίνεται από -0.76 m έως 2,2 m.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια ανυψωτική τάση της στάθμης (εικόνα 1.3.1) του υπόγειου νερού και συνεπώς των εδαφών, που αποδίδεται στον φυσικό εμπλουτισμό των υδροφόρων οριζόντων λόγω του ότι οι προηγούμενες εγκαταστάσεις

έκλεισαν και αντικαταστάθηκαν από εταιρίες του τριτογενούς οικονομικού τομέα όπως λογιστικές εταιρίες και εταιρίες εισαγωγών - εξαγωγών (Svigkas et al., 2016).



Εικ.1.3.1: Τρισδιάστατη συγκριτική τομή των τιμών της στάθμης του υπόγειου νερού στην ευρύτερη περιοχή Χαλάστρας – Σίνδου για τα έτη 2005 και 2016 (Πηγή: Αναστασιάδου-Αναστασίου & Δαγδηλέλη, 2016).

1.4. Θεσμικό πλαίσιο

1.4.1. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για την προστασία των υδάτων (ΟΠΥ)

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης έθεσε σε ισχύ, το έτος 2000, την Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ με στόχο την διαφύλαξη και προστασία όλων των υδάτων: επιφανειακών, υπόγειων, μεταβατικών και παράκτιων μέσω της εξασφάλισης καλής χημικής και οικολογικής κατάστασης τους με κριτήριο τα χαμηλά επίπεδα χημικής ρύπανσης και την καλή κατάσταση του οικοσυστήματος.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ καθορίζει τις αρχές και προτείνει μέτρα για τη διατήρηση όλων των υδάτινων μαζών (ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά, παράκτια και υπόγεια ύδατα), εισάγοντας για πρώτη φορά την έννοια της "οικολογικής σημασίας" των υδάτων. Η εφαρμογή της οδηγίας στοχεύει στην ολοκληρωμένη και αειφόρο διαχείριση και για πρώτη φορά καλύπτονται όλοι οι τύποι υδάτων και όλες οι χρήσεις τους σε ένα κοινό πλαίσιο για όλα τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ο στόχος της ΟΠΥ σύμφωνα με το Άρθρο 1 είναι:

- Αποτροπή της περαιτέρω επιδείνωσης, προστασία και βελτίωση της κατάστασης των υδάτινων οικοσυστημάτων και των άμεσα εξαρτώμενων, από αυτά, χερσαίων οικοσυστημάτων και υδροτόπων
- Προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού με άξονα την μακροπρόθεσμη προστασία των διαθέσιμων υδάτινων πόρων
- Ενίσχυση της προστασίας του υδάτινου περιβάλλοντος, καθώς και βελτίωση αυτού
- Διασφάλιση της προοδευτικής μείωσης της ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων
- Συμβολή στον μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασία.

Ο οικολογικός – περιβαλλοντικός προσανατολισμός της ΟΠΥ αναφέρεται στο Άρθρο 4:

- Εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής οικολογικής και χημικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων
- Εξασφάλιση της καλύτερης δυνατής ποσοτικής και χημικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων
- Συμμόρφωση με όλα τα ισχύοντα πρότυπα και στόχους για τις προστατευόμενες περιοχές.

Η μονάδα εφαρμογής της Οδηγίας είναι η περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού που περιλαμβάνει μία ή περισσότερες γειτονικές λεκάνες απορροής, σε συνδυασμό με τους πλησιέστερους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες καθώς και τα παράκτια ύδατα που υπάγονται σε αυτές. Κάθε κράτος μέλος οφείλει να πραγματοποιήσει ανάλυση των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής, επισκόπηση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, οικονομική ανάλυση της χρήσης του νερού, πρόγραμμα παρακολούθησης των υδάτων και να θεσπιστεί πρόγραμμα μέτρων ώστε να υπάρχει μια συνολική εικόνα της κατάστασης σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού (Αγγελάκου, 2009).

1.4.2. Εναρμόνιση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην Ελλάδα

Η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την κοινοτική Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, έγινε με το νόμο 3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α'/9.12.2000) "Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις", με τον οποίο θεσπίζεται ένα γενικό νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία και διαχείριση των υδάτων και το ΠΔ 51/2007 (ΦΕΚ 54Α'/08-03-2007) που εκδόθηκε για τον καθορισμό μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων.

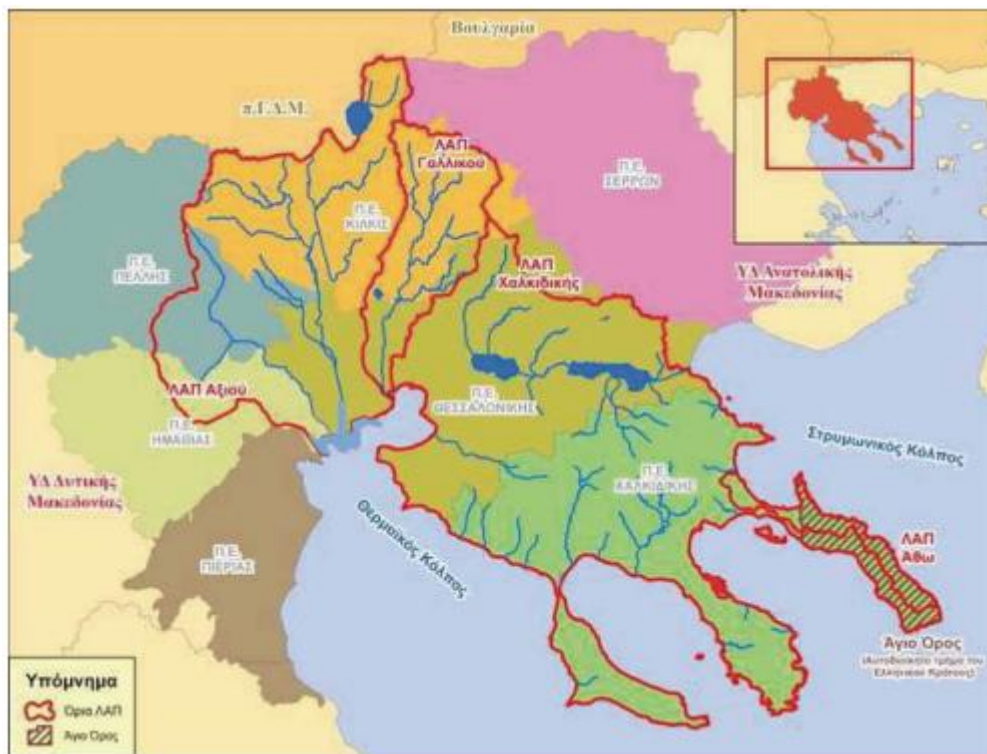
Με τα παραπάνω νομοθετήματα, ενσωματώνονται στην εθνική νομοθεσία οι βασικές έννοιες της Οδηγίας για τους υδατικούς πόρους και ταυτόχρονα συγκροτείται η νέα διοικητική δομή και καθορίζονται οι αρμοδιότητες των επιμέρους φορέων τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε περιφερειακό.

Ο νόμος 3199/2003:

- Προβλέπει την ανάκτηση κόστους των υπηρεσιών ύδατος στις διάφορες χρήσεις εισάγοντας το περιβαλλοντικό κόστος
- Ενσωματώνει την Οδηγία 2000/60/ΕΚ στο Ελληνικό Δίκαιο
- Προβλέπει την δημιουργία της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων και της Διεύθυνσης Υδάτων σε κάθε Περιφέρεια
- Θέτει ως προτεραιότητα την αρδευτική χρήση των υδάτων
- Αναθέτει την εποπτεία στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (Μέργου, 2011).

Το πρώτο βήμα που έπρεπε να πραγματοποιήσει η χώρα μας για να εφαρμόσει την Οδηγία 2000, ήταν η σύνταξη των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών για τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας. Η περιοχή μελέτης υπάγεται στο ΥΔ10 Κεντρικής Μακεδονίας και έχει εγκριθεί το Σχέδιο Διαχείρισής της (ΦΕΚ Β 4675/29.12.2017) (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017). Το ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας οριοθετείται στα ανατολικά από τα όρη Κερδύλια, Βερτίσκο, Κρούσια και Μπέλες, στα δυτικά από το όρος Πάικο και την Περιφερειακή Τάφρο, στα βόρεια από τα σύνορα Ελλάδας – Βόρειας Μακεδονίας και το όρος Μπέλες. Το ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας περιέχει τέσσερεις ΛΑΠ: Αξιού, Γαλλικού, Χαλκιδικής και Άθω (εικόνα 1.4.2.1). Η ΛΑΠ Αξιού εκτείνεται στο δυτικό τμήμα του ΥΔ, περιλαμβάνει τις υπολεκάνες απορροής του Αξιού και του Λουδία (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017).

Με βάση την Οδηγία 2007/60/ΕΚ που αναφέρεται στην αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας και όπως αυτή ενσωματώθηκε στην εθνική νομοθεσία με την ΚΥΑ Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ1108 Β'/2010), σε κάθε ΥΔ καταρτίστηκαν Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. Για το ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας εκδόθηκε η απόφαση με αριθμό ΥΠΕΝ/ΓρΕΓΥ/41389/332 (ΦΕΚ2638 Β/5.07.2018), που σύμφωνα με αυτό, οι προστατευόμενες περιοχές του «Εθνικού Πάρκου Δέλτα Αξιού - Λουδία - Αλιάκμονα» εντάσσονται στις περιοχές με κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2018).



Εικ.1.4.2.1: ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας (Πηγή: Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017).

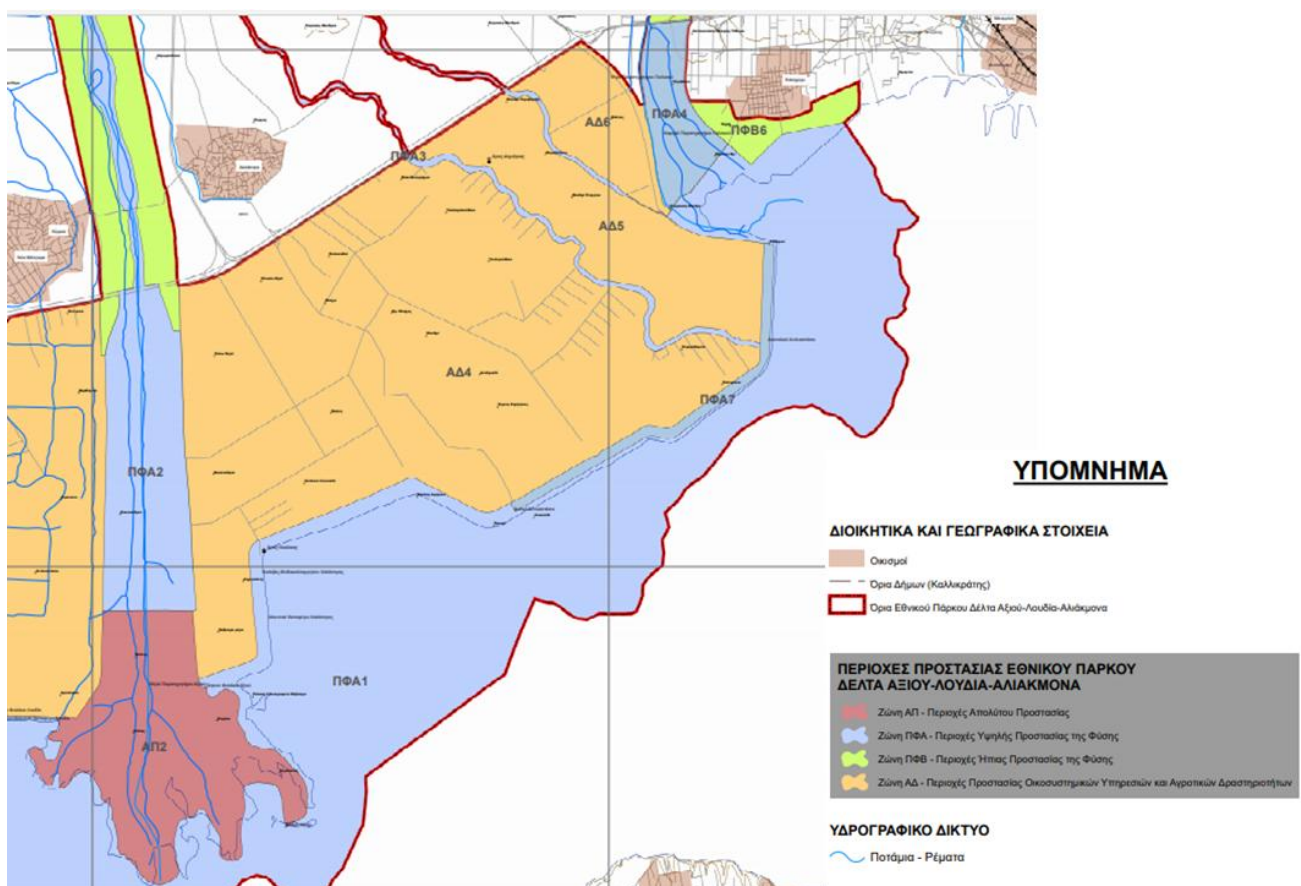
1.5. Επικαιροποίηση Νομικού Πλαισίου της προστατευόμενης περιοχής Natura 2000

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης υπόκειται σε διατάξεις προστασίας της φύσης, λόγω του συμπλέγματος των υδροτόπων που περιλαμβάνει και έχει ενταχθεί από το 1974 στη διεθνή σύμβαση Ramsar και στο δίκτυο οικολογικών περιοχών της Ευρώπης Natura 2000 και το 2009 ανακηρύχτηκε Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού με ΚΥΑ (ΦΔΠΠ Θερμαϊκού κόλπου, ιστοσελίδα Δ1.5).

Η προστασία της περιοχής επικαιροποιείται με το υπό έγκριση σχέδιο ΠΔ" Χαρακτηρισμός των χερσαίων, υδάτινων και θαλάσσιων περιοχών των εκβολών των ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα, της αλυκής Κίτρου, της λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου και της ευρύτερης περιοχής τους ως Εθνικού Πάρκου" έχει ως στόχο την προστασία των χερσαίων και υδάτινων τμημάτων των οικοσυστημάτων που αναφέρονται παραπάνω, ώστε να εφαρμόζεται σωστή διαχείριση της περιοχής σε εναρμόνιση με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα, το σχέδιο αυτό επικεντρώνεται στην διατήρηση και διαχείριση των σπάνιων οικοτόπων, στην χλωρίδα και πανίδα με ιδιαίτερη προσοχή στην орνιθοπανίδα που περιλαμβάνει σημαντικά είδη. Ταυτόχρονα, το σχέδιο εστιάζει και στις ανθρώπινες δραστηριότητες και υπηρεσίες και εντάσσει την περιοχή μελέτης σε **Περιοχές Προστασίας Οικοσυστημικών Υπηρεσιών και Αγροτικών Δραστηριοτήτων, ΑΔ4, ΑΔ5 & ΑΔ6** (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019).

Χαρακτηρισμός και οριοθέτηση περιοχής

- Ως «Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού» χαρακτηρίζεται το χερσαίο και θαλάσσιο τμήμα των εκβολών των ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Λουδία, Αλιάκμονα, Αλυκών Κίτρους, λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου και των ευρύτερων περιοχών τους
- Η Συμφωνία Ramsar (επικυρώθηκε με το αρ. 191/19.11.74 Ν. Δ/γμα) περιλαμβάνει την περιοχή «Δέλτα Αξιού, Λουδία, Αλιάκμονα» που εμπίπτει εντός του Εθνικού Πάρκου
- Εντός των ορίων της προστατευόμενης περιοχής "Δέλτα Αξιού – Λουδία – Αλιάκμονα - Ευρύτερη Περιοχή - Αξιούπολη" η οποία συγκαταλέγεται στον "Εθνικό Κατάλογο" του Ευρωπαϊκού Οικολογικού δικτύου Natura 2000 (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ) και έχει χαρακτηριστεί ως Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΕΖΔ ή SAC)
- Εντός των ορίων της προστατευόμενης περιοχής "Δέλτα Αξιού – Λουδία – Αλιάκμονα – Αλυκή Κίτρους" η οποία συγκαταλέγεται στον "Εθνικό Κατάλογο" του Ευρωπαϊκού Οικολογικού δικτύου Natura 2000 και χαρακτηρίζεται ως Ζώνη Ειδικής Προστασίας Ορνιθοπανίδας (ΖΕΠ ή SPA)
- Εντός του Εθνικού Πάρκου ορίζονται οι ζώνες (εικόνα 1.5.1):
 - α) Ζώνες Απόλυτης Προστασίας (ΑΠ)
 - β) Ζώνες Προστασίας της Φύσης Α (ΠΦΑ)
 - γ) Ζώνες Προστασίας της Φύσης Β (ΠΦΒ)
 - δ) Ζώνες Προστασίας Οικοσυστημικών Υπηρεσιών και Αγροτικών Δραστηριοτήτων (ΑΔ).



Εικ.1.5.1: Χάρτης Σχεδίου ΠΔ με τροποποιήσεις (Πηγή: ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου, 2018).

Εντός των ορίων της περιοχής που εξετάζονται στην παρούσα εργασία εμπίπτουν (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019):

1. Περιοχές Απόλυτης προστασίας

Η Ζώνη ΑΠ2 (εκβολές Αξιού ποταμού) και οποιαδήποτε νησίδα εμφανιστεί εντός της θαλάσσιας περιοχής ΠΦΑ1 χρίζουν απόλυτης προστασίας. Εντός της ζώνης ΑΠ2 απαγορεύεται κάθε δραστηριότητα. Κατ' εξαίρεση μπορεί να επιτραπεί η επιστημονική έρευνα μετά από άδεια από τις αρμόδιες αρχές και η διεκπεραίωση αναγκαίων εργασιών για την διασφάλιση της βιοποικιλότητας και των οικοτόπων.

2. Περιοχές Υψηλής Προστασίας της Φύσης Α

Στις ζώνες ΠΦΑ1, ΠΦΑ2, ΠΦΑ3 & ΠΦΑ7 προστατεύεται το φυσικό περιβάλλον από κάθε δραστηριότητα ή επέμβαση που μπορεί να μεταβάλλει την φυσική κατάσταση του. Κατ' εξαίρεση επιτρέπονται οι επιστημονικές έρευνες με άδεια των αρμόδιων αρχών, οι αναγκαίες εργασίες για την διασφάλιση της βιοποικιλότητας και των οικοτόπων και οι ήπιες δραστηριότητες που δεν αλλοιώνουν το προστατευόμενο περιβάλλον.

Στη ζώνη ΠΦΑ1

- Επιτρέπεται η οστρακοκαλλιέργεια και οι χερσαίες εγκαταστάσεις της
- Επιβάλλεται η απομάκρυνση κάθε είδους υπολειμμάτων που προκύπτουν από τις οστρακοκαλλιεργητικές δραστηριότητες
- Επιτρέπεται η δημιουργία επιπλέον εγκαταστάσεων οστρακοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων (χερσαίων και θαλάσσιων) εντός εγκεκριμένης ΠΟΑΥ με σύμφωνη γνώμη του Φορέα Διαχείρισης (ΦΔ)
- Επιτρέπεται η λειτουργία, συντήρηση και βελτίωση των αλιευτικών καταφυγίων Χαλάστρας και Λουδία
- Επιβάλλεται η συντήρηση των παράκτιων αναχωμάτων και υφιστάμενων δρόμων
- Επιτρέπονται οι μη μόνιμες υποδομές εστίασης ύστερα από σύμφωνη γνώμη του ΦΔ
- Επιτρέπονται οι εργασίες συντήρησης του φάρου του Δέλτα Αξιού
- Επιτρέπεται η συλλογή βενθικών ειδών από την παραλιακή ζώνη κατόπιν άδειας και συμφωνίας του ΦΔ
- Επιτρέπεται η διατήρηση και συντήρηση του πέτρινου φυλακίου και του παρατηρητηρίου στην ανατολική πλευρά του δέλτα Αξιού.

Στη ζώνη ΠΦΑ2 (κοίτη, αναχώματα και πλημμυρική κοίτη Αξιού)

- Επιβάλλεται η συντήρηση των αναχωμάτων προστασίας της κοίτης και των δρόμων πρόσβασης και η φύτευση των πρανών με αυτόχθονα είδη
- Επιτρέπεται η συντήρηση γεφυρών του ποταμού
- Επιτρέπεται η βόσκηση στην πλημμυρική κοίτη.

Στη ζώνη ΠΦΑ3 (παλαιές κοίτες «Μικρός και Μεγάλος Βαρδάρης» του Αξιού)

- Επιτρέπεται η χρήση νερού για άρδευση κατόπιν συμφωνίας του ΦΔ και άδειας χρήσης από την Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης
- Επιτρέπονται οι ελαφρές υποδομές για αναψυχή και τουρισμό κατόπιν σύμφωνης γνώμης του ΦΔ
- Επιτρέπεται η οριοθέτηση των παλαιών κοιτών με φυτοφράκτες, με αυτόχθονα είδη, σε συνεργασία με τις δασικές υπηρεσίες και μετά από σύμφωνη γνώμη του ΦΔ
- Επιτρέπεται η συντήρηση, αντικατάσταση και επισκευή των αγωγών ύδρευσης που βρίσκονται εντός της ζώνης
- Απαγορεύεται κάθε άλλου είδους δραστηριότητα.

Στη ζώνη ΠΦΑ7 (παράκτιο ανάχωμα από το ακρωτήριο Χειναρού έως το δεύτερο αντλιοστάσιο του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας)

- Επιτρέπεται η λειτουργία των αντλιοστασίων του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, καθώς και η συντήρηση, επισκευή και ο εκσυγχρονισμός τους
- Επιτρέπεται η συντήρηση και επισκευή του παράκτιου αναχώματος και των δρόμων του
- Επιτρέπεται η διεκπεραίωση έργων του Αγωγού Διάθεσης Επεξεργασμένων Λυμάτων της ΕΕΛΘ, σε χερσαίο και θαλάσσιο τμήμα, σύμφωνα με την ΑΕΠΟ.

3. Περιοχές Ήπιας Προστασίας της Φύσης Β

Οι ζώνες αυτές αναφέρονται σε χερσαία τμήματα του οικοσυστήματος που συνορεύουν με υδάτινα τμήματα του Εθνικού Πάρκου. Στις περιοχές αυτές προστατεύεται το φυσικό περιβάλλον από κάθε δραστηριότητα ή επέμβαση που μπορεί να μεταβάλλει την φυσική κατάσταση του. Κατ' εξαίρεση επιτρέπονται οι επιστημονικές έρευνες με άδεια των αρμόδιων αρχών, οι αναγκαίες εργασίες για την διασφάλιση της βιοποικιλότητας και των οικοτόπων, οι ήπιες δραστηριότητες που δεν αλλοιώνουν το προστατευόμενο περιβάλλον, ύστερα από έγκριση του ΦΔ επιτρέπονται οι οργανωμένες επισκέψεις, σε τμήματα των ζωνών, για περιβαλλοντική εκπαίδευση, παρατήρηση της φύσης και αναψυχή. Επίσης επιτρέπεται η συντήρηση και επισκευή των πλευρικών αναχωμάτων της κοίτης και των υφιστάμενων δρόμων. Επιτρέπονται οι αγροτικές χρήσεις στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, ενώ απαγορεύονται νέα έργα επέκτασης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Επιτρέπονται επίσης: τα έργα συντήρησης του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου της περιοχής, η χρήση γεωργικών αποθηκών, και τέλος η βόσκηση μόνο ως μέσο διαχείρισης των ενδιατημάτων.

Στη ζώνη ΠΦΒ4 (ανατολικά του Αξιού)

- Επιτρέπονται οι υπαίθριες εκδηλώσεις που αφορούν παραδόσεις του τόπου με την προϋπόθεση μη μόνιμων κατασκευών
- Επιτρέπεται η λειτουργία, συντήρηση και επέκταση του νεκροταφείου Ανατολικού
- Επιτρέπεται η λειτουργία εγκατάστασης αμμοληψιών
- Επιβάλλεται η μετεγκατάσταση εκτός της ζώνης των κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων (εφόσον δεν βρίσκονται εντός βοσκήσιμων περιοχών) σύμφωνα με το διαχειριστικό σχέδιο βόσκησης
- Συνέχιση της φροντίδας του αποκατεστημένου ΧΑΔΑ Χαλάστρας
- Επιτρέπεται η λειτουργία και αντικατάσταση νόμιμων γεωτρήσεων ύδρευσης της ΕΥΑΘ
- Επιτρέπεται η συντήρηση, επισκευή και αντικατάσταση των αγωγών ύδρευσης της ζώνης.

4. Περιοχές Προστασίας Οικοσυστημικών Υπηρεσιών και Αγροτικών Δραστηριοτήτων

Αυτές οι ζώνες αναφέρονται σε γεωργικά οικοσυστήματα, που είναι αναγκαία η προστασία τους και κυρίως στις καλλιέργειες ρυζιού στις ζώνες αυτές A44 (βρίσκεται ανάμεσα στον Αξιό και την παλαιομάνα «Μεγάλος Βαρδάρης»), A45 (βρίσκεται ανάμεσα στις παλαιομάνες «Μεγάλος Βαρδάρης» & «Μικρός Βαρδάρης»), A46 (βρίσκεται ανάμεσα από την παλαιομάνα «Μικρός Βαρδάρης» και στον Γαλλικό ποταμό):

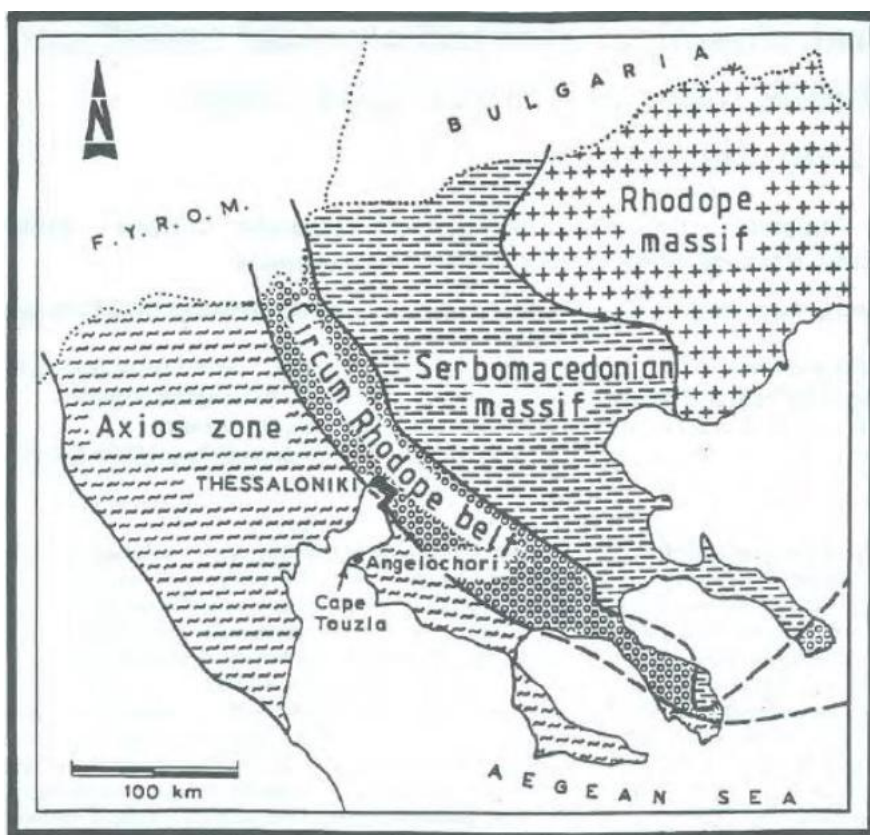
- Επιτρέπονται οι επιστημονικές έρευνες με άδεια των αρμόδιων αρχών
- Επιτρέπονται ενέργειες και εργασίες για την βελτίωση, διατήρηση και αποκατάσταση των χαρακτηριστικών του οικοσυστήματος
- Επιτρέπονται οι γεωργικές δραστηριότητες στις ήδη καλλιεργούμενες εκτάσεις και απαγορεύεται εντός των ζωνών η επέκταση, η εκχέρσωση, η άρδευση και η αποστράγγιση περαιτέρω περιοχών.
- Επιτρέπεται η κτηνοτροφία και οι εγκαταστάσεις της

- Απαγορεύεται η αλλοίωση, τροποποίηση ή καταστροφή του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου που εξυπηρετεί τις καλλιέργειες αυτών των ζωνών. Έργα συντήρησης και εκσυγχρονισμού είναι επιτρεπτά. Για οποιαδήποτε μεταβολή και δημιουργία έργου, απαιτείται η γνώμη του Γ.Ο.Ε.Β. και του ΦΔ
- Επιτρέπεται η χρήση του οδικού δικτύου και τα έργα βελτίωσης, αποκατάστασης και συντήρησης του κατόπιν σύμφωνης γνώμης του ΦΔ. Απαγορεύονται νέα έργα ασφαλτοστρώσεων
- Επιτρέπονται τα έργα βελτίωσης, συντήρησης, αποκατάστασης και εκσυγχρονισμού των υποδομών κοινής ωφέλειας και μεταφορών (αποχέτευση, ύδρευση, τηλεπικοινωνίες, οδικό δίκτυο κ.λπ.), ύστερα από γνώμη του ΦΔ
- Επιτρέπεται η κατασκευή θερμοκηπίων
- Επιτρέπεται η δημιουργία αποθηκών με συγκεκριμένες διαστάσεις, για οποιαδήποτε διαφοροποίηση στις διαστάσεις αυτών χρειάζεται η γνώμη των αρμόδιων αρχών και του ΦΔ.
- Επιτρέπονται οι αποθήκες τύπου σιλό
- Επιτρέπεται η δημιουργία μονάδων επεξεργασίας, μεταποίησης και τυποποίησης αγροτικών προϊόντων που καλλιεργούνται στην περιοχή
- Επιτρέπεται, όποτε είναι αναγκαία η συντήρηση, επισκευή και αλλαγή μέρους των αγωγών ύδρευσης
- Επιτρέπονται τα έργα βελτίωσης, επισκευών, συντήρησης και εκσυγχρονισμού των αποχετευτικών δικτύων και των αντλιοστασίων της ΕΥΑΘ, σύμφωνα με την ισχύουσα ΑΕΠΟ και τη νομοθεσία (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2019).

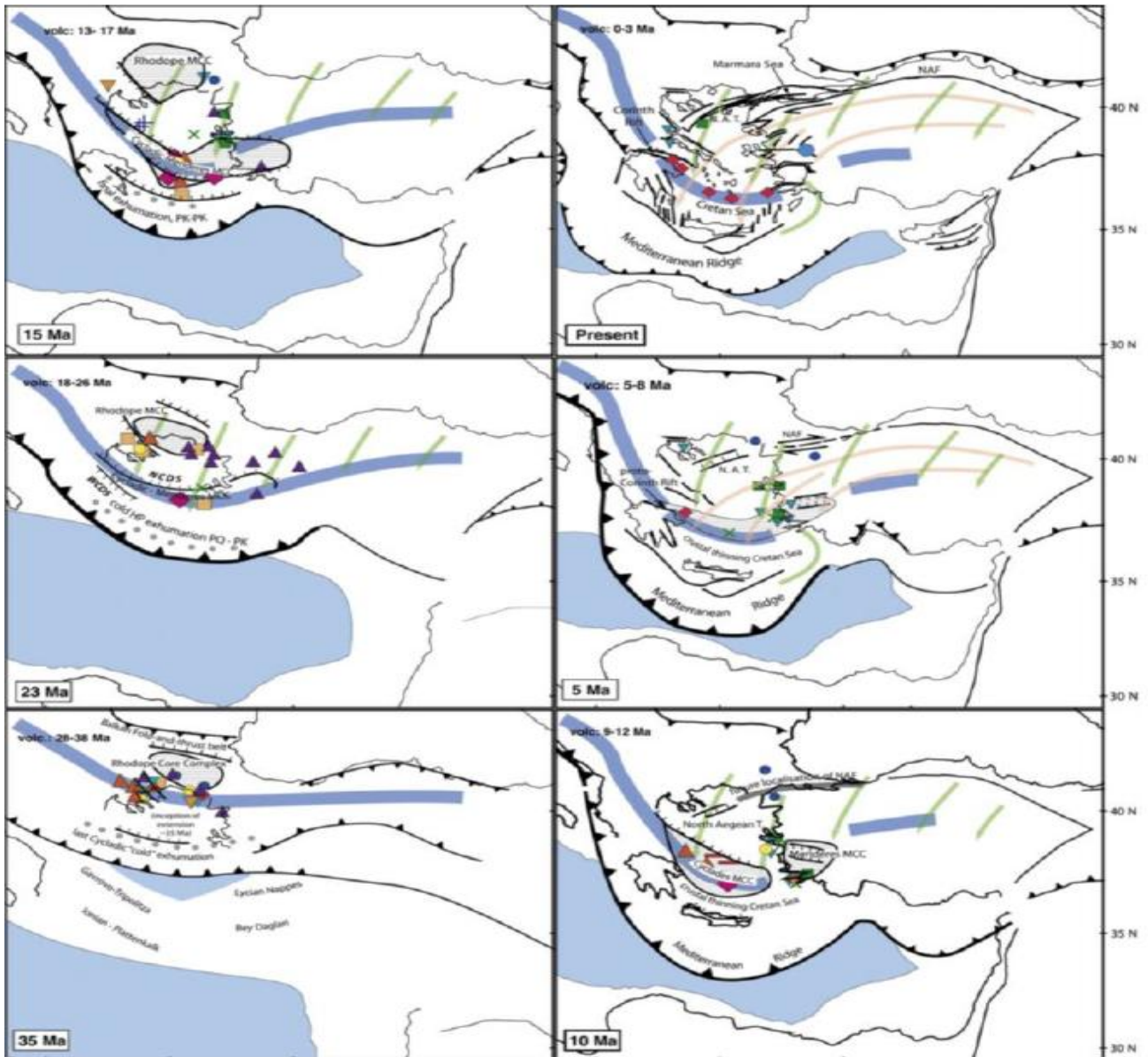
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το υπόβαθρο της περιοχής μελέτης ανήκει, σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010), στην ζώνη Αξιού και πιο συγκεκριμένα στην Υποζώνη Παιονίας (εικόνα 2.1). Βασικό χαρακτηριστικό της ζώνης είναι η λεπιοειδής τεκτονική. Τα τεκτονικά λείπια, που ποικίλουν ως προς τις διαστάσεις τους, είναι αποτέλεσμα της συμπιεστικής τεκτονικής στο Τριτογενές, κατά τη σύγκρουση της ηπειρωτικής πλάκας της Απουλίας με την ενιαία Κιμμερική - Ευρασιατική Ήπειρο. Η κάθε ενότητα της ζώνης Αξιού αντιπροσωπεύει ένα μεγαλέπι, με κλίση προς τα ΒΑ, που χαρακτηρίζεται από ορισμένους σχηματισμούς και εμφανίζεται αποκομμένο από τα υπόλοιπα εξ αιτίας της κάλυψης της περιοχής από μεταλικά νεογενή ιζήματα.

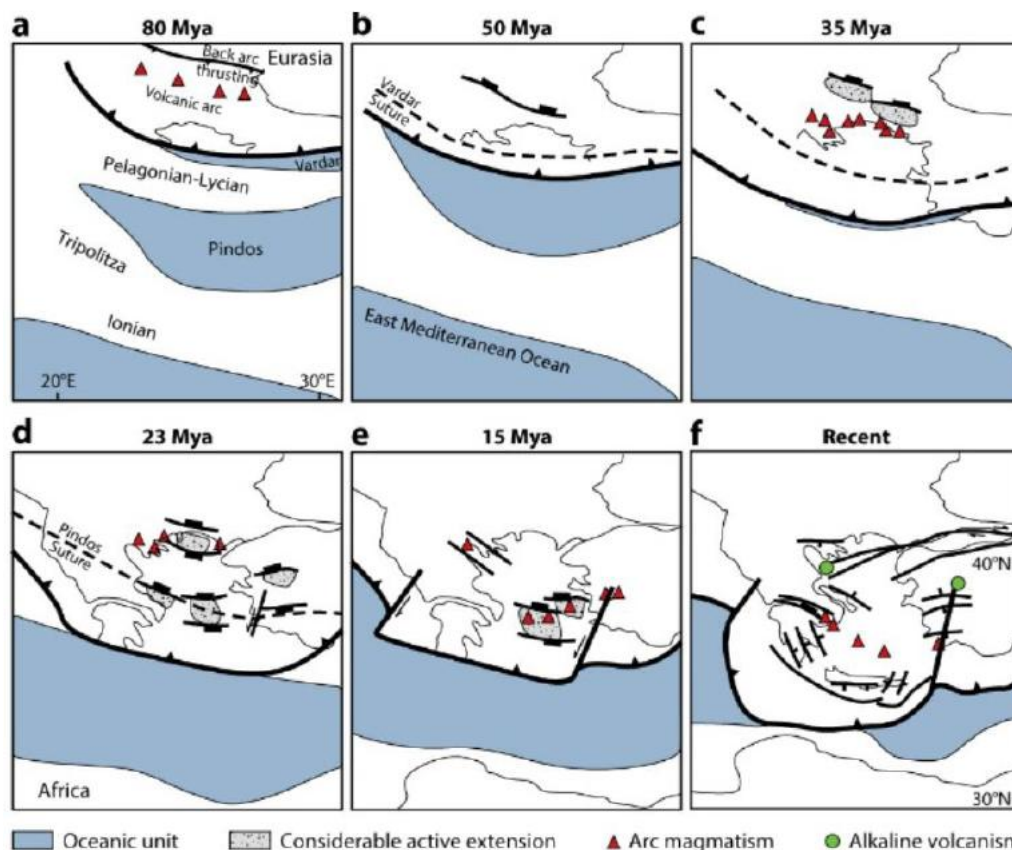
Νεότερες απόψεις (Jolivet et al., 2012), υποστηρίζουν ότι η δημιουργία των Τριτογενών και Τεταρτογενών λεκανών που πληρώθηκαν με ιζήματα, είναι αποτέλεσμα μιας και μοναδικής ζώνης υποβύθισης, ενεργής από το Άνω Κρητιδικό. Αυτή η ζώνη έχει καταναλώσει τόσο ωκεάνιο όσο και ηπειρωτικό λιθοσφαιρικό μανδύα. Διαδοχικά κατανάλωσε τον ωκεανό του Αξιού, την Πελαγονική ήπειρο, τον ωκεανό της Πίνδου, την πλάκα της Απουλίας και τέλος τον ωκεανό της Ανατολικής Μεσογείου. Τμήματα από αυτές τις ζώνες αυξήθηκαν προοδευτικά για να δημιουργηθούν τα συσσωρευμένα συμπλέγματα των Ελληνίδων οροσειρών και της Μεσογειακής ράχης. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της τεκτονικής του φλοιού και των ρευμάτων μεταφοράς του μανδύα κατά τη διάρκεια της υποβύθισης της πλάκας, δημιουργούν στο πίσω μέρος συνθήκες εφελκυσμού και οπισθοτόξεις λεκάνες στα 35 Ma (εικόνα 2.2). Παρόμοια άποψη υποστηρίζεται και από τους Sinn & Schlemmer (2014), η οποία φαίνεται στην εικόνα 2.3.



Εικ.2.1: Απλοποιημένος γεωτεκτονικός χάρτης της Κεντρικής και Ανατολικής Μακεδονίας (Πηγή: Jacobshagen 1986, από Filippidis et al., 1997).



Εικ.2.2: Αναπαραστάσεις της περιοχής του Αιγαίου από το Άνω Ηώκαινο (35 Ma) μέχρι και σήμερα. Η παχιά μπλε γραμμή δείχνει την θέση της πλάκας σε βάθος 150 km. Ο μπλε τομέας είναι η ωκεάνια λιθόσφαιρα της Ανατολικής Μεσογείου. Τα πράσινα βέλη αντιπροσωπεύουν την ασθενοσφαιρική ροή και τα πορτοκαλί την ροή του ανώτερου φλοιού. (Ηφαιστειότητα από Pe-Piper and Piper 2006 και 2007, από Jolivet et al., 2012).



Εικ.2.3: Γεωδυναμική εξέλιξη και τεκτονική αναπαράσταση του Αιγαίου από τα 80 Ma έως την σημερινή κατάσταση (Πηγή: Ring et al., 2010, από Sinn & Schlemmer, 2014).

2.1. Ιζηματολογία και στρωματογραφία της περιοχής

Τα πετρώματα του υποβάθρου είναι κυρίως μεταμορφωμένα και υπερβασικά.

Πάνω από το υπόβαθρο της σημερινής κοιλάδας του Αξιού, δημιουργήθηκε κατά το Τριτογενές η μολασική αύλακα του Αξιού με πολυφασική ιζηματογένεση. Αποτελείται από ψαμμίτες, μάργες, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και ασβεστόλιθους Ανώτερης Ηωκαινικής – Ολιγοκαινικής - Άνω Μειοκαινικής ηλικίας (Μουντράκης, 2010).

Το μεγαλύτερο μέρος της Τριτογενούς αύλακας καλύπτεται πλέον από χερσαίες Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις της κοιλάδας Αξιού και της ευρύτερης πεδιάδας της Θεσσαλονίκης. Η λεκάνη - κοιλάδα του Αξιού – Θεσσαλονίκης έχει μεγάλο πλάτος και διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Η δημιουργία της λεκάνης οφείλεται σε κανονικά ρήγματα μικρής κλίσης (Syrides et al., 2009). Τα ιζήματα είναι κυρίως ποταμοχειμάρριας και λιμναίας φάσης (εικόνα 2.1.1) (Μουντράκης, 2010). Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τους Syrides et al. (2009), η ιζηματογένεση στην περιοχή ξεκίνησε στο Μειόκαινο με απόθεση ποτάμιων ιζημάτων, ερυθροστρωμάτων και υφάλμυρων (brackish) απολιθωματοφόρων αργίλων - άμμων και ασβεστολίθων. Η ιζηματογένεση συνεχίστηκε στο Πλειόκαινο με ποταμολιμναίες άμμους, ιλύς και λιμναίους μαργαϊκούς ασβεστολίθους. Τέλος, στο Πλειστόκαινο αποτέθηκαν ερυθροστρώματα. Το συνολικό πάχος των ιζημάτων στο κέντρο της λεκάνης είναι 3500 m (Syrides et al., 2009, από Faugeres & Robert, 1976). Την περίοδο του Μέσου - Ανώτερου Πλειστοκαίνου μια έντονη τεκτονική δραστηριότητα, επηρέασε τόσο τα Πλειστοκαινικά ερυθροστρώματα, όσο και την μορφολογία της λεκάνης (Syrides, 1990).

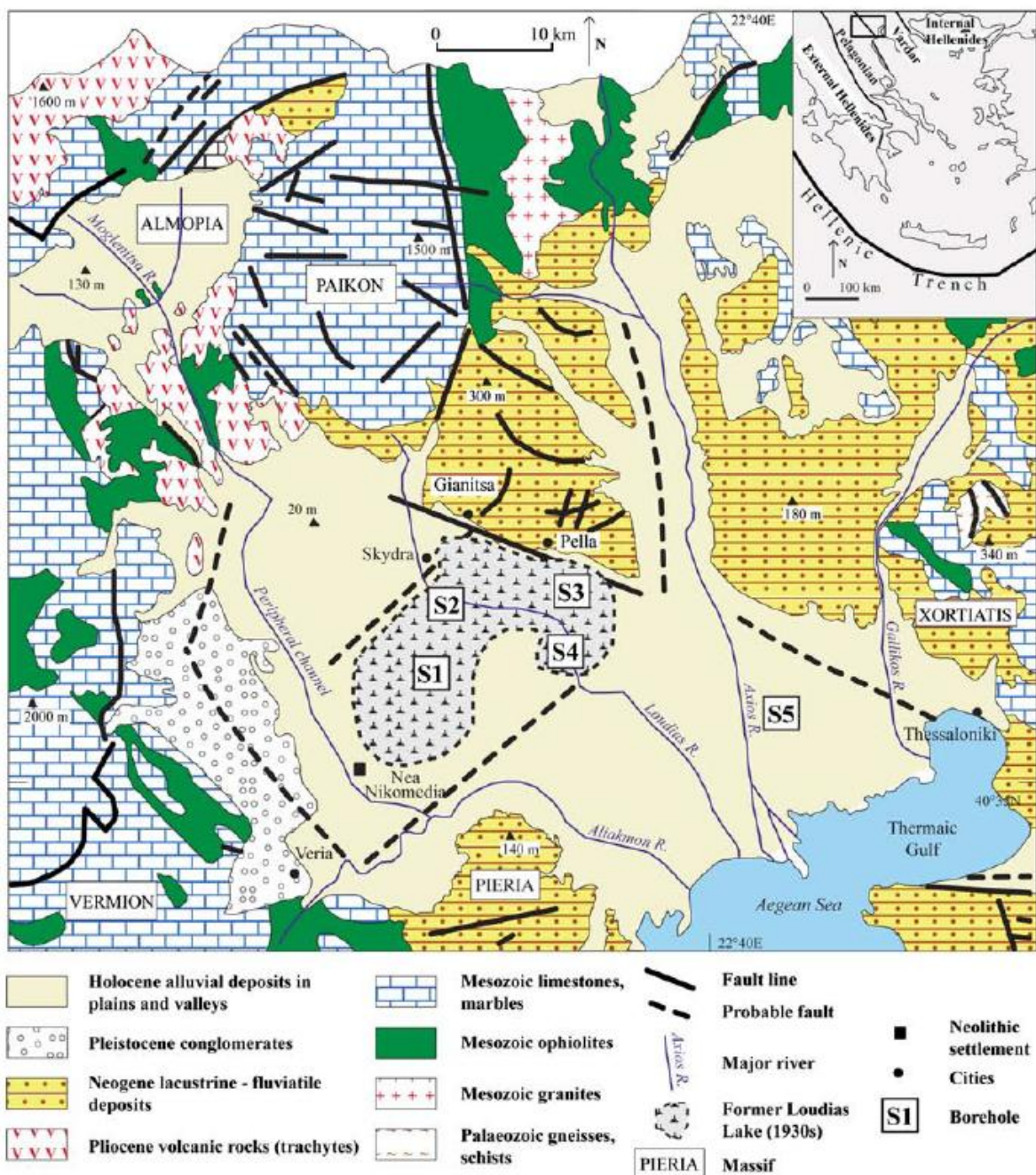
Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις της λεκάνης εμφανίζουν υφαλμύριση λόγω εγκλωβισμένων παλαιότερων υδάτων, εντός θαλάσσιων ιζημάτων, όπου η ανανέωση από γλυκά νερά

πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς και λόγω της θαλάσσιας διείσδυσης στους παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες (Κουμαντάκης, 1989).

Σύμφωνα με την μελέτη των Ghilardi et al. (2007), η πυρηνοληψία S5, βάθους 11 m, (εικόνα 2.1.2) που βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, στην περιοχή της Χαλάστρας, εμφανίζει ιζήματα λιμναίας και ποταμοχειμάρριας φάσης, ενώ μέχρι αυτό το βάθος λείπει εντελώς η θαλάσσια φάση. Η ποικιλία της κατανομής του μεγέθους των κόκκων υποδηλώνει διαφοροποιήσεις στο ποτάμιο φορτίο και επίσης στην συγκεκριμένη θέση εμφανίζεται ένα υπόβαθρο από ποτάμιες άμμους σημαντικού πάχους. Πλέον, η πεδιάδα καλύπτεται από μεγάλο πάχους Ολοκαινικές προδελταϊκές αποθέσεις (Αλμπανάκης et.al., 2005).

SERIES	STAGE	MN ZONES	FORMA-TION	MEMBER	L I T H O L O G Y (Not on scale)	
					Diagram	Description
PLEI-STO-CENE	VILLA-NYIAN	MN-15	ANGE-LO-CHORI	GEFI-RA EMVO-LON		Αλλούβια Terra rossa
						Ψαμμίτες, χαλίκια
PLIOCENE	RUSCI-NIAN	MN-14	ANGE-LO-CHORI	EMVO-LON		Ερυθρωπές μάργες σε εναλλαγές με ψαμμίτες και χαλίκια
						Ασβεστόλιθοι λιμναίοι κίτρινες μάργες ψαμμίτες χαλίκια
UPPER MIOCENE	TUROLIAN	MN-13	DYTIKO			Εναλλαγές ψαμμιτών, μαργών και χαλικιών
		MN-12			VATHYLAKKOS	
	MN-11	VATHYLAKKOS				
VALLESIAN	MN-10			N. MESTIVRIA		
						?

Εικ.2.1.1: Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Νεογενούς - Τεταρτογενούς λεκάνης Αξιού - Θεσσαλονίκης (Πηγή: Koufos & Pavlides, 1988).



Εικ.2.1.2: Γεωλογικό υπόβαθρο της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης και θέσεις δειγματοληψίας (Πηγή: Ghilardi et al., 2007).

Σύμφωνα με τους Ghilardi et al. (2007), όπως παρουσιάζεται στον χάρτη της εικόνας 2.1.2, στην ευρύτερη περιοχή από τα παλαιότερα προς τα νεότερα εμφανίζονται:

- Γνεύσιοι και σχιστόλιθοι Παλαιοζωικής ηλικίας
- Γρανιτικά πετρώματα Μεσοζωικής ηλικίας
- Οφίολιθοι Μεσοζωικής ηλικίας
- Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα Μεσοζωικής ηλικίας
- Ηφαιστειακά πετρώματα Πλειοκαινικής ηλικίας
- Λιμναίες και ποτάμιες αποθέσεις Νεογενούς
- Κροκαλοπαγή Πλειστοκαινικής ηλικίας
- Αλλουβιακές αποθέσεις πεδιάδων Ολοκαινικής ηλικίας.

3. ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Κατά την περίοδο του Πλειστοκαίνου, οι εναλλασσόμενες παλαιοκλιματικές συνθήκες, με τις επακόλουθες διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας, οδήγησαν σε απόθεση χερσαίων και ποτάμιων ιζημάτων και τοπικά, απόθεση παλαιοεδάφους και ερυθροστρωμάτων (Syrides et al., 2009).

Κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο, η στάθμη της θάλασσας έφτασε περίπου -120 m κάτω από την σημερινή. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μετακινηθεί προς τα νότια η ακτογραμμή των δέλτα των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα και Γαλλικού. Λόγω αυτού, μια κοιλάδα με χαμηλό υψόμετρο δέσποζε στην σημερινή περιοχή που περιβάλλει την πόλη της Θεσσαλονίκης και το βόρειο τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου (Syrides et al., 2009 ; Vouvalidis et al., 2005). Η κοιλάδα αυτή οριοθετούνταν από ένα λοφώδες ανάγλυφο και αποστραγγιζόταν από την κύρια κοίτη του Αξιού ποταμού και τους δευτερεύοντες κλάδους του (τους σημερινούς ποταμούς Γαλλικό, Αλιάκμονα και Ανθεμούντα). Κατά την περίοδο του Ολοκαίνου, μετά την τελευταία παγετώδη περίοδο, μία επίκληση της θάλασσας κάλυψε με νερό τις χαμηλότερες περιοχές της κοιλάδας και οδήγησε σταδιακά στην διαμόρφωση της σημερινής ακτογραμμής. Η παράκτια ζώνη κατά μήκος των βόρειων και βορειοδυτικών τμημάτων της περιοχής, έχει επηρεαστεί από τις διεργασίες απόθεσης των ιζημάτων του Γαλλικού – Αξιού - Αλιάκμονα, που δημιούργησαν ένα εκτεταμένο δελταϊκό σύμπλεγμα στο βόρειο και στο δυτικό τμήμα του κόλπου. Αντιθέτως, κατά μήκος του ανατολικού τμήματος της περιοχής, οι ακτές αποτελούνται από παράκτιες αναβαθμίδες που στην πλειονότητα τους χαρακτηρίζονται από φαινόμενα διάβρωσης (Αλμπανάκης et al., 2005).

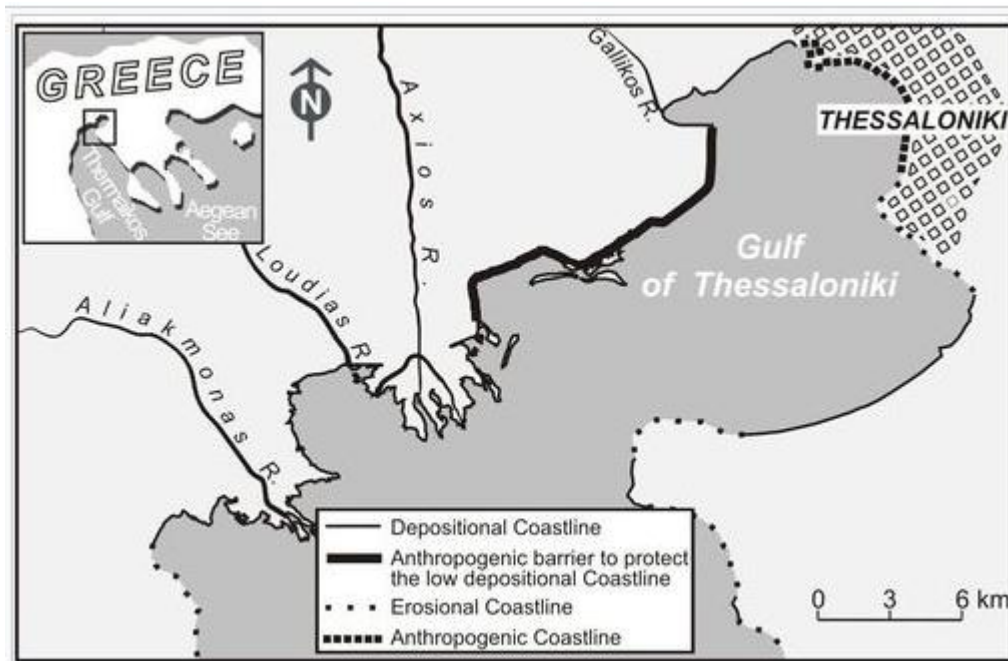
Η δελταϊκή πεδιάδα της Θεσσαλονίκης είναι η μεγαλύτερη της Ελλάδας (περίπου 2.000 km²) (Ghilardi et al., 2008). Στην περιοχή υπήρχαν αρκετοί προϊστορικοί και ιστορικοί παράκτιοι οικισμοί, που πρωτοεμφανίστηκαν πριν από περίπου 7000 χρόνια, οι οποίοι επηρεάστηκαν σημαντικά από την επέκταση ή την υποχώρηση της ακτογραμμής (Grammenos, 1991; French, 1967). Γενικά η μορφολογία της ευρύτερης περιοχής αποτελείται από λοφώδες ανάγλυφο στα βόρεια και από δύο χαμηλότερες (πεδινές) περιοχές: την μεγάλη δελταϊκή πεδιάδα του Αξιού στα δυτικά και την λεκάνη του Ανθεμούντα στα ανατολικά, ανάμεσα στα ακρωτήρια Μικρό και Μεγάλο Έμβολο (Vouvalidis et al., 2005).

Οι φυσικές διεργασίες διαμόρφωσαν το ανάγλυφο μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και μετά έλαβαν χώρα πολυάριθμες και σημαντικές ανθρωπογενείς επεμβάσεις, συμπεριλαμβανομένης μιας σειράς υδραυλικών έργων, όπως η κατασκευή φραγμάτων, η αποστράγγιση των πλημμυρικών πεδιάδων, η εκσκαφή άμμου κλπ, που είχαν σαν αποτέλεσμα να είναι οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις που διαδραμάτισαν τον πρωτεύοντα ρόλο στην εξέλιξη του σημερινού αναγλύφου (Konstantinidis, 1989; Psilovikos & Psilovikos, 1997).

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η περιοχή μελέτης όπου στο βόρειο και ανατολικό τμήμα επικρατούν συνθήκες διάβρωσης, εκτός από την παράκτια ζώνη του Ανθεμούντα. Αντιθέτως, στο δυτικό τμήμα της περιοχής επικρατούν συνθήκες εξέλιξης (prograding) των δέλτα του Γαλλικού – Αξιού - Αλιάκμονα (Lykousis et al., 1981 ; Poulos et al., 1994).

Η σημερινή τοποθεσία των κοιτών και των δέλτα είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών επεμβάσεων που έλαβαν χώρα κατά την δεκαετία του 1930 (Albanakis et al., 1993).

Η πιο σημαντική ανθρώπινη επέμβαση έγκειται στην μετατόπιση του σημείου εξόδου του Αξιού ποταμού, από την αρχική του πορεία έξω από τον κόλπο της Θεσσαλονίκης κατά μήκος του ακρωτηρίου Μεγάλο Έμβολο. Αυτή η μετατόπιση συνέβη για να αποφευχθεί η πρόσκωση του λιμανιού της Θεσσαλονίκης από τα ιζήματα των ποταμών (Evmothoropoulos, 1961).



Εικ.3.1: Τοποθεσία της περιοχής μελέτης και των τύπων ακτών που βρίσκονται στον βόρειο Θεσσαλονικικό κόλπο και στον κόλπο της Θεσσαλονίκης (Πηγή: Greek case studies, ιστοσελίδα Δ3).

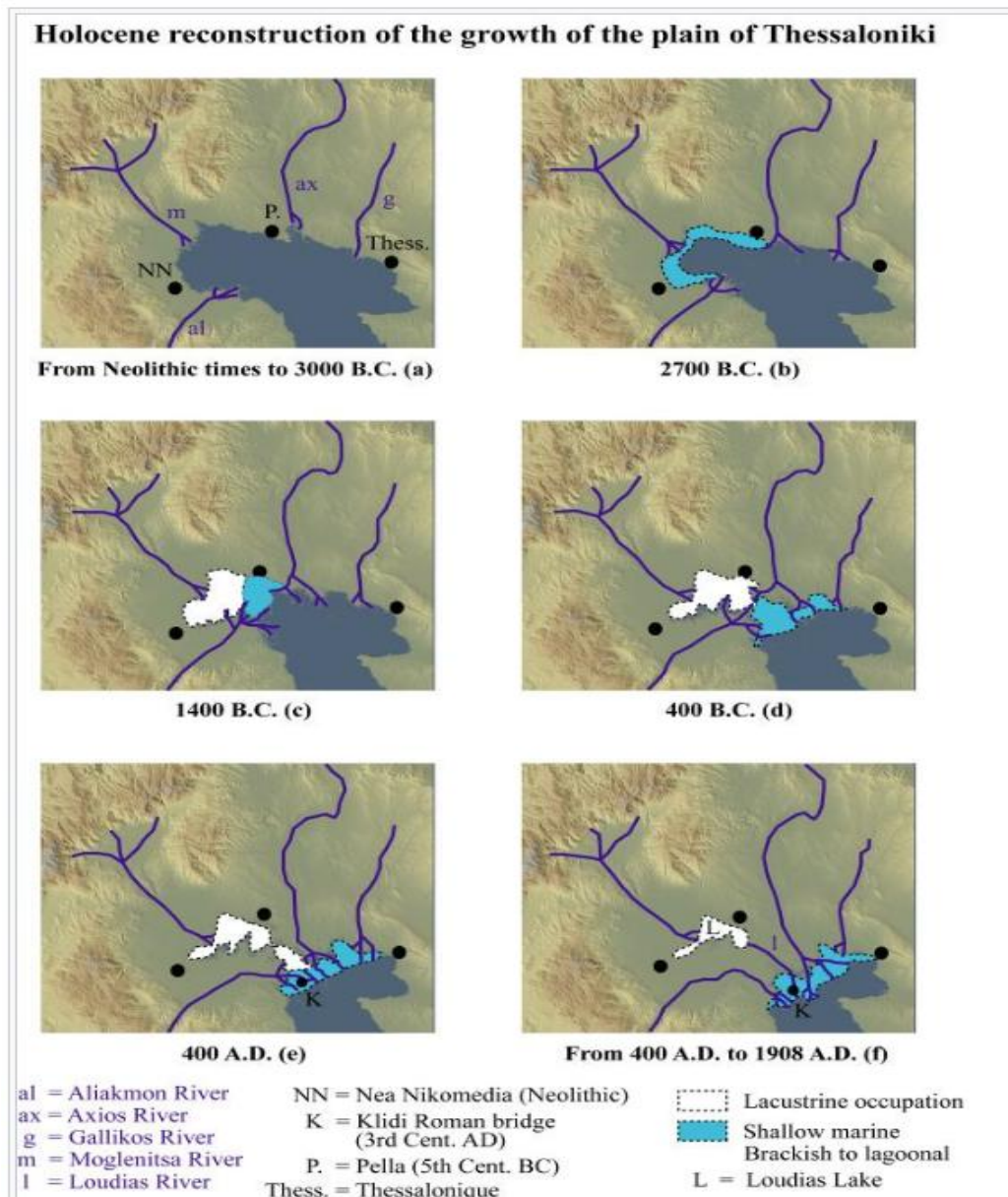
3.1. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης

Με βάση προηγούμενα στοιχεία, έγινε η αναγνώριση και ο χρονικός καθορισμός των κύριων σταδίων της ιζηματολογικής και περιβαλλοντικής εξέλιξης της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης κατά τις τελευταίες χιλιετίες. Η ταχεία εξέλιξη των δέλτα (progradation), συνέβη κατά το Μέσο Ολόκαινο, όταν ο ρυθμός της αύξησης της στάθμης της θάλασσας άρχισε να μειώνεται και σταθεροποιήθηκε κοντά στην σημερινή (Pirazzoli, 1996). Στην εικόνα 3.1.1 δίνεται η σχηματική απεικόνιση αυτής της εξέλιξης τα τελευταία 5000 χρόνια (Fouache et al., 2008).

- Το πρώτο στάδιο (3.1.1a) αναφέρεται στην μέγιστη επέκταση της εισχώρησης της θάλασσας περίπου το 4000 π.Χ., όπου η πεδιάδα καλυπτόταν από έναν μεγάλο θαλάσσιο κόλπο. Αυτό το στάδιο αντιστοιχεί στο αποκορύφωμα της Ολοκαινικής επίκλησης. Από το 4000 π.Χ. μέχρι το 3000 π.Χ., ένας μεγάλος ανοιχτός κόλπος όπου επικρατούσαν συνθήκες ρηχής θάλασσας στο δυτικό τμήμα και βαθύτερα ύδατα στα ανατολικά, καταλάμβανε την σημερινή θέση της αλλουβιακής πεδιάδας.
- Κατά το δεύτερο στάδιο (3.1.1b) από το 3000 έως 2700 π.Χ., ο κόλπος ξεκίνησε να πληρώνεται με ιζήματα των ποταμών Αλιάκμονα, Αξιού και Μογλένιτσα. Τα ποτάμια υλικά αποτέθηκαν σε ήρεμες συνθήκες δημιουργώντας αμμώδη αναχώματα πίσω από τα οποία δημιουργήθηκαν λιμνοθάλασσια - υφάλμυρα περιβάλλοντα.
- Στο τρίτο στάδιο (3.1.1c) περίπου το 1600 με 1400 π.Χ., υπήρξε ραγδαία υποχώρηση της ακτογραμμής δημιουργώντας λιμνοθάλασσια μικρής χρονικής διάρκειας. Η Πέλλα, που ήταν η αρχαία πρωτεύουσα του Μακεδονικού βασιλείου, δεν ήταν πλέον παραθαλάσσια πόλη. Στο δυτικό τμήμα της περιοχής, είχε δημιουργηθεί μια λίμνη μεγάλων διαστάσεων, η οποία συρρικνώθηκε σταδιακά κατά την πλήρωσή της από λιμναία ιζήματα. Αυτή η λίμνη, που αναφέρεται από τον Στράβο, ήταν πιθανόν ο πρόγονος της λίμνης των Γιαννιτών.
- Κατά τη διάρκεια του τέταρτου σταδίου (3.1.1d) από τον 8^ο έως 4^ο αιώνα π.Χ. (Αρχαϊκή και Κλασική περίοδος), η αλλουβιακή πεδιάδα συνέχισε να εξελίσσεται και το

περιβάλλον ήταν από υφάλμυρο έως λιμναίο. Υπήρχε συνεχής ανάπτυξη των δέλτα του Αξιού και του Αλιάκμονα και δημιουργήθηκε ένα στενό κανάλι μεταξύ των δελταϊκών τους λοβών (lobes). Αυτό το κανάλι επέτρεπε την πρόσβαση των πλοίων στο λιμάνι της αρχαίας Πέλλας.

- Στην Ρωμαϊκή περίοδο (περίπου τον 4 αιώνα μ.Χ.) (3.1.1e), ο σχηματισμένος κόλπος πληρώθηκε με ποτάμιες αποθέσεις και η Πέλλα δεν ήταν πλέον συνδεδεμένη με την λίμνη. Η απουσία οποιονδήποτε ενδείξεων σχετικά με την αλλαγή της ακτογραμμής υποδηλώνει ότι η εξέλιξη (progradation) της πεδιάδας σταμάτησε εκείνη την εποχή. Βεβαιώνεται ότι η περιοχή καλύφθηκε από μια λίμνη στο δυτικό - κεντρικό τμήμα, μετατοπιζόμενη από δυτικά προς ανατολικά.
- Στο τελευταίο στάδιο (3.1.1f), η λίμνη των Γιαννιτσών λειτούργησε μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, αλλά αποξηράνθηκε κατά τη δεκαετία του '30 (Fouache et al., 2008).

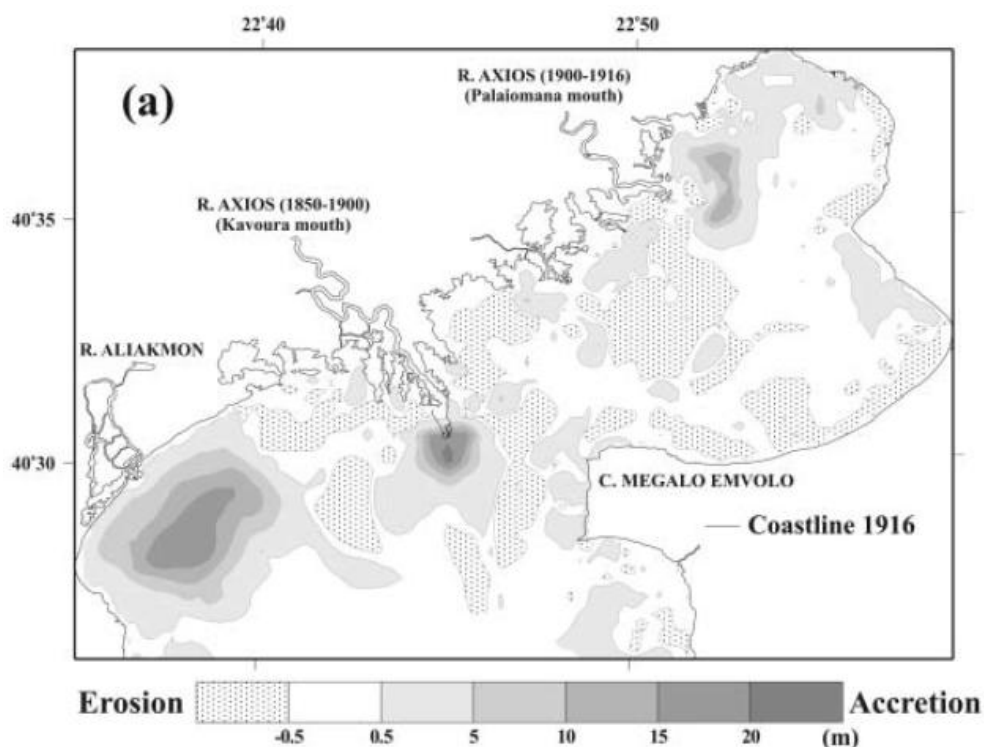


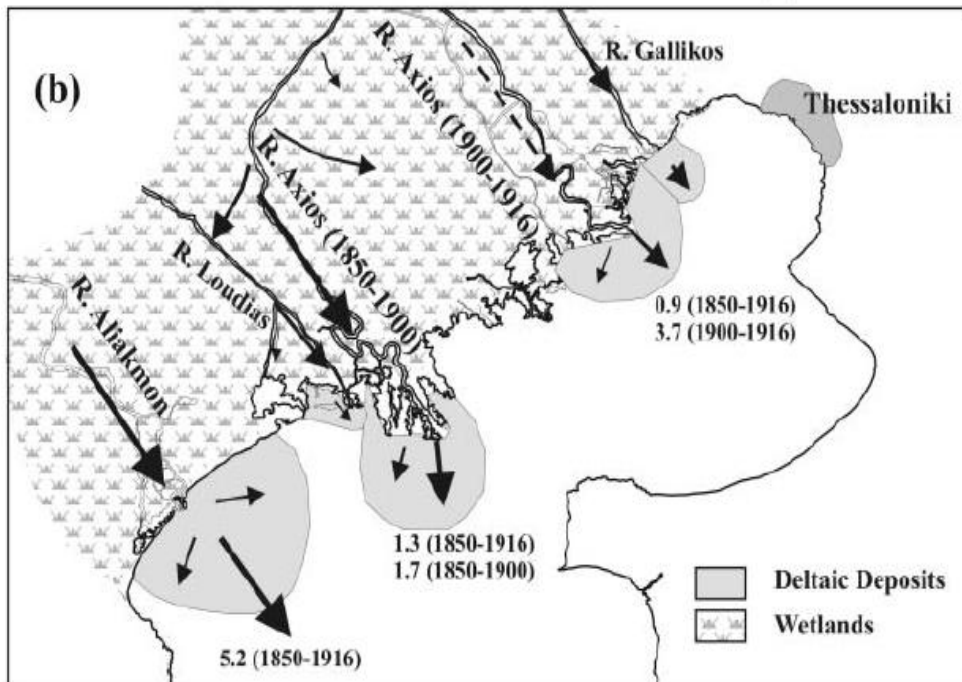
Εικ.3.1.1: Εξέλιξη της δελταϊκής πεδιάδας της Θεσσαλονίκης κατά το Ολόκαινο (Πηγή: Fouache et al., 2008).

4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΟΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΟ 1,5 ΑΙΩΝΑ

Η γεωμορφολογική εξέλιξη βασίστηκε σε λεπτομερείς αναλύσεις ιστορικών βαθυμετρικών χαρτών (Albanakis et al., 1993 ; Roulos et al., 1994 ; Karsimalis et al., 2005). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εξέλιξη οφείλεται σε ανθρώπινες παρεμβάσεις και τροποποιήσεις στις λεκάνες των ποταμών Αξιού, Αλιάκμονα, Γαλλικού και Λουδία που εκφορτίζονται στον Θερμαϊκό κόλπο. Σύμφωνα με τους Karsimalis et al. (2005), τον τελευταίο ενάμιση αιώνα στον Θερμαϊκό κόλπο έχουν συσσωρευτεί ιζήματα της τάξης των $1230 \times 10^6 \text{ m}^3$, με μέσο ρυθμό αύξησης $8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ ή $12 \times 10^6 \text{ tons}/\text{έτος}$. Περίπου το 85% αυτού του φορτίου αποτίθεται γύρω από το ενεργό στόμιο εξόδου των ποταμών και περίπου το 15% του φορτίου διασκορπίζεται βαθύτερα. Κατά την διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου διακρίνονται τρία εξελικτικά στάδια με βάση τις αλλαγές στην ποσότητα των ιζημάτων που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα (Karsimalis et al., 2005 ; Greek case studies, ιστοσελίδα Δ4).

- Στάδιο 1: 1850-1916. Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα έως τις αρχές του 20^{ου}, το παράκτιο σύστημα του κόλπου εξελίχθηκε με φυσικό τρόπο. Το ποτάμιο φορτίο με μέσο όρο $6.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ ή $10 \times 10^6 \text{ tons}/\text{έτος}$, οδήγησε στην δημιουργία ενός δικτύου θαλάσσιων ιζημάτων της τάξης των $430 \times 10^6 \text{ m}^3$. Αυτό οδήγησε στην επέκταση του δελταϊκού συμπλέγματος, κυρίως κοντά στο ενεργό στόμιο εξόδου των ποταμών (εικόνα 4.1) (Karsimalis et al., 2005).



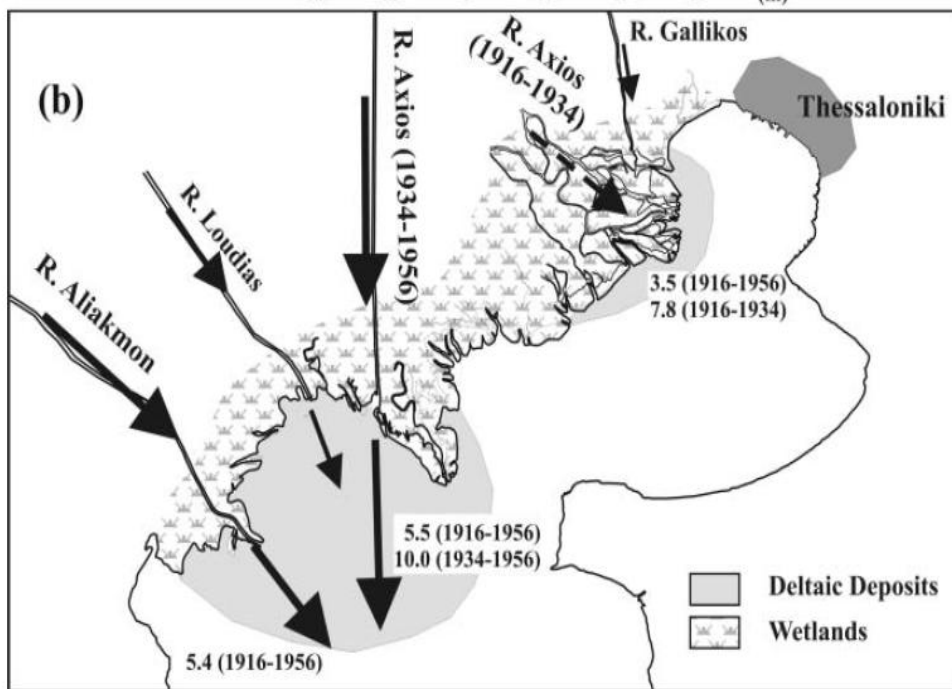
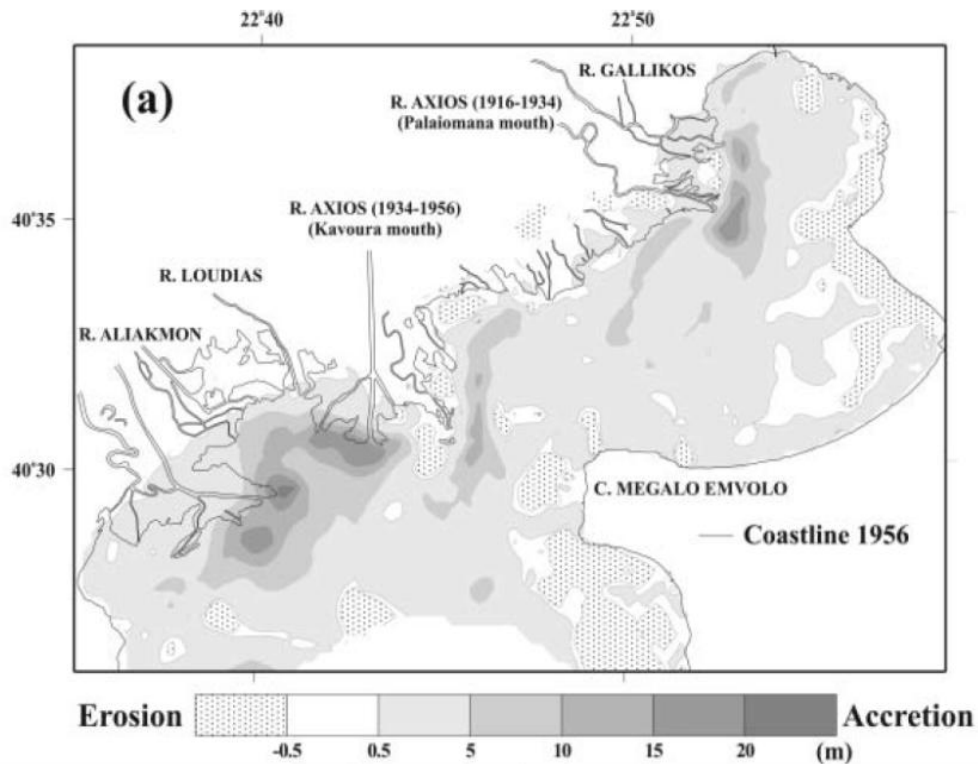


Εικ.4.1: α) Χωρική κατανομή των μοτίβων πρόσχωσης και διάβρωσης στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο κατά το στάδιο 1. β) Σχηματική αναπαράσταση του εκτιμώμενου φορτίου των ιζημάτων στο ενεργό στόμιο εξόδου των ποταμών (Πηγή: Kapsimalis et al., 2005).

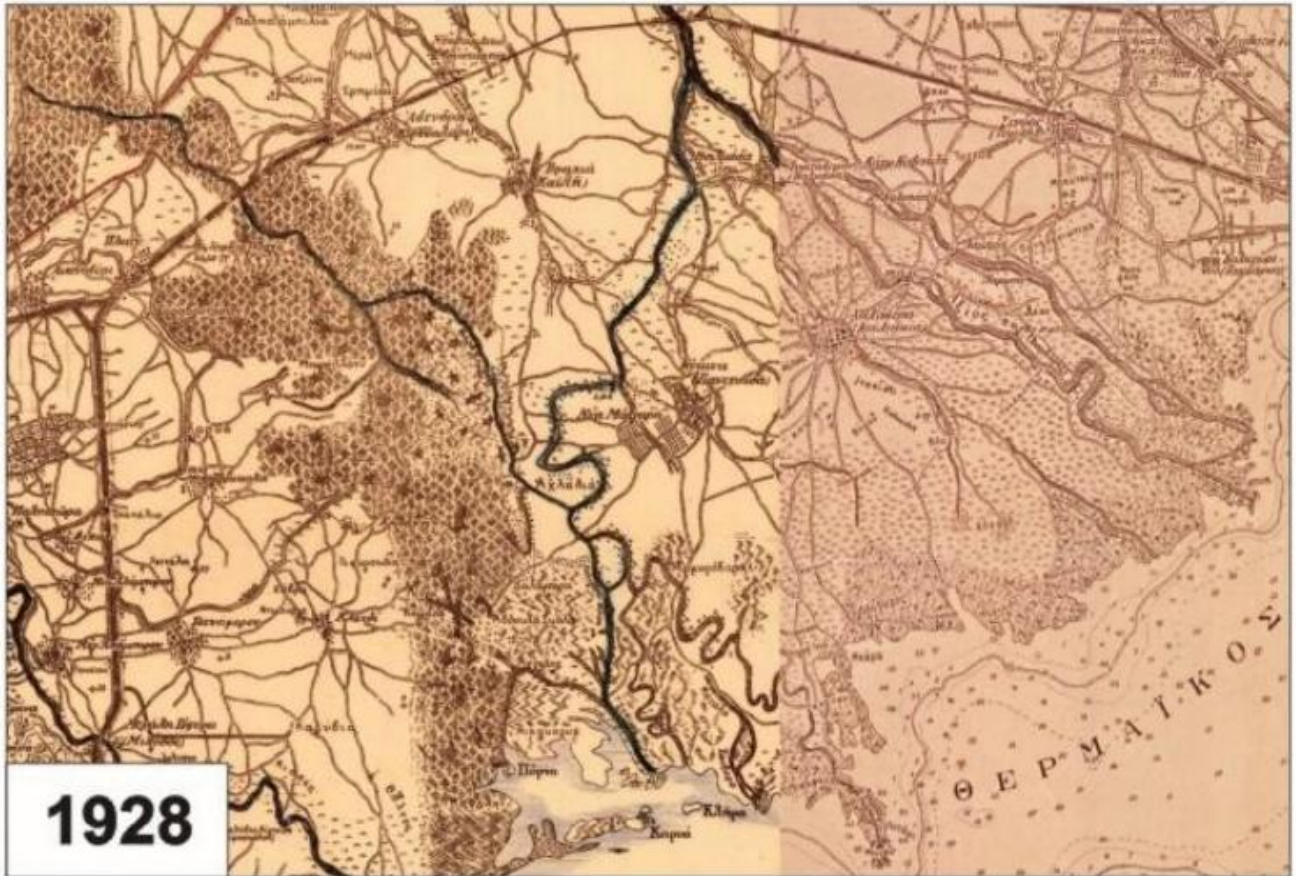
- Στάδιο 2: 1916-1956.** Σε αυτή την περίοδο αναγνωρίζονται δύο υποστάδια. Το πρώτο (1916-1930) χαρακτηρίζεται από φυσική εξέλιξη της παράκτιας περιοχής και το δεύτερο (1931-1956) από τις αυξανόμενες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην δελταϊκή πεδιάδα με την δημιουργία καναλιών (canalization) και την αναμόρφωση της περιοχής. Κατά το πρώτο υποστάδιο, το ενεργό στόμιο εξόδου του Αξιού βρισκόταν στην περιοχή της Παλαιομάνας (εικόνα 4.2α), ενισχύοντας την πρόσχωση του λιμανιού της Θεσσαλονίκης. Ένας καλύτερος χάρτης της κατάστασης, για την ίδια περίοδο, παρουσιάζεται στην εικόνα 4.3 από τους Ρεϊζοπούλου & Βουβαλίδης (2010). Αυτό οδήγησε στην εκτροπή της κοίτης του Αξιού ποταμού, μεταφέροντας το στόμιο εξόδου κοντά στο ακρωτήριο Κάβουρα. Το έργο ξεκίνησε το 1930 και ολοκληρώθηκε το 1934. Την ίδια περίοδο έγιναν και κάποια άλλα συνωδά έργα στην πεδιάδα, τα οποία ήταν η τεχνητή αποξήρανση της λίμνης των Γιαννιτσών, η κατασκευή του αποστραγγιστικού καναλιού του Λουδία και τα έργα αναμόρφωσης στους βάλτους (swamps) του Λουδία (1933-1935), που βρίσκονταν στα ΒΔ του ακρωτηρίου Κάβουρα (εικόνα 4.3) (Kapsimalis et al., 2005).

Η δεύτερη υποπερίοδος χαρακτηρίζεται από την εξέλιξη του δέλτα του Αξιού προς Ν και ΝΔ. Στο ανατολικό τμήμα του στομίου εξόδου του υπήρχαν φαινόμενα διάβρωσης. Σε αυτό το χρονικό σημείο η παλιά κοίτη του Αξιού λειτουργούσε περιοδικά κατά την διάρκεια πλημμυρικών επεισοδίων και έγινε η τεχνητή ευθυγράμμιση της κοίτης στα κατάντη σημεία του Αλιάκμονα, οδηγώντας στην δημιουργία ενός εκτεταμένου δέλτα στα ΒΑ, με την μορφή πέλματος πτηνού. Παρόμοια έργα έγιναν και στα κατάντη σημεία της κοίτης του Γαλλικού για την προστασία του δέλτα από πλημμυρικά επεισόδια (Konstantinidis, 1989).

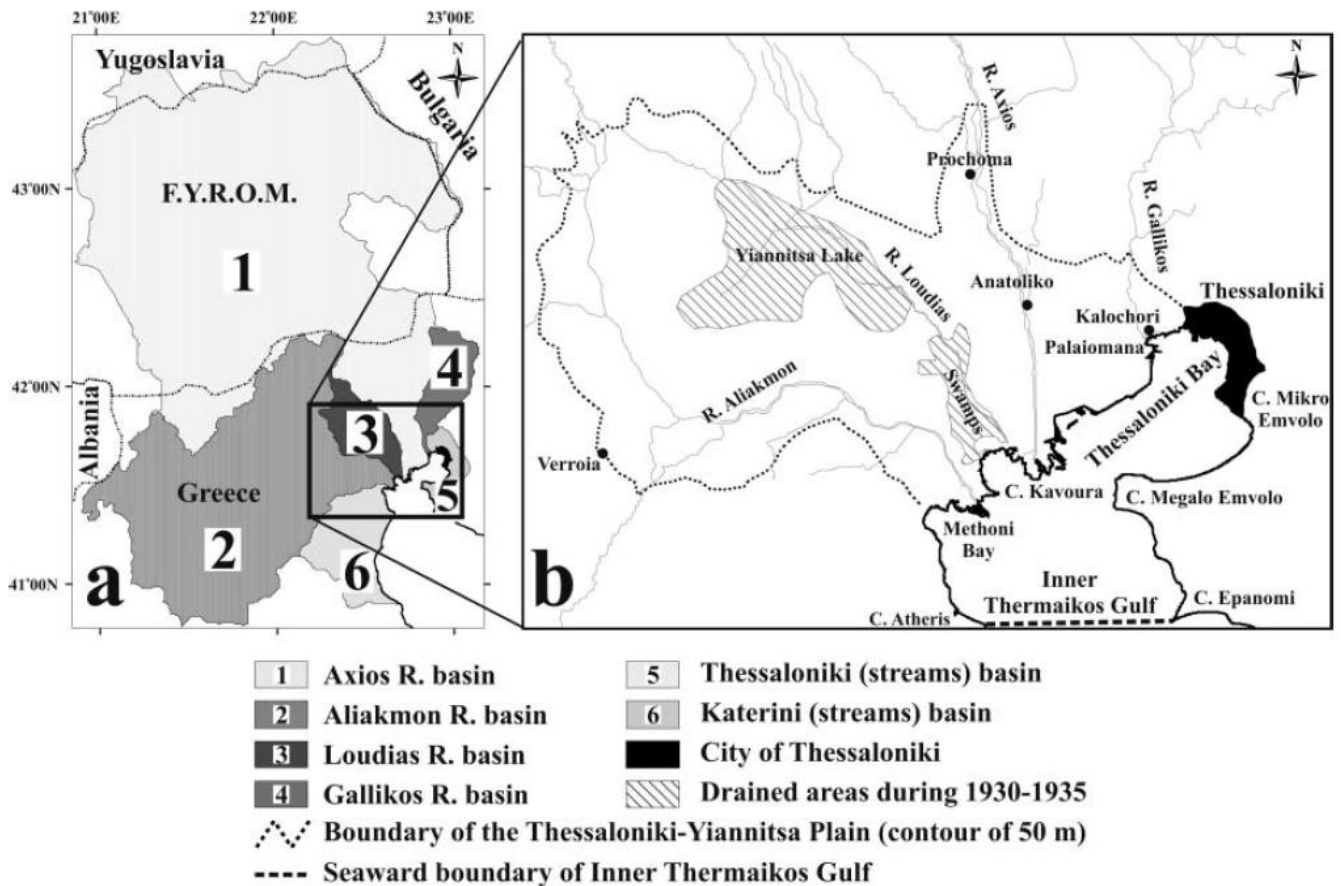
Γενικά το στάδιο 2 χαρακτηρίζεται από αποθέσεις ιζημάτων στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο τα οποία υπολογίζεται ότι είναι της τάξης των $900 \times 10^6 \text{ m}^3$, με μέση τιμή $18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ ή $28 \times 10^6 \text{ tons}/\text{έτος}$ (εικ.4.2b) (Kapsimalis et al., 2005 ; Greek case studies, ιστοσελίδα Δ4).



Εικ.4.2: α) Χωρική κατανομή των μοτίβων πρόσχωσης και διάβρωσης στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο κατά το στάδιο 2. β) Σχηματική αναπαράσταση του εκτιμώμενου φορτίου των ιζημάτων στο ενεργό στόμιο εξόδου των ποταμών (Πηγή: Kapsimalis et al., 2005).



Εικ.4.3: Αποτυπώσεις των δελταϊκών αποθέσεων και των κοιτών των ποταμών της πεδιάδας Θεσσαλονίκης στον ιστορικό χάρτη έκδοσης 1928 (Πηγή: Ρεϊζοπούλου & Βουβαλίδης, 2010).



Εικ.4.4: α) Η λεκάνη απορροής του εσωτερικού Θερμαϊκού κόλπου. β) Η πεδιάδα Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών (Πηγή: Karsimalis et al., 2005).

- Στάδιο 3: 1959-2000.** Αυτή την περίοδο η ολοένα και αυξανόμενη ανθρώπινη παρέμβαση, οδήγησε σε σημαντικές τροποποιήσεις του φυσικού συστήματος. Ακολούθησαν κατασκευές φραγμάτων σε διάφορες λεκάνες απορροής για αρδευτικούς και για υδροηλεκτρικούς σκοπούς. Κατασκευάστηκαν δύο φράγματα για άρδευση κατά μήκος της κύριας κοίτης του Αξιού (Πρόχωμα) και του Αλιάκμονα (κοντά στην Βέροια) το 1958 (εικόνα 4.4). Στη συνέχεια έγινε η ανάπτυξη ενός εκτεταμένου αρδευτικού δικτύου στην πεδιάδα, που ξεκίνησε το 1958 και τελείωσε στα τέλη της δεκαετίας του '60 και σχετίζεται με αγροτικές δραστηριότητες όπως η καλλιέργεια ρυζιού. Αυτή η εξέλιξη προκάλεσε σημαντική μείωση στις περιοχές των υγροτόπων, μαζί με μαζική κατανάλωση των υδάτων των ποταμών (Karsimalis et al., 2005). Επιπλέον κατασκευάστηκαν ακόμα έντεκα φράγματα κατά μήκος του Αξιού, στο κομμάτι της κοίτης που ανήκει στην Βόρεια Μακεδονία, με αποτέλεσμα να συμβεί σημαντική μείωση του φορτίου γλυκού νερού που εκφορτίζεται στον Θερμαϊκό κόλπο (Karsimalis et al., 2005). Επιπροσθέτως, κατασκευάστηκαν τρία ακόμα υδροηλεκτρικά φράγματα κατά μήκος της κοίτης του Αλιάκμονα την περίοδο 1974-1989.

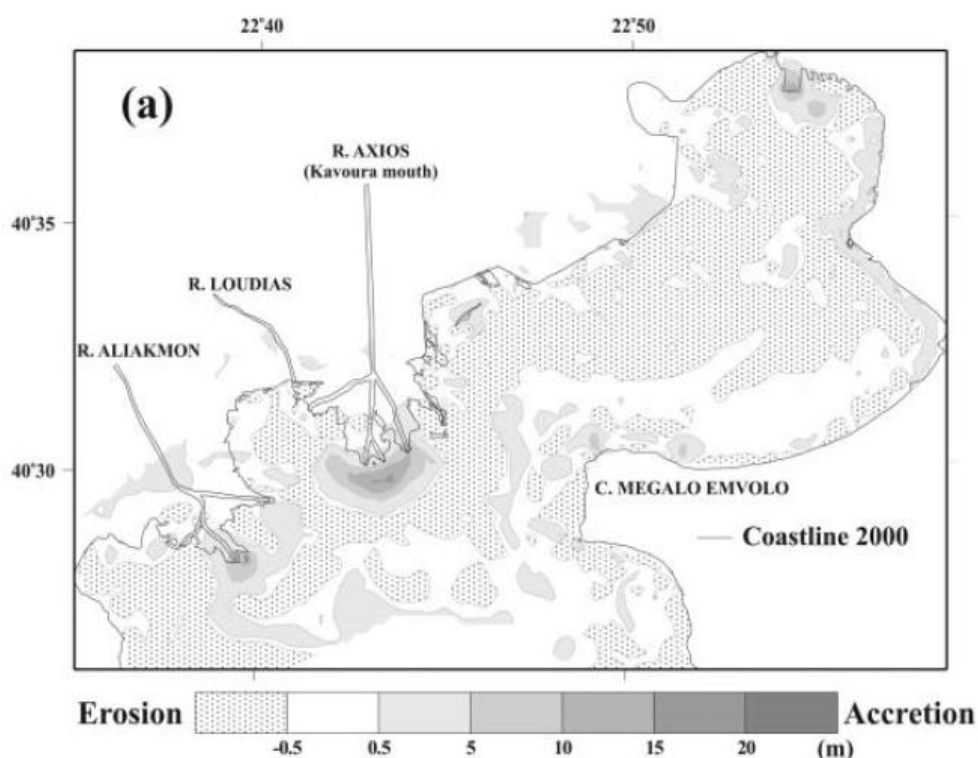
Η παγίδευση του πυθμένου και αιωρούμενου φορτίου των ποταμών από τα φράγματα, οδήγησε σε δραματική μείωση της προσφοράς ιζημάτων στην δελταϊκή παράκτια πεδιάδα και με την σειρά τους οδήγησαν σε διάβρωση και υποχώρηση της ακτογραμμής. Η μείωση στα επίπεδα ροής του γλυκού νερού από τα ποτάμια, λόγω της υπεράντλησης και κατακράτησης στα ανάντη των ταμιευτήρων, οδήγησε επίσης σε εισροή θαλασσινού νερού στις παράκτιες δελταϊκές περιοχές (Stiros, 2001).

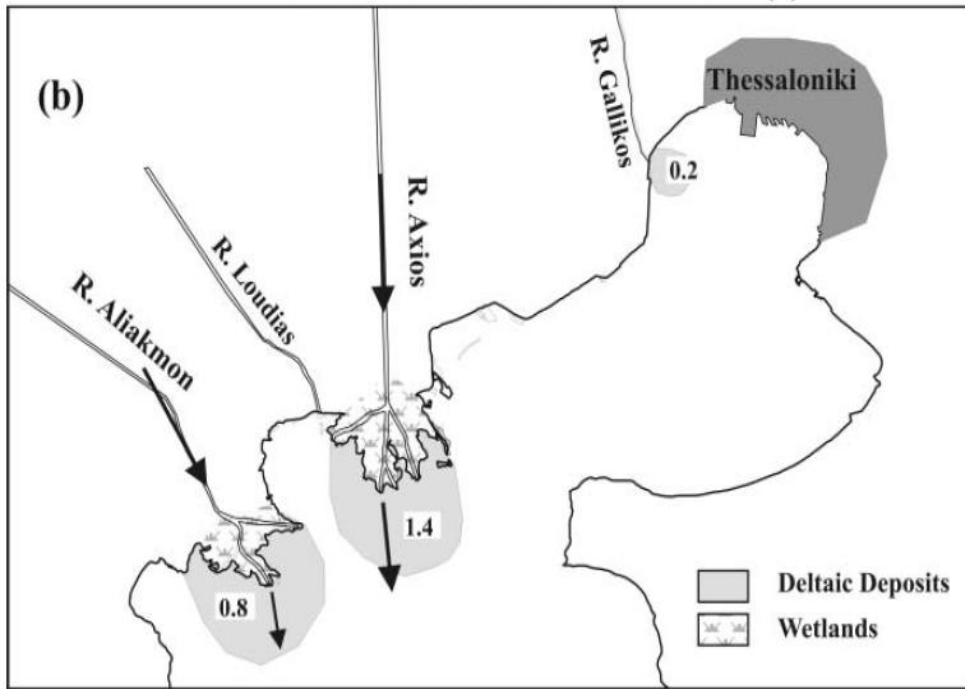
Για να διευθετηθεί το θέμα της παράκτιας διάβρωσης, κυρίως κατά μήκος του εγκαταλελειμμένου στομίου εξόδου της Παλαιομάνας του Αξιού, λήφθηκαν μέτρα

προστασίας των παράκτιων περιοχών από το 1960 έως το 1974. Αυτά τα μέτρα περιλαμβάνουν την κατασκευή παράκτιου αναχώματος (seawall) 22 km και ύψους 2.5 m και πέντε παράκτιων αντλιοστασίων που αποστραγγίζουν την αγροτική πεδιάδα. Κάποια τμήματα του αναχώματος έχουν καταστραφεί από την απότομη εδαφική υποχώρηση της δελταϊκής πεδιάδας, όπου σε μερικές θέσεις έφτανε τα 10 cm/έτος (Stiros, 2001). Αυτά τα φαινόμενα καθιζήσεων σχετίζονται με την αποσύνθεση της οργανικής ύλης και την συμπίεση (compaction) των λεπτόκοκκων υλικών σε συνδυασμό με την συνιζηματογενή παραμόρφωση (synsedimentary deformation). Όλο αυτό το πρόβλημα εντείνεται από την εκτεταμένη υπεράντληση των υδροφορέων (Kapsimalis et al., 2005, από Andronopoulos et al., 1991).

Η παράκτια διάβρωση έχει προκληθεί επίσης από την εξαγωγή αδρανών υλικών από τα κατάντη τμήματα των ποταμών και κατά συνέπεια έχει οδηγήσει σε μειωμένες τιμές μεταφοράς του πυθμένου φορτίου των ποταμών και ακολούθως τις διαδικασίες απόθεσης και εξέλιξης στα δέλτα.

Από το 1956 ο εσωτερικός Θερμαϊκός κόλπος βρίσκεται σε φάση διάβρωσης με ετήσια ποσότητα ιζημάτων της τάξης των $2.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Kapsimalis et al., 2005).



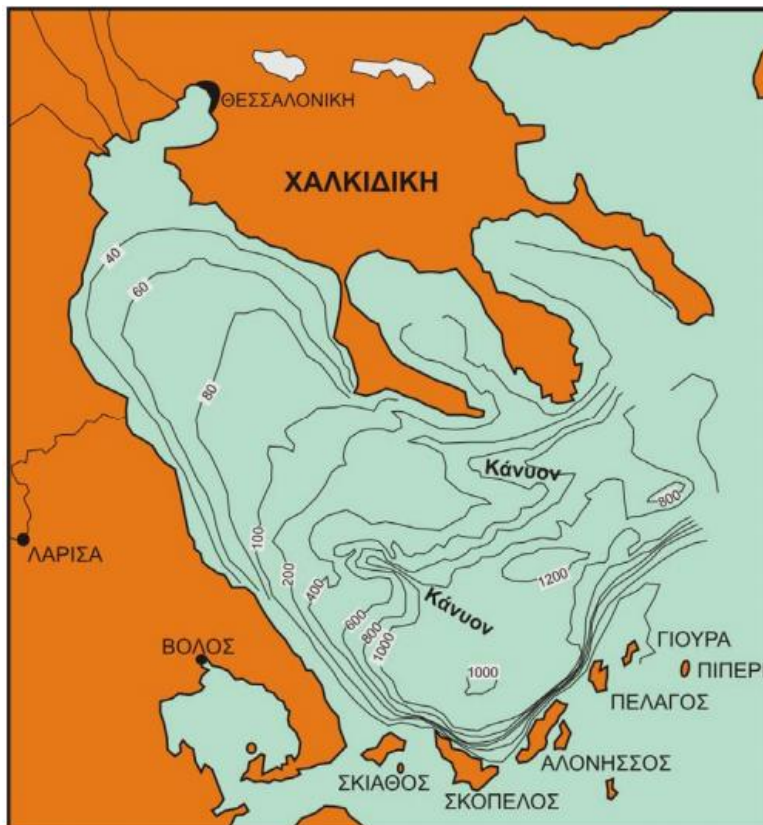


Εικ.4.5:α) Χωρική κατανομή των μοτίβων πρόσχωσης και διάβρωσης στον εσωτερικό Θεσσαλονίκης κόλπο κατά το στάδιο 3. β) Σχηματική αναπαράσταση του εκτιμώμενου φορτίου των ιζημάτων στο ενεργό στόμιο εξόδου των ποταμών (Πηγή: Karsimalis et al., 2005).

5. ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ο Θερμαϊκός κόλπος αποτελεί το ΒΔ ηπειρώτικο όριο του Βόρειου Αιγαίου που οδηγεί στην βαθιά λεκάνη των Σποράδων. Από μορφολογικής πλευράς ο κόλπος αποτελείται από:

- 1) Την **Υφαλοκρηπίδα** ή αλλιώς **ηπειρωτικό περιθώριο** το οποίο εκτείνεται μέχρι την ισοβαθή των 200 m και καλύπτει όλο τον Θερμαϊκό κόλπο. Η υφαλοκρηπίδα περιλαμβάνει το εσωτερικό ηπειρωτικό περιθώριο με μέγιστο βάθος 40 m που αντιστοιχεί στον κόλπο της Θεσσαλονίκης και το εξωτερικό ηπειρωτικό περιθώριο που φτάνει μέχρι τα 200 m βάθος και αντιστοιχεί στον Ανοικτό Θερμαϊκό (Roulos et al., 2000).
- 2) Την **ηπειρωτική κατωφέρεια** η οποία έχει μεγάλη κλίση, περιλαμβάνει δύο υποθαλάσσια κάνυον και καταλήγει στην λεκάνη των Σποράδων σε βάθη 1200 m (Αλμπανάκης, 2007).

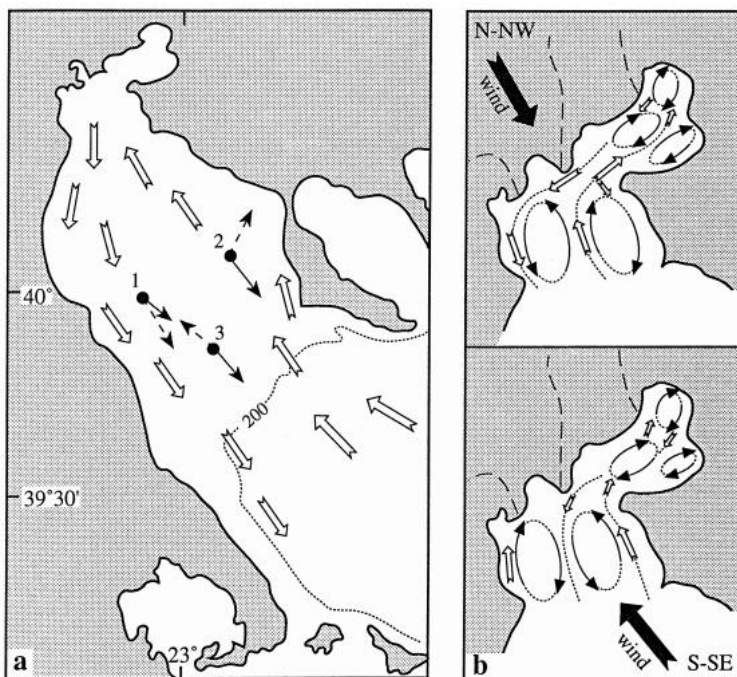


Εικ.5.1: Βαθυμετρία του Θερμαϊκού Κόλπου (Πηγή: Αλμπανάκης, 2007).

Η κίνηση των θαλάσσιων μαζών στον Θερμαϊκό κόλπο είναι αριστερόστροφη (εικόνα 5.2). Βαθιές μάζες νερού από το Βόρειο Αιγαίο με υψηλή αλατότητα και πυκνότητα εισέρχονται από τα ΝΑ της υφαλοκρηπίδας, συνεχίζουν προς τα αριστερά καθώς κινούνται κατά μήκος της χερσονήσου της Κασσάνδρας και στη συνέχεια οι μάζες καθώς κινούνται προς τα ΒΔ εισέρχονται στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο. Εν συνεχεία, στις δυτικές ακτές του Θερμαϊκού κόλπου, η κίνηση των μαζών μικρότερης αλατότητας, που προέρχονται από τις εκβολές των ποταμών Αξιού και Αλιάκμονα στην θάλασσα, κάμπτονται προς τα νότια και μαζί με την συνεισφορά ύδατος και από τον Πηνειό, που έχει επίσης μικρή αλατότητα, οι υδάτινες μάζες συνεχίζουν να κινούνται Ν και ΝΑ (Λυκούσης et al., 1986, από Βαλοπούλου, 1982).

Οι τοπικοί άνεμοι παίζουν καταλυτικό ρόλο στην επιφανειακή κυκλοφορία του εσωτερικού ηπειρωτικού περιθωρίου. Οι άνεμοι με την μεγαλύτερη ετήσια συχνότητα εμφάνιση στην περιοχή είναι ο Β και ο ΒΔ, δηλαδή ο Βαρδάρης. Ο άνεμος αυτός είναι ψυχρός - ξηρός και ιδιαίτερα ισχυρός κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες του έτους. Εμφανίζει την μέγιστη ένταση στα βόρεια τμήματα του Θερμαϊκού και εξασθενεί νοτιότερα. Τους θερινούς μήνες, κυρίως στα νότια τμήματα του κόλπου επικρατούν άνεμοι Β-ΒΑ διεύθυνσης (μελτέμια). Στην περίπτωση που δεν πνέουν οι Β-ΒΑ άνεμοι, εμφανίζονται θαλάσσιες αύρες μικρής έντασης με Ν-ΝΑ διεύθυνση (μπουκαδούρες).

Όταν πνέουν Β-ΒΔ άνεμοι, η κυκλοφορία κατευθύνεται προς τα νότια, κατά μήκος της δυτικής και ανατολικής ακτογραμμής. Η κυκλοφορία αναστρέφεται όταν επικρατούν Ν-ΝΑ άνεμοι (Αγγελάκου Γ., 2009). Η περιοχή της Χαλάστρας επηρεάζεται κυρίως από Β-ΒΔ κατεύθυνσης ανέμους.



Εικ.5.2: Θαλάσσια κυκλοφορία στον Θερμαϊκό κόλπο (Πηγή: Poulos et al., 2000, από Baloropoulos et al., 1987 (a) & Ganoulis, 1987 (b)).

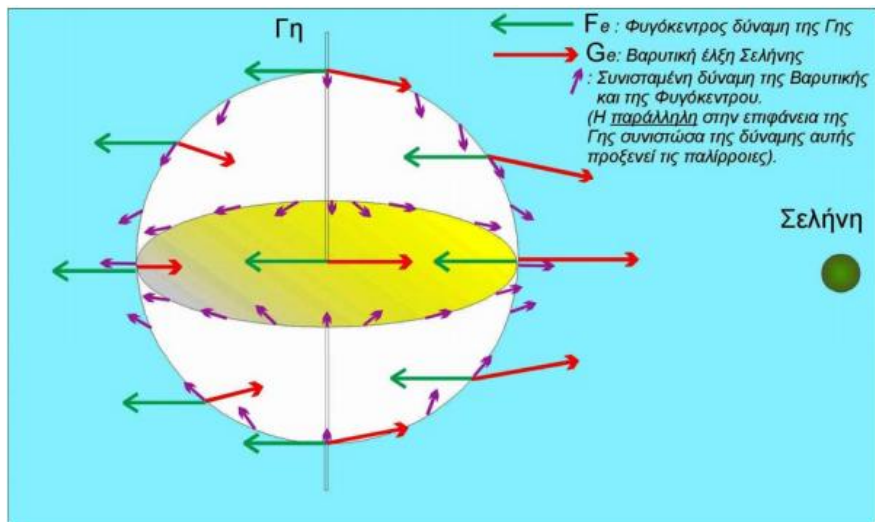
5.1. Παλίρροια

Παλίρροια ονομάζεται η διαδοχικά εναλλασσόμενη ανύψωση και πτώση της στάθμης του νερού κυρίως των θαλασσών αλλά και των μεγάλων λιμνών. Η κάλυψη της παράκτιας περιοχής από την θάλασσα ονομάζεται πλημμυρίδα (flood tide) και η αποκάλυψη ονομάζεται άμπωτης (low tide). Υπάρχουν δύο είδη παλίρροιας, ανάλογα με τη γενεσιουργό αιτία, η αστρονομική και η μετεωρολογική.

Αναλυτικότερα, το φαινόμενο της αστρονομικής παλίρροιας οφείλεται στην βαρυτική έλξη που ασκεί η Σελήνη και ο Ήλιος στη Γη. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις παραμέτρους (εύρος, χρόνος άφιξης, ύψος) της αστρονομικής παλίρροιας και είναι κυρίως βυθομετρικοί, όπως είναι η μορφολογία του παράκτιου χώρου, το τοπικό βάθος του νερού κ.α. Στον ελληνικό χώρο η αστρονομική παλίρροια δεν ξεπερνά τα 30 cm, αντίθετα οι μετεωρολογικοί παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικότερο ρόλο.

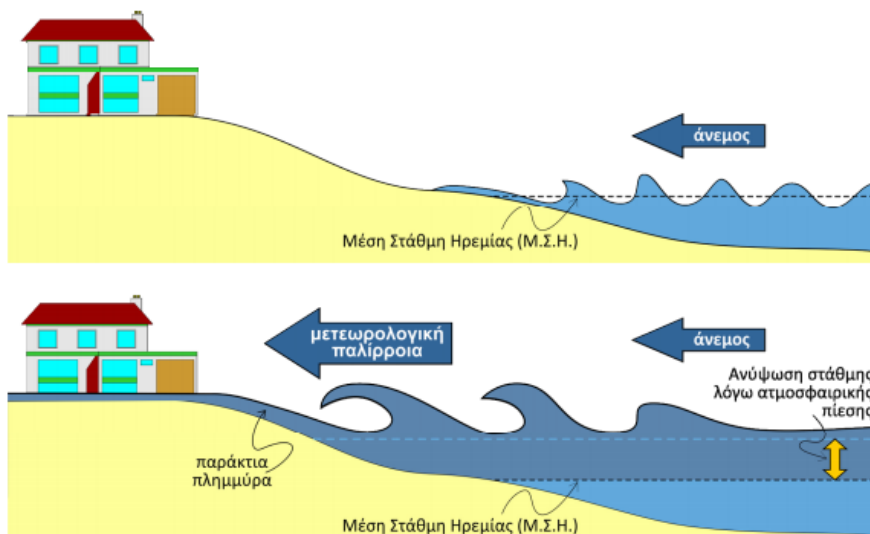
Η παλιρροιακή δύναμη είναι η συνισταμένη που προκύπτει από την σύνθεση των δυνάμεων της φυγόκεντρου που ασκείται εξαιτίας της περιστροφής του συστήματος Γης - Σελήνης και της ελκτικής λόγω της βαρύτητας μεταξύ της Γης και της Σελήνης (εικόνα 5.1.1).

Ανάλογα με την περίοδο εμφάνισης του φαινομένου υπάρχουν τρία είδη παλίρροιας, οι ημιημερήσιες (semidiurnal tide) με εύρος 12,4 ώρες, οι ημερήσιες (diurnal tide) με εύρος 24,8 ώρες και οι μακράς περιόδου με εύρος 29,5 μέρες. Έτσι, από τα παραπάνω προκύπτει ότι το φαινόμενο της παλίρροιας μπορεί να προβλεφθεί λόγω των περιοδικών χαρακτηριστικών κίνησής της (Αμπανάκης, 2007).



Εικ.5.1.1: Παλιρροιακές δυνάμεις (Πηγή: Αλμπανάκης, 2007).

Αντίθετα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω ατμοσφαιρικών συνθηκών ονομάζεται μετεωρολογική παλίρροια (storm tide). Οι μετεωρολογικές παλίρροιας δεν έχουν περιοδικά χαρακτηριστικά. Το μέγεθος της ανόδου της επιφάνειας της θάλασσας εξαρτάται από τις παρακάτω συνθήκες: την ένταση και τη διεύθυνση του πνέοντος ανέμου σε σχέση με την ακτή, το μέγεθος του βαρομετρικού χαμηλού, την ένταση και την ταχύτητα προώθησης του ατμοσφαιρικού συστήματος, τη μορφολογία και την βαθυμετρία της ακτογραμμής και τέλος, την ταυτόχρονη ή μη εμφάνιση πλημμυρίδας λόγω αστρονομικής παλίρροιας (εικόνα 5.1.2) (Κρεστενίτης et al., 2015).



Εικ.5.1.2: Άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας (Πηγή: Κρεστενίτης et al., 2015).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του παλιρροιογράφου του Λιμένα της Θεσσαλονίκης (περίοδος 1990-2012), που είναι ο πλησιέστερος στην περιοχή αυτή ισχύει:

Μέσο πλάτος παλίρροιας	0,25 m
Μέγιστη πλήμμη	0,63 m πάνω από τη Μ.Σ.
Κατώτερη ρηχία	0,92 m κάτω από τη Μ.Σ.
Μέση πλήμμη	0,11 m πάνω από τη Μ.Σ.
Μέση ρηχία	0,12 m κάτω από τη Μ.Σ.

Πίνακας 5.1: Στατιστικά στοιχεία της στάθμης της θάλασσας Ελληνικών λιμένων, Υδρογραφική Υπηρεσία, 2013
(Πηγή: Γεωργούλα, 2017 με τροποποιήσεις).

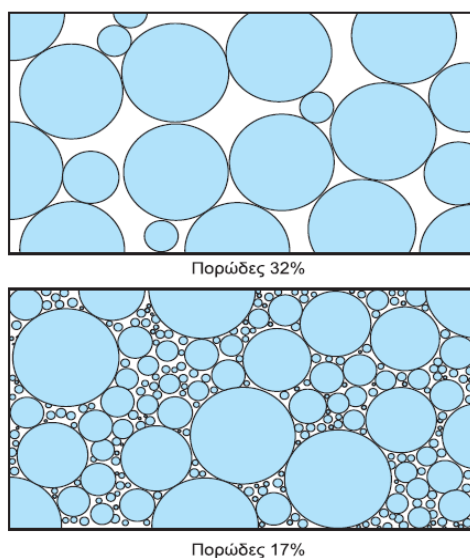
6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Η περιοχή της Χαλάστρας αποτελεί ένα σύστημα το οποίο δημιουργήθηκε τόσο από φυσικές διεργασίες, όσο και από ανθρώπινη παρέμβαση. Τα πιο σημαντικά έργα (1930-1935) ήταν η εκτροπή της κοίτης του Αξιού και η αποστράγγιση της λίμνης των Γιαννιτσών μέσω της κατασκευής ενός μεγάλου τεχνητού καναλιού (Kapsimalis et al., 2005).

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι η συμπίεση των εδαφών (compaction) και η εδαφική υποχώρηση (subsidence) σε κάποιες θέσεις εντός της πεδιάδας. Πριν αναλυθούν τα αίτια αυτών, κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν κάποιες βασικές έννοιες υδρολογίας (Βουδούρης, 2017):

Πορώδες: Είναι το μέτρο των διάκενων που υπάρχουν στα πετρώματα και τα εδάφη και εκφράζεται ως ο λόγος του συνολικού όγκου των διάκενων προς τον συνολικό όγκο του πετρώματος/εδάφους.

Πιεζομετρική επιφάνεια: Στους υδροφορείς οι οποίοι βρίσκονται εγκλωβισμένοι ανάμεσα σε αδιαπέρατα στρώματα, η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Έτσι η πιεζομετρική επιφάνεια, η οποία είναι μια εικονική επιφάνεια και συμπίπτει με το επίπεδο της υδροστατικής επιφάνειας του υδροφόρου οριζοντα, βρίσκεται υψηλότερα από τη βάση της αδιαπέρατης οροφής.



Εικ.6.1: Η κοκκομετρική διαβάθμιση καθορίζει το πορώδες (Βουδούρης, 2017, από Davis & De Wiest, 1991).

Τα φαινόμενα καθίζησης συνδέονται με αναδιάταξη των κόκκων, μείωση του δείκτη πόρων του εδάφους και απομάκρυνση του νερού των πόρων (εικόνα 6.1) (Βουδούρης, 2017, από Χρηστάρας et al., 1998). Είναι συχνό φαινόμενο σε περιοχές που υπόκεινται σε υπεράντληση, με σημαντικές πτώσεις της πιεζομετρικής επιφάνειας, να μειώνεται η υδροστατική πίεση και να εμφανίζονται καθιζήσεις. Αυτές δημιουργούνται λόγω μείωσης της πίεσης των πόρων, της αύξησης των ενεργών τάσεων και κατά συνέπεια την συμπίεση του υδροφόρου οριζοντα (Βουδούρης, 2017). Τα αργιλικά εδάφη προσροφούν μεγάλες ποσότητες νερού και συμβαίνει διαστολή και μείωση της διατμητικής αντοχής. Όταν το νερό απομακρύνεται από τα αργιλικά υλικά, μειώνεται ο όγκος τους, συμπαγοποιούνται και δημιουργείται καθίζηση (Βουδούρης 2017, από Δούτσος, 2000).

Η εδαφική υποχώρηση (subsidence) κοντά στην ακτογραμμή φτάνει τα -2 m. Λόγω αυτού, το επίπεδο πολλών αγροτικών καλλιεργειών της Χαλάστρας βρίσκονται κάτω από την στάθμη της θάλασσας και για αυτό κατά την δεκαετία του '60 κατασκευάστηκε ένα χωμάτινο αντιπλημμυρικό ανάχωμα (εικόνα Δ6) μήκους 22 km και ύψους στέψης 2,5 m πάνω από τη

μέση στάθμη του Θερμαϊκού κόλπου με σκοπό να αποτρέψει την πρόσχωση του λιμανιού της Θεσσαλονίκης και παράλληλα να κρατήσει την θάλασσα μακριά από το Καλοχώρι και την Χαλάστρα. Το ανάχωμα αυτό διαβρώνεται από την δράση της θάλασσας.

Η επικρατέστερη εξήγηση για το φαινόμενο της εδαφικής υποχώρησης είναι η υπεράντληση των υδροφορέων έως το 2010, κυρίως για τις ανάγκες των βιομηχανιών και του δευτερογενούς οικονομικού τομέα, όπως η επεξεργασία υφασμάτων, ρουχισμού και δέρματος, που υπήρχαν στην ευρύτερη περιοχή (π.χ. Καλοχώρι και Σίνδος) (Svigkas et al., 2016).

Ως επακόλουθο της υπεράντλησης δημιουργήθηκαν και φαινόμενα υφαλμύρισης των παράκτιων υδροφορέων, λόγω της αλλαγής της υδραυλικής κλίσης.

Μία άλλη εξήγηση για το φαινόμενο της εδαφικής υποχώρησης (καθίζησης) στην περιοχή είναι η φυσική συμπύκνωση των εδαφών και η επαναδιάταξη των κόκκων στα αργιλικά ορυκτά που οφείλονται στην πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού (Βουδούρης, 2017, από Stiros, 2001). Αυτή η αναδιάταξη των ορυκτών στα αργιλικά εδάφη μπορεί να μεταβάλλει κατά 15 % τον όγκο τους (Βουδούρης, 2017, από Mead, 1968).

Μια διαφορετική εξήγηση, η οποία δεν εντοπίστηκε σε βιβλιογραφικές αναφορές σε επιστημονικά κείμενα, για τα φαινόμενα των εδαφικών υποχωρήσεων της περιοχής της Χαλάστρας είναι ότι ο μεγάλος σεισμός του '78 οδήγησε στην αλλαγή της κλίσης του εδάφους από τα δυτικά προς τα ανατολικά και στην αναδιάταξη των κόκκων των ιζημάτων με αποτέλεσμα να γίνουν από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας έργα επανασχεδιασμού του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου, λόγω της αδυναμίας άρδευσης και αποστράγγισης της πεδιάδας. Όπως επίσης και ότι τα φαινόμενα καθίζησης οφείλονται εν μέρη στο βάρος των ιζημάτων που αποτίθενται στις καλλιεργητικές εκτάσεις κατά την άρδυσή τους απευθείας από την κοίτη του Αξιού ποταμού (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από το 2010 και έπειτα, παρατηρείται μείωση του ρυθμού υποχώρησης των εδαφών που αποδίδεται στον φυσικό εμπλουτισμό των υδροφόρων οριζόντων λόγω της μείωσης των απολήψεων, καθώς αρκετές γεωτρήσεις τέθηκαν εκτός λειτουργίας επειδή οι προηγούμενες εγκαταστάσεις έκλεισαν και αντικαταστάθηκαν από εταιρίες του τριτογενούς οικονομικού τομέα (Svigkas et al., 2016).

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του Φουμέλη (2020), στην εικόνα 6.2 δίνονται οι τιμές των εδαφικών μετακινήσεων για την περίοδο ετών 2015-2020, όπως αυτές προέκυψαν μέσω της δικτυακής υπηρεσίας SNAPPING με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων Ραντάρ Copernicus Sentinel-1 στην πλατφόρμα GEP (ιστοσελίδα Δ6.1). Η περιοχή μελέτης εμφανίζει εδαφικές υποχωρήσεις και οι τιμές ποικίλουν από -2 mm/yr έως και πάνω από -8 mm/yr σε συγκεκριμένες θέσεις. Όπως γίνεται αντιληπτό από την εικόνα 6.2, οι μεγαλύτερες εδαφικές μετατοπίσεις παρατηρούνται στον οικισμό της Χαλάστρας, καθώς και στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Επίσης, από την εικόνα 6.2 συμπεραίνεται ότι η κοίτη του Αξιού ποταμού υπόκειται σε μικρότερες έως μηδενικές μετατοπίσεις.

Σύμφωνα με τα παραπάνω φαίνεται η κοίτη του Αξιού ποταμού μαζί με τα πλευρικά αναχώματα, να βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σχέση με τα γειτονικά χωράφια που έχουν υψόμετρο μικρότερο του μηδενός και έτσι λόγω της υψομετρικής διαφοράς, που σε κάποιες θέσεις ξεπερνά τα 4m, και της υδραυλικής κλίσης, είναι πιθανό να συμβαίνει διήθηση (swelling) του ποτάμιου νερού μέσα από αυτά χωράφια δημιουργώντας πλημμύρες στην πεδιάδα.

Λόγω της εδαφικής υποχώρησης που έχει υποστεί η περιοχή, πολλές παράκτιες καλλιέργειες βρίσκονται μερικά μέτρα κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και έτσι η αποστράγγιση των εκτάσεων αυτών με φυσική ροή είναι αδύνατη. Αυτή η αναστροφή της υδραυλικής κλίσης έχει ως αποτέλεσμα η αποστράγγιση να γίνεται με άντληση του αρδευτικού ύδατος. Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκαν στην περιοχή, την δεκαετία του '60, παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια, όπου παροχετεύουν το πλεονάζον νερό στην θάλασσα, αφήνοντας ένα μεγάλο ενεργειακό αποτύπωμα.

Ένα ακόμη ζήτημα αποτελεί ο κίνδυνος της αυξημένης αλατότητας των καλλιεργειών ρυζιού της περιοχής. Επίσης, αναμένεται λόγω της κλιματικής αλλαγής, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας να αλλάξει την διεπιφάνεια αλμυρού – γλυκού νερού, προκαλώντας εντονότερο πρόβλημα στην πεδιάδα (Karetas et al., 2019).

Επίσης, η περιοχή αντιμετωπίζει φαινόμενα διάβρωσης λόγω της παλαιότερης κατασκευής φραγμάτων, κυρίως στην Βόρεια Μακεδονία, τα οποία ανακόπτουν την ροή ιζημάτων και λόγω της εκτεταμένης εξαγωγής αδρανών υλικών από τα κατάντη τμήματα της κοίτης του ποταμού Άξιου (Karsimalis et al., 2005).

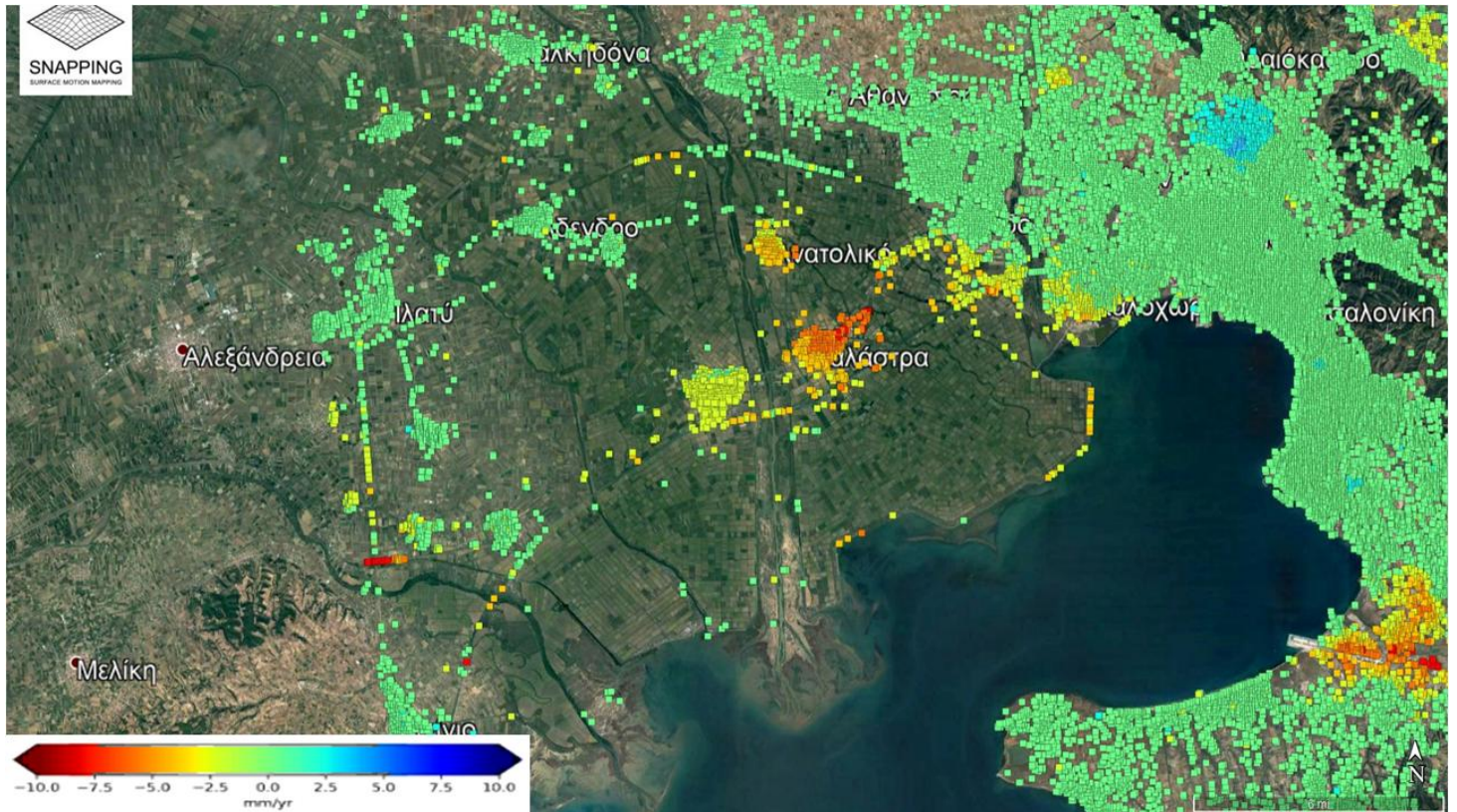
Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου και της Χαλάστρας, υπάρχουν σημαντικές πηγές ρύπανσης. Οι κύριες πηγές ρύπανσης είναι (Krestenitis, 1992):

- Αστικά λύματα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων
- Βιομηχανικά απόβλητα κυρίως από τις εγκαταστάσεις των εργοστασίων στον Άγιο Αθανάσιο
- Γεωργικές απορροές
- Πετρελαιοειδή και τοξικές ουσίες (Θερμαϊκός κόλπος).

Πολλές από αυτές τις πηγές ρύπανσης που καταλήγουν στα παράκτια αντλιοστάσια της Χαλάστρας (Ανατολικό, Νέο Ανατολικό και Δυτικό) προκαλούν τεράστιες ζημιές και το κόστος συντήρησής τους είναι μεγάλο (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).



Εικ.Δ6: Παράκτιο ανάχωμα που υπόκειται σε διάβρωση από την δράση της θάλασσας.



Εικ.6.2: Εδαφικές μετακινήσεις στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης για το χρονικό διάστημα 04/2015-12/2020, όπως προέκυψε μέσω της δικτυακής υπηρεσίας **SNAPPING** (Surface motioN mAPPING) με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων Ραντάρ Copernicus Sentinel-1 στην πλατφόρμα GEP (Πηγή: Φουμέλης, 2020).

7. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ

7.1. Ανθρωπογενώς επιβαλλόμενες υδρομορφολογικές συνθήκες

Στον όρο ανθρωπογενώς επιβαλλόμενες υδρομορφολογικές συνθήκες περιλαμβάνονται οι ανθρώπινες επεμβάσεις που έχουν αντίκτυπο στην υδρολογία και στην μορφολογία μιας περιοχής. Στην περιοχή μελέτης αυτές είναι:

1. Η αλλαγή στην ποσότητα και στον τρόπο διαχείρισης του νερού (και των ιζημάτων) που προορίζεται για άρδευση των ρυζοκαλλιεργειών, οι μέθοδοι αποστράγγισης της πεδιάδας, καθώς και η χρονική περίοδος κατάκλισης της πεδιάδας.
2. Η ισοπέδωση των χωραφιών με μεθόδους ακριβείας (laser) ώστε από ανάντη προς κατάντη να δημιουργούνται οριζόντια αγροτεμάχια, σε κλιμακωτή διάταξη, με σκοπό την ομοιόμορφη άρδευση.
3. Η δημιουργία δύο διαφορετικών δικτύων, συνολικού μήκους 2000 km, το πρώτο για προσαγωγή του νερού προς άρδευση (διώρυγες) και το δεύτερο για αποστράγγιση της πεδιάδας (τάφροι).

Οι ανθρώπινες επεμβάσεις έχουν επιφέρει εκτός από αλλαγή στην ποσότητα του αρδευτικού νερού και αλλαγή στην ποσότητα του αιωρούμενου ποτάμιου φορτίου, το οποίο αντί να εκβάλλει στον Θερμαϊκό κόλπο, παροχετεύεται στα χωράφια.

Το ρύζι είναι ένα μονοετές φυτό. Κάθε γεωργική περίοδος ξεκινάει με την προετοιμασία του εδάφους από τους παραγωγούς και περιλαμβάνει το όργωμα, την ισοπέδωση και την χρήση λιπασμάτων (ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου, ιστοσελίδα Δ1.5). Την άνοιξη (10 Απριλίου - 10 Μαΐου) ακολουθεί η κατάκλιση των χωραφιών με νερό και ιζήματα που έρχεται απευθείας από την κοίτη του Αξιού ποταμού και η σπορά του φυτού. Στη συνέχεια, το φυτό αναπτύσσεται μέσα στο νερό κατά τους θερινούς μήνες και ακολουθεί η αποστράγγιση και η συγκομιδή κατά τον Σεπτέμβριο. Δηλαδή, σχεδόν το μισό χρόνο η πεδιάδα είναι πλημμυρισμένη και καλύπτεται από υδρόβια βλάστηση. Στις διαδοχικές εικόνες (εικόνες 7.1.1-7.1.6) που ακολουθούν φαίνεται όλη η γεωργική περίοδος στην πεδιάδα. Αναλυτικότερα, στην εικόνα 7.1.1 (Νοέμβριος 2016) η γεωργική περίοδος έχει τελειώσει και τα χωράφια έχουν αποστραγγιστεί. Τον Απρίλιο του επόμενου έτους (εικόνα 7.1.2) η πεδιάδα είναι ξηρή και γίνεται η προετοιμασία του εδάφους. Τον Μάιο (εικόνα 7.1.3) ακολουθεί η άρδευση της πεδιάδας σε διαδοχικές φάσεις. Κατά τους θερινούς μήνες (εικόνα 7.1.4) η πεδιάδα παραμένει πλημμυρισμένη. Τον Σεπτέμβριο (εικόνα 7.1.5) γίνεται η αποστράγγιση των καλλιεργειών και τέλος κατά τον Οκτώβριο (εικόνα 7.1.6) η πεδιάδα είναι και πάλι ξηρή.



Εικ.7.1.1: Νοέμβριος 2016 (Πηγή: Google Earth).



Εικ.7.1.2: Απρίλιος 2017 (Πηγή: Google Earth).



Εικ.7.1.3: Μάιος 2017 (Πηγή: Google Earth).



Εικ.7.1.4: Ιούλιος 2017 (Πηγή: Google Earth).



Εικ.7.1.5: Σεπτέμβριος 2017 (Πηγή: Google Earth).



Εικ.7.1.6: Οκτώβριος 2019 (Πηγή: Google Earth).

7.2. Βιοποικιλότητα των πλημμυρισμένων ορυζώνων

Οι πλημμυρισμένες ρυζοκαλλιέργειες της περιοχής, χαρακτηρίζονται ως καλής ποιότητας υγροτοπικά συστήματα καθώς αποτελούν ένα υποκατάστατο των φυσικών ελών που κατανέμονται κυρίως στα δέλτα των ποταμών (ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου, 2021). Όταν στις καλλιέργειες αυτές γίνεται ορθολογική χρήση γεωργικών φαρμάκων, συμβάλουν στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, διότι σε αυτά τα ενδιαιτήματα αναπτύσσεται μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών όπως ερπετά, υδρόβια ασπόνδυλα, έντομα και αμφίβια. Ειδικά για ορισμένα είδη πουλιών (ερωδιοί, χαλκόκοτες, χουλιαρομούτες, μαυροκέφαλοι γλάροι) έχει διαπιστωθεί ότι οι ορυζώνες αποτελούν την κύρια θέση εύρεσης της τροφής τους.

Η έναρξη της αρδευτικής περιόδου, όπου τα χωράφια κατακλύζονται με νερό, συμπίπτει με την περίοδο αναπαραγωγής πολλών ειδών πτηνών η οποία διαρκεί 3-4 μήνες.

Στις εκβολές του Αξιού ποταμού υπάρχει μία από τις μεγαλύτερες μικτές αποικίες ερωδιών στην Ελλάδα και την Ευρώπη, αποτελούμενη από έξι είδη ερωδιών, χαλκόκοτες, χουλιαρομούτες, λαγγόνες και κορμοράνους. Επιπλέον, σε νησίδες στις εκβολές Αξιού και στην παράκτια ζώνη, φωλιάζει σε αποικίες ο μαυροκέφαλος γλάρος. Οι ερωδιοί και οι μαυροκέφαλοι γλάροι κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου (Απρίλιος – Ιούλιος) τρέφονται κυρίως με ασπόνδυλα και αμφίβια που διαβιούν στις πλημμυρισμένες ρυζοκαλλιέργειες (ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου, 2021).

Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζονται τα είδη της ορνιθοπανίδας που συνιστούν τις αποικίες στην περιοχή αρμοδιότητας του ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου. Πιο αναλυτικά, τα οκτώ είδη είναι του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 2009/147/ΕΕ, τα έξι είναι είδη χαρακτηρισμού της ΖΕΠ και τα 4 είδη πληρούν τα κριτήρια οριοθέτησης ΖΕΠ.

A/A	Επιστημονικό όνομα/Κοινό όνομα	Οδηγία 2009/147/ΕΚ	Είδη χαρακτηρισμού ΖΕΠ	Είδη οριοθέτησης ΖΕΠ
1	<i>Plegadis falcinellus</i> (Χαλκόκοτα)	I		✓
2	<i>Platalea leucorodia</i> (Χουλιαρομούτα)	I	✓	
3	<i>Nycticorax nycticorax</i> (Νυκτοκόρακας)	I	✓	
4	<i>Ardea cinerea</i> (Σταχτοτσικνιάς)			✓
5	<i>Ardeola ralloides</i> (Κρυπτοτσικνιάς)	I	✓	
6	<i>Casmerodius albus</i> (Αργυροτσικνιάς)	I		✓
7	<i>Egretta garzetta</i> (Λευκοτσικνιάς)	I	✓	
8	<i>Bubulcus ibis</i> (Γελαδάρης)			
9	<i>Phalacrocorax carbo</i> (Κορμοράνος)			✓
10	<i>Phalacrocorax pygmaeus</i> (Λαγγόνα)	I	✓	
11	<i>Larus melanocephalus</i> (Μαυροκέφαλος γλάρος)	I	✓	

Πίνακας 7.2: Κατάλογος των ειδών ορνιθοπανίδας της περιοχής (Πηγή: ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου, 2021).



Εικ.7.2.1: Πελαργοί στους ορυζώνες της περιοχής, οι οποίοι συμβάλλουν στην διατήρηση της βιοποικιλότητας (Πηγή: ΦΔΠΠ, 2020).



Εικ.7.2.2: Χουλιαρομύτες & χαλκόκοτες στους ορυζώνες της περιοχής, οι οποίοι συμβάλλουν στην διατήρηση της βιοποικιλότητας (Πηγή: ΦΔΠΠ, 2017).



Εικ.7.2.3: Σταχτοτσικνίες πελαργοί στους ορυζώνες της περιοχής, οι οποίοι συμβάλλουν στην διατήρηση της βιοποικιλότητας (Πηγή: ΦΔΠΠ, 2019).

7.3. Αρδευτικό και αποστραγγιστικό δίκτυο της πεδιάδας

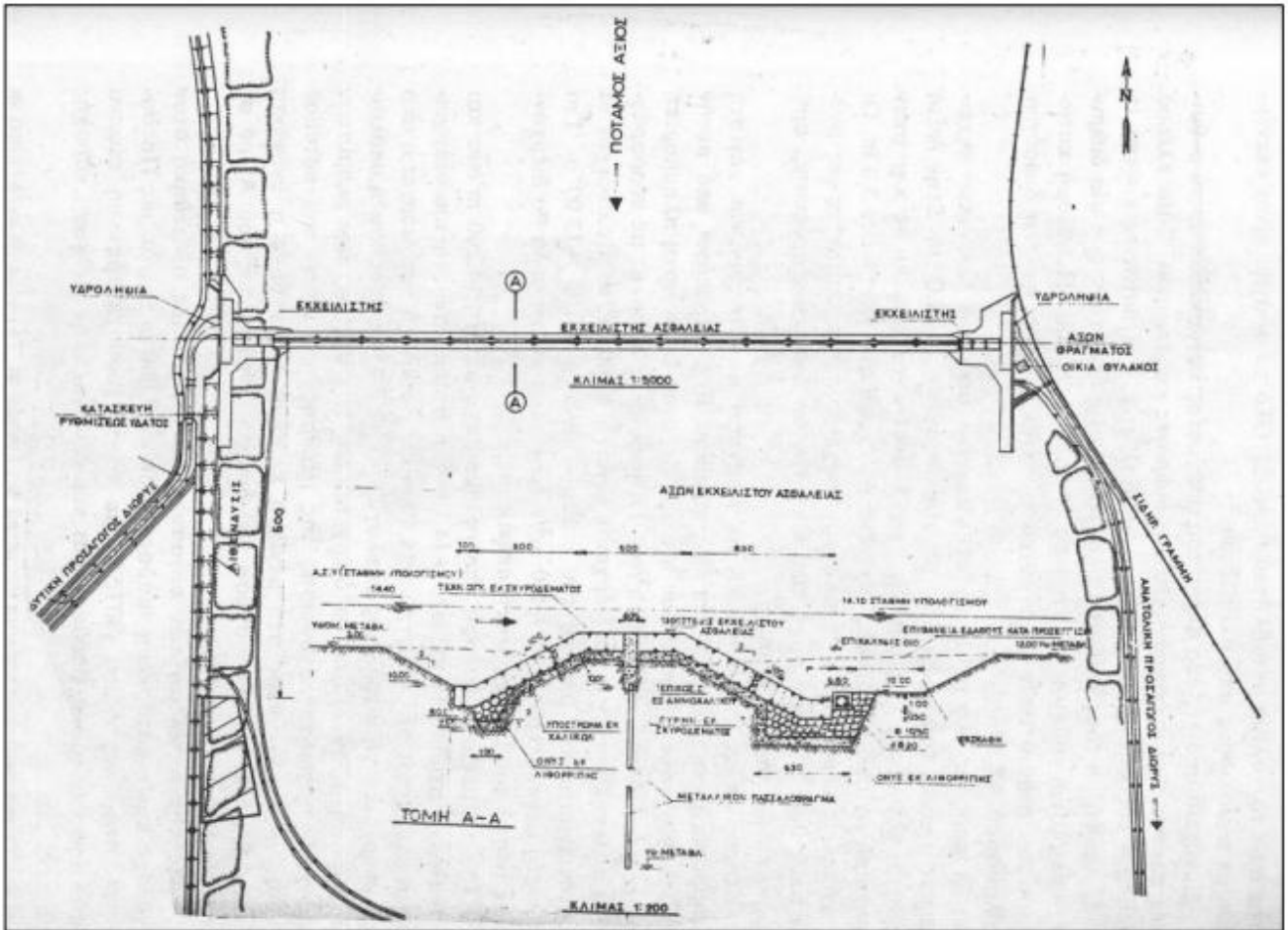
Σήμερα, η άρδευση των χωραφιών της Χαλάστρας γίνεται μέσω ενός εκτεταμένου αρδευτικού δικτύου που κατασκευάστηκε στα πλαίσια των εγγειοβελτιωτικών έργων που δημιουργήθηκαν την δεκαετία του '60. Το αρδευτικό δίκτυο αποτελείται από φράγματα εκτροπής ποταμού (επιφανειακές υδροληψίες), αντλιοστάσια αρδευτικά και αποστραγγιστικά, ανοιχτούς και κλειστούς αγωγούς μεταφοράς νερού και αρδευτικές - αποστραγγιστικές διώρυγες (Μπόγια, 2018).

Α) Τα **αρδευτικά έργα**: Για επιφανειακή και υπόγεια μεταφορά και διανομή ύδατος.

Το επιφανειακό δίκτυο άρδευσης περιλαμβάνει τα έργα υδροληψίας από ποταμούς που στην συγκεκριμένη περίπτωση αφορά τον Αξιό ποταμό και το δίκτυο των διωρυγών που μεταφέρουν και διανέμουν το νερό στα χωράφια.

Το φράγμα του Αξιού (Ελεούσας ή Έλλης) που υδροδοτεί τις καλλιέργειες της περιοχής ενδιαφέροντος ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 1954 και τέθηκε σε λειτουργία το 1962. Βρίσκεται περίπου 28 km βόρεια από την εκβολή του Αξιού στη θάλασσα. Το φράγμα είναι χωμάτινου τύπου, είναι όλο επενδυμένο με ογκόλιθους από σκυρόδεμα, αποτελείται από έναν υπερχειλιστή ασφαλείας μήκους 980 m και δύο συμμετρικούς ρυθμιστές παροχής με θυροφράγματα κοντά στις όχθες του ποταμού, συνεπώς το συνολικό μήκος είναι 1.200 m. Οι πλευρικοί ρυθμιστές βρίσκονται ανάντη του φράγματος και έχουν ύψος στέψης 11 m. Ο ρόλος τους είναι η υδροδότηση των καλλιεργειών και από τις δύο όχθες του Αξιού ποταμού (εικόνα 7.3.1) (Μπόγια, 2018).

Η απόληψη νερού από το φράγμα της Ελεούσας, όπως προαναφέρθηκε, ελέγχεται με θυροφράγματα και το νερό απελευθερώνεται από το κάτω μέρος του φράγματος χωρίς να διακόπτεται η ροή φερτών υλικών του ποταμού (Μέργου, 2011). Το φράγμα αυτό, είναι στην ουσία ένα ανάχωμα που κατασκευάστηκε πάνω στη νησίδα της κοίτης του Αξιού και εκατέρωθεν κατασκευάστηκαν πέλματα με θυροφράγματα, ώστε να μην ανακόπτεται η ροή νερού και ιζημάτων και να μην επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην "οικολογική συνέχεια" του ποτάμιου συστήματος (Μέργου, 2011). Πρόκειται λοιπόν, για ένα φράγμα ανάσχεσης της ροής από το οποίο παροχετεύεται το νερό στο ανατολικό και δυτικό αρδευτικό δίκτυο της πεδιάδας (εικόνες Δ7.3.1 - Δ7.3.3).



Εικ.7.3.1: Οριζοντιογραφία και τομή του φράγματος εκτροπής του Αξιού (Πηγή: Μπόγια, 2018).



Εικ.Δ7.3.1: Το φράγμα της Ελεούσας ή Έλλης (Πηγή: Google Earth).



Εικ.Δ7.3.2: Το φράγμα της Ελεούσας από την ανάντη πλευρά του ταμιευτήρα όπου φαίνονται τα πέλματα (Πηγή: Google Earth).



Εικ.Δ7.3.3: Το φράγμα της Ελεούσας από την κατόντη πλευρά, όπου φαίνονται τα θυροφράγματα (Google Earth).

Οι πληροφορίες για τις υδροληψίες και το φράγμα που βρίσκονται κατόντη στην κοίτη του Αξιού και υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, είναι περιορισμένες και δεν εντοπίστηκαν σε επιστημονικά κείμενα. Πρόκειται για έναν τοπικό περιορισμό της ροής του νερού με αναχώματα που κατασκευάζεται κατά τις περιόδους λειψυδρίας.

Οι αρδευτικές διώρυγες διακρίνονται σε κύριες, πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες διώρυγες, ανάλογα με την θέση τους στο δίκτυο (βλ. Αποτελέσματα εικόνα 9.4.2).

Η κύρια προσαγωγός διώρυγα μεταφέρει το νερό από την πηγή τροφοδοσίας σε θέσεις κατάλληλες ώστε να διευκολύνεται η υδροδότηση των πρωτευουσών διωρυγών που ξεκινούν από την κύρια. Η προσαγωγός διώρυγα μεταφέρει μεγάλες ποσότητες νερού με μικρή ταχύτητα, επομένως και η κλίση της διώρυγας είναι μικρή για να υπάρχει καλύτερος έλεγχος της ροής του νερού. Κατά κανόνα, η κύρια διώρυγα βρίσκεται κατά μήκος της αρδευτικής περιμέτρου του δικτύου ώστε να τροφοδοτεί με νερό και από τις δύο μεριές τις πρωτεύουσες διώρυγες που ξεκινούν από αυτή (Παναγιώτου Γ. Καρακατσούλη, 1954).

Ο ρόλος των πρωτευουσών διωρυγών είναι η τροφοδοσία των δευτερευουσών διωρυγών, που ξεκινούν από τις πρωτεύουσες, και που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τις τριτεύουσες.

Οι τριτεύουσες διώρυγες, ξεκινούν από τις δευτερεύουσες και έχουν μικρές κλίσεις για να επιτυγχάνεται η ομαλή ροή των υδάτων και η ομοιόμορφη άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και είναι υπεύθυνες για την άρδευση της περιοχής.

Το υπόγειο δίκτυο περιλαμβάνει τα έργα υδροληψίας από ποταμούς και το δίκτυο σωληνώσεων μεταφοράς και διανομής υδάτων.

Β) Τα **αποστραγγιστικά έργα**: Η αποστράγγιση της περιοχής γίνεται μέσω των παράκτιων αντλιοστασίων αποστράγγισης με την διέλευση του πλεονάζοντος νερού μέσω του δικτύου των αποστραγγιστικών τάφρων οι οποίες έχουν τραπεζοειδή διατομή.

Το δίκτυο αποτελείται από την κύρια συλλεκτήρια τάφρο, που συγκεντρώνει τα ύδατα από τις πρωτεύουσες τάφρους και τα παροχετεύει στον τελικό θαλάσσιο αποδέκτη. Οι πρωτεύουσες τάφροι συγκεντρώνουν τα ύδατα των δευτερευουσών τάφρων, που με τη σειρά τους συγκεντρώνουν τα ύδατα των τριτευουσών τάφρων.

Οι τριτεύουσες τάφροι ή καναλέτα είναι αυτές που συγκεντρώνουν τα ύδατα των καλλιεργούμενων εκτάσεων (Μπόγια, 2018).

Στην περιοχή μελέτης, η αδυναμία αποστράγγισης με ελεύθερη ροή οδήγησε στην δημιουργία παράκτιων αντλιοστασίων.

Το αποστραγγιστικό δίκτυο είναι παράλληλο προς το αρδευτικό. Τα βρόχινα και πλεονάζοντα ύδατα συλλέγονται στις τριτεύουσες τάφρους που είναι παράλληλες προς τις τριτεύουσες διώρυγες στην κατάντη (χαμηλή) πλευρά των καλλιεργειών (βλ. Συμπεράσματα).

Τα παράκτια αντλιοστάσια στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι το Δυτικό αντλιοστάσιο Χαλάστρας, το Νέο Ανατολικό Χαλάστρας, το Ανατολικό Χαλάστρας και το ΚΣΤ Γέφυρας.

Το Νέο Ανατολικό αντλιοστάσιο Χαλάστρας διαθέτει 6 αντλίες για την εκροή των υδάτων στην θάλασσα. Συνήθως, μόνο δύο από αυτές βρίσκονται σε λειτουργία εκτός εάν υπάρχει πολύ μεγάλο υδατικό πλεόνασμα, οπότε τίθενται σε λειτουργία και άλλες αντλίες (εικόνα 7.3.2). Τα αντλιοστάσια διατηρούν σταθερό φορτίο σε κάθε αντλία καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Τα στόμια εξόδου των αντλιών βρίσκονται υψομετρικά πάνω από την στάθμη της θάλασσας ώστε να διευκολύνεται η έξοδος του νερού προς τον τελικό αποδέκτη (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).

Σύμφωνα με δήλωση του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, τα αντλιοστάσια τίθενται σε λειτουργία όταν γεμίσουν οι αποστραγγιστικές τάφροι με νερό. Όταν αυτές είναι άδειες τα αντλιοστάσια σταματούν να λειτουργούν, ενώ κατά την αρδευτική περίοδο λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο.



Εικ.7.3.2: Έξοδος των αντλιών στο Νέο Ανατολικό αντλιοστάσιο Χαλάστρας.

Γ) Την **αγροτική οδοποιία**: Για την προσπέλαση των αγροτικών μηχανημάτων και των οχημάτων στις καλλιέργειες. Κατηγοριοποιούνται σε πρωτεύοντες και δευτερεύοντες δρόμους (Μπόγια, 2018).

Αποστραγγιστικό Αντλιοστάσιο	Αντλίες	Παροχή		Ισχύς		Μανομετρικό
		Ανά Μονάδα	Συνολική	Ανά Μονάδα	Συνολική	
		l/sec	l/sec	KW	KW	
ΚΣΤ Γέφυρας	2	1000	2000	110	220	-
Νέο Ανατ. Χαλάστρας	4	2500	10000	250	1000	-
	2	2000	4000	175	350	4,7
Ανατολικό Χαλάστρας	3	3000	9000	170	510	3,7
Δυτικό Χαλάστρας	2	3000	6000	170	340	3,7

Πίνακας 7.3: Χαρακτηριστικά των αντλιών των παράκτιων αντλιοστασίων Χαλάστρας (Πηγή: Μπόγια, 2018 με τροποποιήσεις).

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι για τα τρία αντλιοστάσια της περιοχής μελέτης (Ανατολικό Χαλάστρας, Νέο Ανατολικό Χαλάστρας και Δυτικό Χαλάστρας) η συνολική ισχύς είναι 2200 KW. Σύμφωνα με τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, ο ετήσιος λογαριασμός που πληρώνει στη ΔΕΗ είναι της τάξης των 250.000 €. Αυτό συνεπάγεται τόσο ένα υψηλό κόστος που επιβαρύνει την τιμή του ρυζιού, όσο και μια ενεργοβόρο λειτουργία με τις αντίστοιχες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Το πρόβλημα της κατανάλωσης εντείνεται από το μανομετρικό ύψος, δηλαδή την απόσταση από την επιφάνεια του νερού που αντλείται μέχρι το μέγιστο ύψος που φτάνει το νερό από την έξοδο της αντλίας. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 7.3, το μανομετρικό ύψος στο Νέο Ανατολικό Αντλιοστάσιο Χαλάστρας είναι 4,7 m ενώ στο Ανατολικό Χαλάστρας και στο Δυτικό Χαλάστρας είναι 3,7 m.

7.4. Διαχείριση του νερού από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας

Όλοι οι έμβιοι οργανισμοί εξαρτώνται από το νερό. Σε παγκόσμια κλίμακα υπάρχει ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για υδατικούς πόρους. Η εντατική χρήση νερού στη γεωργία, στη βιομηχανία, στη παραγωγή ενέργειας και στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού αυξάνει συνεχώς την ζήτησή του. Επίσης, οι κλιματικές αλλαγές (συχνότερα και εντονότερα φαινόμενα ξηρασίας και πλημμυρών) αναμένεται να επιδεινώσουν αυτό το πρόβλημα. Η τεχνική της επαναχρησιμοποίησης νερού είναι μια σημαντική πηγή υδάτων. Η αξιοποίηση του νερού για αρδευτικούς σκοπούς με την ανακύκλωση των αποστραγγιστικών υδάτων και η χρήση ανακτώμενων αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων απαιτεί συνεχείς ελέγχους της ποιότητας και ορθολογικό σχεδιασμό. Η αστάθεια στην παροχή του Αξιού ποταμού και η άνιση χρονική κατανομή των κατακρημνισμάτων τονίζει την ανάγκη αξιοποίησης κάθε διαθέσιμου υδάτινου πόρου (Γεωργίου, 2019).

Στην περιοχή μελέτης, η υδροδότηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων πραγματοποιείται από τον Αξιό ποταμό, συγκεκριμένα από το φράγμα εκτροπής του Αξιού στην περιοχή της Ελεούσας και μέσω ενός χωμάτινου αναχώματος για τον τοπικό περιορισμό της ροής του νερού κατάντη της κοίτης του Αξιού ποταμού, που κατασκευάστηκε από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για την ενίσχυση του δικτύου. Σύμφωνα με τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, η άντληση πραγματοποιείται μέσω ενός αρδευτικού αντλιοστασίου, επίσης του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας. Το αντλιοστάσιο αυτό βρίσκεται στην ανατολική κλιτή του ποταμού και μεταφέρει και διανέμει το αρδευτικό νερό στις διώρυγες μέσω του παλαιού υπόγειου αγωγού του βιολογικού καθαρισμού, που κατασκευάστηκε αλλά δεν χρησιμοποιήθηκε για αυτό τον σκοπό. Μέσω αυτού του τρόπου

άρδευσης, ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας διατηρείται υψηλότερα και αποτρέπονται τα φαινόμενα υφαλμύρισης της πεδιάδας. Κατά τους θερινούς μήνες η παροχή από το φράγμα εκτροπής του Αξιού ποταμού περιορίζεται, με αποτέλεσμα να μειώνεται και το υψόμετρο του νερού της κοίτης. Το υποτυπώδες φράγμα του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας (εικόνα 7.4.1) δημιουργήθηκε για να περιορίζει σε κάποιο βαθμό την εκβολή του Αξιού προς τον Θερμαϊκό κόλπο, με συνέπεια να αυξάνεται το υψόμετρο του νερού του ποταμού. Αυτή η μέθοδος μπορεί να φαίνεται ότι παρεμβαίνει στην οικολογική παροχή (συνέχεια) του ποταμού, αλλά το νερό αυτό χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς της ίδιας πεδιάδας, οπότε το νερό παραμένει στο δελταϊκό σύστημα (ορυζώνες). Πιο αναλυτικά, κατά την ξηρή περίοδο, κατασκευάζεται αυτό το χωμάτινο "προσωρινό φράγμα" για τον περιορισμό της κοίτης του Αξιού και κατά την υγρή περίοδο το φράγμα αυτό καταστρέφεται ώστε ο Αξιός να εκβάλει κανονικά στον Θερμαϊκό κόλπο, με περίπου 180.000 m³ την ημέρα.



Εικ.7.4.1: "Φράγμα" τοπικού περιορισμού ροής του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας κατά την υγρή περίοδο (αριστερά) και κατά την ξηρή (δεξιά) για το έτος 2017 (Πηγή: Google Earth).

Τέλος, σε περιόδους έντονης λειψυδρίας το απαιτούμενο νερό μπορεί να προμηθευτεί στις καλλιεργούμενες εκτάσεις από τον αγωγό του βιολογικού από την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ) που βρίσκεται στην βιομηχανική περιοχή Θεσσαλονίκης-Σίνδου, σε υψόμετρο περίπου 12m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα ύδατα του βιολογικού αυτού καταλήγουν στον Θερμαϊκό κόλπο, όμως αυτός ο υπόγειος αγωγός έχει και δεύτερη διαδρομή που είναι παράλληλη στην Εγνατία Οδό και μπορεί να καταλήξει μέσω της κεντρικής διώρυγας ανατολικής Χαλάστρας στις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Τα νερά του βιολογικού της ΕΕΛΘ έχουν αυξημένη αγωγιμότητα και αλατότητα, για τον λόγο αυτό αραιώνονται, αναμιγνύονται και ελέγχονται πριν καταλήξουν στις αγροτικές εκτάσεις. Αυτή η εναλλακτική λύση έχει τεθεί σε εφαρμογή μόνο μία φορά στην περιοχή το 2007-2008.

Η ΕΕ, μέσω της Οδηγίας - Πλαίσιο για τα Ύδατα (2000/60, άρθρο 5), προωθεί την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στη γεωργία ως πιθανό μέτρο για την αποφόρτιση των υδάτινων πόρων. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου έρχεται αντιμέτωπη με προβλήματα όπως η έλλειψη κοινού κανονιστικού πλαισίου για τη διαχείριση κινδύνων στην υγεία και το περιβάλλον, την έλλειψη εμπιστοσύνης, τη διασφάλιση της υγείας και του περιβάλλοντος (Γεωργίου, 2019, από Alcalde-Sanz & Gawlik, 2017).

Σύμφωνα με τον Κανάκα (2020), το δίκτυο (αρδευτικό και αποστραγγιστικό) έχει συνολικό μήκος 2000 km και υποστηρίζει την παραγωγική διαδικασία 75.000 στρεμμάτων με βασική καλλιέργεια το ρύζι. Τα χωράφια είναι σε αναδασμό*, σε τεμάχια 200 στρεμμάτων.

*Αναδασμός: Ενοποίηση και αναδιανομή των τεμαχίων γης σε όλη ή σε μέρος της έκτασης που περιλαμβάνεται στα διοικητικά όρια ενός ή περισσότερων χωριών.

Οι καλλιέργειες που βρίσκονται στην δικαιοδοσία του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας εκτείνονται από τον Γαλλικό ποταμό μέχρι τον Αξιό, και από τον Αξιό μέχρι τον Θερμαϊκό κόλπο. Περίπου το 50% αυτών των εκτάσεων βρίσκεται κάτω από την στάθμη της θάλασσας, ενώ το υπόλοιπο 50% είναι οριακά πάνω από την στάθμη της θάλασσας. Οι αρδευτικές ανάγκες εντοπίζονται από τον Μάιο που ξεκινάει η σπορά και ολοκληρώνονται τον Σεπτέμβριο. Τους υπόλοιπους μήνες πραγματοποιείται συντήρηση του δικτύου. Όπως έχει προαναφερθεί, ο οργανισμός Τ.Ο.Ε.Β. προμηθεύεται αρδευτικό νερό κυρίως από τον Αξιό ποταμό (φράγμα εκτροπής). Με την πάροδο του χρόνου ο Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας δημιούργησε εναλλακτικές πηγές κάλυψης των αναγκών ώστε να ανταποκριθούν στην ζήτηση. Από τα 75.000 στρέμματα της περιοχής, τα 60.000 είναι ρυζοκαλλιέργειες, οι οποίες έχουν μεγάλες υδατικές απαιτήσεις της τάξης περίπου των 15-20 m³/ sec. Ο όγκος του νερού που διατίθεται από την κεντρική διαχείριση είναι περίπου 10 m³/ sec για το τμήμα της πεδιάδας που υπάγεται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας ή 90.000.000 m³ ετησίως, δηλαδή σχεδόν ο μισός από τις ανάγκες των καλλιεργειών. Πιο αναλυτικά, τον Μάιο που λιώνουν τα χιόνια και ο Αξιός έχει περισσότερο νερό, η παροχή στις καλλιέργειες είναι περίπου 10 m³/ sec. Τον Ιούνιο, όπου το νερό μειώνεται, η προμήθεια νερού είναι 8-9 m³/ sec, τον Ιούλιο 6-7 m³/ sec και τον Αύγουστο 4-5 m³/ sec (Κανάκας, 2020). Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων ο Τ.Ο.Ε.Β. πραγματοποίησε τις παρακάτω ενέργειες για την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού νερού:

- 1) Αρχικά, η τεχνική της άρδευσης διεξαγόταν σε ημερήσια βάση και σε όλη την έκταση των καλλιεργειών με αποτέλεσμα να υπάρχει έλλειμμα στο αρδευτικό νερό. Έτσι, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί στην περιοχή η τμηματική άρδευση των 5 ημερών. Πιο αναλυτικά, ένα χωράφι αρδεύεται για 5 μέρες ενώ το διπλανό δεν αρδεύεται. Κάθε χωράφι τις πρώτες πέντε μέρες που αρδεύεται είναι γεμάτο με νερό, και τις υπόλοιπες 5 που δεν αρδεύεται τροφοδοτείται από την υγρασία του εδάφους. Έτσι, κάθε χωράφι αρδεύεται τρεις φορές τον μήνα με 50 m³ κάθε φορά, άρα συνολικά 150 m³ τον μήνα. Η περίοδος καλλιέργειας διαρκεί τέσσερις μήνες τον χρόνο, οπότε κάθε χωράφι λαμβάνει 600 m³. Οι ορυζώνες χρειάζονται 1.200 m³, οπότε με αυτή την τεχνική επιτεύχθηκε μείωση της κατανάλωσης νερού κατά 50%.
- 2) Επίτευξη διατήρησης του νερού στα χωράφια για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα με την δημιουργία αναβαθμίδων. Πιο συγκεκριμένα, το 50 % του αρδευτικού νερού καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Από το υπόλοιπο 50 %, το 10% προσλαμβάνεται από τις καλλιέργειες και το υπόλοιπο 40 % καταλήγει στον τελικό αποδέκτη που είναι ο Θερμαϊκός κόλπος. Η συγκεκριμένη μέθοδος ευνοείται από την κλίση του εδάφους. Από τον οικισμό της Χαλάστρας μέχρι την θάλασσα η απόσταση είναι περίπου 10 km και η υψομετρική διαφορά 1-2 m. Κλείνοντας τα θυροφράγματα στις πρωτεύουσες αποστραγγιστικές τάφρους στα πρώτα 5 km από τον οικισμό δημιουργείται μια αναβαθμίδα νερού περίπου 50 cm. Το ίδιο γίνεται και στα επόμενα 5 km κοντά στην ακτογραμμή. Με αυτή την μέθοδο εμποδίζεται η έξοδος του νερού στην θάλασσα και το νερό αυτό χρησιμοποιείται για την άρδευση περισσότερων χωραφιών. Με αυτή την τεχνική επιτυγχάνεται και επαναχρησιμοποίηση του αποστραγγιστικού νερού (βλ. Αποτελέσματα εικόνα 9.4.3).
- 3) Κατά τους θερινούς μήνες, στις θέσεις που υπάρχουν υψομετρικές διαφορές, φράσσονται κάθετα με χώμα και νάιλον τμήματα των δευτερευουσών τάφρων (ενίοτε και των τριτευουσών) και αρδεύονται τα χωράφια που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Με αυτή τη μέθοδο το νερό δεν μπορεί να κινηθεί προς τα χαμηλότερα υψομετρικά χωράφια και επίσης επειδή η στάθμη στην δευτερεύουσα στραγγιστική τάφρο και η στάθμη στο αρδευόμενο χωράφι είναι στο ίδιο υψόμετρο, εμποδίζεται η αποστράγγισή του. Τέλος, αφαιρείται το ανάχωμα με το νάιλον που είχε δημιουργηθεί νωρίτερα και αρδεύονται με το πλεονάζον νερό και τα κατάντη χωράφια. Με αυτό τον

τρόπο επιτυγχάνεται και σε αυτή την περίπτωση επαναχρησιμοποίηση νερού (βλ. Αποτελέσματα εικόνα 9.4.4).

- 4) Με την εκτροπή των υδάτων της κοίτης του Αξιού ποταμού, μέσω του υπόγειου παλαιού αγωγού του βιολογικού καθαρισμού Θεσσαλονίκης κατά τις περιόδους λειψυδρίας, επιτυγχάνεται κέρδος περίπου 30% σε νερό. Με την ίδια λογική, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά στο μέλλον ο αγωγός της ΕΕΛΘ για επιπλέον παροχή νερού.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης νερού κυρίως μέσα στις παλαιομένες και πιθανόν μέσα σε συγκεκριμένες θέσεις του αρδευτικού δικτύου κατά τους χειμερινούς μήνες, που υπάρχει μεγάλη παροχή νερού και χρήση του κατά τις περιόδους αιχμής, όταν οι αρδευτικές ανάγκες είναι μεγάλες (Κανάκας, 2020).

8. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

8.1. Εργασίες γραφείου διαθέσιμων στοιχείων

Η έρευνα στις παράκτιες καλλιεργούμενες εκτάσεις της Χαλάστρας ξεκίνησε στα τέλη του Φεβρουαρίου του 2020. Αρχικά, συλλέχθηκαν τα στοιχεία της περιοχής από τις σχετικές βιβλιογραφίες και από επισκέψεις σε φορείς και οργανισμούς όπως ο Φορέας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου, ο Γ.Ο.Ε.Β. πεδιάδων Θεσσαλονίκης - Λαγκαδά και ο Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας. Το επόμενο βήμα ήταν οι επιτόπου επισκέψεις και παρατηρήσεις της περιοχής μελέτης ώστε να υπάρξει μια πιο σαφής εικόνα για τον σχεδιασμό των εργασιών υπαίθρου.

Στη συνέχεια, με τη βοήθεια και την κατάλληλη επεξεργασία ενός ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM) (Datum ΕΓΣΑ87/ Προβολή TM) και του προγράμματος QGIS (2.18) έγινε μια πρώτη προσπάθεια εντοπισμού των θέσεων που βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και χαράχθηκε μια ενδεικτική διαδρομή (πολύγωνο), το οποίο αποθηκεύτηκε ως αρχείο km1, ώστε να προβληθεί το πολύγωνο ενδιαφέροντος πάνω στο Google Earth του κινητού τηλεφώνου και με τη βοήθεια του στίγματος που δίνει το κινητό τηλέφωνο κάθε στιγμή, να διαπιστωθεί και στο πεδίο αν οι θέσεις με αρνητικά υψόμετρα που εντοπίστηκαν στο DEM ταυτίζονται με την επιτόπια λήψη στιγμάτων με το σύστημα GNSS (TOPCON).

8.2. Τοπογραφικά σημεία υψομέτρου με GNSS

Ο υπολογισμός στιγμάτων σε συγκεκριμένες θέσεις πραγματοποιήθηκε μέσω δορυφορικού συστήματος γεωεντοπισμού GNSS τοπογραφικής ακρίβειας (TOPCON) για τη διόρθωση των παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και του χειριστηρίου πεδίου με λογισμικό MAGNET FIELD. Τα στίγματα λήφθηκαν σε ελληνικό προβολικό σύστημα (Datum ΕΓΣΑ87/ Προβολή TM). Τα Παγκόσμια Δορυφορικά Συστήματα Πλοήγησης – GNSS, αποτελούνται από ένα συγχρονισμένο σύστημα δορυφόρων που επιτρέπει τον υψηλής ακρίβειας (ακρίβεια λίγων εκατοστών) εντοπισμό γεωγραφικού μήκους – πλάτους και υψομέτρου μέσω επίγειων δεκτών. Στο σύστημα TOPCON κάθε στιγμή υπάρχει ένας αριθμός δορυφόρων που χρησιμοποιεί για την απόδοση των συντεταγμένων των σημείων σε πραγματικό χρόνο. Αυτοί οι δορυφόροι είναι: GPS/GLONASS/SBAS/QZSS/Galileo Sats (Tree Company Corporation).

Τα τοπογραφικά σημεία υψομέτρου ξεκίνησαν να λαμβάνονται από τα ανάντη χωράφια στην ανατολική πλευρά του Αξιού ποταμού, κάτω από την Εγνατία Οδό και προοδευτικά οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε σημεία που θεωρήθηκαν ότι θα βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, σύμφωνα με το DEM που μελετήθηκε σε προηγούμενο στάδιο.

Τέλος, η λήψη στιγμάτων επικεντρώθηκε πλευρικά της παλιάς κοίτης του Αξιού ποταμού (Μεγάλος Βαρδάρης), όπου αναμενόταν να μετρηθούν μεγαλύτερα υψόμετρα όσο πιο κοντά βρισκόμασταν στην παλιά κοίτη λόγω της συσσώρευσης παλαιότερων παρόχθινων ιζημάτων. Συνολικά ελήφθησαν 46 στίγματα (εικόνες 8.2.1 & 8.2.2).

Η επεξεργασία των τοπογραφικών σημείων υψομέτρου και η δημιουργία των χαρτών που παρουσιάζονται στην εργασία πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό QGIS (Έκδοση 2.18). Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν: το πρόγραμμα Global Mapper 15, το πρόγραμμα Google Earth, τοπογραφικός χάρτης από την ιστοσελίδα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Έκδοση 1970), ο οποίος είναι σκαναρισμένος και διορθωμένος ως προς το προβολικό σύστημα (ιστοσελίδα Δ8.2.1), γεωχωρικά δεδομένα από την επίσημη ιστοσελίδα της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού (ιστοσελίδα Δ8.2.2), ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) από την ιστοσελίδα του Ευρωπαϊκού Κέντρου Διαστήματος (ESA) (ιστοσελίδα Δ8.2.3), δορυφορική

εικόνα από την ιστοσελίδα World Imagery (ιστοσελίδα Δ8.2.4). Επίσης, για την κατασκευή των μορφολογικών προφίλ χρησιμοποιήθηκε το Excel και για τη σχηματική απεικόνιση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου και την αντιστοιχία φυσικών - ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκε το PowerPoint.



Εικ.8.2.1: Λήψη στιγμάτων με το σύστημα GNSS(TOPCON).



Εικ.8.2.2: Λήψη στιγμάτων με το σύστημα GNSS(TOPCON).

8.3. Επεξεργασία δεδομένων

Μετά το αρχικό στάδιο της μελέτης των διαθέσιμων στοιχείων, της επιτόπου επίσκεψης και της λήψης στιγμάτων με σύστημα γεωεντοπισμού GNSS (TOPCON) για την διόρθωση παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και του χειριστηρίου πεδίου με λογισμικό MAGNET FIELD, ακολούθησε το στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων σε περιβάλλον QGIS και Global Mapper.

Αρχικά ταξινομήθηκαν, με το πρόγραμμα QGIS (2.18), τα υψόμετρα του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου με κατάλληλες χρωματικές διαβαθμίσεις ώστε να γίνουν ορατές οι υψομετρικές διαφορές και οι θέσεις όπου το υψόμετρο είναι μικρότερο από αυτό της επιφάνειας της θάλασσας.

Κατόπιν, ακολούθησε η σύγκριση των υψομέτρων των στιγμάτων που λήφθηκαν με το σύστημα GNSS και των αντίστοιχων υψομέτρων που παρουσιάζονται στο DEM, όπου και τα δύο βρίσκονται στο ίδιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς και στην ίδια προβολή (Datum ΕΓΣΑ87/ Προβολή TM), ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχει ταύτιση. Τα στίγματα που λήφθηκαν με το σύστημα γεωεντοπισμού GNSS διαχωρίστηκαν ανάλογα με το εάν βρίσκονται πάνω από το υψόμετρο μηδέν ή κάτω από αυτό.

Με την βοήθεια του προγράμματος Global Mapper 15, ακολούθησε ένας μετασχηματισμός των εικονοστοιχείων (pixels) του DEM, όπου το μέγεθος κάθε pixel από 30 m έγινε 200 m, ώστε να ενοποιηθούν οι υψομετρικές διαφορές για να γίνουν πιο ευδιάκριτες οι περιοχές με διαφορετικά υψόμετρα. Ο μετασχηματισμός αυτός, αν και παρουσιάζει μια πιο κατανοητή εικόνα των περιοχών με διαφορετικά υψόμετρα, δίνει εσφαλμένες τιμές υψομέτρων σε κάποιες θέσεις, διότι ομαδοποιούνται pixels με διαφορετικές τιμές, με βάση τις επικρατέστερες τιμές των pixel.

Ο χάρτης της εικόνας 9.3.3 αποτελείται από τον τοπογραφικό χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Έκδοση 1970) και από το μετασχηματισμένο DEM με χρωματική κλίμακα, με βάση το οποίο δημιουργήθηκαν καμπύλες ισοδιάστασης.

Στη συνέχεια, με βάση τα σημεία που λήφθηκαν με το σύστημα γεωεντοπισμού GNSS για την διόρθωση παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, πραγματοποιήθηκε στο QGIS η χάραξη τεσσάρων ευθειών ώστε να δημιουργηθούν, με την βοήθεια του προγράμματος Excel, τέσσερα σχηματικά μορφολογικά προφίλ (τομές) της περιοχής μελέτης με βάση μόνο τα τοπογραφικά σημεία υψομέτρου. Στη συνέχεια, με βάση τις ίδιες ευθείες δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Global Mapper 15, τέσσερα μορφολογικά προφίλ με βάση το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) σε ελληνικό προβολικό σύστημα, ώστε να γίνει σύγκριση των υψομέτρων που παρουσιάζει το DEM και των σημείων που λήφθηκαν με το σύστημα GNSS (TOPCON) στο πεδίο.

Ακολούθησε η μέτρηση του εμβαδού που καταλαμβάνει η περιοχή που βρίσκεται υψομετρικά κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, σε σχέση με την συνολική επιφάνεια του τμήματος της πεδιάδας που μελετάται στην παρούσα εργασία, με σκοπό να προσδιοριστεί το ποσοστό που καταλαμβάνει η περιοχή με υψόμετρο υπό του μηδενός.

Η δημιουργία των πολυγώνων για την μέτρηση των επιφανειών έγιναν στο πρόγραμμα QGIS (2.18) με την βοήθεια του τοπογραφικού χάρτη και της δορυφορικής εικόνας. Η συνολική περιοχή μελέτης οριοθετείται σε άξονα Βορρά - Νότου από το φράγμα εκτροπής του Αξιού ποταμού στην Ελεούσα που βρίσκεται στα βόρεια, μέχρι το παράκτιο ανάχωμα της Χαλάστρας που βρίσκεται στα νότια. Σε άξονα Ανατολής - Δύσης η περιοχή οριοθετείται στα δυτικά από το ανατολικό ανάχωμα της κοίτης του Αξιού, με κατεύθυνση προς Θεσσαλονίκη και στα ανατολικά οριοθετείται μέχρι δυτικά της Σίνδου και του αντλιοστασίου ΚΤΣ Γέφυρας.

Εν συνεχεία, δημιουργήθηκε η σχηματική αναπαράσταση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου, των παράκτιων αντλιοστασίων, του υπόγειου αγωγού του παλαιού βιολογικού, του αντλιοστασίου του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, των πηγών υδροληψίας (φράγματα) και των τρόπων επαναχρησιμοποίησης του αρδευτικού νερού για την αποκωδικοποίηση και

ευκολότερη κατανόηση των λειτουργιών της πεδιάδας. Η απεικόνιση τους βασίστηκε σε επιτόπιες πληροφορίες του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας και σε στοιχεία από την μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Γ.Ο.Ε.Β. πεδιάδων Θεσσαλονίκης - Λαγκαδά. Οι εργασίες πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια των προγραμμάτων QGIS και PowerPoint. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η δορυφορική εικόνα και ο τοπογραφικός χάρτης σε ελληνικό προβολικό σύστημα.

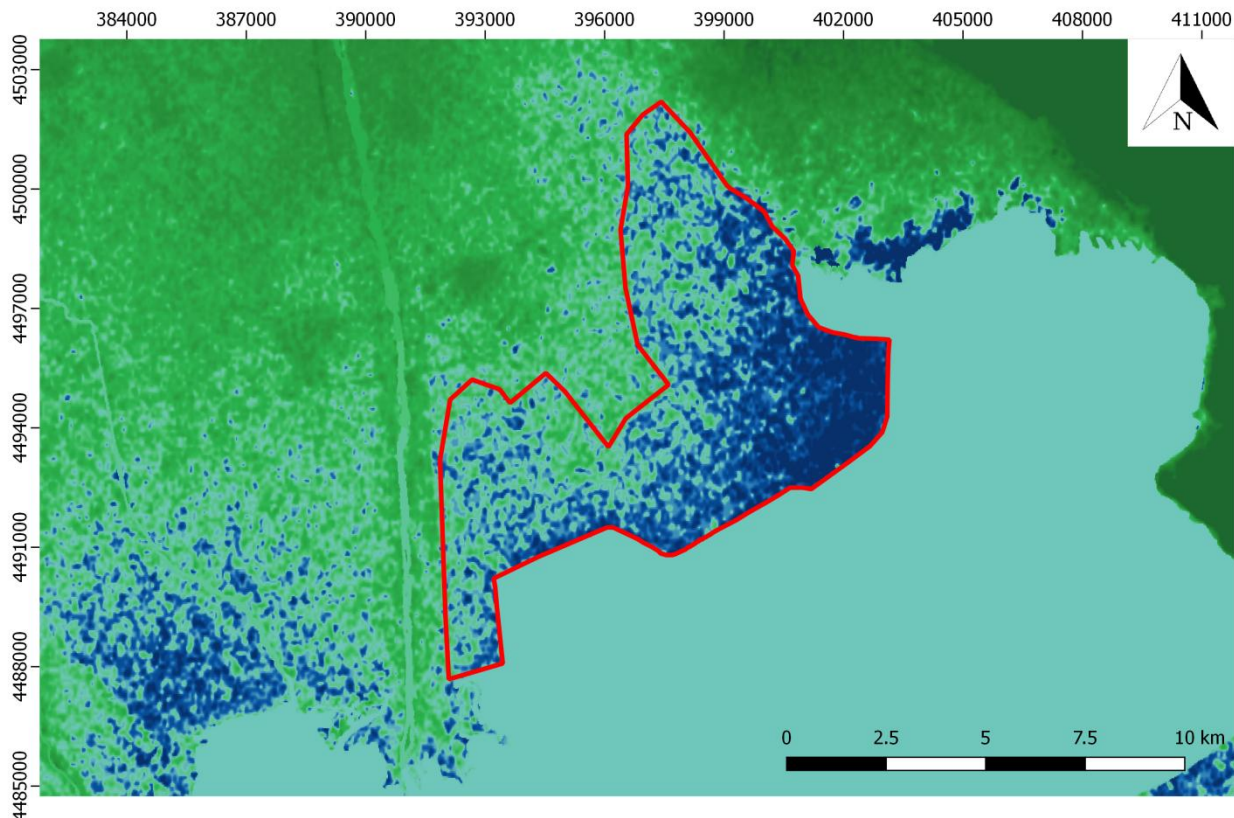
Τέλος, έγινε η σχηματική αναπαράσταση της αντιστοίχιση των φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της πρώην φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού με τη σημερινή ανθρωπογενώς διαμορφωμένη κατάσταση. Η σχηματική απεικόνιση έγινε σε πρόγραμμα PowerPoint και χρησιμοποιήθηκε η εικόνα του χάρτη από την εργασία των Ρεϊζοπούλου & Βουβαλίδη (2010).

9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

9.1. Προπαρασκευαστικό στάδιο για την εργασία πεδίου

Από την μελέτη των διαθέσιμων στοιχείων και του DEM, καθώς και την επιτόπου επίσκεψη στην περιοχή ενδιαφέροντος, έγινε αμέσως αντιληπτό ότι η περιοχή αντιμετωπίζει προβλήματα εδαφικής υποχώρησης σε κάποιες θέσεις των καλλιεργούμενων εκτάσεων της πεδιάδας.

Από τις συνομιλίες και τις ξεναγήσεις του Προέδρου του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας συλλέχθηκε πλήθος πληροφοριών σχετικά με την λειτουργία, την θέση του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου της πεδιάδας, την λειτουργία και την κατανάλωση των παράκτιων αντλιοστασίων, τα είδη που καλλιεργούνται στην περιοχή κ.α. Στο πεδίο, η επιφάνεια της πεδιάδας εμφανίζεται επίπεδη και είναι αδύνατος ο εντοπισμός των θέσεων με υψομετρικές διαφορές αυτής της τάξης, για αυτό το λόγο το πολύγωνο kml στο Google Earth του κινητού τηλεφώνου λειτούργησε ως οδηγός πλοήγησης για τις θέσεις των τοπογραφικών σημείων υψομέτρου που λήφθηκαν, διότι το σύστημα GNSS δεν παρέχει υπηρεσίες πλοήγησης (εικόνα 9.1.2).



Εικ.9.1.1: Χάραξη πολυγώνου με βάση τις θέσεις που βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας στο QGIS, που χρησιμοποιήθηκε ως οδηγός για τις μετρήσεις των τοπογραφικών σημείων υψομέτρου. Με μπλε τόνους απεικονίζονται οι περιοχές που βρίσκονται κάτω από το υψόμετρο 0 m και με πράσινους τις περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου.

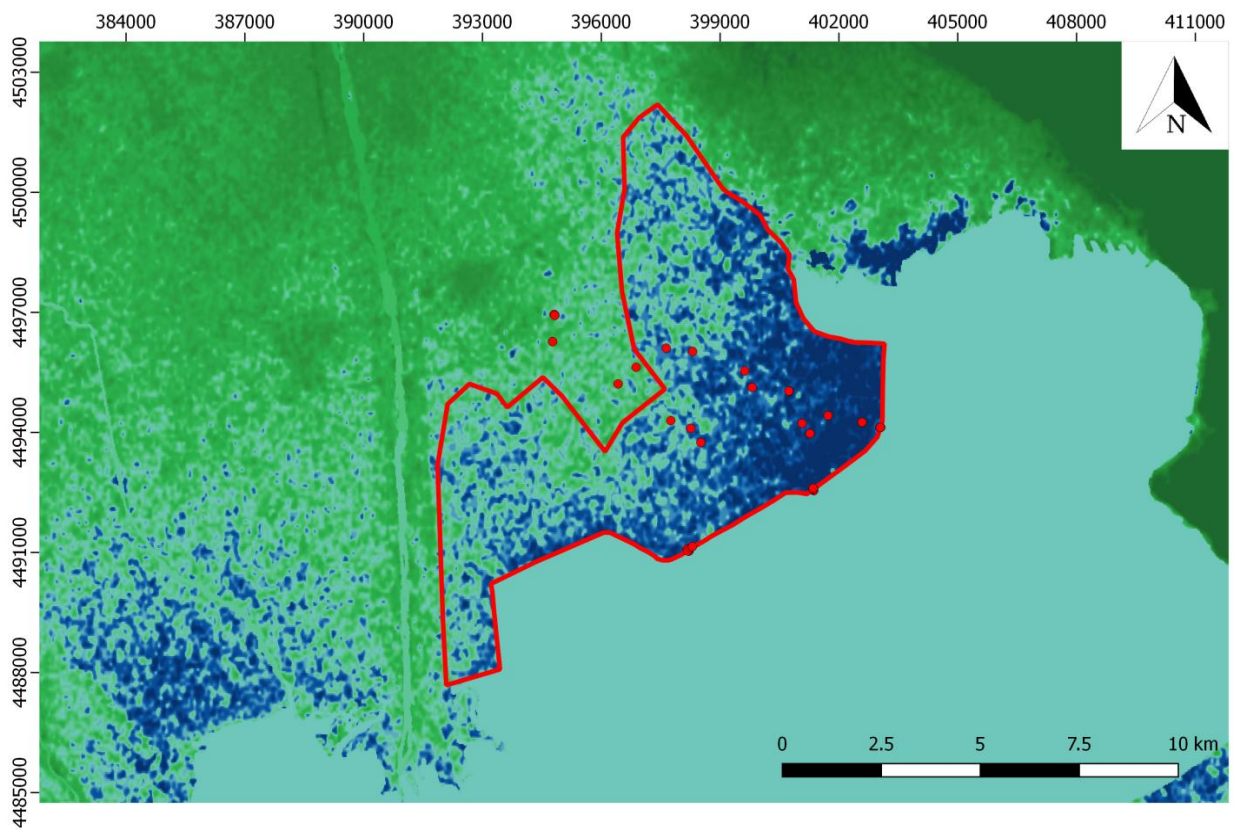


Εικ.9.1.2: Αρχείο kml στο Google Earth του κινητού τηλεφώνου για πλοήγηση.

9.2. Τοπογραφικά σημεία υψομέτρου

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν από την ανατολική πλευρά του Αξιού ποταμού στις ανάντη καλλιεργούμενες εκτάσεις, κάτω από την Εγνατία Οδό, όπου το υψόμετρο βρέθηκε περίπου 2 m πάνω από την στάθμη της θάλασσας.

Στη συνέχεια, με οδηγό το πολύγωνο που δημιουργήθηκε με βάση το DEM, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε σημεία μειούμενου υψομέτρου. Σε κάποιες θέσεις το υψόμετρο φτάνει έως και -2 m από τη στάθμη της θάλασσας. Οι τελευταίες μετρήσεις επικεντρώθηκαν πλευρικά της παλαιάς κοίτης του Αξιού ποταμού (Μεγάλος Βαρδάρης) και όπως ήταν αναμενόμενο, το υψόμετρό είναι υψηλότερο λόγω παλαιότερων παρόχθιων αποθέσεων της κοίτης (εικόνα 9.2.1). Στον πίνακα 9.2 δίνονται τα ληφθέντα στίγματα στην πεδιάδα της Χαλαστρας με το σύστημα GNSS (TOPCON). Τα στίγματα λήφθηκαν σε ελληνικό προβολικό σύστημα.



Εικ.9.2.1: Θέσεις λήψης υψομετρικών σημείων με σύστημα GNSS (TOPCON) που χρησιμοποιήθηκαν για την ταυτοποίηση των θέσεων που βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας.

Ονομασία στίγματος από TOPCON	Γεωγραφικό μήκος x	Γεωγραφικό πλάτος y	Υψόμετρο (m)
100	394826.469	4496924.803	2.563
101	394810.402	4496943.176	2.232
102	394806.513	4496944.130	1.975
103	394806.811	4496944.662	1.802
104	394821.195	4496921.362	1.364
105	398215.477	4491034.109	0.373
106	398203.061	4491031.527	0.384
107	398167.484	4491087.589	0.054
108	398167.394	4491087.656	-0.027
109	398177.257	4491035.741	0.645
110	398239.196	4491109.841	-0.310
111	398283.439	4491135.473	-0.332
112	398301.889	4491148.765	-0.376
113	398302.108	4491148.945	-0.382
114	401364.084	4492543.319	0.442
115	401364.104	4492543.296	0.438
116	401346.836	4492576.468	-1.075
117	401346.480	4492576.392	-1.070
118	401362.440	4492591.614	-1.270
119	401348.304	4492603.796	-1.108
120	403058.250	4494123.525	-1.379
121	403031.616	4494119.595	-1.602
122	403028.160	4494116.833	-1.619
123	403046.628	4494124.545	-1.429
124	402584.327	4494246.146	-1.749
125	402584.728	4494245.196	-1.760
126	402583.738	4494248.327	-1.609
127	402584.174	4494249.353	-1.625
128	401724.739	4494418.450	-1.257
129	401067.767	4494224.802	-0.795
130	401266.645	4493970.211	-1.250
131	401267.399	4493969.309	-1.226
132	400744.402	4495027.804	-1.035
133	400739.801	4495031.363	-0.985
134	400734.993	4495030.571	-1.064
135	399809.743	4495121.879	-0.660
136	399620.113	4495535.775	-0.475
137	398305.925	4496021.844	-0.479
138	397637.552	4496103.882	-0.491
139	396877.715	4495627.078	0.756
140	396421.493	4495210.386	0.893
141	397753.116	4494292.808	0.432
142	398257.151	4494099.458	0.232
143	398511.378	4493745.430	-0.120
144	394769.197	4496268.446	2.257
145	394770.852	4496266.199	2.070

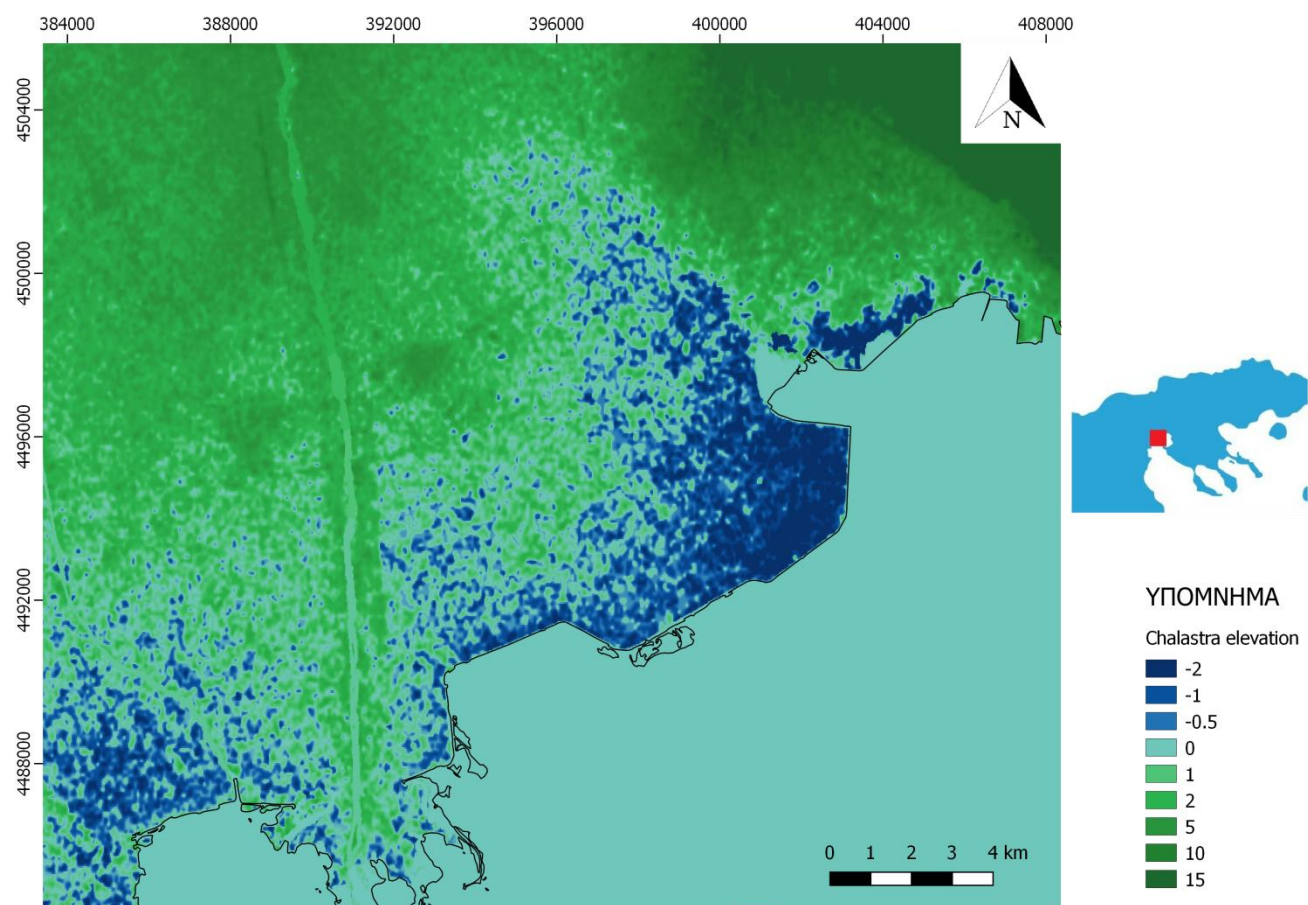
Πίνακας 9.2: Ληφθέντα στίγματα με το σύστημα GNSS (TOPCON).

9.3. Επεξεργασία δεδομένων

Από την χρωματική ταξινόμηση των υψομέτρων του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM), στο πρόγραμμα QGIS, διαπιστώθηκε αμέσως η ύπαρξη θέσεων μέσα στις καλλιεργούμενες εκτάσεις της πεδιάδας, όπου το υψόμετρο έχει αρνητικές τιμές. Όπως φαίνεται και στον χάρτη (εικόνα 9.3.1) με τις σκούρες αποχρώσεις του μπλε απεικονίζονται τα βαθύτερα σημεία και όσο το υψόμετρο πλησιάζει το μηδέν οι αποχρώσεις του μπλε γίνονται πιο ανοιχτές. Τα θετικά υψόμετρα απεικονίζονται με διαβαθμίσεις του πράσινου χρώματος, από τις πιο ανοιχτές μέχρι τις πιο σκούρες, καθώς τα υψόμετρα αυξάνονται.

Οι θέσεις στις οποίες το υψόμετρο έχει αρνητικό πρόσημο εντοπίζονται κυρίως στην νότια περιοχή των καλλιεργούμενων εκτάσεων, πίσω από το παράκτιο ανάχωμα σε όλο το μήκος του και ανατολικά της πεδιάδας μεταξύ των παράκτιων αντλιοστασίων ΚΣΤ Γέφυρας και Ανατολικό Χαλάστρας.

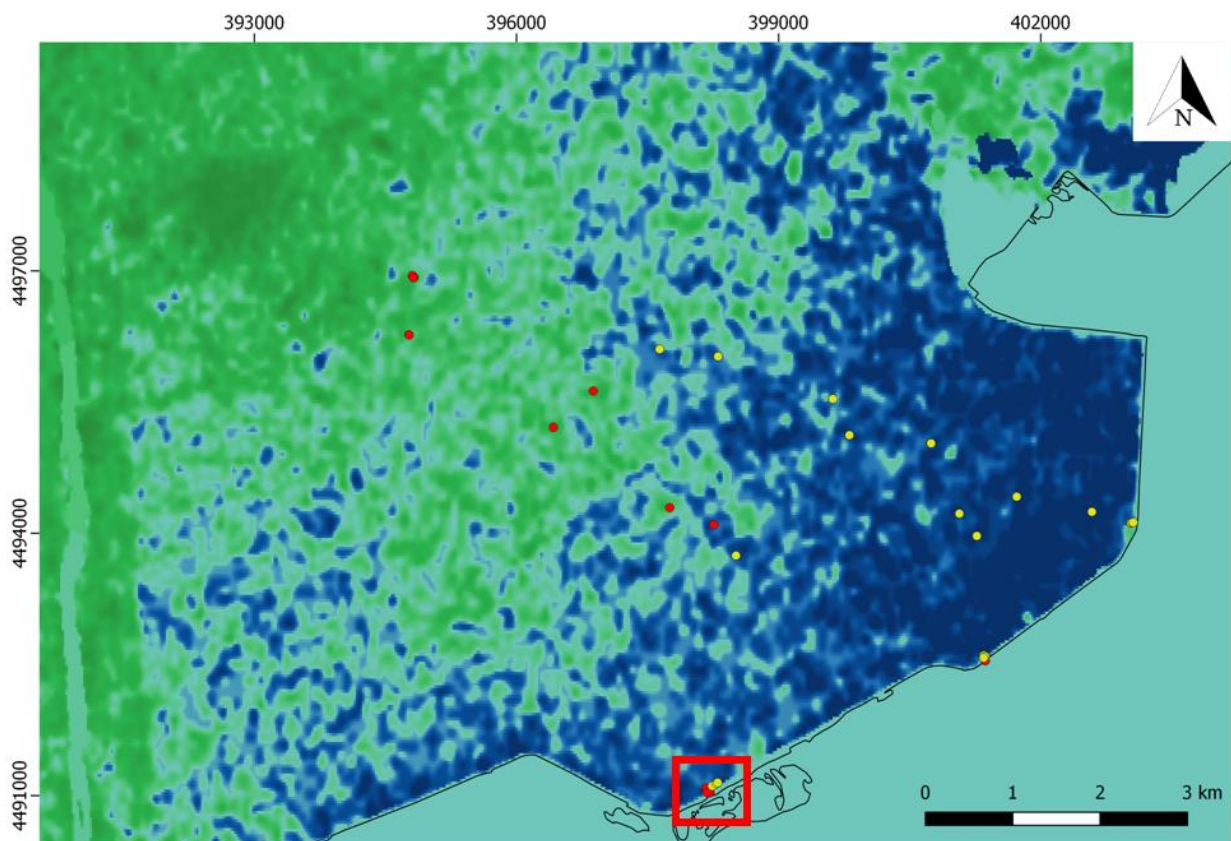
Η κοίτη του Αξιού ποταμού εμφανίζει θετικά υψόμετρα και συνεπώς βρίσκεται υψηλότερα από την γύρω πεδιάδα, ευνοώντας πιθανών, λόγω της υδραυλικής κλίσης, την διήθηση νερού (swelling) από τον ποταμό προς τις χαμηλότερες γειτονικές περιοχές, δημιουργώντας πλημμύρες στην πεδιάδα.



Εικ.9.3.1: Χάρτης κατανομής υψομέτρων Χαλάστρας μαζί με την ακτογραμμή από την επίσημη ιστοσελίδα της Υδρογραφικής Υπηρεσίας.

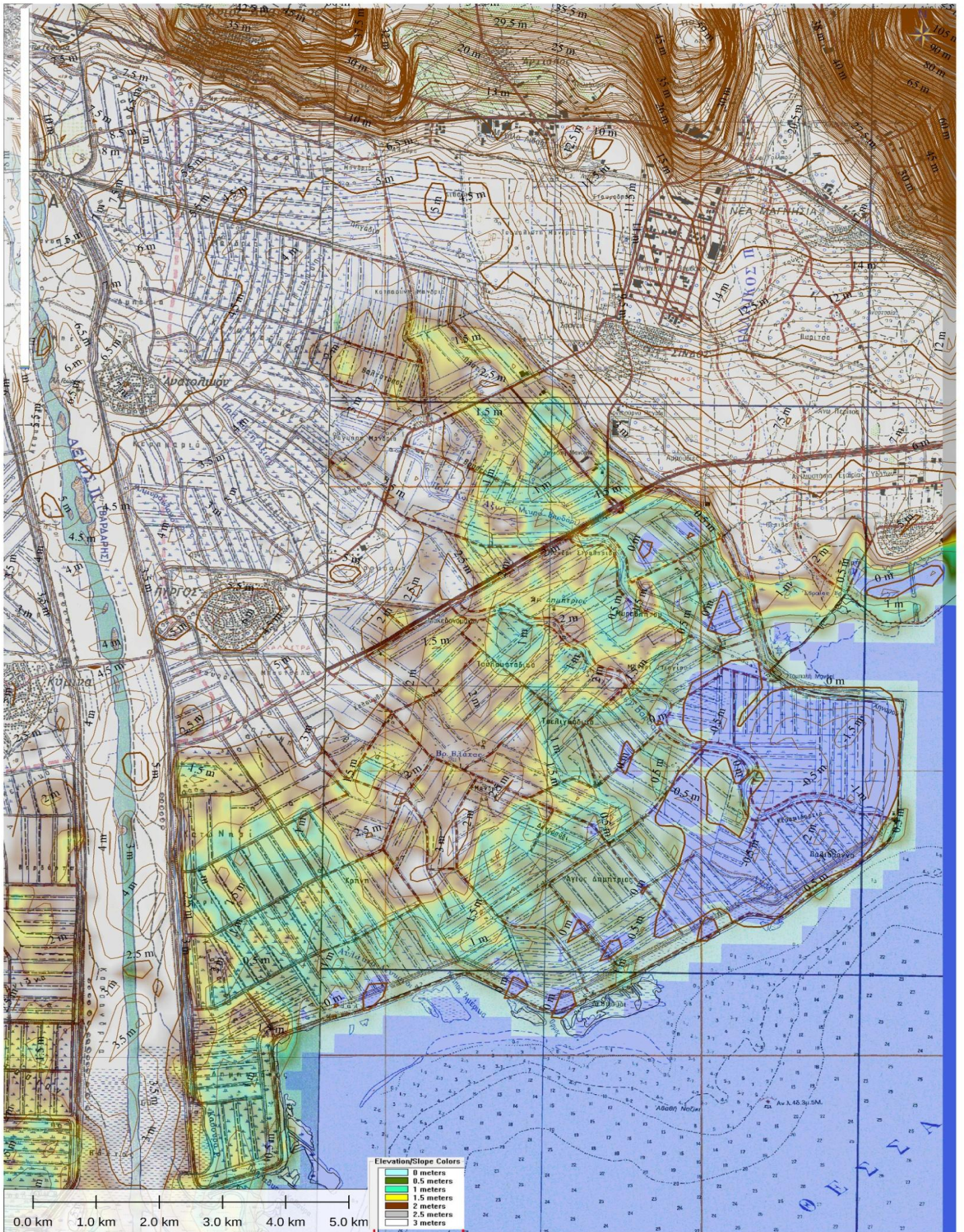
Τα ίδια αποτελέσματα δίνουν και τα στίγματα που λήφθηκαν με το σύστημα GNSS (TOPCON). Στην εικόνα 9.3.2 φαίνεται ότι υπάρχει υψομετρική ταύτιση του DEM και των τοπογραφικών σημείων υψομέτρου. Από τα 46 σημεία που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, τα 28 εμφανίζουν υψόμετρο μικρότερο του μηδενός, τονίζοντας τα φαινόμενα εδαφικών υποχωρήσεων που συνέβησαν στην περιοχή.

Οι θέσεις των σημείων που λήφθηκαν με το σύστημα GNSS και εμφανίζουν αρνητικά υψόμετρα εντοπίζονται και σε αυτή την περίπτωση πίσω και κατά μήκος του παράκτιου αναχώματος, καθώς και στην ανατολική πλευρά των καλλιεργούμενων εκτάσεων (εικόνα 9.3.2). Στην νότια πλευρά του χάρτη της εικόνας 9.3.2 (κόκκινο τετράγωνο) εντοπίζονται κάποιες θέσεις που έχουν υψόμετρο κάτω από αυτό της επιφάνειας της θάλασσας (κίτρινα σημεία) και βρίσκονται πίσω από το παράκτιο ανάχωμα και κάποιες θέσεις (κόκκινα σημεία) με υψόμετρο ελάχιστα πάνω από το μηδέν (περίπου 0.4 m) που βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά του αναχώματος και συνορεύουν με την θάλασσα.



Εικ.9.3.2: Χάρτης ψηφιακού αναγλύφου και θέσεις ληφθέντων σιγμάτων. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται τα σίγματα με υψόμετρο μεγαλύτερο του μηδενός και με κίτρινο χρώμα τα σίγματα που βρίσκονται υψομετρικά κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Από την κατασκευή του μετασχηματισμένου DEM και των ισοϋψών καμπυλών, με την βοήθεια του προγράμματος Global Mapper 15 (εικόνα 9.3.3), παρατηρείται και σε αυτή την περίπτωση ότι στην ανατολική πλευρά της περιοχής μελέτης εμφανίζονται θέσεις με υψόμετρο μέχρι και -2 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, καθώς και ότι το υψόμετρο της κοίτης του Αξιού ποταμού κυμαίνεται από + 2,5 m έως πάνω από 6 m σε κάποιες θέσεις. Αυτό τονίζει για ακόμα μια φορά την υψομετρική διαφορά που δημιουργείται, καθώς και την πιθανή διήθηση ποτάμιου νερού. Παρόλο που ο χάρτης της εικόνας 9.3.3 δίνει ευδιάκριτα οπτικά αποτελέσματα, δίνει εσφαλμένες τιμές διότι, όπως προαναφέρθηκε, το κάθε pixel αποτελεί τον μέσο όρο των γειτονικών pixel. Για παράδειγμα, στην εικόνα 9.3.3 οι περιοχές που βρίσκονται πίσω από το παράκτιο ανάχωμα εμφανίζουν θετικές τιμές υψομέτρου, ενώ κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα.



Εικ.9.3.3: Χάρτης DEM, τοπογραφικός χάρτης και ισοψείς καμπύλες με το πρόγραμμα Global Mapper.

Από την χάραξη των τεσσάρων ευθειών που δημιουργήθηκαν, με βάση μόνο τα ληφθέντα στίγματα, δημιουργήθηκαν τέσσερα σχηματικά μορφολογικά προφίλ (τομές) (εικόνα 9.3.4) και με βάση τις ίδιες ευθείες δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Global Mapper 15, τέσσερα μορφολογικά προφίλ με βάση το αρχικό (όχι το μετασχηματισμένο) DEM (εικόνα 9.3.5) για να είναι εφικτή η σύγκριση των υψομέτρων που παρουσιάζει το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο με τις μετρήσεις του πεδίου. Πιο αναλυτικά:

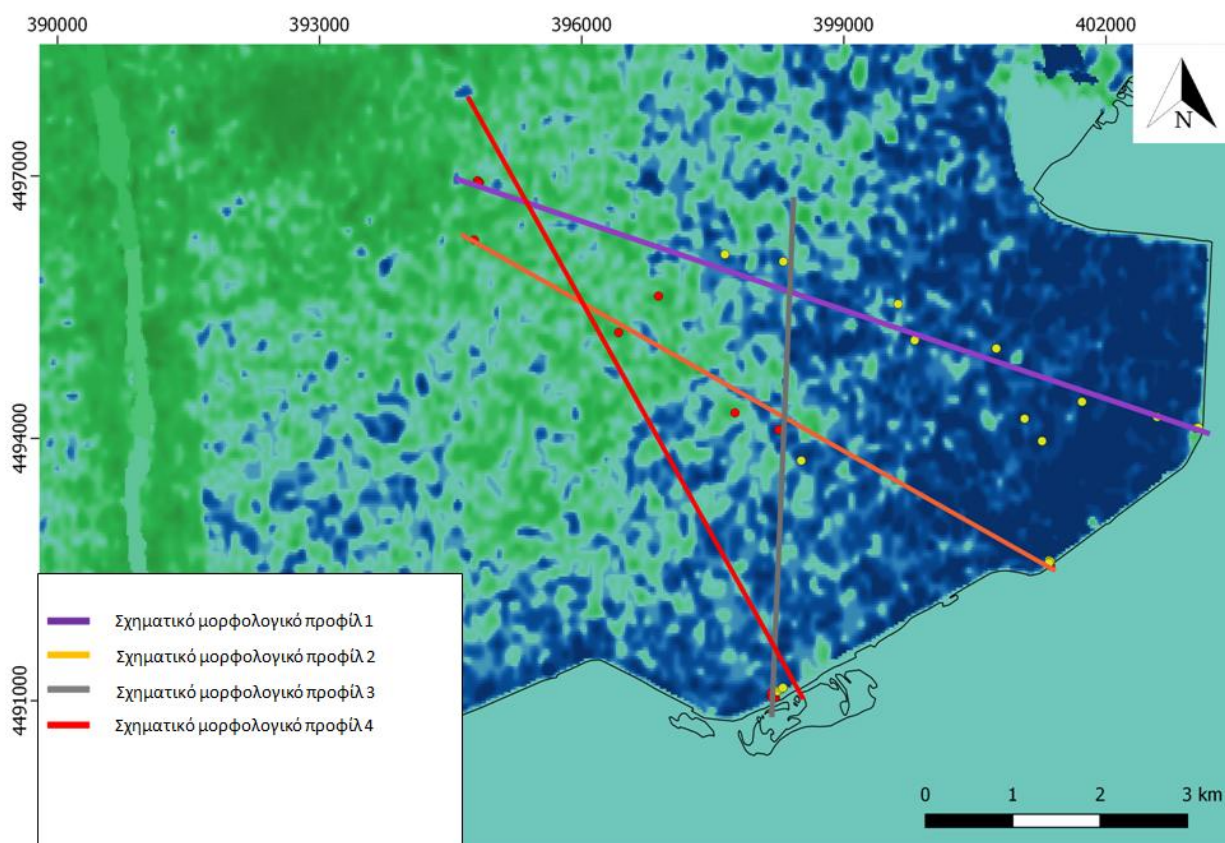
- Το **σχηματικό μορφολογικό προφίλ (τομή) 1** (μοβ χρώμα) έχει διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ. Ξεκινώντας από τα ΝΑ, από τη μεριά της θάλασσας, η πρώτη μέτρηση βρίσκεται σε απόσταση 50 m από τη θάλασσα και υψόμετρο -1,4 m, το βάθος αυξάνεται μέχρι περίπου τα -1,7 m σε απόσταση 545 m από την θάλασσα. Προοδευτικά το υψόμετρο αυξάνεται προς τα ανάντη (ΒΔ) μέχρι τα -0,5 m σε απόσταση 3,75 km από τη θάλασσα. Από αυτή την απόσταση μέχρι 6 km από την ακτογραμμή το υψόμετρο παραμένει σταθερό στα -0,5 m. Από εκεί και πέρα, το υψόμετρο αυξάνεται συνεχώς μέχρι να φτάσει το μέγιστο υψόμετρο που ξεπερνά τα 2 m. Οι περιοχές που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια τις θάλασσας απεικονίζονται με μπλε πολύγωνα και στα τέσσερα σχηματικά προφίλ. Το **πρώτο μορφολογικό προφίλ, με βάση το DEM**, που δημιουργήθηκε από την ίδια ευθεία έχει ίδια διεύθυνση. Ξεκινώντας από ΝΑ, σε απόσταση 50 m από την θάλασσα, το υψόμετρο έχει περίπου την ίδια τιμή με αυτή που μετρήθηκε στο πεδίο με το σύστημα GNSS. Προοδευτικά, το βάθος αυξάνεται όσο μεγαλώνει η απόσταση από την ακτογραμμή μέχρι το πρώτο χιλιόμετρο. Από εκείνη την απόσταση και προς τα ανάντη (ΒΔ), το υψόμετρο αυξάνεται ελαφρά παραμένοντας κάτω από τη στάθμη της θάλασσας μέχρι την απόσταση των 6 km από την ακτή. Από εκεί και έπειτα, το υψόμετρο αυξάνεται συνεχώς φτάνοντας το μέγιστο ύψος των 3 m.
- Το **σχηματικό μορφολογικό προφίλ (τομή) 2** (πορτοκαλί χρώμα) έχει την ίδια διεύθυνση. Ξεκινώντας πάλι από τα ΝΑ η πρώτη μέτρηση έχει υψόμετρο 0,5 m διότι εκεί βρίσκεται το παράκτιο ανάχωμα, το οποίο είναι πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και στη συνέχεια το υψόμετρο μειώνεται μέχρι τα -1,1 m σε απόσταση περίπου 60 m από τη θάλασσα. Από εκείνη την απόσταση, η τομή παρουσιάζει ανοδική τάση προς τα ΒΔ με μέγιστο υψόμετρο περίπου 2,3 m. Το **μορφολογικό προφίλ 2, με βάση το DEM**, ξεκινάει από την ακτογραμμή με υψόμετρο 0 m, από εκεί και προς τα ΒΔ το υψόμετρο εμφανίζει αρνητικές τιμές μέχρι περίπου τα 3,5 km από την θάλασσα. Από εκείνη την απόσταση το υψόμετρο αυξάνεται, όσο η απόσταση από την θάλασσα μεγαλώνει, με μέγιστο υψόμετρο που ξεπερνά τα 2 m.
- Το **σχηματικό μορφολογικό προφίλ (τομή) 3** (γκρι χρώμα) έχει διεύθυνση ΝΝΔ-ΒΒΑ. Το υψόμετρο κοντά στη θάλασσα βρίσκεται στα 0,5 m γιατί και σε αυτή την τομή συναντάται το παράκτιο ανάχωμα. Εν συνεχεία, το υψόμετρο μειώνεται απότομα μέχρι τα -0,4 m σε απόσταση περίπου 200 m από τη θάλασσα. Κατόπιν, το υψόμετρο αυξάνεται ελαφρά, παραμένοντας κάτω από το υψόμετρο μηδέν, μέχρι περίπου τα 2,8 km απόσταση από τη θάλασσα (μπλε πολύγωνο). Από την χιλιομετρική θέση 2,8 μέχρι 3,1 km το υψόμετρο αυξάνεται απότομα μέχρι τα 0,2 m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Αυτή η περιοχή, παρόλο που δεν υπάρχουν στοιχεία στην παρούσα διπλωματική, ενδέχεται να αποτελεί παλαιά κοίτη με αποθέσεις άμμου η οποία δεν έχει υποστεί τόσο μεγάλη συμπίεση όσο η γύρω περιοχή. Από εκεί και πέρα, ακολουθεί ξανά απότομη πτώση του υψομέτρου μέχρι τα -0,5 m που απεικονίζεται επίσης με μπλε πολύγωνο. Το **μορφολογικό προφίλ 3 με βάση το DEM**, ξεκινάει από το υψόμετρο 0 m και προς τα ΒΒΑ μειώνεται μέχρι την απόσταση του ενός χιλιομέτρου από την θάλασσα. Από την απόσταση 1 km μέχρι 2,8 km το υψόμετρο παραμένει, σε γενικές γραμμές, κάτω από το μηδέν. Από τα 2,8 km μέχρι περίπου τα 4,5 km το υψόμετρο εμφανίζει θετικές τιμές. Στη συνέχεια, το υψόμετρο παρουσιάζει και πάλι

αρνητικές τιμές, μέχρι περίπου τα 5,7 km. Τέλος, από τα 5,7 km εμφανίζονται θετικές τιμές υψομέτρου.

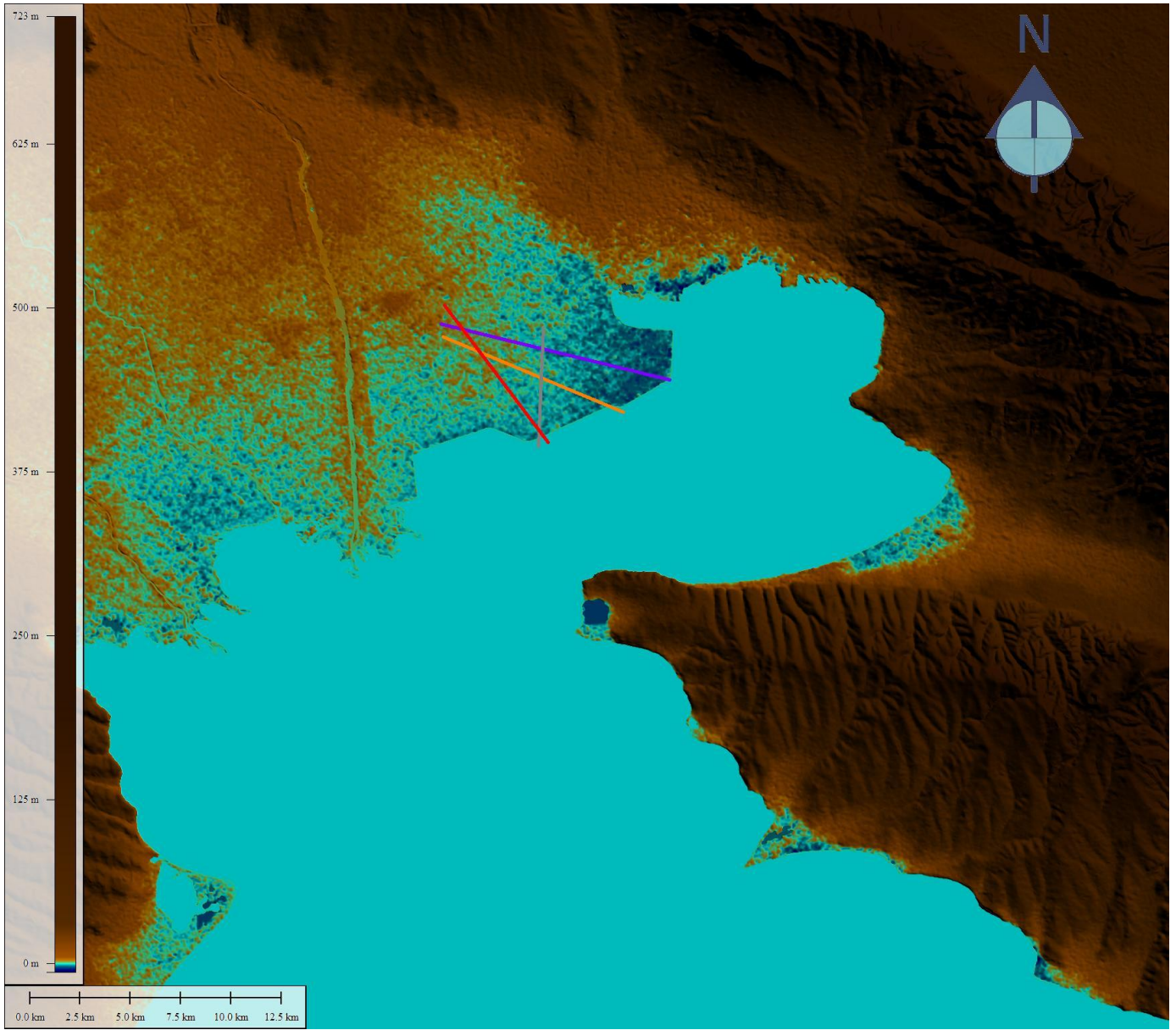
- Το **σηματικό μορφολογικό προφίλ (τομή) 4** (κόκκινο χρώμα) έχει διεύθυνση NNA-BBA. Το υψόμετρο ξεκινάει από τα 0,5 m κοντά στο παράκτιο ανάχωμα, στη συνέχεια μειώνεται μέχρι τα -0,4 m σε απόσταση 100 μέτρων από τη θάλασσα (μπλε πολύγωνο) και τέλος το υψόμετρο αυξάνεται συνεχώς προς τα BBA μέχρι την μέγιστη τιμή περίπου των 2,6 m. Το **μορφολογικό προφίλ 4 με βάση το DEM**, ξεκινάει από το υψόμετρο 0 m στα NNA και μειώνεται μέχρι την απόσταση 1,2 km από την ακτογραμμή. Από τα 1,2 km μέχρι τα 3,5 km οι τιμές του υψομέτρου εμφανίζουν απότομες αυξομειώσεις. Από τα 3,5 km και προς τα BBA το υψόμετρο εμφανίζει θετικές τιμές.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τις σχηματικές τομές και από τα μορφολογικά προφίλ, ξεκινώντας από τα νότια που βρίσκεται η θάλασσα και καταλήγοντας στα βόρεια όπου βρίσκονται τα ανάντη χωράφια της πεδιάδας, η μορφολογία έχει ως εξής: το υψόμετρο αρχικά έχει τιμές γύρω στα 0.5 m (εκτός από την τομή 1 η οποία ξεκινάει από βορειότερα, πίσω από το ανάχωμα) και αυτό οφείλεται στην παρουσία του παράκτιου αναχώματος το οποίο έχει μεγαλύτερο υψόμετρο από την θάλασσα που βρίσκεται νοτιότερα, αλλά και από τις περιοχές που βρίσκονται πίσω από αυτό.

Στην συνέχεια, όλες οι τομές εμφανίζουν αρνητικά υψόμετρα που ποικίλουν ανάλογα με την διεύθυνση και τη θέση της τομής. Για παράδειγμα, η σχηματική τομή 1 βρίσκεται ανατολικότερα από τις υπόλοιπες και εμφανίζει τα πιο αρνητικά υψόμετρα (έως -2 m), καθώς όπως έχει διαπιστωθεί και από το DEM, σε εκείνη την περιοχή βρίσκονται οι περισσότερες θέσεις με τις μεγαλύτερες τιμές εδαφικής βύθισης. Σε μεγάλες αποστάσεις από την θάλασσα, η πλειοψηφία των σχηματικών τομών και των μορφολογικών προφίλ με βάση το DEM, εμφανίζει θετικές τιμές υψομέτρου προς τα βόρεια με μέγιστες τιμές περίπου 2.5 m, με την τομή 3 να αποτελεί εξαίρεση λόγω της NNA-BBA διεύθυνσής της. Τέλος, οι θέσεις που παρουσιάζονται πιο προωθημένες προς τη θάλασσα με θετικά υψόμετρα, πιθανόν αντιστοιχούν σε παλαιότερες κοίτες με αποθέσεις άμμου οι οποίες δεν έχουν υποστεί τόσο μεγάλη συμπίεση όσο η γύρω περιοχή.

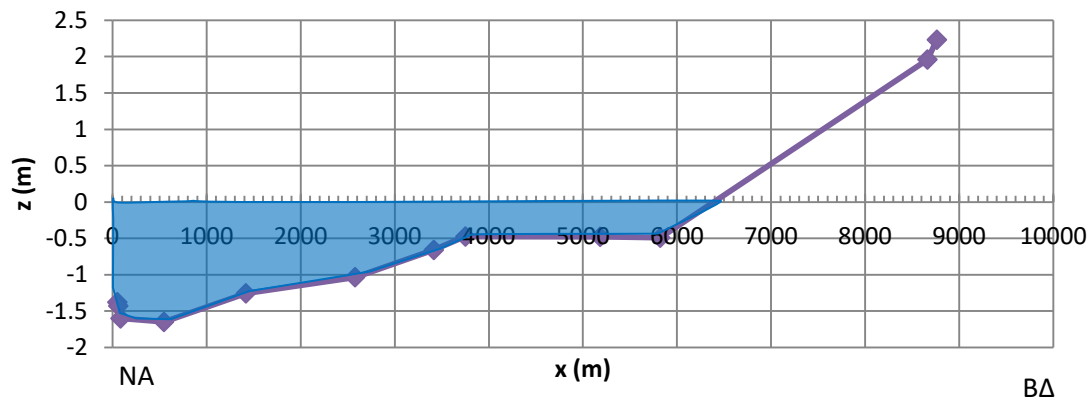


Εικ.9.3.4: Χάρτης με χάραξη τεσσάρων ευθειών που δημιουργήθηκαν με βάση τα ληφθέντα στίγματα στο πρόγραμμα QGIS.

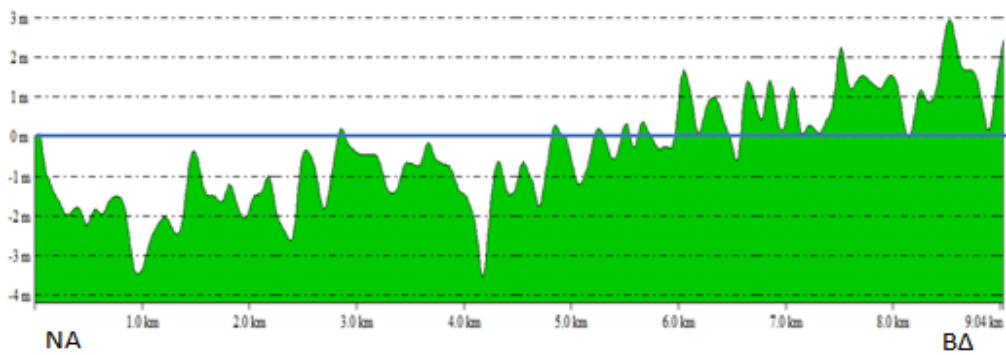


Εικ.9.3.5: Χάρτης στο πρόγραμμα Global Mapper 15 με τις τέσσερις ευθείες για τη δημιουργία τεσσάρων μορφολογικών προφίλ με βάση το DEM.

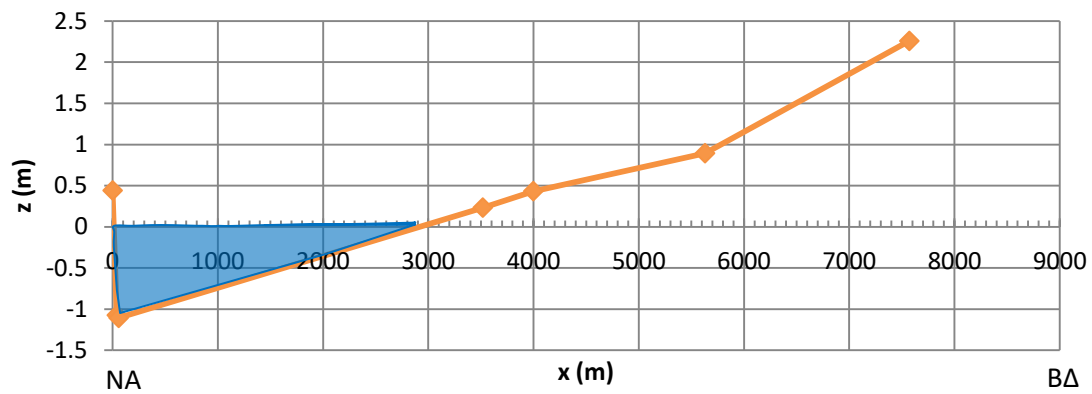
Σχηματικό μορφολογικό προφίλ 1



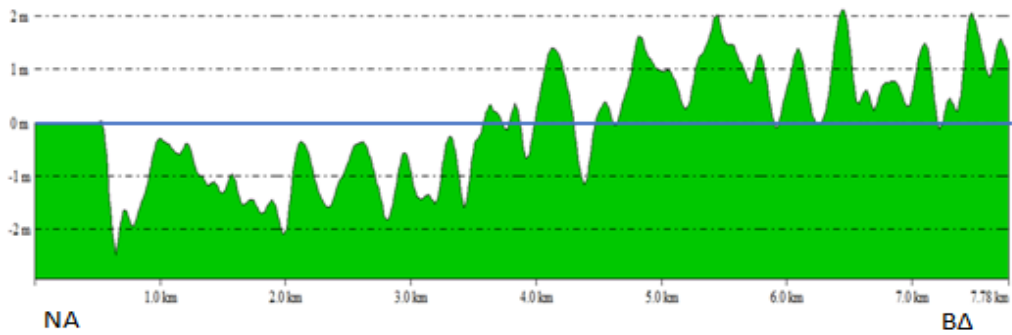
Μορφολογικό προφίλ από το DEM 1



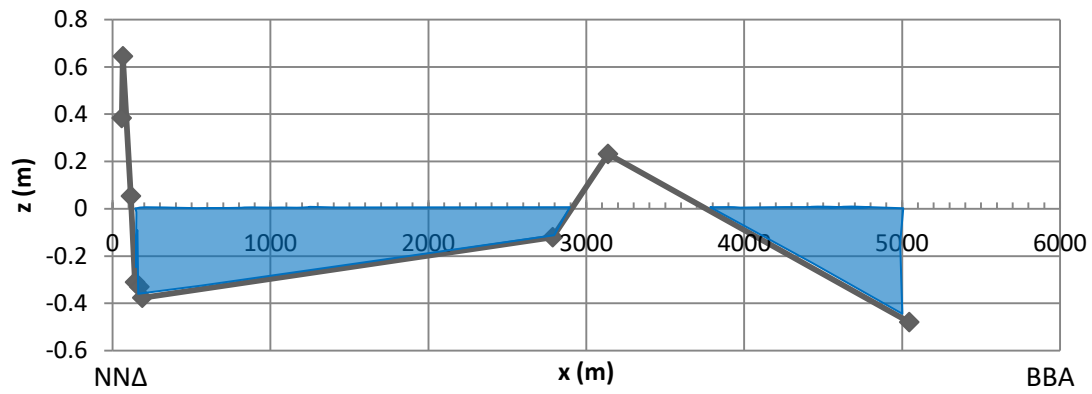
Σχηματικό μορφολογικό προφίλ 2



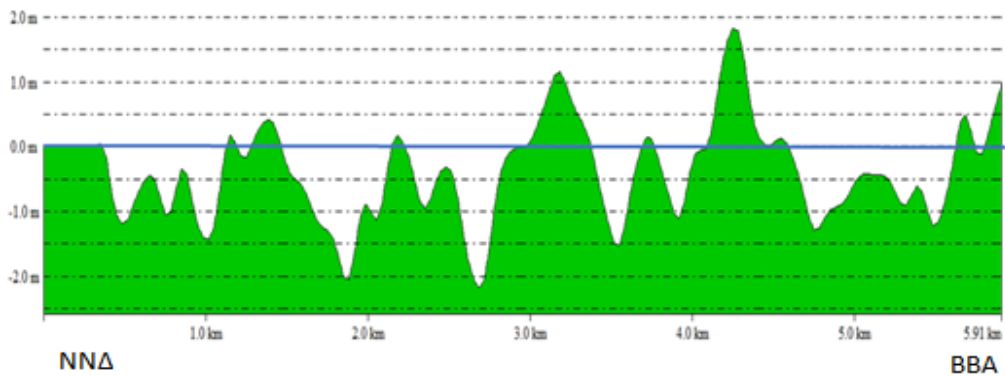
Μορφολογικό προφίλ από το DEM 2



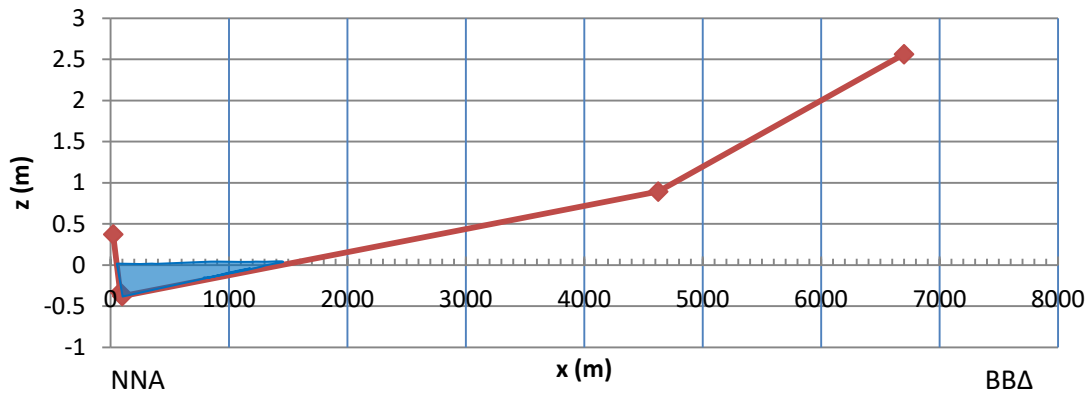
Σχηματικό μορφολογικό προφίλ 3



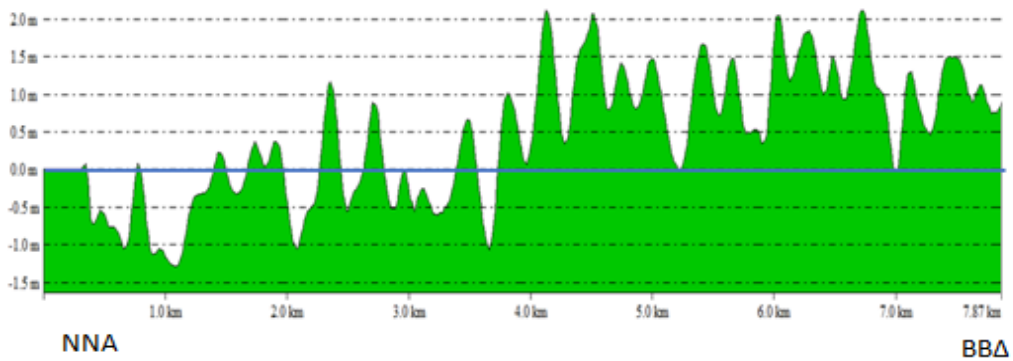
Μορφολογικό προφίλ από το DEM 3



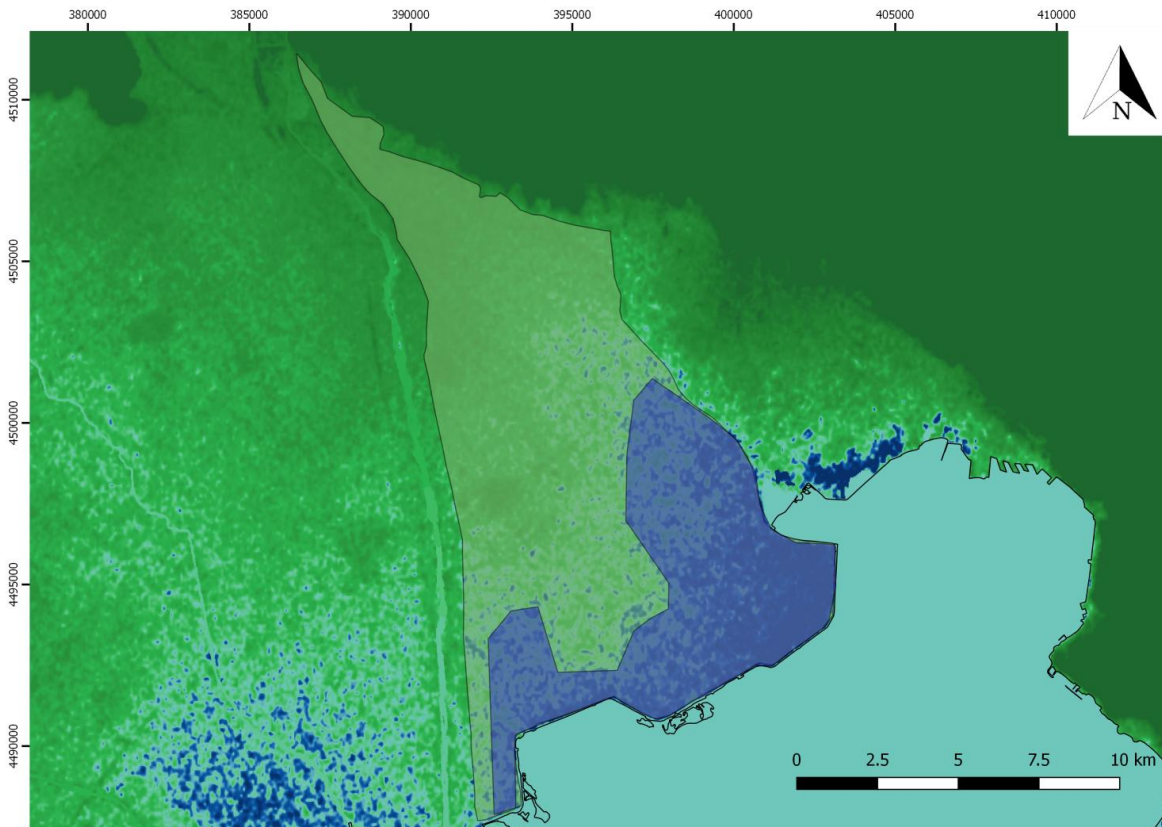
Σχηματικό μορφολογικό προφίλ 4



Μορφολογικό προφίλ από το DEM 4



Από τη μέτρηση του εμβαδού που καταλαμβάνει η περιοχή που βρίσκεται υψομετρικά κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει το τμήμα της πεδιάδας που μελετάται στην παρούσα εργασία, προσδιορίστηκε το ποσοστό που καταλαμβάνει η περιοχή με υψόμετρο υπό του μηδενός, σε σχέση με την συνολική περιοχή ενδιαφέροντος (εικόνα 9.3.6).



Εικ.9.3.6: Κατασκευή πολυγώνων για την μέτρηση του εμβαδού των θέσεων που βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, σε σχέση με το εμβαδό της περιοχής μελέτης. Το πράσινο πολύγωνο αντιστοιχεί σε όλη την περιοχή ενδιαφέροντος και το μπλε πολύγωνο στις θέσεις που βρίσκονται υψομετρικά κάτω από το μηδέν.

Η περιοχή μελέτης ξεκινάει στα ανάντη από το φράγμα εκτροπής του Αξιού (Ελεούσας ή Έλλης) και φτάνει μέχρι το παράκτιο ανάχωμα. Η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει είναι περίπου 145 km² και από αυτά τα 52 km² βρίσκονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Υπάρχει λοιπόν, ένα ακόμα στοιχείο που αποδεικνύει την εδαφική υποχώρηση (καθίζηση) που έχει υποστεί η περιοχή, αφού από τα παραπάνω προκύπτει ότι σχεδόν το 36% της περιοχής βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

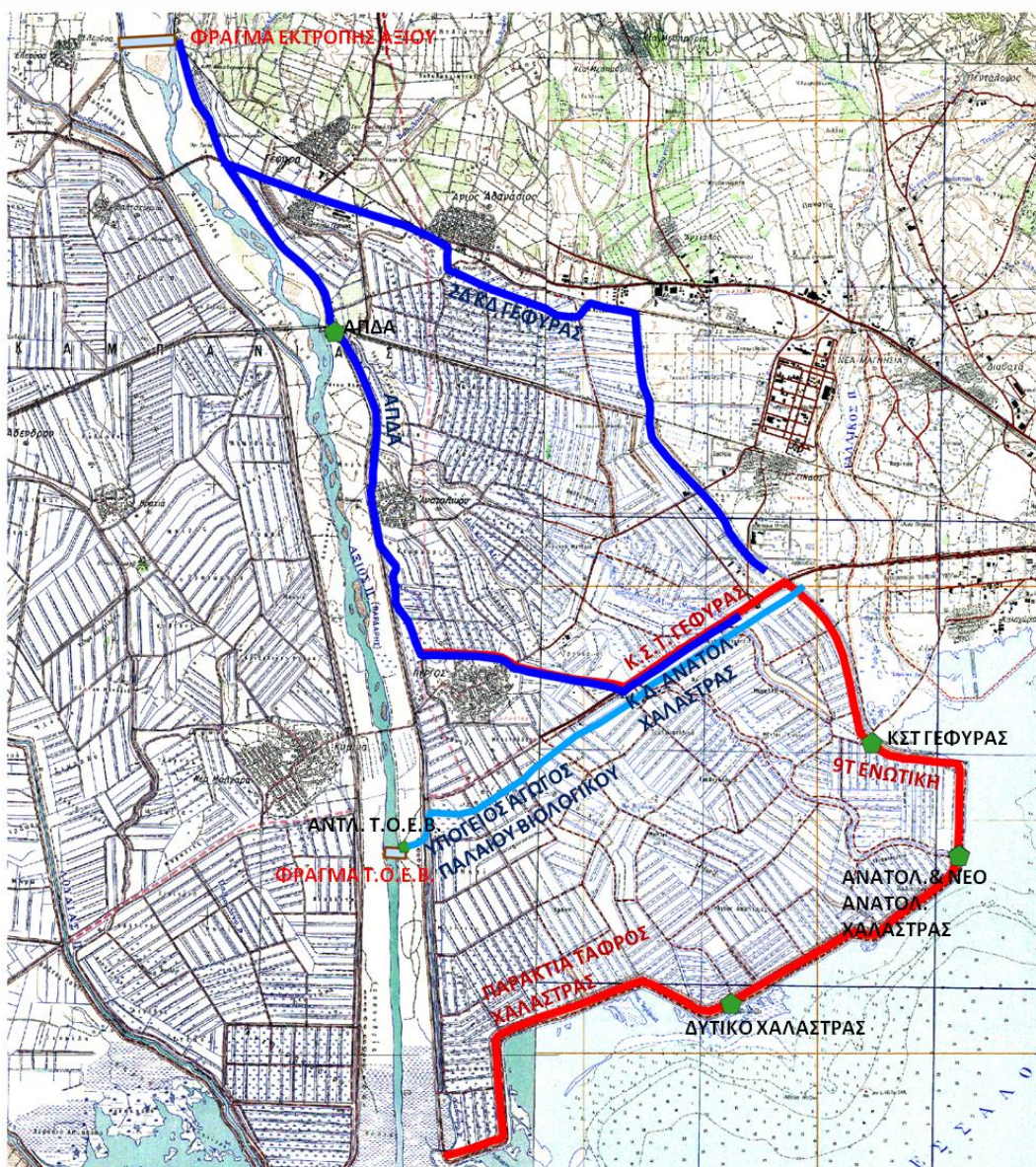
9.4. Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας του δικτύου & αντιστοίχιση φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών

Τα αποτελέσματα από την σχηματική αναπαράσταση του κύριου αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου, η θέση των αποστραγγιστικών αντλιοστασίων, του παλαιού υπόγειου αγωγού του βιολογικού καθαρισμού, το αντλιοστάσιο του οργανισμού Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας καθώς και οι πηγές υδροληψίας (φράγματα) παρουσιάζονται στην εικόνα 9.4.1.

Για την κατανόηση της λειτουργίας της πεδιάδας είναι χρήσιμο να αναλυθεί το συνολικό δίκτυο άρδευσης και αποστράγγισης της ανατολικής πεδιάδας του Αξιού. Το φράγμα εκτροπής του Αξιού ποταμού αποταμιεύει και διανέμει, μέσω θυροφραγμάτων, το νερό στην ανατολική προσαγωγό διώρυγα του Αξιού (ΑΠΔΑ), η οποία εφοδιάζει με νερό τα αρδευτικά δίκτυα Γέφυρας (2Δ Κ.Δ. ΓΕΦΥΡΑΣ) και Χαλάστρας (Κ.Δ. ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ). Η κεντρική διώρυγα της ανατολικής Χαλάστρας διανέμει το νερό στις μικρότερης τάξης διώρυγες από τις οποίες αρδεύονται τα χωράφια. Το μικρού μεγέθους χωμάτινο φράγμα που κατασκευάστηκε για τον τοπικό περιορισμό της ροής, από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας (ΦΡΑΓΜΑ Τ.Ο.Ε.Β.) λειτουργεί ως

ταμειυτήρας σε περιόδους λειψυδρίας και μέσω του αντλιοστασίου που κατασκευάστηκε επίσης από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας (ΑΝΤΛ. Τ.Ο.Ε.Β.), το νερό διανέμεται στις μικρότερες διώρυγες μέσω του παλαιού υπόγειου αγωγού του βιολογικού καθαρισμού. Η τεχνική της άρδευσης γίνεται σε διαδοχικές φάσεις, ξεκινώντας από την πρώτη πρωτεύουσα διώρυγα και καταλήγοντας στην δέκατη. Πιο αναλυτικά, το αρδευτικό νερό μεταφέρεται στην πρώτη πρωτεύουσα αρδευτική διώρυγα και συγκρατείται εκεί από το κλειστό θυρόφραγμα. Στη συνέχεια, το υπολειπόμενο νερό μεταφέρεται στην δεύτερη διώρυγα με το άνοιγμα των θυροφραγμάτων, όπου συγκρατείται και εκεί μέσω των κλειστών θυροφραγμάτων και ούτω καθεξής, μέχρι την τελευταία πρωτεύουσα διώρυγα.

Η κεντρική στραγγιστική τάφρος Γέφυρας (Κ.Σ.Τ. ΓΕΦΥΡΑΣ) αποστραγγίζει τα ύδατα της ανάντη περιοχής του Αγίου Αθανασίου. Η ενωτική τάφρος (9Τ ΕΝΩΤΙΚΗ) αποστραγγίζει τα ύδατα των περιοχών Χαλάστρας - Καλοχωρίου. Στην παράκτια τάφρο της Χαλάστρας καταλήγουν τα νερά από τις μικρότερες τάφρους που αποστραγγίζουν τις καλλιεργούμενες εκτάσεις της πεδιάδας.



Εικ.9.4.1: Συνολικό δίκτυο της ανατολικής πεδιάδας του Αξιού ποταμού. Με γαλάζιο ορθογώνιο σχήμα απεικονίζονται τα φράγματα. Το κύριο αρδευτικό δίκτυο απεικονίζεται με μπλε γραμμές, ενώ το κύριο αποστραγγιστικό δίκτυο με κόκκινες. Ο υπόγειος αγωγός του βιολογικού απεικονίζεται με γαλάζια γραμμή και τα αντλιοστάσια με πράσινα σύμβολα (Πηγή: Μπόγια, 2018 με τροποποιήσεις).

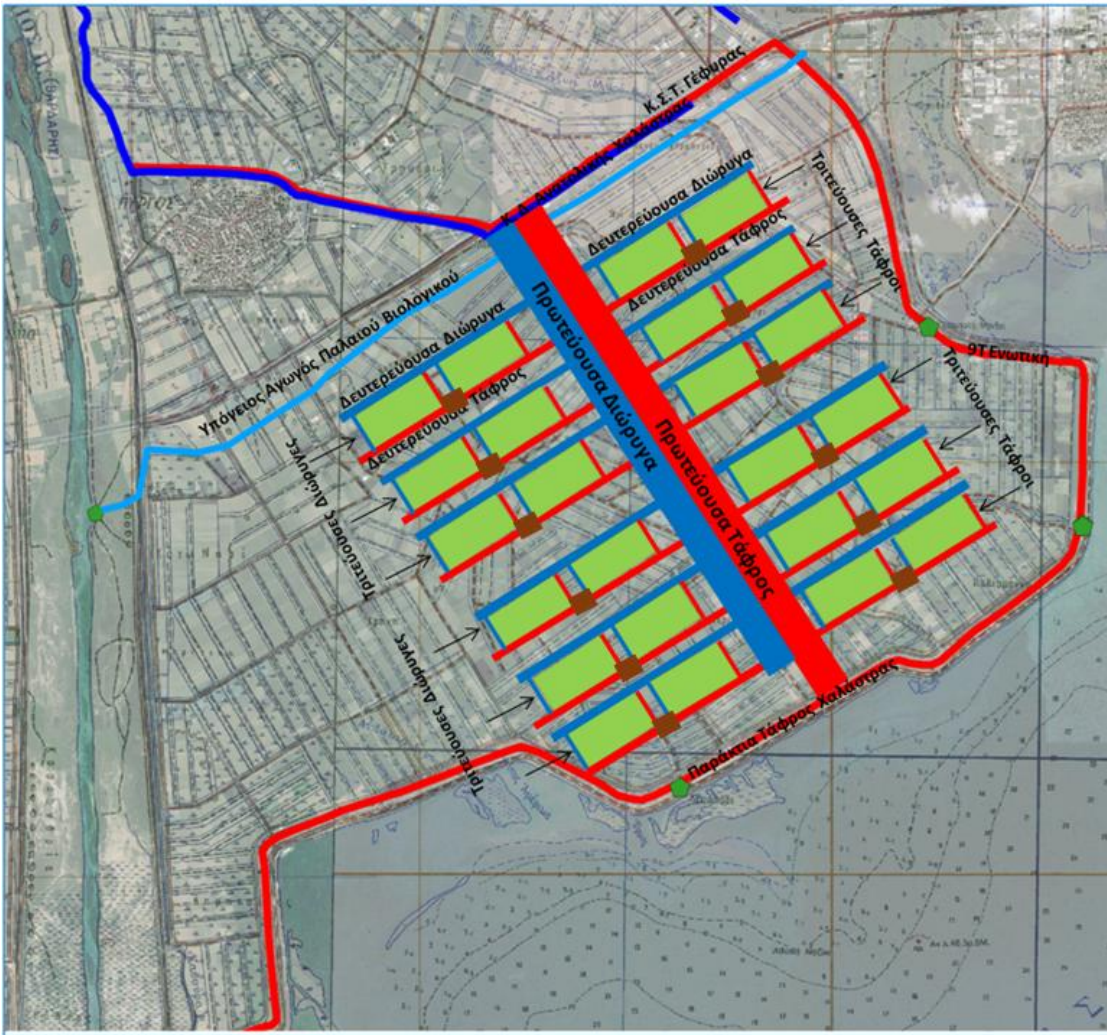
Η επαναχρησιμοποίηση του αποστραγγιστικού νερού πραγματοποιείται από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας με δύο τρόπους (εικόνες 9.4.3 & 9.4.4).

Κατά την πρώτη μέθοδο κλείνουν τα θυροφράγματα στις κεντρικές αποστραγγιστικές τάφρους και δημιουργούνται αναβαθμίδες. Η απόσταση του οικισμού της Χαλάστρας από τον Θερμαϊκό κόλπο είναι περίπου 10 km. Κλείνοντας δύο θυροφράγματα ανά 5 km, εμποδίζεται η αποστράγγιση προς την θάλασσα και αυτό το 40% του νερού που θα κατέληγε στον υδάτινο αποδέκτη, επιστρέφεται για άρδευση.

Η δεύτερη μέθοδος πραγματοποιείται με την έμφραξη των δευτερευουσών τάφρων (ενίοτε και των τριτευουσών), με χώμα και νάιλον, στη χαμηλή πλευρά των χωραφιών για να εμποδίζεται η αποστράγγιση. Ακολουθεί η άρδευση των υψομετρικά μεγαλύτερων χωραφιών και όταν επιθυμείται η άρδευση των χαμηλότερων χωραφιών απομακρύνεται το χώμα με το νάιλον.



Εικ.9.4.3: Σχηματική αναπαράσταση της επαναχρησιμοποίησης του νερού με τη μέθοδο των αναβαθμίδων. Οι αναβαθμίδες που δημιουργούνται από το κλείσιμο των θυροφραγμάτων αναπαριστώνται με μαύρη γραμμή στην πρωτεύουσα τάφρο.



Εικ.9.4.4: Σχηματική αναπαράσταση της επαναχρησιμοποίησης του νερού με την μέθοδο της έμφραξης των δευτερευουσών τάφρων.

Η ανθρωπογενής διαχείριση της πεδιάδας, προσομοιάζει τη λειτουργία της παλαιότερης φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού. Αναλυτικότερα, στην εικόνα 9.4.5 απεικονίζεται σχηματικά η αντιστοίχιση των φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της πρώην φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού με τη σημερινή ανθρωπογενώς διαμορφωμένη κατάσταση. Το παλαιότερο φυσικό ποτάμιο σύστημα αποτελείται από:

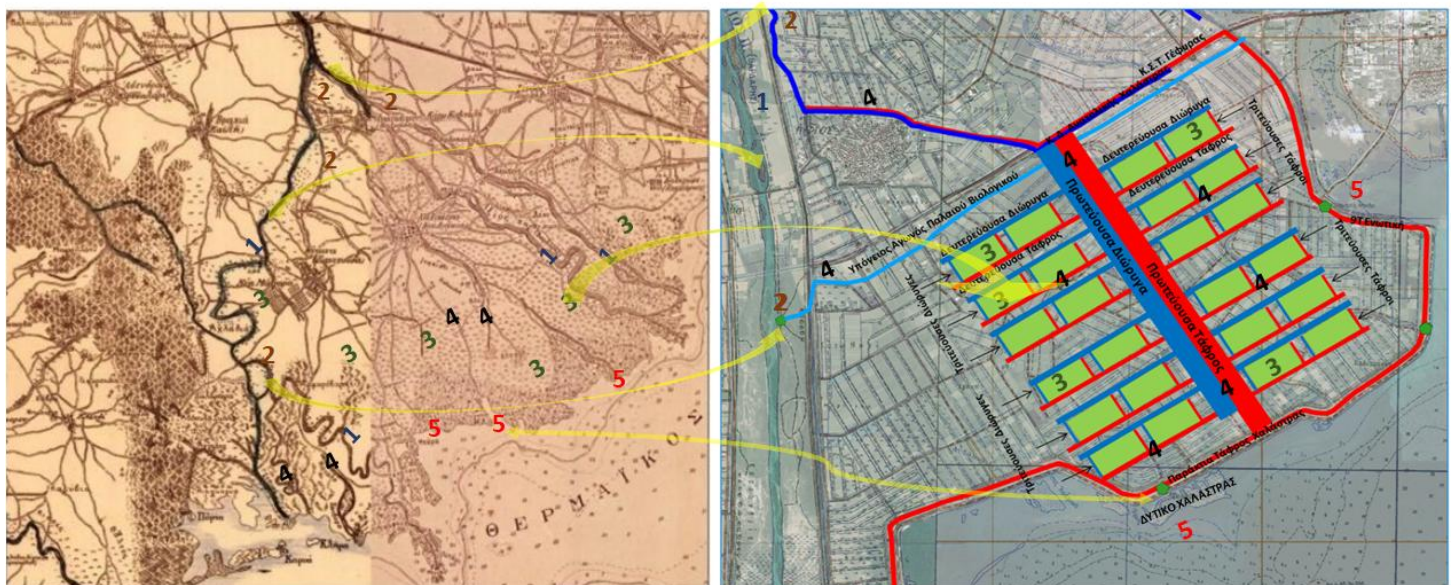
1. Τις κοίτες του Αξιού
2. Τις διακλαδώσεις της φυσικής κοίτης
3. Την φυσική πλημμυρική πεδιάδα
4. Τις δευτερεύουσες κοίτες που καταλήγουν στην θάλασσα
5. Τις εκβολές των δευτερευουσών κοιτών.

Το αντίστοιχο ανθρωπογενώς διαμορφωμένο σύστημα αποτελείται από:

1. Την αναμορφωμένη κοίτη του Αξιού
2. Τις δύο θέσεις περιορισμού της ροής που υπάρχουν στην κοίτη, οι οποίες είναι το φράγμα ανάσχεσης της Ελεούσας και το φράγμα - ανάχωμα που κατασκευάζει ο Τ.Ο.Ε.Β. Χαλαστράς για τοπικό περιορισμό της ροής
3. Τις καλλιεργούμενες εκτάσεις οι οποίες αποτελούνται κατά βάση από ορυζώνες

4. Το σύνολο του αρδευτικού (διώρυγες) και αποστραγγιστικού (τάφροι) δικτύου και ο παλιός υπόγειος βιολογικός αγωγός
5. Τα παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια.

Στο φυσικό σύστημα, οι κύριες κοίτες του ποταμού ήταν περισσότερες από μία, καθώς το ποτάμι είχε την δυνατότητα της πλευρικής μετανάστευσης λόγω της ελεύθερης ροής και οι κύριες κοίτες εμφάνιζαν διακλαδώσεις. Επίσης, υπήρχαν και δευτερεύουσες κοίτες που έρρεαν ελεύθερες στην φυσική πλημμυρική δελταϊκή πεδιάδα και κατέληγαν στην θάλασσα. Στο ανθρωπογενές επιβαλλόμενο σύστημα που επικρατεί στην πεδιάδα μελέτης, η κοίτη πλέον έχει αναμορφωθεί και δεν υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης πλευρικής κίνησης. Τον ρόλο των διακλαδώσεων της φυσικής κοίτης κατέχουν σήμερα οι δύο θέσεις εκτροπής της ροής της κοίτης (Ελεούσας και Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας), όπου το φράγμα ανάσχεσης της Ελεούσας προσάγει το νερό στις κύριες διώρυγες και ο τοπικός περιορισμός του νερού από το χωμάτινο φράγμα - ανάχωμα του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, μέσω ενός παρόχθιου αντλιοστασίου, τροφοδοτεί με νερό και ιζήματα τον παλιό υπόγειο αγωγό του βιολογικού καθαρισμού, που κατασκευάστηκε αλλά δεν χρησιμοποιήθηκε για αυτό το σκοπό. Η κατάκλιση της φυσικής πλημμυρικής πεδιάδας έχει αντικατασταθεί από την άρδευση των καλλιεργειών. Οι δευτερεύουσες φυσικές κοίτες που απέρρεαν ελεύθερα στην φυσική πλημμυρική δελταϊκή πεδιάδα αντιστοιχούν πλέον στο αρδευτικό - αποστραγγιστικό δίκτυο και στον παλιό υπόγειο αγωγό του βιολογικού καθαρισμού τα οποία κινούνται ελεγχόμενα στις ρυζοκαλλιέργειες της πεδιάδας. Τέλος, τον ρόλο των εκβολών των δευτερευουσών κοιτών που κατέληγαν στην θάλασσα, κατέχουν τα παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια που παροχετεύουν τα πλεονάζοντα ύδατα στον Θερμαϊκό κόλπο.



1. Κοίτες Αξιού
2. Διακλαδώσεις φυσικής κοίτης
3. Φυσική πλημμυρική πεδιάδα
4. Δευτερεύουσες κοίτες
5. Εκβολές δευτερευουσών κοιτών

- 1. Κοίτη Αξιού
- 2. Φράγματα (Ελεούσας & Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας)
- 3. Καλλιεργούμενες εκτάσεις (ορυζώνες)
- 4. Αρδευτικές διώρυγες & αποστραγγιστικές τάφροι
- 5. Παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια

Εικ.9.4.5: Σχηματική αναπαράσταση της αντιστοίχισης φυσικών – ανθρωπογενών υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών της πρώην φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού με την σημερινή ανθρωπογενώς διαμορφωμένη κατάσταση (Πηγή:Ρεϊζοπούλου& Βουβαλιδής, 2010 ; δορυφορική εικόνα από την ιστοσελίδα World Imagery, με τροποποιήσεις).

10. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο Δήμος Χαλάστρας βρίσκεται δυτικά της πόλης της Θεσσαλονίκης και απέχει από αυτήν περίπου 20 km.

Η κύρια χρήση του νερού (υπόγειου και επιφανειακού) στην Κεντρική Μακεδονία αποδίδεται στην άρδευση για γεωργικούς σκοπούς, η οποία κατέχει ποσοστό πάνω από 80% (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017).

Οι καλλιέργειες της πεδιάδας εστιάζονται κυρίως στις ρυζοκαλλιέργειες, όπου εκεί παράγεται το 80% της συνολικής παραγωγής ρυζιού στην χώρα, γεγονός με τεράστια σημασία για την οικονομία της χώρας. Δευτερευόντως, καλλιεργούνται καλαμπόκι, βαμβάκι, μηδική, βιομηχανική ντομάτα και κηπευτικά (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).

Οι ορυζώνες της περιοχής συμβάλουν στην διατήρηση της βιοποικιλότητας διότι αποτελούν ενδιαίτημα για πολλούς έμβιους οργανισμούς και κυρίως για την ορνιθοπανίδα (ΦΔΠΠ Θερμαϊκού Κόλπου, 2021).

Η σημερινή μορφή της πεδιάδας οφείλεται σε φυσικές και ανθρωπογενείς επεμβάσεις.

Οι φυσικές διεργασίες διαμόρφωσαν το ανάγλυφο μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Από το 1930 και μετά συνέβησαν πολυάριθμες ανθρωπινες επεμβάσεις (Konstantinidis, 1989 ; Albanakis et al., 1993 ; Psilonikos & Psilonikos, 1997).

Οι σημαντικότερες ανθρωπινες επεμβάσεις που έχουν διαμορφώσει την σημερινή δελταϊκή πεδιάδα είναι: η τεχνητή ευθυγράμμιση και επέμβαση στις κοίτες, η εκτροπή της κοίτης του Αξιού για την προστασία του λιμανιού της Θεσσαλονίκης, η αποξήρανση της λίμνης των Γιαννιτσών, η δημιουργία φραγμάτων για αρδευτικούς και για υδροηλεκτρικούς σκοπούς, οι αμμοληψίες στην κοίτη του ποταμού, η ανάπτυξη ενός εκτεταμένου αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου στην πεδιάδα τη δεκαετία του '60, η κατασκευή του παράκτιου αναχώματος και των παράκτιων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων για την προστασία της περιοχής από παράκτια διάβρωση (Karsimalis et al., 2005). Η κατασκευή πολλών φραγμάτων στην κοίτη του Αξιού ποταμού, κυρίως στην Βόρεια Μακεδονία, οδήγησε σε μείωση της ροής των ποτάμιων ιζημάτων με αποτέλεσμα να δημιουργείται παράκτια διάβρωση. Επίσης, τα φαινόμενα διάβρωσης εντείνονται από τις αμμοληψίες στην κοίτη του Αξιού (Karsimalis et al., 2005). Στην ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου και της Χαλάστρας, υπάρχουν σημαντικές πηγές ρύπανσης από αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα, γεωργικές απορροές κ.α. (Krestenitis, 1992). Πολλές από αυτές τις πηγές ρύπανσης που καταλήγουν στα παράκτια αντλιοστάσια της Χαλάστρας (Ανατολικό και Δυτικό) προκαλούν τεράστιες ζημιές και το κόστος συντήρησης τους είναι μεγάλο (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).

Πλέον, η υδρομορφολογία της πεδιάδας καθορίζεται από ανθρωπογενείς συνθήκες οι οποίες είναι κυρίως: 1) η αλλαγή στην ποσότητα και τον τρόπο διαχείρισης του νερού και των ποτάμιων ιζημάτων που προορίζονται για άρδευση, οι μέθοδοι αποστράγγισης και ο χρόνος κατάκλισης, διατηρώντας τις καλλιεργούμενες περιοχές πλημμυρισμένες και με υδρόβια βλάστηση περίπου το μισό έτος, 2) η ισοπέδωση των χωραφιών με μεθόδους ακριβείας (laser) για την δημιουργία οριζόντιων αγροτεμαχίων ώστε η άρδευση να είναι ομοιόμορφη και 3) η δημιουργία του αρδευτικού και αποστραγγιστικού δικτύου.

Το αρδευτικό δίκτυο της περιοχής είναι περίπου 1000 km και αποτελείται από την κύρια διώρυγα που μεταφέρει το νερό από το φράγμα εκτροπής του Αξιού στις πρωτεύουσες διώρυγες (συνολικά δέκα στην περιοχή ενδιαφέροντος), οι οποίες με τη σειρά τους τροφοδοτούν τις δευτερεύουσες. Οι δευτερεύουσες διώρυγες, είναι μικρότερες από τις πρωτεύουσες, παροχετεύουν το νερό στις τριτεύουσες αρδευτικές διώρυγες, όπου από τις τελευταίες αρδεύονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις (Μπόγια, 2018 ; Κανάκας, 2020). Το αποστραγγιστικό δίκτυο (1000 km) περιλαμβάνει επίσης την κεντρική, τις πρωτεύουσες, δευτερεύουσες και τριτεύουσες τάφρους και είναι παράλληλο προς το αρδευτικό, στην χαμηλή πλευρά των χωραφιών. Τα πλεονάζοντα αρδευτικά ύδατα απομακρύνονται από κάθε χωράφι μέσω των τριτευουσών τάφρων. Οι δευτερεύουσες τάφροι συλλέγουν τα νερά των

τριτευουσών τάφρων και τα οδηγούν στις πρωτεύουσες (δέκα συνολικά), ώστε από εκεί να καταλήξουν στην παράκτια τάφρο και μέσω των παράκτιων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων να οδηγηθούν στον τελικό αποδέκτη (Μπόγια, 2018 ; Κανάκας, 2020).

Η κύρια πηγή υδροδότησης της πεδιάδας, κυρίως για αγροτικούς σκοπούς, πραγματοποιείται από την κοίτη του Αξιού ποταμού ο οποίος παροχετεύει μια ποσότητα νερού της τάξης των 180.000 m³ την ημέρα στον Θερμαϊκό κόλπο (Karetas et al., 2019).

Οι αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών και κυρίως του ρυζιού, είναι πολύ μεγάλες κατά την αρδευτική περίοδο (Απρίλιο - Σεπτέμβριο) και είναι της τάξης των 15-20 m³/ sec για το κομμάτι της πεδιάδας που ανήκει στη δικαιοδοσία του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας (Κανάκας, 2020). Η έκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων της περιοχής μελέτης είναι 75.000 στρέμματα και η άρδευση τους πραγματοποιείται από το φράγμα εκτροπής του Αξιού (Ελεούσας ή Έλλης), όμως η παροχή κατά την αρδευτική περίοδο είναι μικρότερη από τις ανάγκες της πεδιάδας και έτσι έχουν αναπτυχθεί τεχνικές εξοικονόμησης και επαναχρησιμοποίησης νερού από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, ώστε να αρδεύεται η πεδιάδα με επαρκείς ποσότητες νερού.

Από την δεκαετία του '60, διάφορες αιτίες, με επικρατέστερη την υπεράντληση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων για τις ανάγκες των βιομηχανιών και του δευτερογενούς οικονομικού τομέα στην ευρύτερη περιοχή, έχουν δημιουργήσει φαινόμενα εδαφικής υποχώρησης (καθίζησης). Σε κάποιες θέσεις, κοντά στην ακτογραμμή, η εδαφική υποχώρηση φτάνει τα -2 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (Svigkas et al., 2016). Μία άλλη εξήγηση για το φαινόμενο αυτό είναι η φυσική συμπίκνωση των εδαφών και η επαναδιάταξη των κόκκων στα αργιλικά ορυκτά που οφείλονται στην πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού (Βουδούρης, 2017, από Stiros, 2001).

Από το 2010 παρατηρείται μείωση του ρυθμού υποχώρησης των εδαφών (Svigkas et al., 2016), και πρόσφατες μετρήσεις, για την περίοδο 2015-2020, δείχνουν ότι οι εδαφικές μετακινήσεις στην πεδιάδα εμφανίζουν αρνητικές τιμές και αντιστοιχούν σε μερικά χιλιοστά ανά έτος (από -2 mm/yr έως και πάνω από -8 mm/yr) (Φουμέλης, 2020). Τα δεδομένα του Φουμέλη (2020) δεν εμπεριέχουν το τμήμα της πεδιάδας που μελετάται παρά μόνο σε λίγες θέσεις, κυρίως στον οικισμό της Χαλάστρας, στο παράκτιο ανάχωμα και στην ΒΑ πλευρά της πεδιάδας μελέτης.

Λόγω των παραπάνω, η αποστράγγιση της περιοχής δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με ελεύθερη ροή και έτσι κατασκευάστηκαν τα παράκτια αντλιοστάσια τα οποία καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ενέργειας και αφήνουν πίσω μεγάλο ενεργειακό αποτύπωμα λόγω των εκπομπών κυρίως διοξειδίου του άνθρακα. Τα παράκτια αντλιοστάσια τίθενται σε λειτουργία όταν γεμίσουν με νερό οι αποστραγγιστικές τάφροι και ιδίως την καλλιεργητική περίοδο λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο. Συνήθως βρίσκονται σε λειτουργία 2 αντλίες που διατηρούν σταθερό φορτίο σε κάθε αντλιοστάσιο, όμως όταν υπάρχει μεγάλο υδατικό πλεόνασμα, μπαίνουν σε λειτουργία περισσότερες (Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας).

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

11.1. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Στην περιοχή μελέτης εντοπίστηκαν, μέσω του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM), θέσεις που βρίσκονται υψομετρικά κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και στη συνέχεια καταγράφηκαν στο πεδίο με σύστημα γεωεντοπισμού GNSS (TOPCON) για τη διόρθωση παραμέτρων του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και του χειριστηρίου πεδίου με λογισμικό MAGNET FIELD. Σε πολλές θέσεις το υψόμετρο βρέθηκε μέχρι και -2 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, κυρίως στην παράκτια (πίσω από το παράκτιο ανάχωμα) και ανατολική πλευρά της περιοχής μελέτης. Από τα 46 σημεία που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, τα 28 εμφανίζουν υψόμετρο μικρότερο του μηδενός, τονίζοντας τα φαινόμενα εδαφικής υποχώρησης (subsidence) που έλαβαν χώρα στην περιοχή. Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και από την κατασκευή των 4 σχηματικών μορφολογικών προφίλ (τομές) της περιοχής, που δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Excel, με βάση τις μετρήσεις των τοπογραφικών σημείων υψόμετρου, καθώς και των τεσσάρων μορφολογικών προφίλ που δημιουργήθηκαν με το πρόγραμμα Global Mapper 15, με βάση το DEM. Από την ανάλυση του DEM, φαίνεται η κοίτη του ποταμού να βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο (+4 m) σε σχέση με τις γειτονικές καλλιεργούμενες εκτάσεις και αυτό να δημιουργεί πλημμύρες στα χωράφια από τη διήθηση του ποταμού, όμως το θέμα αυτό χρειάζεται περισσότερη έρευνα.
- Από την μέτρηση της επιφάνειας, σε περιβάλλον QGIS 2.18, που καταλαμβάνουν οι θέσεις που βρίσκονται σε υψόμετρο μικρότερο του μηδενός (52 km²), σε σχέση με τη συνολική έκταση της πεδιάδας που είναι 145 km², συμπεραίνεται ότι περίπου το 36% της περιοχής έχει υποστεί εδαφική υποχώρηση.
- Λόγω της εδαφικής υποχώρησης σε κάποιες θέσεις στην πεδιάδα, η έξοδος του νερού προς τον Θερμαϊκό κόλπο, αδυνατεί να πραγματοποιηθεί με φυσική ροή και για αυτό τον λόγο έχουν κατασκευαστεί παράκτια αντλιοστάσια. Τα αντλιοστάσια λειτουργούν όταν γεμίσουν οι αποστραγγιστικές τάφροι με νερό. Όταν αυτές είναι άδειες τα αντλιοστάσια σταματούν να λειτουργούν, ενώ κατά την αρδευτική περίοδο λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο, με σταθερό φορτίο και εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες κυρίως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αυξάνοντας έτσι το ενεργειακό αποτύπωμα και το κόστος.
- Ο τρόπος λειτουργίας της πεδιάδας Χαλάστρας - Καλοχωρίου λόγω της συστηματικής άρδυσής της (οι ρυζοκαλλιέργειες βρίσκονται περίπου το μισό έτος κατακλισμένες με νερό), προσομοιάζει με τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά της παλαιότερης φυσικής πλημμυρικής δελταϊκής πεδιάδας του Αξιού, όπου οι κύριες κοίτες του ποτάμιου συστήματος ήταν περισσότερες και εμφάνιζαν διακλαδώσεις. Οι δευτερεύουσες φυσικές κοίτες κινούνταν ελεύθερες στην φυσική πλημμυρική πεδιάδα και κατέληγαν στον Θερμαϊκό κόλπο. Στο σημερινό ανθρωπογενώς επιβαλλόμενο σύστημα η κοίτη του ποταμού έχει αναμορφωθεί και στην θέση των διακλαδώσεων της φυσικής κοίτης υπάρχουν οι δύο θέσεις εκτροπής αυτής, της Ελεούσας και του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας, όπου παροχετεύουν το νερό και τα ιζήματα στις κύριες διώρυγες και στον παλιό υπόγειο αγωγό του βιολογικού αντίστοιχα. Η κατάκλιση της φυσικής πλημμυρικής πεδιάδας έχει αντικατασταθεί από την άρδευση των καλλιεργειών και κυρίως των ορυζώνων. Οι δευτερεύουσες φυσικές κοίτες που απέρρεαν ελεύθερα στην φυσική πλημμυρική δελταϊκή πεδιάδα αντιστοιχούν πλέον στο αρδευτικό - αποστραγγιστικό δίκτυο και στον παλιό

υπόγειο αγωγό του βιολογικού καθαρισμού τα οποία κινούνται ελεγχόμενα στις ρυζοκαλλιέργειες της πεδιάδας. Τέλος, τον ρόλο των εκβολών των δευτερευουσών κοιτών που κατέληγαν στην θάλασσα, κατέχουν τα παράκτια αποστραγγιστικά αντλιοστάσια που παροχετεύουν τα πλεονάζοντα ύδατα στον Θερμαϊκό κόλπο.

- Την αρδευτική περίοδο οι υδατικές ανάγκες των καλλιεργειών ρυζιού είναι αυξημένες και οι υδατικοί πόροι που διατίθενται δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών, με αποτέλεσμα να εφαρμόζονται από τον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας διάφορες μέθοδοι επαναχρησιμοποίησης του αρδευτικού νερού. Πιο αναλυτικά, έχει κατασκευαστεί ένα μικρό χωμάτινο φράγμα - ανάχωμα στην κοίτη του Αξιού ποταμού, το οποίο την περίοδο αιχμής περιορίζει τοπικά τη ροή του νερού και των ιζημάτων και ένα αντλιοστάσιο για να εμποδίζεται ένα ποσοστό της εκροής του νερού στην θάλασσα και να οδηγείται το επιπλέον νερό, μέσω του αγωγού του βιολογικού καθαρισμού, στις καλλιέργειες. Αυτή η μέθοδος μπορεί να φαίνεται ότι παρεμβαίνει στην οικολογική παροχή του ποταμού, αλλά το νερό αυτό χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς της ίδιας πεδιάδας, οπότε το νερό παραμένει στο δελταϊκό σύστημα (ορυζώνες). Η άρδευση γίνεται σε διαδοχικές φάσεις, με το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυροφραγμάτων στις αρδευτικές διώρυγες, και με το πλεονάζον νερό των ποτισμένων χωραφιών, αρδεύονται και τα υπόλοιπα χωράφια. Η επαναχρησιμοποίηση του αρδευτικού νερού πραγματοποιείται μέσω της δημιουργίας αναβαθμίδων με το κλείσιμο δύο θυροφραγμάτων στην πρωτεύουσα αποστραγγιστική τάφρο και μέσω της τεχνικής της έμφραξης των δευτερευουσών τάφρων με χώμα και νάιλον (Κανάκας, 2020).
- Σύμφωνα με τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι είναι επιτακτική η εύρεση ΑΠΕ και η χρήση εναλλακτικών τεχνικών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της αποστράγγισης της πεδιάδας, δεδομένου ότι περίπου το 36% της συνολικής επιφάνειας της πεδιάδας βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, ιδίως κοντά στην ακτογραμμή. Δυστυχώς αυτές οι περιοχές, οι οποίες εάν δεν υπήρχε η αποστράγγιση θα παρέμεναν κατακλισμένες με νερό, σήμερα θεωρούνται από το κτηματολόγιο ως παραθαλάσσιες με αποτέλεσμα να έχουν μεγάλη αξία γης με φορολογική επιβάρυνση και να θεωρούνται ισάξιες με τις τυπικές παραθαλάσσιες περιοχές.

11.2. Προτάσεις για μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος & μελλοντικές έρευνες

11.2.1. Μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος (1. μηχανικά 2. μέσω ΑΠΕ)

Οι ενεργειακοί πόροι εξαντλούνται λόγω της αλόγιστης χρήσης τους προκαλώντας δραματικές επιπτώσεις στο κόστος διαβίωσης και στη ζωή του πλανήτη μας. Η χρήση της ενέργειας βρίσκεται στο επίκεντρο των περισσότερων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα οφείλουν την ύπαρξή τους στις τεχνολογίες παραγωγής και χρήσης της ενέργειας. Επιβάλλεται λοιπόν η υιοθέτηση "πράσινων" τεχνικών και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (nomosphysis.org, ιστοσελίδα Δ11.2.1.1).

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής οφείλεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στα παραγόμενα αέρια του θερμοκηπίου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, καθιστώντας την χρήση των ΑΠΕ βασικό μέσο για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

Η διεθνής κοινότητα στην προσπάθεια αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών συμφώνησε στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υπογράφοντας το Πρωτόκολλο του Κιότο. Εκεί, οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές των κύριων αερίων

του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και διάφορα βιομηχανικά φθοριούχα αέρια) (Μακρή, 2013).

Ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ή ήπιες μορφές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια είναι οι μορφές ενέργειας οι οποίες παράγονται από φυσικούς πόρους όπως είναι ο άνεμος, ο ήλιος, η θαλάσσια κυκλοφορία κ.α.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρούνται:

Η αιολική ενέργεια: είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από τον άνεμο, η οποία μετατρέπεται σε μηχανική και τέλος σε ηλεκτρική. Οι ανεμογεννήτριες διακρίνονται σε οριζόντιου και κάθετου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα έχουν κάθετο άξονα περιστροφής και έτσι εκμεταλλεύονται τον άνεμο από όλες τις κατευθύνσεις.

Η ηλιακή ενέργεια: είναι η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ενέργειας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

Α) Τα φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα (Φ/Β), τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Β) Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία μετατρέπουν την θερμική ενέργεια σε μηχανική και τέλος σε ηλεκτρική.

Η βιοενέργεια: αναφέρεται στα κατάλοιπα διάφορων διεργασιών των φυτικών οργανισμών. Τα κατάλοιπα αυτά μπορεί να είναι αστικά απορρίμματα από την γεωργία ή υποπροϊόντα των βιομηχανιών.

Η γεωθερμική ενέργεια: είναι η ενέργεια υπό μορφή θερμότητας που αποθηκεύεται στο εσωτερικό της γης και μετατρέπεται σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια: είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την ενέργεια της πτώσης του νερού με τη βοήθεια τουρμπίνας. Λαμβάνοντας υπόψη και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες μόνο τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα θεωρούνται "πράσινα".

Η ενέργεια από τη θάλασσα: αναφέρεται τόσο στην κινητική ενέργεια των κυμάτων, όσο και στην παλιρροιακή ενέργεια η οποία οφείλεται στην βαρυτική έλξη της Σελήνης και του Ήλιου και μπορεί να εκμεταλλευτεί όταν υπάρχει υψομετρική διαφορά της στάθμης της θάλασσας λόγω της άμπωτης και πλημμυρίδας (Οδηγία 2009/28/ΕΚ ; Μακρή, 2013).

Πλεονεκτήματα:

Οι ΑΠΕ θεωρούνται ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, κάτι το οποίο δεν ισχύει για τα ορυκτά καύσιμα. Είναι φιλικές ως προς το περιβάλλον και έχουν γενικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα. Συμβάλλουν στην ενεργειακή αυτονομία των κρατών και βοηθούν στον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Είναι ευέλικτες και παρέχουν ενέργεια ανάλογα με τις εκάστοτε πληθυσμιακές ανάγκες, ελαττώνοντας τις ανάγκες για μεγάλες μονάδες. Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά, διευκολύνοντας το ενεργειακό σύστημα, προσφέροντας κάλυψη σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, μειώνοντας την επιβάρυνση των συστημάτων υποδομής και των απωλειών ενέργειας κατά τη μεταφορά. Επίσης, είναι γενικά αποδεκτές από το ευρύ κοινό και έχουν χαμηλό λειτουργικό – κατασκευαστικό κόστος και μεγάλο χρόνο ζωής. Τέλος, οι ΑΠΕ επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις (Μακρή, 2013 ; Καρακωνσταντής & Κουράκης, 2020).

Μειονεκτήματα:

Έχουν μικρό συντελεστή απόδοσης (30%). Υπάρχει δυσκολία κατάλληλων θέσεων για την εγκατάστασή τους. Είναι πολύ σημαντικό να διαφυλαχθεί το περιβάλλον και η οικολογία στις θέσεις εγκατάστασης των ΑΠΕ. Ειδικά οι ανεμογεννήτριες θεωρούνται ότι υποβαθμίζουν αισθητικά το τοπίο, προκαλούν θόρυβο και ευθύνονται για τον αφανισμό πτηνών. Τέλος, οι ΑΠΕ (αιολική, υδροηλεκτρική και ηλιακή ενέργεια) εξαρτώνται άμεσα από την εποχή, το κλίμα, και τη γεωγραφική θέση της θέσης εγκατάστασης (Καρακωνσταντής & Κουράκης, 2020).

Στην πεδιάδα έχει κατασκευαστεί το αποστραγγιστικό δίκτυο χωρίς να έχει ληφθεί υπόψη το ενεργειακό αποτύπωμα.

Λόγω της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας των παράκτιων αντλιοστασίων, πρέπει να βρεθούν τρόποι είτε μείωσης της κατανάλωσης, είτε ανάκτησης και αξιοποίησης αυτής της ενέργειας για τη λειτουργία της πεδιάδας. Το μανομετρικό ύψος (απόσταση από την επιφάνεια του νερού που αντλείται μέχρι το μέγιστο ύψος που φτάνει το νερό από την έξοδο της αντλίας), των αντλιοστασίων στην περιοχή της Χαλάστρας ποικίλει από 3,7 m έως 4,7 m.

Ένας πρώτος πιθανός τρόπος μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης είναι να μειωθεί το μανομετρικό ύψος με μηχανικό τρόπο και κατά συνέπεια να μειωθεί και η ενέργεια που απαιτείται για να ανυψωθεί το νερό. Δηλαδή όσο μικρότερο είναι το μανομετρικό ύψος, τόσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνεται.

Εκμετάλλευση υδροηλεκτρικής ενέργειας

Μια ακόμα πρόταση είναι η κατασκευή ενός "έξυπνου" συστήματος αποστράγγισης με διαχείριση του μανομετρικού ύψους σε εναρμόνιση με την άμπωτη και την πλημμυρίδα, όπου η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται. Έτσι, μπορεί να δημιουργηθεί ένα σύστημα που να αποστραγγίζει τα πλεονάζοντα ύδατα όταν υπάρχει άμπωτη (πτώση της στάθμης της θάλασσας) και με αυτό τον τρόπο το μανομετρικό ύψος θα είναι μεγαλύτερο και συνεπώς θα είναι μεγαλύτερη και η παραγόμενη ενέργεια. Για παράδειγμα, το Νέο Ανατολικό αντλιοστάσιο Χαλάστρας έχει μανομετρικό ύψος 4,7m, η κατώτερη ρηχία στην περιοχή είναι 0,92 m ενώ η μέση ρηχία είναι 0,12 m. Εάν η έξοδος του νερού από το Νέο Ανατολικό αντλιοστάσιο συνδυαστεί με την άμπωτη, το μανομετρικό ύψος μπορεί να φτάσει από 4,8 m έως 5,6 m.

Πιο αναλυτικά, για την βελτίωση της κατανάλωσης μπορεί αυτή η παραγόμενη ενέργεια από τις υδατοπτώσεις σε συνδυασμό με την άμπωτη να ανακτηθεί με τη μορφή ηλεκτρισμού (μικροϋδροηλεκτρικό έργο), μέσω της τοποθέτησης υδραυλικής τουρμπίνας που θέτει σε κίνηση μια γεννήτρια στην έξοδο του αντλιοστασίου. Αυτή η τεχνική δεν απαιτεί κατασκευή φραγμάτων και μεγάλων δεξαμενών. Το νερό καθώς κινείται γρήγορα περιστρέφει την τουρμπίνα δημιουργώντας μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτή η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά με άλλες πηγές ενέργειας (Σκόρδας, 2016).

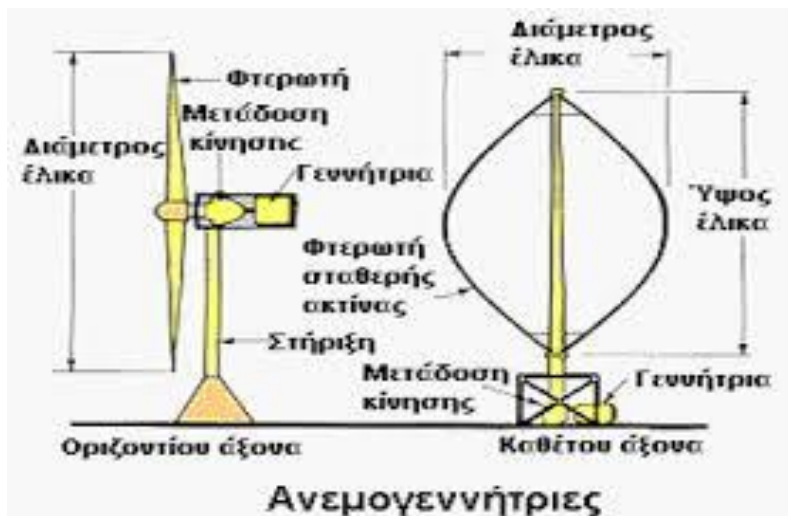
Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα όπως ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον με μηδενικές εκπομπές ρύπων και περιορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας σε σχέση με την μεγάλη διάρκεια ζωής τους, είναι αξιόπιστα, επίσης έχουν τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης - απόξευξης στο δίκτυο, αυτόνομη λειτουργία, ταυτόχρονη ικανοποίηση και άλλων αναγκών χρήσης νερού κ.α. (Σκόρδας, 2016).

Εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας

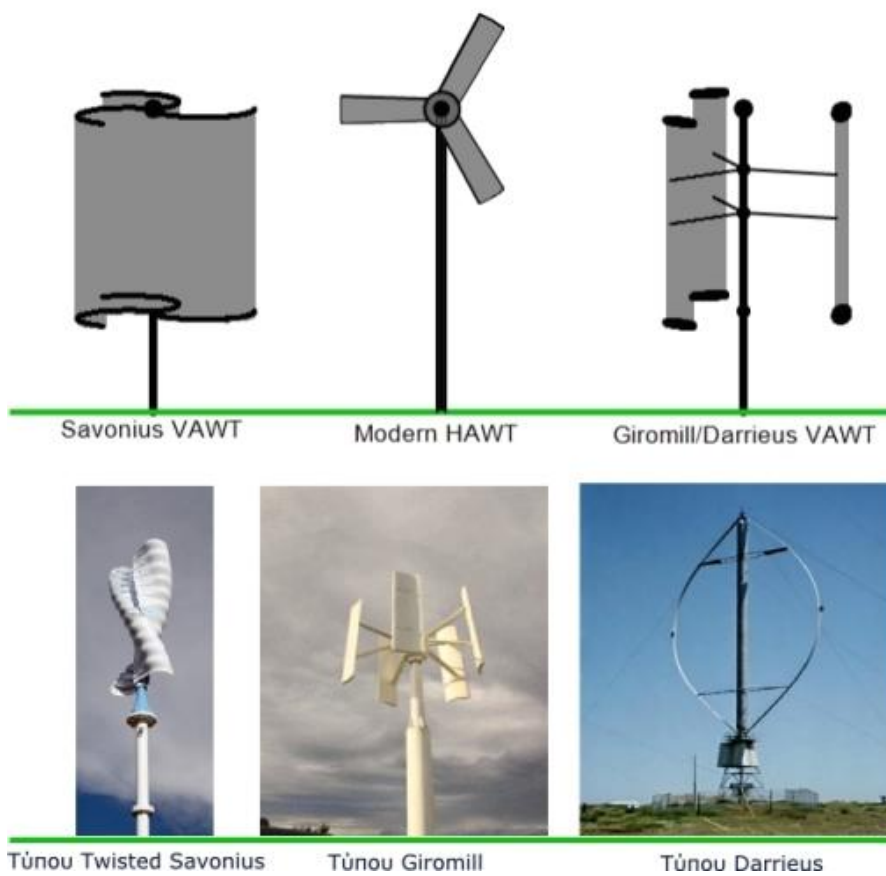
Επίσης στην περιοχή μπορεί να γίνει εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με την τοποθέτηση ανεμογεννητριών οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι Α/Γ κατηγοριοποιούνται, με βάση τον άξονα που χρησιμοποιούν, σε οριζόντιου (Horizontal Axis Wind Turbines) και κάθετου άξονα (Vertical Axis Wind Turbines) (Εικόνα Δ11.2.1.2). Οι Α/Γ οριζόντιου άξονα περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα που είναι οριζόντιος ως προς το επίπεδο του εδάφους και πρέπει να προσανατολίζονται προς την κύρια κατεύθυνση του ανέμου, ενώ οι Α/Γ κάθετου άξονα αξιοποιούν τον άνεμο από όλες τις κατευθύνσεις. Οι πλέον γνωστοί τύποι Α/Γ κάθετου άξονα είναι οι τύπου "Darrieus" και οι τύπου "Savonius" (Μακρή, 2013).

Στις ανεμογεννήτριες τύπου Darrieus στις άκρες του κάθετου άξονα στηρίζονται καμπυλωμένα πτερύγια τύπου αεροτομής. Ένας άλλος τύπος που ανήκει στις Α/Γ τύπου Darrieus είναι ο τύπος Η ή Giromill, όπου τα πτερύγιά του είναι παράλληλα με τον άξονα. Οι Α/Γ τύπου Darrieus είναι συνήθως κατασκευές μεγάλων διαστάσεων. Οι Α/Γ τύπου Savonius, έχουν το

χαρακτηριστικό ότι τα πτερύγια τους έχουν σχήμα "S" (Μακρή, 2013). Οι κυριότεροι τύπου Α/Γ παρουσιάζονται στην εικόνα Δ11.2.1.3.



Εικ.Δ11.2.1.2: Α/Γ οριζόντιου & κάθετου άξονα.



Εικ.Δ11.2.1.3: Κατηγορίες Α/Γ.

Επειδή η περιοχή μελέτης προστατεύεται από τη συνθήκη Ramsar και ανήκει σε περιοχή Natura 2000, πρέπει οι τεχνικές και οι κατασκευές που θα εφαρμοστούν να είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Κρίνεται απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι η προώθηση των έργων αιολικής ενέργειας δεν θα προκαλέσει σημαντική επίπτωση στο φυσικό περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα. Όλα τα έργα πρέπει να συμμορφώνονται σύμφωνα με το «Έγγραφο

καθοδήγησης για τα έργα αιολικής ενέργειας και τη νομοθεσία της ΕΕ για την προστασία της φύσης» (ec.europa.eu, ιστοσελίδα Δ11.2.1.4).

Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι η τοποθέτηση Α/Γ προκαλεί αρκετά προβλήματα στο φυσικό περιβάλλον και κυρίως στη βιοποικιλότητα καθώς έχει παρατηρηθεί μεγάλη θνησιμότητα πτηνών από πρόσκρουση κυρίως στα πτερύγια των Α/Γ (εικόνα 11.2.1.1).



Εικ.11.2.1.1: Κίνδυνος πρόσκρουσης πτηνών σε Α/Γ οριζόντιου άξονα (Πηγή: Πανατζή, 2018).

Μια φιλική προς το περιβάλλον λύση πιθανόν να είναι η τοποθέτηση ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα τύπου Savonius λόγω της διάταξης τους και της μορφής των πτερυγίων τύπου "S". Η διάταξη αυτών των ανεμογεννητριών είναι πιθανό να μειώσει σημαντικά τον τραυματισμό και την θνησιμότητα των πουλιών από πρόσκρουση (εικόνα Δ11.2.1.5).



Εικ.Δ11.2.1.5: Α/Γ τύπου Savonius.

Εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας

Ο πλανήτης μας δέχεται καθημερινά τεράστιες ποσότητες ηλιακής ενέργειας με τις οποίες μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις. Η Ελλάδα επειδή βρίσκεται κοντά στον Ισημερινό, δέχεται μεγάλη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Τα Φ/Β (φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα ή πάνελ) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου που ορίζεται ως πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν εκτεθούν σε ηλιακή ακτινοβολία. Μία τυπική Φ/Β συστοιχία (εικόνα Δ11.2.1.6) αποτελείται από πολλές συνδεδεμένες μεταξύ τους Φ/Β μονάδες. Τα Φ/Β πάνελ έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως το μηδενικό κόστος λειτουργίας, δεν χρειάζονται συντήρηση, δεν

επιβαρύνουν το περιβάλλον , είναι αξιόπιστα, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής κ.α. (Ψιστάκη, 2011).

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματά τους, τα Φ/Β συστήματα έχουν και μειονεκτήματα όπως ότι απαιτούν μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης και ότι έχουν σχετικά μικρή απόδοση (Ψιστάκη, 2011).



Εικ.Δ11.2.1.6: Φ/Β συστοιχία.

Μια ακόμη πρόταση είναι η τοποθέτηση ηλιακών πάνελ στα αρδευτικά κανάλια της περιοχής. Η κάλυψη των καναλιών ή διωρύγων με ηλιακά συστήματα μπορεί να μειώσει την εξάτμιση του νερού και να ανακτήσει αυτή την ενέργεια, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση του δικτύου της πεδιάδας. Σύμφωνα με μια μελέτη στην Καλιφόρνια, που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Nature Sustainability, διαπιστώνεται ότι εάν αυτή η τεχνική εφαρμοστεί σε όλη τη χώρα, τα πάνελ θα εξοικονομούσαν 63 δισεκατομμύρια γαλιόνια νερού το χρόνο και ταυτόχρονα θα παρείχαν 13 GW ανανεώσιμης ενέργειας σε ετήσια βάση, μειώνοντας ταυτόχρονα και το ανθρακικό αποτύπωμα.

Η τοποθέτηση των ηλιακών πάνελ έχει πλεονεκτήματα όπως την σκίαση από τα Φ/Β πάνελ, η οποία μετριάζει την ανάπτυξη ανεπιθύμητων υδρόβιων οργανισμών που δυσχεραίνουν την συντήρηση των διωρύγων. Η τοποθέτηση των πάνελ πάνω στα κανάλια δεν απαιτεί τη μετατροπή των καλλιεργούμενων εκτάσεων ή την διατάραξη των βιοτόπων για να δημιουργηθούν εκτεταμένες εγκαταστάσεις, αφού οι διώρυγες είναι ήδη ένα ανθρωπογενές έργο παλαιότερης περιόδου. Επίσης, λόγω της κλιματικής αλλαγής αναμένεται τα φαινόμενα ξηρασίας και εξάτμισης να ενταθούν. Η τοποθέτηση των ηλιακών πάνελ στις διώρυγες μπορεί να μειώσει αυτά τα επερχόμενα φαινόμενα εξάτμισης.

Από την άλλη πλευρά η εγκατάσταση ενός τόσο μεγάλου έργου είναι πιθανό να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και συγκεκριμένα στα υδρόβια πτηνά της πεδιάδας. Επίσης, η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών πάνω από το νερό μπορεί να οδηγήσει σε οξείδωση του εξοπλισμού, αυξάνοντας το κόστος συντήρησης. Ίσως, η τοποθέτηση των ηλιακών πάνελ μόνο σε συγκεκριμένες αρδευτικές διώρυγες, αφήνοντας τις υπόλοιπες ανοιχτές, να έχει καλά αποτελέσματα (wired.com, ιστοσελίδα Δ11.2.1.7). Στις εικόνες Δ11.2.1.8 & Δ11.2.1.9 φαίνεται η τοποθέτηση ηλιακών πάνελ στα κανάλια της περιοχής Βαντοντάρα της πολιτείας Γκουτζαράτ στην Ινδία. Τα κανάλια καταλήγουν στον ποταμό Narmada (almaradio.gr, ιστοσελίδα Δ11.2.1.8).



Εικ.Δ11.2.1.8: Τοποθέτηση ηλιακών πάνελ στα κανάλια της περιοχής Βαντοντάρα, Ινδία.



Εικ.Δ11.2.1.9: Τοποθέτηση ηλιακών πάνελ στα κανάλια της περιοχής Βαντοντάρα, Ινδία.

11.2.2. Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες στην περιοχή

Η περιοχή μελέτης χρήζει περαιτέρω έρευνας σε διάφορες κατευθύνσεις. Κάποιες προτάσεις συνοψίζονται στα εξής:

- Η περιοχή μελέτης προσομοιάζει με μια φυσική πλημμυρική πεδιάδα, όμως πρέπει να γίνει μια εμπειριστατωμένη έρευνα ώστε να βρεθούν οι συσχετισμοί και η ποσότητα του νερού και των ιζημάτων που μεταφέρονται στην πεδιάδα από το φράγμα ανάσχεσης της Ελεούσας και από το ανάχωμα του Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας.

- Μια ακόμη πρόταση είναι η έρευνα και ο συσχετισμός των παλαιών κοιτών σε σχέση με τον ρυθμό καθίζησης της περιοχής.
- Η κατάρτιση ενός επιχειρησιακού σχεδίου για την παρακολούθηση της κατάστασης (ρυθμός και έκταση) των πλημμυρισμένων περιοχών μέσω τηλεπισκόπησης.
- Λόγω της επαναχρησιμοποίησης του αρδευτικού νερού, κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση, σε κάθε έξοδο των αντλιοστασίων, ενός σταθμού παρακολούθησης της ποιότητας του νερού, διότι το επαναχρησιμοποιημένο αρδευτικό νερό έχει υποστεί ρύπανση και πιθανόν να είναι ακατάλληλο για παροχέτευση στον τελικό αποδέκτη χωρίς πρώτα να έχει υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία.
- Όλες οι προτάσεις που αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 11.2.1. πρέπει να εξεταστούν σε μια συστηματική μηχανολογική μελέτη, ώστε να βρεθούν οι βέλτιστοι τρόποι αξιοποίησης των ΑΠΕ για τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος της πεδιάδας και να οριστούν οι κατάλληλες θέσεις εγκατάστασής τους, λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργίες της περιοχής και την διατήρηση των οικοτόπων.

12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Αγγελάκου Γ., 2009. Σύγχρονες φυσικογεωγραφικές μεταβολές και οικολογική ποιότητα της παράκτιας ζώνης του Αγγελοχωρίου Νομού Θεσσαλονίκης. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Δ.Π.Μ.Σ. Οικολογική Ποιότητα και Διαχείριση Υδάτων σε Επίπεδο Λεκάνης Απορροής, Τμήμα Βιολογίας, Γεωλογίας & Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αλμπανάκης Κ., 2007. Μαθήματα Ωκεανογραφίας - Ψηφιακό βιβλίο. Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αλμπανάκης Κ., Στύλλας Μ., Βουβαλίδης Κ. & Συρίδης Γ., 2005. Γεωμορφολογικές μεταβολές στην περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου σαν αποτέλεσμα της Ολοκαινικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVIII. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αναστασιάδου-Αναστασίου Σ.-Η. & Δαγδηλέη Μ., 2016. Διαχρονικές μεταβολές της στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή της Σίνδου, Ν. Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία, Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Βαϊρακτάρης Ε., 2007. Θεμελιώσεις Ενότητα 2: Καθιζήσεις. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. Παρουσιάσεις. Πειραιάς.
- Βουδούρης Κ., 2017. Τεχνική υδρογεωλογία - Υπόγεια νερά. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, σ. 429.
- Γεωργίου Δ., 2019. Διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης νερού από κανάλι συγκέντρωσης αγροτικών, βιομηχανικών και αστικών επεξεργασμένων και μη επεξεργασμένων, υγρών αποβλήτων για κάλυψη αρδευτικών αναγκών στην περιοχή δυτικά της Θεσσαλονίκης. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Μ.Π.Σ. Διαχείριση Αποβλήτων (ΔΙΑ), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Πάτρα.
- Γεωργούλα Γ., 2017. Περιβαλλοντικές μέθοδοι προστασίας ακτών. Περίπτωση εφαρμογής στην ακτή του οικισμού Φούρκας του Δήμου Κασσάνδρας. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Μ.Π.Σ. Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Κανάκας Γ., 2020. Η διαχείριση του νερού στην πράξη. Ελληνο-Αμερικανικό Εμπορικό Επιμελητήριο, 9^ο Συνέδριο Αγροτεχνολογίας. Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας.
- Καρακωνσταντής Μ. & Κουράκης Ν., 2020. Μελέτη και κατασκευή ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο.
- Κεσανίδου Χ., 2017. Διαχείριση των κινδύνων της θαλάσσιας πλημμύρας στην παράκτια ζώνη. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Μ.Π.Σ. Διοίκηση και Διαχείριση Τεχνικών Έργων, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

- Κουμαντάκης Ι., 1989. Αξιοποίηση υπόγειων υφάλμυρων νερών. Στο ΓΕΩΤ.Ε.Ε. (Επιμ.), Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο. Προστασία Περιβάλλοντος και Γεωργική Παραγωγή.(σφ. 497-501). Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις ΓΕΩ.Τ.Ε.Ε.
- Κρεστενίτης Γ., 1992. Εισηγητική μελέτη για ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα δράσης για τον Θερμαϊκό κόλπο. Τεχνικό επιμελητήριο, Τμήμα κεντρικής Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη.
- Κρεστενίτης, Ι., Κομπιάδου, Κ., Μακρή, Χ., Ανδρουλιδάκης, Ι., & Καραμπάς, Θ., 2015. Μεταβολές θαλάσσιας στάθμης - Ψηφιακές σημειώσεις.
- Λυκούσης Β., Χρόνης Γ. & Μπαρμπετσέα Ε., 1988. Δελταϊκές αποθέσεις στο πλατώ του Θερμαϊκού από το τέλος του Πλειστοκαίνου ως σήμερα. Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Μάιος 1986. Αθήνα. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. Τομ. ΧΧ/2, σ. 129-139.
- Μακρή Χ., 2013. Σχεδιασμός και προσομοίωση πρωτότυπης οικιακής ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Δ.Π.Μ.Σ. Συστήματα Αυτοματισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- Μέργου Φ.- Ε., 2011. Επίδραση των φραγμάτων στην "οικολογική συνέχεια (continuum)" των ποταμών. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Δ.Π.Μ.Σ. Οικολογική Ποιότητα και Διαχείριση σε Επίπεδο Λεκάνης Απορροής, Τμήμα Βιολογίας, Γεωλογίας & Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μεσοχωρίτης Ο., 2017. Διάβρωση ακτών: Αίτια- Αντιμετώπιση- Θεσμικό πλαίσιο. Εισήγηση στην Ημερίδα ΤΕΕ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μουντράκης Μ. Δ., 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σ. 375.
- Μπόγια Φ., 2018. Λειτουργία του υφιστάμενου αρδευτικού δικτύου της περιοχής δικαιοδοσίας του ΓΟΕΒ πεδιάδων Θεσσαλονίκης-Λαγκαδά. Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Θεσσαλονίκη.
- Ναρασάνη Ε., 2009. Χωροταξική προσέγγιση και διαχείριση – προστασία του δέλτα Αξιού – Λουδία – Αλιάκμονα και της Αλυκής Κίτρου. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Οδηγία 2000/60/ΕΚ: Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. αριθμ. L327, 22.12.2000.
- Οδηγία 2009/28/ΕΚ Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/ΕΚ και 2003/30/ΕΚ.
- Παναγιώτου Γ. Καρακατσούλη, 1954. Αρδεύσεις, στραγγίσεις και προστασία εδαφών. Τομέας Γεωργικής Υδραυλικής, Ανώτατη Γεωπονική Σχολή Αθηνών, Αθήνα, σ. 118-121.

- Πανταζή Χ., 2018. Επισκόπηση των πιθανών επιπτώσεων των ΑΠΕ στα προστατευόμενα είδη και οικοτόπους με βάση τη νομοθεσία για προστασία της φύσης και τρόποι μετριασμού τους. Τμήμα Προστασίας της Φύσης, Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
- Ρεϊζοπούλου Α. & Βουβαλίδης Κ., 2010. Οι φυσικογεωγραφικές μεταβολές στη λεκάνη Γιαννιτσών – Θεσσαλονίκης όπως αυτές αποτυπώθηκαν σε ιστορικούς χάρτες του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα. 9^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο. Αθήνα.
- Σημειώσεις χρήσης GPS TOPCON και χειριστηρίου πεδίου με λογισμικό MAGNET FIELD. Tree Company Corporation. www.treecomp.gr
- Σκόρδας Γ., 2016. Ήπιες και νέες μορφές ενέργειας. Ενότητα: Υδροηλεκτρική ενέργεια III. Ψηφιακές παρουσιάσεις, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- Σχέδιο Δράσης Αειφορικής Ενέργειας Δήμου Αλεξανδρούπολης, 2013.
- Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας (Δήμος Δέλτα), Προσωπική επικοινωνία, 2020.
- Φορέας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου, 2021. Σύμβαση για την ανάθεση υπηρεσιών «Διερεύνηση βαθμού επίδρασης της βιοποικιλότητας των πλημμυρισμένων ορυζώνων στους πληθυσμούς των ερωδιών και Μαυροκέφαλων γλάρων κατά την αναπαραγωγική περίοδο». Θεσσαλονίκη.
- Φουμέλης Μ., 2020. Εδαφικές μετακινήσεις στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης. Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. <https://geohazards-tep.eu>
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2014. Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2017. 1^η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, 2018. Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας (EL10) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Διεύθυνση Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος και Βιοποικιλότητας, Τμήμα Προστατευόμενων Περιοχών, 2019. Σχέδιο Προεδρικού Διατάγματος "Χαρακτηρισμός των χερσαίων, υδάτινων και θαλάσσιων περιοχών των εκβολών των ποταμών Γαλλικού, Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα, της αλυκής Κίτρου και της λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου και της ευρύτερης περιοχής τους ως Εθνικού Πάρκου".
- Ψιστάκη Κ., 2011. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας-φωτοβολταϊκά. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ξένη

- Albanakis, K., Vavliakis, E., Psilovikos, A. & Sotiriadis, L., 1993. Mechanisms and evolution of the delta of Axios River during the 20th century. Proceedings, 3rd National Geography Conference, 311-325.
- EEA Report No 6/2006. The changing faces of Europe's coastal areas.
- Evmorphopoulos, L., 1961. The changes in Thessaloniki Bay. Technical Annal of Greece, 205-208, 51-76.
- Filippidis A., Misaelides P., Clouvas A., Godelitsas A., Barbayiannis N. & Anousis I., 1997. Mineral, chemical and radiological investigation of a black sand at Touzla Cape, near Thessaloniki, Greece. Environmental Geochemistry and Health, 19, 83-88.
- Fouache, E., Ghilardi, M., Vouvalidis K., Syrides G, Kunesch, S., Styllas M. & Stiros S., 2008. Contribution for the Holocene reconstruction of the Central part of the Thessaloniki plain, Greece. Journal of Coastal Research. doi.org/10.2112/06-0786.1.
- French, D., 1967. Index of Prehistoric sites in Central Macedonia. Athens.
- Ghilardi M., Fouache E., Queyrel F., Syrides G., Vouvalidis K., Kunesch S., Styllas M. & Stiros S., 2008. Human occupation and geomorphological evolution of the Thessaloniki Plain (Greece) since mid Holocene. Journal of Archaeological Science, 35, 111-125.
- Ghilardi M., Kunesch S., Styllas M. & Fouache E., 2007. Reconstruction of Mid-Holocene sedimentary environments in the central part of the Thessaloniki Plain (Greece), based on microfaunal identification, magnetic susceptibility and grain-size analyses. Geomorphology, DOI: 10.1016/j.geomorph.2007.09.007.
- Grammenos, D., 1991. Neolithic research in Central & Eastern Macedonia. Ph.D. Thesis, Archaeological Society, Athens, No 117.
- Jolivet L., Faccena C., Huet B., Labrousse L., Le Pourhiet L., Lacombe O., Lecomte E., Burov E., Denèle Y., Brun J.-P., Philippon M., Paul A., Salaün G., Karabulut H., Piromallo C., Monié P., Gueydan F., Okay A. I., Oberhänsli R., Pourteau A., Augier R., Gadenne L. & Driussi O., 2012. Aegean tectonics: Strain localisation, slab tearing and trench retreat. *Tectonophysics*, DOI: 10.1016/j.tecto.2012.06.011.
- Kapetas L., Kazakis N., Voudouris K. & McNicholl D., 2019. Water allocation and governance in multi-stakeholder environments: Insight from Axios Delta, Greece. Science of the Total Environment, 695, 133831.
- Kapetas L., Kazakis N. & Voudouris K., 2019. Modelling Groundwater - Surface Water Interactions Under Climate Change Scenarios: insights from Axios Delta, Greece. 2nd International Conference on Natural Hazards & Infrastructure, Chania, Greece.
- Kapsimalis V., Poulos S.E., Karageorgis A.P., Pavlakis P. & Collins M.B., 2005. Recent evolution of a Mediterranean deltaic coastal zone: human impacts on the Inner Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea. Journal of Geological Society, London, 162: 897-908.

- Konstantinidis, K.A., 1989. Land reclamation project of the Thessaloniki plain. Geotechnical Chamber of Greece, Thessaloniki, Greece.
- Koufos G. & Pavlides S., 1988. Correlation between the continental deposits of the Lower Axios Valley and Ptolemais Basin. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, 20, 9-19.
- Lykousis, V., Collins, M.B. & Ferentinos, G., 1981. Modern sedimentation in the NW Aegean Sea. *Marine Geology*, 43, 111-130.
- Pirazzoli P.A., 1996. *Sea-Level Changes: The Last 20,000 Years*. New York: Wiley, 211p.
- Poulos S., Collins M.B., Chronis G.Th. & Lykousis, V., 2000. Thermaikos Gulf Coastal system, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air–land–ocean interactions and human activities. *Journal of Marine Systems* 25, 47– 76pp.
- Poulos S.E., Papadopoulou A. & Collins M.B., 1994. Deltaic progradation in Thermaikos Bay, Northern Greece and its socio-economic implications. *Ocean and Coastal Management*, 22, 229-247.
- Psilivikos, An. & Psilovikos, Ar., 1997. Human versus natural processes. The case of Axios/Vardar River. *Balkema*, 2859-2864.
- Sinn C. & Schlemmer M., 2014. Aegeis – deep structure & slab rollback in the Mediterranean. RWTH Aachen University, Teaching and Research Area Geology – GED.
- Stiros, S.C., 2001. Subsidence of the Thessaloniki (northern Greece) coastal plain, 1960–1999. *Engineering Geology*, 61, 243–256.
- Svigkas N., Papoutsis I., Loupasakis C., Tsangaratos P., Kiratzi A. & Kontoes C., 2016. Land subsidence rebound detected via multi-temporal InSAR and ground truth data in Kalochori and Sindos regions, Northern Greece. *Engineering Geology*, 209, 175-186.
- Syrides G., 1990. Lithostratigraphic, biostratigraphic and palaeogeographic study of the Neogene-Quaternary sedimentary deposits of Chalkidiki Peninsula, Macedonia, Greece. Ph D Thesis. *Sci. Ann. School of Geology*, Volume 1, No 11: 243 pp. Thessaloniki.
- Syrides G., Albanakis K., Vouvalidis K., Pilali-Papastergiou A., Papaefthimiou-Papanthimiou A., Ghilardi M., Fouache E., Paraschou T. & Psomiadis D., 2009. Holocene palaeogeography of the Northern Margins of Giannitsa plain in relation to the Prehistoric site of Arhontiko (Macedonia – Greece). *Z. Geomorph. N.F.*, 53. Suppl. 1. 71-82. Berlin, Stuttgart.
- Vouvalidis K., Syrides G. & Albanakis K., 2005. Holocene morphology of the Thessaloniki Bay: Impact of sea level rise. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.*-Vol 137. 147-158. Berlin, Stuttgart.

Διαδικτυακές πηγές

Δ1:<https://www.beconscious.gr/q-a/167-ti-einai-to-energeiako-kai-to-anthrakiko-apotypoma>

Δ1.1.1: <https://www.dimosdelta.gr/>

Δ1.1.2:<https://www.cnn.gr/taksidi/ellada/story/20933/oi-oryzones-tis-xalastras-apo-psila>

Δ1.5: Φορέας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Θερμαϊκού Κόλπου:
<https://axiosdelta.gr/>

Δ3: Greek case studies: Long term geomorphological changes in the coastal zone of the Thermaikos Gulf, Salonika Region, North Greece:
http://www.coastalwiki.org/wiki/Greek_case_studies:_Long_term_geomorphological_changes_in_the_coastal_zone_of_the_Thermaikos_Gulf,_Salonika_Region,_North_Greece?fbclid=IwAR1ynM02Pn7I_rexNZtiYVpBhYwBk1tIJhg_SQO4iydH96oL6W5MXe6bB_A

Δ4: Greek case studies: Geomorphological changes on the coastal area of the Inner Thermaikos Gulf over the past 150 years :
http://www.coastalwiki.org/wiki/Greek_case_studies:_Geomorphological_changes_on_the_coastal_area_of_the_Inner_Thermaikos_Gulf_over_the_past_150_years?fbclid=IwAR3g3-6G0eHxbpm1PB-IEI5nY-ZZ1ASnvwKGBRd4SO3avDu63NN8Qm98cwc

Δ6:<https://www.vice.com/gr/article/9a5aya/giati-kindyneuoun-na-pnigoun-dyo-xoria-sti-thessaloniki>

Δ6.1: <https://geohazards-tep.eu>

Δ7.3.1:<https://earth.google.com/web/@40.74891185,22.64874317,14.62865603a,784.81131472d,35y,0.00000001h,45.00004887t,0r/data=CkgaRhJACiUweDEOYTgyODY3ZDIhMjU4NjE6MHgxMjAxOWJiNzE2Y2RmMjNmKhfOps-BzqzOs868zrEgzojOu867zrfPghgDIAE>

Δ7.3.2:<https://earth.google.com/web/@40.74891185,22.64874317,14.62865603a,784.81131472d,35y,0.00000001h,45.00004887t,0r/data=CkgaRhJACiUweDEOYTgyODY3ZDIhMjU4NjE6MHgxMjAxOWJiNzE2Y2RmMjNmKhfOps-BzqzOs868zrEgzojOu867zrfPghgDIAE>

Δ7.3.3:<https://earth.google.com/web/@40.74891185,22.64874317,14.62865603a,784.81131472d,35y,0.00000001h,45.00004887t,0r/data=CkgaRhJACiUweDEOYTgyODY3ZDIhMjU4NjE6MHgxMjAxOWJiNzE2Y2RmMjNmKhfOps-BzqzOs868zrEgzojOu867zrfPghgDIAE>

Δ8.2.1: Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού: <https://www.gys.gr/>

Δ8.2.2: Πολεμικό Ναυτικό Υδρογραφική Υπηρεσία: <https://www.hnhs.gr/el/>

Δ8.2.3: The European Space Agency: <https://www.esa.int/>

Δ8.2.4: World Imagery:
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>

Δ11.2.1.1:https://nomosphysis.org.gr/8353/ananeosimes-piges-energeias-i-enallaktiki-technologie-gia-ena-aeiforo-mellon-noembrios-2004/#_ftn21

Δ11.2.1.2: https://ilektraytomatismoi.blogspot.com/2016/05/blog-post_31.html

Δ11.2.1.3: <http://www.2en.gr/sw-turbines.php>

Δ11.2.1.4: https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/wind_farms_el.pdf

Δ11.2.1.5: <https://www.onlys99.xyz/products.aspx?cname=savonius%20wind%20turbine&cid=40>

Δ11.2.1.6: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1

Δ11.2.1.7: <https://www.wired.com/story/why-covering-canals-with-solar-panels-is-a-power-move/?fbclid=IwAR3TitVC-dqoyFfU3kVHc0Vy8KvhEWNxcQP3i1P-dqKokWZ8lrFrcDtIys>

Δ11.2.1.8: <https://almaradio.gr/solar-canals-india/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακες έκτασης των καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για τα έτη 2000 έως 2019. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΙΓΕΙΕΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377019	55901	3982151	4329210	1949984	184198	653917	31430020	78615	80030	132017	483936
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	0	0	12000	0	0	3563577	0	0	71305	84762
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	5000	0	38988	0	0	8066389	0	0	37657	768807
ΣΥΝΟΛΟ	64082832	55901	3987151	4329210	2000972	184198	653917	43059986	78615	80030	240979	1337505

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2001. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΙΓΕΙΕΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377221	0	22177	37685	195151	0	0	33283219	0	0	102838	471091
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	241152	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	0	0	12000	0	0	4172829	0	0	71305	84762
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	5000	0	38988	0	0	7691280	0	0	37657	768807
ΣΥΝΟΛΟ	64083034	0	27177	37685	246139	0	0	45388480	0	0	211800	1E+06

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2002. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΙΓΕΙΕΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377221	0	7166045	1095316	2022795	126979	977023	32174890	0	74447	265115	474611
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	227466	145894	24169	0	42815	400445	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	1705711	538138	624766	14000	36697	4514180	80712	0	154275	82791
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	2133771	33115	621827	9313	99410	7621195	0	88136	23848	483139
ΣΥΝΟΛΟ	64083034	0	11232993	1812463	3293557	150292	1155945	44710710	80712	162583	443238	1040541

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2007. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΓΕΙΕΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377221	0	10374659	306552	2161701	139715	114976	30557149	0	3772	265115	453582
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	430575	38549	27235	0	0	344430	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	1994099	9696	415013	0	35962	4948393	60194	0	154275	133638
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	2298980	0	610995	26600	0	7549800	0	120392	23848	483139
ΣΥΝΟΛΟ	64083034	0	15098313	354797	3214944	166315	150938	43399772	60194	124164	443238	1070359

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2008. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΓΕΙΕΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44380222	0	4074242	190219	1767307	116074	166725	37059567	176879	84483	265115	479611
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	269485	159890	24169	0	42815	344430	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	1415808	9696	266872	0	35962	5705262	60194	0	154275	103201
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1138939	0	515557	47029	0	8705619	0	147623	23848	535139
ΣΥΝΟΛΟ	64086035	0	6898474	359805	2573905	163103	245502	51814878	237073	232106	443238	1117951

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2009. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΓΕΙΕΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377222	0	1151729	189882	745301	6212	0	41536629	0	0	288887	458582
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	14005	42010	0	0	0	784774	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	201144	0	118576	25928	0	7138709	0	0	163712	103201
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1615109	0	504772	16365	0	8352763	0	22718	32888	569139
ΣΥΝΟΛΟ	64083035	0	2981987	231892	1368649	48505	0	57812875	0	22718	485487	1130922

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2011. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377222	0	1177380	100945	389792	6212	0	41915424	0	40000	288887	458582
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	840789	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	728183	0	80006	25928	0	6650240	0	0	163712	103201
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	976236	0	237536	16365	0	9266590	0	15000	32888	569139
ΣΥΝΟΛΟ	64083035	0	2881799	100945	707334	48505	0	58673043	0	55000	485487	1130922

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2012. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377222	0	2469261	164697	765805	76112	0	40041717	0	107161	293887	458582
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	840789	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	1248762	89162	126793	40728	20292	5934170	0	0	163712	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	71963	2115664	0	374442	38302	0	7938475	0	20060	46193	508655
ΣΥΝΟΛΟ	64083035	71963	5833687	253859	1267040	155142	20292	54755151	0	127221	503792	1094888

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2013. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44377222	12690	2247067	851726	654840	28413	0	39799374	0	65045	297512	420555
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	172908	171522	0	0	0	496359	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	955214	35165	77584	0	20292	6371652	0	0	163712	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	71963	2074969	64214	479255	40381	0	7816246	0	5060	53011	508655
ΣΥΝΟΛΟ	64083035	84653	5450158	1122627	1211679	68794	20292	54483631	0	70105	514235	1056861

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2014. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ								ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
			ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ		
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44457097	0	523322	430483	609002	9000	0	42157223	0	10000	297512	420555
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	0	0	0	0	840789	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	285753	132974	93773	0	0	6947407	0	0	163712	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1492774	0	280779	66054	0	8689239	0	30060	46193	508655
ΣΥΝΟΛΟ	64162910	0	2301849	563457	983554	75054	0	58634658	0	40060	507417	1056861

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2016. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ								ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
			ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ		
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44457097	127049	1119777	1299008	1154945	0	0	39997549	0	31900	306314	420555
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	38072	0	0	0	0	802717	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	185477	135746	26572	0	0	7140457	0	0	135367	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1185004	87837	293015	47470	0	8927467	0	21113	46193	505655
ΣΥΝΟΛΟ	64162910	127049	2528330	1522591	1474532	47470	0	56868190	0	53013	487874	1053861

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2017. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ								ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
			ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΕΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ		
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44457097	123774	947513	4643291	1230653	80905	17500	36676592	0	0	316314	420555
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	38072	0	0	0	802717	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	300645	70683	180541	0	0	6929383	0	0	135367	134651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1214742	111816	231721	50021	0	8921887	0	31719	46193	505655
ΣΥΝΟΛΟ	64162910	123774	2462900	4863862	1642915	130926	17500	53330579	0	31719	497874	1060861

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2018. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ												
ΕΑΡΙΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ												
ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ	ΕΚΤΑΣΗ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ	ΧΕΙΜΕΡ. ΚΑΛΥΓΕΙΣ	ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	ΒΑΜΒΑΚΙ	ΜΗΔΙΚΗ	ΚΗΠΕΥΤΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧ. ΝΤΟΜΑΤΑ	ΡΥΖΙ	ΤΡΥΤΛΑ	ΜΠΟΣΤΑΝΙΚΑ	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ	ΧΕΡΣΑ
ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ	44460106	0	1077702	6581227	1198396	39214	10000	34831197	0	0	313314	409056
ΚΥΜΙΝΩΝ	840789	0	0	42728	0	0	0	798061	0	0	0	0
ΣΙΝΔΟΥ	7751270	0	349669	127684	202965	0	0	6779589	0	0	163712	127651
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	11113754	0	1600327	146453	226659	51973	0	8458348	0	78146	46193	505655
ΣΥΝΟΛΟ	64165919	0	3027698	6898092	1628020	91187	10000	50867195	0	78146	523219	1042362

Έκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων που υπάγονται στον Τ.Ο.Ε.Β. Χαλάστρας για το έτος 2019. Οι εκτάσεις υπολογίζονται σε m².

ΕΧΤΡΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Εικ.1: Φωτογραφία του αναχώματος της περιοχής.



Εικ.2: Φωτογραφία κατά την λήψη στιγμάτων με GNSS(TOPCON).



Εικ.3: Φωτογραφία (στιγμιότυπο) της εξόδου του νερού από τις αντλίες προς τον Θερμαϊκό κόλπο.



Εικ.4: Φωτογραφία της περιοχής.