

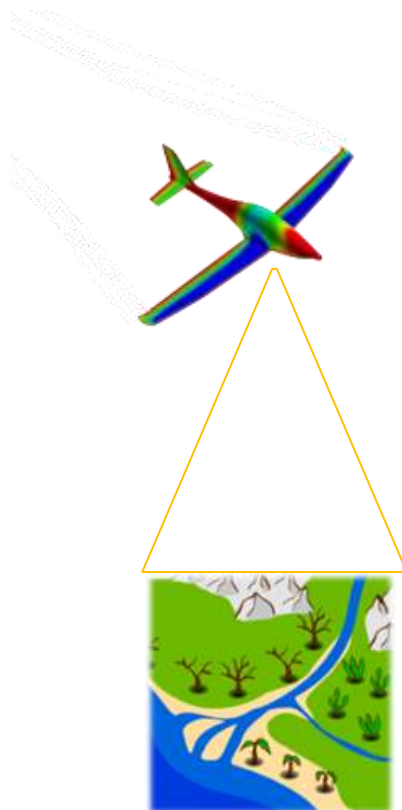


ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Γεωμορφολογική Μελέτη Τμήματος της Δελταϊκής Περιοχής του Πηνειού

Ποταμού (Θεσσαλία)



Πτυχιακή Εργασία των Βελαώρα Γεώργιου και Φυντανίδη Αθανάσιου

Αθήνα, Φεβρουάριος 2018

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πτυχιακή Εργασία:

Γεωμορφολογική Μελέτη Τμήματος της Δελταϊκής Περιοχής του Πηνειού

Ποταμού (Θεσσαλία)

Επιβλέπων Καθηγητής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Παρχαρίδης Ισαάκ

Χαλκιάς Χρήστος

Οι Βελαώρας Γεώργιος και Φυντανίδης Αθανάσιος

δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαστε οι κάτοχοι των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζουμε η εργασία μας δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

- 2)** Αποδεχόμαστε ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μας, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή μελέτη, που έχετε στα χέρια σας, μας ανατέθηκε από τον καθηγητή μας κ. Καρύμπαλη Ευθύμιο. Αποτελεί το επιστέγασμα των σπουδών μας και συνιστά μια προσπάθεια ανάδειξης της συνεισφοράς των σύγχρονων τεχνολογιών στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής Γεωγραφίας.

Η επίβλεψη και καθοδήγηση του κ. Καρύμπαλη και η πολύτιμη συμβολή του κ. Σούλου Θεμιστοκλή, ο οποίος αποδέχτηκε το αίτημά μας για την αεροφωτογράφιση τμήματος του Δέλτα του Πηνειού με το ιδιωτικό του Υπερέλαφρο Αεροσκάφος, συνέβαλαν τα μέγιστα στην επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Η πολυετής υποστήριξη και υπομονή των οικογενειών μας, φίλων και γνωστών μας, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας υπήρξε καθοριστική και σημαδιακή. Συνεπώς η παρούσα εργασία αφιερώνεται σ' όλους αυτούς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	10
Γεωγραφικά-ιστορικά στοιχεία.....	10
Χλωρίδα και πανίδα.....	12
Μορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία.....	13
Τεκτονική Περιοχής Μελέτης.....	17
Τεκτονική Εξέλιξη Περιοχής Μελέτης.....	19
Χρήσεις Γης.....	19
Υδρογραφικό Δίκτυο, Λεκάνη Απορροής και Αποδοχής	21
ΔΕΛΤΑ.....	24
Ταξινόμηση των ποτάμιων Δέλτα.....	24
Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό	24
Ακτογραμμή	25
Αιγιαλοί	25
Παραλιακές ράχες.....	25
Παράκτιες αμμώδεις και χαλικώδεις ζώνες (berms).....	26
Ημισεληνοειδής αμμώδεις ή χαλικώδεις σχηματισμοί (beach cusps).....	28
Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τις ποτάμιες διεργασίες.....	29
Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τις παλίρροιες.....	29

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ.....	30
Παράκτια Κυκλοφορία Ιζήματος και Ισοζύγιο	30
ΥΠΕΡΕΛΑΦΡΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ ΚΑΙ DRONES.....	32
ΓΕΝΙΚΑ	32
Κανονισμός Υπερελαφρών Πτητικών Αθλητικών Μηχανών (ΥΠΑΜ)	32
Κανονισμός - γενικό πλαίσιο πτήσεων Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών- ΣμηΕΑ (Unmanned Aircraft Systems - UAS).	35
Κύρια μέρη των drones και οφέλη χρήσης.....	38
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	41
Αναγνώριση της περιοχής μελέτης.....	41
Σχεδιασμός και εκτέλεση αεροφωτογράφισης	42
Περιορισμοί στην διαδικασία της αεροφωτογράφισης	44
Αεροφωτογράφιση περιοχής μελέτης.....	44
Στις λεπτομέρειες της πτητικής δραστηριότητας	47
Επεξεργασία αεροφωτογραφιών.....	48
Generate Report «Πηνειός».....	51
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	56
Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση.....	56
Παράκτιες και Αιολικές Γεωμορφές.....	56
Σύγχρονες και Παλαιές Κοίτες	58
Διάβρωση και Μετατόπιση Ακτογραμμής.....	61
Ανθρωπογενείς Επεμβάσεις	64
Χρήσεις Γης.....	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	68

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	74

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η χαρτογράφηση και ερμηνεία των αλλαγών τμήματος του Δέλτα του Πηνειού στη Θεσσαλία, που συνέβησαν το χρονικό διάστημα 1997-2017. Για να επιτευχθούν οι στόχοι συλλέχθηκαν δεδομένα και πληροφορίες από ολόκληρη την περιοχή του Δέλτα τόσο από προηγούμενες μελέτες για την περιοχή όσο και από αεροφωτογραφίες του 1997 και τις σύγχρονες του 2017.

Για τους σκοπούς της εργασίας αντλήθηκαν από προηγούμενες μελέτες γεωγραφικά και ιστορικά στοιχεία, μορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία τα οποία περιέχουν δεδομένα για το υδρογραφικό δίκτυο και τις λεκάνες απορροής και αποδοχής. Μελετήθηκε η τεκτονική και η εξέλιξη της στην ευρύτερη περιοχή, και γνωστοποιήθηκαν οι χρήσεις γης. Τα προηγούμενα συγκεντρώθηκαν ώστε να οριστούν εκείνα τα κριτήρια τα οποία θα οδηγήσουν στην πληρέστερη χαρτογράφηση.

Κατασκευάστηκε ένας σύνθετος χάρτης με τις κυριότερες γεωμορφές και τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις μέρους της δελταϊκής πεδιάδας που αφορούν τις αεροφωτογραφίες του 2017. Σημαντικό για την κατασκευή του σύνθετου χάρτη ήταν οι αεροφωτογραφίες του 1997 και η πτήση για την λήψη αεροφωτογραφιών τον Σεπτέμβριο του προηγούμενου έτους. Ο σύνθετος χάρτης απεικονίζει τις μεταβολές που έχουν σημειωθεί στο τμήμα του Δέλτα τα τελευταία 20 χρόνια λαμβάνοντας υπόψη τις ανωτέρω αεροφωτογραφίες και τον γεωμορφολογικό χάρτη της μελέτης των Καρύμπαλη και Γάκη-Παπαναστασίου του 2005.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και χαρτογράφησης ανέδειξαν ότι η δελταϊκή ακτογραμμή νότια των σημερινών εκβολών προελαύνει λόγω της σταδιακής προσαύξησης παράκτιων αμμωδών ράχων σε αντίθεση με την περιοχή των εγκαταλελειμμένων εκβολών (βόρεια του Στομίου) που έχει υποστεί διάβρωση. Συμπληρωματικά η κύρια μεταβολή στην περιοχή είναι η διάβρωση στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης η οποία διαφοροποιεί τα αποτελέσματα της μελέτης του 2005 (από αεροφωτογραφία 1997).

Λέξεις κλειδιά: Γεωμορφολογική, Δέλτα, Πηνειός, Φωτογραμμετρία, Αεροφωτογραφίες.

ABSTRACT

The aim of this work is the mapping and analysis of the changes in a part of Pinios' delta in Thessaly, Greece that has occurred between 1997-2017. In order for this to happen, data and information have been collected from the entire delta area, both from previous studies but also from aerophotographies of 1997 and 2017.

For the purpose, geographic, historical, historical, morphological and geological data have been gathered. The last two contain data for the hydrographic network and the drainage and receiving basins. The tectonic evaluation of the wider area has been studied and the use of the land was made clear. All the above mentioned were gathered in order to define the criteria that will lead to a more detail mapping.

A more complex map with the most important landforms and man made interventions of the delta valley which are referred to the aerophotographies of 2017 was also constructed. The aerophotographies of 1997 and 2017 were important for the construction of this map. This map depicts the changes that have happened in the specific part of delta the last 20 years, taking under consideration the above mentioned aerophotographies and the geomorphological map of Karibalis and Gaki-Papanastasiou from 2005.

The result of this analysis and mapping has shown that the deltaic coastline, south to the present mouth of the river, moves towards the sea, due to the graduate increase of coastal sandy ridges, contrary to the area of abandoned mouth (north of Stomio) that has been eroded. In addition, the main change in the area is the erosion in the north part of it that alternates the results of the study from 2005 (aerophotography of 1997).

Key words: Geomorphological, Delta, Pinios, Photogrammetry, Aerophotographies

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Περίπου το 450 π.χ. , ο Ηρόδοτος ονομάζει την περιοχή των αλλουβιακών αποθέσεων του Νείλου, στις εκβολές του στην Μεσόγειο Θάλασσα, ως δέλτα. Σήμερα, σχεδόν σε όλες τις γλώσσες του κόσμου, αναφέρονται ως δέλτα των ποταμών οι χαρακτηριστικές αυτές γεωμορφές απόθεσης.

Τα δέλτα των ποταμών είναι πολύπλοκα περιβάλλοντα, συνεχώς μεταβαλλόμενα λόγω των πολλών φυσικών παραγόντων που συμβάλλουν στη διαμόρφωση και εξέλιξη τους και πολύ σημαντικά για την παράκτια ζώνη και τις παράκτιες κοινωνίες.

Είναι πολλοί παράγοντες που διαμορφώνουν τα ποτάμια δέλτα και πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Αρχικά η μεταφορά ιζήματος από την λεκάνη απορροής μέσω του ποταμού (διαμορφώνεται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, την βλάστηση, τις ανθρώπινες διεργασίες, την λιθολογία της λεκάνης απορροής κ.α.) και τελικά από τις συνθήκες που επικρατούν στην θαλάσσια περιοχή που εκβάλλει ο ποταμός (βαθυμετρία, κύματα, παράκτια ρεύματα, παλίρροιες).

Στα δέλτα συγκεντρώνονται γεωργικές, αλιευτικές και τουριστικές δραστηριότητες. Συνεπώς έχουν ιδιαίτερη σημασία στην κοινωνική και οικονομική ζωή για τους ανθρώπους που δραστηριοποιούνται σε αυτά και στις περιοχές γύρω από αυτά. Η ανθρώπινη δραστηριότητα αποτελεί σήμερα, τον σημαντικότερο παράγοντα στην εξέλιξη των δέλτα, γιατί τόσο με άμεσες όσο και έμμεσες επεμβάσεις, αλλάζει την ισορροπία των φυσικών διεργασιών και έτσι δυσχεραίνεται η ανάπτυξη και η φυσική εξέλιξη των δέλτα.

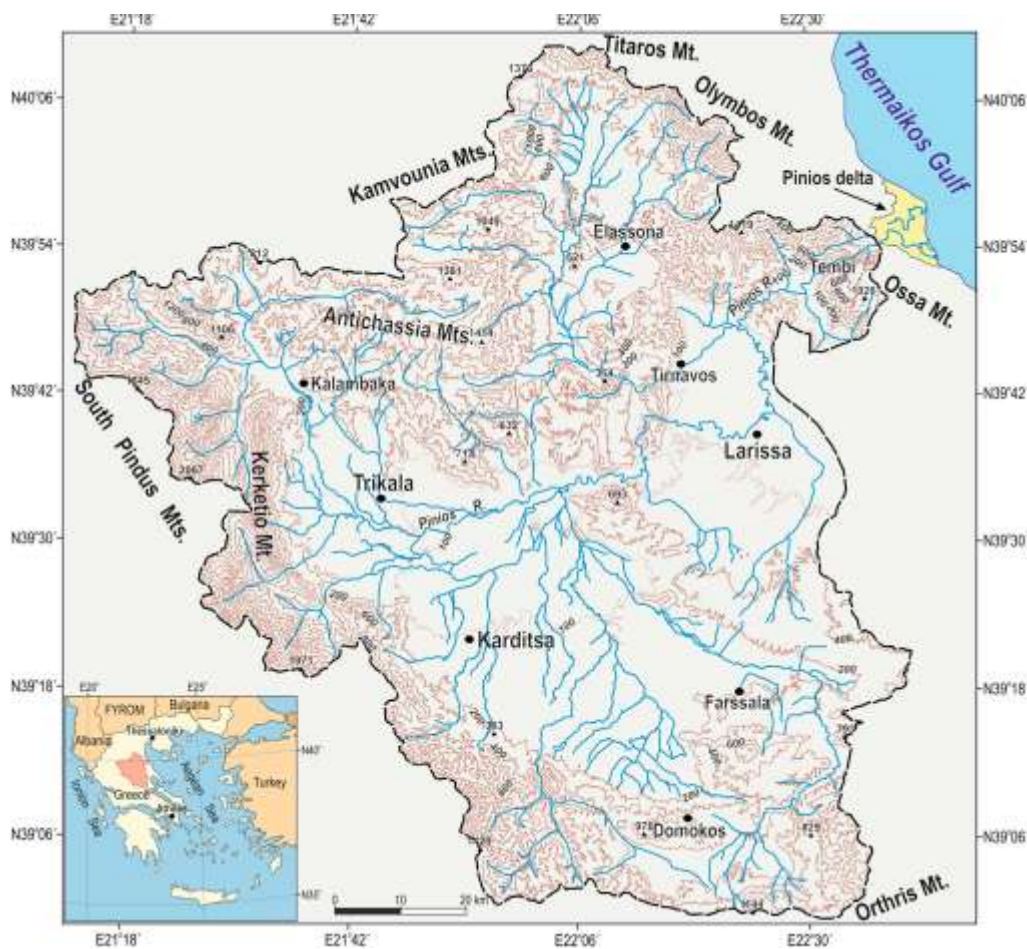
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της γεωμορφολογίας τμήματος του δέλτα του ποταμού Πηνειού στην Θεσσαλία και η εξέταση των διαχρονικών μεταβολών των ακτογραμμών και των κοιτών του ποταμού κοντά στην παράκτια ζώνη. Πέραν της αποτύπωσης των γεωμορφών γίνεται μια προσπάθεια ανάδειξης του σημαντικού ρόλου που έχουν οι νέες τεχνολογίες και η μεγάλης ανάλυσης αεροφωτογράφιση στην αποτύπωση γεωμορφών και ανθρωπογενών επεμβάσεων.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Γεωγραφικά-ιστορικά στοιχεία

Ο Πηνειός ποταμός διατρέχει ένα μεγάλο μέρος της Θεσσαλίας. Έχει τις πηγές του στις ανατολικές πλαγιές της οροσειράς της Πίνδου, από το Λάκμο, διασχίζει τη Θεσσαλική πεδιάδα, κοντά στην Καλαμπάκα και περνά νότια των Τρικάλων. Μέσω του στενού φαραγγιού μεταξύ Ζάρκου και Τιτάρου φθάνει στην πεδιάδα της Λάρισας, την κοιλάδα των Τεμπών και για να εκβάλει στο Θερμαϊκό κόλπο, νοτιοανατολικά του όρους Όλυμπος, μεταξύ των οικισμών Στομίου και Παλαιοπύργου. Στις εκβολές του σχηματίζεται το “Δέλτα Πηνειού” με άνοιγμα πάνω από 10 χιλιόμετρα περίπου στο θαλάσσιο μέτωπο.

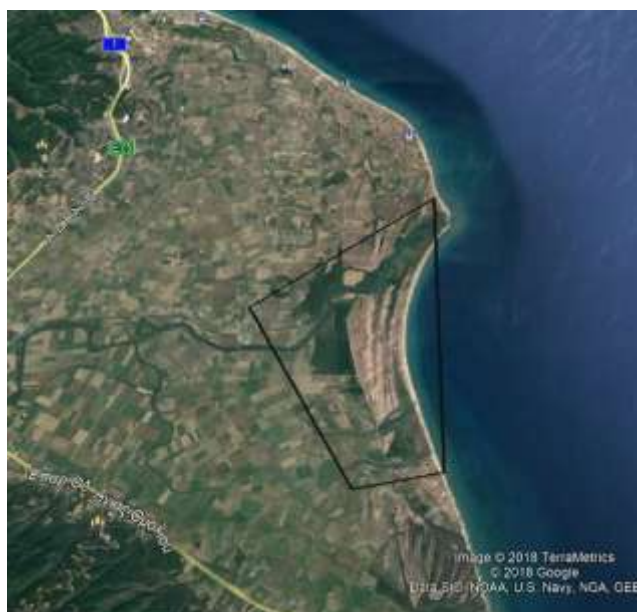
Πιο συγκεκριμένα, το δέλτα του Πηνειού ποταμού βρίσκεται στις νοτιοδυτικές ακτές του Θερμαϊκού κόλπου, στην βόρειο-δυτική πλευρά του Αιγαίου πελάγους



Εικόνα 1. Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Πηνειού. (τροποποιημένο από Karymbalis et al., 2016)

Η περιοχή που επιλέχθηκε για την αεροφωτογράφιση φαίνεται στην επόμενη εικόνα και αποτελεί ένα πολύγωνο, οι συντεταγμένες των κορυφών του, φαίνονται στον Πίνακα 1.

Είναι αρκετά μικρότερη σε σχέση με ολόκληρη την δελταϊκή περιοχή γιατί το κόστος της διαδικασίας της αεροφωτογράφισης θα ήταν πάρα πολύ μεγάλο. Παρόλα αυτά η αεροφωτογραφίες, που συλλέχτηκαν, είναι περίπου 300.



Εικόνα 2. Εικόνα από το Google Earth με το πολύγωνο ενδιαφέροντος

Σημείο	Γεωγ. πλάτος	Γεωγ. μήκος
ΒΑ	39 59 22	22 42 52
ΒΔ	39 55 12	22 40 57
ΝΔ	39 53 39	22 42 20
ΝΑ	39 53 49	22 43 16

Πίνακας 1

Τα όρια της περιοχής του δέλτα είναι το φαράγγι των Τεμπών (δυτικό όριο), οι βόρειες παρυφές της Όσσας (νότιο όριο) και οι νότιο-ανατολικές παρυφές του Όλυμπου (βόρειο όριο). Το νότιο όριο του δέλτα είναι ρηξιγενής ζώνη διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ που ξεκινά από τα Τέμπη διέρχεται νότια του Στομίου. (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ., 2013)

Λόγω της θέσης του, κοντά στο «σπίτι» των θεών των αρχαίων Ελλήνων, μελετήθηκε και παρατηρήθηκε από τους αρχαίους χρόνους και για αυτό μπορούμε να βρούμε αναφορές από ιστορικούς όπως ο Ηρόδοτος. Σε αυτές μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα για τις αλλαγές που έχει υποστεί το δέλτα στον χρόνο, εξαιτίας των υλικών που φέρνει ο ποταμός και όλων των άλλων στοιχείων που διαμορφώνουν τα δέλτα.

Στην εικόνα φαίνεται ο οικισμός του Ομολίου που ήταν παραθαλάσσιος, ο οικισμός της Αιγάνης οπού ήταν οι εκβολές του Πηνειού ποταμού, την περίοδο της Αργοναυτικής Εκστρατείας και η σημερινή κατάσταση, που οι εκβολές του Πηνειού έχουν φτάσει μέχρι το

ύψος του οικισμού του Στομίου, από τα φερτά υλικά που μεταφέρει ο Πηνειός ποταμός. Η περιοχή κατοικείται από την παλαιολιθική εποχή και αυτό το αποδεικνύει ο αρχαιολόγος Μιλίοιτσιτς, με την ανακάλυψη λίθινων εργαλείων. Πολύ αργότερα κατοικούσαν οι Αιολείς, οι Δωριείς αλλά και Ρωμαίοι, Γότθοι, Νορμανδοί, μέχρι και Τούρκοι (Οικονόμου, 2005).

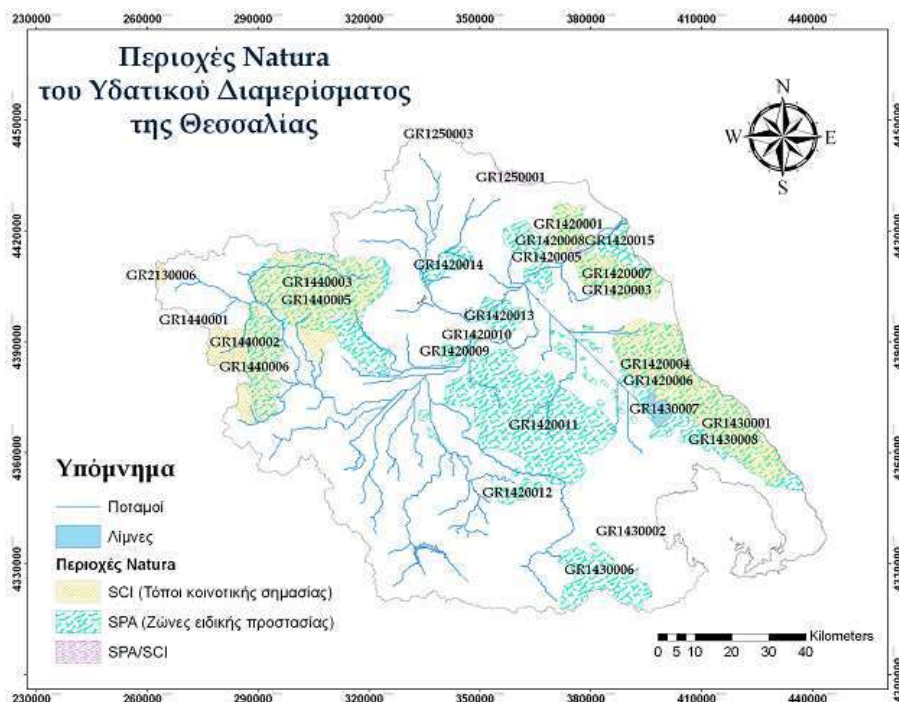


Εικόνα 3. Χάρτης της περιοχής του Δέλτα του Πηνειού

Όπως επιβάλλει η ανάπτυξη και η αύξηση του πληθυσμού, μεγάλο μέρος της περιοχής του δέλτα μετατράπηκε σε γεωργικές εκτάσεις. Η ανάγκη για έργα προστασίας της νέας αγροτικής γης, οδήγησε στην κατασκευή της τάφρου Σμίξη. Μετά από λίγα χρόνια όταν άρχισε να αναπτύσσεται ο τουρισμός και ξεκίνησε δημιουργία κτηρίων. Τα παραπάνω είχαν σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση των υδροτόπων, την μείωση της παροχής της ποσότητας φερτών υλικών από το νερό (Οικονόμου, 2005).

Χλωρίδα και πανίδα

Είναι χαρακτηριστικό των δέλτα, η πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Παρόλη την ανθρώπινη επέμβαση στην περιοχή, η διαφύλαξη της βιολογικής ποικιλότητας και στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του δέλτα του Πηνειού έγινε από νωρίς αντιληπτή και στην περιοχή ισχύουν καθεστώτα προστασίας διαφόρων διεθνών συμβάσεων, όπως της Βόννης, της Βέρνης, της Βαρκελώνης, της Ουάσιγκτον (CITES), είναι Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ), συμπεριλαμβάνεται στη λίστα των βιοτόπων CORINE (1988) και είναι περιοχή “ειδικής προστασίας” σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ, και περιοχή Natura 2000 (GR1420002).

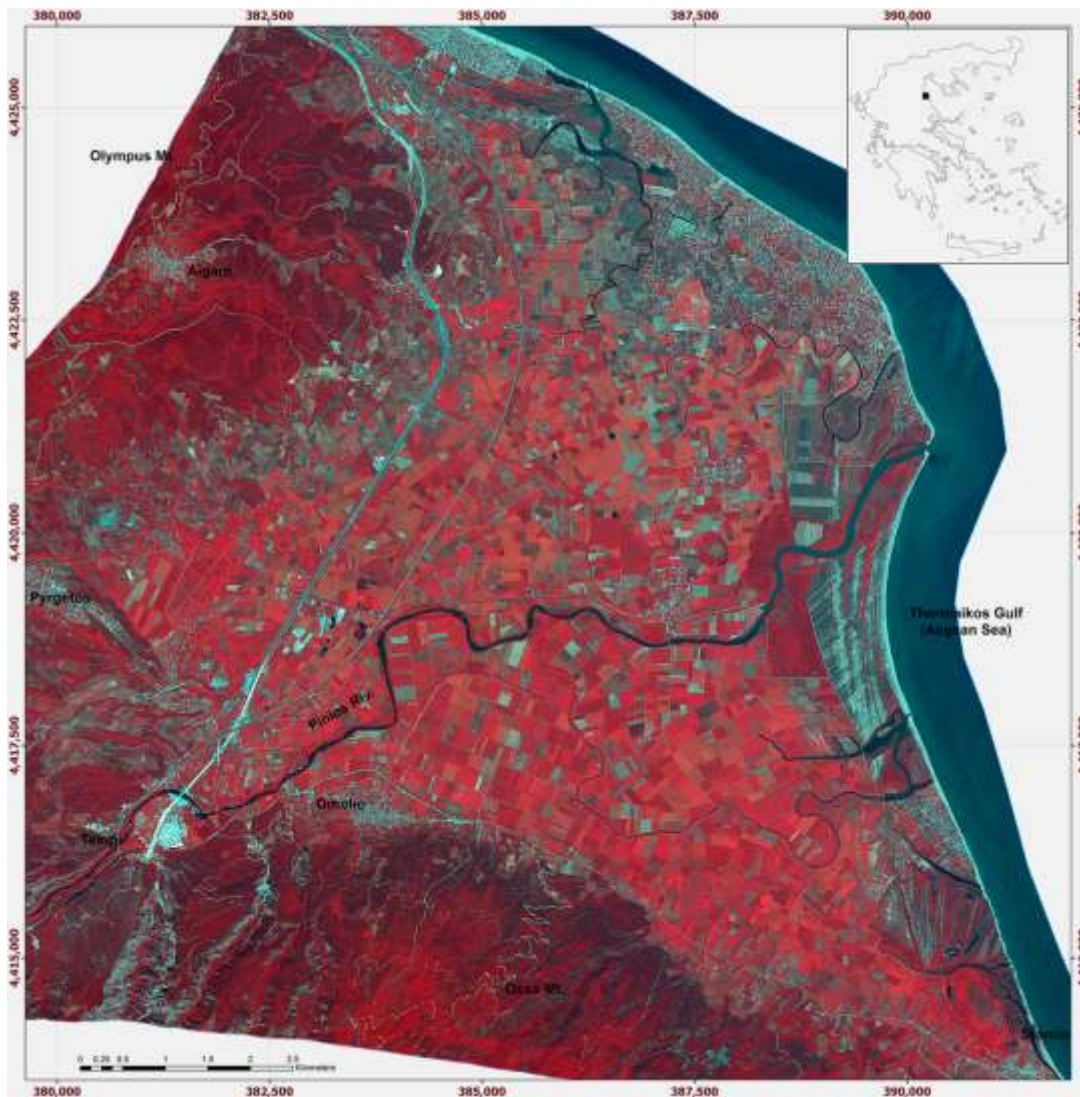


Εικόνα 4. Περιοχές Natura του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (Πηγή: www.geodata.gov.gr)

Στο Δέλτα συναντώνται πλούσιοι υγρότοποι, άγριες ελιές, καλλιεργούμενους ελαιώνες, βοσκοτόπια, δάση στην κοίτη του ποταμού και κοντά στην ακτή, αμμοθίνες και αμμώδεις χερσότοπους. Ανήκει στις Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΣΠ), (ICBP-IWRB) γιατί παρατηρήθηκαν αρπακτικά πουλιά που φωλιάζουν εκεί και παρυδάτια είδη πτηνών. Το ίδιο ισχύει και από την ιχθυοπανίδα των γλυκών και των αλμυρών νερών της περιοχής, δηλαδή είναι ποικίλη σε πληθυσμούς και σε είδη (Οικονόμου, 2005).

Μορφολογικά και γεωλογικά στοιχεία

Το ίδιο το δέλτα αποτελείται από αλουβιακές δελταϊκές αποθέσεις Ολόκαινης ηλικίας. Όπως όλα τα δέλτα της Ανατολικής Μεσογείου ξεκίνησε να διαμορφώνεται με την σταθεροποίηση της θαλάσσιας στάθμης περίπου 5000 έτη πριν από σήμερα. Αλπικοί και μεταλικοί γεωλογικοί σχηματισμοί παρατηρούνται περίξ στο δέλτα του Πηνειού, στην λεκάνη απορροής. (Εικ. 5). Μπορούμε να τους εντάξουμε σε τρεις (3) γεωτεκτονικές ενότητες, η πρώτη είναι της Όσσας-Ολύμπου (ομώνυμες παρυφές), η δεύτερη είναι των Αμπελακίων (δυτικά) και η τρίτη της Πελαγονικής (νότια) (Μιγκίρος 1983, Κατσικάτσος & Μιγκίρος 1987).



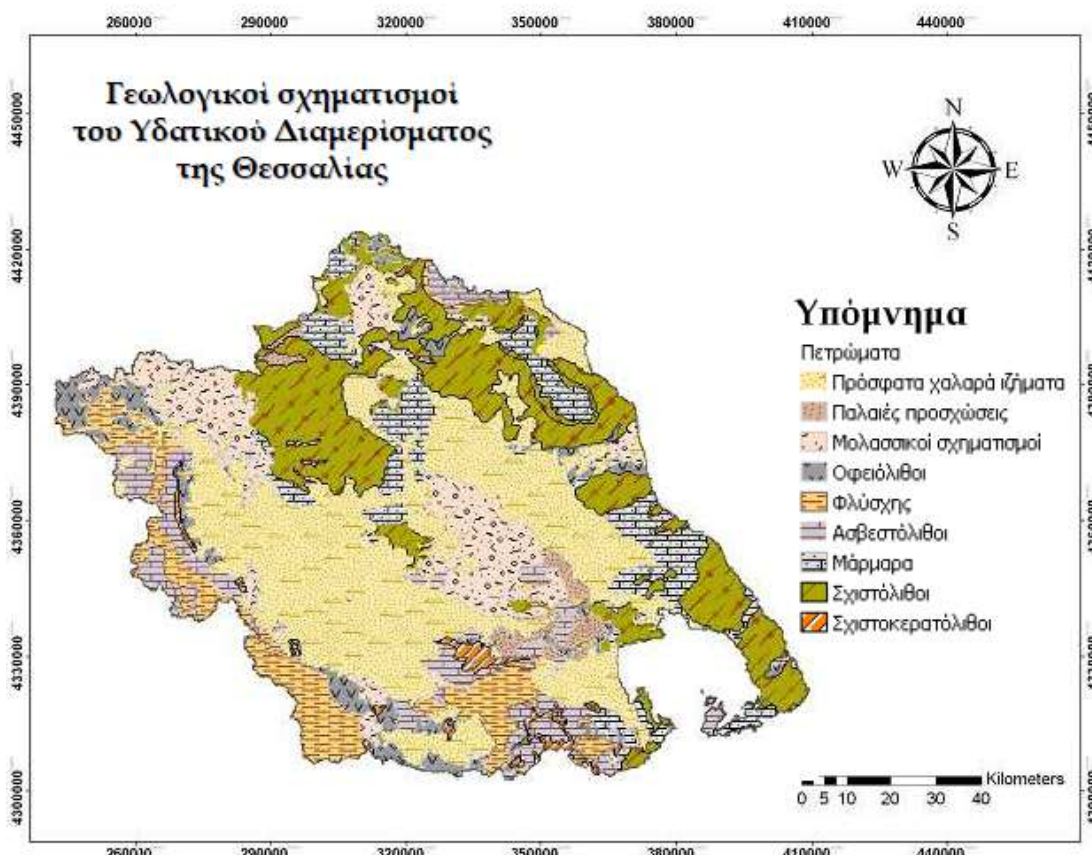
Εικόνα 5. Δορυφορική εικόνα Worldview-2 (χωρικής διακριτικής ικανότητας 0,5m.), της δελταικής περιοχής και των περιθωρίων της, όπου είναι εμφανείς οι αντιθέσεις που δημιουργούν οι διάφορες γεωμορφολογικές δομές. (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ)

Η ενότητα Ολύμπου – Όσσας είναι παλαιότερη των υπολοίπων και βρίσκεται κάτω από τους μεταμορφωμένους σχηματισμούς των ενοτήτων Αμπελακίων και Πελαγονικής. Περιλαμβάνει (α) κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους Ιουρασικού-Μέσου Ηωκαίνου με παρεμβολές φυλλιτών και (β) επιζωνικά μεταμορφωμένο φλύσχη Μέσου Ηωκαίνου με φυλλίτες, σχιστόλιθους και σχιστοψαμμίτες με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστολίθων και ολισθολίθους της ανθρακικής σειράς της ίδιας ενότητας (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ., 2013).

Υψηλές πιέσεις και χαμηλές θερμοκρασίες δημιούργησαν τους σχηματισμούς της ενότητας των Αμπελακίων κατά την γλαυκοφανιτική φάση. Οι οποίοι περιλαμβάνουν κυανοσχιστόλιθους, γνευσισχιστόλιθους - γνευσίους και πρασινίτες με ενστρώσεις αδρομερών μαρμάρων (Ραπαϊκόλαου 1984, Schermer 1990). Εμφανίζονται έντονα

πτυχωμένοι, τεκτονισμένοι και εξ αλλιωμένοι Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ., 2013).

Αντίστοιχα και στην Πελαγονική έχουμε μεταμορφωμένους και πτυχωμένους σχηματισμούς, που περιλαμβάνουν (i) μεταμορφωμένα βασικά οφιολιθικά πετρώματα του προανωκρητιδικού τεκτονικού καλύμματος και (ii) ανωκρητιδικά μάρμαρα (Κατσικάτσος & Μιγκίρος 1987). Οι περιοχές της Ραψάνης, Πυργετού και Στομίου παρατηρούνται τεκτονισμένα και πτυχωμένα ανωκρητιδικά μάρμαρα πάνω σε οφιολιθικά πετρώματα τα οποία αποτελούνται από αμφιβολίτες, αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους και πρασινίτες.

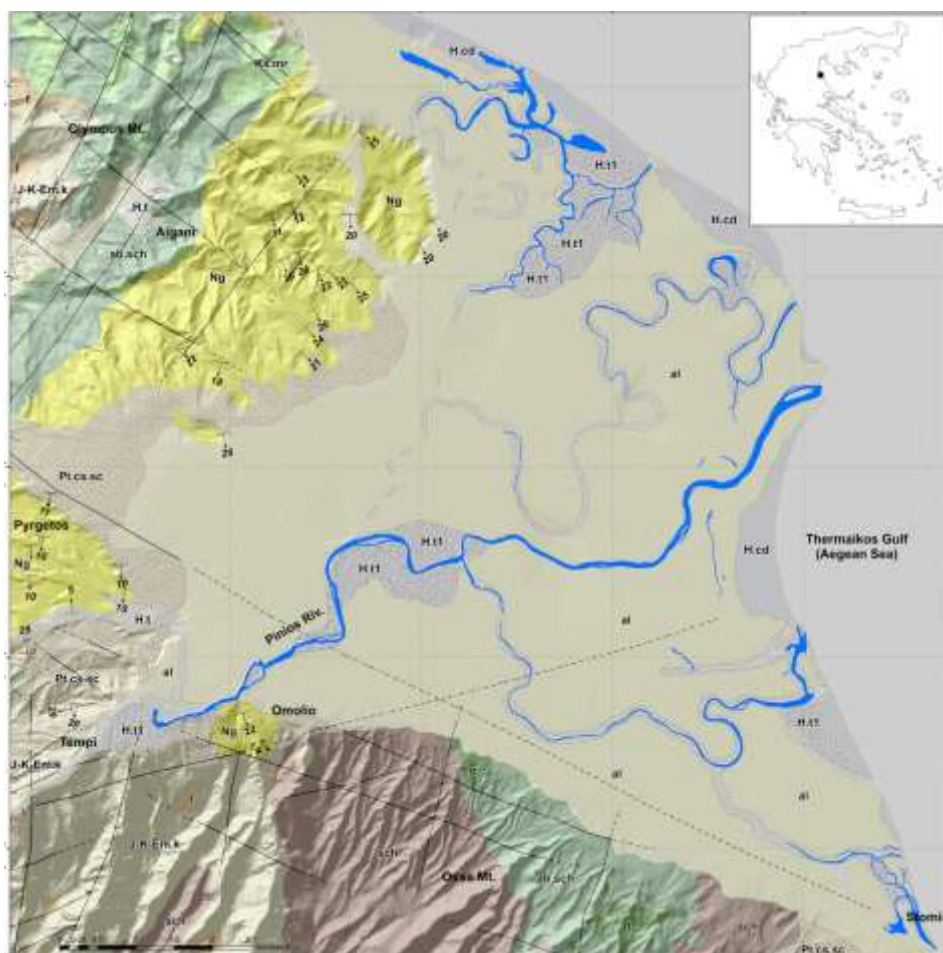


Εικόνα 6. Γεωλογικοί σχηματισμοί του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (Πηγή: Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000)

Τα μέλη της Πελαγονικής ενότητας βρίσκονται επωθημένα πάνω σε σχηματισμούς της ενότητας Αμπελακίων (Ραρανικόλαου 1984). Μεταγενέστερα, οι σχηματισμοί των ενότητων των Αμπελακίων και Πελαγονικής «πέρασαν» πάνω από τους σχηματισμούς της ενότητας Ολύμπου- Όσσας.

Οι μεταλλικοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν Νεογενείς, Πλειστοκαινικές και Ολοκαινικές αποθέσεις (Κατσικάτσος & Μιγκίρος 1987). Στην περιοχή Πυργετού και Αιγάνης

παρατηρούνται Νεογενείς που αποτελούνται από μάργες ενώ προς τα ανώτερα μέλη οι μάργες μεταβαίνουν σε ψαμμίτες και κροκαλοπαγή ποικίλης λιθολογικής σύστασης, με εμφανή στρώση και στη συνέχεια σε ερυθροχώματα, στους ορεινούς όγκους παρατηρούνται Πλειστόκαινικές οι οποίες συνίστανται από αδρομερή υλικά, κυρίως κροκαλολατυποπαγή και στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής Ολοκαινικές αποθέσεις που αποτελούνται από άμμους, κροκαλοπαγή και αργίλους .



Εικόνα 7. Μορφολογικός, λιθολογικός και τεκτονικός χάρτης του δέλτα του Πηνειού ποταμού και της ευρύτερης περιοχής, στον οποίο διακρίνονται οι εξής σχηματισμοί: Παράκτιες αποθέσεις (H.cd), Ποτάμιες αναβαθμίδες (H.t και H.t1), Αλλουβιακές αποθέσεις (ai), Παλαιοί κώνοι κορημάτων (Pt.cs.sc), Νεογενή (Ng), Φλύσχη (f), Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι (J-K-Em.k), Κυανοσχιστόλιθοι (sch), Μάρμαρα ((Ks.mr), Αμφιβολίτες (ab.sch), Σερπεντινίτες (σ). (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι και Δίλαλος Σ).

Στους ορεινούς όγκους συναντώνται περισσότερο κροκαλόπαγή, και αξίζει να αναφερθεί ότι δημιουργήθηκαν αναβαθμίδες (περίπου ανά πέντε (5) μέτρα), από την συνεχή αλλαγή ροής του Πηνειού. Οι παράκτιοι σχηματισμοί αποτελούνται από άμμους και μερικές τοποθεσίες άμμοι και αργιλικό υλικό, καθώς παρατηρούνται και θίνες μεγάλου μήκους σε κάποιες άλλες. Τα πλευρικά κορημάτα και οι κώνοι κορημάτων αποτελούνται από αργίλους, κοκκινοχώματα, άμμους και κροκαλοπαγή διαφορετικής σύστασης και μεγέθους.

Στο επίπεδο τμήμα του σχηματιζόμενου δέλτα και κατά μήκος της κοίτης του Πηνειού, παρατηρείται έντονη καμπυλότητα στη ροή του ποταμού μέχρι τη συμβολή του με τη θάλασσα (Gaki- Papanastassiou et al, 2010). Τέλος υπάρχουν μαιάνδροι που έχουν αποκοπεί από την σύγχρονη κοίτη του Πηνειού, κυρίως βορειότερα του. Αντίθετα, νοτιότερα ο μαιανδρισμός δεν είναι τόσο έντονος και ρέει μεγάλη ποσότητα νερού.

Τεκτονική Περιοχής Μελέτης

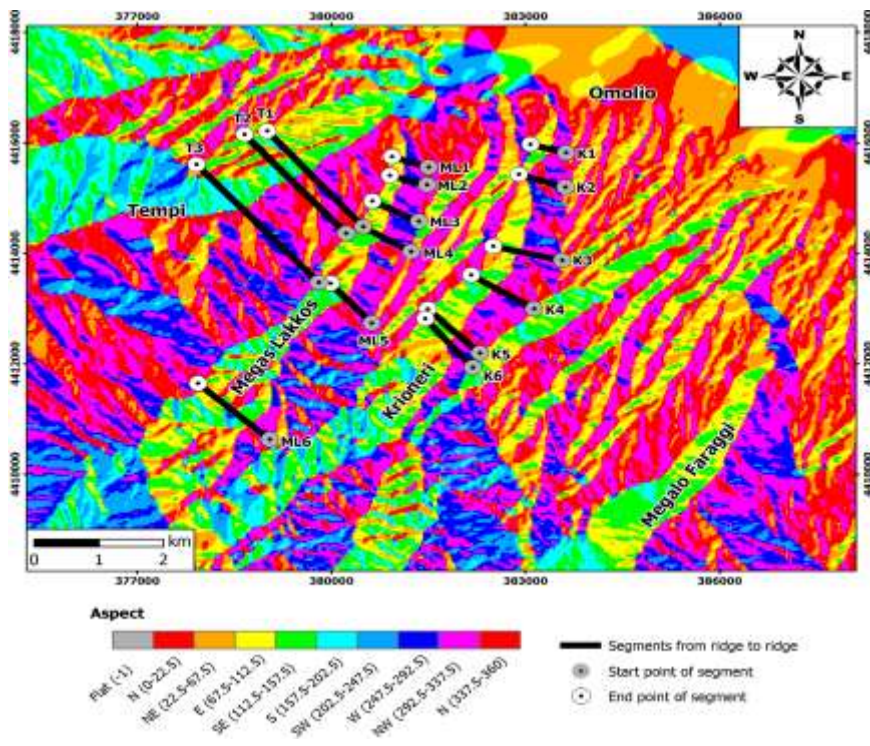
Γεωλογική αναγνώριση και γεωφυσική έρευνα της περιοχής του δέλτα του Πηνειού έδειξαν πως στα νότια, υπάρχει μια σχετική γραμμικότητα στους σχηματισμούς της Όσσας με τους μεταλλικούς σχηματισμούς και έτσι «δεν μπορεί να τεκμηριωθεί η ύπαρξη ρήγματος ή/και κάποιου είδους τεκτονικής δραστηριότητας». Επίσης στα βόρεια της Όσσας και ανατολικά του Πυργετού παρατηρήθηκε μια γραμμική ασυνέχεια και στην βορειοδυτική προέκταση αυτής, ένα ρήγμα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Όμως, υπάρχει και μία τεκμηριωμένη τεκτονική δομή, νοτίως του Ομολίου, με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Η οποία αποτελεί και πιθανός λόγος της διάνοιξης του φαραγγιού των Τεμπών και για την σημερινή θέση ρηξιτεμαχών ανατολικά της Αιγάνης και βόρεια του Πυργετού. Τα τελευταία είναι καλυμμένα από τις ποτάμιες αποθέσεις. Τέλος, ρήγματα εμφανίζονται και αλλού, όπως στην περιοχή Πυργετός- Αιγάνης και στα βόρεια του δέλτα.

Όπως το σύνολο της χώρας, έτσι και η περιοχή γύρω από το Δέλτα του Πηνειού, παρουσιάζει γεωμορφολογικές δομές με έντονες εναλλαγές στο υψόμετρο. Νότια της περιοχής υπάρχουν τέσσερα φαράγγια, που είναι σχεδόν παράλληλα μεταξύ τους. Ξεκινώντας από τα δυτικά προς τα ανατολικά, έχουμε το φαράγγι των Τεμπών, τον Μεγάλο Λάκκο, το Κρουονέρι και το Μεγάλο Φαράγγι. Τα παραπάνω φαράγγια είναι κάθετα στο ρήγμα που βρίσκεται νότια του Ομολίου (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ., 2013).

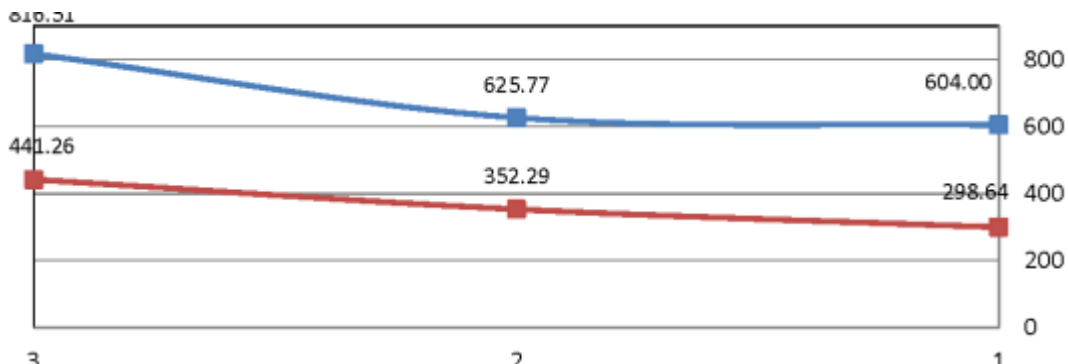


Εικόνα 8. Πανοραμική άποψη του νότιου περιθωρίου της δελταϊκής περιοχής του Πηνειού κοιτώντας προς ΝΔ, από το φαράγγι των Τεμπών έως και το Ομόλιο. Διακρίνονται τα φαράγγια των Τεμπών, του Μέγα Λάκκου και του Κρουονερίου από ΒΔ προς ΝΑ αντίστοιχα. (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ.).



Εικόνα 9. Χάρτης προσανατολισμού πρανών, όπου απεικονίζονται τα ευθύγραμμα τμήματα ταύτισης των κορυφογραμμών και η αρχή και το τέλος των τμημάτων αυτών (πηγή: Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ.).

Στον χάρτη προσανατολισμού πρανών, επιλέχθηκαν θέσεις εκατέρωθεν των κοιλάδων, οι οποίες πριν από τις αποκολλήσεις των τεμαχών, φαίνεται να αλληλοσυμπληρωνόταν. Έπειτα, έχει μετρηθεί το μήκος της διάνοιξης μεταξύ αυτών των θέσεων και σημειώθηκαν τα υψόμετρα αυτών. Εστιάζοντας στα στοιχεία που αφορούν την κοιλάδα των Τεμπών, παρατηρείται ότι τα υψόμετρα των σημείων αλλάζουν ομαλά και από τις δύο πλευρές. Επίσης υπάρχουν μόνο τρεις θέσεις που ταυτίζονται μορφολογικά και αυτό συμβαίνει μεγάλη γωνία περιστροφής του αποκολλημένου (ΒΔ) τεμάχου.



Εικόνα 10. οι αποκλίσεις των υψομέτρων των κορυφογραμμών στην αρχή και το τέλος του ευθύγραμμου τμήματος (πηγή: Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ.).

Τεκτονική Εξέλιξη Περιοχής Μελέτης

Οι ορεινοί όγκοι της Θεσσαλίας δημιουργήθηκαν κατά την διάρκεια των συμπιεστικών τεκτονικών γεγονότων, από το Ηώκαινο ως το Μέσο Μειόκαινο. Αργότερα, δηλαδή από το Πλειόκαινο ως το Κατώτερο Πλειστόκαινο, εφελκυστικές τάσεις δημιουργούν την Πλειόκαινική λίμνη στην περιοχή της Λάρισας και «ξεκινάει η απόθεση των Νεογενών σχηματισμών».

Η παραπάνω λίμνη δεν αποστραγγίζεται μέχρι και το Βιλαφράγγιο. Μετά το Βιλαφράγγιο δημιουργείται υδρογραφικό δίκτυο και σχηματίζει τον Παλιό Πηνειό, ο οποίος δεν περνά από την κοιλάδα των Τεμπών. Επίσης, το δέλτα του είναι νοτιότερα της Όσσας. Το ίδιο «εφελκυστικό εντατικό πεδίο» ενεργοποιεί την ρηξιγενή ζώνη του Πυργετού και παραμορφώνεται το τέμαχος που κατέρχεται. Επιπλέον, δημιουργούνται και τα φαράγγια της περιοχής. Μετά από την δημιουργία πολλών και μεγάλων ασυνεχειών και τελικά ο Πηνειός βρίσκει διέξοδο από τα Τέμπη προς την θάλασσα.

Συμπερασματικά, το δέλτα του Πηνειού διαμορφώνεται από ρηγματογόνο τεκτονισμό, την δημιουργία του φαραγγιού των Τεμπών και την παροχή υλικών από τον ποταμό (Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ., 2013).

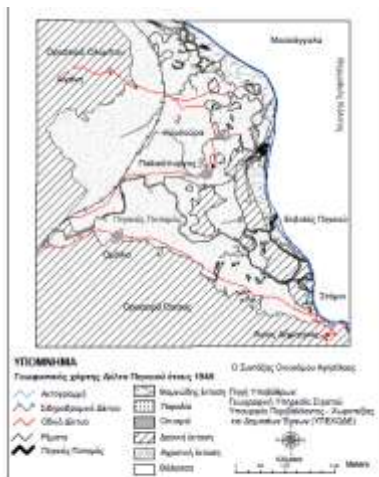
Χρήσεις Γης

Όπως σε πολλές περιοχές στην χώρα μας, έτσι και στην περιοχή του Δέλτα Πηνειού, η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει συμβάλει στην υποβάθμιση των φυσικών της πόρων (Οικονόμου, 2005). Και το αποτέλεσμα, δεν είναι άλλο, από την απειλή με εξαφάνιση τόσο της χλωρίδας όσο και της πανίδας, που συνθέτουν το υδροβιότοπο των εκβολών του Πηνειού. Η σημαντικότερη αιτία για τα παραπάνω είναι η δόμηση, τόσο νέων οικισμών όσο και η εξάπλωση των παλαιότερων. Η δεύτερη αιτία είναι τα επακόλουθα από την καλλιέργεια, την μεταποίηση και τον τουρισμό (Αγγελίδης Μ. 2004).

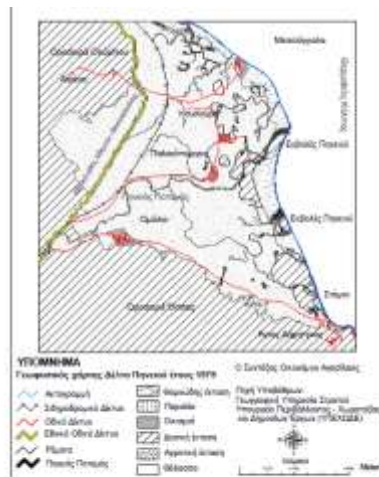
Στην μερική καταστροφή του περιβάλλοντα χώρου έχουν συντελέσει και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες π.χ. οι αμμοληψίες, η επέκταση των αγροτικών καλλιεργειών (με επιχωματώσεις), η τοποθέτηση εκτροφείων αμνοεριφίων, το παράνομο κυνήγι, η παράνομη υλοτομία (Ζαλίδης Χ.Γ. και Α.Λ. Μαντζαβέλας, 1994), η οικοπεδοποίηση, και η υπερβόσκηση. Ο τρόπος για να γίνουν όλα τα παραπάνω είναι το κόψιμο των δένδρων, οι πυρκαγιές, και η

τοποθέτηση των κοπαδιών των ζώων στην περιοχή. Από την άλλη μεριά, ο πληθυσμός μεγάλωνε και απαιτούνταν διάφορα έργα. Κατασκευαστήκαν χώροι στάθμευσης, δρόμοι και αντιπλημμυρικά έργα που δεν συνάδουν με το υδροβιότοπο και γενικότερα με το ποταμό. Τέλος η υπεραλίευση, κάτι που συμβαίνει σε όλες τις θάλασσές μας, μείωσε πάρα πολύ την ποσότητα των ειδών των ψαριών που ζούνε στο δέλτα, τόσο στο θαλασσινό όσο και στο γλυκό νερό (Βοϊβόνδα Α., Γκιώνης Γ., 2001).

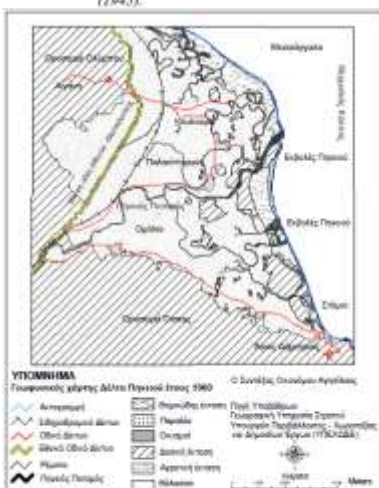
Όλα τα προηγούμενα και σε συνδυασμό με την ρύπανση των υδάτων από τα αστικά και αγροτικά απόβλητα, τα απόβλητα των βιομηχανιών και των κτηνοτροφικών μονάδων (λόγω του ότι η Λάρισα είναι μία από τις μεγαλύτερες πόλεις της χώρας μας, με συνεχόμενη ανάπτυξη) το νερό του Πηνειού περιέχει χαμηλό διαλυμένο οξυγόνο, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνία και ίσως και βαρέα μέταλλα (ΔΕΥΑΛ,1996,1997,1998).



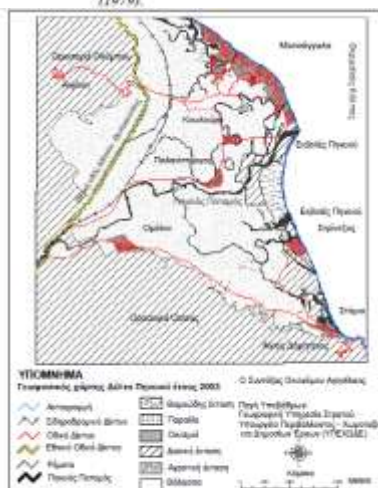
Γράφημα 1: Γεωγραφικός χάρτης περιοχή Δέλτα Πηνειού ποταμού (1945).



Γράφημα 3: Γεωγραφικός χάρτης περιοχή Δέλτα Πηνειού ποταμού (1979).



Γράφημα 2: Γεωγραφικός χάρτης περιοχή Δέλτα Πηνειού ποταμού (1960).



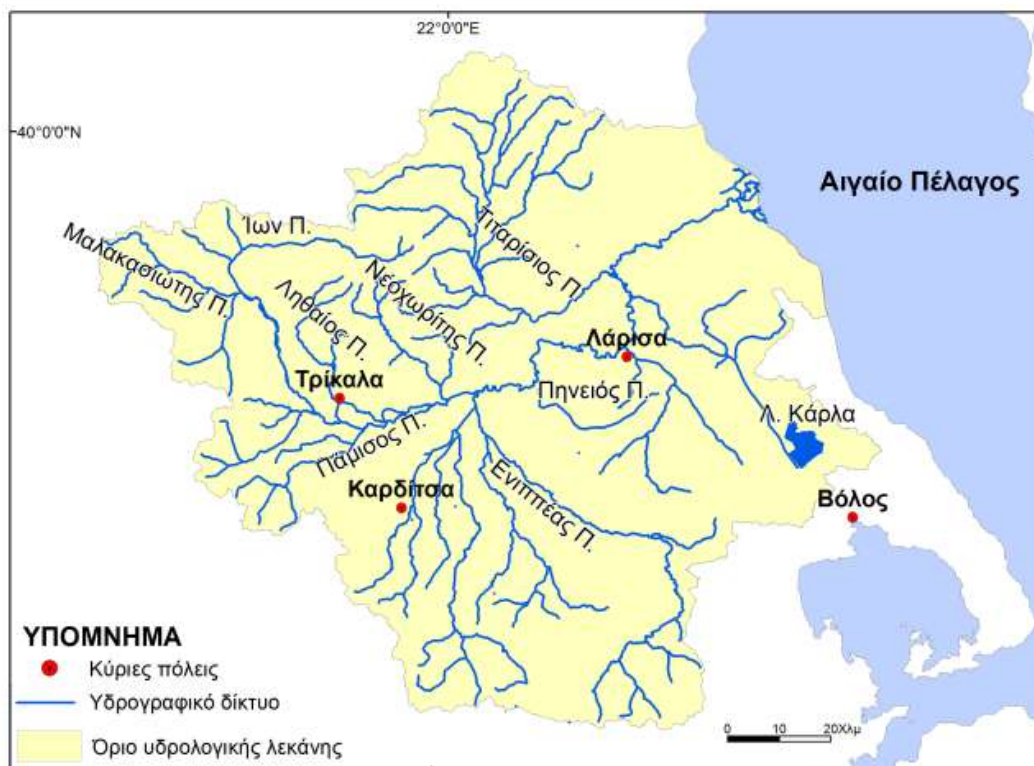
Γράφημα 4: Γεωγραφικός χάρτης περιοχή Δέλτα Πηνειού ποταμού (2003).

Εικόνα 11. Χάρτες της περιοχής του Δέλτα Πηνειού κατά τα έτη 1945, 1960, 1979 και 2003 όπου αποτυπώνεται οι αλλαγές στην χρήση γης (ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ 2005).

Στις παραπάνω εικόνες που αφορούν τα έτη 1945,1960,1979 και 2003 παρατηρείται η ανάπτυξη των οικισμών, η επέκταση του οδικού δικτύου, η αλλαγή της ακτογραμμής, η αλλαγή της κοίτης του Πηνειού ποταμού και η αλλαγή των εκβολών αυτού. Σίγουρα μέσα στο πέρασμα του χρόνου έχουν καταστραφεί και διάφορα ρέματα και μικρές λίμνες, που συνέθεταν το περιβάλλον του δέλτα.

Υδρογραφικό Δίκτυο, Λεκάνη Απορροής και Αποδοχής

Καθώς ο Πηνειός είναι ο 3^{ος} μεγαλύτερος ποταμός της χώρας, η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 10.704Km². Επίσης δεν παρουσιάζει την ίδια αναλογία περιοχής δέλτα με λεκάνη αποστράγγισης, σε σχέση με άλλα μεγάλα ποτάμια. Παρόλα αυτά το δέλτα του ποταμού είναι ένα καλοσηματισμένο δέλτα.



Εικόνα 12. Οι κύρια κοίτη του ποταμού και οι κύριοι παραπόταμοί του (Σκληλοδήμου 2014).

Η κοιλάδα των Τεμπών έχει σταματήσει ένα μεγάλο όγκο ποτάμιων ιζημάτων, δημιουργώντας ένα επίπεδο βάσης για την λεκάνη απορροής του Πηνειού. Και για αυτό το Δέλτα είναι μικρής έκτασης σε σχέση με την λεκάνη αποστράγγισης (Σκληλοδήμου 2014).

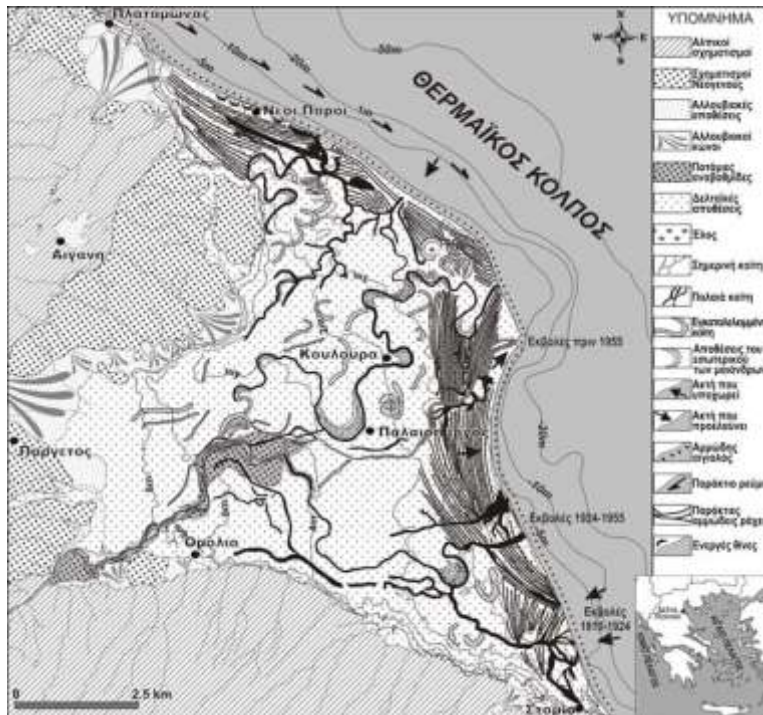
Όπως είναι γνωστό στην Ελλάδα, η Πίνδος παίζει σημαντικό ρόλο στα καιρικά φαινόμενα και για αυτό παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στα χιλιοστά βροχής ανά έτος, στη

περιοχή του Δέλτα σε σχέση με την ορεινή περιοχή του ποταμού. Η πρώτη είναι περίπου 400mm και η δεύτερη περίπου 1600mm. Επίσης η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής είναι περίπου 17°C και η μέση ετήσια ροή νερού είναι $81\text{m}^3/\text{sec}$ και κυμαίνεται από $11\text{m}^3/\text{sec}$ έως $176\text{m}^3/\text{sec}$ (Σκληλοδήμου 2014). Η τελευταία παρατηρείται κατά την περίοδο από Απρίλιο έως Δεκέμβριο. Οι ταχύτητες του νερού στον ποταμό είναι διαφορετικές κοντά στην επιφάνεια, περίπου 5 με 20 m/s και στο πυθμένα έως 9 m/s. Επιπλέον, το ετήσιο φορτίο των αιρούμενων σωματιδίων στο νερό είναι $0,6 \cdot 10^3 \text{t}/\text{Km}^2$ και η ετήσια απόδοση διαλυμένου φορτίου είναι $0,15 \cdot 10^3 \text{t}/\text{Km}^2$ (Σκληλοδήμου 2014).

Ο Θερμαϊκός κόλπος είναι η λεκάνη αποδοχής του Δέλτα του Πηνειού και ένας σημαντικός παράγοντας διαμόρφωσης αυτού. Πιο συγκεκριμένα, το εύρος παλίρροιας στον Θερμαϊκό είναι πολύ μικρό. Οι επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή είναι βόρειοι και για αυτό υπάρχει μια παράκτια ολίσθηση προς τα νότια. Ωστόσο, το ύψος κύματος και η διεύθυνση αυτού, που εξαρτώνται από τον άνεμο, έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μεγαλύτερων κυμάτων από νότιες διευθύνσεις στον Θερμαϊκό. Ειδικότερα, τα μεγάλα κύματα που καταλήγουν στην ακτογραμμή του Δέλτα, έχουν ισχύ από 70 έως $1454 \text{w}/\text{m}^2$ ανά μήνα (Σκληλοδήμου 2014).

Στη δελταϊκή πεδιάδα παρατηρούνται αποκομμένοι μαϊανδροί και μηνοειδείς λίμνες (Εικόνα 14). Ο Πηνειός είναι το μόνο από τα υπό μελέτη ποτάμια που η κοίτη του δεν έχει υποστεί τεχνητό περιορισμό ή ευθυγράμμιση. Η προηγούμενη της σημερινής πορεία του ποταμού είναι μια μαϊανδρική κοίτη που εξέβαλε στην περιοχή Αρμύρα, 4 km νότια των σημερινών εκβολών. Σε χάρτες του 1881, 1910, 1924 και 1935 χαρτογραφήθηκε η κοίτη και εν μέρει εγκαταλείφθηκε το 1955 οπότε και ο ποταμός μετατοπίστηκε βορειότερα ακολουθώντας μια προϋπάρχουσα εγκαταλελειμμένη κοίτη. Οι πρόσφατες μετατοπίσεις της κοίτης και η σταδιακή αλλαγή των εκβολών οφείλονται σε φυσικές διεργασίες που σχετίζονται με ακραίες πλημμυρικές παροχές του ποταμού (Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου, 2005). Η δελταϊκή ακτογραμμή χαρακτηρίζεται σε όλο το μήκος της από την άφθονη παρουσία μέσο έως χονδρόκοκκης άμμου και την ανάπτυξη πολλών παράκτιων αμμωδών ράχων που φθάνουν μέχρι 1,3 km στο εσωτερικό του δέλτα και είναι το αποτέλεσμα της επανεπεξεργασίας και επαναπόθεσης των ποτάμιων ιζημάτων από τον κυματισμό και τα παράκτια ρεύματα. Έχουν αναγνωρισθεί και χαρτογραφηθεί συνολικά έξι γενεές ράχων με διαφορετικό προσανατολισμό και μήκος ανάπτυξης. Με την προσαύξηση των ράχων αυτών

πραγματοποιήθηκε η προέλαση του δέλτα. (Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου, 2005). Η δελταϊκή ακτογραμμή νότια των σημερινών εκβολών προελαύνει λόγω της σταδιακής προσαύξησης παράκτιων αμμωδών ράχων. Η περιοχή των εκβολών έχει προελάσει με μέσο ρυθμό 11 m/έτος μεταξύ των ετών 1959, οπότε και βρέθηκε το ποτάμι στη θέση αυτή, και 1995. Αντίθετα η περιοχή των εγκαταλελειμμένων εκβολών (βόρεια του Στόμιου) έχει υποστεί διάβρωση με μέσο ρυθμό 4,0 m/έτος για το διάστημα 1955-1995. (Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου, 2005).

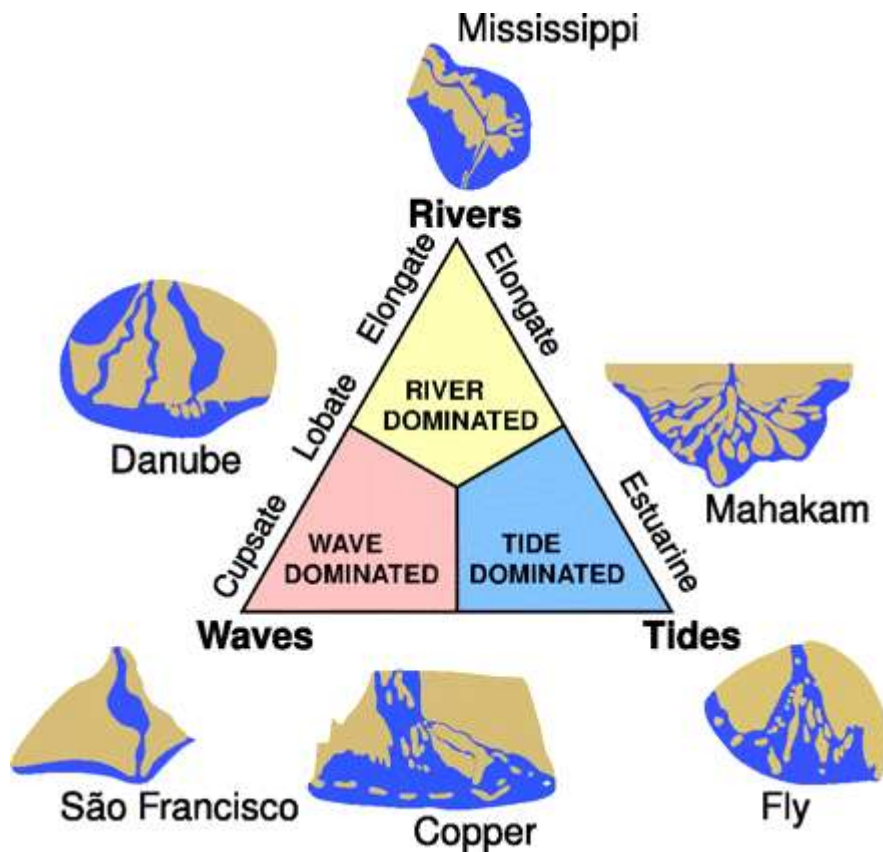


Εικόνα 14. Γεωμορφολογικός χάρτης του δέλτα του ποταμού Πηνειού (Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου 2005).

ΔΕΛΤΑ

Ταξινόμηση των ποτάμιων Δέλτα

Ο Gallowey το 1975 προσπάθησε να ταξινομήσει τα δέλτα σύμφωνα με τις διεργασίες που κυριαρχούν στην περιοχή. Στην εικόνα ο ποταμός Fly στην Παπούα Γουινέα χαρακτηρίζεται από παλιρροιακή δράση, ο Mississippi στις Η.Π.Α. από ποτάμια απόθεση ενώ ο Sao Francisco στη Βραζιλία από τη δράση των κυμάτων. Τα περισσότερα δέλτα στην Ελλάδα επηρεάζονται είτε από τις ποτάμιες διεργασίες είτε από τον κυματισμό (Karymbalis et al. 2001).



Εικόνα 15. Ταξινόμηση των Δέλτα βάσει των τριών κύριων διεργασιών διαμόρφωσης (πηγή: <http://www.pnas.org/content/104/43/16804>)

Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό

Το ιζήμα μεταφέρεται από τον ποταμό στην εκβολή αναδιανέμεται από τη δράση του κυματισμού. Όταν τα κύματα θραύονται παράλληλα στην ακτογραμμή το δέλτα σχηματίζεται ομοιόμορφα και συμμετρικά των εκβολών. Ενώ στην περίπτωση που τα κύματα φτάσουν υπό γωνία προκαλούν ασυμμετρία και οδηγούν τα ιζήματα προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Στην περίπτωση του Πηνειού ο κυματισμός και τα ρεύματα με κυρίαρχη διεύθυνση από προς Νότο Βορρά διαβρώνουν βόρεια ακτή του δέλτα και οδηγούν τα λεπτομερή υλικά προς το νότο.

Ακτογραμμή

Ακτογραμμή χαρακτηρίζεται το νοητό ή εμφανές σχήμα που παρουσιάζει ένα τμήμα κινούμενο στο χώρο που ορίζεται από την τομή της θαλάσσιας επιφάνειας με την ξηρά. Η ακτογραμμή έχει μεταβαλλόμενο σχήμα στο πέρασμα του χρόνου. Οι μεταβολές που παρατηρούνται είναι είτε βραχυχρόνιες (ημερήσιες) είτε μακροχρόνιες. Στην πρώτη περίπτωση η αλλαγή θέσης προκαλείται π.χ. λόγω παλίρροιας, μετεωρολογικών φαινομένων, δράσης των κυμάτων ή προσφοράς ποτάμιου ιζήματος, ενώ στη δεύτερη οφείλονται στις διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης λόγω ευστατισμού (κλιματικών μεταβολών), ισοστατικών και τεκτονικών αιτιών ή συνδυασμό αυτών. (Καρύμπαλης, 2010).

Αιγιαλοί

Οι αιγιαλοί χαρακτηρίζονται ως γεωμορφές απόθεσης οι οποίες αποτελούνται από ασύνδετα χαλαρά υλικά (κροκάλες, άμμος, χάλικες σε συνδυασμό με εύπλαστα υλικά όπως ιλύς και άργιλος) (Καρύμπαλης 2010). Το εύρος της εξάπλωσης του αιγιαλού εκτείνεται από τη μέση στάθμη άμπωτης ως την νοητή γραμμή που σχηματίζει η έναρξη βλάστησης ή ως το σημείο που τελειώνει η δράση των θαλάσσιων διεργασιών. Ο τρόπος σύνδεσης των υλικών (μη συνεκτικά-ασύνδετα) δίνει συγκριτικό πλεονέκτημα στους αιγιαλούς που είναι η διάρκεια στο χρόνο παρά την αέναη δράση των κυμάτων. Σε αντίθεση με τους συμπαγείς σχηματισμούς (κρημνοί, θαλάσσιες εγκοπές κ.α.) ή τις ανθρωπογενείς κατασκευές (λιμένες κ.α.) οι οποίες λόγω της ακαμψίας τους και της συμπαγούς δομής τους όταν επιδρά ο κυματισμός διαβρώνονται–διαρρηγνύονται πιο άμεσα. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αιγιαλού διαμορφώνονται.

Παραλιακές ράχες

Παραλιακή ράχη είναι παράκτια γεωμορφή απόθεσης που σχηματίζονται κυρίως στις ακτές των θαλασσών αλλά και σε λιμναία περιβάλλοντα με κυρίαρχη διεργασία τον κυματισμό. Οι παραλιακές ράχες θεωρούνται επιμήκη υβώματα που έχουν σχηματιστεί και διατηρηθεί στην ακτή ως γεωμορφές που διατάσσονται παράλληλα ή σχεδόν παράλληλα

μεταξύ τους (στην περίπτωση που είναι περισσότερες από μία) και βρίσκονται πίσω από την ζώνη δράσης του κυματισμού (Otvos, 2000).

Έχουν μήκος που φθάνει αρκετές φορές πολλά χιλιόμετρα, ύψος από μερικά εκατοστά ως αρκετά μέτρα, πλάτος από περίπου ένα μέτρο ως αρκετές δεκάδες μέτρα. τα οποία συνδέονται με υλικά όπως άμμος, χάλικες, κροκάλες, κελύφη θαλάσσιων οργανισμών κ.α. (Καρύμπαλης, 2010). Η βασική δραστηριότητα διαμόρφωσης των ραχών είναι ο κυματισμός όμως σημαντική χαρακτηρίζεται και η αιολική δράση.

Στην κορυφή των παραλιακών ραχών συνήθως συγκεντρώνονται αιολικές αποθέσεις άμμου δίνοντας στην επιφάνειά τους μια λοφώδη μορφή. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον χαρακτηρισμό μιας ράχης ως παραλιακής είναι μετά το σχηματισμό του το ύψωμα αυτό των χαλαρών υλικών να απομονωθεί και να μην επηρεάζεται πλέον από τις διεργασίες που είναι ενεργές στον αιγιαλό (Otvos, 2000). Οι αιολικές αποθέσεις συγκεντρώνονται στα ανώτερα τεμάχια των υβωμάτων αποτελώντας τα λιγότερο συνεκτικά στοιχεία.

Για τον σχηματισμό των παραλιακών ραχών είναι προαπαιτούμενο το θετικό ισοζύγιο των παράκτιων ιζημάτων. Δηλαδή η ποσότητα που παρέχεται από την ποτάμια τροφοδοσία, την κυματική δράση αλλά και τα θαλάσσια ρεύματα στον αιγιαλό να είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα ιζήματος που απομακρύνεται από αυτόν (Καρύμπαλης, 2010). Σύμφωνα με τον Borowka εκτός από την προσφορά ιζήματος σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η βαθυμετρία της εσωτερικής υφαλοκρηπίδας, το καθεστώς κυματικής ενέργειας και οι διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης (Borowka, 2004). Εξίσου κρίσιμος παράγοντας διαμόρφωσης του αιγιαλού αποτελεί το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος (Καρύμπαλης, 2010). Σε αμμώδεις αιγιαλούς το καθεστώς χαμηλής κυματικής ενέργειας δρα ευεργετικά στην συγκρότηση παραλιακών ραχών.

Παράκτιες αμμώδεις και χαλικώδεις ζώνες (berms)

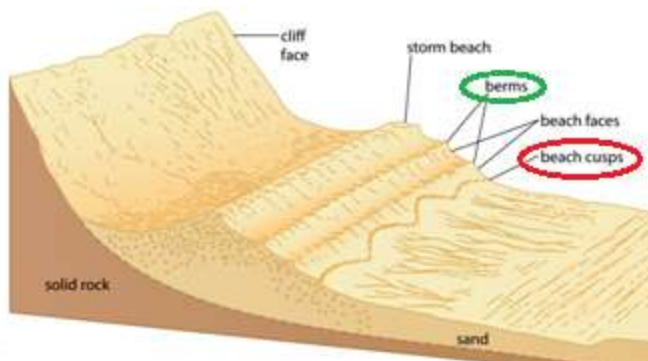
Είναι επιμήκεις τοξοειδούς μορφής ζώνες που αναπτύσσονται κατά μήκος της ακτογραμμής που συνήθως αποτελούνται από συνδυασμό χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων υλικών π.χ. κροκάλες, άμμος όλων των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων και διάφορα άλλα θραύσματα της παράκτιας ζώνης. Τα υλικά αποτίθενται στην ανώτερη ζώνη της ακτής μπορεί να αγγίξει ο κυματισμός. Υπάρχει περίπτωση να σχηματιστούν πάνω από μια ζώνες. Σε ότι

έχει να κάνει με την κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού, οδηγείται σταδιακά σε πιο χονδρόκοκκο από την κατώτερη προς την ανώτερη αμμώδη ή χαλικώδη ζώνη. Κάθε φορά που μεταβάλλεται η κυματική ενέργεια σχηματίζεται μια νέα ζώνη και πιθανότητα να χάνεται μια παλαιά (Καρύμπαλης, 2010).



Εικόνα 15. Beach berms στο Esgair Gemlyn, Ηνωμένο Βασίλειο (Πηγή : <https://www.thebeachguide.co.uk/public/geophotos/1218085.jpg>)

Στην κάτωθι εικόνα παρατηρείται σε ποια περιοχή του αιγιαλού απεικονίζονται παράκτιες αμμώδεις και χαλικώδεις ζώνες (berms) με πράσινο χρώμα και οι Ημισεληνοειδής αμμώδεις ή χαλικώδεις σχηματισμοί (beach cusps) με κόκκινο.

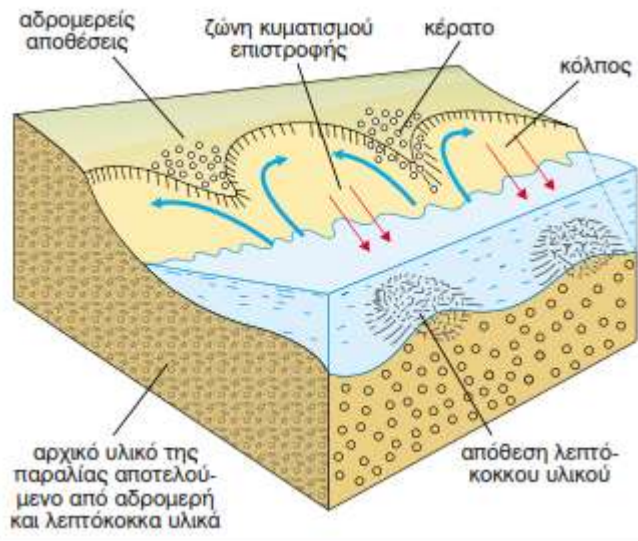


Εικόνα 16. Τροποποιημένη εικόνα που περιλαμβάνει berms - beach cusps (Πηγή : <https://www.goconqr.com/p/2159708-coastal-depositional-landforms--beaches-notes>)

Ημισεληνοειδής αμμώδεις ή χαλικώδεις σχηματισμοί (beach cusps)

Είναι εφήμερες ημισεληνοειδούς μορφής συγκεντρώσεις άμμου, χάλικων ή κροκάλων στο ύψος της ακτογραμμής ή και ψηλότερα που επαναλαμβάνεται περιοδικά (εικόνα 17). Εμφανίζεται κατά κύριο λόγο στο σημείο θραύσης του κυματισμού σε παράκτιες περιοχές με βασικό χαρακτηριστικό το χαμηλό εύρος παλίρροιας.

Μορφολογικά αποτελούνται από τα κέρατα και τους κόλπους. Τα κέρατα (ράχες) αποτελούνται από χονδρόκοκκα υλικά ενώ οι κόλποι οι οποίοι βρίσκονται μεταξύ δυο διαδοχικών κεράτων αποτελούνται από λεπτομερές ίζημα (εικόνα 17).



Εικόνα 17. Διεργασία σχηματισμού των ημισελινοειδών αμμωδών ή χαλικωδών σχηματισμών (beach cusps), τροποποιημένο από Pethic 1984 (Καρύμπαλης 2010)

Έχει διαπιστωθεί ότι σχηματίζονται πιο εύκολα όταν υπάρχει μια κατακόρυφη διάταξη στρωμάτων παράκτιων ιζημάτων διαφορετικής κοκκομετρικής σύστασης και κυρίως στην περίπτωση που ένα στρώμα από το νερό καλύπτεται από στρώμα με πιο χονδρόκοκκα υλικά. Η απόσταση μεταξύ των κορυφών των κεράτων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι δεκάδες μέτρα. Όταν διπλασιαστεί το ύψος των κυμάτων διπλασιάζεται και η απόσταση των κεράτων.



Εικόνα 18. Beach cusps (Πηγή : <https://thedorsetrambler.com/tag/beach-cusps/>)

Πιστεύεται ότι η γένεση τους ευνοείται από τα κύματα των οποίων οι κορυφές είναι παράλληλες στην ακτογραμμή. Όταν η επιμήκης μεταφορά ιζήματος δεν είναι έντονη τα beach cusps δύναται να διατηρηθούν για χρονικό διάστημα μερικών ωρών ως αρκετές ημέρες.

Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τις ποτάμιες διεργασίες

Η δυναμική του ποτάμιου ρεύματος και της στερεοπαροχής είναι το κύριο στοιχείο που διαμορφώνει αυτού του τύπου τα δέλτα. Η μεγάλη ποσότητα φερτών υλικών σχηματίζει αναχώματα που οριοθετούν τις κοίτες. Η φωτογραφία από υψόμετρο θυμίζει πέλμα πτηνού (birds foot delta).

Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τις παλίρροιας

Στις περιοχές που είναι πιο έντονη η δράση των παλιρροιών παρατηρείται αναδιανομή του ποτάμιου ιζήματος. Η περίοδος πλημμυρίδας και αντίστοιχα της άμπωτης ορίζουν τις κοίτες στις οποίες κινείται ο ποταμός. Οι κοίτες αυτές καλούνται κοίτες παλίρροιας. Στην άμπωτη διακόπτον την ακτογραμμή με κάθετες σε αυτή τμήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το Δέλτα των Γάγγη και Βραχμαπούτρα. Στον ελλαδικό χώρο το εύρος παλίρροιας δεν επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τα δέλτα.

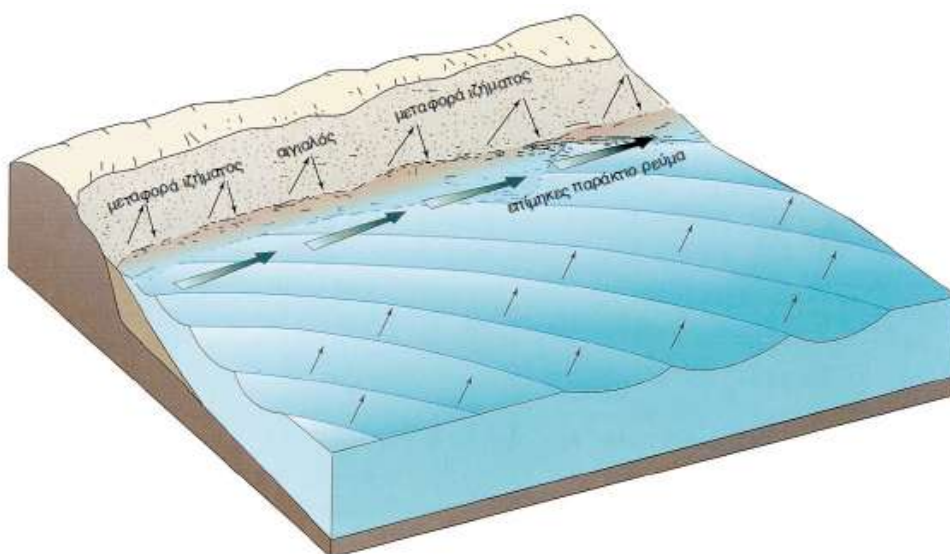
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

Παράκτια Κυκλοφορία Ιζήματος και Ισοζύγιο

Ως παράκτια κυκλοφορία περιγράφεται η δημιουργία και η ανάπτυξη ρευμάτων και διαφορών στην ελεύθερη επιφάνεια της θάλασσας στην παράκτια περιοχή. Τα αίτια αυτής είναι πάρα πολλά, όπως για παράδειγμα οι κυματισμοί, οι κλιματολογικές συνθήκες ακόμα και η διαφορά της περιεκτικότητας σε αλάτι και της θερμοκρασίας της θάλασσας σε διάφορα οριζόντια στρώματα της (Σουκισιάν 2000).

Οι τρεις κατηγορίες των παράκτιων ρευμάτων είναι τα παλιρροϊκά, τα ανεμογενή και τα κυματογενή ρεύματα. Τα πρώτα οφείλονται στις παλίρροιες και στην κίνηση μαζών νερού λόγω αυτών, τα δεύτερα δημιουργούνται από την επιφανειακή τάση που δημιουργείται στην επιφάνεια του νερού από τον άνεμο και είναι ένας από τους ρυθμιστικούς παράγοντες της μεταφοράς ιζήματος. Και τέλος, η θραύση και η διάθλαση των κυμάτων δημιουργούν κινήσεις του νερού στην παράκτια περιοχή (Σουκισιάν 2000).

Τα κύματα προσεγγίζουν στην ακτή με γωνία, μεταφέροντας ιζημα. Με την υποχώρηση του νερού το ιζημα επιστρέφει προς την ανοιχτή θάλασσα και αυτό επαναλαμβάνεται, με αποτέλεσμα την μετακίνηση υλικών κατάλληλων να μεταφερθούν με το νερού κατά μήκος της ακτογραμμής (Καρύμπαλης 2010).



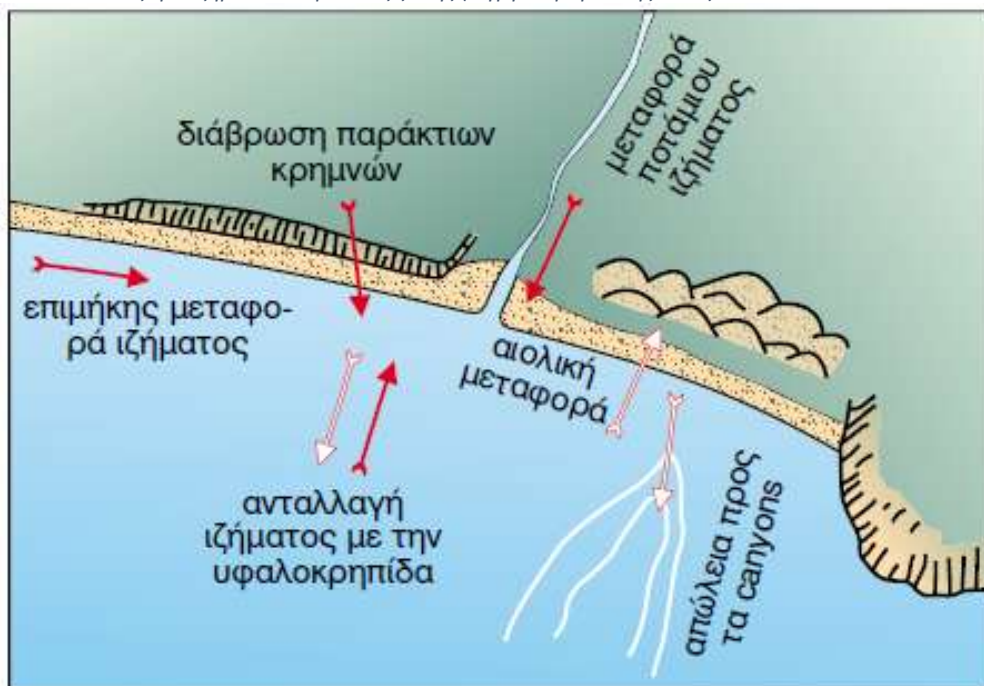
Εικόνα 19. Πλευρική μεταφορά ιζήματος του αιγιαλού από την συνδυασμένη δράση της πλάγιας πρόσπτωσης του κυματισμού στην ακτογραμμή και επιμήκους παράκτιου ρεύματος (πηγή:Καρύμπαλης 2010).

Η παραπάνω διαδικασία συμμετέχει σε ένα μεγάλης κλίμακας ισοζύγιο ιζήματος και το οποίο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Εναλλάσσεται η συγκέντρωση και η απόθεση τους από την υφαλοκρηπίδα και τις διάφορες παράκτιες αποθέσεις, όπως αιγιαλοί και οι θίνες (Καρύμπαλης 2010).

Υπάρχουν διαδικασίες λοιπόν, που εισάγουν και απομακρύνουν το ίζημα από την παραλία. Ανάλογα με την επικρατούσα διαδικασία, καθορίζεται και η προέλαση ή υποχώρηση της ακτής. Η μετακίνηση του ιζήματος στην ακτογραμμή λαμβάνει χώρα κάθε στιγμή και μετριέται συνήθως ως η μετατόπιση ανά έτος. Στα παραπάνω, προστίθεται και η ανθρώπινη δραστηριότητα που επιδρά δραματικά, κάποιες φορές, στην διαμόρφωση της παραλίας (π.χ. ποτάμια φράγματα, λιμενοβραχίονες και άλλα) (Καρύμπαλης 2010).

Εισαγωγή ιζήματος	Απομάκρυνση ιζήματος
<ul style="list-style-type: none"> • Παράκτια μεταφορά • Ποτάμια στερεοπαροχή (μεταφορά ιζήματος με τη δράση ποταμών και χειμάρρων) • Διάβρωση παράκτιων κρημνών • Μεταφορά ιζήματος από τη θάλασσα • Μεταφορά ιζήματος προς την παραλία με τη δράση του ανέμου (αιολική μεταφορά) • Βιογενής απόθεση • Δράση ανθρωπογενών διεργασιών (π.χ. τεχνητός εμπλουτισμός με ίζημα) 	<ul style="list-style-type: none"> • Παράκτια μεταφορά • Μεταφορά ιζήματος προς την ανοικτή θάλασσα • Μεταφορά ιζήματος μακριά από την παραλία με τη δράση του ανέμου (διεργασία σχηματισμού παράκτιων θινών) • Παγίδευση και απομάκρυνση ιζήματος μέσω των υποθαλάσσιων canyons • Δράση ανθρωπογενών διεργασιών (π.χ. εξόρυξη ιζημάτων, αμμοληψίες)

Εικόνα 20. Ισοζύγιο ιζημάτων παράκτιας ζώνης (πηγή: Καρύμπαλης 2010).



Εικόνα 21. Σχηματική απεικόνιση των διεργασιών που καθορίζουν το ισοζύγιο των ιζημάτων στην παράκτια ζώνη. (πηγή: Καρύμπαλης 2010).

ΥΠΕΡΕΛΑΦΡΑ ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ ΚΑΙ DRONES

ΓΕΝΙΚΑ

Είναι κοινότυπο να γίνει αναφορά στην θέληση του ανθρώπου να μπορεί να πετάξει από τους αρχαίους χρόνους. Σίγουρα έχουν περάσει πάνω από 2000 χρόνια, από τότε που ξεκίνησε ο άνθρωπος τις προσπάθειες για να πραγματώσει αυτό το όνειρό του. Ιδιοκατασκευές και γενικότερα διατάξεις που μπορούν να πετάξουν, εκμεταλλευόμενες τον αέρα και την άντωση (η δύναμη που ασκείται στις αεροδυναμικές επιφάνειες λόγω της διαφοράς πίεσης του αέρα) που αυτός δημιουργεί σε κάποια γεωμετρικά σχήματα, έχουν κατασκευαστεί σε όλες τις εποχές.



Εικόνα 22. Γραμματόσημο με τον Δαιδαλο και τον Ίκαρο.

Στην σύγχρονη εποχή, που η τεχνολογία είναι ο σημαντικότερος σύμμαχος για την ικανοποίηση των αναγκών αλλά και των ονείρων μας, βλέπουμε πολλών και διαφόρων ειδών αεροπλάνα, ελικόπτερα, αερόστατα και πολλά άλλα. Από τα διάφορα είδη αεροπλάνα, αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την αεροφωτογράφιση από χαμηλό ύψος, είναι τα υπερελαφρά αεροπλάνα.

Κανονισμός Υπερελαφρών Πτητικών Αθλητικών Μηχανών (ΥΠΑΜ)

Για μπορέσει να πετάξει κάποιος με ένα ΥΠΑΜ στην Ελλάδα, θα πρέπει πρώτα να γνωρίζει τον κανονισμό ο οποίος έχει δημοσιευτεί στην εφημερίδα της κυβέρνησης το 2010. Σε αυτόν αναφέρονται κάποιοι ορισμοί, ο σκοπός του κανονισμού, ποιους αφορά και πολλές οδηγίες για την ασφάλεια πτήσεων.



Εικόνα 23. Φωτογραφία του αεροσκάφους που χρησιμοποιήθηκε.

Παρακάτω δίνονται μερικοί ορισμοί, όπως περιγράφονται στον Κανονισμό:

- Άδεια χειριστή ΥΠΑΜ: Έγγραφο που εκδίδεται από την ΥΠΑ και αποδεικνύει την ικανότητα του κατόχου του να χειρίζεται την ΥΠΑΜ.
- Αεροπλάνο: Αεροσκάφος βαρύτερο του αέρα, κινούμενο με την βοήθεια κινητήρα ή κινητήρων το οποίο αποκτά την άντωσή του κυρίως από τις αεροδυναμικές αντιδράσεις του αέρα επί επιφανειών που παραμένουν σταθερές κάτω από δεδομένες συνθήκες πτήσης.
- Βαλλιστικό αλεξίπτωτο: Συσκευή ασφαλείας που προσαρμόζεται μόνιμα στα υπερελαφρά αεροπλάνα και χρησιμοποιείται για την ασφαλή προσεδάφιση αεροπλάνου και επιβατών στο σύνολό τους.
- Ημέρα: Καλείται το χρονικό διάστημα που αρχίζει 30 πρώτα λεπτά πριν την ανατολή του ηλίου και λήγει 30 πρώτα λεπτά μετά την δύση αυτού.
- Πτήση ταξιδιού: Πτήση κατά την διάρκεια της οποίας το αεροσκάφος απομακρύνεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 20 ναυτικών μιλίων, από το αεροδρόμιο – πεδίο αναχώρησης.
- VFR (Visual Flight Rules): Κανόνες πτήσης εξ όψεως δηλαδή κανόνες πτήσης που διεξάγεται με την αναγνώριση χαρακτηριστικών σημείων του εδάφους.
- VMC (Visual Meteorological Conditions): Μετεωρολογικές συνθήκες πτήσης εξ όψεως.

Ο σκοπός αυτού του κανονισμού είναι να καθοριστούν οι γενικές διατάξεις που διέπουν τις πτήσεις ΥΠΑΜ, οι κανόνες τεχνικής εκμετάλλευσης υπερελαφρών αεροπλάνων, οι προϋποθέσεις και διαδικασίες για την απόκτηση άδειας χειριστή ΥΠΑΜ και αν κάποιος επιθυμεί να ιδρύσει σχολή εκπαίδευσης ΥΠΑΜ, να γνωρίζει τις προϋποθέσεις.

Στο κείμενο του Κανονισμού περιγράφονται κάποια χαρακτηριστικά, όπως να μην διαθέτει περισσότερες των δύο θέσεων, να διαθέτει έναν ή περισσότερους κινητήρες, το μέγιστο βάρος απογείωσης (MTOM) να υπερβαίνει τα 472,5 κιλιά για διαθέσιμο αεροσκάφος εξοπλισμένο με βαλλιστικό αλεξίπτωτο ασφαλείας, το ελάχιστο βάρος του αεροσκάφους κενού φορτίου να είναι μικρότερο των 70 κιλών, η ταχύτητα απώλειας στήριξης ή η μικρότερη σταθερή ταχύτητα του αεροσκάφους σε διαμόρφωση προσγείωσης δεν υπερβαίνει τους 35 κόμβους ή τα 64,82 χλμ/ώρα διορθωμένης ταχύτητας αέρος (CAS).

Οι πτήσεις με ΥΠΑΜ πρέπει να εκτελούνται μόνο κατά την διάρκεια της ημέρας, σε μετεωρολογικές συνθήκες πτήσεως εξ όψεως (VMC) και να μην ξεπερνάνε τα 12.500 πόδια ως ύψος πτήσης. Οι πτήσεις των ΥΠΑΜ πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τους κανόνες εναέριας κυκλοφορίας και τον κανονισμό των ΥΠΑΜ. Επίσης, απαγορεύονται πτήσεις ΥΠΑΜ σε απαγορευμένες, περιορισμένες, επικίνδυνες και δεσμευμένες περιοχές, όπως αυτές αναφέρονται στις πάσης φύσεως αεροναυτικές εκδόσεις της ΥΠΑ. Όταν ίπταται πάνω από υδάτινη επιφάνεια, οι επιβαίνοντες είναι υποχρεωμένοι να φορούνε το ατομικό τους σωσίβιο.

Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις ΥΠΑΜ είναι όργανα πτήσεως όπως ταχύμετρο, υψόμετρο, δείκτη βαθμού ανόδου – καθόδου, όργανα κινητήρα, ατομική ζώνη ασφαλείας για κάθε επιβαίνοντα, φορητός πυροσβεστήρας, τουλάχιστον μια συσκευή ασύρματης επικοινωνίας (εάν η πτήση εκτελεστεί σε εναέριο χώρο που απαιτεί χρήση αμφίφορης επικοινωνίας), μία συσκευή αυτόματης αναφοράς θέσεως (Transponder Mode A) (εάν η πτήση εκτελεστεί σε εναέριο χώρο που ελέγχεται από RADAR). Τέλος, απαιτείται, να υπάρχουν μέσα στο αεροσκάφος τα νόμιμα πιστοποιητικά και έγγραφα, με σημαντικότερα, πιστοποιητικό πτητικής ικανότητας του αεροπλάνου και την βεβαίωση της ασφάλειας, για πιθανόν αεροπορικό ατύχημα.

Αυτό που πρέπει να αναφερθεί, είναι ότι για να αποκτήσει άδεια χρήσεως ΥΠΑΜ ο οποιοσδήποτε στην Ελλάδα πρέπει να είναι άνω των 17 και να έχει στην κατοχή του, μια από τις προβλεπόμενες, από τον κανονισμό αυτό, άδειες και πιστοποιητικά. Πρώτα από όλα πρέπει να ολοκληρώσει την θεωρητική εκπαίδευση, και να λάβει μέρος επιτυχώς στις εξετάσεις της ΥΠΑ συγκεντρώνοντας βαθμολογία πάνω από 75%. (οι θεωρητικές εξετάσεις χειριστών ΥΠΑΜ διενεργούνται από την ΣΠΟΑ, με βάση γνωστό ερωτηματολόγιο πολλαπλών απαντήσεων που καλύπτει το σύνολο της ύλης). Κατόπιν, περνά στην πρακτική εκπαίδευση

και εξέταση. Η πρακτική εκπαίδευση είναι τουλάχιστον 25 ώρες πτήσης και περιλαμβάνει κάποιες πτήσεις «μόνος», η οποίες απαιτούνται πιστοποιητικό υγείας σε ισχύ.

Η παραπάνω εξέταση περιλαμβάνει προφορική εξέταση διάρκειας 1 ώρας, για να διαπιστωθεί το επίπεδο γνώσεων του εξεταζόμενου και πρέπει να είναι επιτυχής. Επίσης η πτητική εξέταση διάρκειας τουλάχιστον 1 ώρα και περιλαμβάνει τα παρακάτω αντικείμενα:

διαδικασίες πριν από την πτήση, εκκίνηση και τροχοδρόμηση, απογείωση, αεροναυτιλία, διαδικασίες στην πτήση, πτήση με χαμηλή ταχύτητα, έκτακτες καταστάσεις, αναγκαστική προσγείωση (επίδειξη μόνο), διαδικασίες κανονικής προσγείωσης και διαδικασίες μετά την πτήση.

Μετά από την απόκτηση της αδειάς ΥΠΑΜ, ο χειριστής υποχρεούται να γνωρίζει και να εφαρμόζει την αεροπορική νομοθεσία και τον κανονισμό που αφορά τους χειριστές ΥΠΑΜ, να γνωρίζει τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της ΥΠΑΜ που ίπταται, να μην ίπταται εφόσον οι ικανότητες του είναι μειωμένες λόγω κούρασης, ασθένειας ή τραυματισμού και έχει καταναλώσει οινόπνευμα τις τελευταίες 24 ώρες (απαγορεύονται οποιοσδήποτε ναρκωτικές ουσίες). Τέλος υποχρεούται να έχει ενημερωθεί για τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που θα πετάξει και για τις αεροναυτικές αγγελίες που αφορούν συνολικά την πτήση και δεν επιτρέπεται να πετάξει περισσότερο από 8 ώρες εντός μιας ημέρας.

[Κανονισμός - γενικό πλαίσιο πτήσεων Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών- ΣμηEA \(Unmanned Aircraft Systems - UAS\).](#)

Τα τελευταία χρόνια τα drones είναι ένα gadget το συνηθισμένο όσο και τα κινητά, πολλά έχουν γίνει όπως ατυχήματα, παρακολουθήσεις κινήσεων ανθρώπων και άλλα. Για αυτό και συντάχθηκε και στις χώρα μας, με καθυστέρηση, ένας κανονισμός για τα drones. Ο κανονισμός αυτός καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις για τις πτήσεις των μη επανδρωμένων αεροσκαφών (ελεύθερων και προσδεδεμένων στο ATHINAI FIR / HELLAS UIR). Μέσα στο κείμενο του κανονισμού αποδίδονται κάποιοι ορισμοί, εκ των οποίων οι σημαντικότεροι είναι οι εξής:

- Αερομοντέλο ή Μοντέλο Αεροσκάφους: Είναι μία ιπτάμενη συσκευή περιορισμένων διαστάσεων, η οποία χρησιμοποιείται για αεραθλητισμό ή ψυχαγωγία και μπορεί να

φέρει ή όχι προωθητικό σύστημα. Δεν έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει άνθρωπο, και μπορεί να είναι τηλεχειριζόμενα, ελεύθερης πτήσης, ή κυκλικής πτήσης.

- Αεροπορικές εργασίες: Οι ειδικευμένες εργασίες του αεροσκάφους, όπως η εκτέλεση εργασιών στη γεωργία, τις κατασκευές, τη φωτογραφία και κινηματογράφηση, την επιθεώρηση διαφόρων εγκαταστάσεων, την παρακολούθηση και περιπολία, την έρευνα και τη διάσωση, την εναέρια διαφήμιση, κ.λπ
- Ανοικτή κατηγορία ΣμηΕΑ: Κατηγορία ΣμηΕΑ των οποίων η πτητική λειτουργία διεξάγεται με απευθείας οπτική επαφή του χειριστή μικρών μη επανδρωμένων αεροσκαφών με ΜΤΟΜ κάτω των 25 κιλών εντός ασφαλούς απόστασης από πρόσωπα στο έδαφος.
- Γεωπερίφραξη: Ο περιορισμός της πρόσβασης ενός μη επανδρωμένου αεροσκάφους σε συγκεκριμένες περιοχές, ακόμη και εάν ο χειριστής εκούσια ή ακούσια δώσει εντολή στο μη επανδρωμένο αεροσκάφος να εισέλθει στις συγκεκριμένες περιοχές. Αυτό γίνεται λόγω του σχεδιασμού του λογισμικού ή/και του υλικού του.
- Είδος χρήσης του ΣμηΕΑ: Ο εκμεταλλευόμενος (ιδιοκτήτης, κάτοχος, μισθωτής) του αεροσκάφους υποχρεούται να δηλώνει προς την Αεροπορική Αρχή το είδος της χρήσης του (εμπορικούς, ψυχαγωγικούς ή επιστημονικούς σκοπούς).

Εμφανίζονται, επίσης οι ορισμοί Λειτουργία σε απόσταση οπτικής επαφής, Λειτουργία με Επέκταση Οπτικής επαφής και Λειτουργία Πέραν Οπτικής επαφής. Πολύ εύκολα καταλαβαίνει κάποιος ότι πρόκειται για την λειτουργία της εν λόγω συσκευής, με το αν υπάρχει η δυνατότητα απομάκρυνσης της συσκευής από τον χειριστή μέσω κάποιου οπτικού μέσου (κάμερα).



Εικόνα 24. Φωτογραφίες Drones για στρατιωτική και ιδιωτική χρήση.

Στο άρθρο 4 του κανονισμού για τα drones αναφέρονται τα κριτήρια για την κατηγοριοποίηση και οι κατηγορίες αυτών. Η μέγιστη μάζα απογείωσης, το είδος της χρήσης, το ύψος πτήσης και οι περιοχές που ίπταται τα drones, καθορίζουν αν θα είναι στην

«ανοιχτή», «ειδική» ή «πιστοποιημένη» κατηγορία. Και στο επόμενο άρθρο οι κανόνες εναέριας κυκλοφορίας για τα μη επανδρωμένα.

Γενικά, οι εν λόγω πτητικές μηχανές πρέπει να ίπταται σε εναέριο χώρο διαχωρισμένο από τον εναέριο χώρο που χρησιμοποιούν τα επανδρωμένα αεροσκάφη. Δηλαδή κάτω από το ύψος των 400 ποδιών AGL (Above Ground Level), πάνω από τα 46000 και σε προσωρινά αποκλειστικές περιοχές με προκαθορισμένα ύψη και ίχνη πτήσης, παίρνοντας άδεια από την Υπηρεσία Εναέριας Κυκλοφορίας της ΥΠΑ. Ισχύει γενική απαγόρευση πτήσεων στις περιοχές ελέγχου των Αεροδρομίων (Air Traffic Zone), σε περιοχές που περιγράφονται στις AIP (Aeronautical Information Publication) της Ελλάδας. Και τέλος, υπενθυμίζεται ότι απαγορεύονται πτήσεις ΣΜηΕΑ άνωθεν συγκεντρωμένου πλήθους, πέρας την χρονικής διάρκειας όπου υπάρχει το φως της ημέρας, δηλαδή μισή ώρα πριν την ανατολή του ηλίου έως μισή ώρα μετά την δύση του ηλίου, και για μεταφορά επικίνδυνων υλικών.

Οι πτήσεις των ΣΜηΕΑ δεν θεωρούνται ούτε VFR ούτε IFR (Visual Flight Rules και Instrument flight Rules) και δεν παρέχεται υπηρεσία Ελέγχου Εναέριας Κυκλοφορίας. Όταν η απόσταση του ίχνους πτήσης είναι μεγαλύτερη από 50 μέτρα από τον χειριστή, αυτός είναι υποχρεωμένος να συμπληρώσει τα στοιχεία της πτήσης σε ειδική ηλεκτρονική εφαρμογή στην ιστοσελίδα της ΥΠΑ.

Στην περίπτωση που η χρήση του ΣμηΕΑ είναι για επαγγελματικούς σκοπούς ειδική άδεια χορηγούμενη από την ΥΠΑ/Δ1 Διεύθυνση Αεροπορικής Εκμετάλλευσης. Ο καθένας μπορεί να υποβάλλει σχετικό αίτημα κατά το Ευρωπαϊκό ή Εθνικό Δίκαιο μαζί με κάποια άλλα δικαιολογητικά και η ισχύς της άδειας έχει δωδεκάμηνη διάρκεια. Στην οποιαδήποτε περίπτωση χρήσης, όμως πρέπει να είναι σύμφωνη με την ισχύουσα σχετική νομοθεσία περί Προστασίας Προσωπικών δεδομένων.

Τέλος, οι χειριστές των ΣμηΕΑ για την περίπτωση επαγγελματικής δραστηριότητας, πρέπει να είναι κάτοχοι των κατωτέρω αναφερόμενων πιστοποιητικών, πτυχίων και αδειών:

- Πιστοποιητικό υγείας σε ισχύ, επιπέδου αντίστοιχου του ελεγκτού εναερίου κυκλοφορίας (Class 3 Medical Fitness)

- Πρόσφατη εμπειρία σε πτήση ΣμηΕΑ που αποδεικνύεται με την επιτυχή εκτέλεση τεσσάρων (4) απογειώσεων/προσγειώσεων ΣμηΕΑ ενώπιον πιστοποιημένου ή αρμόδιου εκπαιδευτή της ΥΠΑ
- Πολύ καλή γνώση Ελληνικής γλώσσας επιπέδου απόφοιτου γυμνασίου
- Επαρκής γνώση Αγγλικής γλώσσας επιπέδου ICAO(η ικανότητα της αγγλικής γλώσσας καταχωρείται στην άδειά).
- Ικανοποιητικό επίπεδο θεωρητικών γνώσεων για θέματα πολιτικής αεροπορίας που αποδεικνύεται με γραπτή εξέταση ενώπιον αρμόδιου εκπαιδευτή της ΥΠΑ
- πρακτική σε πτήση εξέταση, ενώπιον εκπαιδευτή
- συμπλήρωση ορίου ηλικίας (18 έτη)

Κύρια μέρη των drones και οφέλη χρήσης

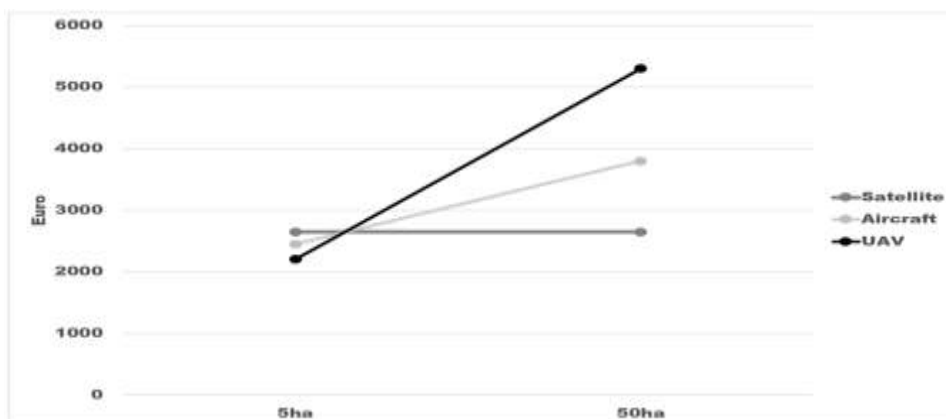
Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα UAV είναι τρία. Η πλατφόρμα εξάρτησης της φωτογραφικής μηχανής, η φωτογραφική μηχανή και ο σταθμός ελέγχου. Ωστόσο η διασύνδεση των μερών μεταξύ τους, γίνεται με ένα μηχανισμό, ο οποίος ελέγχεται ασύρματα από το έδαφος και ρυθμίζει την κάμερα, όπως επιθυμεί ο χειριστής. Η πλατφόρμα εξάρτησης είναι ή σταθερών πτερύγων ή περιστρεφόμενων πτερύγων και οι κατηγορίες αυτών περιγράφονται στον παραπάνω κανονισμό. Επίσης κάθε πλατφόρμα έχει και διαφορετική μονάδα τροφοδότησης κίνησης (π.χ. καύσιμα, ηλεκτρικοί και ηλιακοί συσσωρευτές) και διαφορετικούς αισθητήρες πλοήγησης. Η φωτογραφική μηχανή εξαρτάται από την τιμή, την επιθυμητή ποιότητα και την ανάλυση που απαιτεί η εργασία μας.

Τέλος, υπάρχουν πάρα πολύ τύποι επίγειων σταθμών ελέγχων για drones, απλά τηλεχειριστήρια, μικρές ή μεγάλες μονάδες. Κάποιες είναι εξοπλισμένες με μηχανισμούς για το χειρισμό της πλατφόρμας και των φωτογραφικών μηχανών αλλά και με monitors που επιτρέπουν την real-time παρακολούθηση της πτήσης και της σκηνής λήψης. Τα πιο σύγχρονα συστήματα δίνουν την δυνατότητα με επιλογή, την πλήρως αυτοματοποιημένη πτήση. Δηλαδή μέσα από κάποιο software, ο χρήστης έχει σαν καθήκον την εποπτεία της πτήσης, της ολοκλήρωσης της αποστολής και αν επιθυμεί την μεταφορά της εικόνας σε πραγματικό χρόνο σε άλλους (Καλαμακης Δ. και Τσιτσιπλαμησ Ε.,2015).

Τα πρώτα drones κατασκευάστηκαν για πολεμικούς σκοπούς, συμμετείχαν σε έρευνα για τα εχθρικά στρατεύματα, σε κατάδειξη στόχων στο έδαφος, μεταφορά και εκτόξευση πυρών και άλλα πολλά. Εκτός από τις στρατιωτικές εφαρμογές και λόγω των πολλαπλών χαρακτηριστικών των drones, έχουν βρει εφαρμογή και σε «αποστολές» ανθρωπο- κεντρικού χαρακτήρα. Όπως περιβαλλοντολογικές, αντιμετώπισης καταστάσεων εκτάκτου ανάγκης, επιτήρησης εκτάσεων και εγκαταστάσεων, αεροφωτογραφίσεις, μεταφορές κ.α.

Από την πολυετή χρήση των drones προκύπτουν πως υπάρχουν κάποια πλεονεκτήματα έναντι των επανδρωμένων αεροσκαφών. Τα κυριότερα είναι ότι δεν υπάρχουν αρνητικές καταστάσεις που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα (σωματική και ψυχολογική κόπωση, περιορισμένη όραση, δύσκολη εκπαίδευση κτλ), την ασφάλεια του προσωπικού έναντι κινδύνων που μπορεί να χαρακτηρίζουν μία αποστολή, το μικρό μέγεθος και από οικονομικής άποψης το χαμηλότερο κόστος κατασκευής έναντι των επανδρωμένων αεροσκαφών, τον οικονομικότερο λόγω κόστος ανά ώρα πτήσης.

Σύμφωνα με το διάγραμμα της εικόνας 4 η σχέση κόστους πτήσης και καλυπτόμενης έκτασης της υφίσταται η οριακή τιμή κάλυψης έκτασης 8 ha όπου ενώ μέχρι αυτό το σημείο το κόστος είναι χαμηλότερο για τα μη επανδρωμένα στη συνέχεια σταδιακά αυξάνεται και ξεπερνά το κόστος των επανδρωμένων ενώ το κόστος του δορυφόρου παραμένει σταθερό.



Εικόνα 25. Διάγραμμα σχέσης καλυπτόμενης έκτασης από υπτάμενο μέσο με το κόστος της πτήσης. Alessandro Martese et al, 2015

Πηγή

Συνδυάζοντας τα παραπάνω με την αεροφωτογράφιση και γνωρίζοντας πως το ύψος πτήσης, η ταχύτητα και την ποιότητα της μηχανής λήψης, επηρεάζει την απόδοση της αεροφωτογραφίας, μπορούμε να πούμε πως προστίθενται και άλλα οφέλη στα προηγούμενα. Πιο συγκεκριμένα, από το ύψος πτήσης των drones, που είναι μικρότερο από τα επανδρωμένα, προκύπτει ένα πλεονέκτημα όσον αφορά την γεωγραφία της περιοχής μελέτης,

το φυσικό και το ανθρωπογενές. Επίσης το ύψος πτήσης είναι και καθοριστικός παράγοντας για την κλίμακα της αεροφωτογραφίας. Όσο πιο μεγάλο το ύψος λήψης της φωτογραφίας το πιο μικρή η κλίμακα της.

Άλλο ένα πλεονέκτημα είναι η υψηλότερη χωρική διακριτική ικανότητα. Σύμφωνα με τους Garcia και Ruiz, στην ίδια περιοχή μελέτης λήψη από το επανδρωμένο χρειάζεται 51 pixel (0,5 * 0,5μ χωρική διακριτική ικανότητα) ενώ το drone 4849 pixel (5,45 * 5,45εκατοστά). Το επακόλουθο είναι να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα κυρίως στο ορατό φάσμα και όσο πλησιάζουμε από το κοντινό στο μέσο υπέρυθρο η διαφορά να εξαλείφεται και είναι να ανεξάρτητη του μεγέθους του (pixel). Τέλος η μικρή επιφάνεια που καλύπτει η αεροφωτογραφία από το drone, αυξάνει τη δυσκολία του αεροτριγωνισμού, της ορθοαναφοράς (orthorectification) και δημιουργίας φωτομωσαϊκού με αποτέλεσμα σε αρκετές των περιπτώσεων να αρκείται ο ερευνητής σε ανάλυση single εικόνων.

Ο χρόνος πτήσης στο επανδρωμένο α/φος είναι αυξημένος σε σχέση με το μη επανδρωμένο το οποίο έχει πολύ μικρή αυτονομία λόγω της παροχής ενέργειας με ηλεκτρική ενέργεια (μπαταρία) το οποίο εξαρτάται παράλληλα και από το φορτίο που μεταφέρει, π.χ. βάρος κάμερας (όσο μεγαλύτερο το βάρος τόσο μικρότερη η διάρκεια πτήσης). Μελλοντικά με την εξέλιξη της τεχνολογίας θα δύναται το μη επανδρωμένο έχει τεράστια αυτονομία στην περίπτωση που αυτό κινείται με ηλιακή ενέργεια ή με άλλη πηγή. Με τα σημερινά δεδομένα ο περιορισμός του χρόνου πτήσης οδηγεί σε περιορισμό της κάλυψης της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με το χαμηλό ύψος πτήσης. (Alessandro Martese et al, 2015). Σε σχέση με το χρόνο πρέπει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα ανάπτυξης του μη επανδρωμένου είναι πολύ άμεση σε σχέση με τα α/φη χωρίς να χρειάζονται εγκαταστάσεις αεροδρομίου- ελικοδρομίου ούτε πύργο ελέγχου (μπορεί να αρκестεί στο χείριστη του εδάφους με ένα υποτυπώδες κέντρο ελέγχου (ground control segment) (Francisco Garcia-Ruiz 2013).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Αναγνώριση της περιοχής μελέτης

Για να επιτευχθούν οι στόχοι της εργασίας έπρεπε να αντληθεί από κάποια πηγή το πρωτογενές υλικό. Τα δεδομένα ως εκείνη τη στιγμή ήταν αεροφωτογραφίες της Γ.Υ.Σ. (1997).



Εικόνα 26. Αεροφωτογραφίες της περιοχής μελέτης, έτους 1997. (πηγή: ΓΥΣ)

Για να είναι το υλικό σύγχρονο (2017) ζητήθηκε η συνδρομή του ιδρυτή της εταιρείας Artemis Aerosurvey κυρίου Θεμιστοκλή Σούλου Τοπογράφου Μηχανικού Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με εξειδίκευση στην Φωτογραμμετρία και στην Τηλεπισκόπηση. Η εταιρεία εδρεύει στο Τεχνολογικό και Επιστημονικό Πάρκο της Αττικής «Λεύκιππος» στον ΕΚΕΦΕ

Δημόκριτος στην Αγία Παρασκευή. Η Artemis Aerosurvey ιδρύθηκε το 2012 και δραστηριοποιείται στους τομείς της έρευνας και τεχνικών εφαρμογών στον ευρύτερο τομέα της Παρατήρησης Γης με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και σύγχρονων απεικονιστικών τεχνικών. Με βάση τους στόχους της εργασίας προγραμματίστηκε η πτήση και προσδιορίστηκαν τα κατάλληλα μέσα για την υλοποίηση της διαδικασίας. Η αναγνώριση της περιοχής μελέτης είναι βασικότερη διαδικασία. Είναι πολύ σημαντικό να προηγείται οποιασδήποτε άλλης εργασίας καθώς η καλή γνώση του αντικειμένου μελέτης είναι ουσιαστική. Για αποφυγή λαθών και καλή οργάνωση των μετέπειτα εργασιών απαιτείται μια ολοκληρωμένη αναγνώριση της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία δύναται να περιλαμβάνει τη συλλογή επίγειων φωτογραφιών τεκμηρίωσης που θα βοηθήσουν στην επαλήθευση δύσκολα αναγνωρίσιμων σημείων της περιοχής.

Σχεδιασμός και εκτέλεση αεροφωτογράφισης

Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση της πτήσης για αεροφωτογράφιση πραγματοποιείται σύμφωνα με τον σχεδιασμό πτήσης από το έδαφος.

Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση της πτήσης για αεροφωτογράφιση καθορίζεται από πολλούς παράγοντες.

Οι πιο σημαντικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι οι ακόλουθοι :

α. Τα πτητικά χαρακτηριστικά και οι περιορισμοί του διατιθέμενου πτητικού μέσου

β. Το ανάγλυφο της περιοχής , τα διατιθέμενα τεχνικά μέσα (φωτομηχανή ,φακός, GPS, INS),οι τυχόν περιορισμοί (NOTAMS) εκ μέρους της εναέριας κυκλοφορίας της περιοχής για απαγορευμένα ίχνη και απαγορευμένα υψομετρικά επίπεδα (π.χ όχι πάνω από τα 4000 ft)

γ. Τα παραγόμενα προϊόντα είναι αυτά ουσιαστικά που καθορίζουν συνολικά τις τεχνικές παραμέτρους μιας αεροφωτογράφισης

Με βάση την κλίμακα και το είδος των τελικών τοπογραφικών προϊόντων καθορίζεται :

α. Το είδος της λήψης : Κατακόρυφη ,Πλάγια ή και τα δύο

β. Το επιθυμητό GSD (ground sample distance) - pixel size στο έδαφος επί των πρωτογενών λήψεων (raw data)

γ. Το ποσοστό των επικαλύψεων εμπροσθεν (forward lapping) και πλαγίων (side lapping) των αεροφωτογραφιών

δ. Έχοντας ως δεδομένο το GSD και το σύστημα ΦΑΚΟΣ-ΚΑΜΕΡΑ τα οποία έχουν δεδομένη γεωμετρία και ανάλυση αντίστοιχα, προκύπτει βάση υπολογισμών το επιθυμητό ύψος πτήσης σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους. Σε αυτό το σημείο εξετάζεται επίσης το εύρος των υψομετρικών διαφορών της περιοχής αεροφωτογράφισης και σχεδιάζονται αντίστοιχα διαφορετικά επίπεδα πτήσης προκειμένου να επιτευχθεί ένα ενιαίο επιθυμητό pixel size επί του εδάφους

ε. Κατόπιν σε ειδικό λογισμικό σχεδιασμού πτήσεων αεροφωτογράφισης για μετρητικούς σκοπούς εισάγονται τα παραπάνω δεδομένα και προκύπτουν το ακριβές επιθυμητό ίχνος του αεροσκάφους με τις γραμμές πτήσεων (flight lines) και τα αντίστοιχα σημεία λήψης (spots) αεροφωτογραφιών επί των γραμμών πτήσης

στ. Ο παραπάνω σχεδιασμός πτήσης εισάγεται με τη μορφή ενός ψηφιακού αρχείου στο Flight Management System (FMS) του αεροσκάφους που είναι διαμορφωμένο για το παραπάνω τεχνικό σκοπό. Κατόπιν εκτελείται η πτήση και κατά την διάρκεια των λήψεων το σύστημα ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο (real time) τον πιλότο εάν το ίχνος είναι το σωστό, για το ποιες λήψεις δεν έχουν πραγματοποιηθεί και σε ποιο flight line ανήκουν. Τα συστήματα του αεροσκάφους βοηθούν να γνωρίζει ο χειριστής άμεσα για την τεχνική επιτυχία μιας πτήσης αεροφωτογράφισης ή όχι

Ο σχεδιασμός πτήσης διαμορφώνεται σύμφωνα με τις δυνατότητες του πτητικού μέσου, τα διαθέσιμα όργανα, την κλίμακα που πρέπει να αποδοθεί, το κόστος και την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος που έχει τεθεί ως στόχος. Η λήψη των αεροφωτογραφιών πραγματοποιείται με ψηφιακή κάμερα που βρίσκεται σε ειδική βάση (mount) ειδικού αεροσκάφους και επιτρέπει την φωτογράφιση τμημάτων της γήινης επιφάνειας χωρίς σημαντικές παραμορφώσεις.



Εικόνα 27. Φωτογραφία της θέσης της κάμερας στο αφος

Επιπλέον το αφος είναι εξοπλισμένο με ειδικά όργανα τα οποία καταγράφουν τη στιγμή της λήψης και δίνουν τα απαραίτητα στοιχεία για την χρησιμοποίηση των αεροφωτογραφιών, όπως συντεταγμένες, ύψος πτήσης, ημερομηνία και ώρα λήψης κ.λπ. Μία μερική επικάλυψη είναι πάντοτε απαραίτητη, γιατί με αυτήν είναι δυνατή στη συνέχεια η λήψη στερεοσκοπικής εικόνας (ειδώλου). Το ποσοστό επικάλυψης καθορίζεται από το ύψος και την ταχύτητα του αεροσκάφους, από τον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών αεροφωτογραφιών και από την γωνία λήψης της κάμερας.

Περιορισμοί στην διαδικασία της αεροφωτογράφισης

Όταν σχεδιάζεται μια πτήση με σκοπό τη λήψη αεροφωτογραφιών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένοι παράγοντες. Η ηλιακή ανύψωση, η γωνία πρόσπτωσης των ακτινών του ήλιου, το ύψος πτήσης, η ώρα πτήσης (επιλογή πρωινών ωρών), η ταχύτητα άνεμου (νηνεμία), οι ατμοσφαιρικές συνθήκες (αποφυγή συννεφιάς), η σκίαση (ελάχιστη) σε συνδυασμό με τις κλίσεις εδάφους – αεροσκάφους, περιβάλλον [πετρολογία, είδος εδάφους (φυσικό ή τεχνητό)].

Αεροφωτογράφιση περιοχής μελέτης

Όσον αφορά στην παρούσα εργασία η περιοχή μελέτης, ενός τμήματος του δέλτα του Πηνειού, φωτογραφήθηκε με την φωτομηχανή που είναι τοποθετημένη στο ελαφρό αεροσκάφος σλοβένικης κατασκευής της εταιρίας ARTEMIS Aerosurvey



Εικόνα 28. Υπερελαφρό αεροπλάνο της ARTEMIS Aerosurvey

Το αφος φέρει σύστημα FMS (Flight Management System), γεωδαιτικό GPS / INS με πολύ μεγάλη ακρίβεια, το οποίο συνεργάζεται με την μονάδα IMU:ADIS16488. Επίσης φέρει φωτομηχανή Nikon D800E η οποία είναι φωτογραμμετρικά βαθμονομημένη στο εργαστήριο Φωτογραμμετρίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου άλλα και στο ελεγχόμενο φυσικό πεδίο με φωτοσταθερά στο οποίο βαθμονομείται συνολικά το σύστημα (Αεροσκάφος ,κάμερα, grs, mount). Ο φακός που χρησιμοποιήθηκε ήταν φακός σταθερής γεωμετρίας (fixed lens) 50 mm που θεωρείται ιδανικός για την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους.

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
NIKON D800E (50 mm)	7360 x 4912	50 mm	4.89 x 4.89 μm	Yes



Εικόνα 29. Φωτομηχανή που χρησιμοποιήθηκε.Nikon D800E

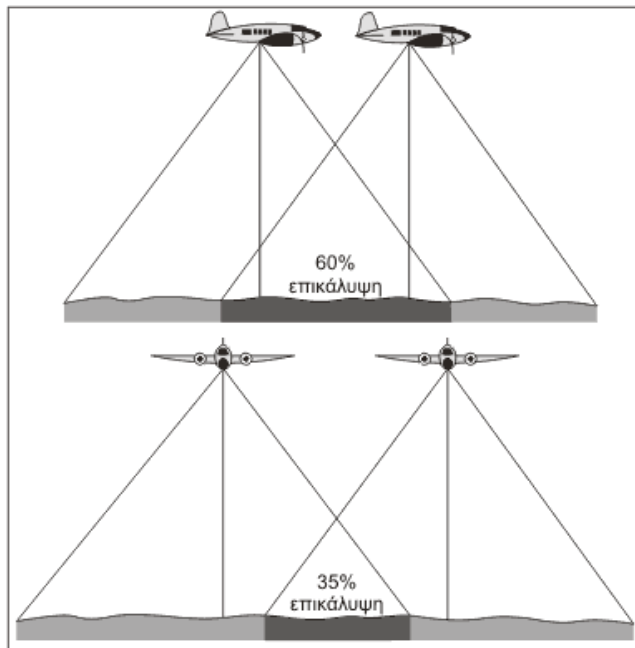
Για την αεροφωτογράφιση της περιοχής χρειάστηκε μια πτήση ημέρας με καλές καιρικές συνθήκες, η οποία διήρκεσε 2 ώρες και 10 λεπτά και αποτυπώθηκαν 293 αεροφωτογραφίες ιδιαίτερα υψηλής ανάλυσης. Πρέπει να τονιστεί ότι η περιοχή που

φωτογραφήθηκε φαίνεται στην εικόνα 2. Η πτήση έγινε περίπου στα 3000 πόδια AGL (above ground level) και δεν χρησιμοποιήθηκαν εδαφικά σημεία ελέγχου (ground control points), λόγω κόστους των επίγειων σταθμών.

Το σύνολο των αεροφωτογραφιών το επεξεργάστηκε η ίδια εταιρεία ARTEMIS Aerosurvey, σε λογισμικό που χρησιμοποιεί για επαγγελματική χρήση. Τα προϊόντα της επεξεργασίας είναι το DEM και ο ορθοφωτοχάρτης υψηλής ευκρίνειας ανάλυσης εικονοστοιχείου επί εδάφους περί τα 9,37 εκατοστά (ground sample distance).

Η διάταξη των λήψεων λαμβάνεται σύμφωνα με την τεχνική των ισαπεχουσών παράλληλων γραμμών πτήσης. Το αεροσκάφος φωτογραφίζει μια περιοχή κατά ζώνες. Το ύψος (height) των γραμμών πτήσης επιλέγεται έτσι ώστε σε συνδυασμό με την εστιακή απόσταση f (focal length) της μηχανής να επιτυγχάνεται η επιθυμητή κλίμακα. Η κάθε α/φ πρέπει να επικαλύπτεται σε ποσοστό τουλάχιστον 60% της προηγούμενης (κατά μήκος επικάλυψη, forward overlap, άξονας Χ). Αντίστοιχα, η κατά πλάτος (γειτονική, side overlap, άξονας Ψ) επικάλυψη στο 30% περίπου. Σε περιοχές με μεγάλες υψομετρικές διαφορές η επικάλυψη φτάνει το 70-80% και 35% για τις αντίστοιχες διευθύνσεις. Για να επιτευχθούν οι ζητούμενες επικαλύψεις πρέπει να υπολογιστούν με ακρίβεια τα κατάλληλα χρονικά διαστήματα μεταξύ των λήψεων.

Παρότι στην περιοχή μελέτης δεν υπάρχουν μεγάλες υψομετρικές διαφορές η επικάλυψη των αεροφωτογραφιών ήταν πάνω από 75% και 50% αντίστοιχα για να επιτευχθεί η υψηλή ανάλυση του pixel size της τάξης των 9,5 εκατοστών για τις ορθοφωτογραφίες



Εικόνα 30. Τρόπος λήψης των αεροφωτογραφιών προκειμένου να εξασφαλιστεί η λήψη του στερεοσκοπικού ειδώλου της περιοχής που φωτογραφήθηκε. (πηγή: <http://www.geo.auth.gr/322/chapter083.html>.)

Ο φακός που χρησιμοποιήθηκε είναι σταθερής γεωμετρίας. Δεν χρησιμοποιήθηκε το zoom lens, στο οποίο το εστιακό βάθος (focal length) τροποποιείται. Ο φακός από το εργαστήριο, δηλαδή πριν τη χρήση κλειδώθηκε με ταινία έτσι ώστε να είναι σταθεροποιημένος και μην μετακινείται καθόλου.

Πραγματοποιήθηκε αρχική βαθμονόμηση στο εργαστήριο Φωτογραμμετρίας στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στο σύστημα φακός-κάμερα. Η βαθμονόμηση της φωτομηχανής αποσκοπεί στην αντιστάθμιση των διαστροφών του φακού καθώς και στην εκτίμηση της σταθερότητας και λειτουργίας της (Kraus 2000, Ziemann and El-Halkim 1982). Ο εσωτερικός προσανατολισμός περιγράφει την εσωτερική γεωμετρία της φωτομηχανής και τη διαστροφή του συστήματος των φακών. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την ανάπλαση της δέσμης των φωτεινών ακτινών του αντικειμένου στο χώρο από τα αντίστοιχα σημεία της εικόνας. (Περράκης κ.α., 2016). Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφονται τα προβλήματα του συστήματος της κάμερας χωρίς όμως να λαμβάνεται υπόψη το σύστημα πτητικό μέσο-κάμερα.

Στις λεπτομέρειες της πτητικής δραστηριότητας

Στην σύγχρονη φωτογραμμετρία θεωρείται πλέον ως καλύτερη μεθοδολογία βαθμονόμησης η βαθμονόμηση στο πεδίο (calibration on the field). Επιγραμματικά στην

παραπάνω διαδικασία τίθεται ένα ελεγχόμενο από τοπογραφικής άποψης πεδίο στην ύπαιθρο με σημασμένα φωτοσταθερά στο οποίο βαθμονομείται συνολικά το σύστημα αεροσκάφος, κάμερα, gps, mount) με αντίστοιχες πτήσεις αεροφωτογράφισης του συγκεκριμένου πεδίου και κατόπιν την ανάλυση των αποτελεσμάτων με ειδικό λογισμικό φωτογραμμετρίας και γεωδαισίας για τον υπολογισμό φωτογραμμετρικών και γεωδαιτικών σφαλμάτων

Επεξεργασία αεροφωτογραφιών

Στο εργαστήριο λαμβάνουν χώρα οι εργασίες εκείνες που οδηγούν στην εξαγωγή του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (Digital Elevation Model) και του Ορθοφωτοχάρτη. Ο τελευταίος, δημιουργείται από την συνένωση ψηφιακών ορθοφωτογραφιών. Μια ψηφιακή ορθοφωτογραφία αποδίδεται στην οθόνη ως ένα σύνολο εικονοστοιχείων, το καθένα από τα οποία καταγράφει μια τιμή ανάκλασης σύμφωνα με το φίλτρο του φακού και τις ιδιότητες του Η/Μ φάσματος.



Εικόνα 31 Δείγμα αεροφωτογραφιών από την πτήση τον Σεπτέμβριο του 2017.

Για να παραχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Agisoft Photoscan. Το Agisoft Photoscan είναι ένα φωτογραμμετρικό πρόγραμμα δημιουργίας και επεξεργασίας νέφους σημείων (cloud point software).

Τα βήματα επεξεργασίας των αεροφωτογραφιών είναι τα εξής:

Προστίθενται οι φωτογραφίες και οι αντίστοιχες θέσεις της κάμερας

Για να προχωρήσει η διαδικασία καθίσταται απαραίτητη η αντιστοίχιση των πληροφοριών θέσης λήψης σε κάθε μία αεροφωτογραφία (Geotagging). Κατά τη χρονική στιγμή λήψης της αεροφωτογραφίας με το υπερελαφρό αεροπλάνο σε καθεμία, ενεγράφησαν οι συντεταγμένες φ, λ, h (WGS84).

Με την εντολή Optimize Camera Alignment βελτιώνεται η ακρίβεια της φωτομηχανής στη γεωμετρία του εσωτερικού και εξωτερικού προσανατολισμού.

Δημιουργία νέφους σημείων (build dense cloud). Πραγματοποιείται ο προσανατολισμός των φωτογραφιών. Υπολογίζεται η θέση της φωτογραφικής μηχανής για την κάθε εικόνα ενώ ταυτόχρονα αναζητούνται τα κοινά (όμοια) σημεία (εικονοστοιχεία) στις φωτογραφίες που έχουν αλληλοεπικάλυψη. Πραγματοποιείται επίλυση του συστήματος με την διαδικασία του αεροτριγωνισμού στην οποία ο αλγόριθμος θα τοποθετήσει τις αεροφωτογραφίες στη σωστή τους διάταξη με την τεχνολογία του νέφους σημείων η οποία χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια στην κινηματογραφική βιομηχανία.

Εδώ να επισημανθεί ότι απαιτούνται υψηλές επικαλύψεις για να μειωθεί ο χρόνος που τρέχει ο αλγόριθμος ώστε να συνενώσει τα κοινά σημεία. Το κύριο προϊόν είναι ένα αραιό νέφος σημείων και το σύνολο των θέσεων λήψης των φωτογραφιών. Επιπλέον στο συγκεκριμένο στάδιο εντοπίζονται τα φωτοσταθερά με γνωστές συντεταγμένες (σε Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα 1987) που τοποθετήθηκαν στο χώρο.

Η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου (3D Model). Ακολουθεί η δημιουργία του τρισδιάστατου πλέγματος πολυγώνων (build mesh) το οποίο προσομοιώνει την επιφάνεια του αντικειμένου, βάσει των εκτιμώμενων θέσεων των εικόνων.

Η κατασκευή της υφής (texture) των εικόνων. Μετά τη δημιουργία της γεωμετρίας (δηλ. το πλέγμα) που έχει κατασκευαστεί, δημιουργείται η υφή – προβολή των εικόνων πάνω στην επιφάνεια του μοντέλου

Παραγωγή Ορθοφωτοχάρτη και ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

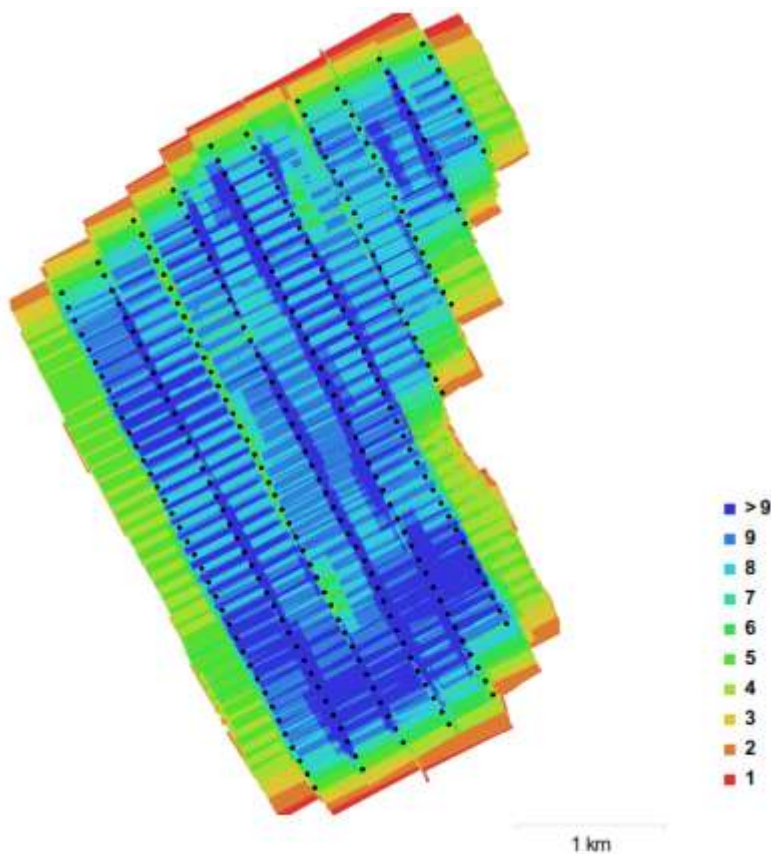
Οι αυτοματοποιημένες φωτογραμμετρικές διαδικασίες που έχουν αναπτυχθεί με τους νέους αλγόριθμους υπολογιστικής όρασης επιτρέπουν την επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων για την παραγωγή τρισδιάστατων ψηφιακών προϊόντων που χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό ακρίβειας. (Περράκης κ.α., 2016).

[Generate Report «Πηνειός»](#)

Όταν ολοκληρώθηκε η διαδικασία της παραγωγής των αποτελεσμάτων το αποτέλεσμα ήταν εντυπωσιακό. Η έκθεση (report) του λογισμικού αποδίδει του λόγου το αληθές. Ακολούθως παρατίθενται τα σημαντικότερα στοιχεία της επεξεργασίας.



Εικόνα 32. Απόδοση του Ορθοφωτοχάρτη από το software



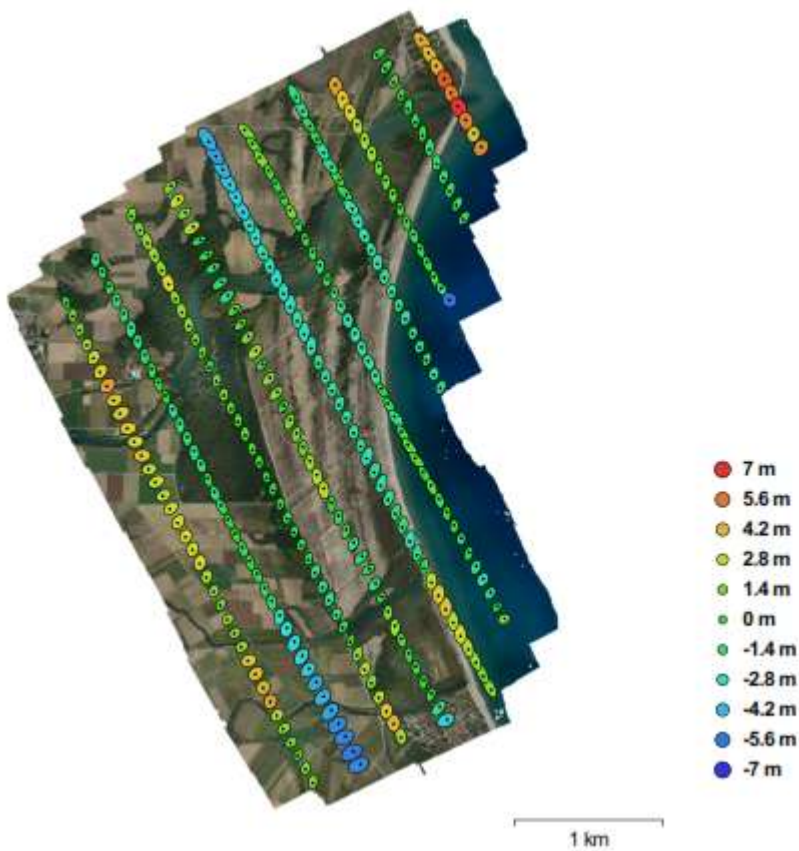
Εικόνα 33. Με την μαύρη κουκίδα δίνεται η θέση κάμερας και με τα χρώματα οι επικαλύψεις αεροφωτογραφιών. Η κλίμακα στον χρωματισμό ανέρχεται με τον αριθμό των επικαλύψεων.

Στο στιγμιότυπο της εικόνας παρουσιάζονται το σύνολο των α/φιών (293) και με μαύρες κουκκίδες σημειώνεται η πορεία (route) του α/φους. Το ύψος πτήσης ήταν 1,01 χιλιόμετρα. Η χωρική ανάλυση (ground resolution) 9,37 εκατοστά / pixel. Η συνολική περιοχή που φωτογραφήθηκε ήταν 12,4 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Συνολικά προέκυψαν 1.184.480 σημεία από τις α/φίες τα οποία με την ανατροφοδότηση του προγράμματος προέκυψαν 4.933.788 προβολές με ελάχιστο σφάλμα 0.938 pixel το οποίο έχει να κάνει με το φωτογραμμετρικό δέσιμο των στερεοζευγών.

Τα σημεία (tie points) χρησιμοποιούνται έτσι ώστε το λογισμικό να συνδέσει τα κοινά σημεία με την τεχνολογία νέφους σημείων και να τα ομαδοποιήσει με τέτοιο τρόπο για να αποδοθεί το τελικό αποτέλεσμα.

Το στιγμιότυπο απεικονίζει τις λήψεις και τις επικαλύψεις. Στα δεξιά του μοντέλου υπάρχει χρωματική κλίμακα από το κόκκινο (δηλαδή φωτογραφία χωρίς επικάλυψη) ως το μπλε όπου υπάρχουν από εννέα και άνω φωτογραφίες που επικαλύπτονται. Παρατηρούμε ότι στα περιθώρια η επικάλυψη είναι ισχνή. Αυτό συμβαίνει διότι στα άκρα υπάρχουν ελάχιστες αεροφωτογραφίες στο τελείωμα του πλαισίου οι οποίες μπορεί και να απορριφθούν λόγω μη

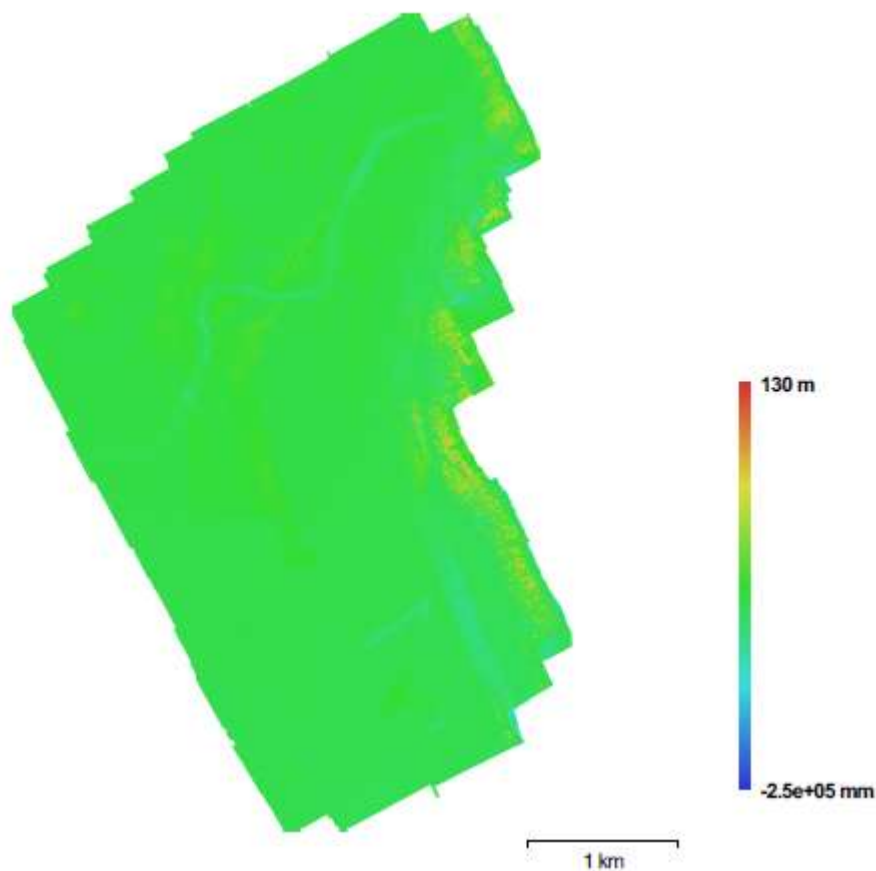
επαρκούς επικάλυψης και δεν βοηθούν στη φωτογραμμετρική διαδικασία. Ουσιαστικά το τμήμα που δύναται να χρησιμοποιηθεί με βέλτιστο τρόπο βρίσκεται από το πράσινο χρωματικό πλαίσιο που σημαίνει 3 επικαλύψεις και άνω.



Εικόνα 34. Θέσεις κάμερας και καταγραφή σφαλμάτων

Τα σφάλματα στον άξονα z διαβαθμίζονται χρωματικά, ενώ στον άξονα x,y με σχήμα ελλειψοειδές. Στον άξονα z υπάρχει κλίμακα χρωμάτων από σφάλμα -7 μέτρα με κυανό, 0 μέτρα με πράσινο και +7 μέτρα με κόκκινο χρώμα. Στον άξονα x,y οριζοντιογραφικά η απόκλιση συμβαίνει εντός του πλαισίου της έλλειψης.

Digital Elevation Model



Εικόνα 35. Παραγόμενο DEM

Λόγω της μικρής υψομετρικής διαφοράς δεν χρησιμοποιήθηκε στην εξαγωγή αποτελεσμάτων. Παρόλα αυτά ήταν απαραίτητο βήμα για ολοκλήρωση της επεξεργασίας των δεδομένων.

Ειδικότερα τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την συγκεκριμένη εφαρμογή ήταν:

Η ταχύτητα αποτύπωσης. Για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση της αεροφωτογράφησης με υπερελαφρό α/φος και την τελική επεξεργασία των αεροφωτογραφιών απαιτήθηκαν τρεις ημέρες. Για τον σχεδιασμό απαιτήθηκαν μερικές ώρες. Η πτήση διήρκεσε δύο ώρες και δέκα λεπτά. Οι εργασίες πεδίου διήρκεσαν περίπου μία ώρα. Τέλος η επεξεργασία των αεροφωτογραφιών μια μέρα στο εργαστήριο. Αντίστοιχα με τις κλασσικές μεθόδους αποτύπωσης θα απαιτούνταν μερικές ημέρες (γεωδαιτικός σταθμός).

Το κόστος της αποτύπωσης. Το κόστος εξοπλισμού και ανθρωποωρών είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με την επίγεια αποτύπωση. Το κόστος της πτήσης ήταν συγκριτικά μικρότερο του γεωδαιτικού σταθμού το οποίο μπορεί να ξεπερνά τις 5.000 ευρώ.

Φυσικά, η φωτογραμμετρική αποτύπωση έχει και τα μειονεκτήματά της. Οι κατακόρυφες λήψεις δεν επιτρέπουν την καταγραφή στοιχείων που βρίσκονται καλυμμένα κάτω από δασική έκταση, σκεπές κ.ά. Η επίγεια τοπογραφική αποτύπωση δίνει τοπογραφικά διαγράμματα υψηλότερης ακρίβειας. (Περράκης κ.α, 2016)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μετά την επεξεργασία των αεροφωτογραφιών κατασκευάστηκε ένα Ψηφιακό Μοντέλου Εδάφους (DEM) και ένας ορθοφωτοχάρτης, ο οποίος είναι υψηλής ανάλυσης (pixel size 9,37cm*9,37cm). Από την σύγκριση αυτού με τις αεροφωτογραφίες που καλύπτουν την περιοχή, έτους λήψης 1997, στο λογισμικό Arcgis, διακρίνονται αλλαγές στην περιοχή, οι οποίες περιγράφονται στην συνέχεια.

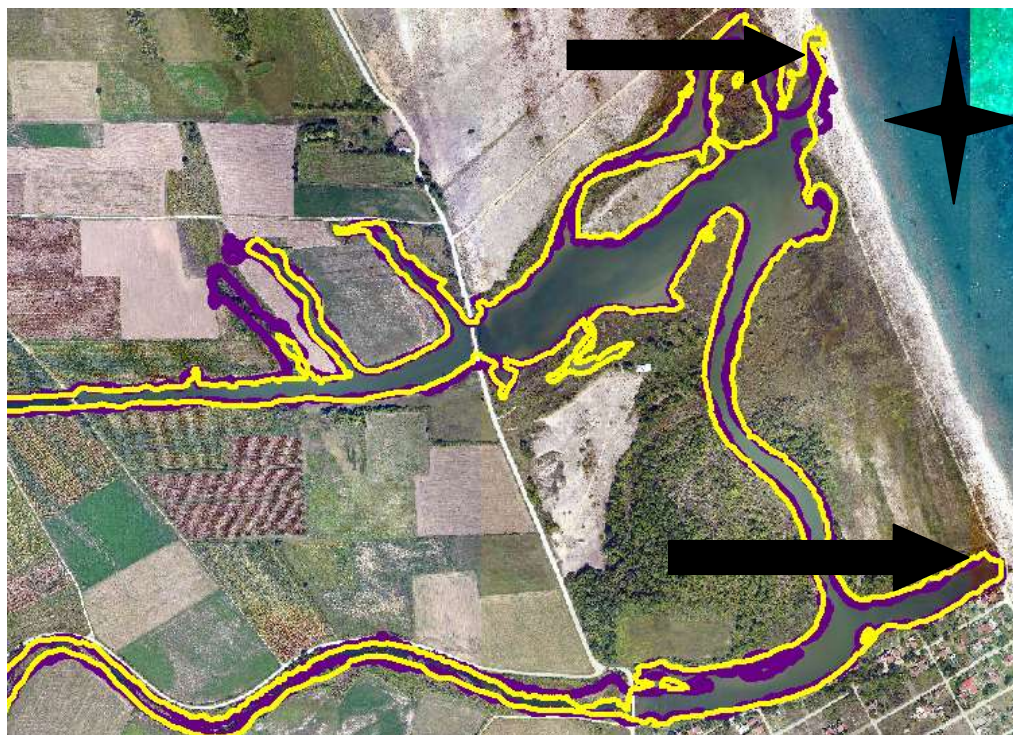
Γεωμορφολογική Χαρτογράφηση

Σημαντική για την απεικόνιση των γεωμορφών τόσο του δελταϊκού μετώπου όσο και της δελταϊκής πεδιάδας ήταν η εξέταση του παραγόμενου ορθοφωτοχάρτη και των αεροφωτογραφιών του 1997. Παρόλο που η διακριτική ικανότητα των αεροφωτογραφιών του 1997 δεν είναι το ίδιο ικανοποιητική με του 2017, η σύγκρισή τους με τα νέα μεταδεδομένα, ήταν αρκετά διαφωτιστική για τον εντοπισμό στοιχείων τόσο του φυσικού περιβάλλοντος όπως γεωμορφών (παλαιές εγκαταλελειμμένες κοίτες, ενεργή κοίτη, ακτογραμμή, παράκτιες αμμώδεις ράχες), όσο και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (δόμηση, καλλιέργειες) καθώς και των διαχρονικών τους μεταβολών (μετατόπιση της ακτογραμμής, έξαρση δόμησης). Ο σύνθετος χάρτης παρατίθεται ως παράρτημα στο τέλος της πτυχιακής εργασίας.

Παράκτιες και Αιολικές Γεωμορφές

Σε όλο το μήκος της σημερινής ακτογραμμής του Δέλτα παρατηρήθηκαν αιγιαλοί. Το υλικό των αιγιαλών, είναι κυρίως άμμος. Χαρακτηριστική ήταν και η παρουσία αιγιαλών μπροστά από τις μικρές λίμνες, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί σε περιοχές που παλαιές κοίτες του ποταμού κατέληγαν στη θάλασσα. Και αυτοί οι αιγιαλοί και αυτοί είναι αμμώδεις και προφυλάσσουν τις λίμνες και τα παράκτια έλη από τις θαλάσσιες διεργασίες. Η φυσική διαμόρφωση των φραγμάτων που προστατεύουν τις λίμνες στην περιοχή είναι δυνατόν να προέρχεται από θίνες ή προσχώσεις και υλικά των παλαιοκοιτών του ποταμού στις παλαιές

εκβολές του και την αναδιανομή τους από τη δράση του κυματισμού και των παράκτιων ρευμάτων. Δηλαδή, όταν εγκαταλείφθηκε η παλιά κοιτή, σταμάτησε η τροφοδοσία του συγκεκριμένου τμήματος της δελταϊκής περιοχής με ίζημα και σε συνδυασμό τις θαλάσσιες διεργασίες, πιθανή καθίζηση παλαιών ιζημάτων, δημιουργήθηκε η λίμνη.



Εικόνα 36. Φυσικά φράγματα στις εκβολές των παλαιών κοιτών.

Παράλληλα με την ακτογραμμή παρατηρούνται παραλιακές ράχες, οι οποίες βρίσκονται ακόμη και σε απόσταση 800 μέτρων από την ακτογραμμή. Οι παραλιακές ράχες, είναι μικροί λοφίσκοι από άμμο και άλλα υλικά της παράκτιας ζώνης, είναι σημαντική στη μεταβατική ζώνη θάλασσας και ξηράς και δημιουργήθηκαν από τις διεργασίες της αιολικής αναδιανομής και απόθεσης της άμμου στην παράκτια ζώνη. Δηλαδή, είναι η άμμος της ακτής που τα κύματα και τα ρεύματα, έφεραν στην παραλία και παρασύρθηκε από τον άνεμο σχηματίζοντας τις γεωμορφές αυτές. Οι παλαιότερες παραλιακές ράχες έχουν καλυφθεί από βλάστηση χαμηλού ύψους. Οι παραλιακές ράχες που χαρτογραφήθηκαν σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή είναι σταθερές ενώ αυτές που είναι κοντά στην ακτογραμμή, επηρεάζονται τόσο από τις αιολικές όσο και από τις θαλάσσιες διεργασίες που δρουν στην περιοχή.

Παρατηρούνται στην εικόνα 37 παράκτιες αμμώδεις ζώνες (berms) οι οποίες στην περιοχή μελέτης αποτελούνται από άμμο και διάφορα άλλα θραύσματα της παράκτιας ζώνης.

Τα berms βρίσκονται στην ανώτερη ζώνη της ακτής που μπορεί να αγγίξει ο κυματισμός. Σε ορισμένα τμήματα της ακτογραμμής έχουν σχηματιστεί πάνω από μια ζώνες. Επίσης σε συγκεκριμένα τμήματα της ακτογραμμής λόγω της διαφορετικής κυματικής ενέργειας αλλού σχηματίζεται μια νέα ζώνη και αλλού χάνεται μια παλαιά (Καρύμπαλης, 2010)

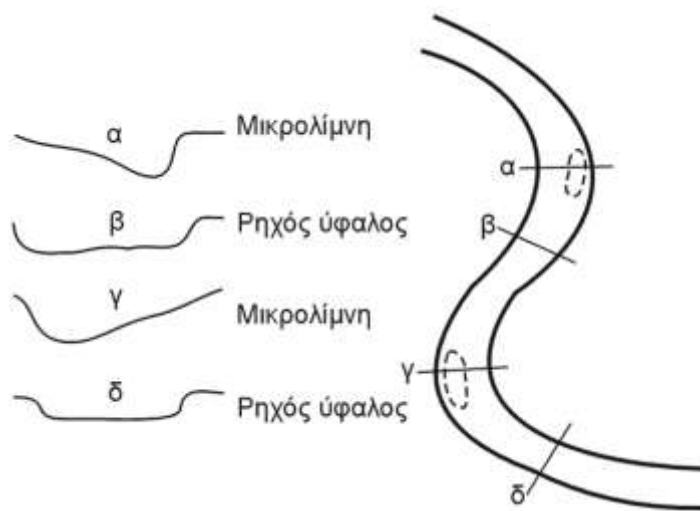
Ακόμη ένα στοιχείο που παρατηρείται στην εικόνα 37 είναι οι ημισεληνοειδής αμμώδεις σχηματισμοί (beach cusps). Είναι εφήμερες ημισεληνοειδούς μορφής συγκεντρώσεις άμμου, στο ύψος της ακτογραμμής ή και ψηλότερα που επαναλαμβάνεται περιοδικά. Εμφανίζεται στο σημείο θραύσης του κυματισμού με βασικό χαρακτηριστικό το χαμηλό εύρος παλίρροιας. Η απόσταση μεταξύ των κορυφών των κεράτων κυμαίνεται από σχεδόν ένα ως έξι μέτρα.



Εικόνα 37. Λεπτομερής εικόνα όπου διακρίνονται beach cusps(μωβ χρώμα) και berms (καφέ χρώμα)

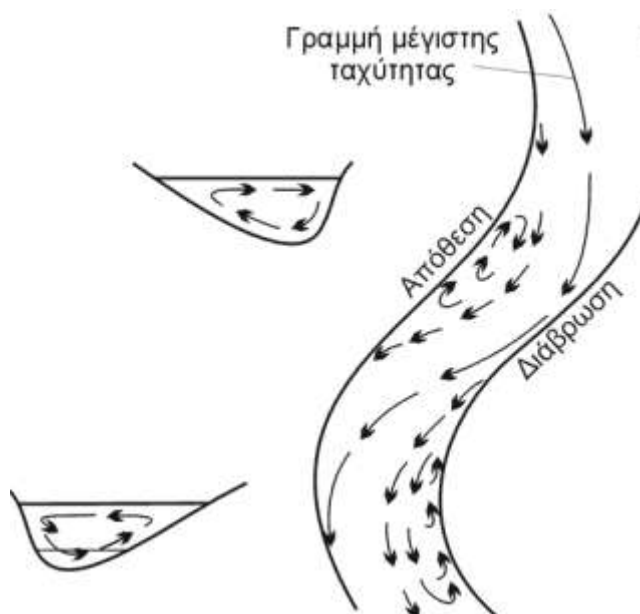
Σύγχρονες και Παλαιές Κοίτες

Η στάθμη του Πηνειού ανεβαίνει και κατεβαίνει εξαιτίας και των εποχικών βροχοπτώσεων αλλά και των υπόγειων πηγών, την μεγάλη ανθρώπινη δραστηριότητα, οπότε έχουν παρατηρηθεί αλλαγές από το 1997 ως το 2017.



Εικόνα 38. Βυθίσματα και εξάρματα του πυθμένα σε κάτοψη και τομή
<http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/img0812.html>

(πηγή:



Εικόνα 39. Μαϊάνδρος στον οποίο φαίνεται η γραμμή μέγιστης ταχύτητας και ο διαχωρισμός της ροής, που δημιουργεί περιοχές απόθεσης και διάβρωσης. Οι εγκάρσιες τομές δείχνουν την πλευρική κίνηση του νερού στις καμπές (πηγή:
<http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/img0812.html>).

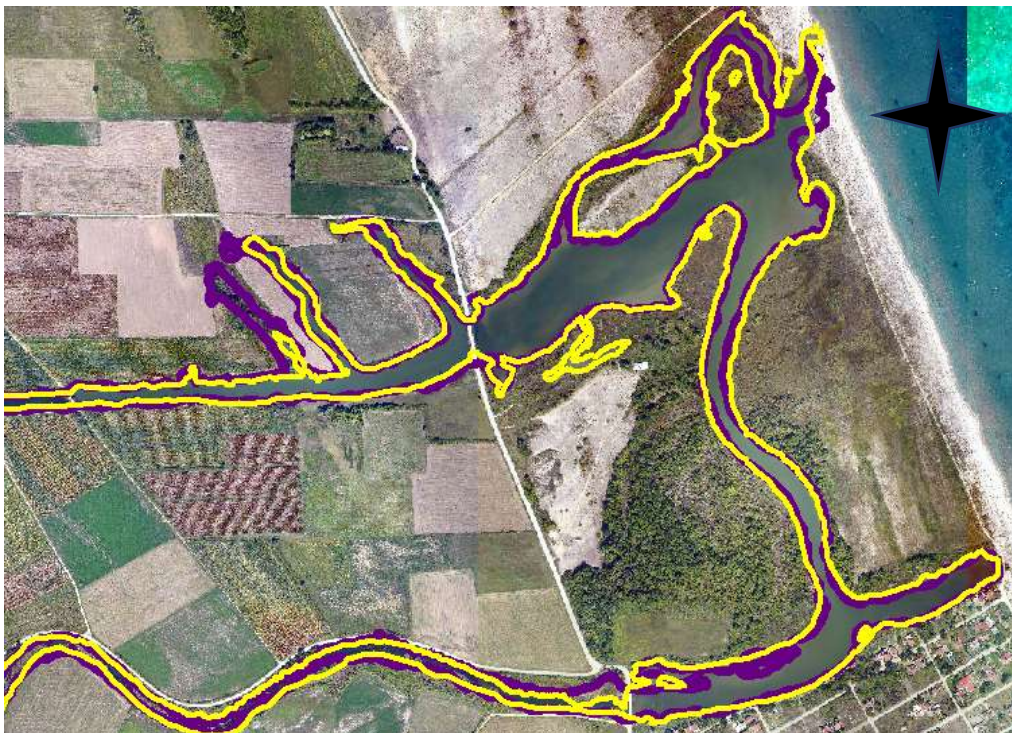
Στην εικόνα 38 φαίνονται τα βυθίσματα και τα εξάρματα σε έναν ποταμό ο οποίος έχει μαιανδρική μορφή, και στην εικόνα 39 πώς γίνεται η διαμόρφωση των όχθων λόγω της κίνησης του νερού σε ποταμό με μαιανδρικής μορφής κοίτη.

Δημιουργώντας τα shapefiles των κοιτών από τα δύο μεταδεδομένα έχουμε την παρακάτω εικόνα για την ενεργή κοίτη του Πηνειού. Όπου με το κίτρινο χρώμα οριοθετήθηκε η σύγχρονη μορφή του μαϊάνδρου και με το μωβ, η παλαιά. Από την μέτρηση στο Arcmap διαπιστώνεται ότι η μέγιστη μετατόπιση αγγίζει τα 100 μέτρα στον μαϊάνδρο που είναι προς την ακτογραμμή (ανατολικά) και στον πιο δυτικό μαϊάνδρο η μετατόπιση αγγίζει τα 50 μέτρα.

Στην εικόνα 41, που αφορά την εγκαταλελειμμένη κοίτη, οι διαφορές είναι πάρα πολύ μικρές, εκτός από την αλλαγή της μικρής εκβολής που μεταφέρθηκε βορειότερα. Αλλά και πάλι η μετατόπιση αυτή ενδέχεται να είναι περιοδική και να αλλάζει ανάλογα με τις μετεωρολογικές και θαλάσσιες συνθήκες.



Εικόνα 40. Sharfiles που εμφανίζουν χαρακτηριστικά την αλλαγή στους μαϊάνδρους της ενεργής κοίτης. Από την παλαιά (μωβ) στην νέα κοίτη (κίτρινη).



Εικόνα 41. Sharfiles που εμφανίζουν χαρακτηριστικά την διατήρηση στους μαϊάνδρους της ανενεργής κοίτης. Με μωβ η παλαιά και με κίτρινο χρώμα η νέα κοίτη.

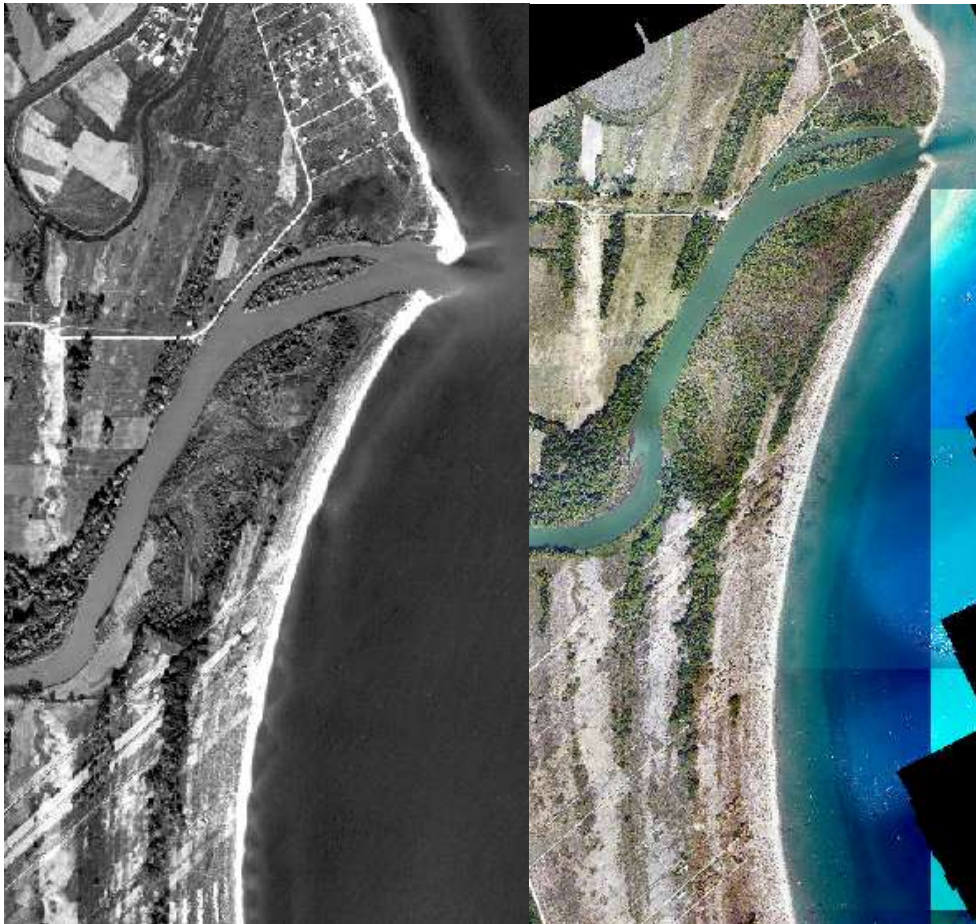
Σε ποταμούς με μαιανδρικές κοίτες όπως ο Πηνειός συναντώνται μηνοειδείς λίμνες (oxbow lakes) ως αποτέλεσμα αποκομμένης κοίτης. Στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής υφίσταται αυτού του είδους γεωμορφή.



Εικόνα 42. Μηνοειδής λίμνη (κίτρινο χρώμα) πλησίον της ενεργής κοίτης (μπλε χρώμα)

Διάβρωση και Μετατόπιση Ακτογραμμής

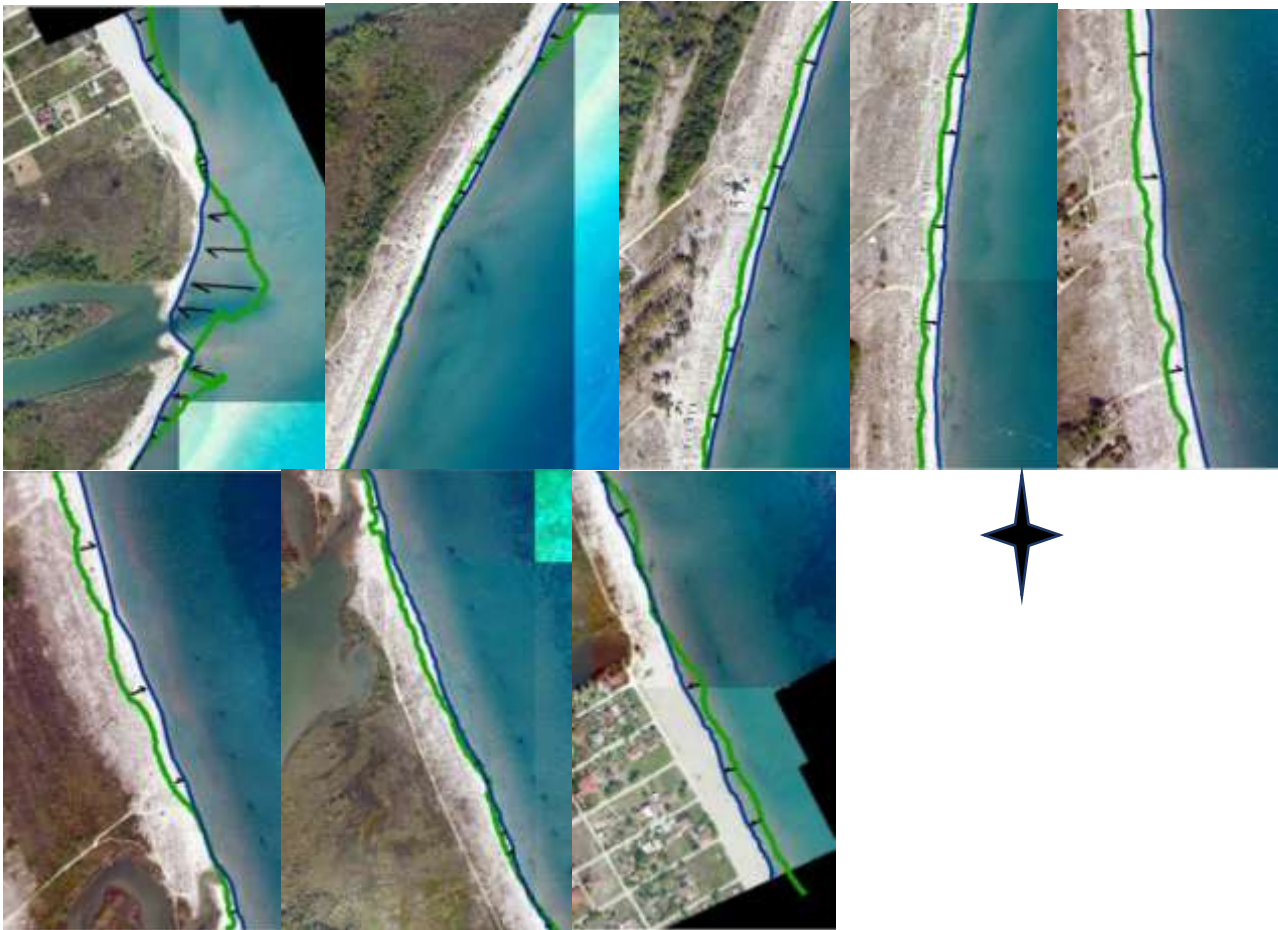
Μελετώντας τις διαφορές της δελταϊκής ακτογραμμής, που προκύπτουν από την σύγκριση των αεροφωτογραφιών του 1997 και του 2017 και ξεκινώντας από τα βόρεια προς τα νότια, παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην ακτογραμμή. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται μήκη της ακτογραμμής που προελαύνει η χέρσος έναντι της θάλασσας και μήκη της ακτογραμμής όπου η δελταϊκή πεδιάδα διαβρώνεται από την δράση των θαλάσσιων διεργασιών.



Εικόνα 43. Παράθεση τμημάτων αεροφωτογραφιών 1997 και 2017.

Η μετατόπιση της ακτογραμμής απεικονίζεται από το sharpefile με το πράσινο χρώμα (ακτογραμμή του 1997) προς το sharpefile με το μπλε χρώμα (ακτογραμμή του 2017), συμβολίζεται με μαύρα βέλη. Ενδεικτικά, αναφέρεται πως το μέγεθος της διάβρωσης της δελταϊκής πεδιάδας, μετρώντας τις αποστάσεις μεταξύ των δυο ακτογραμμών, λαμβάνει τιμές μέχρι 134 μέτρα. Ενώ, η προέλαση της στεριάς προς την θάλασσα, αγγίζει και τα 33 μέτρα. Τονίζεται, πως στον Θερμαϊκό κόλπο, τα κύματα και οι άνεμοι έχουν συνήθως διεύθυνση από τον βορρά προς τον νότο και έτσι τα υλικά που μπορούν να μεταφερθούν με το θαλάσσιο νερό, αποκολλώνται από τα βορειότερα τμήματα της ακτογραμμής και μεταφέρονται στα νότια.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η προέλαση παρατηρείται περίξ της θέσης των σημερινών ενεργών εκβολών (μπλε χρώμα) του ποταμού και οφείλεται στη άμεση απόθεση των φερτών υλών.



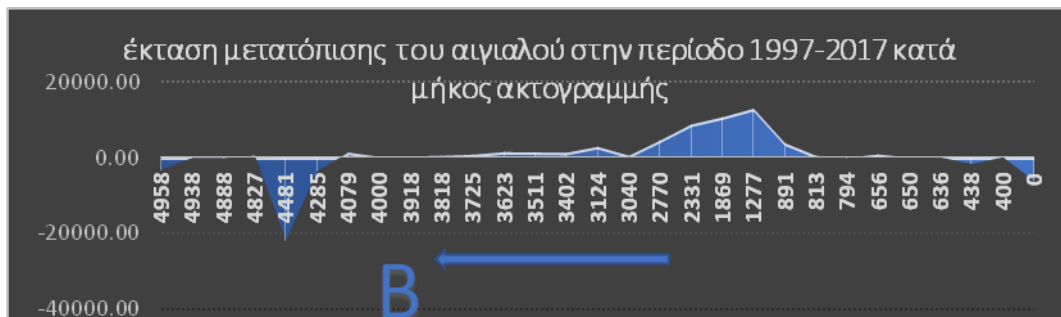
Εικόνα 44. Στιγμιότυπα του συνόλου της ακτογραμμής που δείχνουν την μετατόπιση της. Με μπλε χρώμα η ακτογραμμή 2017 και με πράσινο η ακτογραμμή 1997.

Η μέση μετατόπιση της ακτογραμμής ανά έτος υπολογίζεται από το πηλίκο της απόστασης μεταξύ των δύο ακτογραμμών, παλαιάς και νέας, διά τον αριθμό των ετών της χρονικής περιόδου που αφορά τη μέτρηση. Η μεγαλύτερη υποχώρηση είναι 134 μέτρα, διαιρούμενη με τα είκοσι (20) χρόνια, δίνουν μια μετατόπιση 6,7 μέτρα ανά έτος. Η μεγαλύτερη προέλαση είναι 33 μέτρα, διαιρούμενη με είκοσι (20) χρόνια, δίνουν μετατόπιση 1,65 μέτρα ανά έτος. Χρησιμοποιώντας το αρνητικό πρόσημο για την υποχώρηση της στεριάς, τότε η μέση μετατόπιση είναι -2,525 μέτρα ανά έτος.

Παρόλα αυτά σε μετρήσεις που έγιναν ανά 1500 μέτρα των 5,5 χιλιομέτρων της δελταϊκής ακτής της περιοχής που έγινε η αεροφωτογράφιση του 2017, ο μέσος ρυθμός υπολογίζεται σε -0,65 μέτρα ανά έτος.

Ωστόσο μια λεπτομερέστερη καταγραφή της μετατόπισης παρατηρείται στο παρακάτω διάγραμμα. Αναπαρίσταται η έκταση μετατόπισης του αιγιαλού ανά τμήμα του μήκους της ακτογραμμής όπου υφίσταται. Τα τμήματα που βρίσκονται κάτω από τον οριζόντιο άξονα

αφορούν την υποχώρηση της ακτογραμμής και αυτά που βρίσκονται άνωθεν αυτής αφορούν την προέλαση, ενώ οι τιμές στον κατακόρυφο άξονα είναι σε τετραγωνικά μέτρα. Η προέλαση αφορά ίζημα που διαβρώνεται επανεπεξεργάζεται και αποτίθεται από το παράκτιο ρεύμα. Το ίζημα αυτό προκύπτει από τη διάβρωση των εκβολών



Εικόνα 45. Διάγραμμα που αποτυπώνει την επιφάνεια της ακτής σε τ.μ. που προέλασε ή υποχώρησε, σε όλο το μήκος της παραλίας.

Ανθρωπογενείς Επεμβάσεις

Σε όλο το μήκος της παράκτιας περιοχής του δέλτα αλλά και της δελταϊκής περιοχής δυτικότερα της ακτογραμμής, παρατηρήθηκε πως οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι έντονες, είτε με κατασκευές στο ποταμό, είτε με αλλαγές δρόμων, είτε με κατασκευές όπως παραθεριστικές κατοικίες και εγκαταστάσεις επαγγελματικών δραστηριοτήτων (εικόνα 46).



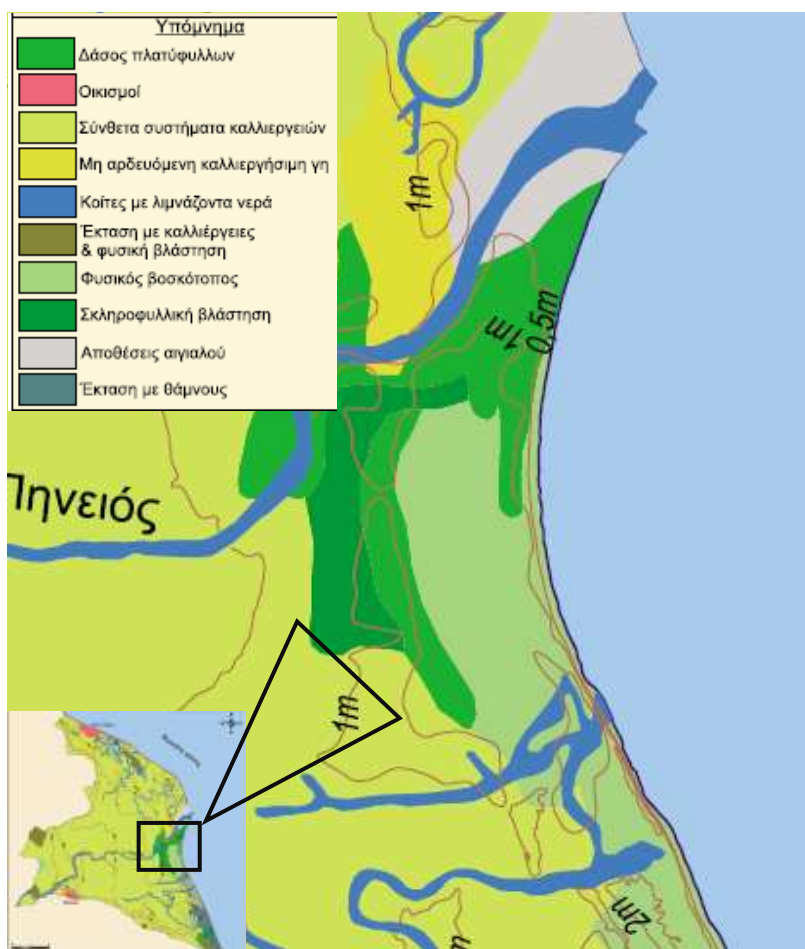
Εικόνα 46. Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Αριστερά: υποτυπώδες φράγμα. Μέση: χωματερή. Δεξιά: κτίσματα του 2017 (πράσινο χρώμα) και κτίσματα του 1997 (μπλε χρώμα).

Στην εικόνα 46 διακρίνονται ανθρώπινες παρεμβάσεις, ξεκινώντας από τα αριστερά, παρατηρείται μια κατασκευή φράγματος στην ενεργή κοίτη του ποταμού, στην μεσαία εικόνα είναι μία χωματερή (κίτρινο χρώμα), εξαιτίας αυτής άλλαξε και ο δρόμος (με μωβ χρώμα είναι ο δρόμος το 1997) και στην δεξιά εικόνα είναι ένα δείγμα από την τεράστια οικοδομική ανάπτυξη των τελευταίων είκοσι ετών. Με πράσινο χρώμα είναι όλων των ειδών οικοδομικές κατασκευές του 2017 (σπίτια, αποθήκες κτλ) και με μπλε χρώμα είναι αντίστοιχες κατασκευές που είναι ορατές στις αεροφωτογραφίες του 1997.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, στο σύνολο της περιοχής που έγινε η αεροφωτογράφιση του 2017 υπάρχουν περίπου 290 οικοδομήματα ενώ στην αντίστοιχη περιοχή για την αεροφωτογράφιση του 1997, υπάρχουν περίπου 154, δηλαδή μια αύξηση της τάξεως 88%.

Χρήσεις Γης

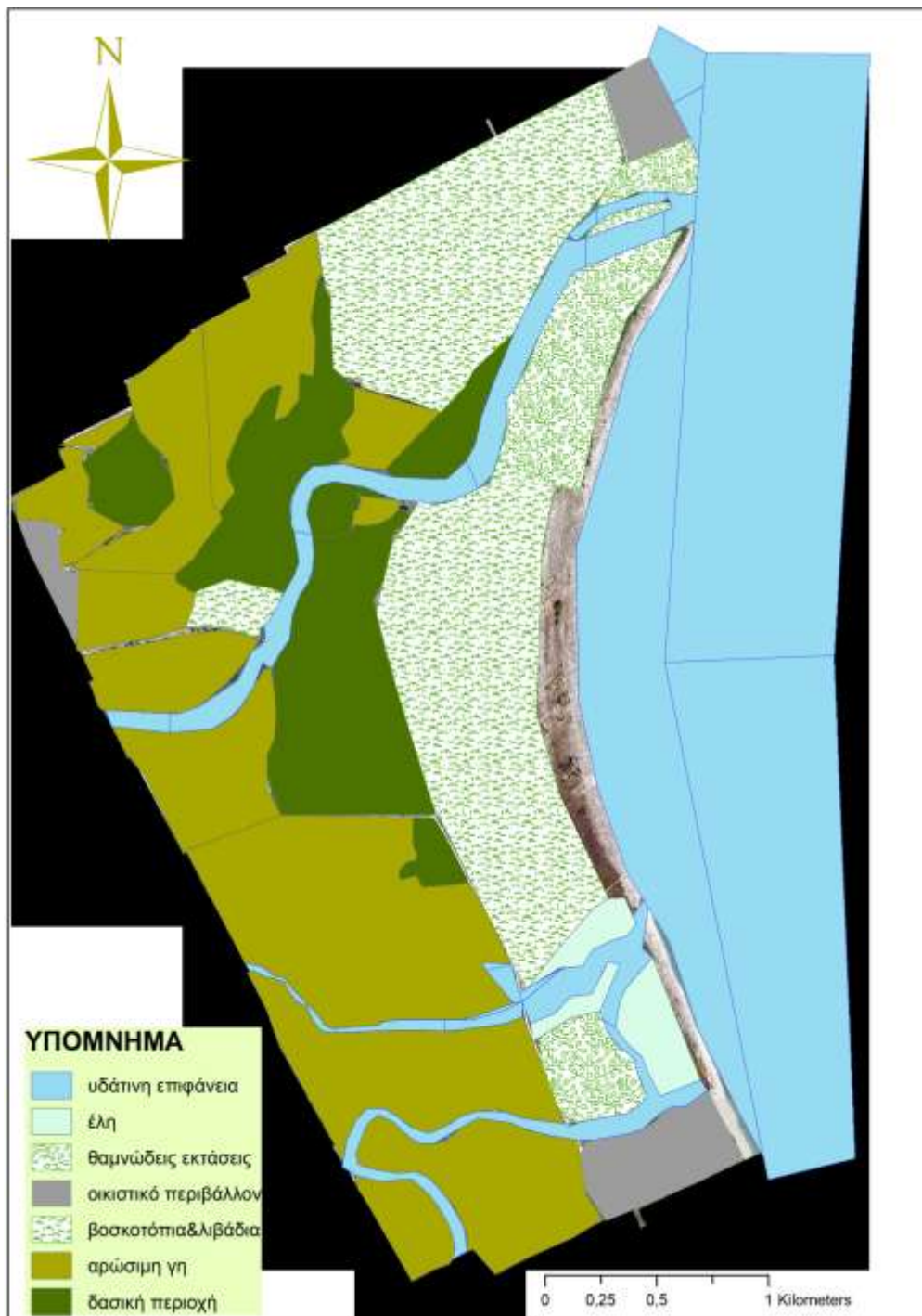
Δεδομένου ότι οι χρήσεις γης αποτελούν μια ένδειξη των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων, τα αποτελέσματα αποτελούν μια πρώτη αδρή αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που ενδεχόμενα έχουν οι παράκτιοι φυσικοί κίνδυνοι στη δελταϊκή πεδιάδα. Μεταξύ των παράκτιων κινδύνων συγκαταλέγεται η εφήμερη άνοδος της στάθμης λόγω μετεωρολογικών συνθηκών (χαμηλά βαρομετρικά ευνοούν την ανύψωση της στάθμης) και κυρίως η μακροπρόθεσμη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Έγινε μια προσπάθεια να εκτιμηθούν με αρκετά μεγάλη λεπτομέρεια οι χρήσεις γης για τη χαμηλή υψομετρικά ζώνη του τμήματος της δελταϊκής πεδιάδας που μελετήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας.



Εικόνα 47. Χάρτης χρήσεων γης του Δέλτα του Πηνειού ποταμού (τροποποιημένο από Καρύμπαλης 2010).

Στην εικόνα 48 αποτυπώνονται οι χρήσεις γης του 2017 και είναι πολύ πιο λεπτομερές από την εικόνα 47. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Arcmap οι εκτάσεις χρήσεων γης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα :

Χρήση Γης	Μονάδα Μέτρησης	Έκταση
Υδάτινη Επιφάνεια	τετραγωνικά χιλιόμετρα	0,76
Έλη	τετραγωνικά χιλιόμετρα	0,22
Θαμνώδεις εκτάσεις	τετραγωνικά χιλιόμετρα	0,65
Οικιστικό Περιβάλλον	τετραγωνικά χιλιόμετρα	0,39
Βοσκοτόπια-Λιβάδια	τετραγωνικά χιλιόμετρα	2,41
Αρώσιμη Γη	τετραγωνικά χιλιόμετρα	3,48
Δασική Περιοχή	τετραγωνικά χιλιόμετρα	1,41



Εικόνα 48. Χρήσης γης όπως αυτή παρατηρήθηκε από τις υψηλής ανάλυσης αεροφωτογραφίες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η φωτοερμηνευτική ανάλυση του χάρτη της παρούσας εργασίας οδήγησε στην κατασκευή ενός σύνθετου χάρτη απεικόνισης των επιμέρους γεωμορφών και των ανθρωπογενών επεμβάσεων κλίμακας 1:6.000. Για τη δημιουργία αυτού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Arcgis 10.3 της εταιρείας Esri. Τα δεδομένα χαρτογράφησης των τοπογραφικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης ήταν μια σύνθεση από το πρωτογενές υλικό των αεροφωτογραφιών της Γ.Υ.Σ. έτους 1997 και τις σύγχρονες αεροφωτογραφίες του 2017 που ελήφθησαν ειδικά για την παρούσα εργασία. Ως κοινό σύστημα συντεταγμένων για τα ψηφιακά δεδομένα επιλέχθηκε το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987. Ο χάρτης περιλαμβάνει με σαφήνεια γεωμορφές στη δελταϊκή περιοχή (παραλιακές ράχες, ημισεληνοειδείς αμμώδεις σχηματισμούς, παράκτιες αμμώδεις ζώνες, μηνοειδής λίμνη), ενεργούς κλάδους διανομής, ακτογραμμή, δομημένο περιβάλλον και οδικό δίκτυο.

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση τμήματος του δέλτα του Πηνειού οδήγησε στη διαπίστωση ότι οι κυρίαρχες γεωμορφές που συναντώνται στο τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας και κατά μήκος της ακτογραμμής είναι η σημερινή ενεργή κοίτη, οι παλαιοκοίτες, οι δελταϊκές αποθέσεις, οι αιγιαλοί αμμώδεις ή ανάμεικτου υλικού, τα παράκτια έλη, λίμνη και οι παράκτιες αμμώδεις θίνες ενώ εντοπίστηκαν και οι περιοχές διάβρωσης και απόθεσης. Τμηματικά κατά μήκος της σημερινής ακτογραμμής της περιοχής μελέτης παρατηρήθηκαν ημισεληνοειδείς αμμώδεις σχηματισμοί και παράκτιες αμμώδεις ζώνες. Χαρακτηριστική ήταν και η παρουσία φραγματικών αιγιαλών στο νότιο τμήμα της ακτογραμμής έμπροσθεν της λίμνης, η οποία έχει αναπτυχθεί σε περιοχή που παλαιές κοίτες του ποταμού κατέληγαν στη θάλασσα. Κυρίαρχο υλικό στο παραλιακό μέτωπο είναι η άμμος. Χαρακτηριστική, στο χερσαίο τμήμα του δελταϊκού μετώπου, είναι η ύπαρξη λιμνών και παράκτιων ελών.

Πολύ πιθανόν λόγω της δράσης του κυματισμού και του επικρατούντος παράκτιου ρεύματος στον Θερμαϊκό κόλπο παρατηρείται υποχώρηση της ακτογραμμής κυρίως στο βόρειο τμήμα του τμήματος του δέλτα που μελετήθηκε λόγω διάβρωσης των ακτών. Σ' αυτό το τμήμα, η ακτογραμμή έχει υποχωρήσει λόγω διάβρωσης από το 1997 έως σήμερα με συνέπεια τα φερτά υλικά (κυρίως άμμος) που καταλήγουν στο μέτωπο του δέλτα δεν αποτίθενται εκεί αλλά μεταφέρονται σταδιακά κατά μήκος του νότιου τμήματος της

ακτογραμμής. Αποτέλεσμα αυτού είναι η προέλαση του χερσαίου τμήματος σε σχέση με τη θάλασσα. Η υποχώρηση της παραλίας σε αυτό το τμήμα είναι της τάξης των 134 μέτρων για τη χρονική περίοδο 1997-2017 όπως διαπιστώθηκε από μετρήσεις που έγιναν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και εκτείνεται για 400 περίπου μέτρα κατά μήκος της ακτής. Στο τμήμα νότια των σημερινών εκβολών παρατηρήθηκαν μεταβολές στα επόμενα τέσσερα χιλιόμετρα. Ενώ στα τελευταία 500 μέτρα της νότιου τμήματος παρατηρείται μικρή υποχώρηση της τάξης των 20 μέτρων κατά μέσο όρο.

Έχοντας ως αφετηρία τα αποτελέσματα της γεωμορφολογικής μελέτης των δέλτα των ποταμών Πηνειού, Καλαμά, Εύηνου και Μόρνου. Ε. Καρύμπαλης και Γάκη-Παπαναστασίου Κ. (2005), και εστιάζοντας στη υποπεριοχή του δέλτα που ορίστηκε στην παρούσα εργασία επιβεβαιώθηκε ότι η δελταϊκή ακτογραμμή νότια των σημερινών εκβολών προελαύνει λόγω της σταδιακής προσαύξησης παράκτιων αμμωδών ράχων σε αντίθεση με την περιοχή των εγκαταλελειμμένων εκβολών (βόρεια του Στόμιου) που έχει υποστεί διάβρωση. Συμπληρωματικά η κύρια μεταβολή στην περιοχή είναι η διάβρωση στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης η οποία διαφοροποιεί τα αποτελέσματα της μελέτης του 2005 (από αεροφωτογραφία 1997)

Τέλος, η ανθρώπινη επέκταση ξεπερνά το 80% σύμφωνα με την χαρτογράφηση με συνέπεια να επηρεάζεται το φυσικό περιβάλλον. Η επέκταση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας έχει ως παρονομαστή την μείωση των δασικών περιοχών και την οικοπεδοποίηση και γενικά την υποβάθμιση της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Agisoft PhotoScan, 2013. Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 0.9.1.

Alessandro Matese, Piero Toscano, Salvatore Filippo Di Gennaro, Lorenzo Genesio, Francesco Primo Vaccari, Claudio Belli, Alessandro Zaldei, Roberto Bianconi, Benjamin Gioli.

«Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture.» www.mdpi.com/journal/remotesensing, 2015.

Andrea S. Laliberte, Remote Sensing Scientist, Albert Rango, Research Hydrologist, Jeff Herrick, Rangeland Scientist, επιμ. «UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR RANGELAND MAPPING AND MONITORING: A COMPARISON OF TWO SYSTEMS.» ASPRS 2007 Annual Conference. Tampa, FL: USDA-Agricultural Research Service, Jornada Experimental Range, New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, May 7-11, 2007.

Francisco Garcia-Ruiz, Sindhuja Sankaran, Joe Mari Maja, Won Suk Lee, Jesper Rasmussen, Reza Ehsani. «Comparison of two aerial imaging platforms for identification.» Elsevier, 2013.

Gaki-Papanastassiou, K., Karymbalis, E. & Maroukian, H., (2010), Recent Geomorphic changes and anthropogenic activities in the delta plain of Pinios River in central Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*.

I. Colomina, P. Molina. «Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review.» Elsevier, 2014

Karymbalis E., Tegou M. and Tsalkitzi, O., 2001. Study of delta formation factors at Central Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*

Karymbalis Efthimios, Gaki-Papanastassiou Kalliopi, Tsanakas Konstantinos & Ferentinou Maria (2016), Geomorphology of the Pinios River delta, Central Greece *Journal of Maps*

Karymbalis Efthimios, Gaki-Papanastassiou Kalliopi, Tsanakas Konstantinos & Ferentinou Maria (2016), Geomorphology of the Pinios River delta, Central Greece *Journal of Maps*.

Kraus, K., 2000. *Photogrammetry, Volume 1: Fundamentals and Standard Processes*. 4th ed., Köln: Dümmler

Otvos, E.G., 2000. Beach ridges – definitions and significance. *Geomorphology*

Ziemann, H. and El Hakim, S.F., 1982. On the definition of lens distortion reference data with odd power polynomials. *The International Archives of Photogrammetry*

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

Αγγελίδης Μ. (2004), “Αειφόρος Ανάπτυξη των Πόλεων στην Ευρώπη και στην Ελλάδα”, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ, Αθήνα 2004.

Βαβλιάκης Ελ., Μαθήματα Γεωγραφίας, Διαθέσιμο στο:

<http://www.geo.auth.gr/322/contents00.html>

Βασιλάκης Εμμ., Μαυρούλης Σ., Αλεξόπουλος Ι. και Δίλαλος Σ. (2014), Μορφοτεκτονική εξέλιξη της Δελταϊκής περιοχής του Πηνειού (Θεσσαλία), Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Βοϊβόνδα Α., Γκιώνης Γ., (2001) “Μελέτη βελτίωσης και αξιοποίησης περιοχών Εκβολών Πηνειού Ποταμού” ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ, ΚΤΗΜΑΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΣΙΟΥ (ΚΕΔ), Αθήνα. ΔΕΥΑΛ, 1996, 1997, 1998, “Ποιότητα των νερών υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας”, Έκθεση για το 1995, 1996, 1997.

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Λαρισαίων 2011-2014, Ενότητα 2.

Ζαλίδης Χ.Γ. και Α.Λ. Μαντζαβέλας (Συντονιστές Έκδοσης), (1994). Απογραφή των Ελληνικών υγροτόπων ως φυσικών πόρων (Πρώτη προσέγγιση), Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων (ΕΚΒΥ).

Καλαμακίς Δ. και Τσιτσιπλάμη Σ.Ε. (2015), Αξιολόγηση Παραγόμενου Ψηφιακού Μοντέλου Επιφάνειας από Τεχνολογία Uav και Φωτογραμμετρικές Μεθόδους, με Χρήση Συγκριτικών Gps Δεδομένων, Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Καρτέρης Μ. (1986), Δασική Αεροφωτογραφία, Τεύχος 1, Θεσσαλονίκη 1986, Εκδόσεις University Studio Press

Καρύμπαλης Ε. (2010), Παράκτια Γεωμορφολογία, Εκδόσεις Ίων

Καρύμπαλης Ε. και Γάκη-Παπαναστασίου Κ. (2005), Γεωμορφολογική Μελέτη των Δέλτα των Ποταμών Πηνειού, Καλαμά, Εύηνου και Μόρνου.

Καρύμπαλης Ε., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., 2008 Γεωμορφολογική μελέτη των ποταμών Πηνειού, Καλαμά, Εύηνου και Μόρνου. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών.

Κατσικάτσος Γ. και Μιγκίρος Γ. (1987), Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Ραψάνη, Κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.

Κατσικάτσος Γ., Βιδάκης Γ. και Μιγκίρος Γ. (1981), Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Πλατύκαμπος, Κλίμακα 1:50000, ΙΓΜΕ.

ΚΕΔ, 1993, “Χωροταξική οικολογική διαχειριστική μελέτη περιοχής εκβολών Πηνειού Ποταμού”, 1 Στάδιο, Μελετητής Μ,Κορώνη.

Λαζογιάννης Κ., Πούλος Σ., Γιαννούλη Δ.Η, Σιφνιώτη Δ.Ε., Τσανάκας Κ., Τσούτσια Α., Δίλαλος Σ., Γκιώνης Γ., Βασιλάκης Ε., Πετράκης Σ., Ταράση Δ., Τερεζάκης Γ. (2014), Μελέτη των Μορφοδυναμικών Διεργασιών της Παραλιακής Ζώνης του Δέλτα του Πηνειού (Θεσσαλία), Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών και Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Μέρτικας Στ. (2009), Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Εκδόσεις Ίων Ντάφης Σ., Εύα Παπαστεργιάδου, Κ. Γεωργίου, Δ. Μπαμπαλώνας, Θ.Γεωργιάδης, Μαρία Παπαγεωργίου, Θάλεια Λαζαρίδου και Βασιλική Τσιαούση (1997). Οδηγία 92/43/ΕΟΚ. Το έργο Οικοτόπων στην Ελλάδα: Δίκτυο ΦΥΣΗ 2000. Συμβόλαιο αριθμός Β4-3200/84/756, Γεν.Διεύθυνση ΧΙ Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υδροτόπων.

Οικονόμου Αγ. (2005), Η Παράκτια Ζώνη του Δέλτα Πηνειού Ποταμού: Ανάπτυξη και Προστασία Περιβάλλοντος, Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, ΙΙ, τεύχ. 1-2.

Παρχαρίδης, Ι., (2015). Αρχές δορυφορικής τηλεπισκόπησης. [ηλεκτρ. βιβλ.]

Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο:

<http://hdl.handle.net/11419/3960>

Πατιάς Π. (1991), Εισαγωγή στη Φωτογραμμετρία, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1991

Περάκης, Κ., Μωυσιάδης, Α., Φαρασλής, Ι., (2015). Η τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες.

[ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο:

<http://hdl.handle.net/11419/1840>

Σκυλοδήμου Χαρ. (2014), Μεταβολές Περιβάλλοντος στον κάτω Ρου του Πηνειού Ποταμού από Έργα Οδοποιίας και Διαχείριση Υδατικών Πόρων: Επιπτώσεις, Κίνδυνοι και Μέτρα Αντιμετώπισης (Λάρισα, Κεντρική Ελλάδα), Μεταπτυχιακή Εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Σουκισιάν Τ., Στοιχεία Θαλάσσιας Μηχανικής και Παράκτιας Μηχανικής. Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας.

ΦΕΚ Κανονισμός ΣμηΕΑ 30.09.2016 Β3152.

Διαδικτυακές πηγές

http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2016/08/11/16/371BCA5700000578-3734916-Most_airline_passengers_will_have_seen_London_s_Gatwick_Airport_-a-67_1470930933794.jpg

<http://loi.sccc.ru/gis/ngcia/giscc/units/18.html>

<http://userpages.umbc.edu/~tbenja1/umbc7/santabar/vol1/lec2/2lecture.html>
(28/4/2017)

<http://www.airphotos.gr/aerofotografies.html>

<http://www.eagleaerial.com/node/110>

http://www.ei.lehigh.edu/eli/luc/resources/handouts/Air_Photo_Interpretation.pdf
Copyright © 2010 Environmental Literacy and Inquiry Working Group at Lehigh University.
(28/4/2017)

http://www.engr.usask.ca/classes/GEOE/218/notes/airphoto_reading/api.htm (28/4/2017)

<http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/img0812.html>.

http://www.nrem.iastate.edu/class/assets/nrem345/Week6_ALL.pdf (28/4/2017)

<http://www.remoteaerialsurveys.co.uk/blog/why-have-uavs-brought-photogrammetry-back-in-fashion/25>

http://www.rsgis.msu.edu/aerial_archive/film.php

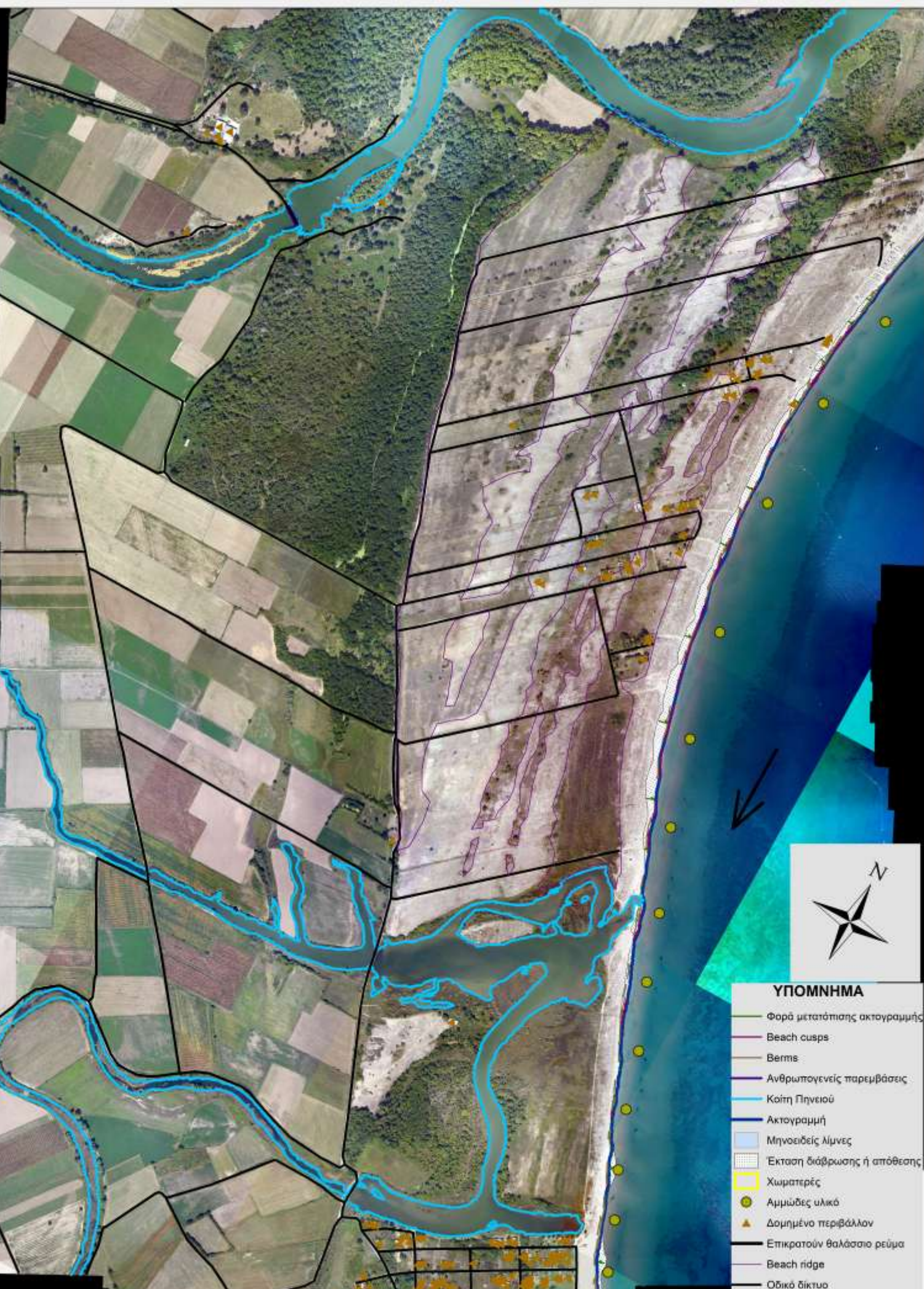
<http://www.seos-project.eu/modules/classification/classification-c01-p05.html>

<http://www.sfu.ca/~hickin/Maps/Chapter%208.pdf> (28/4/2017)

https://www.lpl.arizona.edu/hamilton/sites/lpl.arizona.edu.hamilton/files/courses/ptys551/Properties_of_Aerial_Photography.pdf (28/4/2017)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ





ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Φορά μετατόπισης ακτογραμμής
- Beach cusps
- Βετσε
- Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις
- Κόιτη Πηνειού
- Ακτογραμμή
- Μηνοειδείς λίμνες
- Έκταση διάβρωσης ή απόθεσης
- Χωρατερές
- Αμμώδες υλικό
- ▲ Δομημένο περιβάλλον
- Επικρατούν θαλάσσιο ρεύμα
- Beach ridge
- Οδικό δίκτυο