

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΙΜΒΡΟΥ (GOKCEADA) - ΤΟΥΡΚΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Παπαδογάμβρου Αγγελική^{1,*}, Παυλόπουλος Κοσμάς¹, Παρχαρίδης Ισαάκ¹

¹Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Ελευθερίου Βενιζέλου 70, Καλλιθέα – Αθήνα 17671

email: gs20564@hua.gr

Περίληψη

Η Ίμβρος είναι νησί με έκταση 285,5 Km². Βρίσκεται στο Αιγαίο πέλαγος και συγκεκριμένα, 21 Km βορειοανατολικά της Λήμνου και 24 Km νοτιοανατολικά της Σαμοθράκης. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η χαρτογράφηση των γεωμορφών του νησιού με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας, καθώς επίσης και η εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τη τοπογραφία, την υδρογραφία, τη λιθολογία, τη τεκτονική, τη μορφολογία και τη παράκτια μορφολογία.

Η γεωμορφολογική μελέτη της Ίμβρου, περιλαμβάνει την γεωμορφολογική χαρτογράφηση του νησιού και την εξέλιξη του αναγλύφου του. Αρχικά, έγινε η αγκίστρωση (γεωαναφορά) του τοπογραφικού χάρτη έτσι ώστε να τοποθετηθούν οι συντεταγμένες οι οποίες είναι σε προβολικό σύστημα UTM WGS 1984. Έπειτα πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση των μορφών του αναγλύφου που αφορούν την τοπογραφία και την υδρογραφία. Στη συνέχεια, για την αναγνώριση και την αποτύπωση των γεωμορφών και των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, αναλύθηκαν οι δορυφορικές εικόνες Quickbird και Aster οι οποίες είναι υψηλής και μέσης χωρικής διακριτικής ικανότητας αντίστοιχα. Η απεικόνιση των γεωμορφών της Ίμβρου, έγινε μέσω των προγραμμάτων Arc map 9.2 και Erdas 9.1 και η απόδοση του γεωμορφολογικού χάρτη έγινε σε σχεδιαστικό πρόγραμμα. Ακολούθησε η απεικόνιση της λιθολογίας και η δημιουργία του γεωλογικού χάρτη μέσω του προγράμματος Arc map 9.2 και τέλος τα υπομνήματα των χαρτών.

Με βάση τον γεωμορφολογικό χάρτη που δημιουργήθηκε, και τα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με την τεκτονική και τη γεωλογία του νησιού προέκυψαν συμπεράσματα που αφορούν τις γεωμορφές του νησιού και την εξέλιξή τους στη διάρκεια του Τεταρτογενούς.

GEOMORPHOLOGICAL MAPPING OF GOKCEADA ISLAND - TURKEY USING HIGH RESOLUTION REMOTE SENSING DATA

Papadogamvrou Angeliki^{1,*}, Pavlopoulos Kosmas¹, Parcharidis Isaak¹

¹Harokopeio Universit, Department of Geography, Eleftheriou Venizelou 70, Kallithea – Athens 17671

email: gs20564@hua.gr

Abstract

Imvros, an island totalling 285,5 square kilometers (285,5 Km²), is located in the Aegean Sea 21 Km north-east of Limnos Island and 24 Km south-east of Samothrace Island. This research aims to map the island's landforms utilizing satellite images of high spatial ability, as well as to conclusions about the topography, hydrography, lithology, tectonics, morphology and the coastal morphology of the island.

The geomorphological study of the island includes its geomorphological mapping as well as its landscape's development during Quaternary. Firstly the georeference of the topographic map has been performed in order to insert the coordinates which are in UTM WGS 1984 projecting system. Secondly, was the digitization of the landscape's landforms concerning its topography and hydrography. Lastly, in order to recognize and imprint the island's geomorphological

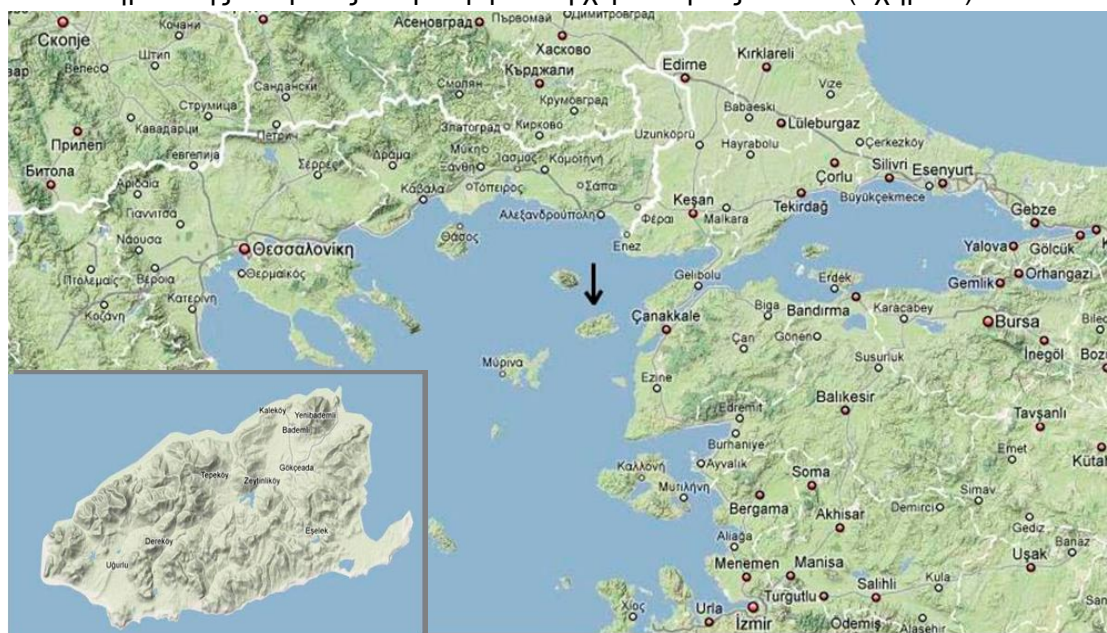
characteristics, Quickbird's (of high spatial ability) and Aster's (of medium spatial ability) satellite images have been analyzed. For the representation of Imvros's landforms, GIS Arc Map 9.2 and Erdas 9.1 software was used, as well as drawing software for creating the geomorphological map. To conclude, the representation the lithology's and the geological's map's creation was accomplished via the software Arc map 9.2 as well as the maps' legends.

Based on the geomorphological map that has been created and the geological and tectonic data of references, conclusions were drawn on the island's landforms and their development during Quaternary.

Λέξεις κλειδιά: χαρτογράφηση, γεωμορφολογικός χάρτης, δορυφορικές εικόνες, Ίμβρος
Key words: geomorphological mapping, high resolution remote sensing data, Gokceada

1. Εισαγωγή

Η Ίμβρος, επίσημα καλούμενη Gökçeada στην Τουρκία, είναι νησί με έκταση 285,5 Km². Βρίσκεται στο Αιγαίο πέλαγος και συγκεκριμένα, 21 Km βορειανατολικά της Λήμνου και 24 Km νοτιανατολικά της Σαμοθράκης. Είναι το μεγαλύτερο νησί της Τουρκίας, μέρος της επαρχίας Çanakkale. Βρίσκεται στην είσοδο του κόλπου Saros στο βόρειο Αιγαίο πέλαγος και είναι επίσης το πιο δυτικό σημείο της Τουρκίας. Συγκεκριμένα η χερσόνησος Ανλίκα (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Χωροθέτηση της Ίμβρου (Gökçeada) (www.googlemaps.com)

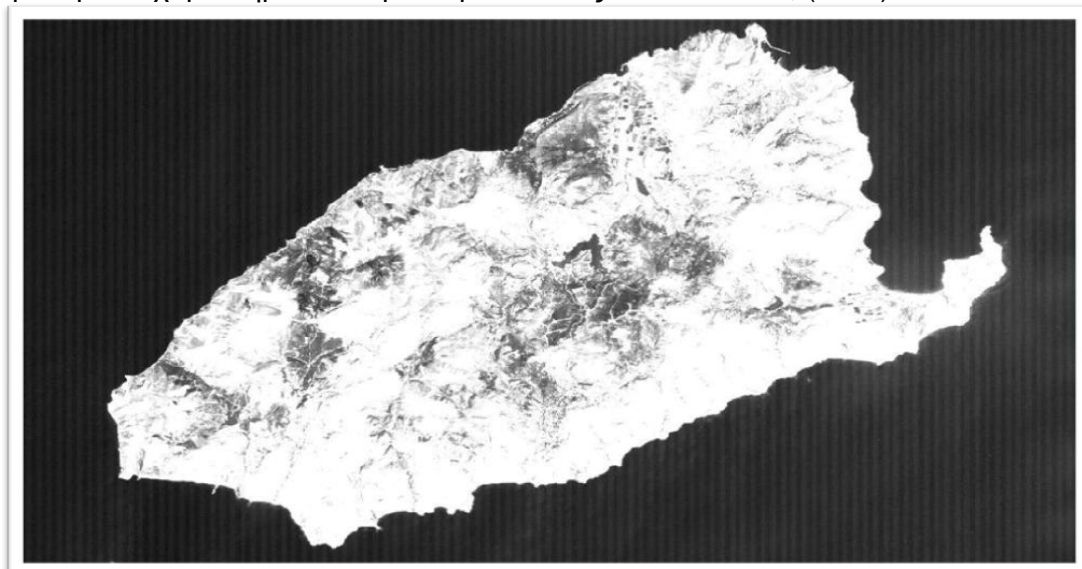
Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η αναγνώριση και η χαρτογράφηση των γεωμορφών που εμφανίζονται στο νησί της Ίμβρου, με στόχο τον προσδιορισμό των διεργασιών που διαμόρφωσαν το ανάγλυφο κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς. Επίσης, έγινε η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων Quickbird και Aster, οι οποίες είναι υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας. Με βάση τις πληροφορίες των δορυφορικών εικόνων, έγινε η εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τη τοπογραφία, την υδρογραφία, τη λιθολογία, τη τεκτονική, τη μορφολογία και τη παράκτια μορφολογία.

2. Μεθοδολογία και τεχνικές ανάλυσης

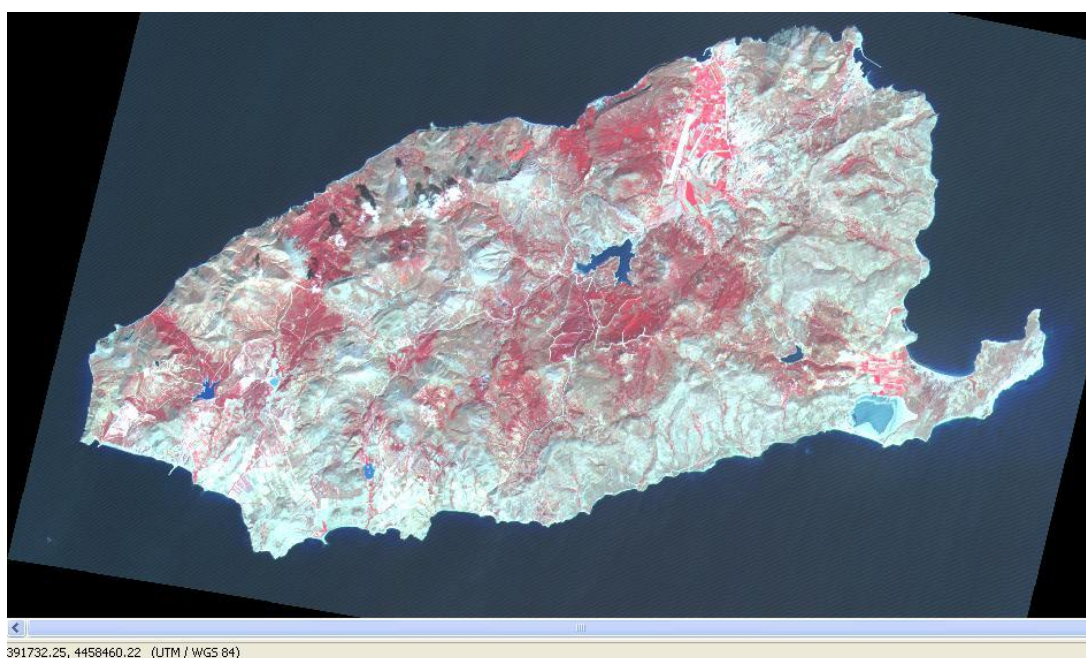
Σαν πρώτο βήμα έγινε η γεωαναφορά του τοπογραφικού χάρτη έτσι ώστε να τοποθετηθούν οι συντεταγμένες οι οποίες είναι σε προβολικό σύστημα UTM WGS 1984. Στη συνέχεια ακολούθησε η ψηφιοποίηση των μορφών του αναγλύφου που αφορούν την τοπογραφία και την υδρογραφία. Συγκεκριμένα, όσον αφορά την τοπογραφία, έγινε η ψηφιοποίηση των υψομετρικών καμπυλών, της ακτογραμμής, η εισαγωγή των τοπωνυμίων και των υψομετρικών σημείων. Με την εισαγωγή της υδρογραφίας και συγκεκριμένα με την εισαγωγή των λιμνών, των ποταμών, των κοιλάδων και

των φραγμάτων, ολοκληρώθηκε η «πρώτη εικόνα του νησιού» και αναδείχθηκε το ανάγλυφο της Ίμβρου με βάση τη βιβλιογραφία των Gustavsson et al., (2005); Gustavsson et al., (2007). Έπειτα έγινε η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους DEM με βάση τους Asselen S. et al., (2006).

Ακολούθησε στη συνέχεια η αναγνώριση και η ψηφιοποίηση των γεωμορφών. Στο σημείο αυτό, σημαντικό ρόλο έπαιξαν οι δορυφορικές εικόνες Quickbird και Aster οι οποίες είναι υψηλής και μέσης χωρικής διακριτικής ικανότητας αντίστοιχα με ημερομηνία λήψης 03/08/2005. Χάρη στην ανάλυση των εικόνων αυτών έγινε η αναγνώριση και η αποτύπωση των γεωμορφών και των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών βασισμένα στους Siart C. et al., (2009).

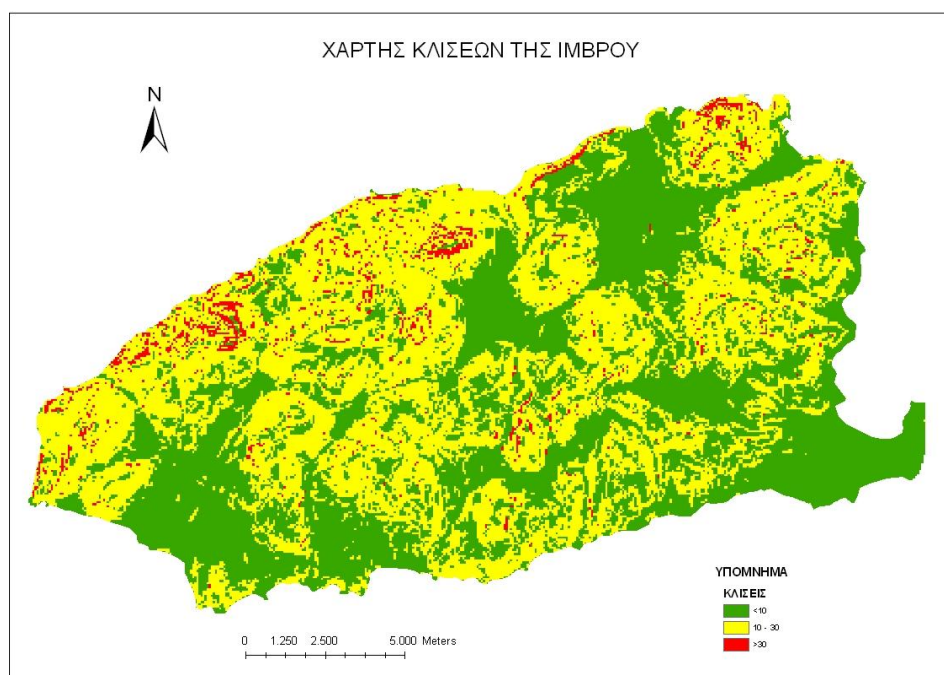


Σχήμα 2. Αποκομμένο τμήμα φασματικής ζώνης 2 της δορυφορικής εικόνας Aster



Σχήμα 3. Ψευδέγχρωμη εικόνα Aster RGB-321 με προβολικό σύστημα UTM WGS 1984

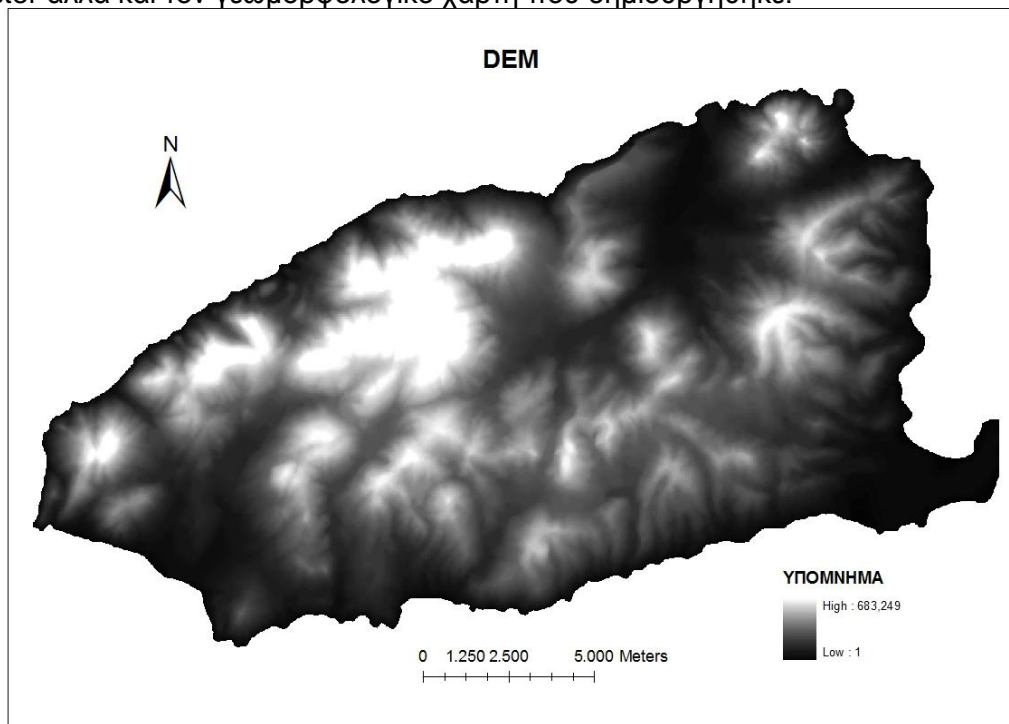
Συγκεκριμένα, με βάση τις δορυφορικές εικόνες Quickbird και τις ψευδέγχρωμες εικόνες Aster έγινε η αναγνώριση των φαράγγιων, των κοιλάδων με έντονη κατά βάθος διάβρωση και των αλλουβιακών ριπιδίων (Σχήμα 3). Όσον αφορά όμως τους κρημούς και τις επιφάνειες επιπέδωσης, πέρα από τις δορυφορικές εικόνες, σημαντικές πληροφορίες λήφθηκαν από τον χάρτη κλίσεων της Ίμβρου, ο οποίος αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τη συλλογή στοιχείων εντοπίζοντας στον χώρο τις περιοχές εμφάνισης των γεωμορφών.



Σχήμα 4. Χάρτης κλίσεων της Ίμβρου (Gökçeada)

Επίσης, η επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων βοήθησε και στην αναγνώριση των παράκτιων γεωμορφών. Έτσι, χάρη στις εικόνες Quickbird έγινε η διάκριση των παράκτιων κρημνών από τους κρημούς με ίζημα, καθώς επίσης και των ακτών με μικρή κλίση και ίζημα. Επιπλέον, με τη βοήθεια του τοπογραφικού χάρτη και των εικόνων Aster ψηφιοποιήθηκαν οι θίνες, το τόμπολο και οι ανθρωπογενής επεμβάσεις όπως οι τεχνητά διαμορφωμένες ακτές και οι προβλήτες (Pavliourous et al. 2009).

Όσον αφορά την απεικόνιση της λιθολογίας, αυτή έγινε με βάση την βιβλιογραφία (Koral, H., et al., 2008) και τέλος, στην ενότητα της τεκτονικής, τα ρήγματα ορατά και μη, οι πληροφορίες για την χωροθέτησή τους λήφθηκαν από τη βιβλιογραφία (Ergin M. et al., 1999; Bayhan E. et al., 2001; Yaltrak C. et al., 2002; Koral, H., et al., 2008) σε συνδυασμό με τις ψευδέγχρωμες δορυφορικές εικόνες Aster αλλά και τον γεωμορφολογικό χάρτη που δημιουργήθηκε.



Σχήμα 5: Μοντέλο DEM

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ Ίμβρου (ΓΟΚΣΕΑΔΑ)



Σχήμα 6: Γεωμορφολογικός χάρτης της Ίμβρου (Gökçeada)

3.Αποτελέσματα

Παρατηρώντας τον γεωμορφολογικό χάρτη, οδηγούμαστε στα εξής συμπεράσματα. Αποτελείται λιθολογικά από ηφαιστιογενή πετρώματα και είναι μια σεισμικά ενεργή περιοχή με πολλά ρήγματα. Έτσι εξηγούνται και οι γεωμορφές που εμφανίζονται στο νησί όπως τα φαράγγια και οι κοιλάδες με έντονη κατά βάθος διάβρωση. Επίσης λόγω των ρηγμάτων και των εξωγενών διεργασιών, οφείλεται και η δημιουργία των κρημνών οι οποίοι εμφανίζονται στους ορεινούς όγκους της Ίμβρου καθώς επίσης και παράκτιοι κρημνοί με η χωρίς ιζήματα στη βάση τους, στο παράκτιο τμήμα. Συγκεκριμένα, η βόρεια ακτή του νησιού που βρίσκεται κοντά στον βόρειο κλάδο του ρήγματος της Ανατολίας, φθάνει μέχρι 673 μέτρα υψόμετρο με απότομες κλίσεις στη τάφρο του βόρειου Αιγαίου. (Yaltrak C. et al., 2002). Η νότια ακτή είναι πιο ομαλή με ένα μέσο υψόμετρο 150 μέτρων. Ελάχιστες είναι οι ακτές με μικρή κλίση και ιζήματα οι οποίες βρίσκονται στον κόλπο Κεφαλος και νότια της λιμνοθάλασσας Tuzla. Επίσης, ακτές με μικρή κλίση και ιζήματα παρατηρούνται στις εκβολές των Πλειστοκαινικών αλλουβιακών ριπιδίων. Παράλληλα εντοπίζονται στις θέσεις αυτές σύγχρονες αλλουβιακές και κολουβιακές αποθέσεις.

Η λιμνοθάλασσα Tuzla χαρακτηρίζεται από τις εποχιακές αλλαγές της στάθμης της θάλασσας και από το επίπεδο υπόγειων νερών. Η ύπαρξη αμμώδους παράκτιου φράγματος διαμορφώνεται κυρίως με τις θαλάσσιες διεργασίες, όπως τα κύματα και τα παράκτια ρεύματα. Περιοδικά η λιμνοθάλασσα επικοινωνεί με τη θάλασσα μέσω των διόδων που προκύπτουν από την υποχώρηση του αμμώδους φράγματος σε περιόδους καταιγίδων. Η πεδιάδα στη βόρεια περιοχή της λιμνοθάλασσας Tuzla διαμορφώθηκε χάρη στη διαδικασία απόθεσης του ποταμού, η οποία πριν από τη δημιουργία του φράγματος ήταν εντονότερη. Η περιοχή αυτή είναι αποτέλεσμα της παλαιάς εγκαταλελειμμένης κοίτης του ποταμού και των παλαιών εκβολών του. Αυτό σημαίνει ότι ο ποταμός πλέον δεν εκβάλλει στην πρόσφατη περιοχή λιμνοθαλασσών και το ενεργό κύριο κανάλι του, έχει κατεύθυνση βόρεια και δημιουργεί τις νέες εκβολές ποταμού στον κόλπο Κεφαλος. Τουλάχιστον τρία παλαιά εγκαταλελειμμένα κανάλια ποταμών βρέθηκαν νότια της περιοχής του πρόσφατου ενεργού καναλιού ποταμών. Αυτά τα κανάλια είχαν πιθανώς τις εκβολές τους στη βόρεια περιοχή της λιμνοθάλασσας Tuzla πριν από ορισμένους αιώνες.

Η διαφοροποίηση στο ανάγλυφο μεταξύ της δυτικής ημι-ορεινής περιοχής και της ανατολικής οφείλεται κυρίως στη διαφορετική λιθολογία και στην ύπαρξη των ενεργών γενικής διεύθυνσης Α-Δ. Η δυτική περιοχή αποτελείται από Ολιγοκαινικά ηφαιστειακά πετρώματα που είναι ανθεκτικότερα στις διεργασίες διάβρωσης, χαρακτηρίζονται από εντονότερο ανάγλυφο με μεγάλες τιμές κλίσεων. Αντίθετα, τα Μειοκαινικά – Πλειοκαινικά ιζήματα των μαργαϊκών ασβεστόλιθων και των ψαμμιτών που είναι περισσότερο ευδιάβρωτα, διαμορφώνουν ανάγλυφο με τις μικρές τιμές κλίσεων. Η δυτική περιοχή της χερσονήσου Κεφαλος αποτελεί μια επιφάνεια επιπέδωσης με την κλίση στο νοτιοδυτικό σημείο (Koral, H., et al., 2008).

Οι επιφάνειες επιπέδωσης, αποτελούν μορφές διάβρωσης και είναι σχετικά επίπεδες, ομαλές επιφάνειες με μερικές σχετικά κλίσεις 0-2^ο. Αποτελούν χαρακτηριστικό του σταδίου ωριμότητας και η δημιουργία τους προϋποθέτει μακρά διάρκεια σε χρονικές περιόδους σχετικής τεκτονικής ηρεμίας. Συγκεκριμένα, οι επιφάνειες επιπέδωσης της Ίμβρου διακρίνονται σε έξι κατηγορίες οι οποίες συσχετίζονται μεταξύ τους. Σε υψόμετρο 0-70 μέτρων και 80-150 μέτρων είναι οι νεότερες και βρίσκονται περιμετρικά, παράκτια του νησιού κυρίως κοντά σε ρήγματα και πάνω σε πετρώματα Μειοκαινικών ανδεδίτων, Ολιγοκαινικών ψαμμιτών και σε ενδιαστρώσεις αργιλικών ασβεστόλιθων. Οι παλαιότερες από αυτές και σε υψόμετρο 160-230 μέτρων και 240-310 μέτρων τοποθετούνται πιο κεντρικά του νησιού και όχι τόσο παράκτια. Εξαίρεση αποτελεί μια ομάδα επιφανειών επιπέδωσης κοντά στη περιοχή Marmaros και διακρίνεται πάνω σε κροκαλοπαγή, σε ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους (Σχήμα 6). Οι τελευταίες δύο ομάδες 320-430 και 440-640 μέτρων με τις παλαιότερες σε ηλικία επιφάνειες επιπέδωσης, βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Αξίζει να σημειώσουμε πως η πλειοψηφία των επιφανειών αυτών βρίσκεται κοντά σε ρήγματα και φαράγγια (Ergin M. et al., 1999; Koral, H. et al., 2008).

Όσον αφορά την ανθρώπινη παρέμβαση, αυτή είναι σε πολύ μικρό βαθμό λόγω της αραιοκατοίκησης του νησιού. Συγκεκριμένα τεχνητά διαμορφωμένες ακτές παρατηρούνται μόνο στα λιμάνια του νησιού όπως στο Kuzulimani και στο Kalekoy, ενώ προβλήτα κάθετη στην ακτή έχει τοποθετηθεί στη περιοχή Uşurlu köyü, στην εκβολή του αλλουβιακού ριπιδίου για την επιτάχυνση της δημιουργίας αιγιαλού.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Το νησί της Ίμβρου, έχει ευδιάκριτα μορφολογικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που περιλαμβάνει τις απότομες ακτογραμμές, τους κρημνούς, κοιλάδες με κατά βάθος διάβρωση και σημεία καμπής. Το ανάγλυφό της έχει στοιχεία της ενεργού τεκτονικής, και υπάρχουν σαφείς ενδείξεις τεκτονικής ανύψωσης εξαιτίας του βόρειου κλάδου του ρήγματος της Ανατολίας.

Η ανύψωση είναι εμφανής από τις ανυψωμένες ακτογραμμές (Koral, H., et al., 2008), τις ανυψωμένες αναβαθμιδες (Koral, H., et al., 2008), στις κοιλάδες με έντονη κατά βάθος διάβρωση και στα σημεία καμπής των κοιλάδων. Επίσης, σημαντικό είναι ότι ίχνη παλαιο-ακτής παρατηρούνται περίπου 12 μέτρα επάνω από τη στάθμη της θάλασσας (Koral, H., et al., 2008). Αξίζει να σημειώσουμε πως οι διαβρωτικές διεργασίες είναι έντονες κατά μήκος της βόρειας ακτής, όπως φαίνεται από τους ογκόλιθους και τα κορήματα στη βάση των κρημνών.

Στην Ίμβρο και στο τμήμα του βόρειου Αιγαίου, η ανύψωση συνδέεται με την αλληλεπίδραση των ποικίλων ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης (Bayhan E. et al., 2001). Οι μορφοτεκτονικές δομές, η μετατόπιση και η επανάληψη των γεωλογικών ενοτήτων και των επιπέδων των ρηγμάτων έχουν γενική κατεύθυνση από τα ΒΑ προς τα ΒΔ. Αυτά τα ρήγματα είναι υπεύθυνα για την τεκτονική ανύψωση και τη μορφολογία του νησιού. Οι παλαιο-ακτές και οι αναβαθμιδες ανυψώθηκαν εξαιτίας του ανάστροφου ρήγματος. Επιπλέον, τα ρήγματα αυτά, προκαλώντας μια γενική ανύψωση, οδήγησαν στη δημιουργία βυθισμάτων εξαιτίας των εφελκυστικών τάσεων όπως το βύθισμα της λιμνοθάλασσας Tusla (Koral, H. et al., 2008).

Ο ρυθμός ανύψωσης είναι άγνωστος, δεδομένου ότι η ηλικία έναρξης της ανύψωσης είναι διφορούμενη, παρότι η τεκτονική ανύψωση τοποθετείται από το άνω Μειόκαινο – Πλειόκαινο που εμφανίζεται στα ανατολικά του νησιού και παράλληλα παρατηρείται και στη θαλάσσια ιζηματογενή ακολουθία κατά μήκος των περιθωρίων του νησιού (Bayhan E. et al., 2001; Koral, H. et al., 2008).

5. Βιβλιογραφία

- Asselen S., Seijmonsbergen A., (2006), Expert-driven semi-automated geomorphological mapping for a mountainous area using a laser DTM, The Netherlands. *Geomorphology*, v. 54, p. 230 - 248.
- Bayhan E., Ergin M., Temel A., Keskin S., (2001), Sedimentology and mineralogy of surficial bottom deposits from the Aegean – Canakkale – Marmara transition (Eastern Mediterranean) effects of marine and terrestrial factors, Turkey.
- Ergin M., Kapur S., Karakas Z., Akca E., Kangal O., Keskin S., (1999), Grain size and clay mineralogy of Late Quaternary sediments on a tectonically active shelf, the southern Sea of Marmara: clues to hydrographic, tectonic and climatic evolution, Turkey.
- Gustavsson M., Kolstrup E., Seijmonsbergen A., (2005), A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development, Department of Earth Sciences, Physical Geography, Uppsala University, Villavägen 16, SE-752 36 Sweden, pages 92-103.
- Gustavsson M., Kolstrup E., Seijmonsbergen A., (2007), Structure and contents of a new geomorphological GIS database linked to a geomorphological map — With an example from Liden, central Sweden, Department of Earth Sciences, Physical Geography, Uppsala University, Villavägen 16, SE-752 36 Sweden.
- Koral, H., et al., (2008), Tectonically induced uplift mechanism of Gökçeada Island, Northern Aegean Sea, Turkey pages 2-6.
- Pavlopoulos K., Evelpidou N., Vassilopoulos A., (2009), Mapping geomorphological environments, Springer – Verlag, Berlin pages 106-235.
- Siart C., Bubenzer O., Eitel B., (2009), Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete, Germany.
- Yaltrak C., Alpar B., (2002), Kinematics and evolution of the northern branch of the North Anatolian Fault (Ganos Fault) between the Sea of Marmara and the Gulf of Saros, Turkey.