

Μελέτη των οριζόντιων μεταβολών της διαχωριστικής λωρίδας της λιμνοθάλασσας Κορισσίων, με την χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης

ΜΙΛΟΒΑΝΟΒΙΤΣ Μ.⁽¹⁾, ΠΑΡΧΑΡΙΔΗΣ Ι.⁽²⁾, ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ Ε.⁽³⁾ ΠΟΥΛΟΣ Σ.⁽¹⁾

ABSTRACT

Korissia Lagoon is a shallow (>2 m) coastal ecosystem, with a length of 5300 m and a mean width of 1500 m and lying parallel to the coastline with NW-SE direction. The lagoon is separated from the Ionian Sea by a narrow strip land strip with its northern part to be mostly a beach barrier with low new (Holocene) dunes and the southern part to be consisted of palaeo-dunes (Pleistocene Age) with elevation up to 15 m.

The purpose of this work is to study spatial changes of the strip of land from 1945 till 2004 using a series of aerial photographs (1945, 1970, 1985) and one satellite image Quick Bird of 2004. The data were processed with the program ERDAS 9.2. The interpretation of the results shows substantial changes along both the seaside and the lagoonal shore of the strip of land, 15-90m sand deposition appears between 1970 and 1985 with exception of the southeast part where erosion occurred (70 m) continuously up to 2004. The changes observed along the lagoonal shoreline may also related with sea level oscillation, the natural compaction of the lagoon sediments and human interaction to the artificial channel area.

Keywords: Lagoon, remote sensing, wave conditions, barrier land strip

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λιμνοθάλασσα των Κορισσίων είναι μία επιμήκη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης και παράλληλη προς την ακτή λιμνοθάλασσα. Το μήκος της είναι 5300m, το μέσο πλάτος της περί 1500m και το βάθος της δεν ξεπερνά τα 2 m. Από το Ιόνιο Πέλαγος χωρίζεται με μία λωρίδα γης, της οποίας το μεν βόρειο τμήμα αποτελείται από έναν παραλιακό φραγμό (beach barrier) με χαμηλές σύγχρονες θίνες, το δε νοτιότερο τμήμα της χαρακτηρίζεται από παλαιοθίνες (Πλειστοκαινικής ηλικίας) με υψόμετρο >15 m.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετήσει τις χωρικές αλλαγές της διαχωριστικής λωρίδας γης από το 1945 έως το 2004 με τη χρήση σειράς αεροφωτογραφιών (1945, 1970 και 1985) και την αξιοποίηση μίας πρόσφατης (2004) δορυφορικής εικόνας, Quick Bird, υψηλής ευκρίνειας. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων, με το πρόγραμμα ERDAS 9.2, παρατηρήθηκαν αλλαγές στην θέση της ακτογραμμής αλλά και της οριογραμμής της όχθης της λιμνοθάλασσας.

Γενικά, στην διαχωριστική λωρίδα φαίνεται να έχουμε απόθεση άμμου από το 1970 μέχρι το 1985 (15-90m) με εξαίρεση το ΝΑ άκρο της όπου υπάρχει διάβρωση (70m), η οποία φαίνεται να συνεχίζεται μέχρι και το 2004. Οι αλλαγές στην περιοχή της όχθης της λιμνοθάλασσας πιθανότατα να οφείλονται σε μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης σε συνδυασμό και με τη φυσική συρρίκνωση (συμπύκνωση) κάποιων παρόχθιων πρόσφατα αποτεθειμένων «πάγκων» ιζημάτων.

Λέξεις κλειδιά: λιμνοθάλασσα, τηλεπισκόπηση, κυματικό καθεστώς, διαχωριστική λωρίδα

STUDY OF THE HORIZONTAL CHANGES OF THE STRIP OF LAND SEPARATING KORISSIA LAGOON FROM THE OPEN SEA USING REMOTE SENSING METHODS

¹ Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, mmilo@geol.uoa.gr, poulos@geol.uoa.gr

² Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, parchar@hua.gr

³ Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, evasilak@geol.uoa.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιμνοθάλασσα Κορισσίων βρίσκεται στη ΝΔ Κέρκυρα. Αποτελεί αβαθή παράκτια λιμνοθάλασσα (<2m) η οποία επικοινωνεί με το Ιόνιο Πέλαγος μέσω ενός τεχνητού διαύλου (Alexopoulos et al. 2007). Η διαχωριστική λωρίδα γης που την χωρίζει από την θάλασσα είναι θαλάσσιος απόθεσης και έχει πλάτος 200-250m. Το κεντρικό και ΒΔ τμήμα της διαχωριστικής λωρίδας γης καλύπτεται από νέες θίνες χαμηλού ανάγλυφου (<2m), Ολοκαινικής ηλικίας (Μιλοβάνοβιτς, 2008). Στο ΝΑ τμήμα της διαχωριστικής λωρίδας της λιμνοθάλασσας έχουμε 'παλαιοθίνες' Πλειστοκαινικής ηλικίας (Λεοντάρης, 1975) με υψόμετρο που φτάνει τα 15m. Οι νέες θίνες έχουν σχηματιστεί πιθανότατα με το υλικό από την διάβρωση των παλαιοθινών. Η διαχωριστική λωρίδα στο μεγαλύτερο τμήμα της είναι αμμώδους σύστασης με βάση το κοκκομετρικό τους μέγεθος ($Mz=1,50-2,30 \phi$), με εξαίρεση την περιοχή κοντά στον τεχνητό δίαυλο, όπου συναντάμε Τεταρτογενείς συνεκτικούς σχηματισμούς (Μιλοβάνοβιτς, 2008).

Ο σκοπός της εργασίας είναι ο εντοπισμός των διαχρονικών μεταβολών της διαχωριστικής λωρίδας τόσο από την πλευρά της θάλασσας (ακτογραμμή) όσο και από την πλευρά της λιμνοθάλασσας (όχθη) και η συσχέτιση των με το υφιστάμενο υδροδυναμικό καθεστώς.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την ανίχνευση των αλλαγών στην διαχωριστική λωρίδα της λιμνοθάλασσας Κορισσίων από το 1945 έως το 2004, χρησιμοποιήθηκαν τρεις αεροφωτογραφίες από την Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.),

συγκεκριμένα του 1945 με κλίμακα 1:42.000, του 1970 με κλίμακα 1:20.000, του 1985 με κλίμακα 1:30.000 και μια δορυφορική εικόνα Quick Bird του 2004, με χωρική ανάλυση 0,7 m/pixel και με γεωαναφορά στο σύστημα UTM WGS 84 Ζώνη 34. Μέσω της μεθόδου ανάλυσης των κύριων συνιστωσών η δορυφορική εικόνα αναλύθηκε σε τέσσερις συνιστώσες από την οποίες χρησιμοποιήθηκε η πρώτη συνιστώσα, η οποία έχει ιδιότητες παγχρωματικής εικόνας.

Οι αεροφωτογραφίες και η παγχρωματική εικόνα διορθώθηκαν γεωμετρικά με την χρήση του μοντέλου Direct Linear Transform του λογισμικού ERDAS 9.0. Για την γεωμετρική διόρθωση χρησιμοποιήθηκαν 20-35 σημεία εδαφικού ελέγχου (GCPs), με αποτέλεσμα η μέση τιμή του σφάλματος (RMS) μεταξύ των εικόνων να είναι 3m, τα οποία λήφθηκαν υπόψη στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Για την πληροφορία σχετικά με το ανάγλυφο χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου (DEM) με διακριτική ικανότητα 10m/pixel. Τέλος, για την ανίχνευση των αλλαγών δημιουργήθηκαν οι σύνθετες διαχρονικές εικόνες (σχήμα 1,2) με το σύστημα RGB, (κόκκινο, πράσινο, μπλε) αυτό σημαίνει ότι κάθε εικόνα που αντιπροσωπεύει μία χρονολογία συνδέθηκε και με ένα από τα χρώματα.

Το παρακτίο υδροδυναμικό καθεστώς προσδιορίστηκε με βάση τις μετρήσεις του ανέμου που δίνονται στον "Ατλαντα Ανέμου και Κύματος της Βορειοανατολικής Μεσογείου Θαλάσσης" (Αθανασούλης και Σκαρσουλής, 1992), για την ευρύτερη περιοχή του Ιονίου Πελάγους και με τη χρήση των προγνωστικών κυματικών εξισώσεων του Coastal Engineering Research Center (CERC 1984) (πίνακας 1).

Πίνακας 1. Εξισώσεις του CERC 1984

Συνθήκες	Ύψους κύματος	Περίοδος κύματος
Περιορισμένου κυματικού ανασπύγματος	$Hm_0 = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2}$	$Tm = 6.238 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3}$
Πλήρους αναπτυσσόμενης θάλασσας	$Hm_0 = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2$	$Tm = 8.30 \times 10^{-1} U_A$

Με σκοπό την καλύτερη μελέτη των μεταβολών της ακτογραμμής αλλά και της εκτίμησης της παράκτιας στερεομεταφοράς η ακτογραμμή της διαχωριστικής λωρίδας χωρίστηκε σε τρεις τομείς (βλέπε Σχήμα 3).

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η δυναμική παράκτια στερεομεταφορά Q_i (m^3/s) που οφείλεται στα επιμήκη ρεύματα (κυματικής προέλευσης) με χρήση της εξίσωσης του Komar (1998)

$$Q_i = (0,39 \times P_b) / (g \times (\sigma - \rho) \times a') \quad (1)$$

όπου, η κυματική ισχύς (P_b) που εισέρχεται στην ζώνη κυματαγωγής μετά την θραύση των κυμάτων και που διαμορφώνει το επίμηκες παράκτιο ρεύμα, από την εξίσωση (2)

$$P_b = 0,05 \times \rho \times g^{3/2} \times H_o^{3/2} \times \sin 2\alpha_o \times (\cos \alpha_o)^{1/4} \quad (2)$$

υπολογίζεται όπου $g=9,81 \text{ m/s}^2$, σ : η πυκνότητα των κόκκων ($=2650 \text{ kg/m}^3$), ρ : η πυκνότητα του νερού ($=1025 \text{ kg/m}^3$) H_o : το σημαντικό ύψος των προσερχόμενων κυμάτων και α_o η γωνία που σχηματίζουν οι γραμμές κορυφής των κυμάτων με την ακτογραμμή.

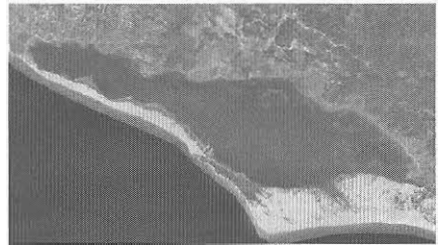
Ο υπολογισμός της συνολικής ετήσιας στερεομεταφοράς Q_{oi} έγινε για κάθε διεύθυνση κύματος και για κάθε έναν από τους 3 προαναφερόμενους τομείς της ακτογραμμής συνυπολογίζοντας και τη συχνότητα εμφάνισης των κυμάτων $F(\%)$.

Οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας προέρχονται από μετρήσεις της Υδρογραφικής

Υπηρεσίας του 2001 από τον σταθμό Πρέβεζας (ΥΥ, 2005), και οι μετρήσεις της στάθμης της λιμνοθάλασσα Κορισσίων προέρχονται από επιτόπιες μετρήσεις που έγιναν στο δίαυλο κατά τον Σεπτέμβριο 2005 και τον Μάρτιο του 2006.



Σχήμα 1. Διαχρονική ψευδέχρωμη εικόνα (1945-1985)



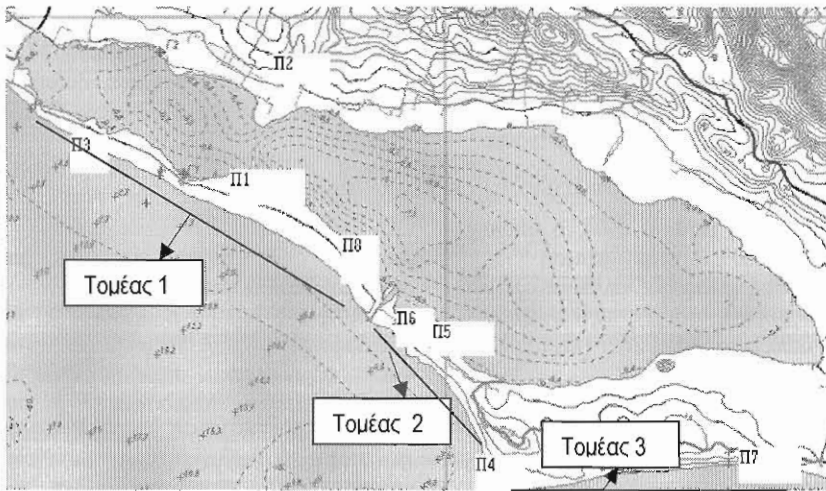
Σχήμα 2. Διαχρονική ψευδέχρωμη εικόνα (1985-2004)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι μεταβολές της ακτογραμμής της διαχωριστικής λωρίδας της λιμνοθάλασσας από το έτος 1945 έως το 2004 οι οποίες εντοπίστηκαν μέσω των ψευδοχρωματικών διαχρονικών εικόνων παρουσιάζονται στον πίνακα 2 για κάθε περιοχή που ανήκει σε κάθε ένα από τους τρεις τομείς (βλ. σχήμα 3).

Οι διαφορές της ακτογραμμής είναι έντονες στο ακρωτήριο (Π4), με απόθεση 90 m μεταξύ 1970 και 1985 και διάβρωση 70 m από το 1985 έως το 2004. Στην περιοχή Π3, η οποία είναι και το βορειότερο τμήμα της διαχωριστικής λωρίδας και πιθανότατα το τελευταίο φυσικό άνοιγμα της, έχουμε 20 m διάβρωση από το 1985 έως το 2004. Η περιοχή Π7, η οποία τα τελευταία χρόνια είναι σταθερή, έχει υποστεί διάβρωση 60 m από το 1945 μέχρι το 1970. Οι παρατηρούμενες μεταβολές στην παρόχθια περιοχή της λιμνοθάλασσας αποδίδονται κυρίως στην διαφορά της στάθμης του νερού της λίμνης κατά την λήψη των εικόνων. Μεταβολές παρατηρούνται και στο δίαυλο από το 1945-2004, οι οποίες οφείλονται στις ανθρώπινες επεμβάσεις στην μορφή του.

Όσο αφορά την θαλάσσια στάθμη με βάση τα δεδομένα της Υδρογραφικής Υπηρεσίας στο σταθμό Πρέβεζα προκύπτει ότι η συνολική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης (αστρονομική+μετεωρολογική παλίρροια) είναι η μέση πλήμμη 0,51 cm και η μέση ρηχία 0,46 cm. Μετρήσεις της μεταβολής της στάθμης της λιμνοθάλασσας κατά το Σεπτέμβριο 2005 και το Μάρτιο 2006 έδειξαν να ανέρχεται μέχρι και τα 10 cm, που λόγω των μικρών παρόχθιων κλίσεων στις φωτογραφίες δείχνει μεταβολές αρκετών μέτρων.



Σχήμα 3. Η λιμνοθάλασσα των Κορυσίων, με τους Τομείς (1-3). Τομέας 1 (Π3, Π1, Π8), τομέας 2 (Π8, Π6, Π5) και τομέας 3 (Π4, Π7).

Πίνακας 2. Ποσοτικοποίηση των μεταβολών με βάση την ερμηνεία αεροφωτογραφιών και εικόνας δορυφορικής στην ακτογραμμή και στην όχθη της λιμνοθάλασσας από το 1945-2004

Περιοχές	1945-1970	Ρυθμός Μεταβολής m/έτος	1970-1985	Ρυθμός μεταβολής m/έτος	1985-2004	Ρυθμός μεταβολής m/έτος
Π1-Λ			-25 m	+1,7m	+16 /+80m	+1,3/6,7m
Π2-Λ			+20/+70m	+1,4/4,7 m	+15/56 m	+1,2/4,7 m
Π3-Θ					-20 m	-1,7 m
Π4-Θ	+15 /+45m	+0,6/+1,8m	+90m	+6 m	-70 m	-5,8 m
Π5-Λ	-27/-47m	-1/-1,9m			+15 /+54m	+1,2/4,5 m
Π6-Λ	+45 m		-58 m	-3,8 m	+40 /+60m	+3,3/5 m
Π7-Θ			-60 m	-4 m		
Π8-Λ			-34/-52m	-2,3/3,5m		

Σημείωση: Με Λ σημειώνονται τα σημεία που αφορούν την όχθη της λιμνοθάλασσας και με Θ την θάλασσα ακτογραμμή

Πίνακας 3: Συνολική δυναμική στερεομεταφορά Q ($10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$) σε όλα τα τμήματα της παραλίας για όλες τις διευθύνσεις των ανέμων.

Άνεμος	ΤΟΜΕΑΣ 1	ΤΟΜΕΑΣ 2	ΤΟΜΕΑΣ 3
ΝΔ	64,4	0,5	-65,5
Ν	-218,0	0,1	47,0
ΝΑ	0	0	-3,6
Δ	42,2	53,0	0
Σύνολο	-111,4	53,6	-22,1

Όσο δε αφορά τη συνολική παράκτια στερεομεταφορά (πίνακας 3) στον τομέα 1 παρατηρείται κίνηση των ιζημάτων προς βορρά (καταγράφεται με πρόσημο -). Το ίδιο συμβαίνει και στον τομέα 3 σε πολύ μικρότερη ποσότητα, ενώ μόνο στον τομέα 2 έχουμε μεταφορά ιζημάτων προς νότο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τα αποτελέσματα της τηλεπισκόπησης οι μεταβολές της ακτογραμμής της διαχωριστικής λωρίδας είναι της τάξης

αρκετών δεκάδων μέτρων, με ετήσιο ρυθμό μεταβολής από 1 έως 6 m/yr. Όμως πιθανόν μέρος των μεταβολών να οφείλονται στην μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης λόγω αστρονομικής και μετεωρολογικής παλίρροιας, η οποία είναι αρκετές δεκάδες εκατοστά.

Στον τομέα 1 της λωρίδας όπου έχουμε μεταφορά ιζημάτων προς βορρά, παρατηρήσαμε ότι διάβρωση εμφανίζει το βορειότερο άκρο της μετά το 1985, η οποία μπορεί να αποδοθεί στην μείωση της πραγματικής στερεομεταφοράς αλλά και στην πρόσφατη αύξηση της στάθμης της θάλασσας με βάση την έκθεση του IPCC 2007 (περί τα 18 εκ από το 1890 έως το 1990).

Στον τομέα 2, η δυναμική στερεομεταφορά είναι προς νότο, αλλά σήμερα βλέπουμε ότι έχει διαβρωθεί πλήρως, που σημαίνει ότι όλο το διαθέσιμο ίζημα θα πρέπει να είχε ήδη μεταφερθεί προς νότο τις τελευταίες δεκαετίες ενώ σήμερα παρατηρήσαμε ότι διαβρώνονται οι χερσαίοι παράκτιοι σχηματισμοί.

Στον τομέα 3, η κίνηση των ιζημάτων είναι γενικά προς τα δυτικά το οποίο δικαιολογεί την μικρή οπισθοχώρηση στο ανατολικό άκρο του τομέα. Στο ακρωτήριο η απόθεση (προέλαση της ακτογραμμής) μέχρι την δεκαετία του 1980 δικαιολογείται από την αμφίπλευρη τροφοδοσία, η δε διάβρωση που ακολούθησε τις τελευταίες δύο δεκαετίες θα πρέπει να είναι το αποτέλεσμα έλλειψης λεπτοκόκκου υλικού προς μεταφορά από τον τομέα 2 και πιθανότατα μείωση της ποσότητας του υλικού προς μεταφορά και στον τομέα 3. Ως απόδειξη οπισθοχώρησης είναι και η εμφάνιση (αν και περιορισμένη) ακτολίθου πάνω στο μέτωπο της παραλίας του Τομέα 3.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αθανασούλη Γ., Σκαρσούλη Ε., 1992. Ατλαντάς Ανέμου και Κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου Θαλάσσης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.

Alexopoulos J.D, Tomara V., Vassilakis Em, Papadopoulos T.D., Dassenakis M., Poulos S., Voulgaris N., Dilalos S., Ghionis G., Goumas G., Prilis E., 2007. A contribution to

environmental research of the Korissia Coastal wetland (Corfu Isl Greece), with the application of combined geological and geophysical methods supported by geographic information systems, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXVII, 1892-1903

Department of the Army, 1984. Coastal Engineering Research Center, Washington DC.

Komar D., 1998, Beach processes and sedimentation, Prentice-Hall. USA.

Μιλοβάνοβιτς Μ., Τομάρα Β., Πούλος Σ. και Αλεξόπουλος Ι., 2007. Το γεωμορφολογικό και υδρολογικό περιβάλλον της λιμνοθάλασσας Κορισσίων (Νήσος Κέρκυρα), 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Αθήνα 04-07/10/2007 (υπό εκτύπωση).

Μιλοβάνοβιτς Μ., 2008. Διερεύνηση του γεωπεριβάλλοντος της λιμνοθάλασσας Κορισσίων, Μεταπτυχιακή Εργασία, Διατμηματικό Ωκεανογραφίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών 107 σελ.

Λεοντάρης Σ., 1976. Περί της προέλευσης και εξελίξεως των θινών της νοτίου Κέρκυρας και της σχέσεως αυτών μετά της λίμνης Κορισσίων, Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών, XXXXXI, 522-539.

Zhang, Y., Zhang, Z., 2003. Camera calibration technique with planar scenes. Proceedings of the 11th Conference on machine vision applications in industrial inspection at IS&T/SPIE Electronic Imaging, Santa Clara, CA, 20-24 January 2003, 5011, 291-296.

Υ.Υ.Π.Ν., 2005. Στοιχεία Παλίρροιας Ελληνικών Θαλασσών, Ε' Έκδοση, 27 σελ.