

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗ
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ ΜΥΚΟΝΟ ΔΗΛΟ ΡΗΝΕΙΑ ¹**

ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ ΚΟΣΜΑΣ², ΧΑΛΚΙΑΣ ΧΡΙΣΤΟΣ², ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ²

ΣΥΝΟΨΗ

Οι αλλαγές στις κλιματολογικές συνθήκες του πλανήτη έχουν σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης η οποία αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά τις παράκτιες περιοχές ήπιου ανάγλυφου. Πρόσφατες δορυφορικές παρατηρήσεις επισημαίνουν ότι η άνοδος αυτή είναι σημαντική στο θαλάσσιο χώρο του Αιγαίου. Επιχειρείται η αξιολόγηση των επιπτώσεων στα νησιά Μύκονος, Δήλος και Ρήνεια, με τη χρήση της τεχνολογίας των ΣΓΠ, συνεκτιμώντας τα φυσικογεωγραφικά και κοινωνικοοικονομικά τους χαρακτηριστικά. Για τη Μύκονο οι περιοχές υψηλού κινδύνου εντοπίζονται στο δυτικό και νότιο τμήμα του νησιού που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κοινωνικοοικονομική και τουριστική ανάπτυξη. Για τη Δήλο οι μελλοντικές επιπτώσεις περιορίζονται στο ΒΔ τμήμα του νησιού που φιλοξενεί σημαντικό τμήμα των αρχαιολογικών χώρων, ενώ στη Ρήνεια οι επιπτώσεις περιορίζονται κυρίως σε αλλαγές στο παράκτιο τοπίο κύρια στο βόρειο τμήμα του νησιού. Τέλος γίνονται προτάσεις για ένα αρχικό πλαίσιο σχεδιασμού και πρόληψης που θα μπορούσε να επεκταθεί για το σύνολο του νησιωτικού χώρου.

ABSTRACT

The anticipated sea level rise is a natural hazard that is expected to influence, on a world wide basis, the coastal environment in the near future. Calculations based on world wide climatic data of the US Environmental Protection Agency and the use of mathematical models estimated that by the year 2100 the temperature will be 2 °C higher than today and sea level will have risen about 34 cm. Recent remote sensing data show significant local differences in observed sea level rise during the last years. In Aegean sea presents the most rapid sea level rise region within the Mediterranean mainly due to high water temperatures.

In order to estimate sea level rise impacts for the Greek islands, three islands of Cyclades (Mykonos, Delos and Rinia) are studied. Physical geography conditions as well as socio-economical factors are examined using maps (topographic, geological) of various scales, remote sensing data, statistical data etc. Detailed topographical data were digitized from topographic diagrams at a scale of 1:5000 and inserted in a Geographical Information System. In addition geological formations that occur in the coastline were grouped in four categories according to their vulnerability to weathering processes. High risk area is estimated to be 4,46 km² corresponding to the 4,31 % of the total area of the islands. The future affected areas of Mykonos are located in the western part of the island, which concentrates significant socio-economic activities. Areas of tourism development, located in the south, are also susceptible to future sea level rise. In Delos the most sensitive region is the northwestern part of the island which is a place of great archaeological significance. In Rinia the effects correspond to coastal landscape changes in the northern part of the island rather than socioeconomic consequences.

Having in mind the conclusions of the preliminary study of the above three islands and in order to face the increased problems that will be caused in the near future by the expected sea level rise, generalized proposals are made, for the coastal zone of the Greek islands: a) A detailed definition of high risk low-lying areas based on topographic, geological and oceanographic data. b) A record of land uses and management planning including the gradual transfer of vulnerable coastal constructions, residential areas and other socioeconomic activities to safer places. c) Construction of an integrated GIS for Aegean islands supporting analysis and impact assessment d) Continued observations and

1:potential impact of sea level rise on Mykonos, Delos, Rinia islands

2:Χαροκόπειο Παν/μιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Ελ. Βενιζέλου 70, 156-71 Αθήνα (e-mails: kpavlop@hua.gr, xalkias@hua.gr, karymbalis@hua.gr)

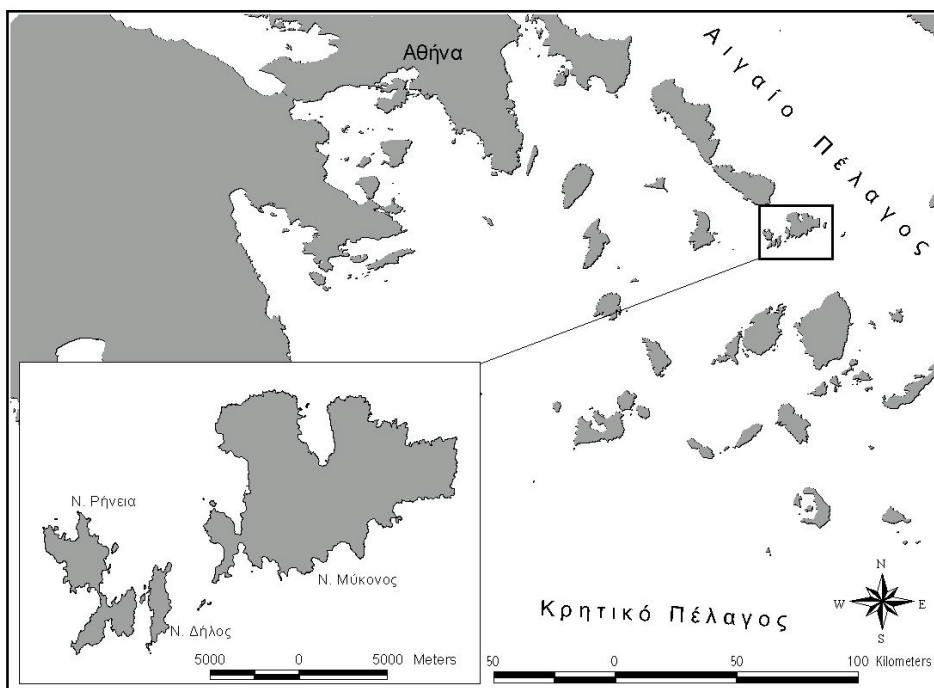
measurements of sea level changes and human activities within the coastal zone using satellite data.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Άνοδος θαλάσσιας στάθμης, Μύκονος, Δήλος, Ρήνεια, φυσικές καταστροφές

KEY WORDS: Sea level rise, Mykonos, Delos, Rinia, natural disasters

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα των τελευταίων δεκαετιών είναι η αναμενόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας που οφείλεται στην αλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών σε παγκόσμια κλίμακα, κύρια λόγω των αρνητικών συνεπειών της ανθρώπινης δραστηριότητας. Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες συντηρητικές εκτιμήσεις μέχρι το έτος 2100 η μέση θαλάσσια στάθμη θα έχει αυξηθεί κατά 48 cm (WIGLEY & RAPER, 1992). Η σύγχρονη έρευνα σε διεθνές επίπεδο έχει εστιάσει τόσο στον εντοπισμό περιοχών που αναμένεται να πληγούν άμεσα από μια τέτοια άνοδο, όσο και στη διατύπωση συγκεκριμένων προτάσεων και μέτρων πρόληψης για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών συνεπειών (TITUS & RICHMAN, 2000). Στην Ελλάδα το ποσοστό του μήκους των παράκτιων περιοχών ήπιου ανάγλυφου (παράκτιες και δελταϊκές πεδιάδες, λιμνοθάλασσες, παραλίες) υπερβαίνει το 50% της συνολικής ακτογραμμής (GAKI-PAPANASTASSIOY et al., 1997). Η μέχρι τώρα βιβλιογραφία στον ελληνικό χώρο έχει εστιάσει στην εξέταση παράκτιων ηπειρωτικών περιοχών, με ιδιαίτερη έμφαση στα δέλτα ποταμών (ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ κ.α. 2001, ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ, 1996). Με δεδομένη τη σημαντική ανθρώπινη δραστηριότητα και την αυξανόμενη τουριστική ανάπτυξη σε νησιωτικές περιοχές καθίσταται αναγκαία η διερεύνηση των επιπτώσεων από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στα ελληνικά νησιά. Επιχειρείται μια πρώτη προσέγγιση εξετάζοντας τις περιπτώσεις των νησιών της Μυκόνου, Δήλου και Ρήνειας.



Εικόνα 1. Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης.

Figure 1. Location of studied area.

Τα νησιά αυτά των Β. Κυκλάδων (Εικόνα 1.) χαρακτηρίζονται αφενός από σημαντική τουριστική ανάπτυξη και γενικότερα έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα στην παράκτια ζώνη (Μύκονος), αφετέρου από πληθώρα αρχαιολογικών χώρων και περιορισμένη ανθρώπινη παρουσία (Δήλος, Ρήνεια). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τη συλλογή στοιχείων που αφορούν την κοινωνικοοικονομική δραστηριότητα και τα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, τη μετατροπή τους σε ψηφιακή μορφή, το σχεδιασμό - δημιουργία ΣΓΠ και τέλος τη συνολική τους επεξεργασία με στόχο την αποτίμηση των συνθηκών της παράκτιας ζώνης.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΝΥΨΩΣΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία 15000-18000 χρόνια από σήμερα η στάθμη της θάλασσας μεταβλήθηκε περισσότερο από 100 m, γεγονός που έχει επιφέρει σημαντικές επιδράσεις και αλλαγές στις ακτές (GORNITZ, 1995, LAMBECK, 1996). Με το τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου και την υποχώρηση των παγετώνων συνέβη μια γρήγορη ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης με ρυθμό 1m/100 έτη. Ο ρυθμός αυτός διατηρήθηκε μέχρι περίπου πριν από 6000-7000 χρόνια από σήμερα. Στη συνέχεια ο ρυθμός ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης επιβραδύνθηκε πλησιάζοντας τα 2 mm/έτος (TITUS & NARAYANAN, 1995).

Οι διακυμάνσεις της θάλασσας στάθμης εξαρτώνται από τον ευστατισμό, τις κάθετες τεκτονικές κινήσεις και την απόθεση ή απομάκρυνση ιζημάτων από τις παράκτιες περιοχές. Ο παράγοντας εκείνος που επηρεάζει κύρια και άμεσα τη θαλάσσια στάθμη στο χρονικό διάστημα των δεκαετιών ή του αιώνα είναι ο ευστατισμός και κατά συνέπεια οι κλιματικές μεταβολές στο γήινο περιβάλλον (DREWRY, & MORRIS, 1992). Σε τεκτονικά ασταθείς περιοχές όπως είναι και η Ελλάδα ο τεκτονισμός είναι σημαντικός παράγοντας, αλλά για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, της τάξης των αιώνων και σε τοπική κλίμακα.

Αρκετοί κλιματολόγοι πιστεύουν ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση από το CO₂ και άλλα αέρια που προέρχονται κατά κύριο λόγο από ανθρώπινες δραστηριότητες (βιομηχανία, αυτοκίνητα κλπ) ανεβάζουν την θερμοκρασία της γης με ένα μηχανισμό γνωστό ως "φαινόμενο του θερμοκηπίου" (TITUS, et al., 1991). Η θερμική αυτή δράση ελαττώνεται εν μέρη από τη ψυχρή δράση των θειικών αερολυμάτων, που ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία πίσω στο διάστημα. Η μέση θερμοκρασία της γης έχει ανέβει τον τελευταίο αιώνα κατά 0.6 °C. Σημειώνεται ότι τα εννέα πιο θερμά έτη παρατηρήθηκαν μετά το 1980. Η μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης ανυψώνει τη θαλάσσια στάθμη σε παγκόσμιο επίπεδο, τόσο με τη διαστολή των υγρών μαζών των ωκεανών, όσο και με το λιώσιμο των παγετώνων στην Ανταρκτική, το Βόρειο Πόλο και τη Γροιλανδία. Σύμφωνα με την έκθεση της EPA (U.S. Environmental Protection Agency) του 1995, που βασίζεται σε δεδομένα παγκόσμιας κλίμακας και χρησιμοποιεί τα πλέον σύγχρονα εφαρμοσμένα μαθηματικά μοντέλα, προβλέπεται ότι η θερμοκρασία της γης θα ανέβει 1 °C μέχρι το έτος 2050 και 2 °C μέχρι το έτος 2100. Αυτή η άνοδος της θερμοκρασίας προβλέπεται να ανυψώσει την θαλάσσια στάθμη κατά 15 cm μέχρι το έτος 2050 και 34 cm μέχρι το έτος 2100 (TITUS & NARAYANAN, 1995). Προβλέπεται ακόμα ότι στο έτος 2100 ο ρυθμός ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης θα είναι 4.2 mm/έτος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πέρα από τις παραπάνω εκτιμήσεις που αφορούν τη μέση ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρούνται σημαντικές τοπικές διαφοροποιήσεις (TOOLEY, 1993). Στην Ανατολική Μεσόγειο και ιδιαίτερα στην περιοχή του Αιγαίου, πρόσφατα δεδομένα τηλεπισκόπησης δείχνουν σημαντική αύξηση της στάθμης, κυρίως λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας του θαλάσσιου νερού (αρχικές εικόνες του δορυφόρου Jason-1) (LARNICOL, et al., 2002).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης συλλέχθηκαν για την περιοχή μελέτης στοιχεία που αφορούν τόσο τα φυσικογεωγραφικά όσο και τα κοινωνικοοικονομικά της χαρακτηριστικά. Τα στοιχεία αυτά είναι α) χάρτες διαφόρων κλιμάκων (τοπογραφικοί, γεωλογικοί, χρήσεων γης), β) δεδομένα τηλεπισκόπησης (αεροφωτογραφίες της ΓΥΣ, έτους λήψεως 1983, δορυφορικές εικόνες), γ) στατιστικά στοιχεία απογραφών της ΕΣΥΕ γ) άλλα βιβλιογραφικά στοιχεία.

Για την αξιολόγηση των στοιχείων που συλλέχθηκαν, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), το οποίο βοήθησε αφενός στον εντοπισμό των παράκτιων περιοχών ήπιου ανάγλυφου αφετέρου στην επισκόπηση των γενικών γεωγραφικών συνθηκών στις περιοχές αυτές.

Η χωροθέτηση των περιοχών που ενδέχεται να επηρεαστούν από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης έγινε με βάση τα υψομετρικά τους χαρακτηριστικά. Έτσι ψηφιοποιήθηκε με λεπτομέρεια η ακτογραμμή και η ισοϋψής των 4 m αξιοποιώντας τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ. Κατόπιν, προκειμένου να αξιολογηθούν οι άλλες γεωγραφικές συνθήκες της περιοχής μελέτης εντάχθηκαν στο ΣΓΠ δεδομένα για: α) τις χρήσεις γης, β) το οδικό δίκτυο και τις υποδομές, γ) τη γεωλογία, δ) τους αρχαιολογικούς χώρους και ε) στατιστικά και οικονομικά στοιχεία.

Οι δυνατότητες που παρέχει ένα ΣΓΠ για ολοκλήρωση των δεδομένων και χωρική ανάλυση (LONGLEY et al., 2001), διευκολύνουν στη διεξαγωγή χρήσιμων ποσοτικών εκτιμήσεων και ποιοτικών παρατηρήσεων, με τελικό στόχο την αποτίμηση των πιθανών επιπτώσεων και την υποστήριξη αποφάσεων που σχετίζονται με ενέργειες πρόληψης (GOODCHILD et al., 1993).

Η Μύκονος, όντας ένα από τα κοσμοπολίτικα νησιά της Μεσογείου, χαρακτηρίζεται από έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Ο αριθμός των μόνιμων κατοίκων της ανέρχεται στις 9960, παρουσιάζοντας αυξητικές τάσεις, ιδιαίτερα μετά τη δεκαετία του 1970 (Πίνακας 1.). Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΣΥΕ το ποσοστό κάλυψης επί του συνόλου της έκτασης που αντιστοιχεί σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι ιδιαίτερα υψηλό παρουσιάζοντας την μεγαλύτερη τιμή από όλα τα ελληνικά νησιά (28%) (ΕΣΥΕ, 1995). Η οικονομία του νησιού βασίζεται κυρίως στον τουρισμό (ΠΑΡΠΑΪΡΗΣ, 1995). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κατά την τελευταία δεκαετία ο αριθμός των πλοίων που καταπλέουν στο λιμάνι της Μυκόνου υπερδιπλασιάστηκε. Ανάλογη είναι και η αύξηση των τουριστών που επισκέπτονται το νησί αεροπορικώς. Οι περιοχές με την μεγαλύτερη τουριστική - οικιστική ανάπτυξη και σημαντικές υποδομές αναψυχής εντοπίζονται στο νότιο τμήμα του νησιού.

ΕΤΟΣ	1940	1951	1961	1971	1981	1991	2001
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ ΜΥΚΟΝΟΥ (ΜΟΝΙΚΟΙ ΚΑΤΟΙΚΟΙ)	4560	3546	3718	3863	5530	6170	9660

Πίνακας 1. Πληθυσμιακά δεδομένα των έξι τελευταίων δεκαετιών για τη νήσο Μύκονο. (πηγή ΕΣΥΕ)

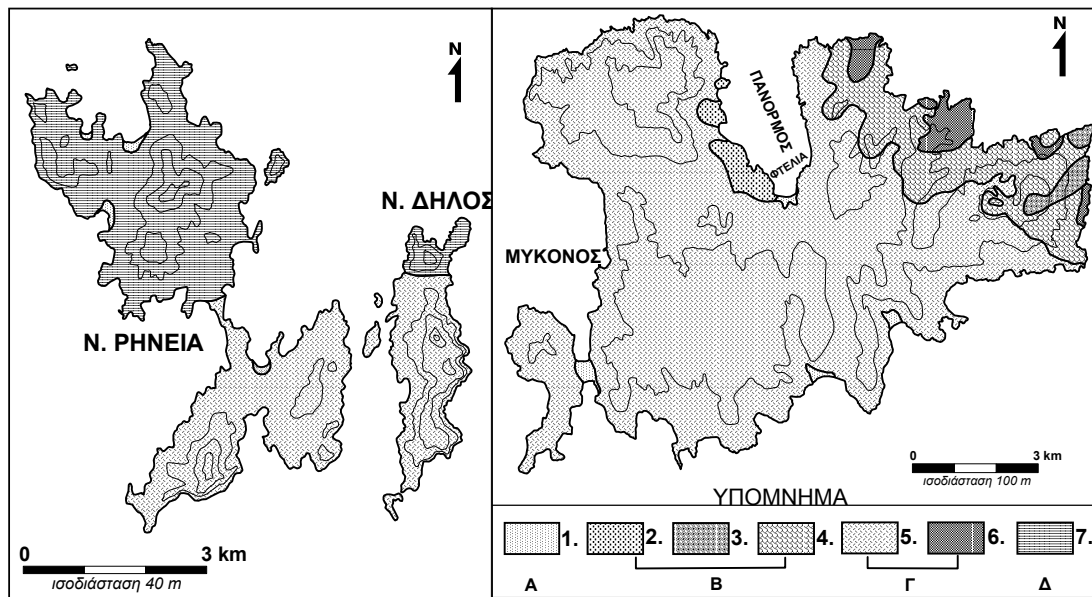
Table 1. Mykonos' Population for the last six decades. (Source NSAG)

Το αεροδρόμιο βρίσκεται εκτός της παράκτιας ζώνης στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Το τμήμα του οδικού δικτύου που αναπτύσσεται κατά μήκος της παράκτιας ζώνης βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νησιού (Αγ. Στέφανος - Τούρλος - Χώρα - Ορνός). Χαρακτηριστική επίσης είναι η ύπαρξη της υδατοδεξαμενής στην περιοχή Μαράθι.

Δυτικά της Μυκόνου βρίσκεται η Δήλος η οποία είναι ένα ακατοίκητο νησί με ιδιαίτερο αρχαιολογικό ενδιαφέρον και ένα αξιόλογο αρχαιολογικό μουσείο. Τη θερινή περίοδο δέχεται καθημερινά εκατοντάδες επισκέπτες, κατά κύριο λόγο από το λιμάνι της Μυκόνου. Οι αρχαιολογικοί χώροι εντοπίζονται στο βόρειοδυτικό τμήμα του νησιού. Σε απόσταση μικρότερη από 3 km προς τα δυτικά βρίσκεται η Ρήνεια η οποία είναι επίσης ακατοίκητη. Το οδικό δίκτυο των νησιών Δήλου και Ρήνειας είναι περιορισμένο.

Και τα τρία νησιά βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του νησιωτικού συμπλέγματος των Βορείων Κυκλάδων. Συγκαταλέγονται στα νησιά με ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο. Το μέγιστο υψόμετρο για τη Μύκονο είναι 373 m, για τη Δήλο 112 m και για τη Ρήνεια 137 m. Το μέγιστο μήκος ακτών - μετρήσεις από χαρτογραφικά υπόβαθρα κλίμακας 1:5000 - παρουσιάζεται στη Μύκονο με μήκος 100 km ενώ ακολουθεί η Ρήνεια με 48 km και η Δήλος με 16 km (Πίνακας 2.).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τους οποίους αποτελούνται τα νησιά ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την τρωτότητά τους στην επίδραση των θαλάσσιων διεργασιών (Εικόνα 2). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις χαλαρές Ολοκαινικές αποθέσεις φερτών υλών των χειμάρρων, που αποτελούνται από άμμος και κροκάλες, και συνιστούν τις παραλίες που παρουσιάζουν μικρές μορφολογικές κλίσεις (<10%) (Φτελιά, όρμος Καλό Λιβάδι, όρμος Ορνός). Η δεύτερη κατηγορία, ενδιάμεσης τρωτότητας, περιλαμβάνει τα πυροκλαστικά ιζήματα, τις κλαστικές μολασσικές αποθέσεις και τους μυλωνίτες. Τα πυροκλαστικά πετρώματα εντοπίζονται στο βορειοανατολικό τμήμα της Μυκόνου, οι μολασσικοί σχηματισμοί Νεογενούς ηλικίας εμφανίζονται αποκλειστικά στην περιοχή του Πάνορμου (DURR, 1974, AVDIS, 1986) ενώ ο μυλωνίτης αποτελεί το βορειοανατολικό τμήμα του νησιού. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τους γρανίτες και τους ανδεσίτες που είναι επιδεκτικοί στις διεργασίες αποσάθρωσης. Οι γρανίτες καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση της Μυκόνου και της Δήλου και τη μισή περίπου έκταση της Ρήνειας. Τέλος στην τέταρτη κατηγορία υπάγονται οι σχιστόλιθοι που εμφανίζουν ιδιαίτερη αντοχή στην αποσάθρωση και εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της Ρήνειας και της Δήλου ενώ απουσιάζουν από τη Μύκονο.



Εικόνα 2. Γεωλογικός χάρτης της Μυκόνου της Δήλου και της Ρήνειας (ΒΟΡΕΑΔΗΣ, 1961, AVDIS, 1986). Υπόμνημα: 1. Χαλαρές Ολοκαινικές αποθέσεις, 2. Μολασσικά ιζήματα, 3. Πυροκλαστικά, 4. Μυλονίτης, 5. Γρανίτες-γρανοδιορίτες, 6. Ανδεσίτες - διορίτες, 7. Σχιστόλιθοι.
 Figure 2. Geological map of Mykonos, Delos and Rinia (ΒΟΡΕΑΔΗΣ, 1961, AVDIS, 1986). Ledend: 1. Unconsolidated deposits (Holocene), 2. Molasse, 3. Pyroclastic rocks, 4. Mylonite, 5. Granite-granodiorite, 6. Andesites-diorites 7. Schists.

Η παρατήρηση του γεωλογικού χάρτη (Εικόνα 2) οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι παραλιακές περιοχές ήπιων κλίσεων που αποτελούνται από χαλαρές αποθέσεις εντοπίζονται στις νότιες ακτές της Μυκόνου και αποτελούν περιοχές έντονης τουριστικής δραστηριότητας ή σε αναπτυσσόμενες τουριστικά θέσεις του βόρειου τμήματος του νησιού (Φτελιά). Επιπλέον παράκτιες περιοχές όπου κυριαρχούν οι σχηματισμοί ενδιάμεσης τρωτότητας εντοπίζονται στο βόρειο και ανατολικό τμήμα του νησιού.

Σύμφωνα με τους TITUS & RICHMAN (2000) σαν περιοχές υψηλού κινδύνου, που πρόκειται πιθανά να πληγούν από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, θεωρούνται οι παράκτιες εκτάσεις που βρίσκονται χαμηλότερα από την ισοϋψή των 4 m. Οι εκτάσεις αυτές ανέρχονται σε 4.46 km² για το σύνολο των τριών νησιών που αντιστοιχεί σε ποσοστό 4,61% της συνολικής τους έκτασης. Για τις παραπάνω εκτιμήσεις χρησιμοποιήθηκαν υψομετρικά στοιχεία από τους τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:5000 της ΓΥΣ για τις παράκτιες περιοχές των νησιών. Η χρήση της ισοϋψούς των 4 m για τον εντοπισμό περιοχών υψηλού κινδύνου έγινε στα πλαίσια της προκαταρκτικής μελέτης. Ακριβέστεροι υπολογισμοί απαιτούν τη μελλοντική αξιοποίηση λεπτομερέστερων στοιχείων της παράκτιας ζώνης (ισοϋψής 1-2 m).

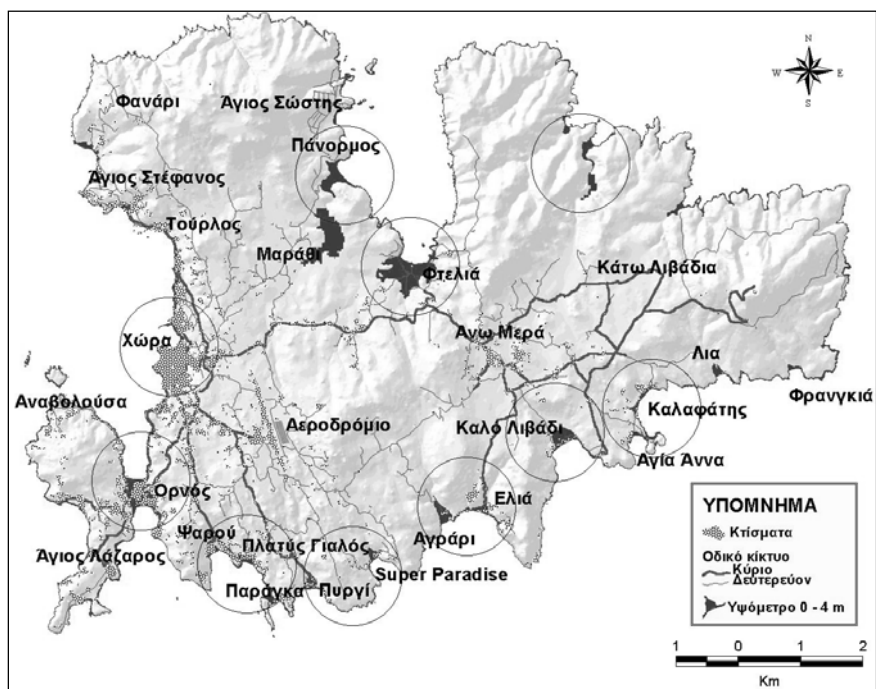
Η Ρήνεια παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό (8,43%) με τις περιοχές υψηλού κινδύνου να εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού. Παρά το γεγονός ότι η λιθολογική σύσταση της βόρειας ακτογραμμής θεωρείται περισσότερο ανθεκτική στις διεργασίες αποσάθρωσης, ο προσανατολισμός του νησιού στους βόρειους ανέμους δημιουργεί ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες καταπόνησης των παράκτιων σχηματισμών. Οι επιπτώσεις από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στην περίπτωση της Ρήνειας, όντας ακατοίκητη, εντοπίζονται περισσότερο στην αλλαγή του παράκτιου τοπίου και της μορφολογίας του νησιού παρά σε οικονομικής και κοινωνικής φύσης συνέπειες. Στις περιοχές υψηλού κινδύνου περιλαμβάνονται μικρές επιμήκεις αμμώδεις λωρίδες (tombolo) που συνδέουν βραχώδεις εξάρσεις με το κύριο τμήμα του νησιού. Οι περιοχές αυτές ενδέχεται να κατακλυσθούν από τη θάλασσα δημιουργώντας νησίδες σε αρκετά σημεία στο βόρειο κυρίως τμήμα του νησιού (Εικόνα 4). Ιδιαίτερη επίπτωση στο φυσικογεωγραφικό χαρακτήρα του νησιού θα έχει η ενδεχόμενη αποκοπή του στην περιοχή Στενό σε δύο τμήματα. Είναι αξιοσημείωτη η αρχαία ονομασία των δύο αυτών τμημάτων της Ρήνειας: Άνω Δήλος το βόρειο και Κάτω Δήλος το νότιο.

	Μήκος ακτογραμμής (km)	Έκταση (km ²)	Έκταση Περιοχών υψηλού κινδύνου (km ²)	% της συνολικής έκτασης του νησιού
ΜΥΚΟΝΟΣ	100,0	86,00	2,90	3,37
ΔΗΛΟΣ	16,0	3,50	0,38	10,8
ΡΗΝΕΙΑ	48,0	14,00	1,18	8,43
ΣΥΝΟΛΟ	164,0	103,5	4,46	4,31

Δεδομένα από τοπογραφικά διαγράμματα ΓΥΣ κλίμακας 1:5000 (ίδια επεξεργασία)

Πίνακας 2. Μήκος ακτογραμμής, συνολική έκταση και έκταση περιοχών υψηλού κινδύνου για τα νησιά Μύκονος, Δήλος και Ρήνεια .

Table 2. Coastline length, Total area and high risk area for Mykonos, Delos and Rinia.



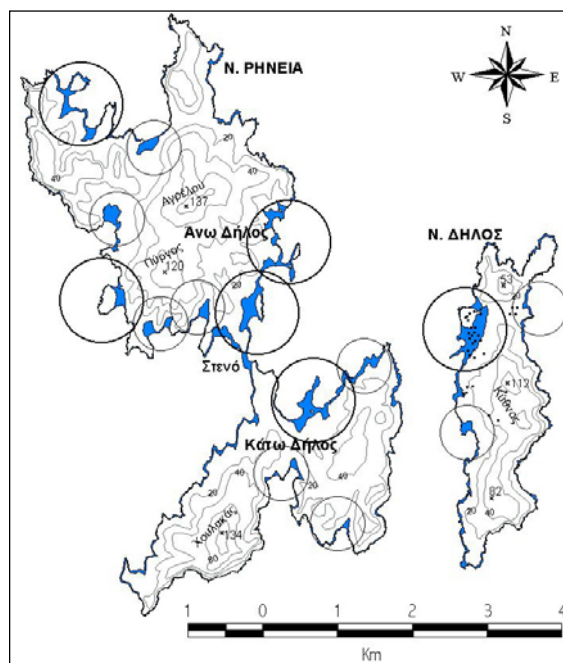
Εικόνα 3. Χάρτης Μυκόνου. Περιοχές υψηλού κινδύνου (σημειώνονται με κύκλο) – βασικές υποδομές)

Figure 3. Mykonos map. High risk areas (in cycles)- basic infrastructure.

Η έκταση των περιοχών υψηλού κινδύνου στη Μύκονο εκτιμήθηκε σε 2,9 km² που αντιστοιχεί στο 3,37% της συνολικής της έκτασης. Παρά το γεγονός ότι το ποσοστό δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό έχει μεγάλη σημασία η γεωγραφική τοποθέτηση των περιοχών αυτών (Εικόνα 3). Σε αυτές ανήκουν τμήματα της πόλης της Μυκόνου (Χώρα) και του Ορνού, στο δυτικό τμήμα του νησιού, όπου εμφανίζεται η μεγαλύτερη οικιστική και κοινωνικο-οικονομική δραστηριότητα καθώς και αρκετές παραλίες στο νότιο τμήμα (Πλατύς Γιαλός, Ελιά κ.α.) που χαρακτηρίζονται από έντονη τουριστική ανάπτυξη. Οι περιοχές που αναμένεται να επηρεαστούν στο βόρειο τμήμα του νησιού χαρακτηρίζονται από περιορισμένη ανθρώπινη δραστηριότητα, με εξαίρεση τη Φτελιά, που μπορεί να θεωρηθεί τουριστικά αναπτυσσόμενη.

Το υψηλότερο ποσοστό εκτάσεων υψηλού κινδύνου καταγράφηκε για τη Δήλο (10,8%). Εδώ το ενδιαφέρον εστιάζεται στο ΒΔ μέρος του νησιού (Εικόνα 4) όπου εντοπίζονται εκτεταμένες περιοχές υψηλού κινδύνου. Οι συνέπειες θα είναι σημαντικές λόγω του αρχαιολογικού ενδιαφέροντος της συγκεκριμένης θέσης αφού μεγάλο μέρος του αρχαιολογικού χώρου χαρακτηρίζεται σαν περιοχή υψηλού κινδύνου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για το σύνολο των νησιών η μελλοντική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης θα επηρεάσει άμεσα τους δυνητικά ανανεώσιμους φυσικούς πόρους, όπως τα παράκτια εδάφη και τα υπόγεια νερά (αλάτωση εδαφών και υφαλμύριση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων) που έχουν ζωτική οικονομική και κοινωνική σημασία κυρίως για τη Μύκονο.



Εικόνα 4. Χάρτης Δήλου - Ρήνειας. Οι περιοχές υψηλού κινδύνου σημειώνονται με κύκλο.

Figure 4. Delos and Rinia map. High risk areas in cycles.

ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την αξιολόγηση των δεδομένων εκτιμάται ότι οι περιοχές υψηλού κινδύνου από την προβλεπόμενη ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης είναι σημαντικές τόσο σαν απόλυτη έκταση (8-10% της συνολικής έκτασης Δήλου - Ρήνειας) όσο και ως προς τη γεωγραφική τους θέση σε σχέση με τις υποδομές των νησιών. Παρά το γεγονός ότι στην περιοχή της Μυκόνου μόνο 2,9 km² να εντάσσονται στις περιοχές υψηλού κινδύνου και να αποτελούν μόνο το 3,6 % της συνολικής έκτασης του νησιού, οι περιοχές αυτές ανήκουν στις ζώνες εκείνες του νησιού όπου εμφανίζεται η εντονότερη οικονομική, κοινωνική και αναπτυξιακή δραστηριότητα (Ορνός, Χώρα Μυκόνου, νότια τουριστική ζώνη).

Ιδιαίτερης σημασίας είναι και οι εκτιμήσεις που αφορούν στο νησί της Δήλου, όπου μεγάλο ποσοστό των περιοχών υψηλού κινδύνου εντοπίζονται στο βορειοδυτικό του τμήμα. Εκεί βρίσκεται ο αρχαιολογικός χώρος που συνιστά σημαντικό στοιχείο της ελληνικής πολιτιστικής κληρονομιάς και παράλληλα αποτελεί τον τουριστικό πόλο έλξης του νησιού.

Χαρακτηριστικές επίσης είναι οι ενδεχόμενες αλλαγές στο τοπίο του βόρειου τμήματος της Ρήνειας αφού είναι πιθανή η δημιουργία νησίδων από την ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Οι τακτικές που ακολουθούνται σε παγκόσμια κλίμακα για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών από την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης, καθώς και της προστασίας των παράκτιων περιοχών υψηλού κινδύνου, εστιάζονται περισσότερο στις αλλαγές των χρήσεων γης και στη μετακίνηση κατασκευών και δραστηριοτήτων σε ασφαλέστερες περιοχές (TITUS & RICHMAN, 2000).

Λαμβάνοντας υπόψη τις πρώτες εκτιμήσεις από την προκαταρκτική μελέτη των τριών νησιών γίνονται οι παρακάτω προτάσεις για την πρόληψη και αντιμετώπιση των αρνητικών συνεπειών, στον ευρύτερο νησιωτικό χώρο της Ελλάδας, από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης: α) Λεπτομερής μελέτη οριοθέτησης των χαμηλών περιοχών υψηλού κινδύνου με βάση τα τοπογραφικά και γεωλογικά τους χαρακτηριστικά, τις παράκτιες γεωμορφολογικές διεργασίες και το κυματικό καθεστώς και στροφή της έρευνας στο νησιωτικό χώρο. β) Λεπτομερής αποτύπωση των χρήσεων γης στις τρωτές περιοχές, σχεδιασμός μετεγκατάστασής τους και δημιουργία φορέα αντιμετώπισης της φυσικής καταστροφής σε άμεση συνεργασία με τη Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας. Ο σχεδιασμός αυτός θα ήταν χρήσιμος και σε περιπτώσεις αιφνίδιων φυσικών καταστροφών ανάλογου χαρακτήρα (τσουνάμι). γ) Δημιουργία βάσης δεδομένων όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών και αξιοποίησή τους από κεντρικό ΣΓΠ το οποίο θα αποτελεί το βασικό εργαλείο του φορέα διαχείρισης της παράκτιας ζώνης, με συνεργασία επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων για τη δημιουργία -

ενημέρωση και επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος. δ) Σχεδιασμός δικτύου συνεχούς παρακολούθησης της ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή με δορυφορικά δεδομένα, των μεταβολών της ακτογραμμής και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Επιτακτική ανάγκη των ημερών μας που χαρακτηρίζονται από σημαντικές περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές αλλαγές είναι η στροφή της ερευνητικής δραστηριότητας σε θέματα φυσικών καταστροφών με έμφαση στη γνώση και στην πρόληψη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΒΟΡΕΑΔΗΣ, Γ., 1961. Η γεωλογία και τα κοιτάσματα βαρύτου των νήσων Μυκόνου και Δραγονήσι. *Annales Geologiques des Pays Helleniques*, XII: 263-
- [2] AVDIS, V., 1986. Contribution to the geology of Mykonos. *I.G.M.E. Geol. & Geoph. Res. Special Issue*: 1-4.
- [3] DREWRY, D. J. and MORRIS, E.M., 1992. The response of large Ice Sheets to Climatic Change. *Phil. Trans. R. Soc. London B338*: 235-242.
- [4] DURR, S., 1974. Existence de Klippens d' une nappe composite Neogene dans l' ile de Mykonos. Cyclades, Grece. *Rapport Comm. Int. Mer. Medit*, 25/26 2a.
- [5] ΕΣΥΕ, 1995. Κατανομή της έκτασης της χώρας με βάση τις κύριες κατηγορίες χρήσεων γης, Αθήνα.
- [6] GAKI PAPANASTASSIOU, K., MAROUKIAN, H., PAVLOPOULOS, K. and ZAMANI, A., 1997. The implications of the expected sea level rise on the low lying areas of continental Greece in the next century. *Proc. International Symposium on Engineering Geology and the Environment*: 121-126.
- [7] GOODCHILD M.F., PARKS B.O. and STEYAERT L.T., 1993. Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press, NY, pp.488.
- [8] GORNITZ, V., 1995. A comparison of differences between recent and late Holocene sea level trends from eastern North America and other selected regions. *J. Coastal Res., Special Paper No 17: Holocene Cycles: Climate, Sea Levels and Sedimentation*: 287-297.
- [9] ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ, Ε., 1996. Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του Εύηνου ποταμού. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- [10] LAMBECK, K., 1996. Sea level change and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time. *Antiquity*, 70(169): 588-611.
- [11] LARNICOL, G., AYOUB, N. and LE TRAON, P.Y., 2002. Major changes in Mediterranean sea level variability from 7 years of TOPEX/Poseidon and ERS-1/2 data. *Journal of Marine Systems*, 33-34: 63-89.
- [12] LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J., and RHIND, D.W., 2001. Geographic Information Systems and Science, John Wiley and Sons, Chichester, p.p. 454.
- [13] ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ, Χ., ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, Κ. και ΖΑΜΑΝΗ, Α., (2001) Οι επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στις χαμηλές παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας κατά τον επόμενο αιώνα. *Περιοδικό Γεωγραφίες*, 1:73-82.
- [14] ΠΑΡΠΑΪΡΗΣ, Α., 1995. Κύκλος ζωής του τουριστικού προϊόντος: η περίπτωση της Μυκόνου, *Σύγχρονα Θέματα*, 55: 93-103.
- [15] TITUS, J.G., PARK, R.A., LEATHERMAN, S., WEGGEL, R., GREENE, M.S., TREHAN, M., BROWN, S., GAUNT, C. and YOHE, G., 1991. Greenhouse Effect and sea level rise: The cost of holding back the sea. *Coastal Management*, 19(3): 171-204.
- [16] TITUS, J.G. and NARAYANAN, V.K., 1995. The probability of sea level rise. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- [17] TITUS, J.G. and RICHMAN, C., 2000. Maps of lands vulnerable to sea level rise: Modeled elevations along the US Atlantic and gulf coasts. *Climate Research* (in press)
- [18] TOOLEY, M.J., 1993. Long term changes in eustatic sea level. In: Warrick R.A., BARROW E.M., WIGLEY T.M.L. (Eds.) *Climate and sea level change: observations, projections and implications*. Cambridge University Press, Cambridge:81-107.
- [19] WIGLEY, T.M.L. and RAPER, S.C.B., 1992. Implications for Climate and Sea Level of Revised IPCC Emissions Scenarios. *Nature* 357: 293-300.