

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’

Κατεύθυνση: Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**Παράκτια γεωμορφολογία και κίνδυνος από τσουνάμι
στη νήσο Ύμβρο με χρήση δορυφορικών δεδομένων και
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ)**

Διπλωματική εργασία της Νίκης Παναγοπούλου

Αθήνα, Ιούνιος 2014

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

‘Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου’

Κατεύθυνση: Διαχείριση Φυσικών και Ανθρωπογενών Καταστροφών

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

**Παράκτια γεωμορφολογία και κίνδυνος από τσουνάμι
στη νήσο Ίμβρο με χρήση δορυφορικών δεδομένων και
Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ)**

Διπλωματική εργασία της Νίκης Παναγοπούλου

Επιβλέπων: Ισαάκ Παρχαρίδης

Αθήνα, Ιούνιος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

❖ Ευρετήριο πινάκων – χαρτών – εικόνων.....σελ.	5
❖ Πρόλογος.....σελ.	7
❖ Περίληψη.....σελ.	8
❖ Περίληψη στα Αγγλικά (Abstract).....σελ.	10
❖ <u>Κεφάλαιο 1:</u> Εισαγωγή.....σελ.	12
1.1 Η έννοια των τσουνάμι.....σελ.	14
1.2 Κλίμακα μέτρησης της έντασης των τσουνάμι.....σελ.	15
1.3 Πρόγνωση των τσουνάμι και έρευνα για εμφάνιση τους στο παρελθόν (παλαιοτσουνάμι).....σελ.	16
❖ <u>Κεφάλαιο 2:</u> Βιβλιογραφική επισκόπηση.....σελ.	18
❖ <u>Κεφάλαιο 3:</u> Εμφάνιση τσουνάμι στο παρελθόν στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.....σελ.	23
3.1 Σεισμικότητα της περιοχής του Βορειοανατολικού Αιγαίου και συμβάντα με τσουνάμι στο παρελθόν.....σελ.	26
3.2 Πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου.....σελ.	29
❖ <u>Κεφάλαιο 4:</u> Φυσική γεωγραφία και ανθρωπογεωγραφία της Ίμβρου.....σελ.	32
4.1 Γεωμορφολογία της Ίμβρου.....σελ.	32
4.2 Η συνεισφορά της γεωμορφολογίας στην τρωτότητα της περιοχής από την εμφάνιση του φαινομένου τσουνάμι.....σελ.	34
4.3 Παράκτια γεωμορφολογία της Ίμβρου.....σελ.	35
4.4 Ανθρωπογεωγραφία της Ίμβρου	σελ. 36

❖ <u>Κεφάλαιο 5:</u> Κάλυψη γης.....σελ.	39
5.1 Χαρακτηριστικά του LANDSAT 8.....σελ.	39
5.2 Επεξεργασία δορυφορικής εικόνας.....σελ.	41
5.3 Περιγραφή της κάλυψης γης της Ίμβρου.....σελ.	44
❖ <u>Κεφάλαιο 6:</u> Εντοπισμός επιδεκτικών περιοχών του νησιού.....σελ.	46
6.1 Η βαθυμετρία ως παράμετρος καθορισμού των επιδεκτικών περιοχών...σελ.	51
6.2 Τελικός εντοπισμός επιδεκτικών περιοχών του νησιού.....σελ.	54
❖ <u>Κεφάλαιο 7:</u> Συμπεράσματα – Επίλογος.....σελ.	62
❖ Βιβλιογραφία.....σελ.	65

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Ενδεικτικά παραδείγματα σεισμών που συνέβησαν στον ελλαδικό χώρο και συνοδεύτηκαν από τσουνάμι (1490 π. Χ. έως σήμερα).....σελ. 25

Πίνακας 2: Περιοχές και αντίστοιχες ημερομηνίες των σεισμών (άνω των 5 Ρίχτερ) που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή του Τσανάκκαλε.....σελ. 28

Πίνακας 3: Πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στον ελλαδικό χώρο και αντίστοιχη πιθανή ένταση και ύψος κύματος.....σελ. 30

Πίνακας 4: Κατανομή του πληθυσμού της Ίμβρου ανά φύλο (στοιχεία 2012).....σελ. 37

Πίνακας 5: Ο πληθυσμός της Ίμβρου και του Νομού που ανήκει (στοιχεία 2012).....σελ. 38

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά κι εφαρμογές ανά φασματικό κανάλι του δορυφόρου LANDSAT 8.....σελ. 40

ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης 1: Οι δέκα πιο συχνά επηρεαζόμενες από τσουνάμι περιοχές της ευρύτερης Ανατολικής Μεσογείου (βάση των καταγραφών για αυτές).....σελ. 24

Χάρτης 2: Απεικόνιση ορισμένων από τα κύρια ενεργά ρήγματα στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου.....σελ. 27

Χάρτης 3: Σεισμοί (άνω των 5 βαθμών κλίμακας Ρίχτερ) που έχουν καταγραφεί στην περιοχή του Τσανάκκαλε (Çanakkale) (προϊστορικά μέχρι σήμερα).....σελ. 29

Χάρτης 4: Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της Ίμβρου.....σελ. 33

Χάρτης 5: Κάλυψη γης της Ίμβρου με βάση τα πέντε επίπεδα ταξινόμησης και το πρόγραμμα Corine.....σελ. 44

Χάρτης 6: Κλίσεις της Ίμβρου (σε μοίρες).....σελ. 47

<u>Χάρτης 7:</u> Προσανατολισμός των κλίσεων της Ίμβρου.....σελ. 48	σελ. 48
<u>Χάρτης 8:</u> Ζωνοποίηση των περιοχών με υψόμετρο 10, 20, 30 μέτρων.....σελ. 49	σελ. 49
<u>Χάρτης 9:</u> Αποστάσεις 200 έως 1200 μέτρων από την ακτογραμμή.....σελ. 50	σελ. 50
<u>Χάρτης 10:</u> Βαθυμετρία της νήσου Ίμβρου.....σελ. 53	σελ. 53
<u>Χάρτης 11:</u> Επιδεκτικές περιοχές της Ίμβρου στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι.....σελ. 56	σελ. 56
<u>Χάρτης 12:</u> Επιδεκτικές περιοχές της Ίμβρου στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι σε συνδυασμό με τη βαθυμετρία.....σελ. 58	σελ. 58
<u>Χάρτης 13:</u> Οικισμοί και επιδεκτικές περιοχές της Ίμβρου στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι σε συνδυασμό με τη βαθυμετρία.....σελ. 60	σελ. 60

EIKONEΣ

<u>Εικόνα 1:</u> Τρισδιάστατη άποψη της μορφολογίας της Ίμβρου.....σελ. 34	σελ. 34
<u>Εικόνα 2:</u> Ρήγματα που εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του νησιού Ίμβρος.....σελ. 36	σελ. 36
<u>Εικόνα 3:</u> Ο δορυφόρος LANDSAT 8.....σελ. 40	σελ. 40
<u>Εικόνα 4:</u> Δορυφορική εικόνα της Ίμβρου (Gökçeada) με χρήση φασματικών καναλιών 4, 3, 2.....σελ. 42	σελ. 42
<u>Εικόνα 5:</u> Ψευδέγχρωμη εικόνα της Ίμβρου (Gökçeada) με χρήση φασματικών καναλιών 5, 4, 3.....σελ. 43	σελ. 43

Πρόλογος

Το έναυσμα για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης μελέτης δίνεται από ένα συνδυασμό στοιχείων. Ένα από αυτά είναι το γεγονός ότι η Ίμβρος (Gökçeada) είναι ένα νησί που βρίσκεται σε μια ευρύτερη περιοχή, όπου εμφανίζεται σημαντική σεισμική δραστηριότητα που αποτελεί από τα βασικά αίτια δημιουργίας τσουνάμι. Ένα άλλο στοιχείο είναι ότι αποτελεί τον τόπο καταγωγής μου και γι' αυτό υπάρχει και το αντίστοιχο ενδιαφέρον. Επιπλέον, το θέμα αυτό συνδέεται με τον τομέα της διαχείρισης των φυσικών και ανθρωπογενών καταστροφών και της χρήσης της τεχνολογίας σε αυτό το πλαίσιο, τον οποίο παρακολούθησα στο συγκεκριμένο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Βασικός σκοπός αυτής της μελέτης είναι να εξετάσει τους επιμέρους παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της εμφάνισης τσουνάμι σε μία περιοχή. Επιπλέον, συνδυάζει όλους αυτούς τους παράγοντες, με τη χρήση κατάλληλων δεδομένων και εφαρμογών, προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές του υπό μελέτη νησιού που είναι περισσότερο επιδεκτικές σε ένα ενδεχόμενο τσουνάμι.

Στη διαδικασία εκπόνησης της παρούσας μελέτης είχα την υποστήριξη και τη βοήθεια ατόμων, τα οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω. Αρχικά, τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Παρχαρίδη, για τις χρήσιμες επιστημονικές συμβουλές και παρατηρήσεις του, προκειμένου να υπάρξει ένα άρτιο αποτέλεσμα. Επίσης, τον κύριο Χαλκιά και την κυρία Αντιγόνη για τη συμβολή τους στην κατασκευή ορισμένων χαρτών. Ακόμα, πρέπει να αναφερθώ στην Αμερικανική Γεωλογική Υπηρεσία (USGS – U.S. Geological Survey) από όπου αντλήθηκε η δορυφορική εικόνα που χρησιμοποιήθηκε, αλλά και στη βοήθεια των προγραμμάτων του εργαστηρίου ηλεκτρονικών υπολογιστών. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα, το Σύλλογο Ιμβρίων Αθηνών και την Οικουμενική Ομοσπονδία Κωνσταντινουπολιτών (ΟΙΟΜΚΩ), για τη στήριξή τους. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους εκείνους που στήριξαν και βοήθησαν σε αυτή την προσπάθεια και κυρίως τη μητέρα και την αδερφή μου, που στάθηκαν πάντα δίπλα μου σε όλη αυτή τη διάρκεια.

Με εκτίμηση,

Νίκη Παναγοπούλου

Καλλιθέα, Ιούνιος 2014

Περίληψη

Η συγκεκριμένη μελέτη έχει ως στόχο να συνδυάσει δύο επίπεδα. Αρχικά, ασχολείται με την παράκτια γεωμορφολογία της νήσου Ίμβρου (Gökçeada) και πώς αυτή θα επηρεαστεί από το ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή. Παράλληλα, προκειμένου να μελετηθεί η γεωμορφολογία και να δοθεί μία όσο το δυνατόν σαφέστερη εικόνα για την επικρατούσα κατάσταση, καθώς και τις αλλαγές που θα μπορούσε να προκαλέσει αυτή η εμφάνιση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, χρησιμοποιούνται οι δυνατότητες της τεχνολογίας, όπως τα δορυφορικά δεδομένα, καθώς και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ).

Είναι γεγονός ότι το ευρύτερο τμήμα της ανατολικής Μεσογείου, το οποίο περιλαμβάνει και το υπό μελέτη νησί, ανήκει στις περιοχές που δεν δίνουν πολύ συχνά τσουνάμι. Ωστόσο, η ύπαρξη αρκετών καταγραφών με σεισμούς ή κατολισθήσεις, τα οποία είναι μεταξύ των αιτιών δημιουργίας των κυμάτων αυτών, καθώς και το ότι ακολουθήθηκαν από την εμφάνιση ενός τέτοιου φαινομένου, παρέχει τη δυνατότητα αναφοράς σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο και την περαιτέρω μελέτη αυτού. Έτσι, με αφορμή αυτές τις καταγραφές και σε συνδυασμό με το ότι η Ίμβρος αποτελεί ένα νησί που βρίσκεται πολύ κοντά στο βόρειο τμήμα του ρήγματος της Ανατολίας, γίνεται μία προσπάθεια μελέτης της επικινδυνότητας της περιοχής κατά την πιθανή εμφάνιση τσουνάμι.

Αναπόσπαστο κομμάτι της μελέτης, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι τα δεδομένα που προέρχονται από δορυφόρους, καθώς και τα ΓΣΠ, για τα οποία γίνεται σχετική περιγραφή. Είναι σημαντική μία αναφορά στη λειτουργία των συστημάτων αυτών και δίνεται έμφαση στον τρόπο λήψης και απεικόνισης των κατάλληλων δεδομένων, αναλόγως την περίπτωση που μελετάται. Έτσι, αιτιολογείται το πόσο καθοριστική είναι η συμβολή τους στην απεικόνιση των όσων περιγράφονται, αλλά και στην απόδοση μιας σαφέστερης εικόνας για το αποτέλεσμα μετά την εμφάνιση τσουνάμι στην περιοχή.

Στην έναρξη αυτής της μελέτης, δίνονται κάποιες εισαγωγικές έννοιες που σχετίζονται με το θέμα της, προκειμένου να είναι πιο κατανοητά τα αποτελέσματα. Έπειτα, γίνεται περιγραφή των καταγεγραμμένων μέχρι στιγμής περιστατικών εμφάνισης τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή, ενώ σημειώνονται οι αναφορές σε

πιθανότητες εμφάνισης τους στην περιοχή αυτή μελλοντικά. Ακολούθως, περιγράφεται αναλυτικά η υφιστάμενη γεωμορφολογία και κυρίως η παράκτια γεωμορφολογία της Ίμβρου, η οποία μαζί με άλλους παράγοντες αποδίδεται με τις κατάλληλες εικόνες μέσω της χρήσης προγράμματος ΓΣΠ, του ArcGIS. Σημαντικό ρόλο στην τελική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων παίζει και ο παράγοντας της ανθρωπογεωγραφίας. Για το λόγο αυτό, δίνονται σύντομα κάποια σχετικά στοιχεία. Στη συνέχεια, εξετάζεται η κάλυψη γης μέσω της δορυφορικής εικόνας του LANDSAT 8 και την επεξεργασία της στο πρόγραμμα ENVI, αλλά και η βαθυμετρία του νησιού, καθώς αποτελεί άλλη μία σημαντική παράμετρο που επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα. Τέλος, με το συνδυασμό όλων των στοιχείων, εντοπίζονται οι περιοχές της Ίμβρου που είναι πιο πιθανό να πληγούν, αναφέρονται οι πιθανές επιπτώσεις από την εμφάνιση αυτών των κυμάτων και προτείνονται κάποια μέτρα που θα μπορούσαν να ληφθούν για την πρόληψη και προστασία από μία τέτοια φυσική καταστροφή.

Όπως προκύπτει, σκοπός της μελέτης αυτής είναι να συνδυάσει τις υπάρχουσες καταγραφές και τις υφιστάμενες συνθήκες στην περιοχή, με τη χρήση της τεχνολογίας και των συστημάτων που αυτή παρέχει (δορυφορικά δεδομένα, κλπ). Με τον τρόπο αυτό, οδηγείται στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το υπό μελέτη φαινόμενο και αποτελεί ένα εργαλείο κατά τη διαδικασία σχεδιασμού προγραμμάτων για την προστασία από τέτοιου είδους φυσικά φαινόμενα.

Περίληψη στα Αγγλικά (Abstract)

The purpose of this study is to combine two levels of analysis. Firstly, it focuses on the coastal geomorphology of Imvros Island (Gökçeada) and how it would be affected by a possible tsunami wave in the area. In addition to this, advanced technology is used such as remote sensing data and Geographical Information Systems (GIS) in order to lead to conclusions concerning the geomorphology, the current conditions and the possible changes the area would face should such a phenomenon occur.

It is common ground that the Eastern Mediterranean, in which the island of Imvros is also included, belongs to that category of regions where tsunami waves do not happen very often. However, it is not groundless to talk about such a thing, due to the several observations of earthquakes and landslides followed by such a phenomenon as well as due to the seismicity of the region. Therefore, taking into consideration the observations as well as the fact that Imvros is an island situated really close to the North Anatolian Fault (NAF) there is an attempt to study the level of risk by a possible tsunami this area faces.

Data provided by satellite together with the GIS – which are also described – are indispensable parts of this study. It is deemed important to refer to the way these systems function and there is also special focus on the way of obtaining and depicting the appropriate data according to the case study. In that way, their contribution to the depiction of what is described as well as to the clarification of the consequences of a tsunami in the area is justified.

At the beginning of this study, some introductory key terms are provided due to their high relevance with the understanding of the conclusions. After that, recorded tsunamis in the area so far are described and there is also reference to their future occurrence. Following that part, there is a thorough description of the existing geomorphology with special emphasis on the coastal geomorphology of the Imvros Island, which is illustrated appropriately (together with other factors) by using a GIS programme, ArcGIS. Furthermore, the factor of anthropogeography plays a significant role to the final assessment of the consequences hence there is brief reference to relevant data. Afterwards, the island's land cover as well as bathymetry is examined through the satellite picture provided by LANDSAT 8, processed via

ENVI software since their both considered as essential parameters affecting the final results. Finally, by combining the above mentioned features, the most vulnerable areas of Imvros are located and there is also reference to the possible impact of such waves hitting the island together with suggestions concerning measures to be taken on a basis of pre-emption and protection against such a natural disaster.

In the light of the above mentioned, the purpose of this study is to combine existing records with the current conditions in the area by using technology and the functions it provides (remote sensing data, etc.). In that way, it draws on conclusions regarding the examined phenomenon and it can be used as a tool during the procedure of making protection plans against such natural phenomena.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Είναι σημαντικό στην έναρξη της παρούσας μελέτης να γνωρίζει κανείς τι σημαίνει ο όρος «τσουνάμι» και πώς αποδίδεται στα ελληνικά. Έτσι, σύμφωνα με τον ορισμό που αναφέρουν οι Παυλόπουλος (2011), Ambraseys et al. (2010), Καρύμπαλης (2010), Hebenstreit (2001) και Papadopoulos et al. (1984), τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας ή τσουνάμι (tsunami waves) είναι μια ακολουθία γιγαντιαίων κυμάτων (train waves) που δημιουργούνται από διάφορους μηχανισμούς, οφείλονται σε ξαφνικά γεωφυσικά γεγονότα και συχνά προκαλούν τεράστιες καταστροφές στις παράκτιες περιοχές. Ο όρος «τσουνάμι» προέρχεται από τις ιαπωνικές λέξεις «τσου» που σημαίνει «λιμάνι» και «νάμι» που σημαίνει «κύμα» (δηλαδή το κύμα του λιμανιού) και υιοθετήθηκε το 1963. Από τότε και έπειτα χρησιμοποιείται στη διεθνή βιβλιογραφία. Ο ελληνικός όρος που έχει επικρατήσει σήμερα είναι «θαλάσσια κύματα βαρύτητας».

Παλιότερα, αντί του όρου αυτού χρησιμοποιούσαν τους όρους «παλιρροϊκά κύματα» ή «σεισμικά θαλάσσια κύματα». Όμως, η χρήση των όρων αυτών είναι λάθος, καθώς δεν αποδίδουν το εύρος των αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Από την άλλη πλευρά, όπως αναφέρει ο Bell (1998), και ο όρος «τσουνάμι» δεν ανταποκρίνεται πλήρως στα θαλάσσια κύματα βαρύτητας, καθώς αυτά δεν συμβαίνουν μόνο σε λιμάνια, αλλά υποδεικνύει τη σημασία των επιπτώσεων στις ανθρώπινες δραστηριότητες και στην παράκτια ζώνη από ένα κύμα αυτού του είδους.

Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και ειδικότερα στις παράκτιες περιοχές Ελλάδας και Τουρκίας από τα πολύ παλιά χρόνια μέχρι πρόσφατα. Μερικές από αυτές ήταν καταστροφικές ή είχαν σημαντικές επιπτώσεις. Ανάμεσα στις περιπτώσεις εμφάνισης τσουνάμι που ξεχωρίζουν στον Ελλαδικό χώρο, όπως αναφέρεται και στο άρθρο των Papadopoulos et al. (1984), είναι εκείνη της 9^{ης} Ιουλίου 1956 στο ελληνικό αρχιπέλαγος και εκείνη της 7^{ης} Φεβρουαρίου 1963 στον Κορινθιακό κόλπο. Αντίστοιχα, και από την πλευρά της Τουρκίας, οι περιπτώσεις σεισμών που συνοδεύτηκαν από τσουνάμι δεν είναι λίγες. Το ενδεχόμενο εμφάνισης μίας ανάλογης περίπτωσης στην περιοχή της Ίμβρου είναι αυτό που επιχειρεί να μελετήσει και η συγκεκριμένη εργασία.

Το κύριο αίτιο δημιουργίας των τσουνάμι στην Ελλάδα είναι η σεισμική δραστηριότητα που εμφανίζεται στο ελληνικό τόξο, καθώς επίσης και στην εσωτερική ζώνη της περιοχής του Αιγαίου. Σύμφωνα με τους Papadopoulos et al. (1984), υπάρχουν στατιστικές που αναφέρουν ότι η πιθανότητα εκδήλωσης τσουνάμι στην περιοχή αυτή είναι γενικά χαμηλή. Υπάρχει όμως παράλληλα και αναφορά σε δέκα συγκεκριμένες περιπτώσεις, στις οποίες η πιθανότητα αυτή είναι μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους. Παρόμοια είναι και τα στοιχεία για την Τουρκία, η οποία επίσης εμφανίζει έντονη σεισμική δραστηριότητα, η οποία ακολουθείται από θαλάσσια κύματα βαρύτητας σε ορισμένες περιπτώσεις.

Παρ' όλα αυτά δε θα πρέπει να ξεχνάει κανείς ότι είναι αρκετές και εκείνες οι περιπτώσεις που υπάρχει εμφάνιση τσουνάμι ως ακόλουθου κάποιας ηφαιστειακής έκρηξης ή κάποιας υποθαλάσσιας κατολίσθησης. Όλες αυτές οι αιτίες αποτελούν χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής με την οποία ασχολείται η συγκεκριμένη μελέτη και άρα δίνουν βάση για περαιτέρω έρευνα του θέματος.

Αρχικά, δίνονται κάποιες εισαγωγικές έννοιες που σχετίζονται με το θέμα της εργασίας, προκειμένου να είναι πιο κατανοητά τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, γίνεται μια αναφορά σε μελέτες που σχετίζονται με το θέμα της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, πρόκειται για μελέτες που έχουν γίνει ανά τον κόσμο, με έμφαση στην περιοχή της Μεσογείου και οι οποίες χρησιμοποίησαν Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) και δορυφορικά δεδομένα, στο πλαίσιο έρευνας σχετικά με την εμφάνιση τσουνάμι σε κάποια περιοχή και ό,τι αυτό μπορεί να συνεπάγεται. Ακόμα, σημειώνονται οι καταγραφές σεισμικών – και όχι μόνο – γεγονότων που συνοδεύτηκαν από την εμφάνιση τσουνάμι τόσο στον ελλαδικό χώρο όσο και στα τουρκικά παράλια. Επιπλέον, σημειώνονται οι μελέτες που αναφέρουν τις πιθανότητες εμφάνισης τέτοιων φαινομένων στην περιοχή αυτή στο μέλλον.

Έπειτα, η μελέτη επικεντρώνεται στο νησί Ίμβρος και μελετώνται οι αντίστοιχες καταγραφές που υπάρχουν για τη συγκεκριμένη περιοχή και ακολούθως γίνεται μια προσπάθεια εντοπισμού των περιοχών του νησιού που είναι πιο πιθανό να πληγούν από κάποιο τσουνάμι. Στην προσπάθεια αυτή χρησιμοποιούνται τόσο η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών όσο και δορυφορικά δεδομένα για το νησί. Επιπλέον, γίνεται ανάλυση των δεδομένων αυτών και της επεξεργασίας τους, ώστε να είναι πιο εύκολη η εξαγωγή των αποτελεσμάτων της μελέτης.

Συνοψίζοντας, προσπαθούμε να εξάγουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα για τον κίνδυνο εμφάνισης τσουνάμι στην Ίμβρο και πώς αυτό θα επηρέαζε την παράκτια γεωμορφολογία του νησιού. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Dominey – Howes et al. (2000), μπορεί τα κύματα αυτού του είδους να μην είναι πολύ συχνά και η δράση τους να είναι μικρής διάρκειας και βίαιη, αλλά έχει αναγνωριστεί ότι μπορεί να έχουν μεγάλη επίδραση στη γεωμορφολογία και στα ιζήματα των εκάστοτε παράκτιων περιοχών.

1.1 Η έννοια των τσουνάμι

Η δημιουργία των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας μπορεί να οφείλεται σε διάφορες αιτίες ή τη δράση συγκεκριμένων μηχανισμών. Η πιο συνηθισμένη αιτία δημιουργίας τσουνάμι θεωρείται ότι είναι οι σεισμικές δονήσεις που οφείλονται σε υποθαλάσσιους σεισμούς και προκαλούν κατακόρυφες μετατοπίσεις του νερού, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι όλοι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί δίνουν αντίστοιχα και κάποιο θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Συμπληρωματικά, αιτία δημιουργίας τσουνάμι είναι οι οριζόντιες μετατοπίσεις του νερού που και πάλι οφείλονται σε κάποια σεισμική δόνηση που έλαβε χώρα είτε σε υποθαλάσσιο χώρο είτε στην ξηρά σε περιοχή κοντινή σε ακτή.

Μία άλλη αιτία που σημειώνουν οι Παυλόπουλος (2011) και Hebenstreit (2001) και μπορεί να προκαλέσει θαλάσσια κύματα βαρύτητας είναι οι υποθαλάσσιες ή παράκτιες ηφαιστειακές εκρήξεις που οδηγούν στη βίαιη μετατόπιση του θαλάσσιου νερού. Οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις μεγάλης έκτασης είναι μία ακόμα αφορμή που μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία τσουνάμι, όπως επίσης πιθανή αλλά πολύ σπάνια αιτία αποτελεί η πρόσκρουση ενός εξωγήινης προέλευσης αντικειμένου (για παράδειγμα αστεροειδούς) με αποτέλεσμα την ανατάραξη του θαλάσσιου νερού.

Αξίζει επίσης να αναφερθούμε σε ορισμένα χαρακτηριστικά των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Το ύψος των κυμάτων αυτών, όταν δημιουργηθούν, είναι μικρό (μέχρι 1 μέτρο) ενώ η περίοδος είναι πολύ μεγάλη, φτάνοντας τη 1 ώρα. Επίσης, πολύ μεγάλο είναι το μήκος κύματος των τσουνάμι που μπορεί να φτάσει τα εκατοντάδες μέτρα και η ταχύτητα με την οποία μπορούν να κινηθούν είναι ακόμα και 1.000 χλμ./ώρα. Τα μεγέθη αυτά αλλάζουν όταν το κύμα πλησιάζει στην ακτή. Έτσι, εμφανίζεται μείωση στην ταχύτητα και το μήκος του, αλλά το ύψος του, που

εξαρτάται από τη μορφή της ακτογραμμής και την υποθαλάσσια κλίση, αυξάνεται μέχρι και τα 40 μέτρα. Στο ύψος οφείλεται και το μεγάλο μέγεθος των καταστροφών που προκαλούν τα κύματα αυτού του είδους.

Τέλος, όπως αναφέρουν οι Παπαζάχος και Παπαζάχου (2003), η ενέργεια που έχει ένα τέτοιο κύμα ισοδυναμεί με το 1/10 της σεισμικής ενέργειας του σεισμού που το προκάλεσε.

1.2 Κλίμακα μέτρησης της έντασης των τσουνάμι

Για τη μέτρηση των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας υπάρχουν διάφορες κλίμακες μεγεθών, οι οποίες βασίζονται στο ύψος και τα αποτελέσματα που έχουν τα κύματα αυτά μετά το σεισμό. Από αυτές ξεχωρίζουν η εξαβάθμια κλίμακα που πρότεινε ο A. Sieberg το 1927 και τροποποιήθηκε από τον Ambraseys το 1962, καθώς και η δωδεκαβάθμια κλίμακα που πρότειναν πιο πρόσφατα (2001) οι G. Papadopoulos και F. Imamura. Οι κλίμακες που προτάθηκαν αρχικά για τη μέτρηση της έντασης των τσουνάμι είχαν προβλήματα σχετικά με την έλλειψη της λεπτομερούς περιγραφής των βαθμίδων τους ή σχετικά με την ύπαρξη σύγχυσης ανάμεσα στην πραγματική ένταση και τις κλίμακες μεγεθών. Αυτή η έλλειψη μιας κλίμακας που θα μπορεί να αποδώσει με λεπτομέρεια και ακρίβεια την εμφάνιση ενός τσουνάμι, οδηγούσε σε προβλήματα κατά την προσπάθεια σύγκρισης τέτοιων φαινομένων σε διαφορετικές περιοχές. Στην προσπάθεια να εξαλειφθούν όσο είναι δυνατόν τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι προηγούμενες κλίμακες, προτάθηκε η πιο πρόσφατη από τους Papadopoulos και Imamura το 2001.

Θέλοντας να εμβαθύνουμε λίγο περισσότερο στην δωδεκαβάθμια αυτή κλίμακα, συναντάμε κάποια σημαντικά στοιχεία. Η κλίμακα αυτή βασίζεται σε τρεις αρχές: την ανεξαρτησία, την ευαισθησία και την λεπτομερή περιγραφή. Πρώτον, είναι ανεξάρτητη από φυσικές παραμέτρους, όπως είναι το εύρος κύματος στην πηγή που το προκαλεί και στην ακτή που φτάνει. Δεύτερον, ο όρος ευαισθησία αναφέρεται στο γεγονός ότι ενσωματώνει έναν επαρκή αριθμό από βαθμίδες που αποδίδουν ακόμα και τις πιο μικρές διαφορές από τις επιδράσεις των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Τρίτον, η λεπτομερής περιγραφή αφορά την προσπάθεια ώστε η κλίμακα να περιγράφει αναλυτικά το τι περιλαμβάνει ο κάθε βαθμός έντασης, λαμβάνοντας

υπόψη όλες τις πιθανές επιπτώσεις στο ανθρώπινο και φυσικό περιβάλλον, καθώς και την τρωτότητα των υποδομών.

Η κλίμακα αυτή, όπως ήδη αναφέρθηκε, αποτελείται από δώδεκα βαθμίδες και όπως αναφέρουν οι Papadopoulos και Imamura (2001), μπορεί να συμβαδίσει με τις διάφορες κλίμακες μέτρησης της έντασης των σεισμών που χρησιμοποιούνται σε Ευρώπη και Βόρεια Αμερική τα τελευταία εκατό χρόνια. Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τις επιπτώσεις σε ανθρώπους, σε αντικείμενα κάθε είδους, στη φύση και τις καταστροφές κτιρίων, οι βαθμοί της έντασης των τσουνάμι κυμαίνονται από το I που αναφέρεται ως "μη αισθητό", μέχρι το XII που αναφέρεται ως "πλήρως καταστροφικό". Για κάθε μία από αυτές τις βαθμίδες υπάρχει και η αντίστοιχη περιγραφή.

1.3 Πρόγνωση των τσουνάμι και έρευνα για εμφάνιση τους στο παρελθόν (παλαιοτσουνάμι)

Αναφορικά με το κομμάτι της πρόγνωσης των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας, είναι γεγονός ότι είναι δύσκολο να προβλεφθούν, καθώς το κύριο αίτιο δημιουργίας τους, που είναι ο σεισμός, δεν μπορεί να προβλεφθεί. Μπορούν όμως να ανιχνευθούν αμέσως μετά από την εκδήλωση κάποιου σεισμού ή άλλου είδους αναταραχής που τα προκαλεί και να υπάρξει η αντίστοιχη προειδοποίηση ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα. Όπως αναφέρεται στον Bolt (2003), τα στοιχεία που προκύπτουν από τους σειсмоγράφους σε συνδυασμό με μοντέλα για την εκτίμηση του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος για να φτάσουν στην περιοχή που συνέβη ένα σεισμικό γεγονός, οδηγούν στον εντοπισμό των παράκτιων περιοχών που είναι πιθανόν να πληγούν. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα κύματα αυτά μπορεί να πλήξουν ακόμα και περιοχές που απέχουν χιλιάδες χιλιόμετρα από το σημείο που ξεκίνησαν, γι' αυτό και είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιο σύστημα προειδοποίησης, ανάλογο με αυτό του Ειρηνικού Ωκεανού, στις ευρύτερες περιοχές που είναι πιθανόν να εμφανιστεί κάποιο κύμα τέτοιου είδους.

Άλλο ένα σημαντικό βήμα στην διαδικασία πρόγνωσης των τσουνάμι είναι η χαρτογράφηση των περιοχών που είναι πιθανόν να πληγούν με βάση τη στατιστική επεξεργασία των ήδη καταγεγραμμένων θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Στον Ειρηνικό Ωκεανό και πιο συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα του, εμφανίζεται περίπου

το 90% των κυμάτων που εξετάζουμε, με τη Χαβάη να αποτελεί μια περιοχή υψηλού κινδύνου (Hebenstreit, 2001). Η Αλάσκα και η Ιαπωνία επίσης συγκαταλέγονται ανάμεσα στις περιοχές υψηλού κινδύνου, ενώ αντίθετα ο Ατλαντικός Ωκεανός είναι από τις περιοχές που δίνουν πιο σπάνια τέτοιου είδους κύματα. Ανάλογη είναι η εικόνα και για τη Μεσόγειο Θάλασσα, που αποτελεί την ευρύτερη περιοχή της παρούσας μελέτης. Παρ' όλα αυτά αξίζει να αναφερθεί ότι το πρώτο τσουνάμι που έχει καταγραφεί ιστορικά είναι το 2.000 π. Χ. στις ακτές της Συρίας (Hebenstreit, 2001).

Εκτός από τις περιπτώσεις εμφάνισης τσουνάμι που είναι λιγότερο ή περισσότερο γνωστές, υπάρχουν και οι περιπτώσεις που οι επιστήμονες μελετούν προκειμένου να δουν αν έχει συμβεί σε μια περιοχή κάτι αντίστοιχο στο παρελθόν. Έτσι, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Παυλόπουλος (2011), οι έρευνες αυτές βασίζονται στη μελέτη της στρωματογραφίας των παράκτιων ιζημάτων, καθώς και στη γεωμορφολογική χαρτογράφηση των παράκτιων περιοχών, ώστε να εντοπιστεί η πιθανή μορφολογική δράση των συγκεκριμένων κυμάτων σε αυτές. Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται στρώματα από υλικά που οφείλουν την προέλευσή τους στο βυθό βαθιάς θάλασσας και τα οποία μπορούν να βρεθούν στην ακτή μόνο αν υπάρξει η επίδραση ενός τέτοιου γεγονότος. Δεν είναι λοιπόν λίγες οι περιοχές που έχουν εντοπιστεί με αυτόν τον τρόπο, στις οποίες είχε δράσει κάποιο παλαιοτσουνάμι. Παράδειγμα τέτοιων περιοχών αποτελεί η χερσόνησος Καμτσάτκα στη Ρωσία (βρέχεται από την Ειρηνικό Ωκεανό), στην οποία έχουν εντοπιστεί 40 διαφορετικά θαλάσσια στρώματα, γεγονός που υποδεικνύει ότι έχει πληγεί από αντίστοιχο αριθμό θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική επισκόπηση

Πολλές μελέτες έχουν εκπονηθεί και σχετίζονται με το θέμα του κινδύνου εμφάνισης τσουνάμι σε διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο και της χρήσης δορυφορικών δεδομένων, καθώς και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών προκειμένου να εντοπιστούν καλύτερα αυτές.

Ένα παράδειγμα τέτοιας μελέτης είναι των Omira et al. (2010) και αφορά την εκτίμηση της τρωτότητας από τσουνάμι στην περιοχή της Καζαμπλάνκα στο Μαρόκο. Συγκεκριμένα, αυτή η μελέτη αφορά την πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στην πόλη της Καζαμπλάνκα, τις επιπτώσεις αυτού και την εκτίμηση της τρωτότητας τόσο στο λιμάνι, όσο και στις γύρω περιοχές. Σε αυτή την κατεύθυνση γίνεται συνδυασμός της χρήσης αριθμητικών μοντέλων, δεδομένων από έρευνα πεδίου και συστημάτων ΓΣΠ. Βασικός στόχος της συγκεκριμένης έρευνας είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε έναν χάρτη τρωτότητας, προκειμένου να αξιοποιηθεί από τις τοπικές αρχές κατάλληλα στην διαδικασία πρόληψης από μία καταστροφή αυτού του είδους.

Μία ακόμα έρευνα, η οποία είναι περισσότερο εντοπισμένη στην περιοχή που εξετάζει η παρούσα μελέτη, είναι και αυτή των Pararas – Carayannis et al. (2010). Η έρευνα αυτή αναφέρεται στο σεισμό που έλαβε χώρα στην περιοχή του Ίζμιτ και συγκεκριμένα στο ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας στις 17 Αυγούστου 1999. Μία από τις συνέπειες του σεισμού ήταν η εμφάνιση τσουνάμι στον Κόλπο του Ίζμιτ που επηρέασε τις γύρω παράκτιες περιοχές σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Το πλήθος των προβλημάτων που προέκυψαν στην περιοχή έφεραν στο προσκήνιο την ανάγκη ανάδειξης των τοπικών συνθηκών που οδηγούν σε τέτοιου είδους καταστροφικές επιπτώσεις, δεδομένου ότι πρόκειται και για μία πυκνοκατοικημένη περιοχή. Κύριος στόχος της έρευνας ήταν να παρουσιάσει το πώς οι τεχνικές τηλεπισκόπησης και τα συστήματα ΓΣΠ βοηθούν στο να εντοπιστούν οι περιοχές που είναι περισσότερο πιθανό να πληγούν από τέτοιου είδους φαινόμενα. Επιπλέον, μεταξύ των αποτελεσμάτων ήταν και η πρόταση για δημοσιοποίηση των χρήσιμων αυτών πληροφοριών για την περιοχή της θάλασσας του Μαρμαρά, προκειμένου να μπορούν να αξιοποιηθούν και από τους κατοίκους της περιοχής στην κατεύθυνση της προστασίας τους.

Άλλη μία περίπτωση μελέτης που σχετίζεται με την εκτίμηση πιθανών καταστροφών σε περίπτωση τσουνάμι στις παράκτιες περιοχές Ραμπάτ και Σαλέ στο Μαρόκο, είναι αυτή των Renou et al. (2011). Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν αριθμητικά μοντέλα, δεδομένα έρευνας πεδίου και τηλεπισκόπησης, καθώς και συστήματα ΓΣΠ. Όλα τα παραπάνω αξιοποιήθηκαν στη διαδικασία δημιουργίας ενός γενικού μοντέλου που δίνει την τρωτότητα του κτιριακού υπόβαθρου της περιοχής στην περίπτωση εμφάνισης τσουνάμι. Σε αυτή την κατεύθυνση μελετήθηκαν δύο σενάρια πρόκλησης καταστροφών στις περιοχές αυτές και κατασκευάστηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες. Επιπλέον, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με τα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία.

Άλλο ένα παράδειγμα είναι η περίπτωση που μελετούν οι Flouri et al. (2012) και αφορά την πόλη της Ρόδου. Συγκεκριμένα, πρόκειται για μία προσπάθεια παρουσίασης της τρωτότητας της περιοχής στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι. Για το σκοπό αυτό συλλέχθηκαν δεδομένα με τη χρήση τεχνικών τηλεπισκόπησης και συστημάτων ΓΣΠ. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία προέκυψε μία ζωνοποίηση της περιοχής με βάση το βαθμό της επικινδυνότητάς τους στην πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι. Οι ζώνες αυτές παρουσιάστηκαν και πάλι με τη χρήση των συστημάτων ΓΣΠ.

Επίσης, οι Liyanage et al. (2012) παρουσιάζουν μία προσπάθεια για την εφαρμογή των GIS στην περίπτωση της διαχείρισης μιας καταστροφής από τσουνάμι. Όπως αναφέρουν, οι φυσικές καταστροφές όπως η περίπτωση των τσουνάμι, είναι αναπόφευκτη. Ακόμα, είναι πολύ δύσκολο να υπάρξει πλήρης επιδιόρθωση των ζημιών μετά από ένα τέτοιο γεγονός. Αυτό που μπορεί να γίνει όμως είναι να χρησιμοποιηθούν μέσα, όπως τα GIS τα οποία μπορούν να βοηθήσουν ώστε να μετριάσει και να διαχειριστεί καλύτερα ο κίνδυνος της καταστροφής από ενδεχόμενο τσουνάμι. Έτσι, ο στόχος της συγκεκριμένης μελέτης είναι να δημιουργήσει ένα χωρικό πληροφοριακό σύστημα, το οποίο με τη χρήση της τεχνολογίας θα βοηθήσει στο σχεδιασμό εκκένωσης σε περίπτωση εμφάνισης τσουνάμι. Το ζητούμενο άλλωστε σε μια τέτοια κατάσταση είναι να εκκενωθεί η εκάστοτε περιοχή από τον πληθυσμό πριν γίνει δέκτης ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας.

Μία μελέτη ακόμα είναι αυτή των Eckert et al. (2012) που έχει ως στόχο τη χρήση της τηλεπισκόπησης προκειμένου να εκτιμηθεί η τρωτότητα και ο κίνδυνος για

εμφάνιση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου. Συγκεκριμένα, γίνεται μία ανάλυση για δύο περιφέρειες της Αλεξάνδρειας, μία αστική και μία περιαστική και την τρωτότητα που εμφανίζουν τα κτίρια σε αυτές. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, προέκυψαν τόσο από την τηλεπισκόπηση όσο και από έρευνα πεδίου, ενώ μετά δέχτηκαν επεξεργασία με γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (GIS). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής, που περιλαμβάνει δύο διαφορετικά σενάρια, είναι χάρτες, οι οποίοι παρουσιάζουν σε ζώνες τον κίνδυνο που διατρέχουν τα κτίρια σε περίπτωση εμφάνισης τσουνάμι. Το πρώτο σενάριο αναφέρεται στο ενδεχόμενο δημιουργίας τσουνάμι 5 μέτρων και το δεύτερο σενάριο αφορά τσουνάμι 9 μέτρων. Λαμβάνοντας υπόψη και τις χρήσεις που έχουν τα κτίρια στις υπό μελέτη περιοχές, διαπιστώθηκε ότι οι πιθανές επιπτώσεις θα είναι ιδιαίτερα σοβαρές. Οι Eckert et al. (2012) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι και τα δύο σενάρια έχουν κάποια βάση, με εκείνο των 5 μέτρων να είναι δυνατόν αλλά απίθανο να συμβεί, ενώ εκείνο των 9 μέτρων να είναι απλώς απίθανο να συμβεί, μιας και στην περιοχή της Μεσογείου είναι σχετικά σπάνια η εμφάνιση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Χρήση των συστημάτων GIS γίνεται και στην περίπτωση της μελέτης των Papathoma et al. (2003) για το Ηράκλειο της Κρήτης. Συγκεκριμένα, πρόκειται για την εκτίμηση της τρωτότητας της παράκτιας περιοχής δυτικά της πόλης του Ηρακλείου, στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι. Έτσι, με την ενσωμάτωση διαφόρων παραγόντων που καθορίζουν την τρωτότητα (όπως για παράδειγμα το φυσικό περιβάλλον, κοινωνικά και δημογραφικά στοιχεία, κλπ) προκύπτουν τα σχετικά αποτελέσματα. Φαίνεται επομένως για άλλη μια φορά ότι η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μπορεί να βοηθήσει σε διάφορες περιπτώσεις, όπως στον σχεδιασμό μέτρων για την αντιμετώπιση μιας καταστροφής αυτού του είδους και στον καθορισμό της άμεσης απόκρισης μετά την καταστροφή. Το βασικότερο αποτέλεσμα της επεξεργασίας των δεδομένων είναι η ζωνοποίηση της περιοχής ανάλογα με το μέγεθος της πλημμύρας που ενδέχεται να αντιμετωπίσει. Επιπλέον, προκύπτουν και σημαντικά συμπεράσματα, όπως σχετικά με τα είδη των κατοικιών στις ζώνες αυτές και τους κινδύνους που θα μπορούσαν να διατρέξουν.

Μία ακόμα περίπτωση στην οποία φάνηκε η χρησιμότητα των συστημάτων GIS και της τηλεπισκόπησης είναι αυτή της νοτιοδυτικής Αϊτής. Σύμφωνα με την Theilen – Willige (2010), αυτές οι μέθοδοι βοήθησαν ώστε να εντοπιστούν οι τοπικές συνθήκες

που επηρεάζουν το ένταση του σεισμού αλλά και τις δευτερεύουσες επιδράσεις που πιθανόν να έχει ως επακόλουθο και να βελτιωθεί η υπάρχουσα κατάσταση της περιοχής. Μεταξύ των δευτερευουσών επιδράσεων είναι οι κατολισθήσεις αλλά και η εμφάνιση τσουνάμι. Προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα, χρησιμοποιήθηκαν γεωφυσικά, τοπογραφικά και γεωλογικά δεδομένα σε συνδυασμό με δορυφορικές εικόνες, τα οποία δημιούργησαν μία χωρική βάση δεδομένων με τη βοήθεια των ΓΣΠ και τεχνικών επεξεργασίας εικόνων. Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία χαρτών οι οποίοι παρουσιάζουν τις περιοχές όπου οι παράγοντες που επηρεάζουν το σεισμό κοντά στην επιφάνεια είναι συγκεντρωμένοι και συνδυάζονται μεταξύ τους, αυξάνοντας έτσι την τρωτότητα της υπό μελέτη περιοχής. Οι χάρτες που δημιουργήθηκαν αφορούν εξίσου την τρωτότητα σε κατολισθήσεις όσο και σε πλημμύρες.

Άλλη μία έρευνα που αφορά την περίπτωση της Ινδίας, δείχνει πόσο καθοριστικό ρόλο μπορούν να παίξουν οι διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές στη διαδικασία λήψης αποφάσεων αλλά και αντιμετώπισης ενός καταστροφικού φαινομένου, όπως είναι τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Όπως αναφέρουν οι Diwakar et al. (2009), η περίπτωση των τσουνάμι ήταν από τις πιο σπάνιες καταστροφές που έχει αντιμετωπίσει ο πληθυσμός των εκεί παράκτιων περιοχών. Για το λόγο αυτό, δεν υπήρχε κατάλληλη γνώση και προετοιμασία, οπότε ήταν πιο δύσκολη και η αντιμετώπιση της κατάστασης. Με αφορμή αυτό το συμβάν, γίνεται μια προσπάθεια ώστε να αποσαφηνιστεί η χρησιμότητα των γεωχωρικών βάσεων δεδομένων στη διαδικασία δημιουργίας κατάλληλων σεναρίων δράσης μετά από κάποια καταστροφή. Τα δεδομένα τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιήθηκαν, ενσωματώθηκαν σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών και έδωσαν σαν αποτέλεσμα χάρτες, οι οποίοι παρουσιάζουν τις πιθανές πλημμύρες. Φαίνεται λοιπόν ότι αυτά τα στοιχεία είναι πολύ χρήσιμα στο να παρέχουν ακριβείς εκτιμήσεις αλλά και να εκπονηθούν τα ανάλογα σχέδια δράσης, όχι μόνο για τις περιπτώσεις μετά από κάποιο καταστροφικό φαινόμενο αλλά και για περιπτώσεις ευρύτερου σχεδιασμού για το μέλλον.

Η Theilen – Willige εκπονεί μία ακόμα έρευνα, η οποία αυτή τη φορά επικεντρώνεται στην περιοχή που εξετάζει η παρούσα μελέτη. Συγκεκριμένα, πρόκειται για μια εκτίμηση πιθανής καταστροφής από τσουνάμι των παράκτιων περιοχών της Ελλάδας και της Τουρκίας στο βόρειο Αιγαίο και το σχεδιασμό χαρτών για αυτές. Όπως ισχυρίζεται η Theilen – Willige (2008), ο σχεδιασμός έκτακτης

ανάγκης για την περίπτωση εμφάνισης τσουνάμι και τις πιθανές δευτερεύουσες επιδράσεις, που μπορεί αυτό να επιφέρει, όπως είναι η διάβρωση και οι κατολισθήσεις, απαιτεί σχεδιασμό χαρτών κατάλληλων ώστε να εντοπίζονται οι παράκτιες περιοχές που είναι τρωτές σε ένα τέτοιο φαινόμενο. Ο εντοπισμός των πιθανών αυτών περιοχών επετεύχθη με τη χρήση δορυφορικών εικόνων LANDSAT ETM και Quick Bird, καθώς και Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Τόσο οι δορυφορικές εικόνες, όσο και το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου που χρησιμοποιήθηκαν, βοήθησαν στο να εντοπιστούν πιθανά γεγονότα πλημμυρών που συνέβησαν στο παρελθόν. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτών των στοιχείων ήταν να ξεχωρίσουν οι περιοχές που είναι πραγματικά επιρρεπής στο να πλημμυρίσουν σε ένα ενδεχόμενο εμφάνισης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην περιοχή του βορείου Αιγαίου.

Η έρευνα των Chen et al. (2006) περιλαμβάνει όλες τις περιοχές κατά μήκος της δυτικής ακτής της Σουμάτρα, οι οποίες επηρεάστηκαν από το τσουνάμι που σημειώθηκε στον Ινδικό Ωκεανό, στις 26 Δεκεμβρίου 2004. Βασικός στόχος αυτής της έρευνας ήταν να παρουσιαστούν οι καταστροφές με τη χρήση δορυφορικών εικόνων καθώς και τεχνικών που παρέχουν τα συστήματα GIS. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα χάρτης χρήσεων γης βασιζόμενος σε εικόνες από το δορυφόρο SPOT 5, οι οποίες δείχνουν την περιοχή πριν την καταστροφή, ενώ δημιουργήθηκε και ένας ακόμα χάρτης με συνδυασμό εικόνων πριν και μετά την εμφάνιση του τσουνάμι, ο οποίος απεικονίζει τις καταστροφές που έλαβαν χώρα. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν εικόνες του δορυφόρου IKONOS από τις περιοχές που επλήγησαν, ως πραγματική βάση. Μετά από αυτές τις επεξεργασίες, το αποτέλεσμα είναι ο χάρτης εκτίμησης των καταστροφών, ο οποίος δείχνει ότι οι περισσότερες περιοχές που έχουν χαμηλό υψόμετρο ή βρίσκονται κοντά στην ακτή, υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Επίσης, οι παράκτιες μορφές διαβρώθηκαν σημαντικά ή καταστράφηκαν. Η έρευνα αυτή των Chen et al. (2006) δείχνει με τον καλύτερο τρόπο ότι ο συνδυασμός της τηλεπισκόπησης με τις τεχνικές των ΓΣΠ, μπορεί να δώσει μία αποτελεσματική προσέγγιση στο θέμα της εκτίμησης των καταστροφών από την εμφάνιση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας.

Κεφάλαιο 3: Εμφάνιση τσουνάμι στο παρελθόν στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου

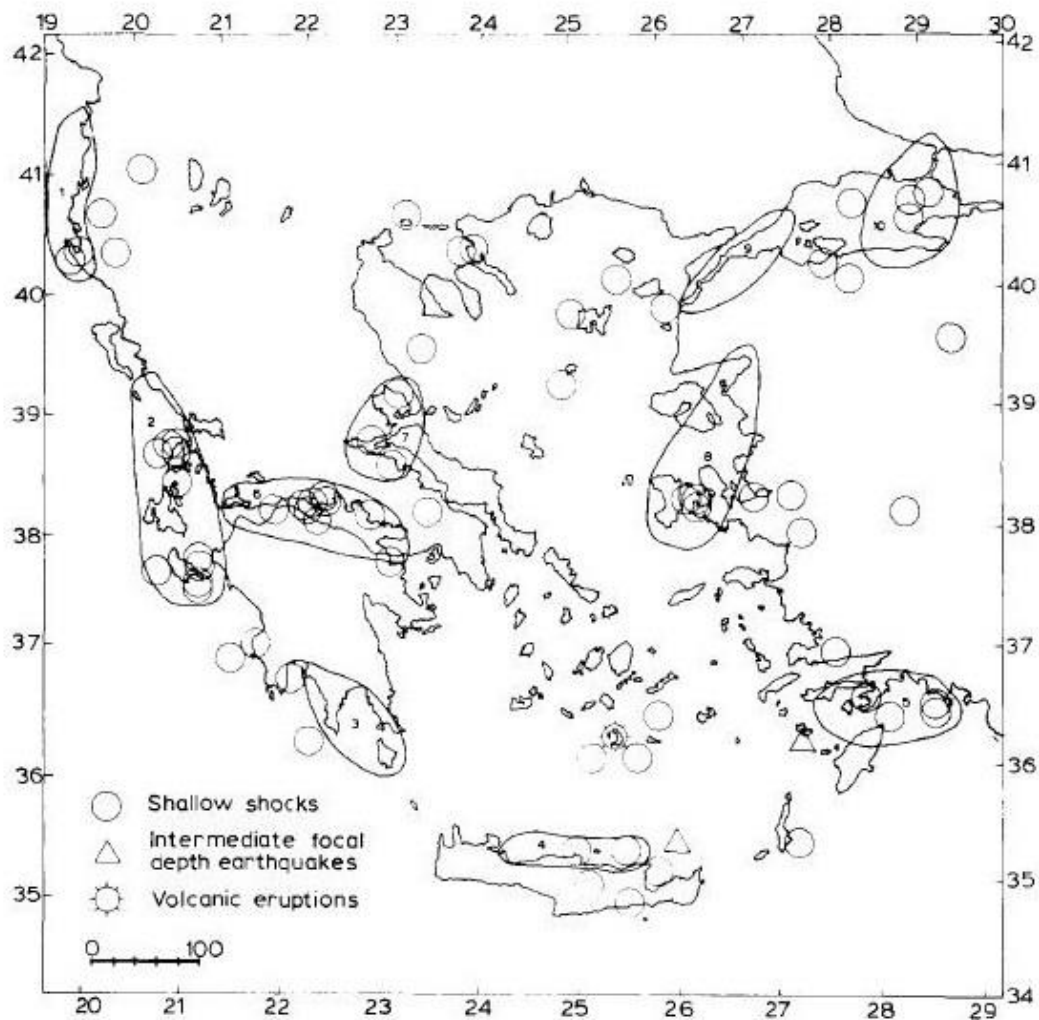
Η περιοχή της Μεσογείου θεωρείται μια περιοχή που δίνει λιγότερο συχνά θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις που έχουν συμβεί τέτοιου είδους κύματα και είχαν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στην αντίστοιχη περιοχή που έπληξαν. Μία τέτοια περίπτωση είναι το 1908 στην Ιταλία, όπου το αποτέλεσμα της εμφάνισης του τσουνάμι ήταν ο θάνατος 120.000 ανθρώπων.

Στη συνέχεια, θα επικεντρώσουμε περισσότερο στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και θα αναφέρουμε κυρίως γεγονότα που αφορούν την εμφάνιση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στην Ελλάδα και την Τουρκία. Η επιλογή αυτή γίνεται γιατί αυτές είναι οι πιο κοντινές περιοχές στο νησί της Ίμβρου, που αποτελεί και την περίπτωση μελέτης της παρούσας εργασίας.

Οι χώρες που προαναφέρθηκαν, εμφανίζουν μεγάλη σεισμική δραστηριότητα, γεγονός που δικαιολογεί την πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή, αφού οι σεισμικές δονήσεις είναι μεταξύ των αιτιών δημιουργίας των κυμάτων αυτών. Από τη μία πλευρά εντοπίζεται ο Κορινθιακός κόλπος, ο οποίος είναι επιρρεπής σε φαινόμενα υποθαλάσσιων κατολισθήσεων λόγω του πλήθους των ποταμών που εκβάλλουν σε αυτόν. Αντίστοιχα, από την άλλη πλευρά έχουμε τη θάλασσα του Μαρμαρά, η οποία βρίσκεται κοντά στο ρήγμα της Ανατολίας. Αυτές οι δύο περιοχές φαίνεται να μοιάζουν μεταξύ τους, καθώς βρίσκονται και οι δύο κοντά σε ενεργά ρήγματα.

Βάση των καταγραφών που είχαν γίνει έως τότε, οι Papadopoulos et al. (1984), αναφέρουν ότι οι δέκα περιοχές της ευρύτερης Ανατολικής Μεσογείου που θεωρούνται οι πιο συχνά επηρεαζόμενες από τσουνάμι είναι οι ακόλουθες: οι ακτές της Αλβανίας, τα νησιά του Ιονίου, η νότια Πελοπόννησος, η βόρεια Κρήτη, οι νοτιοδυτικές ακτές της Τουρκίας, ο Κορινθιακός και ο Πατραϊκός κόλπος, ο βόρειος Ευβοϊκός, Μαλιακός και Παγασητικός κόλπος, η περιοχή του ανατολικού Αιγαίου, τα στενά των Δαρδανελίων και η θάλασσα του Μαρμαρά. Στο Χάρτη 1 σημειώνονται οι περιοχές που προαναφέρθηκαν.

Χάρτης 1: Οι δέκα πιο συχνά επηρεαζόμενες από τσουνάμι περιοχές της ευρύτερης Ανατολικής Μεσογείου (βάση των καταγραφών για αυτές).



Πηγή: Papadopoulos et al. (1984)

Από τις πρώτες συστηματικές ενασχολήσεις με θαλάσσια κύματα βαρύτητας στο Αιγαίο και στην Ανατολική Μεσόγειο αποτελούν η περίπτωση της Σαντορίνης (περίπου το 1490 π. Χ.), μαζί με άλλες μικρότερου μεγέθους εκείνης της εποχής, όπως αναφέρεται στον Bolt (2003). Στην περίπτωση της Σαντορίνης σημειώθηκε ηφαιστειακή έκρηξη, η οποία με τη σειρά της τροφοδότησε ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας ύψους 120 μέτρων (Bell, 1998). Στη συνέχεια και μέχρι τις μέρες μας συνέβησαν και άλλα αντίστοιχα γεγονότα, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1 που ακολουθεί. Πρόκειται κυρίως για περιπτώσεις όπου η σεισμική δραστηριότητα συνοδεύτηκε από την εμφάνιση τσουνάμι, τα οποία είχαν σοβαρές

επιπτώσεις τόσο στις αντίστοιχες περιοχές, όσο και σε άλλα κοντινά ή και πιο απομακρυσμένα από το συμβάν σημεία.

Πίνακας 1: Ενδεικτικά παραδείγματα σεισμών που συνέβησαν στον ελλαδικό χώρο και συνοδεύτηκαν από τσουνάμι (1490 π. Χ. έως σήμερα).

Ημερομηνία	Περιοχή που έπληξε
1490 π. Χ.	Σαντορίνη
479 π. Χ.	Χαλκιδική
373 π. Χ.	αρχαία Ελίκη (Αίγιο)
365 π. Χ.	νοτιοδυτικά της Κρήτης
1303 μ. Χ.	ανατολικά της Ρόδου
9 Ιουλίου 1956	Βορειοδυτικό όριο της τάφρου Αμοργού – Αστυπάλαιας
7 Φεβρουαρίου 1963	Κορινθιακός κόλπος (Αίγιο)
1995	Αίγιο (αρχαία Ελίκη)
15 Ιουνίου 2013	Κρήτη

Πηγή στοιχείων: Παυλόπουλος (2011), Καρύμπαλης (2010), Λέκκας (2000), Parathoma et al. (2003)

Από τα γεγονότα αυτά αξίζει να σημειωθεί ο σεισμός στην αρχαία Ελίκη στο Αίγιο το 373 π. Χ., όπου το τσουνάμι που ακολούθησε κατέστρεψε ολόκληρη την πόλη (Λέκκας, 2000). Αντίστοιχα, από τις πιο πρόσφατες περιπτώσεις εμφάνισης τέτοιων κυμάτων στον ελλαδικό χώρο είναι στον Κορινθιακό κόλπο, στην περιοχή του Αιγίου (1963) και στην Κρήτη (2013). Συγκεκριμένα, το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας που εμφανίστηκε στον Κορινθιακό κόλπο οφειλόταν σε μια υποθαλάσσια κατολίσθηση, η οποία ήταν το ακόλουθο ενός μικρού σεισμού, ενώ οι επιπτώσεις του στην περιοχή, όπως σημειώνουν οι Parathoma et al. (2003), δεν ήταν λίγες. Σε ό,τι αφορά το πιο κοντινό στις μέρες μας γεγονός εμφάνισης τσουνάμι, είναι όπως ήδη αναφέρθηκε, στην Κρήτη.

Επομένως, συνοπτικά, οι περιοχές της Ελλάδας που έχουν πληγεί από θαλάσσια κύματα βαρύτητας σε σημαντικό βαθμό είναι ο δυτικός Κορινθιακός κόλπος, ο Μαλιακός κόλπος, τα νησιά των Κυκλάδων, η Κρήτη, τα Δωδεκάνησα, η Χίος και οι ακτές της Δυτικής Ελλάδας.

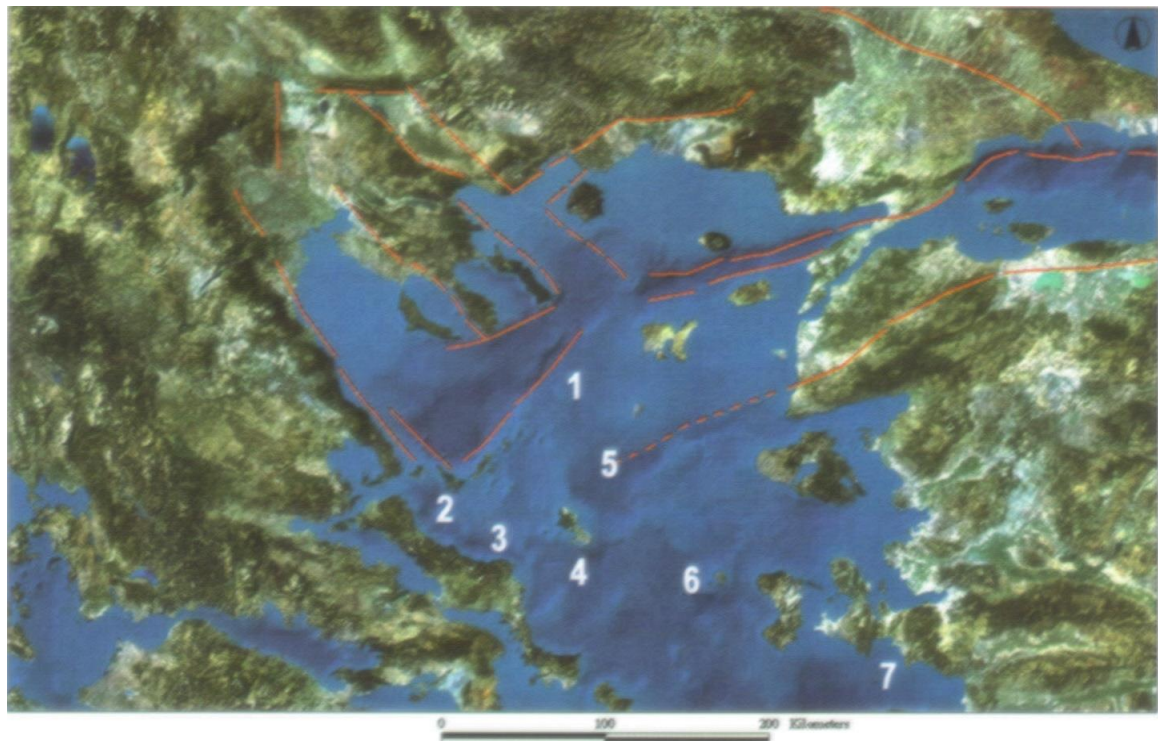
Μελετώντας αντίστοιχα και τις περιοχές της Τουρκίας που έχουν πληγεί από τσουνάμι, το οποίο ακολούθησε μετά από κάποιο σεισμό, διαπιστώνουμε ότι δεν είναι λίγες. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι Altinok et al. (2000) σε σχετική τους έρευνα, με βάση τις ιστορικές καταγραφές αποκαλύπτεται ότι κατά την περίοδο παρατήρησης, για πάνω από 3000 χρόνια, οι παράκτιες και οι γύρω περιοχές της Τουρκίας επηρεάστηκαν από περισσότερα από 90 τσουνάμι. Αυτά τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας εντοπίζονται γύρω από τη θάλασσα του Μαρμαρά, την Κωνσταντινούπολη και τους Κόλπους του Ίζμιτ, Ίζμιρ, Φετχιγιέ και Ισκέντερον (Αλεξανδρέττα). Τα περισσότερα διαθέσιμα στοιχεία όμως, αφορούν τις περιπτώσεις των τσουνάμι που σχετίζονται με τους σεισμούς του 1509 και 1894 στην Κωνσταντινούπολη, το σεισμό του 1963 στον ανατολικό τμήμα της θάλασσας του Μαρμαρά και τον πιο πρόσφατο σεισμό, στις 17 Αυγούστου 1999, που έπληξε την ευρύτερη περιοχή Κοτζάελι (Kocaeli), όπου ανήκει η πόλη του Ίζμιτ (Izmit). Στην τελευταία αυτή περίπτωση, σύμφωνα με τους Tappin et al. (2002), μετά το σεισμό σημειώθηκε σχετικά μικρού μεγέθους τσουνάμι στον κόλπο του Ίζμιτ, δηλαδή κύματα ύψους 2,5 έως 6 μέτρων, τα οποία έπληξαν κυρίως τις ακτές της ομώνυμης πόλης.

3.1 Σεισμικότητα της περιοχής του Βορειοανατολικού Αιγαίου και συμβάντα με τσουνάμι στο παρελθόν

Το δυτικό ελληνικό τόξο είναι μία από τις πιο ενεργές περιοχές στην ευρωμεσογειακή ζώνη, όπως αναφέρει η μελέτη των Papadopoulos et al. (2010). Με βάση τα στοιχεία που αφορούν καταγραφές σεισμών και τσουνάμι στο συγκεκριμένο τεκτονικό τμήμα, από την αρχαιότητα μέχρι το παρόν, προκύπτει ότι τα περισσότερα θαλάσσια κύματα βαρύτητας οφείλονται σε δυνατούς σεισμούς που έλαβαν χώρα στην περιοχή ανοιχτά της Κρήτης. Επομένως, σύμφωνα με τα λεγόμενα των Papadopoulos et al. (2010) και όπως ήδη αναφέρθηκε, θεωρείται μία από τις πιο τσουναμογενείς περιοχές της Μεσογείου.

Εστιάζοντας κι άλλο στην περιοχή μελέτης, εξετάζουμε τη σεισμικότητα που παρουσιάζει η περιοχή του βορειοανατολικού Αιγαίου. Ακόμα περισσότερο, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στις περιπτώσεις εμφάνισης τσουνάμι μετά από κάποιο σεισμό τόσο στην περιοχή αυτή αλλά και ειδικότερα στην Ίμβρο. Στο Χάρτη 2 φαίνονται με κόκκινη διαγράμμιση κάποια από τα ενεργά ρήγματα στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου, όπως αυτά σημειώνονται από το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Papathanasiou & Zenetos, 2005). Συγκεκριμένα, ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στο τμήμα Σποράδων – Λήμνου (που είναι και το πιο κοντινό στην περιοχή μελέτης αυτής της εργασίας), ο αριθμός 2 υποδεικνύει την περιοχή της Σκοπέλου, ο αριθμός 3 την περιοχή της Κύμης, οι αριθμοί 4 και 5 αντιπροσωπεύουν το τμήμα της Νότιας και της Βόρειας Σκύρου αντίστοιχα, ο αριθμός 6 σημειώνεται στην περιοχή των Ψαρών και τέλος, ο αριθμός 7 αντιστοιχεί στην περιοχή της Ικαρίας.

Χάρτης 2: Απεικόνιση ορισμένων από τα κύρια ενεργά ρήγματα στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου.



Πηγή: Papathanasiou & Zenetos (2005)

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η μορφολογία της περιοχής δικαιολογεί την ύπαρξη πλήθους καταγραφών για σεισμούς, ορισμένοι από τους οποίους συνοδεύτηκαν και από την εμφάνιση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Τέτοιου είδους καταγραφές έχουμε και κατά την προϊστορική περίοδο, αλλά και έπειτα μέχρι το 1899, όπως αυτές παρουσιάζονται από την Προεδρία Διαχείρισης Καταστροφών και Έκτακτων Γεγονότων της Τουρκίας και το τμήμα που ασχολείται με τους σεισμούς. Μερικά τέτοια παραδείγματα, τα οποία σημειώνονται πιο κοντά στην περιοχή μελέτης μας, είναι σεισμοί που εντοπίζονται στην περιοχή του Τσανάκκαλε (Çanakkale) και στην περιοχή βορειοανατολικά της Λήμνου (330 π. Χ.).

Πίνακας 2: Περιοχές και αντίστοιχες ημερομηνίες των σεισμών (άνω των 5 Ρίχτερ) που έλαβαν χώρα στην ευρύτερη περιοχή του Τσανάκκαλε .

Περιοχή	Έτος/Ετη
Τροία	Στα 1300 π. Χ.
Οφρύνειον	360 π. Χ.
Λυσιμάχεια (Μπόλαγιο)	287 π. Χ., Μάρτιος 1354
Ελλάσποντος	Μέσα 1 ^{ου} αιώνα, Μέσα 2 ^{ου} αιώνα, 460 μ. Χ.
Κύζκιος	460 μ. Χ., 543 μ. Χ., 741 μ. Χ., 1064 μ. Χ.
Άβυδος	477 μ. Χ. – 480 μ. Χ.
Τένεδος	477 μ. Χ. – 480 μ. Χ.
Λάμψακος	477 μ. Χ. – 480 μ. Χ.
Γκέλιμπολου (Καλλίπολη)	477 μ. Χ. – 480 μ. Χ.
Νήσος Ίμβρος	1859
Νήσος Λέσβος	12/10/1845, 23/07/1865, 07/03/1867, 25 Οκτωβρίου 1889
Τσανάκκαλε	467/468 μ. Χ., 23/07/1865, Οκτώβριος 1875, 1902

Γένιτζε	18 Μαρτίου 1953
Γκιόνεν	18 Μαρτίου 1953, 1969
Μπίγκα	1983
Κόλπος Ξηρού	15/06/2004

Πηγή: <http://tarihinbelgeleri.com/wp-content/uploads/2011/08/%C3%A7anakkale-deprem-harita.jpg> (εύρεση 30/6/2012)

Θέλοντας να μελετήσουμε τη σεισμικότητα που εμφανίζει η περιοχή μελέτης μας, βλέπουμε στο Χάρτη 3 τις περιοχές που βρίσκονται στα στενά των Δαρδανελίων και επλήγησαν από κάποιο σεισμό μεγαλύτερο των 5 Ρίχτερ, τόσο προϊστορικά αλλά και μέχρι πρόσφατα.



Χάρτης 3: Σεισμοί (άνω των 5 βαθμών κλίμακας Ρίχτερ) που έχουν καταγραφεί στην περιοχή του Τσανάκκαλε (Çanakkale) (προϊστορικά μέχρι σήμερα).

Πηγή: <http://tarihinbelgeleri.com/wp-content/uploads/2011/08/%C3%A7anakkale-deprem-harita.jpg> (εύρεση 30/6/2012)

3.2 Πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή του Βορειοανατολικού Αιγαίου

Εκτός των καταγραφών που υπάρχουν σχετικά με περιστατικά σεισμών τα οποία συνοδεύτηκαν από την εμφάνιση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στην περιοχή μελέτης μας, παράλληλα γίνονται μελέτες αναφορικά με τα γεγονότα αυτά στο

μέλλον. Εξετάζεται δηλαδή η πιθανότητα που έχει η περιοχή να εμφανίσει αντίστοιχα γεγονότα στα επόμενα χρόνια.

Επομένως, όπως αναφέρουν οι Papathoma et al. (2003), με βάση τις μέχρι στιγμής καταγραφές για εμφάνιση τσουνάμι στην Ελλάδα και τις αναλύσεις και μετρήσεις πάνω σε αυτές, προκύπτουν στοιχεία σχετικά με την πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων κυμάτων, αλλά και την ένταση που αυτά πιθανόν να έχουν. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει συγκεντρωμένα τα στοιχεία αυτά, ενώ σημειώνεται και το πιθανό ύψος που μπορεί να έχει ένα τέτοιο κύμα.

Πίνακας 3: Πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στον ελλαδικό χώρο και αντίστοιχη πιθανή ένταση και ύψος κύματος.

Ένταση κατά A. Sieberg	Πιθανό ύψος κύματος	Πιθανός χρόνος εμφάνισης (έτη)
III	+ 2 μέτρα	4
IV	+ 4 μέτρα	26
V	+ 8 μέτρα	170
VI	+ 16 μέτρα	1100

Πηγή: Papathoma et al. (2003)

Σύμφωνα με την έρευνα των Papathoma et al. (2003) και με βάση την εξαβάθμια κλίμακα έντασης των τσουνάμι του A. Sieberg, κάθε 4 χρόνια προκύπτει στην Ελλάδα ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας βαθμού III. Αντίστοιχα, κατά μέσο όρο κάθε 26 χρόνια εμφανίζεται τσουνάμι έντασης IV, κάθε 170 έτη προκύπτει κύμα έντασης V και κάθε 1100 έτη μπορεί να υπάρξει τσουνάμι με ένταση VI.

Αναφορά πρέπει να γίνει επίσης σε μια πρόσφατη έρευνα του Κλάους Ράιχερτερ, καθηγητή Γεωλογίας του Πανεπιστημίου του Άαχεν, η οποία έγινε αφορμή για τη δημοσίευση τηλεγραφήματος του Γερμανικού Πρακτορείου Ειδήσεων στην εφημερίδα “Hamburger Abendblatt”. Σύμφωνα με το σχετικό άρθρο (Κυρανούδη,

2012), με βάση την αναφορά του Ηροδότου ότι ισχυρά κύματα συνέτριψαν τους Πέρσες μετά την επίθεσή τους στην Ποτίδαια της Χαλκιδικής, ο καθηγητής ερεύνησε την πιθανότητα εμφάνισης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην περιοχή του βόρειου Αιγαίου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η περιοχή εξακολουθεί να είναι ευάλωτη στην εμφάνιση τέτοιου είδους κύματος με ύψος 3 έως 5 μέτρων και καθώς πρόκειται για σημείο που είναι πυκνοκατοικημένο με έντονες οικιστικές χρήσεις, θα πρέπει να ενταχθεί σε ανάλογο σχεδιασμό για τη λήψη μέτρων.

Κεφάλαιο 4: Φυσική γεωγραφία και ανθρωπογεωγραφία της Ίμβρου

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουμε τη φυσική γεωγραφία και την ανθρωπογεωγραφία της περιοχής που εξετάζουμε. Η γνώση αυτών των στοιχείων εξυπηρετεί την καλύτερη ανάγνωση και κατανόηση των αποτελεσμάτων της μελέτης, καθώς και την ένταξη αυτών στο περιβάλλον που εξετάζεται.

Παράλληλα, δεν πρέπει να παραβλέπεται και η σημασία της γεωμορφολογίας ως ένας παράγοντας που συμβάλλει στην τρωτότητα της κάθε περιοχής. Ακόμα πιο ουσιώδες όμως είναι να εστιάσουμε στο κομμάτι της παράκτιας γεωμορφολογίας, καθώς σχετίζεται άμεσα με το ποιες θα είναι οι επιπτώσεις μετά από ένα ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή αυτή.

Η Ίμβρος (τουρκική ονομασία Γκιокτσέαντα – Gökçeada) είναι ένα νησί που βρίσκεται πολύ κοντά στο βόρειο τμήμα του ρήγματος της Ανατολίας. Το γεγονός αυτό την καθιστά τρωτή στην εμφάνιση σεισμών και κατ' επέκταση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Παρά το γεγονός ότι οι καταγραφές για σεισμούς και τσουνάμι στην περιοχή δεν είναι πολλές, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι περιβάλλεται από περιοχές που εμφανίζουν έντονη σεισμική δραστηριότητα και έχουν αρκετές περιπτώσεις εμφάνισης τσουνάμι στο ιστορικό τους.

4.1 Γεωμορφολογία της Ίμβρου

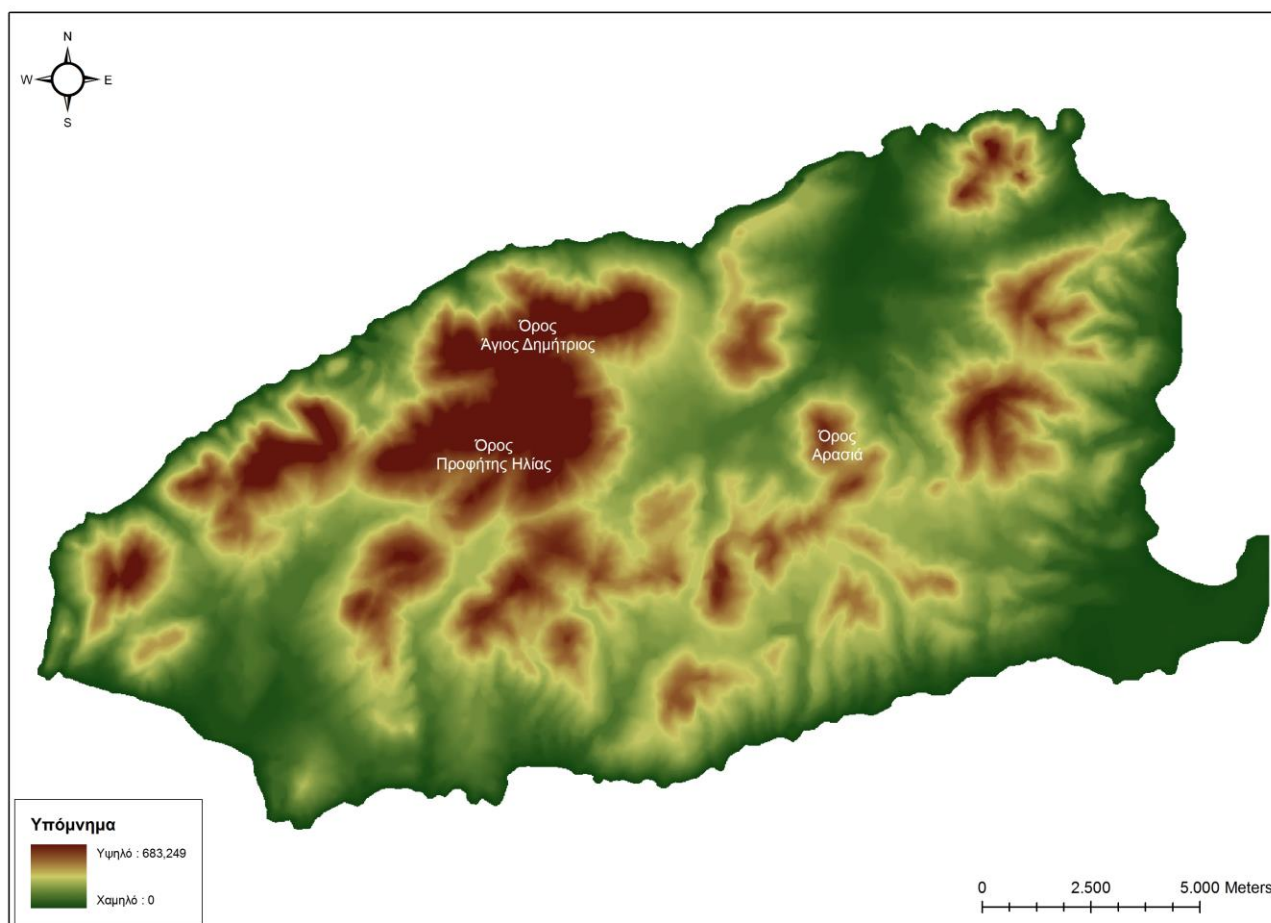
Η περιοχή που εντοπίζεται η μελέτη αυτή, η Ίμβρος (Gökçeada), αποτελεί ένα νησί του βορειοανατολικού Αιγαίου. Βρίσκεται σε απόσταση 14 ναυτικών μιλίων από την είσοδο του Ελλησπόντου και έχει ως γειτονικά νησιά τη Λήμνο, τη Σαμοθράκη και την Τένεδο. Διοικητικά ανήκει στο Νομό Τσανάκκαλε (Çanakkale) της Τουρκίας, όπως αναφέρεται και στο Κέντρο για την Ανάπτυξη στη Μεσόγειο (Κ.Α.ΜΕ.).

Ακόμα, η Ίμβρος (Gökçeada) αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της Τουρκίας και το τέταρτο κατά σειρά νησί στον κόσμο αναφορικά με το πλήθος των φυσικών υδάτινων πόρων (Bektaş et al., 2004). Η ακριβής γεωγραφική του θέση είναι 40° 05' 12" και 40° 14' 18" βόρεια σε ό,τι αφορά το γεωγραφικό πλάτος και 25° 40' 06" και 26° 01' 05" ανατολικά σε ό,τι αφορά το γεωγραφικό της μήκος. Μεταξύ των βασικών

στοιχείων για το νησί είναι η έκτασή του, η οποία είναι 289,5 τ. χλμ., καθώς και το κλίμα του που είναι κυρίως μεσογειακό.

Το ανάγλυφο της Ίμβρου (Gökçeada) περιλαμβάνει χαμηλά βουνά και λόφους ενώ υπάρχουν και δύο πεδιάδες. Ακόμα, μεταξύ των μορφολογικών χαρακτηριστικών του νησιού είναι οι καταρράκτες, οι κοιλάδες και οι πηγές του, όπως αναφέρουν οι Koral et al. (2008). Στον Χάρτη 4 φαίνεται το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (Digital Elevation Model – DEM) της Ίμβρου, το οποίο δίνει μία εικόνα για τη μορφολογία που επικρατεί στο νησί. Επιπλέον, η δημιουργία και τα χαρακτηριστικά αυτού του μοντέλου αναγλύφου θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο, όπου και χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο για τη δημιουργία κατάλληλων χαρτών κάθε φορά.

Χάρτης 4: Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της Ίμβρου.

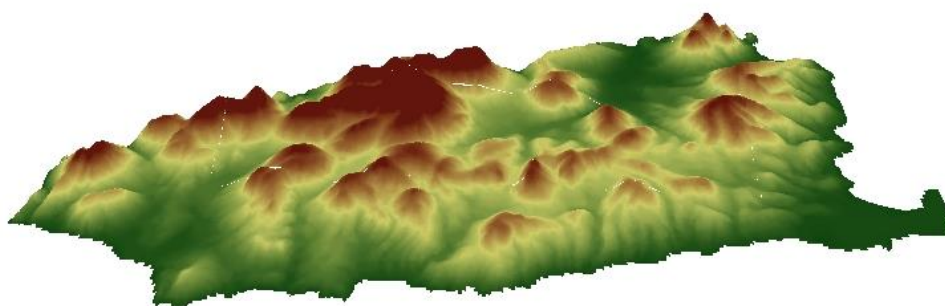


Όπως προκύπτει από τη μελέτη του αναγλύφου του νησιού, στη βόρεια ακτή εντοπίζεται έντονη μορφολογία, η οποία γίνεται πιο ομαλή προς τα νότια και

ανατολικά. Επιπλέον, στη βόρεια ακτή το υψόμετρο φτάνει τα 673 μέτρα, ενώ στη νότια εμφανίζει υψόμετρο 150 μέτρων, σύμφωνα με τους Koral et al. (2008).

Η μορφολογία αυτή μπορεί να φανεί και σε τρισδιάστατο γράφημα του νησιού, ώστε να είναι ακόμα πιο σαφής. Έτσι, η Εικόνα 1 αποτυπώνει σε τρισδιάστατη μορφή το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της Ίμβρου.

Εικόνα 1: Τρισδιάστατη άποψη της μορφολογίας της Ίμβρου.



4.2 Η συνεισφορά της γεωμορφολογίας στην τρωτότητα της περιοχής από την εμφάνιση του φαινομένου τσουνάμι

Η έννοια της τρωτότητας εξηγείται με βάση μία ποικιλία θεωριών. Σε κάθε περίπτωση όμως, συμπεριλαμβάνει την έννοια της έκθεσης σε κάποιο κίνδυνο, της αντίστασης αλλά και της προσαρμοστικότητας. Ο όρος της έκθεσης σε κάποιο κίνδυνο περιλαμβάνει τη φυσική θέση και τα χαρακτηριστικά του φυσικού και του κτισμένου περιβάλλοντος της περιοχής που μελετάται κάθε φορά.

Αντίστοιχα, ο όρος της αντίστασης στο ενδεχόμενο εμφάνισης κάποιου είδους φυσικού ή γενικότερα περιβαλλοντικού κινδύνου, αναφέρεται στην οικονομική, ψυχολογική και φυσική υγεία και αντοχή και τα συστήματα διατήρησής της. Αναφορικά με την τρίτη έννοια που περιγράφει την τρωτότητα μίας περιοχής, η προσαρμοστικότητα σχετίζεται με την ικανότητα της διαχείρισης και της προσαρμογής σε μία κατάσταση πίεσης από φυσικούς κινδύνους (Papathoma et al., 2003).

Προκύπτει λοιπόν ότι η γεωμορφολογία μίας περιοχής αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για τον υπολογισμό της τρωτότητας της σε κάποιο καταστροφικό φαινόμενο. Αυτό οφείλεται στο ότι σχετίζεται με την έννοια της έκθεσης, αφού η γεωμορφολογία ανήκει στα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα αλλά και της περιοχής μελέτης ειδικότερα. Με άλλα λόγια, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η γεωμορφολογία αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα της φυσικής και κατ' επέκταση της περιβαλλοντικής τρωτότητας της Ίμβρου (Gökçeada), στο ενδεχόμενο εμφάνισης ενός τσουνάμι.

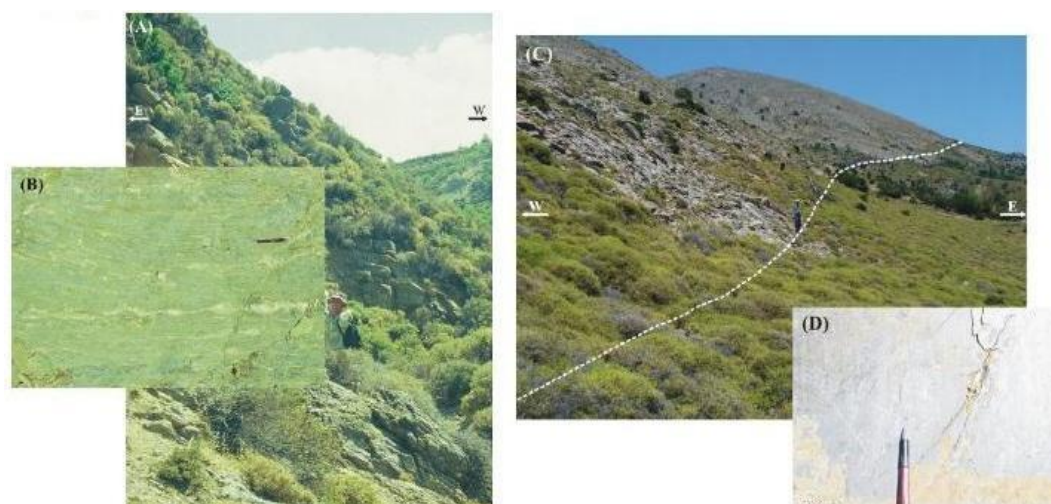
Αυτό γίνεται περισσότερο κατανοητό και στη συνέχεια, όπου δίνεται έμφαση στην παράκτια γεωμορφολογία του νησιού. Αναλύοντας δηλαδή τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής, τόσο της παράκτιας όσο και της υπόλοιπης και ό,τι αυτή συνεπάγεται, γίνεται πλέον ορατή η συνεισφορά του παράγοντα αυτού στην τρωτότητα της υπό μελέτη περιοχής.

4.3 Παράκτια γεωμορφολογία της Ίμβρου

Το νησί βρίσκεται στην νοτιοανατολική επέκταση της λεκάνης της Θράκης, όπου υπάρχει μια ιζηματογενής ακολουθία πάχους 2 χιλιομέτρων περίπου. Αυτή εμφανίζεται στη δυτική ακτή της Ίμβρου και κάτω από τη συγκεκριμένη ακολουθία βρίσκονται μεταμορφωμένα πετρώματα που θυμίζουν εκείνα που εντοπίζονται στα βουνά της Ροδόπης, όπως αναφέρουν οι Koral et al. (2008). Επιπλέον, στην Ίμβρο εντοπίζονται ρήγματα που έχουν βορειοανατολικό – νοτιοδυτικό προσανατολισμό και είναι σχεδόν παράλληλα με το βόρειο τμήμα του ενεργού ρήγματος της Ανατολίας (Parcharidis et al., 2009). Τα ρήγματα αυτά φαίνονται στην Εικόνα 2.

Επιπλέον, όπως αναφέρουν οι Koral et al. (2008), η τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής στην οποία ανήκει η Ίμβρος, επηρεάζεται από τον τρόπο με τον οποίο συγκρούονται η Αραβική, η Αφρικανική και η Ευρασιατική πλάκα με αυτήν της Ανατολίας. Οι συγκρούσεις αυτές έχουν επηρεάσει καταλυτικά τη μορφολογία της περιοχής, κατ' επέκταση και του υπό μελέτη νησιού.

Εικόνα 2: Ρήγματα που εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του νησιού Ίμβρος.



Πηγή: Koral et al. (2008)

Ακόμα, η παλαιολιθική ανασκόπηση των τεκτονικών χαρακτηριστικών του νησιού και τα είδη των ιζημάτων που συναντώνται σε αυτό, όπως και στα ηφαιστειακά πετρώματα, αποτελούν ένα επιπλέον στοιχείο (Koral et al., 2008).

Χαρακτηριστικό είναι επίσης ότι το νησί της Ίμβρου παρουσιάζει ένα ασύμμετρο τοπίο, επειδή έχει άγρια και υψηλή τοπογραφία στη βόρεια ακτή, η οποία ελαττώνεται προς τα νοτιοανατολικά αφού πρώτα παρουσιάσει μια αναδίπλωση στη μέση. Η βόρεια ακτογραμμή παρουσιάζει απότομες κλίσεις και κορυφές που φτάνουν τα 673 μέτρα, στοιχεία που οφείλονται στην εγγύτητα με το ρήγμα της βόρειας Ανατολίας. Αντίθετα, η νότια ακτογραμμή του νησιού είναι ηπιότερη, όπως άλλωστε φαίνεται και από το υψόμετρο, το οποίο δεν ξεπερνά τα 150 μέτρα. Τέλος, σημαντικό είναι να αναφερθεί και ο κόλπος Κέφαλος, στον οποίο εντοπίζεται παράκτια διάβρωση (Koral et al., 2008).

4.4 Ανθρωπογεωγραφία της Ίμβρου

Ο συνολικός πληθυσμός της Ίμβρου (Gökçeada) ανέρχεται στους 8.288 κατοίκους. Από αυτούς οι 5.943 κατοικούν στην πρωτεύουσα του νησιού, που είναι η Παναγία και οι υπόλοιποι 2.345 εντοπίζονται στα γύρω χωριά, όπως αναφέρει η Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK – Τουρκική Στατιστική Υπηρεσία) σύμφωνα με στοιχεία για το έτος 2012. Η αναλυτική κατανομή του πληθυσμού στα επιμέρους χωριά φαίνεται στον Πίνακα 4. Επιπλέον, γίνεται ένας διαχωρισμός σε άντρες και γυναίκες που

κατοικούν στο νησί, ενώ επιχειρείται και μία σύγκριση του συνόλου με το αντίστοιχο σύνολο της περιφέρειας Τσανάκκαλε στην οποία και ανήκει η υπό μελέτη περιοχή.

Όπως γίνεται αντιληπτό και από τη μελέτη των πληθυσμιακών στοιχείων του 2012, αμέσως μετά την πρωτεύουσα, το χωριό με το μεγαλύτερο πληθυσμό είναι το Γενί Μπαντεμλί (763 κάτοικοι). Αντίθετα, εκείνο με τους λιγότερους κατοίκους είναι το Γλυκύ (61 κάτοικοι). Άλλο ένα στοιχείο είναι ότι δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των δύο φύλων, με εξαίρεση τα Αγρίδια, όπου από τους 121 κατοίκους, οι 42 είναι άντρες και οι 79 είναι γυναίκες. Ανάλογη απόκλιση εμφανίζεται και στην πρωτεύουσα του νησιού, όπου οι άντρες φτάνουν τους 3.748, ενώ οι γυναίκες είναι 2.195.

Πίνακας 4: Κατανομή του πληθυσμού της Ίμβρου ανά φύλο (στοιχεία 2012).

	Σύνολο	Άνδρες	Γυναίκες
Παναγία (πρωτεύουσα)	5943	3748	2195
Γλυκύ (Bademli)	61	28	33
Σχοινούδι (Dereköy)	330	156	174
Εσελέκ (Eşelek)	126	62	64
Κάστρο (Kaleköy)	116	65	51
Σιρίνκιοϊ (Şirinköy)	221	124	97
Αγρίδια (Tepeköy)	121	42	79
Ουγουρλού (Uğurlu)	495	258	237
Γενί Μπαντεμλί (Yeni Bademli)	763	389	374
Άγιοι Θεόδωροι (Zeytinliköy)	112	54	58
Σύνολο χωριών	2345	1178	1167
ΣΥΝΟΛΟ	8288	4926	3362

Πηγή: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK – Τουρκική Στατιστική Υπηρεσία), http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=wa_idari_yapi_10sonrasi.RDF&p_il1=17&p_yil=2012&p_dil=2&desformat=html (έγρεση 31/1/2014)

Μελετώντας τον Πίνακα 5, εκείνο που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι ο συνολικός πληθυσμός του νομού Τσανάκκαλε είναι 493.691 άτομα. Επίσης, το συμπέρασμα που προκύπτει, είναι ότι ο πληθυσμός της Ίμβρου συνιστά περίπου το 2% του νομού αυτού.

Πίνακας 5: Ο πληθυσμός της Ίμβρου και του Νομού που ανήκει (στοιχεία 2012).

	Σύνολο	Πόλεις	Χωριά
Ίμβρος	8288	5943	2345
Τσανάκκαλε	493691	278055	215636

Πηγή: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK – Τουρκική Στατιστική Υπηρεσία),

http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=wa_idari_yapi_10sonrasi.RDF&p_il=17&p_yil=2012&p_dil=2&desformat=html (εύρεση 31/1/2014)

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παράκτιες περιοχές του νησιού που έχουν πληθυσμό είναι λίγες, ενώ υπάρχουν και τμήματα τα οποία δεν κατοικούνται μόνιμα ή αποτελούν μόνο τοποθεσίες παραθερισμού. Παραδείγματα αυτού του είδους είναι οι περισσότερες παραθαλάσσιες τοποθεσίες του νησιού.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που αναφέρει ο Σύλλογος Ιμβρίων Αθηνών, παλιότερα στο νησί υπήρχαν μόνο τα επτά χωριά από εκείνα που αναφέρθηκαν (Άγιοι Θεόδωροι, Αγρίδια, Γλυκύ, Ευλάμπιο, Κάστρο, Παναγία, Σχοινούδι), εκ των οποίων η Παναγία ήταν και η πρωτεύουσα. Σήμερα, η πρωτεύουσα του νησιού εξακολουθεί να είναι η ίδια, ενώ στα επτά χωριά που προϋπήρχαν, προστέθηκαν τέσσερα νέα (Εσελέκ, Σιρίνκιοϊ, Ουγουρλού, Γενί Μπαντεμλί).

Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί ότι η οικονομία του νησιού βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον τουρισμό και έτσι γίνεται αντιληπτό το πόσο μεγάλης σημασίας είναι η γνώση για το ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή αλλά και για τον τρόπο αντιμετώπισής του. Από την άλλη πλευρά, το γεγονός ότι ο τουρισμός αποτελεί έναν τόσο βασικό τομέα της Ίμβρου, έχει ως επακόλουθο την κατασκευή ξενοδοχείων και άλλων συναφών δομών, την επέκταση οδικών δικτύων, κ. ά. προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες που προκύπτουν. Κάτι τέτοιο όμως, θα πρέπει να ληφθεί και λαμβάνεται υπόψη σε επόμενο κεφάλαιο όπου γίνεται προσπάθεια εντοπισμού των πιο επιδεκτικών περιοχών σε μία πιθανότητα εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή.

Κεφάλαιο 5: Κάλυψη γης

Στην προσπάθεια περιγραφής της επιφάνειας του εδάφους, το θέμα της κάλυψης γης αποτελεί μία ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο. Όπως αναφέρουν χαρακτηριστικά οι Bektaş et al. (2004), η παράμετρος αυτή είναι βασική καθώς δίνει πληροφορίες και παράλληλα συνδέει το ανθρώπινο με το φυσικό περιβάλλον και την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών. Στη διαδικασία περιγραφής της κάλυψης γης μίας περιοχής, ο τομέας της τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με τις ποικίλες τεχνικές εφαρμογές του, παίζει καθοριστικό ρόλο (Parcharidis et al., 2009). Ακόμα, δίνει μία νέα προοπτική στη διαδικασία αυτή, αφού διαθέτει μία σειρά από πολυφασματικά δεδομένα, τα οποία με κατάλληλη επεξεργασία κάθε φορά, μπορούν να δώσουν πληροφορίες μεγάλης χρησιμότητας για την περαιτέρω ανάλυση.

Προκειμένου λοιπόν να υπάρξει μία πιο καθαρή αντίληψη της κάλυψης γης για την περιοχή μελέτης, χρησιμοποιήθηκε δορυφορική εικόνα, της οποίας η λήψη έχει γίνει από το δορυφόρο LANDSAT 8. Ο λόγος που επιλέχτηκε ο δορυφόρος αυτός είναι για να έχουμε όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα δεδομένα. Στη συνέχεια, η εικόνα αυτή με κατάλληλη επεξεργασία, έδωσε μία ταξινόμηση των χρήσεων αυτών σε πέντε επίπεδα, έτσι ώστε να μπορούμε να εξάγουμε τα συμπεράσματά μας.

5.1 Χαρακτηριστικά του LANDSAT 8

Στο σημείο αυτό θα ήταν καλό να γίνει μία σύντομη αναφορά στα χαρακτηριστικά του δορυφόρου και της εικόνας που χρησιμοποιήθηκαν. Πρόκειται για το δορυφόρο LANDSAT 8, ο οποίος αποτελεί τη συνέχεια του Προγράμματος Landsat (Το πρόγραμμα αυτό ξεκίνησε το 1972 με την εκτόξευση του LANDSAT 1 και συνεχίζεται ακόμα με την εκτόξευση νεότερων και πιο εξελιγμένων δορυφόρων. Βασικοί συντελεστές αυτού είναι η USGS και η NASA.) και έχει ως στόχο, όπως και όλοι οι προηγούμενοι δορυφόροι, τη συλλογή εικόνων εδάφους από το διάστημα. Ο LANDSAT 8 τέθηκε σε τροχιά σχεδόν ένα χρόνο πριν και συγκεκριμένα στις 11 Φεβρουαρίου του 2013, ενώ οι πρώτες διαθέσιμες πληροφορίες ήταν στις 30 Μαΐου 2013. Η κάλυψη κάθε σημείου της γης επαναλαμβάνεται κάθε 16 ημέρες και σε σύγκριση με τον LANDSAT 7 έχουν διαφορά φάσεως οκτώ ημέρες.

Εικόνα 3: Ο δορυφόρος LANDSAT 8.



Πηγή: USGS, A global land-imaging mission, (<http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf> - εύρεση 29/1/2014)

Επιπλέον, ο LANDSAT 8 διαθέτει συνολικά εννιά φασματικά κανάλια, σε αντίθεση με τον προγενέστερό του, ο οποίος είχε ένα λιγότερο, όπως αναφέρει η USGS (U. S. Geological Survey). Τα κανάλια αυτά, από το 1 μέχρι το 7, καθώς και το 9, έχουν χωρική διακριτική ικανότητα 30 μέτρων, ενώ το μέγεθος αυτό είναι 15 μέτρα για το κανάλι 8 (πρόκειται για την παγχρωματική εκδοχή της εικόνας). Ακόμα, διαθέτει δύο θερμικά κανάλια, το 10 και το 11, τα οποία παρέχουν πληροφόρηση για τη θερμοκρασία της επιφάνειας και η χωρική τους ανάλυση είναι 100 μέτρα. Πιο αναλυτικά, οι πληροφορίες για το φασματικό εύρος, την χωρική διακριτική ικανότητα και τις εφαρμογές των φασματικών καναλιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά κι εφαρμογές ανά φασματικό κανάλι του LANDSAT 8.

Φασματικό Κανάλι	Φασματικό εύρος (μm)	Χωρική ανάλυση (m)	Εφαρμογές
1 – coastal/aerosol	0.43 – 0.45	30	Εντατικοποιημένες παρατηρήσεις παράκτιων ζωνών
2 – μπλε	0.45 – 0.51	30	Βαθυμετρική χαρτογράφηση, διάκριση εδάφους από βλάστηση, φυλλοβόλα από κωνοφόρα βλάστηση
3 – πράσινο	0.53 – 0.59	30	Επικεντρώνεται στην κορυφοβλάστηση, η οποία είναι χρήσιμη για την αξιολόγηση της ζωντάνιας των φυτών
4 – κόκκινο	0.64 – 0.67	30	Επικεντρώνεται στις κλίσεις της βλάστησης
5 – κοντινό υπέρυθρο	0.85 – 0.88	30	Επικεντρώνεται στα όρια της βλάστησης μεταξύ εδάφους και νερού και εδαφικών σχηματισμών

6 – SWIR I	1.57 – 1.65	30	Χρησιμοποιείται στην ανίχνευση της έντασης ξηρασίας των φυτών και για τον καθορισμό καμένων περιοχών και βλάστησης επηρεασμένης από φωτιά και επίσης είναι ευαίσθητο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από έντονες φωτιές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει ενεργές πυρκαγιές, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας οπότε η παρεμβολή υποβάθρου από το SWIR στο ανακλώμενο ηλιακό φως απουσιάζει
7 – SWIR II	2.11 – 2.29	30	Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της έντασης ξηρασίας, καμένων ή επηρεασμένων από φωτιές περιοχών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει ενεργές φωτιές, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας
8 – παγχρωματική	0.50 – 0.68	15	Χρήσιμο στη βελτίωση των πολυφασματικών εικόνων
9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30	Χρήσιμο στην ανίχνευση νεφών του είδους σωρείτης
10 – TIRS 1	10.60 – 11.19	100	Χρήσιμο στη χαρτογράφηση θερμικών διαφορών στα υδάτινα ρεύματα, στην επίβλεψη πυρκαγιών και άλλων μελετών τη νύχτα και στην εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας
11 – TIRS 2	11.50 – 12.51	100	Ίδιο με το Φασματικό Κανάλι 10

Πηγή: USGS, A global land-imaging mission,

(<http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf> - εύρεση 29/1/2014)

5.2 Επεξεργασία δορυφορικής εικόνας

Για την εύρεση κατάλληλης εικόνας, η οποία θα βοηθήσει στην εξέλιξη της συγκεκριμένης μελέτης, χρησιμοποιήθηκε ο ιστότοπος GloVis (<http://glovis.usgs.gov/>). Η λήψη της δορυφορικής εικόνας που τελικά επιλέχτηκε, έγινε στις 13 Αυγούστου 2013. Θεωρείται μία εικόνα πολύ καλής ποιότητας, καθώς δεν έχει καθόλου νεφοκάλυψη και αυτό μας επιτρέπει να μελετήσουμε το νησί σε όλη την έκτασή του, ενώ και ο κυματισμός είναι ήπιος, κάτι που θα φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο σε διαφορετικό στάδιο αξιοποίησης της εικόνας. Αναφορικά με την επεξεργασία της, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ENVI 4.7, μέσω του οποίου δημιουργήθηκαν οι απαιτούμενες προβολές που θα βοηθήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων.

Αρχικά, για την απεικόνιση του νησιού με φυσικά χρώματα επιλέγονται τα φασματικά κανάλια 4, 3 και 2 του LANDSAT 8, που αντιστοιχούν στα χρώματα κόκκινο, πράσινο και μπλε του ορατού (Red, Green, Blue – RGB) και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 4. Στη συνέχεια, προκειμένου να μελετηθεί η κάλυψη γης της Ίμβρου, χρησιμοποιείται μία διαφορετική χρωματική απεικόνιση και με την κατάλληλη διαδικασία, οδηγούμαστε στο προσδοκώμενο αποτέλεσμα.

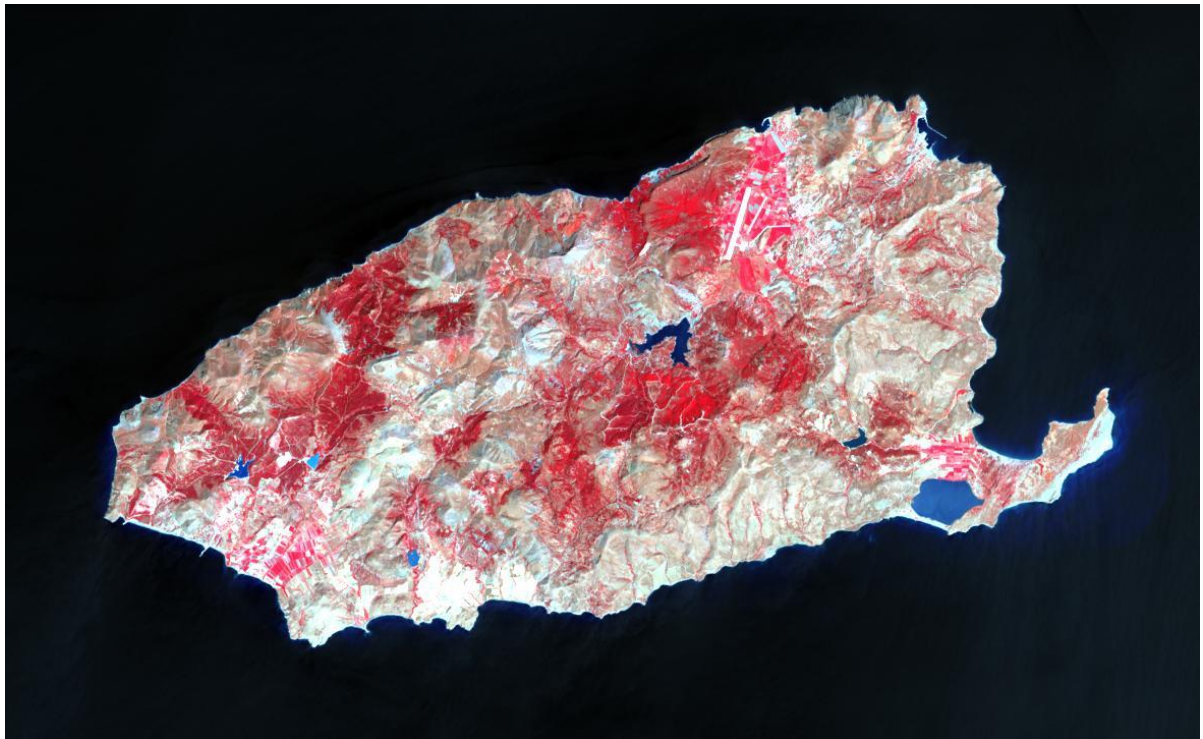
Εικόνα 4: Δορυφορική εικόνα της Ίμβρου (Gökçeada) με χρήση φασματικών καναλιών 4, 3, 2.



Πιο αναλυτικά, επιλέγονται τα φασματικά κανάλια 5, 4, 3 (κοντινό υπέρυθρο, κόκκινο και πράσινο αντίστοιχα), τα οποία δίνουν μία ψευδέγχρωμη απεικόνιση του νησιού (Εικόνα 5), που διευκολύνει την μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το ίδιο πρόγραμμα και με παράλληλη αξιοποίηση και του προγράμματος Google Earth, δημιουργούνται ομάδες πληροφοριών. Οι ομάδες αυτές εξυπηρετούν στη διευκόλυνση της διαδικασίας της ταξινόμησης που θα ακολουθήσει. Έτσι, για παράδειγμα, μία περιοχή που φαίνεται στο Google Earth ότι καλύπτεται από δασική έκταση, περικλείεται στην ψευδέγχρωμη εικόνα σε ένα πολύγωνο με κάποιο

συγκεκριμένο χρώμα, ενώ μία περιοχή που φαίνεται να καλύπτεται από ύδατα, περικλείεται σε ένα πολύγωνο διαφορετικού χρώματος. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία πέντε κατηγοριών, οι οποίες είναι οι ακόλουθες: 1) δομημένο περιβάλλον, 2) γυμνά πετρώματα, 3) πυκνή βλάστηση, 4) αραιή βλάστηση και 5) υδάτινες μάζες.

Εικόνα 5: Ψευδέγχρωμη εικόνα της Ίμβρου (Gökçeada) με χρήση φασματικών καναλιών 5, 4, 3.



Μετά τη δημιουργία των πέντε κατηγοριών κάλυψης γης που πρόκειται να απεικονιστούν στον αντίστοιχο χάρτη, αξιοποιείται η εντολή για ελεγχόμενη ταξινόμηση με ελάχιστη απόσταση (supervised classification with minimum distance) από το σχετικό μενού εργαλείων του ENVI 4.7. Με τον τρόπο αυτό, το πρόγραμμα βασιζόμενο στις χρωματικές πληροφορίες που δόθηκαν για κάποιες χαρακτηριστικές περιπτώσεις περιοχών, καλύπτει όλη την έκταση της Ίμβρου με τα αντίστοιχα σε κάθε περίπτωση χρώματα. Έτσι, δημιουργείται μία εικόνα, στην οποία οι δομές που αποτελούν το νησί έχουν ταξινομηθεί στις πέντε κατηγορίες που προαναφέρθηκαν.

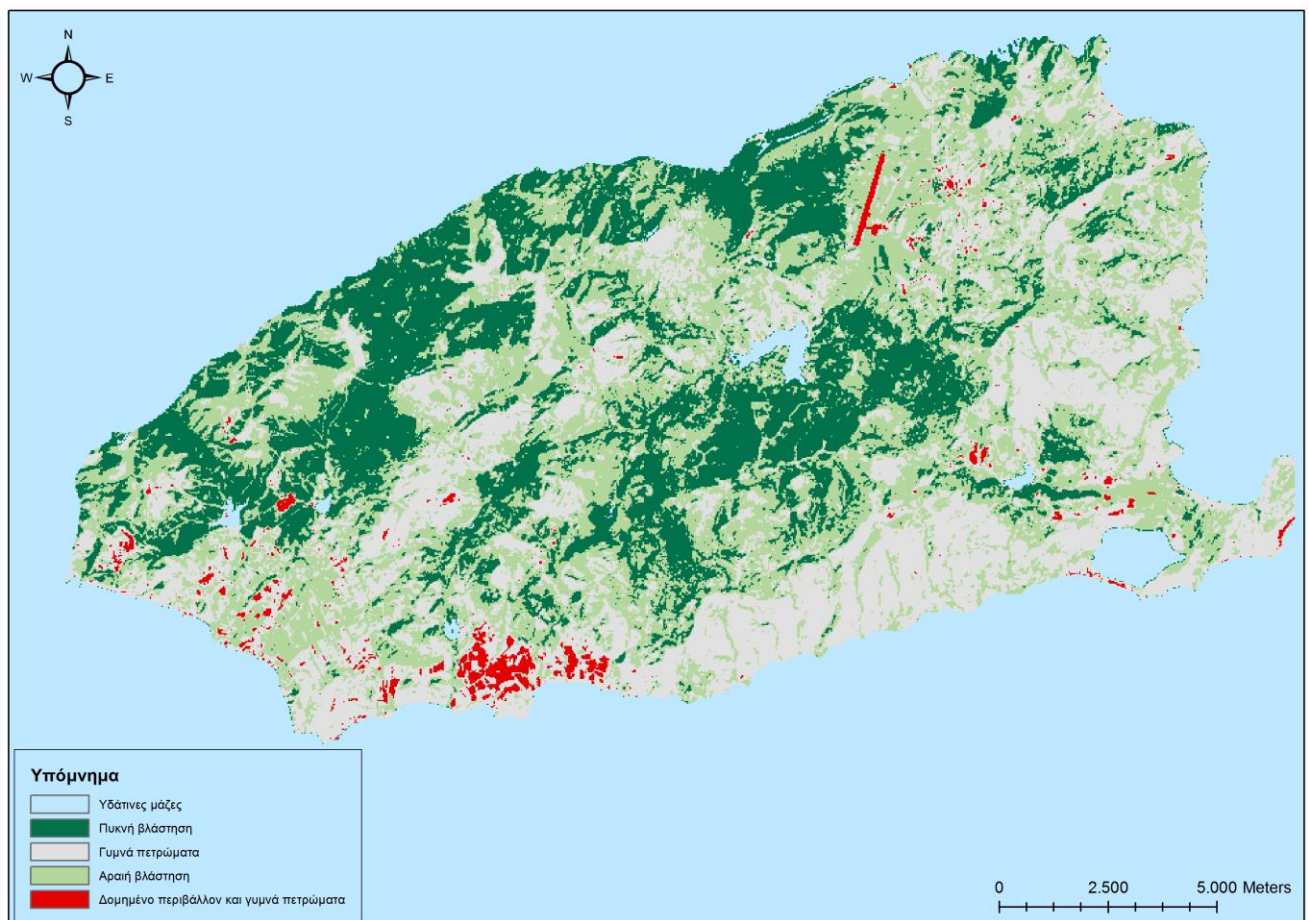
Επομένως, με βάση την ψευδέγχρωμη εικόνα, εντοπίστηκαν ευκολότερα οι ζητούμενες περιοχές. Για παράδειγμα, στην εικόνα αυτή, με τις κόκκινες αποχρώσεις

απεικονίζεται η βλάστηση, ενώ οι ανοιχτόχρωμες και σκούρες μπλε περιοχές απεικονίζουν υδάτινες μάζες (είτε πρόκειται για καθαρά τμήματα είτε με μεγάλη συγκέντρωση ιζημάτων). Αυτές οι χρωματικές διαφορές λοιπόν, διευκόλυναν την αντιστοίχιση των περιοχών μεταξύ της πραγματικής εικόνας και της ψευδέγχρωμης.

5.3 Περιγραφή της κάλυψης γης της Τμβρου

Έχοντας ολοκληρώσει την ταξινόμηση και προκειμένου να είναι πιο εύκολη η ανάγνωση της νέας εικόνας του νησιού με την κάλυψη γης, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα Corine 2000 (geodata.gov.gr, European Environment Agency), ώστε να γίνει η αντιστοίχιση των πέντε επιπέδων στα κατάλληλα χρώματα. Ο Χάρτης 5 παρουσιάζει το τελικό αποτέλεσμα που θα βοηθήσει στη μελέτη της κάλυψης γης της Τμβρου.

Χάρτης 5: Κάλυψη γης της Τμβρου με βάση τα πέντε επίπεδα ταξινόμησης και το πρόγραμμα Corine 2000.



Σύμφωνα με την εικόνα αυτή διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού καλύπτεται από βλάστηση (πυκνή ή αραιή) και από γυμνά πετρώματα. Ακόμα, ένα τμήμα του νησιού καλύπτεται από υδάτινες μάζες, οι οποίες κατά κύριο λόγο αφορούν τις λίμνες του, αλλά και την αλυκή που εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό άκρο του.

Παράλληλα, ένα μικρό τμήμα της κάλυψης αφορά το δομημένο περιβάλλον. Σε αυτό περιλαμβάνονται η πρωτεύουσα του νησιού, τα χωριά και οι μικρότεροι οικισμοί, καθώς και το αεροδρόμιο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με κόκκινο χρώμα, όπως φαίνεται και στο υπόμνημα, σημειώνονται τόσο οι περιοχές με δομημένο περιβάλλον, όσο και κάποια τμήματα με γυμνά πετρώματα. Συγκεκριμένα, στο νότιο τμήμα του νησιού όπου υπάρχει ένα σχετικά μεγάλο τμήμα με κόκκινο χρώμα, δεν αφορά δομημένο περιβάλλον αλλά γυμνά πετρώματα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ορισμένα από τα πετρώματα αυτά έχουν την ίδια ανάκλαση με εκείνη του δομημένου περιβάλλοντος και προκειμένου να γίνει ο διαχωρισμός χρειαζόταν μελέτη πεδίου, η οποία δεν ήταν δυνατή στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας. Πρόκειται επομένως για περιοχή που περιλαμβάνει παραλίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για παραθεριστικούς σκοπούς αλλά δεν διαθέτουν στοιχεία οργανωμένων οικισμών. Το δομημένο περιβάλλον της Ίμβρου εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στο βόρειο και βορειοανατολικό της τμήμα (συμπεριλαμβανομένης και της έκτασης του αεροδρομίου). Τέλος, κάποιοι οικισμοί βρίσκονται και στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού.

Κεφάλαιο 6: Εντοπισμός επιδεκτικών περιοχών του νησιού

Έχοντας αναλύσει την κάλυψη γης του νησιού με τη βοήθεια κατάλληλων εικόνων, μπορεί να γίνει το επόμενο βήμα που αφορά τον εντοπισμό των περιοχών του νησιού που είναι πιο επιδεκτικές στην περίπτωση εμφάνισης ενός φαινομένου τσουνάμι. Στην προσπάθεια αυτή, αξιοποιούνται συγκεκριμένοι χάρτες, οι οποίοι παρέχουν τις κατάλληλες κάθε φορά πληροφορίες. Οι χάρτες αυτοί προέρχονται από επεξεργασία σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών. Συγκεκριμένα, με τη χρήση του προγράμματος ArcMap 9.3 από το πακέτο ArcGIS της ESRI δημιουργήθηκαν οι χάρτες που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Επίσης, το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται σε όλους τους χάρτες είναι το WGS_1984_UTM_Zone_35N.

Για άλλη μία φορά, παρατηρείται η χρησιμότητα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και των εφαρμογών που αυτά παρέχουν στη διαδικασία επεξεργασίας και ανάλυσης χωρικών δεδομένων. Ο συνδυασμός μάλιστα της τηλεπισκόπησης και των συστημάτων αυτών έχει χρησιμοποιηθεί και ακόμα χρησιμοποιείται σε πλήθος περιπτώσεων που σχετίζονται με την ανάλυση και την ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των κατηγοριών κάλυψης γης μίας περιοχής (Bektaş et al., 2004), καθώς και άλλων ανάλογων θεμάτων.

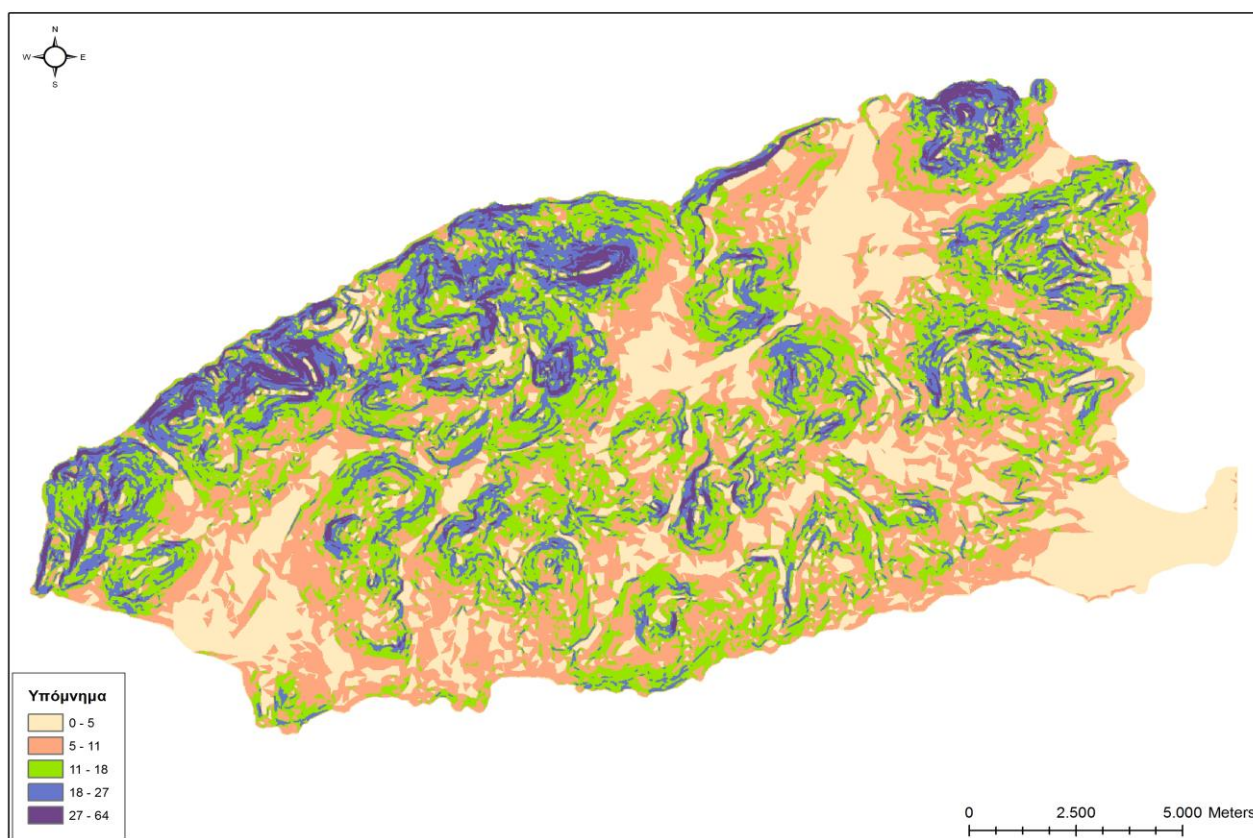
Στη διαδικασία εντοπισμού των περιοχών που είναι περισσότερο τρωτές στην περίπτωση εμφάνισης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας, ελήφθησαν υπόψη κυρίως τέσσερις συγκεκριμένες παράμετροι. Οι παράμετροι αυτές είναι η κλίση, το υψόμετρο, η απόσταση από την ακτή, καθώς επίσης και οι χρήσεις γης στις διάφορες περιοχές της Ίμβρου. Στο τελικό αποτέλεσμα προσμετρήθηκε και η βαθυμετρία, σε μια προσπάθεια διαμόρφωσης μιας όσο το δυνατόν καλύτερης εικόνας για το ποιες περιοχές είναι επιδεκτικές απέναντι στην εμφάνιση ενός τσουνάμι.

Οι χάρτες που ακολουθούν, παρουσιάζουν αναλυτικά τις παραμέτρους που αξιολογήθηκαν για τον τελικό εντοπισμό των επιδεκτικών περιοχών. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η κατασκευή όλων των χαρτών, εκτός εκείνου με την κάλυψη γης, έγινε έχοντας ως αρχικό υπόβαθρο το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) της Ίμβρου. Η δημιουργία αυτού του ψηφιακού μοντέλου έγινε με αφορμή ένα ερευνητικό πρόγραμμα που εκπονήθηκε από το Τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου σχετικά με τις αλλαγές της κάλυψης γης και κυρίως των

οικισμών στις νήσους Ίμβρο και Τένεδο. Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε Ρωσικός τοπογραφικός χάρτης, με την επεξεργασία του οποίου δημιουργήθηκε το συγκεκριμένο υπόβαθρο που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη. Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί ότι δεν υπήρξαν δεδομένα στο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) για το νοτιοανατολικό άκρο της Ίμβρου, οπότε στους χάρτες παρουσιάζεται το υπόλοιπο τμήμα που είναι και το μεγαλύτερο μέρος του νησιού.

Έτσι, έχοντας ως βάση το DEM, επιλέχθηκε από το μενού εργαλείων χωρικής ανάλυσης η εντολή για την απεικόνιση των κλίσεων (Slope). Το αποτέλεσμα είναι ο Χάρτης 6, ο οποίος παρουσιάζει το είδος των κλίσεων που εμφανίζει η Ίμβρος, μετρημένες σε μοίρες. Οι κλίσεις αυτές έχουν κατηγοριοποιηθεί σε πέντε κλάσεις προκειμένου να είναι πιο εύκολη η ανάγνωσή τους.

Χάρτης 6: Κλίσεις της Ίμβρου (σε μοίρες).

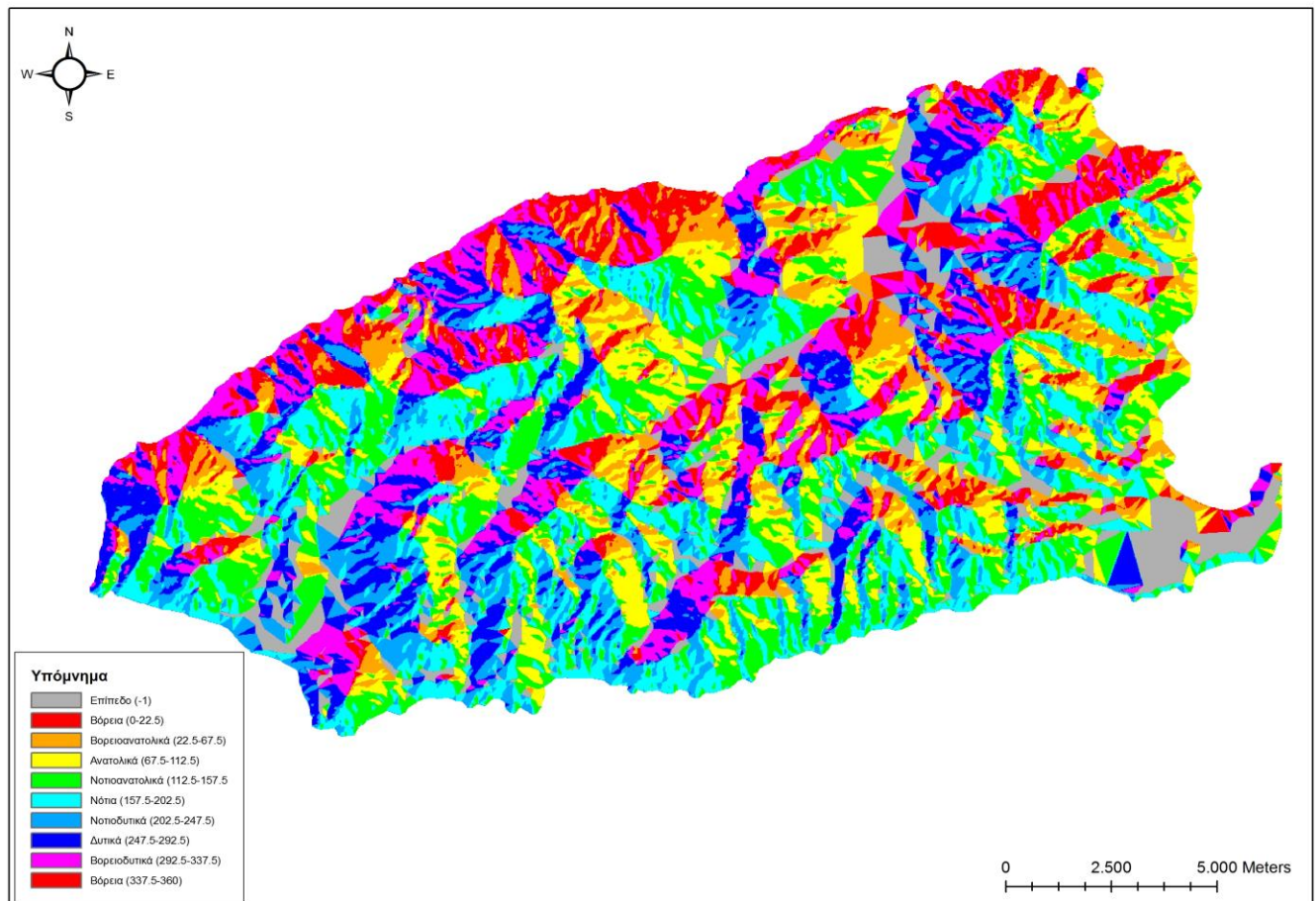


Με βάση το χάρτη αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι ένα μεγάλο τμήμα του νησιού έχει κλίση μεταξύ 0° και 11°, οι οποίες κατά κύριο λόγο εντοπίζονται στη

νοτιοδυτική, στη νοτιοανατολική και στη βορειοανατολική περιοχή. Από την άλλη πλευρά, το βορειοδυτικό τμήμα της Ίμβρου, που όπως ήδη αναφέρθηκε βρίσκεται κοντά στο βόρειο τμήμα του ρήγματος της Ανατολίας, εμφανίζει την πιο έντονη κλίση, η οποία κυμαίνεται από 27° μέχρι 64° , καθώς και το βορειοανατολικό του άκρο. Επίσης, μπορεί να ειπωθεί ότι στο κεντρικό τμήμα του νησιού οι κλίσεις που εντοπίζονται είναι μεσαίου μεγέθους.

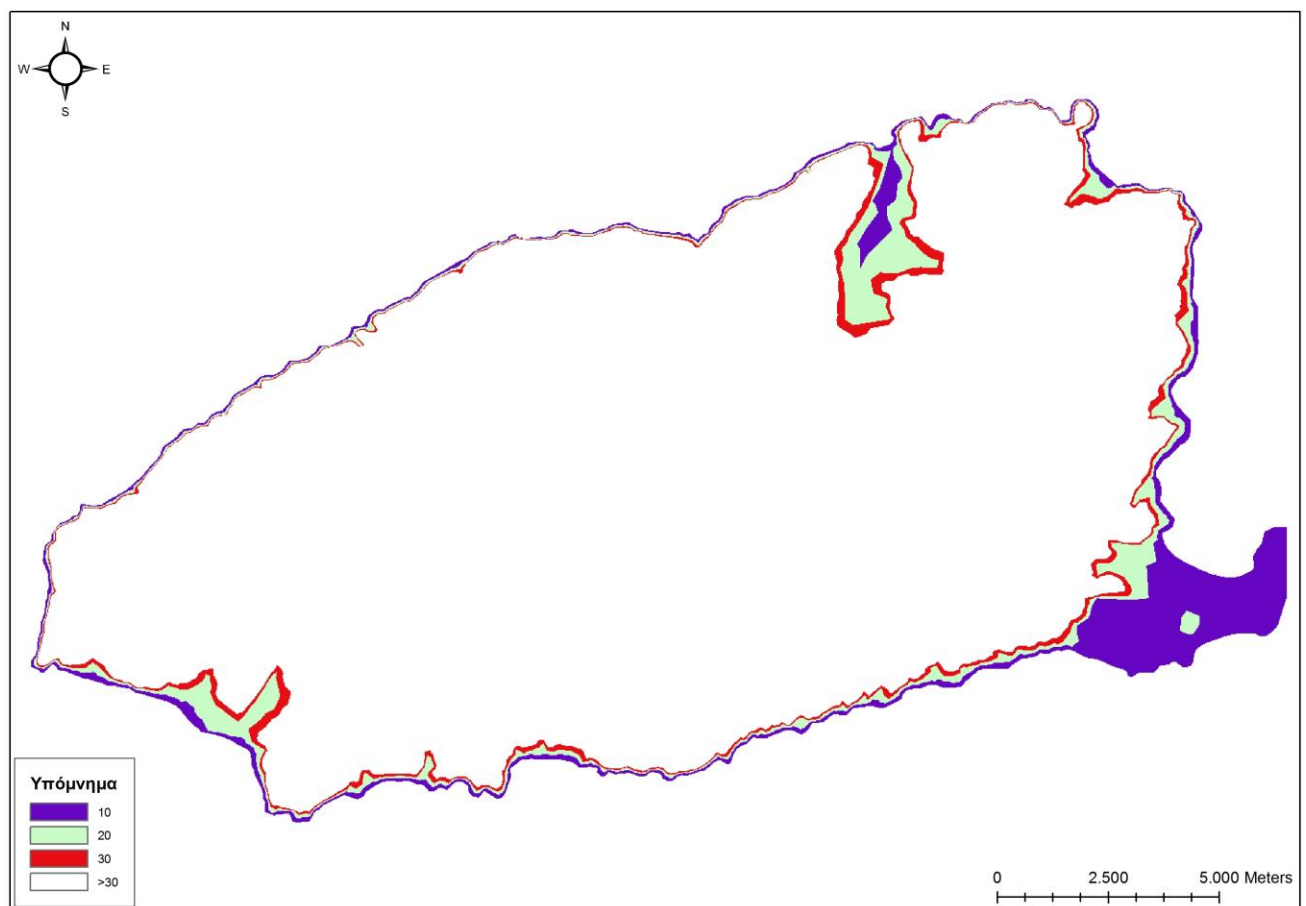
Άλλος ένας χρήσιμος χάρτης στην κατανόηση των κλίσεων και στη διαδικασία εντοπισμού των επιδεκτικών περιοχών του νησιού, είναι ο Χάρτης 7 που δείχνει τον προσανατολισμό των κλίσεων. Για την κατασκευή του συγκεκριμένου χάρτη, χρησιμοποιήθηκε η εντολή απεικόνισης του προσανατολισμού (Aspect) από το ίδιο μενού εργαλείων. Όπως φαίνεται, το νότιο τμήμα του νησιού παρουσιάζει κατά κύριο λόγο νοτιοανατολική και νότια κλίση, με μικρές εξαιρέσεις στις περιοχές που προηγουμένως εντοπίστηκαν οι έντονες κλίσεις και οι οποίες φαίνεται να έχουν βόρειο προσανατολισμό.

Χάρτης 7: Προσανατολισμός των κλίσεων της Ίμβρου.



Μία άλλη παράμετρος που αξιολογείται, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι το υψόμετρο στο οποίο βρίσκονται οι εκάστοτε περιοχές. Δημιουργείται επομένως ο Χάρτης 8, στον οποίο αποτυπώνονται τρεις ζώνες για τις περιοχές που έχουν υψόμετρο 10, 20 και 30 μέτρα αντίστοιχα. Η δημιουργία των ζωνών αυτών βασίζεται στο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου του νησιού (DEM) και χρησιμοποιώντας την εντολή για την κατηγοριοποίηση (Reclassify) των υψών σε τέσσερις κλάσεις, δίνεται το συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Όπως φαίνεται, η τέταρτη κλάση αφορά το τμήμα του νησιού που βρίσκεται σε υψόμετρο άνω των 30 μέτρων και απεικονίζεται με λευκό χρώμα καθώς δεν λαμβάνεται υπόψη.

Χάρτης 8: Ζωνοποίηση των περιοχών με υψόμετρο 10, 20, 30 μέτρων.

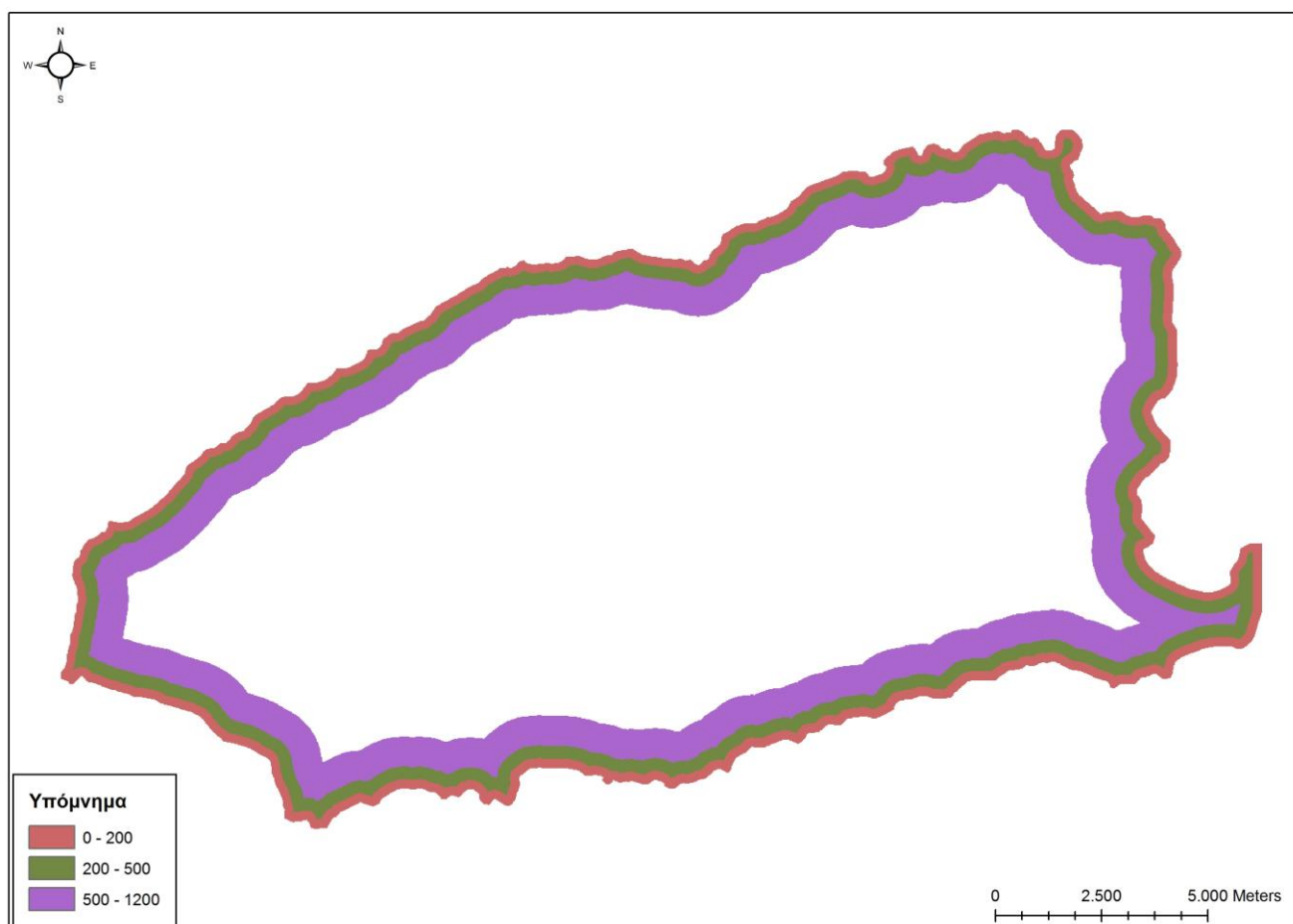


Η επιλογή των συγκεκριμένων μεγεθών και του ορίου των 30 μέτρων έγινε με βάση τη βιβλιογραφία. Δηλαδή, σύμφωνα με ανάλογες μελέτες ή καταγραφές για θαλάσσια κύματα βαρύτητας που έπληξαν άλλες περιοχές, το μέγιστο ύψος στο οποίο

πιθανόν να φτάσει ένα τέτοιο κύμα είναι αυτό των 30 μέτρων περίπου. Γι' αυτό και στη δημιουργία αυτών των υψομετρικών ζωνών δόθηκαν οι συγκεκριμένες τιμές.

Η απόσταση από την ακτή είναι το επόμενο στοιχείο που μελετήθηκε και για το λόγο αυτό στη συγκεκριμένη παράμετρο ελήφθη υπόψη ως βάση η ακτογραμμή. Έτσι, με τη χρήση της εντολής για μέτρηση της απόστασης (Distance) σε ευθεία γραμμή από την ακτογραμμή και παράλληλα την κατηγοριοποίηση σε τρεις κλάσεις των αποστάσεων αυτών, προκύπτει ο Χάρτης 9.

Χάρτης 9: Αποστάσεις 200 έως 1200 μέτρων από την ακτογραμμή.



Συγκεκριμένα, στο χάρτη αυτό παρουσιάζονται τρία επίπεδα αποστάσεων, στα οποία ενδέχεται να φτάσει ένα τσουνάμι. Το πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει τις περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση 200 μέτρων από την ακτογραμμή, το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει τις περιοχές σε απόσταση 500 μέτρων και τέλος, το τρίτο επίπεδο αντιπροσωπεύει τις περιοχές σε απόσταση 1200 μέτρων. Το τμήμα που

απεικονίζεται με λευκό χρώμα περιλαμβάνει περιοχές όπου η απόσταση ξεπερνάει τα 1200 μέτρα από την ακτή και γι' αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη. Και για τη συγκεκριμένη παράμετρο, η επιλογή των μεγεθών έγινε σύμφωνα με αντίστοιχες μελέτες για τσουνάμι που έπληξαν άλλες περιοχές.

Τέλος, για τον εντοπισμό των περιοχών που κινδυνεύουν κατά την εμφάνιση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, αξιολογούνται και τα στοιχεία από την κάλυψη γης στο νησί, όπως αυτά παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

6.1 Η βαθυμετρία ως παράμετρος καθορισμού των επιδεκτικών περιοχών

Καθοριστικό ρόλο στις επιπτώσεις που μπορεί να έχει ένα τσουνάμι σε μία περιοχή, παίζουν οι τοπικές γεωγραφικές ιδιομορφίες της. Αυτές μπορεί να δημιουργήσουν με τη σειρά τους άλλα κυματικά φαινόμενα, τα οποία να εντείνουν ή να ελαττώσουν τον αντίκτυπο του κύματος στην εκάστοτε ακτή.

Σύμφωνα με τον Bell (1998), η επίδραση που θα έχει ένα κύμα επηρεάζεται από το πόσο απότομο είναι αυτό, από την κλίση του βυθού, καθώς και από την ύπαρξη ανέμου (αντίθετης ή όμοιας με το κύμα κατεύθυνσης). Όταν το κύμα εισέλθει σε περιοχή με βάθος περίπου ίσο με το μισό του μήκους κύματος, τότε η ταχύτητα και το μήκος του αρχίζει να μειώνεται, ενώ το ύψος του αρχίζει να αυξάνεται. Επομένως, το κύμα αποκτά πιο έντονα χαρακτηριστικά από αυτά που αρχικά είχε.

Ειδικότερα στην περίπτωση των τσουνάμι, ο παράγοντας που είναι ιδιαίτερα σημαντικός είναι η ενέργεια που αυτό έχει (η οποία εξαρτάται και από το είδος του βυθού που συναντάει φτάνοντας στην ακτή) και ακολουθεί η μάζα του κύματος. Έτσι, όταν ένα κύμα τέτοιου είδους βρίσκεται ανοιχτά στον ωκεανό, το μήκος κύματος είναι πολύ μεγάλο, ενώ το ύψος του ενδέχεται να είναι τέτοιου μεγέθους ώστε να μην αναγνωρίζεται εύκολα.

Γενικότερα, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας επιδρούν με το βυθό των ωκεανών, ακόμα και σε πολύ μεγάλα βάθη και διανύουν μεγάλες αποστάσεις με ελάχιστη απώλεια ενέργειας. Αυτό έχει σαν συνέπεια να μπορούν να πλήξουν περιοχές που βρίσκονται χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από την πηγή που τα δημιούργησε. Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι μπορεί και να περάσουν αρκετές ώρες από τη γέννηση του κύματος μέχρι αυτό να φτάσει στην ακτή.

Για παράδειγμα, στους βαθείς ωκεανούς τα κύματα αυτού του είδους χαρακτηρίζονται από μεγάλο μήκος κύματος ενώ το ύψος τους δεν ξεπερνά το μισό μέτρο (Bell, 1998). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το τσουνάμι να μη γίνεται αντιληπτό και να είναι ακίνδυνο. Στην περίπτωση όμως που θα προσεγγίσει την ακτή, το μέτωπο του κύματος γίνεται πιο απότομο και ψηλό. Με άλλα λόγια, το μήκος του μικραίνει και το ύψος του μπορεί να ξεπεράσει τα 20 μέτρα. Επιπλέον, η ταχύτητα αυτών των κυμάτων είναι ανάλογη του βάθους του νερού που συναντούν, με αποτέλεσμα το μέτωπο του κύματος να κινείται πάντα προς το μέρος όπου υπάρχουν περισσότερο αβαθή νερά.

Παρατηρείται λοιπόν ότι η βαθυμετρία της περιοχής που πλήττεται από ένα τσουνάμι επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της καταστροφής. Έτσι, όταν ένα τσουνάμι βρίσκεται σε μεγάλα βάθη, το σχήμα του είναι ημιτονοειδές ενώ κατά τη χρονική στιγμή που διέρχεται από την υφαλοκρηπίδα, οι κορυφές του οξύνονται. Το αποτέλεσμα είναι τα πρώτα κύματα που πλησιάζουν την ακτογραμμή να μειώνουν την ταχύτητά τους ενώ εκείνα που ακολουθούν έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα και προσκρούοντας στα πρώτα συσσωματώνονται και δημιουργούν μία ενιαία υδάτινη μάζα (Bryant, 2001).

Στην περίπτωση όμως που το κύμα βαρύτητας βρεθεί σε ρηχά νερά, αυτό δεν ισχύει. Επειδή, όπως αναφέρθηκε, η τοπογραφία του βυθού επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του τσουνάμι, όταν τα κύματα συναντήσουν πιο ρηχά νερά εμφανίζεται το φαινόμενο της διάθλασης. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η πορεία του κύματος να αλλάξει και να πλήξει μια ακτή που φαινομενικά δε θα επηρεαζόταν αρχικά (Bell, 1998).

Συνοψίζοντας, όταν ένα τσουνάμι προσεγγίζει την ακτή, η ταχύτητα και το μήκος του μειώνονται, ενώ το ύψος του αυξάνεται, φτάνοντας μέχρι και τα 40 μέτρα. Σε αυτόν τον παράγοντα οφείλεται η καταστροφική ιδιότητά του, η οποία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις παράκτιες περιοχές. Βέβαια, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η περίπτωση που μελετάται εδώ δεν αφορά κάποιον μεγάλο ωκεανό, άρα γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι στα μεγέθη αυτά θα υπάρχουν διαφορές.

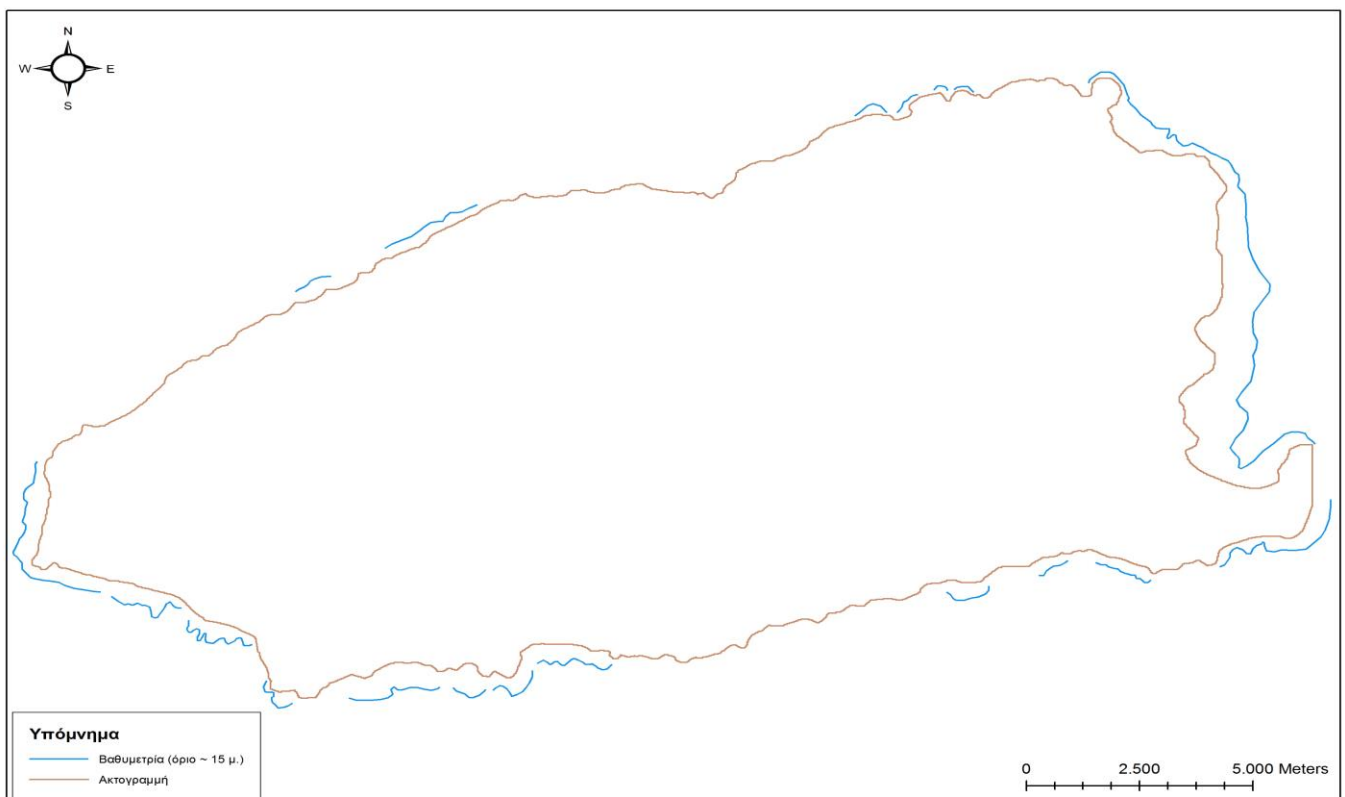
Στην περίπτωση μελέτης μας, δημιουργείται χάρτης, ο οποίος απεικονίζει τη βαθυμετρία της νήσου Ίμβρου. Αυτό έχει ως στόχο, να ληφθεί υπόψη αυτός ο παράγοντας στον τελικό χάρτη εντοπισμού των επιδεκτικών περιοχών του νησιού.

Προκειμένου όμως να κατασκευαστεί σωστά, θα πρέπει το υπόβαθρο που χρησιμοποιείται να αποδίδει όσο το δυνατόν ευκρινέστερες πληροφορίες. Με αυτόν τον τρόπο εξηγείται η μεγάλη σημασία που δόθηκε ώστε η δορυφορική εικόνα που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη να μην παρουσιάζει κυματισμό.

Για την κατασκευή του χάρτη βαθυμετρίας του νησιού χρησιμοποιήθηκε το φασματικό κανάλι 1 του LANDSAT 8, το οποίο είναι μικρού μήκους κύματος (0.43 – 0.45 μm) και μπορεί να δώσει μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην απεικόνιση του βυθού. Η επιλογή του συγκεκριμένου φασματικού καναλιού οφείλεται στο ότι χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις εντατικής παρατήρησης παράκτιων ζωνών, κάτι που δικαιολογείται και από την ονομασία του ως coastal/aerosol.

Βάσει της εικόνας αυτής και της χρωματικής διαβάθμισης αναλογικά με το βάθος των νερών (βοηθά στον εντοπισμό των σημείων με μεγάλο και μικρό βάθος), ψηφιοποιήθηκε περιμετρικά της ακτογραμμής και με όριο τα 15 περίπου μέτρα, η βαθυμετρία του νησιού. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στον Χάρτη 10, όπου παράλληλα με τη βαθυμετρία της Ίμβρου απεικονίζεται και η ακτογραμμή, προκειμένου να είναι πιο εύκολη η ανάγνωση του χάρτη.

Χάρτης 10: Βαθυμετρία της νήσου Ίμβρου.



Στα σημεία του χάρτη όπου δεν υπάρχει μπλε γραμμή είναι γιατί πρόκειται για περιοχές όπου τα νερά είναι βαθιά. Τέτοιες περιοχές εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στο βόρειο και βορειοδυτικό τμήμα του νησιού, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με την ύπαρξη έντονων κλίσεων, όπως είδαμε πριν στο χάρτη κλίσεων. Αντίστοιχα, οι περιοχές στις οποίες υπάρχει μπλε γραμμή αποτελούν τμήματα με αβαθή νερά και εντοπίζονται στα σημεία όπου προηγουμένως παρατηρήθηκαν οι πολύ μικρές και σχεδόν επίπεδες κλίσεις.

6.2 Τελικός εντοπισμός επιδεκτικών περιοχών του νησιού

Προκειμένου να εντοπιστούν οι επιδεκτικές περιοχές της Ίμβρου, ακολουθήθηκε μία συγκεκριμένη μέθοδος. Στην αρχή έγινε μία κατηγοριοποίηση των κλάσεων που υπάρχουν σε κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Η κατηγοριοποίηση αυτή έγινε έτσι ώστε να δοθεί μία κλίμακα που θα αξιολογεί τα επίπεδα ως προς το πόσο συνεισφέρουν στην τρωτότητα της κάθε περιοχής. Έτσι, δίνοντας κάθε φορά τις κατάλληλες εντολές στο πρόγραμμα ArcMap που χρησιμοποιήθηκε, δημιουργήθηκαν σταδιακά οι προϋποθέσεις που θα οδηγήσουν στην παραγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Αναφορικά με την παράμετρο των κλίσεων του νησιού, η πρώτη κλάση που περιλαμβάνει τις 0° έως 5° σημειώθηκε ως η περισσότερο επικίνδυνη. Αντίστοιχα, με μία διαβαθμισμένη κλίμακα ακολουθούν και οι τέσσερις επόμενες κλάσεις. Έτσι, η κλάση που περιλαμβάνει τις κλίσεις 27° έως 64° αντιστοιχίζεται στην κλίμακα επικινδυνότητας ως η λιγότερο επικίνδυνη. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό, καθώς κατά την προσέγγιση ενός τσουνάμι στο νησί, οι περιοχές που είναι σχεδόν επίπεδες θα πληγούν πιο άμεσα από άλλες που βρίσκονται υπό κάποια κλίση.

Στην περίπτωση του υψόμετρου, η μέγιστη τιμή επικινδυνότητας δόθηκε στο υψόμετρο μέχρι 10 μέτρα και ακολουθούν οι τιμές μέχρι 20 μέτρα και μέχρι 30 μέτρα. Στις περιοχές που βρίσκονται άνω των 30 μέτρων δεν δόθηκε κάποια τιμή επικινδυνότητας, γιατί όπως ήδη αναφέρθηκε δεν θεωρούνται πιθανές ότι θα πληγούν από ένα τέτοιο φαινόμενο.

Για την απόσταση από την ακτογραμμή, η πρώτη κλάση που περιλαμβάνει από 0 μέτρα έως 200 μέτρα σημειώθηκε ως η πιο επικίνδυνη. Στη συνέχεια, η κλάση μέχρι 500 μέτρα κατηγοριοποιήθηκε ως μέσης επικινδυνότητας, ενώ εκείνη που φτάνει

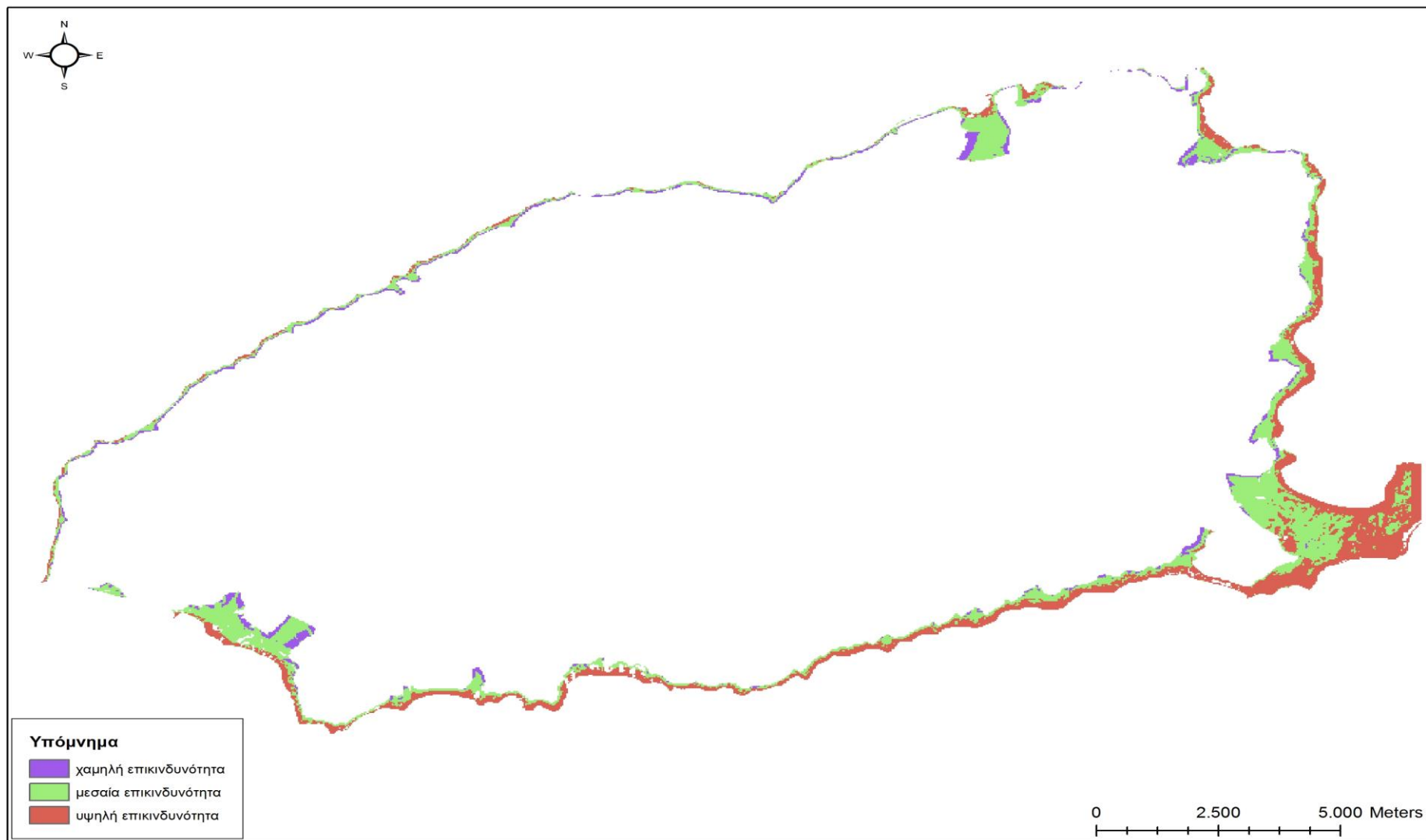
μέχρι τα 1200 μέτρα θεωρήθηκε ως ελάχιστης επικινδυνότητας. Με ανάλογο τρόπο, όπως και στην βαθμονόμηση του υψομέτρου, στις περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση άνω των 1200 μέτρων δεν δόθηκε κάποια τιμή.

Τέλος, στην παράμετρο των χρήσεων γης του νησιού, αξιολογήθηκαν οι τρεις από τις 5 κατηγορίες. Συγκεκριμένα, η μέγιστη τιμή επικινδυνότητας δόθηκε στα γυμνά πετρώματα, με την αραιή βλάστηση και την πυκνή βλάστηση να ακολουθούν. Ο λόγος που έγινε αυτή η επιλογή είναι γιατί κατά την εμφάνιση ενός τσουνάμι στο νησί, η περιοχή που θα πληγεί περισσότερο είναι εκείνη στην οποία κυριαρχούν τα γυμνά πετρώματα, καθώς τον νερό δεν θα συναντήσει κάποιο εμπόδιο. Αντίστοιχα, αν συναντήσει κάποιου είδους βλάστησης, αραιής ή πυκνής, αυτό θα μειώσει είτε λιγότερο είτε περισσότερο τη δύναμη και την ένταση του φαινομένου. Το δομημένο περιβάλλον δεν προσμετρήθηκε στην κλίμακα επικινδυνότητας σε αυτό το επίπεδο, γιατί προστίθεται στο τελικό αποτέλεσμα ώστε να μας φανερώσει ποιοι από τους οικισμούς θα πληγούν περισσότερο, ποιοι λιγότερο ή και καθόλου.

Μετά την κατηγοριοποίηση των τεσσάρων αυτών παραμέτρων και έχοντας πλέον η καθεμία την κλίμακα επικινδυνότητας που της έχει δοθεί, τα επίπεδα προστέθηκαν μέσω εντολής στο εργαλείο Raster Calculator του ArcMap. Με αυτόν τον τρόπο, η κλάση από κάθε παράμετρο η οποία είχε κατηγοριοποιηθεί με τιμή μέγιστης επικινδυνότητας αθροίζεται με εκείνες των άλλων παραμέτρων που έχουν ίδια τιμή, δίνοντας ως αποτέλεσμα τις περισσότερο επιδεκτικές περιοχές. Ανάλογα γίνεται το άθροισμα και των υπολοίπων βαθμονομημένων κλάσεων των επιμέρους παραμέτρων. Έτσι, προκύπτει ένας χάρτης όπου οι περιοχές είναι πλέον ταξινομημένες σε τρεις κλάσεις αναλόγως του αθροίσματος των τιμών επικινδυνότητάς τους.

Το προσδοκώμενο αποτέλεσμα από την διαδικασία που περιγράφηκε, είναι να εντοπιστούν οι περιοχές που είναι περισσότερο επιδεκτικές στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι, σε σχέση πάντα με τα κριτήρια που δόθηκαν. Επομένως, ο χάρτης που προκύπτει, αποτελεί το συνδυασμό όλων των παραμέτρων που αναφέρθηκαν προηγουμένως και της κλίμακας επικινδυνότητας που τους δόθηκε.

Χάρτης 11: Επιδεκτικές περιοχές της Ίμβρου στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι.



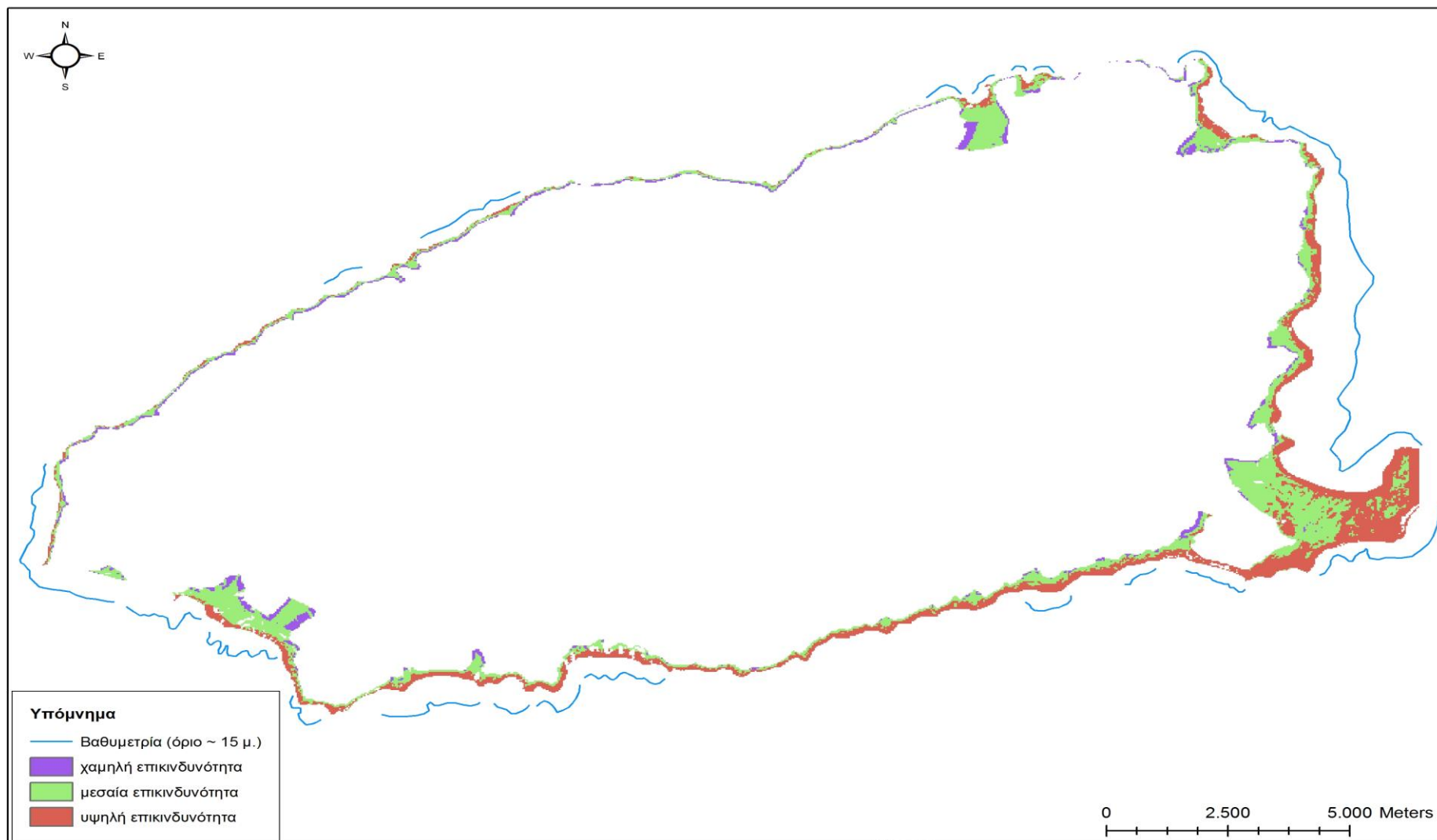
Όπως φαίνεται στον Χάρτη 11, οι επιδεκτικές περιοχές είναι ομαδοποιημένες σε τρεις κατηγορίες. Έτσι, με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι περιοχές που εμφανίζουν υψηλή επικινδυνότητα στην περίπτωση εμφάνισης ενός τσουνάμι. Πρόκειται για περιοχές που εντοπίζονται κυρίως στο νότιο τμήμα του νησιού και ιδιαίτερα εκείνες που βρίσκονται στο νοτιοανατολικό άκρο του. Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται, δεδομένου ότι πρόκειται για περιοχές που όπως φάνηκε και στους προηγούμενους χάρτες, διαθέτουν χαμηλές κλίσεις και μικρό υψόμετρο. Στη συνέχεια, με πράσινο χρώμα σημειώνονται οι περιοχές με μεσαίο επίπεδο επικινδυνότητας. Τα τμήματα αυτά βρίσκονται στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού, στα νότια και κυρίως στα νοτιοανατολικά, καθώς και ένα τμήμα ακόμα που εντοπίζεται στα νοτιοδυτικά του.

Τέλος, με μοβ χρώμα σημειώνονται οι περιοχές με χαμηλή επικινδυνότητα και οι οποίες βρίσκονται κυρίως στο νοτιοδυτικό και στο βορειοανατολικό τμήμα της Ίμβρου. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι περιοχές που εντοπίζονται στο βόρειο και βορειοδυτικό τμήμα του νησιού, από όπου διέρχεται όπως ήδη αναφέρθηκε το βόρειο τμήμα του ρήγματος της Ανατολίας, εμφανίζουν πολύ μικρά επίπεδα επιδεκτικότητας. Αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί από το γεγονός ότι οι περιοχές αυτές εμφανίζουν μεγάλες κλίσεις και μεγάλο υψόμετρο, ενώ παράλληλα καλύπτονται από πυκνή βλάστηση.

Προκειμένου να συμπληρωθεί ο χάρτης επιδεκτικότητας και να συνδυαστεί και με τον παράγοντα της βαθυμετρίας, δημιουργείται ο Χάρτης 12. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η βαθυμετρία μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο κατά την εμφάνιση ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Για το λόγο αυτό γίνεται ο συνδυασμός του χάρτη των επιδεκτικών περιοχών με την βαθυμετρία, ώστε να μπορέσει να υπάρξει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το επίπεδο επικινδυνότητας των περιοχών.

Από τη μελέτη του συνδυαστικού αυτού χάρτη προκύπτει μία αντιστοιχία του παράγοντα της βαθυμετρίας με τις περιοχές που έχουν σημειωθεί ως οι πιο επιδεκτικές με βάση τα προηγούμενα κριτήρια. Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι στις περιοχές που ήδη έχουν υψηλό επίπεδο επικινδυνότητας, εντοπίζονται και αβαθή νερά. Αυτό τις καθιστά περισσότερο επιδεκτικές καθώς το ύψος του τσουνάμι όταν πλησιάζει την ακτή αυξάνεται, ενώ επιπλέον στην περίπτωση που συναντήσει ρηχά νερά μπορεί να πλήξει και άλλες ακτές που αρχικά δεν φαινόταν ότι θα επηρεαστούν.

Χάρτης 12: Επιδεικτικές περιοχές της Ίμβρου στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι σε συνδυασμό με τη βαθυμετρία.



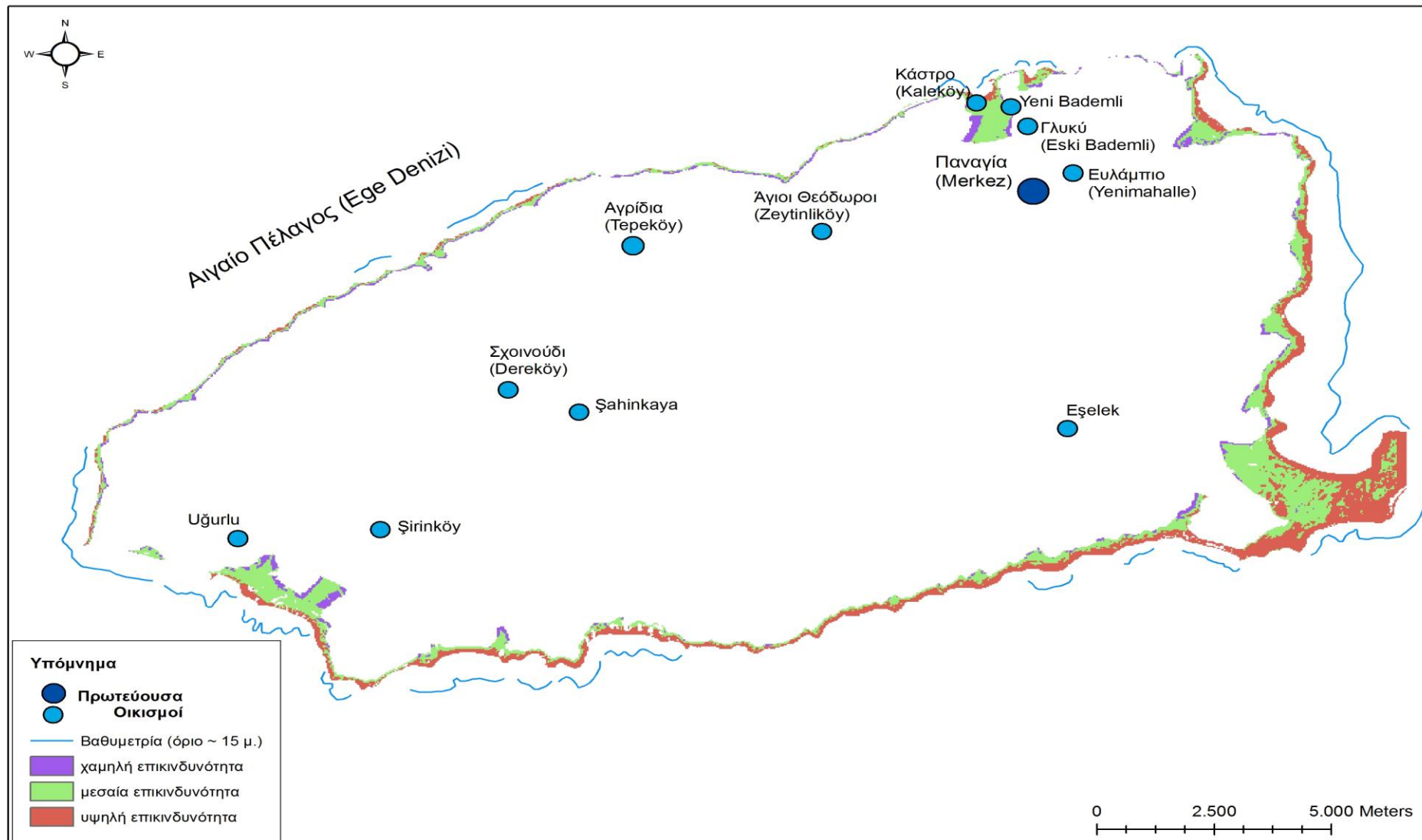
Έτσι, κυρίως το ανατολικό και το νότιο τμήμα του νησιού δείχνουν να έχουν μικρό βάθος νερών, δηλαδή περίπου στα 15 μέτρα. Αντίστοιχα, υπάρχουν και κάποιες περιοχές στο νοτιοδυτικό και βορειοανατολικό τμήμα που ο βυθός τους βρίσκεται γύρω στα 15 μέτρα.

Για να μπορέσει να ολοκληρωθεί η εικόνα για τις περιοχές που ενδεχομένως να πληγούν σε μικρό ή μεγάλο βαθμό από ένα τσουνάμι, είναι σημαντικό να προσθέσουμε και τους οικισμούς που υπάρχουν στο νησί της Ίμβρου. Για αυτό το λόγο, δημιουργείται ένας τελικός χάρτης, στον οποίο συγκεντρώνονται τα ακόλουθα στοιχεία: οι επιδεκτικές περιοχές, όπως αυτές εντοπίστηκαν από τη σύνθεση των τεσσάρων αρχικών παραμέτρων, η βαθυμετρία που παρουσιάζεται περιμετρικά του νησιού, καθώς και οι οικισμοί που βρίσκονται σε αυτό.

Μετά το συνδυασμό όλων αυτών των στοιχείων, προκύπτει ένας συνολικός χάρτης από τον οποίο μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με διάφορα ζητήματα. Δηλαδή, συμπεράσματα που αφορούν από το ποιες περιοχές θα πληγούν κατά την εμφάνιση του υπό μελέτη φαινομένου, μέχρι τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την πρόληψη ή την προετοιμασία για ένα τέτοιο ενδεχόμενο και το σχεδιασμό που πρέπει να γίνει για τη διαχείριση μιας κατάστασης σαν αυτή.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο Χάρτης 13, ο οποίος είναι αυτός που περιλαμβάνει όλες τις προαναφερθείσες παραμέτρους και τα απαιτούμενα στοιχεία. Με τη μελέτη του συγκεκριμένου χάρτη, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι οικισμοί του νησιού στην πλειοψηφία τους βρίσκονται σε τέτοιο σημείο που δεν δείχνουν να επηρεάζονται άμεσα από την εμφάνιση τσουνάμι. Όμως, το Κάστρο που βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού, καθώς και ο γειτονικός του οικισμός Γενί Μπαντεμλί (Yeni Bademli), φαίνονται να είναι στη ζώνη υψηλής και μέσης επικινδυνότητας αντίστοιχα, σε σύγκριση με τους υπόλοιπους οικισμούς που βρίσκονται σε εκείνη την περιοχή. Οι κάτοικοι μάλιστα των περιοχών αυτών ανέρχονται στους 116 και 763 αντίστοιχα.

Χάρτης 13: Οικισμοί και επιδεκτικές περιοχές της Ίμβρου στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι σε συνδυασμό με τη βαθυμετρία.



Ανάλογα συμπεράσματα προκύπτουν και για τους οικισμούς Ουγουρλού (Uğurlu) και Σιρίνκιοϊ (Şirinköy) που εντοπίζονται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού, αλλά και για το Εσελέκ (Eşelek) που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Ίμβρου. Πρόκειται δηλαδή για περιπτώσεις οικισμών που βρίσκονται κοντά σε περιοχές που έχουν εντοπιστεί ως επιδεκτικές. Επομένως, αναλόγως και τη σφοδρότητα που μπορεί να έχει το φαινόμενο, είναι περιοχές που έχουν ελαφρώς μεγαλύτερη επικινδυνότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες. Αξίζει επίσης να σημειωθεί και εδώ ότι ο πληθυσμός των περιοχών αυτών κυμαίνεται από 130 μέχρι 500 άτομα.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι στο νότιο τμήμα του νησιού που έχουν εντοπιστεί κάποιες επιδεκτικές περιοχές, δεν υπάρχουν οικισμοί, ωστόσο υπάρχουν τοποθεσίες και παραλίες με αυξημένη επισκεψιμότητα σε κάποιες περιόδους. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα πρέπει να υποτιμηθούν σε έναν ενδεχόμενο σχεδιασμό για την αντιμετώπιση του φαινομένου εμφάνισης τσουνάμι στην περιοχή.

Συνοψίζοντας, μπορεί κανείς να πει ότι οι περιοχές που είναι περισσότερο επιδεκτικές στο ενδεχόμενο εμφάνισης τσουνάμι εντοπίζονται σε δύο τμήματα. Το ένα τμήμα, που περιλαμβάνει και οικισμούς, βρίσκεται στα βορειοανατολικά της Ίμβρου και το δεύτερο τμήμα, στα νότια και νοτιοανατολικά του νησιού. Παράλληλα, σε αυτό το τμήμα δεν εντοπίζονται οικισμοί που να κινδυνεύουν άμεσα. Ωστόσο, κάποιοι από αυτούς βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση από τις επικίνδυνες περιοχές, κάτι που θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στην κατάρτιση σχεδίου πρόληψης και δράσης για το ενδεχόμενο εμφάνισης αυτού του φαινομένου.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα – Επίλογος

Ολοκληρώνοντας την παρούσα μελέτη, η οποία αφορά την παράκτια γεωμορφολογία και τον κίνδυνο εμφάνισης τσουνάμι στην Ίμβρο με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων αλλά και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, τα συμπεράσματα είναι πολλά και αφορούν όλους τους τομείς που περιλαμβάνει η μελέτη αυτή.

Είναι γεγονός ότι το ευρύτερο τμήμα της ανατολικής Μεσογείου ανήκει στις περιοχές που δεν δίνουν πολύ συχνά θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Διαπιστώθηκε όμως ότι δεν είναι παράλογο να μιλάμε για κάτι τέτοιο, καθώς υπάρχουν αρκετές καταγραφές σεισμών ή κατολισθήσεων που ακολουθήθηκαν από την εμφάνιση ενός τέτοιου φαινομένου, ενώ και η μελέτη της περιοχής ως προς τη σεισμικότητά της οδηγεί σε ανάλογα συμπεράσματα. Στα προηγούμενα, προστίθενται και αναφορές για ανάπτυξη ενός συστήματος προειδοποίησης για τσουνάμι στην περιοχή αυτή.

Αναφορικά με την περίπτωση μελέτης της Ίμβρου, εξετάστηκε η γεωμορφολογία της και διαπιστώθηκε και με τη βοήθεια χαρτών ότι στο βορειοδυτικό τμήμα της, το ανάγλυφο είναι πιο έντονο σε σχέση με το νότιο και νοτιοανατολικό τμήμα. Επιπλέον, έγινε και μία σύντομη αναφορά στην κατανομή του πληθυσμού του νησιού αλλά και στην πληθυσμιακή κατανομή του νομού στον οποίο ανήκει, καθώς αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στη διαδικασία εντοπισμού του μεγέθους των απωλειών που ενδέχεται να υποστούν οι περιοχές με σημαντική επιδεκτικότητα στο φαινόμενο αυτό.

Άλλο ένα στοιχείο που απορρέει από την ανθρωπογεωγραφία της Ίμβρου είναι ότι καθώς η ένταση και το είδος των χρήσεων γης σε διάφορα σημεία του νησιού μεταβάλλονται με το πέρασμα του χρόνου, αυξάνεται η τρωτότητά τους, κατά το ενδεχόμενο εμφάνισης ενός τσουνάμι. Εκτός αυτού, εντοπίστηκαν και άλλα είδη τρωτότητας, και διαπιστώθηκε ότι ένας από τους παράγοντες που παίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή είναι η γεωμορφολογία της Ίμβρου. Αυτό οφείλεται στη φύση του φαινομένου που εξετάστηκε, το οποίο επηρεάζεται σημαντικά από το είδος της μορφολογίας της περιοχής.

Με στόχο τον εντοπισμό των πιο επιδεκτικών περιοχών στο νησί, μελετήθηκε και η κάλυψη γης σε αυτό. Στη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν η δορυφορική εικόνα της Ίμβρου από το LANDSAT 8 και το μοντέλο ψηφιακού αναγλύφου της (DEM).

Με την κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων αυτών, δημιουργήθηκαν χάρτες, οι οποίοι δείχνουν διάφορα σημαντικά χαρακτηριστικά των περιοχών του νησιού. Στο τέλος, με συνδυασμό αυτών των στοιχείων, δηλαδή της κλίσης, του υψομέτρου, της απόστασης από την ακτογραμμή και την κάλυψη γης της κάθε περιοχής, εντοπίστηκαν εκείνες που είναι πιο τρωτές στην περίπτωση εμφάνισης του υπό μελέτη φαινομένου. Επιπλέον, προκειμένου να υπάρξει μια πιο πλήρης εικόνα για τα αποτελέσματα αυτά, ψηφιοποιήθηκε η βαθυμετρία της Ίμβρου, περίπου στα 15 μέτρα και συνδυάστηκε με τα προηγούμενα συμπεράσματα.

Έτσι, οι επιδεκτικές περιοχές εντοπίστηκαν στο βορειοανατολικό, στο νότιο και στο νοτιοανατολικό τμήμα της Ίμβρου. Σύμφωνα με την κάλυψη γης, οι περιοχές που βρίσκονται βορειοανατολικά, έχουν οικισμούς που βρίσκονται στις ζώνες υψηλής και μέσης επικινδυνότητας. Παράλληλα, εκείνες που βρίσκονται στα νότια και νοτιοανατολικά του νησιού δεν έχουν οικισμούς που να κινδυνεύουν άμεσα από την εμφάνιση τσουνάμι. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι δεν θα πρέπει να τύχουν κατάλληλου σχεδιασμού και μέριμνας και οι δύο περιπτώσεις περιοχών. Από την άλλη πλευρά, το βόρειο και βορειοδυτικό τμήμα του νησιού, που βρίσκεται κοντά στο βόρειο τμήμα του ρήγματος της Ανατολίας, εμφανίζει μικρή επιδεκτικότητα στο ενδεχόμενο ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, κάτι που εξηγείται από το γεγονός του έντονου αναγλύφου που εμφανίζει η περιοχή αυτή.

Όμως, όπως ήδη αναφέρθηκε, η τρωτότητα μίας περιοχής σε κάποιο είδος κινδύνου περιγράφεται από τρεις βασικές έννοιες (έκθεση, αντίσταση, προσαρμοστικότητα). Προκειμένου λοιπόν να μειωθεί σε κάποιο βαθμό η τρωτότητα κάποιας περιοχής και συγκεκριμένα της περιοχής που απασχόλησε την παρούσα μελέτη, είναι δυνατή η λήψη διαφόρων μέτρων. Ένα παράδειγμα τέτοιων κινήσεων είναι οι επενδύσεις που έχουν ως στόχο τον μετριασμό της έκθεσης στον κίνδυνο εμφάνισης τσουνάμι. Ακόμα, άλλη μία μέθοδος (που ίσως να μην είναι απαιτητική ως προς τη χρηματοδότηση) είναι η ενίσχυση της αντίστασης και της προσαρμοστικότητας στο φαινόμενο αυτό, μέσω του σχεδιασμού και της προετοιμασίας για την αντιμετώπιση ενός τέτοιου κινδύνου, όσο περιορισμένος σε πιθανότητα κι αν είναι αυτός.

Επιπλέον των μέτρων αυτών, που μπορούν να ληφθούν στο προκαταστροφικό στάδιο σχεδιασμού για τη διαχείριση κινδύνων, θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και άλλα μέτρα που μπορούν να ενταχθούν στο πλαίσιο ενός πιο μακροπρόθεσμου

προγραμματισμού. Παράλληλα, με το σχεδιασμό αυτό είναι αναγκαίος ο ανάλογος προγραμματισμός και για τα επόμενα στάδια διαχείρισης κινδύνων. Για παράδειγμα, είναι μεγάλης σημασίας η ακριβής οριοθέτηση των επικίνδυνων ζωνών, καθώς θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη κατά το στάδιο της απόκρισης στην περίπτωση εμφάνισης τσουνάμι. Εξίσου σημαντική είναι και η επανεξέταση ανά διαστήματα του υπάρχοντος σχεδιασμού για τη διαχείριση καταστροφικών φαινομένων, ώστε να είναι ενημερωμένος και πιο εύκολος στην εφαρμογή του.

Επομένως, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι αφού είναι δύσκολο να αντιστραφούν οι φυσικές διεργασίες προκειμένου να αποτραπεί μία φυσική καταστροφή, θα πρέπει να γίνουν κινήσεις σε άλλο επίπεδο και κυρίως στον τομέα της πρόληψης των καταστροφών. Έτσι, προκύπτει η λύση της προσαρμογής του χώρου με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί ανταπεξέλθει στην εμφάνιση καταστροφικών φαινομένων. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζει σε αυτή την κατεύθυνση (εκτός της εκπόνησης μελετών και της λήψης μέτρων), η ενημέρωση και η εκπαίδευση των κατοίκων των αντίστοιχων περιοχών ώστε να γνωρίζουν τους κινδύνους και να μπορούν να ενεργήσουν κατάλληλα σε μία περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση

- Καρύμπαλης Θ. Ε. (2010), *Παράκτια Γεωμορφολογία*, εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- Κυρανούδη Δ., Κίνδυνοι από τσουνάμι στην Ελλάδα, 20/4/2012, Deutsche Welle, (<http://www.dw.de>, εύρεση 20/4/2013)
- Λέκκας Λ. Ευθ. (2000), *Φυσικές & Τεχνολογικές Καταστροφές*, σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος «Διαχείριση φυσικών καταστροφών», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα.
- Μιγκίρος Γ. (2003) (επιμ.), *Τηλεπισκόπηση: Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες*, σημειώσεις στο πλαίσιο του μαθήματος «Τηλεπισκόπηση», Αθήνα.
- Παπαζάχος Β., Παπαζάχου Κ. (2003), *Οι σεισμοί της Ελλάδας*, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Παυλόπουλος Κ. Π. (2011), *Γεωμορφολογία: Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες*, εκδόσεις Ίων, Αθήνα.

Ξενόγλωσση

- Altinok Y., Ersoy S. (2000), Tsunamis observed on and near the Turkish Coast (Conference Paper), *Natural Hazards*, 21, 185 – 205.
- Ambraseys N., Synolakis C. (2010), Tsunami Catalogs for the Eastern Mediterranean, Revisited, *Journal of Earthquake Engineering*, 14, 309 – 330.
- Bektaş F., Göksel C. (2004), Remote sensing and GIS integration for land cover analysis, A case study: Gökçeada Island, *International Archives of Photogrammetry*, International congress for photogrammetry and remote sensing; ISPRS XXth congress, 35, 711 – 714.
- Bell G. F. (1998), *Environmental Geology: Principles and Practice*, Blackwell Science, Oxford.

- Bolt A. B. (2003), *Earthquakes*, W. H. Freeman and Company, New York.
- Bryant E.A. (2001), Geological indicators of large Tsunami in Australia, *Natural Hazards*, 24.
- Chen P., Liew S. C., Kwoh L. K. (2006), Tsunami damage mapping and assessment in Sumatra using remote sensing and GIS techniques (Conference Paper), *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 297 – 300.
- Diwakar P. G., Jayaraman V., Bhanumurthy V., Ramalingam M. (2009), Geospatial applications in Tsunami disaster management, *International Journal of Ecology and Development*, 12, 4 – 14.
- Dominey – Howes D., Cundy A., Croudace I. (2000), High energy marine flood deposits on Astypalaea Island, Greece: possible evidence for AD 1956 southern Aegean tsunami, *Marine Geology*, 163, 303 – 315.
- Eckert S., Jelinek R., Zeug G., Krausmann E. (2012), Remote sensing-based assessment of tsunami vulnerability and risk in Alexandria, Egypt, *Applied Geography*, 32, 714 – 723.
- Flouri E. T., Mitsoudis D. A., Chrysoulakis N., Synolakis C. E. (2012), Tsunami risk and vulnerability analysis for the city of Rhodes (Conference Paper), *Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference*, 257 – 264.
- Hebenstreit G. (2001), *Tsunami research at the end of a critical decade*, Kluwer Academic Publishers, London.
- Koral H., Öztürk H., Hanılçı N. (2008), Tectonically induced coastal uplift mechanism of Gökçeada Island, Northern Aegean Sea, Turkey, *Science Direct*, 43 – 54.
- Liyanage A. N., Lee H. (2012), A Schematic approach for GIS application for tsunami disaster management, *Communications in Computer and Information Science*, 340, 395 – 400.

- Omira R., Baptista M. A., Miranda J. M., Toto E., Catita C., Catalão J. (2010), Tsunami vulnerability assessment of Casablanca – Morocco using numerical modelling and GIS tools, *Natural Hazards*, 54, 75 – 95.
- Papadopoulos G. A., Chalkis B. J. (1984), Tsunamis observed in Greece and the surrounding area from antiquity up to the present times, *Marine Geology*, 56, 309 – 317.
- Papadopoulos G. A., Daskalaki E., Fokaefs A., Giraleas N. (2010), Tsunami hazard in the eastern Mediterranean Sea: Strong earthquakes and tsunamis in the West Hellenic arc and trench system, *Journal of Earthquake and Tsunami*, 4, 145 – 179.
- Papadopoulos G. A., Imamura F. (2001), A proposal for a new tsunami intensity scale, 569 – 577.
- Papathanasiou E. & Zenetos A. (2005) (eds), *State of the Hellenic Marine Environment*, Hellenic Center for Marine Research (H. C. M. R.), Athens.
- Papathoma M., Dominey – Howes D. (2003), Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, 733 – 747.
- Papathoma M., Dominey - Howes D., Zong Y., Smith D. (2003), Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete, *Natural Hazards and Earth System Science*, 3, 377 – 389.
- Pararas – Carayannis G., Theilen – Willige B., Wenzel H. (2010), Local site conditions influencing earthquake intensities and secondary effects in the Sea of Marmara region – Application of standardized remote sensing and GIS – methods in detecting potentially vulnerable areas to earthquakes, tsunamis and other hazards, *9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering 2010, Including Papers from the 4th International Tsunami Symposium*, 6, 4927 – 4936.
- Parcharidis I., Pavlopoulos K., Poscolieri M., Kourkouli P. (2009), Using time series of satellite Earth's observation data to determine geomorphological and

paleogeographical changes at the South eastern coastal areas of Gokceada (Imvros) island (Turkey), *Z. Geomorph. N. F.*, 53 (1), 139 – 149.

- Renou C., Lesne O., Mangin A., Rouffi F., Atillah A., El Hadani D., Moudni H. (2011), Tsunami hazard assessment in the coastal area of Rabat and Salé, Morocco, *Natural Hazards and Earth System Science*, 11, 2181 – 2191.
- Tappin D. R., Görür N., Watts P., Musson R. M. W., Evans R. (2002), The tsunami threat in the sea of Marmara, Turkey: A review, Görür N., Papadopoulos A. G., Okay N. (ed.), *Integration of Earth Science Research on the Turkish and Greek 1999 Earthquakes*, 9, 87 – 100, NATO Science Series.
- Theilen - Willige B. (2010), Detection of local site conditions influencing earthquake shaking and secondary effects in Southwest - Haiti using remote sensing and GIS - methods, *Natural Hazards and Earth System Science*, 10, 1183 – 1196.
- Theilen - Willige B. (2008), Tsunami hazard assessment in the northern Aegean Sea (Review), *Science of Tsunami Hazards*, 27, 1 – 16.

Ιστότοποι

- Κέντρο για την Ανάπτυξη στη Μεσόγειο (Κ.Α.ΜΕ.), <http://imvros.portal.kame.gr/> (εύρεση 15/6/2012)
- Σύλλογος Ιμβρίων Αθηνών, <http://www.imvrosisland.org/imvros.php?catid=2> (εύρεση 15/6/2012)
- Republic of Turkey Prime Ministry, Disaster and Emergency Management Presidency, Earthquake Department (AFAD), <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Veritabani/Tarihsel.aspx> (εύρεση 30/6/2012)
- Tarihin Belgeleri, <http://tarihinbelgeleri.com/wp-content/uploads/2011/08/%C3%A7anakkale-deprem-harita.jpg> (εύρεση 30/6/2012)
- U.S. Geological Survey (USGS), <http://glavis.usgs.gov/index.shtml> (εύρεση 2/11/2013)

- U.S. Geological Survey (USGS), A global land-imaging mission, <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf> (εύρεση 29/1/2014)
- <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php> (εύρεση 23/9/2013)
- U.S. Geological Survey (USGS), Landsat 8, <http://pubs.usgs.gov/fs/2013/3060/pdf/fs2013-3060.pdf> (εύρεση 29/1/2014)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK – Τουρκική Στατιστική Υπηρεσία), http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2&ENVID=adnksdb2Env&report=wa_i_dari_yapi_10sonrasi.RDF&p_il1=17&p_yil=2012&p_dil=2&desformat=html (εύρεση 31/1/2014)
- geodata.gov.gr, <http://geodata.gov.gr/maps/?zoom=6&lat=4616796&lon=2978536&layers=corine2000&layeropacity=100&baselayer=google&baselayeropacity=100> (εύρεση 25/1/2014)
- European Environment Agency (EEA), <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/#tab-alldataproducs> (εύρεση 25/1/2014)