

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ (TSUNAMI). ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟ ΠΟΡΤ – Ο – ΠΡΕΝΣ, ΑΪΤΗ.

Μπατζάκης Δημήτριος-Βασίλειος¹, Μποφίλιος Αντώνιος¹, Καρύμπαλης Ευθύμιος², Μισθός Λουκάς-Μωυσής³

¹ *Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Ελ. Βενιζέλου 70, Καλλιθέα, 17671, emails: mpatzakis@gmail.com, bofiliosa@gmail.com*

² *Αναπληρωτής Καθηγητής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Ελ. Βενιζέλου 70, Καλλιθέα, 17671, email: karymbalis@hua.gr*

³ *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου, 15780, email: mosesmisthos@yahoo.com*

Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εφαρμογή μιας προσεγγιστικής μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών εμφάνισης ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην πόλη του Πορτ-ο-Πρενς της Αϊτής. Ένα ακραίο σενάριο υιοθετήθηκε, βασισμένο σε επιστημονικές προσεγγίσεις που προκύπτουν από τη διεθνή βιβλιογραφία. Η ανάλυση των παραμέτρων πραγματοποιήθηκε μέσω ΓΣΠ. Το μέγιστο υψόμετρο των ροών διείσδυσης του κύματος, ως βασική παράμετρος του σεναρίου, εκτιμήθηκε σε συνάρτηση με το γεωδυναμικό καθεστώς και τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής. Από την επεξεργασία των στοιχείων προσδιορίστηκε χωρικά η ζώνη κατάκλυσης που ορίστηκε έως την ισούψη των 10 μέτρων και εκτιμήθηκε η ταχύτητα των ροών διείσδυσης σε συνάρτηση με το υψόμετρο. Εν συνεχεία, εκτιμήθηκαν παράμετροι ασφαλούς διαφυγής του υπό έκθεση πληθυσμού, όπως η ελάχιστη απόσταση και ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την εκκένωση.

GRAVITY SEA WAVES (TSUNAMI) VULNERABILITY ASSESSMENT OF COASTAL AREAS. CASE STUDY PORT – AU – PRINCE, HAITI.

Batzakis Dimitrios-Vasileios¹, Bofilios Antonios¹, Karymbalis Efthimios², Misthos Loukas-Moysis³

¹ *Harokopio University, Department of Geography, 70 El. Venizelou Str., 17671, email: mpatzakis@gmail.com, bofiliosa@gmail.com*

² *Associate Professor, Harokopio University, Department of Geography, 70 El. Venizelou Str., 17671, email: karymbalis@hua.gr*

³ *National Technical University of Athens, School of Rural and Surveying Engineering, Laboratory of Cartography, 9 Heroon Polytechniou Str., 15780, emails: mosesmisthos@yahoo.com*

Abstract

The purpose of this study is to apply an approximate methodology for determining the characteristics of a gravity sea wave (tsunami) in the city of Port-au-Prince, Haiti. In order to assess the vulnerability, the scientific community has recently developed methodological approaches that aspire to more effective disaster management. The approaches above focus on accurately determining the exact coastal areas that are prone to be flooded (inundation zone) and on recording and analyzing the exposed coastal entities (population, building stock, critical functions etc.). A worst case scenario was primarily established, based on scientific approaches from the international literature review. The parameter analysis was performed using GIS. The basic topographic level for analyzing the data of the current study has been conducted by using the Digital Elevation Model (DEM) of the study area, which is produced by the processing of the high resolution altitude data from the satellite system LiDAR. The maximum altitude of run-up of the wave flows is a key parameter of the scenario, estimated according to the geodynamics and seismicity of the region. From the analysis of spatial data the inundation zone is determined at the contour of 10 meters and the run-up flows are estimated as a function of altitude. The analysis of specific parameters indicates that the initial flow velocity near the coastline will exceed the 6 m/s, and close to the contour of 10 m velocity is about 2m/s. Furthermore, parameters of escape ability from the flooded area, which is the distance an individual has to travel and the time it takes to evacuate the expected flooded areas are

estimated. The analysis shows that the maximum distance is at 1,140 meters and the time required to cover this distance is 10.5 minutes.

Λέξεις Κλειδιά: Φυσικές καταστροφές, θαλάσσια κύματα βαρύτητας, έκθεση στον κίνδυνο, εκτίμηση τρωτότητας, διείσδυση πλημμυρικών ροών, Πορτ-ο-Πρενς.

Keywords: Natural disasters; gravity sea waves; hazard exposure; vulnerability assessment; run-up; Port-au-Prince.

Εισαγωγή

Τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (tsunami) αποτελούν φυσικό κίνδυνο (natural hazard) που δυνητικά μπορεί να πλήξει οποιαδήποτε παράκτια περιοχή στο κόσμο. Η πρόσφατη εμπειρία – Ινδικός Ωκεανός, 2004 και Ιαπωνία, 2011 – κατέδειξε ότι οι ανθρώπινες κοινωνίες χαρακτηρίζονται από τρωτότητα (vulnerability) στο συγκεκριμένο κίνδυνο, είτε αυτές είναι ανεπτυγμένες είτε υπό ανάπτυξη. Για την εκτίμηση της τρωτότητας, τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αναπτυχθεί μεθοδολογικές προσεγγίσεις που προσβλέπουν στην αποτελεσματικότερη διαχείριση μιας καταστροφής (disaster management). Οι προσεγγίσεις αυτές, εστιάζουν στο χωρικό προσδιορισμό της ζώνης κατάκλυσης (inundation zone) παράκτιων περιοχών που χαρακτηρίζονται ως επιρρεπείς στα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (tsunami prone) και στην καταγραφή και διερεύνηση των εκτιθέμενων (exposed) παράκτιων οντοτήτων (πληθυσμός, κτηριακό απόθεμα, κρίσιμες λειτουργίες κ.α.). Η υπό έκθεση περιοχή προσδιορίζεται χωρικά βάσει του σεναρίου εκδήλωσης ενός πιθανού γεγονότος, ως ακραίου σεναρίου (worst case scenario), βασισμένου σε προηγούμενα συμβάντα και σε εμπειρικές επιστημονικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών της επικείμενης εμφάνισης του υπό εξέταση κινδύνου.

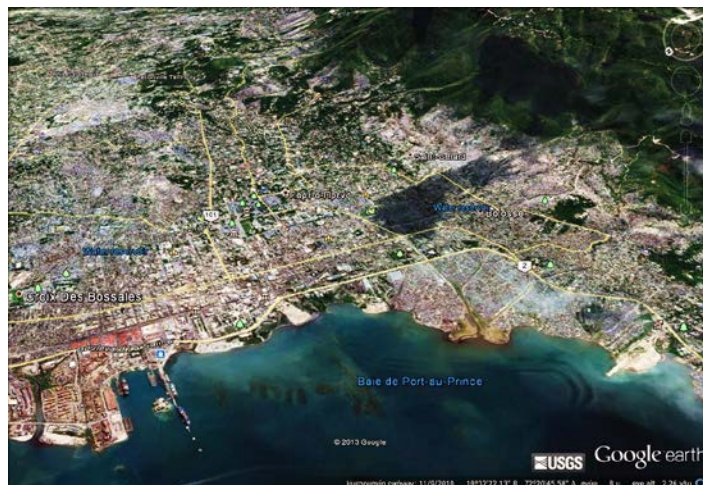
Στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκε η παράκτια περιοχή του Πορτ-ο-Πρενς (Port-au-Prince), πρωτεύουσας της Αϊτής, για την οποία υιοθετήθηκε ένα ακραίο σενάριο θαλασσίου κύματος βαρύτητας, με γενεσιουργό αίτιο έναν υποθαλάσσιο σεισμό. Η δυναμική των ρηξιγενών ζωνών στην παραγωγή τσουνάμι και τα χαρακτηριστικά του κύματος προέκυψαν από την εξέταση του γεωδυναμικού καθεστώτος της ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής της Καραϊβικής και από τη βιβλιογραφική επισκόπηση. Βάσει αυτού του σεναρίου και με τη χρήση ΓΣΠ αρχικά εκτιμήθηκε το κρίσιμο χαρακτηριστικό του μέγιστου υψομέτρου διείσδυσης των πλημμυρικών ροών (maximum run-up) και ορίστηκε χωρικά η περιοχή κατάκλυσης (inundation zone). Εν συνεχεία, βάσει των κύριων χαρακτηριστικών της τοπογραφίας υπολογίστηκε αρχικά το μέγεθος της ταχύτητας των πλημμυρικών ροών και ακολούθως παράμετροι της ανθρώπινης τρωτότητας, όπως η ελάχιστη απόσταση και ο ελάχιστος χρόνος διαφυγής από την περιοχή κατάκλυσης. Βασικό τοπογραφικό επίπεδο για την ανάλυση των δεδομένων αποτέλεσε το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της περιοχής μελέτης που παράχθηκε από την επεξεργασία των δεδομένων υψομέτρου υψηλής ακρίβειας του δορυφορικού συστήματος LiDAR, τα οποία παρέχονται ελεύθερα στο διαδίκτυο.

Η σημασία των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας αυτής έγκειται στην αποτύπωση βασικών χωρικών και δυναμικών παραμέτρων που ενισχύουν την κατασκευή σχεδίων έκτακτης ανάγκης και ενδυναμώνουν τις πρακτικές για το μετριασμό των επιπτώσεων (mitigation) μιας καταστροφής και τη διαχείριση της διακινδύνευσης (risk management).

Περιοχή μελέτης

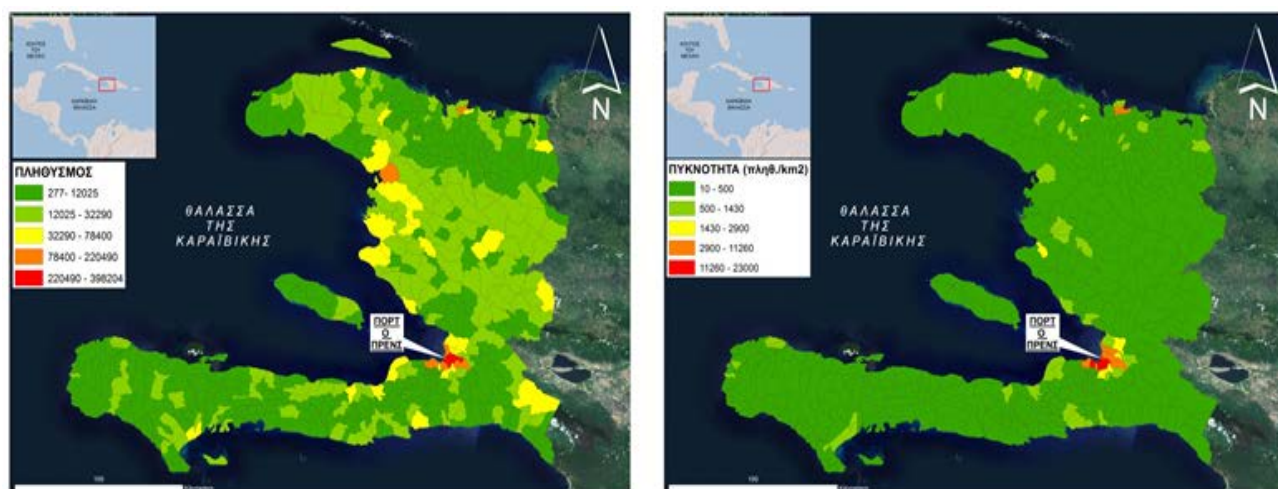
Η Ισπανιόλα, το νησί του οποίου το ανατολικό τμήμα καταλαμβάνει η Αϊτή και το δυτικό η Δομινικανή Δημοκρατία, χαρακτηρίζεται από υψηλή σεισμικότητα ως αποτέλεσμα των ενεργών σεισμικά ρηξιγενών ζωνών. Ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Αντίλλων, στη τεκτονική πλάκα της Καραϊβικής. Ιστορικά έχουν καταγραφεί, από διάφορες πηγές, 75 γεγονότα με ένταση μεγαλύτερη του 1 στην κλίμακα των τσουνάμι τα τελευταία 500 χρόνια. Ο αριθμός αυτός εκτιμάται ότι αντιστοιχεί στο 7-10% των τσουνάμι που συμβαίνουν σε παγκόσμια κλίμακα σε ωκεάνιο περιβάλλον. Οι μηχανισμοί γένεσης των τσουνάμι συνδέονται τόσο με την σεισμικότητα όσο και με την ηφαιστειότητα της περιοχής και με τις υποθαλάσσιες κατολισθήσεις (Intergovernmental Oceanographic Commission, 2012). Τα τελευταία 200 χρόνια έχουν καταγραφεί 3500 θάνατοι εξαιτίας του κινδύνου των τσουνάμι. Οι υψηλές πληθυσμιακές πυκνότητες σε συνδυασμό με το γεγονός πως η περιοχή αποτελεί τουριστικό θέλγητρο, καθιστά την περιοχή πληθυσμιακά τρωτή.

Το Πορτ-ο-Πρενς είναι η πρωτεύουσα και η μεγαλύτερη σε πληθυσμό πόλη της Αϊτής. Η πόλη είναι χτισμένη αμφιθεατρικά, οι εμπορικές περιοχές έχουν αναπτυχθεί στην παραλιακή ζώνη, ενώ οι κατοικήσιμες ζώνες εντοπίζονται διάσπαρτες στο μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης της πρωτεύουσας (Εικ. 1). Ο πληθυσμός της ευρύτερης περιοχής σύμφωνα με την απογραφή του 2007 είναι 1.728.100 κάτοικοι αλλά λόγω της συνεχούς αύξησης εκτιμάται ότι την επόμενη δεκαετία ο πληθυσμός θα ανέρχεται μεταξύ 2,5 και 3 εκατομμυρίων κατοίκων. Η μητροπολιτική περιοχή της πόλης διαιρείται σε διακριτές περιοχές, τις κοινότητες (communes) και καλύπτει συνολική έκταση 36 km², από τα οποία τα 26 km² θεωρούνται αστικά και προσδιορίζουν τις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο. Το υψόμετρο στη περιοχή μελέτης κυμαίνεται από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 600 μέτρα.



Εικόνα 1. Δορυφορική εικόνα από Google Earth της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην παράκτια ζώνη που παρουσιάζει την μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα στην αστική περιοχή του Πορτ-ο-Πρενς (Εικ. 2). Σύμφωνα με την γενική απογραφή πληθυσμού του 2003 από το Institut Haitien Statistiques de et d'Informatique (2006), στην αστική ζώνη του Πορτ-ο-Πρενς ο πληθυσμός ανέρχεται σε 733.840 άτομα. Η πυκνότητα του πληθυσμού στην περιοχή μελέτης ήταν 28.757 άτομα ανά km², η υψηλότερη στην Αϊτή (Myrtho and Fahui, 2010).



Εικόνα 2. Χάρτες κατανομής πληθυσμού (αριστερά) και πληθυσμιακής πυκνότητας (δεξιά). Χαρακτηριστικά είναι τα υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης πληθυσμού στην περιοχή ενδιαφέροντος.

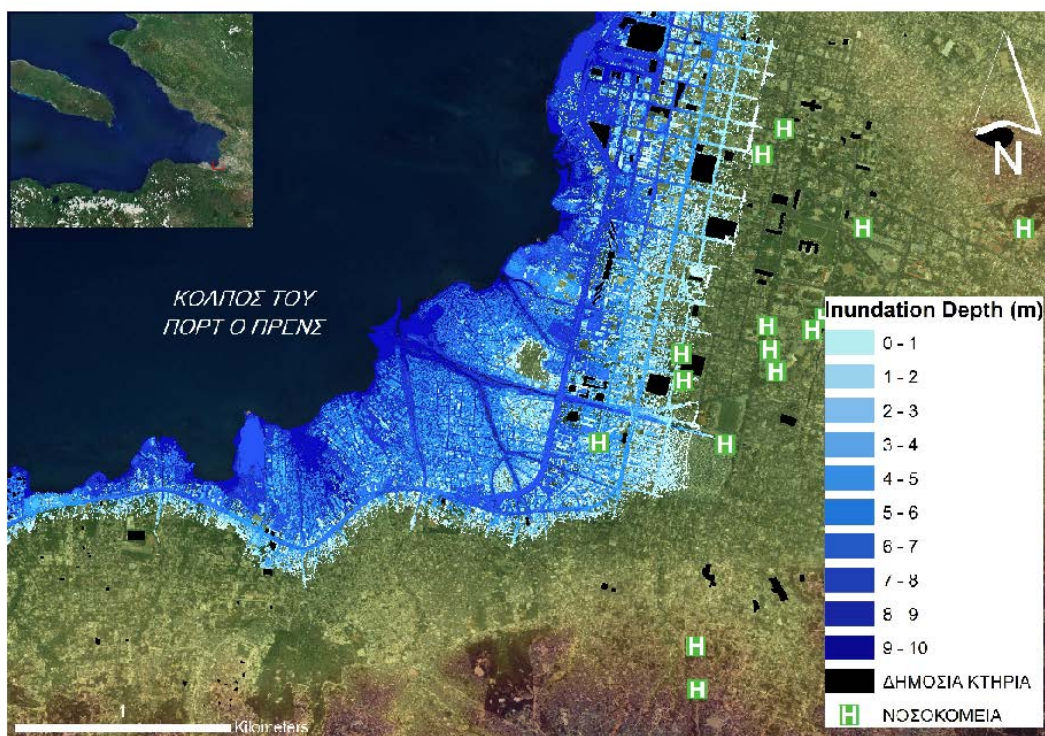
Εκτίμηση υψομέτρου διεξόδου των πλημμυρικών ροών

Η περιοχή μελέτης, όπως αναφέρθηκε, έχει υποστεί σημαντικές ιστορικές καταστροφές από φυσικούς κινδύνους, όπως οι σεισμοί και τα τσουνάμι. Τον Ιανουάριο του 2010, ο σεισμός με μέγεθος 7,0 M_w και επίκεντρο

50 km από την πρωτεύουσα της Αϊτής, είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο ή τραυματισμό 375.000 ανθρώπων και τον εκτοπισμό 630.000 από την πόλη (Bramante and Raju, 2013). Διερευνώντας τη διεθνή βιβλιογραφία ως προς τα χαρακτηριστικά των τεκτονικών δομών και ρηξιγενών ζωνών της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Κόλπος της Καραϊβικής) αλλά και τα μεγέθη των σεισμών που έχουν καταγραφεί, με σημαντικότερο το σεισμό του 2010, προκύπτει ότι η πόλη του Πορτ-ο-Πρενς είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε σεισμούς με μέγεθος μεγαλύτερο από 7 M_w (Brink et al., 2011) αλλά και σε θαλάσσια κύματα βαρύτητας που έχουν σα μηχανισμό γένεσης τους σεισμούς ή τις υποθαλάσσιες κατολισθήσεις.

Βάσει των παραπάνω χαρακτηριστικών είναι δυνατόν να εκτιμηθούν βασικά χαρακτηριστικά των τσουνάμι όπως το μέγιστο υψόμετρο διείσδυσης των πλημμυρικών ροών (maximum run-up height) καθώς και η ταχύτητά τους. Ο Bryant (2001), παρουσιάζει μια σειρά από πίνακες που συσχετίζουν το μέγεθος ενός σεισμού με το μέγιστο υψόμετρο διείσδυσης των πλημμυρικών ροών. Σύμφωνα με αυτούς τους πίνακες σεισμοί με μέγεθος 7,0 – 7,4 μπορούν να προκαλέσουν τσουνάμι με μέγιστο run-up έως και 10 μέτρα.

Αυτό το γεγονός, ως ακραίο σενάριο, υιοθετείται στην παρούσα μελέτη τμήματος της παράκτιας ζώνης του Πορτ-ο-Πρενς. Για το σκοπό αυτό, η επεξεργασία των στοιχείων πραγματοποιήθηκε μέσω λογισμικού ΓΣΠ. Για τον υπολογισμό και οπτικοποίηση του μέγιστου run-up ήταν απαραίτητη η επεξεργασία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) με μέγεθος εικονοστοιχείου το 1 μέτρο που ανακτήθηκε από τον ιστότοπο Opendtopo. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας παρουσιάζονται στο χάρτη της Εικόνας 3.



Εικόνα 3. Εκτιμώμενες ροές διείσδυσης όπως υπολογίστηκαν με βάση το σενάριο της διείσδυσης του κύματος τσουνάμι έως την ισοϋνία των 10 μέτρων.

Ταχύτητα διείσδυσης των πλημμυρικών ροών

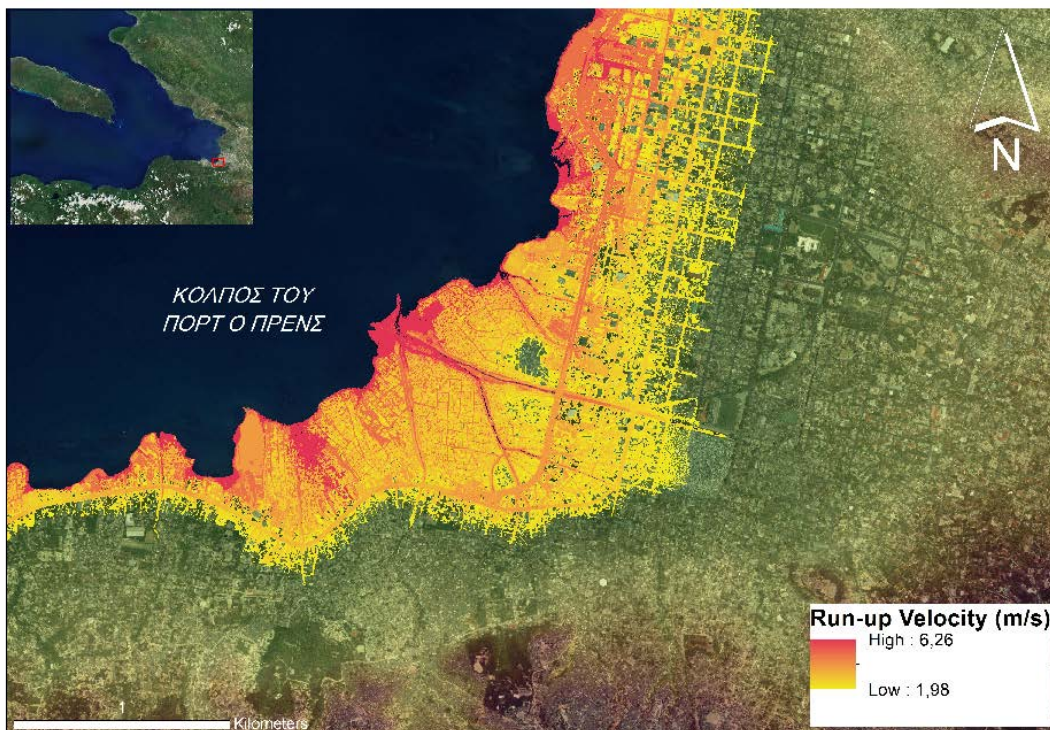
Μια άλλη φυσική παράμετρος για την εκτίμηση των επιπτώσεων ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας είναι η ταχύτητα των ροών διείσδυσης. Ο Bryant (2001), προτείνει διάφορες μεθοδολογίες, βασισμένες σε εμπειρικές μαθηματικές εξισώσεις, σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να εκτιμηθεί η ταχύτητα αυτών των ροών. Η πιο σύνθετη από αυτές συσχετίζει το βάθος και την επιφανειακή κλίση των ροών διείσδυσης. Καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για την κλίση των ροών η ταχύτητά τους υπολογίστηκε από τον απλοποιημένο τύπο:

$$U_r = 2(gd)^{0.5}$$

Όπου, U_r η ταχύτητα των πλημμυρικών ροών, g επιτάχυνση της βαρύτητας που ισούται με $9,8 \text{ m/s}^2$ και d το βάθος των ροών στη χέρσο.

Η παραπάνω εξίσωση υπολογίστηκε και οπτικοποιήθηκε με τη χρήση ΓΣΠ και συνδέθηκε με το θεματικό επίπεδο των ροών διείσδυσης που παρουσιάζεται παραπάνω. Η μεθοδολογία αυτή στην περιοχή μελέτης και με συγκεκριμένο ακραίο σενάριο δίνει ταχύτητες οι οποίες ξεπερνούν τα 6 m/s στις περιοχές κοντά στην ακτογραμμή, ενώ η ταχύτητά τους μειώνεται σε σχέση με την απόσταση από την ακτογραμμή και το υψόμετρο, φτάνοντας περίπου τα 2 m/s πλησιάζοντας στην ισοϋψή των 10 μέτρων .

Στην Εικόνα 4 αποτυπώνονται οι ταχύτητες των ροών διείσδυσης στις παράκτιες περιοχές της πόλης του Πορτ-ο-Πρενς. Ακόμα, πρέπει να σημειωθεί πως οι εκτιμώμενες ταχύτητες σε τμήματα ανάμεσα σε οικοδομικά τετράγωνα αναμένεται μεγαλύτερες ως αποτέλεσμα του νόμου Bernoulli, σύμφωνα με τον οποίο όταν ένα ρευστό, έτσι και το νερό, όταν κινείται σε οποιαδήποτε αγωγό στον οποίο μικραίνει η διατομή του τότε αυτό αυξάνει την ταχύτητά του.



Εικόνα 4. Εκτιμώμενη ταχύτητα των ροών διείσδυσης.

Ικανότητα διαφυγής

Στο πλαίσιο της εργασίας εκτιμήθηκαν δύο επιπλέον χαρακτηριστικά που έχουν ιδιαίτερη σημασία για το στάδιο της έγκαιρης προειδοποίησης και της διαφυγής από την περιοχή κατάκλυσης.

Αρχικά υπολογίστηκε, μέσω των λειτουργιών του ΓΣΠ, η ελάχιστη δυνατή απόσταση που πρέπει κάποιος να διανύσει για να βρεθεί εκτός της περιοχής που θα πλημμυρίσει. Η ταξινόμηση των εκτιμώμενων αποστάσεων, όπως παρουσιάζεται στο χάρτη της Εικόνας 5, έγινε σε 11 κλάσεις ανά 100 μέτρα , και αναφέρεται στην ελάχιστη απόσταση από την ακτογραμμή έως το σημείο εκείνο το οποίο δε θα επηρεάσουν οι πλημμυρικές ροές και που στην παρούσα μελέτη, βάση του σεναρίου που υιοθετήθηκε, είναι η ισοϋψής των 10 μέτρων .

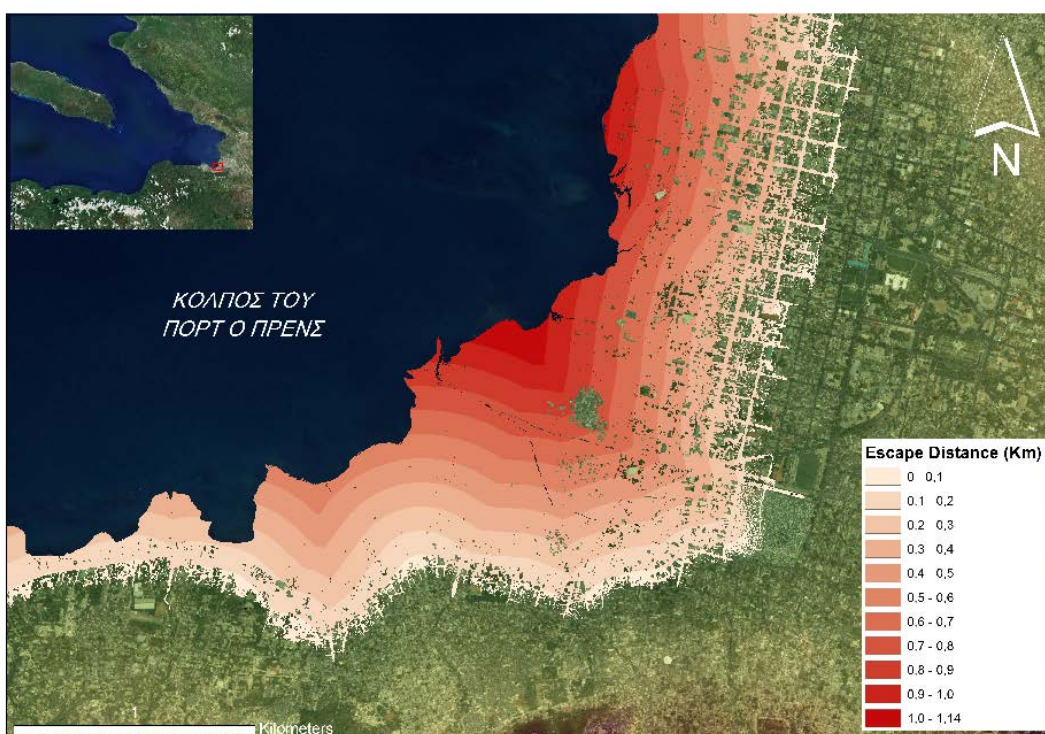
Επιπλέον, στο επόμενο στάδιο, έχοντας υπολογίσει το επίπεδο με την πληροφορία της ελάχιστης απόστασης διαφυγής, εκτιμήθηκε ο ελάχιστος χρόνος που χρειάζεται κάποιος, ο οποίος βρίσκεται στην περιοχή

κατάκλυσης, ώστε να την εγκαταλείψει (Εικ. 6). Σαν ταχύτητα διαφυγής ορίστηκαν τα 6,5 m/s, που εκτιμάται ότι είναι η μέση ταχύτητα που ένας άνθρωπος κάνει τζόκινγκ. Ο χρόνος υπολογίστηκε από την εξίσωση της κινηματικής που ορίζεται από το μαθηματικό τύπο:

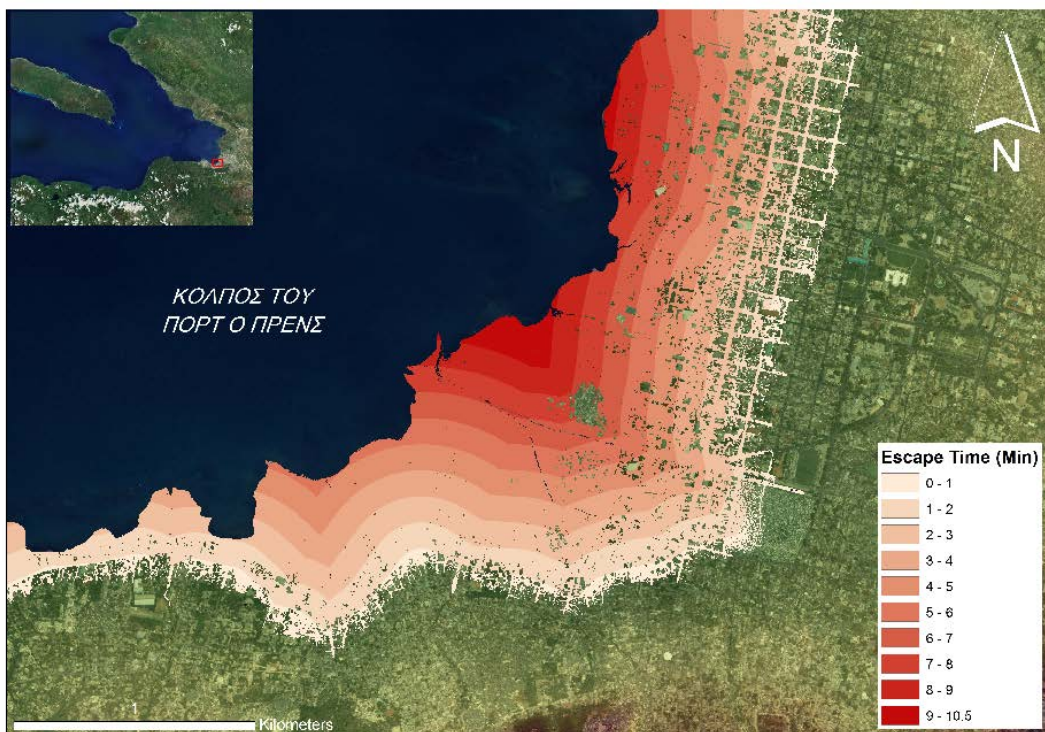
$$U = S/T \leftrightarrow T = S/U$$

Όπου, U η ταχύτητα διαφυγής των ανθρώπων, S η απόσταση και T ο χρόνος.

Οι εκτιμήσεις που παρουσιάζονται στους χάρτες (Εικ. 5 και Εικ. 6) είναι βασικές παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το στάδιο του επιχειρησιακού σχεδιασμού. Έτσι, για την περιοχή μελέτης της εργασίας προκύπτει ότι η μέγιστη απόσταση που κάποιος πρέπει να διανύσει ώστε να διαφύγει είναι περίπου 1.140 μέτρα και ο εκτιμώμενος μέγιστος χρόνος είναι τα 10,5 λεπτά. Αυτό σημαίνει ότι η έγκαιρη προειδοποίηση θα πρέπει να γίνει πριν από τα 10,5 λεπτά από τη στιγμή που το τσουνάμι θα προσεγγίσει την ακτογραμμή ώστε να μπορέσει ολόκληρος ο πληθυσμός να διαφύγει.



Εικόνα 5. Χάρτης αποστάσεων ασφαλούς διαφυγής.



Εικόνα 6. Χάρτης στον οποίο απεικονίζεται ο ελάχιστος χρόνος ασφαλούς διαφυγής.

Συμπεράσματα

Η τρωτότητα στα τσουνάμι είναι η επιρρέπεια που παρουσιάζει μια κοινωνία τόσο σε υλικές και οικονομικές ζημιές αλλά και σε θανάτους και τραυματισμούς ανθρώπων απόρροια του καταστροφικού αυτού φαινομένου. Στις περιπτώσεις εμφάνισης ενός μεγάλης έντασης θαλασσίσιου κύματος βαρύτητας η τρωτότητα που παρουσιάζει μια κοινότητα είναι κατά πολύ αυξημένη σε σχέση με άλλους κινδύνους εξαιτίας της ραγδαιότητας του φαινομένου και της αδυναμίας έγκαιρης προειδοποίησης στις περισσότερες των περιπτώσεων. Χαρτογραφώντας επομένως τις παραμέτρους του κινδύνου (hazard) θέτουμε ουσιαστικά τις βάσεις για έναν αποτελεσματικότερο επιχειρησιακό σχεδιασμό καθώς η διακύμανση στα χαρακτηριστικά του κινδύνου και η ανομοιομορφία κατανομής στα χαρακτηριστικά των κοινωνιών δημιουργούν επιμέρους ζώνες επικινδυνότητας με διαφοροποιήσεις στην διαχείριση μιας επικείμενης καταστροφής.

Στην μελέτη για την εκτίμηση της τρωτότητας την παράκτια ζώνη του Πορτ-ο-Πρενς υιοθετήθηκε ένα ακραίο σενάριο εμφάνισης τσουνάμι με χαρακτηριστικό υψόμετρο διείσδυσης των πλημμυρικών ροών του κύματος σε συνάρτηση με τη δυναμικών των μεγεθών των σεισμών που μπορούν να εκδηλωθούν στην ευρύτερη περιοχή όπως προκύπτει από την επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Βάσει αυτού του σεναρίου σεισμοί της τάξης των $7M_w$ μπορούν να προκαλέσουν κατ' εκτίμηση κύματα τσουνάμι με χαρακτηριστικό υψόμετρο διείσδυσης των πλημμυρικών ροών τους έως τα 10 μέτρα. Από την επεξεργασία αυτού του σεναρίου στην περιοχή μελέτης προκύπτει ότι οι πλημμυρικές ροές μπορούν να φτάσουν έως και τα 1.140 μέτρα από την ακτογραμμή ακολουθώντας την τοπογραφία. Επίσης, από την επεξεργασία των επιμέρους παραμέτρων προκύπτει ότι η αρχική ταχύτητα των ροών κοντά στην ακτογραμμή θα ξεπερνά τα 6 m/s και καθώς πλησιάζει την ισοϋψή των 10 μέτρων η ταχύτητά τους θα είναι περίπου 2m/s. Ακόμα, εκτιμήθηκαν παράμετροι ασφαλούς διαφυγής από την περιοχή κατάκλυσης όπως η απόσταση που έχει κάποιος να διανύσει και ο χρόνος που χρειάζεται για να βρεθεί εκτός των περιοχών που αναμένονται να πλημμυρίσουν. Από την ανάλυση προκύπτει ότι η μέγιστη

απόσταση ανέρχεται στα 1.140 μέτρα και ο χρόνος που απαιτείται για να καλυφθεί αυτή η απόσταση είναι 10,5 λεπτά. Οι τιμές αυτές αφορούν στην εκκένωση σημείων που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή.

Βιβλιογραφία

- Bramante J.F. and Raju D.K., 2013. Predicting the distribution of informal camps established by the displaced after a catastrophic disaster, Port-au-Prince, Haiti, *Applied Geography* 40 30-39, Elsevier.
- Brink U.S., Bakun W.H., Flores C.H., 2011. Historical perspective on seismic hazard to Hispaniola and the northeast Caribbean region. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. Exercise Caribe Wave/Lantex 13. A Caribbean Tsunami Warning Exercise, 20 March 2013. Volume 1: Participant Handbook. IOC Technical Series No. 101. Paris, UNESCO, 2012.
- Myrtho J. and Fahui W., 2010. Population density patterns in Port-au-Prince, Haiti: A model of Latin American city?. *Cities* 27, 127–136, Elsevier.
- Smith K., 2004. *Environmental hazards, assessing risk and reducing disaster*, New York: Routledge, 140-141p.