



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»

Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

*«Μελέτη της επικινδυνότητας του Ν. Ηλείας στους παράκτιους φυσικούς
κινδύνους με τη χρήση των ΣΓΠ»*

Διπλωματική εργασία της Θεοδώρας Κεφάλα

Αθήνα, Οκτώβριος 2015



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»

Κατεύθυνση Γεωπληροφορικής

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

*«Μελέτη της επικινδυνότητας του Ν. Ηλείας στους παράκτιους φυσικούς
κινδύνους με τη χρήση των ΣΓΠ»*

Διπλωματική εργασία της Θεοδώρας Κεφάλα

Επιβλέπων καθηγητής: Ευθύμιος Καρύμπαλης

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2014 και 2015 στα πλαίσια της φοίτησης μου στο ΠΜΣ «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου» του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου όσους με στήριξαν κατά την περίοδο εκπόνησης της εργασίας μου καθώς και σε όσους συνέβαλαν στην υλοποίησή της.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου:

Στον αναπληρωτή καθηγητή κύριο Καρύμπαλη Ευθύμιο διότι με τις γνώσεις του και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, έγινε δυνατή η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας.

Στην υποψήφια διδάκτορα Βαλκάνου Νέλη για τη συμβολή της στην ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Στους κύριους καθηγητές για τη συμβολή τους στην αξιολόγηση της παρούσας εργασίας.

Στον Κλεάνθη και σε όλους τους φίλους μου, που μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό το διάστημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	1
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	1
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ	1
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	3
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ -1- <u>Θεωρητικό πλαίσιο</u>	8
1. Φυσικές καταστροφές	8
1.1. Τρωτότητα (Vulnerability)	11
1.2. Κίνδυνος (Risk)	11
1.3. Επικινδυνότητα (Hazard)	11
2. Παράκτια ζώνη και άνοδος της θαλάσσιας στάθμης	12
2.1. Κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στην παράκτια ζώνη	15
2.2. Αντίδραση των παράκτιων περιοχών στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης	19
3. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας	23
3.1. Σύντομη αναφορά στην κυματική θεωρία	23
3.2. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Tsunami Waves)	25
3.3. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας στον ελληνικό χώρο	30
4. Χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για τη μελέτη παράκτιων φυσικών κινδύνων	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ -2- <u>Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών</u>	35
1. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information	

Systems)	35
2. Μορφές δεδομένων	38
2.1. Δεδομένα ψηφιδωτής μορφής (Raster Data)	38
2.1.1 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ)	38
2.2. Δεδομένα διανυσματικής μορφής (Vector Data)	39
2.2.1 Ισοπληθείς γραμμές	40
3. Χρήσιμα εργαλεία για την επεξεργασία των δεδομένων	41
3.1 Εργαλείο Mosaic To New Raster	41
3.2. Εργαλείο Extract by Mask	41
3.3. Εργαλείο Hillshade	42
3.4 Εργαλείο Contour	42
3.5. Εργαλείο Select By Attributes	43
3.6. Ψηφιοποίηση (Digitizing)	43
3.7. Εργαλείο Feature to Polygon	43
3.8. Εργαλεία Clip και Merge	44
3.9. Εργαλείο Slope	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ -3- Περιοχή Μελέτης: νομός Ηλείας	46
1. Γεωγραφική θέση και γεωμορφολογία	46
2. Κλίμα	48
3. Γεωλογικό υπόβαθρο	48
3.1. Πετρώματα της Ιόνιας ζώνης	49
3.2. Πετρώματα της ζώνης Τριπόλεως	49
3.3. Μεταλλικοί σχηματισμοί	50
4. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας στον νομό Ηλείας	52
5. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά	53

6.	Παραγωγικές Δραστηριότητες	54
6.1.	Πρωτογενής Τομέας	54
6.2.	Δευτερογενής Τομέας	55
6.3.	Τριτογενής Τομέας	55
7.	Οικολογικές περιοχές (Περιοχές Δικτύου Natura 2000)	56
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ -4- <u>Μεθοδολογία</u>	59
1.	Δεδομένα μελέτης	59
2.	Μεθοδολογία	60
2.1.	Δημιουργία ενιαίου ΨΜΕ του Νομού Ηλείας	60
2.2.	Δημιουργία χαρτογραφικών επιπέδων των λιμνών και των σημαντικότερων πόλεων/χωριών	61
2.3.	Εξαγωγή ισοϋψών για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας	61
2.4.	Δημιουργία ζωνών επικινδυνότητας για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας	62
2.5.	Κατηγοριοποίηση των λιθολογικών ενοτήτων ως προς την διαβρωσιμότητά τους στις παράκτιες διεργασίες – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης	64
2.6.	Εντοπισμός των χρήσεων γης και της αντοχής των πετρωμάτων που εντάσσονται στην περιοχή που ορίζουν οι ζώνες επικινδυνότητας – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης	64
2.7.	Εντοπισμός των χρήσεων γης που εντάσσονται στην περιοχή που ορίζουν οι ζώνες επικινδυνότητας – Θαλάσσια κύματα βαρύτητας	65
2.8.	Εύρεση ποσοστών που καταλαμβάνουν οι λιθολογικές ενότητες και οι χρήσεις γης στις ζώνες επικινδυνότητας	66
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ -5- <u>Αποτελέσματα</u>	67
1.	Μελέτη των επιπτώσεων της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στις παράκτιες περιοχές του Νομού Ηλείας	67
1.1	Δημιουργία Ζωνών Επικινδυνότητας	67

1.2.	Εντοπισμός της ανθεκτικότητας των πετρωμάτων εντός των δύο ζωνών επικινδυνότητας	69
1.3.	Εντοπισμός της χρήσης γης των περιοχών εντός των δύο ζωνών επικινδυνότητας	77
2.	Μελέτη των επιπτώσεων της έλευσης Θαλάσσιου Κύματος Βαρύτητας στις παράκτιες περιοχές του Νομού Ηλείας	82
2.1.	Δημιουργία ζωνών επικινδυνότητας	82
2.2.	Εντοπισμός των χρήσεων γης των περιοχών εντός των δύο ζωνών επικινδυνότητας	85
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ -6- <u>Συμπεράσματα</u>	90
1.	Άνοδος Θαλάσσιας Στάθμης στο νομό Ηλείας	90
2.	Έλευση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στο νομό Ηλείας	92
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	104

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: Μοντέλο κατανομής καταστροφών (Λέκκας, 2010)	10
ΕΙΚΟΝΑ 2: Θερμοκρασία (σε εκατοστημόρια) στη χέρσο και στους ωκεανούς την περίοδο Ιανουαρίου – Σεπτεμβρίου 2014. Παρατηρείται ότι οι τιμές της θερμοκρασίας σε σχέση με άλλες χρονιές είναι κατά κύριο λόγο θερμότερες κυρίως πάνω από τον Ειρηνικό Ωκεανό (Πηγή: NOAA, 2014)	19
ΕΙΚΟΝΑ 3: Χαρακτηριστικά κύματος (Πηγή: Αγαπητός κ.α., 2011)	24
ΕΙΚΟΝΑ 4: Στην περίπτωση ενός υποθαλάσσιου σεισμού, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας δημιουργούνται από τη βίαιη σύγκρουση των λιθοσφαιρικών πλακών (Πηγή: Meidje, 2005)	26
ΕΙΚΟΝΑ 5: Η εξέλιξη των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας (ΘΚΒ) από τον ωκεανό στις παράκτιες περιοχές (Τροποποιημένη από: Meidje, 2005)	27

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Η κλίμακα μέτρησης της έντασης των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας Sieberg-Ambraseys (1962)	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Μερικά παραδείγματα καταστροφικών θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας ανά τον κόσμο (Πηγές: Καρύμπαλης, 2010; Κυριακόπουλος, 2003; Λέκκας, 2000)	30
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Πληθυσμιακή εξέλιξη νομού Ηλείας και Ελλάδας από το 1971 έως το 2011 (Πηγή: ΕΣΥΕ)	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Κατηγοριοποίηση των πετρωμάτων που απαρτίζουν τις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας αναφορικά με την ανθεκτικότητά τους στη διάβρωση	74
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 (Παράρτημα): Σημαντικά θαλάσσια κύματα βαρύτητας στη Δυτική Ελλάδα	

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

ΧΑΡΤΗΣ 1: Νομός Ηλείας. Όρια του νομού, σημαντικότερες πόλεις/χωριά, οι ποταμοί Πηνειός και Αλφειός, η Λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και οι λίμνες (Τεχνητή Λίμνη Πηνειού και η Λίμνη Καϊάφα – από βόρεια προς τα νότια)	47
---	----

ΧΑΡΤΗΣ 2: Γεωλογικό υπόβαθρο Νομού Ηλείας. Το μεγαλύτερο μέρος των παράκτιων περιοχών καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις, θίνες, λιμνοθάλασσες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων 51

ΧΑΡΤΗΣ 3: Περιοχές Natura 2000, όπου: GR2320001: Λιμνοθάλασσα Καλογριάς, Δάσος Στροφυλίας και έλος Λάμιας, Άραξος, GR2320008: Όρος Ερύμανθος, GR2320011: Υγρότοποι Καλογριάς – Λαμίας και Δάσος Στροφυλίας, GR2320012: Όρος Ερύμανθος, GR2330002: Το οροπέδιο Φολόης, GR2330003: Οι εκβολές (δέλτα) Πηνειού, GR2330004: Η περιοχή της Ολυμπίας, GR2330005: Θίνες και παραλιακό δάσος της Ζαχάρως, η λίμνη Καϊάφα, η Στροφυλία και ο Κακόβατος, GR2330006: Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η περιοχή Βρίνια, GR2330007: Η παράκτια ζώνη από το ακρωτήριο της Κυλήνης έως την περιοχή Τουμπί-Καλογριά, GR2330008: Η θαλάσσια περιοχή κόλπου Κυπαρισσίας: Ακρωτήριο Κατάκολο – Κυπαρισσία, GR2330009: Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και η αλυκή Λεχαιών 59

ΧΑΡΤΗΣ 4: Οι ισοϋψείς (0m, 2m και 4m) του νομού Ηλείας 68

ΧΑΡΤΗΣ 5: Ζώνες επικινδυνότητας για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στο νομό Ηλείας: Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) (κόκκινο χρώμα) και Β' ζώνη επικινδυνότητας (κίτρινο χρώμα) (2-4m) 68

ΧΑΡΤΗΣ 6: Κλίση νομού Ηλείας (σε μοίρες) 69

ΧΑΡΤΗΣ 7: Γεωλογικό υπόβαθρο Α' ζώνης επικινδυνότητας (0-2m). Παρατηρούνται κατά κύριο λόγο θίνες, λιμνοθάλασσες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων και αλλουβιακές αποθέσεις 71

ΧΑΡΤΗΣ 8: Γεωλογικό υπόβαθρο Β' ζώνης επικινδυνότητας (2-4m). Παρατηρούνται κατά κύριο λόγο θίνες και αλλουβιακές αποθέσεις 72

ΧΑΡΤΗΣ 9: Ανθεκτικότητα πετρωμάτων στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης 74

ΧΑΡΤΗΣ 10: Ανθεκτικότητα πετρωμάτων στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης 76

ΧΑΡΤΗΣ 11: Χρήσεις γης στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης 79

ΧΑΡΤΗΣ 12: Χρήσεις γης στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης 81

ΧΑΡΤΗΣ 13: Οι ισοϋψείς (0m, 10m και 20m) του νομού Ηλείας 83

ΧΑΡΤΗΣ 14: Ζώνες επικινδυνότητας για την έλευση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον νομό Ηλείας: Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-10m) (κόκκινο χρώμα) και Β' ζώνη επικινδυνότητας (10-20m) (κίτρινο χρώμα) 84

ΧΑΡΤΗΣ 15: Χρήσεις γης στην Α' ζώνη Επικινδυνότητας (0-10m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας 87

ΧΑΡΤΗΣ 16: Χρήσεις γης στη Β' ζώνη Επικινδυνότητας (10-20m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Ανθεκτικότητα πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (Α' Ζ.Ε.) (0-2m) 75

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Ανθεκτικότητα των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (Β' Ζ.Ε.) (2-4m) 77

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Ποσοστά χρήσεων γης στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης 80

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Ποσοστά χρήσεων γης στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) – Άνοδος θαλάσσιας στάθμης 82

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Ποσοστά χρήσεων γης στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-10m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας 88

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Ποσοστά χρήσεων γης στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (10-20m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας 90

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συντομογρα- φίες		Συντομογρα- φίες	
ΑΕ	Ανώνυμη Εταιρία	ΑΟΙ	Area Of Interest
ΑΕΠ	Ανατολικός Ατλαντικός	COSEE	Centers for Ocean Sciences Education Excellence
ΒΔ	Βορειοδυτικά	CVI	Coastal Vulnerability Index
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση	DEM	Digital Elevation Model
ΕΚΧΑ	Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση	ESRI	Environmental Research Institute
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή	GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection

ΖΕ	Ζώνη Επικινδυνότητας	GIS	Geographic Information Systems
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ΘΚΒ	Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας	NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ΙΓΜΕ	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών	SA	Société Anonyme
ΟΔΠΖ	Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης	SQL	Structured Query Language
πΧ	προ Χριστού		
ΣΓΠ	Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών		
ΨΜΕ	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους		

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παράκτια ζώνη είναι ένα από τα πιο μελετημένα από τους επιστήμονες περιβάλλοντα. Ως παράκτια ζώνη ορίζεται, σύμφωνα με το άρθρο 15 από το *Coastal Protection and Management Act* (1995), ο χώρος στον οποίο συγκλίνουν το χερσαίο και το θαλάσσιο περιβάλλον. Η παράκτια ζώνη προσφέρει στον άνθρωπο μεγάλη ποικιλία αγαθών και υπηρεσιών απαραίτητων για την ικανοποίηση των βασικών βιοτικών του αναγκών. Επομένως, ο άνθρωπος είναι άμεσα εξαρτημένος από την παράκτια ζώνη και οι κίνδυνοι που την απειλούν είναι πολλοί και πρέπει να αναγνωρισθούν και αντιμετωπιστούν.

Οι κίνδυνοι που διατρέχουν οι παράκτιες περιοχές αυξάνονται εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, η οποία εντείνεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή είναι η αύξηση της στάθμης της θάλασσας, οι αλλαγές της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων όπως επίσης η αυξημένη διάβρωση και οι πλημμύρες που προκαλούνται λόγω τυφώνων και ακραίων μετεωρολογικών συμβάντων στις ακτές. Ο σημαντικότερος κίνδυνος των παράκτιων περιοχών είναι η απειλή από την ολοένα αυξανόμενη στάθμη της θάλασσας. Υπάρχουν όμως και άλλα φαινόμενα τα οποία έχουν μεγάλη χρονική περίοδο επαναφοράς αλλά η επίδρασή τους στην παράκτιες περιοχές είναι καταστροφική, ιδιαίτερα για την ανθρώπινη ζωή. Το σημαντικότερο από αυτά τα φαινόμενα είναι τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας ή τσουνάμι (*tsunami*).

Τα αποτελέσματα των παράκτιων κινδύνων είναι δυνατόν να μελετηθούν και να αποτυπωθούν με τη χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ). Επιπλέον η χρήση των ΣΓΠ μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη και στο σχεδιασμό με σκοπό τη μετρίαση των αρνητικών αποτελεσμάτων των παράκτιων κινδύνων. Τα ΣΓΠ είναι συστήματα ικανά να διαχειρισθούν χωρικά και περιγραφικά δεδομένα συγχρόνως. Είναι πληροφοριακά συστήματα που παρέχουν στο χρήστη τις εξής δυνατότητες: συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης των χωρικών δεδομένων εντός ενός ψηφιακού περιβάλλοντος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία εκτιμώνται οι ενδεχόμενες επιπτώσεις δύο φυσικών φαινομένων στις παράκτιες περιοχές του Νομού Ηλείας (Πελοπόννησος). Τα δύο αυτά φαινόμενα είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η έλευση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Μεγαλύτερη έμφαση θα δοθεί στις επιπτώσεις που θα προκαλέσουν τα δύο αυτά φαινόμενα στην παράκτια περιοχή του νομού Ηλείας και στο ανθρωπογενές περιβάλλον.

Στην περιοχή μελέτης δημιουργήθηκαν τέσσερις ζώνες επικινδυνότητας στο χερσαίο τμήμα της παράκτιας ζώνης του Νομού Ηλείας (δύο για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης και δύο για την έλευση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας), οι οποίες έχουν στόχο την υπόδειξη των περιοχών που θα εμφανίσουν τα μεγαλύτερα προβλήματα από την ενδεχόμενη επίδραση ενός εκ των δύο προαναφερθέντων φυσικών φαινομένων, μέσω της χρήσης ΣΓΠ. Επίσης, ελήφθη υπόψη η κάλυψη γης της παράκτιας περιοχής του νομού Ηλείας καθώς και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του νομού όπως ο οικονομικός δείκτης της περιοχής, ο οποίος είναι ο χαμηλότερος της χώρας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι χάρτες που δείχνουν:

- I. Τις εκτάσεις που αναμένεται να καλυφθούν από θαλάσσιο νερό λόγω της ενδεχόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης ή της έλευσης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας.
- II. Τις δραστηριότητες που φιλοξενούν οι παράκτιες περιοχές οι οποίες είναι δυνατόν να πληγούν από την επίδραση της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης ή ενός ενδεχόμενου θαλάσσιου κύματος βαρύτητας και το μέτρο που είναι πιθανό να συμβεί αυτό.

ABSTRACT

In the current postgraduate dissertation the hazard from some of the near-shore natural phenomena is evaluated at the Ilia prefecture (Peloponnesus). Two of these phenomena are being examined, which are the anticipated sea level rise and tsunami waves. Further emphasis is being given in the impact the two phenomena have in the coastal areas of Ilia and also in the manmade environment.

In the Area Of Interest (AOI) four zones have been created (two for the study of the sea-level rise and two for the tsunami waves), with the help of GIS (Geographic Information Systems), in order to examine which areas of the AOI will be at risk, in the case of the occurrence of one of the phenomena or both of them. This thesis is also going to take into account the socio-economic features of the Ilia prefecture – which is the poorest prefecture of Greece - and also the land cover.

The results of the study are being presented in maps, in which it is shown:

- I. The areas which will be covered by seawater due to the possibility of sea-level rise or due to the occurrence of a tsunami wave.
- II. The activities which are going to suffer severe damage due to the possibility of sea-level rise or due to the occurrence of a tsunami and the extent of such submergence.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -1-

Θεωρητικό πλαίσιο

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στις φυσικές καταστροφές και περιγράφονται τα φυσικά φαινόμενα που μελετήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται αναφορά στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και τη σύνδεση αυτών με τα υπό μελέτη φαινόμενα.

1. Φυσικές καταστροφές

Σύμφωνα με τον *United Nations Department of Humanitarian Affairs (UNDHA)* το 2001:

«Καταστροφή είναι μία διαταραχή της λειτουργικότητας της κοινωνίας προκαλώντας ανθρώπινες, υλικές καθώς και περιβαλλοντικές απώλειες οι οποίες υπερβαίνουν την ικανότητα κάθε πληγείσας κοινωνίας να ανταπεξέλθει».

Οι καταστροφές αποτελούν έναν πολύπλοκο συνδυασμό μεταξύ φυσικών διεργασιών και ανθρώπινων ενεργειών. Πολλοί τις παρομοιάζουν με φρένο που επιβραδύνει την οικονομική ανάπτυξη και γενικότερα την ανάπτυξη του ανθρώπου τόσο σε επίπεδο νοικοκυριού (καταστρέφονται συχνά σοδειές, σπίτια, εργαλεία κ.α.) όσο και σε εθνικό επίπεδο (καταστρέφονται δρόμοι, γέφυρες, νοσοκομεία κ.α.) (Wisner, 2003). Οι φυσικές καταστροφές (*natural hazards*) είναι συνήθως φαινόμενα όπως οι σεισμοί (*earthquakes*), η ηφαιστειακή δραστηριότητα (*volcanic activity*), τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (*tsunami*), οι κατολισθήσεις (*landslides*), οι τροπικοί κυκλώνες (*tropical cyclones*), οι τυφώνες (*tornadoes*), οι πλημμύρες (*flooding*), οι πυρκαγιές (*wildfires*) κ.α.. Οι καταστροφές λόγω ανθρώπινων ενεργειών είναι είτε εκ προθέσεως (όπως η παράνομη ρίψη πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον), είτε τυχαίες (για παράδειγμα τα τοξικά απόβλητα) (UNEP, 2002).

Ο όρος «φυσική καταστροφή» έχει ορισθεί στην επιστημονική βιβλιογραφία με τρεις διαφορετικούς ορισμούς:

- «Τα στοιχεία εκείνα του φυσικού περιβάλλοντος που είναι βλαβερά για τον άνθρωπο και προκαλούνται από δυνάμεις ξένες και άγνωστες σε αυτόν».

- «Η πιθανότητα εμφάνισης ενός δυνητικά καταστροφικού γεγονότος μέσα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή».
- «Μια φυσική ή ανθρωπογενής γεωλογική κατάσταση ή φαινόμενο κατά την οποία παρουσιάζεται πραγματικός ή δυνητικός κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή ή τις περιουσίες» (Λέκκας, 2000).

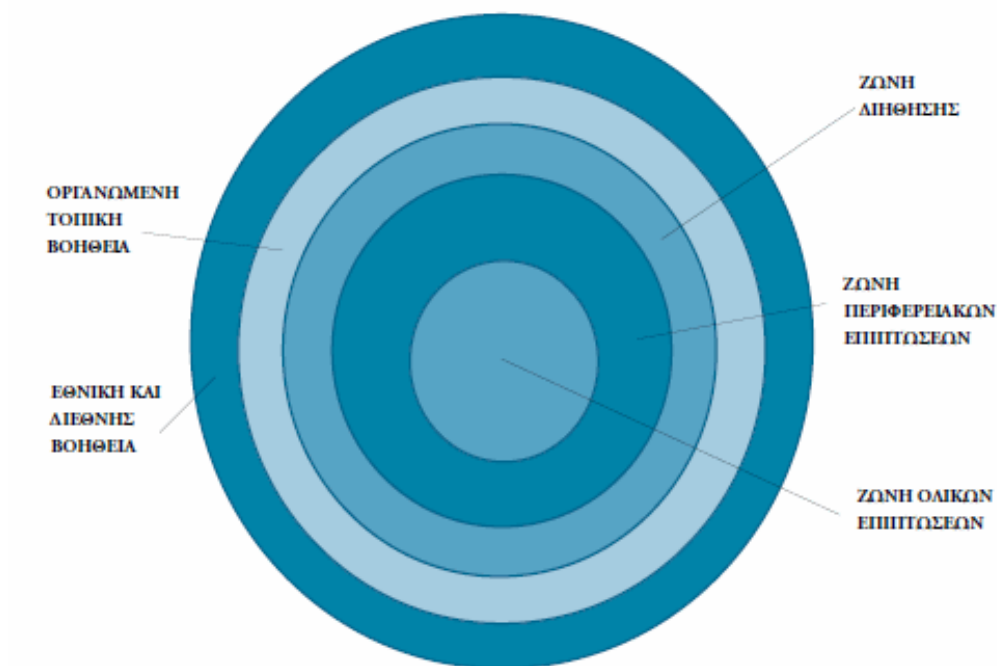
Από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα έχει παρατηρηθεί από την επιστημονική κοινότητα μία αύξηση στη συχνότητα των φυσικών καταστροφών και άρα και του κινδύνου που προκύπτει από αυτές. Η αυξημένη αυτή συχνότητα οφείλεται κυρίως στους εξής λόγους:

1. Η γεωγραφική θέση και τα οικονομικά πλεονεκτήματα ορισμένων περιοχών, που παλαιότερα είχαν επανειλημμένως υποστεί καταστροφές από φυσικά αίτια, προσελκύουν μεγάλο αριθμό ανθρώπων για μόνιμη εγκατάσταση.
2. Αρκετές φορές καταστροφές ή κίνδυνοι έχουν προκληθεί από αμέλεια και περιβαλλοντική απροσεξία.
3. Η απόκτηση φυσικού κεφαλαίου συνοδεύεται από τη συγκέντρωση πληθυσμού σε επικίνδυνες για διαβίωση περιοχές ή σε περιοχές που δυνητικά παρουσιάζουν καταστροφές.
4. Έλλειψη γνώσεων, πληροφόρησης, έρευνας και κανονισμών προστασίας για τις καταστροφές και τις επιπτώσεις τους (Λέκκας, 2000).

Τα αποτελέσματα των φυσικών καταστροφών προκαλούν προβλήματα στους ανθρώπους, στα οικοσυστήματα, στην πανίδα και στη χλωρίδα. Τα προβλήματα που πλήττουν τους παραπάνω οφείλονται κυρίως στη μεγάλη πληθυσμιακή ανάπτυξη και πυκνότητα, στη μετανάστευση, στη μη δομημένη αστικοποίηση, στην περιβαλλοντική αποδόμηση και στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Οι διοικητικές αρχές κάθε πληγείσας περιοχής θα πρέπει να δημιουργούν τέτοιες συνθήκες στις περιοχές που διοικούν για την αποφυγή νέου κινδύνου. Τα κοινωνικοοικονομικά κόστη των καταστροφών ποικίλουν ευρέως και είναι δύσκολο να υπολογισθούν παγκοσμίως. Οι φτωχότερες χώρες είναι οι πιο ευάλωτες σε καταστροφές διότι έχουν λιγότερους πόρους και μικρότερη χωρητικότητα για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των φαινομένων (UNEP, 2002).

Το 2000 ο Ε.Λ. Λέκκας πρότεινε την διαίρεση κάθε πληγείσας περιοχής σε πέντε συγκεντρικές ζώνες – περιοχές (απλό μοντέλο της κατανομής των καταστροφών), οι οποίες είναι:

1. Η ζώνη των ολικών επιπτώσεων. Βρίσκεται στο κέντρο του μοντέλου και τα περισσότερα κτίρια/κατασκευές έχουν καταστραφεί.
2. Η ζώνη των περιφερειακών επιπτώσεων. Περικλείει τη ζώνη των ολικών επιπτώσεων. Οι καταστροφές των κτηρίων/κατασκευών είναι λιγότερο σοβαρές.
3. Η ζώνη διήθησης. Σε αυτή τη ζώνη οι φυσικές καταστροφές δεν κάνουν την εμφάνισή τους. Εδώ συγκεντρώνονται πρόσφυγες – από τις δύο προηγούμενες ζώνες – και τους παρέχεται σίτιση, στέγαση, περίθαλψη κα.
4. Η ζώνη τοπικής βοήθειας και η ζώνη εθνικής και διεθνούς βοήθειας. Συγκεντρώνονται προμήθειες για τους πληγέντες, στέλνονται υλικά και προσωπικό στην κατεστραμμένη περιοχή για βοήθεια. Το μέγεθος της απόκρισης εξαρτάται από τη φύση της προσφερόμενης βοήθειας, το βαθμό του εθνικού και του γενικού ενδιαφέροντος καθώς και την επιρροή της κοινής γνώμης.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Μοντέλο κατανομής καταστροφών (Λέκκας, 2010)

Σε μία ευπαθή περιοχή, οι διοικητικές αρχές θα πρέπει να προλαμβάνουν τα καταστροφικά γεγονότα και να προσφέρουν στους πολίτες ασφάλεια. Η πρόληψη για μελλοντικά καταστροφικά γεγονότα μειώνει την πιθανότητα εκδήλωσης τους

(Αντωνάκος, 2001). Θα πρέπει να ερευνηθούν η επικινδυνότητα, ο κίνδυνος και η τρωτότητα της πληγείσας περιοχής για να ληφθούν και οι κατάλληλες αποφάσεις. Οι τρεις αυτές έννοιες έχουν άμεση σχέση μεταξύ τους και αναφέρονται εκατέρωθεν:

1.1. Τρωτότητα (Vulnerability)

Σύμφωνα με τον *UNISDR (The United Nations Office for Disaster Risk Reduction)* (2009) τρωτότητα ορίζεται ως:

«τα χαρακτηριστικά και οι συνθήκες μιας κοινωνίας, συστήματος ή περιουσιακού στοιχείου που τα καθιστά ευάλωτα στις ζημιογόνες συνέπειες του κινδύνου».

Υπάρχουν πολλές πτυχές της τρωτότητας οι οποίες προκύπτουν από διάφορους φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

1.2. Κίνδυνος (Risk)

«Τα αναμενόμενα αρνητικά αποτελέσματα που συνεπάγεται ένα γεγονός/διεργασία κάποιας επικινδυνότητας, όταν εκτεθεί σε αυτό κάτι που έχει αξία για τον άνθρωπο» (Λαζαρίδη και Κατσαφάδος, 2014).

1.3. Επικινδυνότητα (Hazard)

«Κάθε φυσικό ή ανθρωπογενές γεγονός/διεργασία που ενέχει μια πιθανότητα, μικρή ή μεγάλη, να προκαλέσει βλάβη/καταστροφή. Αναφέρεται μόνο στην πιθανότητα να συμβεί μια καταστροφή και όχι στα αποτελέσματά της» (Λαζαρίδη και Κατσαφάδος, 2014).

2. Παράκτια ζώνη και άνοδος της θαλάσσιας στάθμης

Η παράκτια ζώνη είναι ένα πολύ ιδιαίτερο περιβάλλον διότι συναντώνται η θάλασσα, η ξηρά και η ατμόσφαιρα. Φιλοξενεί συνάμα έναν πολύ μεγάλο αριθμό οργανισμών – φυτικών και ζωικών – και αποτελεί πόλο έλξης για τους ανθρώπους. Περισσότερο από το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού διαμένει στις παράκτιες περιοχές (Bird, 2008), του οποίου οι δραστηριότητες έχουν αφήσει το αποτύπωμά τους στα παράκτια περιβάλλοντα (Hasslet, 2009). Επομένως η μελέτη των παράκτιων περιοχών απαιτεί τη σύμπραξη πολλών και διαφορετικών επιστημονικών πεδίων, μερικά από τα οποία είναι: η γεωλογία, η φυσική γεωγραφία, η ανθρωπογεωγραφία, η ωκεανογραφία, η κλιματολογία, η κοινωνιολογία, η επιστήμη των οικονομικών, η μηχανική (Hasslet, 2009). Ο συνδυασμός πολλών και διαφορετικών επιστημονικών πεδίων για τη διερεύνηση των παράκτιων περιοχών έχει θέσει τα θεμέλια για την εκτενή μελέτη των συγκεκριμένων περιβαλλόντων. Σήμερα η παράκτια ζώνη θεωρείται ως ένα από τα πιο μελετημένα φυσικά περιβάλλοντα.

Έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί για την παράκτια ζώνη, οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με το επιστημονικό πεδίο που την ερευνά. Οι γεωλόγοι έχουν ορίσει την παράκτια ζώνη μέσω διαφόρων ορισμών, ένας εκ των οποίων δόθηκε από τον S. K. Hasslet (2008) και είναι ο εξής:

«η παράκτια ζώνη είναι η περιοχή μεταξύ ξηράς και θάλασσας».

Είναι δηλαδή η περιοχή ανάμεσα στο χερσαίο όριο της θαλάσσιας επιρροής και στο θαλάσσιο όριο της χερσαίας επιρροής. Για διαχειριστικούς λόγους έχουν διατυπωθεί αρκετοί ορισμοί για την παράκτια ζώνη. Ως παράκτια ζώνη ορίζεται, σύμφωνα με το άρθρο 15 από το *Coastal Protection and Management Act* (1995), ο χώρος στον οποίο συγκλίνουν το χερσαίο και το θαλάσσιο περιβάλλον. Με βάση το *United States Federal Coastal Zone Management Act of 1972* ορίζεται ως παράκτια ζώνη: τα παράκτια ύδατα και οι ακτογραμμές που επηρεάζονται από τα ύδατα και μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται και μεταβατικές και ενδοπαλιρροιακές περιοχές, ακτές, έλη και αλοέλη. Επισημαίνεται ότι η παράκτια ζώνη εκτείνεται στο εσωτερικό της ξηράς μέχρι το σημείο εκείνο που είναι αναγκαίο για τον αποδοτικό έλεγχο των παράκτιων περιοχών, οι χρήσεις των οποίων έχουν άμεσο αντίκτυπο στα παράκτια ύδατα.

Οι παράκτιες ζώνες αποτελούνται από δύο τμήματα: ένα χερσαίο και ένα θαλάσσιο. Τα δύο αυτά τμήματα διαχωρίζονται από την ακτογραμμή. Η ακτογραμμή είναι η γραμμή που σχηματίζεται από την τομή του χερσαίου με το θαλάσσιο τμήμα. Το χερσαίο και το θαλάσσιο τμήμα δεν έχουν συγκεκριμένη έκταση σε κάθε παράκτια ζώνη, η έκτασή τους ποικίλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Έχοντας ως σημείο αναφοράς την ακτογραμμή, το θαλάσσιο τμήμα εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή των 10m υπό την επιφάνεια της θάλασσας και το χερσαίο τμήμα εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι το υψόμετρο όπου οι θαλάσσιες διεργασίες δεν επηρεάζουν τη χέρσο (Καρύμπαλης, 2010). Ο προσδιορισμός των ορίων των δύο αυτών τμημάτων καθίσταται αναγκαίος για τις ανάγκες διαχείρισης της παράκτιας ζώνης κάθε περιοχής.

Οι παράκτιες ζώνες είναι δυναμικά περιβάλλοντα, έχουν την τάση δηλαδή να μεταβάλλονται και να μην παραμένουν στάσιμες με την πάροδο του χρόνου. Μάλιστα οι μεταβολές αυτές γίνονται φανερές, σε πολλές περιπτώσεις, σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (Καρύμπαλης, 2010). Τέτοιου είδους μεταβολές δημιουργούνται μέσω διεργασιών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Οι σημαντικότερες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο παράκτιο περιβάλλον είναι η διάβρωση του εδάφους, η μεταφορά των ιζημάτων και η απόθεση αυτών (Hasslet, 2008), οι τεκτονικές κινήσεις του ηπειρωτικού φλοιού, οι αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας, οι επιρροές των παλιρροιών, των κυμάτων και των ρευμάτων στη μορφολογία των παράκτιων ζωνών και τέλος οι αλλαγές στη θερμοκρασία, στην πίεση και στη δράση του ανέμου (Bird, 2008). Οι παραπάνω διεργασίες διαμορφώνουν καθοριστικά τη μορφολογία της παράκτιας ζώνης. Παραδείγματος χάριν, πολλές από τις παράκτιες περιοχές έχουν διαμορφωθεί από το φαινόμενο της διάβρωσης, όπου αποκολλημένα υλικά από το χερσαίο τμήμα της παράκτιας ζώνης μεταφέρονται σε άλλες περιοχές μέσω ανέμου, ύδατος ή βαρύτητας. Συνήθως αυτές οι παράκτιες περιοχές εμφανίζουν υποχώρηση της ακτογραμμής σε βάθος χρόνου και προέλαση της θάλασσας. Άλλες παράκτιες περιοχές έχουν διαμορφωθεί από το φαινόμενο της απόθεσης, όπου γίνεται απόθεση των προϊόντων διάβρωσης. Συνήθως σε αυτές τις περιοχές προελαύνει η ακτογραμμή έναντι της θάλασσας.

Από οικολογικής σκοπιάς, οι παράκτιες περιοχές φιλοξενούν πολυποίκιλα οικοσυστήματα υψίστης περιβαλλοντικής αξίας. Η γενετική ποικιλοότητα σε αυτές τις περιοχές είναι υψηλή (Burke et al., 2001) πράγμα που υποδεικνύει την ύπαρξη

πολλών και διαφορετικών οργανισμών (φυτικών και ζωικών), μοναδικών ως επί το πλείστον (Felix et al., 2012). Οι παράκτιες ζώνες αποτελούν περιοχές αναπαραγωγής πολλών ζωικών οργανισμών καθώς και περιοχές διαχείμασης της ορνιθοπανίδας. Τέλος, στα παράκτια οικοσυστήματα συμβαίνει η κυκλοφορία και η αποθήκευση των θρεπτικών συστατικών, φιλτράρονται οι ρυπογόνες ουσίες και προστατεύονται οι ακτογραμμές από τη διάβρωση, τις καταιγίδες, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας και τους τυφώνες (Burke et al., 2001; Felix et al., 2012).

Οι παράκτιες περιοχές φιλοξενούν το 23% του ανθρώπινου πληθυσμού παγκοσμίως (Small and Nicholls, 2003) και είναι λογικό επακόλουθο η πλειοψηφία αυτών των περιοχών να βρίσκεται υπό την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Buddemeier et al., 2002). Η καταλληλότητα των παράκτιων περιοχών για διαβίωση έχει προσελκύσει μεγάλο αριθμό ανθρώπων σε αναπτυγμένες αλλά και σε αναπτυσσόμενες χώρες (Vellinga and Klein, 1993), και αυτός ήταν ο κύριος λόγος για τη ραγδαία ανάπτυξη στον οικονομικό τομέα, την οικιστική, την τουριστική και την αστική ανάπτυξη (Karydis and Coccossis, 1988). Όμως οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιδρούν αρνητικά στο παράκτιο φυσικό περιβάλλον και οι επιπτώσεις τους έχουν γίνει αντιληπτές και έχουν μελετηθεί ήδη από τον περασμένο αιώνα. Μερικές από τις κυριότερες επιδράσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο παράκτιο φυσικό περιβάλλον είναι: η αποστράγγιση των υγροτόπων, η ρίψη λυμάτων, διαφόρων ειδών λιπασμάτων και ρυπαντικών ουσιών στα παράκτια ύδατα, η ανύψωση θαλάσσιων τοίχων, η υπεραλίευση των αυτόχθονων θαλάσσιων πληθυσμών και η δημιουργία φραγμάτων και καναλιών (Nicholls et al., 2007).

Είναι αναγκαία επομένως η βιώσιμη ανάπτυξη των παράκτιων περιοχών και σε αυτήν την κατεύθυνση έχει κινηθεί η διεθνής επιστημονική κοινότητα με τη δημιουργία της διαδικασίας της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Παράκτιων Ζωνών – ΟΔΠΖ (*Integrated Coastal Zone Management – ICZM*). Αποτελεί το έβδομο Πρωτόκολλο της Σύμβασης της Βαρκελώνης. Ο ορισμός της ΟΔΠΖ, σύμφωνα με την Ένωση Ειδικών για Επιστημονικά Θέματα σχετικά με την Προστασία του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – GESAMP*) (1996) είναι ο εξής:

« Ως ΟΔΠΖ νοείται η διαδικασία η οποία διαμορφώνεται από τη συμμετοχή της διοίκησης και των κοινοτήτων, της επιστήμης και της διαχείρισης, των επιμέρους και του δημοσίου συμφέροντος για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου για την προστασία και ανάπτυξη των παράκτιων οικοσυστημάτων και πόρων».

Μέσω λοιπόν της ΟΔΠΖ γίνεται προσπάθεια για την προστασία και τη σωστή διαχείριση των παράκτιων περιοχών από τις καταστροφικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Η διεπιστημονική προσέγγιση της ΟΔΠΖ στο παράκτιο περιβάλλον, τόσο στο χερσαίο, όσο και στο θαλάσσιο τμήμα, έχει επιφέρει αντιπροσωπευτικότερες ενδείξεις για την κατάσταση του (Καρύμπαλης, 2010). Επιπρόσθετα θα πρέπει οι εθνικές, περιφερειακές και τοπικές αρχές που είναι επιφορτισμένες με την προστασία και τη διαχείριση των παράκτιων περιοχών να συνεργάζονται για τη βιωσιμότητα των περιοχών αυτών (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2009).

2.1. Κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στην παράκτια ζώνη

Ο όρος θαλάσσια στάθμη χρησιμοποιείται συνήθως για την περιγραφή της μέσης θαλάσσιας στάθμης, δηλαδή του μέσου ύψους της επιφάνειας της θάλασσας (Καρύμπαλης, 2010). Σύμφωνα με την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των Ηνωμένων Πολιτειών, γνωστή ως *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)*, η μέση στάθμη της θάλασσας συμπίπτει θεωρητικά με το γεωειδές. Το γεωειδές είναι η ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας της γης και υποδεικνύει το σχήμα που θα είχε η επιφάνεια των ωκεανών εάν σε αυτή δεν επιδρούσαν τα ρεύματα και οι παλίρροιες παρά μόνον η επίδραση της βαρύτητας και της περιστροφής της γης (Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, 2011).

Η θαλάσσια στάθμη δεν είναι σταθερή αλλά παρουσιάζει μεταβολές στο χώρο και στο χρόνο. Αυτές οι μεταβολές οφείλονται σε διάφορες διεργασίες, από τις οποίες άλλες επηρεάζουν τη στάθμη της θάλασσας μακροχρόνια και άλλες βραχυχρόνια. Οι σημαντικότερες διεργασίες που επηρεάζουν τη στάθμη της θάλασσας βραχυχρόνια είναι οι παλίρροιες (*tides*), οι φουσκοθαλασσιές (*storm surges*) και οι εποχικές αλλαγές. Οι κυριότερες διεργασίες που επηρεάζουν τη μέση στάθμη της θάλασσας μακροχρόνια είναι οι μακροχρόνιες κλιματικές διαμορφώσεις, οι ευστατικές αλλαγές καθώς και οι ισοστατικές/ τεκτονικές αλλαγές. Αυτές οι διεργασίες επηρεάζουν τη μορφολογία της εκάστοτε ακτογραμμής (Βελεγράκης, 2010).

Είναι γεγονός ότι στις μέρες μας η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται και σε αυτό συμβάλλουν, κυρίως, οι μακροχρόνιες διεργασίες. Από τις μακροχρόνιες διεργασίες αυτές που εντείνουν τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή (IPCC, 2007; Δρίτσας, 2009). Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής έχει οξυνθεί κατά κύριο λόγο από τις ανθρώπινες δραστηριότητες από τη βιομηχανική επανάσταση κι έπειτα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν την αυξανόμενη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και πιο συγκεκριμένα των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου και των οξειδίων του αζώτου (IPCC, 2007). Τα αέρια του θερμοκηπίου σε αυξημένες συγκεντρώσεις απορροφούν περισσότερη θερμότητα και αυξάνουν τη θερμοκρασία του πλανήτη (Δρίτσας, 2009). Έρευνες που ήρθαν στο φως της δημοσιότητας το 2007 από τον Διακυβερνητικό Οργανισμό για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) έδειξαν ότι η άνοδος της θερμοκρασίας συμβαίνει με ολοένα και πιο ταχείς ρυθμούς, το λιώσιμο των πάγων ακολουθεί φθίνουσα πορεία και η παγκόσμια θαλάσσια στάθμη, ως αποτέλεσμα των δύο παραπάνω, αυξάνεται.

Η σημαντικότερη αιτία αύξησης της στάθμης της θάλασσας έχει ως βάση την κλιματική αλλαγή και είναι ο ευστατισμός. Με τον όρο ευστατισμό (*eustatism*), οι επιστήμονες εννοούν τη διεργασία κατά την οποία μεταβάλλεται η θαλάσσια στάθμη, όταν ο όγκος των υδάτων αλλάζει. Το 2006 ο S. Rahmstorf διατύπωσε τη θεωρία ότι η στάθμη της θάλασσας θα αυξάνεται λόγω ευστατικών αλλαγών μέχρις ότου να έρθει σε νέα ισορροπία. Τρεις ευστατικοί παράγοντες είναι αυτοί που συνεισφέρουν στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας:

1. Ανταλλαγή αποθηκευμένου νερού στην ξηρά (με τη μορφή παγετώνων και στρωμάτων πάγου),
2. Θερμική διαστολή του νερού στους ωκεανούς,
3. Περιφερειακή καθίζηση και τεκτονισμός (COSEE, 2014).

Ο πιο σημαντικός από τους τρεις αυτούς παράγοντες, όσον αφορά στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας, εκτιμάται ότι είναι η αλλαγή του όγκου του θαλασσινού νερού (Bindoff, 2007; Καρύμπαλης, 2010). Η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται/μειώνεται, όταν συγχρόνως αυξάνεται/μειώνεται και ο όγκος των υδάτων στη θάλασσα (Bird, 2008). Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας αυξάνεται εφόσον προστίθεται νερό από τις φυσικές δεξαμενές, το οποίο βρίσκεται σε στέρεα ή σε υγρή μορφή. Οι φυσικές δεξαμενές βρίσκονται υπογείως (*groundwater*), στο έδαφος (*soil*

water), με τη μορφή χιονιού ή πάγου και σε επιφανειακά σώματα νερού, όπως οι λίμνες – τεχνητές ή φυσικές, οι ποταμοί, οι πλημμυρικές περιοχές και τα έλη. Μεταβολές στα αποθέματα νερού της χέρσου προκαλούνται είτε από αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες, είτε λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης στον κύκλο του νερού (δημιουργία φραγμάτων) ή είτε λόγω της τροποποίησης της επιφάνειας της γης από τον άνθρωπο (απορροή του γλυκού νερού στη θάλασσα λόγω αποψίλωσης των δασών) (Bindoff, 2007). Οι συγκεκριμένες αλλαγές έχουν αντίκτυπο παγκοσμίως και αυτό γιατί όλοι οι ωκεανοί και οι θάλασσες συνδέονται (Bird, 2008).

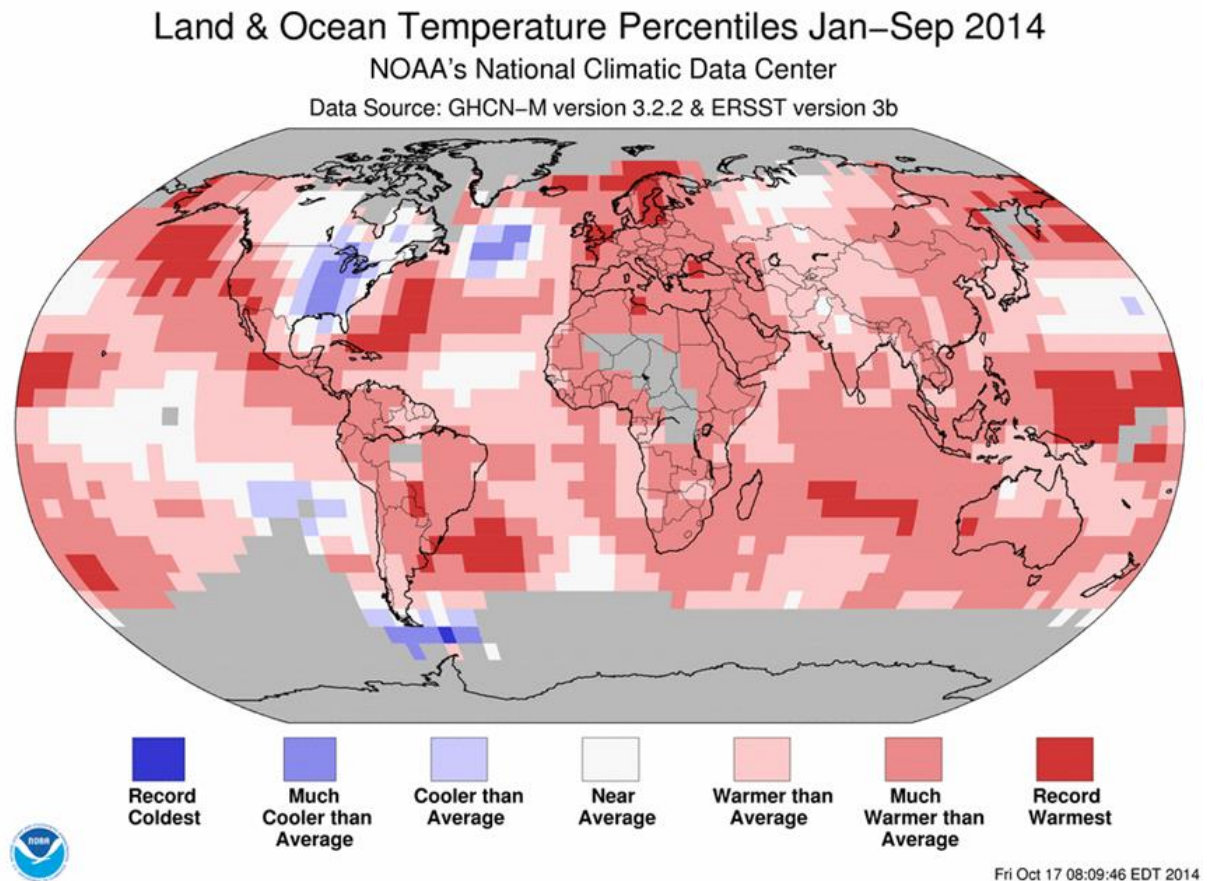
Στις παγετώδεις περιόδους, η θαλάσσια στάθμη μειώνεται διότι το θαλασσινό νερό, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, συμπυκνώνεται σχηματίζοντας πάγους. Όμως στις μεσοπαγετώδεις περιόδους συμβαίνει το αντίθετο. Λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, οι πάγοι λιώνουν (είτε βρίσκονται στην ξηρά, είτε στη θάλασσα) και έτσι ο όγκος των θαλάσσιων υδάτων γίνεται μεγαλύτερος και η θαλάσσια στάθμη αυξάνεται (Καρύμπαλης, 2010). Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, οι παγετώνες και τα παγόβουνα υπέστησαν μεγάλες απώλειες στη μάζα τους. Οι μεγαλύτερες από αυτές καταγράφονται μετά το 1970 ως αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί από επιστήμονες έδειξαν ότι από το 1961 έως το 2003, η συνεισφορά των παγετώνων και των παγόβουνων στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας είναι ίση με $0,50 \pm 0,18 \text{ mm yr}^{-1}$, ενώ από το 1993 έως το 2003 η συνεισφορά τους ήταν $0,77 \pm 0,22 \text{ mm yr}^{-1}$ (Bindoff, 2007). Σε περίπτωση που λιώσουν ολότελα οι πάγοι στη γη η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί κατά 60mm (Rahmstorf, 2010).

Ο δεύτερος σε σειρά παράγοντας ευστατισμού είναι η θερμική διαστολή (*thermal expansion*) των υδάτων. Η θερμική διαστολή συμβαίνει όταν το θαλασσινό νερό διαστέλλεται λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας. Η ικανότητα του νερού να αποθηκεύει θερμότητα, γνωστή και ως θερμοχωρητικότητα, είναι 1000 φορές μεγαλύτερη από αυτήν της ατμόσφαιρας (Bindoff, 2007). Λόγω της μεγάλης του θερμοχωρητικότητας, το θαλασσινό νερό απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας, επομένως όσο περισσότερο θερμαίνεται η ατμόσφαιρα, τόσο περισσότερο θερμαίνεται και το θαλασσινό νερό. Η θερμή υδάτινη μάζα καταλαμβάνει μεγαλύτερο όγκο από την ψυχρή. Επομένως καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία των ωκεανών, αυξάνεται ο συνολικός όγκος των ωκεανών και άρα αυξάνεται η στάθμη της θάλασσας (Bindoff, 2007; Haslett, 2009).

Λαμβάνοντας υπόψη έρευνες που έγιναν με σκοπό την εξακρίβωση του φαινομένου της θερμικής διαστολής στο θαλασσινό νερό έγινε αντιληπτό ότι η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού έχει αυξηθεί σε όλες τις θαλάσσιες λεκάνες τα τελευταία 50 χρόνια (Antonov et al., 2005; Levitus et al., 2005a; Ishii et al., 2006). Αναλυτικότερα, οι J. I. Antonov et al. (2005) εκτίμησαν ότι ο μέσος ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας από το 1955 έως το 1995, που οφείλεται στη θερμική διαστολή, είναι ίσος με $0,40 \pm 0,09 \text{ mm yr}^{-1}$. Οι εκτιμήσεις αυτές βασίστηκαν κυρίως σε μέσες τιμές θερμοκρασίας ανά πενταετία για τα πρώτα 3.000m βάθους. Οι J. I. Antonov et al. (2005) επιπλέον υπολόγισαν το ρυθμό θερμικής διαστολής του θαλασσινού νερού και κατ' επέκταση την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης για τη χρονική περίοδο από το 1955 μέχρι το 2003 βασιζόμενοι στη μέση ετήσια θερμοκρασία για βάθη από 0m έως 700m. Ο ρυθμός που υπολόγισαν είναι: $0,33 \pm 0,07 \text{ mm yr}^{-1}$. Από την άλλη πλευρά, οι M. Ishii et al. (2006) χρησιμοποίησαν δεδομένα για τη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού ανά μήνα για την περίοδο από 1955 μέχρι 2003 και για τα πρώτα 700m βάθος. Ο ρυθμός θερμικής διαστολής που κατέγραψαν ήταν ίσος με: $0,36 \pm 0,12 \text{ mm yr}^{-1}$. Όλες λοιπόν οι παραπάνω μελέτες συμφωνούν ότι η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί κατά περίπου $0,35 \text{ mm yr}^{-1}$.

Ο τρίτος παράγοντας που βοηθά στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης είναι οι τεκτονικές κινήσεις. Οι τεκτονικές κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών, ανοδικές και καθοδικές, είναι σε θέση να μεταβάλλουν το σχήμα των ωκεάνιων πυθμένων και να ανυψώσουν, να καθιζάνουν ή και να παραμορφώσουν τις ηπείρους. Είναι τριών ειδών: οι ηπειρογενετικές, οι ορογενετικές και οι ισοστατικές κινήσεις, η καθεμία από τις οποίες έχει ενεργό ρόλο στη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας. Οι ηπειρογενετικές κινήσεις έχουν καθορίσει δραστικά το σχήμα και τη χωρητικότητα των ωκεάνιων πυθμένων. Εάν η χωρητικότητα των ωκεάνιων λεκανών μειωθεί, τότε η στάθμη της θάλασσας ανυψώνεται και το αντίστροφο. Από την άλλη πλευρά οι ορογενετικές τεκτονικές κινήσεις έχουν ως άμεσο επακόλουθο την άνοδο ενός τμήματος των λιθοσφαιρικών πλακών για το σχηματισμό ορέων (κυρίως στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών). Οι ακτογραμμές τους εμφανίζουν ορατά σημάδια μετατόπισης λόγω της ανύψωσης ή της καθίζησης, της μεταβαλλόμενης κλίσης, των διαρρήξεων και των πτυχώσεων του εδάφους. Τέλος οι ισοστατικές τεκτονικές κινήσεις επηρεάζουν αρκετά την άνοδο της στάθμης της θάλασσας αφού πρόκειται για ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις του φλοιού της γης λόγω φόρτισης ή αποφόρτισης

της εκάστοτε περιοχής από συσσωρευμένη λάβα, αποθέματα ιζημάτων ή παγετώνων. Όταν μία περιοχή φορτίζεται από τα παραπάνω τότε «βυθίζεται» με αποτέλεσμα την αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, ενώ ισχύει και το αντίθετο (Bird, 2008).



ΕΙΚΟΝΑ 2: Θερμοκρασία (σε εκατοστημόρια) στη χέρσο και στους ωκεανούς την περίοδο Ιανουαρίου – Σεπτεμβρίου 2014. Παρατηρείται ότι οι τιμές της θερμοκρασίας σε σχέση με άλλες χρονιές είναι κατά κύριο λόγο θερμότερες κυρίως πάνω από τον Ειρηνικό Ωκεανό (Πηγή: NOAA, 2014)

2.2. Αντίδραση των παράκτιων περιοχών στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης

Οι ακτές αντιδρούν στη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας είτε υποχωρώντας, είτε προελαύνοντας. Οι υποχωρήσεις και οι προελάσεις των ακτών οδηγούν στην κατάδυση και την ανάδυση των παράκτιων περιοχών αντίστοιχα. Η συμπεριφορά κάθε παράκτιας περιοχής στις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας εξαρτάται από το αν οι διεργασίες απόθεσης ή οι διεργασίες διάβρωσης έχουν

κυρίαρχο ρόλο (Hasslet, 2009). Η πτώση της μέσης θαλάσσιας στάθμης είναι γνωστή ως απόσυρση (regression), από την άλλη πλευρά η άνοδος της μέσης θαλάσσιας στάθμης είναι γνωστή ως επίκλυση (*transgression*) (Καρύμπαλης, 2010). Τα φαινόμενα των αποσύρσεων και των επικλύσεων οδηγούν αντίστοιχα στις αναδύσεις και τις καταδύσεις των ακτών. Οι αναδύσεις των ακτών οφείλονται είτε στην ανύψωση της παράκτιας περιοχής, είτε στη μείωση της θαλάσσιας στάθμης, είτε στη συμβολή και των δύο. Οι καταδύσεις των ακτών οφείλουν την ύπαρξή τους σε τεκτονικές κινήσεις ή στον ευστατισμό (Bird, 2009). Είναι γεγονός ότι η αντίδραση κάθε παράκτιας περιοχής σε μεταβολές της στάθμης της θάλασσας εξαρτάται από το είδος των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην εκάστοτε περιοχή. Οι διεργασίες αυτές είναι είτε αποθετικές, είτε διαβρωτικές (Hasslet, 2008).

Αν ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα των μελετών από το IPCC και άλλων επιστημόνων (Buckley and Dye, 2009; Essink, 2001; Meehl et al., 2005; Nicholls et al., 2007; Wigley, 2005), τότε, λόγω της κλιματικής αλλαγής, η στάθμη της θάλασσας έχει ανοδική πορεία. Το αποτέλεσμα αυτής της ανοδικής πορείας είναι η κατάδυση των παράκτιων περιοχών. Σύμφωνα με τον R. B. Alley et al. (2003) η άνοδος της στάθμης της θάλασσας επηρεάζει τη μεταφορά ιζήματος και τη μορφολογία των ακτών και είναι δυνατόν να τις επηρεάσει μονίμως. Εάν η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται με αργούς ρυθμούς, τότε είναι δυνατό να διατηρηθεί η ισορροπία μεταξύ της μεταφοράς ιζημάτων. Σε περίπτωση που ο ρυθμός της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης αυξηθεί, τότε είναι πιθανό να μην είναι δυνατόν να διατηρηθεί η ισορροπία μεταξύ της μεταφοράς των ιζημάτων και έτσι να καταδυθεί η ακτή (Nicholls et al., 2007). Οι μεγαλύτερες υποχωρήσεις συμβαίνουν σε ακτές με χαλαρά ιζήματα και μικρές κλίσεις, όπου συνήθως βρίσκονται κοντά σε πεδιάδες και ποταμόκολπους, και άρα είναι περισσότερο ευάλωτες (Μονιούδη, 2008).

Έχει αποδειχθεί από τους επιστήμονες A. C. Brown και A. McLachlan (2002) ότι μία επικείμενη αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα οδηγήσει σε αυξημένη διάβρωση των ακτών σε παγκόσμια κλίμακα. Ως διάβρωση του εδάφους ορίζει ο G.T. Miller (2004):

«τη μεταφορά συστατικών του εδάφους, ιδίως επιφανειακών συστατικών, από τη μία περιοχή στην άλλη».

Στις παράκτιες περιοχές η διάβρωση είναι ένα σύνηθες φυσικό φαινόμενο λόγω της δράσης των κυμάτων, των παράκτιων ρευμάτων και της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Καρύμπαλης, 2010). Ο ρυθμός της παράκτιας διάβρωσης δεν είναι ίδιος σε κάθε παράκτια περιοχή. Εξαρτάται από τη γεωλογία της ακτής, το ύψος και τη συχνότητα των κυμάτων, τη γειτονία της περιοχής με άλλα παράκτια συστήματα, την ύπαρξη και τη μετακίνηση ιζημάτων καθώς και τις παρελθοντικές και σύγχρονες μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης. Κάποιες παράκτιες περιοχές είναι δυνατόν να υποχωρήσουν έως και 40m ανά εκατονταετία, ενώ άλλες – για την ίδια χρονική περίοδο – υποχωρούν 10m (Buckley and Dye, 2009). Το φαινόμενο της διάβρωσης επιτείνεται όταν παράλληλα μία περιοχή – εκτός από τη διάβρωση – δέχεται επιδράσεις από αστικές και βιομηχανικές υποδομές καθώς και από τεχνικά έργα για την προστασία των παράκτιων περιοχών από τη διάβρωση (Doody et al., 2004). Η μείωση της έκτασης της χέρσου λόγω παράκτιας διάβρωσης δημιουργεί προβλήματα στην ανθρώπινη κοινωνία, λόγω της απώλειας περιοχών οικονομικής και οικολογικής αξίας, ανθρώπινων ζώων και ιδιοκτησιών.

Τα παράκτια τεχνικά έργα κατασκευάζονται για δύο λόγους: ο ένας και ο πιο γνωστός είναι η διαμόρφωση συνθηκών ασφαλούς στάθμευσης και φορτοεκφόρτωσης των πλοίων και ο δεύτερος είναι η κατασκευή έργων αντιδιαβρωτικής προστασίας. Τα τελευταία είναι δύο ειδών: είτε σκληρές μέθοδοι, είτε ήπιες. Οι σκληρές μέθοδοι είναι σε θέση να αποτρέψουν την ακτή από τη διάβρωση μέσω κατασκευών: εγκάρσιων (όπως για παράδειγμα: οι μώλοι, οι βραχίονες, οι γέφυρες) ή παράλληλων (όπως: οι κυματοθραύστες, οι κρηπιδότοιχοι και οι τοίχοι προστασίας των ακτών) (Καρύμπαλης, 2010; Κουτίτας, 1994). Στις ήπιες μεθόδους ανήκει ο εμπλουτισμός της ακτής (*beach nourishment/replenishment*), όπου προστίθενται στην πληγείσα περιοχή μεγάλες ποσότητες χαλαρού υλικού για την καλύτερη τουριστική εκμετάλλευση της ακτής και για την προστασία της ευρύτερης περιοχής από την κυματική ενέργεια (Βελεγράκης, 2010). Ωστόσο τα αντιδιαβρωτικά έργα μπορεί να προφυλάσσουν την ακτή από την ανεξέλεγκτη ιζηματομεταφορά, όμως προκαλούν και αυτά με τη σειρά τους μείωση της έκτασης των παραλιών. Επομένως, οι παράκτιες περιοχές γίνονται περισσότερο ευάλωτες στα φαινόμενα των καταιγίδων, παλιρροιών και αλλαγών στη στάθμη της θάλασσας και σε απώλεια των φυσικών ενδιαιτημάτων της εκάστοτε πληγείσας περιοχής (Buckley and Dye, 2009).

Οι επιστήμονες είναι πλέον σε θέση να γνωρίζουν από πριν πώς θα συμπεριφερθούν οι ακτογραμμές στις μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης μέσω μοντέλων πρόγνωσης. Οι Ι. Μονιούδη και άλλοι (2008) διατυπώνουν στην έρευνά τους ότι δύο είναι τα είδη μοντέλων που προβλέπουν τη συμπεριφορά της ακτογραμμής στις μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης: τα στατικά και τα δυναμικά. Το σημαντικότερο από τα στατικά μοντέλα είναι αυτό του P. Bruun (1962). Η βασική αρχή του μοντέλου του P. Bruun στηρίζεται στην αρχή της ύπαρξης για κάθε παράκτια περιοχή ενός προφίλ ισορροπίας και αφορά στο ισοζύγιο της μεταφοράς των ιζημάτων της περιοχής μακροπρόθεσμα. Όμως οι προβλέψεις του μοντέλου δε θεωρούνται πλέον ικανοποιητικές διότι υφίστανται περιορισμοί στην εφαρμογή του. Τα δυναμικά μοντέλα αναπτύχθηκαν λόγω της δυναμικής φύσης των παράκτιων περιοχών και σήμερα θεωρούνται περισσότερο αξιόπιστα. Είδη δυναμικών μοντέλων είναι:

1. Τα περιγραφικά/θεωρητικά μοντέλα
2. Τα μοντέλα που βασίζονται στην αρχή του προφίλ ισορροπίας
3. Τα μοντέλα μορφολογικής εξέλιξης
4. Τα μοντέλα που βασίζονται στις παράκτιες υδροδυναμικές και ιζηματοδυναμικές διεργασίες (Μονιούδη και άλλοι, 2008).

Η επιστημονική κοινότητα, μέσω των αντιδιαβρωτικών έργων και των μοντέλων πρόβλεψης της θαλάσσιας στάθμης είναι σε θέση να προβλέψει αν και κατά πόσον ο πληθυσμός μιας περιοχής θα πληγεί από μία επικείμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Σε περίπτωση που οι εκπομπές αερίων και ο ανθρώπινος πληθυσμός συνεχίζουν να αυξάνονται με υψηλούς ρυθμούς, τότε ο αριθμός των ατόμων που η κατοικία τους θα βρεθεί υπό τη στάθμη της θάλασσας θα φτάσει τα 21 εκ. έως το 2030, τα 55 εκ. έως το 2050 και τα 370 εκ. μέχρι το 2100. Δεν είναι βέβαιο ότι με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα υπάρξει αναγκαστική μετακίνηση πληθυσμών. Θα ασκηθεί πίεση στον πληθυσμό της πληγείσας περιοχής ανάλογα με το μέγεθος του φαινομένου. Εάν βυθιστεί η άλλοτε χρηστική γη για τον άνθρωπο, τότε η μετακίνηση του πληθυσμού είναι αναπόφευκτη. Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης όμως μπορεί να επηρεάσει και με άλλους τρόπους τις ανθρώπινες ζωές, εκτός της υποχώρησης της ακτής και της διάβρωσης. Οι παράκτιες φουσκοθαλασσιές και η υφαλμύρωση του υδροφόρου ορίζοντα είναι δύο μόνο από τις αιτίες του

φαινομένου και επιδρούν αρνητικά στην αγροτική παραγωγή και στις οικιστικές περιοχές (Oliver-Smith, 2009).

3. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας

Τα κύματα είναι ο φυσικός μηχανισμός που επηρεάζει τη μορφολογία των παράκτιων περιοχών μέσω της αποσάθρωσης, της διάβρωσης, της μεταφοράς και της απόθεσης των ιζημάτων (Καρύμπαλης, 2010).

Προτού γίνει εκτενής αναφορά στα θαλάσσια κύματα βαρύτητας, θα επιχειρηθεί μία σύντομη επισκόπηση της έννοιας του κύματος.

3.1. Σύντομη αναφορά στην κυματική θεωρία

Σύμφωνα με τον Β. Ζερβάκη (2008):

«Κύμα είναι ο μηχανισμός μεταφοράς μιας διαταραχής».

Αναλυτικότερα, το κύμα αποτελείται από κινήσεις των μορίων του νερού, οι οποίες θέτουν σε τροχιά ένα οποιοδήποτε υλικό σημείο στο νερό. Το σημείο αυτό μεταφέρει ενέργεια, χωρίς να μεταφέρει μάζα (Σακελλαριάδου, 2007).

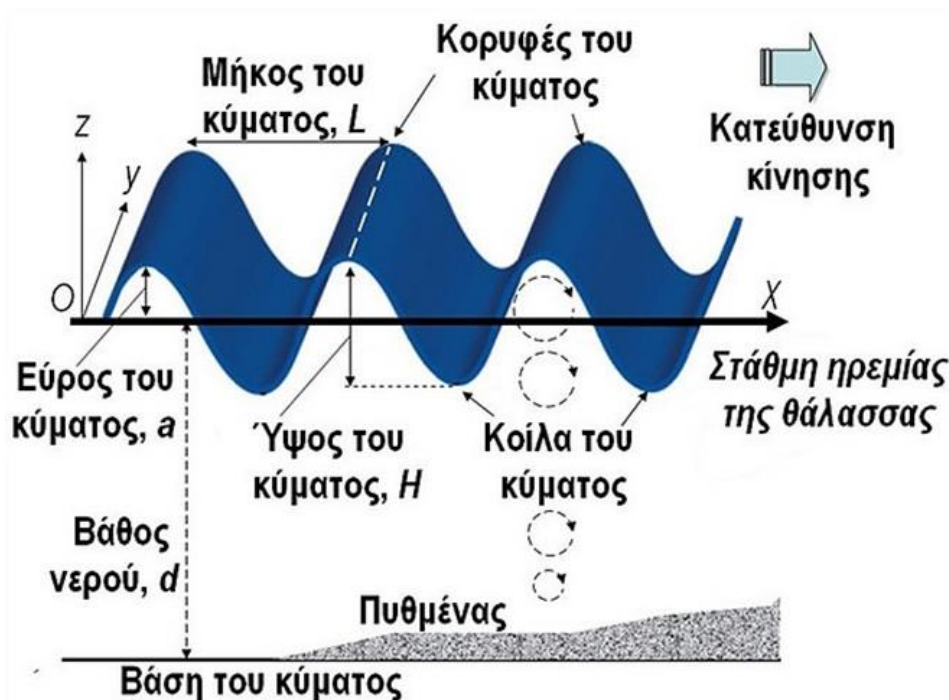
Ένα κύμα είναι στην ουσία μία ταλάντωση, η οποία αποτελείται από κορυφές και κοιλίες. Οι κορυφές αποτελούνται από τα σημεία στα οποία το πλάτος της ταλάντωσης αντιστοιχεί στη μέγιστη θετική τιμή, ενώ οι κορυφές αποτελούνται από τα σημεία στα οποία το πλάτος της ταλάντωσης αντιστοιχεί στη μέγιστη αρνητική τιμή. Τα κύρια χαρακτηριστικά του κύματος είναι το μήκος κύματος (L), η ταχύτητα φάσης (c), η περίοδος (T), η συχνότητά (f), το εύρος (a) και το ύψος (H). Αναλυτικότερα, το μήκος κύματος (L, m) είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών του κύματος. Η περίοδος του κύματος (T, s) φανερώνει το χρόνο εμφάνισης δύο διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών σε μία θέση, η συχνότητα ($f, Hz (=s^{-1})$) δείχνει τον αριθμό των διαδοχικών κορυφών ή κοιλιών που πέρασαν ανά μονάδα χρόνου. Η συχνότητα υπολογίζεται από τον τύπο (1):

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Η ταχύτητα φάσης (c , ms^{-1}) υποδηλώνει την ταχύτητα διάδοσης μεμονωμένων κυμάτων και υπολογίζεται από τον τύπο (2):

$$c = \frac{L}{T} = Lf \quad (2)$$

Το εύρος (a) του κύματος είναι η απόσταση μεταξύ μιας κορυφής ή μιας κοιλάδας από τη στάθμη ηρεμίας της θάλασσας. Τέλος, το ύψος κύματος (H , m) είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ μιας διαδοχικής κοιλάδας και μιας κορυφής (Εικόνα 3) (Ζερβάκης, 2009; Σακελλαριάδου, 2007).



ΕΙΚΟΝΑ 3: Χαρακτηριστικά κύματος (Πηγή: Αγαπητός κ.α., 2011)

Τα μόρια του νερού, σ' ένα κυματικό καθεστώς, συμπεριφέρονται διαφορετικά ανάλογα με το βάθος των νερών όπου βρίσκονται (Καρύμπαλης, 2010). Τα βαθιά ωκεάνια κύματα δημιουργούνται σε βάθη μεγαλύτερα από το μισό του μήκους κύματός τους και έχουν σταθερό μήκος κύματος (Σακελλαριάδου, 2007). Τα μόρια του νερού αυτών των κυμάτων διαγράφουν κυκλικές τροχιές. Η ταχύτητα των κυμάτων αυτών ελαττώνεται όσο το βάθος του νερού μειώνεται (Κουτίτας, 1994). Η μικρή επίδραση των κυματισμών στα μεγάλα βάθη έχει ως αποτέλεσμα τη μεταφορά κόκκων ιζήματος από και προς τις παράκτιες περιοχές (Καρύμπαλης, 2010). Σε νερά ενδιάμεσου βάθους, οι τροχιές των μορίων παύουν να είναι αμιγώς κυκλικές και έχουν ένα σχήμα που τείνει στο ελλειπτικό (Κουτίτας, 1994). Όσο περισσότερο τα

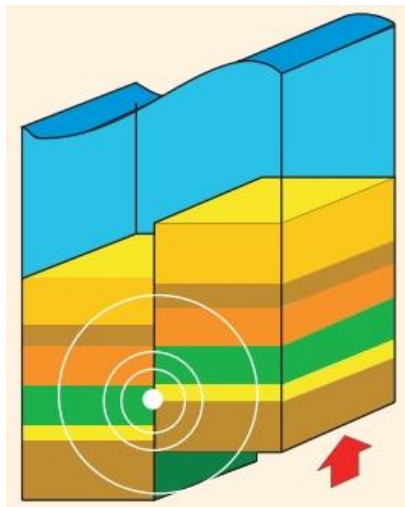
κύματα πλησιάζουν τις παράκτιες περιοχές τόσο η ταχύτητά και το μήκος κύματός τους ελαττώνονται και το ύψος τους αυξάνεται. Τα κύματα αυτά πλέον θεωρούνται κύματα ρηχών νερών και κινούνται σε θαλάσσια νερά με βάθη μικρότερα του ενός εικοστού του μήκους κύματός τους (Σακελλαριάδου, 2007). Επομένως, τα κύματα ρηχών νερών εφάπτονται στον πυθμένα της θάλασσας και λόγω αυτής της επαφής, υφίσταται η δύναμη της τριβής. Η τριβή ελαττώνει την κυκλική τροχιά των μορίων του νερού, ενώ η κορυφή του κύματος εξακολουθεί να έχει την ίδια ταχύτητα φάσης. Όταν ο λόγος του ύψους του κύματος προς το μήκος του κύματος είναι ίσος με $1/7$, τότε το κύμα θραύεται. Η μορφή που έχει κάθε κύμα που περνάει από το σημείο θραύσης εξαρτάται από τη μορφολογία της εκάστοτε παράκτιας περιοχής (Σακελλαριάδου, 2007). Γίνεται κατανοητό ότι σε μικρά βάθη, οι τροχιές των μορίων του νερού είναι μεγάλες και ελλειπτικές διότι η επίδραση των κυματισμών και της τριβής είναι μεγάλη, ενώ όσο βαθαίνουν τα νερά, η επίδραση των κυματισμών μικραίνει έως ότου θεωρηθεί αμελητέα (Κουτίτας, 1994).

3.2. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Tsunami Waves)

Ο όρος *tsunami* προέρχεται από την Ιαπωνία και αποτελείται από δύο λέξεις: τη λέξη *tsu* και τη λέξη *namí*. Η λέξη *tsu* σημαίνει λιμάνι, ενώ η λέξη *namí* σημαίνει κύμα. Επομένως η λέξη *tsunami* περιγράφει μεγάλους κυματισμούς σε ένα λιμάνι. Τα *tsunami* ή αλλιώς θαλάσσια κύματα βαρύτητας παλαιότερα θεωρούνταν από την επιστημονική κοινότητα ως παλιρροιακά κύματα. Σήμερα έχει αποδειχθεί ότι ο συσχετισμός των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας με τα παλιρροιακά είναι αβάσιμος. Τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας είναι μια σειρά κυμάτων με πολύ μεγάλο μήκος κύματος και μεγάλη περίοδο (Liu, P.L. – F., 2009).

Η κύρια γενεσιουργός αιτία των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας είναι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί. Η γενική ιδέα πίσω από τη γένεση των σεισμών είναι ότι η γήινη λιθόσφαιρα δεν είναι ενιαία αλλά αποτελείται από πολλά μικρά και μεγάλα τεμάχια, γνωστά ως λιθοσφαιρικές πλάκες. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες πλέουν και μετακινούνται πάνω στην ασθενόσφαιρα (Παπανικολάου και Σιδέρης, 2005). Λόγω αυτής της κίνησής τους, οι γειτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες συγκρούονται μεταξύ τους κατά μήκος των ορίων τους, αναπτύσσονται μερικές φορές εντάσεις και παραμορφώσεις, οι οποίες γίνονται εντονότερες με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι οι

λιθοσφαιρικές πλάκες κινούνται απότομα για την απελευθέρωση αυτής της έντασης και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση σεισμικών δονήσεων. Κατά την επαφή των λιθοσφαιρικών πλακών απελευθερώνονται μεγάλες δυνάμεις και η υπερκείμενη πλάκα σπρώχνεται προς τα πάνω. Αυτή η κίνηση προς τα πάνω είναι απότομη και συμβαίνει πολύ γρήγορα. Η επιφάνεια της θάλασσας ακολουθεί την κίνηση του πυθμένα και έτσι δημιουργούνται τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Liu, P.L. – F., 2009). Οι σεισμικές δονήσεις δεν προκαλούν μόνο κατακόρυφες κινήσεις της στήλης του θαλάσσιου νερού αλλά και οριζόντιες, οι οποίες κατά κύριο λόγο δημιουργούνται από σεισμούς κοντά σε θαλάσσιες περιοχές (Καρύμπαλης, 2010).

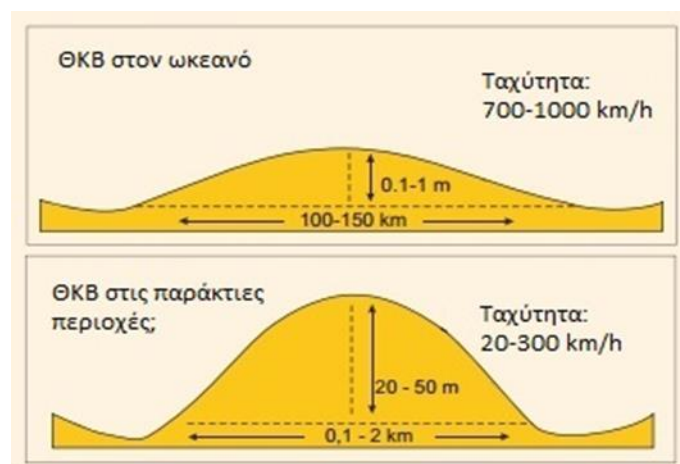


ΕΙΚΟΝΑ 4: Στην περίπτωση ενός υποθαλάσσιου σεισμού, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας δημιουργούνται από τη βίαιη σύγκρουση των λιθοσφαιρικών πλακών (Πηγή: Meidje, 2005)

Άλλα αίτια που είναι υπεύθυνα για την πρόκληση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας είναι οι δευτερεύουσες επιπτώσεις των σεισμικών δονήσεων, οι οποίες είναι οι κατολισθήσεις (*landslides*) και οι υποβρύχιες καθιζήσεις (*submarine slumps*). Τα κατολισθητικά φαινόμενα προκαλούνται όταν οι πλαγιές ή οι ιζηματικές αποθέσεις γίνονται πολύ απόκρημνες και διαταράσσεται με αυτόν τον τρόπο η ισορροπία. Η διατάραξη της ισορροπίας μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω καταιγίδων, σεισμών, βροχών ή μέσω της συνεχούς απόθεσης ιζημάτων (Liu, P.L. – F., 2009). Οι υποβρύχιες κατολισθήσεις (*submarine landslides*) μεγάλης έκτασης είναι δυνατόν να προκαλέσουν θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Οι υποβρύχιες κατολισθήσεις συμβαίνουν σε πρόδελτα ποταμών, όπου υφίστανται μεγάλες αποθέσεις χαλαρού υλικού λόγω της επίδρασης της βαρύτητας ή της ύπαρξης

σεισμικών δονήσεων, ικανών να αποσταθεροποιήσουν τις υπάρχουσες ιζηματικές αποθέσεις (Καρύμπαλης, 2010).

Επιπρόσθετα, είναι δυνατόν να παραχθούν θαλάσσια κύματα από τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς που συνδέονται με τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Ένας εκ των τριών μηχανισμών παραγωγής θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας είναι οι πυροκλαστικές ροές – μίγματα δηλαδή αερίων, πετρωμάτων και λάβας – οι οποίες κινούνται με ταχείς ρυθμούς. Σε περίπτωση που φθάσουν στο θαλάσσιο περιβάλλον, τότε εκτοπίζουν το θαλασσινό νερό δημιουργώντας θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Ένας δεύτερος μηχανισμός είναι οι υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις. Η γένεση των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας συμβαίνει εφόσον το χαμηλής θερμοκρασίας θαλασσινό νερό έρθει σε επαφή με το πολύ θερμό μάγμα. Τέλος, ο τρίτος μηχανισμός γένεσης οφείλεται στην κατάρρευση υποβρύχιων ηφαιστειακών καλδέρων κατά το τελευταίο στάδιο της ηφαιστειακής έκρηξης. Η κατάρρευση αυτή ωθεί την υδάτινη μάζα λόγω πιέσεων με αποτέλεσμα τη δημιουργία θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας (Liu, P.L. – F., 2009; Maeno et al., 2006; Παπανικολάου και Σιδέρης, 2005).



ΕΙΚΟΝΑ 5: Η εξέλιξη των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας (ΘΚΒ) από τον ωκεανό στις παράκτιες περιοχές (Τροποποιημένη από: Meidje, 2005)

Τέλος, η σπανιότερη αιτία πρόκλησης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας, σύμφωνα με τους K. Wünneman και R. Weiss (2015), είναι το αποτέλεσμα από την πρόσκρουση ενός μεγάλου, εξωγήινου αντικειμένου. Από την πρόσκρουση αυτή υφίσταται ανατάραξη του θαλασσινού νερού και επομένως δημιουργούνται θαλάσσια κύματα βαρύτητας.

Ας θεωρήσουμε ότι συμβαίνουν σεισμικές δονήσεις σε μία ωκεάνια περιοχή. Θα ονομάσουμε για λόγους ευκολίας την περιοχή στην οποία συμβαίνει το σεισμικό

αυτό φαινόμενο «περιοχή – μηδέν». Στην «περιοχή – μηδέν» λοιπόν, σχηματίζονται θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Το αρχικό τους ύψος είναι μικρό (μικρότερο ή ίσο τους ενός μέτρου), το μήκος κύματός τους είναι μεγάλο, περίπου 100 με 200km, και η ταχύτητα φάσης τους ξεπερνάει τα 800km/h (Κυριακόπουλος, 2003). Καθώς τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας διαδίδονται στον ωκεανό, το πλάτος τους μειώνεται διότι η ενέργεια που μεταφέρεται με αυτά διασκορπίζεται στην ευρύτερη περιοχή διάδοσής τους. Κατά τη διάρκεια διάδοσης τους στον ωκεανό, τα κύματα χάνουν μικρή ποσότητα ενέργειας, γιατί ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας είναι αντιστρόφως ανάλογος με το μήκος κύματός τους. Επομένως, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας ταξιδεύουν πολύ μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας (Liu, P.L. – F., 2009; Σακελλαριάδου, 2007). Καθώς τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας πλησιάζουν τις ακτές, οι θάλασσες έχουν μικρότερο βάθος και αυτό συντελεί στη γρήγορη μεταμόρφωση τους. Η κατανάλωση ενέργειας εξακολουθεί να θεωρείται αμελητέα κι έτσι η συνολική ροή ενέργειας, που εξαρτάται από την ταχύτητα φάσης των κυμάτων και από το ύψος τους, παραμένει σταθερή (Liu, P.L – F., 2009). Όταν τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας φθάσουν σε παράκτιες περιοχές, η ταχύτητά τους μειώνεται απότομα, ενώ το ύψος τους αυξάνεται κατά πολύ και μπορεί να υπερβεί τα 25m. Τη στιγμή που τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας πλησιάζουν την ακτή, τότε η στάθμη της θάλασσας θα υποχωρήσει, αφήνοντας ακάλυπτο μέρος του πυθμένα. Τα κύματα αυτά δεν προσεγγίζουν την ακτή την ίδια χρονική στιγμή αλλά με διαφορά φάσης, από μερικά λεπτά έως κάποιες ώρες (Λέκκας, 2000). Το ύψος των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας καθορίζεται από την τοπογραφία του εκάστοτε πυθμένα, το σχήμα της ακτογραμμής και τη διανυθείσα απόσταση από το κύμα και παίζει καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της καταστροφής που θα προκληθεί στην παράκτια περιοχή (Σακελλαριάδου, 2007). Συνήθως τα πρώτα θαλάσσια κύματα βαρύτητας δεν προκαλούν τις καταστροφές που προκαλούν τα τελευταία κύματα (Λέκκας, 2000).

Το 1927 ο August Sieberg ήταν ο πρώτος που δημιούργησε μια κλίμακα μέτρησης της έντασης των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Η συγκεκριμένη κλίμακα βασίστηκε στις ήδη υπάρχουσες κλίμακες μέτρησης της έντασης των σεισμών. Τριάντα πέντε χρόνια αργότερα, το 1962, ο Nicholas Ambraseys τροποποίησε την κλίμακα του Sieberg και έτσι προέκυψε η γνωστή και πολυχρησιμοποιημένη κλίμακα *Sieberg-Ambraseys*. Η κλίμακα *Sieberg-Ambraseys* περιγράφεται στον Πίνακα 1.

Το 90% των πιο καταστροφικών θαλάσσιων βαρυτικών κυμάτων συμβαίνει στον Ειρηνικό Ωκεανό, στον Δακτύλιο της φωτιάς (*Ring of Fire*). Έχουν εμφανιστεί θαλάσσια κύματα βαρύτητας στον Ατλαντικό και στη Μεσόγειο Θάλασσα λιγότερο καταστροφικά και σπανιότερα. Ενδεικτικά παραδείγματα θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας που προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές τόσο στο φυσικό, όσο και στο ανθρωπογενές περιβάλλον παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Η κλίμακα μέτρησης της έντασης των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας Sieberg-Ambraseys (1962)

Ένταση	Περιγραφή
I	<u>Μη αισθητό</u> . Πολύ αδύναμο κύμα. Δεν γίνεται αντιληπτό από τους παλιρροιογράφους
II	<u>Λίγο αισθητό</u> . Το κύμα γίνεται αντιληπτό από αυτούς που ζουν κατά μήκος της ακτής και είναι σχετικοί με τη συγκεκριμένη θάλασσα. Παρατηρείται σε πολύ επίπεδες ακτογραμμές.
III	<u>Αισθητό</u> . Πλημμυρικά φαινόμενα σε ακτές με μικρή κλίση. Μικρά σκάφη μεταφέρονται στην ξηρά από το κύμα. Μικρές ζημιές σε ελαφριές κατασκευές που βρίσκονται κοντά στην ακτή. Στις εκβολές των ποταμών, υπάρχει αναστροφή στη ροή του ποταμού έως κάποια απόσταση από την ξηρά.
IV	<u>Ισχυρό</u> . Πλημμύρα των ακτών έως κάποιο βάθος. Οι τάφροι και τα αναχώματα καταστρέφονται. Οι ελαφριές κατασκευές κοντά στην ακτή καταστρέφονται. Οι στέρεες κατασκευές κοντά στην ακτή καταστρέφονται μερικώς. Μικρά σκάφη και πλοία μεταφέρονται στην ακτή. Οι ακτές γεμίζουν με συντρίμια.
V	<u>Πολύ ισχυρό</u> . Γενική πλημμύρα των ακτών έως κάποιο βάθος. Τα τείχη της προκυμαίας και οι στέρεες κατασκευές κοντά στην ακτή καταστρέφονται. Οι ελαφριές κατασκευές καταστρέφονται ολοσχερώς. Σημαντικά πλημμυρικά φαινόμενα συμβαίνουν σε πολλές καλλιεργήσιμες εκτάσεις και οι ακτές γεμίζουν με πλεούμενα αντικείμενα και με θαλάσσια ζώα. Εξαιρώντας τα μεγάλα πλοία, όλα τα υπόλοιπα είδη πλοίων μεταφέρονται στην ακτή ή έξω από τη θάλασσα. Μεγάλες παλίρροιες στις εκβολές των ποταμών. Καταστροφή των λιμενικών έργων. Άνθρωποι πνίγονται. Το κύμα συνοδεύεται από μεγάλο βουητό.
VI	<u>Καταστροφικό</u> . Μερική ή ολική καταστροφή των ανθρώπινων κατασκευών έως κάποια απόσταση από την ακτή. Πλημμύρα της ακτής σε μεγάλα βάθη. Πολύ σοβαρές ζημιές σε μεγάλα πλοία. Δέντρα ξεριζώνονται ή κόβονται. Μεγάλος αριθμός θυμάτων.

Η πρόγνωση των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας δεν είναι εύκολη από τη στιγμή που η κύρια αιτία πρόκλησής τους, ο σεισμός, δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί. Ο μόνος τρόπος για την προστασία από τα κύματα αυτά είναι η εγκατάσταση σειсмоγράφων σε κομβικά σημεία για την καταγραφή τυχόν σεισμικών δονήσεων καθώς και η έγκαιρη ειδοποίηση των περιοχών που πρόκειται να πληγούν από τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Εφόσον συμβεί κάποιος σεισμός, ικανός να προκαλέσει θαλάσσια κύματα βαρύτητας, χρησιμοποιούνται μοντέλα προσομοίωσης

για την εκτίμηση του χρόνου με βάση τον οποίο θα φθάσουν τα κύματα σε παράκτιες περιοχές καθώς και την ενέργεια με την οποία θα πλήξουν τις παράκτιες περιοχές κατά τη θραύση τους (Καρύμπαλης, 2010).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Μερικά παραδείγματα καταστροφικών θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας ανά τον κόσμο

Χρονολογία	Περιοχή	Ύψος κυμάτων (m)	Απώλειες/ Παρατηρήσεις
1500 πΧ	Σαντορίνη		Ερήμωση Μεσογειακής ακτής
1755 μΧ	Ανατολικός Ατλαντικός	5 -10	Παρατηρήθηκε από την Ευρώπη έως τις Δυτικές Ινδίες
1792	Ιαπωνία		15.190 νεκροί
1837	Χιλή	5	
1868	Περου – Χιλή	>10	Παρατηρήθηκε στη Νέα Ζηλανδία και προκάλεσε καταστροφές στη Χαβάη
1883	Ινδονησία (Κρακατόα)	38	32.800 νεκροί
1896	Ιαπωνία	24	~26.000 νεκροί
1933	Χαβάη	>20	~3.000 νεκροί
1946	Χαβάη, Αλάσκα, Δυτικές Ακτές	10	173 νεκροί και 163 τραυματίες
1960	Χαβάη, Δυτικές Ακτές, Αμερικανική Σαμόα	>10	61 νεκροί και 282 τραυματίες
1993	Ιαπωνία		Καταστροφή πόλης
2004	Ινδονησία (Sumatra)	30	~228.000 νεκροί
2011	Φουκουσίμα (Ιαπωνία)	13-15	39 τραυματίες. Πυρηνικά ατυχήματα στο σταθμό Φουκουσίμα 1

(Πηγές: Καρύμπαλης, 2010; Κυριακόπουλος, 2003; Λέκκας, 2000)

3.3. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας στον ελληνικό χώρο

Μία από τις πιο σημαντικές γενεσιουργές αιτίες των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας είναι η ύπαρξη σεισμών μεγάλης έντασης. Στον ελληνικό χώρο, λόγω του ελληνικού ορογενετικού τόξου, οι σεισμοί μεγάλης έντασης δεν είναι σπάνιοι, όπως σπάνια δεν είναι και τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας που προκαλούνται από τη δράση των σεισμών. Σε αυτήν την παράγραφο, θα αναφερθούν με συντομία μερικά από τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας που έχουν πλήξει τον ελλαδικό χώρο.

Περίπου το 1641π.Χ. εξερράγη το ηφαίστειο της Σαντορίνης προκαλώντας ένα πολύ δυνατό θαλάσσιο κύμα βαρύτητας. Το συγκεκριμένο κύμα κατέστρεψε τον Μινωικό πολιτισμό στα τέλη της περιόδου του Χαλκού.

Στις 21/07/365 συνέβη ένας σεισμός μεγάλου μεγέθους πιθανότατα στο δυτικό ελληνικό ορογενετικό τόξο, ο οποίος προκάλεσε καταστροφικά θαλάσσια κύματα βαρύτητας (Ambraseys, 1962; Ambraseys et al., 1994; Antonopoulos, 1980; Galanopoulos, 1960; Papadopoulos and Vassilopoulou, 2001). Τα κύματα αυτά έπληξαν τη δυτική Κρήτη, τη νοτιοδυτική Πελοπόννησο, την Αλεξάνδρεια, τη Σικελία και την Κροατία. Όπως φαίνεται, τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας διαδόθηκαν ευρέως στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου και χαρακτηρίστηκαν ως ιδιαίτερα καταστροφικά σε πολλές παράκτιες περιοχές.

Το 1303 ένας καταστροφικός σεισμός έλαβε χώρα στην ανατολική Μεσόγειο προκαλώντας καταστροφές στη Ρόδο, στην Κρήτη, στην Πελοπόννησο και στη Μικρά Ασία. Το θαλάσσιο κύμα βαρύτητας που δημιουργήθηκε, κατέστρεψε τις παράκτιες περιοχές της Κρήτης και τις Μικράς Ασίας και εντοπίστηκε στη Ρόδο, στην Πελοπόννησο και στην Αδριατική θάλασσα (Soloviev, 1990).

Ο μεγαλύτερος σεισμός που καταγράφηκε στον ελλαδικό χώρο τον 20^ο αιώνα συνέβη στις 09/07/1956. Το επίκεντρο του σεισμού βρισκόταν νότια και κεντρικά του Αιγαίου Πελάγους, κοντά στο νησί της Αμοργού. Το μέγεθος του ήταν 7.8 μονάδες της κλίμακας *Richter*. Προκάλεσε 53 θανάτους και μεγάλες καταστροφές, κυρίως στη Σαντορίνη. Ο συγκεκριμένος σεισμός προκάλεσε τοπικά θαλάσσια κύματα βαρύτητας, που επηρέασαν τις Κυκλάδες, τα Δωδεκάνησα, την Κρήτη καθώς και τις παράκτιες περιοχές της Μικράς Ασίας. Τα ύψη των κυμάτων αυτών ήταν ίσα με 30m, 20m και 10m, όπως καταγράφηκαν από τη νότια Αμοργό, την Αστυπάλαια και τη Φολέγανδρο αντίστοιχα. Οι παραπάνω τιμές ήταν οι μεγαλύτερες τιμές που καταγράφηκαν σε ολόκληρη τη λεκάνη της Μεσογείου τον 20^ο αιώνα (Soloviev et al., 2000; Okal et al., 2009).

Οι προαναφερθείσες περιπτώσεις επιβεβαιώνουν την ύπαρξη καταστροφικών θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στον ελλαδικό χώρο. Αυτές και άλλες παρόμοιες περιπτώσεις καταγράφονται από τους επιστήμονες για την ακριβέστερη μελέτη του φαινομένου. Με αυτόν τον τρόπο, οι επιστήμονες έχουν καταλήξει σε πολύ ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις. Οι καταγραφές αυτές δείχνει ότι από το 1700πΧ μέχρι σήμερα περισσότερα από 150 θαλάσσια κύματα βαρύτητας έχουν επηρεάσει την ελληνική περιοχή (Papadopoulos and Chalkis, 1984; Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003). Σύμφωνα με τους G. A. Papadopoulos και A. Fokaefs (2005), τα πολύ ισχυρά

θαλάσσια κύματα βαρύτητας στην ανατολική Μεσόγειο προέρχονται είτε από σεισμικά φαινόμενα, είτε από ηφαιστειακές εκρήξεις. Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι τα επίκεντρα των σεισμών που λαμβάνουν χώρα στην Ελλάδα, έχουν μικρό εστιακό βάθος και χωρίζονται σε δύο σεισμικές ζώνες:

1. Την εξωτερική σεισμική ζώνη. Έχει σχήμα τόξου και εκτείνεται παράλληλα με το ελληνικό ορογενετικό τόξο. Ξεκινάει από την Αλβανία, περιλαμβάνει τη δυτική Ελλάδα, την Κρήτη και τα Δωδεκάνησα και τελειώνει στη νοτιοδυτική Τουρκία.
2. Την εσωτερική σεισμική ζώνη. Επικαλύπτει όλη την υπόλοιπη περιοχή και διακρίνεται σε άλλες υποζώνες (Soloviev, 1990).

Οι G. A. Papadopoulos και A. Fokaefs (2005) κατηγοριοποίησαν την πλειοψηφία των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας που έλαβαν χώρα στην Ελλάδα στις τέσσερις πρώτες κατηγορίες της κλίμακας *Sieberg-Ambraseys*, όπου 6 περιπτώσεις κατατάχθηκαν στην κατηγορία I, 24 περιπτώσεις στην κατηγορία II, 36 περιπτώσεις στην κατηγορία III και 23 περιπτώσεις στην κατηγορία IV.

4. Χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) για τη μελέτη παράκτιων φυσικών κινδύνων

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) (*Geographic Information Systems, GIS*), που είναι αυτοματοποιημένα πληροφοριακά συστήματα, χρησιμοποιούν τα φυσικά εξαρτήματα ενός υπολογιστή (hardware), το λογισμικό (software) καθώς και τα υπάρχοντα δεδομένα για τη συλλογή, τη διαχείριση, την ανάλυση και την έκθεση όλων των ειδών των πληροφοριών που έχουν αναφερθεί γεωγραφικά. Είναι σε θέση να δώσουν απαντήσεις σε ερωτήματα που θέτει ο χρήστης ανάλογα με τα δεδομένα που διαθέτει. Το αποτέλεσμα που προκύπτει από τη χρήση των ΣΓΠ, που μπορεί να έχει κυρίως τη μορφή χάρτη, αναφοράς ή διαγράμματος, βοηθάει τον ερευνητή να κατανοήσει και να ερμηνεύσει καλύτερα το υπό μελέτη ερώτημα. Επίσης, παρέχουν ένα σετ εργαλείων για το χειρισμό και την ανάλυση της χωρικής πληροφορίας (Carver, 1991). Επομένως, τα ΣΓΠ προσφέρουν λύσεις σε πολλά και διαφορετικής φύσεως προβλήματα και συνεισφέρουν στη λήψη

αποφάσεων (Ahamed et al., 2006; Longley et al., 2005). Τα ΣΓΠ, αν και παρέχουν στους ερευνητές ένα ευρύ φάσμα εργαλείων για την επεξεργασία, τη διαχείριση και την ανάλυση χωρικών δεδομένων, παρότι δε διαθέτουν εκείνους τους μηχανισμούς που θα ενσωματώσουν τις προτιμήσεις του ερευνητή στην εξαγωγή μιας λύσης (Laaribi et al., 1996).

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες στον τομέα των παράκτιων καταστροφών και μέσω αυτών τα ΣΓΠ έχουν αναγνωρισθεί ως πολύτιμο εργαλείο στα μάτια των ερευνητών. Τα ΣΓΠ παρέχουν ενημερωμένη πληροφορία για την αξιολόγηση οποιασδήποτε φυσικής καταστροφής και επιπλέον είναι σε θέση να παράγουν χάρτες με τη βοήθεια συνδυασμένων πληροφοριών.

Όσον αφορά στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, ο αριθμός των ερευνών, που έχουν πραγματοποιηθεί με τη χρήση ΣΓΠ, είναι σημαντικός. Μία έρευνα, που έγινε από τους Li et al. (2013), βασίστηκε στην υποθετική αύξηση της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης από 1 έως 6m. Τα αποτελέσματα της έρευνας αναλύθηκαν και οπτικοποιήθηκαν με τη βοήθεια των ΣΓΠ. Οι Dasgupta et al. (2009) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της υπέρθεσης (*overlay*) στα ΣΓΠ για να συνδυάσουν διαφορετικές πληροφορίες και να δημιουργήσουν πλημμυρικές ζώνες στις αναπτυσσόμενες χώρες, λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Οι Gambolati et al. (2002) χρησιμοποίησαν διάφορα *ad hoc* μαθηματικά μοντέλα για την πρόβλεψη της στάθμης της θάλασσας και τα αποτελέσματα των εισήχθησαν σε περιβάλλον ΣΓΠ, όπου και οπτικοποιήθηκαν.

Τα ΣΓΠ έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στη μελέτη των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Οι Papathoma et al. (2003) αξιολόγησαν την τρωτότητα της παράκτιας περιοχής δυτικά του Ηρακλείου Κρήτης μέσω του συνδυασμού πολλών παραγόντων και των ΣΓΠ. Το 2004 οι Wood and Good εκτίμησαν την τρωτότητα ενός λιμανιού στο Oregon σε περίπτωση σημαντικής δόνησης ή σε περίπτωση ύπαρξης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας, μέσω της χρήσης των ΣΓΠ. Ο συνδυασμός τηλεπισκόπησης και ΣΓΠ για την αξιολόγηση καταστροφών από τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας δεν είναι σπάνιο φαινόμενο. Οι Dharanirajan et al. (2007) ερεύνησαν τις καταστροφές πριν και μετά από τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας που έπληξαν την περιοχή του νότιου Andaman στα νησιά Andaman, στις 26 Δεκεμβρίου του 2004 με τη χρήση δορυφορικών εικόνων. Επίσης, χρησιμοποίησαν τα ΣΓΠ σε συνδυασμό με την

τηλεπισκόπηση για την ανεύρεση κατάλληλων περιοχών για την επανεγκατάσταση του πληγέντος πληθυσμού καθώς και για την αξιολόγηση των καταστροφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -2-

Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται αναλυτικά τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, το λειτουργικό σύστημα *ArcGIS* και οι δύο σημαντικότερες μορφές δεδομένων που χρησιμοποιούνται στα ΣΓΠ και σε αυτήν την εργασία. Τέλος παρουσιάζονται τα εργαλεία του λειτουργικού συστήματος ΣΓΠ *ArcGIS*, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή, για την επεξεργασία των δεδομένων.

1. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information Systems)

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) είναι γνωστά παγκοσμίως ως *Geographic Information Systems (GIS)*. Η χρήση των ΣΓΠ βρίσκει ολοένα περισσότερη αποδοχή από τον κόσμο διότι ιδιαίτερα σήμερα (με τη βοήθεια της τεχνολογίας), οι δραστηριότητες των ανθρώπων και οι αποφάσεις που λαμβάνουν περιλαμβάνουν και τη γεωγραφική συνιστώσα. Είναι συστήματα ικανά να παρέχουν λύση στα προβλήματα που τους έχει θέσει ο άνθρωπος (Longley et al, 2005).

Τα ΣΓΠ έχουν πολλές δυνατότητες, όμως ο λόγος για τον οποίο ξεχώρισαν ως εργαλείο επίλυσης προβλημάτων, είναι ότι καταγράφουν και θέτουν σε εφαρμογή γενικές γνώσεις, αλλά και αποθηκεύουν την ειδική πληροφορία σε βάσεις δεδομένων (Longley et al, 2005). Αναλυτικότερα, είναι πληροφοριακά συστήματα που παρέχουν στο χρήστη τις εξής δυνατότητες: συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης των χωρικών δεδομένων μέσα σε ένα ψηφιακό περιβάλλον (Fabbri, 1998). Οι τέσσερις κύριες λειτουργίες των ΣΓΠ είναι η χαρτογράφηση και η απεικόνιση της χωρικής και της περιγραφικής πληροφορίας, η διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων και η γεωγραφική ανάλυση (Marathon Data Systems, 2011).

Τα ΣΓΠ χειρίζονται κυρίως γεωχωρικά δεδομένα (*geospatial data*). Λέγοντας “γεωχωρικά δεδομένα” εννοείται ένα σετ δεδομένων που εφαρμόζεται στην επιφάνεια της Γης ή κοντά σε αυτήν. Η μοναδικότητα των γεωχωρικών δεδομένων υφίσταται στο ότι, εκτός από τη χωρική πληροφορία που παρέχουν, είναι δυνατό να

εμπεριέχουν και περιγραφική πληροφορία (μη χωρική πληροφορία). Η περιγραφική πληροφορία δίνει διαφορετική διάσταση στην ύπαρξη των ΣΓΠ διότι ο ερευνητής μπορεί να επεξεργαστεί επιπρόσθετη πληροφορία, η οποία αφορά στα υπό μελέτη δεδομένα (Fabbri, 1998).

Τα γεωγραφικά δεδομένα προέρχονται από πραγματικές θέσεις και χαρακτηριστικά, επάνω ή κοντά στην επιφάνεια της γης. Αυτά τα ανεπεξέργαστα δεδομένα είναι τα αρχικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται στα ΣΓΠ και παρέχουν τη γεωγραφική πληροφορία που χρειάζεται για να δοθούν απαντήσεις στα ερωτήματα του χρήστη. Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα προέρχονται από ένα εύρος πηγών, για παράδειγμα από αεροφωτογραφίες, από ήδη ψηφιοποιημένους χάρτες και από παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (Galati, 2006).

Ένα ΣΓΠ είναι ικανό να διαχειρίζεται θεματικά επίπεδα για μία περιοχή μελέτης και να εξάγει τα αποτελέσματα αυτής της διαχείρισης σε μορφή χαρτών (Λέκκα, 2010). Τα θεματικά επίπεδα είναι επίπεδα τα οποία περιέχουν συγκεκριμένη πληροφορία που αφορά μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Παραδείγματος χάρη τα θεματικά επίπεδα μπορεί να δείχνουν σταθμούς δειγματοληψίας, συγκεντρώσεις ορισμένων χημικών στοιχείων, υψόμετρα, λιθολογία μιας περιοχής. Για να γίνει κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων θα πρέπει να υπάρχουν τα κατάλληλα λογισμικά καθώς και χωρικές βάσεις δεδομένων (Fazal, 2008).

Το κυριότερο πλεονέκτημα των ΣΓΠ είναι ότι επιτρέπουν στο χρήστη να διακρίνει τις διάφορες χωρικές σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών χαρακτηριστικών των χαρτών λόγω διεκπεραίωσης ενός αριθμού θεμελιωδών λειτουργιών (Xu, 2001). Άλλα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν τα ΣΓΠ είναι:

- Η βελτιωμένη ικανότητα επεξεργασίας και ανάλυσης ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων.
- Ο δυναμικός συμβολισμός της υπό μελέτη πληροφορίας.
- Η παρουσία των αποτελεσμάτων σε διαγράμματα και χάρτες με μεγάλη ευκολία και καλή ακρίβεια.
- Η εύκολη αποθήκευση και επαναφορά των χαρτών.
- Ο γρήγορος έλεγχος των εναλλακτικών λύσεων.
- Η παροχή δεδομένων και σε ψηφιακή μορφή, η οποία είναι συμβατή με πολλά συστήματα.

- Το μικρό τους κόστος σε σχέση με τις σύνθετες μορφές ανάλυσης που προσφέρουν.
- Το κοινό πλαίσιο δραστηριοτήτων και ο κοινός τρόπος επικοινωνίας των χρηστών και των επιστημόνων που ασχολούνται με τα ΣΓΠ.
- Η δυνατότητα του χρήστη να αναπτύξει νέες τεχνικές και ιδέες, αφού απαλλάσσεται από χρονοβόρες διαδικασίες, οι οποίες εκτελούνται από τα ΣΓΠ (Marathon Data Systems, 2011).

Τα ΣΓΠ βρίσκουν πολλές εφαρμογές στη σύγχρονη εποχή, παραδείγματα των οποίων είναι ο αστικός, περιβαλλοντικός, περιφερειακός και αναπτυξιακός σχεδιασμός καθώς και ο σχεδιασμός μεταφορών. Άλλες εφαρμογές των ΣΓΠ είναι η γεωγραφική ανάλυση φυσικών αλλά και κοινωνικών – οικονομικών φαινομένων, η λήψη αποφάσεων και η παροχή υπηρεσιών προς τους ενδιαφερομένους. Ο αριθμός των λογισμικών ΣΓΠ που διατίθενται δεν είναι μικρός, όμως η επιλογή του κάθε λογισμικού εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από το πώς θέλει να το χρησιμοποιήσει ο ερευνητής (Fabbri, 1998). Παραδείγματα τέτοιων λογισμικών είναι το *ArcGIS*, τα προγράμματα ανοιχτού κώδικα *Quantum GIS (QGIS)* και *GRASS GIS* κ.α.

Το *ArcGIS Desktop* (το λογισμικό του προγράμματος *ArcGIS*) δημιουργήθηκε από την εταιρεία *ESRI (Environmental Systems Research Institute)*, της οποίας οι εγκαταστάσεις βρίσκονται στις ΗΠΑ. Είναι ένα σύστημα που αποτελείται από συγκεκριμένα τμήματα λογισμικού, εκ των οποίων εγκαθίστανται όσα θα χρησιμεύσουν στον ερευνητή. Διατίθεται σε τρεις εκδόσεις: το *ArcView*, το *ArcEditor* και το *ArcInfo*. Το *ArcView* έχει τις λιγότερες δυνατότητες, ενώ το *ArcInfo* τις περισσότερες. Και οι τρεις εκδόσεις περιέχουν τρεις βασικές εφαρμογές: το *ArcMap*, το *ArcCatalog* και το *ArcToolBox*. Το λογισμικό *ArcMap* αποτελεί το κύριο συστατικό του *ArcGIS Desktop*, αφού μέσω του *ArcMap* είναι δυνατό να γίνουν ορατά, να επεξεργασθούν, να δημιουργηθούν και να αναλυθούν γεωχωρικά δεδομένα καθώς και να δημιουργηθούν χάρτες (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως, 2010).

Το λογισμικό ΣΓΠ που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την πτυχιακή εργασία είναι το *ArcGIS 10.1*.

2. Μορφές δεδομένων

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται σύντομη αναφορά των μορφών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Τα είδη δεδομένων που περιγράφονται χρησιμοποιούνται από τα ΣΓΠ.

Υπάρχουν δύο τύποι χωρικών δεδομένων καταγραφής, αποθήκευσης και απεικόνισης των δεδομένων στα ΣΓΠ: τα ψηφιδωτά δεδομένα (raster data) και τα διανυσματικά δεδομένα (vector data).

2.1. Δεδομένα ψηφιδωτής μορφής (Raster Data)

Η περιοχή μελέτης διαιρείται σε έναν κανάβο από κελιά (*cells*), στα οποία καταγράφονται οι συνθήκες ή τα περιγραφικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης. Κάθε κελί στον κανάβο έχει και από μία τιμή που αντιπροσωπεύει κάποιου είδους πληροφορία. Μία τέτοια πληροφορία μπορεί να είναι ο κωδικός μιας οντότητας, ο κωδικός ενός ποιοτικού χαρακτηριστικού ή η τιμή ενός ποσοτικού μεγέθους (Κίτσιου, 2010). Δεδομένα τέτοιας μορφής προέρχονται από ψηφιακές αεροφωτογραφίες, εικόνες από δορυφόρους, ψηφιακές εικόνες και σκαναρισμένους χάρτες.

Συνήθως τα δεδομένα που έχουν ψηφιδωτή μορφή συμπεριλαμβάνουν και μεταδεδομένα με μορφή κεφαλίδων αρχείου (*file headers*). Συνήθως τα μεταδεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες, όπως οι γεωγραφικές συντεταγμένες της πάνω αριστερής γωνίας του κανάβου, το μέγεθος του κελιού, ο αριθμός των στηλών του κανάβου και ο αριθμός των γραμμών και το προβολικό σύστημα (Longley et al, 2005).

2.1.1 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους (ΨΜΕ)

Ένα είδος δεδομένων ψηφιδωτής μορφής είναι και τα Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους. Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους χρησιμοποιήθηκαν στις γεωεπιστήμες από τη δεκαετία του 1950 (Weiber and Heller, 1991). Από τότε τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους αποτέλεσαν σημαντικά συστατικά της επεξεργασίας της γεωγραφικής πληροφορίας. Παρέχουν βάση για έναν μεγάλο αριθμό εφαρμογών στις γεωεπιστήμες και στις επιστήμες εφαρμοσμένης μηχανικής. Όσον αφορά στα ΣΓΠ, τα ψηφιακά

μοντέλα εδάφους προσφέρουν τη δυνατότητα για τη μοντελοποίηση, ανάλυση και παρουσίαση φαινομένων συσχετισμένων με την τοπογραφία ή άλλων επιφανειών.

Το 1958 οι C. L. Miller και R. A. Laflamme έδωσαν στην επιστημονική κοινότητα τον ορισμό του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, ο οποίος είναι:

«Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι απλά μία στατιστική αναπαράσταση της συνεχούς επιφάνειας του εδάφους από ένα μεγάλο αριθμό επιλεγμένων σημείων με γνωστές X , Y και Z συντεταγμένες ενός αυθαίρετου πεδίου συντεταγμένων».

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους αναπαριστά ψηφιακά τη γεωμετρική μορφή μιας συγκεκριμένης περιοχής της γήινης επιφάνειας. Τα πλεονεκτήματα ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους είναι, καταρχάς, η ποικιλία που εμφανίζει όσον αφορά στις μορφές αναπαράστασης, οι οποίες μπορεί να είναι: τοπογραφικές, υψομετρικές κ.α. Επίσης, ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους έχει μεγάλη ακρίβεια όσον αφορά στις μετρήσεις και δε φθείρεται, όπως ένας αναλογικός χάρτης, με το πέρασμα του χρόνου. Μπορεί να υποστεί επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο και έχει καλύτερη διαδικασία αυτοματισμού. Τέλος, είναι εύκολη η αλλαγή χωρικής ανάλυσης, ανάλογα με το τι θέλει να μελετήσει ο ερευνητής (Li, Zhu and Gold, 2005).

Ένα είδος ψηφιακού μοντέλου εδάφους είναι τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα (*Digital Elevation Models, DEMs*). Τα υψομετρικά μοντέλα δημιουργούνται μέσω δορυφόρων. Το αποτέλεσμα που παράγεται από τα παραπάνω όργανα πρέπει να υποστεί επεξεργασία, δηλαδή να μετασχηματιστεί σε συγκεκριμένη μορφή, για να είναι σε θέση να αναπαραστήσει το ανάγλυφο της επιφάνειας της περιοχής μελέτης. Μετά από αυτήν την επεξεργασία τοποθετείται σε κάθε κελί του κανάβου η υψομετρική τιμή ενός σημείου που βρίσκεται στο κέντρο του κελιού. Αν η ποιότητα ενός Ψηφιακού Υψομετρικού Μοντέλου δεν είναι καλή τότε επηρεάζεται η ακρίβεια των μετρήσεων του ανάγλυφου καθώς και ο,τιδήποτε παράγεται από την ανάλυση του μοντέλου.

2.2. Δεδομένα διανυσματικής μορφής (Vector Data)

Τα δεδομένα διανυσματικής μορφής χρησιμοποιούνται ευρέως στα ΣΓΠ, λόγω της ακριβούς αποτύπωσης της πραγματικότητας, της αποδοτικότητας της

αποθήκευσης, της καλής ποιότητας των χαρτών που παράγουν και της διαθεσιμότητας των εργαλείων για ποικίλες λειτουργίες, όπως η υπέρθεση χαρτών, η γεωγραφική τους προβολή και η ανάλυσή τους (Longley et al, 2005). Αντιπροσωπεύουν γεωγραφικά χαρακτηριστικά, όπως σημεία (*points*), γραμμές (*polylines*) και πολύγωνα (*polygons*). Κάθε σημείο αναπαρίσταται ως ένα ζεύγος συντεταγμένων, ενώ οι γραμμές και τα πολύγωνα παρουσιάζονται ως ταξινομημένες λίστες κόμβων. Οι συντεταγμένες που ορίζουν την γεωμετρία κάθε αντικειμένου είναι δυνατόν να έχουν 2, 3 ή 4 διαστάσεις: 2 (x, y: σειρά και στήλη ή γεωγραφικό πλάτος και μήκος), 3 (x, y, z: προστίθεται το ύψος) και 4 (x, y, z, m: προστίθεται μια ακόμη μεταβλητή για να αντιπροσωπεύσει το χρόνο ή μια άλλη ιδιότητα). Στα δεδομένα διανυσματικής μορφής είναι δυνατόν να αποδοθούν και περιγραφικά δεδομένα, σε αντίθεση με τα δεδομένα ψηφιδωτής μορφής που έχουν μόνο μία τιμή ανά κελί (Κίτσιου, 2010). Τέτοια δεδομένα παράγονται μέσω της ψηφιοποίησης των δεδομένων, ή μέσω της μετατροπής ψηφιδωτής μορφής δεδομένων σε διανυσματικής μορφής.

2.2.1. Ισοπληθείς γραμμές

Μια μορφή διανυσματικών δεδομένων είναι οι ισοπληθείς γραμμές. Σύμφωνα με τον P. Longley et al (2005), με τη βοήθεια των ισοπληθών χαρτών είναι δυνατόν να οπτικοποιηθούν φαινόμενα που μετριοούνται σε κλίμακα διαστήματος (*interval scale*) ή αναλογική κλίμακα (*ratio scale*). Οι ισοπληθείς χάρτες (*isopleth maps*) αποτελούνται από γραμμές, οι οποίες ενώνουν χαρακτηριστικά με την ίδια τιμή. Υπάρχουν πολλά είδη ισοπληθών γραμμών, όπως για παράδειγμα οι ισοϋψείς γραμμές (*contour lines* - ενώνουν περιοχές με το ίδιο ύψος), οι ισοϋετείς (*isohyets* - ενώνουν περιοχές με ίση ποσότητα κατακρημνίσεων), οι ισόχρονες (*isochrones* - ενώνουν περιοχές που ισαπέχουν όσον αφορά στη χρονική διάρκεια) και τέλος οι ισοδάπανες (*isodapanes* - ενώνουν περιοχές με το ίδιο κόστος μεταφοράς).

Οι ισοϋψείς χρησιμοποιούνται ευρέως, για την επισήμανση του υψομέτρου στους χάρτες. Κοιτάζοντας κάποιος έναν χάρτη με τις ισοϋψείς μιας περιοχής, μπορεί να έχει μία πρώτη εκτίμηση για τη μορφολογία του εδάφους της. Η κατανομή των ισοϋψών δείχνει το πώς αυτές μεταβάλλονται σε μία επιφάνεια. Όταν υπάρχει μικρή μεταβολή στις τιμές των υψομέτρων, τότε οι ισοϋψείς απέχουν αρκετά μεταξύ τους. Απεναντίας όταν υπάρχει μεγάλη ή απότομη μεταβολή μεταξύ των τιμών των

ισοϋψών, τότε οι ισοϋψείς δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους. Το διάστημα μεταξύ των ισοϋψών δείχνει την υψομετρική διαφορά μεταξύ των κοντινών ισοϋψών.

3. Χρήσιμα εργαλεία για την επεξεργασία δεδομένων

Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία για την επεξεργασία των δεδομένων. Τα εργαλεία αυτά ως επί το πλείστον βρίσκονται στην εργαλειοθήκη του προγράμματος *ArcGIS 10.1*, γνωστή και ως *ArcToolbox*.

3.1 Εργαλείο Mosaic To New Raster

Το πρόγραμμα *ArcGIS* δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να αποθηκεύσει, να μελετήσει και να επεξεργαστεί πολλά ψηφιακά μοντέλα εδάφους συγχρόνως. Τα μοντέλα αυτά συνήθως απεικονίζουν διαφορετικά μέρη της περιοχής μελέτης και όλα μαζί απεικονίζουν ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Σε περίπτωση όμως, που ένας χρήστης θέλει να επεξεργαστεί ολόκληρη την περιοχή μελέτης και όχι επί μέρους περιοχές, είναι δυνατόν να ενωθούν όλα τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους σε ένα, χωρίς να χαθεί η επιθυμητή πληροφορία.

Το εργαλείο *Mosaic To New Raster* βρίσκεται στο *ArcToolbox* (*ArcToolbox > Data Management > Raster > Mosaic To New Raster*). Το παρόν εργαλείο ενώνει πολλά ψηφιακά μοντέλα εδάφους σε ένα μεγαλύτερο.

3.2. Εργαλείο Extract by Mask

Δεν είναι λίγες οι φορές που τα δεδομένα περιέχουν περισσότερη πληροφορία από αυτή που χρειάζεται ο ερευνητής και η οποία όχι μόνο δυσχεραίνει την ερευνητική διαδικασία, αλλά την καθιστά χρονοβόρα.

Όταν τα δεδομένα έχουν ψηφιδωτή μορφή, τότε γίνεται η χρήση του εργαλείου *Extract by Mask* (*ArcToolbox > Spatial Analyst > Extraction > Extract by Mask*). Στο συγκεκριμένο εργαλείο, εισάγεται το χαρτογραφικό επίπεδο ψηφιδωτής μορφής, που θέλει ο χρήστης να οριοθετήσει καθώς και ένα δεύτερο χαρτογραφικό

επίπεδο ψηφιδωτής ή διανυσματικής μορφής. Το δεύτερο χαρτογραφικό επίπεδο έχει τα όρια που θέλει ο χρήστης να θέσει στο πρώτο. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι το πρώτο χαρτογραφικό επίπεδο με τα όρια του δεύτερου.

3.3. Εργαλείο Hillshade

Το ArcGIS είναι σε θέση να δημιουργεί ένα σκιασμένο ΨΜΕ λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία της φωτεινής πηγής και τις σκιές με τη βοήθεια του εργαλείου *Hillshade*. Ειδικότερα το εργαλείο *Hillshade* υπολογίζει τον υποθετικό φωτισμό μιας επιφάνειας με το να καθορίζει τιμές φωτισμού για κάθε κελί σε έναν κάναβο. Θέτει μια υποθετική θέση της φωτεινής πηγής και υπολογίζει τις τιμές φωτισμού κάθε κελιού σε σχέση με τα γειτονικά του κελιά. Βελτιώνει κατά πολύ την οπτικοποίηση μιας επιφάνειας προς ανάλυση και δεν είναι λίγες οι φορές που χρησιμοποιείται για τη γραφική της απεικόνιση. Το εργαλείο *Hillshade* βρίσκεται στο *ArcToolbox* (*ArcToolbox* > *Spatial Analyst* > *Surface* > *Hillshade*).

3.4 Εργαλείο Contour

Το πρόγραμμα ArcGIS έχει τη δυνατότητα παραγωγής ισοϋψών μέσω της χρήσης του εργαλείου *Contour* (*ArcToolbox*>*Spatial Analyst Toolbox* > *Surface Toolset* > *Contour*). Για το σχηματισμό των ισοϋψών χρειάζεται να εισαχθούν στο πρόγραμμα δεδομένα ψηφιδωτής μορφής, όπως, παραδείγματος χάριν, ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα. Το εργαλείο *Contour* ενώνει τα κελιά ίδιας αξίας με τη βοήθεια γραμμών (διανυσματικά δεδομένα). Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα διανυσματικό χαρτογραφικό επίπεδο με γραμμές, οι οποίες υποδηλώνουν τις ισοϋψείς. Οι ισοϋψείς δεν ξεπερνούν τη χωρική έκταση των ψηφιδωτών δεδομένων που εισήχθησαν αρχικά. Η χωρική ανάλυση των ψηφιδωτών δεδομένων παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των ισοϋψών: όσο πιο μεγάλη η ανάλυση, τόσο πιο ακριβείς οι ισοϋψείς.

3.5. Εργαλείο Select By Attributes

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων είναι απαραίτητο πολλές φορές ο χρήστης να επιλέξει μερικά από τα χαρακτηριστικά που εμφανίζει το εκάστοτε διανυσματικό χαρτογραφικό επίπεδο. Το ArcGIS έχει δημιουργήσει το εργαλείο *Select By Attributes* γι' αυτόν το σκοπό.

Το εργαλείο *Select By Attributes* βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του προγράμματος ArcGIS (*Select > Select By Attributes*). Η επιλογή των κατάλληλων χαρακτηριστικών γίνεται μέσω μιας SQL (*Structured Query Language*) έκφρασης και έτσι επιλέγονται τα χαρακτηριστικά που «υπακούουν» τις εντολές του χρήστη.

3.6. Ψηφιοποίηση (Digitizing)

Ψηφιοποίηση (*digitizing*) είναι η διαδικασία κατά την οποία συντεταγμένες από έναν χάρτη, εικόνα, ή άλλες μορφές δεδομένων μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή (από αναλογική). Η παρούσα διαδικασία είναι απαραίτητη όταν τα δεδομένα που έχει ο χρήστης δεν γίνεται να επεξεργαστούν παράλληλα με άλλα δεδομένα στα ΣΓΠ. Υπάρχουν δυο τρόποι ψηφιοποίησης: μέσω ενός ψηφιοποιητή (*manual digitizing*), ή μέσω της απευθείας καταγραφής των δεδομένων από τον χρήστη (*heads-up digitizing*). Σήμερα χρησιμοποιείται η δεύτερη μέθοδος, κατά την οποία ο χρήστης – αφού σκανάρεται ο χάρτης άμα υπάρχει - καταγράφει τα σημεία, τις γραμμές και τα πολύγωνα σ' ένα χαρτογραφικό επίπεδο. Έχει ονομασθεί έτσι, λόγω του ότι ο χρήστης πρέπει να έχει στραμμένη την προσοχή του στην οθόνη του υπολογιστή για να ψηφιοποιήσει (Bolstad, 2012).

Το ArcGIS 10.1 διαθέτει μια πληθώρα εργαλείων για τη διαδικασία της ψηφιοποίησης, γεγονός που υποδηλώνει τη σημαντικότητα της συγκεκριμένης διαδικασίας. Υποστηρίζεται κυρίως η *heads-up* ψηφιοποίηση.

3.7. Εργαλείο Feature to Polygon

Πολλές φορές τα διανυσματικά δεδομένα μορφής γραμμής πρέπει να μετατραπούν σε δεδομένα μορφής πολυγώνου. Για να γίνει όμως αυτό, θα πρέπει

πρώτα ο πρώτος και ο τελευταίος κόμβος των γραμμικών δεδομένων να συμπίπτουν και να μην υπάρχει καμία ασυνέχεια μεταξύ των γραμμικών δεδομένων.

Στο ArcGIS 10.1 υπάρχει το εργαλείο *Feature to Polygon* (ArcToolbox > Data Management > Features > Feature To Polygon), το οποίο πραγματοποιεί αυτήν την μετατροπή. Το αποτέλεσμα που παράγεται είναι ένα χαρτογραφικό επίπεδο διανυσματικής μορφής με πολύγωνα.

3.8. Εργαλεία Clip και Merge

Το εργαλείο *Clip* βρίσκεται στο ArcToolbox (ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip). Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου εργαλείου είναι ένα νέο διανυσματικό χαρτογραφικό επίπεδο με χαρακτηριστικά από δύο άλλα χαρτογραφικά διανυσματικά επίπεδα. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη δημιουργία διανυσματικών χαρτογραφικών επιπέδων, τα οποία περιέχουν κάποια από τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται στο κύριο χαρτογραφικό επίπεδο αλλά έχουν την έκταση που ορίζει το δεύτερο χαρτογραφικό επίπεδο.

Το εργαλείο *Merge* βρίσκεται στο ArcToolbox (ArcToolbox > Data Management Tools > General > Merge). Το αποτέλεσμα του παρόντος εργαλείου είναι η δημιουργία ενός νέου χαρτογραφικού επιπέδου με δεδομένα ίδιου τύπου από δύο ή περισσότερα διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα. Το νέο χαρτογραφικό επίπεδο έχει κι αυτό διανυσματική μορφή σημείων, γραμμών ή πολυγώνων.

3.9. Εργαλείο Slope

Το εργαλείο *Slope* (κλίση) (ArcToolbox > Spatial Analyst > Surface > Slope) υπολογίζει το μέγιστο ρυθμό μεταβολής της τιμής του υπό μελέτη κελιού σε σχέση με τους γείτονές του. Αυτός ο ρυθμός μεταβολής υπολογίζεται για κάθε κελί του Ψηφιακού Ύψομετρικού Μοντέλου. Η μέγιστη υψομετρική αλλαγή αναφορικά με την απόσταση μεταξύ του υπό μελέτη κελιού και των οκτώ γειτόνων του προσδιορίζει την πιο απότομη κλίση (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως, 2010). Όσο μικρότερη είναι η τιμή της κλίσης, τόσο πιο επίπεδο είναι το έδαφος, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της κλίσης, τόσο πιο απότομο είναι το έδαφος.

Ο παραγόμενος κάναβος που δείχνει την κλίση τους εδάφους στην περιοχή μελέτης μπορεί να έχει τιμές σε δύο μορφές: σε μοίρες και επί τοις εκατό (%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -3-

Περιοχή μελέτης: νομός Ηλείας

Η μελέτη της επικινδυνότητας στους φυσικούς κινδύνους – άνοδος της στάθμης της θάλασσας και θαλάσσια κύματα βαρύτητας – πραγματοποιήθηκε στον νομό Ηλείας και πιο συγκεκριμένα στην παράκτια περιοχή του νομού. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γεωγραφικά, γεωμορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά του νομού. Αποτυπώνεται το γεωλογικό υπόβαθρο και γίνεται αναφορά στα θαλάσσια κύματα βαρύτητας που έπληξαν στο παρελθόν τον νομό. Τέλος λαμβάνονται υπόψη τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, οι παραγωγικές δραστηριότητες και οι περιοχές που ανήκουν στο δίκτυο NATURA 2000.

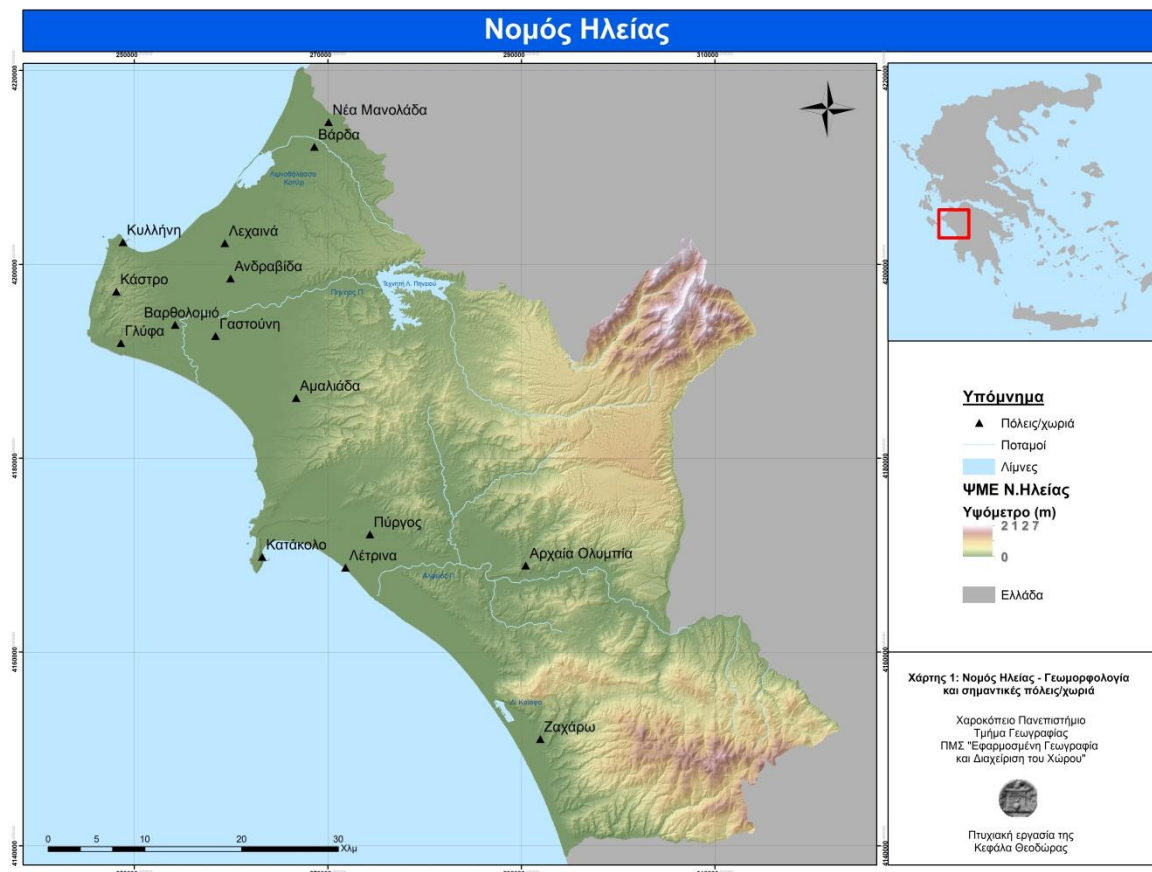
1. Γεωγραφική θέση και γεωμορφολογία

Ο νομός Ηλείας ανήκει στην Περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας, η οποία – σύμφωνα με το κατά κεφαλήν ΑΕΠ – κατατάσσεται ανάμεσα στις 25 πιο φτωχές περιφέρειες της ΕΕ. Βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της Πελοποννήσου και οριοθετείται βόρεια από τον νομό Αχαΐας, ανατολικά από τον νομό Αρκαδίας και νότια από τον νομό Μεσσηνίας. Δυτικά ο νομός Ηλείας βρέχεται από τα νερά του Ιόνιου Πελάγους. Η έκταση του νομού είναι ίση με 2.618 km² και γι' αυτό το λόγο καταλαμβάνει τη δέκατη θέση μεταξύ των υπόλοιπων πενήντα νομών της Ελλάδας. Η πρωτεύουσα του νομού είναι ο Πύργος. Αποτελείται από 7 Δήμους με βάση το Πρόγραμμα Καλλικράτης, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Ανδραβίδας-Κυλλήνης
- Ανδρίτσαινας-Κρεστένων
- Αρχαίας Ολυμπίας
- Ζαχάρως
- Ήλιδας
- Πηνειού
- Πύργου

Ο νομός Ηλείας παρουσιάζεται στο Χάρτη 1. Εκτός από τα όρια του νομού φαίνονται η γεωμορφολογία του, οι σημαντικότερες πόλεις και χωριά και τα κυριότερα υδάτινα σώματα (λίμνες – ποτάμια). Στο Χάρτη 1, το ΨΜΕ του νομού

Ηλείας παρουσιάζει το υψομετρικό ανάγλυφο του νομού και απεικονίζονται με πράσινο χρώμα οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο και με λευκό χρώμα αυτές με μεγάλο υψόμετρο. Φαίνεται στον χάρτη ότι η βόρεια Ηλεία έχει χαμηλό υψόμετρο καθώς και όλες οι παράκτιες περιοχές του νομού. Το υψόμετρο αυξάνεται ανατολικά και νότια του νομού.



ΧΑΡΤΗΣ 1: Νομός Ηλείας. Όρια του νομού, σημαντικότερες πόλεις/χωριά, οι ποταμοί Πηνειός και Αλφειός, η Λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και οι λίμνες (Τεχνητή Λίμνη Πηνειού και η Λίμνη Καϊάφα – από βόρεια προς τα νότια)

Ο νομός Ηλείας ως επί το πλείστον, αποτελείται από πεδιάδες (58%). Η πεδιάδα του νομού είναι η μεγαλύτερη της Πελοποννήσου. Χωρίζεται σε δύο περιοχές: τη δυτική και την ανατολική Ηλεία. Η δυτική περιοχή αποτελείται από πεδιάδες, ενώ η ανατολική αποτελείται από τους πρόποδες των βουνών της Αρκαδίας. Ο Αλφειός ποταμός πηγάζει στην Αρκαδία και διασχίζει το νομό Ηλείας, όπου και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Είναι ο σημαντικότερος ποταμός της Πελοποννήσου, άλλα σημαντικά ποτάμια είναι ο Πηνειός και ο Ερύμανθος. Από τα βόρεια προς τα νότια του νομού φαίνονται η Λιμνοθάλασσα του Κοτυχίου, η Τεχνητή Λίμνη Πηνειού και η Λίμνη Καϊάφα.

Το 1968 κατασκευάστηκε ένα φράγμα στον Πηνειό ποταμό και αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της τεχνητής λίμνης του Πηνειού. Είναι η μεγαλύτερη λίμνη της Πελοποννήσου και η έκτασή της φτάνει τα 19,895km². Τα νερά της λίμνης χρησιμοποιούνται για άρδευση.

2. Κλίμα

Το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή της Ηλείας είναι θαλάσσιο μεσογειακό. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και τα καλοκαίρια δεν είναι ιδιαίτερα θερμά – λόγω της επίδρασης της θάλασσας. Η θερμοκρασία το χειμώνα δεν πέφτει υπό το μηδέν, ενώ το καλοκαίρι δεν ξεπερνά τους 40°C. Ο υγρότερος μήνας του έτους είναι ο Δεκέμβριος και οι ξηρότεροι μήνες ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η σχετική υγρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 67.5 με 70 βαθμών της υγρομετρικής κλίμακας. Η μέση ετήσια νέφωση κυμαίνεται μεταξύ 3.5 και 4.0 σε δεκάβαθμη κλίμακα. Οι αίθριες μέρες είναι συνήθως πάνω από 150, ενώ οι νεφοσκεπείς λιγότερες από 50. Επομένως, η Ηλεία συγκαταλέγεται στις περιοχές με μικρή νέφωση.

Οι βροχές είναι συχνές από το μήνα Οκτώβριο έως το μήνα Μάρτιο και αυτό φαίνεται και από τα ύψη βροχής τα οποία είναι υπερδιπλάσια από αυτά των ανατολικών περιοχών της Πελοποννήσου. Η χιονόπτωση είναι σπάνια, ενώ αντίθετα η χαλαζόπτωση είναι συχνή και προκαλεί μεγάλες ζημιές στον αγροτικό τομέα.

3. Γεωλογικό υπόβαθρο

Τα πετρώματα που σχηματίζουν τη δυτική Πελοπόννησο ανήκουν στη ζώνη της Τρίπολης-Γαβρόβου και στην Ιόνια ζώνη, οι οποίες απαρτίζουν τις Εξωτερικές Ελληνίδες. Επίσης στην περιοχή του νομού Ηλείας υφίστανται και πολλοί μεταλικοί σχηματισμοί.

Την περίοδο της Αλπικής ορογένεσης – το Ηώκαινο, οι πιέσεις που δημιουργήθηκαν μεταξύ των ζωνών ώθησαν τη ζώνη της Πίνδου να κινηθεί νοτιοδυτικά και να επικαλύψει τη ζώνη της Τριπόλεως. Κατά τη φάση του Νεογενούς, σε ολόκληρο τον ελληνικό χώρο, ο φλοιός υπέστη πάχυνση. Σε εκείνη την περίοδο στην Ηλείας δημιουργήθηκαν πεδιάδες καθώς και η βορειοδυτική ακτογραμμή της

σημερινής Ηλείας. Κατά το Πλειόκαινο η τάφρος graben του Αλφειού, που δημιουργήθηκε στη φάση του Νεογενούς, μαζί με τη βορειοδυτική παράκτια πεδιάδα της Ηλείας βυθίστηκαν με γρήγορους ρυθμούς. Η καταβύθιση των περιοχών αυτών σταμάτησε ή/και ο ρυθμός ιζηματογένεσης αυξήθηκε – κατά το Πλειστόκαινο. Έτσι οι παραπάνω περιοχές ανυψώθηκαν και έχουν υποστεί έντονη διάβρωση (Higgins and Higgins, 1996).

Στο Χάρτη 2 εμφανίζονται τα πετρώματα που απαντώνται στην Ιόνια ζώνη και στη ζώνη της Τρίπολης καθώς και οι μεταλλικοί σχηματισμοί.

3.1. Πετρώματα της Ιόνιας ζώνης

Η Ιόνια ζώνη απαντάται στα Ιόνια νησιά, στην Ήπειρο, στη Δ. Στερεά και στη ΒΔ Πελοπόννησο. Κατά την εξέλιξή της, από το Τριαδικό μέχρι το Ανώτατο Ολιγόκαινο-Μειόκαινο, η Ιόνια ζώνη άλλαξε τον βασικό παλαιογεωγραφικό της χαρακτήρα, από νηριτικό σε πελαγικό. Αυτή η αλλαγή έλαβε χώρα στο τέλος του Λιασίου και εντοπίζεται εύκολα, διότι διαχωρίζει μία κατώτερη ακολουθία από μία ανώτερη. Στην κατώτερη ακολουθία υφίστανται νηριτικοί ασβεστόλιθοι, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, δολομιτικοί ή όχι. Η βάση της αποτελείται από γύψους. Η ανώτερη ακολουθία απαρτίζεται από πελαγικά κυρίως ανθρακικά ιζήματα, με ή χωρίς κερατολίθους. Τα ανώτερα μέλη των ιζημάτων αυτών συνήθως είναι κλαστικοί λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Παπανικολάου, 1986).

Τα πετρώματα, που απαντώνται στην παράκτια περιοχή του νομού Ηλείας και που προέρχονται από την Ιόνια ζώνη, έχουν τη μεγαλύτερη ηλικία απ' όλα τα πετρώματα που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή.

- **Ασβεστόλιθοι λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις (Js-Ki.k,hn):**
Ηλικία: Μέσο Ιουρασικό με Ανώτερο Κρητιδικό.

3.2. Πετρώματα της ζώνης Τριπόλεως

Νοτιοδυτικά της οροσειράς της Πίνδου, βρίσκεται η ζώνη της Τριπόλεως, η οποία για μεγάλο χρονικό διάστημα ήταν καλυμμένη από θαλασσινό νερό και βρισκόταν σε μικρό βάθος. Επομένως, η ιζηματογένεση είναι νηριτική (Παπανικολάου, 1986). Η ζώνη της Τριπόλεως απαρτίζεται ως επί το πλείστον από

ασβεστόλιθους νηριτικούς, μάργες και κροκαλοπαγή (Παπανικολάου, 1986; Higgins and Higgins, 1996).

Τα πετρώματά που συναντώνται στην παράκτια περιοχή του νομού Ηλείας και προέρχονται από τη ζώνη της Τριπόλεως είναι:

- **Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού (Ks-k):** Ηλικία: Κρητιδικό με Ανώτερο Ηώκαινο.

3.3 Μεταλπικοί σχηματισμοί

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στην οπισθοχώρα του ελληνικού τόξου. Αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς σε διάφορες νεοτεκτονικές λεκάνες. Είναι ως επί το πλείστον χερσαία ιζήματα (ποτάμια και λιμναία) και μερικές φορές θαλάσσια (Παπανικολάου, 1986).

Οι μεταλπικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην παράκτια περιοχή του νομού Ηλείας είναι:

- **Πλειοκαινικές αποθέσεις (Pl):** Ηλικία: Πλειόκαινο.
- **Αποθέσεις θαλάσσιες, υφάλμυρες και λιμναίες (Pl.s):** Ηλικία: Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο.
- **Πλειστοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες (Pt):** Ηλικία: Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο.
- **Ασβεστιτικοί ψαμμίτες (Pt.s):** Ηλικία: Πλειστόκαινο.
- **Ποτάμιες αναβαθμίδες (H.t):** Ηλικία: Πλειστόκαινο - Ολόκαινο.
- **Ποταμοχερσαίες αποθέσεις (Pt.c):** Ηλικία: Πλειστόκαινο.
- **Θίνες (dn):** Ηλικία: Ολόκαινο.
- **Λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων (H.sl):** Ηλικία: Ολόκαινο.



ΧΑΡΤΗΣ 2: Γεωλογικό υπόβαθρο Νομού Ηλείας. Το μεγαλύτερο μέρος των παράκτιων περιοχών καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις, θίνες, λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων

4. Θαλάσσια κύματα βαρύτητας στον νομό Ηλείας

Η Δυτική Ελλάδα έχει πληγεί στο παρελθόν από θαλάσσια κύματα βαρύτητας. Στον Πίνακα 5 του Παραρτήματος παρουσιάζονται τα σημαντικότερα φαινόμενα έλευσης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στη Δυτική Ελλάδα. Σε αρκετά από αυτά γίνεται αντιληπτό ότι τα κύματα αυτά έχουν διεισδύσει στη χέρσο από 0.5m έως 5m.

Κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η έλευση των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στο νομό Ηλείας. Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις έλευσης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στις παράκτιες περιοχές του νομού.

Δεν είναι λίγες οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για την εύρεση περιοχών που έχουν πληγεί από θαλάσσια κύματα βαρύτητας κατά τα αρχαία χρόνια. Ο Andreas Vött (2010) ερεύνησε τους κόλπους: Αγ. Νικόλαος (Ακαρνανία), Λαγκαδάκια (Κεφαλλονιά) και Άγιος Ανδρέας (Ηλεία) για την εύρεση πιθανών αποτυπωμάτων από παλαιά θαλάσσια κύματα βαρύτητας – γνωστά και ως παλαιοτσουνάμι. Το αποτέλεσμα της έρευνας αυτής έδειξε ότι και οι τρεις κόλποι είχαν πληγεί παλαιότερα από κύματα βαρύτητας. Τέλος, ανακαλύφθηκε ότι πιθανότατα το λιμάνι της Ολυμπίας καταστράφηκε από την επέλαση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Ένα χρόνο αργότερα (το 2011), ο Vött εξέδωσε μία έρευνα, με την οποία τόνιζε ότι το λιμάνι της Ολυμπίας στην αρχαία Φεία (νομός Ηλείας) είχε όντως καταστραφεί από την επέλαση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Αφού πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική, ιζηματολογική, γεωχημική και γεωχρονολογική ανάλυση στην αρχαία Φεία, στο Κατάκολο και στον κόλπο του Άγιου Ανδρέα προέκυψε ότι τρία κύματα βαρύτητας έπληξαν την ευρύτερη περιοχή του νομού Ηλείας. Μάλιστα το παλαιότερο κύμα βαρύτητας που καταγράφηκε θεωρείται ότι έπληξε την περιοχή την έκτη χιλιετία προ Χριστού. Τα άλλα δύο κύματα βαρύτητας συνέβησαν περίπου το $4300 \pm 200 \text{ πΧ}$ και κατά τη Βυζαντινή με μετα-Βυζαντινή περίοδο. Το λιμάνι της αρχαίας Ολυμπίας καταστράφηκε κατά τον 6^ο αιώνα μΧ, λόγω θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Τον ίδιο χρόνο, ο Vött ερεύνησε το λόγο της ραγδαίας ταφής κατά 4-6m της αρχαίας Ολυμπίας από ιζήματα καθώς και τη διάβρωση του Κλαδεού ποταμού κατά

8-10m. Αφότου ερευνήθηκαν ενδελεχώς οι ποταμοί Αλφειός και Κλαδεός και αφού εξήχθησαν λεπτομερείς έρευνες, το αποτέλεσμα της έρευνας έδειξε ότι ο Κλαδεός ποταμός και η αρχαία Ολυμπία είχαν καλυφθεί από νερό τουλάχιστον τέσσερεις φορές κατά τη διάρκεια ισχυρών πλημμυρικών φαινομένων. Ο Vögtl και η ερευνητική του ομάδα θεώρησαν ότι τα φαινόμενα αυτά ήταν πιθανότατα αποτελέσματα της δράσης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μελέτες που έχουν εξαχθεί στο νομό Ηλείας, γίνεται ευθύς κατανοητό ότι η περιοχή δεν έχει επηρεασθεί από θαλάσσια κύματα βαρύτητας από τη Βυζαντινή περίοδο κι έπειτα. Όμως, αυτό το συμβάν δεν καθιστά ασφαλή τον νομό για διαβίωση, αφού τουλάχιστον τρία συμβάντα με καταστροφές από θαλάσσια κύματα βαρύτητας έχουν καταγραφεί. Συνεπώς, θεωρείται απαραίτητη η διερεύνηση της παράκτιας ακτογραμμής του νομού για τον εντοπισμό των περιοχών που είναι ευάλωτες στα θαλάσσια κύματα βαρύτητας καθώς και του μεγέθους καταστροφής τους από ένα τέτοιο κύμα.

5. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά

Ο συνολικός πληθυσμός του νομού Ηλείας, μετά από την απογραφή του 2011, είναι ίσος με 159.300 άτομα. Σύμφωνα με έρευνες από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ), το 1.8% του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδας βρίσκεται στην Ηλεία. Η Ηλεία χαρακτηρίζεται ως νομός με υψηλά ποσοστά νεανικού πληθυσμού και με σημαντική συμμετοχή του ενεργού πληθυσμού, λαμβάνοντας υπόψη την απογραφή του 2001. Η πυκνότητα του πληθυσμού είναι ίση με 60.85 κάτοικοι/km² (απογραφή 2011).

Στον Πίνακα 3 φαίνεται ότι η πληθυσμιακή εξέλιξη υπέστη διακυμάνσεις. Μειώσεις πληθυσμών παρατηρούνται το 1981 και το 2011 – με το 2011 να εμφανίζει το μικρότερο πληθυσμό σε αριθμό. Τα υπόλοιπα έτη ο πληθυσμός του νομού αυξάνεται. Η μείωση του πληθυσμού που παρουσιάζει η απογραφή του 1981 δε συνάδει με την ευρύτερη εικόνα της χώρας, αφού το 1981 ο ελληνικός πληθυσμός αυξάνεται. Σημαντική είναι και η μείωση του πληθυσμού το 2011.

Ο πληθυσμός του νομού είναι σημαντικό στοιχείο στην παρούσα εργασία διότι εκτιμάται κατά πόσον θα επηρεασθεί η ζωή των κατοίκων του νομού Ηλείας από τα φυσικά φαινόμενα που μελετώνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Πληθυσμιακή εξέλιξη νομού Ηλείας και Ελλάδας από το 1971 έως το 2011

	1971	1981	1991	2001	2011
Πληθυσμός Ηλείας	164.061	160.305	179.429	193.288	159.300
Συνολικός Πληθυσμός Ελλάδας	8.768.128	9.740.417	10.259.900	10.964.000	10.815.197

(Πηγή: ΕΣΥΕ)

6. Παραγωγικές Δραστηριότητες

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται οι παραγωγικές δραστηριότητες του νομού με σκοπό να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις μια επικείμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης ή ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στις δραστηριότητες αυτές.

Η κύρια παραγωγική δραστηριότητα του νομού Ηλείας προέρχεται από τον γεωργικό τομέα. Αν και παράγει ένα μεγάλο ποσοστό του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ του νομού έφτασε μόλις στο 59.2% του αντίστοιχου μεγέθους του συνόλου της χώρας, σύμφωνα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ – το χαμηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας. Σημαντική θέση καταλαμβάνουν οι υπηρεσίες και ο τομέας του τουρισμού.

6.1. Πρωτογενής Τομέας

Ο τομέας της γεωργίας είναι διαδεδομένος σε σχεδόν ολόκληρο τον νομό Ηλείας. Το 70% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγικής δραστηριότητας του νομού αντιστοιχεί στον αγροτικό τομέα. Σύμφωνα με την ΕΣΥΕ, το 2006 στο νομό Ηλείας οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις καταλάμβαναν 1.349.793 στρέμματα. Τα πιο σημαντικά γεωργικά προϊόντα είναι: τα λαχανικά-κηπευτικά, η κορινθιακή σταφίδα, τα οινοστάφυλα, τα πεπονοειδή, ο αραβόσιτος, τα φρούτα (κυρίως αχλάδια, βερίκοκα και κεράσια), η βρώμη, το σιτάρι και οι αραχίδες. Οι γεωργοί χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό γεωργικών μηχανημάτων καθώς και σύγχρονες μεθόδους καλλιέργειας.

Η κτηνοτροφία του νομού υστερεί σημαντικά σε σχέση με τη γεωργία. Περιορίζεται σε μικρές οικογενειακές μονάδες. Εκτρέφονται αιγοπρόβατα, βοοειδή αλλά και άλογα.

Η αλιεία δε συμβάλλει αρκετά στην πρωτογενή παραγωγικότητα του νομού. Η αλιεία ανοικτής θαλάσσης διενεργείται σε αρκετά μεγάλη κλίμακα στο Ιόνιο Πέλαγος, αλλά δεν είναι σπάνια και η αλιεία στα εσωτερικά ύδατα της Ηλείας. Επίσης δεν είναι λίγες οι ιχθυοκαλλιέργειες στο νομό.

6.2. Δευτερογενής Τομέας

Το είδος των βιομηχανιών που αναπτύσσονται στον νομό είναι γεωργικές βιομηχανίες, οι οποίες έχουν ως στόχο την επεξεργασία των πλεονασμάτων της αγροτικής παραγωγής. Η βιομηχανία έχει αναπτυχθεί στον Πύργο και στην Αμαλιάδα, όπου και λειτουργούν μικρομεσαίες επιχειρήσεις κονσερβοποιίας, τυροκομικών προϊόντων, ελαιουργίας, σαπωνοποιίας, οινοποιίας και άλλες. Ο τομέας της βιοτεχνίας ασχολείται με την επεξεργασία των γεωργικών προϊόντων, τον εκοκκισμό βαμβακιού, τη συσκευασία τροφίμων, τα είδη τουρισμού κ.α.

6.3. Τριτογενής Τομέας

Οι δραστηριότητες του τριτογενούς τομέα έχουν τοπικό χαρακτήρα και είναι κατά κύριο λόγο καταστήματα πώλησης ειδών διατροφής, πρατήρια υγρών καυσίμων και επιχειρήσεις που εμπορεύονται κατεργασμένη ξυλεία. Οι κακές υποδομές στον τομέα μεταφορών γενικότερα δυσχεραίνουν τις εμπορικές συναλλαγές του νομού με την υπόλοιπη Ελλάδα.

Ο νομός Ηλείας παρουσιάζει αξιόλογη τουριστική ανάπτυξη κυρίως, λόγω του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Ολυμπίας. Επίσης χιλιάδες επισκέπτες προτιμούν την Ηλεία για τις ωραίες παραλίες της αλλά και για τις ιαματικές πηγές της Κυλλήνης και του Καϊάφα. Στην ανάπτυξη του τουρισμού συνέβαλε σημαντικά η κατασκευή της Εθνικής Οδού Αθηνών-Πατρών-Πύργου. Το ξενοδοχειακό δυναμικό του νομού είναι σημαντικό και αποτελείται κυρίως από μεσαίου μεγέθους μονάδες. Ο

αγροτικός χαρακτήρας του νομού έχει επιτρέψει την ανάπτυξη ειδικών και ήπιων μορφών τουρισμού (οικοτουρισμός, ιαματικός τουρισμός).

7. Οικολογικές περιοχές (Περιοχές Δικτύου Natura 2000)

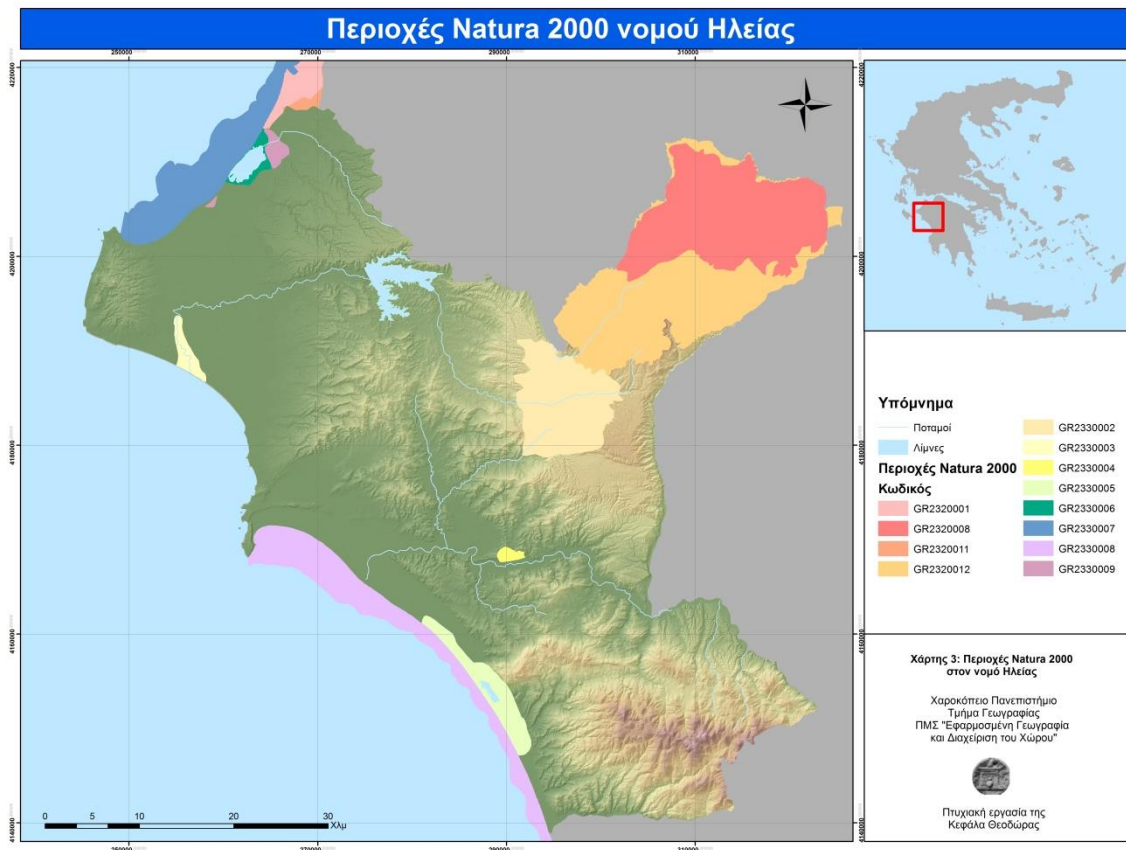
Ο νομός Ηλείας περιλαμβάνει, εκτός από μεγάλες αγροτικές εκτάσεις, εκτάσεις μεγάλου οικολογικού ενδιαφέροντος (Natura 2000). Σε αυτές τις περιοχές περιέχονται είδη οργανισμών που τελούν υπό προστασία. Οι περιοχές αυτές στο νομό Ηλείας είναι οι εξής:

1. Λιμνοθάλασσα Καλογριάς, Δάσος Στροφυλίας και έλος Λάμιας, Άραξος (GR2320001): Η παρούσα ζώνη αποτελεί τόπο ανάπαυσης και τροφοληψίας για τα μεταναστευτικά και τα διαχειμάζοντα πτηνά. Προστατεύεται από τη σύμβαση Ramsar και ανήκει στο Εθνικό Πάρκο “Υγρότοπων Κοτυχίου – Στροφυλίας”. Το δάσος της Στροφυλίας έχει μεγάλο οικολογικό ενδιαφέρον, γιατί είναι ένα από τα μεγαλύτερα δάση κουκουναριάς στην Ευρώπη. Στο βόρειο τμήμα της ζώνης, στις αμμώδεις παραλίες, φιλοξενούνται οι θαλάσσιες χελώνες *Caretta caretta* κατά την αναπαραγωγική τους περίοδο.
2. Όρος Ερύμανθος (GR2320008, GR2320012): Στο όρος Ερύμανθος υπάρχουν πολλά ενδημικά φυτά και καλοδιατηρημένα δάση με κυρίαρχα είδη τα *Abies cephalonica* και *Juniperus foetidissima*. Συναντώνται επίσης αρκετά είδη πτηνών μεγάλης οικολογικής σημασίας, όπως τα: *Aquila chrysaetos*, *Circaetus gallicus*, *Falco peregrinus*, *Alectoris graeca*, *Columba palumbus*, *Bubo bubo*, *Dendrocopos medius*.
3. Υγρότοποι Καλογριάς – Λάμιας και Δάσος Στροφυλίας (GR2320011): Στην περιοχή εντοπίζεται το μεγαλύτερο δάσος κουκουναριάς *Pinus pinea* της χώρας και το μοναδικό δάσος δρυός που βρίσκεται στο ύψος της θάλασσας. Η περιοχή βρίσκεται πάνω σε μία από τις σημαντικότερες οδούς μετανάστευσης των πουλιών, που ακολουθεί τα δυτικά παράλια της χώρας. Αποτελεί αναγνωρισμένο Υγρότοπο Διεθνούς Σημασίας (Υγρότοπο Ramsar). Απαντώνται τα αναπαραγόμενα είδη *Ixobrychus minutus*, *Himantopus himantopus*, *Charadrius alexandrinus*, *Hippolais olivetorum* και τα μεταναστευτικά είδη *Calidris minuta* και *Tringa stagnatilis*.

4. Το οροπέδιο Φολόης (GR2330002): Στο οροπέδιο της Φολόης βρίσκεται το μοναδικό επίπεδο δάσος της Ελλάδας, το δρυόδασος της Φολόης.
5. Οι εκβολές (δέλτα) Πηνειού (GR2330003): Οι εκβολές του Πηνειού είναι σημαντικές κυρίως λόγω των θινών, της αισθητικής αξίας του τεχνητού δάσους και των δασικών υπολειμμάτων κατά μήκος του ποταμού. Η πανίδα της περιοχής χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία.
6. Η περιοχή της Ολυμπίας (GR2330004): Η περιοχή γύρω από την αρχαία Ολυμπία αποτελείται από έναν συνδυασμό δασικών και αγροδασικών οικοσυστημάτων. Η βλάστηση είναι μεσογειακή. Η πανίδα της περιοχής αποτελείται από πολλά είδη ερπετών και από το ενδημικό θηλαστικό των Βαλκανίων *Microtus thomasi*.
7. Θίνες και παραλιακό δάσος της Ζαχάρως, η λίμνη Καϊάφα, η Στροφυλία και ο Κακόβατος (GR2330005): Στη συγκεκριμένη ζώνη έχει δημιουργηθεί Καταφύγιο Άγριας Ζωής. Η περιοχή Καϊάφα έχει ανακηρυχτεί ως Αρχαιολογικός Χώρος και Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλους.
8. Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η περιοχή Βρίνια (GR2330006): Το ενδιαίτημα της περιοχής αυτής είναι κατάλληλο για τις υψηλές συγκεντρώσεις προστατευόμενων ειδών πτηνών. Λόγω αυτού η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου έχει χαρακτηριστεί ως υγρότοπος διεθνούς σημασίας και υπάγεται στη ζώνη υψηλής προστασίας του Εθνικού Πάρκου “Υγρότοπων Κοτυχίου – Στροφυλίας”.
9. Η παράκτια ζώνη από το ακρωτήριο της Κυλήνης έως την περιοχή Τουμπί-Καλογριά (GR2330007): Η ζώνη αυτή φιλοξενεί τις θαλάσσιες χελώνες (*Caretta caretta*) κατά τις περιόδους ωοτοκίας τους. Έχουν παρατηρηθεί επίσης πληθυσμοί δελφινιών και διάφορα είδη βλάστησης.
10. Η θαλάσσια περιοχή κόλπου Κυπαρισσίας: Ακρωτήρι Κατάκολο – Κυπαρισσία (GR2330008): Είναι ένα από τα καλύτερα παραδείγματα οικοτόπων άμμου. Ο Κυπαρισσιακός Κόλπος αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη περιοχή αναπαραγωγής της θαλάσσιας χελώνας *Caretta caretta* στη Μεσόγειο.
11. Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και η αλυκή Λεχαινών (GR2330009): Οι συγκεντρώσεις των προστατευόμενων ειδών πουλιών είναι υψηλές στο συγκεκριμένο υγρότοπο και γι' αυτό το λόγο έχει χαρακτηριστεί ως υγρότοπος διεθνούς σημασίας. Έχει επίσης ενταχθεί στο Εθνικό Πάρκο “Υγρότοπων

Κοτυχίου – Στροφυλίας”.

Στον Χάρτη 3 οι περιοχές που ανήκουν στο Δίκτυο Natura 2000.



ΧΑΡΤΗΣ 3: Περιοχές Natura 2000, όπου: GR2320001: Λιμνοθάλασσα Καλογριάς, Δάσος Στροφυλίας και έλος Λάμιας, Άραξος, GR2320008: Όρος Ερύμανθος, GR2320011: Υγρότοποι Καλογριάς – Λαμίας και Δάσος Στροφυλίας, GR2320012: Όρος Ερύμανθος, GR2330002: Το οροπέδιο Φολόης, GR2330003: Οι εκβολές (δέλτα) Πηνειού, GR2330004: Η περιοχή της Ολυμπίας, GR2330005: Θίνες και παραλιακό δάσος της Ζαχάρως, η λίμνη Καϊάφα, η Στροφυλία και ο Κακόβατος, GR2330006: Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η περιοχή Βρίνια, GR2330007: Η παράκτια ζώνη από το ακρωτήριο της Κυλήνης έως την περιοχή Τουμπί-Καλογριά, GR2330008: Η θαλάσσια περιοχή κόλπου Κυπαρισσίας: Ακρωτήριο Κατάκολο – Κυπαρισσία, GR2330009: Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και η αλυκή Λεχαινών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -4-

Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην πτυχιακή, καθώς και οι πηγές απ' όπου αυτά προήλθαν. Αμέσως μετά περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε αυτήν την πτυχιακή εργασία.

1. Δεδομένα μελέτης

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, είχαν διανυσματική (vector) και ψηφιδωτή (raster) μορφή. Τα αρχικά δεδομένα ήταν τα εξής:

- Οι χρήσεις γης του νομού Ηλείας. Είναι διανυσματικής μορφής, αποτελείται από πολύγωνα και εμφανίζει την κάλυψη γης του νομού. Το συγκεκριμένο χαρτογραφικό επίπεδο προήλθε από τα δεδομένα “ILOT 2008” του Υπουργείου Γεωργίας.
- Το γεωλογικό υπόβαθρο του νομού Ηλείας. Έχει διανυσματική μορφή, αποτελείται από πολύγωνα και παρουσιάζει με ακρίβεια τη λιθολογία του νομού. Το παρόν χαρτογραφικό επίπεδο προήλθε από τον Γεωλογικό Χάρτη της Ελλάδας με κλίμακα 1:50.000 (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών – ΙΓΜΕ).
- Τα ΨΜΕ του νομού Ηλείας. Είναι ψηφιδωτής μορφής και με υψηλή χωρική ανάλυση – το μέγεθος των εικονοστοιχείων (pixels) είναι ίσο με 5x5m. Το παρόν αρχείο αποτελεί κτήμα της Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. (Εθνικό Κτηματολόγιο και Χαρτογράφηση Α.Ε.) (Copyright © 2012, NATIONAL CADASTRE AND MAPPING AGENCY S.A.).
- Το υδρολογικό δίκτυο του νομού Ηλείας. Τα δεδομένα αυτά έχουν διανυσματική μορφή και αποτελούνται από γραμμές. Το συγκεκριμένο χαρτογραφικό επίπεδο προήλθε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (<http://www.e-per.gr>) μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας: Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα (<http://www.geodata.gov.gr>).

- Οι περιοχές που ανήκουν στο Δίκτυο Natura 2000. Τα δεδομένα είναι διανυσματικής μορφής και αποτελούνται από πολύγωνα. Το παρόν χαρτογραφικό επίπεδο προήλθε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας: Δημόσια Δεδομένα, Ανοικτά Δεδομένα (<http://www.geodata.gov.gr>).

2. Μεθοδολογία

Σε αυτήν την ενότητα θα γίνει περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν στην παρούσα εργασία. Τα βήματα αυτά έλαβαν χώρα στο πρόγραμμα ArcGIS 10.3.

2.1. Δημιουργία ενιαίου ΨΜΕ του Νομού Ηλείας

Τα ΨΜΕ που δόθηκαν από την Ε.Κ.ΧΑ έπρεπε να υποστούν επεξεργασία πριν χρησιμοποιηθούν. Τα ΨΜΕ σχημάτιζαν ένα μωσαϊκό, το οποίο όμως έπρεπε να μετατραπεί σε ένα ενιαίο ΨΜΕ που να απεικονίζει το νομό Ηλείας. Αυτό έγινε μέσω του εργαλείου *Mosaic To New Raster*. Το αποτέλεσμα που προέκυψε είναι ένα ενιαίο ΨΜΕ της ευρύτερης περιοχής της Δυτικής Πελοποννήσου. Για την παρούσα εργασία όμως θα χρειαστεί το ΨΜΕ του νομού Ηλείας, ειδάλλως, κατά την επεξεργασία του ΨΜΕ της Δυτικής Πελοποννήσου, θα παράγονται πληροφορίες για περιοχές εκτός του νομού Ηλείας. Η οριοθέτηση του ΨΜΕ έγινε με τη βοήθεια του εργαλείου *Extract By Mask*, όπου ως μάσκα χρησιμοποιήθηκε το διανυσματικό χαρτογραφικό επίπεδο με τα όρια του νομού Ηλείας.

Αφού δημιουργήθηκε το ΨΜΕ του νομού Ηλείας, εφαρμόστηκε το εργαλείο *Hillshade* για να προκύψει το σκιασμένο ανάγλυφο της περιοχής μελέτης. Το νέο χαρτογραφικό επίπεδο ψηφιδωτής μορφής που δημιουργήθηκε χρησιμοποιήθηκε κατά την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων για την καλύτερη γραφική απεικόνιση του ΨΜΕ του νομού.

2.2. Δημιουργία χαρτογραφικών επιπέδων των λιμνών και των σημαντικότερων πόλεων/χωριών

Από το χαρτογραφικό επίπεδο του γεωλογικού υποβάθρου του νομού Ηλείας επιλέχθηκαν οι λίμνες και δημιουργήθηκε ένα νέο χαρτογραφικό επίπεδο διανυσματικής μορφής με τις λίμνες του νομού.

Το χαρτογραφικό επίπεδο των σημαντικότερων πόλεων/χωριών – λόγω της έλλειψης κατάλληλων δεδομένων – έπρεπε να δημιουργηθεί από την αρχή. Σε αυτό συνέβαλαν το χαρτογραφικό επίπεδο με τις χρήσεις γης, για να εντοπιστούν οι οικιστικές περιοχές, και το πρόγραμμα *Google Earth*, για να ταυτοποιηθούν οι κυριότερες εξ' αυτών.

Τα παραπάνω χαρτογραφικά επίπεδα είναι σημαντικά, διότι θα δείξουν εάν οι παράκτιες περιοχές του νομού θα έρθουν αντιμέτωπες ή κατά πόσον θα επηρεαστούν από μία επικείμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης ή από μία πιθανή έλευση ενός καταστροφικού θαλάσσιου κύματος βαρύτητας.

2.3. Εξαγωγή ισοϋψών για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία ισοϋψών στην παράκτια περιοχή του νομού Ηλείας για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Έτσι, δημιουργήθηκαν με τη χρήση του εργαλείου *Contour* δύο διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα ισοϋψών: το ένα περιέχει ισοϋψείς με διάστημα 2m (μεταξύ των ισοϋψών) για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και το δεύτερο περιέχει ισοϋψείς με διάστημα 10m (μεταξύ των ισοϋψών) για τη μελέτη της επίδρασης των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Μόλις δημιουργήθηκαν τα χαρτογραφικά επίπεδα με τις ισοϋψείς, απομονώθηκαν με τη βοήθεια του *ArcGIS* οι ισοϋψείς των 0m (ακτογραμμή), 2m και των 4m από το αντίστοιχο χαρτογραφικό επίπεδο ισοϋψών για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας. Επιλέχθηκε το συγκεκριμένο διάστημα (2m) μεταξύ των ισοϋψών διότι η

άνοδος της θαλάσσιας στάθμης είναι ένα φαινόμενο με βραδεία εξέλιξη και οι επιπτώσεις του γίνονται αντιληπτές σε βάθος χρόνου. Αυτός είναι και ο λόγος που στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν οι ισοϋψείς των 0m, 2m και 4m.

Απομονώθηκαν επίσης και οι ισοϋψείς των 0m (ακτογραμμή), των 10m και των 20m για τη μελέτη της επίδρασης ενός ενδεχόμενου θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στις παράκτιες περιοχές του νομού. Οι συγκεκριμένες ισοϋψείς επιλέχθηκαν αφότου ερευνήθηκαν παλαιότερα περιστατικά εμφάνισης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στην περιοχή (Πίνακας 5, Παράρτημα). Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι σε αρκετά από αυτά τα περιστατικά η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε από 0.5m έως 5m κατά την εξέλιξη του φαινομένου. Κρίθηκε σκόπιμο στην παρούσα εργασία να χρησιμοποιηθεί η ισοϋψής των 10m, έτσι ώστε να συμπεριληφθούν όλα τα περιστατικά ανάμεσα στις ισοϋψείς των 0m και των 10m. Η ισοϋψής των 20m ελήφθη υπόψη για λόγους πρόληψης καθώς δεν έχουν εμφανισθεί θαλάσσια κύματα βαρύτητας με μεγάλη διείσδυση στη χέρσο από τη μετα-Βυζαντινή περίοδο και έπειτα.

Με τα απομονωμένα αυτά δεδομένα δημιουργήθηκαν δύο νέα χαρτογραφικά επίπεδα, ένα με τις επιλεγμένες ισοϋψείς για την άνοδο της θάλασσας και ένα με τις επιλεγμένες ισοϋψείς για την πιθανότητα της έλευσης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Οι ισοϋψείς και στα δύο χαρτογραφικά επίπεδα επιλέχθηκαν διότι οι πιθανότητες να αυξηθεί απότομα η στάθμη της θάλασσας και με γρήγορο ρυθμό ή να επηρεάσει ένα κύμα βαρύτητας την ορεινή Ηλεία είναι απειροελάχιστες έως μηδενικές.

2.4. Δημιουργία ζωνών επικινδυνότητας για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και των θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας

Οι επιλεγμένες ισοϋψείς στα δύο χαρτογραφικά επίπεδα θέτουν τα όρια για τη δημιουργία ζωνών επικινδυνότητας. Οι ζώνες επικινδυνότητας περιέχουν τις περιοχές που θα πληγούν από τη βαθμιαία άνοδο της στάθμης της θάλασσας και από την επικείμενη έλευση ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Οι ζώνες αυτές είναι

τέσσερις στο σύνολο, δύο για τη μελέτη της θαλάσσιας στάθμης και δύο για τη μελέτη της έλευσης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας.

Οι ισοϋψείς είναι διανυσματικά δεδομένα γραμμικής μορφής για τη δημιουργία ζωνών, όμως χρειάζονται διανυσματικά δεδομένα μορφής πολυγώνου. Η μετατροπή γραμμικών δεδομένων σε πολυγωνικά δεδομένα γίνεται, εφόσον ο αρχικός κόμβος των γραμμικών δεδομένων συμπίπτει με τον τελικό κόμβο των ίδιων δεδομένων και εφόσον δεν υπάρχουν ασυνέχειες κατά μήκος αυτών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, αυτό δε συμβαίνει γιατί οι ισοϋψείς δε συμπίπτουν, όμως μέσω της διαδικασίας της ψηφιοποίησης αυτό γίνεται εφικτό. Η ψηφιοποίηση των ισοϋψών για τη δημιουργία ζωνών έγινε με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις υπό-κατασκευή ζώνες. Ξεκίνησε με την ψηφιοποίηση μιας ισοϋψούς, συνέχισε με την ψηφιοποίηση των ορίων του νομού (για να ενωθεί η πρώτη με τη δεύτερη ισοϋψή) και την ψηφιοποίηση της δεύτερης ισοϋψούς και τελείωσε με την ψηφιοποίηση των ορίων του νομού για να ενωθεί η δεύτερη με την πρώτη ισοϋψή. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκαν τέσσερα γραμμικά χαρτογραφικά επίπεδα, ένα για κάθε ζώνη.

Τα τέσσερα διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα, που απεικονίζουν τις ζώνες επικινδυνότητας, έχουν γραμμική μορφή. Για τη μετατροπή των γραμμικών δεδομένων σε πολυγωνικά χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο *Feature To Polygon* από την εργαλειοθήκη του *ArcGIS 10.3*. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν τέσσερις ζώνες πολυγωνικής μορφής.

Οι ζώνες που δημιουργήθηκαν για τη μελέτη της επίδρασης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην παράκτια ζώνη είναι:

1. Η ζώνη που περιέχει τις παράκτιες περιοχές με υψόμετρο από 0 έως 2m.
2. Η ζώνη που περιέχει τις παράκτιες περιοχές με υψόμετρο από 2 έως 4m.

Οι ζώνες που δημιουργήθηκαν για τη μελέτη της επίδρασης της πιθανής έλευσης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην παράκτια ζώνη είναι:

1. Η ζώνη που περιέχει τις παράκτιες περιοχές με υψόμετρο από 0 έως 10m.
2. Η ζώνη που περιέχει τις παράκτιες περιοχές με υψόμετρο από 10 έως 20m.

2.5. Κατηγοριοποίηση των λιθολογικών ενοτήτων ως προς την διαβρωσιμότητά τους στις παράκτιες διεργασίες – Άνοδος της θάλασσας στάθμης

Για τη μελέτη της επίπτωσης της ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι απαραίτητο να εντοπισθεί κατά πόσον τα πετρώματα είναι ευδιάβρωτα. Η διαβρωσιμότητα των πετρωμάτων θα δείξει την ύπαρξη διάβρωσης στην περιοχή μελέτης. Αν τα πετρώματα διαβρώνονται εύκολα, τότε οι παράκτιες περιοχές θα υποστούν διάβρωση με την άνοδο της θάλασσας στάθμης. Αν δε διαβρώνονται εύκολα, τότε οι παράκτιες περιοχές είτε δε θα υποστούν διάβρωση, είτε η διάβρωση θα θεωρείται αμελητέα.

Αυτός ήταν και ο λόγος, με βάση τον οποίο, κατηγοριοποιήθηκαν οι λιθολογικές ενότητες της περιοχής μελέτης, ανάλογα με την αντοχή τους σε φαινόμενα διάβρωσης. Δημιουργήθηκαν τρεις κατηγορίες, οι οποίες ήταν:

- Ανθεκτικά πετρώματα
- Ενδιάμεσης ανθεκτικότητας πετρώματα
- Ευδιάβρωτα πετρώματα

Η κατηγοριοποίηση έγινε μέσω του εργαλείου *Select By Attributes*, όπου επιλέχθηκαν τα πετρώματα που άνηκαν σε κάθε κατηγορία, δημιουργήθηκαν ξεχωριστά χαρτογραφικά επίπεδα για κάθε κατηγορία πετρώματος.

2.6. Εντοπισμός των χρήσεων γης και της ανθεκτικότητας των πετρωμάτων που βρίσκονται εντός των ζωνών επικινδυνότητας – Άνοδος της θάλασσας στάθμης

Έχοντας κατηγοριοποιήσει τις λιθολογικές ενότητες του Νομού Ηλείας ως προς την αντοχή τους στη διάβρωση, είναι εύκολο να βρεθεί – μέσω του *ArcGIS* – αν θα κινδυνεύσει η παράκτια ζώνη του Νομού Ηλείας από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Αυτό γίνεται, χρησιμοποιώντας τα χαρτογραφικά επίπεδα με τις ζώνες επικινδυνότητας που δημιουργήθηκαν για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (0-2m και 2-4m), το χαρτογραφικό επίπεδο με τις κατηγοριοποιημένες λιθολογικές

ενότητες του νομού και το εργαλείο *Clip*. Παράγονται, λοιπόν, δύο νέα διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα μορφής πολυγώνου. όπου αποτυπώνεται η λιθολογία των περιοχών που οριοθετούνται από τις ζώνες – ένα για κάθε ζώνη επικινδυνότητας.

Μία πιθανή αύξηση της θαλάσσιας στάθμης θα προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στις ανθρώπινες κοινωνίες σε μακροχρόνιο επίπεδο. Για αυτό το λόγο, είναι σημαντικό να εντοπιστεί το μέγεθος της καταστροφής, μελετώντας τις παράκτιες περιοχές που θα πληγούν. Χρησιμοποιούνται τα χαρτογραφικά επίπεδα με τις ζώνες επικινδυνότητας που δημιουργήθηκαν για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (0-2m και 2-4m), το χαρτογραφικό επίπεδο με τις χρήσεις γης και το εργαλείο *Clip*. Παράγονται δύο νέα διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα μορφής πολυγώνου, τα οποία δείχνουν τις χρήσεις γης ανά ζώνη επικινδυνότητας.

2.7. Εντοπισμός των χρήσεων γης που εντάσσονται στην περιοχή που ορίζουν οι ζώνες επικινδυνότητας – Θαλάσσια κύματα βαρύτητας

Για τη μελέτη της επίπτωσης της πιθανής επέλασης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας, είναι απαραίτητη η γνώση των χρήσεων γης. Με αυτόν τον τρόπο, εντοπίζεται το μέγεθος του κινδύνου που υποβόσκει με την έλευση ενός τέτοιου είδους καταστροφικού κύματος για τους παράκτιους οικισμούς του νομού.

Εφαρμόζοντας την ίδια μέθοδο, όπως έγινε και με τις λιθολογικές ενότητες, εντοπίζονται οι χρήσεις που απειλούνται να καταστραφούν από την έλευση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Χρησιμοποιούνται τα χαρτογραφικά επίπεδα με τις ζώνες επικινδυνότητας που δημιουργήθηκαν για την πιθανή έλευση θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας (0-10m και 10-20m), το χαρτογραφικό επίπεδο με τις χρήσεις γης και το εργαλείο *Clip*. Παράγονται δύο νέα διανυσματικά χαρτογραφικά επίπεδα μορφής πολυγώνου, τα οποία δείχνουν τις χρήσεις γης ανά ζώνη επικινδυνότητας.

2.8. Εύρεση ποσοστών που καταλαμβάνουν οι λιθολογικές ενότητες και οι χρήσεις γης στις ζώνες επικινδυνότητας

Κρίθηκε σκόπιμο να υπολογιστούν τα ποσοστά που καταλαμβάνουν ανά ζώνη επικινδυνότητας οι κατηγοριοποιημένες λιθολογικές ενότητες, ως προς την αντοχή τους στη διάβρωση και οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης. Τα ποσοστά αυτά εξήχθησαν για τη μελέτη της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και της έλευσης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας, με τη βοήθεια εργαλείων του *ArcGIS*, τα οποία επεξεργάζονται τα στοιχεία που βρίσκονται στους περιγραφικούς πίνακες των δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -5-

Αποτελέσματα

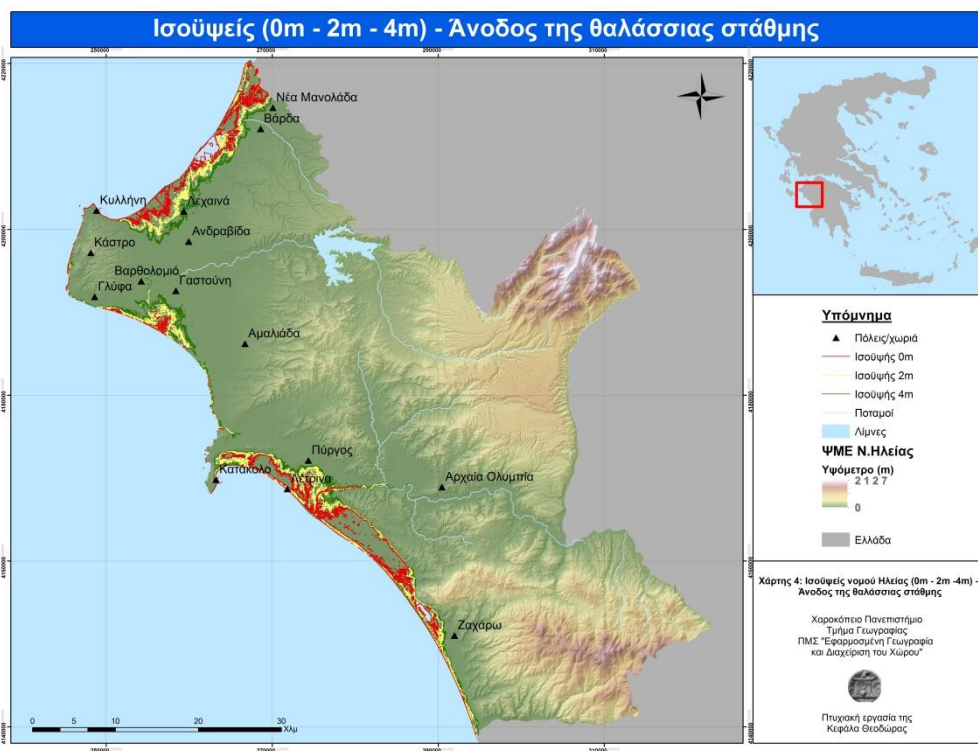
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Παραθέτονται οι χάρτες και τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν και γίνεται σχολιασμός αυτών.

1. Μελέτη των επιπτώσεων της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στις παράκτιες περιοχές του Νομού Ηλείας

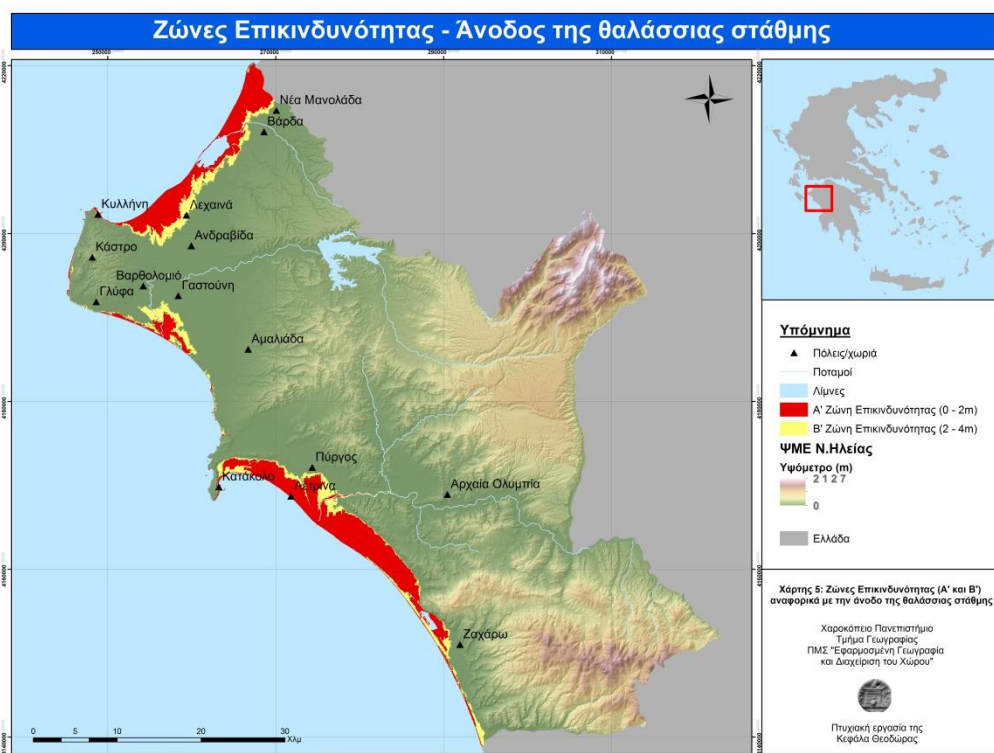
Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιασθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τη μελέτη των επιπτώσεων της ανόδου της στάθμης της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας.

1.1. Δημιουργία ζωνών επικινδυνότητας

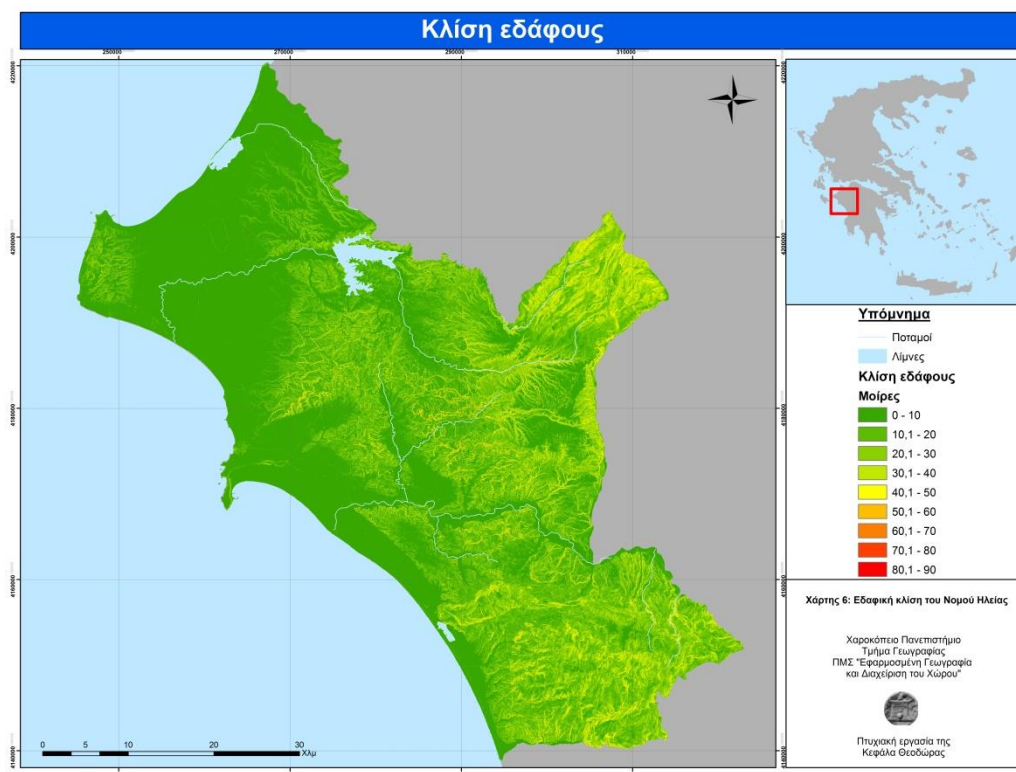
Στον χάρτη 4 παρουσιάζονται οι ισοϋψείς των 0m, 2m και 4m. Οι τρεις αυτές ισοϋψείς ήταν η βάση για τη δημιουργία των ζωνών επικινδυνότητας. Οι ζώνες επικινδυνότητας που περιέχουν τις παράκτιες περιοχές με υψόμετρο από 0m έως 2m και τις παράκτιες περιοχές με υψόμετρο 2m έως 4m παρουσιάζονται στο Χάρτη 5. Παρατηρείται επίσης ότι η κλίση του εδάφους σε ένα μεγάλο μέρος των παράκτιων περιοχών του νομού είναι μικρή (λόγω της σχετικά μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνουν οι ζώνες επικινδυνότητας. Αυτό εξακριβώνεται και από το Χάρτη 6, ο οποίος φανερώνει την κλίση του εδάφους του νομού.



ΧΑΡΤΗΣ 4: Οι ισοϋψείς (0m, 2m και 4m) του νομού Ηλείας



ΧΑΡΤΗΣ 5: Ζώνες επικινδυνότητας για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στο νομό Ηλείας: Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) (κόκκινο χρώμα) και Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) (κίτρινο χρώμα)



ΧΑΡΤΗΣ 6: Κλίση νομού Ηλείας (σε μοίρες)

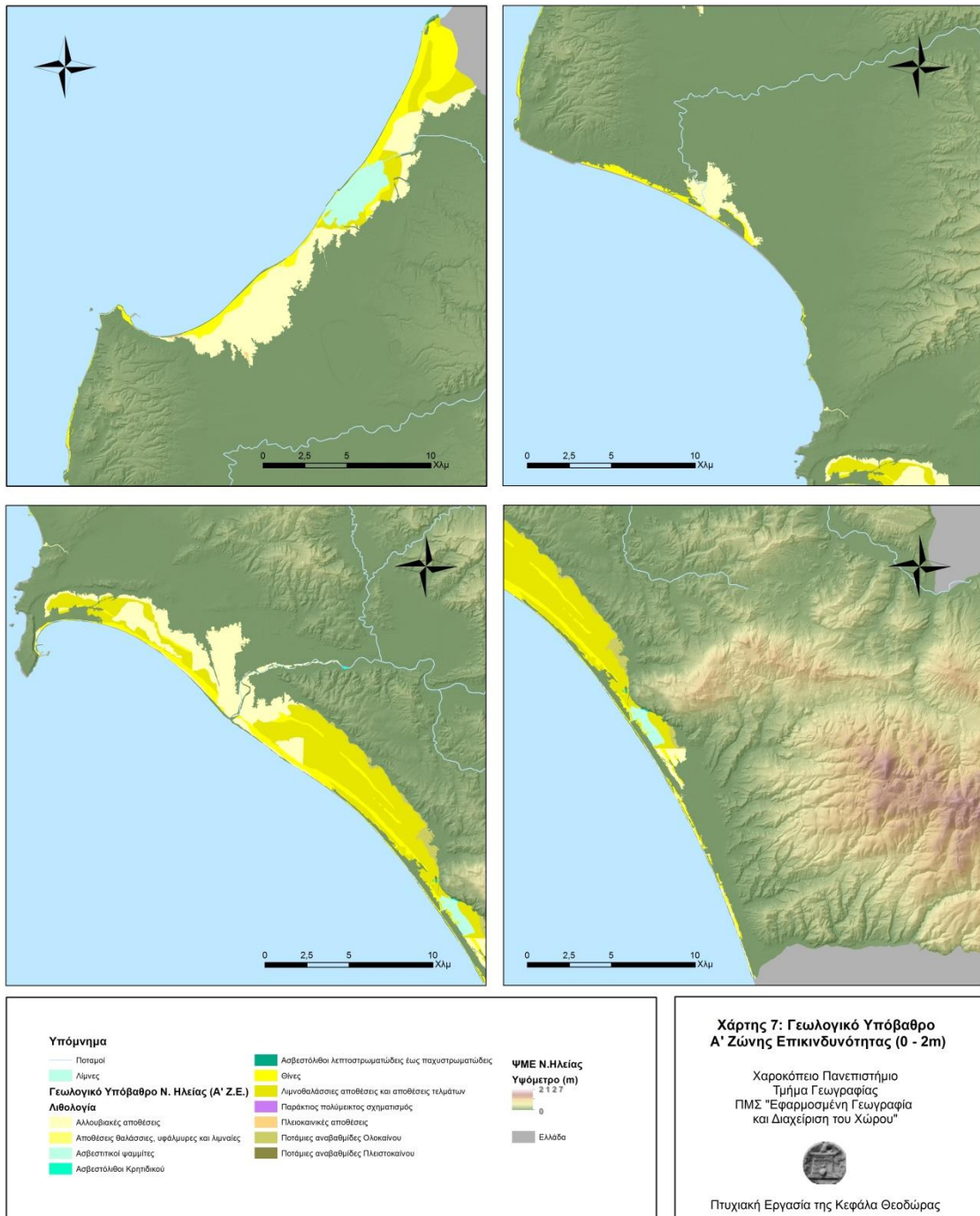
Ο Χάρτης 5 εμφανίζει τις κλίσεις του πρανούς για το νομό Ηλείας. Φαίνεται πώς κυρίως οι βόρειες και οι παράκτιες περιοχές του νομού έχουν μικρές κλίσεις (0-10ο). Ενώ οι υπόλοιπες περιοχές, ως επί το πλείστον, έχουν κλίσεις μικρές προς μέτριες, μεταξύ 10ο και 30ο. Μεγαλύτερες κλίσεις της τάξεως των 30ο με 40ο παρατηρούνται στις ανατολικές και νοτιοανατολικές περιοχές του νομού. Οι μικρές κλίσεις που εμφανίζουν οι παράκτιες περιοχές, τις καθιστά ευάλωτες σε μία πιθανή αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Μεγάλες κλίσεις δεν παρατηρούνται κάτι που υποδεικνύει ότι η περιοχή μελέτης είναι κατά κύριο λόγο πεδινή.

1.2. Εντοπισμός της ανθεκτικότητας στην παράκτια διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών εντός των δύο ζωνών επικινδυνότητας

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί, που απαντώνται εντός των ζωνών επικινδυνότητας, αναφέρονται στην παράγραφο 2.3 του Κεφαλαίου 3. Οι Χάρτες 7

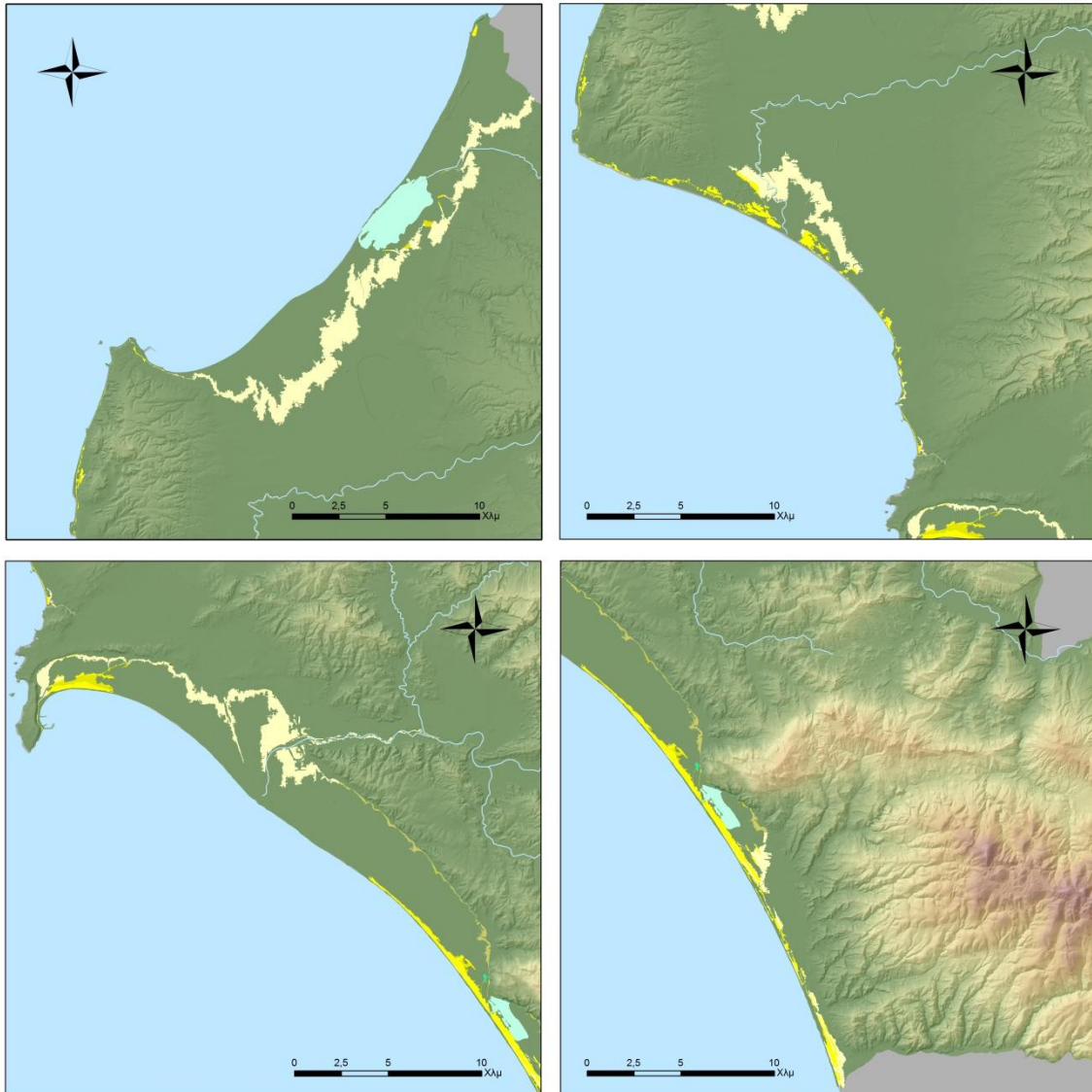
και 8 δείχνουν την κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών στις παράκτιες περιοχές που βρίσκονται εντός της Α' και της Β' ζώνης Επικινδυνότητας αντίστοιχα του νομού Ηλείας. Παρατηρώντας τους χάρτες γίνεται αντιληπτό ότι οι παράκτιες περιοχές του νομού αποτελούνται κατά κύριο λόγο από αλλουβιακές αποθέσεις, θίνες, λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων. Σε μικρότερο βαθμό οι παράκτιες περιοχές καλύπτονται από υφάλμυρες και λιμναίες αποθέσεις καθώς και από παράκτιους πολύμεικτους σχηματισμούς. Ένα μικρό μέρος των παράκτιων περιοχών στη βόρεια Ηλεία καλύπτεται από ασβεστόλιθους Κρητιδικού και από πλειστοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες.

Γεωλογικό Υπόβαθρο Α' Ζώνης Επικινδυνότητας



ΧΑΡΤΗΣ 7: Γεωλογικό υπόβαθρο Α' ζώνης επικινδυνότητας (0-2m). Παρατηρούνται κατά κύριο λόγο θίνες, λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις και αποθέσεις τεματίων και αλλουβιακές αποθέσεις

Γεωλογικό Υπόβαθρο Β' Ζώνης Επικινδυνότητας



Χάρτης 8: Γεωλογικό Υπόβαθρο Β' Ζώνης Επικινδυνότητας (0 - 2m)

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Τμήμα Γεωγραφίας
ΠΜΣ "Εφαρμοσμένη Γεωγραφία
και Διαχείριση του Χώρου"



Πτυχιακή Εργασία της Κεφάλα Θεοδώρας

ΧΑΡΤΗΣ 8: Γεωλογικό υπόβαθρο Β' ζώνης επικινδυνότητας (2-4m). Παρατηρούνται κατά κύριο λόγο θίνες και αλλουβιακές αποθέσεις

Τα πετρώματα των παράκτιων περιοχών του νομού Ηλείας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες με βάση την ανθεκτικότητά τους στη διάβρωση. Οι κατηγορίες είναι οι εξής: Ανθεκτικά Πετρώματα, Ενδιάμεσα Πετρώματα και Ευδιάβρωτα Πετρώματα. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα κατηγοριοποιημένα πετρώματα των παράκτιων περιοχών της περιοχής μελέτης ανάλογα με την ανθεκτικότητά τους στη διάβρωση.

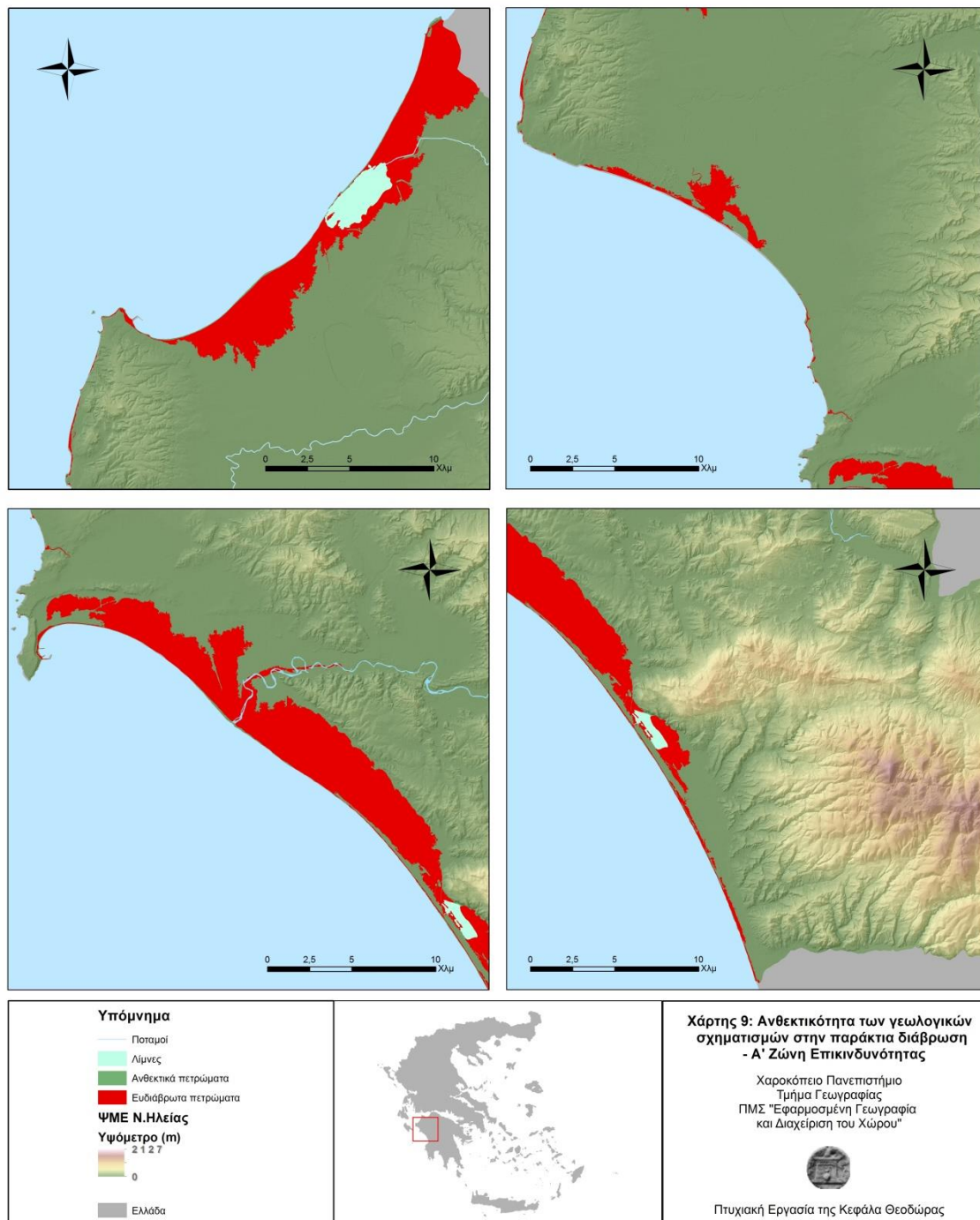
Ο Πίνακας 4 φανερώνει ότι τα περισσότερα πετρώματα στις παράκτιες περιοχές του νομού είναι ευδιάβρωτα. Δεδομένου ότι οι αλλουβιακές αποθέσεις, οι θίνες, οι λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις και οι αποθέσεις τελμάτων είναι ευδιάβρωτα πετρώματα, καθίσταται σαφές ότι οι παράκτιες περιοχές του νομού είναι επιρρεπείς στο φαινόμενο της διάβρωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Κατηγοριοποίηση των πετρωμάτων που απαρτίζουν τις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας αναφορικά με την ανθεκτικότητά τους στη διάβρωση

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ		
ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ	ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ	ΕΥΔΙΑΒΡΩΤΑ
Ασβεστόλιθοι Κρητιδικού	Κροκαλοπαγή Πλειοκαίνου	Αλλουβιακές αποθέσεις
Ασβεστόλιθοι λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις	Πλειστοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες	Αποθέσεις θαλάσσιες, υφάλμυρες και λιμναίες
		Ασβεστιτικοί ψαμμίτες
		Θίνες
		Λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων
		Παράκτιος πολύμεικτος σχηματισμός
		Πλειοκαινικές αποθέσεις
		Ποτάμιες αναβαθμίδες Ολοκαίνου
		Ποτάμιες αναβαθμίδες Πλειστοκαίνου
		Ποταμοχερσαίες αποθέσεις

Στο Χάρτη 9 φαίνεται η κατηγοριοποίηση της αντοχής των πετρωμάτων στο νομό Ηλείας για την Α' ζώνη Επικινδυνότητας (0 - 2m). Αναλυτικότερα στο Διάγραμμα 1 παρατηρείται ότι το 93% της περιοχής μελέτης καλύπτεται από ευδιάβρωτα πετρώματα, ενώ το 7% από ανθεκτικά πετρώματα. Στην πρώτη ζώνη δεν υφίστανται πετρώματα ενδιάμεσης αντοχής στη διάβρωση. Τα ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα απαντώνται στη βόρεια Ηλεία και βόρεια από τη Λίμνη Καϊάφα. Συνεπώς, το μεγαλύτερο μέρος των περιοχών που ανήκουν στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας απειλούνται με διάβρωση λόγω της πολύ μικρής αντοχής των πετρωμάτων.

Ανθεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών στην παράκτια διάβρωση (Α' Ζ.Ε.)



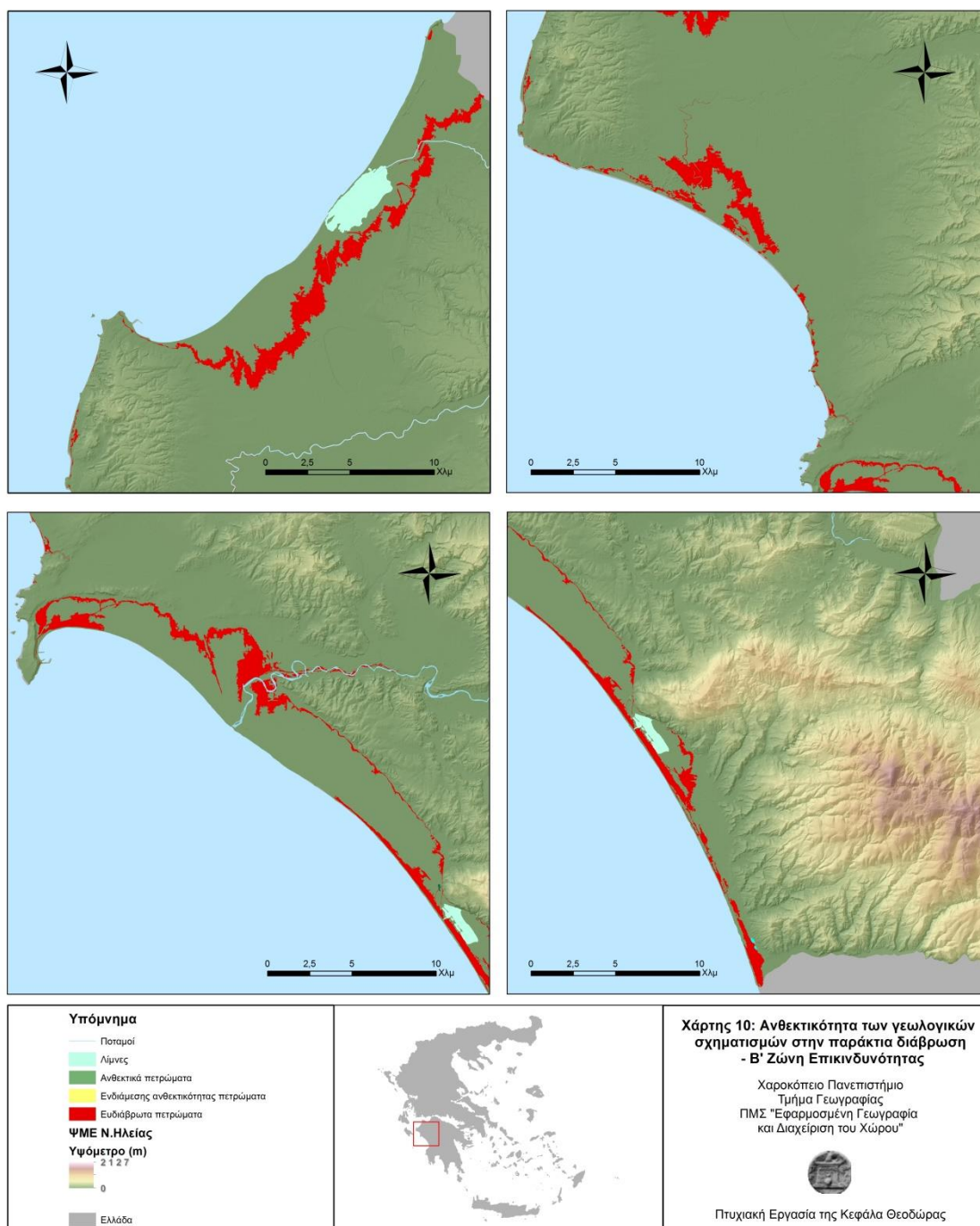
ΧΑΡΤΗΣ 9: Ανθεκτικότητα πετρωμάτων στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Ανθεκτικότητα πετρωμάτων και γεωλογικών σχηματισμών στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (Α' Ζ.Ε.) (0-2m)

Ο Χάρτης 10 απεικονίζει την ομαδοποίηση της αντοχής των πετρωμάτων στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας (2 - 4m). Από τον Χάρτη 10 και από το Διάγραμμα 2 γίνεται αντιληπτό ότι η συντριπτική πλειοψηφία (99,84%) των περιοχών της συγκεκριμένης ζώνης καλύπτεται από ευδιάβρωτα πετρώματα. Τα ανθεκτικά πετρώματα και τα πετρώματα που ανήκουν στη ενδιάμεση κατηγορία καλύπτουν το 0,11% και το 0,03% αντίστοιχα. Τα ποσοστά αυτά είναι εξαιρετικά μικρά, γεγονός που αποδεικνύει για ακόμη μια φορά την διαβρωσιμότητα των πετρωμάτων με συνέπεια την έντονη τρωτότητα των παράκτιων περιοχών της Ηλείας σε διαβρωτικά φαινόμενα. Τα ανθεκτικά πετρώματα απαντώνται στη βόρεια Ηλεία και ειδικότερα στο βορειότερο. μέρος του νομού και βόρεια από τη Λίμνη Καϊάφα. Τα ενδιάμεσης ανθεκτικότητας πετρώματα βρίσκονται στο νοτιότερο σημείο του νομού.

Ανθεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών στην παράκτια διάβρωση (Β' Ζ.Ε.)



ΧΑΡΤΗΣ 10: Ανθεκτικότητα πετρωμάτων στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Ανθεκτικότητα των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (Β' Ζ.Ε.) (2-4m)

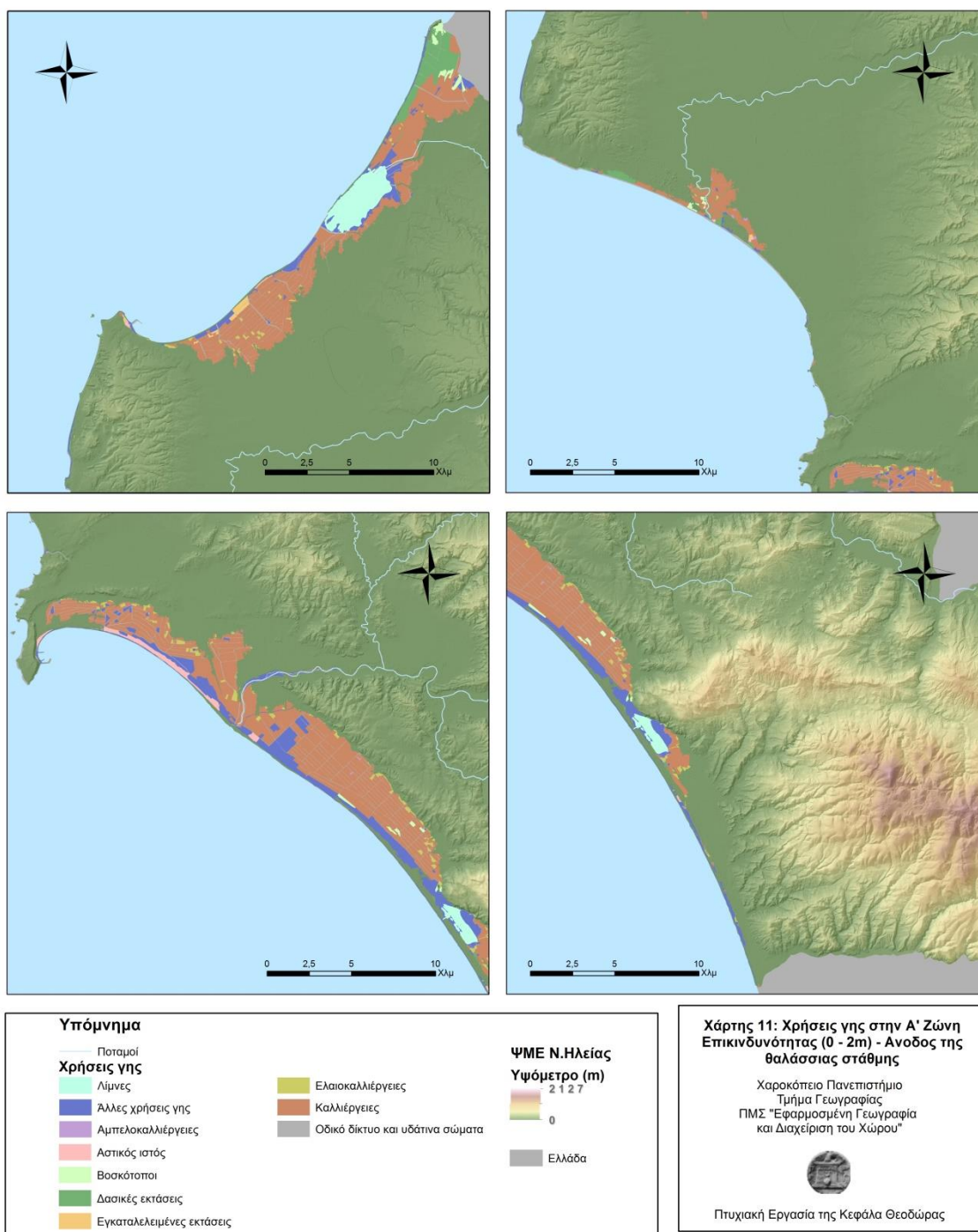
1.3. Εντοπισμός της χρήσης γης των περιοχών εντός των δύο ζωνών επικινδυνότητας

Οι κύριες χρήσεις γης των παράκτιων περιοχών του νομού Ηλείας είναι οι καλλιεργούμενες εκτάσεις (αρώσιμες, μόνιμες, μικτές κλπ), οι τόποι βόσκησης, ο αστικός ιστός, οι δασικές εκτάσεις, οι εγκαταλελειμμένες εκτάσεις, οι δρόμοι και τα υδάτινα σώματα, οι αμπελοκαλλιέργειες και οι ελαιοκαλλιέργειες. Οι αμπελοκαλλιέργειες και οι ελαιοκαλλιέργειες καταλαμβάνουν από μόνες τους μεγάλη έκταση γι' αυτό και ερευνώνται ξεχωριστά.

Οι ζώνες επικινδυνότητας είναι οι ίδιες που χρησιμοποιήθηκαν και για τον εντοπισμό της αντοχής των πετρωμάτων στην παράκτια Ηλεία. Ο Χάρτης 11 εμφανίζει τις χρήσεις γης στις περιοχές που εντάσσονται στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας (0-2m). Το Διάγραμμα 3 καταδεικνύει τα ποσοστά των χρήσεων γης των περιοχών εντός της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας. Στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων που θα πληγούν από μία επερχόμενη αύξηση της στάθμης της θάλασσας έως την ισοϋψή των 2m είναι καλλιεργήσιμες εκτάσεις (62%). Οι καλλιέργειες βρίσκονται κατά μήκος της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας, όμως παύουν να υφίστανται στις νότιες περιοχές του νομού. Αμέσως μετά παραθαλάσσιες οικιστικές περιοχές, λιμάνια, η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η λίμνη Καϊάφα και άλλες μικρότερες λίμνες, αμμώδεις παραλιακές

εκτάσεις και άλλες χρήσεις γης (στο Διάγραμμα 3 οι παρούσες χρήσεις γης αναφέρονται ως άλλες χρήσεις) είναι αυτές που θα υποστούν μεγάλο πλήγμα. Τέτοιου είδους καλύψεις γης καταλαμβάνουν το 22% της συνολικής έκτασης της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας. Οι δασικές εκτάσεις αντιστοιχούν με το 5% των περιοχών της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας, όπως το ίδιο ισχύει για το οδικό δίκτυο και τα υδάτινα σώματα, όπως ο ποταμός Αλφειός. Οι δασικές εκτάσεις βρίσκονται κατά κύριο λόγο στο βορειότερο μέρος του νομού. Το οδικό δίκτυο και τα υδάτινα σώματα βρίσκονται στις βόρειες και κεντρικές παραθαλάσσιες εκτάσεις, το ίδιο ισχύει και με τον αστικό ιστό. Ο αστικός ιστός και οι ελαιοκαλλιέργειες καταλαμβάνουν έκαστο το 2% της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας. Οι βοσκότοποι και οι εγκαταλελειμμένες εκτάσεις καταλαμβάνουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της ζώνης αυτής (μόλις το 1%). Οι αμπελοκαλλιέργειες κατέχουν ένα πολύ μικρό ποσοστό υπό του 1%. Οι ελαιοκαλλιέργειες όπως και οι αμπελοκαλλιέργειες βρίσκονται διάσπαρτες σε όλη την έκταση της ζώνης επικινδυνότητας με τη δεύτερη να εντοπίζεται κυρίως γύρω από τον Αλφειό ποταμό.

Χρήσεις γης στην Α' Ζ.Ε. - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης



ΧΑΡΤΗΣ 11: Χρήσεις γης στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης

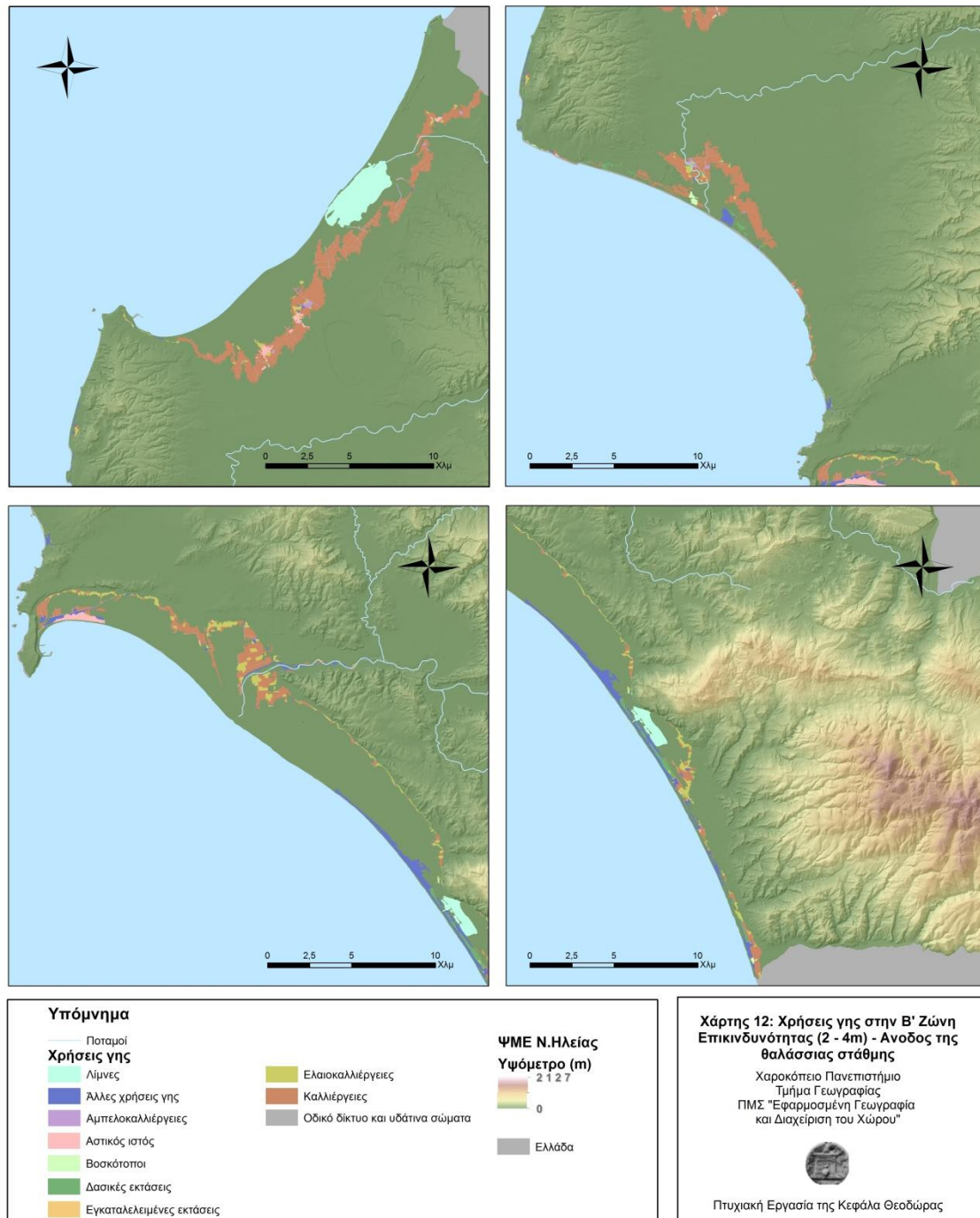


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Ποσοστά χρήσεων γης στην Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-2m) – Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης

Ο Χάρτης 12 παρουσιάζει τις χρήσεις της γης και πώς αυτές κατανέμονται στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας (2-4m). Το Διάγραμμα 4 δείχνει τα ποσοστά χρήσεων γης στις περιοχές που παρουσιάζει ο Χάρτης 12. Στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας γίνεται αντιληπτό ότι οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καταλαμβάνουν το 66% καλύπτοντας ένα πολύ μεγάλο μέρος της ζώνης καθ' όλη την έκτασή της. Οι άλλες χρήσεις της γης (όπως παραδείγματος χάριν, η μικρής έκτασης οικιστικές περιοχές, οι λίμνες καθώς και διάφορες άλλες χρήσεις γης) αντιστοιχούν με το 11% της έκτασης της δεύτερης ζώνης επικινδυνότητας. Οι συγκεκριμένες χρήσεις γης εντοπίζονται στις κεντρικές και νότιες παράκτιες περιοχές του νομού. Οι ελαιοκαλλιέργειες καταλαμβάνουν και αυτές το 11% της συνολικής έκτασης της δεύτερης ζώνης επικινδυνότητας και βρίσκονται διάσπαρτες σε όλη την έκταση της. Οι δασικές εκτάσεις αντιστοιχούν με το 4% της δεύτερης ζώνης επικινδυνότητας και βρίσκονται στις παραθαλάσσιες κεντρικές περιοχές, πλησίον της λίμνης του Καϊάφα και νότια της ζώνης. Ο αστικός ιστός καταλαμβάνει το 3% και βρίσκεται βόρεια και κεντρικά της ζώνης. Παράλληλα το οδικό δίκτυο καταλαμβάνει επίσης το 3% και εντοπίζεται κατά μήκος της δεύτερης ζώνης επικινδυνότητας. Μικρή έκταση

καταλαμβάνουν και σε αυτή τη ζώνη, οι βοσκότοποι και οι αμπελοκαλλιέργειες με ποσοστό 1% έκαστη, ενώ οι εγκαταλελειμμένες εκτάσεις έχουν ποσοστό μικρότερο του 1%.

Χρήσεις γης στην Β' Ζ.Ε. - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης



ΧΑΡΤΗΣ 12: Χρήσεις γης στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Ποσοστά χρήσεων γης στη Β' ζώνη επικινδυνότητας (2-4m) – Άνοδος θαλάσσιας στάθμης

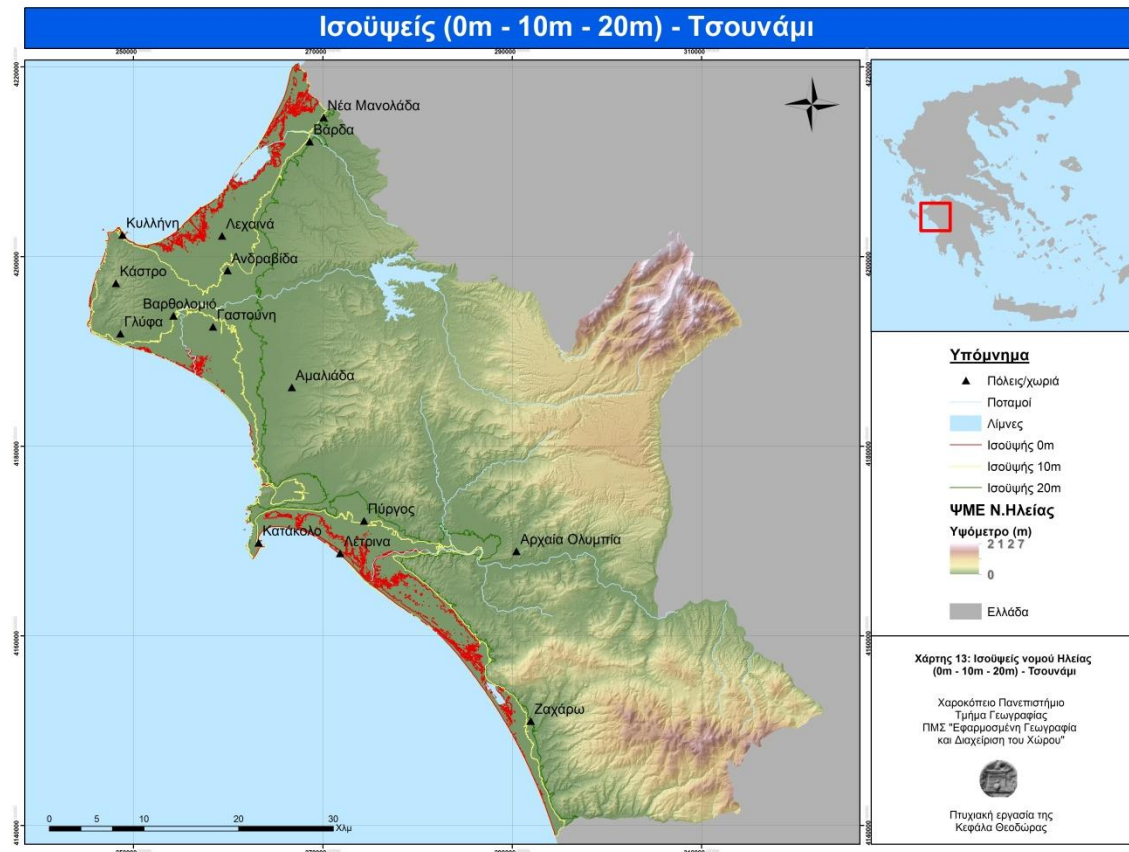
2. Μελέτη των επιπτώσεων ενός ενδεχόμενου θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιασθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τη μελέτη των επιπτώσεων ενός ενδεχόμενου θαλάσσιου κύματος στις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας.

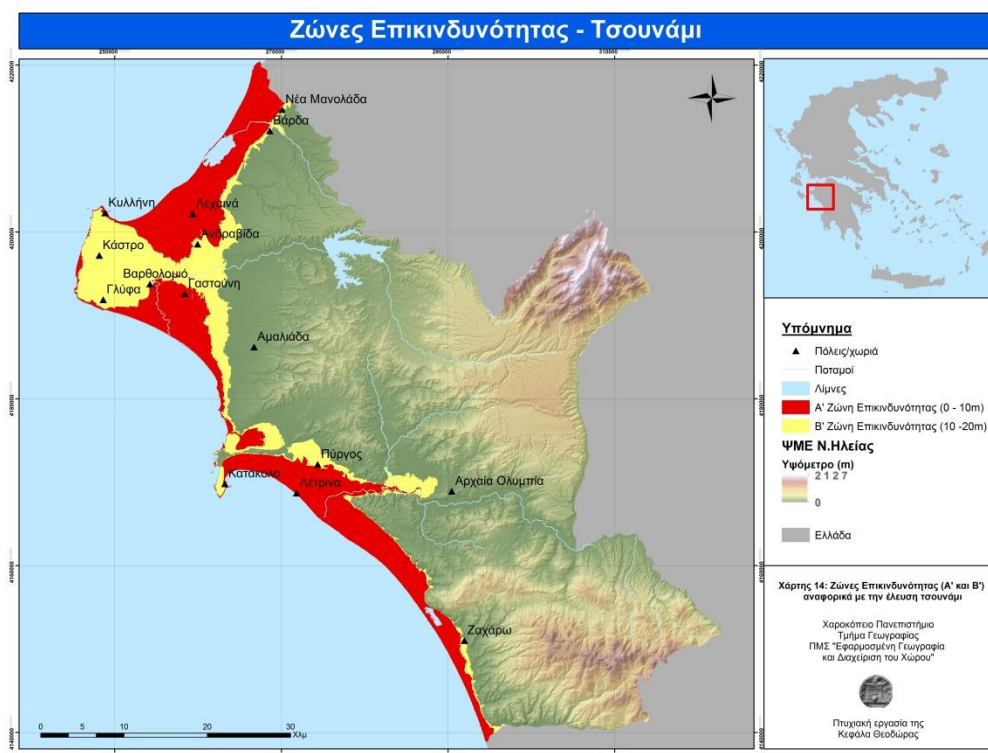
2.1 Δημιουργία ζωνών επικινδυνότητας

Οι ζώνες επικινδυνότητας δημιουργήθηκαν από την ψηφιοποίηση των ισοϋψών 0 και 10m για την πρώτη ζώνη επικινδυνότητας και από την ψηφιοποίηση των 10 και 20m για τη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο Χάρτη 14. Στο Χάρτη 13 παρουσιάζονται οι ισοϋψείς των 0m, 10m και 20m.

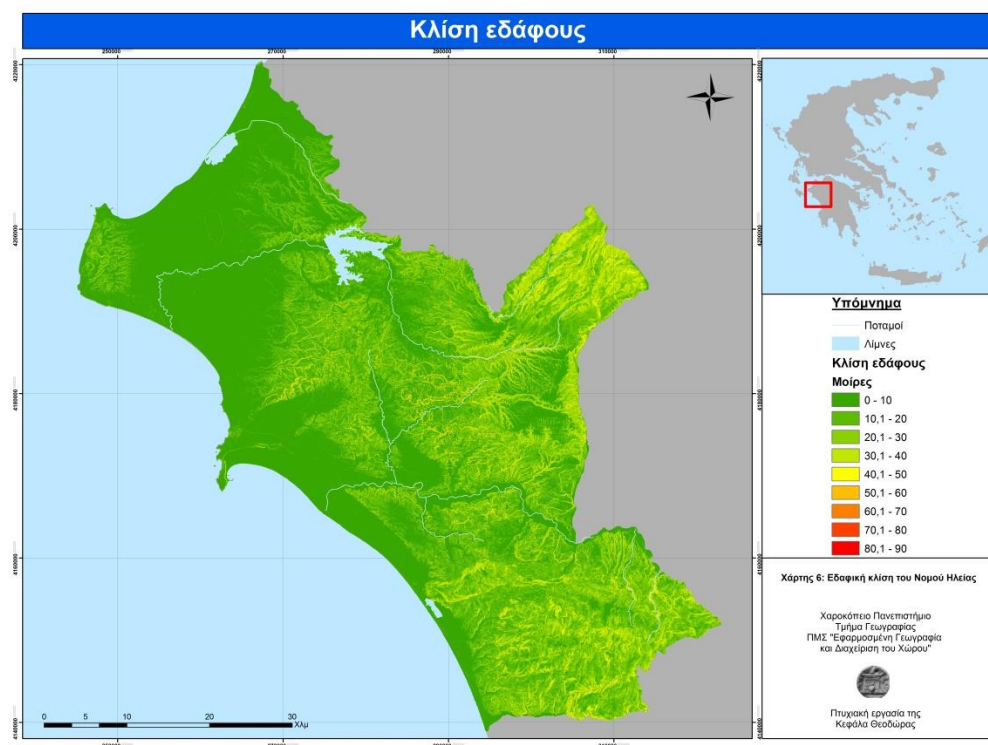
Ο Χάρτης 6 υποδεικνύει τη μικρή κλίση του εδάφους της περιοχής μελέτης κάτι που γίνεται αντιληπτό και στο Χάρτη 14 από την έκταση που καταλαμβάνουν οι ζώνες επικινδυνότητας.



ΧΑΡΤΗΣ 13: Οι ισοϋψείς (0m, 10m και 20m) του νομού Ηλείας



ΧΑΡΤΗΣ 14: Ζώνες επικινδυνότητας για την έλευση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον νομό Ηλείας: Α' ζώνη επικινδυνότητας (0-10m) (κόκκινο χρώμα) και Β' ζώνη επικινδυνότητας (10-20m) (κίτρινο χρώμα)

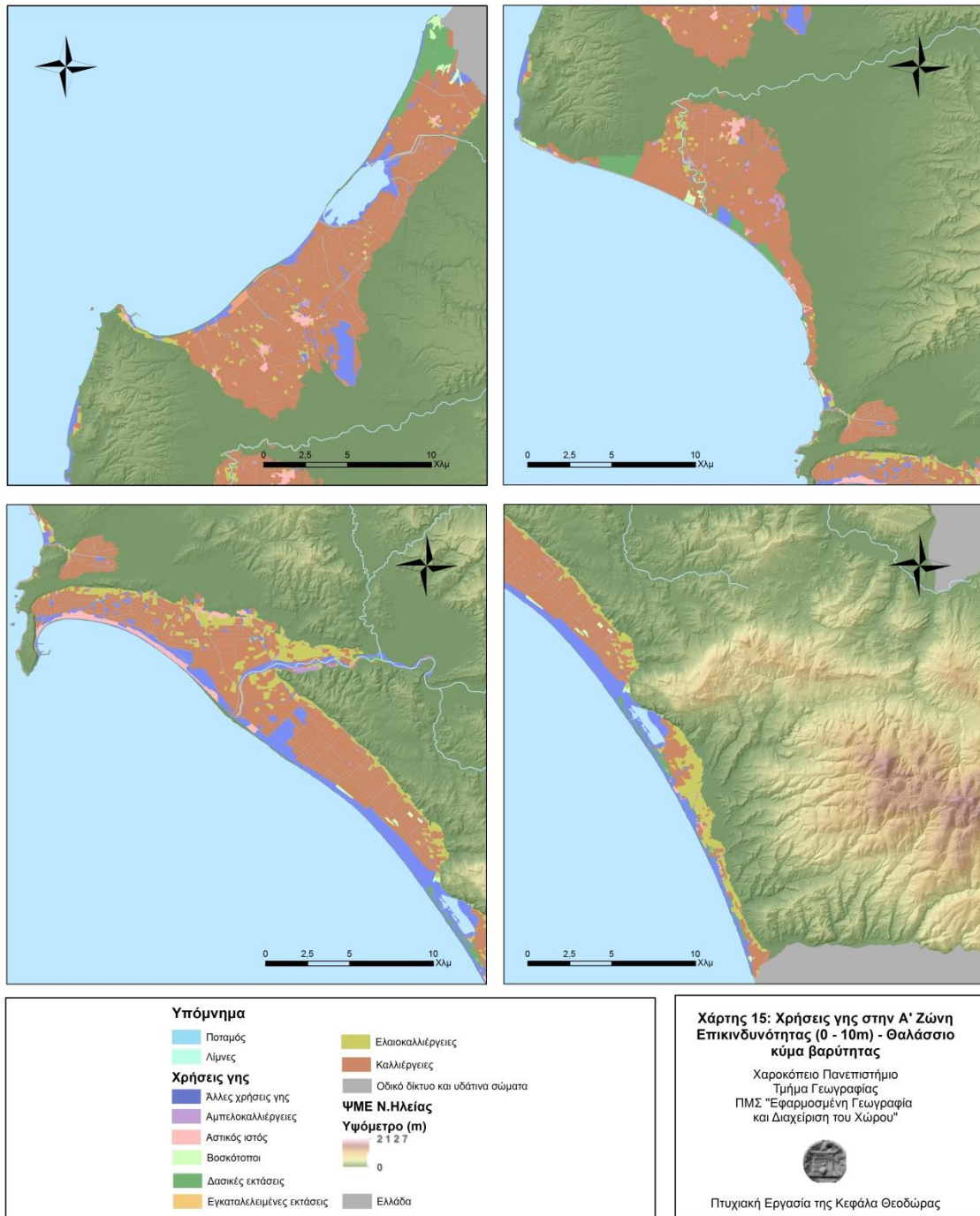


ΧΑΡΤΗΣ 6: Κλίση νομού Ηλείας (σε μοίρες)

2.2. Εντοπισμός των χρήσεων γης των περιοχών εντός των δύο ζωνών επικινδυνότητας

Ο Χάρτης 15 δείχνει τις χρήσεις γης στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας (0-10m) στις παράκτιες περιοχές του νομού. Το Διάγραμμα 5 παρουσιάζει τα ποσοστά των συγκεκριμένων χρήσεων γης. Η συνδυαστική μελέτη των δύο (Χάρτης 15 και Διάγραμμα 5) δείχνει ότι το 65% της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας καλύπτεται από καλλιεργούμενες εκτάσεις, η συγκέντρωση των οποίων είναι αυξημένη στα βόρεια και κεντρικά παράλια του νομού, ενώ φθίνει προς τα νότια. Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η λίμνη Καϊάφα, μικρότερες λίμνες, λιμάνια, αμμώδεις παράκτιες εκτάσεις και παραθαλάσσιες οικιστικές περιοχές καταλαμβάνουν το 14% της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας. Η πλειοψηφία των παραπάνω εντοπίζεται στις κεντρικές κυρίως και νότιες παράκτιες περιοχές του νομού. Αμέσως μετά, με 9%, ακολουθούν οι ελαιοκαλλιέργειες, οι οποίες βρίσκονται κοντά στις καλλιεργούμενες εκτάσεις κατά μήκος της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας. Από 4% έκαστη, ακολουθούν οι δασικές εκτάσεις του νομού και το οδικό δίκτυο με τα υδάτινα σώματα. Το οδικό δίκτυο διαπερνά τις καλλιεργούμενες εκτάσεις σε όλη την περιοχή της ζώνης. Οι δασικές εκτάσεις υφίστανται ως επί το πλείστον στο βορειότερο μέρος του νομού, στις κεντρικές παραθαλάσσιες περιοχές και πλησίον της λίμνης Καϊάφα. Με 2% κάλυψη γης ακολουθεί ο κύριος αστικός ιστός του νομού, ο οποίος είναι διάσπαρτος σε όλη την έκταση της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας και αντιπροσωπεύει τα κυριότερα αστικά κέντρα της περιοχής. Σημαντικές αστικές περιοχές όσον αφορά στην έκτασή τους, παρατηρούνται στα βόρεια και κεντρικά του νομού, με τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα να βρίσκονται στα κεντρικά. Οι βοσκότοποι και οι αμπελοκαλλιέργειες καταλαμβάνουν από 1% της περιοχής μελέτης. Οι εγκαταλελειμμένες εκτάσεις καταλαμβάνουν περιοχές με έκταση μικρότερη του 1% της πρώτης ζώνης επικινδυνότητας.

Χρήσεις γης στην Α' Ζ.Ε. - Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας



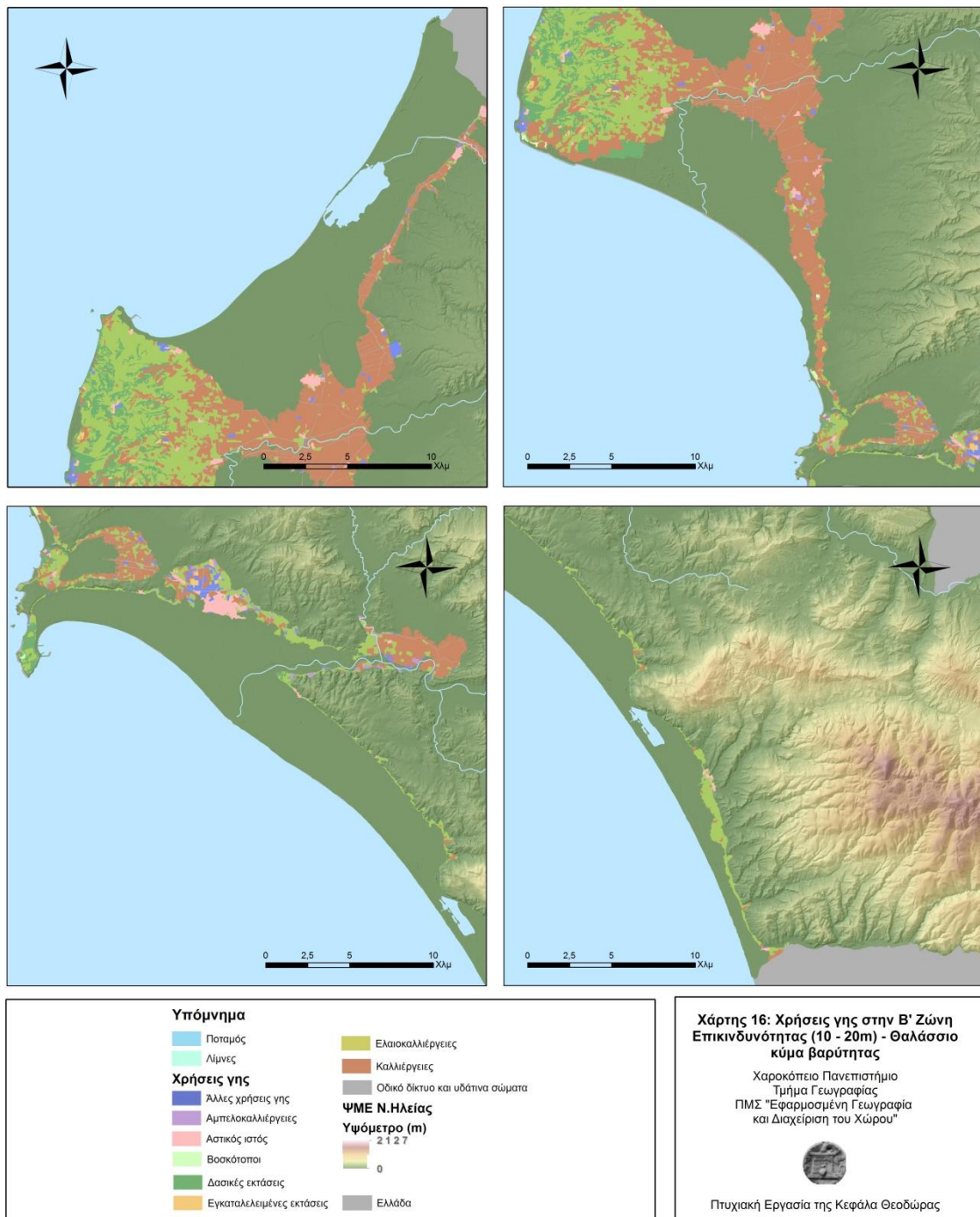
ΧΑΡΤΗΣ 15: Χρήσεις γης στην Α' ζώνη Επικινδυνότητας (0-10m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Ποσοστά χρήσεων γης στην Α' ζώνη Επικινδυνότητας (0-10m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας

Ο Χάρτης 16 δείχνει τις χρήσεις γης που εντάσσονται στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας (10-20m). Το Διάγραμμα 6 παρουσιάζει τα ποσοστά των χρήσεων γης για τη διερεύνηση των επιπτώσεων λόγω θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Συνδυάζοντας και τα δύο (Χάρτης 16 και Διάγραμμα 6) παρατηρείται ότι το 50% της δεύτερης ζώνης επικινδυνότητας αντιστοιχεί σε καλλιεργούμενες εκτάσεις, οι οποίες βρίσκονται στις βόρειες και κεντρικές περιοχές της περιοχής μελέτης. Τη δεύτερη θέση καταλαμβάνουν οι ελαιοκαλλιέργειες, οι οποίες απαντώνται κυρίως στα κεντρικά του νομού. Αμέσως μετά ακολουθούν οι δασικές εκτάσεις με κάλυψη γης ίση με το 9% της ζώνης, οι οποίες βρίσκονται στις κεντρικές περιοχές του νομού. Επίσης, στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας υφίστανται οι αστικές περιοχές με ποσοστό κάλυψης γης 3%, στα βόρεια και κεντρικά της ζώνης. Το οδικό δίκτυο και τα υδάτινα σώματα καταλαμβάνουν το 2%, γεγονός που υποδεικνύει την ύπαρξη λίγων και μικρών σε έκταση αστικών κέντρων στην περιοχή. Οι αμπελοκαλλιέργειες και οι εγκαταλελειμμένες εκτάσεις καταλαμβάνουν το 1%, ενώ οι βοσκότοποι ποσοστό μικρότερο του 1%.

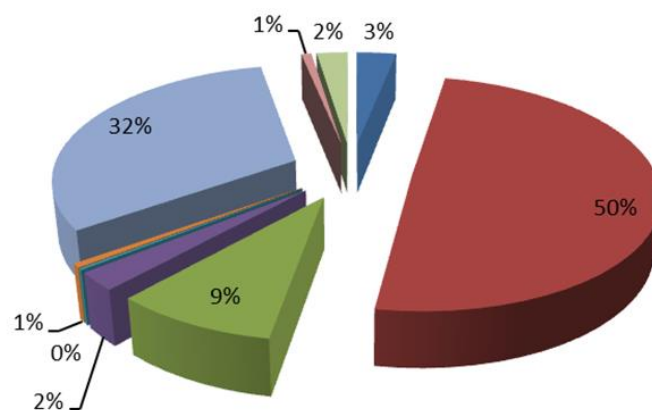
Χρήσεις γης στην Β' Ζ.Ε. - Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας



ΧΑΡΤΗΣ 16: Χρήσεις γης στη Β' ζώνη Επικινδυνότητας (10-20m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας

Ποσοστά Χρήσεων Γης στην Β'Ζ.Ε. (ΘΚΒ)

- Αστικός Ιστός
- Καλλιέργειες
- Δασικές Εκτάσεις
- Οδικό Δίκτυο και Υδάτινα Σώματα
- Βοσκότοποι
- Εγκαταλελειμμένες Εκτάσεις
- Ελαιοκαλλιέργειες
- Αμπελοκαλλιέργειες
- Άλλες Χρήσεις



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Ποσοστά χρήσεων γης στη Β' ζώνη Επικινδυνότητας (10-20m) – Θαλάσσιο κύμα βαρύτητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ -6-

Συμπεράσματα

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τη μελέτη των επιπτώσεων λόγω της άνοδου της θαλάσσιας στάθμης και της πιθανής έλευσης ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στις παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας. Επίσης, προτείνονται λύσεις για την προστασία των παράκτιων περιοχών του νομού από τέτοιου είδους φυσικά καταστροφικά φαινόμενα.

1. Άνοδος θαλάσσιας στάθμης στον νομό Ηλείας

Το φαινόμενο της άνοδου της θαλάσσιας στάθμης στον νομό Ηλείας χρήζει πρόληψης. Αν και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είναι ένα φαινόμενο μακροχρόνιο, οι επιπτώσεις στην ξηρά είναι σημαντικές ειδικά αν οι κλίσεις του πρανούς είναι μικρές. Στην περίπτωση των παράκτιων περιοχών του νομού Ηλείας, μία αύξηση της θαλάσσιας στάθμης έως 4m θα καλύψει αρκετές περιοχές κοντά στον Αλφειό ποταμό (εκατέρωθεν τω εκβολών του) καθώς και τα βόρεια παράλια του νομού, εισχωρώντας αρκετά εσωτερικά στην ξηρά (Χάρτης 5). Αυτό θα συμβεί διότι οι κλίσεις των παράκτιων περιοχών κυμαίνονται μεταξύ 0° και 10°, άρα είναι πολύ μικρές (Χάρτης 6).

Λαμβάνοντας υπόψη τα πολύ υψηλά ποσοστά των ευδιάβρωτων πετρωμάτων στην πρώτη και δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας (93% και 99,84% αντίστοιχα - Διαγράμματα 1 και 2), γίνεται αντιληπτό ότι μια πιθανή άνοδος της στάθμης της θάλασσας έως την ισοϋψή των 4m θα οδηγήσει σε έντονη διάβρωση της ακτογραμμής. Ένα τέτοιο γεγονός θα έχει ολέθριες συνέπειες για το νομό.

Σύμφωνα με τα Διαγράμματα 3 και 4, το 62% των εκτάσεων στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας και το 66% των εκτάσεων στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας είναι καλλιεργήσιμες. Συνεπώς, με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης θα αντιμετωπίσουν κίνδυνο πολλές καλλιέργειες. Πρέπει να τονιστεί ότι ο νομός Ηλείας έχει το χαμηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας και η κύρια πηγή εισοδημάτων είναι η πώληση των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων. Επομένως, μια τέτοια άνοδος θα πλήξει σοβαρά την οικονομία του νομού. Αναλυτικότερα, και στις δύο

ζώνες θα πληγούν οι παραθαλάσσιες οικιστικές περιοχές και τα λιμάνια, θα καλυφθούν οι λίμνες και θα διαβρωθούν οι αμμώδεις παραλίες. Στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας τέτοιου είδους περιοχές καταλαμβάνουν το 22%, ενώ στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας το 11%. Επιπλέον, στη δεύτερη ζώνη θα πληγούν και αρκετές ελαιοκαλλιέργειες. Οι δασικές εκτάσεις και το οδικό δίκτυο θα καλυφθούν από νερό και στις δύο ζώνες και αρκετοί σημαντικοί οικισμοί θα πλημμυρίσουν, όπως: το Κατάκολο, τα Λέτρινα, η Κυλλήνη, τα Λεχαινά και ένα τμήμα του νότιου Πύργου.

Λαμβάνοντας υπόψη το Χάρτη 3 και το Χάρτη 5 γίνεται αντιληπτό ότι με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα πλημμυρίσουν αρκετές περιοχές, που ανήκουν στο Δίκτυο Natura 2000, στο νομό. Αναλυτικότερα με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας έως 2m, κινδυνεύουν να πλημμυρίσουν ή να βυθιστούν βαθύτερα πέντε από τις εννιά οικολογικές περιοχές: η παράκτια ζώνη από το ακρωτήριο της Κυλήνης έως την περιοχή Τουμπί-Καλογριά (GR2330007), η λιμνοθάλασσα Καλογριάς, το δάσος Στροφυλίας (GR2320001), οι εκβολές του Πηνειού (GR2330003), η θαλάσσια περιοχή του κόλπου Κυπαρισσίας: από το ακρωτήριο Κατάκολο έως την Κυπαρισσία (GR2330008), οι θίνες και το παραλιακό δάσος της Ζαχάρως, η λίμνη Καϊάφα, η Στροφυλία και ο Κακόβατος (GR2330005). Με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης έως 4m, επτά από τους εννιά Τόπους Κοινοτικής Σημασίας θα βρεθούν υπό τη θαλάσσια στάθμη ή θα βυθιστούν βαθύτερα: η παράκτια ζώνη από το ακρωτήριο της Κυλήνης έως την Τουμπί – Καλογριά (GR2330007), η λιμνοθάλασσα της Καλογριάς και το δάσος της Στροφυλίας (GR2320001), η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και η περιοχή Βρίνια (GR2330006), η λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και η αλυκή Λεχαιών (GR2330009), οι εκβολές του Πηνειού ποταμού (GR2330003), η θαλάσσια περιοχή του κόλπου Κυπαρισσίας: από το ακρωτήριο Κατάκολο έως την Κυπαρισσία (GR2330008) και οι θίνες και το παραλιακό δάσος της Ζαχάρως, η λίμνη Καϊάφα, η Στροφυλία και ο Κακόβατος (GR2330005).

Τα παραπάνω συμπεράσματα δείχνουν ότι ο νομός Ηλείας θα δεχθεί ένα σημαντικό πλήγμα από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Είναι σαφές ότι κρίνεται απαραίτητη η εύρεση μιας αποτελεσματικής λύσης. Μία πιθανή πρόταση για την προστασία των παράκτιων περιοχών είναι η τροφοδότηση αυτών με ίζημα (*beach nourishment*). Αν και ήπια μέθοδος – η τροφοδότηση των ακτών με ίζημα – είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και εφαρμόζεται εφόσον το κόστος εφαρμογής της είναι μικρότερο των δαπανών που προκαλούνται από το φαινόμενο διάβρωσης των ακτών.

Προτού τροφοδοτηθούν οι ακτές με ίζημα θα πρέπει να προηγηθούν οικονομοτεχνικές μελέτες σε κάθε παράκτια περιοχή του νομού. Το αποτέλεσμα των παραπάνω μελετών θα δείχνει αν το κόστος για την τροφοδότηση της κάθε παραλίας με ίζημα είναι εφικτό για τις διοικητικές αρχές. Στις περιοχές που το κόστος καθιστά απαγορευτική την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου, τότε οι παράκτιες περιοχές δε θα εμπλουτίζονται με ίζημα. Εφόσον εντοπιστούν παράκτιες περιοχές με μεγάλους ρυθμούς διάβρωσης και που επηρεάζουν άμεσα τις ζωές των κατοίκων του νομού, τότε θα πρέπει να τροφοδοτηθούν άμεσα με ίζημα. Με αυτόν τον τρόπο, οι παράκτιες περιοχές θα προστατευθούν για κάποιο χρονικό διάστημα έως ότου διαβρωθούν και εμπλουτιστούν ξανά. Μια τέτοια πρόταση δεν επιλύει το φαινόμενο της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, απλώς το καθυστερεί.

Στην παρούσα εργασία δεν υπολογίστηκε ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας (Coastal Vulnerability Index, CVI) λόγω των πολύ μικρών κλίσεων των παράκτιων περιοχών του νομού και λόγω των παρόμοιων μορφολογικών και λιθολογικών χαρακτηριστικών. Τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά συμβάλλουν στην ομοιομορφία των παράκτιων περιοχών του νομού και επομένως τα αποτελέσματα που θα εξάγονταν από την εφαρμογή του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας δε θα διέφεραν ιδιαίτερα μεταξύ τους.

2. Επιπτώσεις ενός ενδεχόμενου θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στον νομό Ηλείας

Το φαινόμενο της έλευσης θαλάσσιου κύματος βαρύτητας στην Ελλάδα δεν είναι σπάνιο (Πίνακας 5 (Παράρτημα)). Αν και το συγκεκριμένο φαινόμενο δε συμβαίνει συχνά, δεν παύει να χρήζει πρόληψης. Οι παράκτιες περιοχές του νομού Ηλείας φιλοξενούν σημαντικές οικολογικές περιοχές, οι οποίες προστατεύονται ως επί το πλείστον από τη σύμβαση Ramsar και το δίκτυο Natura 2000, αρκετές παραθαλάσσιες οικιστικές περιοχές καθώς και περιοχές κατάλληλες για γεωργία και κτηνοτροφία.

Η πιθανή έλευση ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας θα πλήξει κατά κύριο λόγο τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και τις ελαιοκαλλιέργειες. Στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας (0-10m) το ποσοστό των καλλιεργούμενων εκτάσεων μαζί με τις

ελαιοκαλλιέργειες) είναι ίσο με 74%, ενώ στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας (10-20m) το ποσοστό των εκτάσεων αυτών ισούται με 82%. Γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας θα επηρεάσει αρνητικά την οικονομία του νομού καθώς η οικονομία του νομού στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην παραγωγή αγαθών μέσω γεωργίας και στην επεξεργασία αυτών. Επιπλέον στις δύο ζώνες επικινδυνότητας θα πληγούν οι οικιστικές περιοχές, τα λιμάνια, οι λίμνες και οι παραλίες. Στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας τέτοιου είδους περιοχές καταλαμβάνουν το 16%, ενώ στη δεύτερη το 12%. Το οδικό δίκτυο θα υποστεί καταστροφές από την έλευση ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας ειδικά στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας. Δεν είναι λίγες οι πόλεις και τα χωριά όπως: η Κυλλήνη, η Γαστούνη, ένα μέρος του Πύργου και το Κατάκολο, που θα πρέπει να αντιμετωπίσουν τις συνέπειες της έλευσης ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Η Ανδραβίδα, το Βαρθολομιά, το μεγαλύτερο μέρος του Πύργου και η Ζαχάρω θα πληγούν με την έλευση ενός κύματος που θα καλύψει τη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας. Οι δασικές εκτάσεις, οι οποίες είναι μοναδικές στο νομό Ηλείας, καταλαμβάνουν ένα αρκετά μεγάλο μέρος του νομού και θα πληγούν ανεπανόρθωτα με την έλευση ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα στην πανίδα και τη χλωρίδα της περιοχής.

Ο συνδυασμός των Χαρτών 3 και 14 δείχνει τις περιοχές, που ανήκουν στο Δίκτυο Natura 2000 και είναι δυνατόν να υποστούν ανεπανόρθωτο πλήγμα κατά την έλευση θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Σε περίπτωση που ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας πλήξει την παράκτια περιοχή του νομού έως την ισοϋψή των 10m, τότε κινδυνεύουν να πλημμυρίσουν ή να βυθιστούν εφτά από τις εννιά οικολογικές περιοχές που τελούν υπό την προστασία του δικτύου Natura 2000: η λιμνοθάλασσα Καλογριάς, το δάσος Στροφυλίας (GR2320001), οι εκβολές του Πηνειού (GR2330003), οι θίνες και το παραλιακό δάσος της Ζαχάρως, η λίμνη Καϊάφα, η Στροφυλία και ο Κακόβατος (GR2330005), η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και η περιοχή Βρίνια (GR2330006), η παράκτια ζώνη από το ακρωτήριο της Κυλήνης έως την περιοχή Τουμπί-Καλογριά (GR2330007), η θαλάσσια περιοχή του κόλπου Κυπαρισσίας: από το ακρωτήριο Κατάκολο έως την Κυπαρισσία (GR2330008), η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου και η αλυκή Λεχαινών (GR2330009). Σε περίπτωση που ένα θαλάσσιο κύμα βαρύτητας πλήξει την παράκτια περιοχή του νομού έως την ισοϋψή των 20m, τότε θα βυθιστούν οι οκτώ από τις εννιά οικολογικές περιοχές που τελούν

υπό την προστασία του δικτύου Natura 2000. Πιο συγκεκριμένα στη δεύτερη ζώνη επικινδυνότητας υφίσταται μία εκ των οκτώ οικολογικών περιοχών (οι υπόλοιπες βρίσκονται στην πρώτη ζώνη επικινδυνότητας): η περιοχή της Ολυμπίας (GR2330004).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω συμπεράσματα γίνεται κατανοητό ότι ο νομός Ηλείας θα δεχθεί ένα μεγάλο πλήγμα από μια ενδεχόμενη έλευση ενός θαλάσσιου κύματος βαρύτητας. Ο Πίνακας 5 (Παράρτημα) παρουσιάζει τα σημαντικότερα θαλάσσια κύματα βαρύτητας στη δυτική Ελλάδα από το 373πΧ μέχρι το 1996. Φαίνεται από το συγκεκριμένο πίνακα ότι οι πλημμυρικές ροές φτάνουν έως την ισοϋψή των 5m. Αν και η συχνότητα εμφάνισης καταστροφικών θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας στη δυτική Ελλάδα είναι μικρή, εντούτοις είναι σημαντική η ύπαρξη ενός προηγμένου συστήματος παρακολούθησης της σεισμικής δραστηριότητας και παρατήρησης θαλάσσιων κυμάτων βαρύτητας. Η δημιουργία βάσης δεδομένων με τα συμβάντα από τα θαλάσσια κύματα βαρύτητας (καταστροφικά ή μη) είναι σημαντική και θα βοηθήσει στην περαιτέρω μελέτη και κατανόηση του φαινομένου όχι μόνο στην περιοχή της Ηλείας αλλά και σε όλη τη χώρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΔΙΕΘΝΗΣ

- Ahamed, T., Takigawa, T., Koike, M., Hossain, M.M., Huq, M.M. and faruk, M.O. (2006). Assessment of Energy Status for Irrigation Technology in Bangladesh: A GIS Approach. *Energy*, 31, 3017 – 3040.
- Alley, R.B., MarotzkeJ., NordhausW.D., OverpeckJ.T., PeteetD.M., PielkeR.A., PierrehumbertR.T., RhinesR.T., StokerT.F., TalleyL.DandWallaceJ.M. (2003). Abrupt climate change. *Science*, 299, 2005-2010.
- Ambraseys, N.N. (1960). The seismic wave of July 9, 1956, in the Greek Archipelago. *Journal of Geophysical Research*, 65(4), 1257-1265.
- Ambraseys, N.N. (1962). Data for the Investigation of the Seismic Sea Waves in the Eastern Mediterranean. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 52(4), 895-913.
- Ambraseys, N.N. (1994). *The Seismicity of Egypt, Arabia and the Red Sea*. Cambridge University Press, pp.172.
- Ambraseys, N. (2008c). *Earthquakes in the Eastern Mediterranean and the Middle East: A Multidisciplinary Study of 2000 Years of Seismicity*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Antonopoulos J.A., (1980). Data from the investigation of seismic seawave events in the eastern Mediterranean from the birth of Christ to 1980 (six parts). *Annales Geophysicae*, 33, 141-248.
- Antonov, J.I., Levitus S., and Boyer T.P. (2005).Steric variability of the world ocean, 1955-2003.*Geophysical Research Letters* 32, 12.doi: 10.1029/2005GL023112.
- AOA (1896).*Annales de l' Observatoire National d' Athènes*, Athènes.
- AOA (1898).*Annales de l' Observatoire National d' Athènes*, Athènes.
- Bindoff, N.L., Willebrand J., Artale V., A, Cazenave, Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quéré C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L.D. and Unnikrishnan A. (2007). Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (Eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Bird, E. (2008). *Coastal Geomorphology: An Introduction*. John Wiley & Sons Ltd: West Sussex.

- Bolstad, P. (2012). GIS fundamentals: a first text on geographic information systems. 4th Edition, Eider Press. White Bear Lake, Minnesota.
- Brown, A.C., and McLachlan A. (2002). Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation*, 29, 62-77. doi:10.1017/S037689290200005X.
- Bruun, P. (1962). Sea level rise as a cause of shore erosion. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Waterways and Harbors Division*, 88, 117 – 130.
- Buckley, P.J. and Dye S.R. (2009). Impacts of climate change on the North-East Atlantic ecosystem. *OSPAR Commission: Monitoring and Assessment Series*. UK.
- Buddemeier, R.W., Smith S.V., Swaaney D.P. and Crossland C.J., (2002). The Role of the Coastal Ocean in the Disturbed and Undisturbed Nutrient and Carbon Cycles. *Land – Ocean Interactions in the Coastal Zone Reports and Studies Series*, 24. 84.
- Burke L., Kura Y., Kassem K., Revenga C., Spalding M. and McAllister D. (2001). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems*, World Resources Institute, Washington D.C..
- Carver, S.J. (1991). Integrating Multi-criteria Evaluation with Geographical Information Systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 5, 321 – 339.
- Coastal Protection and Management Act 1995, (2012). The Office of the Queensland Parliamentary Counsel Warning, Reprint No. 5C, Queensland.
- Coastal Zone Management Act of 1972, (2000). United States Federal Coastal Zone Management Act of 1972. Public Law 106-580.
- Dasgupta S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D. and Yan, J. (2009). The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. *Climatic Change*, 93, 379 – 388. doi:10.1007/s10584-008-9499-5
- Dharanirajan, K., Pandian, P. K., Gurugnanam, B., Narayanan, R.M. and Ramachandran, S. (2007). An integrated study for the assessment of tsunami impacts: A case study of South Andaman Island, India using Remote Sensing and GIS. *Coastal Engineering Journal* 49:03, 229-266. doi: 10.1142/S0578563407001617
- Doody, P., Ferreira, M., Lombardo, S., Lucius, I., Misdorp, R., Niesing, H., Salman, A., Smallegange, M. (2004). Living with coastal erosion in Europe: sediment and space for sustainability: Results from the EUROSION study. *European Commission: Luxembourg*.

- Eleftheriou, A. and Mouyiaris, N. (1983). Report of macroseismic investigation in the area of Kefalonia-Zakynthos – Earthquakes 17 and 19.01.1983. Inst. Geol. Min. Res., Athens.
- Essink, G. (2001). Improving fresh groundwater supply - problems and solutions. *Ocean & Coastal Management*, 44, 429-449.
- Fabbri, K. P. (1998). A Methodology for Supporting Decision Making in Integrated Coastal Zone Management. *Ocean and Coastal Management* 39, 51 – 62.
- Fazal, S. (2008). GIS Basics. New Age International. New Delhi.
- Felix, A., Baquerizo, A., Santiago, J.M. and Losada, M.A. (2012). Coastal zone management with stochastic multi-criteria analysis. *Journal of Environmental Management* 112, 252 – 266.
- Galanopoulos, A. (1960). A catalogue of shocks in Greece with $I \rightarrow VI$ or $M > 5$ for the years 1801 to 1958. Publications, Seismological Laboratory, University of Athens, Athens.
- Galanopoulos, A. (1961). A catalogue of shocks in Greece with $I \geq VII$ for the years prior to 1800. Publications, Seismological Laboratory, University of Athens, Athens.
- Galati, S.R. (2006). Geographic Information Demystified. ARTech House, Inc. Norwood, MA.
- Gambolati G. and Teatini, P. (2002). GIS Simulations of the Inundation Risk in the Coastal Lowlands of the Northern Adriatic Sea. *Mathematical and Computer Modelling*, 35, 963 – 972.
- Girardi, F. (1664). Il mercurio del settimo secolo nel quale si contegnone i fatti piu illustri succeduti nel mondo dal. Napoli: 1601-1650.
- GESAMP (1996). The contributions of science to Integrated Coastal Management. Reports and Studies, GESAMP.No. 61. Rome, FAO. 1996.
- Haslett, S. K. (2009). Coastal Systems. Routledge, Taylor & Francis: London and New York.
- Higgins, M.D. and Higgins, R. (1996). A Geological Companion to Greece and the Aegean. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Hoff, K. (1841). Chronik der Erdbeben und Vulkan-Ausbrüche, mit vorausgehender Abhandlung über die Natur dieser Erscheinungen, Gesch. Ueberlieferung nachgew. natürl. Verander. Erdoberfläche, Parts 4 and 5, Gotha.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers. IPCC WGI Fourth Assessment Report. Switzerland.

- Ishii, M., Kimoto M., Sakamoto K., and Iwasaki S.I. (2006). Steric sea level changes estimated from historical ocean subsurface temperature and salinity analyses. *Journal of Oceanography*, 62, 155–170.
- Laaribi, A., Chevalier J.J. and Martel, J.M. (1996). A Spatial Decision Aid: A Multicriterion Evaluation Approach. *Computers, Environmental and Urban Systems*, 20, 351 – 366.
- Levitus, S., Antonov J.I., and Boyer T.P. (2005a). Warming of the World Ocean, 1955-2003. *Geophysical Research Letters*, 32. doi: 10.1029/2004GL021592.
- Li, C., von Storch, J. S., and Marotzke, J. (2013). Deep-ocean heat uptake and equilibrium climate response. *Climate Dynamics*, 40, 1071–1086.
- Li, Z., Zhu, Q. and Gold, C. (2005). *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*. CRS Press, Taylor & Francis Group, FL.
- Liu, P.L.-F., Wang, X., Salisbury, A.J. (2009). Tsunami hazard and early warning system in South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 36 (1), 2-12.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D. and Rhind, D. (2005). *Geographical Information Systems and Science*, 2nd edition. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.
- Karydis, M. and Coccossis, H.. (1988). Use of Multiple Criteria for Eutrophication Assessment of Coastal Waters Based on Indicators: A Literature Review. *Global NEST Journal*, 11, 4, 373 – 390.
- Maeno, F., Imamura, F. and Taniguchi, H. (2006). Numerical simulation of tsunamis generated by caldera collapse during the 7.3ka Kikai eruption, Kyushu, Japan. *Earth Planets Space*, 58, 1013-1024.
- Mallet, R. (1850-1858). Report on the facts of earthquake phaenomena, British Association for the Advancement of Science, Part 1, 1850 89 pp.; Part 2, 1852, 212 pp.; Part 3, 1854 326 pp.; Part 4, 1858, 136 pp.. J. Taylor [Pub.].
- Meehl, G.A., Washington W.M., Collins W.D., Arblaster J.M., Hu A., Buja L.E., Strand W.G. and Teng H. (2005): How much more global warming and sea-level rise?. *Science*, 307, 1769-1772.
- Miller, G. T., (2004). Περιβαλλοντικές Επιστήμες. Μετ.: Παυλόπουλος Κοσμάς. Εκδόσεις Ίων, Περιστέρι.
- Miller, C.L. and Laflamme, R.A. (1958): *The Digital Terrain Model-Theory & Application*. MIT Photogrammetry Laboratory.
- Nicholls, R.J., Wong P.P., Burkett V.R., Codignotto J.O., Hay J.E., McLean R.F., Ragoonaden S. and Woodroffe C.D. (2007). Coastal systems and low-lying

- areas. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. In: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. and Hanson C.E. (Eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge, 315-356.
- Okal, E.A., Synolakis, C.E., Uslu, B., Kalligeris, N. and Voukouvalas, E. (2009). The 1956 earthquake and tsunami in Amorgos, Greece. *Geophysical Journal International*, 178, 1533-1554. doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04237.x
- Oliver-Smith, A. (2009). *Sea Level Rise and the Vulnerability of Coastal Peoples: Responding to the Local Challenges of Global Climate Change in the 21st Century*. InterSections: Interdisciplinary Security Connections. UNU-EHS: Germany.
- Ornstein, B. (1889). Das Erdbeben von Vostiza Ausland, Munchen-Stuttgart, 62, 453.
- Pachymeris, G. (1835). De Michaele et Andronico Paleologis. *Corpus Scriptorum Historiae Byzantine (CSHB)* [Bekker, I. (ed.)], 1242-1310.
- Panagos, A.G., Pe-Piper, G.G, Piper, D.W.J. and Kotopouli, C.N. (1979). Age and stratigraphic subdivision of the Phyllite series Krokee region Peloponnese Greece. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 1979, 181-190.
- Papadopoulos, G.A. and Chalkis, B.J. (1984). Tsunamis observed in Greece and the surrounding area from antiquity up to present times. *Marine Geology*, 56, 309-317.
- Papadopoulos, G.A. and Fokaefs A. (2005). Strong tsunamis in the Mediterranean Sea: A Re-evaluation. *ISCT Journal of Earthquake Technology*, 42(4), 159-170.
- Papadopoulos, G.A. and Vassilopoulou, A. (2001). Historical and archaeological evidence of earthquakes and tsunamis felt in Kythira strait, Greece. In: *Tsunami Research at the end of a critical decade*, [Hebenstreit, G.T. (ed.)], Kluwer, 119-138.
- Papadopoulos, G.A. (2002). Tsunamis in the East Mediterranean: A Catalogue for the Area of Greece and Adjacent Seas. *Proceedings of the International Workshop on Tsunami Risk Assessment beyond 2000: Theory, Practice and Plans*, Moscow, Russia, pp. 34-42.
- Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y. and Smith, D. (2003). Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, 377 – 389.

- Papazachos, B.C. and Dimitriu, P.P (1991).Tsunamis in and near Greece and their relation to the earthquake focal mechanisms. *Natural Hazards* 4, 161-170.
- Papazachos, B.C., Koutitas, Ch., Hatzidimitriou, P.M., Karacostas, B.G., and Papaioannou, Ch.A. (1985). Source and short-distance propagation of the July 9, 1956 southern Aegean tsunami. *Marine Geology*, 65, 343-351.
- Papazachos, B.C., Koutitas, Ch., Hatzidimitriou, P.M., Karacostas, B.G., and Papaioannou, Ch.A. (1986). Tsunami hazard in Greece and the surrounding area. *Annales Geophysicae*, 4, 79-90.
- Rahmstorf S. (2006). A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise.Scienceexpress.doi:10.1126/science.1135456
- Rahmstorf S. (2010). A new view on sea level rise. *Nature Reports: Climate Change*, 4, 44–45. Macmillan Publishers Limited. doi: 10.1038/climate.2010.29
- Soloviev, S. L. (1990). Tsunamigenic zones in the Mediterranean Sea. *Natural Hazards*, 3, 183–202.
- Soloviev, S.L., Solovieva, O.N., Go, C.N., Kim, K.S., and Shchetnikov, N.A. (2000). Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 B.C.– 2000 A.D.. *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, 13.
- Small, C., and Nicholls R. J., (2003).A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, 19, 584-599.
- Thiriet, F. (1959/1975). *La Romanie venetienne, au Moyen Age*. These, Paris: 1908, 496-855.
- UNEP (2002). *GEO 3: Global Environment Outlook 3, Past, present and future perspectives*. Earthscan Publications Ltd: London and Sterling (VA).
- Vellinga, P. and Klein, R.J.T.. (1993). *Climate Change, Sea Level Rise and Integrated Coastal Zone Management: An IPCC Approach*. *Ocean & Coastal Management*, 21, 245 – 268.
- Vidal, L. (1886). Sur le tremblement de terre du 27 Aout 1886 en Grece.Comptes Rendus de l'Academie de Sciences, Paris, 103, 563-565.
- Vött, A., Bareth, G., Brückner, H., Curdt, C., Fountoulis, I., Grapmayer, R., Hadler, H., Hoffmeister, D., Klasen, N., Lang, F., Masberg, P., May, S.M., Ntageretzi, K., Sakellariou, D. and Willershäuser, T. (2010). Beachrock-type calcarenitic tsunamites along the shores of the eastern Ionian Sea (western Greece) – case studies from Akarnania, the Ionian Islands and the western Peloponnese.*Zeitschrift für Geomorphologie*, 54 (3), 001-050.

- Vött, A., Bareth, G., Brückner, H., Lang, F., Sakellariou, D., Hadler, H., Ntageretzis, K. and Willershäuser, T. (2011). Olympia's Harbour Site Pheia (Elis, Western Peloponnese, Greece) Destroyed by Tsunami Impact. *Die Erde*, 142 (3), 259-288.
- Vött, A., Fischer, P., Hadler, H., Handl, M., Lang, F., Ntageretzis, K. and Willershäuser, T. (2011). Sedimentary burial of ancient Olympia (Peloponnese, Greece) by high- energy flood deposits – the Olympia Tsunami Hypothesis. 2nd INQUA-IGCP-567 International Workshop on Active Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engineering, Corinth, Greece.
- Weiber, R. and Heller, M. (1991). Digital Terrain Modelling. In: *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. [Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (Eds.)]. Longman, London.
- Wigley, T.M.L., (2005). The climate change commitment. *Science*, 307, 1766-1769.
- Wisner B., Blaikie P., Cannon T., & Davis I. (2003). *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, Taylor&Francis Group.
- Wood, N.J. and Good, J.W. (2004). Vulnerability of Port and Harbor Communities to Earthquake and Tsunami Hazards: The Use of GIS in Community Hazard Planning. *Coastal Management*, 32:3, 243 – 269. doi: 10.1080/08929750490448622
- Wünnemann, K. and Weiss, R. (2015). The meteorite impact-induced tsunami hazard. The Royal Society Publishing, 373. doi: 10.1098/rsta.2014.0381
- Xu, F., Tao, S., Dawson, R.W. and Li, B. (2001). A GIS-Based Method of Lake Eutrophication Assessment. *Ecological Modelling*, 144, 231-244.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αντωνάκος Α. (2001). Ο ρόλος της Γ.Γ.Π.Π. στη διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη, Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας.
- Βελεγράκης Α. Φ. (2010). Σημειώσεις Παράκτιας Γεωλογίας, Δ' Εξάμηνο. Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Μυτιλήνη.
- Δρίτσας Σ. Ε., (2009). Κλιματική αλλαγή – Άνοδος της στάθμης της θάλασσας: Συνέπειες στις παράκτιες περιοχές. Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης – Τόμος III, Βόλος.
- Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2009). 2009/89/EK.

- Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (2001). Μεταβολές της στάθμης της θάλασσας και επιπτώσεις στις ακτές. Τράπεζα της Ελλάδος, Ευρωσύστημα. Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ. και Βασιλάκης Ε. (Συντ.). Αθήνα.
- Ζερβάκης, Β. (2008). Σημειώσεις διδασκαλίας μαθήματος: Εισαγωγή στη Δυναμική Ωκεανογραφία. Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Μυτιλήνη.
- Καρύμπαλης Ε. (2010). Παράκτια Γεωμορφολογία. Εκδόσεις Ιών: Αθήνα.
- Κίτσιου, Δ. (2010). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Σχολή Περιβάλλοντος, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Μυτιλήνη.
- Κουτίτας, Χ.Φ. (1994). Εισαγωγή στην Παράκτια Τεχνική και τα Λιμενικά Έργα. Εκδόσεις Ζήτη: Θεσσαλονίκη.
- Κυριακόπουλος, Κ. (2003). Ηφαιστειολογία.
- Marathon Data Systems (2011). ArcGIS 1: Εισαγωγή στο ArcGIS. Βιβλίο Παρουσιάσεων, 1- 2.
- Λαζαρίδη Κ. και Κατσαφάδος Π. (2014). Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι και Ασφάλεια. ΠΜΣ «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου», Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα.
- Λέκκας Ε. Λ., (2000). Φυσικές & Τεχνολογικές Καταστροφές. Αθήνα: AccessPre-Press.
- Μονιούδη Ι., Βελεγράκης Α.Φ., Καραμπάς Θ. και Κουτσουνάκη Δ. (2008). Παράκτια οπισθοχώρηση λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης: Προβλέψεις με μοντέλα προσομοίωσης. Επιστημονική Συνεδρία της Επιτροπής Γεωμορφολογίας και Περιβάλλοντος της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας 42, 1.
- Παπανικολάου, Δ.Ι. (1986). Γεωλογία της Ελλάδας. Αθήνα.
- Παπανικολάου, Δ.Ι. και Σιδέρης, Χρ.Ι. (2005). Γεωλογία: Η επιστήμη της Γης. Εκδόσεις Πατάκη: Αθήνα.
- Παπαζάχος, Β. και Παπαζάχου, Κ. (2003). Οι Σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαριάδου, Φ.Λ. (2007). Ωκεανογραφία. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης: Αθήνα.
- Τσουχλαράκη, Α. και Αχιλλέως, Γ. (2010). Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη: το ArcGIS 9.3. Εκδόσεις Δίσιγμα.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

ArcGIS Resources. ArcGIS Help 10.1 <<http://www.resources.arcgis.com>>

COSEE, (2014). Centers for Ocean Sciences Education Excellence: Thermal Expansion and Sea Level Rise.< <http://www.cosee.net>>

NOAA (2014). What is the geoid?. <<http://oceanservice.noaa.gov/facts/geoid.html>>

UNDHA (2001). United Nations Department of Humanitarian Affairs: Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.<<http://www.unisdr.org/>>

UNISDR (2009).The United Nations Office for Disaster Risk Reduction.<<http://www.unisdr.org/>>

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 1: Λέκκας Ε. Λ., (2000). Φυσικές & Τεχνολογικές Καταστροφές. Αθήνα: Access Pre- Press.

ΕΙΚΟΝΑ 2: NOAA, (2014). Global Analysis – December 2014. <<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201409>>

ΕΙΚΟΝΑ 3: Αγαπητός Θ., Αθανασοπούλου Ε., Αλευράς, Χ., Γεωργιλάκης, Γ., Γεωργόπουλος, Σ., Δημητρίου, Δ., Δήμου, Μ., Κογεώργος, Χ. Μ., Μέξης, Θ., Μπίρης, Θ., Μπούσιας-Αλεξιάκης, Ε., Νταλούκα, Κ., Πασχαλίδου, Ε., Πουλίδης, Π., Σπύρου, Λ., Στουρνάρας, Β., Τζαριά, Μ.Α., Τσιλιάκου, Ε., Φίλιπας, Δ. και Δεληκαράογλου, Δ.[Συντ.]. Δορυφόροι αλτιμετρίας εντοπίζουν “Hotspots” για την πιθανή εκμετάλλευση της κυματικής ενέργειας. ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣΔείγματα&Παραδείγματα. ΕθνικόΜετσόβειοΠολυτεχνείο. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. <http://users.ntua.gr/ddeli/GSE/2_GSE_SatAlt.html>

ΕΙΚΟΝΑ 4 και ΕΙΚΟΝΑ 5 (τροποποιημένη): van der Meijde, M., Damen, M., vanDijk, P., Duim, J., vanderWerff, H., Krol, B., Masselink, B. and van Ruitenbeek, F. (2005). Characteristics of tsunamis.International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 (Παράρτημα): Σημαντικά θαλάσσια κύματα βαρύτητας στη Δυτική Ελλάδα

ΑΑ	ΈΤΟΣ	ΜΗΝΑΣ	ΗΜΕΡΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΕΝΤΑΣΗ (AMBRASEYS, 1962)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ
1	373πΧ			Κορινθιακός Κόλπος	5	Καταστροφική θαλάσσια πλημμύρα	<i>Papadopoulos (2002)</i>
2	1270μΧ	3		Βόρειο Ιόνιο Πέλαγος	3	Θαλάσσια πλημμύρα	<i>Pachymeris (1835)</i>
3	1402	6		Κορινθιακός Κόλπος	4	Καταστροφική πλημμύρα	<i>Thiriet (1975)</i>
4	1622	5	5	Ζάκυνθος			<i>Ambraseys (1960); Galanopoulos (1960); Antonopoulos (1980)</i>
5	1633	11	5	Ζάκυνθος	3	Ισχυρή πλημμύρα	<i>Girardi (1664)</i>
6	1636	10	12	Κεφαλονιά	2	Διατάραξη της θάλασσας	<i>Papazachos and Dimitriu (1991); Papazachos et al. (1985); Papazachos et al (1986); Antonopoulos (1973)</i>
7	1723	2	22	Λευκάδα	3	Διατάραξη της θάλασσας	<i>Ambraseys (1962); Galanopoulos (1961); Papazachos and Dimitriu (1991); Papazachos et al. (1985)</i>
8	1732	11		Κέρκυρα	2	Διατάραξη της θάλασσας	<i>Ambraseys (1962); Papazachos and Dimitriu (1991); Papazachos et al. (1985); Papazachos et al (1986)</i>
9	1742	2	21	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Κόρινθος)	3	Πλημμύρα	<i>Ambraseys (2008c)</i>
10	1748	5	25	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Βόνιτσα)	4		<i>Papadopoulos (2002)</i>
11	1769			Ανατολικός Κορινθιακός Κόλπος (Ναύπακτος)	2	Ροή θάλασσας προς τα πίσω	<i>Papadopoulos (2002)</i>
12	1791	11	2	Ζάκυνθος	3	Θαλάσσια κύματα	<i>Ambraseys (1962); Mallet (1850–1858); Papazachos and Dimitriu (1991); Papazachos et al. (1985)</i>
13	1794	6	11	Κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος (Κόρινθος)	3	Ισχυρή πλημμύρα Διείσδυση πλημμυρικών ροών=300cm	<i>Ambraseys (2008c)</i>
14	1804	6	8	Πατραϊκός Κόλπος		Ισχυρή διατάραξη της θάλασσας	<i>Ambraseys (1962); Hoff (1841); Galanopoulos (1960); Papazachos and Dimitriu (1991)</i>
15	1805	1	8	Πατραϊκός Κόλπος			<i>Ambraseys (1962); Hoff (1841); Galanopoulos (1960); Papazachos and Dimitriu</i>

							(1991)
16	1817	8	23	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος	4	Καταστροφική πλημμύρα	Papadopoulos (2002)
						Διείσδυση πλημμυρικών ροών=500cm	
17	1820	3	17	Λευκάδα			Soloviev et al. (2000)
18	1820	12	29	Ζάκυνθος		Πλημμυρικά επεισόδια	Papazachos and Dimitriu (1991); Papazachos et al. (1985); Papazachos et al. (1986)
19	1821	1	9	Πατραϊκός Κόλπος			Ambraseys (1962); Mallet (1850–1858); Galanopoulos (1961)
20	1825	1	19	Ιόνιο Πέλαγος	2		Soloviev et al. (2000)
21	1861	12	26	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Αίγιο)	3	Καταστροφικά κύματα	Papadopoulos (2002)
						Διείσδυση πλημμυρικών ροών = 210cm	
22	1867	2	4	Κεφαλονιά	2	Οπισθοχώρηση της θάλασσας	Papazachos and Dimitriu (1991); Papazachos et al. (1985); Papazachos et al. (1986)
23	1867	4	10	Κεφαλονιά			Ambraseys (1960); Soloviev et al. (2000)
24	1869	12	28	Λευκάδα			Ambraseys (1960)
25	1883	6	27	Κέρκυρα	3	Ξαφνική οπισθοχώρηση της θάλασσας	Ambraseys (1962); Galanopoulos (1960); Antonopoulos (1980); Soloviev et al. (2000)
26	1886	8	27	Νότιο Ιόνιο Πέλαγος (Φιλιατρά)	3	Θαλάσσιο κύμα	Ambraseys (1962); Vidal (1886); Ornstein (1889); Galanopoulos (1960)
27	1887	10	3	Κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος (Ξυλόκαστρο)	2	Θαλάσσιο κύμα	Papadopoulos (2002)
28	1888	9	9	Κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος (Γαλαξίδι)	2	Θαλάσσιο κύμα	Papadopoulos (2002)
29	1893	4	17	Ζάκυνθος	2	Οπισθοχώρηση της θάλασσας	Ambraseys (1960)
30	1896	11	5	Ζάκυνθος		Διείσδυση θαλασσινού νερού στην ενδοχώρα	AOA (1896)
31	1897	12		Κεφαλονιά	2	Οπισθοχώρηση της θάλασσας	Antonopoulos (1980)
32	1898	12	3	Ζάκυνθος		Άνοδος της θάλασσας κατά 0.4m	AOA (1898)
33	1899	1	22	Νότιο Ιόνιο Πέλαγος (Κόλπος Κυπαρισίας)	3		Ambraseys (1960)
34	1914	11	27	Λευκάδα	4	Ισχυρό τοπικό κύμα	Ambraseys (1962);

							<i>Papazachos and Dimitriu</i>
						Δεισδυση πλημμυρικών ροών = 300cm	<i>(1991)</i>
35	1915	8	7	Λευκάδα	3	Ισχυρή θαλάσσια διάταξη	<i>Ambraseys (1962); Galanopoulos (1960); Papazachos and Dimitriu (1991)</i>
36	1947	10	6	Νοτιοδυτική Πελοπόννησος (Μεθώνη)			<i>Ambraseys (1962); Papazachos and Dimitriu (1991)</i>
37	1953	8	12	Κεφαλονιά	2	Θαλάσσια διατάραξη	<i>Papadopoulos (2002)</i>
38	1963	2	7	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Αίγιο)	4	Καταστροφικό κύμα	<i>Papadopoulos (2002)</i>
						Δεισδυση πλημμυρικών ροών = 500cm	
39	1965	7	6	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Ερατεινή)	3	Ισχυρό κυμά	<i>Papadopoulos (2002)</i>
						Δεισδυση πλημμυρικών ροών = 300cm	
40	1983	1	17	Ζάκυνθος	2	Οπισθοχώρηση της θάλασσας	<i>Eleftheriou and Mouyiaris (1983)</i>
						Δεισδυση πλημμυρικών ροών = 50cm	
41	1995	6	15	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Ερατεινή)	3	Θαλάσσιο κύμα	<i>Papadopoulos (2002)</i>
						Δεισδυση πλημμυρικών ροών = 100cm	
42	1996	1	1	Δυτικός Κορινθιακός Κόλπος (Αίγιο)	4	Θαλάσσιο κύμα	<i>Papadopoulos (2002)</i>
						Δεισδυση πλημμυρικών ροών = 200cm	