



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ  
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΣΕΡΡΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
& ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ**



**ΔΙ-ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ»**

### **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Ευστράτιος - Παναγιώτης Στεργιανός  
"Διαχείριση Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων" Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων**

**«Διαδικτυακή εφαρμογή με χρήση γεωπληροφορικής (webGIS) για  
τη διαχείριση των φυσικών καταστροφών και την οριοθέτηση των  
ζωνών επικινδυνότητας στη νήσο Σαντορίνη»**

#### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Λέκκας Ευθύμιος  
Νομικού Παρασκευή  
Βασιλάκης Εμμανουήλ**

**Καθηγητής (Επιβλέπων)  
Επίκουρη καθηγήτρια  
Επίκουρος καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ  
ΙΟΥΛΙΟΣ 2016**



**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ**



**ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ**



**Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ**  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	5
Περίληψη .....	6
1. Εισαγωγή .....	7
1.1 Αντικείμενο διπλωματικής .....	7
1.2 Σκοπός .....	7
2. Περιοχή μελέτης .....	7
2.1 Ιστορική αναδρομή .....	7
2.2 Γενικές πληροφορίες για τη Σαντορίνη .....	8
2.3 Τεκτονική.....	9
2.4 Γεωλογία - Γεωμορφολογία.....	11
3. Μεθοδολογία.....	22
3.1 Αρχιτεκτονική διαδικτυακών υπηρεσιών (Web Services) .....	23
3.2 Αρχιτεκτονική διαδικτυακών υπηρεσιών κατά OGC (OGC Web Services).....	23
3.3 Ανάπτυξη εφαρμογής (webGIS).....	24
4. Φυσικοί κίνδυνοι.....	30
4.1 Σεισμικός κίνδυνος .....	30
4.2 Ηφαιστειακός κίνδυνος.....	34
4.3 Κατολισθητικός κίνδυνος .....	42
4.4 Κίνδυνος εκδήλωσης τσουνάμι .....	63
4.5 Πλημμυρικός κίνδυνος .....	65
4.6 Κίνδυνος παράκτιας διάβρωσης .....	67
5. Προτάσεις .....	70
6. Συμπεράσματα .....	71
Βιβλιογραφία .....	72
Παράρτημα .....	78

## Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1: Χάρτης κινήσεων των λιθοσφαιρικών πλακών στον ελλαδικό χώρο και ενεργός γεωδυναμική κατάσταση, τροποποιημένος κατά Papazachos. ....	10
Εικόνα 2: Βαθυμετρικός χάρτης του θαλάσσιου πυθμένα και των μεγάλων ρηγμάτων γύρω από τη Σαντορίνη, τροποποιημένος κατά Perrissoratis (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999). ....	10
Εικόνα 3: Χάρτης που δείχνει την ισχυρή επίδραση της περιφερειακής τεκτονικής στην ανάπτυξη του ηφαιστειακού πεδίου (Druitt et al., 1999). ....	11
Εικόνα 4: Συνδυασμένος βαθυμετρικός και τοπογραφικός χάρτης της καλδέρας της Σαντορίνης με χωρική ανάλυση 15 m. Τρεις μετα-μινωικές υπολεκάνες οριοθετούνται μέσα στην καλδέρα (Nomikou et al., 2014b). ....	13
Εικόνα 5: Γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης (Druitt et al., 1999). ....	14
Εικόνα 6: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Druitt (2014). ....	15
Εικόνα 7: Χάρτης των τεσσάρων ρηγμάτων F1 - F4 στη βορειοανατολική Θήρα (Druitt et al., 1999). ....	20
Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική χαρτογραφικού εξυπηρετητή τριών επιπέδων (Ανδρουλακάκης, 2014). ....	22
Εικόνα 9: Γραφικό περιβάλλον QGIS. ....	26
Εικόνα 10: Γραφικό περιβάλλον Inkscape. ....	27
Εικόνα 11: Γραφικό περιβάλλον uDig. ....	27
Εικόνα 12: Γραφικό περιβάλλον Notepad++. ....	28
Εικόνα 13: Γραφικό περιβάλλον PostgreSQL/PostGIS. ....	29
Εικόνα 14: Γραφικό περιβάλλον Geoserver. ....	29
Εικόνα 15: Γραφικό περιβάλλον της πλατφόρμας GET SDI Portal με τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα. ....	30
Εικόνα 16: Χάρτης ιστορικού σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papazachos et al. (2000a, 2010), Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ., Feuillet (2013), Druitt (2014) και Nomikou et al. (2016). ....	31
Εικόνα 17: Χάρτης με τα ενεργά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης και τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών της Αμοργού του 1956, του Κολούμπου του 2009 και της περιοχής νοτίως των νησίδων Χριστιανών του 2012, τροποποιημένος κατά Armijo et al., Sakellariou et al., Nomikou et al., Feuillet και Okal et al. (όπως αναφέρεται στο Papadimitriou et al., 2015). ....	32
Εικόνα 18: Χάρτης σεισμικών ζωνών επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papazachos et al. (2000a, 2010), Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ., Feuillet (2013), Druitt (2014) και Nomikou et al. (2016). ....	34
Εικόνα 19: Βαθυμετρικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της γραμμής Χριστιανών - Σαντορίνης - Κολούμπου με χρήση ισοβαθών των 20 m (Nomikou et al., 2012b). ....	35
Εικόνα 20: Βαθυμετρικός χάρτης του ηφαιστειακού πεδίου των Χριστιανών με χρήση ισοβαθών των 10 m. Οι τρεις υποθαλάσσιοι ηφαιστειακοί θόλοι που ανακαλύφθηκαν πρόσφατα αποτυπώνονται με κόκκινες διακεκομμένες γραμμές (Nomikou et al., 2013b). ....	36
Εικόνα 21: Βαθυμετρικός χάρτης της υποθαλάσσιας ηφαιστειακής αλυσίδας του Κολούμπου με χρήση ισοβαθών των 10 m. Στη δεξιά κάτω εικόνα αποτυπώνεται ο βαθυμετρικός χάρτης που καταγράφει τους 19 ηφαιστειακούς θόλους σε δύο γραμμές τάσεων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Nomikou et al., 2012b). ....	38
Εικόνα 22: Χάρτης ενεργών υδροθερμικών πόρων της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Tassi et al. (2013), Camilli et al. (2015), Nomikou et al. (2012a), Sigurdsson et al. (2006), Kiliyas et al. (2013). ....	39
Εικόνα 23: Χάρτης ηφαιστειακών ζωνών επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Tassi et al. (2013), Camilli et al. (2015), Nomikou et al. (2012a), Sigurdsson et al. (2006) και Kiliyas et al. (2013). ....	40
Εικόνα 24: Χάρτης παρεμβάσεων στη Σαντορίνη. ....	42
Εικόνα 25: Χάρτης εκτίμησης του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων για τη Σαντορίνη, τροποποιημένος κατά Antoniou et al. (2015). ....	44
Εικόνα 26: Χάρτης εκτίμησης του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων για τη Σαντορίνη, με υπέρθεση του ιστορικού κατολισθητικών φαινομένων, των μονοπατιών και του οδικού δικτύου, τροποποιημένος κατά Antoniou and Lekkas (2010), Lekkas et al. (2013a), Μπασγιουράκης (2006), Ατλαντίς, Τα Νέα. ....	46
Εικόνα 27: Τοιχία αντιστήριξης ως έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων. ....	47

Εικόνα 28: Δίχτυα αντιστήριξης ως έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων.....	47
Εικόνα 29: α), β) Μεγάλες και βαθιές ρωγμές που παρατηρούνται στα τσιμεντένια σκαλοπάτια καθόδου στο Σκάρο, γ) άποψη της κατολισθαίνουσας προς τη θάλασσα πλαγιάς.....	48
Εικόνα 30: Η επικίνδυνη διαδρομή προς την κορυφή του Σκάρου, γίνεται από το πίσω τμήμα του βράχου.	48
Εικόνα 31: α), β) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και λαβών.....	49
Εικόνα 32: Άποψη τμήματος του μονοπατιού.....	49
Εικόνα 33: Τοιχία και δίχτυα αντιστήριξης ως έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων.....	50
Εικόνα 34: α), β), γ) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και αποθέσεων του υποβάθρου, δ) σημεία δυσχερούς προσπέλασης.....	51
Εικόνα 35: Προηγούμενες κατολισθήσεις στην κάτω πλευρά του μονοπατιού λόγω διάβρωσης της θάλασσας.....	52
Εικόνα 36: α), β) ,γ) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και αποθέσεων του υποβάθρου, δ) σημεία αυξημένης κλίσης.....	53
Εικόνα 37: α), β) Προηγούμενες κατολισθήσεις μέσα στο μονοπάτι, γ) προηγούμενες κατολισθήσεις στο παραλιακό τμήμα.....	54
Εικόνα 38: Το ρήγμα στις Αποθήκες.....	55
Εικόνα 39: α) Τοιχίο συγκράτησης κορημάτων που έχουν διαβρωθεί, β) αγωγός έκχυσης υγρών αποβλήτων στην παραλία.....	55
Εικόνα 40: α), β) Σημεία διάβρωσης στη θέση Αποθήκες.....	55
Εικόνα 41: α), β) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων.....	56
Εικόνα 42: α), β) Προηγούμενες κατολισθήσεις στο παραλιακό τμήμα.....	56
Εικόνα 43: Προηγούμενες κατολισθήσεις στο παραλιακό τμήμα.....	57
Εικόνα 44: α), β) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω αποθέσεων του υποβάθρου, γ) σημεία αυξημένης κλίσης.....	58
Εικόνα 45: α), β), γ), δ), ε) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και αποθέσεων του υποβάθρου, ζ) σημεία δυσχερούς προσπέλασης.....	59
Εικόνα 46: Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων, δυσχερούς προσπέλασης και αδυναμίας προσπέλασης σε ένα τμήμα.....	60
Εικόνα 47: Προηγούμενες κατολισθήσεις μέσα στο μονοπάτι.....	61
Εικόνα 48: α), β), γ) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και λαβών, δ) σημεία διάβρωσης του μονοπατιού.....	62
Εικόνα 49: Σημείο στενότητας του μονοπατιού.....	62
Εικόνα 50: Χάρτης ιστορικού τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papadopoulos and Chalkis (1984).....	64
Εικόνα 51: Χάρτης τσουναμογενών ζωνών επικινδυνότητας στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papadopoulos and Chalkis (1984).....	65
Εικόνα 52: Χάρτης ιστορικού πλημμυρών της Σαντορίνης.....	66
Εικόνα 53: α), β) Τεχνικά έργα στη διαδρομή του βρόχινου νερού από το φαράγγι του Βόθωνα (γέφυρα - αντιπλημμυρικό έργο κάτω από την επαρχιακή οδό Μεσσαριάς - Αρχαίας Θήρας) προς την παραλία Καμαρίου (αντιπλημμυρικό κανάλι) κατά το 2011.....	66
Εικόνα 54: Χάρτης πλημμυρικών ζωνών επικινδυνότητας της Σαντορίνης.....	67
Εικόνα 55: Χάρτης ιστορικού παράκτιας διάβρωσης της Σαντορίνης.....	68
Εικόνα 56: α) Δορυφορική εικόνα της ακτής του Καμαρίου κατά το 2003, β) δορυφορική εικόνα της μειωμένης από διάβρωση ακτής του Καμαρίου κατά το 2012.....	68
Εικόνα 57: α), β) Σημεία διάβρωσης κατά μήκος του παραλιακού δρόμου του Καμαρίου στη θέση Περιβόλια.....	69
Εικόνα 58: Χάρτης ζωνών επικινδυνότητας παράκτιας διάβρωσης της Σαντορίνης.....	69

## **Ευρετήριο πινάκων**

Πίνακας 1: Συνοπτική περιγραφή των ηφαιστειακών γεγονότων της Σαντορίνης (Druitt et. al., 1999). .....	15
Πίνακας 2: Παράγοντες εκτίμησης του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων (Antoniou et al., 2015). .....	43
Πίνακας 3: Καταγραφές γεγονότων τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης (Papadopoulos and Chalkis, 1984). .....	63

## Πρόλογος

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Πρόληψη και Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών". Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ήταν η μελέτη των φυσικών κινδύνων της Σαντορίνης, ο εντοπισμός των περιοχών αυξημένης επικινδυνότητας και η παροχή προτάσεων μετριασμού της υφιστάμενης επικινδυνότητας στις περιοχές όπου παρατηρείται. Όλη αυτή η πληροφορία επιχειρήθηκε να αποτυπωθεί μέσα σε μία διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή, η οποία θα μπορεί να αξιοποιηθεί από άτομα που επιθυμούν να μελετήσουν τη Σαντορίνη και να αποκομίσουν χρήσιμες και επικαιροποιημένες πληροφορίες. Στην εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής χρησιμοποιήθηκαν λύσεις και εργαλεία "ανοιχτού κώδικα", προκειμένου να υλοποιηθεί η διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή.

Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν με τον τρόπο τους και τα σχόλια τους στην επίτευξη της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, αρχής γενομένης από τον επιβλέποντα κ. Ευθύμιο Λέκκα που αποδέχθηκε να είναι ο επιστημονικός υπεύθυνος και να μου αναθέσει την παρούσα διατριβή, την κα Παρασκευή Νομικού για τη συνεχή υποστήριξη και καλή συνεργασία που είχαμε στην περάτωση της παρούσας διατριβής και τον κ. Εμμανουήλ Βασιλάκη που αποδέχθηκε να είναι μέλος της τριμελούς επιτροπής. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τον Ιωσήφ Πέρρο, ο οποίος ήταν συνοδοιπόρος σε κάποια από τα μονοπάτια που μελέτησα, καθώς και για τις ιστορικές και πληροφοριακές γνώσεις που απεκόμισα κατά τις συζητήσεις μας. Τέλος, ολόθερμες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος για τις γνώσεις που απεκόμισα, καθώς και προς τους συμφοιτητές μου για την πολύτιμη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

## Περίληψη

Η παρούσα διατριβή στοχεύει στην καταγραφή και μελέτη των φυσικών κινδύνων της Σαντορίνης, στους οποίους οφείλεται η σημερινή γεωμορφολογία του συμπλέγματος των νησιών, αλλά και στην ανάδειξη εκείνων των περιοχών όπου παρουσιάζεται αυξημένη επικινδυνότητα. Γίνεται μία ανασκόπηση της ηφαιστειακής εξέλιξης και της τεκτονικής που οδήγησαν στην υφιστάμενη γεωλογία - γεωμορφολογία της Σαντορίνης. Εξετάζονται οι φυσικοί κίνδυνοι εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων, ηφαιστειακών εκρήξεων, κατολισθήσεων, τσουνάμι, πλημμυρών και παράκτιας διάβρωσης. Αναδεικνύονται οι περιοχές αυξημένης επικινδυνότητας και χαρτογραφείται το ιστορικό εκδήλωσης εκείνων των γεγονότων. Τα θεματικά επίπεδα που παράγονται, εισάγονται σε μία διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από γνώστες και μη (π.χ. τουρίστες που επιθυμούν να επισκεφθούν τη Σαντορίνη), προκειμένου να τους παρέχει χρήσιμες και επικαιροποιημένες πληροφορίες για τη Σαντορίνη. Στην υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιούνται λύσεις και εργαλεία "ανοιχτού κώδικα". Προτείνονται τέλος, λύσεις μετριασμού της υφιστάμενης επικινδυνότητας.

# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Αντικείμενο διπλωματικής

Το τεκτονικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης είναι υπεύθυνο για την τεκτονική και ηφαιστειακή εξέλιξη της Σαντορίνης. Η γεωλογία και γεωμορφολογία του νησιωτικού συμπλέγματος είναι αποτέλεσμα της δράσης εκατοντάδων ηφαιστειακών εκρήξεων και της σεισμικότητας που παρατηρείται στην ευρύτερη περιοχή. Οι κατολισθήσεις και τα τσουνάμι ως συνοδά φαινόμενα (όχι όμως πάντα) της ηφαιστειακής και σεισμικής δραστηριότητας, έχουν επιδράσει και διαμορφώσει τη σημερινή γεωμορφολογία της Σαντορίνης. Στη σημερινή όψη της Σαντορίνης, έχουν συμβάλει επίσης οι πλημμύρες και η παράκτια διάβρωση.

Η πιθανότητα εκδήλωσης ενός φυσικού φαινομένου, όπως ενός εκ των προαναφερθέντων, συνιστά κίνδυνο για το κοινωνικό σύνολο καθώς προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις. Η πιθανότητα εκδήλωσης ενός κινδύνου σε συνδυασμό με τη σοβαρότητα των συνεπειών του για ένα στοιχείο που εκτίθεται σε αυτόν, αποτελεί την επικινδυνότητα του συγκεκριμένου κινδύνου. Στην παρούσα διατριβή εξετάζονται οι φυσικοί κίνδυνοι εκδήλωσης σεισμικών γεγονότων, ηφαιστειακών εκρήξεων, κατολισθήσεων, τσουνάμι, πλημμυρών και παράκτιας διάβρωσης. Επίσης αναδεικνύονται οι περιοχές αυξημένης επικινδυνότητας λαμβάνοντας υπόψη το χαρτογραφημένο ιστορικό εκδήλωσης προγενέστερων γεγονότων και τις αρνητικές συνέπειες που θα επέφερε η πρόκληση ενός τέτοιου φυσικού φαινομένου.

Για την καλύτερη διαχείριση και διάχυση της πληροφορίας προς το κοινωνικό σύνολο και τον οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο, αναπτύσσεται μία διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή που στηρίζεται σε εργαλεία "ανοιχτού κώδικα". Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι η παροχή χρήσιμων και επικαιροποιημένων πληροφοριών για τη Σαντορίνη.

Τέλος προτείνονται κάποιες λύσεις μετριασμού της υφιστάμενης επικινδυνότητας ανά κίνδυνο και περιοχή που επηρεάζει και εξάγονται μερικά συμπεράσματα.

## 1.2 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη των φυσικών κινδύνων της Σαντορίνης, οι οποίοι έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της υφιστάμενης γεωμορφολογίας του συμπλέγματος των νησιών, αλλά και στην εμφάνιση σημείων ή περιοχών αυξημένης επικινδυνότητας. Στην παρούσα μελέτη αποτυπώνονται οι φυσικοί κίνδυνοι και οι περιοχές αυξημένης επικινδυνότητας σε μία διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί από γνώστες και μη (π.χ. τουρίστες που επιθυμούν να επισκεφθούν τη Σαντορίνη) που επιθυμούν να μελετήσουν τη Σαντορίνη και να αποκομίσουν χρήσιμες και επικαιροποιημένες πληροφορίες. Τέλος, προτείνονται επίσης εναλλακτικές λύσεις μετριασμού της υφιστάμενης επικινδυνότητας και αποφυγής του υφιστάμενου κινδύνου στις περιοχές όπου παρατηρούνται.

## 2. Περιοχή μελέτης

### 2.1 Ιστορική αναδρομή

Τα πρώτα ίχνη ζωής εμφανίζονται στην Πρώιμη Εποχή του Χαλκού γύρω στα μέσα της 3<sup>ης</sup> χιλιετίας π.Χ., ενώ η Μινωική έκρηξη (1615 ± 10 π.Χ. κατά Friedrich et al., 2006) έθαψε τον προϊστορικό οικισμό του Ακρωτηρίου που χρονολογούταν από το 1900 - 1600 π.Χ. κάτω από 30 m τέφρας. Κατά τον Ηρόδοτο, το νησί αρχικά ονομαζόταν Στρογγύλη λόγω του σχήματος του και μετονομάστηκε σε Καλλίστη λόγω του κάλλους του. Στην Καλλίστη εγκαταστάθηκαν οι Φοίνικες και μετέπειτα οι Λακεδαιμόνιοι με τον αρχηγό τους τον Θήρα, ο οποίος ίδρυσε την ομώνυμη πόλη στο Μέσα Βουνό<sup>1</sup>.

Κατά τον 9<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. οι κάτοικοι του νησιού ήταν από τους πρώτους που υιοθέτησαν το φοινικικό αλφάβητο. Στην ίδια περίοδο ανήκουν επίσης και τα νεκροταφεία που ανακαλύφθηκαν στη Σελλάδα (μεταξύ των βουνών Προφήτη Ηλία και Μέσα Βουνού). Κατά τον 7<sup>ο</sup> - 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., αναπτύχθηκαν εμπορικές σχέσεις με την Κρήτη, την Αθήνα, τα Ιωνικά κέντρα στις ανατολικές ακτές του

<sup>1</sup> Santorini, <http://www.santorini.gr/>



Αιγαίου και άλλες πόλεις. Η οικονομία ήταν κλειστή και οι Θηραίοι καλλιεργούσαν, ψάρευαν και έκαναν εμπόριο με τα προϊόντα τους. Η Θήρα αποκτά το δικό της νόμισμα τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., το οποίο έχει έμβλημα τα δύο δελφίνια. Στον Πελοποννησιακό πόλεμο η Θήρα υποστήριξε τη Σπάρτη, ενώ στα Ελληνιστικά χρόνια έγινε ναυτική και στρατιωτική βάση των Πτολεμαίων<sup>1</sup>.

Κατά την Ενετοκρατία ο Μάρκος Σανούδος ίδρυσε το Δουκάτο του Αρχιεπελάγου (ή της Νάξου) το 1207 μ.Χ.. Το όνομα Σαντορίνη το πήρε από τους Ενετούς όπως αναφέρεται και από τον Άραβα γεωγράφο Εδρική το 1153 μ.Χ. από την ομώνυμη εκκλησία της Αγίας Ειρήνης (Santa Irene) είτε εκείνης στον κάμπο της Θηρασιάς είτε εκείνης της παλαιοχριστιανικής βασιλικής στην Περίσσα η οποία δεν σώζεται. Η Σαντορίνη έγινε έδρα της Καθολικής Αρχιεπισκοπής, μίας από τις τέσσερις του Δουκάτου κατά την Ενετοκρατία, ενώ κατά την ίδια περίοδο τα νησιά υπέφεραν σε μεγάλο βαθμό από τις πειρατικές επιδρομές Φράγκων, Μουσουλμάνων ή και Ελλήνων, που ανάγκαζαν τους κατοίκους να ζουν σε οχυρωμένους οικισμούς, τα Καστέλια (~ αρχές 15<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ.). Από τα χρόνια της Φραγκοκρατίας αναφέρεται στο νησί η ύπαρξη πέντε κάστρων - Καστελιών (Σκάρου στο Ημεροβίγλι, Επάνω Μεριάς (μετονομάστηκε σε Αγίου Νικολάου) στην Οία, Πύργου, Εμπορείου και Ακρωτηρίου). Τα τέσσερα τελευταία πριν από τον καταστροφικό σεισμό του 1956 μ.Χ. διατηρούνταν σε πολύ καλή κατάσταση. Χαρακτηριστικό των Καστελιών ήταν οι Γουλάδες που είχαν ρόλο αμυντικών πύργων - παρατηρητηρίων οι οποίοι βρίσκονταν είτε μέσα στα Καστέλια (Οία, Ακρωτήρι), είτε έξω από αυτά (Φηρά, Εμπορείο). Στα χρόνια της Τουρκοκρατίας οι πειρατικές επιδρομές μειώθηκαν, δημιουργήθηκαν οικισμοί και η πρωτεύουσα μεταφέρθηκε από το Σκάρο στα Φηρά. Αναπτύχθηκε το εμπόριο και υπήρξε δυνατότητα κατά το 18<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. για οικονομική ανάπτυξη, όπου δημιουργήθηκαν εμπορικοί στόλοι που ταξίδευαν στον Πόντο, στο Αιγαίο, στη Μαύρη Θάλασσα και στη Μεσόγειο, ενώ παράλληλα αναπτύχθηκε η γεωργία και η ναυτιλία της Σαντορίνης<sup>1</sup>.

Κατά τον 19<sup>ο</sup> - αρχές 20<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ., αναπτύχθηκε η βιομηχανία - βιοτεχνία μέσω της τοματοποιίας, των πλεκτηρίων (θηραϊκός βάμβαξ) και των ορυχείων (θηραϊκή γη, ελαφρόπετρα - κίσσηρη). Ο σεισμός ωστόσο του 1956 μ.Χ. επιτάχυνε την οικονομική παρακμή του νησιού και τη μετανάστευση πολλών κατοίκων προς την Αθήνα. Η ανάκαμψη επήλθε μετά το 1970 με τη δυναμική ανάπτυξη του τουρισμού<sup>1</sup>.

## 2.2 Γενικές πληροφορίες για τη Σαντορίνη

Η Σαντορίνη ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων. Το νησιωτικό σύμπλεγμα της Σαντορίνης αποτελείται από τα νησιά Θήρα, Θηρασιά, Ασπρονήσι, Παλαιά και Νέα Καμένη. Εντοπίζεται 230 km νοτιοανατολικά της Αθήνας και 120 km βόρεια του Ηρακλείου Κρήτης, με γεωγραφικές συντεταγμένες 36° 24' Β και 25° 24' Α, ενώ έχει συνολική έκταση 76 km<sup>2</sup>. Πρωτεύουσα του νησιού είναι τα Φηρά, όνομα που προήλθε από παραφθορά της λέξης Θήρα και έχει επικρατήσει<sup>1</sup>.

Η Θήρα, η Θηρασιά και το Ασπρονήσι είναι τα υπολείμματα του προϊστορικού στρογγυλού νησιού. Τα νησιά αυτά περιβάλλουν μια βαθιά υδάτινη λεκάνη (καλδέρα), από το κέντρο της οποίας αναδύθηκαν τα νησάκια Παλαιά και Νέα Καμένη. Η καλδέρα έχει διαστάσεις 11\*7 km και βάθος που φτάνει τα 390 m (Lekkas et al. 2010, Nomikou et al. 2014b).

Η Σαντορίνη είναι από τις πιο άνυδρες περιοχές του Αιγαίου, λόγω της έλλειψης υπόγειων πηγών και των πολύ λίγων βροχοπτώσεων. Το κλίμα είναι εύκρατο με σχετικά υψηλές θερμοκρασίες το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι τη ζέστη μετριάζουν τα μελέμια. Την εποχή αυτή οι ομίχλες διατηρούν υγρή την ατμόσφαιρα, ενώ φυσούν αρκετές φορές νότιοι άνεμοι<sup>1</sup>.

Τη μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού παρουσίασε το 1856 με κάμψη το 1920, που αυξήθηκε μεταξύ 1951 - 1961 λόγω του καταστρεπτικού σεισμού του 1956. Στην εθνική απογραφή του 2011, η Σαντορίνη καταγράφει μόνιμο πληθυσμό 15550 ατόμων<sup>2</sup>.

Από τη δεκαετία του '80 μέχρι και σήμερα, η Σαντορίνη έχει γίνει γνωστός τουριστικός προορισμός όσον αφορά το γαμήλιο τουρισμό.

<sup>2</sup> Απογραφή Μόνιμου Πληθυσμού Ελλάδα, 2011, ΕΛ.ΣΤΑΤ., [www.statistics.gr/documents/20181/1210503/resident\\_population\\_census2011rev.xls/](http://www.statistics.gr/documents/20181/1210503/resident_population_census2011rev.xls/)

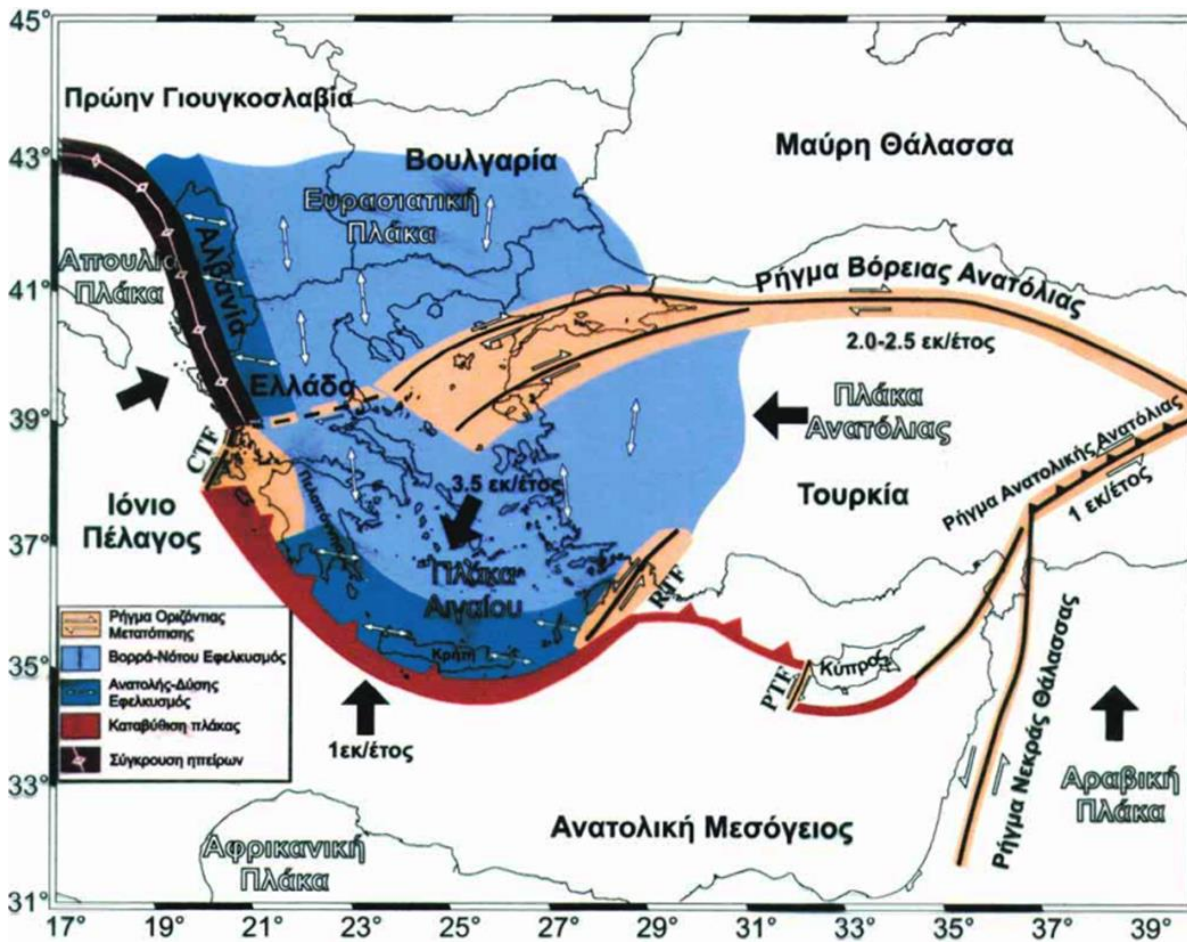
## 2.3 Τεκτονική

Από γεωτεκτονική άποψη, σύμφωνα με τους Papazachos and Comninakis, Dewey et al., Minster and Jordan και Le Pichon and Angelier (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης I., 2008) η ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου που περιλαμβάνει και την περιοχή της Σαντορίνης, παρουσιάζει έντονη ενεργή παραμόρφωση κατά μήκος ολόκληρης της Μεσογειακής ζώνης του ηπειρωτικού συστήματος διάρρηξης. Η παραμόρφωση αυτή είναι αποτέλεσμα κινήσεων τεσσάρων λιθοσφαιρικών πλακών, της Ευρασιατικής, της Αφρικανικής, της Απουλίας και της Ανατολίας. Η Αφρικανική πλάκα κινείται βόρεια και συγκλίνει προς την Ευρασιατική και έχουμε υποβύθιση της ωκεάνιας μικροπλάκας της Ανατολίας κάτω από την ηπειρωτική μικροπλάκα του Αιγαίου. Σύμφωνα με τους McClusky et al. (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης I., 2008) η ταχύτητα κίνησης της Αφρικανικής πλάκας ως προς τη μικροπλάκα του Αιγαίου είναι  $\sim 0.5$  cm/yr, ενώ σύμφωνα με τον Papazachos C. (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης I., 2008) η κίνηση της μικροπλάκας του Αιγαίου σε σχέση με την Αφρικανική πλάκα πραγματοποιείται με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα (περίπου 3.5 cm/yr) κατά τη νοτιοδυτική κατεύθυνση. Συγχρόνως, σύμφωνα με τους Oral et al., Reilinger et al. και Papazachos C. (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης I., 2008) λόγω της κίνησης της Αραβικής πλάκας προς βορρά, η πλάκα της Ανατολίας κινείται προς τα δυτικά (δηλαδή προς το Αιγαίο), ενώ περιστρέφεται σε σχέση με την Ευρασιατική αριστερόστροφα γύρω από έναν πόλο που βρίσκεται στη χερσόνησο του Σινά. Σύμφωνα με τους McKenzie και McClusky et al. (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης I., 2008) αποτέλεσμα της σύνθετης αυτής τεκτονικής είναι η προς τα δυτικά κίνηση της, κατά μήκος του ομώνυμου ρήγματος της Ανατολίας και της προέκτασης του στο Βόρειο Αιγαίο με μια ταχύτητα της τάξης των 2.5 cm/yr. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Papazachos C. και McClusky et al. (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης I., 2008) η μικροπλάκα του Αιγαίου πιέζεται από τα δυτικά από την Απουλία πλάκα, της οποίας η αριστερόστροφη περιστροφή προκαλεί τη γένεση επιφανειακών σεισμών κατά μήκος των δυτικών ακτών της κεντρικής Ελλάδος, της Αλβανίας και της πρώην Γιουγκοσλαβίας (Εικόνα 1). Τα παραπάνω φαινόμενα προκαλούν τη δημιουργία ενός πολύπλοκου γεωδυναμικού καθεστώτος στον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου, που περιλαμβάνει υψηλή σεισμικότητα, έντονη τεκτονική διάρρηξη, πύχωση πετρωμάτων, καθώς και ηφαιστειακά - γεωθερμικά φαινόμενα.

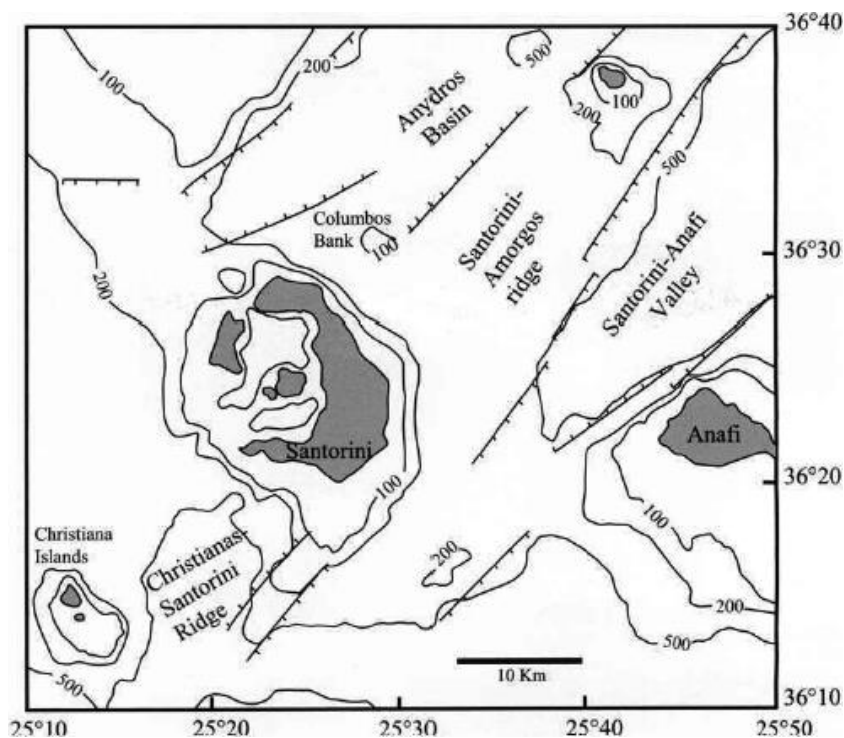
Η Σαντορίνη είναι ένα από τα πολλά ηφαιστεια του Τεταρτογενούς που καθορίζουν το σημερινό ενεργό ηφαιστειακό τόξο του Νοτίου Αιγαίου, το οποίο έχει 500 km μήκος και 20 - 40 km πλάτος και εκτείνεται από τις ανατολικές ακτές της ηπειρωτικής Ελλάδας ως τις ακτές της Τουρκίας<sup>3</sup>. Η Σαντορίνη συγκαταλέγεται μαζί με τα Μέθανα, τη Νίσυρο και τη Μήλο στα ενεργά ηφαιστεια της Ελλάδας.

Το ηφαιστειακό σύμπλεγμα της Σαντορίνης αποτελείται από τη Σαντορίνη, τα νησάκια Χριστιανά (20 km νοτιοδυτικά της Σαντορίνης) και το υποθαλάσσιο ηφαιστειο του Κολούμπου (7 km βορειοανατολικά της Σαντορίνης). Σύμφωνα με τους Papazachos and Pangiotoopoulos, Mountrakis et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) η Σαντορίνη βρίσκεται πάνω σε μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη (Χριστιανά - Αμοργός) ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης και μήκους  $\sim 70$  km, που συνδέεται με τα μεγάλης κλίμακας συστήματα ρηγμάτων που φιλοξενούν περιφερειακό εφέλκυσμό. Ένας τέτοιος τεκτονικός έλεγχος της ευρύτερης περιοχής συμπεραίνεται τόσο από τη διεύθυνση πάνω στην οποία είναι διατεταγμένα τα ηφαιστειακά κέντρα των Χριστιανών και του Κολούμπου (ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση), όσο και από την διεύθυνση τάσης που έχουν τα περιφερειακά ρήγματα που περιβάλλουν τα ηφαιστειακά κέντρα (Εικόνα 2). Το βόρειο μισό του ηφαιστειακού πεδίου της Σαντορίνης βρίσκεται πάνω στην τεκτονική τάφρο της Ανύδρου όπου έχει συγκεντρωθεί και η περισσότερη από την εκχυτική δραστηριότητα, ενώ το νότιο μισό βρίσκεται πάνω στο τεκτονικό κέρασ της Σαντορίνης - Αμοργού. Οι ορεινοί όγκοι του υποβάθρου της νοτιοανατολικής Θήρας αποτελούν την χερσαία έκφραση αυτού του τεκτονικού κέρατος, ενώ στη βόρεια Θήρα τα πετρώματα του υποβάθρου βρίσκονται κάτω από τα προϊόντα των εκρήξεων, κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Αρκετοί από τους εκρηκτικούς πόρους εντοπίζονται πάνω σε δύο ευδιάκριτες γραμμές ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Εικόνα 3). Η πρώτη, η επονομαζόμενη και Γραμμή των Καμένων, περνά μέσα από το κέντρο της καλδέρας και περιλαμβάνει τους πόρους των νήσων Καμένων, το δακτύλιο τόφφων του Ασπρονησίου και τους πόρους των εκρήξεων Κατώτερης Κίσσηρης 1 και 2, Μέσης Κίσσηρης, Ανώτερης Σκωρίας 1 και 2 και Μινωικής. Η δεύτερη, η επονομαζόμενη και Γραμμή Κολούμπου, περιλαμβάνει τους κώνους σκωριών του Μεγάλου Βουνού και του Κόκκινου Βουνού και το δακτύλιο τόφφων του Ακρωτηρίου Κολούμπου (Druitt et. al., 1999).

<sup>3</sup> Ηφαιστειολογία, Σολδάτος Τ., [http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo765e\\_lab/index.htm](http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo765e_lab/index.htm)

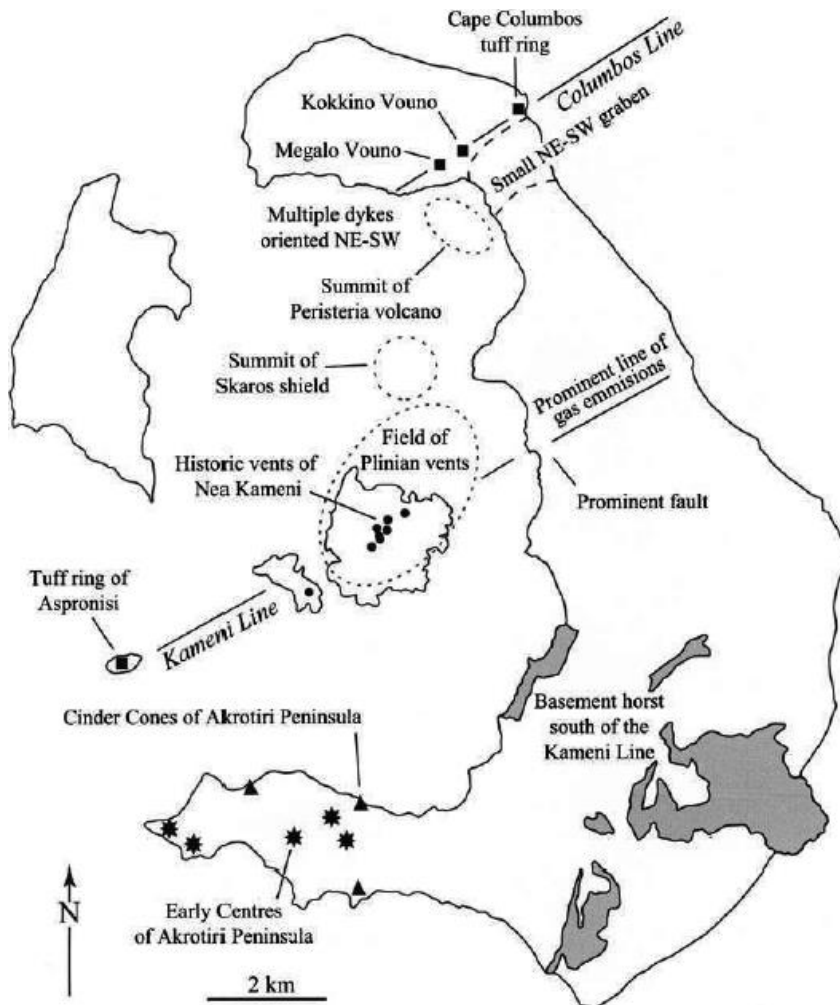


Εικόνα 1: Χάρτης κινήσεων των λιθοσφαιρικών πλακών στον ελλαδικό χώρο και ενεργός γεωδυναμική κατάσταση, τροποποιημένος κατά Παπαζαχός<sup>4</sup>.



Εικόνα 2: Βαθυμετρικός χάρτης του θαλάσσιου πυθμένα και των μεγάλων ρηγμάτων γύρω από τη Σαντορίνη, τροποποιημένος κατά Perrisoratis (όπως αναφέρεται στο Druiet et. al., 1999).

<sup>4</sup> Συνοπτική γεωτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου ελληνικού χώρου, Μουντράκης Δ., <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg871y/>



**Εικόνα 3:** Χάρτης που δείχνει την ισχυρή επίδραση της περιφερειακής τεκτονικής στην ανάπτυξη του ηφαιστειακού πεδίου (Druitt et. al., 1999).

## 2.4 Γεωλογία - Γεωμορφολογία

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Σαντορίνης και η εξέλιξη του ηφαιστειακού πεδίου της, έχουν μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές κατά το παρελθόν. Ο Fouqué (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) έκανε την πρώτη λεπτομερή γεωλογική και πετρολογική μελέτη της Σαντορίνης. Ο Reck (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) έκανε την πρώτη συστηματική μελέτη της στρωματογραφίας της Σαντορίνης. Ο Marinatos (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) ανακάλυψε την πόλη του Ακρωτηρίου της Εποχής του Χαλκού, που ήταν θαμμένη κάτω από μέτρα κίσηρης και στάχτης και αυτή του η ανακάλυψη επέφερε σημαντικές εξελίξεις στη γεωλογική έρευνα και ιστορία της Σαντορίνης. Οι Pichler and Kussmaul (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) παρουσίασαν μια σύντομη περιγραφή των ηφαιστειακών χαρακτηριστικών των αλληλουχιών λάβας, τις οποίες χώρισαν σε οκτώ ηφαιστειακά κέντρα. Περιέγραψαν και ταξινόμησαν τα ηφαιστειακά πετρώματα της Σαντορίνης και συζήτησαν πιθανές πετρογενετικές διαδικασίες. Οι Pichler and Kussmaul (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) δημοσίευσαν ένα νέο γεωλογικό χάρτη της Σαντορίνης σε κλίμακα 1:20000 και παρουσίασαν μια νέα στρωματογραφία βασισμένη στο πρωτότυπο σχήμα του Reck (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999). Οι Heiken and McCoy (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) προσπάθησαν να προσδιορίσουν την προ-Μινωική παλαιο-γεωλογία και παλαιο-τοπογραφία της Σαντορίνης και συμπέραναν ότι η κατάρρευση της Μινωικής καλδέρας οδήγησε στο σχηματισμό της σημερινής βόρειας λεκάνης, αλλά ότι η νότια λεκάνη προϋπήρχε ως μία μακράς διάρκειας κατάρπτωση. Ο Druitt (όπως αναφέρεται στο Druitt et. al., 1999) παρουσίασε μια νέα στρωματογραφία της Σαντορίνης, αποκαλώντας την πυροκλαστική διαδοχή ως "Πυροκλαστικό Σχηματισμό Θήρας" και διαίρεσε αυτή τη διαδοχή σε δύο κύκλους. Αναγνώρισε δώδεκα μεγάλες πυροκλαστικές αποθέσεις στα τοιχώματα της καλδέρας και τις ονομάτισε. Οι Druitt and Francaviglia (1992) μελέτησαν το σχηματισμό της καλδέρας στη Σαντορίνη και τη

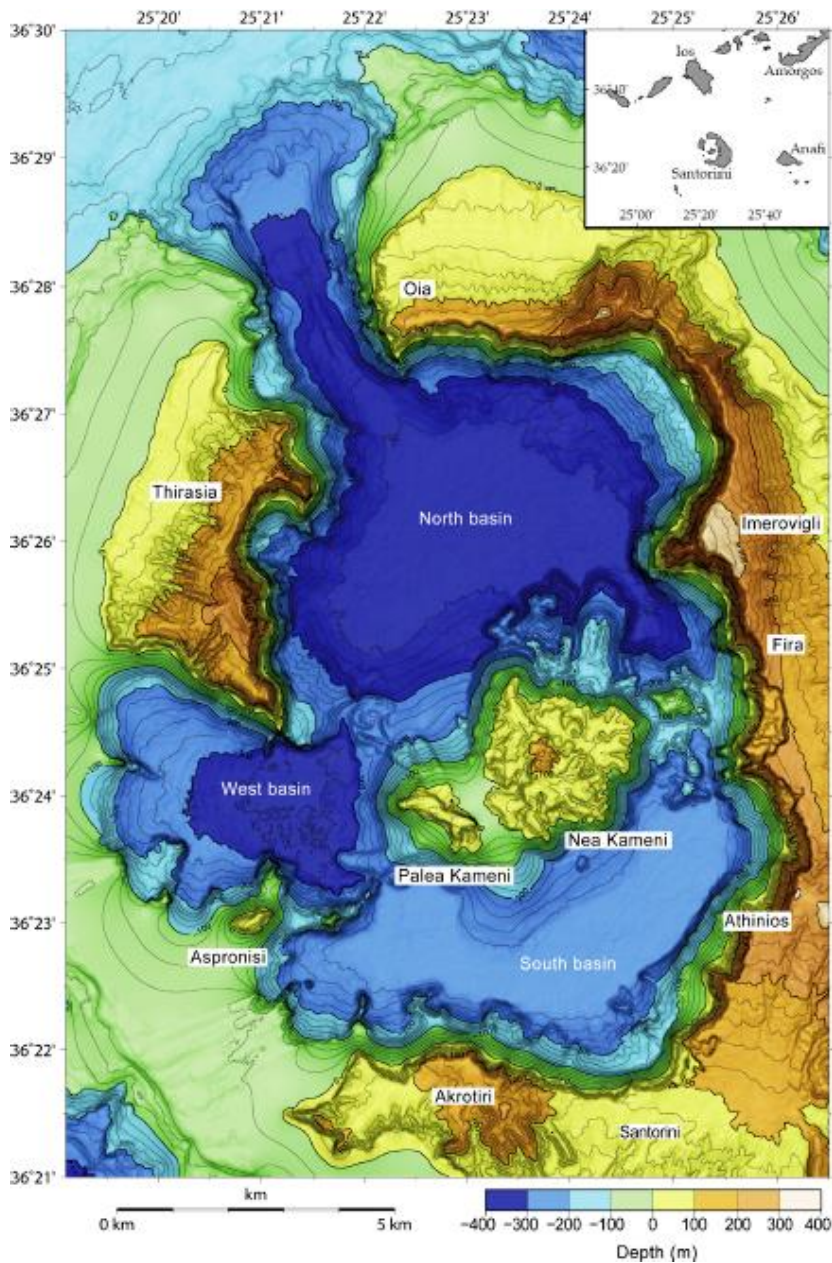
φυσιογραφία των νησιών κατά την ύστερη Εποχή του Χαλκού. Αναγνώρισαν τουλάχιστον τέσσερα γεγονότα κατάρρευσης της καλδέρας στη Σαντορίνη και ανακατασκεύασαν τη σύνθετη καλδέρα που υπήρχε πριν από τη Μινωική έκρηξη.

Η Σαντορίνη σύμφωνα με το Μουντράκη (όπως αναφέρεται στο Δημητριάδης Ι., 2008) ανήκει στην Ενότητα των Νοτίων Κυκλάδων της Αττικοκυκλαδικής Ζώνης. Στους κύριους γεωλογικούς σχηματισμούς αυτής της ενότητας περιλαμβάνονται το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο με γενέσιους, αμφιβολίτες και σχιστόλιθους ηλικίας Παλαιοζωικού και ένας ορίζοντας ανθρακικών μεταμορφωμένων πετρωμάτων (μάρμαρα και δολομίτες) ηλικίας Ανώτερου Τριαδικού - Ανώτερου Κρητιδικού. Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της ενότητας είναι ότι τα πετρώματα της εμφανίζουν μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής έως αμφιβολιτικής φάσης.

Η Σαντορίνη είναι ένα σύμπλεγμα από πέντε νησιά. Η Θήρα, η Θηρασιά και το Ασπρονήσι είναι διατεταγμένα σε ένα διαμελισμένο δακτύλιο γύρω από μία πλημμυρισμένη καλδέρα, στην οποία βρίσκονται τα νησιά Παλαιά και Νέα Καμένη. Η καλδέρα είναι μία σύνθετη δομή που προκύπτει από τουλάχιστον τέσσερα γεγονότα κατάρρευσης (Druitt and Francaviglia, 1992). Οι απόκρημνοι γκρεμοί της καλδέρας της Θήρας και της Θηρασίας, φθάνουν σε ύψος μεγαλύτερο των 300 m από το επίπεδο της θάλασσας, όπως π.χ. στο ακρωτήριο Τούρλος. Η νοτιοανατολική Θήρα κυριαρχείται από δύο ορεινούς όγκους του υποβάθρου, τα βουνά Προφήτης Ηλίας και Μέσα Βουνό και την κορυφογραμμή του Γαβρήλου, τα οποία είναι οι προεξέχουσες κορυφές του προ-ηφαιστειακού νησιού. Η αρχική δυτική ακτή αυτού του προ-ηφαιστειακού νησιού διατηρείται στον Αθηνιώ, όπου έχει ξεθαφτεί από την κατάρρευση της καλδέρας. Το βουνό Προφήτης Ηλίας (567 m) είναι η υψηλότερη κορυφή στη Σαντορίνη. Άλλες κορυφές αποτελούν τα βουνά Λουμαράβι και Αρχάγγελος στη νότια Θήρα, τα βουνά Μικρός Προφήτης Ηλίας, Μεγάλο Βουνό και Κόκκινο Βουνό στη βόρεια Θήρα και το βουνό Βίγλος στη Θηρασιά, τα οποία είναι όλα ηφαιστειακής προέλευσης.

Μέσα στην καλδέρα διακρίνονται τρεις λεκάνες με διαφορετικά περιβάλλοντα απόθεσης ηφαιστειακού υλικού, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από τη Νέα Καμένη (Εικόνα 4). Η βόρεια, η μεγαλύτερη και βαθύτερη (389 m), αναπτύσσεται μεταξύ των νήσων Καμένων, της Θηρασίας και του βορείου τμήματος της καλδέρας. Η δυτική και η μικρότερη σε μέγεθος (βάθος 325 m), αναπτύσσεται μεταξύ του Ασπρονησιού, της Παλαιάς Καμένης και της νότιας Θηρασίας. Τέλος, η νότια λεκάνη (βάθος 297 m) καλύπτει μια μεσαίας τάξεως έκταση και αναπτύσσεται μεταξύ των νήσων Καμένων και του νοτιότερου τμήματος της καλδέρας (Nomikou et al. 2012c, 2014b).

Κατά τα τελευταία περίπου 200 χιλ. έτη, στο ηφαιστειακό πεδίο της Σαντορίνης έχουν λάβει χώρα τουλάχιστον 12 μεγάλες εκρήξεις, αλλά και πολλές μικρότερες. Οι περισσότερες από τις 12 μεγάλες εκρήξεις, αποφόρτισαν πιθανότατα όγκους εκβλημάτων εύρους 1 - 10 km<sup>3</sup> ή και περισσότερο και οι τρεις εξ' αυτών δημιούργησαν καλδέρες, για τις οποίες οι γεωλογικές αποδείξεις έχουν διατηρηθεί. Η σωρευτική πυροκλαστική διαδοχή από αυτές τις εκρήξεις, αναφέρεται ανεπίσημα και ως "Πυροκλαστικός Σχηματισμός Θήρας" από τους Druitt et al. (1989), είναι μέχρι και 200 m σε πάχος και εκτίθεται καλά στα τοιχώματα της καλδέρας της Σαντορίνης πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Κάθε μία από τις μεγάλες εκρήξεις ξεκίνησε με μία Πλινιακή ή υπο-Πλινιακή φάση και οι περισσότερες εξ' αυτών δημιούργησαν πυροκλαστικές ροές. Έχουν καταγραφεί δύο μεγάλοι (~180 χιλ. ετών) κύκλοι ηφαιστειακής δραστηριότητας μέσα στον "Πυροκλαστικό Σχηματισμό Θήρας". Κάθε εκρηκτικός κύκλος ξεκίνησε με εκρήξεις βασικών έως ενδιάμεσων μαγμάτων και τερματίστηκε με ένα ζευγάρι μεγάλων πυριτικών εκρήξεων και κατάρρευση της καλδέρας. Η Θήρα, η Θηρασιά και το Ασπρονήσι είναι καλυμμένα από ένα συνεχόμενο στρώμα λευκού τόφφου που αποτέθηκε από τη Μινωική έκρηξη. Οι ευρείες, ήπιας κλίσης παράκτιες πεδιάδες της Θήρας και της Θηρασίας, αποτελούνται κυρίως από Μινωικό ιγκνιμβρίτη. Τα νησιά Παλαιά Καμένη και Νέα Καμένη βρίσκονται κοντά στο κέντρο της καλδέρας και είναι οι χερσαίες εκφράσεις ενός μεγάλου υποθαλάσσιου ηφαιστείου, το οποίο είναι μεταγενέστερο της Μινωικής έκρηξης. Ένας λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης δίνεται στην Εικόνα 5 (Druitt et. al., 1999), ενώ η απλουστευμένη εκδοχή του παρουσιάζεται στην Εικόνα 6 (Druitt, 2014). Στον Πίνακα 1 δίνονται συνοπτικές πληροφορίες όλων των γεγονότων που έλαβαν χώρα στη Σαντορίνη, ενώ αυτά περιγράφονται αναλυτικότερα στη συνέχεια (Druitt et. al., 1999).

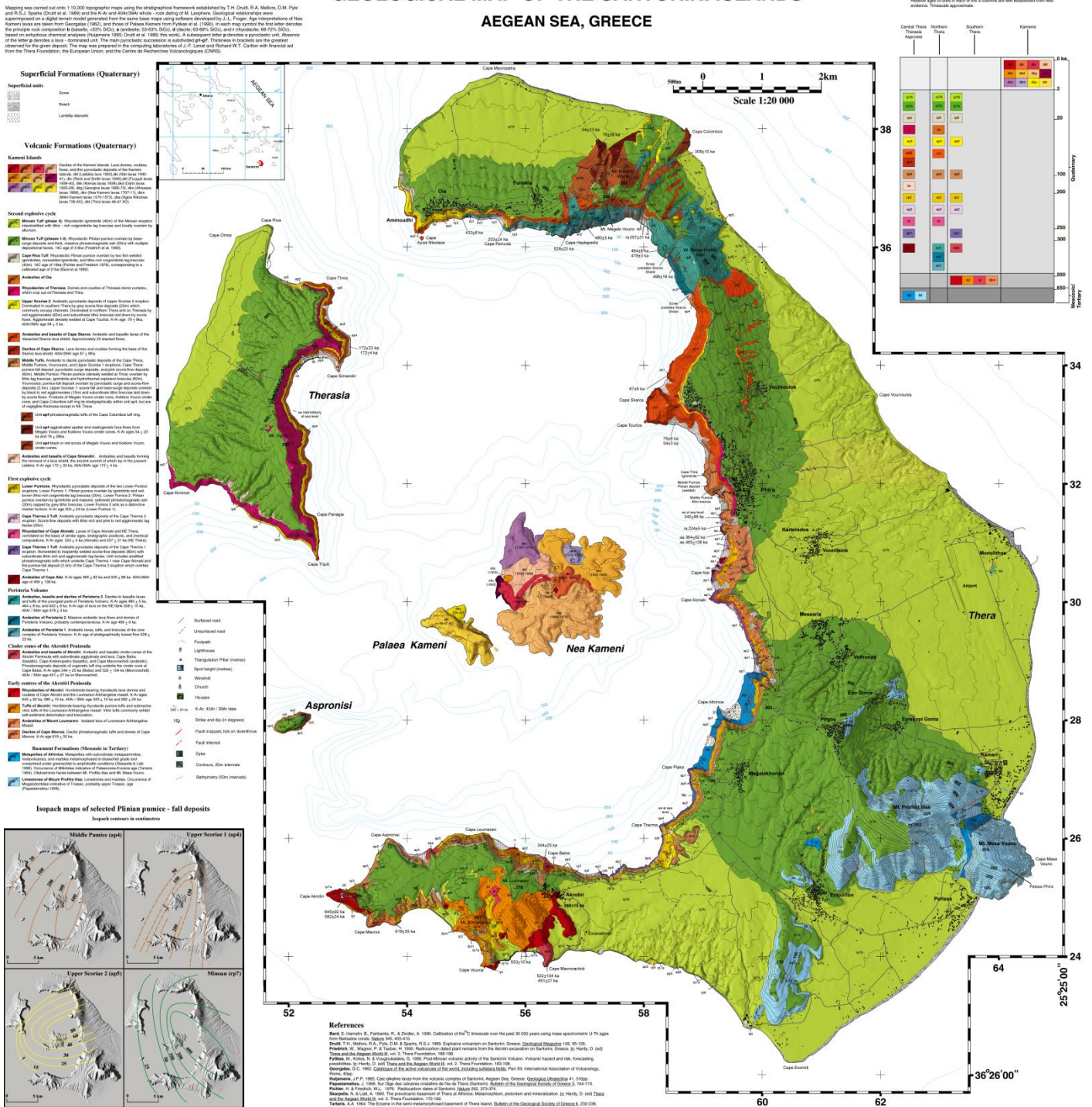


**Εικόνα 4:** Συνδυασμένος βαθυμετρικός και τοπογραφικός χάρτης της καλδέρας της Σαντορίνης με χωρική ανάλυση 15 m. Τρεις μετα-μινωικές υπολεκάνες οριοθετούνται μέσα στην καλδέρα (Nomíkou et al., 2014b).

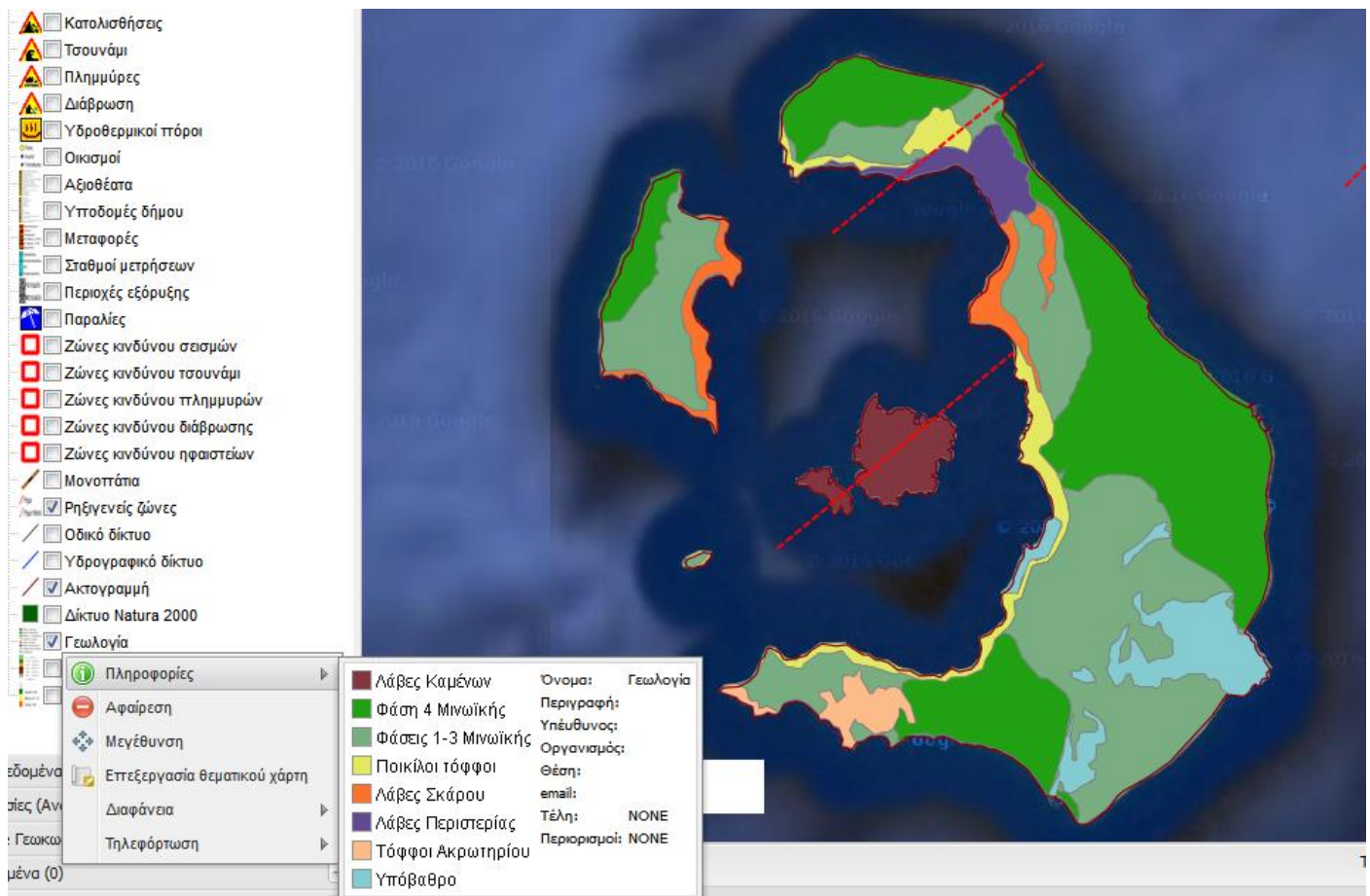
# GEOLOGICAL MAP OF THE SANTORINI ISLANDS

AEGEAN SEA, GREECE

Correlation of map units



Εικόνα 5: Γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης (Druitt et. al., 1999).



Εικόνα 6: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Druitt (2014).

Πίνακας 1: Συνοπτική περιγραφή των ηφαιστειακών γεγονότων της Σαντορίνης (Druitt et. al., 1999).

Γεγονός	Ηλικία	Σύνθεση μάγματος	Μέγιστο πάχος (σε m)
Σχηματισμός του ηφαιστείου των Καμένων	197 π.Χ. - 1950 μ.Χ.	Δακτιτική	
Κατάρρευση καλδέρας (4)			
Μινωική έκρηξη	3.6 χιλ. έτη	Ρυοδακτιτική	113
Κατάρρευση καλδέρας (3)			
Έκρηξη Ακρωτηρίου Ρίβα	21 χιλ. έτη	Ρυοδακτιτική	43
Έκρηξη των Ανδεσιτών της Οίας		Ανδεσιτική	
Κατασκευή του συγκροτήματος θόλων της Θηρασίας		Ρυοδακτιτική	
Έκρηξη Ανώτερης Σκωρίας 2	79 ± 8 χιλ. έτη, 54 ± 3 χιλ. έτη	Ανδεσιτική	70
Κατασκευή του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου	67 ± 9 χιλ. έτη	Βασαλτική, Ανδεσιτική, Δακτιτική	
Κατάρρευση καλδέρας (2)			
Έκρηξη Ανώτερης Σκωρίας 1		Ανδεσιτική	21
Έκρηξη Βουρβούλου		Ανδεσιτική, Δακτιτική	5
Έκρηξη του Μεγάλου Βουνού και Κόκκινου Βουνού - Δακτύλιος τόφων Κολούμπου	76 ± 28 χιλ. έτη, 54 ± 23 χιλ. έτη	Ανδεσιτική	
Έκρηξη Μέσης Κίσηρης	~100 χιλ. έτη	Ανδεσιτική, Δακτιτική	67
Έκρηξη Ακρωτηρίου Θήρας		Ανδεσιτική	61
Κατασκευή του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σημαντηρίου	172 ± 33 χιλ. έτη, 172 ± 4 χιλ. έτη	Ανδεσιτική	
Κατάρρευση καλδέρας (1)			



Έκρηξη Κατώτερης Κίσσηρης 2		Ρυοδακιτική	62
Έκρηξη Κατώτερης Κίσσηρης 1	203 ± 24 χιλ. έτη	Ρυοδακιτική	33
Έκρηξη Ακρωτηρίου Θερμών 3		Ανδесиτική	21
Έκλυση των Ρυοδακιδίων του Ακρωτηρίου Αλωνακίου και της ΒΑ Θήρας	257 ± 31 χιλ. έτη, 224 ± 5 χιλ. έτη	Ρυοδακιτική	
Έκρηξη Ακρωτηρίου Θερμών 2		Ρυοδακιτική	2
Έκρηξη Ακρωτηρίου Θερμών 1		Ανδесиτική	62
Έκλυση των Ανδεσιτών του Ακρωτηρίου Αλαΐ	456 ± 138 χιλ. έτη, 364 ± 62 χιλ. έτη, 345 ± 88 χιλ. έτη	Ανδесиτική	
Έκρηξη των Κώνων σκωριών της Χερσονήσου του Ακρωτηρίου	522 ± 104 χιλ. έτη, 451 ± 27 χιλ. έτη, 344 ± 25 χιλ. έτη	Βασαλτική, Ανδесиτική	
Κατασκευή του ηφαιστείου της Περιστερίας 3	480 ± 5 χιλ. έτη, 478 ± 3 χιλ. έτη, 464 ± 8 χιλ. έτη, 433 ± 8 χιλ. έτη, 308 ± 10 χιλ. έτη	Βασαλτική, Ανδесиτική, Δακιτική	
Έκλυση των λαβών του ηφαιστείου της Περιστερίας 2	496 ± 6 χιλ. έτη	Ανδесиτική	
Κατασκευή του ηφαιστείου της Περιστερίας 1	528 ± 23 χιλ. έτη	Ανδесиτική	
Έκρηξη των Πρώιμων κέντρων της Χερσονήσου του Ακρωτηρίου	645 ± 92 χιλ. έτη, 619 ± 35 χιλ. έτη, 586 ± 15 χιλ. έτη, 582 ± 24 χιλ. έτη, 553 ± 10 χιλ. έτη	Δακιτική, Ρυοδακιτική	

### Προ-ηφαιστειακό νησί (Τριαδικού - Ηωκαίνου)

Το ηφαιστειακό πεδίο κατασκευάστηκε πάνω σε ένα προϋπάρχον προ-ηφαιστειακό νησί που αποτελούταν από πετρώματα του υποβάθρου. Τους σχηματισμούς του υποβάθρου σύμφωνα και με τους Davis and Bastas, Skarpelis and Liati και Kiliyas et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999), απαρτίζουν οι: α) **Μεταπηλίτες του Αθηνιού (Μρ)** και β) **Ασβεστόλιθοι του Βουνού Προφήτη Ηλία (ΜΙ)**. Οι μεταπηλίτες εκτίθενται κατά μήκος μίας έκτασης 2 km στα τοιχώματα της καλδέρας κοντά στον Αθηνιό και επίσης στη Σελλάδα μεταξύ των βουνών του Προφήτη Ηλία και του Μέσα Βουνού. Οι ασβεστόλιθοι σχηματίζουν τα βουνά των Προφήτη Ηλία, Μέσα Βουνού και Γαβρήλου.

### Πρώιμα κέντρα της Χερσονήσου του Ακρωτηρίου (650 - 550 χιλ. έτη)

Τα παλαιότερα ηφαιστειακά πετρώματα του Τεταρτογενούς είναι πυριτικές λάβες και τόφοι που φέρουν αμφιβολίτες και σχηματίζουν τους λόφους των βουνών Λουμαραβίου και Αρχαγγέλου και των ακρωτηρίων Βουνιά και Ακρωτηρίου. Τους σχηματισμούς αυτούς απαρτίζουν οι: α) **Ρυοδακίτες του Ακρωτηρίου (r1)**, β) **Τόφοι του Ακρωτηρίου (rpl)**, γ) **Ανδεσίτες του Βουνού Λουμαραβίου (al)** και δ) **Δακίτες του Ακρωτηρίου Μαύρου (dpm)**. Σύμφωνα με τους Fouqué και Seidenkrantz (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999), η παρουσία θαλασσιών ιζημάτων που απαντώνται σε τόφους 100 m ή και περισσότερο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, παρέχουν σαφείς αποδείξεις υποθαλάσσιας έκρηξης.

### Ηφαίστειο Περιστερίας (530 - 430 χιλ. έτη)

Τα απομεινάρια του ηφαιστείου της Περιστερίας σχηματίζουν μεγάλο μέρος του Μεγάλου Βουνού και όλο το Μικρό Προφήτη Ηλία. Τους σχηματισμούς αυτούς απαρτίζουν οι: α) **Ανδεσίτες της Περιστερίας 1 (av1)**, β) **Ανδεσίτες της Περιστερίας 2 (av2)** και γ) **Ανδεσίτες, βασάλτες και δακίτες της Περιστερίας 3 (av3)**. Οι Ανδεσίτες της Περιστερίας 1 συγκροτούν τα χαμηλότερα 120 - 180 m των γκρεμών κάτω από την κορυφή του Μεγάλου Βουνού. Οι Ανδεσίτες της Περιστερίας 2 απαντώνται: α) σποραδικά στην επαφή μεταξύ των Ανδεσιτών της Περιστερίας 1 και των Ανδεσιτών της Περιστερίας 3 κάτω από το Μεγάλο Βουνό, β) ακριβώς κάτω από την κορυφή του Μεγάλου Βουνού και γ) στη βάση των τοιχωμάτων της καλδέρας του Μικρού Προφήτη Ηλία.

Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999), το ηφαίστειο της Περιστερίας ήταν ένα σύνθετο στρωματοηφαίστειο 4 km σε διάμετρο, που η κορυφή του έφτανε τα ~350 m πάνω από το σημερινό επίπεδο

της θάλασσας. Ο χερσαίος όγκος του ήταν τουλάχιστον 2 km<sup>3</sup> και η κατασκευή του ξεκίνησε πριν από περίπου 530 χιλ. έτη και διήρκησε μέχρι τουλάχιστον τα 430 χιλ. έτη.

### **Κώνιοι σκωριών της Χερσονήσου του Ακρωτηρίου (450 - 340 χιλ. έτη)**

Εκρήξεις τύπου Στρόμπολι σχημάτισαν τους κώνους σκωριών και συγκολλημένων σκωριών στα ακρωτήρια Μπάλου, Κοκκινόπετρας και Μαυροραχιδίου (**Ανδεσίτες και βασάλτες του Ακρωτηρίου (ara)**). Τα προϊόντα του σχηματισμού αυτού υπέρκεινται των τόφφων και των λαβών των πρώιμων ρυοδακιτικών κέντρων, αλλά υπόκεινται των αποθέσεων του πρώτου εκρηκτικού κύκλου.

### **Πρώτος εκρηκτικός κύκλος (~360 - 180 χιλ. έτη)**

Η εκρηκτική δραστηριότητα στη Σαντορίνη συνέβη σε δύο κύκλους. Πέντε μεγάλες εκρήξεις έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του πρώτου κύκλου. Δύο διαδοχές λάβας έχουν διατηρηθεί από την ίδια χρονική περίοδο. Ακολουθίες μικρότερων πυροκλαστικών αποθέσεων και παλαιοεδαφών μεταξύ των κυρίων μονάδων επισημαίνονται ως **M1 - M12**.

### **Το κέντρο του Ακρωτηρίου Αλαΐ**

Ανδεσιτικές λάβες απαντώνται κατά διαστήματα κοντά στο επίπεδο της θάλασσας για 1 km μεταξύ του λιμανιού των Φηρών και του ακρωτηρίου Αλαΐ, όπου σωρεύονται σε πάχος των 60 m (**Ανδεσίτες του Ακρωτηρίου Αλαΐ (aa)**). Έχουν χαρτογραφηθεί ως τα πρώιμα προϊόντα του πρώτου εκρηκτικού κύκλου, σύμφωνα με τον Nicholls (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999). Οι Druitt et al. (1999) συμπέραναν ότι η ηλικία του κέντρου του Ακρωτηρίου Αλαΐ ήταν κατά προσέγγιση 360 χιλ. έτη.

### **Έκρηξη Ακρωτηρίου Θερμών 1**

Η πρώτη μεγάλη έκρηξη στη Σαντορίνη παρήγαγε ένα ανδεσιτικό ιγκνιμβρίτη που διατηρείται ευρέως στη νότια και κεντρική Θήρα. Ο ιγκνιμβρίτης είναι πιο διακριτός στο ακρωτήρι Θερμά, όπου και σχηματίζει ένα διακριτό γκρεμό στη βάση των τοιχωμάτων της καλδέρας (**Τόφος Ακρωτηρίου Θερμών 1 (ap1)**).

### **Έκρηξη Ακρωτηρίου Θερμών 2**

Την έκρηξη του Ακρωτηρίου Θερμών 1 ακολούθησε η έκρηξη μίας διακριτής, φτωχής σε λίθους απόθεσης ρυοδακιτικής κίσηρης, η οποία ονομάστηκε **Ακρωτήρι Θερμά 2**. Ο σχηματισμός της Ακρωτηρίου Θερμών 2, είναι ο λεπτότερος σε πάχος στον επονομαζόμενο "Πυροκλαστικό Σχηματισμό Θήρας".

### **Οι Ρυοδακίτες του Ακρωτηρίου Αλωνακίου και της ΒΑ Θήρας**

Μετά την έκρηξη του Ακρωτηρίου Θερμών 2, τουλάχιστον δύο ρυοδακιτικές ροές λάβας εκλύθηκαν από πόρους στην ευρύτερη περιοχή των Φηρών (**Ρυοδακίτες του Ακρωτηρίου Αλωνακίου (ra)**). Απαντώνται συνεχώς μεταξύ του λιμανιού των Φηρών και 1 km νοτίως του ακρωτηρίου Αλωνακίου στα τοιχώματα των γκρεμών της καλδέρας. Η ομοιότητα στη σύνθεση και η απουσία παρένθετου παλαιοεδαφούς μεταξύ των λαβών του Ακρωτηρίου Θερμών 2 και του Ακρωτηρίου Αλωνακίου, υποδηλώνει ότι αυτές είναι πιθανώς τα προϊόντα μίας μόνο έκρηξης.

### **Έκρηξη Ακρωτηρίου Θερμών 3**

Η έκρηξη του Ακρωτηρίου Θερμών 3 παρήγαγε ανδεσιτικές αποθέσεις που διατηρούνται εκτενώς στη νότια Θήρα (**Τόφος Ακρωτηρίου Θερμών 3 (ap2)**). Ο σχηματισμός αυτός απαντάται μεταξύ των ακρωτηρίων Αθηνιού και Αλωνακίου, στο ακρωτήρι Περιβόλα και στη βορειοανατολική γωνία της καλδέρας.

### **Έκρηξη Κατώτερης Κίσηρης 1**

Ο πρώτος εκρηκτικός κύκλος κορυφώθηκε με ένα ζευγάρι ρυοδακιτικών εκρήξεων που ονομάστηκαν Κατώτερη Κίσηρη 1 και Κατώτερη Κίσηρη 2. Δεδομένου ότι οι αποθέσεις αυτές εμφανίζονται πάντα μαζί, έχουν χαρτογραφηθεί ως μία ενιαία μονάδα (**Κατώτερες Κισσήρεις (rp3)**). Η Κατώτερη Κίσηρη 1 εμφανίζεται σχεδόν συνεχώς στα τοιχώματα της καλδέρας της νότιας Θήρας και τοπικά στο ακρωτήρι Περιβόλα στα βόρεια. Η έκρηξη ξεκίνησε από μια τοποθεσία κοντά στη Νέα Καμένη.

## Έκρηξη Κατώτερης Κίσηρης 2

Η Κατώτερη Κίσηρη 2 επικάθεται άμεσα στην Κατώτερη Κίσηρη 1 και χωρίζονται μόνο από ένα παλαιοέδαφος. Η έκρηξη ξεκίνησε από μια τοποθεσία κοντά στη Νέα Καμένη. Η Κατώτερη Κίσηρη 2 απαντάται στα τοιχώματα των γκρεμών της νότιας Θήρας, από τη νότια πλευρά της χερσονήσου του Ακρωτηρίου μέχρι τα Φηρά. Στα βόρεια, απαντάται κάτω από την Οία, στο ακρωτήρι Περιβόλα και τοπικά στο ακρωτήρι Επταπέδιο.

## Κατάρρευση της Καλδέρας 1 (180 χιλ. έτη)

Στη νότια πλευρά του λιμανιού των Φηρών, μια απότομη ασυμφωνία περικόπτει την Κατώτερη Κίσηρη 2 και τις υποκείμενες μονάδες. Αυτή η αρχαία γραμμή γκρεμού αποδίδεται στην κατάρρευση της καλδέρας κατά τη διάρκεια της έκρηξης της Κατώτερης Κίσηρης 2. Οι υπερκείμενες μονάδες είναι αποθεμένες προς τα βόρεια πάνω στην ασυμφωνία και πυκνώνουν σε μεγάλο βαθμό στην παλιά κατάπτωση, που ονομάζεται καλδέρα Κατώτερης Κίσηρης ή καλδέρα 1.

## Δεύτερος εκρηκτικός κύκλος (180 - 3.6 χιλ. έτη)

### Το ασπιδόμορφο του Σημαντηρίου

Η κατασκευή του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σημαντηρίου άρχισε μετά την Κατώτερη Κίσηρη 2. Απομεινάρια αυτού του σχηματισμού απαντώνται στη βάση των τοιχωμάτων των γκρεμών του ακρωτηρίου Σημαντηρίου και του κόλπου του Μανωλά (**Ανδεσίτες και βασάλτες του Ακρωτηρίου Σημαντηρίου (as)**). Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999) η κορυφή του ασπιδόμορφου ηφαιστείου πρέπει να βρισκόταν ανατολικά του ακρωτηρίου Σημαντηρίου, στην καλδέρα 1.

## Οι εκρήξεις της σειράς Μέσου Τόφφου

Μετά ακολούθησε μία σειρά από εκρήξεις, τέσσερις εκ των οποίων εκφόρτισαν τουλάχιστον μερικά km<sup>3</sup> ανδεσίτη ή δακίτη, καθώς και γκνιμβρίτη και ως εκ τούτου θεωρούνται ως μεγάλες εκρήξεις (**Τόφφος Ακρωτηρίου Θήρας, Μέση Κίσηρη, Τόφφος Βουρβούλου, Ανώτερη Σκωρία 1**). Οι αποθέσεις από πολλές μικρότερες εκρήξεις εμφανίζονται μεταξύ των στρωμάτων των κυρίων τόφφων. Ολόκληρη η διαδοχή σχηματίζει ένα συνεκτικό, ευρέως διεσπαρμένο πακέτο, το οποίο ονομάζεται σειρά **Μέσου Τόφφου (ap4)**.

## Έκρηξη Ακρωτηρίου Θήρας

Ο σχηματισμός της Ακρωτηρίου Θήρας απαντάται κοντά στα Φηρά, καθώς επίσης στη Θηρασιά και στο ακρωτήρι Περιβόλα.

## Έκρηξη Μέσης Κίσηρης

Η έκρηξη της Μέσης Κίσηρης απαντάται στα τοιχώματα των γκρεμών της νότιας Θήρας. Ο πόρος της έκρηξης της Μέσης Κίσηρης βρισκόταν δυτικά των Φηρών.

## Έκρηξη Βουρβούλου

Η έκρηξη του Βουρβούλου απέθεσε λεπτές (λίγα μέτρα το μέγιστο), αλλά εκτενείς αποθέσεις.

## Έκρηξη Ανώτερης Σκωρίας 1

Ο σχηματισμός της Ανώτερης Σκωρίας 1 απαντάται στη νότια Θήρα. Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999), ο πόρος της έκρηξης βρισκόταν κοντά στη σημερινή Νέα Καμένη.

## Κώνοι σκωριών Μεγάλου Βουνού και Κόκκινου Βουνού

### Δακτύλιος τόφφων Ακρωτηρίου Κολούμπου

Η κατασκευή δύο κώνων σκωριών (Μεγάλου βουνού και Κόκκινου βουνού) στην κορυφή του διαβρωμένου ηφαιστείου της Περιστεριάς συνέβη κατά τη διάρκεια της περιόδου του Μέσου Τόφφου. Ένας δακτύλιος τόφφων στο ακρωτήρι Κολούμπου, πιθανά χρονολογείται από την ίδια περίοδο. Όπου οι αποθέσεις από αυτούς τους βόρειους πόρους κυριαρχούν, έχουν χαρτογραφηθεί ξεχωριστά ως: α) **Σκωρία των κώνων σκωριών Μεγάλου Βουνού και Κόκκινου Βουνού (ap4a)**, β) **Συγκολλημένη σκωρία από τους κώνους σκωριών (ap4b)** και γ) **Αποθέσεις του δακτυλίου τόφφων Ακρωτηρίου Κολούμπου (ap4c)**.

Οι δύο κώνοι σκωριών και ο δακτύλιος τόφφων εντοπίζονται σε μία γραμμή ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, πιθανά λόγω της παρουσίας ενός ρήγματος στο υπόβαθρο. Οι δύο κώνοι σκωριών εξερράγησαν ταυτόχρονα και χρονολογούνται μετά την έκρηξη της Μέσης Κίσηρης.

### **Καλδέρα 2 και δημιουργία του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου**

Το ασπιδόμορφο ηφαιστείο του Σκάρου αναπτύχθηκε εντός της καλδέρας που δημιουργήθηκε από τις εκρήξεις του Μέσου Τόφφου και την υπερέβη. Αυτή ονομάστηκε καλδέρα Σκάρου ή καλδέρα 2. Η καλδέρα 2 δεν μπορεί να συνδεθεί με οποιαδήποτε συγκεκριμένη έκρηξη (~70 χιλ. έτη). Το απομεινάρει του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου στο Ακρωτήριο Τούρλος, αποτελείται από τους **Δακίτες του Ακρωτηρίου Σκάρου (ds1)** που υπόκεινται των **Ανδεσιτών και Βασαλτών του Ακρωτηρίου Σκάρου (as2)**. Στη βορειοανατολική Θήρα, τα παλιά τοιχώματα της καλδέρας 2 έχουν ξεθαφτεί (κατά τη διάρκεια της κατάρρευσης της καλδέρας 3), έτσι ώστε η αποσαθρωμένη επιφάνεια της καλδέρας 2 να συνθέτει σε μεγάλο βαθμό τους σημερινούς γκρεμούς του Μικρού Προφήτη Ηλία και του Μεγάλου Βουνού. Η παρουσία της Ανώτερης Σκωρίας 1 στα τοιχώματα της καλδέρας 2, δείχνει ότι αυτή η έκρηξη προηγήθηκε του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου. Απομονωμένες εμφανίσεις των Ανδεσιτών και Βασαλτών του Ακρωτηρίου Σκάρου διατηρούνται στη βορειοανατολική Θήρα, στην περιοχή του ακρωτηρίου Επταπεδίου, στο ακρωτήριο Άγιος Νικόλαος και εκτενώς στη Θηρασιά.

Οι Druitt et al. (1999) ανακατασκεύασαν την καλδέρα 2, η οποία ήταν συγκρίσιμη σε διάμετρο με τη βόρεια λεκάνη της σημερινής καλδέρας. Στη μέγιστη ανάπτυξη του, το ασπιδόμορφο ηφαιστείο του Σκάρου ήταν κυκλικό, με μια διάμετρο 9 km στο σημερινό επίπεδο της θάλασσας. Η κορυφή του βρισκόταν 350 - 400 m πάνω από το σημερινό επίπεδο της θάλασσας, μερικά χιλιόμετρα δυτικά του ακρωτηρίου Τούρλου. Ο χερσαίος όγκος του ασπιδόμορφου ηφαιστείου ήταν περίπου 10 km<sup>3</sup>.

### **Έκρηξη Ανώτερης Σκωρίας 2**

Η ανάπτυξη του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου κορυφώθηκε σε μία μεγάλη, κυρίαρχα ανδεσιτική έκρηξη, τα προϊόντα της οποίας ονομάστηκαν **Ανώτερη Σκωρία 2 (ap5)**. Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999), η έκρηξη είχε μία πρόδρομη Πλινιακή φάση (δακτιτική) από έναν πόρο κοντά στη Νέα Καμένη και συμπέραναν μία ηλικία των περίπου 55 χιλ. ετών για την έκρηξη της Ανώτερης Σκωρίας 2.

### **Συγκρότημα θόλων Θηρασιάς και οι Ανδεσίτες της Οίας**

Ακολούθως μετά την Ανώτερη Σκωρία 2, η έκλυση ρυοδακιδίων από έναν αριθμό διάσπαρτων πόρων, δημιούργησε ένα συγκρότημα θόλων λάβας στη δυτική πλαγιά του Σκάρου. Ο χερσαίος όγκος αυτού του συγκροτήματος θόλων υπολογίζεται ότι ήταν τουλάχιστον μερικά κυβικά χιλιόμετρα. Τα απομεινάρια αυτών των θόλων (**Ρυοδακίτες της Θηρασιάς (rt)**) κυριαρχούν στα τοιχώματα των γκρεμών της καλδέρας στη Θηρασιά. Επίσης απαντώνται κοντά στην κορυφή των τοιχωμάτων της καλδέρας στα Φηρά.

Λεπτές ροές διάσπαρτου, πορφυριτικής υφής, ανδεσίτη στην Οία (**Ανδεσίτες της Οίας (ao)**), καταλαμβάνουν το ίδιο στρωματογραφικό επίπεδο όπως και οι Ρυοδακίτες της Θηρασιάς και πιθανότατα εξερράγησαν από πόρους στις πλαγιές του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου.

### **Έκρηξη Ακρωτηρίου Ρίβα**

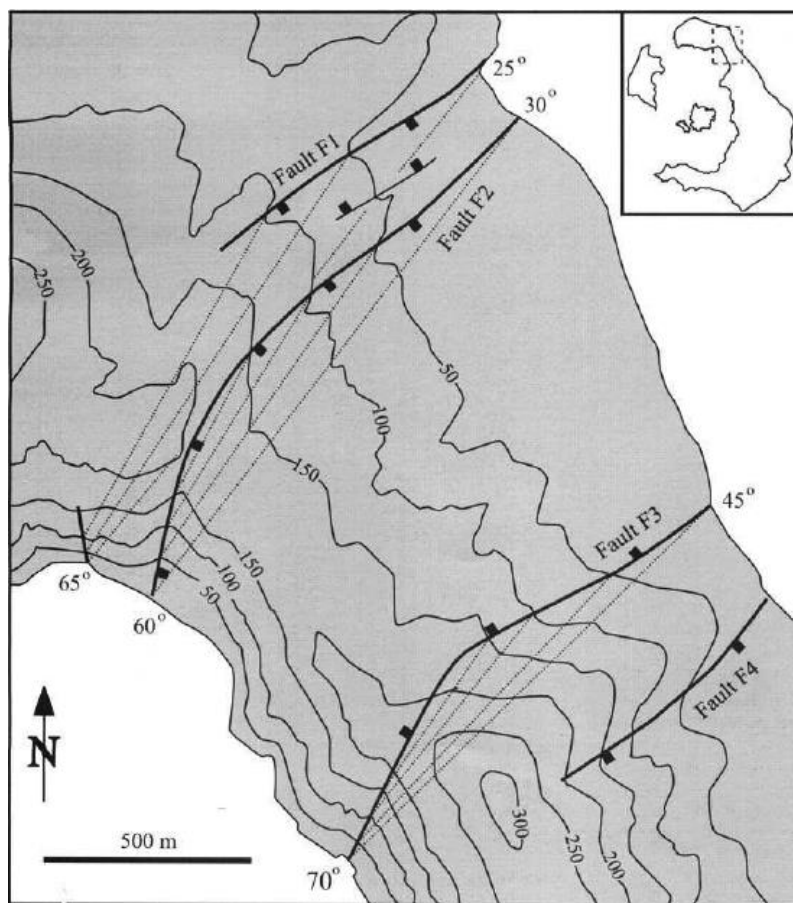
Τα προϊόντα της έκρηξης του Ακρωτηρίου Ρίβα (**Τόφφος Ακρωτηρίου Ρίβα (rp6)**) είναι σε μεγάλο βαθμό δακτιτικά ή ρυοδακτιτικά. Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999), η έκρηξη πιθανά σημειώθηκε από κάπου υψηλότερα στο συγκρότημα θόλων της Θηρασιάς. Ο σχηματισμός απαντάται στο ακρωτήριο Τούρλος, στην Οία, στη Θηρασιά και στο μεγαλύτερο μέρος της νότιας Θήρας. Οι Bard et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999) χρονολόγησαν την έκρηξη του Ακρωτηρίου Ρίβα στα 21 χιλ. έτη.

### **Κατάρρευση της καλδέρας 3**

Η έκρηξη του Ακρωτηρίου Ρίβα προκάλεσε την κατάρρευση του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου. Σύμφωνα με τους Druitt and Francaviglia (1992), καθώς συνέβαινε η κατάρρευση, κατολισθήσεις ξέθαψαν τα τοιχώματα της καλδέρας 2, η οποία σχηματίζει σήμερα μεγάλες περιοχές των γκρεμών της βορειοανατολικής Θήρας. Η επακόλουθη κατάρρευση ονομάστηκε καλδέρα Ακρωτηρίου Ρίβα ή καλδέρα 3. Αποδεικτικά στοιχεία της καλδέρας 3 παρέχονται για έξι τοποθεσίες στα τοιχώματα της σημερινής καλδέρας στη βόρεια Θήρα. Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999), στοιχεία παρέχονται επίσης και από τη βορειοανατολική Θήρα, όπου απαντώνται τέσσερα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (F1 - F4) (Εικόνα 7). Οι

γεωμετρίας των ρηξιγενών επιφανειών F2 και F3 υποδηλώνουν κίνηση προς τα κάτω και προς τα νότιοδυτικά (προς το εσωτερικό της καλδέρας), του περικλειόμενου τεμάχους πλάτους 800 m.

Σύμφωνα με τους Druitt and Francaviglia (1992), η ύπαρξη μίας μεγάλης καλδέρας πριν από τη Μινωική έκρηξη είναι επίσης υποχρεωτική και από τους περιορισμούς του όγκου. Ο συνολικός όγκος της σημερινής καλδέρας είναι  $\sim 60 \text{ km}^3$ , σχεδόν διπλάσιος των  $30 \pm 3 \text{ km}^3$  μάγματος που εκφορτίστηκε κατά τη διάρκεια της Μινωικής έκρηξης, υποδηλώνοντας την ύπαρξη μίας μεγάλης προϋπάρχουσας κατάπτωσης.



Εικόνα 7: Χάρτης των τεσσάρων ρηγμάτων F1 - F4 στη βορειοανατολική Θήρα (Druitt et. al., 1999).

### Η Μινωική έκρηξη

Η Μινωική έκρηξη και τα ρυοδακτιικά προϊόντα της έχουν περιγραφεί εκτενώς από διάφορους συγγραφείς (π.χ. Druitt and Francaviglia, 1992). Λεπτομερείς χάρτες πάχους και φάσεων του **Μινωικού Τόφφου (rp7)** έχουν παρουσιαστεί από τους Heiken and McCoy (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999). Η Μινωική έκρηξη έλαβε χώρα σε μια ρηγή, πλημμυρισμένη καλδέρα. Ένα κεντρικό νησί πιθανότατα υπήρχε στην καλδέρα (Druitt and Francaviglia, 1992).

Σύμφωνα με τους Sigurdsson et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999) η κύρια έκρηξη ξεκίνησε με μία Πλινιακή φάση από ένα χερσαίο πόρο κοντά στη Νέα Καμένη (πιθανότατα στο κεντρικό νησί), κατά την οποία η εκρηκτική στήλη έφτασε σε ένα ύψος των περίπου 36 km. Ο σχηματισμός του Μινωικού Τόφφου απαντάται σε όλη τη Σαντορίνη. Οι αποθέσεις από τις εκρηκτικές φάσεις 1 - 3 συνενώθηκαν και έχουν χαρτογραφηθεί ως **rp7a**, ενώ η φάση 4 έχει χαρτογραφηθεί ως **rp7b**.

Σύμφωνα με τον Pyle (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999), η έκρηξη εκφόρτισε συνολικά τουλάχιστον  $30 \text{ km}^3$  ρυοδακτιικού μάγματος. Επιπρόσθετα του όγκου που εκτιμήθηκε, ένας άγνωστος και πιθανότατα σημαντικός όγκος πυροκλαστικών αποθέσεων πρέπει να είχε παγιδευτεί εντός της προϋπάρχουσας καλδέρας και στη συνέχεια κατέπεσε λόγω της κατάρρευσης της καλδέρας που σχετίζεται με τη Μινωική έκρηξη. Σύμφωνα με τους Friedrich et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999), η έκρηξη προτείνουν ότι συνέβη κατά το δεύτερο μισό του 17<sup>ου</sup> αιώνα π.Χ..

#### **Κατάρρευση της καλδέρας 4**

Η κατάρρευση κατά τη διάρκεια της Μινωικής έκρηξης εμβάθυνε και διεύρυνε την υπάρχουσα καλδέρα, σχηματίζοντας τη σημερινή καλδέρα. Στη νότια Θήρα, η κατάρρευση περιέκοψε τη σφήνα του "Πυροκλαστικού Σχηματισμού Θήρας" που ήταν αποθεμένη και κάλυπτε το προ-ηφαιστειακό νησί και τα πρώιμα κέντρα της Χερσονήσου του Ακρωτηρίου. Στον Αθηνό, κατολισθήσεις κατά τη διάρκεια της Μινωικής κατάρρευσης ξέθαψαν το βορειοδυτικό γκρεμό του προ-ηφαιστειακού νησιού, αφήνοντας απομονωμένα απομεινάρια των πρώιμων προϊόντων του "Πυροκλαστικού Σχηματισμού Θήρας" που κάλυπταν τις πλαγιές του υποβάθρου. Σύμφωνα με τους Druitt et al. (1999), φαίνεται πιθανό ότι οι τρεις θραύσεις (ανοίγματα) της σημερινής καλδέρας σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της Μινωικής κατάρρευσης. Από τις θραύσεις αυτές δημιουργήθηκαν απότομοι κρημνοί, οι οποίοι σχηματίστηκαν από μεγάλες περιστροφικές κατολισθήσεις μέσα στην καλδέρα.

#### **Νησιά Καμένες (197 π.Χ. - 1950 μ.Χ.)**

Η ιστορική ηφαιστειότητα στη Σαντορίνη έχει δημιουργήσει τα σημερινά νησιά της Παλαιάς και Νέας Καμένης (**Δακίτες των Νήσων Καμένων (dk)**). Αυτά είναι η χερσαία έκφραση ενός ηφαιστείου εντός της καλδέρας 2.5 km<sup>3</sup> σε όγκο, 3.5 km σε διάμετρο, η κορυφή του οποίου υψώνεται 500 m πάνω από τον πυθμένα της καλδέρας. Η κατασκευή του οικοδομήματος πιθανότατα ξεκίνησε σύντομα μετά τη Μινωική έκρηξη. Το ηφαίστειο ξεκίνησε να εκρήγνυται το 197 π.Χ. και η τελευταία έκρηξη ήταν το 1950 μ.Χ.. Σύμφωνα με τους Barton and Huijsmans, Conticelli et al. και Francalanci et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999) τα χερσαία προϊόντα είναι ομοιόμορφα δακίτικα. Οι Fytikas et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999) κατέγραψαν εννέα χερσαία εκρηκτικά επεισόδια. Χρονολογικά, ο σχηματισμός αυτός απαρτίζεται από τα ακόλουθα γεγονότα:

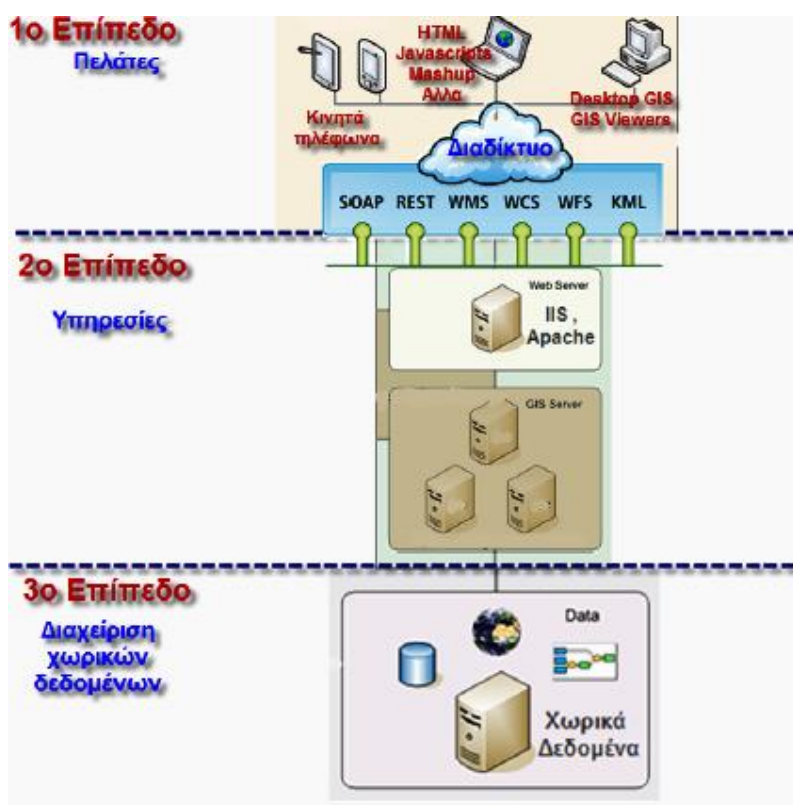
- 197 π.Χ.: Η εκρηκτική δραστηριότητα δημιούργησε έναν πυροκλαστικό κώνο που ονομάστηκε Ιερά. Οι Fytikas et al. (όπως αναφέρεται στο Druitt et al., 1999) πιστεύουν ότι τα ερείπια αυτού του κώνου δεν εκτίθενται πλέον πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.
- 46 - 47 μ.Χ.: Η εκλυτική δραστηριότητα σχημάτισε το νησί Θεία, το οποίο πιστεύεται ότι είναι η σημερινή Παλαιά Καμένη.
- 726 μ.Χ.: Μετά από μία παύση επτά αιώνων, εκρηκτική δραστηριότητα σημειώθηκε σε ένα κέντρο κοντά στην Παλαιά Καμένη, διασπείροντας κίσηρη σε όλη τη Μικρά Ασία. Αυτή πιθανότατα ακολουθήθηκε από ηφαιστειοτεκτονική κατάρρευση, δημιουργώντας τον απότομο βορειοανατολικό γκρεμό της Παλαιάς Καμένης, έπειτα από την έκλυση των λαβών του Αγίου Νικολάου του 726 μ.Χ..
- 1570 - 1573 μ.Χ.: Η δραστηριότητα μετατοπίστηκε προς τα βορειοανατολικά και σχηματίστηκε το νησί της Μικρής Καμένης.
- 1707 - 1711 μ.Χ.: Η έκρηξη ξεκίνησε στη δυτική πλαγιά της Μικρής Καμένης με πολύ αργή έκλυση λάβας. Η μετέπειτα εναλλαγή εκλυτικών και εκρηκτικών εκρήξεων σχημάτισε τη Νέα Καμένη κατά τα επόμενα τέσσερα χρόνια.
- 1866 - 1870 μ.Χ.: Η έκρηξη ξεκίνησε με αργή έκλυση λάβας. Δύο ημέρες αργότερα, οι πρώτες εκρήξεις ξεκίνησαν και το ύψος της εκρηκτικής στήλης έφθασε τα 2 km. Συνολικά υπήρχαν τρία εκρηκτικά κέντρα: α) Γεωργίου, το οποίο ήταν ενεργό συνεχώς, β) Αφρόεσσας, που χαρακτηριζόταν από αργή και μετά γρήγορη έκλυση λάβας και γ) το κέντρο των Νησίδων του Μάη, το οποίο αναδύθηκε από τη θάλασσα στα ανοικτά της δυτικής ακτής της Νέας Καμένης.
- 1925 - 1928 μ.Χ.: Η δραστηριότητα ξεκίνησε με πίδακες νερού, ακολουθούμενη από την πρώτη λάβα και τις εκρήξεις. Σύντομα οι εκρήξεις μετατοπίστηκαν προς τα βορειοδυτικά, στο κέντρο της Δάφνης. Η εκρηκτική δραστηριότητα κυριάρχησε στη Δάφνη, με νέφη που έφθαναν τα 3 km. Μερικές μικρές πυροκλαστικές ροές παράχθηκαν από αυτό το κέντρο. Μία μακρά περίοδος παύσης σημειώθηκε μεταξύ του Μαΐου του 1926 και του Ιανουαρίου του 1928, πριν από την εκλυτική δραστηριότητα που τερμάτισε την έκρηξη.
- 1939 - 1941 μ.Χ.: Η έκρηξη ξεκίνησε με μια υποθαλάσσια έκρηξη. Η δραστηριότητα μετά μετατοπίστηκε στο κέντρο της Νέας Καμένης, όπου η έκλυση λάβας δημιούργησε τις ροές και τους θόλους των Κτενά, Fouqué, Smith - Reck και Νίκης. Σε κάθε περίπτωση, φρεατικές εκρήξεις προηγήθηκαν της εμφάνισης λάβας.
- 1950 μ.Χ.: Μετά από κάποια φρεατική δραστηριότητα, η έκλυση της λάβας του Λιάτσικα έλαβε χώρα. Η τελική φρεατική φάση δημιούργησε το "διπλού-χωνιού" κρατήρα.

### 3. Μεθοδολογία

Ο όρος Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Σ.Γ.Π. - GIS) πρωτοαναφέρθηκε από τον Roger Tomlinson το 1968 στην εργασία του "Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών για χωροταξία" και το οποίο χρησιμοποιήθηκε από την κυβέρνηση του Καναδά ως μία εφαρμογή γραφείου<sup>5,6</sup>. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν, οι υπολογιστές και το διαδίκτυο έγιναν προσιτά σε μεγαλύτερο τμήμα του ανθρώπινου πληθυσμού. Η μαζική πρόσβαση προς αυτά, οδήγησε εξελικτικά στη μετάβαση των Σ.Γ.Π. από αποκλειστικές εφαρμογές γραφείου στη λειτουργία τους ως εργαλεία διαμέσου των οποίων θα γίνεται η διάχυση της πληροφορίας στο διαδίκτυο. Έτσι το 1993 υλοποιήθηκε ο πρώτος χαρτογραφικός εξυπηρετητής (Xerox PARC Map Viewer), ο οποίος παρείχε διαδραστική ανάκτηση πληροφοριών<sup>7,8</sup>. Μερικά ευρέως γνωστά παραδείγματα χαρτογραφικών εξυπηρετητών αποτελούν τα OpenStreetMap (2004)<sup>7,9</sup>, Google Maps (2005)<sup>7,10</sup> και Oni Maps της Nokia ή πλέον HERE Maps (2009)<sup>7,11</sup>.

Η υποστήριξη δυναμικών χαρτών στο διαδίκτυο γίνεται κυρίως με τη βοήθεια των χαρτογραφικών εξυπηρετητών και των υπηρεσιών που αναπτύσσονται σε αυτούς. Ο κύριος σκοπός ενός χαρτογραφικού εξυπηρετητή είναι η φιλοξενία και η διανομή υπηρεσιών στους χρήστες του διαδικτύου. Επιπλέον παρέχει ένα σετ από εργαλεία με τα οποία γίνεται διαχείριση και παραμετροποίηση των υπηρεσιών του.

Οι χαρτογραφικοί εξυπηρετητές που λειτουργούν στο διαδίκτυο υιοθετούν ένα πολυεπίπεδο αρχιτεκτονικό μοντέλο (τριών ή και περισσότερων επιπέδων). Γενικά υπάρχει ο χρήστης (client) του εξυπηρετητή, ένας εξυπηρετητής διαδικτύου (web server) και ένας εξυπηρετητής εφαρμογών (application server). Παράλληλα υπάρχει ένας ή περισσότεροι εξυπηρετητές Σ.Γ.Π. (GIS server) και ένας ή περισσότεροι εξυπηρετητές της γεωγραφικής βάσης δεδομένων (data servers) (π.χ. Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Αρχιτεκτονική χαρτογραφικού εξυπηρετητή τριών επιπέδων (Ανδρουλακάκης, 2014).

<sup>5</sup> Geographic Information System, [https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system)

<sup>6</sup> UCGIS, <http://ucgis.org/ucgis-fellow/roger-tomlinson>

<sup>7</sup> Web mapping, [https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_mapping)

<sup>8</sup> Xerox PARC Map Viewer, [https://en.wikipedia.org/wiki/Xerox\\_PARC\\_Map\\_Viewer](https://en.wikipedia.org/wiki/Xerox_PARC_Map_Viewer)

<sup>9</sup> OpenStreetMap, <https://www.openstreetmap.org/>

<sup>10</sup> Google Maps, <https://www.google.gr/maps/>

<sup>11</sup> HERE Maps, <https://company.here.com/here/>

Οι χαρτογραφικές υπηρεσίες δεν χρησιμοποιούνται απευθείας από τους τελικούς χρήστες, αλλά από τις διάφορες εφαρμογές, καθώς δεν διαθέτουν ένα κατάλληλο περιβάλλον διαδραστικότητας με το χρήστη. Οι υπηρεσίες που δημιουργούνται με ένα χαρτογραφικό εξυπηρετητή είναι υπηρεσίες χαρτών, γεωκωδικοποιήσεων, γεωεπεξεργασίας, κ.ά.. Επίσης υποστηρίζονται υπηρεσίες του Open Geospatial Consortium (OGC)<sup>12</sup> όπως τα WMS, WFS, WCS, καθώς και υπηρεσίες του Google Earth<sup>13</sup> όπως το KML.

### 3.1 Αρχιτεκτονική διαδικτυακών υπηρεσιών (Web Services)

Οι βασικές τεχνολογίες που συνθέτουν τις διαδικτυακές υπηρεσίες<sup>14</sup> είναι η XML (Extensible Markup Language)<sup>15</sup> και η HTTP (Hypertext Transfer Protocol)<sup>16</sup>. Το HTTP είναι ένα πρωτόκολλο που υποστηρίζεται από όλες τις διαδικτυακές εφαρμογές για τη σύνδεση και επικοινωνία με τον παγκόσμιο ιστό διαδικτύου. Η XML παρέχει ένα τυποποιημένο τρόπο για την αναπαράσταση και αποθήκευση των δεδομένων, ενώ το XML σχήμα προσφέρει έναν τρόπο περιγραφής και επικύρωσης των τύπων δεδομένων. Ο συνδυασμός λοιπόν HTTP και XML, αποτελεί έναν ευέλικτο τρόπο για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας στο διαδίκτυο. Ωστόσο, απαιτούνται και άλλα διαδικτυακά πρότυπα για την περιγραφή, ανακάλυψη και δημοσίευση των υπηρεσιών, όπως το SOAP, το UDDI και το WSDL.

Το SOAP (Simple Object Access Protocol) καθορίζει ένα πρωτόκολλο για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των προγραμμάτων σε ετερογενές διαδικτυακό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες HTTP και XML. Ειδικότερα, το πρωτόκολλο SOAP προσδιορίζει έναν ομοιόμορφο τρόπο κωδικοποίησης μιας HTTP κεφαλίδας και τη μεταβιβάζει σε XML κωδικοποιημένα δεδομένα. Καθορίζει ακόμη έναν τρόπο για την εκτέλεση απομακρυσμένων διαδικαστικών κλήσεων (RPC - Remote Procedure Call), έτσι ώστε προγράμματα απομακρυσμένων υπολογιστών να μπορούν να ανταλλάξουν πληροφορίες. Εκτός όμως από το SOAP<sup>17</sup> μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα πρωτόκολλα REST, OGC και KML.

Για να υπάρχει όμως πρόσβαση στις διαδικτυακές υπηρεσίες, πρέπει πρώτα ένας χρήστης του διαδικτύου να τις εντοπίσει. Διάφορες λειτουργίες, μεταξύ των οποίων και η λειτουργία εντοπισμού, εκτελούνται από το πρωτόκολλο UDDI (Universal Description, Discovery and Integration), ένα μητρώο υπηρεσιών το οποίο είναι βασισμένο στην XML και επιτρέπει τους προμηθευτές υπηρεσιών να δημοσιεύσουν τις υπηρεσίες τους στο διαδίκτυο. Το UDDI χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο WSDL (Web Services Definition Language) για να περιγράψει τις διεπαφές στις διαδικτυακές υπηρεσίες και συνεργάζεται με το πρωτόκολλο SOAP για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των προγραμμάτων.

### 3.2 Αρχιτεκτονική διαδικτυακών υπηρεσιών κατά OGC (OGC Web Services)

Ο οργανισμός Open Geospatial Consortium (OGC)<sup>12</sup> έχει δημοσιεύσει προδιαγραφές για κοινή χρήση χαρτών (WMS), διανυσματικών αντικειμένων (WFS) και ψηφιδωτών (WCS) μέσω του διαδικτύου. Ο OGC πρότεινε μια αρχιτεκτονική για τη διάχυση και επεξεργασία των χωρικών δεδομένων και λειτουργιών μέσω του παγκόσμιου ιστού με την ονομασία OpenGIS Services Framework. Η αρχιτεκτονική αυτή δεν χρησιμοποιεί κατ' ανάγκη τις συνηθισμένες διαδικτυακές υπηρεσίες, όπως είναι το SOAP και το WSDL, ωστόσο είναι επιθυμητή για την εξασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ των διαδικτυακών υπηρεσιών (Web Services) και των διαδικτυακών υπηρεσιών κατά OGC (OGC Web Services). Επιπλέον, οι υπηρεσίες κατά OGC χρησιμοποιούν τη γλώσσα σήμανσης γεωγραφίας (Geography Markup Language - GML) για την κωδικοποίηση και μεταφορά γεωγραφικών δεδομένων, ενώ γενικά οι διαδικτυακές υπηρεσίες (Web) χρησιμοποιούν την XML για τη μεταφορά δεδομένων.

<sup>12</sup> Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org/>

<sup>13</sup> Google Earth, <https://www.google.com/earth/>

<sup>14</sup> Web Service, [https://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_service](https://en.wikipedia.org/wiki/Web_service)

<sup>15</sup> XML, <https://en.wikipedia.org/wiki/XML>

<sup>16</sup> HTTP, [https://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext\\_Transfer\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol)

<sup>17</sup> SOAP, <https://en.wikipedia.org/wiki/SOAP>



Οι χαρτογραφικές δικτυακές υπηρεσίες του OGC ομαδοποιούνται σε τέσσερα σύνολα:

- Υπηρεσίες δεδομένων (Data Services) που περιλαμβάνουν πρότυπα για την απευθείας πρόσβαση των δεδομένων όπως είναι η WFS (Web Feature Service), η WCS (Web Coverage Service), το SOS (Sensor Observation Service) και η SPS (Sensor Planning Service).
- Υπηρεσίες απεικόνισης (Portrayal Services) που περιέχουν προδιαγραφές για τη θέαση των δεδομένων όπως είναι το WMS (Web Map Service), το KML (Keyhole Markup Language), και το WTS (Web Terrain Service).
- Υπηρεσίες επεξεργασίας (Processing Services) που προσφέρουν εργαλεία και λειτουργίες χωρικής ανάλυσης, όπως είναι η WPS (Web Processing Service) και η WCTS (Web Coordinate Transformation Service).
- Υπηρεσίες καταλόγου (Catalog Services) όπως είναι η CSW (Catalogue Service for the Web) που ταξινομούν, καταγράφουν, και περιγράφουν τις προαναφερόμενες υπηρεσίες.

Οι παραπάνω υπηρεσίες διαθέτουν συγκεκριμένες λειτουργίες για τη σαφή διατύπωση των αιτημάτων (map request) από την μεριά του χρήστη (client) και την παροχή δεδομένων από τη μεριά του εξυπηρετητή (server), ο οποίος επεξεργάζεται το αίτημα και ανταποκρίνεται (response) με την αποστολή ενός XML αρχείου ή μιας εικόνας. Οι βασικότερες λειτουργίες των υπηρεσιών OGC που αναφέρθηκαν παραπάνω εμφανίζονται στη συνέχεια. Οι λειτουργίες αυτές περιέχουν αιτήματα του πελάτη προς τον εξυπηρετητή, που είναι της μορφής:

- **GetCapabilities:** Ο πελάτης αιτείται από τον εξυπηρετητή να τον ενημερώσει για τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα του, λαμβάνοντας σαν απάντηση ένα XML αρχείο.
- **GetMap:** Ο πελάτης αιτείται από τον εξυπηρετητή ένα συγκεκριμένο χάρτη, ο οποίος διατυπώνει με σαφήνεια το αίτημα του, προσδιορίζοντας τις απαραίτητες παραμέτρους. Ο εξυπηρετητής ανταποκρίνεται με την αποστολή προς τον πελάτη μιας εικόνας.
- **GetFeatureInfo:** Ο πελάτης αιτείται από τον εξυπηρετητή τις τιμές των περιγραφικών δεδομένων που συνοδεύουν τα δημοσιευμένα θεματικά επίπεδα. Ο εξυπηρετητής απαντά με ένα XML αρχείο, το οποίο περιέχει τις παραπάνω τιμές.
- **GetFeature:** Ο πελάτης αιτείται από τον εξυπηρετητή να του επιστρέψει σε διανυσματική μορφή τα δεδομένα ενός χάρτη και ο εξυπηρετητής επιστρέφει ένα GML αρχείο, στο οποίο είναι αποθηκευμένη σε μορφή κειμένου όλα τα διανυσματικά δεδομένα.
- **GetCoverage:** Ο πελάτης αιτείται για την επιστροφή των ψηφιδωτών δεδομένων που συνθέτουν ένα χάρτη. Ο εξυπηρετητής ανταποκρίνεται με την επιστροφή μιας εικόνας με όλα τα επίπεδα πληροφοριών, που την συνθέτουν.

### 3.3 Ανάπτυξη εφαρμογής (webGIS)

Η χαρτογραφική εφαρμογή που αναπτύχθηκε βασίζεται σε ένα αρχιτεκτονικό μοντέλο τριών επιπέδων. Στο κατώτερο επίπεδο υπάρχει μία γεωγραφική βάση δεδομένων (geodatabase) βασισμένη σε PostgreSQL/PostGIS<sup>18</sup>. Στο μεσαίο επίπεδο δημιουργούνται οι υπηρεσίες. Με τη βοήθεια του εξυπηρετητή Σ.Γ.Π. GeoServer<sup>19</sup> και του εξυπηρετητή διαδικτύου (web server) γίνονται διαθέσιμες οι υπηρεσίες προς τους πελάτες/χρήστες. Στο ανώτερο επίπεδο βρίσκονται οι χρήστες/πελάτες της εφαρμογής που μπορεί να είναι έξυπνα κινητά τηλέφωνα (smartphones), χρήστες που διαθέτουν κάποιο φυλλομετρητή διαδικτύου (thin clients) ή και χρήστες που διαθέτουν κάποιο λογισμικό Σ.Γ.Π. (thick clients). Η κατανάλωση των υπηρεσιών βασίστηκε στην ύπαρξη της χαρτογραφικής πλατφόρμας GET SDI Portal<sup>20</sup>.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είχε ως εξής (βλ. αναλυτικότερα στο Παράρτημα):

- i) Δημιουργία του διαθέσιμου πόρου μέσω ενός λογισμικού Σ.Γ.Π., π.χ. QGIS<sup>21</sup> (Εικόνα 9). Το QGIS αποτελεί ένα ανοιχτού κώδικα Σ.Γ.Π. του Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) γραμμένο σε C++, Python και Qt. Παρέχει μέσω των βασικών του λειτουργιών, αλλά και των δεκάδων δωρεάν

<sup>18</sup> PostgreSQL, <https://www.postgresql.org/>

<sup>19</sup> GeoServer, <http://geoserver.org/>

<sup>20</sup> GET SDI Portal, <https://github.com/GeospatialEnablingTechnologies/GET-SDI-Portal>

<sup>21</sup> QGIS, <http://www.qgis.org/en/site/>

προσθέτων που διαθέτει δυνατότητες θέασης, διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης πολλών τύπων διανυσματικών και ψηφιδωτών δεδομένων. Μέσω του QGIS γεωαναφέρθηκαν οι παρακάτω έντυποι/ψηφιακοί χάρτες (σε ένα εκ των κάτωθι προβολικών συστημάτων: EPSG 2100, EPSG 4326, EPSG 3857):

- Γεωλογικοί χάρτες της Σαντορίνης (Druitt et al. 1999, Druitt 2014)
- Χάρτες ρηξιγενών ζωνών της Σαντορίνης (Feuillet 2013, Nomikou et al. 2016)
- Χάρτης κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων της Σαντορίνης (Antonioni et al., 2015)
- Πεζοπορικός χάρτης Σαντορίνης - Θηρασιάς (Σαντορίνη - Θηρασιά, 2013)
- Γεωτουριστικός χάρτης της Σαντορίνης (Santorini, 2013)
- Χάρτες υδροθερμικών πηγών της Σαντορίνης (Tassi et al. 2013, Camilli et al. 2015, Nomikou et al. 2012a, Sigurdsson et al. 2006, Kiliyas et al. 2013)
- Χάρτης ιστορικού κατολισθήσεων της Σαντορίνης (Antonioni and Lekkas, 2010).  
Επίσης μέσω του QGIS ψηφιοποιήθηκαν/χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω θεματικά (διανυσματικά/ψηφιδωτά) επίπεδα (σε ένα εκ των κάτωθι προβολικών συστημάτων: EPSG 2100, EPSG 4326):
- Γεωλογικός χάρτης (Druitt, 2014)
- Ρηξιγενείς ζώνες (Feuillet 2013, Druitt 2014, Nomikou et al. 2016)
- Υδροθερμικές πηγές (Tassi et al. 2013, Camilli et al. 2015, Nomikou et al. 2012a, Sigurdsson et al. 2006, Kiliyas et al. 2013)
- Ιστορικό σεισμών (Papazachos et al. 2000a, 2010, άλλες πηγές<sup>22</sup>)
- Ιστορικό κατολισθήσεων (Antonioni and Lekkas 2010, Lekkas et al. 2013a, Μπασιγιουράκης 2006, άλλες πηγές<sup>23,24,25,26</sup>)
- Ιστορικό τσουνάμι (Papadopoulos and Chalkis, 1984)
- Ιστορικό πλημμυρών (άλλες πηγές<sup>27,28,29</sup>)
- Ιστορικό διάβρωσης<sup>13</sup>
- Μονοπάτια (Σαντορίνη - Θηρασιά 2013, Santorini 2013, άλλες πηγές<sup>10</sup>)
- Σταθμοί μετρήσεων (άλλες πηγές<sup>30,31,32</sup>)
- Οικισμοί (Σαντορίνη - Θηρασιά 2013, άλλες πηγές<sup>9,10,33,34,35</sup>)
- Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου ισοδιάστασης 15 m<sup>36</sup>
- Χάρτης κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων (Antonioni et al., 2015)
- Ακτογραμμή της Ελλάδας<sup>34</sup>
- Οδικό δίκτυο (Antonioni et al. 2015, άλλες πηγές<sup>9,10</sup>)
- Υδρογραφικό δίκτυο (Antonioni et al., 2015)

<sup>22</sup> Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ., Κατάλογος σεισμών με μέγεθος  $M > 2.0$  (01/01/1995 - 30/06/2015), Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, <http://geophysics.geo.auth.gr/ss/CATALOGS/preliminary/finalcat.cat>

<sup>23</sup> Κόκκινη παραλία και Αποθήκες στο επίκεντρο γεωλογικής έρευνας, Ατλαντίς, [http://atlantis-santorini.net/kokkini\\_paralia\\_k\\_apothikes\\_sto\\_epikentro\\_geologikis\\_erevnas/](http://atlantis-santorini.net/kokkini_paralia_k_apothikes_sto_epikentro_geologikis_erevnas/)

<sup>24</sup> Κατολισθήση στην Κόκκινη Παραλία - ευτυχώς νύχτα, Ατλαντίς, [http://atlantis-santorini.net/katolisthisi\\_stin\\_kokkini\\_paralia\\_eftyhos\\_nyhta/](http://atlantis-santorini.net/katolisthisi_stin_kokkini_paralia_eftyhos_nyhta/)

<sup>25</sup> Έγγραφο "φωτιά" για την Κόκκινη Παραλία, Ατλαντίς, [http://atlantis-santorini.net/eggrafo\\_fotia\\_gia\\_tin\\_kokkini\\_paralia/](http://atlantis-santorini.net/eggrafo_fotia_gia_tin_kokkini_paralia/)

<sup>26</sup> Νεσφυγέ Λ. και Κρίκης Σ., 'Μια τραγωδία που είχε προαναγγελθεί', Τα Νέα 24 Μαΐου 2011, σελ. 15

<sup>27</sup> Στο έλεος των πλημμυρών και του κυβερνητικού εμπαιγμού, Ριζοσπάστης, <http://www.rizospastis.gr/page.do?id=5149&publDate=6%2F1%2F2005&pageNo=12>

<sup>28</sup> Η βροχή προκάλεσε καταστροφές, Ριζοσπάστης, <http://www.rizospastis.gr/page.do?publDate=23/9/2008&id=10086&pageNo=24>

<sup>29</sup> «Μετεωρολογικά στοιχεία για το Σεπτέμβριο», NewsBlog, <http://www.newsblog.gr/meteorologika-stoixeia-gia-ton-septe/>

<sup>30</sup> Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, <http://www.gein.noa.gr/el/>

<sup>31</sup> Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας - Κέντρο Δορυφόρων Διονύσου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, [http://dionysos.survey.ntua.gr/dsoportal/\\_dataanalysis/BERN52PROC/netprocinfo.php?network=santorini](http://dionysos.survey.ntua.gr/dsoportal/_dataanalysis/BERN52PROC/netprocinfo.php?network=santorini)

<sup>32</sup> SEISMO Platform - Πλατφόρμα Παρακολούθησης Γεωδυναμικών και Τσουναμιγενών Συμβάντων Νοτίου Αιγαίου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, [http://dionysos.survey.ntua.gr/SEISMO/\\_datacenter/TG/netdatainfo.php?network=TG](http://dionysos.survey.ntua.gr/SEISMO/_datacenter/TG/netdatainfo.php?network=TG)

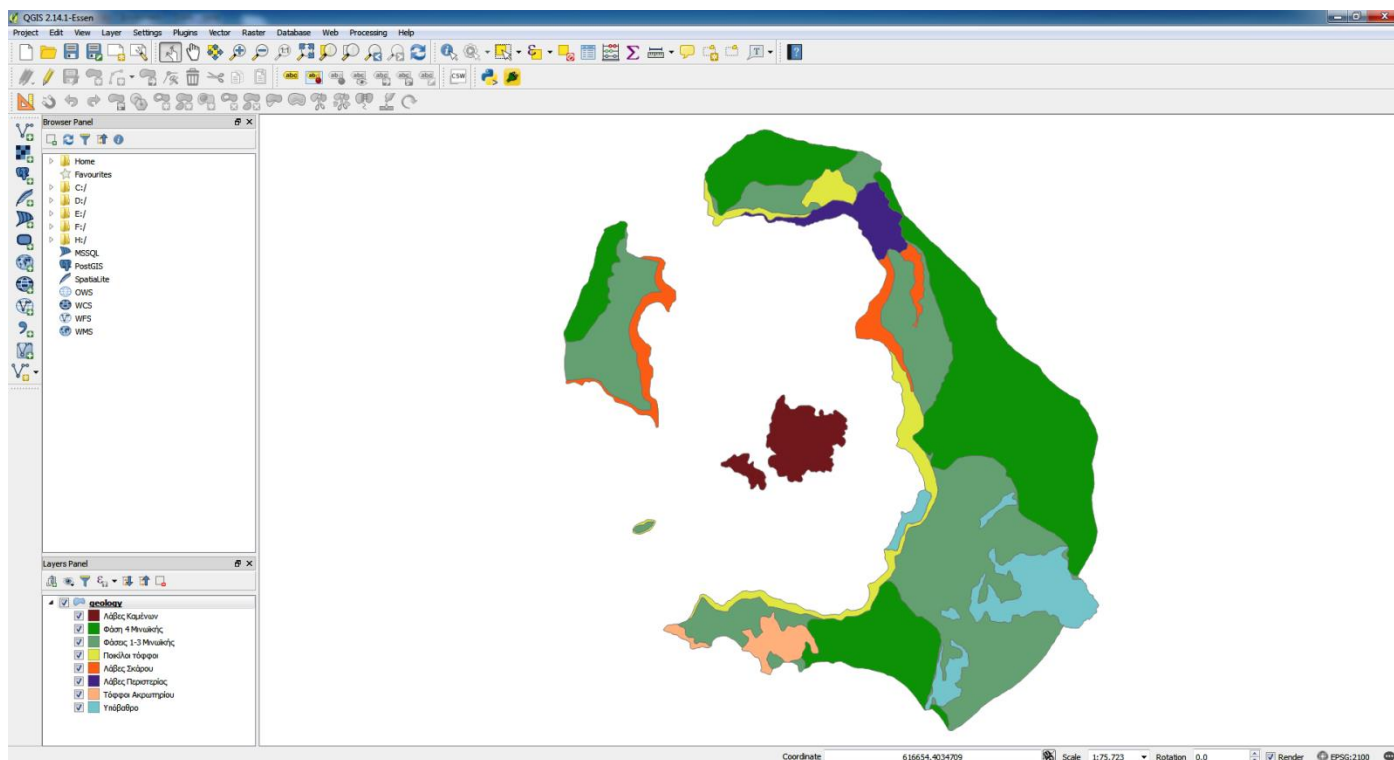
<sup>33</sup> Χρυσός Οδηγός, <http://www.xo.gr/maps/>

<sup>34</sup> Geodata.gov.gr, <http://geodata.gov.gr/>

<sup>35</sup> Street View, <https://www.google.gr/maps/>

<sup>36</sup> Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου, ΕΜΠ, Αθήνα

- Δίκτυο Natura 2000 και προστατευόμενες περιοχές<sup>34</sup>
- Μεταφορές (Σαντορίνη - Θηρασιά 2013, άλλες πηγές<sup>9,10,35,37</sup>)
- Υποδομές δήμου (Σαντορίνη - Θηρασιά 2013, άλλες πηγές<sup>10,35,38</sup>)
- Αξιοθέατα (Σαντορίνη - Θηρασιά 2013, Santorini 2013, άλλες πηγές<sup>1,10,35,39,40,41,42,43</sup>)
- Παραλίες (άλλες πηγές<sup>1,9,10,33,39,40,41,42</sup>)



Εικόνα 9: Γραφικό περιβάλλον QGIS<sup>21</sup>.

- ii) Δημιουργία εικονιδίων μορφότυπου SVG (Scalable Vector Graphics) μέσω ενός λογισμικού επεξεργασίας εικόνας, π.χ. Inkscape<sup>44</sup> (Εικόνα 10). Το Inkscape αποτελεί ένα ανοιχτού κώδικα λογισμικό επεξεργασίας διανυσματικών γραφικών γραμμένο σε C++ με gtkmm και Python, που χρησιμοποιεί το ανοιχτό πρότυπο SVG του World Wide Web Consortium (W3C) για τη δημιουργία μίας ευρείας γκάμας γραφικών, όπως εικόνες, εικονίδια, λογότυπα, διαγράμματα, χάρτες και γραφικά διαδικτύου. Μέσω του Inkscape κατασκευάστηκαν τα εικονίδια που θα χρησιμοποιηθούν στο συμβολισμό (SLD) των διανυσματικών θεματικών επιπέδων μέσω του QGIS και του uDig<sup>45</sup> (Εικόνα 11). Το uDig αποτελεί και αυτό ένα ανοιχτού κώδικα Σ.Γ.Π. της Refractions Research γραμμένο σε Java. Τα αρχεία συμβολισμού (SLD), προκειμένου να αναγνωριστούν και να αποτυπωθούν σωστά η ελληνική γραμματοσειρά στο υπόμνημα, τροποποιήθηκαν μέσω του Notepad++<sup>46</sup> (Εικόνα 12). Το Notepad++ αποτελεί ένα ανοιχτού κώδικα λογισμικό επεξεργασίας πηγαίου κώδικα και κειμένου γραμμένο σε C++, το οποίο υποστηρίζει πολλές γλώσσες.

<sup>37</sup> KTEA Θήρας Α.Ε., <http://ktel-santorini.gr/ktel/index.php/el/map-gr>

<sup>38</sup> Δήμος Θήρας, <http://www.thira.gr/2012-09-13-06-57-40.html#!/catid=2>

<sup>39</sup> Santorini 365, <http://www.santorini365.com/>

<sup>40</sup> Santorini island guide, <http://www.santorini-islandguide.com/>

<sup>41</sup> Santorini island - myGreece.travel, <http://www.santorini-travel.gr/>

<sup>42</sup> Santorini-hotels.gr, <http://www.santorini-hotels.gr/>

<sup>43</sup> Estia of Pyrgos, <http://www.santorinipyrgos.com/>

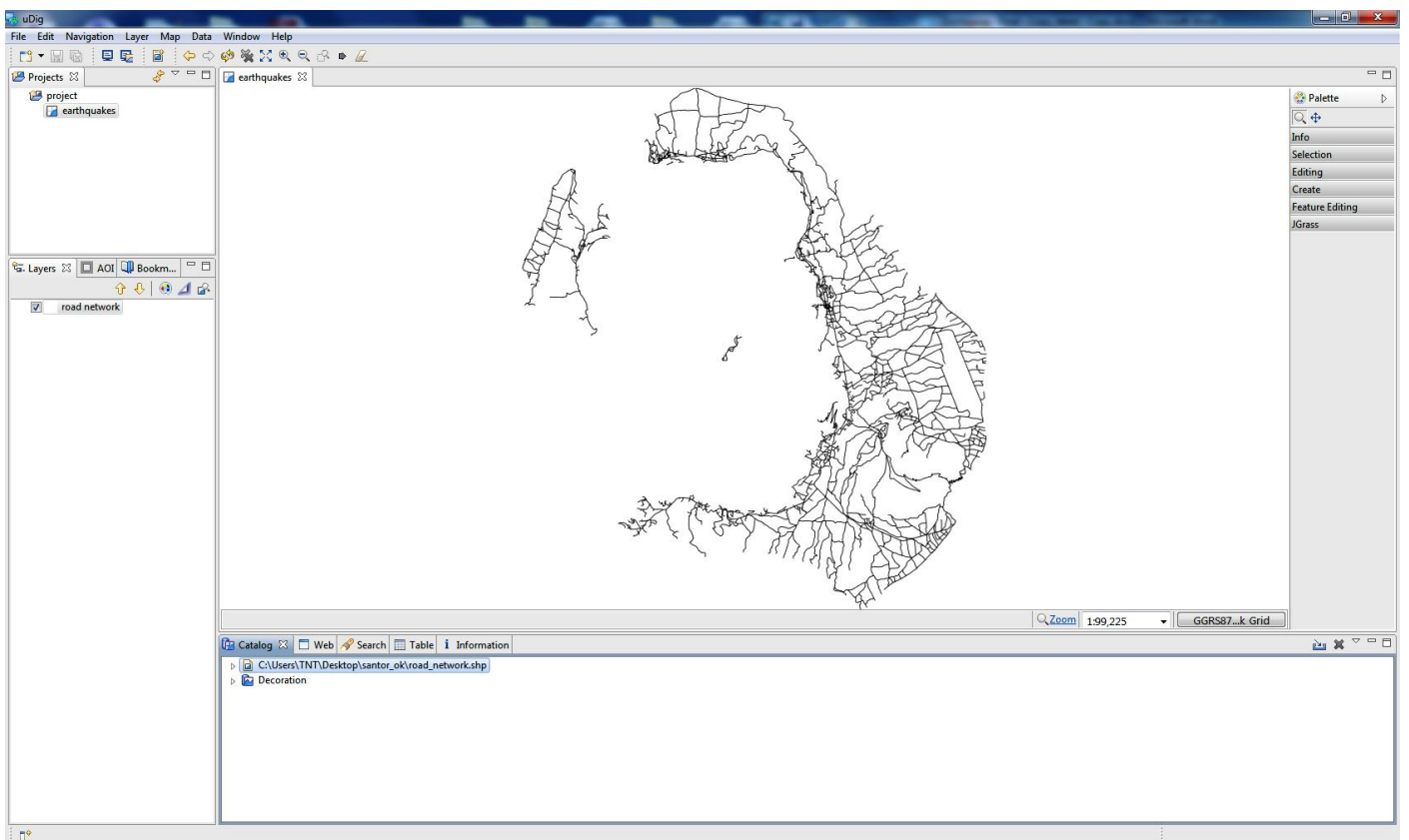
<sup>44</sup> Inkscape, <https://inkscape.org/en/about/>

<sup>45</sup> uDig, <http://udig.refractions.net/>

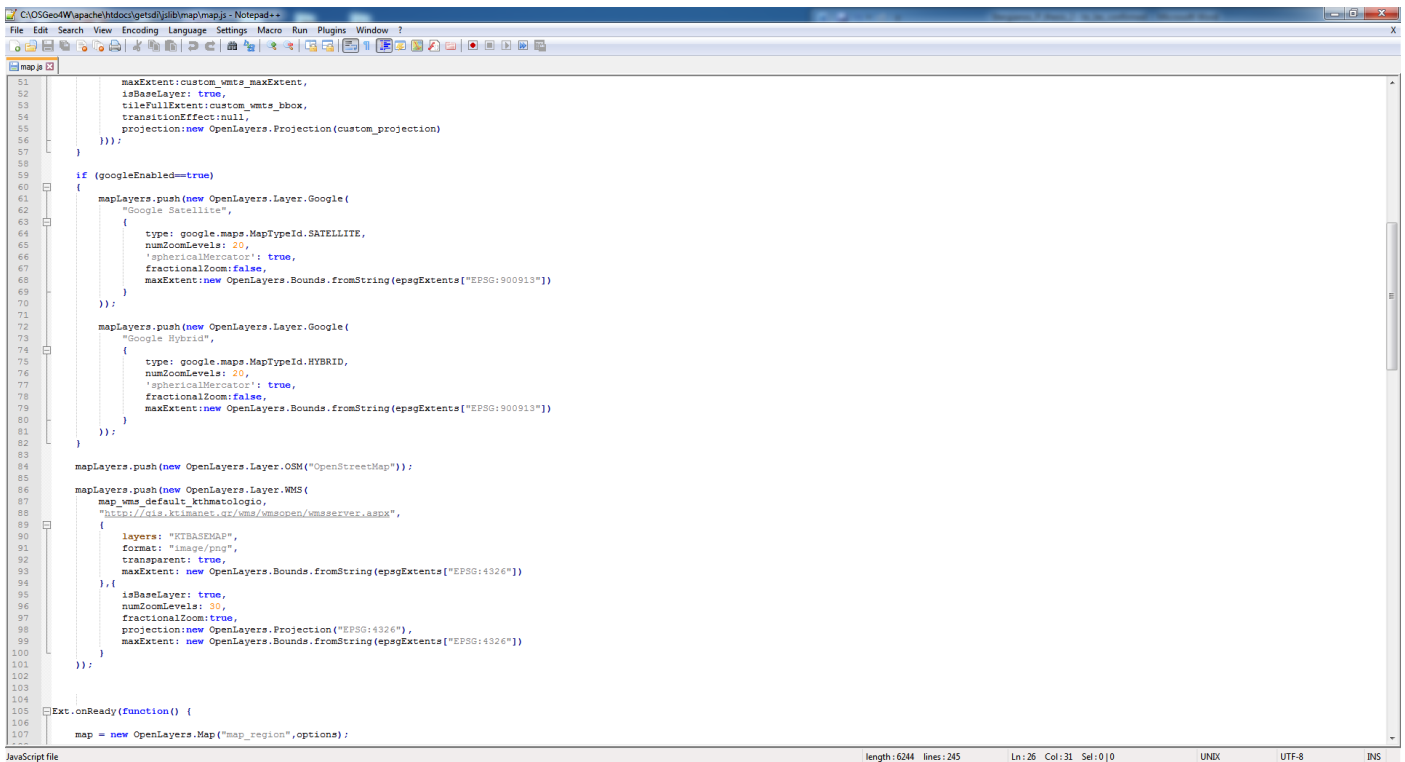
<sup>46</sup> Notepad++, <https://notepad-plus-plus.org/>



Εικόνα 10: Γραφικό περιβάλλον Inkscape<sup>44</sup>.



Εικόνα 11: Γραφικό περιβάλλον uDig<sup>45</sup>.

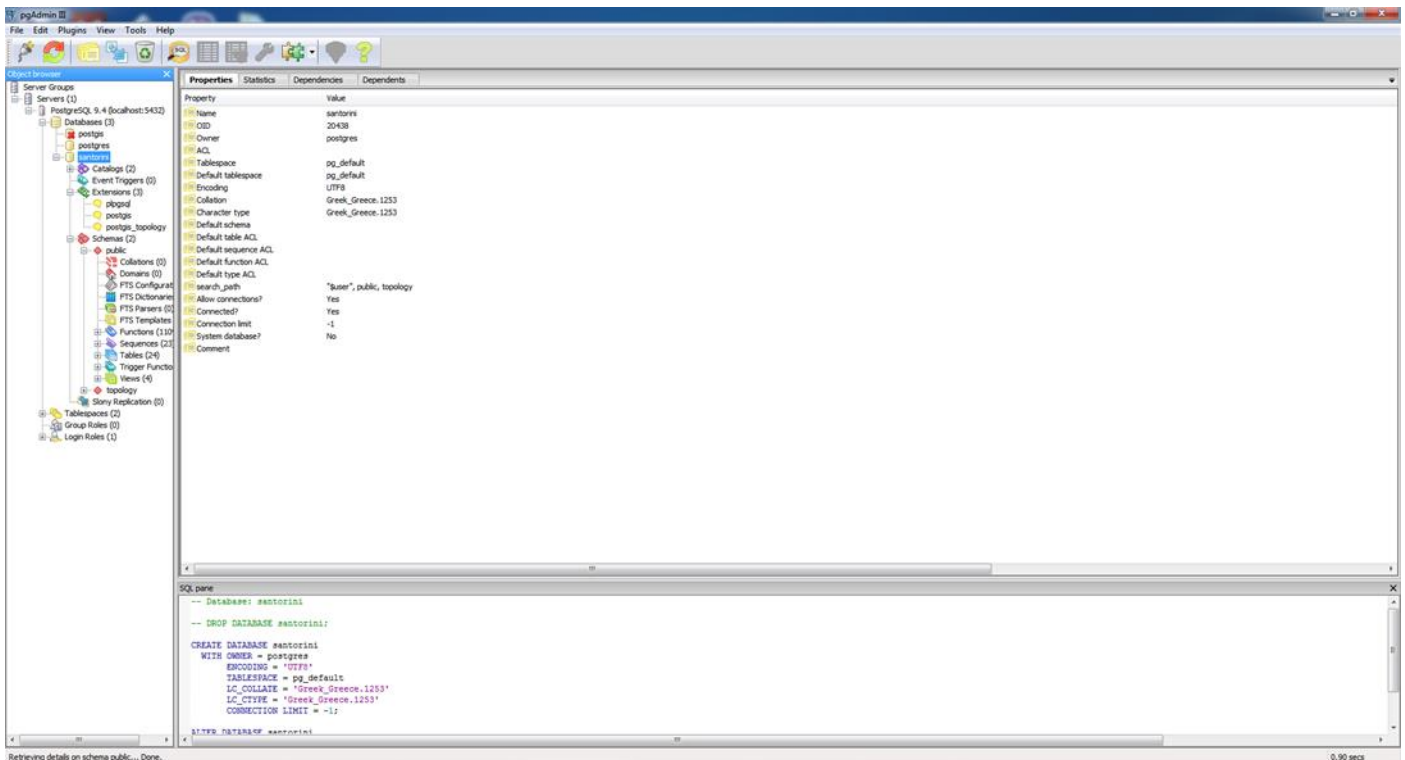


```
51     maxExtent: custom_wmts_maxExtent,
52     isBaseLayer: true,
53     tileFullExtent: custom_wmts_bbox,
54     transitionEffect: null,
55     projection: new OpenLayers.Projection(custom_projection)
56   });
57
58
59   if (googleEnabled==true)
60   {
61     mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.Google(
62       "Google Satellite",
63       {
64         type: google.maps.MapTypeId.SATELLITE,
65         numZoomLevels: 20,
66         'sphericalMercator': true,
67         fractionalZoom: false,
68         maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsgExtents["EPSG:900913"])
69       }
70     ));
71
72     mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.Google(
73       "Google Hybrid",
74       {
75         type: google.maps.MapTypeId.HYBRID,
76         numZoomLevels: 20,
77         'sphericalMercator': true,
78         fractionalZoom: false,
79         maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsgExtents["EPSG:900913"])
80       }
81     ));
82   }
83
84   mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.OSM("OpenStreetMap"));
85
86   mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.WMS(
87     map_wms_default_kthmatologie,
88     "http://gis.kthmatol.gr/wms/wmsopen/wmsserver.aspx",
89     {
90       layers: "KTBASEMAP",
91       format: "image/png",
92       transparent: true,
93       maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsgExtents["EPSG:4326"])
94     }, {
95       isBaseLayer: true,
96       numZoomLevels: 20,
97       fractionalZoom: true,
98       projection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
99       maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsgExtents["EPSG:4326"])
100     }
101   ));
102
103
104
105 Ext.onReady(function() {
106   map = new OpenLayers.Map("map_region", options);
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

Εικόνα 12: Γραφικό περιβάλλον Notepad++<sup>46</sup>.

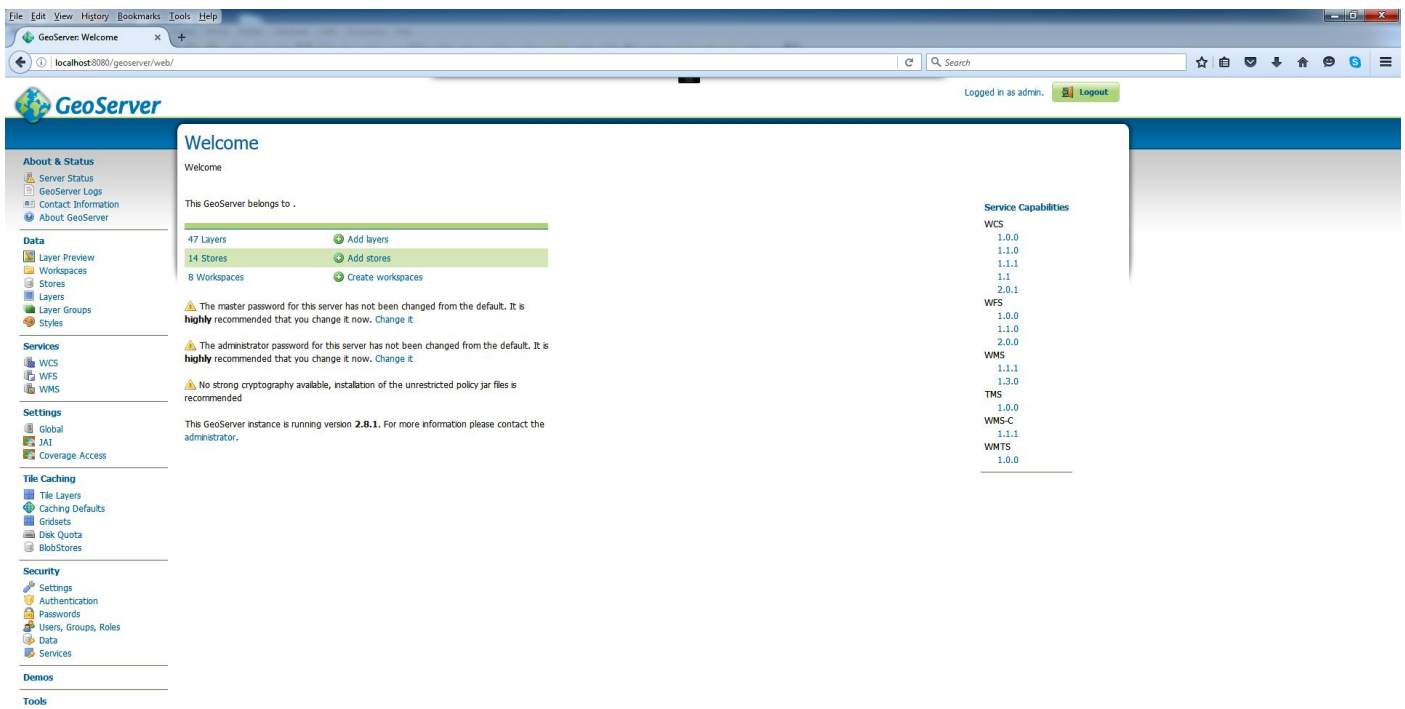
iii) Δημιουργία χωρικών βάσεων δεδομένων μέσω ενός λογισμικού διαχείρισης βάσεων δεδομένων, π.χ. PostgreSQL<sup>47</sup> (Εικόνα 13). Η PostgreSQL αποτελεί ένα ανοιχτού κώδικα αντικειμενο-σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ORDBMS) του PostgreSQL Global Development Group γραμμένη σε C, δίνοντας έμφαση στην επεκτασιμότητα και στα πρότυπα συμμόρφωσης. Κύρια λειτουργία της είναι η ασφαλής αποθήκευση δεδομένων, η υποστήριξη βέλτιστων πρακτικών, επιτρέποντας την ανάκτηση δεδομένων μέσω αιτημάτων από άλλες εφαρμογές, υποστηρίζοντας από απλές μέχρι σύνθετες και απαιτητικές εφαρμογές. Μέσω της PostgreSQL, η οποία υποστηρίζει γεωγραφικά αντικείμενα μέσω της επέκτασης PostGIS, δίνεται η δυνατότητα να τίθενται χωρικά ερωτήματα προς τις βάσεις δεδομένων.

<sup>47</sup> PostgreSQL, <http://www.postgresql.org/>



Εικόνα 13: Γραφικό περιβάλλον PostgreSQL/PostGIS<sup>47</sup>.

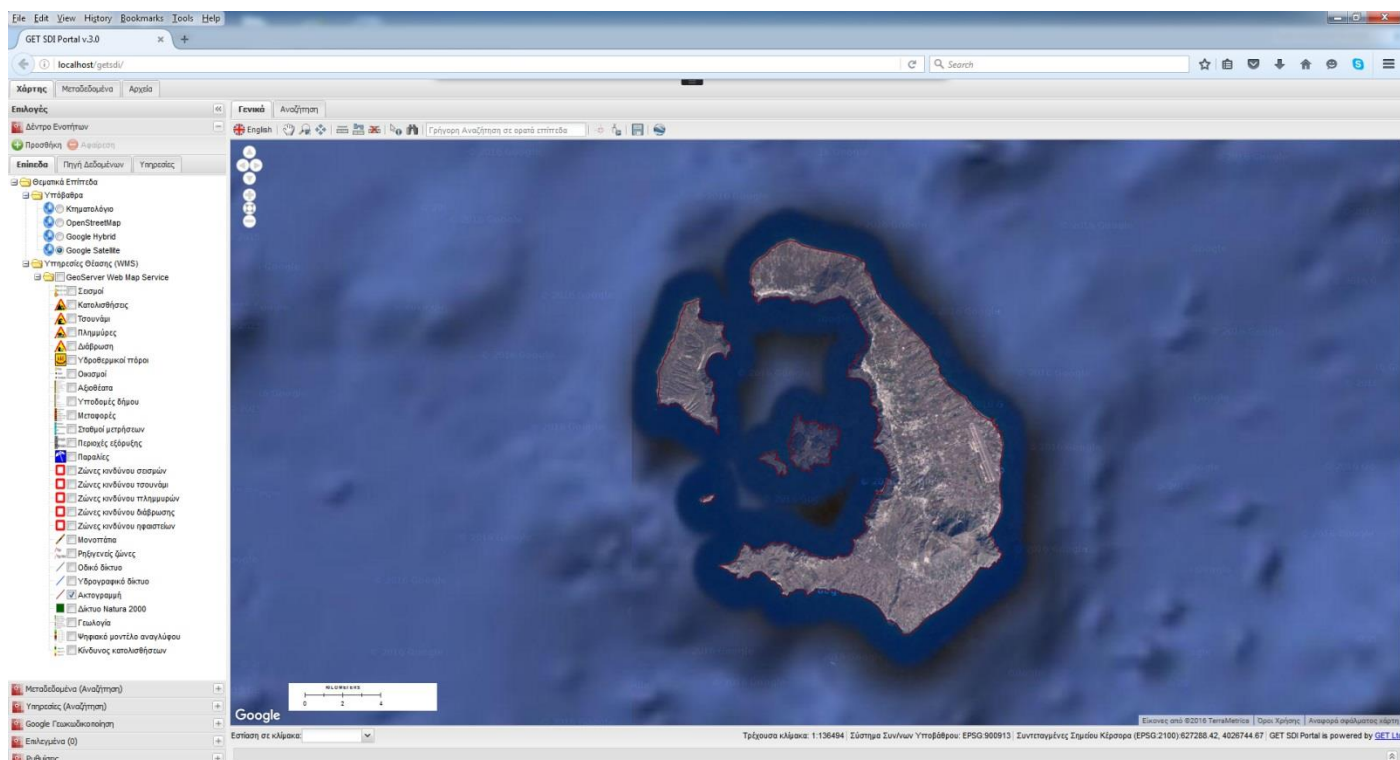
iv) Δημοσίευση θεματικών επιπέδων (διανυσματικών και ψηφιδωτών) μέσω ενός λογισμικού εξυπηρετητή Σ.Γ.Π., π.χ. Geoserver<sup>48</sup> (Εικόνα 14). Ο Geoserver αποτελεί έναν ανοιχτού κώδικα εξυπηρετητή Σ.Γ.Π. των Boundless και GeoSolutions γραμμένο σε Java, που επιτρέπει τη θέαση, επεξεργασία και διαμοιρασμό γεωχωρικών δεδομένων. Χρησιμοποιεί μεταξύ άλλων και τα πρότυπα του Open Geospatial Consortium (OGC) και παρέχει μεγάλη ευελιξία στη δημιουργία χαρτών και το διαμοιρασμό των δεδομένων.



Εικόνα 14: Γραφικό περιβάλλον Geoserver<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> Geoserver, <http://geoserver.org/>

- ν) Κατανάλωση υπηρεσιών μέσω μίας πλατφόρμας θέασης και επεξεργασίας, π.χ. GET SDI Portal<sup>49</sup> (Εικόνα 15). Το GET SDI Portal αποτελεί μία ανοιχτού κώδικα χαρτογραφική πλατφόρμα της GET για την ανάπτυξη διαδικτυακών χαρτογραφικών εφαρμογών και χωρικά ενεργοποιημένων διαδικτυακών πυλών (geoportals). Είναι συμβατό μεταξύ άλλων και με τα πρότυπα του Open Geospatial Consortium (OGC) και παρέχει δυνατότητες ενσωμάτωσης πολλαπλών διαφορετικών υπηρεσιών στον ίδιο χάρτη, θέασης, μεταφόρτωσης, αναζήτησης, ανάλυσης, επεξεργασίας και αναζήτησης σε καταλόγους μεταδεδομένων. Η ανάπτυξη του έχει βασιστεί σε εργαλεία ανοιχτού κώδικα όπως OpenLayers, ExtJS, GeoExt και Proj4js. Το GET SDI Portal έχει παραμετροποιηθεί να λειτουργεί τοπικά μέσω Apache και PHP που έχουν προεγκατασταθεί<sup>50</sup>.



Εικόνα 15: Γραφικό περιβάλλον της πλατφόρμας GET SDI Portal<sup>49</sup> με τα διαθέσιμα θεματικά επίπεδα.

## 4. Φυσικοί κίνδυνοι

### 4.1 Σεισμικός κίνδυνος

Το χειρότερο σενάριο ενός σεισμού, προϋποθέτει τη διάρρηξη του συνολικού μήκους της επιφάνειας διάρρηξης ενός ρήγματος. Σύμφωνα με τους Wells and Coppersmith (1994), σε σεισμούς μεγέθους  $M_w < 6.0$  μπορεί να μη διαρρηχθεί η επιφάνεια του εδάφους.

Η ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II (Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000, 2003). Σύμφωνα με τους καταλόγους σεισμικότητας (Papazachos et al. 2000a, 2010, Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ.<sup>22</sup>), κατασκευάστηκε ο χάρτης ιστορικού σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης (Εικόνα 16). Ο κατάλογος είναι ομογενής ως προς το μέγεθος, αφού όλα τα μεγέθη των σεισμών αναφέρονται στην κλίμακα σεισμικής ροπής ( $M_w$ ) και περιλαμβάνει σεισμούς με μέγεθος  $M_w > 6.0$  από το 550 π.Χ.,  $M_w > 4.9$  από το 1911 και  $M_w > 4.5$  από το 1950 έως και το Δεκέμβριο του 2010 (Papanikolaou and Papanikolaou, 2007). Σύμφωνα με τους Papazachos et al. (όπως αναφέρεται στο Papanikolaou and Papanikolaou, 2007) το ιστορικό αρχείο θεωρείται πλήρες για ρηχές εκδηλώσεις ( $h < 60$  km), για  $M_w > 6.5$  από το 1845 και για  $M_w > 7.3$  από το 1500.

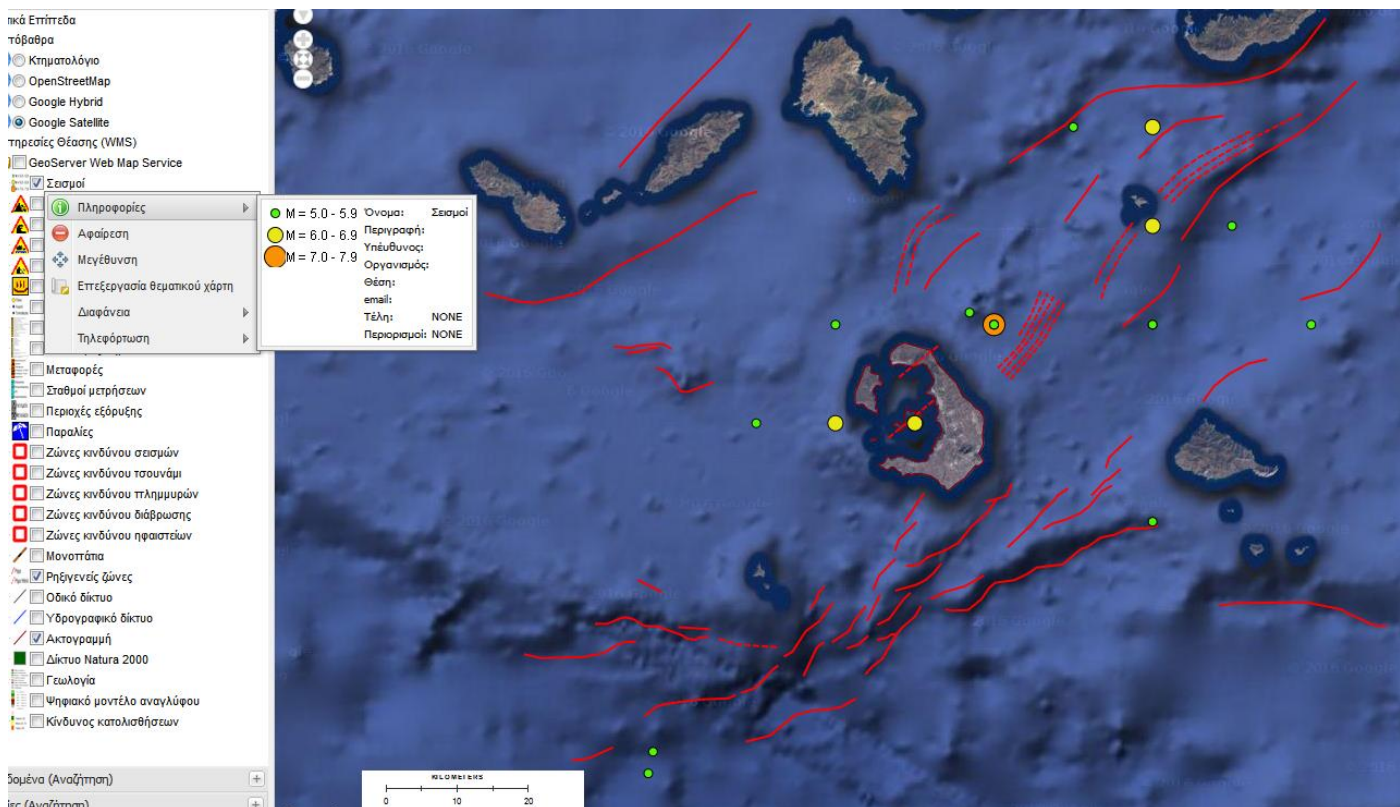
Τα γεωλογικά δεδομένα μας παρέχουν το ιστορικό προγενέστερων σεισμικών γεγονότων, με σκοπό την εύρεση του κύκλου επαναδραστικοποίησης και του πιθανού μεγέθους τους. Ειδικότερα η επιστήμη της

<sup>49</sup> GET SDI Portal, <https://github.com/GeospatialEnablingTechnologies/GET-SDI-Portal>

<sup>50</sup> OSGeo4W, <http://www.qgis.org/en/site/>

παλαιοσεισμολογίας σύμφωνα με τους Yeats and Prentice και Michetti et al. (όπως αναφέρεται στο Paranikolaou et al., 2008), είναι ικανή να μας δώσει πληροφορίες για τον κύκλο επαναδραστηριοποίησης ενός ρήγματος, τους ρυθμούς ολίσθησης και τα πιθανά μεγέθη προγενέστερων σεισμών.

Επίσης σύμφωνα με τους Paranikolaou et al. (2008), τα ρήγματα μικρού ρυθμού ολίσθησης τείνουν να έχουν μεγάλα διαστήματα επανάληψης, από μερικές εκατοντάδες μέχρι και μερικές χιλιάδες χρόνια, ενώ η πληρότητα του ιστορικού αρχείου σεισμικότητας για τέτοιου μεγέθους γεγονότα καλύπτει χρονικά διαστήματα των λίγων εκατοντάδων χρόνων (Parazachos et al. όπως αναφέρεται στο Paranikolaou et al., 2008). Συνεπώς το διάστημα της ενόργανης σεισμικότητας, καλύπτει μόνο ένα μικρό τμήμα του μέσου διαστήματος επανάληψης ενός ρήγματος.



**Εικόνα 16:** Χάρτης ιστορικού σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Parazachos et al. (2000a, 2010), Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ.<sup>22</sup>, Feuillet (2013), Druitt (2014) και Nomikou et al. (2016).

Τα ηφαιστειακά κέντρα της Σαντορίνης, των Χριστιανών (~25 km νοτιοδυτικά της Σαντορίνης) και του Κολούμπου (~7 km βορειοανατολικά της Σαντορίνης), καθώς και τα επίκεντρα του κύριου σεισμού και του μεγαλύτερου μετασεισμού του 1956, είναι διατεταγμένα πάνω στην ίδια νοητή ευθεία ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Paradopoulos and Pavlides, 1992). Επιπλέον, σημαντικό μέρος της σεισμικής δραστηριότητας (π.χ. του 2011 - 2012), καθώς και η διάταξη των ηφαιστειακών πόρων, έχει συγκεντρωθεί κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης Χριστιανών - Σαντορίνης - Κολούμπου - Αμοργού, η οποία ζώνη έχει μια διεύθυνση ~B40°A (Vougioukalakis and Fytikas, 2005) και είναι παράλληλη με τα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης ρήγματα. Η ρηξιγενής αυτή ζώνη περιλαμβάνει και τις δύο ρηξιγενείς ζώνες Καμμένων και Κολούμπου, οι οποίες διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στη διευθυντικότητα της σεισμικότητας και της ηφαιστειότητας κατά το παρελθόν. Η ευρύτερη περιοχή του ηφαιστειακού συμπλέγματος της Σαντορίνης περιλαμβάνει τη ράχη Σαντορίνης - Αμοργού και τις λεκάνες Ανύδρου, Αμοργού και Χριστιανών (Εικόνα 17) (Paradimitriou et al., 2015). Η σημερινή τεκτονική της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα ΒΑ διεύθυνσης, τα οποία επικαλύπτουν τα παλαιότερα κανονικά ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης (Perissoratis, 1995).

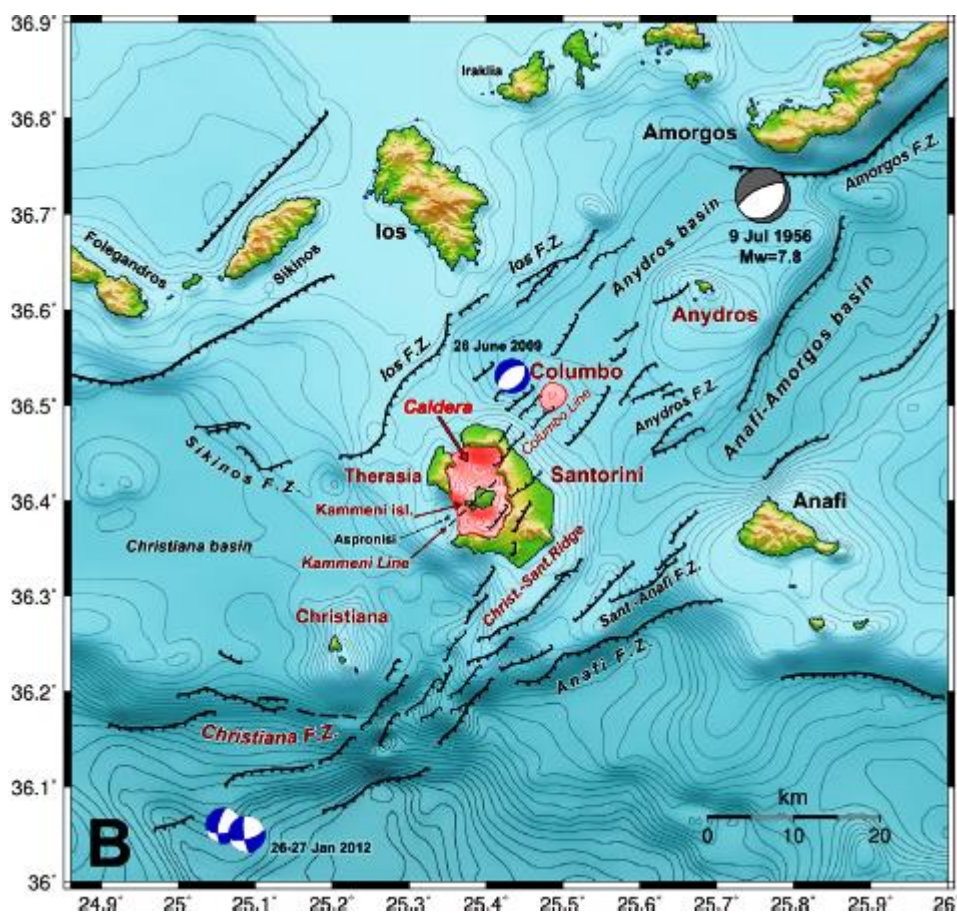
Το ηφαίστειο της Σαντορίνης βρίσκεται πάνω σε ένα 40 km μήκους σύστημα κανονικών ρηγμάτων που στρέφεται προς τα δεξιά, από διεύθυνση Β-Α στα ανατολικά, σε διεύθυνση Α-Δ στα δυτικά του ηφαιστείου. Οι μεγαλύτερες ρηξιγενείς ζώνες (Χριστιανών, Ανάφης) οριοθετούν το σύστημα στο νότο, είναι αρκετές δεκάδες χιλιόμετρα σε μήκος, κλίνουν νότια, έχουν διεύθυνση B90 ± 20°A και έχουν κάτοπτρα αρκετών εκατοντάδων μέτρων σε ύψος (~650 m για της Ανάφης). Βόρεια αυτών, μικρότερα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης



ρήγματα, με αρκετές δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες μέτρα σε ύψος κάτοπτρα, κόβουν το θαλάσσιο πυθμένα κοντά στη Σαντορίνη και σχηματίζουν μια δεύτερη ομάδα. Η ρηξιγενής ζώνης της Ίου έχει διεύθυνση  $B40 \pm 10^\circ A$ , κλίνει νότια και με 200 m ύψους κάτοπτρο, είναι μία από τις μεγαλύτερες ρηξιγενείς ζώνες αυτής της ομάδας. Δυτικά της Σαντορίνης, στρέφεται προς μια πιο Α-Δ διεύθυνση και συνδέεται με τη ρηξιγενή ζώνη της Σικίνου που έχει διεύθυνση  $B90$  έως  $B130^\circ A$  και κλίνει νότια. Βορειοανατολικά της Σαντορίνης, συνθέτει μαζί με τα ρήγματα της ράχης Σαντορίνης - Αμοργού που έχουν διεύθυνση  $B45^\circ A$  και κλίνουν βόρεια, τη λεκάνη της Ανύδρου. Η 500 m βάθους λεκάνη της Σαντορίνης - Ανάφης ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, οριοθετείται από δύο αντιθετικά συστήματα κανονικών ρηγμάτων: α) Τα ρήγματα του συστήματος Σαντορίνης - Ανάφης που κλίνουν βόρεια και των οποίων τα κάτοπτρα είναι μέχρι και 200 m σε ύψος και β) τα ρήγματα που κλίνουν νότια και οριοθετούν τη ράχη Σαντορίνης - Αμοργού στα νότια. Νοτιοδυτικά της Σαντορίνης, πολλά ρήγματα που έχουν διεύθυνση  $B30 \pm 10^\circ A$ , κόβουν κάθετα τα περισσότερα Α-Δ διεύθυνσης ρήγματα (Χριστιανών). Αυτά τα ρήγματα ανήκουν στη ρηξιγενή ζώνη των Χριστιανών και δομούν το κέρατο Χριστιανών - Σαντορίνης (Feuillet, 2013).

Η υποβύθιση και οι αλλαγές στη διεύθυνση των ρηγμάτων, έχουν ως αποτέλεσμα έναν υψηλό ρυθμό σεισμικής δραστηριότητας με κοντά στους 10000 καταγεγραμμένους σεισμούς  $M_w > 4$  στο Αιγαίο από το 550 π.Χ. έως το 2010 και με ένα μέγιστο της τάξης του  $M_w = 8.0$  για την ίδια περίοδο (Papazachos et al. 2000b, 2010). Ο σεισμός του 1956 σημειώθηκε στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης της Ανύδρου, κατά μήκος της ρηξιγενούς ζώνης της Αμοργού. Από τότε η σεισμικότητα ήταν μέτρια και εντοπιζόταν κυρίως στις λεκάνες της Ανύδρου και της Αμοργού (Papadimitriou et al., 2015).

Ο μεγάλος σεισμός της Αμοργού της 9<sup>ης</sup> Ιουλίου 1956  $M_w = 7.6$  (Konstantinou, 2010) προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές στη Σαντορίνη, την Αμοργό και τα γειτονικά νησιά. Αποτέλεσμα του κύριου σεισμού και του μεγαλύτερου μετασεισμού του, ήταν 53 θάνατοι, ~100 τραυματίες, η ολική καταστροφή 529 σπιτιών, 1482 κτίρια να υποστούν σοβαρές ζημιές και 1750 κτίρια να υποστούν ελαφριές ζημιές. Περισσότερο από το 50% της καταστροφής και των ζημιών συγκεντρώθηκε στις πόλεις της Οίας, του Ημεροβιγλίου και των Φηρών στη Θήρα (Galanopoulos όπως αναφέρεται στο Papadopoulos and Pavlides, 1992).



**Εικόνα 17:** Χάρτης με τα ενεργά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης και τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών της Αμοργού του 1956, του Κολούμπου του 2009 και της περιοχής νοτίως των

νησίδων Χριστιανών του 2012, τροποποιημένος κατά Armijo et al., Sakellariou et al., Nomikou et al., Feuillet και Okal et al. (όπως αναφέρεται στο Papadimitriou et al., 2015).

Η πρόσφατη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, παρουσιάζει χαμηλή σεισμική δραστηριότητα μέχρι το 2010, είναι συγκεντρωμένη κυρίως μέσα στη λεκάνη της Ανύδρου και κοντά στο υποθαλάσσιο ηφαίστειο του Κολούμπου και κατά τη διάρκεια του 2011 και του 2012, ενεργοποιούνται οι περιοχές εντός της καλδέρας της Σαντορίνης και νότια των νησιών Χριστιανών αντίστοιχα, δύο περιοχές που ήταν σε ηρεμία μέχρι τότε (Papadimitriou et al., 2015). Παρακάτω δίνεται μια αναλυτικότερη αποτύπωση της σεισμικής δραστηριότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης από το 2000 και ύστερα.

Στις 25 Σεπτεμβρίου 2003, ένας σεισμός  $M_w = 4.3$  συνέβη στην περιοχή του Κολούμπου, τον οποίο ακολούθησαν μετασεισμοί (Kolaitis όπως αναφέρεται στο Papadimitriou et al., 2015). Η πλειοψηφία των επικέντρων αυτών των σεισμών συγκεντρωνόταν στα ανώτερα 5 - 8 km του φλοιού και πιθανώς σχετιζόταν με τη συσσώρευση μάγματος κάτω από αυτό το υποθαλάσσιο ηφαίστειο (Bohnhoff et al., 2006). Οι μηχανισμοί γένεσης αυτών των σεισμών υπέδειξαν διάρρηξη οριζόντιας ολίσθησης (Dimitriadis et al., 2009).

Μία σύντομη σεισμική δραστηριότητα παρατηρήθηκε στην περιοχή γύρω από τα ρήγματα που σχηματίζουν τη ράχη Χριστιανών - Σαντορίνης, στις 24 - 28 Αυγούστου 2007 (Papadimitriou et al., 2015).

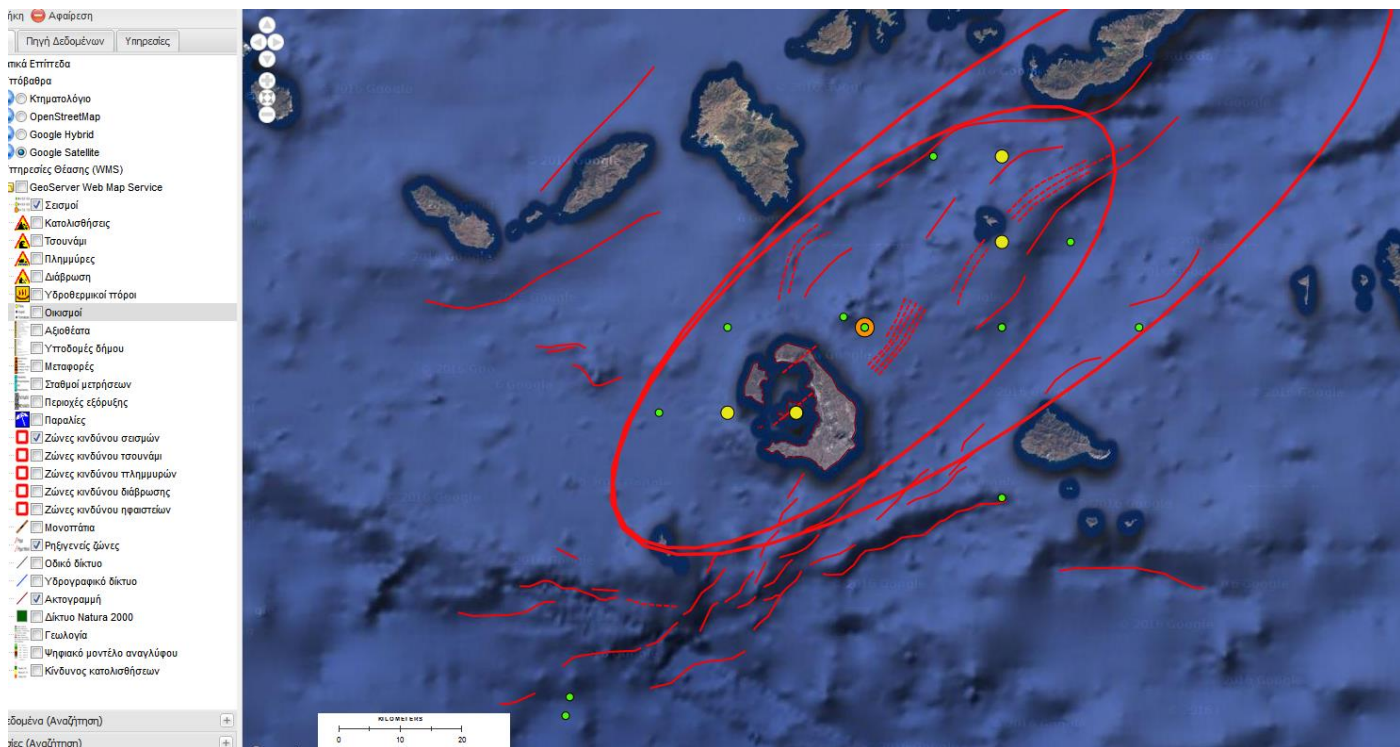
Το πιο σημαντικό γεγονός στην περιοχή του Κολούμπου ήταν εκείνο της 26<sup>ης</sup> Ιουνίου 2009  $M_w = 4.9$ . Του γεγονότος αυτού είχαν προηγηθεί προσεισμοί, ενώ μετά την εμφάνιση του υπήρξε ακολουθία μετασεισμών (Κήζονά et al. όπως αναφέρεται στο Papadimitriou et al., 2015).

Η σεισμική δραστηριότητα στην καλδέρα της Σαντορίνης ξεκίνησε το Φεβρουάριο του 2011 και διήρκεσε μέχρι το Φεβρουάριο του 2012. Ήταν η πρώτη έντονη, καταγεγραμμένη σεισμικότητα από την τελευταία ενεργοποίηση του ηφαιστείου, το 1950 (Papadimitriou et al., 2015). Τα σφαιρικά μοντέλα Mogi, της παραμόρφωσης από τον Ιανουάριο του 2011 έως τον Απρίλιο του 2012, υπέδειξαν μια πηγή με επίκεντρο 1.5 km βόρεια της Νέας Καμένης και βάθος 4 km κάτω από τη βόρεια λεκάνη της καλδέρας (Nomikou et al., 2013a). Τα χαρακτηριστικά αυτής της σεισμικής δραστηριότητας ήταν τα σχετικά μικρά μεγέθη σεισμών, με τα μεγαλύτερα γεγονότα να μην υπερβαίνουν το  $M_L = 3.5$  και τα μικρά εστιακά βάθη, με τα βαθύτερα γεγονότα να φθάνουν έως και τα 10 km. Είχαν εντοπιστεί περισσότερα από 1000 γεγονότα στο εσωτερικό της καλδέρας, με τα επίκεντρα τους να βρίσκονται κυρίως μεταξύ των νησιών Παλαιάς και Νέας Καμένης και του κεντρικο-δυτικού γκρεμού της Σαντορίνης (Papadimitriou et al., 2015). Αυτή η έντονη σεισμική δραστηριότητα σχετιζόταν με διάρρηξη οριζόντιας ολίσθησης, εντοπιζόταν κυρίως στην περιοχή της καλδέρας της Σαντορίνης και συνοδεύτηκε από ταυτόχρονη παραμόρφωση του εδάφους με υποβύθιση της Νέας Καμμένης και της νοτιοδυτικής Σαντορίνης και ανύψωση των υπολοίπων τμημάτων του ηφαιστειακού συμπλέγματος της Σαντορίνης (Papadimitriou et al. 2015, Lagios et al. 2013). Επίσης παρατηρήθηκε μια αύξηση του όγκου του μαγματικού θαλάμου της τάξης των  $1 - 2 * 10^7 \text{ m}^3$  (Newman et al., 2012), καθώς και αύξηση της έκλυσης αερίων (Camilli et al., 2015). Η σεισμικότητα μέσα στην καλδέρα της Σαντορίνης, μειώθηκε γρήγορα μετά την ενεργοποίηση της περιοχής των Χριστιανών, το 2012.

Τον Ιανουάριο του 2012, η περιοχή νότια των νησίδων Χριστιανών δραστηριοποιήθηκε με την εμφάνιση δύο γεγονότων  $M_w = 5.0$  και  $M_w = 5.3$ , στις 26 και 27 Ιανουαρίου, με επίκεντρα 25 km και 50 km αντίστοιχα, νοτιοδυτικά των νησίδων Χριστιανών και με εστιακά βάθη 5 - 14 km, που ακολούθηθηκαν από ένα μεγάλο αριθμό μετασεισμών (Kiritzi, 2013). Οι μηχανισμοί γένεσης αυτής της σεισμικής δραστηριότητας, υπέδειξαν διάρρηξη οριζόντιας ολίσθησης (Papadimitriou et al., 2015).

Από τον Απρίλιο του 2012, η σεισμικότητα σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης ήταν χαμηλή (Papadimitriou et al., 2015).

Μελλοντικά, εμφάνιση μεγάλων σεισμικών γεγονότων αναμένεται στην περιοχή της λεκάνης της Ανύδρου εξαιτίας και των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών (π.χ. P.Z. Αμοργού) που φιλοξενεί. Επίσης αναμένεται στην περιοχή του ηφαιστείου του Κολούμπου λόγω της υψηλής υδροθερμικής δραστηριότητας που παρουσιάζει, η οποία θεωρείται δείκτης μελλοντικής ηφαιστειακής δραστηριότητας (Εικόνα 18). Ο μεγάλος χρόνος επαναδραστηριοποίησης ρηξιγενών ζωνών όπως εκείνης που έδωσε το μεγάλο γεγονός του 1956 κατά το οποίο εκτονώθηκε η συσσωρευμένη ενέργεια της περιοχής, καθώς και η πληρότητα του ιστορικού αρχείου σεισμικότητας μεγάλων γεγονότων για μερικές μόνο εκατοντάδες έτη, υποδηλώνουν την απουσία κάποιου μεγάλου σεισμικού γεγονότος τουλάχιστον μέσα στις επόμενες δεκαετίες.

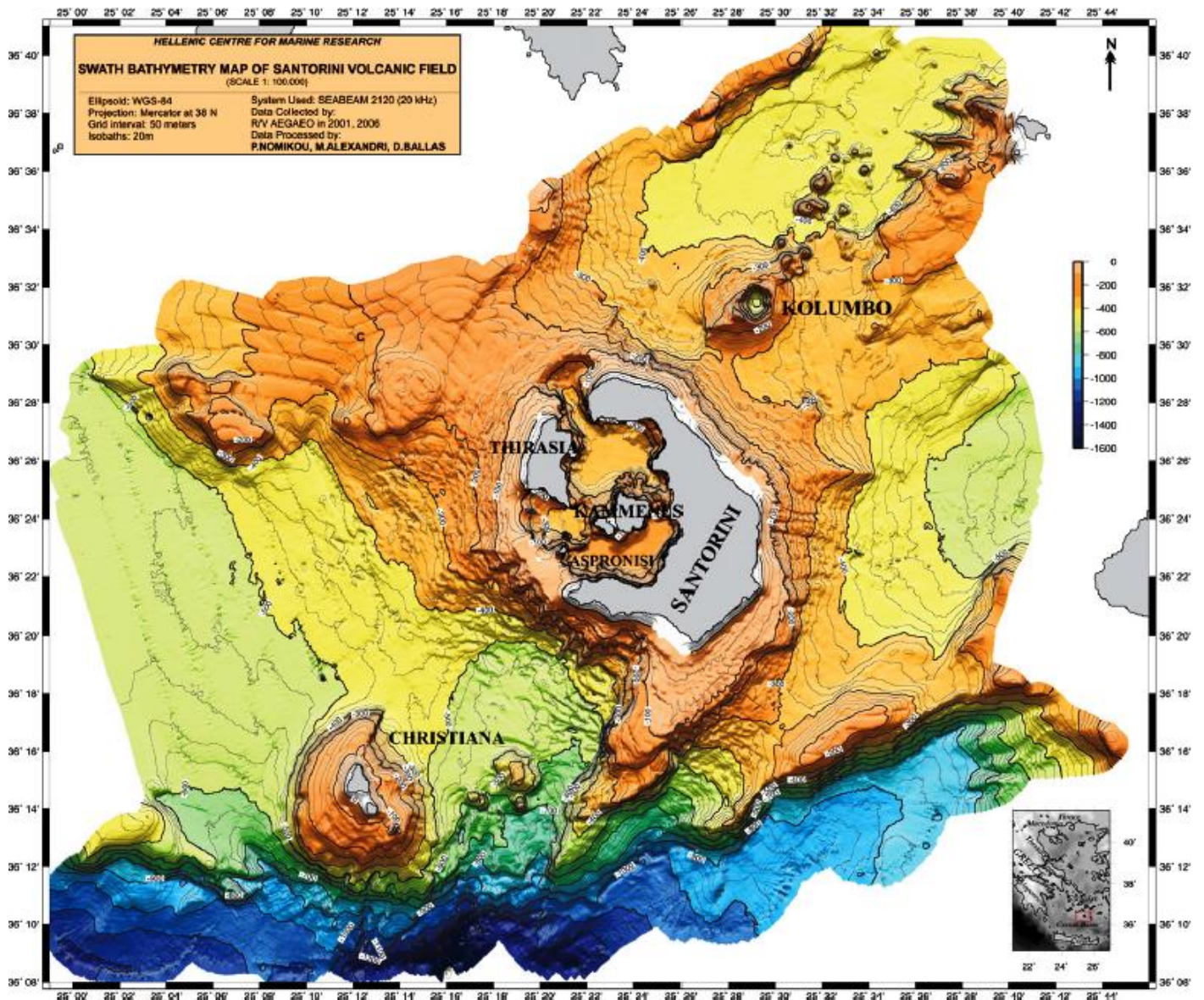


**Εικόνα 18:** Χάρτης σεισμικών ζωνών επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papazachos et al. (2000a, 2010), Εργαστήριο Γεωφυσικής Α.Π.Θ.<sup>22</sup>, Feuillet (2013), Druitt (2014) και Nomikou et al. (2016).

## 4.2 Ηφαιστειακός κίνδυνος

Η πρόσφατη ηφαιστειακή δραστηριότητα απαντάται κατά μήκος μιας ~45 km τεκτονικής ζώνης, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, που ονομάζεται γραμμή Χριστιανών - Σαντορίνης - Κολούμπου (Nomikou et al., 2013c). Αυτή η ρηξιγενής ζώνη εκτείνεται από το ηφαιστειακό συγκρότημα των Χριστιανών έως βορειοανατολικά στην ηφαιστειακή αλυσίδα του Κολούμπου (Εικόνα 19) και πιθανόν ελέγχει τις υδροθερμικές οδούς κυκλοφορίας στο εσωτερικό της καлдέρας (Camilli et al., 2015). Τα υδροθερμικά συστήματα λειτουργούν ως δίοδος από το μανδύα της γης προς τον ωκεανό, ψύχοντας το μανδύα με την παροχή θερμότητας από το εσωτερικό της γης στο βαθύ ωκεανό και τη μεταφορά χημικών ειδών όπως μέταλλα και αέρια από το φλοιό, στη στήλη του νερού (Walter et al., 2010).

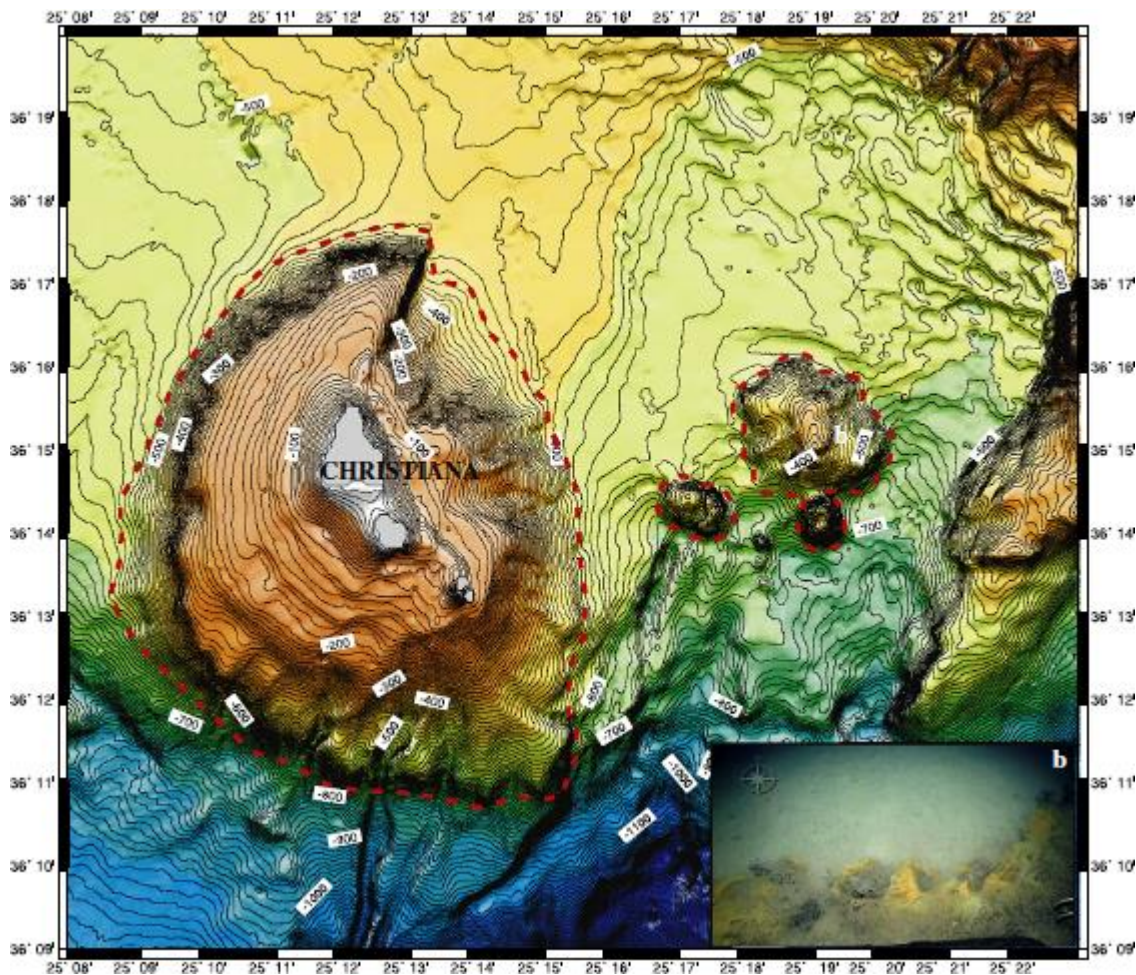
Για την εκτίμηση του ηφαιστειακού κινδύνου, λήφθηκαν υπόψη η ύπαρξη υδροθερμικών πόρων, η διάταξη τους, καθώς και η θερμοκρασία έκλυσης αερίων (ως δείκτης ενεργής ηφαιστειακής δραστηριότητας).



**Εικόνα 19:** Βαθυμετρικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής της γραμμής Χριστιανών - Σαντορίνης - Κολούμπου με χρήση ισοβαθών των 20 m (Nomikou et al., 2012b).

### Χριστιανιά

Οι νησίδες Χριστιανιά, είναι μια ομάδα τεσσάρων μικρών νησιών που ανήκουν σε ένα αυτοδύναμο ηφαιστειακό κώνο και απαντώνται στο νοτιοδυτικό τμήμα αυτής της ζώνης. Οι διαστάσεις του ηφαιστειακού κώνου των Χριστιανών είναι 10 - 13 km σε διάμετρο και οι τέσσερις νησίδες αποτελούν τις κορυφές του ίδιου κώνου που ευθυγραμμίζονται κατά μήκος μιας ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης. Το μέγιστο υψόμετρο των νησιών ανέρχεται στα 283 m. Επίσης τρεις νέες δομές ηφαιστειακού θόλου μπορούν να παρατηρηθούν ανατολικά των νησιδών Χριστιανών σε απόσταση 10 km, με τη βάση τους να βρίσκεται σε ένα μέσο βάθος των 500 - 600 m (Εικόνα 20) (Nomikou et al., 2013b).



**Εικόνα 20:** Βαθυμετρικός χάρτης του ηφαιστειακού πεδίου των Χριστιανών με χρήση ισοβαθών των 10 m. Οι τρεις υποθαλάσσιοι ηφαιστειακοί θόλοι που ανακαλύφθηκαν πρόσφατα αποτυπώνονται με κόκκινες διακεκομμένες γραμμές (Nomikou et al., 2013b).

### Σαντορίνη

Στη Σαντορίνη κατά το Τεταρτογενές έχουν συμβεί πολλές ηφαιστειακές εκρήξεις, όμως οι ισχυρότερες εντοπίζονται στα τελευταία περίπου 200 χιλ. έτη, όπου στο ηφαιστειακό πεδίο της Σαντορίνης έχουν λάβει χώρα τουλάχιστον 12 μεγάλες εκρήξεις, αλλά και πολλές μικρότερες. Η καλδέρα σήμερα είναι διαρρηγμένη σε δύο σημεία, στα βορειοδυτικά και στα νοτιοδυτικά. Το ηφαιστειακό σύμπλεγμα της Σαντορίνης αποτελείται από τα νησιά Θήρα, Θηρασιά, Παλαιά και Νέα Καμένη και Ασπρονήσι (Εικόνα 4) (Nomikou et al., 2013b).

Η Μινωική έκρηξη του  $1615 \pm 10$  π.Χ. (Friedrich et al., 2006) προκάλεσε την κατάρρευση της καλδέρας, τη δημιουργία ενός τσουνάμι με εκτιμώμενο ύψος τα 26 - 50 m στη Θήρα (Antonopoulos 1992, Cita et al. 1996) και το θάψιμο κάτω από την τέφρα του προϊστορικού ακμάζοντος οικισμού του Ακρωτηρίου της Εποχής του Χαλκού (Friedrich et al., 2006). Η ηφαιστειακή έκρηξη του 46 μ.Χ. στη Σαντορίνη, συνδέεται επίσης με ένα τσουνάμι (Papadopoulos and Chalkis, 1984).

Αρκετοί υδροθερμικοί πόροι απαντώνται κατά μήκος των ακτογραμμών της Παλαιάς και της Νέας Καμένης. Μεταξύ αυτών, οι πιο σημαντικές εκλύσεις είναι ο Άγιος Νικόλαος και ο Άγιος Γεώργιος που βρίσκονται στο βόρειο και στο δυτικό τμήμα της Παλαιάς και της Νέας Καμένης, αντίστοιχα (Varnavas and Cronan, 2005). Οι θερμοκρασίες εξόδου των θερμών πηγών είναι έως  $40^{\circ}\text{C}$  για του Αγίου Νικολάου και έως  $34^{\circ}\text{C}$  για του Αγίου Γεώργιου, αντίστοιχα (Böstrom and Widenfalk 1984, Dotsika et al. 2009).

Η υδροθερμική δραστηριότητα της Θήρας αποτελείται κυρίως από τέσσερις υδροθερμικούς πόρους (Εικόνα 22) που οι τρεις εξ' αυτών βρίσκονται κατά μήκος των νοτιοδυτικών ακτών του νησιού και ο τέταρτος απαντάται στις βορειοανατολικές ακτές (Tassi et al. 2013, Camilli et al. 2015). Οι θερμοκρασίες εξόδου των υδροθερμικών πόρων της Πλάκας είναι έως  $34^{\circ}\text{C}$ , του Χριστού τ' Αθήρμι έως  $56^{\circ}\text{C}$  και της Βλυγάδας έως  $32^{\circ}\text{C}$  (Suárez Arriaga et al., 2008). Η γεωθερμομετρία με βάση τη χημική σύνθεση των

υδροθερμικών πόρων που βρίσκονται στο νότιο τμήμα της Θήρας, έχει προτείνει την ύπαρξη μιας σχετικά ρηχής (800 - 1000 m βάθος) γεωθερμικής δεξαμενής με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 130 - 160 °C (Fytikas et al. όπως αναφέρεται στο Tassi et al., 2013). Οι Λίμνες Καλλίστης είναι υδροθερμικοί πόροι που εντοπίζονται στα βορειοανατολικά της Νέας Καμένης (Camilli et al., 2015) και είναι σύμφωνες με το κανονικό ρήγμα του Κολούμπου στη ξηρά, το οποίο ανήκει στη ρηξιγενή ζώνη Χριστιανών - Σαντορίνης - Κολούμπου. Η θερμοκρασία των θερμών πηγών εκεί είναι έως 21.5 °C (Nomikou et al., 2012b). Οι Sigurdsson et al. (2006) χαρτογράφησαν υδροθερμικούς πόρους εντός της καλδέρας που και αυτοί παρουσιάζουν χαμηλές θερμοκρασίες της τάξης των 15 - 17 °C. Σε πρόσφατες εξερευνησεις αναγνωρίστηκαν εκλύσεις αερίων στα βόρειο-βορειοανατολικά του λιμανιού της Ρίβας (Θηρασιά) σε βάθος 37 m. Η θερμοκρασία των θερμών πηγών εκεί είναι έως 21 °C (Nomikou et al., 2012a).

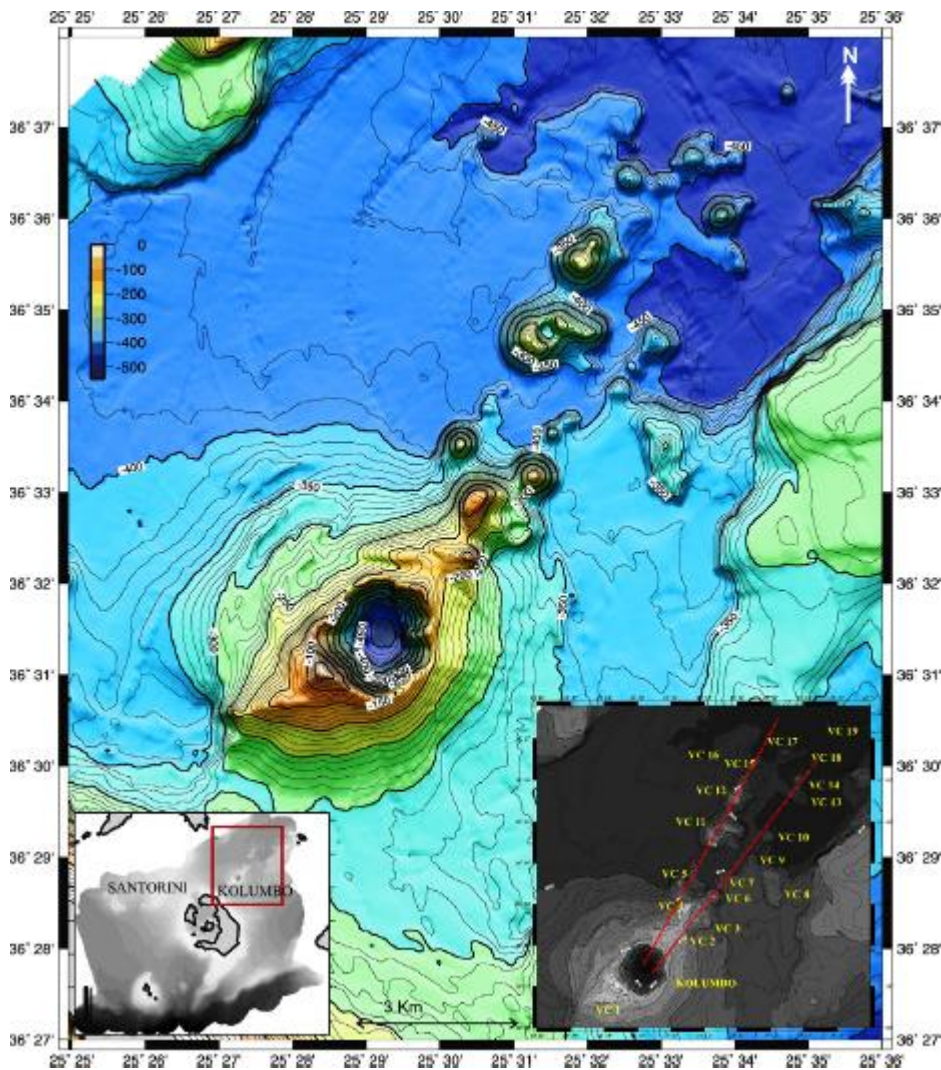
### **Κολούμπο**

Το Κολούμπο είναι ένα μικρό υποθαλάσσιο ηφαιστειο που βρίσκεται σε απόσταση 7 km βορειοανατολικά της Θήρας (Nomikou et al., 2012b). Είναι το μεγαλύτερο υποθαλάσσιο ηφαιστειο από μια σειρά τουλάχιστον 19 κώνων που έχουν ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και απαντώνται μέσα στη λεκάνη της Ανύδρου (Sakellariou et al. 2010, Carey et al. 2011). Οι Nomikou et al. (2012b) πρότειναν ότι οι ηφαιστειακοί κώνοι βορειοανατολικά του Κολούμπου είναι καλυμμένοι από ιζήματα, δείχνουν λίγα στοιχεία πρόσφατης ηφαιστειακής δραστηριότητας και ευθυγραμμίζονται κατά μήκος δύο διακριτών γραμμικών τάσεων (B29°A και B42°A) που συγκλίνουν στο Κολούμπο (Εικόνα 21). Αυτή η γραμμική συμβολή των ηφαιστειακών πόρων ελέγχεται από τη ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης ηφαιστειο-τεκτονική ζώνη των Χριστιανών - Σαντορίνης - Κολούμπου, η οποία παρέχει διαδρόμους διαφυγής προς την επιφάνεια για τα παραγόμενα από την υποβύθιση μάγματα. Οι κώνοι στη βορειότερη τάση είναι γενικά μεγαλύτεροι, αλλά διαφέρουν σε μέγεθος προς τα βορειοανατολικά, ενώ οι κώνοι στην πιο ανατολική τάση είναι μικρότεροι και πιο ομοιόμορφοι σε μέγεθος. Οι υποθαλάσσιοι ηφαιστειακοί κώνοι μικραίνουν σε μήκος, όσο αυξάνεται η απόσταση τους από τη Σαντορίνη.

Το υποθαλάσσιο ηφαιστειο του Κολούμπου είναι ~3 km σε διάμετρο. Η οβάλ σχήματος κορυφή του κρατήρα του έχει διάμετρο 1700 m και βρίσκεται 18 m κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, ενώ το βάθος του κρατήρα του είναι 505 m (Nomikou et al., 2012b).

Η ηφαιστειακή έκρηξη του 1650 μ.Χ. είχε ως αποτέλεσμα στη γειτονική Σαντορίνη ~70 άνθρωποι να σκοτωθούν από τα τοξικά ηφαιστειακά αέρια και η ακτή να υποστεί σοβαρές συνέπειες από το τσουνάμι που σχετίστηκε με την κορύφωση της έκρηξης (σκοτώθηκαν ζώα, καταστράφηκαν κτίρια, διαβρώθηκαν δρόμοι και 2 km<sup>2</sup> γης) (Dominey-Howes et al. 2000b, Nomikou et al. 2014a, Fouqué όπως αναφέρεται στο Carey et al., 2013). Ο ηφαιστειακός κώνος του Κολούμπου, φαίνεται να είχε δραστηριοποιηθεί τουλάχιστον άλλη μία φορά πριν από την έκρηξη του 1650 (Hübscher et al., 2006).

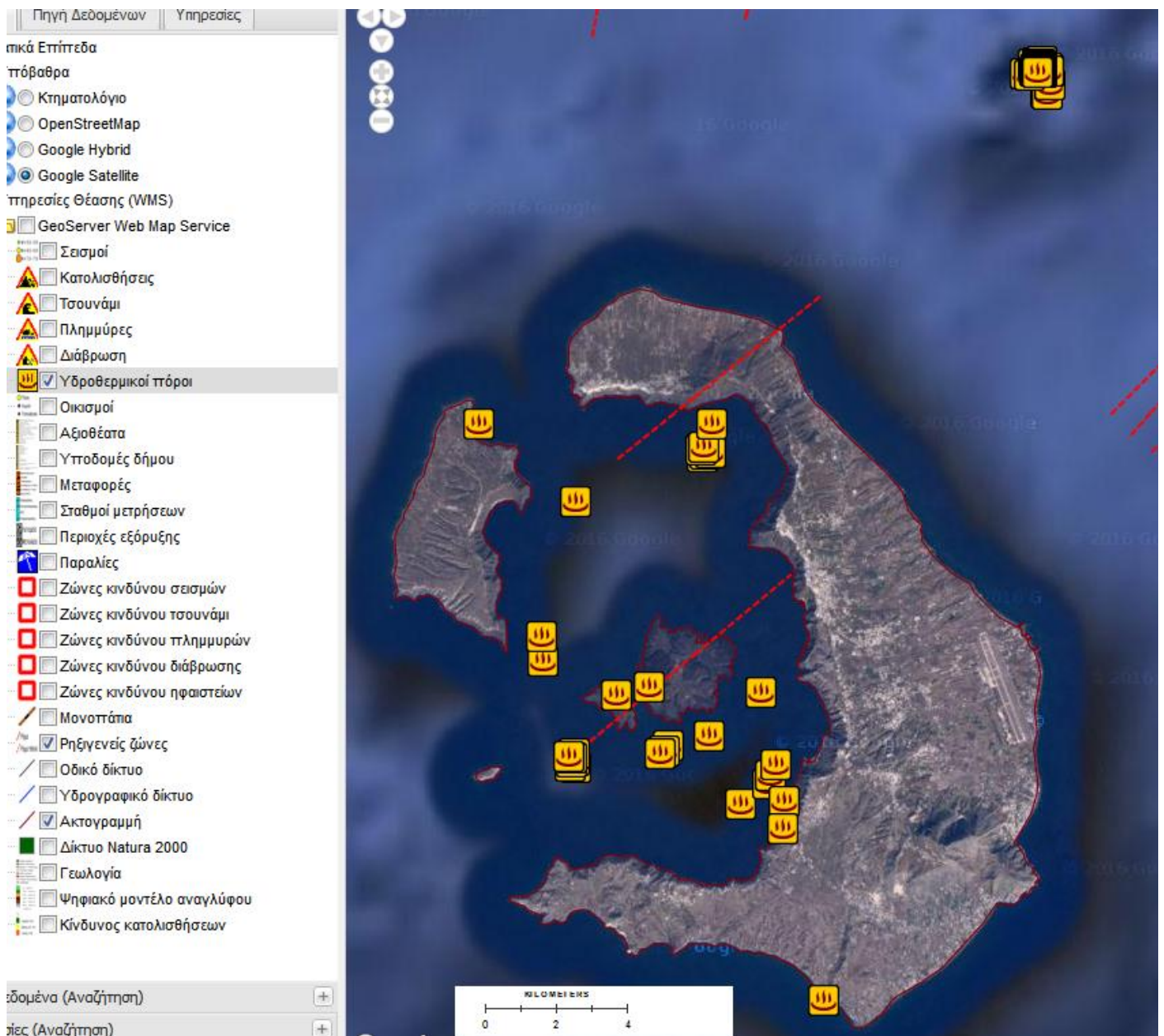
Στον πυθμένα του κρατήρα του Κολούμπου υπάρχει ένα ενεργό πεδίο υδροθερμικών πόρων (Εικόνα 22), οι οποίοι εκφορτίζουν σχεδόν καθαρό αέριο CO<sub>2</sub> μαζί με καθαρά υγρά σε θερμοκρασίες έως 220 °C (500 - 505 m βάθος) (Sigurdsson et al. 2006, Kiliass et al. 2013). Μία επιπλέον συνέπεια της συσσώρευσης νερού πλούσιου σε CO<sub>2</sub> στο κάτω μέρος ενός απομονωμένου ηφαιστειακού κρατήρα, είναι η πιθανή δημιουργία συνθηκών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απότομη απελευθέρωση του CO<sub>2</sub> στην επιφάνεια εάν αποσυμπιεστούν τα ύδατα αυτά που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος (π.χ. ηφαιστειακές λίμνες Monoun και Nyos στο Καμερούν της Αφρικής κατά τη δεκαετία του 1980 (Sigurdsson et al. 1987, Freeth and Kay όπως αναφέρεται στο Carey et al., 2013).



**Εικόνα 21:** Βαθυμετρικός χάρτης της υποθαλάσσιας ηφαιστειακής αλυσίδας του Κολούμπου με χρήση ισοβαθών των 10 m. Στη δεξιά κάτω εικόνα αποτυπώνεται ο βαθυμετρικός χάρτης που καταγράφει τους 19 ηφαιστειακούς θόλους σε δύο γραμμές τάσεων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Nomίκου et al., 2012b).

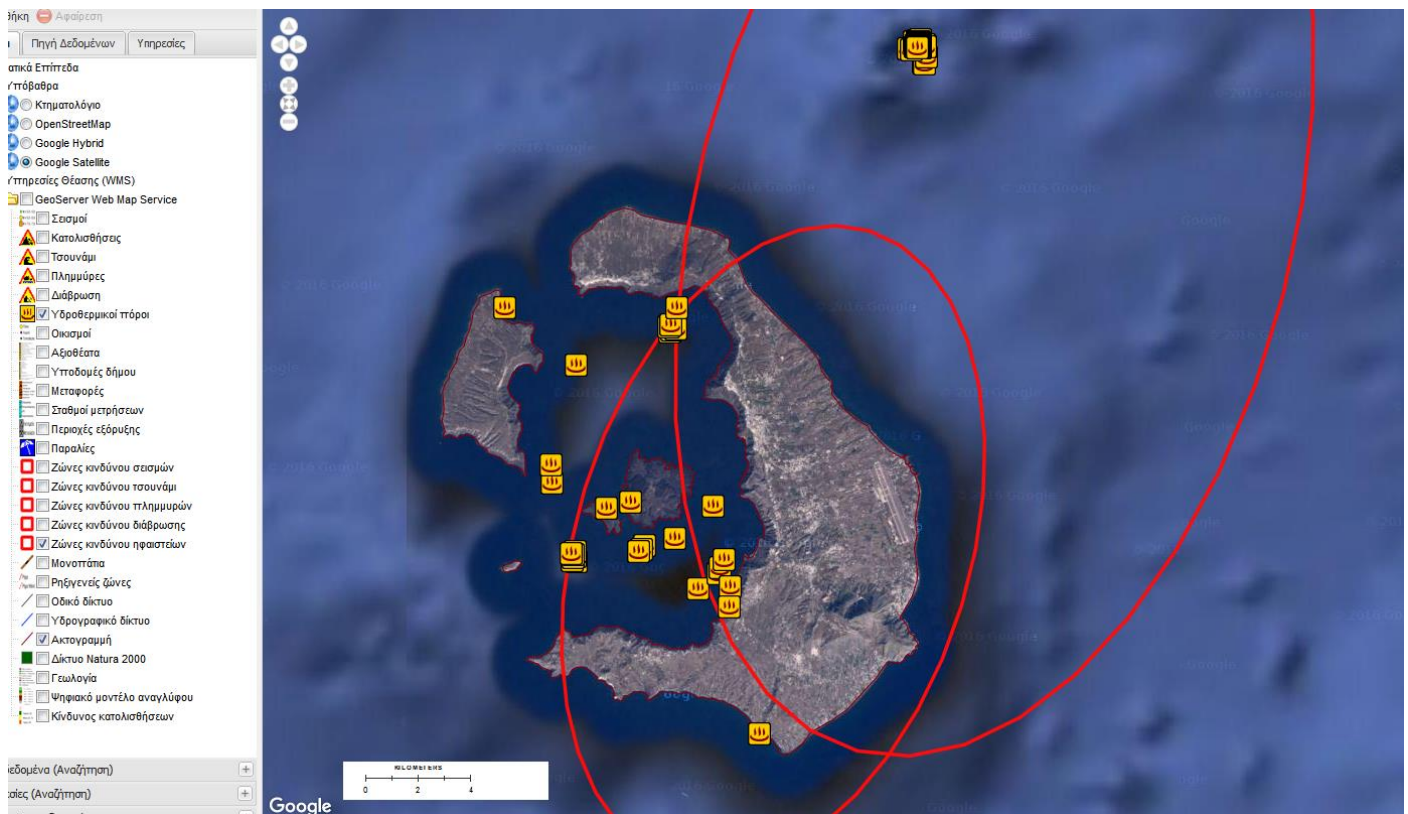
Πρόσφατες ηφαιστειακές και γεωχημικές μελέτες προτείνουν την παρουσία διαφορετικών μαγματικών θαλάμων κάτω από την καλδέρα της Σαντορίνης και το υποθαλάσσιο ηφαίστειο του Κολούμπου. Αυτοί οι θάλαμοι φαίνεται να έχουν διαφορετικά γεωχημικά και ορυκτολογικά χαρακτηριστικά, υποδεικνύοντας πιθανότατα διαφορετικές περιοχές προέλευσης του μάγματος, με το μάγμα να προέρχεται απευθείας από τον μανδύα για την περίπτωση του υποθαλάσσιου ηφαιστείου του Κολούμπου και με σημαντική μερική τήξη του φλοιού για την περίπτωση της καλδέρας της Σαντορίνης (Francalanci et al., 2005). Νέες ερμηνείες σεισμικής τομογραφίας προτείνουν ότι υπάρχει ένας ενεργός μαγματικός θάλαμος κάτω από το Κολούμπο σε βάθος 5 - 6 km, ο οποίος μπορεί να συνδέεται με το κοντινό νησί της Σαντορίνης (Dimitriadis et al., 2010). Επίσης η σημερινή σεισμική δραστηριότητα που εντοπίζεται πάνω στην ανατολική τάση, μπορεί να διευκολύνει τις ενισχυμένες μεταναστεύσεις υγρών στο φλοιό οι οποίες εκδηλώνονται ως υδροθερμική δραστηριότητα χαμηλής θερμοκρασίας από τους πόρους και τις εκλύσεις μαγγανίου στους κώνους 7 και 14 (Nomίκου et al., 2012b).

Το υποθαλάσσιο ηφαίστειο του Κολούμπου παρουσιάζει υψηλό ενδεχόμενο μελλοντικής έκρηξης, καθώς εμφανίζει υδροθερμική δραστηριότητα υψηλής θερμοκρασίας. Αντίθετα, η καλδέρα της Σαντορίνης εμφανίζει υδροθερμική δραστηριότητα χαμηλής θερμοκρασίας, η οποία συνεπάγεται και μικρό ενδεχόμενο να συμβεί κάποια μελλοντική έκρηξη (Εικόνα 23). Αυτή η τάση είχε αποτυπωθεί και στη σεισμικότητα από το 2000 και ύστερα, όπου ισχυρότεροι σεισμοί είχαν σημειωθεί έξω από την καλδέρα της Σαντορίνης, στο υποθαλάσσιο ηφαίστειο του Κολούμπου, ενώ μέσα στην καλδέρα υπήρχαν ασθενείς δονήσεις (π.χ. Paradimitriou et al., 2015).



**Εικόνα 22:** Χάρτης ενεργών υδροθερμικών πόρων της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Tassi et al. (2013), Camilli et al. (2015), Nomikou et al. (2012a), Sigurdsson et al. (2006), Kiliias et al. (2013).





**Εικόνα 23:** Χάρτης ηφαιστειακών ζωνών επικινδυνότητας της ευρύτερης περιοχής της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Tassi et al. (2013), Camilli et al. (2015), Nomikou et al. (2012a), Sigurdsson et al. (2006) και Kiliyas et al. (2013).

Ο ηφαιστειακός κίνδυνος της Σαντορίνης και η εκτίμηση του έχει μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές κατά το παρελθόν (Fritzas and Papadopoulos και Fytikas et al. όπως αναφέρονται στο Dominey-Howes and Minos-Minopoulos, 2004).

Οι Dominey-Howes and Minos-Minopoulos (2004) μέσω ερωτηματολογίων ερεύνησαν τις αντιλήψεις μόνιμων κατοίκων και τοπικών φορέων σχετικά με τον ηφαιστειακό κίνδυνο στη Σαντορίνη. Βρήκαν ότι οι περισσότεροι κάτοικοι γνώριζαν ότι η Νέα Καμένη είναι ενεργή, αλλά μόνο το 60% γνώριζε ότι το Κολούμπο είναι ενεργό. 40% των κατοίκων φοβούνταν ότι οι αρνητικές επιπτώσεις στον τουρισμό, θα είχαν τη μεγαλύτερη επίδραση στην κοινωνία τους. Σε περίπτωση ηφαιστειακής έκρηξης, 43% των κατοίκων θα προσπαθούσαν να εκκενώσουν το νησί με αεροπλάνο ή πλοίο. Οι κάτοικοι ηλικίας >50 ετών είχαν διατηρήσει μια μνήμη των επιπτώσεων της τελευταίας ηφαιστειακής έκρηξης στο νησί, ενώ οι νεότεροι κάτοικοι δεν είχαν καμία τέτοια γνώση. Διαπιστώθηκε επίσης ότι οι αξιωματούχοι και οι δημοτικοί υπάλληλοι (εκείνοι που ήταν υπεύθυνοι για το σχεδιασμό και τη διαχείριση της αντιμετώπισης των καταστροφών) ήταν ενημερωμένοι για την ιστορία, τους κινδύνους και τις επιπτώσεις των ηφαιστειών (Dominey-Howes and Minos-Minopoulos, 2004).

Ο μόνιμος πληθυσμός της Σαντορίνης βρίσκεται σε υψηλό κίνδυνο από τους κινδύνους που συνδέονται με μια μελλοντική έκρηξη. Η επικινδυνότητα για τους ανθρώπους θεωρείται υψηλότερη στην κορυφή της καλοκαιρινής περιόδου του Ιουλίου - Αυγούστου που αντανακλά τον υψηλό αριθμό και την πυκνότητα κατοίκων και τουριστών στο νησί εκείνη την εποχή του έτους (Fytikas et al. όπως αναφέρεται στο Dominey-Howes and Minos-Minopoulos, 2004).

Ωστόσο απουσιάζει κάποιο σχέδιο έκτακτης ανάγκης για τη Σαντορίνη και υπάρχει σύγχυση μεταξύ των διαφόρων υπηρεσιών (Πολιτική Προστασία, Πυροσβεστική, Αστυνομία, κ.λπ.) σχετικά με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Για την Ελλάδα στο σύνολο της και τη Σαντορίνη συγκεκριμένα, δεν υπάρχουν κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού της Πολιτικής Προστασίας για ηφαιστειακές εκρήξεις οποιουδήποτε μεγέθους (Fytikas et al. όπως αναφέρεται στο Dominey-Howes and Minos-Minopoulos, 2004). Συνεπώς, στην περίπτωση εκδήλωσης μιας ηφαιστειακής έκρηξης, θα πρέπει να αξιοποιηθεί από τις αρχές το πιο γενικό σχέδιο αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών "Ξενοκράτης" (Φ.Ε.Κ. 423B/2003).

Οι Jenkins et al. (2015) μελέτησαν τη σεισμική δραστηριότητα του 2011 - 2012 προκειμένου να παράσχουν μία ταχεία εκτίμηση στην ενημέρωση της ομάδας διαχείρισης και προγραμματισμού έκτακτων κρίσεων. Ερεύνησαν δύο πιθανά σενάρια εκρήξεων στη Σαντορίνη. Για τον κίνδυνο στάχτης αναπτύχθηκε ένα "πιο πιθανό" σενάριο έκρηξης, που χαρακτηριζόταν από αργή έκλυση λάβας σε περιόδους από ένα έως δύο έτη με αδύναμες αλλά επίμονες εκρήξεις και έκλυση στάχτης μέχρι και 3 km σε ύψος. Ένα δεύτερο "μεγαλύτερα εξεταζόμενο" σενάριο υπο-Πλινιακής έκρηξης, θεωρούσε μία 12 km στήλη σε ύψος για διάρκεια 4 ωρών. Για τον κίνδυνο των αερίων, θεωρήθηκαν σταθερές ροές των 200 και 800 tons/day SO<sub>2</sub> για τη διάρκεια των σεναρίων των εκρήξεων.

Τα αποτελέσματα από τις ταχείες εκτιμήσεις με τη χρήση στοχαστικών μοντέλων διασποράς στάχτης (TEPHRA2, VOL-CALPUFF) και αερίων (AERMOD) έδειξαν ότι υψηλότερος κίνδυνος αναμένεται στα νότια και ανατολικά του ηφαιστείου (εξαιτίας των κυρίαρχης διεύθυνσης του ανέμου), ιδίως σε σημαντικούς τουριστικούς και συγκοινωνιακούς κόμβους, ενώ χαμηλότερος αναμένεται στα βόρεια και βορειοδυτικά. Οι συνέπειες του "πιο πιθανού" σεναρίου έκρηξης θα μπορούσαν να ήταν σημαντικές για τις αερομεταφορές, την τουριστική βιομηχανία και για τις επαναλαμβανόμενες δραστηριότητες καθαρισμού της στάχτης. Ωστόσο, το επίπεδο του κινδύνου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως την ένταση του γεγονότος, το υψόμετρο πάνω από την οποίο το ηφαιστειακό υλικό θα απελευθερωθεί, την απόσταση από τον πόρο και την εμφάνιση βροχής. Το βόρειο και βορειοδυτικό τμήμα της Σαντορίνης (π.χ. Οία, Θηρασιά) έχει πολύ χαμηλότερο κίνδυνο στάχτης και αερίων και ως εκ τούτου είναι η πιο κατάλληλη τοποθεσία για την εγκατάσταση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης, ενός παρατηρητηρίου του ηφαιστείου, την έδρα της Πολιτικής Προστασίας και τις ιατρικές εγκαταστάσεις (Jenkins et al., 2015).

Σε καταστάσεις κρίσεων, συνίσταται να υπάρχει επάρκεια προμηθειών σε μάσκες για την προστασία των πολιτών και των τουριστών από την εισπνοή τέφρας, καθώς και τακτική παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα (συγκεντρώσεις στάχτης και αερίων) κατά τη διάρκεια της έκρηξης. Επίσης, θα πρέπει να έχει προβλεφθεί ένα σχέδιο εκκένωσης των νησιών αν απαιτείται από τις ισχύουσες συνθήκες. Συνήθως πριν την εκδήλωση ενός ηφαιστειακού γεγονότος, υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ανησυχίας του ηφαιστείου, οι οποίες εκδηλώνονται με κάποιους προσεισμούς, αλλαγή της χημικής σύστασης των υδάτων και των εκλυόμενων αερίων, κ.ά.. Σε αυτές τις περιπτώσεις όπου υπάρχει χρόνος αντίδρασης, οι κάτοικοι και οι επισκέπτες θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν μέσα διαφυγής όπως είναι τα αεροπλάνα και τα πλοία για να απομακρυνθούν από το νησί ή μπορούν να μεταβούν προς τις βορειοδυτικές περιοχές με αυτοκίνητα όπου ο κίνδυνος θα είναι μειωμένος σε σχέση με τις νότιες και τις νοτιοανατολικές και από να χρησιμοποιήσουν κάποιο από τα βόρεια λιμάνια (π.χ. Μαυρόπετρα, Αμμούδι, Ρίβα, κ.ά.). Ωστόσο, για τους επισκέπτες της Νέας Καμένης, κρίνεται υποχρεωτική η περαιτέρω ανάπτυξη του κύριου λιμανιού ή η κατασκευή ενός επιπλέον λιμανιού στη Νέα Καμένη (Άγιος Γεώργιος), προκειμένου να διαφύγουν τάχιστα με πλοία προς τις βορειότερες οδούς διαφυγής όταν εκδηλωθεί μία ηφαιστειακή έκρηξη (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Χάρτης παρεμβάσεων στη Σαντορίνη.

### 4.3 Κατολισθητικός κίνδυνος

Σύμφωνα με τον Varnes (1978), χρησιμοποιείται ο όρος μετακίνηση μαζών για να περιγραφεί ένα κατολισθητικό φαινόμενο. Αυτός ο ορισμός, περιλαμβάνει κάθε μετακίνηση τμήματος πρανού που οφείλεται σε ολίσθηση, κατάπτωση, ανατροπή, ροή και ερυσμό.

Σύμφωνα με την ομάδα εργασίας της UNESCO - WP/WLI (1994), οι παράγοντες εκδήλωσης κατολισθήσεων διακρίνονται σε προκαταρκτικούς και εναύσματος μετακίνησης. Οι πρώτοι καθορίζουν τις αρχικές ευνοϊκές συνθήκες για να συμβεί μια κατολίσθηση, ενώ οι δεύτεροι καθορίζουν το χρόνο εκδήλωσης της κατολίσθησης. Οι παράγοντες εναύσματος μετακίνησης περιλαμβάνουν γεωμορφολογικές διεργασίες, φυσικές διεργασίες και ανθρωπογενείς διεργασίες. Οι προκαταρκτικοί παράγοντες, περιλαμβάνουν όλες τις προαναφερόμενες διεργασίες πλέον των εδαφικών συνθηκών.

Τα κυριότερα αίτια για την εκδήλωση κατολισθήσεων στον ελλαδικό χώρο είναι τα ακόλουθα<sup>51</sup>: α) Οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις των πρανών, β) τα μικρά μεγέθη των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών, γ) η έντονη τεκτονική παραμόρφωση, η οποία κατακερμάτισε τους σχηματισμούς συμβάλλοντας στην περαιτέρω μείωση των τιμών των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών, δημιουργώντας κατάλληλες επιφάνειες μετακίνησης των μαζών κατά μήκος των τεκτονικών ασυνεχειών, δ) η έντονη διαφοροποίηση στη λιθοστρωματογραφική διάρθρωση με αποτέλεσμα την αλληλουχία σχηματισμών με τελείως διαφορετικά γεωτεχνικά χαρακτηριστικά, ε) οι έντονες κλιματολογικές διαφοροποιήσεις και οι ακραίες κλιματολογικές συνθήκες σε ορισμένα σημεία του ελληνικού χώρου και ιδιαίτερα εκεί όπου συνυπάρχουν συνήθως όλοι οι προηγούμενοι παράγοντες, ζ) η υψηλή σεισμικότητα, η οποία επιδρά σε μάζες με οριακές συνθήκες ισορροπίας και η) οι ανθρώπινες παρεμβάσεις στο περιβάλλον, οι οποίες συνίστανται στην αποψίλωση των δασών, στη διαμόρφωση των πρανών, στην αφαίρεση της υποστήριξης και στην κατασκευή τεχνικών έργων χωρίς προηγούμενη μελέτη.

Η μελέτη των επιδεκτικών σε κατολίσθηση περιοχών κρίνεται αναγκαία, καθότι αυτές πέραν του ενδεχόμενου κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων που παρουσιάζουν, εμπερικλείουν και

<sup>51</sup> Κατολισθήσεις, Εργαστήριο Μελέτης & Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, <http://labnathaz.geol.uoa.gr/index.php?page=katolothiseis>

επικινδυνότητα τόσο για τις υποδομές (οικονομικές ζημιές σε κτίρια και δημόσια έργα), όσο και σε ανθρώπινες απώλειες (π.χ. Thuro and Hatem, 2010).

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων, βασίστηκε στη μεθοδολογία των Antoniou et al. (2015). Οι Antoniou et al. (2015) χρησιμοποίησαν την πολυκριτηριακή μέθοδο ανάλυσης στην ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων. Έλαβαν υπόψη τους δέκα προκαταρκτικούς παράγοντες εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων και κατέληξαν στη δημιουργία ενός χάρτη κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων (Εικόνα 25). Στον Πίνακα 2 αναφέρονται οι παράγοντες που έλαβαν υπόψη τους οι Antoniou et al. (2015) στη σύνθεση του τελικού χάρτη κινδύνου, κατά σειρά σημαντικότητας από πάνω προς τα κάτω, καθώς και οι κλάσεις που λαμβάνουν τη μέγιστη τιμή για τον κάθε παράγοντα.

**Πίνακας 2:** Παράγοντες εκτίμησης του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων (Antoniou et al., 2015).

Παράγοντες	Κλάσεις υψηλότερου κινδύνου
Λιθολογία	Σκωρίες, κώνοι κορημάτων
Μορφολογικές κλίσεις	55° - 72°
Χρήσεις γης	Ασυνεχής αστικός ιστός
Καμπυλότητα πρηνών	-24 - -1.5
Φλέβες	Υπαρξη φλεβών
Ρηξιγενείς ζώνες	Απόσταση <200 m από ρηξιγενείς ζώνες
Οδικό δίκτυο	Απόσταση <30 m από το οδικό δίκτυο
Υδρογραφικό δίκτυο	Απόσταση <50 m από το υδρογραφικό δίκτυο
Βροχοπτώσεις	305 - 383 mm βροχής
Προσανατολισμός πρηνών	0° - 22.5°, 292.5° - 360°

Η λιθολογία είναι ένας από τους κύριους προκαταρκτικούς παράγοντες στην εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων (Ladas et al., 2007). Η ενεργοποίηση ενός κατολισθητικού φαινομένου μπορεί να επηρεαστεί τόσο από ένα πέτρωμα χαμηλής συνεκτικότητας, όσο και από τη διεπιφάνεια μεταξύ δύο γεωλογικών σχηματισμών (π.χ. Thuro and Hatem, 2010).

Οι μορφολογικές κλίσεις είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς ελέγχει τη ταχύτητα ροής μετά από βροχοπτώσεις στο υπέδαφος, το ρυθμό απορροής και το ποσοστό υγρασίας του εδάφους. Γενικά, τα κατολισθητικά φαινόμενα δεν παρατηρούνται σε ήπιες κλίσεις και γκρεμούς λόγω χαμηλής διατμητικής τάσης, αλλά σε υψηλές (Ladas et al., 2007).

Στις χρήσεις γης, η πυκνότητα της βλάστησης επηρεάζει τη σταθερότητα των επιφανειακών αποθέσεων, τόσο ως προς τα υδρολογικά τους χαρακτηριστικά (ικανότητα διείσδυσης στο έδαφος, υγρασία εδάφους, επίπεδο υπόγειων υδάτων, κ.λπ.), όσο και ως προς τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά, καθώς οι ρίζες αυξάνουν τη διατμητική τάση του εδάφους. Περιοχές με αραιή βλάστηση, είναι γενικά πιο ευάλωτες στη διάβρωση. Οι γεωργικές περιοχές θεωρείται ότι αντιπροσωπεύουν ευσταθείς περιοχές, καθώς οι καλλιέργειες κατά κανόνα εφαρμόζονται σε χαμηλές πλαγιές και η ανθρώπινη δραστηριότητα αποτρέπει την αστοχία των πρηνών (Ladas et al., 2007).

Η καμπυλότητα των πρηνών αντιπροσωπεύει τη μορφολογία της τοπογραφίας και συνεπώς επηρεάζει τις υδρολογικές συνθήκες του εδάφους. Μετά από βροχοπτώσεις, το έδαφος σε μια κοίλη πλαγιά μπορεί να περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό σε υγρασία και να το διατηρεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με μια κυρτή πλαγιά. Σ' άλλες περιοχές, οι κυρτές πλαγιές υποδεικνύουν την έξαρση συμπαγών πετρωμάτων μεταξύ χαλαρότερων. Θετικές τιμές της καμπυλότητας των πρηνών υποδεικνύουν ότι η επιφάνεια είναι κυρτή στα κελιά του καννάβου, ενώ αρνητικές τιμές υποδεικνύουν ότι η επιφάνεια είναι κοίλη. Μία τιμή μηδέν (0), υποδεικνύει ότι η επιφάνεια είναι επίπεδη. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη είναι η αρνητική τιμή της καμπυλότητας των πρηνών, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο κίνδυνος εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων (Ladas et al., 2007).

Η εισχώρηση λάβας με τη μορφή φλεβών αναφέρεται συχνά ως ένας μηχανισμός εναύσματος κατολισθητικών φαινομένων (π.χ. Delaney and Denlinger και Elsworth and Day όπως αναφέρεται στο Waythomas, 2012). Οι φλέβες μπορούν να δημιουργήσουν φυσική μετατόπιση της πλαγιάς του ηφαιστειακού οικοδομήματος και να οδηγήσουν άμεσα σε αστοχία του πρηνούς, είτε σταδιακά όταν

ξεπεραστούν οι κρίσιμες συνθήκες. Επίσης, μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της πίεσης του υπόγειου πορώδους ύδατος που με τη σειρά του θα οδηγήσει σε αστοχία του πρανούς (Reid και Day όπως αναφέρεται στο Waythomas, 2012).

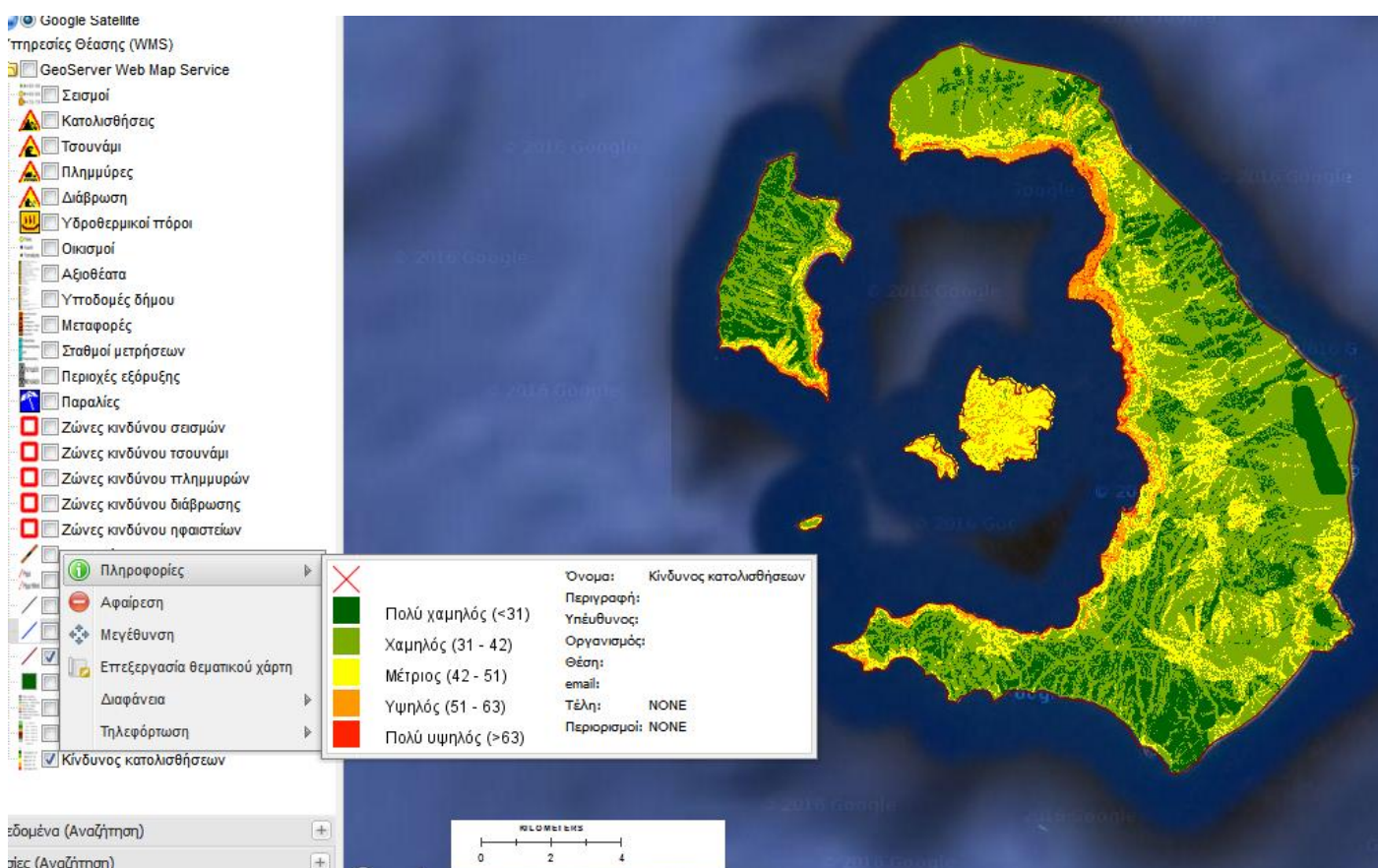
Ο αριθμός των κατολισθητικών φαινομένων είναι αυξημένος κατά μήκος των μεγάλων ρηγμάτων και επιπτώσεων. Τα κατολισθητικά φαινόμενα κοντά σε επιπτώσεις, αποτελούν συνέπεια των επαφών μεταξύ των υπερκείμενων περισσότερο υδροπερατών πετρωμάτων και των υποκείμενων λιγότερο υδροπερατών ή αδιαπέρατων πετρωμάτων. Το ενδεχόμενο εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων κοντά σε ρηξιγενείς ζώνες αυξάνεται, καθώς αυτές δημιουργούν απόκρημνες πλαγιές και ζώνες διάτμησης από αποσαθρωμένα και διαρρηγμένα πετρώματα (Ladas et al., 2007).

Ο κίνδυνος εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων αυξάνεται όταν μειώνεται η απόσταση από το ορεινό κύριο οδικό δίκτυο, καθώς σε τμήματα αυτού υπάρχουν κατασκευαστικές ατέλειες, ενώ επίσης αυτά υπολείπονται αποστραγγιστικών έργων (Ladas et al., 2007).

Το υδρογραφικό δίκτυο επηρεάζει τη σταθερότητα των πρανών, καθώς διαβρώνει το έδαφος και το καθιστά κορεσμένο σε νερό. Συνεπώς, ο κίνδυνος εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων είναι αυξημένος σε κοντινές αποστάσεις από το υδρογραφικό δίκτυο (Ladas et al., 2007).

Η αύξηση του ετήσιου ύψους βροχής, δημιουργεί ευνοϊκότερες συνθήκες για την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων (Ladas et al., 2007).

Ο προσανατολισμός των πρανών επιδρά στην έκθεση μιας πλαγιάς στην ηλιακή ακτινοβολία και στους ξηρούς ανέμους, επηρεάζοντας έμμεσα άλλους παράγοντες όπως την κατανομή της βλάστησης, το βαθμό κορεσμού και εξατμισοδιαπνοής των πλαγιών και το πάχος του εδάφους. Σύμφωνα με τους Guzzetti et al. (όπως αναφέρεται στο Ladas et al., 2007) στο βόρειο ημισφαίριο σε μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, οι πλαγιές με βόρειο και βορειοδυτικό προσανατολισμό θεωρούνται γενικά οι πιο ευνοϊκές για εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων εξαιτίας της σκίασης που δημιουργείται σ' αυτές και λόγω των ψυχρότερων συνθηκών που επικρατούν. Αυτές οι συνθήκες ευνοούν τη συσσώρευση και τη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας. Συνεπώς, η συχνότητα εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων αναμένεται να είναι μεγαλύτερη σε πλαγιές με βόρειο και βορειοδυτικό προσανατολισμό και μικρότερη σε πλαγιές με ανατολικό και νοτιοανατολικό προσανατολισμό (Ladas et al., 2007).



**Εικόνα 25:** Χάρτης εκτίμησης του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων για τη Σαντορίνη, τροποποιημένος κατά Antoniou et al. (2015).

Οι κλάσεις κινδύνου του χάρτη των Antoniou et al. (2015) για την παρούσα μελέτη ομαδοποιήθηκαν σε τρεις μόνο (χαμηλός, μεσαίος και υψηλός). Οι περιοχές κινδύνου που παρουσιάζονται επιδεκτικές σε κατολισθητικά φαινόμενα, είναι κυρίως εκείνες γύρω από την καλδέρα (Εικόνα 26). Ο κίνδυνος σε αυτές τις περιοχές, συνίσταται στο ότι: α) Παρουσιάζουν μεγάλες μορφολογικές κλίσεις, β) εύθρυπτοι σχηματισμοί, ευάλωτοι στην αποσάθρωση και τη διάβρωση όπως τα πυροκλαστικά υλικά, υπόκεινται συμπαγών σχηματισμών, γ) στην ύπαρξη ρηξιγενών ζωνών (π.χ. Κολούμπου) και διακλάσεων στα πετρώματα, δ) στην ενεργή σεισμική και ηφαιστειακή δραστηριότητα και ε) στην ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. κατασκευή οικοδομών - υπόσκαφων, υποσκαφή για διάνοιξη δρόμων, ρίψη μπαζών) (Lekkas 2009, Lekkas et al. 2010, Τα Νέα<sup>26,52</sup>). Ο ενδεχόμενος κίνδυνος εκδήλωσης ενός τέτοιου φαινομένου επιταχύνεται με την αποσάθρωση από τον αέρα, τη διάβρωση από μία δυνατή νεροποντή ή και την εκδήλωση ενός σεισμού (Lekkas et al. 2010, Τα Νέα<sup>26</sup>).

Ο Lekkas (2009) έχει δημοσιεύσει επίσης ένα ζωνοποιημένο χάρτη των πρανών της καλδέρας όπου αποτυπώνεται η εκτίμηση του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων, λαμβάνοντας υπόψη τους εξής τέσσερις παράγοντες: α) Την μορφολογία, β) τη γεωλογία, γ) τις γεωτεχνικές συνθήκες και δ) την ανθρώπινη παρέμβαση.

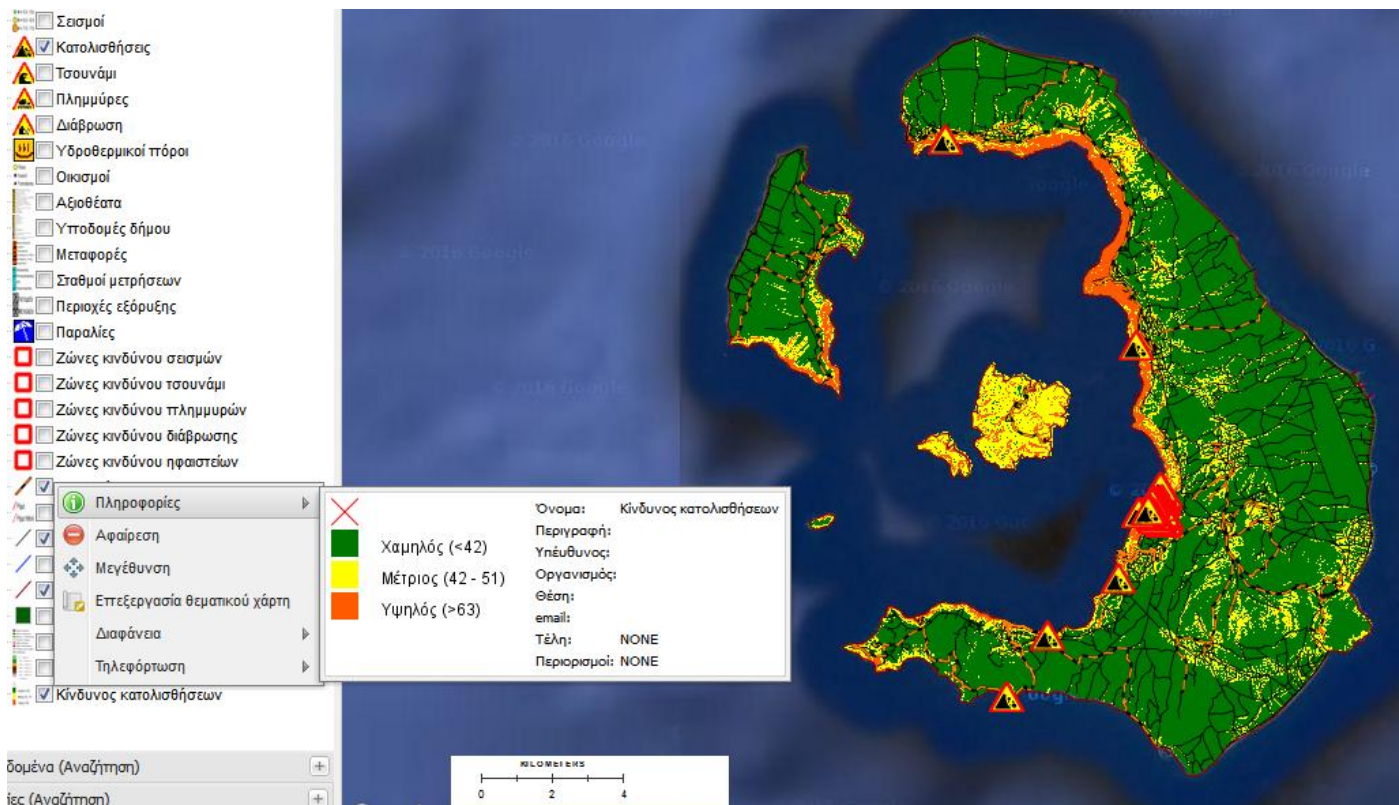
Με υπέρθεση των θεματικών επιπέδων του οδικού δικτύου, των μονοπατιών, των οικισμών και του ιστορικού κατολισθητικών φαινομένων πάνω στο θεματικό χάρτη εκτίμησης κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων, διακρίνονται οι περιοχές εκείνες που είναι επιδεκτικές σε κατολισθητικά φαινόμενα και χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης (πρωτίστως οι οικισμοί και το οδικό δίκτυο γύρω από την καλδέρα και δευτερευόντως τα μονοπάτια μιας και αποτελούν τουριστική ατραξιόν) (Εικόνα 26). Τα καταγεγραμμένα σε μελέτες συμβάντα κατολισθήσεων αυτής της μελέτης, επιβεβαιώνονται και από τα αποτελέσματα των μεθοδολογιών των Antoniou et al. (2015) και Lekkas (2009).

Στη συγκεκριμένη μελέτη ωστόσο, δεν λήφθηκαν υπόψη όλες οι εμφανείς κατολισθήσεις (εντός και εκτός καλδέρας) όπου εντοπίζονται αποθέσεις πλευρικών κορημάτων, καθώς κατολισθήσεις εντοπίζονται σχεδόν παντού μέσα στην καλδέρα. Συνεπώς, μελετήθηκαν μόνο καταγεγραμμένες περιπτώσεις που ήταν σχετικές με τις ανθρώπινες δραστηριότητες που αναφέρονται παρακάτω.

Η εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων χρήζει ιδιαίτερης προσοχής όταν αυτά επιφέρουν αρνητικές συνέπειες σε ανθρώπινες υποδομές και απώλειες ανθρώπινων ζωών. Έτσι λοιπόν μελετήθηκαν επισταμένα συγκεκριμένες περιπτώσεις ανθρώπινων υποδομών και δραστηριοτήτων με παράλληλη έρευνα στο πεδίο.

---

<sup>52</sup> Κρίκης Σ., 'Κατολισθήσεις «τρώνε» τη Σαντορίνη', Τα Νέα 13 Ιουνίου 2005, σελ. 15



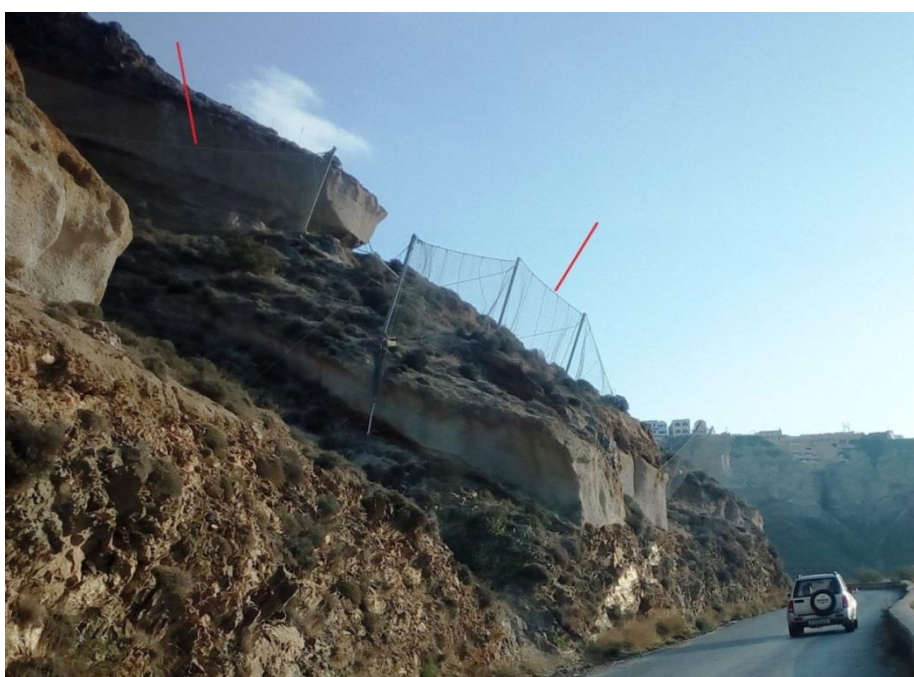
**Εικόνα 26:** Χάρτης εκτίμησης του κινδύνου εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων για τη Σαντορίνη, με υπέρθεση του ιστορικού κατολισθητικών φαινομένων, των μονοπατιών και του οδικού δικτύου, τροποποιημένος κατά Antoniou and Lekkas (2010), Lekkas et al. (2013a), Μπασγιουράκης (2006), Ατλαντίς<sup>23,24,25</sup>, Τα Νέα<sup>26</sup>.

### Λιμάνι Αθηνιού - Επαρχιακή οδός Όρμου Αθηνιού

Πάνω από τον όρμο του Αθηνιού, του κεντρικού λιμανιού της Θήρας, διακρίνεται ο μοναδικός δρόμος που οδηγεί προς τους κύριους οικισμούς της Θήρας. Κατά το παρελθόν έχουν εκδηλωθεί κατολισθήσεις στα πρανή πάνω από τον όρμο του Αθηνιού, οι οποίες έχουν καταγραφεί από τους Antoniou and Lekkas (2010). Στις κλιτύες των πρανών διακρίνονται τα τεχνικά έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων. Τοιχία (Εικόνα 27) και δίχτυα αντιστήριξης (Εικόνα 28), συνθέτουν τα έργα στις πλαγιές πάνω από τον Αθηνιό με στόχο τη συγκράτηση των πυροκλαστικών αποθέσεων, των αποθέσεων του υποβάθρου και των αποθέσεων κατολισθήσεων (rp7a, ap5, ap4, rp3, ap1, Mp, landslip deposits κατά Druitt et. al., 1999) που θα αποκοπούν από τα πρανή. Ο δρόμος αυτός αποτελεί το μοναδικό οδικό κόμβο εισροής προμηθειών και λοιπών εμπορευμάτων από το κεντρικό λιμάνι προς τους οικισμούς και μία ενδεχόμενη κατολίση θα σήμαινε στην καλύτερη των περιπτώσεων καθυστερήσεις, αν όχι αποκλεισμό του νησιού και ενδεχόμενα θύματα.



**Εικόνα 27:** Τοιχία αντιστήριξης ως έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων.



**Εικόνα 28:** Δίκτυα αντιστήριξης ως έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων.

### **Μονοπάτι Φηρά - Σκάρος**

Το μονοπάτι έχει σηματοδοτηθεί με τον αριθμό "6", ξεκινάει λίγο πιο πάνω από το τηλεφερίκ στα Φηρά, στο δρόμο προς Φηροστεφάνι και τελειώνει στην Παναγιά Θεοσκέπαστη, στο έξαρμα του Σκάρου. Πρόκειται για ένα εύκολο και βατό μονοπάτι. Το μονοπάτι αποτελείται στο μεγαλύτερο τμήμα του από καλντερίμι και καθώς κατεβαίνουμε προς το Σκάρο υπάρχει ένα τμήμα από τσιμεντένια σκαλοπάτια, πριν ξεκινήσει η εναλλαγή χωμάτων και τσιμεντένιων, βατών τμημάτων. Δύο επικίνδυνα σημεία στη διαδρομή αυτή αποτελούν, το τμήμα με τα τσιμεντένια σκαλοπάτια όπου παρατηρούνται μεγάλες και βαθιές ρωγμές, οι οποίες έχουν διευρυνθεί περαιτέρω με τα χρόνια, με την εξωτερική πλευρά αυτών να ολισθαίνει πολύ αργά προς τη θάλασσα (Εικόνα 29) και το τμήμα προς την κορυφή του Σκάρου όπου έχουν κατολισθήσει τμήματα και είναι απαγορευτική η ανάβαση σε αυτήν (Εικόνα 30) (Ι. Πέρρος, Νοέμβριος 2014, προσωπική επικοινωνία). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει επίσης να επιδειχθεί σε τμήματα των τσιμεντένιων και χωμάτων τμημάτων, καθώς αρκετά κομμάτια από αυτά καλύπτονται από διαβρωμένα και αποσπασμένα υλικά πυροκλαστικών αποθέσεων και λαβών (rp7a, rp6, ap5, as2 κατά Druitt et. al., 1999) (Εικόνα 31), τα οποία



μπορεί να προξενήσουν πιθανή ολίσθηση στους επισκέπτες. Μία ελάχιστη προσοχή, χρήζει η διαδρομή μετά από βροχοπτώσεις.



**Εικόνα 29:** α), β) Μεγάλες και βαθιές ρωγμές που παρατηρούνται στα τσιμεντένια σκαλοπάτια καθόδου στο Σκάρο, γ) άποψη της κατολισθαίνουσας προς τη θάλασσα πλαγιάς.



**Εικόνα 30:** Η επικίνδυνη διαδρομή προς την κορυφή του Σκάρου, γίνεται από το πίσω τμήμα του βράχου.



**Εικόνα 31:** α), β) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και λαβών.

### **Μονοπάτι Φηρά - Παλιό λιμάνι**

Το μονοπάτι ξεκινάει από τα Φηρά λίγο πιο κάτω από το τελεφερίκ στο δρόμο προς Φηροστεφάνι και τελειώνει στο παλιό λιμάνι (κόλπος Μέσα Γυαλού). Πρόκειται για μία εύκολη και βαθιά διαδρομή. Αποτελείται εξ' ολοκλήρου από καλντερίμι (Εικόνα 32). Κατά το παρελθόν έχουν εκδηλωθεί κατολισθήσεις στην περιοχή του τελεφερίκ, όπως εκείνης του Φεβρουαρίου του 2012 που προξένησε καταστροφές στις εγκαταστάσεις του σταθμού στο παλιό λιμάνι (Lekkas et al., 2013a). Στις κλιτύες των πρανών, είναι ευδιάκριτα τα τεχνικά έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων. Τοιχία και δίχτυα αντιστήριξης (Εικόνα 33) συνθέτουν τα έργα στις πλαγιές πάνω από το τελεφερίκ, με στόχο τη συγκράτηση των πυροκλαστικών αποθέσεων, των λαβών και των πλευρικών κορημάτων (gr7a, rt, as2, ar4, scree κατά Druitt et. al., 1999) που θα αποκοπούν από τα πρανή. Μία μικρή προσοχή απαιτείται ύστερα από βροχοπτώσεις, λόγω ολισθηρότητας του λιθόστρωτου.



**Εικόνα 32:** Αποψη τμήματος του μονοπατιού.



**Εικόνα 33:** Τοιχεία και δίκτυα αντιστήριξης ως έργα πρόληψης και αντιμετώπισης κατολισθητικών φαινομένων.

### **Μονοπάτι Μεγαλοχώρι - Ακρωτήριο Πλάκας**

Το μονοπάτι ξεκινάει από παράδρομο της επαρχιακής οδού Φηρών - Όρμου Περίσσης λίγο έξω από το Μεγαλοχώρι, μέχρι την παραλία στο ακρωτήριο Πλάκας και από εκεί μπορεί να συνεχιστεί σχεδόν παραλιακά και να τελειώσει βόρεια του ακρωτηρίου Πλάκας. Στην κάθοδο προς την παραλία, ο επισκέπτης περνά μπροστά από τα εκκλησάκια του Αγίου Νικολάου και της Παναγίας της Πλάκας, πριν φτάσει στα ερειπωμένα θερμά λουτρά που υπάρχουν στην παραλία (Μπασγιουράκης, 2006). Πρόκειται για ένα δύσκολο και στενό σε αρκετά σημεία μονοπάτι. Το μονοπάτι αποτελείται από εναλλαγές χωμάτινων τμημάτων, τμημάτων με καλντερίμι και λιθόστρωτων τμημάτων κακής ποιότητας. Η διαδρομή του μονοπατιού θεωρείται επικίνδυνη και πρέπει να επιδειχθεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς πυροκλαστικές αποθέσεις και αποθέσεις του υποβάθρου (gr7a, ap4, gr3, ap2, ap1, Mp κατά Druitt et. al., 1999) που έχουν διαβρωθεί και αποσαθρωθεί, καλύπτουν επιφανειακά τμήματα της διαδρομής (Εικόνα 34) που μαζί με τα κακής ποιότητας λιθόστρωτα τμήματα, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες που μπορεί να προξενήσουν πιθανή ολίσθηση στους επισκέπτες. Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η διαδρομή μετά από βροχοπτώσεις. Επίσης, η στενότητα του μονοπατιού λόγω και του κοίλου σχήματος που έχει σε αρκετά τμήματα εξαιτίας της διάβρωσης, δυσχεραίνει την προσπέλαση του (Εικόνα 35). Επίσης στο παραλιακό τμήμα, παρατηρούνται προηγούμενες κατολισθήσεις λόγω διαβρώσεως από τη θάλασσα (Εικόνα 35).



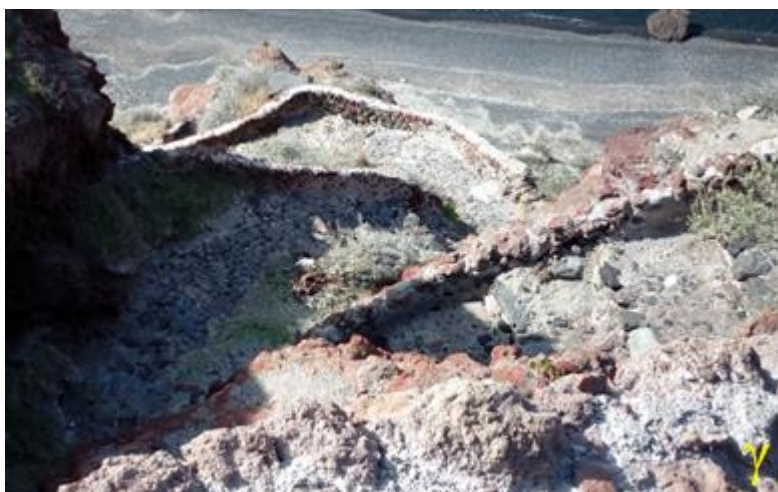
**Εικόνα 34:** α), β), γ) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και αποθέσεων του υποβάθρου, δ) σημεία δυσχερούς προσπέλασης.



**Εικόνα 35:** Προηγούμενες κατολισθήσεις στην κάτω πλευρά του μονοπατιού λόγω διάβρωσης της θάλασσας.

### **Μεγαλοχώρι - Χριστός τ' Αθήρμι**

Το μονοπάτι ξεκινάει από παράδρομο της επαρχιακής οδού Φηρών - Όρμου Περίσσης λίγο έξω από το Μεγαλοχώρι και τελειώνει στην παραλία μεταξύ ακρωτηρίου Πλάκας και ακρωτηρίου Θερών. Οι θερμές πηγές που απαντώνται σε κάποια απόσταση από την ακτή και θερμαίνουν τοπικά τα νερά, αποτελούν ένα χαρακτηριστικό αυτής της διαδρομής. Επίσης στην κάθοδο προς την παραλία, ο επισκέπτης περνά μπροστά από το εκκλησάκι του Χριστού τ' Αθήρμι, πριν συναντήσει το ερειπωμένο κτίσμα των θερμών λουτρών στην παραλία που έχει καταστραφεί από προηγούμενη κατολίπηση (Μπασγιουράκης, 2006). Πρόκειται για ένα δύσκολο και στενό σε κάποια τμήματα μονοπάτι. Το μονοπάτι αποτελείται από εναλλαγές χωμάτινων τμημάτων, τμημάτων με καλντερίμι και λιθόστρωτων τμημάτων κακής ποιότητας. Η διαδρομή του μονοπατιού θεωρείται επικίνδυνη και πρέπει να επιδειχθεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς πυροκλαστικές αποθέσεις και αποθέσεις του υποβάθρου (gr7a, ap5, ap4, gr3, ap2, ap1, Μρ κατά DrUITT et. al., 1999) που έχουν διαβρωθεί και αποσαθρωθεί, καλύπτουν επιφανειακά τμήματα της διαδρομής (Εικόνα 36) που μαζί με τα κακής ποιότητας λιθόστρωτα τμήματα, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες που μπορεί να προξενήσουν πιθανή ολίσθηση στους επισκέπτες. Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η διαδρομή μετά από βροχοπτώσεις. Επίσης, σε κάποια τμήματα της διαδρομής παρατηρείται και αυξημένη κλίση, που στην κάθοδο είναι επικίνδυνη (Εικόνα 36). Στη διαδρομή του μονοπατιού παρατηρούνται φερτά υλικά, αποτέλεσμα προηγούμενων κατολισθήσεων στη δημιουργηθείσα σχήματος V πλαγιά, αλλά και στο παραλιακό τμήμα (Εικόνα 37).



**Εικόνα 36:** α), β) ,γ) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και αποθέσεων του υποβάθρου, δ) σημεία αυξημένης κλίσης.





**Εικόνα 37:** α), β) Προηγούμενες κατολισθήσεις μέσα στο μονοπάτι, γ) προηγούμενες κατολισθήσεις στο παραλιακό τμήμα.

### **Μονοπάτι Αποθήκες - Ακρωτήριο - Ακρωτήριο Μπάλλος**

Το μονοπάτι ξεκινάει από την παραλία στη θέση Αποθήκες λίγο πριν το Ακρωτήριο και τελειώνει στην παραλία του ακρωτηρίου Μπάλλου. Ένα χαρακτηριστικό σημείο αυτής της διαδρομής, είναι το πιθανό ρήγμα που απαντάται στη θέση Αποθήκες και το οποίο κόβει διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς εκατέρωθεν του (Εικόνα 38). Πρόκειται για ένα εύκολο μονοπάτι στο τμήμα από Αποθήκες μέχρι την αρχή του κατερχόμενου τμήματος προς το ακρωτήριο του Μπάλλου, όπου αποτελείται από τσιμέντο και άσφαλτο, ενώ χαρακτηρίζεται ως μέτριο στο κατερχόμενο τμήμα προς το ακρωτήριο του Μπάλλου, όπου αποτελείται από εναλλαγές χωμάτινων τμημάτων και λιθόστρωτων τμημάτων κακής ποιότητας. Στη διαδρομή προς την παραλία στη θέση Αποθήκες, παρατηρείται ένα τοίχιο συγκράτησης των κορημάτων που έχουν διαβρωθεί (Εικόνα 39), καθώς και ένας αγωγός έκχυσης υγρών αποβλήτων στην παραλία, ο οποίος προωθεί τη διάβρωση της (Εικόνα 39). Το Δεκέμβριο του 2012 στην ίδια περιοχή είχε συμβεί κατολίσθηση, η οποία προκάλεσε καταστροφές στο δρόμο<sup>23</sup>. Επίσης δύο τμήματα, ένα χωμάτινο προς την παραλία (Εικόνα 40) και ένα κάτω από τον τσιμεντένιο δρόμο που οδηγεί στην παραλία (Εικόνα 40), έχουν διαβρωθεί. Η διαδρομή του μονοπατιού στο κατερχόμενο τμήμα προς το ακρωτήριο του Μπάλλου ενέχει μέτρια δυσκολία, καθώς πυροκλαστικές αποθέσεις (rp7a, ap4, rp3, apa, ap2 κατά Druiet et. al., 1999) που έχουν διαβρωθεί και αποσαθρωθεί, καλύπτουν επιφανειακά τμήματα της διαδρομής (Εικόνα 41) που μαζί με τα κακής ποιότητας λιθόστρωτα τμήματα, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες που μπορεί να προξενήσουν πιθανή ολίσθηση στους επισκέπτες. Στο παραλιακό τμήμα του ακρωτηρίου Μπάλλου παρατηρούνται προηγούμενες κατολισθήσεις (Εικόνα 42). Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η διαδρομή, στο τμήμα προς το ακρωτήριο του Μπάλλου μετά από βροχοπτώσεις.



**Εικόνα 38:** Το ρήγμα στις Αποθήκες.



**Εικόνα 39:** α) Τοιχίο συγκράτησης κορημάτων που έχουν διαβρωθεί, β) αγωγός έκχυσης υγρών αποβλήτων στην παραλία.



**Εικόνα 40:** α), β) Σημεία διάβρωσης στη θέση Αποθήκες.





Εικόνα 41: α), β) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων.



Εικόνα 42: α), β) Προηγούμενες κατολισθήσεις στο παραλιακό τμήμα.

### Κόκκινη παραλία

Η Κόκκινη παραλία εντοπίζεται νότια του Ακρωτηρίου. Είναι χαρακτηριστική λόγω των κόκκινων πετρωμάτων της που αποτελούνται από σκωρίες (απα κατά Druitt et. al., 1999). Η παραλία είναι επικίνδυνη λόγω των κάθετων πρηνών που απαντώνται σε αυτή και των κατολισθήσεων που έχουν συμβεί κατά το πρόσφατο παρελθόν (Εικόνα 43), όπως εκείνες των 06/08/2013<sup>24</sup> και 18/06/2015<sup>25</sup>. Επίσης, από τις 07/08/2013 υπάρχει ρητή αστυνομική απαγόρευση προσέγγισης της παραλίας και του μονοπατιού που οδηγεί σε αυτήν, ενώ παράλληλα έχουν τοποθετηθεί προειδοποιητικές πινακίδες και κιγκλιδώματα από το δήμο<sup>53</sup>.

<sup>53</sup> Κίνδυνος ατυχήματος στην Κόκκινη Παραλία, Ατλαντίς, [http://atlantis-santorini.net/kindynos\\_atyhimatos\\_stin\\_kokkini\\_paralia/](http://atlantis-santorini.net/kindynos_atyhimatos_stin_kokkini_paralia/)



**Εικόνα 43:** Προηγούμενες κατολισθήσεις στο παραλιακό τμήμα.

### **Μονοπάτι Περίσσα - Αρχαία Θήρα - Καμάρι**

Το μονοπάτι ξεκινάει από παράδρομο βόρεια και έξω από την Περίσσα και τελειώνει λίγο μετά το εκκλησάκι με το σπήλαιο της Ζωοδόχου Πηγής έξω από το Καμάρι. Δύο χαρακτηριστικά σημεία αυτής της διαδρομής, είναι ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Θήρας στην κορυφή του όρους Μέσα Βουνού, καθώς και το νεκροταφείο της αρχαίας πόλης που εκτεινόταν από τους πρόποδες του Μέσα Βουνού μέχρι και το διάσελο μεταξύ των ορέων Μέσα Βουνού και Προφήτη Ηλία. Ακολουθώντας την αντίθετη πορεία στο σταυροδρόμι που συναντά κανείς κοντά στην αρχή του μονοπατιού, μπορεί κανείς να επισκεφτεί το ξωκλήσι της Παναγιάς της Κατεφιανής. Πρόκειται για ένα μέτρια έως δύσκολο και στενό σε κάποια τμήματα μονοπάτι. Το μονοπάτι αποτελείται από εναλλαγές χωμάτινων τμημάτων και λιθόστρωτων τμημάτων κακής ποιότητας, καθώς και ενός ασφάλτινου τμήματος. Η διαδρομή του μονοπατιού θεωρείται επικίνδυνη, καθώς αποθέσεις του υποβάθρου (ΜΙ, Μρ κατά Druitt et. al., 1999) που έχουν διαβρωθεί και αποσαθρωθεί, καλύπτουν επιφανειακά τμήματα της διαδρομής (Εικόνα 44) που μαζί με τα κακής ποιότητας λιθόστρωτα τμήματα, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για πιθανή ολίσθηση των επισκεπτών. Επίσης σε κάποια τμήματα της διαδρομής, κυρίως σε εκείνο προς το εκκλησάκι της Ζωοδόχου Πηγής, παρατηρείται και αυξημένη κλίση, που στην κάθοδο είναι επικίνδυνη (Εικόνα 44). Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η διαδρομή μετά από βροχοπτώσεις.





**Εικόνα 44:** α), β) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω αποθέσεων του υποβάθρου, γ) σημεία αυξημένης κλίσης.

### **Μονοπάτι Αρχαία Θήρα - Προφήτης Ηλίας**

Το μονοπάτι έχει σηματοδοτηθεί με τον αριθμό "1", ξεκινάει από το δρόμο που οδηγεί στην είσοδο της Αρχαίας Θήρας και τελειώνει στη μονή του Προφήτη Ηλία που χρονολογείται από το 17<sup>ο</sup> αιώνα (567 m υψόμετρο). Πρόκειται για ένα αρκετά δύσκολο, απότομο, στενό, καλυμμένο με εμπόδια σε αρκετά σημεία (Εικόνα 45) μονοπάτι. Το μονοπάτι αποτελείται από εναλλαγές χωμάτινων τμημάτων, λιθόστρωτων τμημάτων κακής ποιότητας και τραχιών και απότομων τμημάτων αποτελούμενων καθαρά από ασβεστόλιθους και μάρμαρα. Η διαδρομή του μονοπατιού θεωρείται αρκετά επικίνδυνη, καθώς πυροκλαστικές αποθέσεις και αποθέσεις του υποβάθρου (gr7a, MI, Mρ κατά Druitt et. al., 1999) που έχουν διαβρωθεί και αποσαθρωθεί, καλύπτουν επιφανειακά τμήματα της διαδρομής (Εικόνα 45) που μαζί με τα κακής ποιότητας λιθόστρωτα τμήματα και τα τραχιά και απότομα τμήματα αποτελούμενα από ασβεστόλιθους και μάρμαρα, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για πιθανή ολίσθηση των επισκεπτών. Άλλος ένας σημαντικός κίνδυνος που ενέχει το συγκεκριμένο μονοπάτι, είναι η απώλεια προσανατολισμού σε κάποια τμήματα, καθώς απουσιάζει η αναγκαία σήμανση. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται ύστερα από βροχοπτώσεις, καθώς η διαδρομή θα είναι πολύ ολισθηρή.





**Εικόνα 45:** α), β), γ), δ), ε) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και αποθέσεων του υποβάθρου, ζ) σημεία δυσχερούς προσπέλασης.

### **Μονοπάτι Φαράγγι Βόθωνα**

Το μονοπάτι εντοπίζεται μέσα στο φαράγγι σχήματος V του Βόθωνα. Ξεκινάει στη μια πλευρά από την εκκλησία της Παναγίας της Σέργενας και τελειώνει στην άλλη πλευρά εκεί όπου δημιουργείται ένα σταυροδρόμι σχήματος V ξανά. Πρόκειται για ένα αρκετά εύκολο μονοπάτι από την εκκλησία της Παναγίας της Σέργενας μέχρι τον οικισμό του Βόθωνα, ενώ στην άλλη πλευρά το μονοπάτι είναι αρκετά έως πολύ δύσκολο, στενό και απροσπέλαστο σε κάποια τμήματα. Το μονοπάτι από την εκκλησία της Παναγίας της Σέργενας μέχρι το Βόθωνα είναι τσιμεντένιο, ενώ στην άλλη πλευρά από τσιμεντένιο γίνεται στη συνέχεια χωμάτινο. Η διαδρομή του μονοπατιού θεωρείται επικίνδυνη έως απαγορευτική στη δεύτερη πλευρά, καθώς το μονοπάτι είναι στενό σε κάποια τμήματα (Εικόνα 46), δυσπρόσιτο σε κάποια άλλα ή και απροσπέλαστο σε ένα σημείο ( $h \approx 1.70 \text{ m}$ ,  $w \approx 0.40 \text{ m}$ ) (Εικόνα 46) και καλυμμένο από αρκετά εμπόδια σε άλλα σημεία (Εικόνα 46). Στα πιο στενά τμήματα, επικρατούν διαβρωμένα και αποσαθρωμένα υλικά πυροκλαστικών αποθέσεων (gr7a κατά Druiett et. al., 1999) τα οποία έχουν καλύψει τη διαδρομή ή έχουν δημιουργήσει κώνους κορημάτων εξαιτίας κατολισθήσεων (Εικόνα 47) και απαντώνται αρκετές κοτρώνες λόγω πτώσης ή μεταφοράς τους από υψηλότερες θέσεις (Εικόνα 46). Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται ύστερα από βροχοπτώσεις, καθώς τμήματα της διαδρομής στη δεύτερη πλευρά θα είναι ολισθηρά και καλό θα ήταν να αποφεύγεται για μερικές ημέρες μετά από μια νεροποντή, λόγω της στενότητας που παρουσιάζει, των πιθανών κατολισθήσεων που ενδέχεται να συμβούν, καθώς και της μεταφοράς φερτών υλικών με το νερό που θα κατεβάζει. Επίσης, ένας μικρός κίνδυνος της διαδρομής που υπάρχει στο συγκεκριμένο μονοπάτι,

είναι η απώλεια προσανατολισμού και προσπέρασης της Παναγίας της Σέργενας, καθώς απουσιάζει η σήμανση. Η διαδρομή σε εκείνο το τμήμα είναι πολύ μικρή και δεν θυμίζει διαδρομή μονοπατιού.



**Εικόνα 46:** Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων, δυσχερούς προσπέλασης και αδυναμίας προσπέλασης σε ένα τμήμα.



**Εικόνα 47:** Προηγούμενες κατολισθήσεις μέσα στο μονοπάτι.

### **Μονοπάτι Ημεροβίγλι - Φοινικιά**

Το μονοπάτι έχει σηματοδοτηθεί με τους αριθμούς "5", "4", "2" και "1", ξεκινάει από το Ημεροβίγλι και τελειώνει στο εργοστάσιο αφαλάτωσης στη Φοινικιά. Ωστόσο, το μονοπάτι μπορεί να συνεχιστεί μέχρι τον οικισμό της Οίας. Στη διαδρομή προς τη Φοινικιά, ο επισκέπτης περνά μπροστά από αρκετά εκκλησάκια, όπως εκείνα του Αγίου Μάρκου και του Προφήτη Ηλία. Πρόκειται για ένα γενικά εύκολο έως μέτρια δύσκολο μονοπάτι σε κάποια τμήματα και στενό σε ένα τμήμα του. Το μονοπάτι αποτελείται από εναλλαγές χωμάτινων τμημάτων, τμημάτων με καλντερίμι, λιθόστρωτων τμημάτων κακής ποιότητας, τσιμεντένιων τμημάτων και ασφάλτινου τμήματος. Η διαδρομή του μονοπατιού θεωρείται μέτρια επικίνδυνη σε κάποια σημεία, καθώς πυροκλαστικές αποθέσεις και λάβες (rp7a, ap5, rp6, ap4a, as2, av3 κατά *Druitt et. al., 1999*) που έχουν διαβρωθεί και αποσαθρωθεί, καλύπτουν επιφανειακά τμήματα της διαδρομής ή και ολόκληρα άλλα τμήματα (Εικόνα 48) που μαζί με τα κακής ποιότητας λιθόστρωτα τμήματα, δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για πιθανή ολίσθηση των επισκεπτών. Κάποια σημεία της διαδρομής έχουν διαβρωθεί (Εικόνα 48). Η διαδρομή θεωρείται επικίνδυνη στο τμήμα του Μικρού Προφήτη Ηλία λόγω της στενότητας που παρουσιάζει το μονοπάτι, καθώς η κάτω πλευρά του ολισθαίνει προς τη θάλασσα (Εικόνα 49). Άλλος ένας επικίνδυνος παράγοντας για τον τουρισμό, είναι και η ανέγερση κατασκευών σε υψηλού κινδύνου περιοχές, όπως εκείνης που βρίσκεται στο χείλος της καλδέρας πάνω στην κατολίσθηση του Μικρού Προφήτη Ηλία. Μία μικρή προσοχή απαιτείται ύστερα από βροχοπτώσεις. Κατά το πρόσφατο παρελθόν, έχουν εκδηλωθεί κατολισθήσεις πάνω από τον όρμο της Αρμένης στην Οία όπως εκείνης της 23/05/2011 με ένα νεκρό τουρίστα και καταστροφή του μονοπατιού<sup>26</sup>. Μέχρι το τέλος του 2012, αναμενόταν να έχει ολοκληρωθεί η αποκατάσταση του μονοπατιού και να έχουν τοποθετηθεί τα δίχτυα αντιστήριξης<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> Ξεκίνησε το έργο αντιστήριξης των πρανών πάνω από την Αρμένη, Ατλαντίς, [http://atlantis-santorini.net/xekinise\\_to\\_ergo\\_antitirixis\\_ton\\_pranon/](http://atlantis-santorini.net/xekinise_to_ergo_antitirixis_ton_pranon/)



**Εικόνα 48:** α), β), γ) Σημεία πιθανής ολίσθησης λόγω πυροκλαστικών αποθέσεων και λαβών, δ) σημεία διάβρωσης του μονοπατιού.



**Εικόνα 49:** Σημείο στενότητας του μονοπατιού.

#### 4.4 Κίνδυνος εκδήλωσης τσουνάμι

Σύμφωνα με τον Imamura (όπως αναφέρεται στο Papadopoulos, 2009), ο όρος τσουνάμι είναι ένας συνδυασμός των ιαπωνικών λέξεων "tu" που σημαίνει λιμάνι και "nami" που σημαίνει μεγάλο κύμα και ως εκ τούτου, μεγάλο κύμα στο λιμάνι. Πρόκειται λοιπόν για μια ακολουθία κυμάτων που διαταράσσει την υδάτινη επιφάνεια, είναι μικρής διάρκειας, παρουσιάζει κάποιο ύψος κύματος στο μέτωπο προέλασης, είναι προϊόν σεισμικής ή ηφαιστειακής διαταραχής καθώς και των συνοδών φαινομένων τους και στην προέλαση της προς την ακτογραμμή επιβραδύνεται και ανυψώνεται σε ύψος (Van Dorn όπως αναφέρεται στο Papadopoulos 2009, Levin 2009). Τα τσουνάμι επιφέρουν αρνητικές συνέπειες στον ανθρώπινο πληθυσμό που ζει σε παράκτιες περιοχές, καθώς και στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η εκτίμηση της σφοδρότητας ενός τσουνάμι, γίνεται μέσω της εκτίμησης των επιπτώσεων που άφησε πίσω του το τσουνάμι. Διάφορες κλίμακες εκτίμησης της σφοδρότητας ενός τσουνάμι έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα (Sieberg, Ambraseys, όπως αναφέρεται στο Lekkas et al. 2013b, Papadopoulos and Imamura 2001, Lekkas et al. 2013b).

Η κύρια αιτία δημιουργίας τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης, είναι η ρηχή σεισμική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα κατά μήκος του Ελληνικού Τόξου και της περιοχής του Αιγαίου, αλλά και η ηφαιστειακή δραστηριότητα που λάμβανε χώρα στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης (Papadopoulos and Chalkis, 1984). Οι ίδιοι συγγραφείς έχουν συμπεράνει ότι ο κίνδυνος εκδήλωσης τσουνάμι για τη Σαντορίνη είναι μέτριος. Οι Papadopoulos and Chalkis (1984) και Papadopoulos (2009) έχουν καταγράψει τα τσουνάμι που εμφανίστηκαν στον ελλαδικό χώρο από την αρχαιότητα (Πίνακας 3, Εικόνα 50). Στη συνέχεια για κάθε τσουνάμι, παρουσιάζονται οι συνέπειες που επέφερε η εκδήλωση του.

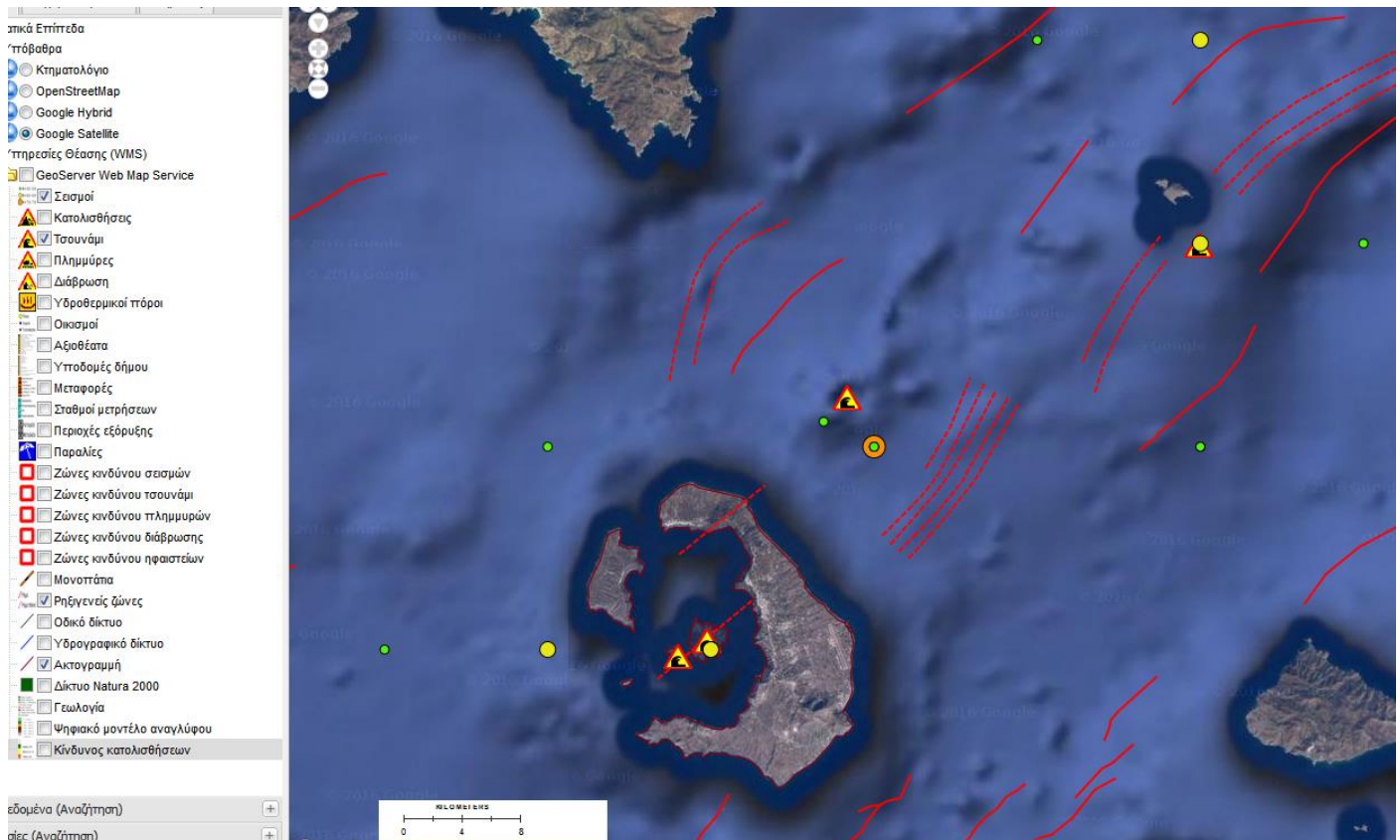
Οι περιοχές που εμφανίζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να πληγούν από ένα μελλοντικό τσουνάμι είναι τα βόρεια έως ανατολικά εξωτερικά παράλια της Θήρας, καθώς και το εσωτερικό της καλδέρας. Ένα μεγάλο τσουνάμι θα μπορούσε να προκληθεί μελλοντικά μέσα στη λεκάνη της Ανύδρου, καθώς και από το υποθαλάσσιο ηφαίστειο του Κολούμπου (Εικόνα 51).

**Πίνακας 3:** Καταγραφές γεγονότων τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης (Papadopoulos and Chalkis, 1984).

Χρονολογία	Περιοχή	Ημερομηνία	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
1615 ± 10 π.Χ. κατά Friedrich et al., 2006	Ελληνικό Αρχιπέλαγος, Ανατολική Μεσόγειος, Κρήτη, Ρόδος, Κύπρος	1615 ± 10 π.Χ.	36.4	25.4
46 μ.Χ.	Βόρεια Κρήτη	46 μ.Χ.	36.4	25.4
1650 μ.Χ.	Ελληνικό Αρχιπέλαγος, Ανατολική Σαντορίνη (h = 19, d = 200), Πάτμος (h = 30), Ίος (h = 18), Σίκινοσ (d = 100), Βόρεια Κρήτη, Ηράκλειο	29/09/1650 15:00	36.4	25.4
1956 μ.Χ.	Ελληνικό Αρχιπέλαγος, Αμοργός (h = 20 - 25, d = 80 - 100), Αστυπάλεια (h = 20, d = 400), Φολέγανδρος (h = 10, d = 6), Νησιά Αιγαίου (h = ≤5, d ≤ 700)	09/07/1956 03:11:40 03:24:03	36.7 36.6	25.8 25.7

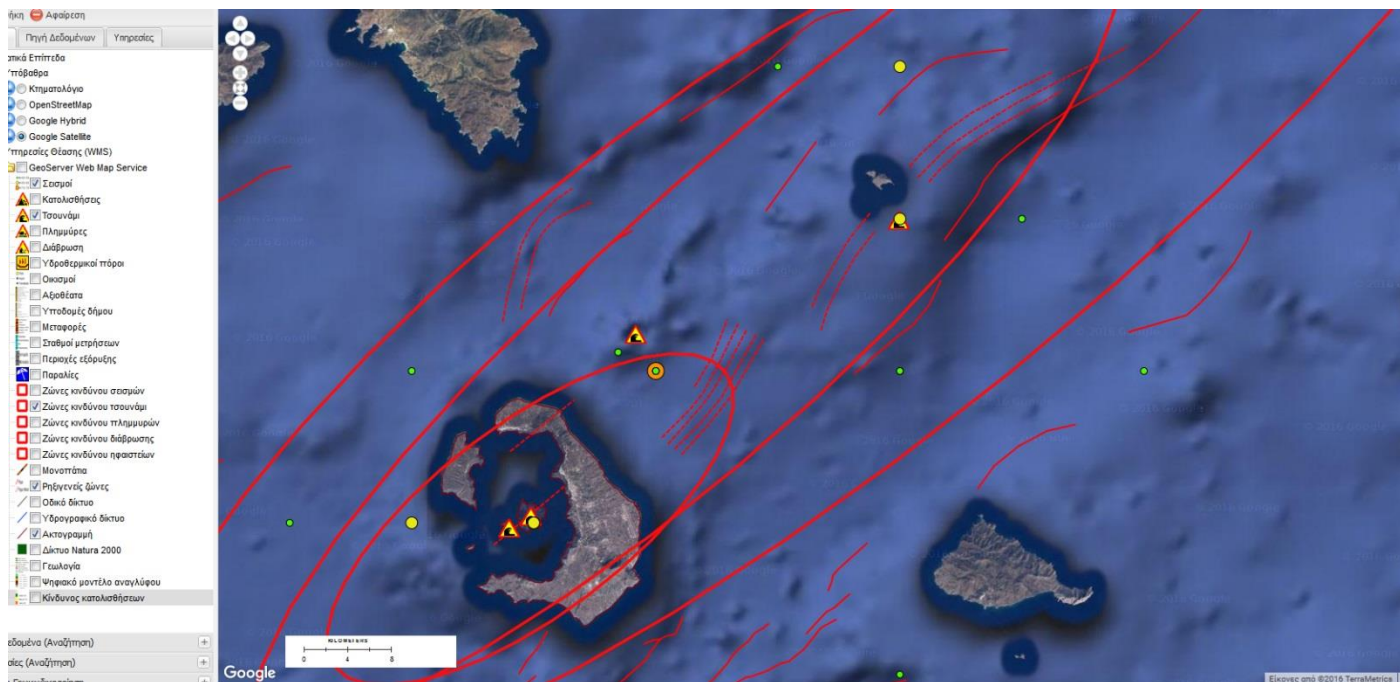
όπου h (m) = το μέγιστο ύψος κύματος στις ακτές και d (m) = η απόσταση που εισχώρησε το κύμα στην ακτή.





**Εικόνα 50:** Χάρτης ιστορικού τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papadopoulos and Chalkis (1984).

Η Μινωική έκρηξη και η κατάρρευση της καλδέρας του 1615 ± 10 π.Χ. (Friedrich et al., 2006), προκάλεσε ένα γιγαντιαίο τσουνάμι με εκτιμώμενο ύψος 26 - 50 m στη Θήρα (Antonopoulos 1992, Cita et al. 1996). Ωστόσο οι McCoy and Heiken (2000) προτείνουν μια πιο συντηρητική τιμή για το ύψος κύματος του τσουνάμι στα 7 - 12 m. Η έκρηξη του 46 μ.Χ. συνδέεται επίσης με ένα τσουνάμι, το οποίο φέρεται να είχε φτάσει στη βόρεια Κρήτη (Papadopoulos and Chalkis, 1984). Η έκρηξη του ηφαιστείου του Κολούμπου του 1650 μ.Χ. και το τσουνάμι που δημιουργήθηκε, οδήγησε στο να καταστραφούν κτίρια, να σκοτωθούν ζώα, να διαβρωθούν δρόμοι και 2 km<sup>2</sup> γης (Dominey-Howes et al. 2000b, Nomikou et al. 2014a). Ο σεισμός της Αμοργού του 1956, δημιούργησε ένα τσουνάμι που έπληξε τα νησιά στο νότιο Αιγαίο, με το ύψος κύματος που παρατηρήθηκε στην Αμοργό και στην Αστυπάλαια να είναι 20 - 25 m ενώ στην Κρήτη το ύψος κύματος ήταν 1 - 2 m (Ambraseys 1960, Dominey-Howes 1996, Dominey-Howes et al. 2000a). Ως αποτέλεσμα, πολλοί άνθρωποι και ζώα έχασαν τη ζωή τους, εκτεταμένες εκτάσεις παράκτιων περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των προβλητών, των αποβαθρών και καλλιεργήσιμης γης καταστράφηκαν, ενώ πολλές βάρκες ξεβράστηκαν στην ακτή μέχρι και 500 m στην ενδοχώρα (Ambraseys, 1960).



**Εικόνα 51:** Χάρτης τσουναμογενών ζωνών επικινδυνότητας στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης, τροποποιημένος κατά Papadopoulos and Chalkis (1984).

#### 4.5 Πλημμυρικός κίνδυνος

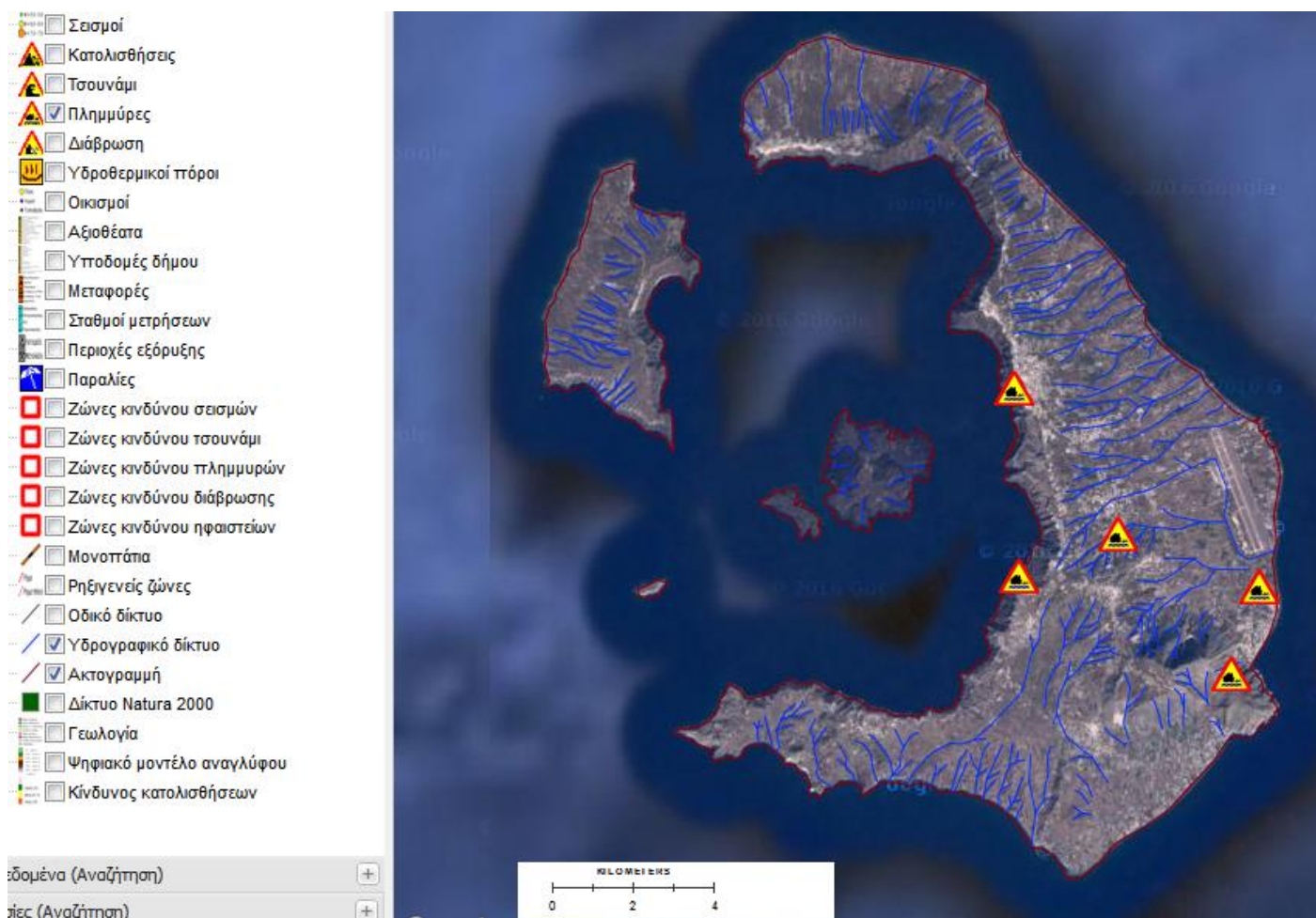
Η πλημμύρα είναι ένα φυσικό φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται όταν η ποσότητα του επιφανειακού νερού ξεπερνά την απορροφητική και αποστραγγιστική ικανότητα του εδάφους. Οι αστραπιαίες πλημμύρες είναι τοπικού χαρακτήρα φαινόμενα, μεγάλου όγκου και μικρής διάρκειας, που συχνά μεταφέρουν πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις ιζημάτων και θραυσμάτων (Φουντούλης, 2009).

Οι πλημμύρες κοντά σε αστικές περιοχές έχουν αυξηθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Ένας από τους λόγους είναι η έντονη αστικοποίηση χωρίς κανέναν προηγούμενο σχεδιασμό και η ταυτόχρονη αλλαγή των χρήσεων γης, που έχουν μεταβάλλει το υφιστάμενο ανάγλυφο της εκάστοτε περιοχής. Ένας άλλος λόγος εκδήλωσης πλημμυρικών φαινομένων, είναι οι πυρκαγιές. Οι πυρκαγιές σε ευάλωτα οικοσυστήματα, αλλά και οι υπάρχουσες ανθρώπινες δραστηριότητες, έχουν καταστρέψει σε σημαντικό βαθμό την προϋπάρχουσα βλάστηση, με αποτέλεσμα την αποσάθρωση του επιφανειακού εδαφικού ορίζοντα και τη διάβρωση του ύστερα από μια δυνατή βροχόπτωση, αφού δεν υπάρχει επαρκής βλάστηση να επιβραδύνει την ταχύτητα πτώσης της βροχής και τη συγκράτηση του εδάφους.

Η Σαντορίνη παρουσιάζει έντονο μορφολογικό ανάγλυφο γύρω από την καлдέρα και πολύ ήπιο προς τα εξωτερικά της παράλια. Ωστόσο, το μορφολογικό της ανάγλυφο δεν επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλης τάξεως κλάδων του υδρογραφικού δικτύου κατά Strahler (Strahler, 1957), με συνέπεια τη μη ύπαρξη κλάδων μεγαλύτερων της 3<sup>ης</sup> τάξεως. Επίσης, το υδρογραφικό δίκτυο της Σαντορίνης αποτελείται από μικρού μήκους κλάδους, οι οποίοι δημιουργούν τοπικά ρεματάκια (Εικόνα 52). Οι συνθήκες αυτές, δεν ευνοούν τη δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων στη Σαντορίνη υπό κανονικές συνθήκες βροχόπτωσης. Ωστόσο, όταν παρουσιάζονται έντονα καιρικά φαινόμενα όπως οι αστραπιαίες πλημμύρες, τότε μπορεί να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες για την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων. Τέτοιες περιπτώσεις έχουν καταγραφεί κατά το πρόσφατο παρελθόν (Εικόνα 52). Το 2004 ύστερα από έντονες βροχοπτώσεις είχε καταστραφεί ο δρόμος προς την Αρχαία Θήρα, ενώ προβλήματα είχαν δημιουργηθεί και στους πυλώνες του τελεφερίκ<sup>27</sup>. Οι έντονες βροχοπτώσεις της 21/09/2008 προκάλεσαν το κλείσιμο οδικών αρτηριών του νησιού, την πτώση των πλαϊνών τοιχίων δρόμων, την εισροή υδάτων σε καταστήματα στο λιμάνι του Αθηνιού αλλά και σε οικίες και την καταστροφή αυτοκινήτων που παρασύρθηκαν από ορμητικούς χειμάρρους στις περιοχές του Βόθωνα και του Καμαρίου<sup>28,29</sup>.

Η περίπτωση των πλημμυρών σε Βόθωνα και Καμάρι σχετίζεται με την απουσία αντιπλημμυρικών έργων, καθώς τα νερά των βροχοπτώσεων από το φαράγγι του Βόθωνα συσσωρεύονται πριν μουν στην πόλη του Βόθωνα και από εκεί ακολουθούν τη χάραξη του οδικού δικτύου για να καταλήξουν στο αντιπλημμυρικό κανάλι περιμετρικά του αεροδρομίου που οδηγεί στη θάλασσα<sup>35</sup> (Εικόνα 53). Μία μεγάλη

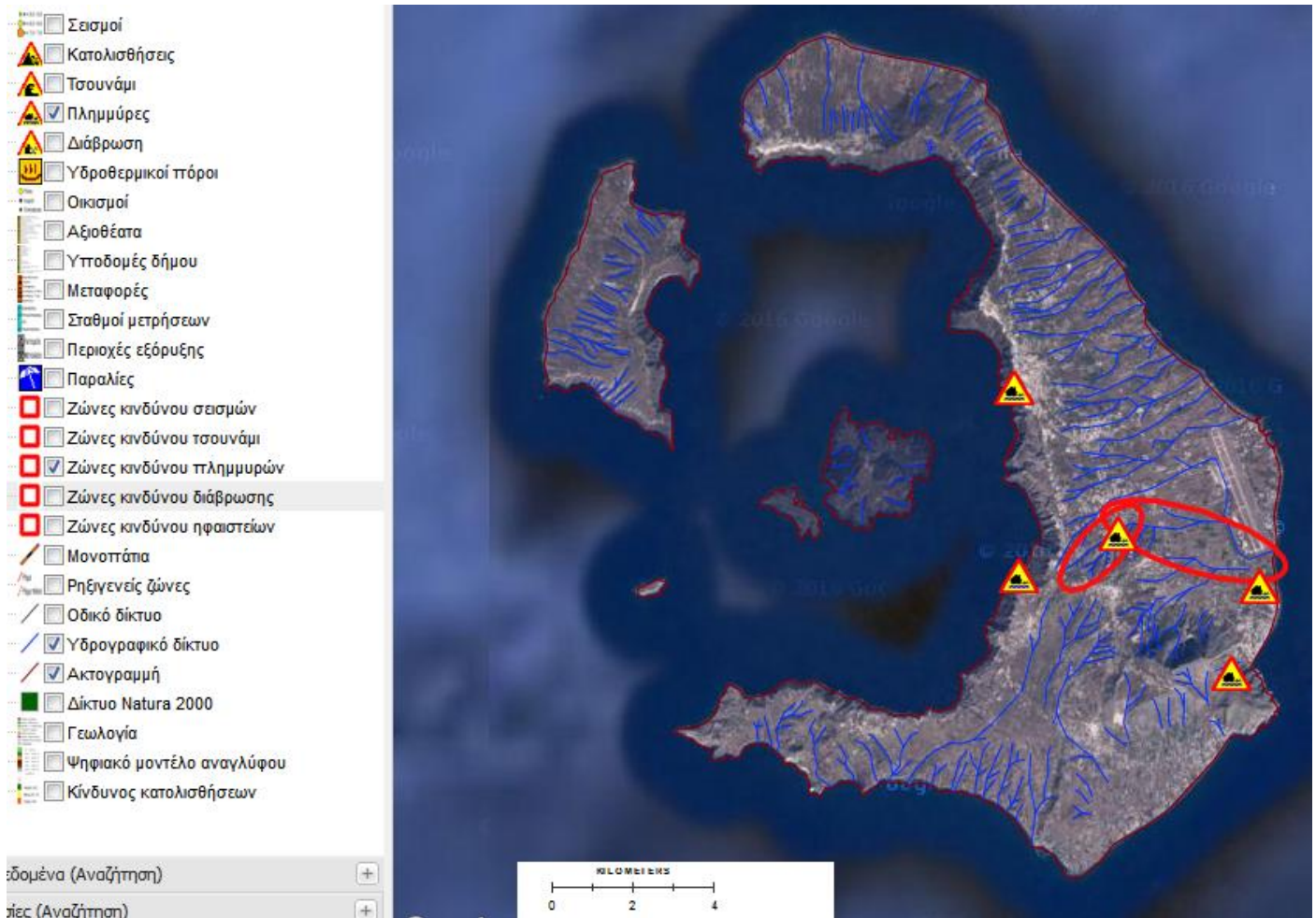
πλημμύρα είναι πιθανότερο να προκληθεί μελλοντικά στην είσοδο του φαραγγιού στον οικισμό του Βόθωνα (Εικόνα 54).



**Εικόνα 52:** Χάρτης ιστορικού πλημμυρών της Σαντορίνης<sup>28,29</sup>.



**Εικόνα 53:** α), β) Τεχνικά έργα στη διαδρομή του βρόχινου νερού από το φαράγγι του Βόθωνα (γέφυρα - αντιπλημμυρικό έργο κάτω από την επαρχιακή οδό Μεσσαριάς - Αρχαίας Θήρας) προς την παραλία Καμαριού (αντιπλημμυρικό κανάλι) κατά το 2011<sup>35</sup>.

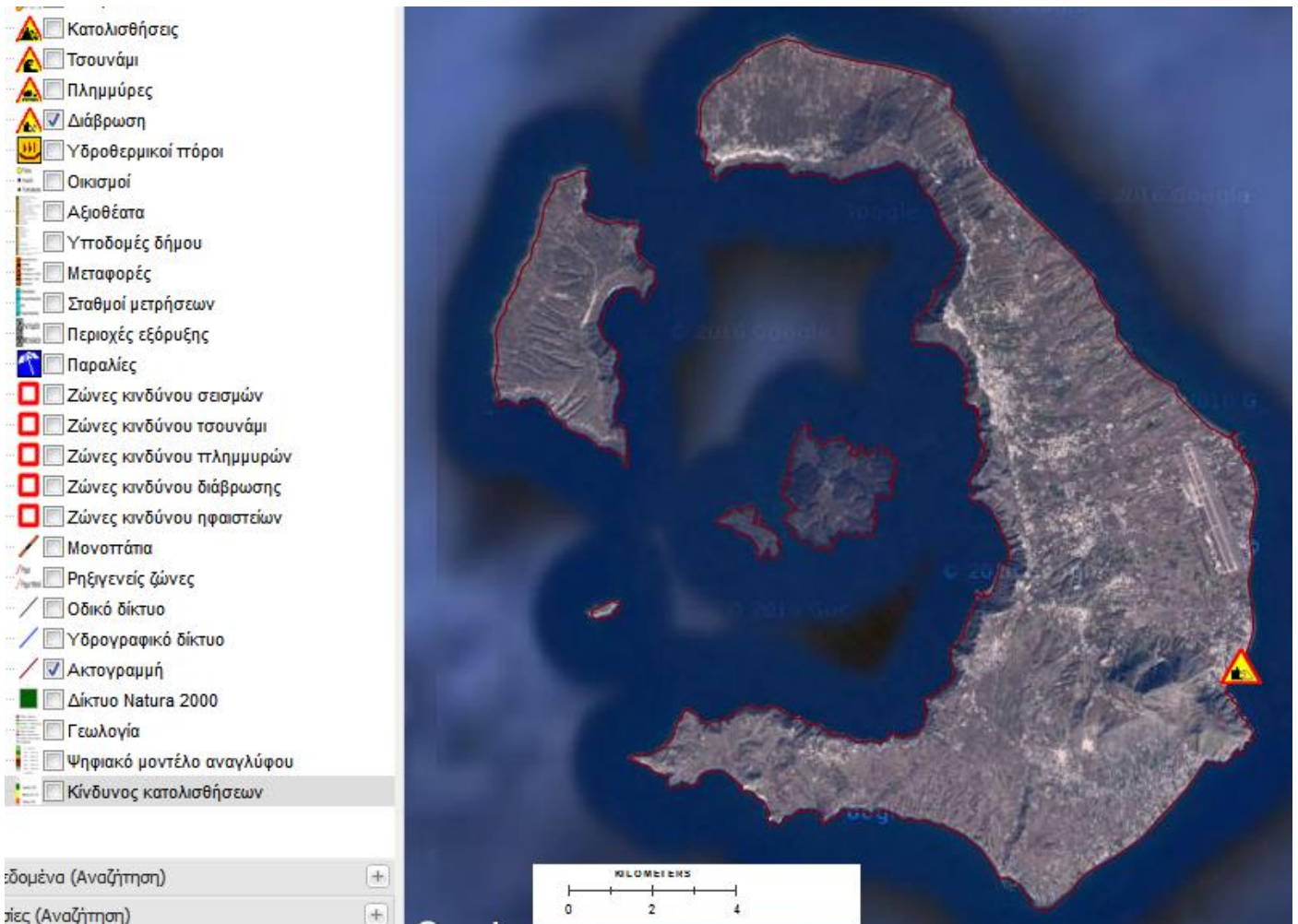


Εικόνα 54: Χάρτης πλημμυρικών ζωνών επικινδυνότητας της Σαντορίνης.

#### 4.6 Κίνδυνος παράκτιας διάβρωσης

Η διάβρωση της παράκτιας ζώνης είναι ένα φυσικό φαινόμενο που παρατηρείται σε πολλά μέρη των ευρωπαϊκών ακτών και οδηγεί στην υποβάθμιση των παράκτιων οικοσυστημάτων. Προκαλείται από τα θαλάσσια ρεύματα, την παλίρροια και τη δράση των κυμάτων και του ανέμου. Αποτέλεσμα της διάβρωσης, είναι η κίνηση τεράστιων ποσοτήτων ιζήματος (π.χ. λάσπης, ιλύος και άμμου) (eds Stanners and Bourdeau, 1995).

Στην παραλία του Καμαριού παρουσιάζεται έντονα το φαινόμενο της διάβρωσης της ακτής (Εικόνα 55), με το πλάτος της τελευταίας να μειώνεται ολοένα και περισσότερο, καθώς το μέτωπο της θάλασσας προελαύνει προς τη χέρσο (Εικόνα 58). Η διάβρωση της ακτής παρατηρήθηκε τόσο σε δορυφορικές εικόνες<sup>13</sup> (Εικόνα 56), όσο και από επιτόπια έρευνα (Εικόνα 57). Το φαινόμενο ενισχύεται όταν πνέουν ισχυροί βορειοανατολικοί έως ανατολικοί άνεμοι.



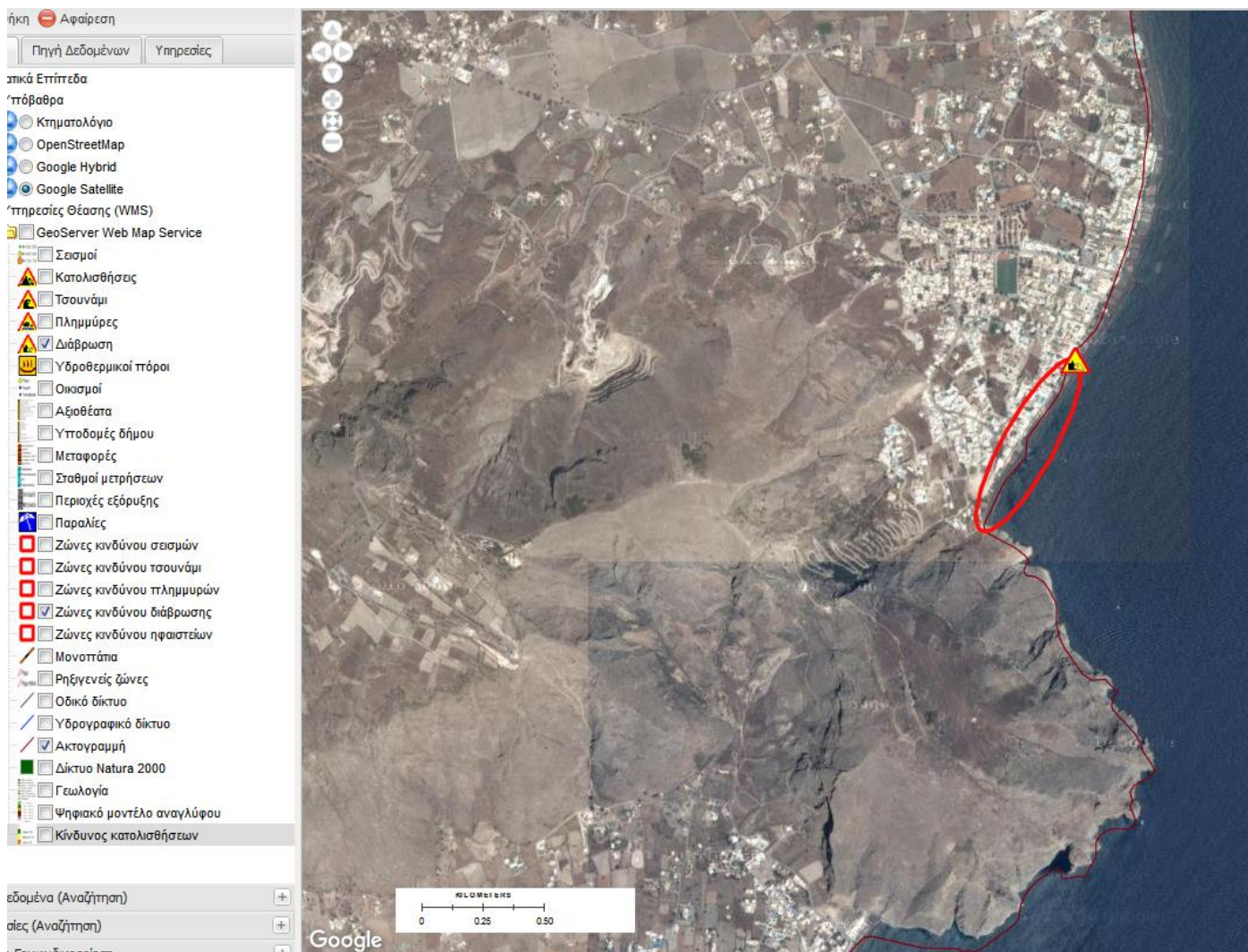
**Εικόνα 55:** Χάρτης ιστορικού παράκτιας διάβρωσης της Σαντορίνης<sup>13</sup>.



**Εικόνα 56:** α) Δορυφορική εικόνα της ακτής του Καμαρίου κατά το 2003, β) δορυφορική εικόνα της μειωμένης από διάβρωση ακτής του Καμαρίου κατά το 2012<sup>13</sup>.



**Εικόνα 57:** α), β) Σημεία διάβρωσης κατά μήκος του παραλιακού δρόμου του Καμαρίου στη θέση Περιβόλια.



**Εικόνα 58:** Χάρτης ζωνών επικινδυνότητας παράκτιας διάβρωσης της Σαντορίνης.

## 5. Προτάσεις

Οι προτάσεις που θα αναφερθούν στη συνέχεια, αφορούν μερικές από τις ενέργειες που θα μπορούσαν να υλοποιηθούν προκειμένου να μετριαστεί η επικινδυνότητα περιοχών ευάλωτων σε κάποιον από τους προαναφερθέντες φυσικούς κινδύνους. Αυτές αφορούν δράσεις που μπορούν να υλοποιηθούν τόσο από τους πολίτες ως μεμονωμένες οντότητες, όσο και από την πολιτεία.

Η περιοχή του νοτίου Αιγαίου φιλοξενεί υψηλή και συχνή σεισμικότητα. Στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης έχουν συμβεί κατά το παρελθόν ισχυροί σεισμοί με καταστροφικές συνέπειες για το νησί. Οι συνέπειες από έναν μελλοντικά ισχυρό σεισμό, θα μπορούσαν να μετριαστούν: α) Με την αλλαγή των χρήσεων γης για οικιστική ανάπτυξη γύρω από το φρύδι της καλδέρας με απομάκρυνση των επισφαλών κτισμάτων και απαγόρευση κατασκευής υπόσκαφων που αποδυναμώνουν τα πρανή της καλδέρας, β) με την κατασκευή νέων κτιρίων με βάση τις αντισεισμικές προδιαγραφές και γ) με την παροχή ενημερωτικού υλικού και τη διεξαγωγή ασκήσεων σχετικών με τις προβλεπόμενες δράσεις σε περίπτωση σεισμού.

Η μελλοντική ηφαιστειακή δραστηριότητα εντοπίζεται στην περιοχή του Κολούμπου. Οι επιπτώσεις από μία μελλοντική ηφαιστειακή έκρηξη, θα μπορούσαν να μετριαστούν: α) Με την υιοθέτηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου δράσης και εκκένωσης του νησιού με τα κέντρα λήψης αποφάσεων και τις υποστηρικτικές υπηρεσίες να βρίσκονται εγκατεστημένες στα βορειοδυτικά της Θήρας, β) με τη διεύρυνση του υπάρχοντος λιμανιού στη Νέα Καμένη για την ταχύτερη εκκένωση των τουριστών και μεταφορά - διαφυγή του πληθυσμού της Θήρας από τα ΒΔ αν το επιτάσσουν οι συνθήκες, γ) με την παροχή ενημερωτικού υλικού και τη διεξαγωγή ασκήσεων σχετικών με τις προβλεπόμενες δράσεις σε περίπτωση ηφαιστειακής έκρηξης και δ) με την ύπαρξη επαρκών μέσων προστασίας των πολιτών π.χ. μάσκες.

Μία μελλοντική κατολίσθηση που θα συμβεί στα πρανή της καλδέρας εσωτερικά, ή στον κύριο οδικό άξονα που οδηγεί στον Αθηνιό, θα μπορούσε να είχε σοβαρές συνέπειες σε ανθρώπινες υποδομές και απώλειες ανθρώπινων ζώων. Αυτές οι συνέπειες θα μπορούσαν να μετριαστούν: α) Με την αλλαγή των χρήσεων γης για οικιστική ανάπτυξη γύρω από το φρύδι της καλδέρας με απομάκρυνση των επισφαλών κτισμάτων και απαγόρευση κατασκευής υπόσκαφων που αποδυναμώνουν τα πρανή της καλδέρας, β) με τη μη επισκεψιμότητα των μονοπατιών από τους πολίτες για κάποιες μέρες μετά από μία βροχοπτώση και γ) με την παροχή ενημερωτικού υλικού.

Ένα μελλοντικό τσουνάμι εντοπίζεται στην περιοχή της Ανύδρου ή και εντός της καλδέρας. Οι επιπτώσεις του, θα μπορούσαν να μετριαστούν: α) Με τη δημιουργία ενός σύγχρονου κέντρου ειδοποίησης του πληθυσμού του νησιού, β) με την υιοθέτηση τεχνικών παρεμβάσεων κατά μήκος της ακτογραμμής από πλευράς της πολιτείας (π.χ. τοιχία και κυματοθραύστες) και γ) με την παροχή ενημερωτικού υλικού και τη διεξαγωγή ασκήσεων σχετικών με τις προβλεπόμενες δράσεις σε περίπτωση εκδήλωσης τσουνάμι.

Μία μελλοντική πλημμύρα στην περιοχή Βόθωνα - Καμαρίου, θα μπορούσε να μετριαστεί: α) Με την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων (π.χ. αγωγός κατάλληλης διατομής), β) με την παροχή ενημερωτικού υλικού στους πολίτες σχετικά με την υλοποίηση προληπτικών μέτρων πριν τις βροχοπτώσεις και γ) με την υλοποίηση δράσεων καθαριότητας από τα συνεργεία του δήμου.

Η παράκτια διάβρωση στο Καμάρι θα μπορούσε να αντισταθμιστεί με την υιοθέτηση τεχνικών παρεμβάσεων στη θάλασσα από πλευράς της πολιτείας.

## 6. Συμπεράσματα

Η γνώση του τεκτονικού καθεστώτος που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης, αποτελεί προϋπόθεση για την ορθολογική αξιολόγηση των φυσικών κινδύνων στο νησί. Η εκδήλωση σεισμικών γεγονότων, ηφαιστειακών εκρήξεων, κατολισθητικών φαινομένων και τσουνάμι (μέρους των δύο τελευταίων), αντικατοπτρίζει τις διεργασίες που διεξάγονται στο φλοιό. Η εκδήλωση των φυσικών φαινομένων εμπεριέχει επικινδυνότητα όταν αυτά απειλούν στοιχεία σημαντικά για το κοινωνικό σύνολο (π.χ. ανθρώπινες ζωές, υποδομές). Οι κίνδυνοι αυτοί θα μπορούσαν να ταξινομηθούν με βάση την πιθανολογούμενη επικινδυνότητα τους και με φθίνουσα σειρά ως εξής: α) Σεισμικός, β) κατολισθητικός, γ) ηφαιστειακός, δ) κίνδυνος εκδήλωσης τσουνάμι, ε) πλημμυρικός και ζ) κίνδυνος παράκτιας διάβρωσης. Οι κίνδυνοι αυτοί μελετήθηκαν και επισημάνθηκαν οι επιπτώσεις προηγούμενων εκδηλώσεων τους. Οι καταστροφικότερες συνέπειες στην ιστορία του νησιού, οφείλονται στο σεισμικό και στον ηφαιστειακό κίνδυνο. Επίσης αξιολογήθηκαν οι πιθανότητες μελλοντικής εκδήλωσης των φυσικών φαινομένων και προτάθηκαν λύσεις μετριασμού της υφιστάμενης επικινδυνότητας. Οι κυριότερες παρεμβάσεις οφείλουν να γίνουν μέσω της πολιτείας, αλλά πρώτα θα πρέπει να έχουν ενστερνιστεί στην κουλτούρα των ίδιων των πολιτών (π.χ. όσον αφορά την ανέγερση κτισμάτων στους γκρεμνούς της καλδέρας).

Στον κατολισθητικό κίνδυνο θα έπρεπε να δοθεί η αρμόζουσα σημασία από πλευράς της πολιτείας, μιας και στο νησί υποδέχεται υψηλό αριθμό τουριστών, κάποιοι εκ των οποίων πραγματοποιούν περιπατητικό τουρισμό σε μονοπάτια (γεωτουρισμό) αυξημένης επικινδυνότητας. Ένα τμήμα της διατριβής αφορούσε εκείνη τη δραστηριότητα. Μελλοντικά θα μπορούσε να αυξηθεί ο γεωτουρισμός στη Σαντορίνη, καθώς το φυσικό τοπίο και το ανάγλυφο του νησιού θεωρούνται ιδανικά, για την άνθιση αυτού του τομέα του τουρισμού.

Η διαδικτυακή χαρτογραφική εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διατριβής με εργαλεία "ανοιχτού κώδικα", συμβάλλει και προς την κατεύθυνση της ενημέρωσης τουριστών που ενδιαφέρονται για γεωτουρισμό. Στο αρχικό στάδιο της μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και απλούς πολίτες ή τουρίστες που ενδιαφέρονται να λάβουν συνοπτικές και επικαιροποιημένες πληροφορίες για το νησί. Με μελλοντική αναβάθμιση της, θα μπορούσε να γίνει περισσότερο διαδραστική με παροχή - ενημέρωση πληροφοριών και σημείων ενδιαφέροντος από τους πολίτες και αναβαθμίσιμη με περισσότερες λειτουργίες και εργαλεία (π.χ. παροχή οπτικοακουστικού υλικού, πρόσβαση σε πληροφορίες εγγύως σημείων ενδιαφέροντος, κ.λπ.).



## Βιβλιογραφία

- Ambraseys N.N., 1960, The seismic sea wave of July 9, 1956, in the Greek archipelago, *Journal of Geophysical Research*, vol. 65, pp. 1257-1265
- Antoniou A.A. and Lekkas E., 2010, Rockfall susceptibility map for Athinios port, Santorini island, Greece, *Geomorphology*, vol. 118, pp. 152-166
- Antoniou V., Georgoudi G., Lappas S., Leoussis C., Soultati G. and Nomikou P., 2015, Landslides Risk Assessment of Santorini Complex, The volcanic and geodynamic field of the south Aegean, *International workshop, Santorini, 20-22 May 2015*
- Antonopoulos J., 1992, The great Minoan eruption of Thera volcano and the ensuing tsunami in the Greek archipelago, *Natural Hazards*, vol. 5, pp. 153-168
- Bohnhoff M., Rische M., Meier T., Becker D., Stavrakakis G. and Harjes H.P., 2006, Microseismic activity in the Hellenic Volcanic Arc, Greece, with emphasis on the seismotectonic setting of the Santorini-Amorgos zone, *Tectonophysics*, vol. 423, pp. 17-33
- Boström K. and Widenfalk L., 1984, The origin of iron-rich muds at the Kameni Islands, Santorini, Greece, *Chemical Geology*, vol. 42, pp. 203-218
- Camilli R., Nomikou P., Escartín J., Ridao P., Mallios A., Kiliass S.P., Argyraki A. and the Caldera Science Team: Muriel A., Ballu V., Campos R., Deplus C., Gabsi T., Garcia R., Gracias N., Hurtós N., Magí L., Mével C., Moreira M., Palomeras N., Pot O., Ribas D., Ruzié L. and Sakellariou D., 2015, The Kallisti Limnes, carbon dioxide-accumulating subsea pools, *Scientific Reports*, vol. 5, art. 12152
- Carey S., Bell K.L.C, Nomikou P., Vougioukalakis G., Roman C.N., Cantner K., Bejelou K., Bourboulis M. and Martin J.F., 2011, Exploration of the Kolumbo volcanic rift zone in *New Frontiers in Ocean Exploration: The E/V Nautilus 2010 Field Season*, *Oceanography*, eds K.L.C. Bell and S.A. Fuller, vol. 24, no. 1, supplement, pp. 24-25
- Carey S., Nomikou P., Bell K.C., Lilley M., Lupton J., Roman C., Stathopoulou E., Bejelou K. and Ballard R., 2013, CO<sub>2</sub> degassing from hydrothermal vents at Kolumbo submarine volcano, Greece, and the accumulation of acidic crater water, *Geology*, vol. 41, pp. 1035-1038
- Cita M.B., Camerlenghi A. and Rimoldi B., 1996, Deep-sea tsunami deposits in the eastern Mediterranean: new evidence and depositional models, *Sedimentary Geology*, vol. 104, pp. 155-173
- Dimitriadis I., Karagianni E., Panagiotopoulos D., Papazachos C., Hatzidimitriou P., Bohnhoff M., Rische M. and Meier T., 2009, Seismicity and active tectonics at Coloumbo Reef (Aegean Sea, Greece): Monitoring an active volcano at Santorini Volcanic Center using a temporary seismic network, *Tectonophysics*, vol. 465, pp. 136-149
- Dominey-Howes D., Cundy A. and Croudace, I., 2000a, High energy marine flood deposits on Astypalaea Island, Greece: possible evidence for the AD 1956 southern Aegean tsunami, *Marine Geology*, vol. 163, pp. 303-315
- Dominey-Howes D. and Minos-Minopoulos D., 2004, Perceptions of hazard and risk on Santorini, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 137, pp. 285-310
- Dominey-Howes D.T.M., 1996, Sedimentary deposits associated with the July 9<sup>th</sup> 1956 Aegean Sea tsunami, *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 21, pp. 51-55

- Dominey-Howes D.T.M., Papadopoulos G.A. and Dawson A.G., 2000b, Geological and historical investigation of the 1650 Mt. Columbo (Thera Island) eruption and tsunami, Aegean Sea, Greece, *Natural Hazards*, vol. 21, pp. 83-96
- Dotsika E., Poutoukis D., Michelot J.L. and Raco B., 2009, Natural tracers for identifying the origin of the thermal fluids emerging along the Aegean Volcanic arc (Greece): Evidence of Arc-Type Magmatic Water (ATMW) participation, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 179, pp. 19-32
- Druitt T.H., 2014, New insights into the initiation and venting of the Bronze-Age eruption of Santorini (Greece), from component analysis, *Bulletin of Volcanology*, vol. 76, art. 794
- Druitt T.H., Edwards L., Mellors R.M., Pyle D.M., Sparks R.S.J., Lanphere M., Davies M. and Barriero B., 1999, Santorini volcano, *Geological Society of London, Memoirs*, vol. 19
- Druitt T.H. and Francaviglia V., 1992, Caldera formation on Santorini and the physiography of the islands in the late Bronze Age, *Bulletin of Volcanology*, vol. 54, pp. 484-493
- Druitt T.H., Mellors R.A., Pyle D.M. and Sparks R.S.J., 1989, Explosive volcanism on Santorini, Greece, *Geological Magazine*, vol. 126, pp. 95-126
- Feuillet N., 2013, The 2011-2012 unrest at Santorini rift: Stress interaction between active faulting and volcanism, *Geophysical Research Letters*, vol. 40, pp. 3532-3537
- Francalanci L., Vougioukalakis G., Perini G. and Manetti P., 2005, A West-East Traverse along the magmatism of the south Aegean volcanic arc in the light of volcanological, chemical and isotope data, in *The South Aegean Active Volcanic Arc Present Knowledge and Future Perspectives*, eds M. Fytikas and G.E. Vougioukalakis, *Developments in Volcanology*, vol. 7, pp. 65-111
- Friedrich W.L., Kromer B., Friedrich M., Heinemeier J., Pfeiffer T. and Talamo S., 2006, Santorini eruption radiocarbon dated to 1627-1600 B.C., *Science*, vol. 312, p. 548
- Hübscher C., Hensch M., Dahm T., Dehghani A., Dimitriadis I., Hort M. and Taymaz T., 2006, Toward a risk assessment of central Aegean volcanoes, *EOS (Transactions, American Geophysical Union)*, vol. 87, pp. 401-407
- Jenkins S.F., Barsotti S., Hincks T.K., Neri A., Phillips J.C., Sparks R.S.J., Sheldrake T. and Vougioukalakis G., 2015, Rapid emergency assessment of ash and gas hazard for future eruptions at Santorini Volcano, Greece, *Journal of Applied Volcanology*, vol. 4, pp. 1-22
- Kilias S.P., Nomikou P., Papanikolaou D., Polymenakou P.N., Godelitsas A., Argyraki A., Carey S., Gamaletsos P., Mertzimekis T.J., Stathopoulou E., Goettlicher J., Steininger R., Betzelou K., Livanos I., Christakis C., Croff Bell K. and Scoullou M., 2013, New insights into hydrothermal vent processes in the unique shallow-submarine arc-volcano, Kolumbo (Santorini), Greece, *Scientific Reports*, vol. 3, art. 2421
- Kiratzi A., 2013, The January 2012 earthquake sequence in the Cretan Basin, south of the Hellenic Volcanic Arc: focal mechanisms, rupture directivity and slip models, *Tectonophysics*, vol. 586, pp. 160-172
- Konstantinou K.I., 2010, Crustal rheology of the Santorini-Amorgos zone: Implications for the nucleation depth and rupture extent of the 9 July 1956 Amorgos earthquake, southern Aegean, *Journal of Geodynamics*, vol. 50, pp. 400-409

- Ladas I., Fountoulis I. and Mariolakos I., 2007, Using GIS & Multicriteria Decision Analysis in landslide susceptibility mapping - case study in Messinia prefecture area (SW Peloponnesus, Greece), *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. XXXX/4, pp. 1973-1985
- Lagios E., Sakkas V., Novali F., Bellotti F., Ferretti A., Vlachou K. and Dietrich, V., 2013, SqueeSAR™ and GPS ground deformation monitoring of Santorini Volcano (1992-2012): Tectonic implications, *Tectonophysics*, vol. 594, pp. 38-59
- Lekkas E., 2009, Landslide hazard and risk in geologically active areas. The case of the caldera of Santorini (Thera) volcano island complex (Greece), *Proceedings of the 7<sup>th</sup> Asian Regional Conference of IAEG*, Chengdu, China, pp. 417-423
- Lekkas E., Alexoudi V. and Lialiaris I., 2013a, Reduction of rockfall risk of the teleferik area of Santorini - Greece, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. XLVII/4, pp. 1731-1738
- Lekkas E.L., Andreadakis E., Kostaki I. and Kapourani E., 2013b, A proposal for a New Integrated Tsunami Intensity Scale (ITIS-2012), *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 103, pp. 1493-1502
- Lekkas E., Papanikolaou D., Nomikou P. and Papanikolaou M., 2010, Urban and land planning of settlements in geodynamically hazardous regions of particular cultural, environmental and natural significance. The case of Oia - Santorini, Greece in *Geologically Active*, *Proceedings of the 11<sup>th</sup> IAEG Congress*, eds A.L. Williams, G.M. Pinches, C.Y. Chin, T.J. McMorran and C.I. Massey, Auckland, New Zealand, pp. 1257-1264
- Levin B.W., 2009, Tsunamis: Causes, consequences, prediction and response, in *Natural Disasters*, ed. V.M. Kotlyakov, *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, pp. 164-186
- McCoy F.W. and Heiken G., 2000, Tsunami generated by the Late Bronze Age eruption of Thera (Santorini), Greece, *Pure and Applied Geophysics*, vol. 157, pp. 1227-1256
- Newman A.V., Stiros, S., Feng L., Psimoulis P., Moschas F., Saltogianni V., Jiang Y., Papazachos C., Panagiotopoulos D., Karagianni E. and Vamvakaris D., 2012, Recent geodetic unrest at Santorini Caldera, Greece, *Geophysical Research Letters*, vol. 39, L06309
- Nomikou P., Antoniou V., Bejelou K., Stathopoulou E., Livanos I., Vlasopoulos O, 2012a, Observations of degassing phenomena of shallow environment in Riva port Thirassia (Santorini). *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Panhellenic Symposium on Oceanography and Fisheries*, Athens
- Nomikou P., Carey S., Bell K.L.C., Papanikolaou D., Bejelou K., Alexandri M., Cantner K. and Martin J.F., 2013a, Morphological analysis and related volcanic features of the Kolumbo submarine volcanic chain (NE of Santorini Island, Aegean Volcanic Arc), *Zeitschrift für Geomorphologie*, vol. 57, pp. 29-47
- Nomikou P., Carey S., Bell K.L.C., Papanikolaou D., Bejelou K., Cantner K., Sakellariou D. and Perros I., 2014a, Tsunami hazard risk of a future volcanic eruption of Kolumbo submarine volcano, NE of Santorini Caldera, Greece, *Natural Hazards*, vol. 72, pp. 1375-1390
- Nomikou P., Carey S., Papanikolaou D., Bell K.C., Sakellariou D., Alexandri M. and Bejelou K., 2012b, Submarine volcanoes of the Kolumbo volcanic zone NE of Santorini Caldera, Greece, *Global and Planetary Change*, vol. 90-91, pp. 135-151
- Nomikou P., Croff Bell K., Bejelou K., Parks M. and Antoniou V., 2012c, ROV exploration of Santorini caldera, Greece, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Panhellenic Symposium on Oceanography and Fisheries*, Athens

- Nomikou P., Hübscher C., Ruhnau M. and Bejelou K., Tectono-stratigraphic evolution through successive extensional events of the Anydros Basin, hosting Kolumbo volcanic field at the Aegean Sea, Greece, *Tectonophysics*, vol. 671, pp. 202-217
- Nomikou P., Papanikolaou D., Alexandri M., Sakellariou D. and Rousakis G., 2013b, Submarine volcanoes along the Aegean volcanic arc, *Tectonophysics*, vol. 597-598, pp. 123-146
- Nomikou P., Papanikolaou D., Carey S., Bejelou K., Sakellariou D., Kiliass S., Camilli R., Escartin J., Bell K. and Parks M., 2013c, Geodynamic features along the Christianna-Santorini-Kolumbo tectonic line (South Aegean Sea, Greece), *Geophysical Research Abstracts*, vol. 15, EGU2013-4552
- Nomikou P., Parks M.M., Papanikolaou D., Pyle D.M., Mather T.A., Carey S., Watts A.B., Paulatto M., Kalnins M.L., Livanos I., Bejelou K., Simou E. and Perros I., 2014b, The emergence and growth of a submarine volcano: The Kameni islands, Santorini (Greece), *GeoResJ*, vol. 1-2, pp. 8-18
- Papadimitriou P., Kapetanidis V., Karakonstantis A., Kaviris G., Voulgaris N. and Makropoulos K., 2015, The Santorini Volcanic Complex: A detailed multi-parameter seismological approach with emphasis on the 2011-2012 unrest period, *Journal of Geodynamics*, vol. 85, pp. 32-57
- Papadopoulos G.A., 2009, Tsunamis, in *The physical geography of the Mediterranean*, ed. J. Woodward, Oxford University Press, U.K.
- Papadopoulos G.A. and Chalkis B.J., 1984, Tsunamis observed in Greece and the surrounding area from antiquity up to the present times, *Marine Geology*, vol. 56, pp. 309-317
- Papadopoulos G. and Imamura F., 2001, A proposal for a new tsunami intensity scale, *Proceedings of International Tsunami Symposium 2001*, pp. 569-577
- Papadopoulos G.A. and Pavlides S.B., 1992, The large 1956 earthquake in the South Aegean: Macroseismic field configuration, faulting, and neotectonics of Amorgos Island, *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 113, pp. 383-396
- Papanikolaou D. and Papanikolaou I., 2007, Geological, geomorphological and tectonic structure of NE Attica and seismic hazard implications for the northern edge of the Athens plain, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. XXXX/1, pp. 425-438
- Papanikolaou I.D., Papanikolaou D.I. and Lekkas E.L., 2008, Low slip-rate faults around big cities: A challenging threat. The Afidnai fault as a case study for the city of Athens, *Proceedings of the 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Beijing*, accessed on 15-07-2015, [http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14\\_S02-022.PDF](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_S02-022.PDF)
- Papazachos B.C., Comninakis P.E., Karakaisis G.F., Karakostas B.G., Papaioannou C.A., Papazachos C.B. and Scordilis E.M., 2000a, A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC - 1999, *Publ. Geophysics Laboratory, University of Thessaloniki*
- Papazachos B.C., Comninakis P.E., Scordilis E.M., Karakaisis G.F. and Papazachos C.B., 2010, A catalogue of earthquakes in the Mediterranean and surrounding area for the period 1901 - 2010, *Publ. Geophysics Laboratory, University of Thessaloniki*.
- Papazachos B.C., Karakostas V.G., Papazachos C.B. and Scordilis E.M., 2000b, The geometry of the Wadati-Benioff zone and lithospheric kinematics in the Hellenic arc, *Tectonophysics*, vol. 319, pp. 275-300
- Perissoratis C., 1995, The Santorini volcanic complex and its relation to the stratigraphy and structure of the Aegean arc, Greece, *Marine Geology*, vol. 128, pp. 37-58

Sakellariou D., Sigurdsson H., Alexandri M., Carey S., Rousakis G., Nomikou P., Georgiou P. and Ballas D., 2010, Active tectonics in the hellenic volcanic arc: The Kolumbo submarine volcanic zone, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. XLIII/2, pp. 1056-1063

Santorini - Geotourism in Greece (geotourism map), 2013, Staridas Geography, Heraklion

Sigurdsson H., Carey S., Alexandri M., Vougioukalakis G., Croff K., Roman C., Sakellariou D., Anagnostou C., Rousakis G., Ioakim C., Gogou A., Ballas D., Misaridis T. and Nomikou P., 2006, Marine investigations of Greece's Santorini volcanic field, *EOS (Transactions, American Geophysical Union)*, vol. 87, pp. 337-342

Sigurdsson H., Devine J.D., Tchoua F.M., Presser T.S., Pringle M.K.W. and Evans W.C., 1987, Origin of the lethal gas burst from Lake Monoun, Cameroun, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 31, pp. 1-16

Stanners D. and Bourdeau P. (eds), 1995, *Europe's environment: The Dobříš assessment*, European Environment Agency, Copenhagen

Strahler N.A., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transactions, American Geophysical Union*, vol. 38, pp. 913-920

Suárez Arriaga M.C., Tsompanakis Y. and Samaniego F.V., 2008, Geothermal manifestations and earthquakes in the caldera of Santorini, Greece: An historical perspective, *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford, SGP-TR-185, accessed on: 23-09-2015, <https://es.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2008/suarez.pdf>

Tassi F., Vaselli O., Papazachos C.B., Giannini L., Chiodini G., Vougioukalakis G.E., Karagianni E., Vamvakaris D. and Panagiotopoulos D., 2013, Geochemical and isotopic changes in the fumarolic and submerged gas discharges during the 2011-2012 unrest at Santorini caldera (Greece), *Bulletin of Volcanology*, vol. 75, art. 711

Thuro K. and Hatem M., 2010, The 1806 Goldau landslide event - analysis of a large rock slide, in *Geologically Active*, *Proceedings of the 11<sup>th</sup> IAEG Congress*, eds A.L. Williams, G.M. Pinches, C.Y. Chin, T.J. McMorran and C.I. Massey, Auckland, New Zealand, pp. 3693-3700

Varnavas S.P. and Cronan D.S., 2005, Submarine hydrothermal activity off Santorini and Milos in the Central Hellenic Volcanic Arc: A synthesis, *Chemical Geology*, vol. 224, pp. 40-54

Varnes D.J., 1978, Slope movement types and processes, in *Landslides: Analysis and control*, eds R.L. Schuster, and R.J. Krizek, Transportation Research Board, Washington, D.C., Special Report 176, pp. 11-33

Vougioukalakis, G. (1996), Volcanic hazard estimation of Santorini, Aegean Sea, Greece, *Environment and Climate Programme, European School of Climatology and Natural Hazards, Mitigation of volcanic hazards*, p. 471-484

Vougioukalakis G.E. and Fytikas M., 2005, Volcanic hazards in the Aegean area, relative risk evaluation, monitoring and present state of the active volcanic centers, in *The South Aegean Active Volcanic Arc*, eds M. Fytikas and G.E. Vougioukalakis, *Developments in Volcanology*, vol. 7, pp. 161-183

Walter M., Mertens C., Stöber U., German C.R., Yoerger D.R., Sültenfuß J., Rhein M., Melchert B. and Baker E.T., 2010, Rapid dispersal of a hydrothermal plume by turbulent mixing, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 57, pp. 931-945

Waythomas C.F., 2012, Landslides at stratovolcanoes initiated by volcanic unrest, in Landslides: Types, Mechanisms and Modelling, eds J.J. Clague and D. Stead, Cambridge University Press, New York, pp. 37-49

Wells D.L. and Coppersmith K.J., 1994, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 84, pp. 974-1002

WP/WLI (International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory), 1994, A suggested method for reporting landslides causes, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, vol. 50, pp. 71-74

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

Δημητριάδης Ι., 2008, Συμβολή στη μελέτη της ενεργού τεκτονικής και της δομής του ηφαιστειακού κέντρου της Σαντορίνης με δεδομένα τοπικού δικτύου ψηφιακών σειсмоγράφων, Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, σελ. 14 - 26, 97

Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000 (Φ.Ε.Κ. 1154B/2003), 2003, Τροποποίηση διατάξεων του «Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ-2000» λόγω αναθεώρησης του Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας, Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Αθήνα

Μπασιγιουράκης Θ., 2006, Τα μονοπάτια της Σαντορίνης, Ελληνικό Πανόραμα, Άρκτος Εκδοτική Ε.Π.Ε., Θεσσαλονίκη, τεύχ. 52, σελ. 86-121

Σαντορίνη - Θηρασιά (πεζοπορικός χάρτης), 2013, Ανάβαση, Αθήνα

Φ.Ε.Κ. 423B/2003, 2003, Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας "Ξενοκράτης"

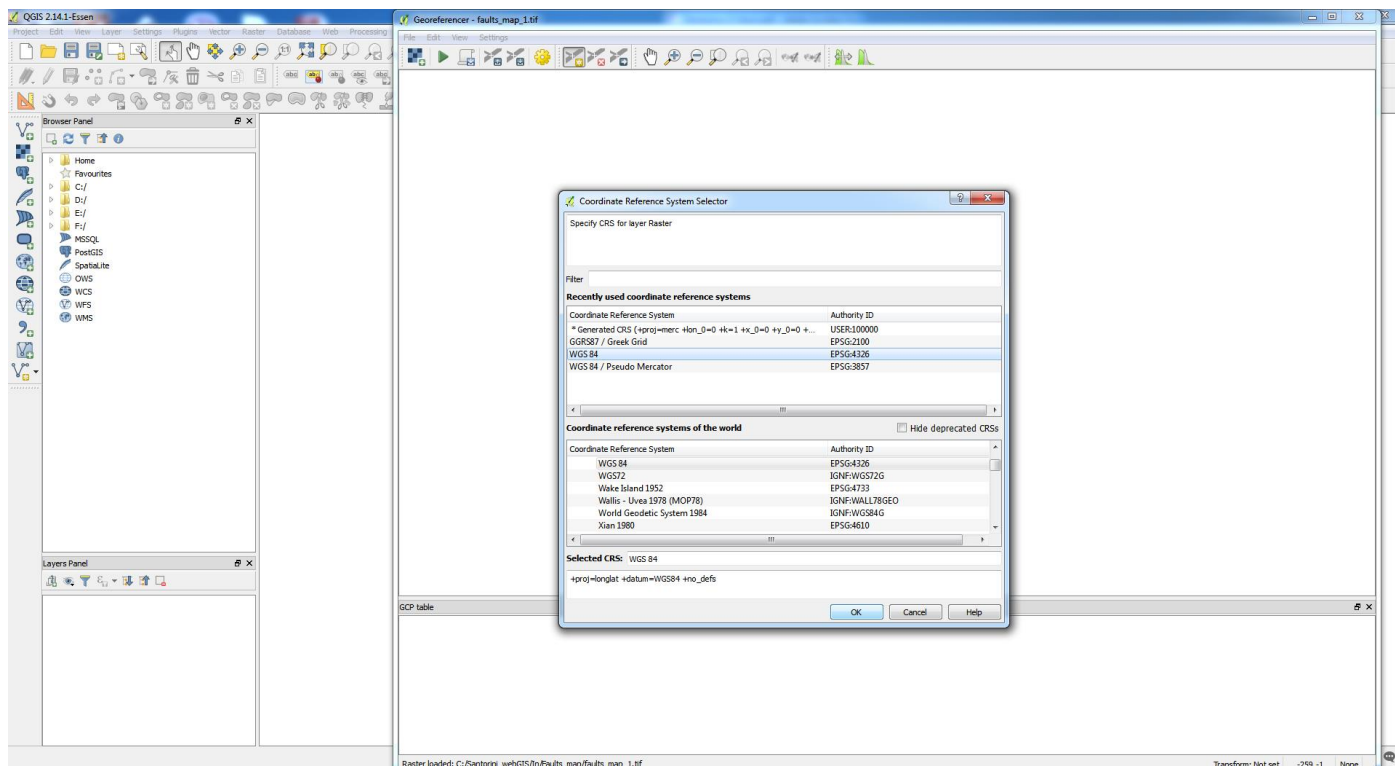
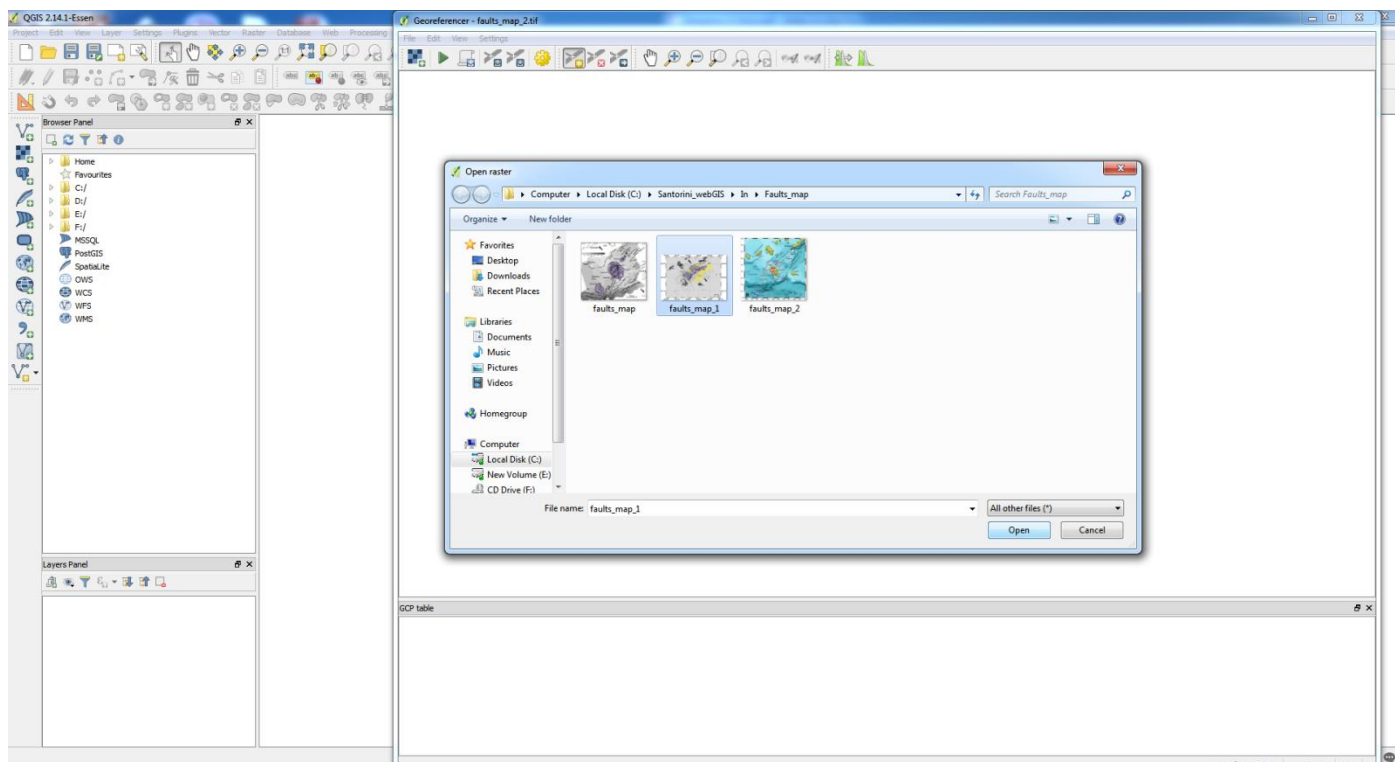
Φουντούλης Ι., 2009, Πλημμύρες, Σημειώσεις του μαθήματος Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές του Π.Μ.Σ. Πρόληψη και Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών, Ε.Κ.Π.Α., 2012

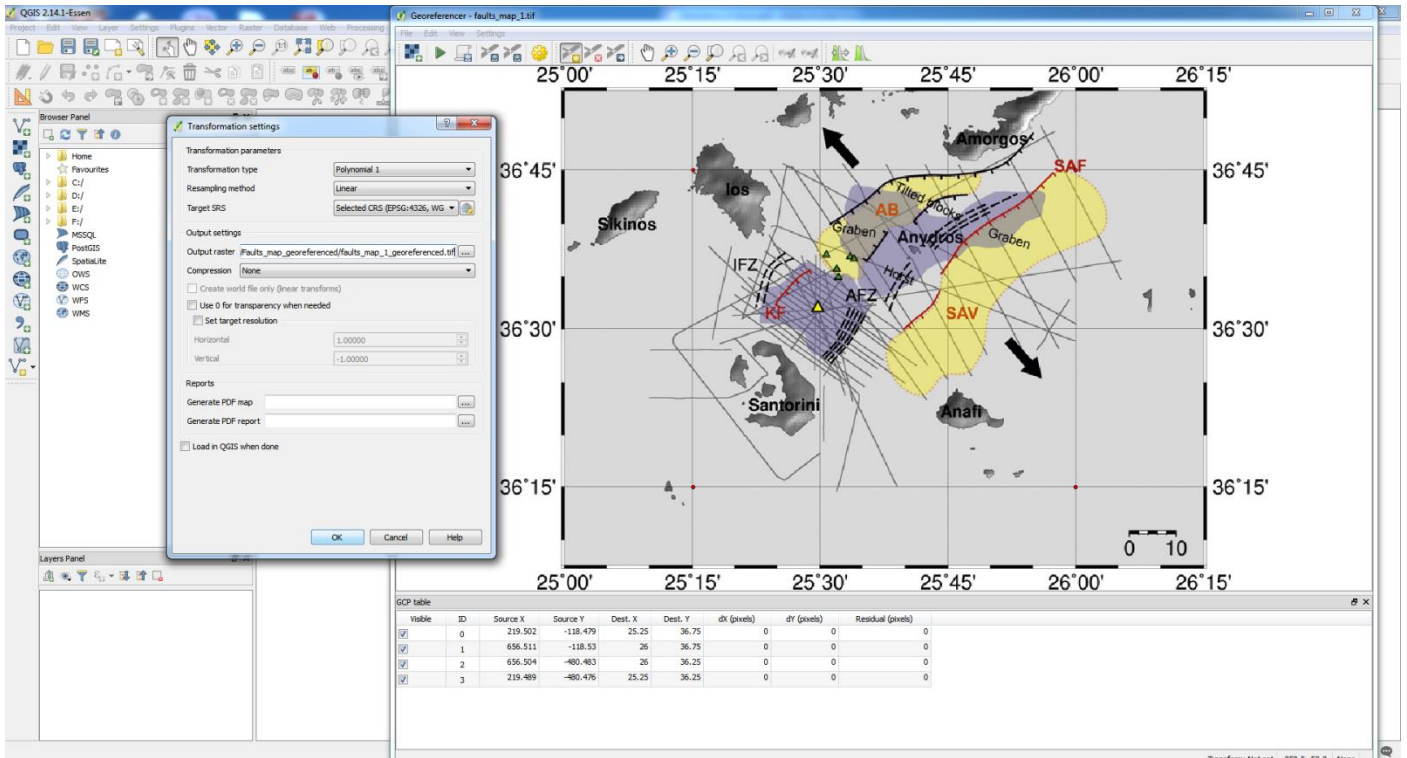
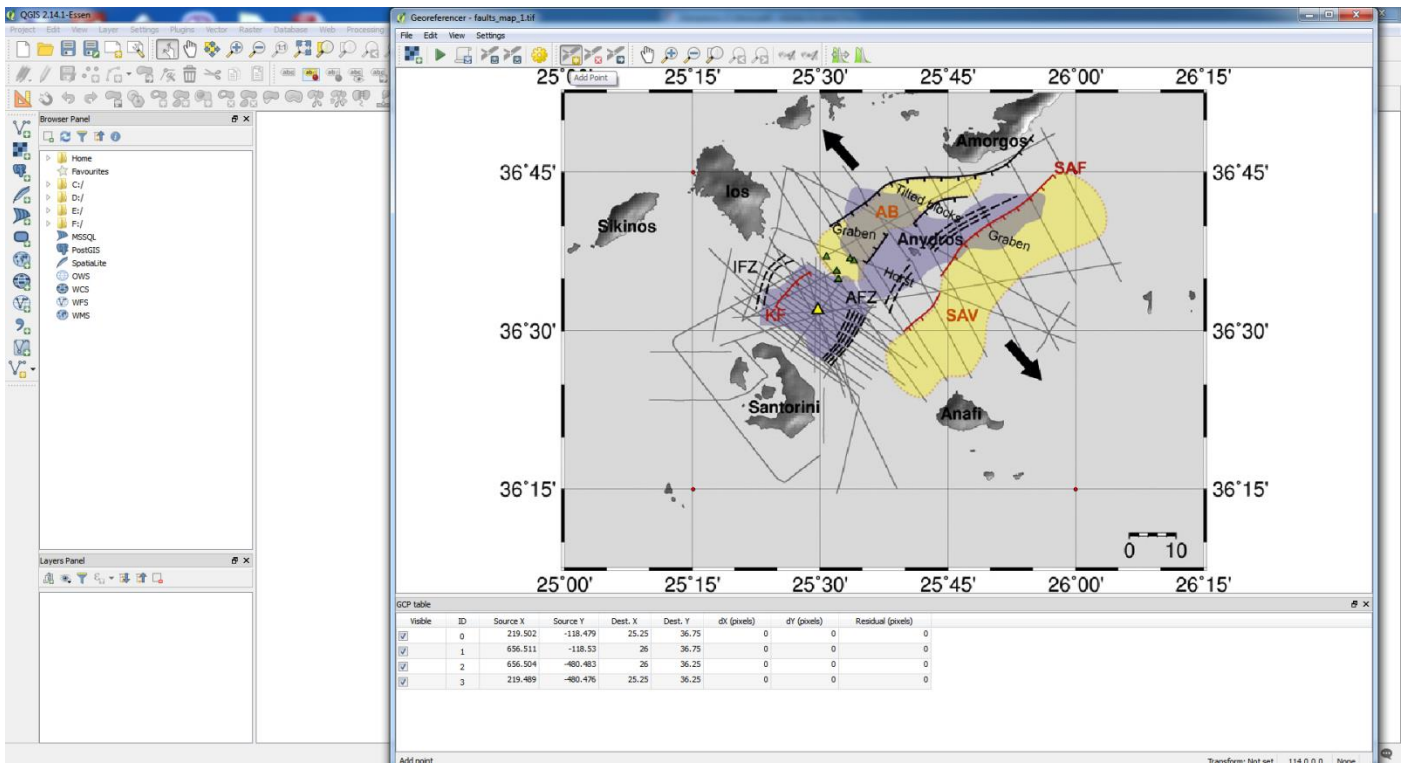
Ανδρουλακάκης Ν., 2014, Χαρτογραφικοί εξυπηρετητές - Υπηρεσίες χαρτών, Σημειώσεις του σεμιναρίου "Απασχόληση Μηχανικών Σε Καινοτομικές Τεχνολογίες Διαδικτύου", Α.Σ.Τ.Ι.Ε.Τ., Αθήνα

# Παράρτημα

## Υλοποίηση εφαρμογής

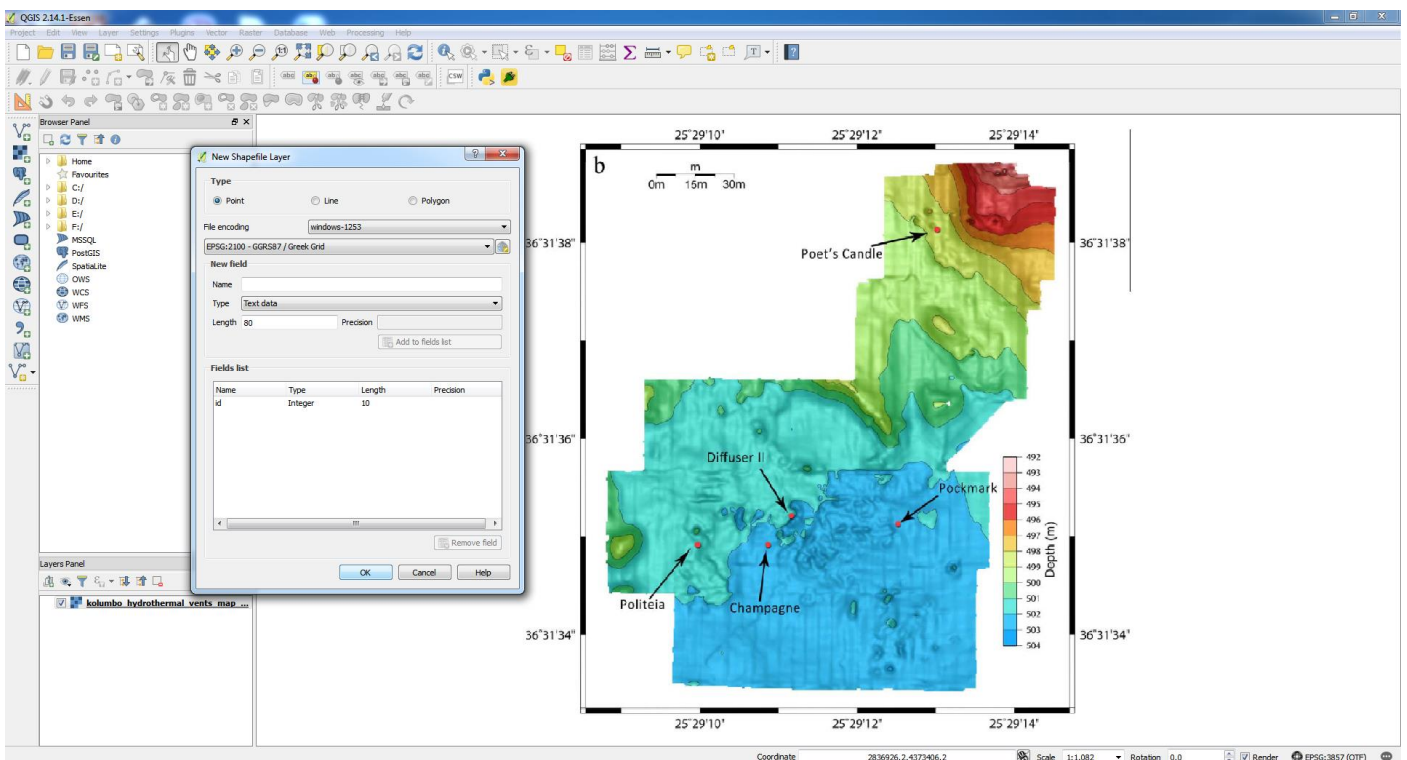
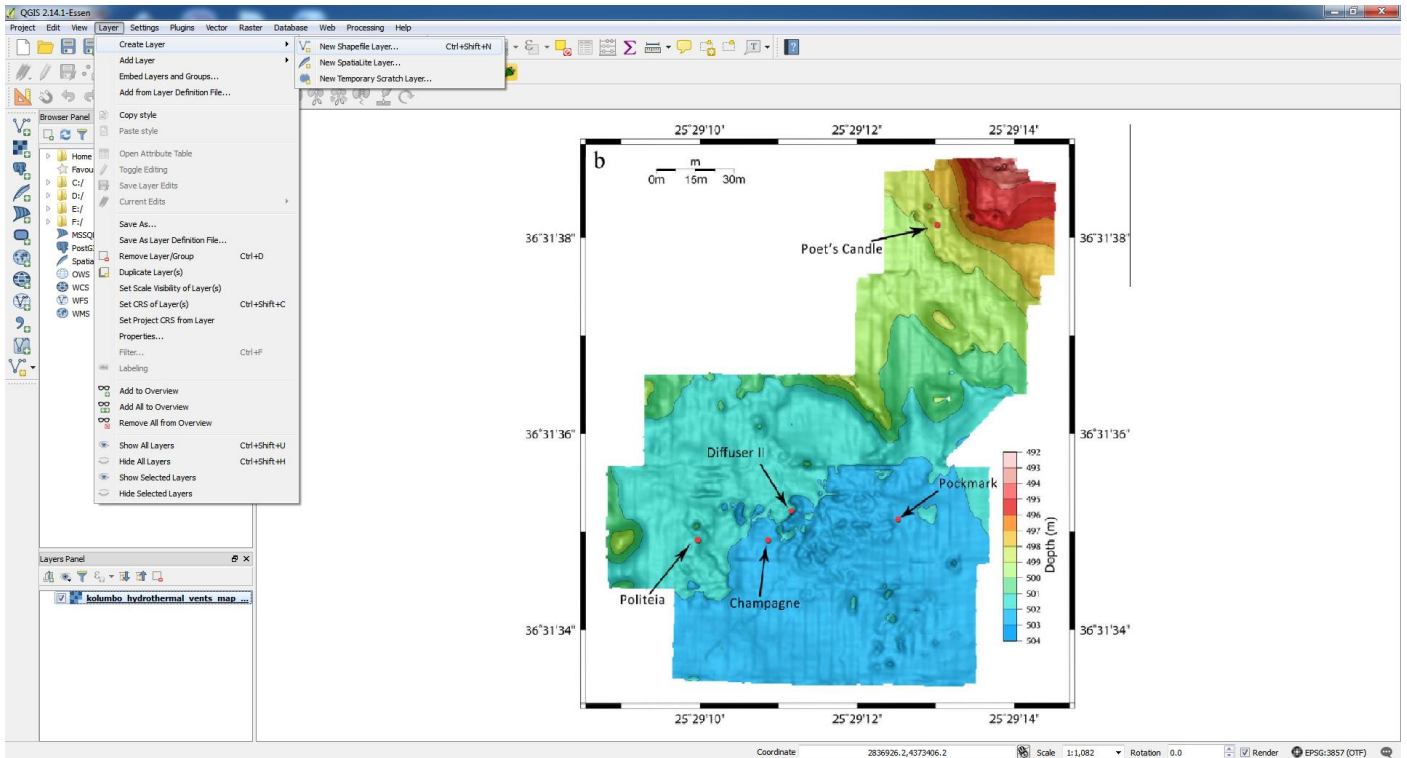
1. Γεωαναφορά έντυπων/ψηφιακών χαρτών μέσω QGIS (σε ένα εκ των κάτωθι προβολικών συστημάτων: EPSG 2100, EPSG 4326, EPSG 3857).

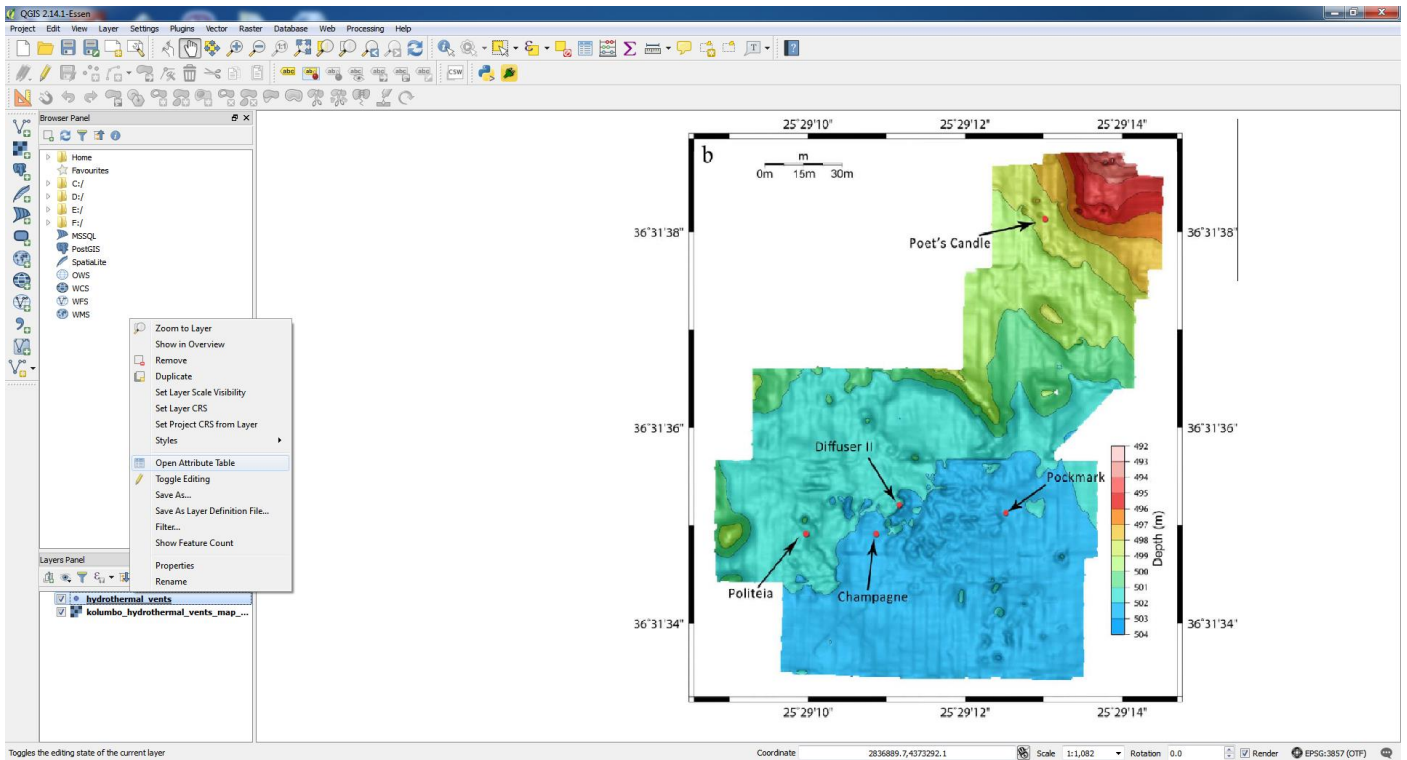
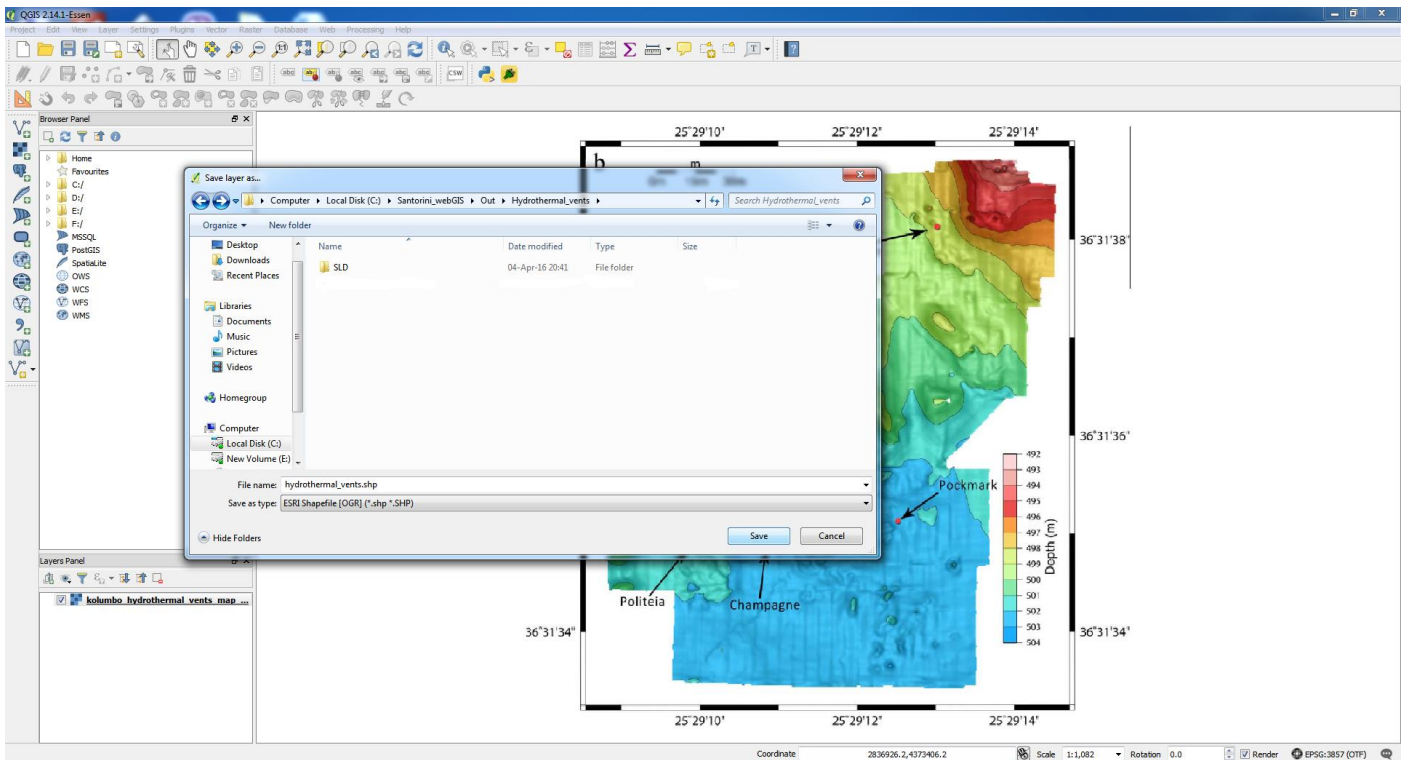


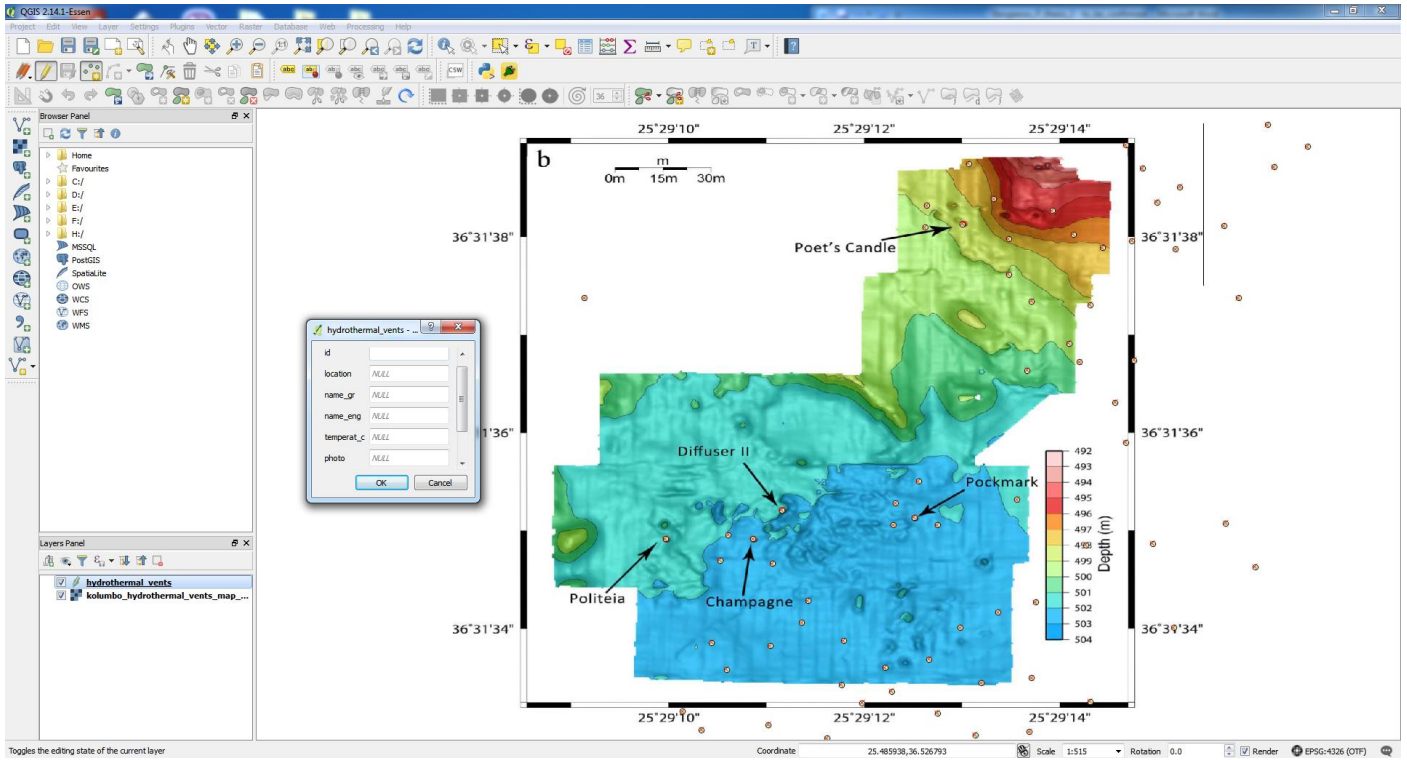
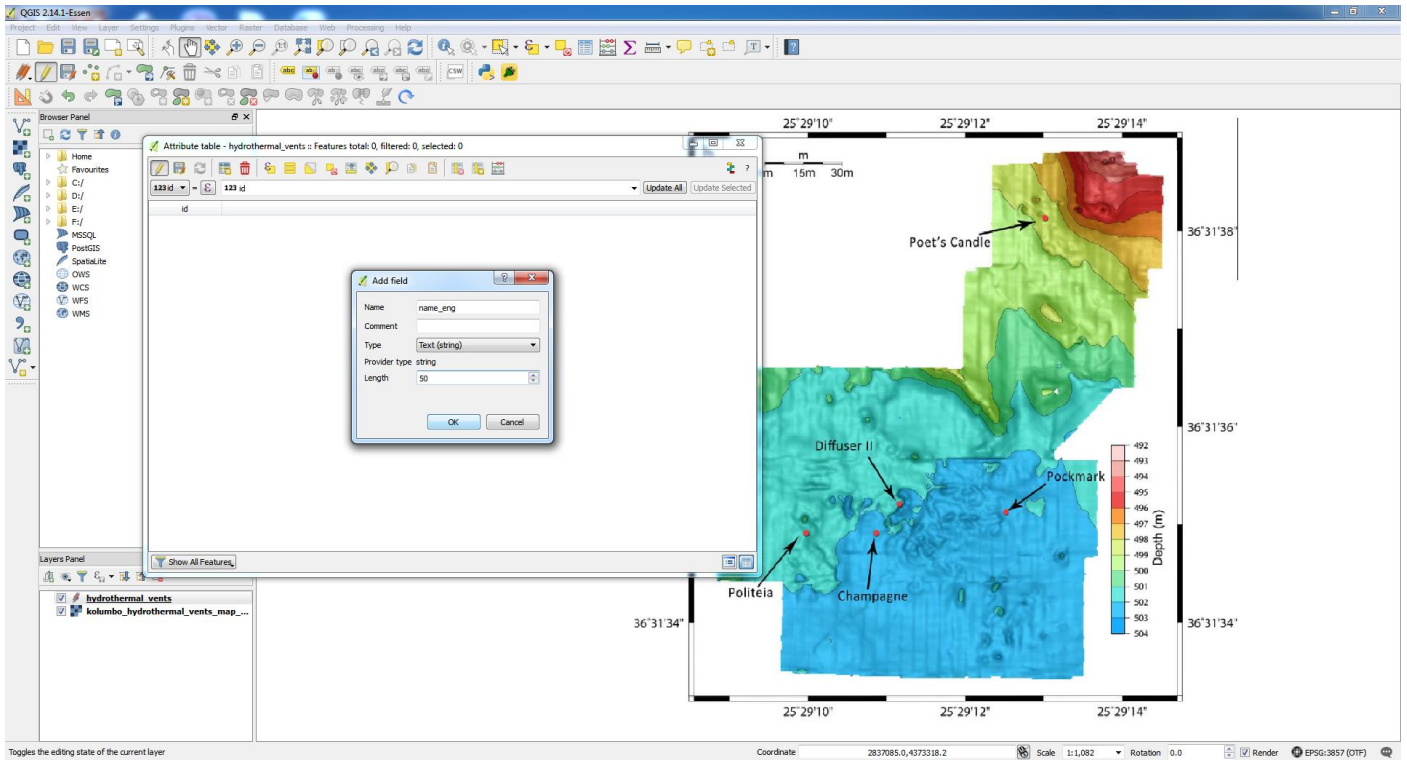




2. Ψηφιοποίηση διανυσματικών θεματικών επιπέδων μέσω του QGIS (σε ένα εκ των κάτωθι προβολικών συστημάτων: EPSG 2100, EPSG 4326).



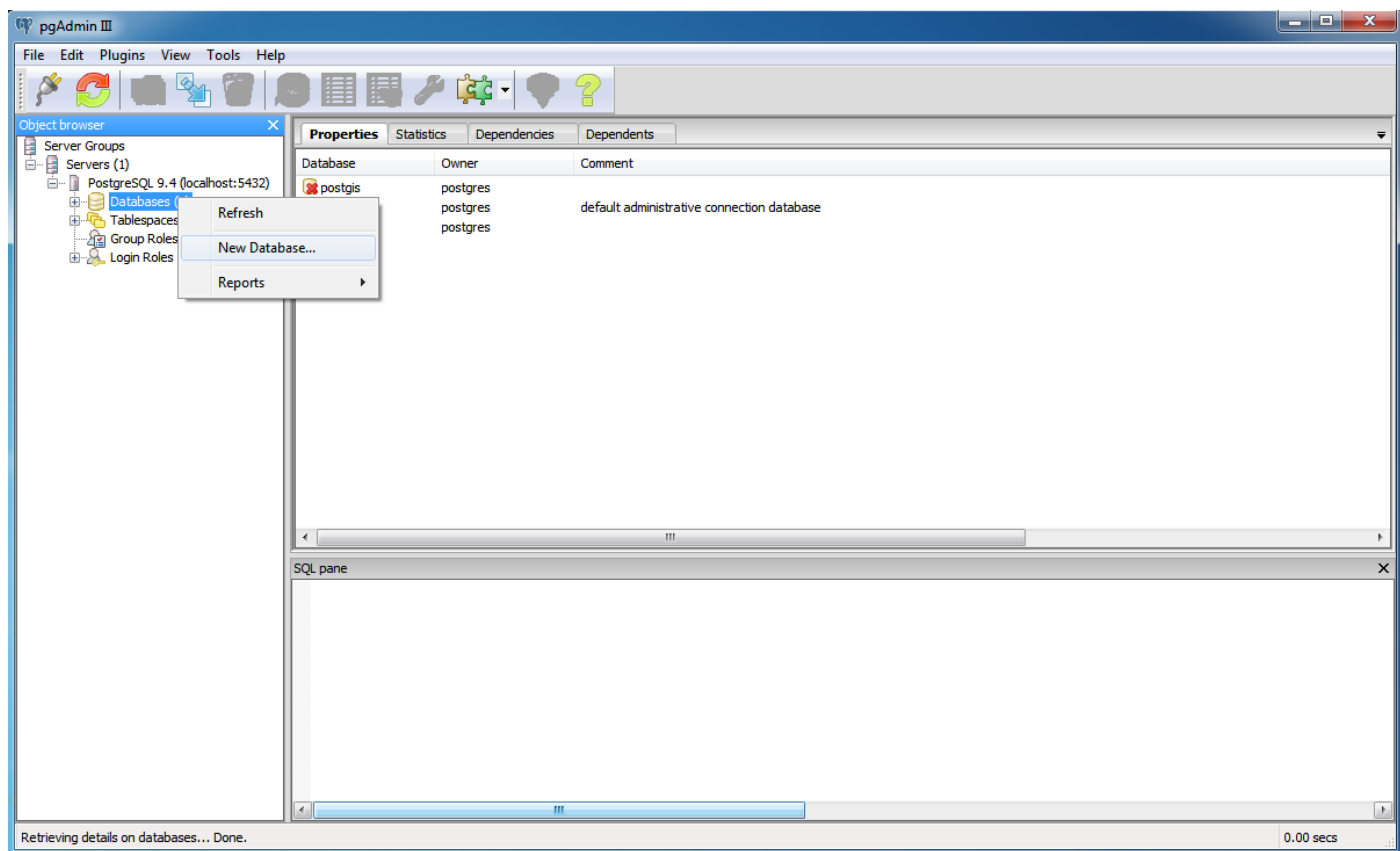


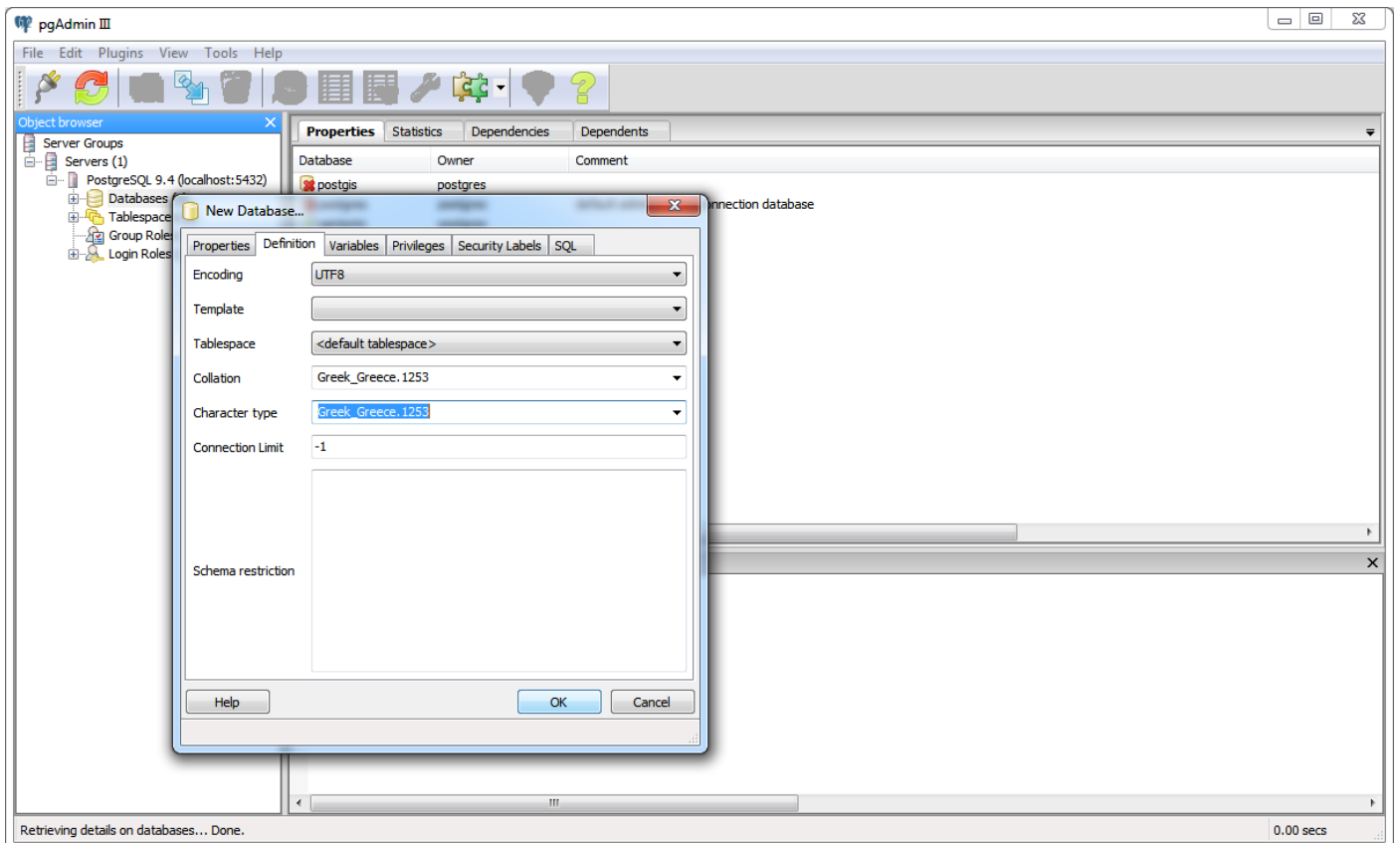
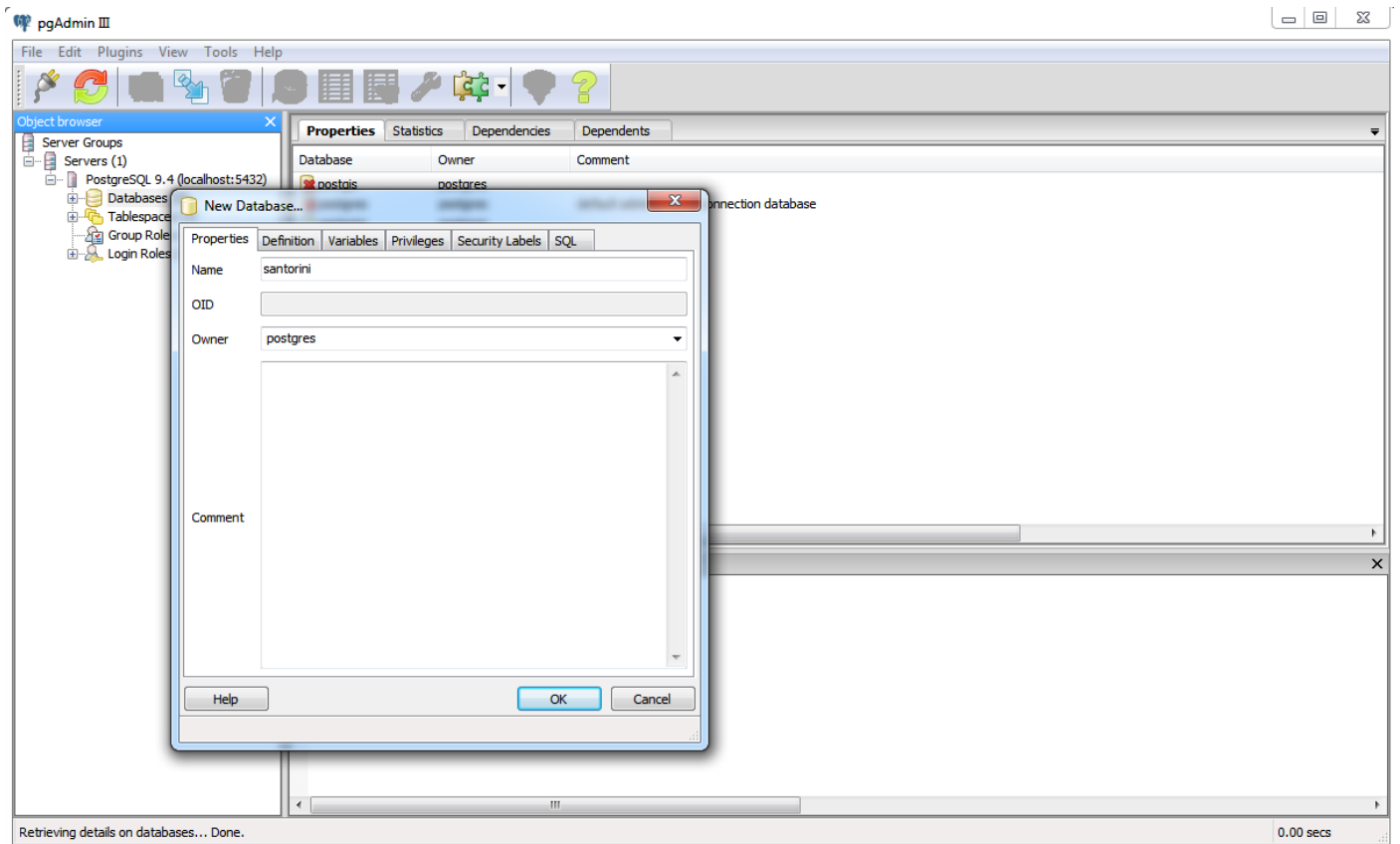


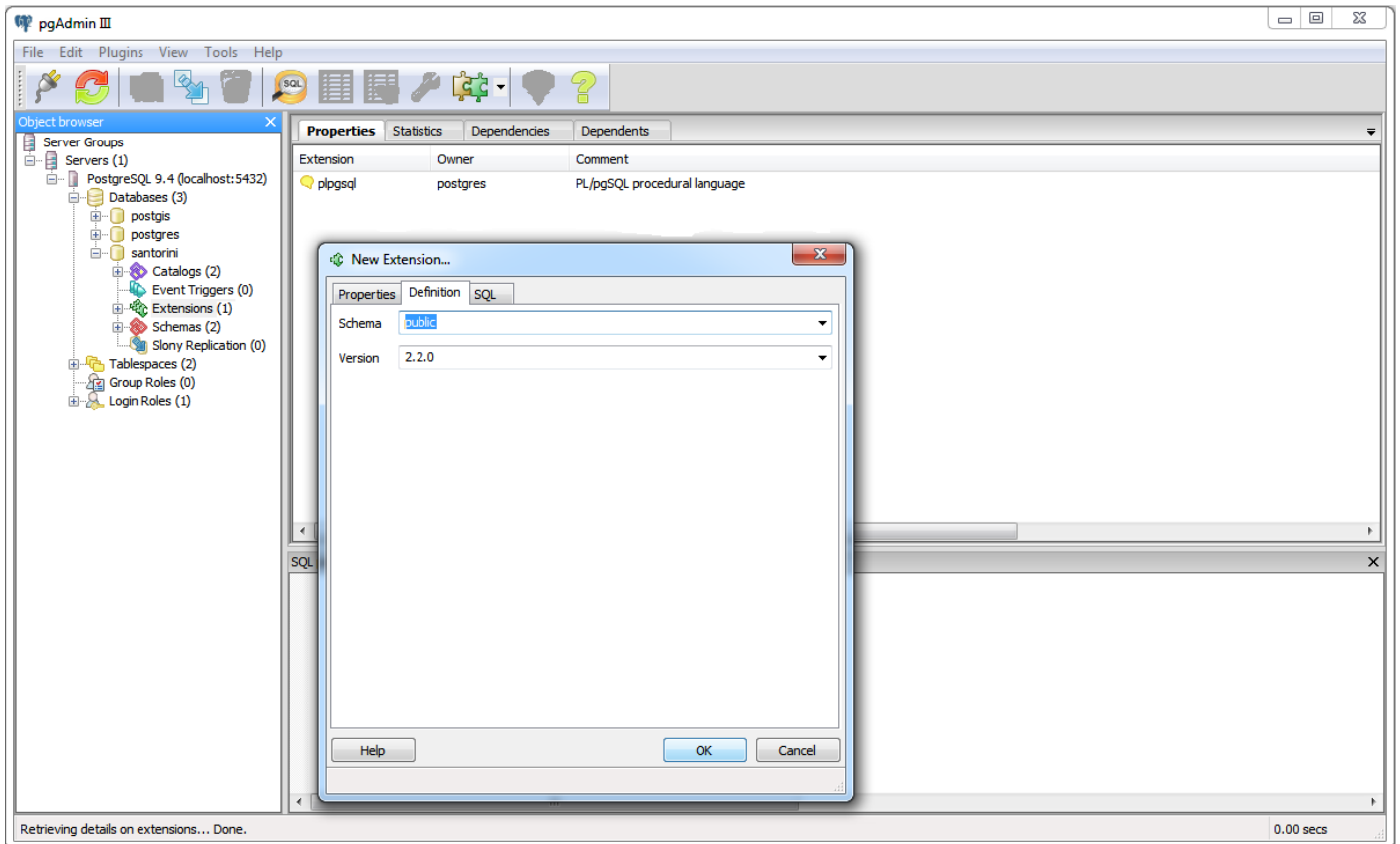
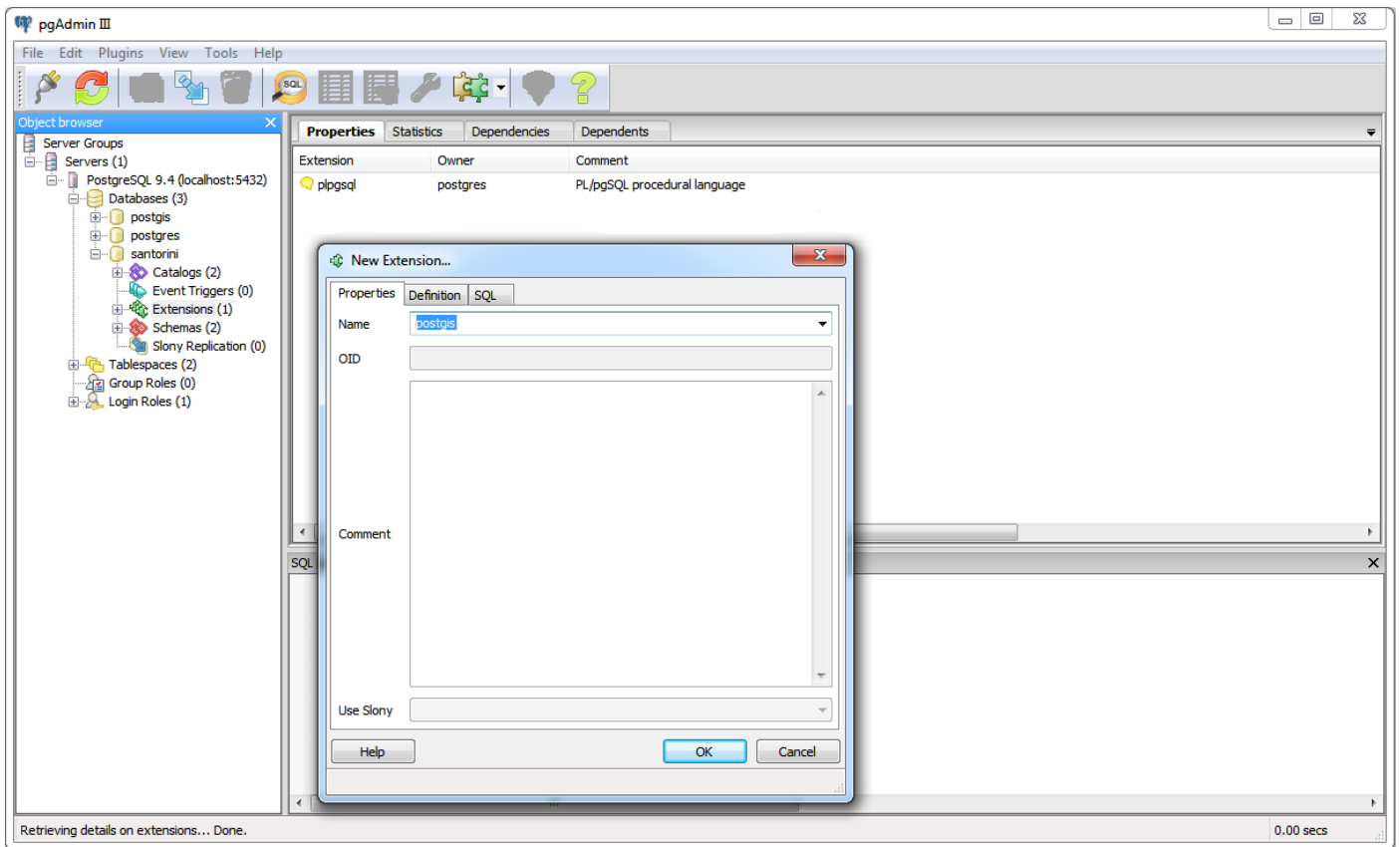
### 3. Δημιουργία εικονιδίων μορφότυπου SVG μέσω του Inkscape.

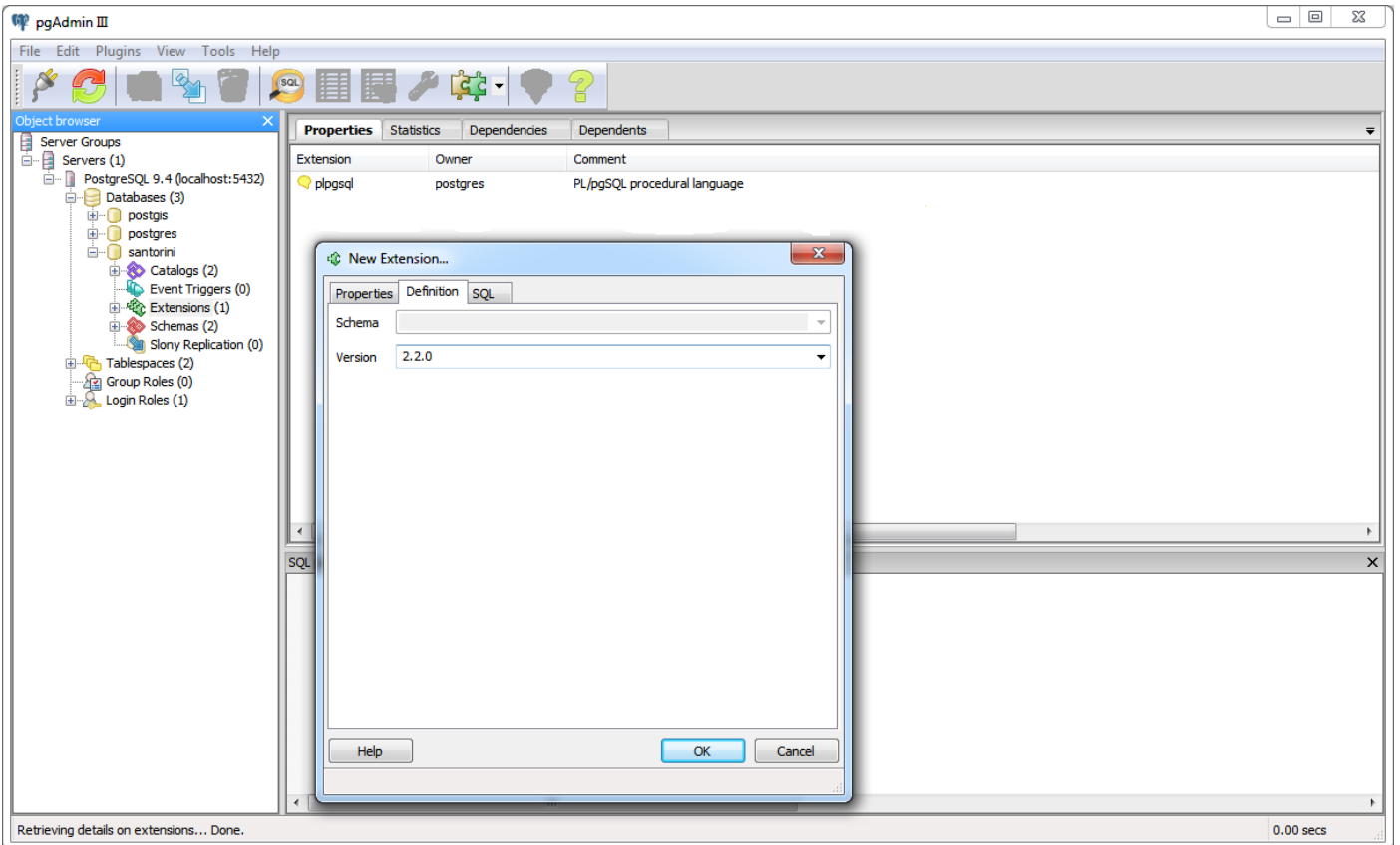
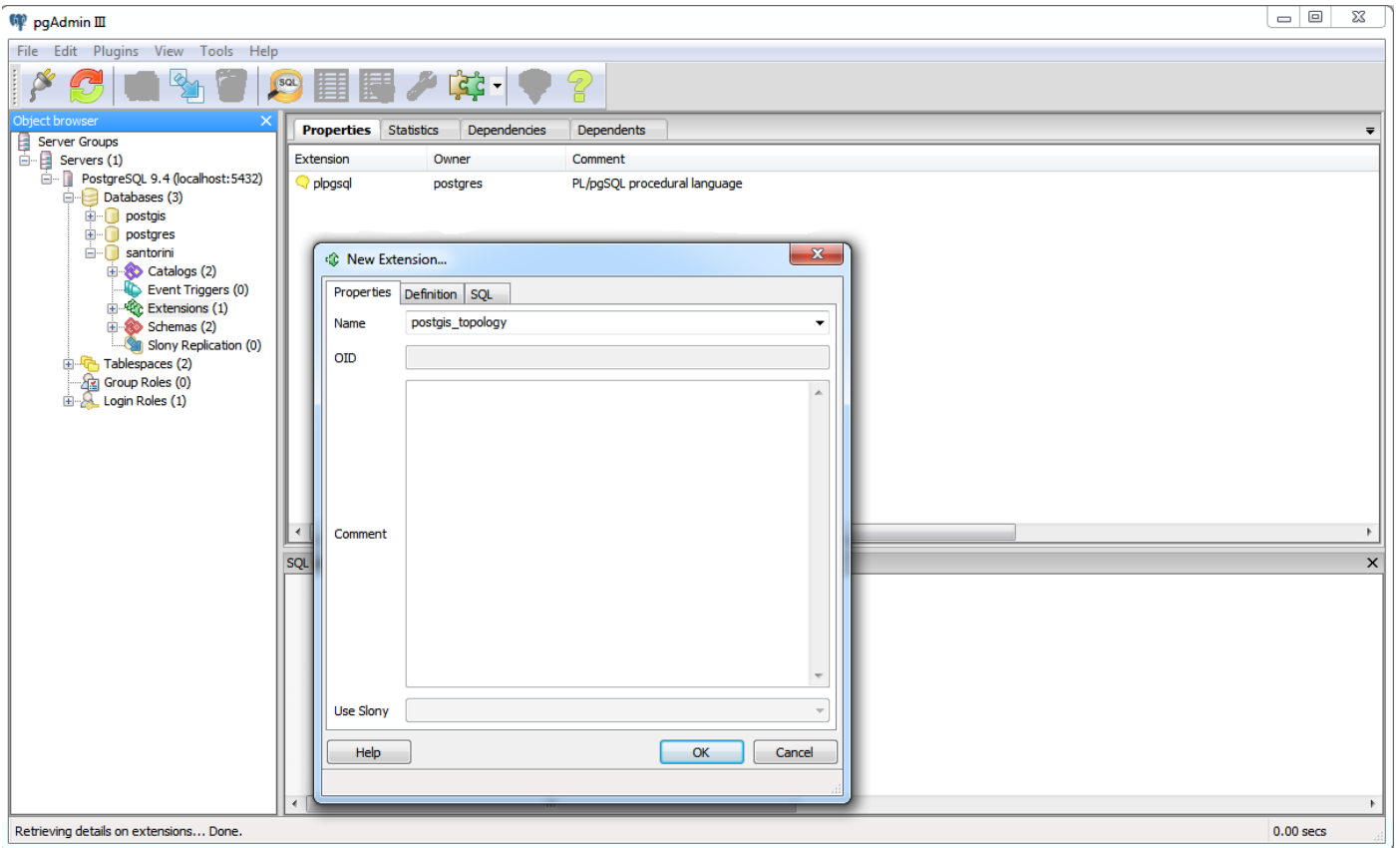


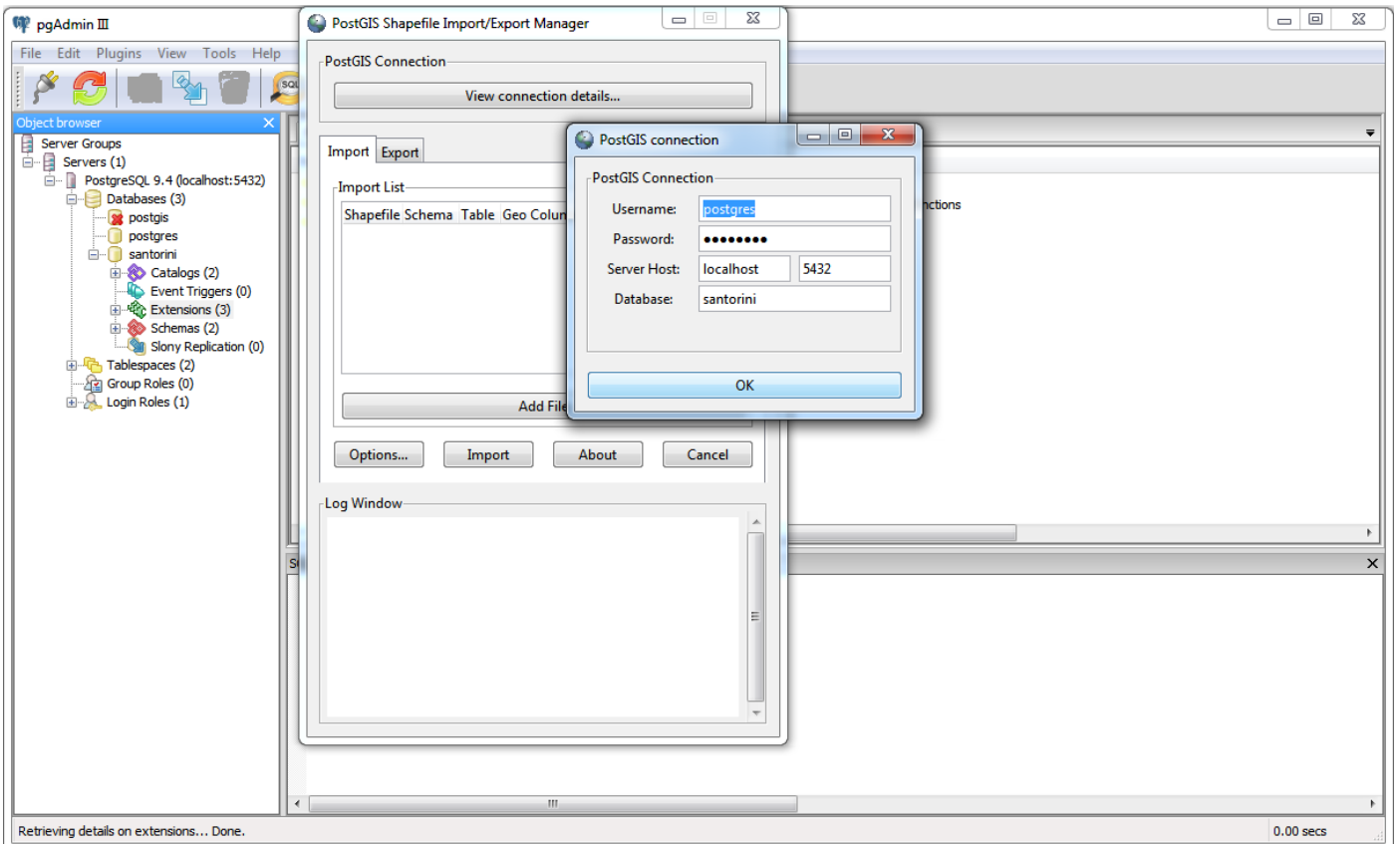
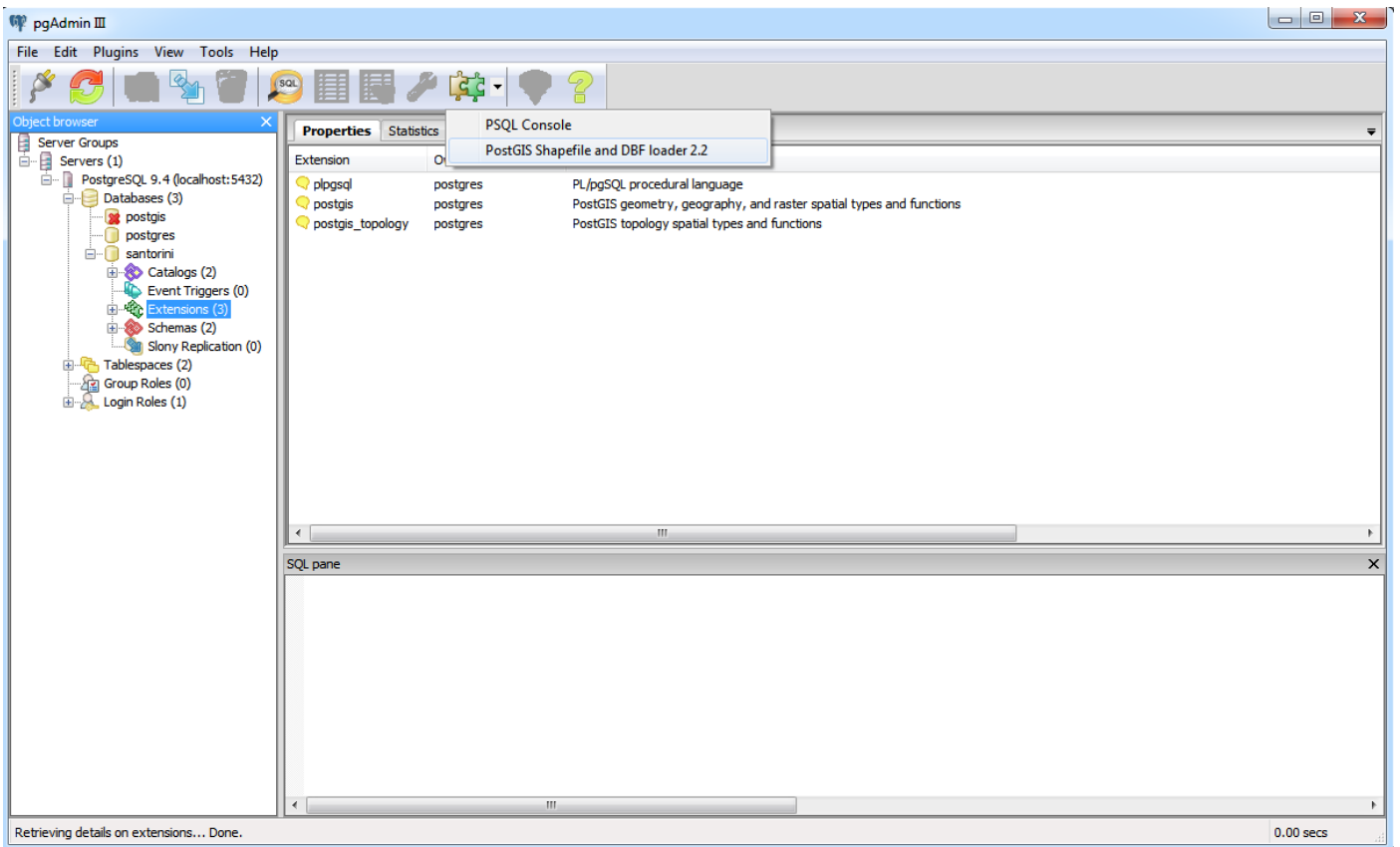
### 4. Δημιουργία χωρικών βάσεων δεδομένων για κάθε διανυσματικό θεματικό επίπεδο μέσω της PostgreSQL/PostGIS.



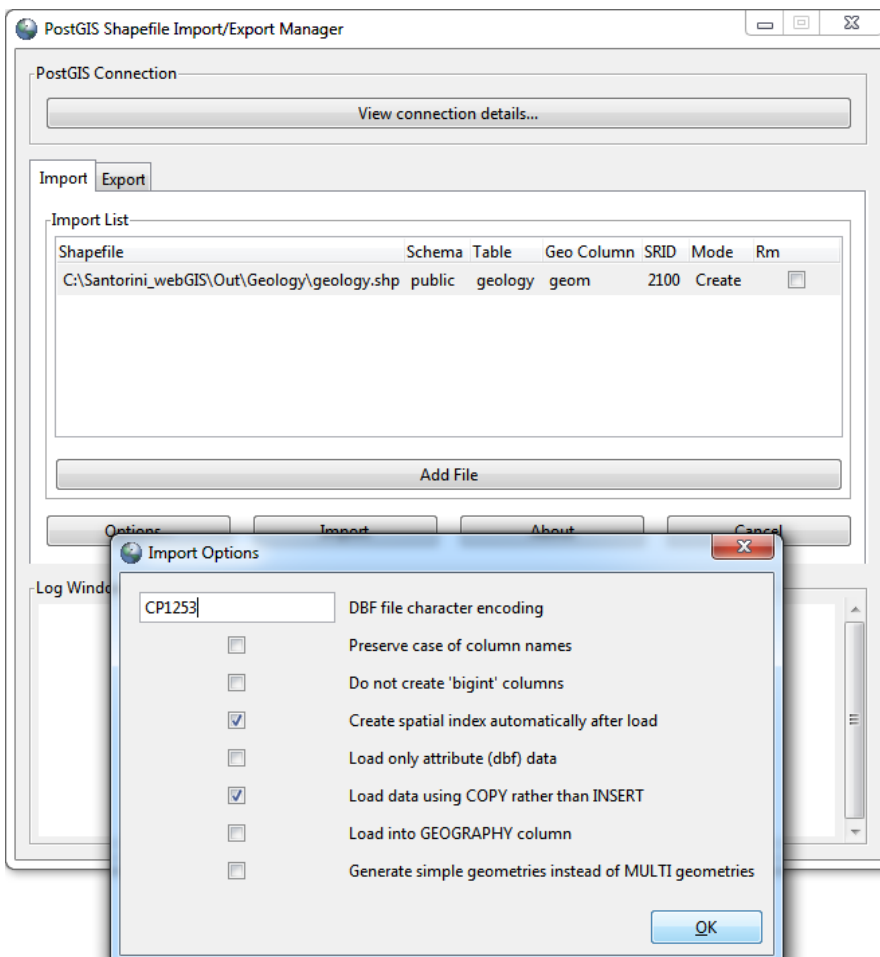
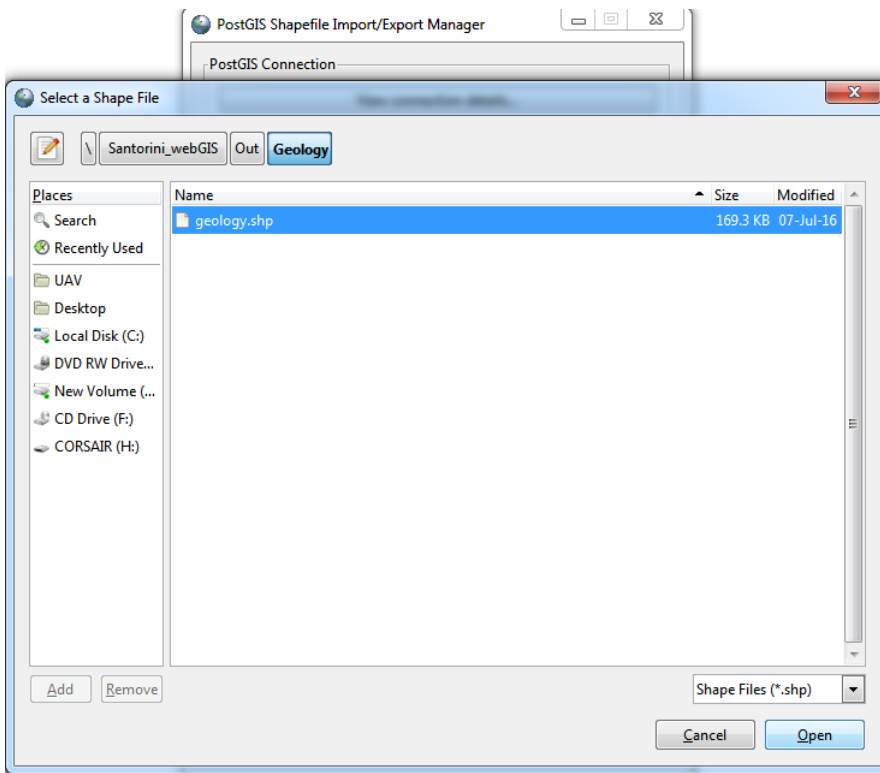


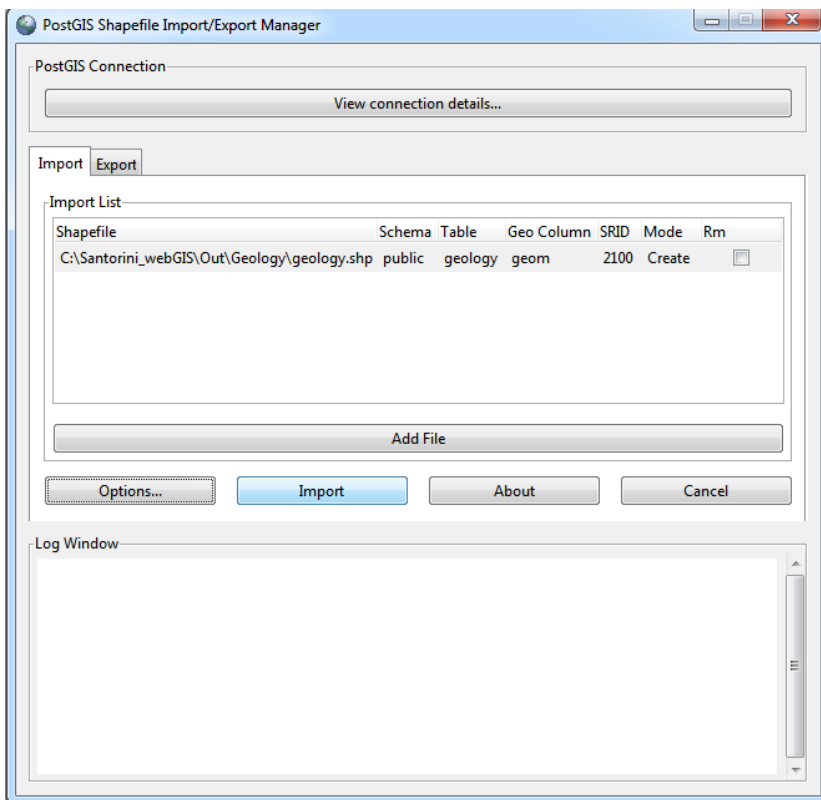




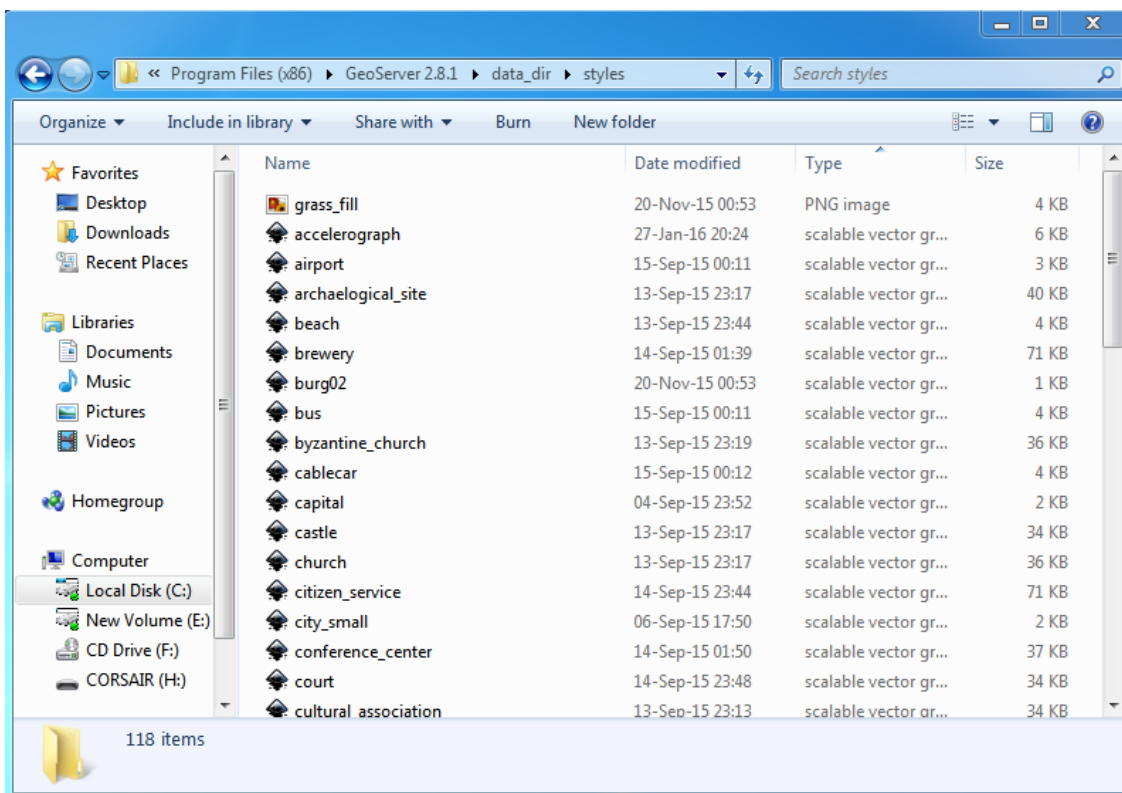




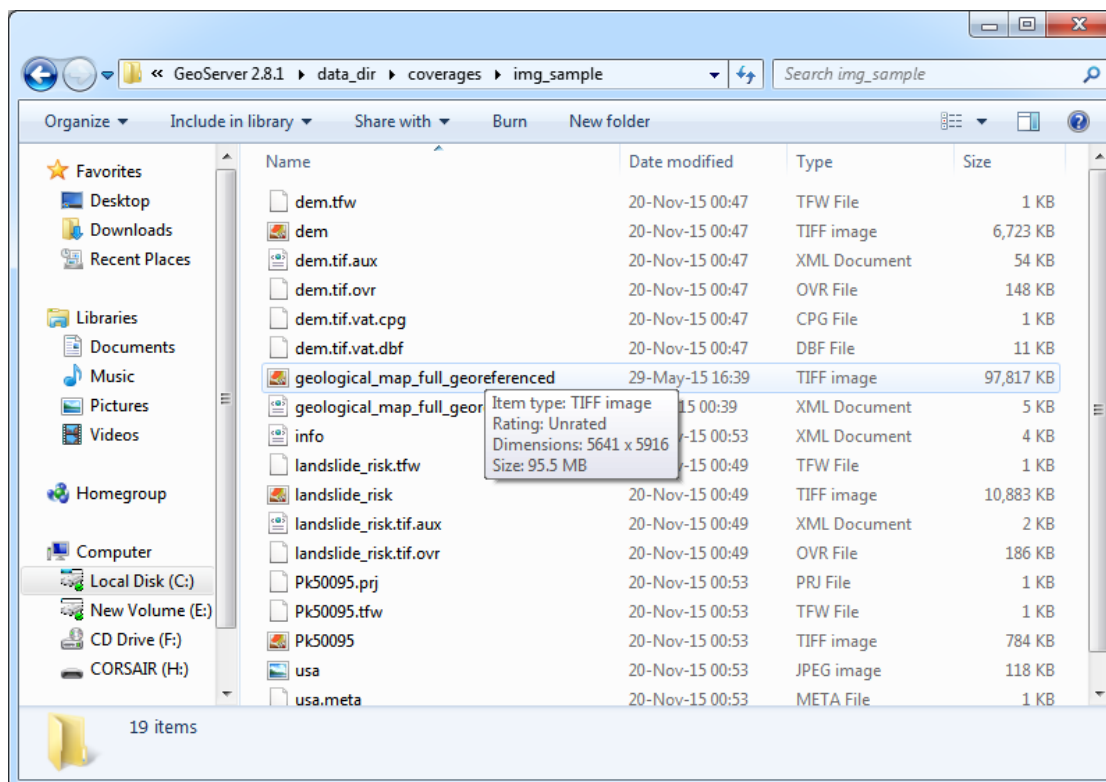




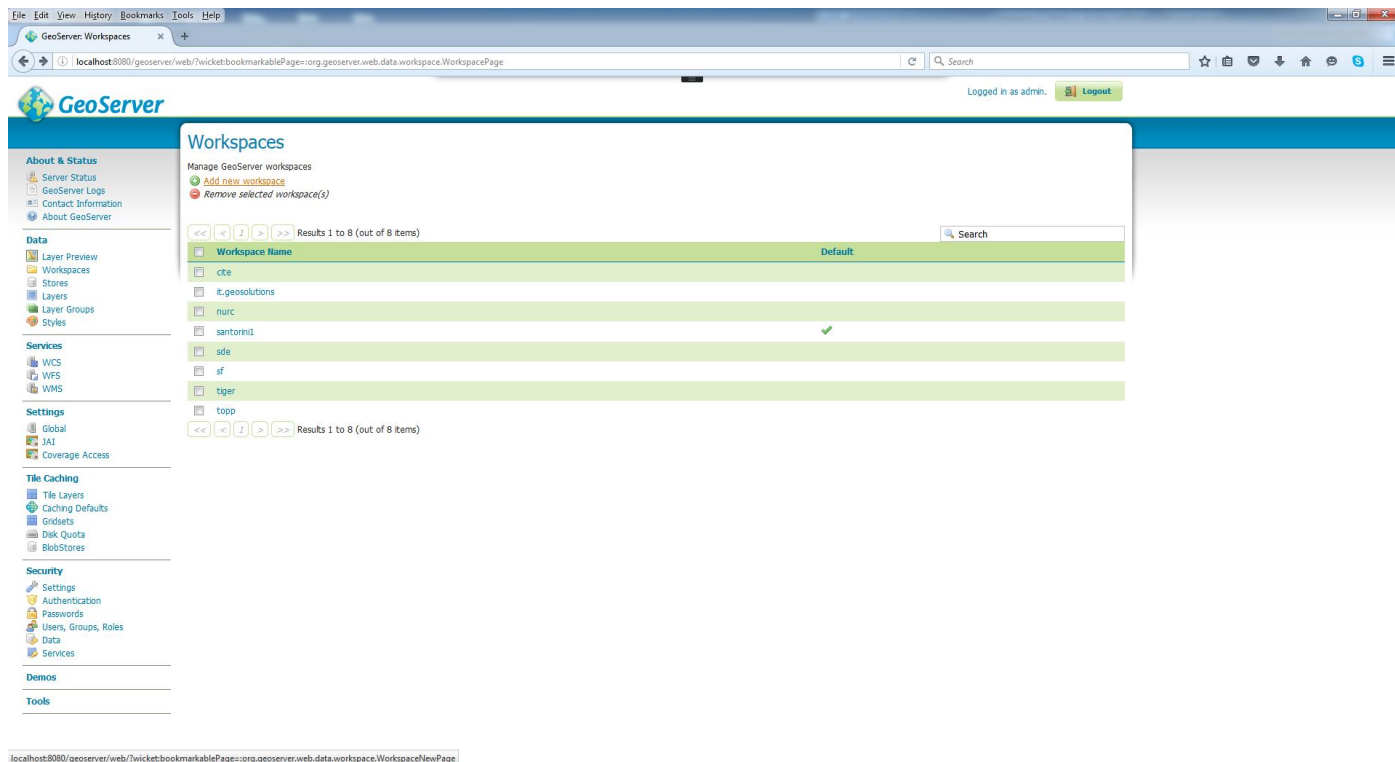
5. Τοποθέτηση όλων των εικονιδίων μορφότυπου SVG μέσα στο φάκελο styles του Geoserver.



6. Τοποθέτηση όλων των ψηφιδωτών αρχείων μέσα στο φάκελο coverages του Geoserver.



7. Δημοσίευση διανυσματικών και ψηφιδωτών θεματικών επιπέδων μέσω του Geoserver και διόρθωση της κωδικοποίησης και της διαδρομής όπου βρίσκονται τα εικονίδια μορφότυπου SVG των συμβολισμών (SLD).



File Edit View History Bookmarks Tools Help  
GeoServer: New Workspace

localhost:8080/geoserver/web/?wicket.bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.workspace.WorkspaceNewPage

Logged in as admin. Logout

## New Workspace

Configure a new workspace

Name:

Namespace URI:   
The namespace uri associated with this workspace

Default Workspace:

Submit Cancel

**About & Status**  
Server Status  
GeoServer Logs  
Contact Information  
About GeoServer

**Data**  
Layer Preview  
Workspaces  
Stores  
Layers  
Layer Groups  
Styles

**Services**  
WCS  
WFS  
WMS

**Settings**  
Global  
JAI  
Coverage Access

**Tile Caching**  
Tile Layers  
Caching Defaults  
Gridsets  
Disk Quota  
BlobStores

**Security**  
Settings  
Authentication  
Passwords  
Users, Groups, Roles  
Data  
Services

**Demos**

**Tools**

localhost:8080/geoserver/web/?wicket.bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.workspace.WorkspaceNewPage#

File Edit View History Bookmarks Tools Help  
GeoServer: Stores

localhost:8080/geoserver/web/?wicket.bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.store.StorePage

Logged in as admin. Logout

## Stores

Manage the stores providing data to GeoServer

[Add new Store](#)  
[Remove selected Stores](#)

Results 1 to 14 (out of 14 items)

Data Type	Workspace	Store Name	Type	Enabled?
	nurc	arcGridSample	ArcGrid	✓
	nurc	img_sample2	WorldImage	⚠
	nurc	mosaic	ImageMosaic	✓
	tiger	myc	Directory of spatial files (shapefiles)	✓
	santorini1	santorini_data1	PostGIS	✓
	santorini1	santorini_data2	GeoTIFF	✓
	santorini1	santorini_data3	GeoTIFF	✓
	santorini1	santorini_data4	GeoTIFF	✓
	santorini1	santorini_data5	Shapefile	✓
	sf	sf	Directory of spatial files (shapefiles)	✓
	sf	sfdem	GeoTIFF	✓
	topp	states_shapefile	Shapefile	✓
	topp	taz_shapes	Directory of spatial files (shapefiles)	✓
	nurc	worldImageSample	WorldImage	✓

Results 1 to 14 (out of 14 items)

**About & Status**  
Server Status  
GeoServer Logs  
Contact Information  
About GeoServer

**Data**  
Layer Preview  
Workspaces  
Stores  
Layers  
Layer Groups  
Styles

**Services**  
WCS  
WFS  
WMS

**Settings**  
Global  
JAI  
Coverage Access

**Tile Caching**  
Tile Layers  
Caching Defaults  
Gridsets  
Disk Quota  
BlobStores

**Security**  
Settings  
Authentication  
Passwords  
Users, Groups, Roles  
Data  
Services

**Demos**

**Tools**

localhost:8080/geoserver/web/?wicket.bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.store.NewDataPage

File Edit View History Bookmarks Tools Help  
GeoServer: New data source x +  
localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.store.NewDataPage  
Search  
Logged in as admin. Logout

## GeoServer

**About & Status**

- Server Status
- GeoServer Logs
- Contact Information
- About GeoServer

**Data**

- Layer Preview
- Workspaces
- Stores
- Layers
- Layer Groups
- Styles

**Services**

- WCS
- WFS
- WMS

**Settings**

- Global
- JAI
- Coverage Access

**Tile Caching**

- Tile Layers
- Caching Defaults
- Gridsets
- Disk Quota
- BlobStores

**Security**

- Settings
- Authentication
- Passwords
- Users, Groups, Roles
- Data
- Services

**Demos**

**Tools**

### New data source

Choose the type of data source you wish to configure

#### Vector Data Sources

- Directory of spatial files (shapefiles) - Takes a directory of shapefiles and exposes it as a data store
- PostGIS - PostGIS Database
- PostGIS (NDD) - PostGIS Database (NDD)
- Properties - Allows access to Java Property files containing Feature Information
- Shapefile - ESRI(tm) Shapefiles (\*.shp)
- Web Complex Feature Server (NG) - Provides access to the Complex Features published a Web Feature Service (experimental), and the ability to perform transactions on the server (when supported / allowed).
- Web Feature Server (NG) - Provides access to the Features published a Web Feature Service, and the ability to perform transactions on the server (when supported / allowed).

#### Raster Data Sources

- ArcGrid - ARC/INFO ASCII GRID Coverage Format
- GeoTIFF - Tagged Image File Format with Geographic information
- Gtopo30 - Gtopo30 Coverage Format
- ImageMosaic - Image mosaicking plugin
- WorldImage - A raster file accompanied by a spatial data file

#### Other Data Sources

- WMS - Cascades a remote Web Map Service

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.store.NewDataPage#

File Edit View History Bookmarks Tools Help  
GeoServer: New Vector Dat... x  
localhost:8080/geoserver/web/?wicketinterface=14:...

GeoServer  
Logged in as admin. Logout

### About & Status

- Server Status
- GeoServer Logs
- Contact Information
- About GeoServer

### Data

- Layer Preview
- Workspaces
- Stores
- Layers
- Layer Groups
- Styles

### Services

- WCS
- WFS
- WMS

### Settings

- Global
- JAI
- Coverage Access

### Tile Caching

- Tile Layers
- Caching Defaults
- Gridsets
- Disk Quota
- BlobStores

### Security

- Settings
- Authentication
- Passwords
- Users, Groups, Roles
- Data
- Services

### Demos

### Tools

## New Vector Data Source

Add a new vector data source

PostGIS  
PostGIS Database

#### Basic Store Info

Workspace \*  
santorini1

Data Source Name \*  
santorini\_data1

Description  
[ ]

Enabled

#### Connection Parameters

dbtype \*  
postgis

host \*  
localhost

port \*  
5432

database  
santorini

schema  
public

user \*  
postgres

passwd  
\*\*\*\*\*

Namespace \*  
http://localhost:8080/geoserver/santorini/

Expose primary keys

max connections  
10

min connections  
1

fetch size  
1000

Connection timeout  
20

validate connections

Test while idle

Evictor run periodicity  
300

Max connection idle time  
300

Evictor tests per run  
3

Primary key metadata table  
[ ]

Session startup SQL  
[ ]

Session close-up SQL  
[ ]

Loose bbox

Estimated extends

preparedStatements

Max open prepared statements  
50

encode functions

Support on the fly geometry simplification

create database

create database params  
[ ]

Save Cancel

GeoServer Styles

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.wms.web.data.StylePage

Logged in as admin. Logout

### Styles

Manage the Styles published by GeoServer

- Add a new style
- Removed selected style(s)

Results 1 to 25 (out of 48 items)

Style Name	Workspace
<input type="checkbox"/> beaches	santorini1
<input type="checkbox"/> burg	
<input type="checkbox"/> capitak	
<input type="checkbox"/> cte_lakes	
<input type="checkbox"/> coastline	santorini1
<input type="checkbox"/> dem	
<input type="checkbox"/> dem	santorini1
<input type="checkbox"/> earthquakes	santorini1
<input type="checkbox"/> erosion	santorini1
<input type="checkbox"/> faults	santorini1
<input type="checkbox"/> floods	santorini1
<input type="checkbox"/> generic	
<input type="checkbox"/> geology	santorini1
<input type="checkbox"/> giant_polygon	
<input type="checkbox"/> grass	
<input type="checkbox"/> green	
<input type="checkbox"/> hazard_zone	santorini1
<input type="checkbox"/> hydrographic_network	santorini1
<input type="checkbox"/> hydrothermal_vents	santorini1
<input type="checkbox"/> landslide_risk	santorini1
<input type="checkbox"/> landslide_risk_cat	santorini1
<input type="checkbox"/> landslides	santorini1
<input type="checkbox"/> line	
<input type="checkbox"/> measuring_stations	santorini1
<input type="checkbox"/> mining_sites	santorini1

GeoServer: New style

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.wms.web.data.StyleNewPage

Logged in as admin. Logout

### New style

Type a new SLD definition, or use an existing one as a template, or upload a ready made style from your file system. The editor can provide syntax highlight and be brought to full screen. Click on the "validate" button to verify the style is a valid SLD document.

Name:

Workspace:

Format: SLD

Generate a default style: Choose One Generate ...

Copy from existing style: Choose One Copy ...

Style file:  No file selected.

File Upload

Computer > Local Disk (C:) > Santorini\_webGIS > Out > Sightseeings

Name	Date modified	Type	Size
SLD	04-Apr-16 20:41	File folder	
sightseeings.cpg	08-Sep-15 23:42	CPOG File	1 KB
sightseeings.dbf	11-Jul-16 01:05	DBF File	208 KB
sightseeings.prj	08-Sep-15 23:42	PRJ File	1 KB
sightseeings.qml	10-Nov-15 01:01	QML File	89 KB
sightseeings.qpj	08-Sep-15 23:42	QPJ File	1 KB
sightseeings.shp	11-Jul-16 01:05	SHP File	6 KB
sightseeings.shx	11-Jul-16 01:05	SHX File	2 KB
sightseeings.sld	24-Jan-16 18:47	SLD File	18 KB

File name: sightseeings.sld

GeoServer: New style

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.wms.web.data.StyleNewPage

Logged in as admin. Logout

### New style

Type a new SLD definition, or use an existing one as a template, or upload a ready made style from your file system. The editor can provide syntax highlight and be brought to full screen. Click on the "validate" button to verify the style is a valid SLD document.

Name:

Workspace:

Format: SLD

Generate a default style  
Choose One

Copy from existing style  
Choose One

Style file:  
 sightseeings.sld

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.wms.web.data.StyleNewPage#

GeoServer: New style

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:interface=26:1::

Logged in as admin. Logout

No validation errors.

### New style

Type a new SLD definition, or use an existing one as a template, or upload a ready made style from your file system. The editor can provide syntax highlight and be brought to full screen. Click on the "validate" button to verify the style is a valid SLD document.

Name: sightseeings

Workspace: santorini1

Format: SLD

Generate a default style  
Choose One

Copy from existing style  
Choose One

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.1.0"
3   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
4   xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
5   <NamedLayer>
6     <UserStyle>
7       <se:Name>sightseeings</se:Name>
8       <se:FeatureTypeStyle>
9         <se:Rule>
10          <se:Name>Αρχαιολογική Ψάρα</se:Name>
11          <se:Description>
12            <se:Title>Αρχαιολογική Ψάρα</se:Title>
13          </se:Description>
14          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
15            <ogc:PropertyIsEqualTo>
16              <ogc:Literal>Αρχαιολογική Ψάρα</ogc:Literal>
17            </ogc:PropertyIsEqualTo>
18          </ogc:Filter>
19          <se:PointSymbolizer>
20            <se:Graphic>
21              <se:ExternalGraphic>
22                <se:OnlineResource xlink:type="simple" xlink:href="http://localhost:8080/geoserver/styles/archaeological_site.svg"/>
23                <se:FormatName>svg+xml</se:Format>

```

Style file:  
 No file selected.

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:interface=26:1::



GeoServer Layers

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.layer.LayerPage

Logged in as admin. Logout

### Layers

Manage the layers being published by GeoServer

[Add a new resource](#)  
[Remove selected resources](#)

Results 1 to 25 (out of 51 items)

Type	Workspace	Store	Layer Name	Enabled?	Native SRS
<input type="checkbox"/>	nurc	arcGridSample	Arc_Sample	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	nurc	img_sample2	img_sample2	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:32633
<input type="checkbox"/>	nurc	mosaic	mosaic	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	nurc	worldImageSample	Img_Sample	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	beaches	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	coastline	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	earthquakes	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	erosion	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	erosion_hazard_zone	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	faults	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	floods	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	flood_hazard_zone	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	geology	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	hydrographic_network	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	hydrothermal_vents	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	landslides	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	measuring_stations	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	mining_sites	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	municipal_infrastructure	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	natura_2000_network	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	pathways	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	road_network	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	seismic_hazard_zone	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	settlements	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100
<input type="checkbox"/>	santorini1	santorini_data1	transportation	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:2100

GeoServer: New Layer

localhost:8080/geoserver/web/?wicket:bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.layer.NewLayerPage

Logged in as admin. Logout

### New Layer

Add a new layer

Add layer from

- Choose One
- Choose One
- nurc:arcGridSample
- nurc:img\_sample2
- nurc:mosaic
- nurc:worldImageSample
- santorini1:santorini\_data1
- santorini1:santorini\_data2
- santorini1:santorini\_data3
- santorini1:santorini\_data4
- santorini1:santorini\_data5
- sf:sf
- sf:sfdem
- tiger:nyc
- topp:states\_shapefile
- topp:tz\_shapes

File Edit View History Bookmarks Tools Help

GeoServer: New Layer

localhost:8080/geoserver/web/?wicket.bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.layer.NewLayerPage

Logged in as admin. Logout

## GeoServer

**About & Status**

- Server Status
- GeoServer Logs
- Contact Information
- About GeoServer

**Data**

- Layer Preview
- Workspaces
- Stores
- Layers
- Layer Groups
- Styles

**Services**

- WCS
- WFS
- WMS

**Settings**

- Global
- JAI
- Coverage Access

**Tile Caching**

- Tile Layers
- Caching Defaults
- Gridsets
- Disk Quota
- BlobStores

**Security**

- Settings
- Authentication
- Passwords
- Users, Groups, Roles
- Data
- Services

**Demos**

**Tools**

### New Layer

Add a new layer

Add layer from

You can create a new feature type by manually configuring the attribute names and types. [Create new feature type...](#)  
 On databases you can also create a new feature type by configuring a native SQL statement. [Configure new SQL view...](#)  
 Here is a list of resources contained in the store 'santorini\_data1'. Click on the layer you wish to configure

<< < 1 2 > >> Results 26 to 26 (out of 26 items)

Published	Layer name	Action
	sightseings	<a href="#">Publish</a>

<< < 1 2 > >> Results 26 to 26 (out of 26 items)

localhost:8080/geoserver/web/?wicket.bookmarkablePage=org.geoserver.web.data.layer.NewLayerPage#

File Edit View History Bookmarks Tools Help  
 GeoServer: Edit Layer  
 localhost:8080/geoserver/web/?wicketinterface=36...

GeoServer  
 Logged in as admin. Logout

About & Status  
 Server Status  
 GeoServer Logs  
 Contact Information  
 About GeoServer

Data  
 Layer Preview  
 Workspaces  
 Stores  
 Layers  
 Layer Groups  
 Styles

Services  
 WCS  
 WFS  
 WMS

Settings  
 Global  
 JAI  
 Coverage Access

Tile Caching  
 Tile Layers  
 Caching Defaults  
 Gridsets  
 Disk Quota  
 BlobStores

Security  
 Settings  
 Authentication  
 Passwords  
 Users, Groups, Roles  
 Data  
 Services

Demos

Tools

## Edit Layer

Edit layer data and publishing

### santorini1:sightseeings

Configure the resource and publishing information for the current layer

Data Publishing Dimensions Tile Caching

#### Basic Resource Info

Name  
 sightseeings

Enabled

Advertised

Title  
 AGo8orro

Abstract

Keywords

Current keywords  
 features  
 sightseeings

New Keyword

Vocabulary

#### Metadata links

No metadata links so far

Note only FoDC and TC211 metadata links show up in WMS 1.1.1 capabilities

#### Data links

No data links so far

#### Coordinate Reference Systems

Native SRS  
 EPSG:2100  EPSG:GGRS87 / Greek Grid...

Declared SRS  
 EPSG:2100  EPSG:GGRS87 / Greek Grid...

SRS handling  
 Force declared

#### Bounding Boxes

Native Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
620,192,5625	4,021,939.5	633,293.0625	4,043,316

Lat/Lon Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
25.340928164556	36.335868446462	25.490550489947	36.530256662392

Compute from native bounds

#### Curved geometries control

Linear geometries can contain circular arcs

Linearization tolerance (useful only if your data contains curved geometries)

#### Feature Type Details

Property	Type	Nullable	Min/Max Occurrences
id	BigDecimal	true	0/1
type	String	true	0/1
name	String	true	0/1
descript	String	true	0/1
photo	String	true	0/1
website	String	true	0/1
x_ags87	Double	true	0/1
y_ags87	Double	true	0/1
geom	Point	true	0/1

Reload feature type

Restrict the features on layer by CQL filter

GeoServer: Edit Layer

localhost:8080/geoserver/web/?wicketinterface=361...

Logged in as admin. Logout

## Edit Layer

Edit layer data and publishing

### santorini1:sightseeings

Configure the resource and publishing information for the current layer

Data Publishing Dimensions Tile Caching

**HTTP Settings**

Response Cache Headers

Cache Time (seconds)

**WFS Settings**

Per-Request Feature Limit

Maximum number of decimals

NumberMatched skip

Skip the counting of the numberMatched attribute

**Extra SRS codes for WFS capabilities generation**

Override WFS wide SRS list

**WMS Settings**

Queryable

Opaque

Default Style

santorini1:sightseeings

- Αρχαιολογικός χώρος
- Εθνικό κέντρο (έδρα)
- Αρχαίο θέατρο
- Αρχαία κελύφη
- Βυζαντινό κρηπίδα
- Μουσείο
- Πολιτιστικό χώρο - Μουσείο
- Πολιτιστικό κέντρο - Μουσείο
- Πολιτιστικό ίδρυμα
- Ενεοδερμικό κέντρο
- Παιδικό κέντρο
- Πολιτιστικός σάββατος
- Παροδονικό χειρουργείο
- Αρχαιολογικό
- Φέρος
- Κουριά - θερμές πηγές
- Εκκλησία
- Ονομαστικό
- Ζωοτροφείο
- Ανεμόμυλος

**Additional Styles**

Available Styles

- santorini1:beaches
- burg
- capitals
- city\_lakes
- santorini1:coastline
- dem
- santorini1:dem
- santorini1:earthquakes
- santorini1:erosion
- santorini1:faulds

Selected Styles

Default Rendering Buffer

Default WMS Path

**Authority URLs for this WMS Layer**

No authority URLs so far

Add new authority URL

**Layer Identifiers**

No layer identifiers so far

Add new layer identifier

**WMS Attribution**

Attribution Text

Attribution Link

Logo URL

Logo Content Type

Logo Image Width

Logo Image Height

Auto-detect image size and type

**KML Format Settings**

Default Regionizing Attribute

Choose One

Default Regionizing Method

Choose One

Features Per Regionized Tile

Save Cancel

8. Κατανάλωση υπηρεσιών μέσω της πλατφόρμας GET SDI Portal, η οποία έχει παραμετροποιηθεί να λειτουργεί τοπικά μέσω Apache και PHP.

Τροποποίηση προεπιλεγμένης διεύθυνσης περιηγητή στο  
C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsd\php\_source\proxies\required.php

```
C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsd\php_source\proxies\required.php - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Macro Run Plugins Window ?
required.php
1 <?php
2
3 /*Version message*/
4
5 /******CONFIG SETTINGS******/
6
7 error_reporting();
8
9 $ _default_Language="GR";
10
11 if(!empty($_GET["lang"]))
12 {
13     $_default_Language=$_GET["lang"];
14 }
15
16 $_default_Logo="topBanner.gif";
17
18 $_default_Other_Languages_N_Logos=array("EN"=>"topBanner.gif","GR"=>"topBanner.gif");
19
20 $_default_Other_Languages_Titles=array("EN"=>"English","GR"=>"Greek");
21
22 $_default_portal_url="http://localhost/getsd/";
23
24 $_global_Secret_Key="g3TSD1p0Rt41";
25
26 $_global_Encode_Key_Times=3;
27
28 $_supported_EPSGS=array("EPSG:900913","EPSG:2100","EPSG:4326");
29
```

Προσθήκη μεταφρασμένων περιγραφικών πεδίων στο  
C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsd\php\_source\proxies\required.php

```
C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsd\php_source\proxies\required.php - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Macro Run Plugins Window ?
required.php
72
73 /*Translations Variables*/
74
75 $ _attributes_Translation["GR"]=array(
76     "ID"=>"Αναγνωριστικό",
77     "AA"=>"ΑΑ",
78     "COMMUNITY"=>"Εταιρεία",
79     "KAL_DIM ENOTHTA"=>"Δημοτική Ενότητα Καλλικράτης",
80     "KAL_DIMOS"=>"Δήμος Καλλικράτης",
81     "KAL_FERIF ENOTHTA"=>"Περιφερειακή Ενότητα Καλλικράτης",
82     "KAL_PERIFEREA"=>"Περιφέρεια Καλλικράτης",
83     "POWER"=>"Ισχύς (MW)",
84     "KATASTASH_CODE"=>"Κωδικός Κατάστασης",
85     "KATASTASH_DESCR"=>"Κατάσταση",
86     "A"=>"ΑΜ",
87     "REG"=>"ΕΙΟ",
88     "PARATHRHSIS"=>"Παρατηρήσεις",
89     "POWER_ANEMOGENHTIRIAS"=>"Ισχύς Ανεμογεννήτριας (MW)",
90     "DIAMETROS_DROMEIA"=>"Διάμετρος δρομεία",
91     "YESOU_PILONA"=>"Ίψος Πυλώνα",
92     "WT"=>"Τύπος",
93     "PART"=>"Τύπος",
94     "HEIGHT"=>"Ύψος Ισιού",
95     "X"=>"X (ΕΙΣΑ '87)",
96     "Y"=>"Y (ΕΙΣΑ '87)",
97     "Z"=>"Υψόμετρο Εγκατάστασης",
98     "V"=>"Μέση Ταχύτητα Ανέμου",
99     "OMIASIA"=>"Όνομασία",
100     "NOME"=>"Όνομα",
101     "XARAKTHRISMOS"=>"Χαρακτηρισμός",
102     "ZONH"=>"Ζώνη",
103     "ID"=>"Αναγνωριστικό",
104     "name"=>"Όνομασία",
105     "name_gr"=>"Όνομασία (ελλ.)",

```

## Αφαίρεση προεπιλεγμένων υποβάθρων από το C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsd\jslib\map\map.js

```
51     maxExtent: custom_wmts_maxExtent,
52     isBaseLayer: true,
53     titleFullExtent: custom_wmts_bbox,
54     transitionEffect: null,
55     projection: new OpenLayers.Projection(custom_projection)
56   });
57 }
58
59 if (googleEnabled==true)
60 {
61   mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.Google(
62     "Google Satellite",
63     {
64       type: google.maps.MapTypeId.SATELLITE,
65       numZoomLevels: 20,
66       sphericalMercator: true,
67       fractionalZoom: false,
68       maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsGExtents["EPSG:900913"])
69     });
70 }
71
72   mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.Google(
73     "Google Hybrid",
74     {
75       type: google.maps.MapTypeId.HYBRID,
76       numZoomLevels: 20,
77       sphericalMercator: true,
78       fractionalZoom: false,
79       maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsGExtents["EPSG:900913"])
80     });
81 }
82 }
83
84 mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.OSM("OpenStreetMap"));
85
86 mapLayers.push(new OpenLayers.Layer.WMS(
87   map_wms_default_kthmatologio,
88   "http://gis.kthmatologio.gr/wms/vmsospg/vmsospgv2.aspx",
89   {
90     layers: "RTBASEMAP",
91     format: "image/png",
92     transparent: true,
93     maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsGExtents["EPSG:4326"])
94   }, {
95     isBaseLayer: true,
96     numZoomLevels: 30,
97     fractionalZoom: true,
98     projection: new OpenLayers.Projection("EPSG:4326"),
99     maxExtent: new OpenLayers.Bounds.fromString(epsGExtents["EPSG:4326"])
100   });
101
102
103
104
105 Ext.onReady(function() {
106   map = new OpenLayers.Map("map_region", options);
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2
```

C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsdijslib\map\map\_predifined\_layers.php

```

class mapPredifined
{
    var $output="";
    var $max_count=0;
    var $services=array()

    //examples
    //array("SERVICE_TYPE"=>"WMS", "SERVICE_URL"=>"http://wudomain.geoserver/wms",
    "SERVICE_AUTHENTICATION"=>array("USERNAME"=>"", "PASSWORD"=>""), "LAYERS_LOAD"=>["layer1','layer2','layer3'], "LAYERS_EXCLUDED"=>"", "NOT_VISIBLE_LAYERS"=>["layer1','layer2']"),

    array(
        "SERVICE_TYPE"=>"WMS",
        "SERVICE_URL"=>"http://localhost:8080/geoserver/santorini1/wms",
        "SERVICE_AUTHENTICATION"=>array("USERNAME"=>"", "PASSWORD"=>""),
        "LAYERS_LOAD"=>[
            'earthquakes',
            'landslides',
            'tsunamis',
            'floods',
            'erosion',
            'hydrothermal_vents',
            'settlements',
            'sightseeings',
            'municipal_infrastructure',
            'transportation',
            'measuring_stations',
            'mining_sites',
            'beaches',
            'seismic_hazard_zone',
            'tsunami_hazard_zone',
            'flood_hazard_zone',
            'erosion_hazard_zone',
            'volcanic_hazard_zone',
            'pathways',
            'faults',
            'road_network',
            'hydrographic_network',
            'coastline',
            'nature_2000_network',
            'geology',
            'dem',
            'landslide_risk',
            'landslide_risk1'
        ],
        "LAYERS_EXCLUDED"=>["landslide_risk1"],
        "NOT_VISIBLE_LAYERS"=>[
            'tsunamis',
            'landslides',
            'tsunamis',
            'floods',
    ]
    )
}
    
```

Αφαίρεση επιπλέον καρτελών από το C:\OSGeo4W\apache\htdocs\getsdijslib\tabs.js

```

initComponent: function() {
    this.items = [
        {
            xtype: 'tabpanel',
            region: 'center',
            id: 'main-tabpanel',
            activeItem: 0,
            border: false,
            listeners: [
                {
                    tabchange: function(tabPanel, tab) {
                        if ((tab.id=='metadataTab') && (mzk==0))
                        {
                            makeMetadataMap();
                            mzk=1;
                        }
                        if ((tab.id=='map3dTab') && (mzk==1))
                        {
                            make3DMap();
                            mzk=2;
                        }
                    }
                }
            ],
            items: [
                {
                    title: 'title_mapTab',
                    id: 'mapTab',
                    border: false,
                    layout: 'fit',
                    items: [mapViewport]
                },
                {
                    title: 'title_metadataTab',
                    id: 'metadataTab',
                    border: false,
                    layout: 'fit',
                    items: [metadataViewport]
                },
                {
                    title: 'title_fileTab',
                    id: 'fileTab',
                    layout: 'fit',
                    items: [fileViewport]
                }
            ]
        }
    ];
    TabViewportUI.superclass.initComponent.call(this);
}
}
}

Ext.onReady(function() {
    Ext.QuickTips.init();
    var cmp1 = new TabViewport({
        renderTo: "platform_div"
    });
});
    
```