

Αρ. Πρωτ. $\frac{783}{29.4.86}$

ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΚΙΝΔΥΝΟ

ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- Επιστημονικές παρατηρήσεις
- Ερευνητικά προγράμματα
- Προτάσεις

Α π ό

Ν. Δελήμπαση
Γ. Λεβεντάκη
Γ. Παπαδόπουλο
Ι. Παππή
Σ. Στείρο
Μ. Φυτίκα

Α Θ Η Ν Α

Α Π Ρ Ι Λ Ι Ο Σ 1 9 8 6 . -

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

- 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ
- 3. 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 4. 1.1. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ
- 5. 1.2. ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΕΚΡΗΞΕΩΝ
- 6. 2. ΤΥΠΟΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΕΚΡΗΞΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΥΤΩΝ
- 11. 3. ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
- 13. 4. ΑΜΥΝΑ ΕΝΑΝΤΙΑ ΣΤΙΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ
- 17. 5. ΠΡΟΔΡΟΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΕΚΡΗΞΕΩΝ
- 18. 5.1. ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ
- 19. 5.2. ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ
- 20. 5.3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ
- 21. 5.4. ΓΕΩΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ
- 21. 5.5. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ
- 22. 5.6. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ
- 22. 5.7. ΣΥΝΟΨΗ
- 24. 6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΩΝ
- 28. 7. ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ
- 28. 7.1. ΓΕΝΙΚΑ
- 29. 7.2. ΕΝΕΡΓΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ
- 36. 8. ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
- 38. 9. ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
- 45. 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
- 48. 11. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ
- 51. 12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Είναι γενικά γνωστό ότι η χώρα μας πλήττεται από διαφόρων κατηγοριών φυσικές καταστροφές, μεταξύ των οποίων μερικές είναι γεωλογικής προέλευσης, όπως οι σεισμοί και οι κατολισθήσεις. Δεν είναι, όμως, πολύ γνωστό ότι μια ακόμα πηγή καταστροφών στην Ελλάδα υπήρξε στο παρελθόν και ορισμένος αριθμός ενεργών ηφαιστείων. Πολυάριθμες ιστορικές αναφορές και μαρτυρίες, αλλά και παρατηρήσεις που έγιναν στη διάρκεια του αιώνα μας, αποδεικνύουν ότι κατά κοιρούς συνέβησαν ηφαιστειακές εκρήξεις σε ηφαίστεια του λότιου Αιγαίου που προκάλεσαν μικρές ή μεγάλες καταστροφές. Η τελευταία έκρηξη έγινε το 1950 στη Σαντορίνη, ενώ σειρά εκρήξεων έγιναν στο ίδιο ηφαίστεια στη διάρκεια της δεκαετίας του '20, του '30 και του '40.

Ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Πρωτοπόρας (ΟΑΣΠ), αφού άκουσε τις απόψεις των εκπροσώπων διαφόρων φορέων, ανέλαβε την πρωτοβουλία να διερευνήσει τον ηφαιστειακό κίνδυνο στη χώρα μας. Σαν πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση αυτή μας ανέθεσε να εκπονήσουμε μελέτη η οποία να περιλαμβάνει τα εξής:

- α) Τη συλλογή και τεκμηρίωση των μέχρι σήμερα επιστημονικών εργασιών που έχουν γίνει για την πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων και για την εκτίμηση του ηφαιστειακού κινδύνου στη χώρα μας.
- β) Την περιγραφή των σχετικών ερευνητικών προγραμμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί ή βρίσκονται σε εξέλιξη.
- γ) Την υποβολή προτάσεων που αφορούν το συντονισμό της μελλοντικής έρευνας, την αξιοποίηση των μέχρι σήμερα αποτελεσμάτων και την εκπόνηση σχεδίου έκτακτης ανάγκης στην Ελλάδα.

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ι Ο

Η παρούσα μελέτη απαντάει στα προηγούμενα ζητήματα, ενώ παράλληλα κάνει μία σύντομη ανασκόπηση της παγκόσμιας ηφαιστειακής δραστηριότητας και της διεθνούς εμπειρίας σε θέματα πρόγνωσης ηφαιστειακών εκρήξεων και ηφαιστειακού κινδύνου.-

Ο οργανισμός Αντισεισμολογίας και Ηφαιστειολογίας (ΟΑΗΠ) αφού έκοψε τις σχέσεις των εκπαιδευτικών διδασκόντων με την Κρατική να διερευνήσει τον προετοιμασμένο κίνδυνο της χώρας. Εάν κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας της αντισεισμολογίας η κατάσταση της χώρας αλλάξει, τότε η προετοιμασία της αντισεισμολογίας θα πρέπει να επανεξεταστεί.

α) Η συλλογή και τακτοποίηση των χάρτων οφέρων είναι απαραίτητη και έχουν γίνει για την προετοιμασία της αντισεισμολογίας και για την εκτίμηση του προετοιμασμένου κινδύνου της χώρας.

β) Την προετοιμασία των χάρτων οφέρων των προετοιμασμένων κινδύνων και την προετοιμασία των χάρτων οφέρων των προετοιμασμένων κινδύνων.

γ) Την υλοποίηση των προετοιμασμένων κινδύνων των προετοιμασμένων κινδύνων.

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

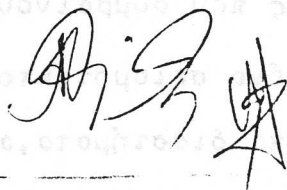
Σήμερα γνωρίζουμε ότι 800 περίπου ενεργά ηφαιστειακά υπάρχουν στην επιφάνεια του πλανήτη μας. Αυτά, όμως, δεν κατανέμονται τυχαία αλλά συγκεντρώνονται συνήθως σε σχετικά στενές ζώνες οι οποίες εντοπίζονται, κυρίως, κατά μήκος των ορίων λιθοσφαιρικών πλακών. Υπάρχουν, όμως, σειρές ηφαιστειών, υποθαλάσσιων κατά κύριο λόγο, και στο εσωτερικό λιθοσφαιρικών πλακών.

Μία ζώνη, η οποία παρουσιάζει όχι μόνο ηφαιστειακή, αλλά και έντονη σεισμική δράση, είναι η Ευρασιατική-Μελανησιακή ζώνη. Στη ζώνη αυτή ανήκει και ο ευρύτερος Ελλαδικός χώρος. Τα ηφαιστειακά και γενικότερα τα φαινόμενα ηφαιστειότητας στη χώρα μας, στον παρόντα γεωλογικό αιώνα, περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Η μελέτη της ηφαιστειακής δράσης έχει τόσο θεωρητικό, όσο και πρακτικό ενδιαφέρον. Το θεωρητικό ενδιαφέρον αφορά την γνώση του εσωτερικού της γης και του γεωλογικού περιβάλλοντος γενικότερα. Το πρακτικό ενδιαφέρον είναι τριπλό. Πρώτα απ' όλα είναι η προφύλαξη του ανθρώπου από την καταστροφική δράση των ηφαιστειών, η οποία, όπως θα δούμε στη συνέχεια είναι πολύμορφη.

Δεύτερον, η ηφαιστειακή δράση έχει άμεση γεωδυναμική σχέση με τη σεισμική δράση, ιδίως σε περιοχές που βρίσκονται σε ζώνες λιθοσφαιρικής κατέδυσης, όπως η Ελλάδα.

Τρίτον, η μελέτη της ηφαιστειακής δράσης συμβάλλει ουσιαστικά στον εντοπισμό γεωλογικών δομών με οικονομικό ενδιαφέρον, όπως τα γεωθερμικά πεδία και τα κοιτάσματα βιομηχανικών ορυκτών ή πετρωμάτων με ηφαιστειακή προέλευση.-



I. I. Παγκόσμια ηφαιστειότητα.-

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις, με μέση ή υψηλή βιαιότητα, απελευθερώνουν ενέργεια της τάξης των 10^{15} έως 10^{19} JOULES (10^{22} - 10^{26} ERGS).

Η βιαιότερη έκρηξη που έγινε σε ιστορικούς χρόνους είναι εκείνη του ηφαιστείου TAMBORA στην Ινδονησία το 1815. Η ενέργεια που απελευθερώθηκε ήταν της τάξης των 10^{19} JOULES. Ενέργεια του εύρους που προαναφέρθηκε, απελευθερώνεται από σεισμούς μεγέθους 6,3 μέχρι 8,5. Όμως, ενώ στους σεισμούς η ισχύς είναι πολύ μεγάλη, δηλαδή το σύνολο της συσσωρευμένης ενέργειας εκλύεται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, στην περίπτωση των ηφαιστειακών εκρήξεων η ισχύς είναι σημαντικά μικρότερη γιατί η ενέργεια απελευθερώνεται στη διάρκεια μερικών ωρών, ημερών, εβδομάδων ή μηνών.

Εξάλλου, είναι αξιοσημείωτο ότι μεγάλο μέρος της ενέργειας μιας ηφαιστειακής έκρηξης (μέχρι τα 2/3 αυτής) περιέχεται με μορφή θερμικής ενέργειας στις λάβες και τα εκρηκτικά προϊόντα.

Το βιαιότερο στάδιο μιας ηφαιστειακής έκρηξης είναι συνήθως το αρχικό το οποίο διαρκεί μερικές ώρες ή μερικές μέρες. Στο στάδιο αυτό απελευθερώνεται και το μεγαλύτερο μέρος της ηφαιστειακής ενέργειας. Για παράδειγμα, έχει υπολογιστεί ότι η αρχική έκρηξη του ηφαιστείου ARENAL (Κόστα-Ρίκα) το 1968, απελευθέρωσε περίπου 10^{14} JOULES, που αντιστοιχεί στην ενέργεια μιας βόμβας υδρογόνου μέσης ισχύος.

Η αρχική έκρηξη του ηφαιστείου BEZYMIANI στην Καμπούτσα το 1956 απελευθέρωσε περίπου 10^{16} JOULES.

Οι εκρήξεις που συμβαίνουν ο' ένα ηφαίστειο όπως και οι σεισμοί, σ' ένα συγκεκριμένο σεισμοτεκτονικό τέμαχος, γίνονται σε αραιότερα ή πυκνότερα χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τις ιδιότητες του ηφαιστείου

ή του τεμάχους. Υπάρχουν ηφαιστεία με συχνή δράση και άλλα των οποίων η επαναδραστηριοποίηση γίνεται μετά από πολλές εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια.

Δυστυχώς δεν υπάρχουν πλήρη δεδομένα για τη δράση των περισσότερων ηφαιστείων της Γης. Τα δεδομένα αυτά περιορίζονται κυρίως στην ιστορική περίοδο αλλά και στην περίπτωση αυτή υπάρχει σοβαρό πρόβλημα πληρότητας των δεδομένων, όπως δείχνουν οχρητικές στατιστικές αναλύσεις. Οι αναλύσεις αυτές οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι εκρήξεις ορισμένων μόνον ηφαιστείων είναι πλήρως καταγραμμένες και μόνον για το μετά το 1900 διάστημα (SIMKIN ET AL, 1981).

Η γνώση της εξέλιξης ενός ηφαιστείου είναι μεγάλης σπουδαιότητας για την μελέτη του ηφαιστειακού κύκλου και τον προσδιορισμό των παραγόντων που κατευθύνουν την επαναδραστηριοποίηση του ηφαιστείου. Όμως, το πρόβλημα της πληρότητας των δεδομένων βάζει σοβαρά εμπόδια στην έρευνα αυτού του είδους.

Για το λόγο αυτό, η ανίχνευση πρόδρομων φαινομένων στην περιοχή ενός ηφαιστείου είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος έρευνας με στόχο την πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων.

1.2. Καταστροφικά αποτελέσματα των ηφαιστειακών εκρήξεων.

Τα καταστροφικά αποτελέσματα των ηφαιστειακών εκρήξεων προκαλούνται από φυσικές διαδικασίες που συνοδεύουν ή ακολουθούν τις εκρήξεις στο έδαφος, την ατμόσφαιρα και τη θάλασσα. Οι ροές λάβας και άλλων εκρηκτικών προϊόντων και οι λασποβροχές αποτελούν τις κύριες διαδικασίες που γίνονται στο έδαφος και με τις οποίες προκαλούνται καταστροφές σε ανθρώπινες εγκαταστάσεις (κατοικίες κλπ) και σε καλλιέργειες, ενώ ταυτόχρονα είναι δυνατόν να προκαλούνται και ανθρώπινα θύματα. Η μεταφορά στην ατμόσφαιρα και η πτώση



ηφαιστειακύν υλικών σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις είναι επίσης μία διαδικασία η οποία μπορεί να προκαλέσει ζημιές κυρίως σε καλλιεργημένες εκτάσεις. Στη θάλασσα συχνά διεγείρονται θαλάσσια κύματα βαρύτητας (TSUNAMIS) από ηφαιστειακές εκρήξεις. Τέτοια κύματα πολλές φορές αποκτούν μεγάλο ύψος στις ακτές και είναι δυνατόν να προκαλέσουν διάφορες καταστροφές. Τα κύματα αυτά διαδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις σε μικρό χρόνο.

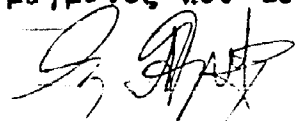
Όπως σε άλλο κεφάλαιο περιγράφεται λεπτομερώς, τέτοιου είδους ζημιές ή καταστροφές έχουν αρκετές φορές προκληθεί στο Κότιο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές από την ηφαιστειακή δράση στα ενεργά ηφαίστεια.

Οι τρόποι άμυνας στην ηφαιστειακή δράση περιγράφονται επίσης σε επόμενο κεφάλαιο.

2.- ΤΥΠΟΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ ΕΚΡΗΞΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΥΤΩΝ

Η κατάταξη των ηφαιστειακών εκρήξεων έχει απασχολήσει έντονα τη διεθνή βιβλιογραφία. Κατά καιρούς προτάθηκαν διάφορες ταξινομήσεις και ορισμένες απ' αυτές έχουν βρει μεγάλη απήχηση. Εδώ δεν θ' ασχοληθούμε με την περιγραφή των κατατάξεων αυτών και τα κριτήρια στα οποία βασίζονται γιατί κρίναμε ότι θ' απομακρυνθούμε από το αντικείμενο της μελέτης. Θα περιγράψουμε, όμως, τους διάφορους τρόπους με τους οποίους γίνονται οι ηφαιστειακές εκρήξεις γιατί έχουν άμεση σχέση με τις επιπτώσεις τους και κατά συνέπεια με τους τρόπους άμυνας του ανθρώπου.

Μία σημαντική παράμετρος, η οποία περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται μία έκρηξη, είναι η εκρηκτικότητα. Αυτή εξαρτάται κυρίως από το ιξώδες και τα πτητικά συστατικά του μάγματος που το



τροφοδοτούν. Κατά την άνοδο του μάγματος τα ουσιαστικά αυτά απελευθερώνονται. Τα όξινα μάγματα έχουν περισσότερο πτητικά λόγω της σχετικά μικρής θερμοκρασίας τους (800°C). Αντίθετα, τα βασικά μάγματα έχουν λιγότερα πτητικά ουσιαστικά, προκαλούν συνήθως πιο ήσυχες εκχύσεις λάβας και εκρήξεις μικρής εκρηκτικότητας, δηλαδή εκρήξεις που είναι λιγότερο επικίνδυνες. Οι εκχύσεις αυτές έχουν συνήθως μικρές ταχύτητες, της τάξης μερικών εκατοντάδων μέτρων έως μερικών χιλιομέτρων την ώρα. Όταν η τροφοδοσία είναι αρκετά γρήγορη, μπορούν να φτάσουν ακολουθώντας τη μορφολογία της περιοχής σε δεκάδες ή και εκατοντάδες ΚΜ από το στόμιο και να προξενήσουν ζημιές καταστρέφοντας καλλιέργειες ή οικισμούς, σπάνια, όμως προκαλούν ανθρώπινα θύματα.

Περισσότερο επικίνδυνη είναι η ηφαιστειακή δράση με μεγάλη εκρηκτικότητα και κυρίως αυτή που δημιουργεί πυρακτωμένα νέφη, καιόμενες στοιβάδες, πυροκλαστικά ρεύματα και άλλους σχηματισμούς οι οποίοι κινούνται με μεγάλες ταχύτητες (συνήθως 100 ΚΜ/Η). Αυτές οι ταχύτητες σε συνδυασμό με τις μεγάλες θερμοκρασίες των υλικών και τα αποπνικτικά και δηλητηριώδη αέρια, δίνουν μεγάλη καταστροφική ικανότητα στους προηγούμενους σχηματισμούς. Κατά την έκρηξη του 1902 στο PELÉE της Μαρτινίκας δημιουργήθηκαν πυρακτωμένα νέφη που κινήθηκαν με ταχύτητα 150 ΚΜ/Η και κατέστρεφαν ολοσχερώς μία πόλη 24.000 κατοίκων, από την οποία μόνο δύο κάτοικοι επέζησαν.

Σε άλλες περιπτώσεις η έκρηξη έχει αρχικά κατακόρυφη κατεύθυνση και στη συνέχεια δημιουργείται πλευρική επέκταση που θυμίζει τα "BASE SURGE" (μονιτάρια) των πυρηνικών εκρήξεων. Τα νέφη πέφτουν κατά μήκος των πλευρών του ηφαιστείου, αποκτούν μεγάλη ταχύτητα, λόγω της αρχικής ώθησης και της συμπίεσης των αερίων, και κινούνται σε μεγάλες οριζόντιες αποστάσεις με καταστρεπτικά αποτελέσματα. Ιστορικά παραδείγματα έχουμε στο LA SOUFRIERE της Μαρτινίκας, ενώ πρόσφατα

παραδείγματα είναι εκείνα δύο ηφαιστειών των Φιλιππίνων το 1951 και 1968, με πολλές εκατοντάδες ανθρώπινων θυμάτων. Ένα τέτοιο "SURGE" κατέστρεψε πιθανώς την Πομπηία κατά τη μεγάλη έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ.χ.

Πυρακτωμένες στοιβάδες μπορούν να σχηματισθούν από απότομο σπάσιμο και κατακερματισμό μεγάλων μαζών από όξινες, στερεοποιημένες ή όχι, λάβες που βρίσκονται κοντά σ' ένα ενεργό ηφαίστειο ή παράγονται από αυτό σε σημεία με μεγάλη κλίση. Λόγω της μικρής πυκνότητας και της μεγάλης αρχικής ταχύτητας, τα υλικά των στοιβάδων μπορούν να φθάσουν πολύ μακριά, ακόμη και σε απόσταση μερικών δεκάδων ΚΜ. Με τον τρόπο αυτό καταστράφηκαν χωριά και καλλιέργειες από την έκρηξη στο ΜΕΡΑΠΙ της Ινδονησίας που έγινε στις αρχές του αιώνα μας.

Οι ιγκνιμβρίτες, οι οποίοι αποτελούν πυροκλαστικές αποθέσεις από θραύσματα γυαλιού, πέτρας και κρυστάλλων ανακατεμένα με αέρια θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 500°C, μπορούν να μεταφερθούν σε ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις, μέχρι και μερικές εκατοντάδες ΚΜ. Αυτό το φαινόμενο έγινε στο ηφαίστειο ΚΑΤΜΑΙ της Λάσοκας αλλά δεν προξένησε θύματα γιατί η περιοχή δεν κατοικείται.

Οι ιγκνιμβρίτες δημιουργούνται, κυρίως, στο αρχικό στάδιο της εκρηκτικής δραστηριότητας, καλύπτουν τεράστιες εκτάσεις και έχουν ικανότητα ολοκληρωτικής καταστροφής χωρίς δυνατότητα, από μέρους του ανθρώπου να σμυνθεί. Για παράδειγμα, αν η ιγκνιμβριτική έκρηξη που έγινε πριν 30.000 χρόνια στην Καμπονία της Ιταλίας γινόταν σήμερα, θα κάλυπτε και θα κατέστρεφε σχεδόν ολοσχερώς τους νομούς της Νάπολης και της Καζέρτας με πληθυσμό 3 εκατομμύρια.

Πολλές φορές εκτινάσσονται στον αέρα θραύσματα ηφαιστειακών ή και άλλων υλικών που αποσπάρθηκαν από τα τοιχώματα του αγωγού ή του σωλήνα, σχηματίζοντας κατά την πτώση τους στην επιφάνεια, καλύμ-

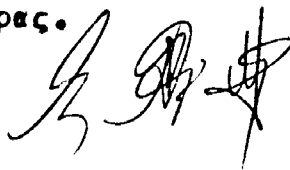
ματα από χαλαρές κυρίως πυροκλαστικές αποθέσεις. Οι επιφάνειες που καλύπτονται μπορεί να είναι μεγάλες και να εκτείνονται σε μεγάλες αποστάσεις από το ηφαιστειακό κέντρο. Ο κίνδυνος, όμως, είναι περιορισμένος γιατί η θερμοκρασία των υλικών (λιθαριών, άμμου, στάχτης) είναι αρκετά χαμηλή. Ο μεγαλύτερος φόβος, στην περίπτωση αυτή, προέρχεται από τη συσσώρευση τοξικών αερίων τα οποία δεν έχουν ελευθερωθεί από τα διάκενα των θροισμάτων και της κλίσηρης.

Πολύ επικίνδυνα επακόλουθα από τη συσσώρευση χαλαρών πυροκλαστικών υλικών σε πλαγιές μεγάλης κλίσης μπορεί να δημιουργηθούν από το σχημασμό των λεγομένων "λαχάρ", δηλ. μετά την αρχική απόθεση. Πρόκειται για "ρεύματα λάσπης" μεγάλης πυκνότητας που δημιουργούνται λόγω μετακίνησης των χαλαρών αυτών υλικών όταν εμποτιστούν με μεγάλες ποσότητες νερού, συνήθως μπαίνουν σε κοιλάδες και μορφολογικά ταπεινές περιοχές, κινούνται με την μορφή στοιβάδων και μπορούν να καταστρέψουν εκτεταμένες ζώνες ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις. Τρογικό παράδειγμα καταστρεπτικού λαχάρ είναι εκείνο που δημιουργήθηκε από τη μεγάλη έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ.χ. και που κατέστρεψε την πόλη ERICOLANO. Παρόμοιο παράδειγμα καταστρεπτικού λαχάρ είναι εκείνο του NEVADO DEL RUIZ στην Κολομβία το οποίο πριν από λίγους μήνες (Οκτώβριος 1985) σκέπασε μια ολόκληρη πόλη και έθαψε 25.000 κατοίκους.

Όταν το θερμό μάγμα έλθει απότομα σε επαφή με μεγάλες ποσότητες νερού από λίμνες, ποταμούς ή παγετώνες, γίνονται επικίνδυνες φρεατομαγματικές εκρήξεις σχηματίζοντας "ζεστά" λαχάρ. Στο KELUT της Ινδονησίας, το 1919, δημιουργήθηκε λαχάρ, από 39 εκατομ. M3 νερού, και κατέστρεψε 104 χωριά σε απόσταση μέχρι 30 KM θανατώνοντας 5110 άτομα.

-10-

Το ξαφνικό γκρέμισμα ολόκληρων τμημάτων ενός ηφαιστείου, μετά από έξοδο μεγάλων όγκων μάγματος σε σύντομο χρονικό διάστημα, δημιουργεί χαρακτηριστικούς λεβητοειδείς σχηματισμούς, δηλαδή "καλδέρες", και συνοδεύεται συνήθως από κατοστροφές. Στην περίπτωση αυτή γίνονται εγκατακρημνησιγενείς σεισμοί στην περιοχή του ηφαιστείου ενώ μπορεί να δημιουργηθεί και θαλάσσιο κύμα βαρύτητας, δηλαδή "TSUNAMI", λόγω της απότομης εισροής θαλασσίου νερού στο κενό της καλδέρας. Τα κύματα αυτά διαδίδονται με μεγάλη ταχύτητα, συχνά υπερηχητική, σε τεράστιες αποστάσεις, αποκτούν μεγάλο ύψος στις ακτές και προκαλούν καταστροφές. Παραδείγματα τέτοιων κυμάτων αναφέρονται πολλά, αλλά τα δύο σημαντικότερα στην ιστορία της ανθρωπότητας είναι τα εξής: α) το TSUNAMI που δημιουργήθηκε από τη μεγάλη έκρηξη της Σαντορίνης το 1400 π.χ. περίπου και για το οποίο λεπτομέρειες δίνονται σε επόμενο κεφάλαιο, β) το TSUNAMI που προκλήθηκε από την έκρηξη του Κρακατόε της Ινδονησίας το 1883 και που προξένησε το θάνατο σε 36.000 κατοίκους της Ιάβας και της Σουμάτρας.



3. ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει σύγχυση σχετικά με τον ποιοτικό και ποσοτικό ορισμό των εννοιών του ηφαιστειακού κινδύνου (VOLCANIC HAZARD) και της ηφαιστειακής επικινδυνότητας (VOLCANIC RISK). Παρόμοια σύγχυση υπήρξε για αρκετά χρόνια και σε ό,τι αφορά τον καθορισμό του σεισμικού κινδύνου (SEISMIC HAZARD) και της σεισμικής επικινδυνότητας (SEISMIC RISK). Γενικά, σήμερα φαίνεται ότι η έννοια του σεισμικού κινδύνου αναφέρεται σε παραμέτρους οι οποίες περιγράφουν το φαινόμενο της σεισμικής δράσης (π.χ. περίοδος επανάληψης των σεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο από μια ορισμένη τιμή), ενώ η έννοια της σεισμικής επικινδυνότητας αναφέρεται σε παραμέτρους οι οποίες περιγράφουν τη σεισμική κίνηση (π.χ. σεισμική επιτάχυνση) και τα αποτελέσματα αυτής (π.χ. μακροσεισμική ένταση).

Μιά παρόμοια τάση φαίνεται ότι επικρατεί τα τελευταία χρόνια και για τον καθορισμό του ηφαιστειακού κινδύνου και της ηφαιστειακής επικινδυνότητας. Έτσι, ο ηφαιστειακός κίνδυνος μπορεί να αναφέρεται στην πιθανότητα που έχει ένα ηφαιστειακό γεγονός να συμβεί σε συγκεκριμένη περιοχή και σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Αντίθετα η έννοια της επικινδυνότητας αναφέρεται στην επίδραση και τα αποτελέσματα της ηφαιστειακής δράσης σε ανθρώπινες αξίες (π.χ. κατοικίες, καλλιέργειες κλπ.)

Από τα προηγούμενα προκύπτει η εξής βασική εξίσωση (DIBBLE ET AL. 1985) :

ΗΦ.ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ≈ ΗΦ.ΚΙΝΔΥΝΟΣ Χ ΑΞΙΕΣ Χ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ

Τα ηφαιστειακά γεγονότα που μπορεί να προσδιορίσουν τον ηφαιστειακό κίνδυνο είναι μια έκρηξη γενικά, ή ειδικότερα συμβάντα όπως ροές λάβας, πτώση τέφρας κλπ.

Για την περιγραφή της ηφαιστειακής επικινδυνότητας έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα και χρησιμοποιούνται και σήμερα θεματικοί, ποιοτικοί χάρτες οι οποίοι, συνήθως, δείχνουν τη γεωγραφική εξάπλωση ενός ηφαιστειακού γεγονότος σε μια περιοχή (π.χ. αναμενόμενη ή παρατηρηθείσα γεωγραφική κατανομή πυροκλαστικών υλικών), σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες αξίες, οι οποίες μπορεί να θιγούν στην περιοχή αυτή.

Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μεγάλη ελαστικότητα στη χρήση των εννοιών του ηφαιστειακού κινδύνου και της ηφαιστειακής επικινδυνότητας. Το περιεχόμενο των εννοιών αυτών συχνά καθορίζεται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής που μελετάται.

4. ΑΜΥΝΑ ΕΝΑΝΤΙΑ ΣΤΙΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ

Η άμυνα του ανθρώπου ενάντια στις ηφαιστειακές εκρήξεις μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους οι οποίοι είναι οι εξής:

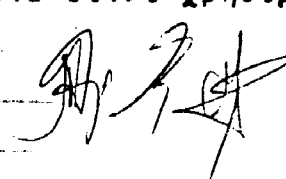
- α) Πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων,
- β) Εκπόνηση και αξιοποίηση χαρτών ηφαιστειακού κινδύνου και ηφαιστειακής επικινδυνότητας
- γ) Εκπόνηση και εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης, και
- δ) Ενημέρωση και εκπαίδευση του πληθυσμού.-

Η πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων βασίζεται στην παρακολούθηση διαφόρων γεωφυσικών, γεωθερμικών και άλλων παραμέτρων που μεταβάλλονται με ανώμαλο τρόπο πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις. Με βάση εμπειρικές σχέσεις επιδιώκεται ο προσδιορισμός του χρόνου και του μεγέθους μιας έκρηξης. Επειδή, όμως, ο χρόνος που διαρκεί μία έκρηξη ποικίλλει, επιδιώκεται ο προσδιορισμός του χρόνου που θα συμβεί η παροξυσμική φάση της έκρηξης.

Εφ' όσον ανακοινωθεί πρόγνωση μίας έκρηξης από τους επιστήμονες, η πολιτεία προχωρεί στην ολική ή μερική εφαρμογή των σχεδίων έκτακτης ανάγκης, αν βεβαίως πρόκειται για κατοικημένες περιοχές.

Ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας είναι εκείνο στο οποίο γίνεται προσπάθεια καθορισμού των χρονικών ορίων μέσα στα οποία αναμένεται η εκδήλωση ηφαιστειακής δράσης, όχι μόνο σ' ένα συγκεκριμένο ηφαίστειο αλλά σε μια ηφαιστειακή ζώνη. Στην περίπτωση αυτή, δηλαδή, επιδιώκεται η μακροπρόθεσμη πρόβλεψη της ηφαιστειακής δράσης γενικά σε χρόνο που περιλαμβάνει μία ή περισσότερες δεκαετίες.

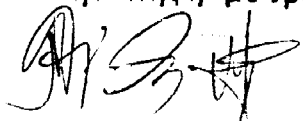
Αυτού του είδους η έρευνα είναι χρήσιμη για τον μακροπρόθεσμο αντι-ηφαιστειακό σχεδιασμό.



Οι χάρτες ηφαιστειακού κινδύνου και επικινδυνότητας εικονίζουν όπως προαναφέρθηκε τη γεωγραφική κατανομή διαφόρων παραμέτρων της ηφαιστειακής δράσης. Η χρησιμότητά τους είναι τεράστια γιατί επιτρέπουν να γνωρίζουμε πού απειλούνται οι διάφορες περιοχές από την ηφαιστειακή δράση και συνεπώς να εκπονούμε τα κατάλληλα σχέδια έκτακτης ανάγκης. Εδώ πέρνουμε ιδιαιτέρως υπόψη μας τις παραμέτρους της ηφαιστειακής δράσης που απειλούν κάθε μία περιοχή (π.χ. λαχάρ, πυρακτωμένα νέφη, TSUNAMIS κλπ.). Τέτοιους χάρτες έχει επεξεργασθεί η Γεωλογική Υπηρεσία της Ινδονησίας για όλα σχεδόν τα επικίνδυνα ηφαιστειακά αυτής της χώρας. Οι χάρτες αυτοί είναι απλοί και προβλέπουν δύο διαφορετικές ζώνες. Η πρώτη ζώνη περιλαμβάνει τις περιοχές μεγάλου κινδύνου στις οποίες απαγορεύεται η ανέγερση νέων οικοδομών και οι οποίες θα πρέπει να εκκενωθούν με την έναρξη της ηφαιστειακής δράσης. Η δεύτερη ζώνη περιλαμβάνει περιοχές που θα μπαίνουν σε κατάσταση συναγερμού και των οποίων η εκκένωση θα αποφασίζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά και την εξέλιξη της ηφαιστειακής δράσης.

Η εκπόνηση χαρτών σαν αυτούς που προαναφέρθηκαν προϋποθέτει την ύπαρξη επαρκών δεδομένων για την ηφαιστειακή δράση της κάθε περιοχής. Για παράδειγμα, για το ηφαίστειο του Βεζούβιου υπάρχουν πολλά δεδομένα από το 1631 μέχρι σήμερα και έτσι μπορεί να γίνει στατιστική ανάλυση της δράσης του. Στις περιπτώσεις ηφαιστειών με λίγα διαθέσιμα δεδομένα μπορεί να γίνει λεπτομερής εφαρμογή μεθόδων ραδιοχρονολόγησης για τον προσδιορισμό της απόλυτης ηλικίας των ηφαιστειών και την ανασπαράσταση της δράσης των ηφαιστειών αυτών για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης εκπονούνται και εφαρμόζονται από όργανα της πολιτείας σε συνεργασία με ειδικούς επιστήμονες. Τα σχέδια αυτά προβλέπουν την λήψη μέτρων τα οποία θα προλάβουν ή θα περιορίσουν



τις καταστροφικές συνέπειες των εκρήξεων.

Επειδή κάθε ηφαιστειο αλλά και κάθε έκρηξη έχει τα δικά της χαρακτη-
ριστικά, ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης πρέπει να είναι προσαρμοσμένο
στις ιδιαιτερότητες της ηφαιστειακής δράσης που αναμένεται σε συγκε-
κριμένη περιοχή. Συνεπώς, δεν υπάρχει κανόνας για το τι πρέπει να
προβλέπουν τέτοια σχέδια. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι ένα από τα πιο
κοινά μέτρα που μπορεί να προβλέπει ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης είναι
η εκκένωση κάποιων περιοχών με βάση τα στοιχεία πρόγνωσης ή τα συμ-
περάσματα για την μελλοντική εξέλιξη ηφαιστειακής δράσης η οποία έχει
ήδη αρχίσει.

Η εκτίμηση της μελλοντικής εξέλιξης πρέπει να γίνεται αφού ληφ-
θούν υπόψη διάφορα στοιχεία όπως η μορφολογία, ο αναμενόμενος τύπος
έκρηξης, η χωροταξία της περιοχής κλπ.

Πολλές φορές τα σχέδια έκτακτης ανάγκης προβλέπουν την κατασκευή
ειδικών τεχνικών έργων (π.χ. φράγματα, κανάλια) για την εκτροπή ή παρεμ-
πόδηση της λάβας. Η κατασκευή σηράγγων για την απομάκρυνση του νερού
είχε ευεργετικά αποτελέσματα στο ηφαιστειο KELUT της Ινδονησίας γιατί
έτσι μειώθηκαν οι δυνατότητες σχηματισμού καταστροφικού λαχάρ κατά
την έκρηξη του 1951.

Το 1983, μια έκρηξη της Αίτνας δημιούργησε ρεύμα λάβας που απειλούσε
σημαντικό οικισμό. Μετά από συντονισμένες προσπάθειες κατορθώθηκε η
εκτροπή της λάβας με την κατασκευή πρόχειρου αναχώματος.

Υπάρχουν ορισμένοι εκρηκτικοί σχηματισμοί όπως τα πυρακτωμένα
νέφη, οι ιγκνιμβρίτες κλπ., οι οποίοι αντιμετωπίζονται μόνο με την έγκαι-
ρη εκκένωση των περιοχών που απειλούνται. Γιαυτό, το σχέδιο έκτακτης
ανάγκης πρέπει να προβλέπουν όλες τις πιθανές περιπτώσεις εκρηκτικής
δράσης.

Η εφαρμογή ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης δεν είναι δυνατή

χωρίς τη συμμετοχή και τη συνεργασία των πολιτών. γι' αυτό το λόγο η ενημέρωση και η εκπαίδευση του πληθυσμού αποτελεί βασικό όρο επιτυχίας του αντιηφαιστειακού σχεδιασμού.

A handwritten signature in black ink, appearing to be a stylized name or set of initials, located to the right of the main text block.

5. ΠΡΟΔΡΟΜΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΩΝ
ΕΚΡΗΞΕΩΝ

Όταν λέμε πρόγνωση μιας ηφαιστειακής έκρηξης εννοούμε ότι πρέπει έγκαιρα να προσδιορισθούν οι εξής παράμετροι:

- α) ο χρόνος έναρξης της έκρηξης,
- β) το μέγεθος αυτής,
- γ) ο τύπος της, και
- δ) η θέση του ηφαιστείου από την οποία αναμένεται η έκρηξη.

Όπως προαναφέρθηκε, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει ο προσδιορισμός του χρόνου της παροξυσμικής φάσης μιας έκρηξης ο οποίος συνήθως συμπίπτει με την έναρξη αυτής. Γιαυτό, κυρίως, μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε τον χρόνο έναρξης της έκρηξης.

Τα προηγούμενα αναφέρονται στην περίπτωση ενός συγκεκριμένου ηφαιστείου και συνεπώς η παράμετρος "περιοχή" είναι γνωστή. Η έννοια της ηφαιστειακής πρόγνωσης, όμως, μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση κατά την οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε, επιδιώκεται ο καθορισμός των χρονικών ορίων μέσα στα οποία αναμένεται η εκδήλωση ηφαιστειακής δράσης, όχι μόνο ο' ένα συγκεκριμένο ηφαίστειο αλλά σε μια ηφαιστειακή ζώνη.

Στη συνέχεια, αναφερόμαστε αποκλειστικά στην περίπτωση πρόγνωσης εκρήξεων ο' ένα συγκεκριμένο ηφαίστειο.

Οι προσπάθειες για την πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων βασίζονται στην ανίχνευση διαφόρων πρόδρομων μεταβολών που γίνονται στην περιοχή του ηφαιστείου. Από τη διεθνή εμπειρία προκύπτει ότι οι μεταβολές αυτές μπορεί κυρίως να είναι σεισμικές, γεωφυσικές, γεωθερμικές, γεωχημικές, τοπογραφικές και φαινομενολογικές (MINAKAMI 1974, ΤΑΖΙΕΦ

1983). Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι παρατηρήσεις που υπάρχουν για τις μεταβολές αυτές και οι δυνατότητες συμβολής τους στην ηφαιστειακή πρόγνωση.

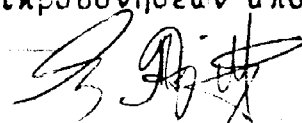
5.1.- Σεισμικές Μεταβολές.-

Τα σεισμικά γεγονότα που γίνονται πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις και η μελέτη των οποίων μπορεί να συμβάλει στην ηφαιστειακή πρόγνωση είναι δύο κατηγοριών: α) ηφαιστειογενείς σεισμοί, (VOLCANIC EARTHQUAKES) και β) ηφαιστειακές μικροδονήσεις (VOLCANIC TREMORS).

Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί διαφέρουν σημαντικά από τους ΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥΣ σεισμούς διότι γίνονται αποκλειστικά σε ηφαιστειακές περιοχές, τα εστιακά τους βάθη είναι μικρά (συνήθως μικρότερα από 10 ΚΜ) και τα μεγέθη τους είναι σπανίως μεγάλα. Ανάλογα με το εστιακό βάθος των ηφαιστειογενών σεισμών και άλλα χαρακτηριστικά τους (π.χ. δυνατότητα διάκρισης ή όχι της εισόδου των P και S κυμάτων στα σειсмоγράμματα) οι σεισμοί αυτοί χωρίζονται σε τρεις (MINAKAMI 1959, 1960) ή πέντε (TOKAREV 1966) τύπους.

Οι ηφαιστειακές μικροδονήσεις είναι σειρές σημοσεισμών με μικρά μεγέθη που γίνονται σε ενεργά ηφαίστεια, συνήθως πριν ή κατά την διάρκεια ηφαιστειακών εκρήξεων. Ανάλογα με την περίοδό τους, η οποία είναι της τάξης κλάσμάτων του δευτερολέπτου μέχρι μερικών δευτερολέπτων, οι δονήσεις αυτές διακρίνονται σε κατηγορίες. Η συνολική διάρκεια των δονήσεων ποικίλλει από λίγες ώρες μέχρι μερικές μέρες. Οι δονήσεις που είναι περισσότερο συνεχείς λέγονται αρμονικές, ενώ οι λιγώτερο συνεχείς λέγονται σπασμωδικές.

Γενικά, η σύζηση και η μετανάστευση της σεισμικής δράσης με τη μορφή ηφαιστειογενών σεισμών ή/και ηφαιστειακών μικροδονήσεων απο-



τελούν ενδείξεις μαγματικών διαδικασιών σε μικρό βάθος στον φλοιό κάτω από το ηφαίστειο (μαγματικός θάλαμος), οι οποίες μπορεί να καταλήξουν σε ηφαιστειακή έκρηξη (MINAKAMI 1974, TOKAREV 1985).

Γι' αυτό, η παρακολούθηση της εξέλιξης της σεισμικής δράσης αποτελεί μια από τις περισσότερο αποτελεσματικές τεχνικές για την πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων. Συγκεκριμένα, οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή αυτής της εξέλιξης είναι ο αριθμός των σεισμών, η ενέργειά τους, το βάθος τους, ο μηχανισμός γένεσής τους και η κατανομή των επικέντρων τους. Παρ' όλα αυτά, δεν πρέπει να βασίζομαστε μόνο σε σεισμικές πληροφορίες για να βγάλουμε συμπεράσματα για το εάν πρόκειται να γίνει ή όχι ηφαιστειακή έκρηξη, διότι τα σεισμικά δεδομένα δεν είναι μονοσήμαντα. Υπάρχουν περιπτώσεις ηφαιστειακής δράσης χωρίς προφανή αύξηση των σεισμών, ενώ ο αριθμός δραστηριότητας είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τον αριθμό των περιπτώσεων στις οποίες αυξημένη σεισμική δράση δεν συνοδεύτηκε από ηφαιστειακή έκρηξη (TAZIEFF 1983). Ακόμη, μερικές εκρήξεις γίνονται ύστερα από μείωση ή παύση της σεισμικής δράσης.

Για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, οι σεισμικές πληροφορίες πρέπει να συνδυάζονται με πληροφορίες που αφορούν άλλου είδους μεταβολές.-

5.2. Γεωφυσικές μεταβολές.

Τριών κυρίως κατηγοριών είναι οι γεωφυσικές μεταβολές που μπορούν ν' αξιοποιηθούν για την ηφαιστειακή πρόγνωση:

- α) Μεταβολές στο γεωμαγνητικό πεδίο,
- β) Μεταβολές στο πεδίο βαρύτητας,
- γ) Μεταβολές στην ηλεκτρική αντίσταση των πετρωμάτων και στο τελλουρικό ρεύμα.

-20-

Προς το παρόν όμως δεν έχει θεμελιωθεί στη βιβλιογραφία ο συστηματικός χαρακτήρας τέτοιων μεταβολών πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις (MINAKAMI 1974, TAZIEFF 1983). Σε ορισμένες περιπτώσεις διαπιστώθηκε μεταβολή στη διεύθυνση της μαγνητικής απόκλισης ή μείωση στην ένταση του μαγνητικού πεδίου μερικές βδομάδες πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις. Για παράδειγμα αυτό παρατηρήθηκε πριν την ηφαιστειακή έκρηξη του ηφαιστείου OO-SIMA (Ιαπωνία) το 1950 και 1951 και θεωρήθηκε ότι ήταν αποτέλεσμα της θερμικής απομαγνητισίας των πετρωμάτων του ηφαιστείου τα οποία θερμάνθηκαν σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία CURIE. Σε άλλες, όμως, περιπτώσεις δεν παρατηρήθηκαν τέτοιες μεταβολές.

Παρά το γεγονός ότι οι γεωφυσικές μεταβολές που προαναφέρθηκαν δεν συμβαίνουν συστηματικά πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις, πιστεύεται, γενικά, ότι αυτές οι μεταβολές οφείλονται στην άνοδο θερμού υλικού προς την επιφάνεια του ηφαιστείου και γιαυτό το λόγο γεωφυσικές μετρήσεις των παραπάνω κατηγοριών θεωρείται ότι μπορούν να προσφέρουν δεδομένα χρήσιμα για την επικύρωση ή απόρριψη συμπερασμάτων που προκύπτουν από άλλης κατηγορίας παρατηρήσεις.

5.3.- Γεωθερμικές μεταβολές.

Η γνώση της μεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους στον κρατήρα ενός ηφαιστείου, ή γύρω απ' αυτόν, μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην προγνώση των ηφαιστειακών εκρήξεων. Έχει παρατηρηθεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, ότι αυτή η θερμοκρασία αυξάνει συστηματικά μερικές βδομάδες πριν την έκρηξη. Με βάση την παρακολούθηση τέτοιων μεταβολών έγινε πρόγνωση της έκρηξης του ηφαιστείου TAAL στις Φιλιππίνες το 1966 (PHILIPPINE COMMISSION ON VOLCANOLOGY 1967). Αύξηση της θερμοκρασίας ^{που} παρατηρείται επίσης σε θερμές πηγές, ατμίδες και γεωτρήσεις σε περιοχές ηφαιστειακών, αποτελεί συνήθως προμήνυμα ανόδου μάγμα-

-21-

τος και πιθανής ηφαιστειακής δράσης.

5.4. Γεωχημικές Μεταβολές

Το γεγονός ότι η αέρια φάση του μόγματος παίζει σημαντικό ρόλο στις φυσικές διαδικασίες που οδηγούν σε ηφαιστειακές εκρήξεις δείχνει ότι η μελέτη φυσικών και χημικών παραμέτρων θερμών ρευμάτων και κυρίως αερίων που διαφεύγουν σε ηφαιστειακές περιοχές θα μπορούσε να συμβάλλει στην ηφαιστειακή πρόγνωση. Προς το παρόν δεν έχουν γίνει αξιόλογα βήματα προς αυτή την κατεύθυνση, αλλά υπάρχει διεθνώς η πεποίθηση ότι η παρακολούθηση γεωχημικών μεταβολών σε ηφαιστειακά αέρια είναι μια από τις τεχνικές που υποσχονται πρόοδο στην επίλυση του προβλήματος της ηφαιστειακής πρόγνωσης (TAZIEFF 1983).

5.5. Τοπογραφικές Μεταβολές

Έχει παρατηρηθεί ότι πριν από ηφαιστειακές εκρήξεις συμβαίνουν τοπογραφικές μεταβολές στον κρατήρα ή σε άλλα μέρη του ηφαιστείου.

Οι μεταβολές αυτές είναι αργές ή γρήγορες, κατακόρυφες ή οριζόντιες. Δύο κύρια προβλήματα παρουσιάζονται σχετικά με την αξιοποίηση των τοπογραφικών μεταβολών για ηφαιστειακή πρόγνωση (MINAKAMI 1974, TAZIEFF 1983). Το πρώτο είναι ότι δεν γίνονται πάντοτε τέτοιες μεταβολές πριν από εκρήξεις. Το δεύτερο είναι η ερμηνεία που πρέπει να δοθεί όταν παρατηρηθεί μεταβολή αυτού του είδους. Υπήρξαν στο παρελθόν περιπτώσεις κατά τις οποίες ασήμαντες τοπογραφικές μεταβολές ερμηνεύτηκαν σαν πρόδρομα φαινόμενα εκρήξεων οι οποίες, όμως, δεν έγιναν. Αντίθετα, σε μεγάλης κλίμακας μεταβολές δεν δόθηκε η

ανάλογη προσοχή και δεν έγινε προσπάθεια πρόγνωσης των εκρήξεων που εποκολούθησαν.

Γενικά, οι τοπογραφικές μεταβολές είναι από τις πιο σημαντικές για την ηφαιστειακή πρόγνωση παρά τα προηγούμενα προβλήματα.-

5.6. Φαινομενολογικές μεταβολές.

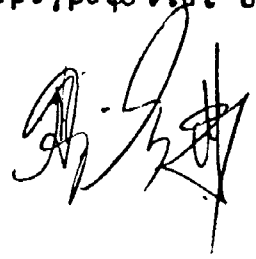
Εδώ περιλαμβάνονται κάθε είδους μεταβολές (γεωφυσικές, γεωχημικές κλπ.) οι οποίες παρατηρούνται αλλά για οποιοδήποτε λόγο δεν μετριοούνται. Τέτοιες μεταβολές μπορούν να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για τον ακριβή χρόνο έναρξης της έκρηξης και για την εξέλιξή της. Φαινομενολογικές μεταβολές είναι η δημιουργία νέων ατμίδων ή διαρρήξεων, ή δυσσομία λόγω απελευθέρωσης αερίων κλπ.

5.7. Σύνοψη.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι η διεθνής εμπειρία οδηγεί στο συμπέρασμα πως υπάρχουν πρόδρομες μεταβολές διαφόρων κατηγοριών οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν στην ηφαιστειακή πρόγνωση. Από αυτές, όμως, οι σημαντικότερες είναι οι σεισμικές και οι τοπογραφικές. Επιπλέον, πρέπει να επισημανθεί ότι κανένα ηφαιστειο δεν μοιάζει εντελώς με κάποιο άλλο και συνεπώς δεν είναι πιθανό να αναμένουμε τα ίδια ακριβώς πρόδρομα φαινόμενα σε διαφορετικά ηφαιστεια.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η άποψη ορισμένων ερευνητών ότι, σε ζώνες λιθοσφαιρικής κατάδυσης, σεισμοί ενδιαμέσου ή μεγάλου βάθους προηγούνται ηφαιστειακών εκρήξεων και ότι παρατηρήσεις αυτού του είδους μπορούν να συμβάλλουν στην πρόγνωση των ηφαιστειακών

εκρήξεων (BLOT AND PRIAM 1963, BLOT 1965, 1981, GULYAS ET AL. 1976).
 Η άποψη αυτή έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το Ν.Αιγαίο όπου υπάρ-
 χει ενεργός ζώνη λιθοσφαιρικής κατάδυσης. Σχετικές παρατηρήσεις
 που έχουν γίνει για το Ν.Αιγαίο περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο.-



6.- ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΩΝ

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι σε περιοχές ενεργών ηφαιστειών είναι δυνατόν να παρατηρηθούν πρόδρομες μεταβολές οι οποίες έχουν ιδιαίτερη χρησιμότητα για την προγνώση των ηφαιστειακών εκρήξεων. Για το σκοπό αυτό πρέπει να εγκαθίστανται διάφορα συστήματα παρακολούθησης και να εφαρμόζονται κατάλληλες μεθοδολογίες. Στη συνέχεια περιγράφονται οι μεθοδολογίες αυτές και τα αντίστοιχα συστήματα.

Η ερευνητική ομάδα που θα παρακολουθεί ένα ηφαίστειο πρέπει ν' αποτελείται από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων και να είναι εξοπλισμένη με τα κατάλληλα δίκτυα παρακολούθησης. Οι ειδικοί των επιστημόνων μιας τέτοιας ομάδας πρέπει να ανήκουν στους εξής επιστημονικούς κλάδους:

- α) Γεωφυσική: Εδώ περιλαμβάνονται απαραίτητως σεισμολόγοι αλλά και γεωφυσικοί με ειδικότητα στη βαρυτομέτρία, τη μαγνητομέτρία, και το γεωηλεκτρισμό.
- β) Γεωθερμία: Η παρουσία επιστημόνων με ειδίκευση στη γεωθερμία είναι απαραίτητη για την παρακολούθηση μεταβολών διαφόρων παραμέτρων του γεωθερμικού πεδίου, όπως θερμοκρασία του εδάφους, των πηγών και των ατμίδων.
- γ) Γεωλογία-Ηφαιστειολογία: Γεωλόγοι διαφόρων ειδικοτήτων πρέπει επίσης να συμμετέχουν για την ηφαιστειολογική, γεωχημική, πετρογραφική και τεκτονική μελέτη του ηφαιστείου.
- δ) Γεωδαισία: Τοπογράφοι και γεωδοίτες ασχολούνται με τη συστηματική παρακολούθηση της τοπογραφίας του ηφαιστείου και της γύρω περιοχής.

Για τη σεισμολογική παρακολούθηση ενός ηφαιστείου απαιτείται

η εγκατάσταση μόνιμου δικτύου σεισμολογικών σταθμών των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από την έκταση της περιοχής. Ένας τουλάχιστον σταθμός εγκαθίσταται στην περιουότερο ενεργή περιοχή του ηφαιστείου, ενώ οι άλλοι σταθμοί τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιβάλλουν ολόκληρο τον ηφαιστειακό χώρο. Εάν η διαμόρφωση της περιοχής το επιτρέπει μπορεί να εγκατασταθεί και δεύτερο δίκτυο που να περιβάλλει το πρώτο.

Η επεξεργασία των σεισμολογικών δεδομένων περιλαμβάνει γενικά δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται ο προσδιορισμός των εστιακών παραμέτρων (γεωγραφικές συντεταγμένες, χρόνος γένεσης, βάθος εστίας, μέγεθος) και αν είναι δυνατόν ο καθορισμός του μηχανισμού γένεσης αυτών. Προσδιορίζεται επίσης η χρονική κατανομή τόσο του αριθμού των σεισμών όσο και της ενέργειάς τους.

Με βάση τα αποτελέσματα του πρώτου σταδίου της επεξεργασίας, γίνεται, στο δεύτερο στάδιο, προσπάθεια παρακολούθησης της μετανάστευσης του μάγματος σε μικρά βάθη μέσα στο φλοιό και της ονόδου του προς την επιφάνεια.

Οι γεωφυσικοί της ερευνητικής ομάδας ασχολούνται με την πραγματοποίηση περιοδικών βαρυτομετρικών, μαγνητομετρικών και γεωηλεκτρικών παρατηρήσεων.

Ειδικότερα, για τις μετρήσεις του πεδίου βαρύτητας εγκαθίσταται βαρυτομετρικό δίκτυο υψηλής ακρίβειας με κύριο στόχο τον εντοπισμό ανοδικών κινήσεων μάγματος που θα εκφράζονται σαν διαφορές βαρύτητας κατά την επαναμέτρηση των μετρήσεων. Η μεγάλη ακρίβεια του δικτύου είναι απαραίτητη γιατί πρέπει να εντοπίζονται μεταβολές της τάξης των 10 MGALS. Μία τέτοια ακρίβεια επιτρέπει επίσης τη συσχέτιση των τοπογραφικών μεταβολών με

-26-

την άνοδο του μάγματος και γιαυτό το λόγο οι βαρυτομετρικές παρατηρήσεις πρέπει να συνδιάζονται με τις γεωδαιτικές.

Οι μαγνητικές μετρήσεις γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και στα ίδια πάντα σημεία. Με τις μετρήσεις αυτές επιδιώκεται η διαπίστωση πιθανών αλλαγών του μαγνητικού πεδίου και ο συσχετισμός τους με τις ανοδικές κινήσεις του μάγματος.

Ο σκοπός των γεωηλεκτρικών μετρήσεων είναι ο εντοπισμός ανωμαλιών, στην αγωγιμότητα των στρωμάτων, οι οποίες μπορεί να οφείλονται στη μεταβολή της θερμοκρασίας που συνοδεύει την άνοδο του μάγματος. Γιαυτό το σκοπό γίνονται συνήθως βυθοσκοπήσεις μεγάλου βάθους σε σταθερούς γεωηλεκτρικούς σταθμούς.

Η άνοδος του μαγματικού υλικού προς την επιφάνεια προκαλεί μικρή ή μεγάλη ανωμαλία στο γεωθερμικό πεδίο. Η ανωμαλία αυτή διαπιστώνεται από την αύξηση τόσο της ροής θερμότητας όσο και της θερμοκρασίας στο έδαφος, το νερό πηγών, θαλασσών ή λιμνών. Αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρείται επίσης στις ατμίδες των οποίων αυξάνει και ο αριθμός ή η παροχή. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η πραγματοποίηση συστηματικών θερμομετρήσεων και άλλων σχετικών παρατηρήσεων.

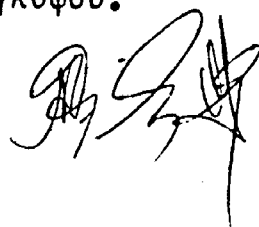
Οι γεωλόγοι και ηφαιστειολόγοι της ερευνητικής ομάδας χαρτογραφούν λεπτομερώς την περιοχή του ηφαιστείου, εντοπίζουν τα ρήγματα και προσπαθούν ν' αναπαραστήσουν την εξέλιξη του ηφαιστείου από τη στρωματογραφική ανάλυση όταν αυτή είναι δυνατή και από την πετρογραφική και πετροχημική εξέταση των λαβών και των άλλων ηφαιστειακών προϊόντων. Ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται σε χημικές αναλύσεις, κυρίως των ατμίδων, ανεξόρτητα αν το ηφαιστειο βρίσκεται σε δράση ή όχι. Ενδιαφέρον έχει ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των ατ-

μίδων σε υδρογόνο (H₂) γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις διαπιστώθηκε αύξηση της περιεκτικότητας αυτής.

Η ανίχνευση τρισδιάστατων μεταβολών του αναγλύφου (τάξης 10⁻⁶ ή μερικών χιλιοστών έως εκατοστών) γίνεται με επαναληπτικές μετρήσεις γεωδαιτικών δικτύων εγκατεστημένων στην ηφαιστειακή και τη γυρω περιοχή.

Ειδικότερα οι μετρήσεις είναι χωροσταθμικές για τον προσδιορισμό υχομετρικών διαφορών και μετρήσεις αποστάσεων (ή και γωνιών) για τον υπολογισμό οριζοντιογραφικών μεταβολών. Ειδικότερα, τοπικότερες μεταβολές κλίσεων και μεταβολές αποστάσεων υπολογίζονται με κλισιόμετρα, που τοποθετούνται σε γεωτρήσεις, και επιμηκυνσιόμετρα.

Τέλος, σε περιπτώσεις σχετικά μεγάλων παραμορφώσεων του αναγλύφου μπορούν να χρησιμοποιηθούν φωτογραμμετρικές και φωτοερμηνευτικές μέθοδοι για τη μελέτη των μεταβολών του αναγλύφου.



7. ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ.

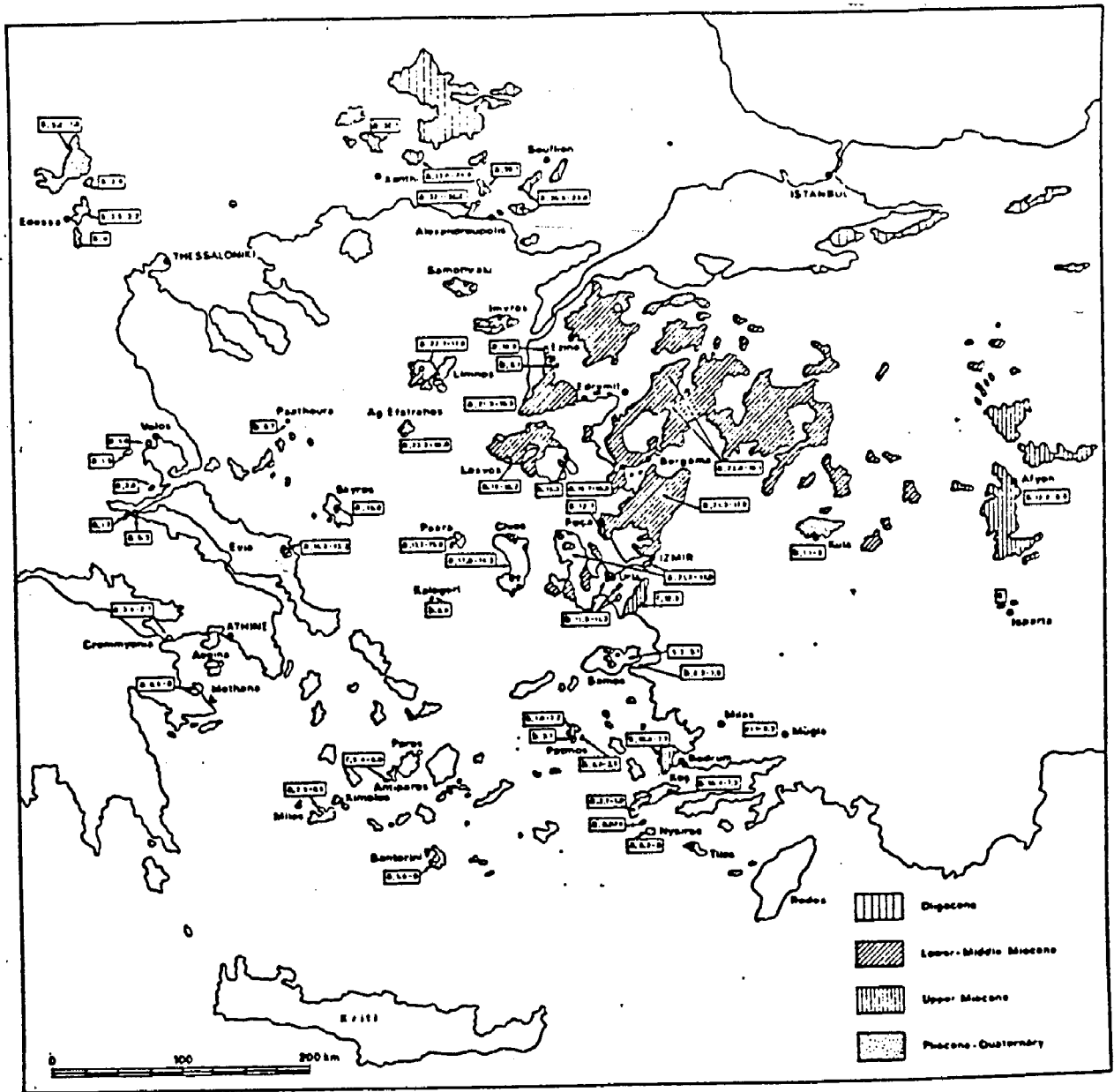
7.Ι. Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό αναφερόμαστε στην ηφαιστειακή δράση του Ελλαδικού χώρου στα τελευταία 35 εκατομμύρια χρόνια περίπου. Ιδιαίτερη έκταση δίνουμε στην δραστηριότητα ενεργών ηφαιστειών, γιατί αυτή έχει κυρίως ενδιαφέρον από την άποψη του ηφαιστειακού κινδύνου και της ηφαιστειακής επικινδυνότητας.

Ο Ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται από πληθώρα ηφαιστειακών εμφανίσεων καινοζωϊκής ηλικίας. Αυτές εντοπίζονται αποκλειστικά στις εσωτερικές γεωλογικές ζώνες των Ελληνίδων οροσειρών. Η καινοζωϊκή ηφαιστειότητα του Ελλαδικού χώρου εμφανίστηκε σε τρεις κύριες φάσεις. Κάθε μία φάση παρουσιάστηκε σε ιδιαίτερη γεωγραφική περιοχή ενώ, γενικά, η ηφαιστειακή δράση μετατοπίστηκε βαθμιαία από βορρά προς νότο. Η πρώτη φάση εκδηλώθηκε στην περιοχή της Δυτικής Θράκης και της Ανατολικής Μακεδονίας και στην Σαμοθράκη στην διάρκεια του Ολιγοκαίνου. Στη συνέχεια, η δράση μετατοπίστηκε νοτιότερα κυρίως στα νησιά Λήμνος, Δέσπος και Άγιος Ευστράτιος αλλά και στη Σκύρο, Εύβοια, Χίο Αντίφαρα κλπ., στη διάρκεια του Κάτω και Μέσου Μειοκαίνου.

Σύντομα επεισόδια ηφαιστειακής δράσης εκδηλώθηκαν ακόμη νοτιότερα στη Λάμο, την Πάτμο και τους ύψαλους Καλόγηροι, στη διάρκεια του Άνω Μειοκαίνου αλλά είναι αμφίβολο αν τα επεισόδια αυτά συνιστούν ξεχωριστή φάση ηφαιστειακής δράσης.

Η τελευταία ηφαιστειακή φάση εμφανίστηκε στη διάρκεια των 4 τελευταίων εκατομμυρίων χρόνων περίπου κυρίως κατά μήκος



Εικόνα 1: Ηλικία και γεωγραφική διανομή των ηφαιστίων της Ελλάδας και της Δ. Τουρκίας από το Ολιγόκαινο μέχρι σήμερα. b=βαλσατικά, α=ανδσειτικά, ς=σωσωνιτικά, τ=ρυολιθικά.

[Handwritten signature]

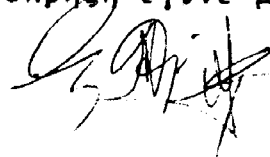
του ηφαιστειακού τόξου του Νότιου Αιγαίου. Το τόξο αυτό έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί εκεί βρίσκονται όλα τα ενεργά ηφαίστεια της χώρας μας, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Το τόξο του Νότιου Αιγαίου περιλαμβάνει τα εξής ηφαιστειακά κέντρα από δυτικά προς ανατολικά: Κρομμυώνα (Σουοάκι), Αίγινα, Μέθανα, Πόρος, Αντίμηλος, Μήλος (και γύρω νησίδες), Κίμωλος, Αντίπαρος, Σαντορίνη (και γύρω νησίδες), Χριστιανά (και γύρω νησίδες), Δυτική Κώς, Νίσυρος (και γύρω νησίδες). Ηφαιστειακή δράση στη διάρκεια του Πλειοτεταρτογενούς εμφανίστηκε και σε άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου, όπως η Αλμωπία, Αντίπαρος και οι κόλποι Μαλιακός και Παγασητικός. Όμως, δεν υπάρχει καμμία ένδειξη για ενεργές μαγματικές διαδικασίες σε μικρό βάθος στο φλοιό αυτών των περιοχών και γιαυτό στις επόμενες γραμμές δεν θ'αναφερθούμε στη δράση αυτή.

Επίσης, αξίζει ν'αναφερθεί ότι τα ηφαιστειακά προϊόντα που βρίσκονται στην Κάλυμνο, την Ξέριμο και την Τήλο δεν είναι αυτόχθονα αλλά έφθασαν εκεί από μία γιγαντιαία έκρηξη που έγινε μεταξύ Κώ και Γιαλιού πριν από 140.000 χρόνια περίπου.

7.2. Ενεργά ηφαίστεια.

Τα ηφαίστεια του Νότιου Αιγαίου, και της Ελλάδας γενικότερα, τα οποία έδρασαν σε ιστορικούς χρόνους, δηλαδή που είναι ενεργά, είναι τρία: Τα Μέθανα, η Σαντορίνη και η Νίσυρος (GEORGIAS 1962). Στη συνέχεια περιγράφονται η εξέλιξη, τα κύρια ηφαιστειολογικά χαρακτηριστικά και οι ιστορικές εκρήξεις αυτών των ηφαιστειών.

1) Μέθανα: Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα προκύπτει ότι η παλιότερη ηφαιστειακή δράση στη χερσόνησο των Μεθάνων έγινε πριν από 900.000 χρόνια περίπου. Η πιο πρόσφατη έκρηξη έγινε μεταξύ 276



και 239 π.χ. και παρότις περιγραφές ορισμένων αρχαίων συγγραφέων, όπως ο Στράβωνας, δεν έχουμε πολλές πληροφορίες γι' αυτήν. Η έκρηξη αυτή έγινε κοντά στο Καμμένο λιμνίο και έδωσε, κατά κύριο λόγο, εκχύσεις ανδρσιτικών λαβών οι οποίες έφθασαν μέχρι τις βόρειες ακτές της χερσονήσου. Είναι η μόνη γνωστή ιστορική έκρηξη στα Μέθανα.

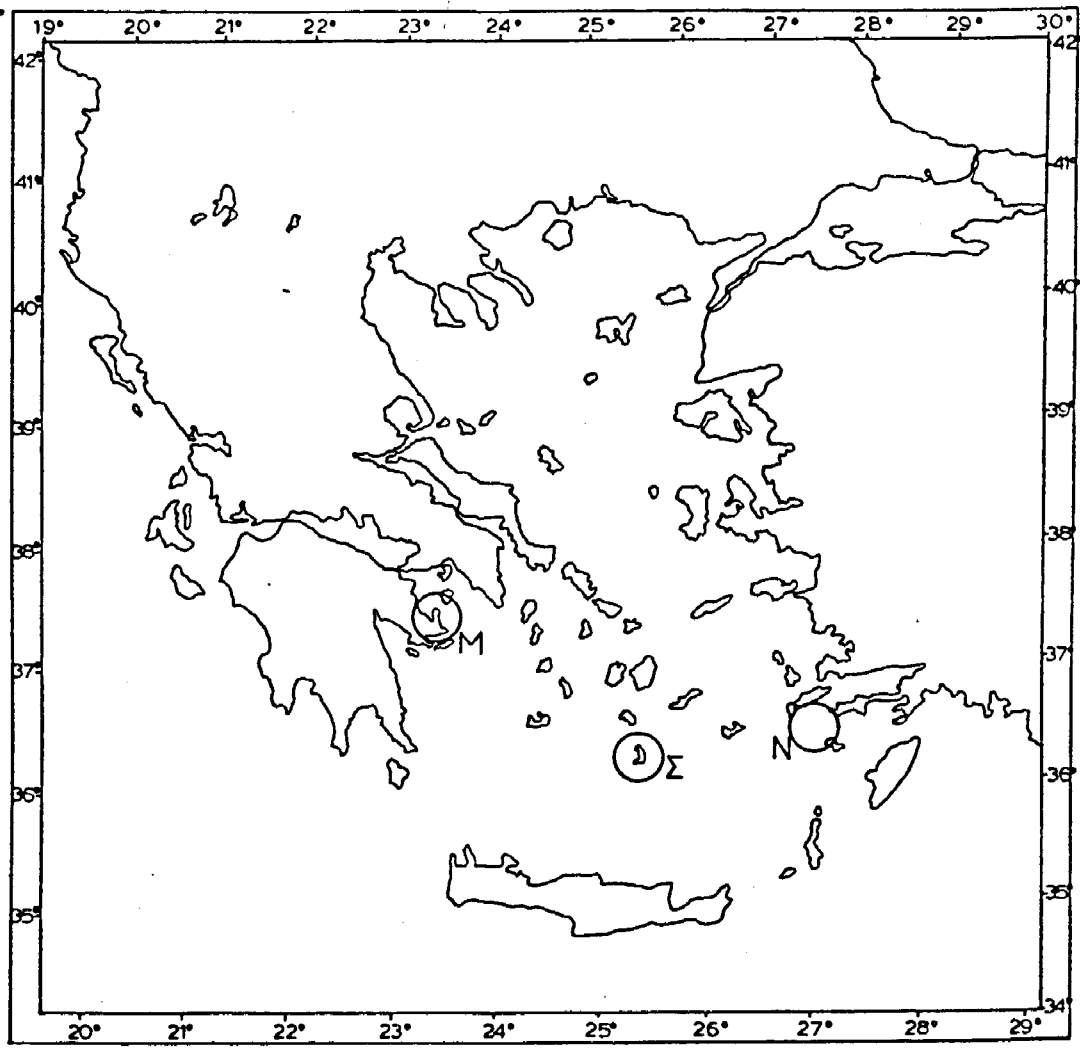
Ο τύπος της εκρηκτικής δράσης των Μεθάνων είναι αρκετά μονότονος, παράγει πολλές λάβες, αλλά δίνει λίγα πυροκλαστικά υλικά. Δεν υπάρχει ένα κεντρικό ηφαιστειο αλλά ηφαιστειακά κέντρα που μετατοπίζονται και δημιουργούν κυρίως δόμους και ρεύματα λάβας, με σχεδόν σταθερή χημική σύσταση (δακτιτική-ανδρσιτική).-

2) Σαντορίνη: Το ηφαιστειακό συγκρότημα της Σαντορίνης είναι παγκόσμιο γνωστό και προκαλεί διεθνές επιστημονικό ενδιαφέρον. Το συγκρότημα αυτό περιλαμβάνει τα νησιά Σαντορίνη (θήρα) και Θηρασία και τις νησίδες Ασπρονήσι, Παλαιά Καμμένη και Νέα Καμμένη.

Η εξέλιξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης μπορεί να διακριθεί σε δύο κύριες φάσεις: Την προ-Μινωϊκή και την μετά-Μινωϊκή γιατί όπως θα εκτεθεί στη συνέχεια, η μεγάλη Μινωϊκή έκρηξη του 1400 π.χ. περίπου υπήρξε καθοριστική για την εξέλιξη της Σαντορίνης.

Πριν αρχίσει η ηφαιστειακή δράση στη Σαντορίνη υπήρχε ο ασβεστολιθικός όγκος στην κορυφή του οποίου υπάρχει σήμερα ο Προφήτης Ηλίας. Η ηφαιστειακή δράση άρχισε πριν από 1,5 εκατομ. χρόνια περίπου.

Επακολούθησε σειρά ηφαιστειακών εκρήξεων, αρχικά υποθαλάσσιων και κατόπιν, μετά την ανύψωση του νησιού, ενσέριων, με την ταυτόχρονη δημιουργία διαφόρων ηφαιστειακών κέντρων. Το σύνολο αυτής της προ-Μινωϊκής εκρηκτικής δράσης, με τις λάβες και τα άλλα ηφαιστειακά προϊόντα, κατέληξε στο σχηματισμό κωνικού νησιού, το οποίο εξαιτίας της



Εικόνα 2: Οι θέσεις των ενεργών ηφαιστείων του Νότιου Αιγαίου (M= Μέθανα, Σ= Σαντορίνη, N= Νίσυρος).

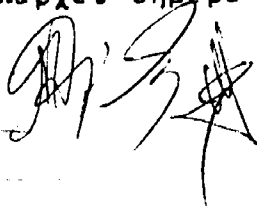
A handwritten signature in black ink, located in the lower right quadrant of the page. The signature is stylized and appears to consist of several overlapping loops and lines.

στρογγυλής του περιμέτρου ονομάστηκε από τους αρχαίους Στρογγύλη.

Η μεγάλη έκρηξη του 1400 π.χ. περίπου, γνωστή ως Μινωϊκή έκρηξη ή "έκρηξη της Κόσοης", ανατίναξε τον ηφαιστειακό κώνο της Στρογγύλης δημιουργώντας καλδέρα με μέγιστο βάθος 300 μ. περίπου, μεγάλη διάμετρο 10' KM περίπου και μικρή διάμετρο 7 KM περίπου. Η έκρηξη αυτή είναι, μία από τις μεγαλύτερες που είδε ο άνθρωπος και επηρέασε την πορεία των πολιτισμών της Ανατολικής Μεσογείου. Η σημερινή θήρα, η θηρασία και το Ασπρονήσι καθορίζουν, με την κυκλική τους διάταξη, την περίμετρο της καλδέρας. Στο κέντρο περίπου της καλδέρας βρίσκονται η Παλαιά και η Νέα Καμμένη οι οποίες σχηματίστηκαν κατά την μετα-Μινωϊκή εκρηκτική φάση της Σαντορίνης.

Οι γνωστές εκρήξεις που έγιναν στη Σαντορίνη σε ιστορικούς χρόνους, περιλαμβανόμενης και της μεγάλης Μινωϊκής έκρηξης είναι οι εξής:

- 1400-1500 π.χ. Καταστροφή του ηφαιστειακού κώνου της Στρογγύλης-Δημιουργία της Καλδέρας.
- 197 - 199 π.χ. Σχηματισμός της Ιεράς, μικρής νησίδας μεταξύ θήρας και θηρασίας.
- 49 μ.χ. Λιγαστές πληροφορίες υπάρχουν για την έκρηξη αυτή. Αναφέρεται ο σχηματισμός νησίδας που ονομάστηκε θήα.
- 46 μ.χ. Ισχυρή έκρηξη η οποία πρέπει να διάρκεσε μερικούς μήνες. Σχηματίστηκε και άλλη νησίδα κοντά στην Ιερά.
- 726. Βίαιη έκρηξη που προκάλεσε, πιθανώς, ζημιές σε καλλιέργειες με την πτώση ηφαιστειακής τέφρας. Συνένωση της Ιεράς με την νησίδα που σχηματίστηκε το 46 μ.χ. Καμμία από τις νησίδες αυτές δεν υπάρχει σήμερα και ούτε αυτές έχουν σχέση με τις κομμένες.



- 1570 ή 1573. Σχηματισμός της Παλαιάς Καμμένης.
- 1650, 26 Σεπτεμβρίου - 6 Δεκεμβρίου. Αυτή ήταν η πιο βίαιη δραστηριότητα στη μετα-Μινωϊκή φάση και η μόνη που έγινε έξω από την κολδέρα. Ήταν υποθαλάσσια και έγινε 6,5 km ΒΑ από το Ακρωτήριο Κολούμπος της Σαντορίνης. Προκλήθηκαν θάνατοι ανθρώπων και ζώων, βλάβες σε σπίτια και καταστροφές σε καλλιέργειες.
- 1707, 23 Μαΐου - 1711, 11 Σεπτεμβρίου. Έκχυση λαβών και σχηματισμός της Νέας Καμμένης.
- 1866, 26 Ιανουαρίου - 1870, 15 Οκτωβρίου. Επαύξηση της Νέας Καμμένης με το σχηματισμό του θόλου του Αγίου Γεωργίου.
- 1925, 11 Αυγούστου - 1926, Ιανουάριος. Σχηματισμός των ηφαιστειακών δόμων Φουκέ και Δάφνης στη Νέα Καμμένη.
- 1928, 23 Ιανουαρίου - 17 Μαρτίου. Νέα επαύξηση της Νέας Καμμένης με το σχηματισμό του ηφαιστειακού καλύμματος Λαυτίλος.
- 1939, 20 Αυγούστου - 1941, πρώτες μέρες του Ιουλίου. Η έναρξη της επαναδραστηριοποίησης γίνεται αρχικά με ορισμένες φυσικές μεταβολές (αλλαγή χρωματισμού στο θαλάσσιο νερό, αύξηση ατμίδων, άνοδος θερμοκρασίας στο θαλάσσιο νερό και στη συνέχεια με ισχυρές εκρήξεις. Σχηματίστηκαν οι δόμοι Τρίτων και Νίκη στη Νέα Καμμένη.
- 1950, 10 Ιανουαρίου - 2 Φεβρουαρίου. Ήταν η τελευταία έκρηξη στο ηφαιστειακό συγκρότημα της Σαντορίνης. Υπήρξε ήπια και σχημάτισε το δόμο Λιάταικας στη Νέα Καμμένη.

Όλες οι μεταμινωϊκές εκρήξεις στη Σαντορίνη, εκτός από εκείνη του 1650, ήταν κανονικές, με ροές λάβας, εξώθηση ηφαιστειακών δόμων, σχηματισμό ηφαιστειακών νεφών και έγιναν μέσα στην κολδέρα.

Η έκρηξη του 1650 ήταν υποθαλάσσια και έγινε έξω από την καλδέρα. Πολλές από τις εκρήξεις συνοδεύτηκαν από ισχυρούς σεισμούς, όπως οι εκρήξεις του 46 μ.Χ., του 1650, του 1707 και του 1866. Τα μεγέθη αυτών των σεισμών κυμαίνονταν μεταξύ 6,0 και 6,5 με σφάλμα 0,5.

Θαλάσσια κύματα βαρύτητας (TSUNAMIS) διεγέρθηκαν από ορισμένες εκρήξεις. Από πρόσφατο κατάλογο των TSUNAMIS του Ελλαδικού χώρου προκύπτει ότι τέτοια κύματα διεγέρθηκαν από τις εκρήξεις του 1400 π.Χ., του 46 μ.Χ., του 1650 και του 1866. Τα κύματα του 1400 π.Χ., και του 1650 μ.Χ. ήσαν τα ισχυρότερα. Ειδικότερα το πρώτο θεωρείται από τα μεγαλύτερα κύματα που γνώρισε ο άνθρωπος. Δημιουργήθηκε από την κίνηση του θαλάσσιου νερού να καλύψει το κενό που προκλήθηκε από το σχηματισμό της Μινωϊκής καλδέρας. Υπολογίζεται ότι σε μισή ώρα περίπου το κύμα αυτό εξαπλώθηκε ολόκληρο το Ελληνικό Αρχιπέλαγος και λίγο αργότερα, στην υπόλοιπη Ανατολική Μεσόγειο. Το κύμα απόκτησε ύψος μερικές δεκάδες μέτρα σε ορισμένες ακτές, όπως οι βόρειες ακτές της Αρήτης, προκαλώντας μεγάλες καταστροφές. Το μέγεθος του κύματος ήταν 6 στην 6βάθμια κλίμακα SIEBERG. Το κύμα του 1650 επίσης σάρωσε τα νησιά του Ελληνικού Αρχιπελάγους αφού το ύψος του έφθασε τα 30 μ. στην Πάτμο και τα 19 μ. στην ανατολική πλευρά της Σαντορίνης όπου εισέδυσε σε βάθος 200 μ. από την ακτή. Το μέγεθος του ήταν επίσης 6 στην προηγούμενη κλίμακα. Το κύμα αυτό δημιουργήθηκε από την εξώθηση του θαλάσσιου νερού κατά την υποθαλάσσια έκρηξη.

3) Νιούρορ: Το σύνθετο κεντρικό ηφαίστειο της Νιούρορ φαίνεται ότι έχει πρόσφατη ηλικία. Η καλύτερη κανονική έκρηξη που προσδιορίστηκε έγινε γύρω στα 200.000 χρόνια πριν από σήμερα. Από τότε ακολούθησαν διάφορες άλλες εκρήξεις τύπου εκχύσεων, SURGE κλπ.

-34-

Στην ιστορική περίοδο αναφέρονται διάφορα ηφαιστειακά γεγονότα τα οποία όμως δεν πρέπει να ήσαν κανονικές αλλά πιθανότατα φρεατικές εκρήξεις. Αυτές είναι εξαιρετικά βίαιες και τοπικά καταστροφικές. Προκαλούνται από την ανάπτυξη τεράστιων πιέσεων σε επιφανειακά στρώματα του φλοιού (200 - 500 μ.) λόγω υπερθέρμανσης υπόγειων ρευστών που αποκτούν θερμοκρασία 300°C ή και περισσότερο. Με τις εκρήξεις αυτές ανατινάζονται τα πετρώματα που καλύπτουν τα ρευστά και δημιουργούνται κρατήρες διαμέτρου μέχρι 300 μ. Ηφαιστειακά γεγονότα στη Νίσυρο, τα οποία ήσαν πιθανότατα φρεατικές εκρήξεις, έγιναν κατά τα έτη 1422, 1830, 1871, 1873 και 1888. Από την έκρηξη του 1871 κατοστρόφηκαν μερικοί οικισμοί στο κεντρικό τμήμα του νησιού.

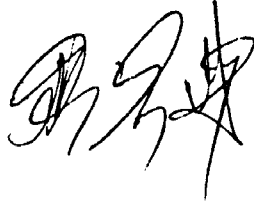
Ένας από τους φρεατικούς κρατήρες της Νιούρου, ο Στέφανος, έχει διάμετρο 250 μ. περίπου, και πολλές θερμές ατμίδες.

Σε σχετικά πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους, μετά από κάποια παροξυσμική εκρηκτική δραστηριότητα δημιουργήθηκε καλδέρα διαμέτρου 4 KM περίπου. Στη συνέχεια υπήρξε δράση μέσα στην καλδέρα με εκχύσεις ανδρσιτικών και δακτυλικών λαβών που δημιούργησαν τους υψηλότερους δόμους του νησιού. Τα ρεύματα της λάβας βγήκαν από τα όρια της καλδέρας και έφτασαν μέχρι τη θάλασσα. Αυτή η δράση πρέπει να έγινε πριν από μερικές χιλιάδες χρόνια.

Το ηφαίστειο της Νιούρου φαίνεται ότι τροφοδοτείται από μαγματικό θάλαμο που βρίσκεται σε σχετικά μικρό βάθος, όπως δείχνουν διάφορες ηφαιστειολογικές παρατηρήσεις και οι μεγάλες θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε γεωτρήσεις (450°C περίπου σε βάθος 1800 μ.).

Εξ' άλλου, οι ιδιαιτερότητες της οξείμικλης δράσης στην περιοχή της Νιούρου δείχνουν εκτεταμένη μαγματική διεύδυση στο φλοιό κάτω από την περιοχή αυτή.

Η μελέτη του ηφαιστείου της Νισύρου δείχνει ότι κατά καιρούς πρέπει να δημιουργήθηκαν εκεί σχηματισμοί πολύ επικίνδυνοι, όπως πυροκτωμένα νέφη και SURGES.

A handwritten signature in black ink, appearing to be a stylized name or set of initials.

8. ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.-

Η Βιβλιογραφία που αναφέρεται στην εκτίμηση του ηφαιστειακού κινδύνου στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Μόνο μία δημοσίευση είναι γνωστή πάνω στο θέμα αυτό (Παπαδόπουλος 1985).

Τα κυριότερα συμπεράσματα αυτής της δημοσίευσης συνοφίζονται στα εξής:

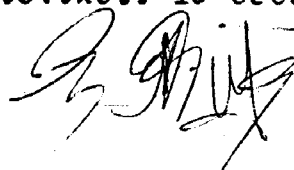
α) ο ηφαιστειακός κίνδυνος αφορά, κυρίως, την περιοχή του ηφαιστειακού τόξου του Ν.Αιγαίου,

β) από τη συχνότητα επανάληψης και την ένταση των ηφαιστειακών εκρήξεων στα ενεργά ηφαίστεια του Ν.Αιγαίου προκύπτει ότι ο σχετικός ηφαιστειακός κίνδυνος πρέπει να θεωρείται ότι είναι μεγάλος στη Σαντορίνη, μέτριος στη Νίσυρο και μικρός στα Μέθανα.

γ) Στις υπόλοιπες περιοχές πρόσφατης ηφαιστειότητας δεν υπάρχουν ενδείξεις για ενεργές μαγματικές διαδικασίες σε σχετικά μικρή βύθη στο φλοιό. Σε καμιά από τις περιοχές αυτές δεν φαίνεται να υπάρχει τάση επαναδραστηριοποίησης των σβησμένων ηφαιστειακών κέντρων.

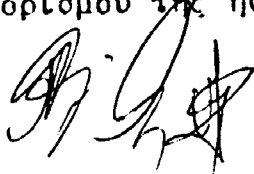
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να διατηρήσουμε πολύ μικρές περιφυλάξεις για την ελάχιστη πιθανή επαναδραστηριοποίηση στο χώρο του νησιώτικου συμπλέγματος Μήλου.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι μόνον ορισμένοι γενικοί προσδιορισμοί έχουν γίνει σχετικά με τον ηφαιστειακό κίνδυνο στην Ελλάδα. Οι προσδιορισμοί αυτοί είναι κυρίως ποιοτικοί. Τα δεδομένα



που μας είναι γνωστά μέχρι σήμερα δεν δίνουν πολλές δυνατότητες για ακριβέστερο ποσοτικό προσδιορισμό του ηφαιστειακού κινδύνου. Υπάρχουν, όμως, περιθώρια για πιθανολογική ανάλυση των δεδομένων που είναι διαθέσιμα.

Επίσης, πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια για τον προσδιορισμό της ηφαιστειακής επικινδυνότητας, σύμφωνα με τη διεθνή εμπειρία στα σχετικά ζητήματα, αν και στην περίπτωση αυτή υπάρχει επίσης το πρόβλημα των περιορισμένων δεδομένων. Μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει προσπάθεια καθορισμού της ηφαιστειακής επικινδυνότητας στον Ελλαδικό χώρο.



9.-ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Από τα βιβλιογραφικά στοιχεία προέκυψε ότι για τον Ελληνικό χώρο υπάρχουν περισσότερες από 250 δημοσιεύσεις σε διάφορα ηφαιστειολογικά θέματα. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι παρά τις 250 περίπου δημοσιεύσεις σε διάφορα ηφαιστειολογικά θέματα, δεν υπήρξε συντονισμένη και μακροπρόθεσμη ηφαιστειολογική έρευνα στη χώρα μας. Η έρευνα αυτή ήταν αποσπασματική, γινόταν από ξένους και Έλληνες ερευνητές και βρισκόταν σε έξαρση σε περιόδους ηφαιστειακής δράσης στο Νότιο Αιγαίο.

Η σχετική βιβλιογραφία των ηφαιστειολογικών εργασιών του Ελλαδικού χώρου βρίσκεται συγκεντρωμένη στις δημοσιεύσεις των RECK (1936), GEORGALAS (1962), και ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ (1982). Οι εργασίες αυτές αναφέρονται σε διάφορα αντικείμενα, αλλά κυρίως είναι πετρογραφικές, πετροχημικές και ορυκτολογικές. Αρκετές είναι και εκείνες στις οποίες περιγράφονται συγκεκριμένες εκρήξεις στο Νότιο Αιγαίο και κυρίως στη Σαντορίνη. Αιόθητή είναι η απουσία εργασιών φυσικής ηφαιστειολογίας, ο αριθμός των οποίων είναι πολύ μικρός. Από αυτές ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν εκείνες που αναφέρονται σε τεκτονικές σχέσεις μεταξύ σεισμών ενδιαμέσου βάθους και εκρήξεων στη Σαντορίνη (BILOT 1980, PAPADOPOULOS 1986). Αν και αυτές οι εργασίες παρουσιάζουν διαφορές στα συμπεράσματά τους, έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι περιέχουν παρατηρήσεις που μπορούν να συμβάλλουν σε μια πιθανή πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων με την παρακολούθηση της σεισμικής δράσης.

Η πρώτη προσπάθεια για συντονισμένη παρακολούθηση του ηφαιστειού της Σαντορίνης άρχισε το 1981 από το Τμήμα Γεωθερμίας



του ΙΓΜΕ σε συνεργασία με τον Τομέα Γεωφυσικής και Γεωθερμίας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας. Στην προσπάθεια αυτή συνεργάστηκαν και τα εξής Ιταλικά Ινστιτούτα, τα οποία είναι διεθνώς γνωστά για την εμπειρία τους στα σχετικά θέματα:

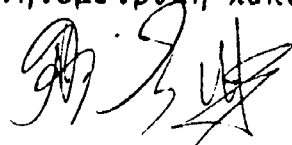
- 1) OSSERVATORIO VESUVIANO,
- 2) ISTITUTO DI GEOLOGIA E GEOFISICA DELL'UNIVERSITA DI NAPOLI,
- 3) ISTITUTO DI MINERALOGIA, PETROGRAFIA E GEOCHIMICA DELL'UNIVERSITA DI FIRENZE AND PISA
- 4) Ομάδα Διεθνούς Ινστιτούτου Ηφαιστειολογίας της Κατάνης .

Τα παραπάνω ιδρύματα διαμόρφωσαν ένα προκαταρκτικό πρόγραμμα έρευνας που περιλαμβάνει τα εξής:

1) Μελέτη της ηφαιστειολογικής και μαγματολογικής εξέλιξης και του γεωχημικού χαρακτηρισμού των πυροκλαστικών σειρών. Εδώ περιλαμβάνονταν η λεπτομερής χαρτογράφηση και δειγματοληψία μερικών αντιπροσωπευτικών σειρών, χημικές αναλύσεις στοιχείων, ιχνοστοιχείων και σπανίων γαιών και πετρογραφικές αναλύσεις.

2) Τεκτονική και μικροτεκτονική ανάλυση και μελέτη των μηχανισμών απόθεσης πυροκλαστικών προϊόντων. Στη μελέτη αυτή επιδιώκεται η ανασύσταση του τοπικού πεδίου των τάσεων και η επαλήθευση των σχέσεων που υπάρχουν ανάμεσα σ' αυτό και στην εξέλιξη της εκρηκτικής δραστηριότητας με ιδιαίτερη αναφορά στις νεότερες φάσεις. Επιδιώκεται επίσης η μελέτη των μηχανισμών έκχυσης και απόθεσης των πυροκλαστικών υλικών με στόχο τη διερεύνηση της αλληλοεπίδρασης νερού- μάγματος.

3) Πραγματοποίηση γεωφυσικών διασκοπήσεων με βαρυτομετρική, μαγνητομετρική και μαγνητοτελλούρική μέθοδο. Προβλεπόταν η μελέτη της βαθιάς δομής με βαρυτομετρική και μαγνητομετρική κάλυψη απο-



τελουμένη από 250 συμπλκτοντα σημεία. Προβλεπόταν επίσης ο ακριβής τοπογραφικός προσδιορισμός των σημείων που θα χρησιμοποιήσουν στην βαρυτομετρία κατά μήκος μιας κύριας γραμμής με διεύθυνση Β-Ν. Ακόμη, προγραμματίστηκε η εκτέλεση 10 μαγνητοτελλουρικών βυθοσκοπήσεων από τις οποίες οι τρεις βαθιές. Μερικοί από τους μαγνητικούς σταθμούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για τη συλλογή πληροφοριών για τις ανωμαλίες που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν από τη διείδουση μαγματικού υλικού.

4) Τοποθέτηση μιας διάταξης (ARRAY) από τρεις τηλεμετρικούς σταθμούς σε απόσταση μεταξύ τους 5 KM περίπου για την καταγραφή της σεισμικής δράσης για διάστημα 40-60 ημερών. Τοποθετήθηκε επίσης ένας φορητός σειсмоγράφος στη Νέα Καμμένη.

5) Παρακολούθηση αργών παραμορφώσεων του εδάφους με τοποθέτηση γεωδιμέτρων σε 15-18 σημεία και εκτέλεση τριγωνομετρικών μετρήσεων.

6) Μελέτη της γεωχημικής εξέλιξης των ρευστών με δειγματοληψίες και λεπτομερείς χημικές αναλύσεις των υδάτων και των αερίων. Σκοπός της μελέτης είναι ο προσδιορισμός και ο έλεγχος της χρονικής εξέλιξης των περισσότερο αντιπροσωπευτικών παραμέτρων των ρευστών.-

Δυστυχώς λόγω οικονομικών κυρίως δυσκολιών η εφαρμογή τμήματος του προγράμματος άρχισε αλλά δεν ολοκληρώθηκε και συνεπώς δεν βγήκαν συμπεράσματα αφού είναι απαραίτητη η περιοδική επανάληψη πολλών απο τις μετρήσεις καθώς και η σε βάθος μελέτη μερικών μεθόδων έρευνας. Η μόνη μελέτη που προέκυψε από την προσπάθεια αυτή είναι η PROSPEZIONI GEOFISICHE NELLE ISOLE DI SANTORINI, GRECIA (BUDETTA ET AL. 1985, υπό δημοσίευση).

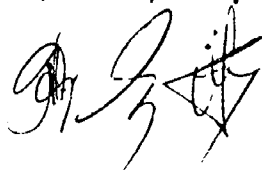
Μια άλλη προσπάθεια, περισσότερο καρποφόρα αυτή τη φορά, άρχισε με πρωτοβουλία ελληνικών ιδρυμάτων και συγκεκριμένα του Τμήματος Γεωθερμίας του ΙΓΜΕ και του Τομέα Γεωφυσικής και Γεωθερμίας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας. Το πρόγραμμα που προτάθηκε είναι πενταετές και αφορά την παρακολούθηση του ηφαιστείου της Λαντορίνης, εγκρίθηκε δε από το ΙΓΜΕ (απόφαση 86/4-I-85 του Γενικού Διευθυντή του ΙΓΜΕ), εντάχθηκε στο πενταετές πρόγραμμα εργασιών του ΙΓΜΕ έτους 1985 και χρηματοδοτήθηκε με το ποσό των 850.000 δρχ. για το έτος αυτό. Την υλοποίηση του προγράμματος ανέλαβε Επιστημονική Επιτροπή, συντονιστής και Υπ.όλογος.

Στον πίνακα I φαίνονται περιληπτικά οι εργασίες που προγραμματίστηκαν και εκείνες που εκτελέστηκαν στη διάρκεια του πρώτου χρόνου του προγράμματος. Το πρόγραμμα προβλέπεται να αναπτυχθεί και να συνεχισθεί το 1986 αφού εγκρίθηκε από το ΙΓΜΕ διπλασιασμός της χρηματοδότησης.

Στους πίνακες 2 και 3 φαίνεται ο προγραμματισμός εργασιών του έτους 1986 και οικονομικά στοιχεία για τα δύο έτη του προγράμματος.

Ο χάρτης I που επισυνάπτεται δείχνει τη χωροσταθμική όδευση που εγκαταστάθηκε το 1985 από το ΙΓΜΕ και το 1984 από τη ΓΥΣ. Φαίνονται επίσης τριγωνομετρικά σημεία μερικά από τα οποία θα συνδεθούν με συστήματα λέιζερ για μετρήσεις αποστάσεων.

Ο χάρτης 2 δείχνει τις μόνιμες θέσεις του βαρυτικού και μαγνητικού δικτύου που γίνονται οι ετήσιες μετρήσεις καθώς και τις θέσεις όπου έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν οι 4 σεισμολογικοί σταθμοί.



ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Εγκατάσταση 4 φορητών σεισμογράφων επί εξώμυνο

Εκτελέστηκε πλήρως

Σεισμολογική μελέτη

-Εγκατάσταση χωροσταθμικών οδύσεων σε θήρα & Νέα Καμμένη.

-Εγκατάσταση δικτύου στην Ν.Καμμένη

Γεωδαιτική μελέτη

-Ανσμετρήσεις οριζ.δικτύου μετά την επισκευή του Γεωδιμέτρου

-Δεν εκτελέστηκε διότι δέν επέστρεψε το όργανο

Θερμολογική μελέτη

-Εγκατάσταση θερμ.σταθμών στη Ν.Καμμένη,μετρήσεις ανά 3 ή 4 μήνες

-Εγκαταστάθηκαν σταθμοί μετρήσεων στην περιοχή αμύδων της Ν.Καμμένης, έγινε μέτρηση 1 φορά.
-Θερμομετρήθηκαν 3 βαθείες γεωτρήσεις

Γεωχημική μελέτη

-Ανάλυση αερίων, υδάτων θερμοπηγών στην καλδέρα (1 δείγμα από Ν.Καμμένη, 2-3 από θήρα)

Δεν εκτελέστηκε

Μικροβαρυτομετρική μελέτη

Μέτρηση ανα βήμνο σε δίκτυο που έχει εγκατασταθεί το 1984.

Βμετρήθη μια φορά

Ηφαιστειολογική μελέτη

Αξιοποίηση όλων των γεωλογικών ιστορικών κλπ πληροφοριών

Αρχισε η συγκέντρωση διαθέσιμων στοιχείων βιβλιογραφίας κλπ.

Π Ρ Ο Γ Ρ Α Μ Μ Α Τ Ι Σ Μ Ο Σ Ε Ρ Γ Α Σ Ι Ω Ν - Π Ρ Ο Γ Ρ Α Μ Μ Α Τ Ο Σ Σ Α Ν Τ Ο Ρ Ι Κ Η Σ

Ε Τ Ο Σ 2ο, 1986

Εγκατάσταση μόνιμου τηλεμετρικού σταθμού στη Ν.Καμ-
μένη, εντεταγμένου σε ήδη λειτουργούν δίκτυο, περίπου
μετά 4μηνου. Μέχρι τότε, θα συνεχίζει τη λειτουργία
το σύστημα των φορητών σεισμογράφων. Προβλέπεται
επίσης η παροδική εγκατάσταση του δικτύου φορη-
των σεισμογράφων επί 2μηνου, σε περίπτωση ανιχνεύ-
σεως μικροσεισμών από το τηλεμ. δίκτυο

Σεισμολογική με-
λέτη

Επέκταση και επαναμέτρηση χωροσταθμικού δικτύου

Γεωδαιτική μελέ-

Ν. Καμμένης

Ανά έτος

τη

Εγκατάσταση δικτύου σε Θήρα

" "

Επανάμετρηση τριγωνομετρικού δικτύου

" "

Γεωσυνθητική μελέτη

Εγκατάσταση/Μέτρηση 6 σταθμών

Ανά έτος

Βαρυτομετρική μελέτη

Επανάμετρηση μικροβαρυτομετρικού δικτύου

Ανά έτος

Θερμολογική μελέτη

Επανάμετρηση σταθμών Ν. Καμμένης & γεωτρήσεων

Ανά εξάμηνο

Ηφαιστειολογική μελέτη

Συνέχιση της εργασίας συλλογής και επεξεργασίας

Συνέχιση των εργασιών

στοιχείων.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ (3)

Δαπάνες προγράμματος, παρακολούθησης Ηφαιστείου Σαντορίνης
(Χ 1000).

Μελέτη	1985		1986	
	Προγραμμα- τιομένη	Πραγματοποιη- θείσες	Αιτηθείσες	Εγκριμένες
Σεισμολογι- κή	200	360	560	500
Γεωδαίτικη	250	230	950	725
Γεωχημική	100	---	---	---
Βαρυτομετρι- κή	150	70	150	75
Θερμομετρι- κή	100	100	200	100
Μαγνητική	---	---	150	100
Διάφορα	50	20	50	---
Σύνολο	850	780	2.060	1.500

ΙΟ.- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε ορισμένες περιοχές της Γης η ηφαιστειακή δράση αποτελεί ένα από τα καταστροφικά φυσικά φαινόμενα. Οι τρόποι με τους οποίους γίνεται μια ηφαιστειακή έκρηξη είναι διάφοροι, ενώ το μέσο διάδοσης της καταστροφής μπορεί να είναι το έδαφος (π.χ. ροή λάβας), ο αέρας (π.χ. μεταφορά και πτώση στερεών υλικών) και η θάλασσα (δημιουργία TSUNAMIS).

Οι καταστροφές προκαλούνται στον πληθυσμό (θανάτωση και τραυματισμός ανθρώπων), στις κατοικίες και άλλες εγκαταστάσεις και στις καλλιέργειες.-

Η περιγραφή της χρονικής και γεωγραφικής κατανομής της ηφαιστειακής δράσης γίνεται κυρίως με χάρτες ηφαιστειακού κινδύνου, ενώ η περιγραφή των αναμενομένων επιπτώσεων γίνεται κυρίως με χάρτες ηφαιστειακής επικινδυνότητας.

Οι κύριοι τρόποι άμυνας από την ηφαιστειακή δράση είναι:

- α) η εκπόνηση και αξιοποίηση χαρτών όπως οι προηγούμενοι
- β) η πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων
- γ) η εκπόνηση και εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης
- δ) η ενημέρωση και η εκπαίδευση του πληθυσμού.

Η χρησιμότητα των χαρτών είναι τεράστια γιατί αυτοί μας επιτρέπουν να γνωρίσουμε πόσο απειλούνται οι διάφορες περιοχές και συνεπώς να εκπονούμε τα κατάλληλα σχέδια έκτακτης ανάγκης. Η πρόγνωση των ηφαιστειακών εκρήξεων βασίζεται στην παρακολούθηση διαφόρων γεωφυσικών, γεωθερμικών και άλλων παραμέτρων που μεταβάλλονται με ανώμαλο τρόπο πριν από εκρήξεις. Στην πρόγνωση επιδιώκεται κυρίως

ο προσδιορισμός του χρόνου της παροξυσμικής φάσης της έκρηξης και του τύπου αυτής. Τα σχέδια έκτακτης ανάγκης εκπονούνται και εφαρμόζονται από όργανα της πολιτείας σε συνεργασία με ειδικούς επιστήμονες. Τα σχέδια αυτά προβλέπουν την λήψη μέτρων που θα προλάβουν ή θα περιορίσουν τις καταστροφικές συνέπειες των εκρήξεων. Επειδή κάθε ηφαίστειο αλλά και κάθε έκρηξη έχει τα δικά της χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από πολλούς τοπικούς παράγοντες, ένα τέτοιο σχέδιο πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαιτερότητες της δράσης που αναμένεται σε συγκεκριμένη περιοχή.

Η εφαρμογή ενός σχεδίου έκτακτης ανάγκης δεν είναι δυνατή χωρίς τη συμμετοχή και τη συνεργασία των πολιτών. Γιαυτό το λόγο, η ενημέρωση και η εκπαίδευση του πληθυσμού αποτελεί βασικό όρο επιτυχίας του αντιηφαιστειακού σχεδιασμού.

Η παρακολούθηση ενός ηφαιστείου βασίζεται στην συστηματική εξέταση της μεταβολής διαφόρων γεωφυσικών, γεωθερμικών και άλλων παραμέτρων και γενικά πρόδρομων φαινομένων. Γενικά θεωρείται ότι η ηφαιστειακή πρόγνωση είναι αρκετά πιο εύκολη από την πρόγνωση των σεισμών. Η παρακολούθηση γίνεται από ομάδα επιστημόνων με διάφορες ειδικότητες (σεισμολόγοι, γεωφυσικοί, γεωθερμικοί, γεωλόγοι, ηφαιστειολόγοι, γεωδαίτες κλπ.) που είναι εξοπλισμένοι με κατάλληλα όργανα και δίκτυα παρακολούθησης. Από τη διεθνή εμπειρία προκύπτει ότι οι σημαντικότερες μεταβολές, που προσδιορίζουν την επαναδραστηριοποίηση ενός ηφαιστείου, είναι οι σεισμολογικές και οι τοπογραφικές. Όμως, χρήσιμες μπορούν να είναι και άλλες μεταβολές, όπως οι γεωθερμικές.

Ο Ελλαδικός χώρος έχει τρία ενεργά ηφαίστεια : τη Σαντορίνη, τη Νίσυρο και τα Μέθανα. Στα ηφαίστεια αυτά έγιναν πολλές μαγματικές ή φρεατικές εκρήξεις στη διάρκεια των ιστορικών χρόνων, ενώ

στη Σαντορίνη έγιναν πολλές μαγματικές εκρήξεις και στον παρόντα αιώνα, η τελευταία από τις οποίες έγινε το 1950. Από τις εκρήξεις στα ελληνικά ηφαίστεια προκλήθηκαν διάφορες μικρές ή μεγάλες καταστροφές και ανθρώπινα θύματα. Από τη μέχρι σήμερα έρευνα προκύπτει ότι ο ηφαιστειακός κίνδυνος στην Ελλάδα αφορά κυρίως την περιοχή του Ν.Αιγαίου και ότι ο σχετικός κίνδυνος είναι μεγάλος στη Σαντορίνη, μέτριος στη Νίσυρο και μικρός στα Μέθανα. Προς το παρόν δεν έχουν γίνει προσπάθειες για τον προσδιορισμό της ηφαιστειακής επικινδυνότητας στη χώρα μας.

Από την ανασκόπηση της έρευνας που έχει γίνει σε ηφαιστειολογικά θέματα της Ελλάδας στα 150 τελευταία χρόνια περίπου, προκύπτει ότι δεν έχει υπάρξει οργανωμένη, συστηματική και μακροπρόθεση ερευνητική πολιτική σε τέτοια θέματα. Έχουν γίνει διάφορες δημοσιεύσεις με αποσπασματικό χαρακτήρα, ενώ μόνο στα τρία τελευταία χρόνια έχει γίνει προσπάθεια συστηματικής παρακολούθησης του ηφαιστείου της Σαντορίνης. Η προσπάθεια αυτή ξεκίνησε από το τμήμα Γεωθερμίας του ΙΓΜΕ και τον Τομέα Γεωφυσικής και Γεωθερμίας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας. Δόγω οικονομικών προβλημάτων το πρόγραμμα αυτό αντιμετωπίζει σοβαρές δυσκολίες.

Π Ρ Ο Τ Α Σ Ε Ι Σ

Από τα στοιχεία που συνέλεξε και επεξεργάστηκε η επιτροπή προκύπτει ότι υπάρχει ζήτημα ηφαιστειακού κινδύνου στα ενεργά ηφαίστεια του Ν.Αιγαίου. Για το λόγο αυτό πιστεύουμε ότι πρέπει να υπάρξει πρόγραμμα συστηματικής και μακροπρόθεσμης παρακολούθησης των τριών ενεργών ηφαιστειών του Ν.Αιγαίου, γενικότερη ηφαιστειολογική μελέτη αυτών και η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των αρνητικών συνεπειών ενδεχόμενης ηφαιστειακής δράσης.

Για την παρακολούθηση των τριών ηφαιστειών προτείνουμε τα εξής:

1) Διατήρηση σε μόνιμη βάση των τεσσάρων σεισμολογικών σταθμών που τοποθετήθηκαν στο ηφαιστειακό κέντρο της Σαντορίνης τον Ιούνιο του 1985. Είναι αναγκαία η συμπλήρωση του δικτύου με έναν πέμπτο σταθμό στη Νέα Καμμένη. Για την γρηγορότερη συλλογή δεδομένων, τη μεγαλύτερη ακρίβεια αυτών, τη μείωση τεχνικών προβλημάτων και τη μείωση του ετήσιου κόστους λειτουργίας και συντήρησης, προτείνουμε το δίκτυο αυτό να είναι τηλεμετρικό με κεντρικό σταθμό αρχικά στη Σαντορίνη και αργότερα στην Αθήνα. Ένα τέτοιο δίκτυο θα εξυπηρετήσει και γενικότερες ανάγκες της σεισμολογικής έρευνας στην ευρύτερη περιοχή του Ν.Αιγαίου.

2) Συνέχιση των γεωδαιτικών μετρήσεων, ανάπτυξη του υπάρχοντος χωροσταθμικού και τριπλευρικού δικτύου και συχνότερη λήψη μετρήσεων. Προτείνεται επίσης η εγκατάσταση δύο παλιρροιογράφων και ορισμένου αριθμού κλισιόμετρων.

3) Συχνότερη επαναμέτρηση του υπάρχοντος μικροβαρυτομετρικού δικτύου.

4) Έναρξη συστηματικών μαγνητομετρικών παρατηρήσεων.

5) Συνέχιση και πύκνωση των θερμομετρήσεων σε ατμίδες, θερμές πηγές και γεωτρήσεις.

6) Έναρξη συστηματικών γεωχημικών παρατηρήσεων σε θερμές πηγές και ατμίδες.

Τα προηγούμενα πρέπει να είναι μακροπρόθεσμα, οργανωμένα και σε μόνιμη βάση για να μπορέσουν ν' αποδώσουν συγκρίσιμα δεδομένα που θα επιτρέψουν ενδεχόμενη πρόγνωση. Το σύνολο των προηγούμενων μετρήσεων προτείνεται ν' αρχίσει σε πρώτη φάση στη Σαντορίνη, πολύ σύντομα να επεκταθεί στη Νίσυρο και μελλοντικά στα Μέθανα.

Για τη γενικότερη ηφαιστειολογική μελέτη των τριών ηφαιστειών προτείνουμε τα εξής:

7) Μελέτη της γένεσης, εξέλιξης και ανόδου του μάγματος.

8) Μελέτη των εκρηκτικών μηχανισμών

9) Λεπτομερής έρευνα της ηφαιστειακής εξέλιξης του κάθε ηφαιστείου με την πραγματοποίηση στρωματογραφικών αναλύσεων και ραδιοχρονολογήσεων, μελέτη των πυροκλαστικών προϊόντων με προσδιορισμό των αντίστοιχων πόρων (VENTS) κλπ.

10) Στατιστική ανάλυση των ηφαιστειακών εκρήξεων σε συνάρτηση με το χρόνο και με τη σεισμική δράση του Ν. Αιγαίου.

Τα μέτρα πολιτικής προστασίας που πιστεύουμε ότι πρέπει να παρθούν είναι:

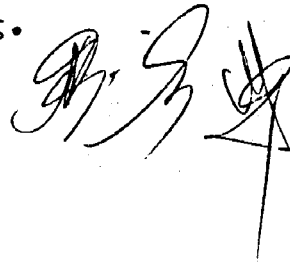
II) Εκπόνηση σχεδίου έκτακτης ανάγκης για την ευρύτερη περιοχή του Ν. Αιγαίου.

Η εκπόνηση αυτή κρίνεται ως άμεσης προτεραιότητας και θα πρέπει να γίνει από όργανα της Πολιτείας σε συνεργασία με επιστή-

μονες οι οποίοι έχουν εμπειρία στα ηφαιστειολογικά θέματα.

13) Συγκρότηση Μόνιμης Ηφαιστειολογικής Επιτροπής, αποτελούμενης από ειδικούς επιστήμονες, η οποία θ' αποτελεί τον επίσημο σύμβουλο της Πολιτείας σε ηφαιστειολογικά θέματα.

Ένα μέτρο άμεσης απόδοσης για την προώθηση της ηφαιστειολογικής έρευνας κρίνουμε ότι είναι η οικονομική ενίσχυση και η διεύρυνση της τρέχουσας προσπάθειας που αναφέρεται στην παρακολούθηση του ηφαιστείου της Σαντορίνης.



B I B Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

Στη βιβλιογραφία που ακολουθεί περιέχονται όλες οι εργασίες οι οποίες αναφέρονται στο κείμενο, αλλά και άλλες που επίσης χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

BARBERI, F., GASPARINI, P. (1983). IL RISCHIO VULCANICO. IN "I VULCANI", LE SCIENZE, 4, 72-83.

BLOT, C. (1965). RELATIONS ENTRE LESSEISMES PROFONDS ET LES ERUPTION VULCANIQUES AU JAPON. BULL. VOLCANOL., 28, 25-64.

BLOT, C. (1980). VOLCANISM AND SEISMICITY IN MEDITERRANEAN ISLAND ARCS. IN: C. DOUMAS (ED.), 2ND INT. SCI. CONGR. ON THERA AND THE AEGEAN WORLD, SANTORINI, GREECE, AUGUST 1978, LONDON, 33-44.

BLOT, C. (1981). EARTHQUAKES AT DEPTH BENEATH VOLCANES, FORERUNNERS OF THER ACTIVITIES, APPLICATION TO WHITE ISLAND, NEW ZEALAND. J. VOLCANOL. GEOTH. RES. 9, 277-291.

BLOT, C., PRIAM, R. (1963). VOLCANISME ET SEISMICITE DANS L'ARCHIPEL DES NOUVELLES-HEBRIDES. BULL. VOLCANOL., 26, 167-180.

BULLARD, E. M. (1976). I VULCANI DELLA TERRA-NEWTON CAMPTON ED., ROMA.

DECKER, R., DECKER, B. (1984). I VULCANI ZANICHELLI ED., BOLONGA.

DIBBLE, P., NAIPN, I., NEALL, V. (1985). VOLCANIC HAZARDS OF NORTH ISLAND, NEW ZEALAND-OVERVIEW. J. OF GEODYNAMISS, 3, 369-396.

DOUMAS, C. (EDITOR) (1980). THERA AND THE AEGEAN WORLD. PAPERS PRESENTE AT THE 2ND INTERN. SCI. CONGRESS, SANTORINI, GREECE, 1978.

FREEMAN, W. H. AND Co. (EDITORS) (1982). VOLCANOES AND THE EARTH'S INTERIOR. SCIENTIFIC AMERICAN INC., USA.

Φυτίκας, Μ. (1977). Γεωλογική και γεωθερμική μελέτη της νήσου Μήλου.
Διδ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 228σ.

FYTIKAS, M., GIULIANI, O., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLI, P.,
PECCERILLO, A., VILLARI, L. (1979). NEOGENE VOLCANISM OF THE NORTHERN
AND CENTRAL AEGEAN REGION. ANN. GEOL. PAYS HELL., 30, 106-129.

FYTIKAS, M., INNOCENTI, F., MANETTI, P., MAZZUOLI, R., PECCERILLO, A.,
VOLLARI, L. (1985). TERTIARY TO QUATERNARY EVOLUTION OF VOLCANISM
IN THE AEGEAN REGION. IN: DIXON, J. E. AND ROBERTSON A. H. F. (EDS). 1985.
THE GEOLOGICAL EVOLUTION OF THE EASTERN MEDITERRANEAN, SPECIAL
PUBLICATION OF THE GEOLOGICAL SOCIETY No 17, BLACKWELL SCI. PUBL.,
OXFORD, 687-699.

GASPARINI, P. (1983). GLI ALTRI VULCANI DEL MEDITERRANEO. IN:
"I VULCANI", LE SCIENZE, 41-44.

GEORGALAS, G. C. (1950). SUR L'ERUPTION DU SANTORIN EN 1950. Πρακτικά
Ακαδημίας Αθηνών,

GEORGALAS, G. C. (1962). CATALOGUE OF THE ACTIVE VOLCANOES OF THE
WORLD INCLUDING SOLFATARA FIELDS, PART XII, GREECE, INTERN. ASSOC. VOLCAN.
I-40.

GEORGALAS, G. C., KOKKOROS, D. (1939). UBER DEN AUSBRUCH DES SANTORIN
VULKANOS VON 1939. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών,

Γιδαράκος, Δ. (1938). Γεωλογία και γεωμορφολογία των ηφαιστειακών
νήσων των Διχάδων και συσχετίσεις αυτών με το όρος Οίτη και την
απέναντι Λοκρινική ακτή. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 13, 99-107.

GULYAS, E., DEAK, G., HEDERVARI, P. (1976). RESEARCH ON THE RELATIONS
EXISTING BETWEEN TECTONIC EARTHQUAKES AND VOLCANIC ERUPTIONS IN JAVA.
IN: O. B. FERRAN (ED.), PROC. SYMP. ON ANDEAN AND ANTARCTIC VOLCANOLOGY
PROBLEMS, SANTIAGO, CHILE, SEPTEMBER 1974. IASPEI SPECIAL SERIES, NAPOLI
I-15.

HUBER, G.F. (1985). SEISMOLOGY-VOLCANOLOGY. A NEW INTRODUCTION FOR RESEARCH IN ANTI-SEISMIC DESIGN. RESEARCH CENTRE FOR APPLIED TECHNOLOGY SWITZERLAND.

Κρητικός, Ν.Α. (1928). Τα προηγθέντα σεισμικά φαινόμενα της τελευταίας δράσεως του ηφαιστείου της Σαντορίνης (1928). Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 3, 450.

Κτενάς, Κ.Α. (1927). Φαινόμενα ενδομορφισμού εις την λάβαν της τελευταίας εκρήξεως της Σαντορίνης. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 2, 150-157.

Κτενάς, Κ.Α. (1931). Έκθεσις περί των έργων της εις Στοκχόλμη συνόδου του διεθνούς ηφαιστειολογικού ομίλου. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 6, 196.

Κτενάς, Κ.Α., Κόκκορος, Π. (1928). Η παρασιτική έκρηξη του ηφαιστείου των Καμμένων κατά την 23ην Ιανουαρίου 1928. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 3, 259.

LIATSIKAS, N. (1942). MINERALOGY UND CHEMISMUS DER LAVEN DES AUSBRUCHS 1939-1941 DES SANTORIN VULKANS. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών, 17-95 -101.

LIATSIKAS, N. (1942). DER POLYZENTRISCHE AUSBRUCH DES SANTORIN-VULKANS 1939-41. Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών,

MINAKAMI, T. (1959). THE STUDY OF ERUPTIONS AND EARTHQUAKES ORIGINATING FROM VOLCANOLS: PART I. BULL. VOLCANOL. SOC. JPN., 4, 104-114. PART 2. 4, 115-130. PART 3 (1960). 4, 133-151. (IN JAPANESE).

MINAKAMI, T. (1974). PREDICTION OF VOLCANIC ERUPTIONS. IN: PHYSICAL VOLCANOLOGY, EDITED BY L. CIVETTA, P. GASPARINI, G. LUONGO, A. RAPOLLA, ELSEVIER, 313-333.

Παπαδόπουλος, Γ.Α. (1982). Συμβολή στη μελέτη της ενεργού τεκτονικής-βάθους του ευρύτερου χώρου του Αιγαίου. Διδ. Διατριβή, Θεσ/νίκη, 176σ.

Παπαδόπουλος, Γ.Α. (1983). Η ηφαιστειολογική έρευνα και εκπαίδευση στην Ελλάδα. 1ο Γεωλογικό Συνέδριο, Αθήνα, Δεκέμβριος, υπό δημοσίευση.

PAPADOPOULOS, G.A. (1984). SEISMIC PROPERTIES IN THE EASTERN PART OF THE SOUTH AEGEAN VOLCANIC ARC. BULL. VOLCANOL., 47, 143-152.

Παπαδόπουλος, Γ.Α. (1985). Ο ηφαιστειακός κίνδυνος στην Ελλάδα. Δελτίο Ελλην. Γεωλ. Εταιρείας 17, 316-323.

PAPADOPOULOS, G.A. (1986). LARGE INTERMEDIATE DEPTH SHOCKS AND VOLCANIC ERUPTIONS IN THE HELLENIC ARC DURING 1800-1985. PHYS. EARTH PLANET. INTER., IN PRESS.

PAPADOPOULOS, G.A., CHALKIS, B.J. (1984). TSUNAMIS OBSERVED IN GREECE AND THE SURROUNDING AREA FROM ANTIQUITY UP TO THE PRESENT TIMES. MARINE GEOLOGY, 56, 309-317.

PHILIPPINE COMMISSION ON VOLCANOLOGY, (1967).

TAAL VOLCANO. COMVOL. LETT. I(2): 1-4

RECK, H. (1936). SANTORIN. ERGEBNISSE EINER DEUTSCH-GRIECHISCHEN ARBEITSGEMEINSCHAFT. VERLAG DIETRICH REINER, BERLIN.

RITTMANN, A. (1967). I VULCANI E LA LORO ATTIVITA. CAPELLI ED. ROMA.

SIMKIN, T., SIEBERT, L., MC CLELLAND, L., BRIDGE, D., NEWHALL, C., LATTER, J.H. (1981) VOLCANOES OF THE WORLD. HUTEHINCON ROSS, STROUDSBURG, Pa., 232P.

STOTHERS, R.B., RAMPINO, M. (1983). VOLCANIC ERUPTIONS IN THE MEDITERRANEAN BEFORE A.D. 630 FROM WRITTEN AND ARCHAEOLOGICAL SOURCES. J. GEOPHYS. RES., 88, 6357-6371.

TAZIEFF, H. (1983). SOME GENERAL POINTS ABOUT VOLCANO MONITORING AND FORECASTING. IN: TAZIEFF, H. AND SABROUX, J.-C. (EDITORS), FORECASTING VOLCANIC EVENTS, ELSEVIER, 165-171.

TAZIEFF, H. AND SABROUX, S.-X. (EDITORS) (1983). FORECASTING VOLCANIC EVENTS. ELSEVIER, 635 pp.

TILLING, R., BAILEY, P. (1985). VOLCANO HAZARDS PROGRAM IN THE UNITED STATES. J. OF GEODYNAMICS, 3, 425-446.

TOKAREV, P. (1966). ERUPTIONS AND SEISMIC REGIME OF THE KLYNCHEV-SKAY A GROUP VOLCANOES. NANKA, MOSCOW, 118 PP. (IN RUSSIAN).

TOKAREV, P. (1985). THE PRECISION OF LARGE EXPLOSIONS OF ANDESITIC VOLCANOES. J. OF GEODYNAMICS, 3, 219-244.

VILLARI, L. (1983). L'ETNA .IN: " I VULCANI", LE SCIENZE, 29-40.

ΟΙ ΣΥΝΤΑΞΑΝΤΕΣ

Ν. Δελημπασης

Γ. Λεβεντάκης

Γ. Παπαδόπουλος

Ι. Παπής

Σ. Στείρος

Μ. Φυτίκας.

