

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



NATIONAL & KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS  
SCHOOL OF SCIENCES  
DEPARTMENT OF GEOLOGY & GEOENVIRONMENT



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM  
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

**Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης**

Master Thesis

**Διαχείριση Ηφαιστειακού Κινδύνου στην Ιταλία**

Management of Volcanic Risk in Italy

**ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΓΙΑΜΑΡΕΛΟΥ / CHRISTINA GIAMARELOU**

A.M. / R.N. : 16034

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

**No. 2018182**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2018**

Athens, October 2018



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM  
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

## Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

## Διαχείριση Ηφαιστειακού Κινδύνου στην Ιταλία

Management of Volcanic Risk in Italy

ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΓΙΑΜΑΡΕΛΟΥ / CHRISTINA GIAMARELOU

A.M. / R.N. : 16034

### Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

**Δρ. Νομικού Π.,**  
Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ

**Δρ. Κυριακόπουλος Κ.,**  
Καθηγ. ΕΚΠΑ

**Δρ. Λέκκας Ε.,**  
Καθηγ. ΕΚΠΑ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Περίληψη.....	7
Abstract.....	7

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΙΝΔΥΝΟΣ & ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ.....8

1.1 Ορισμός κινδύνου.....	8
1.2 Αιτίες κινδύνων.....	9
1.3 Κατηγορίες κινδύνων.....	9
1.3.1 Διαχωρισμός κινδύνων.....	10
1.4 Ανάλυση και εκτίμηση του κινδύνου.....	10
1.5 Καταστάσεις του κινδύνου.....	11
1.6 Ορισμός τρωτότητας.....	12
1.7 Μείωση τρωτότητας.....	12

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΣΕΙΣ.....13

2.1 Ορισμός καταστροφής.....	13
2.1.1 Καταστροφή ανά τα χρόνια.....	14
2.1.2 Κατηγορίες ορισμών της καταστροφής.....	14
2.2 Ταξινόμηση καταστροφών.....	15
2.2.1 Ταξινόμηση φυσικών καταστροφών.....	17
2.3 Ορισμός της κρίσης.....	17
2.4 Τα συστατικά της κρίσης.....	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ.....	19
3.1 Ορισμός ηφαιστείων.....	19
3.1.1 Κατανομή ηφαιστείων.....	20
3.1.2 Περιγραφή ηφαιστείων.....	20
3.2 Ταξινόμηση ηφαιστείων.....	21
3.2.1 Ταξινόμηση βάσει εκρηκτικότητας.....	22
3.2.2 Ταξινόμηση βάσει ενεργότητας.....	24
3.3 Ηφαιστειακός κίνδυνος.....	24
3.4 Διαχείριση ηφαιστειακών καταστροφών.....	26
3.5 Πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής έκρηξης.....	27
3.6 Μέθοδοι και όργανα ηφαιστειακής δραστηριοποίησης.....	28
3.7 Ετοιμότητα .....	30
3.7.1 Σχέδιο απόκρισης.....	31
3.7.2 Ενημέρωση κοινού.....	31
3.7.3 Αντιμετώπιση ηφαιστειακών καταστροφών.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ..	33
4.1 Ιταλία.....	33
4.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία.....	33
4.1.2 Δημογραφικά στοιχεία.....	34
4.1.3 Πολιτισμός.....	34

4.2 Νάπολη.....	35
4.2.1 Γεωγραφικά στοιχεία.....	35
4.2.2 Κλιματολογικά στοιχεία.....	36
4.2.3 Δημογραφικά στοιχεία.....	36

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΙΤΑΛΙΑΣ.....37

5.1 Ορισμός ηφαιστειότητας.....	37
5.1.1 Ηφαιστειακά φαινόμενα.....	37
5.1.2 Ηφαιστειότητα της Ιταλίας.....	38
5.1.3 Σημαντικά ηφαίστεια της Ιταλίας.....	38
5.2 Τεκτονικοί και μαγματικοί περιορισμοί.....	40
5.3 Ηφαιστειολογία Ιταλίας.....	40
5.3.1 Ενεργά ηφαίστεια.....	40
5.3.2 Κοιμώμενα ηφαίστεια.....	41

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΛΕΓΓΡΑΙΑ ΠΕΔΙΑ.....42

6.1 Βασικές πληροφορίες.....	42
6.2 Γεωγραφικός προσδιορισμός.....	42
6.3 Εκρηκτική δραστηριότητα.....	43
6.4 Ιστορική αναδρομή.....	44
6.5 Πολιτιστική σημασία.....	47
6.6 Χρονολογική αναφορά γεγονότων.....	48

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ.....64

7.1 Εισαγωγικά .....64

7.2 Σχέδια δράσης.....64

7.3 Πολυπλοκότητα σχεδιασμού διαχείρισης καταστροφών...65

7.4 Disaster Operation Manager.....67

7.5 Στρατηγικές μετριασμού και αξιολόγησης κόστους οφέλους 69

7.6 Μελλοντικές εξελίξεις και ανάγκες.....72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....73

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....74

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή θα αναφερθούμε στην διαχείριση της ηφαιστειακής κρίσης και πιο συγκεκριμένα για την Ιταλία. Η Ιταλία είναι μία χώρα με μεγάλη γεωλογική σημασία, καθώς τα ηφαιστειά της είναι από τα πλέον ενεργά στον πλανήτη αλλά και οι περιοχές που τα απαρτίζουν χαρακτηρίζονται ως πυκνοκατοικημένες. Θα αποσαφηνίσουμε έννοιες όπως τι είναι κίνδυνος και τρωτότητα, καταστροφή και κρίση, έννοιες που συχνά αναφέρουμε αλλά ελάχιστοι είναι αυτοί που μπορούν να διαχωρίσουν το πραγματικό τους νόημα. Θα μάθουμε περισσότερες πληροφορίες για τα ηφαιστεια, τα είδη τους, τα μέρη τους αλλά θα εστιάσουμε στο κομμάτι της διαχείρισης των ηφαιστειακών καταστροφών, στο πως θα πρέπει να αποκρίνεται τόσο ο κρατικός μηχανισμός όσο και οι κάτοικοι. Έπειτα, θα προχωρήσουμε στην περιοχή μελέτης, ξεκινώντας γνωρίζοντας την Ιταλία ως χώρα, τα γεωγραφικά και δημογραφικά της στοιχεία, τον πολιτισμό της, και μετέπειτα την Νάπολη, στην οποία εντοπίζονται τα Φλεγραία Πεδία. Ακολουθεί η γεωλογική ιστορία της Ιταλίας σύμφωνα με την οποία θα μπορέσουμε να κατανοήσουμε όλο αυτό το φαινόμενο που συμβαίνει στα Φλεγραία πεδία και ειδικότερα τα σχέδια δράσης για την περιοχή, την πολυπλοκότητα στον σχεδιασμό διαχείρισης καταστροφών, τις στρατηγικές μετριασμού και αξιολογήσεις κόστους – οφέλους. Ενώ είναι απαραίτητο να επισημάνουμε τις μελλοντικές εξελίξεις και ανάγκες που θα προκύψουν. Τέλος, θα αναφερθούμε σε κάποια συμπεράσματα αλλά και προτάσεις βάσει των όσων έχουν ειπωθεί. Είναι αναγκαίο να κατανοήσουμε το πόσο σημαντικό είναι το να υπάρχει ένα σχέδιο δράσης και μια ομάδα η οποία θα μπορέσει να ενημερώσει – εκπαιδεύσει τον κόσμο ώστε να μην είναι ευάλωτος στην εμφάνιση μιας κρίσης αλλά σωστά προετοιμασμένος για κάθε πιθανό σενάριο.

## ABSTRACT

The current thesis will refer to volcanic crisis management and especially in the country of Italy. Italy as a country has a great geological matter, as its volcanoes are among the most active on the planet and their regions are characterized as densely populated. We will clarify concepts such as what is risk and vulnerability, destruction and crisis, concepts we are often refer to, but few are the ones that can separate their true meaning. We will learn more about volcanoes, their categories, their parts, but we will focus on the management of volcanic disasters, on how the state mechanism and the inhabitants should respond. Then we will move to the case study, starting to know Italy as a country, its geographical and demographic data, its culture, and later Naples, where the Campi Flegrei are located. This is followed by Italy's geological history according to which we understand all of this phenomenon in Campi Flegrei, in particular the action plans for the region, complexity in disaster management planning, mitigation strategies and cost – benefit assessments. While it is necessary to point out the future developments and needs that will arise. Finally, we will refer to some conclusions and suggestions based on what has been said. It is imperative that we understand how important is to have an action plan and a team that will be able to inform – train the people so that they are not vulnerable to the emergence of a crisis but properly prepared for any possible scenario.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΙΝΔΥΝΟΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΡΙΣΗ

### 1.1 Ορισμός κινδύνου

Ως κίνδυνο (hazard) μπορούμε να ορίσουμε ένα δυνητικά καταστροφικό γεγονός, φαινόμενο ή ανθρώπινη δραστηριότητα που μπορεί να προκαλέσει απώλειες ζωής ή τραυματισμούς, ζημιές σε περιουσίες, κοινωνικές και οικονομικές διαταραχές ή περιβαλλοντική υποβάθμιση (Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).



## 1.2 Αιτίες κινδύνων

Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις αιτίες των κινδύνων. Παρακάτω θα χωρίσουμε και επεξηγήσουμε σε τρεις κατηγορίες.

- Φυσικές: στον όρο φυσικοί κίνδυνοι περιλαμβάνεται οτιδήποτε μπορεί να προκληθεί από μια φυσική διαδικασία, πχ ηφαιστειακές εκρήξεις.
- Ανθρώπινες: κίνδυνοι που έχουν προκληθεί από τον ανθρώπινο παράγοντα και περιλαμβάνουν μια λίστα πιθανοτήτων. Μεταξύ άλλων περιλαμβάνει μακροπρόθεσμους κινδύνους πχ παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Σχετικοί με μια δραστηριότητα: είναι κίνδυνοι που δημιουργούνται από την ανάληψη κάποιας δραστηριότητας, διακοπή της οποίας παύει αυτόν τον κίνδυνο.

(Βικιπαίδεια,2016)

## 1.3 Κατηγορίες κινδύνων

Τους κινδύνους μπορούμε να τους κατηγοριοποιήσουμε σύμφωνα με την επιρροή τους στον άνθρωπο, τις περιουσίες και το περιβάλλον διαβίωσης. Ειδικότερα έχουμε:

- Φυσικοί κίνδυνοι: πυρκαγιές, καταγίδες, πλημμύρες, τυφώνες, σεισμοί, ηφαιστειακές εκρήξεις, κατολισθήσεις.
- Βιολογικοί κίνδυνοι: μετάδοση ασθενειών, παράσιτα και μόλυνση καλλιεργειών, κτηνοτροφίας και ανθρώπων.
- Τεχνολογικοί κίνδυνοι: κατάρρευση κοινωνικο-τεχνικών υποδομών, γεωργικές πρακτικές, επεξεργασία τροφών, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, υποδομή και μέσα μαζικής μεταφοράς.
- Πολιτικοί/κοινωνικοί κίνδυνοι: τρομοκρατία, δολιοφθορά, κοινωνικές ταραχές, ομηρία, επιδρομή, πόλεμος.

Κίνδυνοι μπορούν να εκδηλωθούν μεμονωμένα, διαδοχικά ή σε συνδυασμό όσον αφορά την προέλευσή τους και τα αποτελέσματά τους. Ο κίνδυνος χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία :

- a) Θέση
  - b) Ένταση
  - c) Συχνότητα
  - d) Πιθανότητα εκδήλωσης
- (Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 1.3.1 Διαχωρισμός κινδύνων

Υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στον τύπο και τον βαθμό του κινδύνου βάσει των ατόμων ίδιας ηλικίας και φύλου, προσωπικών παραγόντων όπως ο τόπος διαμονής, το επάγγελμα και ο τρόπος ζωής. Έτσι λοιπόν τους ταξινομούμε σε ακούσιους και εκούσιους. Ακούσιοι είναι οι κίνδυνοι στους οποίους εκτιθέμεθα ακούσια. Είναι σπάνιοι αλλά με καταστροφική επίδραση. Ο κίνδυνος μπορεί να είναι άγνωστος στο εκτιθέμενο άτομο, όταν όμως γίνει αντιληπτός δεν συνεπάγεται ότι μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο. Εκούσιοι είναι οι κίνδυνοι οι οποίοι είναι περισσότερο αποδεκτοί εκουσίως από τους ανθρώπους μέσα από τις δραστηριότητές τους. Τέτοιου είδους κίνδυνοι χαρακτηρίζονται από λιγότερες καταστροφικές επιδράσεις και είναι περισσότερο επιδεκτικοί σε έλεγχο. Σε αντίθεση με τους ακούσιους, αξιολογούνται αμεσότερα από τα άτομα. Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι ανθρωπογενείς καταστροφές μαζί με τις τεχνολογικές.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 1.4 Ανάλυση και εκτίμηση του κινδύνου

Ως ανάλυση του κινδύνου (hazard analysis) ορίζουμε την αναγνώριση, μελέτη και παρακολούθηση ενός κινδύνου για τον καθορισμό της προέλευσής του, του δυναμικού του , των χαρακτηριστικών του και της συμπεριφοράς του.

Ως στόχο για την αναγνώριση του κινδύνου (hazard assessment) θέτουμε την αναγνώριση:

- της πιθανότητας εκδήλωσης ενός συγκεκριμένου φαινομένου ή γεγονότος, σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
  - της έντασής του.
  - της περιοχής που επηρεάζει.
- (Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 1.5 Καταστάσεις του κινδύνου

Ο κίνδυνος χρησιμοποιείται κυρίως για να περιγράψει μια ενδεχομένως επιβλαβή κατάσταση, αν και όχι συνήθως το ίδιο το γεγονός. Μόλις ξεκινήσει το επιβλαβές γεγονός τότε ταξινομείται ως έκτακτη ανάγκη ή περιστατικό. Υπάρχουν διάφορες καταστάσεις κινδύνου όπως:

- **Ανενεργή.** Έχει την δυνατότητα να γίνει επικίνδυνη αλλά δεν πρόκειται να επηρεάσει τον άνθρωπο, ιδιοκτησία ή το περιβάλλον.
- **Πιθανή.** Ο κίνδυνος μπορεί να έχει επιπτώσεις σε πρόσωπα, ιδιοκτησία ή το περιβάλλον και ίσως χρειαστεί περαιτέρω αξιολόγηση κινδύνου.
- **Ενεργή.** Ο κίνδυνος είναι βέβαιο πως θα προκαλέσει ζημιά, δεδομένου ότι καμία επέμβαση δεν είναι εφικτή προτού εμφανιστεί το γεγονός.
- **Μετριασμένη.** Ο πιθανός κίνδυνος έχει προσδιοριστεί, ωστόσο έχουν ληφθεί οι απαιτούμενες ενέργειες προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι δεν θα εξελιχθεί σε περιστατικό. Αυτό μπορεί να μην αποτελεί εγγύηση για την εξάλειψη της του κινδύνου, είναι όμως πιθανό να μειώσει σημαντικά τις συνέπειες που μπορεί να προκαλέσει ο κίνδυνος.

(Βικιπαίδεια,2016)

### 1.6 Ορισμός τρωτότητας

Ως τρωτότητα (vulnerability), ορίζονται οι συνθήκες που καθορίζονται από φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες ή διεργασίες, που αυξάνουν την ευπάθεια μιας κοινωνίας στις επιπτώσεις των κινδύνων. Στην ουσία αντιπροσωπεύει τον βαθμό κατά τον οποίο ένας πληθυσμός ή ένα άτομο αδυνατεί να προβλέψει, να αντέξει, να αντισταθεί και να ανακάμψει από τις επιπτώσεις μιας επικείμενης καταστροφής (Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).

Κατά καιρούς έχουν παρουσιαστεί διάφοροι ορισμοί για την έννοια της τρωτότητας. Εναλλακτικά η τρωτότητα μπορεί να προσδιοριστεί ως:

« Τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου ή μιας ομάδας ανθρώπων βάσει των ικανοτήτων τους να ανταπεξέλθουν και να αντιμετωπίσουν μια καταστροφή και να ανακάμψουν από τις επιπτώσεις της. Η τρωτότητα περιλαμβάνει ένα συνδυασμό παραγόντων που καθορίζουν τον βαθμό κατά τον οποίο η ζωή και το περιβάλλον ενός ατόμου εκτίθεται σε κίνδυνο από ένα διακριτό και αναγνωρίσιμο γεγονός της φύσης ή της κοινωνίας» (Blaikie et al, 1994).

### 1.7 Μείωση της τρωτότητας

Πριν φτάσουμε στη μείωση της τρωτότητας πρέπει να ξεκινήσουμε από την εκτίμηση. Μέσω της εκτίμησης της τρωτότητας (vulnerability assessment) μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα που θα βιώσουν συγκεκριμένες ομάδες στη φάση της καταστροφής ή κατά την περίοδο της ανάκαμψης. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ομάδων αυτών είναι η κοινωνική τάξη, η εθνικότητα, το φύλο, η ηλικία, πιθανή αναπηρία και η θρησκεία.

Η μείωση της τρωτότητας (vulnerability reduction) περιλαμβάνει όσα μέτρα λαμβάνονται προκειμένου να μειωθεί η έκθεση των ανθρώπων σε κινδύνους και να αυξηθεί η ικανότητά τους στην επιβίωση και στην ανάκαμψη σε περιπτώσεις καταστροφών. Η μείωση της τρωτότητας μιας κοινωνίας εντάσσεται στις ευθύνες των αρχών. Είναι αναγκαία η πρόβλεψη της οικονομικής δέσμευσης σε κρατικούς προϋπολογισμούς (Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΣΕΙΣ

### 2.1 Ορισμός καταστροφής

Ως καταστροφή (disaster) ορίζουμε μια σοβαρή διαταραχή της λειτουργίας της κοινωνίας, που προκαλεί εκτεταμένες ανθρώπινες, υλικές και περιβαλλοντικές απώλειες οι οποίες ξεπερνούν την ικανότητα της πληγείσας κοινωνίας να τις αντιμετωπίσει βασιζόμενη μόνο στις δικές της δυνάμεις (Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

Η καταστροφή αποτελεί μια συνάρτηση της διακινδύνευσης, όπου διακινδύνευση είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού των κινδύνων, συνθηκών τρωτότητας και ανεπάρκειας ικανότητας ή κατάλληλων μέτρων για την μείωση των δυνητικών αρνητικών συνεπειών.

Οι καταστροφές είναι γεγονότα που λαμβάνουν χώρα όταν ένας σημαντικός αριθμός ανθρώπων εκτίθεται σε κινδύνους στους οποίους είναι τρωτοί, καταλήγοντας σε τραυματισμούς ή απώλειες ζωής, συχνά σε συνδυασμό με καταστροφή περιουσιών και συνθηκών διαβίωσης.

Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές μια μεγάλη καταστροφή θεωρείται αυτή που προκαλεί:

- τουλάχιστον 100 θανάτους ή
- τουλάχιστον 100 τραυματισμούς ή
- ζημιές τουλάχιστον 1 εκατομμυρίου δολαρίων.

Η διεθνής βάση δεδομένων για τις καταστροφές EM-DAT για να καταχωρήσει ένα συμβάν ως καταστροφή χρησιμοποιεί ένα από τα παρακάτω κριτήρια:

- 10 ή περισσότερους θανάτους
- 100 ή περισσότερα θύματα
- Κήρυξη κατάστασης ή έκτακτης ανάγκης
- Κλήση για διεθνή βοήθεια

Ωστόσο πρέπει να διαχωρίσουμε την έννοια του ατυχήματος με της καταστροφής που συχνά μπερδεύονται. Η ειδοποιός διαφορά μια καταστροφής από ένα ατύχημα ή ένα γεγονός είναι το μέγεθος των αναγκών και θυμάτων που συνεπάγεται (Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 2.1.1 Καταστροφή ανά τα χρόνια

- 1920-1930: ξεκινάει η ενασχόληση με τον τομέα των καταστροφών
- 1950: αυξάνεται η δραστηριότητα, περιλαμβάνοντας ευρεία μελέτη σε σχέση με τις συνθήκες και τις επιπτώσεις του Β Παγκοσμίου Πολέμου
- 1960: επιτάχυνση της δραστηριότητας
- 1963: ίδρυση του Disaster Research Center στις ΗΠΑ
- 1970: διόγκωση του κλάδου
- 1980: ελάχιστη ενασχόληση από τους ερευνητές στο θέμα των ορισμών

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 2.1.2 Κατηγορίες ορισμών της καταστροφής

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες ορισμών τις οποίες μπορούμε να συνοψίσουμε στις παρακάτω:

- Υποχρεωτικοί ορισμοί. Εντοπίζονται στο αντικείμενο της κοινωνικής ή κυβερνητικής πολιτικής. Χρησιμοποιούνται στη λήψη αποφάσεων για την επίσημη κήρυξη μιας έκτακτης ανάγκης ή καταστροφής
- Ορισμοί βάσει τον τύπο του κινδύνου που προκαλεί την καταστροφή. Οι κίνδυνοι δεν αποτελούν αυτοί τις καταστροφές αλλά σχετίζονται γενετικά με τις περισσότερες
- Φαινοτυπικοί ορισμοί. Εστιάζουν στα φαινομενικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε κρίσιμου παράγοντα

Στον τομέα της βιβλιογραφίας εντοπίζουμε τρεις προσεγγίσεις για τον ορισμό της καταστροφής.

A. Κλασική σχολή κοινωνικών επιστημών. Λαμβάνει υπόψη την κοινωνική διαταραχή, τη διακοπή των κανονικών λειτουργιών της κοινωνίας, την αποδυνάμωση των μηχανισμών που μειώνουν τις κοινωνικές εντάσεις, την απώλεια ζωής και τις σωματικές βλάβες.

Η προσέγγιση αυτή εξετάζει:

- Το μοτίβο της διακοπής της σταθερότητας
- Την προσαρμογή στη διακοπή της κανονικότητας
- Την επανάκαμψη της συμπεριφοράς στην κανονικότητα

B. Προσέγγιση μέσω της συσχέτισης κινδύνου και καταστροφής. Εστιάζει στον κίνδυνο και την κατανόησή του και αναλύει περισσότερο τη φύση του φαινομένου.

C. Η καθαρά κοινωνιολογική προσέγγιση. Οι καταστροφές αντιπροσωπεύουν την τρωτότητα μια κοινωνίας και αντικατοπτρίζουν τις αδυναμίες των κοινωνικών συστημάτων. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των καταστροφών αναλύονται ως:

- Ξαφνικά γεγονότα
- Διακόπτουν σοβαρά τις συνήθεις λειτουργίες των κοινωνικών μονάδων
- Προκαλούν την υιοθέτηση μη προσχεδιασμένων τρόπων δράσης για να αντιμετωπιστεί η διαταραχή
- Απρόσμενες διαστάσεις στον κοινωνικό χώρο και χρόνο
- Θέτουν σε κίνδυνο πολύτιμα κοινωνικά αγαθά

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

## 2.2 Ταξινόμηση καταστροφών

Τις καταστροφές μπορούμε να τις κατηγοριοποιήσουμε σε τρεις μεγάλες ομάδες.

**Γενεσιουργός μηχανισμός.** Η διαδικασία που οδηγεί πιθανά ή αναπόφευκτα κάποια στιγμή σε καταστροφή μπορεί να είναι:

- Φυσικές διεργασίες. Η λιθόσφαιρα, η υδρόσφαιρα, η τροπόσφαιρα και η βιόσφαιρα βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και αλληλεπίδραση και συχνά εκδηλώνονται φαινόμενα που είναι απόλυτα φυσικά και αναμενόμενα, καταστροφικά όμως για τον άνθρωπο όταν αυτά επηρεάσουν τον χώρο που δραστηριοποιείται ή τον πλανήτη ολόκληρο.
- Τεχνολογική ανάπτυξη. Η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων απ' τον άνθρωπο και η τροποποίηση του περιβάλλοντος συνεπάγεται με επιπτώσεις και δημιουργία επικίνδυνων καταστάσεων.
- Επιθετικές ενέργειες. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των ανθρώπινων κοινωνιών με αντικείμενο την εδαφική, οικονομική ή την ιδεολογική επικράτηση δεν είναι νέο φαινόμενο και το πεδίο των διεκδικήσεων δεν είναι πάντα πολιτικό. Οι πόλεμοι, οι εμφύλιες συρράξεις και οι τρομοκρατικές ενέργειες χαρακτηρίζονται από καταστροφές και πολυάριθμα θύματα.

**Τρόπος εκδήλωσης.** Μέσο ή φαινόμενο. Η εκδήλωση ενός τύπου φαινομένου δεν αποκλείει την εκδήλωση ενός φαινομένου άλλου τύπου. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ένα καταστροφικό γεγονός προκαλεί την εκκίνηση ενός άλλου (domino effect).

- Φυσικά φαινόμενα.
  - i. Γεωδυναμικά φαινόμενα
  - ii. Υδρομετεωρολογικά φαινόμενα και κλιματικές αλλαγές
  - iii. Αστρονομικά φαινόμενα
  - iv. Βιολογικές προσβολές
  
- Τεχνολογικά ατυχήματα.
  - i. Διαρροή χημικών ουσιών στο περιβάλλον
  - ii. Διαρροή ραδιενέργειας
  - iii. Διαφυγή επικίνδυνων βιολογικών παραγόντων
  - iv. Αστοχία πληροφοριακών δικτύων
  
- NaTech. Τεχνολογικές αστοχίες που προκλήθηκαν από φυσικά φαινόμενα.
- Επιθέσεις.
  - i. Χρήση συμβατικών όπλων
  - ii. Χρήση χημικών όπλων
  - iii. Χρήση βιολογικών όπλων
  - iv. Χρήση πυρηνικών όπλων
  - v. Προπαγάνδα και πληροφοριακές επιθέσεις μέσω των MME και του Διαδικτύου

**Ταχύτητα εξέλιξης και διάρκεια της καταστροφής.** Οι καταστροφές μπορούν να ταξινομηθούν βάσει της ταχύτητας έναρξής τους και τη διάρκειά τους. Η κατάταξη αυτή είναι πιο χρήσιμη σε αντίθεση με τις γενικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την ανταπόκριση στις καταστροφές, που είναι πολύ όμοιες. Σε αυτό το σύστημα ταξινόμησης υπάρχουν δύο είδη καταστροφών:

- Άμεσης εκδήλωσης (rapid onset ή κατακλυσμιαίες). Περιλαμβάνουν σεισμούς, τυφώνες, πλημμύρες και τσουνάμι.
- Μακροχρόνιες (αργές ή και συνεχείς καταστροφές). Περιλαμβάνουν τους εμφύλιους πολέμους, τις ξηρασίες και του λιμούς καθώς και τις επιδημίες. Στις μακροχρόνιες, συνεχείς καταστροφές η κατάσταση παραμένει σταθερή ή μπορεί και να χειροτερεύει με την πάροδο του χρόνου.



(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 2.2.1 Ταξινόμηση φυσικών καταστροφών

Με τον όρο φυσικές καταστροφές αναφερόμαστε σε καταστροφές που προκαλούνται από φυσικά φαινόμενα. Στην πραγματικότητα όμως οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι καθοριστικός παράγοντας που συμβάλει στη δημιουργία μιας καταστροφής. Αναλυτικά τις φυσικές καταστροφές τις ξεχωρίζουμε σε:

#### A. Γεωλογικές καταστροφές

- Σεισμοί
- Ηφαίστεια
- Κατολισθήσεις
- Τσουνάμι
- Παράκτια διάβρωση
- Ανθρωπογενείς γεωλογικές καταστροφές

#### B. Υδρομετεωρολογικές καταστροφές

- Πλημμύρες
- Τροπικές καταιγίδες
- Χιονοθύελλες
- Δασικές πυρκαγιές
- Καύσωνες
- Ξηρασία
- Ερημοποίηση

#### C. Βιολογικές προσβολές

- Επιδημίες
- Επιδρομές εντόμων, τρωκτικών
- Ασθένειες καλλιεργειών και ζώων

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 2.3 Ορισμός της κρίσης

Η κρίση εντοπίζεται σε ένα κρίσιμο σημείο, ένα σταυροδρόμι ή μια επιλογή. Ενέχει ταυτόχρονα το στοιχείο της απειλής και της ευκαιρίας (Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

Μιλάμε για κρίση όταν μια κοινότητα ανθρώπων (ένας οργανισμός, μια πόλη, ένα έθνος) αντιλαμβάνονται μια επείγουσα απειλή δε θεμελιώδης αξίες ή ζωτικές λειτουργίες, η οποία πρέπει να αντιμετωπιστεί υπό συνθήκες αβεβαιότητας (Rosenthal, Boin, & Comfort,2001).

Οι όροι κρίση (crisis) και καταστροφή (disaster) χρησιμοποιούνται ως συνώνυμες. Στον ακαδημαϊκό τομέα, οι έννοιες αυτές αναφέρονται σε διαφορετικές καταστάσεις με διαφορετικά ερωτήματα και απαντήσεις που αντλούνται από διαφορετικές θεωρίες. Και οι δύο όροι αναφέρονται σε γεγονότα που ανήκουν στην αρνητική κατηγορία, δηλαδή αναπάντεχες, ανεπιθύμητες, αδιανόητες και συχνά μη διαχειρίσιμες καταστάσεις (Hewitt,1983).

#### 2.4 Τα συστατικά της κρίσης

Η κρίση σχετίζεται, σε πολιτικό επίπεδο, ως μία σοβαρή απειλή για τις βασικές δομές ή τις θεμελιώδεις αξίες και κανόνες ενός συστήματος, η οποία υπό χρονική πίεση και συνθήκες υψηλής αβεβαιότητας, απαιτεί αποφάσεις ζωτικής σημασίας (Rosenthal, Charles & “t” Hart,1989).

Η κρίση αποτελείται από τρία θεμελιώδη συστατικά:

- Απειλή. Η ασφάλεια, η τάξη, η ευημερία, η υγεία, η δικαιοσύνη αποσταθεροποιούνται ή μπορεί να χάσουν και το νόημά τους μπροστά σε μια έξαρση βίας, καταστροφής, ζημιών και άλλων δυσχερειών.
- Χρονική στενότητα (επείγον). Η κρίση εμπεριέχει το αίσθημα του επείγοντος. Η χρονική στενότητα είναι καθοριστικό στοιχείο της κρίσης, η απειλή είναι ορατή, πραγματική και πρέπει να αντιμετωπιστεί το συντομότερο δυνατόν.
- Αβεβαιότητα. Σε μία κρίση η αντίληψη της απειλής συνοδεύεται από υψηλό βαθμό αβεβαιότητας. Αυτή εμπεριέχεται και στην φύση και στις επιπτώσεις της απειλής.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ

### 3.1 Ορισμός ηφαιστείων

Ως ορισμό ηφαιστείων μπορούμε να θέσουμε τις θέσεις πάνω στην επιφάνεια της γης, όπου διάπυρο ρευστό υλικό από το εσωτερικό της γης, το μάγμα, βρίσκει διέξοδο και εκχύνεται στην επιφάνεια με τη μορφή της λάβας, μαζί με στερεά και αέρια αναβλήματα υψηλών θερμοκρασιών

Η θέση των ηφαιστείων πάνω στον πλανήτη δεν είναι τυχαία αλλά είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τεκτονική των λιθοσφαιρικών πλακών, δεδομένου ότι η παραγωγή μάγματος γίνεται ακριβώς στα περιθώρια των πλακών. Τα ηφαίστεια εντοπίζονται σε τρία γεωτεκτονικά περιβάλλοντα:

- a) Στις ζώνες σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών: η μία πλάκα υποβυθίζεται και καταστρέφεται κάτω από μια άλλη, εκεί εντοπίζεται το 80% των ενεργών ηφαιστείων σε παγκόσμια κλίμακα.
- b) Στις ζώνες απόκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών: είναι γνωστά ως μεσωκεάνιες ράχες κατά μήκος των οποίων συντελείται συνεχής άνοδος μαγματικού υλικού και δημιουργία νέου φλοιού στους ωκεάνιους πυθμένες.
- c) Στις περιοχές των θερμών κηλίδων: εντοπίζονται στις κεντρικές περιοχές των τεκτονικών πλακών όπου κάποια ασυνέχεια του φλοιού επιτρέπει την δίοδο τηγμένου υλικού μέσα από το εσωτερικό της γης.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).

#### 3.1.1 Κατανομή ηφαιστείων

Σύμφωνα με την International Association of Volcanology τα ενεργά ηφαιστειακά κέντρα σε παγκόσμια κλίμακα κατανέμονται ως εξής:

##### ❖ Πύρινη ζώνη περιοχής Ειρηνικού ωκεανού (ποσοστό 65%)

- Το 45% αναπτύσσεται κατά μήκος των Νησιωτικών τόξων και κυρίως στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού ωκεανού.
- Το 17% καλύπτει τα ηπειρωτικά περιθώρια της Βόρειας και Νότιας Αμερικής.
- Το 3% βρίσκεται στα νησιά του Κεντρικού Ειρηνικού (Χαβάη, Σαμόα).

❖ **Ηφαιστειακό τόξο του Ινδικού ωκεανού (ποσοστό 15%)**

❖ **Υπόλοιπες περιοχές (ποσοστό 20%)**

- Το 13% βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Ατλαντικού ωκεανού (Αζόρες, Κανάριοι νήσοι, Μαδέρα, Ισλανδικά ηφαίστεια) και μερικά υποθαλάσσια ηφαίστεια στην περιοχή του Ειρηνικού.
- Το 7% κατανέμεται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Περιλαμβάνονται τα ενεργά ηφαίστεια του Αιγαίου και του Τυρρηνικού Πελάγους.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.1.2 Περιγραφή ηφαιστειών

Βασικό τμήμα της δομής ενός ηφαιστείου είναι ο **κεντρικός αγωγός**, ο οποίος είναι σχεδόν κατακόρυφος φυσικός σωλήνας με περίπου κυκλικό ή ωοειδές σχήμα διατομής, μέσα από τον οποίο γίνεται η άνοδος του μαγματικού μέχρι την επιφάνεια.

Ο κεντρικός αγωγός, ο οποίος εντοπίζεται στο ανώτερο άκρο του ηφαιστείου, ανοίγει και παίρνει ένα χοανοειδές σχήμα, ονομάζεται **κρατήρας**. Βρίσκεται στην κορυφή κωνικού υψώματος, διαστάσεων λόφου ή ακόμη και όρους, που έχει δημιουργηθεί από στερεοποιημένα ηφαιστειακά αναβλήματα κατά τη διάρκεια παλαιότερων διαδοχικών εκχύσεων. Οι μορφές των κώνων ποικίλουν και βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με τη χημική σύσταση της λάβας από την οποία προέρχονται.

Εκτός από τον κεντρικό κρατήρα στην κορυφή του ηφαιστείου, πιθανόν να υπάρχουν και **δευτερεύοντες πλευρικοί** που τροφοδοτούνται από μικρότερα παρακλάδια του κεντρικού αγωγού. Στο κατώτερο άκρο του κεντρικού υπάρχει ο **μαγματικός θάλαμος**, η πρωτογενής όμως μαγματική εστία είναι πολύ πιο βαθιά στον ανώτερο μανδύα της γης.

Οι **καλδέρες** είναι αρνητικές γεωμορφές (βυθίσματα) που συνδέονται με ογκώδεις καταβυθίσεις και προκύπτουν λόγω μετακίνησης των μαγματικών μαζών ή λόγω κατάρρευσης των υποκείμενων τμημάτων.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.2 Ταξινόμηση ηφαιστείων

Κάθε τύπος ηφαιστείου έχει χαρακτηριστική δραστηριότητα η οποία καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητα του μάγματος. Η πυκνότητα του μάγματος καθορίζεται από:

1. Την περιεκτικότητα του σε πυρίτιο, η οποία κυμένεται από 50%-70%
2. Την θερμοκρασία του

Όσο περισσότερο πυρίτιο υπάρχει στο μάγμα, τόσο πιο μικρή είναι η θερμοκρασία του και τόσο πιο παχύρευστο είναι. Ταυτόχρονα οι ρευστές φάσεις παραμένουν εγκλωβισμένες στο μάγμα και τελικά οι εκρήξεις είναι πιο βίαιες και καταστροφικές. Τα φτωχά σε πυρίτιο μάγματα έχουν υψηλότερη θερμοκρασία και μικρότερο ιξώδες. Κατά συνέπεια, κατά τη διαδρομή τους χάνουν πιο εύκολα τις ρευστές φάσεις που απελευθερώνονται σταδιακά στην ατμόσφαιρα, ενώ τα αντίστοιχα ηφαίστεια και οι εκρήξεις τους είναι λιγότερο βίαια. Όσο πιο λίγο πυρίτιο υπάρχει, τόσο η θερμοκρασία του μάγματος πλησιάζει τους 1200 °C, ενώ όσο αυξάνεται το πυρίτιο η θερμοκρασία του μάγματος χαμηλώνει μέχρι τους 600-650 °C.

Σύμφωνα με τη σύσταση του μάγματος, τα ηφαιστειακοί τύποι προκύπτουν ως εξής:

- Ασπιδικά ηφαίστεια

Χαρακτηρίζονται από μη εκρηκτική δραστηριότητα που είναι αποτέλεσμα της μικρής περιεκτικότητας του μάγματος σε πυρίτιο (περίπου 50%). Είναι πολύ μεγάλα σε έκταση και αποτελούνται αποκλειστικά σχεδόν από πολυάριθμες ροές λαβών. Τα τυπικά ηφαίστεια ασπίδων είναι αυτά που αναπτύσσονται σε ωκεάνιες περιοχές.

- Μικτά ηφαίστεια ή στρωματοηφαίστεια

Είναι γνωστά για το κωνοειδές τους σχήμα, χαρακτηρίζονται από μάγμα με ενδιάμεση περιεκτικότητα σε πυρίτιο (περίπου 60%), πιο παχύρευστο από το μάγμα των ασπιδικών ηφαιστείων. Η δραστηριότητα τους χαρακτηρίζεται από αλλεπάλληλες εκρήξεις ροών λάβας και αερίων. Τα στρωματοηφαίστεια εντοπίζονται στις περιοχές όπου οι τεκτονικές πλάκες συγκλίνουν, στις οποίες η μία πλάκα υποβυθίζεται κάτω από μία άλλη.

- Ηφαιστειακοί δόμοι

Χαρακτηρίζονται από παχύρρευστο μάγμα με υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο (>70%). Η δραστηριότητά τους είναι γενικά πολύ μεγάλη, καθιστώντας τους πολύ επικίνδυνους.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.2.1 Ταξινόμηση βάσει εκρηκτικότητας

Σύμφωνα με την εκρηκτικότητά τους τα ηφαίστεια ταξινομούνται ως εξής:

- a) Εκρήξεις Ισλανδικού τύπου

Είναι μεγάλης κλίμακα εκχύσεις λάβας με μεγάλη ρευστότητα. Κάθε εκρηκτική δράση σχηματίζει μικρά ηφαιστειακά οικοδομήματα κωνικού σχήματος κατά μήκος ρωγμών.

- b) Εκρήξεις τύπου Χαβάης

Είναι οι πιο ήπιες μορφές εκρήξεων. Χαρακτηρίζονται από εκχύσεις λάβας μεγάλης κινητικότητας ενώ τα λίγα συνοδά αέρια απελευθερώνονται σχεδόν αθόρυβα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του τύπου εκρήξεων είναι η συμπαγής λάβα και η παραγωγή λεπτών ροών λάβας οι οποίες καλύπτουν τεράστιες επιφανειακές εκτάσεις σχηματίζοντας έτσι ασπιδωτά ηφαίστεια. Οι εκρήξεις εκδηλώνονται κοντά στην κορυφή των ηφαιστείων και σε μεμονωμένες ρωγμές ενώ η πυρακτωμένη λάβα κατηφορίζει τις πλαγιές του ηφαιστείου με αποτέλεσμα να μη στερεοποιείται και αποφράσσει το στόμιο εξόδου.

- c) Εκρήξεις τύπου Στρόμπολι

Αυτό το είδος ηφαιστειακής δραστηριότητας έχει ονομαστεί από το ηφαίστειο Stromboli της νότιας Ιταλίας. Είναι σε δράση εδώ και εκατό χρόνια, εκρηγνύεται κάθε δώδεκα λεπτά και δίνει μια προσωρινή λάμψη έτσι ώστε να δικαιολογήσει το όνομά του ως «Φάρος της Μεσογείου». Η δραστηριότητά του είναι ελαφρώς περισσότερο εκρηκτική από αυτή της Χαβάης, λόγω της έκθεσης λιγότερο κινητικής λάβας στην ατμόσφαιρα. Χαρακτηρίζεται από μικρές βίαιες εκτινάξεις λάβας που φτάνουν μέχρι και εκατοντάδες μέτρα μέσα στην ατμόσφαιρα. Οι εκτινάξεις της παχύρρευστης βασαλτικής λάβας γίνεται κυρίως από το στόμιο του ηφαιστείου. Τα σύνοδα αέρια απελευθερώνονται με μέτριας έντασης εκρήξεις, ρυθμικές ή συνεχιζόμενες. Τα αέρια που απελευθερώνονται

παρασύρουν και εκτινάσσουν στερεά αναβλήματα τα οποία τοποθετούνται ομοιόμορφα γύρω από τον κρατήρα του ηφαιστείου.

d) Εκρήξεις τύπου Vulcano

Είναι εκρήξεις μικρές σε διάρκεια, περιλαμβάνουν την απελευθέρωση ρευστής λάβας η οποία ψύχεται και στερεοποιείται κατά το χρονικό διάστημα ηρεμίας που μεσολαβεί ανάμεσα στις διαδοχικές εκρήξεις και φράσσει το στόμιο εκπομπής του μάγματος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η εσωτερική πίεση των αερίων. Η ηφαιστειακή τέφρα που παράγεται είναι σχετικά μικρή σε ποσότητα εντούτοις διασκορπίζεται σε μεγάλη απόσταση γύρω από το ηφαίστειο.

e) Εκρήξεις Πλίνιου τύπου

Τέτοιου είδους εκρήξεις αντιπροσωπεύουν τις γνωστές ηφαιστειακές εκρήξεις κατά τις οποίες η ηφαιστειακή τέφρα που εκτοξεύθηκε, ανέβηκε μέχρι και 45 χιλιόμετρα μέσα στη στρατόσφαιρα. Αυτές οι εκρηκτικού τύπου εκρήξεις πήραν το όνομά τους από τον Πλίνιο, Ρωμαίο πολιτικό που περιέγραψε με μεγάλη λεπτομέρεια την ηφαιστειακή έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ.Χ. Τέτοιου τύπου εκρήξεις περιλαμβάνουν βίαιες εκτοξεύσεις μάγματος και αερίων στην ατμόσφαιρα και συναντώνται κυρίως στα στρωματοηφαίστεια. Η διάρκεια των εκρήξεων ποικίλει από μερικές ώρες μέχρι και ημέρες. Λόγω της μακράς περιόδου ηρεμίας, το μάγμα είναι πολύ εμπλουτισμένο σε αέρια ενώ τα ηφαιστειακά νέφη που δημιουργούνται ανεβαίνουν ψηλά στην ατμόσφαιρα και η σποδός μεταφέρεται σε πολλές και απομακρυσμένες περιοχές.

f) Εκρήξεις τύπου Πελέ

Πρόκειται για τον δυνητικά καταστροφικότερο εκρηκτικό τύπο. Από τον κεντρικό κρατήρα του ηφαιστείου εκτινάσσονται πυρακτωμένα νέφη και μεγάλες ποσότητες πτητικών συστατικών. Κατά τα πρώτα στάδια παρατηρείται έντονη εκρηκτικότητα λόγω της συμμετοχής του μετεωρικού νερού. Η απελευθέρωση των πολύ εκρηκτικών υλικών παρεμποδίζεται από την παρουσία ενός δόμου συμπαγούς λάβας πάνω από τον κύριο ηφαιστειακό αγωγό. Το μάγμα που βρίσκεται υπό συμπίεση ακολουθώντας κάποια ασυνέχεια προκαλεί νέο άνοιγμα από όπου απελευθερώνονται πλευρικά. Το κύμα λάβας μετακινείται με μεγάλες ταχύτητες αποτεφρώνοντας και καταστρέφοντας οτιδήποτε βρίσκεται στο πέρασμά του.

g) Υδροθερμικές εκρήξεις

Προκαλούνται από την αντίδραση του μάγματος με το επιφανειακό ή υπόγειο νερό. Είναι πολύ πιο εκρηκτικές από τις εκρήξεις τύπου Stromboli. Καθώς το νερό θερμαίνεται μετατρέπεται σε υδρατμούς οι οποίοι εξαπλώνονται και κομματιάζουν το μάγμα το οποίο εκρήγνυται σε μορφή τέφρας.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015)

### 3.2.2 Ταξινόμηση βάσει ενεργότητας

**Ενεργά:** Είναι τα ηφαίστεια με καταγεγραμμένη εκρηκτική δραστηριότητα μέσα στους ιστορικούς χρόνους. Είναι ικανά να επαναδραστηριοποιηθούν ανά πάσα στιγμή και στο μέλλον.

**Κοιμώμενα:** Ηφαίστεια που δεν έχουν ιστορικά καταγεγραμμένη δράση, είτε γιατί η περίοδος «χειμερίας νάρκης» τους υπερκαλύπτει τους ιστορικούς χρόνους είτε γιατί βρίσκονται σε περιοχές με χρονικά περιορισμένες ιστορικές καταγραφές.

**Σβησμένα:** Χαρακτηρίζονται τα ηφαίστεια που όλα τα δεδομένα δείχνουν πως έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους και έχουν πλέον απονεκρωθεί.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.3 Ηφαιστειακός κίνδυνος

Οι κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν από την έκρηξη ενός ηφαιστείου καταγράφονται ως εξής:

#### i. Ροές λάβας

Λαμβάνουν χώρα όταν το μάγμα φθάσει στην επιφάνεια και υπερχειλίσει από τον κρατήρα καλύπτοντας τις πλευρές του ηφαιστείου. Οι ροές λάβας αποτελούν το πλέον γνωστό προϊόν της ηφαιστειακής δραστηριότητας και χαρακτηρίζεται από μεγάλες ταχύτητες μετακίνησης όταν η πυκνότητα είναι μικρή, μικρές ταχύτητες μετακίνησης όταν θεωρούνται παχύρρευστες και υψηλές θερμοκρασίες που πλησιάζουν τους 1200 βαθμούς Κελσίου.



## ii. Τέφρα

Αποτελείται από το θρυμματισμένο υλικό που εκτινάσσεται κατά τη διάρκεια της ηφαιστειακής έκρηξης και στη συνέχεια αποτίθεται στο έδαφος. Μπορεί να προκαλέσει καταρρεύσεις κατασκευών, ασφυξία όταν είναι πολύ λεπτόκοκκη, μόλυνση της γης και των καλλιεργειών και παύση της αεροπλοΐας.

## iii. Ηφαιστειακές βόμβες

Κατακερματισμένο υλικό που εκτινάσσεται κατά τη διάρκεια μιας ηφαιστειακής έκρηξης, παρόμοιο με την τέφρα αλλά πιο χονδρόκοκκο. Πολλές φορές οι βόμβες αυτές ξεπερνούν σε διάσταση το ένα μέτρο και ως αποτέλεσμα προκαλούν σοβαρές ζημιές σε κατοικίες και οχήματα. Στην περίπτωση που αυτές οι βόμβες έχουν υψηλή θερμοκρασία μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές.

## iv. Ατμοσφαιρικά φαινόμενα

Αποτελούν τα τοπικά γεγονότα ηφαιστειακών καταιγίδων που προκαλούνται από το στατικό φορτίο των σωματιδίων που έχουν εκτοξευτεί στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια μιας ηφαιστειακής έκρηξης, τοξική βροχή, ωστικά κύματα και κύματα ήχου.

## v. Πυροκλαστική δραστηριότητα

Είναι χαρακτηριστική δραστηριότητα ενός μάγματος με υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο. Κατά τη διάρκεια της πυροκλαστικής δραστηριότητας λαμβάνουν μέρος όλα τα είδη των ηφαιστειακών αιωρημάτων από την λεπτόκοκκη τέφρα μέχρι τις ηφαιστειακές βόμβες τα οποία εκτινάσσονται από κάποιο ηφαιστειακό αγωγό στην ατμόσφαιρα. Οι εκρήξεις είναι αρκετά έντονες και η ταχύτητά τους είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις να υπερβεί την ταχύτητα του ήχου, ενώ τα υλικά μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις και να καλύψουν εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα.

## vi. Δηλητηριώδη αέρια

Ένα πλήθος από αέρια όπως ατμοί διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα, υδρόθειου κλπ., εκπέμπονται τόσο κατά τη διάρκεια της ηφαιστειακής δραστηριότητας όσο και κατά τη διάρκεια των ενδιάμεσων περιόδων. Το διοξείδιο του θείου είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή και μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα. Το διοξείδιο του άνθρακα όμως είναι το πιο κοινό και το πιο επικίνδυνο.

#### vii. Λασποροές

Προκαλούνται όταν επέλθει κορεσμός σε μεγάλους όγκους ηφαιστειακής τέφρας και άλλων ηφαιστειακών προϊόντων οπότε παρατηρείται μετακίνηση με μεγάλες ταχύτητες. Οι λασποροές είναι αρκετά επικίνδυνες και έχουν άμεσες επιπτώσεις στον περιβάλλοντα χώρο.

#### viii. Σεισμική δραστηριότητα

Η σεισμική δραστηριότητα είναι συχνά προάγγελος της ηφαιστειακής δραστηριότητας και συχνά συνοδεύει τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Οι σεισμοί αυτοί συνήθως δεν ξεπερνούν σε ένταση τα 5R. Οι επιπτώσεις από αυτή τη συνοδεύουσα σεισμική δραστηριότητα είναι δυνατό να είναι εντονότερες από τις επιπτώσεις αυτής καθαυτής της ηφαιστειακής δραστηριότητας καθώς μπορεί να προκαλέσει ρευστοποιήσεις των εδαφών, καταρρεύσεις κτιρίων και κατολισθήσεις.

#### ix. Τσουνάμι

Παρότι τα τσουνάμι αποτελούν σύνοδα φαινόμενα σεισμικής δραστηριότητας μπορούν να πυροδοτηθούν από ηφαιστειακές εκρήξεις μεγάλης έντασης και να κατακλύσουν παράκτιες περιοχές προκαλώντας απώλειες ανθρώπινων ζώων και καταστροφές σε κτίρια και υποδομές.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.4 Διαχείριση ηφαιστειακών καταστροφών

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις και τα πρόδρομα φαινόμενά τους είναι ένα σύννηθες γεγονός για το 10% του παγκόσμιου πληθυσμού. Αυτό το ποσοστό κατοικεί είτε κοντά είτε μέσα σε περιοχές ενεργών ηφαιστειών, 91 από τις οποίες έχουν χαρακτηριστεί ως περιοχές υψηλού ηφαιστειακού κινδύνου.

Οι ηφαιστειακές εκρήξεις και γενικότερα οι περίοδοι της ηφαιστειακής δραστηριότητας μπορούν να έχουν διάρκεια πολλών μηνών και κατά συνέπεια αυξάνονται χρονικά οι περίοδοι έκτακτης ανάγκης σε αντίθεση με άλλες φυσικές καταστροφές που εκδηλώνονται αστραπιαία και διαρκούν ελάχιστα. Όταν όμως τεθούν σε εφαρμογή τα κατάλληλα μέτρα, τα οποία περιλαμβάνουν την πρόβλεψη, την ετοιμότητα και τον έλεγχο χρήσεων γης, οι απώλειες εξαιτίας των ηφαιστειακών εκρήξεων είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν. Όσον αφορά τις δομικές κατασκευές, τα μετρά που μπορούν να ληφθούν δεν είναι πολλά και

συμπεριλαμβάνουν ενισχυμένες οροφές ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο κατάρρευσης από την πτώση ηφαιστειακής τέφρας αλλά και κατασκευή τοίχων και καναλιών για την απόκλιση των ροών λάβας.

Η διαχείριση του ηφαιστειακού κινδύνου εξαρτάται άμεσα από την επισήμανση των ζωνών επικινδυνότητας. Σε μακροπρόθεσμη κλίμακα προσοχή δίνεται στις χρήσεις γης και στον εντοπισμό οικιστικών περιοχών. Πρέπει επίσης να καταγράφονται και να χρονολογούνται επακριβώς οι αποθέσεις από παρελθούσες ηφαιστειακές εκρήξεις, έχοντας σκοπό την αποκρυπτογράφηση του βαθμού ενεργότητας του ηφαιστείου.

Η χαρτογράφηση των ζωνών υψηλού κινδύνου, η ασφάλιση καθώς και ο σχεδιασμός κοινωνικής ετοιμότητας και εκκένωσης αποτελούν απαραίτητα μη δομικά μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την αντιμετώπιση ηφαιστειακής δραστηριότητας. Η ηφαιστειακή ζωνοποίηση όμως δεν είναι ευρέως αποδεκτή καθώς ο απλός πολίτης συχνά θεωρεί ανώφελο το να σπαταληθούν μεγάλα χρηματικά ποσά για την αντιμετώπιση ενός φαινομένου που έχει πιθανότητα 1% να συμβεί σε μια περίοδο 75 ετών. Η ζωνοποίηση των χρήσεων γης και επιλογή ασφαλών περιοχών εξαρτάται άμεσα από τη μακροπρόθεσμη πρόβλεψη της πιθανότητας ηφαιστειακής δραστηριότητας και του καθορισμού περιοχών δυνητικού κινδύνου. Τα κυριότερα μειονεκτήματα και οι δυσκολίες κατασκευής τέτοιων χαρτών εντοπίζονται στην έλλειψη γνώσης πάνω στο μέγεθος των πιθανών ηφαιστειακών γεγονότων στο μέλλον. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο δραστηριότητας.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.5 Πρόδρομα φαινόμενα ηφαιστειακής έκρηξης

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα μπορεί να παρακολουθηθεί από πολυάριθμους δείκτες αλλά λόγω του κόστους και των προβλημάτων προσπέλασης, ο έλεγχος είναι εντατικός σε 12 περίπου ηφαίστεια παγκοσμίως. Πριν από μία ηφαιστειακή έκρηξη συνήθως παρατηρούνται ορισμένα φαινόμενα, ωστόσο υπάρχουν και περιπτώσεις ηφαιστείων που φτάνουν στην έκρηξη χωρίς κάποια προειδοποίηση. Τα πρόδρομα φαινόμενα που συνοδεύουν μια έκρηξη είναι τα ακόλουθα :

- Σεισμική δραστηριότητα: αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας σε τοπικό επίπεδο, υπόκωφη βοή.
- Εδαφικές παραμορφώσεις: διογκώσεις ή ανοδικές κινήσεις στον ηφαιστειακό κώνο, αλλαγές στις κλίσεις των πρανών κοντά στο ηφαίστειο.
- Υδροθερμικά φαινόμενα: αυξημένες παροχές θερμών πηγών, αυξημένες απελευθερώσεις αερίων στις φουμαρόλες, αύξηση της θερμοκρασίας των θερμών πηγών ή των εκπομπών αερίων από τις φουμαρόλες, αύξηση θερμοκρασίας των λιμνών του κρατήρα, τήξη χιονιού ή πάγου στο ηφαίστειο, καταστροφή της βλάστησης στα πρανή του ηφαιστείου.
- Χημικές αλλαγές: αλλαγές στη χημική σύσταση των εκπεμπόμενων αερίων.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.6 Μέθοδοι και όργανα ηφαιστειακής δραστηριότητας

Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο παρατηρείται πρόδρομη ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι δύσκολο να καθοριστεί λεπτομερώς καθώς μπορεί να κυμανθεί από μερικές ημέρες μέχρι και ένα χρόνο ή περισσότερο πριν την κύρια έκρηξη. Πολλές φορές η αυξημένη πρόδρομη δραστηριότητα δεν συνοδεύεται από έκρηξη καθώς το μάγμα είναι πιθανό να παραμείνει στο υπέδαφος και να μη φθάσει στην επιφάνεια.

Είναι δε πολύ πιθανό μια ηφαιστειακή έκρηξη να ερημώσει τεράστιες εκτάσεις γύρω από το ηφαίστειο και να τεθούν σε κίνδυνο χιλιάδες ανθρώπινες ζωές. Εξαιτίας αυτού πιστεύεται πως είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των ηφαιστείων, ιδιαίτερα των πιο ενεργών επικίνδυνων. Παρακάτω καταγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι και όργανα παρακολούθησης των πρόδρομων φαινομένων μιας ηφαιστειακής δραστηριοποίησης.

- Η μέτρηση της σεισμικότητας με σειсмоγράφους που καταγράφουν τις σεισμικές δονήσεις που προκαλούνται λόγω της ανόδου του μάγματος. Το μάγμα που διεισδύει ανάμεσα στα πετρώματα, πληρώνοντας τα κενά και προσπαθώντας φθάσει στη γήινη επιφάνεια, μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία σμήνους σεισμών. Σύμφωνα με τις καταγραφές των σειсмоγράφων, το

μέγεθος των σεισμών μπορεί να φτάσει μέχρι 5 ρίχτερ και οι συχνότητες τους σε 700 την ημέρα.

- Η καταγραφή των εδαφικών παραμορφώσεων γύρω από το ηφαίστειο με κλισίμετρα και GPS. Τα κλισίμετρα μπορούν να ανιχνεύσουν εδαφικές διαταραχές που προκαλούνται από την πλήρωση με μάγμα ή αέρια των κενών στο υπέδαφος. Οι πιο σύγχρονες και δαπανηρές μέθοδοι μέτρησης της εδαφικής παραμόρφωσης με τη βοήθεια δορυφόρων είναι πρώτον τα GPS, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μετρούν οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις του εδάφους, και δεύτερον Satellite Radar Interferometry, όπου με κατάλληλες δορυφορικές εικόνες διαφορετικών χρονικών περιόδων παρατηρούνται οι παραμορφώσεις του εδάφους γύρω από το ηφαίστειο.
- Η μέτρηση και ο έλεγχος της ποσότητας και της θερμοκρασίας των αερίων και χημικές αναλύσεις. Αυξήσεις στις τιμές των αερίων μπορούν να συσχετιστούν με την επικείμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα καθώς και η παρουσία τηγμένου μάγματος προκαλεί διάλυση και επομένως απελευθέρωση αερίων θείου και φθορίου. Καθώς επίκειται ηφαιστειακή έκρηξη, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας. Οι θερμικές αυτές ανωμαλίες μπορούν να ανιχνευθούν στο έδαφος, στις θερμές πηγές, στον κρατήρα και στις φουμερόλες όπου οι θερμοκρασίες των αερίων αυξάνονται. Οι θερμικές ανωμαλίες παρατηρούνται με τη βοήθεια υπέρυθρων τηλεσκοπίων και αισθητηρίων σε δορυφόρους.
- Οι μετρήσεις των βαρυτικών, μαγνητικών και ηλεκτρικών ανωμαλιών. Η αύξηση της θερμοκρασίας από επικείμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα προκαλεί αλλαγές στα πετρώματα σε σημείο που χάνουν τη μαγνητική τους ταυτότητα και τις βαρυτικές τους ιδιότητες ενώ διαταράσσεται και η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα. Οι μαγνητικές, βαρυτικές και ηλεκτρικές ανωμαλίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόδρομοι δείκτες ηφαιστειακής δραστηριότητας.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.7 Ετοιμότητα

Η καλύτερη προειδοποίηση ηφαιστειακής έκρηξης είναι αυτή που προσδιορίζει που και πότε μια πιθανή έκρηξη θα πραγματοποιηθεί, καθώς και το είδος και το μέγεθος μιας έκρηξης που αναμένεται αλλά τέτοιου είδους ακριβείς προβλέψεις δεν είναι πάντα εφικτές. Οι πιο ακριβείς προβλέψεις είναι αυτές που οι επιστήμονες προβλέπουν μια έκρηξη ώρες ή μέρες πριν, σύμφωνα με σημαντικές αλλαγές στην ηφαιστειακή δραστηριότητα, στη διαμόρφωση του εδάφους και στην εκπομπή αερίων. Η ενασχόληση με τις προηγούμενες εκρήξεις έχει δείξει ότι τέτοιου είδους αλλαγές προηγούνται συνήθως κάποιες μέρες ή ώρες πριν την έκρηξη.

Ο κωδικός χρωμάτων κατηγοριοποιεί τα στάδια της ηφαιστειακής δραστηριότητας αλλά και τον βαθμό επικινδυνότητας ανά τις φάσεις. Ειδικότερα:

**Πράσινο:** Το ηφαίστειο βρίσκεται στην ήρεμη φάση, με κανονική σεισμικότητα και διαφυγή αερίων.

**Κίτρινο:** Το ηφαίστειο είναι σε διέγερση. Η σεισμικότητα αυξάνεται. Ενδεχόμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα στις επόμενες βδομάδες με ή χωρίς προειδοποίηση. Πιθανή διαφυγή αερίων και ατμών.

**Πορτοκαλί:** Μικρή φρεατική έκρηξη αναμένεται ή επιβεβαιώθηκε. Διαφυγή αερίων όχι μεγαλύτερη από 25.000 πόδια από το επίπεδο της θάλασσας. Αυξάνεται ο αριθμός των τοπικών σεισμών.

**Κόκκινο:** Μεγάλη φρεατική έκρηξη είναι σε εξέλιξη. Διαφυγή αερίων μεγαλύτερη από 25.000 πόδια από το επίπεδο της θάλασσας. Σεισμοί μεγάλης έντασης καταγράφονται ακόμα και σε απομακρυσμένους σταθμούς.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).

### 3.7.1 Σχέδιο απόκρισης

Τα σχέδια άμεσης απόκρισης, τα οποία εκπονούνται στη διαχείριση μιας περιόδου έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση ηφαιστειακής δραστηριότητας, περιλαμβάνουν τις τρεις ακόλουθες φάσεις:

- **Επαγρύπνηση:** οι υπηρεσίες κοινωνικής προστασίας κινητοποιούνται 5-15 ημέρες πριν από την εκδήλωση της αναμενόμενης δραστηριότητας.
- **Ετοιμότητα:** 2-5 ημέρες πριν από την αναμενόμενη δραστηριότητα, οι ασθενείς, οι ηλικιωμένοι και τα πολύ νεαρά παιδιά μεταφέρονται ενώ οι υπηρεσίες παροχής έκτακτης βοήθειας είναι σε συνεχή ετοιμότητα για την ανάληψη άμεσης δράσης.
- **Εκκένωση:** 1-2 ημέρες πριν από την αναμενόμενη ηφαιστειακή δραστηριότητα πραγματοποιείται γενική εκκένωση της περιοχής.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης, 2015).

### 3.7.2 Ενημέρωση κοινού

Για να υπάρχει αποτελεσματική πληροφόρηση και προειδοποίηση, ανεξάρτητα από την αμεσότητα και την εγκυρότητά της, θα πρέπει το ευρύ κοινό να έχει πρόσβαση, ειδικά άνθρωποι που κατοικούν και εργάζονται σε περιοχές ηφαιστειακής δραστηριότητας. Θα πρέπει, λοιπόν, η πολιτεία με μια σειρά από δραστηριότητες να πληροφορήσει τους πολίτες για τους κινδύνους που ακολουθούν μια ηφαιστειακή έκρηξη ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι συνέπειες και να προστατευθούν ανθρώπινες ζωές. Αυτές οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Συμμετοχή των πολιτών στα προγραμματισμένα επιμορφωτικά σεμινάρια για τον ηφαιστειακό κίνδυνο και στις έκτακτες ασκήσεις εκκένωσης.
- Σύγκληση διεθνή και τοπικά συνέδρια σε θέματα ηφαιστειακού κινδύνου.
- Προγράμματα επιμόρφωσης, προετοιμασία εκπαιδευτικοί υλικού με φυλλάδια, αληθινά ντοκουμέντα, χάρτες κινδύνου και διακινδύνευσης, βίντεο.
- Συνεργασία με ειδικούς σε θέματα καταστροφών ώστε να αναπτυχθούν αποτελεσματικά σχέδια έκτακτης ανάγκης.

- Συναντήσεις και ενημέρωση των τοπικών αρχών και των κατοίκων για τα επικίνδυνα ηφαίστεια της περιοχής τους.
- Συνεργασία με τα τηλεοπτικά κανάλια και τους ραδιοφωνικούς σταθμούς.
- Διοργάνωση εκπαιδευτικών εκδρομών στα ηφαίστεια από επιστήμονες για το κοινό.
- Ενημέρωση μαθητών με σχολικές παρουσιάσεις, απασχόληση εκπαιδευτικών, σχολικές εκδρομές σε επικείμενους χώρους και δραστηριότητες.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

### 3.7.3 Αντιμετώπιση ηφαιστειακών καταστροφών

Για την εκτίμηση του ηφαιστειακού κινδύνου, οι υπεύθυνοι της πολιτείας πρέπει να συγκεντρώσουν πληροφορίες για να κατανοήσουν καλύτερα την ηφαιστειακή έκρηξη, τον δυναμικό τύπο και το μέγεθός της. Έπειτα πρέπει να επιλέξουν την κατάλληλη αντιμετώπιση της απειλής. Οι πιθανές επιλογές είναι:

- Αγνόηση: η κατάσταση μπορεί να μην χρειάζεται περαιτέρω ενδιαφέρον.
- Αναμονή παρακολουθώντας την εξέλιξη της κατάστασης. Πιθανόν να χρειάζεται μόνο συνεχής παρακολούθηση χωρίς να παρεμποδίζεται η ανθρώπινη δραστηριότητα.
- Τοποθέτηση συστήματος παρακολούθησης στον χώρο. Υπάρχουν ειδικά αισθητήρια όργανα υπεύθυνα να καταγράφουν πιθανές αλλαγές ενός ηφαιστείου. Ένα τέτοιο σύστημα καταγραφής κίνησης των αλλαγών της κλίσης του ηφαιστείου θα μπορούσε να προειδοποιήσει τον πληθυσμό της περιοχής. Πολλά ηφαίστεια έχουν ήδη συστήματα παρακολούθησης αλλά τα περισσότερα όχι.
- Απαγόρευση πρόσβασης στην περιοχή. Ίσως να μην χρειάζεται ολική εκκένωση αλλά η παρουσία κάποιων κατηγοριών ανθρώπων στην επικίνδυνη περιοχή, όπως η τοπική αστυνομία, η δασική υπηρεσία και οι γεωλόγοι που παρακολουθούν το ηφαίστειο. Ο υπεύθυνος θα πρέπει να αποφασίσει σε ποιον θα απαγορευτεί η παραμονή στον χώρο και γιατί.
- Εκκένωση της περιοχής γύρω από το ηφαίστειο. Τα γεωγραφικά όρια της εκκένωσης εξαρτώνται από το μέγεθος και τον τύπο της



έκρηξης. Υπάρχουν περιπτώσεις που θα χρειαστεί να εκκενωθούν συγκεκριμένες περιοχές ή ίσως να χρειάζεται η εκκένωση της περιοχής γύρω από το ηφαίστειο σε ακτίνα πολλών χιλιομέτρων. Μερικές εκρήξεις συνοδεύονται από εκτίναξη λάβας αρκετά ψηλά ώστε να επηρεάσουν αεροπλάνα στην εναέρια περιοχή. Σ' αυτήν την περίπτωση θα χρειαστεί απαγόρευση της εναέριας κυκλοφορίας σε μεγάλη ακτίνα γύρω από το ηφαίστειο.

- Σε περίπτωση μεγάλης έκρηξης ηφαιστείου βιβλικής καταστροφής δεν υπάρχουν προτεινόμενες αντιδράσεις. Αυτό δεν σημαίνει ότι η πολιτεία θα παραμείνει αδρανής αλλά θα πρέπει, αντιμετωπίζοντας καταστάσεις που δεν έχουν ξαναεμφανιστεί, να αντιδράσει με δημιουργικό και πρωτότυπο τρόπο, έξω από τα συνηθισμένα.

(Λέκκας & Ανδρεαδάκης,2015).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 4.1 Ιταλία

Η Ιταλία (Ιταλική Δημοκρατία), είναι μια ενιαία κοινοβουλευτική δημοκρατία στην Ευρώπη. Αποτελείται από μία χερσόνησο σε σχήμα μπότας και δύο μεγάλα νησιά στη Μεσόγειο θάλασσα, τη Σικελία και τη Σαρδηνία. Βόρεια συνορεύει με την Ελβετία και την Αυστρία, δυτικά με τη Γαλλία και ανατολικά με τη Σλοβενία, ενώ εξκλάβιο της Ιταλίας αποτελεί και η πόλη Καμπιόνε ντ' Ιτάλια, που βρίσκεται στο έδαφος της Ελβετίας. Οι ανεξάρτητες χώρες του Σαν Μαρίνο και του Βατικανού βρίσκονται εξολοκλήρου μέσα σε ιταλικό έδαφος (Βικιπαίδεια,2017).

#### 4.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία

Η Ιταλία εντοπίζεται στην νότια Ευρώπη. Η συνολική έκταση της χώρας υπολογίζεται στα 301.230 τετραγωνικά μέτρα, από τα οποία τα 294,020 τετραγωνικά μέτρα είναι στεριά και τα 7,210 τετραγωνικά μέτρα είναι νερό. Συμπεριλαμβάνοντας και τα νησιά, η ακτογραμμή και τα σύνορα της Ιταλίας υπολογίζονται στα 7,600 χιλιόμετρα στην Αδριατική θάλασσα, στο Ιόνιο πέλαγος και στην Τυρρηνική θάλασσα. Επίσης, μοιράζεται τα σύνορά της με χώρες όπως η Γαλλία, η Αυστρία, η Σλοβενία και η Ελβετία. Τα Απέννινα Όρη αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της χερσονήσου και οι Άλπεις αποτελούν τα βορειότερα σύνορα, όπου το υψηλότερο σημείο της Ιταλίας εντοπίζεται στο Monte Bianco. Ο Ρο, ο μακρύτερος ποταμός της Ιταλίας, εκτείνεται από τις Άλπεις στα δυτικά

σύνορα με την Γαλλία με την κατάληξή του στην Αδριατική θάλασσα (Wikipedia,2018).

#### 4.1.2 Δημογραφικά στοιχεία

Από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι και τη δεκαετία του 1960, η Ιταλία ήταν μια χώρα με πολύ έντονο το στοιχείο της μετανάστευσης. Στα χρόνια μεταξύ 1898 και 1914, τα κορυφαία χρόνια της ιταλικής διασποράς, περίπου 750,000 Ιταλοί μετανάστευαν κάθε χρόνο. Σαν αποτέλεσμα, σήμερα περισσότεροι από 4.1 εκατομμύρια Ιταλοί πολίτες ζουν στο εξωτερικό (Wikipedia,2018).

Με εκτιμήσεις του 2017, η Ιταλία έχει πληθυσμό 60.507.590 κατοίκους. Θεωρείται ομοιογενής γλωσσικά και θρησκευτικά χώρα συνάμα όμως παρουσιάζει σημαντικές πολιτιστικές, οικονομικές και πολιτικές ανομοιομορφίες. Στην Ευρώπη είναι η χώρα με την 5<sup>η</sup> μεγαλύτερα πυκνότητα πληθυσμού (196 άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο). Το προσδόκιμο ζωής των κατοίκων, σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2015, είναι τα 82,12 χρόνια (79,48 χρόνια για τους άνδρες και 84,92 χρόνια για τις γυναίκες) (Βικιπαίδεια,2017).

#### 4.1.3 Πολιτισμός

Η Ιταλία είναι γνωστή για τον πολιτισμό της, τις τέχνες και τα μνημεία της όπως ο Πύργος της Πίζα, το Κολοσσαίο στη Ρώμη, αλλά και για την κουζίνα της, κρασί, τρόπο ζωής, μόδα, διακόσμηση, κινηματογράφος, θέατρο, λογοτεχνία, ποίηση, εικαστικές τέχνες, όπερα.

Η Αναγεννησιακή περίοδος της Ευρώπης ξεκίνησε στην Ιταλία τον 14<sup>ο</sup> και 15<sup>ο</sup> αιώνα. Λογοτεχνικά αριστουργήματα, όπως η ποίηση του Δάντη, Πετράρχη, Τουρκουάτο Τάσσο και Λουδοβίκο Αριόστο και η πεζογραφία του Βοκάκκιου. Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα άνθισε η ιταλική ρομαντική όπερα με συνθέτες, όπως Τζοακίνο Ροσίνι, Τζουζέπε Βέρντι και Τζάκομο Πουτσίνι.

Το ποδόσφαιρο είναι το εθνικό άθλημα της χώρα, η οποία έχει κερδίσει το Παγκόσμιο Κύπελο Ποδοσφαίρου τέσσερις φορές το 1934, 1938, 1982, 2006.

Η εκπαίδευση είναι υποχρεωτική από την ηλικία των 6 ετών μέχρι και τα 16 έτη. Χωρίζεται σε 5 επίπεδα, το νηπιαγωγείο, το δημοτικό, την κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, την ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και το πανεπιστήμιο. Διαθέτει τόσο δημόσια όσο και ιδιωτικά εκπαιδευτικά ιδρύματα.

(Βικιπαιδεία,2017).

#### 4.2 Νάπολη

Η Νάπολη είναι πόλη και σημαντικό λιμάνι της νότιας Ιταλίας, πρωτεύουσα της περιφέρειας της Καμπανίας και της ομώνυμης επαρχίας. Είναι η 9<sup>η</sup> πολυπληθέστερη αστική περιοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην ευρύτερη μητροπολιτική περιοχή της Νάπολης ζουν μεταξύ 4,1 και 4,9 εκατομμύρια άνθρωποι. Έχει την τέταρτη μεγαλύτερη οικονομία πόλης στην Ιταλία μετά το Μιλάνο, τη Ρώμη και το Τορίνο ενώ αποτελεί την 103<sup>η</sup> πλουσιότερη πόλη του κόσμου σε αγοραστική δύναμη. Το ιστορικό κέντρο της Νάπολης είναι το μεγαλύτερο στην Ευρώπη καλύπτοντας 17 τ. Χ. και έχει καταγραφεί από την UNESCO ως Μνημείο Παγκόσμιας Κληρονομιάς (Βικιπαίδεια,2017).

##### 4.2.1 Γεωγραφικά στοιχεία

Η Νάπολη βρίσκεται στο μυχό του ομώνυμου κόλπου, που ορίζεται από το τεράστιο ηφαίστειο του Βεζούβιου, ενώ στα ανατολικά της βρίσκεται η χερσόνησος του Σορέντο, δυτικά ο κόλπος του Ποτσουόλι ενώ βόρεια φτάνει ως τους πρόποδες των Απεννίνων.

Αρχικά η πόλη αναπτυσσόταν παραλιακά, με τον πρώτο πυρήνα στην νησίδα Μεγαρίδα, σημερινή περιοχή του Καστέλ ντελ Όβο, όπου Έλληνες άποικοι έδωσαν το έναυσμα για την ανάπτυξη του εμπορίου. Η περιοχή αποτελείται από πολυάριθμους λόφους, πολλοί εκ των οποίων ξεπερνούν τα 150 μ με τον ψηλότερο να φτάνει τα 452 μ. Στον κόλπο της Νάπολης υπάρχουν πολλά νησιά και σκόπελοι.

Η περιοχή έχει σημαντικό γεωλογικό ενδιαφέρον κυρίως λόγω του ενεργού ηφαιστείου του Βεζούβιου, και των Φλεγραίων Πεδίων, μιας ηφαιστειακής καλντέρας ανατολικά της Νάπολη, η οποία σχηματίζει τον κόλπο του Ποτσουόλι.

(Βικιπαίδεια,2017).

#### 4.2.2 Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της Νάπολης είναι τυπικό μεσογειακό με ήπιους και βροχερούς χειμώνες , ζεστά και ξηρά καλοκαίρια. Η πόλη απολαμβάνει 250 μέρες ηλιοφάνειας τον χρόνο. Η γεωμορφολογική ανομοιομορφία της πόλης έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη επιμέρους μικροκλιμάτων μέσα στην πόλη, με σημαντικές διαφοροποιήσεις ακόμα και σε απόσταση λίγων χιλιομέτρων. Η περιοχή γύρω από τον λόφο Καμαλντόλι, εξαιτίας του μεγάλου υψομέτρου, χαρακτηρίζεται από ελαφρώς πιο χαμηλές θερμοκρασίες κατά τους χειμερινούς μήνες και μικρότερη αποπνικτική αίσθηση τους θερινούς. Εκεί έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις παγετού και ελάχιστες περιπτώσεις χιονόπτωσης (Βικιπαίδεια, 2017).

#### 4.2.3 Δημογραφικά στοιχεία

Η πόλη της Νάπολης περιλαμβάνει το 1/6 του συνολικού πληθυσμού της Καμπανίας και το 1/3 της επαρχίας της Νάπολης ενώ βρίσκεται στη 18<sup>η</sup> θέση της λίστας των ευρωπαϊκών χωρών με βάση τον πληθυσμό τους.

Σε μελλοντικά σχέδια προβλέπεται να θεσμοθετηθεί η μητροπολιτική περιοχή της Νάπολης, η οποία θα περιλαμβάνει την σημερινή επαρχία της Νάπολης καθώς και ορισμένους δήμους από τις επαρχίες της Καζέρτας και του Σαλέρνο.

Ο πληθυσμός της πόλης χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό νέων σε ηλικία ατόμων. Συγκεκριμένα, το 19% του πληθυσμού αποτελούν οι ηλικίες ως 14 έτη και το 13% ηλικίες άνω των 65. Το ποσοστό των γυναικών φτάνει το 52,4% του πληθυσμού ενώ των ανδρών 47,6 %. Το ποσοστό των γεννήσεων (10,46 γεννήσεις ανά 1000 κατοίκους) είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το συνολικό ποσοστό ολόκληρης της Ιταλίας (9,45 γεννήσεις σε εθνικό επίπεδο).

Στο μεταναστευτικό κομμάτι, το ποσοστό της Νάπολης σε αντίθεση με πολλές πόλεις του ιταλικού βορρά, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, το 98,5 % του πληθυσμού είναι Ιταλοί. Για το έτος 2006, οι ξένοι υπήκοοι στην πόλη έφταναν μόλις τους 19.188, και προέρχονταν από χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, κυρίως Ουκρανία και Πολωνία.

(Βικιπαίδεια,2017).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ & ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΙΤΑΛΙΑΣ

### 5.1 Ορισμός ηφαιστειότητας

Με τον γεωλογικό όρο ηφαιστειότητα, χαρακτηρίζεται το σύνολο όλων εκείνων των φαινομένων που συνοδεύουν ή προκαλούνται ή προκλήθηκαν ή συνδέονται ή σχετίζονται με την ανάδυση του μάγματος στον γεοφλοιό, τόσο κατά τόπο όσο και κατά συχνότητα. Η ηφαιστειότητα είναι κοσμικό φαινόμενο με δεδομένο ότι παρατηρείται και σε άλλους πλανήτες ή φυσικούς δορυφόρους όπως στη σελήνη ακόμα και στον ήλιο. Τα φαινόμενα της ηφαιστειότητας καλούνται ευρύτερα ηφαιστειακά φαινόμενα (Βικιπαιδεία,2015).

#### 5.1.1 Ηφαιστειακά φαινόμενα

Στα ηφαιστειακά φαινόμενα συγκαταλέγονται:

- Η δημιουργία διαφόρων τύπων ηφαιστείων
- Οι διάφοροι τύποι ηφαιστειακών εκρήξεων
- Οι ηφαιστειογενείς σεισμοί
- Τα ηφαιστειογενή πετρώματα
- Τα ηφαιστειακά αναβλήματα
- Οι ηφαιστειογενείς κρατήρες και καλδέρες
- Οι υδροθερμικές αναβλύσεις
- Οι ηφαιστειογενείς ζώνες και τόξα
- Η ηφαιστειακή καταγίδα
- Ο ηφαιστειακός χειμώνας καθώς και οτιδήποτε άλλα συμβαίνουν σε μια ηφαιστειακή δραστηριότητα ή ως επακόλουθα αυτής.

(Βικιπαιδεία,2015).

### 5.1.2 Ηφαιστειότητα Ιταλίας

Τα ενεργά ηφαίστεια της Μεσογείου βρίσκονται στη νότια Ιταλία και στο Αιγαίο Πέλαγος. Η ηφαιστειότητα των Αιολίδων νήσων (Στρόμπολι και νησιά Βουλκάνο) οφείλεται στην καταβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική. Η ηφαιστειότητα του Βεζούβιου, Campi Flegrei, της Ίσκια και της Αίτνας σχετίζεται με την άνοδο του μάγματος κατά μήκος των δομών του ανώτερου φλοιού. Η ηφαιστειότητα της Ιταλίας ξεκίνησε πριν λίγες εκατοντάδες χρόνια σε αντίθεση με της Ελλάδας που ξεκίνησε πριν μερικά εκατομμύρια χρόνια (race.nhmc.uoc.gr,-).

### 5.1.3 Σημαντικά ηφαίστεια της Ιταλίας

- Βεζούβιος: ηφαιστειακός κώνος ύψους 1.281 μέτρων με κρατήρα διαμέτρου 500 μέτρων που αναπτύχθηκε μέσα στην καλδέρα του παλαιότερου ηφαιστειακού όρους Σόμμα. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα του Σόμμα-Βεζούβιου χαρακτηρίζεται από μεγάλες περιόδους ησυχίας που διακόπτονται από βίαιες εκρήξεις Πληνιακού ή Υποπληνιακού τύπου. Από την τελευταία έκρηξη του 1631 ο Βεζούβιος μπήκε σε μια φάση ηρεμίας που κράτησε μέχρι το 1944, κυρίως λόγω του κλειστού κεντρικού του πόρου. Η περιοχή του Βεζούβιου θεωρείται ως η περιοχή υψηλότερης ηφαιστειακής επικινδυνότητας στον κόσμο λόγω της έντονης αστικοποίησης.
- Campi Flegrei: είναι ένα πεδίο που χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερο τοπίο και περιλαμβάνει διάφορες ηφαιστειακές γεωμορφές. Οι κύριες ηφαιστειακές δομές είναι μια καλδέρα που σχηματίστηκε κατά την διάρκεια δύο κύριων ηφαιστειακών εκρήξεων πριν από 40 και 15 χιλιάδες χρόνια. Η πιο πρόσφατη έκρηξη του Monte Nuovo έγινε το 1538 μΧ, μετά από 3.500 χρόνια ηρεμίας. Πρόσφατα συνέβησαν αργές κινήσεις του εδάφους που συνοδεύτηκαν από εκατοντάδες σεισμούς και από άνοδο του εδάφους κατά 3,5 μέτρα που οδήγησε στην εγκατάλειψη της πόλης Pozzuoli.
- Ίσκια: είναι η κορυφή ενός ηφαιστείου που ορθώνεται πάνω από 1000 μέτρα από τον βυθό της θάλασσας. Η ηφαιστειότητα της ξεκίνησε πριν από περισσότερα από 15.000 χρόνια και συνεχίστηκε με εναλλαγές μεγάλων περιόδων ησυχίας, μέχρι την τελευταία έκρηξη το 1302 μΧ. Το όρος μέσα στην καλδέρα που

σχηματίστηκε από μια βίαιη έκρηξη πριν από 55.000 χρόνια. Η πρόσφατη ηφαιστειότητα είναι ιδιαίτερα έντονη με περισσότερες από 46 φάσεις εγχύσεων και εκρήξεων κατά διάρκεια των τελευταίων 3.000 ετών και με έναν καταστροφικό σεισμό το 1883 που ισοπέδωσε την πόλη Casamicciola.

- Βουλκάνο: το νησί Βουλκάνο βρίσκεται στο Αρχιπέλαγος των Αιολίδων. Η πολύπλοκη μορφή του οφείλεται στις επάλληλες εγχύσεις και εκρήξεις. Η τελευταία έκρηξη συνέβη το 1888-90 στην περιοχή La Fossa. Σήμερα το νησί παρουσιάζει έντονη ατμική δραστηριότητα και χαμηλή σεισμικότητα. Μεταξύ 1985 και 1994, η έντονη ατμική και σεισμική δραστηριότητα συνδυασμένη με παραμόρφωση του εδάφους στην περιοχή La Fossa προκάλεσε ανησυχία για νέες εκρήξεις.
- Αίτνα: είναι το μεγαλύτερο ενεργό ηφαίστειο στην Ευρώπη με ύψος 3.330 μέτρα. Σημειώνονται κυρίως εγχύσεις παρόλο που έχουν παρατηρηθεί και ορισμένες δυνατές εκρήξεις που σχημάτισαν μια καλδέρα. Κατά τη διάρκεια των πιο πρόσφατων αιώνων η δραστηριότητα του ηφαιστείου ήταν λίγο πολύ σταθερή με συχνές χαμηλής ενέργειας εκρήξεις και εγχύσεις λάβας από τον κεντρικό πόρο αλλά και από πλευρικούς. Αυτή η δραστηριότητα που διαρκεί κάθε φορά από αρκετές μέρες μέχρι μερικά χρόνια έχει ορισμένες φορές οδηγήσει με την πτώση στάχτης και σκωρίας και με ροή λάβας, στην καταστροφή αστικών περιοχών στις πλευρές του ηφαιστείου. Ιδιαίτερη ήταν η πλευρική έκρηξη που σημειώθηκε το 1669 όταν η πόλη της Κατάνια καταστράφηκε μερικώς λόγω της ροής λάβας.
- Στρόμπολι: το νησί Στρόμπολι στο Αρχιπέλαγος των Αιολίδων, υψώνεται από βάθος 2.000 μέτρων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και το ύψος των 924 μέτρων. Οι ενεργοί κρατήρες είναι στο υψηλότερο σημείο της δομής Sciara del Fuoco, μια δομή κατάρρευσης στη βορειοανατολική πλευρά του ηφαιστείου. Η τυπική Στρομπόλια δραστηριότητα αποτελείται από μεσαίες εκρήξεις που εκτινάσσουν βολίδες, λιθάρια και στάχτη μέσα από έναν ανοιχτό αγωγό, σε μικρό βάθος του οποίου υπάρχει μάγμα. Οι εκρήξεις συνοδεύονται από συνεχή εξαέρωση του μάγματος. Αυτού του τύπου η δραστηριότητα μερικές φορές διακόπτεται από ροές λάβας και πιο βίαιες εκρήξεις.

([race.nhmc.uoc.gr](http://race.nhmc.uoc.gr),-).

## 5.2 Τεκτονικοί και μαγματικοί περιορισμοί

Η Ιταλία είναι από τεκτονικής και μαγματικής πλευράς μία ενεργή περιοχή όπως υποδηλώνεται και από την κατανομή των σεισμών. Οι σεισμοί δείχνουν συμπλεκτικούς εστιακούς μηχανισμούς στα μέτωπα των Άλπεων και των Απενίνων και των μηχανισμών επέκτασης κατά μήκος της ραχοκοκαλιάς των Απενίνων. Ο μαγματισμός κατά κύριο λόγο ελέγχεται από τις ασυνέχειες στη λιθοσφαιρική κλίμακα (Beltrando, Peccerillo, Mattei, Conticelli, Doglioni, 2010).

## 5.3 Ηφαιστειολογία Ιταλίας

Η Ιταλία είναι μια ηφαιστειακά ενεργή χώρα, περιλαμβάνει τα μοναδικά ενεργά ηφαίστεια στην κεντρική Ευρώπη. Η ηφαιστειακή κατάσταση της χώρας οφείλεται κυρίως στην παρουσία, σε κοντινή απόσταση από τον νότο, του ορίου της Ευρασιατικής και Αφρικανικής πλάκας. Το μάγμα που εκρήγνυται από τα ηφαίστεια της Ιταλίας, θεωρείται ότι προκύπτει από την ανοδική ώθηση των πετρωμάτων που έχουν λιώσει με την υποβάθμιση μιας πλάκας κάτω από την άλλη. Υπάρχουν τρία ηφαιστειακά συμπλέγματα: μια σειρά ηφαιστειακών κέντρων που εκτείνεται βορειοδυτικά κατά μήκος του κεντρικού τμήματος της ιταλικής ηπειρωτικής χώρας, ένα σύμπλεγμα στα βορειοανατολικά της Σικελίας και ένα άλλο σύμπλεγμα γύρω από το νησί Pantelleria της Μεσογείου (Wikipedia,2017).

### 5.3.1 Ενεργά ηφαίστεια

Μέσα στα τελευταία εκατό χρόνια, τέσσερα είναι τα ηφαίστεια στην χώρα της Ιταλίας που έχουν δημιουργήσει εκρήξεις, τα οποία κατατάσσονται στα ενεργά με έντονη δραστηριότητα και μεγάλες εκρήξεις στο ενεργητικό τους. Αυτά είναι:

- Αίτνα, στην Σικελία με συνεχή δραστηριότητα
- Στρόμπολι, στις Αιολίδες νήσους με συνεχή δραστηριότητα
- Βεζούβιος, κοντά στην Νάπολη, με τελευταία δραστηριότητα το 1944

(Wikipedia,2017).



### 5.3.2 Κοιμώμενα ηφαιστεια

Τουλάχιστον εννέα ηφαιστειακά κέντρα έχουν δώσει εκρήξεις στα ιστορικά χρόνια, συμπεριλαμβανομένων κάποιων υποθαλάσσιων ηφαιστειών. Ξεκινώντας από την πιο πρόσφατη, οι εκρήξεις είναι οι ακόλουθες:

- Pantelleria, τελευταία έκρηξη περίπου το 1000 π.Χ. Υπήρξε μια υποθαλάσσια έκρηξη μερικά χιλιόμετρα βορειοανατολικά του νησιού το 1981, η οποία μάλλον σχετίζεται με το κύριο ηφαίστειο.
- Βουλκάνο, τελευταία έκρηξη 1888-1890
- Το νησί Ferdinandea, με έκρηξη μερικά χιλιόμετρα βορειοδυτικά της Pantelleria το 1831 και έφτασε με μέγιστο ύψος τα 63 μέτρα αλλά διαβρώθηκε στο επίπεδο της θάλασσας μέχρι το 1835. Η κορυφή τώρα είναι μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ένα πλήθος από μικρούς σεισμούς το 2002 θεωρήθηκαν ως δείγμα πως το μάγμα κινούταν κάτω από ηφαίστειο, αλλά δεν συνέβη καμία έκρηξη.
- Vulcanello, είναι ένα μικρό ηφαίστειο που συνδέεται με ισθμό στο νησί Vulcano, το οποίο εξερράγη το 183 π.Χ. και είχε περιστασιακά δραστηριότητα μέχρι και τον 16<sup>ο</sup> αιώνα.
- Campi Flegrei, μια τεράστια καλδέρα στην οποία εμπεριέχεται η δυτική περιοχή της Νάπολης, εξερράγη το 1528, δημιουργώντας ένα κωνικό βουνό που ονομάστηκε Monte Nuovo.
- Ischia, ένα νησί 20 χιλιόμετρα δυτικά της Νάπολης που εξερράγη τελευταία φορά το 1302.
- Larderello, στην νότια Τοσκάνη, εξερράγη το 1282 με μία μικρή φρεατική έκρηξη
- Lipari, ένα νησί μερικά χιλιόμετρα από το Vulcano, έχει ένα ηφαίστειο που εξερράγη τελευταία φορά το 726.
- Vulcini, ένα σύμπλεγμα καλδέρας στο βόρειο άκρο του Ρωμαϊκού μαγματικού ορίου, με τελευταία έκρηξη το 104 π.Χ.
- Monte Albano, ένα ήρεμο ηφαιστειακό σύμπλεγμα κοντά στην Ρώμη. Οι πιο πρόσφατες εκρήξεις δημιούργησαν τις λίμνες Nemi και Albano. Τελευταία φορά εξερράγη το 5000 π.Χ.
- Sabatini, ένα ηφαιστειακό σύμπλεγμα και καλδέρα κοντά στην Ρώμη με τελευταία έκρηξη το 40.000 π.Χ.
- Cimini, ένα ηφαιστειακό σύμπλεγμα και καλδέρα στα βόρεια του ηφαιστειακού συμπλέγματος Sabatini, με τελευταία έκρηξη το 90.000 π.Χ. (Wikipedia, 2017).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΛΕΓΓΡΑΙΑ ΠΕΔΙΑ

### 6.1 Βασικές πληροφορίες

Τα Φλεγγραία Πεδία ή αλλιώς Campi Flegrei είναι μια μεγάλη καλδέρα διαμέτρου 13 χιλιομέτρων κοντά στην Νάπολη. Το ψηλότερο σημείο της βρίσκεται 458 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ανακηρύχθηκε περιφερειακό πάρκο το 2003. Το μεγαλύτερο μέρος του ηφαιστείου είναι υποθαλάσσιο και αποτελείται από 24 κρατήρες και ηφαιστειακά οικοδομήματα. Υδροθερμική κυκλοφορία παρατηρείται στις περιοχές Λούκρινους Λάκους, Αγκνάνο, και στην πόλη Ποτσουόλι. Αέρια ελκύονται από τον κρατήρα Σολφατάρα.

Τα Φλεγγραία Πεδία σύμφωνα με την ρωμαϊκή μυθολογία ήταν κατοικία του θεού της φωτιάς Βούλκαν και εκεί βρισκόταν η είσοδος για τον κάτω κόσμο. Σύμφωνα με την ελληνική μυθολογία εκεί σκότωσε ο Ηρακλής τους γίγαντες.

Στην καλδέρα παρατηρούνται βραδυσεισμικά φαινόμενα, παρατηρήσιμα στο Μασέλουμ του Ποτσουόλι, το οποίο σήμερα είναι πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το Ποτσουόλι έχει ανυψωθεί από την δεκαετία του 1960 κατά τρία μέτρα. Η περιοχή παρατηρείται από το παρατηρητήριο του Βεζούβιου.

(Βικιπαιδεία,2017).

### 6.2 Γεωγραφικός προσδιορισμός

Το ηφαίστειο βρίσκεται 13 χιλιόμετρα δυτικά του Βεζούβιου. Σύμφωνα με ενδείξεις το ηφαίστειο διαθέτει ένα τεράστιο θάλαμο μάγματος από κοινού με τον Βεζούβιο σε βάθος 8 χιλιομέτρων χωρητικότητας μεγαλύτερη από 100 κυβικά χιλιόμετρα, γεγονός που κατατάσσει τα Φλεγγραία Πεδία στα υπερηφαίστεια. Μια πιθανή έκρηξή του θα σημαίνει ότι εκατομμύρια θα πεθάνουν, είναι γεγονός πως η πόλη της Νάπολης είναι κτισμένη μέσα στην καλδέρα των Φλεγγραίων Πεδίων, ενώ το κλίμα θα επηρεαστεί σε παγκόσμια κλίμακα.

Ως έργο παρακολούθησης του ηφαιστείου, εγκρίθηκε το 2012 η κατασκευή μιας γεώτρησης, της οποίας σκοπός είναι η τοποθέτηση αισθητήρων για να εντοπιστούν μετατοπίσεις του εδάφους.

Η πράξη αυτή έχει και ανάλογο ρίσκο καθώς υπάρχει κίνδυνος για μικρές εκρήξεις εξαιτίας της γεώτρησης αλλά όχι για μεγάλη και καταστρεπτική έκρηξη. Το αίτημα κατατέθηκε πρώτη φορά το 2009 αλλά απορρίφθηκε θεωρώντας πως μια γεώτρηση θα μπορούσε να διατρυπήσει έναν άγνωστο θάλαμο μάγματος πλούσιο σε πυρίτιο και να απελευθερωθούν παγιδευμένα αέρια με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ισχυρή έκρηξη.

(Βικιπαιδεία,2017).

### 6.3 Εκρηκτική δραστηριότητα

Δεν είναι γνωστό πότε ξεκίνησε η εκρηκτική δραστηριότητα στα Φλεγραία Πεδία. Τα παλαιότερα πετρώματα χρονολογούνται περίπου στα 50.000 χρόνια. Οι περισσότερες από τις 70 σχεδόν εκρήξεις του ηφαιστείου ήταν εκρηκτικές και μόνο τέσσερις από αυτές παρήγαγαν λάβα. Τα Φλεγραία Πεδία εξερράγησαν πριν από 39.000 χρόνια. Αυτή η έκρηξη θεωρείται η ισχυρότερη γνωστή που έχει συμβεί στην Ευρωπαϊκή ήπειρο. Η στάχτη από την έκρηξη κάλυψε 30.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα στην περιοχή της Μεσογείου. Στάχτη από την έκρηξη βρέθηκε στη Λιβύη και τα νησιά του Αιγαίου. Άλλη μια μεγάλη έκρηξη συνέβη πριν 15.000 χρόνια, σχηματίζοντας τους κίτρινους τόφφους της Νάπολης (πυροκλαστικό πέτρωμα που δημιουργείται από υλικά που εκτινάσσονται από τα ηφαίστεια). Περίοδοι έντονης ηφαιστειακής δραστηριότητας έλαβαν χώρα 15.000-9.500, 8.600-8.200, και 4.800-3.800 πριν. Το ηφαίστειο έχει εκραγεί δύο φορές τους ιστορικούς χρόνους, το 1158 στο κρατήρα Σολφατάρα και το 1538 όταν σχηματίστηκε το Monte Nuovo.

(Βικιπαίδεια,2017).

## 6.4 Ιστορική αναδρομή

Ξεχωρίζουμε τρεις γεωλογικές φάσεις ή περιόδους όσον αφορά τα Φλεγραία Πεδία:

**Πρώτη Φλεγραιακή περίοδος:** πριν από 37.000 χρόνια, στα Φλεγραία Πεδία έλαβε χώρα μια από τις μεγαλύτερες εκρήξεις του Τεταρτογενούς. Τα προϊόντα αυτής της έκρηξης ονομάζονται Ιγνιμβρίτης της Καμπανίας και καλύπτουν την νότια Ιταλία περίπου 7.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα, ενώ έχουν ανιχνευτεί σε μεγάλο μέρος της ανατολικής Μεσογείου, από τη Λιβύη μέχρι τα νησιά του Αιγαίου, την Ουκρανία και την Ρωσία. Ο όγκος των ηφαιστειακών αναβλημάτων υπολογίζεται περισσότερα από 200 κυβικά χιλιόμετρα ίσως και 500, καθιστώντας την έκρηξη αυτή ως την μεγαλύτερη που έχει λάβει χώρα στην Ευρώπη τα τελευταία 50.000 χρόνια τουλάχιστον.

Η έκρηξη ξεκίνησε με την δημιουργία μιας ηφαιστειακής φλέβας στα ανατολικά της σημερινής καλδέρας. Η έκρηξη ήταν πλινιακή. Την πλινιακή φάση ακολούθησε η δημιουργία πυροκλαστικών ροών, οι οποίες είχαν τόση ορμή ώστε να καταφέρουν να ανέλθουν σε ύψος 900 μέτρων στην οροσειρά των Απέννινων, 40 με 50 χιλιόμετρα μακριά από καλδέρα. Το πάχος των αποθέσεων των πυροκλαστικών ροών κατά τόπους ξεπέρασε τα 80 μέτρα. Στην συνέχεια ακολούθησε η κατάρρευση του εδάφους και η δημιουργία καλδέρας με διαστάσεις δώδεκα επί δεκαπέντε χιλιόμετρα και βάθους 800 μέτρων, η οποία στη συνέχεια γέμισε με νερό. Η καλδέρα αυτή σήμερα δεν είναι εύκολα ορατή επειδή έχει γεμίσει με αναβλήματα μετέπειτα εκρήξεων, αλλά η ύπαρξή της πιστοποιείται από γεωθερμικές γεωτρήσεις και γεωφυσικά δεδομένα. Τα μόνα σημεία στα οποία είναι ορατό το παλιό τοίχωμα της καλδέρας είναι ο λόφος Καμαλντόλι στο βορειοανατολικό άκρο και το Μόντε ντι Προσίντα στα νοτιοδυτικά. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα συνέχισε με την δημιουργία ηφαιστειακών φλεβών μέσα στην καλδέρα.

**Δεύτερη Φλεγραιακή περίοδος:** η δραστηριότητα με την έκρηξη που παρήγαγε τον ιγνιμβρίτη της Καμπανίας έλαβε χώρα στη βυθισμένη καλδέρα και ήταν κυρίως υποθαλάσσια. Αυτή η χρονική περίοδος τελείωσε πριν περίπου 12.000 χρόνια, με την έκρηξη που παρήγαγε τον Κίτρινο Τόφο της Νάπολης. Ο όγκος των αναβλημάτων υπολογίζεται περίπου σε 50 κυβικά χιλιόμετρα. Η έκρηξη άρχισε με μία φρεατομαγματική πλινιακή έκρηξη, την οποία ακολούθησαν πυροκλαστικές ροές. Η έκρηξη δημιούργησε μια καλδέρα περίπου δέκα χιλιομέτρων.

Όλη η μετέπειτα ηφαιστειακή δραστηριότητα έλαβε χώρα στην καλδέρα που δημιουργήθηκε σε αυτή την έκρηξη. Έχουν βρεθεί τρεις χρονικές περιόδοι με εντονότερη δραστηριότητα, 12.000 με 9.500 χρόνια πριν, 8.600 με 8.200 χρόνια πριν και 4.800-4.200 χρόνια πριν, οι οποίες ονομάζονται αντίστοιχα περίοδοι 1, 2 και 3. Οι ισχυρότερες εκρήξεις που έλαβαν χώρα σε αυτή την περίοδο ήταν η έκρηξη Πομίσι Πρινσιπάλι πριν 10.300 χρόνια, και η Αγκάνο Μόντε Σπίνα πριν 4.100 χρόνια, με τα αναβλήματα αυτών των εκρήξεων καλύπτουν σχεδόν χίλια τετραγωνικά χιλιόμετρα. Η έκρηξη Αγκάνο Μόντε Σπίνα ήταν πλινιακή με εκρηκτική στήλη να φτάνει σε ύψος 27 χιλιομέτρων και να προκαλεί πτώση ηφαιστειακής τέφρας μέχρι και 45 χιλιόμετρα μακριά. Είναι η ισχυρότερη έκρηξη του ηφαιστείου που έλαβε χώρα τα τελευταία 5.000 χρόνια. Το πάχος των αποθέσεων έφθασε τα 70 μέτρα και ο όγκος του μάγματος που παρήγαγε ήταν 1,2 κυβικά χιλιόμετρα.

(Βικιπαιδεία,2017).

**Τρίτη Φλεγρειακή περίοδος:** τοποθετείται περίπου 8.000 με 500 χρόνια πριν και χαρακτηρίζεται από ένα υλικό (rozzolana) που δημιουργεί την πλειοψηφία των ηφαιστειών. Μιλώντας ευρέως μπορούμε να πούμε πως υπήρχε αρχική δραστηριότητα στα νοτιοδυτικά στη ζώνη του Bacoli και Baiiae 10.000 -8.000 χρόνια πριν, μία μέση δραστηριότητα στην περιοχή κεντρικά του Pozzuoli, του όρους Spaccata και Agnano 8.000-3.900 χρόνια πριν και πιο πρόσφατη δραστηριότητα, μετακινήθηκε στα δυτικά δημιουργώντας τη λίμνη Avernus και το Monte Nuovo,

(Wikipedia,2018).

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει και κατά τους ιστορικούς χρόνους η δραστηριότητα των Φλεγραίων Πεδίων. Κατά τη διάρκεια των ιστορικών χρόνων το έδαφος της καλδέρας παρουσιάζει καθίζηση. Κτίρια κατασκευασμένα από τους Ρωμαίους κοντά στην ακτογραμμή μέχρι και τον 15<sup>ο</sup> αιώνα είχαν βρεθεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η τάση αυτή αντιστράφηκε το 1502 όταν οι κάτοικοι του Ποτσουόλι παρατήρησαν την ανάδυση νέων εδαφών. Μέχρι τις 27 Σεπτεμβρίου 1538, η ανύψωση του εδάφους αυξήθηκε κατά 2 μέτρα φτάνοντας συνολικά ανύψωση στην περιοχή Λα Στράντα τα 7 μέτρα. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες η ανύψωση αυτή προήλθε από πυκνούς σεισμούς. Στις 29 Σεπτεμβρίου η έκρηξη που έγινε δημιούργησε τον ηφαιστειακό κώνο Monte Nuovo. Τις πρώτες μέρες η ηφαιστειακή δραστηριότητα ήταν κυρίως εκρηκτική, φρεατομαγματική και μαγματική ενώ συνοδευόταν από πυροκλαστικές ροές μικρής κλίμακας, όμως μετά την τέταρτη μέρα η δραστηριότητα μειώθηκε αρκετά και σταμάτησε στις 6 Οκτωβρίου 1538, μία βδομάδα δηλαδή μετά την έναρξη της έκρηξης.

Κατά το 1969 μέχρι το 1972 και από το 1982 μέχρι το 1984, ήταν μια περίοδος με έντονη ανύψωση του πυθμένα της καλδέρας, συγκεκριμένα έφτασε τα τρία μέτρα στο Ποτσουόλι κοντά στο κέντρο της καλδέρας. Η ανύψωση αυτή ξεκίνησε στα μέσα του 1969 και μέχρι το 1972 είχε φτάσει τα 170 εκατοστά. Για την προστασία των πολιτών περίπου 3.000 κάτοικοι μεταφέρθηκαν σε μια παλιά γειτονιά, την Ριόνε Τέρρα. Μέσα στα επόμενα δύο χρόνια το έδαφος υποχώρησε 20 εκατοστά με αποτέλεσμα η τελική ανύψωση να υπολογιστεί στο 1,5 μέτρο. Το έδαφος συνέχισε να ταλαντεύεται χωρίς να υπάρχει κάποια ουσιαστική διαφορά μέχρι τον Ιούλιο του 1982. Τότε ξεκίνησε μία ανύψωση που διήρκησε μέχρι τα τέλη Δεκεμβρίου του 1984 και έφτασε στο λιμάνι του Ποτσουόλι τα 180 εκατοστά. Η δεύτερη ανύψωση συνοδεύτηκε από σεισμική δραστηριότητα, συγκεκριμένα σεισμοί και σεισμικά σμήνη μεγέθους 4 ρίχτερ. Ο πρώτος σεισμός με μέγεθος 4 ρίχτερ συνέβη στις 4 Οκτωβρίου 1983, τότε επακολούθησε η εκκένωση του κέντρου του Ποτσουόλι με 40.000 κατοίκους να απομακρύνονται από την περιοχή. Η πρώτη ανύψωση ήταν και η αφορμή για την τοποθέτηση συστήματος γεωφυσικής παρακολούθησης στο ηφαίστειο.

(Βικιπαιδεία,2017).

## 6.5 Πολιτιστική σημασία

Πέραν του γεωλογικού ενδιαφέροντος των Φλεγραίων Πεδίων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον προσελκύει και η πολιτιστική τους σημασία. Ειδικότερα:

- Στην περιοχή υπήρχε αποικία των αρχαίων Ελλήνων
- Στη παραλία Miliscola, στο Bacoli, ήταν το αρχηγείο του Ρωμαϊκού στρατού
- Η λίμνη Avernus πίστευαν πως ήταν η είσοδος για τον κάτω κόσμο. Κατά τον εμφύλιο πόλεμο μεταξύ του Οκτάβιου και του Αντώνιου, ο Αγρύππας θέλησε να μετατρέψει τη λίμνη σε στρατιωτικό λιμάνι, το λιμάνι Julius.
- Η Baiiae, που τώρα είναι βυθισμένη, ήταν ένα παραθεριστικό θέρετρο που μάλιστα φιλοξενούσε τις θερινές κατοικίες του Ιούλιου Καίσαρα και του Νέρωνα.
- Ένα Φλαβοϊκό αμφιθέατρο, το τρίτο μεγαλύτερο ιταλικό αμφιθέατρο μετά το Κολοσσαίο.
- Η οδός Appia, που διέσχιζε την κοινότητα του Quarto, ολοκληρωτικά κτισμένη πάνω σε σβησμένο κρατήρα.
- Το «Σπήλαιο των Σκύλων», ένα διάσημο τουριστικό αξιοθέατο κατά τις αρχές της μοντέρνας περιόδου, είναι στην ανατολική πλευρά του πεδίου.
- Εκεί εντοπίζεται το νεότερο βουνό της Ευρώπης, το Monte Nuovo, δίπλα ακριβώς από τον κρατήρα Astroni.
- Οι τάφοι του Αγριππίνα και του Σκιπίωνα είναι επίσης εκεί.
- Στην περιοχή του Bacoli, ήταν θερμές πηγές για τους πλούσιους Ρωμαίους. Περιλάμβανε τον μεγαλύτερο αρχαίο θόλο στον κόσμο πριν την κατασκευή του Ρωμαϊκού Πάνθεου.
- Ο αστρονομικός αναμεταδότης και συγγραφέας Patrick Moore χρησιμοποίησε αυτά τα εδάφη ως παράδειγμα των κρατήρων που συγκρούονται στο φεγγάρι πρέπει να έχουν ηφαιστειακή προέλευση, το οποίο νόμιζα ότι ίσχυε μέχρι τη δεκαετία του 1960.
- Υπάρχει η θεωρία πως αυτή η δυνατή έκρηξη πριν από περίπου 39.280 χρόνια πριν συνέβαλλε στον αφανισμό του νεάντερταλ, σύμφωνα με στοιχεία που παρουσιάστηκαν στον Καύκασο νότια της Ρωσίας.

(Wikipedia,2018)

## 6.6 Χρονολογική αναφορά γεγονότων

Παρακάτω θα αναφέρουμε χρονολογικά ότι έχει καταγραφεί από την πρόσφατη ιστορία των Φλεγραίων Πεδίων σύμφωνα με το Smithsonian Institution.

### **Μάρτιος 1970. Ανύψωση της περιοχής του Ποτζουόλι μη ακριβείς ειδήσεις αναγκάζουν τον κόσμο σε εκκένωση.**

Δέκα νέες ηφαιστειακές ρωγμές έχουν ανοίξει στα Φλεγραία Πεδία, κοντά στην πόλη Ποτζουόλι, η οποία ωθείται προς τα πάνω. Οι ρωγμές έδειξαν επιδείνωση της ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή. Η ξαφνική ανύψωση της περιοχής Ποτζουόλι προκάλεσε ζημιές και θραύσματα, σε σπίτια και τοίχους. Μία εκκλησία και δύο σχολεία έκλεισαν. Υπήρχαν σχέδια για εκκένωση της πόλης από τους κατοίκους αν αυτό κρινόταν απαραίτητο.

Προχώρησαν σε πρόσθετες έρευνες και μέτρα προστασίας. Η άνοδος της στεριάς μειώνεται αργά προς τα σύνορα Φλεγραίας περιοχής.

Δύο μετρητές σωληνώσεων έχουν εγκατασταθεί και θα εγκατασταθούν και επιπλέον σωλήνες κατά μήκος της ακτής από τη Nisida μέχρι το ακρωτήριο Miseno. Δύο σειсмоγράφοι έχουν εγκατασταθεί και η σεισμική δραστηριότητα καταγράφηκε στις 1 και 2 Μαρτίου. Δέκα κραδασμοί έχουν καταγραφεί με επίκεντρο το Ποτζουόλι και πολύ αβαθείς εστίες. Επιπλέον έχουν εγκατασταθεί πρόσθετοι σειсмоγράφοι.

Ανακριβείς αναφορές του τύπου προκαλούν εκούσια εκκένωση 20.000 ατόμων. Από τις 5 Φεβρουαρίου έως και τις 5 Μαρτίου η ανατολική περιοχή στο Ποτζουόλι αυξήθηκε κατά 5 εκατοστά φέροντας συνολική έκταση 70 εκατοστών από τον Οκτώβριο του 1968. Πρόσθετος εξοπλισμός μέτρησης συμπεριλαμβανομένων των σειсмоγράφων και των μετρητών παλίρροιας είναι σε λειτουργία. Το ναυτικό ωκεανογραφικό σκάφος Ulisse Iglioni, που επί του παρόντος πραγματοποιεί βάσεις ανίχνευσης βάρους στον κόλπο Ποτζουόλι με δύτες, πραγματοποίησε υποβρύχιες παρατηρήσεις ενεργών φουμαρόλων που φαίνεται να σκοτώνουν την πανίδα με επιβλαβείς εκπομπές.

Ο τοπικός τύπος μιλάει για την ανησυχία των κατοίκων της περιοχής με την πιθανότητα μιας μεγάλης καταστροφής, παρά τις επαναλαμβανόμενες καθησυχαστικές δηλώσεις από υπεύθυνους κυβερνητικούς και επιστημονικούς αξιωματούχους, οι οποίοι εξακολουθούν να ισχυρίζονται ότι η μόνη απειλή είναι σε παλιά κτίρια



του προαστίου Rione Terra, τα οποία εκκενώθηκαν εντελώς, παρόλα αυτά 20.000 άτομα ενδέχεται να έχουν εγκαταλείψει άλλα μέρη της πόλης και οι τοπικοί αξιωματούχοι φοβούνται ότι θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην τοπική οικονομία η οποία έχει παύση των αλιευτικών δραστηριοτήτων και του εμπορίου.

**Απρίλιος 1970. Το πεδίο δεν έχει σεισμικότητα ή πρόσφατο ηφαιστειακό φαινόμενο. Η θερμοκρασία της φουμαρόλης είναι αμετάβλητη.**

Οι έρευνες δεν δείχνουν στοιχεία πρόσφατων ρωγμών, ανυψώσεων ή σεισμικότητας. Ο Η Tarzieff οδήγησε μια ομάδα τεσσάρων σεισμολόγων από το Institut de Physique du Globe στο Παρίσι, και δύο χημικούς από το MHD Service of the Commisariat a l'Energie Atomique, στο Saclay, για να ερευνήσουν την ανύψωση στο Ποτζουόλι μεταξύ 6 και 15 Μαρτίου 1970. Οι επιτόπιες έρευνες και μελέτες έρχονται σε αντίθεση με διάφορες σημαντικές δηλώσεις που έγιναν από πηγές στην περιοχή των εκδηλώσεων και έχουν αναφερθεί προηγουμένως από τον CSLP.

Στις 21 Απριλίου 1970 ο Η Tarzieff δήλωσε πως δεν είχαν ανοίξει ηφαιστειακές ρωγμές στα Φλεγραία Πεδία. Καμία ανάκαμψη της ηφαιστειακής δραστηριότητας δεν ήταν πραγματικά ανιχνεύσιμη σε αυτόν τον τομέα. Η ομάδα δεν μπορούσε να αποκτήσει αξιόλογες αποδείξεις για την εκτροπή του Ποτζουόλι 20 εκατοστά που φέρεται να συνέβη μεταξύ της 4<sup>ης</sup> και 5<sup>ης</sup> Μαρτίου και δεν βρήκε κανένα στοιχείο από το σεισμόγραμμα των δέκα σοκ που φέρεται να συνέβησαν από την ακτή Ποτζουόλι. Στην πραγματικότητα, κατά τη διάρκεια της δεκαήμερης έρευνας τους δεν καταγράφηκε ούτε ένα σεισμικό γεγονός από το δίκτυο των σειсмоγράφων τους. Η έρευνα των τοπικών αλιέων απέδειξε ότι δεν βρέθηκαν «ψημένα» ψάρια ή καμένα δίχτυα στην περιοχή.

Οι θερμοκρασίες και η σύνθεση της φουμαρόλης παραμένουν αμετάβλητες από τις προηγούμενες μετρήσεις. Οι θερμοκρασίες στις φουμαρόλες στον κρατήρα Solfatara ήταν ίδιες με αυτές που μετρήθηκαν από τον Tarzieff το 1967 και αυτές που αναφέρονται από τον D.E White για το 1907 και το 1933. Τα αέρια που διαφεύγουν έδειξαν, κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, μια αρκετά σταθερή σύνθεση. Το H<sub>2</sub>O δεν προσδιορίστηκε, αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90% της έντασης.

### **Μάιος 1970. Μικρή ανύψωση εντοπίστηκε σε μικρό κομμάτι της περιοχής, δεν συνέβησαν ασυνήθιστα φαινόμενα.**

Τα ακόλουθα έλαβαν χώρα στις 12 Μαΐου 1970. Ο λεγόμενος «βραδυδεσμός» συνεχίζει να ανεβαίνει. Κατά την περίοδο 20 Μαρτίου ως 20 Απριλίου η ανύψωση ήταν 0,067 μ. Η πληγείσα περιοχή ήταν συγκριτικά μικρή (περίπου 15-20 χιλιόμετρα από ανατολικά ως δυτικά και φαινομενικά 4-6 χιλιόμετρα από νότια προς βόρεια). Η ανύψωση αυτή καθαυτή είναι σίγουρα ανώμαλη, αλλά το ποσοστό της εξακολουθεί να είναι πολύ αργό ώστε να μπορεί να ληφθεί ως πρόσχημα εκκένωσης από μόνη της, ούτε μια αιφνίδια ρωγμή εμφανίστηκε οπουδήποτε μέχρι σήμερα, ένας σεισμός έγινε αισθητός στο Ποτζουόλι στις 3 Μαΐου με ένταση III της κλίμακας Mercalli.

Απολύτως κανένα άλλο ασυνήθιστο φαινόμενο δεν μπορούσε να ανιχνευθεί, ούτε με σεισμολογία, ούτε με γεωχημεία, γεωμαγνητισμό, θερμότητα ή μετρήσεις θερμοκρασίας. Ένα σημαντικό σύνολο γεωφυσικών και γεωχημικών ερευνών, τόσο στην ξηρά όσο και στην θάλασσα, βρίσκεται σε εξέλιξη από τα τέλη Μαρτίου και θα συνεχιστεί για όσο είναι απαραίτητο, θα εγκατασταθεί ένας μόνιμος σταθμός, παρόλο που μια έκρηξη μπορεί να συμβεί ανά πάσα στιγμή σε οποιοδήποτε μέρος, τόσο στα Φλεγραία εδάφη όσο και στον Βεζούβιο, δεν έχουν εμφανιστεί μέχρι στιγμής προκαταρκτικές εκδηλώσεις στον τομέα αυτό.

### **Ιανουάριος 1984. Ανύψωση και σεισμική δραστηριότητα στην καλδέρα από τα μέσα του 1982.**

Τα Φλεγραία Πεδία υπήρξαν τόπος αργών κατακόρυφων κινήσεων τουλάχιστον από τους ρωμαϊκούς χρόνους, από την τελευταία έκρηξη που σημειώθηκε το 1538. Η ανύψωση που σημειώθηκε το 1970 συνεχίστηκε το 1972 χωρίς σημαντική σεισμική δραστηριότητα. Το 1972 και το 1982 οι ταλαντώσεις είχαν ετήσια περίοδο με εύρος περίπου 10-15 εκατοστά ανά έτος στη ζώνη μέγιστης ανύψωσης. Από το καλοκαίρι του 1982 η ταλάντωση δεν έχει αντιστραφεί όπως και προηγούμενα χρόνια. Η συνολική ανύψωση ανήλθε στα 110 εκατοστά από τον Ιανουάριο του 1982 ως τον Δεκέμβριο του 1983 στην ζώνη μέγιστης κίνησης, στην πόλη Ποτζουόλι στο κέντρο της καλδέρας. Οι επανειλημμένες έρευνες για το επίπεδο στην περιοχή έδωσαν στοιχεία μία περιοχή ανύψωσης στα 6 χιλιόμετρα με μια αρκετή κυκλική συμμετρία.

Τον Νοέμβριο του 1982 παρατηρήθηκε μέτρια σεισμική δραστηριότητα από το μόνιμο σεισμικό δίκτυο που λειτουργούσε από το 1972. Το επίπεδο δραστηριότητας ήταν ελαφρώς πάνω από το μικροσεισμικό υπόβαθρο της περιοχής. Τον Ιανουάριο του 1983 η τάση του φαινομένου και η πιθανότητα αύξησης του σεισμικού και ηφαιστειακού κινδύνου εντοπίστηκε από τοπικούς παράγοντες. Τον Μάρτιο παρατηρήθηκε μια ξεχωριστή αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας με τον πρώτο σεισμό μεγέθους 3. Από τότε η ανύψωση του εδάφους συνεχίστηκε. Η σεισμική δραστηριότητα αυξήθηκε ακολουθώντας μια τάση παρόμοια με εκείνη της ταχύτητας ανύψωσης. Σεισμός με μέγεθος 4 συνέβη στις 4 Οκτωβρίου, ο οποίος προκάλεσε κάποιες καταρρεύσεις χωρίς τραυματισμούς. Το κέντρο του Ποτζουόλι εκκενώθηκε μετά από αυτό το γεγονός λόγω ανησυχίας για τον αυξανόμενο σεισμικό κίνδυνο. Το κύριο τμήμα της πόλης αποτελείται από παλιά σπίτια χτισμένα με τούβλα που επηρεάζονται όλο και περισσότερο από τη συνεχή σεισμική δραστηριότητα. Στις 13 Οκτωβρίου σημειώθηκε σεισμικό σμήνος με περισσότερους από 250 κραδασμούς σε 5 ώρες. Το μέγιστο μέγεθος ήταν 3 βαθμοί.

Οι κάτοικοι που εκκένωσαν το Ποτζουόλι εγκαταστάθηκαν προσωρινά στις περιοχές του θέρετρου γύρω από τα Φλεγραία Πεδία. Νέες εγκαταστάσεις προετοιμάζονταν στα σύνορα της πιο ευάλωτης περιοχής.

Η επιλογή της τοποθεσίας έγινε από τις δημόσιες αρχές για να ελαχιστοποιηθούν οι κοινωνικές συνέπειες της εκκένωσης από τις κατοικίες τους. Ο νέος οικισμός είναι σχετικά ασφαλής από σεισμική άποψη αλλά όχι από ένα μέγιστο ηφαιστειακό γεγονός.

Το μόνιμο δίκτυο επιτήρησης που λειτουργεί στην περιοχή περιλαμβάνει μετρήσεις της παραμόρφωσης του εδάφους και της σεισμικής δραστηριότητας και παρακολούθηση της περιεκτικότητας σε αέριο και των θερμοκρασιών της φουμαρόλης.

Η κατακόρυφη παραμόρφωση του εδάφους μετριέται με τη συνεχόμενη οριοθέτηση του μόνιμου δικτύου και επίσης ελέγχεται καθημερινά από έναν μετρητή παλίρροιας στο λιμάνι Ποτζουόλι. Οι μετρήσεις αναφέρονται σε έναν μετρητή παλίρροιας που βρίσκεται στο πλησιέστερο σταθερό σημείο στη Νάπολη. Η οριζόντια παραμόρφωση μετράται επίσης σε ένα δίκτυο που καλύπτει τα Φλεγραία Πεδία. Τα δεδομένα καταδεικνύουν μέγιστη επέκταση περίπου 40 εκατοστά σε απόσταση 4 χιλιομέτρων, που συμπίπτει σχεδόν με την περιοχή μέγιστης κάθετης ανύψωσης.

### **Μάρτιος 1984. Πιο έντονη σεισμικότητα, συνέχιση της ανύψωσης.**

Ο ρυθμός της απελευθέρωσης της σεισμικής ενέργειας του στελέχους στα Φλεγραία Πεδία ήταν ψηλότερος κατά τους πρώτους τρεις μήνες του 1984 από ότι κατά το 1983. Η σεισμική ενέργεια των στελεχών που απελευθερώθηκε τους τρεις πρώτους μήνες του 1984 ήταν σχεδόν τόσο υψηλή όσο αυτή που απελευθερώθηκε καθ' όλη τη διάρκεια του 1983, παρόλα αυτά πρέπει να σημειωθεί ότι η σεισμική δραστηριότητα δεν άρχισε να ανιχνεύεται μέχρι τον Μάρτιο του 1983. Εποχιακές τάσεις σε περιόδους ήσυχης δραστηριότητας έχουν παρατηρηθεί στα Φλεγραία Πεδία. Η πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ εξωτερικών και εσωτερικών αιτιών της παρούσας κρίσης κάνει την πρόβλεψη της εξέλιξης του φαινομένου ακόμα πιο δύσκολη.

Η δραστηριότητα κορυφώθηκε κατά τη δεύτερη εβδομάδα του Μαρτίου και στις αρχές του Απριλίου 1984. Ένας σεισμός 3.9 έλαβε χώρα στις 9 Μαρτίου και πέντε ημέρες αργότερα ένας σεισμός μεγέθους 4 προκάλεσε την κατάρρευση στέγης σε μια εκκλησία του 15<sup>ου</sup> αιώνα στο Ποτζουόλι. Δεν σημειώθηκαν τραυματισμοί. Η στενή σχέση αυτών των δύο σεισμών προκάλεσε κάποια ανησυχία για την πιθανή εξέλιξη της συνεχιζόμενης κρίσης. Την 1<sup>η</sup> Απριλίου, ένα σεισμικό σμήνος 499 γεγονότων εμφανίστηκε μεταξύ 3:00-8:00. Το μέγιστο μέγεθος ήταν 3 βαθμοί.

Η προκαταρκτική τοποθεσία βρίσκεται σε μια περιοχή περίπου ένα χιλιόμετρο δυτικά του Ποτζουόλι, την ίδια ακριβώς περιοχή που χτύπησε ένα άλλο σμήνος στις 13 Οκτωβρίου 1983.

Η ανάλυση της αξιοπιστίας των υποκεντρικών προσδιορισμών πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα ταχύτητας. Η αβεβαιότητα του μοντέλου ταχύτητας εμποδίζει οποιαδήποτε αξιόπιστη εκτίμηση του πραγματικού βάθους των σεισμών, ακόμα και αν είναι σίγουρα περιορισμένη εντός των ανωτέρων 4 χιλιομέτρων κρούστας. Η επίδραση των διαφορετικών μοντέλων ταχύτητας δεν μεταβάλλει αισθητά τους επιφανειακούς προσδιορισμούς. Τα πιο ενεργητικά γεγονότα εξακολουθούν να περιορίζονται σε μια μικρή περιοχή γύρω από τον κρατήρα Solfatara. Ο σεισμός με μέγεθος 4 της 14<sup>ης</sup> Μαρτίου εντοπίστηκε περίπου ένα χιλιόμετρο νοτιοανατολικά του Solfatara.

Οι κεντρικοί μηχανισμοί 37 επιλεγμένων γεγονότων έχουν μελετηθεί. Ελήφθησαν δεκαπέντε αξιόπιστες λύσεις. Δέκα γεγονότα που βρίσκονται γύρω από τον κρατήρα Solfatara έχουν τύπο τάσης. Δύο γεγονότα που

βρίσκονται τον κόλπο του Ποτζουόλι φαίνονται τύπου συμπίεσης. Δεν υπάρχει κυρίαρχος προσανατολισμός των αξόνων P και T.

Η προηγούμενη συνήθης τάση των υψηλών ρυθμών παραμόρφωσης που προηγήθηκαν των μεγαλύτερων διαταραχών δεν παρατηρήθηκε για τα δύο τελευταία μεγάλα συμβάντα. Η ταχύτητα ανύψωσης, όπως μετρήθηκε από τον μετρητή παλίρροιας του Ποτζουόλι, ήταν της τάξεως των 2-3 mm/μέρα κατά τη διάρκεια των πρώτων δύο εβδομάδων του Μαρτίου 1984, αυξήθηκε σε 4 mm/μέρα κατά τις δύο τελευταίες εβδομάδες του Μαρτίου. Μία έρευνα για το δίκτυο ισοπέδωσης ολοκληρώθηκε μέσα στον Μάρτιο. Το πρότυπο παραμόρφωσης είναι παρόμοιο με αυτό που παρατηρήθηκε τον Δεκέμβριο του 1983. Μέγιστη αύξηση 32 εκατοστά από τον Δεκέμβριο του 1983 μετρήθηκε κοντά στο Ποτζουόλι. Η μέγιστη ανύψωση από τον Ιανουάριο του 1982 ήταν 142 εκατοστά. Η γεωχημική παρακολούθηση υλοποιήθηκε το 1983 ως συνέπεια της ανόδου. Ορισμένες μεταβολές στη χημική σύνθεση των πηγαδιών νερού έχουν ανιχνευθεί μεταξύ Ιανουαρίου και Μαρτίου 1984. Την ίδια περίοδο παρατηρήθηκαν μικρές διακυμάνσεις στην σύνθεση των φουμαρολικών αερίων από τον κρατήρα Solfatara. Η περιεκτικότητα σε ραδόνιο ήταν περίπου σταθερή. Η μειωτική ικανότητα των φουμαρολικών αερίων παρακολουθείται συνεχώς σε δύο φουμαρόλες στον κρατήρα Solfatara, παρουσιάζοντας μια ευρεία κορύφωση από τα μέσα Φεβρουαρίου και φτάνοντας στο μέγιστο στα μέσα Μαρτίου.

#### **Απρίλιος 1984. Αποδέσμευση της σεισμικής ενέργειας και μείωση της ανύψωσης μετά το σμήνος σεισμών την 1 Απριλίου.**

Η σεισμική δραστηριότητα στα Φλεγραία Πεδία μειώθηκε τον Απρίλιο. Μετά το σμήνος σεισμών της 1<sup>ης</sup> Απριλίου και ένα γεγονός μεγέθους 3 βαθμών στις 3 Απριλίου, η αθροιστική αποδέσμευση της ενεργειακής σεισμικής καταπόνησης είχε μικρότερη κλίση απ' ό,τι στους προηγούμενους τρεις μήνες. Η κατανομή των επίκεντρων για τα βέλτιστα γεγονότα μέχρι τις 15 Ιανουαρίου παρουσιάζει ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό. Τα πρώτα τρία διαφορετικά σμήνη είναι εμφανή. Το πρώτο το οποίο περιλαμβάνει γεγονότα με υψηλότερη ενέργεια βρίσκεται γύρω από το περίγραμμα S του κρατήρα Solfatara. Τα γεγονότα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των σμηνών βρίσκονται στο άκρο W της ενεργούς σεισμικής περιοχής. Το τρίτο σύμπλεγμα περιλαμβάνει μερικά γεγονότα που βρίσκονται στον κόλπο Ποτζουόλι.

Η μέση ταχύτητα ανύψωσης κατά τον Απρίλιο, όπως μετρήθηκε από τον μετρητή παλίρροιας που βρίσκεται στο λιμάνι του Ποτζουόλι ήταν 1,6

mm/μέρα. Η τιμή αυτή είναι σίγουρα μικρότερη από τον προηγούμενο μήνα. Οι θερμοκρασίες των δύο φουμαρόλων στον κρατήρα Solfatara παρέμειναν σε σταθερές τιμές 110 και 157-159 βαθμοί Κελσίου.

Η μείωση της δραστηριότητας που παρατηρείται μετά το σμήνος της 1<sup>ης</sup> Απριλίου είναι παρόμοια με τη μείωση που παρατηρήθηκε τον Νοέμβριο του 1983. Στην περίπτωση αυτή, παρατηρήθηκε μείωση της σεισμικής δραστηριότητας και μείωση της ταχύτητας ανύψωσης μετά από σεισμό μεγέθους 4 και σμήνους που πραγματοποιήθηκε στις 13 Οκτωβρίου 1983.

### **Ιούνιος 1984. Συνέχεια της σεισμικότητας και την ανύψωσης, συζήτηση και κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες, αυξημένη υποβρύχια δραστηριότητα στις φουμαρόλες.**

Η σεισμική δραστηριότητα παρέμεινε σε χαμηλό επίπεδο για το μεγαλύτερο μέρος του Μαΐου και του Ιουνίου. Η μέση ταχύτητα ανύψωσης, που μετρήθηκε με τον μετρητή παλίρροιας του Ποτζουόλι ήταν της τάξης των 3mm/μέρα τον Μάιο.

Υπήρχε ένα μικρό σμήνος 80 γεγονότων σε 2 ώρες στις 28 Μαΐου. Το μέγιστο μέγεθος ήταν 2 βαθμοί. Η θέση του σμήνους βρισκόταν σε μια περιοχή περίπου ένα χιλιόμετρο δυτικά στο κέντρο του Ποτζουόλι, στην ίδια περιοχή με τα σμήνη της 13<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 1983 και 1<sup>ης</sup> Απριλίου 1984. Η σημαντική διαφορά είναι ότι αυτή τη φορά προσδιορίστηκαν τρία γεγονότα χαμηλής συχνότητας που συνέβησαν στην αρχή των σμήνων. Είχαν ασαφείς αντιδράσεις και τυπική συχνότητα 1HZ. Δύο ήταν αρκετά καλά καταγεγραμμένοι σε πολλούς σταθμούς του δικτύου για να έχουν μια καλή θέση, στην ίδια περιοχή με το σμήνος. Αυτά τα γεγονότα έχουν παραμείνει απομονωμένα μέχρι στιγμής, αλλά το προσωπικό έχει ειδοποιηθεί να εξετάσει προσεχτικά άλλα περιστατικά. Δεν μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα να έχουν περάσει απαρατήρητα και άλλα περιστατικά. Δυστυχώς, η κακή εποχή με συχνές θύελλες και ο υψηλός θόρυβος από το ανθρώπινο υπόβαθρο ενδέχεται να έχουν αποκρύψει πλήρως τη σεισμική δραστηριότητα χαμηλού επιπέδου.

Τέσσερις σεισμοί μεγέθους 3+ εμφανίστηκαν στις 1-2 Ιουνίου κοντά στον κρατήρα Solfatara στο ανατολικό κομμάτι της ενεργούς σεισμικής περιοχής, όπου εμφανίστηκαν τα πιο ενεργητικά γεγονότα. Δύο γεγονότα 3.3 και 2,6 εμφανίστηκαν στις 17 Ιουνίου στην ανατολική πλευρά της καλδέρας κοντά στη χερσόνησο Nisida και ένα γεγονός μεγέθους 3.6 στις 27 Ιουνίου εντοπίστηκε στον κόλπο του Ποτζουόλι. Είναι τα πιο

ενεργητικά γεγονότα που συνέβησαν σε αυτούς τους τομείς. Την 1<sup>η</sup> Ιουλίου ένα γεγονός μεγέθους 3.6 ξεκίνησε ένα σμήνος με περισσότερα από 100 γεγονότα κοντά στον κρατήρα Solfatara. Ένα άλλο γεγονός μεγέθους 3.5 συνέβη κατά τη διάρκεια αυτού του σμήνους.

Η ανύψωση που μετρήθηκε με τον μετρητή της παλίρροιας στο Ποτζουόλι ήταν 1 mm/μέρα από την 1 έως 24 Ιουνίου. Ένας νέος μετρητής παλίρροιας εγκαταστάθηκε στο ανατολικό σύνορο της καλδέρας για να παρακολουθήσει τη διαφορική κίνηση της καλδέρας. Έδωσε τιμή 0.2 mm/μέρα από την 1 ως 24 Ιουνίου. Μία έρευνα ισοπέδωσης ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο. Τα προκαταρκτικά στοιχεία υποδεικνύουν μέγιστη αύξηση 17 εκατοστών σε σχέση με τον Μάρτιο του 1984. Το κέντρο μέγιστης ανύψωσης παρέμεινε στην ίδια περιοχή με τα προηγούμενα επίπεδα ύψους, συνολικά 160 εκατοστά από τον Ιανουάριο του 1984.

Στα τέλη Μαΐου, δύοτες ανέφεραν μια ορατή αύξηση της υποβρύχιας φουμαρολικής δραστηριότητας στον κόλπο του Ποτζουόλι, μπροστά από τον κρατήρα Monte Nuono. Λίγες φωτογραφίες έχουν ληφθεί σε διαφορετικές στιγμές αλλά ακόμα δεν είναι γνωστό αν η αυξημένη δραστηριότητα συμβαίνει επεισοδιακά.

Οι μετρήσεις ραδονίου εκτελέστηκαν συστηματικά από τον Απρίλιο του 1983 σε δύο πηγάδια νερού. Έδειξαν μια ισχυρή κορύφωση κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι διακυμάνσεις μικρότερης περιόδου υπερτίθενται στην τάση.

Οι θερμοκρασίες φουμαρόλης στον κρατήρα Solfatara παρέμειναν στους 158 και 110 βαθμούς Κελσίου, με διακυμάνσεις μόνο λίγων βαθμών.

Έχουν διεξαχθεί συζητήσεις σχετικά με τον χαρακτήρα των αναγνωρίσιμων βραχυπρόθεσμων πρόδρομων παραγόντων, αν υπάρχουν, ενός πιθανού ηφαιστειακού συμβάντος στην περιοχή. Βασίζομαστε σε μια σημαντική αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας πριν από μία έκρηξη. Αυτή η υπόθεση βασίστηκε στα ιστορικά χρονικά της έκρηξης του Monte Nuono. Η εμφάνιση τριών σμήνων χωρίς εμφανή ηφαιστειακή δραστηριότητα μείωση την εμπιστοσύνη στην αναγνώριση ενός σμήνους ως πιθανού προδρόμου της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Η μέγιστη διάρκεια ενός σμήνους ήταν 6 ώρες. Όλοι βασίζονται στη συνολική απελευθέρωση ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός σμήνους και στον χαρακτήρα της σεισμικής δραστηριότητας. Ποτέ δεν παρατηρήθηκε αρμονικός τρόμος ή σημαντικός αριθμός γεγονότων χαμηλής

συχνότητας. Ο ρυθμός παραμόρφωσης είναι ένας άλλος πιθανός πρόδρομος, αλλά θα μπορούσε να αναγνωριστεί ως πρόδρομος αν σημειωθεί σημαντική αύξηση σε λίγες ημέρες πριν από ένα ηφαιστειακό συμβάν. Το μέγεθος της ανύψωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίδιο με την ημερήσια παλίρροια. Σχεδιάζεται η εγκατάσταση περισσότερων μετρητών παλίρροιας, ώστε να εντοπιστεί περισσότερη ανύψωση αν συμβεί. Η γεωχημική παρακολούθηση πραγματοποιείται στον κρατήρα Solfatara και έχουν καταβληθεί σχέδια για την επέκταση αυτής της παρακολούθησης σε άλλους τομείς.

Η αρχή της θερινής περιόδου αυξάνει τη δημογραφική πίεση στην περιοχή. Η εντολή εκκένωσης στο κεντρικό τμήμα της καλδέρας δεν εφαρμόζεται αυστηρά. Η υψηλή πυκνότητα του πληθυσμού της περιοχής (250.000 άνθρωποι ζουν μέσα στην καλδέρα) δημιουργεί τεράστιο πρόβλημα σε σχέση με τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τη μείωση του κινδύνου.

Η διάρκεια της σημερινής κρίσης έχει προκαλέσει κοινωνικό αντίκτυπο και οικονομικές απώλειες συγκρίσιμες με εκείνες μιας πραγματικής έκρηξης. Οι ερευνητές, αφιερωμένοι στο δύσκολο έργο παρακολούθησης και κατανόησης της εξέλιξης του φαινομένου, υποφέρουν από συσσωρευμένο άγχος της ευθύνης για τη ζωή χιλιάδων ανθρώπων.

#### **Σεπτέμβριος 1984. Απελευθέρωση σεισμικής ενέργειας αμετάβλητη και η ανύψωση επιβραδύνεται.**

Η δραστηριότητα στα Φλεγραία Πεδία παρουσίασε κάποιες αλλαγές κατά τον Ιούλιο με Σεπτέμβριο. Η μηνιαία μέση ταχύτητα ανύψωσης ήταν 1.2 mm/ημέρα στο Ποτζουόλι.

Η αποδέσμευση σεισμικής ενέργειας παρέμεινε στο ίδιο επίπεδο με το προηγούμενο έτος. Παρατηρήσαμε μεγαλύτερο αριθμό ενεργειακών γεγονότων απ' ό,τι τους προηγούμενους μήνες και δεν περιορίζονται πλέον στην περιοχή γύρω από τον κρατήρα Solfatara αλλά αντιθέτως εμφανίζονται σε όλη τη σεισμικά ενεργή περιοχή.



Οι θερμοκρασίες των φουμαρολών στον κρατήρα Solfatara παρέμειναν σταθερές, ενώ το περιεχόμενο ραδονίου των πηγαδιών νερού έφτασε στο ελάχιστο το τελευταίο έτος, με ελαφρά αύξηση στα μέσα Σεπτεμβρίου.

Η μείωση της ταχύτητας ανύψωσης κατά τη συνεχή απελευθέρωση της σεισμικής ενέργειας δεν υποστηρίζει την ιδέα ότι η ταχύτητα ανύψωσης είναι στενά συνδεδεμένη με την εμφάνιση μεγαλύτερων σεισμών. Αντίθετα σε αυτήν την τελευταία περίοδο παρατηρήθηκαν γεγονότα υψηλότερης ενέργειας. Συχνά εμφανίζονται διπλά γεγονότα ( 1<sup>η</sup> Ιουλίου, 29 Αυγούστου και 28 Σεπτεμβρίου). Η περιοχή που είχε επηρεαστεί προηγουμένως από σμήνη χαμηλών ενεργειακών εκδηλώσεων επηρεάζεται πλέον από γεγονότα υψηλής ενέργειας. Δεν είναι ακόμα γνωστό αν αυτό το πρότυπο δραστηριότητας δείχνει υψηλότερο κίνδυνο έκρηξης.

#### **Νοέμβριος 1984. Η ανύψωση σταματάει τον Οκτώβριο, ξεκινάει πάλι τον Νοέμβριο.**

Η δραστηριότητα στα Φλεγραία Πεδία μειώθηκε τον Οκτώβριο. Η ταχύτητα ανύψωσης, όπως μετρήθηκε από τον μετρητή παλίρροιας στο Ποτζουόλι, ήταν μηδενική για ολόκληρο τον μήνα και η σεισμική δραστηριότητα ήταν πολύ χαμηλή. Αυτή ήταν η πρώτη σημαντική μείωση της δραστηριότητας που παρατηρήθηκε από την αρχή της κρίσης το καλοκαίρι του 1982. Μια νέα αύξηση της σεισμικής δραστηριότητας παρατηρήθηκε κατά την πρώτη εβδομάδα του Νοεμβρίου με σεισμό μεγέθους 2,7. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης εβδομάδας, ξεκίνησε η ανύψωση με μέση ταχύτητα 1mm/μέρα. Στις 8 Νοεμβρίου σημειώθηκαν γεγονότα μεγέθους 3.2, 3.2, 2.8 και 3.3 στον κόλπο του Ποτζουόλι. Άλλα γεγονότα συνέβησαν στις 10 Νοεμβρίου (2.9) και στις 11 Νοεμβρίου (3).

Μικρά συμβάντα συνέβησαν κατά την τρίτη εβδομάδα αλλά η ταχύτητα ανύψωσης παρέμεινε 1 mm/ημέρα. Κατά την τελευταία εβδομάδα του Νοεμβρίου, η ταχύτητα ανύψωσης αυξήθηκε στα 2.5 mm/μέρα με δύο σεισμούς στις 26 Νοεμβρίου και αρκετούς άλλους με μικρότερο μέγεθος.

Οι θερμοκρασίες των φουμαρόλων στον κρατήρα Solfatara παρέμειναν σταθερές στους 156 βαθμούς Κελσίου. Μια νέα φουμαρόλη άνοιξε στον κρατήρα κατά τη διάρκεια της νύχτας της 16-17 Νοεμβρίου με βίαιη εκπομπή ατμού.

### **Ιανουάριος 1985. Η σεισμικότητα μειώνεται. Ελαφριά ύφεση.**

Ένας σεισμός μεγέθους 3.8 συνέβη στις 8 Δεκεμβρίου και εντοπίστηκε στην ανατολική πλευρά του κρατήρα Solfatara. Μετά από αυτό το γεγονός, η σεισμική δραστηριότητα ήταν πολύ χαμηλή κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Κατά τη διάρκεια του Δεκεμβρίου οι μετρητές παλίσρροιας στον κόλπο του Ποτζουόλι δεν σημείωσαν άνοδο του εδάφους στην περιοχή. Την δεύτερη βδομάδα του Ιανουαρίου, μετρήθηκε μία ελαφριά ύφεση από τον μετρητή παλίσρροιας στο Ποτζουόλι. Μόνο οι περιεκτικότητα του νερού σε ραδόνιο στα ελεγχόμενα πηγάδια παρουσίασαν αύξηση. Στα μέσα Νοεμβρίου, οι τιμές ήταν παρόμοιες με εκείνες της αντίστοιχης περιόδου Δεκεμβρίου 1983 – Ιανουαρίου 1984. Αναμένεται μια πιο μακρόχρονη απελευθέρωση προειδοποιητικού συναγερμού.

### **Φεβρουάριος 1985. Η ύφεση συνεχίζεται και η σεισμικότητα αποδυναμώνεται.**

Η δραστηριότητα στα Φλεγραία Πεδία μειώθηκε σημαντικά μετά από 2,5 χρόνια συνεχούς ανύψωσης του εδάφους και σεισμικής δραστηριότητας. Ο δείκτης παλίσρροιας στο λιμάνι του Ποτζουόλι μέτρησε 2 εκατοστά καθίζηση στο έδαφος κατά τη διάρκεια του Φεβρουαρίου. Η σεισμική δραστηριότητα παρέμεινε σε πολύ χαμηλό επίπεδο με μόνο λίγα χαμηλής ενέργειας γεγονότα στον κόλπο του Ποτζουόλι. Η περιοδική έρευνα ολόκληρου του δικτύου κατακόρυφης παραμόρφωσης ολοκληρώθηκε τον Ιανουάριο. Μία ανύψωση 3 εκατοστά από τον Οκτώβριο 1984 μετρήθηκε με βάση το σημείο αναφοράς στην περιοχή της μέγιστης παραμόρφωσης.

Οι μετρήσεις ραδονίου και θερμοκρασίας πραγματοποιούνται επί του παρόντος σε τέσσερα πηγάδια νερού. Το πρότυπο της περιεκτικότητας ραδονίου σε δύο απ' αυτά κοντά στη Solfatara και στο Monte Nuovo, δείχνει καλή συσχέτιση. Επί του παρόντος παρατηρείται υψηλή εκπομπή ραδονίου, παρόμοια με τις παρατηρήσεις κατά την ίδια περίοδο με πέρυσι. Τα δύο χρόνια συνεχούς παρακολούθησης καταδεικνύουν μια εποχιακή τάση στην εκπομπή ραδονίου.

Μια πιθανή αύξηση λόγω της εισροής θερμών υγρών από το βάθος μπορεί να έχει συμβεί κατά τον Δεκέμβριο 1983- Απρίλιο 1984. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου παρατηρήθηκε μια ελαφρά αλλά σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, η οποία ταιριάζει καλά με την περίοδο των υψηλότερων σεισμικών απελευθερώσεων ενέργειας.

Η μέγιστη ανύψωση των 180 εκατοστών έχει να συμβεί από τον Ιούνιο του 1982 και 320 εκατοστά από το 1969. Η μέτρια σεισμική δραστηριότητα κατά την παρούσα κρίση έχει προκαλέσει εκτεταμένες ζημιές σε παλιά κτίρια στα Φλεγραία Πεδία τα τελευταία 180 χρόνια. Η τάξη μεγέθους της ανύψωσης του εδάφους τα τελευταία 16 χρόνια είναι συγκρίσιμη με εκείνη που είχε συμβεί στο Monte Nuovo το 1538 και σε αυτή τη φάση θεωρείται ως πιθανό πρόδρομο φαινόμενο για νέα ηφαιστειακή δραστηριότητα.

Αν η παρούσα κρίση ακολουθεί το ίδιο πρότυπο με εκείνο του 1969-1972, αναμένεται μια περίοδος ελαφράς καθίζησης, ακολουθούμενη από μια περίοδο ελαφρών ταλαντώσεων του επιπέδου του εδάφους, μέχρι να εμφανιστεί τελικά μια νέα κρίση. Η αντιστροφή του κοσμικού προτύπου της καθίζησης της περιοχής που σημειώθηκε το 1969, μαζί με τη σχετικά μακρά περίοδο παραμονής του Βεζούβιου ίσως να σχετίζεται με μία αλλαγή στο πεδίο της έντασης που ελέγχει την ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή της Νάπολης.

#### **Ιανουάριος 1986. Σταδιακή ανισθητική καθίζηση.**

Από τον Ιανουάριο του 1985, δεν υπήρξε ανιχνεύσιμη σεισμική δραστηριότητα στα Φλεγραία Πεδία και το έδαφος υποχωρούσε με μέσο ρυθμό 1 mm/μήνα χωρίς καμία σεισμική δραστηριότητα. Το μοτίβο της παραμόρφωσης του εδάφους κατά την κρίση του 1982-1984 ήταν παρόμοιο με εκείνο της περιόδου 1970-1972. Η τελευταία κρίση συνοδεύτηκε από μέτρια σεισμική δραστηριότητα κατά τη φάση της ανύψωσης. Η παρακολούθηση των αερίων στις φουμαρόλες στον κρατήρα Solfatara δεν παρουσίασε σημαντικές αλλαγές κατά το προηγούμενο έτος.

Κατά τη διάρκεια του περασμένου έτους, οι άνθρωποι από το Ποτζουόλι έχουν επιστρέψει σιγά σιγά πίσω στην πόλη. Ο νέος οικισμός στην βορειοδυτική πλευρά της καλδέρας έχει σχεδόν ολοκληρωθεί αλλά δεν είναι βέβαιο ότι όλοι οι άνθρωποι που εκκενώθηκαν από την πόλη θα μετακινηθούν. Οι φόβοι μιας επικείμενης έκρηξης έχουν ήδη φύγει και το ενδιαφέρον των ΜΜΕ έχει εξαφανιστεί.

#### **Ιούνιος 1989. Η ύφεση και η σεισμικότητα συνεχίζονται μετά από τετραετή παύση.**

Από τις αρχές του 1985 μέχρι το 1988, η δραστηριότητα χαρακτηρίστηκε από μια γενικά αποπληθωριστική τάση, αλλά η ανύψωση στη έπειτα συνεχίστηκε και μετρήθηκε μέγιστη αύξηση 7.2 εκατοστά τον Ιούνιο.

Το δίκτυο επιτήρησης που λειτουργεί από τον ΟΥ αποτελείται από οκτώ σεισμικούς σταθμούς, πέντε μετρητές παλίρροιας (τέσσερις στον κόλπο του Ποτζουόλι και ένας στη Νάπολη για σύγκριση), και τέσσερα ηλεκτρονικά ταχύμετρα. Οι περιοδικές μετρήσεις ισοπέδωσης πραγματοποιούνται σε εκτεταμένη γραμμή και οι μετρήσεις απόστασης εκτελούνται δύο φορές τον χρόνο. Η περιεκτικότητα σε ραδόνιο και η θερμοκρασία του νερού παρακολουθούνται σε τέσσερα πηγάδια νερού. Οι περιοδικές μετρήσεις της αναλογίας S/C και της περιεκτικότητας σε υδρατμούς των φουμαρολικών εκπομπών γίνονται στον κρατήρα Solfatara.

Η κατακόρυφη κίνηση που καταγράφηκε από τον μετρητή της παλίρροιας στο λιμάνι του Ποτζουόλι έδειξε σταθερή ύφεση μέχρι τα μέσα του 1987. Το ιστορικό στη συνέχεια έγινε πιο ταλαντευόμενο και κάποια επεισόδια αύξησης παρατηρήθηκαν στη γενική υφειακή τάση. Μια σταθερή τάση με μέσο ρυθμό  $-12.7 \text{ mm/μήνα}$  παρατηρήθηκε μέχρι τα μέσα του 1987. Από τότε μέχρι τις αρχές 1989 παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού καθίζησης και μια καθαρή αύξηση των  $7.2$  εκατοστών μετρήθηκε τον Ιανουάριο ως τον Ιούνιο του 1989. Από τα τέλη του 1988, τέσσερις σταθμοί κλίσης έχουν εγκατασταθεί στα Φλεγραία Πεδία. Πρόκειται για 2 συστατικών οριζόντια συστήματα εκκρεμούς με αναλύσεις  $6.9$  και  $14,5 \cdot 10^{-9} \text{ rad}$  για τα ακτινωτά και εφαπτόμενα εξαρτήματα αντίστοιχα. Ένα ταχύμετρο είναι στο κάστρο Baia, τα άλλα τρία κατά μήκος ενός εγκαταλειμμένου τούνελ περίπου  $2,5$  με  $3,5$  χιλιόμετρα βόρεια της προβλήτας του Ποτζουόλι. Διαφορετικές τάσεις παρατηρήθηκαν τον Δεκέμβριο του 1987 μέχρι τον Ιούνιο του 1989, παρουσιάζοντας περίπλοκες τοπικές μετακινήσεις που δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Δύο περιόδους κλίσης προς τα νοτιοανατολικά παρατηρήθηκαν, από τις 10 Δεκεμβρίου 1987 -12 Φεβρουαρίου 1988 και 22 Μαρτίου - 7 Απριλίου 1988, συμβατές με την ύφεση της περιοχής με μέγιστη κατακόρυφη παραμόρφωση. Σε άλλες περιόδους οι τάσεις ήταν λιγότερο συμβατές με αυτό το χαρακτηριστικό, σαν να είχε αλλάξει η πηγή παραμόρφωσης. Ιδιαίτερα αξιοσημείωτη ήταν η περιστροφή του φορέα μετά τον Μάρτιο του 1989, υποδεικνύοντας μια κλήση προς την ENE.

Δεν παρατηρήθηκαν σεισμικά γεγονότα από το 1985 μέχρι τις αρχές του 1987. Από τον Απρίλιο του 1987 παρατηρήθηκαν πολλά σμήνη, 10 Απριλίου 1987, 50 εκδηλώσεις μέγιστο μέγεθος  $2$  βαθμοί στον δυτικό τομέα της Solfatara. 4 Νοεμβρίου 1987, 26 εκδηλώσεις μέγιστο μέγεθος  $1.1$  βαθμοί, τομέας ανατολικά της Solfatara. Μάρτιος 1989, 15

εκδηλώσεις περιοχή Solfatara. 3 Απριλίου 1989, 82 γεγονότα, μέγιστο μέγεθος 2.2 βαθμοί, Solfatara. Μάιος 1989, 33 περιστατικά, μέγιστο μέγεθος 2,2 βαθμοί, Solfatara. 1-13 Ιουνίου 1989, 45 γεγονότα, μέγιστο μέγεθος 2.7 βαθμοί. Το πιο αξιοσημείωτο ήταν η εμφάνιση αρκετών γεγονότων χαμηλής συχνότητας, η πρώτη φορά που παρατηρήθηκαν τέτοια γεγονότα. Ήταν γενικά ρηχά και στα ανατολικά σύνορα του κρατήρα Solfatara.

Η περιοχή Costagliola, κοντά στο Monte Nuovo, έχει δείξει σαφή αύξηση του μέσου όρου ραδονίου που υπερβαίνει τις ετήσιες διακυμάνσεις. Μια παρόμοια τάση είναι εμφανής για τα περιεχόμενα ραδονίου που μετριοούνται σε πηγάδια νερού σε διάφορα μέρη των Φλεγραίων Πεδίων. Τόσο η αναλογία S/C όσο και η περιεκτικότητα σε υδρατμούς μιας φουμαρόλης στη Solfatara παρουσίασαν σταθερή αύξηση από τα μέσα του 1986.

Είναι αξιοσημείωτο πως τα Φλεγραία Πεδία εμφανίζουν σε κάθε νέο επεισόδιο αναταραχής ένα νέο φαινόμενο που δεν παρατηρήθηκε στο προηγούμενο. Το 1970-1972 σημειώθηκε σημαντική αύξηση χωρίς σημαντική σεισμική δραστηριότητα και το 1982-1984 υπήρξε ανύψωση συνοδευόμενη από σεισμική δραστηριότητα. Σε αυτή την περίπτωση, αν και ακόμα δεν είναι γνωστό αν θα υπάρξει μια συνεχής αύξηση, υπάρχει η εμφάνιση σεισμικών συμβάντων χαμηλής συχνότητας.

### **Νοέμβριος 1997. Αύξηση συγκεντρώσεων των θεικών αλάτων και θερμοκρασιών φουμαρόλης.**

Από τότε που συνέβησαν τα επεισόδια αναστάτωσης του εδάφους το 1982-1984, έχει πραγματοποιηθεί συστηματική γεωχημική παρακολούθηση στα Φλεγραία Πεδία. Τα φουμαρολικά αέρια, οι λίμνες κρατήρων και οι ιαματικές πηγές παρακολουθούνται. Από το 1984 δεν σημειώθηκαν σημαντικές φυσικές ή χημικές αλλαγές.

Ωστόσο δύο χαρακτηριστικά παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αλλαγή. Η θερμοκρασία στη φουμαρόλη Bocca Grande αυξήθηκε και η συγκέντρωση θεικού άλατος σε λίμνες κρατήρα και ιαματικές πηγές αυξήθηκε απότομα κατά την περίοδο 1995-1997.

Αυτές οι αυξήσεις μπορεί να προήλθαν από μια διαταραχή στην περιοχή που προκαλείται από την αυξημένη διαπερατότητα. Έτσι η

αλληλεπίδραση των περιορισμένων, θερμών, πλούσιων σε θειικά, υδροφορείς μπορεί να έχει αυξηθεί.

### **Οκτώβριος 1999. Μεταβλητή συγκέντρωση θειικού άλατος, αυξανόμενες θερμοκρασίες και άλλες αυξήσεις.**

Οι τακτικές γεωχημικές έρευνες των φουμαρικών αερίων στα Φλεγραία Πεδία, των λιμνών κρατήρων και των ιαματικών πηγών οδήγησαν στα ακόλουθα συμπεράσματα. Πρώτον, η θερμοκρασία του Bocca Grande συνέχισε την αύξηση που σημείωσε το 1997. Δεύτερον, η αύξηση της συγκέντρωσης των θειικών αλάτων που παρατηρήθηκε το 1997 για τις λίμνες κρατήρα και τις ιαματικές πηγές ήταν ένα «μεταβατικό συμβάν» που προκλήθηκε από το ασταθές υποκείμενο γεωθερμικό σύστημα. Τρίτον, υπήρξαν μετατοπίσεις στη λειτουργία  $f$  ( $\rho h i$ ), μια εμπειρική σχέση που σχετίζεται με τη χημεία του φουμαρικού αερίου. Η συνάρτηση  $f$  λειτούργησε ως εμπειρικός δείκτης της αναταραχής του εδάφους κατά τα γεγονότα του 1982-1985. Από το 1986 η λειτουργία της συνάρτησης  $f$  αυξήθηκε σε επίπεδα που δεν παρατηρήθηκαν από το 1982-1985.

### **Αύγουστος 2012. Ανάλυση του σεισμικού σμήνους τον Σεπτέμβριο του 2012.**

219 σεισμοί χαμηλού μεγέθους σημειώθηκαν στα Φλεγραία Πεδία κατά τη διάρκεια του Σεπτεμβρίου του 2012, συγκριτικά μεγάλου αριθμού σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Οι σεισμοί ήταν κυρίως μέσα σε δύο σμήνη που εμφανίστηκαν στις 7 και 15 Σεπτεμβρίου. Οι κορυφαίες επιταχύνσεις εδάφους ήταν μη τετριμμένες ενώ ορισμένοι σεισμοί ήταν ευρέως αισθητοί από κατοίκους της περιοχής. Η ανάλυση αποκάλυψε ότι ο ρυθμός απελευθέρωσης του στελέχους του σμήνους της 7<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου έπεσε σε τιμές που παρατηρήθηκαν για άλλα σμήνη τα τελευταία 20 χρόνια. Οι παρατηρήσεις του Παρατηρητηρίου του Βεζούβιου (που παρείχαν υλικό για την έκθεση αυτή) περιορίστηκαν σε εκείνες που σχετίζονται με τους σεισμούς και τη σχετική σεισμική ανάλυση.

Σχεδόν όλες οι σεισμικές εκδηλώσεις που σημειώθηκαν τον Σεπτέμβριο έλαβαν χώρα σε δύο σμήνη. Το πρώτο σμήνος συνέβη στην περιοχή του Ποτζουόλι κατά τη διάρκεια 0715-0935 UTC στις 7 Σεπτεμβρίου. Τα δύο

μεγαλύτερα γεγονότα αυτού του σμήνους ήταν μεγέθους 1.9 βαθμών. Αυτά τα γεγονότα ήταν τα μεγαλύτερα καταγεγραμμένα γεγονότα του προηγούμενου έτους. Το σμήνος της 7<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου κυριάρχησε το σμήνος της 15<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου, τόσο από την άποψη του αριθμού όσο και του μεγέθους των γεγονότων.

Το δεύτερο σμήνος του Σεπτεμβρίου του 2012 πραγματοποιήθηκε στις 15 Σεπτεμβρίου με τα ισχυρότερα γεγονότα να εμφανίζονται στα 0947 και 0954 UTC. Αυτό το σμήνος καταγράφηκε από έναν μόνο σταθμό και επομένως εύλογα τοποθετήθηκε σε κοντινή απόσταση σ' αυτό το σταθμό σε μικρό βάθος.

Τα υπόκεντρα το 49 εκδηλώσεων καθορίστηκαν τον Σεπτέμβριο του 2012. Τα βάθη τους ήταν γενικά μικρότερα από 4 χιλιόμετρα. Οι σεισμολογικές παράμετροι δεν παρουσίαζαν σημαντικές ανωμαλίες. Ωστόσο, τον Σεπτέμβριο του 2012 ήταν η πιο σεισμικά ενεργή χρονική περίοδος του προηγούμενου έτους. Η σεισμικότητα κατά τον Σεπτέμβριο έδωσε τρεις φορές μεγαλύτερη τη σωρευτική ενέργεια που απελευθερώθηκε κατά το προηγούμενο έτος.

Μερικά από τα γεγονότα στο σμήνος ήταν ευρέως αισθητά στην αστική περιοχή του Ποτζουόλι. Οι κορυφαίες τιμές επιτάχυνσης εδάφους που καταγράφηκαν από το επιταχυνσιόμετρο στο Ποτζουόλι δείχνουν δύο προεξέχοντες κορυφές που αντιστοιχούν στα δύο μεγαλύτερα συμβάντα που εμφανίστηκαν στις 0734 και 0825 UTC.

(volcano.si.edu,2013).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΚΡΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

### 7.1 Εισαγωγικά

Οι ερευνητικές δραστηριότητες σχετικά με τις επιπτώσεις μιας ηφαιστειακής έκρηξης σε υπάρχοντα κτίρια και υποδομές έχουν παράγει τα τελευταία 15 χρόνια ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο μελετών, ερευνών και προσομοιώσεων που δείχνουν τις διάφορες αβεβαιότητες που σχετίζονται με την ακριβή πρόβλεψη του τύπου της έκρηξης που αναμένεται (ιδιαίτερα στην περίπτωση ενεργών ηφαιστειών σε φάση ανάπαυσης) και τις πολλές περιπτώσεις που μπορεί να έχουν τα διαφορετικά εκρηκτικά φαινόμενα στις στρατηγικές έκτακτης ανάγκης και στον προγραμματισμό και την ανακαίνιση.

(<https://earthzine.org>,2011)

### 7.2 Σχέδια δράσεις ανάλογα με τις συνθήκες

Εντούτοις, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι πιθανές δράσεις οι στρατηγικές διαχείρισης και οι στρατηγικές μετριασμού σε περιοχές επιρρεπείς σε ηφαιστειακούς κινδύνους, απαιτείται μια διαφορετική προσέγγιση, ξεκινώντας από τη βασική παρατήρηση ότι τα σωρευτικά αποτελέσματα που δίδονται από ένα πολύπλοκο εκρηκτικό σενάριο προκαλούν εξαιρετικά μεταβλητές επιπτώσεις στην περιοχή και ανάλογα με το συγκριμένο χρονικό ιστορικό του συμβάντος, οι επικρατούσες οικοδομικές τυπολογίες των επενδυμένων περιοχών και του βαθμού ευαισθησίας τους.

Αυτή η ιδιότυπη προσέγγιση έχει επισημοποιηθεί πρόσφατα προκειμένου να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος μιας έκρηξης του υποπληθινίου στην περιοχή των Φλεγραίων Πεδίων μέσω της ανάπτυξης ενός αριθμητικού μοντέλου για τον ορισμό σεναρίων επιπτώσεων.

Η περίπτωση μιας πιθανής κρίσης στον Βεζούβιο ή στα Φλεγραία Πεδία έχει πολύ χαμηλή απόλυτη πιθανότητα να συμβεί σε σύντομο χρονικό διάστημα, αλλά στη περίπτωση αυτή ο αντίκτυπος θα πρέπει να είναι εξαιρετικά βαρύς. Αυτή η κρίση καθορίζει μια χρονικά εξαρτώμενη ανάπτυξη του κινδύνου και περιλαμβάνει πέντε χρονικές φάσεις που χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς τύπους έκτακτης ανάγκης. Το πρώτο χρονικό παράθυρο ξεκινά με τη φάση των αναταραχών και όταν το Βεζούβιο Παρατηρητήριο του Εθνικού Ινστιτούτου Γεωφυσικής και Ηφαιστειολογίας, καταγράφει σημαντικές παραλλαγές των παραμέτρων



που παρακολουθούνται (σεισμική δραστηριότητα, γεωδαιτική αλλοίωση, γεωχημική διακύμανση κλπ). Η δεύτερη φάση ξεκινά όταν συμβαίνει η έκρηξη, με μεγάλη πτώση τέφρας και η Τρίτη φάση αποτελείται από πιθανές πυροκλαστικές ροές. Η τέταρτη φάση είναι η περίοδος μετά την εκδήλωση μέχρι το τέλος της ηφαιστειακής κρίσης, που χαρακτηρίζεται από λαχάρια και μια πιθανή μακρά περίοδο αναμονής μέχρι οι παρακολουθούμενες παράμετροι να επανέλθουν κάτω από το προκαθορισμένο όριο, όταν ο συναγερμός τελειώνει. Η Πέμπτη πιθανή φάση αφορά την προοδευτική εξομάλυνση και την επιστροφή στην κανονική ζωή.

Οι αποφάσεις και οι δραστηριότητες είναι εξαρτώμενες από τον χρόνο και σχετίζονται με τις φάσεις κινδύνου. Για παράδειγμα, αυτά που σχετίζονται με το πρώτο χρονικό παράθυρο συνδέονται βασικά με την εκκένωση του πληθυσμού, ενώ μετά το κύριο εκρηκτικό γεγονός, ζητήματα διάσωσης πρέπει επίσης να εξεταστούν σε κάποιο μέρος του εδάφους που επλήγη από τα καταστροφικά φαινόμενα. Η τέταρτη φάση είναι πολύ λεπτή καθώς μπορεί να διαρκέσει χρόνια.

(<https://earthzine.org>,2011)

### 7.3 Πολυπλοκότητα σχεδιασμού διαχείρισης καταστροφών

Είναι λοιπόν σαφές ότι πολλά από τα σενάρια που θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων, όλα σε μία δυναμική εξάρτηση που εξαρτάται από τον χρόνο. Η διαχείριση έκτακτης ανάγκης πρέπει να εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ορισμένα από αυτά δεν είναι προβλέψιμα πριν ξεκινήσει έκρηξη, όπως για παράδειγμα η ένταση της έκρηξης. Άλλοι είναι δυνητικά προβλέψιμοι σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της φάσης αναταραχής χρησιμοποιώντας μοντέλα σεναρίων αντικτύπου που αναπτύχθηκαν τα τελευταία 15 χρόνια σε άλλα έργα της ΕΕ, με τη συνεισφορά του Πανεπιστημίου της Νάπολη.

Προκειμένου να αποσαφηνιστεί το επίπεδο πολυπλοκότητας του σχεδιασμού διαχείρισης καταστροφών σε περίπτωση ηφαιστειακής έκρηξης, είναι δυνατόν να επισημανθούν τα κύρια ζητήματα που συνδέονται μόνο με την πρώτη φάση της κατάστασης έκτακτης ανάγκης. Στην πραγματικότητα, κατά τη διάρκεια της φάσης αναταραχής (της

οποίας διάρκεια είναι η πρώτη αβεβαιότητα) αναμένονται πολλοί προληπτικοί τρόμοι και πιθανώς ορισμένοι καταστροφικοί σεισμοί. Επομένως, η πραγματική εκτίμηση της ευπάθειας των κτιρίων στην περιοχή υποτίθεται ότι θα αλλάξει κατά μήκος της φάσης αναταραχής με τη σωρευτική καταστροφή λόγω των σεισμικών ενεργειών που προηγούνται της έκρηξης. Αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει την επιτυχία της εκκένωσης λόγω:

- Έλλειψη δυνατότητας εφαρμογής του οδικού συστήματος που παρεμποδίζεται από την καταστροφή των κτιρίων.
- Συναισθηματικό πάθος του πληθυσμού που διαταράσσεται από έκτακτη ανάγκη (σεισμική) σε άλλη έκτακτη ανάγκη (ηφαιστειακή).
- Δυσκολίες διαχείρισης για τη διάσωση παγιδευμένων ατόμων.
- Δυσκολίες διαχείρισης για την εκκένωση συγγενών των αγνοουμένων.
- Βλάβες της γραμμής βάσης κατά τη διαχείριση της σεισμικής κρίσης που προηγείται της εκκένωσης.
- Υπερβολική φόρτωση των εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης στην περιοχή και στις γύρω περιοχές προς εκκένωση.
- Κρίσιμη διαχείριση του συστήματος πληροφοριών.

Στην περίπτωση αυτή οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων αντιμετωπίζουν την ανάγκη να αξιολογηθούν οι δυναμικές αλλαγές του καθεστώτος του συστήματος κατά τη διάρκεια της κρίσης. Συνεπώς, απαιτείται μια εκτίμηση του κινδύνου που εξαρτάται από το χρόνο, καθώς και η αξιολόγηση των νόμων μεταβλητότητας που διέπουν την κατάσταση κατά το χρονικό ιστορικό που αναλαμβάνεται για τα διάφορα εμπλεκόμενα συστήματα όπως :

- Πιθανότητα σεισμικού κινδύνου και έκρηξης
- Τρωτότητα των κτιρίων που αντιμετωπίζουν τους διαφυγόντες τρόπους
- Ευπάθεια του δικτύου οδών (πρακτικότητα κλπ)
- Την κοινωνική ετοιμότητα και την πιθανότητα κακών αντιδράσεων του πληθυσμού
- Τρωτότητα του συστήματος πληροφοριών και διαχείριση των μέσων ενημέρωσης
- Ευαισθησία του δικτύου και της επίδρασής του στη διαχείριση εκτάκτων περιστατικών

- Αποτελεσματικότητα του συστήματος διάσωσης, χρόνος παρέμβασης, ικανότητα κλπ
- Αποτελεσματικότητα του συστήματος υγείας, χρόνος θεραπείας, ικανότητα κλπ

(<https://earthzine.org>,2011)

#### 7.4 Disaster Operation Manager

Ένα εργαλείο DOM (Disaster Operation Manager), για ηφαιστειακά συμβάντα το PLINIVS ως Κέντρο Αρμοδιότητας του Ιταλικού Τμήματος Πολιτικής Προστασίας, ανέπτυξε ένα πολύπλοκο μοντέλο για να αξιολογήσει τα σενάρια επιπτώσεων από ζημιά λόγω ηφαιστειακής έκρηξης στις περιοχές του Βεζούβιου και των Φλεγραίων Πεδίων. Το εργαλείο βασίζεται σε ρεαλιστικά δεδομένα για το μοντέλο ηφαιστειακού κινδύνου, ευπάθειας και ζημιών που μετά τη μετάφρασή του σε πιθανά σενάρια επιπτώσεων εξαρτάται από την προσομοίωση της εξέλιξης της κρίσης, βοηθώντας τους φορείς λήψης αποφάσεων να επιλέξουν τις πιθανές εναλλακτικές πολιτικές, έχοντας επίγνωση των πιθανών συνεπειών σε κάθε προβλεπόμενο σε εξέλιξη σενάριο. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ίδια η ηφαιστειακή έκρηξη είναι μια ακολουθία καταστροφικών γεγονότων, καθορίζοντας έτσι μια σημαντική διακύμανση των καμπυλών ευαισθησίας του στοιχείου που κινδυνεύει κατά μήκος του εκρηκτικού χρονικού ιστορικού. Το εργαλείο που διατίθεται στο PLINIVS προσομοιώνει την εξέλιξη των ζημιών κατά τη διάρκεια της κρίσης, λαμβάνοντας υπόψη τις διακυμάνσεις των ζημιών του εκτιμώμενου στοιχείου κινδύνου (κτίρια, ανθρώπους, δρόμους κλπ) σε χώρο και σε χρόνο.

Τα δεδομένα εισόδου του μοντέλου προσομοίωσης είναι βασικά στοιχεία κινδύνου:

- Η σεισμική δραστηριότητα και η κατανομή της στο διάστημα, που επιτυγχάνεται με μια ακολουθία χτυπημένων χαρτών που αντιπροσωπεύουν το ζημιογόνο σεισμικό συμβάν που αναμένεται κατά τη διάρκεια της φάσης αναταραχής λαμβάνοντας υπόψη το γεωλογικό τοπικό αποτέλεσμα
- Η ένταση της πτώσης της τέφρας και η χωρική κατανομή σύμφωνα με την ταχύτητα και τη κατεύθυνση του ανέμου κατά τη διάρκεια

της έκρηξης καθορίζονται από το 3D μοντέλο προσομοίωσης υγρών που αναπτύχθηκε στο Παρατηρητήριο του Βεζούβιου

- Η δυναμική πίεση και η θερμοκρασία των πυροκλαστικών ροών και η κατανομή τους σε χρόνο και χώρο στο τέλος της έκρηξης καθορίζονται από το μοντέλο προσομοίωσης 3D ρευστών που αναπτύχθηκε στο Κέντρο Έρευνας του INGV στην Πίζα
- Η δυνητική περιοχή που εισβάλλει η lahars μετά από εκπομπές αερίων και επακόλουθες έντονες βροχοπτώσεις, η δυναμική τους πίεση και η χωρική τους κατανομή καθορίζονται από την επικάλυψη DEM με κατανομή πτώσης τέφρας που λαμβάνεται από προσομοιώσεις OV.

Δεδομένα αποθέματος (έκθεση του στοιχείου στον κίνδυνο):

- Την κατανομή των τυπολογιών κλάσης κτιρίων στην επικράτεια
- Συνολικοί κάτοικοι και επιβαίνοντες ανά τύπο κτιρίου κατά τη διάρκεια μέρας/νύχτας κλπ
- Δίκτυο οδικών δικτύων και απογραφή κρίσιμων εγκαταστάσεων: σωστικά συστήματα, σύστημα πόρων και δεδομένα σχετικά με την χωρητικότητα (νοσοκομεία, πυροσβεστικά οχήματα, ασθενοφόρα, ελικόπτερα κλπ)
- Πρόσθετοι χρησιμοποιήσιμοι πόροι σε «χρόνο ειρήνης»

Το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως Disaster Operation Management για τη δημιουργία ενός πλαισίου αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συστημάτων που εμπλέκονται στην συγκεκριμένη κρίση. Το μοντέλο παρέχει, μέσω μιας πλήρως πιθανολογικής προσέγγισης, τη μεταβολή του σεναρίου για τον αντίκτυπο που έχει ανάλογα με τη χρονική διακύμανση του ενιαίου υποσυστήματος, την κατανομή του στο διάστημα και την επίδρασή του στο άλλο υποσύστημα που αλληλοσυνδέεται.

Εξαιρούνται οι κλάδοι του οδικού δικτύου εκτός λειτουργίας και οι σχετικές περιοχές που δεν διαφεύγουν. Χρησιμοποιώντας τα υποθετικά μοντέλα ροής, προσδιορίζονται επίσης οι εντάσεις της κυκλοφορίας. Επιπλέον προσδιορίζονται οι υποθετικές καταστροφές των ηλεκτρικών υπηρεσιών και των αγωγών αερίου για ενδεχόμενες σοβαρές δυσχέρειες ή και επικίνδυνες επιπτώσεις (συστηματική ευπάθεια) στις αεροπορικές μεταφορές, στις αμαξοστοιχίες κλπ.

Βάσει αυτού του συνόλου πληροφοριών, το μοντέλο μπορεί να παράγει διάφορα εναλλακτικά σενάρια σε επιλεγμένες χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια του ιστορικού της εκδήλωσης προκειμένου να υπολογίσει την

εκτίμηση των επιπτώσεων, να συγκρίνουν τις συνέπειες των πιθανών αποφάσεων που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της κρίσης. Το μοντέλο εξετάζει επίσης την πιθανότητα διακυμάνσεων των σεναρίων ζημιών συνέπεια των αναληφθεισών ενεργειών μετριασμού, συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης του άμεσου, έμμεσου και κοινωνικού κόστους κάθε μεμονωμένης διαχειριστικής δράσης.

Τα αποτελέσματα θα πρέπει να είναι η δυνητική αξιολόγηση μιας δυναμικής εκτίμησης κινδύνου στον χώρο και το διάστημα κατά τη διάρκεια της κρίσης, δίνοντας στοιχεία στους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων για την ανάληψη της δράσης.

(<https://earthzine.org>,2011)

#### 7.5 Στρατηγικές μετριασμού και αξιολόγηση κόστους -οφέλους.

Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο PLINIVS, σε συνεργασία με το περιφερειακό DPC και την Καμπανία δείχνουν πως η εφαρμογή στρατηγικών για μετριασμό μπορεί να μειώσει σημαντικά την αναμενόμενη ζημιά μετά από μια εκρηκτική εκδήλωση. Ακόμα και οι επιπτώσεις από τις εξάρσεις υψηλής καταστροφής μπορούν να μειωθούν σημαντικά με αποτελεσματικές στρατηγικές σχεδιασμού ή μέτρα μετριασμού για τα κτίρια και τις υποδομές, ανταποκρινόμενοι στα διάφορα εκρηκτικά φαινόμενα όπως σεισμοί, πυροκλαστικές ροές, πτώση τέφρας. Ο πρώτος τομέας που σχετίζεται με τις στρατηγικές εδαφικού σχεδιασμού για περιοχές με ηφαιστειακή επικινδυνότητα, συνδέεται με ορισμένα βασικά ρυθμιστικά θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο πλαίσιο του τοπικού σχεδιασμού και ανάπτυξης, εισάγοντας τις ευκαιρίες μετριασμού του κινδύνου ηφαιστείου σε υφιστάμενους ή αναβαθμισμένους κτιριακούς κώδικες.

Αυτό εγείρει νέα ζητήματα που προηγουμένως εξετάζονταν ελάχιστα στον χωροταξικό σχεδιασμό. Τα κίνητρα για τον πληθυσμό να εγκαταλείψει την περιοχή θα πρέπει να υποστηριχθούν από νέες στρατηγικές για την Κόκκινη ζώνη, εξετάζοντας πόσο κινούμενοι πολλοί άνθρωποι απαιτούν εντατικές μελέτες για τη μετεγκατάσταση οικιστικών και παραγωγικών περιοχών. Ορισμένες βιομηχανίες θα πρέπει να απομακρυνθούν. Αλλά ταυτόχρονα έχοντας υπόψη την οικονομική αξιολόγηση τέτοιων επιχειρήσεων, θα πρέπει να είναι σαφές ποια χρήση

θα μπορούσε να προβλεφθεί για τις νέες «ελεύθερες» περιοχές της κόκκινης ζώνης, προκειμένου να περιοριστεί η οικονομική ζημιά στην περιοχή εξαιτίας της απώλειας ανθρώπων και παραγωγικών δραστηριοτήτων. Σε εδαφικά πλαίσια διαφορετικά από την περιοχή του Βεζούβιου και των Φλεγραίων Πεδίων τα σενάρια ζημιών μπορούν επίσης να ενσωματωθούν στο προηγούμενο χωροταξικό σχεδιασμό, υποδεικνύοντας στρατηγικές συμπύκνωσης βάσει των αναμενόμενων επιπτώσεων στις διάφορες περιοχές.

Ένα δεύτερο πεδίο παρέμβασης είναι εκείνο που αφορά την ενίσχυση και την προστασία των κτιρίων και των υποδομών που διατρέχουν κίνδυνο. Το μοντέλο PLINVIS θεωρεί διαφορετικές τεχνολογίες μετριασμού για δομές κτιρίων και φακέλους ως μεταβλητές παραμέτρους που αν εφαρμοστούν μπορούν να μειώσουν την ευπάθεια των τεχνικών στοιχείων και συνεπώς τις αναμενόμενες ζημιές στην περιοχή.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η αποτελεσματικότητα των τεχνικών λύσεων τα κύρια δεδομένα σχεδιασμού που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι:

- Τύποι κατασκευών και επικρατούσες τεχνολογίες κτιρίων σε περιοχές επιρρεπείς σε κίνδυνο
- Σωρευτικές επιδράσεις που δίδονται από το αναμενόμενο χρονικό ιστορικό της εκρηκτικής εκδήλωσης

Η μελέτη προτείνει μια προσέγγιση σχεδιασμού για τον μετριασμό του κινδύνου λαμβάνοντας υπόψη τις σωρευτικές επιδράσεις που έδωσε το εκρηκτικό σενάριο και υπογραμμίζοντας τόσο τις τεχνικές όσο και τις οικονομικές επιπτώσεις μέσω του καθορισμού δεικτών απόδοσης για την αποτελεσματικότητα κάθε τεχνικής επιλογής και μιας αξιολόγησης κόστους/οφέλους.

Η ανάλυση τεχνολογικών επιλογών θεωρεί τις επιδόσεις που εκφράζονται από τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τεχνολογίες σύμφωνα ορισμένες βασικές απαιτήσεις (ασφάλεια, αξιοπιστία, ανθεκτικότητα και ολοκλήρωση) και πρόσθετα κριτήρια επιλογής όπως γρήγορη εγκατάσταση, αποθήκευση, ελαφρότητα, κόστος, διατήρηση εποικοδομητικών και αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών, και η πολυλειτουργικότητα (ικανότητα απόκρισης σε διαφορετικά ηφαιστειακά φαινόμενα).

Προκειμένου να μεταφερθεί αυτή η ανάλυση σε στρατηγικές Disaster Operation Management είναι σημαντικό να διαχωριστούν τα ζητήματα

μετριασμού των ζημιών(γενική ενίσχυση δομών κτιρίων και οροφών, προσωρινά συστήματα προστασίας για παράθυρα και ανοίγματα κλπ) από αυτά που είναι έκτακτης ανάγκης. Με την ίδια προοπτική, οι προβλεπόμενες δραστηριότητες πολιτικής προστασίας πριν ή μετά την εκδήλωση μπορούν να υποστηριχθούν από στρατηγικές μετριασμού που σχετίζονται με υλικοτεχνική υποδομή (προστασία σιδηροδρόμων και σιδηροδρομικών σταθμών ως προτιμώμενο σύστημα σύνδεσης πριν και μετά την έκρηξη, προστασία στρατηγικών κτιρίων στην κόκκινη περιοχή ως έδρα έκτακτης ανάγκης κλπ). Οι προβλεπόμενες στρατηγικές πρέπει τελικά να υποστηριχθούν από την ανάλυση κόστους-οφέλους. Είναι λοιπόν σαφές ότι πρέπει να τεθούν στρατηγικές μετριασμού σε σχέση με:

- Σενάριο ζημιών
- Διαχείριση εκτάκτων περιστατικών
- Οικονομική αξιολόγηση.

Ειδικότερα η οικονομική αξιολόγηση γίνεται κατευθυντήρια γραμμή για μελλοντικές στρατηγικές και τεχνικές πολιτικές. Θεωρώντας ότι κανείς δεν μπορεί να προβλέψει τη διάρκεια μιας πιθανής ηφαιστειακής κρίσης, το κόστος της έκτακτης ανάγκης θα είναι πολύ υψηλό και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα σενάρια που αφορούν ενδεχόμενες μακροπρόθεσμες μετριαστικές ενέργειες, όπως η προληπτική μετεγκατάσταση των δραστηριοτήτων, η μετεγκατάσταση ολόκληρων κοινοτήτων, η διεύρυνση των δρόμων διαφυγής, η κατάρτιση του πληθυσμού για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, η δημιουργία ποσοστών των κτιρίων μέσω της σεισμικής ενίσχυσης το κτίριο που αντιμετωπίζει τους δρόμους που διαφεύγουν ή η υλοποίηση μιας κεκλιμένης οροφής πάνω από την υπάρχουσα επίπεδη οροφή.

Ο εργαλείο οικονομικής αξιολόγησης που αναπτύχθηκε στο μοντέλο PLINIVS επιτρέπει τη σύγκριση της συνολικής χρηματοοικονομικής επένδυσης του μέτρου μετριασμού με τη συνολική οικονομική ζημία μετά την πιθανή εκδήλωση.

Για παράδειγμα αναπτύχθηκε ανάλυση κόστους-οφέλους για την αξιολόγηση πιθανών σεναρίων μετριασμού των επιπτώσεων της πτώσης τέφρας, στις οποίες συμμετείχαν 11 από τους 59 δήμους στις περιοχές γύρω από τον Βεζούβιο. Ο στόχος ήταν να συγκεντρωθούν περίπου το 50% των κτιρίων μέσω της υλοποίησης μιας κεκλιμένης στέγης πάνω από την υπάρχουσα επίπεδη οροφή μέσω των τεχνολογιών CFS (Cold Formed Steel). Η λύση αυτή μπορεί να μειώσει σημαντικά τον αριθμό

των θυμάτων από την κατάρρευση στέγης, υποθέτοντας ότι οι άνθρωποι που καταλαμβάνουν μη ασφαλή κτίρια που υπόκεινται σε μέτρα μετριασμού. Η παρέμβαση παρέχεται μόνο για τους δήμους όπου οι ευπαθείς περιοχές στέγης ξεπερνούν το 50% και οι καταρρέουσες οροφές υπερβαίνουν το 5%. Η μελέτη έδειξε ότι με συνολική επένδυση περίπου 182 εκατομμυρίων ευρώ, είναι δυνατόν να μειωθεί περίπου 35% ο αριθμός των οροφών κατέρρευσε μετά την πτώση της τέφρας.

Συγκρίνοντας το αναμενόμενο κόστος μετριασμού με το κόστος αποφυγής παρεμβάσεων αποκατάστασης σε μη καταγεγραμμένες στέγες, είναι δυνατόν να υπάρξει μια αξιολόγηση κόστους-οφέλους. Τα αποτελέσματα σε αυτήν την περίπτωση δείχνουν ότι επιλογή τέτοιων ενεργειών μετριασμού θα οδηγούσε σε σημαντικές οικονομικές αποταμιεύσεις σε περίπτωση υποπλισιακής έκρηξης του Βεζούβιου που κυμαινόταν από περίπου 90.000.000 ευρώ (με κόστος αποκατάστασης 500 ευρώ/τμ) σε περίπου 283.000.000 ευρώ.

(<https://earthzine.org>,2011)

#### 7.6 Μελλοντικές εξελίξεις και ανάγκες.

Ένα δυναμικό εργαλείο που παρέχει την πιθανολογική αξιολόγηση των συνεπειών των πιθανών στρατηγικών που υιοθετήθηκαν από τους υπεύθυνους για την λήψη αποφάσεων πριν /κατά τη διάρκεια / μετά τη κρίση (συμπεριλαμβανομένου του ψευδούς συναγερμού) λείπει αυτή τη στιγμή. Διαφορετικές αποφάσεις θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα σενάρια βλάβης συνέπεια ενός μόνο εκδηλώσιμου γεγονότος (που αντιπροσωπεύει μια σειρά καταστάσεων από μόνο του). Για το σκοπό αυτό, τα μοντέλα προσομοίωσης που είναι ήδη διαθέσιμα εξετάζουν τη σωρευτική βλάβη στα στοιχεία που βρίσκονται σε φάση κινδύνου μετά τη φάση. Ωστόσο, δεν λαμβάνουν υπόψη τις επικλινείς επιδράσεις που θα μπορούσαν να προκληθούν κατά τη διάρκεια μια κρίσης λόγω έλλειψης απόφασης ή ακατάλληλων αποφάσεων.

Προς το παρόν δεν υπάρχουν μοντέλα ικανά να περιγράψουν στο σύνολό τους την πολυτομεακή συνέπεια μιας δράσης παρέμβασης της πολιτικής προστασίας κατά τη διάρκεια της κρίσης ούτε καθιερωμένα μοντέλα ικανά να περιγράψουν το κίνδυνο που συνδέεται με τα γεγονότα με πολλαπλούς κινδύνους που προκαλείται από λανθασμένη διαχείριση ανεπιθύμητου συμβάντος. Ο υπεύθυνος για τη λήψη αποφάσεων θα πρέπει να υποστηρίζεται από ένα εργαλείο ικανό να αντιπροσωπεύει, μέσω μιας σειράς σεναρίων, ποιες θα είναι οι επιπτώσεις κάθε δράσης.



Τα σενάρια αυτά θα πρέπει να δημιουργηθούν λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη του κινδύνου σε μια δυναμική προσέγγιση πολλαπλών κινδύνων, όπου η συμβολή είναι επίσης η εναλλακτική δράση της διαχείρισης κρίσεων. Τα μελλοντικά ερευνητικά σχέδια σε ευρωπαϊκό επίπεδο θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη αυτή τη νέα προσέγγιση, προκειμένου να δοθεί μια πρώτη απάντηση στην ανάγκη τυποποίησης της διαχείρισης εκτάκτων περιστατικών, ιδίως όταν αναμένεται η ύπαρξη υψηλού αντίκτυπου χαμηλού κινδύνου.

(<https://earthzine.org>,2011)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η Ιταλία είναι μία χώρα με μεγάλη ιστορία όσον αφορά τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Πολιτισμοί ολόκληροι έχουν θαφτεί κάτω από τις στάχτες των ηφαιστειών της. Ένα φαινόμενο, όπως η ηφαιστειακή έκρηξη, δείχνει έντονα σημάδια όταν πρόκειται να κάνει την εμφάνισή της. Αυτό είναι και το πλεονέκτημα τόσο για τους επιστήμονες που μελετούν το φαινόμενο όσο και για τους ίδιους τους κατοίκους.

Οι περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση πνοής από τους μεγάλους κρατήρες είναι και οι πιο πυκνοκατοικημένες. Οι οικίες που έχουν κτιστεί σε αυτά τα σημεία παρουσιάζουν και ένα διαφορετικό «κοινωνικό στάτους» από ανθρώπους με αρκετά υψηλό μορφωτικό επίπεδο, ανθρώπους των τεχνών και λάτρεις του φυσικού πλούτου. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι κάτοικοι θα πρέπει να είναι ανά πάσα ώρα και στιγμή συνειδητοποιημένοι πως οι περιουσίες τους μπορεί να καταστραφούν ολοσχερώς.

Σημαντικό εργαλείο στον πανικό που μπορεί να επικρατήσει σε τέτοιες στιγμές είναι η γνώση. Οι κάτοικοι πρέπει σε πρώτο βαθμό να είναι ενημερωμένοι με το τι έχουν να αντιμετωπίσουν και σε δεύτερο βαθμό να συμμετάσχουν σε ασκήσεις προσομοίωσης ενός τέτοιου συμβάντος. Επειδή ο πανικός δεν είναι ποτέ σύμμαχος θα πρέπει οι κάτοικοι να είναι πλήρως εξοικειωμένοι με το πρωτόκολλο δράσης προτού συμβεί το οτιδήποτε.

Είναι απαραίτητο να γνωρίζουν όμως πως όταν θα πρέπει να εκκενώσουν την περιοχή, οι οικίες τους δεν θα διατρέχουν κίνδυνο από λεηλασίες. Επειδή το ποσοστό των ανθρώπων που επιλέγουν να μην προβούν σε

εκκένωση, λόγω του φόβου κλοπής, είναι αρκετά αυξημένο, ιδίως σε ηλικιωμένους, θα πρέπει να υπάρχει η διασφάλιση του τόπου κατοικίας αλλά και η φιλοξενία σε περιοχή μακριά από την περιοχή κινδύνου για όσο καιρό το φαινόμενο είναι σε εξέλιξη.

Ήδη στις περιοχές γύρω από τον Βεζούβιο και τα Φλεγραία Πεδία γίνονται προσπάθειες ενημέρωσης του κόσμου αλλά και ασκήσεις ετοιμότητας μέσα στο 24 ώρο ώστε να έχουν καλυφθεί τα περισσότερα πιθανά σενάρια.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία:

- Λέκκας Ευθύμιος, Ανδρεαδάκης Εμμανουήλ (2015) «Εισαγωγή στην θεωρία της διαχείρισης καταστροφών και κρίσεων»
- Balkie P, Cannon T, Davis I & Wisner B (1994) “At risk: Natural hazards, people’s vulnerability and disasters.” Routledge, London
- Hewitt K (1983) “Interpretations of calamity from the view point of human ecology” London, Allen and Unwin
- Rosenthal U, Boin RA & Comfort LK (Eds) (2001) “Managing crisis: Threats, dilemmas, opportunities.” Springfield, IL
- Rosenthal U, Charles MT, & Hart P (Eds) (1989) “Coping with crisis: The management of disasters, riots and terrorism,” Springfield, IL
- Λέκκας Ευθύμιος, Ανδρεαδάκης Εμμανουήλ (2015) «Γεωδυναμικές καταστροφές»
- Beltrando M, Peccerillo A, Mattei M, Couticelli S & Doglioni C. (2010) “Tectonics, magmatism and geodynamics of Italy: What we know and what we imagine”

Internet:

- «Κίνδυνος» (2016). el.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου 2017, από <https://el.wikipedia.org/wiki/Κίνδυνος>
- «Italy» (2018). En.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου 2017, από <https://en.wikipedia.org/wiki/Italy>
- «Ιταλία» (2017). el.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 16 Νοεμβρίου 2017, από <https://el.wikipedia.org/wiki/Ιταλία>
- «Νάπολη» (2017). el.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 16 Νοεμβρίου 2017, από <https://el.wikipedia.org/wiki/Νάπολη>
- «Ηφαιστειότητα» (2015) el.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 20 Νοεμβρίου 2017, από <https://el.wikipedia.org/wiki/Ηφαιστειότητα>
- «Τα ηφαίστεια της Μεσογείου» (-). Race.nhmc.uoc.gr. Ανακτήθηκε 25 Νοεμβρίου 2017, από [www.racce.nhmc.uoc.gr/files/items/8/899/poster\\_9gr.pdf?rnd=1362557087](http://www.racce.nhmc.uoc.gr/files/items/8/899/poster_9gr.pdf?rnd=1362557087)
- “Volcanology of Italy” (2017). En.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 25 Νοεμβρίου 2017, από [https://en.wikipedia.org/wiki/Volcanology\\_of\\_Italy](https://en.wikipedia.org/wiki/Volcanology_of_Italy)
- «Φλεγραία Πεδία» (2017). el.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 5 Δεκεμβρίου 2017 από, [https://el.wikipedia.org/wiki/Φλεγραία\\_Πεδία](https://el.wikipedia.org/wiki/Φλεγραία_Πεδία)
- «Phlegrean Fields» (2018). En.wikipedia.org. Ανακτήθηκε 20 Ιανουαρίου 2018, από [https://en.wikipedia.org/wiki/Phlegrean\\_Fields](https://en.wikipedia.org/wiki/Phlegrean_Fields)
- «Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Global Volcanism Program» (2013). Volcano.si.edu. Ανακτήθηκε 5 Μαΐου 2018, από <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211010>
- «Volcanic crisis management and mitigation strategies: A multi risk frame work case study» (2011). Earthzine.org. Ανακτήθηκε 10 Μαΐου 2018, από <https://earthzine.org/2011/03/21/volcanic-crisis-management-and-mitigation-strategies-a-multi-risk-framework-case-study/>