

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

$\Delta I-I\Delta PYMATIKO \Pi POFPAMMA METAIITYXIAK ON SILO YAON \\ \ll \Pi POAH \Psi H KAI AIAXEIPISH $\Phi YSIKON KATASTPO $\Phi ON >>> $P_{1} = 1 \ POPPAMMA METAIITYXIAK $P_{2} = 1 \ POPPAMMA POPPAMMA METAIITYXIAK $P_{2} = 1 \ POPPAMMA POPPAMA POPPAMMA POPPAMA POPPAMMA POPPAMMA POPPAMMA POPPAMA POPPAMMA POPPAMMA POPPAMMA POPPAMA POPPAMMA POPPAMA POPPAMMA POPPAMMA POPPAMMA POPPAMA POPPAMMA POPPAMA POPPAMA$

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΑΛΕΞΟΥΔΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε.

«ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ - ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΛΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΕΛΕΦΕΡΙΚ - ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΦΗΡΩΝ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ»

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΛΕΚΚΑΣ ΕΥΘΥΜΗΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΛΟΖΙΟΣ ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ (Επιβλέπων) ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2012







EONIKO KAI ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΑΛΕΞΟΥΛΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε.

«ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ - ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΕΛΕΦΕΡΙΚ - ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΦΗΡΩΝ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ»

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΛΕΚΚΑΣ ΕΥΘΥΜΗΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΛΟΖΙΟΣ ΣΤΕΛΙΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ (Επιβλέπων) ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΚΠΑ

AOHNA **ΙΟΥΛΙΟΣ 2012**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή Δρ. Ε. ΛΕΚΚΑ, για τη συνεχή παρακολούθηση, την καθοριστική συνδρομή και βοήθεια του σε όλα τα στάδια της εργασίας και των μεταπτυχιακών σπουδών μου, τον Καθηγητή Δρ. Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, για το συνεχές ενδιαφέρον του και τις χρήσιμες συμβουλές του, τον Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Σ. ΛΟΖΙΟ, για τις χρήσιμες υποδείξεις στη μεταπτυχιακή μου διατριβή.

Παράλληλα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλα τα στελέχη του τομέα της Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας που διαμόρφωσαν γύρω μου ένα άνετο περιβάλλον, μέσα στο οποίο μπορούσα να εργαστώ και να επεκτείνω τις γνώσεις μου.

Ευχαριστώ θερμά, τη μητέρα μου και την αδερφή μου για την υπομονή που έδειξαν καθώς και τη συνεχή υποστήριξη και συμπαράσταση τους καθ' όλη την διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και ιδιαίτερα τον κ. Ανδρέα Σακελλαράκη για τη σημαντική βοήθεια και στήριξη που έχω από την αρχή των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	1
2.	ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		11
3.	Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΗΡΑΣ		30
4.	ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ		46
5.	ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΦΗΡΩΝ		65
6.	ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ		82
7.	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2	217
8.	ΑΜΕΣΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΕΛΕΦΕΡΙΚ & ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ	2	222
9.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	2	276

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΓΕΝΙΚΑ
2.	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΤΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
3.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

1. ГЕNIKA

Η περιοχή του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης **(Εικ. 1.1, 1.2, 1.3)** αποτελεί μία από τις πλέον ιδιόμορφες περιοχές όχι μόνο του Ελληνικού χώρου αλλά και παγκοσμίως, δεδομένου ότι συνδυάζει στοιχεία όπως :

- Των εντυπωσιακών γεωλογικών γεωδυναμικών διεργασιών και ιδιαίτερα την γεωλογική δομή και εξέλιξη του ηφαιστειακού οικοδομήματος.
- Των υφιστάμενων γεωμορφολογικών ιδιαιτεροτήτων με την ανάπτυξη της μεγαλύτερης καλδέρας και του πλέον εντυπωσιακού ηφαιστείου στην υφήλιο.
- Της πλούσιας ιστορικής κληρονομιάς με γεγονότα και έργα άρρηκτα συνδεδεμένα με την δράση του ηφαιστείου, από τους προϊστορικούς χρόνους έως σήμερα.
- Της αρχιτεκτονικής μεγάλου τμήματος του δομημένου περιβάλλοντος, το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά προσαρμοσμένα στο γεωλογικό – γεωμορφολογικό, φυσικογεωγραφικό και κλιματολογικό πλαίσιο της περιοχής.

Τα στοιχεία αυτά συνιστούν ανεπιφύλακτα μία ιδιαίτερη Περιβαλλοντική Μονάδα (ΛΕΚΚΑΣ, 1995) απαράμιλλου κάλλους, η οποία χαρακτηρίζεται από την μοναδικότητα, που την αναδεικνύει ως ένα παγκόσμιο κέντρο γεωπολιτιστικής αξίας, γεγονός το οποίο άλλωστε επέβαλλε μεταξύ άλλων και την ένταξή της στο δίκτυο προστατευμένων περιοχών ΝΑΤURA.

Τα ανωτέρω όμως χαρακτηριστικά της περιοχής δημιουργούν όπως είναι φυσικό και μεγάλο τουριστικό ρεύμα, το οποίο παρά το γεγονός ότι συμβάλλει δραστικά στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής τις τελευταίες δεκαετίες, ασκεί ταυτόχρονα και πιέσεις "αξιοποίησης", κυρίως σε ότι αφορά στις χρήσεις γης αλλά και απαιτεί υποδομές με κυρίαρχες τα έργα μεταφορών για την υποστήριξη των δραστηριοτήτων αυτών.

Η παρούσα έρευνα, εστιάζει στην περιοχή κατάντη του οικισμού των Φηρών, όπου βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Τελεφερίκ καθώς και ο οικισμός του Παλαιού Λιμένα Φηρών, διαμέσου του οποίου εξυπηρετούνται οι επιβάτες των κρουαζιερόπλοιων που προσεγγίζουν τον όρμο (Εικ. 1.4, 1.5).

Οι εγκαταστάσεις του Τελεφερίκ έχουν κατασκευαστεί στο εσωτερικό τμήμα της καλδέρας και συγκεκριμένα συνδέουν τα Φηρά που ευρίσκονται στο κορυφαίο τμήμα του πρανούς και σε ύψος 232 μέτρων με τον Παλαιό Λιμένα των Φηρών στα κατάντη του πρανούς στο επίπεδο σχεδόν της θάλασσας.

Το Τελεφερίκ και οι κτιριακές και λιμενικές υποδομές του Παλαιού Λιμένα έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της Σαντορίνης δεδομένου ότι διευκολύνεται καθοριστικά η διακίνηση των τουριστών από τα κρουαζιερόπλοια προς το εσωτερικό της νήσου. Υπολογίζεται ότι κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου διακινούνται πάνω από 1.500.000 άνθρωποι, αριθμός ο οποίος προδίδει και την σπουδαιότητα για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων.

Ένα από τα προβλήματα της άνετης και ασφαλούς μετακίνησης των επισκεπτών και των κατοίκων με το Τελεφερίκ και του μονοπατιού, αλλά και γενικότερα της παραμονής τους στο χώρο του οικισμού, είναι ο κίνδυνος εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων και κυρίως των καταπτώσεων από τους ηφαιστειακούς σχηματισμούς που δομούν τα απότομα πρανή της καλδέρας. Πολλές φορές στο παρελθόν είχαν αποσπαστεί και καταπέσει τεμάχη διαφόρων μεγεθών προκαλώντας ευτυχώς μόνο μικρές υλικές ζημιές στις εγκαταστάσεις και σε μεμονωμένα κτίρια και για τον λόγο αυτόν έχουν κατασκευαστεί κατά περιόδους έργα ανάσχεσης (Εικ. 1.6).

Οι κύριες αιτίες εκδήλωσης των κατολισθητικών φαινομένων είναι οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και οι μορφολογικές ασυνέχειες, η φύση των γεωλογικών σχηματισμών, η έντονη σεισμικότητα, οι γεωτεχνικές συνθήκες, η τεκτονική καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις.



Εικ. 1.1 Τοπογραφικός χάρτης του νησιωτικού συμπλέγματος του ηφαιστείου της Σαντορίνης (σμίκρυνση τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:100.000, έκδοσης ΓΥΣ). Το κόκκινο βέλος δείχνει την θέση των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ και του Παλαιού Λιμένα.



Εικ. 1.2 Σκαρίφημα – χάρτης του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης από τον Φλαμανδό γεωγράφο Olfer Dapper (1688).



Εικ. 1.3 Πανοραμική άποψη του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης από τα νοτιοδυτικά.



Εικ. 1.4 Πανοραμική άποψη της καλδέρας και των Φηρών από τα βορειοανατολικά και η θέση των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ και του Παλαιού Λιμένα (βέλος).



Εικ. 1.5 Αεροφωτογραφία με τα Φηρά στο κορυφαίο τμήμα της καλδέρας και τον Παλαιό Λιμένα στα κατάντη. Με τη διαγράμμιση σημειώνεται η περιοχή της έρευνας.



Εικ.1.6 Πανοραμική άποψη τμήματος των πρανών της καλδέρας στην περιοχή των Φηρών καθώς επίσης και των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ (βέλη) και του Παλαιού Λιμένα. Διακρίνονται οι τοίχοι ανάσχεσης ροής των πλευρικών κορημάτων.

2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΤΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα έρευνα έχει ως αντικείμενο την μελέτη των ιδιαίτερων μορφολογικών, γεωλογικών, σεισμολογικών, και γεωτεχνικών συνθηκών της καλδέρας του ηφαιστείου της Σαντορίνης, στο τμήμα του πρανούς της περιοχής του Τελεφερίκ και του Παλαιού Λιμένα Φηρών, προκειμένου να προσδιορισθούν με ακρίβεια όλες οι παράμετροι που συμβάλουν στην εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων στην περιοχή (Εικ. 1.7).

Στόχος της μελέτης είναι να προτείνει, με βάση τα ανωτέρω, τις ενδεικνυόμενες επεμβάσεις και μέτρα, που θα έχουν ως αποτέλεσμα την δραστική μείωση του κινδύνου εκδήλωσης των κατολισθητικών φαινομένων καθώς επίσης και την υποβολή προτάσεων για έργα, λαμβάνοντας κυρίαρχα υπόψη το ιδιαίτερο γεωδυναμικό και γεωπεριβαλλοντικό πλαίσιο του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Για την εκπόνηση της παρούσας έρευνας πραγματοποιήθηκαν κατά σειρά οι ακόλουθες εργασίες:

- Συγκέντρωση των γεωλογικών, γεωμορφολογικών, υδρογεωλογικών, σεισμολογικών, γεωτεχνικών μελετών και ερευνών που έχουν εκπονηθεί από ιδιωτικούς ή δημόσιους φορείς, καθώς επίσης και των επιστημονικών δημοσιεύσεων που αφορούν στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.
- Τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής ενδιαφέροντος με σύγχρονες τεχνικές έτσι ώστε να υφίσταται ένα αξιόπιστο υπόβαθρο και να προσδιοριστούν τα ποσοτικά και τα ποιοτικά στοιχεία του αναγλύφου που διαδραματίζουν πρωταρχικό ρόλο στην εκδήλωση των φαινομένων.
- Επεξεργασία και ανάλυση των δορυφορικών εικόνων της περιοχής μελέτης.
- Μελέτη και ερμηνεία των αεροφωτογραφιών και ορθοφωτογραφιών της περιοχής.
- Γεωλογική αναγνώριση της ευρύτερης περιοχής, προκειμένου να κατανοηθεί το γεωδυναμικό πλαίσιο.
- Χαρτογράφηση γεωλογικών, γεωμορφολογικών, γεωτεχνικών δεδομένων, καταγραφή των παρατηρήσεων, καθώς επίσης και λήψη φωτογραφιών.
- Καταχώρηση των γεωλογικών, γεωμορφολογικών και γεωτεχνικών δεδομένων και επεξεργασία αυτών με σύγχρονα λογισμικά.
- Επεξεργασία και συνθετική αξιολόγηση των δεδομένων που προέκυψαν από τις εργασίες υπαίθρου, με σκοπό να προσδιορισθούν τα ειδικά τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών που δομούν την περιοχή.
- Αναλυτικοί υπολογισμοί, μέσω κατάλληλα διαμορφωμένου λογισμικού, της ευστάθειας των μαζών αλλά και των «διαδρομών» των πιθανών καταπτώσεων.
- Επαναπροσδιορισμός κρίσιμων παραμέτρων υπολογισμού από τα πρόσφατα φαινόμενα καταπτώσεων και επαναπροσδιορισμός - επαναδιαστασιολόγηση ορισμένων μέτρων αντιμετώπισης.
- Προτάσεις έργων και μέτρων για την αντιμετώπιση των φαινομένων, λαμβάνοντας υπόψη το ιδιαίτερο γεωπεριβαλλοντικό πλαίσιο.
- Προτάσεις μέτρων με επείγοντα χαρακτήρα.
- Σύνταξη τελικής έκθεσης και παραγωγή χαρτών και σχεδίων με τα αποτελέσματα της έρευνας.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι για την εκπόνηση της ανωτέρω έρευνας έγιναν για πρώτη φορά ειδικές επιστημονικές προσεγγίσεις και παράχθηκε ιδιαίτερη τεχνογνωσία προκειμένου να αντιμετωπιστούν ορισμένες ιδιαίτερες διαστάσεις του προβλήματος, με στόχο πάντα την όσο το δυνατό καλύτερη αντιμετώπιση των κατολισθητικών φαινομένων αφενός και αφετέρου την εναρμόνιση των έργων και των μέσων αντιμετώπισης με το υφιστάμενο γεωδυναμικό και γεωπεριβαλλοντικό πλαίσιο.



Εικ.1.7 «Όψη» της καλδέρας στην περιοχή κατάντη του οικισμού των Φηρών. Διακρίνονται, το Τελεφερίκ (κόκκινη γραμμή) και οι εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Η ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ 2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

.

1. Η ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το νησιωτικό σύμπλεγμα της Σαντορίνης περιλαμβάνει τις νήσους Θήρα, Θηρασία, Νέα Καμμένη, Παλαιά Καμμένη και Ασπρονήσι. Το σχήμα του συμπλέγματος είναι σχεδόν κυκλικό. Η μεγαλύτερη νήσος, η Θήρα, έχει ημικυκλικό σχήμα με το κοίλο τμήμα της προς δυσμάς, ενώ η Θηρασία και το Ασπρονήσι καταλαμβάνουν το δυτικό τμήμα του συμπλέγματος και όλα μαζί αποτελούν τα υπολείμματα της κατάρρευσης του ηφαιστειακού κώνου και σχηματίζουν έναν δακτύλιο γύρω από τη γιγαντιαία υποθαλάσσια καλδέρα (Εικ. 2.1, 2.2).

Η κατάρρευση της καλδέρας αποτέλεσε το κύριο γεγονός κατά τη διάρκεια της καταστροφικής «ἐκρηξης της κίσσηρης» των Μινωικών χρόνων (περίπου το 1.600 π.Χ.), ενώ πολλοί ερευνητές αποδέχονται ότι προϋπήρχε μια μικρότερη καλδέρα και πριν την ἐκρηξη. Η Νέα και η Παλαιά Καμμένη είναι νησίδες που βρίσκονται στο κέντρο του ανωτέρω δακτυλίου και σχηματίστηκαν σταδιακά, με εκχύσεις λάβας, που ἑλαβαν χώρα μετά την καταστροφική δραστηριότητα των Μινωικών χρόνων.

Το ιδιόμορφο ανάγλυφο είναι αποτέλεσμα έντονων γεωδυναμικών διεργασιών, οι οποίες εξελίχθηκαν στις πρόσφατες γεωλογικές περιόδους, εδώ και 3 εκατομμύρια χρόνια και συνεχίζουν να επηρεάζουν την περιοχή ακόμη και σήμερα, λόγω της ένταξής της στο ηφαιστειακό τόξο.

Η μεγάλη διάμετρος της καλδέρας, με διεύθυνση Β – Ν, είναι περίπου 11 χιλιόμετρα, ενώ η μικρή με διεύθυνση Α – Δ, είναι περίπου 7 χιλιόμετρα. Το μέγιστο βάθος της καλδέρας κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας φθάνει τα 380 μέτρα. Το ύψος των τοιχωμάτων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας φθάνει τα 300 περίπου μέτρα. Το μεγαλύτερο υψόμετρο από όλες τις νήσους έχει η Θήρα με ύψος 564 μέτρα, στον ορεινό όγκο του Προφήτη Ηλία, στα νοτιοανατολικά της νήσου. Επιπλέον, η Θήρα και η Θηρασία έχουν τις μεγαλύτερες εκτάσεις, 75 τετρ. χλμ. και 10 τετρ. χλμ. αντίστοιχα, απ' όλο το ηφαιστειακό σύμπλεγμα της Θήρας.

Συμπερασματικά, το νησιωτικό σύμπλεγμα, αποτελείται ουσιαστικά από το ηφαιστειακό οικοδόμημα με: (i) τα βραχώδη και απόκρημνα εσωτερικά πρανή των νήσων Θήρα, Θηρασία και Ασπρονήσι, που συνιστούν τον προαναφερθέντα δακτύλιο της καλδέρας και χαρακτηρίζονται από μεγάλες μορφολογικές κλίσεις, αλλά και εντυπωσιακές μορφολογικές ασυνέχειες, και (ii) τα εξωτερικά τμήματα, που αποτελούν ομαλές κεκλιμένες επιφάνειες μικρών σχετικά μορφολογικών κλίσεων και διατάσσονται ακτινωτά γύρω από το ηφαιστειακό κέντρο και αποτελούν σήμερα τις υπολειμματικές εξωτερικές επιφάνειες του ηφαιστειακού κώνου.

Η διάταξη των ομαλών εξωτερικών επιφανειών, κυρίως στη νήσο της Θήρας, διακόπτεται από μορφολογικούς όγκους, και ειδικότερα: (i) στο ΑΝΑ τμήμα της νήσου τον όγκο του Προφήτη Ηλία, με ύψος 564 μέτρα, που δομείται από Αλπικά πετρώματα, (ii) στο ΒΑ τμήμα της νήσου το Μαύρο Βουνό, με ύψος 329 μέτρα, (iii) στο νότιο τμήμα, νότια του οικισμού Εμπορειού την έξαρση Γαβρίλο, με ύψος περίπου 200 μέτρων και (iv) τους Λουμαράδες, ΝΑ του Ακρωτηρίου. Οι μορφολογικοί αυτοί όγκοι δεν καλύπτονται από την κίσσηρη της τελευταίας ηφαιστειακής έκρηξης, όπως συμβαίνει σχεδόν σε όλη την υπόλοιπη νήσο, εκτός βέβαια από τους εσωτερικούς κρημνούς της καλδέρας.

2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η περιοχή των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ και του Παλαιού Λιμένα Φηρών, απαντά στο κεντρικό - ανατολικό τμήμα των πρανών της καλδέρας του ηφαιστειακού οικοδομήματος της Σαντορίνης. Στο κορυφαίο τμήμα της καλδέρας και σε ύψος 235 μέτρων βρίσκεται ο οικισμός των Φηρών, ενώ στο κατώτερο τμήμα, στα κατάντη, σε υψόμετρο 0 έως 20 μέτρων, οι εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα των Φηρών και του Τελεφερίκ (Εικ. 2.3, 2.4).

Ουσιαστικά, η περιοχή μελέτης είναι δυνατό να διακριθεί σε δύο τμήματα από μορφολογικής άποψης, στο πρώτο, μικρότερης έκτασης, τμήμα το βόρειο-βορειοδυτικό και στο δεύτερο τμήμα το νότιο – νοτιοανατολικό (Εικ. 2.5, 2.6), τα οποία έχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, τόσο στα ποσοτικά, όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Την διαχωριστική ζώνη μεταξύ των δύο τμημάτων αποτελεί ο τεράστιος κώνος κορημάτων, που αρχίζει από την κορυφή της καλδέρας και καταλήγει σχεδόν στην θάλασσα, συμπίπτει δε με την μεγάλη ρηξιγενή ζώνη, που τέμνει και μεταθέτει τους γεωλογικούς σχηματισμούς και η οποία θα περιγραφεί αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν χαρακτηρίζεται από σημαντικές ιδιαιτερότητες. Ουσιαστικά, αποτελεί ένα τυπικό ακτινωτό δίκτυο ηφαιστειακών κώνων. Τα ρεύματα δεν συμπλέκονται μεταξύ τους, εκβάλλουν απ' ευθείας στη θάλασσα, δημιουργώντας έτσι πολλές επιμέρους αυτοτελείς και μικρής έκτασης υδρολογικές λεκάνες. Οι κλάδοι δεύτερης και τρίτης τάξης εμφανίζονται σχεδόν ευθύγραμμοι και έχουν σχετικά μεγάλο μήκος (Εικ.2.7, 2.8).

Από την ποσοτική μορφολογική ανάλυση, η οποία έγινε με βάση ειδικό λογισμικό (Εικ. 2.9, 2.10, 2.11, 2.12) διαπιστώνεται ότι το πρώτο μορφολογικό τμήμα, το BBΔ, χαρακτηρίζεται από πρανή τα οποία συγκροτούν έναν κύριο υδροκρίτη με διεύθυνση BA – NΔ, ο οποίος αποτελεί και το όριο σχεδόν της μελέτης προς βορρά.

Το μεγαλύτερο τμήμα των πρανών έχει μορφολογικές κλίσεις με τιμές 20° - 40°. Πρόσθετα, υφίστανται μεγάλες μορφολογικές ασυνέχειες, οι οποίες αποτελούνται από σχεδόν κατακόρυφα πρανή, σε ύψη: (i) 30 - 50, (ii) 65 - 75, (iii) 170 - 190 και (iv) 220 - 240 περίπου μέτρων, που διατάσσονται παράλληλα με τις αντίστοιχες ισοϋψείς και συμπίπτουν με εμφανίσεις των σχηματισμών Ιγκνιμπριτών, Μαύρης Κίσσηρης, Λαβών Σκάρου και Λαβών Θηρασίας αντίστοιχα (Εικ. 2.13).

Από τις δύο ανώτερες μορφολογικές ασυνέχειες, λόγω της φύσεως των λαβών που δομούν τα πρανή, αποσπώνται τεμάχη, τα οποία και καταπίπτουν, με κίνδυνο να προκαλέσουν ζημιές στις εγκαταστάσεις. Οι καταπτώσεις των όγκων είναι δυνατό να συμπαρασύρουν υφιστάμενα υλικά των κορημάτων, κατά τη διάρκεια της ¨πορείας» τους προς τα κατάντη (Εικ. 2.14).

Το δεύτερο μορφολογικό τμήμα, το νότιο - νοτιοανατολικό, καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της υπό μελέτη περιοχής. Χαρακτηρίζεται από πιο σύνθετη μορφολογική εικόνα, με πολυπληθέστερες μορφολογικές ασυνέχειες, οι οποίες διατάσσονται παράλληλα αλλά και κάθετα προς τις κύριες ισουψείς. Οι σημαντικότερες, περιγράφονται συνοπτικά ως εξής :

- Υψόμετρο 30-85μ. Απότομο φυσικό πρανές (κλίση ~200%), στην περιοχή ανάντη του προβλήτα, όπου εντοπίζεται ο ιγκνιμπρίτης Θήρας καθώς και ο σχηματισμός της μαύρης κίσσηρης. Επί αυτών, υπέρκεινται λατυποπαγείς τόφφοι.
- Υψόμετρο 60-100μ. Περιοχή ανάντη του κτιρίου «Duty free». Πολύ απότομο φυσικό πρανές, Από κάτω προς τα πάνω εντοπίζονται σχηματισμοί κατώτερης κίσσηρης, εστρωμένοι τόφφοι, ορίζοντας μαύρης κίσσηρης και λατυποπαγείς τόφφοι.
- Υψόμετρο 30-110. Ευρεία περιοχή απότομου φυσικού πρανούς (κλίση ~170%) που οριοθετεί προς νότια – νοτιοανατολικά τον μεγάλο, κεντρικό κώνο κορημάτων της περιοχής έρευνας.
 Από κάτω προς τα πάνω εντοπίζονται εστρωμένα υλικά τόφφων, ρυοδακιτικές λάβες, σχηματισμοί κίσσηρης, λατυποπαγείς τόφφοι και σκωρίες.
- Υψόμετρο 110 130μ. Περιοχή διέλευης Τελεφερίκ. Υλικά εστρωμένων τόφφων,
- Υψόμετρο 160-180μ. Απότομα «μέτωπα», όπου κυριαρχούν οι λάβες σκάρου, Προς νότο, τα υψόμετρα μειώνονται σταδιακά.
- Υψόμετρο 190-220μ. Σχεδόν κατακόρυφο μέτωπο επί των λαβών Θηρασιάς. Προς νότο, τα υψόμετρα μειώνονται σταδιακά.

Κυρίως, το πρόβλημα υφίσταται στις δύο ανώτερες μορφολογικές ασυνέχειες που διαμορφώνουν οι σχηματισμοί Λαβών Σκάρου και Λαβών Θηρασίας, όπου λόγω της κατάτμησης της βραχομάζας, έχουν διαμορφωθεί μεγάλα τεμάχη, τα οποία, κατά θέσεις είναι έτοιμα προς κατάπτωση. Τα τεμάχη μπορούν να κινηθούν κατά μήκος των δύο μεγάλων κώνων, συμπαρασύροντας και τα υπάρχοντα υλικά των κορημάτων, τα οποία ευρίσκονται, όπως αναφέρθηκε, σε οριακή ισορροπία (Εικ. 2.15, 2.16).



Εικ. 2.1 Τοπογραφικός χάρτης του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης (σμίκρυνση τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:50.000, έκδοσης ΓΥΣ).





Εικ. 2.3 Γενική ἀποψη των πρανών της καλδέρας, στην περιοχή των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ και του Παλαιού Λιμένα.



Εικ. 2.4 Απόψεις των πρανών της καλδέρας και των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ και του Παλαιού Λιμένα.



Εικ. 2.5 Τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής έρευνας. Τα όριά της απεικονίζονται με κόκκινη γραμμή. Η μαύρη έντονη γραμμή απεικονίζει το Τελεφερίκ (κλ.: 1:3300).



Εικ. 2.6 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής έρευνας.



Εικ. 2.7 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας.



Εικ. 2.8 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής έρευνας με το υδρογραφικό δίκτυο.



Εικ. 2.9 Χάρτης ποσοτικής ανάλυσης μορφολογικών κλίσεων της περιοχής έρευνας (ανά 10°).



Εικ. 2.10 Χάρτης ποσοτικής ανάλυσης μορφολογικών κλίσεων της περιοχής έρευνας (ανά 20°).



Εικ. 2.11 Χάρτης ποσοτικής ανάλυσης μορφολογικών κλίσεων της περιοχής έρευνας (ανά 30°).



Εικ.2.12 Χάρτης φοράς των μορφολογικών κλίσεων της περιοχής έρευνας.



Εικ. 2.13 Απόψεις των μορφολογικών ασυνεχειών που διακόπτουν τις ομαλές κλίσεις του βορειοανατολικού τμήματος και οφείλονται στις εμφανίσεις συγκεκριμένων γεωλογικών σχηματισμών.



Εικ. 2.14 Απόψεις των μορφολογικών ασυνεχειών, που ταυτίζονται με τις εμφανίσεις λαβών στο ανώτερο τμήμα των πρανών. Διακρίνονται οι όγκοι που έχουν δημιουργηθεί από την κατάτμιση λόγω των ασυνεχειών (βέλη), οι οποίοι ευρίσκονται σε συνθήκες μειωμένης ευστάθειας.



Εικ. 2.15 Απόψεις του εντυπωσιακού κώνου κορημάτων, που διατρέχει τα πρανή της καλδέρας, στην περιοχή του Τελεφερίκ. Διακρίνεται η παραμόρφωση του παλαιού τοίχους συγκράτησης (βέλος), καθώς και οι ογκόλιθοι που κινούνται προς τα κατάντη.



Εικ. 2.16 Πανοραμική άποψη του κεντρικού και νότιου τμήματος της περιοχής έρευνας. Διακρίνονται οι έντονες μορφολογικές ασυνέχειες επί πυροκλαστικών υλικών και κίσσηρης (πράσινα βέλη), ανάντη του κεντρικού κώνου κορημάτων (μπλε βέλος) καθώς και τα κατακόρυφα μέτωπα επί των λαβών Θηρασιάς, στα υψηλότερα τμήματα (κόκκινα βέλη).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΗΡΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ	31
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΗΡΑΣ	33
3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	40

1. **ГЕNIKA**

Η νήσος Θήρα βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Ελληνικού ηφαιστειακού τόξου και χαρακτηρίζεται από μία ιδιαίτερη πολυπλοκότητα στη γεωλογική της δομή και εξέλιξη. Η πολυπλοκότητα αυτή αποδεικνύεται από το γεγονός ότι παρόλη τη σχετικά μικρή έκτασή της, στη δομή της συμμετέχει ένας μεγάλος αριθμός γεωλογικών σχηματισμών, με ηλικία από το Ανώτερο Τριαδικό μέχρι σήμερα. Τα παλαιότερα πετρώματα που ανήκουν στον Αλπικό κύκλο απαντώνται μόνο στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου Θήρας και δεν μπορούν να ενταχθούν χωρίς προβληματισμό στις γεωτεκτονικές ενότητες του Ελλαδικού χώρου. Αντίθετα, πολυάριθμοι ηφαιστειακοί σχηματισμοί, προϊόντα των αλλεπάλληλων δραστηριοποιήσεων του ηφαιστείου, καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης, το οποίο αποτελείται από τις νήσους Θήρα, Θηρασία, Ασπρονήσι, Παλαιά Καμμένη και Νέα Καμμένη. Η σημερινή ηφαιστειακή δραστηριότητα περιορίζεται κυρίως στις νήσους της Παλαιάς και Νέας Καμμένης **(Εικ. 3.1)**.

Όπως ήδη έχει προαναφερθεί η νήσος Θήρα ανήκει στο Ελληνικό ηφαιστειακό τόξο που χαρακτηρίζεται από ασβεσταλκαλικά πετρώματα και στο οποίο εντάσσονται επίσης τα ηφαιστειακά κέντρα του Σουσακίου, των Μεθάνων, της Αίγινας, του Πόρου, της Μήλου, της Κω, και της Νισύρου. Έχει μήκος 500χλμ. και πλάτος περίπου 20-40χλμ., αρχίζει από τον Σαρωνικό κόλπο διέρχεται από το νότιο Αιγαίο και φθάνει στις δυτικές ακτές της Μικράς Ασίας. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή ξεκίνησε περίπου πριν από 3 εκατομμύρια χρόνια και οφείλεται στην υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από τη μικροπλάκα του Αιγαίου. Η υποβύθιση αυτή έχει μια γενική BBA διεύθυνση, γωνία βύθισης περίπου 30°, σχετικό ρυθμό σύγκλισης 3,5 εκατοστά ανά έτος και θεωρείται ότι ξεκίνησε πριν από 13 εκατομμύρια χρόνια.

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στη Σαντορίνη άρχισε πριν 3 εκατομμύρια χρόνια και ουσιαστικά είναι δυνατόν να διακριθούν τα ακόλουθα ηφαιστειακά κέντρα:

Ηφαιστειακό Κέντρο Ακρωτηρίου. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα εμφανίζεται για πρώτη φορά στη συγκεκριμένη περιοχή και πιστοποιείται από την ύπαρξη δακιτικών δόμων και ρευμάτων λάβας, ηφαιστειακών λατυπών και τόφφων αποτελούμενων κυρίως από κίσσηρη. Η ηφαιστειακή σειρά είναι σε πολλά σημεία εξαλλοιωμένη από την κυκλοφορία υδροθερμικών ρευστών.

Ηφαιστειακό Κέντρο Θήρας. Είναι το πιο ενεργό, με το μεγαλύτερο χρόνο δράσης και με προϊόντα κυρίως πυροκλαστικά (PICHLER et al., 1980). Η δράση του αρχίζει πριν από 1 εκατομμύριο χρόνια και παράγει μια σειρά από ιγκνιμβρίτες, τέφρα, σκωρίες και ορισμένα στρώματα κίσσηρης. Ανάμεσά τους παρεμβάλλονται ροές ανδεστικής λάβας. Προς το ανώτερο μέρος της κατώτερης σειράς παρατηρείται η εναπόθεση άσπρης κίσσηρης που σκεπάζεται από παχιές ιξώδεις ροές ρυολιθικής λάβας. Στην συνέχεια, πριν από 100.000 χρόνια, μια ισχυρή έκρηξη εναποθέτει κίσσηρη, η οποία σκεπάζει όλα τα παλαιότερα προϊόντα. Μια επόμενη έκρηξη εναποθέτει ένα στρώμα κίσσηρης που ακολουθείται από εναποθέσεις πυροκλαστικής ροής. Η επόμενη κύρια φρεατο-μαγματική φάση εναποθέτει τη μεσαία σειρά τόφφων. Μεταξύ των άλλων, αποτίθεται στρώμα γκρι δακιτικής κίσσηρης πάχους 10 μέτρων που χρησιμεύει σαν στρωματογραφικός ορίζοντας, αναγνωριζόμενος ως μεσαία σειρά κίσσηρης, ηλικίας περίπου 50.000 χρόνων (PICHLER & KUSSMAUL, 1972).

Ηφαιστειακό Κέντρο Μεγάλου Βουνού. Αντιστοιχεί στον ορεινό όγκο του Μαύρου Βουνού. Η βάση του, όπως εμφανίζεται στην πλευρά του καλδερικού βυθίσματος, αποτελείται από πυρήνες συμπαγούς ανδεσιτικής-βασαλτικής λάβας, χαοτικά ανεπτυγμένης με λίγα πυροκλαστικά στρώματα τέφρας. Μετά από μια διακοπή, η ηφαιστειακή δραστηριότητα συνεχίζεται με τις σκωρίες Κόκκινου Βουνού. Νεότερη πλευρική δραστηριότητα παράγει ανδεσιτικές ροές λάβας που σκεπάζουν τις πλευρές των ηφαιστειακών κώνων που έχουν ήδη δημιουργηθεί.



Εικ. 3.1 Πανοραμική εικόνα των νήσων Παλαιάς και Νέας Καμμένης, στο κέντρο της καλδέρας του ηφαιστειακού οικοδομήματος της Σαντορίνης.

Ηφαιστειακό Κέντρο Σκάρου. Ο πυρήνας του κέντρου περιλαμβάνει παχιά ρεύματα ανδεσιτικής λάβας. Ακολουθούν περίπου 30 ακόμα ρεύματα ανδεσιτικής - βασαλτικής λάβας. Πάνω από αυτά παρατηρούνται εναποθέσεις της μεσαίας σειράς τόφφων.

Ηφαιστειακά Κέντρα Θηρασίας. Η βάση του ηφαιστείου αποτελείται από ρεύματα βασαλτικής ανδεσιτικής λάβας με ενδιαστρώσεις άσπρων τόφφων. Ακολουθούν ρεύματα ανδεσιτικής λάβας και κατόπιν ρεύματα βασαλτικής - ανδεσιτικής λάβας, εναλλασσόμενα με εναποθέσεις της μεσαίας σειράς τόφφων. Πάνω από αυτή την ακολουθία εναποτίθεται ένα παχύ στρώμα καφέ - κόκκινων σκωριών και κομματιών λάβας. Το ανώτερο μέρος της Θηρασίας αποτελείται από ρυοδακιτικά παχιά ιξώδη ρεύματα λάβας και δόμους που στη συνέχεια καλύπτονται από τους ανώτερους ιγκνιμβρίτες.

Περίπου πριν από 100.000 χρόνια, μια παροξυσμική ἑκρηξη του ηφαιστειακού κέντρου της Θήρας είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση πλίνιας κίσσηρης και την ανάπτυξη, πιθανότατα, του νότιου τμήματος της σημερινής καλδέρας. Περί το 1600 π.Χ. μια φοβερή ἑκρηξη, γνωστή και ως Μινωική, κάλυψε ολόκληρη την Σαντορίνη. Υπολογίζεται ότι 19 κυβ. χλμ. πυροκλαστικού υλικού που παρήχθηκε κατά τη διάρκεια του γεγονότος αυτού είναι υπεύθυνο για την επέκταση της καλδέρας προς τα βόρεια. Στην συνέχεια, η κατάπτωση της καλδέρας ἑδωσε τη σημερινή τοπογραφία. Μετά τις εκρήξεις του 197 π.Χ. και του 726 μ.Χ. σχηματίστηκε η Παλαιά Καμμένη, ενώ με τις εκρήξεις των 1570, 1707, 1866, 1925, 1940-41 και 1950 σχηματίστηκε η Νέα Καμμένη (FOUQUE 1879, HUIJSMANS 1985, GEORGALAS & LIATSIKAS 1926, 1932, GEORGALAS & KOKKOROS 1940, GEORGALAS 1959, GEORGALAS & LIATSIKAS 1926, 1932, KTENAS 1927, KTENAS & KOKKOROS 1928a, 1928b, LIATSIKAS 1942, RECK 1936, WASHINGTON 1926, κ.ά.). Οι μαύρες και στιλπνές λάβες που παρήχθησαν δημιούργησαν δόμους και ροές. Οι πιο πρόσφατες εκρήξεις συνοδεύονταν από ισχυρούς, ενδιάμεσου βάθους σεισμούς, οι οποίοι σχετίζονταν με τις διαδικασίες προώθησης του μάγματος πάνω από την υποβυθιζόμενη πλάκα.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟΥ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΗΡΑΣ

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει δημοσιευτεί για τα χαρακτηριστικά των ηφαιστειακών προϊόντων που δομούν τη νήσο Θήρα (Εικ. 3.2), οι κυριότεροι τύποι των οποίων είναι βασάλτες - ανδεσιτικοί βασάλτες, ανδεσίτες, δακίτες – ρυοδακίτες – ρυόλιθοι, κίσσηρης – ιγκνιμβρίτες κ.α. Ειδικότερα, με βάση το Γεωλογικό Χάρτη ΝΗΣΟΣ ΘΗΡΑ, κλίμακας 1:50.000 (ἐκδοση Ι.Γ.Μ.Ε.) του οποίου η χαρτογράφηση έγινε από τους Pichler et al. (1980) προκύπτει ότι η ευρύτερη περιοχή της νήσου (Εικ. 3.3) δομείται από τους σχηματισμούς που περιγράφονται στη συνέχεια. Επίσης, πρόσθετα στοιχεία ελήφθησαν από τους Druitt et all (1999).

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΟΥΣ

Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Μεγάλου Βουνού. Αποτελείται από :

- Ανώτερη ηφαιστειακή σειρά (ανδεσιτική) συνολικού πάχους 100μ., η οποία διαιρείται σε τρεις ενότητες που περιλαμβάνουν: (i) σκοτεινόχρωμη λάβα και πολύ καλά συγκολλημένα στρώματα σκωριών που τοπικά μοιάζουν με πραγματική λάβα, (ii) κοκκινωπές σκωρίες που σχηματίζουν σποραδικούς πάγκους και (iii) μαύρες σκωρίες.
- Κατώτερη ηφαιστειακή σειρά πάχους 220μ., με πολύχρωμα πυροκλαστικά και μαύρες λάβες που τέμνονται από πολλές φλέβες.

Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Κολούμπο. Περιλαμβάνει ανδεσιτικά πυροκλαστικά προϊόντα, πάχους μεγαλύτερου από 50μ. με τέφρες, σκωρίες και λιθάρια.
Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Μικρού Προφήτη Ηλία. Αποτελείται από :

- Ανώτερες χαλαζιακές λατιανδεσιτικές λάβες, πάχους 100μ., με τεφρά ηφαιστειακά πετρώματα στην κορυφή και ρεύματα λάβας στις ανατολικές πλαγιές.
- Μεσαίες λατιανδεσιτικές λάβες, πάχους περίπου 200μ., με παρεμβολές πυροκλαστικών.
- Κατώτερες χαλαζιακές λατιανδεσιτικές λάβες, τεφρές συμπαγείς, πάχους μεγαλύτερου από 70μ.

Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Σκάρου. Αποτελείται από :

- Ανδεσιτιτκές λάβες. Πρόκειται για στρώματα σκοτεινότεφρων λαβών με υπερκείμενες σκωρίες πάχους 300μ. περίπου (Εικ. 3.4).
- Έκχυτα δακιτικά ηφαιστειακά πετρώματα υποκείμενα των βασικών λαβών του ηφαιστείου του Σκάρου με πάχος μεγαλύτερο από 80μ.

Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Θήρας. Αποτελείται από :

- Σχηματισμός Ανώτερης Κίσσηρης, μεταφερμένη, πάχους μέχρι 15μ. που εμφανίζεται στις εξωτερικές πεδινές περιοχές της Θήρας.
- Σχηματισμός Ανώτερης Ρυοδακιτικής Κίσσηρης, πάχους μέχρι 60μ., που καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της νήσου Θήρας, προϊόν της Μινωϊκής δραστηριότητας του ηφαιστείου περί το 1600 π.Χ. (Εικ. 3.5, 3.6).
- Ρυοδακιτικές λάβες σε εκχύσεις, πάχους 50μ., μεταξύ του ακρωτηρίου Τούρλος και της πόλεως Θήρας.
- Ηφαιστειακά πυροκλαστικά υλικά, πάχους 40-50μ., που εμφανίζονται στα ανώτερα μέρη των τοιχωμάτων της καλδέρας.
- Ρυοδακιτική κατώτερη σειρά κίσσηρης, πάχους μέχρι 70μ., που εμφανίζεται στα κατώτερα και μεσαία τμήματα των τοιχωμάτων της καλδέρας, μεταξύ του Ακρωτήριου και της Σκάλας της Θήρας και στα κατώτερα τμήματα των τοιχωμάτων της καλδέρας, ανατολικά του ακρωτηρίου Άγιος Νικόλαος, στο βόρειο τμήμα της Θήρας. Ηλικία περίπου 100.000 χρόνων.
- Χαλαζιακές λατιανδεσιτικές λάβες, πάχους 50-80μ., που εμφανίζονται μεταξύ Σκάλας της Θήρας και του όρμου Αθηνιός.
- Χαλαζιακά λατιτικά πυροκλαστικά υλικά, πάχους 70μ., που εμφανίζονται μεταξύ του ακρωτηρίου Αλωνάκι και του όρμου Μπάλος.

Ηφαιστειακό Σύμπλεγμα Ακρωτηρίου. Αποτελείται από :

- Ανδεσιτικές λάβες και σκωρίες, πάχους περίπου 100μ., που εμφανίζονται στον όρμο Μπάλο, στην Κοκκινόπετρα, στο ακρωτήριο Μαυρορραχήδι, κ.ά..
- Χαλαζιακοί λατιανδεσιτικοί τόφφοι, πάχους περίπου 100μ., που εμφανίζονται στο ακρωτήριο Μαύρο Βουνό.
- Εκχύσεις δακιτικών λαβών, πάχους μεγαλύτερου από 100μ., που εμφανίζονται στην περιοχή του Ακρωτήριου και στον ομώνυμο οικισμό.
- Τόφφους δακιτικής κίσσηρης, πάχους μεγαλύτερου από 200μ., που εμφανίζονται στους λόφους Λουμαράδες και Αρχάγγελος.
- Λάβες χαλαζιακές ανδεσιτικές, πάχους περίπου 50μ., που παρατηρούνται στην κοιλάδα μεταξύ των λόφων Λουμαράδες και Μέσα Πηγάδια.

Ηφαιστειακό Κέντρο Θηρασίας. Αποτελείται από :

Ανώτερες χαλαζιακές λατιανδεσιτικές λάβες, πάχους 200μ.

- Χαλαζιακές λατιανδεσιτικές σκωρίες, πάχους 50μ., που εμφανίζονται στα κατώτερα τμήματα της καλδέρας Θήρας και Θηρασίας.
- Κατώτερες χαλαζιακές λατιανδεσιτικές λάβες, πάχους μεγαλύτερου από 50μ., που εμφανίζονται στη βόρεια Θήρα και στα κατώτερα τμήματα των τοιχωμάτων της καλδέρας (Εικ 3.7).

Ηφαίστεια Καμμένης. Αποτελούνται από :

- Αλλεπάλληλες εκχύσεις δακιτικών έως λατιανδεσιτικών λαβών και πυροκλαστικά της Νέας Καμμένης.
- Τέφρες κοκκινωπές και σκωρίες.



Εικ. 3.2 Γενικευμένο γεωλογικό σκαρίφημα του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης (FRIEDRICH 2000).





Εικ. 3.3 Τρισδιάστατο μοντέλο του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης (SPYRIDONOS et al, 1999). 1: Υπόβαθρο, 2: Ηφαίστειο Ακρωτηρίου, 3: Ηφαίστειο Μεγάλου Βουνού, 4: Τόφφοι Θήρας, 5: Ηφαίστειο Μικρού Προφήτη Ηλία, 6: Ηφαίστειο Θηρασίας, 7: Ηφαίστειο Σκάρου, 8: Ανώτερη Κίσσηρης, 9: Νήσοι Παλαιάς και Νέας Καμμένης.



Εικ. 3.4 Αλλεπάλληλες εναλλαγές οριζόντων ανδεσιτικών και δακιτικών λαβών και οριζόντων πυροκλαστικών και σκωριών στην περιοχή Σκάρου.



Εικ. 3.5 Άποψη του σχηματισμού Ανώτερης Κίσσηρης, ο οποίος υπέρκειται σκωριών και λαβών στην περιοχή της Οίας.



Εικ. 3.6 Άποψη της εξωτερικής πλευράς του ηφαιστειακού κώνου στην Οία, η οποία καλύπτεται κυρίως από τον σχηματισμό της Ανώτερης Κίσσηρης.

ΠΡΟΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ – ΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το Αλπικό υπόβαθρο περιλαμβάνει ουσιαστικά δύο τεκτονικές ενότητες και ειδικότερα:

- Την μεταμορφωμένη ενότητα των Σχιστολίθων του Αθηνιού, η οποία αντιστοιχεί σε μία εκ των ενοτήτων των κυανοσχιστολίθων των Κυκλάδων και κατά πάσα πιθανότητα των Νοτίων Κυκλάδων (Εικ. 3.8). Στο χώρο των Κυκλάδων, οι πλησιέστερες αντίστοιχες εμφανίσεις απαντούν στη νήσο Αστυπάλαια.
- Την ελαφρά ανακρυσταλλωμένη ιζηματογενή ακολουθία του Προφήτη Ηλία, η οποία περιλαμβάνει μια μεγάλου πάχους νηριτική ανθρακική ακολουθία από ασβεστόλιθους και δολομίτες, Μεσοζωικής ηλικίας, που καλύπτεται από ένα σχηματισμό φλύσχη, που τοπικά έχει χαρακτηριστικά άγριου φλύσχη και του οποίου η ηλικία είναι Ηώκαινο (TATARIS, 1964).
 Έχει τα χαρακτηριστικά εξωτερικής τράπεζας με πιθανότερη αντιστοίχηση την Ενότητα Γαβρόβου Τριπόλεως. Η τεκτονική δομή της ακολουθίας χαρακτηρίζεται από λεπιώσεις.

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΟΥΣ

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πιο πρόσφατα ιζήματα και ειδικότερα :

- Αλλουβιακές και παράκτιες αποθέσεις, οι οποίες παρατηρούνται κατά μήκος της ακτής στα ομαλά εξωτερικά τμήματα του ηφαιστειακού κώνου, ιδιαίτερα στο βόρειο και το ανατολικό τμήμα της νήσου Θήρας, καθώς επίσης και στο δυτικό τμήμα της Θηρασίας. Έχουν μικρό πάχος και περιορισμένη έκταση εμφάνισης. Πρόσθετα, υπάρχουν πολύ περιορισμένες εμφανίσεις κατά μήκος της ακτογραμμής στο εσωτερικό της καλδέρας.
- Κώνοι κορημάτων, οι οποίοι εμφανίζονται τοπικά, κυρίως στα εσωτερικά απότομα τοιχώματα της καλδέρας, λόγω της έντονης διάβρωσης και των ανθρώπινων διεργασιών.

Παρά το γεγονός ότι η περιοχή του νησιωτικού συμπλέγματος δομείται από ένα πλήθος σχηματισμών, είναι αξιόλογο να σημειωθεί ότι οι σχηματισμοί που παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο είναι τα προϊόντα της Μινωϊκής εκρηκτικής δραστηριότητας και ειδικότερα η Ανώτερη Σειρά της Κίσσηρης, που καλύπτει σχεδόν ολοκληρωτικά την εξωτερική πλευρά του ηφαιστειακού κώνου. Οι υποκείμενοι της Ανώτερης Κίσσηρης ηφαιστειακοί σχηματισμοί που συναπαρτίζουν μια ηφαιστειοστρωματώδη ακολουθία από εναλλαγές λαβών, σκωριών και πυροκλαστικών έχουν ηλικία Πλειστόκαινο με διάκριση σε επιμέρους ηφαιστειακά κέντρα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η κίσσηρης της τελευταίας μεγάλης έκρηξης κάλυψε τις εμφανίσεις των ηφαιστειακών σχηματισμών των επιμέρους ηφαιστειακών κέντρων του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνης, τα οποία είχαν το καθένα τη δική του περίοδο δράσης και τα ιδιαίτερα τεκτονο-ηφαιστειακά χαρακτηριστικά.

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το Ελληνικό τόξο είναι μια κυρίαρχη τεκτονική μακροδομή στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και χαρακτηρίζεται από την υποβύθιση της Αφρικανικής λιθόσφαιρας κάτω από την μικροπλάκα του Αιγαίου, που αποτελεί και το εμπρόσθιο τμήμα της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας. Σαν αποτέλεσμα της υποβύθισης αυτής είναι το συμπιεστικό εντατικό πεδίο στο εξωτερικό τμήμα του τόξου, ο εφελκυσμός και το υψηλό θερμικό πεδίο προς το εσωτερικό τμήμα του τόξου, δηλαδή στον Αιγαιακό χώρο, όπου άλλωστε αναπτύσσεται και το ηφαιστειακό τόξο.

Σύμφωνα με τους Papazachos & Panagiotopoulos (1992) τα ηφαιστειακά κέντρα, τα επίκεντρα ισχυρών επιφανειακών σεισμών με εστιακά βάθη μικρότερα των 20χλμ. και τα επίκεντρα ισχυρών ενδιάμεσων σεισμών στο ηφαιστειακό τόξο ταξινομούνται χωρικά σε πέντε ευδιάκριτες γραμμικές δομές ακτινωτής διάταξης σε σχέση με το ηφαιστειακό τόξο. Οι γραμμώσεις αυτές οφείλονται σε πέντε αντίστοιχα κανονικά ρήγματα που υιοθετούν τα ονόματα των αντίστοιχων ηφαιστειακών κέντρων, δηλαδή Σουσάκι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Κως και Νίσυρος.



Εικ. 3.7 Άποψη διαδοχικών στρώσεων ανδεσιτικών λαβών, πυροκλαστικών και σκωριών στα πρανή της καλδέρας στην νήσο Θήρα.



Εικ. 3.8 Εμφάνιση του μεταμορφωμένου υποβάθρου από ασβεστιτικούς φυλλίτες, στα πρανή του δρόμου ανάντη του Αθηνιού. Διακρίνονται τα υπερκείμενα ηφαιστειακά υλικά (βέλος).

Οι γραμμώσεις στις οποίες εντοπίζονται τα επίκεντρα των ενδιάμεσων σεισμών υποδεικνύουν την ύπαρξη πέντε αντίστοιχων ζωνών διάρρηξης στο κατώτερο τμήμα της υποβυθιζόμενης λιθοσφαιρικής πλάκας (βάθος 120 - 180χλμ.). Οι βαθιές αυτές ζώνες αποτελούν και διόδους ανόδου του μαγματικού υλικού, ενώ ο προσανατολισμός αυτών δικαιολογεί απόλυτα τη συγκέντρωση των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων σε στενές ζώνες.

Όσον αφορά στην τεκτονική δομή της νήσου Σαντορίνης πρέπει να αναφερθεί ότι χωρίζεται σε δύο τμήματα, μέσω μιας μεγάλης τεκτονικής γράμμωσης, γνωστής ως "Γραμμή της Καμμένης διεύθυνσης B65°A, μήκους 4.500μ. και πλάτους περίπου 600μ., κατά μήκος της οποίας κατανέμεται η μεγαλύτερη δραστηριότητα των ηφαιστειακών κέντρων μετά τη Μινωική έκρηξη. Είναι περίπου παράλληλη με τον τοπικό ρηξιγενή ιστό και χωρίζει την καλδέρα σε δύο υποθαλάσσιες υπολεκάνες, τη βόρεια και τη νότια. Η παρουσία της οφείλεται σε εφελκυστικές τάσεις διεύθυνσης κάθετης στη διεύθυνση κατανομής των ηφαιστειακών κέντρων. Η παρουσία του ενεργού αυτού εφελκυσμού στο κεντρικό Αιγαίο με σ₃, διεύθυνσης BA-NΔ επιβεβαιώνεται από νεοτεκτονικά δεδομένα της περιοχής και από μελέτη των μηχανισμών γένεσης των πρόσφατων σεισμών.

Δύο ακόμα στοιχεία που ενισχύουν την άποψη αυτή είναι: (i) η διεύθυνση B60°A της βαρυτικής ανωμαλίας Bouger στο κεντρικό τμήμα της καλδέρας, και (ii) η γράμμωση των δύο κώνων, του Μαύρου Bouvoύ – Ακρωτηρίου Κολούμπο, διεύθυνσης B50°A (FYTIKAS et al., 1989).

Τα ανωτέρω αποτελούν μια γενική πρώτη προσέγγιση στο αντικείμενο της ασυνεχούς παραμόρφωσης στην περιοχή και ειδικότερα στο θέμα του ρηξιγενούς τεκτονισμού. Προκειμένου όμως να διαμορφωθεί μια πιο ειδική και λεπτομερής εικόνα για την περιοχή ενδιαφέροντος και για την ευρύτερη περιοχή, έγινε λεπτομερής έρευνα, από την οποία εντοπίσθηκε μια μεγάλη ρηξιγενής ζώνη που ευρίσκεται ανατολικά του Μαύρου Βουνού και διέρχεται από: (i) την θέση όρμος Μουζάκι, στην ακτογραμμή της καλδέρας και (ii) το ακρωτήριο Κολούμπο, στην ακτογραμμή της καλδέρας και (ii) το ακρωτήριο Κολούμπο, στην ακτογραμμή του ηφαιστειακού κώνου (Εικ. 3.9). Έχει διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ, δεν παρουσιάζει σαφείς κατοπτρικές επιφάνειες από τις οποίες θα προέκυπταν τα γεωμετρικά και κινηματικά χαρακτηριστικά της, καθώς επίσης και τα στοιχεία του εντατικού πεδίου, αλλά η παρουσία της συμπεραίνεται από:

- Την έντονη μορφολογική διαφοροποίηση στα εκατέρωθεν ρηξιτεμάχη και την αλλαγή των μορφολογικών κλίσεων κατά μήκος της. Χαρακτηριστική είναι και η μετάθεση της ακτογραμμής στην εξωτερική πλευρά του κώνου.
- Την οριοθέτηση εμφανίσεων γεωλογικών σχηματισμών και κυρίως των πυροκλαστικών και των λαβών κατά μήκος της και την τελείως διαφορετική διάταξη και δομή των σχηματισμών εκατέρωθέν της.
- Τις χαρακτηριστικές αποσφηνώσεις των οριζόντων των σχηματισμών με ενδείξεις παρέλξεων, σε όσους από αυτούς χαρακτηρίζονται από στρωσιγενή υφή.
- Την παρουσία της βάσης απόθεσης της ανώτερης κίσσηρης σε διαφορετικά υψόμετρα στα εκατέρωθεν ρηξιτεμάχη.
- Την παρουσία προς την ΝΔ και ΒΑ προἑκτασή της, των γνωστών ηφαιστειακών κἑντρων των νήσων Παλαιάς και Νἑας Καμμἑνης και Κολούμπο αντίστοιχα.

Η ανωτέρω ρηξιγενής ζώνη αποτελεί μια δομή Α' τάξης και έχει ελέγξει ως ένα μεγάλο βαθμό τη γεωλογική δομή και εξέλιξη στην γεωλογική περίοδο μέχρι και την Μινωική έκρηξη. Πρόσθετα, εκτός από την ανωτέρω ρηξιγενή ζώνη υφίστανται και άλλες ζώνες, οι οποίες διατάσσονται ακτινωτά σε σχέση με το ηφαιστειακό οικοδόμημα και τέμνουν το νησιωτικό σύμπλεγμα της Σαντορίνης. Οι ζώνες αυτές είναι:

- Η Ρηξιγενής Ζώνη του διαύλου Οίας Θηρασίας, η οποία έχει γενική διεύθυνση ΒΔ ΝΑ και προκάλεσε την μορφολογική ταπείνωση που σήμερα καταλαμβάνεται από την θάλασσα.
- Η Ρηξιγενής Ζώνη του διαύλου Θηρασίας Ασπρονήσι διεύθυνσης ΔΝΔ ΑΒΑ, η οποία προκάλεσε την μορφολογική ταπείνωση.

 Η Ρηξιγενής Ζώνη του διαύλου Ακρωτηρίου – Ασπρονησίου γενικής διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ, η οποία είναι κατά πάσα πιθανότητα προέκταση της Γραμμής της Καμμένης προς τα ΝΔ.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την εκπόνηση της έρευνας εντοπίσθηκαν και ρηξιγενείς ζώνες στα πρανή της καλδέρας, οι οποίες όμως έδρασαν πριν τη Μινωική έκρηξη, δεδομένου ότι ο σχηματισμός της Ανώτερης Κίσσηρης καλύπτει τα ίχνη τους, ενώ τα στρώματά του έχουν μείνει ανέπαφα. Οι ρηξιγενείς ζώνες ευρίσκονται:

- Εκατέρωθεν της εμφάνισης του Αλπικού υποβάθρου στην περιοχή του Αθηνιού, με γενική διεύθυνση Α – Δ, όπου τα αλλεπάλληλα στρώματα των ηφαιστειακών σχηματισμών διαταράσσονται εντυπωσιακά.
- Στην περιοχή του Ακρωτηρίου, με γενική διεύθυνση Β Ν, όπου παρατηρείται απότομη διακοπή των εμφανίσεων των ηφαιστειακών σχηματισμών εκατέρωθεν της ζώνης και πρόσθετα εντυπωσιακή διατάραξη των κλίσεων των στρωμάτων τους.
- Στην περιοχή του Παλαιού Λιμένος των Φηρών, με γενική διεύθυνση Α Δ, όπου χαρακτηριστικοί ορίζοντες ηφαιστειακών σχηματισμών μετατίθενται τουλάχιστον κατά 20 μέτρα, λόγω μετατόπισης των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών (Εικ. 3.10, 3.11).

Όλες οι ρηξιγενείς ζώνες ανεξάρτητα από την περίοδο δράσης τους έχουν ιδιαίτερη σημασία στην ευστάθεια των πρανών διότι συνήθως κατακερματίζουν κατά μήκος τους τα πετρώματα και δημιουργούν παράλληλα μορφολογικές ασυνέχειες, παράγοντες οι οποίοι είναι ευνοϊκοί για την εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων.



Εικ. 3.9 Άποψη της ρηξιγενούς ζώνης Όρμου Μουζακίου – Ακρωτηρίου Κολούμπο με γενική διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ, η οποία γίνεται αντιληπτή από τις έντονες μορφολογικές ανωμαλίες, την οριοθέτηση γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της και την υφιστάμενη διαφοροποίηση της γεωλογικής δομής στα εκατέρωθεν ρηξιτεμάχη.



Εικ. 3.10 Απότομη διακοπή και μετάθεση των οριζόντων μαύρης κίσσηρης (βέλη) και εν γένει των εμφανίσεων των ηφαιστειακών σχηματισμών εκατέρωθεν της ρηξιγενούς ζώνης.



Εικ. 3.11 Διατάραξη και απότομη διακοπή του χαρακτηριστικού ορίζοντα μαύρης κίσσηρης από την διερχόμενη ρηξιγενή ζώνη, στην περιοχή των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ – ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΟΡΓΑΝΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	47
2. ΜΙΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΑ – ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	47
3. ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	49
4. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	58
5. ΜΕΘΟΔΟΣ CORNELL	58
6. ΜΕΘΟΔΟΣ MCGUIRE	60
7. ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	61
8. ΦΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΕΑΚ	62

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΟΡΓΑΝΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και περιγράφονται τα υφιστάμενα ιστορικά και ενόργανα σεισμολογικά δεδομένα για την ευρύτερη περιοχή της νήσου Θήρας, καθώς και τα διαθέσιμα σεισμοτεκτονικά στοιχεία, τα οποία και θα χρησιμοποιηθούν κατά τον υπολογισμό της σεισμικής επικινδυνότητας.

Στην **εικόνα 4.1** παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των ιστορικών σεισμών με M ≥ 6.0 που έχουν συμβεί σε απόσταση 100 χλμ. γύρω από την νήσο, τη χρονική περίοδο 1500 - 1900, σύμφωνα με τον κατάλογο των ιστορικών σεισμών **(ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, 1989)**.

Στην **εικόνα 4.2** φαίνεται η γεωγραφική κατανομή των σεισμών, σε απόσταση 100 χλμ. γύρω από την νήσο, τη χρονική περίοδο 1900 - 1992, σύμφωνα με τον κατάλογο των MAKROPOULOS et al. (1989).

Στην **εικόνα 4.3** φαίνεται η γεωγραφική κατανομή των σεισμών με M ≥ 2.5 σε απόσταση 100 χλμ. γύρω από την νήσο, τη χρονική περίοδο 1964 - 1998, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Στην **εικόνα 4.4** φαίνεται η γεωγραφική κατανομή των σεισμών με Μ≥3.0 σε απόσταση 100 χλμ. γύρω από την νήσο, τη χρονική περίοδο 1988 - 1999, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

2. ΜΙΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΑ – ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην εικόνα 4.5 παρουσιάζεται η μικροσεισμική δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή της νήσου κατά τη χρονική περίοδο 1996 -1998, όπως αυτή καταγράφηκε από το σεισμολογικό δίκτυο 5 σταθμών, του Ινστιτούτου Μελέτης και Παρακολούθησης του Ηφαιστείου της Σαντορίνης. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά η σεισμική δραστηριότητα εντοπίζεται στο B και BA τμήμα της νήσου σε δύο κυρίως κέντρα: (i) στην περιοχή της Καλδέρας και (ii) στην περιοχή του ύφαλου Κολούμπο 15 χιλιόμετρα BA της νήσου προς την Αμοργό, όπου οι γεωδυναμικές διεργασίες εμφανίζονται πιο έντονες.

Επίσης, πληθώρα μακροσεισμικών στοιχείων είναι διαθέσιμα, ιδιαίτερα για την ευρύτερη περιοχή της Νήσου Θήρας, τόσο για τους ιστορικούς σεισμούς, όσο και για αυτούς του παρόντα αιώνα. Τα μακροσεισμικά δεδομένα των ισχυρότερων σεισμών των ιστορικών χρόνων είναι τα ακόλουθα:

- 198 π.Χ.: Ισχυρός σεισμός με πιθανό επίκεντρο 36.4°N 25.4°E και εκτιμώμενο μέγεθος μικρότερο του 6.0 μεταξύ Θήρας και Θηρασιάς. Συνδέεται με σύγχρονη ηφαιστειακή δραστηριότητα.
- 46 μ.Χ.: Ισχυρός σεισμός με πιθανό επίκεντρο 36.4°N 25.4°E και εκτιμώμενο μέγεθος 6.5 που και πάλι συνδέεται με ηφαιστειακή δραστηριότητα.
- 1650 μ.Χ., 9 Οκτωβρίου: Ισχυρότατος σεισμός με μέγιστη ένταση VIII βαθμούς και επίκεντρο 36.5°N 25.5°E και εκτιμώμενο μέγεθος 7.0, σε συνδυασμό με έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα προκάλεσε μεγάλες καταστροφές στην νήσο. Η σεισμική δραστηριότητα ξεκίνησε το 1649 και κλιμακώθηκε τον Μάρτιο του 1650. Εντά θηκε και πάλι τον μήνα Σεπτέμβριο και ο ισχυρότερος σεισμός σε συνδυασμό με ηφαιστειακή δραστηριότητα προκάλεσε στην νήσο. Η σεισμική δραστηριότητα και πάλι τον μήνα δεπτέμβριο και ο ισχυρότερος σεισμός σε συνδυασμό με ηφαιστειακή δραστηριότητα προκάλεσε σημαντικές καταστροφές, τον θάνατο 40 ατόμων, την κατάρρευση 200 κατοικιών και παλιρροϊκό κύμα (τσουνάμι) που έπληξε τις ακτές της Πάτμου (30μ ύψος), την Κρήτη,

Σίκινο και Κέα. Η δραστηριότητα της περιόδου αυτής σχετίζεται και με τη δημιουργία του υφάλου Κολούμπο.

- 1707 μ.Χ., 2 Σεπτεμβρίου, 21:34: Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο 36.4°N 25.4°E και εκτιμώμενο μέγεθος μικρότερο του 6.0. Η σεισμική δραστηριότητα συνδέεται και πάλι με εντονότατη ηφαιστειακή δραστηριότητα που διήρκησε μέχρι το 1711 και κατά τη διάρκεια της οποίας δημιουργήθηκε η νήσος Νέα Καμένη.
- 1733 μ.Χ., 23 Δεκεμβρίου, 15:00: Ισχυρότατος σεισμός με επίκεντρο 37.1°N 24.8°E, εκτιμώμενο μέγεθος 6.5 και μέγιστη ένταση VIII βαθμών και αναφορές βλαβών κυρίως από τις νήσους Σίφνο και Πάρο. Προηγήθηκαν ισχυρές δονήσεις στις 9 και 12 Δεκεμβρίου.
- 1735 μ.Χ.: Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο 36.8°N 24.5°E, εκτιμώμενο μέγεθος 6.5 και μέγιστη ένταση VIII βαθμών προκάλεσε σημαντικές καταστροφές στη νήσο Μήλο.
- 1810 μ.Χ., 16 Φεβρουαρίουμ, 22:15: Ισχυρότατος σεισμός με επίκεντρο 35.5°N 25.6°E στην περιοχή του Ηρακλείου, εκτιμώμενο μέγεθος 7.8 και μέγιστη ένταση ΙΧ βαθμών.
- 1846 μ.Χ., 28 Μαρτίου, 17:00: Ισχυρότατος σεισμός με επίκεντρο 35.8°N 25.0°E στην περιοχή του Ηρακλείου, εκτιμώμενο μέγεθος 7.7 και μέγιστη ένταση VII βαθμών.
- 1856 μ.Χ., 12 Οκτωβρίου, 02:45: Καταστροφικός σεισμός με επίκεντρο 35.6°N 26.0°E στην περιοχή του Ηρακλείου, εκτιμώμενο μέγεθος 8.2 και μέγιστη ένταση ΙΧ βαθμών. Ο σεισμός αυτός προκάλεσε σημαντικές καταστροφές στην νήσο Κρήτη αλλά και στη Σαντορίνη όπου πολλές εκκλησίες κατέρρευσαν.
- 1862 μ.Χ., 21 Ιουνίου, 05:30: Ισχυρός σεισμός βάθους με επίκεντρο 36.9°N 24.4°Ε, εκτιμώμενο μέγεθος 7.0 και μέγιστη ένταση VIII βαθμών, προκάλεσε μικρές καταστροφές στις νήσους Μήλο, Σίφνο, Φολέγανδρο και Σαντορίνη.
- 1866 μ.Χ., 31 Ιανουαρίου: Ισχυρότατος σεισμός με επίκεντρο 36.4°N 25.4°E, εκτιμώμενο μέγεθος 6.1 και μέγιστη ένταση VII βαθμών προκάλεσε καταστροφές σε 50 σπίτια και εκκλησίες. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στα πλαίσια της οποίας εντάσσεται και ο σεισμός προκάλεσε καταστροφές στα παραλιακά σπίτια και στη νήσο Νέα Καμένη.
- 1887 μ.Χ., 17 Ιουλίου, 07:45: Ισχυρός σεισμός βάθους με επίκεντρο 35.7°N 26.0°E, εκτιμώμενο μέγεθος 7.5 και μέγιστη ένταση VII βαθμών, στην περιοχή του Ηρακλείου.
- 1956 μ.Χ., 9 Ιουλίου, 03:11:40: Ισχυρότατος σεισμός με επίκεντρο 36.64°N 25.96°E, μέγεθος 7.5 και μέγιστη ένταση ΙΧ βαθμών προκάλεσε σημαντικές καταστροφές στα νησιά Σαντορίνη, Αμοργό, Ανάφη, Αστυπάλαια, Ίο, Πάρο, Νάξο, Κάλυμνο, Λέρο, Πάτμο και Λειψούς. Συνολικά 529 σπίτια καταστράφηκαν, 1482 υπέστησαν σοβαρές και 1750 μικρότερες βλάβες. Σκοτώθηκαν 53 άτομα και 100 τραυματίστηκαν. Ο σεισμός αυτός σχετίζεται και με την δημιουργία παλιρροϊκού κύματος που στις ΝΔ ακτές της Αμοργού έφθασε τα 25 μέτρα και στις ΒΔ ακτές της Αστυπάλαιας τα 20 μέτρα. Ο μηχανισμός του σεισμού (Εικ. 4.6) υποδεικνύει κανονική διάρρηξη διεύθυνσης Β 76° Α και κλίσης 60° και εφελκυστικό πεδίο τάσεων ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης. Οι μεγαλύτερες μακροσεισμικές εντάσεις που παρατηρήθηκαν ήταν: ΙΧ στον Ποταμό της Αμοργού, VIII+ Oia, Φυρά, Μεροβίγλι, VIII Μεγαλοχώρι, Πύργος και Επισκοπή στην Σαντορίνη και VIII στην Παροικία και στη Νάουσα της Πάρου. Οι χάρτες ισοσείστων παρατίθενται στις εικόνες 4.7 και 4.8 αντίστοιχα. Τον σεισμό αυτό ακολούθησε αξιοσημείωτη μετασεισμική ακολουθία, ενώ ο ρόλος του ισχυρότερου μετασεισμού που ακολούθησε (Μ=6.9) μετά από 13 λεπτά υπήρξε επίσης σημαντικός για την επιδείνωση των βλαβών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, αξιοσημείωτη υπήρξε η αντοχή των υποσκάφων κατοικιών (Εικ.4.9).

Στην εικόνα 4.10 φαίνεται ο γενικευμένος χάρτης των μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Θήρας κατά τη χρονική περίοδο 1500 – 1999. Όπως προκύπτει από την εικόνα αυτή, η μέγιστη μακροσεισμική ένταση για την νήσο είναι VIII βαθμοί της κλίμακας MM.

3. ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Από το σύνολο των ιστορικών και ενόργανων σεισμολογικών δεδομένων που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια αυτής της μελέτης, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα όσον αφορά τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της νήσου Θήρας:



Εικ. 4.1 Χάρτης επικέντρων των κυριότερων ιστορικών σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Θήρας. Σημειώνονται τα έτη γένεσης και οι μέγιστες παρατηρηθείσες εντάσεις.



Εικ. 4.2 Χάρτης επικέντρων των σεισμών της περιόδου 1901 - 1992 στην ευρύτερη περιοχή της Θήρας.



Εικ. 4.3 Χάρτης επικέντρων των σεισμών με μέγεθος Μ ≥ 2.5 σε απόσταση 100 χλμ. γύρω από την νήσο Θήρα, τη χρονική περίοδο 1964 - 1998, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.



Εικ. 4.4 Χάρτης επικέντρων των σεισμών με μέγεθος Μ ≥ 2.5 σε απόσταση 100 χλμ. γύρω από την νήσο Θήρα, τη χρονική περίοδο 1988 - 1999, σύμφωνα με τον κατάλογο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.



Εικ. 4.5 Μικροσεισμική δραστηριότητα στην περιοχή της νήσου κατά το χρονικό διάστημα 1996-1998.



Εικ. 4.6 Μηχανισμός γένεσης του σεισμού της 9ης Ιουλίου 1956.



Εικ. 4.7 Χάρτης ισοσείστων του σεισμού της 9ης Ιουλίου 1956.



1956,July9, 36.64°N, 25.96°E, M=7.5, Amorgos

Εικ. 4.8 Χάρτης ισοσείστων του σεισμού της 9ης Ιουλίου 1956.



Εικ. 4.9 Δείγμα της αντισεισμικής συμπεριφοράς των υποσκάφων κατοικιών στην Οία κατά το σεισμό της 9ης Ιουλίου 1956.

Η νήσος Θήρα βρίσκεται σε ζώνη με σχετικά υψηλή σεισμική δράση, που σχετίζεται με την

ηφαιστειακή δραστηριότητα κατά μήκος του Ελληνικού Ηφαιστειακού Τόξου (Σεισμοί του 1650,1707,1866) καθώς και την υποβύθιση της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική, στον υποθαλάσσιο χώρο νότια της νήσου Κρήτης (Σεισμοί του 1810, 1846, 1856, 1887).

- Οι πλησιέστερες προς τη νήσο σεισμικές εστίες, σύμφωνα με ιστορικά και ενόργανα δεδομένα, εμφανίζονται στην περιοχή της καλδέρας του ηφαιστείου με τη δραστηριότητα του οποίου σχετίζονται άμεσα.
- Στον υποθαλάσσιο χώρο βορειοανατολικά της νήσου (περιοχή Κολούμπο) και σε κοντινές σχετικά ενδιάμεσες αποστάσεις παρατηρείται, σύμφωνα με τα ενόργανα δεδομένα, σεισμική δραστηριότητα που χαρακτηρίζεται από επιφανειακά εστιακά βάθη και σεισμικά μεγέθη 5.0 – 6.0 R.
- Σύμφωνα με τα ενόργανα δεδομένα, ο μεγαλύτερος σεισμός που έχει συμβεί σε απόσταση 100 χλμ. περίπου, έλαβε χώρα στις 9 Ιουλίου του 1956 στον υποθαλάσσιο χώρο νότια της Αμοργού και είχε μέγεθος 7.5 Richter.
- Τα ιστορικά μεγέθη των σεισμών, είναι αντίστοιχα με εκείνα του παρόντα αιώνα, μέχρι σήμερα.
- Η μέγιστη ιστορικά μακροσεισμική ένταση που έχει παρατηρηθεί στην περιοχή της νήσου είναι
 VIII βαθμοί της κλίμακας Mercalli.

4. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι στάθμες των αναμενόμενων σεισμικών επιταχύνσεων και ταχυτήτων που με πιθανότητα 90% αναμένεται να μη ξεπεραστούν σε 50 και 100 χρόνια, δηλαδή με περίοδο επανάληψης 475 και 949 χρόνια, για την ευρύτερη περιοχή της Θήρας (Λέκκας, Ε., κ.ά. 2006).

Για τον υπολογισμό της σεισμικής επικινδυνότητας εφαρμόζεται τροποποιημένη η μέθοδος CORNELL και η μέθοδος McGUIRE.

5. ΜΕΘΟΔΟΣ CORNELL (ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ)

Τα βασικά σημεία κάθε μοντέλου εκτίμησης της σεισμικής επικινδυνότητας μιας περιοχής είναι:

- Το μοντέλο επανάληψης των σεισμών.
- Η γεωμετρία των σεισμικών πηγών.
- Το τεκτονικό μοντέλο της εξεταζόμενης περιοχής.
- Ο τρόπος απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας.

Κάθε μοντέλο εξετάζει με διαφορετικό τρόπο τα κύρια αυτά σημεία, τα οποία καθορίζουν, ουσιαστικά, και τις αναμενόμενες μέγιστες εδαφικές παραμέτρους.

Με την εφαρμογή της τροποποιημένης μεθόδου Cornell προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές της μέγιστης οριζόντιας σεισμικής επιτάχυνσης και ταχύτητας (Λέκκας, Ε., κ.ά. 2006) για την περιοχή της νήσου Θήρας:

 $A_{475} = 165 \text{ cm/sec}^2$, $V_{475} = 14 \text{ cm/sec}$

 $A_{949} = 203 \text{ cm/sec}^2$, $V_{949} = 18 \text{ cm/sec}$



Εικ. 4.10 Χάρτης μέγιστων μακροσεισμικών εντάσεων που έχουν παρατηρηθεί στην ευρύτερη περιοχή της νήσου Θήρας κατά τη χρονική περίοδο 1500 – 1999.

6. ΜΕΘΟΔΟΣ McGUIRE (ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ)

Ο McGuire (1976) ανέπτυξε ένα μοντέλο εκτίμησης σεισμικής επικινδυνότητας, χρησιμοποιώντας μόνο επιφανειακές πηγές. Το μοντέλο αυτό θεωρείται γενικό, αφού δεν λαμβάνει υπόψη του τις περιπτώσεις όπου το γραμμικό μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί, δηλαδή σε περιοχές με γνωστά σεισμογόνα ρήγματα.

Το σχήμα των επιφανειακών πηγών είναι τετράπλευρο και η σεισμική πηγή μπορεί να χωριστεί σε μικρότερες πηγές, ανάλογα με τη συγκέντρωση των επικέντρων. Η βασική παραδοχή όπως και προηγούμενα, είναι ότι η σεισμικότητα μέσα στην πηγή θεωρείται ομογενής. Αυτό σημαίνει, ανεξάρτητα από την υπάρχουσα κατανομή των επικέντρων, ότι η πιθανότητα να εμφανιστεί ένας σεισμός εντός της σεισμικής πηγής είναι ίδια για όλα τα σημεία.

Οι υπολογισμοί βασίζονται στο θεώρημα ολικής πιθανότητας, σύμφωνα με το οποίο:

$$P[A] = \iint P[A/m,r]_{M}(m)f_{R}(r)dmdr \quad (21)$$

όπου:

P[A] είναι η αδέσμευτη πιθανότητα να εμφανιστεί στην εξεταζόμενη περιοχή σεισμική επιτάχυνση Α, δεδομένης της πιθανότητας σεισμού, μεγέθους m, σε απόσταση r,

f_R(r) και f_M(m) είναι οι συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας της απόστασης και του σεισμικού μεγέθους, αντίστοιχα.

Οι μέγιστες τιμές των σεισμικών επιταχύνσεων, ταχυτήτων και μετατοπίσεων θεωρούνται ότι ακολουθούν τη λογαριθμοκανονική κατανομή και ο λογάριθμος αυτών την κανονική κατανομή.

Το μοντέλο επανάληψης των σεισμών δίνεται από τη σχέση:

 $\log N(M) = a - bM(22)$

όπου : α και b είναι σταθερές, χαρακτηριστικές της σεισμικής πηγής.

Η σταθερά b περιγράφει την κατανομή των μικρών και μεγάλων σεισμών. Μικρές τιμές της παραμέτρου b σημαίνουν ότι στη σεισμική πηγή έχουν γίνει πολλοί σεισμοί με μικρό μέγεθος. Αντίθετα, μεγάλες τιμές της παραμέτρου b σημαίνει μικρός αριθμός σεισμών με μεγάλα μεγέθη.

Θεωρώντας ότι τα μεγέθη διαδοχικών σεισμών είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, προκύπτει ότι η αθροιστική κατανομή των μεγεθών για κάθε σεισμό θα είναι:

$$F_{M}(m) = k[1 - exp(-\beta(m - m_{o}))], m_{o} \le m \le m_{1}$$
 (23)

όπου:

m₀ είναι το μικρότερο μέγεθος σεισμού που λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση σεισμικής επικινδυνότητας, και

m1 είναι το μέγιστο μέγεθος σεισμού που μπορεί να εμφανιστεί στη δεδομένη σεισμική πηγή.

Οι σταθερές β και k δίνονται από τις σχέσεις:

$$\beta = bln10$$

$$k=[1-exp(-\beta(m_1-m_o))]^{-1}$$
 (24)

Από τη σχέση (3.32) προκύπτει ότι η συνάρτηση πυκνότητας του σεισμικού μεγέθους θα είναι:

$f_{M}(m) = \beta kexp(-\beta(m-m_{o}))$ (25)

 $\mu\epsilon\,m_{\circ}\leq m\leq m_{1}$

Με συνδυασμό της σχέσης απόσβεσης της σεισμικής επιτάχυνσης και της συνάρτησης πυκνότητας των σεισμικών μεγεθών υπολογίζεται η σεισμική επικινδυνότητα της εξεταζόμενης θέσης. Οι υπολογισμοί είναι αρκετά πολύπλοκοι και γίνονται με τη βοήθεια του Προγράμματος Η/Υ EQRISK (McGUIRE, 1978).

Με την εφαρμογή του επιφανειακού μοντέλου McGuire (Λέκκας, Ε., κ.ά. 2006) προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές της μέγιστης οριζόντιας σεισμικής επιτάχυνσης και ταχύτητας για την περιοχή της νήσου Θήρας:

 $A_{475} = 185 \text{ cm/sec}^2$, $V_{475} = 18 \text{ cm/sec}$ $A_{949} = 230 \text{ cm/sec}^2$, $V_{949} = 23 \text{ cm/sec}$

Από τον συνδυασμό των προηγούμενων αναλύσεων προκύπτουν οι ακόλουθες μέσες μέγιστες τιμές των σεισμικών παραμέτρων για την περιοχή της νήσου Θήρας:

 $A_{475} = 0.18g$, $V_{475} = 16$ cm/sec $A_{949} = 0.22g$, $V_{949} = 21$ cm/sec

7. ΦΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Οι μέγιστες τιμές της οριζόντιας συνιστώσας των σεισμικών επιταχύνσεων και ταχυτήτων που αναμένονται να εμφανιστούν στην ευρύτερη περιοχή της θέσης μελέτης, υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο της σεισμικής επικινδυνότητας για το σεισμικό υπόβαθρο της περιοχής και οι τιμές αυτές θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των φασμάτων σχεδιασμού.

Είναι γνωστό ότι τα φάσματα σχεδιασμού βασίζονται σε δύο παραμέτρους και συγκεκριμένα στη μέγιστη ενεργό επιτάχυνση - effective peak acceleration - (EPA) και στη μέγιστη ενεργό ταχύτητα - effective peak velocity - (EPV). Η EPA είναι ανάλογη με τις φασματικές συνιστώσες για το φάσμα δεσποζουσών περιόδων από 0.2 - 0.5 sec, ενώ η EPV είναι ανάλογη με τις φασματικές συνιστώσες στις περιόδους που είναι γειτονικές με το 1 sec. Η σταθερά αναλογία και στις δύο περιπτώσεις, για απόσβεση 5%, είναι περίπου 2.5.

Οι ΕΡΑ και ΕΡV σχετίζονται αντίστοιχα με τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση και ταχύτητα, αλλά δεν είναι κατ' ευθείαν ανάλογες. Είναι δε δυνατόν οι ΕΡΑ και ΕΡV να είναι είτε μεγαλύτερες, είτε μικρότερες από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση και ταχύτητα, αντίστοιχα. Όταν στις εδαφικές κινήσεις εμφανίζονται υψηλές συχνότητες, η ΕΡΑ μπορεί να είναι μικρότερη από τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση. Από το άλλο μέρος, η ΕΡV γενικώς είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ταχύτητα σε περίπτωση σφοδρού σεισμού και σε μεγάλες, κυρίως, επικεντρικές αποστάσεις. Όπως είναι γνωστό, η διάρκεια των εδαφικών κινήσεων αυξάνει σε συνάρτηση με την απόστασης. Αυτή η μεγάλη διάρκεια τείνει να αυξήσει αναλογικά το μέρος του φάσματος αποκρίσεως που αντιπροσωπεύεται από την ΕΡV.

Γενικά, σε μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας, όπου σεισμοί από διάφορες υποκεντρικές αποστάσεις και με διάφορα μεγέθη επηρεάζουν μια συγκεκριμένη θέση, θεωρείται ότι οι ΕΡΑ και ΕΡV είναι της ίδιας τάξης με τη μέγιστη επιτάχυνση και τη μέγιστη ταχύτητα.

8. ΦΑΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΕΑΚ

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ, το φάσμα σχεδιασμού **(Εικ. 4.11)** ορίζεται για κάθε ιδιοπερίοδο Τ από τις σχέσεις:

$$\begin{split} R_{d}(T) &= A\gamma_{1} \left[1 + \frac{T}{T_{1}} \left(\frac{\theta}{q} \beta_{o} - 1 \right) \right], 0 \leq T \prec T_{2}, \\ R_{d}(T) &= A\gamma_{1} \frac{\theta}{q} \beta_{o}, T_{1} \leq T \leq T_{2} \\ R_{d}(T) &= A\gamma_{1} \frac{\theta}{q} \beta_{o} (T_{2}/T)^{2/3} T_{2} \prec T \end{split}$$

όπου:

Α η μέγιστη οριζόντια σεισμική εδαφική επιτάχυνση
 Α = ag, όπου α είναι η εδαφική επιτάχυνση σε g
 γ1 ο συντελεστής σπουδαιότητας του δομήματος
 φ0 ο συντελεστής συμπεριφοράς του δομήματος
 φ0 ο συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης
 Γ1 και Γ2 οι χαρακτηριστικές περίοδοι του φάσματος
 β0 ο συντελεστής φασματικής ενίσχυσης, ίσος με 2.5.

Σε κάθε περίπτωση απαιτείται:

Στις **εικόνες 4.12** και **4.13**, απεικονίζονται τα ελαστικά Φάσματα (q=1) κατά ΕΑΚ για την περιοχή της νήσου Θήρας, για τους σεισμούς σχεδιασμού **OBE (0.3g)** και **MCE (0.35g)**, αντιστοίχως. Οι κατηγορίες εδάφους Α, Β, Γ, Δ είναι αυτές, όπως ορίζονται στον ΕΑΚ.



Εικ. 4.11 Ελαστικά Φάσματα Σχεδιασμού κατά ΕΑΚ.



Εικ. 4.12 Ελαστικά Φάσματα Σχεδιασμού κατά ΕΑΚ για την Θήρα με Περίοδο Επανάληψης (ΠΕ) 475 χρόνια (Λέκκας, Ε., κ.ά. 2006).



Εικ. 4.13 Ελαστικά Φάσματα Σχεδιασμού κατά ΕΑΚ για την Θήρα με Περίοδο Επανάληψης (ΠΕ) 949 χρόνια (Λέκκας, Ε., κ.ά. 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΦΗΡΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ	66
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ	66
3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	76
4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ	76

1. **ГЕNIKA**

Στο πρανές της καλδέρας του ηφαιστείου της Σαντορίνης, στο οποίο εντοπίζεται η περιοχή έρευνας, εμφανίζονται μία σειρά από ηφαιστειακούς σχηματισμούς, οι οποίοι ανήκουν σε διαφορετικές δραστηριότητες των ηφαιστείων του ηφαιστειακού συμπλέγματος της Σαντορίνης (Εικ. 5.1). Η δομή των γεωλογικών σχηματισμών είναι σχετικά απλή, χωρίς ιδιαίτερη τεκτονική παραμόρφωση, ενώ από το σύνολο των σχηματισμών, άλλοι ευνοούν και άλλοι όχι τα φαινόμενα των καταπτώσεων, ανεξάρτητα βέβαια και από τις μεγάλες μορφολογικές κλίσεις που επικρατούν και αποτελούν ένα από τα κύρια αίτια εκδήλωσης των κατολισθητικών φαινομένων.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Με βάση την υφιστάμενη πληροφόρηση από προηγούμενες έρευνες και κυρίως των PICHLER et al (1980), DRUITT et al (1999) και με βάση λεπτομερή γεωλογική χαρτογράφηση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, οι σχηματισμοί οι οποίοι εμφανίζονται στα πρανή της καλδέρας, στην περιοχή των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ, είναι οι ακόλουθοι:

- Σχηματισμός Πλευρικών Κορημάτων Κώνων Κορημάτων Ανθρωπογενών Απορρίψεων. Πρόκειται για ασύνδετα τεμάχη πετρωμάτων και ηφαιστειακών υλικών, κυρίως λαβών, τα οποία έχουν αποσπαστεί από τα ανώτερα τμήματα των πρανών και κινούνται προς τα κατάντη (Εικ. 5.2). Εκτός από τα αδρομερή τεμάχη που φθάνουν σε πολλές θέσεις και το ένα κυβικό μέτρο, υφίστανται και λεπτομερή υλικά, τα οποία προέρχονται από την αποσάθρωση των πυροκλαστικών σχηματισμών. Πρόσθετα, σε ορισμένες θέσεις, κυρίως προς το κορυφαίο τμήμα του πρανούς, εμπεριέχονται και υλικά ανθρωπογενούς προέλευσης. Όλα τα υλικά διατάσσονται σε εντυπωσιακούς κώνους κορημάτων, οι οποίοι αρχίζουν από την κορυφή του πρανούς και φτάνουν στο επίπεδο σχεδόν της θάλασσας. Το πάχος τους δεν υπερβαίνει, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, τα 15 μέτρα. Συνήθως κινούνται προς τα κατάντη σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων κατά τμήματα, ενώ σε πολλές θέσεις ευρίσκονται σε κατάσταση οριακής ισορροπίας, η οποία μπορεί να διαταραχθεί, π.χ. κατά τη διάρκεια μίας οποιασδήποτε ανθρώπινης παρέμβασης ή σεισμικής φόρτισης. Για τον λόγο αυτό έχουν κατασκευασθεί, ιδίως κατά μήκος των πραγών των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ και του μονοπατιού Φηρών - λιμένα Φηρών, τοίχοι αντιστήριξης - συγκράτησης - παγίδευσης με στόχο να μειωθεί ο υφιστάμενος κίνδυνος (Εικ. 5.3).
- Σχηματισμός Ανώτερης Κίσσηρης. Αντιστοιχεί στις τοπικές ονομασίες Άσπα, Θηραϊκή Γη και Ποζολάνη. Πρόκειται για ρυοδακιτική λευκή υπόλευκη χονδρόκοκκη στη βάση και λεπτόκοκκη προς την οροφή κίσσηρη. Συχνά απαντώνται τεμάχη ηφαιστειακών υλικών, όπως λαβών και σκωριών μεγέθους έως και 40 εκατοστών. Αποτελεί προϊόν της τελευταίας μεγάλης παροξυσμικής έκρηξης που δημιούργησε και την υφιστάμενη καλδέρα στη Μινωική περίοδο. Το μέγιστο ορατό πάχος της κίσσηρης στην περιοχή ανέρχεται σε 10 μέτρα. Η γενική κλίση είναι 5-10° περίπου προς τα ανατολικά, καλύπτει το χείλος της καλδέρας καθώς και μεγάλες περιοχές στο εξωτερικό τμήμα του ηφαιστειακού κώνου, έξω από την περιοχή της μελέτης.
- Σχηματισμός Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασίας. Πρόκειται για ρυοδακιτικές λάβες των ηφαιστειακών κέντρων της Θηρασιάς, μέσου πάχους περίπου 40 μέτρων, που μεταβάλλεται από θέση σε θέση (Εικ. 5.4). Υπόκειται του σχηματισμού της Ανώτερης Κίσσηρης και υπέρκειται του σχηματισμού Ανώτερων Τόφφων ή των Ενδιάμεσων Τόφφων (στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας). Η ηλικία τους εκτιμάται ότι είναι 21.000 χρόνια (PICHLER & FREIDRICH 1976, BARD et al 1990). Παρά το γεγονός ότι οι λάβες είναι συμπαγείς, με έντονες τις δομές ροής, εντούτοις κατά θέσεις χαρακτηρίζονται από έντονη κατάτμηση λόγω πρωτογενών ή κυρίως δευτερογενών αιτιών. Οι ασυνέχειες αυτές αποκόπτουν τεμάχη διαστάσεων έως αρκετών δεκάδων μέτρων, με αποτέλεσμα να επικρέμονται των πρανών.
- Σχηματισμός Ανώτερων Σκωριών. Ερυθρόχρωμες, μέτρια έως καλά συγκολλημένες σκωρίες με λατυποπαγή χαρακτήρα, συνιστάμενες κυρίως από κεραμέρυθρα θραύσματα λάβας. Παρουσιάζουν μία και μόνο εμφάνιση, υποκείμενες των λαβών Θηρασιάς, στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας (Εικ. 5.5). Μέγιστο πάχος 15 μέτρα.
- Σχηματισμός Ανώτερων Τόφφων. Πρόκειται για καλά εστρωμένα λεπτομερή πυροκλαστικά υλικά, πάχους έως 30 μέτρων, με κύριο χαρακτηριστικό τα έντονα χρώματά τους (μαύρα, τεφρά, κιτρινωπά, κοκκινωπά, κλπ.), εκεί όπου δεν είναι εξαλλοιωμένα. Τα υλικά αυτά σε πολλές περιπτώσεις διαβρώνονται και προκαλούν απώλεια στήριξης των υπερκείμενων όγκων των λαβών.



Εικ. 5.1 Γενική άποψη τμήματος των πρανών της καλδέρας, στην περιοχή Τελεφερίκ και Παλαιού Λιμένα.







Εικ.5.2 Άποψη των Πλευρικών Κορημάτων, τα οποία αναπτύσσονται και κινούνται στις επικλινείς πλευρές της καλδέρας. Διακρίνονται οι τοίχοι ανάσχεσης της ροής, καθώς και ζημιές σε ορισμένα σημεία, οι οποίες έχουν προκληθεί από τις καταπτώσεις (βέλος).



Εικ.5.3 Περιοχή ανάντη εγκαταστάσεων Παλαιού Λιμένα. Άποψη των Πλευρικών Κορημάτων, τα οποία αναπτύσσονται , με επισήμανση των υφιστάμενων τοιχείων ανάσχεσης (βέλη).
- Σχηματισμός Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου. Πρόκειται για λάβες μαύρες, βασαλτικής ανδεσιτικής σύστασης, οι οποίες προέρχονται από το ομώνυμο ηφαιστειακό κέντρο ηλικίας 60.000 70.000 χρόνων περίπου (DRUIT el al, 1999). Το πάχος του μειώνεται δραστικά από αρκετές εκατοντάδες μέτρα στα βόρεια της περιοχής μελέτης και μέσα σε αυτήν φθάνει τα 20 περίπου μέτρα (Εικ. 5.4), απομειούμενο σταδιακά προς νότο. Διακρίνονται σαφώς τρεις ορίζοντες λαβών, με παρεμβολές λεπτών στρωμάτων πυροκλαστικών προϊόντων και ερυθρωπών ισχυρά συγκολλημένων σκωριών, κυρίως στην περιοχή της επαφής με τις υπερκείμενες λάβες Θηρασιάς, στο βόρειο τμήμα της περιοχής έρευνας. Τέμνονται από πυκνό δίκτυο ασυνεχειών, πολλές από τις οποίες είναι κατακόρυφες, δημιουργώντας τεμάχη, διαστάσεων δεκάδων κυβικών μέτρων, πολλά από τα οποία είναι έτοιμα προς κατάπτωση, ειδικά όταν οι υποκείμενοι σχηματισμοί έχουν διαβρωθεί (Εικ. 5.6).
- Ενδιάμεση Σειρά Τόφφων. Συνίστανται από πυροκλαστικά υλικά, ανδεσιτικής έως δακιτικής σύστασης. Διακρίνονται οι παρακάτω φάσεις:
 - Σχηματισμός Εστρωμένων Τόφφων Πρόκειται για καλά εστρωμένα πυροκλαστικά υλικά σε αλλεπάλληλα στρώματα και σκούρας κίσσηρης, σε συχνές εναλλαγές, χωρίς έντονη παρουσία αδρόμερών υλικών (Εικ. 5.7). Αποτελεί έναν συμπαγή σχετικά σχηματισμό και διαμορφώνει σταθερά σχετικά πρανή. Αντιστοιχεί σε τμήμα της λεγόμενης ενδιάμεσης σειράς κίσσηρης. Το πάχος τους ανέρχεται σε 40 περίπου μέτρα. Στην βάση απαντούν χαρακτηριστικοί ορίζοντες σκούρας συμπαγούς κίσσηρης που εναλλάσσονται με ορίζοντες πυροκλαστικών.
 - Σχηματισμός Λατυποπαγών Τόφφων. Πρόκειται για εναλλαγές στρωμάτων πυροκλαστικών και κίσσηρης, με μεγάλη συμμετοχή αδρομερών υλικών όγκου έως ενός κυβικού μέτρου, συνήθως από λάβες, σκωρίες κ.τ.λ. (Εικ. 5.8, 5.9). Τα αδρομερή υλικά έχουν μία σαφή σχετικά ταξιθέτηση, ανάλογα με τον όγκο τους, που επαναλαμβάνεται σε τρεις τουλάχιστον κύκλους Το πάχος υπερβαίνει τα 60 μέτρα. Αντιστοιχεί σε τμήμα της λεγόμενης ενδιάμεσης κίσσηρης.
 - Σχηματισμός Μαύρης Κίσσηρης. Πρόκειται για έναν πολύ χαρακτηριστικό σχηματισμό από μαύρη συμπαγή κίσσηρη, με ορισμένες παρεμβολές ερυθρωπών πυροκλαστικών και σκωριών, πάχους έως 10 μέτρα (Εικ. 5.10).
 - Σχηματισμός Ιγκνιμπριτών Θήρας. Πρόκειται για Ιγκνιμπρίτη, ο οποίος υπόκειται του σχηματισμού Μαύρης Κίσσηρης και δομεί το κατώτερο τμήμα του πρανούς της καλδέρας. Έχει μωβ ως κοκκινωπό κυρίως χρώμα, διατηρεί απότομα πρανή και τέμνεται από αραιό δίκτυο διακλάσεων. Το ορατό πάχος του φθάνει τα 60 περίπου μέτρα (Εικ. 5.11).
- Σχηματισμός Κατώτερης Κίσσηρης. Περιλαμβάνει δύο κύρια μέλη που διακρίνονται σαφώς και εντάσσονται στον πρώτο εκρηκτικό κύκλο. Στην περιοχή έρευνας, εντοπίζεται το κατώτερο μέλος, συνιστάμενο από δύο χαρακτηριστικούς ορίζοντες λευκής υπόλευκης κίσσηρης, πάχους έως 3 μέτρα έκαστος, οι οποίοι διαχωρίζονται από λατυποπαγή πυροκλαστικά καστανού φαιού χρώματος (Εικ. 5.12). Οι σχηματισμοί της Κατώτερης Κίσσηρης συναντώνται αποκλειστικά στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας όπου υπέρκεινται των ρυοδακιτικών λαβών του ακρωτηρίου «Αλωνάκι». Πάχος: έως 35 μέτρα.
- Σχηματισμός Ρυοδακιτικών Λαβών ακρωτηρίου «Αλωνάκι». Σκουρόχρωμες, ρυοδακιτικές λάβες με έντονη κατάτμηση. Το μέγιστο πάχος ανέρχεται σε 35 μέτρα. Συναντώνται αποκλειστικά στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας (Εικ. 5.13).
- Σχηματισμός Τόφφων ακρωτηρίου «Θέρμα». Αποτελείται από λεπτοστρωματώδη ανδεσιτικά πυροκλαστικά υλικά, φαιών έως πορτοκαλέρυθρων αποχρώσεων, συνιστάμενα από καλά συγκολλημένα στρώματα σκωριών και λατυποπαγών σε εναλλαγές. Κατά μήκος της επαφής τους με τις υπερκείμενες ρυοδακτικές λάβες, εμφανίζεται ορίζοντας λευκής κίσσηρης, πάχους έως 2 μέτρα (Εικ. 5.13). Συναντώνται αποκλειστικά στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας, με μέγιστο πάχος περί τα 40 μέτρα.
- Ανδεσιτικές Λάβες ακρωτηρίου «Αλάι». Σκουρόχρωμες ανδεσιτικές λάβες με έντονη κατάτμηση. Παρουσιάζουν μικρή εμφάνιση στο νότιο παραλιακό άκρο της περιοχής, όπου υπόκεινται των τόφφων του ακρωτηρίου Θέρμα.

Οι ανωτέρω σχηματισμοί, οι οποίοι έχουν χαρτογραφηθεί στο τμήμα της καλδέρας, στο οποίο αναπτύσσονται οι εγκαταστάσεις του Τελεφερίκ και ανάντη του Παλαιού Λιμένα Φηρών, παρουσιάζονται στον Γεωλογικό Χάρτη εκτός κειμένου.



Εικ. 5.4 Άποψη του σχηματισμού Ρυοδακιτικών Λαβών της Θηρασιάς (κόκκινο βέλος) με υποκείμενους τον σχηματισμό Ανώτερων Τόφφων (κίτρινο βέλος) και τον σχηματισμό Βασαλτικών – Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (μαύρο βέλος).



Εικ. 5.5 Άποψη του σχηματισμού Ανώτερων Σκωριών που υπόκειται των Λαβών Θηρασιάς, στο νότιο τμήμα της περιοχής έρευνας.



Εικ. 5.6 Άποψη έργων υποστήριξης των κατώτερων τμημάτων των λαβών τα οποία είναι εμφανές ότι λόγω της διάβρωσης θα πάψουν σε σύντομο χρονικό διάστημα να είναι αποτελεσματικά.



Εικ. 5.7 Άποψη του σχηματισμού Εστρωμένων Τόφφων (βέλος) που υπόκεινται των Βασαλτικών – Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου.



Εικ. 5.8 Άποψη του σχηματισμού Λατυποπαγών Τόφφων. Διακρίνονται τα τεμάχη των ηφαιστειακών πετρωμάτων.



Εικ. 5.9 Άποψη των σχηματισμών Εστρωμένων Τόφφων (κόκκινο βέλος) και του σχηματισμού Λατυποπαγών Τόφφων (πράσινο βέλος), οι οποίοι εμφανίζονται στο ενδιάμεσο τμήμα των πρανών.



Εικ. 5.10 Άποψη του σχηματισμού Μαύρης Κίσσηρης (βέλος) που υπέρκειται του σχηματισμού Ιγκνιμπρίτη Θήρας.





Εικ. 5.11 Άποψη του σχηματισμού Μαύρης Κίσσηρης (μαύρα βέλη), που υπέρκειται του σχηματισμού Ιγκνιμπριτών Θήρας (κόκκινα βέλη), στο κατώτερο τμήμα των πρανών της καλδέρας.



Εικ. 5.12 Άποψη του σχηματισμού Κατώτερης Κίσσηρης (ΚΚ), που υπόκειται του σχηματισμού των Ενδιάμεσων Τόφφων, στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης. Διακρίνονται οι χαρακτηριστικοί ορίζοντες Λευκής Κίσσηρης.



Εικ. 5.13 Άποψη απότομου πρανούς στο νότιο όριο της περιοχής, όπου διακρίνονται οι Ρυοδακιτικές λαβες του ακρωτηρίου «Αλωνάκι» (ΛΑ) επί των Τόφφων του ακρωτηρίου Θέρμα (ΘΤ).

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι δομούν την καλδέρα του ηφαιστείου της Σαντορίνης, στο τμήμα των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ, ουσιαστικά συγκροτούν μία μονοκλινική ακολουθία με μικρές κλίσεις, που δεν υπερβαίνουν τις 15° προς την εξωτερική πλευρά του ηφαιστειακού κώνου, δηλαδή προς τα ανατολικά. Οι κλίσεις στους περισσότερους σχηματισμούς είναι σταθερές, ενώ κατά θέσεις υφίστανται μόνο μικρές διαφοροποιήσεις.

Τους γεωλογικούς σχηματισμούς και κυρίως τις λάβες, τέμνει ένα αραιό δίκτυο διακλάσεων, πολλές από τις οποίες είναι κατακόρυφες. Οι ασυνέχειες αυτές δεν είναι τεκτονικής προέλευσης στην συντριπτική πλειοψηφία, αλλά όμως δημιουργούν τεμάχη πολλές φορές μεγάλου όγκου, που φθάνει τις αρκετές δεκάδες κυβικά μέτρα, έτοιμα να αποσπαστούν και να καταπέσουν.

Σε ότι αφορά την περιοχή των εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ, παρά το γεγονός ότι οι σχηματισμοί δεν είναι έντονα τεκτονικά καταπονημένοι, εν τούτοις είναι εντυπωσιακή η παρουσία μιας μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης, η οποία τέμνει όλους σχεδόν τους ορίζοντες και διαχωρίζει την περιοχή αυτή σε δυο μεγάλα ρηξιτεμάχη (Εικ. 5.14).

Η ρηξιγενής ζώνη έχει μια διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ και διέρχεται από τις εγκαταστάσεις του Τελεφερίκ, στο κατώτερο τμήμα και φθάνει στο κορυφαίο τμήμα της καλδέρας, βόρεια των εγκαταστάσεων, "ακολουθεί" δε τον μεγάλο κώνο κορημάτων, που αναπτύσσεται -όχι τυχαία- επί της συγκεκριμένης ζώνης.

Η ζώνη στο κατώτερο τμήμα της έχει ένα άλμα της τάξεως των 25 περίπου μέτρων, με το νοτιοανατολικό τέμαχος να κατέρχεται σε σχέση με το βορειοδυτικό (Εικ. 5.14).

Προς τα πάνω, η ρηξιγενής ζώνη φαίνεται να έχει μικρότερο άλμα και να προκαλεί μικρότερη μετάθεση των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών, ενώ στο κορυφαίο τμήμα της, στο φρύδι του πρανούς, η μετάθεση του σχηματισμού Ανώτερης Κίσσηρης φαίνεται να είναι πολύ μικρή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη ρηξιγενής ζώνη έδρασε όχι μόνο σε μια περίοδο, αλλά κατ' επανάληψη, με αποτέλεσμα το άλμα να είναι μεταβαλλόμενο από θέση σε θέση.

Η διέλευση της ρηξιγενούς ζώνης από την περιοχή έχει ιδιαίτερη σημασία, όχι μόνο διότι σε περιόδους σεισμικής φόρτισης ενδεχόμενα οι εντάσεις να εμφανιστούν μεγαλύτερες, αλλά και διότι λόγω της παρουσίας, οι γεωλογικοί σχηματισμοί έχουν κατακερματιστεί, με αποτέλεσμα να ευνοούνται τα κατολισθητικά φαινόμενα.

Μία δεύτερη ρηξιγενής ζώνη εντοπίζεται νοτιότερα, ανάντη των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα, στην περιοχή του κτιρίου Duty Free. Η ὑπαρξητης ζώνης αυτής δεν είναι άμεσα ορατή, αφού καλύπτεται από κορηματικά υλικά, διαπιστώνεται όμως έμμεσα, λόγω της διακοπής της «συνέχειας» των σχηματισμών εκατέρωθεν αυτής. Παρατηρείται δηλαδή, ότι Βορειότερα της ζώνης εντοπίζεται ο χαρακτηριστικός σχηματισμός του Ιγκνιμπρίτη Θήρας ενώ νότια αυτής, εμφανίζεται ο (στρωματογραφικά υποκείμενος) σχηματισμός της Κατώτερης Κίσσηρης και οι λάβες του ακρωτηρίου «Αλωνάκι». Η διεύθυνση της ζώνης αυτής είναι περίπου Α-Δ ενώ είναι προφανές ότι έδρασε πριν την απόθεση του ορίζοντα της Μαύρης Κίσσηρης και των υπερκείμενών του σχηματισμών, η «συνέχεια» των οποίων δεν επηρεάζεται **(Εικ. 5.15)**.

4. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που χαρτογραφήθηκαν στην περιοχή έρευνας, παρουσιάζουν διαφορετική τεχνικογεωλογική συμπεριφορά, ανάλογα με τη δομή τους, την τεκτονική τους καταπόνηση, το βαθμό συνεκτικότητας, την κατάτμησή τους κλπ. Αρκετοί όμως από αυτούς παρουσιάζουν τέτοια συμπεριφορά έτσι ώστε, από τεχνικογεωλογική άποψη, να μπορούν να θεωρηθούν παρόμοιοι.





Εικ. 5.14 Άποψη της ρηξιγενούς ζώνης, η οποία τέμνει τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής έρευνας και βυθίζει το νοτιοανατολικό τέμαχος σε σχέση με το βορειοδυτικό. Διακρίνεται η χαρακτηριστική μετάθεση του σχηματισμού Μαύρης Κίσσηρης κατά 25 περίπου μέτρα (βέλη).







Εικ. 5.15 Περιοχή διέλευσης ρηξιγενούς ζώνης, η οποία έδρασε πριν την απόθεση της Μαύρης Κίσσηρης.

Το σύνολο των σχηματισμών που χαρτογραφήθηκαν, διαχωρίστηκε σε τεχνικογεωλογικές ενότητες, τα όρια των οποίων απεικονίζονται στον αντίστοιχο, εκτός κειμένου, τεχνικογεωλογικό χάρτη.

Η κατανόηση της συμπεριφοράς των σχηματισμών, συνεισέφερε, αφενός μεν στον ακριβέστερο εντοπισμό των προβληματικών (και δυνητικά προβληματικών) περιοχών, αφετέρου δε, βοήθησε στην επιλογή των θέσεων (τομών) κατά μήκος των οποίων εξετάστηκαν οι συνθήκες ευστάθειας και έγιναν οι απαραίτητοι υπολογισμοί.

Οι τεχνικογεωλογικές ενότητες είναι οι ακόλουθες:

Τεχνικογεωλογική Ενότητα 1 (TE1). Περιλαμβάνει τα πλευρικά κορήματα και τους κώνους κορημάτων της περιοχής. Πρόκειται για σχηματισμούς με συμπεριφορά εδάφους. Παρουσιάζουν μικρή έως καθόλου συνοχή, μεγάλη ανομοιομορφία και κατά βάση αδρομερή σύσταση. Ισορροπούν οριακά κατά μήκος των απότομων φυσικών πρανών και είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε κατολισθητικά φαινόμενα, είτε με τη μορφή εδαφικών ροών είτε με τη μορφή «βαθύτερων» κύκλων ολίσθησης. Η «ενεργοποίηση» τέτοιων φαινομένων είναι αποτέλεσμα μεμονωμένης ή συνδυασμένης δράσης καιρικών συνθηκών (weathering) και σεισμικής φόρτισης ή «επαγωγικής» δράσης, λόγω καταπτώσεων από τους ανώτερους σχηματισμούς λαβών. Τα φαινόμενα αυτά αντιμετωπίζονται με έργα συγκράτησης των προϊόντων που κατολισθαίνουν, όπως τοιχία ανάσχεσης ή γεωπλέγματα.

Τεχνικογεωλογική Ενότητα 2 (ΤΕ2). Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς των Ανώτερων Τόφφων, Ανώτερων Σκωριών, τους εστρωμένους και λατυποπαγείς τόφφους, το σχηματισμό της Κατώτερης Κίσσηρης και τους τόφφους του ακρωτηρίου Θέρμα. Πρόκειται για πυροκλαστικά υλικά και σκωρίες, στο σύνολό τους μέτρια έως ισχυρά συγκολλημένα, που η συμπεριφορά τους προσομοιάζει αρκετά με ιζηματογενείς σχηματισμούς, αντίστοιχου βαθμού διαγένεσης. Τα μέτωπά τους που «εκτίθενται» στα πρανή, παρουσιάζονται ιδιαίτερα ευδιάβρωτα, με αποτέλεσμα τη σταδιακή «υποχώρησή» τους και το σχηματισμό μικρών ή ευρειών μισγάγγειων. Συχνά παρουσιάζουν στρώση οριζόντια ή με ελαφρά κλίση προς ανατολή, ευνοϊκή δηλαδή ως προς τον προσανατολισμό του πρανούς της καλδέρας. Δεν διατέμνονται από σαφή δίκτυα διακλάσεων. Η κατολισθητική επικινδυνότητα έγκειται κυρίως στην αποκόλληση βραχωδών τεμαχών, σχετικά μεγάλων διαστάσεων (π.χ. έως 1m) από την κύρια, λεπτομερέστερη, μάζα στα

Τεχνικογεωλογική Ενότητα 3 (TE3). Περιλαμβάνει τις λάβες στο σύνολό τους (λάβες Θηρασιάς, Σκάρου, ακρωτηρίου «Αλωνάκι» και ακρωτηρίου «Αλάι») καθώς και τους ιδιαίτερα συνεκτικούς πυροκλαστικούς σχηματισμούς που στην περιοχή μελέτης είναι ο Ιγκνιμπρίτης Θήρας και ο ορίζοντας Μαύρης Κίσσηρης. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τις λάβες, η κατακόρυφη στυλοειδής κατάτμηση (ανοικτές ασυνέχειες) σε συνδυασμό με τις συνθήκες «υποσκαφής» που δημιουργούνται λόγω των ευδιάβρωτων υποκείμενών τους σχηματισμών, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία «επικρεμάμενων» βραχωδών τεμαχών στα μέτωπα των πρανών. Τα τεμάχη αυτά, κατά θέσεις έχουν μεγάλες διαστάσεις (π.χ. 30m³) και είναι ιδιαίτερα επιρρεπή σε αποκολλήσεις λόγω ανατροπών ή επίπεδων ολισθήσεων. Η εκδήλωση τέτοιων φαινομένων δύναται να είναι ιδιαίτερα καταστροφική. Αντιμετωπίζεται πρωτογενώς, με ενίσχυση των πρανών (κυρίως με αγκυρώσεις και τοιχεία στη βάση των υποσκαμμένων πρανών) και δευτερογενώς, με κατασκευή έργων αναχαίτισης καταπτώσεων (τοιχεία, γεωπλέγματα ή συνδυασμός αυτών).

Τα παραπάνω στοιχεία λήθφηκαν υπόψη κατά τη διάρκεια των αναλύσεων καταπτώσεων και κατά το σχεδιασμό των τελικά προτεινόμενων μέτρων που περιγράφονται στα επόμενα κεφάλαια.

Ταξινόμηση Βραχομάζας

Στις **Εικ.5.16** και **Εικ.5.17** που ακολουθούν, παρουσιάζεται ταξινόμηση βραχομάζας σύμφωνα με το σύστημα GSI (Hoek 1999), για τυπικές εμφανίσεις των Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) και Σκάρου (ΛΣ) αντίστοιχα, στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Επί των διαγραμμάτων, δίνεται εύρος αποτίμησης των τιμών GSI, συνεκτιμώντας τη διαφοροποίηση των τεχνικογεωλογικών χαρακτηριστικών της βραχομάζας από θέση σε θέση, εντός της περιοχής ενδιαφέροντος.

Geological Strength Index GSI (after Hoek 1999) (Hoek , 2002)		SURFACE CONDITIONS					
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR	
5	STRUCTURE	DECRE	DECREASING SURFACE QUALITY				
	NTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A	
B d o ir	BLOCKY - well interlocked un- listurbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three ntersecting discontinuity sets		70 60				
V p n ft	VERY BLOCKY- interlocked, A sartially disturbed mass with onulti-faceted angular blocks ormed by 4 or more joint sets			50			
B fr d o	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks ormed by many intersecting liscontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	//	
	DISINTEGRATED - poorly inter- bocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and ounded rock pieces				20	//	
L	AMINATED/SHEARED - Lack f blockiness due to close spacing f weak schistosity or shear planes	N/A	N/A	//	\langle / \rangle	10	

Εικ. 5.16 Ταξινόμηση βραχομάζας ρυοδακιτικών λαβών Θηρασιάς (ΛΘ), σύμφωνα με το σύστημα GSI. Η αποτίμηση δίνει εύρος τιμών δείκτη GSI μεταξύ 42 και 54.

Coological Strength Index CSI	SURFACE CONDITIONS					
(after Hoek 1999) (Hoek , 2002)	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR	
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY					
INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A	
BLOCKY - well interlocked un- disturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		70 60				
VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		5	0-			
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	\square	
DISINTEGRATED - poorly inter- locked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	//	
LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes	N/A	N/A			10	

Εικ. 5.17. Ταξινόμηση βραχομάζας ρυοδακιτικών λαβών Σκάρου (ΛΣ), σύμφωνα με το σύστημα GSI. Η αποτίμηση δίνει εύρος τιμών δείκτη GSI μεταξύ 33 και 46.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΤΕΧΝΙΚΟ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΩΝ	83
2. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ	114
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΩΝ	121
4.ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΡΑΝΩΝ	214

1. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ ΒΡΑΧΩΝ

1.1. Εισαγωγή

Προκειμένου να γίνουν οι διάφοροι υπολογισμοί και οι αναλύσεις καταπτώσεων, κατασκευάστηκαν τοπογραφικές τομές, βασιζόμενες στο σχέδιο της οριζοντιογραφίας. Επί αυτού του σχεδίου αποτυπώθηκαν οι περιοχές με υψηλή κατολισθητική επικινδυνότητα που δυνητικά θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα έργα του Τελεφερίκ και τις εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα Φηρών.

Από τις επιτόπου παρατηρήσεις, συνολικά, προκύπτει ότι παρουσιάζονται οι ακόλουθες μορφές αστάθειας, οι οποίες απαιτούν μέτρα σταθεροποίησης:

- Διάβρωση του ποδιού του πρανούς και της βραχόμαζας σε διάφορες θέσεις.
- Διεύρυνση των ασυνεχειών της βραχόμαζας και συνεπώς χαλάρωση.
- Αποκολλήσεις τεμαχίων βράχου, κυρίως λόγω υποσκαφών με την μορφή ανατροπών αλλά και υπό μορφή επίπεδων ολισθήσεων και σφηνοειδών αποκολλήσεων.
- Αποκολλήσεις αδρομερών τεμαχών βράχου από την μάζα των πυροκλαστικών σχηματισμών, λόγω διάβρωσης της λεπτομερούς συνδετικής ύλης γύρω από αυτά.

1.2. Περιοχή Τελεφερίκ

Με βάση τις γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν στο πρανές της περιοχής του Τελεφερίκ (Κεφάλαιο 2) και με βάση τις επικρατούσες γεωλογικές συνθήκες (Κεφάλαιο 5), έγινε επί τόπου αναγνώριση των συνθηκών αστάθειας βραχωδών τεμαχών για όλο το ανάπτυγμα του πρανούς σε όλη την έκταση. Εντοπίστηκαν οι θέσεις δυνητικών αποκολλήσεων τεμαχών βράχου από τους διάφορους σχηματισμούς της καλδέρας, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι εξετάστηκε και η περιοχή της μισγάγγειας που αναπτύσσεται βορειοανατολικά του άξονα του Τελεφερίκ για τους ακόλουθους λόγους:

- Για τον έλεγχο της τροχιάς των τεμαχών που δυνητικά μπορεί να αποκολληθούν από τη στέψη του πρανούς, στο σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ), στη θέση του Ιδρύματος Νομικού.
- Για τον εντοπισμό των προβληματικών θέσεων κατά μήκος της μισγάγγειας και την πρόταση μέτρων αποκατάστασης.

Πρέπει να αναφερθεί εδώ, ότι στο πρανές του Τελεφερίκ και σε μικρότερο βαθμό, στην περιοχή ανάντη του Παλαιού Λιμένα, εκτός από τη διαμόρφωση αυτού με τοίχους αντιστήριξης για την συγκράτηση των κορημάτων και την αναχαίτιση των τεμαχών βράχων, έχουν γίνει και άλλες επεμβάσεις για την ενίσχυση κυρίως της βραχόμαζας των ηφαιστειακών σχηματισμών και περιλαμβάνουν:

- Λιθόκτιστους τοίχους για την ανάσχεση κάποιων καταπτώσεων τοπικά.
- Λιθόκτιστους τοίχους αντιστήριξης στη βάση υποσκαμμένων πρανών.
- Αντηρίδες στήριξης υποσκαμμένων και επικρεμάμμενων πρανών.
- Επικαλύψεις χαλαρωμένων μαζών με τσιμεντοκονίαμα και λιθοπληρώσεις.

Πολλά από αυτά τα έργα έχουν γίνει σε διαφορετικές περιόδους και παρουσιάζουν ποικίλη εικόνα από πλευράς συντήρησης, καθώς αυτά που έχουν κατασκευαστεί παλιά απαιτούν σημαντικές, κατά περίπτωση, επισκευές.

Οι τοίχοι αντιστήριξης είναι αποτελεσματικοί έναντι των υποσκαφών στον πόδα των σχεδόν κατακόρυφων πρανών, όμως σε θέσεις όπου αυτοί έχουν υποστεί ζημιές, λόγω παρέλευσης μεγάλου χρονικού διαστήματος από τη κατασκευή τους, προσφέρουν ελάχιστη προστασία. Ακόμα, υπάρχουν θέσεις όπου λόγω της δυσκολίας της πρόσβασης δεν έχουν κατασκευαστεί τοίχοι και παρουσιάζεται εκτεταμένη διάβρωση και χαλάρωση της βραχόμαζας.

Οι τοίχοι που έχουν κατασκευαστεί για τη συγκράτηση των ζωνών κορημάτων λειτουργούν ως συλλεκτήρες των τεμαχών βράχου που αποκολλούνται, καθώς έχουν κάποιο ύψος (περίπου 1 μ.) και συνοδεύονται από τάφρο πλάτους 2-3 μέτρων. Παρ'όλα αυτά, σε κάποιες θέσεις, στην περιοχή της μισγάγγειας, έχουν υποστεί ζημιές από προηγούμενες καταπτώσεις μεγάλων τεμαχών βράχου, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.1.

Για την καλύτερη αξιολόγηση των μέτρων σταθεροποίησης του πρανούς, γίνεται παρουσίαση κάποιων χαρακτηριστικών εκ των υφιστάμενων μέτρων που έχουν κατά καιρούς κατασκευαστεί.

Στα πλαίσια αυτά κρίνεται απαραίτητη η λεπτομερής εξέταση της αλληλεπίδρασης της τροχιάς των δυνητικών αποκολλήσεων βράχου κατά μήκος του πρανούς με τα έργα του Τελεφερίκ (πυλώνες και κλωβούς) και η αξιολόγηση της κατάστασης αναχαίτισης των ασταθειών με την υφιστάμενη γεωμετρία του πρανούς, δηλαδή την επαλληλία τοίχων αντιστήριξης και ζωνών κορημάτων. Η αλληλεπίδραση της τροχιάς εξετάζεται όχι μόνο για τα τεμάχη που μπορεί να αποκολληθούν από σημεία εκατέρωθεν της διαδρομής του Τελεφερίκ, αλλά και από την περιοχή της μισγάγγειας μέχρι τη στέψη του πρανούς της καλδέρας, δεδομένου ότι αυτά πιθανώς καταλήγουν πολύ κοντά στη βάση του πρανούς και μπορεί να επηρεάζουν τις κατασκευές του Τελεφερίκ. Εξετάζονται επίσης, όλες οι πιθανές προβληματικές περιοχές και προτείνονται μέτρα σταθεροποίησης και ενίσχυσης της βραχόμαζας του πρανούς συνολικά.

1.2.1 Αναγνώριση θέσεων πιθανών καταπτώσεων

Με βάση τα αποτελέσματα των επί τόπου επισκέψεων και αναγνωρίσεων, έγινε προσπάθεια επισήμανσης ασταθών ή επιρρεπών σε αστάθεια τμημάτων των πρανών. Επισημαίνεται, ότι λόγω του ύψους και της μορφολογίας των πρανών, για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών χρησιμοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις εκεί όπου ήταν δυνατή η πρόσβαση – προσέγγιση, καθώς και φωτογραφικές αποτυπώσεις των διαφόρων λεπτομερειών τους.

Μετά την αναγνώριση των πιθανών θέσεων αποκόλλησης τεμαχών στους δύο κύριους άξονες (αυτόν της μισγάγγειας και αυτόν του Τελεφερίκ), επελέγησαν οι θέσεις των διατομών ελέγχου καταπτώσεων. Οι διατομές που επελέγησαν είναι οι ακόλουθες, οι οποίες παρουσιάζονται στον εκτός κειμένου Χάρτη Προτεινόμενων Έργων:

- Τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ
- Τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η
- Τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ
- Τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι
- Τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ
- Τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο
- Τομή Α-Β-Κ



Εικ. 6.1 Αστοχία του τοίχου αντιστήριξης (1) στην περιοχή της μισγάγγειας.

Στις τομές αποτυπώθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται κατά μήκος του πρανούς και ορίσθηκαν τα σημεία εκκίνησης των πίπτωντων τεμαχών. Οι αναλύσεις των καταπτώσεων έγιναν με χρήση του προγράμματος Η/Υ RocFall της εταιρείας Rocscience Ltd.

Στις επόμενες παραγράφους αναλύονται οι επικρατούσες τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες στις περιοχές δυνητικών ασταθειών, ενώ παρουσιάζεται ο μηχανισμός αστοχίας της βραχομάζας ή των τεμαχών του βραχώδους πρανούς. Ακόμα παρουσιάζονται οι δυνητικές θέσεις εκκίνησης καταπτώσεων ανά διατομή με βάση τη φωτογραφική τεκμηρίωση.

1.2.2. Περιοχές πιθανών ασταθειών

Τομή Α-(**Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν**)-Θ

Η τομή Α-Θ εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ). Τα τεμάχη ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες, οι οποίες παρουσιάζονται πολύ διευρυμένες, και τη στρώση του ηφαιστειακού σχηματισμού που σε πολλές θέσεις επιτρέπει τη διάβρωση και την υποσκαφή του πρανούς, όπως διακρίνεται στην Εικ. 6.2. Διακρίνεται επίσης η διάταξη των δύο τοίχων (1 και 2) κατά μήκος της μισγάγγειας που συγκρατούν τα κορήματα. Παρατηρούνται μεγάλα τεμάχη βράχου που έχουν σταματήσει στις ζώνες κορημάτων, ενώ διακρίνεται και η θραύση του τοίχου 1, από προγενέστερες καταπτώσεις.

Με βάση την ανάλυση καταπτώσεων στην τομή αυτή, μπορεί να εξεταστούν τα αποτελέσματα μιας εξαιρετικά δυσμενούς περίπτωσης, της αποκόλλησης δηλαδή ενός πολύ μεγάλου τεμάχους (διαστάσεων 6 μ. x 2 μ. x 2 μ. περίπου) από τη στέψη του πρανούς της καλδέρας (από υψόμετρο 230 μ.) από το σχηματισμό των Ρυολιθικών Λαβών Θηρασιάς.

Тоμἡ А-(В-Г-Δ-Е)-Н

Η τομή Α-Η εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ). Τα τεμάχη ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες ψύξης των λαβών και το επίπεδο της στρώσης του ηφαιστειακού σχηματισμού που σε πολλές θέσεις επιτρέπει τη διάβρωση και την υποσκαφή του πρανούς, όπως διακρίνεται στην Εικ. 6.3.

Διακρίνονται τα λιθόκτιστα τοιχία στη βάση του πρανούς των Ρυολιθικών Λαβών Θηρασιάς για την προστασία έναντι της υποσκαφής (περιοχή Α)και η κατακόρυφοι δοκοί στήριξης από σκυρόδεμα με επένδυση λίθων για την υποστύλωση των επικρεμάμενων πρανών του σχηματισμού των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (περιοχή Β). Τέλος διακρίνονται, τα λιθόκτιστα τοιχία αντιστήριξης των πρανών του ίδιου σχηματισμού (ΛΣ) που αποτελούν τοιχία πλήρωσης των κενών που δημιουργούνται από τη διάβρωση του βραχώδους σχηματισμού (περιοχές Γ).

Τα παραπάνω μέτρα κρίνονται αποτελεσματικά σε όλες τις θέσεις που έχουν εφαρμοστεί.

Με βάση την ανάλυση καταπτώσεων στην τομή αυτή, μπορεί να εξεταστούν τα αποτελέσματα μιας αποκόλλησης ενός σχετικά μεγάλου τεμάχους (διαστάσεων 5 μ. x 3 μ. x 1 μ. περίπου) από απόλυτο υψόμετρο 170 μ. από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου.

Τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ

Η τομή Α-Ζ εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) από τη στέψη του πρανούς που βρίσκεται ανάμεσα στον άξονα της μισγάγγειας και τον άξονα του Τελεφερίκ.

Τα τεμάχη ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες ψύξης των λαβών και το επίπεδο της στρώσης του ηφαιστειακού σχηματισμού, όπως διακρίνεται στην Εικ. 6.4. Τα τεμάχη έχουν πολύ μεγάλες διαστάσεις (της τάξης των 6 μ. x 2 μ. x 2 μ. περίπου) ενώ οι αποκολλήσεις από το σχηματισμό των Ρυολιθικών Λαβών Θηρασιάς από υψόμετρο 220 μ. περίπου, αποτελούν εξαιρετικά δυσμενή περίπτωση.



Εικ. 6.2 Δυνητικές θέσεις αποκόλλησης τεμαχών στην τομή Α-Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν-Θ και διάταξη τοιχίων στον άξονα της μισγάγγειας.



Εικ. 6.3 Δυνητικές θέσεις αποκόλλησης τεμαχών στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η και υφιστάμενα μέτρα προστασίας έναντι αστάθειας.

Παρατηρώντας τη διάταξη των τοιχίων συγκράτησης των κορημάτων (1 και 2) είναι προφανές, ότι το τοιχίο 2 μπορεί να συλλέξει τα τεμάχη που πιθανώς θα διαφύγουν από το τοιχίο 1 κατά την κίνηση τους από τα υψηλότερα υψόμετρα, ενώ συλλέγει και τεμάχη βράχου που πιθανώς αποκολλούνται από το σχηματισμό των Εστρωμένων Τόφφων (ΕΤ) και των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ), από χαμηλότερα υψόμετρα.

Κατάντη του τοίχου 2 παρατηρούνται τεμάχη που έχουν αποκολληθεί και έχουν σταματήσει στα κορήματα, τα οποία προέρχονται είτε από τους σχηματισμούς των Τόφφων στον αυχένα ανάμεσα στη μισγάγγεια και τον άξονα του Τελεφερίκ (βλ. Εικ. 6.4), είτε από μεγαλύτερα υψόμετρα από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ) από τη μεριά του Τελεφερίκ (βλ. τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ και Α-(Β-Γ-Λ)-Ο).

Γίνεται αντιληπτό, ότι έχει ιδιαίτερη σημασία η διερεύνηση του ενδεχομένου κάποια τεμάχη που αποκολλούνται από τον αυχένα, ή και από μεγαλύτερα υψόμετρα πιθανώς, να καταλήγουν κατάντη του τοίχου 2 και να επηρεάζουν τα έργα του Τελεφερίκ. Αυτή η πιθανότητα εξετάζεται διεξοδικά με την ανάλυση σε αυτή την τομή αλλά και στις τομές Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ και Α-(Β-Γ-Λ)-Ο.

Τομἡ A-(B-Γ-Δ-E-M)-I

Η τομή Α-Ι εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ) από το πρανές που βρίσκεται ανάντη του αυχένα ανάμεσα στον άξονα της μισγάγγειας και τον άξονα του Τελεφερίκ.

Ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζεται ιδιαίτερα χαλαρωμένος στο σύνολο του και έχει σημαντικές υποσκαφές στη βάση του (βλ. Εικ. 6.5), λόγω της μορφολογίας του πρανούς που συντελεί στην εντονότερη αποσάθρωση του. Τα τεμάχη ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες ψύξης των λαβών και το επίπεδο της στρώσης του ηφαιστειακού σχηματισμού, ενώ έχουν μέτριες διαστάσεις (της τάξης των 4 μ. x 2 μ. x 1 μ. περίπου). Το υψόμετρο των αποκολλήσεων είναι περίπου 160 μ.

Στη θέση αυτή διακρίνονται οι δοκοί από σκυρόδεμα σε συνδυασμό με λιθόκτιστα τοιχία στη βάση του πρανούς των Ρυολιθικών Λαβών Θηρασιάς για την προστασία έναντι της υποσκαφής (περιοχή Α), καθώς και οι αντηρίδες με αψιδωτή γεωμετρία για την υποστύλωση των επικρεμάμενων πρανών του σχηματισμού των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (περιοχή Β). Τέλος διακρίνονται, τα λιθόκτιστα τοιχία αντιστήριξης των πρανών του όχηματισμού (ΛΣ) που αποτελούν τοιχία πλήρωσης των κενών που δημιουργούνται από τη διάβρωση του βραχώδους σχηματισμού (περιοχές Γ).

Τα παραπάνω μέτρα κρίνονται αποτελεσματικά σε όλες τις θέσεις που έχουν εφαρμοστεί. Παρ'όλα αυτά, η διάβρωση του σχηματισμού των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών στη θέση αυτή είναι εκτεταμένη και η υποσκαφές του πρανούς έχουν δημιουργήσει εκ νέου πιθανές μάζες προς αποκόλληση. Εδώ κρίνεται απαραίτητη η υποστήριξη των πρανών στον πόδα τους με τοιχία από σκυρόδεμα με επένδυση λίθων (στο τμήμα μεταξύ της περιοχής Α και Β).

Το ίδιο ισχύει για το σχηματισμό των Ρυολιθικών Λαβών Θηρασιάς, που στη θέση αυτή παρουσιάζεται έντονα κερματισμένος (περιοχή Α) λόγω της συνεχιζόμενης διάβρωσης του πρανούς.

Ο σχηματισμός των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών στη θέση αυτή παρουσιάζεται έντονα κερματισμένος με σημαντικές υποσκαφές και υπάρχει η πιθανότητα αποκόλλησης τεμαχών λόγω απώλειας στήριξης. Τα προβλήματα που εντοπίζονται σε αυτό το σχηματισμό παρουσιάζονται στην Τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ.

Κατάντη του τοίχου συγκράτησης κορημάτων 1, στον άξονα του Τελεφερίκ, παρατηρούνται τεμάχη που έχουν σταματήσει στα κορήματα, μικρών σχετικά διαστάσεων. Αυτά έχουν πιθανώς αποκολληθεί από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών.



Εικ. 6.4 Δυνητικές θέσεις αποκόλλησης τεμαχών στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ. Διακρίνεται ο άξονας της μισγάγγειας και τα πρανή που διαμορφώνονται εκατέρωθεν αυτής.



Εικ. 6.5 Δυνητικές θέσεις αποκόλλησης τεμαχών στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ι. Διακρίνονται τα υφιστάμενα μέτρα υποστήριξης.

Τομἡ **Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ**

Η τομή Α-Ξ εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ) και των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) από το πρανές που βρίσκεται δυτικά του άξονα του Τελεφερίκ.

Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζονται ιδιαίτερα χαλαρωμένοι στο σύνολο τους και έχουν σημαντικές υποσκαφές στη βάση τους (βλ. Εικ. 6.6), λόγω της μορφολογίας του πρανούς που συντελεί στην εντονότερη αποσάθρωση τους. Τα τεμάχη ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες ψύξης των λαβών και τα επίπεδα της στρώσης των ηφαιστειακών σχηματισμών, ενώ έχουν μέτριες διαστάσεις (της τάξης των 4 μ. x 2 μ. x 1 μ. περίπου). Το υψόμετρο των αποκολλήσεων για το σχηματισμό των Βασαλτικών Λαβών Φηρασιάς (ΛΘ) είναι περίπου 200 μ.

Οι θέσεις όπου απαιτείται η κατασκευή τοίχων αντιστήριξης σημειώνονται στην Εικ. 6.6, όπου φαίνονται και τα υφιστάμενα έργα αντιστήριξης.

Όπως φαίνεται στην Εικ. 6.7, ανατολικά της θέσης που έχουν γίνει οι τοίχοι αντιστήριξης του υποσκαμμένου πρανούς στις Βασαλτικές Ανδεσιτικές Λάβες, δεν υπάρχει κάποια επέμβαση για τη μείωση της ταχύτητας διάβρωσης και χαλάρωσης του πρανούς. Προτείνεται η κατασκευή τοιχίων αντιστήριξης και η πλήρωση των κενών με λιθόδομές τόσο στο σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών, όσο και σε μεγαλύτερα υψόμετρα στο σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς στην περιοχή Α.

Η δομή της έντονα κερματισμένης βραχόμαζας στο πρανές, ακριβώς δυτικά της πορείας του Τελεφερίκ φαίνεται στην Εικ. 6.8. Είναι σαφές ότι τα τεμάχη που δημιουργούνται είναι μικρά σε μέγεθος και επομένως δεν μπορούν να αγκυρωθούν ή να στηριχθούν με συρματόσχοινα. Για το λόγο αυτό προτείνεται η ελεγχόμενη καθαίρεση τους.

Τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο

Ο άξονας της τροχιάς του Τελεφερίκ διακρίνεται στην **Εικ. 6.9**, όπου διακρίνονται στο ανώτερο τμήμα οι επικρεμάμμενοι βραχώδεις ογκόλιθοι του σχηματισμού των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς. Είναι σαφές ότι απαιτούν μέτρα σταθεροποίησης. Λόγω του μεγάλου μεγέθους τους είναι δύσκολη η καθαίρεση τους και απαιτείται η στερέωση τους με συρματόσχοινα και αγκύρια, μεμονωμένα ή σαν συνδετήρες.

Η τομή Α-Ο εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) στον άξονα της τροχιάς του Γελεφερίκ και ανατολικά αυτού. Ο σχηματισμός των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) παρουσιάζονται ιδιαίτερα χαλαρωμένοι στο σύνολο τους με σημαντικές υποσκαφές στη βάση τους, ενώ οι όγκοι που διαμορφώνονται έχουν ασθενή στήριξη στη βάση τους (βλ. Εικ. 6.10 και 6.11, 6.12).

Όπως φαίνεται στην Εικ. 6.10 και 6.11 έχουν κατασκευαστεί είτε τοίχοι αντιστήριξης είτε λιθόκτιστα τοιχία στη βάση των βραχωδών ογκολίθων για την υποστήριξη τους. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η βάση τους και δεν επιτρέπεται η περαιτέρω διάβρωση αυτής και η υποσκαφή τους. Η αποκόλληση τεμαχών από τη μάζα τους δεν έχει αντιμετωπιστεί και συνεπώς απαιτείται σφράγιση των ρωγμών με ένεμα καθώς και στερέωση με αγκύρια ή συρματόσχοινα.

Τα τεμάχη ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες ψύξης των λαβών και τα επίπεδα της στρώσης των ηφαιστειακών σχηματισμών, ενώ έχουν σημαντικές διαστάσεις που κυμαίνονται από 5 μ. x 3 μ. x 1 μ. έως 10 μ. x 5 μ. x 2 μ. περίπου. Το υψόμετρο των αποκολλήσεων για το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) είναι περίπου 190 μ.

Τα πρανή που διαμορφώνονται στο σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ) στα ανατολικά της τροχιάς του Τελεφερίκ έχουν μικρότερη κλίση και δεν συνιστούν ιδιαίτερο κίνδυνο σε περίπτωση αποκολλήσεων (Εικ. 6.13). Επίσης στο πρανές αυτό έχουν κατασκευαστεί λιθόκτιστα τοιχία για την πλήρωση των κενών της βραχόμαζας. Τα τοιχία αυτά θα πρέπει να επεκταθούν και πιο ανατολικά καθώς εκεί ο σχηματισμός παρουσιάζεται διαβρωμένος. Ακόμα, παρατηρείται ότι στο χώρο που βρίσκεται ακριβώς ανάντη του τοίχου αντιστήριξης (1) στον άξονα του Τελεφερίκ, έχουν καταλήξει πληθώρα τεμαχών βράχου από καταπτώσεις που έχουν συμβεί στο παρελθόν.



Εικ. 6.6 Άποψη έντονου κερματισμού της βραχόμζας στη θέση αυτή και θέσεις έντονων υποσκαφών (βέλη) που ορίζουν δυνητικά τεμάχη προς αποκόλληση.



Εικ. 6.7 Διακρίνεται η διέλευση του κλωβού του Τελεφερίκ κοντά στο πρανές όπου παρουσιάζονται προβλήματα έντονων υποσκαφών.



Εικ. 6.8 Κερματισμός βραχόμαζας Ρυοδακιτικών λαβών Θηρασιάς σε υψόμετρο 210 μ. περίπου στη τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ.



Εικ. 6.9 Δυνητικές θέσεις αποκόλλησης τεμαχών στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ (με βέλος). Διακρίνονται τα υφιστάμενα μέτρα υποστήριξης.

Τομή Α-Β-Κ

Η τομή Α-Β-Κ εξετάζει την τροχιά που θα ακολουθήσουν τα τεμάχη που πιθανώς αποκολληθούν από το σχηματισμό των Εστρωμένων Τόφφων (ΕΤ) και των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ) ανατολικά της τροχιάς του Τελεφερίκ.

Τα τεμάχη των Εστρωμένων Τόφφων έχουν μικρές διαστάσεις και δεν αποτελούν κίνδυνο, απαιτείται όμως η καθαίρεση τους από το πρανές (Εικ. 6.14). Τα πρανή που διαμορφώνονται στους Λατυποπαγείς Τόφφους έχουν μεγαλύτερη κλίση και οι διαστάσεις των τεμαχών που διαμορφώνονται είναι περίπου 0.5 μ. x 0.5 μ. x 0.5 μ. (Εικ. 6.15).

Στο σχηματισμό των Εστρωμένων Τόφφων παρουσιάζονται κατά θέσεις εκτεταμένες υποσκαφές – διαβρώσεις, οι οποίες ενδέχεται να δημιουργήσουν πρόβλημα στο μέλλον εάν δεν καλυφθούν (Εικ. 6.14).

Η ζώνη των κορημάτων που αναπτύσσεται κατάντη του τοίχου (2) λειτουργεί ως συλλεκτήρας των τεμαχών βράχου που έχουν αποκολληθεί από τα ανάντη πρανή στο παρελθόν (Εικ. 6.15). Είναι σημαντικό να επαληθευθεί αυτή η παρατήρηση και από τις αναλύσεις καταπτώσεων που θα γίνουν στις τομές που επελέγησαν. Τα μεγέθη των πεσμένων τεμαχών στη ζώνη των κορημάτων κυμαίνονται μεταξύ 1 m³ και 3 m³.

Οι Λατυποπαγείς Τόφφοι έχουν γενικά ευδιάβρωτο χαρακτήρα και διατέμνονται από κατακόρυφες ασυνέχειες ενώ παρουσιάζουν έντονη στρωσιγένεια. Η κλίση της στρώσης είναι μικρή (περίπου 5°) και είναι αντίρροπη από αυτή του πρανούς (Εικ. 6.15). Οι υποσκαφές δεν είναι σημαντικές στο σχηματισμό των Λατυποπαγών Τόφφων και δεν αναμένονται να δημιουργούν σημαντικά προβλήματα αστάθειας.

Γενικά, η ύπαρξη βλάστησης σε διάφορες θέσεις στο πρανές του Τελεφερίκ λειτουργεί θετικά στην αναχαίτιση των καταπτώσεων και συχνά παγιδεύει τεμάχη που έχουν αποκολληθεί από μεγαλύτερα υψόμετρα.



Εικ. 6.10 Βραχώδες τέμαχος Ρυοδακιτικής Λάβας στην περιοχή εκκίνησης του Τελεφερίκ. Διακρίνεται η ενίσχυση της βάσης του με λιθόκτιστο τοίχο (Α).



Εικ. 6.11 Βραχώδες τέμαχος Ρυοδακιτικής Λάβας με κατακόρυφες ασυνέχειες στην περιοχή ανατολικά της τροχιάς του Τελεφερίκ. Διακρίνεται η ενίσχυση της βάσης του με τοίχο αντιστήριξης (B).



Εικ. 6.12 Λεπτομέρεια της κερματισμένης βραχόμαζας Ρυοδακιτικής Λάβας με κατακόρυφες ασυνέχειες και επικρεμάμενους όγκους.



Εικ. 6.13 Άποψη του πρανούς που αναπτύσσεται ανατολικά της τροχιάς του Τελεφερίκ στο σχηματισμό Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου. Διακρίνονται τα λιθόκτιστα τοιχία (Α) πλήρωσης κενών της βραχόμαζας και ο τοίχος αντιστήριξης (1).



Εικ. 6.14 Πρανές που διαμορφώνεται στους Εστρωμένους Τόφφους ανατολικά της τροχιάς του Τελεφερίκ. Σημειώνονται ενδεικτικά τεμάχη μικρών διαστάσεων επί του πρανούς που μπορούν να οδηγήσουν σε καταπτώσεις. Ακόμα εμφανίζονται εκτεταμένες υποσκαφές των τόφφων σε κάποιες θέσεις.



Εικ. 6.15 Πρανές που διαμορφώνεται στους Λατυποπαγείς Τόφφους ανατολικά της τροχιάς του Τελεφερίκ. Σημειώνονται ενδεικτικά τεμάχη μικρών διαστάσεων επί του πρανούς που μπορούν να οδηγήσουν σε καταπτώσεις. Ακόμα σημειώνονται τεμάχη που έχουν σταματήσει στη ζώνη κορημάτων.

1.2.3. Άλλες προβληματικές θέσεις

Εκτός από τις θέσεις στις οποίες επελέγησαν να γίνουν αναλύσεις καταπτώσεων για τη διερεύνηση της τροχιάς των πίπτωντων τεμαχών και της διαπίστωσης της πιθανής αλληλεπίδρασης τους με τα έργα του Τελεφερίκ, εξετάστηκαν και άλλες θέσεις στις οποίες μπορεί να εκδηλωθούν φαινόμενα αστάθειας.

Συγκεκριμένα, παρακάτω παρουσιάζονται οι θέσεις όπου αναμένονται προβλήματα:

- Στο σχηματισμό των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ) που εμφανίζεται στα δυτικά πρανή της μισγάγγειας ενδέχεται να εκδηλωθούν αστάθειες λόγω χαλάρωσης της βραχόμαζας (Εικ. 6.16). Βέβαια, η ζώνη των κορημάτων κατάντη του τοίχου 2, αναμένεται ότι θα απορροφήσει την ενέργεια των καταπτώσεων των τεμαχών κατά την πρόσκρουση τους σε αυτά οπότε και η τροχιά τους θα σταματήσει πριν τον τοίχο αντιστήριξης (3). Προτείνονται ελεγχόμενες καθαιρέσεις των ασταθών τεμαχών.
- Στο σχηματισμό των Εστρωμένων Τόφφων (ΕΤ) και Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ) που συναντώνται στον αυχένα μεταξύ της μισγάγγειας και του Τελεφερίκ παρατηρείται υποσκαφή των Εστρωμένων Τόφφων πιθανών καταπτώσεων (Εικ. 6.17). Προτείνονται ελεγχόμενες καθαιρέσεις των ασταθών τεμαχών και ενίσχυση της βάσης των Εστρωμένων Τόφων με λιθόκτιστα τοιχία.
- Στο σχηματισμό των Ιγκνιμπριτών Θήρας (ΙΓΚΘ) όπου διαμορφώνονται κατακόρυφα πρανή στη βάση της καλδέρας δυτικά του Τελεφερίκ (Εικ. 6.18 και 6.19). Η βραχόμαζα χαρακτηρίζεται από κατακόρυφες ασυνέχειες, οι οποίες έχουν διευρυνθεί λόγω απώλειας στήριξης προς το πρανές και χαλάρωσης, που ενδέχεται να λειτουργήσουν ως ρωγμές εφελκυσμού και να οδηγήσουν σε ανατροπή τους μεγάλους σε μέγεθος βραχώδεις όγκους.
 Οι βραχώδεις ογκόλιθοι απαιτούν υποστήριξη με κάναβο αγκυρίων και συρματόσχοινα στερέωσης σαν συνδετήρες (straps).

Ειδικότερα, στη θέση που αναπτύσσεται το κατακόρυφο πρανές των Ιγκνιμπριτών (Εικ. 6.19) μπορεί να γίνει τοποθέτηση παθητικών αγκυρίων για την αντιστήριξη των στυλοειδών βραχωδών όγκων, ενώ προτείνεται η ενίσχυση της βραχόμαζας με ελεγχόμενη εφαρμογή ενέματος εντός των κατακόρυφων ασυνεχειών.

Τα στοιχεία των ασυνεχειών αμέσως δυτικά της θέσης των κατακόρυφων πρανών του Ιγκνιμπρίτη, βρέθηκαν 85°/040° και 90°/125°. Τα στοιχεία του πρανούς στη θέση αυτή είναι 60°/150° στο ανώτερο τμήμα (Εικ. 6.18) και 70°/150° στο κατώτερο τμήμα (Εικ. 6.19). Η στρώση στο ανάντη τμήμα της θέσης αυτής έχει στοιχεία 12°/033° (Εικ. 6.20). Γενικά, η γεωμετρία των ασυνεχειών και του πρανούς μπορούν να οδηγήσουν σε ανατροπή παρά το γεγονός ότι η κλίση του επιπέδου της στρώσης είναι αντίρροπη με αυτή του πρανούς, λόγω ότι η στρώση έχει μικρή κλίση και μπορεί να λειτουργήσει ως επίπεδο βάσης για την ανατροπή βραχωδών τεμαχών. Επίσης, κατά θέσεις η στρώση μπορεί να έχει κλίση ομόρροπη με το πρανές.



Εικ. 6.16 Άποψη δυτικών πρανών της μισγάγγειας που διαμορφώνονται στο σχηματισμό των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ) και της Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ). Σημειώνεται η θέση πιθανών καταπτώσεων.



Εικ. 6.17 Άποψη του αυχένα μεταξύ της μισγάγγειας και του Τελεφερίκ που διαμορφώνεται στο σχηματισμό των Εστρωμένων Τόφφων (ΕΤ) και Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ). Σημειώνεται η θέση πιθανών καταπτώσεων.



Εικ. 6.18 Άποψη των πρανών στη βάση της καλδέρας δυτικά του Τελεφερίκ που διαμορφώνονται στο σχηματισμό των Ιγκνιμπριτών Θήρας (ΙΓΚΘ) και της μαύρης κίσσηρης (ΜΚ). Με βέλος σημειώνονται θέσεις ασταθών τεμαχών και υποσκαφών.



Εικ. 6.19 Άποψη των κατακόρυφων πρανών στη βάση της καλδέρας δυτικά του Τελεφερίκ που διαμορφώνονται στο σχηματισμό των Ιγκνιμπριτών Θήρας (ΙΓΚ). Διακρίνονται οι κατακόρυφες ασυνέχειες και τα τεμάχη που απαιτούν στερέωση. Σημειώνεται η θέση του τοίχου αντιστήριξης (4).



Εικ. 6.20 Τεκτονικό διάγραμμα, στο οποίο απεικονίζονται τα γεωμετρικά στοιχεία των κατακόρυφων ασυνεχειών (J), της στρώσης (S) και του πρανούς (άνω και κάτω τμήμα), στην περιοχή των Ιγκνιμπριτών της εικ 6.19.

1.3. Περιοχή Παλαιού Λιμένα Φηρών

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2 σχετικά με τις γεωμορφολογικές συνθήκες που επικρατούν στο πρανές της περιοχής ανάντη του Παλαιού Λιμένα και με βάση τις επικρατούσες γεωλογικές συνθήκες (Κεφάλαιο 5), έγινε επί τόπου αναγνώριση των συνθηκών ευστάθειας των γεωλογικών σχηματισμών για όλο το ανάπτυγμα του πρανούς σε όλη την έκταση αυτού. Εντοπίστηκαν οι θέσεις δυνητικών αποκολλήσεων τεμαχών βράχου από τους διάφορους σχηματισμούς της καλδέρας, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω.

Πρέπει να αναφερθεί εδώ, ότι στην περιοχή ανάντη του Παλαιού Λιμένα εκτός από την κατασκευή τοίχων αντιστήριξης κατά μήκος των κύριων μισγαγγειών, για την συγκράτηση των κορημάτων και την αναχαίτιση των τεμαχών βράχων, έχουν γίνει και άλλες επεμβάσεις για την ενίσχυση κυρίως της βραχόμαζας των ηφαιστειακών σχηματισμών και περιλαμβάνουν:

- Λιθόκτιστους τοίχους για την ανάσχεση κάποιων καταπτώσεων τοπικά.
- Λιθόκτιστους τοίχους αντιστήριξης στη βάση υποσκαμμένων πρανών.
- Αντηρίδες στήριξης υποσκαμμένων και επικρεμάμμενων πρανών.

Πολλά από αυτά τα έργα έχουν γίνει σε διαφορετικές περιόδους και παρουσιάζουν ποικίλη εικόνα από πλευράς συντήρησης, καθώς αυτά που έχουν κατασκευαστεί παλιά απαιτούν σημαντικές, κατά περίπτωση, επισκευές και ενισχύσεις.

Οι τοίχοι αντιστήριξης είναι αποτελεσματικοί έναντι των υποσκαφών στον πόδα των σχεδόν κατακόρυφων πρανών, όμως σε θέσεις όπου αυτοί έχουν υποστεί ζημιές, λόγω έλευσης μεγάλου χρονικού διαστήματος από τη κατασκευή τους, προσφέρουν ελάχιστη προστασία. Ακόμα, υπάρχουν θέσεις όπου λόγω της δυσκολίας της πρόσβασης δεν έχουν κατασκευαστεί τοίχοι και παρουσιάζεται εκτεταμένη διάβρωση και χαλάρωση της βραχόμαζας.

Οι τοίχοι που έχουν κατασκευαστεί για τη συγκράτηση των ζωνών κορημάτων λειτουργούν ως συλλεκτήρες των τεμαχών βράχου που αποκολλούνται, καθώς έχουν κάποιο ύψος (περίπου 1 μ.) και συνοδεύονται από τάφρο πλάτους 2-3 μέτρων. Παρ'όλα αυτά, σε κάποιες θέσεις έχουν υποστεί ζημιές από προηγούμενες καταπτώσεις μεγάλων τεμαχών βράχου.

Στο παρόν ερευνητικό πρόγραμμα, εξετάζονται όλες οι πιθανές προβληματικές περιοχές και προτείνονται μέτρα σταθεροποίησης και ενίσχυσης της βραχόμαζας του πρανούς συνολικά.

1.3.1 Αναγνώριση θέσεων πιθανών καταπτώσεων

Με βάση τα αποτελέσματα των επί τόπου επισκέψεων και αναγνωρίσεων, έγινε προσπάθεια επισήμανσης ασταθών ή επιρρεπών σε αστάθεια τμημάτων των πρανών.

Επισημαίνεται, ότι λόγω του ύψους και της μορφολογίας των πρανών, για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών χρησιμοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις εκεί όπου ήταν δυνατή η πρόσβαση – προσέγγιση, καθώς και φωτογραφικές αποτυπώσεις των διαφόρων λεπτομερειών τους.

Μετά την αναγνώριση των πιθανών θέσεων αστοχιών, επιλέχθηκαν οι θέσεις των διατομών ελέγχου καταπτώσεων. Οι διατομές που επελέγησαν είναι οι ακόλουθες, οι οποίες παρουσιάζονται στον εκτός κειμένου Χάρτη Προτεινόμενων Έργων:

- Τομή T1-T2-T3
- Τομή Τ4
- Toµἡ T5- T6- T7
- Τομή Τ8
- Toun T9
- Toun T10
- Toµἡ T11
- Τομή Τ12
- Τομή Τ13
- Toµἡ T14
- Τομή Τ15
- Τομή Τ16
- Τομή Τ17
- Τομή Τ18

- Τομή Τ19
- Τομή Τ20

Στις τομές αποτυπώθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται κατά μήκος του πρανούς και ορίσθηκαν τα σημεία εκκίνησης των πίπτωντων τεμαχών από διάφορες θέσεις. Οι αναλύσεις των καταπτώσεων έγιναν με χρήση του προγράμματος Η/Υ RocFall της εταιρείας Rocscience Ltd.

Στις επόμενες παραγράφους αναλύονται οι επικρατούσες τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες στις περιοχές δυνητικών ασταθειών, ενώ παρουσιάζεται ο μηχανισμός αστοχίας της βραχομάζας ή των τεμαχών του βραχώδους πρανούς. Ακόμα παρουσιάζονται οι δυνητικές θέσεις εκκίνησης καταπτώσεων ανά διατομή με βάση τη φωτογραφική τεκμηρίωση.

1.3.2. Περιοχές πιθανών ασταθειών

Τομή Τ1-Τ2-Τ3

Η τομή αυτή εξετάζει την επικινδυνότητα επηρεασμού του λιθόκτιστου μονοπατιού (μέσω του οποίου διακινούνται χιλιάδες τουρίστες με τη βοήθεια μουλαριών) από πιθανή αποκόλληση τεμαχών Ρυοδακιτικής Λάβας Θηρασιάς και πορεία αυτών προς τα κατάντη διαμέσου του αυχένα (που αποτελείται από πυροκλαστικά υλικά) (Εικ. 6.21).

Τα τεμάχη λάβας ορίζονται από τις κατακόρυφες ασυνέχειες, οι οποίες παρουσιάζονται πολύ διευρυμένες (Εικ. 6.22), και τη στρώση του ηφαιστειακού σχηματισμού που σε πολλές θέσεις επιτρέπει τη διάβρωση και την υποσκαφή του πρανούς. Στη θέση αυτή θα απαιτηθούν μέτρα ενίσχυσης του πρανούς, συνιστάμενα από αγκυρώσεις και τοπικά ελεγχόμενη χρήση ενέματος. Πιθανή αποκόλληση από τις υποκείμενες Λάβες Σκάρου δεν εξετάζεται καθώς στην περιοχή της τομής, τα έργα που έχουν κατασκευαστεί επί του σχηματισμού αυτού, κρίνονται ικανοποιητικά.

Με βάση την ανάλυση καταπτώσεων στην τομή αυτή, μπορεί να εξεταστούν τα αποτελέσματα μιας εξαιρετικά δυσμενούς περίπτωσης, της αποκόλλησης δηλαδή ενός πολύ μεγάλου τεμάχους (μάζας 15tn περίπου) από τη στέψη του πρανούς της καλδέρας (από υψόμετρο 195 μ.) από το σχηματισμό των Ρυολιθικών Λαβών Θηρασιάς.

Τομή Τ4

Η τομή αυτή εξετάζει την επικινδυνότητα επηρεασμού των δύο ανώτερων υψομετρικά ελιγμών του μονοπατιού από πιθανή αποκόλληση τεμαχών Ρυοδακιτικής Λάβας Θηρασιάς σε θέση ελαφρώς νοτιότερα της τομής T1-T2-T3 (Εικ.6.23).

Με βάση την ανάλυση καταπτώσεων στην τομή αυτή, μπορεί να εξεταστούν τα αποτελέσματα μιας εξαιρετικά δυσμενούς περίπτωσης, της αποκόλλησης δηλαδή ενός πολύ μεγάλου τεμάχους (μάζας 15tn περίπου) από τη στέψη του πρανούς της καλδέρας (υψόμετρο 188 μ.) και της πορείας του προς το μονοπάτι διαμέσου σχηματισμών ανώτερων τόφφων και κορημάτων. Στην ανάλυση λαμβάνεται υπόψη η ύπαρξη του λιθόκτιστου τοιχίου στην περιοχή του τελευταίου ελιγμού, το οποίο όμως δεν προεξέχει από το έδαφος έτσι ώστε να παραλάβει πίπτωντα τεμάχη.



Εικ. 6.21 Προσεγγιστικό ίχνος τομής ΤΙ-Τ2-Τ3, όπου φαίνεται η πιθανότητα επηρεασμού του μονοπατιού από αποκόλληση τεμαχών εκ του μετώπου των Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ).



Εικ. 6.22 Διακρίνεται η ιδιαίτερα χαλαρωμένη βραχομάζα στο μέτωπο επί των Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) (σημείο ΤΙ).



Εικ. 6.23 Πιθανές θέσεις επηρεασμού του μονοπατιού από αποκολλήσεις βραχωδών τεμαχών Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς, στην περιοχή της τομής Τ4.

Τομή Τ5-Τ6-Τ7

Στην τομή αυτή εξετάζεται το ενδεχόμενο επηρεασμού του μονοπατιού σε χαμηλές (υψομετρικά) θέσεις, κοντά στις εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα. Η διερεύνηση αφορά σε αποκολλήσεις τεμαχών από δύο θέσεις :

- αποκόλληση τεμαχών Λάβας Σκάρου (ΛΣ), βάρους έως 6tn, από τον αυχένα που βρίσκεται σε υψόμετρο 154μ περίπου (χαμηλότερα, στην επαφή του σχηματισμού με τους Εστρωμένους Τόφφους έχουν κατασκευαστεί λιθόκτιστα τοιχία προστασίας τα οποία κρίνονται ικανοποιητικά). Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών διαμέσου της μισγάγγειας που καλύπτεται από κορήματα, στο τέλος της οποίας υπάρχει παλαιό λιθόκτιστο τοιχίο, το οποίο χρειάζεται άμεσα επισκευή (Εικ.6.24, 6.25).
- αποκόλληση τεμαχών Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ), από τον χαρακτηριστικό ορίζοντα που βρίσκεται κατάντη της μισγάγγειας, σε υψόμετρο περί τα 58μ. Ο σχηματισμός διατέμνεται από ανοικτές, κατακόρυφες ασυνέχειες, που σχηματίζουν τεμάχη προς αποκόλληση (ανατροπή) μέγιστου εκτιμώμενου βάρους έως 6tn.



Εικ.6.24. Πιθανές θέσεις αποκόλλησης στην περιοχή της τομής Τ5-Τ6-Τ7 (κόκκινα βέλη) και θέσεις επηρεασμού του μονοπατιού (κίτρινα βέλη). Διακρίνεται το παλαιό τοιχίο στη βάση της μισγάγγειας.



Εικ. 6.25 Άποψη του παλαιού λιθόκτιστου τοιχείου που χρειάζεται επισκευή καθώς και του σχηματισμού Μαύρης Κίσσηρης. Διακρίνονται τεμάχη παλαιότερων αποκολλήσεων στα κατάντη (μπλε βέλη).

Τομή Τ8

Στην τομή αυτή εξετάζεται το ενδεχόμενο επηρεασμού του μονοπατιού σε χαμηλές (υψομετρικά) θέσεις, κοντά στις εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα. Η διερεύνηση αφορά σε αποκολλήσεις τεμαχών από δύο θέσεις :

- Αποκόλληση τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 15tn, από το κατακόρυφο μέτωπο που βρίσκεται σε υψόμετρο 184μ περίπου, όπου εντοπίζονται ανοικτές ασυνέχειες και κατακόρυφα πρίσματα λάβας έτοιμα προς αποκόλληση (ανατροπή επίπεδη ολίσθηση). Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών διαμέσου της (παρακείμενης της προηγούμενης θέσης) μισγάγγειας που καλύπτεται από κορήματα, εντός της οποίας υπάρχουν δύο παλαιά λιθόκτιστα τοιχία, τα οποία χρειάζονται άμεσα επισκευή (Εικ. 6.26). Σε κάθε περίπτωση, επί του μετώπου των λαβών προτείνονται μέτρα ενίσχυσης, συνιστάμενα από αγκυρώσεις και τοπικά ελεγχόμενη χρήση ενέματος, δεδομένου ότι οι πιθανές καταπτώσεις θα μπορούσαν να επηρεάσουν και το υπερκείμενο κτίριο που βρίσκεται στο χείλος του μετώπου. Θα απαιτηθεί επίσης ενίσχυση των υφιστάμενων τοιχίων προστασίας έναντι υποσκαφής του μετώπου.
- Αποκόλληση τεμαχών Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ), από τον χαρακτηριστικό ορίζοντα που βρίσκεται κατάντη της μισγάγγειας, σε υψόμετρο περί τα 58μ. Ο σχηματισμός διατέμνεται από ανοικτές, κατακόρυφες ασυνέχειες, που σχηματίζουν τεμάχη προς αποκόλληση (ανατροπή) μέγιστου εκτιμώμενου βάρους έως 6tn.


Εικ. 6.26 Πιθανές θέσεις αποκόλλησης στην περιοχή της τομής Τ8 (κόκκινα βέλη). Διακρίνονται τα δύο παλαιά λιθόκτιστα τοιχία στην περιοχή της μισγάγγειας που χρειάζονται επισκευή.

Τομές Τ9 & Τ10

Στις τομές αυτές, διερευνάται το ενδεχόμενο επηρεασμού των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα, από πιθανές αποκολλήσεις στις θέσεις :

- Αποκόλληση τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 15tn, από το κατακόρυφο μέτωπο που βρίσκεται σε μέγιστο υψόμετρο 182μ περίπου, όπου εντοπίζονται ανοικτές ασυνέχειες και κατακόρυφα πρίσματα λάβας έτοιμα προς αποκόλληση (ανατροπή επίπεδη ολίσθηση). Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών διαμέσου του αυχένα (συνιστάμενου από πυροκλαστικά υλικά) (Εικ. 6.27). Σε κάθε περίπτωση, επί του μετώπου των λαβών προτείνονται μέτρα ενίσχυσης, συνιστάμενα από αγκυρώσεις και τοπικά ελεγχόμενη χρήση ενέματος, δεδομένου ότι οι πιθανές καταπτώσεις θα μπορούσαν να επηρεάσουν και το υπερκείμενο κτίριο που βρίσκεται στο χείλος του μετώπου. Θα απαιτηθεί επίσης ενίσχυση των υφιστάμενων τοιχίων προστασίας έναντι υποσκαφής του μετώπου
- Αποκόλληση τεμαχών Λάβας Σκάρου (ΛΣ), βάρους έως 6tn, από τα ανώτερα υψομετρικά σημεία του αυχένα (αμέσως κατάντη του μετώπου των λαβών Θηρασιάς). Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών διαμέσου του αυχένα προς τις εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα,
- Αποκόλληση τεμαχών Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ), από τον χαρακτηριστικό ορίζοντα που βρίσκεται κατάντη της μισγάγγειας, σε υψόμετρο περί τα 60μ. Ο σχηματισμός διατέμνεται από ανοικτές, κατακόρυφες ασυνέχειες, που σχηματίζουν τεμάχη προς αποκόλληση (ανατροπή) μέγιστου εκτιμώμενου βάρους έως 6tn.

Σημειώνεται η ύπαρξη λιθόκτιστου τοιχείου που «καλύπτει» τμήμα των πιθανών περιοχών «κατάληξης» των ογκοτεμαχίων. Το τοιχίο έχει μικρό ύψος και πάχος και θα απαιτηθεί ενίσχυσή του.



Εικ. 6.27 Πιθανές θέσεις αποκόλλησης (κόκκινα βέλη) στην περιοχή των τομών Τ9 & Τ10, επί των Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ), Σκάρου (ΛΣ) καθώς και από το σχηματισμό Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ). Η περιοχή πιθανού επηρεασμού επισημαίνεται με κίτρινα βέλη. Διακρίνεται το υφιστάμενο τοιχίο μικρού ύψους.

Τομές Τ11 & Τ12

Στις τομές αυτές διερευνάται η πορεία τεμαχών Λάβας κατά μήκος της κύριας μισγάγγειας της περιοχής μελέτης, στη βάση της οποίας υπάρχει τοίχος αντιστήριξης. Συγκεκριμένα, μελετώνται οι περιπτώσεις :

- Τομή ΤΙ1. Αποκόλληση τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 15tn, από το κατακόρυφο μέτωπο που βρίσκεται σε μέγιστο υψόμετρο 175μ περίπου, όπου εντοπίζονται ανοικτές ασυνέχειες και κατακόρυφα πρίσματα λάβας έτοιμα προς αποκόλληση (ανατροπή επίπεδη ολίσθηση). Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών επί των κορημάτων που καλύπτουν τη μισγάγγεια, καθώς και η ολική ενέργεια που έχουν στην περιοχή του υφιστάμενου τοίχου έτσι ώστε να εκτιμηθεί η επάρκειά του (Εικ. 6.28).
- Τομή Τ12. Αποκόλληση τεμαχών Λάβας Σκάρου (ΛΣ), βάρους έως 10tn, από την εμφάνιση του σχηματισμού στις νότιες παρειές της μισγάγγειας. Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών επί των κορημάτων που καλύπτουν τη μισγάγγεια (Εικ. 6.29), καθώς και η ολική ενέργεια που έχουν στην περιοχή του υφιστάμενου τοίχου έτσι ώστε να εκτιμηθεί η επάρκειά του.



Εικ. 6.28 Πιθανές θέσεις αποκόλλησης (κόκκινα βέλη) στην περιοχή των τομών Τ11 & Τ12, επί των Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ), Σκάρου (ΛΣ) αντίστοιχα. Διερεύνηση της πορείας τους εντός της μισγάγγειας (κίτρινη γραμμή).



Εικ. 6.29 Συσσωρευμένα τεμάχη μεγάλων διαστάσεων που αποκολλήθηκαν από το μέτωπο των Λαβών Σκάρου (ΛΣ). Το σύνολο των τεμαχών έχουν καταλήξει εντός της μισγάγγειας, ανάντη του τοίχου.

Τομή Τ13

Στην τομή αυτή, διερευνάται το ενδεχόμενο επηρεασμού των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα, από πιθανές αποκολλήσεις Πυροκλαστικών ή τεμαχών Μαύρης Κίσσηρης από το σχεδόν κατακόρυφο μέτωπο, ανάντη της περιοχής του κτιρίου Duty Free (**Εικ. 6.30**).

Στην περιοχή αυτή, σήμερα δεν υπάρχει κανένα μέτρο αναχαίτισης καταπτώσεων ή ενίσχυσης του πρανούς.



Εικ. 6.30. Απεικόνιση της περιοχής ανάντη του κτιρίου Duty Free, όπου εξετάζεται η πορεία των τεμαχών που πιθανόν να αποκολληθούν από τους Λατυποπαγείς Τόφφους (ΛΤ) ή τον ορίζοντα Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ) στο ανάντη πρανές.

Τομές Τ14 & Τ15

Στις τομές αυτές διερευνάται η πορεία τεμαχών Λάβας κατά μήκος της μισγάγγειας στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης.

Συγκεκριμένα, μελετώνται οι περιπτώσεις :

- Τομή Τ14. Αποκόλληση τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 15tn, από το κατακόρυφο μέτωπο που βρίσκεται σε μέγιστο υψόμετρο 175μ περίπου, όπου εντοπίζονται ανοικτές ασυνέχειες και κατακόρυφα πρίσματα λάβας έτοιμα προς αποκόλληση (ανατροπή επίπεδη ολίσθηση). Στην περιοχή αυτή, προτείνονται εκτεταμένες αγκυρώσεις και κατασκευή τοίχων υποστήριξης έναντι υποσκαφών για την ενίσχυση του πρανούς. Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών κπί των κορημάτων που καλύπτουν τη μισγάγγεια (Εικ. 6.31).
- Τομή Τ15. Αποκόλληση πολύ μεγάλων τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 25tn, από το κατακόρυφο μέτωπο, που βρίσκεται λίγο νοτιότερα, σε μέγιστο υψόμετρο 185μ περίπου, όπου εντοπίζονται ανοικτές ασυνέχειες και κατακόρυφα πρίσματα λάβας έτοιμα προς αποκόλληση (ανατροπή επίπεδη ολίσθηση). Στην περιοχή αυτή, προτείνονται εκτεταμένες αγκυρώσεις και κατασκευή τοίχων υποστήριξης έναντι υποσκαφών για την ενίσχυση του πρανούς. Στην ίδια διατομή εξετάζεται και η πιθανότητα αποκόλλησης τεμαχών από την εμφάνιση του σχηματισμού Ανώτερων Σκωριών (ΑΣ), στις νότιες παρειές της μισγάγγειας, σε υψόμετρο περί τα 120μ (Εικ. 6.32). Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών επί των κορημάτων που καλύπτουν τη μισγάγγεια και το ενδεχόμενο κατάληξης στην περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα.

Σημειώνεται ότι στο μέσον περίπου της μισγάγγειας υπάρχει παλαιό λιθόκτιστο τοιχίο ανάσχεσης, το οποίο έχει πλήρως επιχωθεί από φερτά υλικά και ογκολίθους και απαιτείται η επισκευή ενίσχυσή του.



Εικ. 6.31 Άποψη της μισγάγγειας, περίπου κατά τη διεύθυνση της τομής Τ14. Διακρίνονται οι υποσκαφές κατάντη του μετώπου των Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) καθώς και ο παλαιός λιθόκτιστος τοίχος ανάσχεσης.



Εικ. 6.32. Άποψη της ίδιας μισγάγγειας, από θέση ελαφρώς βορειότερα. Διακρίνονται τα συσσωρευμένα τεμάχη κατά μήκος του άξονα απορροής, οι Ανώτερες Σκωρίες (ΑΣ) και το εκτεταμένο μέτωπο χαλαρωμένης βραχομάζας Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) στα ανάντη (περιοχή τομής T15).

Τομἑς Τ16 & Τ17

Στις τομές αυτές, διερευνάται το ενδεχόμενο επηρεασμού του νότιου άκρου των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα, από πιθανές αποκολλήσεις στις θέσεις :

- Αποκόλληση πολύ μεγάλων τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 25tn, από το κατακόρυφο μέτωπο που βρίσκεται σε μέγιστο υψόμετρο 185μ περίπου, όπου εντοπίζονται ανοικτές ασυνέχειες και κατακόρυφα πρίσματα λάβας έτοιμα προς αποκόλληση (ανατροπή επίπεδη ολίσθηση (Εικ. 6.33)). Στην περιοχή αυτή, προτείνονται εκτεταμένες αγκυρώσεις και κατασκευή τοίχων υποστήριξης έναντι υποσκαφών για την ενίσχυση του πρανούς. Εξετάζεται η πορεία των τεμαχών προς δυτικά, επί των Λατυποπαγών Τόφφων που καλύπτουν το πρανές (Εικ. 6.34).
- Αποκόλληση τεμαχών από τον ορίζοντα Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ) που βρίσκεται στο μέσον περίπου του πρανούς (+78).

Τομή Τ18

Διερευνάται η αποκόλληση πολύ μεγάλων τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), βάρους έως 25tn, από το κατακόρυφο μέτωπο που βρίσκεται στο νότιο όριο της περιοχής έρευνας, σε μέγιστο υψόμετρο 185μ περίπου, και η πορεία τους προς τα κατάντη, διαμέσου των κορημάτων που καλύτπουν το πρανές (Εικ. 6.35).

Επιπρόσθετα, εξετάζεται αποκόλληση τεμάχους Λάβας, μάζας 6tn, από το "χείλος" της απότομης μετάπτωσης που παρατηρείται επί του πρανούς στο υψόμετρο (+62μ).

Τομἑς Τ19 & Τ20

Διερευνόνται οι τροχιές τεμαχών, βάρους 10tn που αποκολλώνται από το μέτωπο των Ρυοδακτικών Λαβών ακρωτηρίου «Αλωνάκι» σε υψόμετρο +60μ, ανάντη μεμονωμένης οικίας στο νότιο όριο της περιοχής έρευνας (Εικ. 6.35, Π6.36).



Εικ. 6.33 Άποψη της ιδιαίτερα χαλαρωμένης βραχομάζας Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ), στο νότιο τμήμα της περιοχής (υψομ.+185), όπου είναι πολύ πιθανόν να προκύψουν καταπτώσεις μεγάλων τεμαχών, οι οποίες θα διερευνηθούν στις περιπτώσεις των τομών T15, T16 και T17. Διακρίνονται τα πεσμένα ογκοτεμάχη που ισορροπούν οριακά στον πόδα του πρανούς.



Εικ. 6.34 Θέσεις αποκόλλησης τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ) και Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ), οι πορείες των οποίων διερευνώνται στα πλαίσια ανάλυσης καταπτώσεων στις τομές T16 & T17.



Εικ. 6.35 Διερεύνηση αποκόλλησης τεμαχών Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ) από το υψόμετρο +180, στο νότιο άκρο της περιοχής μελέτης (κόκκινο βέλος, τομή Τ18). Επιπρόσθετα, διερευνώνται αποκολλήσεις τεμαχών Ρυοδακτικών Λαβών (ΛΑ), στην περιοχή ανάντη της μεμονωμένης οικίας (μπλέ βέλη, τομές Τ19 & Τ20).



Εικ. 6.36 Άποψη του βραχώδους μετώπου των Ρυοδακιτικών Λαβών Ακρωτηρίου Αλωνάκι (ΛΑ), στο νότιο άκρο της περιοχής. Διακρίνονται ανοικτές ασυνέχειες και περιοχές δυνητικών αποκολλήσεων.

2. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

2.1. Παραδοχές - προσομοίωση καταπτώσεων

Προκειμένου να γίνουν έλεγχοι έναντι καταπτώσεων και προκειμένου αυτοί να οδηγήσουν σε αξιόπιστα αποτελέσματα για όλες τις τομές, πραγματοποιήθηκαν εκτεταμένες επιτόπου επισκέψεις όπου και επισημάνθηκαν τυχόν επισφαλή τεμάχη, το μέγεθος αυτών η θέση τους πάνω στο πρανές, ενώ - όπου αυτό ήταν δυνατό – προκλήθηκαν τεχνητές καταπτώσεις βραχωδών τεμαχών (μέσου βάρους 30 – 50kgr) με παρατήρηση των χαρακτηριστικών των τροχιών τους (διανυόμενη απόσταση, ύψος αναπήδησης, θέση τερματισμού κλπ) προκειμένου να βαθμονομηθούν οι γεωτεχνικές παράμετροι των τεχνικογεωλογικών σχηματισμών που αναπτύσσονται στο ανάπτυγμα του πρανούς της περιοχής μελέτης. Επισημαίνεται ότι, από τη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν εκτεταμένα περιστατικά καταπτώσεων βραχωδών τεμαχών σε ηφαιστειακά υλικά.

Αναφορικά με την προσομοίωση των καταπτώσεων σε πρόγραμμα Η/Υ, είναι απαραίτητο να αναφερθούν τα ακόλουθα:

- Η πραγματική κίνηση ενός τεμάχους βράχου από τη θέση εκκίνησης της αποκόλλησης αυτού μέχρι τη θέση που πρόκειται να σταματήσει, είναι τρισδιάστατη και δεν μπορεί να προσομοιαστεί με ακρίβεια, με μια τομή σε δύο διαστάσεις.
- Στην περιοχή Τελεφερίκ, οι δύο μισγάγγειες επί των οποίων αναπτύσσονται οι σχηματισμοί των κώνων κορημάτων συγκλίνουν στη βάση αυτού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα τεμάχη που αποκολλούνται από τα ανώτερα τμήματα του πρανούς να κινούνται προς τη βάση του πρανούς με παρέκκλιση από την αρχική τους πορεία.
- Μια άλλη ιδιαιτερότητα είναι οι μισγάγγειες που αναπτύσσονται εντός της κύριας μάζας των πυροκλαστικών, λόγω της διάβρωσης αυτών καθώς και λόγω τεκτονικών αιτιών. Όταν ένα τέμαχος αποκολληθεί από τα πρανή που αναπτύσσονται εκατέρωθεν κάποιας μισγάγγειας, αυτό οδηγείται άμεσα εντός αυτής και η κίνησή του ακολουθεί το πρανές των κορημάτων.

Για τους πιο πάνω λόγους, κρίθηκε σκόπιμο οι τομές που σχεδιάστηκαν να έχουν τρισδιάστατο χαρακτήρα, οριζόμενες ως τεθλασμένες ευθείες γραμμές αντί για ευθείες γραμμές. Επομένως, έγινε προσπάθεια να απεικονιστεί η πραγματική κίνηση ενός τεμάχους στο χώρο με τη ανάλυση των καταπτώσεων σε Η/Υ με τη χρήση τεθλασμένων τομών που αντιστοιχούν, όσο το δυνατό, στη κίνηση αυτή.

Το κριτήρια για τον προσδιορισμό της κίνησης των τεμαχών βασίζεται, κατά κύριο λόγο, στις αλλαγές τις μορφολογίας των επιμέρους τμημάτων των πρανών των τομών.

Στον Πίνακα 6.1 δίνονται τα υψόμετρα από τα οποία θεωρήθηκε η πιθανότερη αποκόλληση τεμάχους, με βάση όσα ελέχθησαν, για κάθε τομή χωριστά.

Διατομή	Συνολικό ύψος πρανούς (m)	Θἑσεις εκκίνησης καταπτώσεων ογκοτεμαχίων
А-(В-Г-Δ-Е-М-N)-Z	240.0	+225.0
Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ	250.0	+228.0
Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι	180.0	+160.0
А-(В-Г-Δ-Е)-Н	200.0	+170.0
А-(В-Г-∧)-∃	230.0	+200.0
А-(В-Г-Л)-О	210.0	+190.0
A-B-K	110.0	+90.0
T1-T2-T3	200.0	+196.0
T4	190.0	+186.0
T5-T6-T7	160.0	+153.0, +58.0
T8	186.0	+184.0, +60.0
Т9	184.0	+180.0, +58.0
T10	184.0	+182.0, +143.0, +65.0
TII	176.0	+175.0
T12	130.0	+129.0
T13	100.0	+96.0, +79.0
T14	178.0	+175.0, +70.0
T15	176.0	+173.0, +123.0
T16	178.0	+176.0, +80.0
T17	179.0	+176.0
T18	180.0	+179.0, +65.0
T19	58.0	+57.0
T20	60.5	+60.0

Πίνακας 6.1: Θέση εκκίνησης καταπτώσεων τεμαχών στις διατομές αναλύσεων.

Οι αναλύσεις διενεργήθηκαν με χρήση του προγράμματος RocFall της εταιρίας Rocscience Ltd. Τα δεδομένα που υπεισέρχονται στην ανάλυση είναι τα εξής:

- Η γεωμετρία του αναγλύφου προέκυψε από τις αντιπροσωπευτικές τομές που επελέγησαν σε σχέση με τις περιοχές που χαρακτηρίζονται δυνητικά ως ασταθείς.
- Τα τεχνικο-γεωλογικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών που εντοπίζονται επιφανειακά και συνιστούν το ανάγλυφο. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή έχουν διακριθεί σε επιμέρους ενότητες, όπως παρουσιάζεται παρακάτω, για τις οποίες έχουν προσδιορισθεί αντίστοιχες χαρακτηριστικές τιμές σχεδιασμού, σε συνδυασμό και με την ύπαρξη ή μη βλάστησης επί του φυσικού αναγλύφου.
- Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν το ανάγλυφο, όπως είναι η γωνία τριβής του υλικού φ, ο κατακόρυφος και ο εφαπτομενικός συντελεστής αναπήδησης Rn και Rt αντίστοιχα (φυσικό και γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό) και η τυπική απόκλιση των τιμών αυτών.
- Οι θέσεις και τα χαρακτηριστικά των επισφαλών όγκων που μπορούν να οριστούν στην ανάλυση από ένα σημείο που υποδηλώνει τις πιθανές θέσεις αποκόλλησης του συγκεκριμένου όγκου.
- Τα χαρακτηριστικά αυτών των όγκων, όπως είναι το βάρος τους B(kg) =Όγκος (m³) * γ (kN/m³), οι αρχικές ταχύτητες κατά την αποκόλληση (οριζόντια και κατακόρυφη) και οι τυπικές αποκλίσεις αυτών των τιμών.

Οι περιπτώσεις καταπτώσεων που εξετάστηκαν είναι οι ακόλουθες:

- Αποκόλλησης τεμάχους βράχου από την άκρη του πρανούς και πτώση του χωρίς αρχική ταχύτητα (στατική φόρτιση).
- Αποκόλλησης ογκοτεμαχίου από την άκρη του πρανούς και πτώση του με αρχική ταχύτητα (σεισμική φόρτιση).

2.2. Παράμετροι υπολογισμών

Μέγεθος επισφαλών ογκοτεμαχίων

Το μέγεθος των επισφαλών ογκοτεμαχών δεν είναι σε όλη την έκταση του πρανούς το ίδιο, καθώς εξαρτάται πρωτίστως από το γεωλογικό-τεχνικογεωλογικό χαρακτήρα των σχηματισμών. Σε γενικές γραμμές ισχύει ότι:

- Στο σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) τα τεμάχη που διαμορφώνονται έχουν σημαντικά μεγαλύτερο όγκο καθώς η απόσταση των κατακόρυφων ασυνεχειών, αλλά και η κατακόρυφη απόσταση των επιπέδων της στρώσης όπου γίνεται η υποσκαφή των πρανών, είναι αυτές που διαμορφώνουν το μέγεθος τους.
- Στο σχηματισμό της Βασαλτικής Ανδεσιτικής Λάβας Σκάρου (ΛΣ) τα τεμάχη που διαμορφώνονται είναι μικρότερα καθώς η απόσταση των κατακόρυφων ασυνεχειών και των επιπέδων της στρώσης είναι της τάξης των 4 μ.
- Στο σχηματισμό των Εστρωμένων και Λατυποπαγών Τόφφων (ΕΤ και ΛΤ) τα τεμάχη δεν ξεπερνούν το 1 m³ καθώς έχουν αδρομερή σύσταση και λιγότερο δομή βραχόμαζας.

Το μέγιστο πιθανό βάρος των τεμαχών που ενδέχεται να αποκολληθούν από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) εκτιμήθηκε σε 77 th ενώ αντίστοιχα αυτά του σχηματισμού των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών (ΛΣ) εκτιμήθηκαν σε 33 th. Τα τεμάχη των Λατυποπαγών Τόφφων είναι 5 th και έχουν σημαντικά μικρότερο μέγεθος. Δεδομένου ότι το ρεαλιστικό βάρος των δυνητικών τεμαχών που ενδέχεται να αποκολληθούν από τις διάφορες θέσεις είναι αρκετά μικρότερο από το μέγιστο, λόγω σπασίματος του αρχικού τεμάχους κατά την πορεία του σε μικρότερα τεμάχια και λόγω της αβεβαιότητας των μετρήσεων των αποστάσεων των ασυνεχειών που διαμορφώνουν τα τεμάχη στα ανώτερα τμήματα των πρανών, λαμβάνεται υπόψη ως βάρος σχεδιασμού το 1/3 του μέγιστου βάρους για τη διενέργεια των αναλύσεων.

Στον Πίνακα 6.2. δίνονται συγκεντρωτικά οι παραδοχές των μεγεθών των τεμαχών για κάθε διατομή.

				Bάρος (tn)		
Τομή	Γεωλογικός Σχηματισμός	Υψόμετρο εκκίνησης	Όγκος (m³) (υ*μ*π)	Μἑγιστο	Παραδοχή για την ανάλυση	
А-(В-Г-Δ-Е-М-N)-Z	۸Θ	+225.0m	6*2*2	52	15	
Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ	٨Θ	+228.0	6*2*2	52	15	
Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι	٨Σ	+160.0	4 * 2 * 1	17.6	6	
А-(В-Г-Δ-Е)-Н	٨Σ	+170.0	5*3*1	33	10	
А-(В-Г-∧)-∃	٨Θ	+200.0	4 * 2 * 1	17.6	6	
А-(В-Г-Л)-О	٨Θ	+190.0	5*3*1	33	10	
A-B-K	۸T	+90.0	1 * 1.5 * 1.5	4.9	2	
T1-T2-T3	٨Θ	+196.0	6*2*2	52	15	
T4	٨Θ	+186.0	6*2*2	52	15	
T5-T6-T7	٨Σ	+153.0	4 * 2 * 1	17.6	6	

Πινακάς 6.2	Χαρακτηριστικά	πίπτωντων	τεμαχών στις	διατομές	αναλύσεων.
-					

	МК	+58.0	4 * 2 * 1	17.6	6
то	٨Θ	+184.0	6*2*2	52	15
18	МК	+60.0	4 * 2 * 1	17.6	6
TO	٨Θ	+180.0	6*2*2	52	15
19	МК	+58.0	4 * 2 * 1	17.6	6
	٨Θ	+182.0	6*2*2	52	15
T10	٨Σ	+143.0	4 * 2 * 1	17.6	6
	МК	+65.0	4 * 2 * 1	17.6	6
ТП	٨Θ	+175.0	6*2*2	52	15
T12	٨Σ	+129.0	5*3*1	33	10
	۸T	+96.0	1 * 1.5 * 1.5	4.9	2
113	МК	+79.0	4 * 2 * 1	17.6	6
T14	٨Θ	+175.0	6*2*2	52	15
TIC	٨Θ	+173.0	6*3*2	77	25
115	AΣ	+123.0	4 * 2 * 1	17.6	6
T1 /	٨Θ	+176.0	6*3*2	77	25
110	МК	+80.0	4 * 2 * 1	17.6	6
T17	٨K	+176.0	6*3*2	77	25
T10	٨Θ	+179.0	6*3*2	77	25
118	٨A	+65.0	4 * 2 * 1	17.6	6
T19	٨A	+57.0	5 * 3 * 1	33	10
T20	٨A	+60.0	5 * 3 * 1	33	10

Παράμετροι που χαρακτηρίζουν το ανάγλυφο

Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν το ανάγλυφο είναι:

- Η γωνία τριβής φ του γεωλογικού σχηματισμού, ο κατακόρυφος και ο εφαπτομενικός συντελεστής του υλικού Rn και Rt αντίστοιχα (φυσικό και γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό) και η τυπική απόκλιση των τιμών αυτών.
- Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής που εξετάστηκαν οι πιθανές καταπτώσεις διακρίνονται στις ακόλουθες τεχνικο-γεωλογικές ενότητες:

- i. Σχηματισμοί Ανώτερων Τόφφων (ΑΤ), Εστρωμένων Τόφφων (ΕΤ), των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ), Ανώτερων Σκωριών (ΑΣ), Κατώτερης Κίσσηρης (ΚΚ) και Τόφφων Ακρωτηρίου Θέρμα (ΘΤ) (ΤΕ2, βλ. Κεφ5). Στα φύλλα των αναλύσεων, η ενότητα επισημαίνεται ως "Pyroklastic".
- ii. Σχηματισμός της Βασάλτικής Ανδεσιτικής Λάβας Σκάρου (ΛΣ) και της Ρυοδακιτικής Λάβας Θηρασιάς (ΛΘ), της Λάβας Ακρωτηρίου «Αλωνάκι» (ΛΑ), του συμπαγή Ιγκνιμπρίτη Θήρας (ΙΓΚΝΘ) και της Μαύρης Κίσσηρης (ΜΚ) (ΤΕ3, βλ. Κεφ5). Στα φύλλα των αναλύσεων, η ενότητα επισημαίνεται ως "Lava".
- Επιπλέον υπάρχει η Ζώνη Ανάπτυξης Κορημάτων (TSC) ενώ οι τοίχοι αντιστήριξης προσομοιώνονται με ασφαλτικό υλικό.

Η διάκριση των τεχνικο-γεωλογικών ενοτήτων και οι παράμετροι σχεδιασμού παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3.

a/a	Псовударь	Γωνία		κατακόρυφος συντελεστής Rn		εφαπτομενικός συντελεστής Rt	
u/u	α/α περιγραφη		φ	Μἑση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μἑση τιμή	Τυπική απόκλιση
	Ανώτεροι Τόφφοι	AT					
	Εστρωμένοι Τόφφοι	ET					
	Λατυποπαγείς Τόφφοι	۸T		0.20			0.04
1	Ανώτερες Σκωρίες	AΣ	24		0.04	0.70	
	Κατώτερη Κίσσηρη	КК					
	Τόφφοι Ακρωτηρίου Θέρμα	ΘΤ					
	Βασαλτική Ανδεσιτική Λάβα	٨Σ					
	Ρυοδακιτική Λάβα	۸Θ		0.30	0.04	0.75	0.04
2	Λάβα Ακρωτηρίου «Αλωνάκι»	٨A	30				
	Ιγκνιμπρίτης Θήρας	ΙΓΚΘ					
	Μαύρη Κίσσηρη ΜΚ						
3	Πλευρικά Κορήματα	TSC (Talus)	30	0.32	0.04	0.82	0.04
4	Ασφαλτικό Υλικό	B (Asphalt)	30	0.40	0.04	0.90	0.04

Πίνακας 6.3. Παράμετροι σχεδιασμού των γεωλογικών σχηματισμών για τις αναλύσεις.

Οι τιμές των συντελεστών Rn και Rt, αναφέρονται στο Εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος Rockfall για τις ενότητες TSC και B. Οι τιμές των συντελεστών Rn και Rt, για τις υπόλοιπες δύο ενότητες, έχουν προκύψει σε συνδυασμό με την αναζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία, όπου αυτές ήταν διαθέσιμες (Budetta & Santo, 1994).

Η τιμή σχεδιασμού της οριζόντιας ταχύτητας των επισφαλών όγκων εκτιμάται σύμφωνα με τις αρχές της κλασικής μηχανικής. Ειδικότερα, σύμφωνα με τις εν λόγω αρχές κάθε φορά που ενεργεί μια δύναμη σε ένα σώμα παράγεται έργο που υπολογίζεται από τη σχέση:

$W = F * s \tag{1}$

Όπου

W: το παραγόμενο έργο

F: η δύναμη που ασκείται στο σώμα

s: η μετακίνηση του σώματος

Επίσης, κάθε φορά που παράγεται έργο έχουμε δαπάνη ενέργειας ίσης με το παραγόμενο έργο. Η μετακίνηση του σώματος, συνεπάγεται την ύπαρξη ταχύτητας και συνεπώς κινητικής ενέργειας, το μέτρο της οποίας δίνεται από τον ακόλουθο τύπο και ισοδυναμεί με το παραγόμενο έργο. Άρα έχουμε:

$$E_{\kappa\iota\nu} = W = \frac{1}{2}m \cdot \upsilon^2$$
 (2)

όπου

Εκιν : η κινητική ενέργεια

m: η μάζα του σώματος

υ: η ταχύτητα του σώματος

Από τις σχέσεις (1), (2) προκύπτει ότι

$$\mathbf{m} \cdot \mathbf{\gamma} \cdot \mathbf{s} = \frac{1}{2} \mathbf{m} \cdot \upsilon^2 \Longrightarrow \upsilon = \sqrt{2 \cdot \mathbf{\gamma} \cdot \mathbf{s}}$$
 (3)

Η επιτάχυνση γ θεωρείται ίση με τη σεισμική επιτάχυνση γ = 0.30 g.

Θεωρώντας ότι προκειμένου να προκληθεί απόσπαση επισφαλούς όγκου θα πρέπει να συμβεί μετακίνηση s = 0.05 m υπολογίζεται από την ανωτέρω σχέση ότι η αντίστοιχη ταχύτητα είναι θα είναι 0.55 m/sec.

Στις αναλύσεις θεωρήθηκε οριζόντια ταχύτητα αποκόλλησης 0.55 m/sec ενώ η τιμή σχεδιασμού της κατακόρυφης ταχύτητας λαμβάνεται ίση με 0 m/sec.

Στις αναλύσεις θεωρήθηκε, ότι οι όγκοι που ολισθαίνουν, κινούνται με γωνιακή ταχύτητα, δηλαδή έχουν τη δυνατότητα να κυλούν κατά την κίνηση τους πάνω στο διαμορφωμένο έδαφος (αναβαθμούς, πρανές) ενώ η αρχική γωνιακή ταχύτητα είναι ίση με 0 rad/sec, δεδομένου ότι η κατάπτωση ενός ογκοτεμαχίου ξεκινά χωρίς περιστροφική μετακίνηση αλλά την αποκτά κατά την τροχιά του.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Οι αναλύσεις που παρουσιάζονται στο παράρτημα Β αφορούν καταπτώσεις τεμαχών που προκύπτουν σε συνθήκες στατικής φόρτισης (χωρίς αρχική ταχύτητα) ή μετά από σεισμική διέγερση (με αρχική ταχύτητα), όπως ακριβώς περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο.

Αναφορικά με το σύστημα συγκράτησης πτώσεων βράχων που προσομοιώθηκε στις αναλύσεις, θεωρήθηκε ότι αυτό χαρακτηρίζεται από ελαστική συμπεριφορά για μεγέθη αναπτυσσόμενης ενέργειας έως 90% της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας του συστήματος που προσομοιώνεται. Για την εν λόγω συμπεριφορά του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων και προκειμένου να προσδιοριστεί η τροχιά των επισφαλών όγκων βραχόμαζας που προσκρούουν επί του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές αναπήδησης Rn=0.9 και Rt=0.9.

Από τα στοιχεία της ανάλυσης προσδιορίζεται η κινητική ενέργεια που αναπτύσσεται επί του συστήματος συγκράτησης και το αντίστοιχο ύψος πρόσκρουσης των επισφαλών όγκων και με βάση τα αποτελέσματα αυτά, καθορίζονται τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Έτσι προσδιορίζεται η απαιτούμενη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας του συστήματος και το αντίστοιχο ύψος του, βάσει του μεγέθους της αθροιστικής πιθανότητας κάλυψης του φαινομένου (που λαμβάνεται ίση με 95%). Ο υπολογισμός αυτός έγινε για τις περισσότερες από τις διατομές που εξετάστηκαν, «καλύπτοντας» τις πλέον δυσμενείς συνθήκες.

Πρέπει να τονιστεί, ότι η ανάγκη κατασκευής συστήματος συγκράτησης πτώσεων βράχων θα προκύψει, από το αν τα τεμάχη που πέφτουν μπορεί να επηρεάζουν τα έργα του Τελεφερίκ ή τις εγκαταστάσεις του Παλαιού Λιμένα π.χ., αν μπορεί να πλησιάσουν στη βάση του πρανούς και να αποτελέσουν κίνδυνο για τις εκεί κατασκευές (εγκαταστάσεις Τελεφερίκ, σπίτια).

Τονίζεται ότι η θέση των τοίχων αντιστήριξης κορημάτων στις επιμέρους διατομές προσδιορίστηκε από το Σχέδιο της οριζοντιογραφίας, ενώ το ύψος τους εκτιμήθηκε επί τόπου και από τη φωτογραφική τεκμηρίωση. Στις αναλύσεις θεωρήθηκε ότι το ύψος του φρυδιού του εκάστοτε τοίχου είναι μηδενικό για λόγους ασφαλείας δεδομένου ότι σε κάποιες θέσεις μπορεί να έχει υποστεί ζημιές και να μην είναι αποτελεσματικό. Γενικά, αυτό έχει μικρό ύψος της τάξης του 0.5 μέτρου.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αναλυτικά οι αναλύσεις για κάθε τομή. Τα αναλυτικά φύλλα υπολογισμών παρατίθενται στο σχετικό Παράρτημα Β.

Τα ίχνη, των τομών, απεικονίζονται στο συνημμένο χάρτη Προτεινόμενων Έργων.

Тоµἡ А-(В-Г-Δ-Е-М-N)-Ζ

Στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +225.0m τεμαχών βάρους 15000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.37
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +225.0m τεμαχών βάρους 15000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.38



Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-N)-Ζ.

Εικ. 6. 37 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.38 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ με σεισμό.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 3 και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Χαρακτηριστικό είναι ότι ακόμα και αν τα τεμάχη υπερπηδήσουν τον τοίχο αντιστήριξης 1 και έπειτα τον 2 (που στις αναλύσεις επετράπη λόγω του μηδενικού ύψους της στέψης των τοίχων), τελικά σταματούν την κίνηση τους ανάντη του τοίχου 3. Η θράυση του τοίχου 1 στον άξονα της μισγάγγειας (Εικ. 6.4) συνδέεται σαφώς με την πρόσκρουση και υπερπήδηση αυτού από μεγάλο τέμαχος βράχου (βάρους παρόμοιου με αυτό της ανάλυσης), γεγονός που επαληθεύεται και από την προσομοίωση στην τομή αυτή. Ακόμα, πρέπει να τονιστεί ότι η ολική κινητική ενέργεια πρόσκρουσης στο σημείο εκείνο, για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης, ανέρχεται σε 508 kJ, ικανή να προκαλέσει αστοχία του τοίχου αντιστήριξης.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας είναι ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 61 kJ (με τυπική απόκλιση 14 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ακοιδάζεται και στα ιστογράμματα της Εικ. 6.39. Παρατηρείται επομένως πολύ μεγάλη διαφορά ανάλογα με τις συνθήκες φόρτισης.

Σε γενικές γραμμές μπορεί να πει κανείς, οι κύριοι παράγοντες που συντελούν στην απορρόφηση της ενέργειας κατά μήκος της τροχιάς των βράχων είναι:

- Η κλίση του πρανούς στο τμήμα όπου αναπτύσσονται τα κορήματα (περίπου 40° ανάντη του τοίχου 1 και ανάμεσα στον τοίχο 1 και 2, ενώ μειώνεται σε 35° κατάντη του τοίχου 2)
- Οι γεωτεχνικές ιδιότητες των κορημάτων, καθώς αυτά λειτουργούν, πολύ αποτελεσματικά, ως «απορροφητήρας» της κινητικής ενέργειας των τεμαχών πριν καταλήξουν στη βάση του πρανούς
- Η απόσταση στην οποία έχουν κατασκευαστεί τα τοιχία είναι η βέλτιστη από άποψη μείωσης της κινητικής ενέργειας των τεμαχών βράχου αλλά και ελέγχου της τροχιάς αυτών.

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.4 και 6.15, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου 3 παρατηρείται πληθώρα από τεμάχη που έχουν συσσωρευτεί εκεί. Όπως παρουσιάζεται παρακάτω, η τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων μπορεί χρησιμοποιηθεί μόνο σαν επιπρόσθετο μέτρο προστασίας για την ανάσχεση των όποιων καταπτώσεων, από τα ανώτερα τμήματα του πρανούς, από μεγαλύτερο υψόμετρο έτσι ώστε αυτά να μην καταλήγουν κοντά στον τοίχο 3.

Ακόμα συμπεραίνεται, ότι οι καταπτώσεις βράχων από τα ανώτερα τμήματα του πρανούς στη μισγάγγεια δυτικά του Τελεφερίκ δεν επηρεάζουν τα έργα αυτού (πυλώνες).



Total Kinetic Energy on Collector001

Total Kinetic Energy on Collector001



Εικ. 6.39 Ιστογράμματα κατανομής ολικής κινητικής ενέργειας στο υψόμετρο 100 μ. στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ α) χωρίς σεισμό, και β) με σεισμό.

Τομἡ Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-N)-Θ

Στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανἁλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +228.0m τεμαχών βάρους 15000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.40
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +228.0m τεμαχών βάρους 15000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.41

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ είναι παρεμφερή με αυτά της τομής Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ. Τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 3 και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Γενικά, ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις που αναφέρθηκαν και στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Ζ.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας είναι ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 468 kJ (με τυπική απόκλιση 110 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ίση με 442 kJ (με τυπική απόκλιση 115 kJ). Είναι αξιοσημείωτο, ότι η κινητική ενέργεια στη θέση του «συλλεκτήρα πληροφορίας» στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ελαφρά μικρότερη από αυτή σε στατικές συνθήκες.

Στην Εικ. 6.42 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ και στην Εικ. 6.43 η μεταβολή του ύψους αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής.

Το ύψος αναπήδησης στο τμήμα κατάντη των τοίχων 1 και 2 είναι μηδενικό καθώς ο τύπος κίνησης των τεμαχών είναι κύλιση (λόγω της μικρής κλίσης του πρανούς των κορημάτων - 35°) και η μόνη αναπήδηση συμβαίνει στις θέσεις όπου τα τεμάχη πέφτουν από τα τοιχία στο κατάντη πρανές.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού κρίνεται ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε απόλυτο υψόμετρο 100 μ. περίπου.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6. 40 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.41 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ με σεισμό.



Total Kinetic Energy Envelope

Εικ. 6.42 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ.



Bounce Height Envelope

Εικ. 6.43 Μεταβολή του ύψους αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.44) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 620 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων ίση με 750 kJ, με σύστημα φρεναρίσματος. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.45 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση του συστήματος ανάσχεσης ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 μ. Το ύψος του συστήματος είναι 2 μ.



Εικ. 6.44 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Α-(B-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ.



Εικ. 6.45 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ-Ν)-Θ με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων

Τομἡ A-(B-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι

Στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +160.0m τεμαχών βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6 .46
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +160.0m τεμαχών βάρους 6000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.47

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50 μ. και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας είναι ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 145 kJ (με τυπική απόκλιση 43 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ίση με 138 kJ (με τυπική απόκλιση 45 kJ).

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.4, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου 3 παρατηρείται πληθώρα από τεμάχη που έχουν συσσωρευτεί εκεί. Όπως αναφέρθηκε, η τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων μπορεί χρησιμοποιηθεί μόνο σαν επιπρόσθετο μέτρο προστασίας για την ανάσχεση των όποιων καταπτώσεων.

Ακόμα συμπεραίνεται, ότι οι καταπτώσεις βράχων από τα μεσαία τμήματα του πρανούς (απόλυτο υψόμετρο 160 μ.) στη μισγάγγεια, δυτικά του Τελεφερίκ, δεν επηρεάζουν τα έργα αυτού.



Εικ. 6. 46 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.47 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε-Μ)-Ι με σεισμό.

Τομἡ A-(B-Γ-Δ-Ε)-Η

Στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +170.0m τεμαχών βάρους 10000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.48
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +170.0m τεμαχών βάρους 10000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.49

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών Σκάρου (ΛΣ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50 μ. και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας είναι ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 188 kJ (με τυπική απόκλιση 50 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ίση με 198 kJ (με τυπική απόκλιση 63 kJ).

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.4, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου 3 παρατηρείται πληθώρα από τεμάχη που έχουν συσσωρευτεί εκεί. Όπως αναφέρθηκε, η τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων μπορεί χρησιμοποιηθεί μόνο σαν επιπρόσθετο μέτρο προστασίας για την ανάσχεση των όποιων καταπτώσεων.

Ακόμα συμπεραίνεται, ότι οι καταπτώσεις βράχων από τα μεσαία τμήματα του πρανούς (απόλυτο υψόμετρο 170 μ.) στη μισγάγγεια, δυτικά του Τελεφερίκ, δεν επηρεάζουν τα έργα



Εικ. 6. 48 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.49 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Δ-Ε)-Η με σεισμό.

Τομή Α-(**Β-Γ-Λ)-Ξ**

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἀσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +200.0m τεμαχών βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.50
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +200.0m τεμαχών βάρους 6000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6 .51

Στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50 μ. και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας είναι ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 210 kJ (με τυπική απόκλιση 47 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ίση με 204 kJ (με τυπική απόκλιση 45 kJ) **Εικ. 6.52**.

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, όπως φαίνεται στην Εικ. 6.15, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου 3 παρατηρείται πληθώρα από τεμάχη που έχουν συσσωρευτεί εκεί. Όπως αναφέρθηκε, η τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων μπορεί χρησιμοποιηθεί μόνο σαν επιπρόσθετο μέτρο προστασίας για την ανάσχεση των όποιων καταπτώσεων.

Ακόμα συμπεραίνεται, ότι οι καταπτώσεις βράχων από τα ανώτερα τμήματα του πρανούς (απόλυτο υψόμετρο 200 μ.) στο δυτικό πρανές του Τελεφερίκ δεν επηρεάζουν τα έργα και τις κατασκευές στη βάση του πρανούς.



Εικ. 6. 50 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.51 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ με σεισμό.



Total Kinetic Energy on Collector001

Total Kinetic Energy on Collector001



Εικ. 6.52 Ιστογράμματα κατανομής ολικής κινητικής ενέργειας στο υψόμετρο 100 μ. στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ α) χωρίς σεισμό, και β) με σεισμό.

Τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +190.0m τεμαχών βάρους 10000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.53
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +190.0m τεμαχών βάρους 10000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 3 σε υψόμετρο 50.0m	OXI	Еік. 6.54

Στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο είναι παρεμφερή με αυτά της τομής Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ. Τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς (ΛΘ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 3 και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Γενικά, ισχύουν οι ίδιες παρατηρήσεις που αναφέρθηκαν και στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ξ.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας είναι ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 372 kJ (με τυπική απόκλιση 75 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτιση με 383 kJ (με τυπική απόκλιση 75 kJ).

Στην Εικ. 6.55 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο και στην Εικ. 6.56 η μεταβολή του ύψους αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής.

Το ύψος αναπήδησης στο τμήμα κατάντη των τοίχων 1 και 2 είναι μηδενικό καθώς ο τύπος κίνησης των τεμαχών είναι κύλιση (λόγω της μικρής κλίσης του πρανούς των κορημάτων - 35°) και η μόνη αναπήδηση συμβαίνει στις θέσεις όπου τα τεμάχη πέφτουν από τα τοιχία στο κατάντη πρανές.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού κρίνεται ακριβώς ανάντη του τοίχου 2 σε απόλυτο υψόμετρο 100 μ. περίπου.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6. 53 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.54 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο με σεισμό.



Total Kinetic Energy Envelope



Εικ. 6.55 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο.



Bounce Height Envelope

Εικ. 6.56 Μεταβολή του ύψους αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής Α-(Β-Γ-Λ)-Ο.
Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.57) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 500 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων ίση με 750 kJ, με σύστημα φρεναρίσματος. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.58 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση του συστήματος ανάσχεσης ανάντη του τοίχου 2 σε υψόμετρο 100 μ. Το ύψος του συστήματος είναι 2 μ.



Εικ. 6.57 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο.



Εικ. 6.58 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-(Β-Γ-Λ)-Ο με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομή Α-Β-Κ

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +90.0m τεμαχών βάρους 2000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 4 σε υψόμετρο 46.0m	OXI	Еік. 6.59
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +90.0m τεμαχών βάρους 2000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 4 σε υψόμετρο 46.0m	OXI	Еік. 6.60

Στην τομή Α-Β-Κ εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Α-Β-Κ.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή A-B-I, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ) καταλήγουν ανάντη του τοίχου 4 σε υψόμετρο 46 μ. και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο.

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου 4 παρατηρείται συσσώρευση τεμαχών.

Συμπεραίνεται επομένως, ότι οι καταπτώσεις βράχων από τα χαμηλά τμήματα του πρανούς, από το σχηματισμό των Λατυποπαγών Τόφφων (ΛΤ), από απόλυτο υψόμετρο 90 μ. στο ανατολικό πρανές του Τελεφερίκ, δεν επηρεάζουν τις κατασκευές στη βάση του πρανούς.



Εικ. 6. 59 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-Β-Κ χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.60 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Α-Β-Κ με σεισμό.

Τομἡ Τ1-Τ2-Τ3

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +196m τεμαχών Λάβας βάρους 15000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων επί του μονοπατιού	NAI	Ек. 6.61
	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων επί του μονοπατιού	NAI	Ек. 6.62

Στην τομή Τ1-Τ2-Τ3 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ1-Τ2-Τ3.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας βρίσκεται σε μικρή απόσταση ανάντη του μονοπατιού, σε υψόμετρο 100 m. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 149 kJ (με τυπική απόκλιση 35 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ίση με 157 kJ (με τυπική απόκλιση 33 kJ).

Στην Εικ. 6.63 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ1-Τ2-Τ3. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.64) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 205 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ελάχιστη ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων ίση με 205kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.65 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση του συστήματος ανάσχεσης ανάντη του μονοπατιού, σε υψόμετρο 100 μ. Το ύψος του συστήματος είναι 2 μ.



Εικ. 6. 61 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή ΤΙ-Τ2-Τ3 χωρίς σεισμό.



Εικ. 6. 62 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ1-Τ2-Τ3 με σεισμό.



Εικ. 6.63 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή ΤΙ-Τ2-Τ3.



Εικ. 6.64 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ1-Τ2-Τ3.



Εικ. 6.65 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ1-Τ2-Τ3 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομἡ Τ4

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων επί του μονοπατιού	NAI	Еік. 6.66
τεμαχών Λάβας βάρους 15000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων επί του μονοπατιού	NAI	Еік. 6.67

Στην τομή Τ4 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ4.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι μικρότερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας βρίσκεται σε υψόμετρο 158μ περίπου, όπου υπάρχει μικρού ύψους λιθόκτιστο τοιχίο. σε απόσταση 30μ ανάντη του μονοπατιού. Η μέση κινητική ενέργεια στη θέση αυτή στην περίπτωση χωρίς σεισμό είναι ίση με 52 kJ (με τυπική απόκλιση 18 kJ), ενώ για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ίση με 39 kJ (με τυπική απόκλιση 9,5 kJ).

Στην Εικ. 6.68 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ4. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 1,0m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.69) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 107 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 100kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.70 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση του συστήματος ανάσχεσης ανάντη του μονοπατιού, σε υψόμετρο 100 μ. Το ύψος του συστήματος είναι 2 μ.



Εικ. 6. 66 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ4 χωρίς σεισμό.



Εικ. 6. 67 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ4 με σεισμό.



Εικ. 6.68 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ1-Τ2-Τ3.



Εικ. 6.69 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ4.



Εικ. 6.70 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ4 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομή Τ5-**Τ6-Τ7**

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἁσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +153m	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη υφιστάμενου τοίχου	OXI	Еік. 6.71
τεμαχων Λάβας Σκάρου, βάρους 6000kgr	0.55		OXI	Еік. 6.72
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +58m	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων κατάντη	NAI	Еік. 6.73
τεμαχών μαύρης κίσσηρης, βάρους 6000kgr	0.55	μονοπατιού, πλησίον κτισμάτων	NAI	Еік. 6.74

Στην τομή Τ5-Τ6-Τ7 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ5-Τ6-Τ7.

Στην πρώτη υποπερίπτωση (αποκόλληση λαβών σκάρου από το υψόμετρο +153), τα ογκοτεμάχια καταλήγουν σε μικρή απόσταση ανάντη του υφιστάμενου, παλαιού, λιθόκτιστου τοιχείου, το οποίο έχει υποστεί φθορά. Οι υπολογισμοί επιβεβαιώνονται από τις παρατηρήσεις υπαίθρου, αφού στην περιοχή κατάντη του τοίχου, δεν εντοπίζονται τεμάχη λάβας σκάρου. Αντιθέτως εντοπίζονται μεγάλα τεμάχη μαύρης κίσσηρης, αποκολλημένα από τον χαρακτηριστικό ορίζονται που εντοπίζεται κατάντη του τοίχου. Σε κάθε περίπτωση, θα απαιτηθεί επισκευή του υφιστάμενου τοίχου ή κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από σκυρόδεμα, όπως έχει ήδη γίνει στην αμέσως νοτιότερη μισγάγγεια.

Στη δεύτερη υποπερίπτωση, εξετάστηκε αποκόλληση τεμάχους Μαύρης Κίσσηρης, όπου και προέκυψε αναγκαιότητα εφαρμογής συστήματος ανάσχεσης. Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας βρίσκεται σε υψόμετρο 32μ περίπου, σε απόσταση 5μ ανάντη του μονοπατιού.

Στην Εικ. 6.75 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ5-Τ6-Τ7. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 1,2m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού κρίνεται ανάντη και σε απόσταση περίπου 5m από το μονοπάτι (εικ. .6.75).



Εικ. 6. 71 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ5-Τ6-Τ7 χωρίς σεισμό.



Εικ. 6. 72 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ5-Τ6-Τ7 με σεισμό.



Εικ. 6. 73 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ5-Τ6-Τ7 χωρίς σεισμό (Υποπερίπτωση 2. Αποκόλληση Μαύρης Κίσσηρης από το υψόμετρο +58).



Εικ. 6. 74 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ5-Τ6-Τ7 με σεισμό (Υποπερίπτωση 2. Αποκόλληση Μαύρης Κίσσηρης από το υψόμετρο +58).



Εικ. 6.75 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ5-Τ6-Τ7

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.76) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 118 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 120kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.77 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση του συστήματος ανάσχεσης ανάντη του μονοπατιού, σε υψόμετρο 100 μ. Το ύψος του συστήματος είναι 2 μ.

Τονίζεται ότι το σύστημα ανάσχεσης τοποθετείται έναντι καταπτώσεων από τον ορίζοντα της Μαύρης Κίσσηρης. Λόγω της περιορισμένης εμφάνισής του και των διακριτών κατακόρυφων ασυνεχειών που σχηματίζουν τα δυνητικά τεμάχη αποκόλλησης, το σύστημα ανάσχεσης δύναται να «υποκατασταθεί» με συστηματικές αγκυρώσεις επί του βραχώδους μετώπου της Μαύρης Κίσσηρης.



Εικ. 6.76 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή T5-T6-T7.



Εικ. 6.77 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ5-Τ6-Τ7 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομή Τ8

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων	OXI	Еік. 6.78
+184m τεμαχων Λάβας Θηρασιάς, βάρους 15000kgr	0.55	0γκοτεμαχιών ανάντη 0.55 υφιστάμενου τοίχου ΟΧΙ	OXI	Еік. 6 .79
2. Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων κατάντη μονοπατιού.	NAI	Еік. 6.80
+60m τεμαχών μαύρης κίσσηρης, βάρους 6000kgr	0.55		NAI	Еік. 6 .81

Στην τομή Τ8 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ8.

Στην πρώτη υποπερίπτωση (αποκόλληση Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς από το υψόμετρο +184), τα ογκοτεμάχια καταλήγουν σε μικρή απόσταση ανάντη του υφιστάμενου, παλαιού, λιθόκτιστου τοιχείου 2, το οποίο έχει υποστεί φθορά. Οι υπολογισμοί επιβεβαιώνονται από τις παρατηρήσεις υπαίθρου, αφού στην περιοχή κατάντη του τοίχου, δεν εντοπίζονται τεμάχη Λάβας Θηρασιάς. Αντιθέτως εντοπίζονται μεγάλα τεμάχη Μαύρης κίσσηρης, αποκολλημένα από τον χαρακτηριστικό ορίζοντα που εντοπίζεται κατάντη του τοίχου. Σε κάθε περίπτωση, θα απαιτηθεί επισκευή των υφιστάμενων τοίχων (1 & 2) ή κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από σκυρόδεμα παράλληλα και σε μικρή απόσταση από τον τοίχο 2, όπως έχει ήδη γίνει στην αμέσως νοπότερη μισγάγγεια.

Στη δεύτερη υποπερίπτωση, εξετάστηκε αποκόλληση τεμάχους Μαύρης Κίσσηρης, όπου και προέκυψε αναγκαιότητα εφαρμογής συστήματος ανάσχεσης. Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση άνευ σεισμού, είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή υπό σεισμική σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 28μ περίπτωυ, σε απόσταση 5μ ανάντη του μονοπατιού.

Στην Εικ. 6.80 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ8. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 1,2m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού κρίνεται ανάντη και σε απόσταση περίπου 5m από το μονοπάτι (εικ. .6.74).

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6.78 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ8 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +184 και +60).



Εικ. 6.79 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ8 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +184 και +60).



Εικ. 6.80 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ8

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.81) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 110 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 110kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.82 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση του συστήματος ανάσχεσης ανάντη του μονοπατιού, σε υψόμετρο 100 μ. Το ύψος του συστήματος είναι 2 μ.

Τονίζεται ότι το σύστημα ανάσχεσης τοποθετείται έναντι καταπτώσεων από τον ορίζοντα της Μαύρης Κίσσηρης. Λόγω της περιορισμένης εμφάνισής του και των διακριτών κατακόρυφων ασυνεχειών που σχηματίζουν τα δυνητικά τεμάχη αποκόλλησης, το σύστημα ανάσχεσης δύναται να «υποκατασταθεί» με συστηματικές αγκυρώσεις επί του βραχώδους μετώπου της Μαύρης Κίσσηρης.



Εικ. 6.81 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ8.



Εικ. 6.82 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ8 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομἡ Τ9

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων επί του «αυχένα»	OXI	Еік. 6.83
+180m τεμαχων Λάβας Θηρασιάς, βάρους 15000kgr	0.55	ανάντη των εγκαταστάσεων του λιμένα	OXI	Еік. 6.84
2. Αποκόλληση από το πρανές σε	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή	NAI	Еік. 6.83
απολυτο υψομετρο +58m τεμαχών μαύρης κίσσηρης, βάρους 6000kgr	0.55	υφισταμενου μικρού τοιχίου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων	NAI	Еік. 6.84

Στην τομή Τ9 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ9.

Στην πρώτη υποπερίπτωση (αποκόλληση Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς από το υψόμετρο +180), τα ογκοτεμάχια καταλήγουν επί του «αυχένα» πυροκλαστικών υλικών σε μεγάλη απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων του λιμένα. Οι υπολογισμοί επιβεβαιώνονται από τις παρατηρήσεις υπαίθρου, αφού στην περιοχή των εγκαταστάσεων, δεν εντοπίζονται τεμάχη Λάβας Θηρασιάς.

Αντιθέτως, πλησίον των εγκαταστάσεων, όπου υπάρχει πρόσφατα κατασκευασμένο μικρό τοιχίο, εντοπίζονται τεμάχη Μαύρης Κίσσηρης και Ιγκνιμπρίτη, αποκολλημένα από το ανάντη απότομο πρανές. Η επικινδυνότητα των καταπτώσεων αυτών επαληθεύτηκε από τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τη δεύτερη υποπερίπτωση, όπου, εξετάστηκε αποκόλληση τεμάχους Μαύρης Κίσσηρης, απ' όπου και προέκυψε αναγκαιότητα εφαρμογής συστήματος ανάσχεσης. Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση άνευ σεισμού, είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή υπό σεισμική σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 13μ περίπου, στην περιοχή του υφιστάμενου τοιχείου.

Στην Εικ. 6.85 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ9. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται στην περιοχή του υφιστάμενου τοιχίου.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6.83 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ9 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +180 και +58).



Εικ. 6.84 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ9 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +180 και +58).



Εικ. 6.85 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ9.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.86) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 45 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 45kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.87 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.

Τονίζεται ότι το σύστημα ανάσχεσης τοποθετείται έναντι καταπτώσεων από τον ορίζοντα της Μαύρης Κίσσηρης και των Ιγκνιμπριτών. Λόγω των διακριτών κατακόρυφων ασυνεχειών που σχηματίζουν τα δυνητικά τεμάχη αποκόλλησης, το σύστημα ανάσχεσης δύναται να «υποκατασταθεί» με συστηματικές αγκυρώσεις επί του βραχώδους μετώπου της Μαύρης Κίσσηρης. Εναλλακτικά, προτείνεται η ενίσχυση και υπερύψωση του υφιστάμενου τοιχείου, έτσι ώστε να «ανταπεξέλθει» στην απαιτούμενη ικανότητα ανάσχεσης.



Εικ. 6.86 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ9.



Εικ. 6.87 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ9 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομἡ Τ10

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἁσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων επί του «αυχένα»	OXI	Еік. 6.88
+182m τεμαχων Λάβας Θηρασιάς, βάρους 15000kgr	0.55	αναντη των εγκαταστάσεων του λιμένα	OXI	Еік. 6 .89
2. Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην πεοιοχή των	NAI	Еік. 6.88
+143m τεμαχων Λάβας Σκάρου, βάρους 6000kgr	περιοχή των εγκαταστάσεων 0.55 Παλαιού Λιμένα ΝΑ	NAI	Еік. 6 .89	
3. Αποκόλληση από	0	Κατάληξη	NAI	Еік. 6.88
απόλυτο υψόμετρο +65m τεμαχών μαύρης κίσσηρης, βάρους 6000kgr	0.55	ογκοτεμαχίων στην περιοχή των εγκαταστάσεων Παλαιού Λιμένα	NAI	Еік. 6.89

Στην τομή Τ10 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ10.

Στην πρώτη υποπερίπτωση (αποκόλληση Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς από το υψόμετρο +182), τα ογκοτεμάχια καταλήγουν επί του «αυχένα» πυροκλαστικών υλικών σε μεγάλη απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων του λιμένα. Οι υπολογισμοί επιβεβαιώνονται από τις παρατηρήσεις υπαίθρου, αφού στην περιοχή των εγκαταστάσεων, δεν εντοπίζονται τεμάχη Λάβας Θηρασιάς.

Στη δεύτερη και τρίτη υποπερίπτωση, οι τροχιές των τεμαχών διασχίζουν το κορηματικό πρανές και καταλήγουν επί των εγκαταστάσεων του λιμένα. Στην περιοχή αυτή έχει ήδη σημειωθεί ζημιά σε κατοικία από πτώση βράχου.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι παρόμοιες, είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση άνευ σεισμού, είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή υπό σεισμική σε ένα δεδομένο σημείο. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 16μ περίπου, επί του κορηματικού πρανούς.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων, προέκυψε ότι η μεγαλύτερη (ολική κινητική) ενέργεια καταγράφεται στην υποπερίπτωση 2, επομένως βάσει αυτής διαστασιολογείται το απαιτούμενο σύστημα ανάσχεσης.



Εικ. 6.88 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ10 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +182, +143 και +65).



Εικ. 6.89 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ10 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +182, +143 και +65).

Στην Εικ. 6.90 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ10 (υποπερίπτωση 2). Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη θέση του συλλεκτήρα πληροφορίας ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 1m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε απόλ. υψόμετρο +16m, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων. Η ολική κινητική ενέργεια στη θέση αυτή είναι η μικρότερη δυνατή, δεδομένου ότι έχει διανυθεί η μέγιστη δυνατή απόσταση των βραχοτεμαχίων επί των κορημάτων, τα οποία λειτουργούν ως αποσβεστήρας ενέργειας.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.91), προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 220 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 220kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 3 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.92 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.

Τονίζεται ότι το σύστημα ανάσχεσης, εκτός της περίπτωσης καταπτώσεων τεμαχών λαβών σκάρου από μεγάλο υψόμετρο, υπερκαλύπτει και την περίπτωση καταπτώσεων από τον ορίζοντα της Μαύρης Κίσσηρης.







Εικ. 6.91 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ10 (περίπτ 2).



Εικ. 6.92 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ10 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομή Τ11

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἀσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +175m τεμαχών Λαβών Θηρασιάς, βάρους 15000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου σε υψόμετρο 82.0m	OXI	Еік. 6.93
	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 4 σε υψόμετρο 82.0m	OXI	Еік. 6.94

Στην τομή ΤΙ 1 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή ΤΙ 1.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή T11, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Λαβών Θηρασιάς καταλήγουν εντός του κώνου κορημάτων, ανάντη του τοίχου, σε υψόμετρο 82 μ. και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης προέκυψε ελαφρώς μικρότερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο (συλλεκτήρας πληροφορίας).

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου παρατηρείται συσσώρευση τεμαχών.

Συμπεραίνεται επομένως, ότι οι καταπτώσεις βράχων δεν επηρεάζουν τις κατασκευές στην περιοχή του Παλαιού Λιμένα.



Εικ. 6. 93 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ11 χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.94 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ11με σεισμό.

Τομή Τ12

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετος +130m	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου σε υψόμετρο 82.0m	OXI	Еік. 6.95
τεμαχών Λαβών Σκάρου, βάρους 10000kgr	0.55	Κατάληξη ογκοτεμαχίων ανάντη του τοίχου 4 σε υψόμετρο 82.0m	OXI	Еік. 6.96

Στην τομή Τ12 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ12.

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στην τομή T12, τα τεμάχη που αποσπώνται από το σχηματισμό των Λαβών Σκάρου καταλήγουν εντός του κώνου κορημάτων, ανάντη του τοίχου, σε υψόμετρο 82 μ. και δεν συντρέχει ιδιαίτερος κίνδυνος από την πτώση βράχων για τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται κατάντη.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ η ολική κινητική ενέργεια στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης προέκυψε ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή υπό στατικές συνθήκες σε ένα δεδομένο σημείο (συλλεκτήρας πληροφορίας.

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στην ανάλυση συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου παρατηρείται συσσώρευση τεμαχών μεγάλων διαστάσεων.

Συμπεραίνεται επομένως, ότι οι καταπτώσεις βράχων δεν επηρεάζουν τις κατασκευές στην περιοχή του Παλαιού Λιμένα.


Εικ. 6. 95 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ12 χωρίς σεισμό.



Εικ. 6.96 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ12 με σεισμό.

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +96m, αδρομερών τεμαχών πυροκλαστικών , βάρους 2000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.97
	0.55		NAI	Еік. 6.98
2. Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +79m τεμαχών μαύρης κίσσηρης, βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των	NAI	Еік. 6.97
	0.55	εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.98

Στην τομή Τ13 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ13.

Και στις δύο υποπεριπτώσεις, τα ογκοτεμάχια καταλήγουν στην περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα, επομένως θα απαιτηθούν μέτρα ανάσχεσης.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη στην 2η περίπτωση με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 24μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων (περιοχή κτιρίου Duty Free).

Στην Εικ. 6.99 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ13. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων, έτσι ώστε τα τεμάχη να διανύουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση επί των κορημάτων που λειτουργούν ως αποσβεστήρες ενέργειας.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.100) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 35 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 35kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.101 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.



Εικ. 6.97 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ13 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +96 και +79).



Εικ. 6.98 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ13 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +96 και +79)

.







Εικ. 6.100 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ13.



Εικ. 6.101 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ13 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἁσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +175m, τεμαχών Λαβών Θηρασιάς , βάρους 15000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των κορημάτων ανάντη του υφιστάμενου τοίχου	OXI	Еік. 6.102
	0.55		ОХІ	Еік. 6.103
2. «Εκκίνηση» από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +70m τεμαχών, βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των	NAI	Еік. 6.102
	0.55	εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.103

Στην τομή Τ14 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ14.

Στην πρώτη περίπτωση, εξετάζεται αποκόλληση μεγάλου τεμάχους λάβας από το μέτωπο Λαβών Θηρασιάς στο ανώτερο τμήμα του πρανούς. Στην περίπτωση αυτή, οι τροχιές των τεμαχών καταλήγουν εντός της υφιστάμενης μισγάγγειας, σε μικρή απόσταση ανάντη του υφιστάμενου τοιχείου ανάσχεσης.

Στη δεύτερη περίπτωση και επειδή η τομή συμπίπτει με τον άξονα της μισγάγγειας, εξετάζεται εκκίνηση τεμάχους, βάρους 6000kg, από την περιοχή αμέσως κατάντη του τοίχου. Ο πρόσθετος αυτός έλεγχος έγινε, λαμβάνοντας υπόψη τυχόν δράση του νερού, σε περιόδους πλημμυρικής απορροής, η οποία θα μπορούσε να ενεργοποιήσει τη μετακίνηση συσσωρευμένων τεμαχών κατά μήκος της μισγάγγειας. Στην περίπτωση αυτή, λαμβάνοντας υπόψη μικρή αρχική ταχύτητα, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα, επομένως θα απαιτηθεί κατασκευή διάταξης ανάσχεσης.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη στην 2η περίπτωση με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 21μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων (εντός της μισγάγγειας).

Στην Εικ. 6.104 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ14. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6.102 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ14 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +175 και +70).



Εικ. 6.103 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ14 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +175 και +70).



Εικ. 6.104 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ14

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.105) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 62 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 62kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.106 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.

Εναλλακτικά, στη θέση αυτή, λόγω της ύπαρξης της μισγάγγειας, θα μπορούσε να κατασκευαστεί τοίχος ανάσχεσης με οχετό κατάλληλα διαστασιολογημένος, σε συνδυασμό με την επισκευή του ανάντη υφιστάμενου τοιχείου.



Εικ. 6.105 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ14.



Εικ. 6.106 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ14 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομή Τ15

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +173m, τεμαχών Λαβών Θηρασιάς , βάρους 25000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή μικρής μορφολογικής κλίσης, ανάντη της μισγάγγειας	OXI	Еік. 6.107
	0.55		OXI	Еік. 6.108
2. Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +123m τεμαχών σκωριών, βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των	NAI	Еік. 6.107
	0.55	εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.108

Στην τομή Τ15 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ15.

Στην πρώτη περίπτωση, εξετάζεται αποκόλληση μεγάλου τεμάχους λάβας από το μέτωπο Λαβών Θηρασιάς στο ανώτερο τμήμα του πρανούς. Στην περίπτωση αυτή, οι τροχιές των τεμαχών καταλήγουν στη σχετικά επίπεδη περιοχή επί του σχηματισμού των ανώτερων σκωριών, γεγονός που επαληθεύεται από τη συσσώρευση πολλών βραχοτεμαχίων μεγάλων διαστάσεων εκεί.

Στη δεύτερη περίπτωση εξετάζεται αποκόλληση τεμάχους από το σχηματισμό Ανώτερων Σκωριών, βάρους 6000kg και στη συνέχεια η πορεία του κατά ήκος της υφοστάμενης μισγάγγειας. Στην περίπτωση αυτή, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα, επομένως θα απαιτηθεί κατασκευή διάταξης ανάσχεσης.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη στην 2η περίπτωση με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 24μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων (εντός της μισγάγγειας).

Στην Εικ. 6.109 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ15. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6.107 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ15 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +173 και +123).



Εικ. 6.108 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ15 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +173 και +123).



Εικ. 6.109 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ15.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.110) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 81 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 81kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.111 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.

Εναλλακτικά, στη θέση αυτή, λόγω της ύπαρξης της μισγάγγειας, θα μπορούσε να κατασκευαστεί τοίχος ανάσχεσης με οχετό κατάλληλα διαστασιολογημένος, σε συνδυασμό με την επισκευή του ανάντη υφιστάμενου τοιχείου.



Εικ. 6.110 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ15.



Εικ. 6.111 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ15 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἁσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +176m, τεμαχών Λαβών Θηρασιάς , βάρους 25000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.112
	0.55		NAI	Еік. 6.113
2. Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +80m τεμαχών μαύρης κίσσηρης, βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των	NAI	Еік. 6.112
	0.55	εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.113

Στην τομή Τ16 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ16.

Και στις δύο περιπτώσεις, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα, επομένως θα απαιτηθεί κατασκευή διάταξης ανάσχεσης. Το σενάριο αυτό επαληθεύεται από την ύπαρξη ογκολίθων στην περιοχή οι οποίοι έχουν προκαλέσει μικρές υλικές ζημιές στην περιοχή του Ι. Ναού που βρίσκεται εκεί

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη στην 1η περίπτωση με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 18μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων.

Στην Εικ. 6.114 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ16. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.115) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 420 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 420kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.116 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.



Εικ. 6.112 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ16 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +176 και +80).



Εικ. 6.113 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ16 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +176 και +80).



Εικ. 6.114 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ16.



Εικ. 6.115 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή T16.

Εικ. 6.116 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ16 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομή Τ17

Στην τομή Τ17 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή των	NAI	Еік. 6.117
+176m, τεμαχών Λαβών Θηρασιάς , βάρους 25000kgr	0.55	εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.118

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ17.

Από την ανάλυση, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα, επομένως θα απαιτηθεί κατασκευή διάταξης ανάσχεσης. Το σενάριο αυτό επαληθεύεται από την ύπαρξη πεσμένων ογκολίθων στην περιοχή.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 14μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων.

Στην Εικ. 6.119 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ17. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 19,2m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.120) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 350 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 350kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.121 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.



Εικ. 6.117 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ17 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από το υψόμετρο +176).



Εικ. 6.118 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ17 με σεισμό (αποκόλληση από το υψόμετρο +176).



Εικ. 6.119 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ17.



Εικ. 6.120 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ17.



Εικ. 6.121 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ17 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιἁ βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +179m, τεμαχών Λαβών Θηρασιάς , βάρους 25000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην περιοχή κορημάτων, ανάντη της περιοχής λιμένα	OXI	Еік. 6.122
	0.55		OXI	Еік. 6.123
2. Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +65m, τεμαχών Λαβών ακρ. Αλωνάκι, βάρους 6000kgr	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην	NAI	Еік. 6.122
	0.55	περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα	NAI	Еік. 6.123

Στην τομή Τ18 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ18.

Στην πρώτη περίπτωση, εξετάζεται αποκόλληση μεγάλου τεμάχους λάβας από το μέτωπο Λαβών Θηρασιάς στο ανώτερο τμήμα του πρανούς. Στην περίπτωση αυτή, οι τροχιές των τεμαχών καταλήγουν στην περιοχή των κορημάτων, ανάντη της μεγάλης μορφολογικής ασυνέχειας (υψομ +65).

Στη δεύτερη περίπτωση εξετάζεται αποκόλληση τεμάχους από το σχηματισμό Λαβών του ακρωτηρίου «Αλωνάκι», βάρους 6000kg και στη συνέχεια η πορεία του προς τα κατάντη. Στην περίπτωση αυτή, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή των εγκαταστάσεων του λιμένα, επομένως θα απαιτηθεί κατασκευή διάταξης ανάσχεσης.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη στην 2η περίπτωση χωρίς συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 11μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη των εγκαταστάσεων.

Στην Εικ. 6.124 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ18. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.



Εικ. 6.122 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ18 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +179 και +65).



Εικ. 6.123 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ18 με σεισμό (αποκόλληση από τα υψόμετρα +179 και +65).



Εικ. 6.124 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ18.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.125) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 50 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 50kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.126 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.



Εικ. 6.125 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ18.



Εικ. 6.126. Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ18 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +57m, τεμαχών Λαβών ακρωτηρίου «Αλωνάκι», βάρους 10000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή	NAI	Еік. 6.127
	0.55		NAI	Еік. 6.128

Στην τομή Τ19 εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ19.

Από την ανάλυση, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 4μ περίπου, σε μικρή απόσταση από την ακτογραμμή.

Στην Εικ. 6.129 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ19. Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 0,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.130) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 140 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 140kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.131 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.

Οι βραχοκαταπτώσεις στην περιοχή της τομής, δεν απηρεάζουν άμεσα τις εγκαταστάσεις του λιμένα και επομένως η εγκατάσταση συστήματος ανάσχεσης θα μπορούσε να παραληφθεί.



Εικ. 6.127 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ19 χωρίς σεισμό (αποκόλληση από το υψόμετρο +57).



Εικ. 6.128 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ19 με σεισμό (αποκόλληση από το υψόμετρο +57).



Εικ. 6.129 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ19



Εικ. 6.130 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή T19.



Εικ. 6.131 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ19 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Τομἡ ⊺20

Στην τομή Τ20εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις καταπτώσεων:

Περίπτωση	Αρχική οριζόντια ταχύτητα (m/sec)	Τροχιά βροχόπτωσης	Απαίτηση συστήματος ανἁσχεσης βρἁχων	Παρουσίαση ανάλυσης
 Αποκόλληση από το πρανές σε απόλυτο υψόμετρο +60m, τεμαχών Λαβών ακρωτηρίου «Αλωνάκ», βάρους 10000kgr 	0	Κατάληξη ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή (μεμονωμένη οικία) ΝΑΙ	Еік. 6.132	
	0.55		NAI	Еік. 6.133

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται οι αναλύσεις καταπτώσεων για τη διατομή Τ20.

Από την ανάλυση, προέκυψε κατάληξη των ογκοτεμαχίων στην κατάντη περιοχή, όπου βρίσκεται μεμονωμένη οικία.

Οι τροχιές των πίπτωντων τεμαχών είναι ίδιες είτε λαμβάνεται υπόψη σεισμική φόρτιση είτε όχι, ενώ από τους υπολογισμούς προέκυψε ότι η ολική κινητική ενέργεια είναι μεγαλύτερη με συνυπολογισμό σεισμικής φόρτισης. Το σημείο που επελέγη για την διερεύνηση της ενέργειας (συλλεκτήρας πληροφορίας) βρίσκεται σε υψόμετρο 30μ περίπου, σε μικρή απόσταση ανάντη της κατοικίας.

Στην Εικ. 6.134 παρουσιάζεται το διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ20 Το ύψος αναπήδησης πίπτωντων ογκοτεμαχίων κατά μήκος της τομής ήταν σε κάθε περίπτωση κάτω του 1,5m και έτσι δεν παρουσιάζεται το σχετικό διάγραμμα.

Στη διατομή αυτή υπολογίζεται η κινητική ενέργεια που πρέπει να μπορεί να αναλάβει ένα σύστημα ανάσχεσης. Η βέλτιστη θέση του συστήματος αυτού εντοπίζεται σε μικρή απόσταση ανάντη των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Από την ανάλυση, προκύπτουν αριθμητικά δεδομένα αναφορικά με την πιθανότητα ανάπτυξης συγκεκριμένου μεγέθους κινητικής ενέργειας επί της θεωρούμενης διάταξης ανάσχεσης πτώσεων βράχων. Έτσι καθίσταται δυνατός ο προσδιορισμός του απαιτούμενου συστήματος σε κάθε θέση ελέγχου με καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων.

Βάσει του ακόλουθου διαγράμματος αθροιστικής καμπύλης πιθανότητας υπέρβασης της ολικής κινητικής ενέργειας (Εικ. 6.135) προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 95%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 220 kJ περίπου.

Επομένως, προτείνεται σύστημα με ικανότητα ανάσχεσης πτώσεων βράχων άνω των 220kJ. Το ύψος του συστήματος δεν απαιτείται να είναι μεγαλύτερο από 2 μ. καθώς στο τμήμα αυτό του πρανούς η κίνηση των τεμαχών γίνεται με κύλιση και όχι με αναπήδηση.

Στην Εικ. 6.136 παρουσιάζεται η τροχιά των πίπτωντων τεμαχών με τη θεώρηση εφαρμογής του συστήματος ανάσχεσης.



Εικ. 6.132 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ20 χωρίς σεισμό(αποκόλληση από το υψόμετρο +60).



Εικ. 6.133 Τροχιές πίπτοντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ20 με σεισμό (αποκόλληση από το υψόμετρο +60).



Εικ. 6.134 Διάγραμμα κινητικής ενέργειας πίπτωντων ογκοτεμαχίων στη διατομή Τ20.



Εικ. 6.135 Αθροιστική καμπύλη πιθανότητας υπέρβασης ολικής κινητικής ενέργειας στη θέση τοποθέτησης του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην τομή Τ20.



Εικ. 6.136 Τροχιές πίπτωντων βραχοτεμαχίων στην τομή Τ20 με τοποθέτηση του συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.
4. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΡΑΝΩΝ

Όπως είναι φανερό από τη μέχρι τώρα παρουσίαση, ο μεγαλύτερος κατολισθητικός κίνδυνος στην περιοχή μελέτης, αφορά στην αποκόλληση μεγάλων διαστάσεων βραχοτεμαχίων, κυρίως από τα μέτωπα των Λαβών Θηρασιάς και Σκάρου, τα οποία βρίσκονται «εκτεθειμένα» σε μεγάλο υψόμετρο, στο ανώτερο τμήμα του πρανούς. Παρόμοιος κίνδυνος εντοπίζεται και στα απότομα, υψηλά πρανή, στην περιοχή του Ιγκνιμπρίτη Θήρας, αλλά και στην περιοχή του πρανούς των Λαβών Ακρωτηρίου «Αλωνάκι» στο νότιο τμήμα της περιοχής ενώ ελαφρώς μικρότερος κίνδυνος (σε ότι αφορά τον όγκο των τεμαχίων) αφορά στον ορίζοντα της Μαύρης Κίσσηρης που διατρέχει την περιοχή στο απόλυτο υψόμετρο 60 – 80m περίπου.

Στα πλαίσια της αποτίμησης της κατάστασης της βραχομάζας στην περιοχή των παραπάνω σχηματισμών, επισημαίνονται περιοχές, όπου προτείνεται, τοπικά, ενίσχυση των βραχωδών πρανών με αγκυρώσεις και ελεγχόμενη χρήση ενέματος.

Είναι αυτονόητο, ότι η διαστασιολόγηση του προτεινόμενου κάνναβου αγκυρώσεων διαφέρει, ανάλογα με την κατάσταση της βραχομάζας (μέγιστο μέγεθος τεμαχών, προσανατολισμός ασυνεχειών, κλπ) από θέση σε θέση, ενώ σε κάποιες θέσεις δύναται να εφαρμοστεί και στερέωση των βραχοτεμαχίων με συνδυασμό αγκυρίων και συρματόσχοινων, ως συνδετήρες.

Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζεται ανάλυση ευστάθειας για τη δυσμενέστερη αναμενόμενη περίπτωση η οποία αφορά αποκόλληση (επίπεδη ολίσθηση) βραχώδους, στυλοειδούς πρίσματος, ύψους 20μ, η οποία δύναται να συναντηθεί κυρίως στα μέτωπα Λάβας Θηρασιάς του νοτίου τμήματος του πρανούς καθώς και στα υψηλά πρανή στην περιοχή του Ιγκνιμπρίτη Θήρας.

Ο υπολογισμός ευστάθειας του πρανούς, έγινε με θεώρηση ισορροπίας δυνάμεων για το στυλοειδές πρίσμα.

Έγιναν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Το πρίσμα ορίζεται από τα δύο τεμνόμενα συστήματα κατακόρυφων ασυνεχειών και έχει εκτιμώμενο ύψος 20 μ.
- Πίσω από την επιφάνεια του πρανούς αναπτύσσεται εφελκυστική ρωγμή (tension crack) παράλληλα στο ένα επίπεδο ασυνεχειών σε απόσταση 3 μ. περίπου
- Το πρίσμα εδράζεται στο επίπεδο στρώσης, που εδώ όμως δεν αναπτύσσεται συστηματικά, συνθήκη που μπορεί να οδηγήσει σε επίπεδη ολίσθηση αυτού
- Η γωνία τριβής της στρώσης θεωρήθηκε ίση με 25°.

Υπολογίζεται, συνεπώς, η δύναμη αγκύρωσης που απαιτείται ώστε ο συντελεστής ασφαλείας του πρανούς να είναι αποδεκτός για την περίπτωση σεισμικής φόρτισης, δηλαδή Σ.Α. μεγαλύτερος από 1.0. Η θεώρηση ευστάθειας σε στατικές συνθήκες είναι πιο ευμενής και δεν εξετάστηκε. Επίσης δεδομένου ότι η βραχόμαζα είναι περατή, στο σύνολο της, δεν αναμένεται να γίνει πλήρωση των ασυνεχειών της με νερό και επομένως η περίπτωση ανάλυσης ευστάθειας με υδροστατική πίεση στις ασυνέχειες δεν εξετάστηκε.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευστάθειας δίνονται στο Παράρτημα Β.2.

Όπως προκύπτει από τις αναλύσεις η δύναμη αγκύρωσης που απαιτείται είναι ίση με 53 tn/m (Εικ. 6.137). Η δύναμη αυτή θα πρέπει να «αναληφθεί» από κάνναβο αγκυρίων, ανάλογα με τη φέρουσα ικανότητά τους (π.χ. για αγκύρια φέρουσας ικανότητας 10tn, προκύπτει απαιτούμενος κάνναβος 1,94 x 1,94μ).

Γενικά, για την τοποθέτηση των αγκυρίων αναφέρονται τα ακόλουθα:

- Η γεωμετρία των αγκυρίων θα προσδιοριστεί επιτόπου κατά τη φάση της κατασκευής αξιολογώντας τη βέλτιστη θέση αγκύρωσης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η συγκράτηση – δέσιμο των στύλων, με το υπόλοιπο πρανές πίσω από αυτούς.
- Λόγω των απαιτήσεων μακροβιότητας των αγκυρίων, τίθενται περιορισμοί σχετικά με τη διάμετρο και το είδος του αγκυρίου καθώς και με την προστασία του.
- Προτείνεται η τοποθέτηση αγκυρίων ολόσωμης πάκτωσης, παθητικού τύπου. Δεδομένου ότι η εφελκυστική ρωγμή θεωρήθηκε σε απόσταση 3 μ. από το πρανές θα πρέπει το μήκος των αγκυρίων να είναι τουλάχιστον 9 μ (μήκος ενεργού πάκτωσης 6μ). Σε κάθε περίπτωση, τα μήκη των αγκυρίων θα είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζουν την πάκτωση τους σε σταθερό τμήμα της βραχόμαζας.

- Σε σχέση με τη διάμετρο προτείνεται η χρήση ράβδων τουλάχιστον Φ25mm. Για τις απαιτήσεις της αντοχής προτείνεται χάλυβας τύπου St IV.
- Για την εξασφάλιση μακροβιότητας προτείνεται η χρήση ανοξείδωτου χάλυβα για όλα τα στοιχεία των αγκυρίων.
- Οι κεφαλές των αγκυρίων θα στερεωθούν με χρήση πλάκας στερέωσης και παξιμαδιού το οποίο θα βιδωθεί στο αγκύριο. Η πλάκα θα έχει διαστάσεις 120x120x7mm.

Επίσης, θα πρέπει να γίνει σφράγισμα των διακλάσεων με ένεμα με ελεγχόμενη εφαρμογή αυτού, και χρήση ταχυ-πηκτικών πρόσθετων. Το ένεμα θα πρέπει να χρωματιστεί στο χρώμα του βράχου (συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς όρους θέσης).



Εικ. 6.137 Διάγραμμα ισορροπίας δυνάμεων στυλοειδούς βραχώδους πρίσματος, στη βάση του πρανούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ	218
2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	219
3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	220

1. **ГЕNIKA**

Από την περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης του πρανούς στην περιοχή Τελεφερίκ και ανάντη των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα Φηρών, εντοπίστηκαν οι προβληματικές περιοχές από άποψη ευστάθειας. Ακόμα, παρουσιάστηκαν τα μέτρα υποστήριξης που έχουν εφαρμοστεί στο παρελθόν και αποτυπώθηκε η κατάσταση στην οποία αυτά βρίσκονται καθώς και οι αποτελεσματικότητα τους.

Οι περιοχές στις οποίες αναμένονται δυνητικά καταπτώσεις είναι κυρίως τα απότομα πρανή που διαμορφώνονται στο σχηματισμό της Ρυοδακιτικής Λάβας Θηρασιάς, σε υψόμετρα μεταξύ 140 και 220 μ. και στο σχηματισμό της Βασαλτικής Ανδεσιτικής Λάβας Σκάρου σε υψόμετρα μεταξύ 110 και 180 μ. Η βραχόμαζα των δύο σχηματισμών παρουσιάζεται χαλαρωμένη καθώς διατέμνεται από δύο κύρια συστήματα κατακόρυφων ασυνεχειών και παρουσιάζει έντονες υποσκαφές στη βάση των πρανών, παράλληλα στα επίπεδα στρώσης λόγω της διάβρωσης των υποκείμενων πυροκλαστικών με αποτέλεσμα την ενδεχόμενη απώλεια στήριξης των τεμαχών.

Εκτός από τις περιπτώσεις αυτές, δυνητικές καταπτώσεις (μικρότερων σε διαστάσεις τεμαχών) αναμένονται στο απότομο πρανές του νοτίου τμήματος, μεταξύ των υψομέτρων 30 και 60μ που δομείται από Ρυοδακιτικές Λάβες του Ακρωτηρίου «Αλωνάκι» καθώς και σε διάφορες θέσεις του χαρακτηριστικού ορίζοντα Μαύρης Κίσσηρης που διατρέχει την περιοχή.

Επισφαλείς θέσεις εντοπίστηκαν επίσης και στο σχηματισμό Ιγκνιμπριτών Θήρας, σε θέσεις χαμηλού υψομέτρου, λόγω της στυλοειδούς κατάτμησης αυτού, ενώ τέλος αποκολλήσεις τεμαχών μικρότερου μεγέθους αναμένονται στις περιοχές των απότομων πρανών ανάντη των εγκαταστάσεων του Παλαιού Λιμένα, που δομούνται από πυροκλαστικά υλικά (τόφφους και σκωρίες).

Τα μέτρα που έχουν κατασκευαστεί κρίνονται γενικά ικανοποιητικά, παρ'όλα αυτά δεν έχουν συντηρηθεί ιδιαίτερα έως καθόλου και επομένως απαιτείται επισκευή τους σε πολλές θέσεις. Επιπρόσθετα, δεν καλύπτουν το σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής.

Είναι σαφές δηλαδή, ότι τα υφιστάμενα σταθεροποιητικά έργα δεν μπορούν να αναχαιτίσουν καταπτώσεις και να ενισχύσουν τα πρανή σε όλη τους την έκταση, πράγμα το οποίο αποδεικνύεται από την εκτεταμένη διάβρωση και υποσκαφή των πρανών σε πολλές θέσεις (κεφ.6). Στο Κεφάλαιο 6.2 παρουσιάζονται οι περιοχές που πρέπει άλλοτε να ενισχυθούν οι υφιστάμενες επεμβάσεις και άλλοτε να επεκταθούν. Αυτό αφορά κυρίως τους τοίχους αντιστήριξης από σκυρόδεμα με επένδυση λίθων καθώς και τα λιθόκτιστα τοιχία που προσφέρουν σημαντικότατη υποστήριξη στα υποσκαμμένα πρανή και εμποδίζουν την περαιτέρω διάβρωση αυτών.

Σε ότι αφορά την περιοχή του **Τελεφερίκ**, με βάση τις αναλύσεις καταπτώσεων στις τομές που επελέγησαν, στις οποίες έγινε προσομοίωση της κίνησης των πίπτωντων τεμαχών, έγινε σαφές ότι τα τεμάχη που αποκολλούνται από τα πρανή τόσο της μισγάγγειας όσο και του Τελεφερίκ αναχαιτίζονται επαρκώς από τη γεωμετρική διάταξη των τοίχων αντιστήριξης των κορημάτων.

Η θέση στην οποία τερματίζουν την τροχιά τους τα τεμάχη στις αναλύσεις συμφωνεί με τις παρατηρήσεις υπαίθρου, καθώς στην περιοχή ανάντη του τοίχου 3 παρατηρείται συσσώρευση τεμαχών από παλαιότερες καταπτώσεις.

Χαρακτηριστικό είναι ότι ακόμα και αν τα τεμάχη υπερπηδήσουν τον τοίχο αντιστήριξης 1 και έπειτα τον 2 (που στις αναλύσεις επετράπη λόγω του μηδενικού ύψους της στέψης των τοίχων), τελικά σταματούν την κίνηση τους ανάντη του τοίχου 3. Η θραύση του τοίχου 1 στον άξονα της μισγάγγειας συνδέεται σαφώς με την πρόσκρουση και υπερπήδηση αυτού από μεγάλο τέμαχος βράχου (βάρους παρόμοιου με αυτό της ανάλυσης – 15 tn), γεγονός που επαληθεύεται και από την προσομοίωση στην τομή αυτή.

Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη, προτείνεται η τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων μόνο σαν επιπρόσθετο μέτρο προστασίας για την ανάσχεση των όποιων καταπτώσεων, από τα ανώτερα τμήματα του πρανούς, (από το σχηματισμό των Ρυοδακιτικών Λαβών και των Βασαλτικών Ανδεσιτικών Λαβών) έτσι ώστε αυτά να μην καταλήγουν κοντά στον τοίχο 3.

Ακόμα προκύπτει, ότι οι καταπτώσεις βράχων από τα ανώτερα τμήματα του πρανούς στη μισγάγγεια δυτικά του Τελεφερίκ αλλά και στα πρανή εκατέρωθεν αυτού δεν επηρεάζουν τα έργα του Τελεφερίκ.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ενίσχυση του κατακόρυφου πρανούς που διαμορφώνεται στη βάση της καλδέρας στο σχηματισμό των Ιγκνιμπριτών, όπου προτείνεται η τοποθέτηση αγκυρίων για την στερέωση των πρισμάτων του πετρώματος. Αγκυρώσεις προτείνονται επίσης στα πρανή ανάντη του πρώτου (υψηλότερου) πυλώνα του Τελεφερίκ προς ενίσχυση της βραχομάζας των Ρυοδακιτικών Λαβών Θηρασιάς.

Σε ότι αφορά την περιοχή ανάντη του Παλαιού Λιμένα Φηρών, σύμφωνα με τις αναλύσεις καταπτώσεων, εντοπίστηκαν αρκετές θέσεις ευπρόσβλητες σε πιθανές καταπτώσεις βραχοτεμαχών μεγάλου όγκου (έως και 25tn). Οι θέσεις αυτές αφορούν τμήματα του μονοπατιού που κατέρχεται από τα Φηρά, καθώς και κάποια από τα κτίρια στην περιοχή του Παλαιού Λιμένα. Στις θέσεις αυτές θα απαιτηθεί κατασκευή εύκαμπτων συστημάτων ανάσχεσης καταπτώσεων (rock barriers) για τα οποία, μέσω των αναλύσεων, υπολογίστηκε η ελάχιστη ικανότητα ανάσχεσης που θα πρέπει να εξασφαλίζεται ανά θέση.

Παράλληλα, εντοπίστηκαν και υποδεικνύνονται θέσεις όπου κατά περίπτωση θα απαιτηθούν:

- Εφαρμογή αγκυρώσεων και ελεγχόμενης πλήρωσης ασυνεχειών με ένεμα, προς ενίσχυση των βραχωδών πρανών,
- Ενίσχυση επισκευή υφιστάμενων τοίχων αντιστήριξης / ανάσχεσης,
- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης στη βάση υποσκαμμένων πρανών,
- Κατασκευή κατάλληλα διαστασιολογημένων τοίχων ανάσχεσης, σε συγκεκριμένες θέσεις κατά μήκος των ρεμάτων του νότιου τμήματος της περιοχής του πρανούς.

Το σύνολο των προτεινόμενων παρεμβάσεων, απεικονίζονται επί του συνημμένου Χάρτη Προτεινόμενων Έργων.

2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων προσδιορίστηκε για κάθε διατομή η κινητική ενέργεια και το ύψος πρόσκρουσης των αποκολλούμενων όγκων. Με στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των τιμών του ύψους και της κινητικής ενέργειας πρόσκρουσης των αποκολλούμενων όγκων που προκύπτουν από τη χρήση του προγράμματος Η/Υ RocFall παρήχθησαν διαγράμματα αθροιστικής καμπύλης μεγέθους ενέργειας για κάθε θέση ελέγχου.

Από τα διαγράμματα αυτά προκύπτει η αντίστοιχη απαιτούμενη ενέργεια και το αντίστοιχο απαιτούμενο ύψος της διάταξης ανάσχεσης βροχοπτώσεων.

Σε γενικές γραμμές, τα εύκαμπτα συστήματα ανάσχεσης αποτελούνται από μεταλλικό δίκτυο απορρόφησης της κινητικής ενέργειας βραχωδών τεμαχών και συγκράτησής τους και στηρίζονται, ανάλογα με τον τύπο, σε όρθιους μεταλλικούς ορθοστάτες (π.χ. HEB160), ή υπό γωνία με την κλίση του φυσικού πρανούς , με ή άνευ συστήματος φρεναρίσματος, πακτωμένους επί θεμελιολωρίδας από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Πάντως σε κάθε περίπτωση και για κάθε μέτρο προστασίας πρέπει να τονισθεί ιδιαιτέρως ότι οι εκτιμώμενες επιτόπου συνθήκες δεν είναι στατικές και μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, είτε λόγω δράσης φυσικών διαβρωτικών και αποσαθρωτικών παραγόντων, είτε λόγω ανθρωπογενών αιτιών που έχουν ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των αντίστοιχων συνθηκών.

Προκειμένου να επιτευχθεί η αιτούμενη προστασία των πρανών όσον αφορά τα συστήματα ανάσχεσης καταπτώσεων βράχων, σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Πρέπει να τηρηθούν οι αντίστοιχες σχετικές τεχνικές προδιαγραφές και οι συναφείς κανονισμοί κατά τη διαδικασία τοποθέτησης, των προβλεπόμενων από την παρούσα μελέτη συστημάτων προστασίας.
- Στη διάρκεια λειτουργίας του έργου θα πρέπει να εκτελούνται περιοδικά εργασίες επιθεώρησης των προστατευτικών συστημάτων και σε περίπτωση διαπίστωσης φθορών να εκτελούνται άμεσα εργασίες συντήρησης και αποκατάστασης. Οι εργασίες αυτές θα πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τις οδηγίες του οίκου κατασκευής.

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε με παραδοχές που στηρίχθηκαν στις σημερινές επικρατούσες συνθήκες. Επισημαίνεται ότι οποιαδήποτε αλλαγή σε τμήματα των πρανών κατά τη διάρκεια του χρόνου, θα πρέπει να οδηγήσει σε έλεγχο και επιβεβαίωση επάρκειας των ήδη εγκαταστημένων μέτρων σταθεροποίησης. Στην περίπτωση μη επάρκειας επιβάλλεται η λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας.

Τα συστήματα έχουν σχεδιασθεί και διαστασιολογηθεί βάσει συγκεκριμένης θεώρησης ως προς την αθροιστική πιθανότητα κάλυψης του κινδύνου - φαινομένου κατάπτωσης επισφαλών όγκων, όπως έχει καθορισθεί διακριτά σε κάθε τμήμα. Η μεταβολή της εν λόγω θεώρησης θα πρέπει να διαφοροποιήσει κατάλληλα και τα συστήματα που τελικώς θα εφαρμοσθούν.

3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνολικά, προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα σταθεροποίησης του για το σύνολο του πρανούς, με διαφορετικό βαθμό προτεραιότητας:

Μέτρα ήπια και άμεσης επέμβασης (πρώτο στάδιο προτεραιότητας)

- Καθαρισμός των τοίχων αντιστήριξης και των πρανών από φυτά που διευρύνουν τις ασυνέχειες (φυσικές ή τεχνητές).
- Καθαρισμός των πεσμένων τεμαχών πίσω από τους τοίχους ανάσχεσης στο βαθμό που είναι εφικτό.
- Επιθεώρηση όλης της περιοχής των επιμέρους βραχωδών πρανών και επισήμανση των έτοιμων προς αποκόλληση τεμαχών.
- Καθαίρεση ή θρυμματισμός όλων των επισφαλών όγκων με μηχανικά μέσα καθώς και διογκωτικές ύλες.
- Επιθεώρηση των ήδη υπαρχόντων τοίχων αντιστήριξης για την αντιστήριξη των επιφανειακών υποσκαφών.
- Φυτοκάλυψη στην περιοχή όπου αναπτύσσονται οι σάρες (κώνοι κορημάτων) με μικρούς σε ύψος θάμνους που μπορούν να αναπτύξουν ριζικό σύστημα στο γεωλογικό υλικό της περιοχής.
- Επιθεώρηση και επισκευή ενίσχυση των ήδη αστοχήσαντων τοίχων αντιστήριξης. Στις περιοχές των τομών T5-T6-T7, T8, T9, T14 και T15, απαιτείται υπερύψωση του «φρυδιού» τους.
- Κατασκευή κατάλληλα διαστασιολογημένων τοίχων ανάσχεσης, από σκυρόδεμα με επένδυση από λίθους, σε τέσσερις (4) θέσεις κατά μήκος των ρεμάτων του νότιου τμήματος της περιοχής του πρανούς, που σημειώνονται στο χάρτη Προτεινόμενων έργων.
- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης στη βάση υποσκαμμένων βραχωδών πρανών, με επένδυση από λιθοδομή, στις θέσεις που επισημαίνονται στο χάρτη Προτεινόμενων έργων.
- Κατασκευή συστημάτων εύκαμπτων ανάσχεσης πτώσεων βράχων, συνολικού μήκους περίπου 320m και ικανότητας απορρόφησης κινητικής ενέργειας ανάλογη της θέσης τοποθέτησης τους, όπως σημειώνεται στο Χάρτη Προτεινόμενων Έργων, (εξαιρούνται τα δύο συστήματα ανάσχεσης στην περιοχή της μισγάγγειας του Τελεφερίκ).

Μέτρα επέμβασης σε δεύτερο στάδιο προτεραιότητας

- Σημειακή τοποθέτηση αγκυρίων / κάνναβου αγκυρώσεων με ταυτόχρονη, ελεγχόμενη χρήση ενέματος στις περιοχές των βραχωδών πρανών που σημειώνονται επί του Χάρτη Προτεινόμενων Έργων. Επιμέρους προτεραιότητα, θα πρέπει να δοθεί στις θέσεις [1], [2], [6], [9] και [13] σε σχέση με τις υπόλοιπες.
- Σφράγιση ρωγμών και κοιλοτήτων με τσιμεντοκονίαμα για την ανάσχεση της δράσεως των διαβρωτικών παραγόντων.

Μέτρα επέμβασης σε τρίτο στάδιο προτεραιότητας

 Κατασκευή συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων στην περιοχή Τελεφερίκ, ικανότητας απορρόφησης κινητικής ενέργειας 750 kJ, συνολικού μήκους περίπου 50m, το οποίο αποτελείται από δικτυωτούς δακτυλίους και μεταλλικό πλέγμα στερεωμένο σε άκαμπτους μεταλλικούς στύλους ύψους 2m, τοποθετημένους ανά 4m. Το σύστημα προτείνεται να τοποθετηθεί ανάντη του υφιστάμενου τοίχου αντιστήριξης (2), και σε απόλυτο υψόμετρο 104 μ στον άξονα της μισγάγγειας ενώ στον άξονα του Τελεφερίκ σε υψόμετρο 110 μ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΑΜΕΣΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΟΥ <u>ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΕΛΕΦΕΡΙΚ & ΠΑΛΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ</u>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ	223
2. ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΕΠΙΣΦΑΛΕΙΣ ΟΓΚΟΥΣ	226
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΕΩΝ	227
4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΠΟ ΕΠΙΣΦΑΛΕΙΣ ΟΓΚΟΥΣ	235
5. ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ – ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ	236
6. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	246
7. ΔΙΑΚΥΝΔΥΝΕΥΣΗ ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΟΥ	248
8. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	251
9. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΡΓΟΥ– ΕΡΓΑΣΙΩΝ	262

1. **ГЕNIKA**

Τα τέλη του Φεβρουαρίου 2012, εκδηλώθηκε κατολίσθηση βραχώδους όγκου μεγέθους 0.5 m³ περίπου από το βόρειο πρανές του όρμου η οποία κατέληξε στο κτήριο του **Κάτω Σταθμού** του **Τελεφερίκ** προκαλώντας ευτυχώς μόνο περιορισμένες ζημίες εντός του κτηρίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά το ίδιο χρονικό διάστημα εκδηλώθηκαν και ανάλογες καταπτώσεις – κατολισθήσεις και σε άλλα σημεία της Καλδέρας (π.χ. Όρμος Αθηνιού) γεγονός το οποίο υπογράμμιζε μια γενικότερη επιτάχυνση των φαινομένων.

Από την επιτόπια έρευνα η οποία έγινε διαπιστώθηκε ότι υφίστανται και άλλοι ογκόλιθοι και βραχώδεις μάζες σε διάφορα σημεία των πρανών του Τελεφερίκ – Παλαιού Λιμένα, οι οποίες είναι ώριμες για κατάπτωση.

Στο πλαίσιο αυτό, ο Δήμος Θήρας, η Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, το Ίδρυμα Νομικού καθώς επίσης και το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών δρομολόγησαν άμεσες και κατεπείγουσες ενέργειες μείωσης του Κατολισθητικού Κινδύνου με την εκπόνηση νέας έρευνας η οποία θα έχει ως στόχο την άμεση κατασκευή έργων έως ότου αρχίσει η κατασκευή των έργων αντιμετώπισης το Νοέμβριο του 2012.

Η κατασκευή των έργων έχει ως στόχο την μείωση της επικινδυνότητας της τουριστικής περιόδου (2012), δεδομένου ότι πάνω από ένα εκατομμύριο άνθρωποι επισκέπτονται την περιοχή του Τελεφερίκ – Μονοπατιού Παλαιού Λιμένα (Εικ. 8.1)



Εικ. 8.1 Γενική άποψη της περιοχής του Τελεφερίκ - Παλαιού Λιμένα.

Με βάση τα δεδομένα τεκμηρίωσης, την επιτόπια πρόσφατη έρευνα καθώς επίσης και την συνεκτίμηση όλων των στοιχείων εντοπίσθηκαν **περιοχές** από τις οποίες είναι δυνατό να αρχίσει η εκδήλωση των κατολισθήσεων – καταπτώσεων.

Οι περιοχές αυτές έχουν υψηλό βαθμό Κατολισθητικού Κινδύνου και εξετάζονται κατά προτεραιότητα, ενώ θα πρέπει να τονισθεί με έμφαση ότι και άλλες περιοχές – θέσεις έχουν σημαντικό βαθμό Κατολισθητικού Κινδύνου όπως εξάλλου τονίζεται και στις υφιστάμενες μελέτες LEKKAS, Ε. (2009), RATHMAYR, Β., KUNZLI, Β., GRAF, Κ. (2012), ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (2009).

Κρίνεται σκόπιμο όμως κατά προτεραιότητα να θεωρηθεί ότι τα πλέον πιθανά φαινόμενα θα δρομολογηθούν από συγκεκριμένες θέσεις - περιοχές, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι και από τις υπόλοιπες δεν είναι δυνατό να τροφοδοτηθούν πιθανές καταπτώσεις. Η επιλογή λοιπόν των θέσεων γίνεται καθαρά και μόνο με κριτήρια προτεραιότητας για την δρομολόγηση και κατασκευή των απαιτούμενων επειγόντων έργων. Η κάθε θέση - περιοχή αντιστοιχεί σε ένα σενάριο έναρξης των φαινομένων που εμπεριέχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά που αναλύονται με λεπτομέρεις.

Ειδικότερα, η παρούσα έρευνα έχει ως στόχο:

- α. Την υπόδειξη των βραχωδών όγκων που έχουν αυξημένο κίνδυνο κατάπτωσης και την υπόδειξη των όγκων στους οποίους θα πρέπει να γίνει άμεση παρέμβαση (αφαίρεση, στερέωση, ελεγχόμενη κατάπτωση, κλπ.).
- β. Την παρουσίαση σεναρίων έναρξης των κατολισθήσεων καταπτώσεων από περιοχές αυξημένης πιθανότητας.
- γ. Την υπόδειξη των αναγκαίων επειγόντων έργων ανάντη του Κάτω Σταθμού του Τελεφερίκ που απαιτούνται, προκειμένου να μειωθεί στο ελάχιστο δυνατό η υφιστάμενη διακινδύνευση.
- δ. Τον καθορισμό ειδικών προδιαγραφών των συστημάτων ανάσχεσης φαινομένων.

Είναι αυτονόητο ότι τα επείγοντα άμεσα μέτρα που προτείνονται είναι συμπληρωματικά και έχουν ως στόχο την όσο το δυνατό, μείωση της διακινδύνευσης κατά την προσεχή τουριστική περίοδο. Παράλληλα, τα συγκεκριμένα έργα εντάσσονται στο γενικότερο πλαίσιο των έργων μεγάλης κλίμακας και δρουν ως ενιαίο σύνολο, ενώ ιδιαίτερα τα προτεινόμενα επείγοντα έργα εγγύς και ανάντη του Κάτω Σταθμού θα λειτουργήσουν επιπρόσθετα ως **τελευταία γραμμή άμυνας** σε περίπτωση που θα εκδηλωθούν μεγάλης κλίμακας φαινόμενα εξαιτίας γεωδυναμικών γεγονότων μεγάλης κλίμακας (Εικ. 8.2).







Εικ. 8.2 Άποψη της θέσης απόσπασης του όγκου της Μαύρης Κίσσηρης και της πορείας που ακολούθησε με τελική κατάληξη μέσα στις κτιριακές εγκαταστάσεις του Τελεφερίκ.

2. ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΕΠΙΣΦΑΛΕΙΣ ΟΓΚΟΥΣ – ΑΜΕΣΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ

Μετά από την αυτοψία που έγινε στην περιοχή των πρανών του Τελεφερίκ και του Μονοπατιού που συνδέει τα Φηρά με τον Παλαιό Λιμένα για τη μείωση του υφιστάμενου κατολισθητικού κινδύνου, την προσεχή τουριστική περίοδο, προτείνεται να γίνει κατά προτεραιότητα άμεση παρέμβαση σε επισφαλείς όγκους προς κατάπτωση.

Η όλη έρευνα για την υπόδειξη παρεμβάσεων σε επισφαλείς όγκους στηρίχθηκε στα ακόλουθα:

- Δ. Στη λεπτομερή αποτύπωση των επισφαλών όγκων και των χαρακτηριστικών τους και ιδιαίτερα του μεγέθους τους, της λιθολογίας τους και των γεωλογικών γεωτεχνικών συνθηκών της θέσης.
- β. Στη μορφολογική αποτύπωση της περιοχής και ιδιαίτερα του κατάντη πρανούς των ογκολίθων.
- Υ. Στις θέσεις των υφιστάμενων εγκαταστάσεων του Τελεφερίκ (πάνω και κάτω Σταθμός, πυλώνες, κλπ) και την γεωγραφική διάταξη του Μονοπατιού.
- Τη δυνατότητα παρέμβασης στο πρανές και τη διάταξη άλλων παρακείμενων ασταθών όγκων για την αποφυγή επαγόμενων κατολισθήσεων.

Οι θέσεις οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια παρουσιάζονται στην εικόνα 8.3.



Εικ. 8.3 Χάρτης θέσεων άμεσων επεμβάσεων σε ασταθείς όγκους.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΕΩΝ

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ 1 (ΒΠ1)

Στη συγκεκριμένη περιοχή που αναπτύσσεται επί του Σχηματισμού Λατυποπαγών Τόφφων, απαντούν 6 ογκόλιθοι από λάβες, μεγέθους έως 0.4 m³ σε οριακή ισορροπία (Εικ. 8.4).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Ο θρυμματισμός με χειρονακτικά ή μηχανικά ή άλλα μέσα και στη συνέχεια η απομάκρυνση των θραυσμάτων. Επίσης για τους όγκους 4, 5, 6 εναλλακτικά προτείνεται η εκσκαφή οπίσθιας τάφρου με στόχο τον προσωρινό εγκλωβισμό τους.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Όχι καθαίρεση δεδομένου ότι δεν υπάρχει μελέτη τροχιάς και είναι να δυνατό να προκληθούν ζημιές κατάντη και ειδικά στις εγκαταστάσεις του Κάτω Σταθμού και σε κατοικίες.



Εικ. 8.4 Γενική άποψη της περιοχής παρεμβάσεων (πάνω) και λεπτομερείς απόψεις των όγκων (Περιοχή ΒΠ1) στους οποίους θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις (Οι αριθμοί είναι αντίστοιχοι με αυτούς που σημειώνονται στην Εικ. 8.3)

ΘΕΣΗ: ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ 1 (ΝΠ1)

Πρόκειται για τρεις ογκόλιθους από Ιγκνιμπρίτη, μεγέθους έως 0.3 m³ με μειωμένο συντελεστή ευστάθειας, στη νότια προέκταση των τοίχων αντιστήριξης (Εικ. 8.5).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Προσεκτικός θρυμματισμός και απομάκρυνση ή και ελεγχόμενη καθαίρεση.



Εικ. 8.5 Άποψη του πρανούς και των επικρεμάμενων όγκων (θέση ΝΠ1) προς επέμβαση (βέλη).

ΘΕΣΗ: ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ 2 (ΝΠ2)

Πλευρικά κορήματα και μεμονωμένοι όγκοι από λάβες και τόφφους μεγέθους έως 0.4 m³ στην οροφή του Σχηματισμού Μαύρης Κίσσηρης σε οριακή ισορροπία (Εικ. 8.6).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Προσεκτική απομάκρυνση των μικρών όγκων και θρυμματισμός των μεγαλύτερων. Εναλλακτικά ελεγχόμενη καθαίρεση.



Εικ. 8.6 Απόψεις των επικρεμάμενων όγκων (θέση ΝΠ2) προς επέμβαση (βέλη).

ΘΕΣΗ: ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ 3 (ΝΠ3)

Μεμονωμένοι μικροί όγκοι μεγέθους έως 0.1 m³ από λάβες στα πρανή της στροφής του Μονοπατιού (Εικ. 8.7).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Απομάκρυνση ή ελεγχόμενη προσεκτική καθαίρεση.



Εικ. 8.7 Άποψη των επικρεμάμενων όγκων (θέση ΝΠ3) προς απομάκρυνση ή ελεγχόμενη καθαίρεση (βέλη).

ΘΕΣΗ: ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ 4 (ΝΠ4)

Πρόκειται για 5 ογκόλιθους από λάβες μεγέθους έως 0.3 m³ που επικρέμονται στο πρανές του Σχηματισμού Λατυποπαγών Τόφφων στην πάνω στροφή του Μονοπατιού (Εικ. 8.8).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Απομάκρυνση ή ελεγχόμενη προσεκτική καθαίρεση.



Εικ. 8.8 Απόψεις των επικρεμάμενων ογκολίθων (θέση ΝΠ4) προς απομάκρυνση ή ελεγχόμενη καθαίρεση (βέλη).

ΘΕΣΗ: ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ 5 (ΝΠ5)

Δύο επικαθήμενοι ογκόλιθοι από λάβα στο Σχηματισμό Ενστρωμένων Τόφφων μεγέθους έως 0.2 m³ με μειωμένο συντελεστή ευστάθειας (Εικ. 8.9).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Θρυμματισμός ή προσεκτική απομάκρυνση



Εικ. 8.9 Άποψη των επικαθήμενων ογκολίθων από Λάβα προς θρυμματισμό ή απομάκρυνση (βέλη).

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΠΡΑΝΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 1 (ΠΜ1)

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΠΡΑΝΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 2 (ΠΜ2)

Οι δύο περιοχές απαντούν ανάντη του Μονοπατιού και αναπτύσσονται πάνω στους Σχηματισμούς Λαβών, Ενστρωμμένων Τόφφων και Λατυποπαγών Τόφφων καθώς επίσης και σε Πλευρικά Κορήματα. Στο τμήμα αυτό υφίστανται διάσπαρτοι όγκοι, κυρίως από λάβες με μικρό συντελεστή ευστάθειας και με μέγεθος που δεν υπερβαίνει το 1 m³ (Εικ. 8.10).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Θρυμματισμός και απομάκρυνση ή σταθεροποίηση με οπίσθια τάφρο ανάλογα με την δυνατότητα παρέμβασης.



Εικ. 8.10 Μερική άποψη των δύο περιοχών, ΠΜ1 και ΠΜ2, ανάντη του Μονοπατιού. Διακρίνονται οι διάσπαρτοι ασύνδετοι όγκοι οι οποίοι πρέπει να θρυμματιστούν ή να απομακρυνθούν (βέλη).

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΠΡΑΝΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 3 (ΠΜ3)

Το πρανές αναπτύσσεται πάνω σε Πλευρικά Κορήματα που επικάθονται στον Σχηματισμό Μαύρης Κίσσηρης. Επί του πρανούς υπάρχουν 10 περίπου μικροί όγκοι από λάβα που δεν υπερβαίνουν τα 0.4 m³, με μικρό συντελεστή ευστάθειας. Ορισμένοι έχουν ήδη σταθεροποιηθεί μετά από παρεμβάσεις (**Εικ. 8.11**).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Έλεγχος ευστάθειας, απομάκρυνση ή ελεγχόμενη προσεκτική καθαίρεση.



Εικ. 8.11 Άποψη της θέσης ΠΜ3 όπου έχουν συσσωρευτεί πλευρικά κορήματα και ογκόλιθοι που απαιτείται να απομακρυνθούν (βέλη).

ΘΕΣΗ: ΠΡΑΝΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 4 (ΠΜ4)

Τοίχος αντιστήριξης προφύλαξης πίσω από τον οποίο έχουν συσσωρευτεί Πλευρικά Κορήματα και ογκόλιθοι από κυρίως λάβα.

ΠΡΟΤΑΣΗ: Απομάκρυνση ή θραύση όγκων και μεταφορά ή προσεκτική καθαίρεση.

ΘΕΣΗ: ΠΡΑΝΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 5 (ΠΜ5)

Αναπτύσσεται πάνω στον Σχηματισμό Λατυποπαγών Τόφφων που σχηματίζει κατακόρυφα πρανή. Από το πρανές προεξέχουν και επικρέμονται ορισμένοι όγκοι λαβών ποικίλου μεγέθους έως 0.3 m³ σε οριακή ισορροπία (Εικ. 8.12).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Ελεγχόμενη καθαίρεση χειρονακτικά ή με μηχανικά μέσα.



Εικ. 8.12 Απόψεις των προεξεχόντων όγκων στη θέση ΠΜ5 προς καθαίρεση (βέλη).

ΘΕΣΗ: ΠΡΑΝΕΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 6 (ΠΜ6)

Επικρεμάμενοι όγκοι μικρού μεγέθους από λάβες στη στέψη του τοίχου αντιστήριξης (Εικ. 8.13).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Άμεση απομάκρυνση των επικρεμάμενων ή ασταθών όγκων και ελάφρυνση με αποκομιδή των γαιωδών υλικών στο ανάντη τμήμα του τοίχου αντιστήριξης.



Εικ. 8.13 Απόψεις του τοίχου αντιστήριξης στη Θέση ΠΜ6. Σημειώνονται οι επικρεμάμενοι όγκοι από λάβα που πρέπει να απομακρυνθούν από τη στέψη των τοίχων αντιστήριξης (βέλη).

ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΡΑΝΟΥΣ ΜΟΝΟΠΑΤΙΟΥ 7 (ΠΜ7)

Το πρανές δομείται από τον Σχηματισμό των Ιγκνιμπριτών στη βάση και τους Σχηματισμούς των Λατυποπαγών Τόφφων, Μαύρης Κίσσηρης και Ενστρωμμένων Τόφφων προς την οροφή. Στο κατακόρυφο πρανές ύψους τουλάχιστον 40 μέτρων, απαντούν επικρεμάμενοι όγκοι έως 0.4 m³ οι οποίοι είναι μερικώς πακτωμένοι και ενδεχόμενα μετά από διάβρωση ή σεισμική φόρτιση να αποσπαστούν (**Εικ.** 8.14).

ΠΡΟΤΑΣΗ: Προσεκτική καθαίρεση χειρονακτικά ή με μηχανικά μέσα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στη βάση του πρανούς απαντά σφήνα από Ιγκνιμπρίτη η οποία στο παρελθόν είχε προσδεθεί με συρματόσχοινα και ευρίσκεται σε κατάσταση μειωμένης ευστάθειας.

ΠΡΟΤΑΣΗ: Έλεγχος των συρμάτων πρόσδεσης, των αγκυρίων πρόσδεσης και πιθανών υποσκαφών. Εναλλακτική λύση ο θρυμματισμός.



Εικ. 8.14 Άποψη των κατακόρυφων πρανών στην περιοχή ΠΜ7 και των επικρεμάμενων ογκολίθων. Στην κάτω εικόνα διακρίνεται τέμαχος Ιγκνιμπρίτη το οποίο πρέπει να ελεγχθεί ως προς την ευστάθειά του (βέλη).

4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΠΟ ΕΠΙΣΦΑΛΕΙΣ ΟΓΚΟΥΣ

Με βάση όλα τα δεδομένα τα οποία έχουν κατά καιρούς παρουσιαστεί, τις υφιστάμενες συνθήκες και ενόψει της τουριστικής περιόδου κατά την οποία διακινούνται πάνω από 1 εκατομμύριο επιβάτες, μπορεί να διακριθούν τα ακόλουθα Στάδια Διαχείρισης του Κατολισθητικού Κινδύνου στην περιοχή Φηρών – Παλαιού Λιμένα:

Α' ΣΤΑΔΙΟ

Στο Στάδιο αυτό θα εκτελεστούν και θα περατωθούν οι παρεμβάσεις σε επισφαλείς όγκους που προτείνονται. Μέχρι την περάτωση των εργασιών (εκτιμώμενος χρόνος έως 8 Απριλίου 2012) συνιστάται ο αυστηρός περιορισμός πρόσβασης στην προαναφερόμενη περιοχή (Παλαιός Λιμένας – Τελεφερίκ – Μονοπάτι). Η είσοδος στην περιοχή μπορεί να γίνεται μόνο με προσωπική ευθύνη του κάθε επισκέπτη.

Β' ΣΤΑΔΙΟ

Στο Στάδιο αυτό θα γίνει μελέτη, διαστασιολόγηση και κατασκευή των έργων αντιμετώπισης ιδιαίτερα στον Κάτω Σταθμό του Τελεφερίκ. Μέχρι την ολοκλήρωση των εργασιών συνιστάται σε περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων, υψηλής σεισμικότητας ή φαινομένων μερικής μετατόπισης μικρών τεμαχών στα ανάντη πρανή, ο περιορισμός πρόσβασης μέχρι τον έλεγχο των ανωτέρω παραμέτρων. Το στάδιο αυτό αναμένεται να διαρκέσει περίπου 2 μήνες (εκτιμώμενος χρόνος έως 20 Μαΐου 2012).

Γ' ΣΤΑΔΙΟ

Στο Στάδιο αυτό θα κατασκευαστούν τα έργα τα οποία θα ενταχθούν στο ΕΣΠΑ και τα οποία προγραμματίζεται να αρχίσουν το προσεχή Νοέμβριο 2012 και αναμένεται να περατωθούν στο τέλος Μαρτίου 2013. Κατά τη διάρκεια των εργασιών κατά περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει αυστηρός περιορισμός πρόσβασης ανάλογα με την θέση και το είδος των έργων που εκτελούνται κάθε χρονική στιγμή.

5. ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ – ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

Οι περιοχές που εξετάζονται κατά προτεραιότητα συνολικά είναι εννέα, εκ των οποίων **πέντε** στο Βόρειο Πρανές και **τέσσερεις** στο Νότιο Πρανές και είναι οι ακόλουθες (Εικ 8.15):



Εικ. 8.15 Χάρτης με τις θέσεις – περιοχές στο Βόρειο Πρανές (ΒΠ-Α, ΒΠ-Β, ΒΠ-Γ, ΒΠ-Δ, ΒΠ-Ε) και Νότιο Πρανές (ΝΠ-Α, ΝΠ-Β, ΝΠ-Γ, ΝΠ-Δ) από τις οποίες είναι πολύ πιθανό να αρχίσουν κατολισθητικά φαινόμενα.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Α (ΒΠ – Α)

Απαντά σε ύψος 220 - 240m και δομείται από τον σχηματισμό Λαβών Θηρασιάς με ενδιαστρώσεις Σκωριών, συνολικού πάχους 20 περίπου μέτρων, που επικάθονται στον σχηματισμό Ανώτερων Τόφφων.

Τέμνονται από πυκνό δίκτυο πρωτογενών και δευτερογενών ασυνεχειών, κυρίως κατακόρυφων, που αποκόπτουν - διαχωρίζουν τεμάχη όγκων διαστάσεων έως μερικών δεκάδων m³, οι οποίοι λόγω της διάβρωσης, των υποκείμενων Τόφφων, σταδιακά χάνουν την υποστήριξη και κατολισθαίνουν προς τα κατάντη (**Εικ. 8.16**).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.



Εικ. 8.16 Απόψεις του σχηματισμού των Λαβών Θηρασιάς, οι οποίες τέμνονται από πυκνό δίκτυο κατακόρυφων πρωτογενών και δευτερογενών ασυνεχειών ενώ παράλληλα υπέρκεινται του σχηματισμού των Ανώτερων Τόφφων που διαβρώνονται εύκολα. Η απώλεια υποστήριξης έχει ως αποτέλεσμα την έναρξη των κατολισθήσεων – καταπτώσεων.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Β (ΒΠ – Β)

Απαντά σε ύψος 170-190m και δομείται από τον σχηματισμό Λαβών Σκάρου με ενδιαστρώσεις Σκωριών, συνολικού πάχους 20 περίπου μέτρων που επικάθονται στον σχηματισμό Ενδιάμεσων Τόφφων.

Τέμνονται από πυκνό δίκτυο πρωτογενών και δευτερογενών ασυνεχειών κυρίως κατακόρυφων που αποκόπτουν - διαχωρίζουν τεμάχη όγκων διαστάσεων έως 20 m³, οι οποίοι λόγω της πιο εύκολης διάβρωσης, των υποκείμενων Τόφφων σταδιακά χάνουν την υποστήριξη και κατολισθαίνουν προς τα κατάντη (Εικ. 8.17).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.



Εικ. 8.17 Απόψεις του σχηματισμού των Λαβών Σκάρου, οι οποίες τέμνονται από πυκνό δίκτυο κατακόρυφων πρωτογενών και δευτερογενών ασυνεχειών ενώ παράλληλα υπέρκεινται του σχηματισμού των Ανώτερων Τόφφων που διαβρώνονται εύκολα. Η απώλεια υποστήριξης έχει ως αποτέλεσμα την έναρξη των κατολισθήσεων – καταπτώσεων.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Γ (ΒΠ – Γ)

Ασύνδετα τεμάχη κυρίως Λαβών και Τόφφων μεγέθους έως 5 m³, επικάθονται του σχηματισμού Ενδιάμεσων Τόφφων σε ύψος από 120 - 150m. Το πρανές έχει μορφολογική κλίση της τάξης του 50% - 80% και πιθανή διάβρωση, υποσκαφή ή σεισμική δόνηση είναι δυνατό να προκαλέσει μετακίνηση – ολίσθηση προς τα κατάντη (Εικ. 8.18).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.





Εικ. 8.18 Απόψεις όγκων από Λάβες και Τόφφους επί του πρανούς, οι οποίοι έχουν οριακή ισορροπία.

BOPEIO ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Δ (BΠ – Δ)

Ασύνδετα τεμάχη κυρίως Λαβών και Σκωριών μεγέθους έως 5 m³ επικάθονται του σχηματισμού Ενδιάμεσων Τόφφων σε ύψος από 80 - 100m. Το πρανές έχει μορφολογική κλίση της τάξης του 60% - 80% και πιθανή διάβρωση, υποσκαφή ή σεισμική δόνηση είναι δυνατό να προκαλέσει μετακίνηση - ολίσθηση - κατάπτωση (**Εικ. 8.19**).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.







Εικ. 8.19 Απόψεις μεμονωμένων όγκων από Λάβα, οι οποίοι επικάθονται του πρανούς και είναι ώριμοι προς μετακίνηση - ολίσθηση - κατάπτωση.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Ε (ΒΠ – Ε)

Ασύνδετα τεμάχη Λαβών και Ιγκνιμπριτών μεγέθους έως 5 m³ επικάθονται του σχηματισμού των Ιγκνιμπριτών, σε πρανές ύψους 40 - 80m το οποίο έχει κλίση που προσεγγίζει το 100%, ενώ υφίστανται και μορφολογικές ασυνέχειες. Πιθανή διάβρωση, υποσκαφή ή σεισμική δόνηση είναι δυνατό να προκαλέσει μετακίνηση - ολίσθηση - κατάπτωση (Εικ. 8.20).

Επιπρόσθετα από τον σχηματισμό της Μαύρης Κίσσηρης που ταυτίζεται με την υφιστάμενη μορφολογική ασυνέχεια, είναι δυνατό να αποσπαστούν τεμάχη λόγω των πυκνών ασυνεχειών, μεγέθους έως 2 m³.

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.



Εικ. 8.20 Απόψεις μεμονωμένων βραχωδών όγκων που επικάθονται ή είναι πακτωμένοι στον σχηματισμό των Ιγκιμπριτών και είναι έτοιμοι προς απόσπαση - μετατόπιση - ολίσθηση - κατάπτωση.

ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Α (ΝΠ – Α)

Απαντά σε ύψος 200 - 240m και δομείται από τον σχηματισμό Λαβών Θηρασιάς με ενδιαστρώσεις Σκωριών, συνολικού πάχους 30 περίπου μέτρων που επικάθονται στον σχηματισμό Ανώτερων Τόφφων.

Τέμνονται από πυκνό δίκτυο πρωτογενών και δευτερογενών ασυνεχειών κυρίως κατακόρυφων που αποκόπτουν - διαχωρίζουν τεμάχη όγκων διαστάσεων μερικών δεκάδων m³, οι οποίοι λόγω της πιο εύκολης διάβρωσης, των υποκείμενων Τόφφων, σταδιακά, βρίσκονται σε οριακή ισορροπία και κατολισθαίνουν προς τα κατάντη (**Εικ. 8.21**).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.



Εικ. 8.21 Απόψεις βραχωδών όγκων από τον σχηματισμό Λαβών με μειωμένο βαθμό ευστάθειας, που είναι ώριμοι για κατολίσθηση - κατάπτωση.

ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Β (ΝΠ – Β)

Απαντά σε ύψος 130 - 150m και δομείται από τον σχηματισμό Λαβών Σκάρου, συνολικού πάχους 20 περίπου μέτρων που επικάθονται στον σχηματισμό Ενδιάμεσων Τόφφων.

Τέμνονται από πυκνό δίκτυο πρωτογενών και δευτερογενών ασυνεχειών, κυρίως κατακόρυφων, που αποκόπτουν - διαχωρίζουν τεμάχη όγκων διαστάσεων έως μερικών m³, οι οποίοι λόγω της πιο εύκολης διάβρωσης, των υποκείμενων Τόφφων, σταδιακά βρίσκονται σε οριακή ισορροπία και κατολισθαίνουν προς τα κατάντη (**Εικ. 8.22**).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.







Εικ. 8.22 Απόψεις της βραχομάζας των Λαβών Σκάρου με πυκνό δίκτυο κατακόρυφων ασυνεχειών που αποκόπτουν τεμάχη τα οποία είναι έτοιμα προς κατάπτωση.

ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Γ (ΝΠ – Γ)

Ασύνδετα τεμάχη κυρίως Λαβών μεγέθους έως 2 m³ επικάθονται ή είναι μερικώς πακτωμένα στον σχηματισμό Ενδιάμεσων Τόφφων σε ύψος 70 - 90m. Το πρανές έχει μορφολογική κλίση με τιμές που φθάνουν το 100% και πιθανή διάβρωση, υποσκαφή ή σεισμική δόνηση είναι δυνατό να προκαλέσει απόσπαση - ολίσθηση - κατάπτωση (Εικ. 8.23).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.



Εικ. 8.23 Απόψεις όγκων που επικάθονται ή είναι πακτωμένοι στον σχηματισμό Ενδιάμεσων Τόφφων και οι οποίοι είναι δυνατό να ολισθήσουν προς τα κατάντη.

NOTIO ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Δ (ΝΠ – Δ)

Ασύνδετα τεμάχη κυρίως Λαβών και Ιγκνιμπριτών μεγέθους έως 2 m³ επικάθονται του σχηματισμού Ενδιάμεσων Τόφφων και Ιγκνιμπριτών σε ύψος περίπου 40 - 50m. Το πρανές έχει μορφολογική κλίση με τιμές που φτάνουν το 100% και πιθανή διάβρωση, υποσκαφή ή σεισμική δόνηση είναι δυνατό να προκαλέσει ολίσθηση - κατάπτωση (Εικ. 8.24).

Ο Κατολισθητικός Κίνδυνος χαρακτηρίζεται Υψηλός.



Εικ. 8.24 Απόψεις της περιοχής ΝΠ-Δ στην οποία απατώνται μεμονωμένοι όγκοι, οι οποίοι είναι ώριμοι για ολίσθηση – κατάπτωση.

6. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Οι περιοχές που έχουν αυξημένο κατολισθητικό κίνδυνο και εξετάζονται κατά προτεραιότητα παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (Εικ. 2.1). Οι ενδιάμεσες περιοχές μέχρι τον Κάτω Σταθμό του Τελεφερίκ, έχουν διαφορετική δυνατότητα απόσβεσης της ενέργειας των βραχωδών όγκων, με αποτέλεσμα να επηρεάζει την τελική κατάληξη των μαζών. Ειδικότερα, για κάθε μια ενδιάμεση περιοχή ισχύουν τα ακόλουθα:

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Α (ΒΠ – Α)

Όγκοι οι οποίοι θα αποσπαστούν από την Περιοχή ΒΠ-Α θα πρέπει να διανύσουν μια οριζόντια απόσταση 300 μέτρων έως ότου να φθάσουν στον Κάτω Σταθμό. Κατά μήκος της διαδρομής, η οποία είναι η μισγάγγεια, υφίστανται Πλευρικά Κορήματα με μεγάλη απόσβεση αναπήδησης και δυνατότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας. Επιπλέον υφίστανται 3 τοιχία ανάσχεσης με δυνατότητα απόσβεσης της ταχύτητας.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Υψηλή.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Β (ΒΠ – Β)

Όγκοι οι οποίοι θα αποσπαστούν από την Περιοχή ΒΠ-Β θα πρέπει να διανύσουν μια οριζόντια απόσταση 250 μέτρων έως ότου να φτάσουν στον Κάτω Σταθμό. Κατά μήκος της διαδρομής, η οποία είναι η μισγάγγεια, υφίστανται Πλευρικά Κορήματα με μεγάλη απόσβεση αναπήδησης και δυνατότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας. Επιπλέον υφίστανται 3 τοιχία ανάσχεσης με δυνατότητα απόσβεσης της κίνησης.

Η Ικανότητα Απόσβεσης Θεωρείται Υψηλή.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Γ (ΒΠ – Γ)

Όγκοι οι οποίοι θα κινηθούν προς τα κατάντη από την Περιοχή ΒΠ-Γ, θα διανύσουν μια απόσταση της τάξης των 150m έως ότου φτάσουν στον Κάτω Σταθμό, με κλίση έως 80% και μορφολογικές ασυνέχειες. Κατά μήκος της διαδρομής, εμφανίζονται Λατυποπαγείς Τόφφοι και Ιγκνιμπρίτες με υψηλό συντελεστή αναπήδησης και μικρή απορρόφηση κινητικής ενέργειας. Κατά μήκος των μορφολογικών ασυνεχειών θα υπάρχει και ελεύθερη πτώση.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Μικρή.

BOPEIO ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Δ (BΠ – Δ)

Όγκοι οι οποίοι θα κινηθούν προς τα κατάντη από την Περιοχή ΒΠ-Δ, θα διανύσουν μια απόσταση της τάξης των 100m έως ότου φτάσουν στον Κάτω Σταθμό, με κλίση έως 80% και μορφολογικές ασυνέχειες. Κατά μήκος της διαδρομής, εμφανίζονται Λατυποπαγείς Τόφφοι και Ιγκνιμπρίτες με υψηλό συντελεστή αναπήδησης και μικρή απορρόφηση κινητικής ενέργειας. Κατά μήκος των μορφολογικών ασυνεχειών θα υπάρχει και ελεύθερη πτώση.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Μικρή.

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Ε (ΒΠ – Ε)

Όγκοι οι οποίοι θα κινηθούν προς τα κατάντη από την Περιοχή ΒΠ-Ε, θα διανύσουν μια απόσταση της τάξης των 50m έως ότου φτάσουν στον Κάτω Σταθμό, με κλίση έως 80% και μορφολογικές ασυνέχειες. Κατά μήκος της διαδρομής, εμφανίζονται Λατυποπαγείς Τόφφοι, Μαύρη Κίσσηρης και Ιγκνιμπρίτες με υψηλό συντελεστή αναπήδησης και μικρή δυνατότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας. Κατά μήκος των μορφολογικών ασυνεχειών θα υπάρχει και ελεύθερη πτώση.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Μικρή.

NOTIO $\Pi PANE\Sigma - \Pi EPIOXH A (N\Pi - A)$

Όγκοι οι οποίοι θα αποσπαστούν από την Περιοχή ΝΠ-Α θα πρέπει να διανύσουν μια οριζόντια απόσταση 300 μέτρων έως ότου να φθάσουν στον Κάτω Σταθμό. Κατά μήκος της διαδρομής, η οποία είναι η μισγάγγεια, υφίστανται Πλευρικά Κορήματα με μεγάλη απόσβεση αναπήδησης και δυνατότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας. Επιπλέον υφίστανται 3 τοιχία ανάσχεσης με δυνατότητα παραλαβής της ενέργειας.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Υψηλή.

NOTIO $\Pi PANE\Sigma - \Pi EPIOXH B (N\Pi - B)$

Όγκοι οι οποίοι θα αποσπαστούν από την Περιοχή ΝΠ-Β θα πρέπει να διανύσουν μια οριζόντια απόσταση 250 μέτρων έως ότου να φθάσουν στον Κάτω Σταθμό. Κατά μήκος της διαδρομής, η οποία είναι η μισγάγγεια, υφίστανται Πλευρικά Κορήματα με μεγάλη απόσβεση αναπήδησης και δυνατότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας. Επιπλέον υφίστανται 3 τοιχία ανάσχεσης με δυνατότητα παραλαβής της ενέργειας.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Υψηλή.

ΝΟΤΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Γ (ΝΠ – Γ)

Η απόσταση μεταξύ της **Περιοχής ΝΠ-Γ** και του Κάτω Σταθμού είναι 70m και εμφανίζονται Πλευρικά Κορήματα με σημαντική απόσβεση. Επιπλέον υφίσταται και τοιχίο ανάσχεσης με σημαντική ικανότητα εγκλωβισμού τεμαχών.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Υψηλή.

NOTIO $\Pi PANE\Sigma - \Pi EPIOXH \Delta (N\Pi - \Delta)$

Η απόσταση μεταξύ της **Περιοχής ΝΠ-Δ** και του Κάτω Σταθμού είναι 30m και στην διαδρομή απαντούν συνεκτικά Πλευρικά Κορήματα. Το υφιστάμενο τοιχίο δεν είναι ικανό να εγκλωβίσει τεμάχη λόγω του μικρού ελεύθερου ύψους του.

Η Ικανότητα Απόσβεσης θεωρείται Μικρή.

Συνολικά, προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα σταθεροποίησης του για το σύνολο του πρανούς, με διαφορετικό βαθμό προτεραιότητας:

7. ΔΙΑΚΥΝΔΥΝΕΥΣΗ ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΟΥ

Η διακινδύνευση του **Κάτω Σταθμού** προκύπτει από τον συνδυασμό του υφιστάμενου ανά συγκεκριμένη Περιοχή Κινδύνου, την δυνατότητα απόσβεσης της ενέργειας κατά την μετακίνηση των όγκων προς τα κατάντη, μέχρις ότου φτάσουν στο κατώτερο μορφολογικό τμήμα.

Ειδικότερα, το μέτρο της Διακινδύνευσης προκύπτει από την σχέση:

X

ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ = ΚΙΝΔΥΝΟΣ

ΑΠΟΣΒΕΣΗ

Ο παράγοντας 1/ΑΠΟΣΒΕΣΗ είναι δυνατό να εξομοιωθεί με την τρωτότητα.

Με βάση το ανωτέρω είναι δυνατό να εκτιμηθεί η Διακινδύνευση του Κάτω Σταθμού ανά Περιοχή έναρξης της Κατολίσθησης ως ακολούθως:

—→ Διακινδύνευση Μἑση

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Α (ΒΠ – Α)



Κίνδυνος Υψηλός Χ

1 Απόσβεση Υψηλή

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Β (ΒΠ – Β)

Διακινδύνευση **Κάτω Σταθμού** από ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΠ-Β

Κίνδυνος Υψηλός **Χ** <u>1</u> Απόσβεση Υψηλή</u> **→ Διακινδύνευση Μἑση**

ΒΟΡΕΙΟ ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Γ (ΒΠ – Γ)

Διακινδύνευση Κάτω Σταθμού από ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΠ-Γ

Κίνδυνος Υψηλός Χ ______ Διακινδύνευση Υψηλή _____ Διακινδύνευση Υψηλή

BOPEIO ΠΡΑΝΕΣ – ΠΕΡΙΟΧΗ Δ (BΠ – Δ)

Διακινδύνευση Κάτω Σταθμού από ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΠ-Δ

Κίνδυνος Υψηλός **Χ** <u>Απόσβεση Μικρή</u> **Διακινδύνευση Υψηλή**



Όλοι οι παράμετροι που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της τελικής **Διακινδύνευσης** του **Κάτω Σταθμού**, της κατασκευής των έργων στα πλαίσια του ΕΣΠΑ αλλά και των έργων με **επείγοντα χαρακτήρα**, παρουσιάζονται στην **Εικόνα 8.25**.
ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΕΣΗ	ΕΙΔΟΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΟΓΚΟΣ (m³)	ΥΨΟΣ (m)	ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΑΠΟΣΒΕΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΕΡΓΑ	ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΕΣΠΑ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΡΓΩΝ ΜΕ ΕΠΕΙΓΟΝΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ
ВПА	ЛАВА	30	220-240	300	ΥΨΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΗ ΣΕ ΚΟΡΗΜΑΤΑ	NAI	ΜΕΣΗ	NAI	-
впв	ЛАВА	20	170-180	250	ΥΨΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΗ ΣΕ ΚΟΡΗΜΑΤΑ	NAI	ΜΕΣΗ	NAI	-
впг	λάβα Τοφφοί	5	120-150	150	ΥΨΗΛΟΣ	ΜΙΚΡΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	OXI	ΥΨΗΛΗ	ΝΑΙ ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΑΝΤΗ	κατώ σταθμός Παγιδές
впд	ΛΑΒΑ ΣΚΩΡΙΕΣ	5	80-100	100	ΥΨΗΛΟΣ	ΜΙΚΡΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	OXI	ΥΨΗΛΗ	ΝΑΙ ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΑΝΤΗ	κατώ σταθμός Παγιδές
впе	ΛΑΒΑ ΜΑΥΡΗ ΚΙΣΣΗΡΗΣ ΙΓΚΝΙΜΠΡΙΤΕΣ	5	40-80	50	ΥΨΗΛΟΣ	ΜΙΚΡΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	OXI	ΥΨΗΛΗ	ΝΑΙ ΚΑΤΩ ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΑΝΤΗ	κατώ σταθμός Παγιδές
ΝΠΑ	ЛАВА	30	200-240	300	ΥΨΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΗ ΣΕ ΚΟΡΗΜΑΤΑ	NAI	ΜΕΣΗ	NAI	-
ΝПВ	ЛАВА	8	130-150	250	ΥΨΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΗ ΣΕ ΚΟΡΗΜΑΤΑ	NAI	ΜΕΣΗ	NAI	_
ΝΠΓ	ЛАВА	2	70-90	70	ΥΨΗΛΟΣ	ΥΨΗΛΗ	NAI	ΜΕΣΗ	NAI	-
ΝΠΔ	ΛΑΒΑ ΙΓΚΝΙΜΠΡΙΤΕΣ	2	40-50	30	ΥΨΗΛΟΣ	МІКРН	OXI	ҮѰНАН	OXI	κατΩ σταθμος Παγιδές

Εικ. 8.25 Πίνακας με τις παραμέτρους υπολογισμού της Διακινδύνευσης στον Κάτω Σταθμό του Τελεφερίκ και της σκοπιμότητας κατασκευής έργων με επείγοντα χαρακτήρα.

8. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΩΝ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Από τις τρεις περιοχές του Βορείου Πρανούς (ΒΠ-Γ, ΒΠ-Δ, ΒΠ-Ε) και από την μια του Νότιου Πρανούς (ΝΠ-Δ), από τις οποίες προέρχεται η Υψηλή Διακινδύνευση του Κάτω Σταθμού του Τελεφερίκ, εκτελέσθηκαν με κατάλληλο λογισμικό πτώσης βραχωδών όγκων, προσομοιώσεις με βάση τα δεδομένα που παρατέθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Οι προσομοιώσεις καταπτώσεων παρουσιάζονται στις Εικόνες 8.26 έως 6.33 (Τροχιές πιπτόντων Βραχοτεμαχών, Ιστογράμματα κατανομής ολικής κινητικής ενέργειας, Διαγράμματα κινητικής ενέργειας πιπτόντων τεμαχών, Μεταβολή του ύψους αναπήδησης, Τροχιές με την τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης βράχων). Με βάση τα στοιχεία των προσομοιώσεων διαπιστώνεται ότι η μέγιστη αντοχή των απαιτούμενων Βραχοπαγίδων (Rock Fall Barriers) προς την βόρεια πλευρά του Κάτω Σταθμού είναι της τάξης των 1.000 KJ και με ύψος 4m.

Προς τα νότια η μέγιστη απαιτούμενη αντοχή είναι της τάξης των 500 KJ και με ύψος 3m.

Για λόγους ασφαλείας οι μέγιστες αντοχές των συστημάτων διπλασιάζονται και προκύπτουν τα ακόλουθα:

Βόρεια Πλευρά Κάτω Σταθμού: Αντοχή 2.000 ΚJ και ύψος 4m

Νότια Πλευρά Κάτω Σταθμού: Αντοχή 1.000 ΚJ και ύψος 3m

Θα πρέπει να τονισθεί ότι το μέγιστο ύψος της Νότιας Πλευράς περιορίζεται από το γεγονός ότι τα Βαγόνια του Τελεφερίκ έχουν ένα καθαρό ύψος από το έδαφος της τάξης των 3.50m.

Η διάταξη των Βραχοπαγίδων μετά από επιτόπια έρευνα εφαρμογής των επιλεγέντων συστημάτων παρουσιάζεται στο χάρτη της **Εικόνας 8.34**.

Συνολικά προτείνονται 3 Βραχοπαγίδες, ως εξής:

Α. Μεταξύ Κάτω Σταθμού και Πυλώνα Νο 1, με εγκάρσια διεύθυνση στην πορεία του Τελεφερίκ και με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Μήκος 20m, Ύψος 3m, 1.000 KJ.

B. Πλάγια του Κάτω Σταθμού ανάντη σε γωνία 60° σχέση με την διεύθυνση των γραμμών του Τελεφερίκ και με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Μήκος 10m, Ύψος 4m, 2.000 KJ.

Γ. Πλάγια του Κάτω Σταθμού κατάντη σε γωνία 60° σχέση με την διεύθυνση των γραμμών του Τελεφερίκ και με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Μήκος 10m, Ύψος 4m, 2.000 KJ.

Επιπρόσθετα, οι θέσεις των Προτεινόμενων Βραχοπαγίδων παρουσιάζονται στις **Εικόνες 8.35, 8.36** και **8.37**.





Εικόνα 8.26



Εικόνα 8.27





Εικόνα 8.28



Εικόνα 8.29



Εικόνα 8.30



Total Kinetic Energy Envelope

Εικόνα 8.31





Εικόνα 8.32



Εικόνα 8.33





Εικ. 8.35 Άποψη της περιοχής με την διάταξη της Βραχοπαγίδας Α.



Εικ. 8.36 Άποψη της περιοχής με την διάταξη της Βραχοπαγίδας Β.



Εικ. 8.37 Άποψη της περιοχής με την διάταξη της Βραχοπαγίδας Γ.

9. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΡΓΟΥ– ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η αντιμετώπιση ενός τόσο σύνθετου προβλήματος γίνεται με την εφαρμογή είτε ΠΛΕΓΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΡΑΝΩΝ (Steelgrid MO, Steelgrid BO, Steelgrid HR, HEA Panels) είτε ΦΡΑΚΤΩΝ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΩΝ (Rockfall Barriers).

Αντικείμενο της παρούσας τεχνικής περιγραφής είναι ο καθορισμός των απαιτήσεων για τα υλικά και τις διαδικασίες εγκατάστασης των **Φρακτών Απορρόφησης Ενέργειας**, ειδικών συστημάτων προστασίας πρανών που αποσκοπούν στη μείωση της διακινδύνευσης. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση προβλημάτων βραχοπτώσεων προτείνεται η εγκατάσταση Ειδικού Φράκτη Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων η οποία γίνεται συνήθως στο πρανές ή σε κάποιο οπλισμένο τοιχίο.

Οι Φράκτες Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων, έχουν συνήθως ικανότητα απορρόφησης ενέργειας από 250 KJ μέχρι 5.000 KJ.

Ειδικότερα οι προτεινόμενοι Φράκτες έχουν δυνατότητα απορρόφησης ενέργειας **1.000 KJ** και **2.000 KJ** αντίστοιχα.

Ο Φράκτης αποτελείται από γαλβανισμένους ορθοστάτες ανά 10m με βάση ειδικής αρθρωτής διάταξης που δίνει τη δυνατότητα κίνησης ορθοστατών κατάντη. Το γαλβάνισμα έχει γίνει σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή UNI EN ISO1461.

Ο Φράκτης Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων, αποτελείται από δύο πλέγματα. Το ένα εξ αυτών είναι πλέγμα από βαρέως τύπου γαλβανισμένα συρματόσχοινα (HEA, Ring Panel) και το γαλβάνισμα του πλέγματος έχει γίνει σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή UNI EN 10244-2. Το δεύτερο πλέγμα είναι εξαγωνικής μορφής, διπλής πλέξης από βαρέως τύπου γαλβανισμένο σύρμα διαμέτρου 2.2-3.0mm και βρόγχου 8x10 και το γαλβάνισμα του πλέγματος έχει γίνει σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή UNI EN 10223-3.

Επίσης το εν λόγω σύστημα να αποτελείται από βαρέως τύπου γαλβανισμένα συρματόσχοινα στήριξης των ορθοστατών (μόνο προς ανάντη) με αντοχή εφελκυσμού 1770N/mm² (UNI EN 12385-4) και το γαλβάνισμα των οποίων έχει γίνει σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή UNI EN 1044-2. Τέλος ο Φράκτης Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων είναι εξοπλισμένος με ειδικούς αποσβεστήρες ενέργειας (φρένα), που λειτουργούν με παραμόρφωση και οι οποίοι βοηθούν στην απορρόφηση της ενέργειας κατά την διάρκεια της κρούσης (Εικ. 8.38).

Οι Φράχτες Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων πρέπει να είναι πιστοποιημένοι σύμφωνα με την οδηγία ETAG 27 (European Technical Approval Guide) στην οποία απαιτούνται δοκιμές σε 2 επίπεδα απορρόφησης ενέργειας και καμία συντήρηση μεταξύ των δοκιμών:

- MEL (MAXIMUM ENERGY LEVEL) = 1 πρόσκρουση με τη μέγιστη δυνατή ενέργεια.
- SEL (SERVICE ENERGY LEVEL) = 2 προσκρούσεις με ενέργεια ίση με το 1/3 MEL.
- Κατά την πρώτη κρούση το εναπομείναν ύψος του φράχτη πρέπει να είναι > από το 70% του αρχικού.
- B) Η δεύτερη κρούση πρέπει απλά να συγκρατήσει τον ογκόλιθο
 - Σύμφωνα με την Οδηγία ΕΤΑG 27, τα test πραγματοποιούνται σε φράχτες 3 ανοιγμάτων (30m) αφού αυτό είναι και το ελάχιστο προτεινόμενο μήκος φράχτη.
 - Η πρόσκρουση πραγματοποιείται στο κέντρο του μεσαίου τμήματος του φράχτη (Εικ.8.39).

Χαρακτηριστικά Φράχτη 1000ΚJ:

- Ορθοστάτες: steel tubular post Φ114,3mm, S235JRH steel (EN 10219-1)
- Απόσταση ορθοστατών: 10,00 m
- Ονομαστικό ύψος ορθοστατών: 3,50 m
- Χαλύβδινα συρματόσχοινα: Διατομή = 16 mm (ΕΝ 12385-4) και αντοχής 1770 ΜΡα
- Πλέγματα: Χαλύβδινο, εξαγωνικό πλέγμα διπλής πλέξης, από σύρμα διαμέτρου 3.0mm και βρόγχου 80mm x 100mm (EN 12385-4) αντοχής 177MPa.
- Βάση ἑδρασης: 250x250mm, πάχος 10mm, S235JR steel (EN 10025)
- Φρένα απορρόφησης ενέργειας που λειτουργούν με παραμόρφωση και όχι με τριβή

Η μέγιστη παραμόρφωση του πλέγματος (Εικ. 8.40) μετά από δοκιμή κρούσης με την μέγιστη δυνατή ενέργεια (1.000 KJ) ανέρχεται στα Dm=4,45m και το εναπομείναν ύψος του Φράκτη (Εικ. 8.41) είναι hr=2,41m.

Χαρακτηριστικά Φράχτη 2.000 KJ:

- Ορθοστάτες: beam HEA 160 (UNI 5397), steel (EN 10025)
- Απόσταση ορθοστατών: 10,00 m
- Ονομαστικό ύψος ορθοστατών: 4,00 m
- Χαλύβδινα συρματόσχοινα: Διατομή = 18 mm (ΕΝ 12385-4) και αντοχής 1770 ΜΡα
- Πλέγματα:
- A) Δακτυλιωτό Πλέγμα (ring panel) τύπου ASM 3-4-350/300
- Β) Χαλύβδινο, εξαγωνικό πλέγμα διπλής πλέξης, από σύρμα διαμέτρου 2.2mm και βρόγχου 80 mm x 100 mm.(EN 10223-3)
- Φρένα απορρόφησης ενέργειας.

Η μέγιστη παραμόρφωση του πλέγματος (Εικ. 8.42) μετά από δοκιμή κρούσης με την μέγιστη δυνατή ενέργεια (2.000 KJ) ανέρχεται στα Dm=5,25m και το εναπομείναν ύψος του Φράκτη (Εικ. 8.43) είναι hr=2,89m.

ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΡΑΚΤΗ ΑΝΑΣΧΕΣΗΣ ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Η διάταξη του Φράκτη Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (**Εικ. 8.44, 8.45, 8.46, 8.47**):

- Ο Φράκτης Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων θα πρέπει να τοποθετείται σε ευθεία γραμμή.
- Η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών είναι πάντα 10m.

• Η τοποθέτηση των ανάντη αγκυρίων γίνεται στην μέση μεταξύ των ορθοστατών και σε οριζόντια απόσταση 5m από αυτούς.

• Αγκύρια τοποθετούνται επίσης εκατέρωθεν των 2 ακραίων ορθοστατών, 1,5m χαμηλότερα από την ευθεία διάταξης του Φράκτη και σε οριζόντια απόσταση 5m από αυτούς.

Σε περίπτωση που η διάταξη του Φράκτη παρουσιάζει γωνία μικρότερη των 1800 ή η υψομετρική διαφορά μεταξύ 2 διαδοχικών ορθοστατών είναι μεγαλύτερη του 0,5-1m, τότε απαιτείται και η χρήση ενός αγκυρίου κατάντη. Το αγκύριο αυτό τοποθετείται στον ορθοστάτη που παρουσιάζεται η διαφοροποίηση και σε οριζόντια απόσταση = ύψος ορθοστάτη x 1.1 (σε καμία περίπτωση η απόσταση αυτή δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 3m) (Εικ. 8.48).

 Ο εγκιβωτισμός των βάσεων έδρασης των φρακτών δεν απαιτείται καθώς οι δυνάμεις που ασκούνται μεταφέρονται μέσω των αγκυρίων έδρασης των βάσεων στο έδαφος (Εικ. 8.49, 8.50).

 Η χρήση σκυροδέματος απαιτείται μόνο σε ανώμαλες μορφολογίες για την ευθυγράμμιση των βάσεων έδρασης.

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΡΑΚΤΩΝ

Αρχικά προετοιμάζονται οι βάσεις έδρασης των ορθοστατών και όλα τα αγκύρια (ανάντη, πλευρικά, κατάντη αν απαιτούνται). Στην συνέχεια τοποθετούνται οι ορθοστάτες οι οποίοι συνδέονται με τις βάσεις έδρασης τους, τα οριζόντια (πάνω και κάτω) συρματόσχοινα, τα πλευρικά και ανάντη συρματόσχοινα πάνω στα οποία είναι προσαρμοσμένα ειδικά φρένα απορρόφησης ενέργειας. Τέλος τοποθετούνται τα πλέγματα από τα οποία αποτελείται ο κάθε φράκτης (συνήθως πάνελ από συρματόσχοινα και πλέγμα διπλής πλέξης 8x10cm) και τα οποία συνδέονται με τους ορθοστάτες και τα επιμέρους συρματόσχοινα των φρακτών. Στην συνέχεια «σηκώνονται» οι ορθοστάτες, ευθυγραμμίζεται το σύστημα και τεντώνονται όλα τα στοιχεία του φράκτη.

Η συναρμολόγηση και τοποθέτηση του Φράχτη Ανάσχεσης Βραχοπτώσεων θα πρέπει γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και με βάση τα κατασκευαστικά σχέδια που παρέχονται από τον κατασκευαστή (Εικ. 8.51, 8.52).







Εικόνα 8.39





Εικόνα 8.41





Еіко́ иа 8.43



Εικόνα 8.44







Εικόνα 8.47



Εικόνα 8.48



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ALOUPI, E., MANIATIS,Y., PARADELLIS T. & KARALI-YANNACOPOULOU L. (1990). Analysis of a Purple Material found at Akrotiri. In: Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 1, pp. 488-490.

ANTONIOU, A., LEKKAS, E. (2010). - Rockfall susceptibility map for Athinios port, Santorini Island, Greece. Geomorphology, 118 (2010) 152-166.

ASTON, M.A. & HARDY, P.G. (1990). The Pre-Minoan Landscape of Thera: A preliminary statement. In: Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 348-361.

BARBERI, F. & INNOCENTI, F. et al. (1977). Vulcanismo e tettonico a placche. Esempi nell' area Mediterranea. Mem. Soc. Geol. It., 13, 327 – 358.

BARD, E., HAMELIN, B., FAIRBANKS, R., ZINDLER, A. (1990). Calibration of the ¹⁴C timescale over the last 30.000 years using mass spectrometric U – Th ages from Barbados corals. Nature, 345, 405 – 410.

BARTON, M. & HUIJSMANS, J.P. (1986). Post caldera dacites from the Santorini Volcanic complex, Aegean sea, Greece, an example of the eruption of Lavas of near constant composition over a 2.200 year period. Contrib. Min. Petrol., 94, 472 – 495.

BASSIAKOS, Y., KILIKOGLOU, V., VASSILAKI-GRIMANI, M. & GRIMANIS, A.P. (1990). Provenance studies of Theran Lead. In: Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 337-345.

BUDETTA, **P.**, and **SANTO**, **A.** (1994) Morphostructural evolution and related kinematics of rockfalls in Campania(southern Italy). Engineering Geology, vol. 36, pp.197-210.

CHAU K.T., WONG R.H.C., WU J.J. (2002) Coefficient of restitution and rotational motions of rockfall impacts. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, vol. 39, pp. 69–77.

DECKER, R.W. (1990). How often a Minoan eruption occur?. In: Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 444-452.

DOMINEY-HOWES, D.T.M., PAPADOPOULOS, G.A. & DAWSON, A.G. (2000). Geological and Historical investigation of the 1650 AD Mt Columbo (Thera island) Eruption and Tsunami, Aegean Sea, Greece, Natural Hazards, 21, pp 83-96.

DOMINEY-HOWES, D.T.M. (1998). Assessment of tsunami magnitude and implications for urban hazard planning in Greece. Disaster Prevention and Management, vol. 7, no 3, pp176-182.

DRUITT, T.H, EDWARDS L., MELLORS, R.M., PYLE, D.M., SPARKS, R.S.J., LANPHERE, M., DAVIES, M. & BARRIERO, B. (1999). Santorini volcano. Geological society Memoir No 19, p. 165, Geological Society of London.

DRUITT, T.H. & FRANCAVIGLIA, V. (1990). An Ancient Caldera Cliff line at Fira and its significance for the topography and geology of the Pre-Minoan Santorini. . In: Proceedings of the second scientific congress "Thera and the Aegean world", vol. 2 Earth Sciences, pp. 362-369.

DRUITT, T.H., MELLORS, R.A., PYLE, D.M. & SPARKS, R.S.J. (1989). Explosive volcanism on Santorini, Greece. Geological Magazine 126, vol 2, pp 95-126.

ΔΑΜΑΛΑ, Α., ΠΑΝΓΑΙΑ Ε.Π.Ε., ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ, Κ. & ΤΣΑΤΣΑΝΙΦΟΣ, Κ. (1994). Παρέμβαση για την υποστήριξη καλδέρας ηφαιστείου Σαντορίνης. Δήμος Φηρών, Νομαρχία Κυκλάδων.

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, Α. & ΝΙΚΟΛΑΟΥ, Ν. (1986). Έκθεση Γεωτεχνικής αναγνώρισης ευστάθειας των πρανών της καλδέρας στην περιοχή Αθηνιού της Νήσου Θήρας, Ν. Κυκλάδων. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.

ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, Α. & ΣΟΦΙΑΣ, Γ. (1984). Γεωτεχνική αναγνώριση ευστάθειας των πρανών στην Καλδέρα της Νήσου Σαντορίνης. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.

FERRARA, G., FYTIKAS, M., GIULIANI, O. & MARINELLI, G. (1978). Age of the formation of the Aegean active volcanic arc. In Thera and the Aegean world II, vol. 2 Earth sciences, pp.38-41.

FRIEDRICH, W.L. 2000 (eds). Fire in the Sea: The Santorini Volcano: Natural History and the Legend of Atlantis. Cambridge University Press. UK.

FRITZALAS C. I. & PAPADOPOULOS, G. A. (1988). Volcanic Risks and Urban Planning in the region of Santorini Volcano, South Aegean, Greece. In Marinos & Koukis (eds) 1988: Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites. Balkema Rotterdam

FROLDI P. (2000) Digital terrain model to assess geostructural features in near-vertical rock cliffs. Bull Eng Geol Env., vol. 59, pp. 201–206.

FYTIKAS, M., KOLIOS, N. & VOUGIOUKALAKIS, G. (1989). Post-Minoan Volcanic Activity of the Santorini Volcano. Volcanic Hazard and Risk, Forecasting Possibilities. In Thera and the Aegean World III, vol. 2 Earth Sciences, p.p. 183-197.

FYTIKAS, M., VOUGIOUKALAKIS, G., DALABAKIS, P. & BARDINTZEFF, J.M. (1996). Monitoring of the Santorini Volcano-Hazard Assessment and Civil Protection Planning, Santorini Volcano Laboratory Final Report, vol. 3, Contract EV5V-CT93-0285, European Commision, DG XII, Natural Hazards.

FOUQUE, F. (1879). Santorin et ses eruptions. Masson et cie., 1-440, Paris.

ΦΡΙΤΖΑΛΑΣ, Κ. (1990). Τεχνική έκθεση για τα τεχνικογεωλογικά προβλήματα που υπάρχουν σε οικιστικές ή μη περιοχές της Ν. Θήρας σε σχέση με τους γεωλογικούς κινδύνους και την σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. / Δ.Ο.Κ.Κ. / Γ΄, Αθήνα.

GARCIA-VALLES M., TOPAL T., VENDRELL-SAZ M. (2003) Lichenic growth as a factor in the physical deterioration or protection of Cappadocian monuments Environmental Geology, vol. 43, pp. 776–781.

GEORGALAS, G. & KOKKOROS, P. (1940). Uber den Ausbruch des Santorin vulcanes von 1939. Prakt. Acad. Athens, 15, 177-195.

GEORGALAS, G. & LIATSIKAS, N. (1926). Le volcan de Santorin a la fin du mois d' Avril et au commencement du mois de Mai 1926. Publ. du Bur. Geol., 15p., Athenes.

GEORGALAS, G. & LIATSIKAS, N. (1932). Contribution to the study of the 1925-1926 and 1928 eruptions of Santorini volcano. Bull. Com. Thallassographique of Greece, 1-12.

GEORGALAS, G. & PAPASTAMATIOU, J. (1951). Uber den Ausbruch des Santorin Vulcanes von 1939-1941. Des Ktenas – Ausbruch, Bull. Volcan., 11, 3-40.

GEORGALAS, G. & PAPASTAMATIOU, J. (1953). L' eruption du volcan de Santirin en 1939-1941. L' eruption du dome Fouque. Bull. Volcan., 13, 3-38.

GEORGALAS, G. (1953). L' eruption du volcan de Santorin en 1950. Bull. Volcan., 12-13, 39-55.

GEORGALAS, G. (1959). L' eruption des domes Smith et Reck et de l' Entonnoir jumeau. Bull. Volcan., 20-21, p. 3.

HEIKEN G. & Mc COY F. (1984). Caldera development during the Minoan Eruption, Thira, Cyclades, Greece. Journal of Geophysical Research, Vol. 89, No. B10, pp 8441-8462.

HEIKEN, G. & Mc COY, F. (1990). Precursory activity to the Minoan eruption, Thera, Greece. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 79-89.

HUIJSMANS, J.P. (1985). Calc-Alcaline lavas from the volcanic complex of Santorini, Aegean sea, Greece. Ph. Doct. Thesis, State Univ. of Utrecht.

HURLIMANNA M., GARCIA-PIERA J.O., LEDESMA A. (2000) Causes and mobility of large volcanic landslides: application to Tenerife, Canary Islands. Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol. 103, pp. 121-134.

JARRIGE, J.J. (1978). Etudes neotectoniques dans l'arc volcanique Egeen. Les iles de Kos, Santorin et Milos. These, Univ. de Paris, XI.

KALOGEROPOULOS, S. & PARTITSIS, S. (1990). Geological and Geochemical Evolution of the Santorini Volcano. A Review. In. Prosceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, p.p. 164-171.

KELLER, J., REHNEN, T.H. & STADLBAUER, E. (1990). Explosive volcanism in the Hellenic arc. A summary and review. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 13-26.

KTENAS, K. & KOKKOROS, P. (1928a). The parasitique eruption of the volcano of Kammeni on 23 January 1928. Pract. Acad. Athens, III, 134-140.

KTENAS, K. & KOKKOROS, P. (1928b). Sur la deuxieme phase de l'eruption. Parasitaire de Fouque Kameni. Pract. Acad. Athens, III, 316-322.

KTENAS, K. (1926a). L' eruption du volcan des Kamenis (Santorin) en 1925. Bull. Volcan., I, 3, 3-64.

KTENAS, K. (1926b). Characteristics of the explosions of Kameni Volcano. Pract. Acad. Athens, I, 75-83.

KTENAS, K. (1927). L' eruption du volcan des Kamenis (Santorin) en 1925. Bull. Volcan., II, 4, 7-46.

LAGIOS, E., TZANIS A., CHAILAS S. & WYSS M. (1990). Surveillance of Thera volcano Greece . Monitoring of the local gravity field. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 207-215.

LEKKAS, E. & PAPANIKOLAOU, D. (2000). Determination of landslide hazard microzones – The case of Kanalia village (Karditsa, Greece). International Conference on Geotechnical and Geological Engineering (GeoEng 2000), 6p., Melbourne.

LEKKAS, E., PAPANIKOLAOU, D., NOMIKOU, P., PAPANIKOLAOU, M. (2010). - Urban and land planning of settlements in geodynamically hazardous regions of particular cultural, environmental and natural significance. The case of Oia - Santorini, Greece. International Association for Engineering Geology, 11th IAEG Congress, paper ID No. 147, p. 1257-1264, Auckland.

LEKKAS, E. (1992). Mass movements hazard map of Magnesia region (Central Greece). 29th International Geological Congress, Abstract, Vol. 3, p. 950, Kyoto.

LEKKAS, E. (2009). - Landslide hazard and risk in geologically active areas. The case of the caldera of Santorini (Thera) volcano island complex (Greece). International Association for Engineering Geology (IAEG), 7th Asian Regional Conference for IAEG, p. 417-423, Chengdu

ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1995). Γεωλογία και Περιβάλλον, Εκδ. Access Pre-Press, σελ.242, Αθήνα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1996). Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές, Εκδ. Access Pre-Press, σελ. 278, Αθήνα.

LEKKAS, E. (1999). Volcanic and seismic-volcanic hazards in Greece. EUG 10, Extended Abstract, p. 546, Strasbourg.

LEKKAS, E. (2000). New data for seismic hazard analysis. Risk Analysis II, Ed. C.A. Brebbia, Wit Press, 245-255.

LEKKAS, E. (2001a). Landslide Hazards in Greece. EUG XI, European Union of Geosciences, Cambridge Publications, Abstract Volume, Vol. 6, No 1, p. 508, Strasbourg.

LEKKAS, E. (2001b). The Athens earthquake (7 September 1999): Intensity distribution and controlling factors. Engineering Geology, Elsevier, Vol. 59, 297-311.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (2001). Νέα δεδομένα για την μείωση της σεισμικής επικινδυνότητας (Σεισμοί: Ιαπωνίας, Τουρκίας, Ελλάδας, Taiwan, Ινδίας). 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, ΤΕΕ, Τομ. Β, 201-209, Θεσσαλονίκη.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., (2002) Οριοθέτηση Κρημνών Καλδέρας Ηφαιστείου Σαντορίνης στην περιοχή της Κοινότητας Οίας. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, 15σ., Αθήνα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., (2003) Χαρτογράφηση – Εκτίμηση κατολισθητικής επικινδυνότητας της καλδέρας του ηφαιστείου της Σαντορίνης – Προκαταρκτική έρευνα αντιμετώπισης κατολισθήσεων σε περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα,145σ, Αθήνα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., (2004) Οριοθέτηση πρανών και χρήσεις γης της περιοχής Τελεφερίκ Σαντορίνης. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, 8σ, Αθήνα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ, Ν., ΑΝΤΩΝΙΟΥ, Α., ΣΑΡΟΓΛΟΥ, Χ., ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., ΝΟΜΙΚΟΥ, Π., ΓΡΑΜΠΑ, Α., ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ, Ε., (2006) Μείωση κατολισθητικής επικινδυνότητας της περιοχής του Τελεφερίκ Σαντορίνης. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (2009). – Μείωση Κατολισθητικής Επικινδυνότητας στα Πρανή της Καλδέρας Περιοχής Αθηνιού Ν. Θήρας (Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων). Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Αθήνα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (2009). – Μείωση Κατολισθητικής Επικινδυνότητας στα Πρανή της Καλδέρας Περιοχής Τελεφερίκ και Λιμένα Φηρών Ν. Θήρας (Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων). Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Αθήνα.

ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΛΙΑΛΙΑΡΗΣ Ι., ΑΛΕΞΟΥΔΗ Β., (2010) Μείωση κατολισθητικής επικινδυνότητας στα πρανή της καλδέρας της περιοχής του Τελεφερίκ και Παλαιού Λιμένα Φηρών Ν. Θήρας. Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα.

LEKKAS, E. (2002). Reduction of landslide risk by the use of mild explosives: the case of Rhodes city (Greece). Risk Analysis, Ed. C.A. Brebbia, Wit Press, Vol. 5, 671-679.

LEKKAS, E. (2009). – Landslide hazard and risk in geologically active areas. The case of the caldera of Santorini (Thera) volcano island complex (Greece). International Association for Engineering Geology (IAEG), 7th Asian Regional Conference for IAEG, p. 417-423, Chengdu.

LIATSIKAS, N. (1942). Mineralogie und chemismus der laven des Ausbruches 1939-1941 des Santorin Vulcans. Pract. Acad. Athens, 17, 95-102.

MAKROPOULOS, K., DRAKOPOULOS, J. & LATOUSSAKIS, J. (1989). A revised earthquake catalogue for Greece since 1900. Publ. No 2, Geophys. J. Int., 98, 391-394.

MARINOS, G. & MARINOS, P. (1978). The ground water potential of Santorini island. Second International Scientific Congress, Thera and the Aegean World II.

McGUIRE, R.K. (1976). FORTRAN Computer program for seismic risk analysis. U.S.G.S. Open-File Rept., 76-67, 90p.

McGUIRE, R.K. (1978). FRISK Computer program for seismic hazard analysis, using faults as earthquake sources. U.S.G.S. Open-File Rept., 78-1007, 62 pp.

MERCIER, J.C. (1979). Signification neotectonique de l'Arc Egeen un revue des idees. Rev. Geol. Dyn. et Geogr. Phys.

ΝΤΟΥΜΑΣ, Χ. (1980). Σαντορίνη. Οδηγός του νησιού και των αρχαιολογικών του θησαυρών, Αθήνα.

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π., 1999). Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ο.Α.Σ.Π.), σελ. 130, Αθήνα.

PAPADOPOULOS, G.A. (1986). Large intermediate depth shocks and volcanic eruptions in the Hellenic arc during 1800-1985. Physics of the Earth and Planetary Interiors vol 43 pp 47-55.

PAPADOPOULOS, G.A. (1987). Large deep focus shocks and significant volcanic eruptions in the convergent plate boundaries during 1900-1980. Tectonophysics, vol 138 pp. 223-233.

PAPADOPOULOS G.A. (1990). Deterministic and Stohastic Models of the Seismic and Volcanic Events in the Santorini Volcano. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, p.p. 57-66.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. & ΛΕΚΚΑΣ, Ε. με τη συμβολή του ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, Δ. (1991). Η γεωλογική δομή και εξέλιξη του ηφαιστείου της Νισύρου. 5ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας 1990, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, ΧΧV/1, 405-419.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986). Γεωλογία Ελλάδος. Εκδ. Επτάλοφος, 240σελ., Αθήνα.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΕΚΚΑΣ, Ε. & ΣΥΣΚΑΚΗΣ, Δ. (1989). Τεκτονική ανάλυση του γεωθερμικού πεδίου της Μήλου. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, ΧΧΙV.

ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ, Ν., ΝΟΜΙΚΟΥ, Π., ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ, Ε., ΔΑΝΕΖΗΣ, Ν., ΑΛΕΞΑΝΔΡΗ, Σ., ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Μ., ΜΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ, Α. & ΑΝΤΩΝΙΟΥ, Β. (2001). Μελέτη γεωλογικής καταλληλότητας κοινότητας Οίας, Νήσου Θήρας, Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 127, Αθήνα.

PAPASTAMATIOU, J. (1958). Sur l'age des calcaires cristallines de l'ile de Thera (Santorin). Bull. Geol. Soc. Greece, 3, 104-113.

ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ, Ι. & ΒΟΥΤΕΤΑΚΗΣ, Σ. (1956). Οι σεισμοί της Σαντορίνης της 9 Ιουλίου 1956. Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα.

ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ, Ι. (1957). Έκθεσις επί θεμάτων σχετιζομένων προς την ανοικοδόμηση Σαντορίνης, Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα.

PAPAZACHOS, B.C. (1989a). The seismic zones in the Aegean and surrounding area. Proc. of European Seism. Soc., XXI Gen. Ass. Aug. 23-27, Sofia, Bulgaria, 82-87.

PAPAZACHOS, **B.C.** (1989b). Seismicity rates and long term earthquake prediction in the Aegean area. Quaterniones Geodaesiae, 3, 171-190.

PAPAZACHOS, B.C. (1990). Long and Short-term Prediction of Volcanic Eruptions in Santorini. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean World III", vol. 2 Earth Sciences, p.p. 224-228

PAPAZACHOS, B. & COMNINAKIS, P. (1978a). Deep structure and tectonics of the eastern Mediterranean. Tectonophysics, 46, 285 – 296.

PAPAZACHOS, B. & PANAGIOTOPOULOS, D. (1992). Normal faults associated with the volcanic activity and deep rupture zones in the southern aegean volcanic arc. Bull. Geol. Soc. Greece, XXVIII/3, 243-252.

PAPAZACHOS, B.C. & COMNINAKIS, P.E. (1982). A catalogue of historical earthquakes in Greece and surrounding area. Publ. of Geoph. Lab., University of Thessaloniki, No. 5, 24 pp.

ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Κ. (1989). Οι σεισμοί της Ελλάδας, Εκδ. Ζήτη, σελ.382, Θεσσαλονίκη. **PERISSORATIS, C. & PAPADOPOULOS, G. (1999).** Sediment instability and slumping n the southern Aegean Sea and the case history of the 1956 tsunami. Marine Geology 161 pp 287-305.

PICHLER, H. & FRIEDRICH, W.L. (1976). Radiocarbon dates of Santorini volcanics. Nature, 262, 373 – 374.

PICHLER, H. & FRIEDRICH, W.L. (1981). Mechanism of the Minoan eruption of Santorini. In. Proceedings of the second scientific congress "Thera and the Aegean World", vol. 2 Earth Sciences, pp.15-29.

PICHLER, H. & KUSSMAUL, S. (1972). The Calc-Alcaline volcanic rocks of the Santorini group (Aegean Sea, Greece). N. Jahr. B. Min. Abh., 116, 268-307.

PICHLER, H. & KUSSMAUL, S. (1978). Comments on the geological map of the Santorini islands. In. Proceedings of the second scientific congress "Thera and the Aegean world", vol. 2 Earth Sciences, pp. 413-427.

PICHLER, Η., GUNTHER, D. & KUSSMAUL, S. (1980). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας. Νήσος Θήρα, Κλίμακα 1:50.000. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.

ΠΛΑΤΗ Μ. (1997). Oia – Σαντορίνη. Εκδ. Τορ Market Ltd.

PREFECTURE OF EASTERN CYCLADES. PSEA SECTION. Management plan of emergencies (disasters). Key Word " Xenokratis-Earthquakes". Ermoupolis September 1999, (in Greek).

PYLE, D.M. (1990). New estimates for the volume of the Minoan eruption. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 113-121.

RATHMAYR, B., KUNZLI, B., GRAF, K. (2012). – Island of Santorini, Greece – Rock Fall Mitigation Measures for Thira area. GEOTEST Report No 14111050.3, Zollikofen.

RECK, H. (1936). Santorin – Der Werdegang eines Insel vulcans und sein Ausbruch 1925-1928. Dietrich Reimer, 1er: 1-187, 2er: 1-353, Berlin.

RICHARDS L.R., PENG B., BELL D.H. (2001) Laboratory and Field Evaluation of the Normal Coefficient of Restitution for Rocks. Proc. of Eurock Conference, Finland, Balkema.

ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ ΧΘΕΣ ΚΑΙ ΣΗΜΕΡΑ (1987). Πλήρης ταξιδιωτικός οδηγός. Εκδ. Μιχάλης Τούμπης, Αθήνα.

SEWARD, D., WAGNER, G.A. & PICHLER H. (1979). Fission Track Ages Of Santorini Volcanics (Greece). In. Proceedings of the first scientific congress "Thera and the Aegean World", vol. 2 Earth Sciences.

SHAW, J.W. (1990). Bronze age Aegean harboursides. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 420-436.

SIGURDSSON, H. & CAREY S. (1990). Assessment of mass, dynamics and environmental effects of the Minoan eruption of Santorini volcano. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2, pp. 100-112.

SPARKS, R.S.J. & WILSON, C.J.N. (1990). The Minoan Deposits. A review of their Characteristics and interpretation. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean World III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 89-99.

SPYRIDONOS, E., DORNSIEPEN, U.F., MANUTSOGLU, E. & PRISSANG, R. (1999). Geological 3D-Modelling of the volcanic island of Santorini (Thera). Mathematische Geologie Band 4 pp.81-85.

ΤΑΡΛΑ, Κ., ΜΠΡΑΟΥΔΑΚΗΣ, Ε., ΤΖΕΛΕΠΗΣ, Ν., ΚΟΥΒΕΛΕΤΣΟΥ, Γ., ΛΕΚΚΑΣ Ε., ΒΑΛΑΔΑΚΗ, Α., ΠΛΕΣΣΑΣ, Σ. (2005). Ολοκληρωμένος επιτελικός σχεδιασμός οδικής ασφάλειας και διαχείρησης της λειτουργίας οδικού δικτύου. Εφαρμογή στο εθνικό δίκτυο Ν. Αιτ/νίας. 2° Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος – Περιφερειακό τμήμα Μαγνησίας, Βόλος.

Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα (2001). Ολοκληρωμένο πρόγραμμα για τον επιτελικό Σχεδιασμό σε Θέματα Οδικής Ασφάλειας και Διαχείρισης της Λειτουργίας του Οδικού Δικτύου.

TATARIS, A. (1964). The Eocene in the semi metamorphosed basement of Thera Island. Bull. Geol. Soc. Greece, VI, 232-237.

THEODOULIDIS, N. & PAPAZACHOS, B. (1990). Strong motion from intermediate subduction earthquakes and its comparison with that of shallow earthquakes in Greece. Proc. of XXII Gen. Ass. ESC, barcelona, Sep. 1990.

THEODOULIDIS, N. & PAPAZACHOS, B. (1992). Dependence of strong ground motion on magnitude-distance, site geology and macroseismic intensity for shallow, earthquakes in Greece: I. Peak ground acceleration, velocity, and displacement. Soil Dynamics and Earthquakes. Eng., 11, 387-402.

VOUGIOUKALAKIS, G. (eds) (1996). Santorini, a guide for the volcano. p 82, IMPIS publishing (in Greek).

VOUGIOUKALAKIS, G., MITROPOULOS, D., PERISSORATIS, K., ANDRINOPOULOS, A. & FYTIKAS, M. (1994). The submarine volcanic centre of Columbo, Santorini (Greece). Bulletin of the Geological Society of Greece, vol XXX/3, pp 351-360.

WASHINGTON, H. (1926). Santorini eruption of 1925. Bull. Geol. Soc. Am., 37, 349-384.

WILSON, C.J.N. & HOUGHTON, B.F. (1990). Eruptive mechanisms in the Minoan Eruption. Evidence from pumice vesicularity. In. Proceedings of the third scientific congress "Thera and the Aegean world III", vol. 2 Earth Sciences, pp. 122-129.

Y.X.O.Π. (1982). Πρόγραμμα ανάπτυξης 1983 – 1987. Υφιστάμενη κατάσταση, Νομός Κυκλάδων. Τόμ. 1 & 2, Αθήνα.

Υ.Χ.Ο.Π. (1984). Πρόγραμμα Αναγνώρισης του Φυσικού Περιβάλλοντος της Χώρας. Τελική έκθεση εργασιών πεδίου Α΄ φάσης Νομού Κυκλάδων, Αθήνα.

Υ.Χ.Ο.Π. (1984). Προτάσεις χωροταξικής οργάνωσης, συνοπτικό σχέδιο δομικών παρεμβάσεων, Νομός Κυκλάδων. Αθήνα.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΑΡΧΕΙΑ

Ιστορικό φωτογραφικό αρχείο Μπενάκη: Συμπεριλαμβάνει τα επιμέρους αρχεία. (i) Χαρισσιάδη Δημήτρη Ιούλιος-Αύγουστος 1949, (ii) Παπαϊωάννου Βούλα-Οία Θήρα, (iii) Ζαγορησίου-Οία, Θήρα.

Φωτογραφικό αρχείο Καθολικής Αρχιεπισκοπής Θήρας: Έκθεση Μόνιμου Φωτογραφικού Υλικού στο Πνευματικό Μέγαρο Γκύζη και Φωτογραφικό Αρχείο Βικέντιου Πίντου.

Φωτογραφικό Αρχείο Εμμανουήλ Αντ. Λιγνού. (i) Άρθρο 15ης Ιουλίου 1956 εφημερίδα Θηραϊκή Φωνή, (ii) Άρθρο 14ης Ιουνίου 1958 εφημερίδα Θηραϊκά Νέα, (iii) Άρθρο 11ης Ιουλίου 1959 περιοδικό Ταχυδρόμος, (iv) Άρθρο 24ης Ιουλίου 1974, εφημερίδα Τα Νέα.

Φωτογραφικό Αρχείο Θηραϊκών Μελετών, NELLY'S Photo, Συλλογή Δημήτρη Τσίτουρα.

