

Ανάλυση Καταπτώσεων Βραχωδών Τεμαχών στο Φυσικό Πρανές Ανάντη των Φυσικών Λουτρών Δήμου Λουτρακίου, Ν. Κορινθίας

Rockfall Estimation of Natural Slopes at Loutraki Area, Korinth, Greece

ΑΝΤΩΝΙΟΥ, Α.Α. Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Τομέας Γεωτεχνικής, Ε.Μ.Π.
ΣΑΡΟΓΛΟΥ, Χ. Ι. Γεωλόγος, MSc, DIC, Υποψ. Διδάκτορας, Τομέας Γεωτεχνικής, Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Το άρθρο αναφέρεται στην εκτίμηση ύπαρξης ή μη κινδύνου καταπτώσεων τεμαχών ασβεστολίθου από το φυσικό πρανές στη θέση των Δημοτικών Φυσικών Λουτρών Λουτρακίου. Η μεθοδολογία για τη συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνει τον εντοπισμό των θέσεων από όπου θα ήταν δυνατή η εκκίνηση καταπτώσεων και εν συνεχεία παρουσιάζονται παραμετρικές αναλύσεις ως προς το πιθανό μέγεθος των τεμαχών και της αρχικής κινητικής τους ενέργειας. Οι αναλύσεις αυτές οδηγούν στη διαστασιολόγηση συγκεκριμένων μέτρων αντιμετώπισης σε συνδυασμό με την αστική ανάπτυξη στη βάση του πρανούς.

ABSTRACT : A rockfall estimation analysis of a natural limestone slope at Loutraki area is presented. The methodology for the determination of protective measurers, in the present case study, required the estimation of the location of potential rockfalls and the parametric analysis of the input characteristics, which basically are the volume of the blocks, their initial velocity and the slope friction characteristics. The analyses suggested a number of stabilisation works taking into account the existence of buildings at the base of the slope.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανάντη των φυσικών Δημοτικών Λουτρών του Δήμου Λουτρακίου, στο Νομό Κορινθίας προβάλλει ασβεστολιθικό φυσικό πρανές με μέσο μέγιστο ύψος 80m.

Η δυτική πλευρά του παρουσιάζει σε γενικές γραμμές μεγαλύτερη μέση κλίση, περίπου 70° έως 80° , όπως φαίνεται στη Φωτογραφία 1 όπου και εντοπίστηκαν τα κυριότερα προβλήματα καταπτώσεων του βραχώδους πρανούς.

Η ανατολική πλευρά του παρουσιάζει μέση κλίση περίπου 45° έως 60° ενώ λόγω και της πυκνότερης φυτοκάλυψης οι καταπτώσεις είναι περιορισμένες όπως φαίνεται στη Φωτογραφία 2.

Η ασβεστολιθική βραχώμαζα διατρέχεται από δύο οικογένειες ασυνεχειών που την έχουν κατά θέσεις κατακερματίσει και δευτερογενώς επανασυγκολλήσει. Η δομή αυτή δημιουργεί καταπτώσεις που θέτουν σε

κίνδυνο τα κτίρια που βρίσκονται στη βάση του πρανούς.



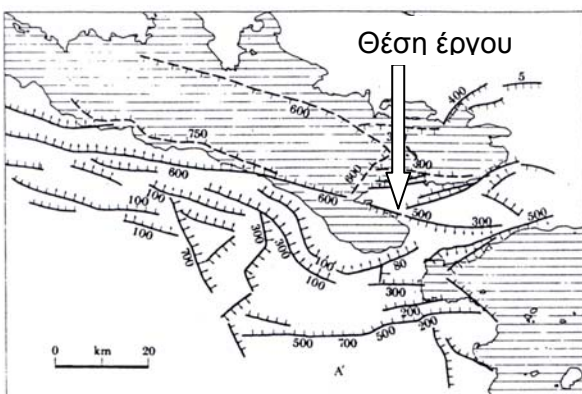
Φωτογραφία 1. Άποψη του δυτικού πρανούς ανάντη του κτιρίου ιαματικών πηγών
Photograph 1. View of the west slope above the thermal springs building.



Φωτογραφία 2. Άποψη του ανατολικού πρानούς ανάντη του κτιρίου ιαματικών πηγών
 Photograph 2. View of the east slope above the thermal springs building.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το φυσικό πρानές αποτελεί το βόρειο κράσπεδο των επάλληλων κανονικών ρηγμάτων με κύρια διεύθυνση ΝΑ-ΒΔ που με τη δράση τους δημιούργησαν τον Κορινθιακό Κόλπο, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Επιπροσθέτως στην περιοχή υπάρχουν και επάλληλα ρήγματα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Σε κάθε περίπτωση τα ρήγματα χαρακτηρίζονται ως δυνητικώς ενεργά, αφού η νεότερη σεισμική καταγραφή (24-02-1981) αφορά σεισμό με μέγεθος $M_s = 6.4R$ στην περιοχή των Αλκυονίδων νήσων, καθώς και σεισμό με $M_s = 6.3R$ στην περιοχή του Λουτρακίου την ίδια χρονική περίοδο. Η περιοχή γεωλογικά αποτελείται από ασβεστόλιθους ηλικίας Τριαδικού και Κρητιδικού, τειφρού χρώματος κατά θέσεις λατυπτοποιημένους και επανασυγκολλημένους (Παπανικολάου κ.ά., 1998, Vita-Finzi & King, 1985).



Σχήμα 1. Κύρια ρήγματα Κορινθιακού κόλπου
 Figure 1. Major faults of Korinthos gulf.

3. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.1 Κατάσταση βραχώμαζας

Το πρανές έχει υποστεί έντονες τεκτονικές καταπονήσεις και η βραχώμαζα παρουσιάζεται κερματισμένη έως πολύ κερματισμένη, ιδιαίτερα στα χαμηλά υψόμετρα. Επιπλέον στα σημεία αυτά εμφανίζονται καρστικά φαινόμενα συνέπεια της δράσης του νερού.

Σε κάποιες θέσεις εμφανίζονται μυλωνιτικές ζώνες μικρού γενικά πάχους (μεταξύ 10 – 20 εκατοστών) παράλληλα στις οποίες αναπτύσσονται τα δύο κύρια συστήματα ασυνεχειών της ασβεστολιθικής βραχώμαζας. Τα στοιχεία τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και η στατιστική τους επεξεργασία στο Σχήμα 2, από όπου προκύπτει ότι δε δημιουργούνται συνθήκες για την εκδήλωση σφηνοειδών ή επίπεδων ολισθήσεων (Hoek & Bray, 1981).

Επιπροσθέτως στα χαμηλά σημεία του πρανούς εμφανίζονται καλά συγκολλημένα πλευρικά κορήματα που αποτελούνται από ασβεστολιθικούς χάλικες, λατύπες, κροκάλες και ογκόλιθους. Εντός του σχηματισμού των κορημάτων υπάρχουν και μεγάλα ασβεστολιθικά τεμάχια που έχουν δημιουργηθεί από τις τεκτονικές δράσεις της περιοχής.

Πίνακας 1. Στοιχεία κύριων επιπέδων ασυνεχειών του πρανούς
 Table 1. Properties of discontinuity sets

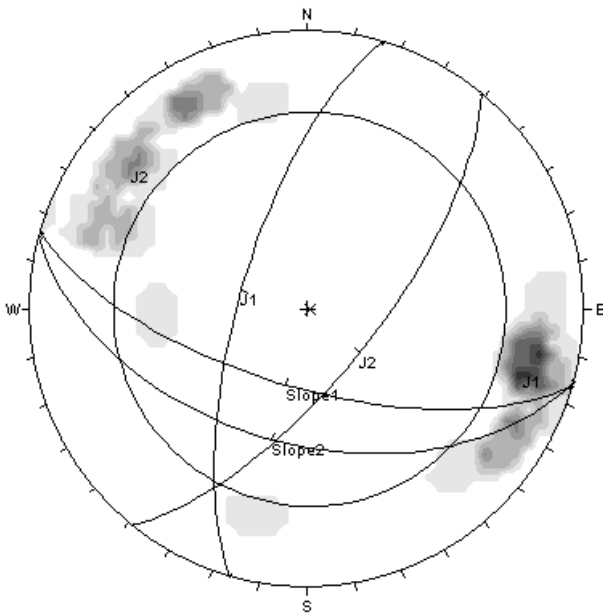
Σύστημα ασυνεχειών	J1	J2
Κλίση/Φορά κλίσης	70°/286°	70°/129°
Απόσταση (m)	~1.50	1.0
Πλάτος (cm)	< 1-2	1-2
Επιφάνεια	Επίπεδες τραχείες	
Εμμονή(m)	5-10	5-10
Υλικό πλήρωσης	Ασβεστιτικό	

3.2 Γεωτεχνικές ιδιότητες ανάλυσης καταπτώσεων

Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν το ανάγλυφο είναι: η γωνία τριβής ϕ του γεωλογικού σχηματισμού, ο κατακόρυφος και ο εφαπτομενικός συντελεστής αναπήδησης R_n και R_t αντίστοιχα των πίπτοντων βραχωδών τεμαχών καθώς και η τυπική απόκλιση των τιμών αυτών.

Οι πιθανές καταπτώσεις που εξετάστηκαν αφορούν τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής που διακρίνονται σε δύο επιμέρους τεχνικο-γεωλογικές ενότητες: τα πλευρικά

κορήματα (Α) και τον κερματισμένο έως πολύ κερματισμένο ασβεστόλιθο (Β). Επιπλέον η περιοχή που υπάρχουν οικήματα καθώς και η παραλιακή οδός με τις διαμορφώσεις της προσομοιώνεται με ασφαλτικό υλικό (Γ).



Σχήμα 2. Στατιστική επεξεργασία ασυνεχειών πρανούς
Figure 2. Schmidt diagram for rock joints.

Για πολύ κερματισμένο ασβεστόλιθο χωρίς βλάστηση, προτείνονται από τους Robotham et al, (1995) τιμές $R_n=0.315$ και $R_t=0.712$ με τυπική απόκλιση 0.064 και 0.116 αντίστοιχα, όπως αυτές προέκυψαν με καταγραφές των τροχιών των βραχωδών τεμαχίων από ασβεστολιθικά πρανή λατομείων στη Μεγάλη Βρετανία και ανταποκρίνονται με αρκετή ακρίβεια στην ενότητα Β, καθώς οι τιμές αυτές βρέθηκε ότι προσομοιάζουν ικανοποιητικά τις πραγματικές τροχιές ογκοτεμαχίων που παρατηρήθηκαν σε επιτόπου δοκιμές στο υπό εξέταση πρανές. Οι τιμές R_n και R_t στις άλλες τεχνικογεωλογικές ενότητες, καθώς και η γωνία τριβής ϕ παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Table 2.	Γεωτεχνικές παράμετροι Geotechnical parameters	A	B	Γ
Ενότητα				
Γωνία τριβής ϕ^0		30	30	30
Κατακόρυφος συντελεστής R_n	Μέση τιμή	0.32	0.315	0.4
	Τυπική απόκλιση	0.04	0.064	0.04
Εφαπτομενικός συντελεστής R_t	Μέση τιμή	0.82	0.712	0.9
	Τυπική απόκλιση	0.04	0.116	0.04

4. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

Προκειμένου να γίνει η ανάλυση καταπτώσεων εκτιμήθηκαν οι ακόλουθες παράμετροι:

- Βάρος και όγκος τεμαχίων
- Αρχική θέση εκκίνησης ως προς το ύψος του πρανούς με ή χωρίς σεισμική διέγερση
- Θέση τερματισμού κατάπτωσης σχετικά με την αστική ανάπτυξη – εκτίμηση θέσης με τη μέγιστη τιμή κινητικής ενέργειας.

Ακόμη όπου αυτό ήταν αναγκαίο, έγινε παραμετρική ανάλυση ενός εκ των παραπάνω παραμέτρων, ενώ αναζητήθηκαν εκείνες οι διατομές του πρανούς που παρουσιάζουν τις δυσμενέστερες συνθήκες καταπτώσεων σύμφωνα με τις επικρατούσες τοπογραφικές και γεωτεχνικές συνθήκες. Ορίσθηκαν συνεπώς τρεις κρίσιμες διατομές (Α-Α', Β-Β' και Γ-Γ') στις οποίες έγιναν όλες οι προηγούμενες παραμετρικές αναλύσεις.

4.1 Μέγεθος επισφαλών ογκοτεμαχίων

Η απόσταση των ασυνεχειών διαμορφώνει ογκοτεμάχιο του ασβεστολίθου με εκτιμώμενο ελάχιστο και μέγιστο μέγεθος, που ενδέχεται να αποκολληθούν από διάφορες θέσεις της δυτικής πλευράς του φυσικού πρανούς.

Ο ασβεστόλιθος σε όλη την έκταση του πρανούς είναι μέτρια έως πολύ κερματισμένος κατά θέσεις και διατέμνεται από δύο κύρια συστήματα ασυνεχειών όπως φαίνεται στη Φωτογραφία 3. Η απόσταση των επιπέδων ασυνεχειών είναι 0.5 – 1.5 m για το 1ο και 2ο σύστημα και διαπιστώνεται ότι ο όγκος των πιθανών ογκοτεμαχίων κυμαίνεται από 0.2 m³ έως 3.3 m³ με μέση τιμή 1.0 m³ περίπου. Για τις αναλύσεις θεωρήθηκαν ως αντιπροσωπευτικές τιμές ογκοτεμαχίων από 0.5m³ έως 1.5m³.



Φωτογραφία 3. Κύριες ασυνέχειες βραχώμαζας
Photograph 3. Main discontinuity sets.

Το βάρος των επισφαλών ογκοτεμαχίων συνοψίζεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Μέγεθος επισφαλών τεμαχίων
Table 3. Size of rockfall blocks

Διατομή	Όγκος (m ³)	Βάρος (tn)		
		Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο
A-A'	0.5–1.5	0.3	8.5	0.5
B-B'	0.5–1.5	0.3	8.5	0.5
Γ-Γ'	0.5–1.5	0.3	8.5	0.5

4.2 Εκτίμηση αρχικής ταχύτητας

Η εκτίμηση της οριζόντιας ταχύτητας που θα διαθέτουν οι επισφαλείς όγκοι βραχόμαζας κατά την αποκόλληση τους προσδιορίζεται με εξίσωση παραγόμενου έργου και κινητικής ενέργειας σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$v = \sqrt{2 \cdot \gamma \cdot s} \quad (1)$$

Η επιτάχυνση γ θεωρείται ίση με τη σεισμική επιτάχυνση $\gamma = 0.33 \cdot g$ της θέσης του έργου, όπως αυτή έχει προκύψει από σεισμοτεκτονικές αναλύσεις, ενώ για να προκληθεί απόσπαση επισφαλούς όγκου θα πρέπει να συμβεί μετακίνηση $s = 0.05$ m και συνεπώς από την ανωτέρω σχέση υπολογίζεται ότι η αντίστοιχη ταχύτητα είναι θα είναι 0.56 m/sec, ενώ η τιμή σχεδιασμού της κατακόρυφης ταχύτητας λαμβάνεται ίση με 0 m/sec.

Επιπροσθέτως στις παραμετρικές 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 τεμάχους ξεκινά χωρίς περιστροφική μετακίνηση αλλά την αποκτά κατά την τροχιά του.

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα της παραγράφου 4 έγιναν αναλύσεις καταπτώσεων ογκοτεμαχίων για τις τρεις δυσμενέστερες διατομές και στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η δυσμενέστερη αυτών που εμφανίζεται στη διατομή AA' του πρανούς. Οι αναλύσεις έγιναν μέσω του προγράμματος RocFall της Rocscience Inc το οποίο προσομοιάζει με χρήση στατιστικών μεθόδων τις πιθανές τροχιές των πύπτοντων βραχωδών τεμαχίων από ένα πρανές συνεκτιμώντας τη

μορφολογία και τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά του πρανούς, καθώς και το σημείο έναρξης των καταπτώσεων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων περιέχουν στοιχεία τόσο για την τιμή και τη θέση ανάπτυξης της μέγιστης κινητικής ενέργειας των πύπτοντων τεμαχίων, όσο και για το μέγιστο ύψος αναπήδησής τους στη διάρκεια της κίνησής τους.

Από την παραμετρική ανάλυση προκύπτει ότι στο σύνολο των περιπτώσεων η θέση της αναπτυσσόμενης κινητικής ενέργειας βρίσκεται κοντά στην επαφή κορημάτων και ασβεστολίθου, ενώ η πλειοψηφία των τεμαχίων είτε καταλήγει όπισθεν του κτιρίου σε περιοχή που έχει εκσκαφθεί και διευρυνθεί, είτε καταλήγει εμπροσθεν αυτού.

Ακόμη η κινητική ενέργεια των προσπίπτοντων τεμαχίων στις διατομές BB' και ΓΓ' είναι μικρότερη, όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, και αυτό οφείλεται στη μικρότερη κλίση του πρανούς αλλά και στην απορρόφηση ενέργειας κατά μήκος των διαδρομών καταπτώσεων.

Πίνακας 4. Τιμή κινητικής ενέργειας στις τρεις διατομές ελέγχου

Table 4. Kinetic energy for the three cross sections

Διατομή	Κινητική ενέργεια (KJ)
A-A'	75
B-B'	60
Γ-Γ'	33

Με βάση την παραπάνω ανάλυση καταπτώσεων προκύπτει ότι είναι απαραίτητη η τοποθέτηση συστήματος ανάσχεσης πτώσεων βράχων.

Το απαιτούμενο σύστημα προσδιορίζεται σε κάθε θέση ελέγχου με ταυτόχρονο καθορισμό του επιθυμητού ποσοστού κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων. Στις συγκεκριμένες αναλύσεις θεωρήθηκε ότι τα συστήματα συγκράτησης βραχοπτώσεων παρουσιάζουν ελαστική συμπεριφορά για μεγέθη αναπτυσσόμενης ενέργειας έως 90% της ικανότητας απορρόφησης ενέργειας του συστήματος που προσομοιώνεται. Για την εν λόγω συμπεριφορά των συστημάτων ανάσχεσης βραχοπτώσεων και προκειμένου να προσδιοριστεί η τροχιά των επισφαλών όγκων βραχόμαζας που προσκρούουν επί του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν συντελεστές αναπήδησης $R_n=0.9$ και $R_t=0.9$. Το Σχήμα 4 παρουσιάζει τη μεταβολή της κινητικής

ενέργειας κατά μήκος του πρानού, όπου επιπλέον στη μέγιστη τιμή της έχει τοποθετηθεί σύστημα συγκράτησης, ενώ το Σχήμα 5 την αθροιστική καμπύλη μεγέθους κινητικής ενέργειας στη διατομή AA όπου προκύπτει ότι θεωρώντας ως απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης του φαινομένου κατάπτωσης βράχων ίση με 99%, η απαιτούμενη ικανότητα του συστήματος που θα πρέπει να τοποθετηθεί ανέρχεται στα 75 KJ περίπου.

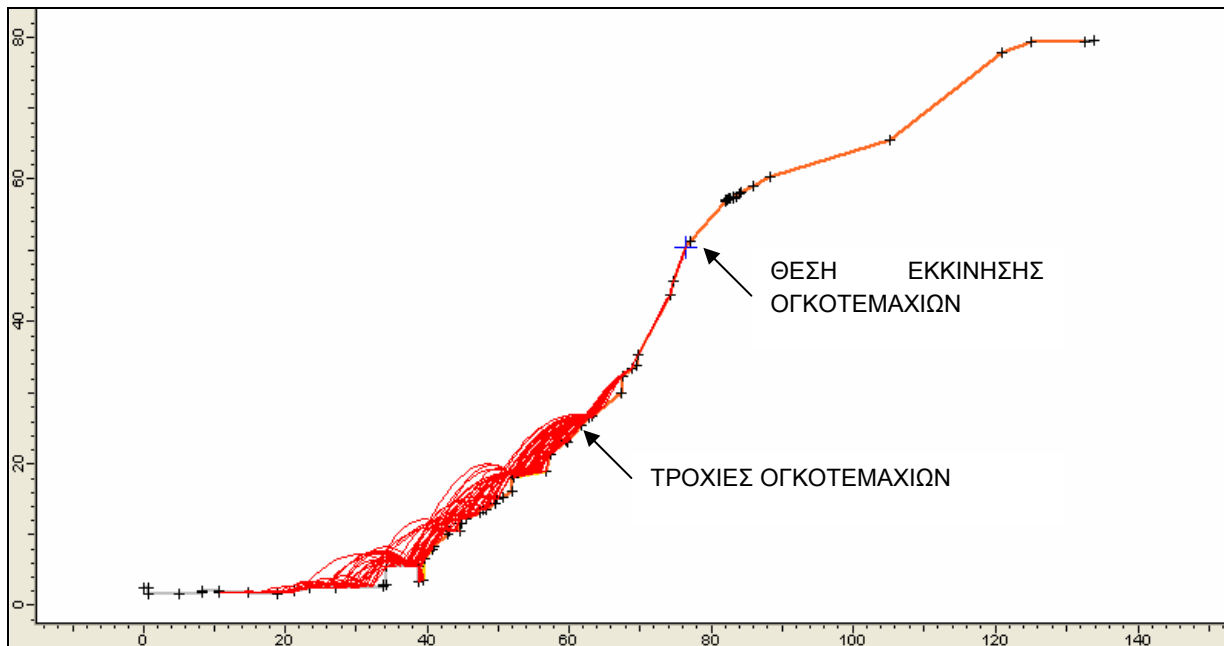
6. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Η ανάγκη χρήσης των χώρων πίσω από το κτίριο των φυσικών λουτρών όπως και η προστασία αυτού επιβάλλουν τη λήψη επιπρόσθετων μέτρων ανάσχεσης των καταπτώσεων. Επιλέχθηκε λοιπόν και με βάση την αυξημένη πιθανότητα αλλαγής προς το δυσμενέστερο κάποιων παραμέτρων (πχ. μείωση φυτοκάλυψης, εκτεταμένες εκσκαφές για διαμόρφωση χώρων πίσω από τα κτίρια) τα ακόλουθα μέτρα:

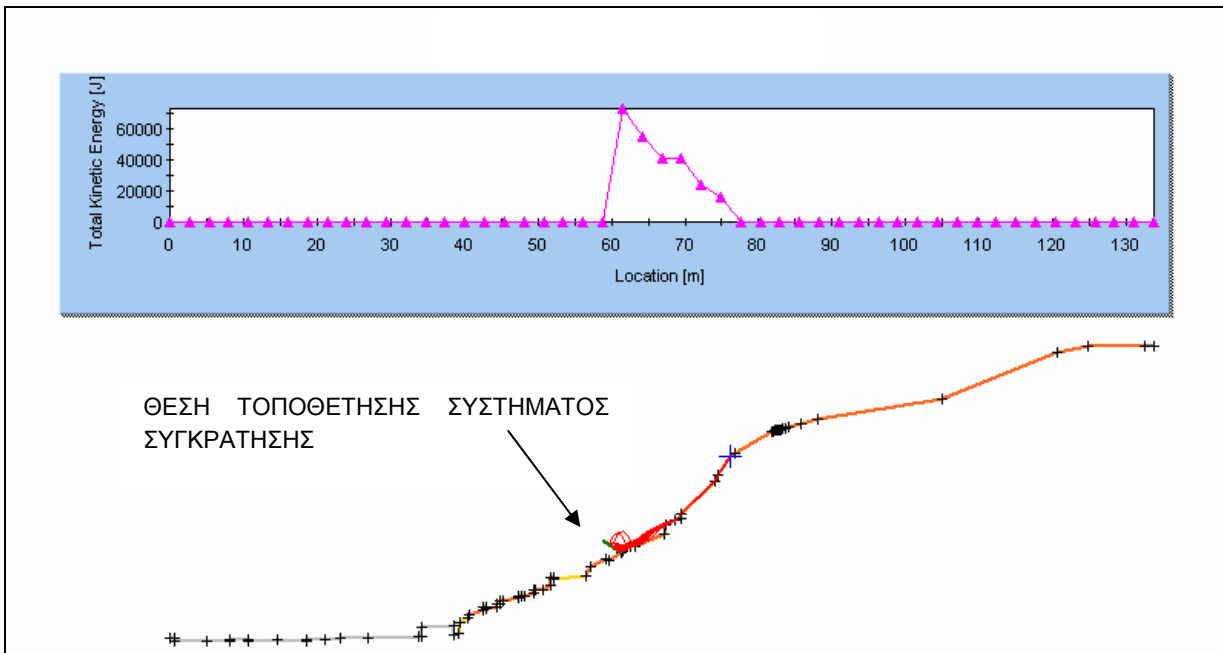
- Χρήση συστήματος ανάσχεσης καταπτώσεων βράχων με μέγιστη ικανότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας 150KJ (λόγω πιθανής δυσμενούς αλλαγής παραμέτρων) που αποτελείται από μεταλλικό δικτυωτό πλέγμα συγκράτησης βραχωδών τεμαχών. Αυτό στηρίζεται σε μεταλλικούς ορθοστάτες υπό γωνία 75°

με την κλίση του φυσικού πρानού πακτωμένους επί λωριδωτού θεμελίου από ωπλισμένο σκυρόδεμα.

- Ενεμάτωση όλων των ανοικτών και διευρυμένων ασυνεχειών που ενδεχομένως να οδηγήσουν σε κατάπτωση τεμαχών ιδιαίτερα σε περίπτωση σεισμικής φόρτισης.
- Δυτικότερα της τομής A-A' προτείνεται τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος επί του πρानού που θα προστατεύει τις κλίμακες οι οποίες οδηγούν σε υψηλότερα σημεία του πρानού. Οι κλίμακες έχουν επηρεασθεί από πτώσεις τεμαχών της ανάντη ασβεστολιθικής βραχώμαζας.
- Επιπλέον μεταξύ των διατομών A-A' και Γ-Γ' προβλέπεται η τοποθέτηση επιχώματος στήριξης στον πόδα του πρानού (θέση κατά πλάτος τομής A-A' έως B-B') και εκσκαφή των υπαρχόντων υλικών (θέση κατά πλάτος τομής Γ-Γ'). Με τις εκσκαφές που γίνονται στην περιοχή της κατά πλάτος τομής Γ-Γ' θα αποκαλυφθεί μέρος των γεωυλικών. Για την προστασία αυτών από τους παράγοντες αποσάθρωσης και διάβρωσης προτείνεται η προστασία του διαμορφωμένου πρानού με επικάλυψη με γεωπλέγμα και υδροσπορά.

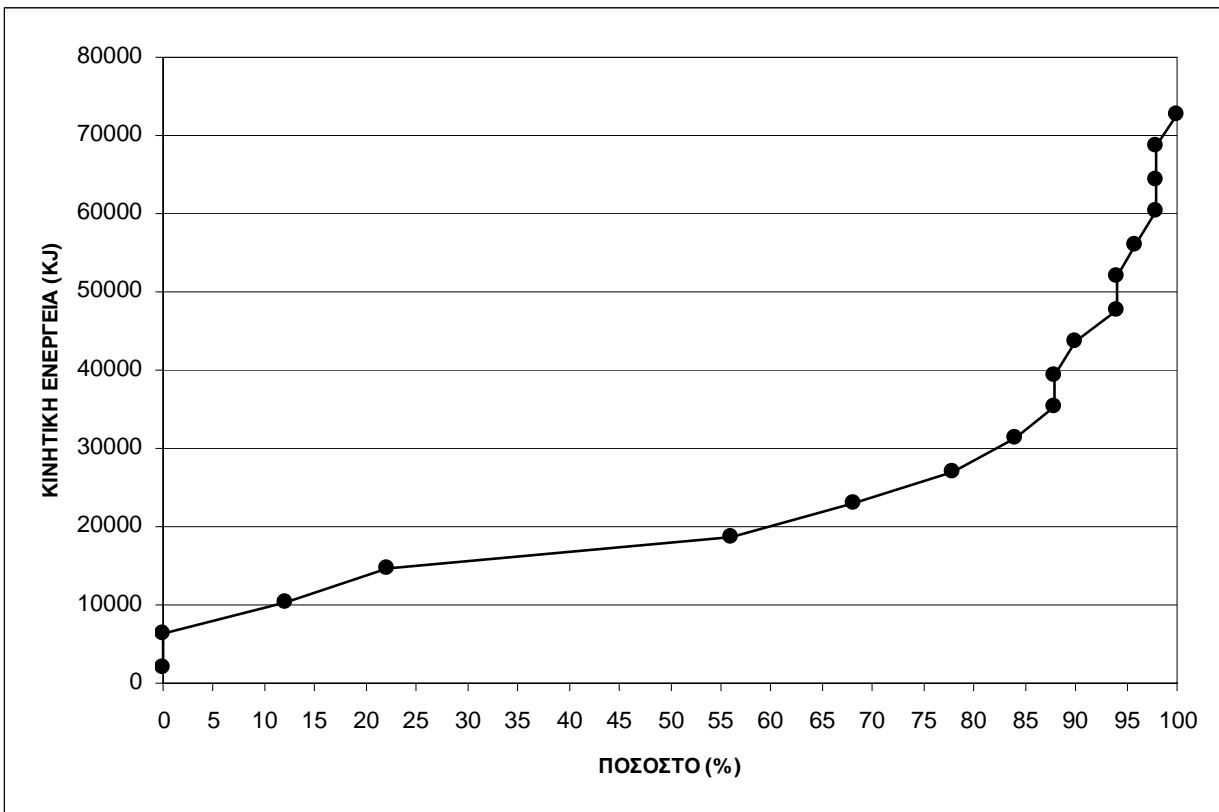


Σχήμα 3. Πιθανές τροχιές καταπτώσεων ογκοτεμαχών στη διατομή AA'
Figure 3. Probable rock paths at section AA'.



Σχήμα 4. Διάγραμμα κινητικής ενέργειας ογκοτεμαχίων μετά την πρόσκρουσή τους στο σύστημα συγκράτησης στη διατομή AA'.

Figure 4. Rockfall kinetic energy after the implementation of a barrier.



Σχήμα 5. Αθροιστική καμπύλη μεγέθους κινητικής ενέργειας στη διατομή AA'.

Figure 5. Cumulative kinetic energy at section AA'.

Όλα τα προτεινόμενα μέτρα καθώς και η γενική άποψη της περιοχής παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εξετάζοντας το ανάντη των φυσικών Δημοτικών Λουτρών Λουτρακίου ασβεστολιθικό φυσικό πρανές με μέσο ύψος 80m, διαπιστώνεται ότι στο δυτικό τμήμα παρουσιάζονται προβλήματα καταπτώσεων. Προκειμένου να γίνει η παραμετρική ανάλυση εκτιμήθηκαν τόσο το βάρος και ο όγκος τεμαχών, όσο και η αρχική θέση εκκίνησης ως προς το ύψος του πρανούς με ή χωρίς σεισμική διέγερση, όπως επίσης και ο τερματισμός κατάπτωσης σχετικά με την αστική ανάπτυξη.

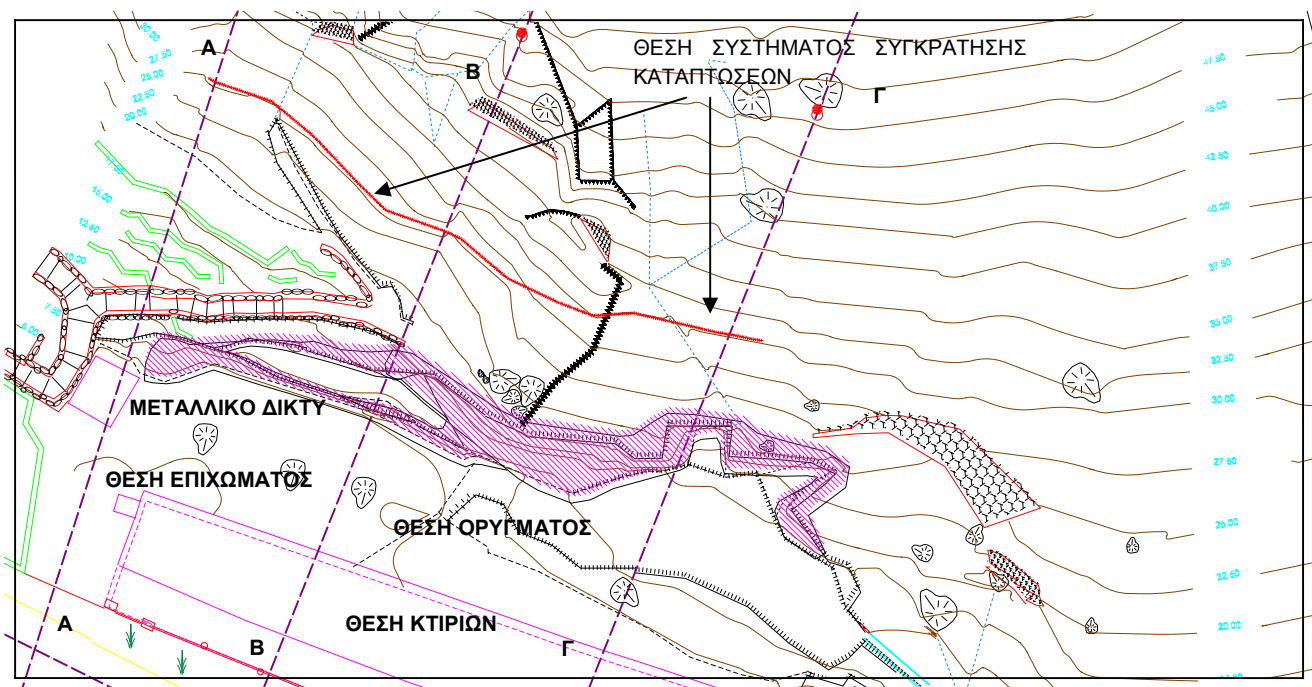
Διαπιστώθηκε η ύπαρξη στη βραχώδη δύο κύριων συστημάτων ασυνεχιών που καθορίζουν πιθανούς όγκους τεμαχίων βράχου από 0.2 m³ έως 3.3 m³ με μέση τιμή 1.0 m³ περίπου, ενώ το πιθανό ύψος εκκίνησης

καταπτώσεων είναι στα +50m απόλυτο υψόμετρο.

Η εκδήλωση καταπτώσεων βράχων μπορεί να προκληθεί υπό συνθήκες σεισμικής φόρτισης. Συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης η αρχική ταχύτητα καταπτώσεων βράχων είναι 0.56m/sec.

Από την παραμετρική ανάλυση προκύπτει ότι είναι κρίσιμη η επιλογή των παραμέτρων του βραχώδους πρανούς (γεωτεχνικά χαρακτηριστικά και γεωμετρία αυτού). Αυτό γίνεται εμφανές με βάση την κινητική ενέργεια πρόσκρουσης των τεμαχίων στα τμήματα του πρανούς με διαφορετική κλίση και παρόμοια φυσικά χαρακτηριστικά.

Η βέλτιστη θέση και η μέγιστη ικανότητα απορρόφησης κινητικής ενέργειας των συστημάτων καθορίζεται με βάση την πιθανοτική ανάλυση κάλυψης του φαινομένου σε ποσοστό 99%.



Σχήμα 6. Απόσπασμα οριζοντιογραφίας πρανούς
Figure 6. Plan view of the slope

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Hoek, E. & Bray, J.W. (1981) Rock Slope Engineering. London: E & FN Spon.
- International Society of Rock Mechanics. (1981). Rock Characterization Testing & Monitoring. London: Pergamon Press.
- Παπανικολάου, Δ., Σίδερης, Χ. & Λόζιος, Σ. (1998), Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδος. Φύλλο «ΚΟΡΙΝΘΟΣ», Αθήνα.
- Robotham, M.E., and Wang, H., and Walton, G. (1995) "Assessment of risk from rockfall from active and abandoned quarry slopes." Institution of mining and Metallurgy, Section A. Vol. 104, pp. 25-33.
- Rocscience Inc, (1998-2002) RocFall, User's Guide.
- Vita-Finzi C., and King G.C.P. (1985) "The seismicity, geomorphology and structural evolution of the Corinth area of Greece." Phil. Trans R. Soc. London, Vol. 314, pp. 379-407.