



Τ.Ε.Ι. Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΤΑΜΗΛΟΤΗΤΑΣ



ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ-ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Βοσνιάκος Κωνσταντίνος, M.SC., Ph.D.
Γεωτεχνικός Μηχανικός

ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ

Είναι το φαινόμενο της διατάραξης της ισορροπίας μιας μάζας εδάφους ή βράχου. Αποτελούν μέρος των φυσικών διεργασιών εξέλιξης του γήινου ανάγλυφου, ωστόσο μπορούν να προκληθούν και από εξωτερικές παρεμβάσεις με την άμεση ή έμμεση συμβολή του ανθρώπου.

Αν η εδαφική μάζα κινηθεί μόνο προς την κατακόρυφη διεύθυνση τότε έχουμε **καθίζηση** ή **κατάπτωση**.

Αν υπάρχει κίνηση και κατά την οριζόντια διεύθυνση τότε έχουμε **κατολίσθηση**.



ΑΙΤΙΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Μια **κατολίσθηση** είναι το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης:

- ⦿ μορφολογικών
- ⦿ γεωλογικών
- ⦿ γεωτεχνικών
- ⦿ περιβαλλοντικών και
- ⦿ ανθρώπινων παρεμβάσεων.



ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- ⦿ Απώλειες σε ανθρώπινες ζωές
- ⦿ Ζημιές σε περιουσίες
- ⦿ Απώλειες βιομηχανικών, αγροτικών και τουριστικών οικονομικών πόρων ως αποτέλεσμα των ζημιών στην γη, στις εγκαταστάσεις ή στο οδικό δίκτυο.



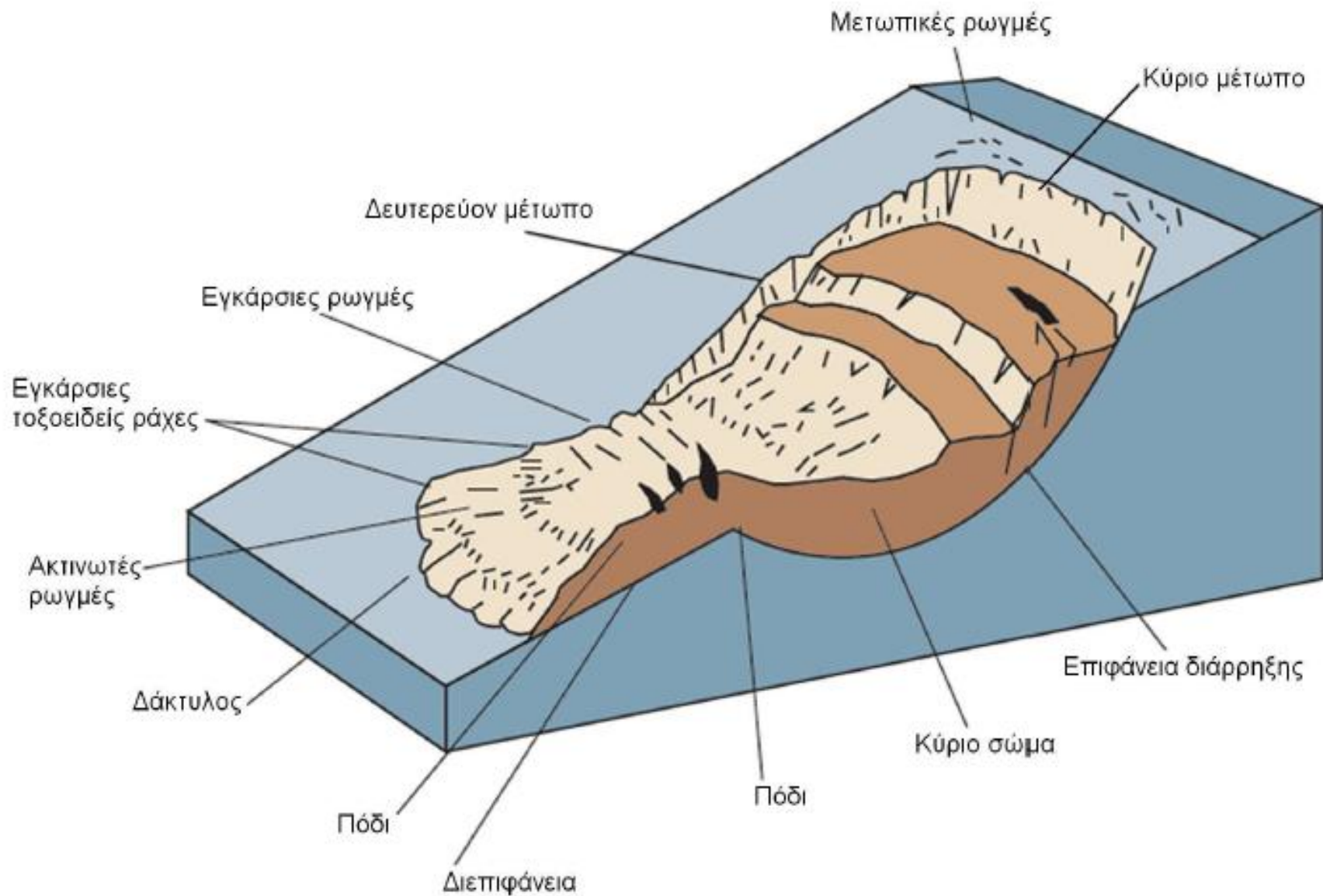
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- Μείωση αγοραστικής αξίας της γης σε περιοχές που απειλούνται από κατολισθήσεις
- Αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού σε ρέματα και αρδευτικές εγκαταστάσεις στην περιοχή της κατολίσθησης.
- Μείωση παραγωγικότητας ανθρώπων και ζώων λόγω τραυματισμού, θανάτου ή ψυχολογικών τραυμάτων
- Δευτερεύουσες επιδράσεις όπως πλημμύρες που μπορούν να προκληθούν μετά από μια κατολίσθηση.
- Αχρήστευση εδάφους κατάλληλου για καλλιέργειες και δόμηση.
- Αποκλεισμών ορεινών περιοχών, κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, κ.α.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

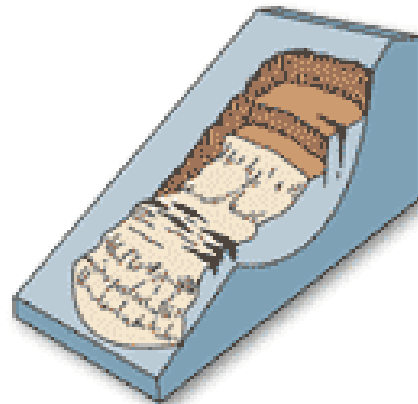
- Κύριο μέτωπο: η απότομη επιφάνεια του φυσικού εδάφους στο ανώτερο τμήμα της ολίσθησης που προκλήθηκε κατά την ολίσθηση της εδαφικής μάζας.
- Δευτερεύον μέτωπο: μικρότερη επιφάνεια μάζας που έχει δημιουργηθεί κατά την ολίσθηση.
- Επιφάνεια διάρρηξης: η επιφάνεια αποχωρισμού των υλικών που κατολισθαίνουν από το σταθερό υπόβαθρο.
- Κύριο σώμα: η μετακινούμενη μάζα μεταξύ κύριας κατακρήμνισης και πόδι της κατολίσθησης.
- Πόδι: Το κάτω τμήμα της κατολίσθησης που υπέρκειται της αρχικής επιφάνειας του εδάφους.
- Δάκτυλος: Το κατώτερο όριο του ποδιού που έχει την μεγαλύτερη απόσταση από την κορυφή της κατολίσθησης.
- Διεπιφάνεια ολίσθησης: η επιφάνεια πάνω στην οποία γίνεται η κύρια μετατόπιση της ολισθαίνουσας μάζας.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

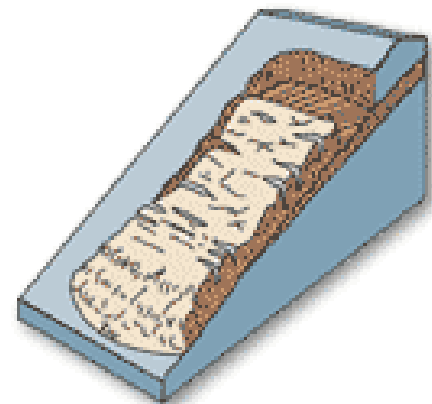


ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- **Ολίσθηση:** η προς τα κάτω κίνηση εδαφικής ή βραχώδους μάζας που λαμβάνει χώρα κατά μήκος επιφανειών θραύσης.
- Η επιφάνεια αστοχίας μπορεί να είναι **επίπεδη** ή **κυκλική**. Στους βραχώδεις σχηματισμούς η επιφάνεια αστοχίας μπορεί να ταυτίζεται με επιφάνειες ασυνεχειών.
- Οι ολισθήσεις διακρίνονται σε **περιστροφικές** (rotational) και **μεταθετικές** (translational)



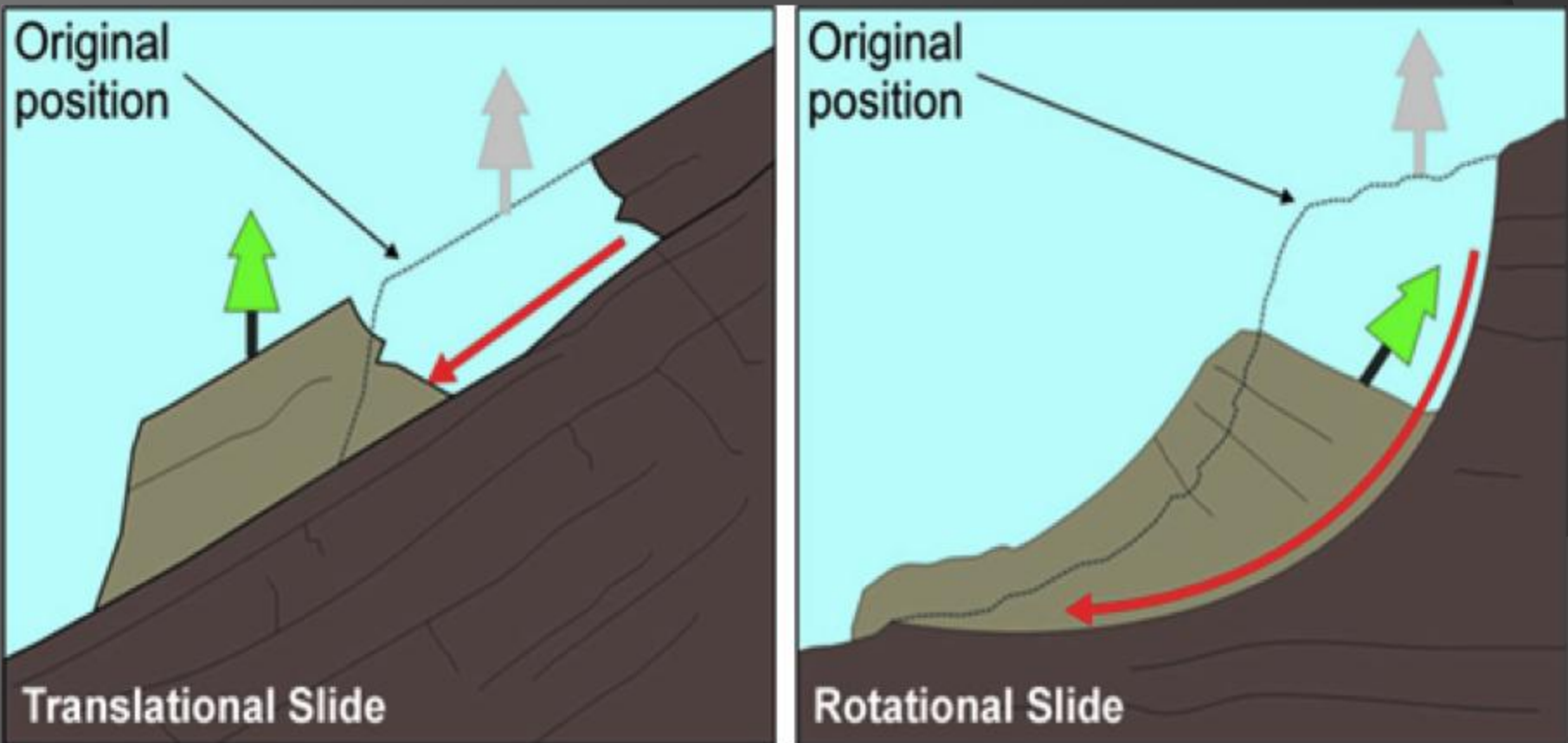
Rotational landslide



Translational landslide

ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- Οι ολισθήσεις διακρίνονται σε **περιστροφικές** (rotational) και **μεταθετικές** (translational)



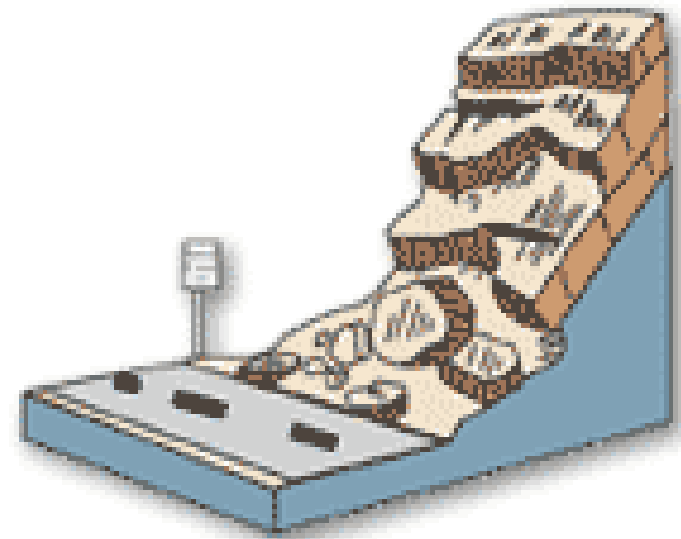
ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- Οι ολισθήσεις διακρίνονται σε **περιστροφικές** (rotational) και **μεταθετικές** (translational)



ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- **Καταπτώσεις:** πρόκειται για αποκόλληση τμήματος συνεκτικού εδάφους ή βραχομάζας (κυρίως) από απότομο πρανές κατά μήκος μιας επιφάνειας με μηδενική διατμητική αντοχή. Η κίνηση του υλικού γίνεται μέσω κύλισης και αναπήδησης που καλείται **κατάπτωση**.



Rockfall

ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

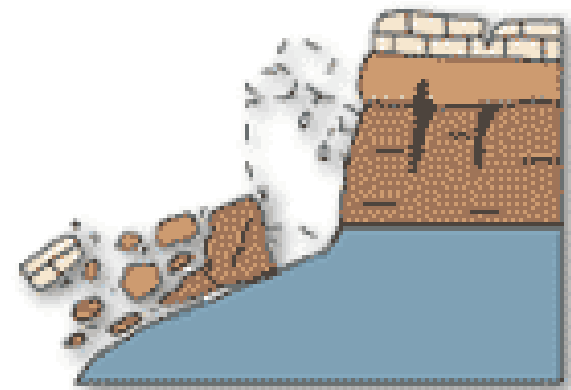
◎ Καταπτώσεις



ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- **Ανατροπές:** μία προς τα έξω περιστροφή της αποσπώμενης μάζας, γύρω από σημείο ή άξονα περιστροφής που εντοπίζεται κάτω από το κέντρο βάρους της μετακινούμενης μάζας. Στη συνέχεια τμήματα αποχωρίζονται από την υπόλοιπη μάζα, αναπηδώντας και πέφτοντας προς τα κατόντη του πρανούς.

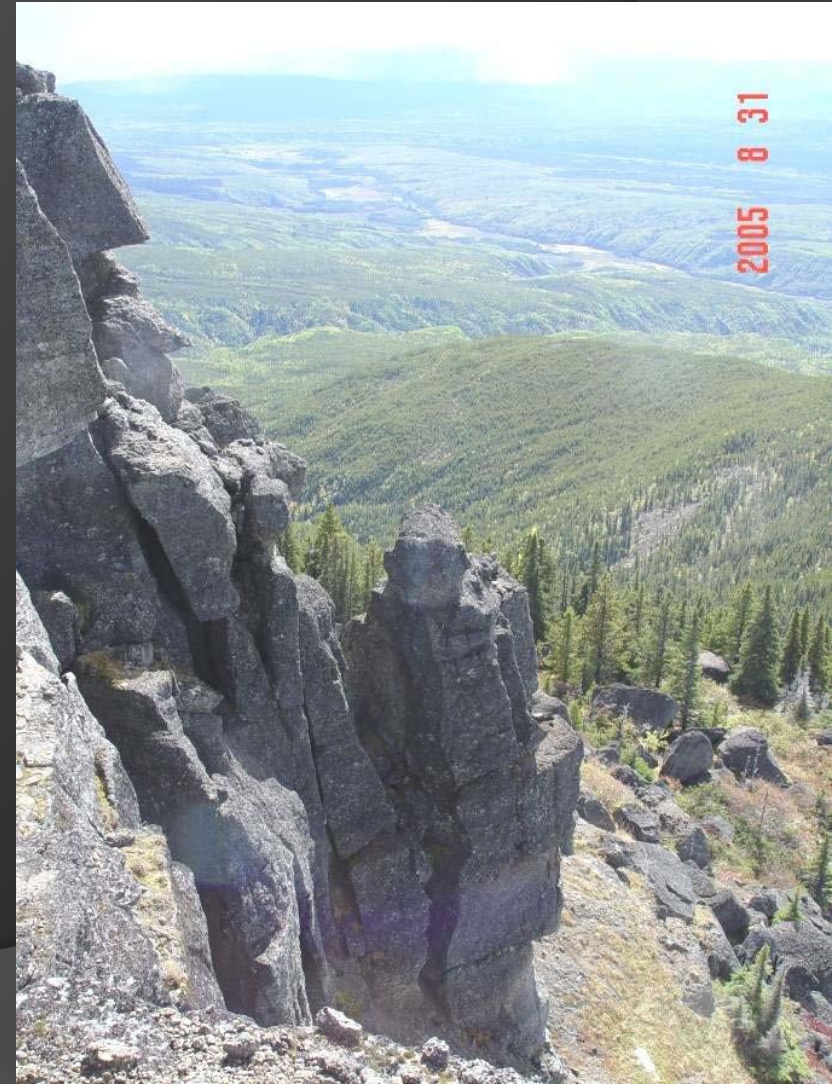
Προκαλείται από τη βαρύτητα, από τις δυνάμεις που ασκούν τα γειτονικά τεμάχια ή από την επίδραση του νερού. Η ανατροπή της μάζας εξελίσσεται συνήθως σε πτώση ή ολίσθηση.



Topple

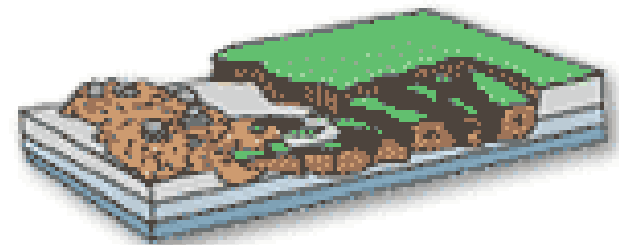
ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

◎ Ανατροπές:



ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

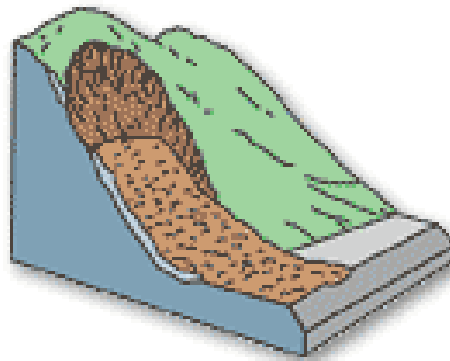
- **Πλευρικές εξαπλώσεις:** πλευρικές οριζόντιες μετακινήσεις πάνω σε στρώσεις υλικών με ασθενή μηχανικά υλικά.



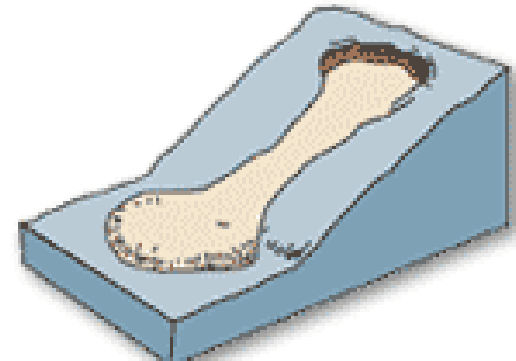
Lateral slide

ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

- **Ροές:** εκδηλώνονται σε χαλαρά υλικά αλλά και σε βραχώδεις σχηματισμούς. Μπορούν να είναι είτε υγρές είτε ξηρές. Διαφέρουν από την ολίσθηση στην απουσία καλά διαμορφωμένων επιφανειών ολίσθησης και στην έντονη αναμόχλευση της μετακινούμενης μάζας.



Debris avalanche or flow



Earth flow

ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

● Ροές



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Περιγραφή ταχύτητας	Ταχύτητα	Πιθανές επιπτώσεις
Εξαιρετικά αργή	$< 1,5 \text{ cm/έτος}$	Αμυδρή κίνηση ανιχνεύσιμη μόνο με όργανα
Πολύ αργή	$> 1,6 \text{ cm/έτος}$	Ορισμένες κατασκευές μπορεί να παραμένουν χωρίς ζημιές
Αργή	$> 1,6 \text{ m/έτος}$	Γίνονται επιδιορθωτικές κινήσεις. Μη ευαίσθητες κατασκευές μπορεί να διατηρηθούν με συχνή συντήρηση.
Μέτρια	$> 13 \text{ m/έτος}$	Μερικές ευαίσθητες κατασκευές μπορεί να πληγούν
Γρήγορη	$> 1,8 \text{ m/h}$	Δυνατή η διαφυγή κατοίκων. Καταστροφή πολλών κατασκευών
Πολύ γρήγορη	$> 3 \text{ m/min}$	Μερικώς θανατηφόρες επιπτώσεις. Μη εφικτή η ολική διαφυγή κατοίκων
Εξαιρετικά γρήγορη	$> 5 \text{ m/sec}$	Βίαιες καταστροφές. Αδύνατη η διαφυγή. Πολλοί θάνατοι. Καταστροφές κατασκευών

ΠΙΘΑΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ (UNESCO)

Κατηγορία ταχύτητας μετακίνησης	Πιθανές βλάβες
7	Καταστροφές κτιρίων λόγω έντονων μετακινήσεων ή πρόσκρουσης της μετακινούμενης μάζας, πολλοί θάνατοι, απίθανη η ύπαρξη επιζώντων.
6	Μερικοί θάνατοι, περιορισμένος χρόνος για ασφαλή φυγή όλων των κατοίκων.
5	Δυνατή η ασφαλής φυγή των κατοίκων. Σπίτια, εγκαταστάσεις και δίκτυα υποδομής με μεγάλες βλάβες ή κατεστραμμένα.
4	Μερικές από τις προσωρινές εγκαταστάσεις είναι δυνατό να διατηρηθούν.
3	Δυνατή η λήψη μέτρων προστασίας κατά την ενεργοποίηση. Μερικές φορές καλά σχεδιασμένες εγκαταστάσεις μπορεί να διατηρηθούν με κατάλληλη συντήρηση, αν δεν υπάρξει ξαφνική επιτάχυνση της κίνησης.
2	Μερικές από τις μόνιμες κατασκευές παραμένουν ανέπαφες.
1	Η μετακίνηση προσδιορίζεται μόνο με ενόργανες μετρήσεις λόγω του μικρού μεγέθους της. Οι κατασκευές δεν υφίστανται βλάβες, όταν λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα.

ΟΙ ΠΙΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

◎ Εδαφικές συνθήκες

1. Αποσαθρωμένο υλικό
2. Ρωγματωμένο υλικό
3. Βραχώμαζα με δυσμενή προσανατολισμό ασυνεχειών
4. Διαφοροποιήσεις στην υδροπερατότητα
5. Χαμηλής αντοχής εδαφικό υλικό

ΟΙ ΠΙΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

◎ Γεωμορφολογικές συνθήκες

1. Επίδραση παγετώνων
2. Ποτάμια ή θαλάσσια διάβρωση της βάσης του πρηνούς
3. Εσωτερική διάβρωση
4. Φόρτιση από φυσική απόθεση υλικών στη κορυφή του πρηνούς
5. Απομάκρυνση φυτοκάλυψης (από πυρκαγιά, διάβρωση, κ.τ.λ.)

ΟΙ ΠΙΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

◎ Φυσικές διεργασίες

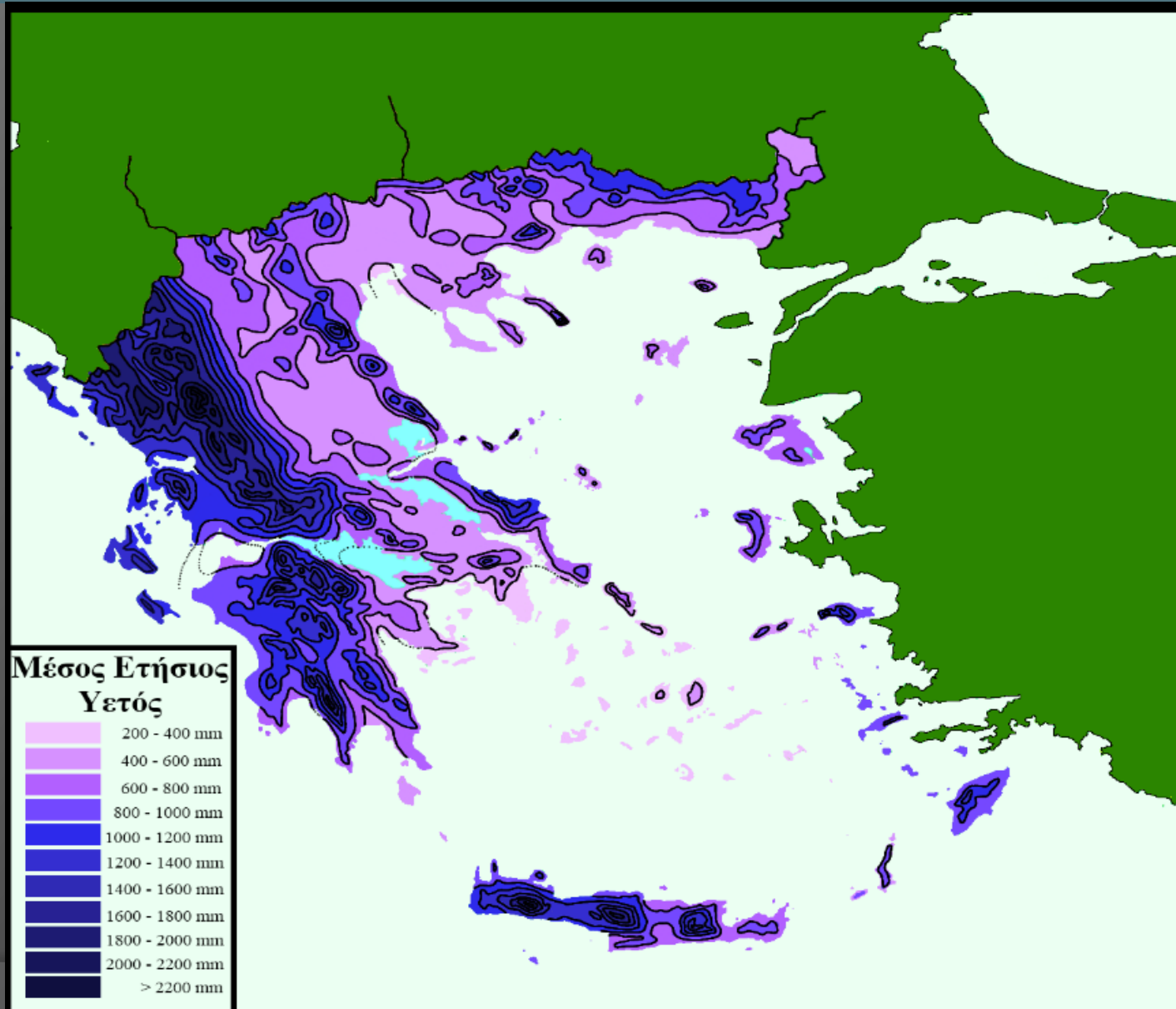
1. Έντονη βροχόπτωση
2. Λιώσιμο χιονιού
3. Σεισμοί
4. Εκρήξεις ηφαιστείων
5. Διάρρηξη φυσικών φραγμάτων

ΟΙ ΠΙΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

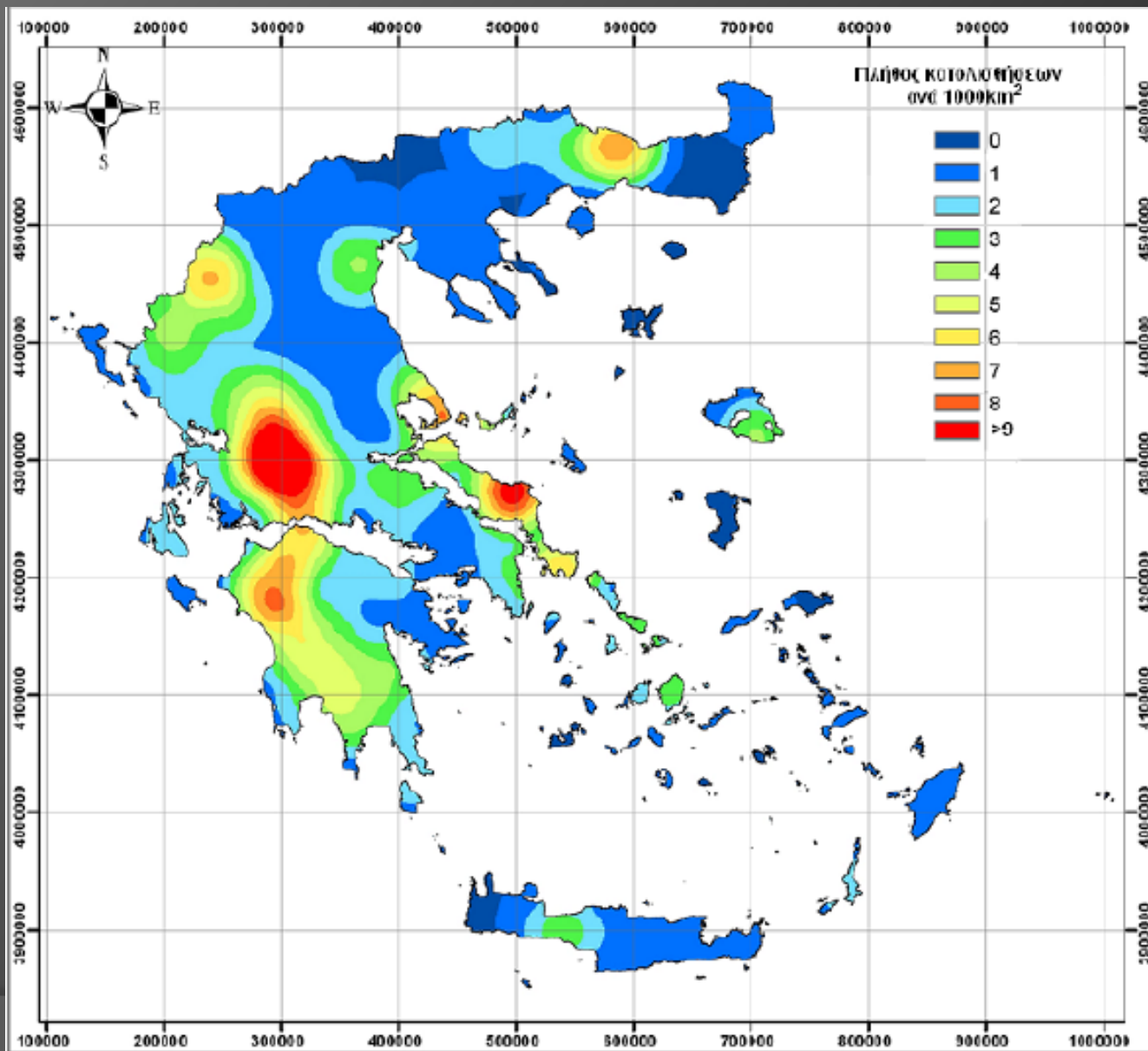
◎ Ανθρωπογενείς διεργασίες

1. Εκσκαφές στη βάση (πόδι) του πρανούς
2. Φόρτιση στο μέτωπο του πρανούς ή στην κορυφή του
3. Άρδευση
4. Υποβιβασμός στάθμης υπόγειου νερού
5. Διαρροή νερών από τεχνικά έργα
6. Αποψίλωση
7. Λατομεία – μεταλλεία
8. Δημιουργία Χ.Υ.Τ.Α.
9. Τεχνητές δονήσεις (κυκλοφορία οχημάτων, λειτουργία μηχανημάτων)

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ



ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

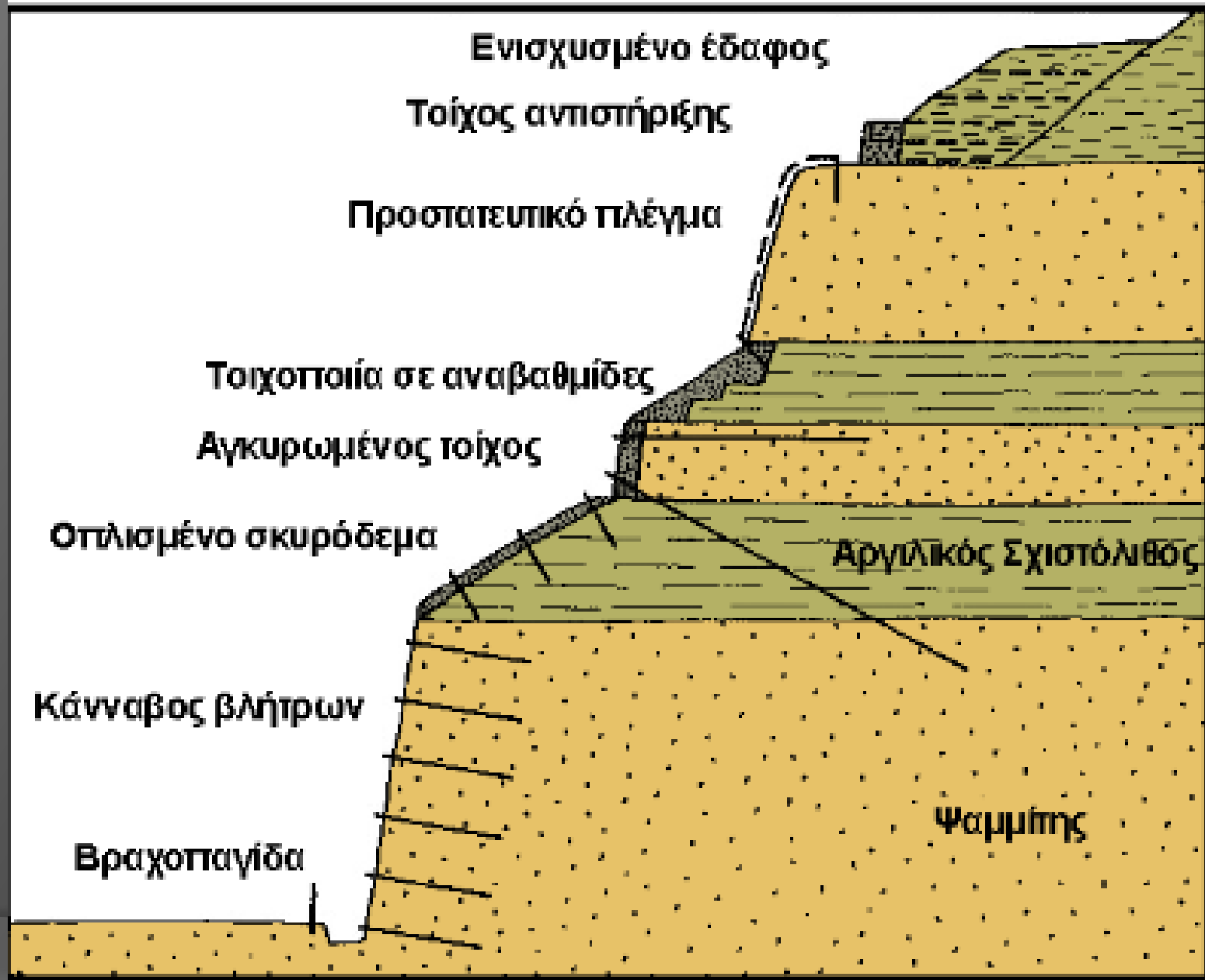


ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΡΑΝΩΝ

Δυο είναι οι κύριες κατηγορίες μέτρων:

- ◎ **Παθητικά μέτρα:** μέτρα που εμποδίζουν τα τεμάχια της βραχόμαζας που έχουν μετακινηθεί να προκαλέσουν καταστροφές. Έχουν μικρότερο κόστος από τα ενεργητικά μέτρα .
- ◎ **Ενεργητικά μέτρα:** μειώνουν τις δυνάμεις που προκαλούν την ολίσθηση ή αυξάνουν τις δυνάμεις συγκράτησης. Έτσι μειώνουν την πιθανότητα μετακίνησης διαφόρων τεμαχίων της βραχόμαζας και γενικά αποτελούν την πρώτη επιλογή για τη λύση του προβλήματος.

ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΡΑΝΩΝ



ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- Έργα αποστράγγισης: σκοπεύουν στην αποφυγή συγκέντρωσης νερού στην επιφάνεια του πρανούς.
Επιτυγχάνεται με χρήση επιφανειακών στραγγιστηριών (περιμετρικοί τάφροι) ή αποστραγγιστικών σωλήνων για την συλλογή και απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων.



ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Εκσκαφή πρανών:** (διαμόρφωση επιφάνειας πρανού σε αναβαθμούς, αλλαγή κλίσης πρανού) έτσι ώστε να μειωθούν οι δυνάμεις που τείνουν να προκαλέσουν αστοχία.



ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Καθαίρεση κομματιών:** είναι ελεύθερα να πέσουν και να προκαλέσουν καταστροφές (οικονομικότερη λύση).



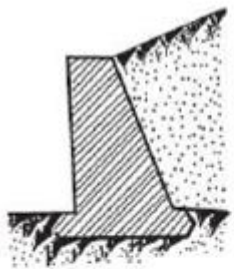
ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- ◎ **Κατασκευή τάφρων:** εμποδίσουν τα κομμάτια να προχωρήσουν και να προκαλέσουν καταστροφές.



ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

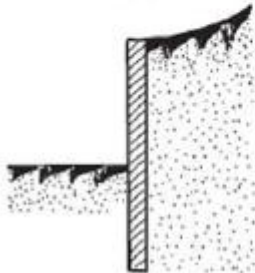
- **Τοιχία:** κατασκευάζονται κατά μήκος συγκοινωνιακών αξόνων και λειτουργούν σαν φράγματα και συγκρατούν τα κομμάτια που αστοχούν από το πρηνές.



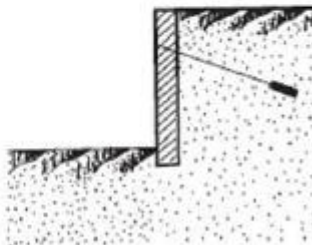
(α)



(β)



(γ)



(δ)

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Σκέπαστρα:** κατασκευάζονται κατά μήκος συγκοινωνιακών αξόνων στις περιπτώσεις που άλλο μέτρο προστασίας δεν αποδίδει. Είναι δαπανηρές κατασκευές.



ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Δίκτυ συγκράτησης:** φράχτης που αποτελείται από δίκτυα από ενωμένα δακτυλίδια συρματόσχοινων και σκοπό έχουν να συγκρατήσουν τεμάχια που αποκολλούνται από το πρανές.



ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Γεωφάσματα:** χρήση γεωφασμάτων για τον έλεγχο της επιφανειακής διάβρωσης πρανών και τη διευκόλυνση της φυτικής ανάπτυξης.



ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Αγκυρώσεις βράχου:** Με μήκος από 5-50 m μεταβιβάζουν δυνάμεις 15-500 tn.



ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Αγκύρια και πλέγμα:** πλέγμα που αγκυρώνεται στο βράχο και συγκρατεί το πρανές από καταπτώσεις τεμαχίων.



ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- Εκτοξευμένο σκυρόδεμα (guniting): χρήση κυρίως σε απότομα βραχώδη πρανή.

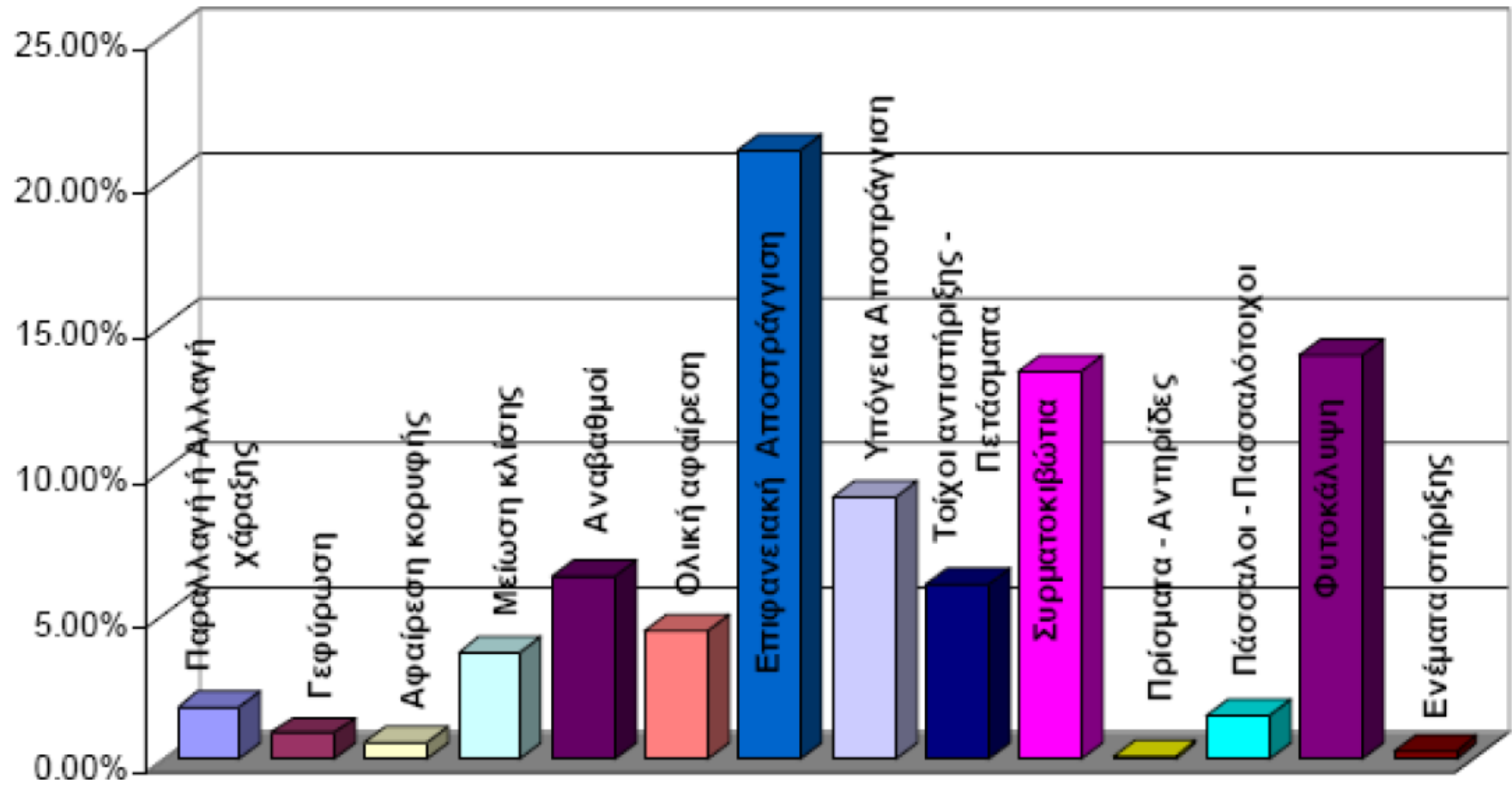


ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Τσιμεντενέσεις: Είναι η υπό πίεση διοχέτευση ρευστού τσιμέντου, η πήξη του οποίου οδηγεί στην ενίσχυση του εδάφους. Σκοπός είναι η ενίσχυση της αντοχής της βραχώμαζας. Με ειδικό αυτοκινούμενο μηχάνημα διανοίγεται οπή, κατόπιν το στέλεχος ανασύρεται και διοχετεύεται στο έδαφος το ένεμα.



ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΡΑΝΩΝ



ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΠΡΑΝΩΝ

