



# «Τεχνική Γεωλογία Υπογείων Έργων»

## 3<sup>ο</sup> Μάθημα

**Διδάσκων: Β. Μαρίνος, Επ. Καθηγητής**

- Γεωτεχνικός Τομέας, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ

[marinosv@civil.ntua.gr](mailto:marinosv@civil.ntua.gr)

# ΣΕΙΡΑ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ – ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ «ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΈΡΓΩΝ»

1<sup>η</sup>  
Διάλεξη

B. Μαρίνος

Εισαγωγικό μάθημα –  
Αντικείμενο μαθήματος μέσα από μία πλήρη παρουσίαση:  
Από το Γεωλογικό μοντέλο, στο μοντέλο του γεωυλικού (εδάφους-βραχομάζας), στην εκτίμηση της τεχνικογεωλογικής - γεωτεχνικής συμπεριφοράς, στον καθορισμό των παραμέτρων σχεδιασμού και τέλος στην εκτίμηση των μέτρων άμεσης υποστήριξης.

2<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 2

B. Μαρίνος

Σύνταξη Γεωλογικών τομών.  
Διαχωρισμός γεωλογικών – τεχνικογεωλογικών ενοτήτων κατά μήκος του υπογείου έργου.

3<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 3

B. Μαρίνος

Σχεδιασμός Γεωλογικών τομών από χάρτες μικρής κλίμακας (π.χ. ΙΓΜΕ, 1:50.000).  
Από το γεωλογικό μοντέλο στην κλίμακα του έργου. Άντληση γεωλογικών πληροφοριών για τη σύνταξη του ευρύτερου γεωλογικού προτύπου της περιοχής του έργου. Το μάθημα ολοκληρώνεται στην ύπαιθρο (σε ημέρα και ώρα εκτός κανονικού προγράμματος μετά από συνεννόηση με τους φοιτητές) σε περιοχή αντίστοιχη του χάρτη που δουλέψατε.

4<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 4

B. Μαρίνος

Τεχνικογεωλογικές παράμετροι για τα υπόγεια έργα.  
Γεωστατιστική επεξεργασία παραμέτρων άρρηκτου βράχου, βραχομάζας, υδρογεωλογικών και άλλων τεχνικογεωλογικών παραμέτρων για τον σχεδιασμό και κατασκευή υπογείων έργων.

5<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 5

B. Μαρίνος

Εκτίμηση τεχνικογεωλογικών συνθηκών και τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς σε μη αστικές σήραγγες –  
Μηχανισμοί αστοχίας – γεωλογικοί κίνδυνοι κατά μήκος υπογείων έργων.

6<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 6

B. Μαρίνος

Εκτίμηση τεχνικογεωλογικών συνθηκών και τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς σε αστικές σήραγγες –  
γεωλογικοί κίνδυνοι κατά μήκος αστικών σηράγγων.

7<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 7

Κ. Λουπασάκης

Τεχνικογεωλογική χαρτογράφηση -  
Μέθοδοι σύνταξης χαρτών -  
Χρήση και ανάλυση αεροφωτογραφιών για την αξιολόγηση γεωλογικών συνθηκών.

8<sup>η</sup>  
Άσκηση  
Υπαιθρου -  
2<sup>η</sup> Άσκηση  
Πεδίου

Κ. Λουπασάκης

Τεχνικογεωλογική Χαρτογράφηση.

9<sup>η</sup>  
Άσκηση  
Υπαιθρου -  
2<sup>η</sup> Άσκηση  
Πεδίου

Κ. Λουπασάκης

Τεκτονικές μετρήσεις και συλλογή παραμέτρων για την ταξινόμηση της βραχομάζας.

10<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 8 & 9

Κ. Λουπασάκης

Επεξεργασία τεκτονικών στοιχείων βραχομάζας για την διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας στομίων σηράγγων (Μέρος Α).

11<sup>η</sup>  
Διάλεξη -  
Άσκηση 10

Κ. Λουπασάκης

Επεξεργασία τεκτονικών στοιχείων βραχομάζας για την διερεύνηση των συνθηκών ευστάθειας στομίων σηράγγων (Μέρος Β).

12<sup>η</sup>  
Διάλεξη

Κ. Λουπασάκης

Κατολισθήσεις - Τεχνικογεωλογικά θέματα κατολισθήσεων κατά μήκος σηράγγων και σε θέσεις στομίων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 3ου ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

## «ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ Ιζηματογενών-Πυριγενών-Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων»

1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών
2. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά Ιζηματογενών πετρωμάτων
3. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά Πυριγενών πετρωμάτων
4. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά Μεταμορφωμένων πετρωμάτων

# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

- Α. Πυριτικά
  - Χαλαζίας ( $\text{SiO}_2$ )
    - Μεγάλη σκληρότητα
    - Υψηλή ανθεκτικότητα....σταθερό
    - Παραλλαγή: Οπάλλιος
      - Άμορφο
      - Ανεπιθύμητο ως αδρανές σκυροδέματος (αντίδραση με αλκάλια)

# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

- Άστριοι
  - Χαμηλή ανθεκτικότητα.....μετατροπή σε άργιλο (Καολίνης)
  - Σκληροί
  - Σερικιτίωση: άστριος μετατρέπεται σε σερικήτη (μαρμαρυγία) με επίδραση υδροθερμικών διαλυμάτων

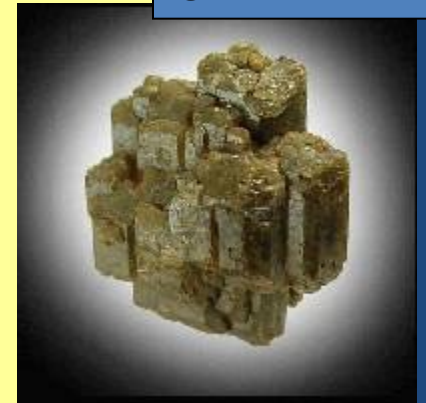
# 1. Τεχνηογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

- Μαρμαρυγίες (μορφή σε φύλλα/λέπη που διαχωρίζονται)
  - Μοσχοβίτης (λευκός)
    - Ανθεκτικός
  - Βιοτίτης
    - Αποσαθρώνεται εύκολα
    - Προσοχή σε δομικούς λίθους σε περιβάλλον  $SO_2$  καθώς δημιουργείται σκωριώδη χροιά (Οξειδία Fe)
  - Διάταξη στα πετρώματα σε παράλληλα φίλμ-στρώματα οι οποίες πολλές φορές αποτελούν επιφάνειες αδυναμίας

# 1. Τεχνηκογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών



ΟΛΙΒΙΝΗΣ



ΣΕΡΠΕΝΤΙΝΗΣ

- Πυρόξενοι-Αμφίβολοι
  - Ικανοποιητικής σταθερότητας
- Ολιβίνης
  - Αποσαθρώνεται εύκολα σε σερπεντίνη
- Σερπεντίνης
  - ολισθηρές επιφάνειες στα πετρώματα (μειωμένης διατμητικής αντοχής)

# 1. Τεχνηκογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

- Χλωρίτες:
  - Σχετικά ανθεκτικοί
  - Ολισθηρές επιφάνειες (μειωμένη διατμητική αντοχή)
- Τάλκης
  - Σαπωνοειδής αφή
  - Φυλλώδη λευκά
  - Πτωχής ποιότητας τα πετρώματα που τον περιέχουν



ΧΛΩΡΙΤΗΣ



ΤΑΛΚΗΣ



# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

## • Β. Μη Πυριτικά ορυκτά

### – Ασβεστίτης

- Προσβάλλεται από  $H_2O + CO_2$  .....διαλύεται (καρστική διάλυση)
- Σημασία καρστικής διάλυσης
  - ✓ + δημιουργία υπόγειων ταμιευτήρων νερού
  - ✓ –προβλήματα στεγανότητας σε φράγματα
  - ✓ Κενά κάτω από θεμελιώσεις που οδηγούν σε καταρρεύσεις ή καθιζήσεις

Προσοχή: ρυθμός διάλυσης πολύ αργός

# 1. Τεχνηκογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

Συνέχεια.....

- Προσβολή δομικών λίθων σε ατμόσφαιρα με ρύπους
  - Γυψοποίηση και αποφλοίωση
  - Χρήσεις σε αδρανή σκυροδέματος

- Δομομίτης
  - Αναλογίες με ασβεστίτη
  - Διαλύεται αλλά πιο δύσκολα
  - Ανεπιθύμητος στο σκυρόδεμα



# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

- Γύψος
  - Σκληρότητα μικρή
  - Διαλύεται πιο εύκολα

- Ανυδρίτης

- Επίφοβος ο σχηματισμός με ορυκτά ανυδρίτη
- Με κυκλοφορία νερού **μετατρέπεται σε γύψο** με **σημαντική διόγκωση**

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Όταν συναντηθεί κατά την διάνοιξη σήραγγας και έρθει σε επαφή με το νερό =>

- Μετατροπή σε γύψο
- Διόγκωση – παραμορφώσεις στα μέτρα υποστήριξης



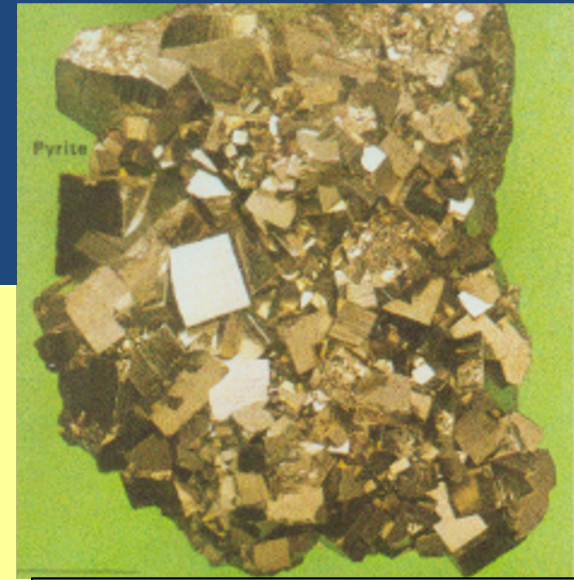
ΓΥΨΟΣ

# 1. Τεχνηογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

- Γ. Διάφορα

- Σιδηροπυρίτης

- Σε ίχνη σε ορισμένα πετρώματα
- Προσβολή λίθων καθώς από την πιθανή οξείδωσή του δημιουργείται Λειμωνίτης-ώχρα και καταστρέφεται το σκυρόδεμα
- Επιταχύνει την αποσάθρωση γενικώς



ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ

# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

## Αργιλικά Ορυκτά

- Σημασία τους στην Εδαφομηχανική
- Αργιλικά εδάφη: συσσωματώματα αργιλικών και μη αργιλικών σωματιδίων
- Μέγεθος κόκκων και σωματιδίων αργίλων  
<0.002mm

# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

## Αργιλικά Ορυκτά

- Μικρές αντοχές
- Μεγάλη συμπιεστότητα
- Διογκωσιμότητα
- Δυσκολίες στην αποστράγγιση νερών
- Πλαστικά (πλαστιμότητα)
- Ανάγκη συγκεκριμένου ορυκτολογικού προσδιορισμού
- Παρουσία αργιλικών ορυκτών και ως συστατικό πετρωμάτων (αργ. σχιστόλιθος, μάργα)

# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

## Αργιλικά Ορυκτά

- Η στρωματοειδής δομή επιτρέπει την είσοδο ξένων κατιόντων ή  $H_2O$  ανάμεσα στα στρώματα του πλέγματος.....άρα...αύξηση της απόστασης στρωμάτων τεχνικής συμπεριφοράς (αστάθεια)
- Δημιουργία ζώνης ρόφησης από αντικατάσταση ατόμου από άλλο άτομο (π.χ.  $Al^{+3}$  αντικαθιστά το  $Si^{+4}$ ).
- Παχειά ζώνη ρόφησης προκαλεί αστάθεια στα αργιλικά ορυκτά με μείωση της αντοχής (συνοχής και γωνία τριβής)

# 1. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά πετρογενετικών ορυκτών

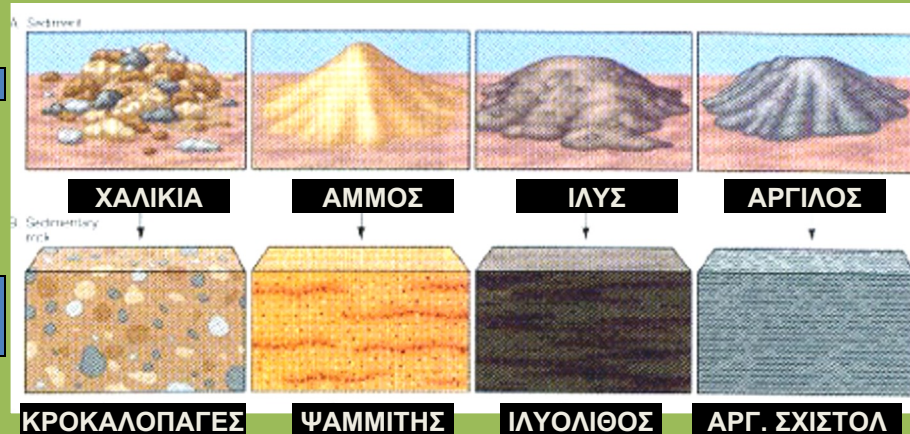
- **Καολινίτης**
  - Δομική σταθερότητα
  - Μικρή ποσότητα νερού ρόφησης (θετικό για την αντοχή)
  - Δεν παρουσιάζει διόγκωση με αύξηση της υγρασίας
- **Ιλλίτης**
  - Χειρότερο από τον Καολινίτη
  - Καλύτερο από Μοντμοριλλονίτη
- **Μοντμοριλλονίτης**
  - Μεγάλη πλαστικότητα
  - Μικρή γωνία τριβής και συνοχή
  - Διόγκωση
- **Μπετονίτης**
  - Μορφή μοντμοριλλονιτικής αργίλου
  - Διογκωτική ικανότητα
  - Παρασκευή ενεμάτων στεγανοποίησης



## 2. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά Ιζηματογενών πετρωμάτων

A. Χαρακτηριστικά ιζηματογενών  
πετρωμάτων (ανάλυση κάθε  
βασικού πετρώματος ξεχωριστά)

# Ταξινόμηση



## Μηχανικά ή κλαστικά

Άργιλοι, ιλύες, άμμοι, αμμοχάλικα, κροκάλες  
Αργιλικόι σχιστόλιθοι, ιλυόλιθοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή

## Χημικά

Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, μάργες, κερατόλιθοι,  
εβαπορίτες (γύψος, ορυκτό αλάτι κ.λ.π.)

## Βιογενή

Ασβεστόλιθοι, μάργες, λιγνίτης, τύρφη.

- **Συνδετικό υλικό** μηχανικών ιζημάτων
- **Στρωσιγένεια** (εξωτερική γεωμετρία)

# Ανάπτυξη στο χώρο με στρώματα

- πλευρική και κατακόρυφη μετάβαση

**λεπτά στρώματα** (μερικά cm ή dm )

**μέσου πάχους** (μερικά m)

**παχιά** (πολλά m)

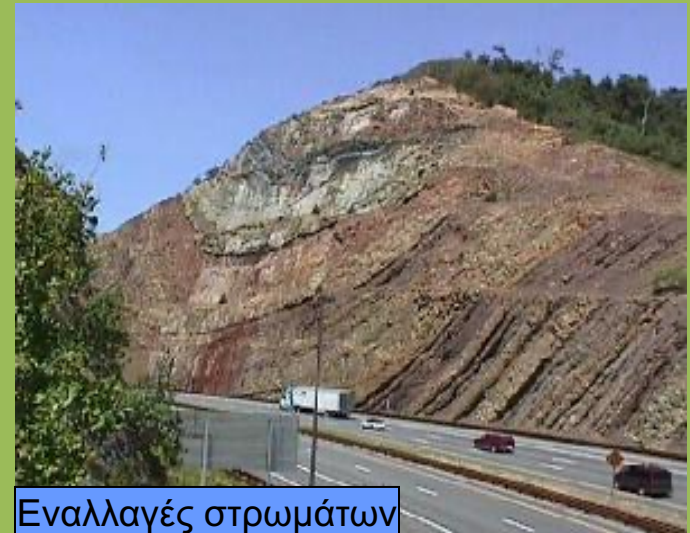
**άστρωτο** πέτρωμα

**Ρωγμές** (εσωτερική γεωμετρία)

Ασβεστόλιθοι, δολομίτες, σκληροί ψαμμίτες,  
καλά συγκολλημένα κροκαλοπαγή => αναπτύσσουν ρωγμές

Αργιλικοί σχιστόλιθοι, ιλυόλιθοι

=> πιο ασθενής ρωγμάτωση, περιορισμός γρήγορα με το βάθος



Εναλλαγές στρωμάτων

# ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

## Μεγάλης αντοχής

Ασβεστόλιθοι  
Ψαμμίτες  
Κροκαλοπαγή

## Μικρότερης αντοχής (ημίβραχοι)

Μάργες  
Ιλυόλιθοι  
Αργιλικοί  
σχιστόλιθοι

*Συχνά, συμπεριφορά μαργών και αργιλικών σχιστολίθων  
ως εδάφη*

# Στρώση

- Μειωμένη αντοχή (επιφάνεια ασυνεχείας)
- Έντονη **ανισοτροπία** λεπτοστρωματωδών πετρωμάτων. Παράγοντας **προσανατολισμού** (αντερείσματα φραγμάτων, πρανή, βάρθρα γεφυρών)
- Παρεμβολές λεπτών στρωμάτων άλλου υλικού π.χ. μάργας σε ασβεστόλιθο) και σημαντική μείωση της αντοχής.

# Ρωγμές

(από τεκτονική καταπόνηση και αποσυμπίεση στα πρηνή)



- Χαλάρωση της βραχόμαζας
- Μείωση της αντοχής
- Αύξηση περατότητας επιφανειακά

# Αποσάθρωση

*Λιγότερο έντονη από τις άλλες κατηγορίες πετρωμάτων*

## Διάλυση

- κυρίως ασβεστολίθου, δολομίτη και γύψου
- αφαίρεση συνδετικού υλικού στα κλαστικά πετρώματα, χαλάρωση, μετατροπή σε έδαφος

## Ενυδάτωση

Αργιλικοί σχιστόλιθοι – μάργες:

προσρόφηση νερού από αργιλικά ορυκτά => **διόγκωση**

Ανυδρίτης => γύψος => **διόγκωση**

## Χαλάρωση

Νερό, θερμοκρασιακές μεταβολές, παγετός, ριζικό σύστημα, αποσυμπίεση πρρανών κ.λ.π.

=> χαλάρωση των δεσμών των κόκκων των κλαστικών

=> μετατροπή σε έδαφος των επιφανειακών στρωμάτων

# Περατότητα

Πολύ μικρής περατότητας

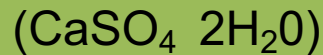
με εξαίρεση το επιφανειακό χαλαρωμένο ή ρωγματωμένο τμήμα (διαφυγές κάτω από φράγματα)

## *Γενική εξαίρεση*

- Οι ασβεστόλιθοι (και δολομίτες) => **καρστικά κενά**
- Οι χαλαροί ψαμμίτες και τα χαλαρά κροκαλοπαγή (δημιουργία υδροφόρων οριζόντων)



# 1. ΓΥΨΟΣ



- Παρουσιάζεται υπό μορφή **στρωμάτων** σε εναλλαγές με άλλα ιζηματογενή πετρώματα ή σε **ακανόνιστα σώματα και φλέβες**
- Φαινόμενα **διαλύσεως** όταν έρχεται σε επαφή με νερό που κυκλοφορεί
- Προϋπάρχοντα **κενά** ή κενά που μπορούν να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια ζωής ενός τεχνικού έργου.

## Τεχνική συμπεριφορά

- **Κίνδυνος καθιζήσεων** λόγω κενών κάτω από τη θεμελίωση
- **Διαφυγές νερού** ταμιευτήρων φραγμάτων μέσω κενών διαλύσεως
- **Υποβάθμιση της ποιότητας** του πόσιμου νερού, λόγω  $\text{SO}_4^{--}$   
Επίδραση του νερού με  $\text{SO}_4^{--}$  στο **σκυρόδεμα**

### Παραδείγματα

- **Ρωγμάτωση** αρδευτικών καναλιών κάτω Αχελώου (γύψος σε ασβεστολίθους)
- **Πρόβλημα ποιότητας υπόγειου πόσιμου νερού στην Κέρκυρα**  
λόγω ανάπτυξης υδροφορέα σε ασβεστολιθικά λατυποπαγή με γύψο.  
Αποσκλήρυνση νερού.

## 2. ΑΝΥΔΡΙΤΗΣ

(Άνυδρος γύψος  $\text{CaSO}_4$ )

- Συναντάται μαζί με γύψο και ορυκτό αλάτι

### Τεχνική συμπεριφορά

- **Μετατροπή σε γύψο** όταν έρθει σε επαφή με νερό (Αποκτά όλα τα μειονεκτήματα της γύψου).

**Διόγκωση** κατά την μετατροπή

- Πρόβλημα κατά τη διάνοιξη των σηράγγων.

Απαιτείται **απομόνωση από νερά** που κυκλοφορούν στη σήραγγα

### Παραδείγματα

**Προβλήματα** στις Άλπεις με τη διάνοιξη μεγάλων σηράγγων

## 3. ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ



- **Στρωσιγένεια**

Άστρωτοι, παχυστρωματώδεις έως λεπτοστρωματώδεις.

Λεπτές ενστρώσεις ασθενέστερων πετρωμάτων (ιλυολίθων, αργιλικών σχιστολίθων, μαργών)

- **Ρωγμάτωση**

Συνήθως δύο ή περισσότερες οικογένειες **διακλάσεων**.

Μείωση της πυκνότητας και του ανοίγματος των ρωγμών με το βάθος

- **Διάλυση** (καρστική διάβρωση)



- Χαρακτηριστικό ανάγλυφο
- Δημιουργία υπόγειων αγωγών και κενών σε βάθος
- Επίπεδο βάσεως του κάρστ (μεταβολή λόγω κατακόρυφων κινήσεων)

# Περατότητα

**Στεγανά πετρώματα**, όταν δεν έχουν ρωγμές και άνοιγμα μεταξύ των επιπέδων στρώσεως

**Περατοί** σχηματισμοί, όταν είναι καρστικοποιημένοι (περατότητα πολύ μεγαλύτερη από τα κοκκώδη εδάφη)

Η **ομοιογένεια του υδροφόρου ορίζοντα** εξαρτάται από την επικοινωνία των καρστικών αγωγών και κενών

**Πηγές** καρστικών ασβεστολίθων (υπερπληρώσεως, επαφής, απομονωμένων αγωγών)

**Ζώνες** καρστικού δικτύου (μεταβιβάσεως, κορεσμού σε υψηλές τροφοδοσίες, συνεχούς κορεσμού)

## ΠΗΓΕΣ ΣΕ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥΣ

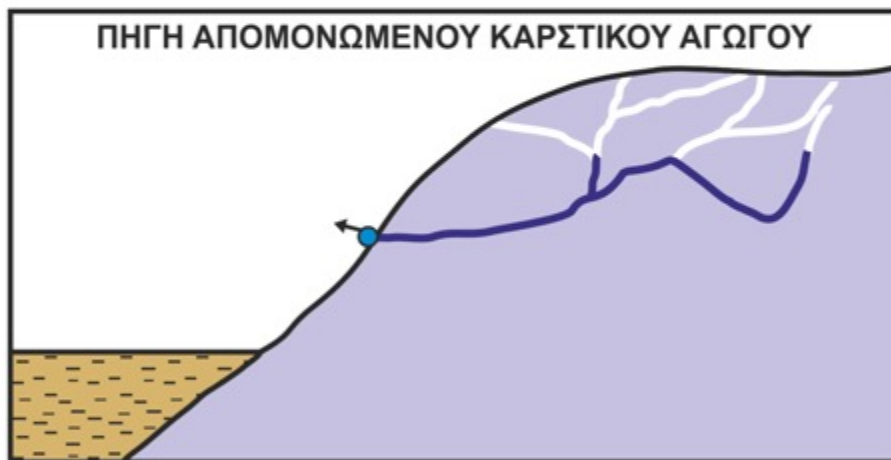
ΠΗΓΗ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗΣ



ΠΗΓΗ ΕΠΑΦΗΣ



ΠΗΓΗ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΑΓΩΓΟΥ



Ασβεστόλιθος



Δίκτυο καρστικών αγωγών



Άλλο μικρότερης  
περατότητας πέτρωμα

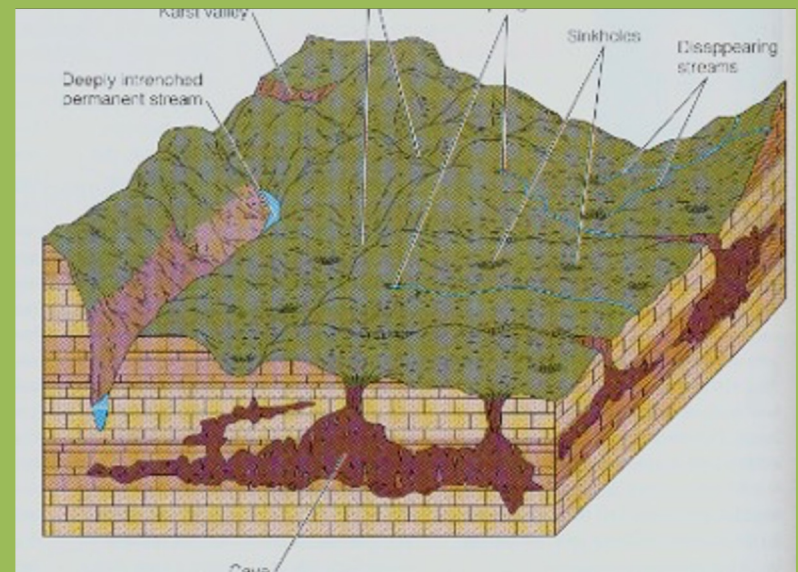
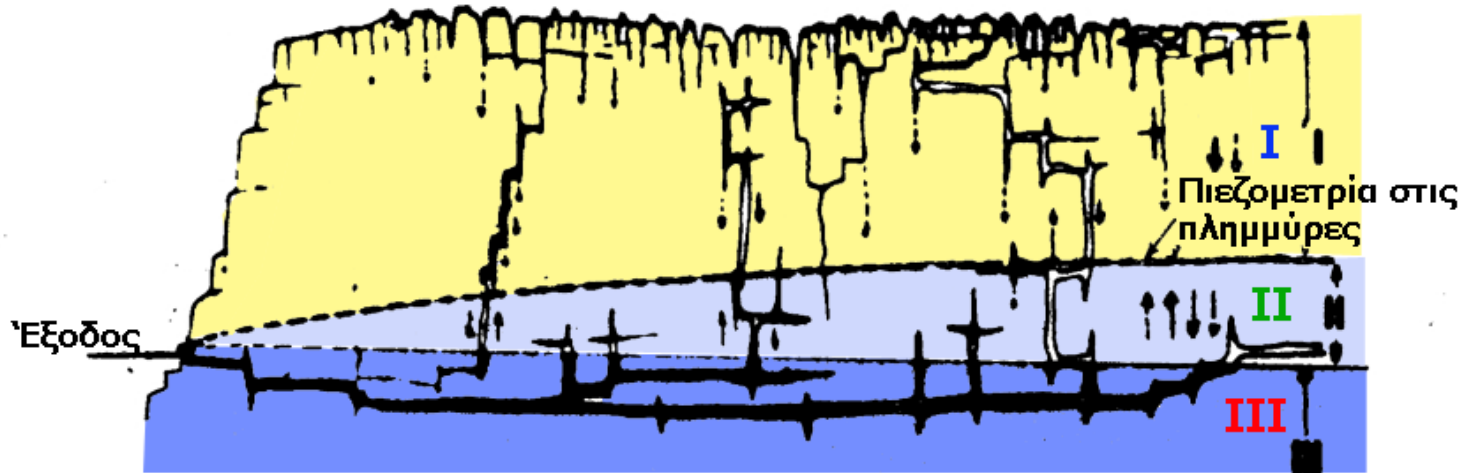


Αγωγοί με νερό

I. Ζώνη μεταβιβάσεως

II. Ζώνη κορεσμού στις υψηλές τροφοδοσίες (πλημμύρες)

III. Ζώνη κορεσμού



# Τεχνική συμπεριφορά

- Ικανοποιητική αντοχή
- Χαμηλή παραμορφωσιμότητα
- Μέτρια σκληρότητα
- Όχι προβλήματα ακόμα και σε σοβαρές θεμελιώσεις
- Καλή συμπεριφορά στη διάνοιξη σηράγγων  
(σχετικά εύκολη εκσκαφή, όχι ιδιαίτερα μέτρα υποστήριξης)



# Αλλαγή συμπεριφοράς προς το χειρότερο, όταν είναι:

- **Καρστικοποιημένοι**

## Φράγματα:

- προβλήματα διαφυγών

## Σήραγγες:

- ζώνη μεταβίβασης των καρστικών νερών  
=> κίνδυνος αιφνίδιων εισροών
- ζώνη κορεσμού  
=> σταθερή αποστράγγιση του υδροφόρου ορίζοντα

- **Ρωγματωμένοι ή τέμνονται από ρήγματα**

- **Λεπτοστρωματώδεις και διαταραγμένοι**




## ή όταν

- **παρουσιάζουν δυσμενή προσανατολισμό** της στρώσης και των ασυνεχειών (αστάθεια πρανών, δυσκολία στη διάνοιξη σηράγγων)
- **παρουσιάζουν ενδιάμεσα λεπτά στρώματα μικρής αντοχής** αστάθεια πρανών, κίνδυνος στη θεμελίωση βάθρων γεφυρών κ.λ.π.
- **τα καρστικά κενά είναι γεμάτα με αργιλικό υλικό**, οπότε:
  - Μείωση περατότητας
  - Προβλήματα θεμελίωσης (καθιζήσεις, υποχωρήσεις)
  - Προβλήματα υποστήριξης σε σήραγγες
  - Έκπλυση από την πίεση του νερού του ταμιευτήρα φράγματος, επαναλειτουργία των αγωγών => ανεξέλεγκτες διαφυγές

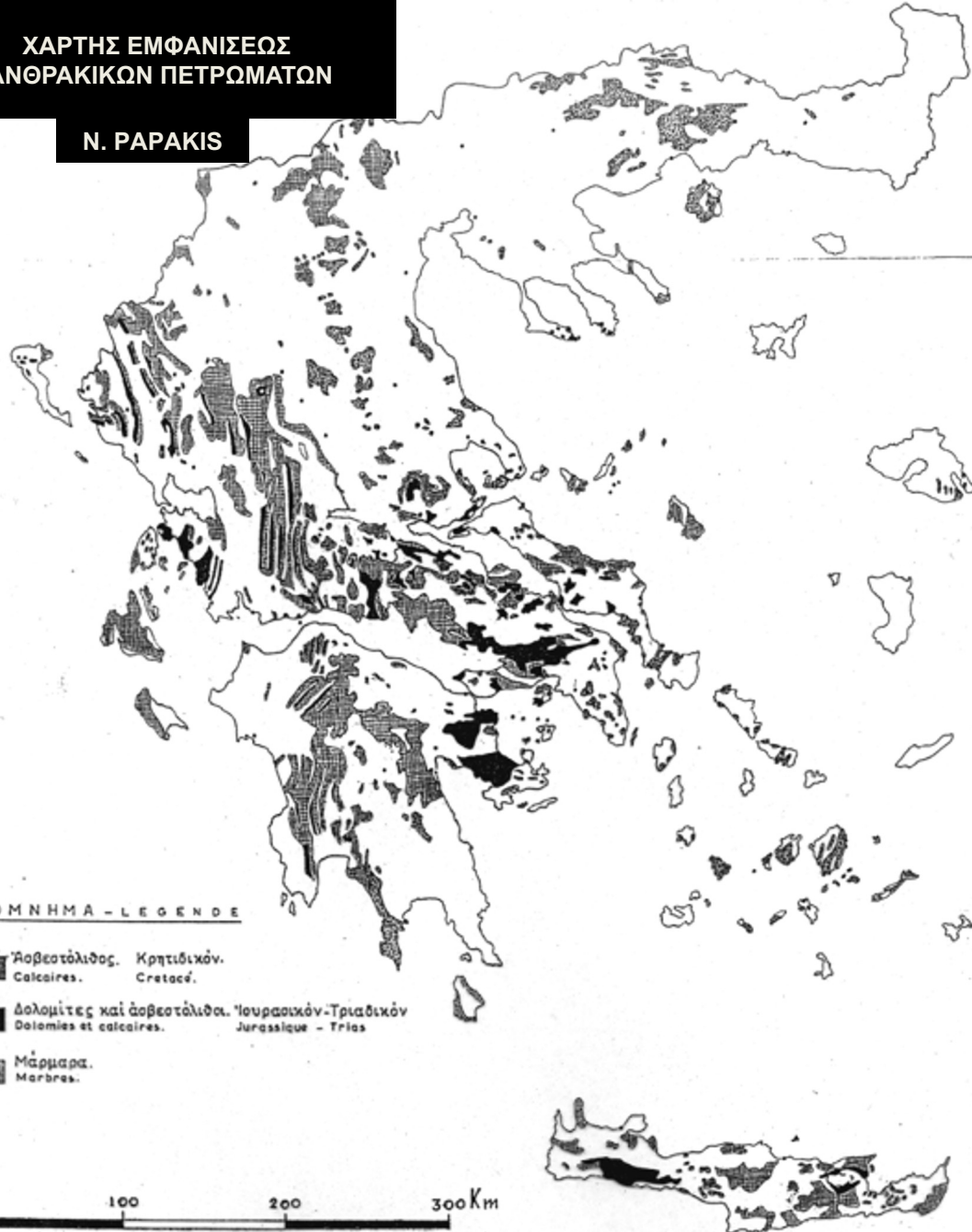
ΧΑΡΤΗΣ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΣ  
ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

N. ΡΑΡΑΚΙΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ - LEGENDE

-  Άσβεστόλιθος, Κρητιδικόν.  
Calcaires. Cretacé.
-  Δολομίτες και άσβεστόλιθα, Ίουρασιακόν-Τριαδικόν  
Dolomites et calcaires. Jurassique - Trias
-  Μάρμαρα.  
Marbres.

0 100 200 300 Km

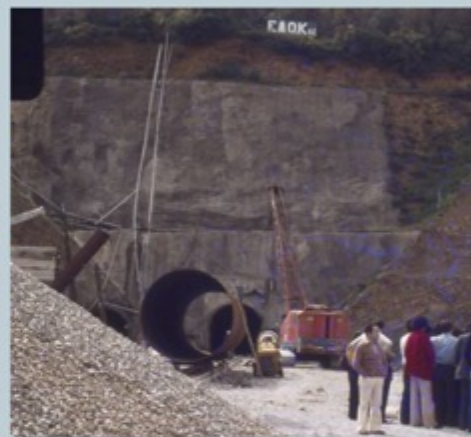


# ΣΗΡΑΓΓΑ ΓΚΙΩΝΑΣ (υδαταγωγός Μόρνου)

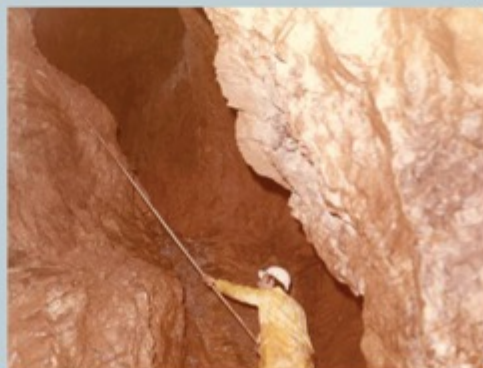
- Πολύ καλή συμπεριφορά ασβεστολίθων (μικρή υποστήριξη)
- Απλή ρωγμάτωση χωρίς καρστικά (μόνο σε δύο θέσεις)



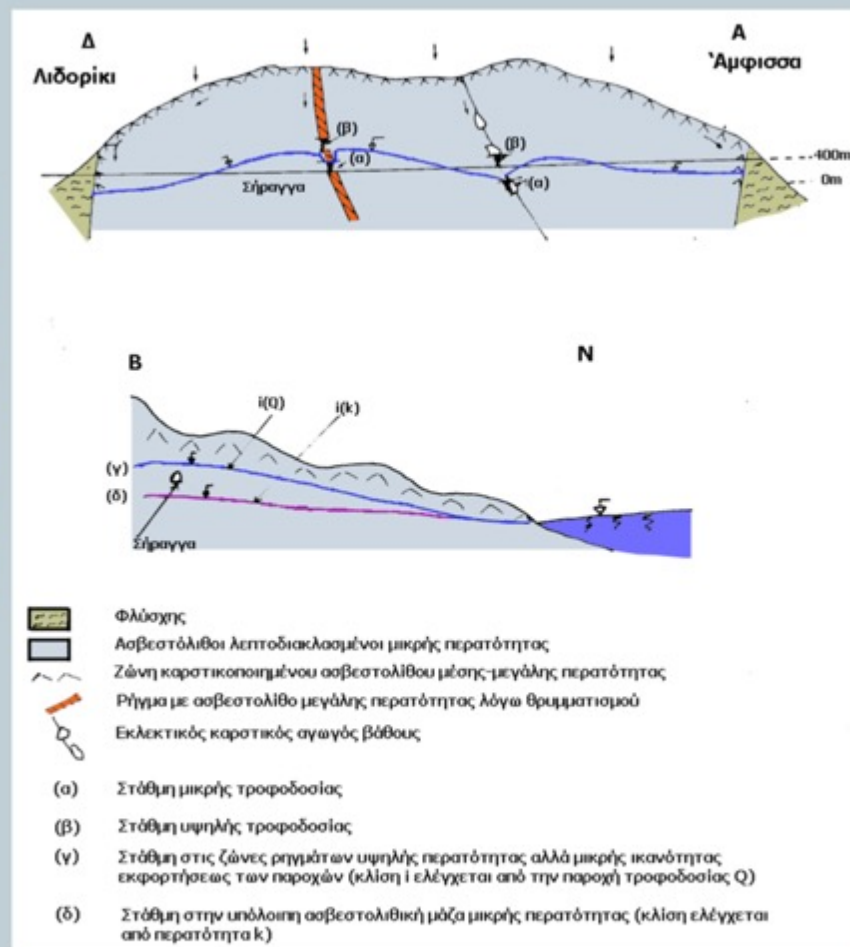
Είσοδος σήραγγας από Λιδορίκι



Είσοδος σήραγγας από Άμφισσα



Μεγάλο καρστικό έγκοιλο εντός της σήραγγα



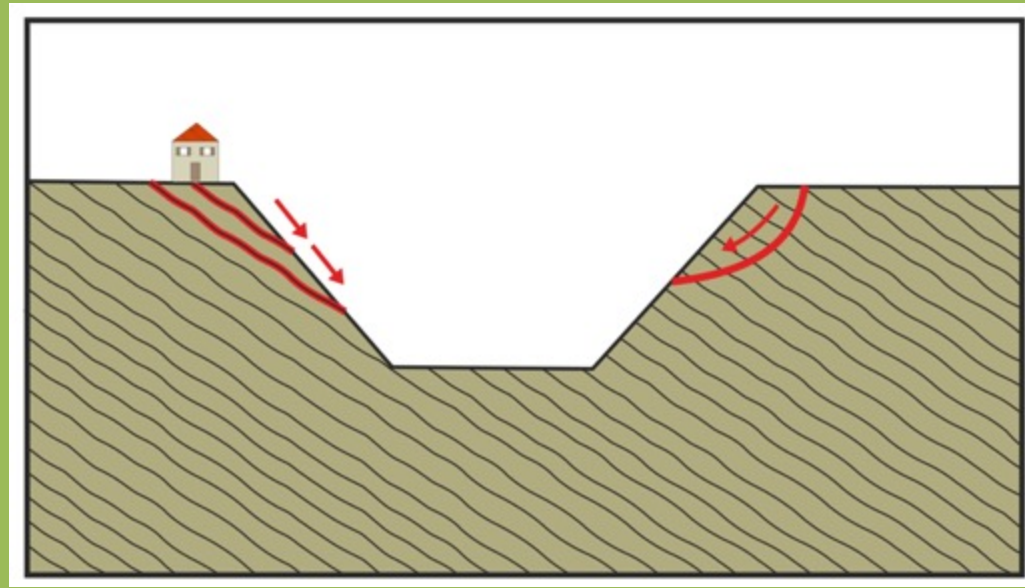
• **Διοχέτευση λυμάτων** μέσα σε καρστικά έγκοιλα  
**Κίνδυνος μόλυνσης υδροφορέων**

• **Κατολισθήσεις**

• Υποσκαφές ασβεστολιθικών πετρωμάτων

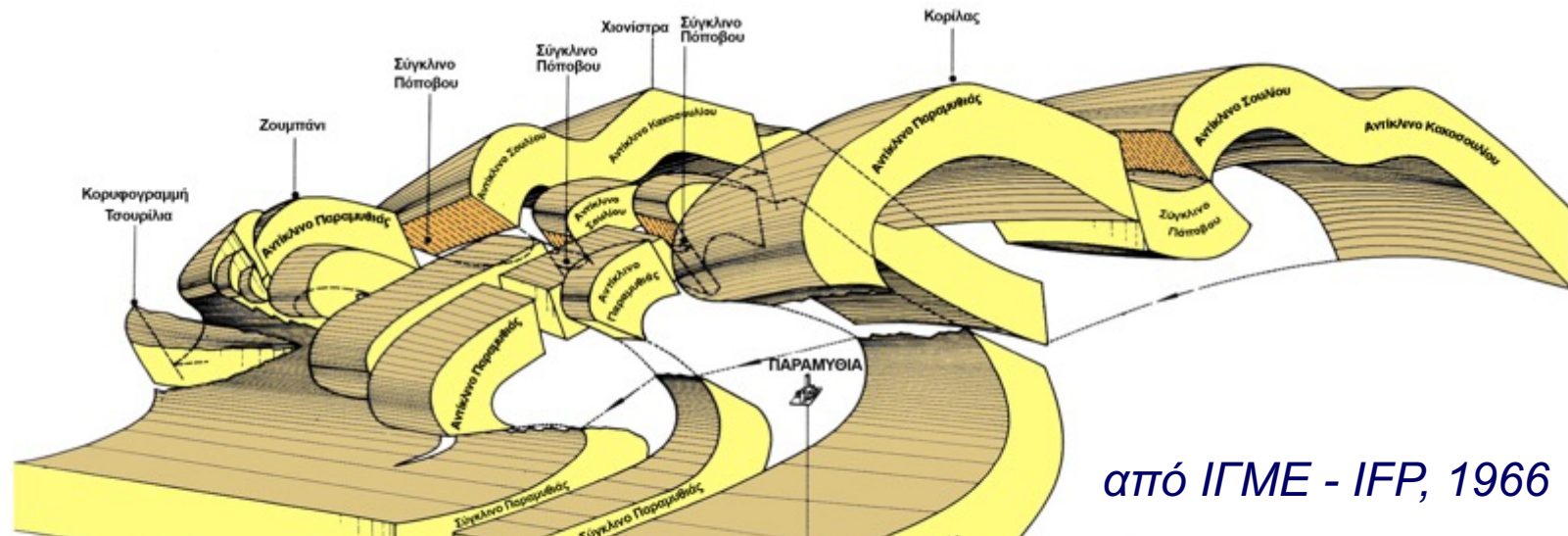
• Αστάθεια κατακερματισμένων και  
λεπτοστρωματωδών ασβεστολίθων

• Αστάθεια πρηνών λόγω δυσμενούς προσανατολισμού  
στρώσεως-διακλάσεων



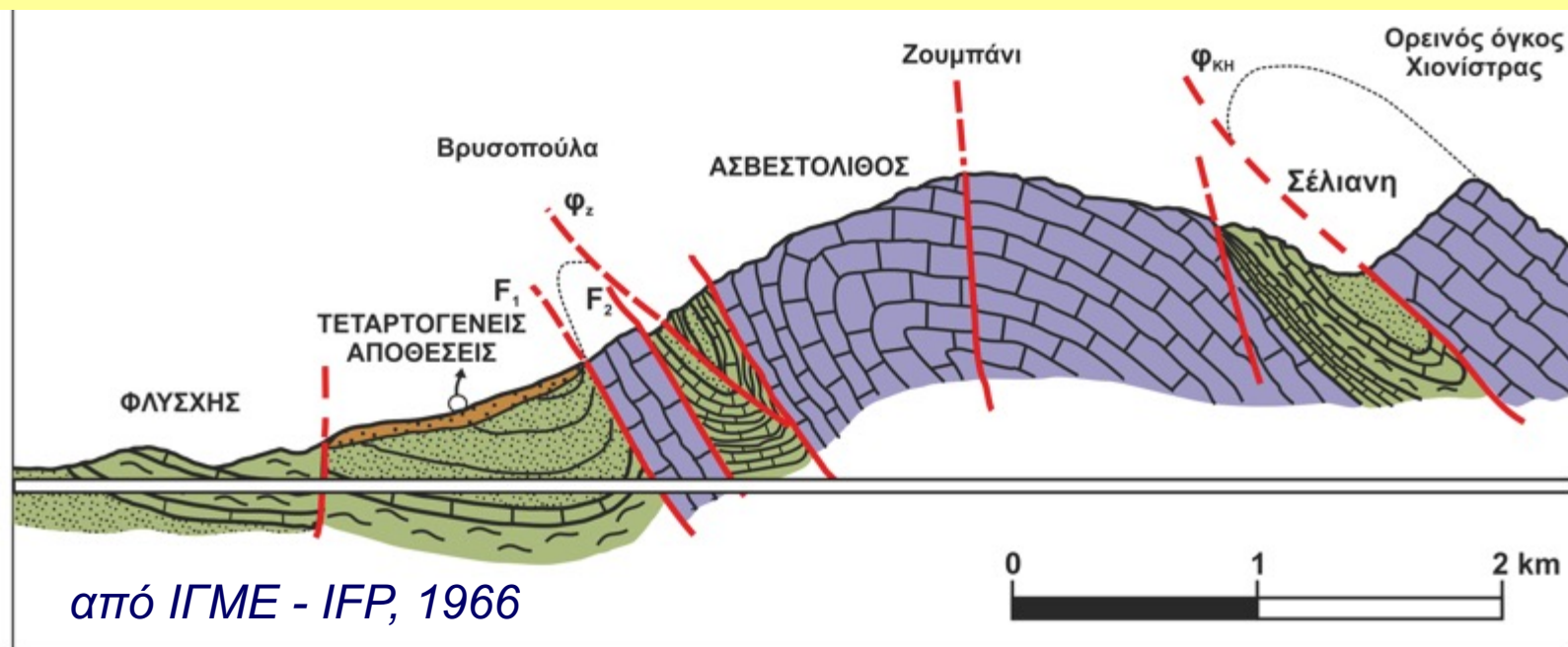
# Χαρακτηριστικά Κατακλαστικών Ασβεστολίθων

- Περιπτώσεις τεκτονισμένων ασβεστολίθων με ή χωρίς εναλλαγές
  - Σύνθετη βραχόμαζα
    - Εναλλαγές ικανών – υψηλής γενικά αντοχής- πάγκων ασβεστολίθου και μη ικανών – μικρής γενικά αντοχής – ιλυολιθικών, αργιλοσχιστολιθικών στρωμάτων
    - Βαθμός – Τύπος τεκτονικής διαταραχής
      - Διαταράσσεται η γεωμετρία (ομοιογενής-ετερογενής-χαστική)
  - Ασθενής βραχόμαζα
    - Σε έντονη τεκτονική καταπόνηση δημιουργούνται μεγάλες ζώνες κατακλαστικού υλικού
    - Στην περίπτωση των εναλλαγών με αργιολίθους και σε ζώνες ρηγμάτων η παρουσία της αργίλου αποκτά μεγαλύτερη σημασία διότι πλέον δρά ως θεμελιώδη μάζα και τα ασβεστολιθικά τεμάχια χάνουν την αλληλεμπλοκή μεταξύ τους
    - Παρουσία καρστικών κοιλοτήτων πληρωμένων με εδαφικά υλικά

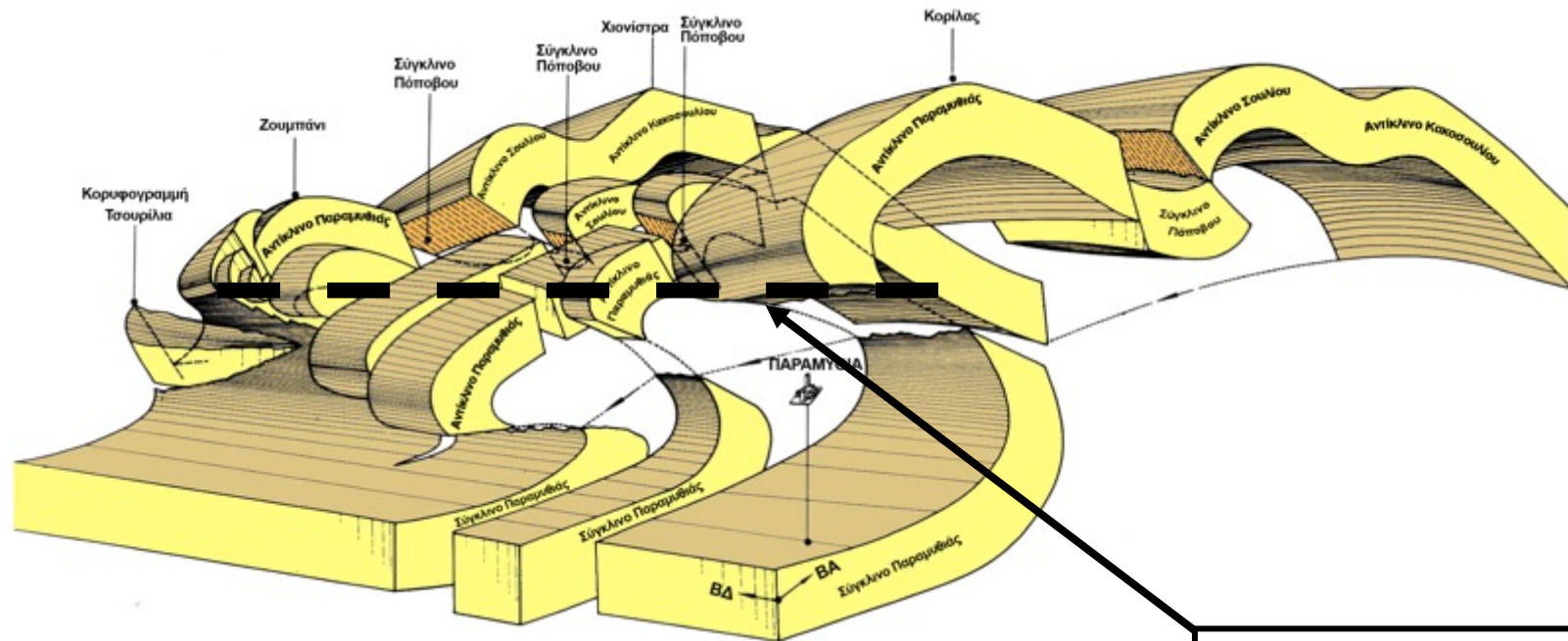


από ΙΓΜΕ - ΙΦΡ, 1966

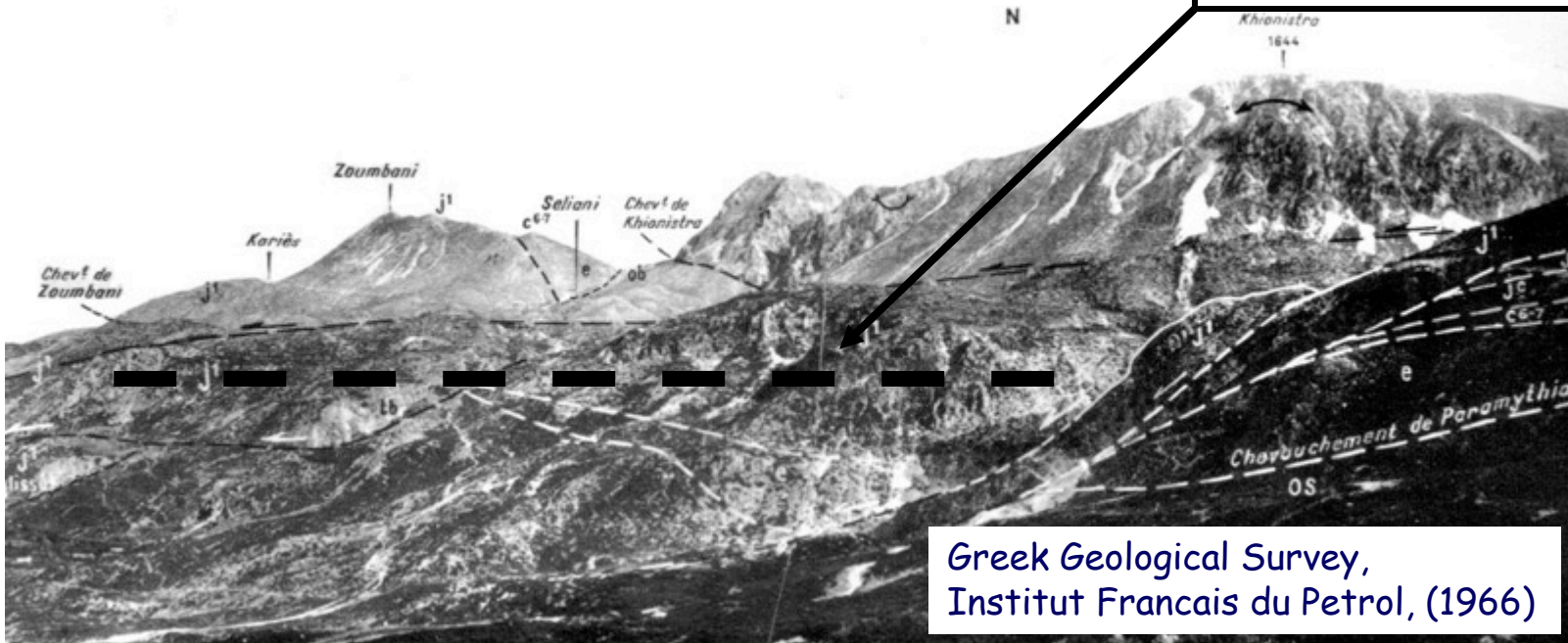
Διασχίζοντας επιπτεύσεις σε ψαθυρά υλικά (εδώ ασβεστολίθους):  
 Κατασκευή τεχνικών έργων (σηράγγων-γεφυρών-πρανών)  
 (Εγνατία Οδός, Παραμυθιά)



από ΙΓΜΕ - ΙΦΡ, 1966



**Περιοχή έργων**



Greek Geological Survey, Institut Francais du Petrol, (1966)



*Η βραχόμαζα είναι έντονα κερματισμένη και αποδιοργανωμένη από επιπτευτικές κινήσεις και τεκτονικά ράκη*



*Κατακερματισμένος ασβεστόλιθος σε κλίμακες «ράχεων» και όχι μεμονωμένων ζωνών.*



### ▶ Χαρακτηριστικά Βραχόμαζας:

- ▶ Υψηλή γενικά αντοχή
- ▶ Μεγάλη γωνία τριβής (ανάλογα και με το αλληλοκλείδωμα)
- ▶ Μικρή γενικά συνεκτικότητα
- ▶ Καλή έως πτωχή αλληλεμπλοκή των τεμαχών του. Το σφικτό κλείδωμα των τεμαχών περιορίζει τη βραχόμαζα και της προσδίδει ευστάθεια ενώ το πτωχό δημιουργεί συνθήκες «επέκτασης» και ευκολότερης περιστροφής των τεμαχών που χωρίς άμεσο περιορισμό σε μία σήραγγα «απελευθερώνονται» και καταρρέουν.
- ▶ Πιθανή εμφάνιση αργιλικών υλικών ανάμεσα στα τεμάχη που μειώνουν την τριβή και διευκολύνουν την περιστροφή τους.

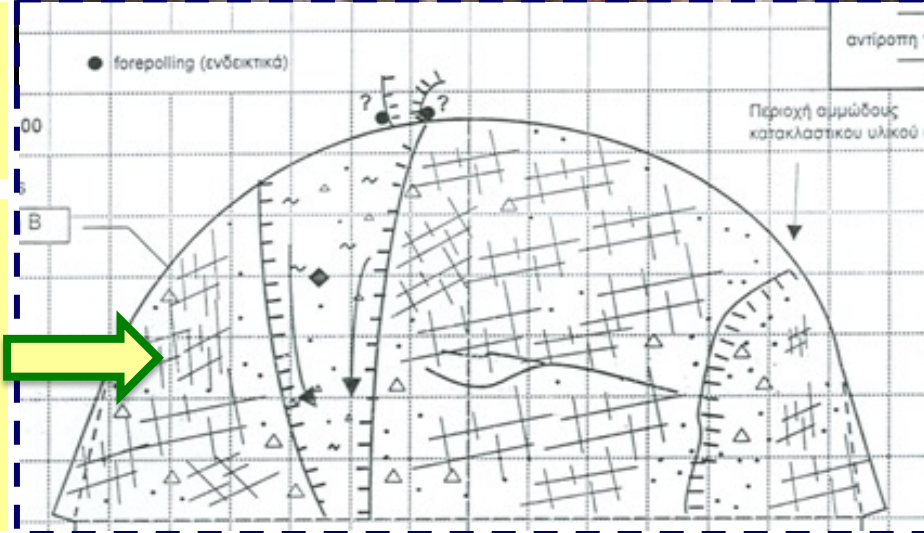
Συμπεριφορά σε πρανή  
Ευστάθεια σε μεγάλες κλίσεις σε  
περιβάλλον  
κατακερματισμένου ασβεστολίθου



Μεγάλη γωνία τριβής (ανάλογα και με το αλληλοκλείδωμα) και ευσταθούν σε μεγάλες κλίσεις

Μικρή γενικά συνεκτικότητα. Το πτωχό κλείδωμα των τεμαχίων δημιουργεί συνθήκες ευκολότερης περιστροφής τους που χωρίς άμεσο περιορισμό σε μία σήραγγα «απελευθερώνονται» και καταρρέουν.

Συμπεριφορά σε υπόγεια έργα  
Καταρροή βραχόμαζας σε  
περιβάλλον  
κατακερματισμένου ασβεστολίθου

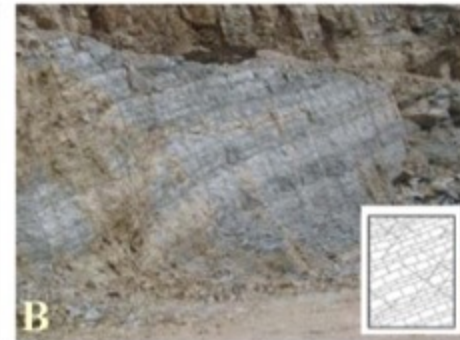


# Τύποι βραχώμαζας Ασβεστολίθων

**Τύπος Α**  
Αδιατάρακτος  
παυστρωματώδης  
έως άστρωτος  
ασβεστόλιθος με πολύ  
καλό αλληλοκλείδωμα  
που αποτελείται από  
κυβικά τεμάχια



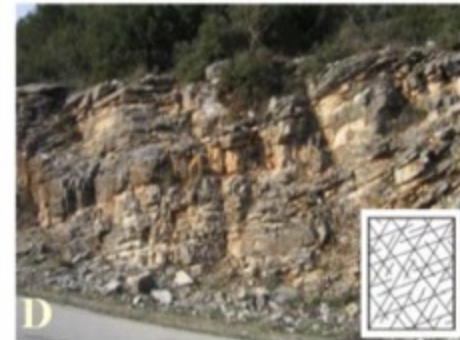
**Τύπος Β**  
Αδιατάρακτος  
λεπτοστρωματώδης  
έως  
μεσοστρωματώδης  
ασβεστόλιθος με  
σφικτή δομή που  
αποτελείται από  
κυβικά τεμάχια



**Τύπος C**  
Αδιατάρακτος  
λεπτοστρωματώδης  
έως  
μεσοστρωματώδης  
ασβεστόλιθος με  
εναλλαγές  
αργιολίθων ή  
ίλυολίθων και  
πυριτολίθων με  
σφικτή δομή που  
αποτελείται από  
κυβικά τεμάχια



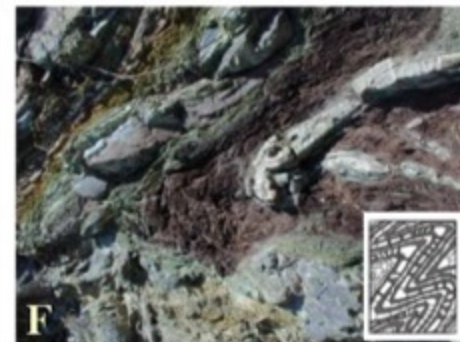
**Τύπος D**  
Μερικώς  
διαταραγμένος  
ασβεστόλιθος με  
πολύπλευρα γωνιώδη  
τεμάχια



**Τύπος Ε**  
Πτυχωμένους – έντονα  
διαταραγμένους  
λεπτοστρωματώδης  
ασβεστόλιθος με  
γωνιώδη τεμάχια που  
σχηματίζονται από  
πολλές  
αλληλοτεμνόμενες  
οικογένειες  
ασυνεχικών.  
Σημαντική εμφάνιση της  
στρώσης



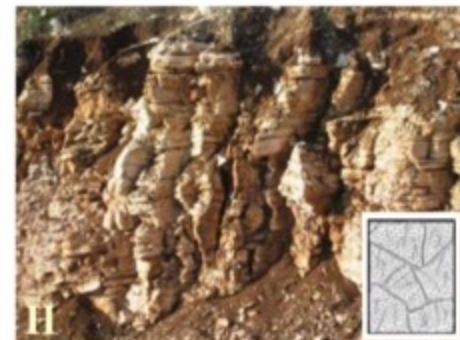
**Τύπος F**  
Πτυχωμένους – έντονα  
διαταραγμένους  
λεπτοστρωματώδης  
ασβεστόλιθος με  
εναλλαγές αργιολίθων  
ή / και πυριτολίθων  
αποτελούμενος  
γωνιώδη τεμάχια  
Περιορισμένη εμφάνιση



**Τύπος G**  
Ισχυρά κερματισμένους  
ασβεστόλιθος με  
πτωχό  
αλληλοκλείδωμα και με  
ταυτόχρονη παρουσία  
γωνιωδών και  
αποστρογγυλωμένων  
τεμαχίων



**Τύπος Η**  
Κατακερματισμένους –  
αποδιοργανωμένους  
ασβεστόλιθος με  
έντονη παρουσία  
αργιλικού υλικού  
πλήρωσης στις  
συνεχείες του. Τα  
ασβεστολιθικά τεμάχια  
δεν έρχονται πάντα σε  
επαφή μεταξύ τους και  
το αλληλοκλείδωμα  
είναι πτωχό



## 4. ΔΟΛΟΜΙΤΕΣ



Παρόμοια χαρακτηριστικά και τεχνική συμπεριφορά με αυτά των ασβεστολίθων.

Η διάλυση όμως των δολομιτών λιγότερο έντονη (δημιουργία άμμου  $\text{MgCO}_3$ )

## 5. ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ - ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΗ- ΨΑΜΜΙΤΕΣ

### Κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα

Κροκαλοπαγή - Λατυποπαγή => κροκάλες-λατύπες συγκολλημένες με συνδετικό υλικό

Ψαμμίτες => κόκκοι άμμου συγκολλημένοι με συνδετικό υλικό

### Συνδετικό υλικό

-πυριτικό (χαλαζιακό)  
-ασβεστιτικό  
-αργιλικό

-μαργαϊκό  
-σπανιότερα γύψος , οξειδία Fe κ.α.

### Συνδετικό υλικό

- **Αργιλικό και μαργαϊκό** => μικρότερης αντοχής, με το νερό μείωση της συνεκτικότητας
- **Ασβεστιτικό** => μεγαλύτερης αντοχής, δεν είναι σπάνια η διάλυση από το νερό
- **Γύψος** => φαινόμενα διάλυσης

ΨΑΜΜΙΤΕΣ



ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ



# ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

Όταν είναι συμπαγή => Ικανοποιητική αντοχή, καλή συμπεριφορά σε θεμελιώσεις έργων, πρηνή ευσταθή

Ρωγμές => κυρίως επιφανειακά

Περατότητα => πολύ μικρή (αδιαπέρατα)

Εξαίρεση: η επιφανειακή ρωγματωμένη ή χαλαρωμένη ζώνη

Μείωση αντοχής μέχρι πλήρη χαλάρωση όταν το συνδετικό υλικό είναι άργιλος ή γύψος



## Κίνδυνοι

- Θεμελίωση φραγμάτων (εσωτερική διάβρωση από πίεση νερού)
- Βάθρα γεφυρών(εσωτερική διάβρωση από νερό ποταμού)
- Σήραγγες (υποστήριξη)
- Πρανή (εκσκαφή πρανών όχι με μεγάλη κλίση)

Εναλλαγές στρωμάτων με μάργες, ιλυολίθους, αργιλικούς σχιστολίθους (μικρότερης αντοχής)

- Ετερογένεια του συνόλου της βραχόμαζας
- Πιθανές διαφορικές καθιζήσεις σε φράγματα και βαριές κατασκευές

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- Φράγμα βαρύτητας St.Francis (Καλιφόρνια)
  - Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι και κροκαλοπαγή (επαφή με Ρήγμα ).

Αιτία καταστροφής: διάβρωση χαλαρής ζώνης ρήγματος και του συνδετικού χαλαρού υλικού του κροκαλοπαγούς

## 6. ΙΛΥΟΛΙΘΟΙ



- **Κόκκοι ιλύος** (μεταξύ αργίλου και άμμου)  
Συμπεριφορά που πλησιάζει άλλοτε του ψαμμίτη και άλλοτε του αργιλικού σχιστολίθου
- **Αντοχή** => μέτρια ή χαμηλή
- **Ρωγμές** => λιγότερο έντονες , κλείνουν πολύ γρήγορα με το βάθος
- **Περατότητα** => πρακτικά στεγανά πετρώματα
- **Συχνά με εναλλαγές** με στρώματα αργιλικών σχιστολίθων, ψαμμιτών και μαργών

## 7. ΑΡΓΙΛΙΚΟΙ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ



- **Συμπεριφορά** => εξαρτώμενη από:
  - ορυκτολογική σύσταση, τύπος αργιλικού υλικού
  - σχιστότητα
- **Αντοχή** => η πλέον χαμηλή από τα ιζηματογενή πετρώματα  
Όταν τα αργιλικά ορυκτά είναι μαλακά, η αντοχή τους πλησιάζει την αντοχή των αργιλικών εδαφών
- **Περατότητα** => πρακτικά στεγανοί σχηματισμοί
- **Εναλλαγές** με στρώματα άλλων πετρωμάτων (Φλύσχης)

- Πρανή => Αστάθεια και ιδιαίτερα στην χαλαρωμένη επιφανειακή ζώνη
- Σήραγγες => προβλήματα παραμορφώσεων και διογκώσεων-Υποστήριξη
- Θεμελίωση έργων
  - μικρή φέρουσα ικανότητα
  - καθιζήσεις

Εύκαμπτα φράγματα είναι δυνατόν να θεμελιωθούν

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

**Φράγμα Γαδουρά** (Ρόδος)  
Αργιλικοί σχιστόλιθοι του φλύσχη  
Συμπεριφορά, πρακτικά ως αργιλικά εδάφη

## 8. ΜΑΡΓΕΣ

- **Αργιλοασβεστιτικό πέτρωμα**

Συμπεριφορά ανάλογα με την επικράτηση του αργιλικού ή ασβεστιτικού υλικού

- **Κανονική μάργα => 35-65% ασβεστιτικό υλικό => αύξηση  $\text{CaCO}_3$   
=> Ασβεστολιθική μάργα => αύξηση  $\text{CaCO}_3$  => Ασβεστόμαργα**
- **Αργιλική μάργα => αύξηση αργιλικού υλικού  
=> Αργιλόμαργα => μαργαϊκή άργιλος**
- **Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι => 85-95%  $\text{CaCO}_3$**

**Μικρότερης αντοχής από τους ασβεστόλιθους, δυνατότητα καρστικής διάλυσης**

- **Αντοχή =>** - γενικά μικρή (συνήθως πλησιάζει αυτή των σκληρών αργιλικών εδαφών)  
- Όταν είναι πολύ σκληρή (**μαργόλιθος**),  
**=>** συμπεριφέρεται σαν μαλακός βράχος

ΜΑΡΓΕΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ  
ΚΟΡΙΝΘΟΥ



ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΗ ΜΑΡΓΑ

ΚΑΤΑΠΤΩΣΗ ΠΡΑΝΟΥΣ



ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ-ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ  
ΠΡΑΝΟΥΣ



## 9. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

• **Ραδιολαρίτες** (μικροκοκκώδη συσσωματώματα κελυφών μικροοργανισμών από κρυπτοκρυσταλλικό χαλαζία).

Εναλλαγές με μαργαϊκούς και αργιλικούς σχιστολίθους.

• **Ορυκτοί άνθρακες** (λιγνίτες, τύρφη)

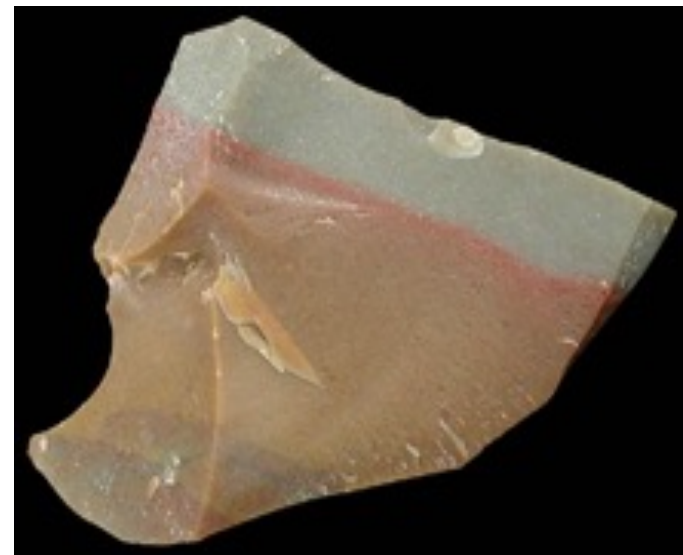
Συμπεριφορά **λιγνιτών** ως εδαφικών σχηματισμών.

**Τύρφη** πολύ μικρή αντοχή, υψηλή συμπίεστότητα.

Κίνδυνοι καθιζήσεων ακόμη και μικρών κατασκευών αλλά και αυτανάφλεξης λόγω της παρουσίας  $\text{FeS}_2$  που οξειδώνεται με έκλυση θερμότητας



ΡΑΔΙΟΛΑΡΙΤΕΣ



ΛΙΓΝΙΤΗΣ



## 2. Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά Ιζηματογενών πετρωμάτων

B. Δομές Ιζηματογενών πετρωμάτων  
– Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά

# ΦΛΥΣΧΗΣ

**Γεωλογικός σχηματισμός** (σύστημα πετρωμάτων), σύνδεση με την τεκτονική εξέλιξη ενός γεωσύγκλινου. Σηματοδοτεί το κλείσιμο του κύκλου ιζηματογένεσης πριν την κύρια πτύχωση (ορογένεση)

**Σύσταση** => εναλλαγές στρωμάτων κυρίως ψαμμίτη, ιλυολίθου, αργιλικού σχιστολίθου, μάργας, αλλά και κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων

**Πάχη στρωμάτων** => λίγα εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα

**Ρωγμές** => λιγότερο έντονες και επιφανειακά (όταν επικρατούν ψαμμίτες πιο έντονες)

**Περατότητα** => Στεγανός σχηματισμός

# Ασθενείς και Σύνθετες Βραχόμαζες Φλύσχη

- Σύνθετη βραχόμαζα
  - » Εναλλαγές ικανών - μεγάλης γενικά αντοχής στρωμάτων και μη ικανών - μικρής γενικά αντοχής στρωμάτων
  - » Έντονη γενικά στρωσιγένεια με μεγάλη εμμογή
  - » Ποικίλα πάχη στρωμάτων (λεπτοστρωματώδης δομή κλίμακας cm έως παχυστρωματώδης κλίμακας μέτρων)
  - » Τεκτονική διαταραχή που μεταβάλλει την αρχική δομή και μπορεί να δημιουργήσει τεκτονικά μίγματα και χαοτικές δομές
- Ασθενής βραχόμαζα
  - » Παρουσία αργιλικών πετρωμάτων
  - » Έντονη τεκτονική καταπόνηση που υποβαθμίζει την όποια αρχική ποιότητα της βραχόμαζας
  - » Αποσάθρωση των ιλυολιθικών - αργιλικών μελών και επιδεκτικότητα αυτών στο φαινόμενο της σχιστοποίησης - σχάσης
  - » Επίδραση του νερού που είναι σημαντική για τα ιλυολιθικά - αργιλικά μέλη του σχηματισμού

# Ασθενείς και Σύνθετες Βραχώμαζες Φλύσχη



# Ασθενείς και Σύνθετες Βραχώμαζες Φλύσχη



# Ασθενείς και Σύνθετες Βραχώμαζες Φλύσχη



# Ασθενείς και Σύνθετες Βραχώμαζες Φλύσχη





# Ασθενείς και Σύνθετες Βραχώμαζες Φλύσχη



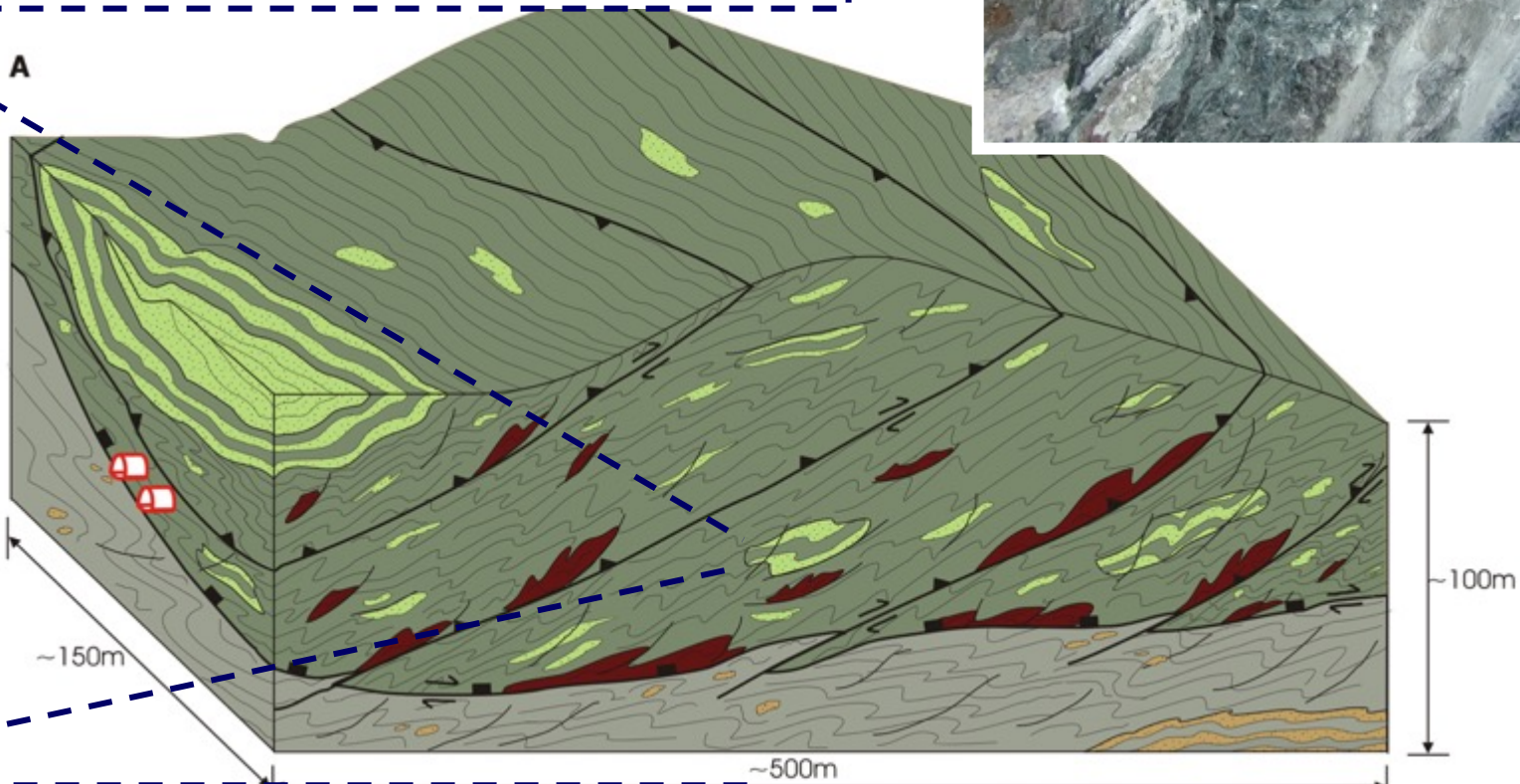




ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ  
ΣΕ ΦΛΥΣΧΗ



Γεωυλικά που διατηρούν την αρχική τους δομή συναντήθηκαν στην σήραγγα αλλά δεν συνέβαλλαν στην συνολική ευστάθεια και την αντοχή της βραχόμαζας, λόγω της μη συνέχειάς τους στο χώρο και γύρω από τη σήραγγα.



Στη διάνοιξη σηράγγων μέσα από μεγάλες τεκτονικές γραμμές, έστω και κάθετα σε αυτές, η βραχόμαζα είναι πολύ διαταραγμένη σε ευρεία κλίμακα λόγω κυρίως των δορυφόρων εφιππεύσεων και διατμήσεων.

**Λέγεται**

ομαλώδης ψαμμίτης  
ενστρώσεις ιλυολίθου  
ιλυολίθου  
πη

-  Επώθηση
-  Εφιππευση
-  Διάτμηση
-  Σήραγγα

| ΤΥΠΟΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ | ΣΥΣΤΑΣΗ                                                                                             | ΔΟΜΗ                                                                                  |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Τύπος I          | Αδιατάρακτος μεσοστρωματώδης έως παχυστρωματώδης ψαμμίτης με σποραδικές λεπτές ενστρώσεις ιλυολίθου |    |
| Τύπος II         | Αδιατάρακτος ιλυολίθος με σποραδικές λεπτές ενστρώσεις ψαμμίτη                                      |    |
| Τύπος III        | Μέτρια διαταραγμένος ψαμμίτης με ενστρώσεις ιλυολίθου                                               |    |
| Τύπος IV         | Μέτρια διαταραγμένη βραχώμαζα αποτελούμενη από εναλλαγές ψαμμίτη-ιλυολίθου σε ίσες αναλογίες        |    |
| Τύπος V          | Μέτρια διαταραγμένη βραχώμαζα αποτελούμενη από ιλυολίθο με ενστρώσεις ψαμμίτη                       |   |
| Τύπος VI         | Μέτρια διαταραγμένος ιλυολίθος με αραιές λεπτές ενστρώσεις ψαμμίτη                                  |  |

ΤΥΠΟΣ ΒΡΑΧΟΜΑΖΑΣ

ΣΥΣΤΑΣΗ

ΔΟΜΗ

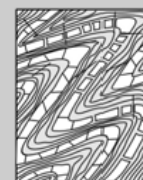
Τύπος VII

Έντονα διαταραγμένη – πτυχωμένη βραχώμαζα η οποία διατηρεί τη δομή της και αποτελείται από εναλλαγές ψαμμίτη – ιλυόλιθου σε ίσες αναλογίες



Τύπος VIII

Έντονα διαταραγμένη – πτυχωμένη βραχώμαζα η οποία διατηρεί τη δομή της και δεν έχει παραμορφωθεί – διατμηθεί σε μεγάλο βαθμό και αποτελείται κυρίως από ιλυόλιθο με ενστρώσεις ψαμμίτη



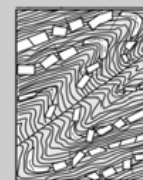
Τύπος IX

Αποδιοργανωμένη – Κατακερματισμένη



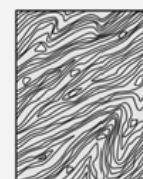
Τύπος X

Τεκτονικά παραμορφωμένος, έντονα πτυχωμένος, ρηγματωμένος ιλυόλιθος ή αργιλικός σχιστόλιθος με κερματισμένα και παραμορφωμένα ψαμμιτικά τεμάχια τα οποία διαμορφώνουν σχεδόν χαοτική δομή

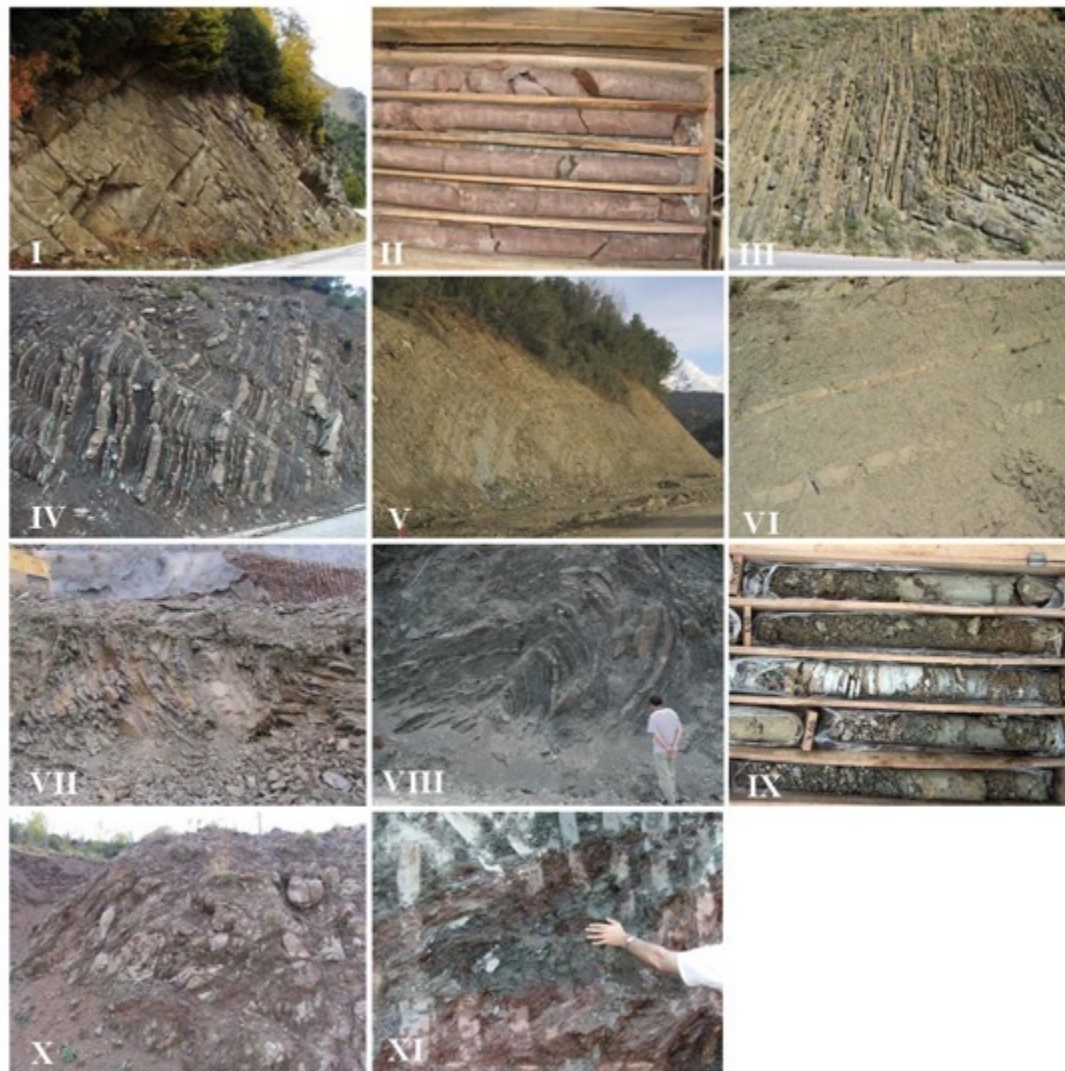


Τύπος XI

Τεκτονικώς έντονα διατμημένος ιλυόλιθος ή αργιλικός σχιστόλιθος σε χαοτική δομή με θύλακες αργίλου



# Διακριτοποίηση τύπων βραχώμαζας Φλύσχη



**GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI) FOR HETEROGENEOUS ROCK MASSES SUCH AS FLY**

Chart modified and extended by V. Marinos from the P. Marinos & E. Hoek (2001)

# New GSI

Heterogeneous rockmasses are meant those of different lithologies and their strength properties. For flysch, a typical heterogeneous rockmass, the discontinuities (particularly of the bedding planes), choose a box in the chart. The based on the tectonic disturbance (undisturbed, slightly disturbed, strongly sheared), the proportion of siltstones against sandstones and the expression of siltstone layers. In the GSI value by 5 is suggested for the siltstone mass. Look at the contours. The determination of the GSI is based on the Hoek - Brown failure criterion. Note that the Hoek - Brown failure criterion for continuous weak planar discontinuities is reduced by the presence of poor and very poor conditions.

**STRUCTURE AND CONTINuity**



**TYPE I.** Undisturbed, massive sandstone with thin siltstone layers and a kinematic structure.



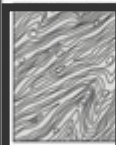
**TYPE III.** Moderately disturbed sandstone with thin siltstone layers and a kinematic structure.



**TYPE VII.** Disturbed sandstone that retains siltstone layers.



**TYPE IX.** Desintegrated rock found in wide zones of faulting and weathering. In this type material is present with some discontinuities between rock pieces.



**TYPE XI.** Tectonically sheared siltstone or clayey shale forming a structure with pockets of clay sandstone are transformed into pieces. Ultimately the ground becomes a soil.



**N/A** Means geologically impossible combination. In the non - shadowed areas, such rockmasses are not impossible to find but it is very unusual

→ Means deformation after tectonic disturbance



# Engineering Geological Types of Flysch

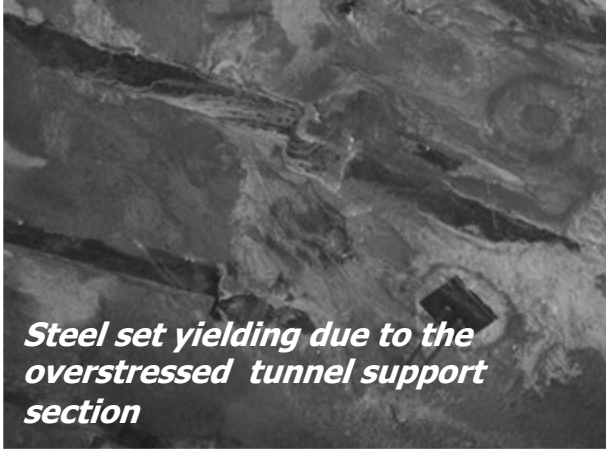
Intact rock and rock mass parameters

| ΤΥΠΟΣ<br>ΦΛΥΣΧΗ | GSI | $\sigma_{ci}$<br>MPa | $m_i$ | $E_i$<br>GPa | $\sigma_{cm}$<br>MPa | $E_m$ (2006)<br>GPa |
|-----------------|-----|----------------------|-------|--------------|----------------------|---------------------|
| I               | 65  | 40                   | 17    | 10           | 12                   | 7                   |
| II              | 60  | 15                   | 7     | 3            | 3                    | 1,5                 |
| III             | 55  | 40                   | 17    | 9            | 10                   | 3,5                 |
| IV              | 50  | 23                   | 10    | 5,5          | 4                    | 1,5                 |
| V               | 45  | 18                   | 8     | 4            | 2,5                  | 0,9                 |
| VI              | 40  | 15                   | 7     | 3            | 1,7                  | 0,5                 |
| VII             | 35  | 23                   | 10    | 5,5          | 2,5                  | 0,6                 |
| VIII            | 25  | 18                   | 8     | 4            | 1,5                  | 0,25                |
| IX              | 30  | 22                   | 9,5   | 5,2          | 2                    | 0,4                 |
| X               | 20  | 15                   | 7     | 3,3          | 1                    | 0,15                |
| XI              | 15  | <10                  | 6     | 2            | 0,5                  | 0,08                |

\* Calculated from software Rocdata (Rocscience Inc.)

It is extremely difficult to take a sample of an "intact" core and a representative specimen of rock as well as to prepare laboratory specimens.





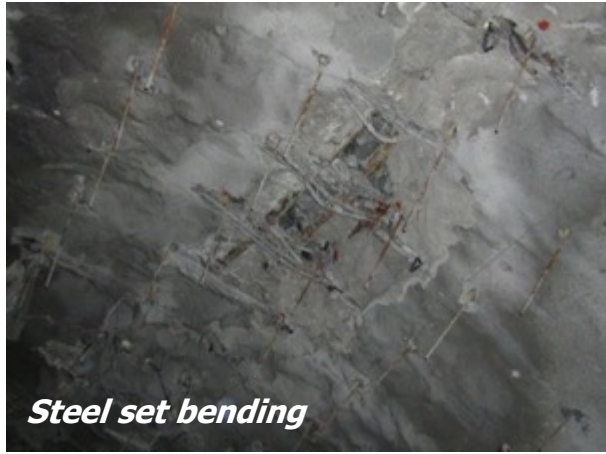
*Steel set yielding due to the overstressed tunnel support section*



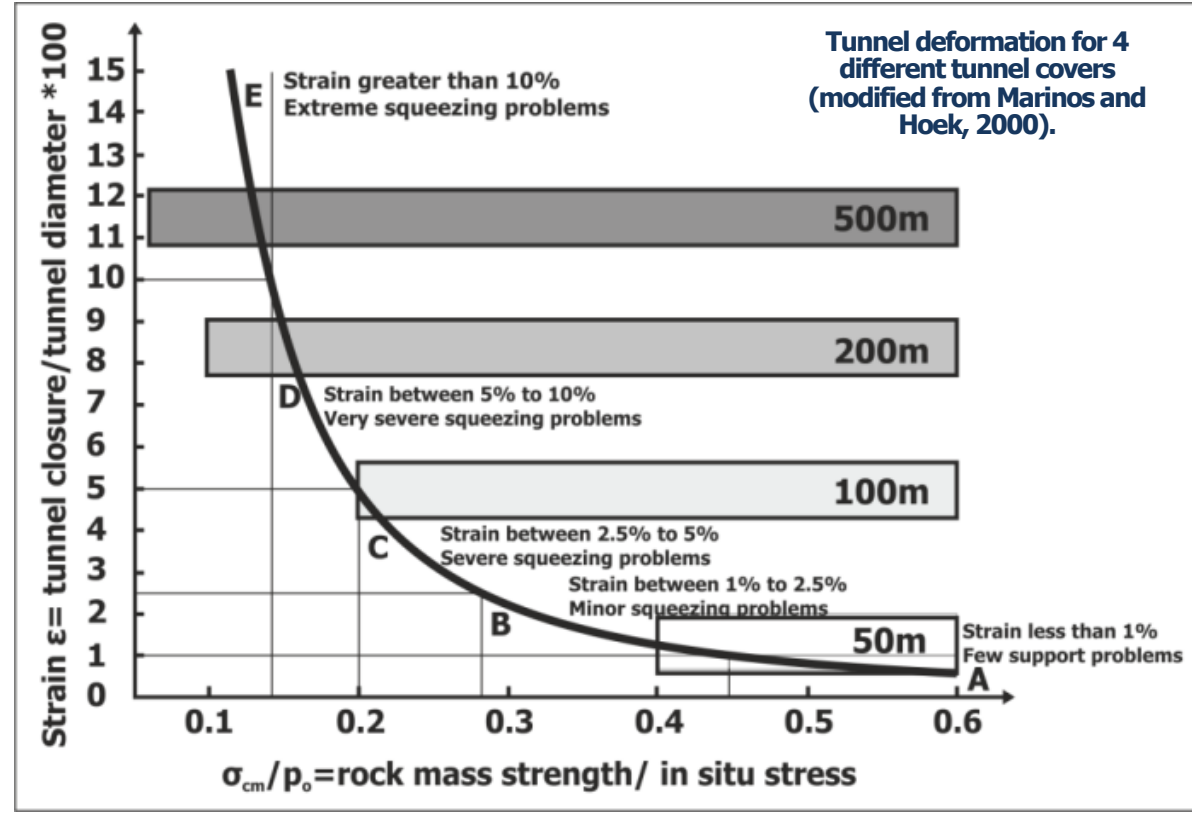
*Shotcrete failure at the invert area*



*Shotcrete failure*



*Steel set bending*



## Θεμελιώσεις

- Πρόβλημα πετρογραφικής ετερογένειας
- Διαφορικές καθιζήσεις για σοβαρές και εκτεταμένες θεμελιώσεις
- Φράγματα => αποκλειστικά εύκαμπτος τύπος (χωμάτινο – λιθόρριπτο)
- Όχι ιδιαίτερα προβλήματα για μεσαίες και μικρές κατασκευές

## Σήραγγες

- Προβλήματα λόγω των συχνών εναλλαγών στρωμάτων διαφορετικής συμπεριφοράς και έντονου τεκτονισμού (πτυχώσεις, ζώνες διάτμησης)
- Υποστήριξη άμεση και συνεχής κυρίως σε λεπτοστρωματώδη και αργιλικής σύστασης πετρώματα

## Φυσικές πλαγιές και πρηνή

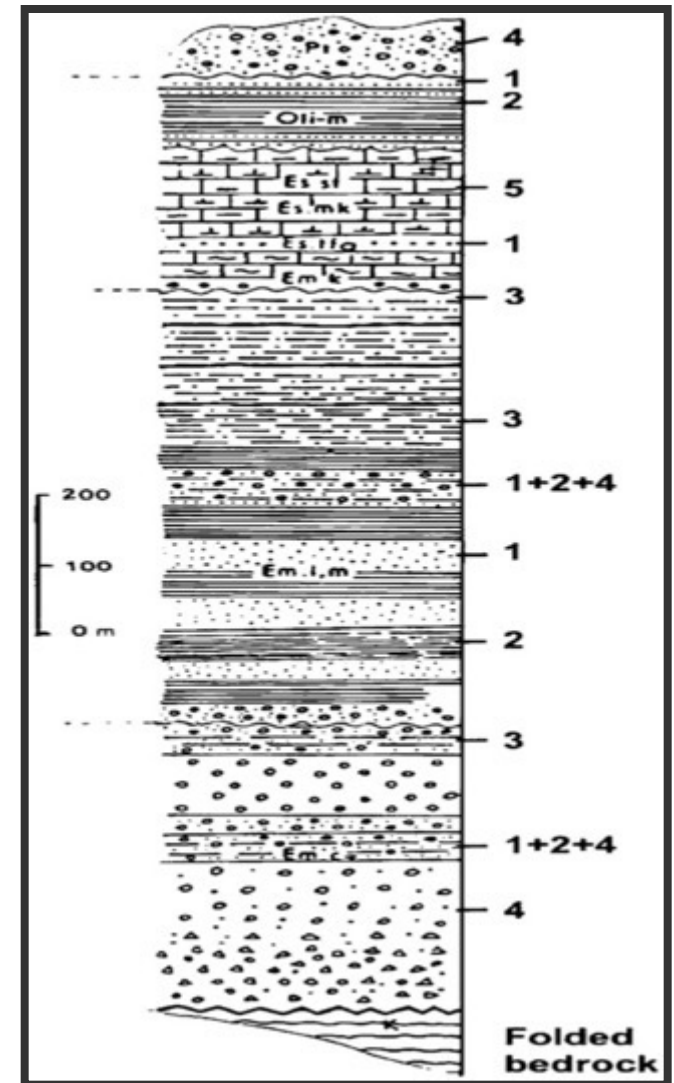
- Αστάθεια με εκδήλωση κατολισθήσεων λόγω λεπτοστρωματώδους χαρακτήρα και αργιλικής σύστασης.
- ανάπτυξη μεγάλου πάχους μανδύα αποσάθρωσης (μεγάλες κατολισθήσεις- απειλή για οικισμούς και χωριά καθώς και για φράγματα, δρόμους κτλ.)

# Γεωλογικό Πρότυπο σε περιβάλλον Μολάσσας

*Σχηματική στήλη των  
μολασσικών σχηματισμών  
στη λεκάνη της Ροδόπης, ΒΑ  
Ελλάδα:*

- 1. ψαμμίτης,
- 2. αργιλικοί σχιστόλιθοι ή ιλυόλιθοι,
- 3. ψαμμίτες με ιλυόλιθους ή αργιλικούς ψαμμίτες,
- 4. κροκαλοπαγή,
- 5. ασβεστόλιθοι, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι ή μάργες

*(από το Γεωλογικό χάρτη της  
Ελλάδας, 1:50.000, ΙΓΜΕ,  
1980).*

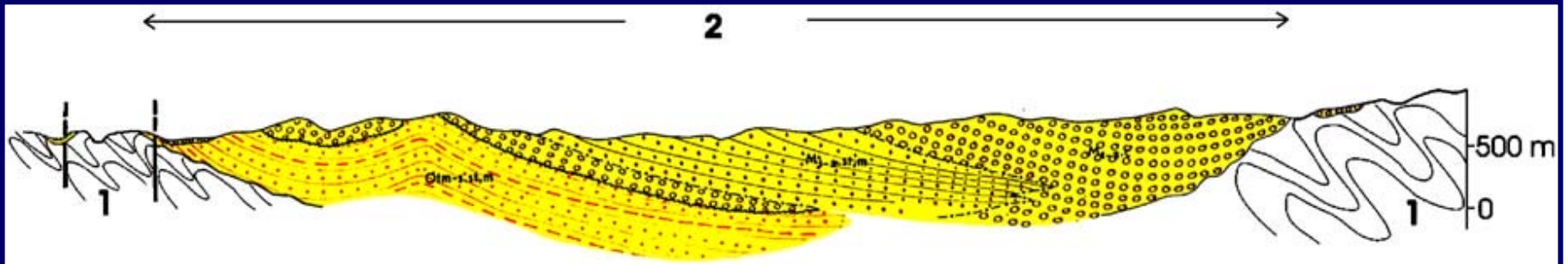


# Γεωλογικό Πρότυπο σε περιβάλλον Μολάσσας

*Γεωλογικό τμήμα σε μία μολασσική χώρα, ΒΔ Ελλάδα (από το Γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας, φύλλο Αγιόφυλλο, 1:50.000, ΙΓΜΕ, 1979, ελάχιστα τροποποιημένο).*

*1. Πέτρωμα της ήδη σχηματισμένης ορεινής ζώνης, 2. μολασσική χώρα: εξαλλοίωση ψαμμιών, κροκαλοπαγών, ιλυόλυθων και μαργών.*

*Καθώς η μολάσσα χαρακτηρίζει μία σειρά ιζημάτων που σχηματίστηκαν και εξελίχθηκαν μετά την κύρια ορογένεση, δεν έχουν υποστεί ισχυρή συμπίεση ή διάτμηση. Συνεπώς, δεν παρουσιάζουν πτυχώσεις ή περιέχουν ήπιες πτυχές ή καμπυλώσεις. Η κλίση των στρωμάτων είναι συνήθως μικρή και οι περιπτώσεις με γωνίες κλίσης μεγαλύτερες των  $30^\circ$  είναι σπάνιες ή εντοπισμένες.*



# Μολάσσεσες

## Γεωλογικό πρότυπο

### Συνθετότητα μολασσικού περιβάλλοντος

- **Ήρεμο τεκτονικό περιβάλλον.** Τοπικές μόνο μικροδιατμήσεις και μικροπτυχώσεις. Οι ζώνες ρηγμάτων είναι περιορισμένης έκτασης
- Στα περιθωριακά μόνο κράσπεδα των μολασσικών λεκανών υπάρχουν αρκετά ανάστροφα ρήγματα.
- Οι μολασσικοί σχηματισμοί έχουν το χαρακτηριστικό να είναι **σχιστοποιημένοι-στρωματώδεις στην επιφάνεια** λόγω της ιδιότητάς τους να υφίστανται σχάση σε ατμοσφαιρικές συνθήκες.
- Στο βάθος (από τα ~10-15m), λόγω του περιορισμού-περίσφιγξης της βραχόμαζας και της ήρεμης τεκτονικής εξέλιξης **η βραχόμαζα εμφανίζεται μαζώδης-συνεχής-συμπαγής** με λανθάνουσες μόνο διεπιφάνειες.

# Ασθενείς και Σύνθετες βραχώμαζες Μολάσσας

## – Σύνθετη βραχώμαζα

- » Εναλλαγές ικανών - καλής γενικά αντοχής- τραπεζών (στρωμάτων) ψαμμίτη ή/και κροκαλοπαγούς και μη ικανών - μέτριας ή μικρής γενικά αντοχής - στρωμάτων ιλυολίθου ή αργιλολίθου
- » **Αλλαγή δομής προς το βάθος (ετερογένεια και στρωσιγένεια στην επιφάνεια, ομοιογένεια και συνεχής δομή στο βάθος)**

## – Ασθενής βραχώμαζα

- » Παρουσία ιλυολιθικών-αργιλικών πετρωμάτων
- » Πτωχή - ασθενής διαγένεση σε ορισμένες περιπτώσεις
- » Αποσάθρωση των ιλυολιθικών - αργιλικών μελών από το φαινόμενο της σχάσης στην επιφάνεια
- » Η επίδραση του νερού είναι επιβαρυντική για τα ιλυολιθικά - αργιλικά μέλη και τις ασυνέχειές τους

# Ασθενείς και Σύνθετες βραχώμαζες Μολάσσας





# Ασθενείς και Σύνθετες βραχώμαζες Μολάσσας



# Διαφορά δομής επιφάνειας-βάθους στις Μολάσσες

Αλλαγή δομής Μολάσσας ( "σχάση και κατάρρευση " ) μετά από έκθεση ψαμμιτών-ιλυολίθων στην επιφάνεια.



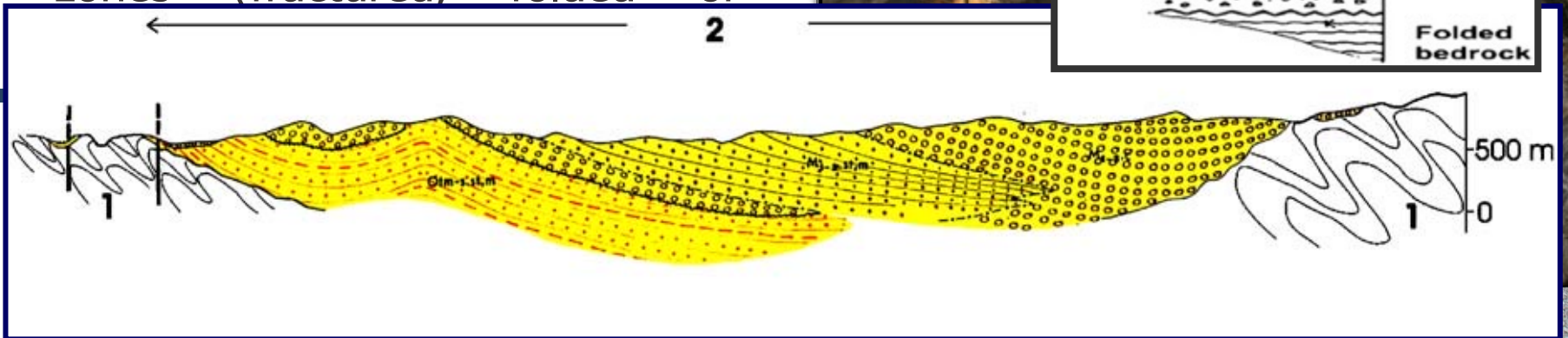
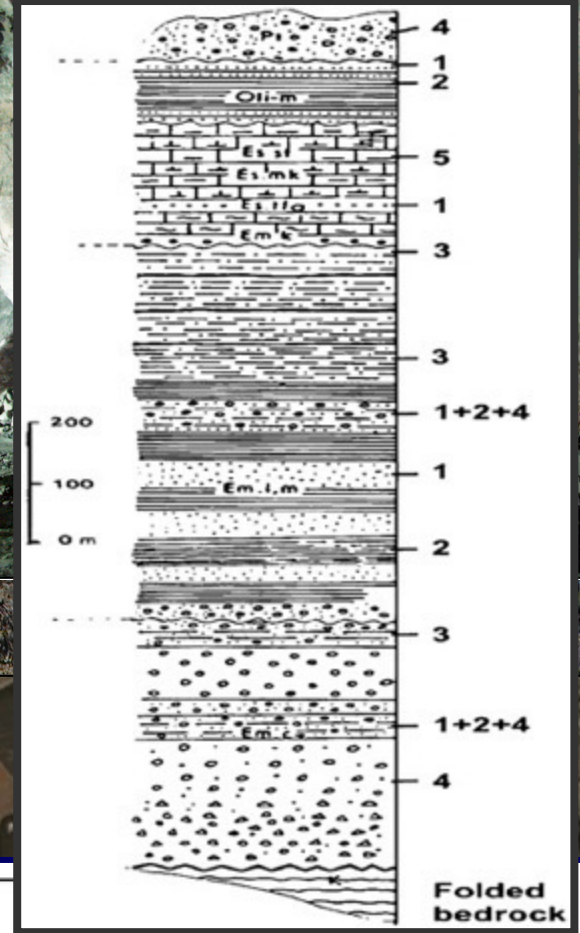
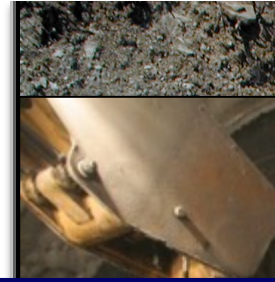
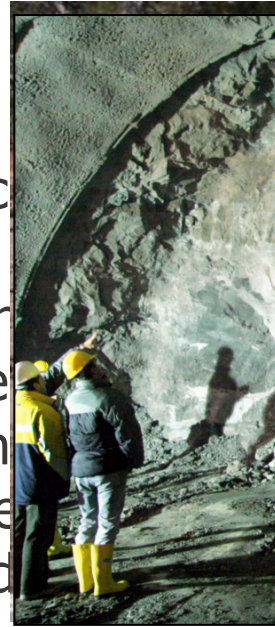
Δείγμα Μολάσσας  
Αμέσως μετά τη διάτρηση

Το ίδιο δείγμα μετά από  
λίγους μήνες, έχοντας "καταρρεύσει"

# Engineering Geological Types in Molassic environment



- Tectonically undisturbed but lithologic
- Alternations of competent
- varied sedimentary rock masses or,
- sandstone - conglomerate beds
- Alternations of sandstones, siltstone
- and incompetent - siltstone, or
- marls or claystones and conglomerate
- claystone even when beds
- Deposits from the erosion of an en-
- Weathering of siltstone, the
- mountain range after the final phase
- claystone due to the slaking.
- orogenesis behind the mountain build
- Foliated-seamy on the surface
- area tectonic environment
- (due to slaking).
- Compression is mainly confined to
- Presence of clayey and silty
- peripheries of new basins
- rocks
- None extensively developed poor
- Poor - weak diagenesis in some
- zones (fractured, folded or



### Τύπος I

Μεσοστρωματώδης  
έως  
παχυστρωματώδης  
ψαμμίτης με  
σποραδικές λεπτές  
ενστρώσεις ιλυολίθου



### Τύπος II

Ψαμμίτης με κατά  
θέσεις ενστρώσεις  
ιλυολίθου



### Τύπος III

Βραχόμαζα  
αποτελούμενη από  
εναλλαγές ψαμμίτη-  
ιλυολίθου σε ίσες  
αναλογίες



### Τύπος IV

Ιλυόλιθος με κατά  
θέσεις ενστρώσεις  
ψαμμίτη



### Τύπος V

Ιλυόλιθος με  
σποραδικές  
ενστρώσεις ψαμμίτη



### Τύπος VI

Κροκαλοπαγές



# Engineering Geological Types in Molassic environment

## Rock mass type definition in depth

In depth > 10-15m: Rock mass is continuous and massive: GSI > 75 (M1)

Bedding: the main discontinuity is sealed («sewed»).

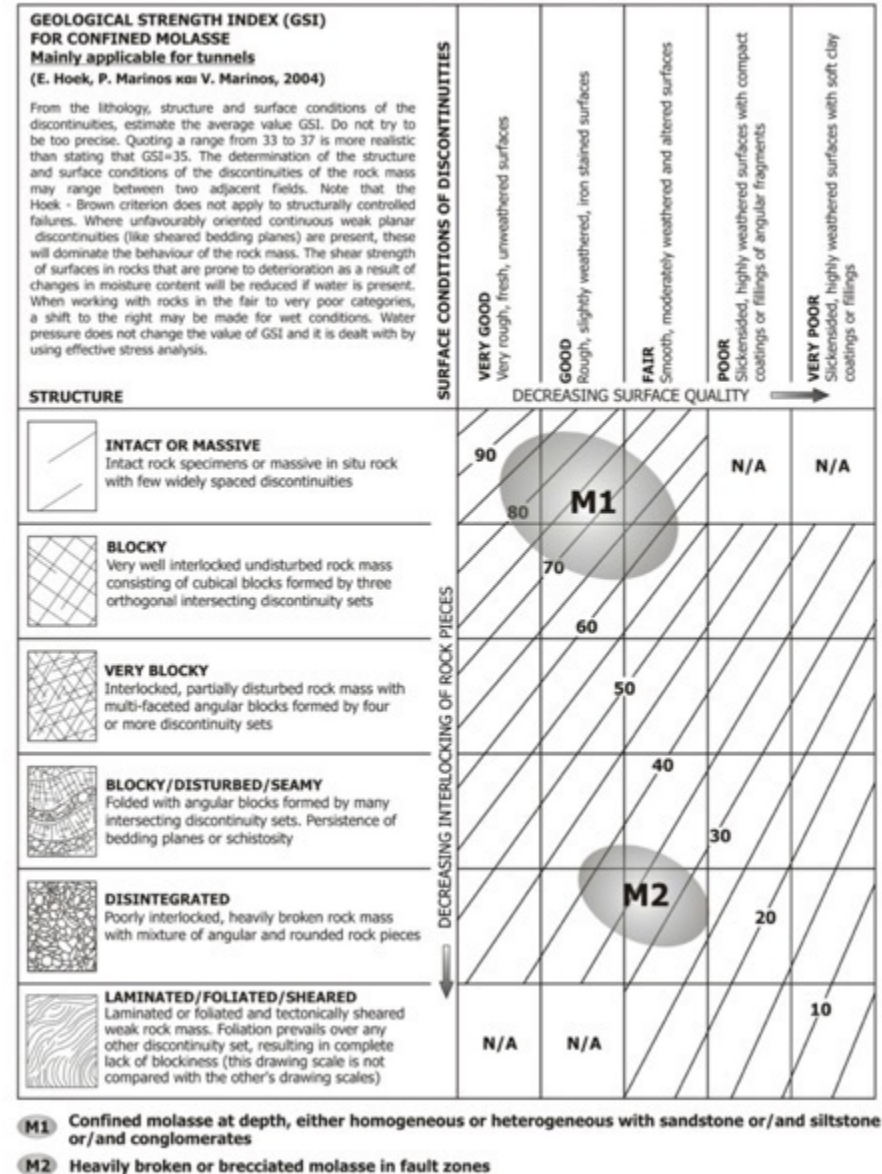
Sandstones and well cemented conglomerates: high frictional strength

Siltstones and claystones: compact enough to form a continuous medium.

Joints: absence of shearing

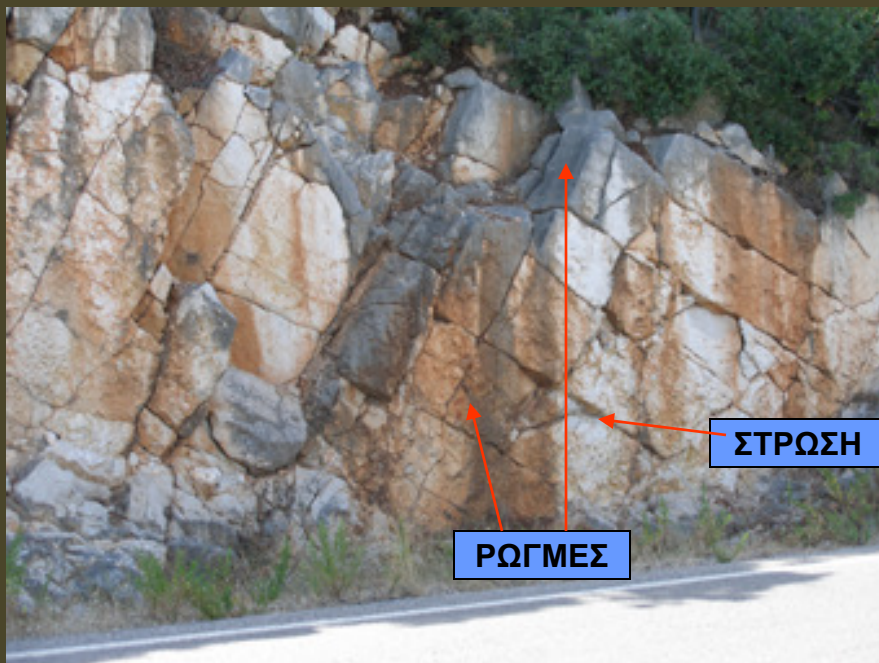
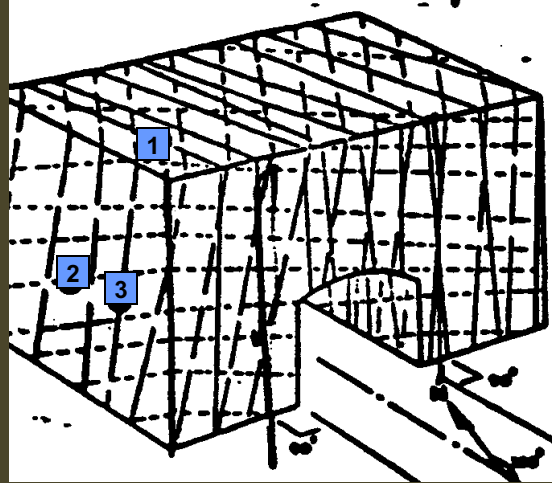
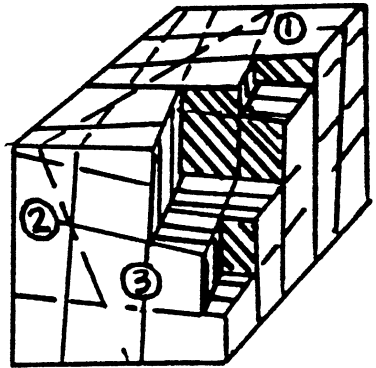
In fault zones GSI: 35-50 (seamy disturbed-disintegrated) (M2)

In cases, rock masses can be dealt as intact (parameters from laboratory tests).



## ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ - ΡΩΓΜΩΝ

- Εσωτερική γεωμετρία ( διακλάσεις - ρωγμές)  
+επίπεδα στρώσεων + σχιστότητα => δομικές ασυνέχειες
- Αλλαγή (μείωση) της ποιότητας του πετρώματος  
ως προς την αντοχή και περατότητα
- Βοηθούν την αποσάθρωση - διάβρωση  
του πετρώματος
- Καθορίζουν (μαζί με την αντοχή) την  
εκσκαψιμότητα του πετρώματος

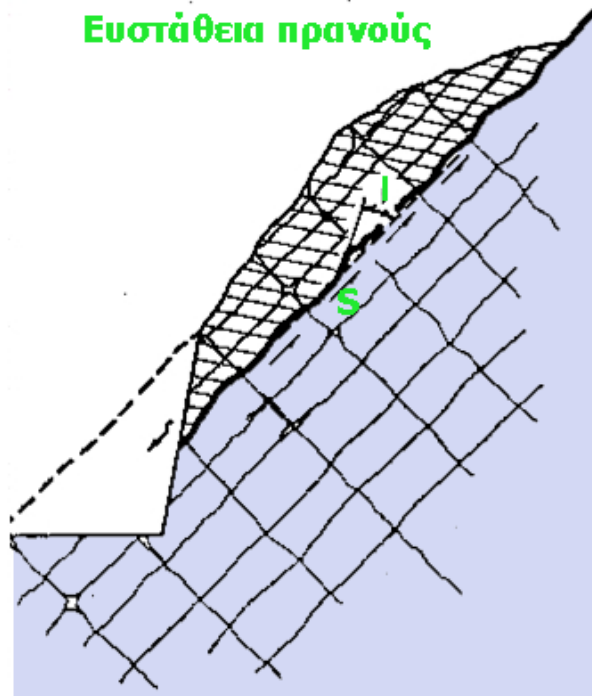


- Στις **σήραγγες** ελέγχουν την **ευστάθεια** του βράχου στην οροφή και στα τοιχώματα
- Στα **βραχώδη πρηνή** ελέγχουν την **ευστάθεια** του πρηνούς και τη **μορφή** της κατολίσθησης
- Στη **θέση του φράγματος** ελέγχουν τη **στεγανότητα**, όπως και την **αντοχή** του πετρώματος θεμελίωσης

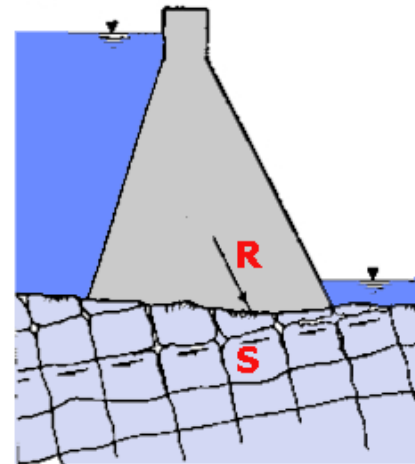


# ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ - ΡΩΓΜΩΝ

Ευστάθεια πρανούς



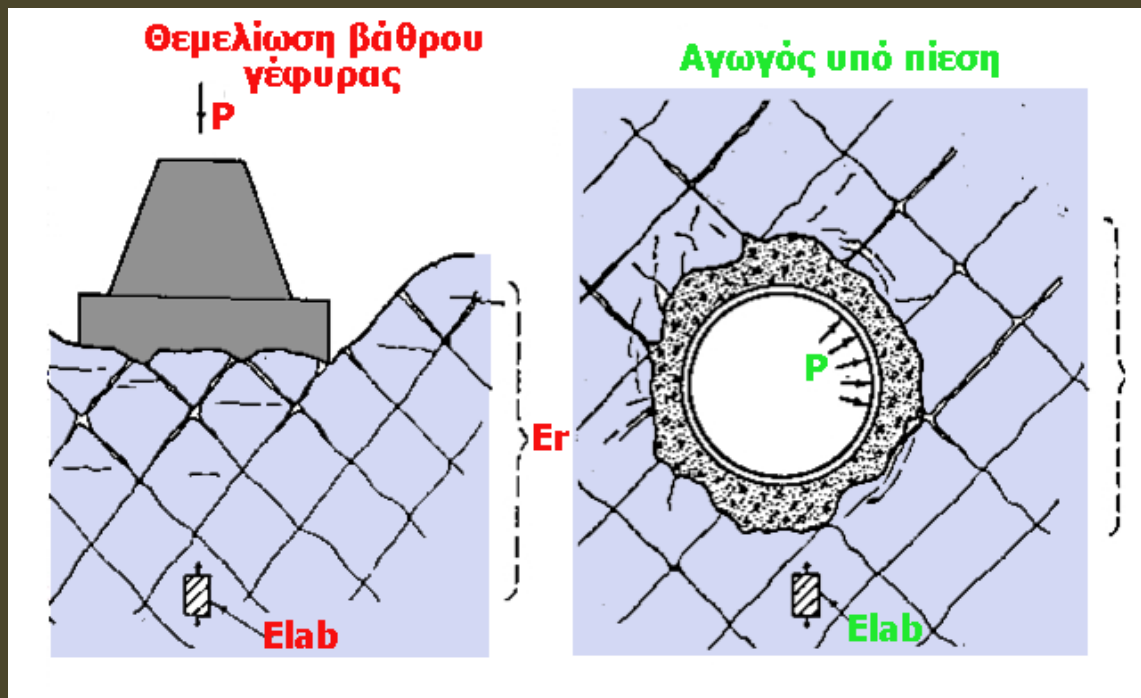
Θεμελίωση φράγματος



$$S = C + p \tan(\phi + i)$$

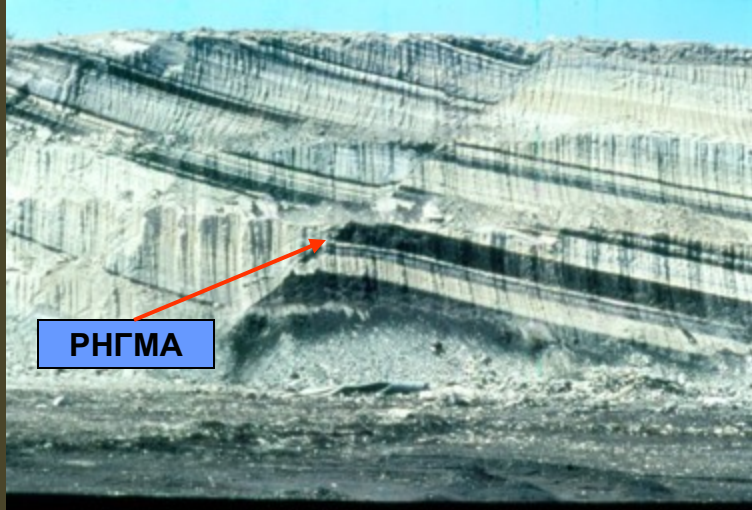
$C = ? \quad \phi = ? \quad i = ?$

# ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΔΙΑΚΛΑΣΕΩΝ - ΡΩΓΜΩΝ



# ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

- **Αλλαγή θέσης στρωμάτων** - διακοπή της συνέχειάς τους  
=> Διαμορφώνουν την τελική γεωμετρία των στρωμάτων
- **Μείωση συνοχής** πετρώματος στη ζώνη του ρήγματος, λόγω κερματισμού
- Συχνά, **χαλάρωση** του πετρώματος στη ζώνη ρηγματώσεως με αύξηση της περατότητας
- Παρουσία **υλικού πληρώσεως**, συχνά συμπιεστού (ενίοτε αδιαπέρατου)
- Κινητικότητα ορισμένων ρηγμάτων (**ενεργών**) σε ασταθείς σεισμικά ζώνες



**ΡΗΓΜΑ**



**ΡΗΓΜΑ**



**ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΡΗΓΜΑ  
ΣΧΟΙΝΟΣ, 1981**



**ΕΝΕΡΓΟ ΡΗΓΜΑ ΑΤΑΛΑΝΤΗΣ**

## ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΠΤΥΧΩΝ

- Αλλάζουν τη **γεωμετρία** των στρωμάτων ανάλογα με τη μορφή των πτυχών (επαναλήψεις, αναστροφές κ.λ.π.)
- **Θραύσεις** πετρωμάτων στις κορυφές (στα ψαθυρά πετρώματα)
- **Διατμήσεις** επί των επιφανειών στρώσεων αν παρεμβάλλονται ασθενέστερα υλικά (π.χ. ιλυόλιθος, αργ. σχιστόλιθος)
- «Βοηθάει στην μη εκδήλωση μεγάλων δομικών (επίπεδων) ολισθήσεων καθώς «κλειδώνει» τη δομή.



ΑΝΤΙΚΛΙΝΟ



ΣΥΓΚΛΙΝΟ



ΠΟΛΥΠΤΥΧΩΜΕΝΟΣ ΓΝΕΥΣΙΟΣ



ΠΤΥΧΩΜΕΝΟΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ, ΠΙΝΔΟΣ