



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

## Ενότητα 10: Ζώνες διάτμησης

Παρασκευάς Ξυπολιάς  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωλογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσεις

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγικά στοιχεία – Βασικοί ορισμοί
- Αναγνώριση των ζωνών διάτμησης στην ύπαιθρο
- Αναγνώριση κινηματικών δεικτών σε ζώνες διάτμησης

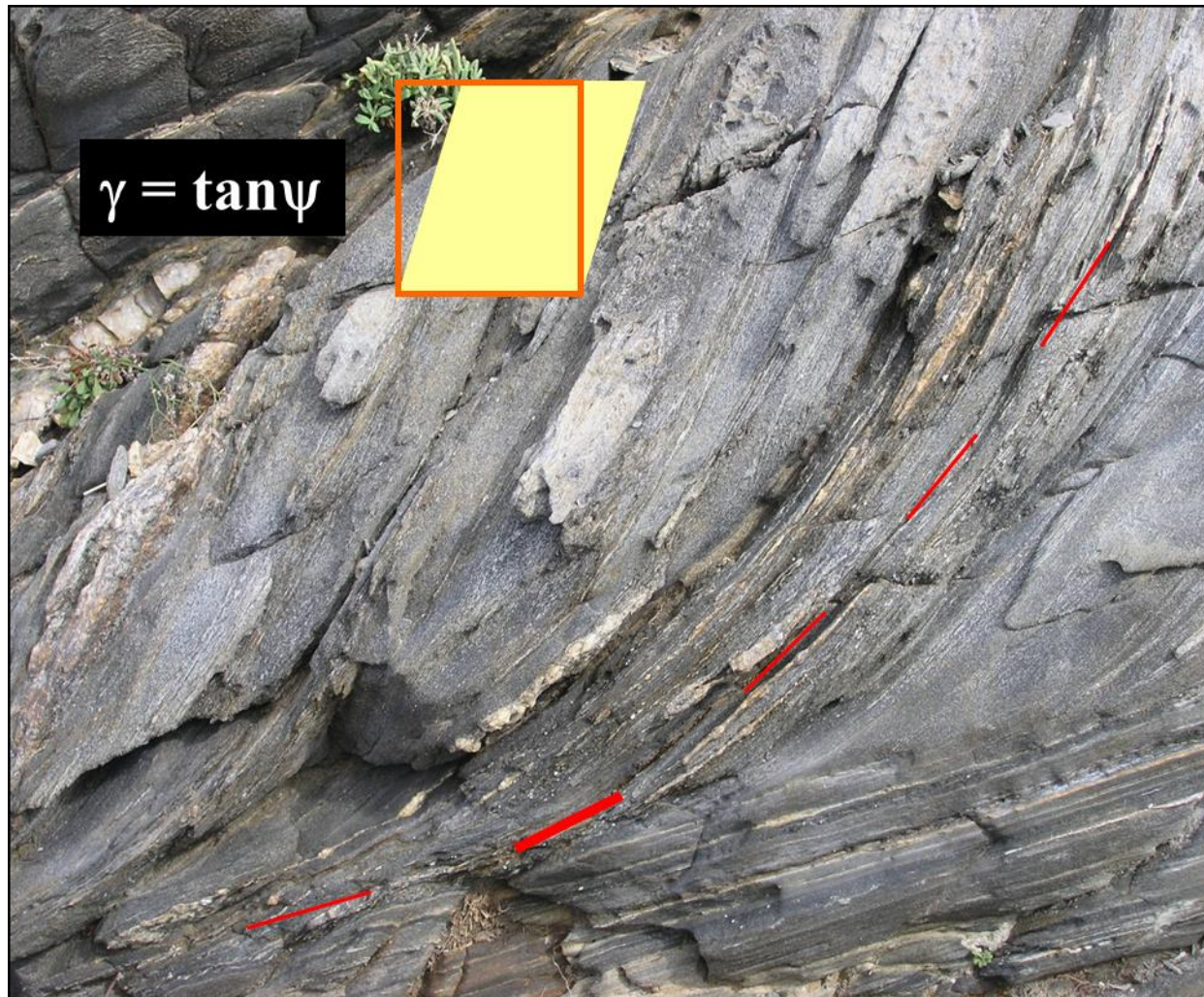
# Ζώνες διάτμησης (shear zones)

**Ζώνη διάτμησης (shear zone)** ονομάζεται μια ζώνη με υποπαράλληλα τοιχώματα μέσα στα οποία το πέτρωμα παραμορφώνεται εντονότερα σε σχέση με τα λιγότερο παραμορφωμένο ή απαραμόρφωτο περιβάλλον πέτρωμα

**Ο συνηθέστερος τύπος  
ομογενούς  
παραμόρφωσης στις  
ζώνες διάτμησης είναι η  
γενική διάτμηση**

**Το πάχος τους μπορεί να κυμαίνεται από λίγα εκατοστά έως  
χιλιόμετρα**

# Ζώνες διάτμησης (shear zones)

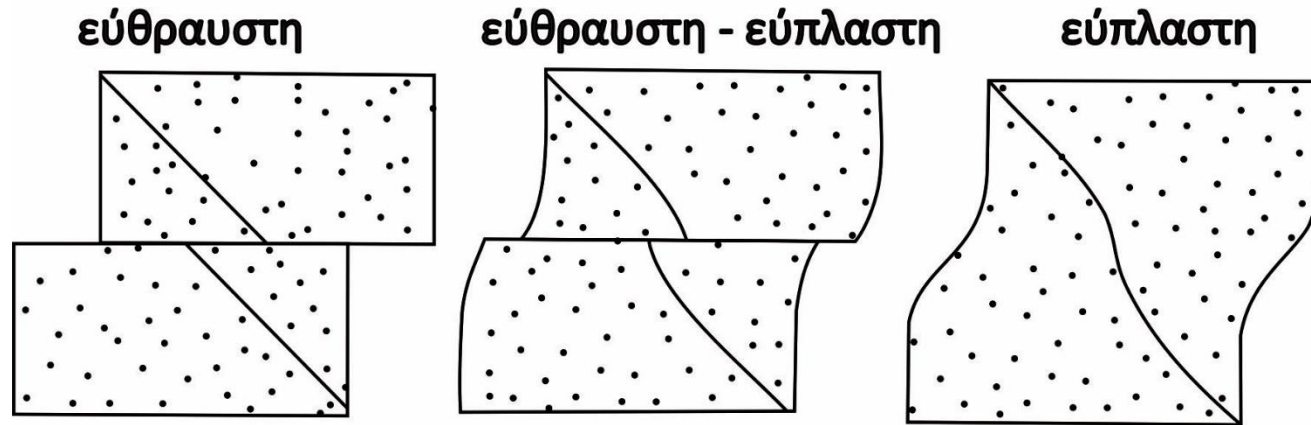


Οι ζώνες διάτμησης χαρακτηρίζονται από αύξηση της διατμητικής παραμόρφωσης ( $\gamma$ ) με αποτέλεσμα επίπεδα ιστολογικά στοιχεία να ευθυγραμμίζονται με τα περιθώρια της ζώνης

Cap de Creus,  
Spain

# Ζώνες διάτμησης (shear zones)

Ζώνες διάτμησης μπορούν να σχηματιστούν σε διάφορα επίπεδα του φλοιού



Έτσι διακρίνονται:

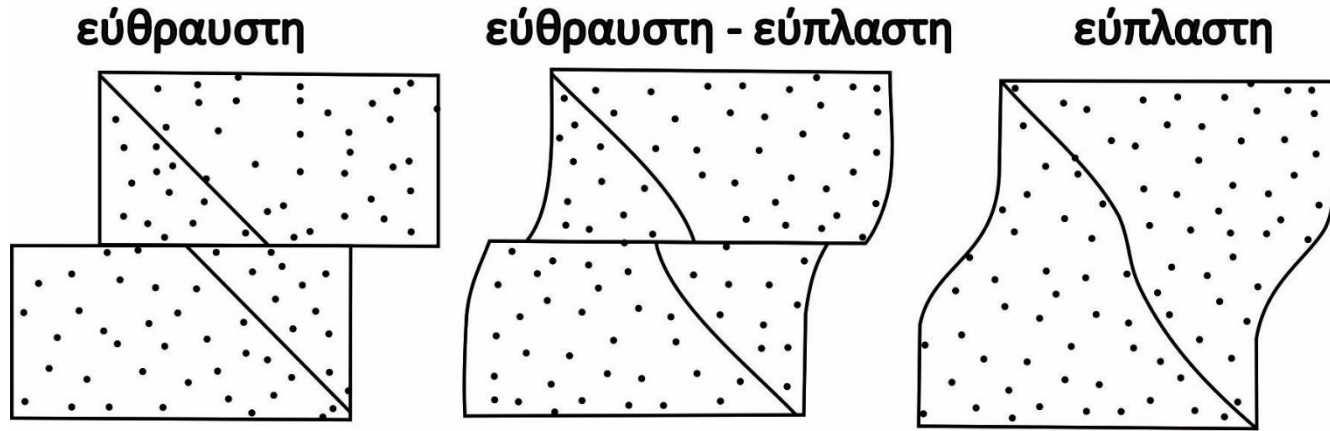
## Εύθραυστου (brittle) τύπου ζώνες διάτμησης

- Σχηματίζονται στον ανώτερο φλοιό σε βάθη 5-10 km (χαμηλές θερμοκρασίες και πιέσεις)
- Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη κατακλασιτών και τεκτονικών λατυποπαγών και
- Ασυνεχή παραμόρφωση (οι καθοδηγητικοί ορίζοντες χάνουν την συνέχειά τους)

**Η εύθραυστου τύπου ζώνες διάτμησης = ζώνες ρηγμάτων**

# Ζώνες διάτμησης (shear zones)

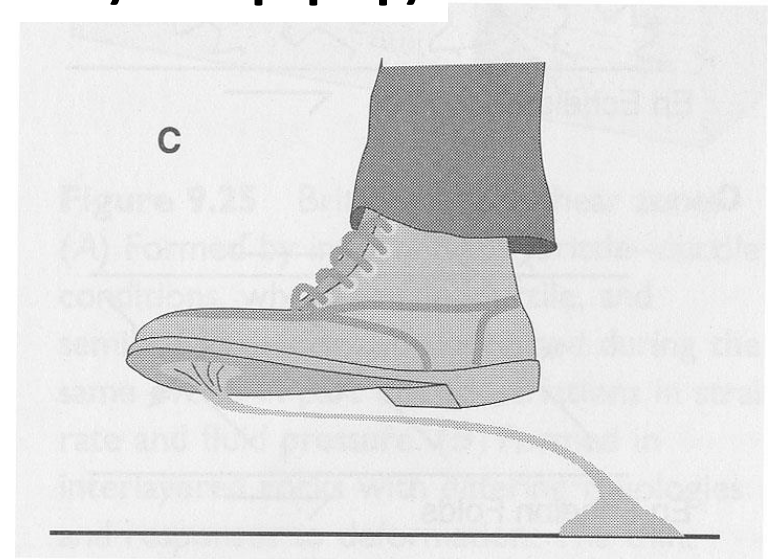
Ζώνες διάτμησης μπορούν να σχηματιστούν σε διάφορα επίπεδα του φλοιού



Έτσι διακρίνονται:

## Πλαστικού (ductile) τύπου ζώνες διάτμησης

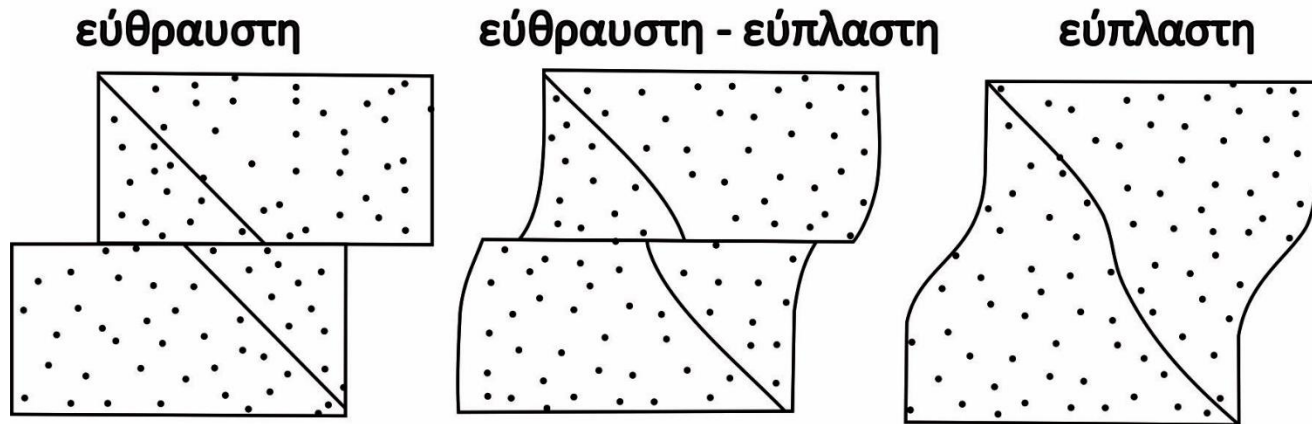
- Σχηματίζονται στο μέσο και κατώτερο φλοιό σε βάθη  $>15$  km (υψηλές θερμοκρασίες και πίεσης)
- Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη μυλωνιτών
- Συνεχή παραμόρφωση (οι καθοδηγητικοί ορίζοντες δεν χάνουν την συνέχειά τους)





# Ζώνες διάτμησης (shear zones)

Ζώνες διάτμησης μπορούν να σχηματιστούν σε διάφορα επίπεδα του φλοιού



Έτσι διακρίνονται:

## Εύθραυστού-Πλαστικού τύπου ζώνες διάτμησης

- Σχηματίζονται σε βάθη 10-15 km
- Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη ημιπλαστικών μυλωνιτών (διάλυση και μεταφορά υλικού)
- Ασυνεχή παραμόρφωση (οι καθοδηγητικοί ορίζοντες χάνουν την συνέχειά τους)

# Ζώνες διάτμησης (shear zones)



**συνεχής**

Cap de Creus, Spain

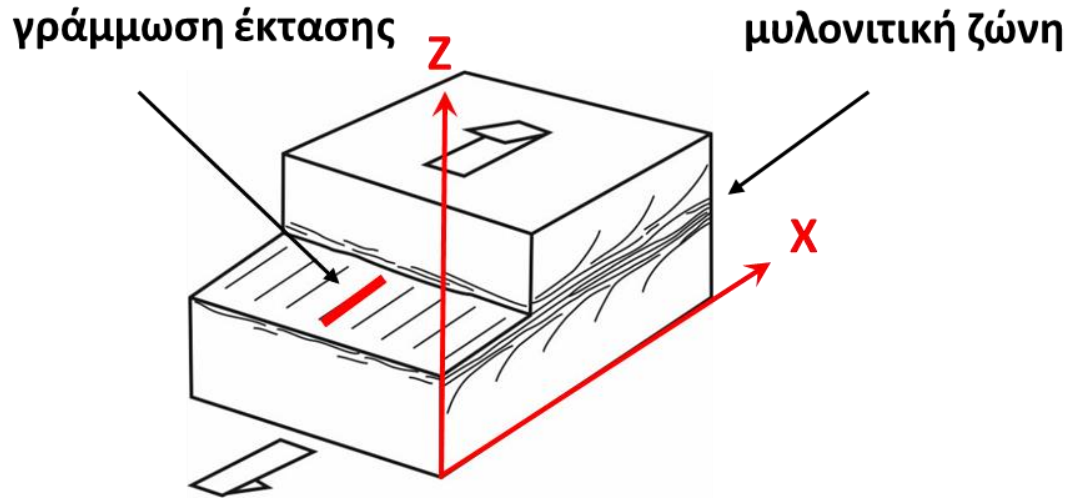


**ασυνεχής**

Cap de Creus, Spain

# Ζώνες διάτμησης (shear zones)

## Κινηματικοί δείκτες (kinematic or shear sense indicators)



### Είδη χρησιμοποιούμενων κινηματικών δεικτών

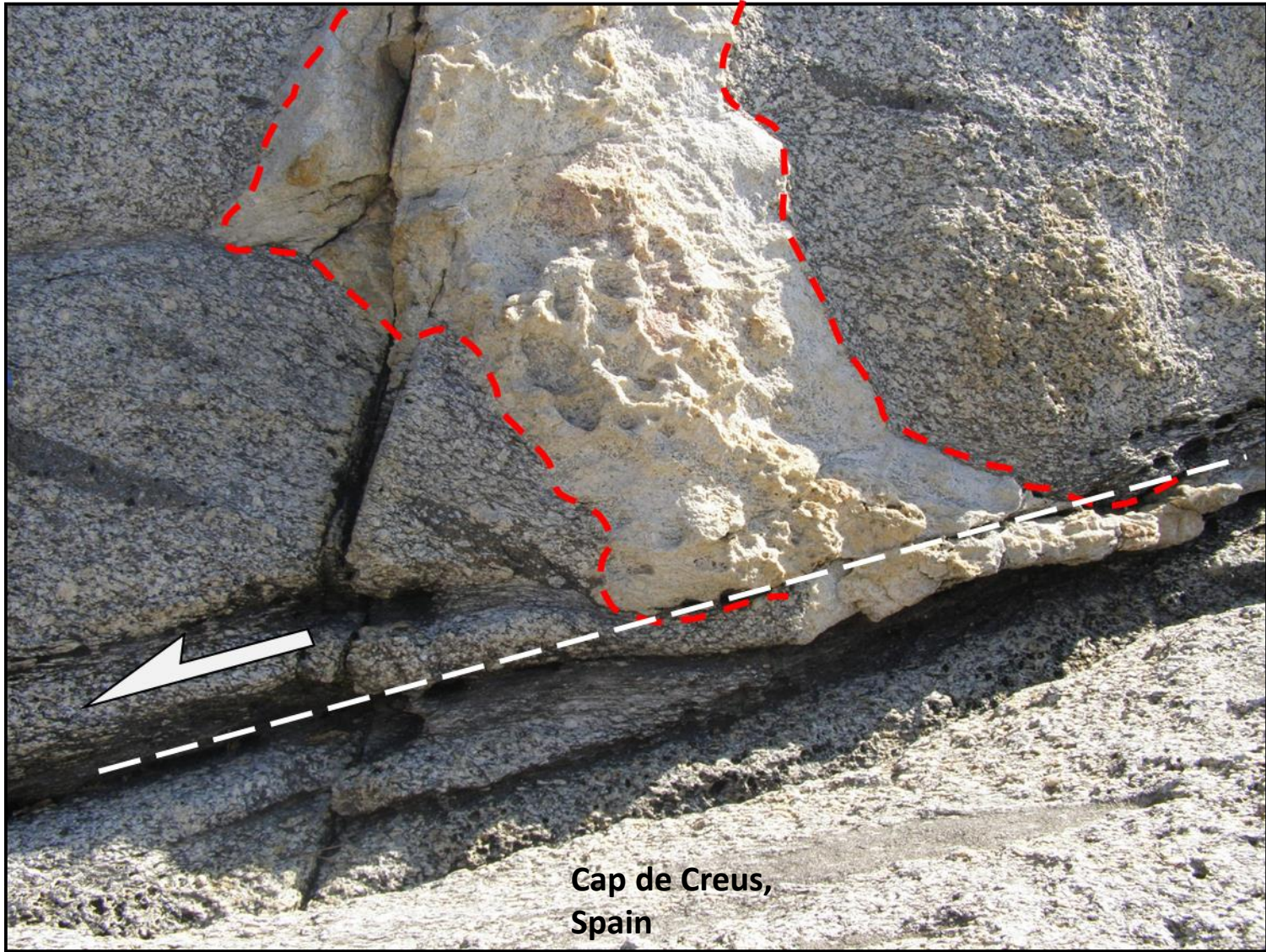
- α) μετατοπισμένος ορίζοντας ή καμπυλωμένη φολίωση
- β) πορφυροκλάστες με ανακρυσταλλωμένες αποφύσεις
- γ) ιχθυόσχημοι μαρμαρυγίες
- δ) C-S ταινιωτές δομές
- ε) σχισμός ρυτίδωσης διαστολής
- στ) δεύτερη φολίωση
- ζ) αναβαθμοί στις αποφύσεις
- η) ασυμμετρία κρυσταλλικού πλέγματος
- θ) ασύμμετρες μικροπτυχές

- Η **διεύθυνση** κίνησης σε μια ζώνη διάτμησης καθορίζεται από τη **γράμμωση έκτασης** επί της μυλωνιτικής φολίωσης
- Η **φορά** κίνησης στη ζώνη καθορίζεται από τους **κινηματικούς δείκτες**

**Επίπεδο παρατήρησης:**  
παράλληλα στη  
γράμμωση και κάθετα  
στη φολίωση (XZ)

# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 1<sup>ο</sup>: Καμπυλωμένος ορίζοντας και φολίωση  
(Marker and foliation deflection)



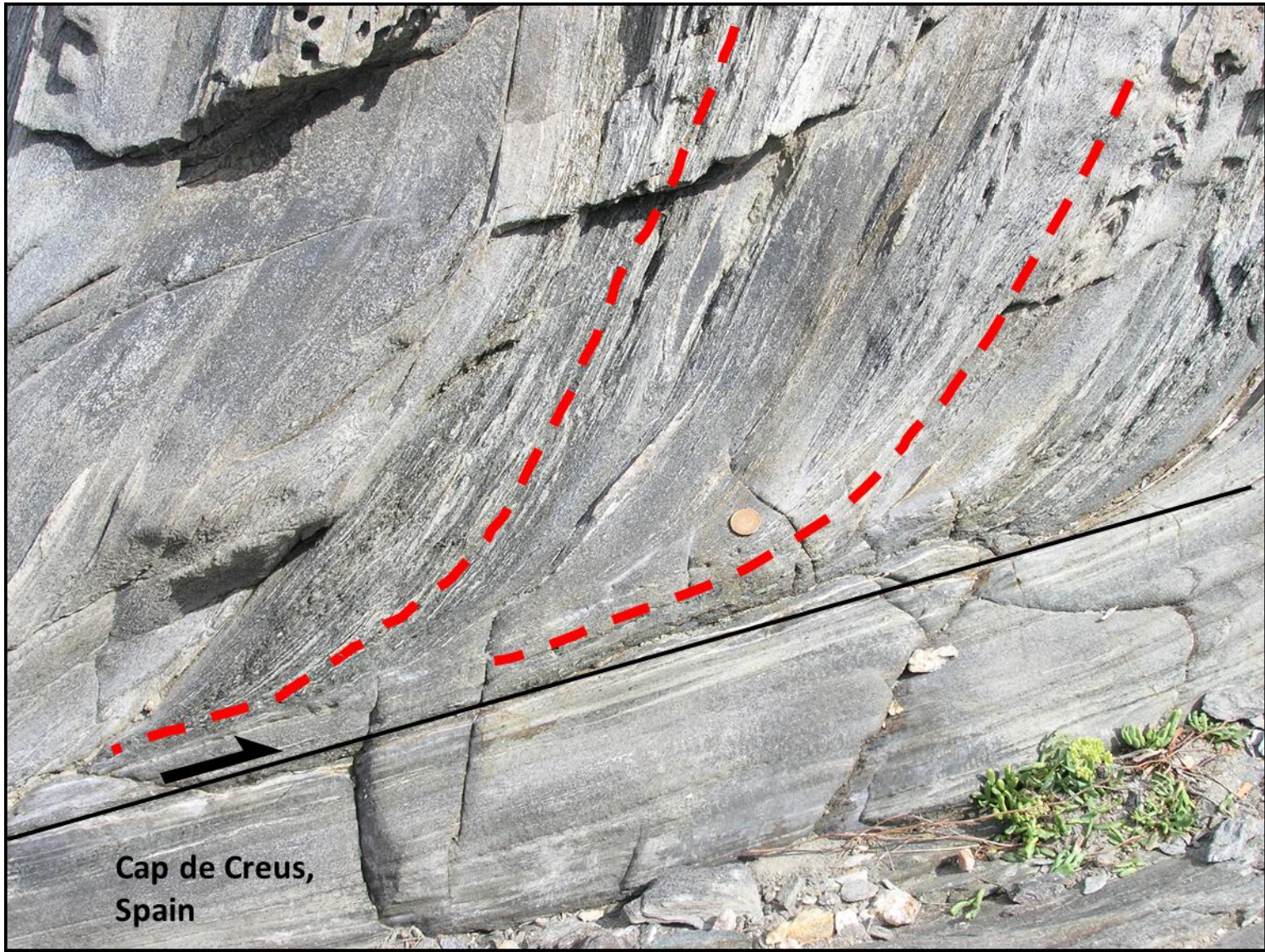
# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 1<sup>ο</sup>: Καμπυλωμένος ορίζοντας και φολίωση  
(Marker and foliation deflection)



# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 1<sup>ο</sup>: Καμπυλωμένος ορίζοντας και φολίωση  
(Marker and foliation deflection)



# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών (Porphyroblast systems)

Οι **πορφυροκλάστες** είναι μεγακρύσταλλοι ορυκτών που έχουν κρυσταλλωθεί πριν από την δημιουργία της ζώνης διάτμησης (**Προ-τεκτονικοί κρύσταλλοι**)

Κατά τη δημιουργία της ζώνης διάτμησης οι πορφυροκλάστες περιστρέφονται ως άκαμπτα σώματα και δείχνουν φαινόμενα ανακρυστάλλωσης μόνο στα άκρα τους



[https://en.wikipedia.org/wiki/Porphyroblast#/media/File:Garnet\\_porphyroblast.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Porphyroblast#/media/File:Garnet_porphyroblast.JPG)

# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών (Porphyroclast systems)

Μεγακρύσταλλοι (φαινοκρύσταλλοι) σε  
γρανίτη πριν τη δημιουργία της ζώνης  
διάτμησης



Β. Ελλάδα

Μεγακρύσταλλοι (πορφυροκλάστες) σε  
μυλωνίτη



Σύρος



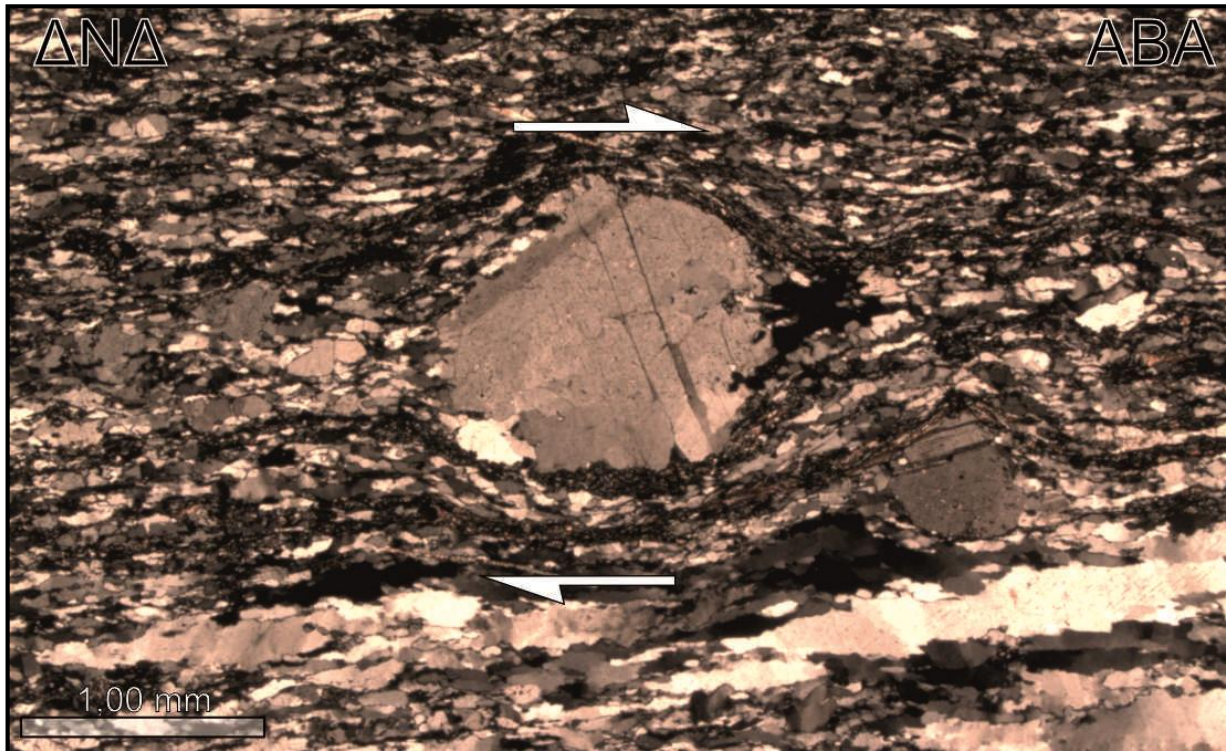
# Κινηματικοί δείκτες

## Η διαφορά πορφυροκλαστών και πορφυροβλαστών

- Οι **πορφυροβλάστες** είναι μεγακρύσταλλοι ορυκτών που κρυσταλλώνονται και περιστρέφονται κατά τη δημιουργία της ζώνης διάτμησης (**Συν-τεκτονικοί κρύσταλλοι**)
  - Οι πορφυροβλάστες χαρακτηρίζονται από εσωτερικές σπείρες

# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών (Porphyroblast systems)



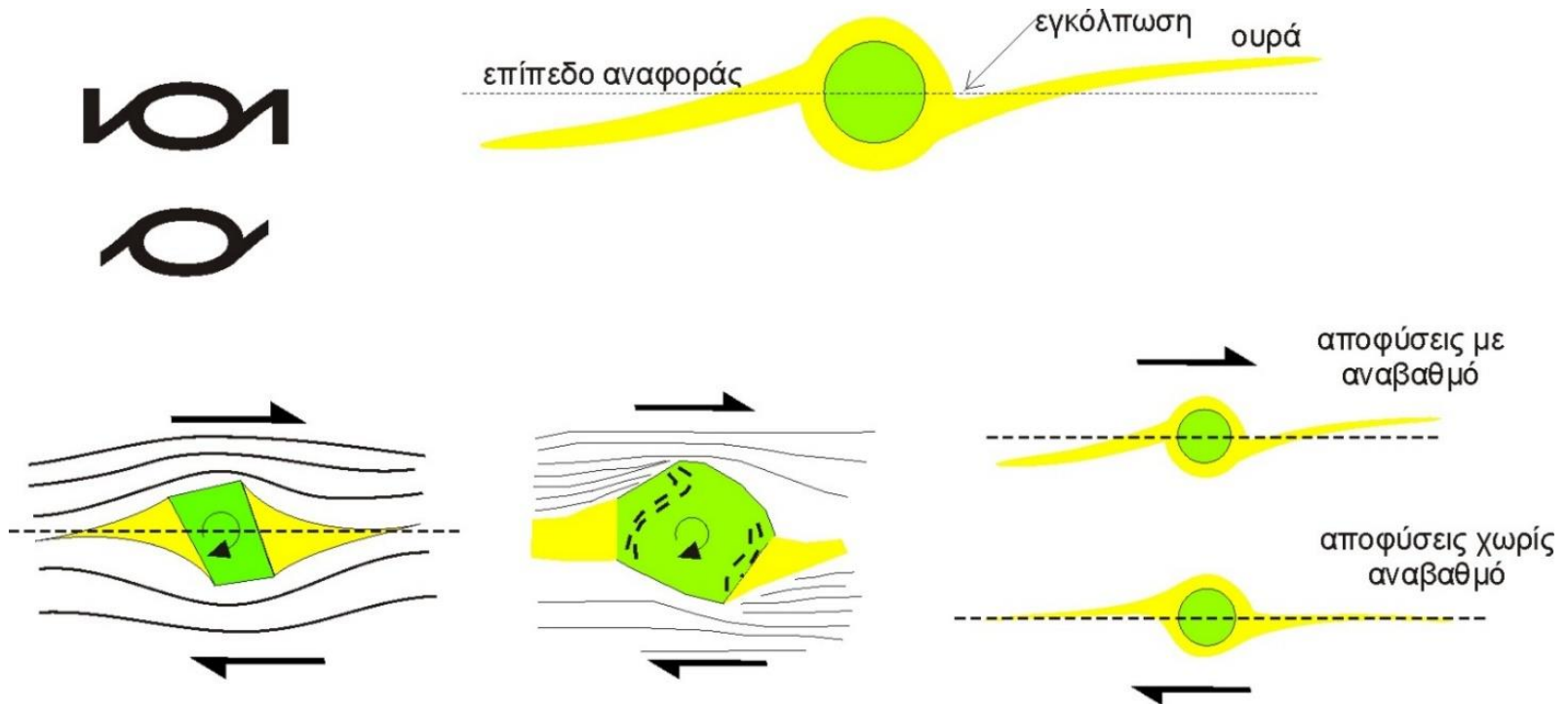
Πλατανιστός, Ν. Εύβοια

Κατά τη περιστροφή τους οι πορφυροκλάστες αναπτύσσουν αποφύσεις (ουρές) που δημιουργούνται από ανακρυσταλλομένο υλικό που προέρχεται από τα άκρα του μεγακρυστάλλου ή τη θεμελιώδη μάζα

# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών (Porphyroclast systems)

### Τύπος-δ



Με βάση τη γεωμετρία των αποφύσεων (ουρές) που δημιουργούνται στο πορφυροκλάστη και τις καμπυλώσεις των φολιώσεων που τους περιβάλλει μπορούμε να προσδιορίσουμε τη φορά κίνησης

# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών

Τύπος-δ

(Porphyroclast systems)



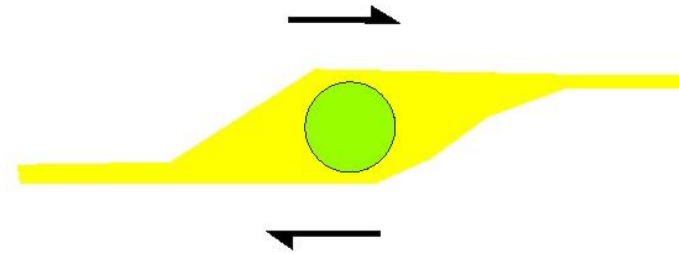
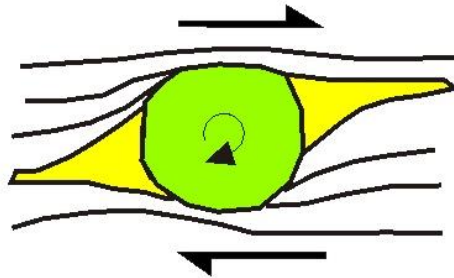
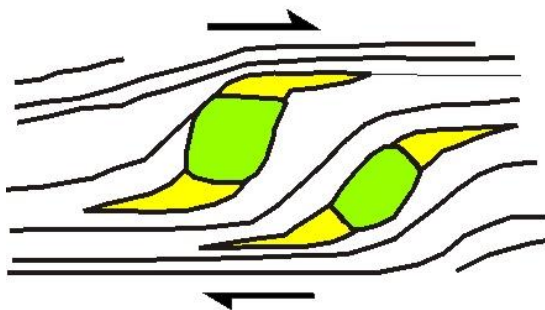
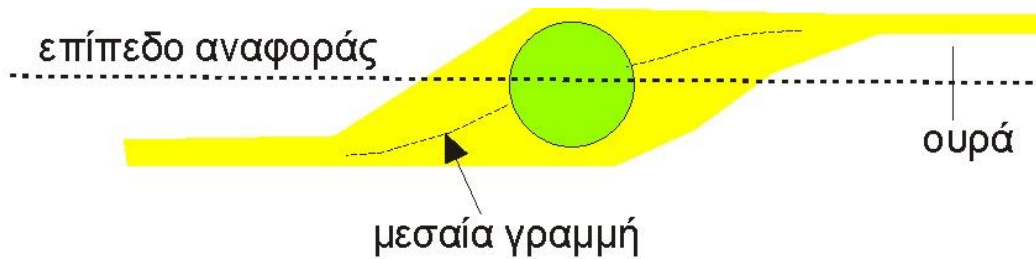
Πορφυροκλάστης δολομιτικής σύστασης σε ασβεστιτικά μάρμαρα, Σίφνος

# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών (Porphyroblast systems)

### Τύπος-σ

**σ**



# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών  
(Porphyroclast systems)



Τύπος-σ



Ν. Εύβοια

# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών  
(Porphyroclast systems)

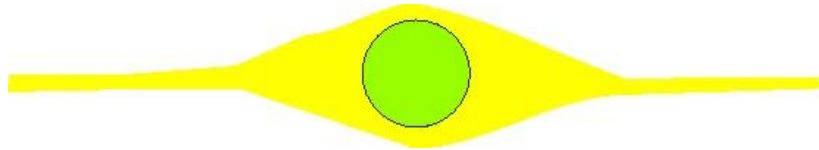


Σύνθετος τύπος

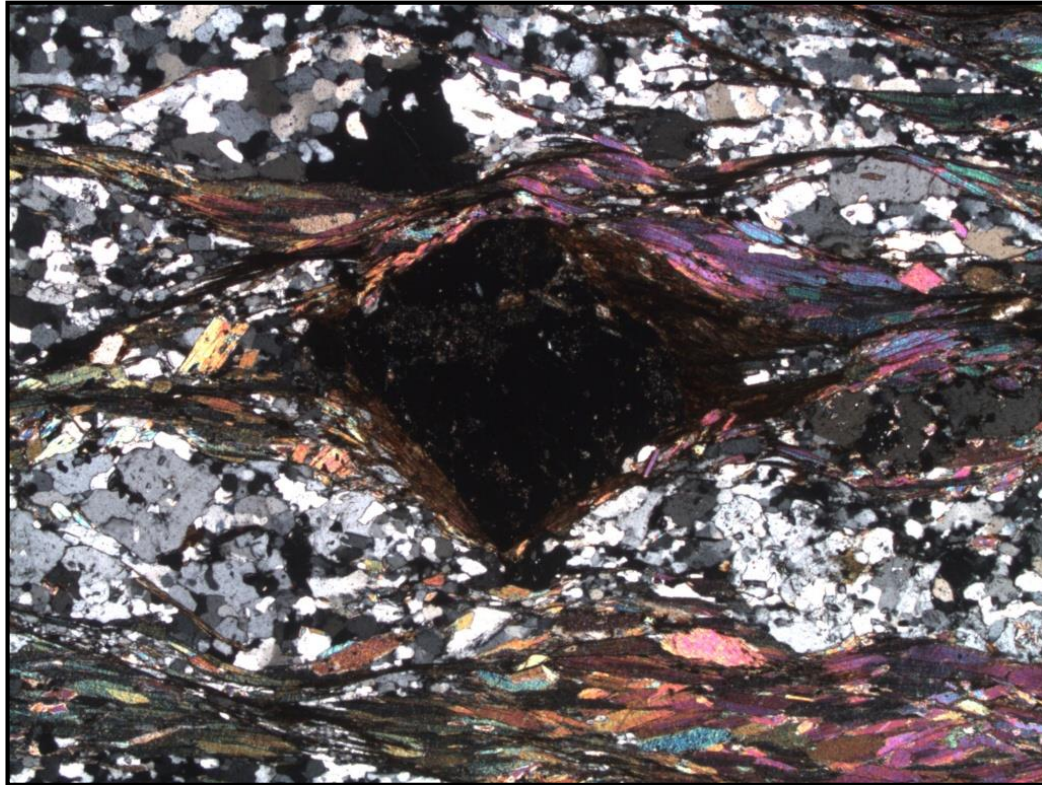


# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 2<sup>ο</sup>: Συστήματα πορφυροκλαστών (Porphyroclast systems)



Τύπος-φ



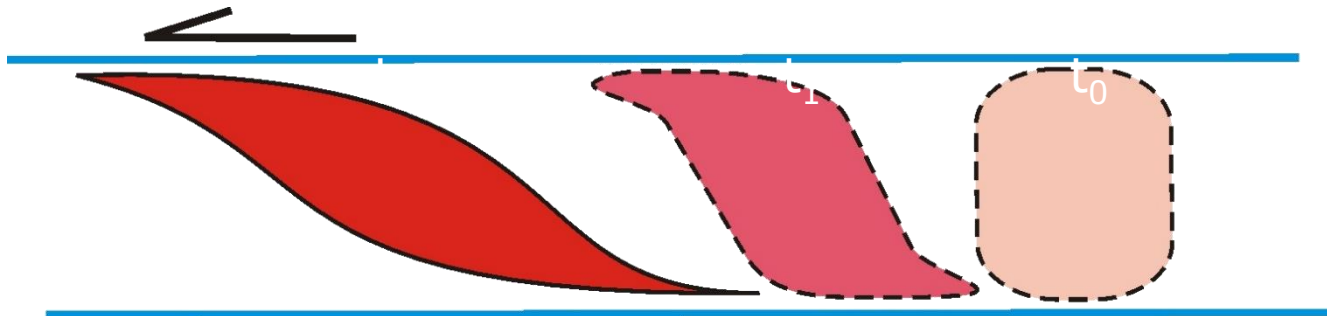
Γνεύσιοι, Σίκινος

Με τον τύπο-φ δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε την κινηματική της ζώνης διάτμησης



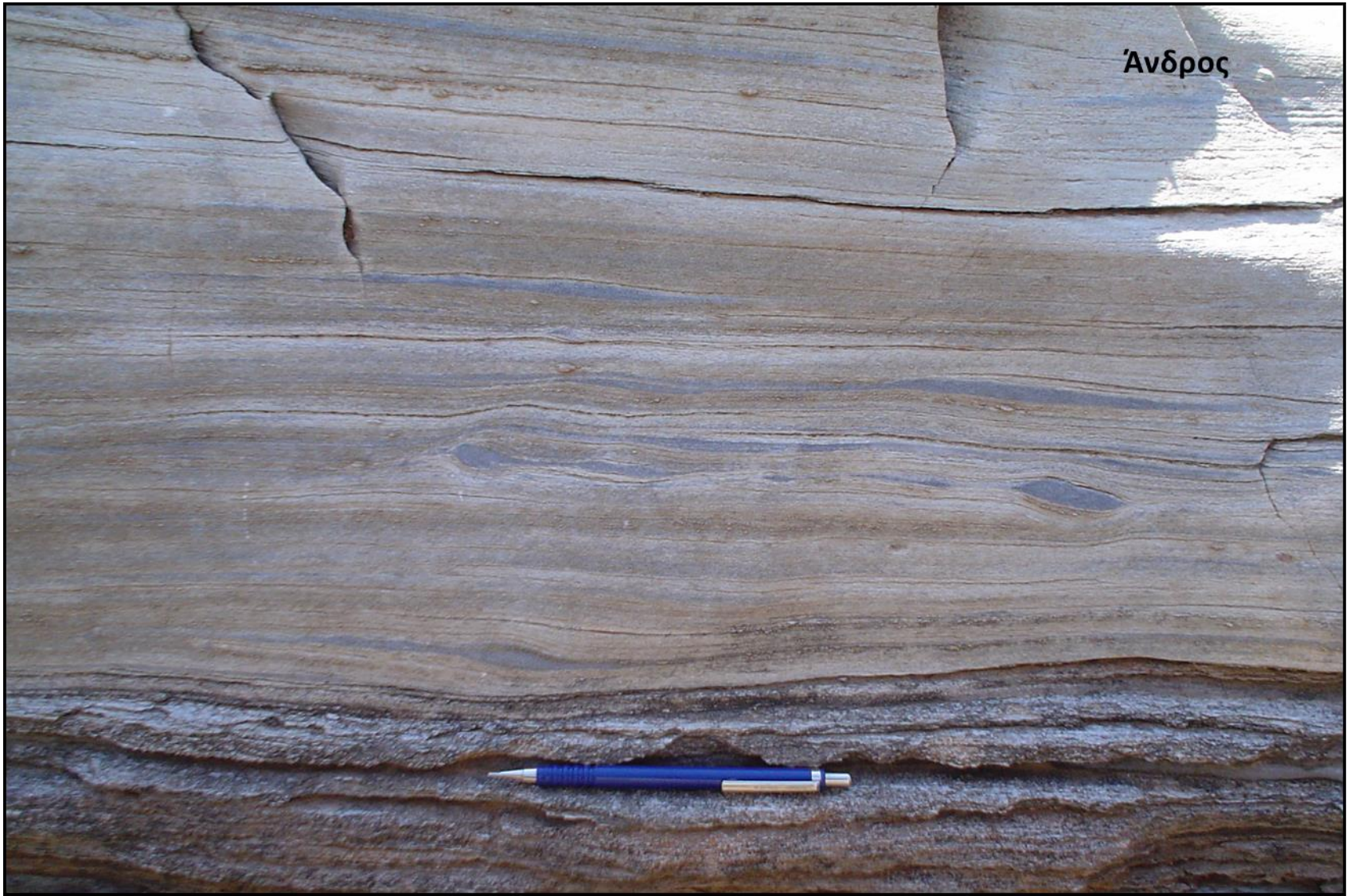
# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 3<sup>ο</sup>: Σιγμοειδή (sigmoidals)



# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 3<sup>ο</sup>: Σιγμοειδή (sigmoidals)



# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 3<sup>ο</sup>: Σιγμοειδή (sigmoidals)



# Κινηματικοί δείκτες

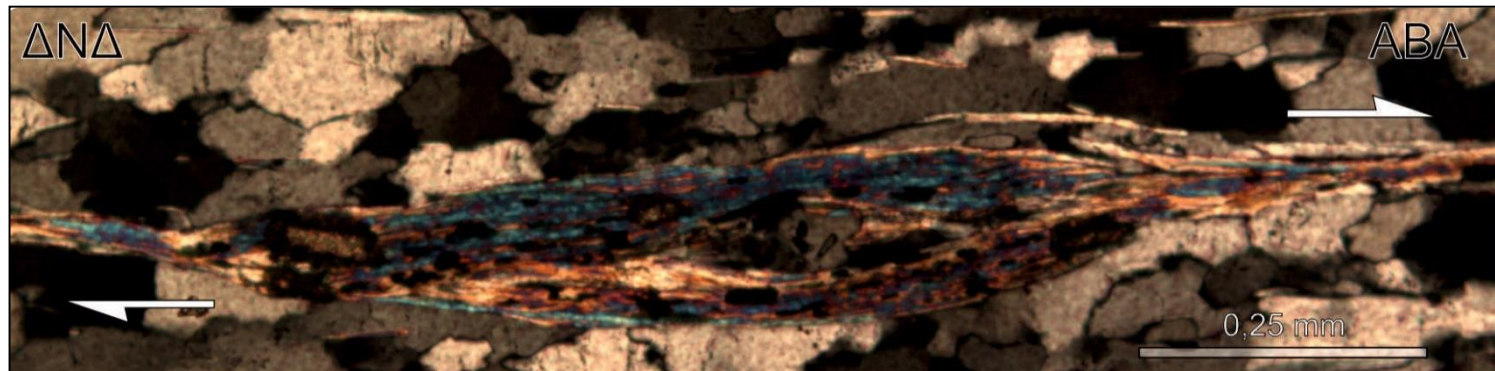
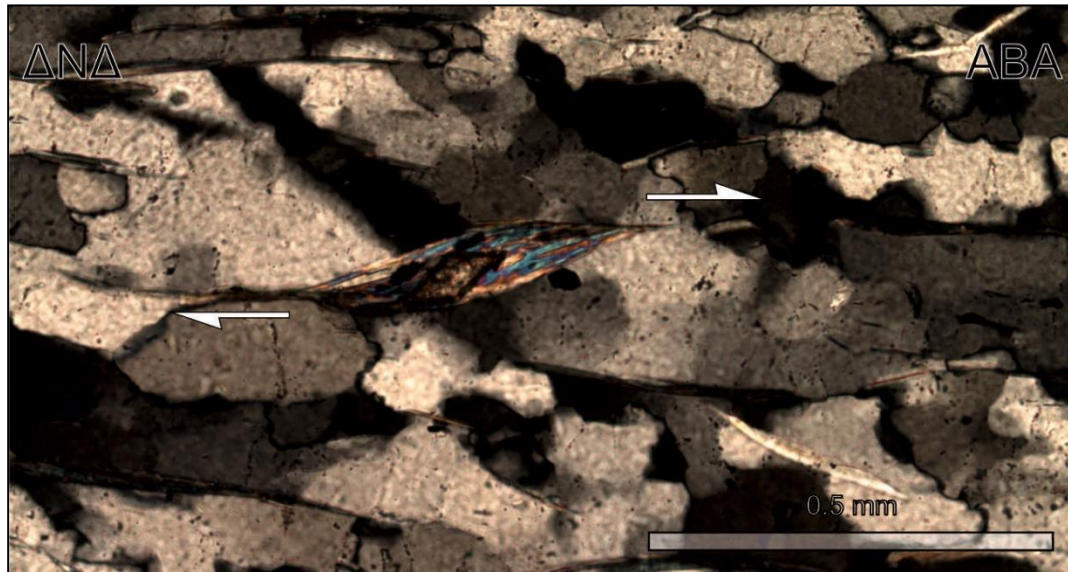
Κριτήριο 3<sup>ο</sup>: Σιγμοειδή (sigmoidals)



Cap de Creus,  
Spain

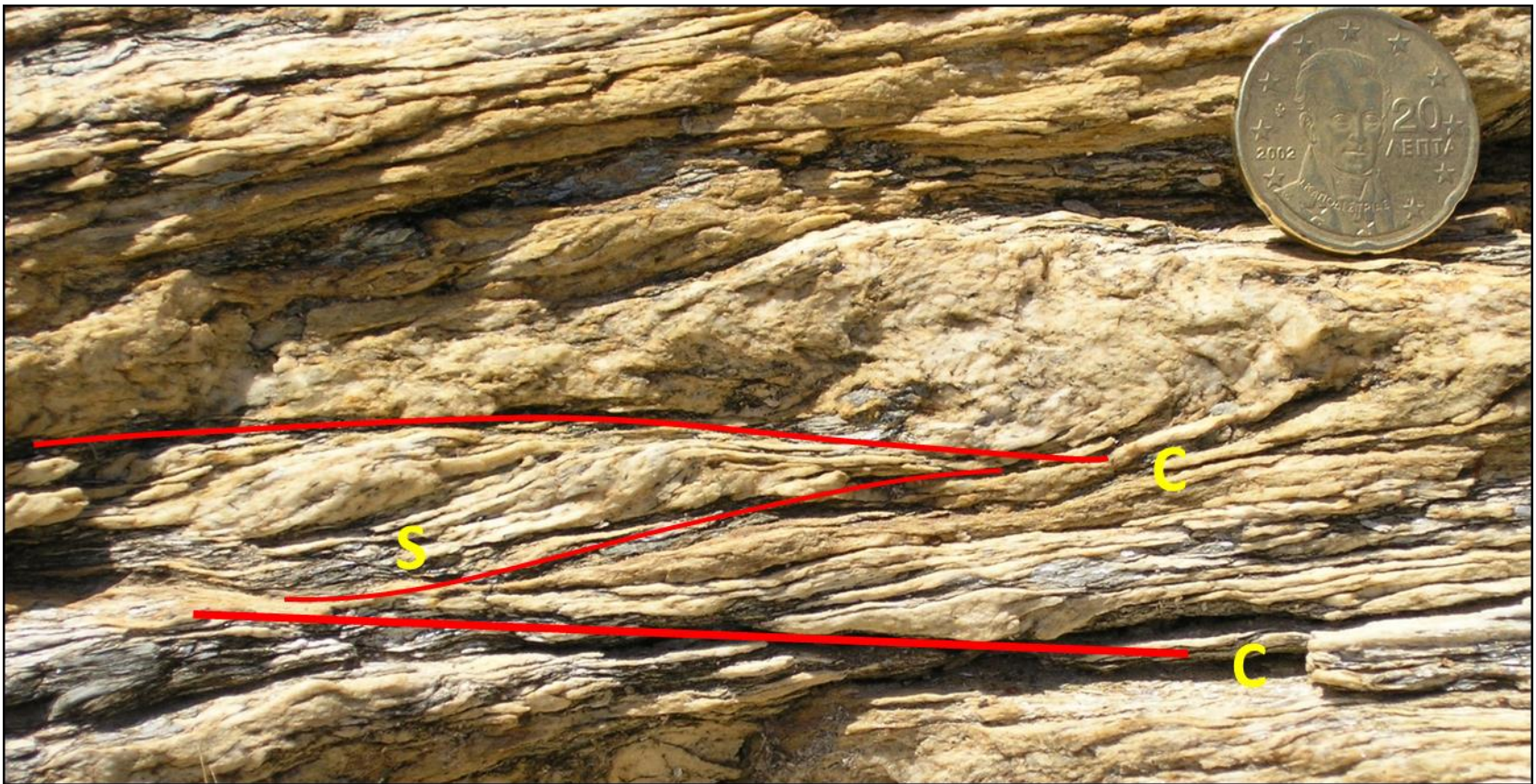
# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 4<sup>ο</sup>: Ιχθυόσχημα ορυκτά  
(mineral fishes)



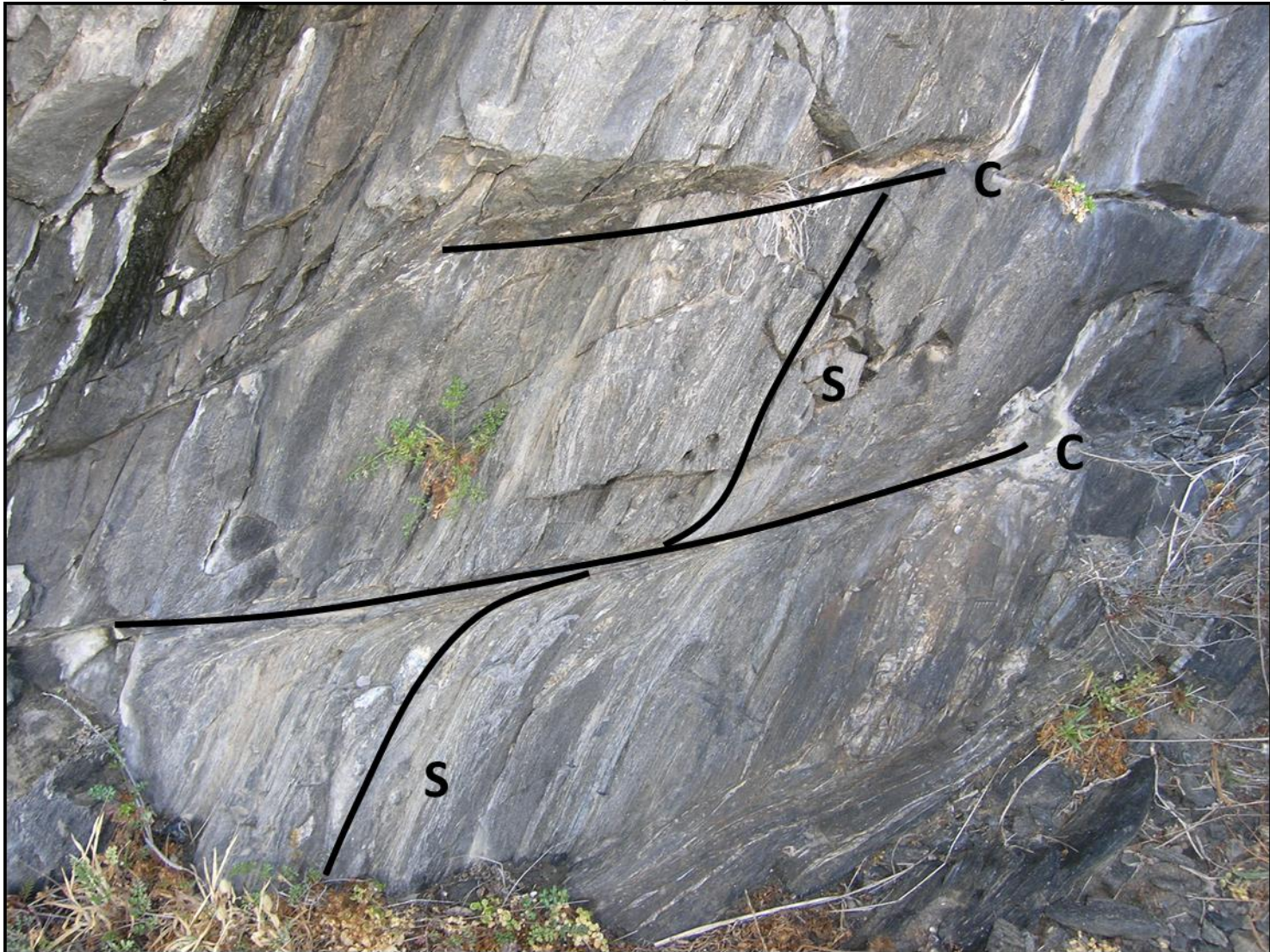
# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 5<sup>ο</sup>: S/C ταινιωτές δομές (S/C structures or C-type shear bands )



# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 5<sup>ο</sup>: S/C ταινιωτές δομές  
(S/C structures or C-type shear bands )



Cap de Creus,  
Spain

# Κινηματικοί δείκτες

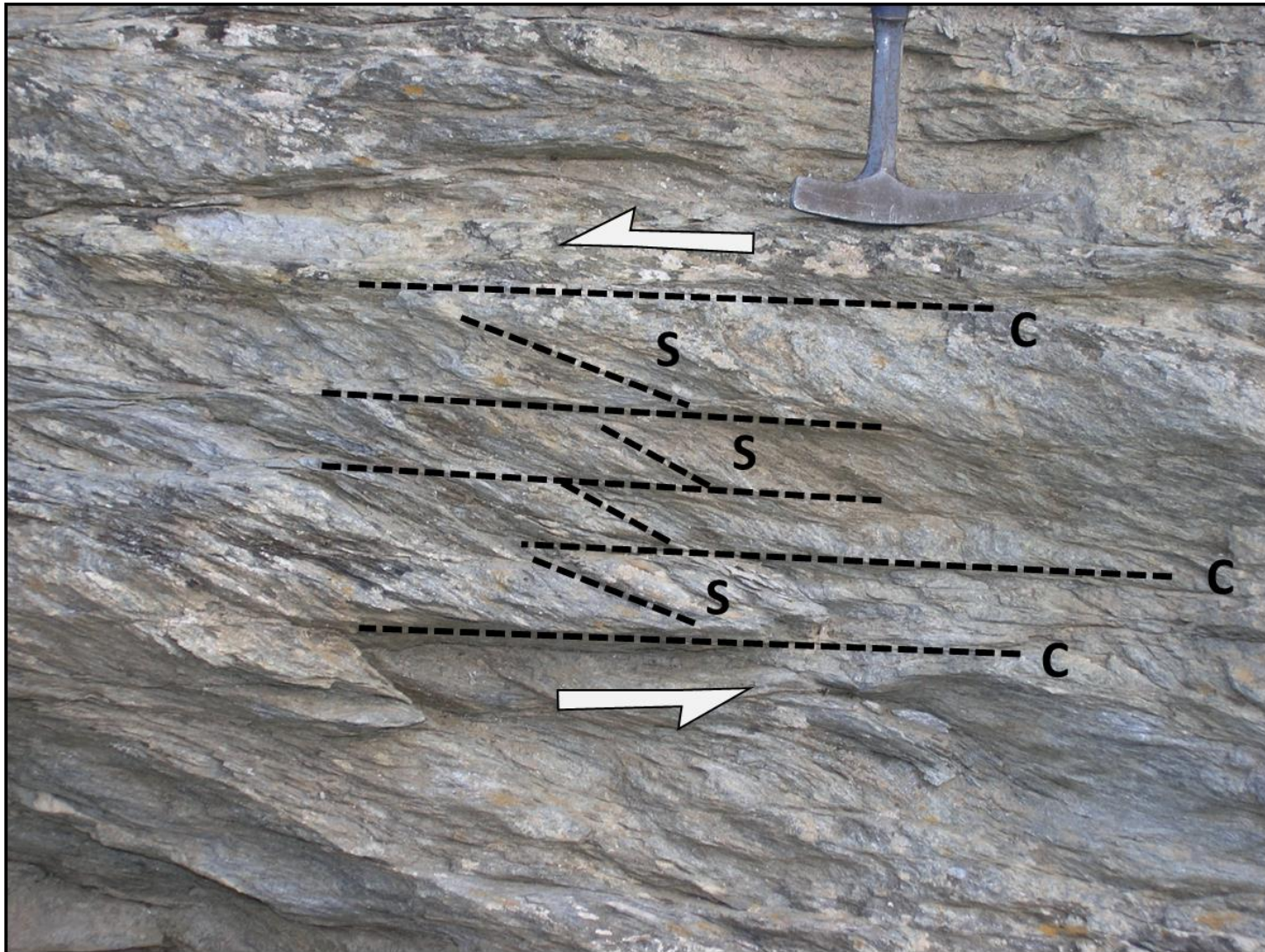
Κριτήριο 5<sup>ο</sup>: S/C ταινιωτές δομές (S/C structures or C-type shear bands )





# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 5<sup>ο</sup>: S/C ταινιωτές δομές (S/C structures or C-type shear bands )



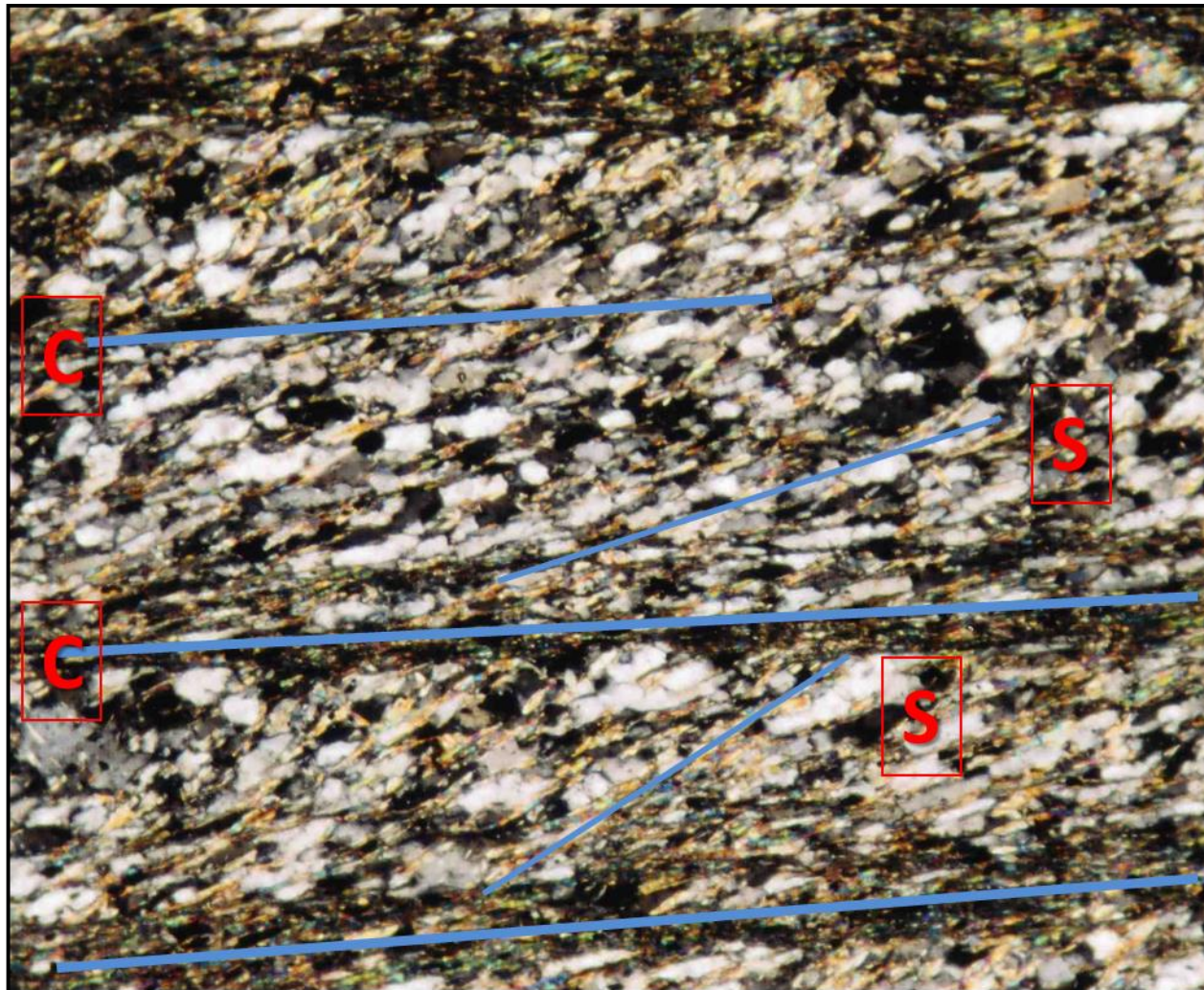
# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 5<sup>ο</sup>: S/C ταινιωτές δομές (S/C structures or C-type shear bands )



# Κινηματικοί δείκτες

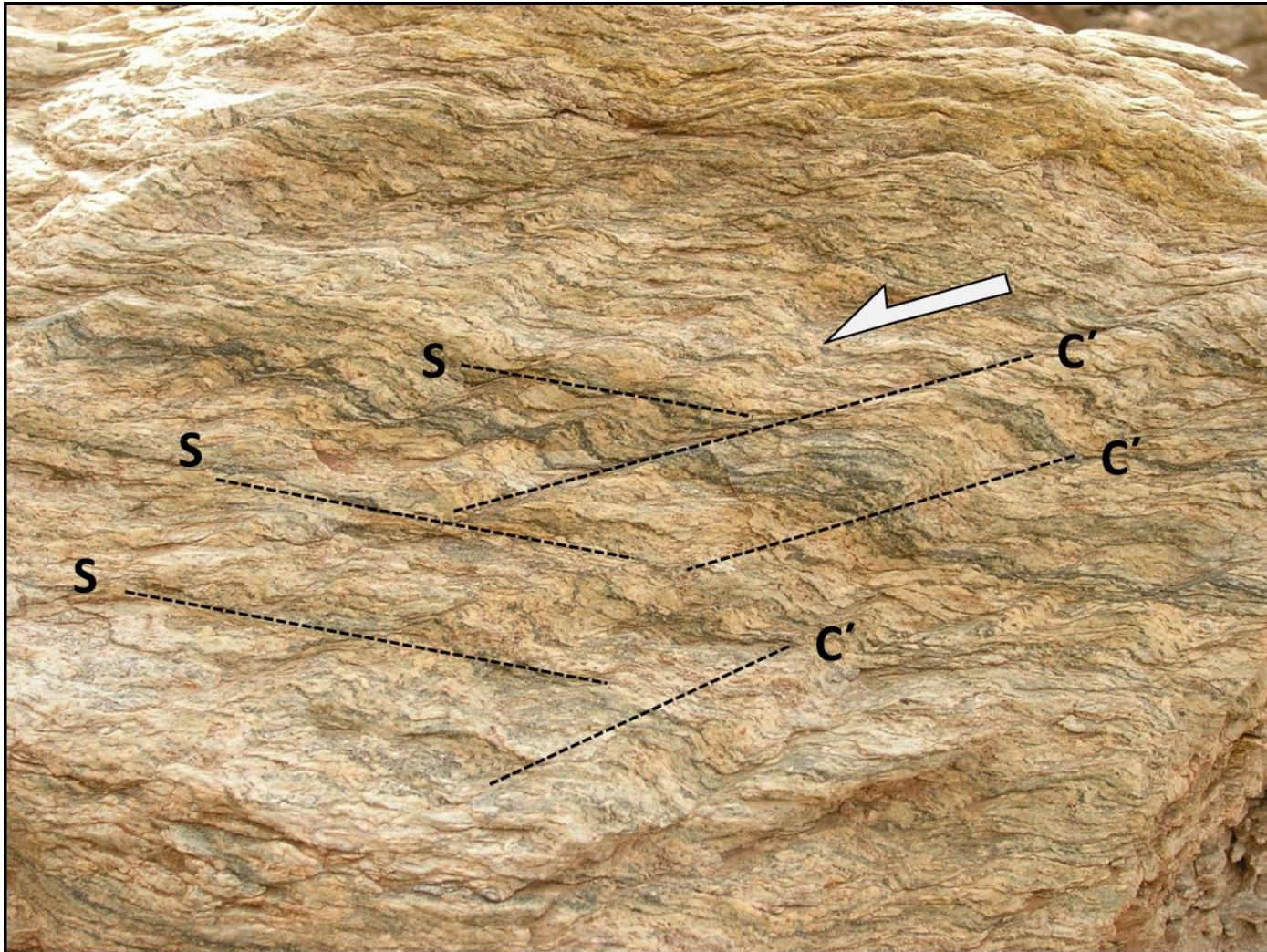
Κριτήριο 5<sup>ο</sup>: S/C ταινιωτές δομές  
(S/C structures or C-type shear bands )



Στο μικροσκοπικό πεδίο οι S/C δομές δημιουργούν μια δεύτερη πλάγια φολίωση

# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 6<sup>ο</sup>: Σχισμός Ρυτίδωσης Διαστολής  
(Extensional Crenulation Cleavage or C'-type shear bands)



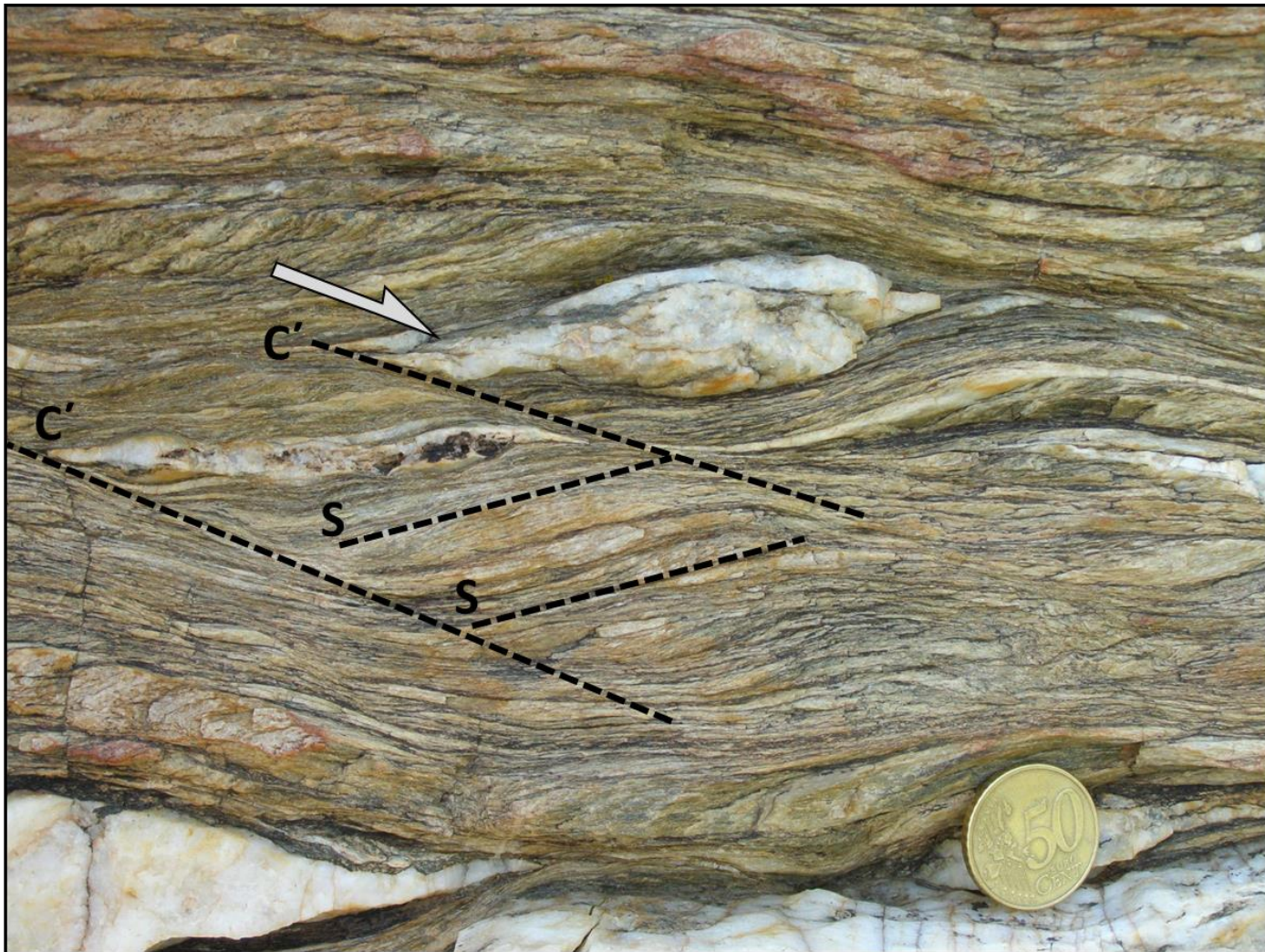
# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 6°: Σχισμός Ρυτίδωσης Διαστολής  
(Extensional Crenulation Cleavage or C'-type shear bands)



# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 6<sup>ο</sup>: Σχισμός Ρυτίδωσης Διαστολής  
(Extensional Crenulation Cleavage or C'-type shear bands)



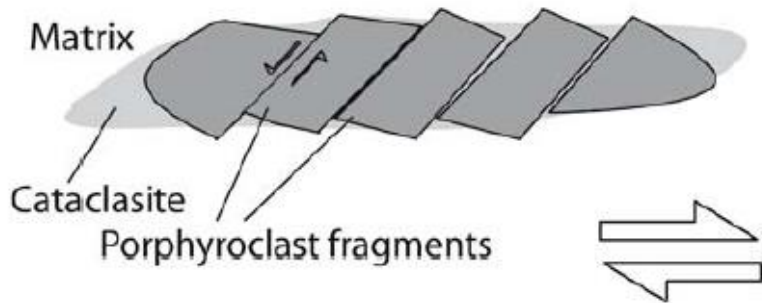
# Κινηματικοί δείκτες

- Κριτήριο 8<sup>ο</sup>: Κατακερματισμός πορφυροκλαστών  
(Fragmented porphyroclasts)
- Κριτήριο 7<sup>ο</sup>: Προσανατολισμός του κρυσταλλικού πλέγματος των ορυκτών  
(Lattice preferred orientation)

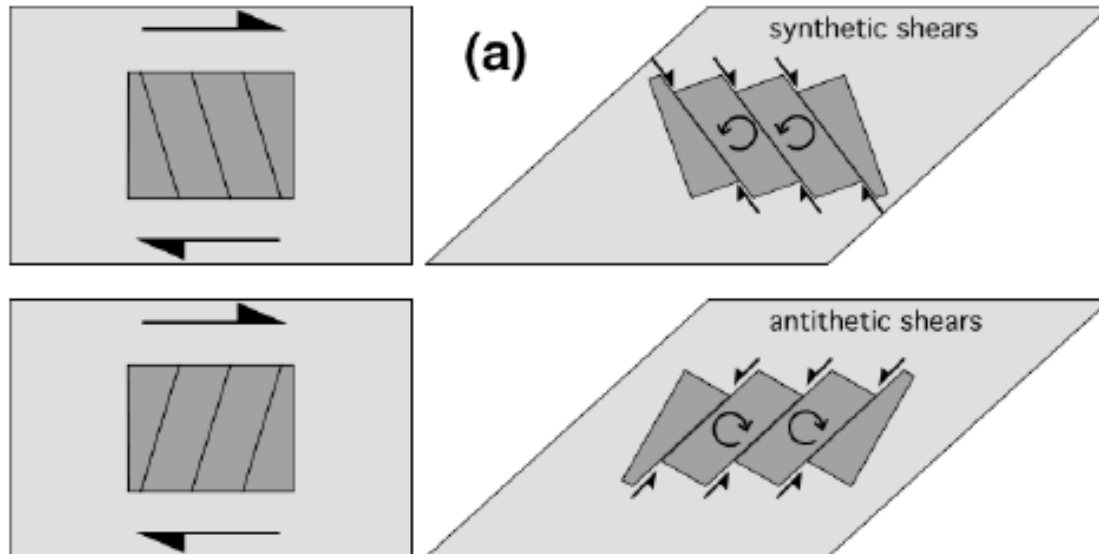
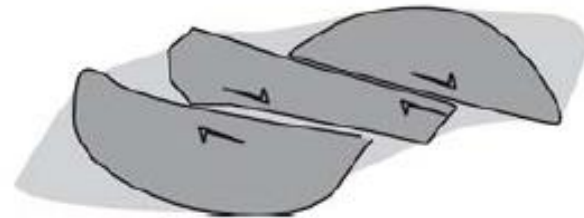
# Κινηματικοί δείκτες

## Κριτήριο 8<sup>ο</sup>: Κατακερματισμός πορφυροκλαστών (Fragmented porphyroclasts)

Domino-type fragmented porphyroclast



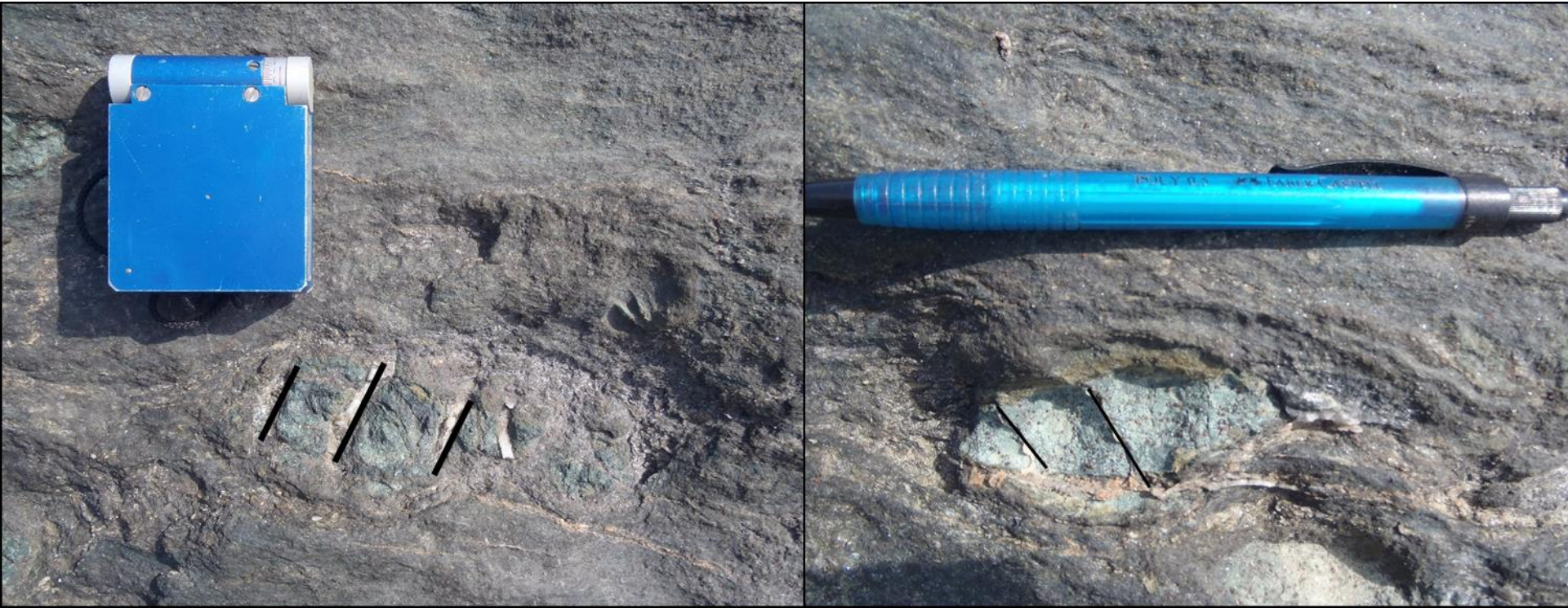
Shear band type fragmented porphyroclast





# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 8<sup>ο</sup>: Κατακερματισμός πορφυροκλαστών (Fragmented porphyroclasts)



Β. Σύρος

# Κινηματικοί δείκτες

Κριτήριο 9<sup>ο</sup>: Ασύμμετρες boundinage



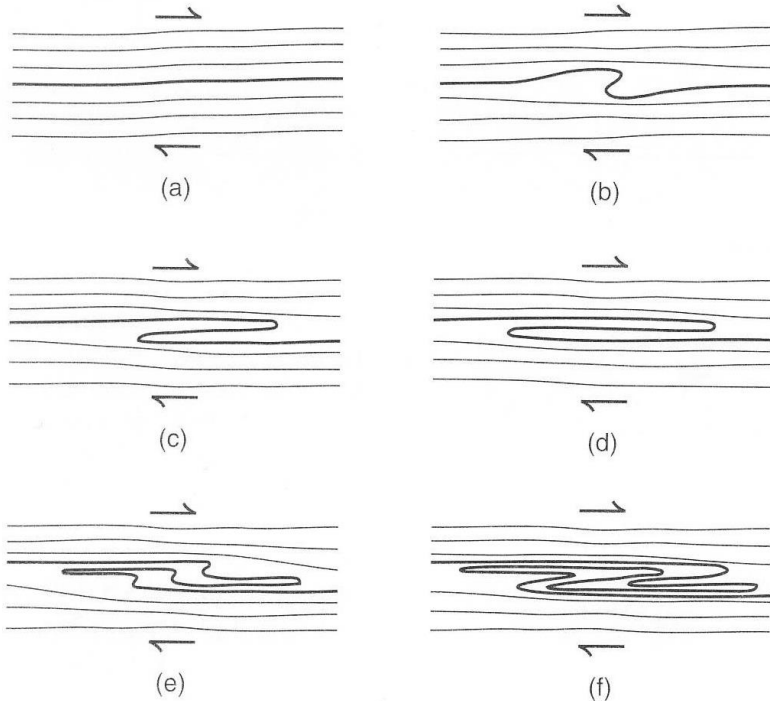
Μαρμάρι, Ν. Εύβοια



# Κινηματικοί δείκτες

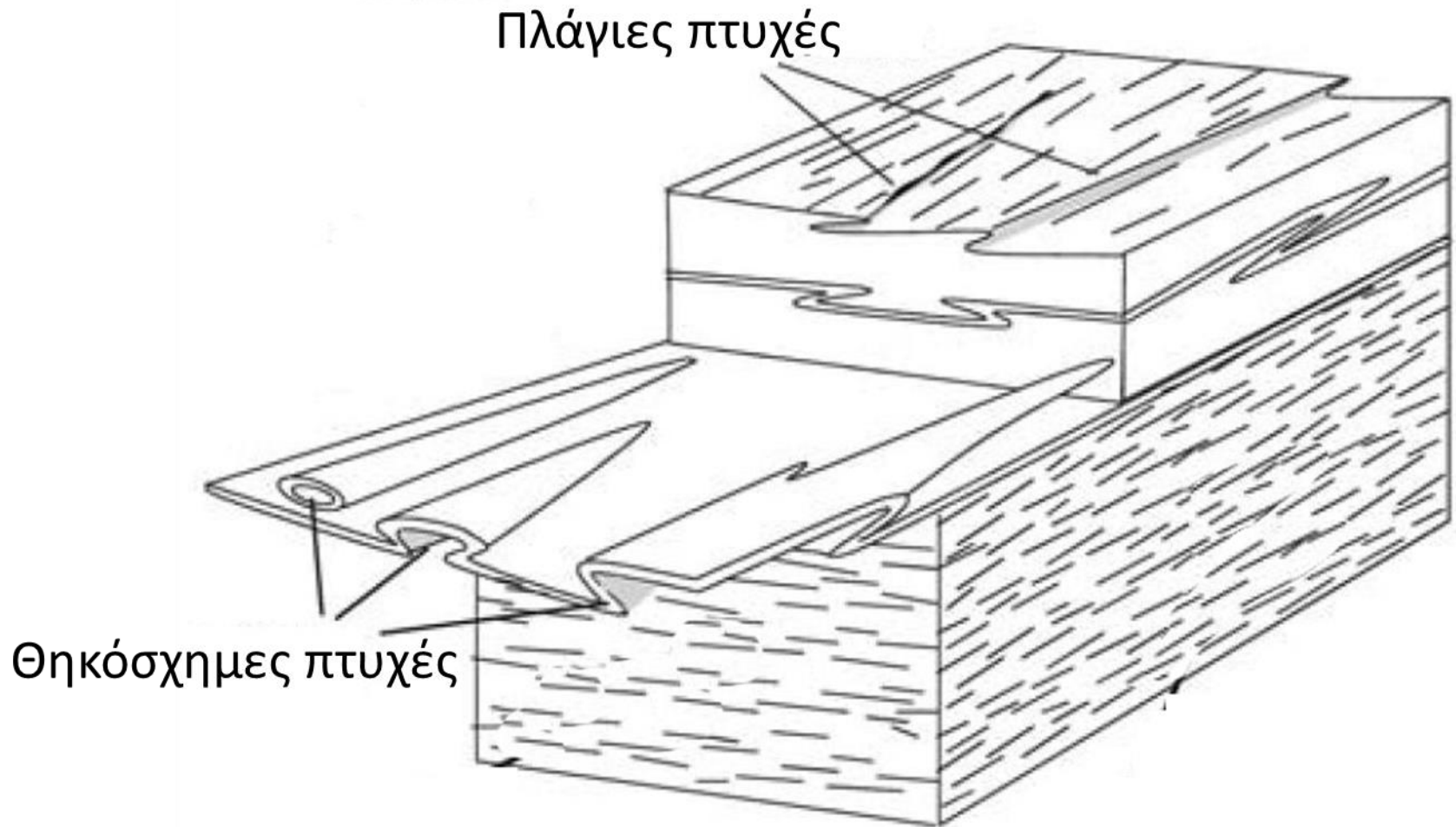
Κριτήριο 10<sup>ο</sup>: Ασύμμετρες μικροπτυχές

Μη-ασφαλές κριτήριο



Σύρος

# Πτυχές στις ζώνες διάτμησης



# Θηκόσχημες πτυχές



[http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geo.arizona.edu%2Fgeo3xx%2Fgeo304%2FShearzones\\_shearindic.ppt&ei=7b91VcaNEoT7UIGYgNAE&usg=AFQjCNGqeJfCPoZtq1geFg0qbadXivgQrg&sig2=hgvXm1zaenlL6S3HKMtDEw&bvm=bv.95039771,d.d24](http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geo.arizona.edu%2Fgeo3xx%2Fgeo304%2FShearzones_shearindic.ppt&ei=7b91VcaNEoT7UIGYgNAE&usg=AFQjCNGqeJfCPoZtq1geFg0qbadXivgQrg&sig2=hgvXm1zaenlL6S3HKMtDEw&bvm=bv.95039771,d.d24)

**Τέλος Ενότητας**

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ιωάννης Κ. Κουκουβέλας, Τμήμα Γεωλογίας. «Τεκτονική Γεωλογία». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO315/>



# Αναφορά

Τεκτονική Γεωλογία, Ιωάννης Κ. Κουκουβέλας.  
Εκδόσεις Leader Books, Αθήνα 1998. ISBN: 960-7901-  
01-0



# Σημείωμα Αναφοράς

- Για τις σχηματικές απεικονίσεις των διαφανειών **19 και 21**: Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας. Ιωάννης Κ. Κουκουβέλας « Τεκτονική Γεωλογία ». Έκδοση: 1.0. Πάτρα, 1998.



# Σημείωμα Αναφοράς

- Τα σχήματα και οι πίνακες έχουν δημιουργηθεί από τους διδάσκοντες του μαθήματος και την Τμηματική Ομάδα Εργασίας και παρέχονται με την άδεια CC BY-NC-ND 4.0
- Οι φωτογραφίες οι οποίες δεν συνοδεύονται από κάποιον υπερ-σύνδεσμο και συγκεκριμένα στις διαφάνειες 6 έως 10, 12 έως 14, 16,18,20, 22 έως 38 και 41 έως 43, ανήκουν στο προσωπικό αρχείο του διδάσκοντα Παρασκευά Ξυπολιά και παρέχονται με την άδεια CC BY-NC-ND 4.0



# Σημείωμα Αδειοδότησης

- Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως Μη Εμπορική ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
  - που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
  - που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

- [http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geo.arizona.edu%2Fgeo3xx%2Fgeo304%2FShearzones\\_shearindic.ppt&ei=7b91VcaNEoT7UIGYgNAE&usg=AFQjCNGqeJfCPoZtq1geFg0qbadXivgQrg&sig2=hgvXm1zaenIL6S3HKMtDEw&bvm=bv.95039771,d.d24](http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.geo.arizona.edu%2Fgeo3xx%2Fgeo304%2FShearzones_shearindic.ppt&ei=7b91VcaNEoT7UIGYgNAE&usg=AFQjCNGqeJfCPoZtq1geFg0qbadXivgQrg&sig2=hgvXm1zaenIL6S3HKMtDEw&bvm=bv.95039771,d.d24)