



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τεκτονική Γεωλογία

Ενότητα 1: Πλαστική παραμόρφωση

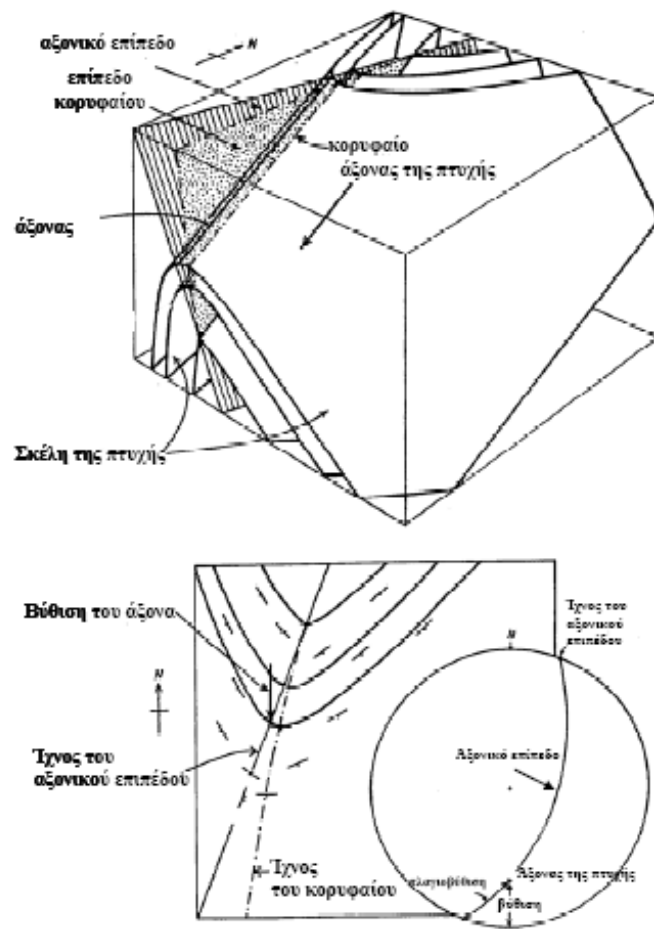
Δημήτριος Παπανικολάου

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

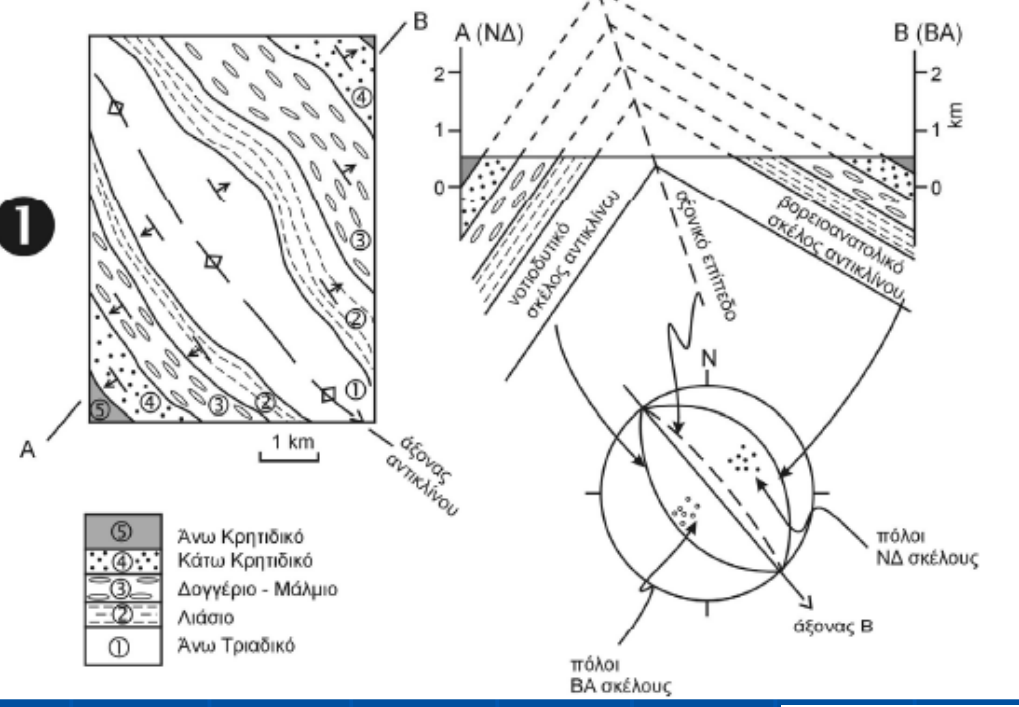
ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Καθηγητής Δ. Παπανικολάου

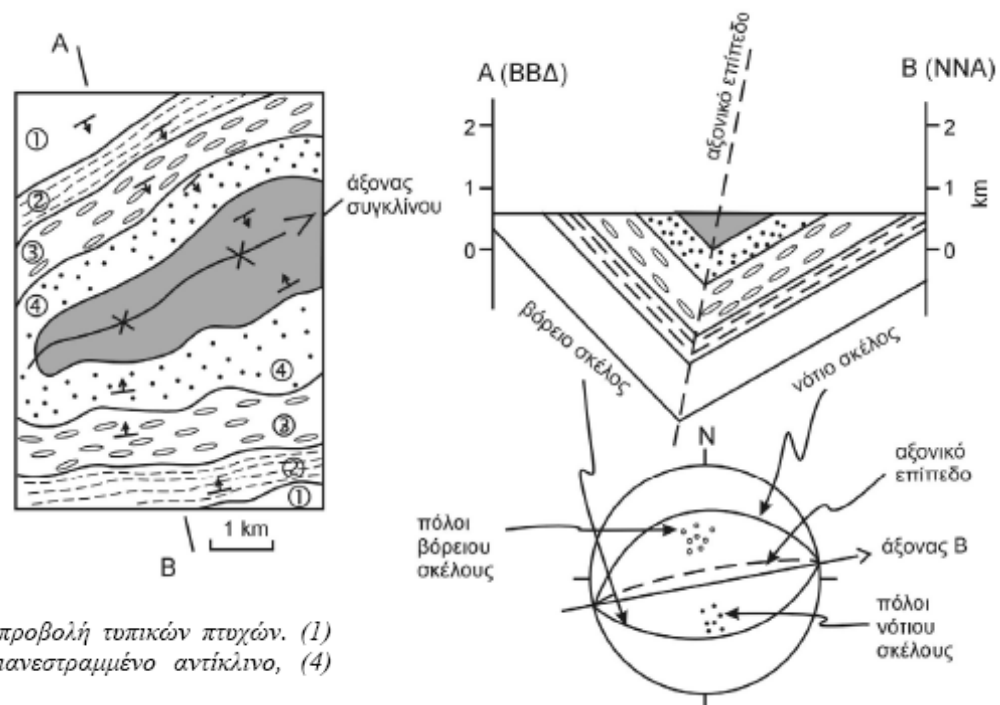


Εικ. 10.1 Σχηματική απεικόνιση πτυχής σε στερεοδιάγραμμα, χάρτη και δίκτυο Schmidt. Διακρίνεται το κορυφαίο από τον άξονα της πτυχής, τα σκέλη και η βύθιση του άξονα και του κορυφαίου.

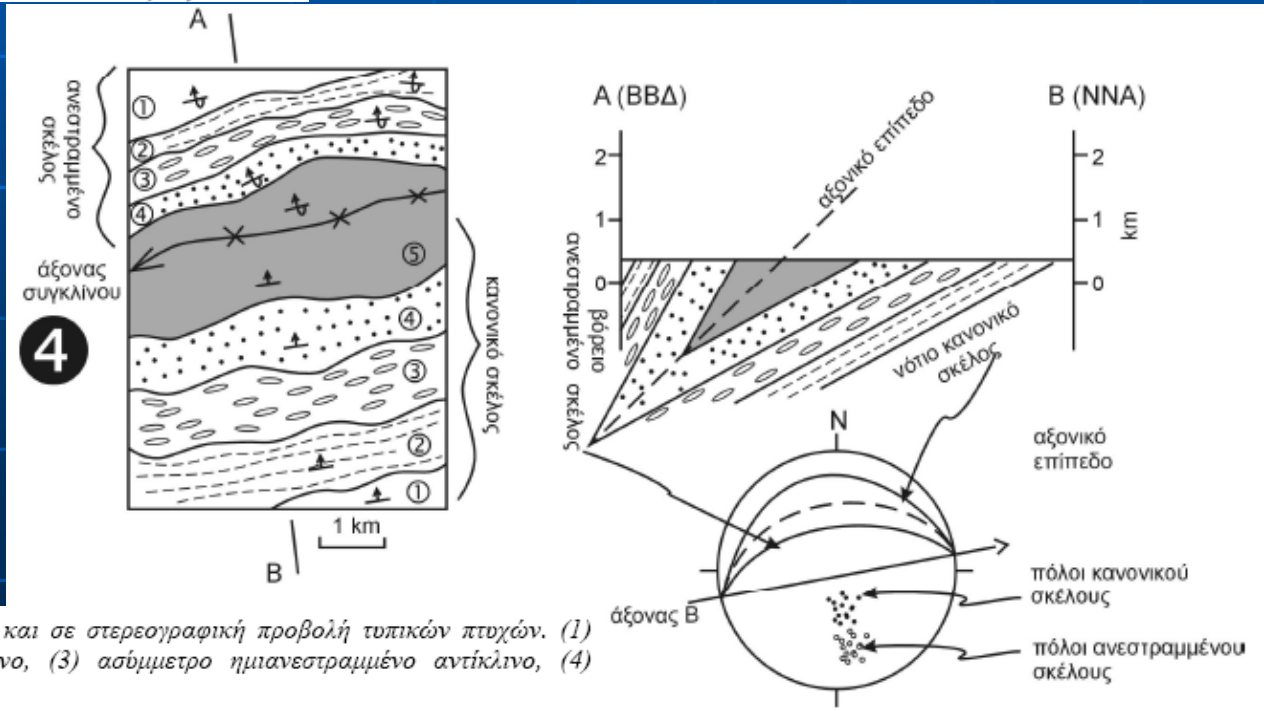
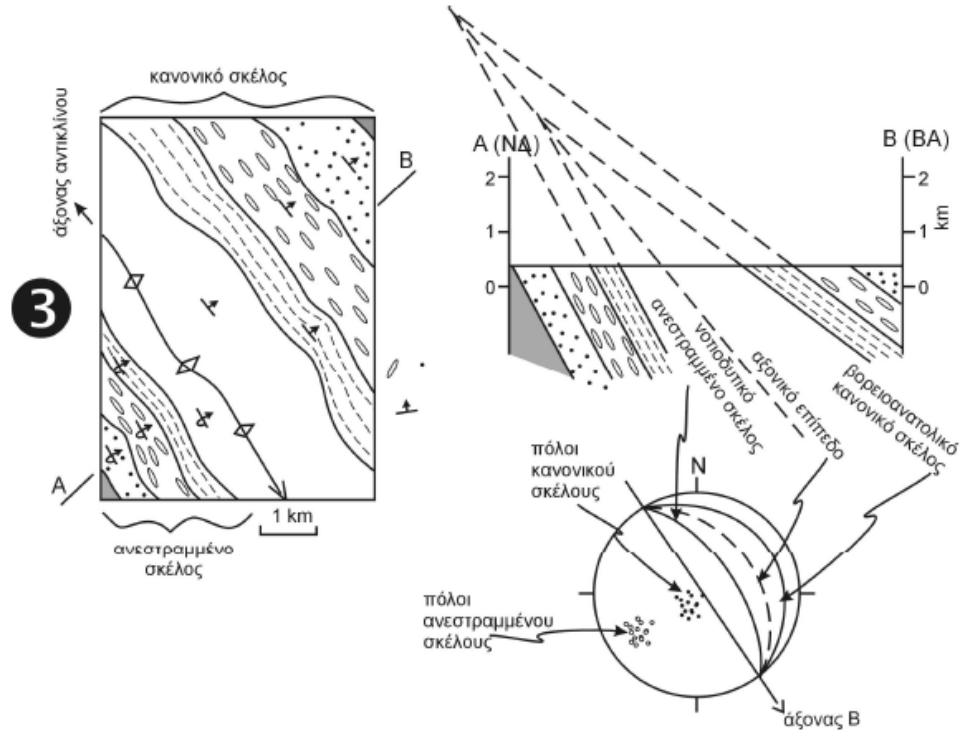
1



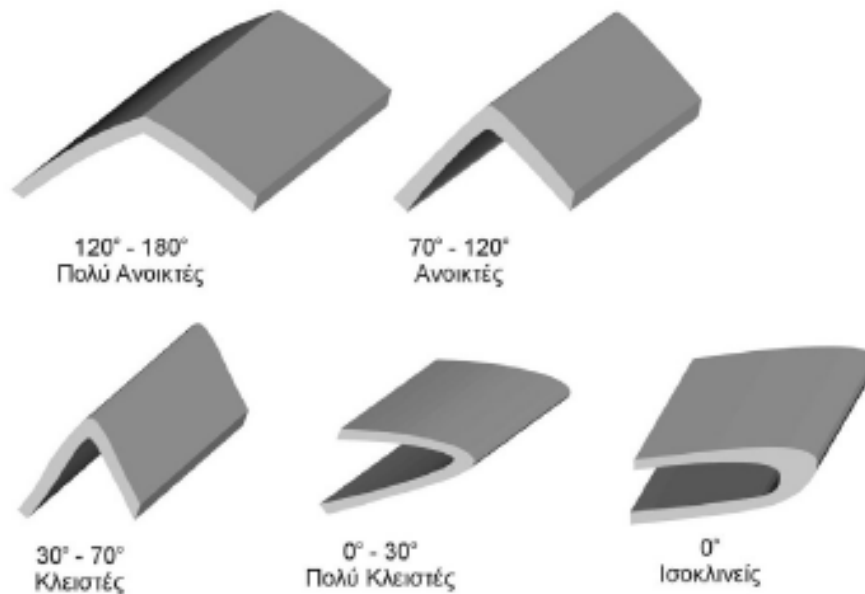
2



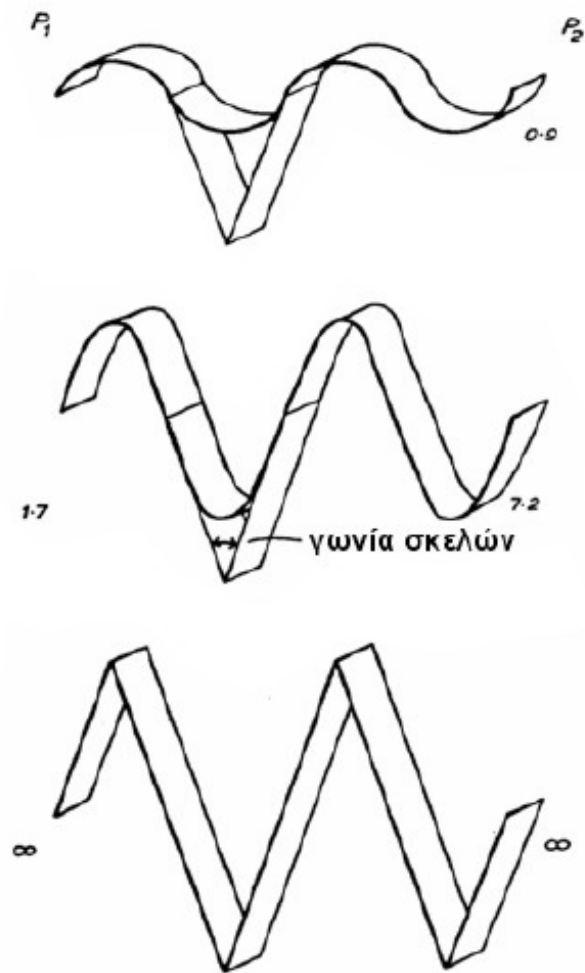
Εικ. 10.2 Σχηματική απεικόνιση σε χάρτη και σε τομή, και σε στερεογραφική προβολή τυπικών πτυχών. (1) συμμετρικό αντίκλινο, (2) συμμετρικό σύγκλινο, (3) ασύμμετρο ημιαναστραμμένο αντίκλινο, (4) ασύμμετρο ημιαναστραμμένο σύγκλινο.



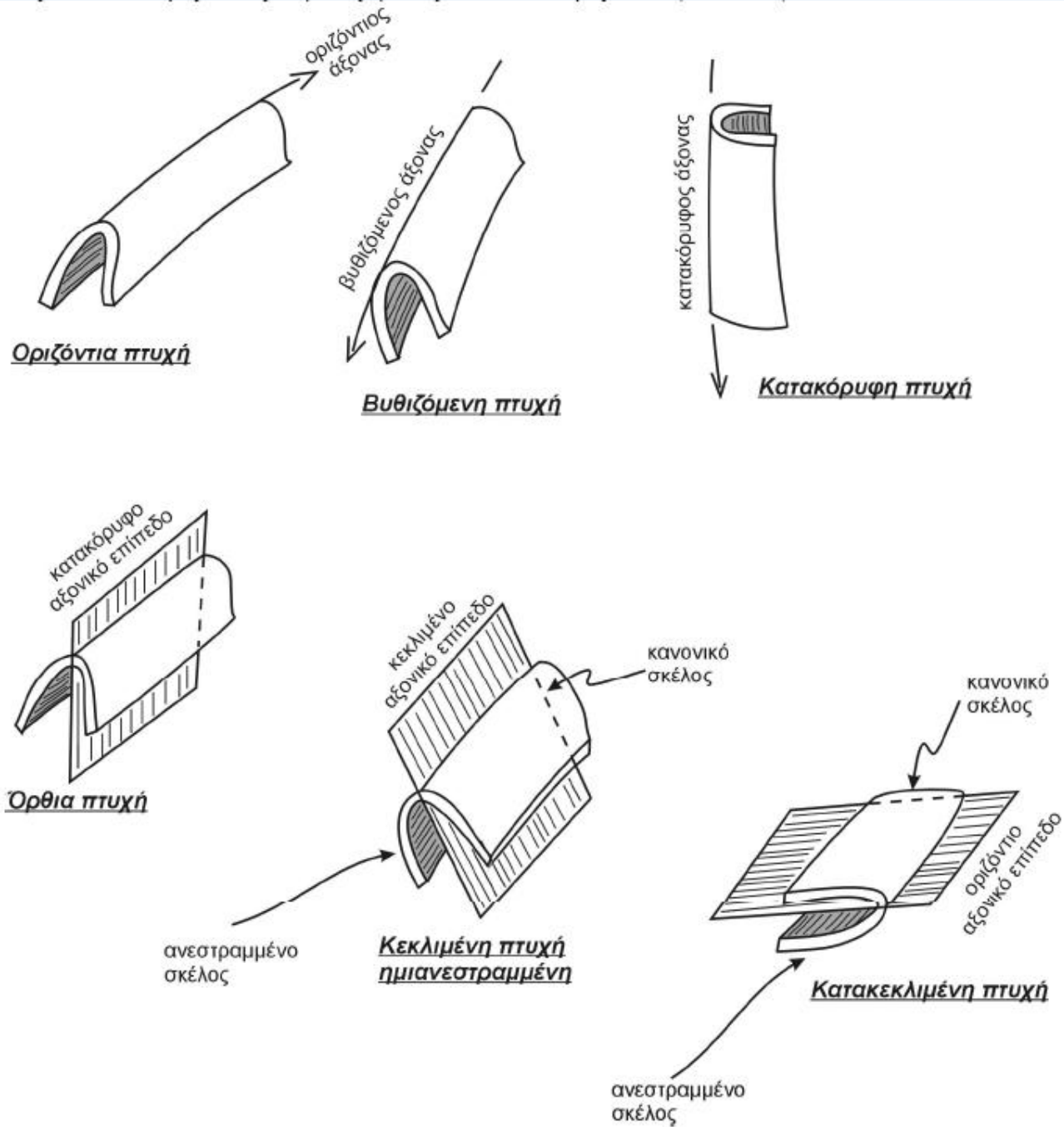
Εικ. 10.2 Σχηματική απεικόνιση σε χάρτη και σε τομή, και σε στερεογραφική προβολή τυπικών πτυχών. (1) συμμετρικό αντίκλινο, (2) συμμετρικό σύγκλινο, (3) ασύμμετρο ημιανεστραμμένο αντίκλινο, (4) ασύμμετρο ημιανεστραμμένο σύγκλινο.



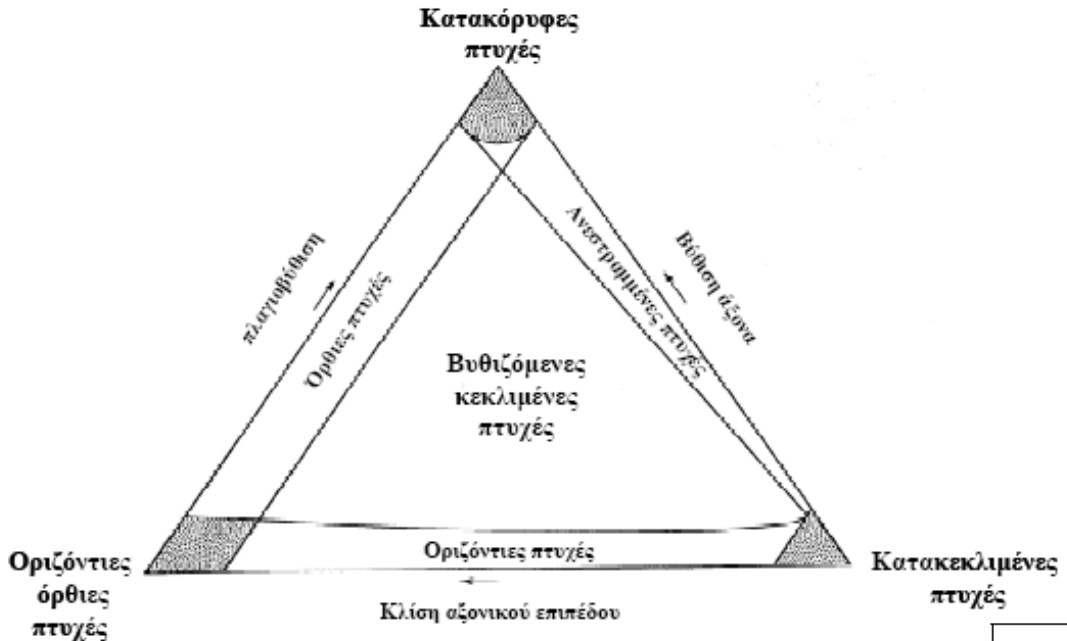
Εικ. 10.3 Σχηματική απεικόνιση πτυχών με γωνία σκελών που αντιστοιχεί στην ταξινόμηση κατά Fleuty (1964).



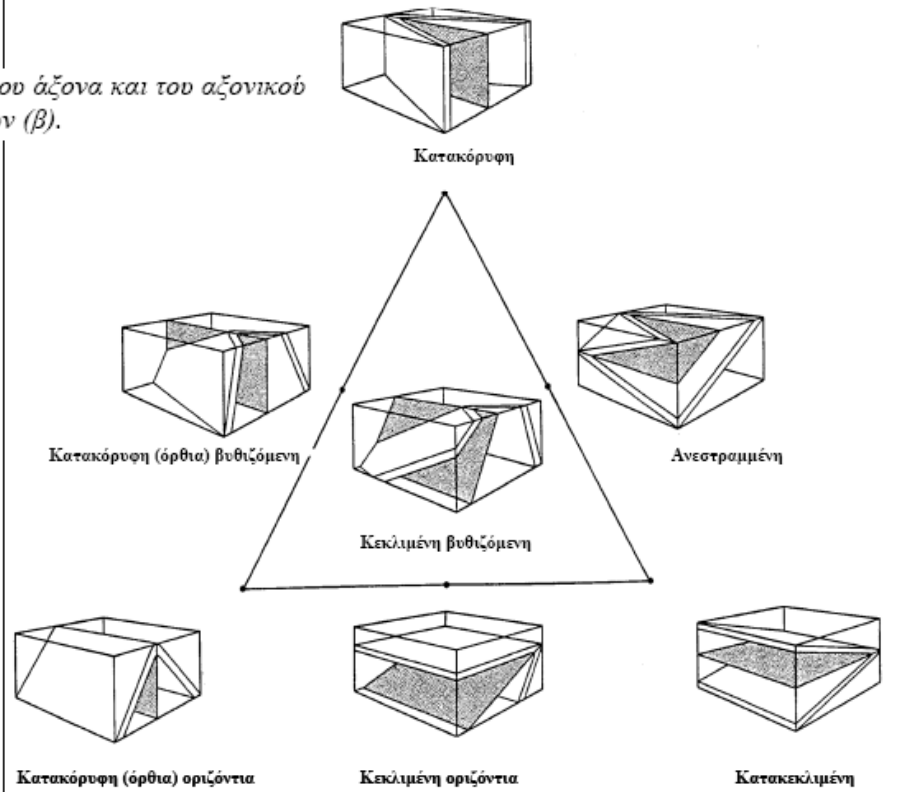
Εικ. 10.4 Σύγκριση πτυχών με ίδια γωνία σκελών αλλά διαφορετικές τιμές των παραμέτρων P_1 (σχέση σκελών / αξονικής περιοχής) και P_2 (μέγιστη καμπλότητα) σε τρεις περιπτώσεις. Η ενδιάμεση πτυχή αποτελεί την συνήθη περίπτωση ενώ η μεν κατώτερη των γωνιωδών πτυχών στερείται αξονικής περιοχής η δε ανώτερη των κυματοειδών πτυχών στερείται σκελών.

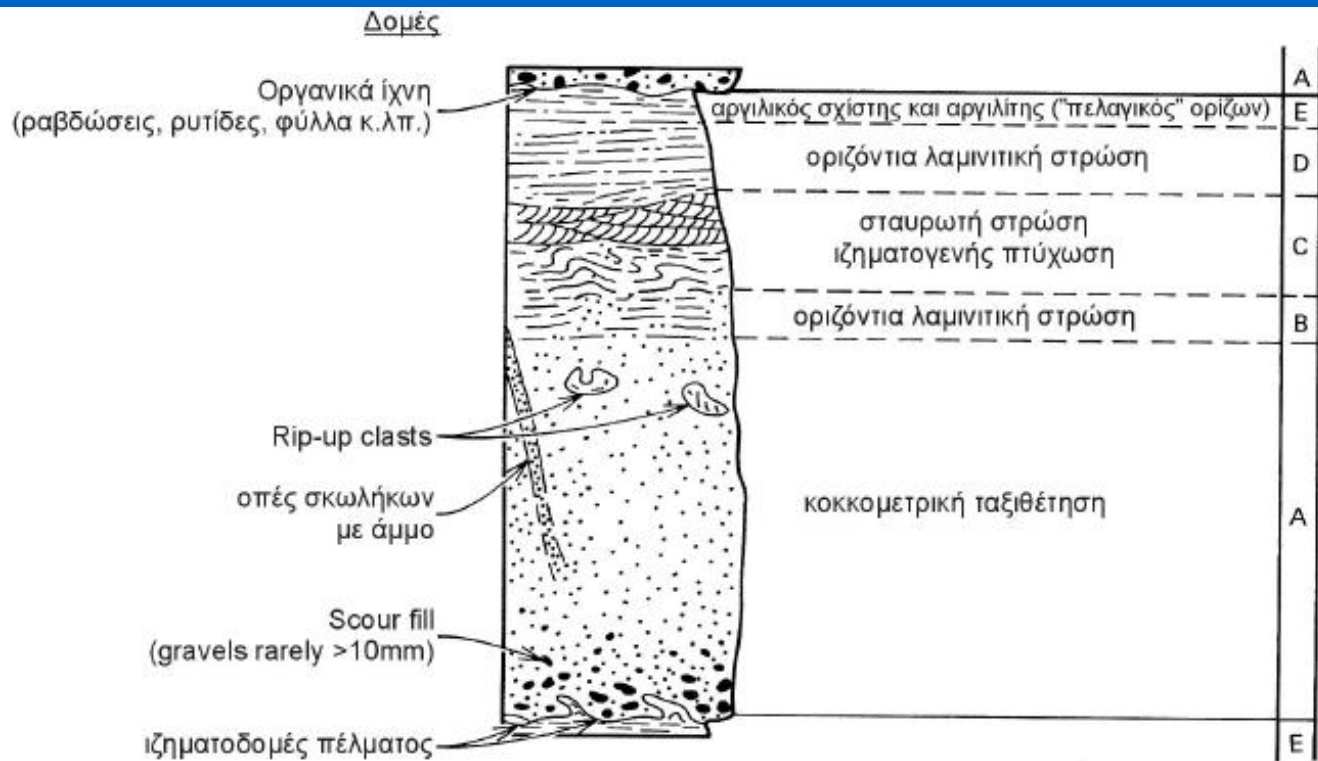


Εικ. 10.5 Παραδείγματα οριζόντιων, βυθιζόμενων και κατακόρυφων πτυχών με βάση την θέση του άξονα και όρθιων, κεκλιμένων και κατακεκλιμένων πτυχών με βάση την θέση του άξονικού επιπέδου.

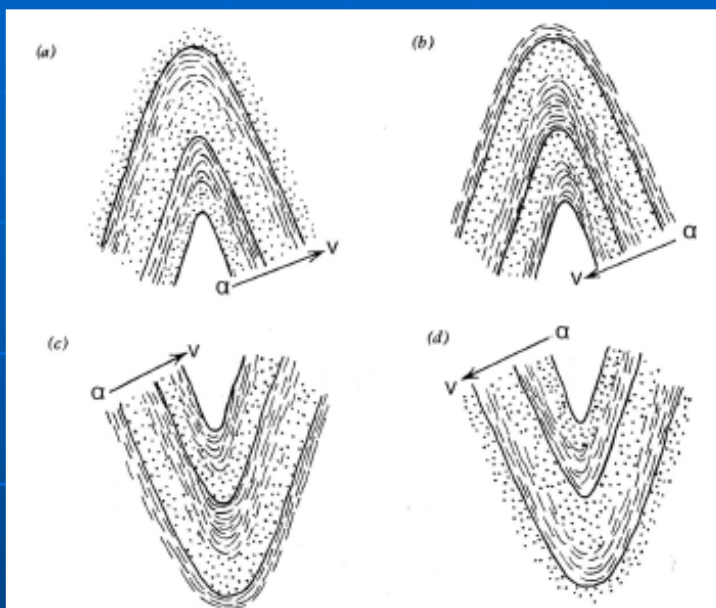


Εικ. 10.6 Διάγραμμα ταξινόμησης των πτυχών κατά Rickard (1971) με βάση τη θέση του άξονα και του αξονικού επιπέδου των πτυχών (α) και παραδείγματα των 7 διαφορετικών περιπτώσεων (β).

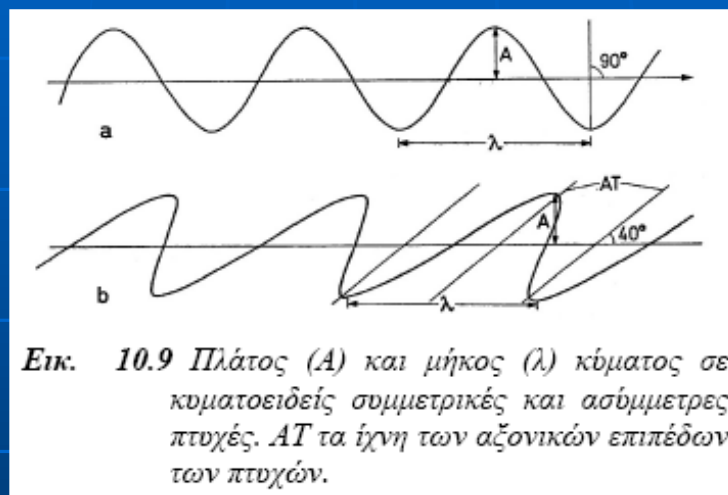




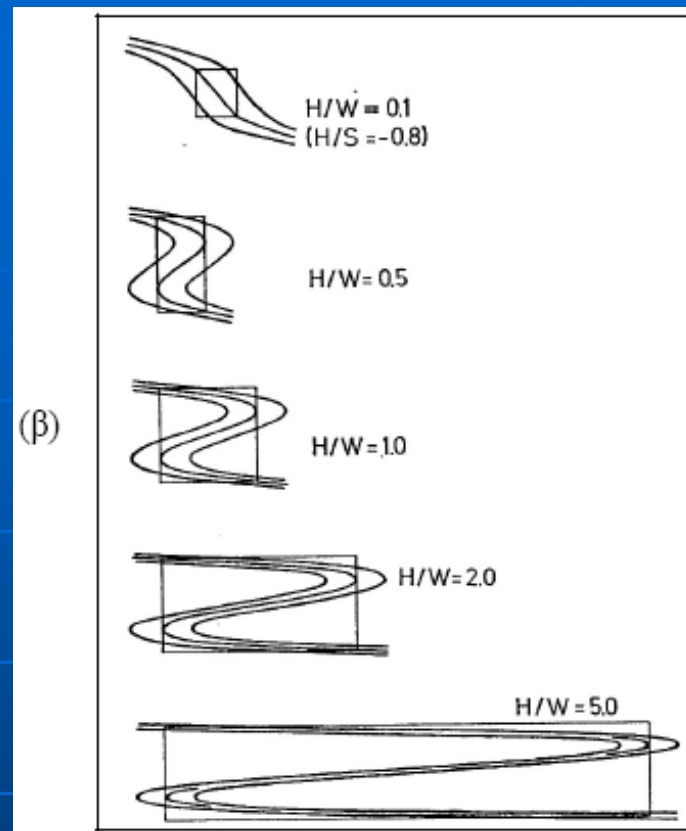
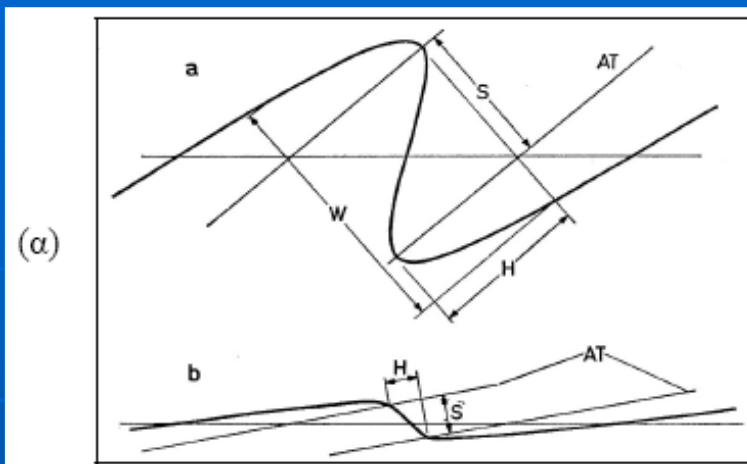
Εικ. 10.7 Σχηματική στήλη των επι μέρους οριζόντων ενός τουρβιδίτη (κατά Stanley, 1963, σύμφωνα με την διάκριση των οριζόντων κατά Bouma, 1959). Τόσο η μετάβαση από αδρομερείς ψαμμίτες σε λεπτόκκοκους ψαμμίτες και πηλίτες όσο και οι ιζηματοδομές πέλματος και οροφής βοηθούν στην διαπίστωση της αναστροφής των στρωμάτων.



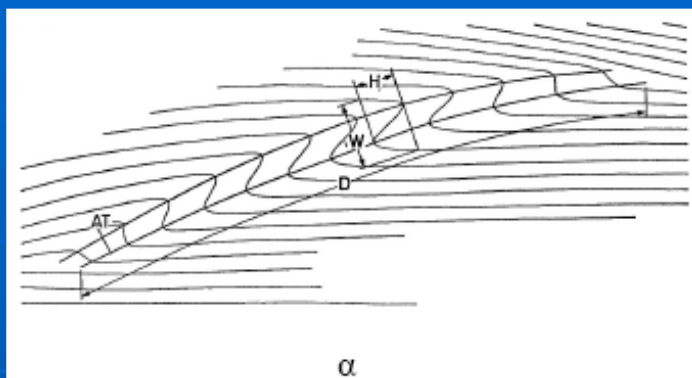
Εικ. 10.8 Προσδιορισμός κανονικών και ανεστραμμένων αντικλίνων και συγκλίνων με βάση τις ιζηματοδομές, που δείχνουν την διαδοχή από αρχαιότερο (α) σε νεότερο (ν) στρώμα.



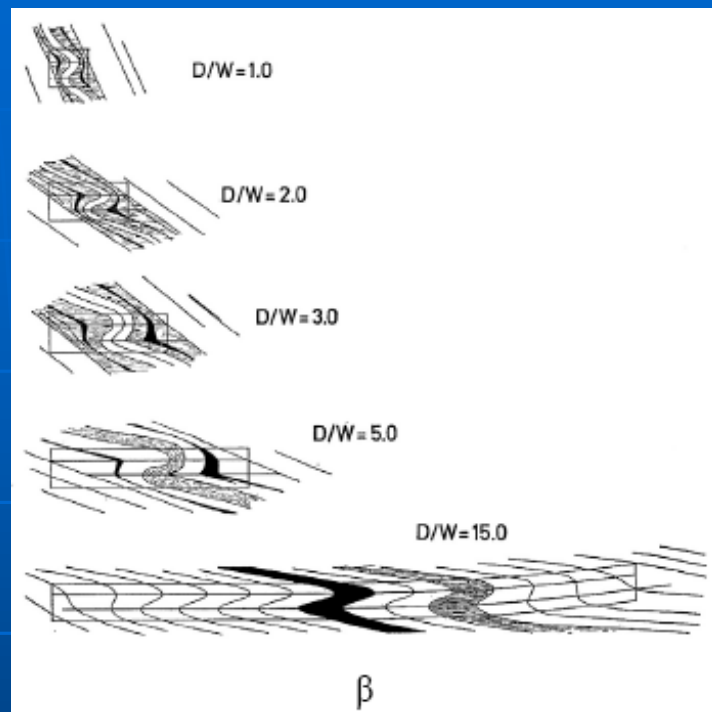
Εικ. 10.9 Πλάτος (A) και μήκος (λ) κύματος σε κυματοειδείς συμμετρικές και ασύμμετρες πτυχές. AT τα ίχνη των αξονικών επιπέδων των πτυχών.



Εικ. 10.10 Ταξινόμηση των πυχών με βάση την σχέση ύψος/έρος (h/w) κατά Hansen, 1971 (α) και παραδείγματα πυχών με τιμές από 0.1 έως 5.0 (β). Η τιμή της σχέσης 1 αντιστοιχεί σε ίσο ύψος και έρος, με την πtyχή να περικλείεται σε τετράγωνο. Η αύξηση του ύψους σε σχέση με το έρος οδηγεί σε μεγάλες τιμές της σχέσης με έντονη παραμόρφωση.

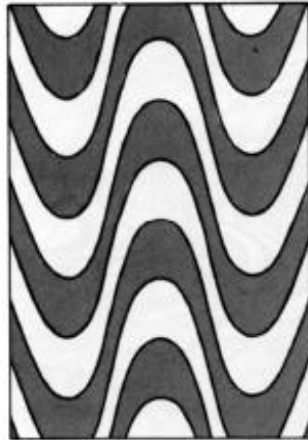


α



β

Εικ. 10.11 Ταξινόμηση των πτυχών με βάση την σχέση βάθος/έμβρος (d/w) κατά Hansen, 1971 (α) και παραδείγματα πτυχών με τιμές από 1.0 έως 15.0 (β). Η τιμή 1 αντιστοιχεί σε απλή ενδοστρωματική πτυχή χωρίς βάθος ενώ η τιμή 15 δείχνει πτυχή συνεχιζόμενη κατά μήκος του αξονικού επιπέδου σε σημαντικό βάθος, αποτελούσα δείγμα γενικής παραμόρφωσης των στρωμάτων.

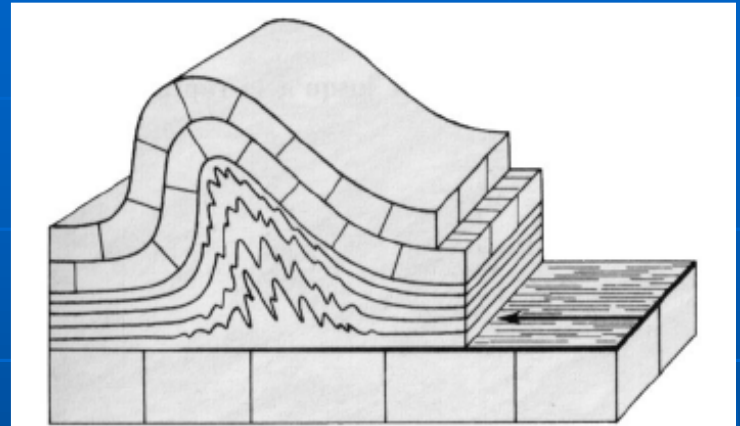
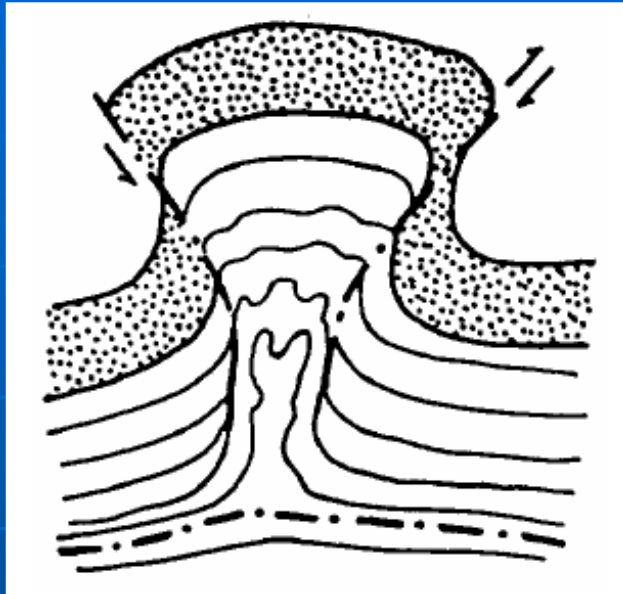


(1)

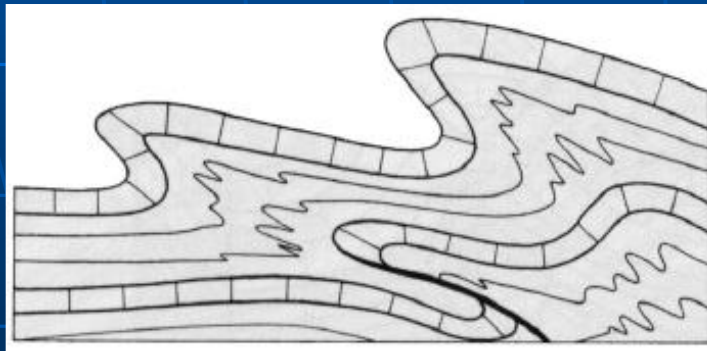


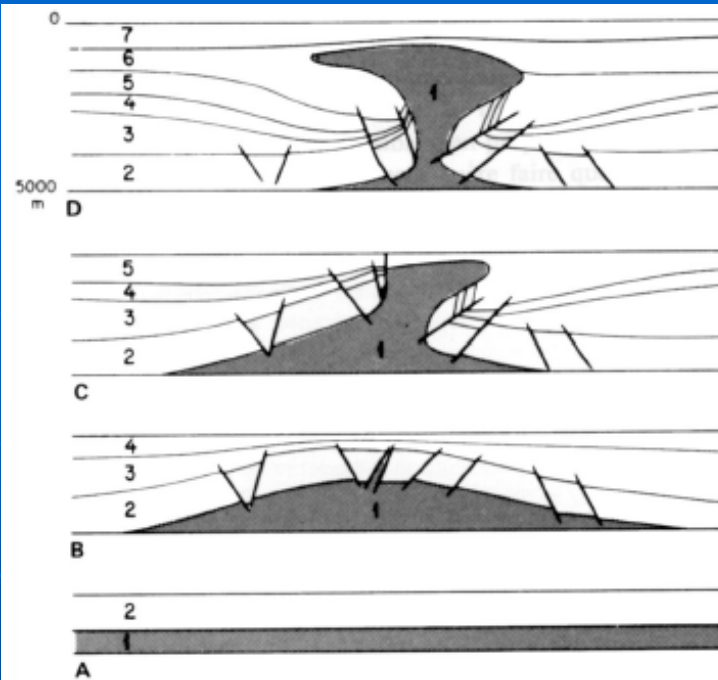
(2)

Εικ. 10.12 Οι δύο κύριοι γεωμετρικοί τύποι πτυχών με διατήρηση της γεωμετρίας (γωνίες, καμπυλότητα κλπ) στις ομοειδείς πτυχές (1) και του πάχους των στρωμάτων στις ισοπαχείς πτυχές (2).

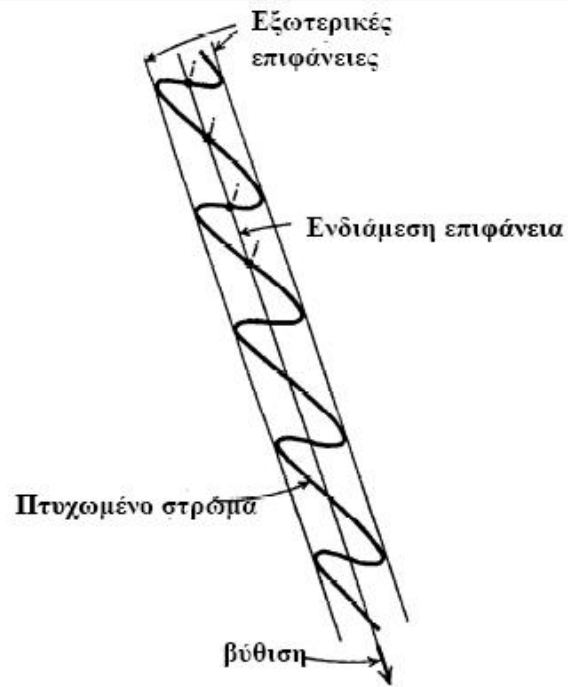


Εικ. 10.13 Περιπτώσεις πτυχών με δυσαρμονικά φαινόμενα και ανάπτυξη επιφανειών ολίσθησης - αποκόλλησης. Τα δύσκαμπτα στρώματα εμφανίζουν απλές κάμψεις και ανάστροφα ρήγματα ενώ τα εύπλαστα στρώματα πολυπτυχώνονται. Οι επιφάνειες ολίσθησης - αποκόλλησης δημιουργούνται στην επαφή των δύσκαμπτων και εύπλαστων στρωμάτων, όπου και η μέγιστη διαφορά της πλαστικότητας.

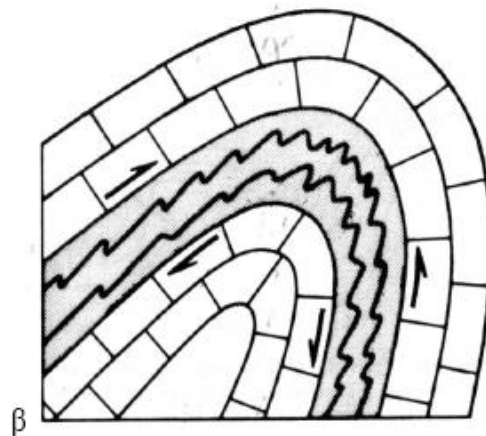




Εικ. 10.14 Διάγραμμα εξέλιξης διαπειρικού δόμου σε μία ακολουθία ιζημάτων. Η κάμψη αρχίζει με την ιζηματογένεση του στρώματος 3, όταν παρατηρούνται και κανονικά ρήγματα στο κορυφαίο του νεοσχηματιζόμενου αντίκλινου και ολοκληρώνεται με μορφή μανταριού στο στάδιο απόθεσης του στρώματος 6. Τα ιζήματα των στρωμάτων 3-6 επηρεάζονται καθοριστικά από την διαπειρική πτύχωση ως προς το πάχος τους, που αλλού μειώνεται και αλλού αυξάνει. Το πρότυπο αυτό προϋποθέτει ύπαρξη δύσκαμπτου ορίζοντα κάτω από το στρώμα του εβαπορίτη (1) με αποκόλληση και κινητοποίηση του εβαποριτικού υλικού.

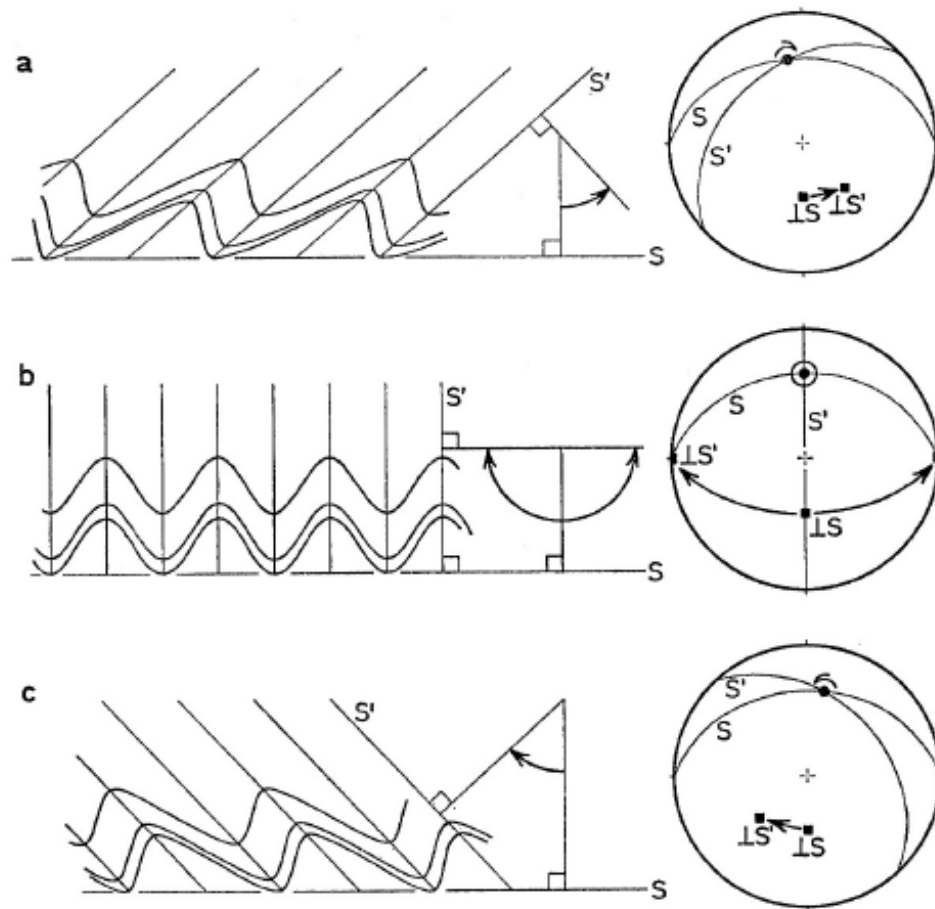


α

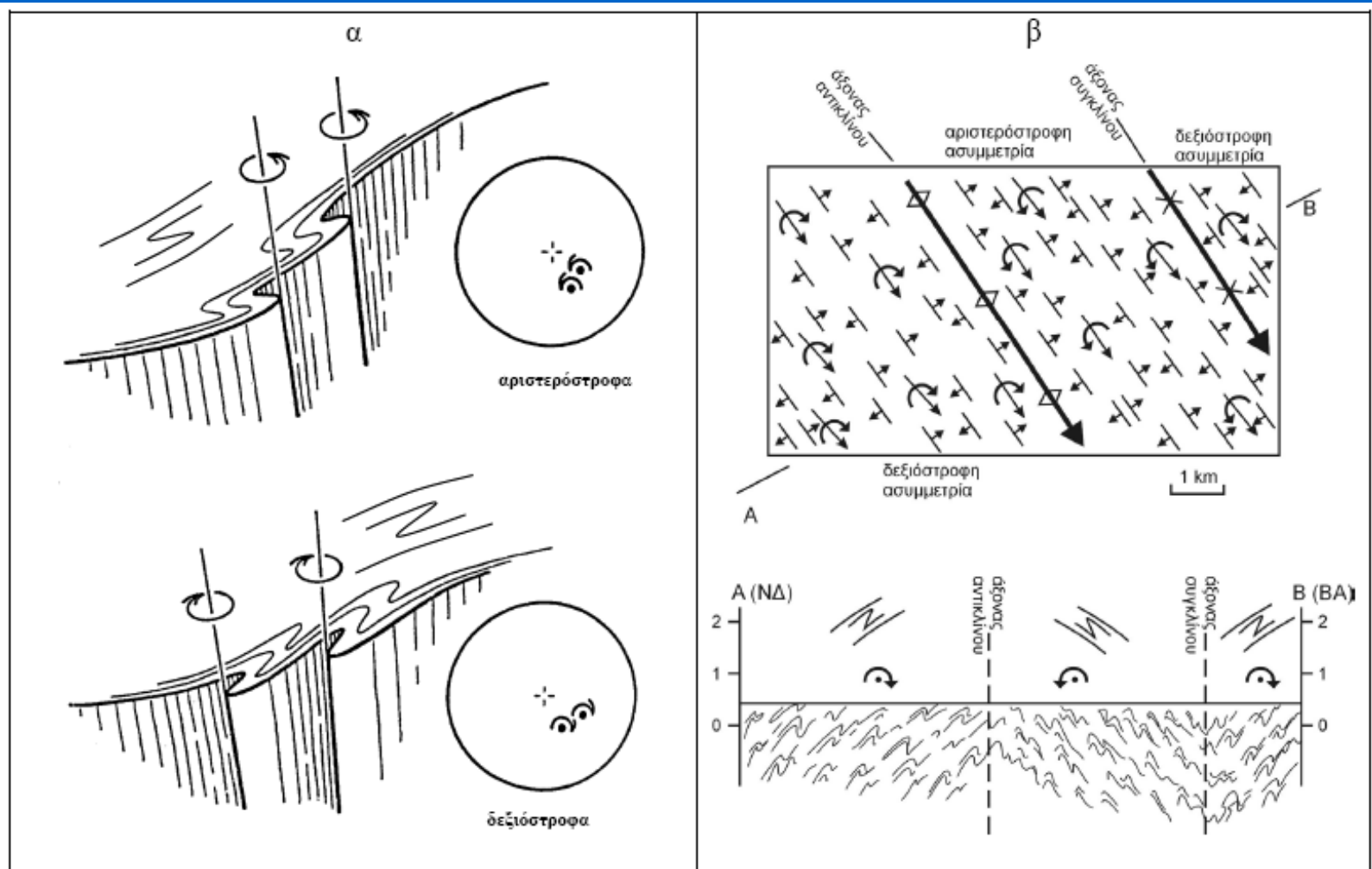


β

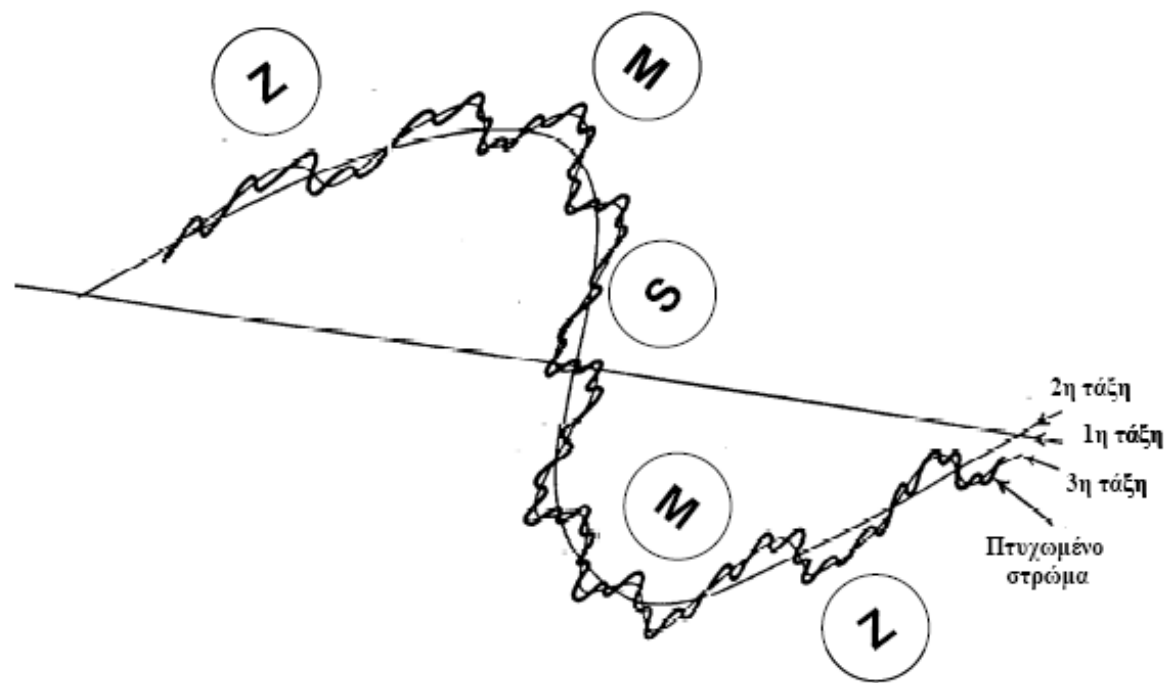
Εικ. 10.15 Εξωτερικές περιβάλλουσες επιφάνειες που οριοθετούν το πτυχωμένο στρώμα και ενδιάμεση μέση επιφάνεια που διέρχεται από το μέσον των σκελών των διαδοχικών πτυχών (α) και παράδειγμα πτυχωμένης δέσμης στρωμάτων με ένα εύπλαστο ορίζοντα ανάμεσα σε δύο δύσκαμπτους (β).



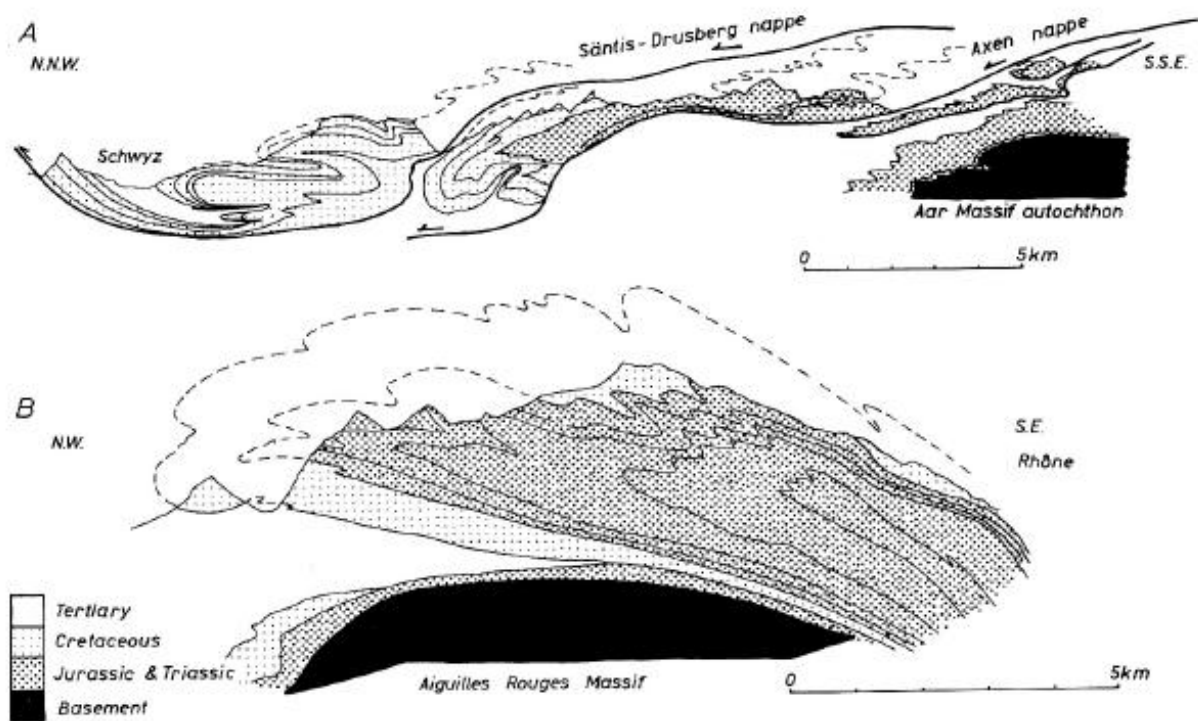
Εικ. 10.16 Δέσμες στρωμάτων με ασύμμετρες δεξιόστροφες πτυχές (a), ορθές συμμετρικές πτυχές (b) και ασύμμετρες αριστερόστροφες πτυχές (c) σε τομές και σε προβολές στο δίκτυο Schmidt. S η μέση επιφάνεια της στρώσης και S' η επιφάνεια του αξονικού επιπέδου (κατά Hansen, 1971).



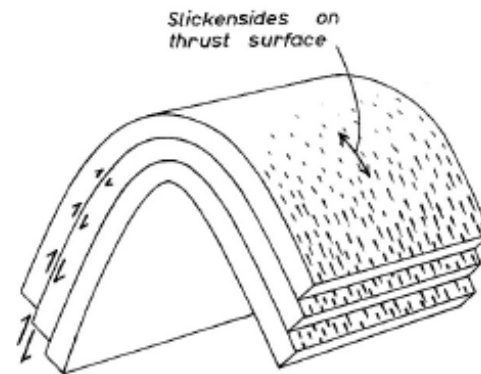
Εικ. 10.17 Αριστερόστροφη και δεξιόστροφη ασυμμετρία πτυχών και αντίστοιχες προβολές σε δίκτυο Schmidt με ένδειξη της φοράς ασυμμετρίας (κατά Hansen, 1971) (α), και ενδείξεις ασυμμετρίας πτυχών σε χάρτη και τομή (β).



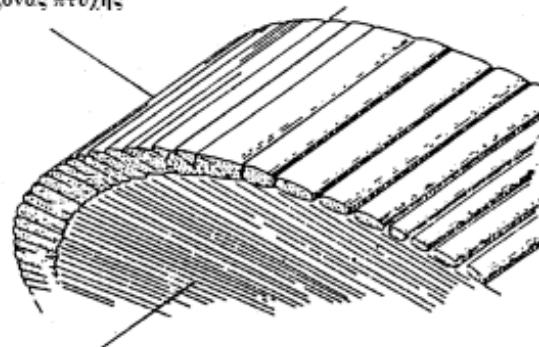
Εικ. 10.18 Πτυχές πρώτης, δεύτερης και τρίτης τάξης, που προκύπτουν διαδοχικά από τον καθορισμό των μέσων επιφανειών κάθε πτυχής (κατά Ramsay, 1967). Η όλη είναι δομή μορφής Z για την πτυχή 2^{ης} τάξης και διαδοχικά Z, M, S, M, Z για τις πτυχές της 3^{ης} τάξης.



Εικ. 10.19 Τεκτονική ασυμμετρία πτυχών στα Ελβετικά καλύμματα των Δυτικών Αλπεων σε περίπτωση καλυμμάτων επωθήσεως (A, κατά Heim, 1921) και σε περίπτωση πτυχωσιγενούς καλύμματος (B, κατά Lugeon, 1940). Διακρίνονται τα κανονικά από τα ανεστραμμένα σκέλη των πτυχών και η όλη ασυμμετρία από τις κλίσεις των αξονικών επιπέδων και τα μακρά – κοντά σκέλη των πτυχών.

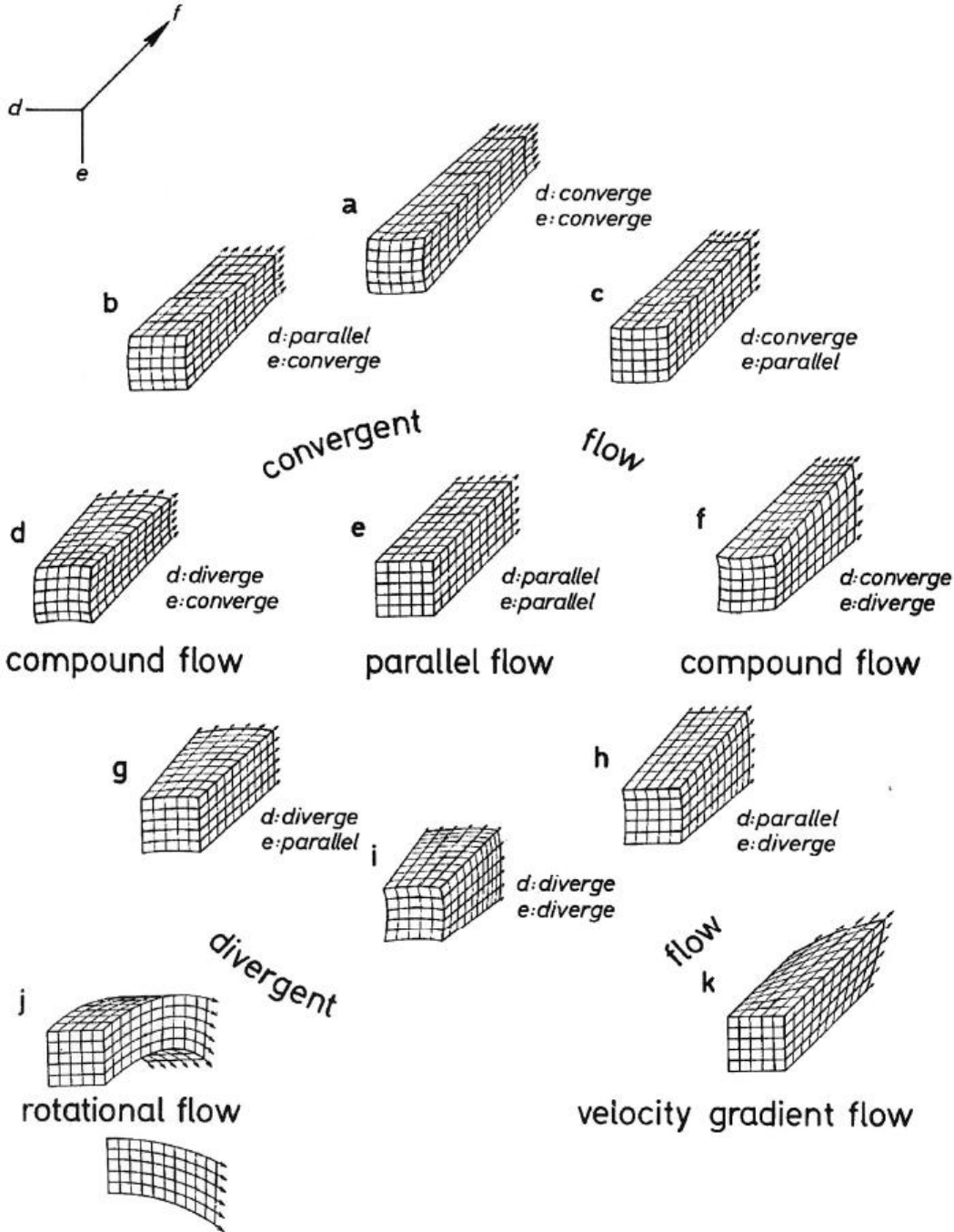


α-κινηματικός
άξονας πτυχής

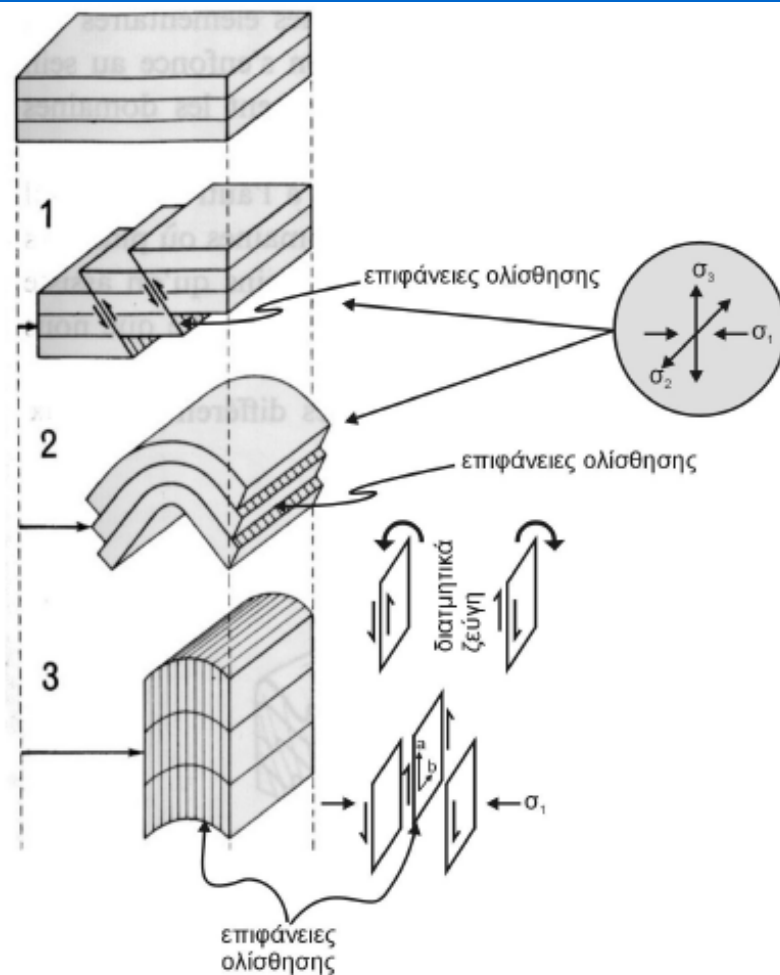


β-κινηματικός
άξονας πτυχής

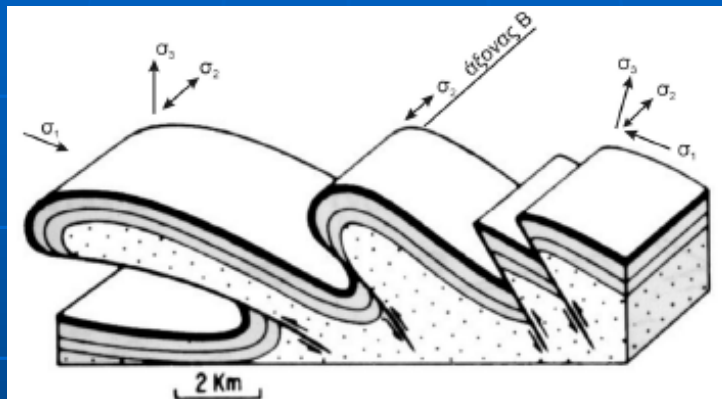
Εικ. 10.20 Διαστρωματική ολίσθηση στις ισοπαχείς πτυχές κάμψης – ολίσθησης με γραμμές προστριβής πάνω στην στρώση σε διεύθυνση κάθετη προς τον άξονα της πτυχής (α) και ολίσθηση παράλληλα προς την σχιστότητα κατ' αξονικό επίπεδο της πτυχής και κάθετα προς τον άξονα στις ομοειδείς πτυχές (β). Και στις δύο περιπτώσεις η ολίσθηση εκφράζει τον α-κινηματικό άξονα της πτυχής.



Εικ. 10.21 Γεωμετρικοί τύποι ροής κατά την δημιουργία πλαστικοροϊκών πτυχών με άξονες ροής d , e , f , όπου f ο κύριος άξονας ροής (κατά Hansen, 1971).

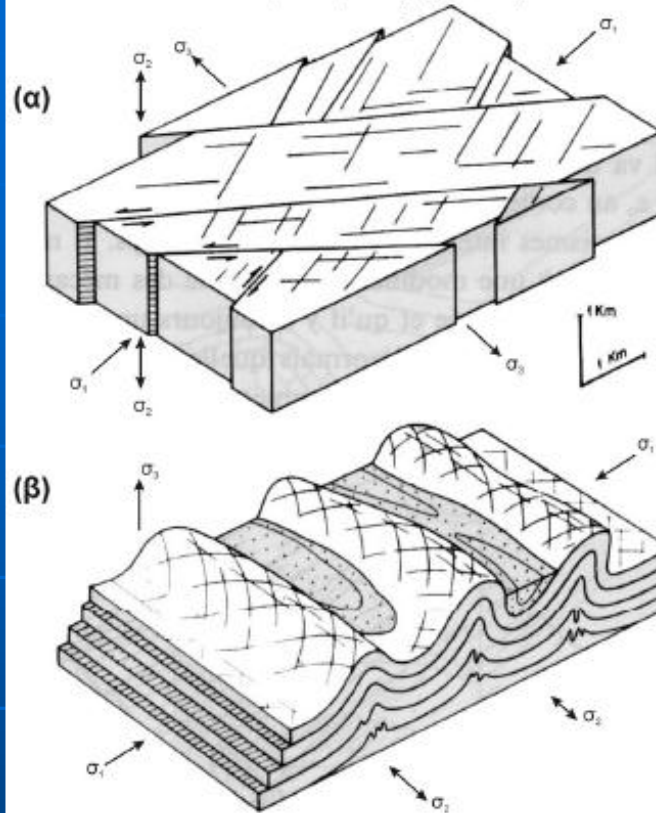


Εικ. 10.22 Τρεις τύποι συμπιεστικής παραμόρφωσης σε διαφορετικούς τεκτονικούς ορόφους μέσα στο φλοιό, με επιπεύσεις στον ανώτερο όροφο (1), ισοπαχείς πτυχές κάμψης - ολίσθησης στον ενδιάμεσο όροφο (2) και ομοειδείς πτυχές στον κατώτερο όροφο (3).

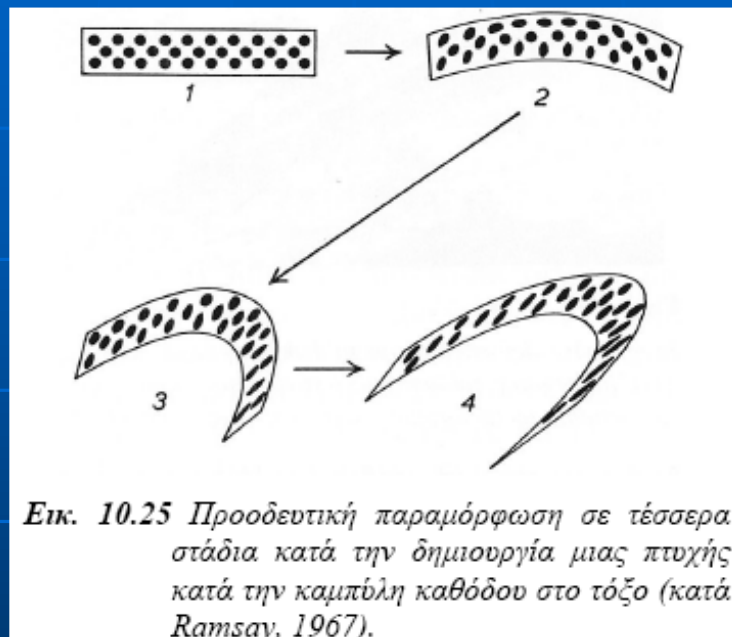


Εικ. 10.23 Δυναμική ανάλυση πτυχών και επιπεύσεων σε μία συμπιεστική δομή παραμόρφωσης ανωτέρου και ενδιάμεσου τεκτονικού ορόφου.

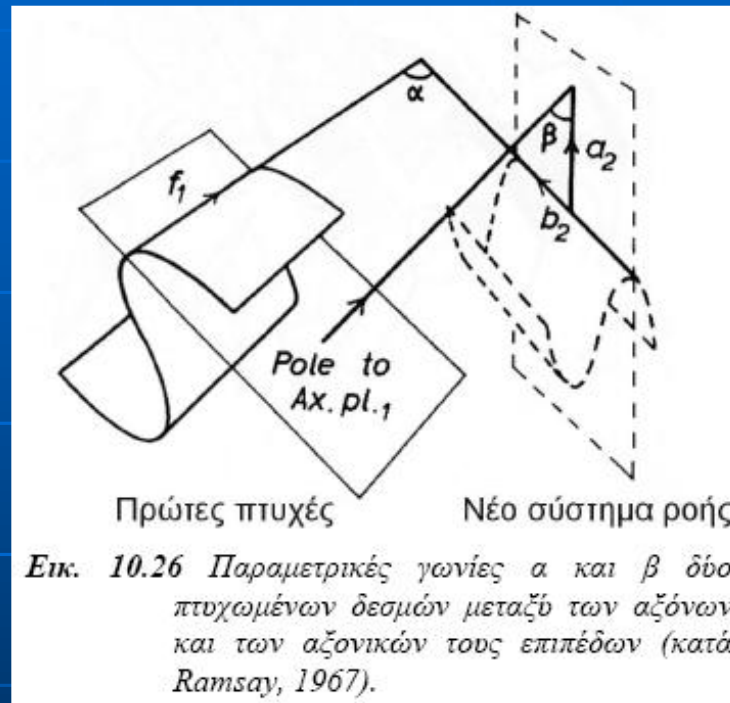
(δυνατότητα πλαστικής εκτόνωσης)

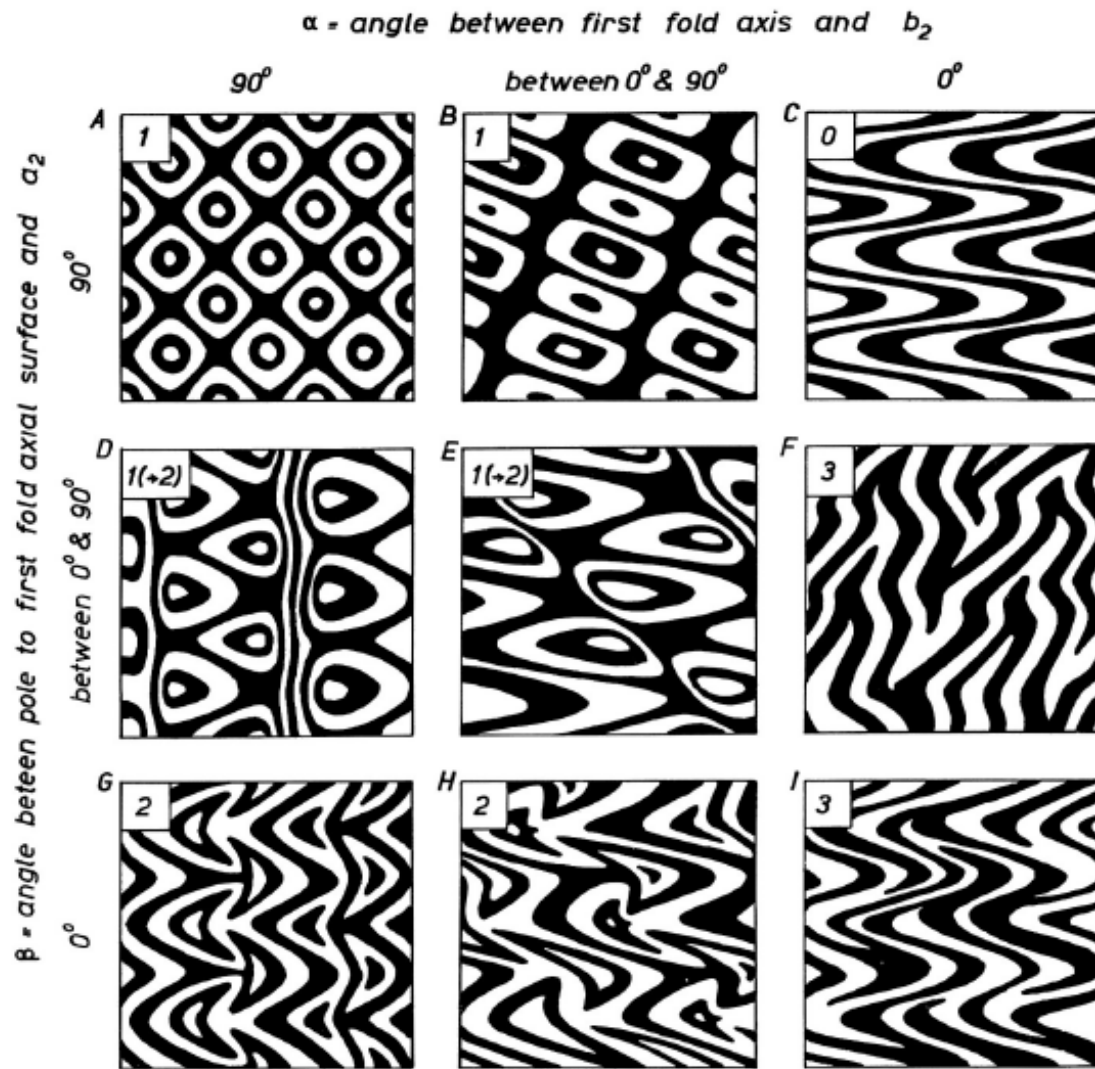


Εικ. 10.24 Δύο περιπτώσεις συμπιεστικής παραμόρφωσης με σ_1 οριζόντιο και με $\sigma_2 - \sigma_3$ εναλλασσόμενα σε οριζόντια και κατακόρυφη θέση. Στην περίπτωση όπου το σ_3 είναι οριζόντιο αναπτύσσονται συζυγή ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης των οποίων η διέδρη γωνία διχοτομείται από τον άξονα κύριας τάσης σ_1 (α) ενώ όταν το σ_3 είναι κατακόρυφο αναπτύσσονται ισοπαχείς πτυχές κάμψης - ολίσθησης με άξονες κάθετους στον άξονα κύριας τάσης σ_1 (β).

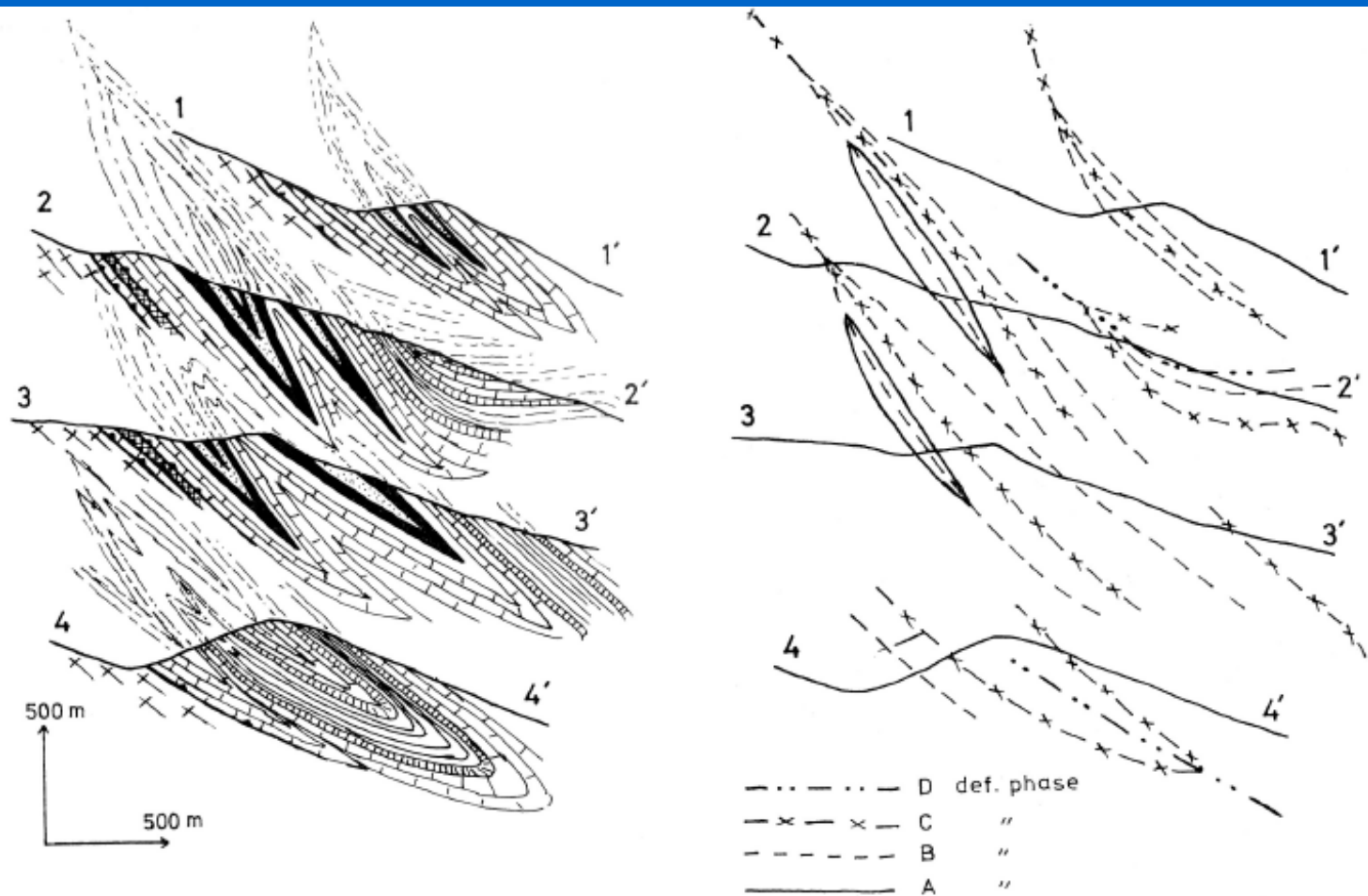


Εικ. 10.25 Προοδευτική παραμόρφωση σε τέσσερα στάδια κατά την δημιουργία μιας πτυχής κατά την καμπύλη καθόδου στο τόξο (κατά Ramsay, 1967).





Εικ. 10.27 Διάφορες περιπτώσεις τύπων συμβολής δύο πτυχώσεων ανάλογα με τις παραμετρικές γωνίες α και β (κατά Ramsay, 1967).



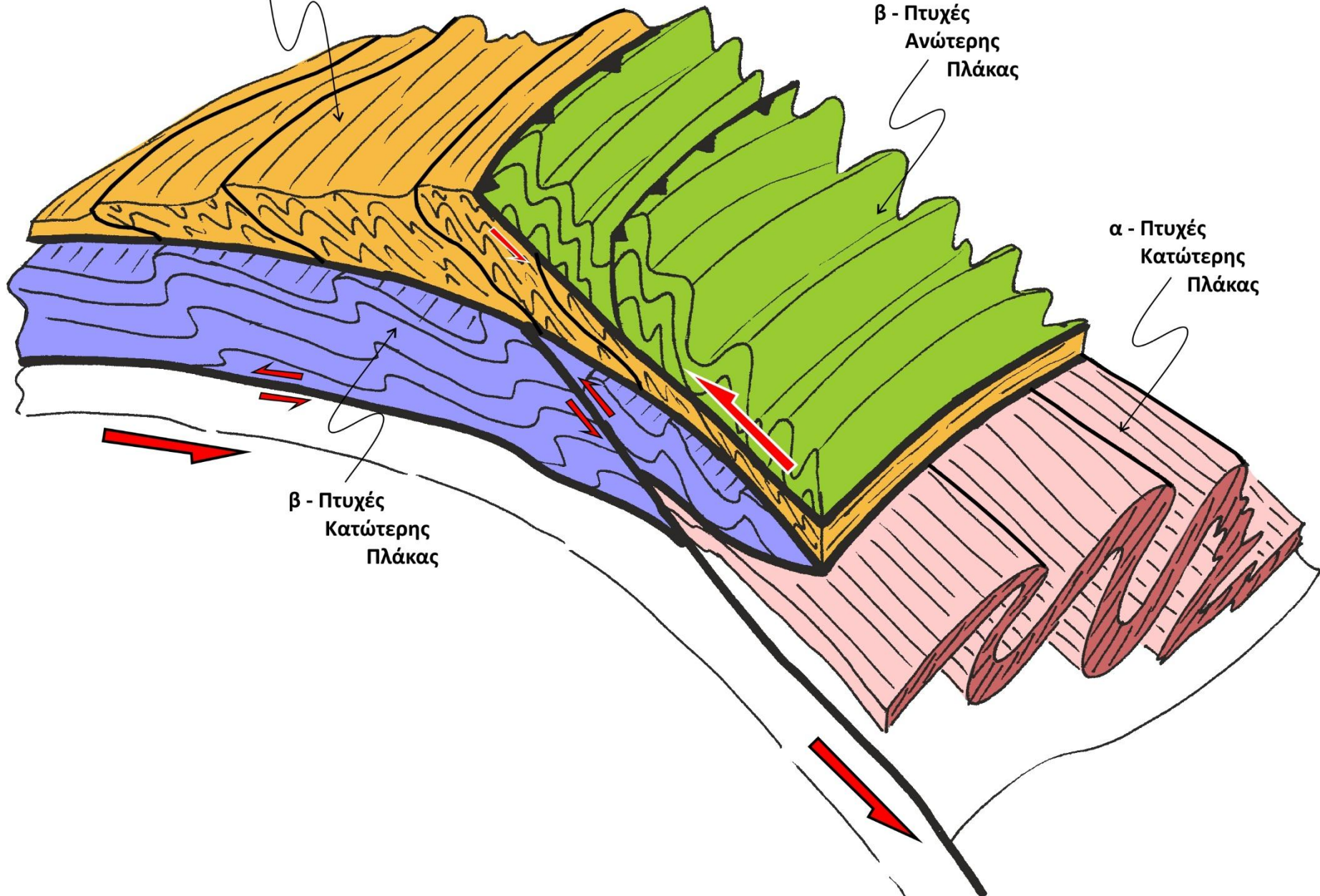
Εικ. 10.28 Πολλαπλή ομοαξονική πτύχωση στα μεταμορφωμένα πετρώματα της Πάρου με ισοκλινείς πτυχές να επαναπτυχώνουν παλαιότερες ισοκλινείς πτυχές με παράλληλους άξονες και αξονικά επίπεδα (κατά Ραρανικόλαου, 1980).

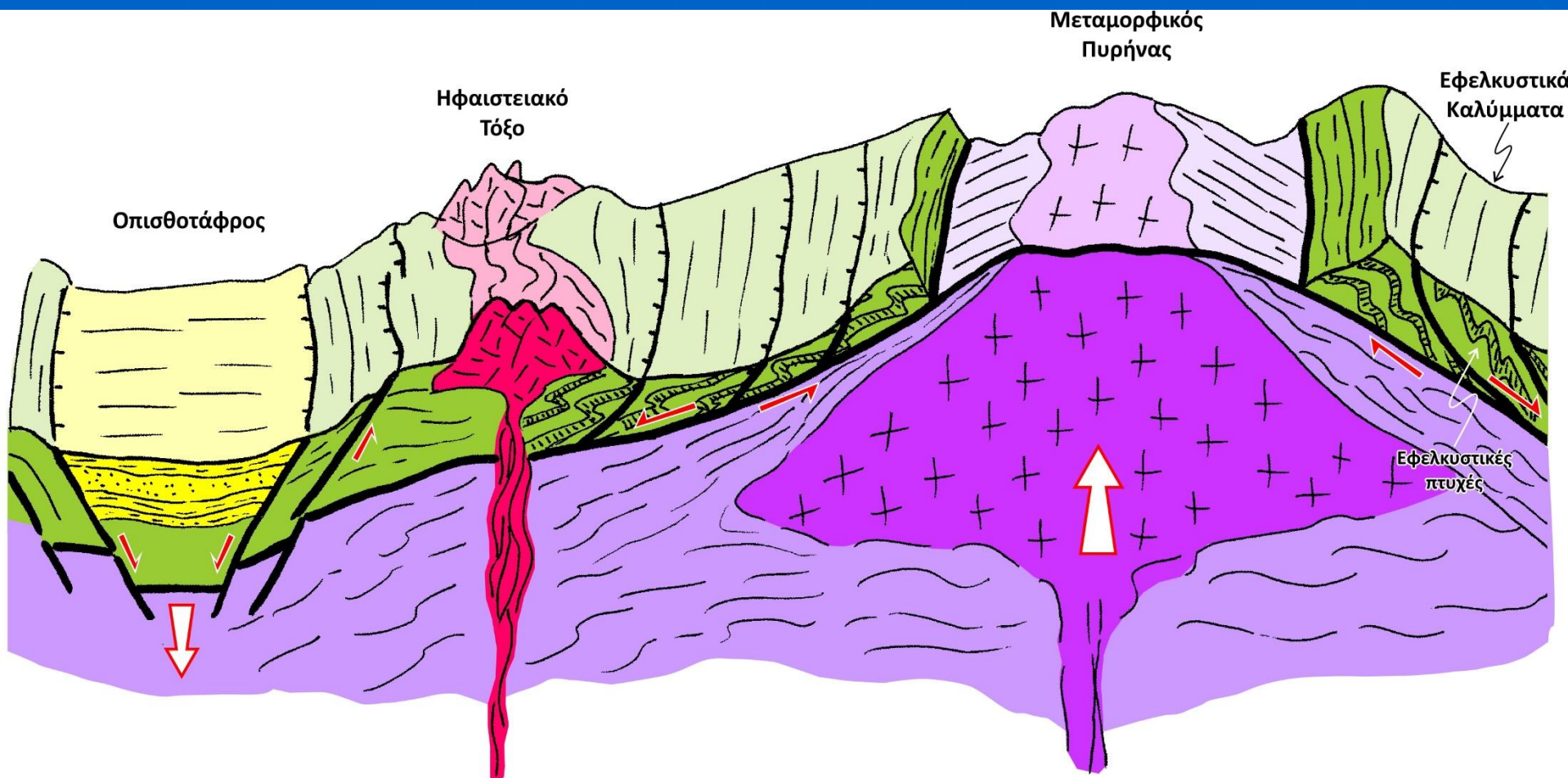
Πρίσμα Προσαύξεσης

β - Πτυχές
Ανώτερης
Πλάκας

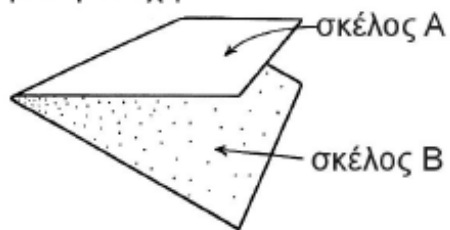
α - Πτυχές
Κατώτερης
Πλάκας

β - Πτυχές
Κατώτερης
Πλάκας

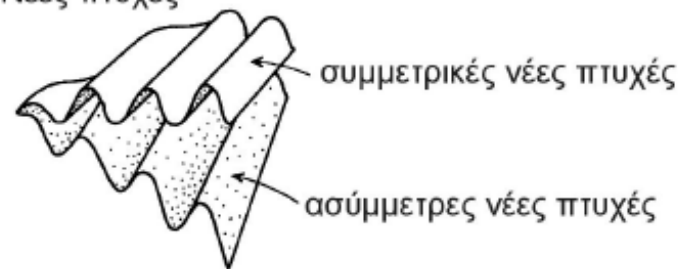




Πρώτη πτυχή

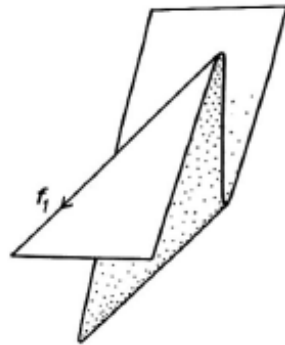


Νέες πτυχές

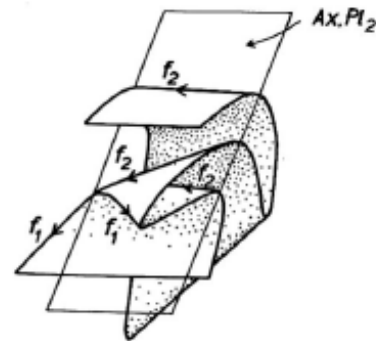


Εικ. 10.29 Δημιουργία συμμετρικών και ασύμμετρων πτυχών κατά την πτύχωση των σκελών μιας παλαιότερης πτυχής με διαφορετικό προσανατολισμό ως προς το νέο εντατικό συμπιεστικό πεδίο (κατά Ramsay, 1967).

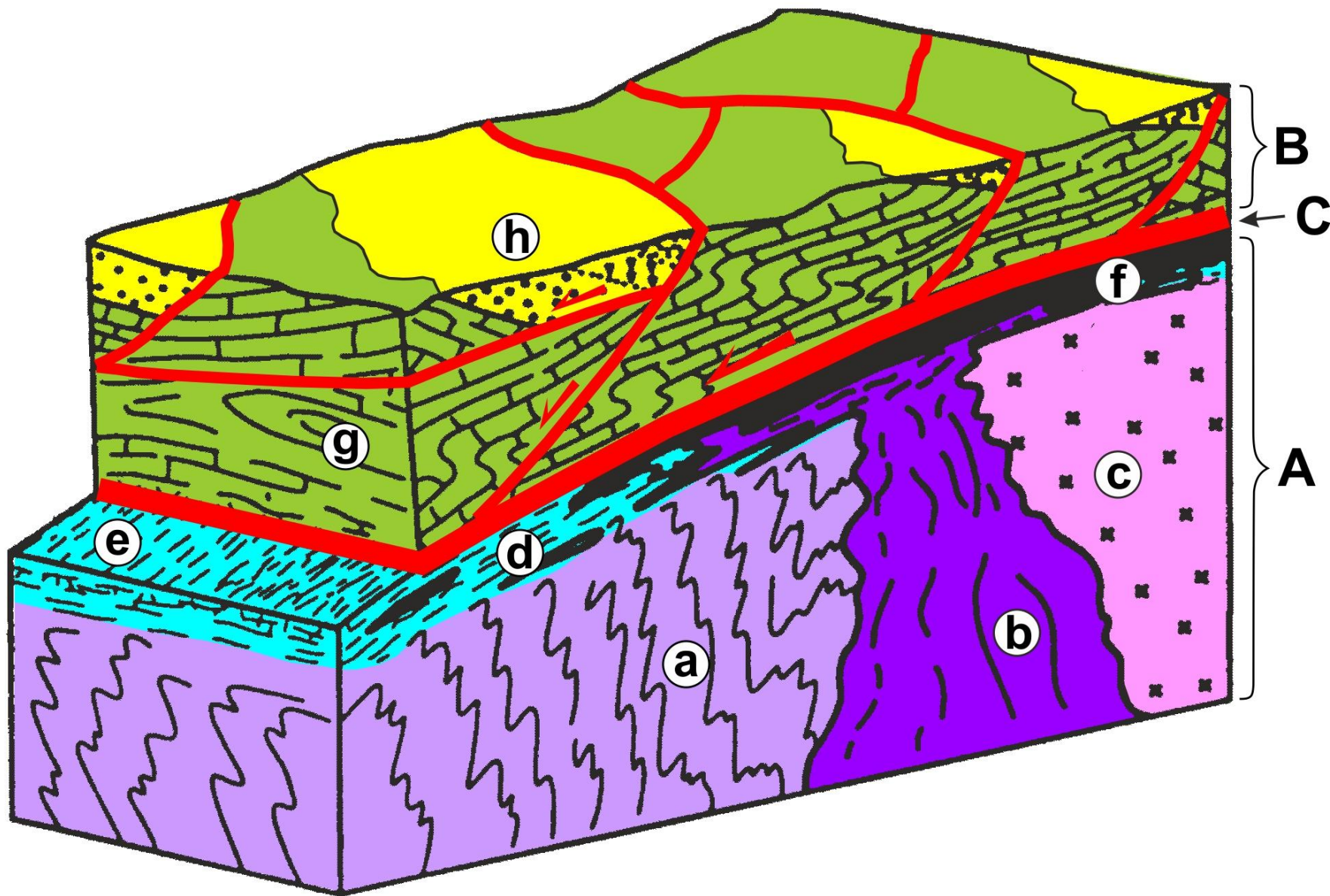
A. Πρώτες πτυχές



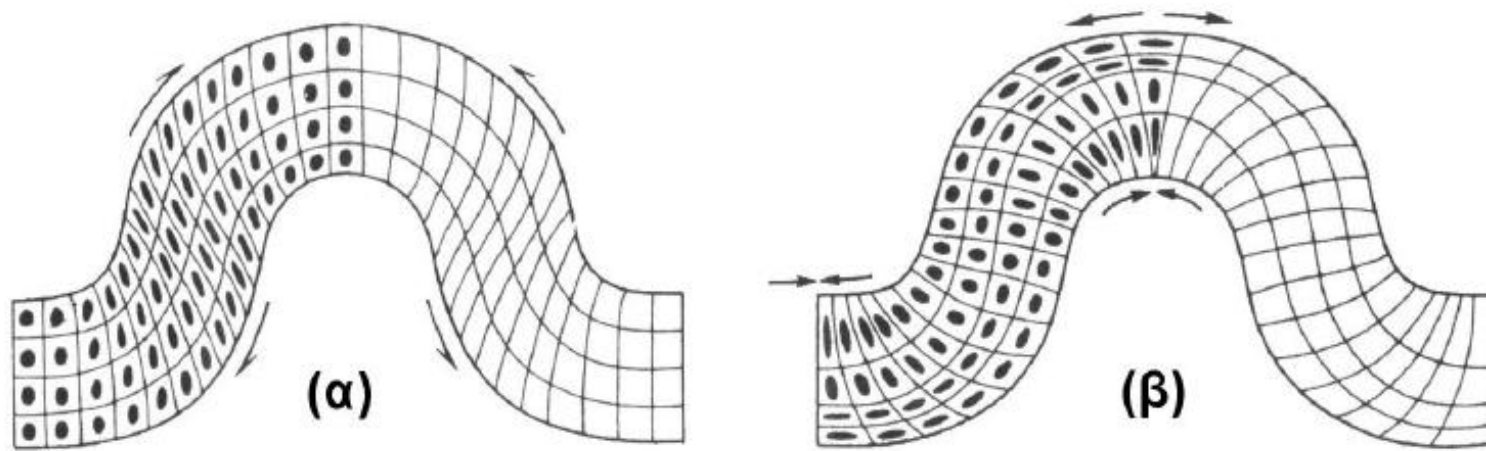
B. Δεύτερες πτυχές



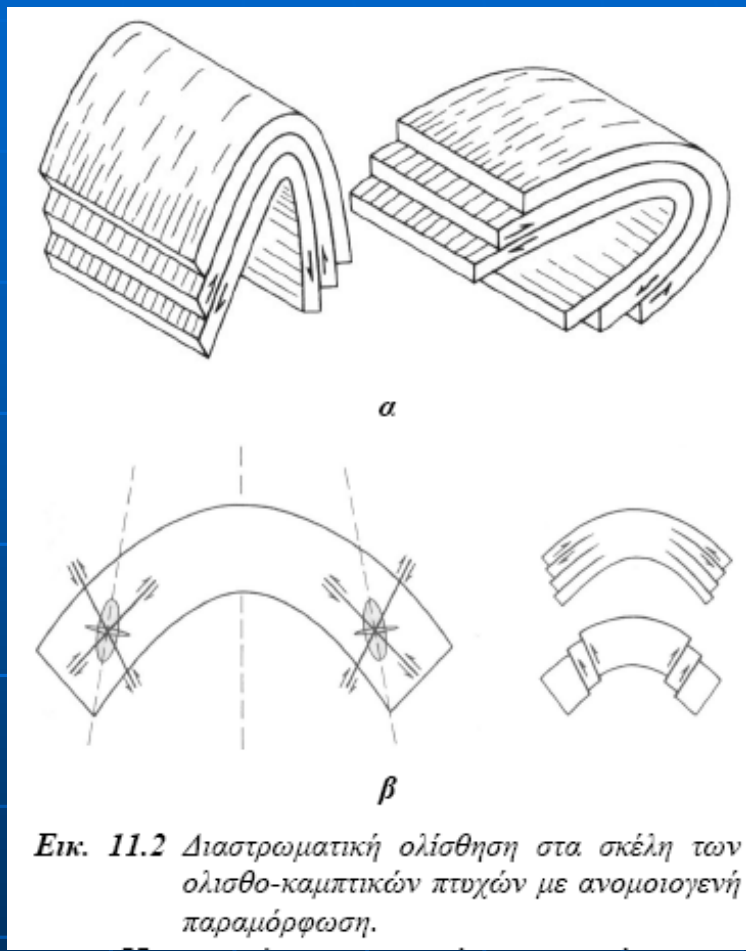
Εικ. 10.30 Διαφορετικός προσανατολισμός αξόνων πτυχών από επαναπτύχωση παλαιότερης πτυχής με διαφορετική φορά και τιμή βύθισης (κατά Ramsay, 1967).

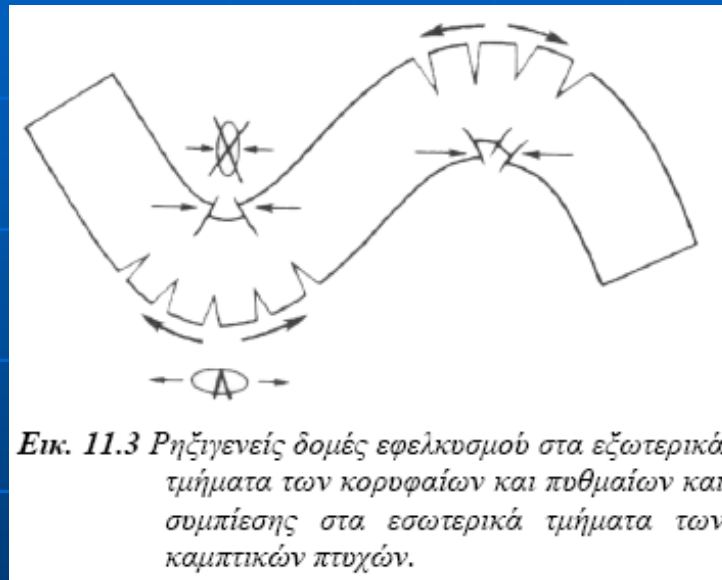


Schematic structural block diagram of typical domains of Cordilleran metamorphic core complexes; A, basement terrane; B, cover terrane; C, decollement zone; a, older metasedimentary rocks; b, older pluton; c, younger pluton (early to middle Tertiary); d, mylonitic foliation; e, mylonitic lineation; f, marble tectonite (black); g, sedimentary and volcanic rocks; h, syn-tectonic sediments.

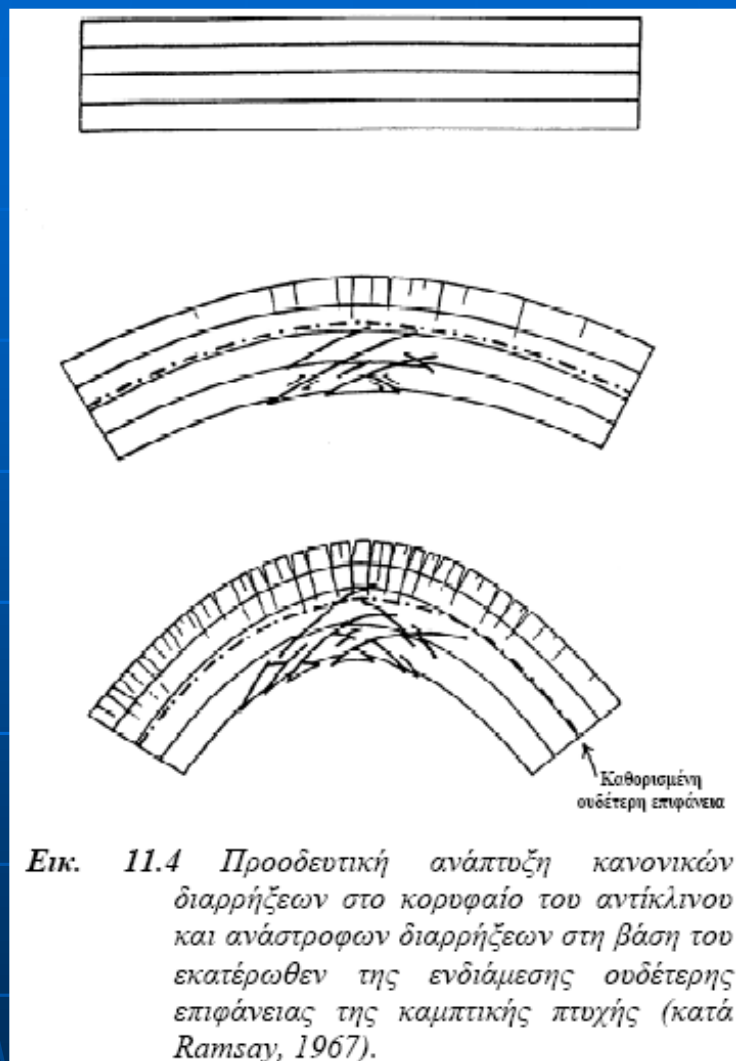


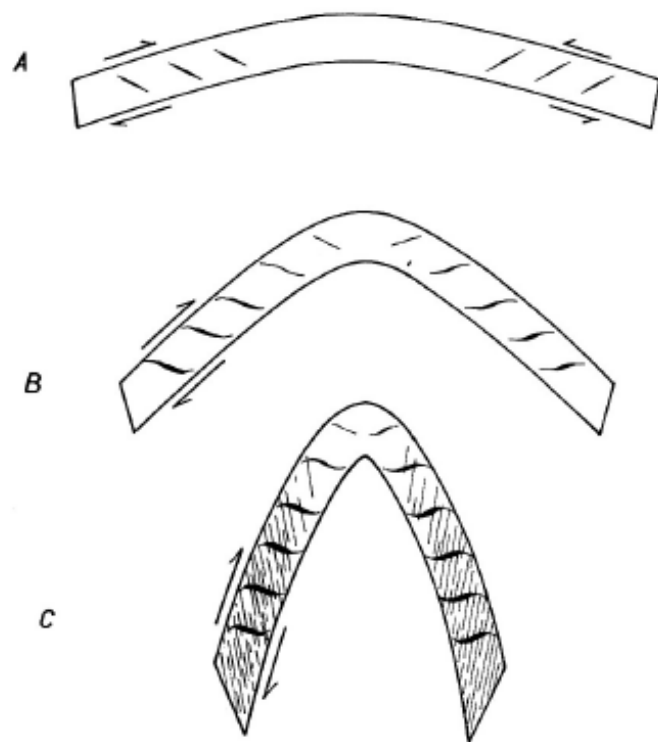
Εικ. 11.1 Δύο πρότυπα μηχανισμών παραμόρφωσης των καμπτικών πτυχών με έντονη παραμόρφωση και φαινόμενα ροής στη δέσμη των στρωμάτων στα σκέλη των πτυχών, που χαρακτηρίζουν τις ροϊκο-καμπτικές πτυχές (α) και διαμήκη επαπτομενική διάτμηση κατά μήκος κάθε στρώματος με εναλλασσόμενες ζώνες εφελκυσμού και διάτμησης στις αξονικές περιοχές (β).



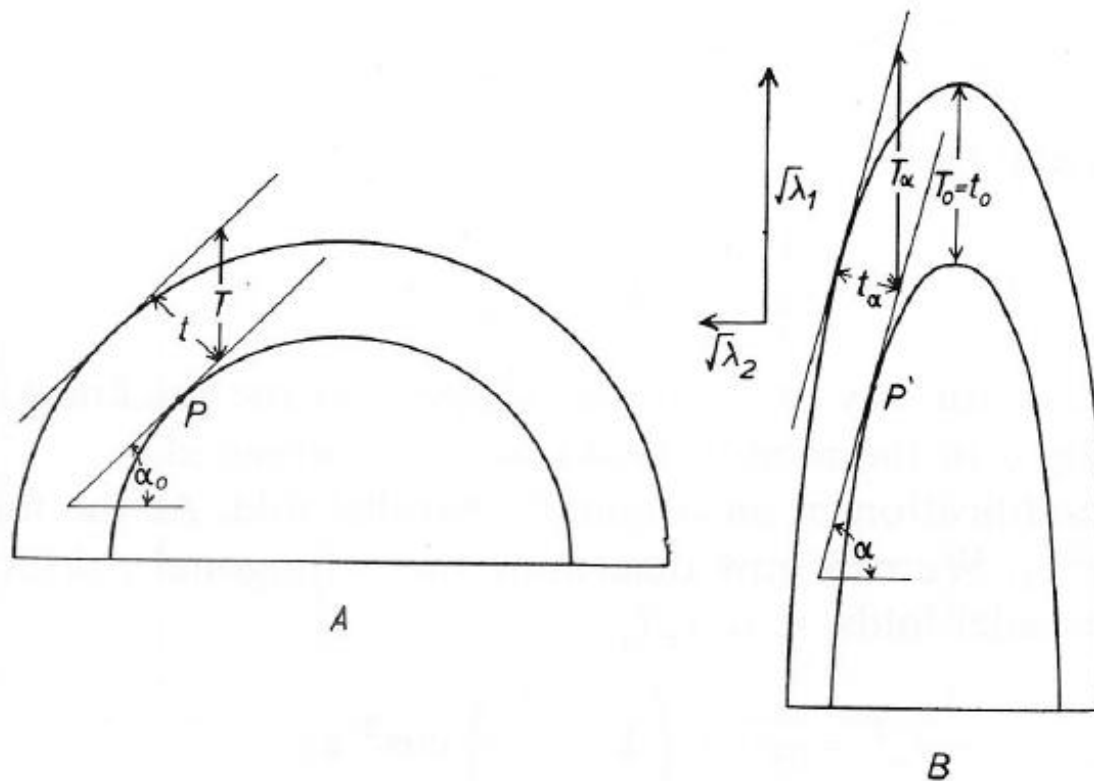


Εικ. 11.3 Ρηξιγενείς δομές εφελκυσμού στα εξωτερικά τμήματα των κορυφαίων και πυθμαίων και συμπίεσης στα εσωτερικά τμήματα των καμπτικών πτυχών.

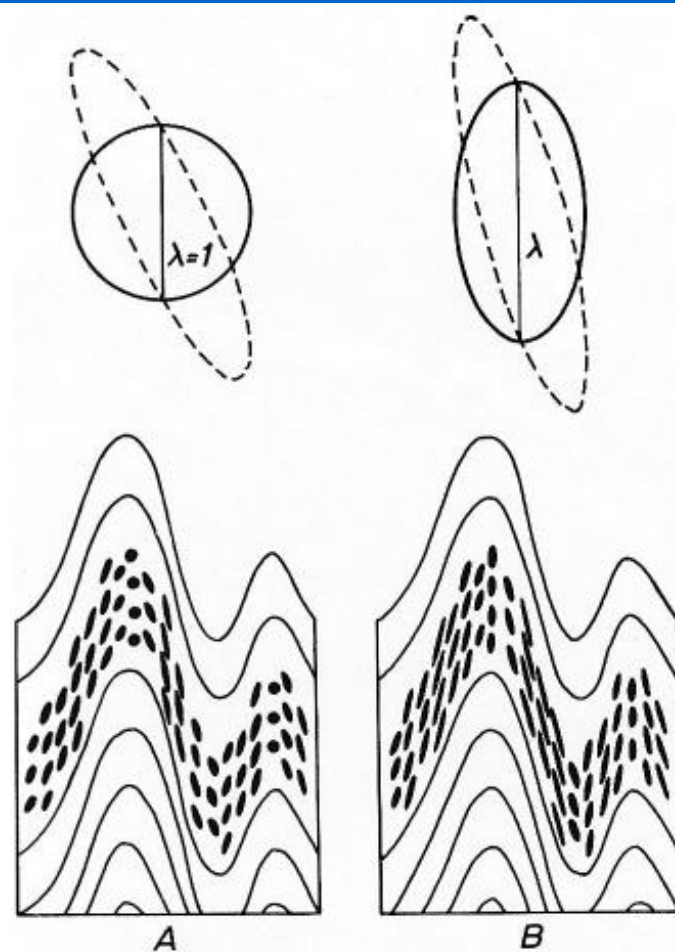




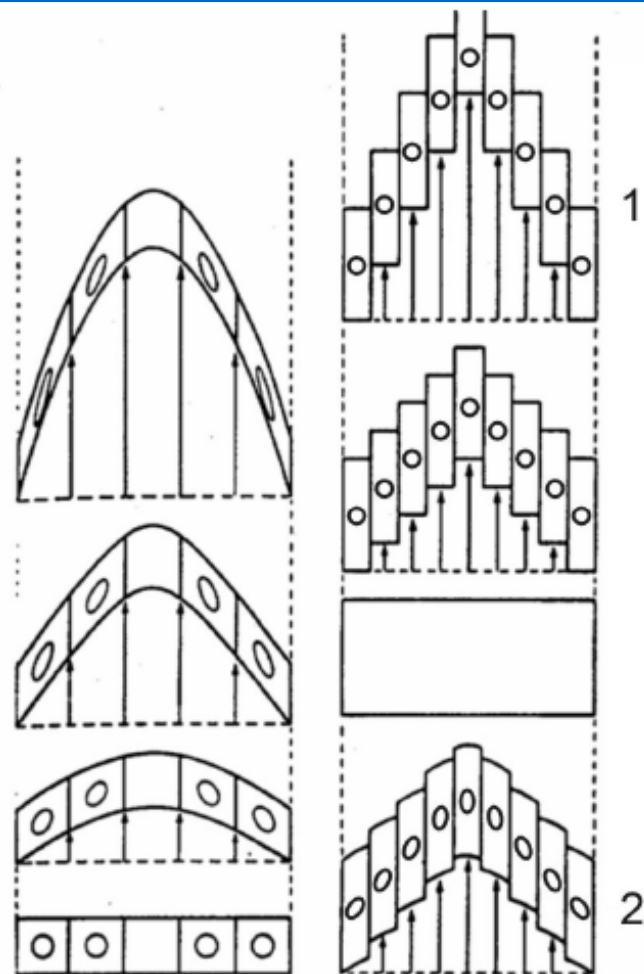
Εικ. 11.5 Προοδευτική ανάπτυξη πτεροειδών διακλάσεων στα σέλη μιας ροϊκο-καμπτικής πτυχής (κατά Ramsay, 1967).



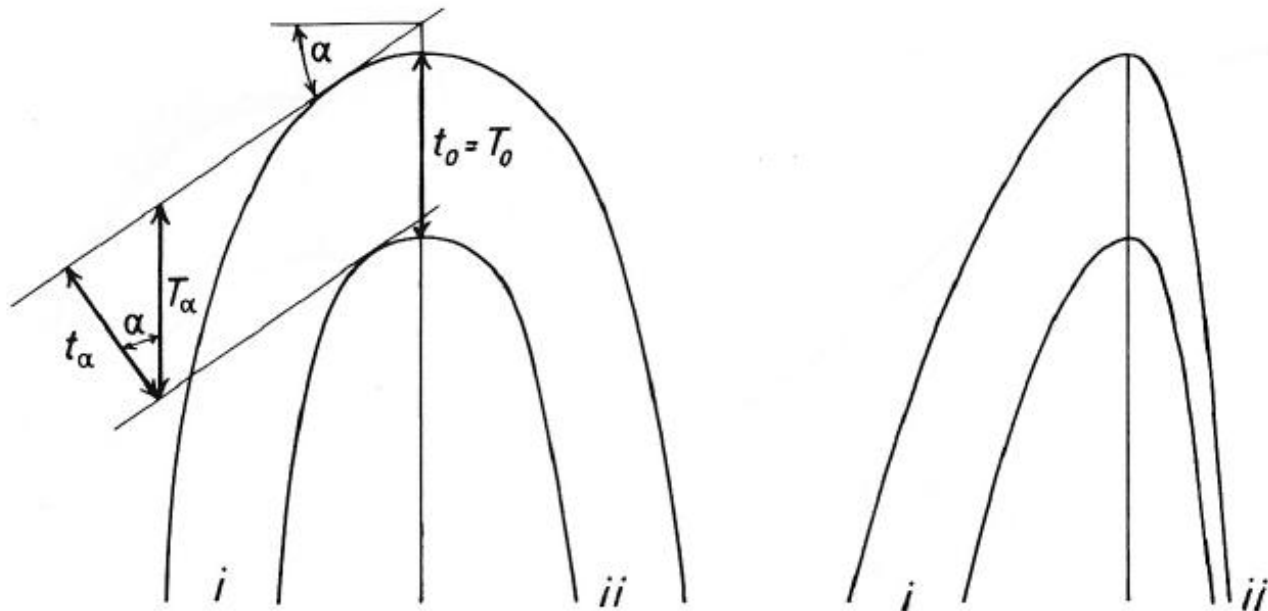
Εικ. 11.6 Μετατροπή μίας ανοικτής παράλληλης – ισοπαχούς πτυχής σε πολύ κλειστή πτυχή από ομοιογενή πλάτυνση (κατά Ramsay, 1967).



Εικ. 11.7 Δύο τύποι εσωτερικής παραμόρφωσης στις ομοειδείς πτυχές με μόνον δράση ετερογενούς απλής διάτμησης, οπότε $\lambda=1$ (Α) ή με δράση ετερογενούς απλής διάτμησης και επιπρόσθετη δράση ομοιογενούς πλάτυνσης, οπότε $\lambda>1$ (κατά Ramsay, 1967).



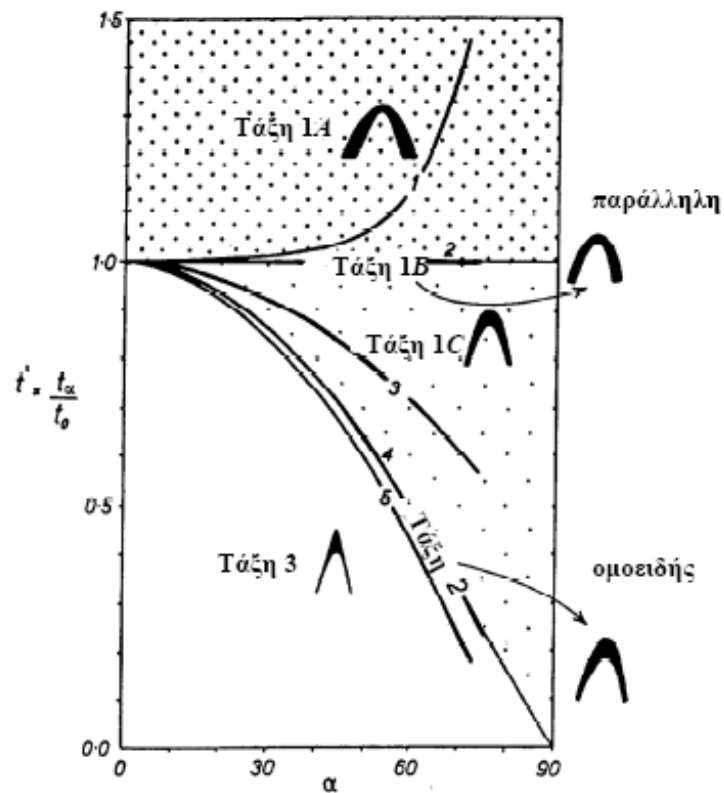
Εικ. 11.8 Προοδευτική παραμόρφωση ροϊκής πτυχής με σταδιακά εντονότερα ελλειψοειδή παραμόρφωσης σε αντίθεση με ανάπτυξη επιφανειών ολίσθησης - ρηξισχισμού (1) όπου δεν υπάρχει εσωτερική παραμόρφωση ανάμεσα στα επίπεδα ολίσθησης και στη μεταβατική περίπτωση όπου οι επιφάνειες ολίσθησης εμφανίζουν και κάμψη - πάρελξη (2).



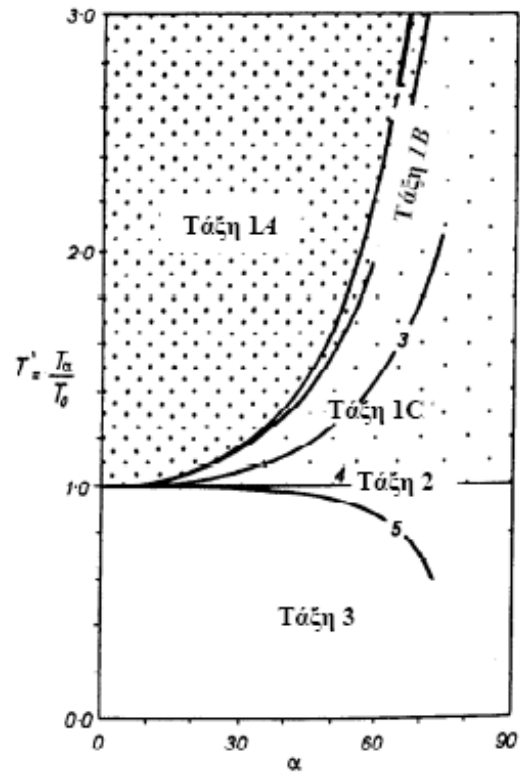
Fold 1

Fold 2

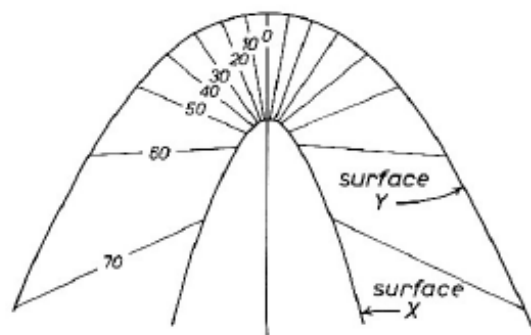
Εικ. 11.9 Προσδιορισμός του ορθογώνιου πάχους, του παραλληλαξονικού πάχους και της γωνίας α σε μία συμμετρική πτυχή (κατά Ramsay, 1967). Η δεύτερη πτυχή είναι ασύμμετρη με διαφορετικές παραμέτρους σε κάθε σκέλος.



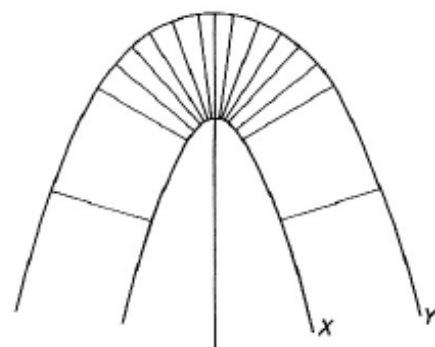
Εικ. 11.10 Διάγραμμα ταξινόμησης με βάση τη μεταβολή του ορθογώνιου πάχους των πτυχών, κατά Ramsay, 1967.



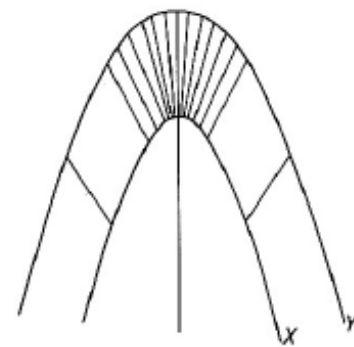
Εικ. 11.11 Διάγραμμα ταξινόμησης με βάση τη μεταβολή του παραλληλαξονικού πάχους των πτυχών, κατά Ramsay, 1967.



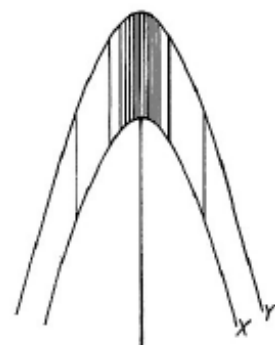
Fold 1 Class 1A



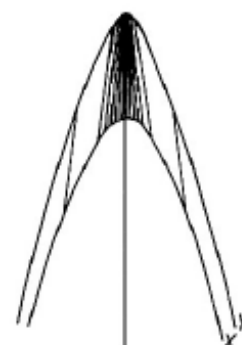
Fold 2 Class 1B (parallel)



Fold 3 Class 1C

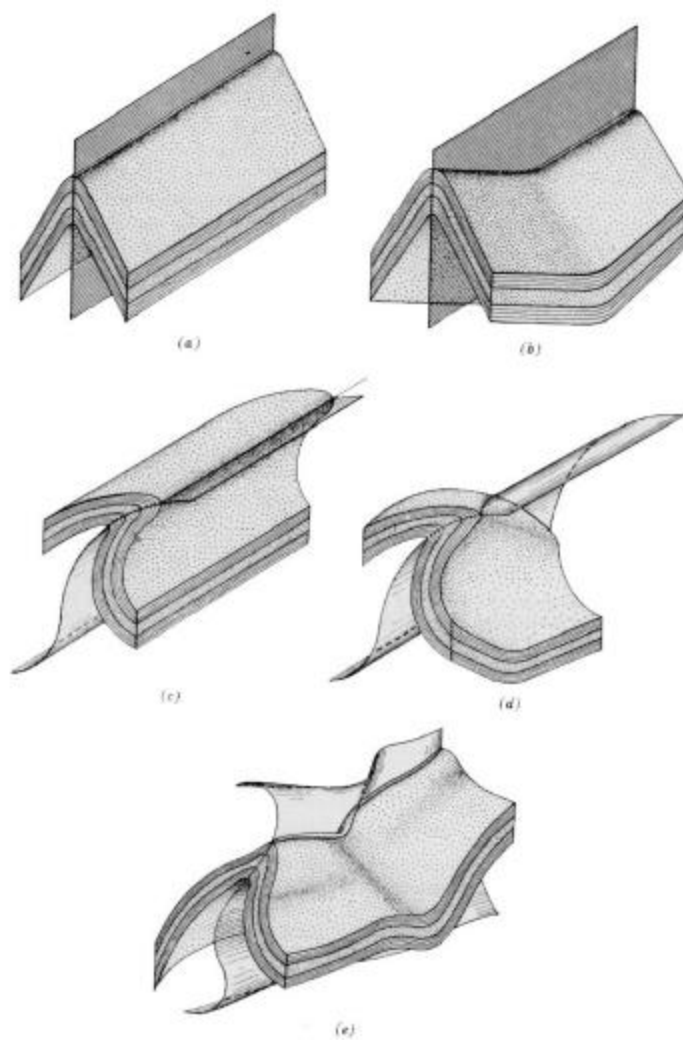


Fold 4 Class 2 (similar)



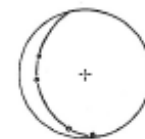
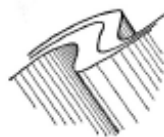
Fold 5 Class 3

Εικ. 11.12 Οι πέντε βασικοί τύποι πτυχών ως προς την μεταβολή του πάχους των στρωμάτων με χρήση των ισογωνίων καμπυλών σχεδιασμένων ανά 10° (κατά Ramsay, 1967).

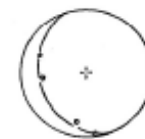
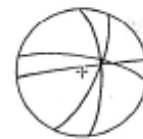


Εικ. 11.13 Τεκτονικές δομές πτυχών ανώτερης και κατώτερης συμμετρίας με βάση τη γεωμετρία του άξονα και του αξονικού επιπέδου. (a) κυλινδρική επίπεδη πτυχή, (b) μη-κυλινδρική επίπεδη πτυχή, (c) μη-επίπεδη κυλινδρική πτυχή, (d) μη-επίπεδη μη-κυλινδρική πτυχή με κυλινδρικό αξονικό επίπεδο, (e) μη-επίπεδη μη-κυλινδρική πτυχή με μη-κυλινδρικό αξονικό επίπεδο (κατά Turner & Weiss, 1963).

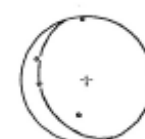
a cylindrical



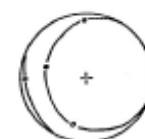
b cylindroidal



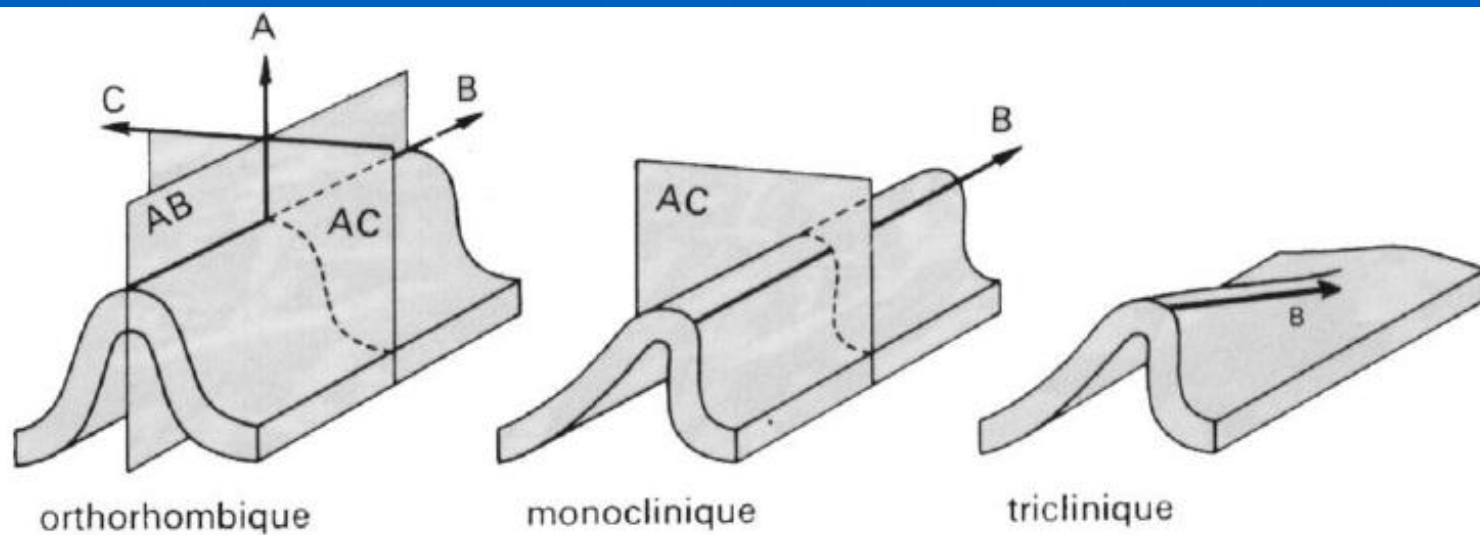
c irregular



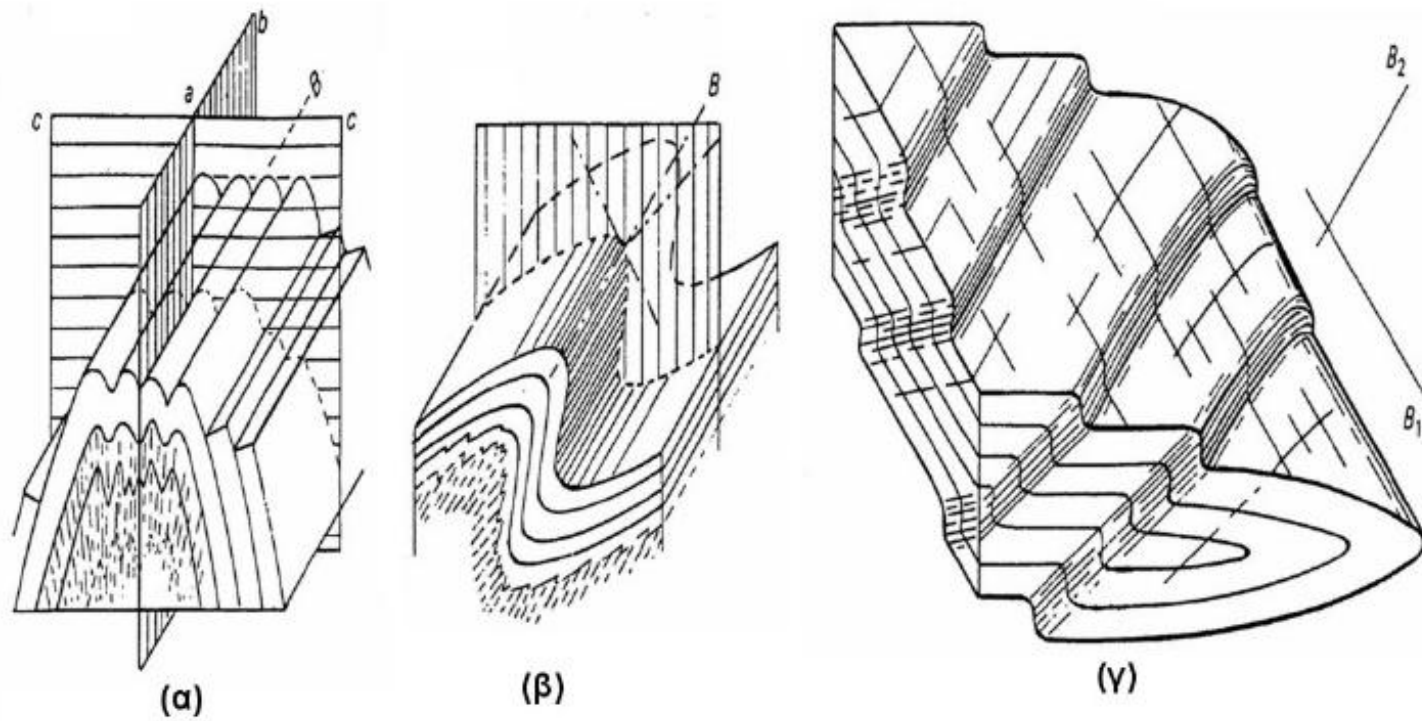
d conical



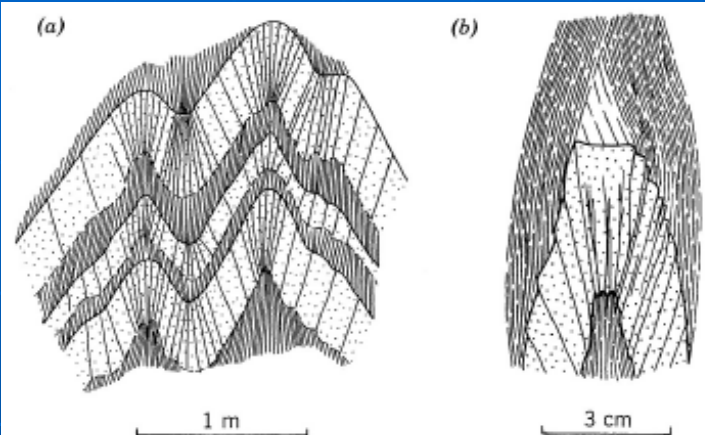
Εικ. 11.14 Διάκριση τεσσάρων κατηγοριών πτυχών με βάση την κυλινδρικότητά τους (κατά Hansen, 1971) με στερεο-σχεδιαγράμματα και προβολές στο δίκτυο με μεγάλους κύκλους και με πόλους. (a) κυλινδρικές, (b) κυλινδροειδείς, (c) ανώμαλες, (d) κωνικές.



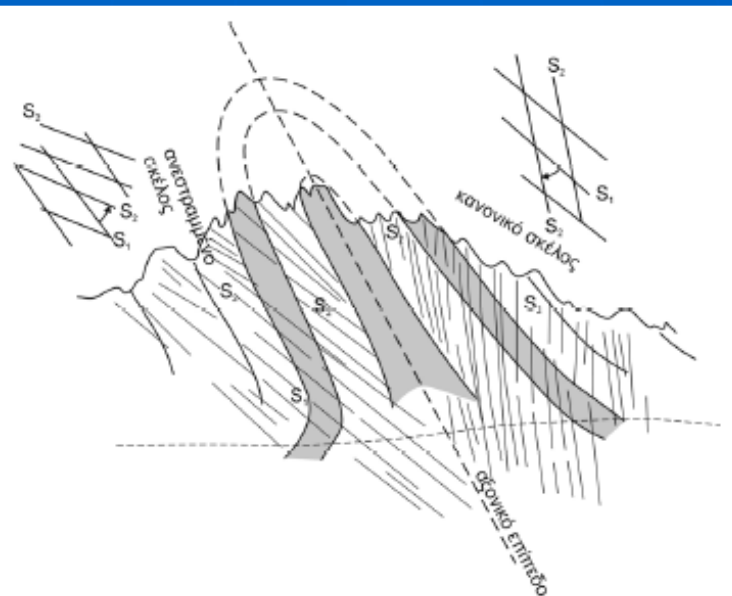
Εικ. 11.15 Ταξινόμηση των πτυχών με βάση τη συμμετρία τους σε ορθορομβικής, μονοκλινοῦς και τρικλινοῦς συμμετρίας.



Εικ. 11.16 Ορθορομβική συμμετρία πτυχής (α), μονοκλινής συμμετρία πτυχής (β) και τρικλινής συμμετρία πτυχής (γ) από επανατύχωση πτυχής αρχικά μονοκλινούς ή ορθορομβικής συμμετρίας (άξονας B_1) από πτυχή μονοκλινούς συμμετρίας (άξονας B_2).

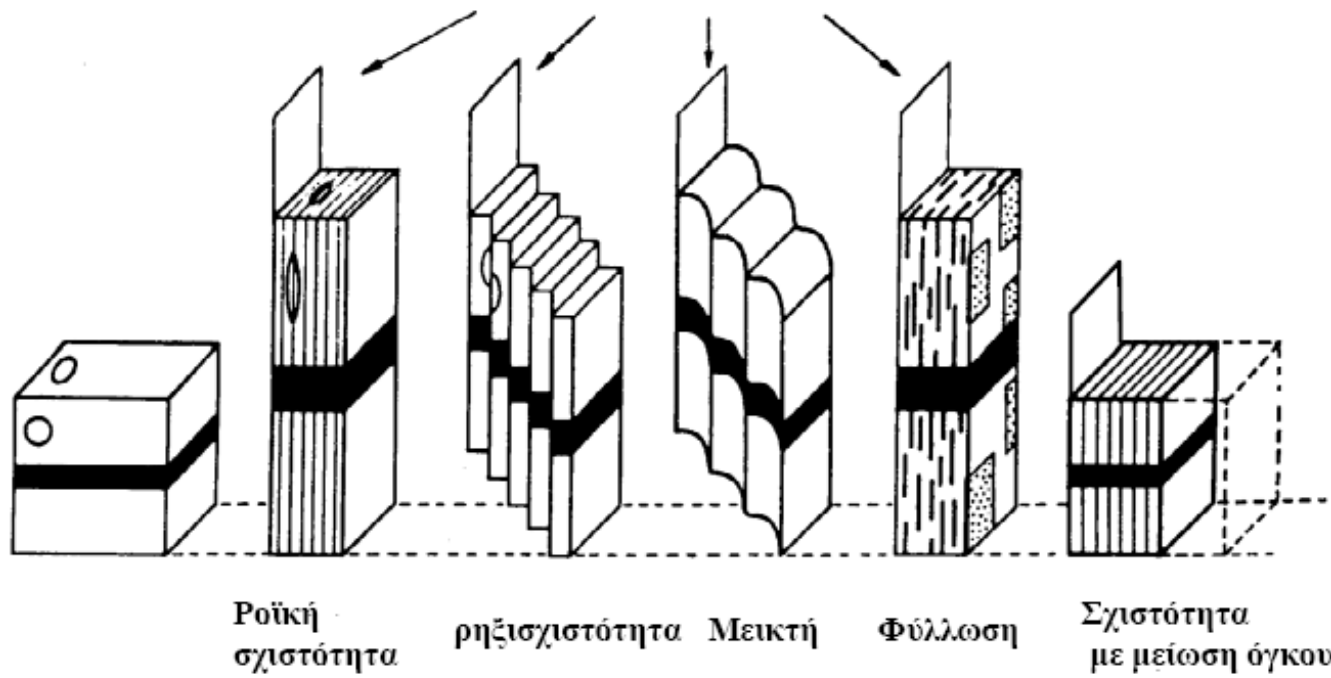


Εικ. 12.1 Ανάπτυξη σχιστότητας κατ' αξονικό επίπεδο πτυχών σε μία δέσμη στρωμάτων διαφορετικής σύστασης με δύσκαμπτους και εύπλαστους ορίζοντες. Η σχιστότητα αναπτύσσεται εντονότερα στους εύπλαστους ορίζοντες με πυκνή παράλληλη διάταξη και μικρές αποκλίσεις από το αξονικό επίπεδο ενώ, αντίθετα, στους δύσκαμπτους ορίζοντες αναπτύσσεται πολύ λιγότερο και με μεγάλες αποκλίσεις από το αξονικό επίπεδο, δημιουργώντας στα κορυφαία και τα πυθμαία των πτυχών μορφές βεντάλιας.



Εικ. 12.2 Προσδιορισμός κανονικού και ανεστραμμένου σκέλους σε πτυχή με σχιστότητα κατ' αξονικό επίπεδο. Στο κανονικό σκέλος η κλίση της σχιστότητας είναι μεγαλύτερη της στρώσης ενώ στο ανεστραμμένο αντίθετα η κλίση της σχιστότητας είναι μικρότερη της στρώσης.

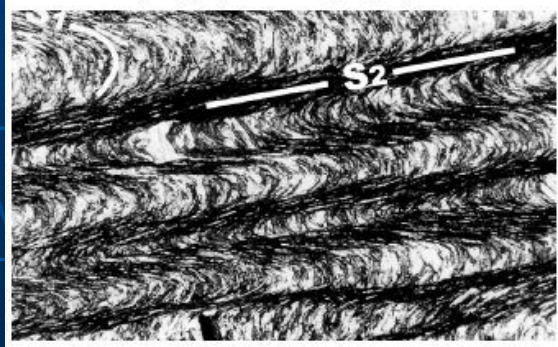
Επίπεδο σχιστότητας



(α)

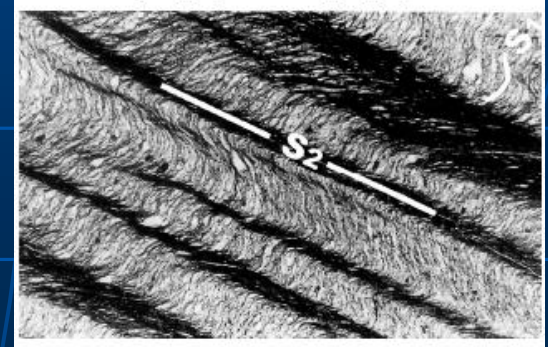
Εικ. 12.3 Διάφοροι τύποι σχιστότητας με επίπεδα ολίσθησης - μικροδιάρρηξης και επίπεδα προσανατολισμού ορυκτών ανάλογα με την επικράτηση μηχανικών ή χημικών διεργασιών (α). Στο μικροσκόπιο συχνά παρατηρούνται μεταβατικές μορφές μεταξύ ολίσθησης και κάμψης με ανάπτυξη S-επιφανειών που βρίσκονται μεταξύ ρηξισχισμού και πτυχοσχισμού (β) και (γ).

Ρηξισχισμός - Πτυχοσχισμός

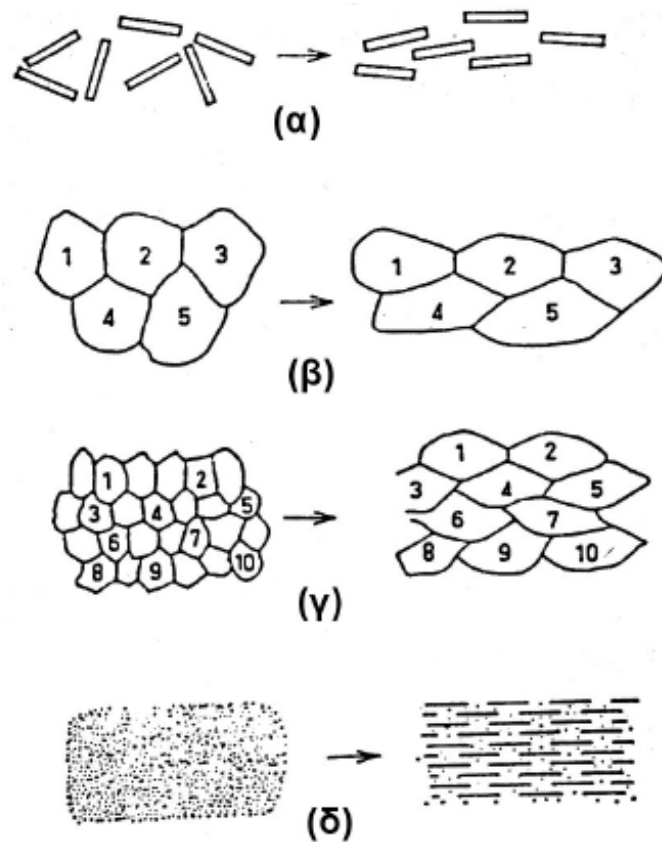


(β)

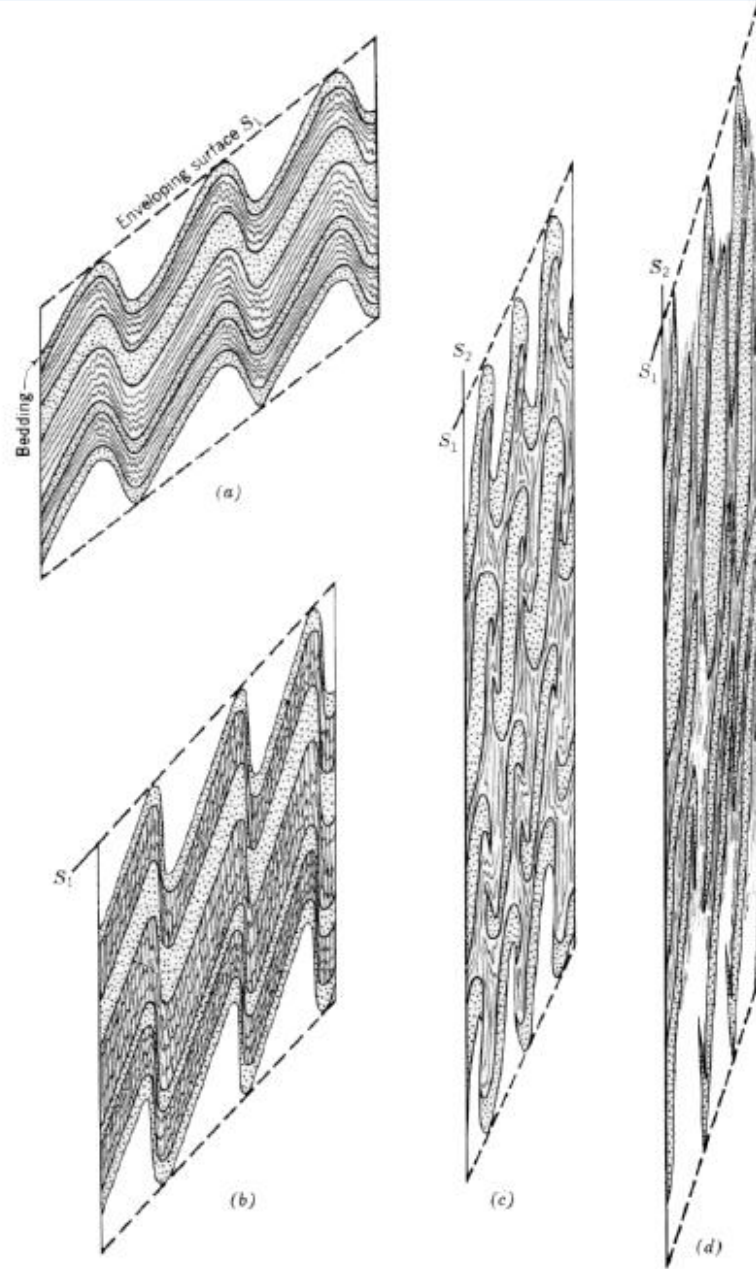
Ρηξισχισμός - Πτυχοσχισμός



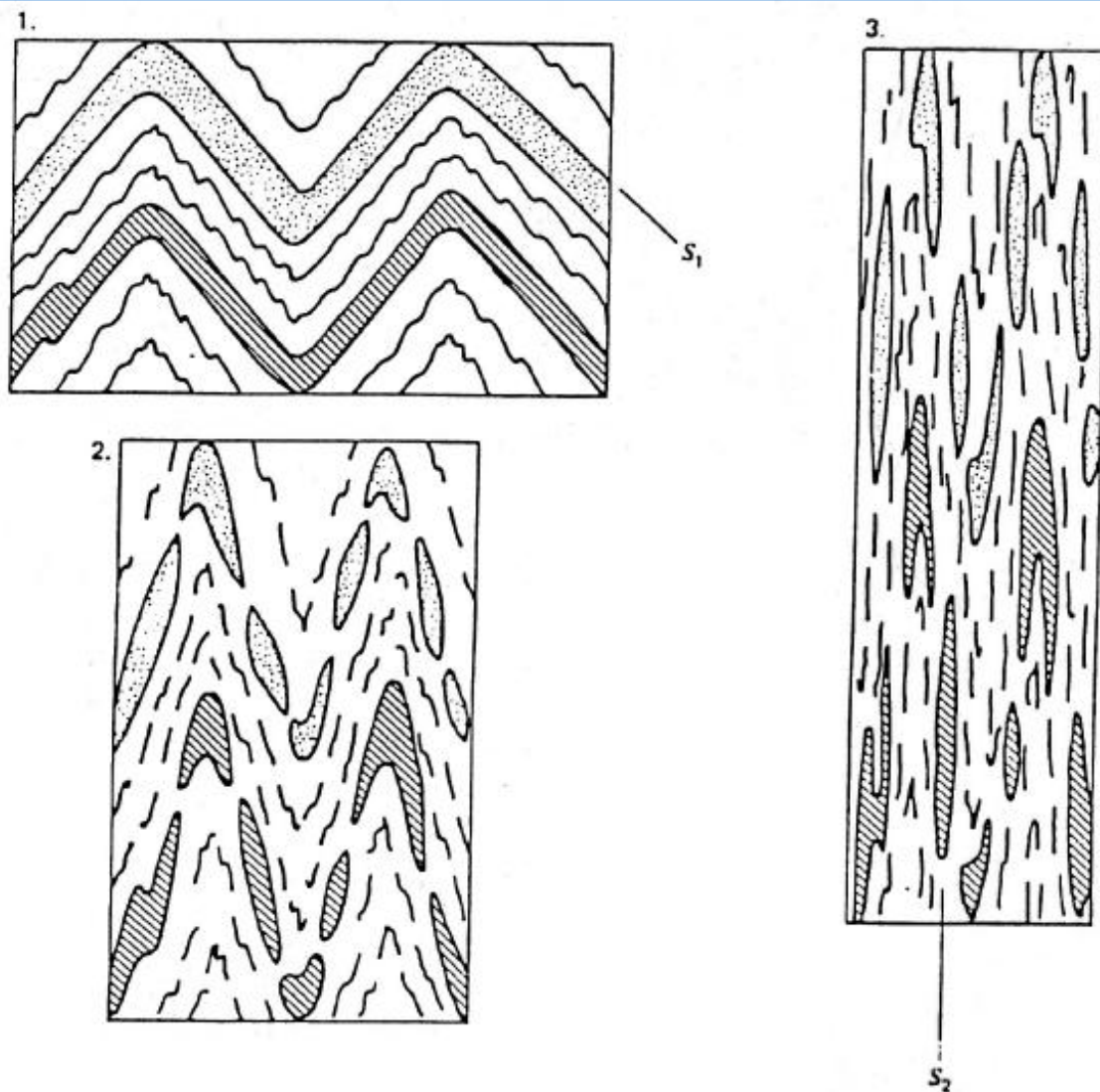
(γ)



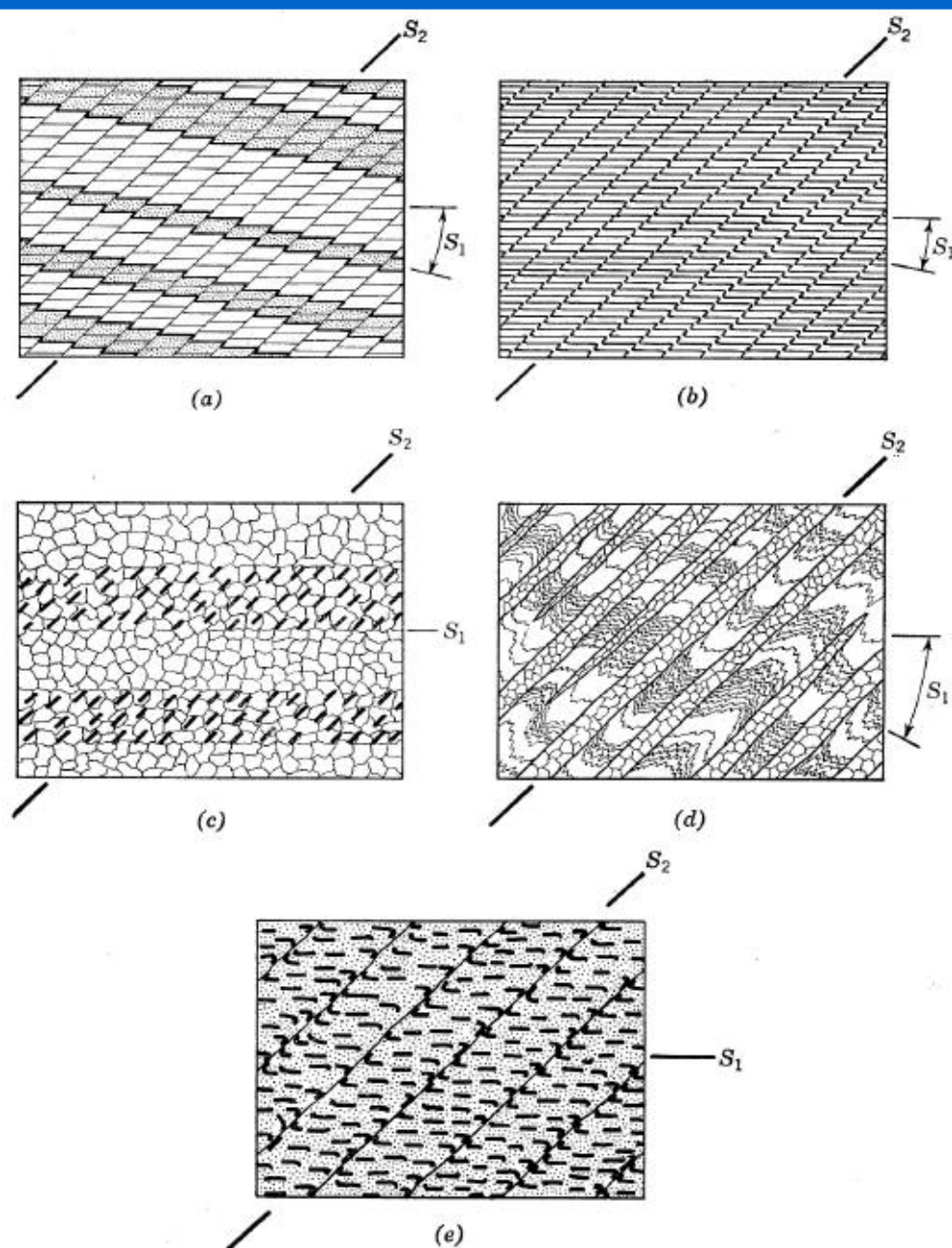
Εικ. 12.4 Μερικοί συνηθισμένοι μηχανισμοί δημιουργίας S-επιφανειών. (α) εξωτερική στρέψη επιμήκων φυλλωδών ορυκτών. (β) Μετατροπή σχήματος κρυστάλλων με μείωση, λόγω διάλυσης υπό πίεση, σε διεύθυνση παράλληλη προς την μέγιστη πίεση και αύξηση σε διεύθυνση κάθετη. (γ) Αύξηση επιλεκτικά ορισμένων κρυστάλλων και εξαφάνιση άλλων με προτιμητέο προσανατολισμό κάθετα στην μέγιστη πίεση. (δ) πυρηνοποίηση αργιλλικών ορυκτών και δημιουργία μεγάλων φυλλωδών κρυστάλλων από μικροκοκκώδες αργιλλικό υλικό.



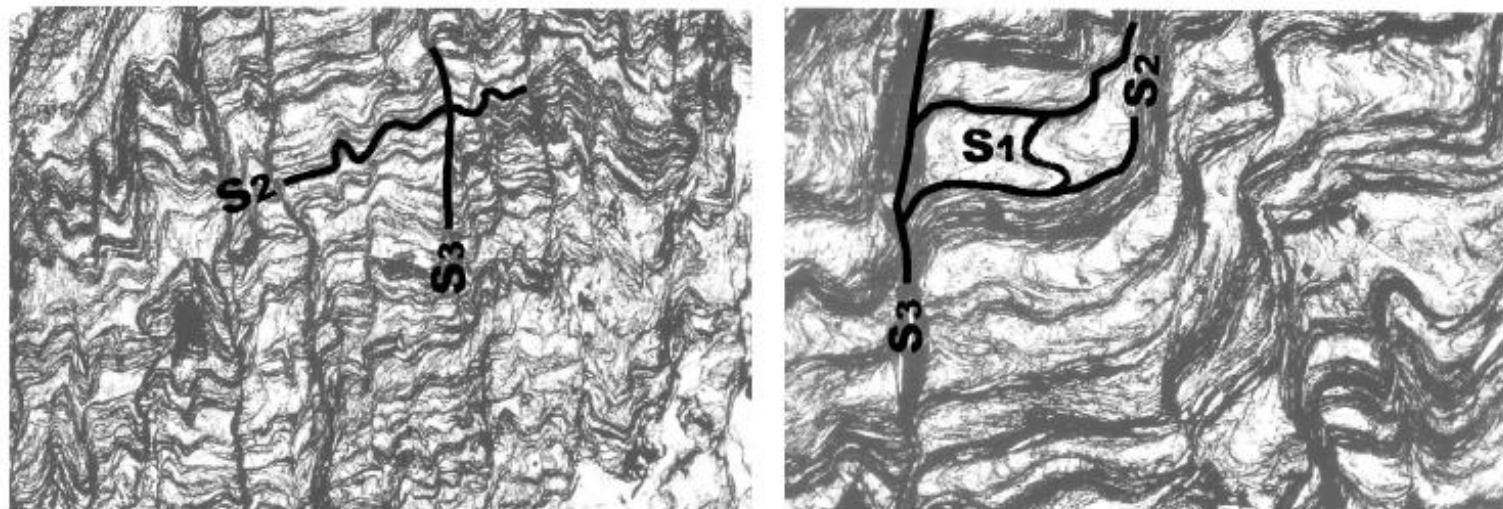
Εικ. 12.5 Σταδιακή μετάθεση της στρώσης και εξαφάνισή της κατά την ασύμμετρη πτύχωση δέσμης δύσκαμπτων και εύπλαστων οριζόντων με αποκοπή των δύσκαμπτων οριζόντων κατά τα ανεστραμμένα κοντά σκέλη των πτυχών και δημιουργία χαοτικής δομής με απομονωμένα ατρακτοειδή σώματα σε μία αργιλική θεμελιώδη μάζα.



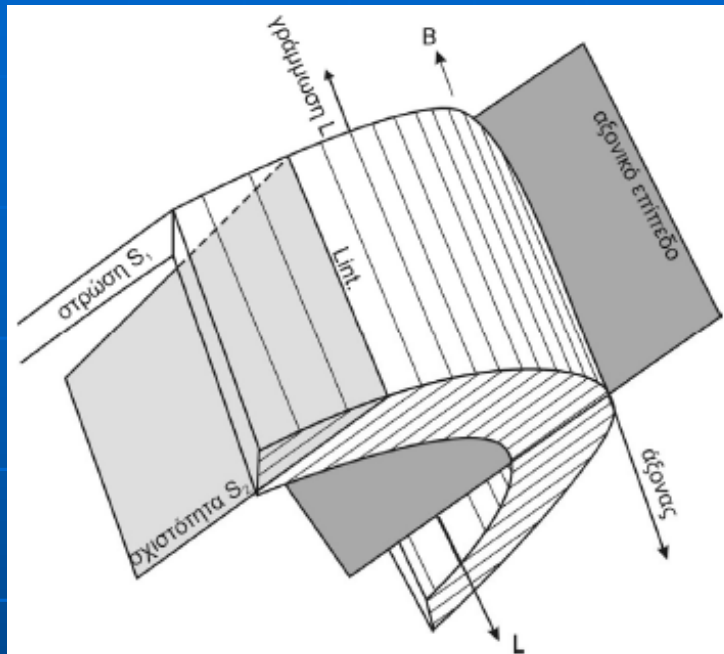
Εικ. 12.6 Δημιουργία μορφών κομπολογιού από απομονωμένα σώματα δύσκαμπτων οριζόντων, λόγω έντονου εφελκυσμού σε προοδευτική πτύχωση με πλάτυνση και δημιουργία χαοτικής δομής που έχει καταστρέψει την στρώση.



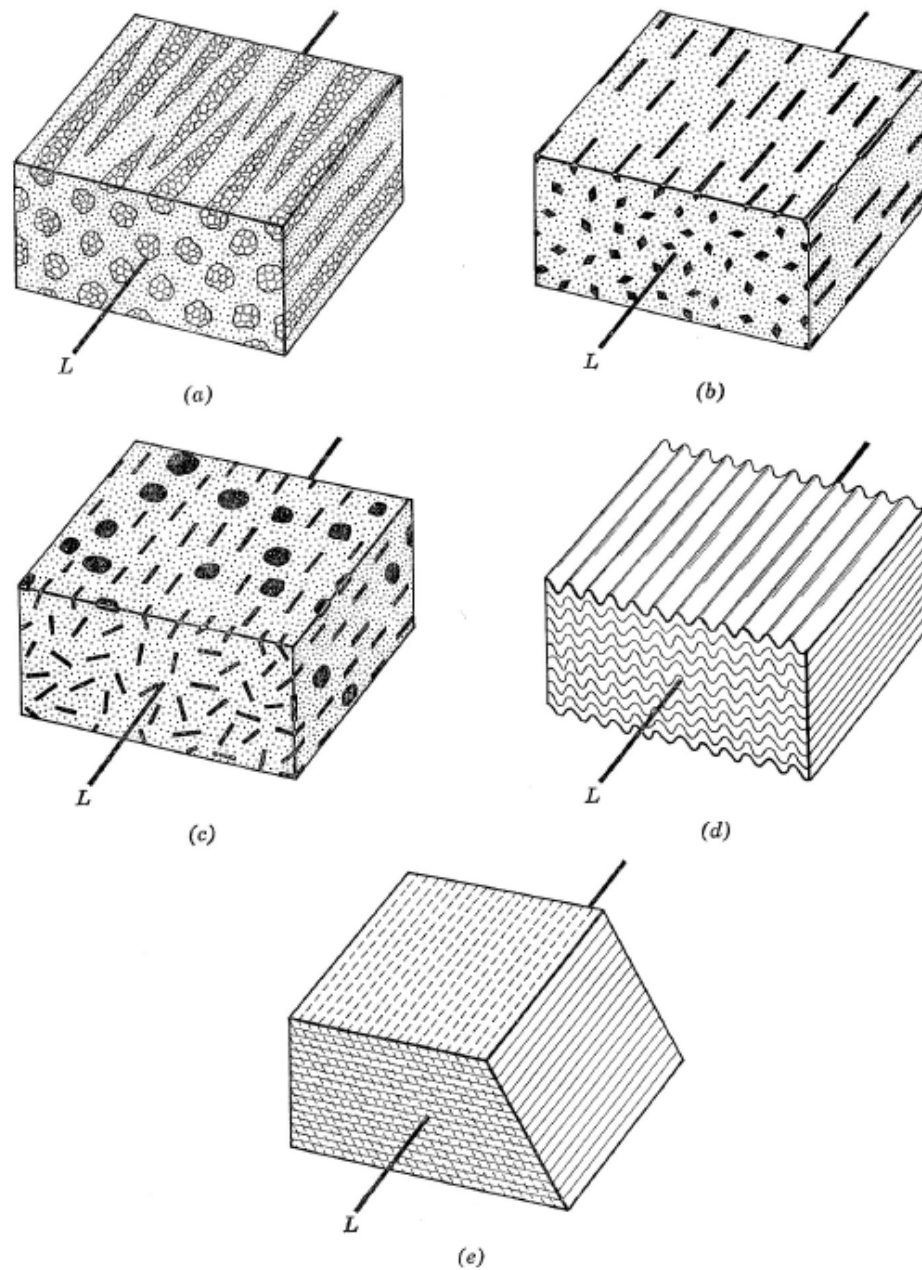
Εικ. 12.7 Μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις διάκρισης δύο S -επιφανειών σε αρχαιότερη S_1 και νεότερη S_2 . Οι επιφάνειες αυτές εκφράζουν στρώση, ορυκτολογική σχιστότητα και σχιστότητα λόγω ολίσθησης – διάρρηξης.



Εικ. 12.8 Διάκριση τριών φυλλώσεων S_1 , S_2 και S_3 σε μικροσκοπικές φωτογραφίες που δείχνει την σχετική χρονολόγηση από την διατομή των αρχαιότερων φυλλώσεων από τις νεότερες.



Εικ. 12.9 Γράμμωση λόγω διατομής σχιστότητας κατ' αξονικό επίπεδο με στρώση. Η γράμμωση είναι παράλληλη με τον άξονα της πτυχής και με την γενική παράταξη των στρωμάτων. Εφόσον υπάρχει και μεταμόρφωση τότε μπορεί να είναι και παράλληλη με την ορυκτολογική γράμμωση, λόγω προσανατολισμού των ορυκτών πάνω στις επιφάνειες σχιστότητας κατ' αξονικό επίπεδο.



Εικ. 12.10 Μερικοί χαρακτηριστικοί τύποι γραμμώσεων (κατά Turner & Weiss, 1963). (a) Γράμμωση λόγω επιμήκυνσης σωμάτων και εφελκυσμού. (b) Γράμμωση λόγω προσανατολισμού ινωδών ορυκτών. (c) Γράμμωση λόγω προσανατολισμού φυλλωδών ορυκτών. (d) Γράμμωση λόγω μικροπτύχωσης. (e) Γράμμωση λόγω διατομής δύο διαμπερών επιπέδων (π.χ. στρώση / σχιστότητα).

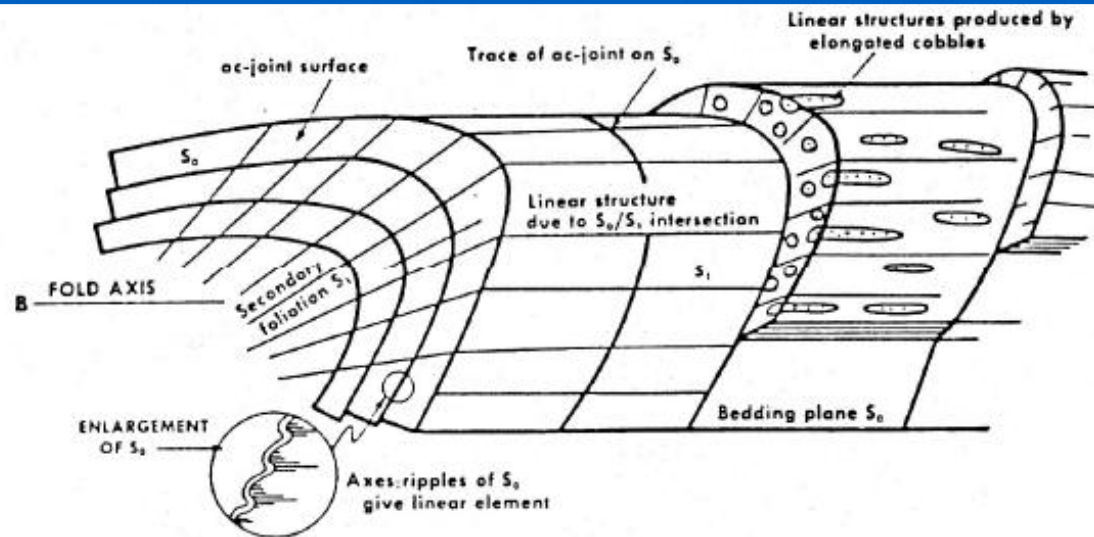


α

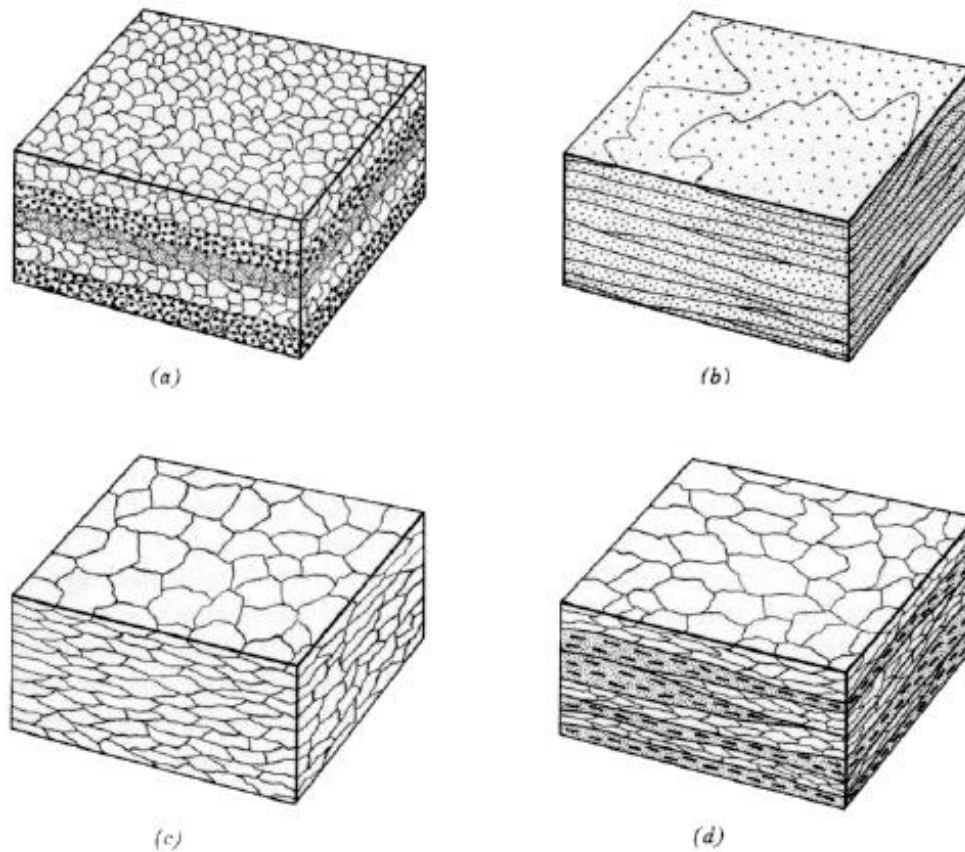


β

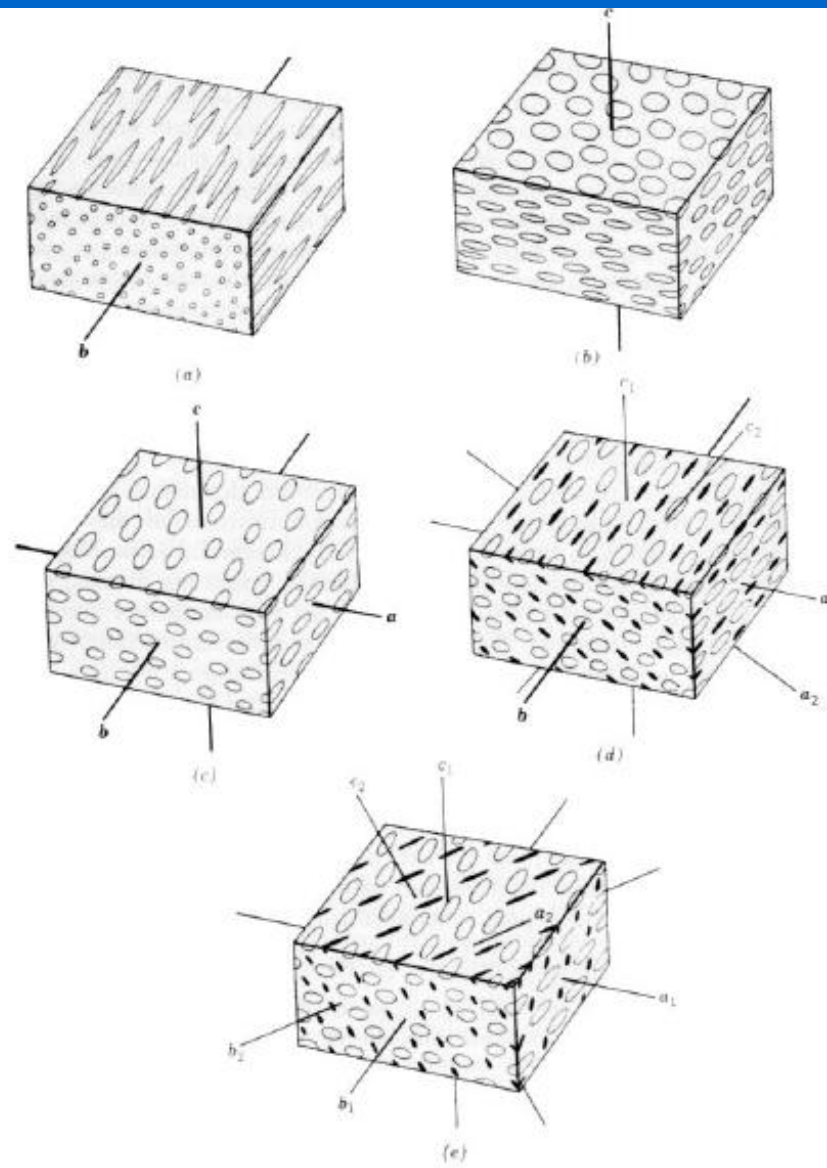
Εικ. 12.11 Χαρακτηριστικές μορφές ράβδωσης από μικροπτύχωση (α) και από λοξοζωνικές πτυχές (β) σε σχιστολιθικά και φυλλιτικά πετρώματα των μεταμορφωμένων των Κυκλάδων (κατά Ραρανικόλαου, 1978).



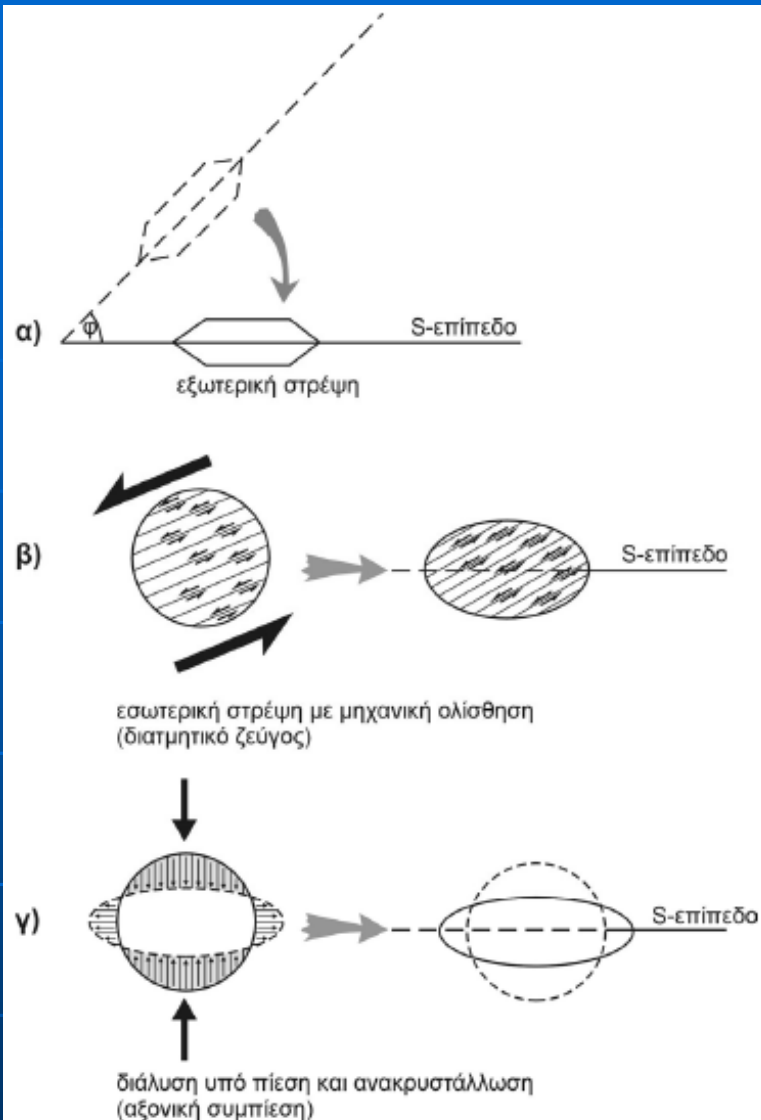
Εικ. 12.12 Διάφορες μορφές γράμμωσης σε πτυχή με διαφορετικούς ορίζοντες, όλες παράλληλες προς τον άξονα B της πτυχής.



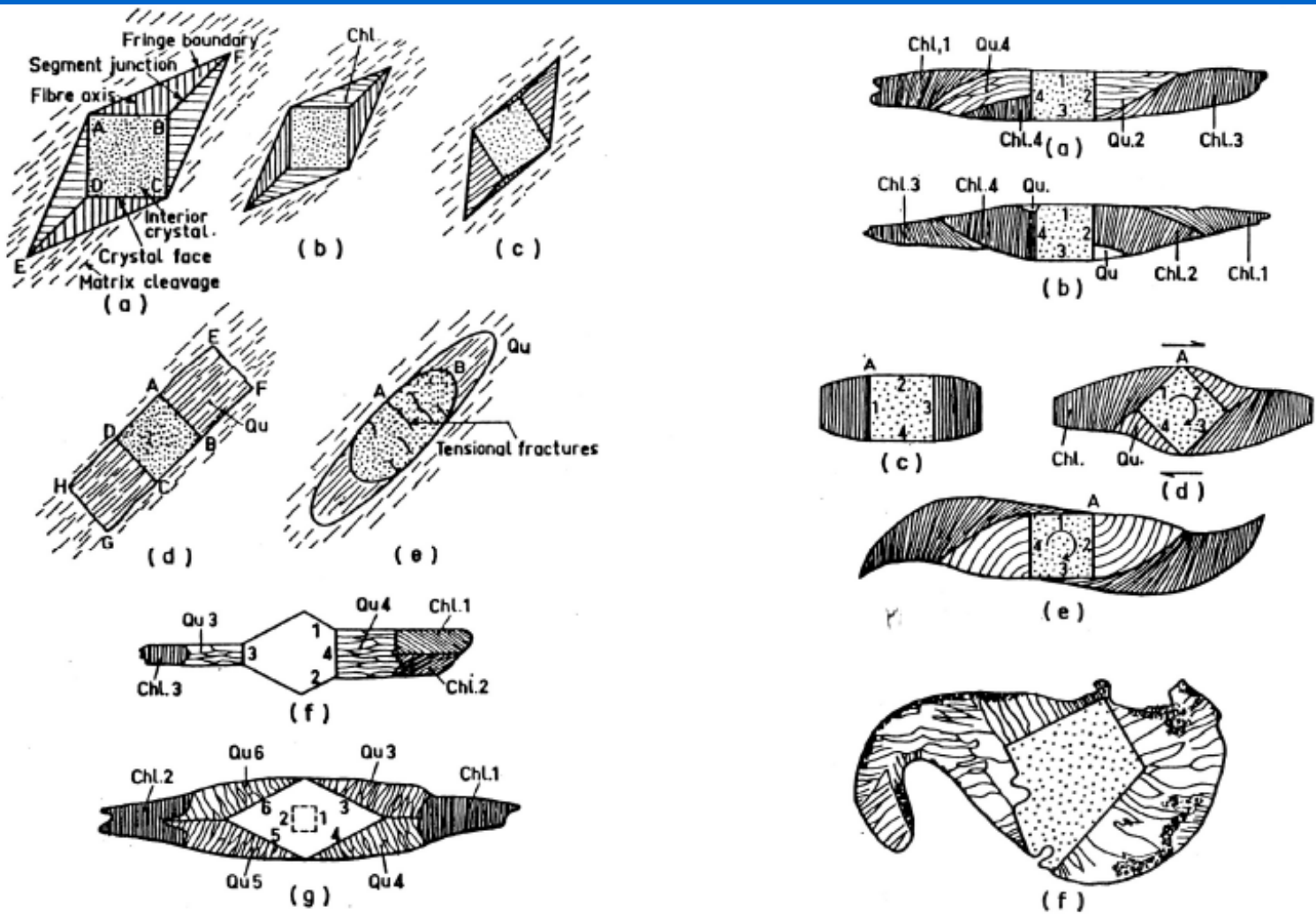
Εικ. 13.1 Διαμόρφωση φύλλωσης από λιθολογική στρωμάτωση (a), ρηξιγενείς επιφάνειες ασυνέχειας (b), προτιμητέο προσανατολισμό σε επίπεδα κόκκων - κρυστάλλων (c) και συνδιασμούς των παραπάνω (d) (κατά Turner & Weiss, 1963).



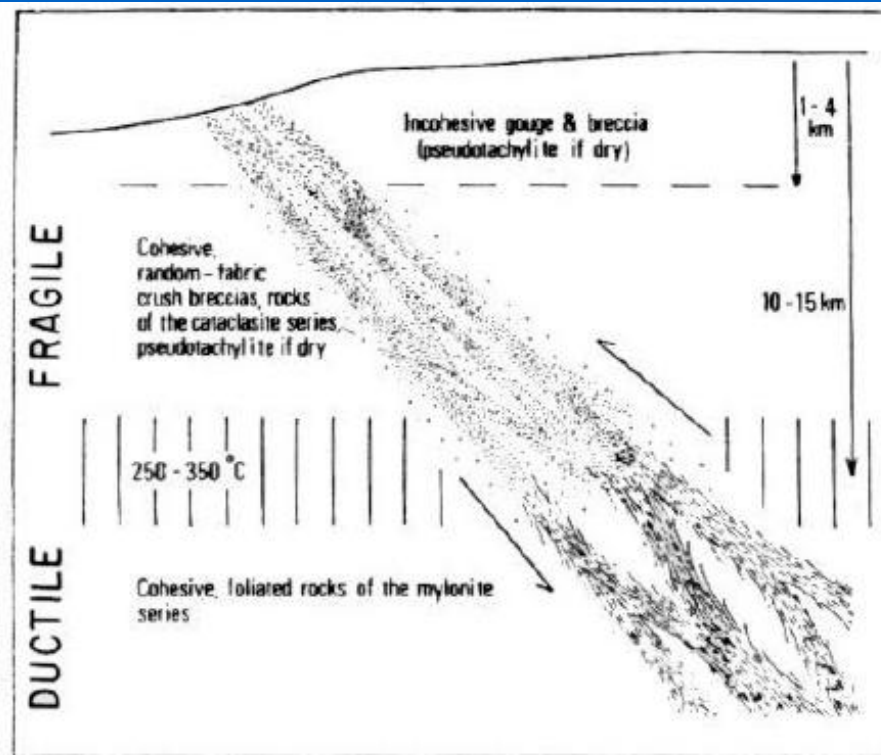
Εικ. 13.2 Συμμετρία τεκτονικού ιστού (κατά Turner & Weiss, 1963). (a) άξονική συμμετρία με άξονα συμμετρίας, (b) άξονική συμμετρία με επίπεδο συμμετρίας, (c) ορθορομβική συμμετρία με τρία επίπεδα και τρεις άξονες συμμετρίας, (d) μονοκλινης συμμετρία με έναν άξονα συμμετρίας, (e) τρικλινης συμμετρία με κανένα επίπεδο ή άξονα συμμετρίας.



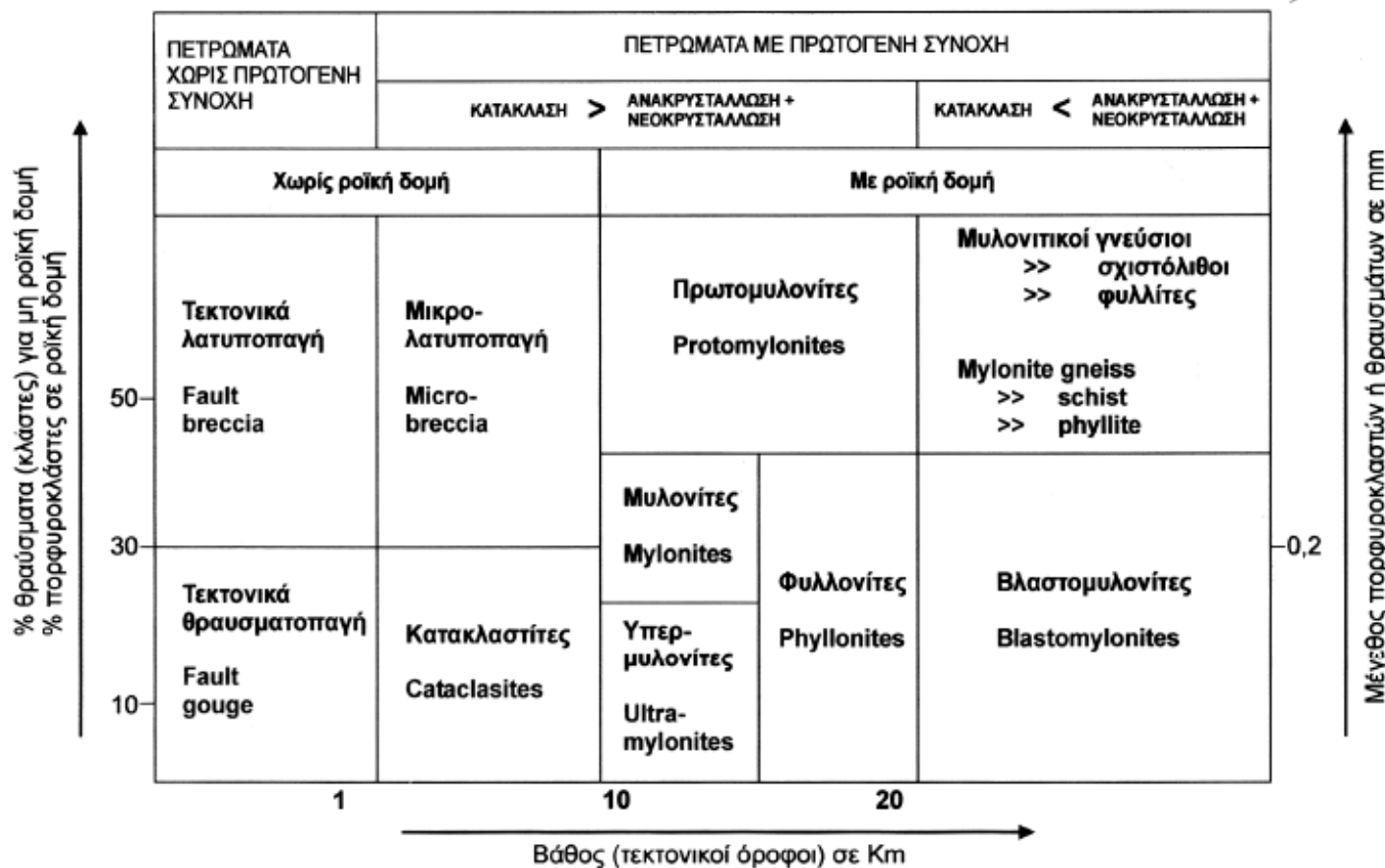
Εικ. 13.3 Μηχανισμοί δημιουργίας τεκτονιτών με εξωτερική στρέψη (α), εσωτερική ολίσθηση με μηχανικές διεργασίες (β) και εσωτερική πλαστική ροή με χημικές διεργασίες διάλυσης υπό πίεση και ανακρυστάλλωσης (γ).



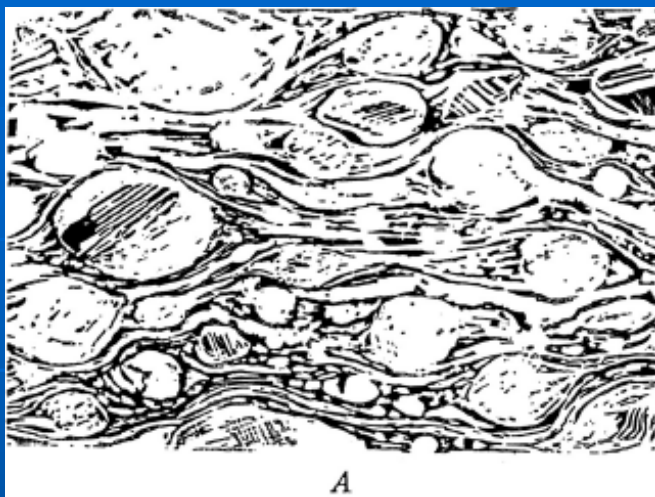
Εικ. 13.4 Χαρακτηριστικές περιπτώσεις πιεζοπαρυφών σε πιεζοσκιές με ανάπτυξη κρυστάλλων στα σημεία ελάχιστης πίεσης. Εφόσον αλλάξει ο προσανατολισμός του εντατικού πεδίου ή η θέση του κρυστάλλου λόγω στρέψης στα διατμητικά ζεύγη των επιφανειών σχιστότητας τότε προκύπτουν σύνθετες μορφές διαδοχικών γενεών κρυστάλλων πιεζοπαρυφών. Εφόσον υπάρξει έντονη διάλυση υπό πίεση περισσότερων ορυκτών τότε μπορεί να αλλάξει και η ορυκτολογική σύσταση των νεότερων πιεζοπαρυφών.



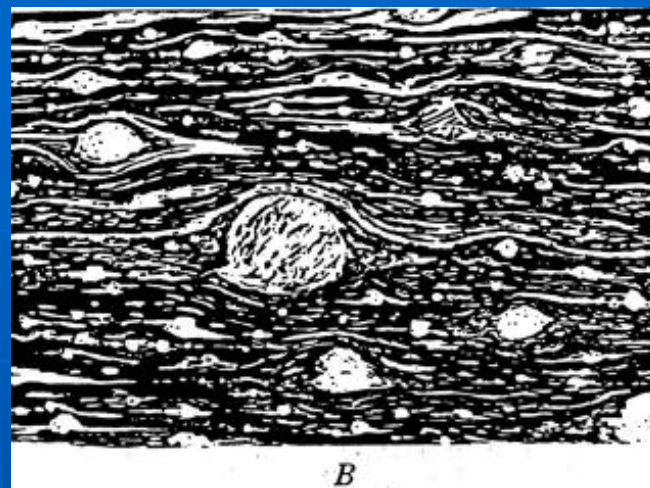
Εικ. 13.5 Διαγραμματική τομή μιάς συμπιεστικής διατμητικής ζώνης στο φλοιό, με διαφοροποίηση των τεκτονικών πετρωμάτων στους διαδοχικούς τεκτονικούς ορόφους (κατά Sibson, 1977).



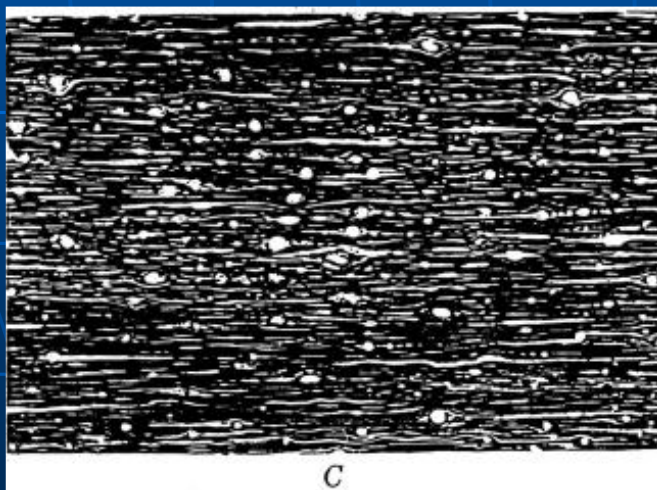
Εικ. 13.6 Ταξινόμηση τεκτονικών πετρωμάτων κατά Higgins, 1971.



A



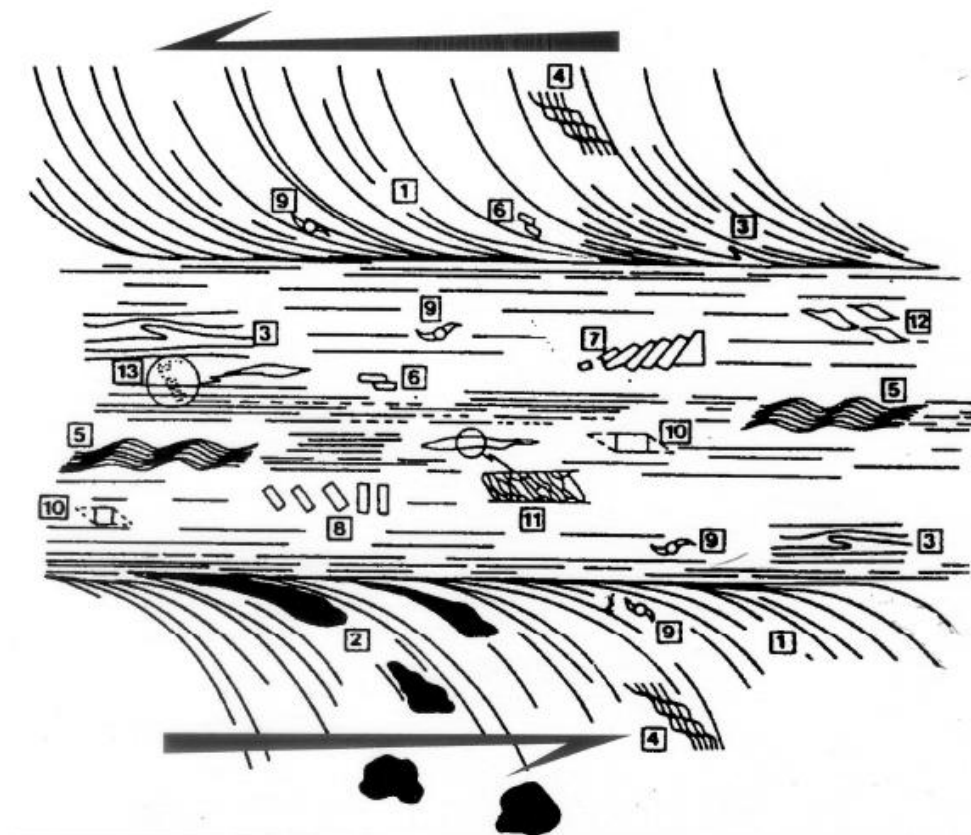
B



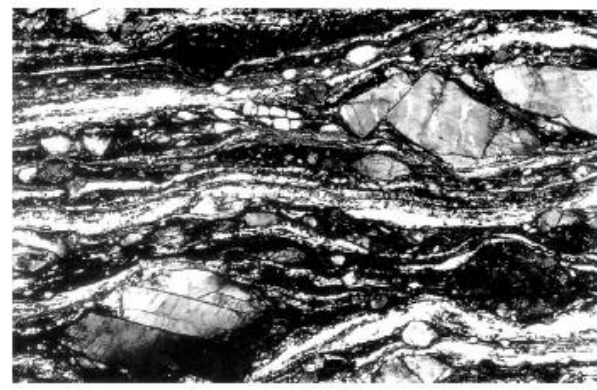
C

2 mm

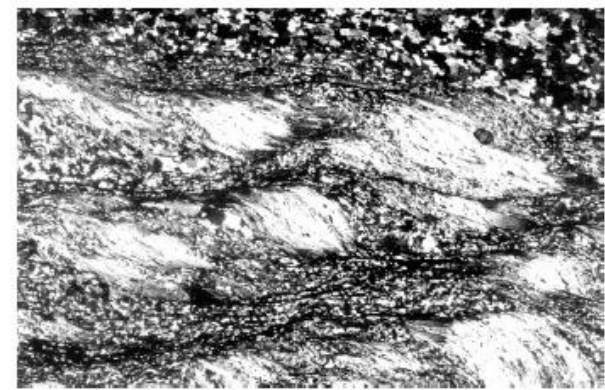
Εικ. 13.7 Αντιπροσωπευτικές εικόνες από μικροσκόπιο πρωτομυλονίτη (A), μυλονίτη (B) και υπερμυλονίτη (C) με την χαρακτηριστική γραμμική κλίμακα των 2 mm σαν μέτρο σύγκρισης.



α



β



γ

Εικ. 13.8 Μερικές περιπτώσεις κινηματικών δεικτών σε διατμητικές ζώνες (α) και μικροφωτογραφίες από μικροσκόπιο σε χαρακτηριστικές εικόνες μυλωνιτών (β) και (γ).

Τέλος

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/GEOL135/>

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Δημήτριος Παπανικολάου, Στυλιανός Λόζιος 2015. Δημήτριος Παπανικολάου, Στυλιανός Λόζιος. «Τεκτονική Γεωλογία. Ενότητα 1: Πλαστική παραμόρφωση». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL4>.

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.