

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
 Σχολή Θετικών Επιστημών



Μεταμορφισμός στον Ελληνικό χώρο

Ιωάννης Ηλιόπουλος

Πάτρα, 2020

1



2

Η θέση της Ελλάδας
στο Παγκόσμιο γεωτεκτονικό σύστημα

3



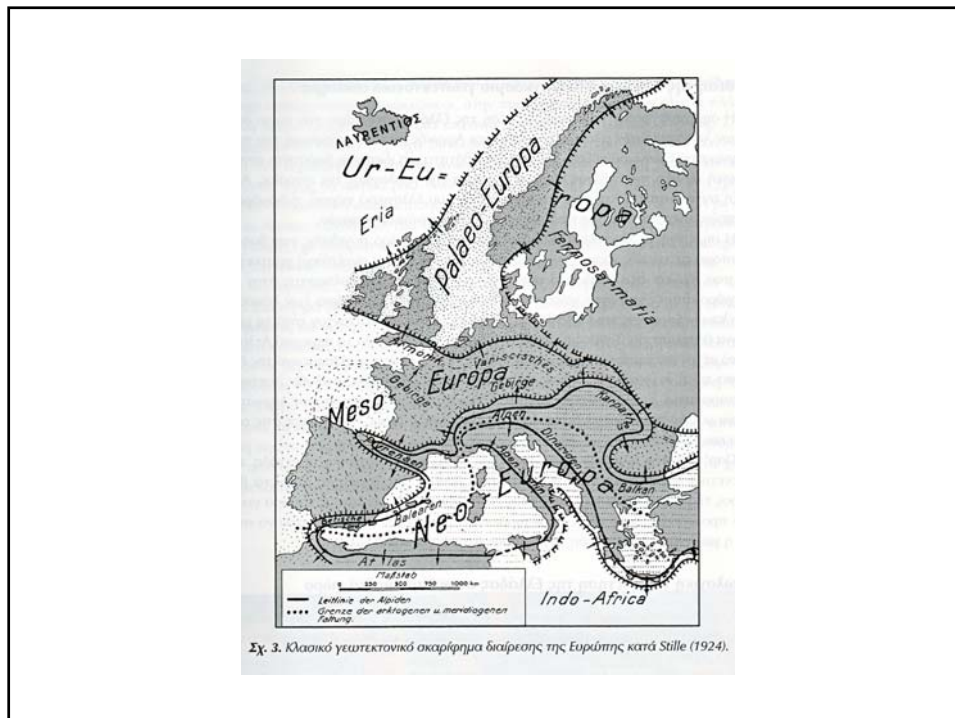
4

Γεωλογική τοποθέτηση της Ελλάδας στον Ευρωπαϊκό χώρο

5

- ❑ **Πανάρχαια Ευρώπη:** Προτεροζωϊκό
- ❑ **Παλαιά Ευρώπη:** Καληδονική ορογένεση του Κάτω Παλαιοζωϊκού (Κάμβριο – Κ. Δεβόνιο)
- ❑ **Μέση Ευρώπη:** Ερκύνιο ορογένεση του Ανω Παλαιοζωϊκού (Μ. Δεβόνιο – Πέρμιο)
- ❑ **Νέα Ευρώπη:** από ιζήματα του Αλπικού γεωσυγκλίνου μέσω Αλπικών πτυχώσεων (Μεσοζωϊκό-Καινοζωϊκό)

6

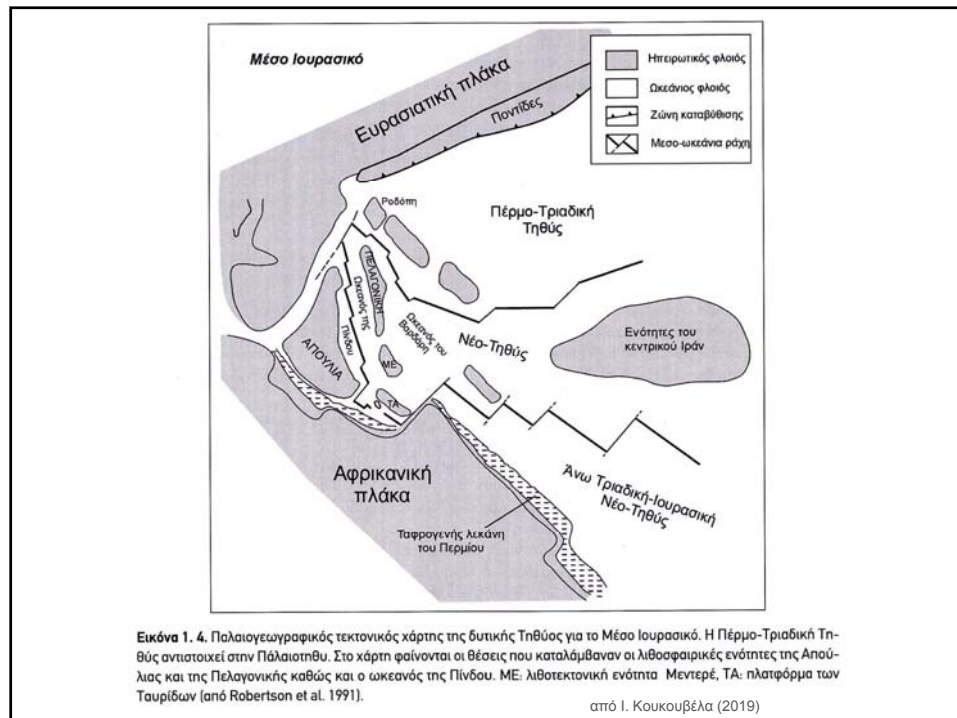


7

- Νέα Ευρώπη: δημιουργήματα των Αλπικών ορογενετικών διεργασιών
- Αλπικό γεωσύγκλινο
- Αρχή Μεσοζωϊκού (Τριαδικό) έως Καινοζωϊκό



8



9

Τι περιλάμβανε ή Τηθύς;

- Ωκεάνιες λεκάνες που διανοίχθηκαν κατά τη διάρκεια του Κατώτερου Μεσοζωικού. Οι λεκάνες αυτές στη συνέχεια έκλειναν από το Ιουραϊκό έως και σήμερα.
- Μία ακολουθία προ-αλπικών ηπειρωτικών τεμαχών (**τεκτονο-στρωματογραφικές επαρχίες**), τα περισσότερα εκ των οποίων προήλθαν από την Γκοντβάνα και αποτελούσαν ρηχές ανθρακικές πλατφόρμες που γενικά μετανάστευαν προς τα βόρεια.

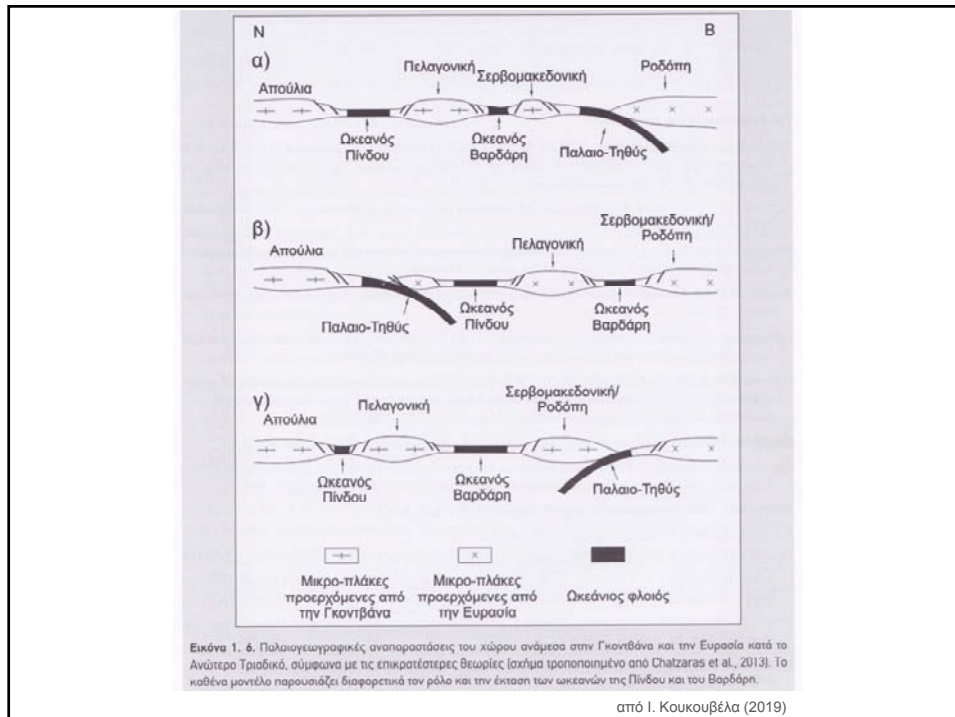
Αυτές προέκυψαν ως αποτέλεσμα του μετασχηματισμού του περιθωρίου της Γκοντβάνα σε τάφρο κατά το Τριαδικό και της επακόλουθης προσάρτησής τους στο Ευρασιατικό περιθώριο κατά το Λιάσιο έως το Ανώτερο Μειόκαινο (Paranikolaou 1989a, 1997).

10

Το Ευρωπαϊκό περιθώριο

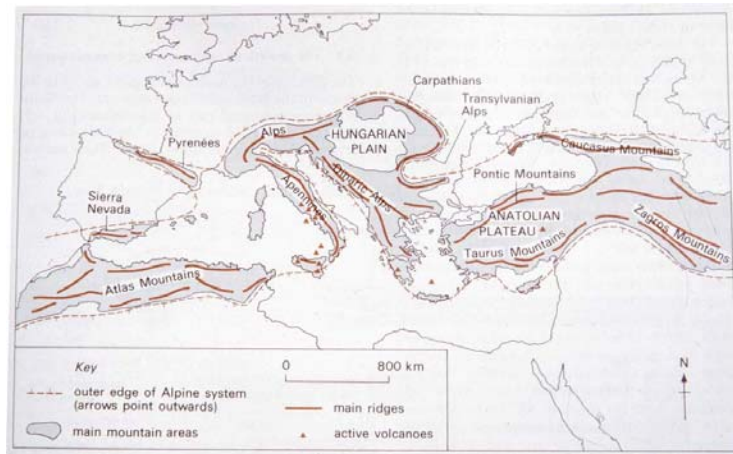
- Η ιστορία του χαρακτηρίζεται από
 - μια ακολουθία υποβυθίσεων ωκεάνιων λεκανών,
 - που τις διαδέχθηκαν μικρό-συγκρούσεις των ηπειρωτικών τεκτονο-στρωματογραφικών επαρχιών (Τ.Ε.)
- Τα κύρια ορογενετικά επεισόδια που σχετίζονται με την προσάρτηση των Τ.Ε. στον νότιο Ευρωπαϊκό περιθώριο είναι γνωστά
 - στο Ανώτερο Τριαδικό – Λιάσιο (Κιμμέρια Ορογένεση),
 - στο Ανώτερο Ιουρασικό – Κατώτερο Κρητηδικό (Παλιό-Αλπική Ορογένεση), και στο
 - Ηώκαινο – Μειόκαινο (κύρια Αλπική Ορογένεση)

11



12

□ Δημιουργία Αλπικού ορογενετικού συστήματος

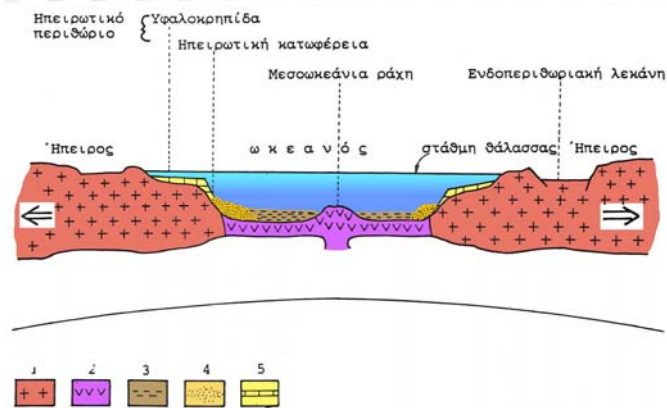


13

- **Προαλπικά ιζήματα:** πετρώματα που σχηματίστηκαν πριν την έναρξη λειτουργίας του αλπικού γεωσυγκλίνου. Αν και ήταν ήδη πτυχωμένα, προσβλήθηκαν τουλάχιστον μερικώς και από την αλπική ορογένεση
- **Αλπικά ιζήματα:** όλα τα ιζήματα που αποτέθηκαν στο Αλπικό ιζήματα και έχουν ηλικία Τριαδική και νεώτερη. Τελευταίο ίζημα που αποτέθηκε σύμφωνα με τις παλαιότερες αντιλήψεις: **ο φλύσχης** (το νεώτερο αλπικό ίζημα)
- **Μεταλπικά ιζήματα:** όλα τα ιζήματα που αποτέθηκαν μετά την ανάδυση της νέας οροσειράς και δεν υπέστησαν τη δράση αλπικών πτυχώσεων (μολάσση, και άλλα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα).

14

- ❑ Σημερινές αντιλήψεις: Τηθύς = ωκεάνιος χώρος ή σύστημα ωκεάνειων λεκανών.
- ❑ Προαλπικά – αλπικά – μεταλπικά ιζήματα
- ❑ Ο **Φλύσχος** αντιπροσωπεύει ιζηματογένεση ειδικών παλαιογεωγραφικών συνθηκών σε βαθιές θαλάσσιες περιοχές που γειτόνευαν με τις ηπειρωτικές κατωφέρειες



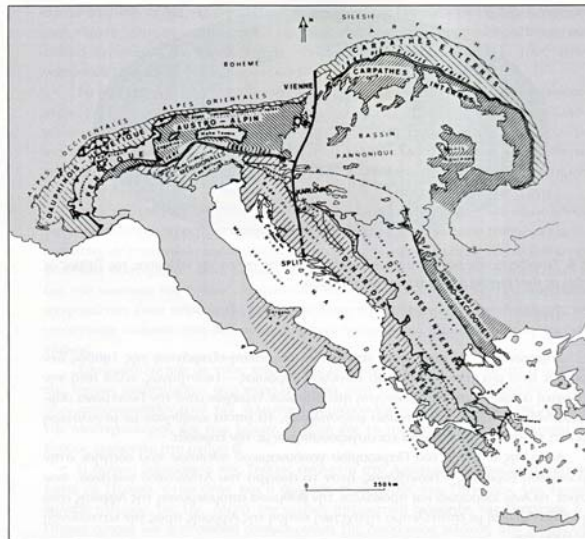
15

Διάρθρωση των Αλπικών ορέων

- ❑ Αλπικό σύστημα αλύσεων ορέων
 - ❑ **Διναρικός κλάδος** (Απέννινα, Ν. Άλπεις, Διναρικές Άλπεις, Ταυρίδες και όρη Ζάγκρη)
 - ❑ **Αλπιδικός κλάδος** (Β. Άλπεις Ελβετίδες, Πεννίδες, Καρπάθια, Βαλκάν, Ποντιακή άλυσο)
 - ❑ **Μάζα της Ροδόπης** (περιβάλλεται από τους δύο κλάδους και συνίσταται από παλιά κρυσταλλικά πετρώματα). Μεσαίος κλάδος ή ενδιάμεσος πυρήνας που δεν έχει σχέση με την αλπική ορογένεση ;

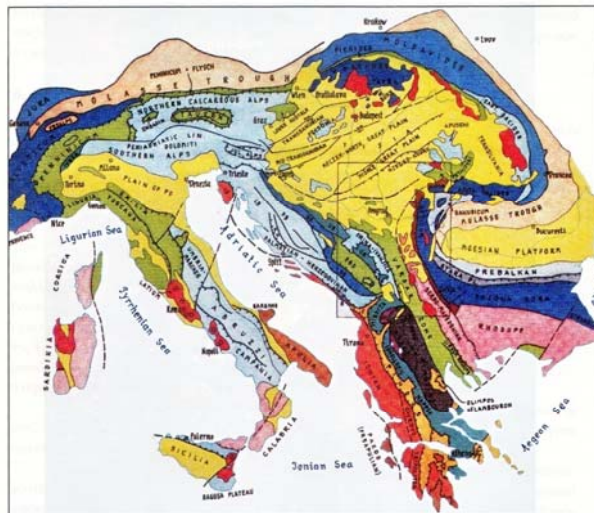
16

□ Αλπικό σύστημα αλύσεων ορέων



Σχ. 7. Γεωτεκτονικό σκαρίφημα του Αλπικού συστήματος στο οποίο διακρίνονται οι δύο κλάδοι και αναλύεται ιδιαίτερα ο Δυναρικός κλάδος. (Κατά Chorowicz 1977).

17



Σχ. 8. Γεωτεκτονικό σχήμα ανάλυσης του Αλπικού συστήματος στη Νότια Ευρώπη. Διακρίνεται ο Αλπικός Κλάδος με τις οροσειρές Ελβετικές, Βόρειες Άλπεις, Πενίνες, Καρπάθια και Βαλκάν, ο Δυναρικός Κλάδος με τα Απένινα, τις Νότιες Άλπεις και τις Δυναρικές Άλπεις. Διακρίνονται επίσης οι κυριότερες γεωλογικές ζώνες των επί μέρους οροσειρών.

18



Σχ. 9. Γεωγραφικό σχήμα με τις κυριότερες οροσειρές της Ελλάδας με τη Δυναμική ΒΒΔ-ΝΝΑ διάταξη.

19

Γεωτεκτονικές ζώνες

- ❑ Οι επιμέρους οροσειρές κάθε κλάδου υποδιαιρούνται σε μικρότερες γεωτεκτονικές μονάδες, τις «γεωτεκτονικές ζώνες» ή απλά «γεωλογικές ζώνες»
- ❑ Έτσι οι ελληνικές οροσειρές υποδιαιρούνται σε πολλές επί μέρους ζώνες.
- ❑ Πολλές φορές οι γεωτεκτονικές ζώνες υποδιαιρούνται σε υποζώνες ή σε ακόμη μικρότερες γεωτεκτονικές μονάδες, τις «γεωλογικές ενότητες» (ή ενότητες σχηματισμών, οι οποίες περιλαμβάνουν επί μέρους «σειρές πετρωμάτων»)

20

Προαλπική και Αλπική Ελλάδα

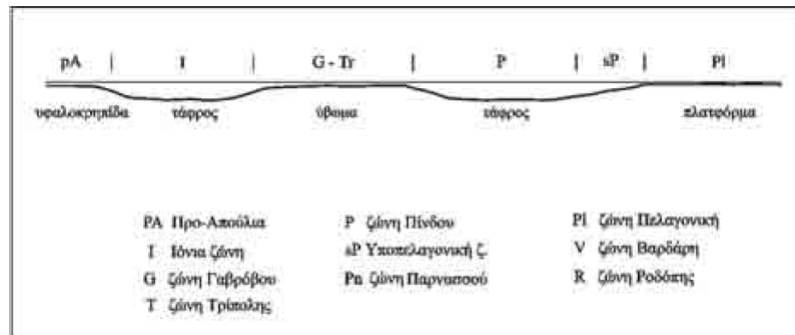
- ❑ Τα μεγάλου πάχους ιζήματα που αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Μεσοζωϊκού – Καινοζωϊκού στην Τηθύ δημιούργησαν τις Ελληνικές οροσειρές που συνιστούν την **Αλπική Ελλάδα**
- ❑ Αυτά επικάθησαν επάνω σε ένα υπόβαθρο από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα προτριαδικής ηλικίας το οποίο ονομάζουμε **Προαλπική Ελλάδα**
- ❑ Στην πραγματικότητα αποτελούν τμήματα της Γκοντβάννα και της Ευρασίας

21

Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας

- ❑ Υποθετική Αλπική παλαιογεωγραφία διαμέσου του διπόλου αυλάκων-ράχων (Αβουίν 1965)
- ❑ Διάκριση σε ισοπικές ζώνες, δηλ. *ζώνες που κάθε μια από αυτές έχει τα δικά της στρωματογραφικά γνωρίσματα και τη δική της παλαιογεωγραφική εξέλιξη.*
- ❑ Η κάθε ζώνη έχει αλπικά ιζήματα του ίδιου πάχους, δηλ. πελαγικά οι αύλακες και νηριτικά οι ράχες.

22



Σχήμα 2.3 Διάρθρωση ισοπικών ζωνών στο Μεσοζωικό (από Αιουβίη, 1965)

23

Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας

- ❑ Υποθετική Αλπική παλαιογεωγραφία διαμέσου του διπόλου αυλάκων-ράχων (Αιουβίη 1965)
- ❑ Διάκριση σε ισοπικές ζώνες, δηλ. ζώνες που κάθε μια από αυτές έχει τα δικά της στρωματογραφικά γνωρίσματα και τη δική της παλαιογεωγραφική εξέλιξη
- ❑ Η κάθε ζώνη έχει αλπικά ιζήματα του ίδιου πάχους, δηλ. πελαγικά οι αύλακες και νηριτικά οι ράχες
- ❑ Νέα μοντέλα: η διάκριση των ζωνών στηρίζεται στον ρόλο της κάθε μίας στο γεωδυναμικό σύστημα (που ως ένα βαθμό μεταφράζεται σε συγκεκριμένη παλαιογεωγραφική θέση)

24

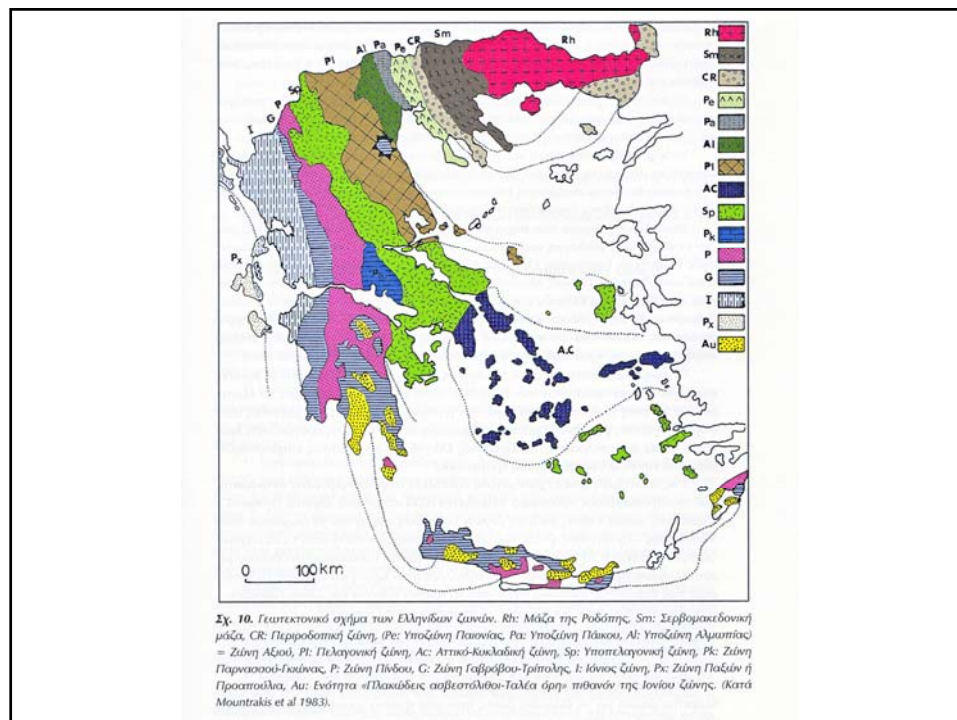
Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας

Κάθε γεωτεκτονική ζώνη συνίσταται από

- ❑ Ορισμένη στρωματογραφική διαδοχή ιζημάτων
- ❑ Ιδιαίτερους λιθολογικούς χαρακτήρες της
- ❑ Ιδιαίτερη τεκτονική της συμπεριφορά

Στοιχεία που εξαρτώνται και από την παλαιογεωγραφική της θέση αλλά κυρίως από τη γεωτεκτονική της θέση, τη γεωδυναμική κίνηση και την τεκτονική παραμόρφωση κάθε μιας.

25

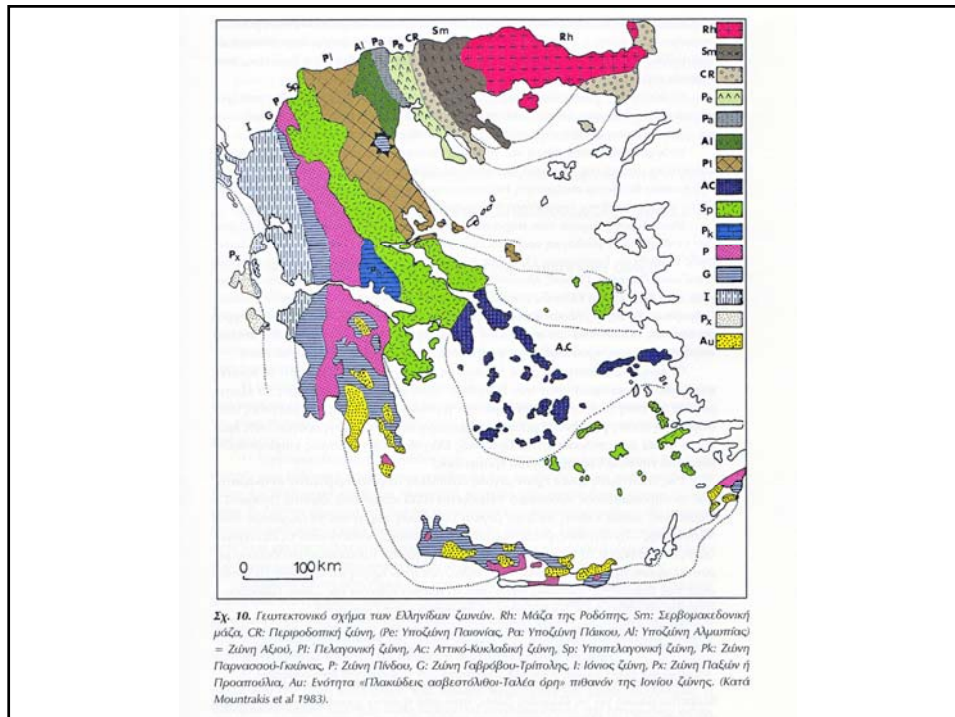


26

Εσωτερικές – Εξωτερικές Ελληνίδες

- ❑ Οι ονομασίες οφείλονται στο ότι οι πρώτες κατέχουν τα εσωτερικά τόξα των Ελληνίδων οροσειρών και οι δεύτερες τα εξωτερικά
- ❑ Η διάκριση ωστόσο είναι βασισμένη στην δράση ή όχι μιας Ανωιουρασικής – Κατωκρητιδικής πρώιμης ορογενετικής φάσης
- ❑ Οι Εξωτερικές επηρεάστηκαν μόνο από την τελική ορογένεση του Τριτογενούς

27



28

Εσωτερικές – Εξωτερικές Ελληνίδες

- ❑ **Εσωτερικές:** μεγάλη εξάπλωση μεταμορφωμένων (προαλπικών και αλπικών ιζημάτων Τριαδικού-Ιουρασικού) και πυριγενών (Μεσοζωικού – Τριτογενούς αλλά και Παλαιοζωικού)
- ❑ **Εξωτερικές:** απουσία μεταμορφωμένων (εξαίρεση η Ενότητα Φ-Χ) και απουσία πυριγενών (εξαίρεση η Ζ. Ωλονού – Πίνδου)

29

Παλαιογεωγραφία – Γεωτεκτονικοί χαρακτήρες

- ❑ **Ροδόπη:** παλιά κρυσταλλική μάζα, θαλάσσεισε μόνο μερικώς κατά το Μεσοζωικό
- ❑ **Σερβομακεδονική:** διαφορά απόψεων για τα όριά της. Σύγχρονες απόψεις: και οι δύο ηπειρωτικές μάζες από την Ευρασιατική ή την Κιμμέρια ηπειρωτική πλάκα.
- ❑ **Περιοδοπική:** η πιο εσωτερική Αλπική ζώνη. Ηπειρωτική κατωφέρεια της Ελληνικής ενδοχώρας προς την ωκεάνια περιοχή της ζ. Αξιού.

30

Παλαιογεωγραφία – Γεωτεκτονικοί χαρακτήρες

- ❑ **Αξιού:** παλαιότερα θεωρήθηκε μια ενιαία βαθιά αύλακα. Αργότερα διαχωρίστηκε σε 3 υποζώνες (αύλακα Παιονίας, ύβωμα Πάικου, αύλακα Αλμωπίας). Σήμερα: αντιστοιχίζεται με τον ωκεανό της Τηθύος ή μια παλιά μικρή ωκεάνια λεκάνη.
- ❑ **Πελαγονική:** αρχικά θεωρήθηκε ως μεγάλη υποθαλάσσια ράχη που δέχθηκε νηριτική ιζηματογένεση κατά το Μεσοζωικό. Σήμερα: μεγάλο ηπειρωτικό τέμαχος της Κιμμερικής Ηπείρου που αποσπάσθηκε από την Γκοντβάνα και συγκολλήθηκε στην Ευρασιατική.

31

Παλαιογεωγραφία – Γεωτεκτονικοί χαρακτήρες

- ❑ **Αττικο-Κυκλαδική:** θεωρήθηκε η προς το Νότο επέκταση της Πελαγονικής και παλαιογεωγραφική συνέχεια του μεγάλου Πελαγονικού υβώματος. Μάλλον όμως πρόκειται για ανεξάρτητη ζώνη, ετερογενούς σύστασης και πιθανώς ηπειρωτικής προέλευσης.
- ❑ **Υποπελαγονική:** διαχωρίστηκε ως μια ανεξάρτητη ζώνη που αντιστοιχούσε στην κατωφέρεια του μεγάλου Πελαγονικού υβώματος προς την αύλακα της Πίνδου. Πιθανότερο όμως να αντιπροσωπεύει μαζί με τη ζ. Πίνδου μια παλιά ωκεάνια περιοχή, τμήμα της Νέο – Τηθύος, που λειτούργησε κατά το Μεσοζωικό.

32

Παλαιογεωγραφία – Γεωτεκτονικοί χαρακτήρες

- ❑ **Ωλονού-Πίνδου:** παλαιότερα θεωρήθηκε ως η βαθύτερη αύλακα του ελληνικού χώρου στα αλπικά χρόνια. Σήμερα: μια καθαρά ωκεάνεια περιοχή με σχιστοκερατολιθικής διάπλασης βαθιάς θάλασσας ιζήματα μέρος της Νεοτηθύος μαζί με την Υποπελαγονική.
- ❑ **Οι υπόλοιπες εξωτερικές τοποθετούνται στην Απούλια** μικροπλάκα που αποσπάσθηκε από την Γκοντβάνα και κινήθηκε Β για να συγκολληθεί στην Ευρασία και να δημιουργήσει την Οροσειρά των Άλπεων και γενικά το Αλπικό Ορογενές. Περιοχές συνεχούς νηριτικής ιζηματογένεσης τύπου πλατφόρμας κατά τη διάρκεια της κίνησης της Απούλιας (Μεσοζωικό και Τριτογενές)

33

Παλαιογεωγραφία – Γεωτεκτονικοί χαρακτήρες

- ❑ **Παρνασσού – Γκιώνας:** είχε χαρακτηριστεί ως ένα τοπικά παρεμβαλλόμενο ύβωμα μεταξύ Υποπελαγονικής-Πίνδου. Σήμερα: πιθανά ένα υφαλώδες φράγμα στην Νεοτηθύ, τοπικά παρεμβαλλόμενο μεταξύ Πίνδου-Υποπελαγονικής σε γειτνίαση με την τελευταία.
- ❑ **Πλακώδεις ασβεστόλιθοι:** ταύτιση με Ιόνιο ζώνη.
- ❑ **Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών:** υπόλειμμα ενός Παλαιζωικού ωκεανίου χώρου ή υπόβαθρο της Απούλιας ζώνης.

34

Ενότητες υπό περαιτέρω μελέτη

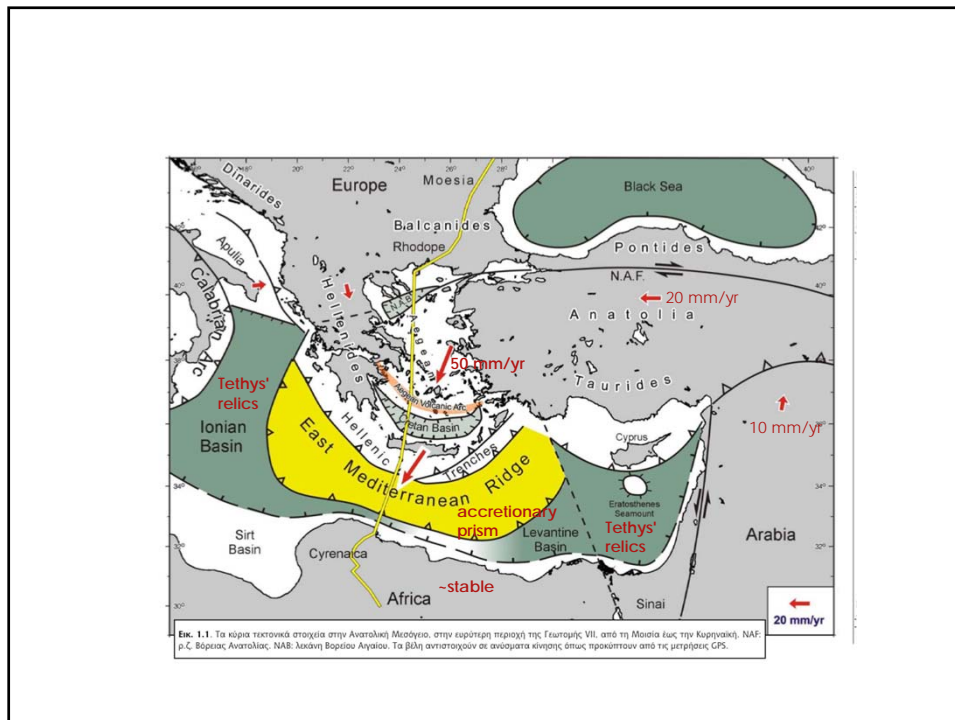
- ❑ Ενότητα Πλακωδών ασβεστολίθων – Ταλέα όρη: αδριατικοϊόνιο ζώνη ?
- ❑ Ενότητα Βοιωτίας: υποπελαγονική ζώνη ?
- ❑ Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών: υποκείμενη των αλπικών ιζημάτων της Γαβρόβου-Τρίπολης

35

Το ...σήμερα

- Το ορογενετικό σύστημα των Ελληνίδων περιλαμβάνει την ενεργή ζώνη καταβύθισης, η οποία ακολουθεί το Ελληνικό ορογενετικό τόξο και περιλαμβάνει:
 - a) Την σχετικά βαθιά (~ 5km), **προ του τόξου λεκάνη**, στο δυτικό τμήμα της Ελληνικής τάφρου,
 - b) Το ανυψωμένο **ηφαιστειακό τόξο**, από την Πελοπόννησο έως την Κρήτη και τα Δωδεκάνησα,
 - c) Την **λεκάνη οπισθο-τόξου** στο Κρητικό Πέλαγος, και
 - d) Το σύγχρονο με αυτά, **ηφαιστειακό τόξο** του Αιγαίου

36

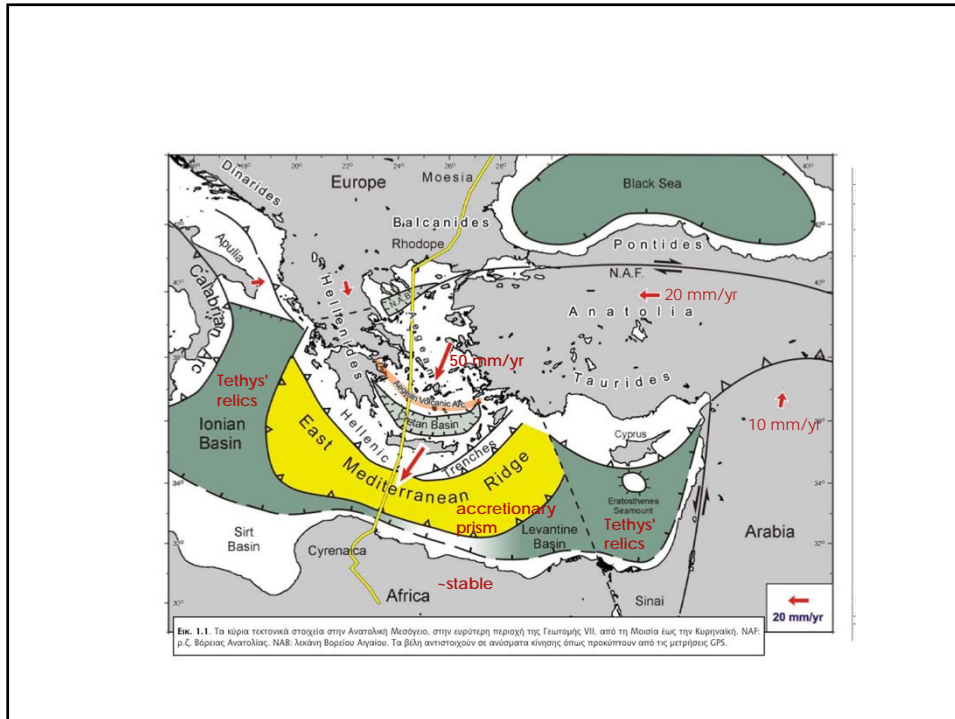


37

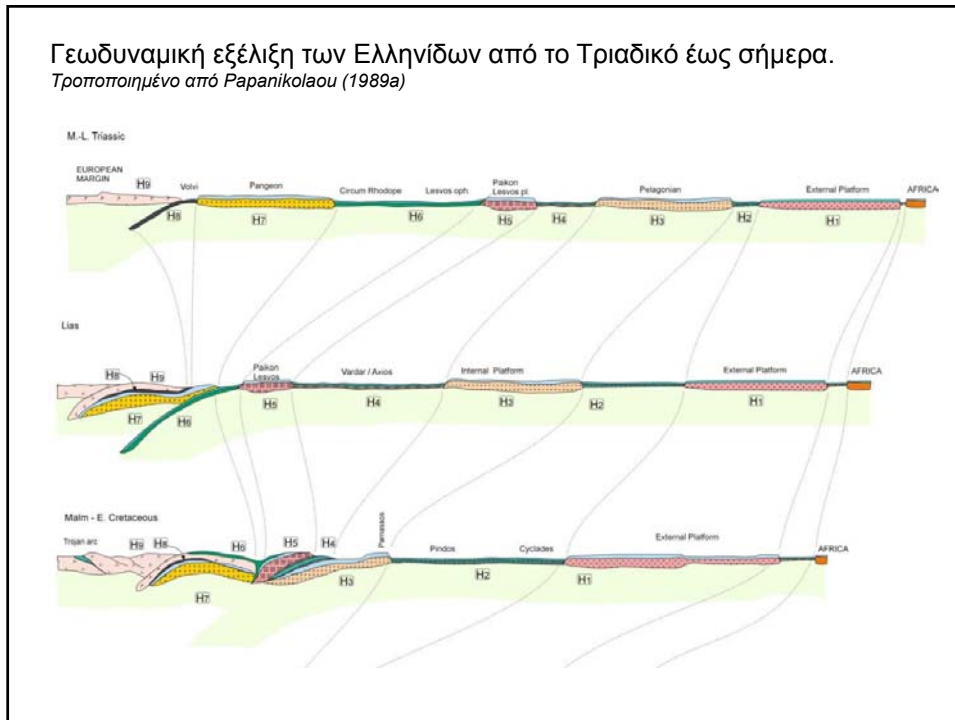
Το ...σήμερα

- Η υποθαλάσσια τάφρος της Ανατολικής Μεσογείου, νότια του Ελληνικού τόξου αποτελεί το **πρίσμα προσαύξησης**.
- Η αποκόλληση και η σύγχρονη παραμόρφωση των τεκτονικών δομών του πρίσματος λαμβάνει χώρα κυρίως επάνω στους Μεσσηνίους Εβαπορίτες (Finetti et al. 1990).
- Τα **τελευταία υπολείμματα του ωκεανού της Τηθύος** διατηρούνται ακόμη στην οριζόντια στρωματογραφία της Ιόνιας λεκάνης στα ΝΔ της υποθαλάσσιας τάφρου της Ανατολικής Μεσογείου.

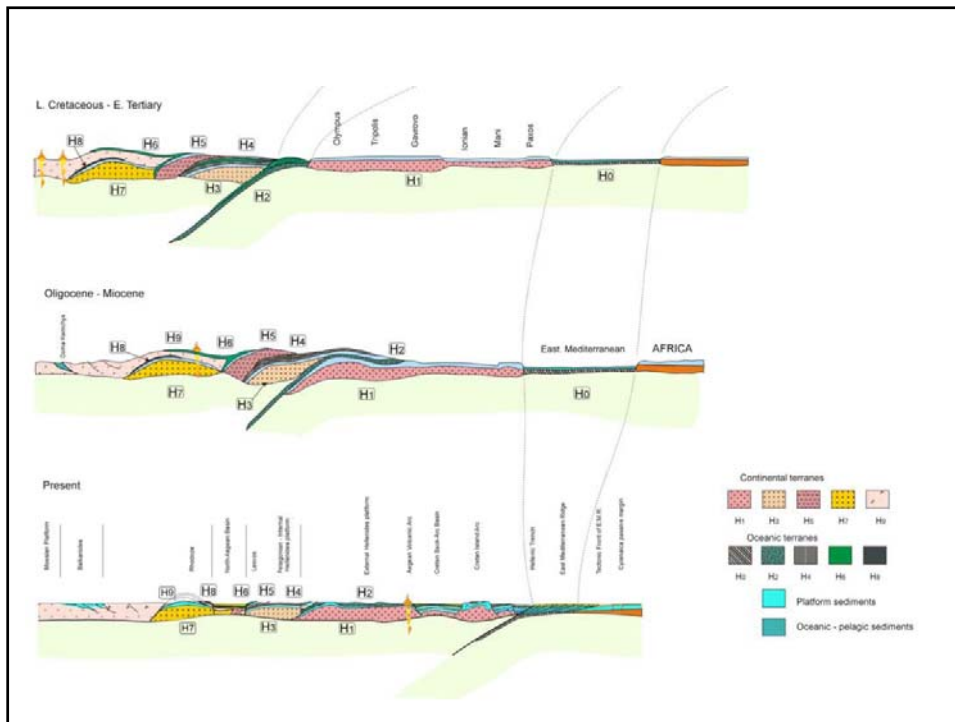
38



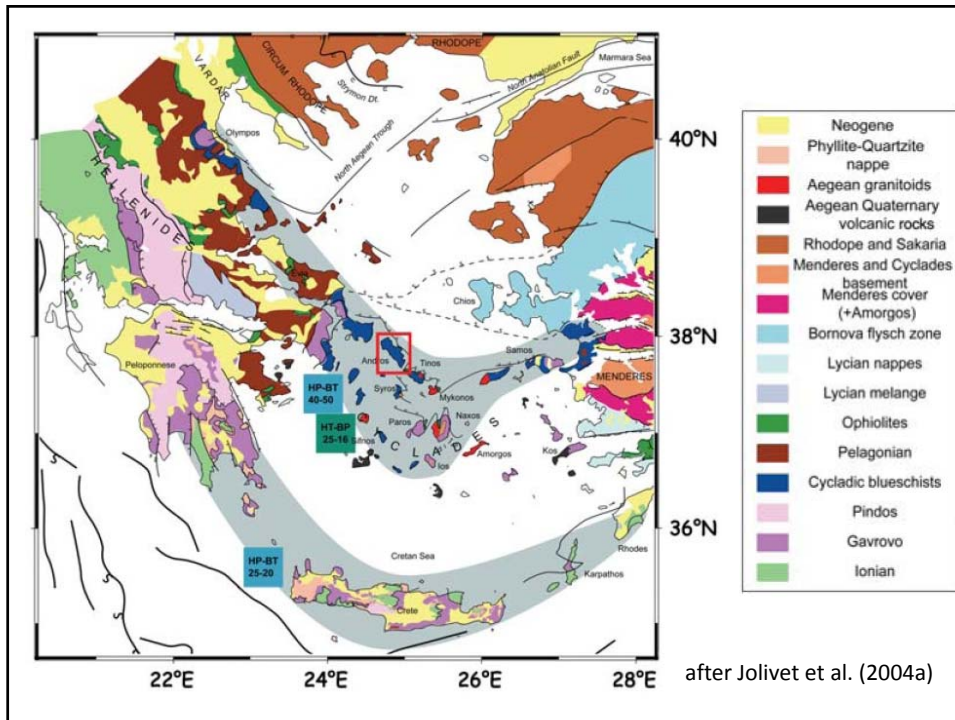
39



40



41



42

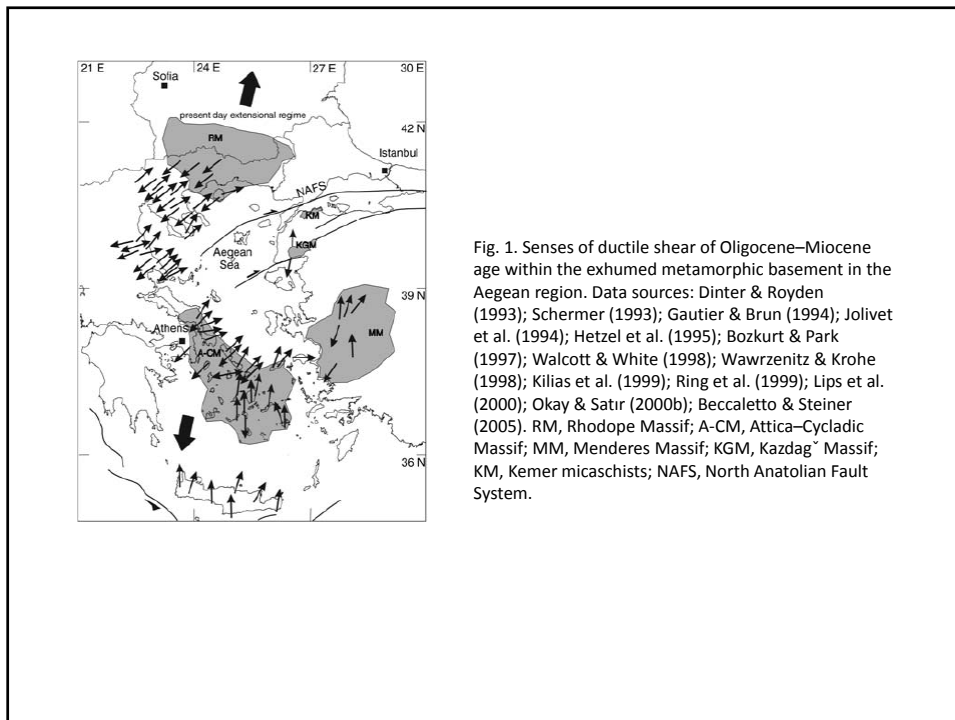


Fig. 1. Senses of ductile shear of Oligocene–Miocene age within the exhumed metamorphic basement in the Aegean region. Data sources: Dinter & Royden (1993); Schermer (1993); Gautier & Brun (1994); Jolivet et al. (1994); Hetzel et al. (1995); Bozkurt & Park (1997); Walcott & White (1998); Wawrzenitz & Krohe (1998); Kiliass et al. (1999); Ring et al. (1999); Lips et al. (2000); Okay & Satir (2000b); Beccaletto & Steiner (2005). RM, Rhodope Massif; A-CM, Attica–Cycladic Massif; MM, Menderes Massif; KGM, Kazdag˘ Massif; KM, Kemer micaschists; NAFS, North Anatolian Fault System.

43

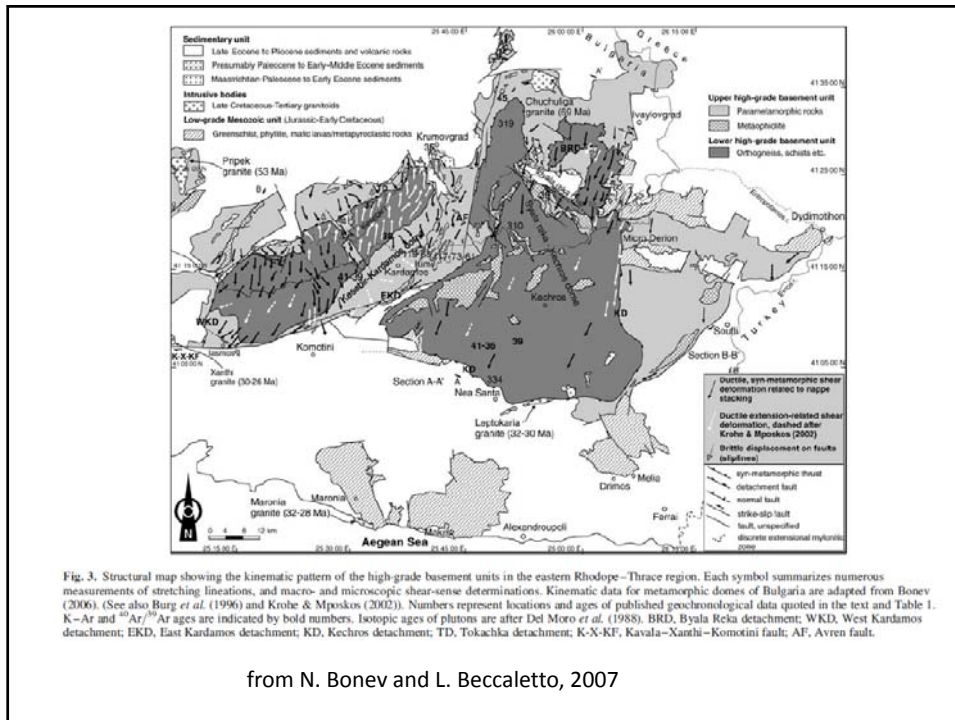


Fig. 3. Structural map showing the kinematic pattern of the high-grade basement units in the eastern Rhodope–Thrace region. Each symbol summarizes numerous measurements of stretching lineations, and macro- and microscopic shear-sense determinations. Kinematic data for metamorphic domes of Bulgaria are adapted from Bonev (2006). (See also Burg *et al.* (1996) and Krohe & Mposkos (2002)). Numbers represent locations and ages of published geochronological data quoted in the text and Table 1. K–Ar and ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages are indicated by bold numbers. Isotopic ages of plutons are after Del Moro *et al.* (1988). BRD, Byala Reka detachment; WKD, West Kardamos detachment; EKD, East Kardamos detachment; KD, Kechros detachment; TD, Tokachka detachment; K-X-KF, Kavala–Xanthi–Komotini fault; AF, Avren fault.

from N. Bonev and L. Beccaletto, 2007

44

