

---

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ  
ΣΤΕΛΙΟΣ ΛΟΖΙΟΣ

---

# ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2015

Κανένα τμήμα του βιβλίου δεν αναπαράγεται, δεν αποθηκεύεται σε οποιοδήποτε σύστημα ηλεκτρονικό, μηχανικό, φωτοαντιγραφικό και δεν μεταβιβάζεται σε καμία μορφή και με κανέναν τρόπο, χωρίς γραπτή άδεια του εκδότη.

---

**Copyright © 2015: Εκδόσεις DaVinci**

Έδρα: Ζωοδόχου Πηγής 75  
Αθήνα, 106 81

Τηλ.: 210 3800568

Fax:: 210 3800331

e-mail: [bookstore@davincibooks.gr](mailto:bookstore@davincibooks.gr)

ISBN: 978-960-9732-04-8

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ύλη του μαθήματος της **Τεκτονικής Γεωλογίας** περιλαμβάνει τα κλασικά κεφάλαια της θεωρίας της παραμόρφωσης και κυρίως των πτυχών και των ρηγμάτων, που διδάσκονταν στο Παν/μιο Αθηνών ήδη από τις δεκαετίες του 1960 και 1970 καθώς και τα κεφάλαια της γεωτεκτονικής, που συνδέουν τις τεκτονικές δομές με την θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, όπως διαμορφώθηκαν και συνεχίζουν να διαμορφώνονται στη διεθνή βιβλιογραφία μετά τη δεκαετία του 1970.

Το βιβλίο αυτό έρχεται σαν εξέλιξη των προηγούμενων σημειώσεων και διδακτικών βοηθημάτων, που δίνονταν στους φοιτητές στα πλαίσια του μαθήματος της Τεκτονικής Γεωλογίας, όπως διαμορφώθηκε πρόσφατα από τους δύο διδάσκοντες Καθηγητή Δ. Παπανικολάου και Επίκουρο Καθηγητή Σ. Λόζιο.

Η συγγραφή των κεφαλαίων του βιβλίου από τους δύο συγγραφείς ακολουθεί την ύλη των παραδόσεών τους και έτσι, τα **Κεφάλαια 1 & 2** του Πρώτου Μέρους της «ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ», τα **Κεφάλαια 5, 6, 7 & 8** του Τρίτου Μέρους της «ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ» και τα **Κεφάλαια 9, 10 11 & 12** του Τέταρτου Μέρους της «ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ» είναι γραμμένα από τον Δ. Παπανικολάου. Αντίστοιχα, τα **Κεφάλαια 3 & 4** του Δεύτερου Μέρους των «ΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ» και τα **Κεφάλαια 13, 14, 15, 16 & 17** του Πέμπτου Μέρους της «ΘΡΑΥΣΙΓΕΝΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ» είναι γραμμένα από τον Σ. Λόζιο.

Η χρησιμότητα του βιβλίου αυτού αυξάνεται εφόσον προϋπάρχουν οι βασικές γνώσεις της Εισαγωγής στη Γεωλογία, ενώ αποτελεί προϋπόθεση για την κατανόηση της Γεωλογίας της Ελλάδας καθώς και των μαθημάτων της Εφαρμοσμένης Γεωλογίας που έπονται.

Στην τελική παρουσίαση του βιβλίου βοήθησαν σημαντικά, με την επιμέλεια των σχεδίων και των κειμένων, οι γεωλόγοι Ελίνα Καπουράνη, Μανώλης Ανδρεαδάκης, MSc και Γιώργος Παπαντωνίου, MSc, τους οποίους και ευχαριστούμε θερμά.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2015

**Δημήτρης Ι. Παπανικολάου**  
Καθηγητής

**Στέλιος Γ. Λόζιος**  
Επίκουρος Καθηγητής



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	5
<b>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....</b>	<b>11</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
Εισαγωγή στην έννοια της Τεκτονικής .....	11
1.1 Μεταβολή στο χώρο και στο χρόνο, αρχική – τελική κατάσταση . . . .	11
1.2 Γεωλογικό Σώμα και βασικές ιδιότητες τεκτονικής παραμόρφωσης .	13
1.3 Κλίμακες παρατήρησης & τεκτονική .....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
Είδη παραμόρφωσης .....	23
2.1 Αλλαγή θέσης στο χώρο .....	23
2.2 Αλλαγή σχήματος .....	28
2.3 Αλλαγή όγκου .....	30
2.4 Διαστάσεις πεδίων παραμόρφωσης .....	32
<b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....</b>	<b>35</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
Δυνάμεις και τάσεις .....	35
3.1 Βραχώδες σώμα και μηχανική κατάσταση .....	36
3.2 Ορισμοί, βασικά μεγέθη και συμβάσεις .....	43
3.3 Τάση σε επίπεδο (ορθή και διατμητική τάση) .....	52
3.4 Καθεστώδες τάσεων σε σημείο – Ελλειψοειδές τάσεων .....	55
3.5 Τανυστής τάσεων .....	58
3.6 Μέση και αποκλίνουσα τάση .....	61

3.7 Το διάγραμμα και ο κύκλος του Mohr . . . . .	62
3.8 Πεδία τάσεων . . . . .	68

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

Παραμόρφωση και τροπή . . . . .	71
---------------------------------	----

4.1 Ορισμός της παραμόρφωσης . . . . .	71
4.2 Ομοιογενής και ανομοιογενής παραμόρφωση . . . . .	78
4.3 Μέτρηση της παραμόρφωσης . . . . .	80
4.4 Έλλειψη και ελλειψοειδές παραμόρφωσης . . . . .	83
4.5 Το διάγραμμα Flinn . . . . .	89
4.6 Βασικοί τύποι παραμόρφωσης . . . . .	92
4.7 Ρεολογία και μηχανική των πετρωμάτων . . . . .	95

## **ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΕ . . . . .107**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

Δομές φλοιού και μανδύα . . . . .	107
-----------------------------------	-----

5.1 Κατανομή λιθόσφαιρας - ασθενόσφαιρας . . . . .	107
5.2 Παραμόρφωση ασθενόσφαιρας – λιθόσφαιρας . . . . .	109
5.3 Τεκτονικοί όροφοι . . . . .	113
5.4 Ανομοιογένεια λιθόσφαιρας – ασθενόσφαιρας – μεσόσφαιρας . . . . .	118

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

Παραμόρφωση στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών . . . . .	121
---	-----

6.1 Είδη ορίων λιθοσφαιρικών πλακών . . . . .	121
6.2 Όρια απόκλισης . . . . .	123
6.3 Όρια Σύγκλισης . . . . .	128
6.4 Όρια σύγκρουσης . . . . .	135
6.5 Όρια πλευρικής ολίσθησης . . . . .	136
6.6 Αναπαράσταση και Ιστορία των ωκεανών . . . . .	138

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

Γεωτεκτονικοί κύκλοι, ορογενετικές φάσεις  
και ασυμφωνίες ..... 141

7.1 Γεωτεκτονικός Κύκλος ..... 141

7.2 Απομάκρυνση και προσαύξηση ηπείρων και πεδίων (terranes) ... 147

7.3 Ορογενετικές φάσεις και ασυμφωνίες ..... 153

7.4 Τοπικές ασυμφωνίες χωρίς κύρια φαινόμενα ορογένεσης ..... 158

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

Παραμόρφωση στο ορογενετικό τόξο  
και παραμορφωτικές φάσεις ..... 167

8.1 Ζώνες εντατικού πεδίου στο τόξο ..... 167

8.2 Παραμόρφωση βάθους /επιφανείας ..... 170

8.3 Παραμορφωτικές φάσεις στο ορογενετικό τόξο ..... 173

**ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ.....179****ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9**

Τεκτονική Ανάλυση Πτυχών..... 179

9.1 Γεωμετρική ανάλυση πτυχών ..... 179

9.2 Κινηματική ανάλυση πτυχών ..... 192

9.3 Δυναμική ανάλυση των πτυχών ..... 201

9.4 Χρονική ανάλυση πτυχών ..... 204

9.5. Σύνθεση πτυχογόνων παραμορφωτικών φάσεων ..... 209

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10**

Γενετική Ταξινόμηση και Συμμετρία Πτυχών ..... 217

10.1 Μηχανισμοί παραμόρφωσης και  
γενετική ταξινόμηση των πτυχών ..... 217

10.2 Συμμετρία των πτυχών ..... 226

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Σχιστότητα και Γράμμωση . . . . . 231

11.1 Σχιστότητα . . . . . 231

11.2 Γραμμώσεις . . . . . 239

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

Τεκτονικός Ιστός, Τεκτονίτης,  
Τεκτονικά Πετρώματα . . . . . 245

12.1 Τεκτονικός ιστός . . . . . 245

12.2 Τεκτονίτης . . . . . 249

12.3 Τεκτονικά πετρώματα . . . . . 255

## ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ: ΘΡΑΥΣΙΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ . . . . . 261

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

Διαρρήξεις και μηχανική  
της θραυσιγενούς παραμόρφωσης . . . . . 261

13.1 Μηχανισμοί θραυσιγενούς παραμόρφωσης . . . . . 262

13.2 Κατηγορίες και τύποι διαρρήξεων . . . . . 264

13.3 Καθεστώτα τάσεων και διαρρήξεις . . . . . 272

13.4 Κριτήρια αστοχίας και διάρρηξης των πετρωμάτων . . . . . 273

13.5 Δημιουργία και ανάπτυξη των διαρρήξεων . . . . . 286

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

Εκτατικές διαρρήξεις και διακλάσεις . . . . . 293

14.1 Ταξινόμηση διακλάσεων . . . . . 294

14.2 Αίτια δημιουργίας, προσανατολισμός και συχνότητα  
των εκτατικών διαρρήξεων στο χώρο . . . . . 299

14.3 Τρόποι επέκτασης και ανάπτυξης χαρακτηριστικών δομών  
στις επιφάνειες των διακλάσεων . . . . . 304

14.4 Σχήμα και τρόποι διασύνδεσης των εκτατικών διαρρήξεων . . . . . 305

14.5 Συσχετισμός εκτατικών διαρρήξεων με πτυχές . . . . . 308

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

Χαρακτηριστικά, γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων . . . . .	311
15.1 Ορισμοί . . . . .	311
15.2 Γεωμετρία των ρηγμάτων. . . . .	314
15.3 Ολίσθηση, άλμα, διαχωρισμός . . . . .	321
15.4 Ταξινόμηση ρηγμάτων . . . . .	327
15.5 Ανατομία των ρηγμάτων . . . . .	330
15.6 Όρια απόληξης και περατωτικά όρια ρηγμάτων . . . . .	337
15.7 Γένεση και ανάπτυξη των ρηγμάτων . . . . .	340
<i>Δημιουργία ρηγμάτων σε πετρώματα με χαμηλό ή καθόλου πορώδες . . .</i>	<i>340</i>
<i>Δημιουργία ρηγμάτων από επαναδραστηριοποίηση διακλάσεων . . . . .</i>	<i>341</i>
<i>Δημιουργία ρηγμάτων σε πετρώματα με πορώδες . . . . .</i>	<i>342</i>
15.8 Αλληλεπίδραση και διασύνδεση ρηγμάτων. . . . .	344

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

Κινηματική-δυναμική ανάλυση και αναγνώριση των ρηγμάτων στην ύπαιθρο. . . . .	351
16.1 Κινηματικά κριτήρια ρηγμάτων . . . . .	351
16.2 Ανάπτυξη ορυκτών και στυλολίθων . . . . .	352
16.3 Δευτερεύουσες ρωγμές . . . . .	354
16.4 Κατοπτρικές επιφάνειες, γραμμές προστριβής και γραμμές από προσανατολισμένα ορυκτά. . . . .	356
16.5 Δυναμική ανάλυση ρηγμάτων . . . . .	363
16.6 Σύζυγη συστήματα ρηγμάτων . . . . .	364
16.7 Σύνθετα συστήματα ρηγμάτων . . . . .	366
16.8 Γραφική μέθοδος ανάλυσης της κινηματικής των ρηγμάτων . . . . .	367
16.9 Μηχανισμοί γένεσης και καθεστώς τάσεων . . . . .	369
16.10 Κριτήρια αναγνώρισης των ρηγμάτων στην ύπαιθρο. . . . .	371
<i>Εγγενή χαρακτηριστικά των ρηγμάτων . . . . .</i>	<i>372</i>
<i>Συνέπειες της ρηγμάτωσης σε γεωλογικές και     στρωματογραφικές ενότητες. . . . .</i>	<i>375</i>
<i>Φυσιογεωγραφικές ενδείξεις για την ύπαρξη ρηγμάτων. . . . .</i>	<i>379</i>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

Συστήματα επωθητικών ρηγμάτων και βράχυνση του φλοιού. . . 385

- 17.1 Δομές βράχυνσης . . . . . 386
- 17.2 Ορολογία επωθητικών ρηγμάτων και καλυμμάτων . . . . . 389
- 17.3 Γεωμετρία των επωθητικών δομών. . . . . 395
- 17.4 Μηχανισμοί δημιουργίας ραμπών . . . . . 399
- 17.5 Πτυχές που σχετίζονται με επωθητικά ρήγματα . . . . . 403
  - Πτυχές (λόγω) κάμψεων ρήγματος. . . . . 404*
  - Πτυχές λόγω επέκτασης ρήγματος . . . . . 406*
- 17.6 Ορογενετικές σφήνες. . . . . 408
- 17.7 Βαρυτικά μοντέλα. . . . . 412

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

Συστήματα κανονικών ρηγμάτων και έκταση του φλοιού. . . . 415

- 18.1 Εκτατικά ρήγματα και συστήματα ρηγμάτων . . . . . 416
- 18.2 Το μοντέλο του ντόμινο. . . . . 423
- 18.3 Μικρής-γωνίας κλίσης κανονικά ρήγματα. . . . . 430
- 18.4 Συμπλέγματα μεταμορφικού πυρήνα . . . . . 435

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

Ρήγματα και ρηξιγενείς ζώνες οριζόντιας ολίσθησης . . . . . 439

- 19.1 Χαρακτηριστικά των ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης . . . . . 440
- 19.2 Κατηγορίες ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης . . . . . 444
  - Ρήγματα μεταφοράς (transfer faults). . . . . 445*
  - Ρήγματα μετασχηματισμού (transform faults) . . . . . 446*
  - Διατρέχοντα ρήγματα (transcurrent faults) . . . . . 449*
- 19.3 Δομές που σχετίζονται με τα ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης . . . . 451
- 19.4 Ανάπτυξη ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης. . . . . 453
- 19.5 Κλιμακωτές καμπές και μεταθέσεις . . . . . 456
- 19.6 Οριζοντιολισθητικά δίδυμα και ανθοδομές. . . . . 459
- 19.6 Όρια απόληξης και περατωτικά όρια
  - οριζοντιολισθητικών ρηγμάτων. . . . . 464
- 19.7 Διασυμπίεση και διεφελκυσμός . . . . . 465

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ . . . . . 469