

GEOMORFOLOGIE DINAMICĂ

1. Introducere

Cuvântul geomorfologie este compus din trei cuvinte grecești: γεω (Geo cu sens de Pământ), μορφή (formă) și λόγος (discurs, motiv, oratorie, cauză). Geomorfologia este deci prin traducere mot a mot „discursul despre formele Pământului” sau mai simbolic “cauza formelor Pământului”.

Așa cum este cazul geografiei și altor științe, începuturile geomorfologiei se regăsesc în perioada greacă și romană, cu impulsuri în perioada renașterii^{1,2} și mai târziu³ și fundamentare în sec. IX⁴. Termenul a fost introdus în perioada 1870-1880 pentru a descrie morfologia suprafeței Pământului⁵, devenind ulterior „studiul genetic al formelor topografice”⁶. Paradigma geomorfologiei s-a schimbat constant în funcție de contextul cultural, social și științific global, dar și de evoluția tehnologiei, putându-se separa două perioade majore: cea calitativă și cea cantitativă. Conceptul de formă a rămas valid încă de la început, fiind ulterior relaționat de procese pentru a se putea explica geneza formei. Deși cuvântul formă ne poate duce cu gândul la simpla morfologie, la ora actuală^{7,8} există trei fațete ale formei în geomorfologie: (i) constituția fizică și chimică, (ii) configurația spațială/geometrică, și (iii) fluxurile de masă. Procesele geomorfologice sunt în schimb definite de variabile dinamice, fizice și/sau chimice, cum ar fi puterea, fluxul de energie, forța, stresul, momentul mecanic, care reflectă energia necesară și procesul propriu-zis, ducând la modificarea suprafeței terestre. Între forme și procese apare un feedback continuu care este practic esența geomorfologiei, nici formele, nici procesele neputând fi considerat altfel decât complementare⁷.

Astăzi, geomorfologia este studiul caracteristicilor fizice ale suprafeței terestre a Pământului, respectiv formele sale de relief, atât sub-aerene cât și submarine, dar și de pe alte

¹ Chorley Robert, Dunne Antony, Beckinsale Robert (2009) The history of the study of landforms or the development of geomorphology, volume 1: geomorphology before Davis, Routledge, 698 p.

² Gregory Kenneth (2010) The Earth's land surface, SAGE, 348 p.

³ Oldroyd David, Grapes Rodney (2008) Contributions to the history of geomorphology and Quaternary geology: an introduction, în Grapes Rodney, Oldroyd David, Grigelis Algimantas (coord.), History of Geomorphology and Quaternary Geology, Geological Society, London, Special Publications, 301, pp. 1-17. <https://doi.org/10.1144/SP301.1>

⁴ Beckinsale Robert, Chorley Richard (1991) The history of the study of landforms or the development of geomorphology, volume 3: historical and regional geomorphology 1890-1950, Routledge, 496 p.

⁵ de Margerie, E. (1886) Géologie. Polybiblion Revue Bibliographique Universelle, Partie littéraire 2, 24, 310-30.

⁶ La pagina 547 din McGee, W. J. (1888) The geology of the head of Chesapeake Bay. Annual Report of the United States Geological Survey 7, 537-646. <https://doi.org/10.3133/ar7>

⁷ Huggett Richard John (2017) Fundamentals of geomorphology, a 4-a ed., Routledge, 543 p.

⁸ Strahler, 1980,

planete, planetoizi, corpuri cerești, pe măsură ce informații detaliate apar pentru acestea^{9, 10}. Există, pe filiație a evoluției domeniului la ora actuală patru abordări ale geomorfologilor în studiul formelor de relief:

- (i) Abordarea funcțională de tip proces-formă/răspuns, care este derivată din abordarea sistemică, este cantitativă și pune accent pe studiul proceselor fizice și chimice;
- (ii) Abordarea evolutivă a formelor de relief, denumită și istorică, relaționată de geologie, în sensul explicării genezei formelor de relief prin prisma evoluției geologice;
- (iii) Abordarea spațializată a formelor de relief și a sistemelor de forme de relief, cu caracterizarea lor, având un vădit caracter regional, sau chiar calat pe ideea de ecologie a peisajului.
- (iv) O abordare environmentalistă a formelor de relief, a sistemelor de forme de relief, sau chiar a peisajului, la nivel regional sau chiar global, cu accente de geo-conservare și geo-patrimoniu.

În accepțiunea geomorfologilor conectați la fluxul global de informație științifică, doar primele două abordări sunt considerate geomorfologice, ultimele două fiind “endemisme” relaționate de evoluții regionale izolate ale subiectului, deși abordarea de geoconservare și geodiversitate câștigă teren în contextul actual al modificărilor climatice și antropice globale. În România se impune aceeași viziune, cea globală, însă existând încă abordări deviate, legate de influența literaturii sovietice, est-europene slavo-germanice sau chiar de filiație naționalistă¹¹. Abordarea proces-formă este denumită la nivel internațional *process geomorphology* iar cea evolutivă *historical geomorphology*. În România geomorfologia proceselor este cunoscută sub sintagma de *geomorfologie dinamică*, în sensul că se abordează formele de relief care au dinamică recentă, sub influența unor procese active în prezent și în trecutul recent, față de geomorfologia clasică (istorică) care în România este integrată cu morfologia și morfometria. Deoarece procesele geomorfologice sunt văzute ca actuale, există și sintagma *geomorfologia proceselor actuale* sau *processe geomorfologice actuale*.

2. Geomorfologia dinamică

Geomorfologia dinamică este abordarea geomorfologică în care se studiază relația dintre forme și procese geomorfologice punând accent pe procesul geomorfologic, care este monitorizat fie în laborator, fie pe teren, în perioada actuală și la scări mari.

Această ramură a geomorfologiei s-a individualizat printr-o serie de rezultate obținute de diverși geomorfologi (Huggett, 2017):

⁹ Greeley Ronald (2013) Introduction to planetary geomorphology, Cambridge University Press, 238 p.

¹⁰ Balme MR, Gupta S, Gallagher C, Bargery A (2011) Martian geomorphology, Geological Society, London, Special Publications, 356, 307 p.

¹¹ Mac Ioan (1986) Elemente de geomorfologie dinamică, Editura Academiei Române.

- Grove Karl Gilbert care a fundamentat mecanica proceselor fluviale (1877)¹², si transportul sedimentelor (1914)¹³, dar și a proceselor actuale care s-au manifestat și în trecutul geologic în mod “ritmat”¹⁴;
- Ralph Alger Bagnold care a fundamentat procesul de spulberare a nisipului și formarea dunelor¹⁵;
- Filip Hjulström a investigat procesele fluviale arătând legăturile fizice din triada eroziune-transport-sedimentare cu ajutorul curbei Hjulström¹⁶, extinsă ulterior de Åke Sundborg¹⁷;
- Arthur N Strahler pune bazele geomorfologiei proceselor prin lucrarea *Dynamic basis of geomorphology* din 1952¹⁸, prin considerarea sistemică a geomorfologiei^{19,20} și a principiilor mecanice și de dinamică a fluidelor;
- Luna B Leopold și Gordon M Wolman au extins studiul empiric în geomorfologia fluvială, dintre forme și parametri fizici, mai ales prin metode statistice^{21,22};
- William EH Culling extinde teoria sistemelor începută de Strahler pentru profilul longitudinal²³, pentru eroziune în general²⁴ și pentru versanți^{25,26};
- Michael J Kirkby 1971;
- William E Dietrich 1983;
- Stanley A Schumm prin considerarea în geomorfologia fluvială a stabilității sistemelor, a pragurilor și a echilibrului dinamic;
- Stanley W Trimble prin munca privind bugetele de sedimente istorice și actuale în bazine mici;

¹² Gilbert Grove Karl (1877) *Geology of the Henry Mountains (Utah)*. Report, U.S. Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountain Region, Washington, D.C., 160 p. <https://doi.org/10.3133/70038096>

¹³ Gilbert Grove Karl, Murphy Edward Charles (1914) *The transportation of debris by running water*. USGS Professional Paper 86, Washington, D.C., 263 p. <https://doi.org/10.3133/pp86>

¹⁴ Gilbert Grove Carl (1900) *Rhythms in geologic time*. *Science* 11(287), 1001-1012. <https://doi.org/10.1126/science.11.287.1001>

¹⁵ Bagnold Ralph Alger (1941) *The physics of blown sand and desert dunes*. Methuen, London, 265 p.

¹⁶ Hjulström Filip (1935) *Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris*. *Bulletin of the Geological Institute of Uppsala* 25, 221-527.

¹⁷ Sundborg Å (1956) *The River Klaralven: A Study of Fluvial Processes*. *Geografiska Annaler*, 38(3), 238-316. <https://doi.org/10.2307/520285>

¹⁸ Strahler Arthur H (1952) *Dynamic basis of geomorphology*. *Bulletin of the Geological Society of America* 63, 923-938.

¹⁹ Strahler Arthur N (1950) *Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis; part I*. *American Journal of Science* 248(10), 673-696. <https://doi.org/10.2475/ajs.248.10.673>

²⁰ Strahler Arthur N (1950) *Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis; part II*. *American Journal of Science* 248(11), 800-814. <https://doi.org/10.2475/ajs.248.11.800>

²¹ Leopold Luna B, Maddock T jr (1953) *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. USGS Professional paper 252, Washington DC

²² Leopold Luna B, Wolman M Gordon, Miller John P (1964) *Fluvial processes in geomorphology*. Dover Publications, 544 p.

²³ Culling William EH (1957) *Multicyclic streams and the equilibrium theory of grade*. *Journal of Geology* 265(3), 59-274. <https://doi.org/10.1086/626430>

²⁴ Culling William EH (1960) *Analytical theory of erosion*. *Journal of Geology* 68, 336-344. <https://doi.org/>

²⁵ Culling William EH (1963) *Soil creep and the development of hillside slopes*. *Journal of Geology* 71(2), 127-161. <https://doi.org/10.1086/626891>

²⁶ Culling William EH (1965) *Theory of erosion on soil-covered slopes*. *Journal of Geology* 73(2), 230-254. <https://doi.org/10.2307/30080962>

- Richard J Chorley prin teoria sistemelor în geomorfologie.;

La ora actuală direcțiile majore de studiu în geomorfologie dinamică sunt:

- (i) Măsurători directe sau estimări pe baza altor date măsurate (cum ar fi debitele lichide sau temperaturile) ale ratelor de proces^{27, 28};
- (ii) Crearea unor modele de predicție pe termen scurt (modele fizice sau statistice) sau lung (modele de evoluție a reliefului) a schimbărilor formelor de relief;
- (iii) Integrarea studiilor geomorfologice în contextul environmental și de schimbare climatică/de mediu prin considerarea factorilor de control (geologie, topografie, climă, hidrogeologie, hidrologie, vegetație, impact antropic) pentru a caracteriza stabilitatea/instabilitatea proceselor geomorfologice.

Sintagma de procese geomorfologice actuale este utilizată în literatura geomorfologică românească (citări) pentru a separa procesele geomorfologice din trecutul geologic, care au creat forme de relief vizibile astăzi, de procesele geomorfologice care sunt active în prezent și vor fi active în viitorul apropiat, și care produc efecte vizibile (forme de relief dar și fluxuri de sedimente). Termenul este preluat din literatura geomorfologică franceză, împreună cu varianta procese geomorfologice dinamice (a se vedea jurnalul “Revue de géomorphologie dynamique” publicat începând cu 1950 în Franța și cărțile lui Jean Tricart din 1965 și 1977), în același sens de activitate recentă și viitoare, deși termenul nu este neapărat cel mai fericit (deoarece și procesele geomorfologice din Pleistocen au fost dinamice și ele la momentul respectiv; în plus nu există procese geomorfologice statice, ci doar eventual rata de proces este destul de redusă astfel încât să nu fie vizibilă la scări temporale de ordinul zilelor și anilor). Există și varianta de procese geomorfologice contemporane, care face trimitere și la trecutul recent. În literatura științifică de limbă engleză, conceptualizarea similară, așa cum s-a discutat mai sus, dar care pune accent pe procesele geomorfologice propriu-zise, este *process geomorphology* (Ritter et al., 2012; Huggett 2017), și nu pe componenta temporală a lor, pentru a le separa de problemele generale ale geomorfologiei istorice, planetare, tectonice, structurale, petrografice, climatice, etc.

Un alt aspect important apărut în ultima perioadă este cel al hazardurilor geomorfologice, aspect legat de interacțiunea dintre procesele geomorfologice și societatea umană. Astfel, oamenii, pe lângă faptul că sunt un agent de modelare a reliefului (ca factor antropogen), sunt vulnerabili la procesele geomorfologice, fie ele naturale (în sens de magnitudine naturală/normală a procesului) sau influențate antropic (în sens de magnitudine crescută a procesului datorită impactului uman asupra morfologiei sau al climei).

La ora actuală, există areale restrânse pe Glob unde omul să nu fi avut un impact asupra topografiei, atât direct la scară locală sau regională (prin amenajare sau exploatarea resurselor), cât și indirect prin impact global, mai ales din punctul de vedere a factorului climatic.

Exemplu: Agradarea albiilor de râu datorită activității umane (ca urmare a construcției de baraje care rețin în amonte aluviunile), dar și degradarea acestora (aval de aceleași baraje) vor

²⁷ Goudie Andrew (coord.) (1990) Geomorphological techniques, ed. a 2-a, Routledge, 692 p.

²⁸ Kondolf Mathias G, Piégay Hervé (coord.) (2016) Tools in fluvial geomorphology, Wiley, 541 p.

crește riscul de inundare, respectiv de eroziune laterală a malurilor, chiar dacă variabilitatea naturală a debitelor râurilor nu ar varia semnificativ. Ori, în contextul schimbărilor climatice induse de societatea umană este posibil ca această variabilitate naturală să fie perturbată, în sensul creșterii ei, astfel încât pe măsură ce societatea umană își extinde habitatul la nivelul întregii planete și îi modifică topografia, clima și ecosistemul, modifică și variabilitatea naturală a proceselor, astfel încât se înregistrează bucle de feedback care exacerbează în spirală.

Hazardurile geomorfologice sunt procese geomorfologice ale căror manifestare (eroziune -> transport -> acumulare, respectiv agent -> formă de relief) generează un impact negativ la nivelul societății umane (James, Harden și Clague, 2013). În sens larg, hazardul este asociat vulnerabilității și riscului, cu finalitatea practică a estima cum probabilitatea de producere în timp și spațiu a unui fenomen (hazard), poate afecta societatea umană (vulnerabilitate) și poate produce pagube potențiale (risc).

Atenție!!! În literatura științifică românească există multe surse în care se face confuzie între hazard și risc geomorfologic (se pare pe filiera traducerilor din limba franceză) prin considerarea acestora ca fiind identici. Cel mai adesea se vor întâlni studii care tratează doar hazardul geomorfologic (repartiția în timp și/sau spațiu a unui proces geomorfologic), dar se referă la acesta ca fiind riscul geomorfologic (foarte multe exemple de acest tip de confuzie, din domeniul geostiintelor se întâlnesc în jurnalul Riscuri și Catastrofe - <http://riscurisicatastrofe.reviste.ubbcluj.ro/>). Pentru a se estima riscul, ar fi nevoie ca în acele studii să se identifice elementele societății umane (persoane sau infrastructuri) vulnerabile, și să se estimeze pierderile probabile la nivelul acestora în funcție de hazard. Foarte adesea, estimarea riscului geomorfologic necesită o colaborare a geomorfologilor cu alți specialiști (geografi sau nu), pentru că vulnerabilitatea poate fi de multe tipuri: fizică, economică, socială, etc, riscul implicând și aspecte tehnice și economice, pe care geomorfologul nu are metodologia necesară pentru a le evalua.

În acest context, suntem de părere că procesele geomorfologice actuale ar trebui tratate ca hazarduri geomorfologice, din această abordare aspectele practice ale geomorfologiei fiind mult mai clare.

3. Sistemele geomorfologice: relațiile forme-procese

aaaa

4. Procese endogene

Aaa

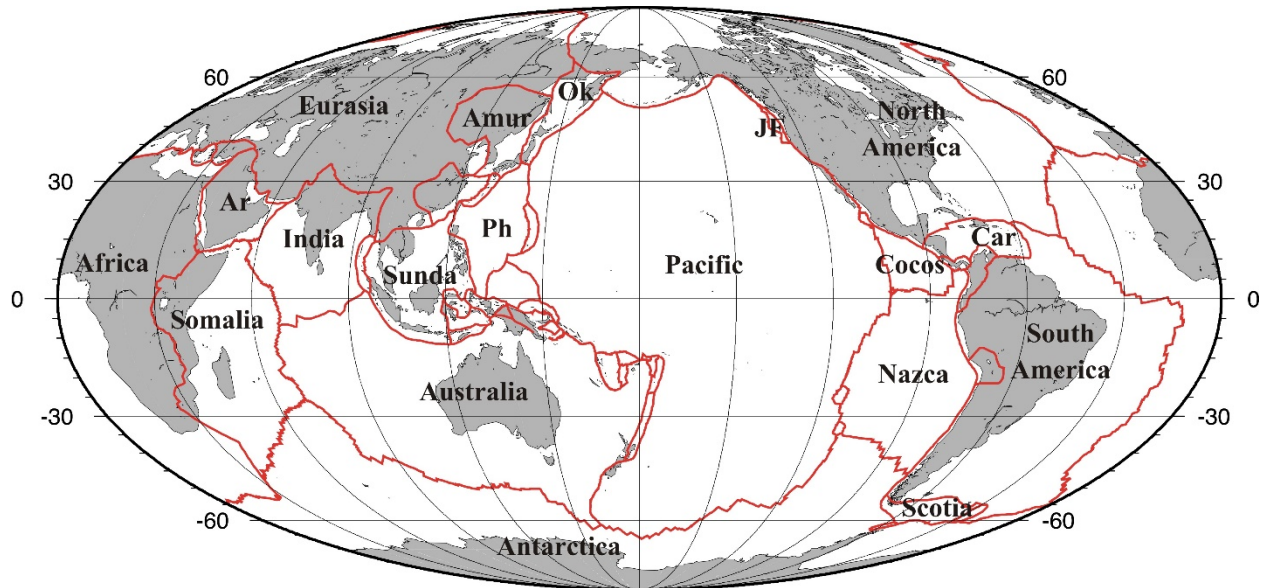
1.1. Tectonica

Aaa

Dabbahu

Islanda

Cutremure și falii
Tsunami



GMT 2005 Apr 29 16:24:38 Plate Boundaries from PB2002 (Peter Bird) Dataset

Figura 1 Limitele plăcilor tectonice majore²⁹ (https://www.earthbyte.org/Resources/resources_plate_boundaries.html)

²⁹ Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252

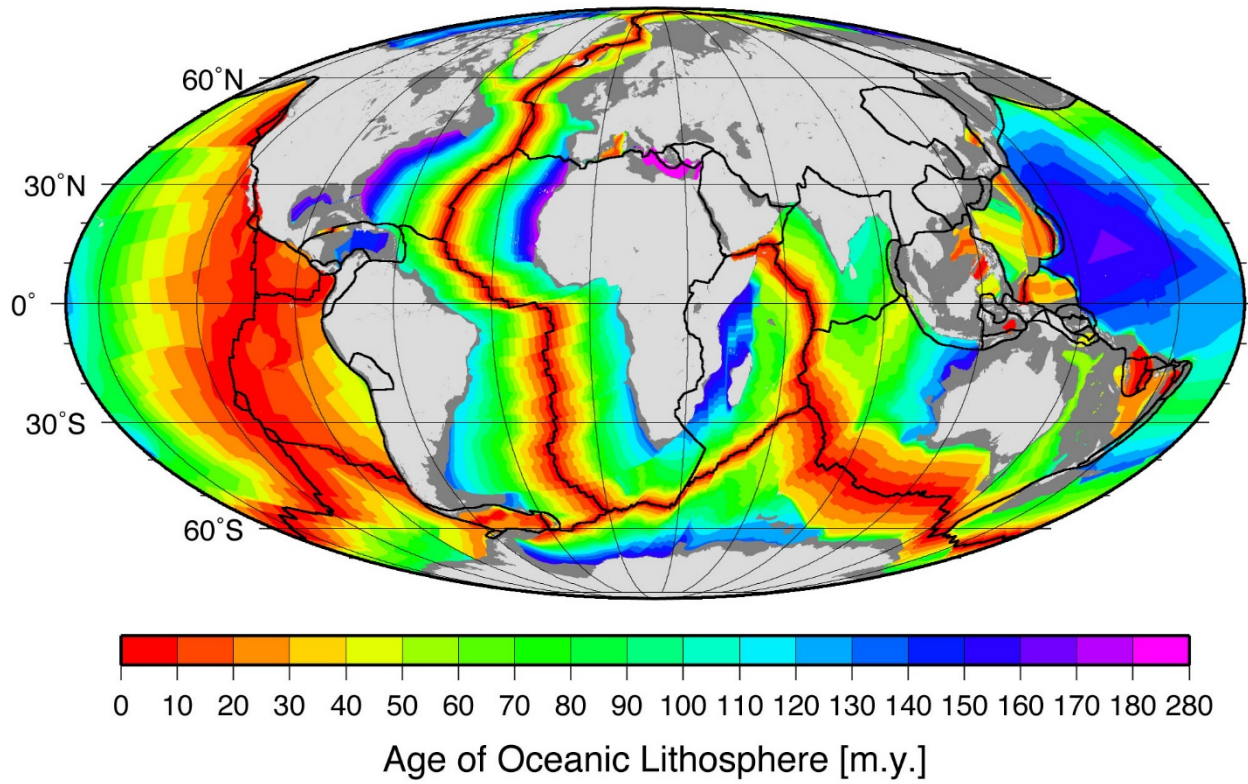


Figura 2 Vârsta crustei oceanice³⁰ (https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/ocean_age/ocean_age_2008.html)

³⁰ Müller, R.D., M. Sdrolias, C. Gaina, and W.R. Roest 2008. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 9, Q04006, doi:10.1029/2007GC001743.

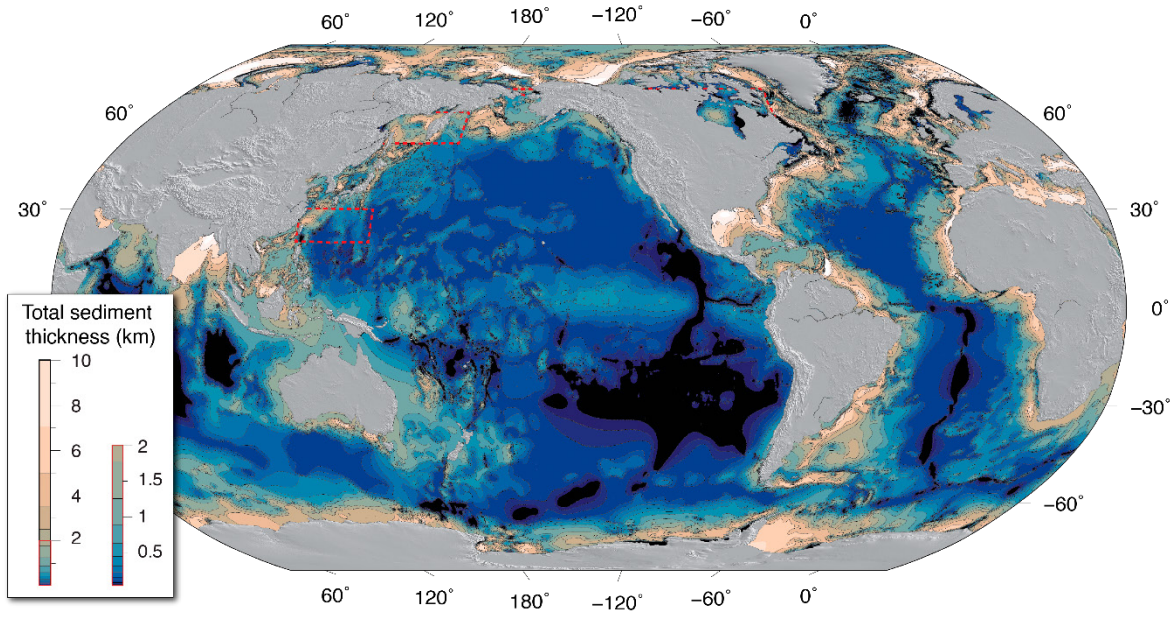


Figura 3 Grosimea totală a sedimentelor oceanice și a mărilor marginale³¹ (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/sedthick/>)

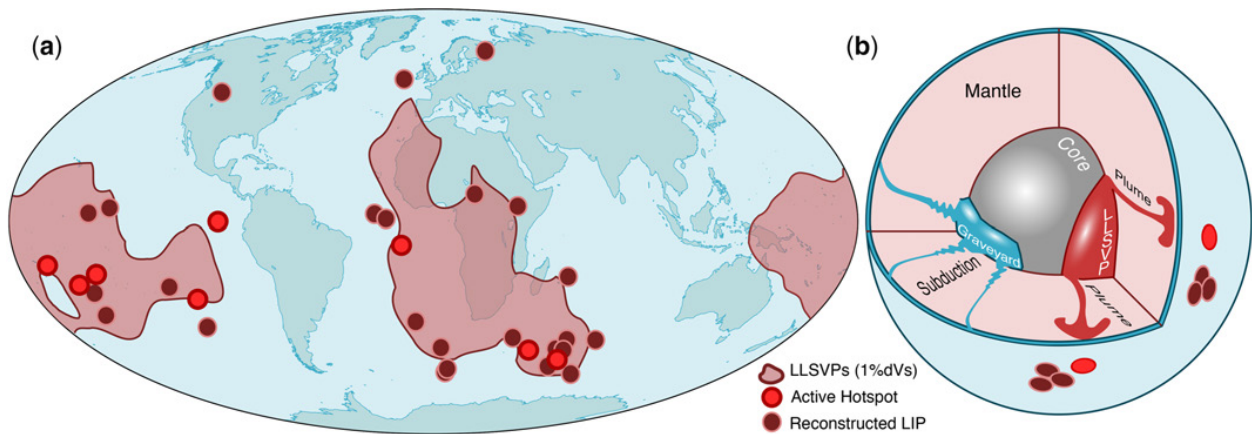
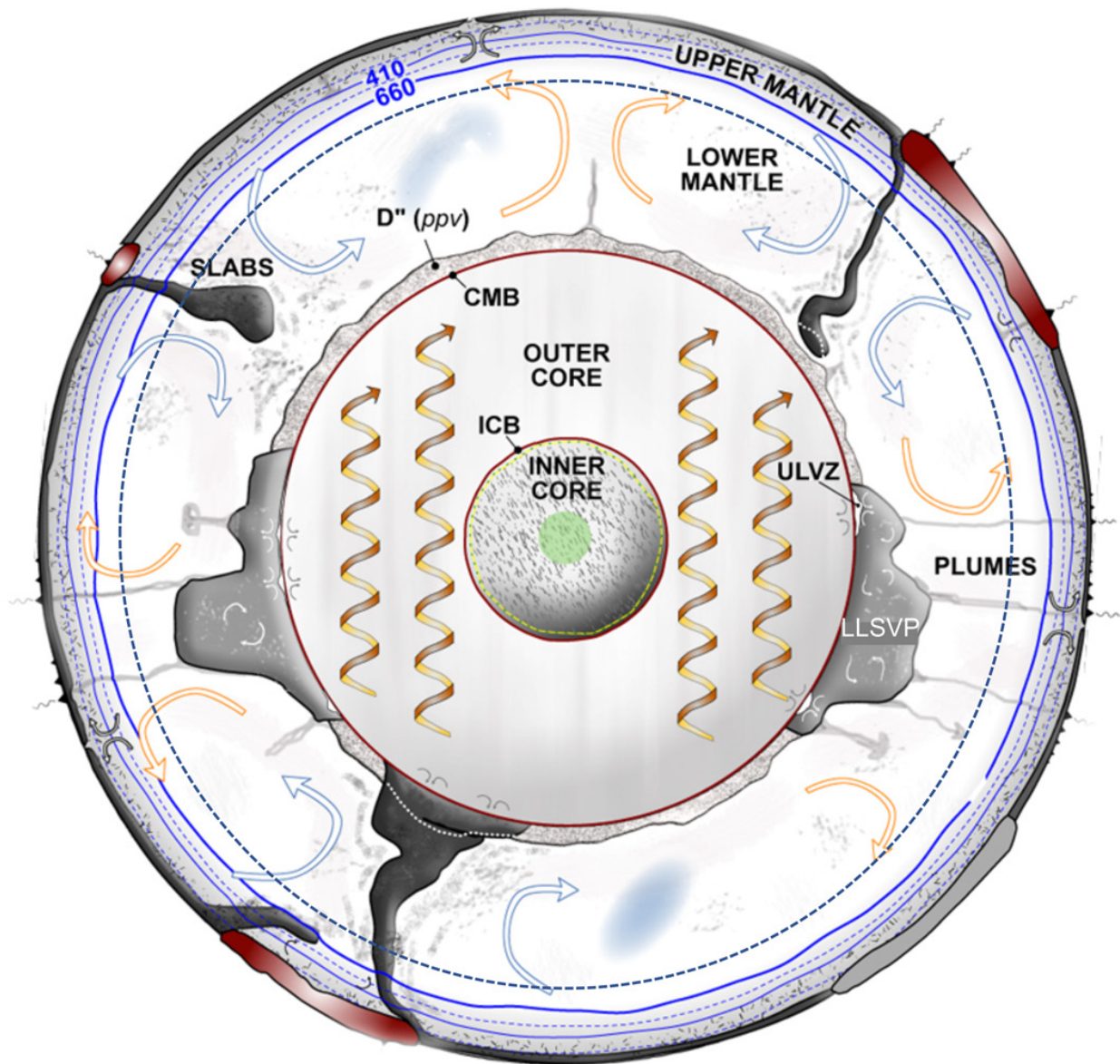


Figura 4 Locația provinciilor cu viteză mică de forfecare (LLSVP) și a marilor provincii magmatice (LIP).

³¹ Straume, E.O., Gaina, C., Medvedev, S., Hochmuth, K., Gohl, K., Whittaker, J. M., et al. (2019). GlobSed: Updated total sediment thickness in the world's oceans. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20. DOI: 10.1029/2018GC008115



În mod tradițional, forțele geotectonice se clasifică în diastrofice și vulcano-plutonice. Forțele vulcanice sunt date de extruzia magmei la partea superioară a scoarței sub formă de lavă și intruzii minore (dikuri și sill-uri). Forțele plutonice, cu origine în zone adânci ale Terrei produc intruziunile plutonice majore și filoanelor asociate.

Vulcanismul

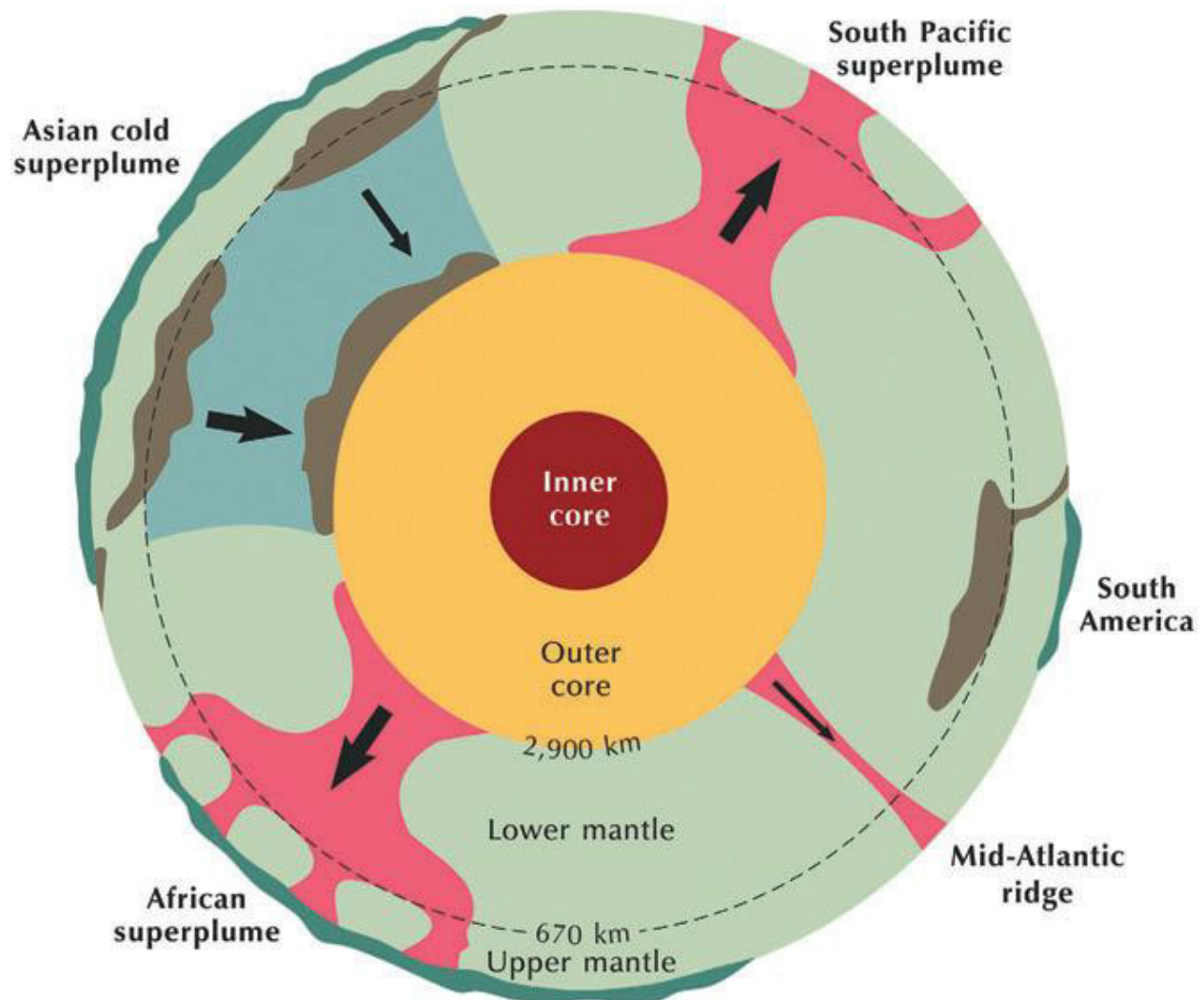
Vulcanismul se referă la activitatea produsă de ieșirea magmei la suprafață sub formă de lavă. Vulcanismul se poate produce și în adâncime (de intruziune), dar este caracterizat de procese de suprafață (extrusive): exhalatii, erupții, explozii vulcanice. Vulcanismul intrusiv cuprinde intruziunile minore, plecate din cele majore plutonice, de tipul corpurilor subvulcanice (dyke, sill).

Locația vulcanilor este legată de trei zone: marginile plăcilor tectonice, fie de tip rift sau de subsidență, și intraplăci datorită hot-spot-urilor.

Plutonismul

Intruziunile majore ale magmei în crustă, la adâncimi mari, de tipul batolitelor și stocurilor sunt rezultatul proceselor plutonice.

Teoria validă la ora actuală privind dinamica mantalei terestre se referă la fluxurile de metal topit din nucleul terestru, care generează prin căldura lor latentă transfer de energie către granița nucleu-manta. De aici, topiturile de silicați preiau căldura, și prin convecție generează penele (plumes) de manta. Acestea sunt topituri de silicați de temperatură mai mare decât mantaua înconjurătoare (cu până la 250-300 grade C) care se deplasează spre scoarța terestră, iar atunci când ajung la ea o topesc. Topitura rezultată poate ieși la suprafață sub forma curgerilor bazaltice continentale, la nivelul scării geocronologice existând scurgeri bazaltice suprafață de dimensiuni gigantice, ca efect al unor super-pene (superplumes): M. Tibesti din Sahara, Provincia Siberiană și Platoul Deccan.



Între zonele de pană de manta pot exista bucăți de scoarță care se scufundă către zona inferioară a mantalei.

5. Procese exogene

- aaa
- 1. Meteorizarea
aaa
- 2. Procesele de deplasare în masă pe versanți
aaa
- 3. Procesele fluviale
aaa
- 4. Procesele glaciare și glacio-fluviale
aaa
- 5. Procesele periglaciare
aaa
- 6. Procesele eoliene
aaa
- 7. Procesele costiere
aaa
- 8. Aaa
aaa
- 9. Aaa
aaa
- 10.
aaa