



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Γεωχημεία

Ενότητα 2: Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια
της γης

Αριάδνη Αργυράκη

Σχολή Θετικών Επιστημών

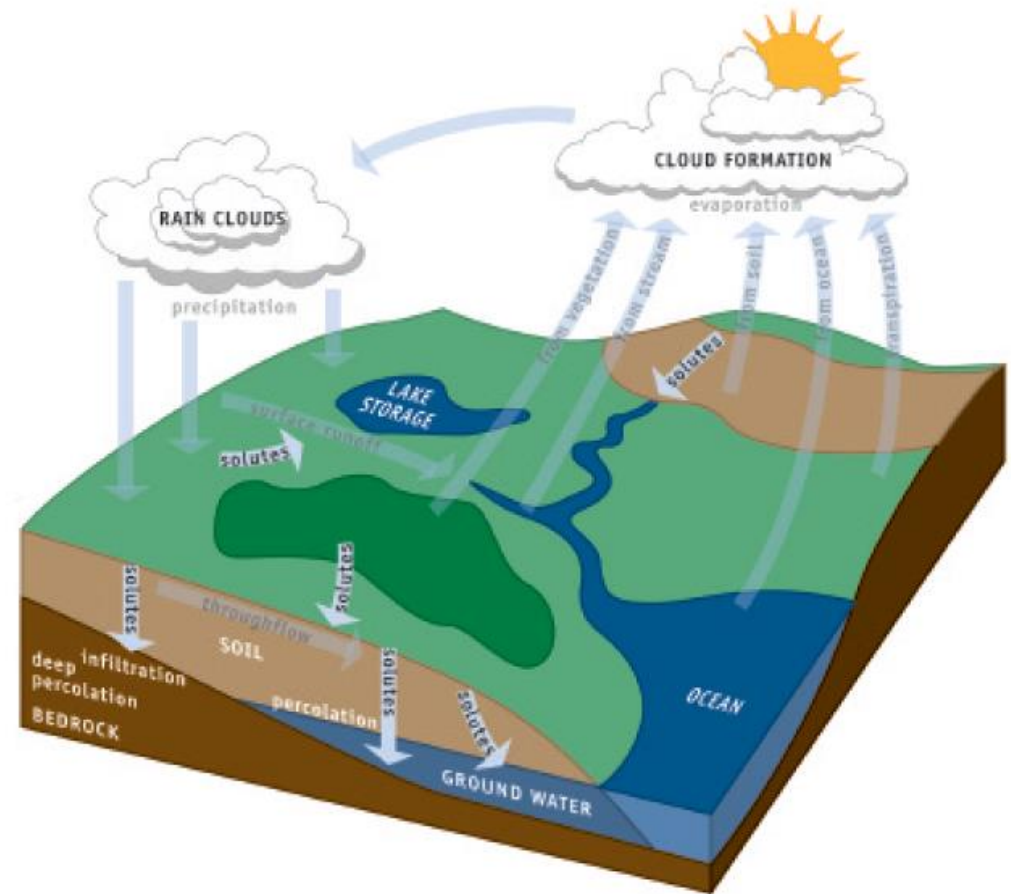
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια της γης

Διεργασίες στην κρίσιμη ζώνη

Κρίσιμη Ζώνη (*Critical Zone*) - ορισμός

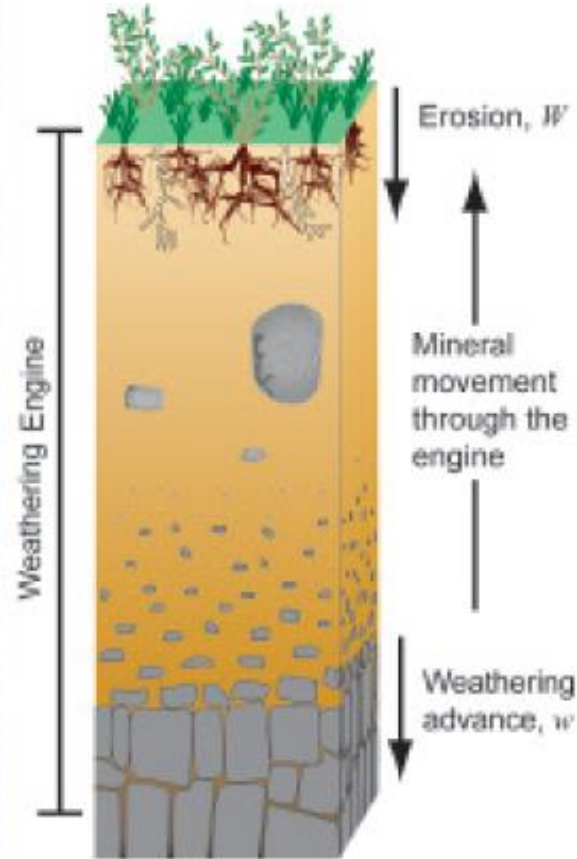
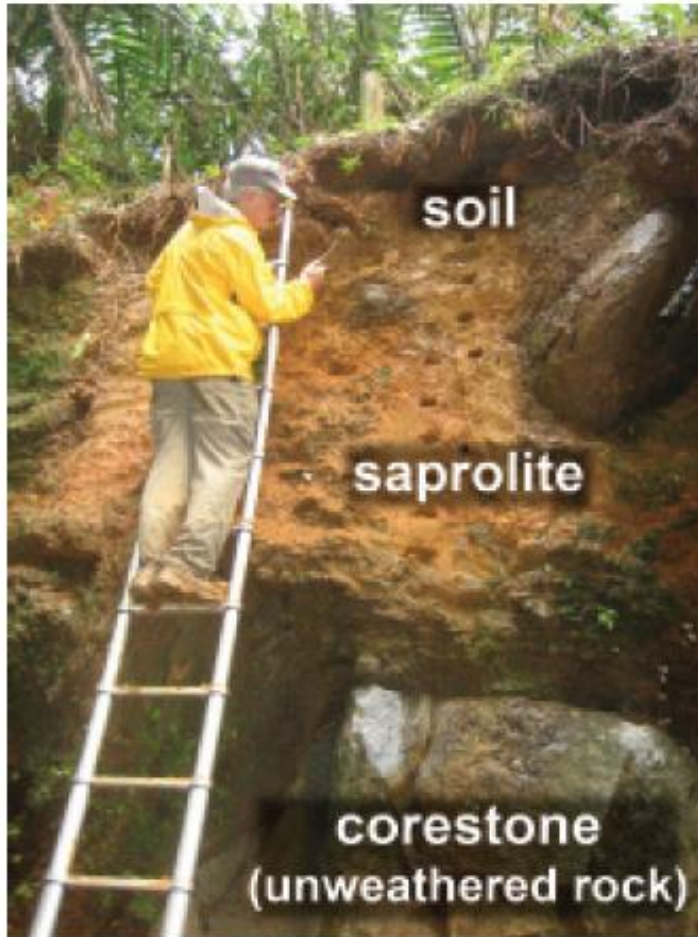
- Ο όγκος του επιφανειακού στρώματος της λιθόσφαιρας, από την επιφανειακή βλάστηση έως τη βάση του υπόγειου νερού (Brantley et al, 2006).
- Μίγμα αέριας & υγρής φάσης, έμβιου κόσμου, οργανικού υλικού και πετρώματος.
- Άμεση αλληλεπίδραση οργανισμών και ανόργανων γήινων υλικών.



Elements (2007), vol.3, 307-314

1

‘Αντιδραστήρας’ τροφοδοτούμενος με υλικό του πετρώματος

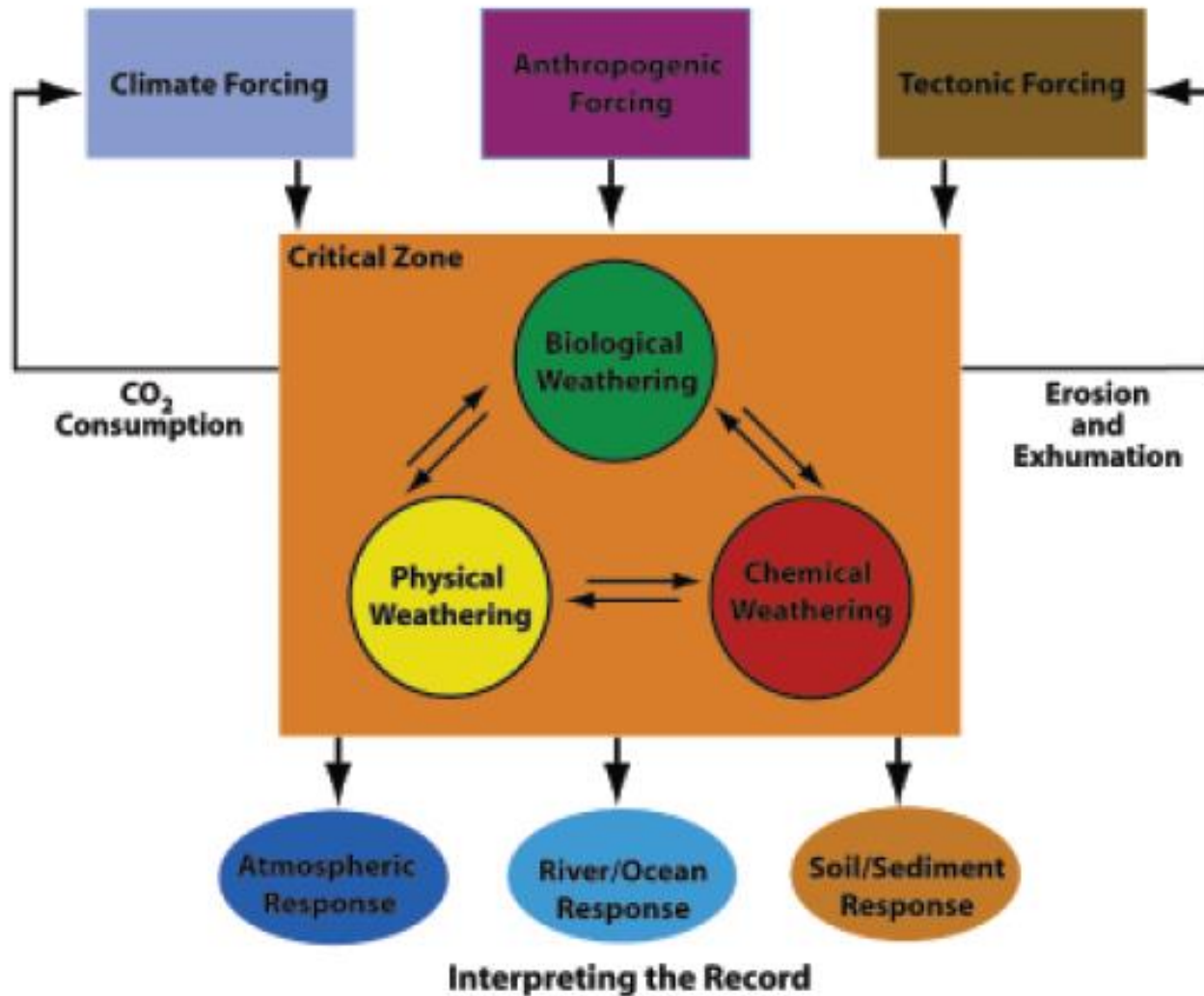


2

Elements (2007), vol.3, 307-314



Οι παράμετροι του συστήματος

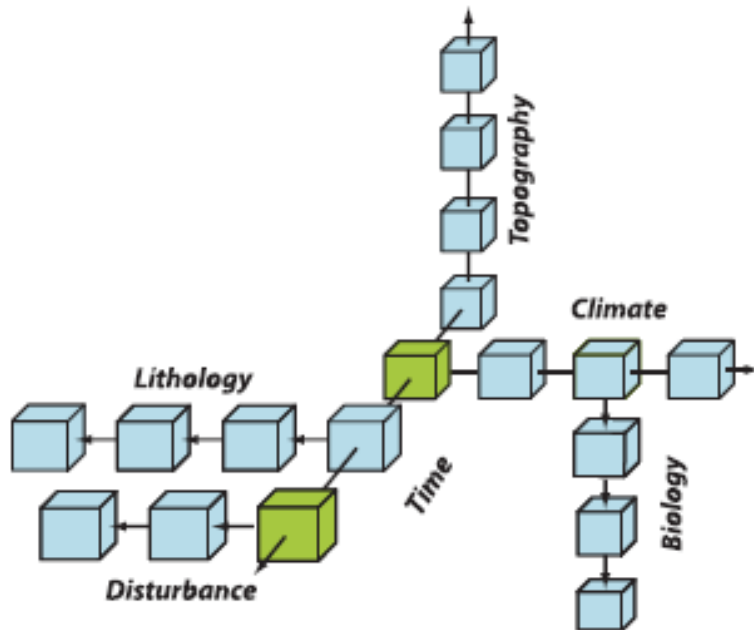


3



Μεθοδολογία έρευνας στην κρίσιμη ζώνη

Critical Zone Exploration Network

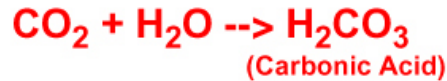


Παρατηρητήρια διεργασιών σε διαφορετικά περιβάλλοντα του πλανήτη

4

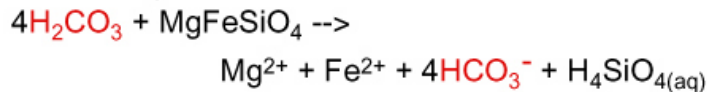
Elements (2007), vol.3, 307-314

Το CO₂ ως παράγοντας εδαφογένεσης

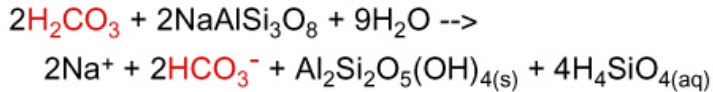


Carbonic acid in turn drives most chemical weathering by providing the acidity that attacks minerals. For example:

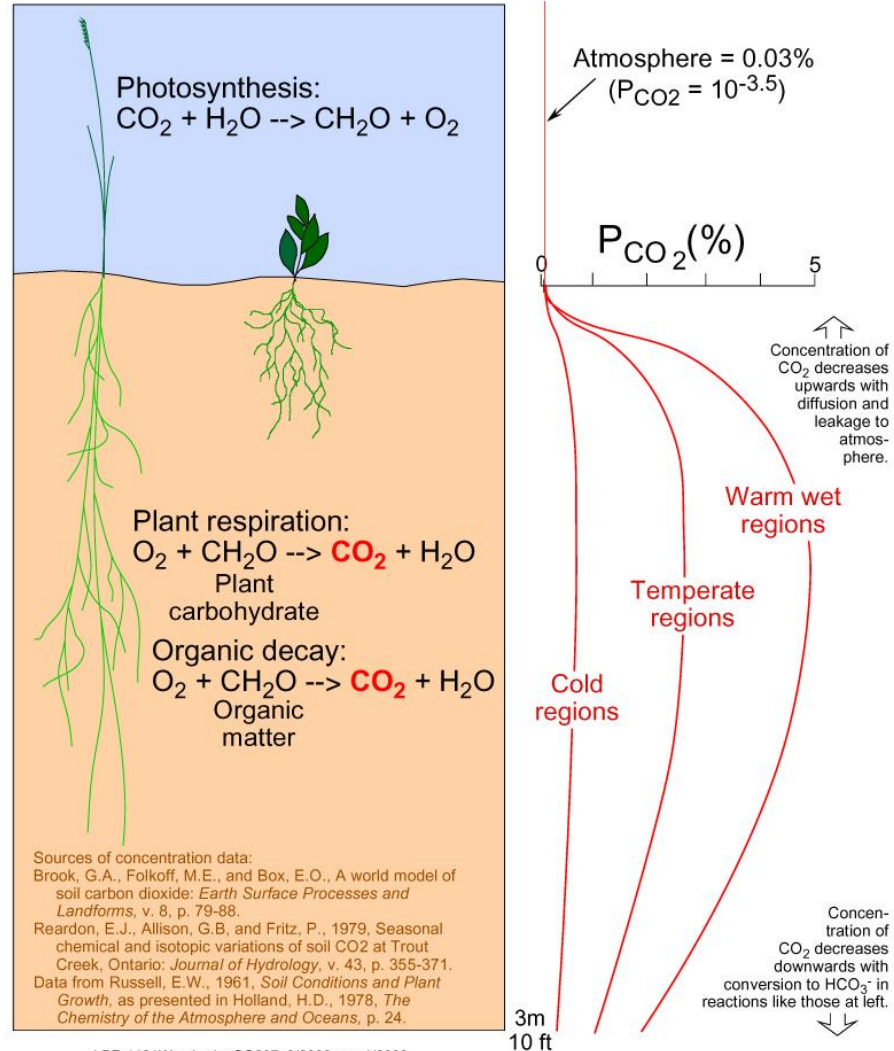
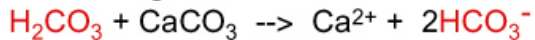
Weathering of olivine:



Weathering of albite:



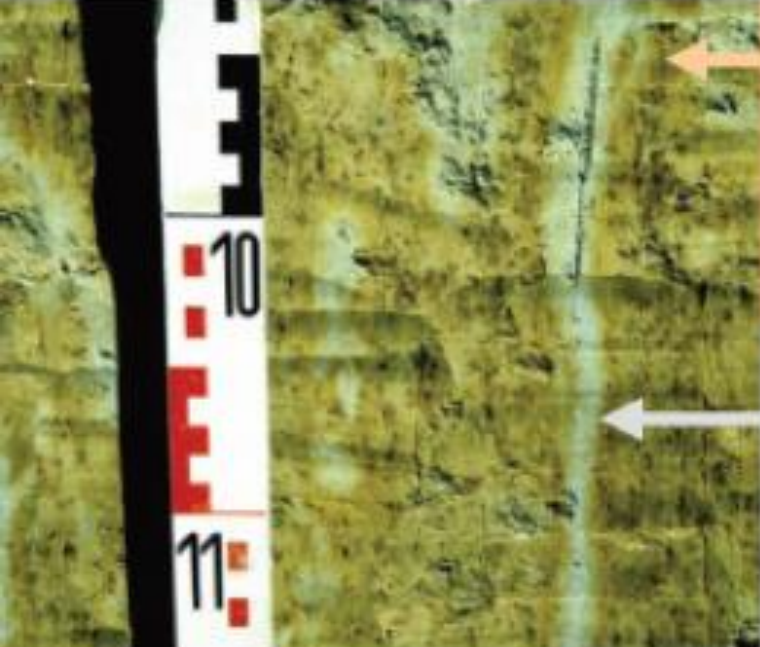
Weathering of calcite:



LBR 1121WeatheringCO207 3/2002 rev. 1/2009



Διεργασίες οξειδοαναγωγής- ο βιολογικός παράγοντας



Iron Oxidation Zone

$$4 \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{O}_{2(g)} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons 4 \text{Fe(III)OOH}_{(s)} + 8 \text{H}^+_{(aq)}$$

(e.g., *Gallionella*, *Leptothrix*)

Iron Reduction Zone

$$4 \text{Fe(III)OOH}_{(s)} + \text{CH}_2\text{O}_{(aq)} + 8 \text{H}^+_{(aq)} \rightleftharpoons 4 \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{CO}_2(g) + 7 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

(e.g., *Aeromonas*, *Bacillus*, *Geobacter*, *Clostridium*)

Elements (2007), vol.3, 307-314

6



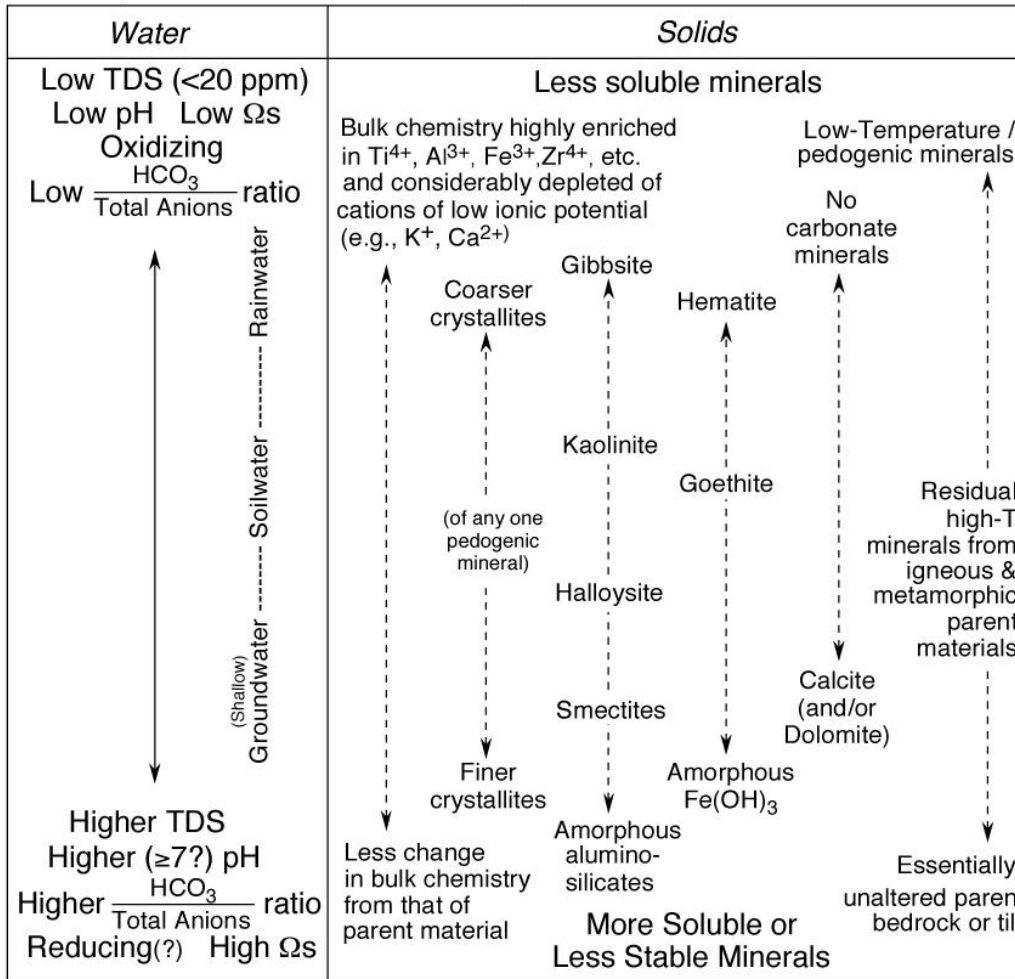
The complementary nature of near-surface waters and minerals

This page attempts to summarize trends in the chemistry of near-Earth-surface waters and the regolithic materials (soils to bedrock) in which they are found. This is a very schematic diagram that tries to summarize all possible variability, and no one Earth-surface example will be characterized by all of these trends.

The column at right is meant to suggest the progression of materials from Earth-surface to depth. Its inadvertent similarity to the Surrealist art of Joan Miró may be appropriate to the document's attempt to summarize so many disparate phenomena.

Waters tend to be at this end with . . .
Low-reactivity substrate
Much rainfall

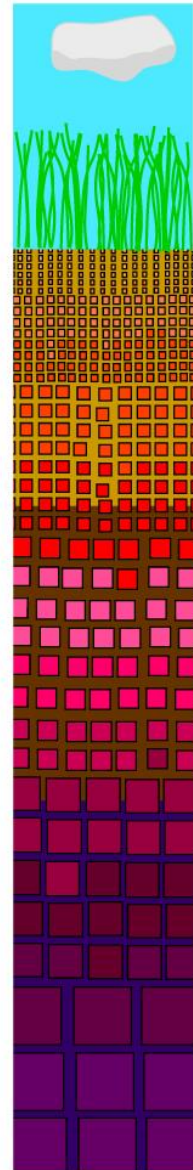
Increasing depth or increasing age of groundwater



Waters tend to be at this end with . . .
Highly-reactive substrate
Little rainfall

Mineral systems tend to be at this end with . . .
Low-reactivity substrate
Much rainfall

Mineral systems tend to be at this end with . . .
High-reactivity substrate
Little rainfall



In comparing *between* columns above, relative positions of words (e.g., gibbsite and hematite) is dictated as much or more by graphic convenience as by natural occurrence.

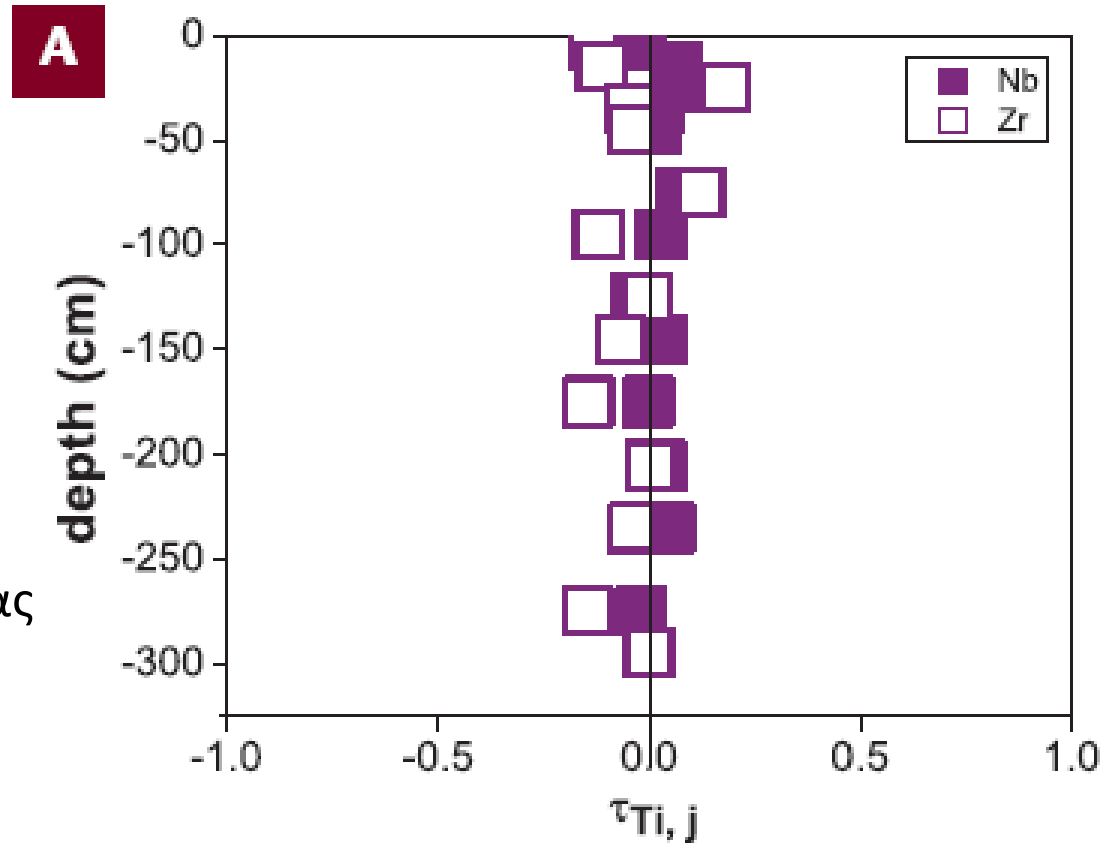
LBR Water-Mineral-Soil Sum 06 5/1998; rev. 4/1999; 12/2000; 1/2003; 11/2009; 10/2012



Ποσοτικοποίηση βαθμού αποσάθρωσης με προφίλ βάθους κανονικοποιημένης συγκέντρωσης ως προς δυσκίνητα στοιχεία (π.χ. Ti) 1/2

$$\tau_{i,j} = \frac{C_{j,w}}{C_{j,p}} \frac{C_{i,p}}{C_{i,w}} - 1$$

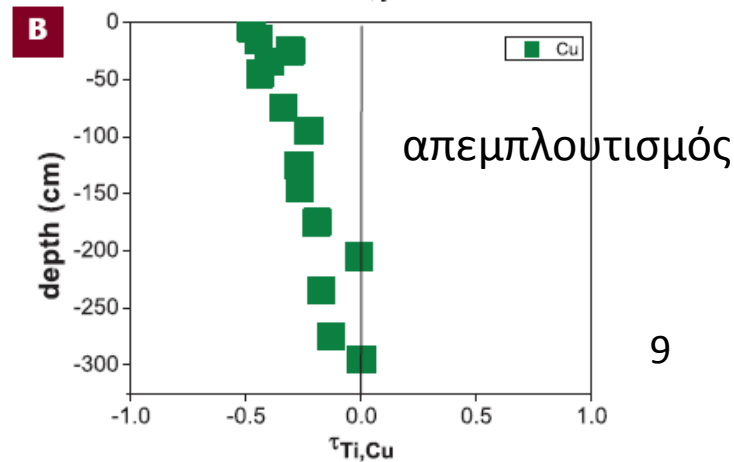
i= Δυσκίνητο στοιχείο
 j= Ευκίνητο στοιχείο
 w= Αποσαθρωμένος μανδύας
 p= Μητρικό πέτρωμα



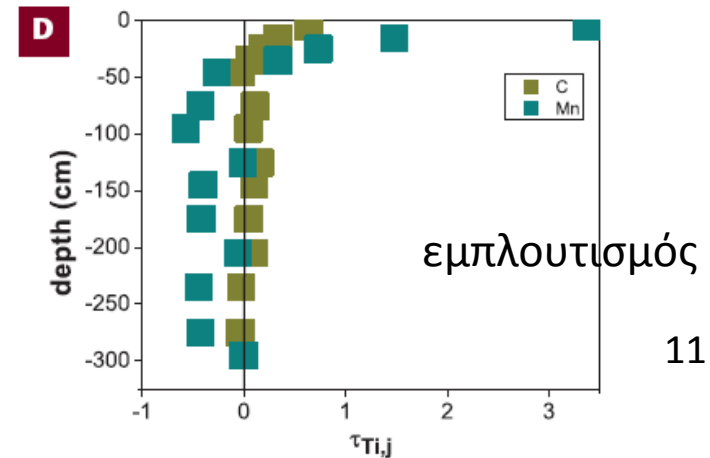
Elements (2007), vol.3, 307-314



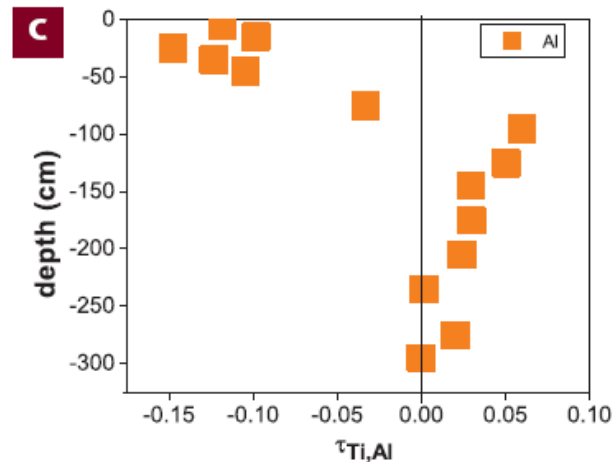
Ποσοτικοποίηση βαθμού αποσάθρωσης με προφίλ βάθους κανονικοποιημένης συγκέντρωσης ως προς δυσκίνητα στοιχεία (π.χ. Ti) 2/2



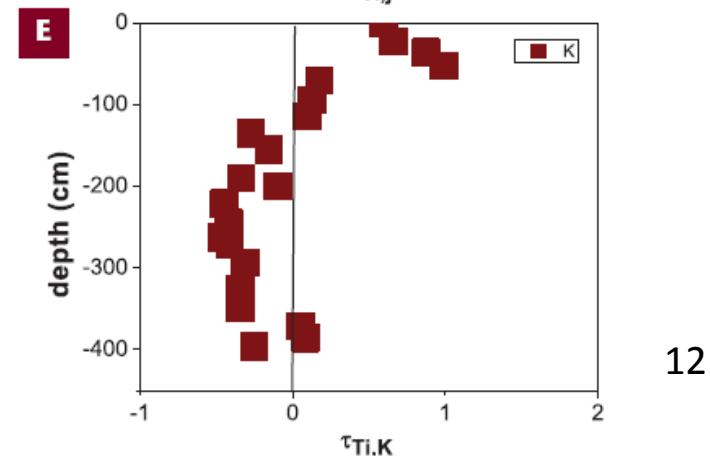
9



11



10



12

Ρυθμοί αποσάθρωσης 1/2

TABLE 1 ESTIMATED SOIL EROSION RATES

Location	Type of land	Soil erosion rate (mm/100 y)	Reference
Global	World average	7*	Troeh and Thompson (1993)
	Agricultural	60	Wilkinson and McElroy (2007)
Europe	Continent	80 [§]	Yang et al. (2003)
North America	Continent	56 [§]	Yang et al. (2003)
South America	Continent	51 [§]	Yang et al. (2003)
Africa	Continent	29 [§]	Yang et al. (2003)
Australia	Continent	19 [§]	Yang et al. (2003)
Asia	Continent	81 [§]	Yang et al. (2003)

Elements (2007), vol.3, 307-314

13



Ρυθμοί αποσάθρωσης 2/2

TABLE 2

EXAMPLES OF ESTIMATED REGOLITH FORMATION RATES

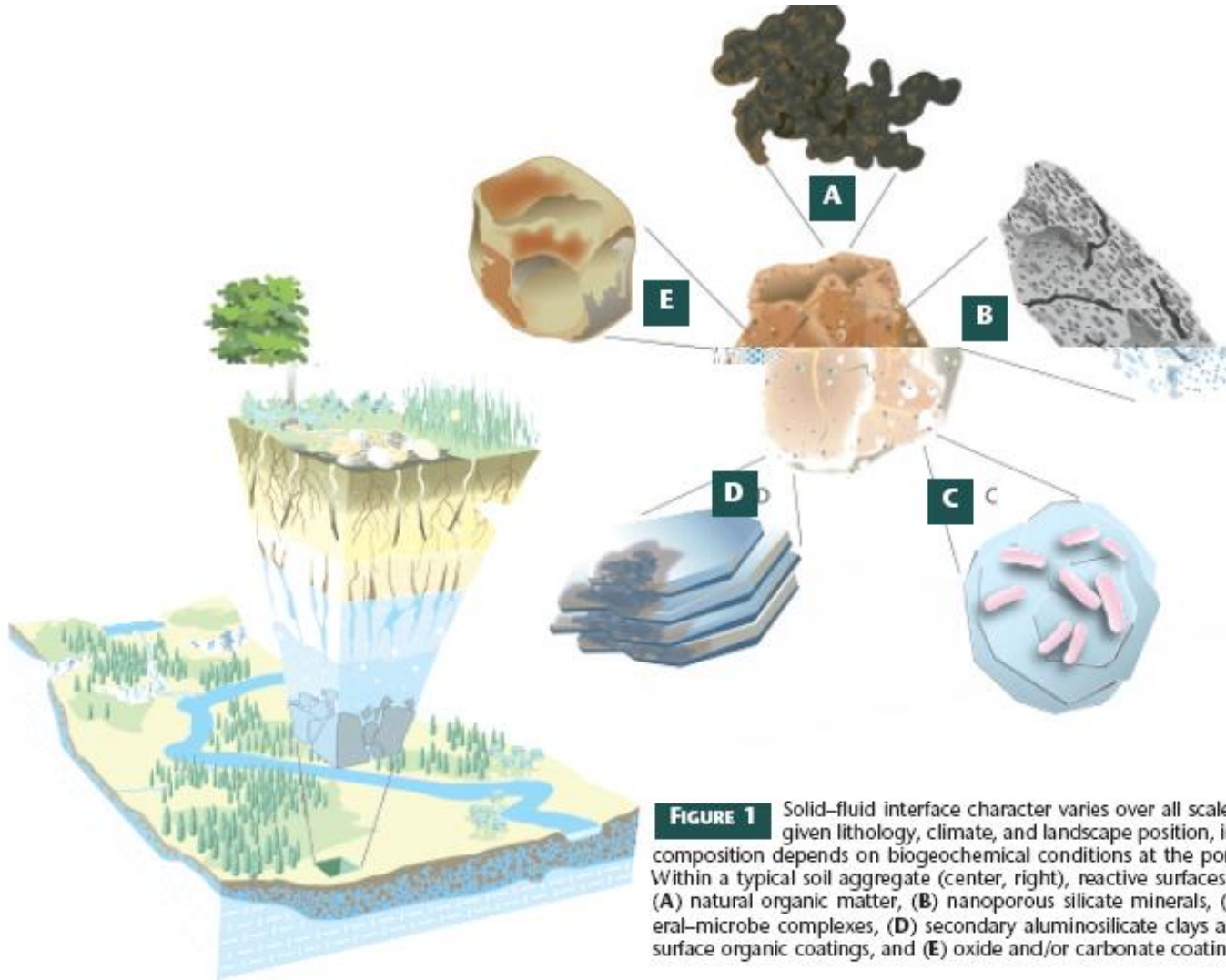
Rock type	Location	Rate (mm/100 y)	Method	Reference
Quartz diorite	Puerto Rico	5.8	Mass balance	White et al. (1998)
Basalt	Costa Rica	2.9	Mass balance	Sak et al. (2004)
Greywacke/ sandstone/ chert/ greenstone	San Gabriel Mountains, California, USA	1.5–10.7	^{10}Be , ^{26}Al , and curvature observations	Heimsath et al. (1997)
Granulite/ amphibolite	Sri Lanka	0.2–0.7**	^{10}Be	von Blanckenburg et al. (2004)
Schist	Coweeta, North Carolina, USA	3.8	Mass balance	Velbel (1986)
World average	Global	7*		Troeh and Thompson (1993)

Elements (2007), vol.3, 307-314

14



Κλίμακα παρατήρησης



15

FIGURE 1 Solid-fluid interface character varies over all scales. For a given lithology, climate, and landscape position, interface composition depends on biogeochemical conditions at the pore scale. Within a typical soil aggregate (center, right), reactive surfaces include (A) natural organic matter, (B) nanoporous silicate minerals, (C) mineral-microbe complexes, (D) secondary aluminosilicate clays and their surface organic coatings, and (E) oxide and/or carbonate coatings.

Επιφάνειες αλληλεπίδρασης ρευστής-στερεάς φάσης σε μικροκλίμακα

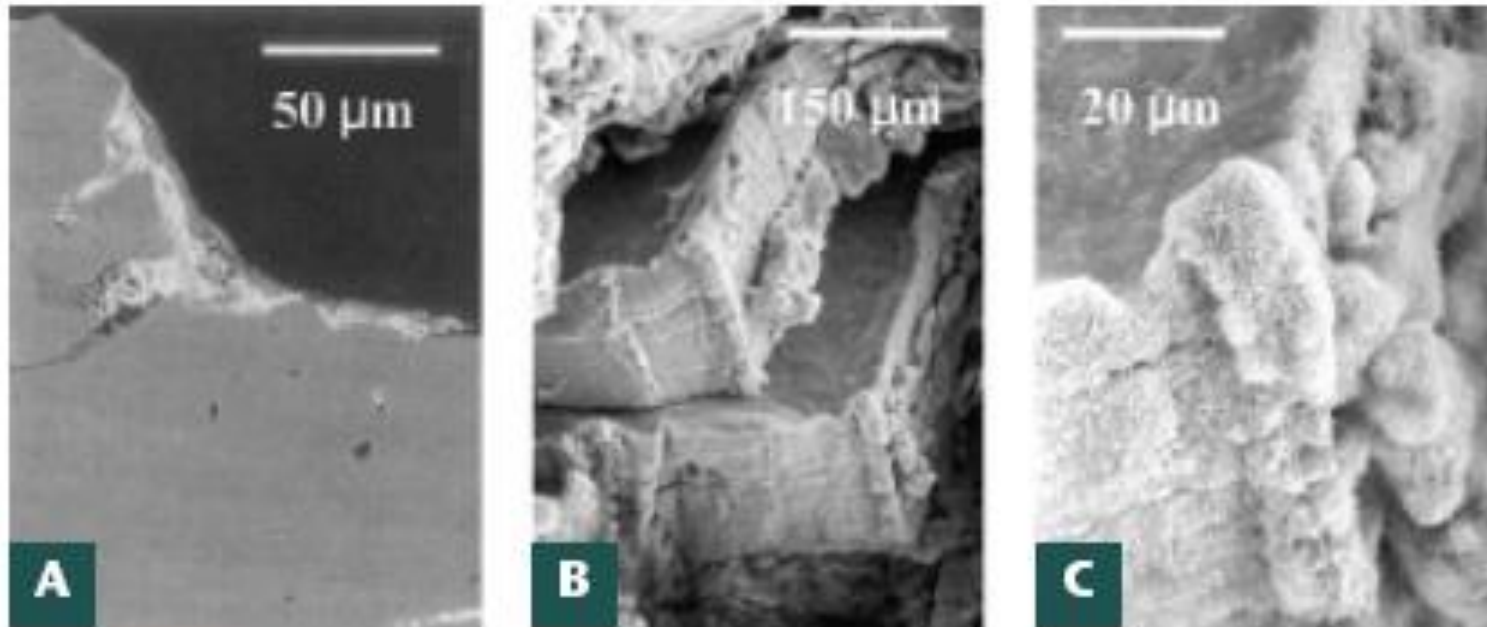
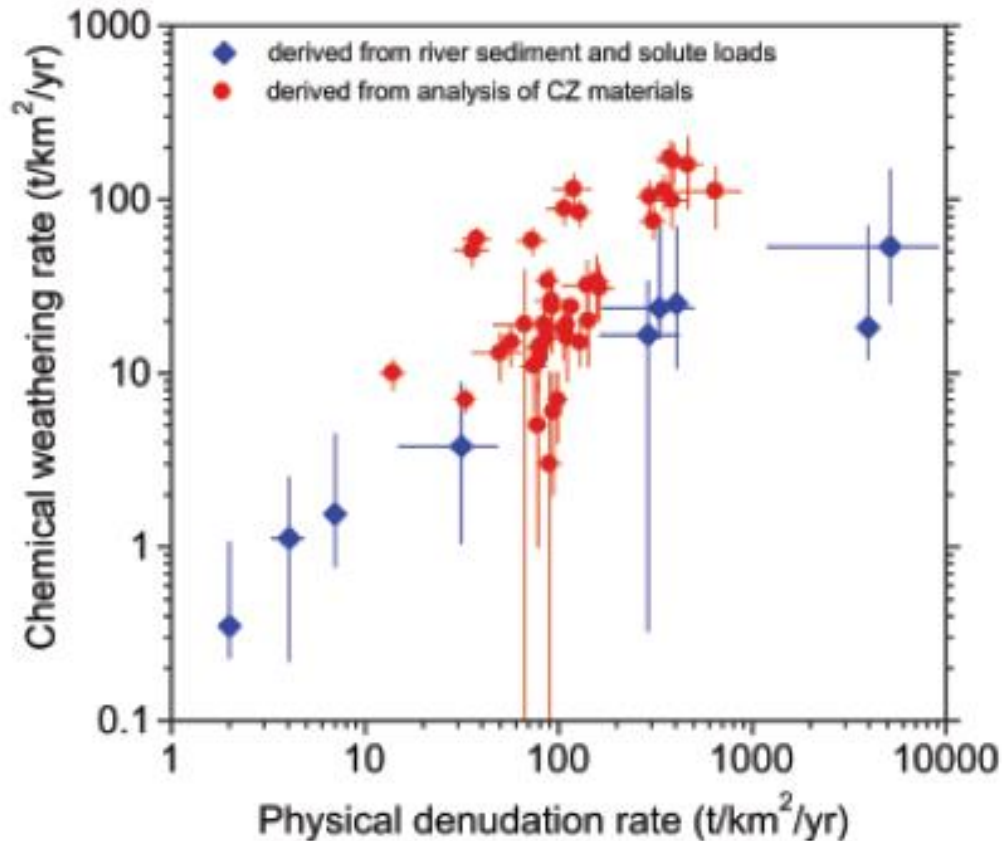


FIGURE 3 Incongruent dissolution and accretion on interfaces. (A) Backscatter electron image of surface coatings of polycrystalline Fe and Al oxyhydroxide on quartz from Cape Cod aquifer sand (Coston et al. 1995); (B) weathering of primary biotite grains and formation of secondary halloysite in a granitic gneiss saprolite and (C) close-up of (B) showing tubular halloysite on edge surfaces of the weathering biotite (Kretzschmar et al. 1997).

16



Συσχέτιση φυσικής- χημικής αποσάθρωσης

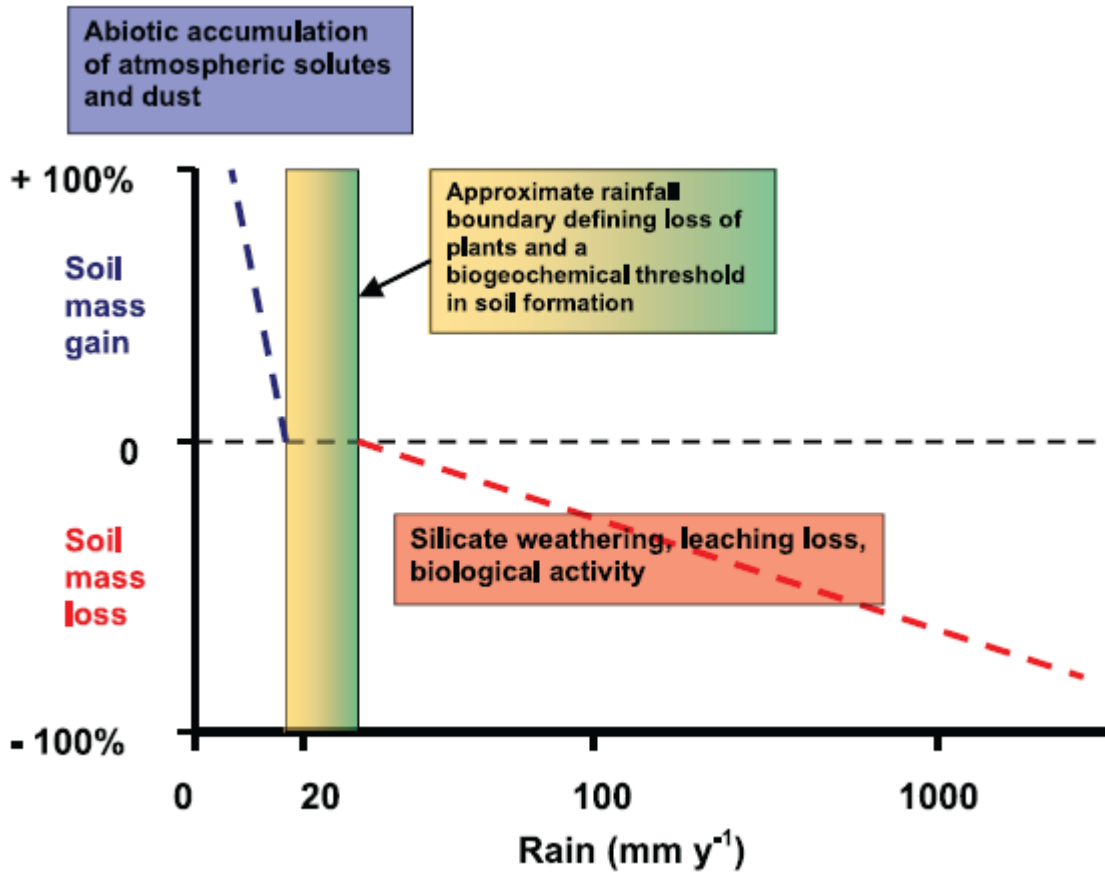


17

Elements (2007), vol.3, 315-319



Βροχόπτωση και εδαφογένεση



18

Elements (2007), vol.3, 327-332

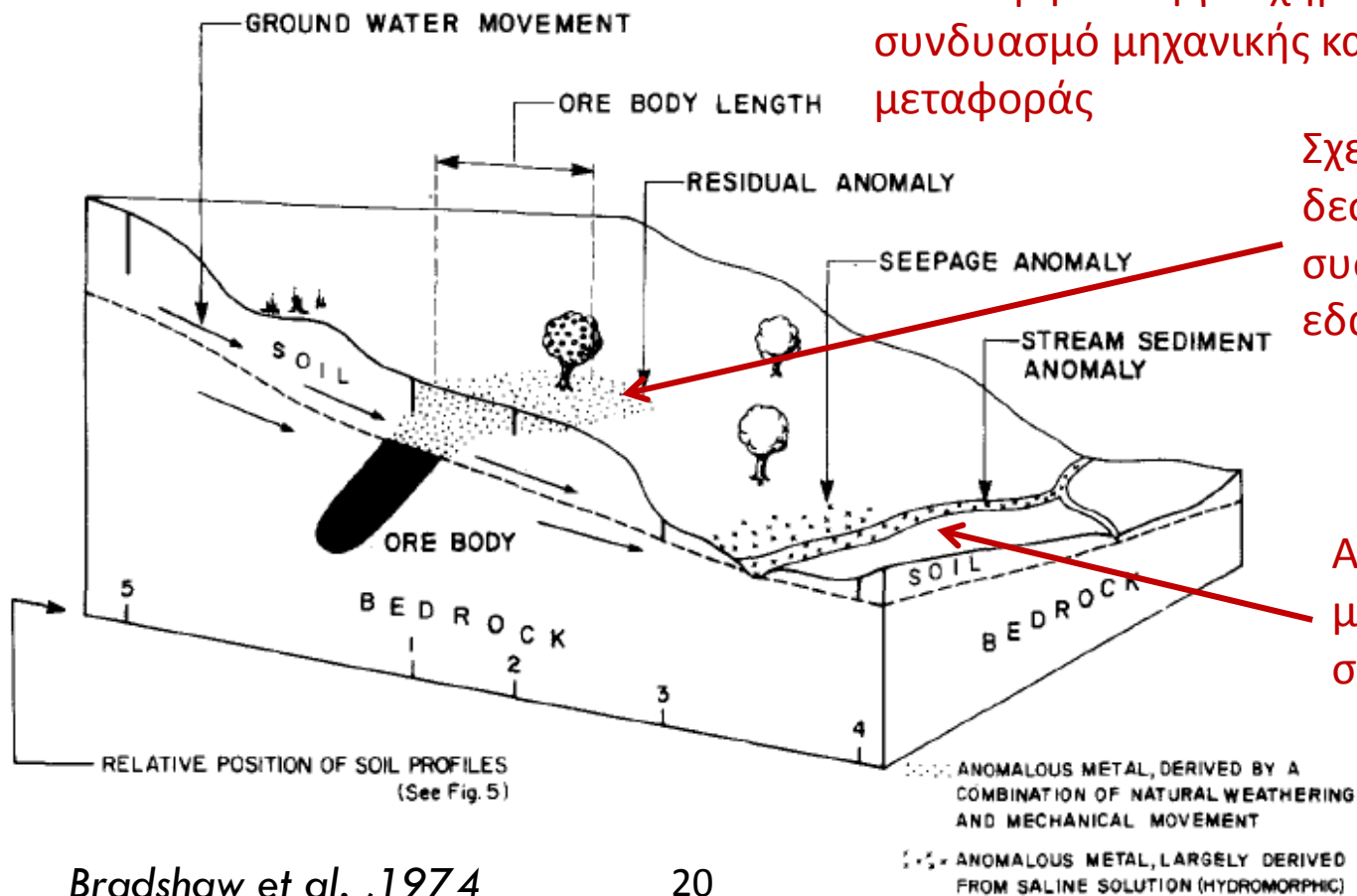


Εφαρμογή γεωχημείας εδαφών στον εντοπισμό κοιτασμάτων-(1) Μηχανισμοί διασποράς σε τροπικό περιβάλλον

In situ εμφάνιση γεωχημικής ανωμαλίας με συνδυασμό μηχανικής και υδρομορφικής μεταφοράς

Σχετικά ισχυροί δεσμοί μετάλλων και συστατικών του εδάφους

Ασθενείς δεσμοί μετάλλων και συστατικών ιζήματος



Bradshaw et al., 1974

20

Μέθοδοι εξαγωγής μετάλλων 1/2

- Ολικό περιεχόμενο μετάλλων – εξαγωγή με HF / HClO_4 / HNO_3 ή σύντηξη με μεταβορικό λίθιο
 - Χρήση μόνο HClO_4 είναι εξ ίσου αποτελεσματική στην προσβολή αστρίου, μαρμαρυγία και σουλφιδίων αλλά δεν προσβάλλει πυρόξενους-αμφίβολους.
 - Απομάκρυνση 80%- 100% μετάλλων από εδάφη, ιζήματα



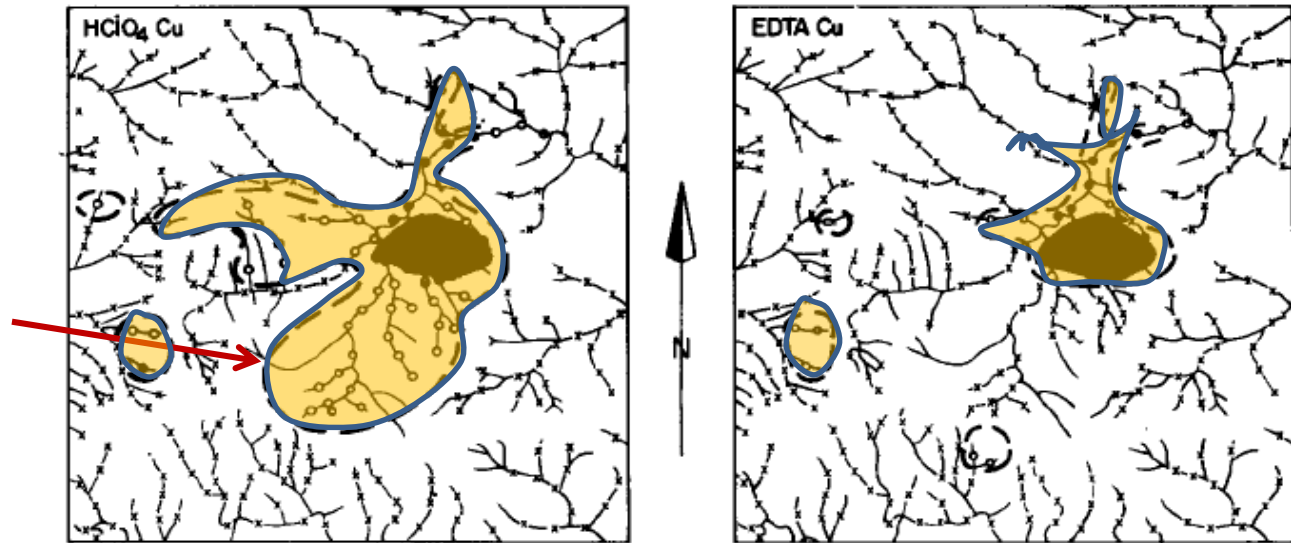
Μέθοδοι εξαγωγής μετάλλων 2/2

- Ασθενής όξινη προσβολή HCl ή EDTA
 - Συνήθως θερμό HCl 0.5 N → απομακρύνει ασθενώς σχετικά συνδεδεμένα μέταλλα
 - EDTA (ασθενές οργανικό οξύ) Απομάκρυνση μετάλλων προσροφημένων σε επιφάνειες ορυκτών και διαλύει δευτερογενή άλατα μετάλλων
 - Παρόμοια αντιδραστήρια είναι το κιτρικό αμμώνιο ή κιτρικό νάτριο



Σύγκριση μεθόδων εξαγωγής στον εντοπισμό πορφυρικού Cu στα Fiji

Η διαλυτοποίηση με HClO_4 δείχνει ανωμαλία και σε στείρες περιοχές λόγω λιθολογίας



Bradshaw et al., 1974

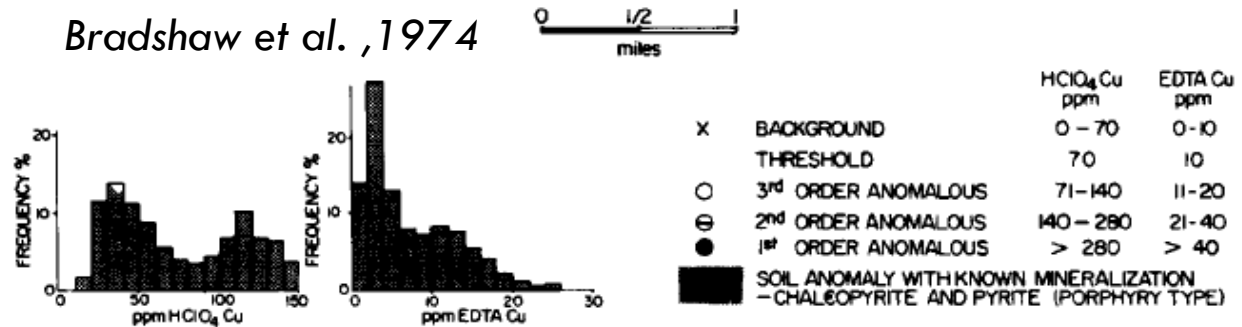


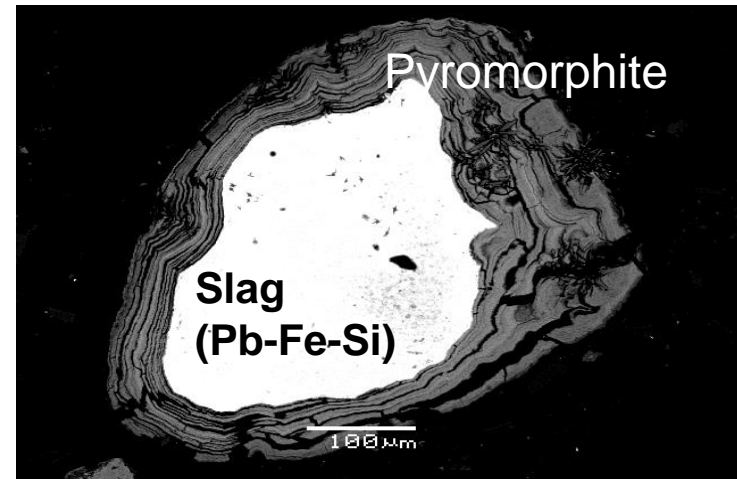
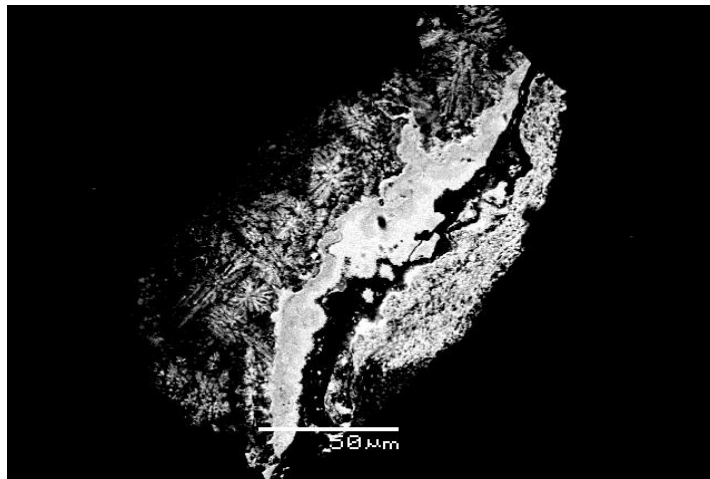
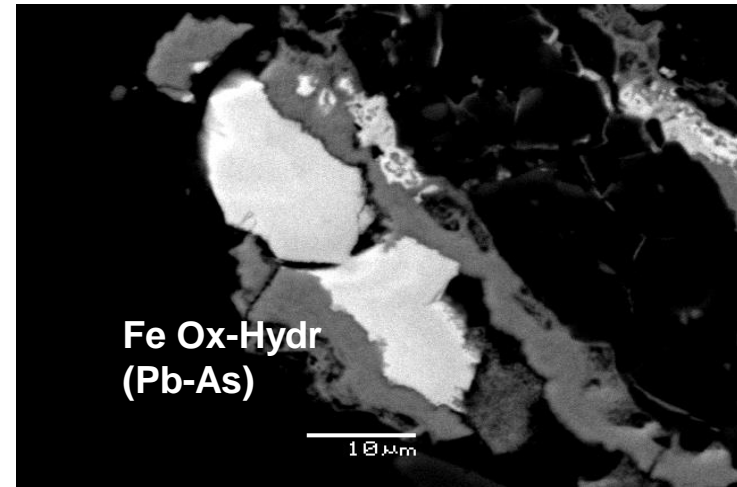
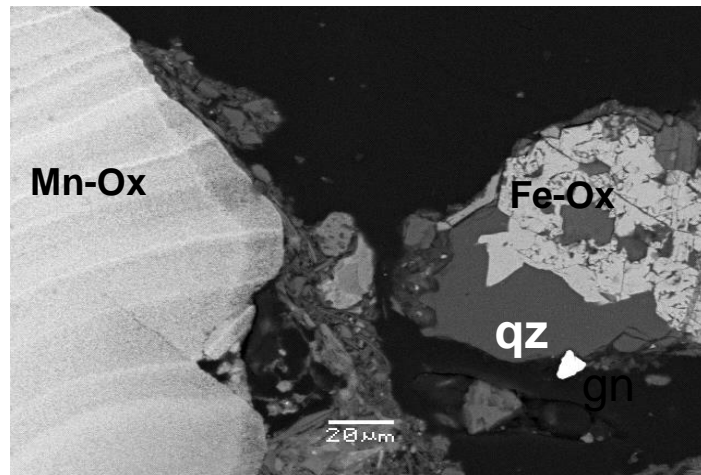
Fig.4. Copper in stream sediments, Fiji.

Περιβαλλοντική εφαρμογή εδαφογεωχημείας- Συγκεντρώσεις μετάλλων στο έδαφος του Στρατωνίου Χαλκιδικής (*Argyragi et al 2007*)

Element	Stratoni mean	Global soil mean (Levinson, 1980)	Wider area mean (Kelepertsis et al., 2006)	UK (DOE-ICRCL)		France	Canada	USA
				Small garden	Open area	Action limit	Industrial area	Action limit
Pb	1090	17	895	450	1500	1000	1000	400
Zn	878	50	654	280	280-560	3000	1500	
Cu	184	20	150	140	140-280	1000	500	600
Cd	6.2	1	3.3	5	12-15	20	20	39
Fe	45700	35000	61160					
Mn	4465	530	3037			10000		
As	635	5	364	20	40		50	20



SEM εδαφικοί κόκκοι εδάφους Στρατωνίου (Argyrazi et al 2007)



22



Κατανομή μετάλλων σε εδαφικές φάσεις Στρατωνίου

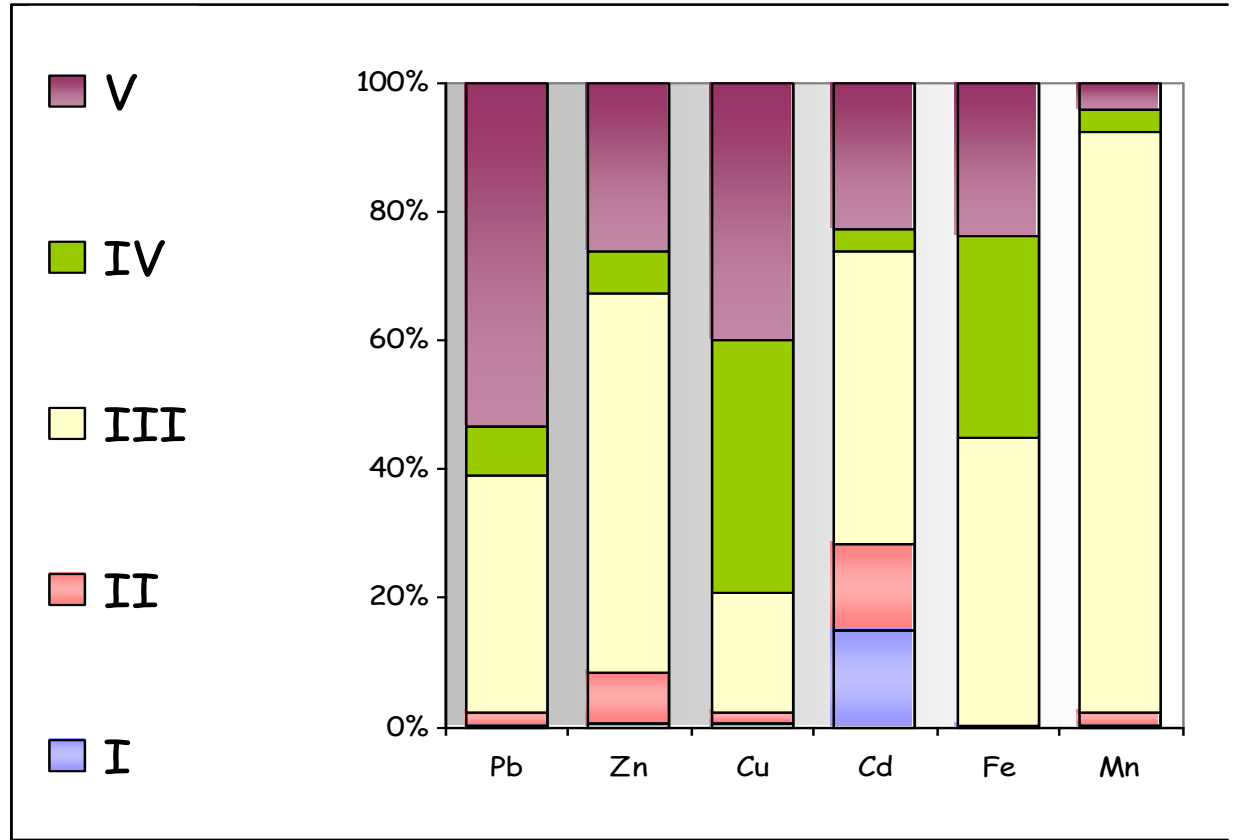
Πυριτικά ορυκτά και σκωρία

Οργανικό υλικό και θειούχα ορυκτά

Fe/ Mn οξειδία

Ανθρακικά και θέσεις ειδικής προσρόφησης

Θέσεις ιοντοανταλλαγής



(Argyragi et al 2007)

23



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.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αριάδνη Αργυράκη 2015. Αριάδνη Αργυράκη. «Γεωχημεία. Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια της γης». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL2/>.



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 (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Critical Zone. Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 2: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 3: Copyrighted.

Εικόνα 4: Critical Zone Exploration Network. Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 5: Copyrighted. Πηγή: LBR 1121 WeatheringCO207 3/2002 rev. 1/2009.

Εικόνα 6: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Εικόνα 7: The complementary nature of near-surface waters and minerals.
Copyright L. Bruce Railsback, Department of Geology, University of Georgia, Athens,
Georgia 30602-2501 U.S.A. Πηγή:
<http://www.gly.uga.edu/railsback/FundamentalsIndex.html>

Εικόνα 8: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 9: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 10: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 11: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 12: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314.

Εικόνα 13: Estimated soil erosion rates. Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3,
307-314



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Εικόνα 14: Examples of estimated regolith formation rates. Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 307-314

Εικόνα 15: Copyrighted.

Εικόνα 16: Copyrighted. Πηγή: Kretzschmar et al. 1997.

Εικόνα 17: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 315-319

Εικόνα 18: Copyrighted. Πηγή: Elements (2007), vol.3, 327-332

Εικόνα 19: Copyrighted.

Εικόνα 20: Copyrighted. Πηγή: Bradshaw et al. ,1974

Εικόνα 21: Copyrighted. Πηγή: Bradshaw et al. ,1974

