



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

ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ
ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΘΕΡΜΕΣ ΠΗΓΕΣ
2. ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ
3. ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ
4. ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ
5. ΒΙΟΣΦΑΙΡΑ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

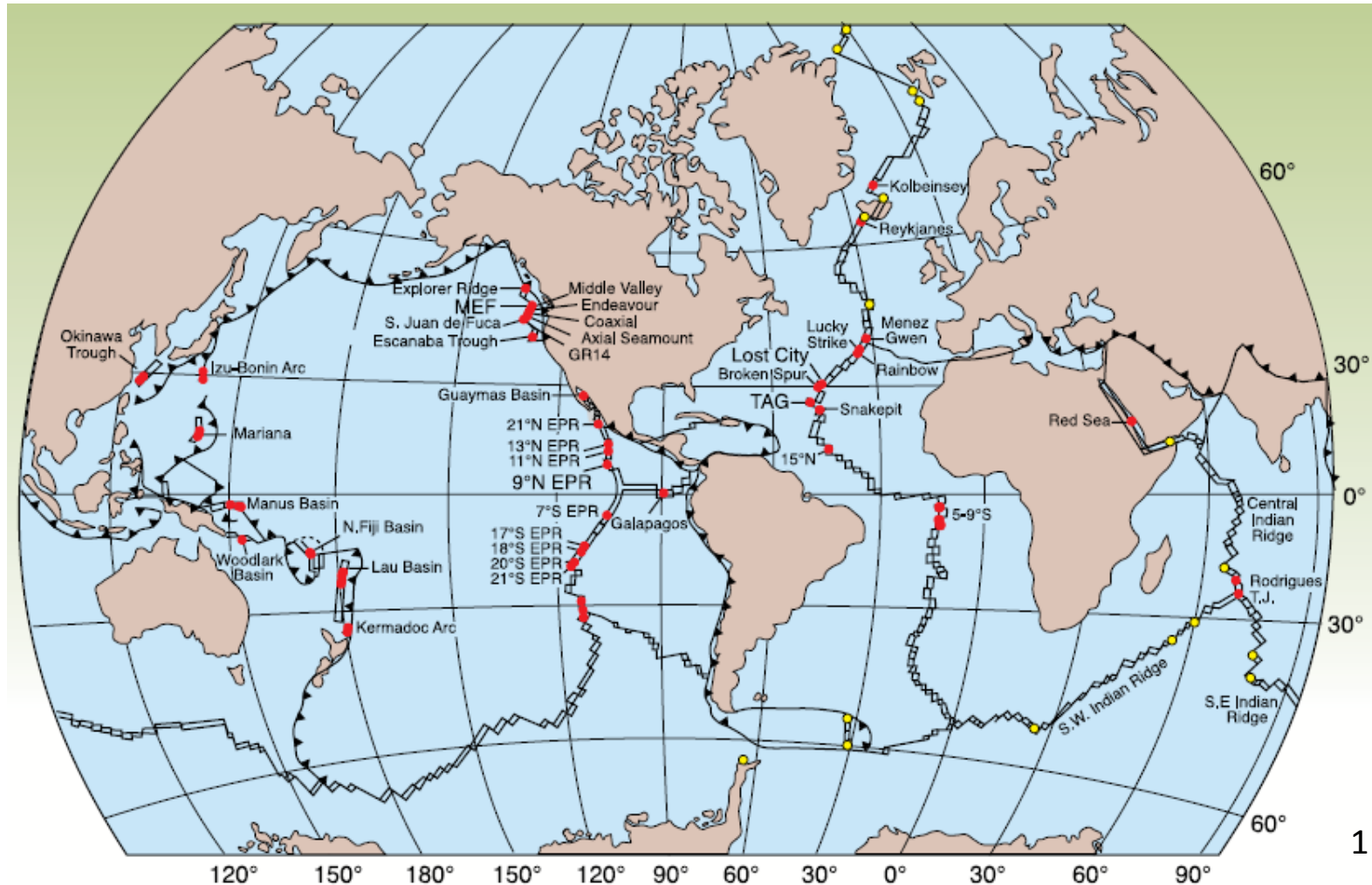


ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΘΕΡΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

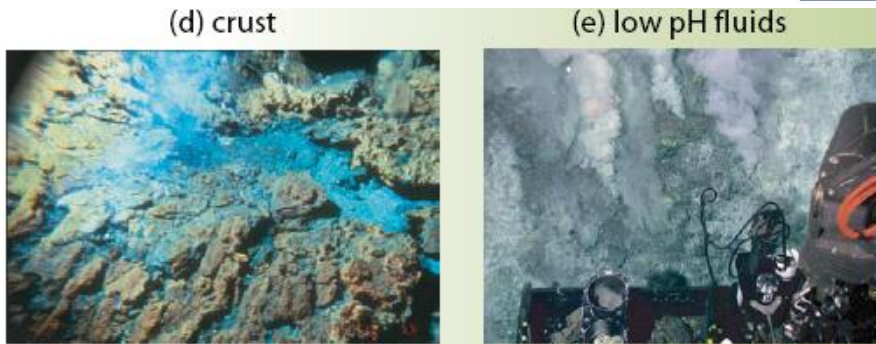
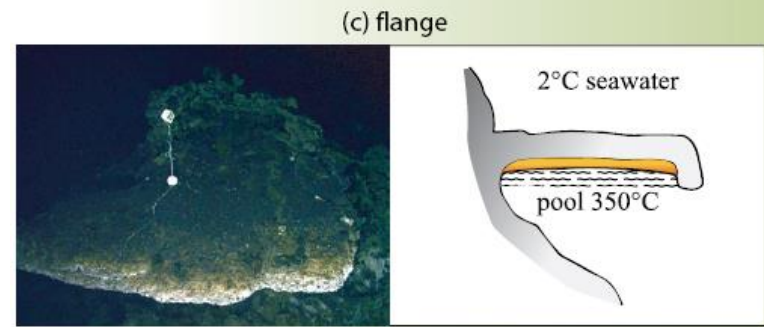
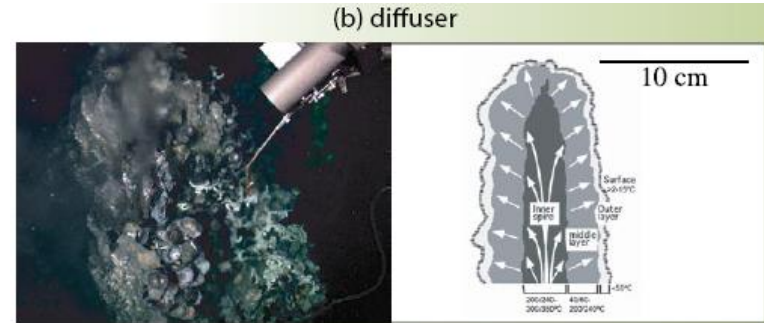
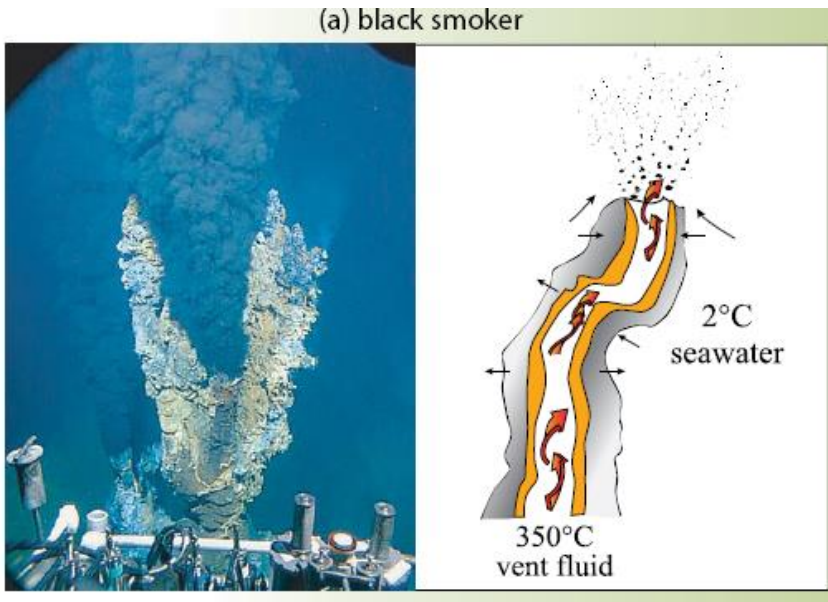
- Υδροθερμική δραστηριότητα μεσωκεάνιας ράχης (παρατηρούνται και σε περιθώρια σύγκλισης).
- Πηγή θερμότητας → μάγμα.
- Συνθήκες υψηλής πίεσης στον ωκεάνιο πυθμένα.
- Κάθοδος θαλάσσιου νερού → θέρμανση (300-400 °C) -> διάλυση βασάλτη και έκλυση στοιχείων → άνοδος υδροθερμικών ρευστών και εκδήλωση υποθαλάσσιων θερμών πηγών.
- Σημασία για την ανακύκλωση ενέργειας και ύλης μεταξύ λιθόσφαιρας και ωκεανών – ανακάλυψη τη δεκαετία 1970.
- Γένεση θειούχων κοιτασμάτων και ανάπτυξη ιδιόμορφου οικοσυστήματος (θερμόφιλοι μικροοργανισμοί).
- Θεωρία λιθοσφαιρικών πλακών → συμβολή στην ψύξη του νεοσχηματιζόμενου φλοιού.



ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΠΗΓΩΝ



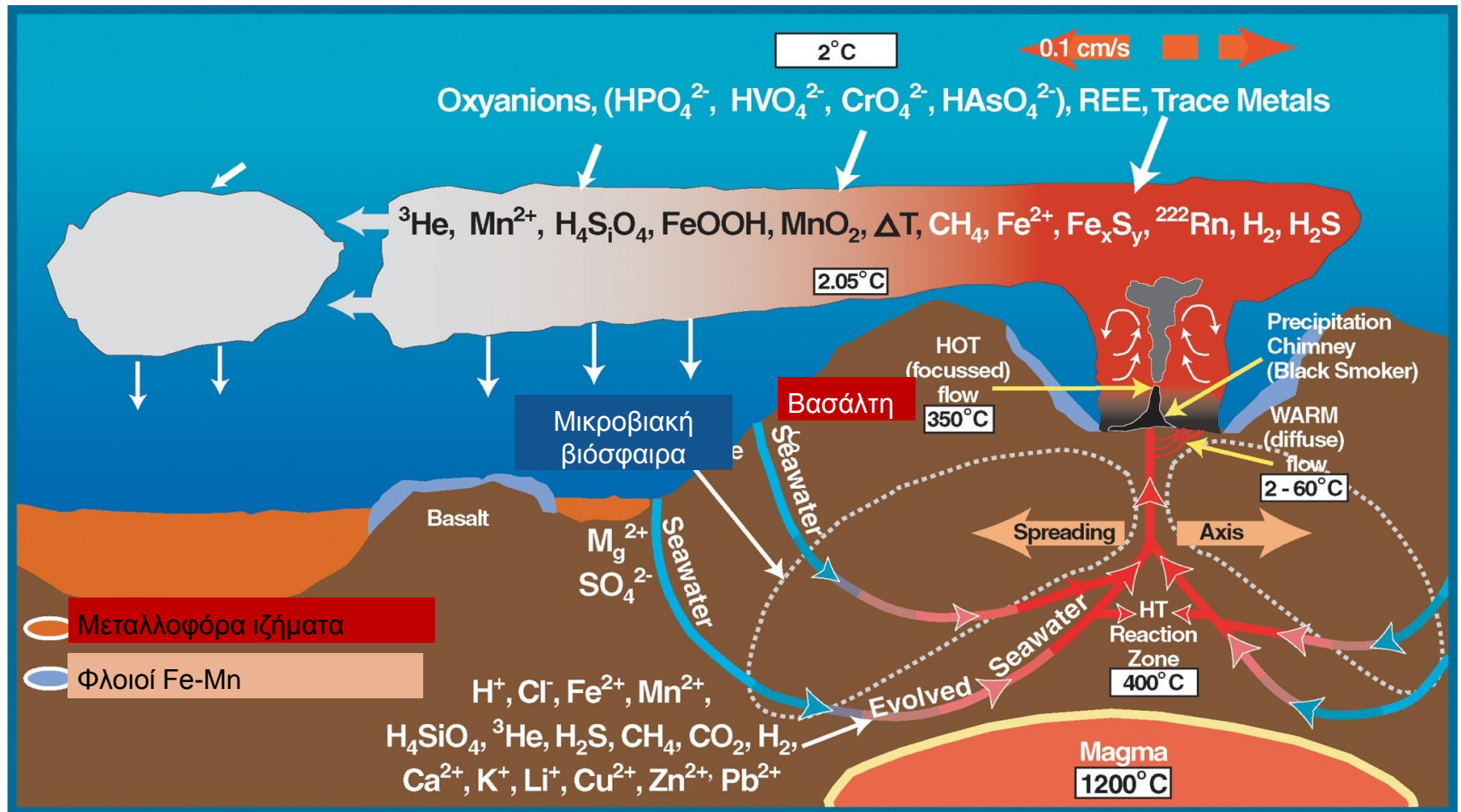
ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ (ΥΥΔ)



(Tivey, *Oceanography*, 2007)

4

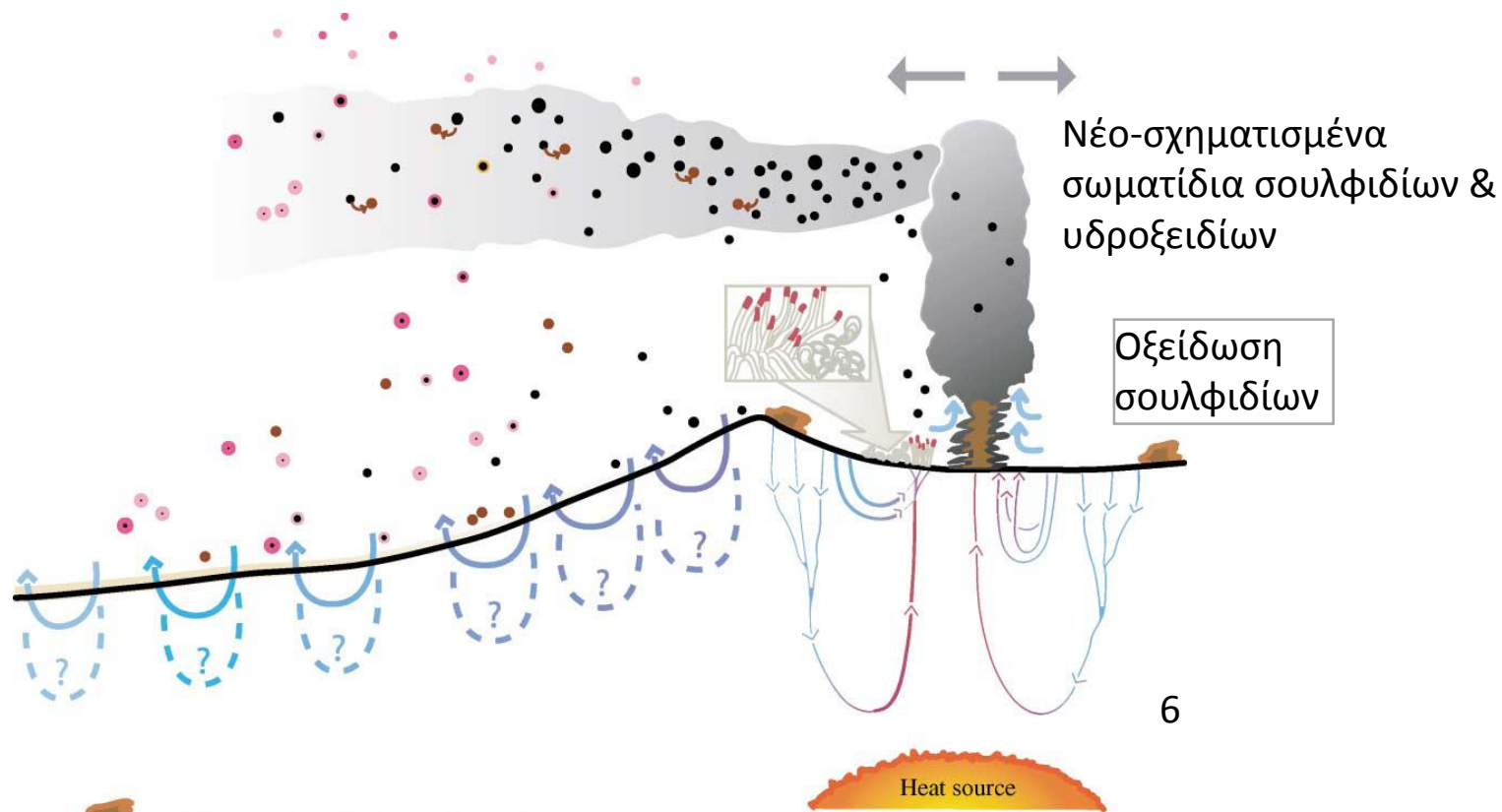
ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΣΩΚΕΑΝΙΑΣ ΡΑΧΗΣ







<http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/02fire/background/hirez/chemistry-hires.jpg>

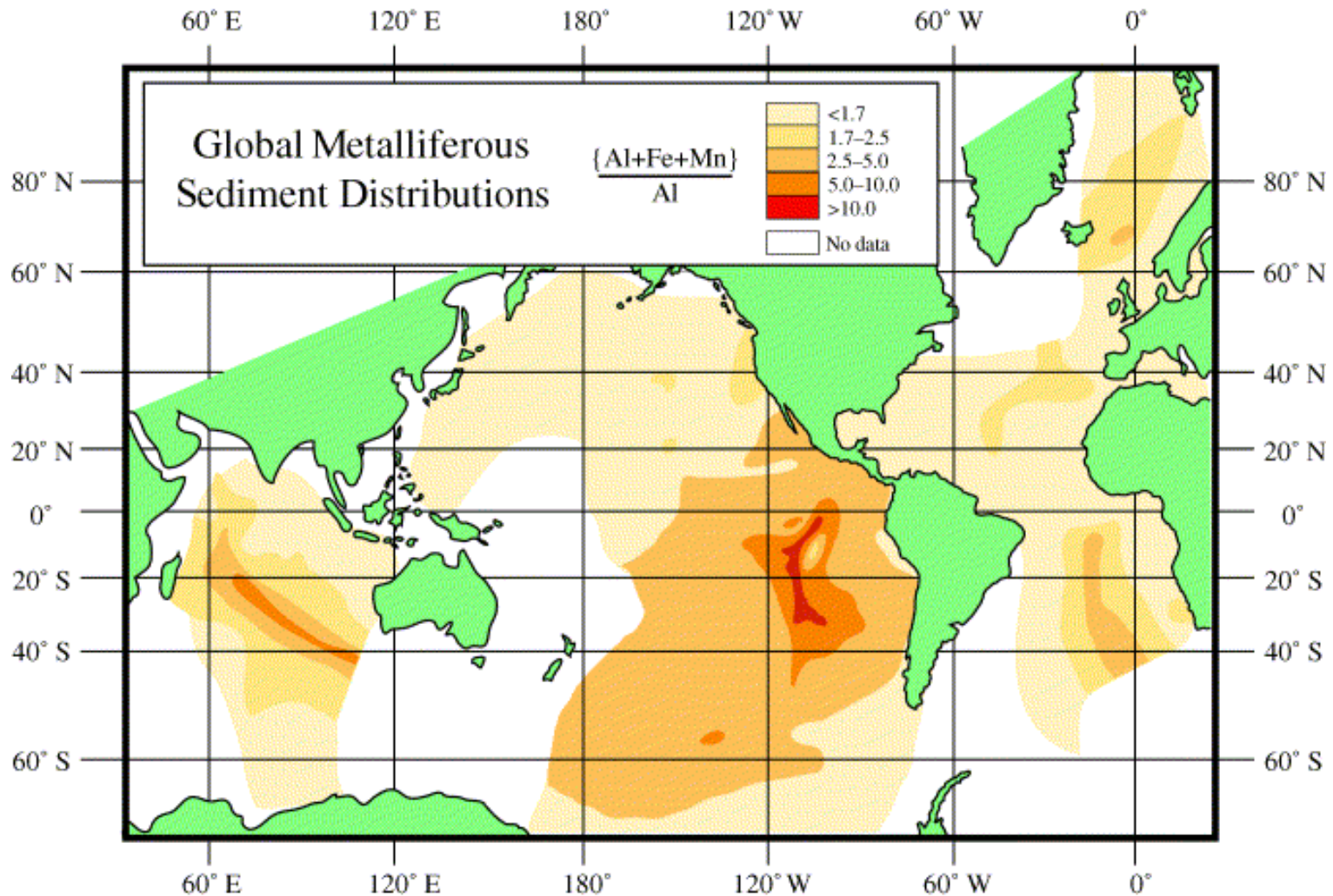


ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2

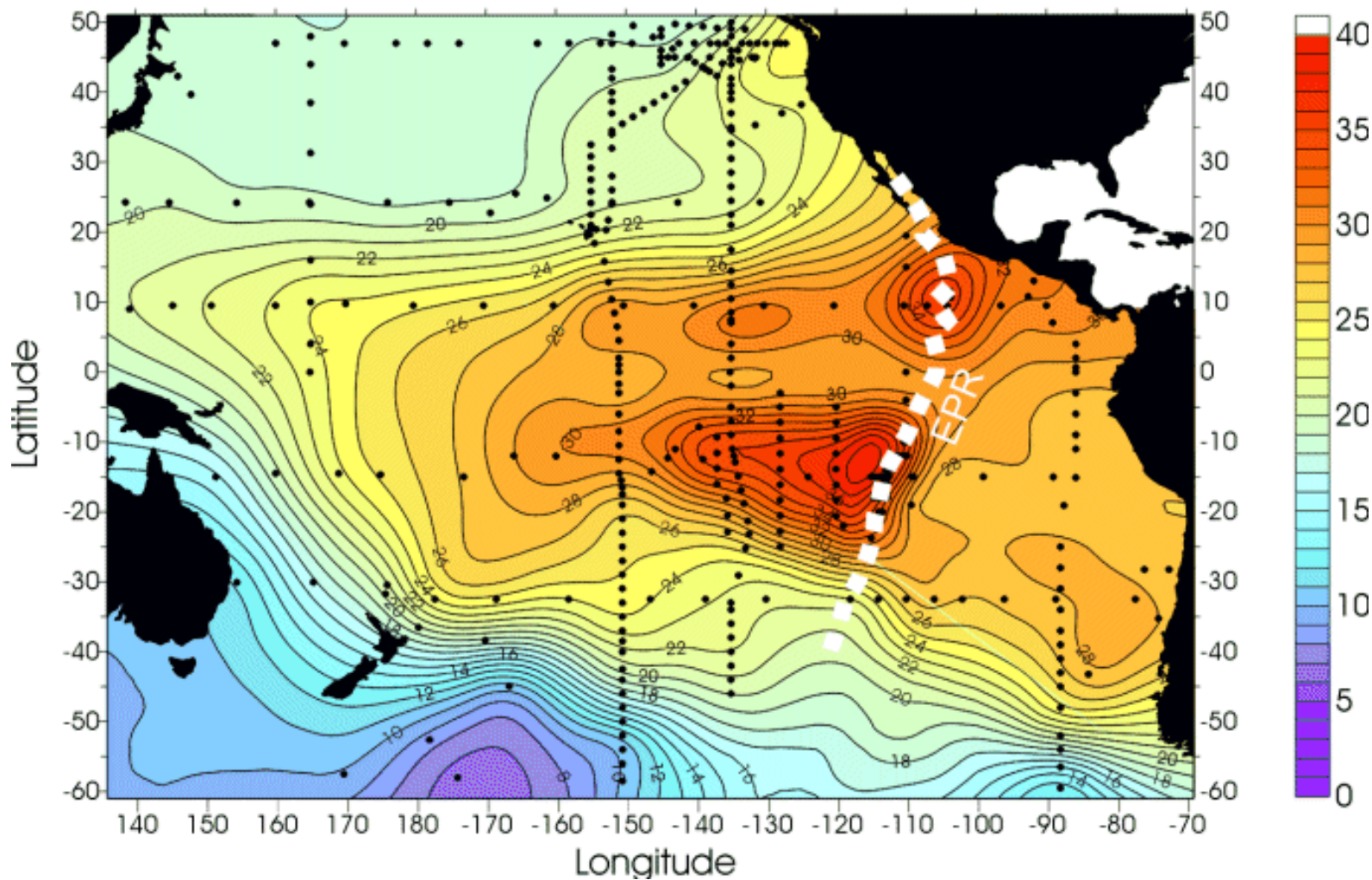


-  oxidizing and weathering seafloor sulfides
-  fresh Fe-rich sulfide and oxide particles
-  adsorption of dissolved species onto particles
-  biogeochemical transformation of particles

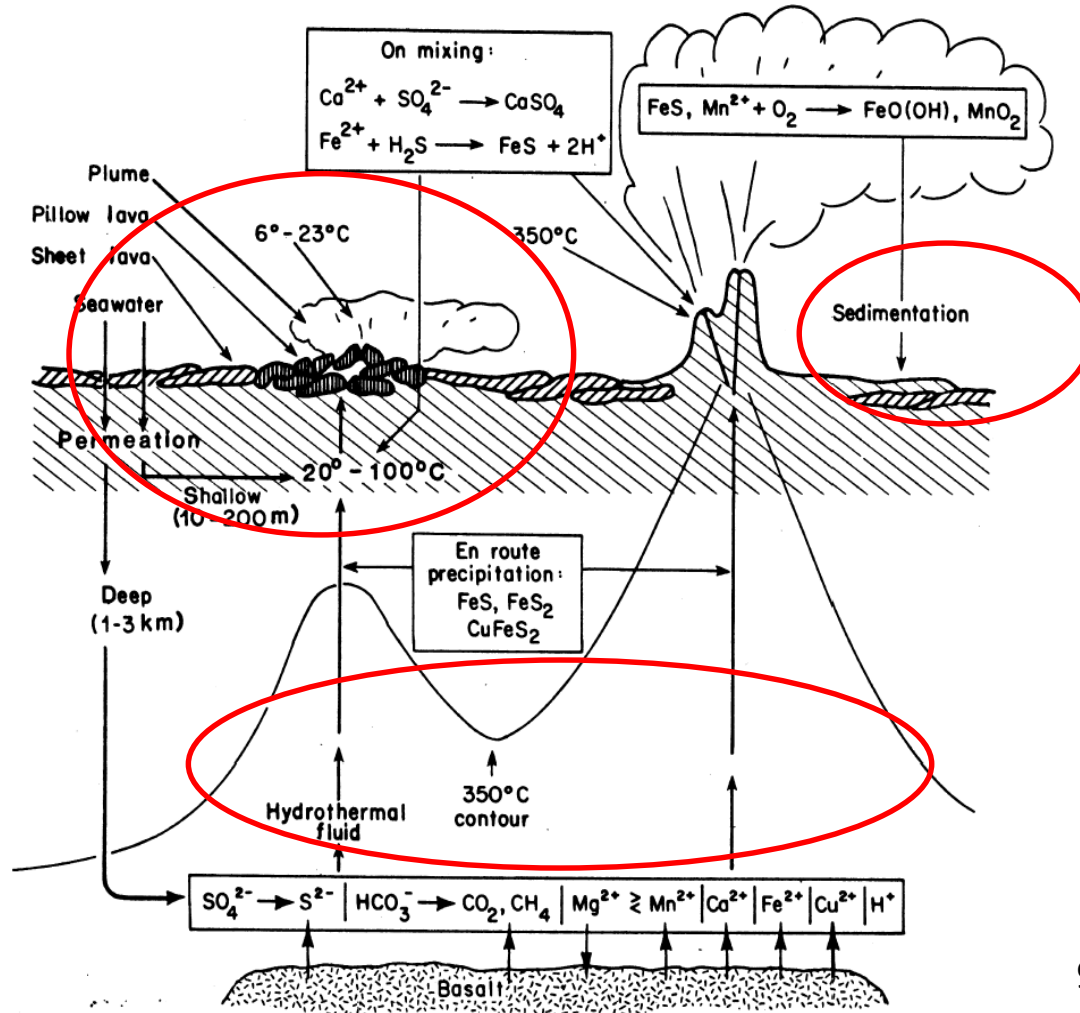
ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΑ



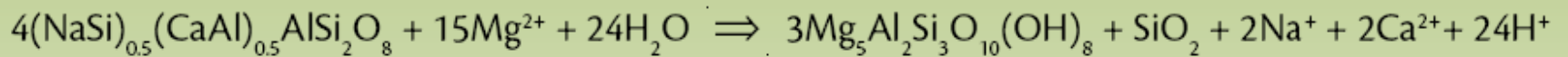
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ - ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ^3He (%) ΣΤΟΝ ΕΙΡΗΝΙΚΟ ΩΚΕΑΝΟ



ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ – ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΣΤΑΣΗΣ

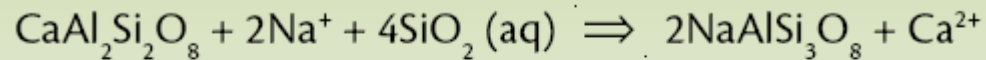


ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ



Albite-Anorthite in Basalt

Chlorite

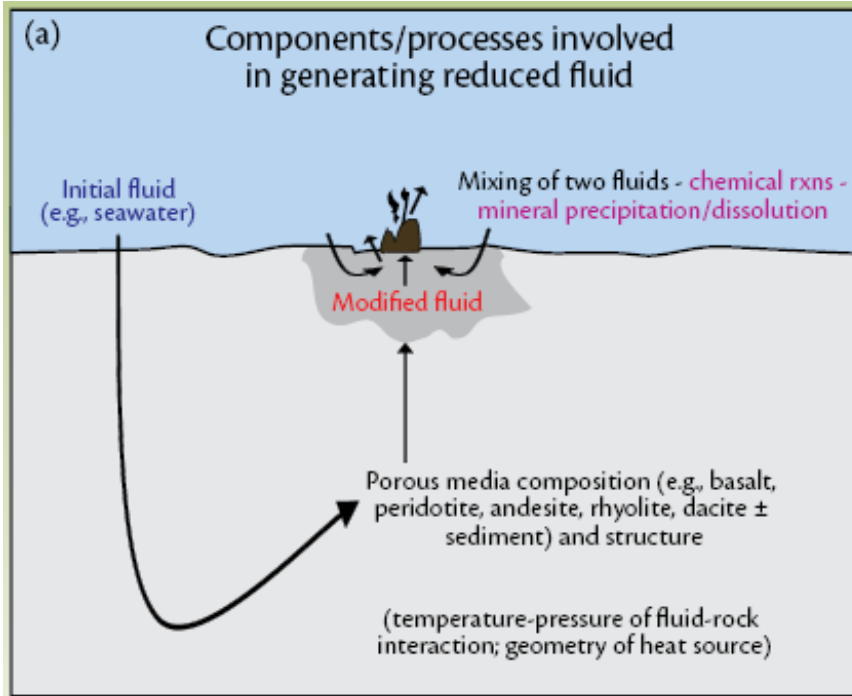


Anorthite

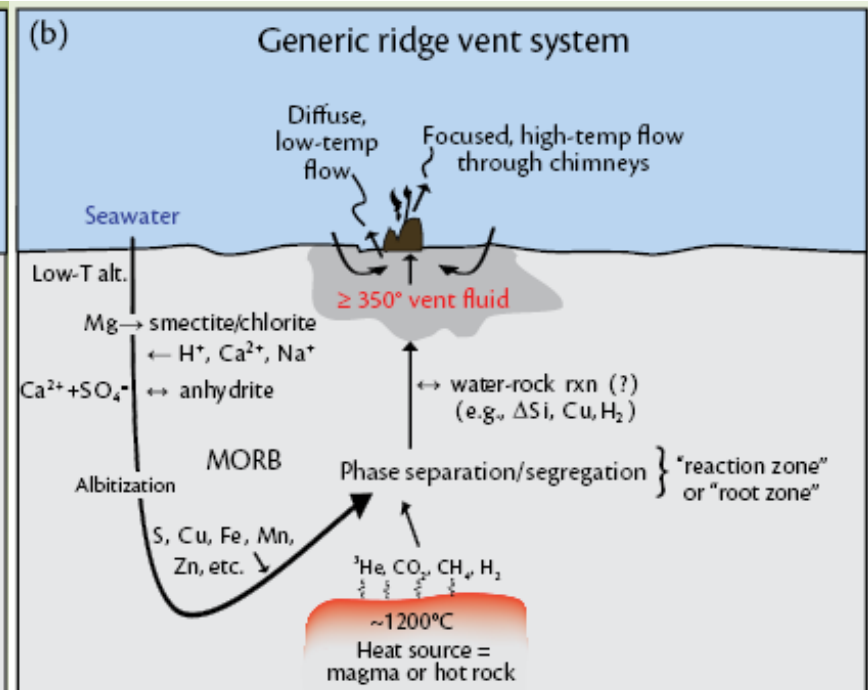
Albite



ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΧΗΜΙΣΜΟΥ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ ΜΕΣΩΚΕΑΝΙΑΣ ΡΑΧΗΣ

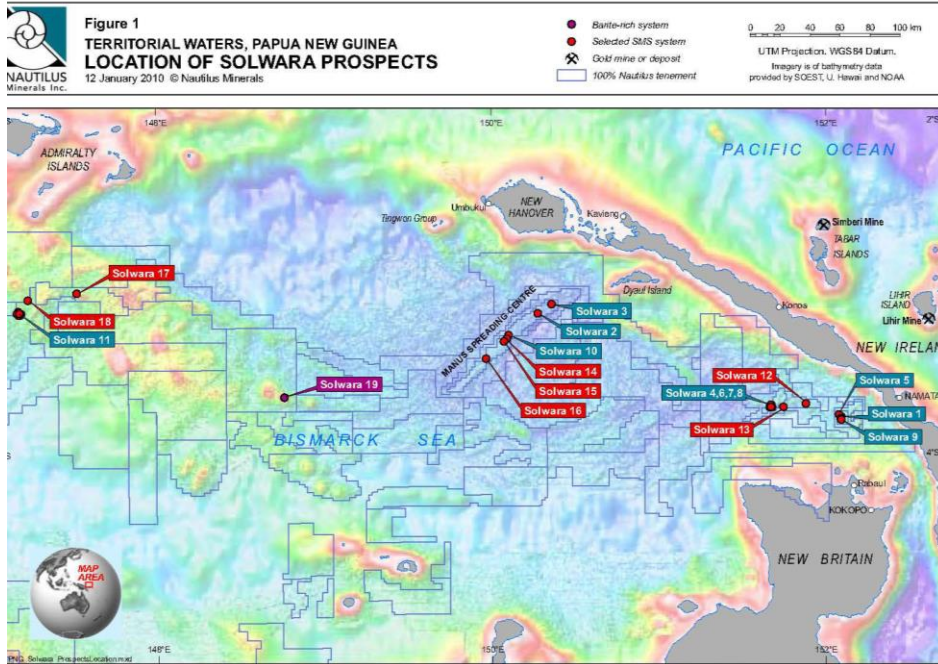


10



11

Έρευνα-εκμετάλλευση

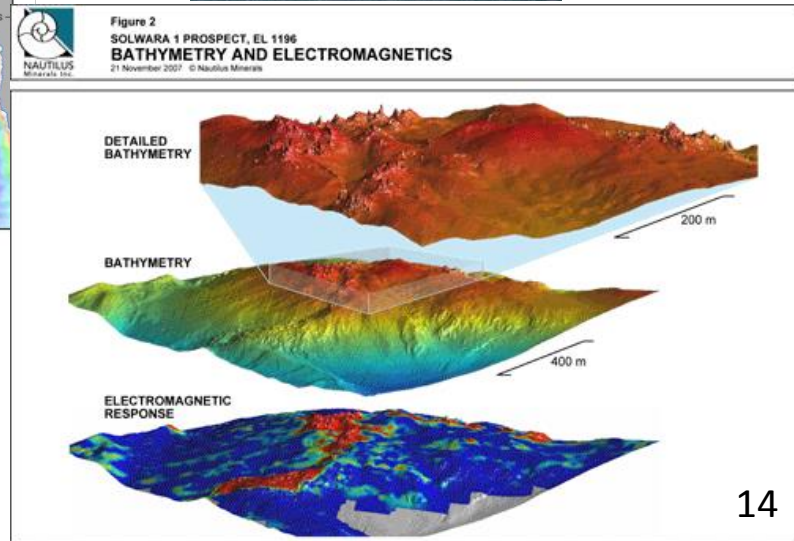


12

<http://www.nautilusminerals.com>

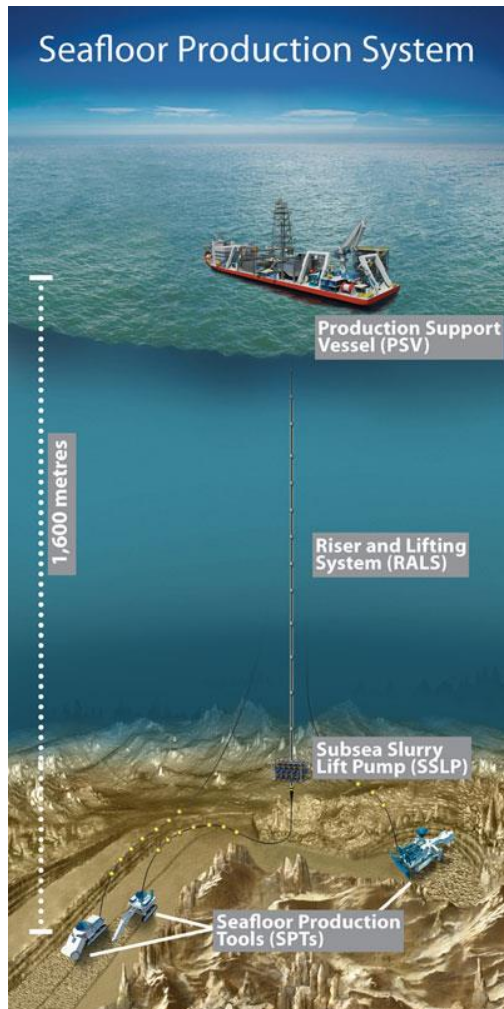


13

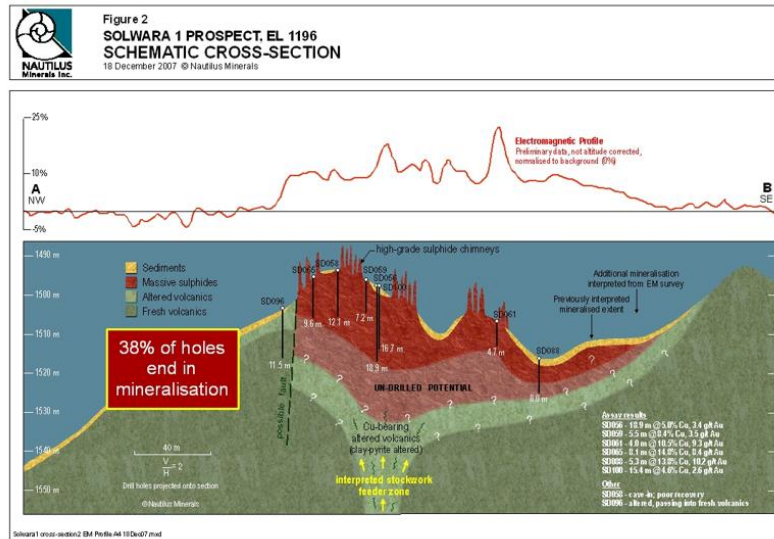


14

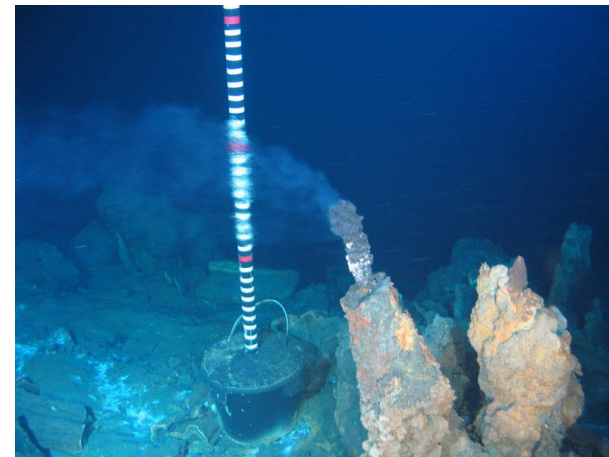




15



16



17



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΣ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ (Berner & Berner, 1987)

Στοιχείο	Θαλάσσιο νερό (mmol/ l)	Galapagos (mmol/ l) 350°C	Δ (mmol/ l)
Mg ⁺²	53	0	-53
Ca ²⁺	10	35	25
K ⁺	10	19	9
SO ₄ ²⁻	28	0	-28
H ₄ SiO ₄	0.1	20	20

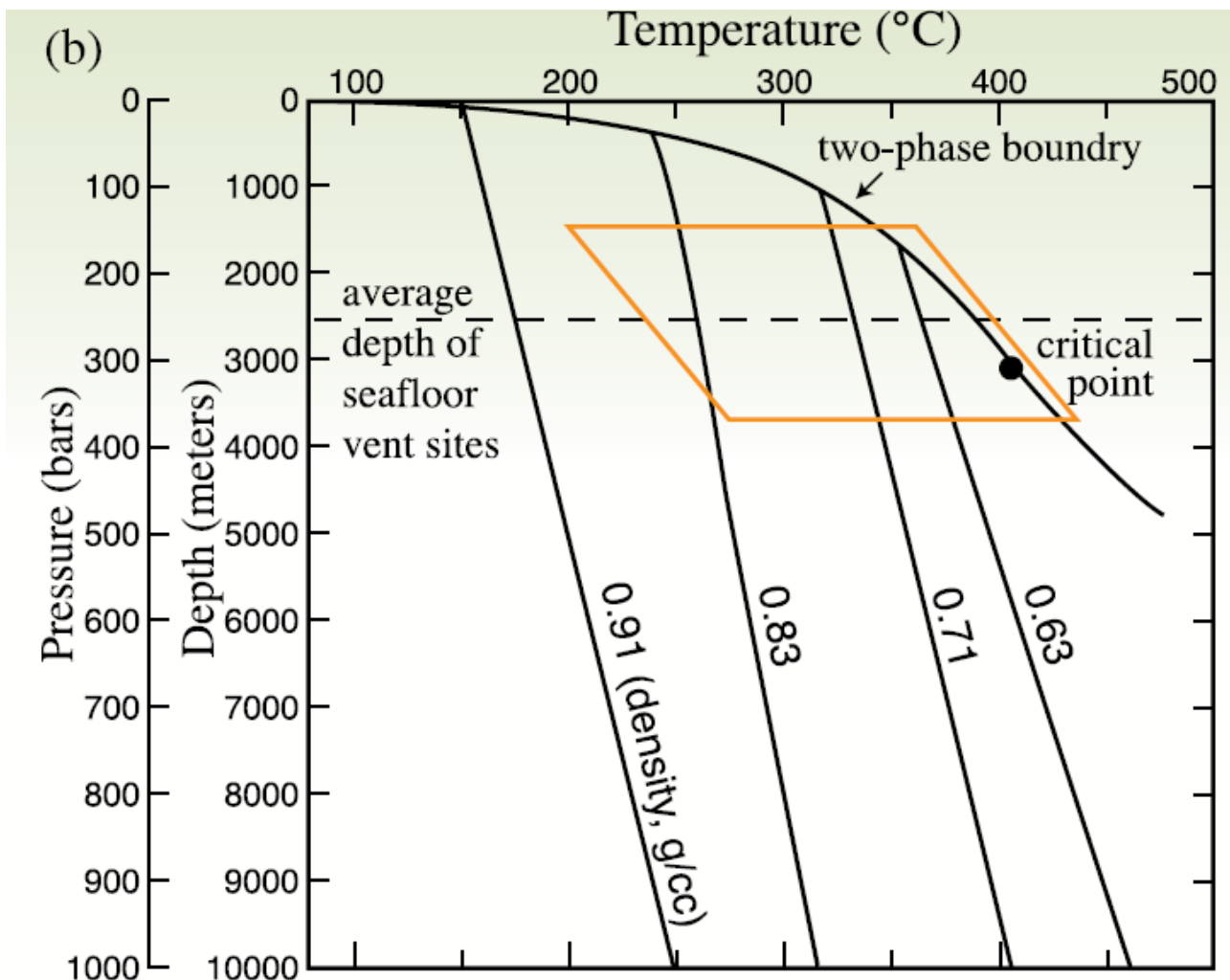


ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ – ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ

- Αύξηση ρυθμού αντιδράσεων με αύξηση της θερμοκρασίας → ισορροπία αντιδράσεων στις θερμότερες περιοχές.
- Πρόβλεψη με χρήση θερμοδυναμικών δεδομένων και πειράματα στο εργαστήριο.
- Διαχωρισμός φάσεων:
 - Συγκέντρωση ιόντων στην υγρή φάση.
 - Συγκέντρωση πτητικών στην αέρια φάση.
 - Με βρασμό → Παραγωγή ατμού χαμηλής αλμυρότητας.
 - Με συμπύκνωση άλμης → Διαχωρισμός διαλύματος υψηλής αλμυρότητας.



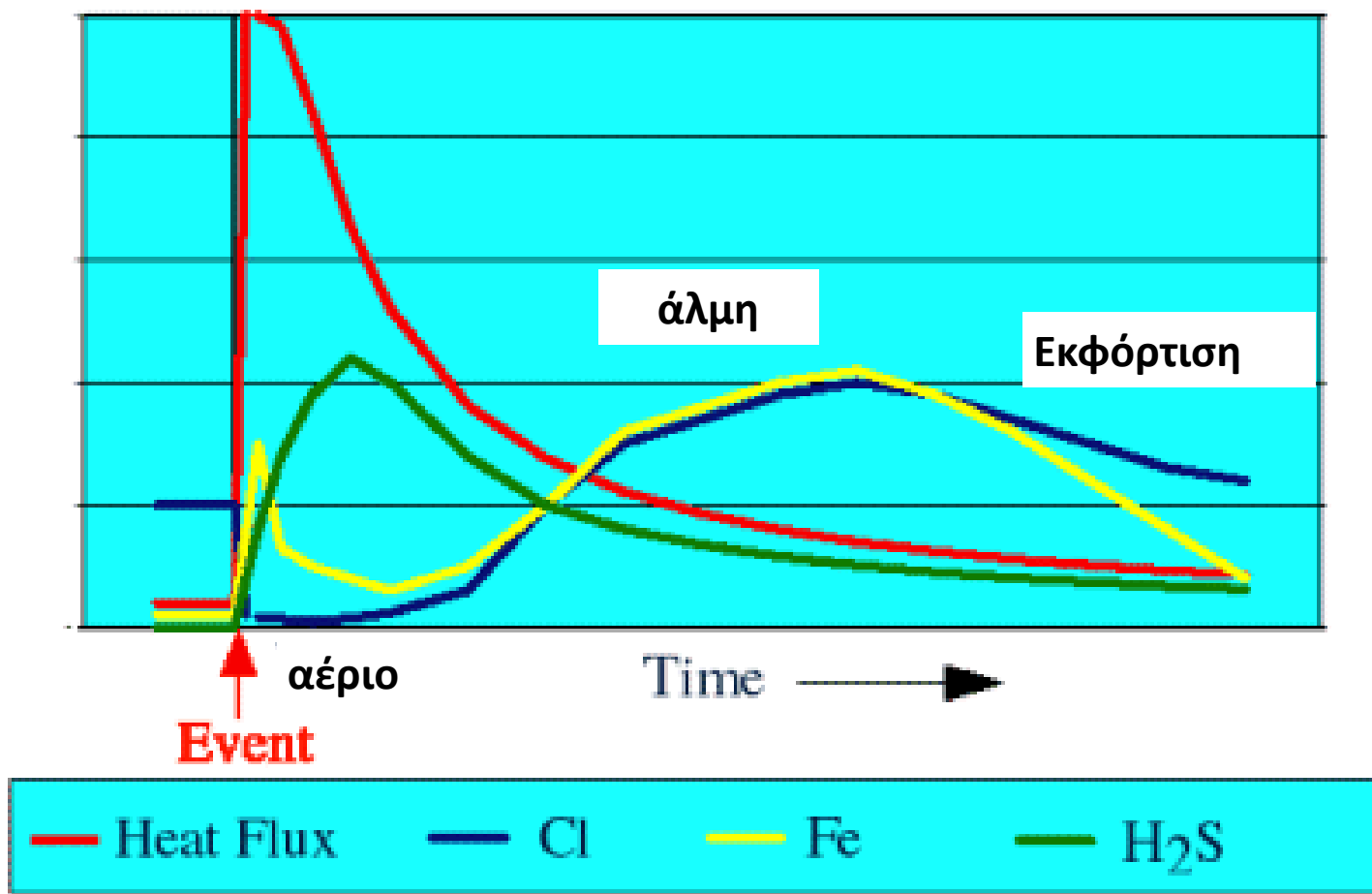
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΒΡΑΣΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ



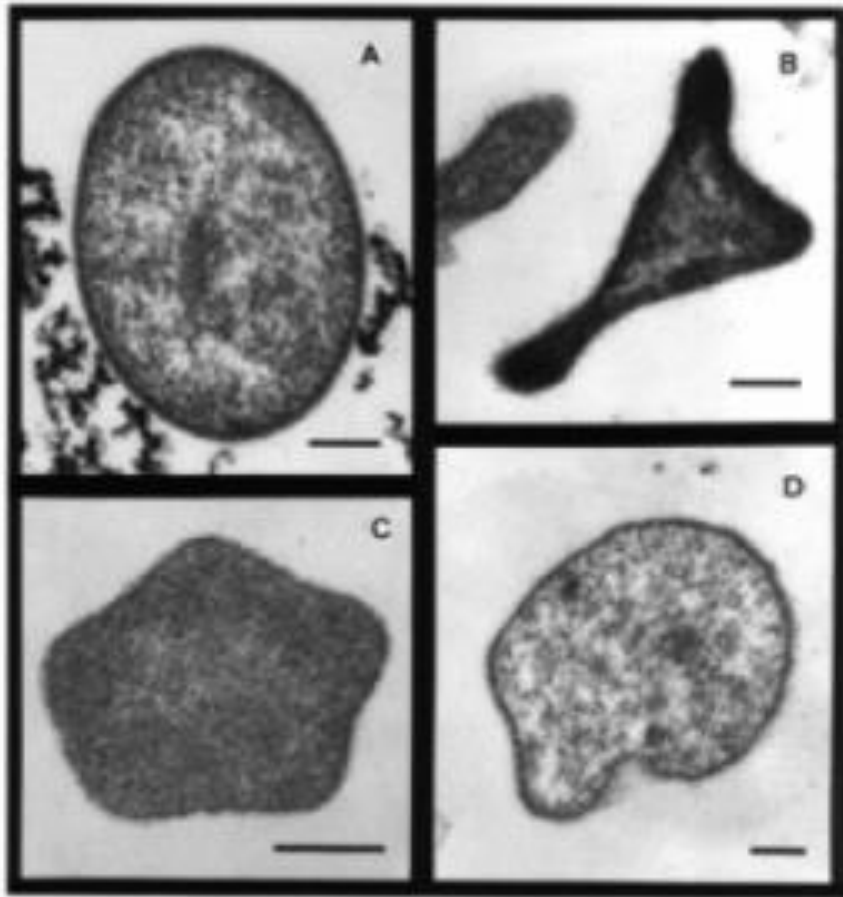
18



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΡΕΥΣΤΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΚΡΗΞΗ



ΒΙΟΣΦΑΙΡΑ ΥΠΟΘΑΛΑΣΙΩΝ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

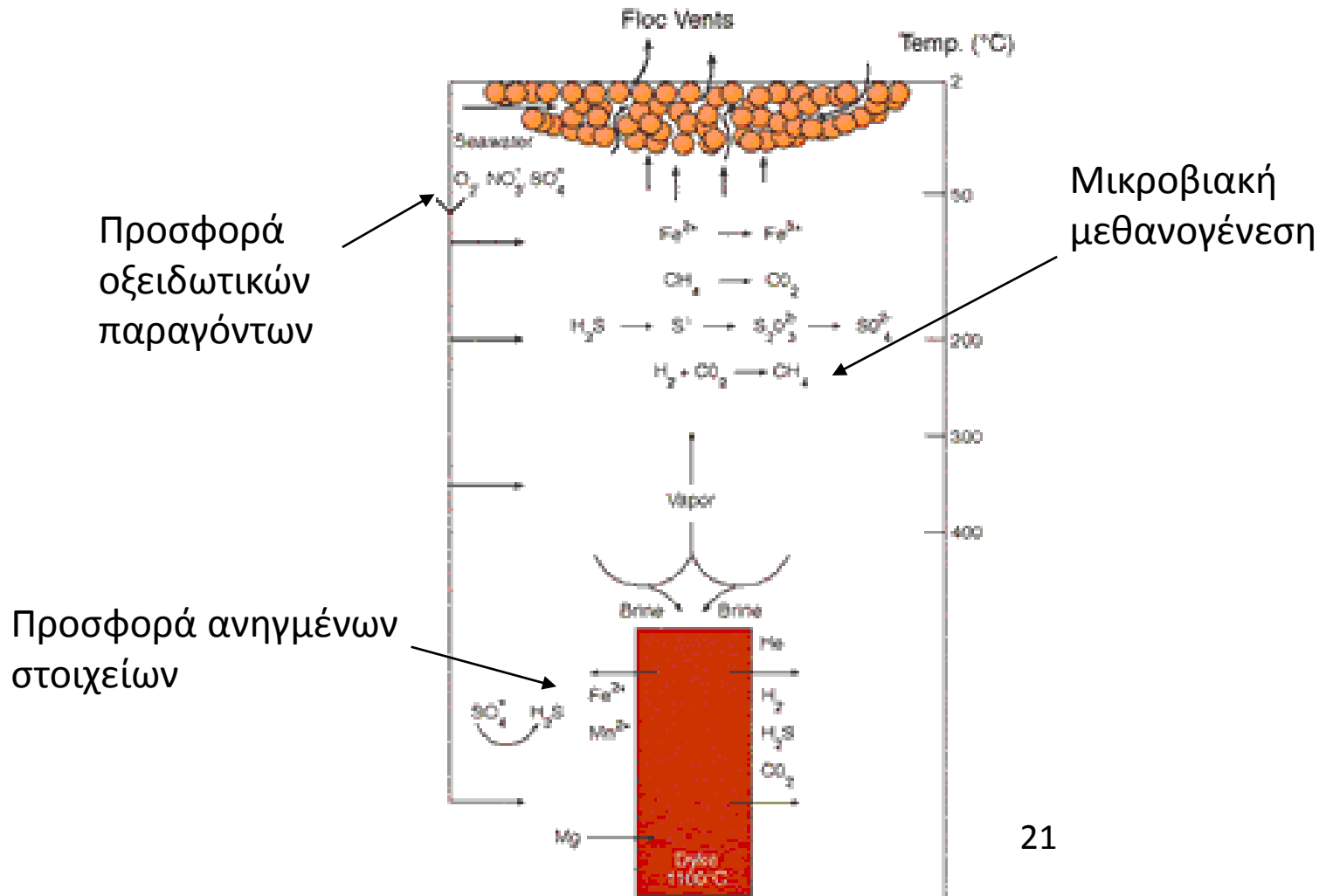


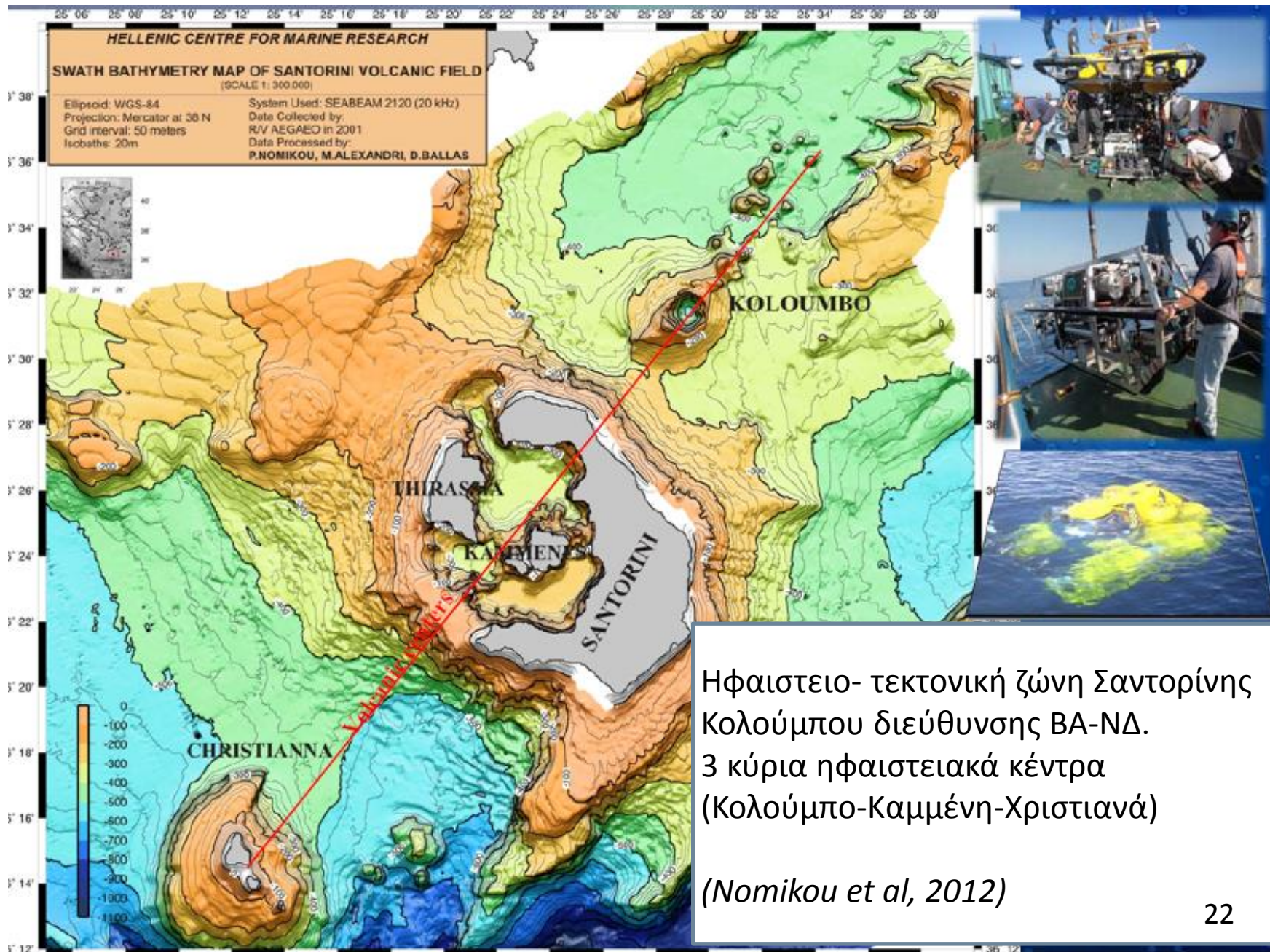
- Υδροθερμικό σύστημα Νησιών Γκαλαπάγκος → ανακάλυψη μικροοργανισμών που χρησιμοποιούν μη ηλιακή ενέργεια για τον μεταβολισμό τους.
- Χρήση S, H, CH₄ υδροθερμικής προέλευσης (θερμόφιλα βακτήρια) → Εφαρμογή στη βιομηχανία, βιοτεχνολογία, προστασία περιβάλλοντος.

20

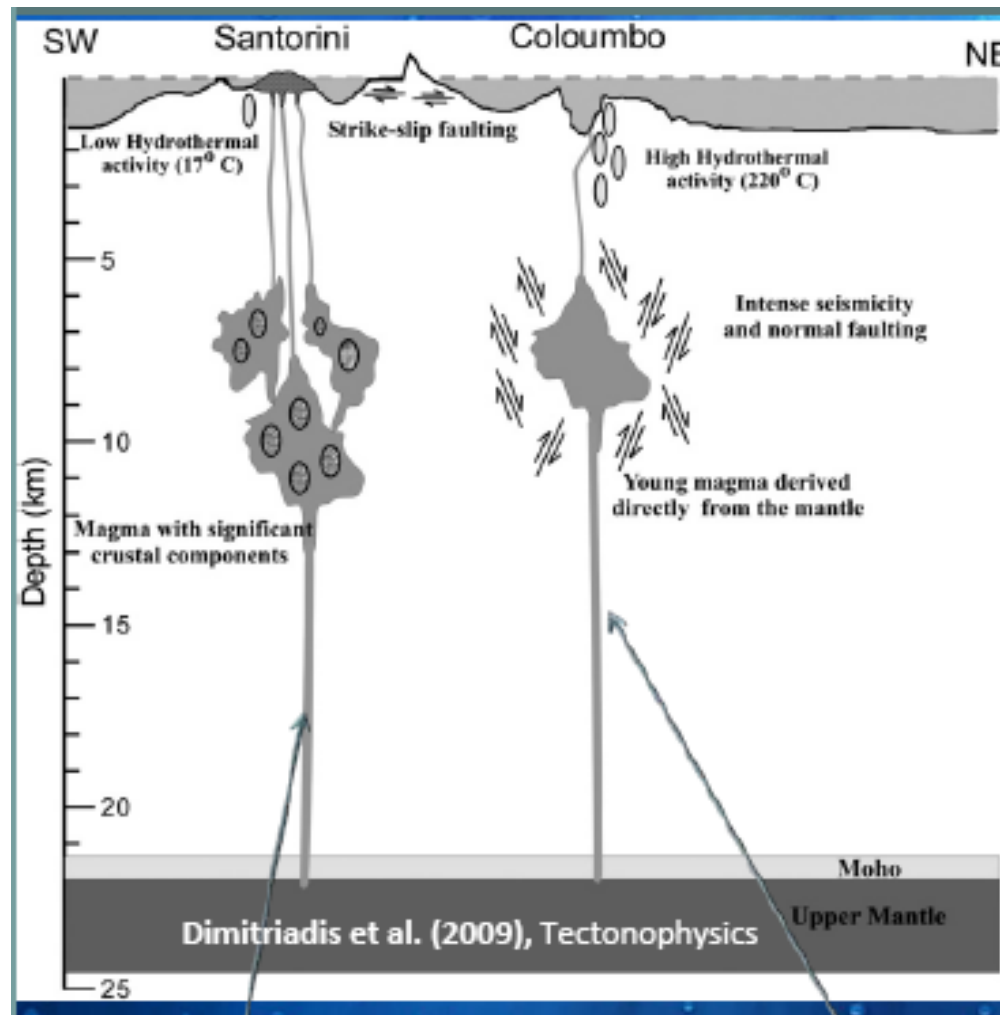


ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ





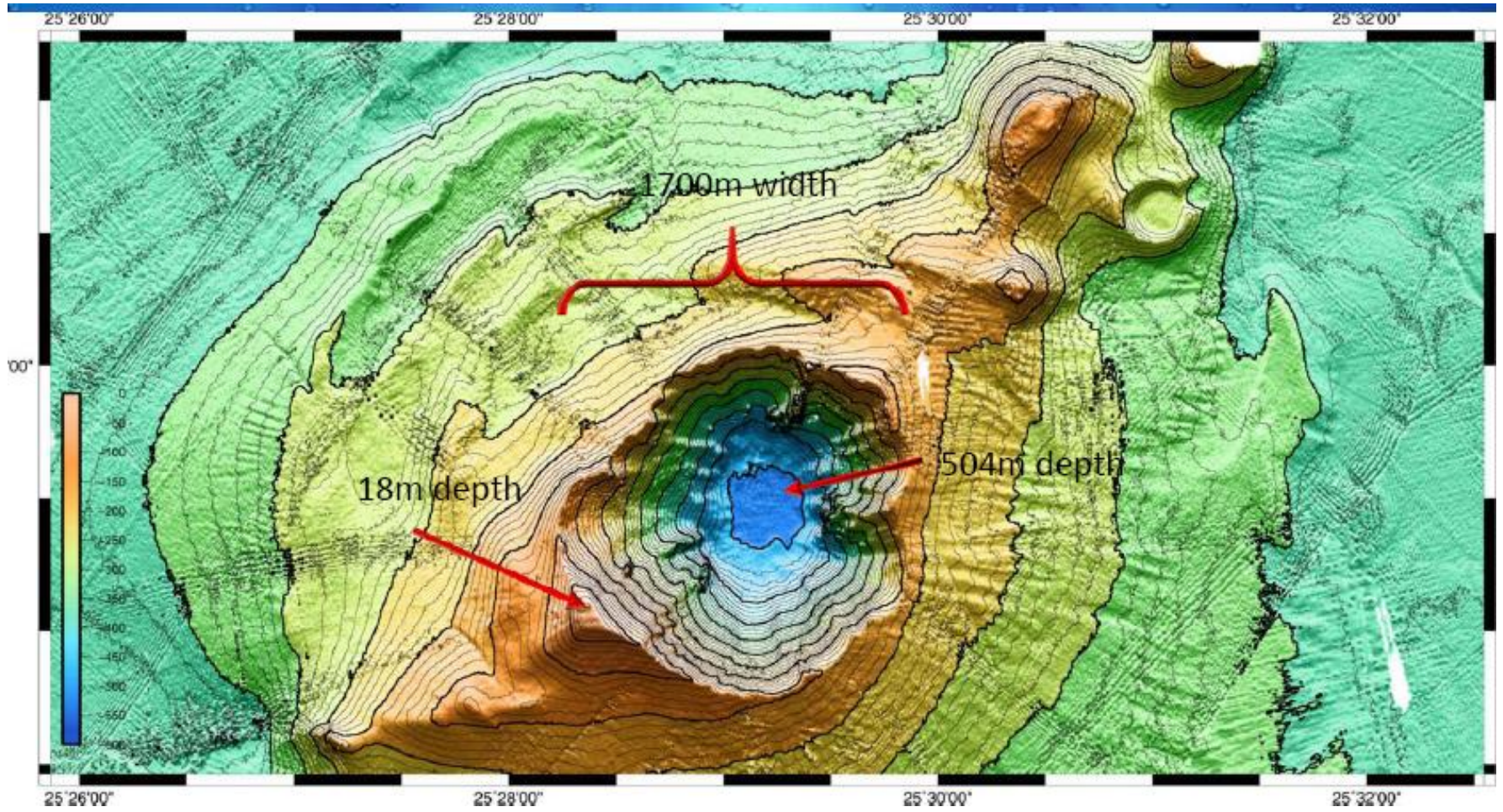
ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ-ΚΟΛΟΥΜΠΟ



23

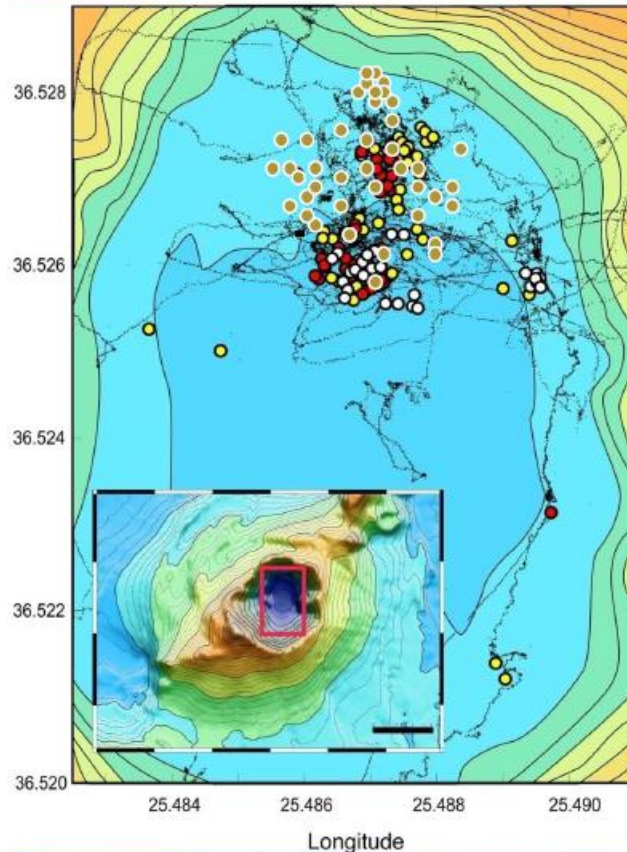
ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΚΟΛΟΥΜΠΟ

Nomikou et al, 2012



E/V "NAUTILUS" NA014 Expedition, Sept. 2011

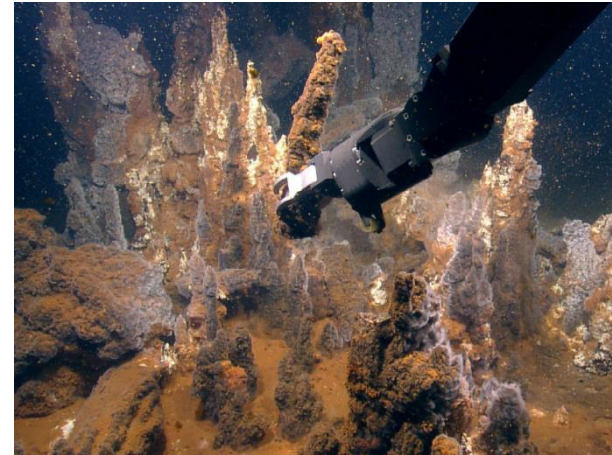
Vent Field



Sigurdsson et al., 2006-EOS, Carey et al., 2011-Oceanography

25

Inactive large chimney 1 (sample 003)



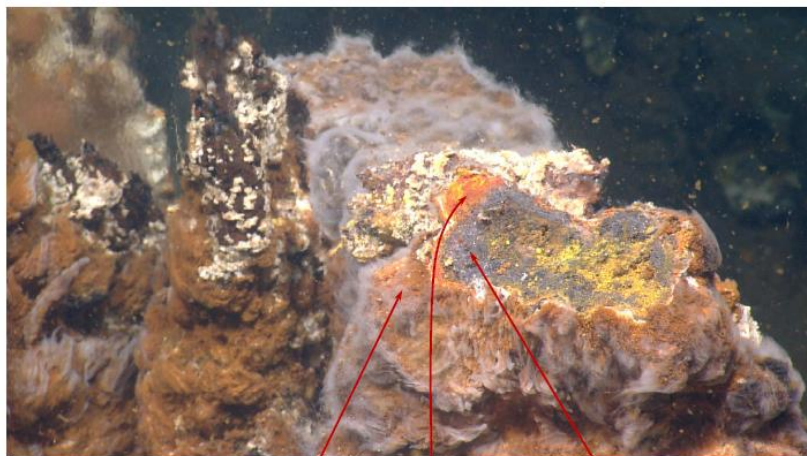
26

Active chimneys "Champagne" 1 & 2
(samples 027 & 028)



27

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΜΙΝΑΔΩΝ ΚΟΛΟΥΜΠΟ



Grey bacteria mixed with brown Fe-containing coating As-sulfide phase Massive sulfides & sulfates CORE 28



As-sulfide phase Massive sulfides & sulfates CORE Brown Fe-containing coating 29

(brown Fe-containing coating)



30

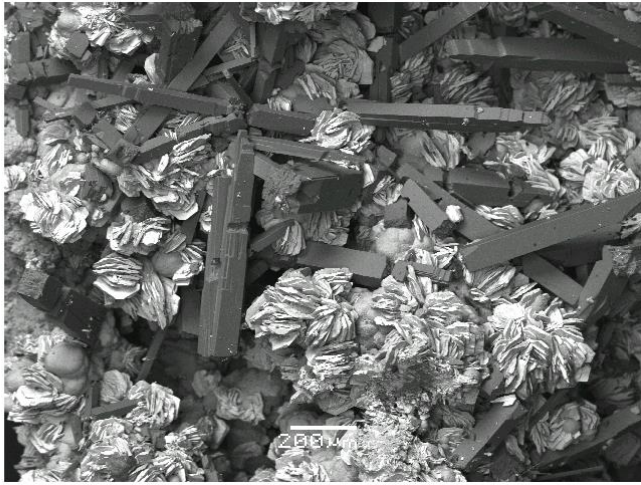


31

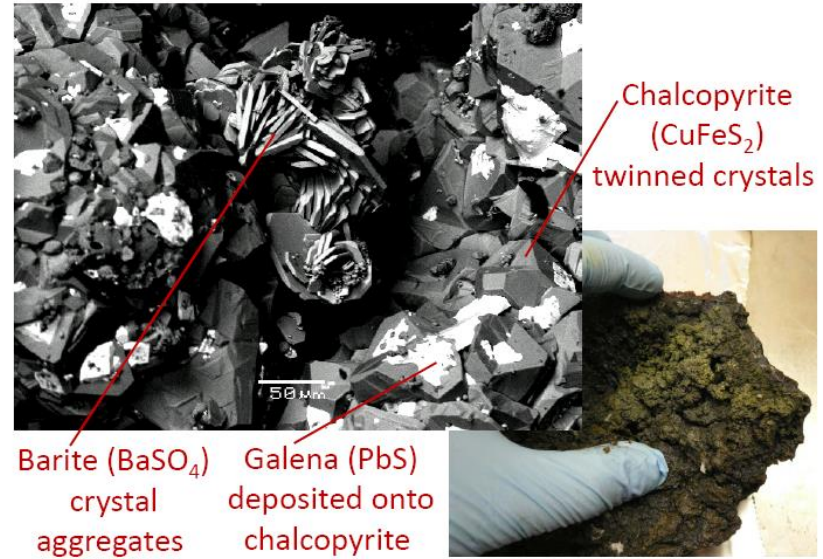


ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΜΙΝΑΔΩΝ ΚΟΛΟΥΜΠΟ

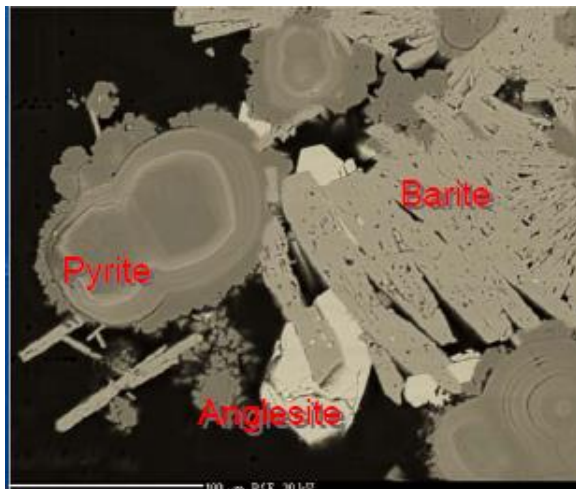
Ca
S
Ba
Fe



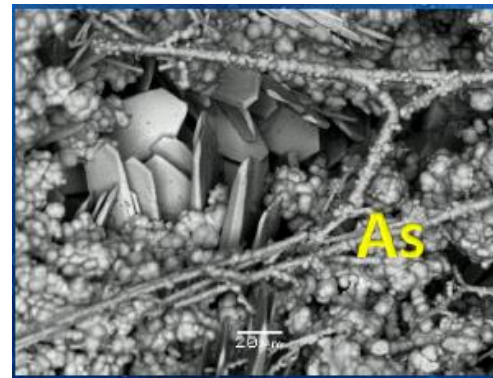
32



33

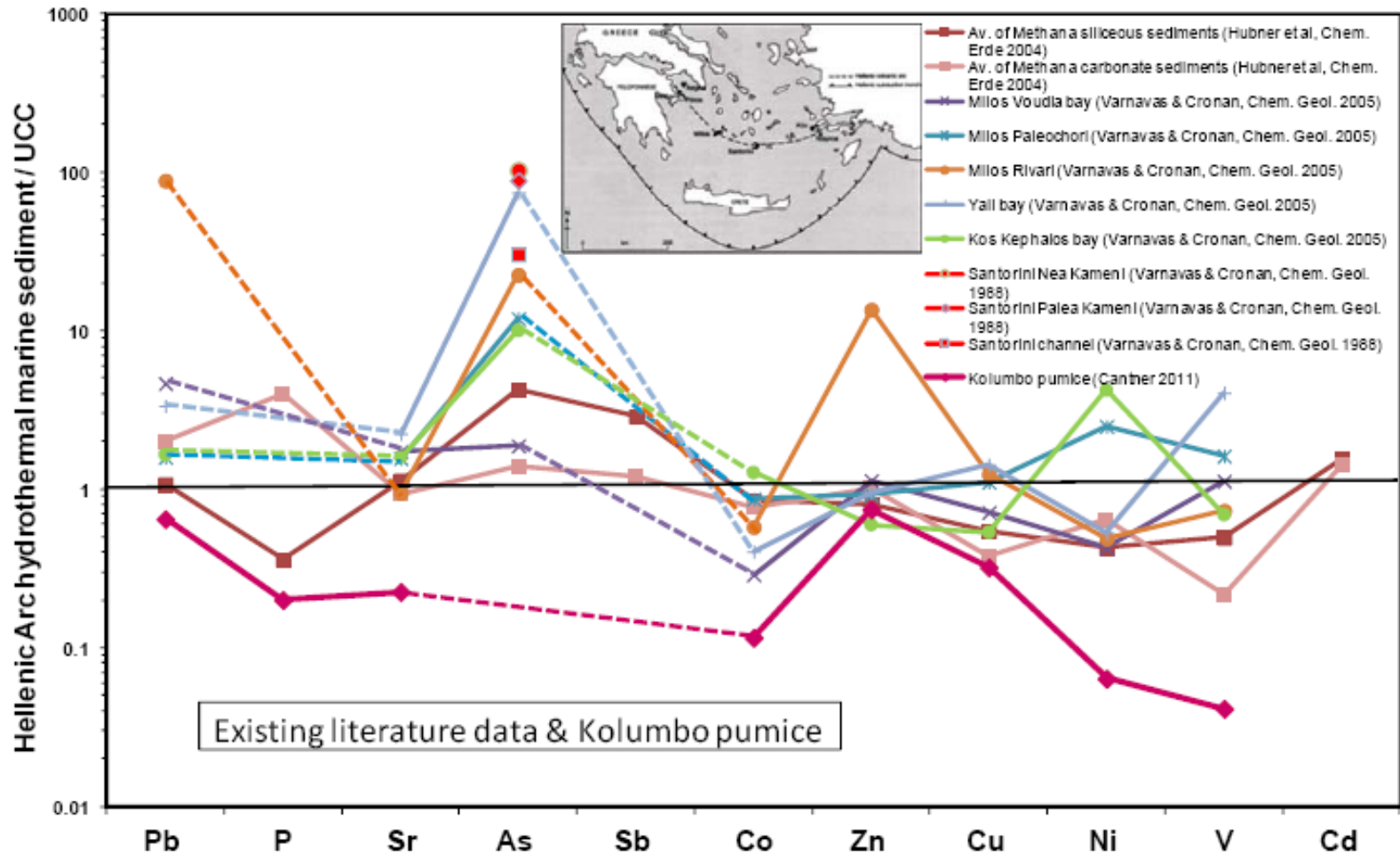


34



35

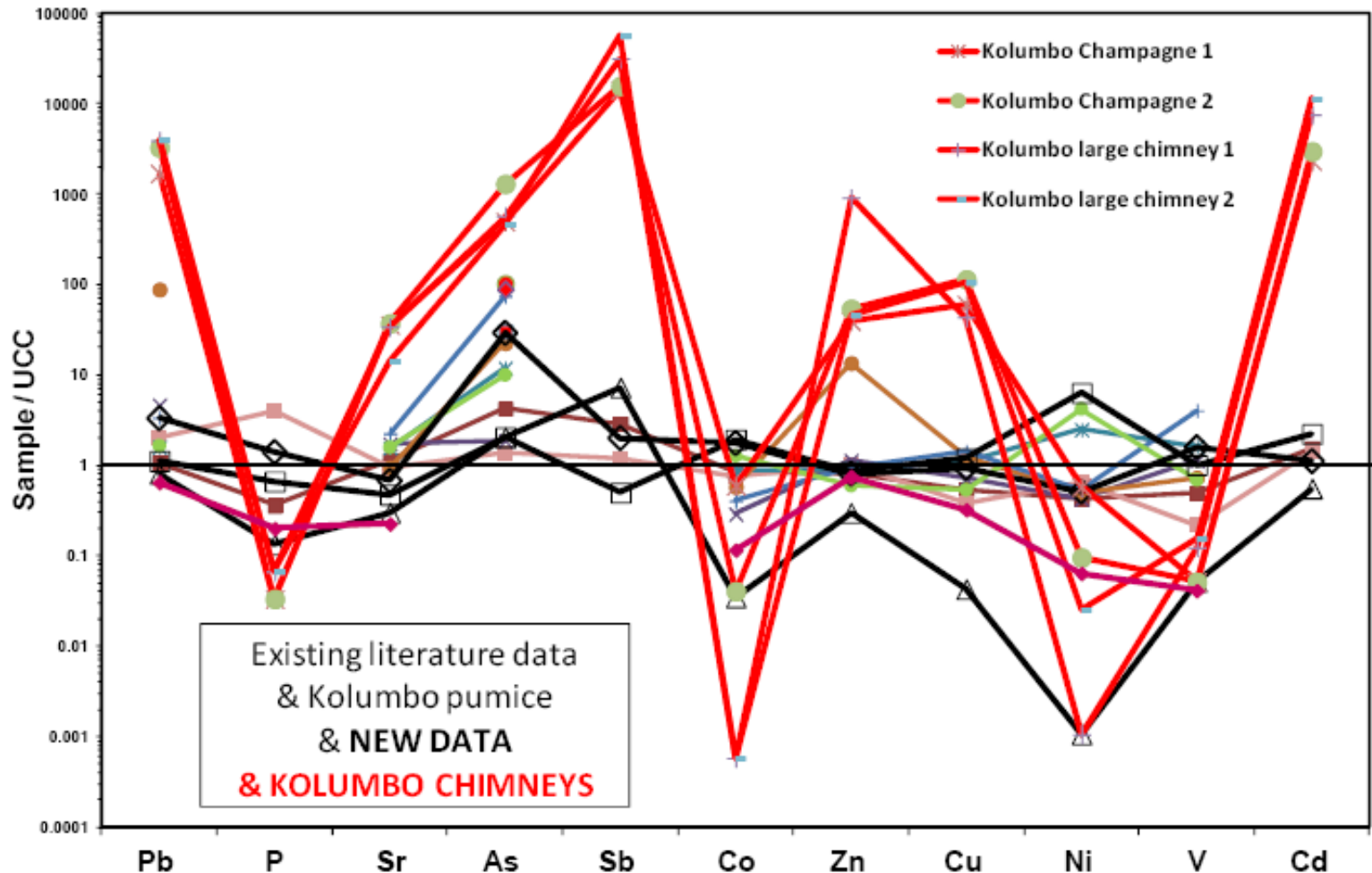
ΓΕΩΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΤΟΞΟ



36



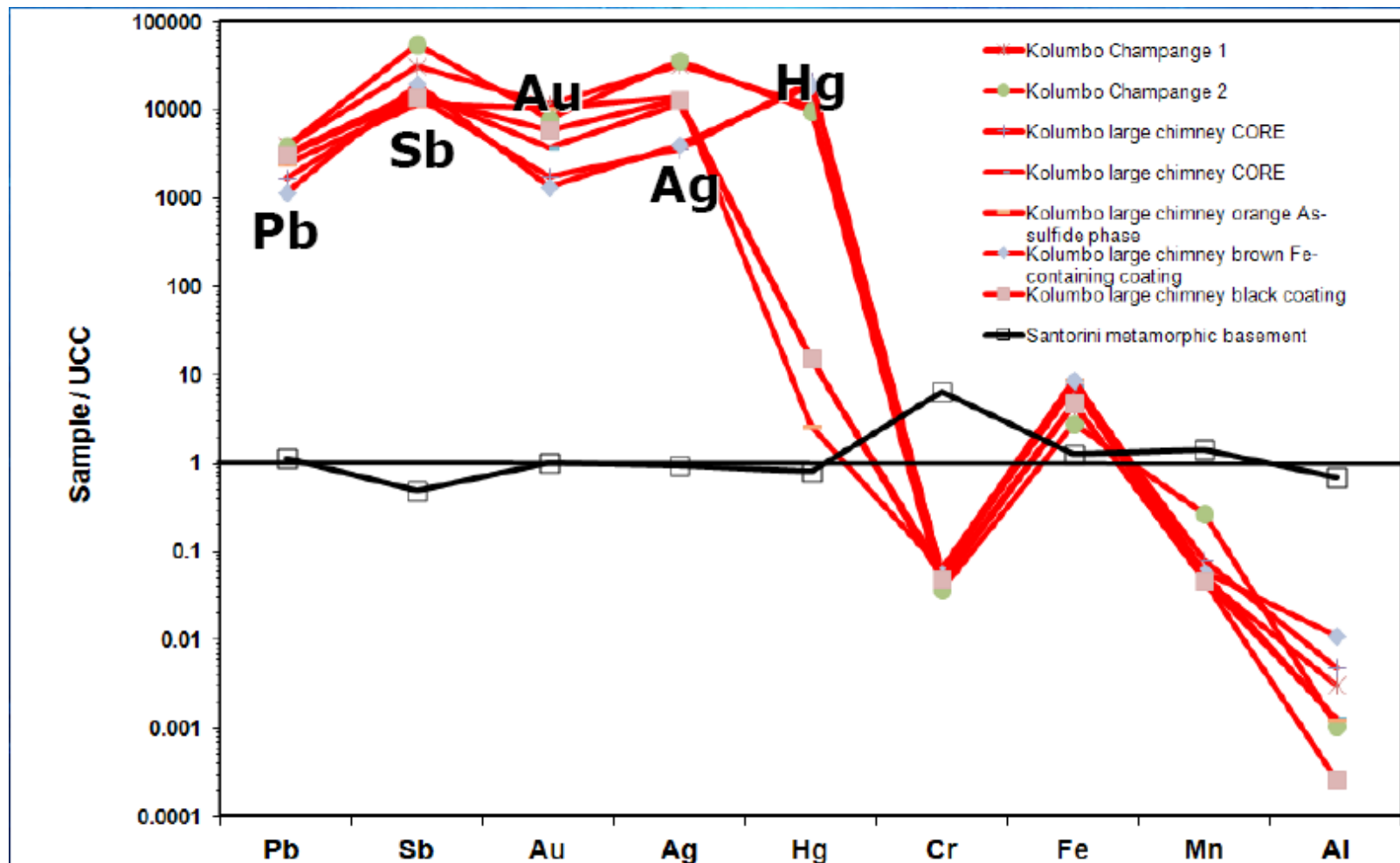
ΓΕΩΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΜΙΝΑΔΩΝ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΤΟΞΟ



37



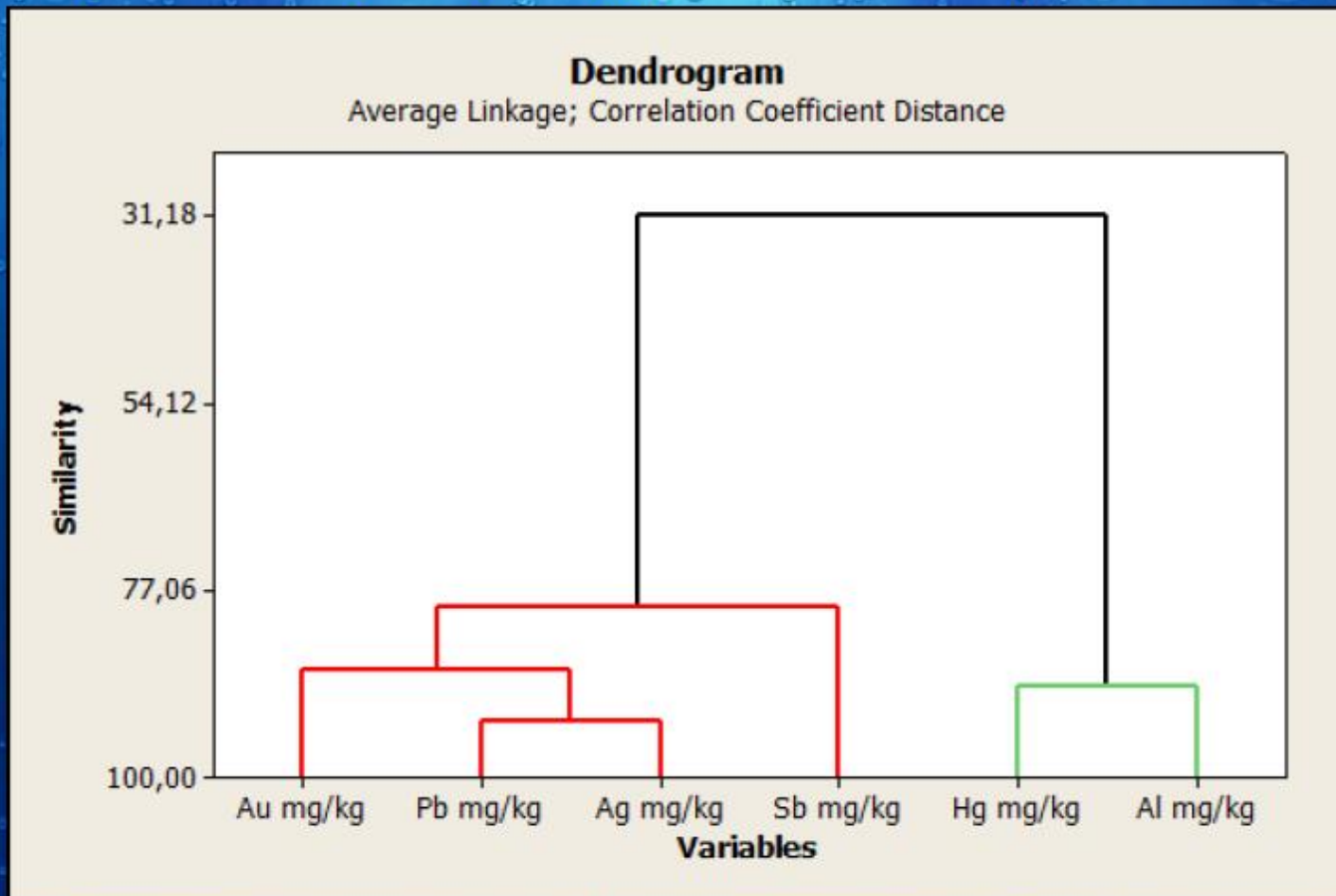
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΜΙΝΑΔΕΣ



38



Dendrogram of selected elements in hydrothermal precipitate samples (n=7) (E/V Nautilus-September 2011)



These relationships suggest that Au-Ag-Pb-Sb may be associated with sulfide mineral phases, and MERCURY may be associated with aluminosilicate phases

ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΟΛΟΥΜΠΟ

- Γεωτεκτονικό καθεστώς ηφαιστειακού τόξου.
- Ιδιομορφία ως προς το βάθος εκφόρτισης (βάθος καλδέρας 500 m).
- Ιδιομορφία ως προς τη χημική σύσταση των καμινάδων → εμπλουτισμός σε Au, Ag, **Sb**, As, Cd, Pb, Zn, **Tl**, **Hg** .
- Ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις Sb, Tl, Hg παγκοσμίως.
- ... και η έρευνα συνεχίζεται.



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 (1/6)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΠΗΓΩΝ. Copyright Woods Hole Oceanographic Institution. Σύνδεσμος: <http://www.whoi.edu/page.do?pid=30439>.

Πηγή: www.whoi.edu

Εικόνα 2: Copyrighted. Πηγή: Tivey, Oceanography, 2007.

Εικόνα 3: Copyrighted. Πηγή: Tivey, Oceanography, 2007.

Εικόνα 4: Copyrighted. Πηγή: Tivey, Oceanography, 2007.

Εικόνα 5: Copyrighted. Σύνδεσμος:

<http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/02fire/background/hirez/chemistry-hires.jpg>. Πηγή: oceanexplorer.noaa.gov



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/6)

Εικόνα 6: Copyrighted.

Εικόνα 7: Μεταλλοφόρα ιζήματα. Copyrighted.

Εικόνα 8: Map of ^3He concentrations in the Pacific Ocean used as a global plume tracer. Copyright NOAA. Σύνδεσμος:

<http://www.pmel.noaa.gov/eoi/PlumeStudies/plumes-whystudy.html>. Πηγή:
www.pmel.noaa.gov

Εικόνα 9: Copyrighted.

Εικόνα 10: Copyrighted.

Εικόνα 11: Copyrighted.

Εικόνα 12: Copyrighted. Πηγή: www.nautilusminerals.com.

Εικόνα 13: Copyrighted. Πηγή: www.nautilusminerals.com.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/6)

Εικόνα 14: Copyrighted. Πηγή: www.nautilusminerals.com.

Εικόνα 15: Copyrighted. Πηγή: www.nautilusminerals.com.

Εικόνα 16: Copyrighted. Πηγή: www.nautilusminerals.com.

Εικόνα 17: Copyrighted. Πηγή: www.nautilusminerals.com.

Εικόνα 18: Copyrighted.

Εικόνα 19: Copyrighted.

Εικόνα 20: Hyperthermophile bacteria from hydrothermal plumes. Copyright NOAA.

Σύνδεσμος: <http://www.pmel.noaa.gov/eoi/PlumeStudies/plumes-whystudy.html>.

Πηγή: www.pmel.noaa.gov



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/6)

Εικόνα 21: Συμμετοχή μικροοργανισμών σε αντιδράσεις υδροθερμικών συστημάτων. Copyright NOAA. Σύνδεσμος: <http://www.pmel.noaa.gov/eoi/chemistry/importance.html>. Πηγή: www.pmel.noaa.gov

Εικόνα 22: Ηφαιστειο- τεκτονική ζώνη Σαντορίνης Κολούμπου διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ. Copyrighted. Πηγή: Hellenic Centre for marine research, Nomikou et al., 2012.

Εικόνα 23: Υδροθερμική δραστηριότητα Σαντορίνη-Κολούμπο. Copyrighted. Πηγή: Dimitriadis et al. (2009), Technophysics.

Εικόνα 24: Βαθυμετρικός χάρτης Κολούμπο. Copyrighted. Πηγή: Nomikou et al, 2012.

Εικόνα 25: Copyrighted. Πηγή: E/V “NAUTILUS” NA014 Expedition, Sept. 2011.

Εικόνα 26: Copyrighted. Πηγή: E/V “NAUTILUS” NA014 Expedition, Sept. 2011.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/6)

Εικόνα 27: Copyrighted. Πηγή: E/V “NAUTILUS” NA014 Expedition, Sept. 2011.

Εικόνα 28: Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά καμινάδων Κολούμπο. Copyright 2013 Ocean Exploration Trust. Σύνδεσμος:

<http://www.oceanexplorationtrust.org/#!2011-expeditions/cntd>. Πηγή:
www.oceanexplorationtrust.org

Εικόνα 29: Copyrighted.

Εικόνα 30: Copyrighted.

Εικόνα 31: Copyrighted.

Εικόνα 32: Copyrighted.

Εικόνα 33: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/6)

Εικόνα 34: Copyrighted.

Εικόνα 35: Copyrighted.

Εικόνα 36: Copyrighted.

Εικόνα 37: Copyrighted.

Εικόνα 38: Copyrighted.

Εικόνα 39: Copyrighted.

