

Κεφάλαιο 6

Μεταμόρφωση υπερμαφικών (υπερβασικών) πετρωμάτων Σερπεντινίωση στον ωκεάνιο πυθμένα και προέλευση της ζωής

Τα υπερμαφικά πετρώματα είναι πετρώματα που αποτελούνται από μαγνησιούχες πυριτικές ενώσεις και δεν περιέχουν λευκοκρατικά ορυκτά.

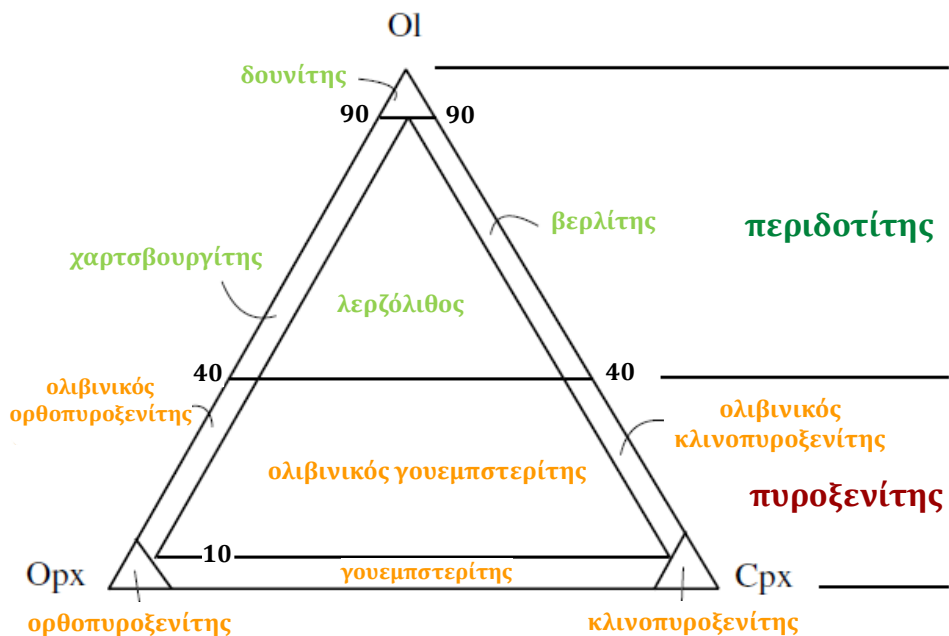
Ο μανδύας της γης αποτελείται κατ' εξοχήν από υπερμαφικά πετρώματα. Με εξαίρεση μερικές μικρές ανώμαλες περιοχές, ο μανδύας βρίσκεται σε στερεά κατάσταση.

Τα υπερμαφικά πετρώματα υφίστανται συνεχή ανακρυστάλλωση λόγω ρευμάτων μεταφοράς μάζας και θερμότητας σε μεγάλη κλίμακα στον υπο-λιθοσφαιρικό μανδύα (ασθενόσφαιρα) καθώς επίσης και λόγω τεκτονικών διαδικασιών στη λιθόσφαιρα.

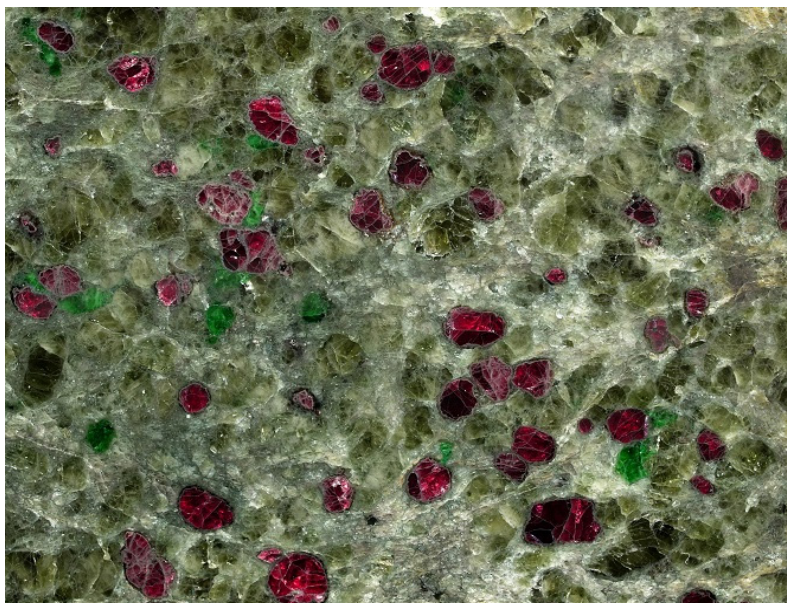
Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι τα πετρώματα του μανδύα στο σύνολό τους πληρούν τα κριτήρια των μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Τα μεταμορφωμένα υπερμαφικά πετρώματα είναι τα πλέον άφθονα πετρώματα στη γη.

Τα περισσότερα από τα υπερμαφικά πετρώματα που βρίσκονται στον φλοιό της γης και κατ' ακολουθία σε επιφανειακές εμφανίσεις, προέρχονται από το μανδύα και έχουν τοποθετηθεί τεκτονικά κατά την διάρκεια ορογενετικών διαδικασιών. Τέτοια τεμάχια υπερμαφικών πετρωμάτων είναι γνωστά ως **Αλπικού τύπου περιδοτίτες**. Υπερμαφικά πετρώματα πυριγενούς προέλευσης επίσης εμφανίζονται στο φλοιό αλλά είναι σχετικώς σπάνια.

Οι **σερπεντινίτες** είναι είτε συμπαγή είτε σχιστοποιημένα πετρώματα αποτελούμενα από ορυκτά της ομάδας του σερπεντίνη. Θεωρούνται χαμηλής θερμοκρασίας ενυδατωμένες μορφές λερζόλιθων, δουνιτών και χαρτσβουργιτών. Το όνομα **περιδοτίτης** χρησιμοποιείται για υπερμαφικά πετρώματα μανδουακής προέλευσης πλούσια σε ολιβίνη. Οι δύο κυριότερες ποικιλίες είναι ο σπινελιούχος περιδοτίτης και ο γρανατούχος περιδοτίτης.



Σχήμα 6.1. Ταξινόμηση υπερμαφικών πετρωμάτων



Σχήμα 6.2. Γρανατούχος λερζόλιθος.

βυσσινί: γρανάτης - σμαραγδοπράσινο: κλινοπυρόξενος - ελαιοπράσινο: ολιβίνης - μπεζ: ορθοπυρόξενος

Υπερμαφικά πετρώματα εκτίθενται συχνά μέσω ρηγμάτων στον πυθμένα των ωκεανών. Οι περιδοτίτες εκείνοι που εκτίθενται στον ωκεάνιο πυθμένα ή βρίσκονται σε απόσταση λίγων μόνο χιλιομέτρων αυτόν, αντιδρούν με θαλάσσιο νερό και σχηματίζουν **σερπεντινίτες**.

Η **σερπεντινίωση**:

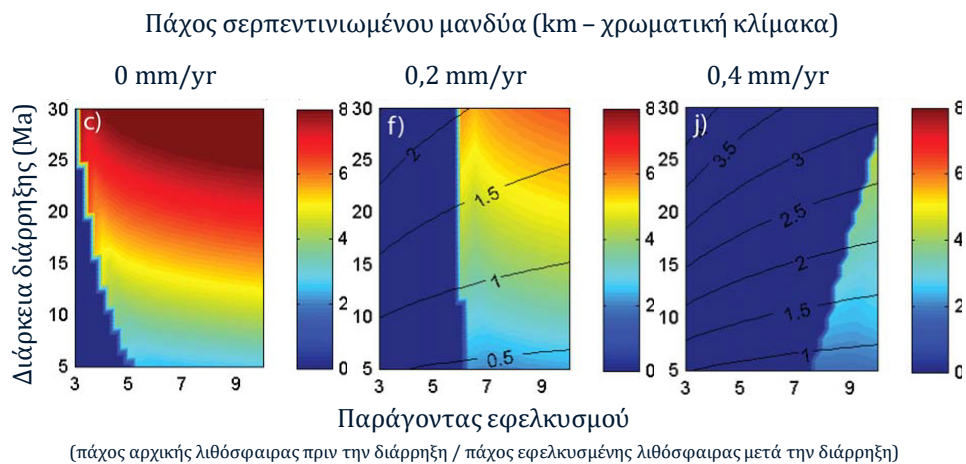
- παίζει ένα κύριο ρόλο στην **τροποποίηση** της ρεολογίας του ωκεάνιου φλοιού
- ορίζει μια σημαντική **γεωχημική διαδικασία** στον ωκεάνιο πυθμένα
- παράγει τα πλέον **αναγωγικά, αλκαλικά ρευστά** από οποιοδήποτε άλλο περιβάλλον στον πλανήτη

Επειδή η σερπεντινίωση προκαλεί 40-50% αύξηση του όγκου του πετρώματος, **επηρεάζει έντονα τη βαθυμετρία** των ωκεανών σε περιοχές που επικρατούν περιδοτίτες.

Διάσπαση του σερπεντίνης σε ζώνες υπαγωγής προκαλεί τεράστια μείωση όγκου και **προκαλεί σεισμούς**.



Σχήμα 6.3. Σερπεντινίτης



Σχήμα 6.4. Σερπεντινίωση του μανδύα κατά τη διάρκεια ηπειρωτικής διάρρηξης για διαφορετικούς ρυθμούς ιζηματογένεσης. Οι μαύρες καμπύλες δείχνουν πάχος ιζημάτων σε km. Σερπεντινίωση του υπο-ηπειρωτικού λιθοσφαιρικού μανδύα ευνοείται σε συνθήκες διαμπερούς διάρρηξης της λιθόσφαιρας (μεγάλος παράγοντας εφελκυσμού), μεγάλη διάρκεια διάρρηξης και μηδενικό ρυθμό ιζηματογένεσης στις τεκτονικές τάφρους που δημιουργούνται στην ρηξιγενή ζώνη.

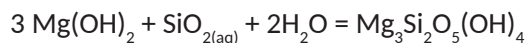
Η ποσοτική ορυκτολογική σύσταση του περιδοτίτη καθορίζει και τα προϊόντα μεταμόρφωσης χαμηλής θερμοκρασίας.

Αν το αρχικό πέτρωμα περιέχει >58% κ.ο. ολιβίνη, όπως είναι τυπικό για τους περισσότερους **περιδοτίτες**, τα πρώτα προϊόντα ενυδάτωσης είναι **σερπεντίνης** και **βρουσίτης**.

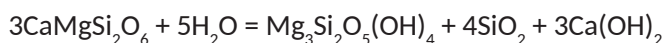
Αν όμως ο πρωτόλιθος είναι **πυροξενίτης** με <58% κ.ο. ολιβίνη, το ενυδατωμένο πέτρωμα αποτελείται από **σερπεντίνη** και **τάλκη**.

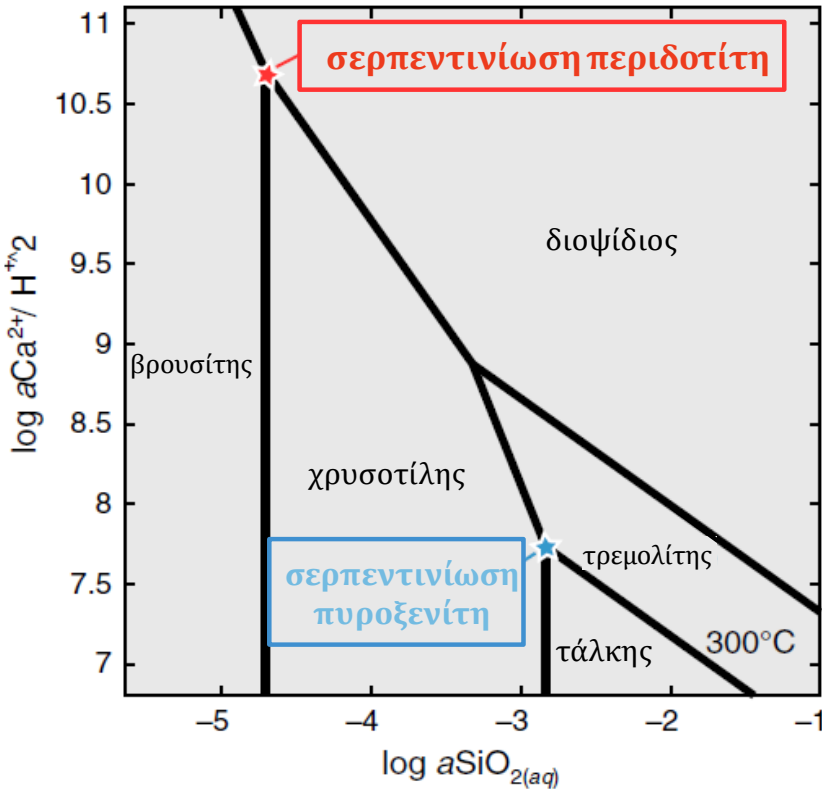
Ένα μεγάλο παράδοξο της σερπεντινίωσης είναι η δυσκολία εύρεσης βρουσίτη στις ενυδατωμένες υπερμαφικές λιθολογίες.

Αυτό οφείλεται στην παρουσία διαλελυμένου διοξειδίου του πυριτίου στη ρευστή φάση, που αντιδρά με τον βρουσίτη για να δημιουργήσει σερπεντίνη:



Το διοξείδιο του πυριτίου που απαιτείται από αυτήν την αντίδραση προέρχεται από την εξαλλοίωση του ορθοπυρόξενου του περιδοτίτη ή από την εξαλλοίωση πλαγιόκλαστου στα συγγενή γαββρικά πετρώματα. Μία άλλη πηγή SiO_2 είναι η ενυδάτωση του διοψιδίου:





Σχήμα 6.5. Διάγραμμα ενεργοτήτων υδατικού SiO₂ και Ca²⁺/(H⁺)² και ισορροπία φάσεων στο σύστημα CaO-MgO-SiO₂-H₂O κατά την ισόθερμη (T=300 °C) σερπεντινίωση υπερμαφικών πετρωμάτων. Η σερπεντινίωση περιδοσίτη (κόκκινο άστρο) δημιουργεί ρευστά με πολύ υψηλότερες τιμές pH (αλκαλικό περιβάλλον) και ιδιαίτερα χαμηλές τιμές διαλυμένου διοξειδίου του πυριτίου σε σχέση με την σερπεντινίωση πυροξενίτη (μπλε άστρο).

Η αντίδραση αυτή παράγει άφθονο υδροξείδιο του ασβεστίου, που είναι ισχυρή βάση, η οποία και εξηγεί γιατί η ενυδάτωση περιδοσιτών δημιουργεί αλκαλικά ρευστά (που μπορεί να φθάσουν σε τιμές pH=12).

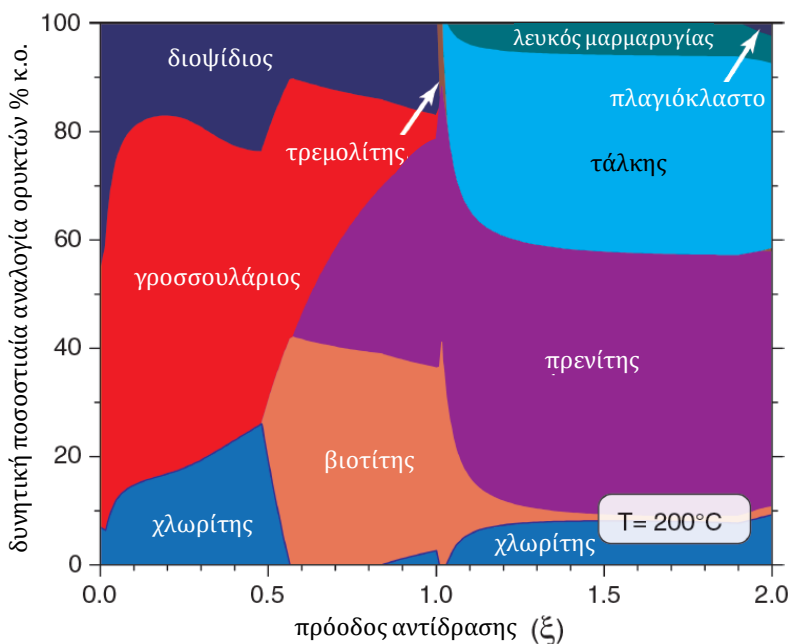
Όταν τα ασβεστούχα ρευστά συναντήσουν μη περιδοσιτική λιθολογία, αντιδρούν με το πέτρωμα και σχηματίζουν **ροδιγκίτη**.

Όποιος και να είναι ο πρωτόλιθος ενός ροδιγκίτη (βασάλτης, γάββρος, πηλίτης, γρανίτης) τα ορυκτά που θα σχηματισθούν θα είναι τα ίδια:

Γροσσουλάριος, επίδοτο, πρενίτης, βεζουβιανίτης και άλλα Ca-Al πυριτικά.

Το Na που απομακρύνεται μέσω ρευστών από τα πετρώματα που ροδιγκιτιώνονται, μπορεί να σχηματίσει στην γειτονία των ροδιγκιτιών μετασωματικούς **αλβιτίτες** ή, σε υψηλότερες πιέσεις σε ζώνες υπαγωγής, **ιαδείτιτες**.

Σε περιοχές υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης η παρουσία ροδιγκιτών μπορεί να είναι η μοναδική ένδειξη ότι οι μεταπεριδοτίτες με τους οποίους εμφανίζονται μαζί ήταν κάποτε σερπεντινίτες.



Σχήμα 6.6. Πρότυπη πορεία αντίδρασης κατά την ροδιγκιτίωση βασάλτη.

Η ρευστή φάση είναι θαλάσσιο νερό που αντέδρασε με χαρτσβουργίτη (Ol:Orx:Crx=85:10:5 % κ.ο.) υπό την συνθήκη: ρευστό/πέτρωμα~1. Η ροδιγκιτίωση δεν προκαλείται από την πλούσια σε Ca φύση των ρευστών της σερπεντινίωσης, αλλά από την σταθερότητα των πυριτικών ορυκτών του Ca (όπως ο διοψίδιος και ο γροσσουλάριος) στις χαμηλές ενεργότητες του υδατικού διοξειδίου του πυριτίου στα ρευστά αυτά (που επιβάλλονται λόγω αρχικής ισορροπίας με σερπεντινίτη).

Μερικώς σερπεντινωμένοι **αλλοφασικοί** περιδοτίτες (που παρουσιάζουν δηλ. διαφορετικό βαθμό μεταμόρφωσης από τα περιβάλλοντα πετρώματα φλοιού) μπορεί ακόμη να καλούνται περιδοτίτες, όμως ένας ανακρυσταλλωμένος ισοφασικός αντιγοριτικός σχιστόλιθος με ολιβίνη πρέπει να περιγραφεί ως σερπεντινίτης και όχι ως περιδοτίτης.

Κατακλαστικοί σερπεντινίτες που οι ρωγμώσεις τους έχουν πληρωθεί από ανθρακικά ορυκτά (μαγνησίτη, δολομίτη, ανκερίτη, ασβεσίτη) συχνά αποκαλούνται οφιτανθρακικά πετρώματα (οφιτασβεσίτες, οφιμαγνησίτες, κ.λπ.). Ταλκικοί σχιστόλιθοι που φέρουν ανθρακικά ορυκτά είναι γνωστοί ως **σαπωνόλιθοι**. Η παραγένεση τάλκης+μαγνησίτης (**Tlc+Mgs**) είναι τυπική των σαπωνόλιθων.