



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΧΗΜΕΙΑΣ

Χαράλαμπος Βασιλάτος, Επίκ. Καθηγητής

ΜΑΘΗΜΑ: ΓΕΝΕΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

ORIGIN OF ORE MINERAL DEPOSITES

ΓΕΝΕΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

**Επιφανειακές και υπεργενετικές διεργασίες –
Θεμελιώδεις διεργασίες χημικής αποσάθρωσης**

**Λατεριτικά κοιτάσματα Ni-Fe(-Co, Au)
Βωξιτικά κοιτάσματα-Καρστικοί Βωξίτες**

Λατερίτης:

ο σχηματισμός που προέκυψε συνολικά από τη διαδικασία της αποσάθρωσης.

Λατερίτης - later (λατινική λέξη που σημαίνει «πλίνθος»): από τα αργιλικά τμήματα του λατερίτη εξόρυσσαν υλικό για την κατασκευή δομικών στοιχείων.

Λατεριτίωση ή λατεριτική αποσάθρωση

- Αποσάθρωση πετρωμάτων
- δημιουργία **επιφλοιώσεων νεοσχηματιζομένων ορυκτών** που καλύπτει το ανεξαλλοίωτο μητρικό πέτρωμα
- **μανδύας λατεριτικής αποσάθρωσης ή φλοιός λατεριτικής αποσάθρωσης.**

Διπλή σειρά αντοχής στην αποσάθρωση ορισμένων πετρογενετικών ορυκτών

Ολιβίνης

πυρόξενος

κεροσίλβη

βιοτίτης

βασικά πλαγιόκλαστα

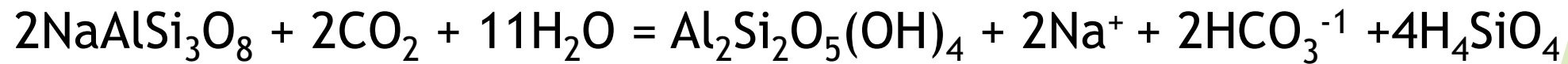
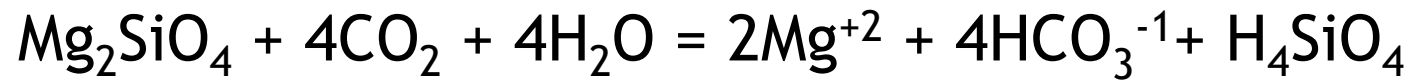
αλβίτης

καλιούχοι άστριοι

μοσχοβίτης

χαλαζίας

Δυο τυπικές περιπτώσεις ενυδάτωσης: του ολιβίνη και του αλβίτη





Σιδηρονικελιούχοι λατερίτες
Fe- Ni- laterites

Ορυκτολογία του μεταλλεύματος

Γαρνιερίτης: Κάτω από αυτόν τον όρο φέρεται ομάδα νικελιούχων ποικιλιών σερπεντίνη, χλωρίτη, τάλκη και πιμελίτη (αργίλικό ορυκτό της ομάδας του μοντμοριλλόνιτη).

Τακοβίτης: Σύσταση $\text{Ni}_6\text{Al}_2(\text{OH})_{16}(\text{CO}_3)_4\text{H}_2\text{O}$, χρώμα: κυανοπράσινο.

Νεπουϊτης: Νικελιούχος λιζαρδίτης.

Νιμμίτης: Νικελιούχος χλωρίτης.

Βιλλεμσεϊτης: Νικελιούχος τάλκης.

Πεκοραϊτης: Νικελιούχος χρυσοτίλης.

Αιματίτης: Fe_2O_3 , Γκραιτίτης: $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, Υπολλειματικός χρωμίτης/σπινέλιος

Ασβολάνης: Υδροξείδιο του Mn με αυξημένη περιεκτικότητα σε Ni, Co, Mg

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Ωοειδή: Σφαιρικά ή ελλειψοειδή σωμάτια με **διάμετρο μικρότερη των 2 mm**. Διαθέτουν πυρήνα περιβαλλόμενο από κανονικά διατεταγμένες συγκεντρικές επιφλοιώσεις.

Ωόλιθος: Πέτρωμα το οποίο αποτελείται από ωοειδή.

Πισοειδή: Σφαιρικά ή ελλειψοειδή σωμάτια με **διάμετρο μεγαλύτερη των 2 mm**. Διαθέτουν πυρήνα περιβαλλόμενο από κανονικά διατεταγμένες συγκεντρικές επιφλοιώσεις.

Πισόλιθος: Πέτρωμα το οποίο αποτελείται από πισοειδή.

Πελοειδή: Σφαιρικά ή ελλειψοειδή σωμάτια από λεπτόκοκκο υλικό, τα οποία δε διαθέτουν κανονική εσωτερική δομή.

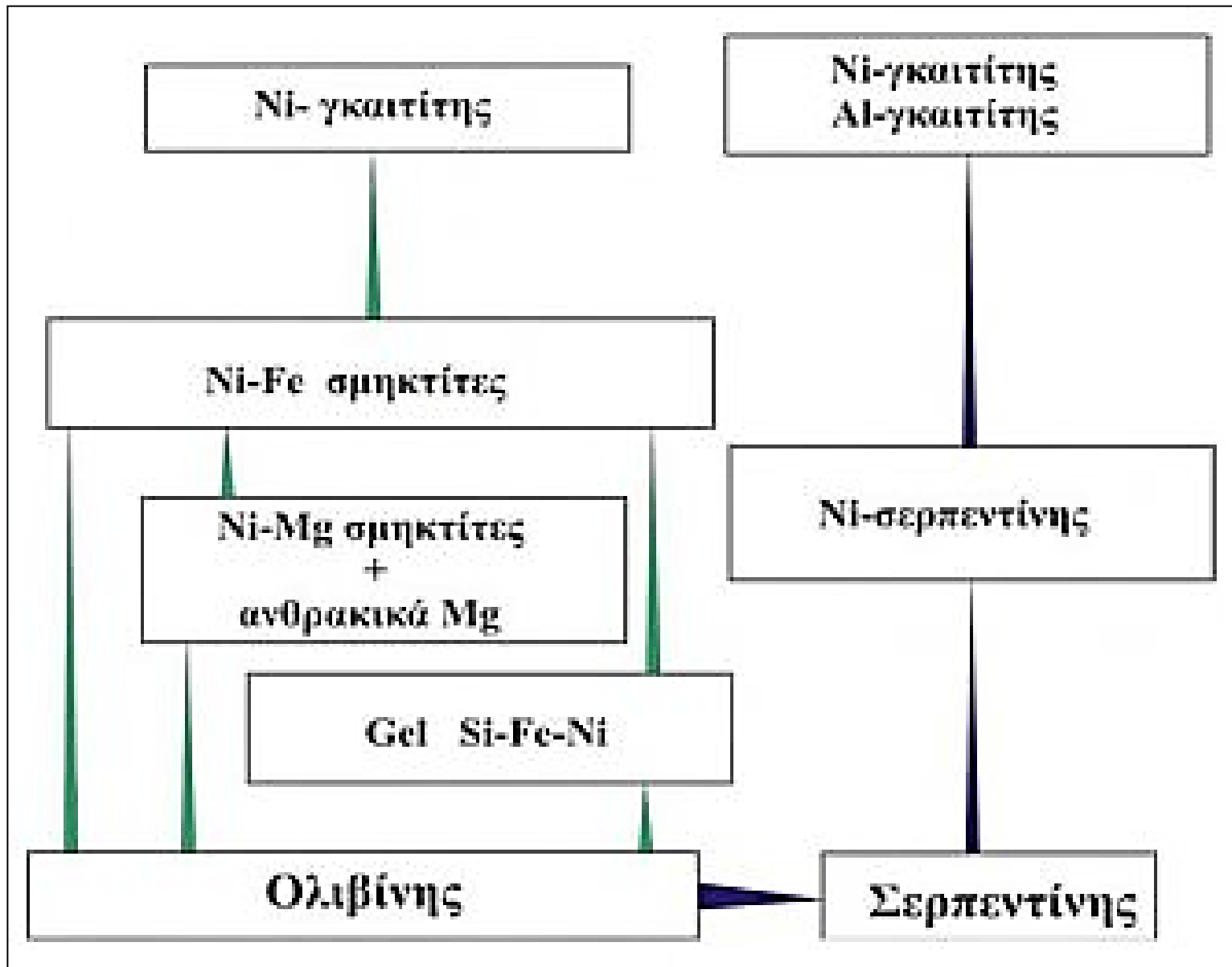
Σύγκριμα: Σφαιρικά σωμάτια, τα οποία σε αντίθεση με τα ωοειδή **χαρακτηρίζονται μέσω ακτινωτής δομής, η οποία δημιουργήθηκε από ανακρυστάλλωση γέλης.**

Αμπραζιόλιθος: Σφαιρικά ή ελλειψοειδή σωμάτια, τα οποία αποτελούνται από επεξεργασμένα θραύσματα ωολίθων και αποστρογγυλεμένο υλικό.

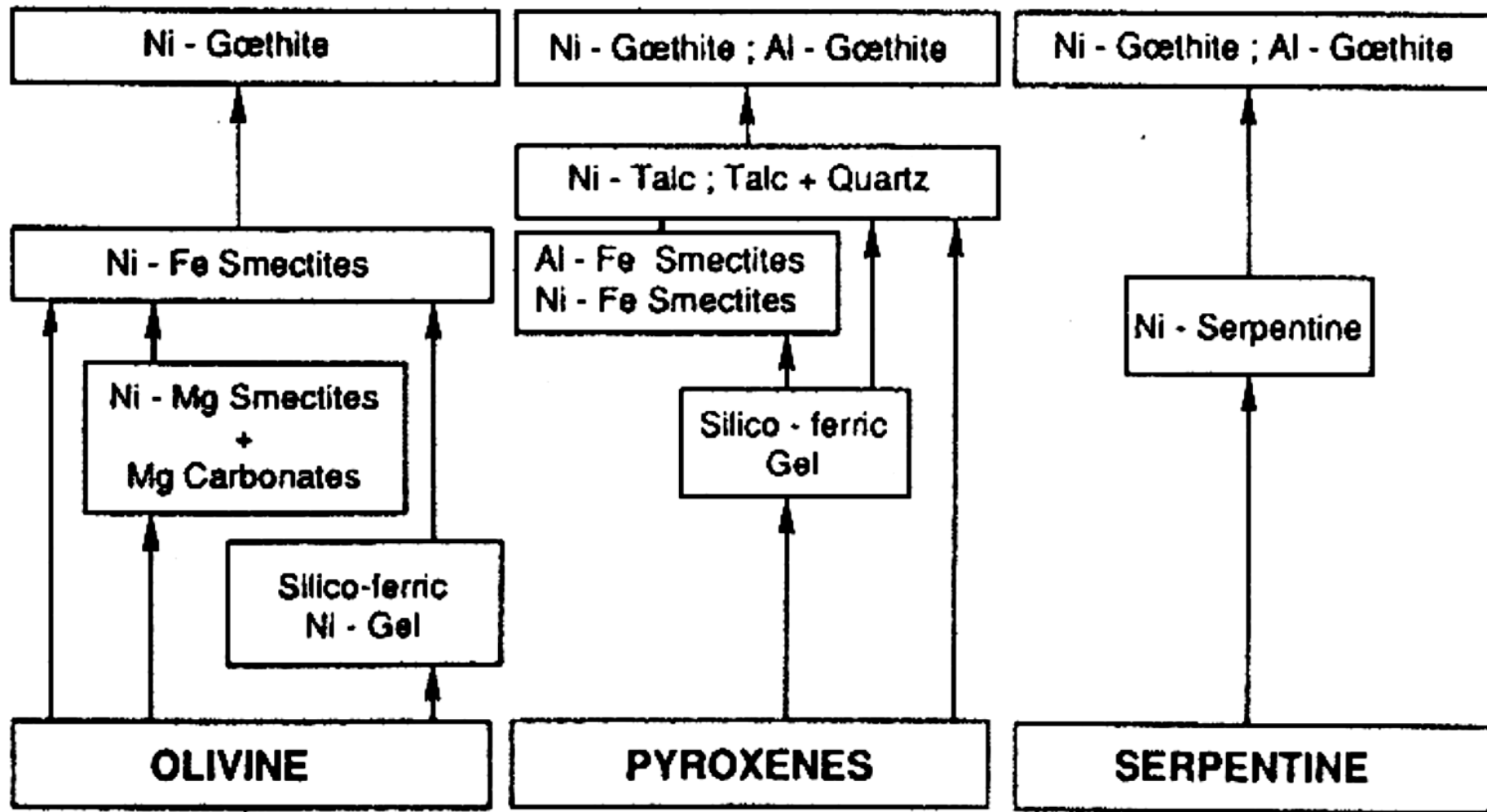
The source of Nickel

	Olivine	Opx	Cpx	Garnet	Plag	Amph	Magnetite
Rb	0.010	0.022	0.031	0.042	0.071	0.29	
Sr	0.014	0.040	0.060	0.012	1.830	0.46	
Ba	0.010	0.013	0.026	0.023	0.23	0.42	
Ni	14	5	7	0.955	0.01	6.8	29
Cr	0.70	10	34	1.345	0.01	2.00	7.4

Partition coefficients (C_S/C_L for some trace elements in mafic rocks



Διεργασίες εξαλλοίωσης του ολιβίνης
και σχηματισμός Fe-Ni ορυκτών



Λατεριτίωση υπερβασικών πετρωμάτων (Περιδοτίτες) σε συνθήκες τροπικού-υποτροπικού κλίματος
 => Σχηματισμός Fe-Ni ορυκτών από μαφικά ορυκτα

Σιδηρονικελιούχοι λατερίτες

Οι Ni-Co λατερίτες είναι **υπεργενετικά μεταλλεύματα**.

Ο εμπλουτισμός Ni και Co προκύπτει από **εκτεταμένη χημική και μηχανική διάβρωση υπερμαφικών πετρωμάτων**.

Το **λατεριτικό προφίλ** αναπτύσσεται από την **προοδευτική διάβρωση των υπερμαφικών μητρικών πετρωμάτων**, που εμφανίζονται σε πρίσματα προσαύξησης ως αλπικού τύπου, καθώς και σε μεγάλες επωθήσεις οφιολιθικών συμπλεγμάτων **αλλά και σε κρατονικές περιοχές ως κοματίτες** (Brand και άλλοι, 1998; Berger και άλλοι, 2011).

Οι λατερίτες εμφανίζονται σε γεωγραφικά πλάτη έως 20 μοιρών εκατέρωθεν του ισημερινού, με λίγες εξαιρέσεις.

Σιδηρονικελιούχοι λατερίτες

Η διάβρωση που οδηγεί στη λατεριτίωση είναι γενικά πιο εκτεταμένη κατά μήκος τεκτονικών ασυνεχειών και ρηγμάτων.

Η λατεριτίωση εξελίσσεται με

- την ανάπτυξη φλοιών σαπρολίτη εις βάρος του μητρικού πετρώματος,
- στην αργλική εξαλλοίωση του σαπρολίτη,
- στη συνέχεια στην οξειδωτική εξαλλοίωση των αργιλικών και των ένυδρων Mg- πυριτικών ορυκτών και τη δημιουργία της ζώνης του λειμονίτη και
- ολοκληρώνεται με την αιματιτική εξαλλοίωση των οξειδίων που καλύπτουν το προφίλ με ferricrete.


Το Ni μπορεί να συγκεντρωθεί σε οποιοδήποτε από τα στρώματα, ανάλογα με την ένταση των διαδικασιών διάβρωσης, η οποία επηρεάζεται από το κλίμα, την αποστράγγιση και το τεκτονικό καθεστώς των κοιτασμάτων.

Σιδηρονικελιούχοι λατερίτες

Διάκριση και σύσταση των διαφόρων οριζόντων του φλοιού λατεριτικής αποσάθρωσης ενός υπερβασικού πετρώματος.

Εμπλουτισμός του κατώτερου τμήματος του λατεριτικού φλοιού σε νικέλιο.


Εμπλουτισμός του ανώτερου τμήματος σε σίδηρο. Είναι δυνατόν να υπάρχει και ασβολάνης (με υψηλές συγκεντρώσεις Ni και Co)

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4		25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3	0.02 to 0.1	10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

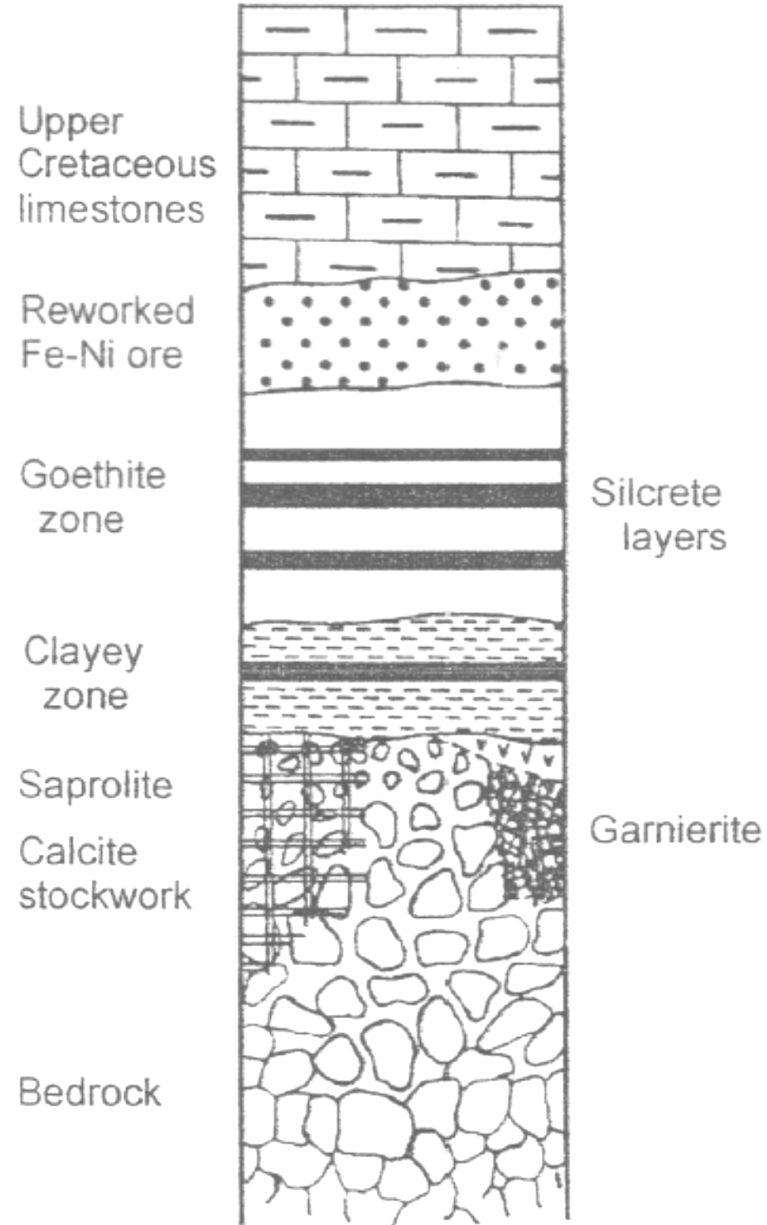
Σιδηρονικελιούχοι λατερίτες

Το Ni ενδομεύεται:

- είτε σε πυριτικά ορυκτά (Ni-τάλκης, Ni-χλωρίτης, Ni-σμεκτίτης, Ni-σερπεντίνης)
- είτε στον γκαιίτη και αιματίτη.

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4	0.02 to 0.1	25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3		10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

Σιδηρονικελιούχοι λατερίτες



Λιθολογική στήλη
φλοιών λατεριτικής
αποσάθρωσης
υπερβασικών Στερεάς
Ελλάδας - Εύβοιας
(Skarpelis, 2006)



Βωξιτικοί λατερίτες
Laterite type Bauxite deposits

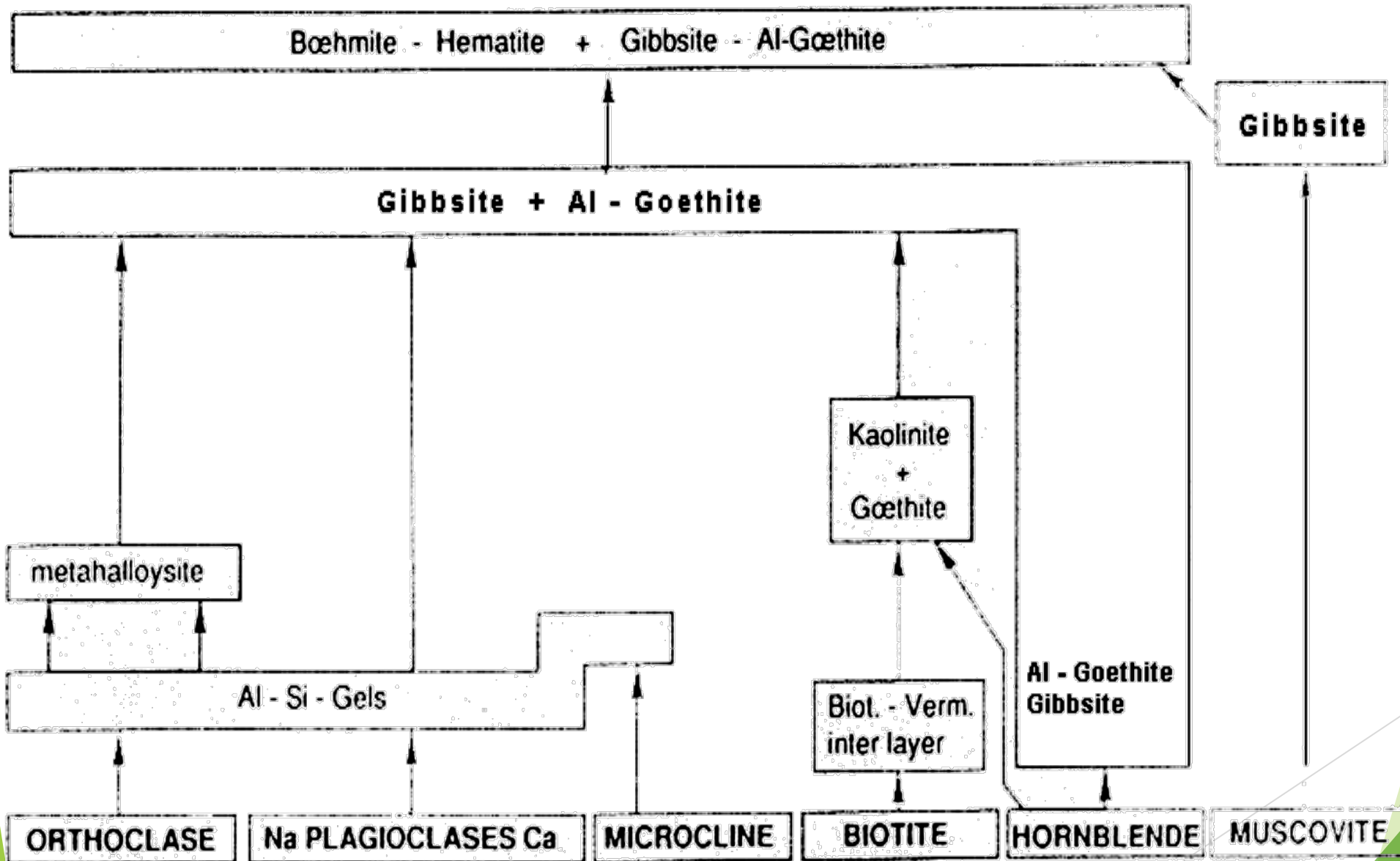
Βωξιτικοί λατερίτες

Συνίστανται κυρίως από
γκιμπσίτη,
γκαιτίτη,
αιματίτη,
καολινίτη και
χαλαζία.

Ο γκιμπσίτης αποτελεί το κύριο ορυκτό του αργιλίου.

Ο αιματίτης κυριαρχεί στο ανώτατο τμήμα του
κοιτάσματος, ενώ ο γγκαιτίτης στο κατώτερο

Βωξιτικοί λατερίτες



Βωξιτικοί λατερίτες

Setting

Laterite-type bauxite occurs mainly in tropical countries and particularly in regions of heavy rainfall. Most deposits are under only thin (1-5 ft) soils on peneplained uplands. The typical colors are shades of red and brown.

Βωξιτικοί λατερίτες

Deposits Characteristics

Gibbsite is the most common, and boehmite is the second most abundant bauxite mineral in laterite-type deposits. Mineral impurities are mainly goethite, hematite, quartz, kaolinite, and titanium minerals (principally clay-size anatase). The bauxite minerals occur in a wide variety of forms, including pisolites, nodules, earthy and clayey material, blocky and tubular structures, vein and vug fillings, blocky masses, and others. Some deposits are soft massive material or layers of uncemented pisolites, but others are lithified and blasting is required in mining. Thicknesses of deposits mined range from 7 or 8 feet to more than 60 feet.

Βωξιτικοί λατερίτες

Genesis

Laterite-type bauxite deposits form by chemical weathering that removes the more soluble components of the parent rock and adds OH groups and O to the ones remaining. Silica, alkalies, and alkaline earths are the major components leached and Al, Ti, and generally Fe are concentrated.

Bauxite at various places in the world has formed on virtually every rock type containing aluminum. Many large deposits have formed on basalt, and others on several types of metamorphic, igneous, and sedimentary rocks. The billions of tons of bauxite in the Weipa District, Australia formed on a clayey sandstone containing as little as 4 percent Al_2O_3 .

DESCRIPTIVE MODEL OF LATERITE TYPE BAUXITE DEPOSITS

APPROXIMATE SYNONYM Aluminum ore (Patterson, 1967).

DESCRIPTION Weathered residual material in subsoil formed on any rock containing aluminum.

GENERAL REFERENCE Patterson (1984).

GEOLOGICAL ENVIRONMENT

Rock Types Weathered rock formed on aluminous silicate rocks.

Textures Pisolitic, massive, nodular, earthy.

Age Range Mainly Cenozoic, one Cretaceous deposit known.

Depositional Environment Surficial weathering on well-drained plateaus in region with warm to hot and wet climates. **Locally deposits in poorly drained areas low in Fe due to its removal by organic completing.**

Tectonic Setting(s) Typically occurs on plateaus in tectonically stable areas.

Associated Deposit Types Overlain by thin "A" horizon soil, underlain by saprolite (parent rock in intermediate stages of weathering).

DESCRIPTIVE MODEL OF LATERITE TYPE BAUXITE DEPOSITS

DEPOSIT DESCRIPTION

Mineralogy Mainly gibbsite and mixture of gibbsite and boehmite; gangue minerals hematite, goethite, anatase, locally quartz.

Texture/Structure Pisolitic, massive, earthy, nodular.

Alteration Aluminous rocks are altered by weathering to bauxite.

Ore Controls Thoroughly weathered rock, commonly erosional boundaries of old plateau remnants.

Weathering Intensive weathering required to form bauxite. Bauxite continues to form in present weathering environment in most deposits.

Geochemical Signature: Al, Ga.

EXAMPLES

Australia, Brazil, Guinea

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΛΑΤΕΡΙΤΗ

**1) Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή
μεταλλεύματα**

2) Καρστικοί βωξίτες (karst bauxites)

**Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή
μεταλλεύματα
Sedimentary Fe-Ni deposits**

Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα:

Εντοπίζονται:

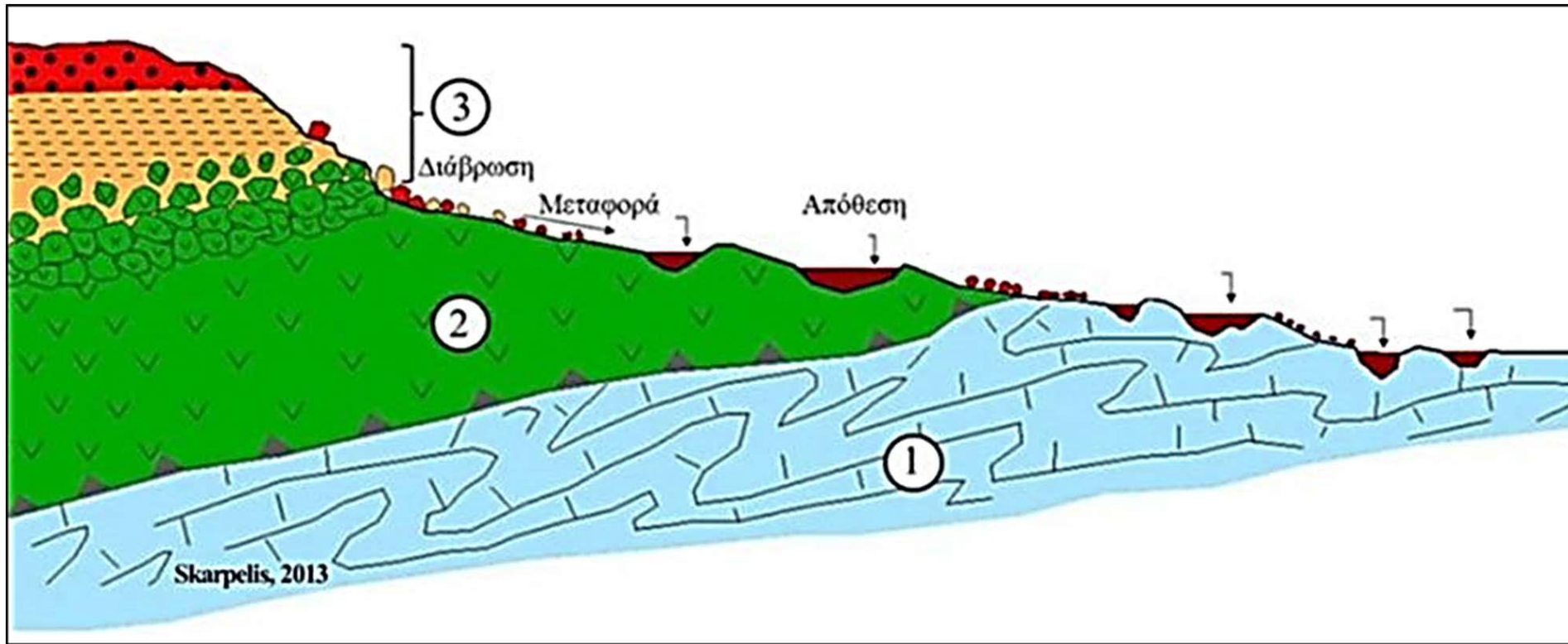
- I) Επί των υπερβασικών ή βασικών πετρωμάτων ή ακόμη και επί τμημάτων λατεριτιωμένων υπερβασικών.
- II) Μεταφερμένα και παγιδευμένα σε καρστικά έγκοιλα (Τύπου καρστικού νικελίου - karstic nickel)

Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα:

Τα σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα **τύπου καρστικού νικελίου** θεωρείται ότι είναι ιζηματογενείς σχηματισμοί (μηχανικά ιζήματα) που έχουν αποθεθεί σε καρστικά έγκοιλα κατά τη διάρκεια επικλύσεων.

Ως υλικό τροφοδοσίας θεωρείται το προϊόν της διάβρωσης προϋπαρχόντων φλοιών λατεριτικής αποσάθρωσης υπερβασικών πετρωμάτων (πλούσιων σε Fe και σε Ni).

Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα:



Απλοποιημένο σκίτσο στο οποίο παριστάνεται η διαδικασία δημιουργίας των ιζηματογενών σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων.

1. Τριαδικο-ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, 2. Υπερβασικά πετρώματα, 3. Νικελιούχος λατερίτης.

Η διάβρωση του λατερίτη αρχίζει σε χερσαίο περιβάλλον, η μεταφορά του υλικού της διάβρωσης γίνεται μηχανικά εν μέρει με τη βοήθεια υδάτινων ρεμάτων, ενώ η απόθεση γίνεται σε θαλάσσιο περιβάλλον μικρού βάθους (Σκαρπέλης 2013, www.orgkta.gr)

Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα:

Αποτελούνται από

**σιδηρούχα σφαιροειδή σωματίδια,
θραύσματα silcrete και σαπρολίτη,
κλαστικούς κόκκους χλωρίτη, νικελιούχου χλωρίτη,
γκαιτίτη, αιματίτη, χρωμίτη, ιλμενίτη, οξειδίων του Τι,
μαγνητίτη, μαγκαιμίτη, μαρτίτη, χαλαζία.**

Τα **σιδηρούχα σφαιροειδή** σωματίδια είναι κυρίως **πελοειδή**,
σε μικρό βαθμό **πισοειδή**, ενώ τα **ωοειδή** σπανίζουν.

Πολύ διαδεδομένα είναι τα **σύνθετα σφαιροειδή**, που
αποτελούνται από **πλήθος πελοειδών και πισοειδών**.

Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα:

Τύποι μεταλλεύματος:

I) **πισολιθικό μετάλλευμα** (κυριαρχούν τα πελοειδή, πισοειδή και σύνθετα σφαιροειδή)

II) **συμπαγές σιδηρούχο μετάλλευμα** (περιέχει λεπτομερή τεμάχια σιδηρούχων ορυκτών)

III) **πηλιτικό μετάλλευμα** (αποτελείται κυρίως από αργιλικά ορυκτά).

Σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα στην Ελλάδα

- Προήλθαν από λατεριτίωση των υπερβασικών πετρωμάτων του Μεσοζωικού
- Καλύπτονται από ασβεστόλιθους Α. Κρητιδικού (Κενομάνιο – Σενώνιο) ή ιζημάτα Μειόκαινου
- Μεγάλα κέντρα εκμετάλλευσης: Κεντρική Εύβοια, Βοιωτία – Λοκρίδα, Καστοριά
- Περιοχές κοιτασματολογικού ενδιαφέροντος: Κοζάνη, Γρεβενά, Σκύρος, Έδεσσα, Πάρνηθα, Μυτιλήνη
- Συνολικά πάνω από 110 εμφανίσεις
- Περιεκτικότητα: 0.4 – 1.2% Ni, 20 – 79% Fe
- Αποθέματα: > 500 Mt
- Εκμεταλλεύσιμα: \approx 200 Mt, άμεσα εκμεταλλεύσιμα 30 Mt
- Θεωρούνται στρατηγικής σημασίας για τη χώρα
- Η βιομηχανία νικελίου αποτελεί εθνικής σημασίας πλουτοπαραγωγικό πόρο

Σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα στην Ελλάδα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

- **Αυτόχθονα:** Κεντρική Εύβοια, Λοκρίδα (Τσούκας, Λουτσίου, Ακραιφνίου), Καστοριά
- **Αλλόχθονα:** Λοκρίδα (Λάρυμνας, Μαρμέικου κ.α)
- **Ψευδοαυτόχθονα:** Έδεσσα κ.α.

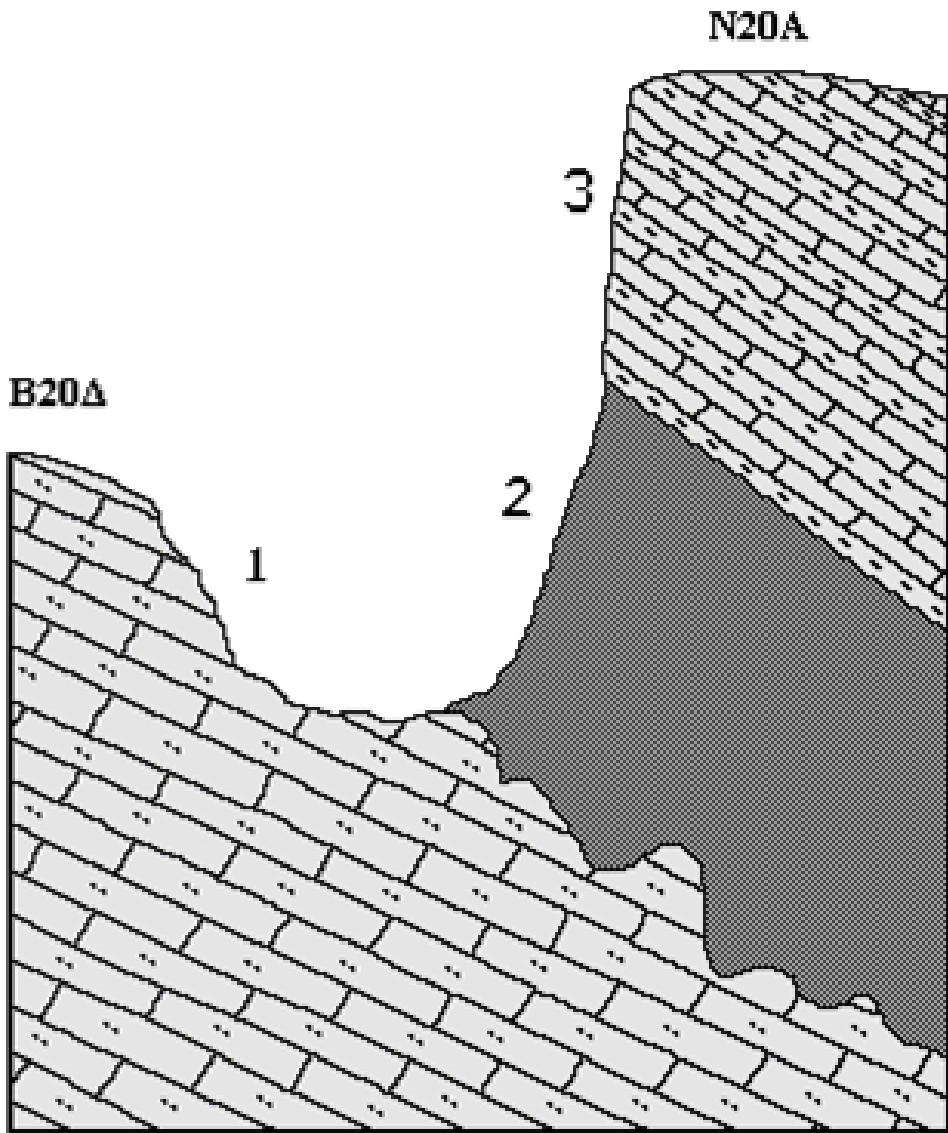
Σιδηρονικελιούχα μεταλλεύματα στην Ελλάδα

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΥΤΟΧΘΟΝΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

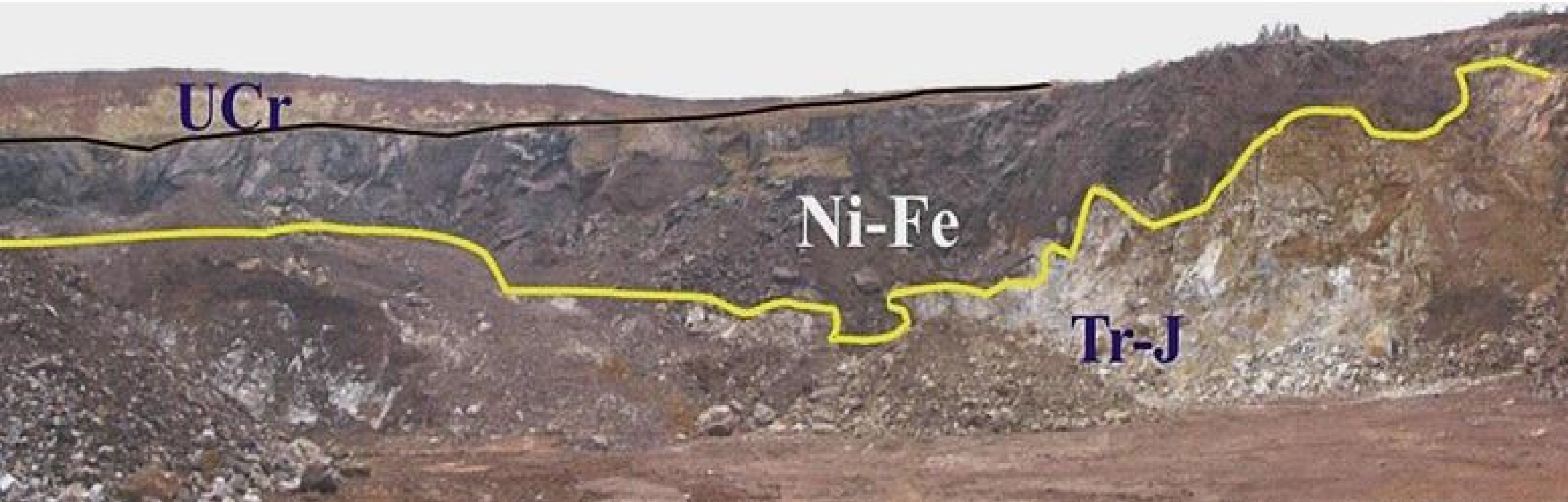
- Υποκείμενο πέτρωμα το μητρικό
- Παρουσία πυριτωμένων ζωνών στη βάση
- Συμπαγής μορφή μεταλλεύματος (Ni-πυριτικών)
- Πισσολιθική – σιγκριματική σιδηρούχος μορφή στα ανώτερα τμήματα του λατερίτη
- Μεταβατικές φάσεις λατεριτικού υλικού – καλύμματος
- Ασβεστολιθικό ή άλλο κάλυμμα

Σιδηρονικελιούχα ιζηματογενή μεταλλεύματα

Τομή από το Μεταλλείο του
Αγίου Ιωάννη (Αλμπαντάκης,
1974)



- (1) Ωολιθικοί ασβεστόλιθοι Ιουρασικού
- (2) Συμπαγές νικελιούχο σιδηρομετάλλευμα με πισολίθους, οι οποίοι αυξάνουν προς την οροφή του κοιτάσματος
- (3) Κενομάνιοι ασβεστόλιθοι και μάργες σε εναλλαγή.



Κοίτασμα καρστικού σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος (Μαγούλα Βοιωτίας, ΓΜΜΑΕ ΛΑΡΚΟ).

Το σιδηρονικελιούχο μετάλλευμα αποτέθηκε εντός καρστικού εγκοίλου Τριαδικο-ιουρασικών ασβεστολίθων της Υποπελαγονικής και καλύπτεται από ασβεστολίθους Ανωκρητιδικής ηλικίας (Φωτογραφία/σχόλια: Σκαρπελης, www.orgkta.gr)



Fe-Ni-ΛΑΤΕΡΙΤΗΣ
(Fe-Ni-Laterite)

ΕΔΕΣΣΑ



Το Μεταλλείο Καστοριάς της ΛΑΡΚΟ



The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the left and right sides of the page, framing a central white area where the text is placed. The shapes are semi-transparent, creating a layered effect.

Καρστικοί Βωξίτες

Karst Bauxites

Καρστικοί βωξίτες

Οι καρστικοί βωξίτες θεωρείται ότι είναι **ιζηματογενείς σχηματισμοί (κυρίως κλαστικά ιζήματα)** που έχουν αποτεθεί κατά τη διάρκεια επικλύσεων σε καρστικά έγκοιλα.

Ως υλικό τροφοδοσίας θεωρείται **το προϊόν της διάβρωσης λατεριτικών φλοιών βασικών πετρωμάτων (πλούσιων σε Al και σε Fe).**

ΚΥΡΙΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΒΩΞΙΤΗ

✓ Ορυκτά Αργιλίου

Γκιμπσίτης Gibbsite $\text{Al}(\text{OH})_3$

Βαιμίτης Boehmite $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$

Διάσπορο Diaspore $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$

✓ Αργιλοπυριτικά

Καολινίτης Kaolinite $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

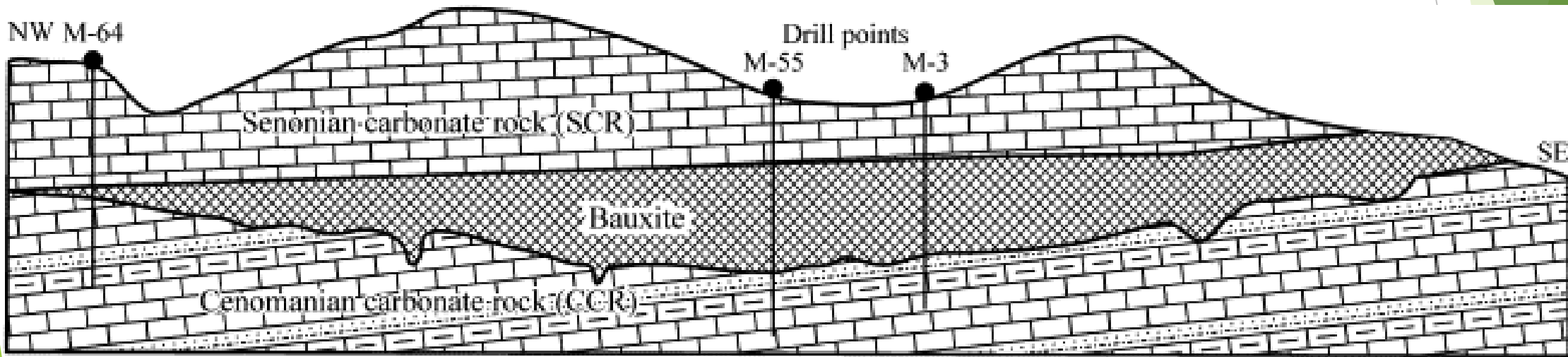
✓ Ορυκτά Σιδήρου

Γκαιτίτης Goethite $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$

Λεπιδοκροκίτης Lepidocrocite $\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$

Αιματίτης Hematite Fe_2O_3

Καρστικοί βωξίτες



Τυπική μορφή καρστικού βωξιτικού ορίζοντα

DESCRIPTIVE MODEL OF KARST TYPE BAUXITE DEPOSITS

APPROXIMATE SYNONYM **Aluminum ore (Bardossy, 1982).**

DESCRIPTION **Weathered residual and transported materials.**

GENERAL REFERENCE **Bardossy (1982).**

GEOLOGICAL ENVIRONMENT

Rock Types **Residual and transported material on carbonate rocks.**

Transported material may be felsic volcanic ash from a distant source or any aluminous sediments washed into the basin of deposition.

Textures **Pisolitic, nodular, massive, earthy.**

Age Range **Paleozoic to Cenozoic.**

Depositional Environment **Surficial weathering mainly in wet tropical area.**

Tectonic Setting(s) **Stable land areas allowing time for weathering and protected from erosion.**

Associated Deposit Types **Limestone, dolomite, and shale; some are associated with minor coal and are low in Fe due to organic completing and removal of Fe during formation. USGS**

DESCRIPTIVE MODEL OF KARST TYPE BAUXITE DEPOSITS

DEPOSIT DESCRIPTION

Mineralogy **Mainly gibbsite in Quaternary deposits in tropical areas. Gibbsite and boehmite mixed**

in older Cenozoic deposits, boehmite in Mesozoic deposits and in Paleozoic deposits; gangue

minerals hematite, goethite, anatase, kaolin minerals, minor quartz.

Texture/Structure **Pisolitic, massive, nodular.**

Alteration **Formation of bauxite is itself a form of alteration of aluminous sediments.**

Ore Controls **Deposits tend to be concentrated in depressions on karst surfaces.**

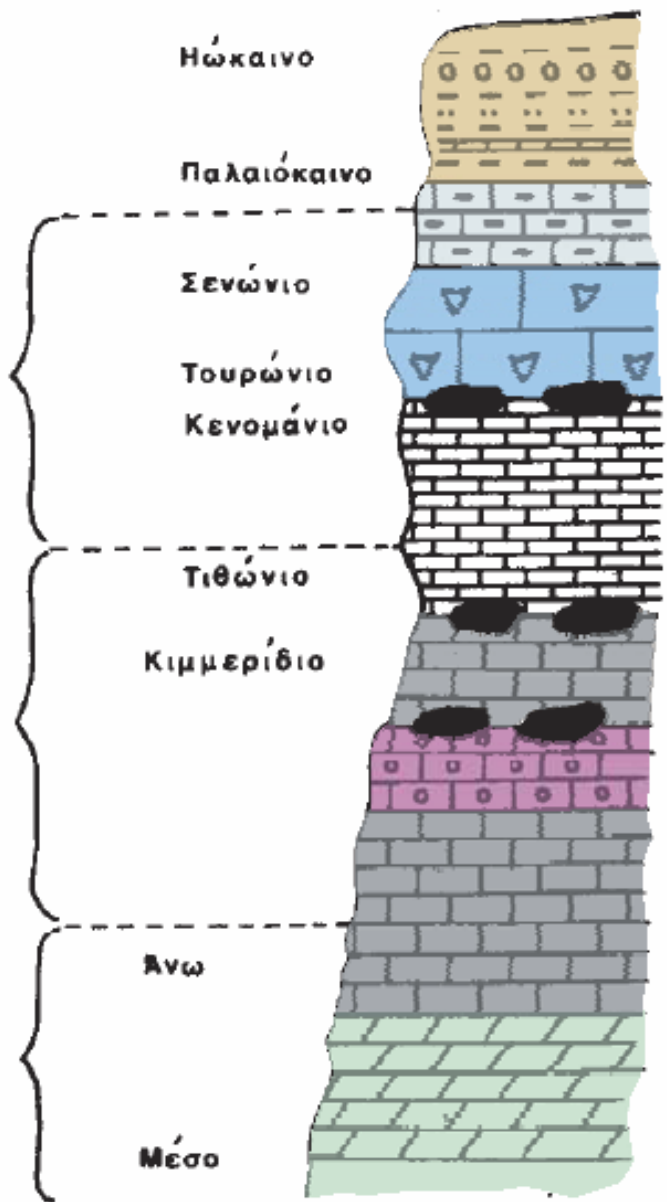
Weathering **Intense weathering required to form bauxite. Bauxite continues to form in the present weathering environment in most deposits.**

Geochemical Signature **Al, Ga.**

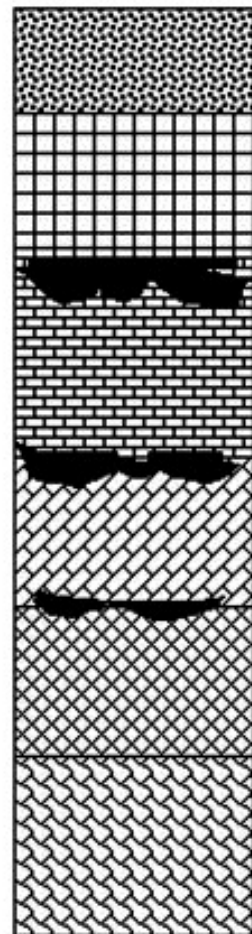
EXAMPLE **European and Jamaican examples are reviewed in: Bardossy (1982).**

Καρστικοί βωξίτες

ΤΡΙΑΔΙΚΟ | ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ | ΚΡΗΤΙΑΚΟ

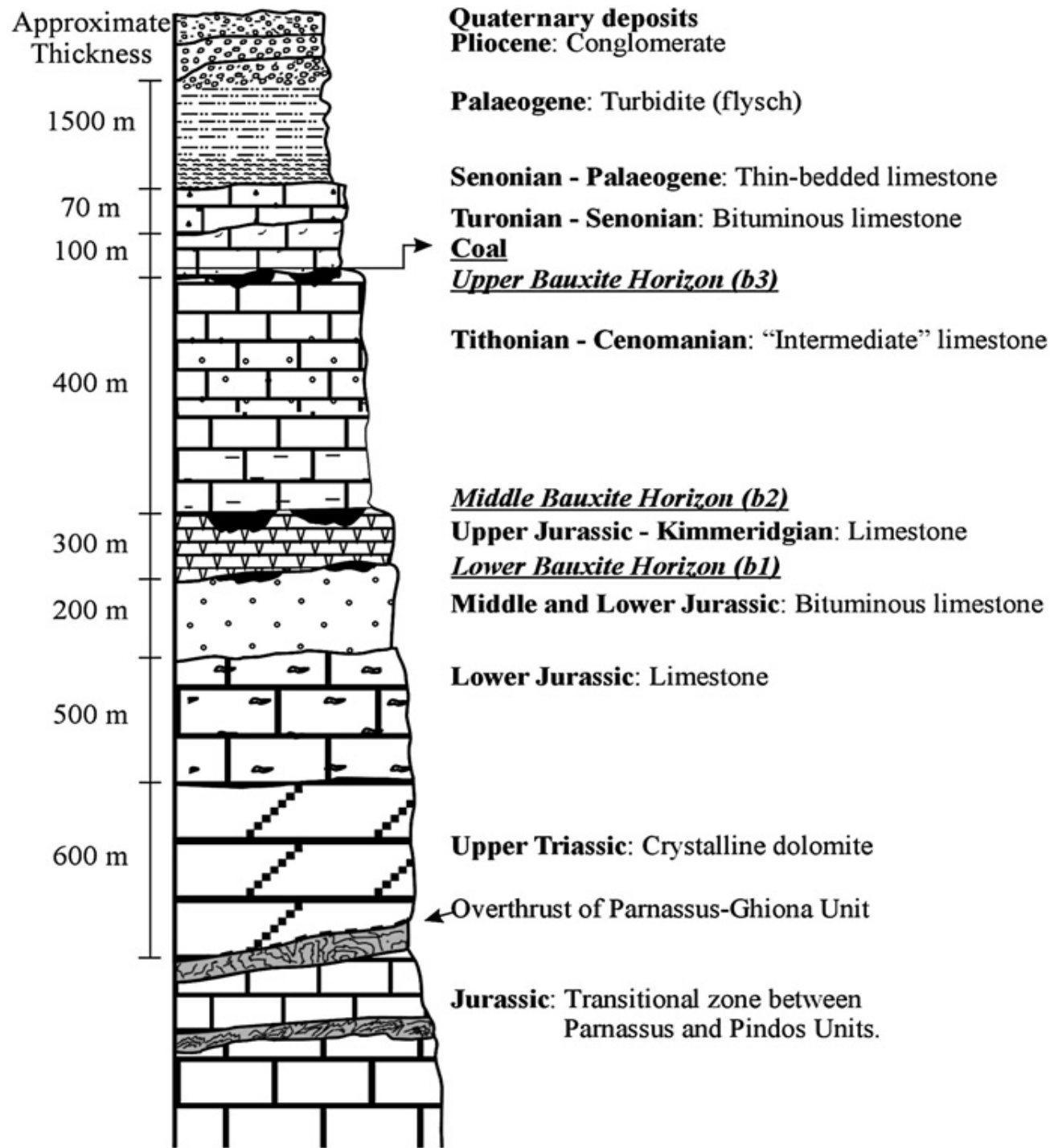


Eocene f
 Upper₂
 Cretaceous lim2
 Lower₂
 Upper₁
 Jurassic lim1
 Lower₁
 Triassic d1



Στη ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας

αναπτύσσονται
 τρεις κύριοι βωξιτικοί
 ορίζοντες, που
 αντιστοιχούν σε
 αντίστοιχες επικλύσεις



Στη ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας

αναπτύσσονται

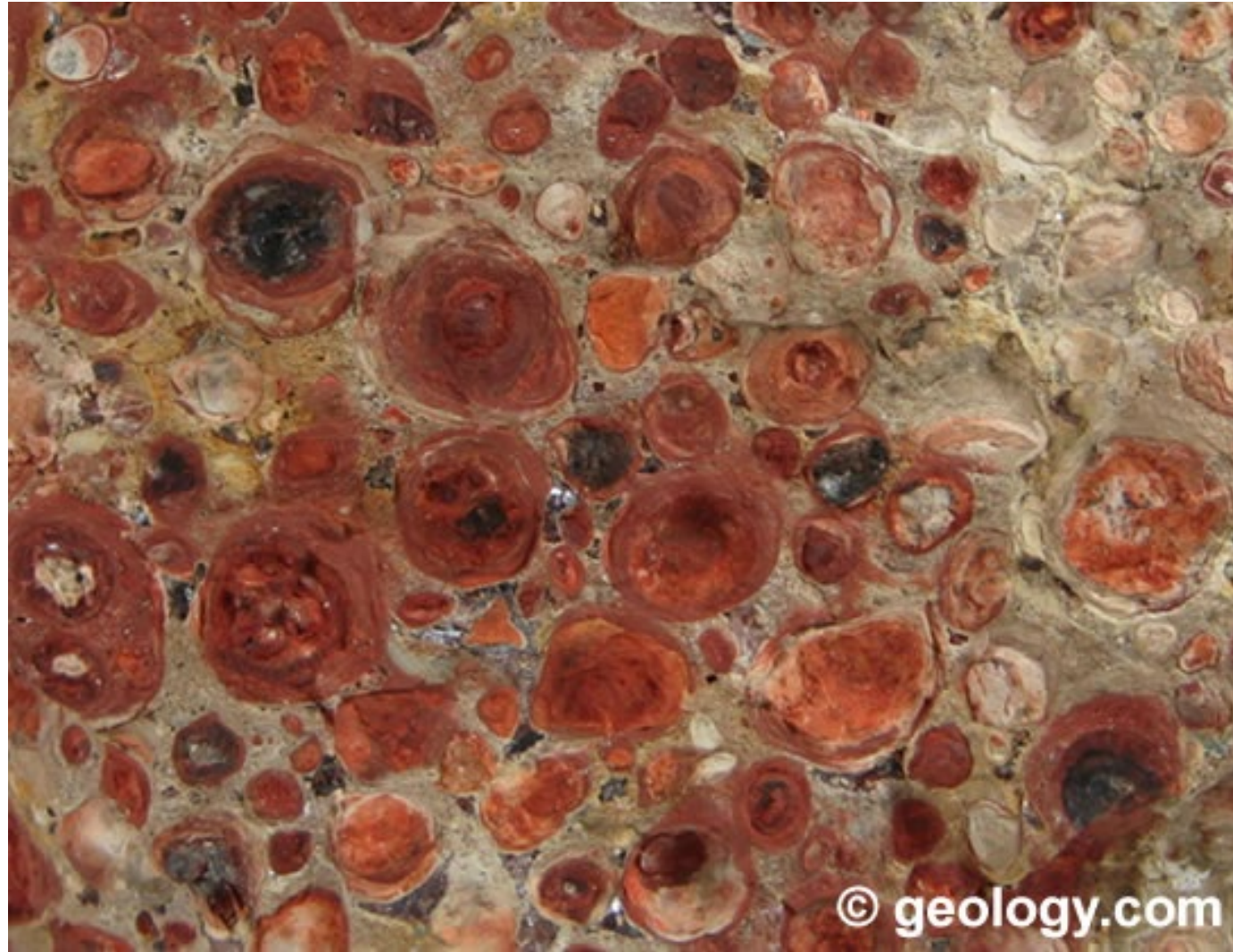
τρεις κύριοι βωξιτικοί ορίζοντες, που

αντιστοιχούν σε

αντίστοιχες επικλύσεις

Πισολιθικό μετάλλευμα
καρστικού βωξίτη





Πισολιθικό μετάλλευμα καρστικού βωξίτη

Η ιστολογική περιγραφή του μεταλλεύματος διευκολύνεται αν λάβουμε υπ' όψη μας ότι κάθε δείγμα είναι άθροισμα τριών κλασμάτων σε διάφορες αναλογίες:

- σιδηρούχων σφαιροειδών σωματιδίων
- λεπτομερών θραυσμάτων ορυκτών σιδήρου και
- αργιλικών ορυκτών

Έτσι προκύπτουν τρεις ακραίοι τύποι μεταλλεύματος: α. πισολιθικό μετάλλευμα στο οποίο τη σύσταση κυριαρχούν πελοειδή, πισοειδή και σύνθετα σφαιροειδή, β. συμπαγές σιδηρούχο μετάλλευμα, το οποίο περιέχει λεπτομερή τεμάχια σιδηρούχων ορυκτών και γ. πηλιτικό μετάλλευμα, το οποίο αποτελείται κυρίως από αργιλικά ορυκτά.

Σε ένα και το αυτό δείγμα μεταλλεύματος μπορεί κανείς να διακρίνει ορυκτολογικά - ιστολογικά συστατικά που συναντώνται σε διαφορετικές ζώνες λατεριτίωσης π.χ. θραύσματα μαγνητίτη - μαρτίτη από την αργιλική ζώνη συνυπάρχουν με θραύσματα σμηκτιτιωμένου σερπεντίνη από τη ζώνη σαπρολίτη και πελοειδή ή πισοειδή από τη γκαιτιτική και πισολιθική ζώνη. Μεμονωμένες πυριτικές (silcrete) λατύπες ή πυριτικά λατυποπαγή και σπανιότερα λατυποκροκαλοπαγή απαντούν σε πλήθος κοιτασμάτων και εμφανίσεων.

Μεταλλείο Βωξίτη στη Γκιώνα





Στοά μεταλλείου βωξίτη στον Παρνασσό



Αλουμίνιο της Ελλάδος - Άσπρα Σπίτια, Βοιωτία

LATERITE-TYPE BAUXITE--AL-GA

By
Sam H. Patterson

Setting

Laterite-type bauxite occurs mainly in tropical countries and particularly in regions of heavy rainfall. Most deposits are under only thin (1-5 ft) soils on penneplained uplands. The typical colors are shades of red and brown.

Deposits Characteristics

Gibbsite is the most common, and boehmite is the second most abundant bauxite mineral in laterite-type deposits. Mineral impurities are mainly goethite, hematite, quartz, kaolinite, and titanium minerals (principally clay-size anatase). The bauxite minerals occur in a wide variety of forms, including pisolites, nodules, earthy and clayey material, blocky and tubular structures, vein and vug fillings, blocky masses, and others. Some deposits are soft massive material or layers of uncemented pisolites, but others are lithified and blasting is required in mining. Thicknesses of deposits mined range from 7 or 8 feet to more than 60 feet.

Genesis

Laterite-type bauxite deposits form by chemical weathering that removes the more soluble components of the parent rock and adds OH groups and O to the ones remaining. Silica, alkalis, and alkaline earths are the major components leached and Al, Ti, and generally Fe are concentrated.

Bauxite at various places in the world has formed on virtually every rock type containing aluminum. Many large deposits have formed on basalt, and others on several types of metamorphic, igneous, and sedimentary rocks. The billions of tons of bauxite in the Weipa District, Australia formed on a clayey sandstone containing as little as 4 percent Al_2O_3 .

Economics

Individual deposits vary greatly in size. An isolated deposit or district containing as much as 10 million tons would attract little interest, unless in an unlikely discovery in an industrialized nation. Deposits commonly contain a 100 million tons and districts may have several hundred million tons or even as much as three billion.

Cost factors include mining, transportation, and Bayer processing to recover Al_2O_3 . Bauxite containing only gibbsite (trihydrate ore) is by far the cheapest to process and boehmitic (monohydrate ore) is the most costly, because higher temperatures, pressures, and caustic (soda ash) concentrations are required. Mixed bauxite (gibbsite + boehmite) is of intermediate cost to process.

Grades (in Al_2O_3 content) of bauxite mined range from 35 to 65 percent. Silica contents are critical, and rarely as much as 10 percent can be tolerated.

The form of SiO_2 is also critical--quartz, particularly of sand size or larger, does not react appreciably with the Bayer caustic. Whereas, clay-size quartz and kaolinite do react and form complex silicates and greatly increase Bayer costs. Phosphate which occurs in minor quantities in some bauxite also causes problems. Organic matter (as much as 0.5 percent) also causes problems.

The principal environmental factors are rehabilitation of mined lands, disposal of Bayer plant waste (red mud), escaping caustic and gaseous emissions from aluminum smelters (F1 and maybe Hg).

About 80 percent of the world gallium production (15-20 tons per year) is a by-product of Bayer processing of bauxite. The geochemical behavior of Ga is similar to that of Al. Presumably Ga occurs in substitution for Al in bauxite minerals. The average Ga content of bauxite is about 50 ppm. Ga is likely to be in great demand (thousands of tons per year) in the future when man moves into space.

Prospecting techniques

Geologic -- Look for old upland plateaus and red and brown subsoils. Pisolites and light-colored small concretions, vug fills, tubular structures, and vein fillings can be helpful. However, some of the large deposits lacked eye-catching characteristics and were recognized only by soil analysis. Stunted vegetation may also be a guide.

Get analysis! -- The weight lost with heat can be used in the field.

Geophysical -- None reported really successful.

Geochemical -- No help--Al or mineral contents of representative samples have to be determined.

DESCRIPTIVE MODEL OF LATERITE TYPE BAUXITE DEPOSITS

By Sam H. Patterson

APPROXIMATE SYNONYM Aluminum ore (Patterson, 1967).

DESCRIPTION Weathered residual material in subsoil formed on any rock containing aluminum.

GENERAL REFERENCE Patterson (1984).

GEOLOGICAL ENVIRONMENT

Rock Types Weathered rock formed on aluminous silicate rocks.

Textures Pisolitic, massive, nodular, earthy.

Age Range Mainly Cenozoic, one Cretaceous deposit known.

Depositional Environment Surficial weathering on well-drained plateaus in region with warm to hot and wet climates. Locally deposits in poorly drained areas low in Fe due to its removal by organic completing.

Tectonic Setting(s) Typically occurs on plateaus in tectonically stable areas.

Associated Deposit Types Overlain by thin "A" horizon soil, underlain by saprolite (parent rock in intermediate stages of weathering)..

DEPOSIT DESCRIPTION

Mineralogy Mainly gibbsite and mixture of gibbsite and boehmite; gangue minerals hematite, goethite, anatase, locally quartz.

Texture/Structure Pisolitic, massive, earthy, nodular.

Alteration Aluminous rocks are altered by weathering to bauxite.

Ore Controls Thoroughly weathered rock, commonly erosional boundaries of old plateau remnants.

Weathering Intensive weathering required to form bauxite. Bauxite continues to form in present weathering environment in most deposits.

Geochemical Signature: Al, Ga.

EXAMPLES

Australia, Brazil, Guinea

DESCRIPTIVE MODEL OF KARST TYPE BAUXITE DEPOSITS

By Sam H. Patterson

APPROXIMATE SYNONYM Aluminum ore (Bardossy, 1982).

DESCRIPTION Weathered residual and transported materials.

GENERAL REFERENCE Bardossy (1982).

GEOLOGICAL ENVIRONMENT

Rock Types Residual and transported material on carbonate rocks. Transported material may be felsic volcanic ash from a distant source or any aluminous sediments washed into the basin of deposition.

Textures Pisolitic, nodular, massive, earthy.

Age Range Paleozoic to Cenozoic.

Depositional Environment Surficial weathering mainly in wet tropical area.

Tectonic Setting(s) Stable land areas allowing time for weathering and protected from erosion.

Associated Deposit Types Limestone, dolomite, and shale; some are associated with minor coal and are low in Fe due to organic completing and removal of Fe during formation.

DEPOSIT DESCRIPTION

Mineralogy Mainly gibbsite in Quaternary deposits in tropical areas. Gibbsite and boehmite mixed in older Cenozoic deposits, boehmite in Mesozoic deposits and in Paleozoic deposits; gangue minerals hematite, goethite, anatase, kaolin minerals, minor quartz.

Texture/Structure Pisolitic, massive, nodular.

Alteration Formation of bauxite is itself a form of alteration of aluminous sediments.

Ore Controls Deposits tend to be concentrated in depressions on karst surfaces.

Weathering Intense weathering required to form bauxite. Bauxite continues to form in the present weathering environment in most deposits.

Geochemical Signature Al, Ga.

EXAMPLE European and Jamaican examples are reviewed in Bardossy (1982).