



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τίτλος Μαθήματος

Ενότητα 4: Κοιτάσματα Στοιχείων της Ομάδας του
Λευκοχρύσου ή PGE

Μαρία Οικονόμου

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Κοιτάσματα των Στοιχείων της
ομάδας του λευκοχρύσου ή
PGE

Platinum Group Elements PGE

Κοιτάσματα των Στοιχείων της ομάδας του λευκοχρύσου ή **PGE**

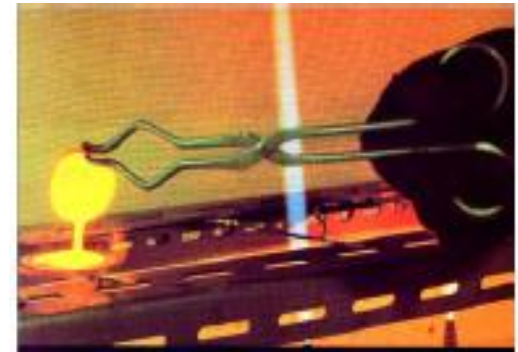
Εισαγωγή

PGE

Platinum Group Elements (1/2)



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Os, Ir, Ru, Rh, Pt & Pd

Τα πλέον πολύτιμα μέταλλα στην φύση θεωρούνται στρατηγικής σημασίας, εισάγονται στις περισσότερες χώρες

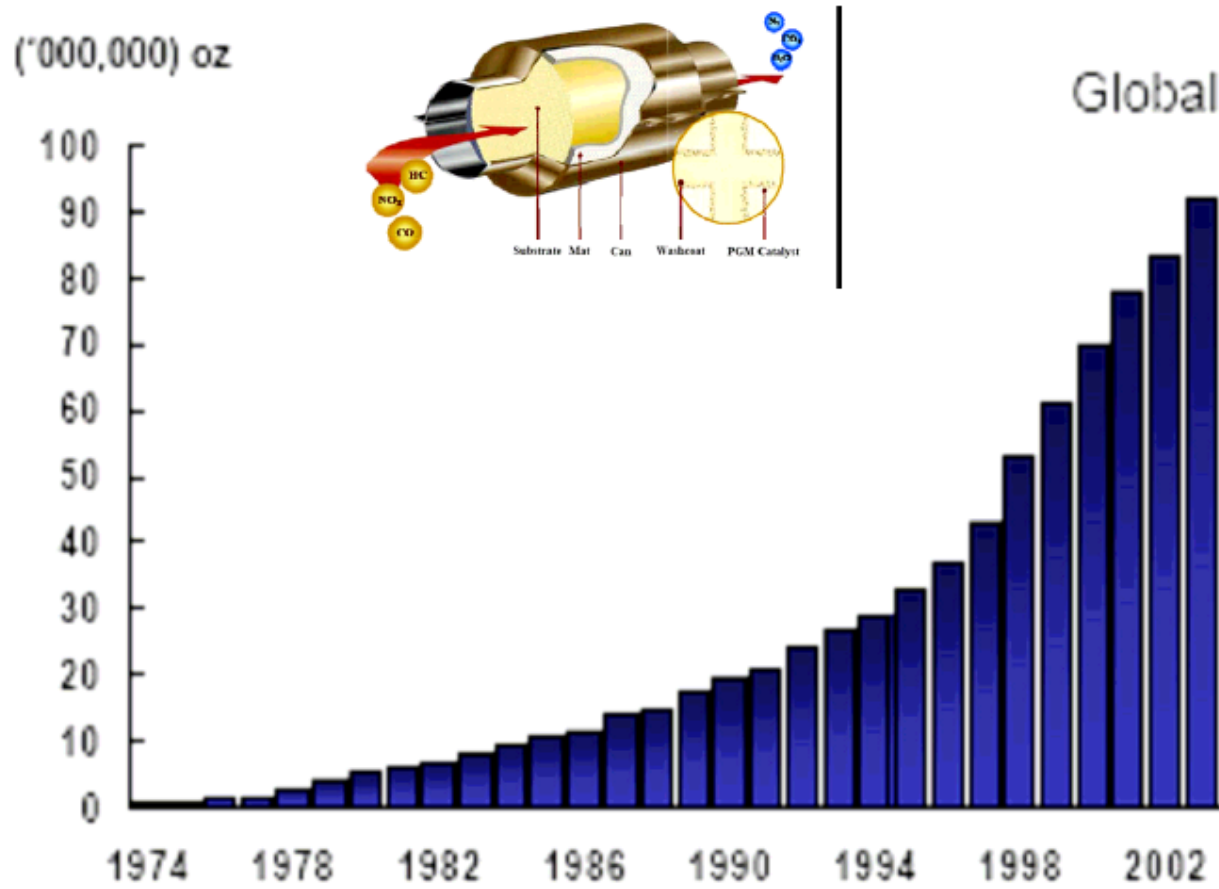
PGE

Platinum Group Elements (2/2)

- Το 96-99% της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από μόλις
- **5 κοιτάσματα:**
Bushveld, Noril'sk, Sudbury, Stillwater, Great Dyke.
- Δεν έχει βρεθεί ακόμη κάποιο υποκατάστατο να χρησιμοποιηθεί σαν καταλύτης στα αυτοκίνητα, σε διάφορες βιομηχανικές χρήσεις, στην ιατρική.

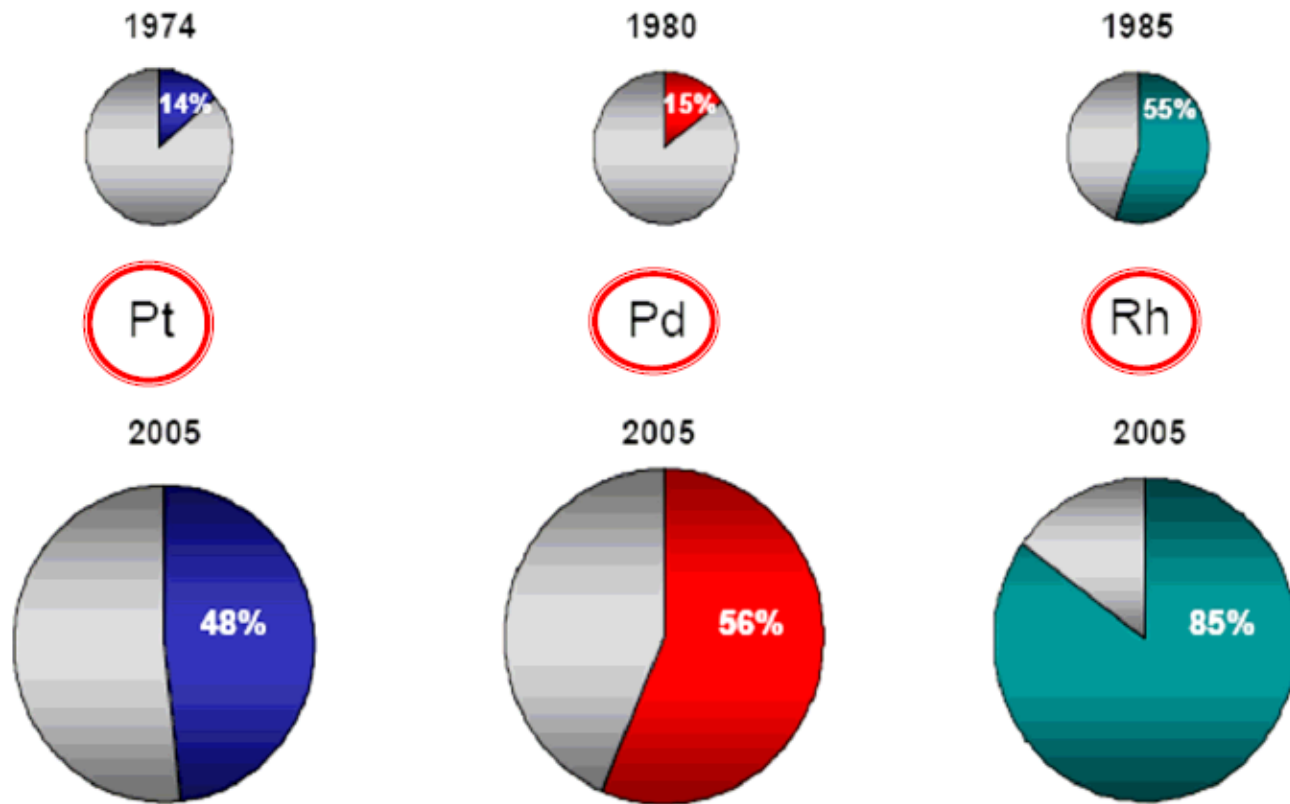


Αυξανόμενη κατανάλωση PGE σε καταλυτικούς μετατροπείς (1/2)



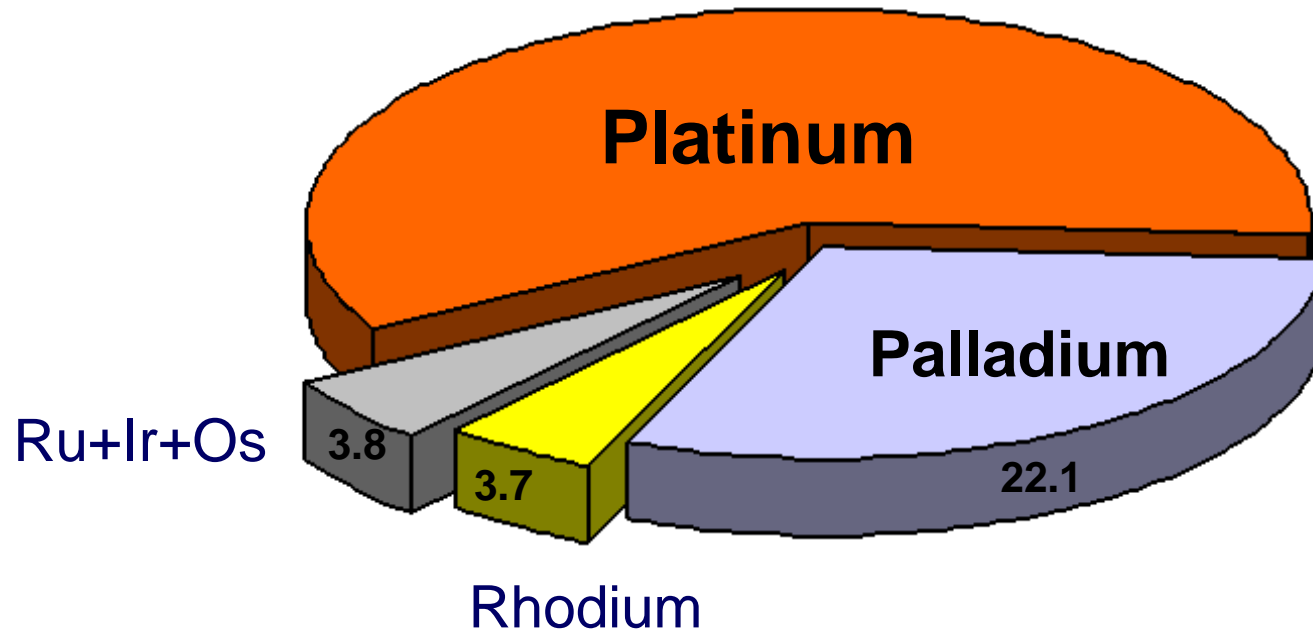
Εικόνα 3

Αυξανόμενη κατανάλωση PGE σε καταλυτικούς μετατροπείς (2/2)



Εικόνα 4

Εισαγωγές PGE στην Γερμανία το 2004 (σε t)



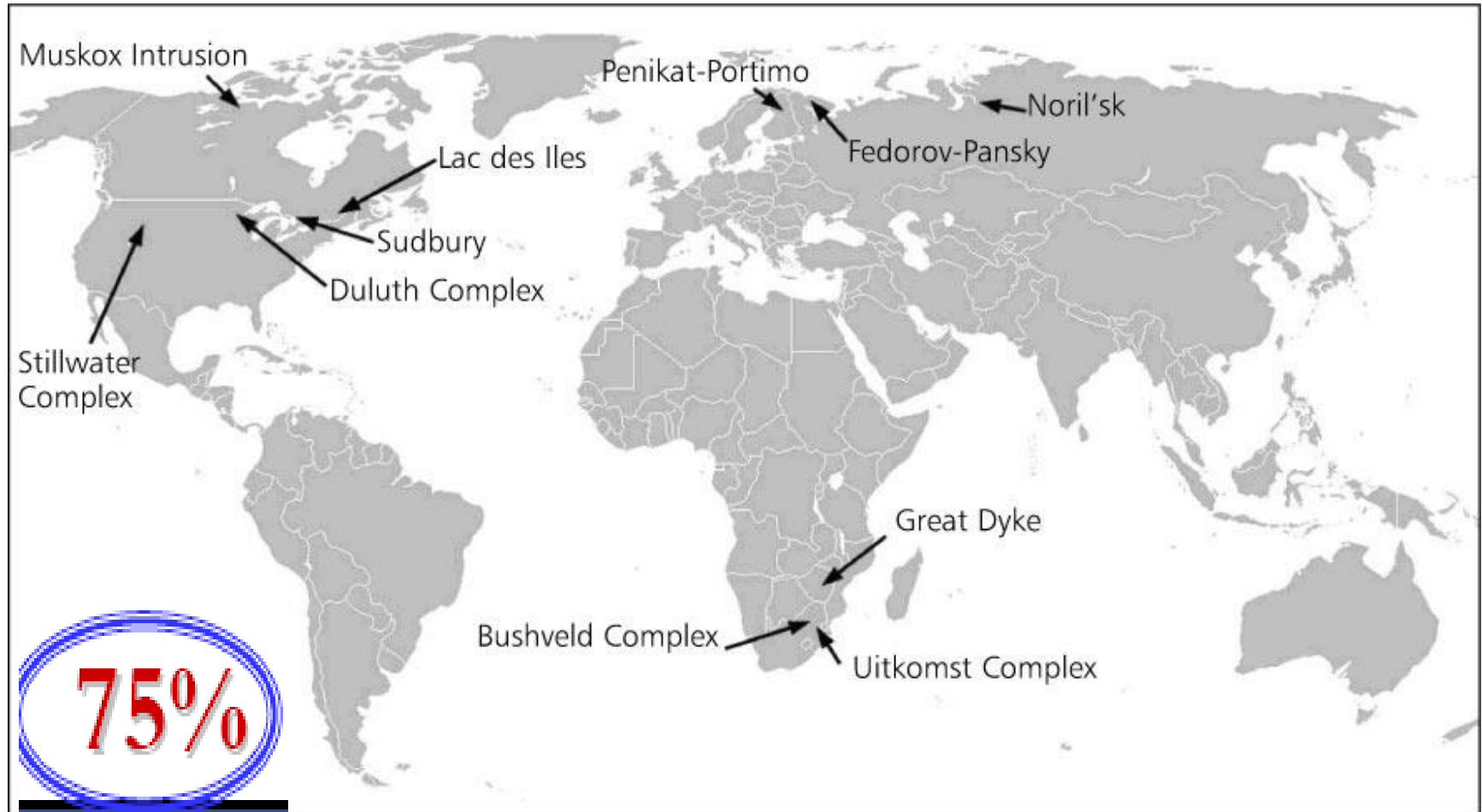
72.31 t (~ 17 % της παγκόσμιας παραγωγής των 450 t PGE)
τιμή = 1.477 δισεκ €

(Source: Statistisches Bundesamt)

Εικόνα 5



Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα παραγωγής PGE σε παγκόσμια κλίμακα



Εικόνα 6



Κύριες πηγές και αποθέματα PGE

District	Age (Ma)	Size (10 ⁶ tons)	Pt:Pd	Grade Pt+Pd (g/t)
Bushveld - MR	2054	26.15	2:1	6-8
Bushveld – UG2	2054	32.72	1.5:1	5-8
Bushveld - Platreef	2054	6.58	1:1.3	5
Noril'sk - Talnakh	250	±400	1:3	12.2
Stillwater	2711	23.8	1:4	23
Sudbury –Contact	1850	1655	1:1	0.7

Πίνακας 1



Πηγές PGE και βασικών μετάλλων (1/2)

Πίνακας 2

Ore source (106t)	Ni (wt%)	Cu (wt%)	Co (wt%)	Pt (g/t)	Pd (g/t)	Rh (g/t)	Ru (g/t)	Ir (g/t)	Os (g/t)	Total PGE (g/t)	
	161,8	2,07	0,15	0,148	0,214	0,300	0,046	0,140	0,034	0,069	0,803
	1021,9	0,60	0,02	0,20	0,016	0,155	0,024	0,056	0,118	0,132	0,551
	50,0	0,50									0,000
	10,1	1,98	0,87		0,614	2,179					2,793
Thompson →	154,0	2,32	0,16	0,046	0,100	0,535	0,046	0,072	0,033	0,041	0,827
	380,4	0,64									0,000
	32,8	2,87	0,81	0,057	0,825	2,266	0,150	0,374	0,065	0,080	3,759
	339,0	1,18	0,63	0,045	0,121	0,173	0,005	0,007	0,004	0,006	0,317
Noril' sk →	1257,0	1,84	3,75	0,092	1,900	7,700	0,228	0,124	0,032	0,047	10,030
Duluth →	4000,0	0,20	0,60	0,019	0,146	0,490	0,007	0,007	0,003	0,003	0,655
	515,0	1,06	0,75	0,019	0,127	0,098	0,005	0,010	0,010	0,011	0,262
	49,4	1,04	1,67		0,088	0,047	0,003	0,007	0,002	0,002	0,149



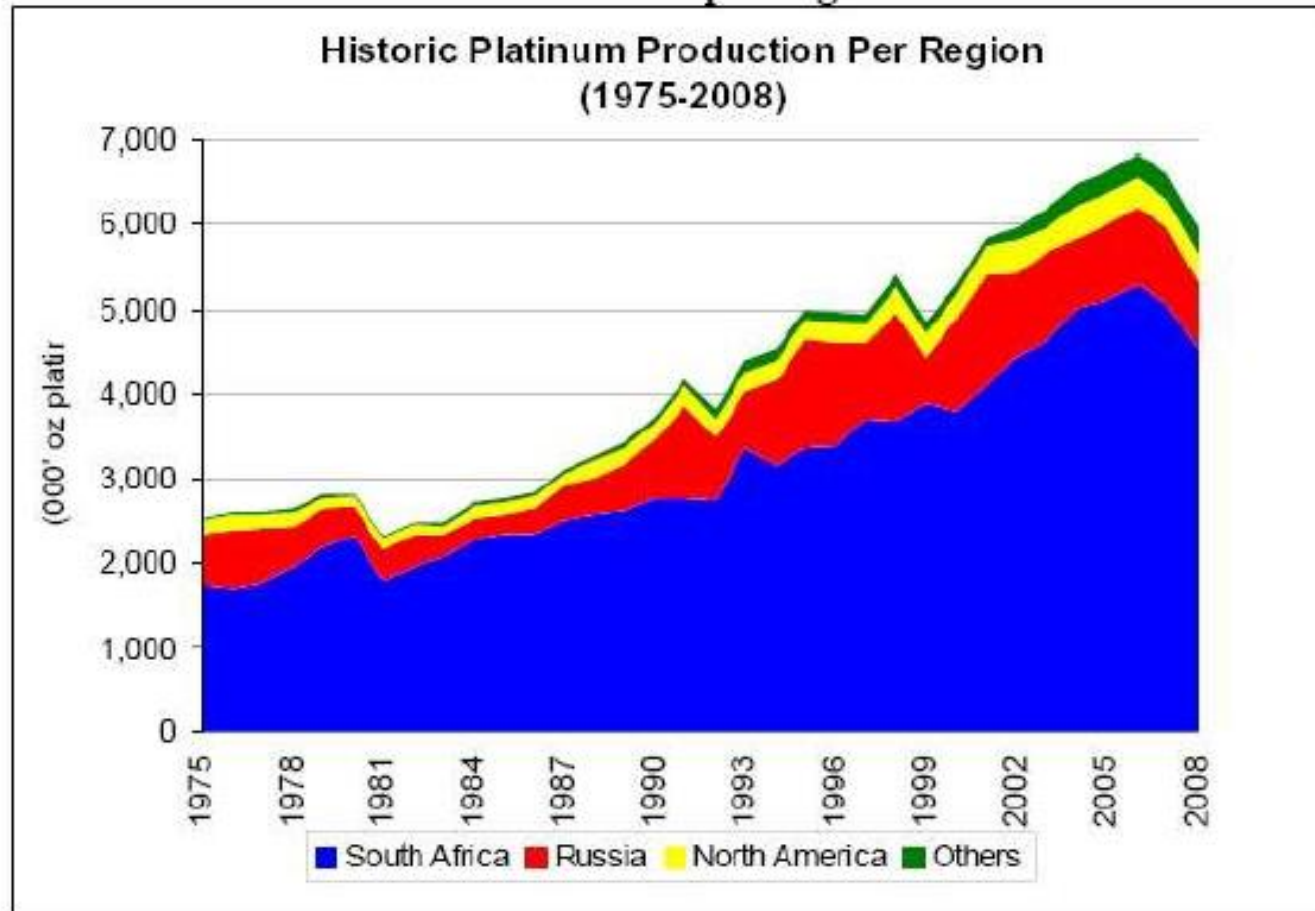
Πηγές PGE και βασικών μετάλλων (2/2)

Πίνακας 3

Ore source (106t)	Ni (wt%)	Cu (wt%)	Co (wt%)	Pt (g/t)	Pd (g/t)	Rh (g/t)	Ru (g/t)	Ir (g/t)	Os (g/t)	Total PGE (g/t)	
	48,2	2,71	0,37	0,189	0,540	0,810				1350	
	3,1	5,10	2,90	0,230	1,460	6,920	0,210			8,590	
Voisey's Bay →	136,7	1,59	0,85	0,090	0,075	0,097	0,005	0,007	0,002	0,002	0,188
	3,6	1,56	0,75		0,048	0,014	0,002	0,013	0,002		0,080
	19,7	0,66	0,48	0,017	0,246	0,236					0,482
Sudbury →	1648	1,20	1,08	0,038	0,463	0,583	0,056	0,044	0,019	0,008	1,173
Great Dyke →	2574	0,21	0,14		2,770	2,130	0,130	0,289	0,052	0,047	5,418
Merensky UG2 →	4210	0,15	0,06		3,566	1,850	0,216	0,449	0,082	0,051	6,214
	5742,6	0,04	0,02		2,661	1,708	0,428	0,710	0,131	0,062	5,700
	1597,3	0,41	0,20		1,765	2,006	0,114	0,165	0,038	0,033	4,121
Bushveld →	11549,9	0,13	0,06		2,870	1,800	0,307	0,539	0,100	0,054	5,670
	323,2	0,04	0,02		4,340	15850	0,270	0,100	0,096	0,043	20699
	218,6	0,08	0,18		0,380	1,540					1920
	94,1	0,05	0,06		0,180	1,660	0,008				1,848



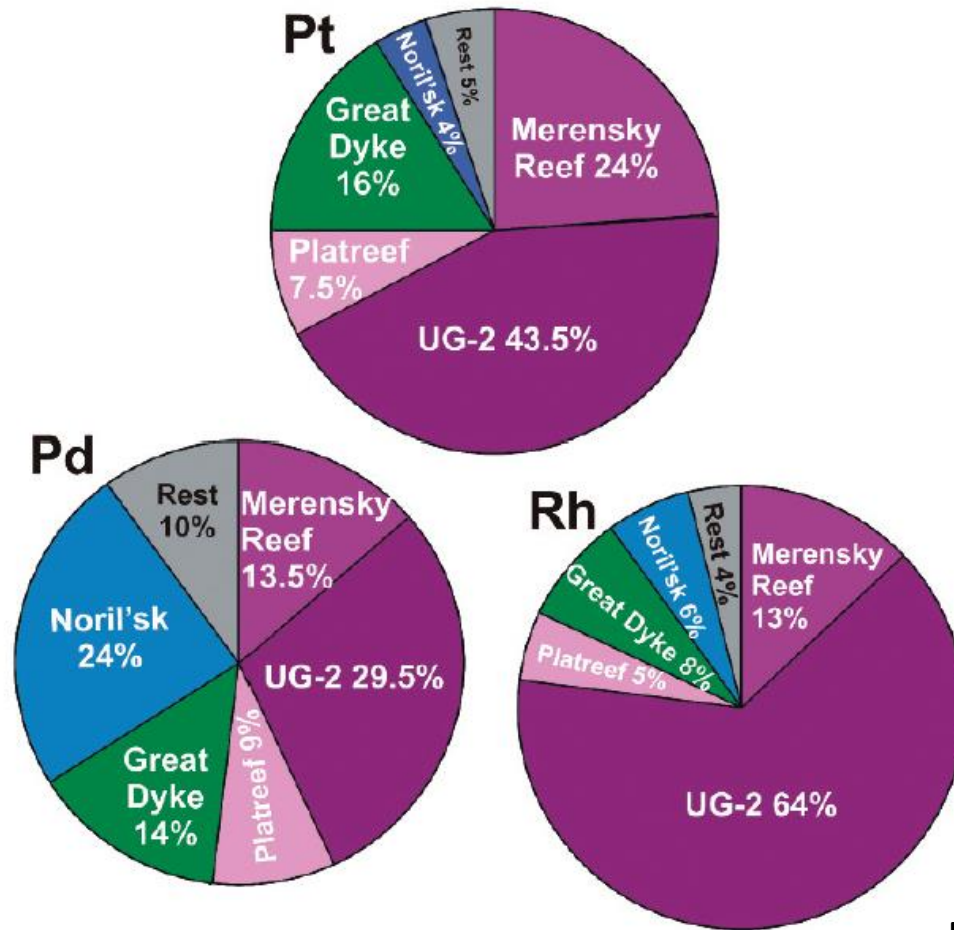
Εξέλιξη στην παραγωγή PGE



Source: Johnson Matthey, Raymond James Ltd.

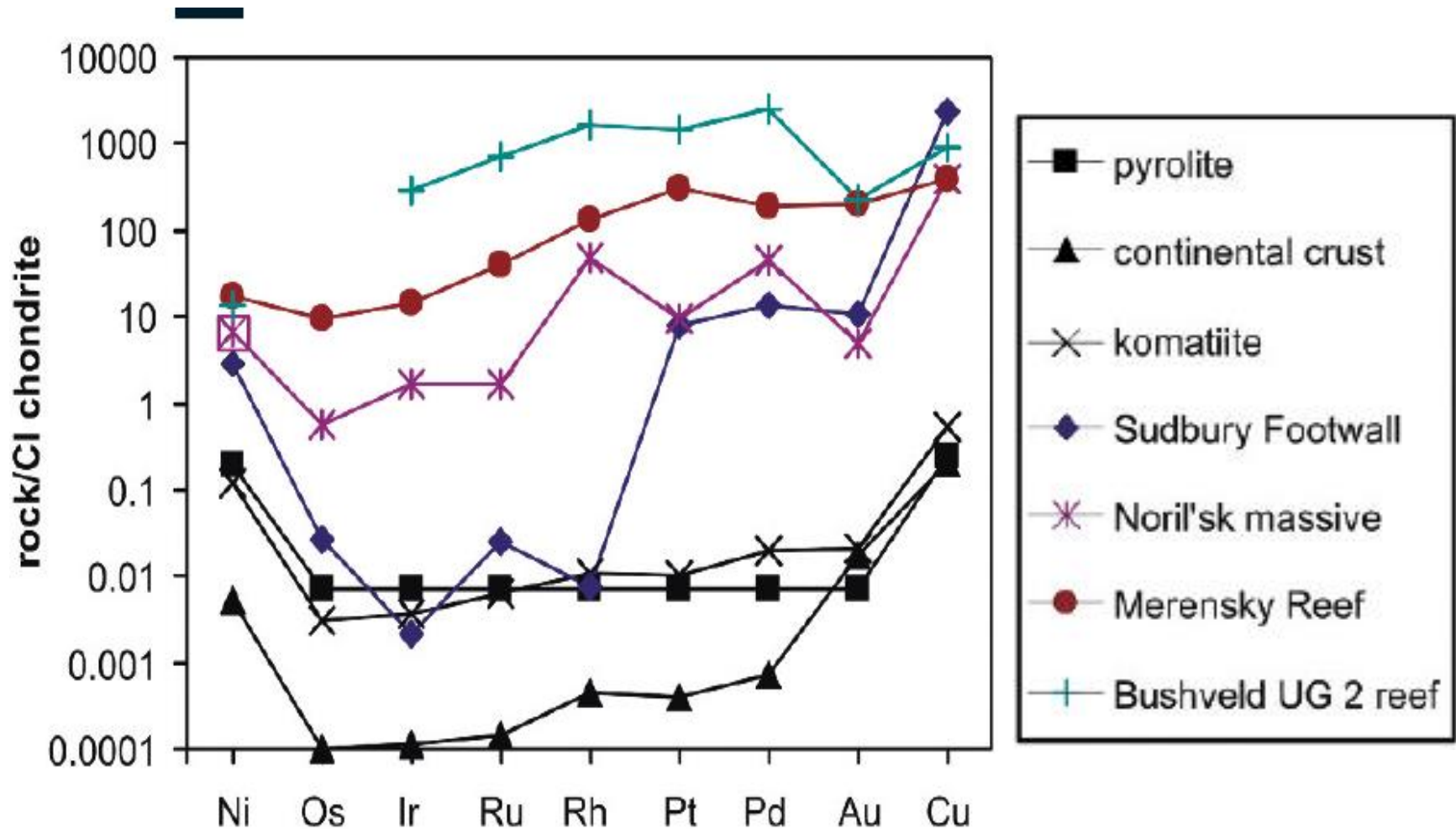
Εικόνα 7

Πηγές Pt, Pd & Rh



Εικόνα 8

Κανονικοποιημένα διαγράμματα PGE



Εικόνα 9 (Mungall & Naldrett, 2008)

Τα PGE συνδέονται με κοιτάσματα μαγματικών θειούχων

Στοιχεία μεταπτώσεως (ομάδα VIII):

➤ Fe, Co, Ni,

➤ Pd, Pt, Rh, Ru, Ir και Os



Περιοδικός πίνακας στοιχείων

Periodic Table of the Elements

1A	1	H	IIA																0	2	He																
	2	3	Li	4	Be							5	6	7	8	9	10																				
	3	11	Na	12	Mg	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	IX B	X B	13	14	15	16	17	18																		
	4	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	Y	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
	5	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
	6	55	Cs	56	Ba	57	*La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
	7	87	Fr	88	Ra	89	+Ac	104	Rf	105	Ha	106	106	107	107	108	108	109	109	110	110																

* Lanthanide Series

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

+ Actinide Series

Εικόνα 10

Περιοδικός πίνακας ανταγωνιστικότητας στοιχείων

Key

- incompatible lithophile
- chalcophile
- compatible lithophile

H																		He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	REE	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac																

IPGE **PPGE**

Εικόνα 11



- **IPGE (Os, Ir, Ru (Rh))**

προτιμούν την στερεά φάση (**compatible**)

- **PPGE (Pt, Pd) + Au**

προτιμούν την υγρή βάση (**incompatible**)



Πειραματικά δεδομένα

κράματα και
PGE-θειούχες
φάσεις

είναι δυνατό να
αποτεθούν από
βασαλτικό
μάγμα

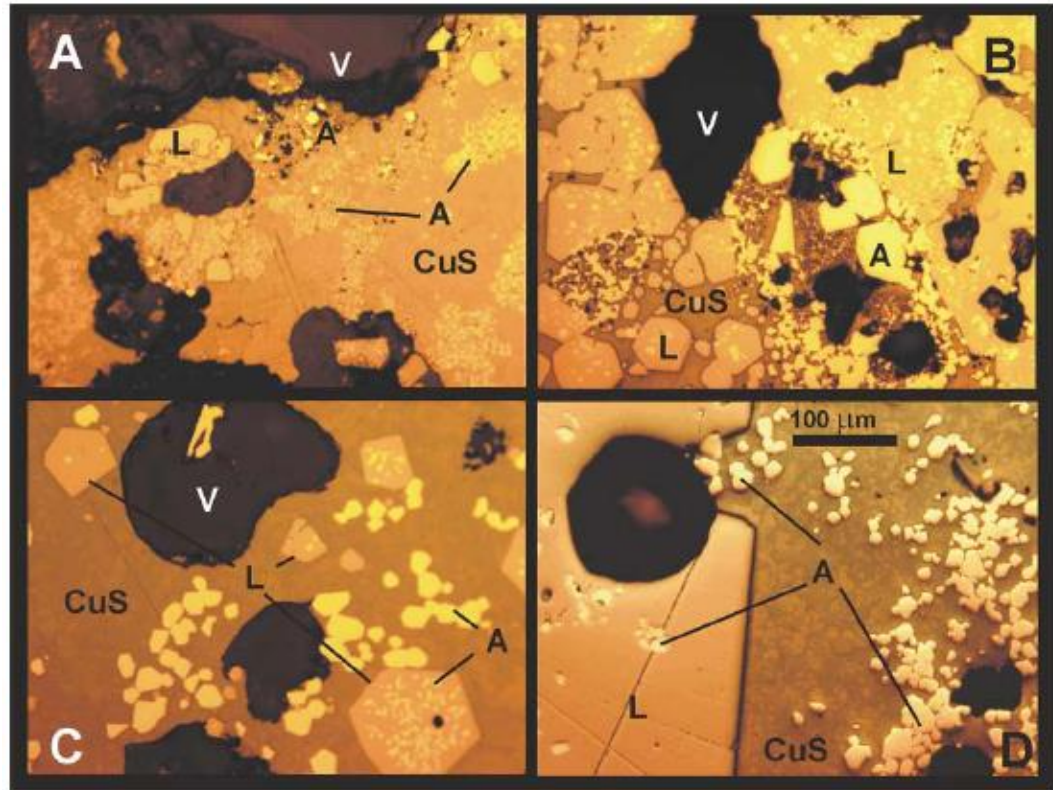


FIG. 2. Reflected-light photomicrographs (plane-polarized light) of sectioned and polished run-products (CuS: quenched copper sulfide liquid, L: Laurite, A: IPGE alloy, V: vesicle). A) Experiment D-1200-0.37. Binary system Ru-Os. Small, anhedral grains of alloy coexist with much larger, euhedral grains of laurite. B) W-1200-0.37. Ternary system Ru-Os-Ir. Abundant inclusions of alloy are present in large, euhedral grains of laurite, along with separate euhedral grains of alloy. C) F-1200-0.37. Binary system Ru-Ir. Note the euhedral development of both laurite and alloy phenocrysts. D) H-1250-1. Ternary system Ru-Os-Ir. Both laurite and alloy exhibit a euhedral morphology.

Εικόνα 12

Συλλέκτες των πλατινοειδών

- Με τα **θειούχα** συνδέονται το
Pt και Pd (μη ανταγωνιστικά)
- Ο **χρωμίτης** αποτελεί τον κύριο συλλέκτη των
στοιχείων
Os, Ir, Ru (ανταγωνιστικά)



Κοιτάσματα μαγματικών θειούχων

- Κοιτάσματα μαγματικών θειούχων Ni - Cu (>10% θειούχα)
- Κοιτάσματα μαγματικών θειούχων PGE (<5% θειούχα)



Κοιτάσματα των Στοιχείων της ομάδας του λευκοχρύσου
ή **PGE**

**PGE σε κοιτάσματα Μαγματικών
θειούχων Ni - Cu (>10% θειούχα)**

Διεργασίες συγκέντρωσης PGE με Μαγματικές διεργασίες

Σύνδεση με συμπλέγματα
βασικών-υπερβασικών πετρωμάτων

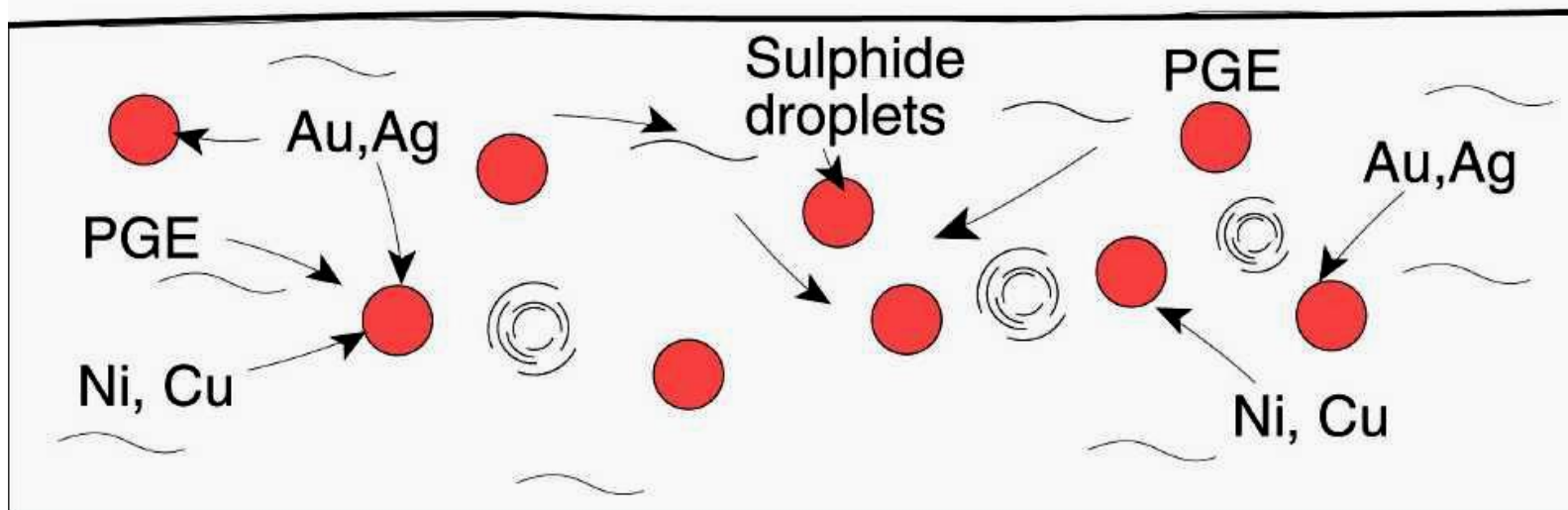
Μερική τήξη

Κατά την τήξης τα στοιχεία που βρίσκονται στον ανώτερο μανδύα σε μικρές συγκεντρώσεις πρέπει να βρεθούν στο μάγμα σε σημαντικές συγκεντρώσεις ώστε να καταστεί γόνιμο.



Ο κορεσμός σε S επιτυγχάνεται από μόλυνση του μάγματος λόγω αντίδρασης-αφομοίωσης με πετρώματα του γήινου φλοιού.

Collection of the metals by the sulphide liquid in the flow



Mg-πλούσιο μάγμα εισέρχεται στον γήινο φλοιό,

Εικόνα 13



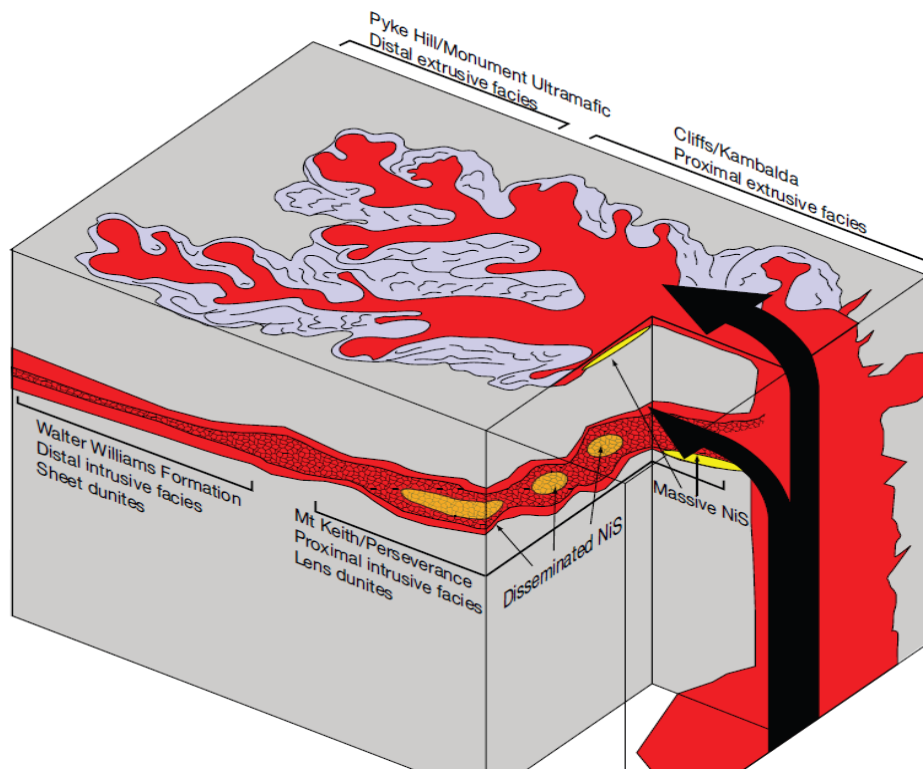
Γένεση κοματιτών

Η μεγάλη περιεκτικότητα σε MgO των κοματιτών και ο spinifex ιστός αντικατοπτρίζει

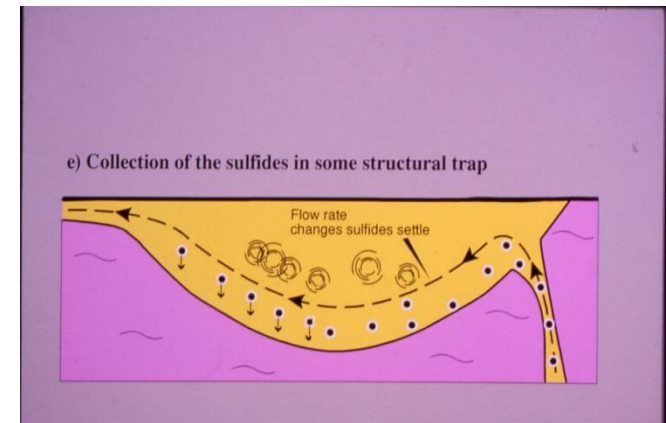
- την χημική σύσταση του μητρικού μάγματος και
- την υψηλή θερμοκρασία (1,400° to 1,600°C) έκχυσης.



Σχηματική συσχέτιση μεταξύ διεισδύσεων και έκχυτων κοματιτών. Σημαντικά κοιτάσματα Ni-Cu-(PGE) συνδέονται γενετικά και στον χώρο με κοματίτες

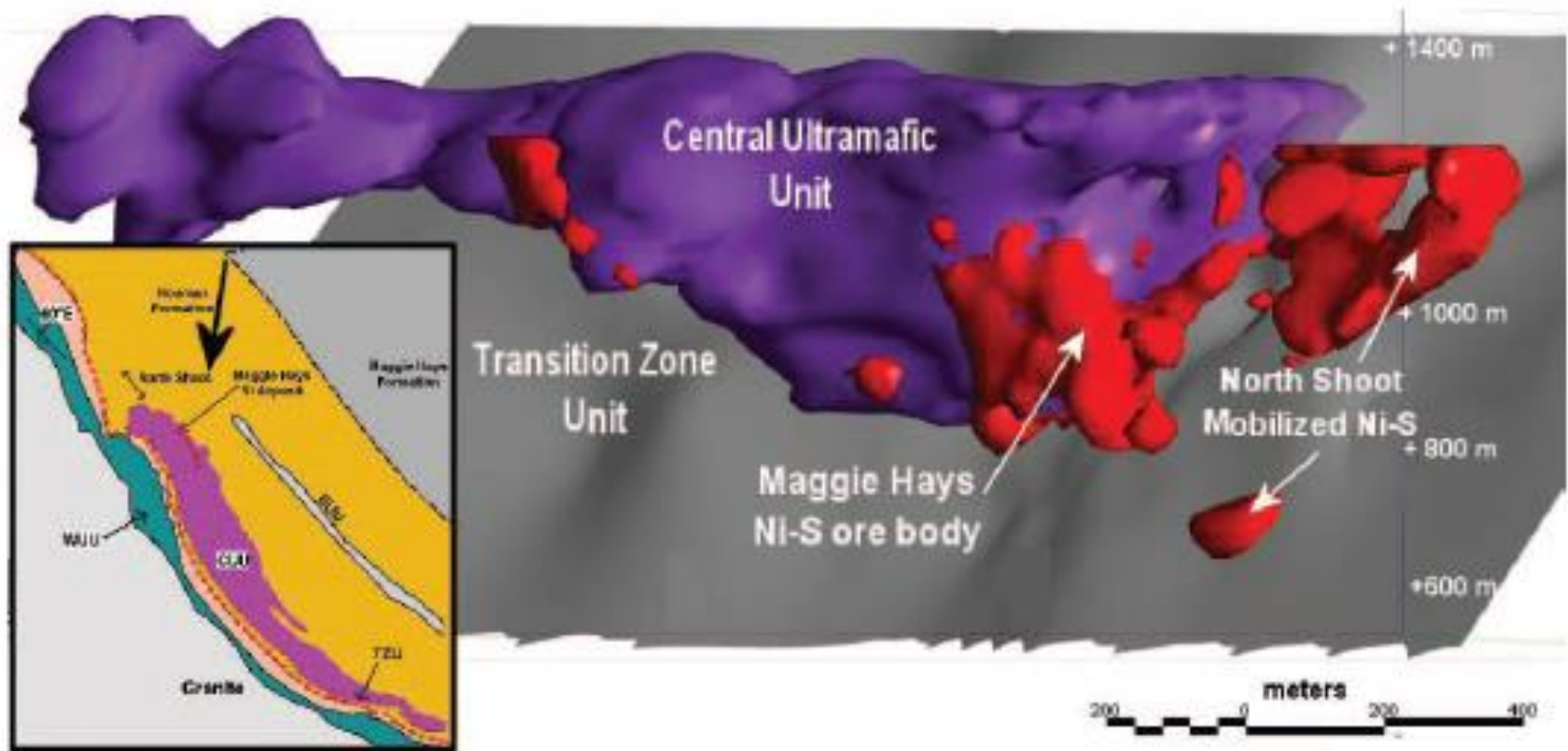


Εικόνα 14



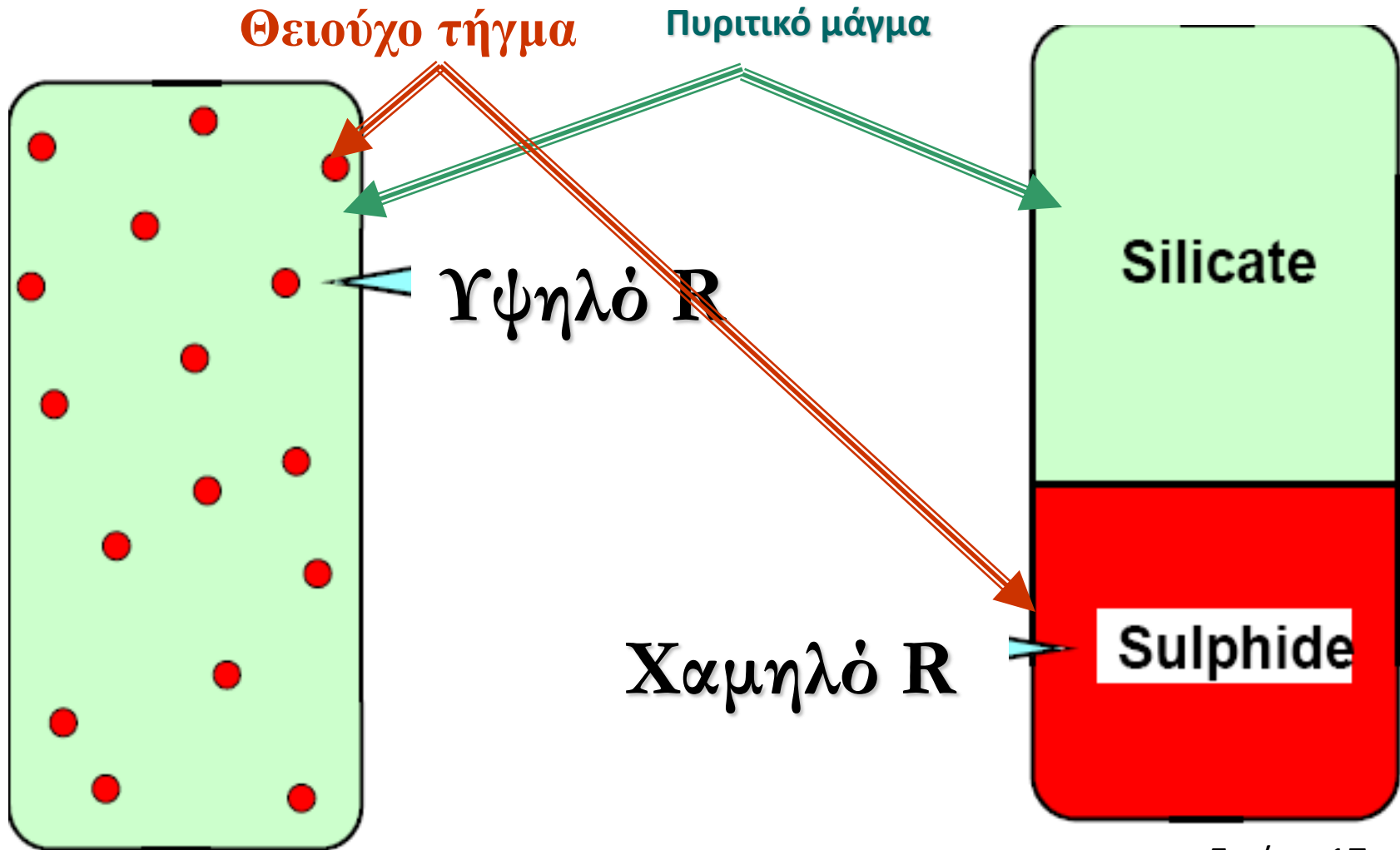
Εικόνα 15:
Συγκέντρωση των θειούχων

Μεταλλοφόρες ζώνες στην ενότητα των υπερβασικών πετρωμάτων



Εικόνα 16

Συντελεστής R



Εικόνα 17

Ισοζύγιο μάζας

$$\text{ο λόγος } R = \frac{\text{πυριτικό μαγμα}}{\text{θειούχο τηγμα}}$$

- **Μικρές τιμές R**

- μεγάλα αποθέματα θειούχων
- μεγάλη έως υψηλή συγκέντρωση βασικών μετάλλων
- χαμηλή περιεκτικότητα σε PGE

- **Μεγάλες τιμές R**

- μικρά αποθέματα θειούχων
- μεγάλη συγκέντρωση PGE
- μικρή περιεκτικότητα βασικών μετάλλων



Η παράμετρος R

- αντικατοπτρίζει το βαθμό στο οποίο το σύστημα είναι κορεσμένο σε θειούχα.
- Δηλαδή, καθώς ένα μάγμα γίνεται κορεσμένο σε θείο η τιμή στην αρχή είναι εξαιρετικά μεγάλη.
- Ακολουθώς, με την ψύξη ή την αφομοίωση δημιουργείται περισσότερο θειούχο τήγμα με **αποτέλεσμα την μείωση της τιμής R.**



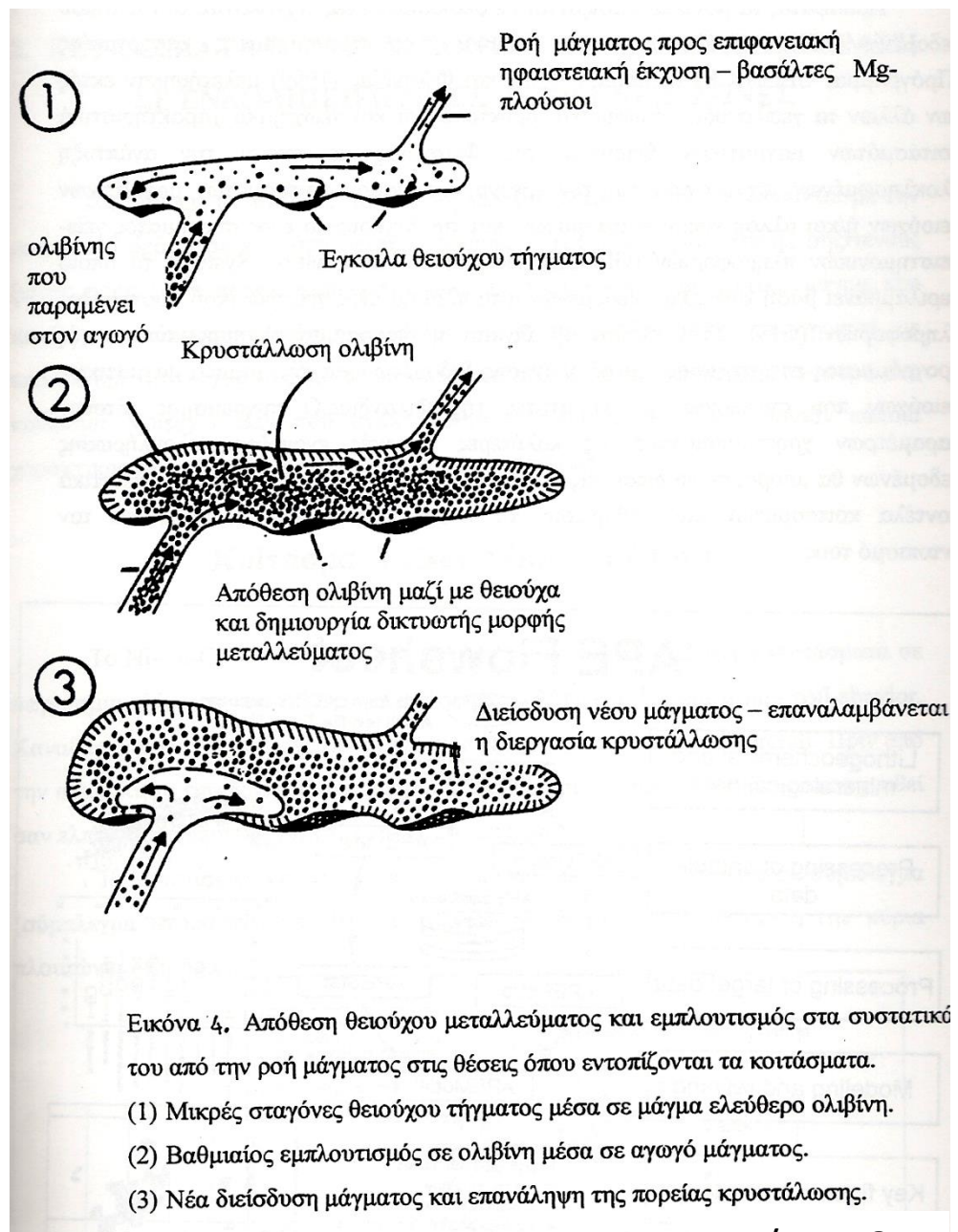
PGE και Θείο

- **Μεγάλες τιμές R (χαμηλή αναλογία S) είναι απαραίτητες για μεγάλη περιεκτικότητα PGE**
- Αυτό επιτυγχάνεται όταν στον γήινο φλοιό αφομοιώνονται S-φτωχά πετρώματα
- **Το θείο από τον γήινο φλοιό είναι δηλητήριο για τα κοιτάσματα PGE !**
- Η αφομοίωση δεν είναι εύκολη εκτός των κοματιτιτών και των πικριτών



Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του πυριτικού μάγματος με το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία το θειούχο τήγμα

τόσο μεγαλύτερη είναι η μέση περιεκτικότητα σε μεταλλικά συστατικά.



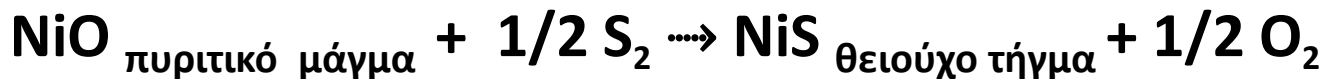
Εικόνα 18

Τα μέταλλα Fe, Ni, Cu και Co

Θεωρούνται ότι συνδέονται με :

- το O στο πυριτικό μάγμα και
- το S σε θειούχο τήγμα.

Με βάση την αντίδραση (π.χ. για το Ni):



και την προτίμηση του Ni επίσης στον ολιβίνη:

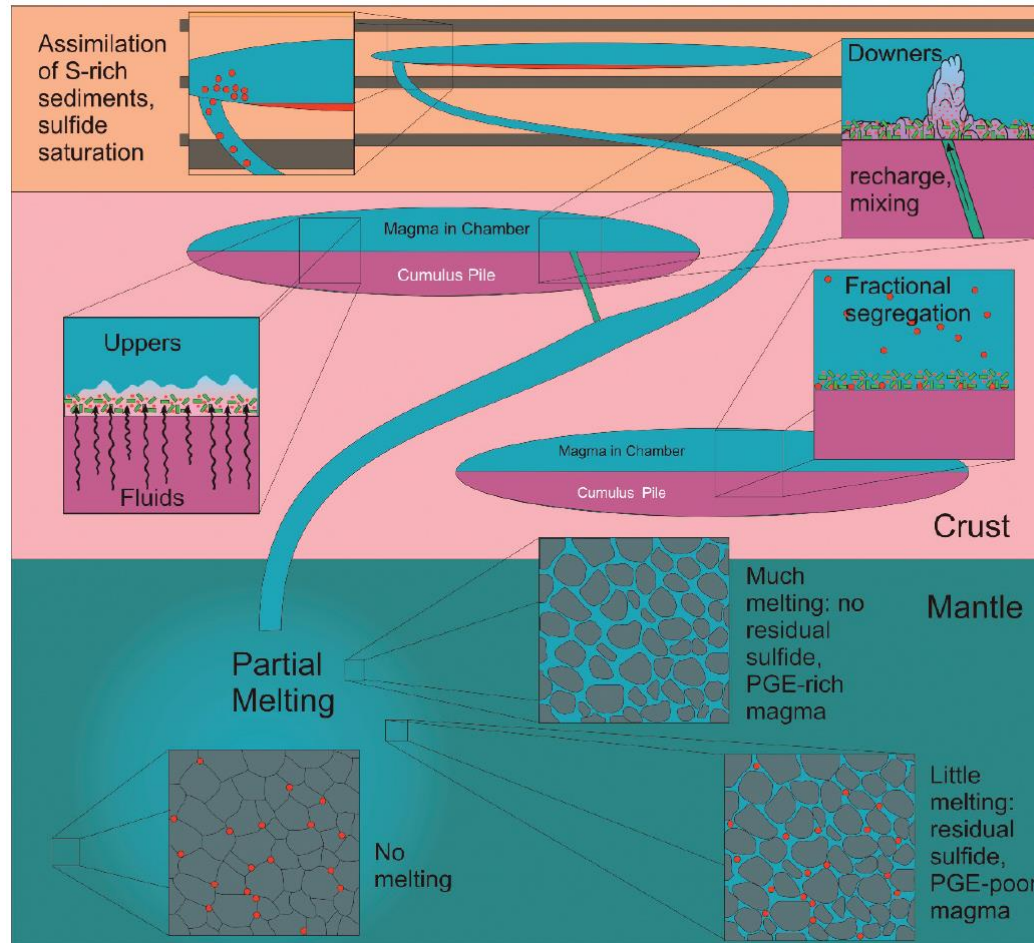


ολιβίνη'

το Ni κατανέμεται μεταξύ θειούχων ορυκτών και ολιβίνη τα οποία συνυπάρχουν.



Μοντέλο συγκέντρωσης PGE σε κοιτάσματα μαγματικών θειούχων



Εικόνα 19 (Mungall & Naldrett, 2008)

Παράγοντες που ελέγχουν το δυναμικό του μάγματος σε Ni–Cu±PGE

- Αφθονία μεταλλικών συστατικών στο μάγμα. Μεγάλα μαγματικά συστήματα Ni–πλουσίου μάγματος,
- Πηγή θείου ώστε να επιτευχθεί κορεσμός στο μάγμα κατά την τελική τοποθέτηση (αφομοίωση πετρωμάτων).
- Δυνατότητα του μάγματος να αντιδράσει με άλλα πετρώματα:
 - ✓ **θερμοκρασία, πυκνότητα μάγματος,**
 - ✓ **περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά,**
 - ✓ **δίοδοι που διευκολύνουν την τοποθέτηση του μάγματος.**



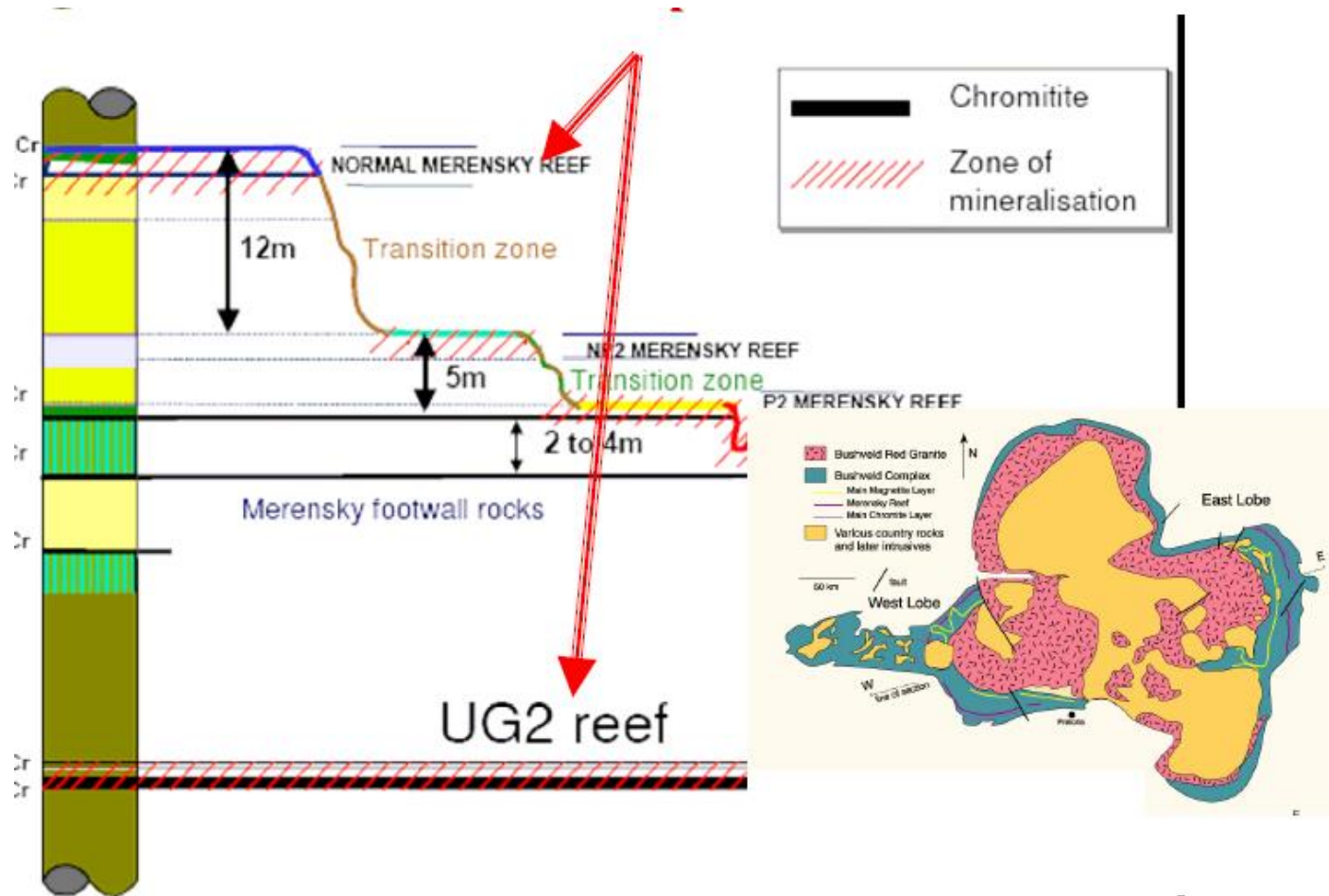
Κοιτάσματα των Στοιχείων της ομάδας του λευκοχρύσου
ή **PGE**

Κοιτάσματα μαγματικών θειούχων
(<5% θειούχα)

Εκμετάλλευση για PGE

Συγκέντρωση ΡΓΕ σε ορισμένους
στρωματογραφικούς ορίζοντες

Συγκέντρωση ΡΓΕ σε ορισμένους στρωματογραφικούς ορίζοντες (α)



Εικόνα 20

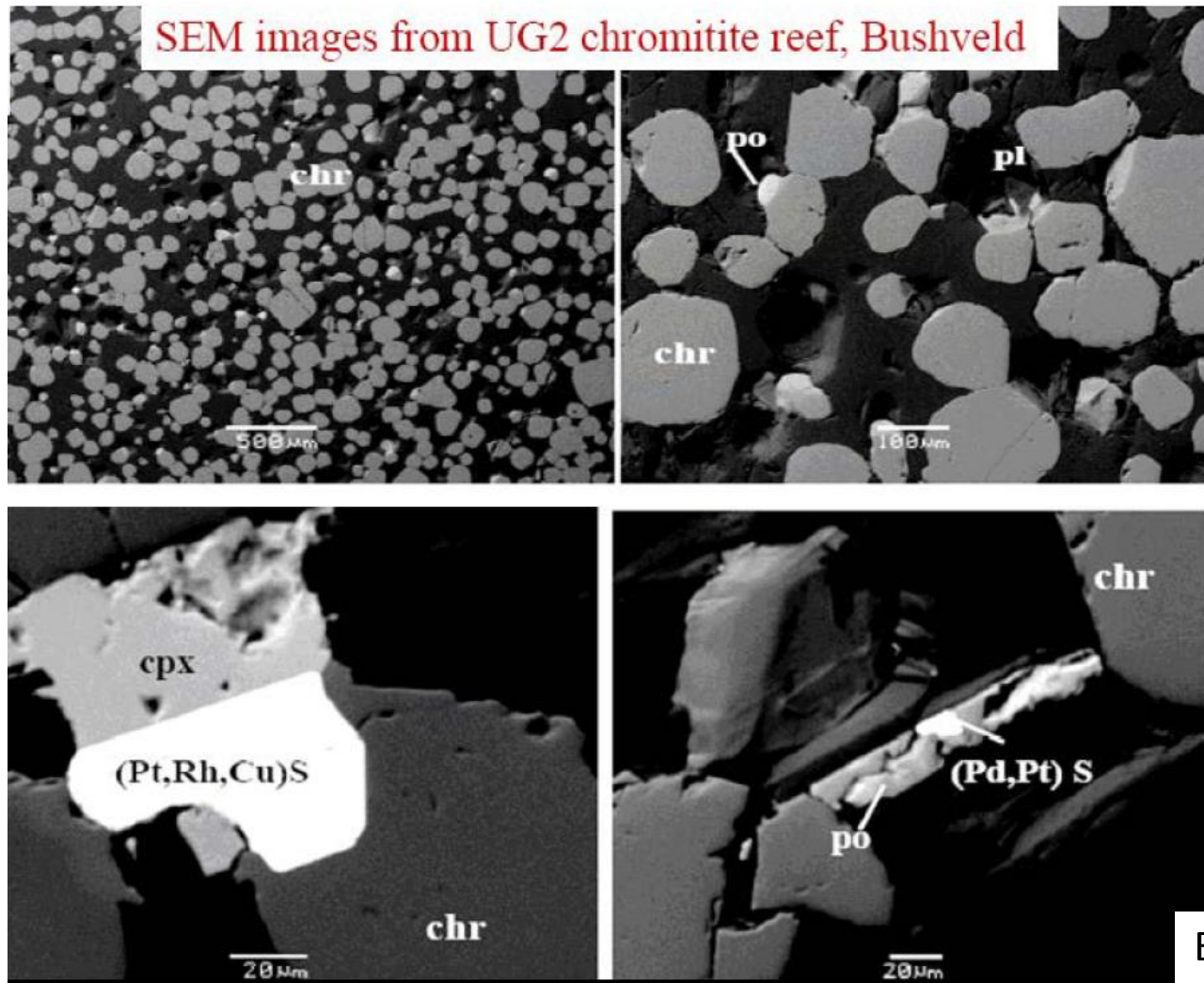
Bushveld complex, UG reefs



UG Chromitite reef
associated with
anorthosite

Εικόνα 21

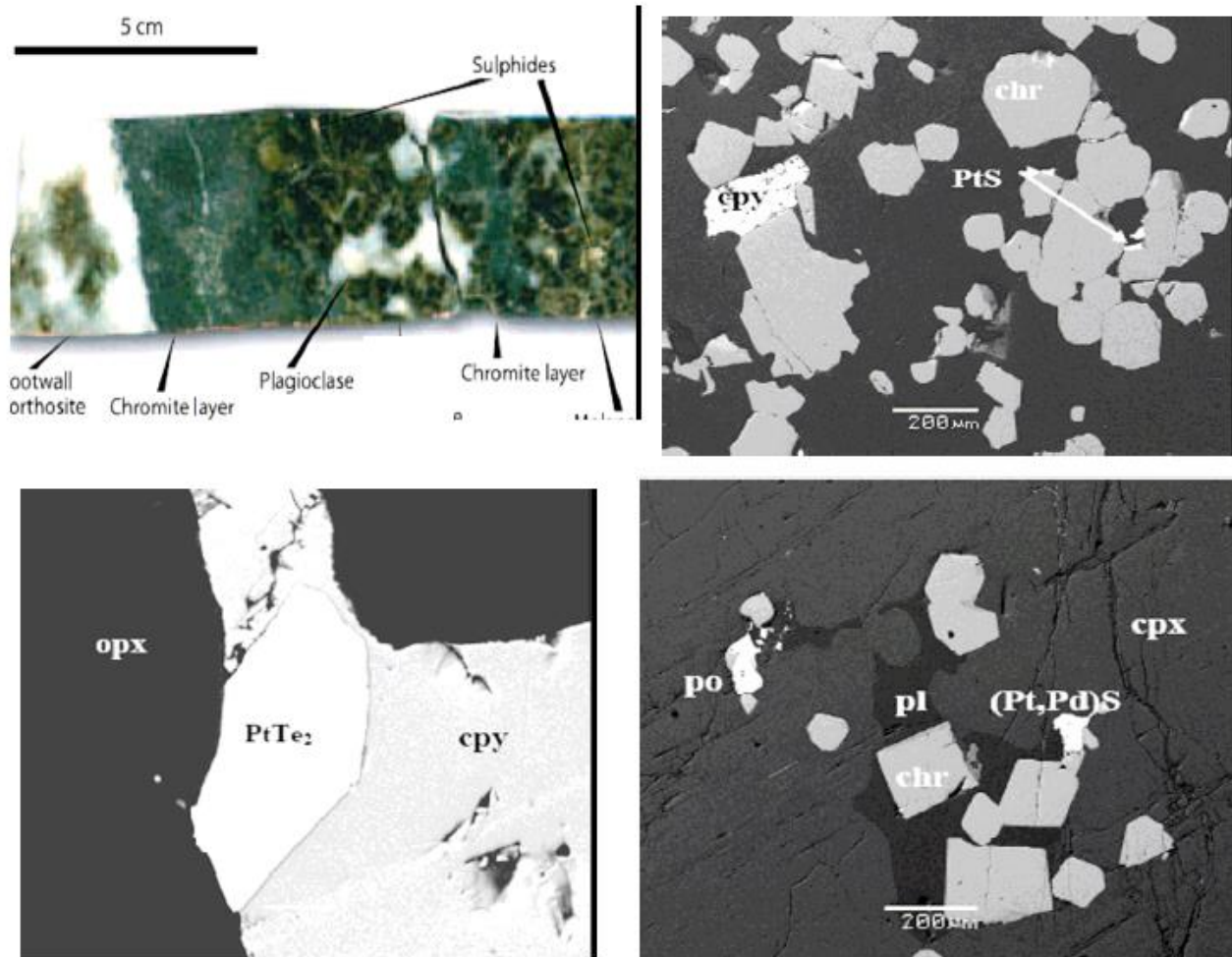
Εικόνες από το SEM για τον χρωμιτίτη UG2 του Bushveld (1/2)



Εικόνα 22



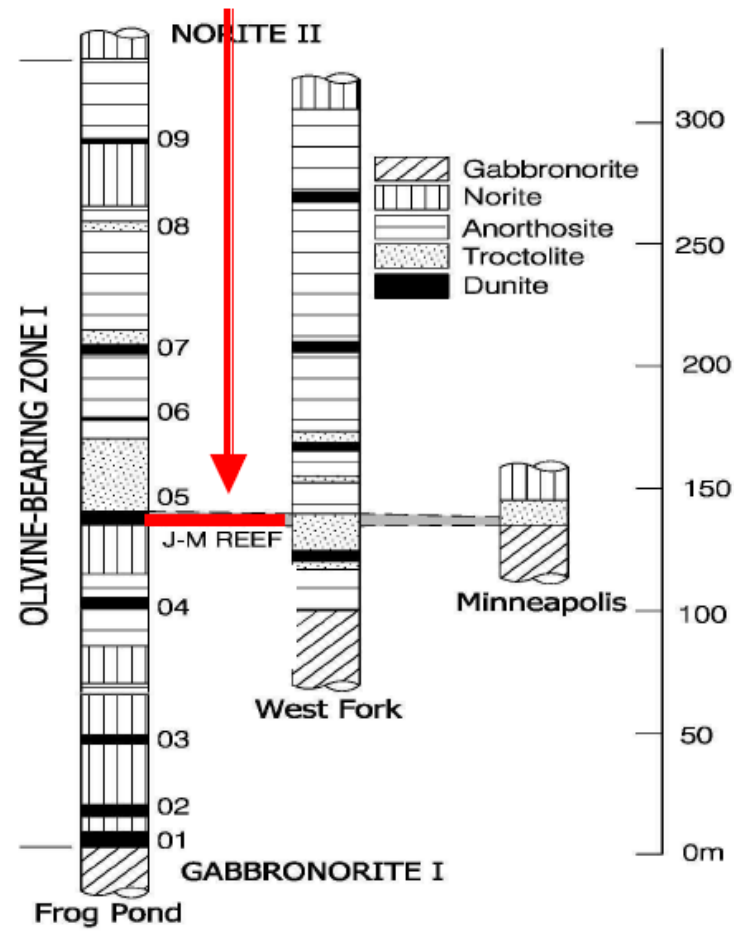
Εικόνες από το SEM για τον χρωμιτίτη UG2 του Bushveld (2/2)



Εικόνα 23

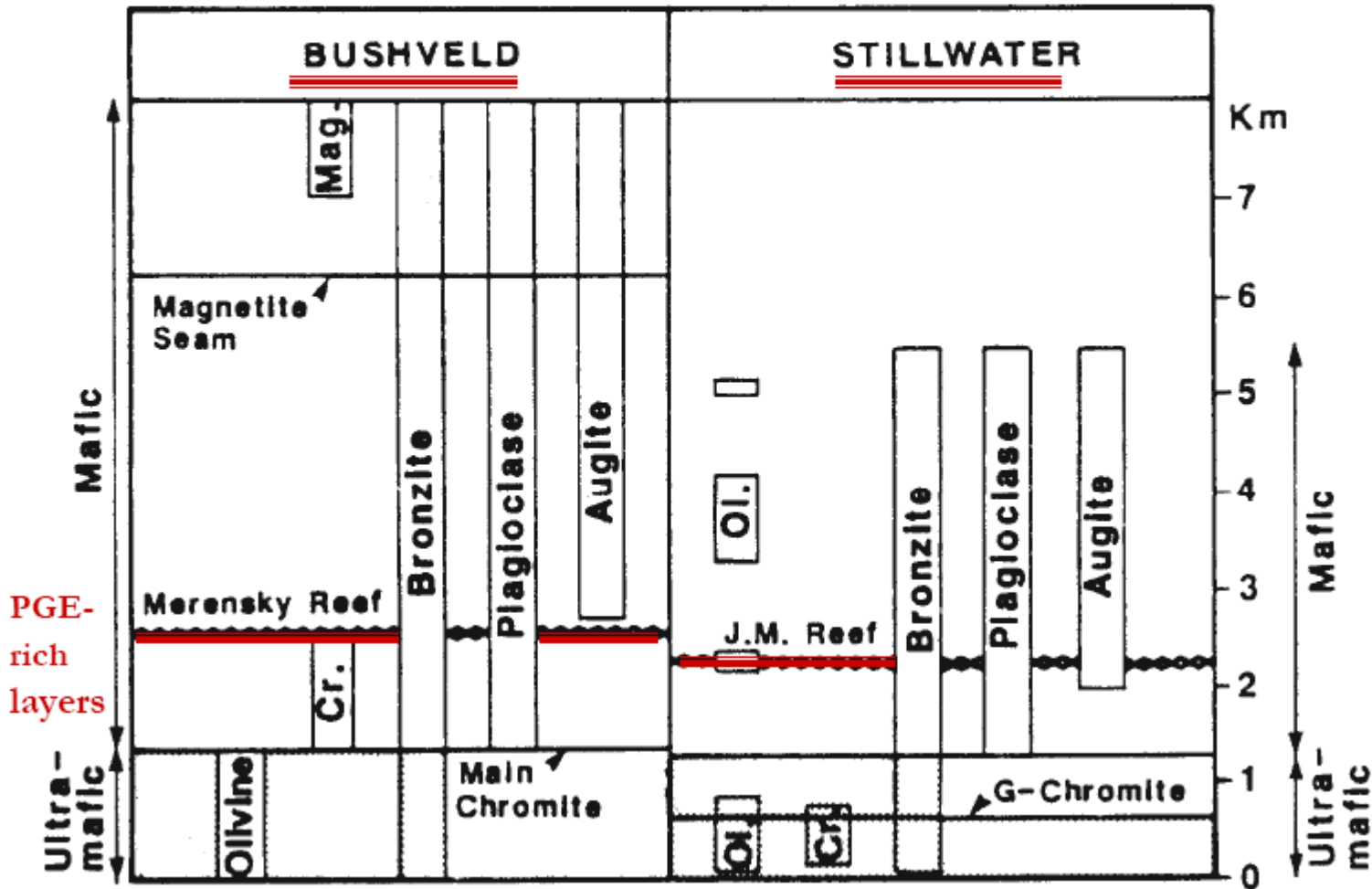


Συγκέντρωση ΡGΕ στο σύμπλεγμα Stillwater



Εικόνα 24

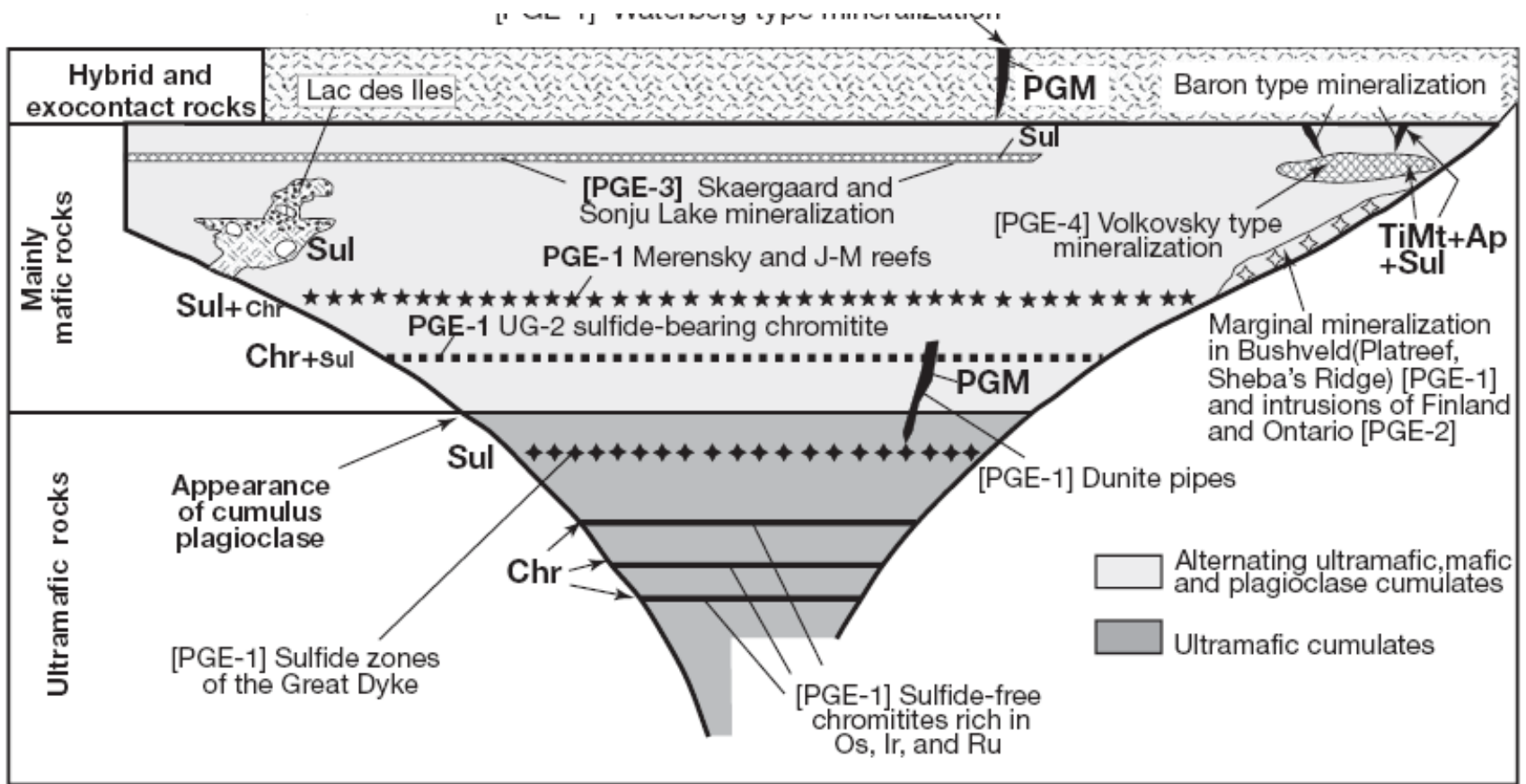
PGE in reefs is a common feature



Εικόνα 25

Η συγκέντρωση των PGE θεωρείται
αποτέλεσμα της κρυστάλλωσης από
την ανάμειξη δύο μαγμάτων

Συγκέντρωση PGE στους ορίζοντες UG2 & Merensky



Εικόνα 26

Πώς εμφανίζονται τα PGE;

1. Με την μορφή μικρών εγκλεισμάτων σε πυριτικά ή θειούχα ορυκτά
2. Στερεά διαλύματα (στο πλέγμα θειούχων ορυκτών)



Απόθεση ορυκτών ΡΓΕ (ΡΓΜ) (1/2)

- A. απόθεση απ' ευθείας από το πυριτικό μάγμα,**

- B. απόμειξη θειούχου τήγματος, όπου συγκεντρώνονται τα ΡΓΕ.**



Απόθεση ορυκτών PGE (PGM) (2/2)

- Καθώς το μάγμα κινείται προς την ασθενόσφαιρα για να τοποθετηθεί στην λιθόσφαιρα ψύχεται και κρυσταλλώνεται.
- Σε κάποιο σημείο, πριν κρυσταλλωθούν ορυκτά που μπορεί να απομακρύνουν στοιχεία με οικονομικό ενδιαφέρον, το μάγμα πρέπει να γίνει **κορεσμένο** στα συστατικά ορυκτών που αποτελούν συλλέκτες των PGE σε μεγάλες συγκεντρώσεις.
- π.χ. από μεγάλες μάζες πυριτικού μάγματος τα **θειούχα** συγκεντρώνονται σε μικρό όγκο πετρώματος και αποτελούν ελκυστικές περιοχές για εκμετάλλευση.



Σχηματισμός κοιτασμάτων **Ni-Cu±PGE**
με μαγματικές διεργασίες
ερωτήματα:

- Αιτία διαχωρισμού του θείου από το πυριτικό?
- Πώς συγκεντρώνονται τα θειούχα και σχηματίζουν μετάλλευμα ?
- Διεργασίες εμπλουτισμού των μετάλλων ?



Παράγοντες που ελέγχουν το δυναμικό του μάγματος σε Ni–Cu±PGE

Αφθονία μεταλλικών συστατικών στο μάγμα. Μεγάλα μαγματικά συστήματα Ni–πλούσιου μάγματος,

- ❑ Πηγή θείου ώστε να επιτευχθεί κορεσμός στο μάγμα κατά την τελική τοποθέτηση (αφομοίωση πετρωμάτων).
- ❑ Δυνατότητα του μάγματος να αντιδράσει με άλλα πετρώματα (θερμοκρασία, πυκνότητα μάγματος, περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά, δίοδοι που διευκολύνουν την τοποθέτηση του μάγματος).



Γεωχημικοί παράγοντες που ελέγχουν την συγκέντρωση των PGE

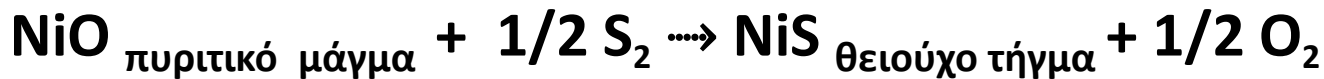
- ✓ Διαλυτότητα PGE
- ✓ Διαλυτότητα PGM
- ✓ κατανομή σε συνυπάρχουσες φάσεις,
- ✓ διαλυτότητα θειούχων ορυκτών,
- ✓ Τα PGE είναι χαλκόφιλα
- ✓ Τα PGE συνδέονται με πετρώματα πλούσια σε μαγνήσιο



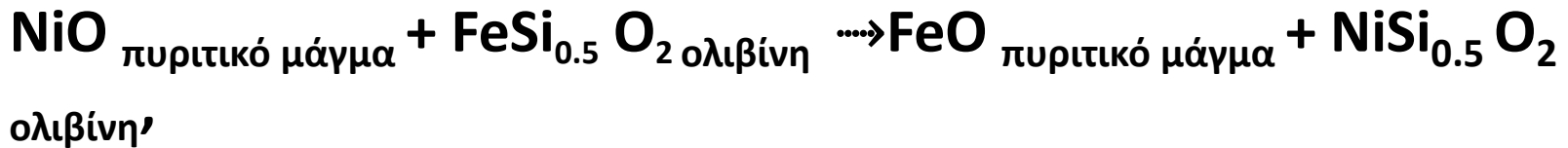
Κατανομή μετάλλων σε συνυπάρχουσες φάσεις

Τα μέταλλα Fe, Ni, Cu, Co και **PGE** θεωρούνται ότι συνδέονται με O στο πυριτικό μάγμα και το S σε θειούχο τήγμα.

Με βάση την αντίδραση (π.χ. για το Ni):



και την προτίμηση του Ni επίσης στον ολιβίνη:



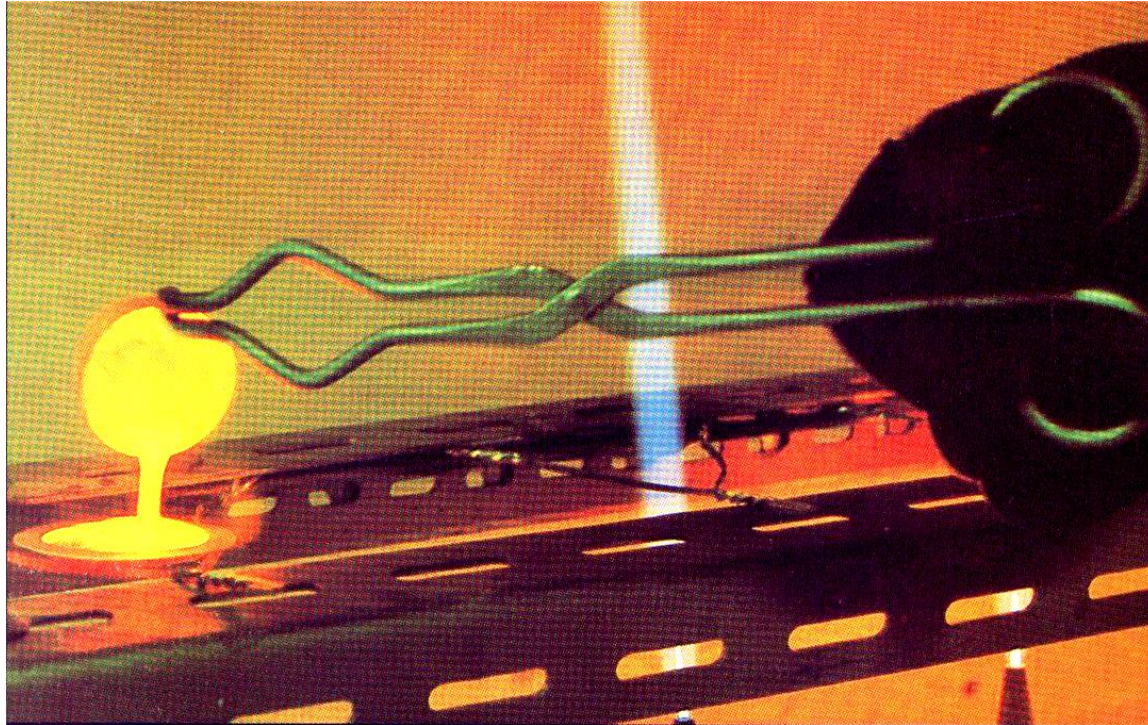
το Ni κατανέμεται μεταξύ θειούχων ορυκτών και ολιβίνη τα οποία συνυπάρχουν.



Συγκέντρωση PGE από θειούχα

Όλα τα PGE προτιμούν τα θειούχα, δηλαδή
είναι συμβατά με το θειούχο τήγμα **(χαλκόφιλα)**
(compatible with sulfide melt)
παρά το πυριτικό μάγμα

Προσδιορισμός PGE (1/2)



Εικόνα 27

Απαιτεί την εφαρμογή μιας ειδικής τεχνικής σύντηξης για τον αποχωρισμό και εμπλουτισμό των ευγενών μετάλλων



Προσδιορισμός PGE (2/2)

- ❑ Νετρονική ενεργοποίηση
- ❑ ΦΑΑ-εξαχνωτής γραφίτη
- ❑ Πλάσμα (ICP/MS)



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.



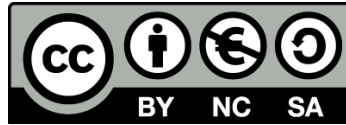
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μαρία Οικονόμου, Καθηγήτρια. «Μοντέλα γένεσης κοιτασμάτων. Κοιτάσματα Στοιχείων της Ομάδας του Λευκοχρύσου ή ΡΓΕ». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL15>.



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 (1/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 5: Διάγραμμα εισαγωγών Γερμανίας σε PGE. Copyright Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015. Σύνδεσμος: www.destatis.de

Εικόνα 6: Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα παραγωγής PGE σε παγκόσμια κλίμακα. Copyright Johnson Matthey 2015. Πηγή: A Review of the Behavior of Platinum Group Elements within Natural Magmatic Sulfide Ore Systems. Platinum Elements Rev. 2010, 54, (1) 26.

Εικόνα 7: Εξέλιξη στην παραγωγή PGE. Copyright Platinum Group Metals 2014. Σύνδεσμος: <http://www.platinumgroupmetals.net/>

Εικόνα 8: Πηγές Pt, Pd & Rh. Copyright Mineralogical Association of Canada, 2015. Πηγή: The platinum-group elements: Ore deposits of the platinum-group elements, by Mungall J.E. & Naldrett A.J. In Elements 2008, 4:253-258



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 9: Κανονικοποιημένα διαγράμματα PGE. Copyright Mineralogical Association of Canada, 2015. Πηγή: The platinum-group elements: Ore deposits of the platinum-group elements, by Mungall J.E. & Naldrett A.J. In Elements 2008, 4:253-258

Εικόνα 10: Περιοδικός πίνακας στοιχείων. Ελεύθερη διανομή. Σύνδεσμος: <http://users.sch.gr/stayrakant/index.htm>

Εικόνα 11: Περιοδικός Πίνακας ανταγωνιστικότητας στοιχείων. Copyright Mineralogical Association of Canada. Σύνδεσμος: <http://www.canmin.org>

Εικόνα 12: Εικόνες από μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Copyright Mineralogical Association of Canada. Πηγή: High temperature stability of laurite and Ru–Os–Ir alloy and their role in PGE fractionation in mafic magmas. By Brenan, J.M., Andrews, D. In The Canadian Mineralogist 39 (2001): 341-360.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 13,15: Συγκέντρωση μετάλλων στο θειούχο τήγμα. Copyright Geological Association of Canada 2011. Πηγή: The fractionation of Ni, Cu, and the noble metals in silicate and sulphide liquids. *In* Dynamic Processes in Magmatic Ore Deposits and Their Application in Mineral Exploration. *Edited by* R.R. Keays. Geological Association Canada, Short Course Notes XIII, p. 69-106.

Εικόνα 14: Αποχωρισμός θειούχου τήγματος σε κοματιιτικές εκχύσεις. Copyright Society of Economic Geology, 2015. Σύνδεσμος: <http://economicgeology.org>. Πηγή: District to Camp Controls on the Genesis of Komatiite-Hosted Nickel Sulfide Deposits , Agnew-Wiluna Greenstone Belt, Western Australia: Insights from the Multiple Sulfur Isotopes, *Economic Geology* 107(2012), pp. 781-796



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 16: Μεταλλοφόρες ζώνες στην ενότητα των υπερβασικών πετρωμάτων. Copyright Society of Economic Geologists. Πηγη: Maggie Hays Ni Deposit: Part 2. Nickel Mineralization and the Spatial Distribution of PGE Ore-Forming Signatures in the Maggie Hays Ni System, Lake Johnston Greenstone Belt, Western Australia, by Heggie G., Fiorentini M., Barnes S., Barley M. In Economic Geology 107, issue 5 (2012): 817-833

Εικόνα 17: Διάγραμμα κατανομής R. Copyright Western Mining Services LLC & Western Mining services (Australia) Pty Ltd, 2015. Πηγή: Introduction to nickel sulphide exploration, by J. Hronsky, 2007



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 19: Μοντέλο συγκέντρωσης PGE σε κοιτάσματα μαγματικών θειούχων. . Copyright Mineralogical Association of Canada, 2015. Πηγή: The platinum-group elements: Ore deposits of the platinum-group elements, by Mungall J.E. & Naldrett A.J. In Elements 2008, 4:253-258

Εικόνα 20: Συγκέντρωση PGE σε ορισμένους στρωματογραφικούς ορίζοντες. Copyright Mineralogical Association of Canada, 2015. Πηγή: The platinum-group elements: Ore deposits of the platinum-group elements, by Mungall J.E. & Naldrett A.J. In Elements 2008, 4:253-258

Εικόνα 21: Ο χρωμιτίτης UG1 στον ποταμό Dwars. Copyright Regents of the University of Minnesota 2015. Σύνδεσμος: <http://www.d.umn.edu/>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 21,22: Εικόνες από το SEM για τον χρωμιτίτη UG2 του Bushveld. Copyright Mineralogical Association of Canada. Πηγή: Exploration for platinum-group element deposits. Short courses series, vol. 35. Editor J.M. Mungall

Εικόνα 23: Συγκέντρωση PGE στο σύμπλεγμα Stillwater. Copyright Society of Economic Geologists, 2015. Πηγή: The J-M platinum palladium reef of the Stillwater Complex, Montana: II. Origin by double-diffusive convective magma mixing and implications for the Bushveld Complex, by Irvine T.N., Keith D.W., Todd S.G. In Econ. Geol., (1983) 78: 1287-1334

Εικόνα 24: Ορυκτολογία κοιτασμάτων PGE. Copyright Geoscience Canada. Πηγή: Ore deposit models. Edited by Roberts R.G. & Sheahan P.A.

Εικόνα 25: Μοντέλο συγκέντρωσης PGE. Copyright Society of Economic Geologists 2010. Πηγή: Secular Variation of magmatic sulfide deposits and their source magmas. By Naldrett, in Economic Geology 2009, 105:669-688



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/7)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: Κύριες πηγές και αποθέματα PGE. Copyright Springer-Verlag, 2004. Πηγή: Magmatic sulfide deposits—Geology, geochemistry, and exploration. Edited by A.J. Naldrett

Πίνακας 2,3: Πηγές PGE και βασικών μετάλλων. Copyright Springer-Verlag, 2004. Πηγή: Magmatic sulfide deposits—Geology, geochemistry, and exploration. Edited by A.J. Naldrett

