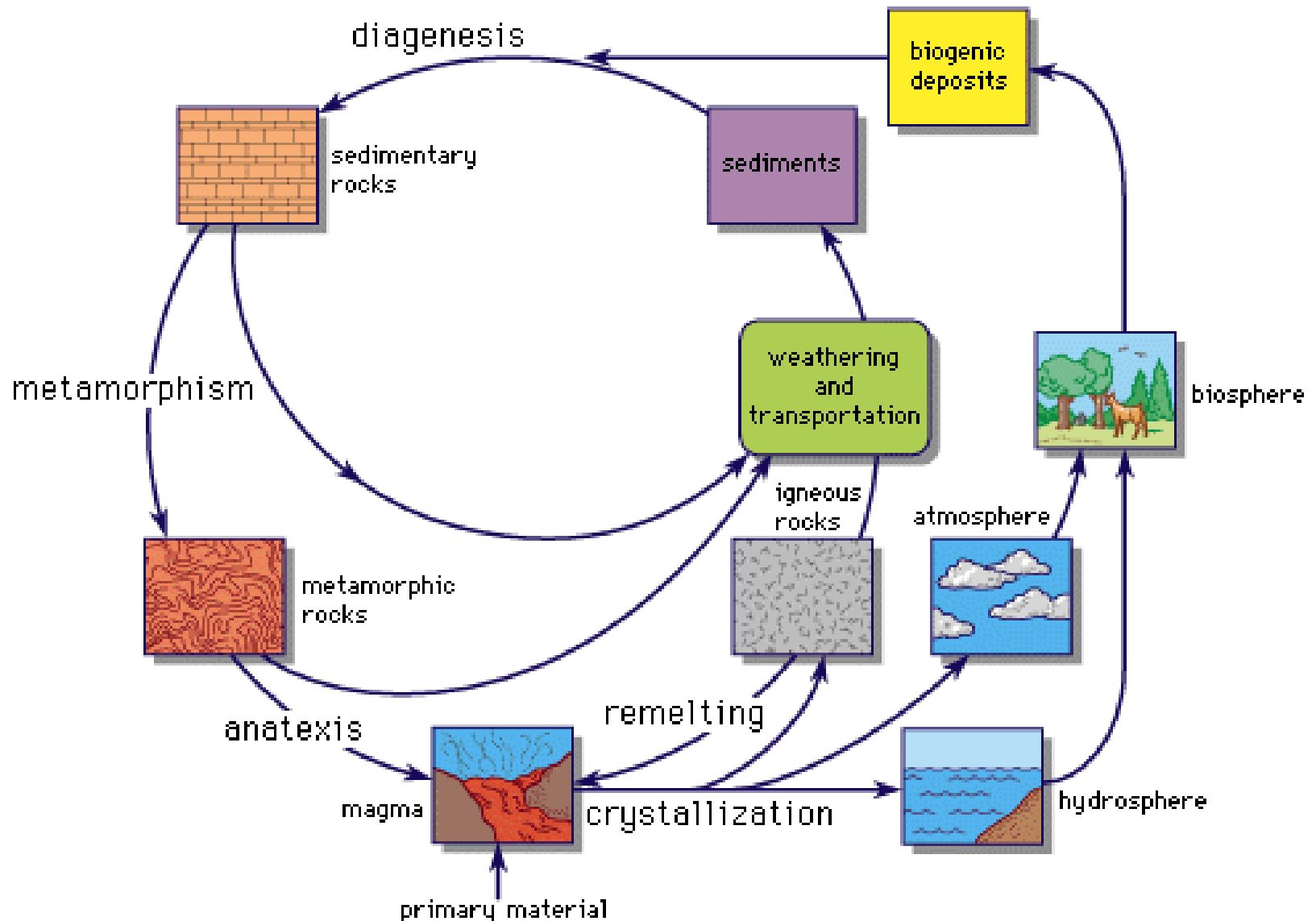
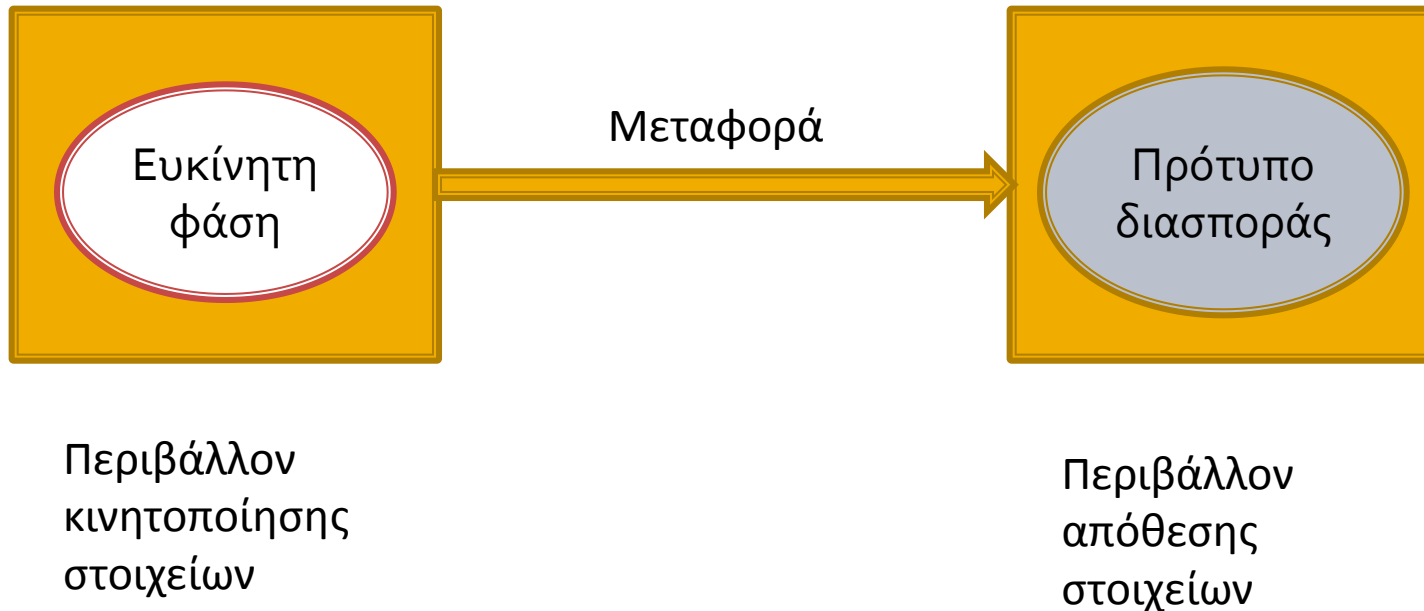


ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΓΕΩΧΗΜΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

ΓΕΩΧΗΜΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ



ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



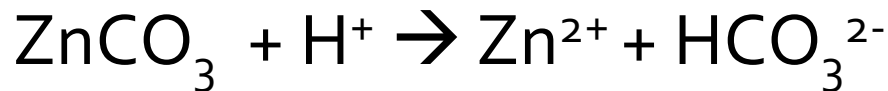
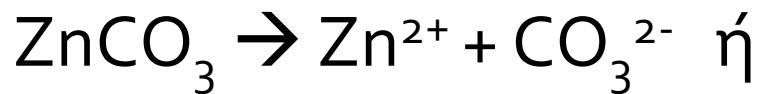
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ

ΣΤΑΔΙΟ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΒΑΘΟΥΣ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ	Διάχυση μετάλλων σε περιβάλλοντα πετρώματα υδροθερμικού κοιτάσματος	Καθίζηση μετάλλων στον θαλάσσιο πυθμένα κοντά σε ένα υποθαλάσσιο ηφαίστειο
ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΣ	Διάχυση μετάλλων ενός κοιτάσματος κατά τη μεταμόρφωσή του	Χημική αποσάθρωση ενός κοιτάσματος μικτών θειούχων

- Στόχος → εντοπισμός προϊόντων γεωχημικής διασποράς
- Χωρικό εύρος διασποράς > εύρος κοιτάσματος → Χαμηλή πυκνότητα δειγματοληψίας
- Διάκριση προτύπων διασποράς στοιχείων που σχετίζονται με κοίτασμα ή φυσικά πετρώματα

ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Η ευκολία αποχώρησης από τη φάση που τα περιβάλλει
- Εκφράζεται μέσω χημικών αντιδράσεων οι οποίες προσεγγίζουν λίγο ή πολύ τις φυσικές διεργασίες
- π.χ. για κινητοποίηση κυρίων στοιχείων ορυκτών



} διάλυση
σμιθσονίτη

ΕΥΚΙΝΗΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (2)

- Η κινητοποίηση 'φιλοξενούμενων' ιχνοστοιχείων εξαρτάται από τη διαλυτότητα του ξενιστή
- π.χ.

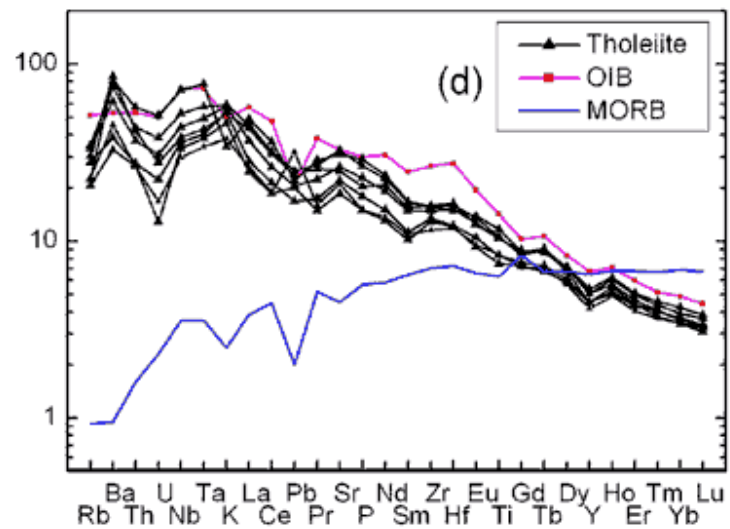
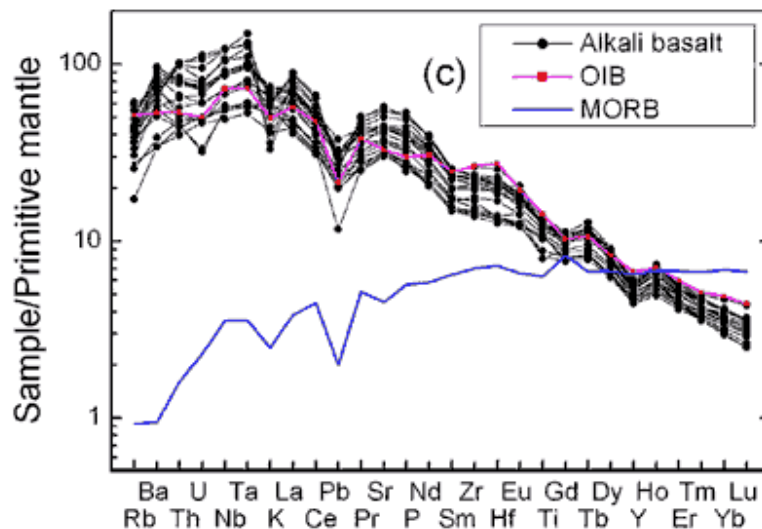
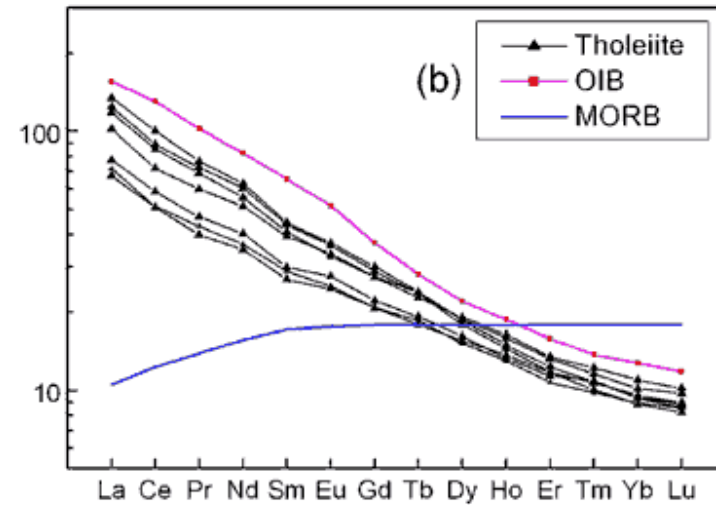
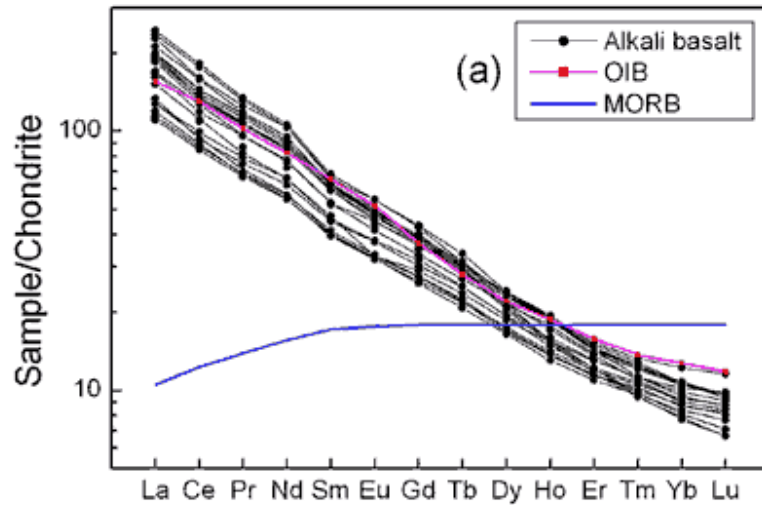


ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

- Αποτελεί εκτίμηση της σταθερότητας των φάσεων που λαμβάνουν μέρος σε αντιδράσεις
- π.χ. $ZnCO_3 \rightarrow Zn^{2+} + CO_3^{2-}$

$$K_{sp} = \frac{[Zn^{2+}][CO_3^{2-}]}{[ZnCO_3]}$$

ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΑΘΟΥΣ



ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΜΑΓΜΑ

- Η κατανομή στοιχείων μεταξύ στερεών- ρευστών φάσεων κατά τη διαφοροποίηση του μάγματος εξαρτάται από:
 - Μέγεθος ιόντων, σθένος, ηλεκτρονιακή δομή →
Π.χ. υποκατάσταση Mn, Zn, Co, Ni σε θέσεις Fe, Mg σε σιδηρομαγνησιούχα
U, Th σε θέση Zr
 - Ικανότητα συμπλοκοποίησης και μεταφοράς ως ενώσεις
Π.χ. H_2S , $CuCl_2^-$, $ZnCl_4^{-2}$

ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΠΕΡ/ΛΟΝ

- Ελέγχεται από μεταφορά ιόντων σε υδατικά διαλύματα
- Παράμετροι: Ιοντικό δυναμικό (φορτίο/ακτίνα), σθένος
- Δείκτης ο συντελεστής υδάτινης μετανάστευσης:

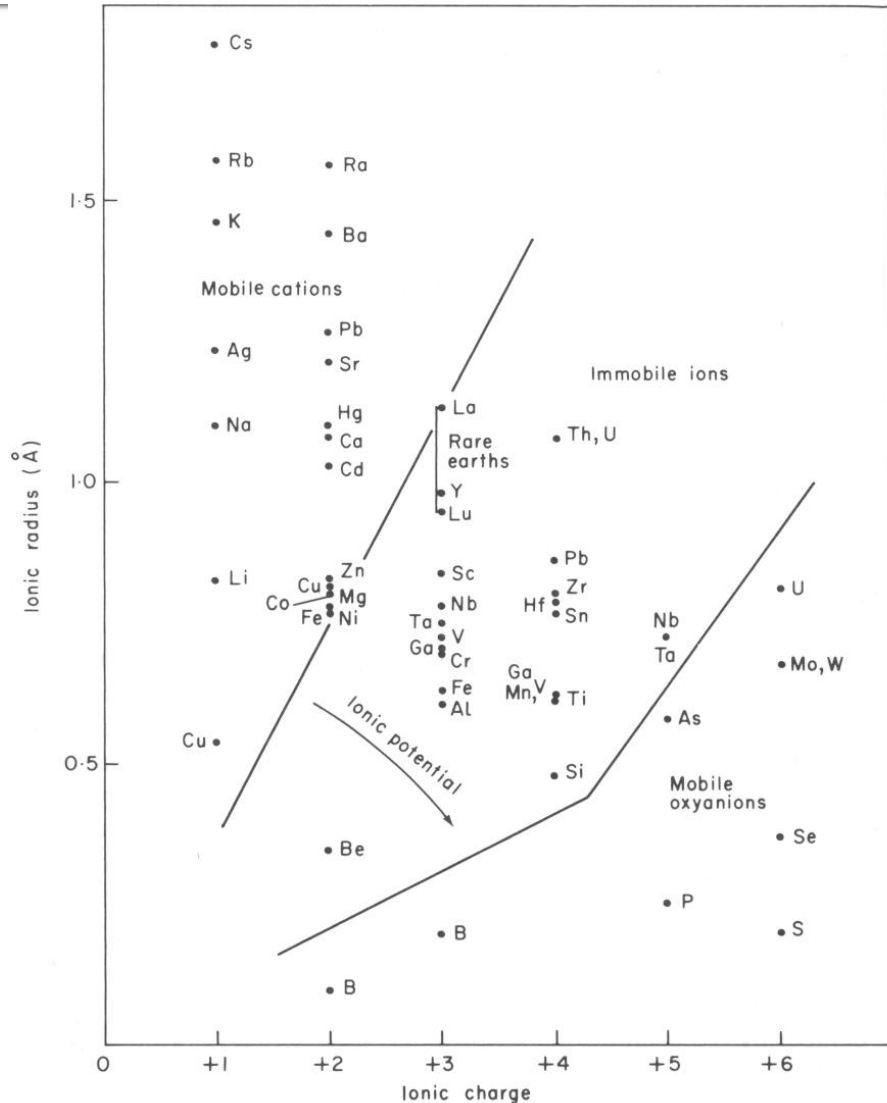
$$K = 100M / aN$$

M = συγκέντρωση στο νερό (ppm)

a = ορυκτολογικό υπόλοιπο στο νερό (%)

N Συγκέντρωση στοιχείου στο πέτρωμα (%)

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΙΟΝΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ



1. Ιόντα με χαμηλό λόγο $z/r \rightarrow$ Διαλύονται εύκολα ως απλά κατιόντα ή ανιόντα π.χ. Na^+ , Cl^-
2. Ιόντα με ενδιάμεσο λόγο $z/r \rightarrow$ Διαλύονται δύσκολα αποσπώντας OH^- από τα μόρια του νερού (υδρόλυση), π.χ. Al^{3+} , Fe^{3+} , Si^{4+}

$$\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_{3(\text{στερεό})} + \text{H}^+$$
3. Ιόντα με υψηλό λόγο $z/r \rightarrow$ Διαλύονται εύκολα ως χημικές ρίζες (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-}) αποσπώντας O από τα μόρια του νερού

$$\text{S}_{(\text{στερεό})} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$$

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Ελάττωση κινητικότητας

Relative mobility	Oxidizing (pH 5–8)	Oxidizing (pH <4)	Reducing
Highly mobile ($K > 10$)	Cl, Br, I, S, Rn, He, C, N, Mo, B (Se, Te, Re ?)	Cl, Br, I, S, Rn, He, C, N, B	Cl, Br, I, Rn, He
Moderately mobile ($K = 1-10$)	Ca, Na, Mg, Li, F, Zn, Ag, U, V, As (Sr, Hg, Sb ?)	Ca, Na, Mg, Sr, Li, F, Zn, Cd, Hg, Cu, Ag, Co, Ni, U, V, As, Mn, P	Ca, Na, Mg, Li, Sr, Ba, Ra, F, Mn
Slightly mobile ($K = 0.1-1$)	K, Rb, Ba, Mn, Si, Ge, P, Pb, Cu, Ni, Co (Cd, Be, Ra, In, W ?)	K, Rb, Ba, Si, Ge, Ra ^b	K, Rb, Si, P, Fe ^c
Immobile ($K < 0.1$)	Fe, Al, Ga, Sc, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, rare earths, Pt metals, Au (Cr, Nb, Ta, Bi, Cs ?)	Fe, Al, Ga, Sc, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, rare earths, Pt metals, Au, As ^b , Mo ^b , Se ^b	Fe, Al, Ga, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, rare earths, Pt metals, Au, Cu, Ag, Pb, Zn, Cd, Hg, Ni, Co, As, Sb, Bi, U, V, Se, Te, Mo, In, Cr (Nb, Ta, Cs ?)

ΟΜΑΔΕΣ ΣΥΓΓΕΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ- ΙΧΝΗΛΑΤΕΣ

- Ομαδοποίηση με βάση τη συσχέτιση → παρόμοια κινητικότητα για μεγάλο ή μικρό εύρος γεωλογικών περιβαλλόντων
- Χρήση στοιχείων ως 'ιχνηλάτες' →
 - Σχετικά ευκίνητα στοιχεία που ανιχνεύονται ευκολότερα από το στοιχείο στόχο:
 - λόγω υψηλότερης ευκινησίας (Mo για πορφυρικό Cu) ή
 - ευκολότερου προσδιορισμού με τις διαθέσιμες αναλυτικές μεθόδους (As για Au)
 - Πιο ευδιάκριτου προτύπου διασποράς (Cu για Ni-Cu)
 - Κάθε ιχνηλάτης συνδέεται με ορισμένους τύπους κοιτασμάτων

Table 2.5
Some common geochemical associations of elements^{a,b}

Group	Association
<i>Generally associated elements</i>	K-Rb Ca-Sr Al-Ga Si-Ge Zr-Hf Nb-Ta Rare earths, La, Y Pt-Ru-Rh-Pd-Os-Ir
<i>Plutonic rocks</i>	
General association (lithophile elements)	Si-Al-Fe-Mg-Ca-Na-K-Ti-Mn-Zr- Hf-Th-U-B-Be-Li-Sr-Ba-P-V-Cr- Sn-Ga-Nb-Ta-W-the halogens-rare earths
Specific associations	
Felsic igneous rocks	Si-K-Na
Alkaline igneous rocks	Al-Na-Zr-Ti-Nb-Ta-F-P-rare earths
Mafic igneous rocks	Fe-Mg-Ti-V
Ultramafic rocks	Mg-Fe-Cr-Ni-Co
Some pegmatitic differentiates	Li-Be-B-Rb-Cs-rare earths-Nb-Ta- U-Th
Some contact metasomatic deposits	Mo-W-Sn
Potash feldspars	K-Ba-Pb
Many other potash minerals	K-Na-Rb-Cs-Tl
Ferromagnesian minerals	Fe-Mg-Mn-Cu-Zn-Co-Ni
<i>Sedimentary rocks</i>	
Fe-oxides	Fe-As-Co-Ni-Se
Mn-oxides	Mn-As-Ba-Co-Mo-Ni-V-Zn
Phosphorite	P-Ag-Mo-Pb-F-U
Black shales	Al-Ag-As-Au-Bi-Cd-Mo-Ni-Pb-Sb- V-Zn

^a Source: Goldschmidt (1954), Krauskopf (1955), and Boyle (1974).

^b For additional association in orebodies see Table 4.2.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΙ ΙΧΝΗΛΑΤΕΣ

Ιχνηλάτης	Μέσο δειγματοληψίας	Τύπος κοιτάσματος
As	Πέτρωμα, έδαφος, ίζημα ρέματος	Φλεβικός χρυσός
Hg	Πέτρωμα, έδαφος	Pb-Zn-Ag
Se	Έδαφος, gossan	Επιγενετικά θειούχα
Ag	Έδαφος	Ag-Au
Mo	Νερό, ίζημα ρέματος, έδαφος	Πορφυρικού χαλκού
SO ₄	νερό	Θειούχα

ΣΧΕΣΗ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ & ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

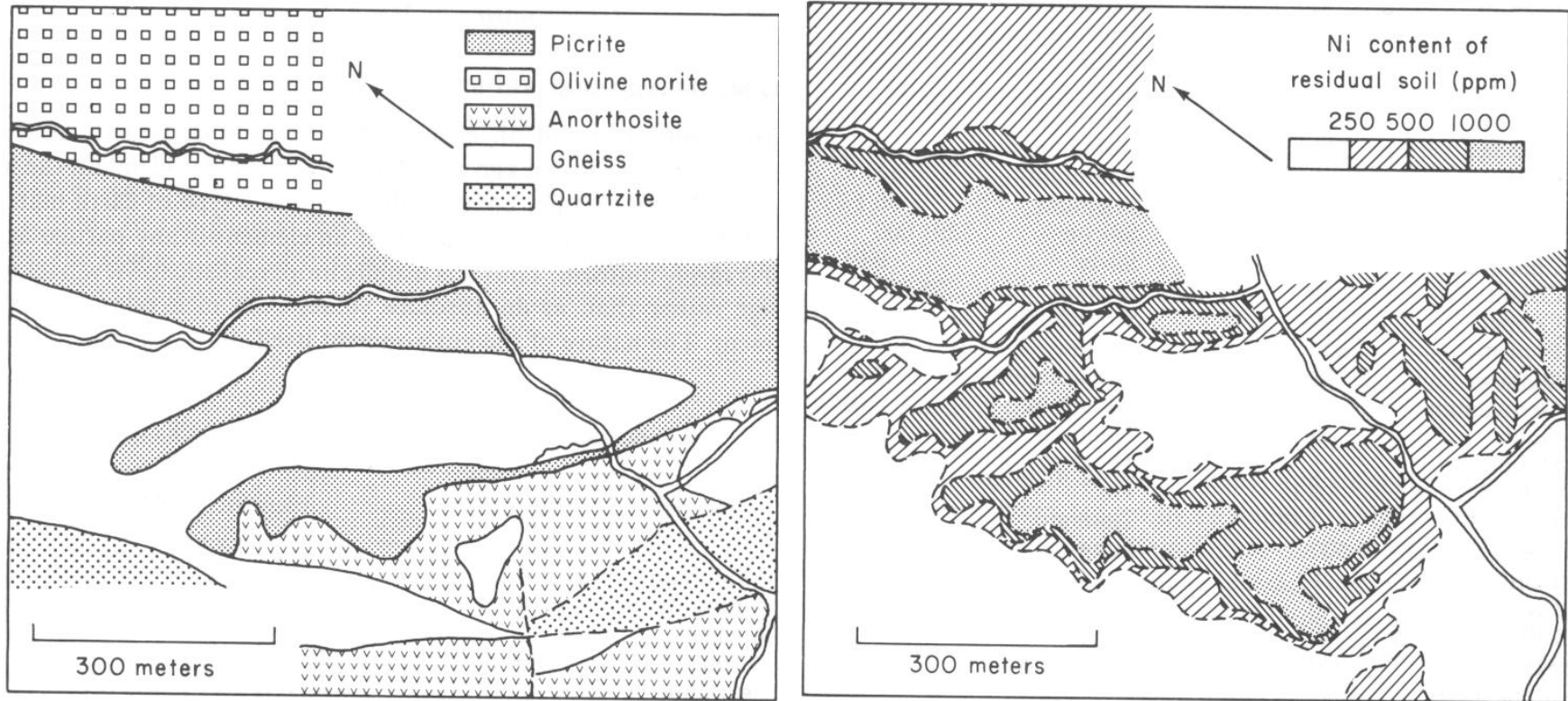
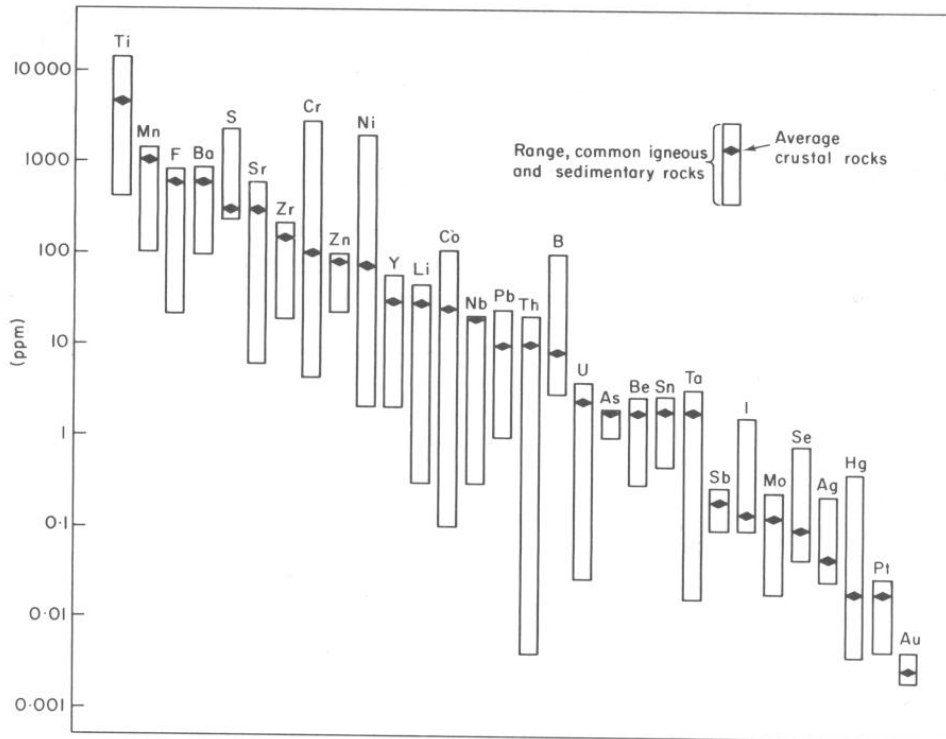


Fig. 2.4. Relationship between geology and the pattern of Ni in residual soil, Nguge region, Tanzania. (Colluvial and alluvial overburden occur flanking the main rivers.) (After Coope, 1958.)

ΓΕΩΧΗΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (GEOCHEMICAL BACKGROUND)

Πετρώματα φλοιού



Έδαφος

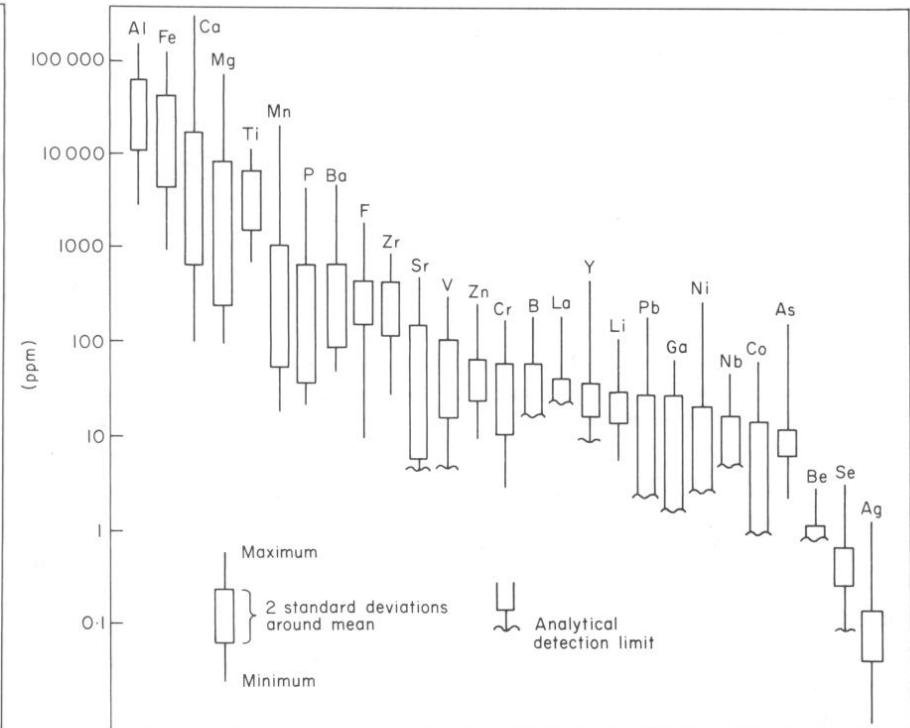
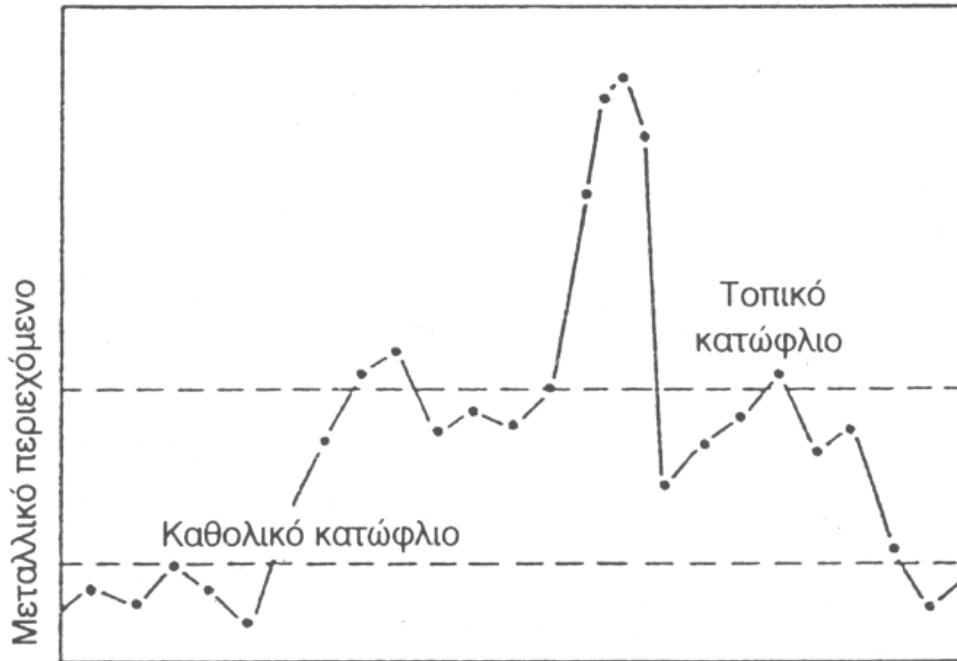


Fig. 2.5. Average and range of the content of the principal minor elements in normal rocks. (Data from Appendix.)

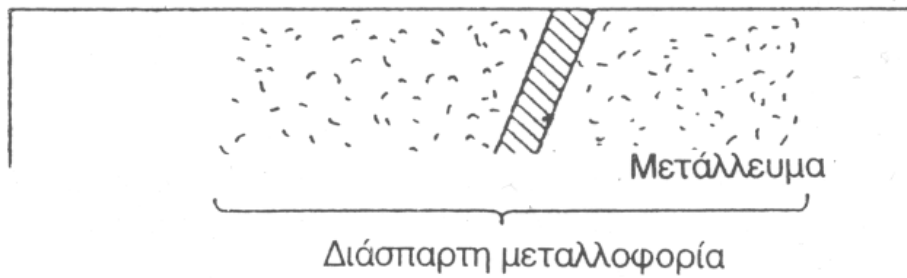
Fig. 2.6. Range of the content of major and trace elements in soil. (Based on data from Connor and Shacklette, 1975.)

ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΑΝΩΜΑΛΙΑ – ΚΑΤΩΦΛΙΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

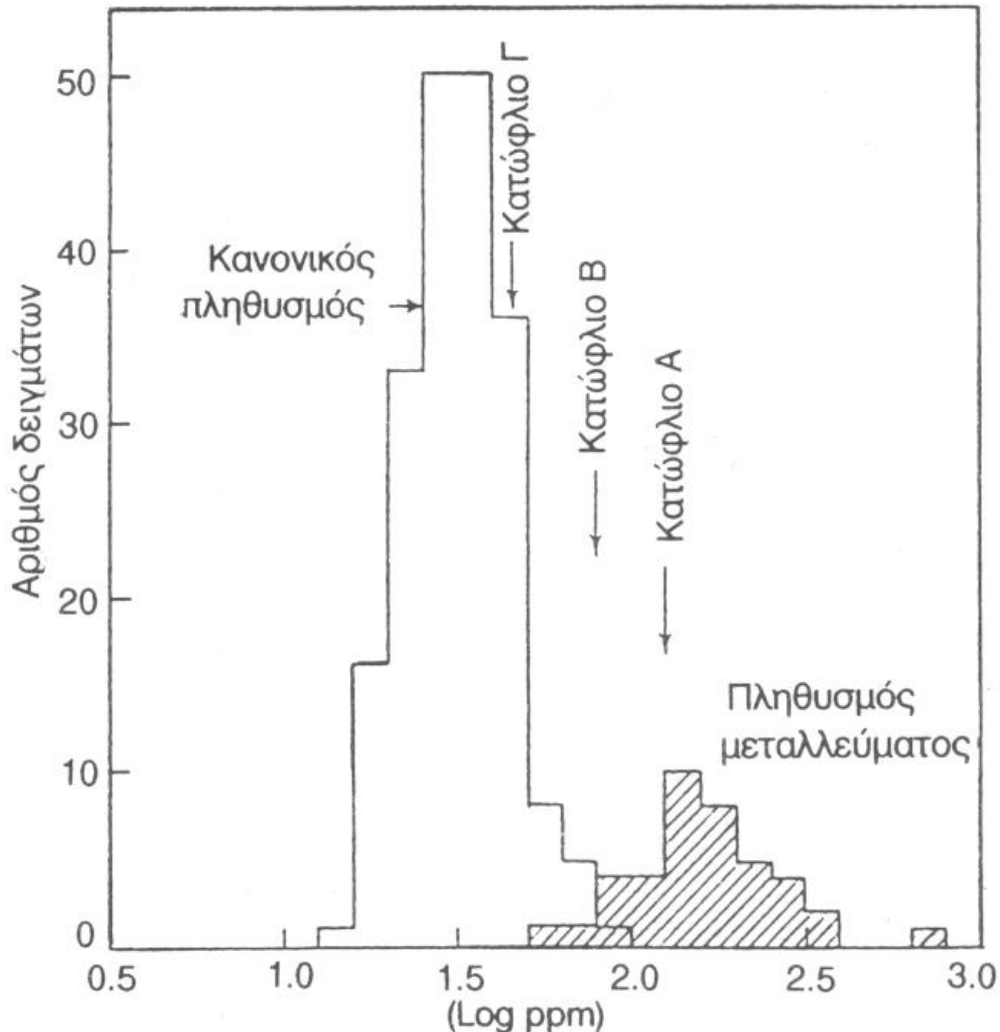


Σημασία λόγου κατωφλίου/ πλαίσιο →

Δείκτης έντασης γεωχημικής ανωμαλίας (contrast)



ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΓΕΩΧΗΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



A → Αστοχία εντοπισμού του συνόλου της ανωμαλίας

Γ → Σπατάλη πόρων στη διερεύνηση μη σημαντικών ανωμαλιών

B → Μεγιστοποίηση αποτελεσματικότητας της έρευνας

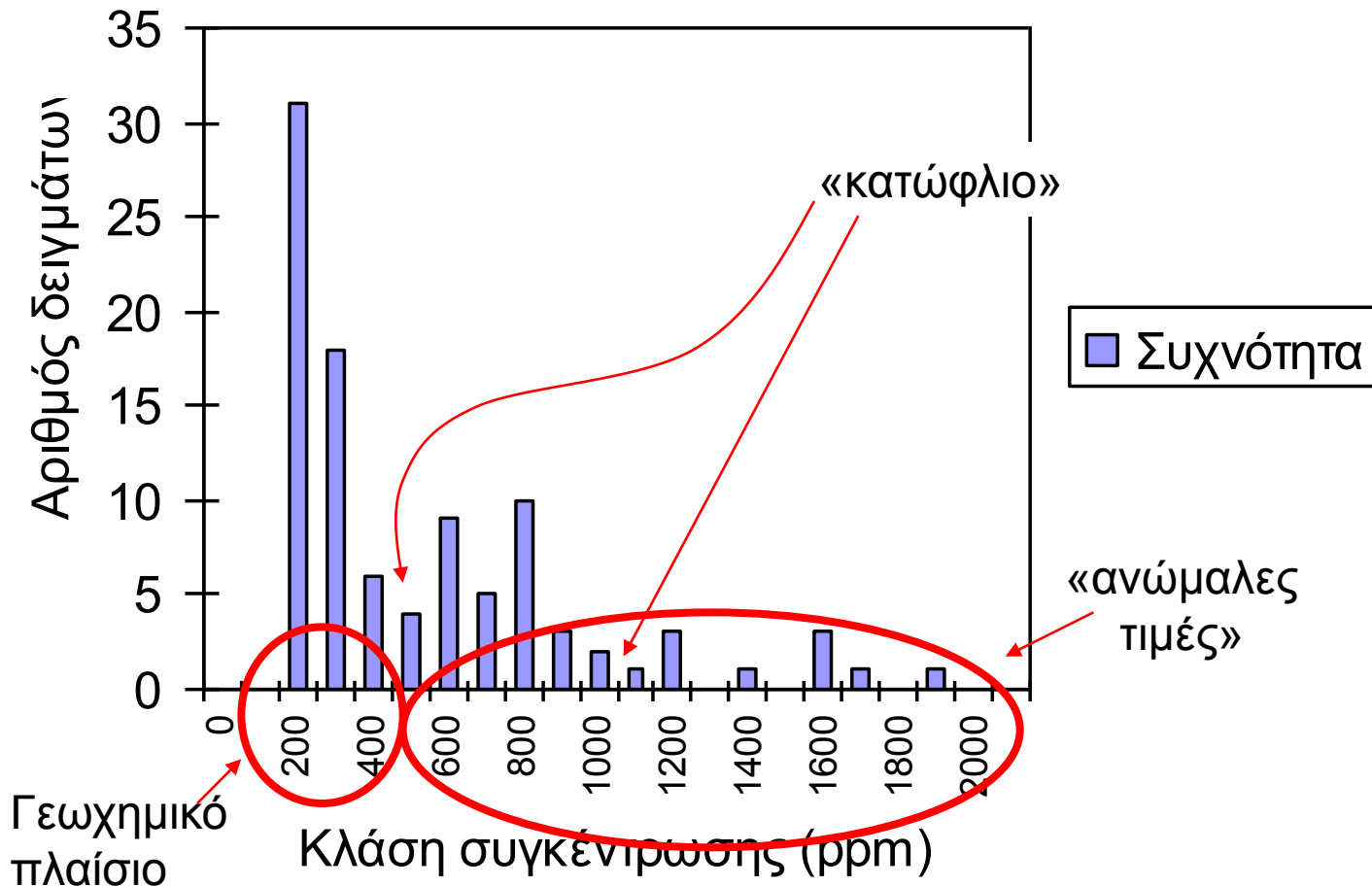
• Πρόβλημα όταν οι πληθυσμοί αλληλεπικαλύπτονται

ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΝΩΜΑΛΩΝ ΤΙΜΩΝ

- Σύγκριση δεδομένων με φυσιολογικές τιμές της βιβλιογραφίας
- Χρήση στατιστικών παραμέτρων (αριθμητικός μέσος-τυπική απόκλιση)
- Γραφικές μέθοδοι (ιστόγραμμα, καμπύλη αθροιστικής συχνότητας)
- Αναγνώριση χωρικών ομάδων ανώμαλων τιμών
- Σύγκριση με συγκεντρώσεις αναγνωριστικής έρευνας

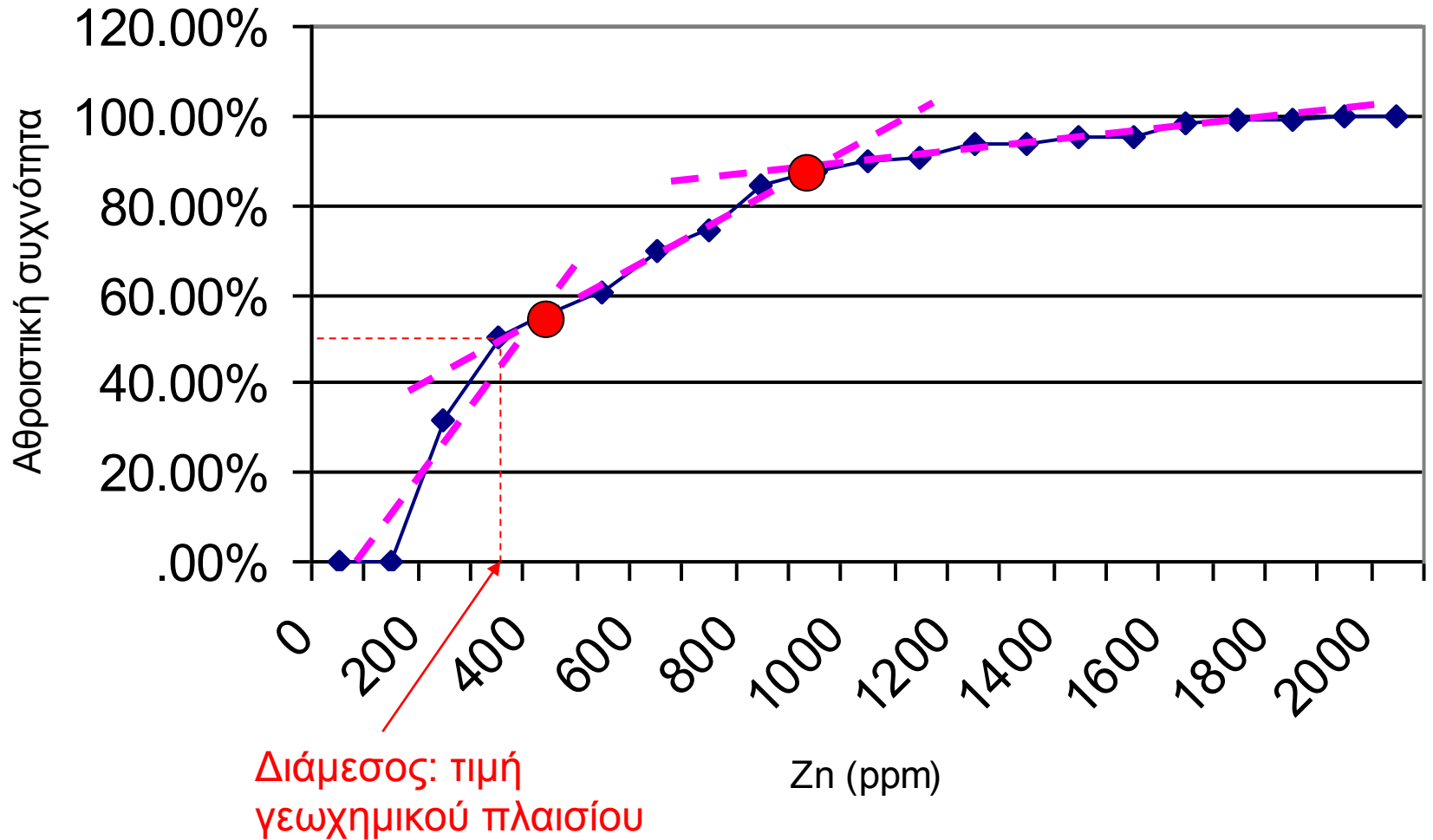
ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ

Ιστόγραμμα Zn ppm

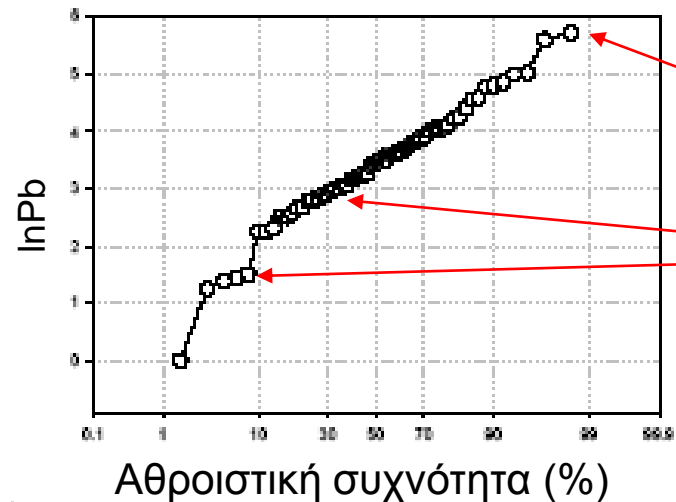
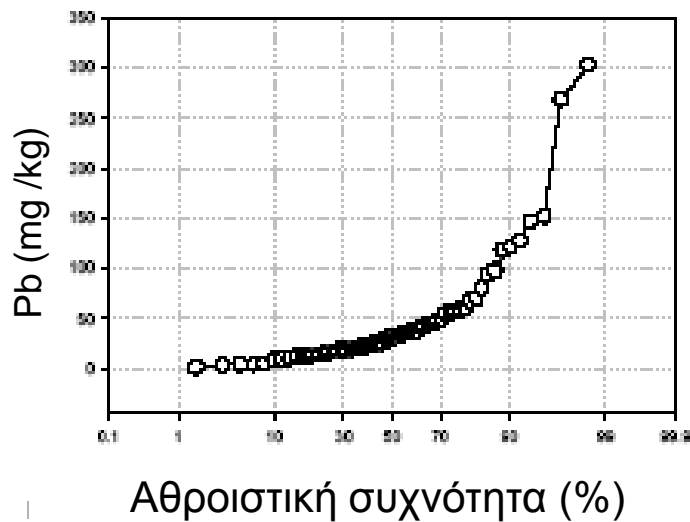


ΓΡΑΦΗΜΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Αθροιστική συχνότητα Zn



ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ

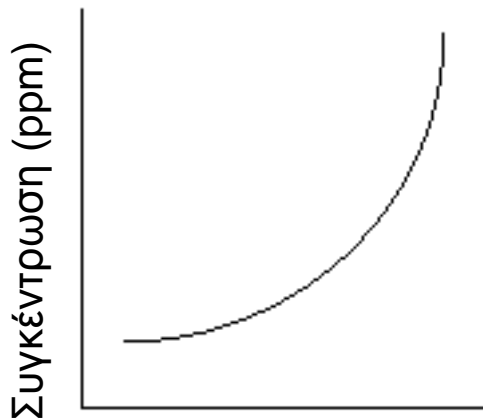


Προβολή αθροιστικής συχνότητας σε χαρτί αριθμητικών πιθανοτήτων.

Επιτρέπει την αναγνώριση :

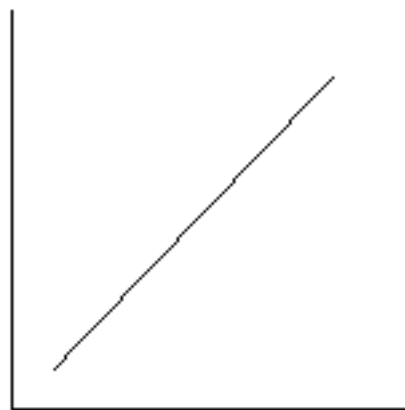
1. είδους κατανομής των δεδομένων (π.χ. κανονική, λογαριθμική).
2. Απόμακρων τιμών.
3. Πολλαπλών πληθυσμών στα δεδομένα.

ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ – ΕΙΔΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

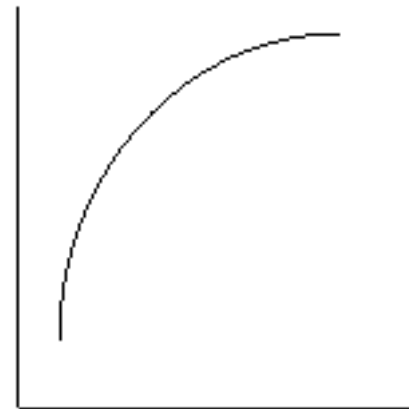


Αθροιστική
συχνότητα (%)

Λοξή κατανομή
με «ουρά» προς
τα δεξιά



Κανονική
κατανομή



Λοξή κατανομή
με «ουρά» προς
τα αριστερά