

ΓΕΩΛΟΓΙΑ.— **Ἡ χρήση τοῦ γένους *Alyssum* σὰν ἀσφαλοῦς γεωβοτανικοῦ-βιογεωχημικοῦ δείκτου στὴ γεωλογικὴ χαρτογράφηση ὑπερβασικῶν πετρωμάτων στὴν Ἑλλάδα**, ὑπὸ *A. E. Κελεπερτζή, R. Reeves* καὶ *A. Baker*,\* διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσοῦλου.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἀπὸ τοὺς ἀρχαίους χρόνους διαπιστώθηκε ἡ ὑπαρξὴ κάποιας σχέσης μεταξὺ τοῦ ἐδάφους καὶ τῆς βλάστησης ποὺ φύεται πάνω σ' αὐτό. Κατὰ τὸν 16ον δὲ αἰῶνα, ὁ *Agricola* παρατήρησε ὅτι ἡ βλάστηση πάνω ἀπὸ μεταλλοφόρες φλέβες ἦταν συχνὰ ἀσυνήθης. Τὰ μεταλλοφόρα ἐδάφη πάνω ἀπὸ τὶς φλέβες αὐτὲς περιεῖχαν ὑψηλὲς συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ὅπως ψευδαργύρου, μολύβδου, χαλκοῦ, νικελίου καὶ κοβαλτίου, ποὺ εἶναι πολὺ τοξικὰ σὲ πολλοὺς ὁργανισμούς. Ὑπάρχουν εἶδη φυτῶν ποὺ ἐμφανίζουν ἀντοχὴ στὰ μέταλλα. Τὰ λεγόμενα ἀνθεκτικὰ φυτὰ εἶναι εἴτε φυλλοὶς εἰδῶν εὐρέως διαδεδομένων ποὺ προσαρμόζονται στὶς συνθήκες τῶν μεταλλοφόρων ἐδαφῶν ἢ μεταλλόφυτα δηλαδὴ φυτὰ ποὺ φύονται μόνον σὲ ἐδάφη πλούσια σὲ βαρέα μέταλλα (*Brooks 1983*).

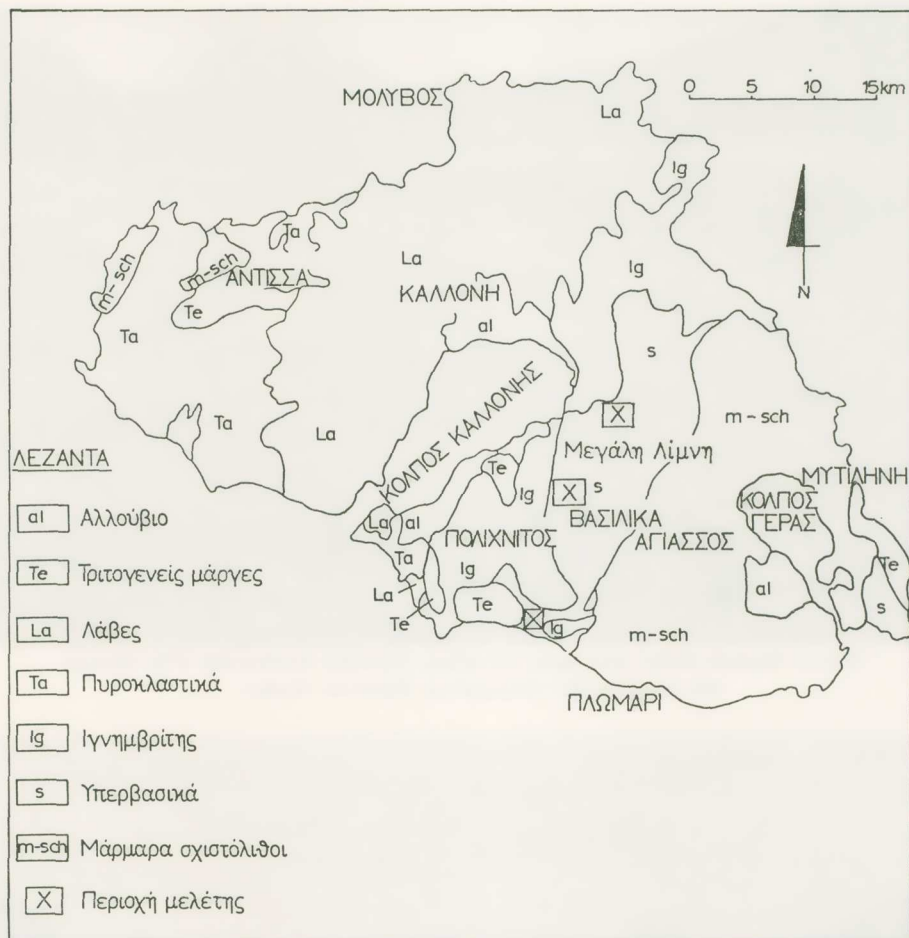
Τὰ φυτὰ μποροῦν νὰ ἀντέχουν στὴ βλαβερὴ ἐπίδραση τῶν βαρέων μετάλλων κατὰ τοὺς ἐξῆς τρόπους:

(α) Μποροῦν νὰ ἐμποδίζουν τὴν εἴσοδο τοῦ μετάλλου στοὺς ἰστούς, (β) μποροῦν νὰ μετατρέπουν τὸ ἀνόργανο μέταλλο μέσα στὰ κύτταρα σὲ κάτι πιὸ ἀβλαβές. Σὲ μερικές περιπτώσεις τὰ μέταλλα συνδυάζονται χημικὰ μὲ ὁργανικὰ μόρια γιὰ νὰ σχηματίσουν ἀβλαβῆ σύμπλοκα.

Τὸ ἔτος 1948, οἱ Ἱταλοὶ βοτανικοὶ *Minguzzi* καὶ *Vergnano* ἀνακάλυψαν ὑψηλὲς συγκεντρώσεις νικελίου στὸ εἶδος *Alyssum bertolinii* ποὺ φύεται σὲ σερπεντινικὰ ἐδάφη τῆς Τοσκάνης. Πρόσφατα, οἱ *Baker, Brooks* καὶ *Reeves* (1988) βρῆκαν ὅτι πάνω ἀπὸ 50 εἶδη τοῦ γένους *Alyssum* τῆς Νότιας Εὐρώπης καὶ Τουρκίας φύονται σὲ ἐδάφη προερχόμενα ἀπὸ τὴν ἀποσάθρωση ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Οἱ συγκεντρώσεις Ni στὰ φυτὰ αὐτὰ εἶναι ὑψηλὲς καὶ εἶναι δεκαπλάσιες τῶν μεγαλύτερων τιμῶν σὲ κανονικὰ φυτὰ.

Στὴν ἐργασία αὕτὴ μελετᾶται ἡ κατανομὴ τοῦ εἴδους *Alyssum Lesbiacum* (τῆς οἰκογένειας *Cruciferae*) στὰ ὑπερβασικὰ πετρώματα τῆς νήσου Λέσβου (Εἰκ. 1).

\* A. E. KELEPERTSIS, R. REEVES, A. BAKER, **The use of the genus *Alyssum* as a safe geobotanical-biogeochemical indicator in geological mapping of Greek ultrabasic rocks.**



Εικ. 1. Γεωλογικός χάρτης τής Λέσβου όπου φαίνονται και οι θέσεις δειγματοληψίας.

Μελετώνται επίσης οι συγκεντρώσεις τών στοιχείων P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Zn, Cd, Pb, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Mn και Ti στα διάφορα μέρη του φυτού καθώς επίσης και στο αντίστοιχο έδαφος πάνω στο οποίο φύεται.

#### ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Έδαφικά δείγματα και δείγματα του φυτού *Alyssum Lesbiacum* συγκεντρώθηκαν κατά το θέρος 1988 (Εικόνες 2 και 3).

Φυτικό ύλικό ζυγίσθηκε μέσα σέ βοριοπυριτικούς δοκιμαστικούς σωλῆνες, και άποτεφρώθηκε στη θερμοκρασία τών 450-500°C, για μία νύχτα. Τò στερεό υπό-





Είλ. 2. Κοντινὸ πλάνο κατανομῆς τοῦ εἴδους *Alyssum Lesbiacum* στὴν περιοχὴ τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων Βασιλικὰ Λέσβου.



Είλ. 3. Μακρινὸ πλάνο κατανομῆς τοῦ εἴδους *Alyssum Lesbiacum* στὴν περιοχὴ τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων Μεγάλῃ Λίμνῃ Λέσβου.

λειμμα (τέφρα) διαλύθηκε σε 2 ml 0,55 M υδροχλωρικού όξέος (5% HCl, Aristar grade acid). Στη συνέχεια οι δοκιμαστικοί σωλήνες ξεπλύθηκαν με ακόμα 4 ml υδροχλωρικού όξέος και σχηματίσθηκε ό τελικός όγκος στα 10 ml.

Τά ευδιάλυτα μέταλλα Ni, Zn, Cd, Pb, Cu, Co και Cr αναλύθηκαν με τη χρήση τής ατομικής απορρόφησης στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Massey, τής Νέας Ζηλανδίας. Τά αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 1.

#### ΓΕΩΒΟΤΑΝΙΚΗ - ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

Στήν Ελλάδα υπάρχουν πολλές έμφανίσεις υπερβασικών πετρωμάτων μεταξύ δέ αυτών τά υπερβασικά πετρώματα Πίνδου, Βούρινου, Όθρυος και Χαλκιδικής είναι τά πλέον αξιοσημείωτα. Όπερβασικά πετρώματα μικροτέρων διαστάσεων άπαντούν σε πολλές άλλες περιοχές τής Ελλάδος όπως στη Λέσβο, Εύβοια, Ρόδο, Τήνο, Κρήτη, Σκύρο, Έδεσσα, Βέρμιο όρος, Λαχανά Κυκλός, Θράκη κ.λπ.

Κατά τη διάρκεια γεωχημικών έρευνών για αναζήτηση θειούχων μεταλλευμάτων στη Βόρεια Ελλάδα (Kelepertzis and Andrulakis 1983, Kelepertzis et al. 1985, Reeves et al. 1986) διαπιστώθηκε ότι όρισμένα είδη του γένους *Alyssum* φύονται άποκλειστικά πάνω σε πλούσια σε Ni έδάφη, που προέρχονται από την άποσάθρωση υπερβασικών πετρωμάτων. Ός παραδείγματα αναφέρονται: τό *Alyssum murale* στην Πίνδο, τό *Alyssum euboicum* Halacsy στην Εύβοια, τό *Alyssum tenium* στην Τήνο, τό *Alyssum smolikanum* Nyar στο όρος Σμόλικας κ.λπ. Σύμφωνα δέ με την έργασία των Baker και Brooks (1989) τά είδη αυτά μπορούν να συγκεντρώνουν αξιοσημείωτα ποσοστά Ni στα διάφορα άέρια τμήματά των και ιδιαίτερα στα φύλλα (>4000 ppm). Η ύψηλή αυτή συγκέντρωση νικελίου στο φυτό άντανακλιόται σε κάποιο βαθμό στο έδαφος πάνω στο όποιο φύεται. Ό Brooks (1983) αναφέρει ότι ή συνάθροιση βαρέων μετάλλων δέν έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρά μόνον όταν ό λόγος τής συγκέντρωσης ενός στοιχείου στο φυτό προς τη συγκέντρωση στο έδαφος παραμένει σταθερός.

Οί χημικές αναλύσεις φυτικών δειγμάτων του είδους *Alyssum Lesbiacum*, έδειξαν ύψηλές τιμές Ni στα φύλλα (19560 ppm) και στο όλικό φυτό (14420 ppm) και τουτο επιβεβαιώνει τά δεδομένα τής διεθνούς βιβλιογραφίας. Άντίθετα οί τιμές των άλλων βαρέων μετάλλων Zn, Cd, Pb, Cu, Co, Cr, Mo και Mn στα φύλλα, στο βλαστό, στη ρίζα και στην όλική μάζα του φυτού είναι πολύ χαμηλές και άντανακλούν τη μικρή διαθεσιμότητα των μετάλλων αυτών στο σερπεντινικό έδαφος. Έξάίρεση άποτελεϊ τό Cr, που άν και βρίσκεται σε ύψηλές συγκεντρώσεις στο έδαφος (687-1496 ppm), έν τούτοις, οί τιμές στο φυτό κυμαίνονται μόνο μεταξύ 0.2 και 73.3 ppm.



ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Χημικές αναλύσεις σερπεντινικών

Θέση δειγματοληψίας	Κωδικός δείγματος	P ppm	K ppm	Ca %	Mg %
Βατερρά - Σταυρός	LE1	163	933	0.622	20.96
Πολυχνίτος	LE2	231	1808	3.32	15.04
Βασιλικά (άγρος)	LE11	188	1317	0.247	12.06
Βασιλικά (δρόμος)	LE12	118	1028	0.357	14.87
Δάσος Μεγάλης Λίμνης	LE14	1320	3278	1.13	5.80

Χημικές αναλύσεις του είδους

Βατερρά - Σταυρός	LE1	φύλλα	668	7100	43600	6560
Βασιλικά (άγρος)	LE11L	»	1444	10320	39250	7360
» »	LE11S	βλαστός	3304	9980	5700	1550
» »	LE11R	ρίζα	2624	8960	2250	796
» »	LE11	όλικό	1888	10070	28880	5540
» »	LE11A	φύλλα	359	5020	24510	5670
Βασιλικά (δρόμος)	LE12	»	743	8610	38330	3210
Μεγάλη Λίμνη	LE16	»	620	4200	44070	5360
Βασιλικά (δρόμος)	LE13	»	354	1190	24510	10580
Δάσος Μεγάλη Λίμνη	LE14	βλαστός	2920	1760	56920	2060
» » »	LE 15	φύλλα + βλαστός	3060	2350	38800	1850
Βασιλικά (δρόμος)	LE18	φύλλα	1148	4970	43780	18430

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις μέχρι τουδε γεωχημικές έρευνες στη Βόρεια Ελλάδα προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

(1) Όρισμένα είδη του φυτικού γένους *Alyssum* περιορίζονται σε σερπεντινικά έδαφη που προέρχονται από την αποσάθρωση υπερβασικών πετρωμάτων και μπορούν κατά συνέπεια να χρησιμοποιηθούν ως γεωβοτανικοί-βιογεωχημικοί δείκτες

ἐδαφῶν τῆς νήσου Λέσβου

Na ppm	Fe ‰	Al ‰	Zn ppm	Cd ppm	Pb ppm	Cu ppm	Ni ppm	Co ppm	Cr ppm	Mo ppm	Mn ppm	Ti ppm
924	5.26	0.866	154	4.9	86	20	1705	80	901	47	824	217
963	6.55	1.31	140	5.3	31	22	2350	120	1496	47	2248	235
831	6.56	0.918	114	4.4	18	24	2238	115	865	47	1014	298
815	8.78	1.14	115	5.9	25	22	2979	226	1145	49	2269	198
1066	4.99	2.84	180	3.6	47	41	1801	63	687	40	1308	592

Alyssum Lesbiacum σέ (ppm)

1150	155	175	26	0.9	6.5	2.3	4298	29.5	0.3	4	156	9
253	95	60	44	2.1	17.3	3.7	19560	26.2	0.4	5	176	8
68	49	26	47	0.2	5	2.8	2540	2.2	0.4	1	41	2
63	64	24	50	0.2	3	1.9	1606	0.9	0.2	1	14	1
198	84	50	45	1.5	12.8	3.3	14420	19.0	0.4	4	132	6
657	238	165	23	1.5	11	2.0	12000	12.4	5.1	4	37	7
423	203	112	31	1.5	11	2.5	11030	13.4	7.4	4	65	7
679	120	120	31	1.6	8.9	1.9	16350	10.8	3.7	4	23	8
696	1840	890	34	2.7	13	2.7	16940	25.8	26.4	8	204	16
196	383	529	129	1.0	6.5	3.2	2900	3.1	7.3	3	46	12
132	489	672	70	1.7	7.6	4.3	8170	7.7	0.3	3	50	12
293	3810	1190	45	3.5	10	5.1	11500	55.3	73.3	12	412	22

στή γεωλογική χαρτογράφηση υπερβασικών σωμάτων ιδιαίτερα όπου οί ἐπιφανειακές ἐμφανίσεις εἶναι σπάνιες.

(2) Οί τιμές Ni στήν ξηρά μάζα τῶν φυτῶν αὐτῶν εἶναι πολὺ ὑψηλές (δεκαπλάσιες τῶν μεγαλύτερων τιμῶν σέ κανονικά φυτά) καὶ ἀντανανκλῶν τίς ἐπίσης ὑψηλές τιμές Ni στὰ σερπεντινικά ἐδάφη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baker, A. J. M., Brooks, R. R. and Reeves, R., Growing for gold and copper and zinc. *New Scientist* 10 March 1988, pp. 44-47, 1988.
- Baker, A. J. M. and Brooks, R. R., Terrestrial Higher Plants which Hyperaccumulate Metallic Elements — A Review of their Distribution, Ecology and Phytochemistry, *Biorecovery*, Vol. 1, pp. 81-126, 1989.
- Brooks, R. R., Biological methods of prospecting for minerals. Wiley, New York, 1983.
- Kelepertzis, A. E. and Andrulakis, I., Geobotany-biogeochemistry for mineral exploration of sulphide deposits in northern Greece — heavy metal accumulation by *Rumex acetosella* L. and *Minuartia verna* (L.) Hiern. *J. Geochem. Explor.*, 18:267-274, 1983.
- Kelepertzis, A. E., Andrulakis, I. and Reeves, R. D., *Rumex acetosella* L. and *Minuartia verna* (L.) Hiern as geobotanical and biogeochemical indicators for ore deposits in northern Greece. *J. Geochem. Explor.*, 23, 203-212, 1985.
- Reeves, R. D., Kelepertzis, A. E., Andrulakis, I. and Hill, L. F., Biogeochemical studies of areas of sulphide mineralization in Northern Greece. *J. Geochem. Explor.*, 26, 161-175, 1986.
- Minguzzi, C. and Vergnano, O., Il contenuto di nickel nelle ceneri di *Alyssum bertolinii* Desv., *Mem. Soc. Tosc. Sci. Nat.*, A 55, 49-77, 1948.

## SUMMARY

**The use of the genus *Alyssum* as a safe geobotanical — biogeochemical indicator in geological mapping of Greek ultrabasic rocks.**

This paper deals with the distribution of the plant species *Alyssum Lesbiacum* in Lesbos island. It was found that this plant is exceptionally enriched in nickel (about 19560 ppm in dried leaves), growing on the weathering products of ultrabasic rocks (serpentine soils) in Lesbos island. The concentrations of P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, Zn, Cd, Pb, Cu, Co, Cr, Mo, Mn and Ti are normal. Based on the results of the distribution of *Alyssum Lesbiacum* in Lesbos and the distribution of other species of *Alyssum* growing on Greek ultrabasics we conclude that these high nickel accumulators can be used as geobotanical-biogeochemical indicators to define the boundaries of concealed ultrabasic rocks where there might be a variety of valuable ores such as chromite, asbestos and magnesite as well as nickel.



----- Ρεύμα 3ης τάξης  
 ——— Ρεύμα 4ης τάξης

ΚΑΙΜΑΚΑ

0 1 2 km



Σχήμα 1. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της Καρπίας



