

ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΙΑ.— **Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν φωσφοριτῶν τῆς Ἠπείρου, ὑπὸ Α. Μουσσούλου - Α. Κοντοπούλου - Ν. Ποταμιάνου \***.

Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μουσσούλου.

Εἶναι ἀπὸ ἐτῶν γνωστὴ ἡ παρουσία συγκεκριμένου φωσφοριτοφόρου ὄριζοντος ἐντὸς τῶν ἰζημάτων τῆς Ἰονίου Ζώνης [1]. Ἐμφανίσεις τοῦ ὄριζοντος αὐτοῦ ἔχουν ἐντοπισθῆ εἰς πολλὰ σημεῖα τῆς Ἠπείρου (εἰκ. 1) καὶ ἀπετέλεσαν ἀντικείμενον ἐντατικῆς μελέτης ἀπὸ τὸ Ἴνστιτοῦτον Γεωλογίας καὶ Μεταλλευτικῶν ἔρευνῶν μὲ στόχον τὸν προσδιορισμὸν ἀποθεμάτων, ποὺ νὰ ἐπιτρέπουν, ἀπὸ ἀπόψεως ποσότητος καὶ ποιότητος τὴν παραγωγή ἐμπορικῶν ἐμπλουτισμάτων φωσφορίτου. Τέτοια ἐμπλουτίσματα εἰσάγονται σήμερον μὲ ρυθμὸν 700 - 800.000 τόνων τὸν χρόνον καὶ ἐπιβαρύνουν τὸ συναλλαγματικὸν ἰσοζύγιον τῆς Χώρας μας μὲ ποσὸν τῆς τάξεως τῶν 80.000.000 δολλαρίων.

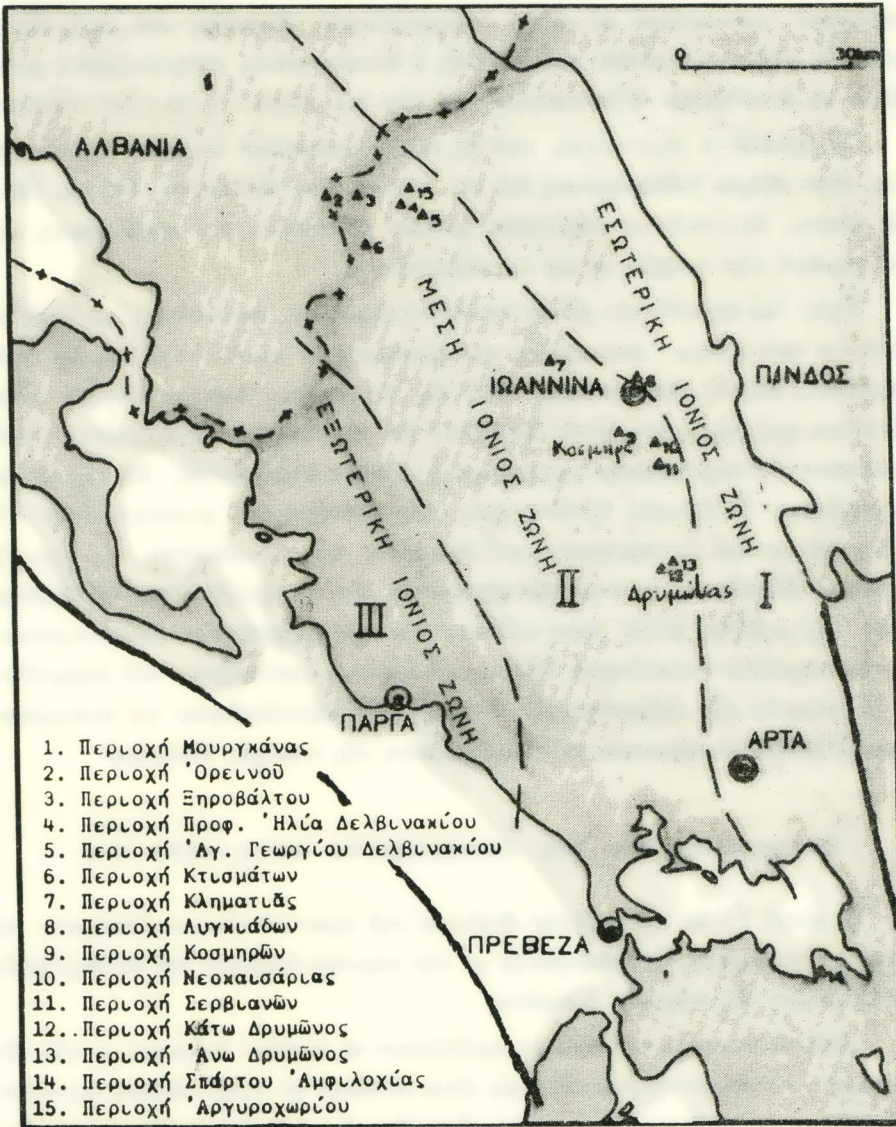
Ὁ φωσφοριτοφόρος ὄριζων ἀποτελεῖ μέλος τῆς ἰζηματογενοῦς σειρᾶς τῆς Βίγκλας καὶ εὐρίσκεται παρὰ τὴν κορυφὴ αὐτῆς, πλησίον τῆς ἐπαφῆς μὲ τοὺς ἀσβεστολίθους τοῦ Ἀνωτέρου Σενωνίου. Ἐχει πάχος 5 ἕως 10 μ. καὶ συνίσταται ἀπὸ ἐναλλαγὰς λεπτῶν στρωμάτων ἀνοιχτόχρωμου ἢ καὶ μέλανος κερατολίθου καὶ λευκοῦ ἕως ὑποκιτρίνου ἀσβεστολίθου. Ἐντὸς τοῦ τελευταίου παρουσιάζονται λεπτὲς ἐνστρώσεις ὑποκιτρίνου φωσφορίτου.

Ἡ περιεκτικότης εἰς  $P_2O_5$  εἶναι κατὰ κανόνα χαμηλὴ, τῆς τάξεως 3 ἕως 7%. Κατὰ τόπους ὅμως ἀπαντοῦν πλουσιώτερα τμήματα, ὅπως π. χ. εἰς τὰς περιοχὰς Κοσμηρᾶ, Κολωνάτου κλπ. ὅπου ἔχουν ἤδη ἐντοπισθῆ σημαντικὰ ἀποθέματα μὲ περιεκτικότητα 10 καὶ 15 %.

Σὲ ὠρισμένες δὲ θέσεις ἐκεῖ ὅπου ἡ προχωρημένη διάβρωσις τῶν ὑπερκειμένων διηκόλυσε τὴν διείδυσιν τῶν ὀμβρίων ὑδάτων, τὸ πρωτογενὲς μέταλλευμα ὑπεβλήθη εἰς λατεριτικὴν διεργασίαν μὲ ἀποτέλεσμα τὸν τοπικὸν ἐμπλουτισμὸν εἰς  $P_2O_5$  καὶ τὴν ἀνάπτυξιν συγκεντρώσεων δευτερογενοῦς μεταλλεύματος μὲ περιεκτικότητος ἀνωτέρας τοῦ 15 %  $P_2O_5$ . Τυπικὸν παράδειγμα τέτοιων συγκεντρώσεων παρέχουν τὰ κοιτάσματα τῆς περιοχῆς Δρυμῶνος.

Κάτω ἀπὸ τὰς συνθήκας αὐτὰς ὁ φωσφοροῦχος ὄριζων τῆς Ἠπείρου παρουσιάζεται ὡς ἕνας ἐκτεταμένος μεταλλοφόρος σχηματισμὸς ποὺ μπορεῖ νὰ

\* L. MOUSSOULOS - A. KONTOPOULOS - N. POTAMIANOS, **Research on the beneficiation of the Epirus phosphate rock.**



Εἰκ. 1. Θέσεις τῶν κυριωτέρων ἐμφανίσεων φωσφορικῶν ἀσβεστολίθων τῆς Ἠπείρου (I: ἐσωτερικὴ Ἰόνιος ζώνη, II: μέση Ἰόνιος ζώνη, III: ἐξωτερικὴ Ἰόνιος ζώνη) [1].

περικλείη σημαντικά αποθέματα πτωχού μεταλλεύματος φωσφορίτου υπό μορφήν διασπάρτων κοιτασμάτων με μέσας περιεκτικότητας άνωτέρας του 10%  $P_2O_5$ . Πρόκειται περί κοιτασμάτων πρωτογενούς ή δευτερογενούς μεταλλεύματος χωρίς βέβαια να αποκλείεται ή συνύπαρξις και των δύο τύπων εις τὸ αὐτὸ κοίτασμα.

Ἡ ἀποδοτικὴ ἀξιοποίησις τῶν ὡς ἄνω κοιτασμάτων ἀποτελεῖ ἀναμφισβήτητα, θέμα ἐξόχου ἐνδιαφέροντος διὰ τὴν ἐθνικὴν μας οἰκονομίαν. Εἰς τὴν βᾶσιν μιᾶς τέτοιας ἀξιοποιήσεως εὐρίσκεται φυσικὰ ἡ ἐπίλυσις τοῦ προβλήματος τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν πτωχῶν αὐτῶν μεταλλευμάτων.

Πρὸς τὴν κατεύθυνσιν αὐτὴν συνεκεντρώσαμε τὰς προσπάθειάς μας κατὰ τὰ τελευταῖα τρία χρόνια. Ἀποτέλεσμα τῶν προσπαθειῶν αὐτῶν ὑπῆρξε ἡ πρὸ ἔτους ἀνακοίνωσις μας εἰς τὴν συνεδρίαν 1315 τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν ὑπὸ τὸν τίτλον «Ἐμπλουτισμὸς τῶν φωσφοριτῶν Δρυμῶνος διὰ τῆς Μεθόδου Ἐπιπλεύσεως» ὅπου προτείνεται καὶ περιγράφεται συγκεκριμένη μέθοδος ἐπιπλεύσεως, διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται ἀποδοτικὸς ἐμπλουτισμὸς τῶν δευτερογενῶν μεταλλευμάτων. Ἡ μελέτη ἐγένετο ἐπὶ ἀντιπροσωπευτικοῦ δείγματος τῶν κοιτασμάτων τῆς περιοχῆς Δρυμῶνος. Εἴμεθα σήμερον εἰς τὴν εὐχάριστον θέσιν ν' ἀναγγείλωμε τὴν προσαρμογὴν τῆς μεθόδου αὐτῆς πρὸς κάλυψιν καὶ τῶν πρωτογενῶν μεταλλευμάτων. Εἰς τὴν παροῦσαν ἀνακοίνωσιν δίδονται αἱ σχετικαὶ λεπτομέρειαι καὶ παρατίθενται τὰ στοιχεῖα τῶν ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν ποὺ ἐξετελέσθησαν ἐπὶ ἀντιπροσωπευτικοῦ δείγματος πρωτογενούς μεταλλεύματος τῆς περιοχῆς Κοσμηρᾶ.

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ

Ὁ πίναξ I δίδει τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν τοῦ πρωτογενούς μεταλλεύματος τῆς περιοχῆς Κοσμηρᾶ εἰς ἀντιπαραβολὴν μετὰ τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν τοῦ δευτερογενούς μεταλλεύματος τῆς περιοχῆς Δρυμῶνος.

Ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τοῦ πίνακος προβάλλουν αἱ μεγάλαι διαφοραὶ μεταξὺ τῶν δύο τύπων: τὸ πρωτογενὲς μέταλλευμα εἶναι πλούσιον σὲ ἀσβεστολιθικά συστατικά ἐν ἀντιθέσει μετὰ τὸ δευτερογενὲς ὅπου δεσπόζει ἡ παρουσία ἐνώσεων πυριτίου

Εἰς τὸν πίνακα II παρέχονται πληροφοροὶαι ἐπὶ τῆς κοκκομετρικῆς συστάσεως τοῦ μεταλλεύματος Κοσμηρᾶ καὶ τῆς χημικῆς συστάσεως τῶν διαφόρων αὐτοῦ κλασμάτων.

Παρατηρεῖται ἀμέσως ὅτι ἡ περιεκτικότης  $P_2O_5$  εἰς ὅλα γενικῶς τὰ κλάσματα εἶναι σχετικὰ ὑψηλὴ καὶ παραμένει ἀνωτέρα τοῦ 10%. Δὲν μπορεῖ ἐπομένως νὰ γίνῃ σκέψις ἀπομακρύνσεως μέρους τοῦ μεταλλεύματος διὰ προκαταρκτικοῦ

## Π Ι Ν Α Κ Σ

Χημική ανάλυσις του πρωτογενούς μεταλλεύματος (Κοσμηρά)  
και του δευτερογενούς μεταλλεύματος (Δρυμώνα).

	Πρωτογενές Κοσμηρά %	Δευτερογενές Δρυμώνα %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	14,70	17,03
CaO . . . . .	51,15	29,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,38	4,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,21	2,31
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3,20	36,64
MgO . . . . .	0,55	0,24
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0,02	0,02
K . . . . .	0,06	0,02
Na . . . . .	0,54	0,02
F . . . . .	1,40	1,54
Cl . . . . .	0,25	0,25
A. Π. (230 <sup>0</sup> C) . . . . .	0,04	1,43
A. Π. (1000 <sup>0</sup> C) . . . . .	26,90	8,36
CaO / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	3,48	1,704
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) / P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,040	0,388
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / F . . . . .	10,50	11,06

## Κοκκομετρική σύσταση του μεταλλεύματος Κοσ

Κόσκινο	Βάρος %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %		CaO %		CaO P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	
		Περ/της	Κατ/μλή	Περ/της	Κατ/μλή		Περ/της	Κατ/μλή	Περ/της	Κατ/μλή
+ 25 mm	30,1	13,84	28,2	52,05	30,5	3,761	0,29	23,4	0,20	
+ 20 mm	15,8	14,56	15,6	52,06	16,0	3,576	0,28	11,8	0,24	
+ 15 mm	15,8	15,95	17,0	51,79	15,9	3,247	0,31	13,1	0,21	
+ 12 mm	10,6	15,88	11,2	50,43	10,4	3,176	0,38	10,8	0,27	
+ 6 mm	13,2	16,48	14,7	50,62	13,0	3,072	0,40	14,1	0,38	
+ 3 mm	6,0	14,55	5,9	51,43	6,0	3,535	0,38	6,1	0,24	
+ 1 mm	4,7	13,33	4,3	50,58	4,6	3,795	0,49	6,2	0,32	
+ 0,5 mm	1,9	11,65	1,6	49,60	1,9	4,258	0,97	4,9	0,57	
+ 0,5 mm	1,9	10,80	1,5	46,51	1,7	4,303	1,89	9,6	1,70	
Άρχικό δείγμα ύπολογ.	100,0	14,77	100,0	51,35	100,0	3,477	0,37	100,0	0,28	1

11.

- Χημική ανάλυσις τῶν διαφόρων κλασμάτων.

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ἀπώλ. πυρώσεως 1000 <sup>o</sup> C		SiO <sub>2</sub> %		TiO <sub>2</sub> % Περ/της	MgO % Περ/της	K % Περ/της	Na % Περ/της
	Περ/της	Κατ/μὴ	Περ/της	Κατ/μὴ				
0,035	27,25	30,6	2,98	28,4	0,02	0,56	0,05	0,53
0,036	26,58	15,6	2,40	12,5	0,02	0,52	0,05	0,52
0,033	27,00	15,9	2,10	10,5	0,02	0,58	0,05	0,60
0,041	26,50	10,5	3,76	12,6	0,02	0,60	0,06	0,58
0,047	26,43	13,0	3,14	13,2	0,02	0,57	0,06	0,58
0,043	26,07	5,8	3,76	7,2	0,02	0,51	0,06	0,50
0,060	27,34	4,8	4,46	6,5	0,02	0,61	0,07	0,48
0,132	28,15	2,0	5,72	3,4	0,02	0,54	0,12	0,41
0,333	26,50	1,8	9,16	5,7	0,02	0,74	0,22	0,40
0,004	26,85	100,8	3,15	100,0	0,02	0,56	0,06	0,54

διαχωρισμοῦ ὅπως ἐγένετο εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ δευτερογενοῦς μεταλλεύματος τοῦ Δρυμῶνος.

Ἄξιον ἰδιαιτέρας προσοχῆς εἶναι ἡ ἐντυπωσιακὴ σταθερότης τῆς χημικῆς συστάσεως τῶν διαφόρων κλασμάτων. Ἐὰν ἐξαιρεθῇ τὸ κλάσμα  $-1$  mm ποῦ ἀντιπροσωπεύει μόνον τὸ 2,8%, αἱ περιεκτικότητες εἰς  $P_2O_5$ , CaO καὶ  $SiO_2$  ὅλων τῶν ἄλλων κλασμάτων κινουῦνται ἐντὸς στενῶν ὁρίων. Συγκεκριμένα, τὸ  $P_2O_5$  κυμαίνεται ἀπὸ 13,33 ἕως 16,48%, τὸ CaO ἀπὸ 50,43 ἕως 52,06%, καὶ τέλος, τὸ  $SiO_2$  ἀπὸ 2,10 ἕως 4,46%. Διὰ τὸ κλάσμα  $-0,5$  mm ποῦ ἀντιπροσωπεύει τὸ 1,9% σημειοῦνται αἱ μεγαλύτερα ἀποκλίσεις μὲ ἀντιστοίχους τιμὰς 10,80%, 46,51% καὶ 9,16%. Εἰς τὸ κλάσμα αὐτὸ ἐμφανίζεται ἐπίσης κάποια αὔξησις εἰς τὰς περιεκτικότητας  $Al_2O_3$  καὶ  $Fe_2O_3$  ποῦ πρέπει νὰ ὀφείλεται εἰς τὴν παρουσίαν ἀργιλικῶν ὑλικῶν προερχομένων, κατὰ πᾶσαν πιθανότητα, ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα τοῦ κοιτάσματος πετρώματα.

Ἀπὸ ἀπόψεως ὀρυκτολογικῆς συστάσεως σειρά προσδιορισμῶν διὰ περιθλάσεως ἀκτίνων X δίδει ὡς κύρια συστατικὰ τὸν φωσφορίτην [ $Ca_3(PO_4)_2 \cdot nH_2O$ ], τὸν χαλαζιαν ( $\alpha. SiO_2$ ) καὶ τὸν ἀσβεσίτην ( $CaCO_3$ ).

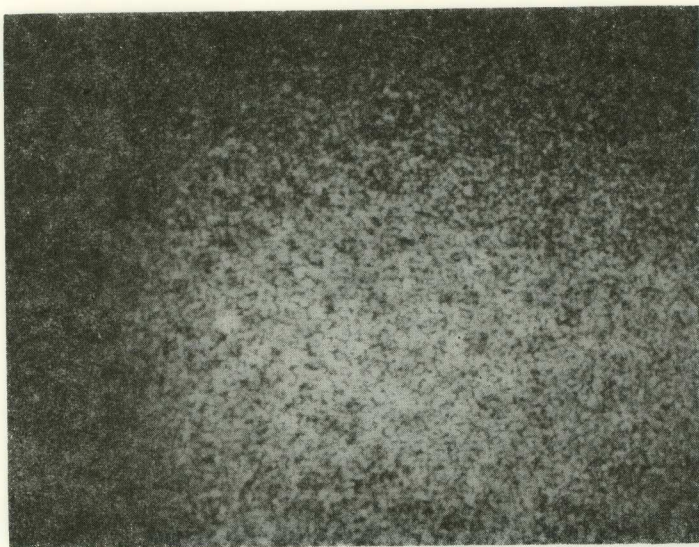
Πρόκειται περὶ τῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὅποια συναντῶνται καὶ εἰς τὸ δευτερογενὲς μετάλλευμα [2]. Ἡ διασπορὰ τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν ἐμελετήθη μὲ τὴν μέθοδον τῆς ἠλεκτρονικῆς μικροαναλύσεως. Χαρακτηριστικαὶ εἰκόνες σαρώσεως ἀπὸ ἓνα τυπικὸν δείγμα φαίνονται εἰς τὴν εἰκ. 2. Ἀπὸ τὴν εἰκόνα αὐτὴ γίνεται φανερόν ὅτι ὑπάρχουν διακεκριμένα ἀσβεστολιθικά τεμαχίδια διαστάσεων τῆς τάξεως τῶν 100 μ. (150 Tyler Mesh), ποῦ περιβάλλονται ἀπὸ φωσφοροῦχον ὑλικόν. Ἡ κατανομὴ τοῦ πυριτίου εἶναι ὁμοιόμορφος.

#### ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

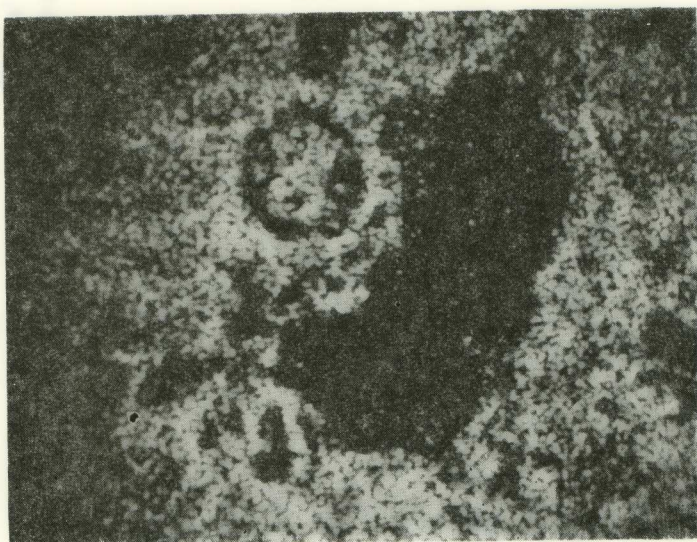
Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω χαρακτηριστικὰ τοῦ μεταλλεύματος καὶ τὰς μικροσκοπικὰς παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς δομῆς αὐτοῦ εἰς ὅ,τι ἀφορᾷ τὸ μέγεθος τοῦ κόκκου καὶ τὴν σύστασιν τῶν μικτῶν φάσεων καθίσταται φανερόν, ὅτι ἡ λύσις τοῦ προβλήματος τοῦ ἐμπλουτισμοῦ δὲν μπορεῖ νὰ ἀναζητηθῇ ἐκτὸς τῆς περιοχῆς τῆς ἐπιπλεύσεως.

Σύμφωνα μὲ τὴν ὑπάρχουσαν βιβλιογραφίαν [3, 4, 5, 6, 7], μεταλλεύματα μὲ ἀνθρακικὰ στεῖρα ἐμπλουτίζονται συνήθως διὰ τῆς τεχνικῆς τῆς ἀντιστροφῆς ἐπιπλεύσεως, κατὰ τὴν ὁποία διενεργεῖται ἐπίπλευσις τοῦ ἀσβεσίτου μὲ παρεμπόδισιν τῆς ἐπιπλεύσεως τοῦ φωσφορίτου.

Ὁ διαχωρισμὸς ἀσβεσίτου - φωσφορίτου ἐπιτυγχάνεται μὲ ἀνιονικούς συλλέκτας (λιπαρὰ ὀξέα καὶ σάπωνας τούτων) μέσα εἰς ὄξινον περιβάλλον ( $PH=4$  ἕως 6),



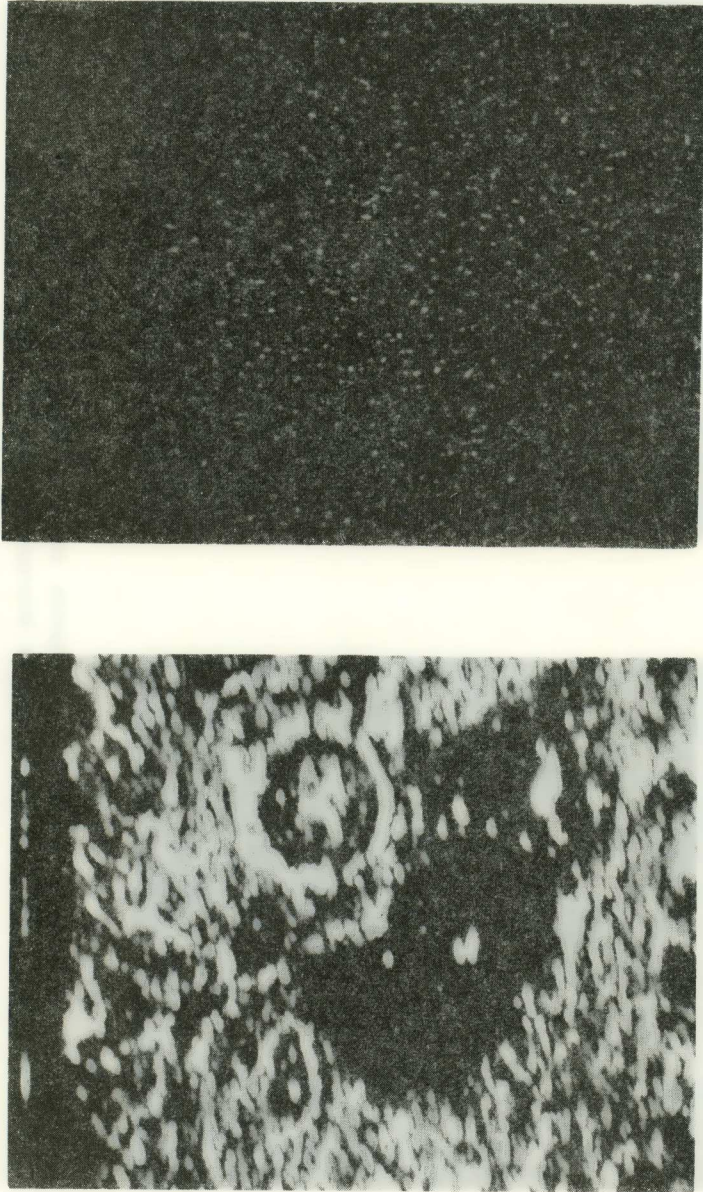
**β. Si**



**α. Ανακλώμενα ηλεκτρόνια**

Είχ. 2. Ήλεκτρονική μικροανάλυση δείγματος μεταλλεύματος Κορηγᾶ. Εικόνες σαρώσεως :  
(α) Ανακλώμενον ηλεκτρονίων, (β) Si.





γ. P

δ. Ca

Εικ. 2. Ήλεκτρονική μικροανάλυση δείγματος μεταλλεύματος Κοσμηρά. Είκονες σαρώσεως : (γ) P, (δ) Ca.

όπου παρεμποδίζεται αποτελεσματικῶς ἡ ἐπίπλευσις τοῦ φωσφορίτου. Τὸ ὄξινο περιβάλλον διαλύει ἐκλεκτικῶς κατιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  καὶ ἀνιόντα  $\text{CO}_3^{2-}$  ἀπὸ τὸ πλέγμα τοῦ φωσφορίτου καὶ τοῦ ἀσβεστίτου ἀντιστοίχως [4], μὲ ἀποτέλεσμα τὴν μείωσιν εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν καὶ τὴν αὔξησιν εἰς τὴν δευτέραν, τῶν κέντρων προσροφήσεως τοῦ ἀνιονικοῦ συλλέκτου εἰς τὰς ἐπιφανείας τῶν ἀντιστοίχων ὀρυκτῶν. Μὲ τὸν μηχανισμόν αὐτὸν μειώνεται ἡ ἐπιπλευσιμότης τοῦ φωσφορίτου καὶ αὐξάνεται ἡ ἐπιπλευσιμότης τοῦ ἀσβεστίτου [4].

Τὸ ΡΗ τοῦ πολφοῦ ρυθμίζεται μὲ ὀρθοφωσφορικὸν ὀξύ, τὸ ὁποῖον ὑπὸ δεδομένης συνθήκας ΡΗ καὶ πυκνότητος πολφοῦ διαλύει ἐλαχίστην μόνον ποσότητα φωσφορίτου καὶ ἀσβεστίτου εἰς σύγκρισιν μὲ ἄλλα ὀξέα [4, 7]. Παρουσιάζονται συνήθως δυσχέρειαι εἰς τὴν παραγωγὴν καὶ συντήρησιν τοῦ καταλλήλου ἀφροῦ μέσα εἰς ὄξινο πολφὸν καὶ παρουσία λιπαρῶν ὀξέων. Αἱ δυσχέρειαι ὅμως αὐταὶ ἀντιμετωπίζονται μὲ τὴν χρῆσιν εἰδικοῦ ἀφριστοῦ, τῆς θεϊκῆς δωδεκακυλμίνης τοῦ νατρίου, γνωστῆς εἰς τὸ ἐμπόριον ὑπὸ τὸ ὄνομα Texaron K12 [5].

Ἡ ἐπίπλευσις τοῦ ἀσβεστίτου ἐπηρεάζεται δυσμενῶς ἀπὸ τὴν παρουσίαν λεπτοτάτων κόκκων (slimes) καὶ τοῦτο ἀσχέτως τῆς ὀρυκτολογικῆς φύσεως αὐτῶν. Τὸ μέγεθος κάτω τοῦ ὁποίου ἐκδηλοῦται ἡ δυσμενὴς ἐπίδρασις προσδιορίζεται πειραματικῶς καὶ διαφέρει κατὰ περίπτωσιν.

#### ΔΟΚΙΜΑΙ ΕΠΙΠΛΕΥΣΕΩΣ

Ὅπως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν δευτερογενῶν μεταλλευμάτων τοῦ Δρυμῶνος ὡς στόχος ἐτέθη ἡ λήψις συμπυκνώματος, τοῦ ὁποίου τὰ ποιοτικὰ χαρακτηριστικὰ νὰ ἐμπίπτουν, κατὰ τὸ δυνατόν, μέσα στὰ ὄρια ποῦ καθορίζονται ἀπὸ τὶς ἀναλύσεις τῶν σημερινῶν εἰσαγωγῶν. Τὰ ὄρια αὐτὰ δίδονται, διὰ τὰς εἰσαγωγὰς τοῦ 1978, εἰς τὸν πίνακα III.

Μὲ γνώμονα λοιπὸν τὰ ἀνωτέρω δεδομένα, τὸ μετάλλευμα ὑπεβλήθη εἰς θραῦσιν κάτω τῶν 2 mm διὰ θραυστήρος σιαγόνων (jaw crusher) καὶ κυλίνδρων (roll crusher). Ἠκολούθησε ὑγρὰ λειοτριβήσις μὲ πυκνότητα πολφοῦ 50% στερεὰ εἰς τρόπον ὥστε ποσοστὸν 95% τοῦ βάρους νὰ διέρχεται διὰ κοσκίνου τῶν 100 mesh (0,149 mm). Ἀπὸ τὸ θραυσθὲν καὶ λειοτριβηθὲν δεῖγμα ἀπεμακρύνθη τὸ ὑπερλεπτομερὲς μέρος (slimes) μὲ συσκευὴν ἐκπλύσεως (elutriation).

Τὸ μέρος τοῦτο ἀντιπροσωπεύει τὸ 33,7% τοῦ βάρους καὶ παρασύρει τὸ 30,30% τοῦ περιεχομένου  $\text{P}_2\text{O}_5$  ἢ ἀπόρριψίς του δὲν ἐπιφέρει καμμίαν βελτίωσιν εἰς τὸν δείκτην ποιότητος  $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ . Τὸ ὑπόλοιπον τοῦ λειοτριβηθέντος δείγμα-

## Π Ι Ν Α Ξ Ι Ι Ι.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά τῶν ἐμπλουτισμάτων φωσφορίτου  
 πού εἰσήχθησαν κατὰ τὸ 1978.

$P_2O_5$ . . . . .	29,00	ἕως	32,21
$CaO / P_2O_5$ . . . . .	1,59	»	1,69
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . . . . .	1,00	»	1,65
$F / SiO_2$ . . . . .	1,00	»	2,08
Cl . . . . .	0,02	»	0,057
$CO_2$ . . . . .	4,23	»	8,00

τος πού ἀντιπροσωπεύει εἰς βάρος τὸ 66,30 % καὶ περιέχει τὸ 69,70 % τοῦ συνολικοῦ  $P_2O_5$  ἐρησιμοποιοῦν διὰ τὰς δοκιμὰς ἐπιπλεύσεως, αἱ ὁποῖαι διεξήχθησαν ἐπὶ βάρους 500 g. μὲ ἐργαστηριακὴν μηχανὴν Denver.

Αἱ συνθήκες διεξαγωγῆς τῶν δοκιμῶν καθορίσθησαν κατόπιν σειρᾶς προκαταρκτικῶν δοκιμῶν ὡς ἀκολουθῶς.

Πυκνότης πολφοῦ: 40% εἰς στερεὰ κατὰ βάρος. Ἀντιδραστήρια καὶ τρόπος προσθήκης αὐτῶν: Ὁρθοφωσφορικό ὀξὺ 5%, ὡς ρυθμιστῆς τοῦ PH. Ἀντιδραστήριο 710 τῆς American Cyanamid Company ὡς συλλέκτης. Τεχαρον K12 5% ὡς ἀφριστικόν. Ἀνάδευσις ἐπὶ 5 λ' μετὰ τὴν προσθήκην τοῦ ὀρθοφωσφορικοῦ ὀξέος. Προσθήκη τοῦ συλλέκτου εὐθὺς ἀμέσως καὶ νέα ἀνάδευσις διαρκείας 5 λ'. Τὸ ἀφριστικὸν προστίθεται εἰς τὸ τέλος τῆς ἀναδέυσεως τοῦ συλλέκτη καὶ δὲν ἀπαιτεῖ χρόνον διὰ διασποράν του, δοθέντος ὅτι εἶναι διαλυτὸν εἰς τὸ ὕδωρ.

Ἐπίπλευσις τοῦ ἀσβεστίου: Μετὰ τὴν κατὰ τὰ ἀνωτέρω προσθήκην τῶν ἀντιδραστηρίων καὶ ἀνάδευσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἐπιτυγχάνεται καὶ ἡ προετοιμασία (conditioning) τοῦ πολφοῦ, προστίθεται ὕδωρ διὰ ἀραίωσιν αὐτοῦ καὶ ρύθμισιν τῆς πυκνότητος εἰς 20% στερεὰ κατὰ βάρος. Ἀρχίζει τότε ἡ ἐπίπλευσις μὲ θέσιν εἰς λειτουργίαν τοῦ ἀναδευτήρος καὶ ταυτόχρονον ἀερισμὸν τοῦ πολφοῦ. Ὅπως προκύπτει ἀπὸ σειρᾶν δοκιμῶν, ὁ ἀπαιτούμενος διὰ ὀλοκλήρωσιν τῆς ἐπιπλεύσεως χρόνος εἶναι περίπου 10 λ'.

Μὲ τὴν ἀνωτέρω διαδικασίαν ἐξετελέσθη σειρά δοκιμῶν μὲ ἱκανοποιητικὰ καὶ ἐπαναλήψιμα ἀποτελέσματα. Εἰς τὸν πίνακα IV δίδονται τὰ πλήρη στοιχεῖα

## Π Ι Ν Α Κ Η Ι V.

Αποτελέσματα και λεπτομέρεια τυπικής δοκιμής εμπλουτισμού φωσφορίτου εκ του κοιτάσματος Κοσμηρά.

Προϊόντα εμπλουτισμού	Βάρος % επί R-O-M	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %		Απώλεια πυρόσεως % εις 1000°C		CaO P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\frac{Fe_2O_3 + Al_2O_3}{P_2O_5}$
		Περιεκτ. Κατανομή	Κατανομή	Περιεκτ. Κατανομή	Κατανομή		
Slimes λειοτριβήσεως (απορρίπτονται)	33,7	14,00	30,3	27,10	33,8	3,427	0,050
Επιπλέοντα (απορρίπτονται)	33,5	3,76	8,2	38,99	48,3	13,963	0,040
Τέλμα (εμπλούτισμα φωσφορίτου)	32,8	29,19	61,5	14,69	17,9	1,768	0,029
R-O-M ύπολογιστικός	100,0	15,55	100,0	27,00	100,0	—	—
R-O-M αναλυτικός	100,0	14,70	100,0	26,90	100,0	3,480	0,040

μιᾶς τέτοιας δοκιμῆς. Αἱ καταναλώσεις ἀντιδραστηρίων ποὺ ἀναφέρονται εἰς τὸν πίνακα ἀνάγονται εἰς τὸν τόννον τροφοδοσίας (ROM).

Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ παρατηρηθῇ ὅτι δὲν ἔχει ἀκόμα ὀλοκληρωθῇ ἡ ἔρευνα διὰ τὸν λεπτομερῆ καθορισμὸν τῶν συνθηκῶν ἀριστοποιήσεως. Εἶναι λογικὸν νὰ ἀναμένεται ὅτι μιὰ τέτοια ἔρευνα θὰ ἐπιτρέψῃ τὴν βελτίωσιν τῆς ποιότητος τοῦ λαμβανομένου ἐμπλουτίσματος, ἐνδέχεται δὲ νὰ ἐπηρεάσῃ εὐνοϊκὰ καὶ τὴν ἀπόδοσιν δεδομένου ὅτι ἡ ἀπώλεια ὀφείλεται βασικῶς εἰς τὴν ἀρχικὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ ὑπερλεπτοκόκκου κλάσματος διὰ τὸ ὅποιον παραμένει νὰ καθορισθῇ τὸ optimum μέγεθος κόκκου.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ἐκ τῶν ἀποτελέσματα τῶν μέχρι τοῦδε ἐρευνῶν μποροῦν νὰ ἐξαχθοῦν τὰ κατωτέρω συμπεράσματα :

1. Τὰ πρωτογενῆ μεταλλεύματα τύπου Κοσμηρᾶ, τοῦ φωσφοροῦχου ὀρίζοντος τῆς Ἡπείρου εἶναι ἐπιδεκτικὰ ἐμπλουτισμοῦ καὶ προσφέρονται διὰ παραγωγὴν ἐμπορικῶν ἐμπλουτισμάτων διὰ τῆς τεχνικῆς τῆς ἀντιστρόφου ἐπιπλεύσεως.

2. Τὸ μετάλλευμα περιέχει βασικῶς τρία ὄρυκτά : ἀσβεστίτη, φωσφορίτη καὶ χαλαζία. Ὁ ἀσβεστίτης διαχωρίζεται κατ' εὐθείαν δι' ἐπιπλεύσεως εἰς ἔλαφρῶς ὄξινον περιβάλλον καὶ ὁ φωσφορίτης παραμένει ὡς τέλμα. Ὁ χαλαζίας, ὁ ὅποιος παρουσιάζεται εἰς μικρὰς σχετικῶς ποσότητας, κατανέμεται μεταξὺ ἀσβεστίτου καὶ φωσφορίτου μὲ προτίμησιν πρὸς τὸν πρῶτον, εἰς τρόπον ὥστε τὸ λαμβανόμενον ἐμπλούτισμα φωσφορίτου παραμένει σταθερῶς πάνω ἀπὸ 20 %  $P_2O_5$ .

3. Διὰ τὴν ἐπίπλευσιν τοῦ ἀσβεστίτου χρησιμοποιοῦνται τρία εἶδη ἀντιδραστηρίων καὶ συγκεκριμένα : ὀρθοφωσφορικὸ ὀξὺ διὰ τὴν ρύθμισιν τοῦ PH, λιπαρὰ ὀξέα (Ἀντιδραστήριο 710 τῆς Cyanamid) ὡς συλλέκτης, θειϊκὴ δωδεκακυκλαμίνη (Texaron K 12) ὡς ἀφριστικόν. Πρόκειται περὶ τῶν ἀντιδραστηρίων ποὺ ὡς ἐκ τῆς φύσεώς των δὲν δημιουργοῦν ἰδιαιτέρα προβλήματα ρυπάνσεως.

4. Ἀντιπαραβάλλοντες τὰ στοιχεῖα τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν πρωτογενῶν μεταλλευμάτων (τύπος Κοσμηρᾶ) μὲ ἐκεῖνα τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν δευτερογενῶν μεταλλευμάτων (τύπος Δρουμῶνος) παρατηροῦμεν ὅτι ὑπάρχουν ἐπικαλύψεις τέτοιας φύσεως καὶ ἐκτάσεως ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ, μὲ καταλλήλους διευθετήσεις, ἡ χρησιμοποίησις τῆς αὐτῆς ἐγκαταστάσεως καὶ διὰ τὰς δύο περιπτώσεις. Ἡ δυνατότης αὐτὴ ἔχει ἰδιαιτέραν σημασίαν διότι θέτει τὸ πρόβλημα τῆς ἀξιοποιήσεως τῶν φωσφοριτῶν τῆς Ἡπείρου ἐπὶ ἀσφαλεστέρας τεχνικῆς καὶ οἰκονομικῆς βάσεως.

## S U M M A R Y

In this paper the beneficiation of the unaltered phosphate rocks of Kosmira, Epirus, by flotation is described.

This work is a continuation of our earlier research on the flotation of the altered phosphate rocks of Epirus.

The unaltered phosphate rock contained 14.70%  $P_2O_5$  and was subjected to crushing and grinding to a fineness of 95% by wt - 100 mesh. The slimes so produced, representing 33.7% by wt of the run-of-mine ore, and containing 14%  $P_2O_5$  (30.3% of the original  $P_2O_5$  content) were rejected. The remaining material was subjected to a flotation treatment whereby calcite was floated as follows :

The ore was conditioned with orthophosphoric acid as PH conditioner, Reagent 710 of American Cyanamid as collector and Texapon K 12 as frothing agent. The calcite was then floated under a pulp density of 20% solids. The floated material, being 33.5% by wt of the run-of-mine ore and containing 3.76%  $P_2O_5$  (8.2% of the original  $P_2O_5$  content) was rejected. The rest, being 32.8% by wt of the run-of-mine ore and containing 29.198%  $P_2O_5$  (61.5% of the original  $P_2O_5$  content), represents the concentrate.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Σ. Σκουνάκη, Συμβολή εις τήν μελέτην τῶν συνθηκῶν γενέσεως τῶν κοιτασμάτων φωσφόρου τῆς Δυτικῆς Ἑλλάδος, 1979. Διατριβὴ ἐπὶ Ὑψηλείᾳ.
2. Α. Μούσουλος - Α. Κοντόπουλος - Ν. Ποταμιάνος, Ἐμπλουτισμὸς τῶν φωσφοριτῶν Δρυμῶνος (Ἡλείου) διὰ τῆς μεθόδου ἐπιπλεύσεως. Πρακτικὰ Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, 1980.
3. E. Pryor, Mineral Processing, Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 1965.
4. L. Ratobyiskaya - V. Klassen, Development and Industrial Introduction of New Concentration Process for Phosphorites of Complex Mineral Composition. Institute of the Ministry of Chemical Industry, U.S.S.R., 1973.
5. M. Orphy, Beneficiation of Low Grade Phosphate Ore, Mining and Mineral Engineering May, 1968.
6. Jones et al, Flotation Beneficiation of Phosphate Ore, U.S. Patent 3,86,2028, 1975.
7. D. Johnston - J. Leja: Flotation Behavior of Calcium Phosphate and Carbonate in Orthophosphates Solution. Paper Presented at the Canadian Institute of Mining and Metallurgy Conference, Montreal, Canada, 1972.