

URANYUM, VANADYUM, FLÜORVEDİĞERTALİ ELEMENTLERİ İÇEREN MAZIDAĞI FOSFATLARINDA JEŞİMİK VE MİNERALojİK TETKİKLER İLE URANYUMUN KAZANILMASI OLASILIĞI HAKKINDA GÖRÜŞLER

Oğuz ARDA, Taner SALTOĞLU, Ercan ALPARSLAN ve Tanıl AKYÜZ'

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

ÖZET. — Mazıdağı'nın, Karataş bölgesindeki fosfat cevherlerine ait kimyasal analiz ve yarı kantitatif optik-spektrografi analiz neticeleri bu çalışmada bir değerlendirmeye tabi tutularak, U, P_2O_5 ve U, F elementleri arasında jeşimik ilişkiler bulunmuş ve bu ilişkilerin bütün Mazıdağı fosfat cevherlerine tatbiki suretiyle bölgede 7419.5 ton U_3O_8 ve 2 722 207 ton F rezervi olduğu tespit edilmiştir. Mineralojik yönden Mazıdağı cevherlerindeki fosfat minerallerini oluşturan dahlit ve kolofan gibi minerallerin strüktürlerinde ortaya çıktığı saptanan U, F gibi elementlerin yanı sıra V, Yb, Y ve diğer tali elementlerin de mevcut olduğu anlaşılmıştır. Halihazırda elimizde yan kantitatif sonuçlar halinde bulunan bu son grup elementlerin kantitatif analizleri yapıldığı takdirde, tıpkı U ve F da yapıldığı gibi rezervlerinin hesaplanabileceği ve bu rezervlerin de Mazıdağı fosfatlarının yan ürünlerinin değerlendirilmesi işlemini ekonomik bakımdan daha da cazip yapacağı görüşünü kuvvetlendirmiştir. Yine mineralojik yönden Mazıdağı'ndaki dahlit ve kolofan gibi minerallerin bünyelerindeki U, V, F, Y, Yb vb. yanı sıra bir miktar da kükürt bulunduğu neticesi ileri sürülmüş ve bu hususun mineralojik separasyon çalışmalarıyla doğrulanması gerektiği anlaşılmıştır.

Mazıdağı fosfat cevherlerindeki uranyumun ekonomik olarak kazanılabilmesiyle ilgili geniş kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. Derlenen bilgilerden dünyanın çeşitli yerlerinde benzer tip fosfat cevherlerinde mevcut tali miktarlardaki uranyumun kazanılabilmesi için çok sayıda köklü çalışmalar yapıldığı ve çeşitli metotların geliştirildiği ortaya çıkarılmıştır. Metinde açıklanan bu metotlardan bir veya birkaçının birleştirilmesi suretiyle gerek uranyum ve gerekse de F, V, Y vb. gibi tali elementlerin ekonomik şekilde kazanılabilmesi için laboratuvar çapında çalışmaların yapılması gerektiği ileri sürülmüştür.

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın gayesi Mazıdağı fosfat cevherlerinin içerdiği U, F, V ve diğer çeşitli tali elementlerin, fosfat mineralleri içinde gösterdikleri bazı jeşimik ilişkileri saptamak, bu ilişkileri fosfat cevherlerinin mineralojik, petrografik yapılarını göz önüne alarak değerlendirmek ve son olarak da bu cevherlerde mevcut uranyumu bir yan ürün olarak kazanma olasılığını araştırmaktır. Bu meyanda Mazıdağı fosfatlarında uranyum ve flüor elementleri ile P_2O_5 arasında mevcut jeşimik ilişkiden yararlanılarak fosfat cevherlerindeki uranyum ve flüor rezervinin hesaplanılmasına çalışılmıştır.

Bu çalışmayı yapabilmek için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünden bir Alman Ekibin (Heimbach, Shoukry, Steiner, 1974) Mazıdağı Karataş bölgesinde yaptığı çalışma sırasında toplanan 226 adet fosfat cevher numunesine ait kimyasal analiz ve ilâveten yarı kantitatif optik Spektrel analiz neticelerinden yararlanılmıştır. Ayrıca rezerv hesaplarında Seyhan, Sündal, Yılmaz, Özoğul (1973) tarafından hazırlanan «Fosfat Yataklan Fizibilite Etütleri, Band 2» adlı eserden istifade edilmiştir.

Yukarıda adı geçen ve % 100 e tamamlanmış 226 adet fosfat numunesine ait tam kimyasal analizlerden, bu çalışmada faydalanılan P_2O_5 , SO_3 , F ve U değerleri bu makalenin sonunda verilen Tablo 5 te listelenmişlerdir. Alman Ekibi tarafından Karataş bölgesindeki fosfat cevherleri üç gruba ayrılmış olup, her gruba ait P_2O_5 yüzdesi ve ayrıca her bir gruba ait, M.T.A. Enstitüsü Laboratuvarlar Şubesi tarafından yapılan analiz sonuçları Tablo 1 de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tablo - 1

<i>Cevher tipi</i>	<i>% P₂O₅ (Heimbach, Shoukry, Steiner, 1974)</i>	<i>% P₂O₅ (M.T.A. Laboratuvarlar Şubesi, 1973)</i>
I. Açık gri renkli, az kalsitli zengin cevher	32.09	31.3
II. Kırmızı kahverengi, killi, az kalsitli fakir cevher	21.53	18.0
III. Açık gri renkli, kalsitik fakir cevher	14.73	13-19

Tablo 1 den de anlaşılacağı gibi ortalama fosfat analizleri gerek Alman Ekibi tarafından verilen sonuçlar, gerekse de M.T.A. Laboratuvarlar Şubesinin benzer tip cevherler için verdiği analiz sonuçları yönünden aralarında önemli bir farklılık göstermezler.

Mazıdağı, Karataş bölgesinden alınan fosfat cevherlerinde V ve Yb, Y, Cr, Ni, Mn ve Mo gibi elementler de eser (= trace) miktarlarda mevcuttur. Heimbach, Shoukry, Steiner (1974) tarafından yayınlanan rapordan alınan ve optik spektrografik metotla tayin edilen bu elementlere ait yarı kantitatif sonuçlar Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo - 2

<i>Element</i>	<i>Maksimum (ppm)</i>	<i>Minimum (ppm)</i>
Y	300	100
Yb	30	10
V	600	10
Cr	300	10
Ni	300	10
Mn	600	10
Mo	30	10

Bu çalışmada Tablo 2 de gösterilen elementlerden V un U ile olan ilişkileri araştırılmış ve ayrıca bu elementlerin mineralojik yönden hangi minerallerle birlikte bulunduğu saptanmaya çalışılmıştır.

U ve P₂O₅; U ve F vb. gibi değişkenler arasında jeoşimik ilişkileri bulmak için ismi geçen element ve köklere ait kimyasal veriler grafiklere izdüşürülmüştür. Bu grafiklerdeki eğriler ise «ikili Regresyon Analiz Programı» kullanılmak suretiyle bilgisayarda çizilmiştir.

2. MAZIDAĞI FOSFAT CEVHERLERİNE AİT KİMYASAL ANALİZLERİN JEOŞİMİK VE MİNERALOGİK YÖNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ; URANYUMUN KAZANILMASI OLASILIĞI HAKKINDA GÖRÜŞLER

2.1. U - P₂O₅ ilişkisinin araştırılması ve bilinen fosfat rezervlerine tatbiki

Tablo 5 te liste halinde verilen toplam 440 adet U (ppm) ve P₂O₅ (%) değerleri Şekil 1 de grafiğe izdüşürülmüştür. Bu grafikteki U-P₂O₅ eğrisi bilgisayarda çizilmiş olup, eğrinin denklemi: $Y(P_2O_5) = -0.0797 + 0.3929 X$ (ü) şeklindedir. Korelasyon katsayısı (+) ve önemlilik testine göre önemli çıktığı için U miktarının artmasıyla P₂O₅ yüzdesinin arttığını söyleyebiliriz. Korelasyon katsayısının (t_H) değeri büyük olduğu için (t_H = 22.95) bu ilişkinin önemli olduğunu da söyleyebiliriz.

Şekil 1 de bahsi geçen U ve P_2O_5 değerleri Mazıdağı'nın Karataş bölgesinden alınan fosfat cevher numunelerini temsil etmektedir. Üç gruba ayrılabilen bu numuneler P_2O_5 kapsamları yönünden, Tablo 1 den de izlenebileceği gibi, bütün Mazıdağı fosfat cevherlerini temsil eden ve M.T.A. Laboratuvarlar Dairesi Başkanlığı tarafından yapılan P_2O_5 analiz sonuçlarıyla iyi bir uyum göstermektedir. Bu sebeple de Şekil 1 de ortaya çıkan ilişkiyi bütün Mazıdağı fosfat cevherleri içinde geçerli saymak mümkündür.

Yukarıdaki ilk iki paragrafta açıklandığı gibi, U ve P_2O_5 arasındaki ilişkinin saptanması ve bu ilişkinin bütün Mazıdağı fosfat cevherleri için geçerli olacağı noktasından hareketle, U (ppm) / P_2O_5 (%) oranını bilinen fosfat cevheri rezervlerine tatbik etmek mümkündür. Bu işlem için fosfat rezervlerine kaynak olarak, Seyhan, Sündal, Yılmaz ve Özoğul tarafından hazırlanan «Mardin-Mazıdağı, Batı Kasrik Bölgesi Fosfat Yatakları, Fizibilite Araştırması, Band 2, Rezerv ve Kalite (1973)» isimli çalışmada, sayfa 25, Tablo 3 te verilen fosfat rezervlerine ait rakamlar alınmıştır. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra neticeler Tablo 3 te sunulmuştur. Yalnız Tablo 3 te verilen U rezervleri fosfat rezerv hesaplarının sıhhatine bağlı olup, daha büyük fosfat rezervleri çıkması halinde orantılı olarak U rezervleri de büyüyecektir.

Tablo - 3

Mardin-Mazıdağı fosfat sahası cevher kategorilerindeki uranyum miktarları işletilebilir fosfat cevherlerindeki uranyum miktarı

	Görünür		Muhtemel		Mümkün		Toplam	
	U(ton)	U_3O_8 (ton)	U(ton)	U_3O_8 (ton)	U(ton)	U_3O_8 (ton)	U(ton)	U_3O_8 (ton)
Semikan seviyesi	2 016.1	2 377.4	1 190.3	1 403.6	287.2	338.7	3 493.6	4 119.7
Kasrik seviyesi	479.5	565.4	484.4	571.2	119.5	140.9	1 083.4	1 277.5
Semikan + Kasrik seviyesi	2 495.6	2 942.8	1 674.7	1 974.8	406.7	479.6	4 577.0	5 397.2

Ortalama fosfat tenörü: % 21.57 P_2O_5 .

Ortalama uranyum tenörü: 55 ppm U veya 64.9 ppm U_3O_8 .

Tablo - 4

Potansiyel fosfat cevherlerindeki uranyum miktarı

	Görünür		Muhtemel		Mümkün		Toplam	
	U(ton)	U_3O_8 (ton)	U(ton)	U_3O_8 (ton)	U(ton)	U_3O_8 (ton)	U(ton)	U_3O_8 (ton)
Semikan seviyesi	329.4	388.4	231.1	272.5	66.9	78.9	627.4	739.8
Kasrik seviyesi	369.1	435.2	416.0	490.6	302.5	356.7	1 087.6	1 282.5
Semikan + Kasrik seviyesi	698.5	823.6	647.1	763.1	369.4	435.6	1 715.0	2 022.3

Ortalama fosfat tenörü: % 12.4 P_2O_5 .

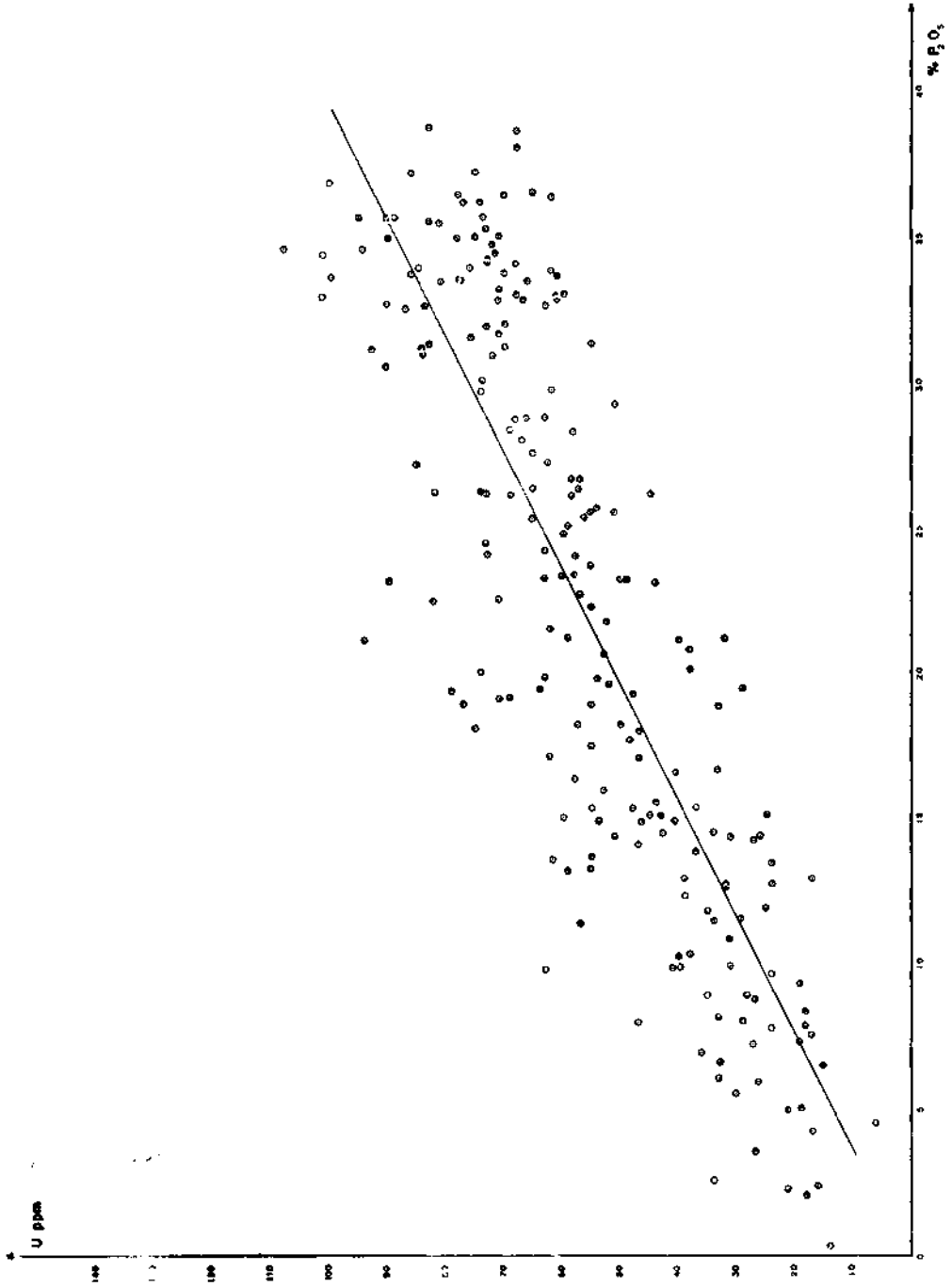
Ortalama uranyum tenörü: 32.5 ppm U veya 38.3 U_3O_8 .

İşletilebilir + potansiyel fosfat cevherlerindeki toplam uranyum miktarı:

<u>U (ton)</u>	<u>U_3O_8 (ton)</u>
6292.0	7419.5

Ortalama fosfat tenörü: % 18.01 P_2O_5 .

Ortalama uranyum tenörü: 46.3 ppm U veya 54.6 ppm U_3O_8 .



Şek. 1 - Mazıdağı-Karacaş bölgesinden alınan 226 fosfat cevher numunesine ait U ve P₂O₅ değerlerinin izdüşümünü gösteren diyagram.

Sonuç olarak bu çalışmada Mazıdağı fosfat yataklarındaki işletilebilir + potansiyel U miktarı 6292 ton U veya 7419.5 ton U_3O_8 olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada anlatılana benzer bir çalışma yapan Önal (1975) ise, bu miktarı 10 600 ton U_3O_8 olarak vermektedir. Ancak, Önal (1975) U (ppm)/ P_2O_5 (%) = 3 olarak vermiş ve bu orantıyı 10-12 kadar bir U ve P_2O_5 analiz neticesine dayandırarak çıkardığını bildirmiştir (kişisel görüşme). Bu durumda 452 adet U ve P_2O_5 analizleri sonucu elde edilen 7419.5 ton U_3O_8 rezervi daha sağlıklı bir netice olarak gözükmektedir.

2.2. Uranyum izotenör haritaları

Bölüm 2.1. de anlatılan U/ P_2O_5 ilişkisinden yararlanılarak fosfat izotenör haritalarını, U izotenör haritaları haline dönüştürmek mümkündür. Böyle bir çalışmaya örnek olarak verilen Şekil 4, Karataş bölgesindeki fosfat cevherlerinde mevcut eşdeğerli U konsantrasyonunun yersel olarak dağılımını göstermektedir. Bu tip çalışmalar, U un bölgesel dağılım düzenini (paternini) ve U un nasıl ve hangi yönlerde fosfat cevherine girip zenginleştirdiğini göstermesi yönünden de ilginçtir.

2.3. U-F ilişkisinin araştırılması

Tablo 5 te liste halinde verilen 452 adet U (ppm) ve F (%) verileri Şekil 2 de grafiğe izdüşürülmüşlerdir. Bu grafikteki U-F eğrisi bilgisayarda çizilmiş ve denklemi: $Y(F)=0.0618 + 0.0421 X (U)$ olup, F ve U değişkenleri arasında sıkı bir korelasyon vardır. Pozitif korelasyon sebebi ile U daki artış F deki artışı gösterir. Korelasyon katsayısının (t_H) değeri büyük olduğu için ($t_H = 20.38$) bu ilişki önemlidir. U rezerv hesaplamalarına benzer şekilde yapılan çalışmada: İşletilebilir fosfat cevherinde 1 972 040 ton ve potansiyel fosfat cevherinde ise 750 167 ton olmak üzere toplam 2 722 207 ton flüor rezervi bulunmuştur. Bu miktar da U da olduğu gibi fosfat rezervlerinin büyümesi halinde orantılı olarak artacaktır.

2.4. U- SO_3 ilişkisinin araştırılması

Tablo 5 te verilen U(ppm) ve SO_3 (%) verileri Şekil 3 te grafiğe izdüşürülmüştür. Bu grafikteki U- SO_3 eğrisi de bilgisayarda çizilmiş olup, eğrinin denklemi aşağıdaki gibidir:

$$Y_{(SO_3)} = 0.2516 f 0.0066 X (U)$$

Korelasyon katsayısı ($t_H = 11.72$) büyük olduğu için korelasyon önemli ve pozitifdir. U daki artış SO_3 teki artışı vermektedir.

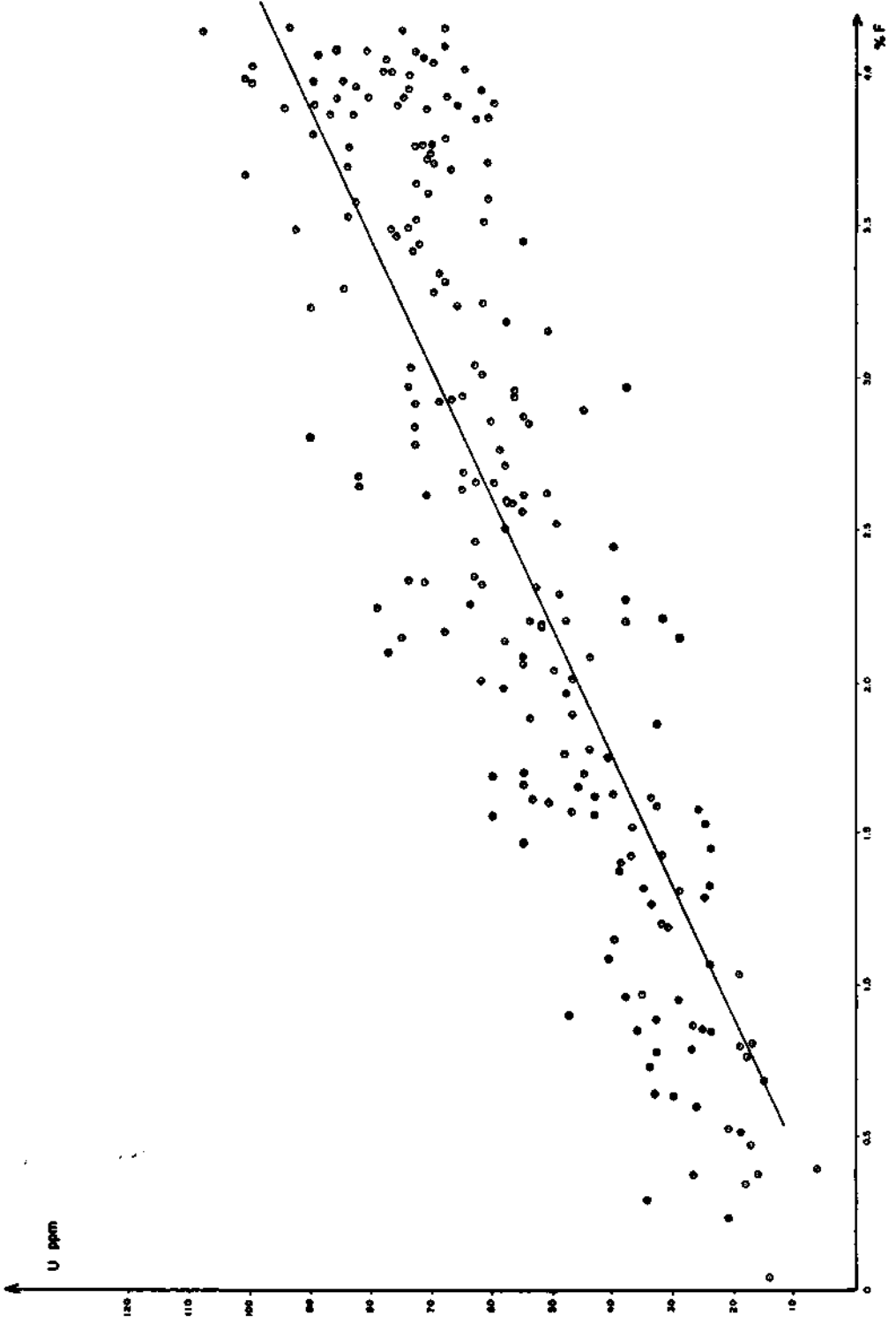
2.5. U-V ilişkisinin araştırılması

Bu çalışmada V değerleri yarı kantitatif karakterde olduğundan, U a karşı izdüşürüldüğünde belirgin bir özellik saptanamamıştır, ancak Mazıdağı fosfatlarındaki V rezervi hesaplanmak istenirse, V un da kantitatif olarak analizlerinin yapılması gerekmektedir.

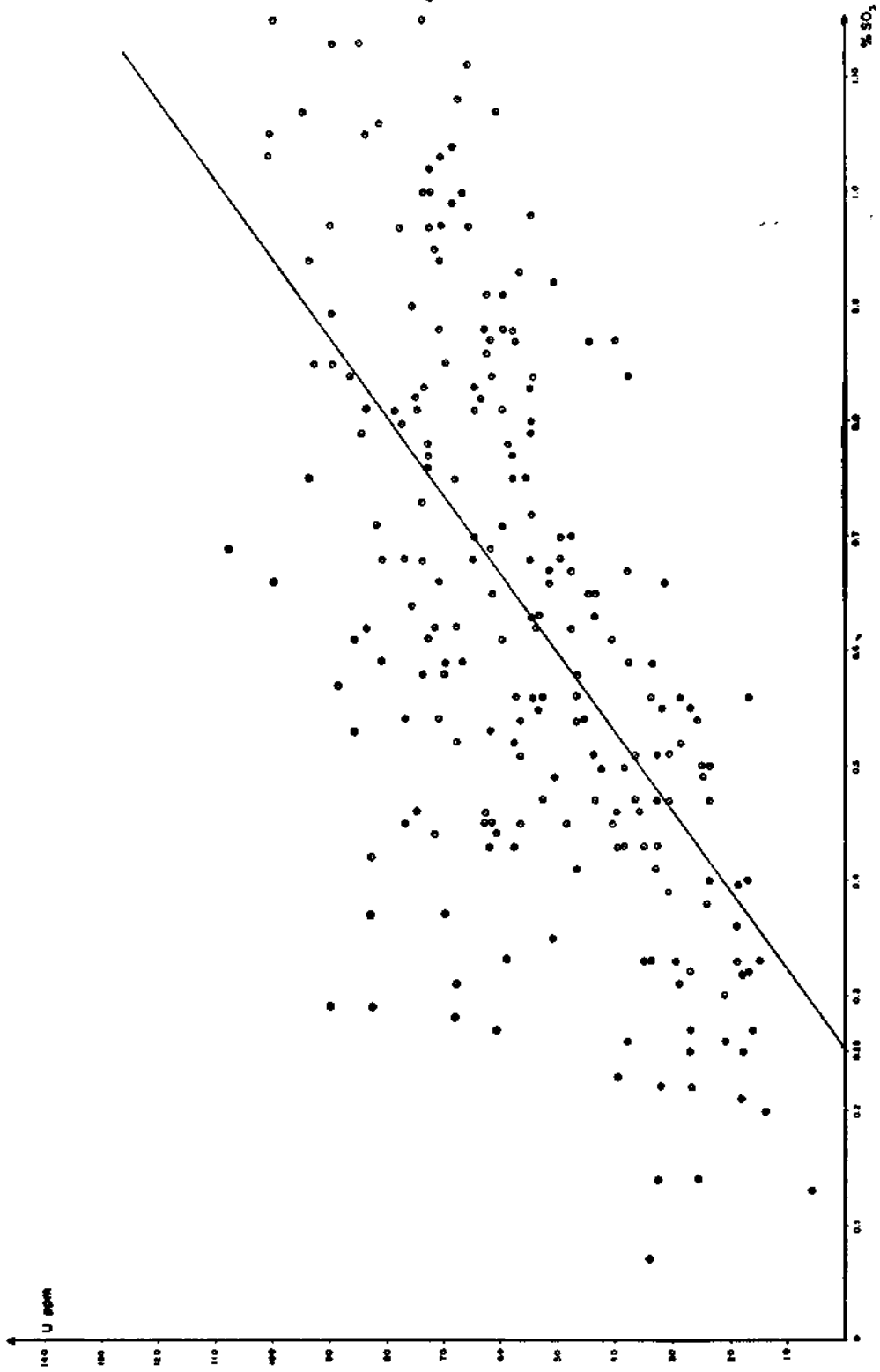
2.6. Mazıdağı fosfat cevherlerinin mineralojik ve petrografik yapısı

Laboratuvarlar Dairesi Başkanlığı Mineraloji-Petrografi Servisine bu bölgeden gönderilen çeşitli tipte fosfat numunelerine ait determinasyonlar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

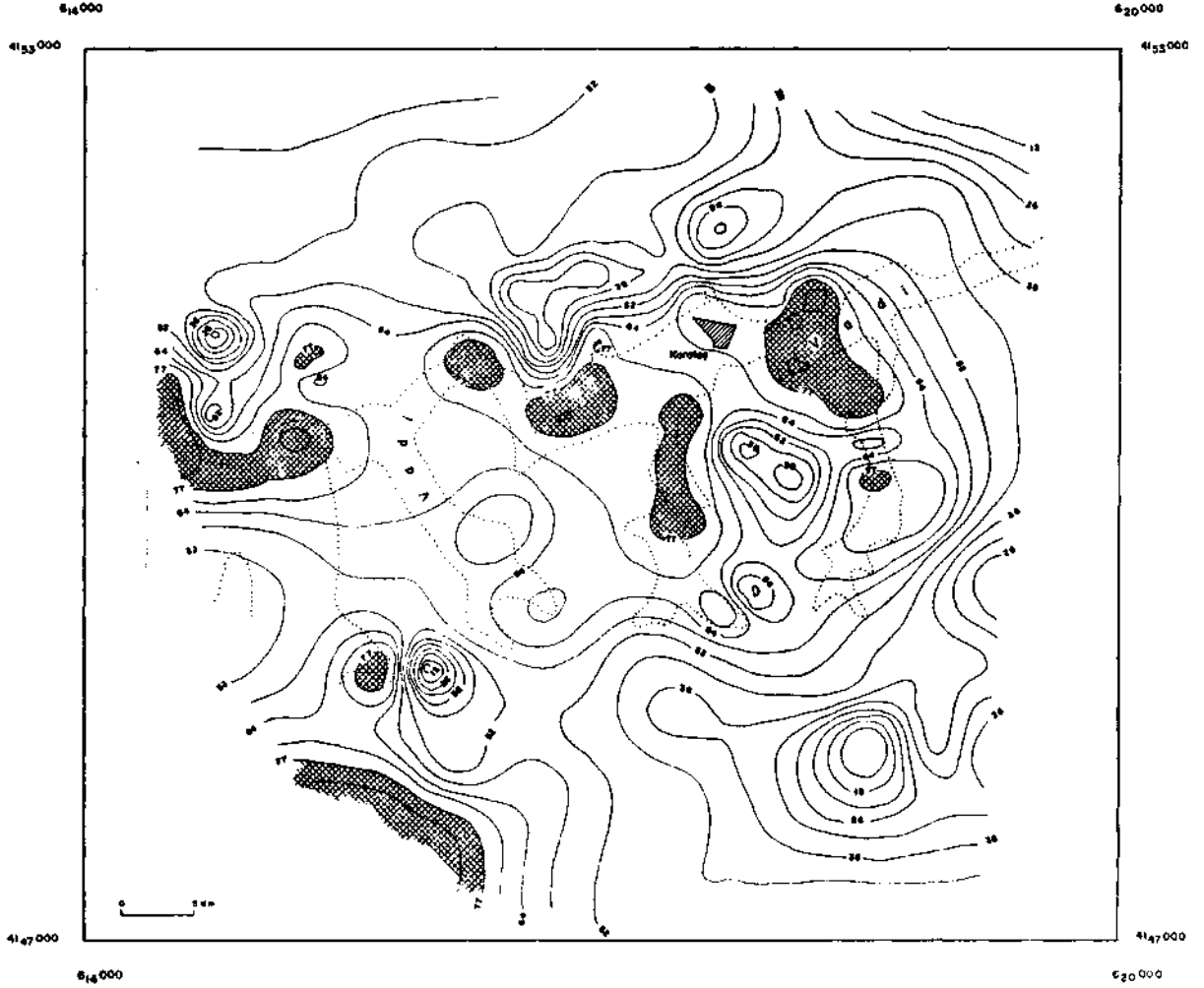
Elgin (1972), Mazıdağı'nın Balpınar mevkiinden gelen numuneyi incelemiş, kuvars, alfofan (silika-alumina-hidrojel) ve çok az miktarda fosforitten oluştuğunu tayin etmiştir.



Şek. 2 - Mazıdağ-Karataş bölgesinden alınan 226 adet fosfor cevher numunelerine ait F ve U değerlerinin izilişümünü gösterir grafik.



Şek. 3 - Mazıdağ-Karataş bölgesinden alınan 226 adet fosfat cevher numunelerine ait SO₃ ve U değerlerinin izdüşümünü gösterir grafik.



Şek. 4 - Mazıdağı-Karataş bölgesine ait uranyum izotop haritası. [“SE Türkiye, Mazıdağı-Karataş bölgesinin fosfat yataklarına ait fosfat izotop haritası” ndan (W. Heimbach, B. Shoukry & S. Steiner, 1974) adapte edilmiştir.]

Dileköz (1972) Mazıdağı'nın Ekinciler, Arısu, Karataş bölgesinden gelen numuneleri «fosfat cevherleşmesi» ve «kriptokristalin kuvars içinde fosfat cevherleşmesi» gösteren oluşumlar diye isimlendirmiştir. Fosfat cevherleşmesi gösteren numunelerin mikroskobik boyutlarda yuvarlak ve elipsoidal taneler halinde kollofan ve daha az miktarda kemik dokusu gösteren dahlit minerallerinden oluştuğunu ve tane büyüklükleri 0.1-0.3 mm arasında değişen bu fosforit minerallerinin mikro ve kriptokristalin formlardaki kalsitle veya bazen de çimentonun kriptokristalin kuvarstan oluştuğunu anlatmaktadır. Yine Mazıdağı'nın Kırakış tepe ve Karataş bölgelerinden gelen numuneler Kraeff (1971) ve Arda (1972) tarafından dahlit ve kollofan gibi mineraller içeren «fosforit» tipi, «kollofan ve dahlitli kal-ker» tipi oluşumlar şeklinde isimlendirilmiştir.

Yukarıdaki paragrafta belirtildiği üzere Mazıdağı fosfat cevherlerindeki minerallerin başlıca $[3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3]$ kimyasal terkindeki dahlit ile $[3Ca_3(PO_4)_2 \cdot n(CaCO_3 \cdot F_2O)(H_2O)_x]$ kimyasal terkinde olan kollofan olduğu anlaşılmaktadır. Elgin (1968-1971), Çanakkale'nin Ayvacı Küçük-kuyu bölgesinden gelen fosforit numunesinde ve ayrıca Köprübaşı-Taşharman bölgesinden gelen nu-

munelerde fosfat minerallerindeki Ca^{2+} yerini çok az miktardaki U^{4+} tarafından alındığını saptamıştır. Bu çalışmadan sonra Türkiye'deki diğer fosfat cevherlerinde de U un bulunabileceği görüşü yerleşmiş ve bu görüş Mazıdağı fosfat cevherleri içindeki U mevcudiyetiyle doğrulanmıştır. Bu makalede ise Mazıdağı fosfat cevherlerindeki U un fosfat mineralleri içinde düzenli bir jeoşimik ilişki içinde bulunduğu ortaya konmuş (Paragraf 2.1) ve aynı tip bir ilişki de F elementi içinde saptanmıştır (Paragraf 2.3).

Bu çalışmada ortaya çıkan diğer bir enteresan nokta da fosfat mineralleri ile SO_3 arasında çıkan jeoşimik ilişkidir (Paragraf 2.4). Bu ilişkiyi iki şekilde açıklamak kabildir.

a. Mazıdağı fosfat cevherlerindeki dahlit ve kolofan minerallerinin strüktüründe bulunan PO_4^{3-} az miktarda SO_2 , SO_4^{2-} ve VO_4^{3-} ile yer değiştirmiştir (McKelvey, 1967). Mineralojik çalışmalarda fosfat numunelerinde herhangi sülfatlı bir mineralin izlenmeyişi, bu görüşü doğrular niteliktedir.

b. Çok az miktarda U un muhtemelen sülfat halinde bir mineral şeklinde kil mineralleriyle de bulunması mümkündür, ancak bu ikinci görüşü destekler herhangi bir mineralojik veya jeoşimik delil elde bulunmamaktadır.

Mazıdağı fosfatlarında ortaya çıkan diğer tali elementler McKelvey (1967) tarafından açıklandığı gibi, V, Y, Yb ve Mn gibi elementlerin fosfat minerallerindeki Ca^{2+} katyonu ile çok az miktarlarda yer değiştirmesi şeklinde açıklamak mümkündür. Cr ve Ni gibi elementlerin mevcudiyetleri ise muhtemelen fosfat cevherlerinde eser miktarlarda ultrabazik materyelin bulunmasına işaret edebilir. Ancak bu hususu doğrulamak için fosfat numunelerinden yapılan dört adet parlatma kesitinde opak haldeki herhangi bir Cr veya Ni içeren mineral saptanamamıştır.

2.7. Mazıdağı fosfatlarından U un kazanılması olasılığı hakkında görüşler

Fosfat cevherleri genellikle 40 ile 200 ppm arasında değişen bir U miktarını içermektedir. Çeşitli kaynaklardan toparlayabildiğimiz kadar dünyadaki bazı fosfat cevherlerinin U tenörleri Tablo 4 te karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Tablo - 4

<i>Cevherin bulunduğu yer</i>	<i>Uranyum tenörü (ppm)</i>
Ürdün	105-149
Tunus	32-47
Cezayir	110-132
İsrail	120-140
Florida ve Kaliforniya	40-60
Mazıdağı	31-66

Bu fosfat cevherlerindeki U rezervleri hesaplandığında ortaya büyük rakamlar çıkmaktadır. Şüphesiz bu cevherler günümüzün ekonomik ve teknolojik şartlarına göre primer bir U cevheri olarak kabul edilemez. Ancak, gübre ve fosforik asit üretimi sırasında U un yan ürün olarak ekonomik bir şekilde kazanılabileceği, bu konuda yıllardır süregelen laboratuvar ve pilot çalışmaları sonucu kanıtlanmıştır.

A.B.D.'nde, 1950 yıllarından beri Florida ve Batı Eyaletleri fosfatlarındaki ortalama yaklaşık 100 ppm U_3O_8 tenörlü U un ekonomik bir şekilde kazanılması için köklü araştırmalar yapılmaktadır. Bu konuda Dow Chemical Company, International Minerals ve Blockson Chemical Company tarafından değişik şekillerde likit-likit ekstraksiyonu, iyon değiştiricileri ile ayırma, nötralizasyon yöntemleri bulunmuştur (Clegg & Dennis, 1958). 1960 lardan beri Kaliforniya ve diğer eyaletlerdeki fosfatlardan U elde edilmesi büyük bir önem kazanmıştır (Galkin, 1964). Florida fosfatlarından fosforik asit üretimi sırasında en yeni ve ekonomik bir metot Hurst ve Crouse (1974) tarafından ortaya konulmuştur.

Fosfat gübreleri sanayiinde gün geçtikçe gelişmekte olan Yugoslavya'da teknik fosforik asit üretimi sırasında U un likit-likit ekstraksiyonu için laboratuvar çapta araştırmalar yapılmaktadır (Deleon, Lazarevic, 1971).

İspanya'da Huelva'da 1975 teki kapasitesi 400 000 ile 500 000 ton P_2O_5 olarak öngörülen fosforik asit üretimi sırasında 150-200 ton U_3O_8 in kazanılacağı hesaplanmıştır. Buradaki fosfat cevherinde 150 ppm U bulunmaktadır (Gasos, 1971). Hindistan'da Barbada-Chamsari Chulidar (Mussoorie) bölgesi fosfatlarından U kazanılması için laboratuvar çapta kalsinasyon ve asit eritimi kombine metodu incelenmiştir (Rambabu, Majumdar, 1971). Tuz asidi ile eritimi yapılan İsrail fosfatlarından U un elde edilmesi için, İsrail Atom Araştırmaları Enstitüsünde yapılan pilot ve laboratuvar çalışmaları da bir hayli ilerlemiş bulunmaktadır (Ketzinel, 1972). Diğer yandan büyük uranyum rezervlerine sahip olmayan sanayi ülkelerinde de fosfat cevherlerinden U un yan ürün olarak elde edilmesi konusunda birçok araştırmalar yapılmış ve bazı patentler kaydedilmiştir.

Bu konuda Türkiye'de şimdiye kadarki çalışmalar, İ.T.Ü. Maden Fakültesinde yapılan H_2SO_4 ile liç ve oktil piro fosforik asitle likit-likit ekstraksiyon deneyleri olarak ortaya çıkmaktadır (Önal, 1975).

Galkin (1964), genel olarak 100 ile 200 ppm U ve % 5 ile 10 P_2O_5 tenörlü bir cevherin ekonomik olarak işlenebileceğini öne sürmüştür. Bu noktadan hareket edilerek, cevherden U un yanında F, V ve nadir toprak elementleri gibi diğer yan ürünlerin de elde edilebilmesi halinde U ve P_2O_5 için verilen bu limit değerlerinin daha da aşağılara inebileceği düşünülebilir.

Bugün fosfat cevherlerinden gübre üretimi ve diğer yan ürünlerin kazanılması konusunda çok değişik yöntemler ortaya konulmaktadır. Bunlar genel olarak iki bölümde incelenebilir:

- 1) Kalsinasyon ve gaz reaksiyonları yöntemleri,
- 2) H_2SO_4 , HCl ve HNO_3 ile eritimi, çözme ve uygun organik çözümlerle likit-likit ekstraksiyonu.

Fosfat cevherlerinin çeşidine ve istenilen üretim durumuna göre, bu yöntemlerden biri veya diğeri tercih edilebilir. Gereken durumlarda kombine veya daha değişik yöntemler önerilebilir.

Mazıdağı fosfatlarından fosforik asit veya gübre üretimi sırasında U ve diğer tali elementlerin yan ürün olarak ekonomik bir şekilde elde edilme imkânlarının yukarıda ana hatlarıyla belirtilen yöntemleriyle çeşitli üretim alternatiflerine göre araştırılması gerekmektedir.

Tablo - 5

Numune no.	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	F (%)	U (ppm)
1	30.32	0.51	3.23	44
2	36.36	0.58	4.03	70
3	26.14	0.56	2.71	58
4	36.37	0.53	3.94	62
5	18.95	0.51	1.86	33
6	25.10	0.33	2.76	59
7	32.63	0.88	3.85	63
8	33.08	0.81	3.90	60
9	19.69	0.67	2.19	52
10	34.02	1.08	3.92	68
11	21.26	0.66	2.21	32
12	31.96	0.85	3.71	70
13	31.91	1.17	3.76	73
14	31.34	0.98	3.44	55
15	33.81	0.45	3.51	62
16	24.28	0.45	2.46	63
17	33.00	0.27	3.58	61
18	8.82	0.27	0.87	27
19	25.63	0.35	2.62	51
20	8.43	0.25	0.89	18
21	38.02	0.28	4.15	68
22	29.28	0.92	3.15	51
23	32.99	0.31	3.78	68
24	31.21	0.37	3.28	70
25	23.30	0.45	2.29	49
26	26.64	0.52	2.60	58
27	34.23	0.61	3.52	73
28	12.71	0.22	1.20	32
29	27.54	0.68	2.69	65
30	38.77	0.42	3.95	83
31	34.42	0.62	3.76	72
32	33.21	0.66	3.74	71
33	34.94	0.29	3.89	90
34	28.00	0.59	2.93	67
35	35.67	1.07	3.88	95
36	33.96	0.64	3.90	76
37	34.10	0.76	3.64	73
38	12.80	0.47	1.45	24
39	28.30	0.87	3.18	58
40	26.65	0.51	2.94	57
41	18.95	0.63	2.06	55
42	34.94	0.97	4.04	78
43	15.18	0.50	1.53	25
44	26.19	0.87	2.89	45
45	32.87	1.00	3.68	67
46	27.26	0.87	3.01	62
48	27.81	0.46	3.04	63
49	7.90	0.21	0.77	18
50	35.70	1.00	3.94	74
51	32.64	1.05	3.75	84
52	17.05	0.52	1.71	0
53	33.65	1.07	3.85	61
54	24.84	0.91	2.75	60

Tablo - 5 (devam)

<i>Numune no.</i>	<i>P₂O₅ (%)</i>	<i>SO₃ (%)</i>	<i>F (%)</i>	<i>U (ppm)</i>
55	31.62	0.97	3.72	71
56	36.24	0.54	4.00	77
57	34.98	0.81	4.14	75
58	33.44	0.59	3.92	81
59	35.33	0.63	4.15	44
60	23.31	0.70	2.52	50
61	2.27	0.26	0.24	21
62	2.68	0.07	0.29	34
63	34.73	0.95	4.06	72
64	25.56	0.84	2.87	55
65	32.89	0.44	3.70	61
66	31.28	0.37	3.57	83
67	36.78	0.66	3.96	100
68	37.10	0.61	4.07	86
69	7.01	0.46	0.85	36
70	9.88	0.45	1.06	63
71	9.88	0.45	1.09	41
72	22.31	0.56	2.56	55
73	30.13	1.15	3.49	74
74	25.69	0.55	2.85	54
75	23.72	0.79	2.62	55
76	10.88	0.39	1.19	31
77	18.06	0.58	2.01	47
78	19.41	0.81	2.24	79
79	19.31	0.67	2.20	48
80	9.37	0.40	1.04	19
81	28.75	0.97	3.23	66
82	20.06	0.73	2.33	74
83	22.55	1.03	2.61	71
84	26.22	0.71	2.67	82
85	17.53	0.83	2.08	55
86	24.46	1.00	2.83	73
87	35.31	1.02	4.07	73
88	31.09	0.85	3.48	93
89	4.31	0.32	0.47	17
90	5.72	0.33	0.64	30
91	18.94	0.68	2.09	77
92	13.71	0.68	1.47	55
93	13.37	0.71	1.56	60
94	6.18	0.41	0.78	33
95	22.48	1.06	2.63	82
96	11.61	0.52	1.31	29
97	24.09	0.97	2.77	73
98	26.23	0.58	2.97	74
99	14.98	0.62	1.78	54
100	15.42	0.70	1.76	48
101	10.24	0.23	1.15	40
102	19.23	0.62	2.16	68
103	19.86	0.63	2.20	54
104	14.43	0.51	3.14	31
105	14.38	0.49	1.60	51
106	6.57	0.33	0.69	15
107	8.96	0.33	0.97	35

Tablo - 5 (devam)

<i>Numune no.</i>	<i>P₂O₅ (%)</i>	<i>SO₃ (%)</i>	<i>F (%)</i>	<i>U (ppm)</i>
108	14.44	0.54	1.58	26
109	16.42	0.77	1.97	58
110	15.17	0.65	1.70	45
112	15.67	0.65	1.78	44
113	15.17	0.50	1.62	43
114	12.96	0.50	1.38	39
115	18.15	0.82	2.14	75
116	33.46	1.11	3.89	66
117	14.53	0.50	1.56	43
118	26.34	0.81	2.93	65
119	9.71	0.40	1.07	24
120	21.12	0.94	2.41	94
121	16.04	0.56	1.61	53
122	32.60	0.97	3.79	90
123	19.84	0.86	2.34	63
124	12.81	0.55	1.43	32
125	3.71	0.25	0.38	27
126	17.15	0.84	2.00	62
127	23.30	0.91	2.65	63
128	26.06	0.84	2.97	38
129	11.96	0.49	1.29	25
130	20.22	0.59	2.20	38
131	18.28	0.68	2.04	50
132	18.29	0.88	2.13	58
133	11.86	0.43	1.32	35
134	14.54	0.59	1.62	34
135	7.84	0.38	0.85	24
136	5.03	0.30	0.53	21
137	23.15	1.13	2.80	90
138	3.44	0.27	0.38	16
139	3.13	0.32	0.35	18
140	7.35	0.36	0.80	19
141	5.06	0.33	0.52	19
142	21.23	0.87	2.44	40
143	8.04	0.41	0.90	47
144	11.55	0.56	1.27	34
145	13.52	0.50	1.33	24
146	14.26	0.55	n.b.	27
147	13.66	0.65	n.b.	62
148	9.98	0.47	n.b.	31
149	25.39	0.75	n.b.	56
150	15.38	0.72	1.66	55
151	19.24	0.94	2.32	71
152	14.90	0.54	1.65	46
153	8.13	0.31	0.90	29
154	19.45	0.82	2.25	64
155	15.00	0.61	1.75	41
156	13.90	0.51	1.52	37
157	22.73	0.45	2.59	57
158	15.09	0.61	1.69	60
159	6.11	0.33	0.73	34
160	9.93	0.43	1.15	40

Tablo - 5 (devam)

<i>Numune no.</i>	<i>P₂O₅ (%)</i>	<i>SO₃ (%)</i>	<i>F (%)</i>	<i>U (ppm)</i>
161	12.41	0.43	1.40	39
162	7.60	0.40	0.81	17
163	11.44	0.54	1.32	57
164	19.57	0.56	2.14	29
165	36.44	0.80	4.00	78
166	16.73	0.43	1.59	33
167	37.18	0.46	3.92	75
168	29.68	0.68	3.03	74
169	23.14	0.47	2.08	44
170	34.98	0.54	3.60	71
171	30.90	0.44	3.43	72
172	35.62	0.57	4.06	89
173	24.06	0.75	2.59	58
175	31.01	0.62	3.52	84
176	31.03	0.81	3.69	84
177 a	0.40	0.20	0.04	14
177 b	4.61	0.13	0.40	6
178	29.78	0.43	3.24	62
179	17.15	0.56	1.89	47
180	33.96	0.79	3.97	85
181	33.72	0.53	3.81	86
182	7.32	0.32	0.79	27
183	17.73	0.62	1.96	48
184	20.88	0.67	2.27	38
185	36.47	0.70	4.01	65
186	38.61	0.52	4.09	68
187	20.72	0.47	2.31	53
188	13.00	0.56	1.44	17
189	32.93	1.03	3.66	101
190	30.51	0.92	3.22	90
191	23.42	0.43	2.50	58
192	33.52	0.45	3.48	77
193	13.33	0.80	1.70	55
194	32.86	0.88	3.88	71
195	25.33	0.83	2.63	65
196	34.50	0.75	4.15	94
197	21.23	0.78	2.14	59
198	33.50	0.77	3.41	73
200	27.17	1.13	3.29	85
201	0.44	0.04	n.b.	n.b.
202	31.56	0.70	3.37	137
203	35.53	0.29	3.86	83
204	35.42	0.68	4.07	81
205	21.82	0.66	2.18	52
206	35.56	0.85	3.97	90
207	36.16	0.83	3.99	74
208	31.63	0.90	3.46	76
209	21.54	0.69	2.32	62
210	8.20	0.47	0.89	33
211	23.36	0.88	2.65	60
212	26.13	0.99	2.92	69
213	14.12	0.54	1.57	47
214	15.43	0.47	1.43	37

Tablo - 5 (devam)

Numune no.	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	F (%)	U (ppm)
215	32.51	0.84	3.86	87
216	26.40	0.93	2.96	57
217	26.18	0.78	2.91	73
218	16.62	0.46	1.63	40
219	33.58	1.15	4.02	100
220	28.37	1.04	3.34	69
221	28.72	0.75	3.31	68
222	33.70	0.59	3.76	70
223	7.93	0.22	0.86	27
224	10.36	0.26	0.96	38
225	34.31	1.05	3.97	101
226	34.55	0.69	4.13	108
227	6.00	0.14	0.60	26
228	6.69	0.14	0.64	33

3. SONUÇ

1. Jeoşimik çalışmalar Mazıdağı fosfat cevherlerinde saptanan U, F, V ve diğer tali elementlerin kollofan ve dahlit gibi fosfat minerallerinin strüktürlerinde ortaya çıktığını göstermektedir. Cr ve Ni gibi elementlerin ise hangi minerallere bağlı olduğunun tespiti, mineralojik çalışmaları gerektirmektedir. Diğer taraftan kollofan ve dahlit gibi minerallerin muhtemelen bir miktar da S (SO₂ veya SO₄²⁻ halinde; McKelvey, 1967) kapsadığı anlaşılmaktadır. Yapılacak mineralojik çalışmalarla (fosfat mineral separasyonu), bu noktayı ve yukarıda belirtilen diğer hususları aydınlığa kavuşturmak kabil olacaktır.

2. Mazıdağı bölgesindeki çeşitli tenörlere sahip fosfat cevherlerinin içerdiği U rezervlerini, U ve P₂O₅ arasındaki jeoşimik ilişkiden faydalanılarak hesaplamak mümkün olmuş ve böylece Mazıdağı fosfat cevherlerinde toplam 6292 ton uranyumun (7419.5 ton U₃O₈) mevcut olduğu saptanmıştır. Ayrıca Mazıdağı-Karataş bölgesi için bir U izotenör haritası çizilerek, U bakımından zengin zonlar saptanmıştır.

Cevherdeki F miktarı da U-F ilişkisine dayanılarak toplam 2 722 207 ton F olarak bulunmuştur. Fosfat cevherleri içinde tali miktarlarda olduğu anlaşılan V, Y ve bazı nadir toprak elementleri için de rezerv hesaplarının yapılması, ancak bunların kantitatif tayinlerinden sonra mümkün olabilecektir.

3. Bu cevherlerden fosforik asit veya gübre üretimi sırasında uranyumun ve diğer tali elementlerin yan ürün olarak kazanılabilme yöntemlerinin ortaya konulabilmesi için üretilecek gübre çeşitlerine ve diğer ekonomik koşullara göre bu konuda çok yönlü laboratuvar çalışmaları gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılması sırasında kıymetli tavsiyelerinden dolayı Kimya Yük. Müh. Sayın Nahid Kırışlı ve her türlü yardım ve desteğini gördüğümüz Laboratuvarlar Dairesi Başkanı Sayın Dr. Nilüfer Oğan'a teşekkür ederiz. Bilgisayar çalışmalarını yapan Plan-Proje Dairesi Başkanlığından Sayın Bahadır Çetinel ve fosfat numunelerinden yapılan parlatma kesitlerine bakan Mineraloji-Petrografi Servisi Şefi Sayın Dr. Ahmet Çağatay'a teşekkürü bir borç biliriz.

Yayma verildiği tarih, 29 Ocak 1976

REFERANSLAR

- 1 — ARDA, O. (1972): Mineralojik rapor. Sipariş no. 335, rapor no. 7312, Min. Lab. no. 79268-70, *M.T.A. Laboratuvarlar Şubesi* (yayınlanmamış), Ankara.
- 2 — CLEGG, J. W. & DENNİS, D.F. (1958): Uranium ore Processing. *Addison-Wesley Publ. Co., Inc.*, U.S.A.
- 3 — DELEON, A. & LAZAREVİC, M. (1971): The recovery of uranium. *I AE A*, Vienna, pp. 336-338.
- 4 — DİLEKÖZ, E. (1972): Mineralojik rapor. Sip. no. 811, Rap. no. 7471, Min. Lab. no. 80730-80758. *M.T.A. Laboratuvarlar Şubesi* (yayınlanmamış), Ankara.
- 5 — ELGİN, G. (1968): Mineralojik rapor. Sip. no. 657, Rap. no. 5742, Min. Lab. no. 59123-59126. *M.T.A. Laboratuvarlar Şubesi* (yayınlanmamış), Ankara.
- 6 — (1971): Mineralojik rapor. Sip. no. 1299, Rap. no. 6604, Min. Lab. no. 72666. *M.T.A. Laboratuvarlar Şubesi* (yayınlanmamış), Ankara.
- 7 — (1972): Mineralojik rapor. Sip. no. 701, Rap. no. 7074, Min. Lab. no. 74585-86. *M.T.A. Laboratuvarlar Şubesi* (yayınlanmamış), Ankara.
- 8 — GALKİN, N.P. (1964): Technology of uranium.
- 9 — GASOS, P. (1971): Recuperacion del uranio de recursos potenciales. The recovery of uranium. *IAEA*, Vienna, pp. 336-338.
- 10 — HEİMBACH, W.; SHOUKRY, B. & STEINER, S. (1974): Die Phosphat-Lagerstaette Mazıdağı, SE Tür-
kei. *Bundesanstalt für Bodenforschung*,
- 11 — HURST, FJ. & CROUSE, DJ. (1974): *Industrial and Engineering Chemistry Process Design and Development*,
vol. 13, no. 3, pp. 286-291.
- 12 — KETZİNEL, Z. (1972): Recovery of uranium from the I.M.I. phosphoric acid process. *Israel Atomic Energy
Comm.* (rep.) IA-1268.
- 13 — KRAEFF, A. (1971): Mineralojik rapor. Sip. no. 780, Rap. no. 6612, Min. Lab. no. 70214-19. *M.T.A. Labo-
ratuvarlar Şubesi* (yayınlanmamış), Ankara.
- 14 — MCKELVEY, V.E. (1967): Phosphate deposits. *Geological Survey Bulletin*, 1252-D.
- 15 — ÖNAL, G. (1975): Mazıdağı fosfat cevherlerindeki uranyumdan yararlanma olanakları. *IV. Türkiye Madencilik
Bilimsel ve Teknik Kongresi*, s. 517-530.
- 16 — RAMBABU, Ch. & MAJUNDAR (1972): K.K. beneficiation Studies on uraniferous phosphate rock (Mussoo-
rie Area -U-P). *Bhabha Atomic Research Centre*, Bombay, India.
- 17 — SEYHAN, İ.; SÜNDAL, Ü.; YILMAZ, S. & ÖZOĞUL, t. (1973): Mardin-Mazıdağı-Batı Kasrik bölgesi
fosfat yatakları fizibilite araştırması. Band 2, rezerv ve kalite, *M.T.A. Rap.* no. 5129/2, Ankara.