

# Dissémine Bakır Cevheri Yataklarının Ekonomik Tenor Limitleri

Tacettin ATAMAN\*

## 1 – ÖNSÖZ :

Dünya bakır piyasası, her geçen yıl daha çok bakır talep etmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinin 1972 yılı bakır istihali 1658 000 tona ulaşmıştır. (1)

Son 50 yıl içinde bilinen bakır cevher yataklarının tenörü yüksek kısımları tüketilmiş ve bakır yüzdesi çok düşük olan cevherlerden bakır elde edilmesi âdeta zarurî bir nitelik kazanmıştır. Toprak ve kaya kazı makinelerinin çok gelişmesi ve cevher kırma-öğütme tekniğinde ulaşılan çok ileri bir düzey ve modern Konsantrasyon (cevher zenginleştirme) usulleri ve bakır Konsantrelerinin izabesinde veya elektrolitik metodlarla bakır istihali sayesinde % 1.0 in altında tenörü olan bakır cevherlerinin işletilmesini ekonomik kılmıştır. Ancak bu ekonomik tenorun alt sınırı bu günkü koşullar altında nedir? İşte bu inceleme ile bu sorunun, kesin olmamakla beraber pratik bir çözümünün bulunmasına çalışılmıştır.

Amerika Birleşik Devletlerinde bakır üreten 30~ kadar madenci kuruluş vardır. Bunlardan yedisinin çalıştıkları yatakların bakır tenörleri bilinmemekte buna karşılık yirmi üçününkü bilinmemektedir. Bakır tenörü % 1 in üstünde olan iki yatak [ % 4-4-5 bakır] bu inceleme dışında bırakılmıştır.

## 2 – Düşük Tenörlü Balar Cevheri Yataklarından Bakır Üretmesinde Esas Ana Faktörler :

1 – Cevherin mevcut rezervi ve bu rezerveden cevherin alınabilme kolaylığı = dekapaj / cevher oranı (stripping ratio)

2 – Cevherin kolaylıkla öğütülebilmesi

(minerallerin ayrışmasını sağlayabilen boyuta kadar kırma- öğütme).

3 – Bakır cevherinin zenginleştirilme kolaylığı (zenginleştirilmede bakır kaybı)

4 – izabe kolaylığı (izabe kaybı).

Bütün bu faktörler her cevher için

– Cevheri oluşturan minerallerin cinsine ve sayısına,

– Cevherdeki gang minerallerinin cinsine ve sayısına,

Bu minerallerin tane büyüklüklerine

– Cevher yatağının bulunduğu derinliğe ve üzerindeki örtü tabakasının özelliklerine göre değişir.

Ayrıca elde edilen bakır konsantrasyonunun olduğu gibi satılması veya izabe veya tasfiye edilerek piyasaya bakır olarak satılması hususları da üreticilerce üzerinde durulması gereken önemli hususlardır.

\* Assoc. Prof. Dr. Maden Yüksek Mühendisi, O.D.T.Ü. – ANKARA

Bu çizelgeden, artıkların 1, 2 ve 3 sayılı numunelerinin ayn yarı bakır yüzde-leri şöylece hesaplanır :

1 No.lu numune :

$$\frac{2.2 \times 0 + 6.8 \times 0.28 + 10.5 \times 0 + 15.7 \times 0.1 + 3.2 \times 0.05 + 61.8 \times 0}{100 \times \text{İÖÖ}} = \% 0.036$$

2 No.lu numune :

$$\frac{3.2 \times 0.19 + 9.3 \times 0.08 + 59.4 \times 0.10}{100 \times 100} = \% 0.073$$

3 No.lu numune :

$$\frac{3.0 \times 0.32 + 8.4 \times 0.28 + 3.6 \times 0.26 + 19.0 \times 0.15 + 7.9 \times 0.10 + 58.1 \times 0.086}{100 \times 100}$$

$$= \%0.13$$

**Üç numune ortalaması :**

$$\% 0.036 + \% 0.073 + \% 0.130 = \% 0.08$$

Bu bakır kaybı yüzdesini, artıkların, Konsantratöre giren ham cevhere olan oranı ile çarparak cevher tenöründe oluşan azalma hesaplanır. Bu kayıp miktarı cevher tenörü % 0.8 olan bir Konsantrasyonda % 10, cevher tenörü % 0.4 olan bir Konsantrasyon da ise % 20 sini bulur. Bir de izabe kayıpları hesaba katılırsa, toplam bakır kaybının, cevher tenörü

düşükçe ne kadar önem kazandığına ve bu sebeple ekonomik bakır tenörünün alt sınırını tayin etmede çok etken olduğuna işaret etmek isteriz.

Cevherin rezerve miktarı ve tenörü hakkında bir bilgi vermek için Filipinlerde çalışılan ve porfirik dissémine tipteki beş adet yatağın özellikleri (2c) şöylece özetlenmiştir :

**Çizelge : 2**

**Filipinlerde Bakır Yatakları**

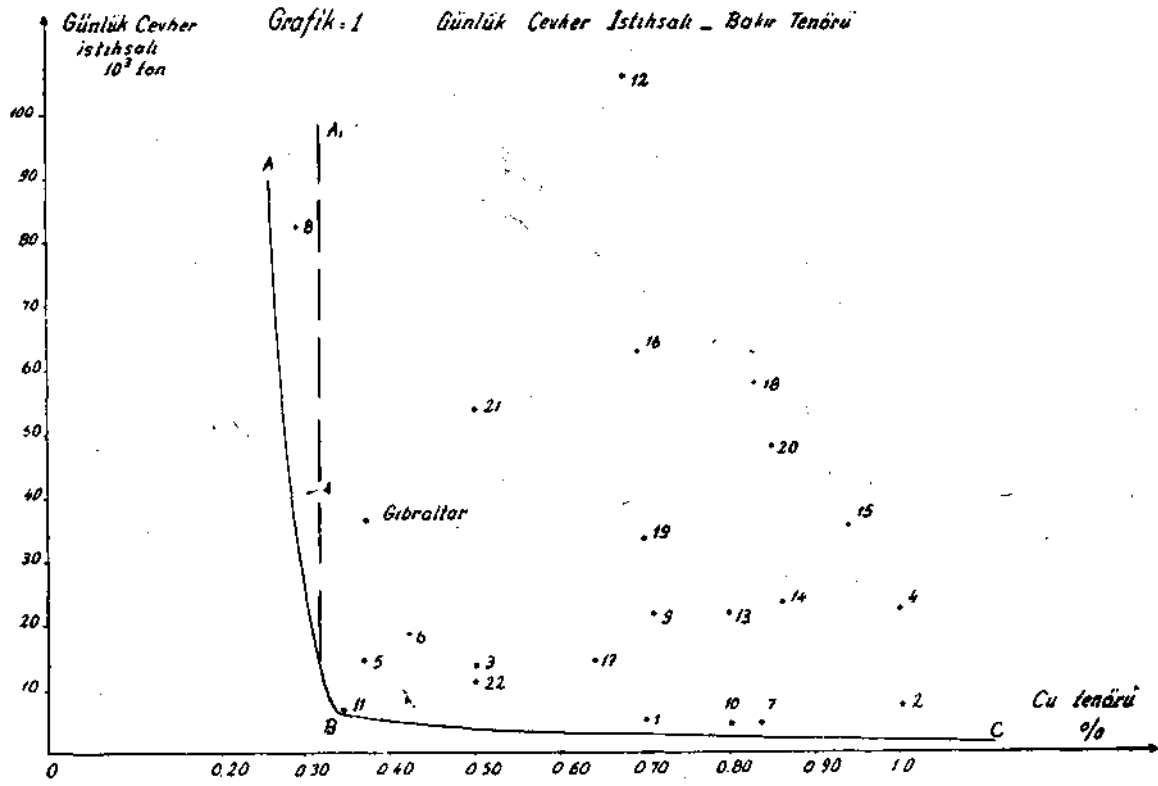
Yatağın adı	Tenor	Rezerv Ton
Balaban Copper	% 5 Cu + % 45 S <sub>2</sub>	500.000
Kennon Copper	% 0.70 Cu az altın ve gümüş	12.000.000
Bonneng Copper	% 0.60	5.000.000
Atlas Consolidated	% 65	günde 15.000 ton ham cevher
Mar Copper	% 0,90	<b>100.000..000</b>

**Japonya'nın tanınmış KUROKO** bakır - Çinko - Kurşun kompleks cevher yatağında ise durum şöyledir : (2a)

Tenörler %	Rezerv Ton
% 1.7 Cu, % 4.0 Zn, % 1.0 Pb	50.000.000

**British Columbia (Kanada)  
Granisle Mines Limtd.**

Günde cevher istihsalı	Cu tenörü
5000 Ton	% 0.53



3 — Dünyaca tanınmış bakır yataklarının (2), ve bu arada A.B.D. de çalışılan yatakların tenor yönünden ve günlük bakır cevheri üretimi ile toplam bakır kurtarma yüzdesi bakımından bir dökümü yapılmıştır (1).

Bu çizelgenin incelenmesi sonucunda elde edilen sonuçlar ilginçtir.

Konsantratör kayıpları için (2b)

Rusya'daki Balkaş bakır madeni tesislerinde, atılan kısım (tailing numunelerinin granülametrisi, ağırlık yüzdeleri ve bunların bakır muhtevaları aşağıdaki çizelgede verilmiştir :

Çizelge : 1

Balkaş (Rusya) Bakır Konsantratörü Tailing Kaçakları.

Tane çapı meş.	Ağırlık Yüzdeleri			Bakır muhtevaları		
	1	2	3	1	2	3
+ 48	2,2	—	3,0	—	—	0,32
+ 65	6,8	9,3	8,4	0,28	—	0,28
+ 100	10,3	3,2	3,6	—	0,19	0,26
+ 150	15,7	18,8	19,0	0,1	—	0,15
+ 200	3,2	9,3	7,9	0,05	0,08	0,10
— 200	61,8	59,4	58,1	—	0,10	0,086

Bir de Avrupadan örnek verelim: (2d)

**Yugoslavya da MAJDANPEK** bakır yatağı :

Günde Cevher istihsali : 36.000 Ton  
Bakır tenörü : % 0.50

Günde üretilen cevher ile rezerv arasınca sıkı bir ilişki vardır. İstihsal + konsantrasyon + izabe tesislerinin en az 10 yılda amortize edilebileceği hesaba katılırsa, örneğin Filipinlerin Atlas Consolidated firmasının işlemekte olduğu yatağın, yılda 300 gün açık işletme çalışması (iklim elverişli olmakla) yapıldığı kabul edilirse, cevher rezerv miktarının en az :

"300 x 15000 x 10 = 45 milyon ton istihsal edilebilir cevher olduğu ve

Yugoslavyanın Majdanpek yatağının ise (250 çalışma günü / sene üzerinden) en az :

$250 \times 36.000 \times 10 = 90.000.000$  ton istihsal edilebilir cevher ihtiva ettiği kabul edilebilir.

Şimdi, A.B.D. deki 23 bakır istihsal müessesesine ait yatakların 1972 yılındaki durumunun (Çizelge : 3 te özetlenmiş) inceliydim :

Bu incelemede önce günlük ham cevher istihsali ile cevher tenörü arasındaki bağlantıya gözden geçirelim :

Tenor durumları bilinen 22 yatağın tenor yüzdeleri X eksenine ve günlük istihsal (ham cevher) miktarı da Y eksenine taşınıncaya, bu noktaların çerçevelendiği alan dışında kalan (A.B.C. eğrisi ile X ve Y eksenleri arasında kalan alana isabet edecek herhangi bir noktanın şartlandıracağı bir yatağın ekonomik olarak çalışamayacağı anlaşılmaktadır.

İBu noktalardan en enteresan olanı şüphesiz 8 nolu noktanın gösterdiği SIER-RITA, Arizona yatağıdır. Bu yatağın orta-

lama bakır tenörü % 0.29 ve Mo S2 tenörü ise % 0.048 dir.

Günlük ham cevher istihsali : 83.000 tondur. Yıllık bakır istihsali ise 68.940 tondur. Bu bakır üretimi yanında yan ürün olarak da 8731 ton Mo S2 vardır.

1970 yılı eylül ayında (3) % 85 lik MoS2 konsantrasyonunun bir libresi 1.72 dolar, bakırın bir libresi ise 0.23 dolar olduğuna göre molibden konsantrasyonu bakır

$$\frac{1.72}{0.23} = 7.5 \text{ kez değerlidir.}$$

Buna göre 9731 ton Mo S2 nin eşdeğer bakır miktarı :

$7.5 \times 9731 = 72.982$  ton demektir.

Yani yan ürün esas bakır ürününden (68.940) daha çok gelir sağlamıştır. Bu husustur ki % 0.29 Cu tenörlü bu yatağın ekonomik çalışabilmesini olanaklı kılmıştır.

A.B.D. deki 30 yataktan 12 sinde, cevher içinde molibdenit mevcuttur ve % 1 in altında tenörleri bulunan bu yatakların ekonomik alana girebilmesi molibden cevheri yan ürünü ile mümkün olmaktadır.

Ayrıca, tüm bakır kurtarma randımanı ile tenor arasında da muhtemel bir bağlantı aranmış ve 8, 5, 6, 3 ve 21 No:lu yataklar hesaba katılmazsa, tüm bakır kurtarma randımanının cevherin bakır tenörü ile birlikte artmakta olduğu görülür. Grafik No : 2. Bu sonuç, yukarıda konsantrasyon ve izabe kayıplarından bahsederken ileri sürdüğümüz teorik hususa da uygun düşmektedir.

8, 5, 6, 3 ve 21 No:lu yataklarda tenörlerin düşük olmasına rağmen tüm bakır kurtarma randımanının yüksek oluşu cevheri teşkil eden minerallerle gang minerallerinin kolaylıkla ayrılabilir nitelikte olmaları nedenine dayanmaktadır.

ÇİZELGE 3: A.B.D. de BAKIR İSTİHSAL EDİLEN YATAKLAR

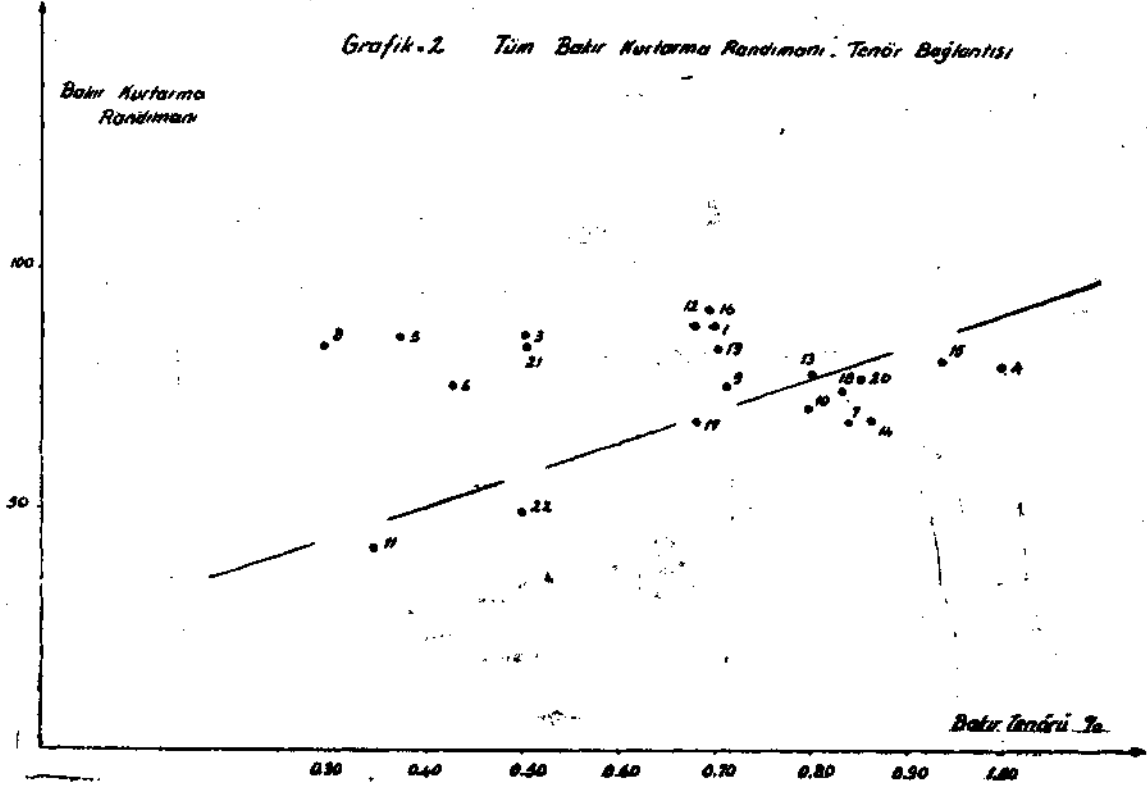
Şirketin adı ve tesisin ** mevki, eyaleti	İstih. başlama yılı	Açık iş veya Yeraltı	Konsantras. şekli	Cevher + dek. yekûnî Ton/gün	Cevher Ton/gün	Tenör Ort. Cu %	M, S, %	Cevher mineralleri	Gang mineraller	Yılda bakır İstih. ton	Bakır Kurtarma rand. %	Yılda M, S, İstih. Ton	Tesisin işe başlayacağı tarih
1. Bagdad Copper Corp. Bagdad Arizona	1937	Açık	Konsantrasyon leaching Solv. Extr. electr. Winning	30.000	5.600	0.70	0.03	Kalkopirit, Kalkosit molibdenit ve oksitler	Kuvarslı mongonit	19.579	88	384	1975 de
2. Cities Service Co. Copperhill, Tennessee	1899	Yeraltı	Konsantr. + izabe	6.900	6.900	1.00	—	Pirit, Pirrotit Kalkopirit Sfalorit	—	21.000	Bilgi yok	—	1973 de
3. Miami Ariz Copper Cities, Ariz.	1911 1955	Açık	Leaching Consantrasyon heap leaching	28.000	14.000	0.50	0.007	Kalkopirit	Kuvarslı Mongonit.	22.300	87	180	—
4. Copper Range Co. White Pine Missori	1955	Yeraltı	Konsantrasyon ve izabe	22.800	22.800	1.00	—	Cu, Ag. Kalkosit	Şistler ve greler.	72.000	80.65	—	—
5. Duval Corp. Esperanza, Ariz.	1959	Açık	Konsantrasyon heap leaching	37.000	15.000	0.37	0.053	Kalkosit, Kalkopirit, Oksit ve Karbonatlar	Püskürük ve Metamorf. Kayaçlar.	20.285	87.0	2.044	—
6. Mineral Park.	1964	Açık	Konsantrasyon heap leaching.	38.000	19.000	0.42	0.062	Kalkosit, Kalkopirit, Oksit ve Karbonatlar	Püskürük ve metamorf. Kayaçlar.	26.559	76.3	2.919	—
7. Battle mountain, Nevada.	1967	Açık	Konsantrasyon heap leaching.	33.000	4.535	0.84	—	Kalkosit, Kalkopirit, Oksit ve Karbonatlar	Püskürük, tortusal, metamorf.	16.322	69.4	—	—
8. Sierrita, Ariz.	1970	Açık	Konsantrasyon	220.000	83.000	0.29	0.048	Kalkopirit ve bomit	Püskürük, Kayaçlar	68.940	84.5	9.731	—
9. Inspiration Consolidated Copper Co. Inspiration, Ariz.	1915	Açık	Konsantr. + heap leach. + Vat leach. + izabe + elekt. rik tasfiye	39.157	21.290	0.709	0.0121	Kalkosit, Krisokala, malahit, azürit	Mika şist, Granit	53.987	76.41	370	1973
10. Christmas, Ariz.	1962	Açık	Konsantrasyon	30.357	5.111	0.798	—	Kalkopirit, bornit, Kalkosit, Kovellit oksit ve Karbonatlar	Metam, Kalker Kuvartsit, diyorit, andezit	11.244	71.97	—	—
11. Ox. Hide, Ariz.	1968	Açık	Heap leaching	9.671	6.705	0.344	—	Oksitler Karbonatlar	Mikosit, Kuvartsit, Monzonit, Porir	4.848	41.7	—	—
12. Kennecott Copper Corp. Bingham, Utah.	1904	Açık	Konsantr. + heap leach. + izabe + elektr. tasfiye	376.543	106.560	0.677	0.0483	Kalkopirit, bornit, molibdenit	Granit, Porfir, Kalker, Kuvarts.	258.037	89.07	11.254	—
13. Ruth, Nevada,	1908	Açık	Konsantr. + heap leach. + izabe	118.250	21.500	0.80	0.012	Kalkopirit, Kalkosit.	Kuvarslı monzonit ve Kalker	45.000	78	110	—
14. Chino, NM.	1909	Açık	Konsantr. + heap leach. + izabe	87.196	22.970	0.865	0.013	Kalkopirit, Kalkosit.	Kalker, Şist. Granodiyorit Kuvars diyorit-	75.700	79,3	423	—
15. Ray, Nevada	1911	Açık	Konsantr. + heap leach. + Vat leach. + izabe + elekt. troliz.	115.000	35.400	0.94	0.0256	Kalkosit, Kalkopirit, Molibdenit, Krizokola	Diyabaz, Kalkosit, Kuvarsman zonit, Kuvartsit.	103.473	82.0	559	—
16. Magma Copper Co. Superior, Ariz.	1912	Yeraltı	Konsantrasyon	3.500	1.600	4.5	—	Kalkopirit, bomit	Kalker, Primer hematit. Arit.	24.000	96.5	—	1973
17. San Manuel, Ariz.	1956	Yeraltı	Konsantrasyon izabe + elektr. tasfiye	62.500	62.500	0.69	0.025	Kalkopirit, Kalkosit, Pirit, Molibdenit.	Kuvars monzonit, Porfir	144.000	92.7	4.200	—
18. Phelp's Dodge Corp. Copper Queen AZUG ve AZOP.	1878 1954	Yeraltı	Konsantr. + heap leaching.	— 21.700	2.648 14.700	4.4 0.64	—	Kalkosit, Kalkopirit, Bomit	Kuvars Porfir ve Kalker	26.900 21.600	94.8 69.3	—	—
19. Morenci, Ariz.	1942	Açık	Konsantrasyon heap leach	171.000	58.600	0.83	—	Kalkosit, Kalkopirit, Kovellit	Monzonit Porfir, Granit, Kalker, diyabaz.	120.000	75.2	—	—
20. New Cornelia, Ariz.	1917	Açık	Konsantrasyon + izabe	97.000	33.500	0.70	—	Kalkopirit, bornit Kalkosit	Kuvars monzonit, Riyolit	57.900	84.6	—	—
21. Tyrone NM.	1969	Açık	Konsantrasyon + heap leaching	189.000	48.000	0.85	—	Kalkosit	Kuvars monzonit	100.000	77.5	—	1972
22. Pima Mining Co. Pima, Ariz.	1957	Açık	Konsantrasyon	140.000	53.500	0.50	0.017	Kalkopirit, Molibdenit	Metamorfik tortusal Kayaç	82.500	85	1.500	—
23. Ranchers Exploration Bluebird, Ariz.	1964	Açık	Heap leach. + Solv. extr. elektr. tasfiye	25.000	12.000	0.5	—	Krizokola	Mikaşist, Granit.	7.500	50	—	—

**Yukarıda Kullanılan :**

**Heap Leaching** : Cevher yığına üzerine çözücü sıvının dökülmesi  
**Vat Peaching** : Kaplardaki cevherden çözücü sıvının geçirilmesi.

**Solvent extraction** : Çözme yolu ile bakırın, çözeltilisinden çıkarılması anlamına gelmektedir.

\*\* Bu listeye, tenörleri bilinmediği için yedi şirket . tesis alınmamıştır.  
A.B.D. de Bakır istihsal eden şirketler (1972 yılı)



3 No:lu çizelgenin incelenmesinden elde edilen diğer sonuçlar da şöyle özetlenebilir :

1 — Tenörünü yüksek olan cevher yatakları :

#### **Cu tenörünü**

Magma copper Co. Superior, Ariz % 4.5  
Phelps Dodge Corp. Copper  
Queen AZ

Yeraltı işletmesi olarak çalışılmakta ve günlük ham cevher istihsalı sırasıyla 1600 ton ve 2648 ton gibi az miktarlarda yapılmaktadır.

2 — Tenörünü % 1 ve daha düşük olan cevher yataklarında günlük istihsal (ham cevher) çok yüksek olmakta ve yataklar açık işletme ile çalışılmaktadır.

3 — Yan ürün istihsalı olmayan yataklarda % 1.0 den küçük tenörlü olanların ekonomik çalışılabilmesi için günlük üretim çok büyük miktarlara ulaşmaktadır. Bunun için de bu gibi yatakların çok büyük rezervleri olması gerekmektedir.

4 — 1 No :lu grafikten de istidlal

edildiğine göre : yan ürünü olmayan yatakların tenörünü, 11 No:lu ox Hide, Ariz, yatağı hariç, % 0.50 nin altına düşmektedir.

5 — A.B.D. de ki makine, teçhizat ve Know how olarak ile Türkiye'deki imkânlar kıyaslanırsa Türkiye de % 0.50 altında tenörünü olan ve rezerv durumu müsait olmayan yatakların olamayacağı ve tenörünü % 0.50 altında olan ve rezervleri 10 milyonlarla ifade edilen yatakların ise marginal durumda olacakları sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonucu aşağıda verilen örnekte takviye etmektedir :

**KANADA'da** Gibraltar Mines-Limit'de ait bakır cevheri yatağında :

Tenör	Rezerv Ton	Cut-Off Limit
% 0,373 Cu	358.000.000	% 0.25

Günlük ham cevher üretimi : 36.000 ton. (2d)

Bu örnekte verilen sayısal değerler bu incelememizin vardığı sonuçları ve 1 No:lu grafik^ eğrisinin dik kısmını doğrulamaktadır.

## KAYNAKLAR

- 1 r- JOHN V. Beall. Temmuz 1972 (2d)  
«Copper in the U.S. - a Position  
Survey» nüshalannda çeşitli ülkelerde bakır  
yatakları hakkında yazılan mekale-  
ler.  
«Mining Engineering» April 1973  
2 — «World Mining» Nisan 1966 (2a) 3 — Metal ve Maden Haberleri, 3 Eylül  
1970 nüshası.  
Ekim 1966 (2b) Maden Mühendisleri Odası  
**Kasım 1966 (2c)**