

**KAYSERİ PINARBAŞI-PULPİNAR KROM CEVHERİ İÇİN OPTİMUM
YERALTI ÜRETİM YÖNTEMİ SEÇİMİ**

Selection of Optimum Underground Mining Method for Kayseri Pmarbaşı-Pulpınar
Chromite Ore

AlıKAHRİMAN'
Atilla CEYLANOĞLU'**
Ahmet DEMİRCİ'***
Ercan ARPAZ****
Önder UYSAL*****

Anahtar Sözcükler : Krom Cevheri ve Yankayaçları, Sağlamlık Sınıflaması, Yeraltı Üretim
Yöntem Seçimi, Ambarlı Arakatlı Göçertme

ÖZET

Bu makalede, Kayseri Pmarbaşı-Pulpınar krom cevherinin (4 No'lu Kuyu) verimli bir şekilde değerlendirilebilmesi için uygun yeraltı üretim yöntemi seçimine dönük çalışma sonuçları sunulmuştur. Bu kapsamda, yöntem seçimini etkileyen parametrelerin teknik ve ekonomik açıdan belirlenmesi amacıyla öncelikle bir dizi arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Mevcut veriler kullanılarak cevher yatağının geometrisi tanımlanmış ve kaya birimlerinin sağlamlık dereceleri belirlenmiştir. Daha sonra, üretim yöntemi seçimine gidilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda en uygun üretim yöntemi olarak ortaya çıkan ambarlı-arakatlı göçertme yöntemi tanıtılmış ve deneme mahiyetinde uygulaması önerilmiştir.

ABSTRACT

In this paper, the results of the investigation on the selection of optimum underground mining method for Kayseri Pmarbaşı-Pulpınar chromite ore body (Shaft 4) are presented. Within the scope of this study, initially, some rock properties were determined using field and laboratory tests, and rock units encountered were classified. In addition, ore body model was described. Then selection of the optimum mining method was carried out in light of data obtained. Sublevel shrinkage caving method was suggested for a panel testing.

¹ Yrd.Doç.Dr.C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

^{''} Doç.Dr.C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

^{'''} Prof. Dr.C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

^{''''} Araş. Gör. C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

^{'''''} Araş. Gör. C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların tükenebilirliği dikkate alındığında, maden rezervlerinin optimum şekilde değerlendirilmesi zorunludur. Bu süreçte; ekonomik, teknik ve emniyetlilik açısından, koşullara uygun yeraltı üretim yöntemi seçimi büyük önem arz etmektedir. Yöntem seçiminde ise, bilindiği gibi kontrol edilebilir ve kontrol edilemez nitelikte pekçok parametre etkilidir. Diğer parametrelerle birlikte, yatağın geometrisi ile cevher ve yankayaçların sağlamlık dereceleri, seçimde belirleyici unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, sözkonusu parametrelerin; her cevher yatağı için, ayrıntılı bilimsel ve teknik etüdlerle ortaya konulması gerekmektedir.

Bu makalede, Dedeman Madencilik A.Ş.'nin Kayseri Pınarbaşı-Pulpınar köyü yakınlarında yer alan, 4 No'lu Kuyu cevheri olarak adlandırılan krom sahası için uygun yeraltı üretim yöntemi seçimine yönelik araştırma sonuçları sunulmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle bir dizi arazi ve laboratuvar çalışması sonucunda, sahada yer alan kaya birimlerinin sağlamlık dereceleri belirlenmiş ve cevher yatağının geometrisi ortaya konulmuştur. Bunun yanında, aynı sahada yer alan ve Rıfat kuyusu olarak adlandırılan ocakta uygulanmakta olan üretim yöntemi de incelenmiştir. Daha sonra, sağlanan veriler ışığında üretim yöntemi seçimine gidilmiştir. Yöntem seçiminde; ilk aşamada 17 değişik risk berisi kriter kullanılarak sahada uygulanabilecek yöntemler için ön eleme yapılmıştır. Yapılan bu ön seçim sonucunda ortaya çıkan yöntemler, ağırlık ve öncelikleri işletme koşullarına göre belirlenen 11 farklı risk ötesi kriter bazında puanlandırılarak uygun üretim yöntemi belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, "Ambarlı Arakatlı Göçertme" yönteminin işletme koşullarına teknik, ekonomik ve emniyetlilik açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak beklenmedik problemlere çözüm üretmek ve çalışanların yöntem adaptasyonu bakımından, uygun

görülecek bir panoda deneme mahiyetinde uygulama önerilmiştir.

2. İŞLETMENİN GENEL DURUMU

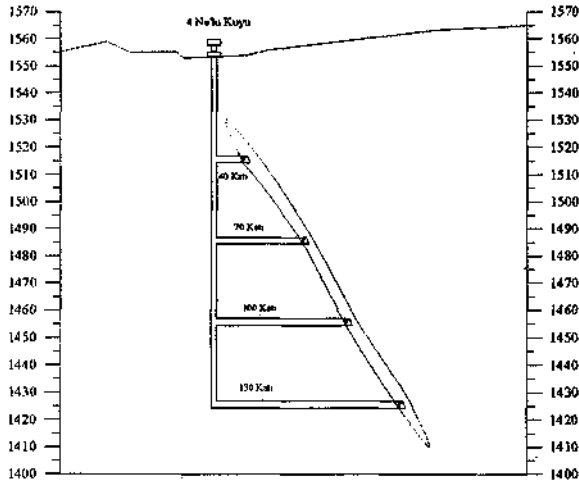
Gerek aynı sahada faal halde bulunan yeraltı ocağı (Rıfat Kuyusu), gerekse bu çalışmaya esas olan krom sahası (4 No'lu Kuyu) hakkında genel bilgi ve değerlendirmeler; hem arazide yapılan incelemeler hem de sondaj ve imalat verileri kullanılarak yapılmıştır. Araştırma Grubu tarafından üretim faaliyetleri sürdürülmekte olan Rıfat Kuyusu ocağında yapılan gözlem ve incelemeler sırasında Travers ayak (Yukarı doğru) üretim yönteminin uygulanmakta olduğu ve bu yöntemde yukarı doğru çalışma sonucunda, çatlaklı ve sık eklemli bir yapıya sahip olan üst kısmın patlatmanın da etkisiyle oynamasına, dolayısıyla tahkimatta aşırı yüklenmelere neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca üretim yöntemine bağlı olarak dolgunun uzun zaman alması, mekanizasyonun (LHD yada Scraper gibi) uygulanmayışı üretim hızını azalttığı, bunların sonucu olarak çalışma konfor ve güvenliğinin olumsuz etkilendiği ve randımanın (1-1,2 ton/yevmiye) istenen düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu bilgiler çerçevesinde yapılabilecek değişiklikler, işletme yetkilileri ile tartışılmış ve yöntemin değiştirilmesi konusunda fikir birliğine varılarak, travers ayağın (Top slicing) aşağı doğru olan uygulamasına geçilmiştir. By yöntemin uygulanmasında; çalışma konforu, iş güvenliği ve randıman açısından kısmi iyileştirmelere ulaşılmış (1,66 ton/yevmiye) ancak aşağıda özetlenen sorunların devam ettiği saptanmıştır.

- i. Üretim hızı ve kapasitesinin düşüklüğü (Ort. 120 ton/gün)
- ii. Kazı-yükleme ve nakliyat mekanizasyon eksikliği
- iii. Tahkimat birim tüketiminin fazlalığı (30 dm³/ton)
- iv. Dolgu probleminin devam etmesi
- v. Randımanın daha fazla artırılamayışı
- vi. Muhtemelen maliyetlerin yüksekliği

Rıfat kuyusu krom ocağında inilmiş bulunan derinliğin fazlalığı (155 m) ve kalan görünür rezervin azlığı (\ll 120.000 ton) nedeniyle bu çalışmanın hedefi, burada gözlenen sorunları dikkate alarak yeni oluşturulan 4 No'lu Kuyu krom cevherleşmesine yönelik optimum üretim yönteminin belirlenmesi olmuştur.

2.1. Cevher Geometrisi ve Rezervi

İmalat ve sondaj verileri kullanılarak yapılan çalışma sonucunda, cevher geometrisi ve rezervi ile ilgili elde edilen bilgiler aşağıda verilmektedir. Bugüne kadar yapılmış olan hazırlık çalışmaları (4 No'lu Kuyu, kat galerileri ve kılavuzlar) Şekil 1'de verilen kesit üzerinde gösterilmektedir. Cevher yatağının geometrisi, kat planları ve blok diyagramı çıkarılarak ortaya konulmuştur (Şekil 2). Üretilen rezervin 280.000 ton olduğu belirlenmiştir (İşletme kaybı % 20 alınmıştır). Ancak hesaplanan bu rezerv seçilen üretim yöntemine göre değişebilecektir.



Şekil 1. Mevcut hazırlık çalışmaları.

Üretim yöntemi seçiminde dikkate alınacak yatağın şekli ve geometrisi ile ilgili belirlenen bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

- i. Eğim: 55°-65°, ortalama 60°, SE
- ii. Kalınlık: 3-10 m, ortalama 6 m
- iii. Uzanım: Ortalama 170 m (N75°E)
- iv. Geometrik şekli: Filon-damar

- v. Cevher - yantaş kontakt durumu : Az miktarda dalgalı
- vi. Tenor: Üniforma yakın (% 42-48)
- vii. Derinlik: Sığ
- viii. Yeryüzü koşulları: Tasman 'yönünden kısıt yok.

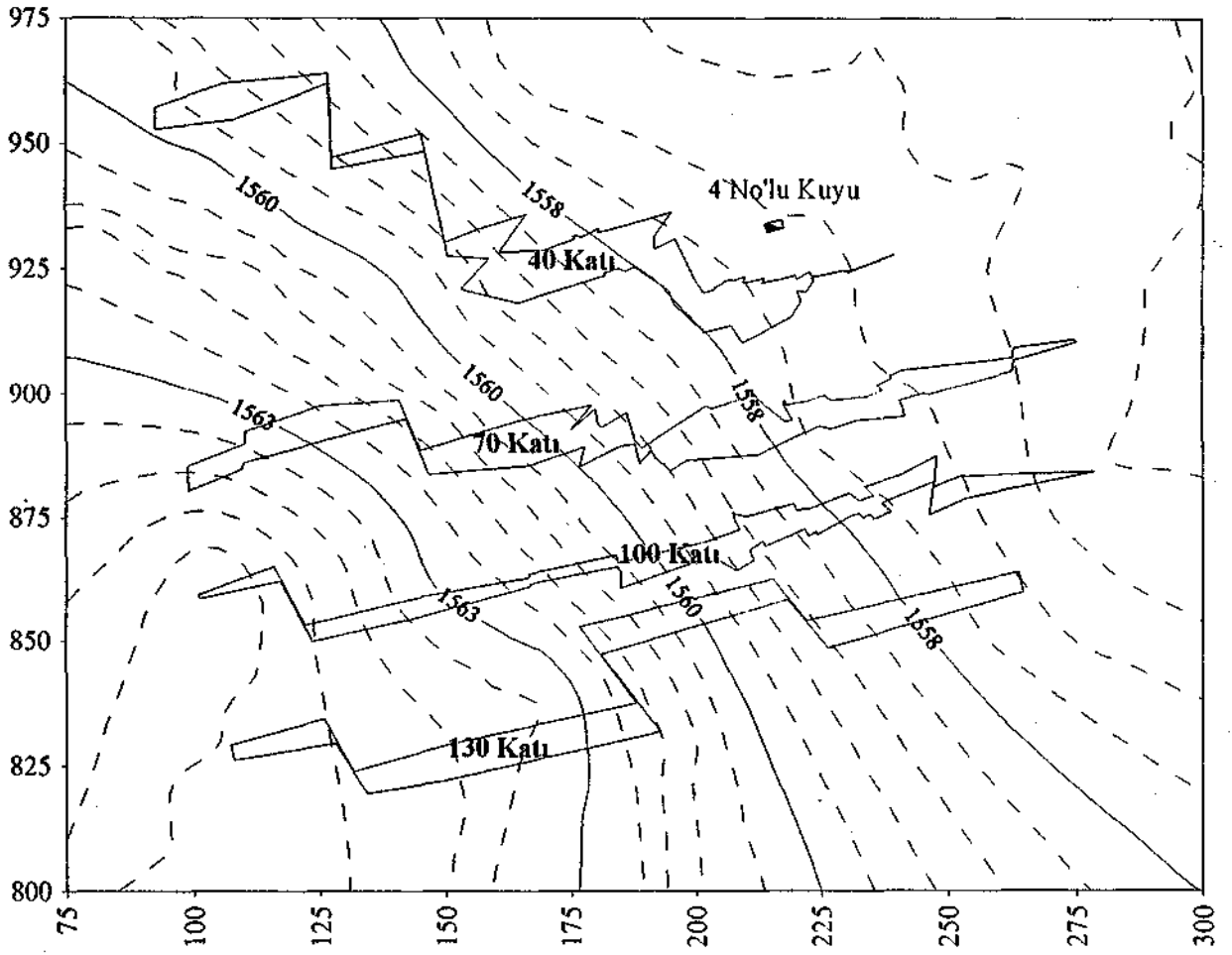
3. CEVHER VE YANKAYAÇLARIN SAĞLAMLIK DERECELERİNİN BELİRLENMESİ

Yeraltı üretim yöntemi seçiminde etkili olan parametrelerden birisi de cevher ve yankayaçların sağlamlık dereceleridir. Bu amaçla, gerek arazi gerekse laboratuvarla kapsamlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler literatür değerleri ile karşılaştırılarak yorumlanmış; cevher, tavantaşı ve tabantaşının sağlamlık dereceleri belirlenmiştir.

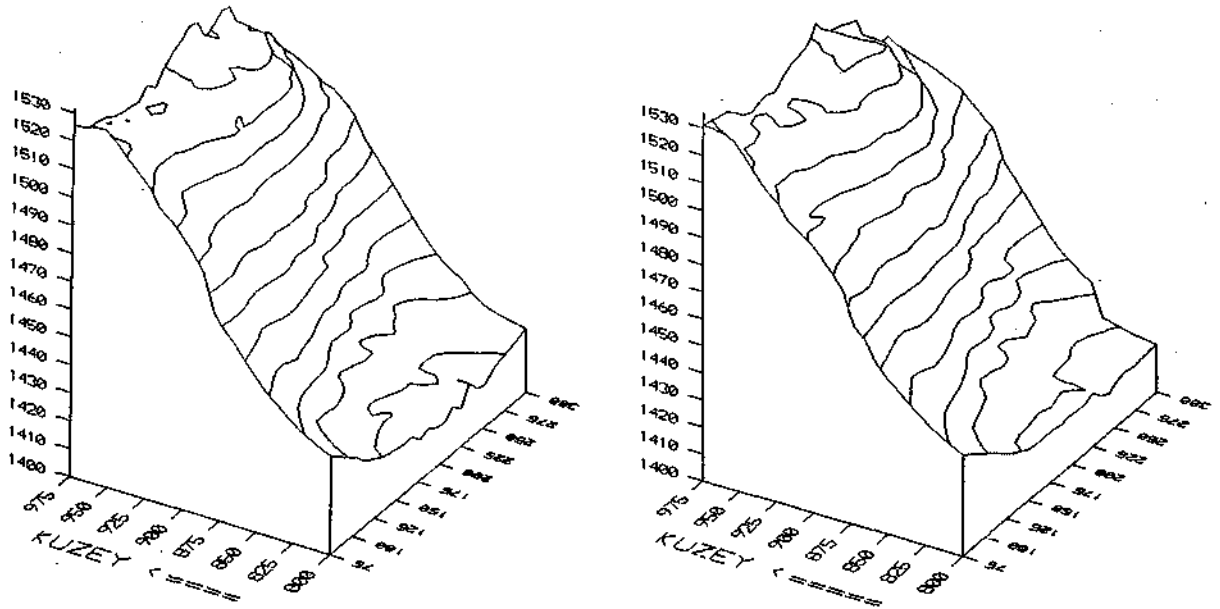
Arazi çalışması Şekil 1'de verilen kat galerilerinde (40, 70, 100) karşılaşılan cevher, tavantaşı ve tabantaşı kaya birimlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma; jeoteknik tanımı, Schmidt çekiç testini, nokta yükleme testini ve kaya mekaniği laboratuvar deneyleri için çalışılan kayaları temsil ve karakterize eden blok numuneler alınmasını içermiştir. Arazi gözlem ve ölçüm sonuçları toplu halde Çizelge 1'de verilmiştir.

Kaya birimlerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla araziden getirilen temsili blok numunelerinden alınan karotlar üzerinde Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği'nin (ISRM) öngördüğü standartlara uyularak (ISRM, 1981) gerçekleştirilen deney sonuçları (Demirci ve Ark., 1994; Ceyanoğlu ve Ark., 1993) Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilen kaya birimlerine ait arazi ve laboratuvar sonuçları, bazı literatür sınıflama sistemlerine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçları Çizelge 3'de toplu halde sunulmaktadır. Aynı Çizelgede + 40 ve + 130 katları için hesaplanan düşey ve yatay



a. Kat planı



Taban

Tavan

b. Blok diyagram

Şekil 2. Cevher geometrisi

Cizelge 1. Arazi Gözlem ve Ölçüm Sonuçları.

LOKASYON	KAYA BİRİMİ	JEOTEKNİK TANIM	Schmidt Çekici Sertliği	Nokta Yüklü Dayanımı $I_s(50)$ (MPa)
40 Katı	TAVANTAŞI	Grimsi yeşil, az derecede ayrılmış. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 70 cm. Devamlılık ortalama 40 cm. Düz - dalgalı. Belirgin dolgu malzemesi yok.	19.80 ± 4.26	5.06 ± 1.87
	CEVHER	Koyu gri. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 40 cm. Ortalama devamlılık 25-30 cm. Orta derecede nemli. Pürüzlü basamaklı. Yer yer, sert yeşil görünümde serpantin dolgu var.	32.80 ± 5.75	8.29 ± 3.96
	TABANTAŞI	Yeşilimsi gri, orta derecede ayrılmış. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 50 cm. Ortalama devamlılık 30 cm. Düz - basamaklı. Belirgin dolgu malzemesi yok.	36.60 ± 5.42	7.58 ± 1.56
70 Katı	TAVANTAŞI	Koyu gri görünümde. Az su geliri var. Oldukça nemli. Düzensiz eklem takımı. Ortalama süreksizlik aralığı 50 cm. Dalgalı basamaklı, az pürüzlü.	29.90 ± 7.22	6.09 ± 1.95
	CEVHER	Koyu gri görünümde. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 55 cm. Dalgalı basamaklı, pürüzsüz, iç kısımlarda dalgalı düz. Aynanın ortasında max.3 cm eninde ve 3 m devamlılığında yeşilimsi zayıf serpantin dolgu var.	31.10 ± 5.84	5.27 ± 2.28
	TABANTAŞI	Düzensiz eklem takımı. Ortalama süreksizlik aralığı 50 cm. Ortalama devamlılık 45 cm. Basamaklı düz pürüzlü, iç kısımlar dalgalı düz.	33.00 ± 5.93	7.91 ± 2.00
100 Katı	TAVANTAŞI	Yeşilimsi gri, yer yer fay nedeniyle kahverengi görünümde. Az derecede ayrılmış. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 45 cm. Dalgalı düz, cevherden uzaklaştıkça yüzey pürüzlülüğü artıyor.	22.70 ± 3.16	4.51 ± 1.80
	CEVHER	Kahverengimsi görünümde. Orta derecede ayrılmış. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 45 cm. ortalama devamlılık 65 cm. Pürüzlü dalgalı, iç kısımlarda basamaklı pürüzlü. Yeşilimsi renkte, zayıf, giderek daralan 3 cm genişliğinde ve 2 m devamlılıkta eğimi yataya yakın dolgu malzemesi var.	25.30 ± 7.18	0.51 ± 0.03
	TABANTAŞI	Yeşilimsi gri görünümde, yer yer az derecede ayrılmış kısımları var, genelde taze. Düzensiz eklem takımı. Ortalama süreksizlik aralığı 65 cm. Dalgalı düz, iç kısımlar basamaklı pürüzlü.	33.20 ± 5.43	4.41 ± 2.05

Cizelge 2. Kaya Mekanik Laboratuvar Deney Sonuçları.

Kaya Birimi	Yoğunluk (gr/cm^3)	Nem Oranı (%)	Suya Dayanım İndeksi (I_{d-2})(%)	Darbe Dayanımı ($kgf.cm/cm^3$)	Dolaylı Çekme Dayanımı (MPa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Kohezyon (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı (Derece)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı
Tavantaşı	2.615 ± 0.031 (2.554 - 2.636)	0.8	99.24 ± 0.040 (99.18 - 99.27)	6.34 ± 4.98 (1.68 - 17.96)	6.74 ± 1.23 (5.56 - 10.4)	69.95 ± 24.83 (27.10 - 111.2)	25.02	40.01	33.42	0.382
Cevher	4.039 ± 0.121 (3.765 - 4.097)	0.2	97.75 ± 0.539 (97.26 - 98.30)	4.69 ± 3.21 (1.07 - 11.42)	7.40 ± 2.13 (3.01 - 10.9)	52.83 ± 19.43 (24.79 - 89.40)	32.53	30.46	75.80	0.246
Tabantaşı	2.694 ± 0.012 (2.685 - 2.721)	1.1	99.42 ± 0.035 (99.38 - 99.46)	9.55 ± 5.61 (2.74 - 21.88)	7.79 ± 2.73 (3.34 - 12.2)	79.14 ± 36.90 (30.28 - 145.2)	16.72	42.82	27.50	0.261

Çizelge 3. Tavantaşı, Tabantaşı ve Cevherin Sağamlık Dereceleri.

Kaya Birimi	Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Schmidt Çekici	Modül Oranı	Suda Dağılımı Dayanımı İndeksi	RQ D	Deere ve Miller	Çatlaklı Kaya Kütlelerinde Dayanım Diyagramı	RMR (Bieniawski)			Yatay Arazi Gerilmesi		*Sağamlık Derecesi
								Puan ve Tanım	Kazı Açıklığı (m)		σ_h (MPa)		
									Tahkimatsız	A.Göç.	40 Katı	130 Katı	
Tavantaşı	70 MPa Orta Dirençli	20 Az yumuşak	478 Orta	99 % Çok Yüksek	% 81 İyi	Orta Dayanım	Sağlam Kaya	66 İyi Kaya	3.4	18	0.633	2.057	Sağlam (D)
Cevher	53 MPa Orta Dirençli	33 Az sert	1435 Yüksek	97 % Yüksek	% 66 Orta	Orta Dayanım (Alt sınır)	Orta Sağamlıkta	47 Orta Kaya	2.3	9	0.335	1.089	Orta (C)
Tabantaşı	79 MPa Orta Dirençli	37 Az sert	347 Orta	99 % Çok Yüksek	% 75 İyi	Orta Dayanım	Sağlam Kaya	66 İyi Kaya	3.4	18	0.362	1.174	Sağlam (D)

σ_v (Düşey Arazi Gerilmesi) = 1.025 MPa (+ 40 katında)

σ_v (Düşey Arazi Gerilmesi) = 3.330 MPa (+ 130 katında)

* Yazarlar tarafından belirlenmiştir.

arazi gerilmeleri de verilmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi; gerek cevher, gerekse yankayaçlarda çekme dayanımlarından daha düşük olan yatay arazi gerilmeleri sorun yaratmayacaktır. Kaya sağlamlık derecesi için 6 ayrı sınıf (A. Çok Zayıf, B. Zayıf, C. Orta Sağlam, D. Sağlam, E. Oldukça Sağlam, F. Çok Sağlam) öngörülmüştür. Kaya malzeme/kütle özellikleri ve sınıflama sistemleri gözönüne alınarak kaya birimlerinin sağlamlık dereceleri bulunmuştur (Çizelge 3). Buna göre cevher orta (C), tavantaşı ve tabantaşı ise sağlam (D) sınıflarında yer almaktadır. Ayrıca RMR'a göre, ortalama tahkimatsız durma zamanı (etkin kazı açıklığı); orta sağlamlıkta olan cevherde 4,5 m açıklık için 1 hafta, sağlam dayanım sınıfında olan tavantaşı ve tabantaşında ise 8 m açıklık için 6,5 ay olarak belirlenmiştir.

4. ÜRETİM YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SEÇİMİ

Uygun üretim yöntemi seçimi birçok parametre gözönüne alınarak yapılmaktadır (Cummins, 1973 ; Hustrulid, 1982). Bu parametrelerden başlıcaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- i. Cevher geometrisi ve şekli (kalınlık, uzanım, eğim, derinlik vb.)
- ii. Rezerv miktarı
- iii. Tenor ve tenor dağılımı
- iv. Cevher-yantaş kontakt durumu
- v. Jeolojik ve tektonik yapı
- vi. Cevher ve yankayaçların sağlamlık durumu
- vii. Su durumu
- viii. Yeryüzü koşulları
- ix. Ekonomik koşullar
- x. Diğer

4.1. Uygulanabilecek Üretim Yöntemleri

Rıfat kuyusundaki incelemeler ve cevher modeli (4 No'lu Kuyu) ile ilgili bilgiler gözönüne alınarak yapılan ön değerlendirme sonucunda ilk aşamada aşağıda adları verilen 13 değişik yeraltı üretim yöntemi incelemeye alınmıştır.

1. Dolgulu Tavan Arınlı Ayak (Cut & Fill)
2. Dolgulu Tavan Arınlı Ayak + Halat Bulon (Cut & Fill + Cable Bolting)
3. Dolgulu Ambarlı Ayak (Shrinkage Stopping With Filling)
4. Ambarlı Ayak (Shrinkage Stopping Without Filling)
5. Ambarlı Ayak + Halat Bulon (Shrinkage Stopping + Cable Bolting)
6. Oda-Topuk Yöntemi (Room & Pillar)
7. Oda Yöntemi (Chamber Mining)
8. Suni Tavanlı Dolgulu Travers Ayak (Underhand Top Slicing)
9. Dolgulu Travers Ayak (Overhand Top Slicing)
10. Dolgulu Arakatlı Kazı (Sublevel Stopping With Filling)
11. Arakatlı Kazı ' (Sublevel Stopping Without Filling)
12. Arakatlı Göçertme Yöntemi (Sublevel Caving)
13. Blok Göçertme Yöntemi (Block Caving)

4.2. Üretim Yöntemi Seçimi

4.2.1. Ön Seçim

Sözkonusu sahaya uygulanabilecek yukarıda verilen üretim yöntemlerinin uygunlukları aşağıda verilen kriterler kullanılarak belirlenmiştir.

1. Üretim yönteminin yatak geometrisine uygunluğu (Boyutsal uyum).
2. Kazı araçları ile cevher yatağının boyutsal uyumu.
3. Üretim yöntemi ile tektonik yapı arasındaki uyum.
4. Kazı boşluğu ve kazı aracı boyutu ilişkisi.
5. Üretim yönteminin tavan ve taban düzensizliklerine uyumu.
6. Üretim yönteminin eğim ve eğimdeki düzensizliklere uyumu.
7. Üretim yönteminin yatak içeriğine ve yantaşın akışkanlığına uygunluğu.
8. Üretim yönteminin istenen parça boyutuna uyumu.
9. İşçi ve makinaların taban, tavan göçmelerine ve taş düşmesine karşı korunmuşluğu.

10. İşçi ve makinaların kaya patlamasına karşı korunmuşluğu.
11. İşçi ve makinaların hidrolik tehlikeye karşı korunmuşluğu.
12. Metodun görünmeyen cevher yataklarını korumaya karşı yeterliliği.
13. Metodun yeryüzünün bozulma ve kırılmasına karşı yeterliliği.
14. İşçi ve makinaların patlatma işlemine karşı korunmuşluğu.
15. Yeraltı su tablasının korunması ve kirliliğe karşı korunmuşluğu.
16. Kazı araçlarının cevheri kazanmaya, yüklemeye vetaşımaya uygunluğu.
17. İhtiyaç duyulan kazı boşluğu boyutlarının öngörülen süre için elde tutulabilirliği.

Yukarıda belirtilen kriterler yeraltı üretim yöntemleri için cevher, tavantaşı ve tabantaşı sağlamlık dereceleri ile işletme koşulları gözönüne alınarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Çizelge 4). Yapılan bu ön seçim sonucunda aşağıda sıralanan üretim yöntemleri uygulanabilir olarak ortaya çıkmıştır.

- i. Dolgulu Tavan Armlı Ayak + Halat Bulon
- ii. Ambarlı Ayak + Halat Bulon
- iii. Suni Tavanlı Dolgulu Travers Ayak
- iv. Dolgulu Arakatlı Kazı
- v. Arakatlı Göçertme Yöntemi (Ambarlı versiyonu)

4.2.2. Nihai Seçim

Yukarıda uygunluğu belirlenmiş olan bu beş değişik üretim yöntemi arasından en uygun olan yöntemi belirlemek amacıyla aşağıda verilen 11 farklı kriter öngörülmüştür.

- i. Mekanizasyon
- ii. Konsantrasyon
- iii. Selektivite
- iv. Fleksibilite
- v. Organizasyon
- vi. Yöntem değişikliği
- vii. Cevher kazanımı

- viii. Seyrelme
- ix. Yatırım hacmi
- x. Üretim maliyeti
- xi. Risk ötesi emniyet- (Pano boşluğuna girme, iş yerine giriş kolaylığı, tavan altında bulunma, taban stabilitesi, havalandırma sürekliliği).

Yöntem seçiminde istenen amaçlara ulaşabilmek için Şirket Yetkilileri ve Araştırma Grubu tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda, bu kriterlerin öncelik ve ağırlıkları belirlenmiştir. Bu öncelik ve ağırlıkların tayininde yarım matris yöntemi yardımıyla tüm kriterler birbirleriyle mukayese edilmiş ve kriter ağırlıkları sukseşif yaklaşım metodu kullanılarak tesbit edilmiştir (Çizelge 5). Çizelge 5'den de görüleceği üzere en öncelikli ve ağırlıklı kriter % 17 ağırlık ile üretim maliyeti olmaktadır. Yatırım hacmi ise % 15 ağırlıkla ikinci öncelikli kriter olurken, mekanizasyon % 13 ağırlıkla üçüncü sırada yer almaktadır. Öngörülen ve ağırlıkları belirlenen bu kriterlerin, her bir yöntem için aldıkları değerler (0-10 Puan) oluşturulan belirli yargı şemaları kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca bu değerlendirmede uygun bulunan üretim yöntemlerinin farklı mekanizasyon uygulamalarındaki durumu da (Klasik, Scaper, LHD) gözönüne alınmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6'dan da görüleceği gibi işletme koşullarına en uygun üretim yöntemi 795 puan ile ARAKATLI GÖÇERTME yöntemi olmaktadır. Bu yöntemde yükleme-taşıma-boşaltma operasyonlarında LHD kullanılması öngörülmüştür. Ayrıca Çizelge 6'da bulunan yöntemlerin kriter bazında aldıkları puanlar ve ağırlıklar tartımlılık açısından da değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme en fazla puanı alan ilk dört üretim yöntemi için yapılan değerlendirme Şekil 3'de sunulmaktadır. Tartımlılık açısından yapılan değerlendirmeye göre de arakatlı göçertme yönteminin diğer seçeneklere göre (tüm kriterlere göre dengeli verim değeri elde edebilmesi dolayısıyla) daha tartımlı olduğu anlaşılmaktadır.

Cizelge 4. Üretim Yöntemleri Ön Seçimi.

Kriterler	Yöntemler	Dolgulu Tavan Arınık Ayak	Dolgulu Tavan Arınık Ayak + Halat Bulon	Dolgulu Ambarlı Ayak	Ambarlı Ayak	Ambarlı Ayak + Halat Bulon	Oda Topuk	Oda	Sunt Tavanlı Dolgulu Travers Ayak	Dolgulu Travers Ayak	Dolgulu Arakath Kazı	Arakath Kazı	Arakath Göçertme	Blok Göçertme
1. Üretim yönteminin yatak geometrisine uygunluğu (Boyutsal uyum).		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
2. Kazı araçları ile cevher yatağının boyutsal uyumu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3. Üretim yöntemi ile tektonik yapı arasındaki uyum.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
4. Kazı boşluğu ve kazı aracı boyutu ilişkisi.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5. Üretim yönteminin tavan ve taban düzensizliklerine uyumu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6. Üretim yönteminin eğim ve eğimdeki düzensizliklere uyumu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7. Üretim yönteminin yatak içeriğine ve yataşın akışkanlığına uygunluğu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8. Üretim yönteminin istenen parça boyutuna uyumu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
9. İşçi ve makinaların taban, tavan göçmelerine ve taş düşmesine karşı korunmuşluğu.		0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1
10. İşçi ve makinaların kaya patlamasına karşı korunmuşluğu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11. İşçi ve makinaların hidrolik tehlikeye karşı korunmuşluğu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
*12. Metodun görünmeyen cevher yataklarını korumaya karşı yeterliliği.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13. Metodun yeryüzünün bozulma ve kırılmasına karşı yeterliliği.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14. İşçi ve makinaların patlatma işlemlerine karşı korunmuşluğu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15. Yeraltı su tablasının korunması ve kirliliğe karşı korunmuşluğu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16. Kazı araçlarının cevheri kazanmaya, yüklemeye ve taşımaya uygunluğu.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17. İhtiyaç duyulan kazı boşluğu boyutlarının öngörülen süre için elde tutulabilirliği.		0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
17 SONUÇ : 11 i 1 1		0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0

0 : Uygulanamaz. 1 : Uygulanabilir * Sondaj verileri doğrultusunda görülmeyen cevher yatakları söz konusu değildir.

Çizelge 5. Nüba Plöfntem Seçpimine Yönelik Kriter Önelikleri ve Ağırılı klan.

M E K A N A Z A S Y O N	K O N S L E X T A S Y O N	S L E K T İ V İ T E	F L E X İ BİLİ T E	O R G ANİZASYON	Y Ö N T EM DEĞİŞİKLİĞİ	C EVHER KAZANIMI	S E Y R E L M E	Y ATIRIM HACMI	ü R ÜN M ALİYETİ	R İSK ÖTESİ EMNİYET	K R İ T E R L E R	Tercih Fre- kansısı (w)	Tercih Sırası (r)	Ağırılık (%) (G)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3	13
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	8	6
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	11	2
			4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	10	3
				5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	9
					6	6	6	6	6	6	6	3	9	5
						7	7	7	7	7	7	8	4	12
							8	8	8	8	8	7	5	10
								9	9	9	9	10	2	15
									10	10	10	11	1	17
										11	11	5	7	8

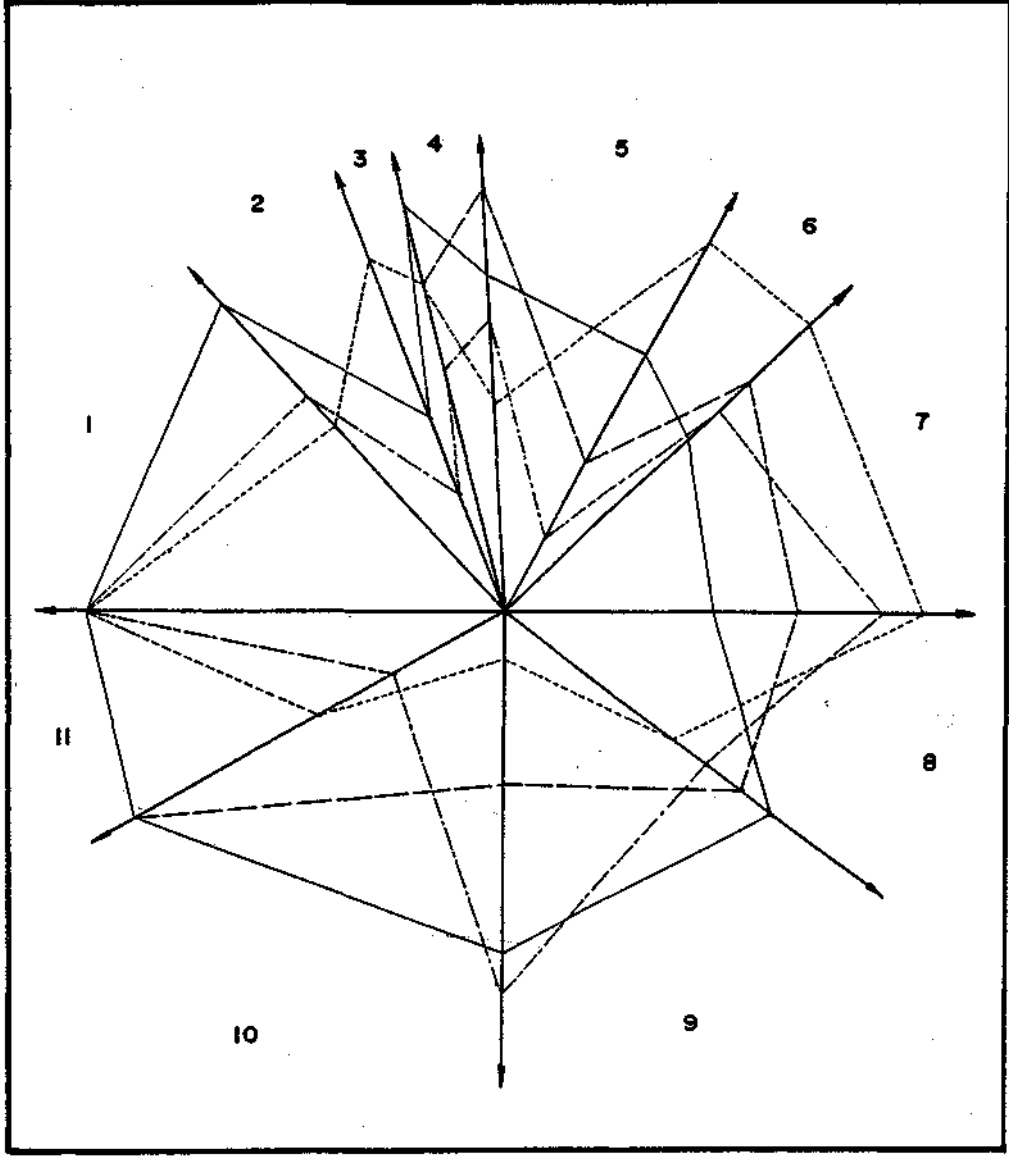
$$(n=\text{Kriter Sayısı}; r=n+1-w; G=[2(n+1-r)]/[n(n+1)])$$

Çizelge 6. Nihai Üretim Yöntemi Seçimi.

Kriterler ve Ağırlıkları (%)	Mekanizasyon	Konsantrasyon	Selektivite	Fleksibilite	Organizasyon	Yöntem Değişikliği	Cevher Kazanım	Seyrelme	Yatırım Hacmi	Üretim Maliyeti	Risk Ötesi Emniyet	*Toplam Puan	Uygunluk Sırası
Üretim Yöntemleri	(13)	(6)	(2)	(3)	(9)	(5)	(12)	(10)	(15)	(17)	(8)		
Dolgulu Tavan Arınlı Ayak + Halat Bulon (LHD)	10 130	7 42	10 20	6 18	6 54	3 15	10 120	8 80	3 45	3 51	5 40	615	6
Dolgulu Tavan Arınlı Ayak + Halat Bulon (Scraper)	5 65	7 42	10 20	6 18	6 54	3 15	10 120	8 80	4 60	3 51	5 40	565	8
Ambarlı Ayak + Halat Bulon	2 26	7 42	3 6	6 18	7 63	2 10	7 84	9 90	7 105	9 153	3 24	621	5
Ambarlı Ayak + Halat Bulon (LHD)	10 130	7 42	3 6	6 18	7 63	2 10	7 84	9 90	6 90	9 153	3 24	710	3
Suni Tavanlı Dolgulu Travers Ayak (LHD)	10 130	6 36	9 18	8 24	5 45	10 50	10 120	10 100	5 75	1 17	5 40	655	4
Suni Tavanlı Dolgulu Travers Ayak (Scraper)	5 65	6 36	9 18	8 24	5 45	10 50	10 120	10 100	6 90	1 17	5 40	605	7
Dolgulu Arakatlı Kazı (LHD)	10 130	10 60	2 4	8 24	10 90	4 20	8 96	7 70	7 105	4 68	10 80	747	2
Arakatlı Göçertme Yöntemi (LHD)	10 130	10 60	5 10	10 30	8 72	7 35	6 72	5 50	8 120	8 136	10 80	795	1

11

$$*Toplam Puan = \sum_{i=1}^{11} Kriter Puanı * Kriter Ağırlığı$$



Şekil 3. İlk dört seçeneğin tartımlılığı

1. Mekanizasyon
2. Konsantrasyon
3. Selektivite
4. Fileksibilite
5. Organizasyon
6. Yöntem değişikliği
7. Cevher kazanımı
8. Seyrelme
9. Yatırım hacmi
10. Üretim maliyeti
11. Risk ötesi emniyet

Arakath Göçerime (LHD)

Dolgulu Ârakadı Kaa

Ambarlı Ayak + Halat Biion (LHD) C Z T

Suni Tavanlı Dolgulu Travers Ayak (LHD)

Ancak ortaya çıkan bu seçeneğin bu sahaya özgün varyasyonun (Ambarlı arakatlı göçertme) tüm saha için uygulanmasına geçilmeden önce gerek ortaya çıkabilecek problemlere çözüm aranması gerekse yeni sisteme işletme çalışanlarının adaptasyonu bakımından 40 katı üzerinde 5 m'lik üç dilim halinde (40 m katı üzerinde yaklaşık 15 m cevher varlığı varsayımıyla) DENEME UYGULAMASI öngörülmüştür.

4.2.3. Ekonomik Mukayese

Nihai yöntem seçiminde (Çizelge 6) alternatifler genel ekonomik fonksiyonlar bazında birbirleriyle (toplam birim üretim maliyeti açısından) mukayese edilmiş ve puanlandırılmıştır. Ancak bu değerlendirme mutlak farkları "gözönüne almadığından, burada hem Şirketin isteğine hem de alternatiflerin detay maliyetlerine yaklaşım getirebilmek amacıyla ayrı bir maliyet analizi yapılmıştır. Bu karşılaştırmada hazırlık çalışmaları aynı düşünüldüğünden, sadece pano içi birim operasyonların maliyetleri gözönüne alınmıştır (Çizelge 7). LHD kullanımı öngörülen iki yöntem kıyaslandığında ($x \rightarrow 0$ kabulü ile) arakatlı göçertme yönteminin diğerine göre % 54 civarında daha az maliyetle sonuçlandığı görülmektedir. Bu iyileşme klasik travers ayak gözönüne alındığında ($x \rightarrow 0$ kabulü ile) % 74 değerine ulaşmaktadır. Travers ayak + LHD yöntemi ise uygulanmakta olan yönteme göre ($x \rightarrow 0$ kabulü ile) % 43 iyileşme sağlamaktadır.

Doğal olarak burada görülen maliyet farklarının belirgin olup olmama hususu, X ile ifade edilen ve her yöntem için sabit olduğu varsayılan maliyet büyüklüğüne bağlıdır. Yapılan genel tahminlere göre $X=6-8$ \$/ton mertebesinde seyretmektedir. Bu haliyle yöntemlerin sağladığı ekonomik farklılık belirgindir ve konunun tartışılması fevkalâde önemlidir. Hatta bu tartışma $X=20$ \$/ton mertebesine kadar dahi ağırlığını koruyacaktır (X cevher hazırlama maliyetlerini içermez).

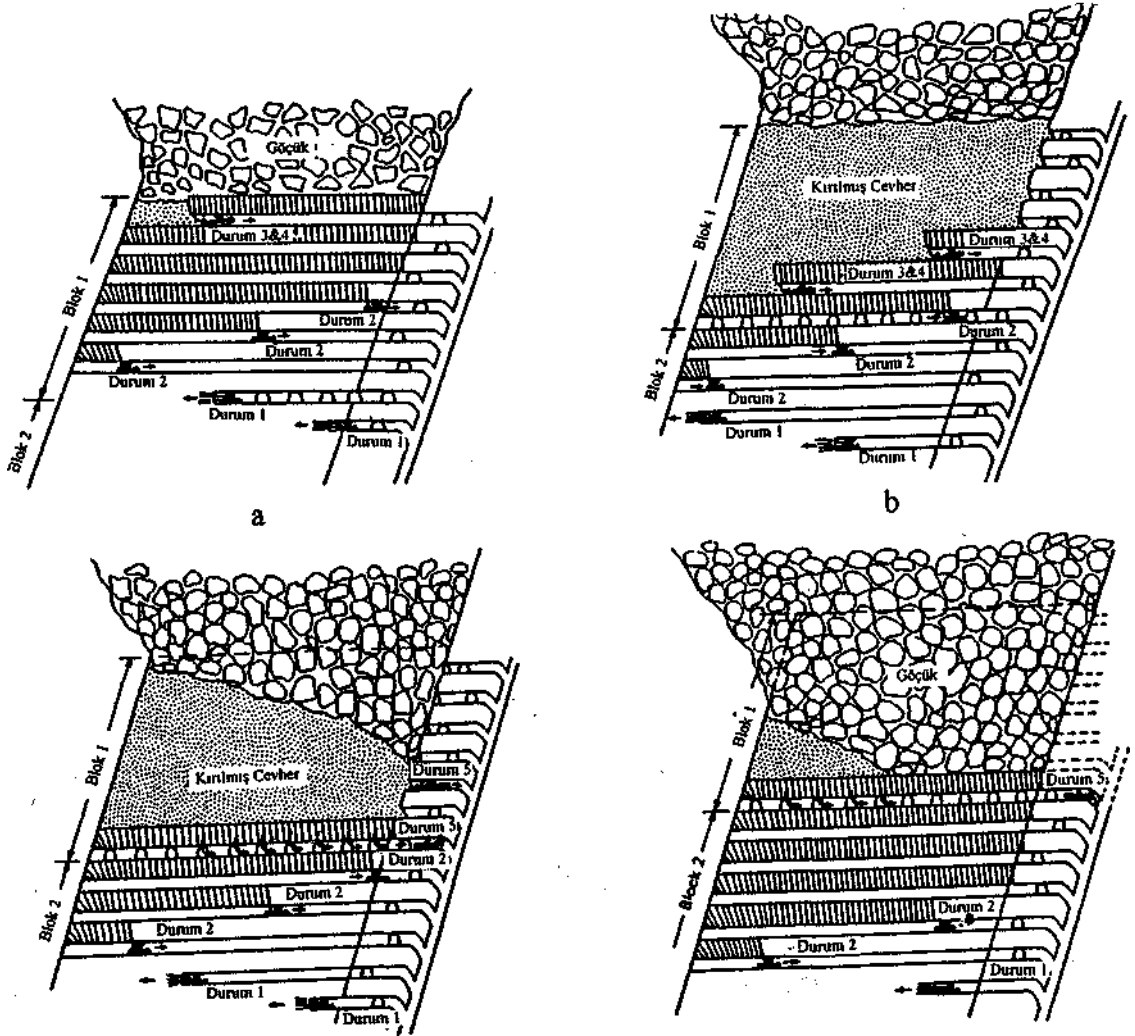
Eğer $X \gg 20$ \$/ton mertebesinde seyrediliyorsa, o zaman işletmede sorunu üretim yönteminden ziyade başka alanlarda aramak gerekecektir. Diğer yandan arakatlı göçertme yönteminde doğacak olan seyrelme ve/veya üretim kaybı, Çizelge 7'de verilen 3.64 \$/ton maliyetin gerek cevher hazırlama işlemlerinden gerek nakliyeden, gerekse yatırım maliyetinden dolayı yükselmesini beraberinde getirecektir.

5. SEÇİLEN ÜRETİM YÖNTEMİNİN (AMBARLI ARAKATLI GÖÇERTME) TANITIMI VE TARTIŞILMASI

Tüm göçertmeli yöntemler; az yada çok kontrollü koşullar altında cevher ve yankayacın kırılmasına dayanmaktadır. Cevher alındıktan sonra parçalanmış malzeme, boşluğu doldurarak üst kısımda göçük bir alan oluşturmaktadır. Yeraltında açılan büyük boşluklar ani göçmeyle işletmeye önemli zararlar verebileceğinden, tümüyle ve sürekli göçmenin sağlanması esastır. Bu nedenle, tavantaşının kolay göçer nitelikte olması arzu edilmektedir. Bu yöntemlerin kontrolsüz uygulamalarında (Özellikle delme-patlatma) seyrelme ve cevher kaybı diğer yöntemlere göre daha fazla olabilmektedir. Genel olarak seyrelme % 10-35 arasında değişirken cevher kaybı % 10-20 arasında olabilmektedir. Günümüzde arakatlı göçertme yönteminin çok sayıda varyasyonları kullanılmaktadır. Bunlardan biride bu saha için Araştırma Grubunca öngörülmüş olan "Ambarlı Arakatlı Göçertme" yöntemidir (Şekil 4). Bu yöntemin uygulanması sonucu hem seyrelme % 5'in altına düşebilecek, hemde kayıplar % 5'in altında kalabilecektir. Özellikle tavantaşının belirgin bir sağlamlık göstermesi bu yöntemin geliştirilmesine neden olmuştur.

Çizelge 7. Yöntemlerin Ekonomik Açısından Karşılaştırılması.

Yöntem ve Birim Maliyet		Travers Ayak S/ton (Deterministik)	Travers Ayak + LHD S/ton (Deterministik)	Ara katlı Göçertme + LHD S/ton (Deterministik)
Operasyon				
Delme + Patlatma		1.397	1.397	1.281
Yükleme + Ana Kata Nakliye		5.250	0.869	0.869
Tahkimat		3.100	3.000	0.300
Dolgu		3.940	1.534	-
Başyukarı		0.078	0.078	0.078
Makina Giriş Yolu		-	0.500	0.500
Havalandırma		0.288	0.610	0.610
TOPLAM	Deterministik	14.05 + X*	7.980 + X*	3.640 + X*
	Ampirik	14.23 + X*	-	4.900 + X*



Durum 1 : Arakat galerilerinin sürülmesi
Durum 2 : Dilimlerde deliklerin delinmesi

Durum 3 ve 4: Patlatma, ambarlama ve kısmen cevher kazanımı
Durum 5 : Ambarlanmış cevherin kazanımı

Şekil 4. Ambarlı arakatlı göçertme yöntemi (Hustrulid, 1982)

Bu yöntemin klasik arakatlı göçertme yönteminden en önemli farklılığı, arakatlarda gevşetilmiş olan cevherin kısmen (kabarmış kısmı kadarı) arakatlardaki ferelerden anında alınırken geri kalan bölümünün ambarlanarak bloğun tamamı gevşetildikten sonraki aşamada arakatlardan çekilmesidir. Burada asıl amaç tüm bloğun aşağı doğru kazanılması aşamasında cevherin yantaşla karışımının önlenmesidir. Bu yöntemin daha ayrıntılı tanıtımı ve uygulanması aşamasında karşılaşılabilecek sorunlar ve çözümüne yönelik yaklaşımlar ile Pulpınar krom cevheri için öngörülen deneme işletmesinin koşulları daha kapsamlı bir tartışmaya ihtiyaç gösterdiğinden, tüm bu hususların başka bir makalede sunulması planlanmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırma sonucunda sözkonusu sahaya uygulanabilecek yeraltı üretim yöntemleri değerlendirilmiş ve en uygun yöntemin "Ambarlı arakatlı göçertme" olduğu belirlenmiştir.

Öngörülen bu yöntemin uygulanmasında, yapılacak hazırlıklar açısından ek bir çalışmaya gerek duyulmayacaktır. Ancak mevcut sistemden farklılığı, beklenmedik problemlere, (tektonizma ve diğer) çözüm bulabilmek ve çalışanların sisteme adaptasyonunu sağlamak amacıyla 40 katı üzerinde üç dilim halinde deneme işletmesi önerilmiştir. Deneme çalışmasında istenen sonuçların sağlanamaması durumunda; Rıfat kuyusu sahasında uygulanmakta olan sisteme (Travers ayak) dönüş sorun yaratmayacaktır. Bu deneme işletmesi ile ilgili daha ayrıntılı değerlendirmeler başka bir makalede sunulacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmayı destekleyen Dedeman Madencilik A.Ş. Yetkililerine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

BIENIAWSKI, Z., T., 1989; "Engineering Rock Mass Classifications", Pennsylvania, s.237

CEYLANOĞLU, A., GÖRGÜLÜ, K., KAHRİMAN A., 1993; "Standart Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyle Verilerinin Değerlendirilmesi İçin Bir Bilgisayar Programı", Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, Konya, s. 249-259.

CUMMINS, AB., GIVEN, IA., 1973; "Mining Engineering Handbook" VI, S ME, New York

DEMİRCİ, A., 1982; "Yeraltı Maden İşletmelerinde Kazı Yöntemlerinin Seçimi", Madencilik Dergisi, Ankara, Cilt 21, No. 1-2, s. 5-19.

DEMİRCİ, A., CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., 1994; "Kayseri Pmarbaşı-Pulpınar Krom Yeraltı Maden İşletmesinde (4 No'lu Kuyu) Optimum Üretim Yönteminin Belirlenmesi ve Projelendirilmesi Çalışmaları", C.Ü. Maden Müh. Böl., Nihai Rapor, Sivas, 122 sayfa.

HUSTRULID, W.A., 1982; "Underground Mining Methods Handbook" SME, New York

ISRM, 1981; "Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods", International Society for Rock Mechanics, s.211

....., 1987; "Cost Estimating System Handbook", I. Surface, and Underground Mining, Bureau of Mines, IC-9142, USA

D İ L E K Ç E V E T A L İ M A T Ö R N E K L E R İ

..... BANKASI, ŞUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Oda üyelik aidatımın yılı ayından başlamak üzere 1996 yılı için 150.000 TL/Ay, 1997 yılı için ise 250.000 TL/Ay olarak Kredi Kartı hesabımdan TMMOB Maden Mühendisleri Odası adına tahsil edilmesini kabul ediyorum.

Saygılarımla.

KART : VISA

EUROCARD

MASTERCARD

Kart No:/...../.....

Son Kullanma Tarihi:

Adres:

...../...../19

Tel : 0 ()

İSİM

Faks: 0 ()

İMZA

..... BANKASI, ŞUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bankanızda bulunan No'lu hesabımdan her ayın'inde TL (yazı ileTL)'nin TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın Bankası Ankara Şubesi'ndeki No'lu hesabına aktarılması için gereğini rica ederim.

Saygılarımla.

Adres:

...../...../19

Tel : 0 ()

İSİM

Faks: 0 ()

İMZA

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI Banka Hesap Numaraları

TÜRKİYE İŞ BANKASI

Meşrutiyet Şubesi : 8120

ZİRAAT BANKASI

Kızılay Şubesi: 346

ETİBANK

Merkez Şubesi: 01720019110015

Kızılay Şubesi: 01520011910012

POSTA ÇEKİ: 86665

MERKEZ:

Tel : 0 (312) 425 10 80-418 36 57

Fax: 0 (312) 417 52 90

İSTANBUL ŞUBE:

Tel : 0 (212) 245 15 03

Fax: 0 (212) 293 83 55

İZMİR ŞUBE:

Tel : 0 (232) 339 40 64

Fax: 0 (232) 339 40 64

ZONGULDAK ŞUBE:

Tel : 0 (372) 251 13 55

Fax: 0 (372) 253 10 80