

Maden Yatahlarınnn Değerlendirilmesinde Pratik Yaklaşımlar

Quick Guides to the Evaluation of Orebodies *

T. Alan O'HARA**
Çeviren : Neval AYDIN***

ÖZET

Madencilikte yıllık gelir; metal fiyatları, izabe tesislerinin cevher/konsantre alım şartnameleri ve konsantre tenörü ile randımanını, bilinen cevher tenörü ile ilişkilendiren formüllerle ve karot örneklerinin bir değerlendirilmesiyle hesaplanabilir. Farklı günlük üretim miktarlarındaki işletme giderleri, cevher yatağının şekline, işletme yöntemine, zenginleştirme işlemine ve genel yardımcı hizmetlere bağlıdır. Yatırım harcamaları ise maden makinalarının büyüklüğüne, maden hazırlık işlerine, tesis sahasının topografyasına, iklim ve ulaşım olanaklarına, yardımcı işletmelere ve çalışanlara sağlanacak konut durumuna bağlıdır.

ABSTRACT

Annual mining revenue can be computed by formulae relating metal prices, smelting schedules, concentrate grade and recovery to known ore grade and an assessment of core samples. Operating costs at different daily tonnages are related to orebody shape, mining method, milling process and general plant services. Capital costs are related to sizing of mining equipment, mine development, plant-site topography, climate and accessibility, plant services and personnel housing.

(*) CIM Bulletin, Şubat 1980, Sayfa : 87-99.

(**) Manager, Development Groupe Hudson Bay Mining and Smelting Co. Limited Anglo American Corporation of Canada Limited, Toronto, Ontario

(***) Maden Y. Müh., MTA Fizibilite E tütleri Dairesi ANKARA.

1. GİRİŞ

Madencilik projelerinin 1978 yılı ortalama yatırım maliyetleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Ancak pek çok projenin maliyeti; şekilde, yeraltı maden işletme / cevher zenginleştirme projeleri için 800 000 T^{0.6} \$, düşük tenörlü açık işletme / cevher zenginleştirme projeleri için 400 000 T^{0.6} \$ olarak görülen ortalama değerlerden büyük ölçüde sapmalar göstermiştir.

Proje maliyetleri ve işletme giderlerinin yüksek olması;

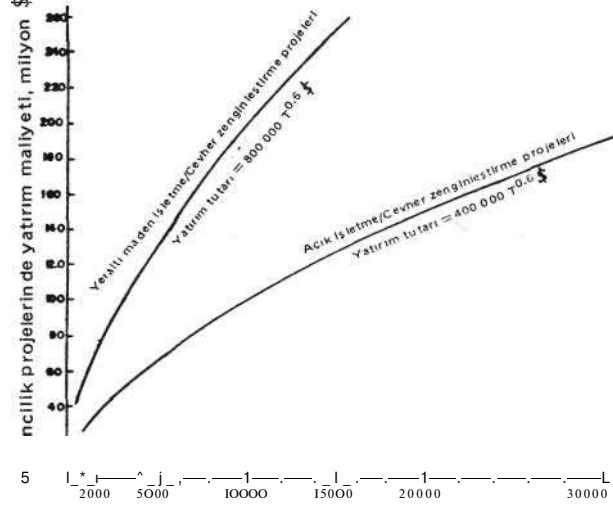
- örtükazı oranı yüksek açık işletmelerin,
- İnce damarları çalışan yeraltı işletmelerinin,
- İşlemlerin kompleks olduğu yeraltı işletmelerinin,
- Uzak, iklim koşulları sert ve dağlık bölgelerdeki işletmelerin ve
- Yollara, şehirlere ve elektrik enerjisi tesislerine bağlantısı olmayan bölgelerdeki işletmelerin

karakteristiğidir. Eğer bu olumsuz koşulların hiçbiri yoksa, proje maliyeti Şekil 1'deki ortalama maliyetin çok altında olur.

Doğaldır ki, yüksek yatırımlara ve işletme giderlerine yol açabilecek tüm koşullar; yerel topografya, iklim ve ulaşım durumu hakkındaki bilgilerle ortaya çıkartılabilir ya da cevher yatağının ana hatları sondajlarla belirlenince, karot örnekleri üzerinde yapılacak testlerle değerlendirilebilir.

Özgün yerel koşulların yatırım tutarı ve işletme giderlerinin her kalemi üzerindeki etkisi değerlendirildikten sonra, bu kalemler toplanarak yatırım tavan ve işletme giderleri daha duyarlı olarak tahmin edilebilir. Bu yazıda yerel koşulların, madencilik projelerinde yatırım tutarı ve işletme giderlerinin bazı özgün kalemlerinin boyutlandırılması ve 1978 yılı maliyetleri üzerindeki ve işletme giderleri üzerindeki etkisini değerlendirmeye yönelik kılavuzlar sunulmuştur. Yatırım tutarı ve işletme giderleri, net bugünkü değer ya da indirgenmiş nakit akımı yöntemleri kullanılarak, işletme ömrü boyunca; proje gelirleri ve vergilerle karşılaştırıldığında sonuç, madencilik projesinin gerçekleştirilmesinin kesin yapılabilir ya da kuşkulu olarak yapılabilir olduğunu, ya da kesinlikle ekonomik olmadığını göstermelidir. Eğer bir madencilik projesinin gerçekleştirilmesi kesin olarak yapılabilir ya da kuşkulu olarak yapılabilir ise, herhangi bir

malı bağlantı yapılmadan önce, deneyimli mühendisler tarafından ayrıntılı bir fizibilite etüdü hazırlanmalıdır. Eğer projenin kârlı olmadığı görülüyorsa, ayrıntılı bir fizibilite etüdü için zaman ve para harcanmamalıdır.



Şekil 1— Madencilik projeleri yatırım maliyeti

Yatırım tutarı, gelirler ve işletme giderlerinin tüm kalemlerini etkileyen en önemli değişken, cevher zenginleştirme tesisinde işlenen günlük cevher miktarıdır. Bu yazıda yatırım tutarı ve işletme giderleri için verilmiş olan kılavuzlar, zenginleştirme tesisinin haftada yedi gün sürekli; maden ve kırıcı ünitesinin, hafta sonunda yapılması gerekli bakım ve servis dışında, haftada beş gün çalışacağı varsayımını baz almaktadır. Böylece madenden çıkartılan ve kırılan günlük cevher miktarı, zenginleştirilen günlük cevher miktarından % 40 faila olmaktadır.

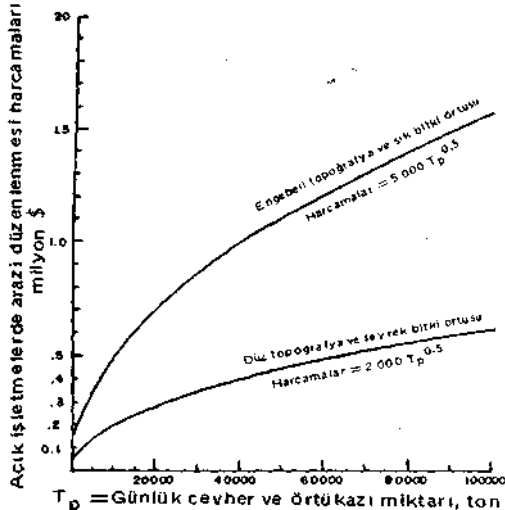
Tesisin mevsimlik kesintilerle çalışması ya da maden ve zenginleştirme tesisi haftalık vardiya sayılarının aynı olması durumunda, gerekli işçi sayısı, ton başına işletme giderleri ve yatırım tutarının bazı kalemlerinde düzeltme yapılması gerekir.

2. AÇIK İŞLETMELERDE YATIRIM TUTARI TAHMİNİ

Eğer cevher yatağının açık işletmeye uygun olduğu yargısına varılırsa, cevher üretimine başlamadan önce kaldırılması gereken kaya ve toprak örtü miktarının ve ocağın, cevher zenginleştirme tesisinin seçilen günlük kapasitesinde üretim yapması durumundaki ortalama örtükazı oranının tahmin edilmesi gerekmektedir.

2.1. Arazi'nin Düzenlenmesi, Tesis ve Ocak Yolları

Arazinin düzenlenmesi harcamaları Şekil 2'de görüldüğü gibi açık işletme, cevher zenginleştirme tesisi ve tumba sahaları için önerilen sahaların alanı, topografyası ve bitki örtüsüne bağlıdır. Düzenlenecek sahanın alanı ve bağlantı yolunun uzunluğu; genellikle açık işletmenin, günlük cevher ve örtükazı miktarıyla ifade edilen büyüklüğünün (T_p) kare köküne bağlı olarak değişecektir.



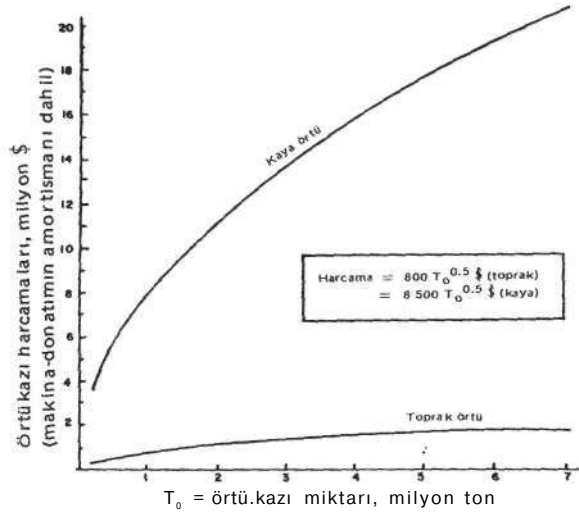
Şekil 2— Açık işletmelerde arazi düzenlenmesi harcamaları.

2.2. Üretim Öncesi Örtükazı Harcamaları

Toprak örtünün yükleniciye (müteahhit) verilerek skrayperlerle kaldırılacağı, kaya örtünün de, kolayca temin edilebilen boyutlardaki delici, yükleyici ve kamyonlar kullanılarak, delme, patlatma, yükleme ve taşıma işlemleriyle kaldırılacağı varsayımına göre, örtükazı harcamaları Şekil 3'de görülmektedir. Kaya örtünün kaldırılması için kullanılacak makinelerin kapasiteleri ve durumları üretim için ender olarak uygundur. Bu nedenle, bu makinalara ait harcamaların üretim öncesi örtükazı döneminde amorti edilmesi gerekmektedir.

2.3. Açık İşletme Makina - Donatımının Kapasite ve Yatırımları

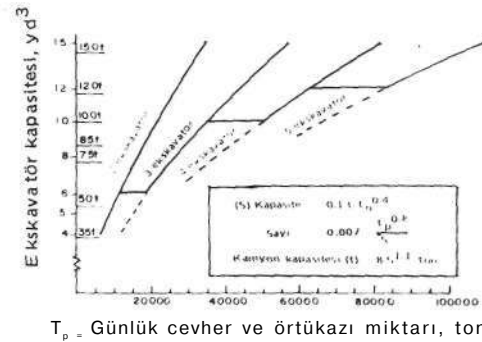
Genellikle açık işletme makinalarının en önemlileri ekskavatörler ve kamyonlardır; ve kamyonların kapasitesi ve sayısı ekskavatörlerin kapasitesi ve sayısına bağlı olduğundan, ekskavatör kapasitesi seçimi tüm diğer ocak makina-



Şekil 3— Açık işletmelerde üretim öncesi örtükazı harcamaları.

larını etkiler. Şekil 4'te değişik günlük ocak tonajlarında ekskavatör sayısı ve kapasitesi için tipik değerler verilmiştir. Hernekadar bazı işletmelerde koşullar, ekskavatörlerin bir kısmı yerine, yatırımı daha düşük olan ve daha fazla esneklik sağlayan yükleyicilerin kullanılabilmesi için uygunsuz da, bu çalışmada yüklemenin yalnızca ekskavatörlerle yapılacağı varsayılmıştır.

Kamyon kapasitesinin ekskavatör kapasitesine uygun seçilmesi ve tam sayıdaki kepçe yüküyle kamyonun dolması gereklidir. Genellikle $t = 8 S^{1.1}$ formülünde görüldüğü gibi; küçük ekskavatörler için ton olarak kamyon kapasitesi, yordaküp olarak ekskavatör kapasitesinin yaklaşık 9 katı; büyük ekskavatörler için ise yaklaşık 10 katı kadardır.

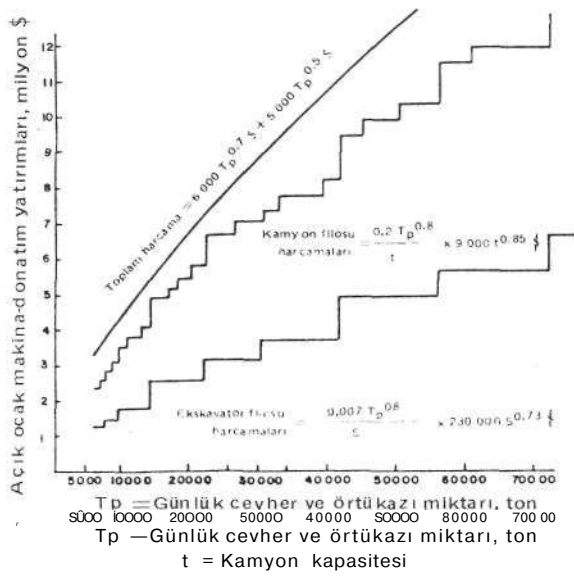


Şekil 4— Günlük cevher ve örtükazı miktarına bağlı olarak açık ocak ekskavatörlerinin sayısı ve kapasitesi

Açık ocak makina-donatım yatırımları, günlük cevher ve örtükazı miktarının (T_p) bir fonksiyonu olarak Şekil 5'te verilmiştir.

Şekilde açık ocak makina-donatım yatırımları içinde iki ana kalemin;

- Herbiri yaklaşık 230 000 S^{0.7} dolara malolan ekskavatör filosu ve
- Herbiri yaklaşık 9 000 t^{0.85} dolara malolan kamyon filosu olduğu görülmektedir.



Şekil 5— Günlük cevher ve örtükazı miktarına bağlı olarak açık ocak makina-donatım yatırımları.

2.4. Açık İşletme Bakım - Onarım Tesisleri

Açık işletme makineleri için gerekli garaj ve bakım-onarım tesislerinin inşaat ve makina-donatım yatırımları, büyük ölçüde, ocak içi taşıma kamyonlarının sayısı ve kapasitesine bağlıdır. Kamyonların kapasitesi $T_p^{0.44}$ ile, sayısı ise $T_p^{0.36}$ ile doğrudan bağlantılı olarak değişir. Bakım-onarım tesisleri maliyeti, kamyon kapasitesinin karesine bağlı olarak ve gerekli kamyon sayısına doğrudan bağlı olarak değişecektir; böylece bakım-onarım tesisleri maliyeti, Şekil 15'te görüldüğü gibi, günlük cevher ve örtükazı tonajının yaklaşık 0.3'üncü kuvvetine bağlı olarak değişecektir.

3. YERALTI İŞLETMELERİNDE YATIRIM TUTARI TAHMİNİ

Bir cevher yatağı yeraltı işletmeciliğine uygunsa, yatağın şekli ve konumu hakkındaki bilgiler;

- En derin kottaki cevherin çıkartılabilmesi için gerekli kuyu taşıma derinliği ve
- İşletilebilir cevherin ortalama kazı genişliği

konularında bir yargıya varılmasını sağlayacaktır.

Cevher-yantaş kantağının yapısı ve yantaşın dayanıklılığı, sondaj karotlarında bilinebiliyor ise, uygun işletme yöntemi için karar verilebilir.

Hemen hemen tüm derin cevher yataklarına düşey kuyularla ve yatay katlarla girilebileceği varsayılmaktadır, ancak bazı koşullarda eğimli rampaların daha uygun olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte düşey kuyu ile yatağa giriş için tahmin edilen yatırımlar, alternatif hazırlık yöntemlerinin yeğlenebilir olup olmadığı konusunda bir ölçü olarak kullanılabilir. Genellikle bu alternatif yöntemler, hem teknik olarak yapılabilir, hem de kuyu hazırlığından daha ucuz olmaları durumlarında, uygulanırlar.

Yeraltı işletmeleri için yatırım tutarı tahmini ve işletme giderleri; delme, galeri ve başyukarı sürme, kazı yeri ve cevher çekme noktalarındaki yüklemenin mekanizasyonu ve raysız nakliyatla ulaşılan yüksek verimliliği baz almaktadır. Bu makineler odatopuk yönteminin uygulandığı 8 ft'den yüksek, arakatlı kazı ve dolgulu yöntemlerin uygulandığı 15 ft'den yüksek kazı yerleri için uygundur. Kısmen mekanize olarak;

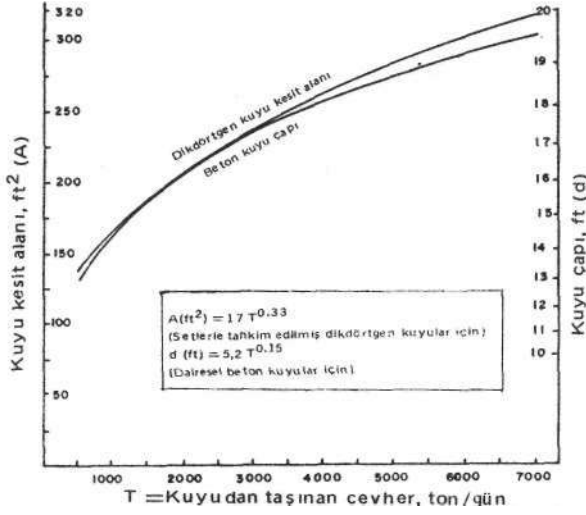
- Ambarlı kazı yönteminin,
- Kazı yeri genişliği 15 ft'den az olan ve arakatlı kazı ya da dolgulu işletme yöntemlerinin,
- Kazı yeri yüksekliği 8 ft'den az olan ve odatopuk yönteminin

uygulandığı işletmelerde ulaşılan verimlilik daha düşük olmakta ve bunun sonucu olarak da, bu tür işletmelerde insangücü gereksinimi ve işletme giderleri oldukça yüksektir.

3.1. Kuyu Açma Maliyetleri

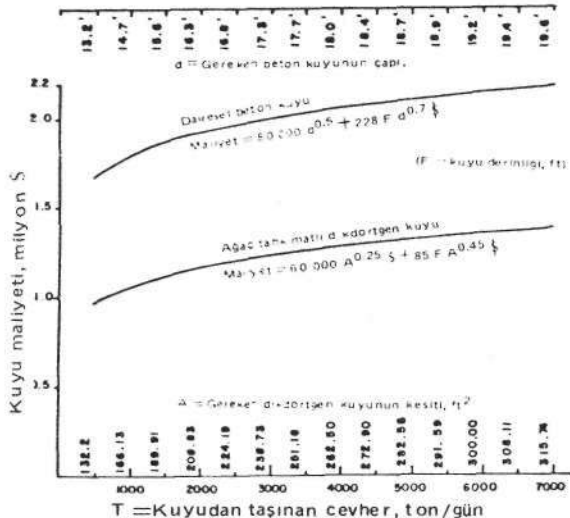
Eğer kuyunun açılacağı formasyon çatlaklı, sulu, ya da zayıf ve dayanıksız olarak biliniyorsa

kuyu, muhtemelen dairesel kesitli ve betonla as-
tarlanmış olmak durumundadır. Eğer kuyu sağ-
lam ve dayanıklı kayada açılacak ise; çıplak ka-
yaca oturtulmuş 8 ft aralıklı çok gözlü setleri
olan dikdörtgen kesitli bir kuyu, daha uygundur.
Günlük üretimi taşımak ve madene diğer hizmet-
leri sağlamak için gerekecek dairesel kesitli be-
ton bir kuyunun çapı ya da dikdörtgen kesitli
bir kuyunun boyutları Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6- Kuyudan taşınan cevher miktarına bağlı olarak kuyu kesit alanı ya da çapı.

Şekil 7'de görüldüğü gibi kuyu açma maliyeti; kuyu açma teçhizatının montaj ve demontaj harcamaları (ki aslında kuyu derinliğine bağlı değildir) ile foot başına malzeme giderlerini de içeren kuyu açma birim maliyetlerinden oluşmaktadır.



Şekil 7- Kuyudan taşınan cevher miktarına bağlı olarak kuyu maliyetleri.

3.2. Hazırlık Harcamaları

Mekanize maden işletmelerinde hazırlık işleri; rampalar, rekuplar, cevher ve pasa fereleri, başyukarılar ile pompa istasyonları, yükleme cepleri, yemekhane vb. gibi çeşitli kazılardan oluşur. Mekanizasyon nedeniyle bu işletmelerde daha büyük boyutlu açıklıklar gerektiği için foot başına hazırlık yatırımları, alışlagelmiş tipte (konvansiyonel) makinalarla donatılan işletmelere oranla daha fazladır. Başlangıçta yapılan hazırlıklarla günlük tesis kapasitesinin 2000 katı kadar rezervin üretime hazır duruma getirileceği varsayılmaktadır. Hazırlık işleri miktarı 8x8 ft'lik galerinin foot olarak uzunluğuya (F) ya da rampa, başyukarı ve çeşitli kazı işlerinde bunun maliyet eşdeğeriyle ifade edilir.

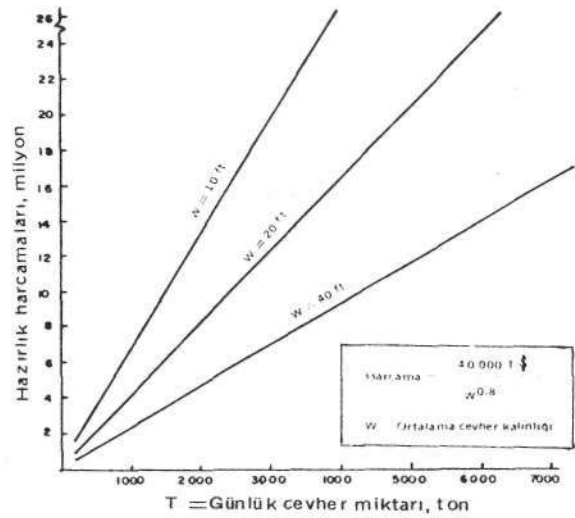
$$F_0 \text{ (ft olarak 8x8 galeri eşdeğeri)} = 270 T/W^{0.8}$$

T = zenginleştirme tesisinde günde işlenen cevher, ton

W = ortalama kazı genişliği, ft.

Ocak 1979 fiyatlarıyla, 8x8 kesitinde bir galerinin foot başına maliyeti, tüm dolaysız işçilik ve malzeme ile hazırlık döneminde oluşan idare, nezaret, genel ikmal ve primler gibi genel giderlerden gelen payla birlikte, yaklaşık olarak 150 dolar olmaktadır.

$$\text{Hazırlık yatırımları} = 40\,000 T/W^{0.8} \$$$



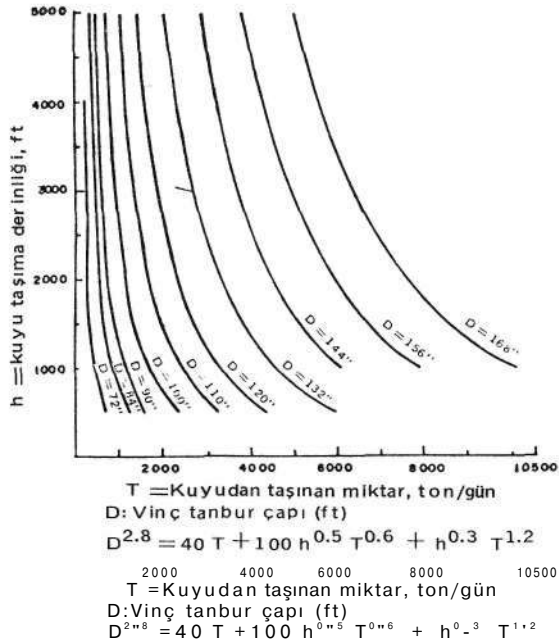
Şekil 8- Günlük cevher miktarına bağlı olarak hazırlık harcamaları.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta şudur: "Maden işletme hazırlığı" kazı hazırlık galerileri, rekup ve başyukarılarını kapsamaz; zira bunlar üretim yapılmakta olan kazı yerlerinin yerine, yenilerini hazırlamak gereğinden doğan işletme giderleridir.

3.3. Kuyu İhraç Tesisleri Kapasite ve Maliyetleri

Yeraltı maden işletmelerinde kuyu ihraç tesislerinin kapasite ve maliyetlerinin tahmininde kullanılan kılavuzlar, çift tanburlu bir vinç kullanılacağı varsayımını esas almaktadır. Çok derin seviyelerden kuyu taşınması yapılan, çoğu büyük maden işletmesi için koepe (friction) vinçlerin, çift tanburlu vinçlerden daha uygun olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte çift tanburlu vinçler, kuyu açımında, birden fazla katta çalışma gereği olduğunda ve her büyüklükteki maden işletmelerinde, teknik olarak daha yaygın uygulamaya sahiptirler.

Grafikle gösterilen kuyu ihraç tesisi kapasite ve maliyetleri, bir adet çift tanburlu vincin, cevher taşıma ve tüm katlarla servis hizmetlerini günde 24 saat sağlayacağı esasına dayanmaktadır. Ancak, pratikte, 4 000 ton/gün'den fazla üretim yapan, daha büyük işletmeler skip nakliyatı ve kafesle servis gereksinimi için, ender olarak bir tek büyük vinçe bağlı kalırlar. Normal olarak,



Şekil 9— Kuyu vinçlerinde tanbur çapının taşıma derinliği ve taşınan miktara göre değişimi.

büyük işletmelerde cevher taşıma için bir vinç, diğer hizmetler için de ikinci bir vinç kullanılır.

Günde T ton cevheri, h feet derinlikten taşımak için gerekli çift tanburlu bir vincin tanbur boyutu Şekil 9'da gösterilmiştir. Vinç motorunun beygir gücü, S halat hızına (ft/dak) bağlı olacaktır; ancak, Şekil 9'da gösterilen formül T ton cevheri, h feet boyunca taşımak için uygun hızın $1.6 h^{0.5} T^{0.4}$ kadar olacağını varsaymaktadır.

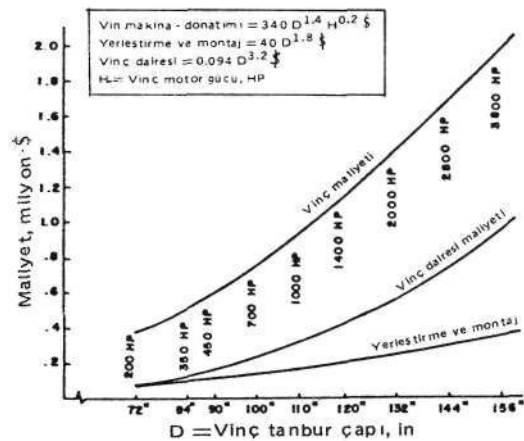
Bundan daha yavaş (ya da hızlı) bir taşıma hızı vinç tanbur çapının, Şekil 9'daki formülle hesaplanan D'den biraz daha büyük (ya da küçük) olmasını gerektirecektir; fakat gerekli motor beygirgücü, D çaplı vinçlerde genel olarak kullanılan bir miktar daha küçük (ya da büyük) olacaktır.

Çapı D olan bir vinci, S ft/dak. halat hızıyla hareket ettirecek motor beygirgücü :

$$\text{Motor HP} (HJ = 0.5(D/100)^{2.4}S$$

olacaktır.

Çapı D ve motor beygirgücü H_1 olan çift tanburlu bir vincin tüm elektrik donanımı ile birlikte maliyeti Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekilde ayrıca, vinçlerin yerleştirilmesi ve vinç dairesi inşaat maliyetleri de verilmiştir. Vinç dairesi maliyeti, bu dairenin vinç ve donanımıyla birlikte madenin kompresörlerini de içine alacak, $0.125 D^{2.2}$ lik bir alanı olacağı varsayımını esas almaktadır.



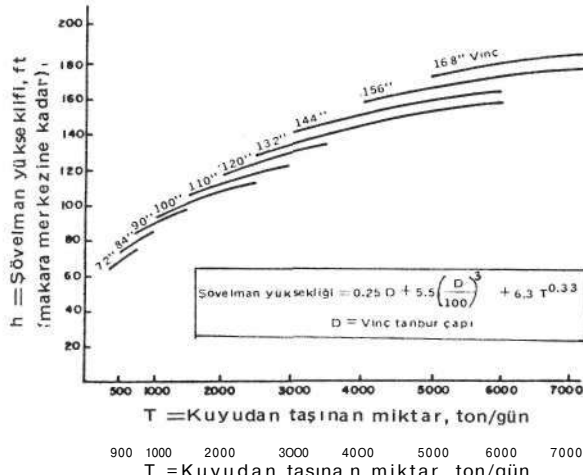
»V *» 100" 110" 110" 110"

D = Vinç tanbur çapı, in

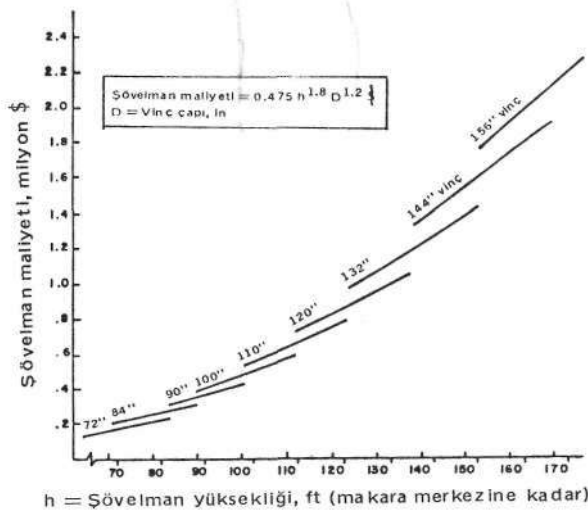
Şekil 10— Vinç maliyetleri

Şövelmanın yüksekliği; skiplerin, günlük üretim miktarına göre boyutlandırılmış cevher silolarına tumba edebilmesi, ayrıca skibin fazla yol

alması durumunda bir emniyet payı ve vinç fren mesafesi için yeterli olmalıdır. Çeşitli günlük tonajlar ve vinç büyüklükleri için şövelman yükseklikleri Şekil 11'de verilmiştir. Yüksekliği h ft olan ve D vinç tanbur çapının $1/80$ 'i kadar hatlar için emniyetle dizayn edilmiş bir şövelmandaki yapı çeliğinin ağırlığı libbre (pound) olarak yaklaşık $0,12 h^3 (D/100)^2$ olacaktır. Yapı çeliğinin montajı, şövelman kaplaması, boru şebekesi, elektrik donanımı, operatör kabini, makaralar, kafesler, skip tumbaları ve cevher siloları için gerekli harcamalar Şekil 12'de görülmektedir.



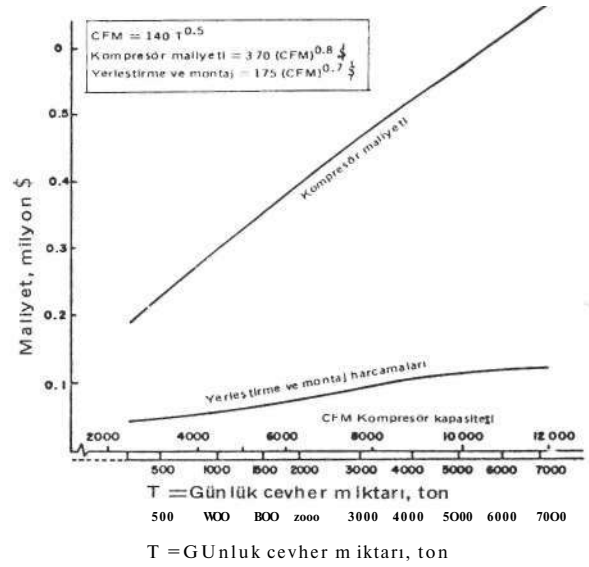
Şekil 11— Kuyudan taşınan miktar ve vinç çapına bağlı olarak şövelman yüksekliği.



Şekil 12— Şövelman maliyeti.

3.4. Maden Kompresör Tesisi

Vinç dairesine yerleştirilecek kompresörlerin kapasite ve maliyeti Şekil 13'te gösterilmiştir. Madende dizel LHD makineleri yerine basınçlı havalı küreyiciler (slusher) ve yükleyici makineler kullanılacaksa, kompresör kapasitesi ve dolayısıyla maliyeti bir miktar yüksek olacaktır.



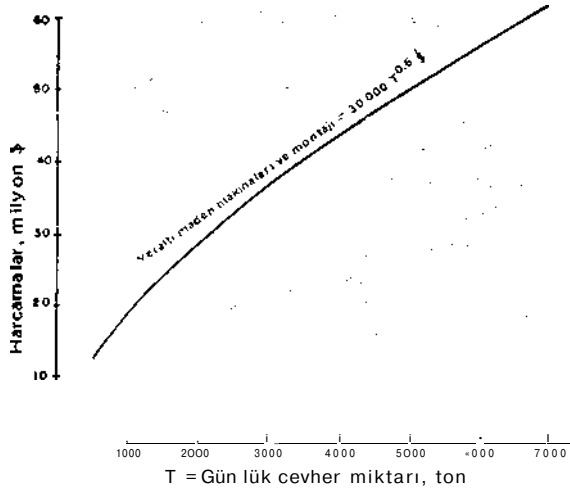
Şekil 13— Kompresör kapasitesi ve maliyeti.

3.5. Yeraltı Maden İşletme Makina - Donatımı

Yeraltı hazırlık, kazı, yükleme, taşıma, su atımı, havalandırma, kırma ve diğer servis işlemleri için gerekli makina-donatım giderleri ile bunların montaj ve kuruluş giderleri, Şekil 14'te görüldüğü gibi, günlük üretim miktarıyla birlikte artmaktadır. Delme işleminde, taşınabilir delicilerin; kazı yerindeki yüklemede, küreyicilerin (slusher); cevher çekme noktalarındaki yüklemede, basit yükleyici makinelerin ve raylı taşıma sistemlerinin kullanıldığı; konvansiyonel makina-donatımı olan eski işletmelerde kazı yeri dar olduğunda, daha fazla sayıda makina gerekmektedir. Ancak, eğer kazı yeri genişliği yeterli ise ve modern mekanizasyon uygulanabiliyorsa, makina-donatım yatırımları, birinci derecede, günlük üretim miktarına bağlı olacaktır.

3.6. Yeraltı İşletmesi Bakım-Onarım Tesisleri

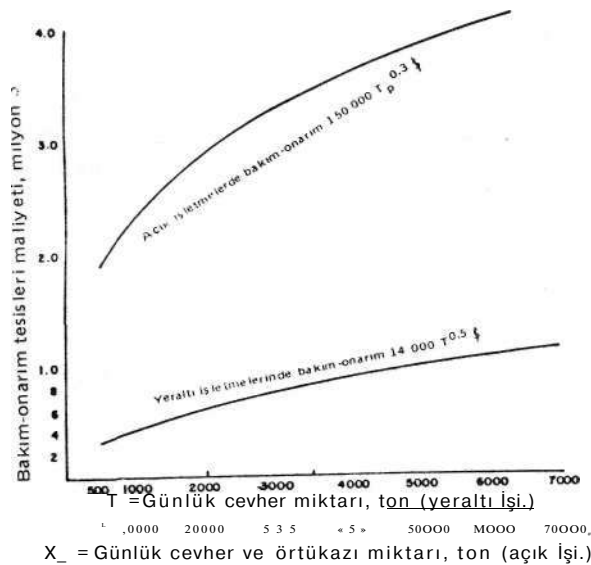
Delme, yükleme, taşıma ve genel hizmetler makina-donatımının bakım-onarımı için gerekli tesis-



Şekil 14— Yeraltı maden makinaları ile bunların montajı için gerekli harcamalar.

lerin inşaatı ve donatımının toplam maliyeti Şekil 15'te gösterilmiştir.

Burada, maden bakım-onarım tesislerinin, cevher zenginleştirme tesisi ve genel yerüstü makina-donatımının bakım-onarımı için gerekli tesisleri içermediğine dikkat edilmelidir. Cevher zenginleştirme tesisindeki büyük makinaların çoğu, tesis içindeki bakım-onarım bölümünde onarılır ve yalnızca elektrikli küçük üniteler onarım için genel atölyeye taşınır.



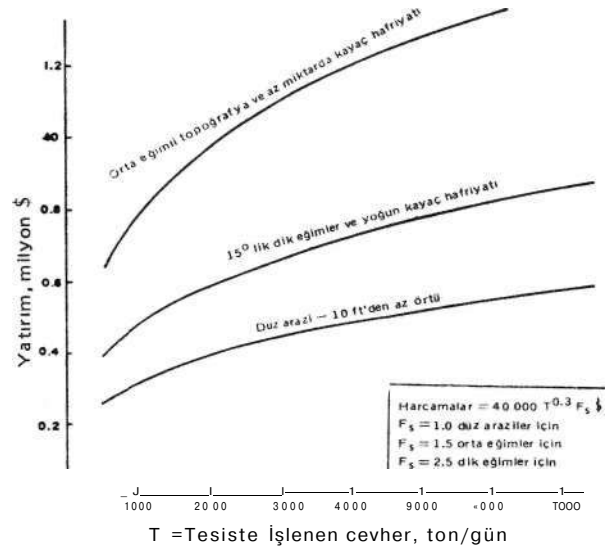
Şekil 15— Açık ve yeraltı maden işletmelerinde bakım-onarım tesisleri maliyeti.

4. CEVHER ZENGİNLEŞTİRME TESİSLERİ YATIRIM TUTARI TAHMİNİ

4.1. Tesis Yerinin Hazırlanması ve Tesviye

Tesis yerinin hazırlanması ve hafriyat harcamaları büyük ölçüde topografyaya ve kazılacak zeminin cinsine göre değişir; ancak benzer saha koşullarında bu harcamalar, tesis yerinin alanına bağlı olarak değişir. Bu alan ise, Şekil 16'da görüldüğü gibi, günlük tesis tonajının yaklaşık 0.3'üncü kuvvetiyle orantılıdır.

Düz ve 10 ft'den daha az toprak örtüsü olan bir tesis yeriyle karşılaştırıldığında, orta eğimli ve düz bir alan elde etmek için az miktarda patlatma gerektirecek bir sahada hafriyat harcamaları % 50 oranında artacaktır. Eğer saha çok eğimliyse ve teraslı bir tesis yeri elde etmek için yoğun patlatma gerekiyorsa, bu artış % 150 oranında olacaktır.

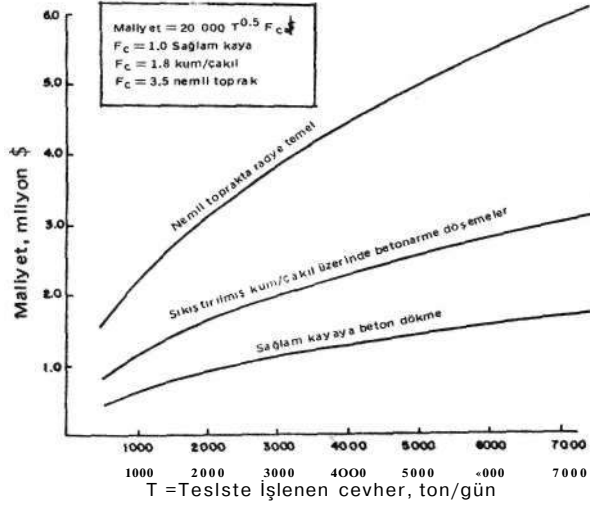


Şekil 16— Tesis yeri hazırlığı ve tesviye harcamaları.

4.2. Beton Temeller ve Detay Hafriyat

Detay hafriyat, sıkıştırılmış dolgu, figüre, çelik takviye, işletme ve zenginleştirme makina-donatımı için betonarme temellerin maliyeti, öncelikle gerekli beton hacmine bağlıdır. Kaba hafriyatla, topografya tesis kurulmasına elverişli, düzlenmiş sahalara haline getirilmiş olacağı için gerekli beton hacmi topografyaya bağlı değildir.

Ancak gerekli beton hacmi, tesviye edilmiş zeminin taşıma kapasitesine bağlıdır; eğer bu zemin, tümüyle sağlam kayada ise beton hacmi en az olacak, sıkıştırılabilir toprakta ise, zenginleştirme makinalarını taşıyabilecek kazık temel ve masif betonarme döşemelere gereksinim olacağından, beton hacmi ve gerekli harcamalar, Şekil 17'de görüldüğü gibi önemli ölçüde artacaktır.



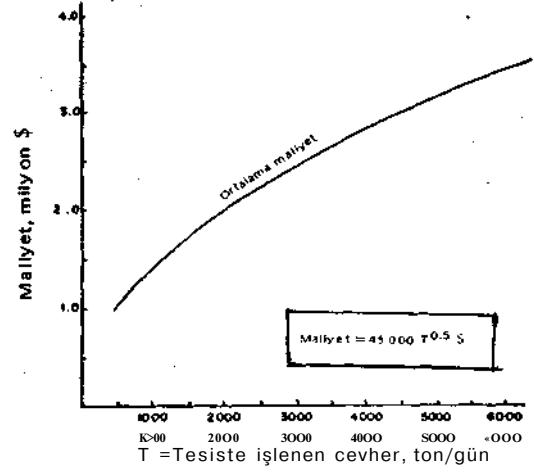
Şekil 17— Beton temeller ve detay hafriyat maliyetleri.

4.3. Kırma Tesisi, Kaba Cevher Stokları ve Konveyörler

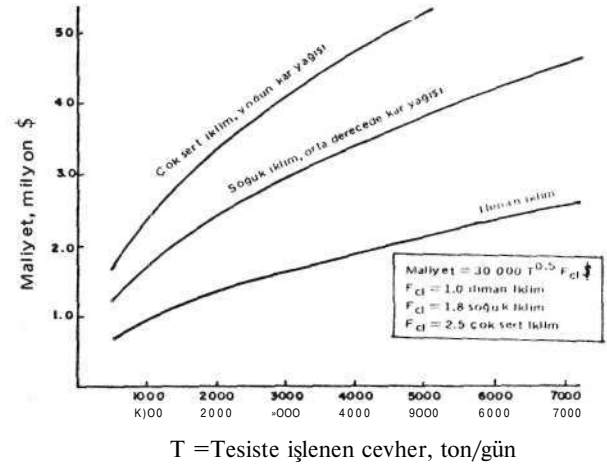
Belirlenen herhangi bir tonajda, birinci, ikinci ve üçüncü kırma üniteleri, konveyör bağlantıları ve cevher stokları için topografyadan yararlanarak pek çok değişik tasarım şekillendirilebilir. Ancak tesise günde 24 saat sürekli ince kırılmış cevher temininden fedakârlık etmeden, günlük kapasiteye bağlı olarak yatırım tutarını en az yapan optimum bir tasarım genelde bulunacaktır. Bu optimize edilmiş yatırım tutarı Şekil 18'de yaklaşık olarak gösterilmiştir.

4.4. Konsantratör Binası

Beton temellerin tamamlandığı varsayılırsa, ince cevher siloları, öğütme, flotasyon, siyanür liçi, dinlendirme, filtrasyon bölümleriyle, büro, laboratuvar ve malzeme ambarlarını içine alacak konsantratör binasının inşaat, çatı kaplama, yalıtım ve ısıtma tesisatı maliyeti, yaklaşık olarak Şekil 19'da görüldüğü gibi olacaktır.



Şekil 18— Kırma tesisi, kaba cevher stokları ve konveyör maliyetleri.



Şekil 19— Konsantratör binası maliyeti.

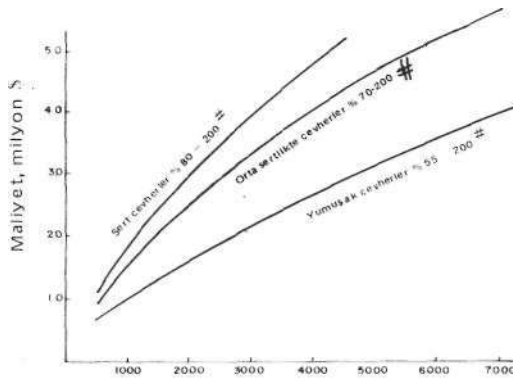
Bölgenin iklimi ve kış aylarındaki kar kalınlığı, konsantratör binasının maliyetini önemli ölçüde etkileyecektir. Sert iklimli yerlerde inşaat maliyetleri; yalıtımlı çatı ve tavan tablaları gereksinimi, ısıtma donatımı, kar ve rüzgar yüküne dayanabilecek yapısal mukavemet sağlanması ve ağır iklim koşulları nedeniyle artan inşaat maliyetleri yüzünden daha yüksek olacaktır.

4.5. Öğütme Bölümü ve İnce Cevher Stoklama

Değirmenler, klasifikatörler, ince cevher siloları ve stoktan yükleme ve öğütme ile ilgili tüm

tamamlayıcı makina-donatımın, daha önce hazırlanmış beton temeller üzerine kurulması için gerekli yatırım yaklaşık olarak Şekil 20'de gösterilmiştir.

Cevherin ince öğütme gerektirmesi ya da güç öğütülebilir olması (iş indeksinin yüksek olması) durumunda makina-donatım ve bunların montaj harcamaları artacaktır. İş indeksi 12'nin altında olan cevherler yumuşak, 15 civarında olanlar ise sert olarak kabul edilirler. Değerli minerallerin çeşitli satılabilir konsantrelere flotasyonla ayrılmasından önce hangi inceliğe kadar öğütülmesi gerektiği, mineral tane iriliği ve diğer sülfür mineralleriyle kenetlenme derecesine bağlıdır. Öğütme inceliği çoğunlukla, karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerle belirlenir; ancak, değerli mineralleri gangdan ayırabilmek için ince öğütme gerekip gerekmediğine bu örneklerin mikroskopta incelenmesiyle de karar verilebilir.



T = Tesiste işlenen cevher, ton/gün

$$\text{Maliyet} = 8\,000 T^{0.7} F_0 \$$$

$$F_g = 1.0 \text{ yumuşak cevher } \% 55 - 200 *$$

$$F_g = 1.5 \text{ orta sert cevher } \% 70 - 200 rr$$

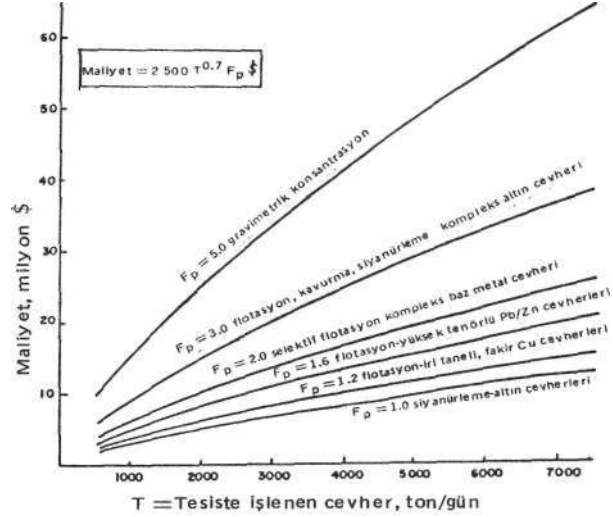
$$F_g = 1.8 \text{ sert cevher } \% 80 - 200 \text{ } \dot{t}$$

Şekil 20— Öğütme bölümü ve ince cevher stokları maliyeti.

Şekil 20'de grafik olarak gösterilen maliyetlere; tesisin haftada yedi gün boyunca, kırıcılarda haftada beş günde kırılan cevherle çalışması için yeterli ince cevher silosunun da dahil olduğu unutulmamalıdır. Kırma ünitesi tesisin çalıştığı hergün çalıştırılacaksa, daha az miktarda ince cevher stoklamak gerekecek, dolayısıyla ince cevher siloları ve öğütme bölümü harcamaları da % 25 oranında azalacaktır.

4.6. Zenginleştirme Bölümü

İnce öğütülmüş cevherdeki değerli mineralleri gangdan ayırıp konsantre edecek zenginleştirme makina-donatımının kurulması için gerekli yatırım, ayırma işleminin türüne ve akım şemasının karmaşıklığına bağlıdır. Birkaç farklı işlem türü ve akım şeması karmaşıklığına göre, zenginleştirme bölümü yatırımları Şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 21— Zenginleştirme bölümü maliyeti.

4.7. Dinlendirme (Kıvamaştırma) ve Filtrasyon Bölümü

Dinlendirme ve filtrasyon bölümü yatırımları, tesisin günlük kapasitesinin zenginleştirilecek cevher tenörüyle çarpımının bir fonksiyonu olan dinlendirilecek (kıvamaştırılacak) konsantre miktarına bağlıdır.

$$\text{Yatırım harcamaları} = 5\,000 F_f T^{a,b} \$$$

Burada, filtrasyon faktörü :

- Düşük tenörlü basit bakır cevherleri için $F_f = 1.0$,
- Kazanılabilir çinko içeren yüksek tenörlü bakır cevherleri için $F_f = 1.6$,
- Kompleks kurşun-çinko-gümüş cevherleri yada bakır-çinko-kurşun cevherleri için $F_f = 2.0$,
- Siyanürleme işlemiyle kazanılmış altın cevherleri için $F_f = 3.0$

olmaktadır.

4.8. Konsantre Stoklama ve Yükleme

Konsantre stoklama yatırımları, zenginleştirme tesisinin günlük konsantre üretim miktarına (T_c) bağlıdır. Bu miktar; işlenen günlük cevher miktarının, zenginleştirme randımanı ve cevher tenörü (ya da tenörleri) / konsantre tenörü (ya da tenörleri) oranının çarpımıyla hesaplanabilir.

Konsantre stoklama ve yükleme yatırımları = $4000 T_c^{0.8}$ \$'dır.

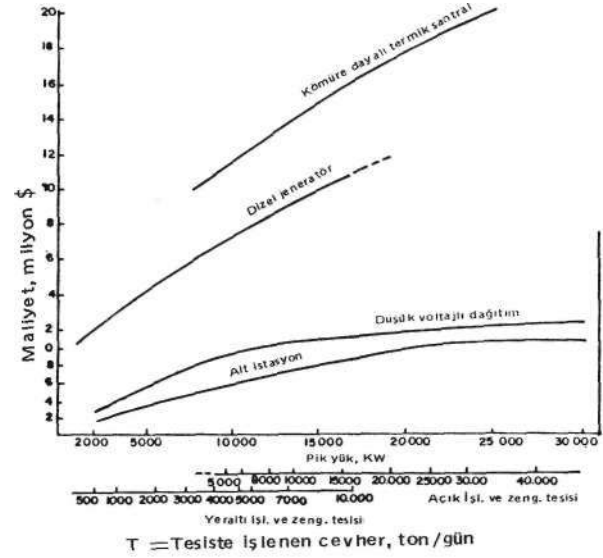
Bu yatırım, zenginleştirme tesisi sahasında kurulacak ve cevherin kısa aralıklarla kamyon ya da trene yüklenip izabe tesisine gönderileceği bir stok için geçerlidir. Konsantrenin deniz aşırı taşınması söz konusu ise liman yakınında bir stok sahası ve gemi yükleme tesisleri gerekecektir. Var olan bir limanın uygun olan tesislerini kiralamak olanaklı olabilir; ancak bu olanak yoksa, tesisleri inşa etmek gerekecektir. İnşaat harcamaları, var olan bir limanda küçük bir terminal için birkaç yüzbin dolardan, yeni bir yörede liman ve büyük bir terminal için birkaç milyon dolara kadar değişir. Bir kıyı konsantre terminali için kaba bir maliyet tahmini olanaklı değildir, zira bu maliyet büyük ölçüde karadan ulaşılabilirlik, gel-git aralığı, su derinliği, gemiyle ulaşılabilirlik gibi yerel koşullara bağlıdır.

5. YARDIMCI TESİSLER VE GENEL HİZMETLER YATIRIMLARI TAHMİNİ

5.1. Elektrik Enerjisi Temini ve Dağıtımı

Maden/cevher zenginleştirme tesislerinin pik yükü, Şekil 22'de görüldüğü gibi, günlük kapasite ile birlikte artar. Ancak bu artış oranı, cevherleri düşük tenörlü olan açık işletmelerde, daha ileri düzeyde bir zenginleştirme gerektiren yüksek tenörlü cevherleri çalışan yeraltı işletmelerine oranla daha azdır.

Elektrik enerjisi temini için gerekli yatırım, pik yükü gereksinimine ve enerjinin kömüre dayalı, termik santral (elektrik iletim hatlarından uzaktaki büyük işletmeler için), dizel jeneratör (elektrik iletim hatlarından uzaktaki küçük işletmeler için) ya da elektrik kurumuna ait bir enerji tesisinin iletim hattından çekilecek hat ve trafo istasyonu ile sağlanması durumuna göre değişir. Bu kaynakların herbirinden elektrik enerjisi temini için gereken harcamalar Şekil 22'de gösterilmiştir.



Pik yük, KW = $27 T^{0.7}$
(yeraltı maden işletme ve cevher zenginleştirme tesisi)

Pik yük, KW = $136 T^{0.5}$
(açık işletme ve cevher zenginleştirme tesisi)

Maliyet

Alt istasyon maliyeti = $350 (KW)^{0.8}$ \$
Düşük voltajlı dağıtım maliyeti = $600 (KW)^{0.8}$ \$
Dizel jeneratör maliyeti = $4500 (KW)^{0.8}$ \$
Kömüre dayalı termik santral maliyeti = $46000 (KW)$

Şekil 22— Elektrik enerjisi temini ve dağıtım tesisleri maliyeti.

Elektrik kurumundan enerji temin edilebiliyorsa iletim hattını tesis yerine kadar uzatmak için ek harcama gerekecektir. Bu harcama hattın mili başına 60 000 \$ kadar olabilir. Fazla miktarda elektrik enerjisi tüketen büyük madencilik projelerinde, elektrik kurumu genellikle, maden işletmesinin enerji tüketiminden sağlanacak kârın yapılan yatırımları geri ödeyeceği varsayımıyla, iletim hattını ve trafo istasyonunu kurar. Ancak küçük maden işletmeleri, iletim hattının uzatılması ve trafo istasyonları için yapılan harcamaları ya doğrudan ödeyerek ya da işletmenin ilk yıllarında tüketilen elektriğe yüksek ücret ödeyerek karşılamak durumundadır.

Ana trafodan maden, zenginleştirme tesisi ve işletmenin diğer kullanım alanlarına düşük voltajlı elektrik dağıtımı için gerekli yatırım harcamaları yaklaşık olarak, Şekil 22'de gösterildiği gibi olacaktır. Bu harcamalar tüm enerji kaynakları (elektrik kurumundan alınan enerji, dizel jeneratör ve kömüre dayalı santraller) için aynıdır.

5.2. Artık Depolama (Stoklama)

Artık atımı için seçilen sahanın tüm topoğrafik verileri elde olsa bile, tesis artıklarını bu saha ya taşıyacak boru hattı ve pompalar ile baraj yapımı, çökeltme ve muamele havuzlarının hazırlanması için yapılacak yatırımları tahmin etmek güçtür. Artık atımı harcamaları, çevre korunmasına ilişkin sınırlamalar ve düzenleyici kuruluşlar tarafından getirilen sıkı koşullar nedeniyle çok fazla artabilir.

Sonuç olarak, orta eğimli bir arazide, tesis yerine en çok 2 mil uzaklıktan temin edilen yerel malzeme ile baraj yapılarak, çevre sorunu yaratmayan bir artık atım sahası hazırlanabilir. T ton cevher/gün kapasiteli bir işletmenin artık atım sahası için yapılacak harcama : $8\ 000\ T^{0.5}$ S kadar olacaktır.

Bu harcamalar, topografya ve ulaşımın elverişli, çevresel etkilerin en az olduğu ortamlarda, uygun bir artık atım sahası hazırlanması durumu içindir. Ancak, topografya dik ve engebeli ise, artık sahası zenginleştirme tesisinden millerce uzaksa, meyil yukarı pompalama gerekiyorsa ya da artıklar, artırılması ya da saklanması çok sıkı koşullar gerektiren bir yapıdaysa, yatırımlar birkaç kat daha büyük olabilir.

Yatırımlar, çevre etkilenmesi etütlerinin hazırlanması, alternatif artık atım tesislerinin planlanması ve artık saklama planının onaylanmasındaki gecikme ve belirsizliklerden doğan idari ve teknik harcamalarla da dolaylı olarak artabilir.

5.3. Su Temini

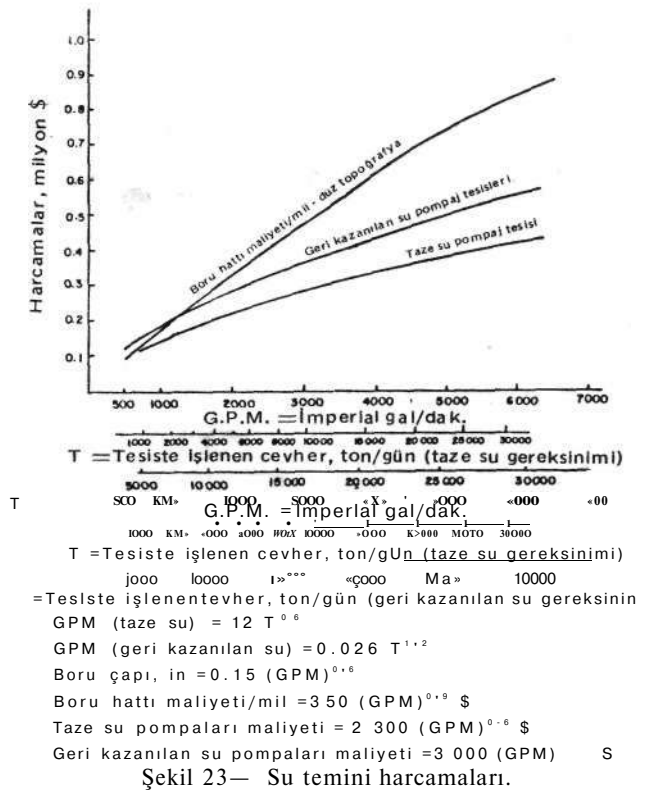
Maden işletmeleri, madencilik ve cevher zenginleştirmede büyük miktarlarda su kullanırlar ve bu suyun çoğu artık barajında toplanır. Aşağı havzalarda kirlenmeyi önlemek için bu barajdan suyun geri kazanılması gerekebilir. Geri kazanılan su, tesisin, bu sudaki reaktif içeriğinden olumsuz yönde etkilenmeyecek bir bölümünde tekrar devreye verilebilir. Küçük işletmeler, çoğu kez, yalnız taze su kullanırlarken, bölgesel akarsu drenajına daha fazla etkisi olabilecek büyük işletmelerin, artık havuzlarında arıtılan suyu tekrar devreye vererek, taze su kullanımını enaza indirmeleri istenir.

Cevher zenginleştirme tesisine bir mil kadar uzaklıkta bol taze su bulunabilen Kanada'nın Prekambriyen Kalkanı gibi bir bölgede T ton

cevher/gün kapasiteli bir tesisin temiz su gereksinimi yaklaşık $12\ T^{0.6}$ gal/dak kadardır.

Düşük tenörlü büyük açık işletmelerin bulunduğu British Columbia gibi daha kuru bölgelerde, suyun sakınımı kritik önem taşımaktadır ve genellikle taze su kullanımı yalnızca $2,5\ T^{0.6}$ gal/dak kadardır.

Çeşitli kapasitelerdeki maden ve cevher zenginleştirme tesisleri için tipik taze su ve geri kazanılan su gereksinimi Şekil 23'te gösterilmiştir. Pompa istasyonu ve boru hattı maliyetleri de Şekil 23'teki çizelgede verilmiştir. Bu maliyetler, Kanada'nın Prekambriyen Kalkanı'nın tipik özelliği olan az eğimli topografya için geçerlidir. Basma yüksekliğinin fazla olacağı dağlık arazilerde, pompa istasyonu ve boru hattı harcamaları çok daha yüksek olur.



5.4. Genel Tesis Hizmetleri Yatırım Harcamaları

Bu harcamalar, genel idari bürolar, genel ambarlar, cevher zenginleştirme tesisi ve yerüstü tesislerine ait atölyeler, oto garajları, bekçi kulüpleri ve çitler, çalışanlar için araç park yerleri ve

soyunma odalarının inşaatı ve donatılmasıyla, genel amaçlı taşıt araçlarına yapılan harcamalardan oluşmaktadır. Genellikle bu harcamalar kuruluşta çalışanların toplam sayısının bir fonksiyonudur ve bu sayı da tesis kapasitesine tam bağımlı değildir. İşletme giderleri bölümünde anlatıldığı gibi, değişik madencilik ve cevher zenginleştirme işlemleri ve genel hizmetler için gerekli inşangücü saptanabilir. Eğer bu sayı N ise, genel tesis hizmetleri yatırım harcamaları N'nin bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir.

$$\text{Genel tesis hizmetleri yatırımları} = 8\,000 N^{0.8} \$$$

5.5. Ulaştırma Yatırımları

İşletme sahasına, tüm hava koşullarında kullanılabilen bir yolla ulaşılmıyorsa, konsantrelerin kamyonla taşınmasına elverişli bir yolun, asıl proje inşaatı tamamlanmadan önce, yapılması gereklidir. Eğimi ve virajları konsantrenin taşıma koşullarına uygun, drenajı yeterli olan, 30 ft genişlikte bir stabilize yolun; orta eğimli, az kayalık ve yerel çakıl kaynakları olan bir yörede maliyeti 200 000 \$ / mil kadardır. İdeal koşullarda, yani düz topografyada, kaya mostrası olmayan, drenajı iyi, çakıllı toprak arazide, bu maliyet daha düşük, buna karşılık yoğun hafriyat gerektiren dik topografyada çok daha yüksek olur.

Akarsuları geçmek için yapılacak köprülerin maliyeti ise (her bir köprü için), köprü uzunluğu Lb feet olursa, $130 L^{1.3}$ \$ kadar olacaktır.

5.6. Sosyal Tesisler ve Konut Harcamaları

İşletme sahasına hergün gidip gelinebilecek uzaklıkta, N sayıda çalışan için yeterli konut ve sosyal tesislere sahip bir yerleşim merkezi varsa; işletmecinin kuruluşun harcamaları yalnız kilit personele konut temin etmekle sınırlı olacaktır. Bu harcamalar ise :

Var olan yerleşim merkezi olması durumunda yatırım = 4 000 N \$ kadar olacaktır.

Ücra bir bölgede bir madencilik projesi uygulanacaksa; yerleşim merkezinin karavan tipi kamp şeklinde mi (düşük yatırım, yüksek işletme giderleri ve geçici işgücü), yoksa aile yaşantısı için daha gelişmiş bir yerleşim merkezi şeklinde mi (yük-

sek yatırım, daha cazip yaşam tarzı ve kalıcı işgücü) olacağına karar verilmelidir. Çünkü; ailelerin eğitim, sağlık hizmetleri ve eğlence gereksinimlerine yanıt verilebilmesi için, sosyal tesislerin belirli bir en küçük boyutta olması gerekeceğinden, aile tipi yerleşim ancak 100'den fazla çalışana olan maden işletmeleri için tercih edilebilir.

Çalışanların sayısı (N) 100'den az olursa karavan tipi kamp :

- Çalışanların % 95'i için, kişi başına 12 000 dolara malolan yatakhane, yemekhane ve dinlenme tesisleri,
- Üst düzey personelden oluşan geri kalan % 5'i için, herbiri 50 000 dolara malolan aile lojmanları
- Konutların tutarının % 20'sine malolan en az yerleşim merkezi tesislerinden

meydana gelir ve karavan tipi kamp maliyeti = 20 000 N \$ kadar olur.

Çalışanların % 65'inin evli olup apartmanlarda ya da bağımsız evlerde oturacağı, site sakinlerinin okul, alış-veriş, sağlık hizmetleri, dinlenme ve eğlence gereksinimlerini karşılayacak tesisler ile çalışanların % 35'i için bekar lojmanları ve site hizmetlerinde çalışanlar için yapılacak lojmanları da içeren bir yerleşim merkezinin maliyeti ise :

Aile tipi yerleşim merkezi maliyeti = 55 000 N \$ olacaktır.

5.7. Proje Genel Giderleri

- Fizibilite etüdüleri, tasarım mühendisliği ve teknik planlama : Madencilğe ait tüm üretim öncesi harcamalar, arazi düzenlenmesi, hafriyat ve yol yapımı harcamalarının % 4 - % 6'sı ile diğer tüm proje harcamalarının % 6 - % 8'i kadar olur.
- Proje nezareti, ihale yönetimi, diğer ödemeler (expediting), şantiye dahil genel inşaat tesisleri harcamaları : Tüm dolaysız proje harcamalarının % 8 - % 10'u kadar olur.
- Yönetim, muhasebe, avukatlık ve kilit işletme personelinin üretim öncesi istihdamı : Tüm dolaysız proje harcamalarının % 4 - % 7'si kadar olur.
- Yedek parça ve işletme malzemesi stokları ve işletmeye alma ile ilk satış gelirlerinin alınması

arasındaki süre için işletme giderlerini kapsayan işletme sermayesi: Genellikle tesisin tam kapasitedeki 4 aylık işletme giderleri kadar olur.

Genellikle, tasarım mühendisliği, proje nezareti ve yönetimi için; küçük madencilik projelerine daha yüksek yüzdeler, yatırım harcamaları 100 milyon dolardan daha fazla olan büyük madencilik projelerine ise daha düşük yüzdeler uygulanabilir.

6. GELİRLERİN TAHMİNİ

Jeolojik olarak rezervi T_R olarak hesaplanan, % G_R metal tenörlü bir cevher yatağının işletilmesiyle sağlanacak gelir aşağıda sıralanan etkenlerden olumsuz yönde etkilenir.

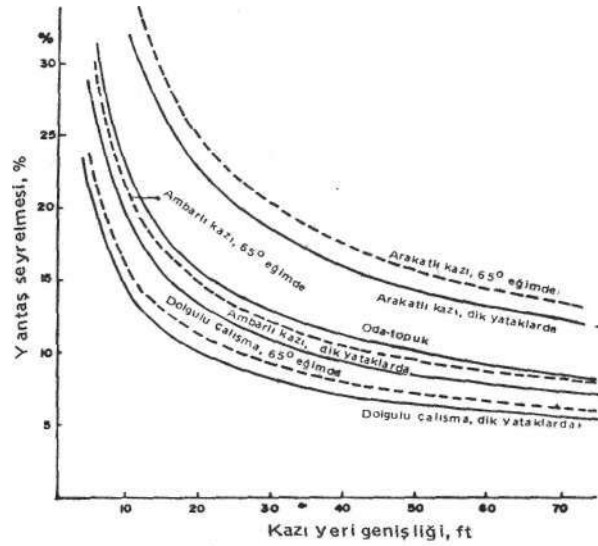
1. Pratikte, gerek yeraltı ve gerekse açık işletmelerde rezervin tümünün kazanılması olanaklı değildir. Açık ya da yeraltı işletme yöntemleriyle kazanılabilecek rezerv yüzdesi için bir kural vermek güçtür; zira bu oran büyük ölçüde yatağın şeklindeki düzensizliklere bağlıdır.

Rezerv bloklarının şekli ve eğimi oldukça düzenli ise ve bloklar planlanan açık işletme sınırlarının ya da en alt yeraltı işletme seviyesinin üzerinde ise, genellikle % 95'ten fazla bir kazanım beklenebilir.

2. Yeraltı işletmelerinde yantaş seyrelmesi; uygulanan yönteme, kazı yerinin genişliğine (ft), dalımına (A°) ve yan kayaçlarının sağlamlığına göre değişir. Kazılmış cevherdeki pasa yüzdesi olarak ifade edilen seyrelme (% D), uygulanan işletme yöntemine göre ortalama sağlamlıkta yantaşlar için, yaklaşık olarak Şekil 24'te gösterilmiştir.

Yantaşlar düzgün ve sağlam ise seyrelme Şekil 24'te gösterilenin 0.7'si kadar, çok zayıf ve dayanıksız ise 1.5 katı kadar olabilir.

Seyrelme, işletme giderlerini olumsuz yönde etkiler; zira seyrelmemiş cevherdeki metal içeriğini elde etmek için, seyrelmiş cevherden daha fazla üretmek gerekir. Aynı zamanda, seyrelmiş cevherin tenörü ve bunun sonucu olarak da zenginleştirme randımanı bir ölçüde azalacağından, seyrelme, gelirleri de olumsuz yönde etkiler.



Seyrelme %	
$\frac{100}{W^{0.5} \sin A^\circ}$	arakatlı kazı
$\frac{60}{W^{0.5} \sin A^\circ}$	ambarlı kazı
$\frac{45}{W^{0.5} \sin A^\circ}$	doğulu çalışma
$\frac{70}{W^{0.5}}$	oda-topuk

W = Kazı yeri genişliği, ft
A = Cevher yatağının eğimi

Şekil 24— Kazı yeri genişliğine bağlı olarak yantaş seyrelmesi.

6.1. Cevher Zenginleştirme Tesis Randımanı

Flotasyon, siyanürleme, liç ya da gravimetrik yöntemlerle metallerin kazanımını; mineralin serbestleşmesini sağlamak için gerekli öğütme inceliği, işlenen cevherin tenörü ve mineralin belirli bir zenginleştirme yöntemine uygunluğu gibi etkenler etkiler. Değerli minerallerin ekonomik bir öğütme inceliğinde tamamen ayrılacağı varsayılırsa, metalik konsantreler ve değerli metal cevherlerinin tenor ve randımanları, Çizelge 1'de verilen formüllerde gösterildiği gibi olacaktır. Metalik cevherler iri taneliyse daha yüksek randımanlara ulaşılabilir. Eğer ince öğütme, sıkıca kenetlenmiş mineralleri serbestleştirmiyorsa ya da değerli sülfür mineralleri okside olmuş minerallerle ya da ince çamurla kaplanmışsa, daha düşük randımanlar kaçınılmaz olur.

Çizelge 1 – Flotasyonla Zenginleştirilen Baz Metal Cevherleri (giriş tenörü %)

		Verim Formülleri	Tipik Konsantrasyon Tenörü
Cu	Kalkopirit cevherlerinde	R - % 100 (1-0.07 Cu ^{-0.8})	% 28.5 Cu
	Okside bakır cevherlerinde (sülfürler)	RCu _s - % 100 (1-0.08 Cu _s ^{-0.8})	Değişken
	Okside bakır cevherlerinde (oksitler)	RCu _o - % 100 (1-0.40Cu _o ^{-0.3})	Değişken
	Bakır-çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.16Cu ^{-0.8})	% 25.5 Cu
	Bakır-kurşun-çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.22Cu ^{-0.8})	% 22.0 Cu
MoS ₂	Molibdenit cevherlerinde	R - % 100 (1-0.04MoS ₂ ^{-0.8})	% 88.0 MoS ₂
	Bakır-molibden cevherlerinde	R - % 100 (1-0.06MoS ₂ ^{-0.8})	Değişken
Zn	Sfalerit cevherlerinde	R - % 100 (1-0.25Zn ^{-0.6})	% 56 Zn
	Kurşun-çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.32Zn ^{-0.6})	% 53 Zn
	Bakır-çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.45Zn ^{-0.6})	% 52 Zn
	Bakır-kurşun-çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.55Zn ^{-0.6})	% 52 Zn
Pb	Galen cevherlerinde	R - % 100 (1-0.13Pb ^{-0.8})	% 60 Pb
	Kurşun - çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.18Pb ^{-0.8})	% 53 Pb
	Bakır-kurşun-çinko cevherlerinde	R - % 100 (1-0.28Pb ^{-0.8})	% 45 Pb
Diğer Cevherler			
	Tungsten cevherleri (gravimetrik ayırma)	R - % 100 (1-0.33WO ₃ ^{-0.5})	% 75 WO ₃
	Nikel-bakır cevherlerindeki nikel	R - % 100 (1-0.20Ni ^{-0.6})	% 10 Ni
	Uranyum cevherleri (flotasyon-liç)	R - % 100 (1-0.16U ₃ O ₈ ^{-0.8})	% 77 U ₃ O ₈
	Demir cevherleri (gravite-manyetik)	R - % 100 (1-1.5Fe ^{-0.6})	% 65 Fe
Değerli Metal Cevherleri ve Baz Metal Cevherlerindeki Değerli Metaller (giriş tenörü oz/ton)			
Au	Silisli cevherlerde	R - % 100 (1-0.013Au ^{-0.8})	Proses Yalnız siyanürleme
	Pirit cevherlerinde	R - % 100 (1-0.03Au ^{-0.8})	Flotasyon/Kavurma/Siyanürleme
	Baz metal cevherlerinde	R - % 100 (1-0.3 Au ^{-0.8})	Flotasyon
Ag	Gümüş cevherlerinde	R - % 100 (1-0.22Ag ^{-0.6})	Flotasyon/Gravite ayırımı
	Baz metal cevherlerinde (1.0 oz/ton)	R - % 100 (1-0.40Ag ^{-0.6})	Flotasyon

6.2. Baz Metaller için Net İzabe Geliri (1979 Yılı İtibariyle)

Metal tenörü % G olan metal konsantrelerinin net izabe geliri (madende, \$/ton olarak) ; konsantrinin metal içeriği (bir yüzde P ya da bir sabit indirim U), yayınlanan standart metal fiyatı (M), cent/lb olarak belli bir indirim (d) (rafinasyon ve izabe ürününün satış giderlerine karşılık olarak), \$/ton olarak izabe giderleri (S), madenden izabe ye taşınan konsantreler için \$/ton konsantr cinsinden taşıma giderlerinin (F) bir fonksiyonudur.

$$\text{Net izabe geliri (\$/ton)} = (P/100) \$ 20 (G-U) (M-d)/100 - S - F$$

Bu değerler genellikle :

$$P = \text{Cu için \% 100, Pb için \% 95, Zn için \% 85}$$

$$U = \text{Cu için 1.3, Pb için 3, Zn için 0}$$

$$M = \text{Cu için } 90 \text{ }, \text{ Pb için } 52 \text{ t}, \text{ Zn için } 39 \text{ t} \text{ (Ocak 1979 itibariyle)}$$

$$d = \text{Cu için } 12.0 \text{ i}, \text{ Pb için } 12.0 \text{ 4}, \text{ Zn için } 2.5 \text{ 4 (Ocak 1979 itibariyle)}$$

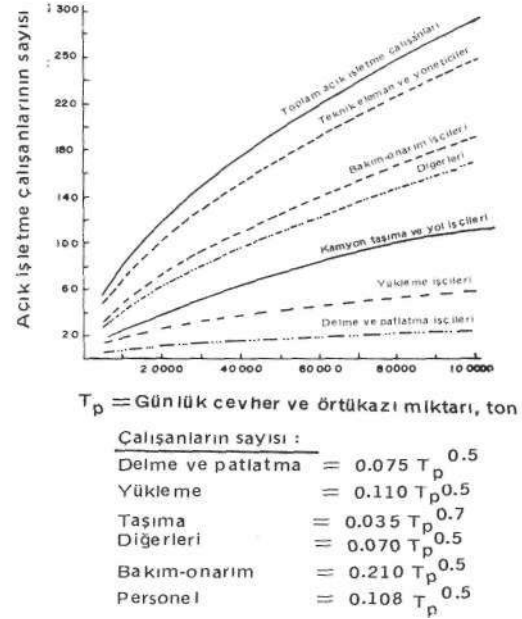
$$S = \text{Cu için } 60 \$, \text{ Pb için } 50 \$, \text{ Zn için } 145 \$ \text{ (yaklaşık olarak) (Ocak 1979 itibariyle)}$$

$$F = \text{Konsantrelerin madenden izabe tesisine taşıma gideri, ton nemli konsantr başına ve konsantrelerin kamyonla } T_m \text{ mil, demiryoluyla } R_m \text{ mil taşıdığı, (ve eğer yapılıyorsa) } 15 \text{ 000 tonluk gemiyle, yükleme, gidiş ve boşaltma dahil } D_0 \text{ gün taşıdığı varsayımına göre dir. Yaklaşık taşıma gideri (\$/ ton konsantr cinsinden)} = 0.17 T_m^{0.9} \$ + 0.26 R_m^\circ \$ + 0.80 D_0 \$ \text{ olmaktadır.}$$

7. İŞLETME GİDERLERİNİN TAHMİNİ

7.1. Açık İşletmelerde İnsangücü

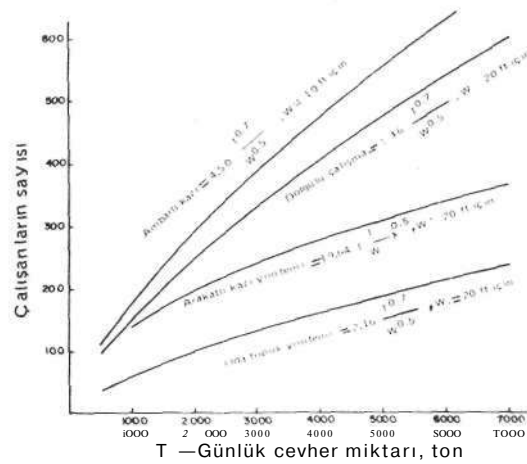
Açık ocak işletmelerinde çalışan kişi sayısı, Şekil 25'te gösterildiği gibi, günlük cevher ve örtükazı miktarının (T_p) 0.5'inci kuvvetine bağlı olarak, kamyonla taşıma ve yol bakımı için gerekli kişi sayısı günlük tonajın 0.7'inci kuvvetine bağlı olarak değişme eğilimindedir, çünkü; büyük tonajlı ocaklarda, taşıma uzaklıkları genellikle daha fazladır ve bunun sonucu olarak da büyük ocaklarda taşımada çalışan kişi sayısının diğer ocak işlerinde çalışanlara oranı artma eğilimi gösterir.



Şekil 25— Açık işletmelerde çalışanların sayısının günlük cevher ve örtükazı miktarına göre değişimi.

7.2. Yeraltı İşletmelerinde İnsangücü

Yeraltında çalışan kişi sayısı, Şekil 26'da görüldüğü gibi, işletme yöntemine, kazı alanının genişliğine (W, feet olarak), ve günlük kapasiteye (T, ton/gün olarak) bağlı olarak değişir (Çizelge 2).



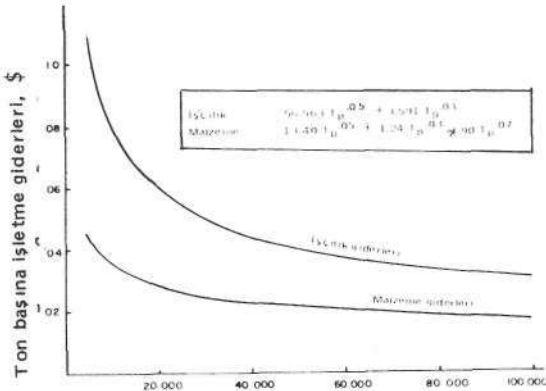
Şekil 26— Yeraltı işletmelerinde işçi sayısının günlük cevher miktarına göre değişimi.

Çizelge 2 — Yeraltı Maden İşletmesi Personeli

	Madenci Ekiplerin Yüzde Dağılımı			
	Arakatlı Kazı	Doğulu Çalışma	Ambarlı Kazı	Oda-topuk
Hazırlık	17	12	9	14
Kazı	23	31	31	45
Maden hizmetleri	22	20	29	12
Bakım-onarım	23	23	18	13
Büro elemanları	15	14	13	16
	100	100	100	100

7.3. Açık İşletmelerde İşletme Giderleri

Açık işletmelerde ton başına işletme giderleri Şekil 27'de gösterilmiştir. İşçilik giderleri; Operatörler = 9,50 \$/saat, Bakım-onarım işçileri = 8,90 \$/saat ve personel (teknik ve idari elemanlar) = 10,40 \$/saat baz alınarak hesaplanmış ve bu baz üzerinden % 35 ek ödemeler eklenmiştir. Günde çıkartılan cevher miktarı arttıkça ton başına malzeme giderleri, işçilik giderlerinden daha az hızla azalır.



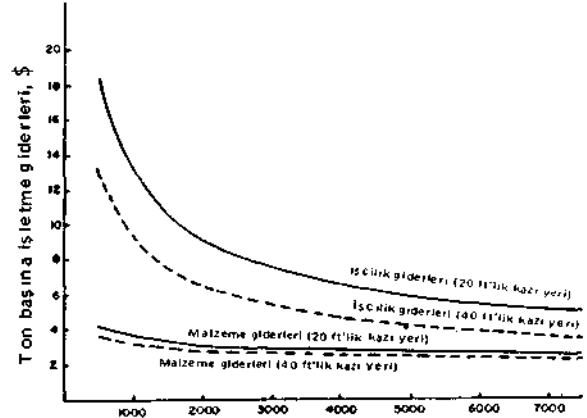
T = Günlük cevher ve örtü kazı miktarı, ton

Şekil 27— Açık işletmelerde ton başına işletme giderleri.

7.4. Yeraltı İşletmelerinde İşletme Giderleri

Arakatlı kazı, dolgulu (rambleli) çalışma, ambarlı kazı ve oda-topuk yöntemleri için işletme giderleri Şekil 28-31 'de gösterilmiştir. İşçilik

giderleri; madenci ekipleri için ortalama 8,50 \$/saat, personel için ortalama 10,25 \$/saat baz alınarak hesaplanmış ve bu baz üzerinden % 35 ek ödemeler eklenmiştir. Hazırlık, kazı ve genel ocak hizmetleri için gerekli malzeme giderleri, bu işlemlerde çalışan kişi sayısına bağlı olarak değişecektir.



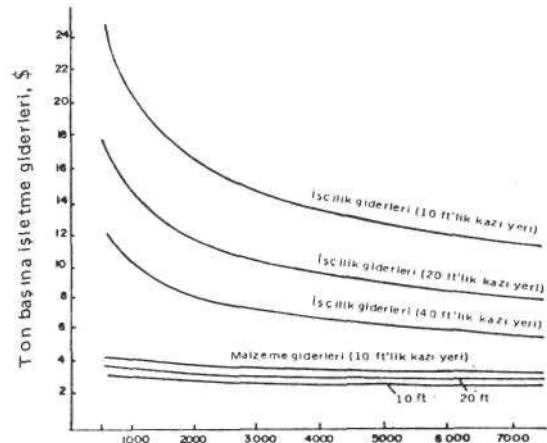
T = Günlük cevher miktarı, ton

$$\text{İşçilik } \$/t = \frac{185.8 \$}{(TW)^{0.5}}$$

$$\text{Malzeme } \$/t = \frac{26.56 \$}{(TW)^{0.2}}$$

W — Kazı yeri genişliği, ft

Şekil 28— Arakatlı göçertme yönteminde işletme giderleri.

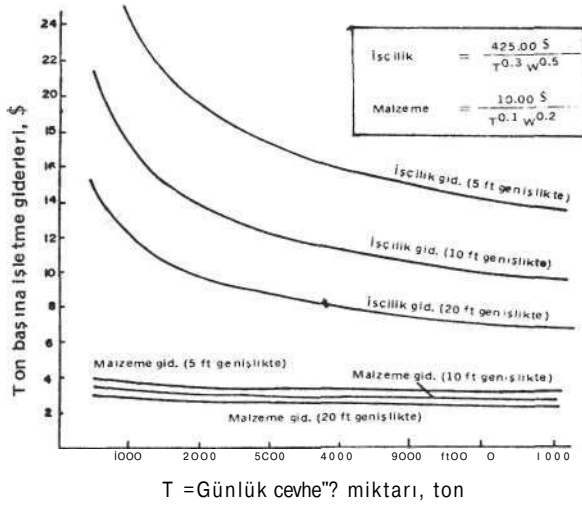


T = Günlük cevher miktarı, ton

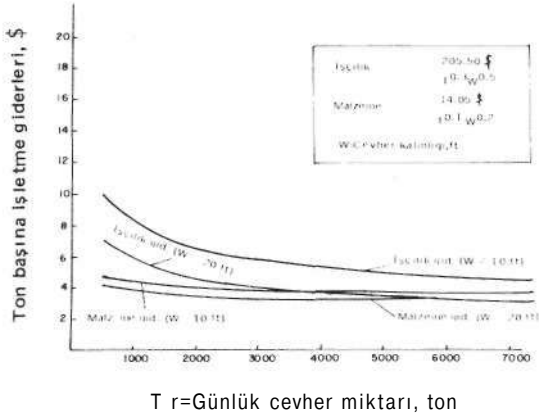
$$\text{İşçilik } \$/ton = \frac{515.60 \$}{T^{0.3} W^{0.5}}$$

$$\text{Malzeme } \$/ton = \frac{13.20 \$}{T^{0.1} W^{0.2}}$$

Şekil 29. Dalgulu çalışmada işletme giderleri.



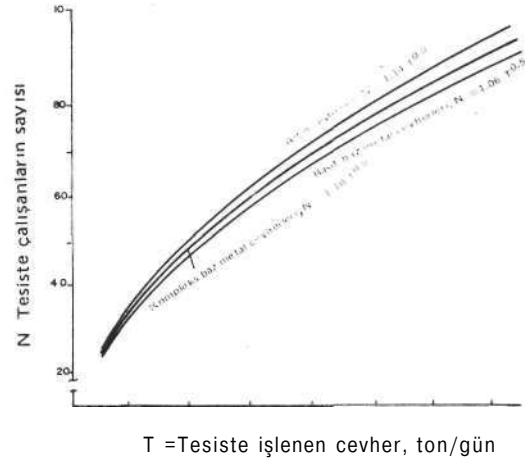
Şekil 30. Ambarlı kazı yönteminde işletme giderleri.



Şekil 31— Oda-topuk yönteminde işletme giderleri.

7.5. Cevher Zenginleştirme Tesisi için Gerekli İşgücü

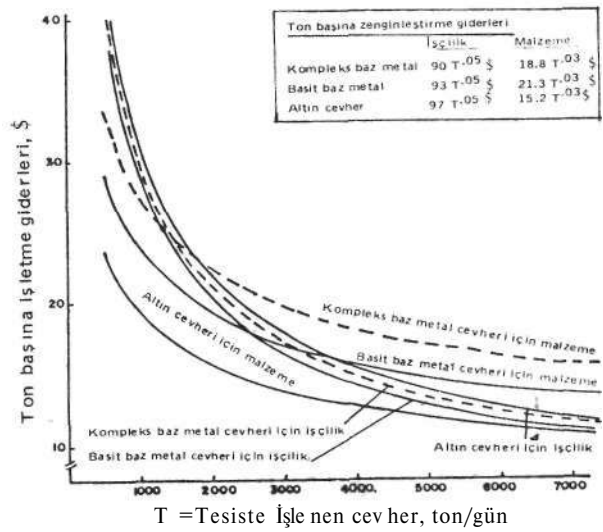
Değişik akım şemalarına göre cevher zenginleştirme tesisi çalışanlarının sayısı Şekil 32'de verilmiştir. Genel olarak, altın cevheri işleyen tesislerden siyanürleme yöntemi uygulayanlar, flotasyon yöntemi uygulayanlardan ve selektif flotasyonla iki ya da daha fazla konsantré üreten tesisler, tek konsantré üretenlerden, flotasyon bölümünde daha fazla kişi çalıştıracaktırlar.



Şekil 32— Cevher zenginleştirme tesisinde çalışanların sayısının tesiste işlenen cevher miktarına göre değişimi.

7.6. Cevher Zenginleştirme Tesisi Birim İşletme Gideri

Değişik yöntemler uygulayan cevher zenginleştirme tesislerinin işletme giderleri Şekil 33'de gösterilmiştir. İşçilik giderleri; cevher zenginleştirme ekipleri için ortalama 7.40 \$/saat, personel için ortalama 9.50 \$/saat ücret baz alınarak hesaplanmış ve bu baz üzerinden % 35 ek ödemeler eklenmiştir. Cevher zenginleştirme tesisindeki işletme malzemeleri içinde, öğütme ve kırma malzemeleri normal olarak en büyük kalemi oluşturuyor ve farklı cevherler için, sertlik ve gerekli öğütme inceliği değişik olacağından, bu kalem ton başına gider olarak en değişken kalemdir.



Şekil 33— Cevher zenginleştirme tesisi işletme giderleri.

7.7. idare ve Genel Hizmetlerdeki işgücü

İdare ve genel hizmetler için gerekli işgücü, maden ve cevher zenginleştirme tesisindeki toplam personel, işletme ve bakım-onarım işçileri sayısının bir fonksiyonu olarak değişme eğilimindedir ve günlük kapasiteden (bu kapasitenin maden ve cevher zenginleştirme işçilerinin sayısını etkilemesi dışında) göreceli olarak bağımsızdır.

Toplam personel ile maden ve cevher zenginleştirme işçileri sayısı Nm ile gösterilirse, gerekli işgücü :

- A. a) Elektrik işleri = 0.03 Nm (güç elektrik kurumundan sağlanırsa)
 b) Elektrik işleri = 0.05 Nm (güç dizel jeneratörden sağlanırsa)
 c) Elektrik işleri = 0.08 Nm (güç kömürlü termik santraldan sağlanırsa)
- B. Yerüstü tesislerdeki hizmetler ve yol bakım-onarımı = 0.04 Nm
- C. a) Sosyal tesislerdeki işgücü = 0 (var olan bir yerleşim merkezinden yararlanılacaksa)
 b) Sosyal tesislerdeki işgücü = 0.03 Nm (karavan maden kampı)
 c) Sosyal tesislerdeki işgücü = 0.05 Nm (aile tipi yerleşim-sübvansiyonlu)

D. Konsantre taşıması (ihale edilecek)

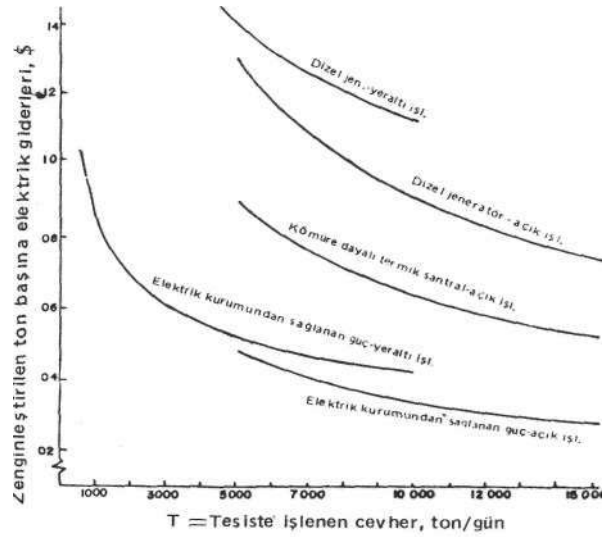
E. Genel idari hizmetler = 0.07 Nm

Toplam işgücü $N = Nm + (0.14 Nm' den 0.24 Nm' ye kadar)$ sosyal tesislerin türüne ve elektrik enerjisi teminine göre değişecektir.

7.8. İdare ve Genel Hizmetlerdeki Günlük İşletme Giderleri

- A. Elektrik işleri - yevmiyeler = 68 \$ (0.03 Nm' den 0.08 Nm'e kadar) (elektrik enerjisi türüne göre)
- B. Yerüstü tesisleri hizmetleri = 53 \$ (0.04 Nm)
- C. Sosyal tesisler işgücü = 50 \$ (0.05 Nm'ye kadar) (sosyal tesislerin türüne göre)
- D. Genel idari hizmetler = 85 \$ (0.07 Nm)
- E. Sosyal yardım vs. : Yukarıdaki maaş ve yevmiyelerin % 35'i

F. Yeraltı maden işletme ve cevher zenginleştirme tesisleri ile, açık işletme ve cevher zenginleştirme tesisleri için elektrik enerjisi tüketimi ve giderleri Şekil 34'te verilmiştir. Elektrik enerjisinin büyük bir kısmı genellikle cevher zenginleştirme tesisinde tüketilir, ancak yeraltı işletmelerinde vinçler ve kompresörlerin elektrik enerjisi tüketimi de önemli olabilir. Açık işletmelerde ise, normal olarak ocakta tüketilen elektrik enerjisi, cevher zenginleştirme tesisinde tüketilenin çok küçük bir kısmı kadardır.



Yeraltı işi. ve zeng. tesisi		Açık işi. ve zeng. tesisi	
Elektrik gid/ton		elektrik giderleri/ton	
$18.00 \times \frac{t}{T^{0.3}}$	dizel jen.	91.00\$	dizel jen.
		$\frac{91.00}{T^{0.5}}$	
		64.00 \$	köm.ter.san.
		$\frac{64.00}{T^{0.5}}$	
	elek. kur. (ismli için)	$\frac{34}{T^{0.5}}$	elek. kur. (15 mil için)

Şekil 34— Tesiste işlenen ton cevher başına elektrik enerjisi giderleri.

G. Malzeme - genel tesis hizmetleri = $6 T^{0.7}$ \$/gün

H. Sosyal tesisler işletme giderleri

- a) 13 \$/Nm (karavan tipi kamp sübvansiyonu)
 b) 5 \$/Nm (sübvansiyonlu aile lojmanı)

I. Büro ve ambar malzemeleri, telefon, seyahat harcamaları, mülkiyet vergileri, sigorta, avukatlık, mali müşavir ve danışman ücretlerini kapsayan genel idari harcamalar :
 Günlük gider = 4 \$/Nm olacaktır.

8. FORMÜLLERİN HESAPLANMASINA İLİŞKİN NOTLAR

Bir madencilik projesinin ana unsurlarının büyüklüğünü, miktarını ve maliyetini tahmin etmek için bu yazıda verilen formüller, yazar tarafından, Kanada ve diğer ülkelerin madencilik projelerine ait, son 15 yıllık ayrıntılı verilerden hazırlanmıştır. Diğer ülkelerin projelerinden alınan büyüklük ve miktarlara ilişkin veriler, iklim, topografya ve cevher yatağının şekli vb. gibi farklı fiziksel koşullarda madencilik projelerinin gereksinmelerini belirlemede kullanılmış; ancak, bu projelerden alınan maliyet verileri, yalnız Kanada'daki birim maliyetlerle uyumlu oldukları yargısına varılınca kullanılmıştır. Kanada ve diğer ülkelerde (bunlardan yalnızca birim maliyetleri karşılaştırılabilir olanlar alınmıştır) tamamlanmış madencilik projelerine ait maliyet verileri, uygun endeksler kullanılarak 1978 yılına eşkale edilmiş ve 1978 yılı ortalama kur'u 1 Kanada doları = 0.877 ABD doları alınarak, 1978 Kanada doları cinsinden ifade edilmiştir.

İşletme giderleri formüllerinin geliştirilmesinde kullanılan işletme gideri verilerinin çoğu, Kanada Prekambriyen Kalkanındaki yeraltı işletmelerinden ya da Kanada'da ve ABD'nin batısındaki açık işletmelerden sağlanmıştır. İşçilik ve malzeme giderleri Kuzey Amerika'dakinden çok farklı olan yabancı işletmelerin işletme giderlerine ilişkin veriler, ortalama işletme giderleri hesabında kullanılmamıştır. Ancak; bu verilerden madenden çıkarılan ve zenginleştirilen cevher tonajının artmasıyla, işçilik ve malzeme tüketimi arasındaki ilişkinin eğiliminin analizinde yararlanılmıştır.

Madencilik projesinin;

- Gerekleri ve bunların maliyetleri ile tesis kapasitesi.

- Malzeme ve işçilik giderleri ile maden ve cevher zenginleştirme tesisinin günlük tonajı,
- İşletme performansı ve cevher zenginleştirme randımanı ile tesis giriş tenörü

arasındaki ilişkiler, $Q = KT^x$ şeklindeki bir eşitliğe en iyi uyan verilerin, bilgisayarla yapılan istatistiksel analiziyle belirlenmiştir. Burada;

Q = Gerekli miktar ya da harcamaya ait gerçek verileri

T = Tonaj, tesis giriş tenörü ya da miktarlar ya da harcamaların değişmesine neden olan diğer koşulu

göstermektedir.

x değerleri, güvenilir verilerin bulunabildiği en geniş T değerleri aralığında, K değerinde en düşük varyasyon aralığını sağlayacak şekilde saptanmıştır. Denenen x değerleri, teknik irdelemeler ve işletme deneyimleriyle uyumlu olduğuna karar verilen, oldukça dar bir aralıkta yer almıştır. Q miktarındaki değişikliğin, T_j ve T_2 gibi iki fiziksel koşulun birlikte değişiminden sonuçlandığı yargısına varılmışsa, öncelikle en çok etkileyen koşul olan T_j için $Q = K_1 T_1^x$ eşitliğini sağlayan değerler saptanır. Daha sonra, K_2 değerlerindeki $K_j = K_2 T_2^y$ eşitliğini sağlayan değişmeler hesaplanır; şöyle ki, K_2 sabit iken $Q = K_2 T_2^y T_1^x$ olur.

Matematiksel analizler, verilerin kaçınılmaz dağılımı yüzünden her veri noktasını eşit değerde mütalaa etmemiştir, ancak, her bir madencilik projesinden sağlanan verilere, alışılmışın ötesinde yüksek ya da düşük maliyet ya da miktarlara neden olan yerel koşulların varlığı ya da yokluğuna göre ağırlık verilmesinde yargı faktörleri kullanılmıştır.