

KOMPUTER PROGRAMLAMANNIN REZERV HESAPLARINA UYGULANMASI

Tevfik GÜYAGÜLER*

Özet

Bu çalışma komputer programlarının üçgen, poligon ve İstatistiksel metodları İle rezerv hesaplamalarına tatbikatım izah eder.

Programların doğru çalıştığını kontrol etmek İçin Çakkaya bakır yatağı örnek problem olarak alınmıştır. Komputer programından alınan neticeler aritmetiksel yolla yapılan hesaplamalardan alınan neticelere çok yakındır.

Bu araştırma, aynı zamanda, komputerden alınan neticelerin daha duyarlı olduğunu göstermiştir.

Duyarlılık ve zaman faktörleri göz önünl alınırsa, rezerve hesaplamalarında komputer programı kullanılması tavsiye edilir.

Abstract

This study describes the applicability of computer programming to the calculation of ore reserves by triangular, polygonal and statistical methods.

In order to check the validity of the programs, Cakkaya copper ore deposit is taken as an example. It was found out that reserve calculations made by computer programs give agreeable results with the reserve calculations made arithmetically.

The investigation also shows that reserve calculation by computer programming yields a more accurate estimate of both tonnage and grade.

By considering accuracy and time factors it is advisable to use computer programs for ore reserve calculations.

(*) Mad. Y. Müh. Asistan O.D.T.Ü. Ankara .

1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Bütün bir cevher yatağının veya bir blokun ortalama tenor ve tonajını hesaplamak madencilikte süregelen bir problemdir. Rezerv hesaplarında esas sorun tenor ve tonajı mümkün olduğu kadar gerçek değerlerine yakın hesaplayabilmektir. Öte yandan bu hesapların yapılabilmesi için tüketilen zaman da göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, rezerv hesaplamasında komputer programı kullanılırsa sonuç daha duyarlı ve hesaplama için tüketilen süre çok daha kısadır.

Bu çalışmada IBM 360 için üçgen, poligon ve istatistik metodları içeren üç program hazırlanmıştır. Burada önemli bir unsur detayların programda istenildiği şekilde verilmesidir.

Örnek problem olarak Çakmakkaya bakır yatağı alınmıştır. Programda kullanılan veriler M.T.A. tarafından hazırlanmış olan Çakmakkaya, Murgul 3268 nolu rapordan alınmıştır. Ayrıca her üç metottan alınan neticeler M.T.A. tarafından yapılan hesaplardan alınan sonuçlarla karşılaştırılmışlar.

2. Maden Yatakları Rezervleri

2.1 Rezervlerin Sınıflandırılması (7)

Rezervler yararlanabilme keyfiyetine göre iki sınıfa ayrılır.

1. Halen yararlanılabilir rezervler,
2. Potansiyel rezervler.

Yukarıdaki her iki rezerv grubu dört ayrı sınıfa ayrılır:

1. Görünür,
3. Belirtili,) Mümkün
4. Tahmini)

2.2. Rezerv Hesaplama Yöntemleri

Bu hesaplamaları yapmada kullanılan başlıca yöntemler şunlardır.

1. Dörtgen Metodu.
2. Ara Kesit Metodu.
3. Poligon Metodu.

4. Üçgen Metodu.
5. İstatistiksel Metot.
6. Komputer programlarını kapsayan diğer metotlar.

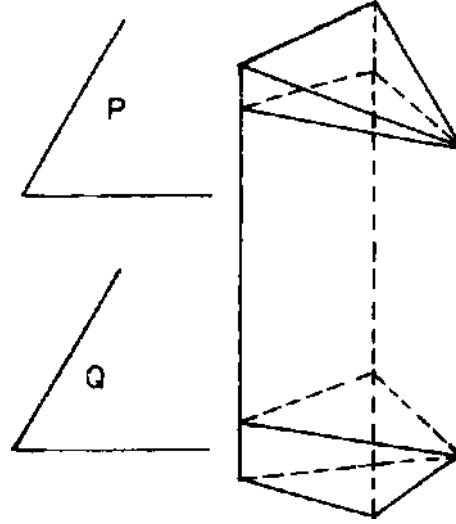
3. Üçgen Metodu

3.1. Yöntem

Bu metod Üe rezerv hesabı yapılmasında ilk etap sondaj kuyuları köşe olan üçgenleri çizmektir. Bu metodun uygulanabilmesi için sondaj kuyularının dik olması gereklidir. İki sondaj kuyusu arasındaki tenor değişimi doğrusal (lineer) kabul edilir. Üçgen temodunda elde edilen sonuçların duyarlılığı tenor değişiminin doğrusal olmasına bağlıdır.

Çizilen üçgenlerin alan hesabı bilinen metodların herhangi biri ile yapılır. Her üçgenin altında bulunan cevher iki paralel düzlem ile kesilir. Şekü 1 de görüldüğü gibi düzlemler cevher içinde üç sondaj kuyusunu da keser ve yatay düzleme paraleldir (1).

Düzlemlerin dışında ve arasında kalan cevher bloklarının rezerv hesapları ayrı ayrı yapılır.



Şekil 1 — Bir üçgenin altında kalan cevherin paralel İki düzlem ile kesilmesi.

3.2. Komputer Programı

3.2.1. Veriler: Programda kullanılan veriler şunlardır.

- üçgen sayısı
- Üçgen köşelerinin koordinatları ve her sondaj kuyusundan alınan numunelerin ortalama özgül ağırlıkları.
- Düzlemler dışındaki rezerv için mesafe ve tenör değerleri ve her sondaj kuyusunda mesafe-tenör değerlerinin sayısı.
- Her düimin kalınlığı dilim sayısı ve her dilimi oluşturan prizmanın köşe tenörleri.
- Sınır üçgenlerinin koordinatları ve özgül ağırlıkları.
- Sınır üçgenleri için tenör, tenör-aralığı değerleri ve bu ikilinin sayısı.

3.2.2. Programda Hesaplama Sırası

Her etapta üçgenlere ve her üçgen prizmasında yatay iki paralel düzlem tarafından üç parçaya bölündüğünü daha önce görmüştük.

Hesaplamalarda öncelikle düzlemlerin dışında kalan kısmın rezerv hesabı yapılır.

$$S = \sum_{i=1}^r G_1(i) \times H_1(i) + \sum_{i=1}^m G_2(i) \times H_2(i) + \sum_{i=1}^r G_3(i) \times H_3(i)$$

$$P = \sum_{i=1}^n H_1(i) + \sum_{i=1}^m H_2(i) + \sum_{i=1}^r H_3(i)$$

Burada n, m, r sayılan her bir sondaj kuyusu için tenör (G), uzaklık (H) sayısını gösterir.

Üçgenin alanı:

$$A = 1/2 \left((x_3 - x_2) y_1 + (x_1 - x_3) y_2 + (x_2 - x_1) y_3 \right)$$

$$\text{Prizmanın Hacmi} = \text{Alan} \times \text{ortalama yükseklik} = \frac{A \times P}{3}$$

$$\text{Tonaj} = \text{Hacmi} \times \text{Özgül Ağırlık}$$

$$\text{Yalın Metal Miktarı} = \text{Tonaj} \times \text{Ortalama tenör}$$

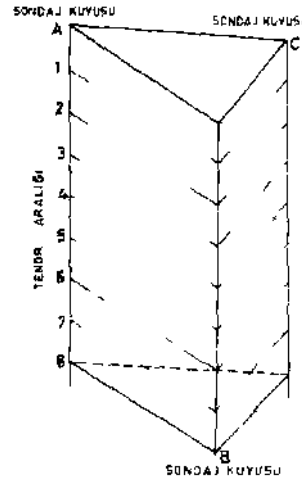
Burada Ortalama tenör S/P dir.

Hesaplamlarda kullanılan özgül ağırlık üç kuyudan alınan numunelerin ortalama değeridir. $(GP1+GP2+GP)/3$

Buraya kadar yapılan hesaplar üstteki düzlemin üst kısmını içine alır. Alttaki düzlemin alt kısmı içinde hesap aynı hesaplamalar yapılır ve sonuçlar toplanır.

Düzlemlerin arasındaki cevherin rezerv hesabında ayrı bir yöntem kullanılır.

Düzlemler arasında kalan üçgen prizmanın rezerv hesabını yapabilmek için P ve Q düzlemleri arasındaki uzaklık bulunur. Bu uzaklık belirli sayıda parçalara ayrılır. Programdaki hesaplamalarda yükseklikleri 5'er metre olan prizmalar çizilmiş ve her prizmanın rezerv hesabı ayrı ayrı yapılmıştır. Bu işlemi bir örnek vererek açıklayalım. P ve Q düzlemleri arasındaki uzaklık 53 metre olsun. Bu mesafeyi yukarıda anlatılan şekilde bölersek 5'er metrelik 10 ve 3 metrelik bir üçgen prizma elde edilir. Yani P ve Q düzlemleri arasına 11 prizma çizilmiş olur (Şekil 2).



Şekil 2 — İki düzlem arasındaki prizmalara bölünmesi

Şimdi bilgisayar programının bir dilim için yaptığı hesaplamaları görelim.

Tabanı ABC üçgeni olan prizmalardan en üsttekini alalım. Bu üçgenin koordinatları (x1, y1), (x2, y2), (x3, y3) ve her köşenin ortalama tenörleri GL, GM, GN olsun (GL < GM < GN)*.

Üçgen alanı = 1/2 ((x3-x2) y1 + (x1-x3) y2 + (x2-x1) y3)

Şekil 3'ten istifade edilerek,

$$\frac{A}{(x_{p_1} - x_L)^2} = \frac{A'}{(x_0 - x_L)^2} \quad \text{burada} \quad x_0 = \frac{(x_N - x_L)(G_M - G_L)}{(G_N - G_L)} + x_L$$

Aynı zamanda A' alanı (12a) ve (a23) üçgenlerinden,

$$\frac{x_0 - x_L}{b} = \frac{x_N - x_0}{b_2}$$

$$A' = 1/2 b_1 h \quad A'' = 1/2 b_2 h$$

$$\frac{h}{2} = \frac{A'}{b_1} = \frac{A''}{b_2} \quad A' = A'' \frac{b_1}{b_2}$$

$$\text{ve} \quad A = A' + A'' = A'' \left(\frac{b_1}{b_2} + 1 \right) = A'' \left(\frac{x_0 - x_L}{x_N - x_0} + 1 \right) = A'' \left(\frac{x_N - x_L}{x_N - x_0} \right)$$

$$A'' = A \left(\frac{x_N - x_0}{x_N - x_L} \right) \quad \text{ve} \quad A' = A - A''$$

$$\frac{A_1}{A'} = \frac{(x_{p_1} - x_L)^2}{(x_0 - x_L)^2} \quad A_1 = A' \frac{(x_{p_1} - x_L)^2}{(x_0 - x_L)^2}$$

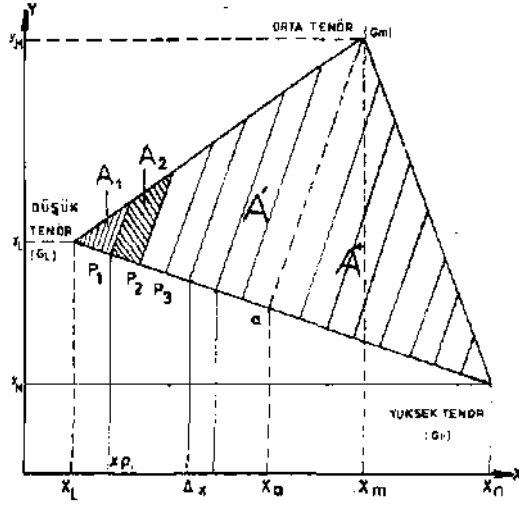
$$A_2 = B - A_1$$

$$B = A' \frac{(x_{p_2} - x_L)^2}{(x_0 - x_L)^2} = A_1 + A_2$$

Böylece A3, A4, A5 A0 bulunabilir (1).

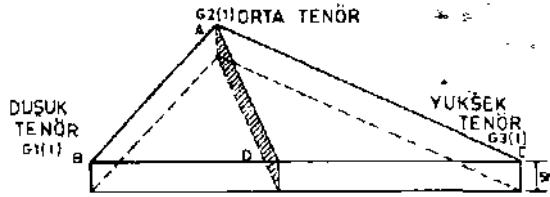
(*) GL, GM ve GN değerleri her prizma için aynı köşelere düşmez; birinci prizmada A köşesinin tenörü GL ise ikinci prizmada aynı köşenin tenörü GN olabilir. Çu durum programlamada dikkate alınmıştır

Yukarıdaki hesaplamalardan şekildeki taranmış üçgenin ve yamukların alanları kolaylıkla hesaplanabilir.

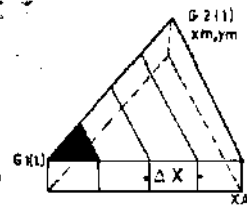


Şekil S — %0.1 tenör aralıklarım gösteren üçgen ve yamuklar.

Şekil 4'te görüldüğü gibi en yüksek tenör C_f orta tenör A ve en düşük tenör B köşesinde. B ve C köşeleri arasında orta tenöre eşit tenörde bir nokta bulunabilir (D noktası). Eğer A ve D noktaları birleştirilirse AD üzerinde her noktanın tenörü orta tenöre eşittir.



Şekil 4 — Bir Dilimin orta tenöre eşit eştenör doğrusu Ue İkiye bölünmesi.



Şekil 5 — Bir dilimin »ol tarafının f/0.1 tenör aralığı ile parsalara ayrılması*

ABD üçgeni AD'ye paralel eştenör doğrularla ufak bir üçgene ve yamuklara ayrılır (Şekil 5). Bu eştenör doğrularının

sayısı orta tenor ile en düşük tenor arasındaki farka bağlıdır. Programda görüldüğü gibi eştenör doğru sayısı:

$$B = r (CM-GL) / 0.001$$

Eğer $GM = 0.02$ ve $GL = 0.01$ ise $B = 0.01/0.001 = 10$ olur.

Eştenör doğrularım çizdikten sonra bu dilim için tonaj hesabı şöyle yapılır. Ufak üçgen prizma için:

$T = \text{Üçgen alanı} \times \text{Dilimin yüksekliği} \times \text{Özgül ağırlık} \times \text{Tenor}$.

Bu prizma için: $\text{Tenor} = G_L - j - 0.001$.

Üçgenin yamndaki yamuk prizma için:

$T = \text{Yamuk alanı} \times \text{Dilimin yüksekliği} \times \text{Özgül ağırlık} \times \text{Tenor}$ ($\text{Tenor} = G_L + 0.002$).

Bu işlem diğer yamuk prizmalar için de aynıdır. En son yamuk prizma için tenor, $G_j + B (0.001) = G_M$.

Yukardaki üçgen ve yamuk alanlarının hesabı daha önce izah edümiştir.

Aym işlem ADC üçgeni için tekrarlanır. Bu kısım için eştenör doğru sayısı: $B = (GK-GU) / 0.001$.

Eştenör sayışım bulmak için kullandığımız 0.001 değeri seçilen bir sayıdır. Sonuçların daha duyarlı olması istenirse bu değeri küçültme olanağı vardır.

Eğer $(GM-|GN+GL)/3 < 0.7$ ise aym hesaplamalar yapılır, rezerve miktarı ayrı bir yere toplanır. Sonunda cevher yatağı içinde tenörü $1/0.7$ 'den az olan rezerve miktarı hesaplanır. Bir düim için işlemler bittikten sonra aym işlemler diğer dilimler için de yapılır ve daha önce bulunan neticelere ilâve edilerek üç sondaj kuyusunun oluşturduğu üçgenin altındaki rezerv miktarı hesaplanır. Cevher şuuruları içinde bulunan üçgenlerle ilgili hesaplamalar yukarda anlatılan yöntemle hesaplandıktan sonra sınıra yakın yerlerde rezerv hesabı daha kaba bir şekilde yapılır. Meselâ cevher hududuna yakın yerlerde Öyle üçgenler elde edilebilir ki yukarıda açıklanan metod uygulanamaz.

Şöyle ki; iki sondaj kuyusu arasındaki mesafe çok fazladır ki bu halde doğrusal (lineer) tenor değişmesi kabul edilemez. Hudeduda yakın cevher kısmının rezerve hesabı şöyle yapılır: Üçgenlerin alanları hesap edilir. Her kuyunun ayrı ayrı ortalama tenörleri bulunur (G_M, G_N, G_L). Üçgen prizma için ortalama tenor $(G_M + G_N + G_L)/3$, ortalama özgül ağırlık $(Sp_1 + Sp_2 + Sp_3)/3$ ve prizmanın ortalama yüksekliği bulunur.

Prizmanın hacmi = Üçgen alanı X Ortalama yükseklik.

Tonaj = Prizmanın hacmi X Ortalama özgül ağırlık.

Yahn metal miktarı — Tonaj X Ortalama tenor.

Yukarda yapılan işlemlerin sonuçları program veriminde (output) gösterilmiştir.

3.2.3. Programdan Ahnan Sonuçlar

Programdan ahnan sonuçlar (output) aşağıda gösterilmiştir.

Üçgen sayısı 57

Tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Toplam hacim	7151069.0000	m ³
Toplam rezerv	18559648.0000	Ton
Toplam yalın metal miktarı	209771.0000	Ton
Ortalama tenor	0.0113	

Tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için.

Toplam hacim	916353.0000	m ³
Toplam rezerv	2340417.0000	Ton
Toplam yalın metal miktarı	13544.7500	Ton
Ortalama tenor	0.0058	

Köşe üçgenlerinde tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Rezerv	1245559.0000	Ton
Yahn metal miktarı	12131.0000	Ton
Ortalama tenor	0.0097	

Köge üçgenlerinde tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	537523.8750	Ton
Yalın metal miktarı	1529.0000	Ton
Ortalama tenor	0.0028	

Cevher sınırında katan ve tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için.

Rezerv	19805200.0000	Ton
Yahn metal miktarı	221902.6250	Ton
Ortalama tenor	0.0112	

Cevher sınıfı içinde kalan ve tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	2877940.0000 Ton
Yalın metal miktarı	15073.7500 Ton
Ortalama tenor	0.0052

Bütün saha için toplam sonuçlar:

Rezerv	22683136.0000 Ton
Yalın metal miktarı	236976.3750 Ton
Ortalama tenor	0.0104

Bunlara ilâveten her üçgenin alan, her üçgen prizmanın, tenörü %0.7'den yüksek ve düşük kısımları için, hacmi, rezervi, yalın metal miktarı ve ortalama tenörü ayrı olarak programda hesaplanmıştır.

4. Poligon Metoda

4.1. Yöntem

Bu metod için hazırlanmış kompüter programı her çeşit kütle cevherin rezerv ve tenor hesabında kullanılabilir.

Poligon metodunda bir sondaj kuyusunun tesir sahası, etrafındaki kuyularla olan mesafelerin yarısına kadar uzandığı kabul edilir. Bu metodla rezerv hesaplarını yapabilmek için sahayı her sondaj merkezde olmak üzere poligonlara bölmek gerekir. Poligonların çiziminde genel bir esas yoktur. Fakat poligon kölelerinin, poligon merkezinde bulunan sondaj kuyusuna eşit mesafelerde olmasına dikkat edilir. Bu poligonları çizmek zor değildir. İlk önce bir sondaj kuyusu etrafındakiler birleştirilir. Bu suretle birtakım üçgenler elde edilir. Eğer bu üçgenlerin kenarlarının orta dikmesi çizilirse bir noktada kesişirler. Bu kesim noktası poligon için bir köşedir. Eğer bu köşe diğer köşe noktalarıyla birleştirilirse poligon elde edilir (Şekil 6).

Çizilen poligonların alanları çeşitli metodlarla hesaplanabilir. Bir poligonun alanı planimetre kullanarak, poligonları üçgenlere bölüp üçgenlerin alanlarını bularak veya poligon alan formülü kullanarak bulunabilir.

Üçgen numarası	Üçgen alanı (m ²)	Hacım (EC / UNEC) (ntf)	Rezerv (EO / UNEC) (Ton)	Yalın metal (EO / UNEC) (Ton)	Ortalama tenor (EO / UNEC) (%)
1	1257 7500	126379.7500 9055.7812	341227.375 24450.629	5092.301 161.553	0.0149 0.0066
2	1349 7500	131165.3125 17506.2344	354149.812 47266.859	4888.293 300.924	0.0138 0.0064
3	1181.0000	124965.5000 17714.9844	337409.250 47830.465	4658.238 287.707	0.0138 0.0060
4	899.7500	101489.0000 9897.2227	263871.437 25732.816	3141.935 162.183	0.0119 0.0063
5	1278 7500	145899.3750 15089.2305	393931.062 40740.926	6179.863 225.204	0.0157 0.0055
53	1211 8750	132312.6250 6059.3711	,-(44018.687 15754.359	3866.651 84.167	0.0112 0.0053
54	1431 8750	156306.8125 14318.7266	422038.500 38660.586	5316.562 223.428	0.0126 0.0058
55	1411 2500	113060.6250 7056.2422	316574.187 19757.473	4362.508 123.912	0.0138 0.0063
56	1230.0000	103788.6250 12299.9727	280230.562 33209.961	2944.502 205.662	0.0105 0.0062
57	1443.7500	136088.2500 0.0	353835.812 0.0	3697.156 0.0	0.0104 0.0

Not. EC = Tenörü %0.07'den yüksek kısımlar,
UNEC = Tenörü %0,7'den düşük kısımlar.

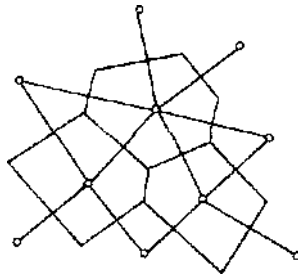
Bu çalışmada poligon alanı, poligon alan formülü kullanarak bulunur. Alan hesaplamaları programa dahildir.

Poligonların meydana getirdiği prizmaların rezerv ve tenor hesapları ayrı ayrı yapılır. Bir poligonal primi anın yüksekliği, sondaj kuyusunun cevher içinde kalan uzunluğudur.

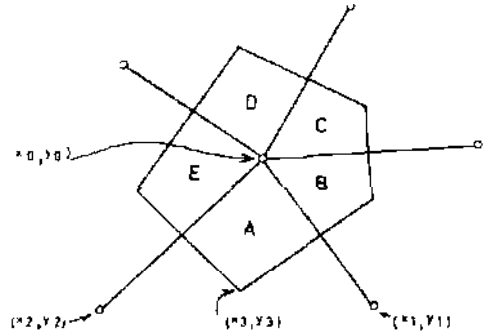
4.2. Poligon Alan Hesabı

Bu metod ile alan hesabında yalnız sondaj kuyuları koordinatlarından yararlanılır (2).

Bu yöntemde poligon, köşe sayısı kadar dörtgene bölünür. Poligonun merkezinde bulunan sondaj kuyusunun koordinatları (X₀, Y₀) olsun. Poligonun köşe koordinatları analitik yoldan bulunduğu gibi grafik kâğıdı üzerinden de çıkartılabilir (Şekil 7).



Şekil 6 — Poligonların çizimi.



Şekil 7 — Poligon alan hesabı için kullanılan koordinatlar.

Aşağıdaki formülden (1) poligon içindeki bir dörtgenin alanı hesaplanır:

$$A = 1/8 \left[\sqrt{[(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2]} \sqrt{[(x_1 - x_0 - 2x_3)^2 + (y_1 + y_0 - 2y_3)^2]} \right. \\ \left. + \sqrt{[(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2]} \sqrt{[(x_2 + x_0 - 2x_3)^2 + (y_2 + y_0 - 2y_3)^2]} \right]$$

Bu formülden hesap edilen alan yalnız (A) dörtgeni içindir. Aynı işlem B, C, D, E,... dörtgenleri için de yapılır ve bulunan alanlar toplanarak poligon alanı bulunur (Şekil 7).

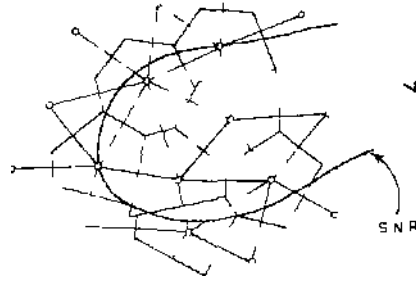
$$\text{Poligon alanı} = A + B + C + \dots - D + E \dots$$

Burada dörtgen sayısı poligon kenar sayısına eşittir.

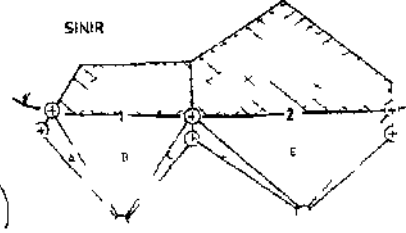
Poligon metodu kullanıldığında cevher sahasının sınırları içine poligonları tam olarak yerleştirmek olanağı yoktur. Bu

güçlüğü yenmek için hayalî sondajlardan ve cevher sahası sınırları civarındaki üçgenlerden istifade edilir (Şekil 8).

Cevher sınırının çizilen poligonlardan birini kestiğini düşünelim (Şekil 9). Poligonun taranmamış kısmı üçgenlere bölünür ve üçgenlerin köşe koordinatları bulunur ve bu kısmın alanı hesaplanır. Poligon alanından, taranmamış alanın çıkartılmasıyla cevher sınırının içine düşen alan hesab edilir (Şekildeki taranmış alan).



Şekil 8 — Sınır çizgisi.



Şekil 9 — Sınırın içinde kalan poligon alanının bulunmasında yardımcı olan üçgenler.

5.3. Komputer Programı

5.3.1. Veriler: Poligon metodu için lâzım olan verilerin hazırlanması üçgen metoduna kıyasla daha kolaydır. Programda kullanılan verilerin listesi aşağıda verilmiştir:

- 1 — Sondaj kuyularının koordinatları (XO , YO), her sondaj kuyusu için ortalama özgül ağırlık (SG)
- 2 — Poligonun köşe ve köşelere yakın sondaj kuyusunun koordinatları ($X(I)$, $I = 1, N$, $Y(I)$; $I = 1, N$)
- 3 — Bir kuyudaki %0.7 metalden aşağı olan kısımların tarifi ($NWASTE$), %0.7'den fazla olan kısımların tarifi (N)
- 4 — Kısım üçte değişkenlere tekabül eden derinlik ve tenor değerleri ($XLNGT(I)$, $I = 1, N$), ($PER(I)$, $I = 1, N$)

- 5 — Cevher sınırına yakın yerlere çizilmesi gereken üçgenlerin koordinatları (X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3)
- 6 — Kısım 5 için gerekli olan derinlik ve tenor değerleri (H(I), G(I), I=1, NM).

4.3.2. Programdaki Hesaplama Yolu: Bir poligonun meydana getirdiği prizmanın rezerv hesapları şöyle yapılır:

Her etapta daha önce açıklandığı gibi poligon alanları bulunur. Eğer XLENGT (I) ve PER (I) sırasıyla cevher içinde belirli bir uzunluk ve o uzunluğa tekabül eden tenor değeri ise;

$$S = \sum_{i=1}^n XLENGT(I) \times PER (I)$$

$$P = \sum_{i=1}^n XLENGT(I)$$

$$\text{Ortalama tenor} = \frac{S}{P}$$

Hacım = Poligon alanı X P (Derinlik)

Tonaj = Hacım X Özgül ağırlık

Rezerve içindeki yalın metal miktarı = Tonaj X Ortalama tenor.

Eğer cevher içinde ortalama tenörü %0.7 Cu'dan daha düşük tenörlü kısım varsa aynı hesaplar tekrar edilir ve sonuç ayrı bir başlık altında toplanır.

Yukarıda anlatılan hesaplamalar bir poligon içindir. Diğer poligonlar için de ayrı işlemler tekrarlanır. Sınıra yakın yerlerde çizilen üçgenlerin alanları ayrıca bulunur. Üç sondaj kuyusundan alınan numunelerin ortalama tenoru ve özgül ağırlıkları bulunur. Bu üçgen prizma için yükseklik uç sondaj kuyusunun cevheri kesen kısımlarının ortalamasıdır.

Hacım = Alan X Yükseklik

Tonaj = Hacım X Ortalama özgül ağırlık

Yalın metal miktarı — Tonaj X Ortalama tenor.

4.3.3. Programdan Alınan Sonuçlar: Programda alınan sonuçlar (output) aşağıda gösterilmiştir:

Poligon sayısı: 32

Tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için.

Toplam rezerv	16843696.0000 Ton
Toplam yalın metal miktarı	241781.1875 Ton
Ortalama tenor	0.0122

Tenoru %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Toplam rezerv	1544600.0000 Ton
Toplam yalın metal miktarı	4549.1211 Ton
Ortalama tenor	0.0029

Köşe üçgenlerinde tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Rezerv	71367.8750 Ton
Yalın metal miktan	5982.0000 Ton
Ortalama tenor	0.0084

Köşe üçgenlerinde tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	671487.8125 Ton
Yalın metal miktan	2108.0000 Ton
Ortalama tenor	0.0031

Cevher sınırın içinde kalan (Poligon ve Üçgen alanları) ve tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Rezerv	20557152.0000 Ton
Yalın metal miktan	247763.1875 Ton
Ortalama tenor	0.0121

Cevher sınırın içinde kalan (Poligon ve Üçgen alanları) ve tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	2216087.0000 Ton
Yalın metal miktarı	6657.1211 Ton
Ortalama tenor	0.0030

Bütün saha için toplam sonuçlar:

Rezerv	22773232.0000 Ton
Yalın metal miktan	254420.2500 Ton
Ortalama tenor	0.0112

Bunlara ilâveten her poligonun alanı, her poligon prizmasının yüksekliği ile tenörü %0.7'den yüksek ve düşük kısımları için rezerv, yalın metal miktarı ve ortalama tenörü ayrı olarak hesaplanmıştır.

Poligon numarası	Poligon alanı	Cevher kalınlığı (EC / UNEC)	Rezerv (EC / UNEC)	Yalın metal (EC / UNEC)	Ortalama tenor (%) (EC / UNEC)
1	2571.81	109.900	791395.062	9857.074	0.0125
2	2970.21	169.450	1258254.000	10761.527	0.0056
3	2515.79	50.600	356435.875	4183.223	0.0117
4	2435.97	79.100	539516.750	8070.922	0.0150
5	3483.68	93.450	911536.062	11448.820	0.0126
29	2150.67	103.300	622057.937	6788.215	0.0109
29	4064.41	83.750	850985.625	8933.512	0.0105
		73.400	745818.750	1471.266	0.0020
30	3915.78	27.000	264315.125	2206.149	0.0083
31	2812.03	105.500	830672.562	13302.770	0.0160
32	2113.59	68.150	462326.250	4530.012	0.0098

Not EC = Tenoru %0.7'den yüksek kısımlar,
UNEC = Tenoru %0.7'den düşük kısımlar

5. İstatistiksel Metod

Bu metod için hazırlanmış program, poligon ve üçgen metodlarında bulunan alanların herbiri için ayrı rezerv hesabı yapar.

5.1. Yöntem

İstatistiksel metodun özelliği bu methodda her sondaj kuyusunun etki sahası diğer sondaj kuyularının etki sahaslarına eşit kabul edilmesidir. Eğer sondaj kuyusunun etki sahası diğerleri ile büyük fark gösteriyorsa üçgen veya poligon metodu kullanmak daha uygun olur.

Sondaj kuyularının etki sahası eşit olduğu kabul edildiğinden tonaj, kalınlık ile orantılıdır. Bundan dolayı cevherin tonaj

hesabı yapılırken tenor aralığının direkt olarak kullanılması mümkündür.

Bu metod için hazırlanmış program başlıca iki kısma ayrılır: Birinci kısımda alan (poligon ve üçgen metodları için); ortalama kalınlık, hacim, ortalama özgül ağırlık, rezerv ve ortalama tenor hesap edilir.

Program ikinci kısmında, numune sayısı, standart sapma (deviation), ortalama (mean), sınır (range), maksimum, minimum, medianı ayrı ayrı hesap eder. Her %0.4 tenor aralığına düşen numune sayışım gösteren tablo makine tarafmdan yapılır (4, 5, 6).

Bu programın ikinci kısmı istatistiksel metodun daha detaylı çalışmasında yardımcı olabilecek niteliktedir.

5.2. Komputer Programı

5.2.1. Veriler: Programda kullanılan verilerin listesi şöyledir:

A. Birinci kısım için:

- 1 — Numune sayısı, poligon sayısı, sondaj kuyu sayısı,
- 2 — Tenor ve tenor aralığı,
- 3 — Poligon alan hesaplamasındaki gerekli koordinatlar,
- 4 — Üçgen sayısı ve üçgen alan hesaplamasındaki gerekli koordinatlar,
- 5 — Her sondaj kuyusu için özgül ağırlık.

B. İkinci kısım için:

- 1 — Maksimum tenor ve delta
Bu programda Delta = %0.4'tür. Bu değer frekans dağılımı (frequency distribution) eğrisini çizerken kullanılmıştır.
- 2 — Her 5 metreye tekabül eden tenor.

5.2.2. Programdaki Hesaplamalar: İstatistiksel metod üe rezerv hesabında ilk olarak alan bulunur. Alan, poligon veya üçgen metodlardan herhangi biri ile yapılabilir. Bu metodlar daha önce anlatılmıştır.

$$\text{Ortalama tenor} = \frac{\sum_{I=1}^n \text{PERNUM}(I) \times \text{PERINT}(I)}{\sum_{I=1}^n \text{PERINT}(I)}$$

PERNUM (I) I = 1 için ilk tenör-arahğındaki tenörü
 PERINT (I) I – 1 ise ilk tenor aralığını verir.

$$\text{Ortalama özgül ağırlık} = \frac{\sum_{I=1}^n \text{MSG}(I)}{\text{NRIL}}$$

I = 1 için SG (I) 1 numaralı kuyunun özgül ağırlığı
 NRÎL Sondaj kuyusu sayısı.

$$\text{Ortalama kalınlık} = \frac{\sum_{I=1}^n \text{PERINT}(I)}{\text{NRIL}}$$

Hacım = Alan X Ortalama kalınlık

Tonaj = Hacmi x Ortalama özgül ağırlık

Yalın metal miktarı = Tonaj X Ortalama tenor.

İki ayrı alan değeri için iki rezerv hesabı yapılır.

5.2.3. Programdan Alınan Sonuçlar: Programdan alınan sonuçlar (output) aşağıda gösterilmiştir:

A. Birinci kısım İçin

Poligon alanları toplamı	87727.56250 mJ
Ortalama tenor (%)	1.06823
Ortalama kalınlık	90.91214 m
Toplam Alan (Poligon ve Üçgen alanları)	97441.31250 m2
Toplam hacim	8858598.00000 m3
Ortalama özgül ağırlık	2.57692 Ton/m3
Rezerv (Alan poligon metodu ile hesabedilmigtir)	228227872.00000 Ton
Yalın metal miktarı	243854.08000 Ton
Toplam alan (Üçgen metodu ile	97828 50000 m?
Toplam hacim	8893798.00000 m3
Rezerv	22918592.00000 Ton
Yalın metal miktarı	244823.20000 Ton

B. ikinci kısım için:

Numune sayısı: 769	
Standart sapma (Deviation)	0.877
Ortalama (Mean)	1.025
Sınır (Range)	9.69
Maksimum	9.70
Minimum	0.010
Median	0.82

Bunlara ilâveten Frekans Dağılımı (Frequency Distribution) eğrisi ve tablosu, 769 numunenin tenor değerlerine göre sıralanmış listesi ayrı olarak programda hesaplanmıştır.

6. Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında fazla farklılık göstermedikleri görülür.

	Üçgen raetodu	~~ Poligon metodu	İstatistiksel metod (Polyon, Üçgen alanlarıyla)	M.T.A. hesap- lamaları	
Tonaj (ton)	22.681.136	22.773.232	22.837.972	22.918.592	22.822.938
Tenor	0.0104	0.0112	0.01068	0.01068	0.0109

Poligon metodunda köşe koordinatları analitik yoldan bulunursa, poligon alanı daha duyarlı hesaplanabilir. Eğer poligonlar grafik kâğıdı üzerine çizilip köşe koordinatları grafikten hesaplanırsa sonuçlar biraz değişebilir.

Üçgen metodunda kesinlik iki şekilde artırılabilir: Birincisinde; metodda açıklanan iki paralel düzlem arası daha fazla dilimlere bölünerek (Programda 5 m olarak alınmıştır. Bu 4, 3, 2 ve hattâ 1 m'ye bile indirilebilir).

ikincisinde ise, elde edilen her dilim 0.001 tenor farkı ile küçük bir üçgen prizma ile birçok yamuk prizmalara ayrılmıştır. Bu 0.001 tenor aralığı daha da küçültülerek yamuk prizma sayısı artırılabilir. Meselâ en düşük tenor %1, orta
0.02-0.01

değerli tenor %2 olsun: $\frac{0.001}{0.01} = 10$. Yani hesaplama-

0.001

lar 10 ayrı prizma üzerinden yapılır. 0.001 rakamı 0.0005 olursa, hesaplamalar 20 prizma üzerinden yapılacağından rezerv hesaplamalarındaki duyarlık böylece arttırılmış olacaktır (Üçgen metoduna bak.).

İstatistiksel metodun birinci kısmında normal yoldan rezerv hesaplan yapılır. İkinci kısmı ise daha detaylı çalışmalara ışık tutabilmesi için faydalı olacaktır. Komputer Programı kullanarak rezerv hesabı yapımında esas problem araziden alınan dataların programda istenildiği gibi hazırlanmasıdır. Bu iş tamamlandıktan sonra hesaplamaların sonucu kısa bir süre içinde alınabilir.

Sonuç olarak rezerv hesaplarında kompüter programının kullanılması, neticelerin duyarlılığı, zamandan kazanç ve ekonomik unsurlar dikkate alınarak tavsiye edilmektedir.

Bibliyografik Tamam

1. Richard F. Hewlett: "Computation Ore Reserves by the Triangular Method Using a Medium Size Digital Computer". BuMines Rept. 6179, 1963, 30 s.
2. Richard F. Hewlett. "Computing Ore Reserves by the Polygonal Method Using a Medium Size Digital Computer". BuMmes Rept. 5952, 1962, 31 s.
3. Daniel B. Suits: "Statistics, An Introduction to Quantitative Economic Research". 1963.
4. Daniel D. McCracken: "A Guide to Fortran IV Programming", 1968, 147 s.
5. R. Klinger ve H. Saka: "Department of Computer Science Control Computing Laboratory Publication". No. 23, Dos. 1970.
6. Richard F. Hewlett: "A Basic Computer Program For Computing Grade and Tonnage of Ore Using Statistical and Polygonal Methods". BuMines Rept. 6292, 1963, 20 s.
7. Melih Tokay ve Erdal Yıldırım* "Maden Yatakları Rezervlerinin Sınıflandırılması Hakkında". MTA Enstitüsü Dergisi No. 69 (Ayrı Baskı), 1962.