

45601

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MADENKÖY (SİİRT) BAKIR YATAĞININ JEOKİMYASAL  
İNCELENMESİ VE REZERVLERİNİN HESAPLANMASI**

Dicle BAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Doç.Dr.Hüseyin ÇELEBİ**

**1995  
ELAZIĞ**

T.C.  
FIRAT UNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADENKÖY (SİİRT) BAKIR YATAĞININ  
JEOKİMYASAL İNCELENMESİ VE REZERV HESAPLANMASI

Dicle BAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, ..... Tarinde Aşağıda Belirtilen Jüri  
Tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

-----

-----

-----

Danışman  
Doç. Dr. Hüseyin ÇELEBİ

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MADENKÖY (SİİRT) BAKIR YATAĞININ JEOKİMYASAL  
İNCELENMESİ VE REZERVLERİNİN HESAPLANMASI

Dicle Bal

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

1995

Siirt Madenköy bakır yatağı, Siirt İli'nin Şirvan ilçesine bağlı Madenköy'de bulunmaktadır. Yatak sahasında, Bitlis Masifi'ne ait rekristalize kireçtaşları, volkanik kayalar (spilit, diyabaz, porfiri spilit) ve bunlarla ardalanmış çamurtaşları, kireçtaşları ile bunların bireşimleri bulunmaktadır. Yatak, tektonik olarak çok kırıklı bir yapıya sahiptir ve bölgedeki faylanmalar, cevherleşmeden sonra meydana gelmiştir.

Cevherleşme, spilit ve diyabazlara bağlı olarak gelişmiştir. Uzunluğu, yaklaşık 400 m, kalınlığı 150 m civarındadır. Kökeni volkanosedimenter olarak yorumlanmaktadır. Makroskopik olarak, masif ağsı ve saçınımlı cevher tipleri mevcuttur. Cevher 50°'lik eğimle KD'ya dalmaktadır.

Ana cevher mineralleri, çoğunluk sırasına göre, pirit, manyetit ve kalkopirittir. Bunlarla birlikte, yer yer yaygın şekilde sfalerit, hematit, lökoksen, galenit ve kromit de bulunmaktadır. Gang mineralleri klorit, kalsit, dolomit ve kuvarstır.

Bu araştırmada yataktaki Cu, Pb, Zn, Fe ve S elementleri jeokimyasal ve jeostatiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

Pb-Cu-Zn, S-Cu-Zn, Fe-Cu-Zn üçgen diyagramları ile yatakta sırasıyla S, Fe, Cu, Zn ve Pb zenginleştiği saptanmıştır. Pb-Cu-Zn üçgen diyagramında Cu yoğunudur. Buna göre Siirt Madenköy bakır yatağı Cu-Zn tipi masif sülfid yatağıdır. Yataktaki orantı efekti her tarafta aynı değildir.

Sıklık dağılımları analizleri, Cu, Pb ve Zn elementlerinin logaritmik normal dağıldığını göstermektedir.

Korelasyon analizi, Cu ile Pb, Zn, S ve Pb ile Zn arasında belirgin bir pozitif bağıntıyı vermektedir. Derinlikle Cu-Fe artmaktadır. Buna karşın Pb, Zn, S azalmaktadır. Bu, yatağın masif sülfid yatağı olduğunu destekleyen önemli bir bulgudur.

Varyogram incelemeleri ile cevherin fakir ve zengin cevher olarak ardalandığı (hole effect) ve yatakta yerel anizotropi olduğu görülmüştür.

Yapılan rezerv hesaplarına göre yatağın toplam rezervi yaklaşık 14,3 mil.t 'dur. Bunun 13 mil.t'u görünür, 1,3 mil.t'u da muhtemel rezervdir. Toplam rezervin ortalama Cu tenörü % 2.01, Pb tenörü % 0.20 ve Zn tenörü de % 0.54'tür.

## ABSTRACT

## MASTERS THESIS

GEOCHEMISTRY, GEOSTATISTICAL INVESTIGATION AND RESERVE  
ESTIMATION OF MADENKÖY (SIIRT) COPPER DEPOSITS.

Dicle Bal

Fırat University

Graduate School of Science and  
Technology Department of Geological Engineering

1995

Siirt Madenköy Copper deposits are in Madenköy which is country of Şirvan, Siirt. In the mineralization area, there are limestone of Bitlis massive, volcanic rocks (spilite, diabase, porphyry spilite) and mudstone, limestone and their breccias that are cosecutived with them. The ore bodies are faulted densely and faults of the region are post mineralization.

The mineralizations are related to spilite. The thickness of ore bodies is approximately 150 m and length is about 150 m. Mineralation is interpreted as volcanosedimentary. Massive, stocwork and disseminated mineralization types are exist. The ore body dips towards NE with an single about 50°.

The basic ore minerals are pyrite, magnetite and chalcopyrite. Sphalerite, hematite, leoksan, galenite and chlorite, calcite, dolomite and, quartz.

#### IV

In this study, the major elements (Cu, Pb, Zn, Fe and S) of the deposit have been investigated with geochemical and geo-statistical methods.

Pb-Cu-Zn, S-Cu-Zn and Fe-Cu-Zn triangle diagrammes show that S, Fe, Cu, Zn and Pb are enriched in the deposit respectively. According to Pb-Cu-Zn triangle diagrammes, Cu is dominant. For that reason, Siirt Madenköy copper mineralization is a Cu-Zn type massive sulphides.

The density distributions indicate that, Cu, Zn and Pb elements show lognormal distributions.

Correlation analysis show significant positive correlations between Cu, Pb, Zn, S and Pb-Zn. Cu-Zn increase related to depth. These can be considered as important indications to a massive sulphide origin. The proportionality effect isn't the same throughout the deposit.

The Zinc content of the deposit has been investigated. It show that this is between 65-85. Poor Pb proved that the deposits are Cu-Zn type massive sulphide.

The variogram analysis indicate that ore bodies and poorly mineralized, country rocks are alternating (hole effect) and the deposit has a local anizotropy.

The reserve calculations give a total reserve of 14.3 mil. ton of which 13 mil. ton is proven, 1.3. mil. ton is probable and average Cu content is 2.01 %, Pb content 0.19 % and Zn content 0.54 %.

**TEŞEKKÜR**

Bu tezin hazırlanmasında alıőmalarımın her aőamasında ok değerli yardım ve katkılarını esirgemeyen Do.Dr. Hüseyn ELEBİ'ye içtenlikle teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET .....	I
ABSTRACT .....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	XI
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Genel Bakış.....	1
1.2. Coğrafi Konum.....	5
1.3. Önceki Çalışmalar.....	7
1.4. Amaç ve Çalışma Yöntemleri.....	8
<b>2. JEOLJİK YAPI .....</b>	<b>10</b>
2.1. Bölgesel Jeoloji .....	10
2.2. Yatak Jeolojisi .....	11
2.2.1. Spilitler.....	12
2.2.2. Diyabazlar.....	13
2.2.3. Konglomeralar.....	15
2.2.4. Yamaç Molozu.....	16
2.2.5. Tektonik .....	16
<b>3. CEVHERLEŞME VE ÖZELLİKLERİ</b>	
3.1. Genel Bilgiler .....	18
3.2. Cevher Çeşitleri .....	18
3.2.1. Masif Cevher.....	19
3.2.2. Ağsı Cevher.....	19
3.3.3. Saçınımlı Cevher.....	25
3.3. Köken Hakkında Görüşler .....	26



4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER .....	30
4.1. Kimyasal Bileşim .....	30
4.2. Elementlerin Üçgen Diyagramlarda İncelenmesi .....	30
4.3. Elementlerin Sıklık Dağılımları .....	35
4.4. Orantı Efekti .....	46
5. REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ .....	48
5.1. Elementlerin Birbiri ile Korelasyonu .....	49
5.2. Elementlerin Derinlikle Korelasyonu .....	54
6. VARYOGRAMLAR .....	62
7. REZERV HESAPLARI .....	67
7.1. Genel Bakış .....	67
7.2. Rezerv Hesaplama Yöntemlerinin Seçimi ve Esas Alınan İlkeler.....	68
7.3. Rezervlerin Hesaplanması .....	69
7.4. Rezervlerin Sınıflandırılması .....	90
8. TEKNOLOJİK ÇALIŞMALAR .....	92
9. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	93
DEĞİNİLEN KAYNAKLAR .....	96

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No No	Sayfa
Şekil 1.1. Yatağın Yerbulduru Haritası .....	6
Şekil 2.1. Güneydoğu Türkiye'de Tethys Sütur Zonu'nun başlıca ünitelerini gösteren jeolojik haritası.....	11
Şekil 2.2. Siirt Madenköy bakır yatağının jeolojik haritası .....	14
Şekil 3.1. Özşekilli pirit, kalkopirit, gang mineralleri.....	21
Şekil 3.2. Kataklastik dokulu pirit .....	21
Şekil 3.3. Kataklastik dokulu pirit .....	23
Şekil 3.4. Manyetit çubukcukları, muşketofit .....	23
Şekil 3.5. Pirit, kalkopirit, sfalerit ve gang mineralleri.....	24
Şekil 3.6. Özşekilli pirit, kalkopirit .....	24
Şekil 3.7. Yıldırım ve Ulutürk'e göre Madenköy bakır yatağının oluşum modeline ilişkin şematik kesit ve Kıbrıs Masif yatakla- rındaki genel durum.....	29
Şekil 4.1. Siirt Madenköy bakır yatağının sondaj- lardaki ortalama element derişimlerinin üçgen diyagramlardaki dağılımı.....	33
Şekil 4.2. Siirt Madenköy bakır yatağındaki bazı sondajların ana elementlerin üçgen di- yagramlardaki dağılımı.....	34
Şekil 4.3. Cu, Zn ve Pb'nin sıklık dağılımları .....	37
Şekil 4.4. Cu, Zn ve Pb'nin sayısal sıklık dağı- lımlarının olasılık kağıdındaki dağılımı .....	40

Şekil 4.5.	Cu, Zn ve Pb'nin logaritmik sıklık dağılımları .	41
Şekil 4.6.	Cu, Zn ve Pb'nin logaritmik sıklık dağılımlarının olasılık kağıdındaki dağılımı.....	43
Şekil 4.7.	M11, M16 ve M91 sondajlarındaki Cu, Zn ve Pb tenörlerinin logaritmik sıklık dağılımları ve kümülatifleri.....	44
Şekil 4.8.	M11, M16 ve M91 sondajlarındaki Cu, Zn ve Pb tenörlerinin logaritmik sıklık dağılımları ve kümülatifleri.....	45
Şekil 4.9.	Cu, Pb ve Zn'nin orantı efekti .....	47
Şekil 5.1.	Bazı önemli sondajlarda elementlerin birbiri ile ilişkileri.....	51
Şekil 5.2.	Bazı önemli sondajlarda Zn oranları .....	53
Şekil 5.3.	Cu'nun derinlikle değişimi .....	57
Şekil 5.4.	Pb'nin derinlikle değişimi .....	58
Şekil 5.5.	Zn'nin derinlikle değişimi .....	59
Şekil 5.6.	Fe'nin derinlikle değişimi .....	60
Şekil 5.7.	S'nin derinlikle değişimi .....	61
Şekil 6.1.	Bazı sondajlarda Cu, Zn ve Pb için çizilmiş varyogram örnekleri.....	64
Şekil 6.2.	Yatağın anizotropi durumunu gösteren varyogram modelleri.....	66
Şekil 7.1.	Rezerv hesabı için alınan paralel kesitler.....	71
Şekil 7.2.	I-I' kesiti .....	72
Şekil 7.3.	II-II' kesiti .....	73
Şekil 7.4.	III-III' kesiti .....	74
Şekil 7.5.	IV-IV' kesiti .....	76
Şekil 7.6.	V-V' kesiti .....	77
Şekil 7.7.	VI-VI' kesiti .....	78
Şekil 7.8.	VII-VII' kesiti .....	79
Şekil 7.9.	VIII-VIII' kesiti .....	80
Şekil 7.10.	IX-IX' kesiti .....	81

Şekil 7.11. X-X' kesiti .....	82
Şekil 7.12. XI-XI' kesiti .....	83
Şekil 7.13. XII-XII' kesiti .....	84
Şekil 7.14. Üçgen prizma yöntemiyle rezerv hesabında esas alınan üçgenler.....	87
Şekil 7.15. Görünür ve Muhtemel Rezerv .....	91



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa
Çizelge 4.1. Cevher minerallerinin ana ve esas bileşenleri.....	31
Çizelge 4.2. Sıklık dağılımlarının parametreleri .....	38
Çizelge 5.1. Siirt Madenköy bakır yatağında elementler arasındaki korelasyon katsayıları.....	50
Çizelge 5.2. Siirt Madenköy bakır yatağı sondajlarında derinlikle elementler arasındaki korelasyon katsayıları.....	55
Çizelge 7.1. Kesitlerin Cu cevher zonu alanları .....	85
Çizelge 7.2. Bloklara göre rezerv ve tenörlerin dağılımı.....	86
Çizelge 7.3. Üçgen prizma yöntemiyle rezerv hesabı kontrolü.....	88

## 1. GİRİŞ

### 1.1 Genel Bakış

Eski devirlerden beri bilinen, alaşımlarından bronz dolayısıyla bir çağa adını veren bakır, tarih öncesinden bu yana yaşamımızdaki önemini yitirmeden gelen bir metaldir.

Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı, bakırın diğer metaller arasında özel bir yeri vardır. Soğuk iken dahi dövülüp biçim verilebilen, tel ve levha halinde çekilebilen; yüksek ısı iletkenliği, korozyona karşı dayanıklılığı, doğal olarak kendine has belirgin rengi, önemli alaşımları olan bakır, dünya piyasalarının vazgeçilmez bir metalidir. Uzun yıllar sanayide, teknolojide demirden sonra kullanılan metal iken, zamanımızda kendinden daha hafif ve ucuz olan alüminyumun bakırın yerini alması bakır ihtiyacını önemli ölçüde azaltamamıştır. Dünyanın 1990 yılında birincil alüminyum üretimi 18 milyon ton, bakır üretimi ise 7 milyon ton dolayında olmuştur (JMÜ, 1994).

Bakır, gümüş ve altından sonra en iyi ısı ve elektrik iletkenidir. Bu nedenle elektrik, elektroteknik ve elektronik cihazların en hakim metalidir. Bu alanda bir çok yeniliklere de destek olmuştur. İlerlemeye olan inanç, bilimsel ve teknik bilgilerin sistemli bir biçimde ilerlemesi, metallerin her yönüyle incelenip sanayide ve teknolojide uygulanmasıyla kendini gösterir. Bakır metalinin iyi bilinmesi ve gündemde kalabilmesi,

jeokimyası, jeolojik yerleşimi ve rezerv durumunun günümüzün teknolojisiyle incelenmesi ile mümkün olabilir.

Bakır, kalkofil bir elementtir. Pb, Zn, Mo, Ag, Au, Se ile birlikte bulunur. Litosferdeki ortalama değeri (Clarke) 55 ppm'dir. Bazı kayaçlarda 40-100 ppm, asidik kayaçlarda 1-40 ppm arasında değişim göstermektedir. Atom numarası 29 olan bakır periyodik sistemin birinci yan grubu elementindedir. Gümüş ve altınla birlikte bakır grubu metallerini oluşturur. Kübik sistemde kristalleşir. 8,9 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğuyla ağır metaller grubuna girer. Sertliği 2,5-3, değerliği 1 ve 2'dir. 1084 C°'de erir. İletkenlik bakımından gümüşle, alüminyum arasında yer alır. pH 7'nin altında mobildir (Ethem, 1974; Bürküt, 1986). Bakır iki seri bileşik teşkil eder. Bunlardan biri bakır (I) bileşikleridir diğeri ise bakır (II) bileşikleridir.

**a-**Bakır (I) oksit Küprioksit, (Cu<sub>2</sub>O)

**b-**Bakır (I) hidroksit

**c-**Bakır (II) oksit, küprioksit, (CuO)

**d-**Bakır (II) hidroksit Cu (OH)<sub>2</sub>. H<sub>2</sub>O

**e-**Bakır (II) sülfat, göztaşı, bakır vitriol CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O

Bakır (I) bileşiklerinde bakır +1 değerli, diğeri ise +2 değerlidir.

Saf haldekine oranla daha sert, dayanıklı ve döküme elverişli olan bakır alaşımları, dört ana grupta toplanır. Pirinçler, bronzlar, nikel gümüşler, kupronikellerdir. Pirinçler, bakır ve çinko alaşımıdır (% 60 - 73 Cu % 27 - 40 Zn). Bronzlar, bakır-kalay alaşımlarıdır (% 89 Cu % 11 Sn ve Zn). Nikel gümüşler, bakır - nikel ve çinko alaşımlarıdır.

(% 57-60 Cu, % 19-25 Zn, % 24-25 Ni). Kupronikeller bakır ve nikel alaşımlarıdır (% 60 Cu, % 40 Ni).

Doğada her jeolojik devre ait, değişik kökene dayanan bakır yatakları mevcuttur. En önemlileri aşağıda sıralanmıştır.

1- Porfiri bakır yatakları: Dünya bakır rezervlerinin yaklaşık % 65'i bu tip yataklardandır. Geniş ve düşük saçınlı cevherleşme gösterirler. Ortaç ve asidik bileşimli intrüzyonlar içinde veya yakın çevresinde yer alırlar.

2- Sedimanter yataklar: Volkanik olmayan stratiform sülfid yatakları ve volkanik kayalarla ilişkili olan volkanosedimanter yataklar olmak üzere ikiye ayrılır. Volkanosedimanter yataklar, dünya bakır rezervlerinin az bir bölümünü oluştururlar.

3- Nikel bakır yatakları: Nikel sülfid cevherleridir. Bazik ve ultrabazik magmatik kayalarla ilişkilidir. Bu yataklar bazen ekonomik değer taşıyan bakır ve zaman zaman da kazanılabilir platin grubu içerir.

4- Okyanus dibindeki nodüller (Uz, 1990 ; Kırıkoğlu 1992).

Bakır cevherleri, mineralojik yapılarına göre, sülfürlü ve oksitli cevherler olarak iki ana grupta belirlenirler. Nabit bakır, genelleşmeye dahil edilemeyecek derecede sınırlıdır. Cevherin mineralojik yapısı yanında tenör de uygulanacak üretim metodunun seçimine etkisi büyük olduğundan, genellikle fakir (% 0-2 Cu) ve zengin (% 2-10 Cu) cevherleşme şeklinde ikinci bir ayırım yapılır (Bor ve Çakır, 1974). Bir bakır yatağının işletilebilmesi için minimum işletme tenörünün % 0,4 ve bakır tenörünün ve clarke değerinin yaklaşık 80 katı kadar zenginleşmiş olması (konsantrasyon faktörü) ve bir minimum rezervinin bulunması gerekir (Kırıkoğlu, 1992). Bakır cevheriyle birlikte bazen ekonomik değere sahip gümüş, altın, platin,



arsenik, antimon, çinko ve kurşun da bulunabilir. Konsantre içerisinde bu elementlerin bazıları cevhere değer ilave ettirmekte, bazıları ise fiyatı düşürmektedir. Örneğin altın, gümüş, demir istenirken, bakır cevherinin erimesini güçleştiren fazla silis istenmez. Çinko ve klorün belli sınırları geçmemesi istenir (Ayışkan, 1974).

Bakır, yüz kadar mineral bileşimine girer. Ancak bunlardan bir kaç tanesi ticari amaca ve öneme sahip olan cevherlerdir. En önemli bakır cevherleri Kalkopirittir ( $\text{CuFeS}_2$ , % 34,6 Cu). Bunu bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , % 63,3 Cu), kalkozin ( $\text{Cu}_2\text{S}$ , % 79,8 Cu), kovellin ( $\text{CuS}$ , % 64,4 Cu) takib eder (Uz, 1990). Yüzey koşullarına bağlı olarak malahit, azurit, kalkozin ve küprite dönüşebilir (Tanyolu ve İnan, 1982). Primer yatakların oksitlenmesiyle oluşan oksit yataklarının önemli bakır minerali de küprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$  % 88,8 Cu), malakit ( $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ , % 57,3 Cu), azurit ( $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$  % 55,1 Cu), krizokol'dür ( $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , % 36,0 Cu) (Uz, 1990).

Türkiye'de 600'ün üzerinde bakır zuhuru mevcuttur (Ethem, 1974). Ancak 24 civarında bakır yatağı işletilmektedir (M.T.A., 1989).

Türkiye'nin bakır yatakları çoğunlukla magmatik kökenlidir. Bunlar ofiyolitik, asidik ve andezitik volkanizmaya bağlı zuhurlardır. Türkiye'de çok sayıda masif sülfid yatak ve oluşumları içeren iki büyük kuşak bulunmaktadır. Güneydoğu Anadolu Ofiyolit kuşağı içinde yer alan Ergani (Diyarbakır) ve Madenköy (Siirt) bakırlı pirit yatakları Kretase-Eosen yaşlı ofiyolitik volkanik seri içinde bulunur ve üstte Üst Kretase-Eosen çamurtaşlarıyla örtülüdür.

İkinci büyük cevherleşme kuşağı olan Doğu Karadeniz volkanik kuşağı, Üst Kretase yaşlı dasitik volkanizmaya bağlı olarak oluşmuş Madenköy (Çayeli), Kutlular, Lahanoz,

Kızılkaya, Harsit-Köprübaşı, Murgul (Stokvork) ve daha birçok volkanik sülfidit yataklarını içerir (Kırıkkoğlu, 1990). Üçüncü bakır yatağı kuşağı olan Biga Yarımadası ve dördüncü bakır yatağı kuşağı Doğu Anadolu Bölgesi'nde önemli bakır yataklarına rastlanmamaktadır.

Siirt Madenköy bakır yatağı % 0,3 Cu minimum işletme tenörü alındığında 24 milyon ton pirit-kalkopirit-sfalerit-manyetit rezervi ile kükürt, bakır ve gümüş üretimi yapılabilecek önemli bir yataktır (Yıldırım ve Ulutürk, 1984).

DİE (1990) verilerine göre Türkiye'de yıllık bakır üretimi 21200 tondur. Bakır cevheri üretimi yaklaşık 4 milyon ton/yıl civarındadır.

## 1.2. Coğrafi Konum

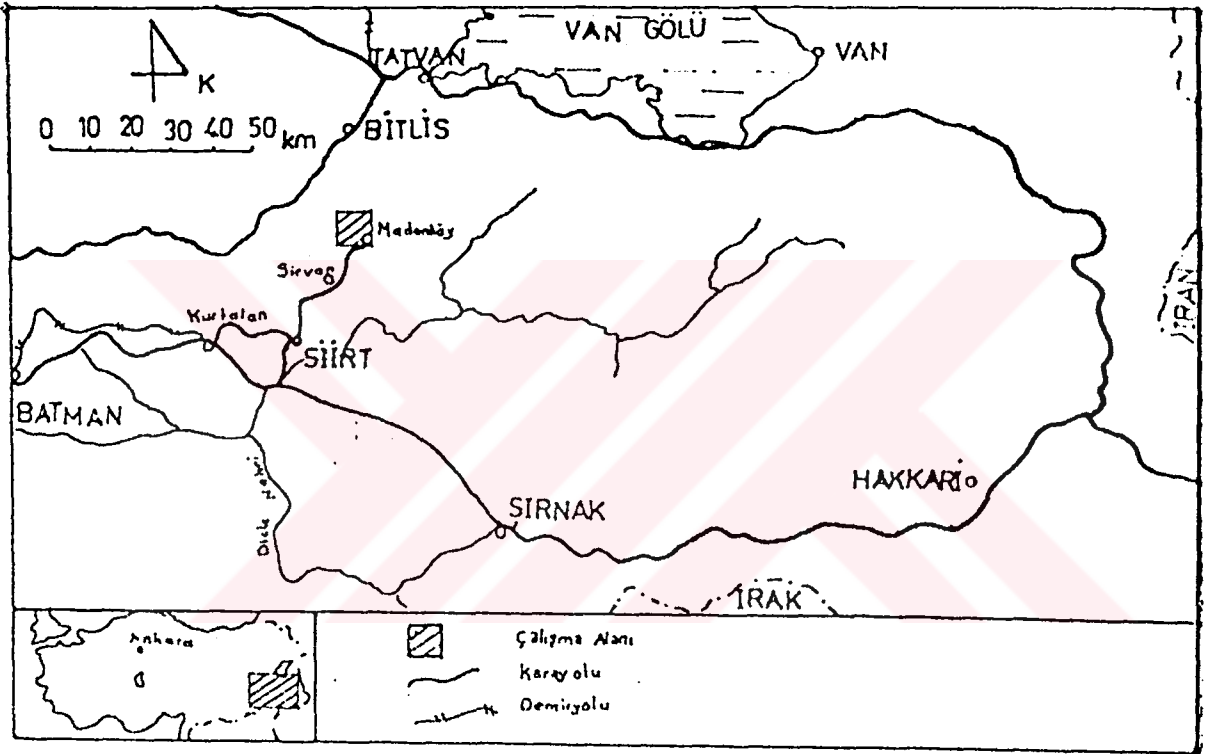
Siirt Madenköy bakır yatağı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Siirt İli Şirvan ilçesi'ne bağlı, Madenköy'de yer almaktadır. Madenköy, Şirvan'a 19 km'lik toprak yol ile, Şirvan Siirt'e 25 km'lik stabilize yol ile bağlıdır (Şekil 1.1). En yakın demir yolu istasyonu 80 km mesafedeki Kurtalan'dır.

Siirt Madenköy civarında arazi oldukça sarptır. En yüksek tepeler 1800 m'ye ulaşmaktadır. Bındirmeler boyunca ortaya çıkan kaynaklar, önemli dereler oluştururlar.

Karasal iklimin etkin olduğu bölgede yazlar çok sıcak, kışlar soğuk geçer. Yıllık yağış miktarı 807 mm/yıl'dır. Kurak iklimden dolayı gelişmemiş olan bitki örtüsü ardıç ve meşeliklerden ibarettir.

Bölgede herhangi bir sanayi kuruluşu bulunmamaktadır. Başlıca geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Şirvan

merkez ilçe nüfusu 5400 kişi civarındadır (1990). Nüfus yoğunluğu 4 kişi/km<sup>2</sup> ile Türkiye ortalamasının altındadır.



Şekil 1.1. Yatağın yer bulduru haritası

### 1.3. Önceki Çalışmalar

Siirt Madenköy bakır yatağındaki üretim çalışmalarının çok eskilere dayandığı bilinmektedir. M.T.A. arama çalışmalarına 1947 yılında başlamıştır. Chazan (1947) sahanın 1/2000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak mineralizasyonunu incelemiştir. Borchert (1958) ve Kaaden (1962) yatağın ekonomik bakımdan ümit verici olmadığını belirtmişlerdir.

1968-1970 yılları arasında Robertson Research şirketi ve M.T.A. tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, 153 km<sup>2</sup> 1/25000 ölçekli, 13 km<sup>2</sup> 1/10000 ölçekli, 11 km<sup>2</sup>'lik 1/5000 ölçekli jeolojik harita ile 10 km<sup>2</sup>'lik alanda jeofizik çalışma (Ip) önerilmiş ve yapılmıştır (Berküm ve Şekerci, 1976).

Sahadaki çalışmalara M.T.A. tarafından devam edilerek, 1971 yılında 1 km<sup>2</sup>'lik sahada Ip, Sp incelemeleri sonunda sondaj çalışmaları önerilmiştir.

1973 yılında M.T.A sondaj çalışmalarına başlamıştır. 1975 yılı sonuna kadar rezerv tespit ve arama amacıyla toplam 4573 m. uzunluğunda 19 adet sondaj yapılmış ve sahada 15.000.000 ton görünür+muhtemel bakır-manyetit-pirit rezervi tespit edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda bakırın ortalama tenörü % 1.27 ve S tenörü % 20 olarak hesaplanmıştır (Berküm ve Şekerci, 1976).

Çalgın (1976), sahanın 1/1000'lik jeoloji haritası ve cevher alt üst yapı kontur haritasını, 1976-1977 yıllarında, Yıldırım vd. sahanın 1/5000 ve 1/25000'lik jeoloji haritasını yapmışlardır.

Çağatay (1977), Siirt Madenköy bakır yatağı maden cevherinin, mineralojik ve petrografik özelliklerini incelemiştir.

Erler (1980), Madenköy'deki alterasyon türlerini (kil-  
leŒme, kloritleŒme, serisitileŒme) ayırmaya alıŒmıŒtır.

Değirmenci (1981), bakır yatağı evresinde hidro-  
jeolojik incelemelerde bulunmuŒtur.

Golder Associates-M.T.A (1981) tarafından, jeoteknik  
incelemeler iin   adet sondaj gerekleŒtirilmiŒtir.  
İŒletme iin blok  kertme yöntemini önermektedirler.

1981 yılında Outokumpu Oy-M.T.A. tarafından hazır  
lanan raporda, 61 adet sondaj verisinden yararlanılarak  
kesit yöntemiyle toplam 24 milyon ton görünür+muhtemel  
rezerv, 16 milyon ton iŒletilebilir rezerv hesaplanmıŒtır.  
25 adet sondaj örnekleri üzerinde teknoloji alıŒmaları  
yapılmıŒtır. % 90 kazanımlı, % 19 Cu tenörlü bakır konsan-  
tresi ve % 75 kazanımlı, % 48 S tenörlü pirit konsantresi  
labratuvarında  retilmiŒtir.

Yıldırım ve Ulutürk (1984), Siirt Madenköy bakır  
yatağının yeniden 1/1000'lik detay jeoloji haritası ve  
cevher üst yapı kontur haritasını ıkarmıŒlardır. Paralel  
kesit yöntemiyle yapılan rezerv hesapları ile önceki re-  
zervlere ek olarak % 3,47 Cu, % 1,57 Zn, % 33,23 S tenörlü  
1428423 ton bakırlı ve sfaleritli pirit rezervi  
hesaplamıŒlardır (Yıldırım ve Ulutürk, 1984).

#### **1.4. Ama ve alıŒma Yöntemleri**

Bu araŒtırma alıŒması konunun önemi dikkate alınarak  
Siirt Madenköy'de Œimdiye kadar yapılmıŒ bilimsel araŒ-  
tırmaları takviye etmek ve konuyu güncel tutmak amacıyla  
hazırlanmıŒtır.

alıŒmada, Siirt Madenköy bakır yatağı, genel olarak  
jeolojik özellikleri ile tanıtılacak ve burada yapılmıŒ

olan sondajlar sonucunda alınan örneklerde, önemli oranlarda bulunan Cu, Pb, Zn, Fe, S elementleri, jeokimyasal ve jeostatistiksel yöntemlerle irdelenerek yatağın önemli parametreleri ortaya çıkarılacaktır.

Bunun için Cu, Pb, Zn, Fe, S 'nin sıklık dağılımları incelenerek, korelasyon analiz yöntemiyle bu elementlerin ilişkileri ve derinlikle değişimleri araştırılacaktır.

Varyogram modelleri çizilerek yatağın şekli ve cevher değişimi gibi özellikler ortaya çıkarılacaktır.

Son olarak yatağın paralel kesit yöntemiyle rezervleri hesaplanacak, ilerisi için önerilerde bulunulacaktır.



## 2. JEOLojİK YAPI

### 2.1. Bölgesel Jeoloji

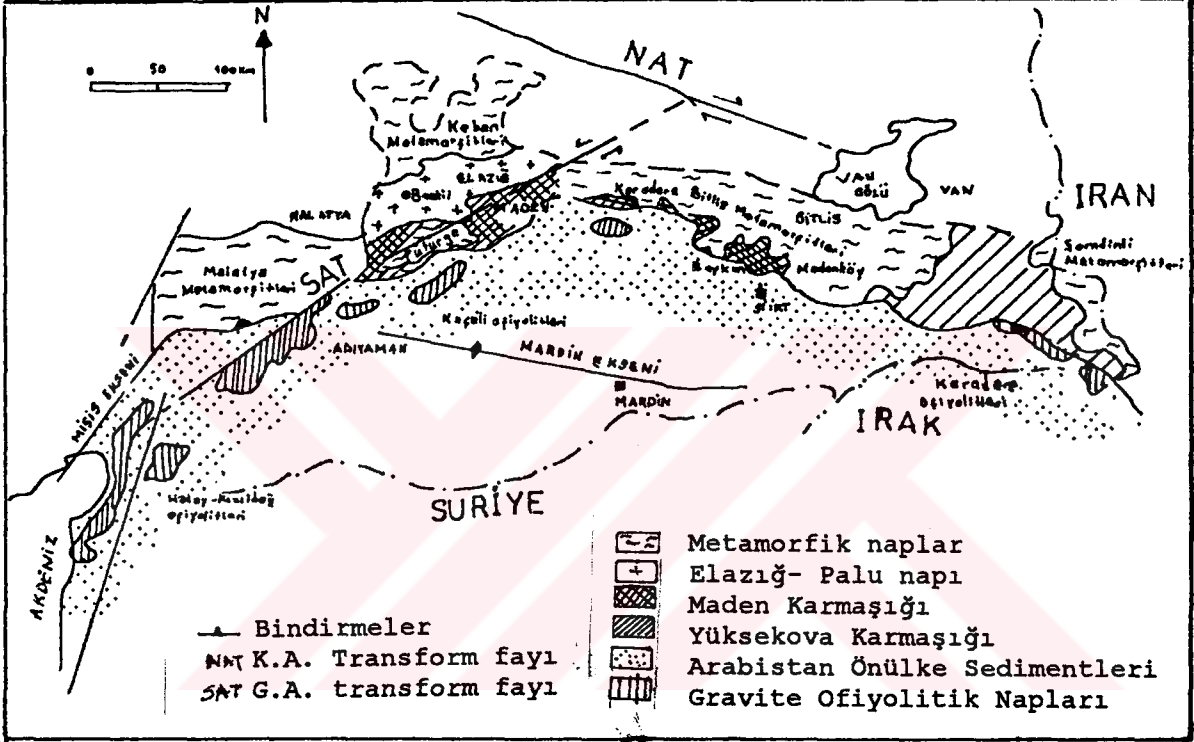
Siirt Madenköy bakır yatağı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ofiyolitli-radyolaritli kayaç topluluklarının oluşturduğu kuşakta yer almaktadır. Bu kuşağın bir bölümü "ofiyolitli melanj", diğer bir bölümü ise "ofiyolitli olistostrom" durumundadır. Malzemeler aynı, fakat oluşum koşulları farklı olan bu kayaç toplulukları, aynı zamanda allohton kütlelerdir ve birbirini üzerine bindirmiş ekaylar, naplar meydana getirmişlerdir (Ketin, 1983).

Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağı, Toridler olarak tanımlanan tektonik birimin güney sınırına paralel uzanmakta ve güneyde Kenar Kıvrımları Kuşağı ile sınırlanmaktadır. Ofiyolit kuşağı, tabandan tavana doğru genelde ultramafitler, gabro ve mikrogabrolar, diyabaz ve yastık lavlarla pelajik tortullardan oluşmuştur (Ketin, 1966).

Bu ofiyolit kuşağı içinde irili ufaklı bir çok volkanik kökenli masif sülfid yatağı bulunmaktadır. Bu yataklar batıdan doğuya, Elmalı (Kahramanmaraş), Helezur (Elazığ), Çüngüş ve Midyeköy (Diyarbakır), Ergani-Maden, Lice Karadere ve Madenköy'dür (Siirt) (Kırıkoğlu, 1992).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ana tektonik yapısını, Toridler, ofiyolit kuşağı ve Kenar Kıvrımları birimleri arasındaki kuzeyden güneye hareket etmiş bindirmeler belirler. Ketin ve Canitez'e (1972) göre, Diyarbakır Siirt yöresinde Bitlis Masifinin metamorfik serileri ofiyolitik Üst Kretase üzerine, bu da Miyosen yaşlı Şelmo Formasyonu üzerine kuzeyden güneye doğru 15-20 km itilmişlerdir.

Yıldırım ve Alyamaç'a (1976) göre Siirt Madenköy Bölgesi'nde Maden Karmaşığı, Miyosen Önülkesi Sedimentleri ve Bitlis Masifinin arasına sıkışmıştır. Karmaşık, deniz-altı volkanitleri, volkanik bireşler, pelajik karbonatlar, konglomeralar, diyabazlar ve bakırlı süfitlerden oluşmaktadır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Güneydoğu Türkiye'de Tethys Sütur Zonu'nun başlıca ünitelerini gösteren jeolojik harita (Aktaş ve Robertson, 1984).

## 2.2. Yatak jeolojisi

Siirt Madenköy bakır yatağı sahasında, iki ayrı orojene ait kayalar bulunmaktadır. Bunlardan Paleozoik yaşta kabul edilen Bitlis Masifi kristalin serisinin üst kısımlarını oluşturan Permokarbonifer kireçtaşları, yatağın



kuzeyinde ve güneyinde yer almaktadır. Kireçtaşları arasında Alp tektonik orojenezine ait spilit, porfiri spilit, diyabaz, yer yer bunlarla bariz aralanma gösteren çamurtaşı, kireçtaşı ve bunların bireşleri bulunmaktadır. Kireçtaşı molozları, bazalt daykları ve alüvyonlar maden yatağı etrafında rastlanan diğer belli başlı kayaç çeşitleridir. Alp orojenezinin volkanik ve sedimentleri burada kristalin kireçtaşları arasında tektonik pencere olarak bulunmaktadır (Çağatay, 1977).

### 2.2.1. Spilitler

Spilitler, Siirt Madenköy'de görülen en yaygın kayaç birimidir. Yatağın özellikle doğu ve güneydoğusunda çok belirgin gözlenirler. Çok kırıklı bu kayaç biriminin diğer kayaçlarla dokanağı oldukça belirgin ve genellikle faylarla belirlenmiştir ve diyabaz dayklarıyla sık sık kesilirler. Sahada koyu yeşil renkleriyle tanınırlar. Yatağın en yaşlı kayaç birimi olan spilitler, Orta Eosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Yıldırım ve Ulutürk, 1984).

Spilitlere ait yastık lav ve konglomeraların doğrultuları KD-GB doğrultulu, KB eğimlidir (Hakari, 1975). Sondajlarla spilitlerin kalınlığı 450 m'ye kadar saptanmıştır. Yatak sahasının orta kısmında ileri aşamada bir alterasyon zonu bulunmaktadır (Şekil 2.2).

#### Dipnot1

Spilitler, çeşitli sedimentlerle ara katkılı, deniz suyu içinde lavların katılaşmasıyla oluşan, ultrabazik bileşimli volkano sedimenter kayaçlardır. Spilit ferromagnezyenlerce zengin, koyu renkli, genel olarak yüksek sodyum (albit) ve su(klorür) ile  $Fe^{+2}$  ve Ti, düşük tenörde K içerir.  $SiO_2$  % 29,6 ile 67,2, CaO % 0,70 ile 20,30 aralıklarında değişir (Uz, 1987).

D-B uzanımlı bu alterasyon zonunda spilitler, yaygın şekilde silisleşme, kloritleşme, serisitileşme, killeşmeye uğramıştır. Bozun mamış spilitler, taşıdıkları iri feldispat kristalleri nedeniyle porfiri spilitler olarak adlandırılmaktadır. Bunlar G-GD'da yaygındır.

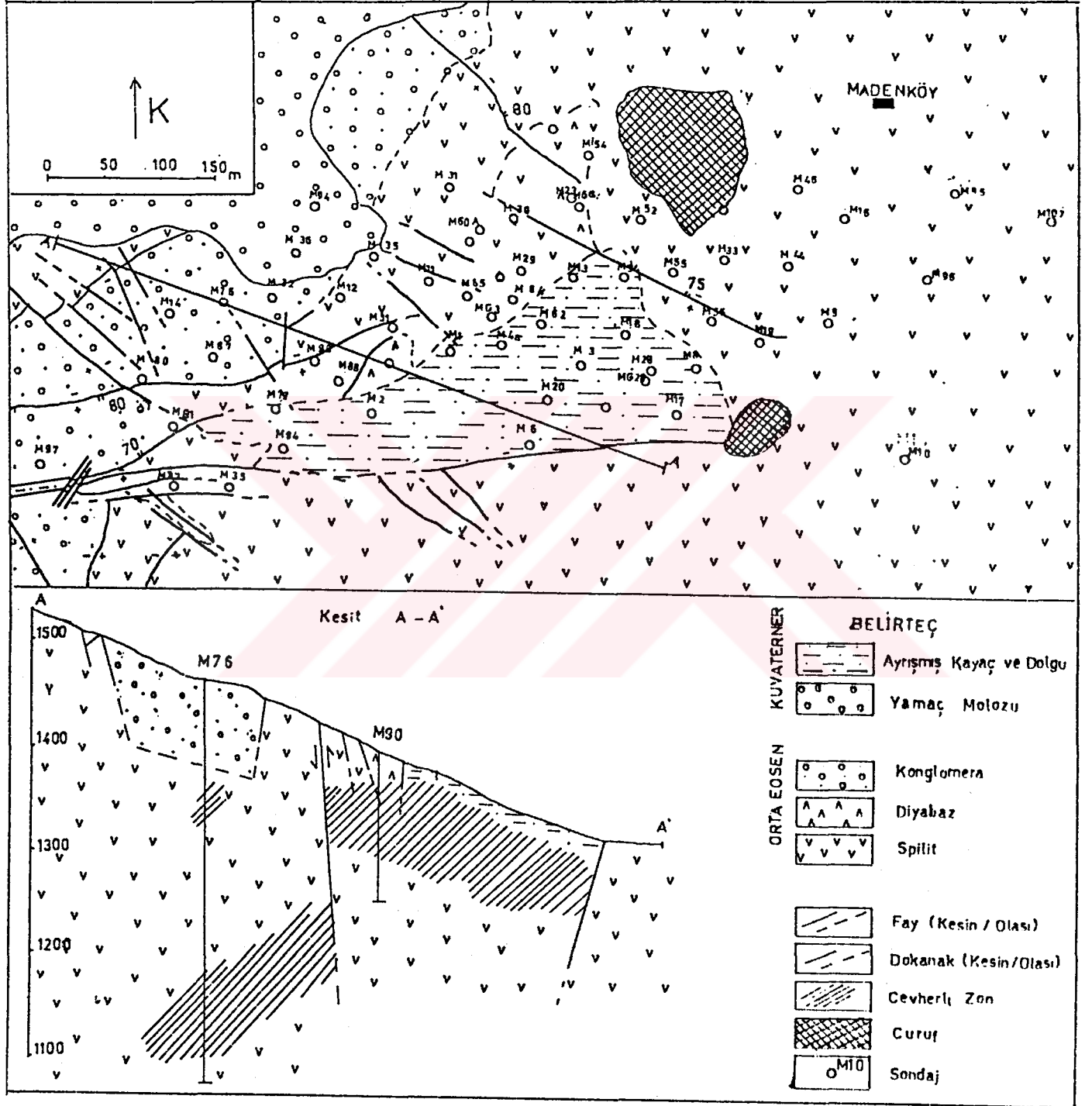
Bundan başka spilitler, tüflü spilit, spilit lavı, tüflü porfiri olarak alt bölümlere ayrılmıştır.

Ters faylanma ile kuzeybatıda yerleşen spilitler, masif akma yapıları gösterirken, diğer kısımlardaki spilitler, yastıklav yapısı sunarlar. Yastıklavların çapları, 25-250 cm arasında değişmektedir (Yıldırım ve Ulutürk, 1984). Bu yastık lavların yumruları, yer yer kabuksu yapı göstermektedirler. Bu özelliğin ritmik ayrışma sonucu oluştuğu belirtilmektedir (Salancı, 1980).

### 2.2.2. Diyabazlar

Diyabazlar yatak bölgesinde çok az bulunurlar. Yüzeyle gözlenebilen kısımları, yatağın orta kısmında yoğunlaşmıştır. Spilitlerle keskin sınırlar oluşturmaktadırlar (Şekil 2.2). Koyu yeşil renkleriyle, masif akma gösteren spilitlere çok benzemektedirler. Killeşme ve propillitleşme ayrışmalarına bağlı olarak renkleri koyu yeşilden açığa doğru değişmektedir (Yıldırım ve Ulutürk, 1984).

Gaz boşluklarına çok az veya hiç rastlanmamaktadır. Yer yer spilitleri keserler. Orta Eosen yaşlı spilitleri kestiklerinden dolayı, bunlardan daha genç oldukları kabul edilmektedir (Yıldırım ve Ulutürk, 1984).



Şekil 2.2. Siirt Madenköy bakır yatağının jeolojik haritası  
(Yıldırım ve Ulutürk, 1984, sadeleştirilmiştir).

Mikroskop altında diyabazlar, taneli ve ofitik doku gösterirler. En çok bulunan mineralleri, albit ve ojittir. Bunların yanında hematit, manyetit, rutil, ilmenit ve kuvars da içerirler.

### 2.2.3. Konglomeralar

Konglomeralar, sahanın batı ve kuzeybatısında yayılım gösterirler (Şekil 2.2). Alttan üste doğru üstte rekristalize çakıllı konglomeralar yerelirken, bunların üstünde yer yer yatay veya dikey geçişli volkanik çakıllı konglomeralar bulunmaktadır.

Yeşilimsi volkanik çakıllı konglomeralar, tane çapları, rekristalize çakıllı konglomeralara göre daha az değişkendir. Derecelenme, boylanma veya tabakalanma belirgin değildir.

Rekristalize çakıllı konglomeralar açık renklidir. Spilit, diyabaz, çört ve çamurtaşı çakılları içerirler. Değişik kalınlık ve uzunlukta kuvars ve kalsit damarcıkları içerirler. Derecelenme, boylanma ve tabakalanma, belirgin değildir. Tane çapları, birkaç mm'den 15 mm'ye kadar değişmektedir. Bunlar Eosen'e (Lütesiyen) ait fosiller içermektedirler (Yıldırım ve Ulutürk, 1984). Bu birim rekristalize çakıllı konglomeralar içinde cevher mineralerine de rastlanılmaktadır. Bunlar oldukça yuvarlaklaşmış pirit ve kalkopiritten oluşmaktadır. Yapı, doku ve mineralojik özellikleri Siirt Madenköy bakır yatağının masif cevherine çok benzerler (Salancı, 1980).

Spilit, diyabaz ve konglomeralar dışında sahada gözlenen önemli kayaçların başında çamurtaşları gözlenmektedir. Bunlar, sahanın kuzeyinde ve harita alanının dışında

bulunmaktadırlar. Killi kırmızı kireçtaşı şeklinde ince seviyeler halinde izlenirler.

Spilitlerin içinde, yer yer tuf seviyelerine rastlanılmaktadır, bunlar özellikle sahanın güneydoğusunda yeralırlar. Ençok 10 m kalınlık sunan ince damarlar şeklinde izlenirler.

Yatak bölgesinde rastlanan ancak harita sahasının dışında kalan veya haritalanmamış boyutlarda kuvarsit, bireş gözlenmiştir.

#### **2.2.4. Yamaç Molozu**

Sahanın Kuzeybatısında geniş bir alan kapsayan yamaç molozları sahanın en genç serisini teşkil eder. Çevredeki çeşitli kayaçların parçalarından oluşan bu birimin kalınlığı bir kaç metreyi geçmemektedir.

#### **2.3. Tektonik**

Siirt Madenköy bakır sahası, büyük tektonik hatların yakınında yeralan bir sahadır. Farklı boyut ve özellikte birçok fay gelişmiştir. Düşey ve blok hareketler sonucunda KB-GD doğrultulu ve GD'ya eğimli kırıklar ortaya çıkmıştır. Bu kırıklar, bloklar halinde kitlelerin yükselmesine veya alçalmasına neden olmuştur. Yüksek eğimli faylar birbirini dik olarak kesmektedirler.

Saha gözlemlerine göre meydana gelen tektonik hareketlere bağlı olarak faylanmalar cevherleşmeden sonra meydana gelmiştir. Çünkü cevher kitlesi büyük oranda alçalma ve yükselmelere uğramıştır. Sahanın bazı bölge-

leri özellikle konglomeraların buldukları kısımlar, yerel çöküntülere uğramıştır (Şekil 2.2). Daha genç blok hareketleri cevher ve formasyonların yerini değiştirmiştir (Erseçen, 1976).



### 3.CEVHERLEŞME VE ÖZELLİKLERİ

#### 3.1. Genel Bilgiler

Siirt Madenköy'deki bakır cevherleşmeleri spilitlere bağlı bulunmaktadır. Cevher içeren spilitler, yastıklav ve masif akma özelliklerini gösterirler. Bunlar yatak bölgesinin ana kayaçlarını oluştururlar ve özellikle, yatak bölgesinin GB'sında bulunurlar. Cevherleşme, yüzlek verdiği yerlerde ileri derecede altere olmuştur. Hızlı erozyon nedeniyle bir demir şapkaya rastlanılmamaktadır.

Cevherleşme sırasıyla pirit, manyetit ve kalkopiritten oluşmaktadır. Makroskobik olarak ve kökene yaklaşımdan, masif, ağısı ve saçınımlı olmak üzere üç cevher çeşidi bulunmaktadır. Mercek şekline sahip cevher kütlesi, KD-GB yönünde uzanmaktadır. Cevher zonunun bu doğrultudaki uzanımı 400 m civarındadır. 50°'lik KD'ya dalan cevher zonunun ortalama kalınlığı yaklaşık 150 m'dir.

Siirt Madenköy bakır yatağı, mikroskobik olarak tüm ayrıntıları ile incelenmemiştir. Çağatay (1977) saptamalarına göre en önemli mineraller, sülfidlerdir. Bunların yanında çok miktarda oksitlere de rastlanılmaktadır. karbonat ve sülfatlar ise çok az miktarda bulunmaktadır. Ana cevher mineralleri sırası ile pirit, manyetit ve kalkopirittir. Ayrıca az miktarda sfalerit, markazit, galenit, pirotin, bornit, kovellin, kalkozin, bravoit, linneit, fahlers, altın ve gümüş mineralleri bulunmaktadır. Kuvars, klorit, barit ve siderit, karbonat da gang minerallerini oluştururlar. Kataklastik ve kolloidal doku hakimdir.

## 3.2. Cevher Çeşitleri

### 3.2.1. Masif cevher

Masif cevher öncelikle kalkopirit ve piritten oluşan, yan kayacın oldukça azaldığı, cevherli seviyelerdir. Bu cevher tipi yer yer cep, yatay mercek şeklinde bulunmaktadır. Derinliğe doğru bu merceklerin arttığı gözlenmektedir. Ve her tarafta bulunmaktadır. Bunların yan kayaca geçişleri, keskin olmakla beraber, saçınımlı veya ağsı cevherle çevrelenerek tedrici geçiş de gözlenirler. Bu cevherleşmeler, tektonik etkilerle sık sık kırılmış ve alçalıp yükselmişlerdir.

Masif cevherin ana mineralleri, pirit, manyetit kalkopirittir. Bunların cevherdeki ve yataktaki dağılımları homojen değildir. Pirit, derinlikle azalmaktadır, derinlerde saf manyetite geçmektedir. Kalkopirit ise derinlere doğru önce artmakta sonra azalım göstermektedir. Orta derinliklerde sfalerite rastlanmaktadır. Masif cevherde galenite hiç rastlanmamaktadır (Salancı, 1980). Minerallerin derinliğe bağlı olarak gösterdikleri bu değişim, Çağatay (1977) tarafından solüsyonların değişiminden kaynaklandığına yorumlanmaktadır.

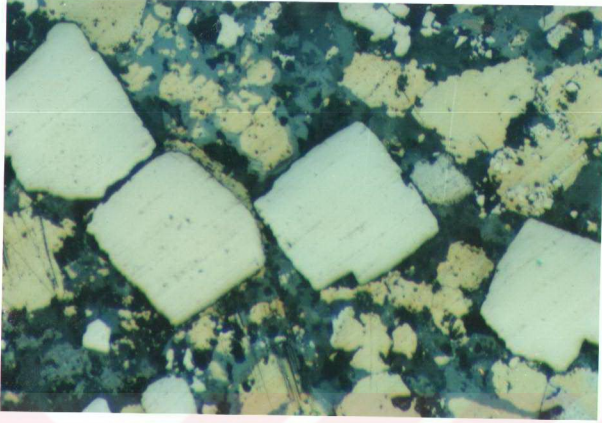
Piritler idiomorf veya hipidiyomorf olarak bulunur (Şekil 3.1-3.2). Yer yer kolloidal yapı da sunmaktadır. Kolloidal yapı, dissemine ve ağsı cevhere oranla daha yaygın izlenmektedir. İdiyomorf ve hipidiyomorf piritler, serpilmiş veya birbiriyle kenetlenmiş taneler halinde bulunurlar. Bazen saf pirit cevherlerini de oluşturmaktadırlar. Bunlar masif cevherin üst zonlarında yaygın olarak bulunmaktadır (Salancı, 1980). Bu piritler içinde sıkca bazen manyetit hematit ve rutil kapanımları yanında



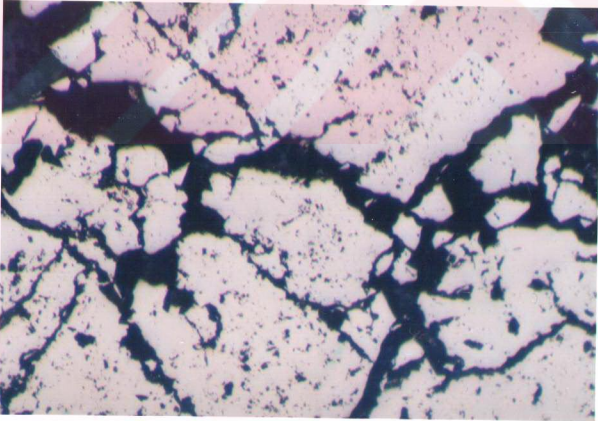
kalkopirit ve çok ender olarak da sfalerite rastlanmaktadır. Kataklastik kırık ve çatlakları kalkopirit ve gang mineralleri doldurmaktadır (Şekil 3.2-3.3.).

Manyetit, piritten sonra en çok bulunan cevher mineralidir. Kısmen 250-300 mikron büyüklüğünde, idiomorf ve hipidiyomorf kristaller veya 1 mm'ye varan çubukcuklar şeklinde bulunur. İdiyomorf manyetit kristalleri bazen çok belirgin zonlu yapı göstermektedirler. Hidrotermal oluşumlu manyetitlerin tipik özelliği olan zonlu yapı, kısmen manyetit içindeki zonların renk farkından, kısmen de sideritle zonlu büyümesinden meydana gelmiştir. Yoğun ve birbiriyle kenetli oldukları kısımlarda kataklastik dokudadır. Kenetlenmemiş olanları genellikle küçük tanelidir gang ve kalkopirit içinde dağılmış durumdadır. Çubuksu manyetitler, hematitin psödomorflarıdır (muşketofit) ve bazen eğilme, bükülme ve kırılmaya uğramıştır (Şekil 3.4.). Çeşitli doğrultularda uzanarak bir ağ meydana getiren manyetit çubukcukları bazen de radyal ışınsal demetler halinde bulunmaktadır. Kataklastik doku çok yaygındır. Bu tip manyetitler, maghemit ve hematite dönüşme gösterirler. Çubukcuklar şeklindeki manyetit kısmen de olsa idiomorf-hipidiyomorf olanlardan daha önce oluşmuştur. Genellikle kalkopirit ve piritle kenetli bulunan manyetit, içinde pirotin ve kalkopirit tanecikleri içermektedir.

Masif cevherde kalkopirit, tek başına ender izlenmektedir. Genellikle pirit ve manyetit ile birlikte allotriyomorf parçalar halinde veya pirit ve manyetit katkılı kataklastik çatlaklarını doldurmaktadır. Yer yer kolloidal piritle konsantrik aralanmaktadır. Serpilmiş olarak da izlenebilmektedir. Kataklastik doku pirit ve manyetitteki kadar yaygın değildir (Salancı,1980). Çatlaklar kenarları boyunca eser miktarda limonit, kalkozin ve kovellin gibi



Şekil 3.1. Öz şekilli pirit (açık sarı), kalkopirit (koyu sarı), gang mineralleri (siyah)., Ç.N., 20x10.40



Şekil 3.2.Kataklastik dokulu Pirit(açık gri, siyah yerler gang mineralleridir). T.N. 20x10.40

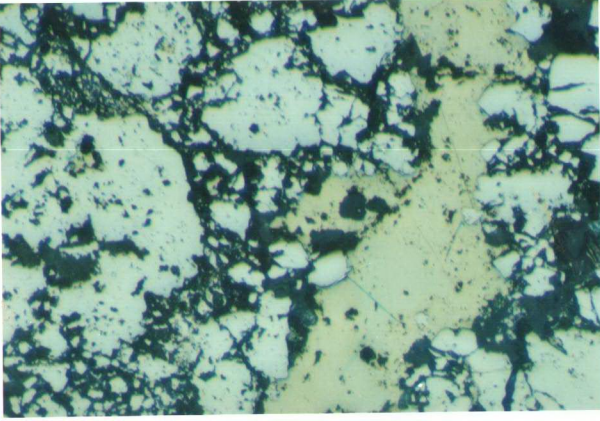
minerallere dönüşmüştür. Kalkopiritle yanyana büyümüş fahlers ve bornit de, çok az oranda tanecikler şeklinde bulunmaktadır. Pirit ve manyetit kapanımları içeren kalkopirit içindeki sfalerite de rastlanılmaktadır (Çağatay, 1977). Yer yer sfalerit kalkopirit kalkopiritler de sfalerit ayrılımı göstermektedir (Şekil 3.4.ve 3.5.).

Hematit, masif ve dissemine cevherleşmede az miktarda bulunmaktadır. İki şekilde oluşmuştur. Birincil ve martitleşme sonucu ikincil olanlardır. Birincil olan hematit, genellikle gang içinde çubuklar ve psödomorf manyetit (müsketofit) içinde artıklar şeklindedir (Salancı, 1980)

Lökoksen mineraline hemen her örnekte çok eser miktarda rastlanmaktadır. Bazen rutil ve ilmenit, bazen de manyetit kalıntıları içermektedir.

Siirt Madenköy bakır cevherlerinde galenit eser miktarda bulunmaktadır, kalkopiritle beraberdir. Yalnız dissemine cevherde izlenmiştir (Salancı, 1980).

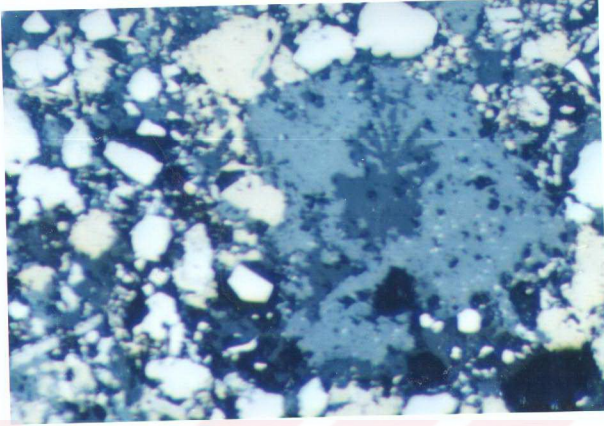
Masif cevherin esas gang mineralleri klorit, siderit, kalsit, dolomit ve kuvarstır. Masif cevherin esas gang mineralleri klorit, siderit, kalsit, dolomit ve kuvarstır. Bazı örneklerde 30-40 mikron büyüklükte kromit izlenmiştir. İlmenit ve klorit Siirt Madenköy yatağının en yaşlı mineralidir (Çağatay, 1977).



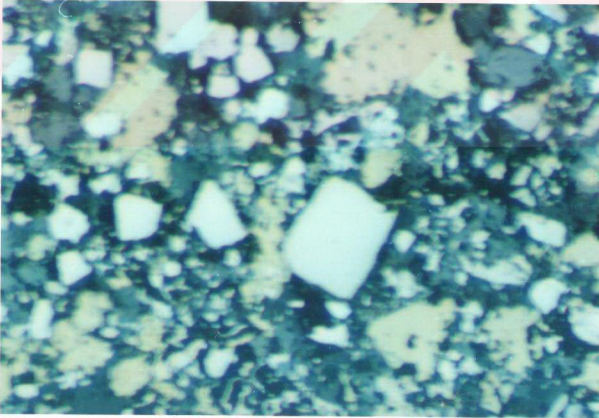
Şekil 3.3. Kataklastik dokulu pirit (açık gri), kalkopirit (sarı).., koyu yerler gang mineralleri veya boşluklardır., Ç.N. 20x10.4



Şekil 3.4. Manyetit çubukcukları, muşketofit (grimsi beyaz), kalkopirit (sarı). Ç.N. 20x10.40



Şekil.3.5. Özşekli piritler (açık gri), kalkopirit (sarı). Sfalerit (mavimsi gri), içinde kalkopirit ayrılmaları var, gang mineralleri (siyah). Ç.N., 20x10.4



Şekil 3.6. Özşekli piritler (aşık sarı), kalkopirit (koyu sarı), gang mineralleri (siyah). Ç.N.,20x10.40

### 3.2.2. Ağsı cevher

Ağsı cevher, düzensiz damar, çatlak, kırık ve yarıkların cevher tarafından doldurulmalarından meydana gelmektedir. Bu cevher tipi çeşidine masif cevherin altında rastlanmaktadır. Derine doğru ağsı cevher, yer yer yoğunluk kazanmaktadır. Ağsı cevherin mineralojik yapısı, masif cevhere oldukça benzemektedir. En çok rastlanan mineraller sırasıyla, pirit, manyetit, kalkopirittir. Cevher oranı masif cevhere göre oldukça düşüktür. % 1 civarı oranında Cu içermektedir. Diğer cevherleşmeler içindeki cevher oranı yatak içinde % 20 'yi geçmez. Ağsı cevher tipi masif cevherden daha yaşlıdır.

Mikroskop altındaki gözlemler genel olarak bu cevher tipinin kataklastik doku gösterdiği ve büyük oranda piritten oluştuğu saptanmıştır. Diğer ayrıntılar masif cevher için anlatılanlara benzemektedir (Bk. 3.2.1.) (Çağatay, 1977).

### 3.2.3. Saçınımlı cevher

Saçınımlı cevher yatağın her tarafında yaygındır. Özellikle masif cevher mercikleri etrafında yoğunluk kazanır. Kitlesel olarak yataktaki cevher oranı, bu cevher tipinden meydana gelmektedir. Saçınımlı cevheri meydana getiren pirit, kalkopirit ve manyetit taneleri bir kaç mikrondan birkaç mm büyüklüktedir.

Mikroskop altında, masif cevherde görülen, pirit, kalkopirit, manyetit, sfalerit gibi bütün minerallere rastlanmaktadır. Saçınımlı cevheri meydana getiren cevher tanelerinin büyük çoğunluğu kalkopiritten oluşmaktadır. Bunun

yanında pirit ve manyetit, masif ve ağısı cevhere göre daha az orandadır. Kalkopiritin daha yüksek oranda olması, cevherin en eski cevher olduğunu işaret etmektedir. Ortalama Cu içeriği % 0,4 civarındadır. Galenite sadece bu cevher içinde rastlanılmaktadır (Çağatay, 1977).

Mikroskop altındaki görünümü masif cevhere benzerdir (Bk. 3.2.1.).

Sheppard (1977) Kıbrıs tipi masif sülfid yataklarınının deniz suyu kökenli olduğunu belirtmiştir.

Troodos Ofiyolit Kuşağı ile ilgili duraylı izotop verileri deniz suyunun, jeotermal eğimin yüksek olduğu bir okyanus kabuğu parçasında derinlere kadar dolaştığını göstermiştir. Deniz suyu, bu dolaşım ile, yastıklav ve tabakalı dayk karmaşığını metamorfizmaya uğratmaktadır. Deniz suyu 2,5 km derinlikte bulunan bantlı gabroya kadar inerek 300 °C dolaylarına kadar ısınıp metalleri çözerek metalce zenginleşir. Bu metalleri alt yastıklavlarla deniz suyu sınırında sülfidler olarak çökeltirler (Heaton ve Sheppard, 1977).

### 3.3. Köken Hakkındaki Görüşler

Siirt Madenköy bakır yatağı kökenine ilişkin farklı görüşler bulunmaktadır. Bunlardan yatağın Kıbrıs tipi Masif sülfid yatağı olduğu yönündeki savunmalar ağırlık kazanmaktadır.

Borchert (1958), yatağı inisiyal volkanizmaya bağlı submarin magmatik sedimenter veya deniz tabanına çok yakın seviyedeki yastık lavların arasındaki boşlukların cevherleşmesi sonucu oluştuğunu belirtmektedir.

İleri (1976), ve Salancı'ya (1980) göre Siirt Madenköy bakır yatağı bir Kıbrıs tipi cevherleşmenin ürünüdür. Araştırmacıların bu konudaki görüş özetleri:

a- Bölgede konglomeraların alt seviyesini oluşturan kireçli konglomeralar içinde sülfür minerallerinin egemen olduğu masif cevher çakılları bulunmaktadır. Bindirme konglomeralardan genç olduğuna göre, yatak bindirmelerden önce oluşmuştur.

b- Cevherleşme, bindirme fayı zonunda yükselen hidrotermal çözeltilerin ürünü olsa idi, reaksiyon gücü diya-bazlara kıyasla daha yüksek olan Bitlis Masifinin kireçtaşları içinde de cevherleşme beklenirdi. Ancak Bitlis Masifinin kuzeyden güneye doğru itildiği fay düzleminde cevherleşme gözlenmemektedir

Yıldırım ve Ulutürk (1984), yatağın ofiyolit zonuna bağlı Kıbrıs tipi masif sülfid yatağı olduğunu savunmaktadırlar (Şekil 3.7.). Yatağın Kıbrıs tipi masif sülfid yatağı özelliklerini şöyle sıralamaktadırlar:

a- Kıbrıs tipi maden yatakları, kalkopirit, sfalerit, markazit ve tali galen, pirotin altın ve gümüşle birlikte birlikte masif pirit içerir.

b- Kıbrıs'taki ana cevher gövdeleri Turodos Masifi'nin en üst volkanik tabakalarındadır. Madenköy bakır yatağı da Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağı'nın en üst volkaniklerinde yer almaktadır.

c- Her iki yatak içinde buldukları yastık lavlarla ilişkili ve uyumludurlar.

d- Lavlar alterasyona uğramışlardır.

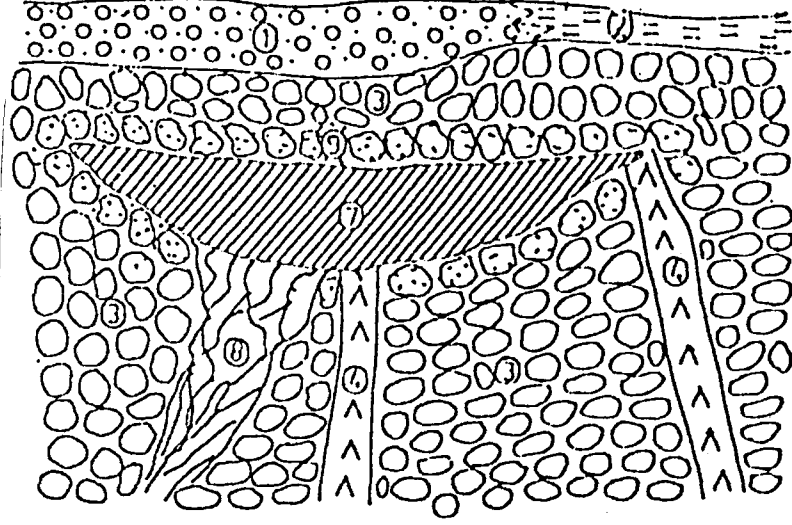
Çağatay (1977), bu görüşlerden farklı olarak yatağı litojen hidrotermal olarak tanımlamaktadır. Buna göre "hidrotermal eriyiklerin kaynağı, D-B doğrultulu bindirme hattıyla çok yakından ilgilidir. Tektonizma ile yeraltına



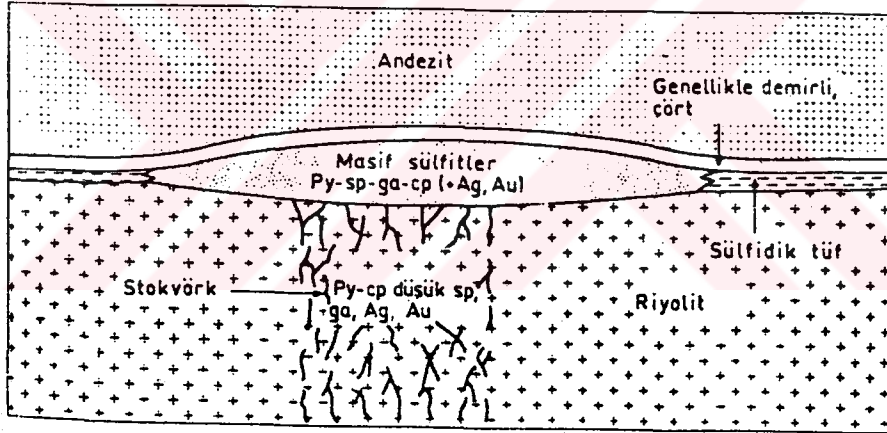
ısı enerjisi ortaya çıkmış ve yeratı suyu sirkülasyonla yerdeğiştirmiştir. Siirt Madenköy etrafında geniş bir saha içinde hidrotermal solüsyonlara kaynak olabilecek asidik bir magma intrüzyonuna rastlanılmadığından çözeltilerin kaynağı bindirme hattına bağlı olmalıdır."

Cevherleşme tektonik hareketlerden etkilenmiştir. Bindirme eğimi ile ana cevherleşme eğiminin aynı yönde olması cevherin konumunun bölgesel tektonikten etkilen-diğini göstermektedir.





A- Yıldırım ve Ulutürk'e göre Madenköy bakır yatağının şematik kesiti



B- Evans 1980'e göre Kıbrıs masif sülfid yatağının şematik kesiti

Konglomera	Yastık lav	Py:pirit	ga:Galen
Diyabaz daykı	Çamurtaşları	sp:sfalerit	
Masif sülfid cevheri	Ağsı cevher damarları	cp:kalkopirit	

Şekil 3.7. Yıldırım ve Ulutürk'e (1984) göre Madenköy bakır yatağının oluşum modeline ilişkin şematik kesit ve Kıbrıs masif yataklarındaki genel durum

#### 4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

Jeokimyasal incelemelerde Cu, Pb, Zn, Fe, S elementlerinin birbiri ve derinlikle olan ilişkileri araştırılarak bu elementlerin yatakta dağılım şekilleri saptanmaya çalışılacaktır.

##### 4.1. Kimyasal Bileşim

Siirt Madenköy bakır yatağının cevher minerallerine bağlı olarak değerlendirilebilecek elementleri Cu ve S'tür. Bunların yanında daha az oranlarda Pb ve Zn'de bulunmaktadır. Ancak bu son iki elementin ve manyetite bağlı olan Fe'nin ekonomik önemi yoktur. Eser element olarak, Au, Ni, Co ve Cd yer yer önemli olabilmektedirler. Cevher minerallerinin ana ve eser bileşenleri çizelge 4.1'de verilmiştir. İncelemelerde sadece sondaj karot analiz değerleri işlemlere tabi tutulacaktır.

##### 4.2. Elementlerin Üçgen Diyagramlarda İncelenmesi

Üçgen diyagramlar, üç değişkenin birbiriyle olan ilişkisini incelemek için jeolojide yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar bir maden yatağındaki elementlerin birbirine göre değişimini incelemek için en iyi araçtır. Bunun için Siirt Madenköy Cu yatağında bulunan elementler, Cu, Pb, Zn, Fe ve S elementleri, Pb - Cu - Zn, Fe - Cu - Zn ve S - Cu - Zn derişim üçgen diyagramlarında incelenmiştir.

Çizelge 4.1. Cevher minerallerinin ana ve eser bileşenleri

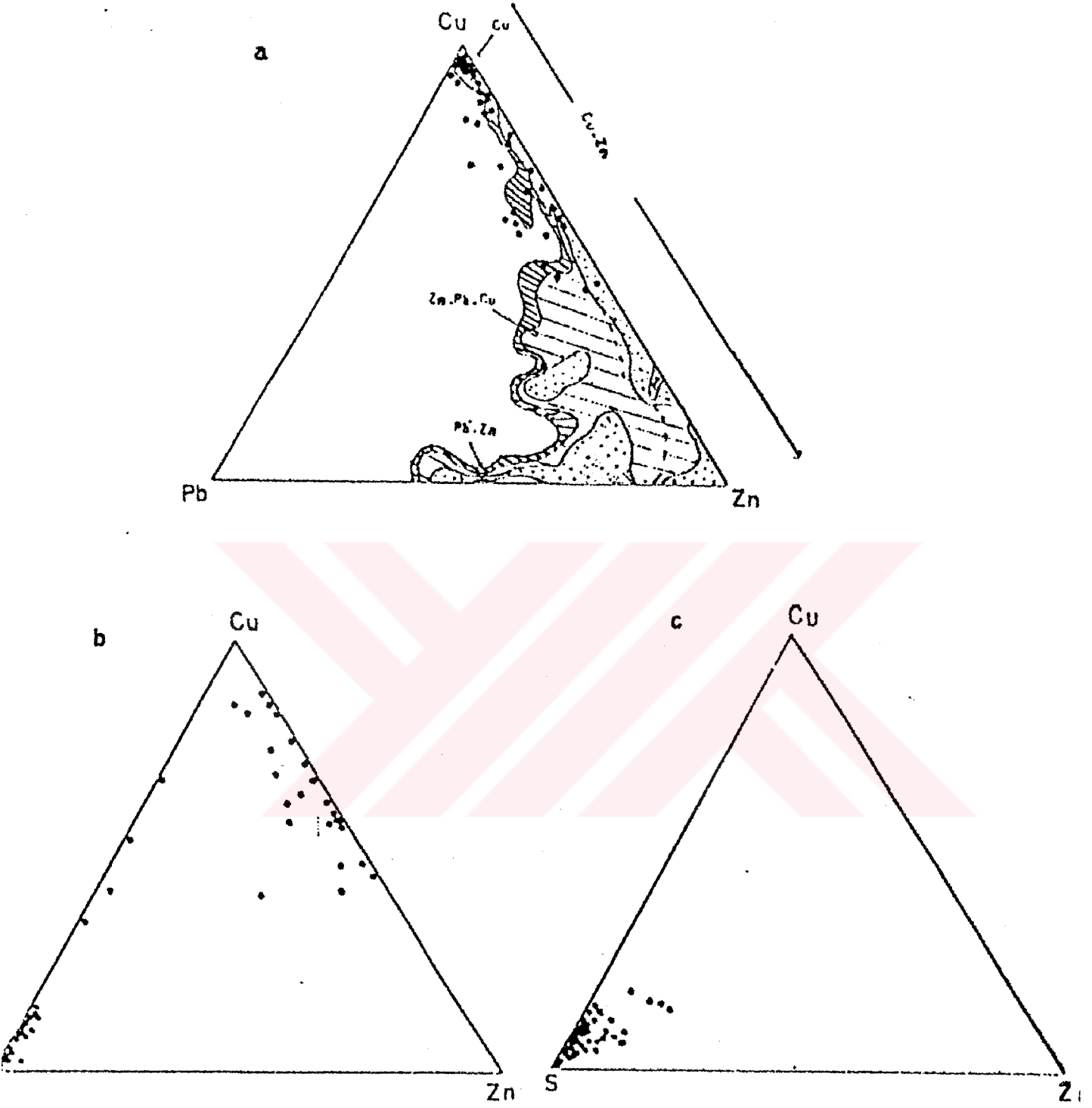
Bakır konsantresi		Pirit konsantresi	
Fe	% 30	Fe	% 0.46
CaO	% 0.34	CaO	% 0.08
SiO <sub>2</sub>	% 3.83	SiO	% 1.89
Si	-	Au	-
Au	-	Ag	18 gr/ton
Ag	% 50 gr/ton	Cd	-
Co	% 0.03	Co	% 0.07
Cd	% 0.03	As	% 0.15
Pb	% 0.02	Sb	-
As	-	Mg	%0.07
Sb	-		

Şekil 4.1'de, tüm yatak için çizilen üçgen diyagramlar görülmektedir. Yatakta yapılan 61 sondajın ancak 48'i cevher kesmiştir. Cevher kesen her sondajda elementlerin ortalama değerleri hesaplanarak, üçgen diyagramlara yerleştirilmiştir. Buna göre yatakta sırasıyla S, Fe, Cu, Zn, Pb yoğunlaşmıştır.

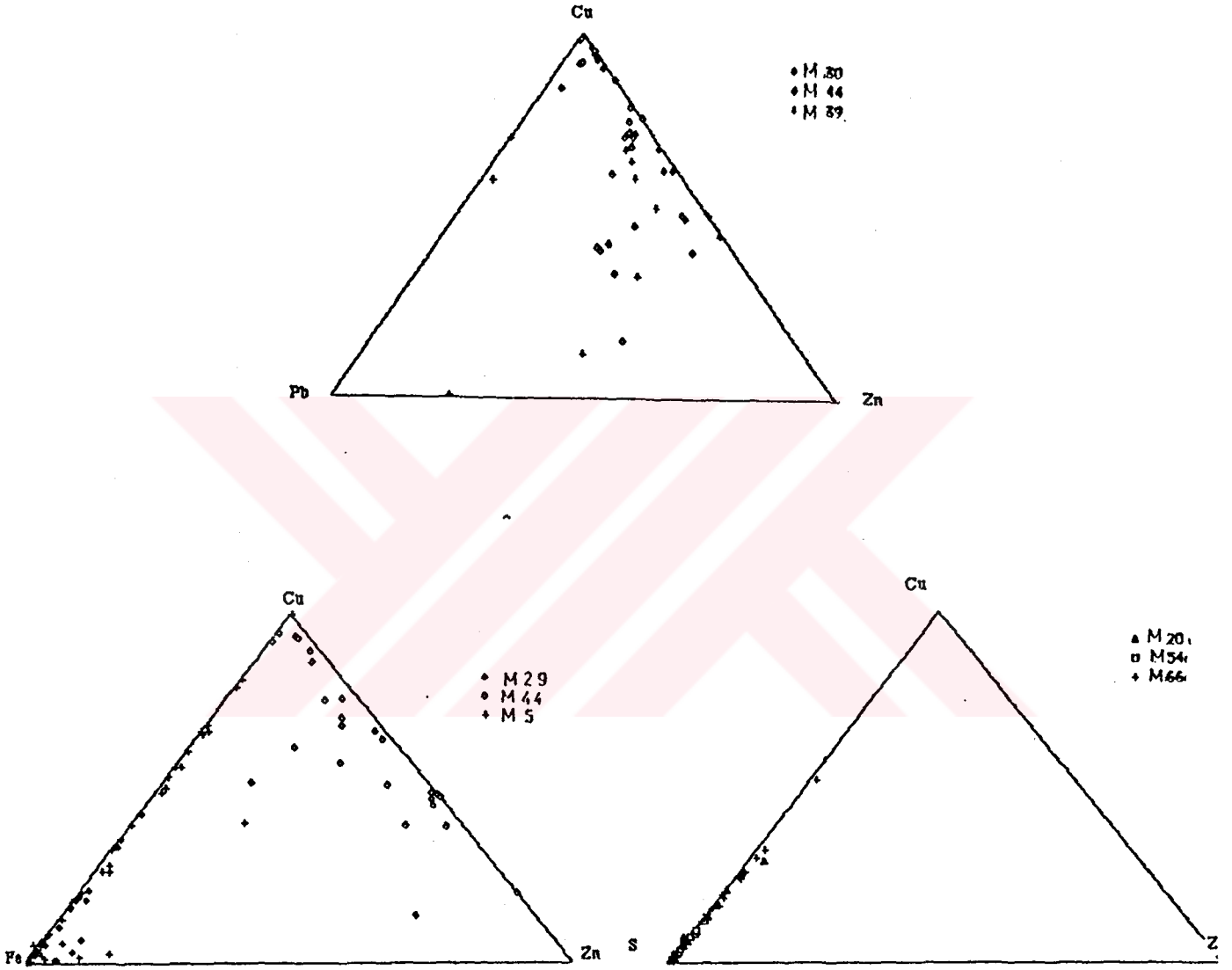
Şekil 4.1 a' da Pb - Cu - Zn üçgeninde, Cu'nun çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu da Cu'nun esas element olduğunu ifade etmektedir. Yatakta Pb oranı oldukça düşüktür. Bu sonuç arazi gözlemlerini doğrulamaktadır. Pb sadece saçınımlı cevherde bulunmaktadır ve yatakta çok düşük orandadır. Bu da masif sülfid yataklarına özgüdür (Huston ve Large, 1987; Smith ve Huston, 1992).

Masif sülfit yatakları farklı araştırmacılar tarafından değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Solomon (1976), masif sülfit yataklarını, Cu gurubu, Cu - Zn ve Zn - Pb - Cu gurubu olmak üzere üç guruba ayırmaktadır. Benzer bir sınıflama Franklin vd (1984) tarafından geliştirilen Pb - Cu - Zn üçgen diyagramına göre, yatakta Cu elementi yoğundur ve örneklerin çoğu, Cu - Zn bölgesinde bulunmaktadır. Buna göre Siirt Madenköy bakır yatağı, bir Cu - Zn tipi masif sülfit yatağıdır (Edward and Atkinson, 1986).

Şekil 4.1 b'de Fe - Cu - Zn üçgen diyagramında 22 sondajın ortalama analiz değerleri gösterilmektedir. Bu sondajlarda Fe ve Cu - Zn cevherleri belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Yüksek Fe değerleri pirit ve manyetit in çokluğuna, yüksek Cu değerleri de kalkopirit in yaygınlığına işaret etmektedir. Fe'ce fakir sondajlar yatağın KB'sında yer almaktadır. Burada Zn'de daha yüksek derişim göstermektedir. S - Cu - Zn üçgen diyagramında, bütün sondajlarda, S oranı, Cu ve Zn'ye göre çok yüksektir. Bu dağılım Cu ve Zn'nun sülfit minerallerinde bulunduğunu yansıtmaktadır. Buna göre bu elementlerin diğer mineralleri hiç önemli olmamaktadır ve bu da mikroskopik ve arazi gözlemlerin doğrulamaktadır. Yatağın çeşitli kesimlerinden seçilmiş bazı sondajlardaki Cu, Zn, Fe ve S dağılımları yataktaki genel dağılımla bir paralellik göstermektedir.



Şekil 4.1. Siirt Madenköy bakır yatağının sondajlardaki ortalama element derişimlerinin üçgen diyagramlardaki dağılımı. Pb - Cu - Zn üçgen diyagramı Franklin vd'den (1984) alınmıştır.



Şekil 4.2. Siirt Madenköy bakır yatağındaki bazı sondajların ana elementlerinin üçgen diyagramlardaki dağılımı

### 4.3. Elementlerin Sıklık Dağılımları

Sıklık dağılımları, veri gurubunu veya populas-yonların özelliklerini ortaya çıkaran jeostatistik yöntemlerdir. Amaç jeolojik olayları, matematiksel olarak ifade etmektir. Sıklık dağılımlarının normal, logaritmik ve binom gibi çeşitleri vardır.

Elementler, kayalar içerisinde belli kurallara göre dağılırlar (Ahrens, 1954). Bunlardan en önemlisi istatistik anlamda normal dağılımdır. Normal dağılım istatistikte denklemi Gauss eğrisinin denklemine uyan dağılımdır. Bu eğrinin denklemi

$$y = \frac{1}{s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{x}-x)^2}{2s^2}}$$

S = Standart sapma

X = Ortalama değer

olarak verilmektedir. Normal dağılımın kümülatif eğrisi integral şeklindedir. Kümülatif değerlerinin olasılık kağıdında dağılımı bir doğru verir. Bu teorik esaslar doğrultusunda Siirt Madenköy bakır yatağının önemli elementlerinden Cu, Pb ve Zn'nin dağılımları incelenmiştir. Elde edilen dağılım şekilleri şekil 4.3'de verilmiştir. Sağlıklı dağılımlar elde etmek için, analiz değerlerinin homojenliği denerek bulunan extrem değerlerin homojenliği Dörltler'e (1962) göre elemine edilmiştir. Minimum değerlerin bulunmasında tüm örnek için saptanan % 20 Cu eşik değeri esas alınmıştır. Bu değer porfiri bakır yataklarının da minimum işletme tenörüne karşılık gelmektedir ve olası bir işletme sırasında bu değer altındaki bakırın Siirt Madenköy'de elde edilmesi mümkün



görülmemektedir. Bunun için % 0,20 - 11.79 Cu değerleri arasındaki analiz değerleri dikkate alınmıştır. Böylece 2254 Cu değerinden sadece 1398 değer incelenmiştir. Bu değerler Pb için % 0.01 - 4.93 (375 örnek) ve Zn için de 0-2.5'tur (1182 örnek).

Sıklık dağılımlarında sütunların sayısı K ve frekansı Sturge kuralına göre hesaplanmıştır. Buna göre

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k}$$

Burada  $X_{\max}$  en yüksek analiz değeri,  $X_{\min}$  en düşük analiz değeri,  $K = 1 + 3.322 \log n$  ve  $n$ , örnek sayısıdır.

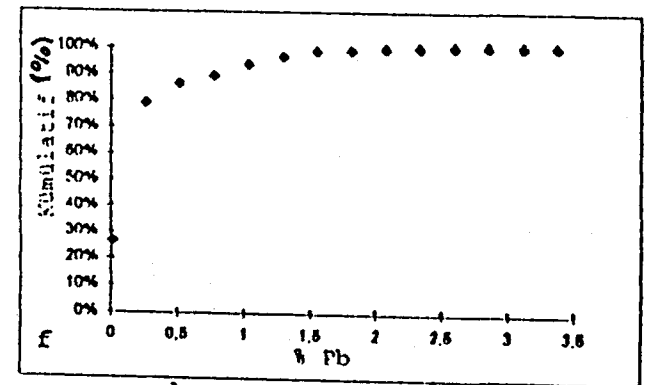
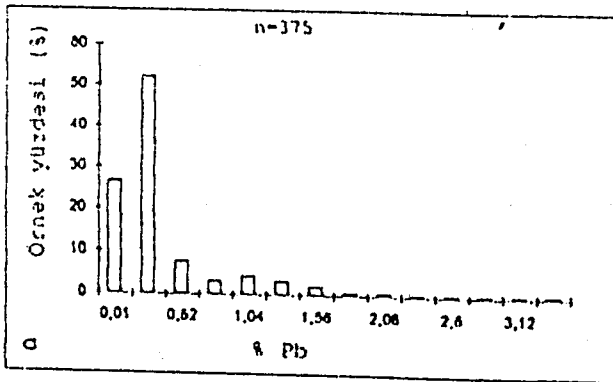
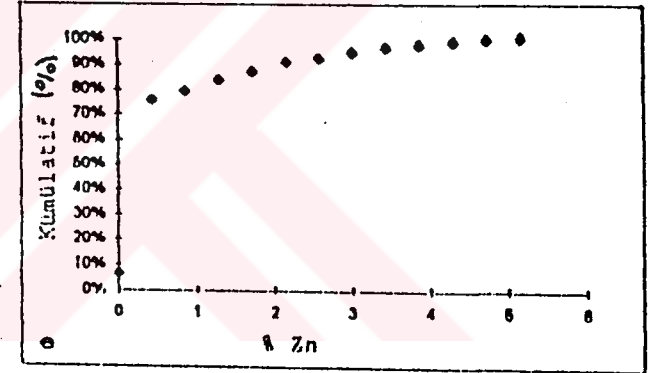
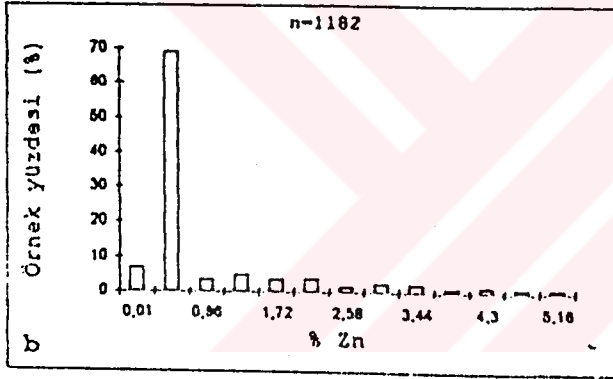
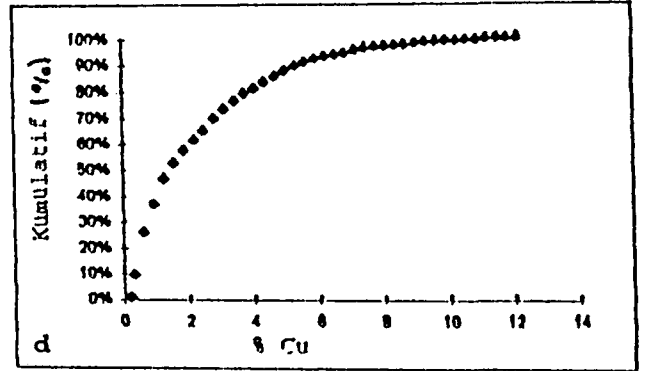
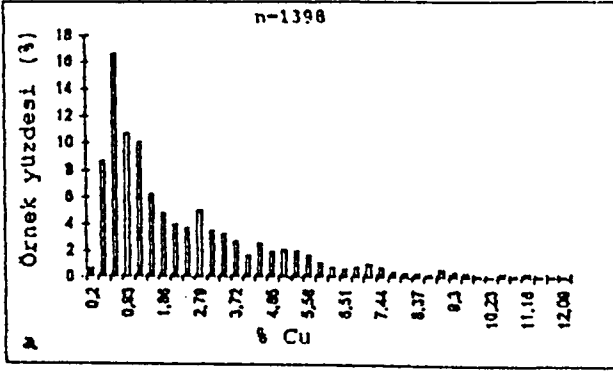
Sıklık dağılımının belli özelliklerini yansıtan varyans, standart sapma, yassılık, sivrilik, asimetri gibi parametreleri standart kaynaklarda bulunan formüllerle hesaplanmıştır.

Şekil 4.3 a.b.c'de Cu, Pb ve Zn'nin örnek değerleri için çizilen sıklık dağılımları görülmektedir. Her üç element de yatakta normal dağılım sunmamaktadır.

Üç elementin de dağılımı sağ asimetriktir. Bu dissemine cevherin (fakir cevher tipi) yaygınlığını yansıtmaktadır. Şeklin sağ kısmı zengin (ağsı ve masif) cevheri göstermektedir. Bu cevher tipi yaygın değildir.

Her üç elementin de kümülatif dağılımları çizilmiştir (Şekil 4.3. d.e.f.). Bir normal dağılımın kümülatif değerleri integral işareti şekline yakın bir eğri verir. Burada böyle bir eğilim görülmemektedir. Bu da Cu, Pb ve Zn'nin normal dağılım göstermediklerini doğrulamaktadır.

Bu dağılımın parametreleri incelenmiştir. Cu örneklerinin % 16'sı 0.31 sınırı altında, Pb'nin % 85'i 0.20 altında, Zn'nin % 66'sı 0.12 değeri altındadır. Elementler



Şekil 4.3. Cu, Zn ve Pb'nin sıklık dağılımları.

pozitif eğiklik göstermektedirler. Bu durumda medyan, mod ve X ortalama değer arasındadır yani  $mod < med < X$  olarak verilmektedir (Çizelge 4.2) ( Davis, 1973). Bu da dağılımın pozitif çarpık olduğunu gösterir (sağ asimetrik). Sağ asimetrik dağılım, düşük tenörlü, fakir yatakların karakteristiğidir (Caner, 1983). Yatak Cu, Zn ve Pb bakımından fakir tip bir cevherleşme sunmaktadır.

Cu, Zn, Pb elementlerinin tümü standart dağılım eğrisinden (çan eğrisi) daha sivri bir dağılım göstermektedir. Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi üç element pozitif sivrilik katsayısına (kurtosis katsayısı) sahiptir. Bu özellik elementlerin ağırlıklı olarak bir mineralde toplandıklarını gösterir (örneğin Cu'nun kalkopiritte toplanması gibi). Dağılımlardaki düzensizlikler masif, ağsı ve saçınımlı cevher tiplerinden kaynaklanmaktadır. Dağılımın sivriliği Kurtosis değeriyle değişir.

Çizelge 4.2. Sıklık dağılımlarının parametreleri

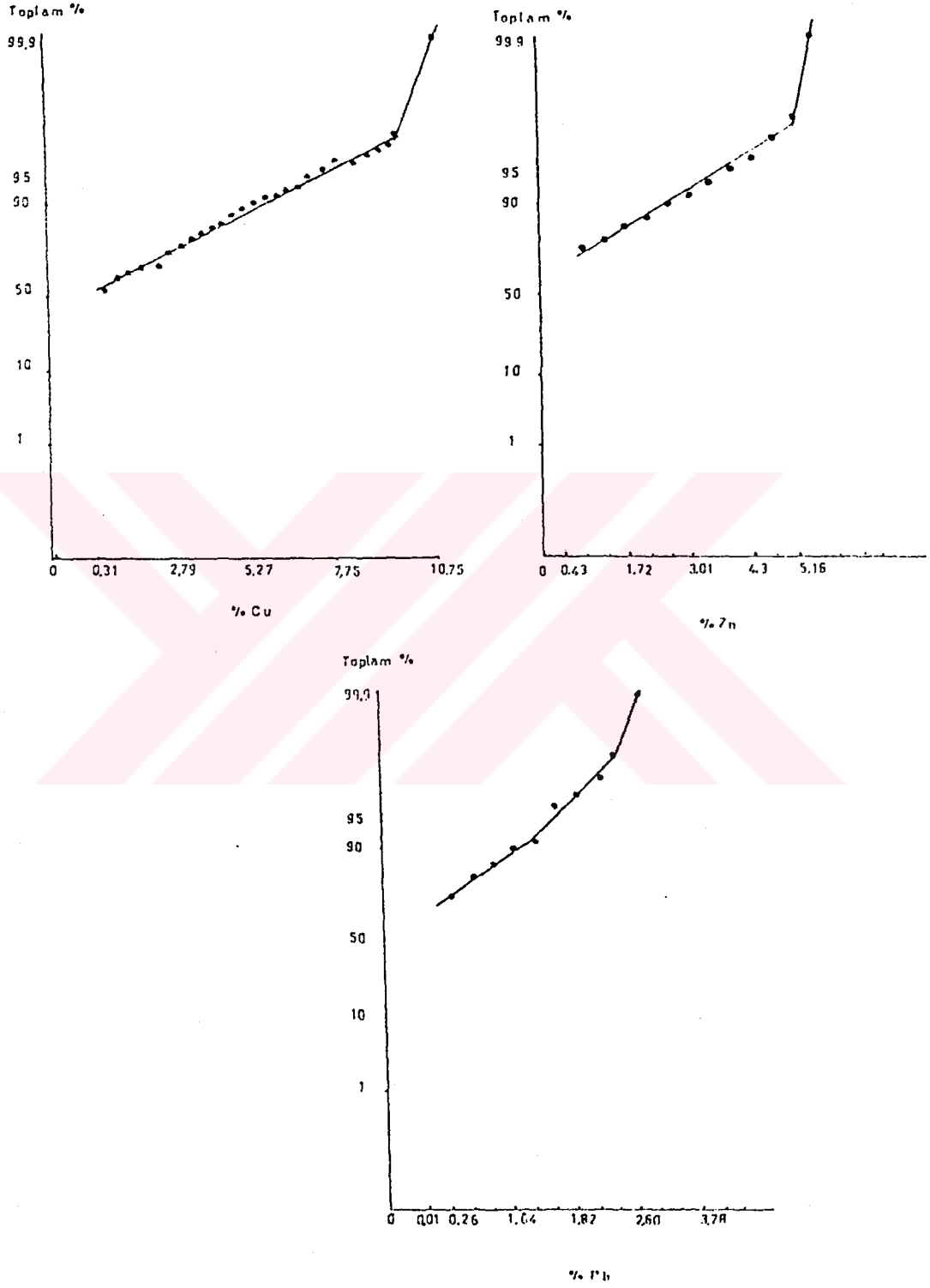
Parametre	Min Değ.	Arit. Ort.	St. sap.	Değiş. Katsa.	Max Değ.	Tepe (Mod)	Ortanca (Med)	Eğim	Sivr.
<b>ElementCu</b>	0.20	2.27	2.23	98	11.79	0.23	1.41	1.54	+ 2.22
<b>Zn</b>	0.01	0.23	0.39	169	2.5	0.01	0.07	7.26	+ 2.63
<b>Pb</b>	0.01	0.56	1.04	185	4.93	0.04	0.07	12.97	+ 2.26

(Beyazıt ve Oğuz, 1985). Buna göre Pb, Zn'ye göre, Zn'de Cu'a göre daha sivridir (Çizelge 4.2).

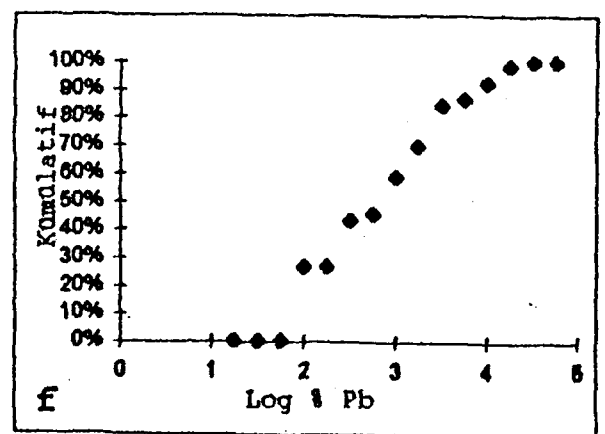
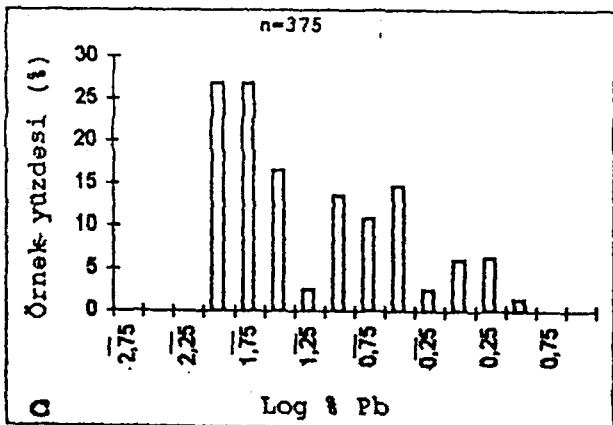
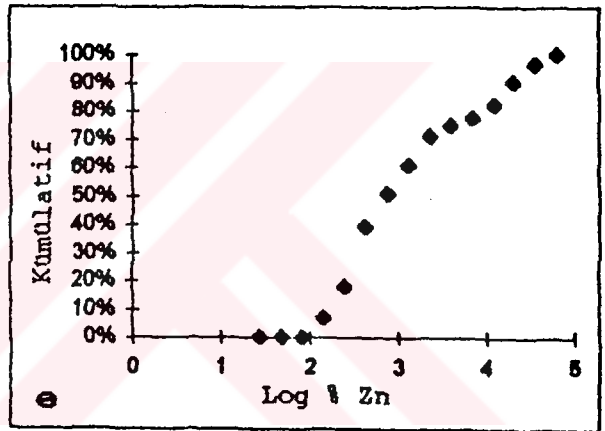
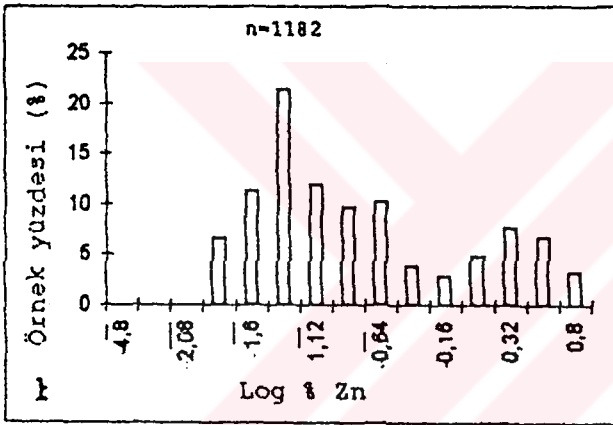
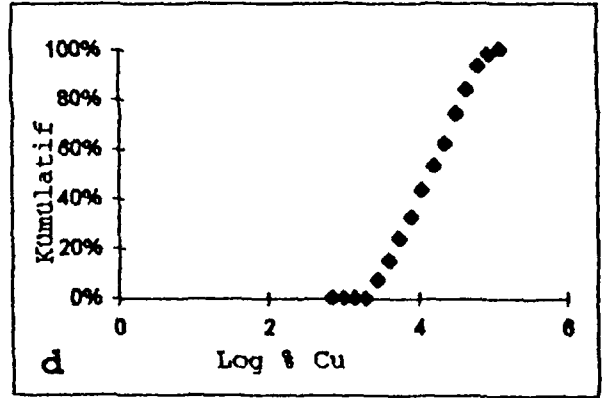
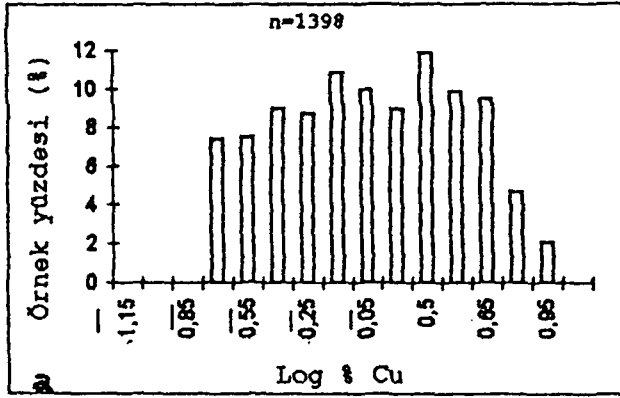
Cu, Zn ve Pb elementlerinin değişkenlik katsayısı (Stap x 100 /Ortalama değer) yüksektir (Çizelge 4.2). Dağılımın çok düzensiz olduğunu bu katsayılar da doğrulamaktadır.

Şekil 4.4'de Cu, Zn ve Pb dağılımları olasılık kağıdında incelenmiştir. Olasılık kağıdında normal bir dağılımın kümülatif değerleri bir doğru verir. Şekil 4.4'de böyle bir durum görülmektedir. Her üç elementin de dağılımı olasılık kağıdında kırık çizgiler vermektedir. Doğruların kırılmaları, cevherin farklı populasyonlara ayrıldığını doğrulamaktadır. Bu sonuç, masif, ağsı ve saçınımlı cevherleri yansıtmaktadır. Bunların ilk parçaları fakir, saçınımlı cevherlere karşılıktır ve eğimleri düşüktür. Daha sonraki doğru parçaları bir geçiş zonundan sonra (ortada), pozitif bir kırılma ile daha hızlı yükselmektedirler. Bu yüksek eğimli doğrular, zengin cevherli kısımları ifade etmektedirler. Buna göre Cu için 2.79'den düşük kısımlar, fakir cevheri 10.73 den yüksek kısımlar, zengin cevherdir. Bu tenör değerleri, Zn için 0.43 ile 5.16, Pb için 0.26 ve 2.34'dür.

Şekil 4.5'te Cu, Zn ve Pb için çizilmiş olan logaritmik dağılımlar görülmektedir. Bunun için tüm verilerin logaritmaları alınarak dağılım grafikleri çizilmiştir. Magmatik kayalarda lognormal dağılım jeokimyanın temel yasası olarak tanımlanmaktadır (Ahrens, 1954 a,b ve Rodinov, 1964). Cu, Zn ve Pb'nin logaritmik dağılımı, normal dağılıma daha yakındır. Kümülatif eğrilerin de integral şeklinde çıkması bunu doğrulamaktadır. Bu da yatakta ayrışmanın normal koşullarda gerçekleştiğini ve ikincil önemli rol oynamadıklarını ortaya koymaktadır. David'e (1977) göre, logaritmik normal dağılım, magmatik ayrışmanın ve elementlerin belli minerallere



Şekil 4.4. Cu, Zn ve Pb'nin sayısal sıklık dağılımlarının olasılık kağıdındaki dağılımı.



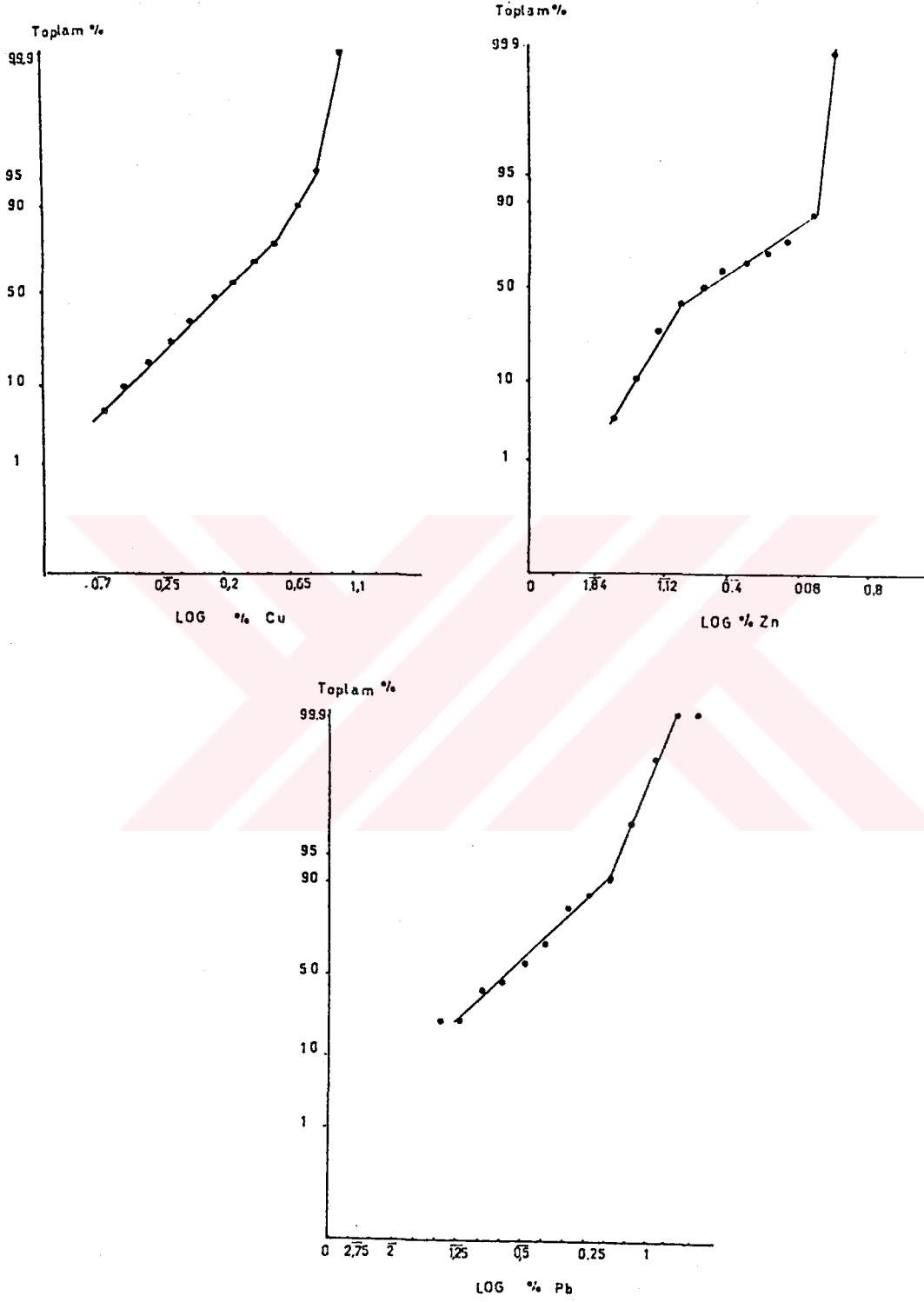
Şekil 4.5. Cu, Zn ve Pb'nin logaritmik sıklık dağılımları.

bağlanmalarının sonucudur. Yatakta bakır elementi kalkopirite, Pb elementi galene, Zn'de sfalerite ağırlıklı olarak bağlıdır.

Şekil 4.6'da Cu, Zn ve Pb'nin logaritmik dağılımlarının olasılık kağıdındaki durumları görülmektedir. Doğrudaki kırıklar, farklı cevher tiplerinden ileri gelmektedir.

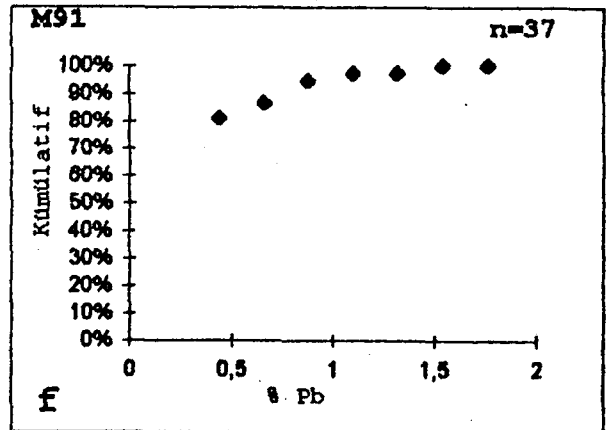
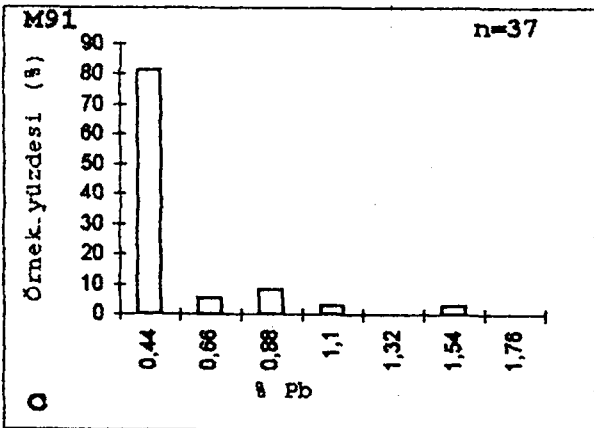
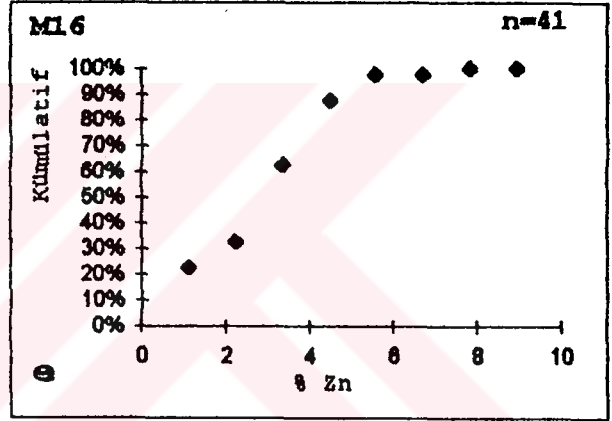
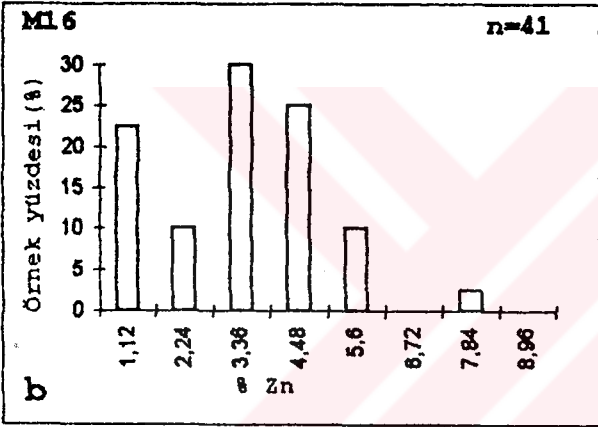
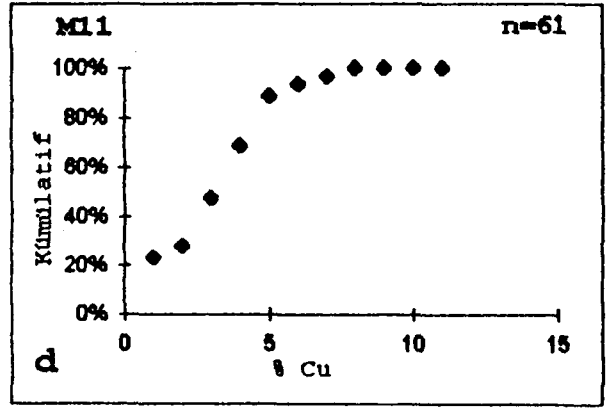
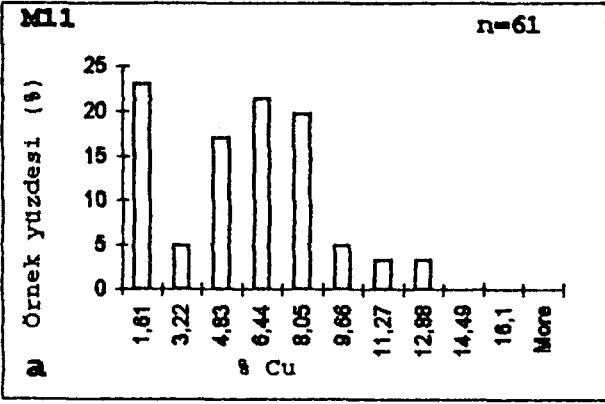
Siirt Madenköy bakır yatağında Cu, Zn ve Pb elementlerinin dağılımlarının birbirine benzemesi ve parametrelerin aynı özellikleri sunması, üç elementin de aynı kökenden veya aynı işlevler sonucu oluştuklarını göstermektedir. Bu durum, üçgen diyagramlarda Cu ve Zn'nin beraber bulunması (bk 4.2), Pb ve Zn'nin Cu ile pozitif korelasyon göstermesi ve Pb ve Zn'nin pozitif korelasyonla artması (bk 5.1) ile doğrulanmaktadır.

Şekil 4.7'de M1, M91 ve M16 sondajlarının sayısal dağılımları; şekil 4.8'de logaritmik dağılımları görülmektedir. Şekil 4.7'de sayısal dağılımlarda M1 sondajında Cu, normal dağılım göstermektedir ve Cu elementi bakımından sondaj zengindir. M16 sondajında Zn, lognormal dağılıma yakındır ve bu sondaj Zn elementi bakımından zengindir. M91 sondajında Pb elementi normal dağılım göstermemektedir. Bu sondaj Pb bakımından fakirdir. Aynı sondajlarda bu elementlerin logaritmik dağılım grafikleri incelenmiştir (Şekil 4.8). Schroll'a göre bir element iki minerale bağlıysa, logaritmik ve normal dağılım arasında bir dağılım gözlenir. Buna göre, M1 sondajında Cu, kalkopirit ve bornite bağlıdır ve mikroskobik gözlemler bunu doğrulamaktadır. M91 ve M16 sondajı, lognormal dağılıma yakındır ve tüm yataktaki dağılımla uyumludur.

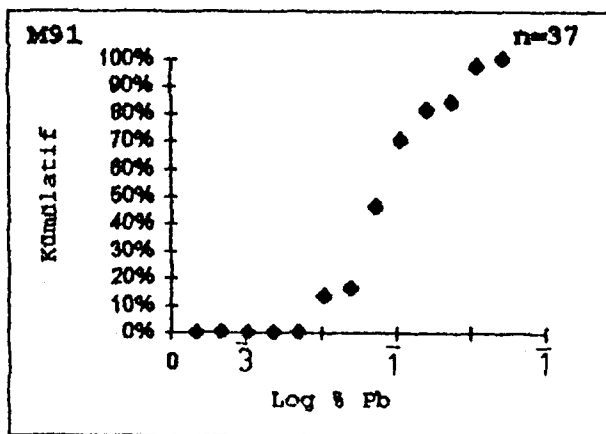
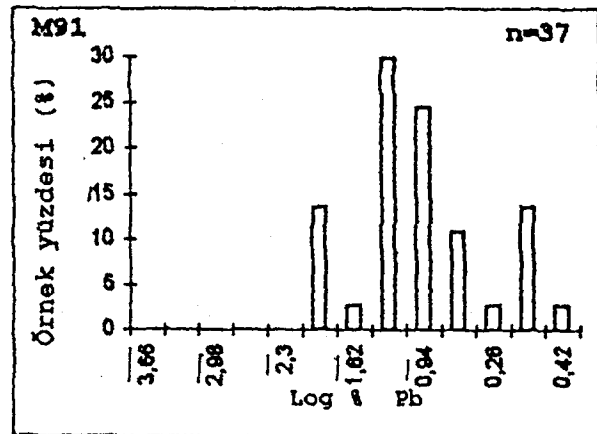
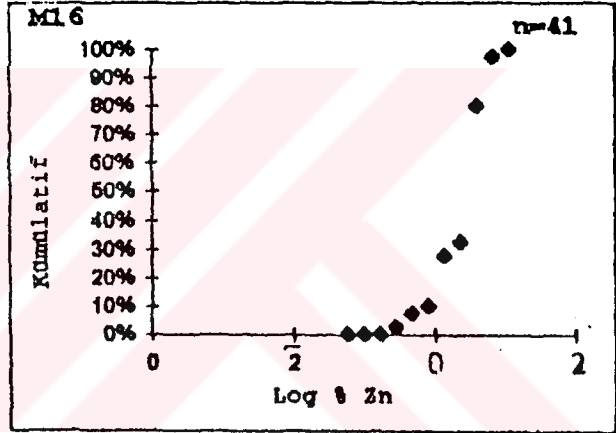
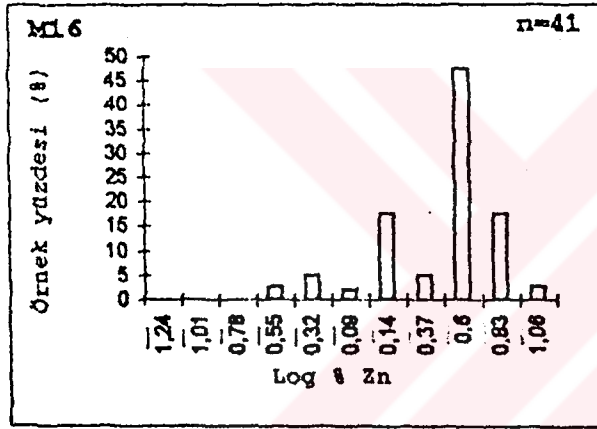
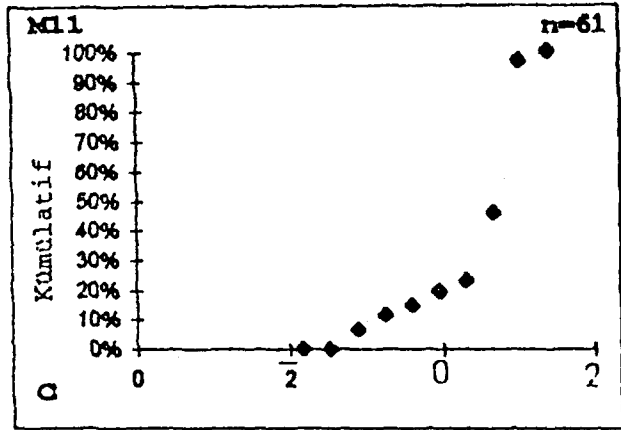
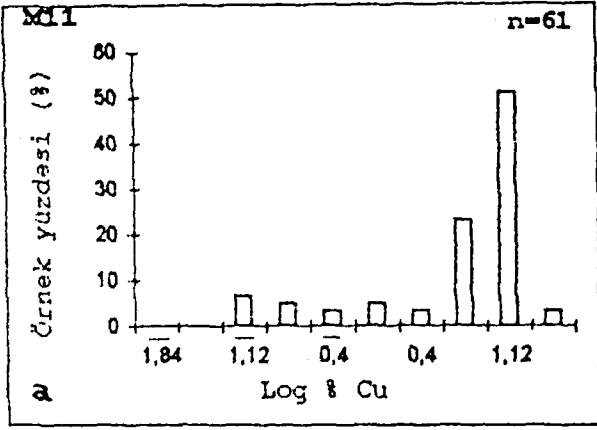


Şekil 4.6. Cu, Zn ve Pb'nin logaritmik sıklık dağılımlarının olasılık kağıdındaki dağılımı.





Şekil 4.7. M11, M16 ve M91 sondajlarındaki Cu, Zn ve Pb tenörlerinin sayısal kümülatifleri ve sıklık dağılımları.

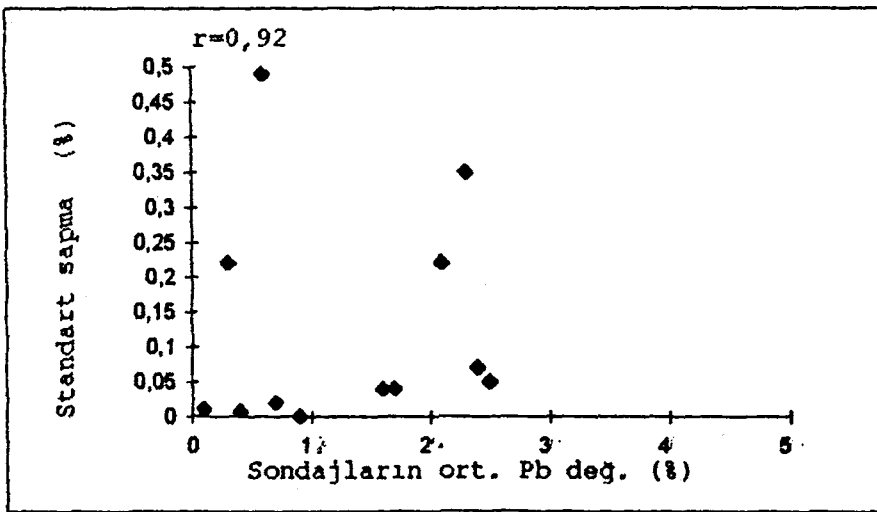
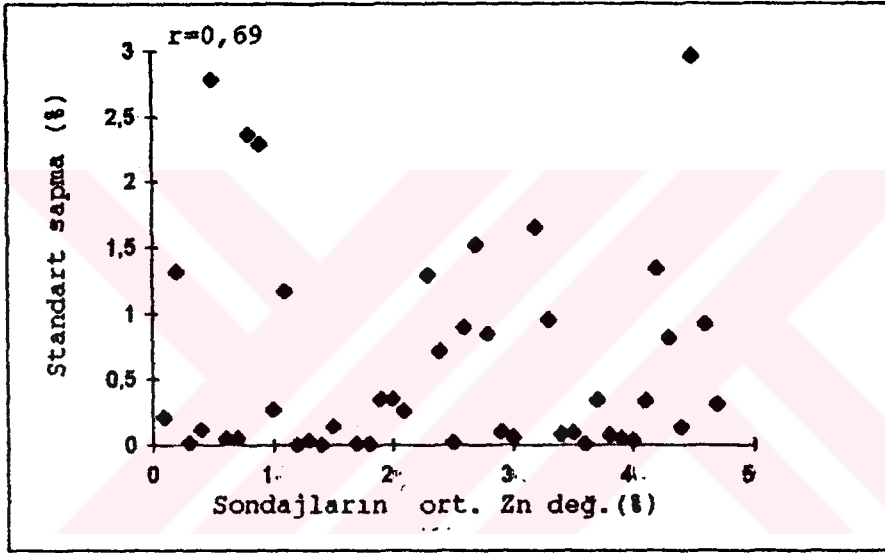
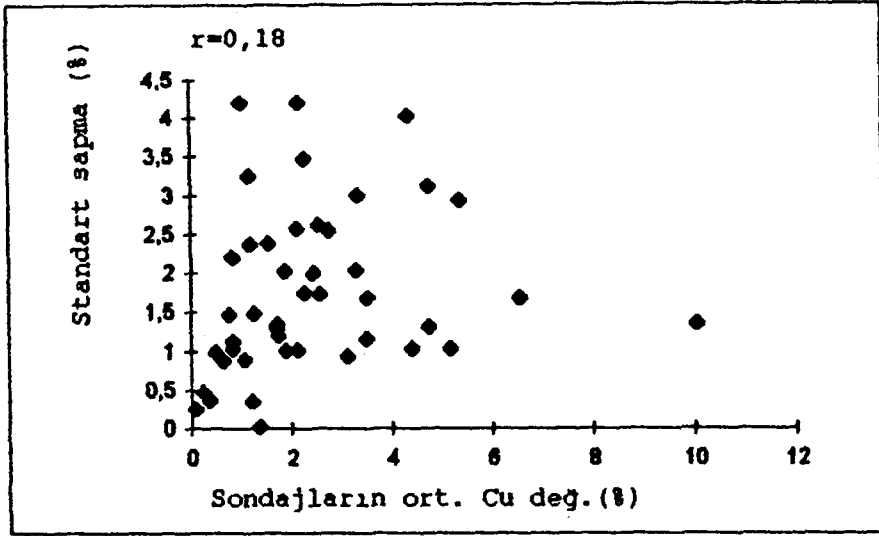


şekil 4.8. M11, M16 ve M91 sondajlarındaki Cu, Zn ve Pb tenörlerinin logaritmik sıklık dağılımları ve kümülatifleri.

#### 4.4. Orantı Efekti

Çeşitli yataklarda elementlerin ortalama değerlerine paralel olarak, standart sapmalarının da arttığı görülür. Ortalama değer ve standart sapma arasındaki bu oran "orantı efekti" (proportionality effect) olarak adlandırılır.

Siirt Madenköy bakır yatağında, cevher kesen tüm sondajlarda, Cu, Zn ve Pb'nin ortalama değerleri ve standart sapmaları bulunarak orantı efekti incelenmiştir (Şekil 4.9). Cu, Zn ve Pb'nin ortalama değerleri arttıkça buna paralel olarak, standart sapmaları da artmaktadır. Bu da jeolojik olarak, zengin cevherli kısımların fakir cevher kısımlarına göre daha çok saçıldığını göstermektedir. Bu durumda varyasyon katsayısı (değişkenlik katsayısı = standart sapma/ ortalama değer) sabittir. Bu nedenle işletme sırasında ortalama tenörü tutturmak zor olacaktır. Orantı efekti aynı zamanda logaritmik dağılıma işaret eder (David, 1977).



Şekil 4.9. Cu, Zn ve Pb'nin orantı efektleri.

## 5. KORELASYON ANALİZİ

Birçok mühendislik problemlerinde iki değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerlerin birbirlerinden istatistiki bakımdan bağımsız olmadığı, dolayısıyla bu değişkenler arasında bir ilişki bulunduğu görülür. Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki bağıntıları inceleyen jeoistatistiki yöntemlerden biridir. Bu yöntem ile bir x değişkeninin değerleri ile bir y değişkeninin aldığı değerler arasında bir uyumluluk olup olmadığı, uyumluluk varsa bunların dereceleri incelenir. Maden yataklarının incelenmesinde korelasyon analizi ile , analiz verilerinin matematiksel olarak yorumlanması sonucu, yataktaki elementlerin birbirlerine olan bağımlılıklarının incelenmesi, aranan veya incelenen bir element vasıtasıyla buna bağlı bir başka elementin de aranması mümkündür. Korelasyon katsayısı bir orandır ve bu yöntemin esasını teşkil eder. Aşağıdaki formülle hesaplanır (Mather, 1965).

$$r = \frac{\sum xy - \frac{1}{n}(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(\sum x - \frac{1}{n}(\sum x))^2 (\sum y - \frac{1}{n}(\sum y))^2}}$$

Burada  $n$ , örnek sayısı,  $x$  ve  $y$  analiz verileridir. Bu katsayı  $+1$  ile  $-1$  arasında değişir.  $+1$ , iki değişken arasındaki mükemmel bağımlılığı gösterir ve bu durumda, korelasyon grafiğindeki noktalar bir doğru üzerindedir.  $-1$ , iki değişkenden birinin diğerine göre negatif yönde değiştiğini gösterir. Eğer ilişki orta durumda ise  $r = 1-0$  ve noktalar, elips içine girer (Düzgüneş ve diğ. 1983; Davis, 1973).

Korelasyonun geometrik tanımı, regresyon doğrusuyla verilir. Regresyon doğrusunun amacı, gözönüne alınan değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığı belirlenerek, böyle bir ilişki varsa, bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde etmektir (Beyazıt ve Oğuz, 1985; Çelebi, 1989). Regresyon doğrusunun genel eşitliği  $y = ax + b$ 'dir.

### 5.1. Elementlerin Birbiri ile Korelasyonu

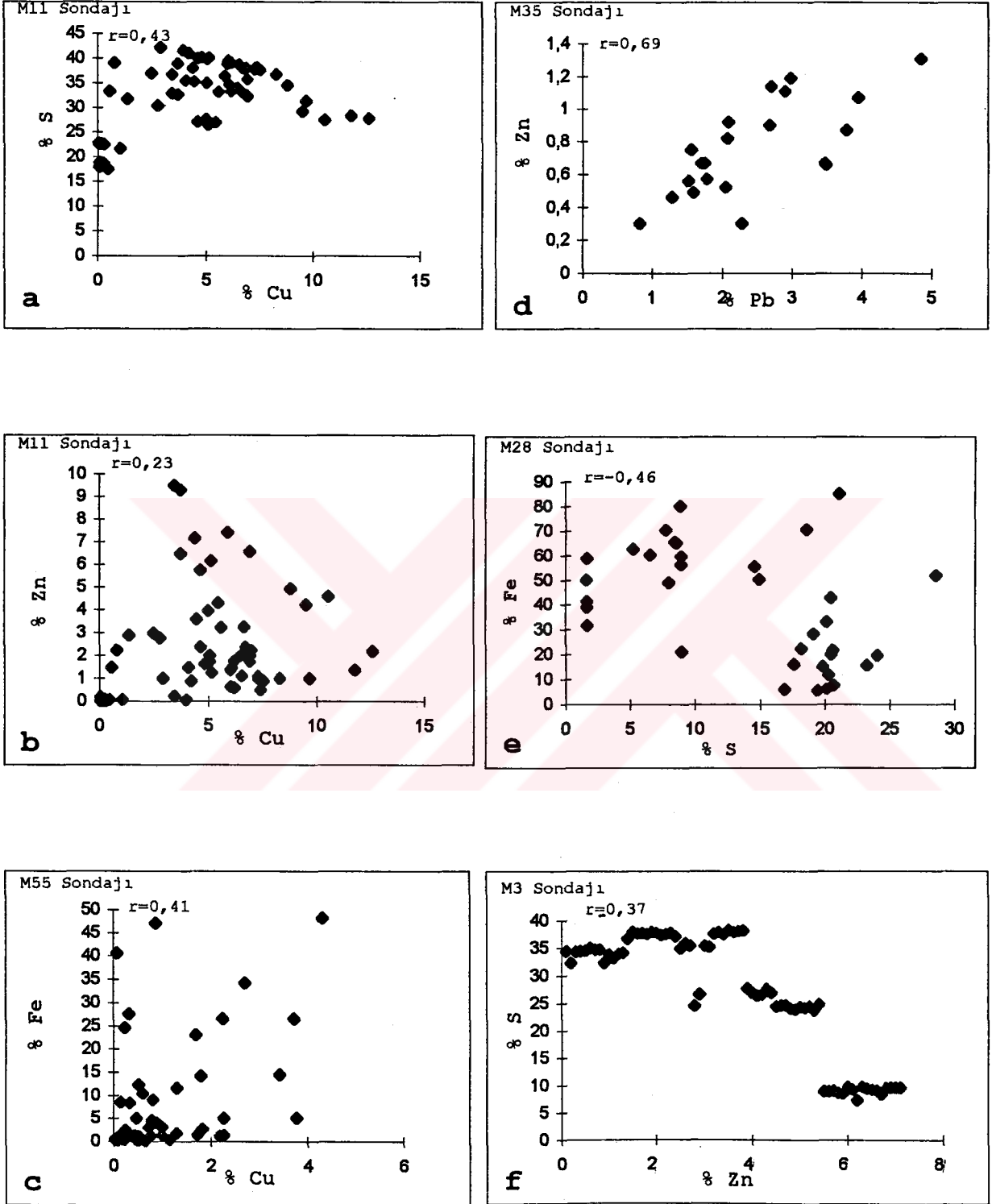
Siirt Madenköy bakır yatağında Cu, Pb, Zn, Fe, S elementleri arasında korelasyon analizleri yapılmıştır. Element çiftleri, element oranları ve derinlikle elementler arasındaki korelasyonlar, masif sülfid yatağını oluşturan hidrotermal çözeltilerde çökelim yasaları ile uygunluk göstermektedir (Çizelge 5.1)

**Çizelge 5.1.** Siirt Madenköy bakır yatağında elementler arasındaki korelasyon katsayıları (n= 2254) (Geçerli korelasyon katsayılarının altı çizilmiştir).

Cu	1				
Zn	<u>0.27</u>	1			
S	<u>0.20</u>	0.19	1		
Fe	-0.01	-0.18	<u>-0.45</u>	1	
Pb	<u>0.33</u>	<u>0.42</u>	-0.04	-0.06	1
	Cu	Zn	S	Fe	Pb

Çizelge 5.1 'de incelenen elementler arasındaki korelasyon katsayılarının gösterdiğine göre Cu ile Pb, Zn , S ve Pb ile Zn iyi korele olmaktadır. Buna göre Siirt Madenköy masif sülfid yatağında galen, sfalerit ve pirit beraber bulunurlar. Fe ve S arasındaki negatif korelasyon, Fe'nin piritten çok oksitlere manyetit ve hematite bağlı olduğunu gösterir. Pb ve Zn arasındaki yüksek pozitif korelasyon ise (şekil 5.1.d) hidrotermal çökelmeye işaret eder.

Sıklık dağılımlarının yanısıra korelasyon analizleri ile de bir yatağın homojenliği veya heterojenliği ortaya çıkarılabilir. Şekil 5.1'de birden fazla eliptik bulutların bulunması, farklı populasyonları (dissemine, ağsı, masif) göstermekte ve yatağın heterojenliğini ortaya çıkarmaktadır. Şekil 5.1. a'da düşük Cu değerlerinde (saçınımlı

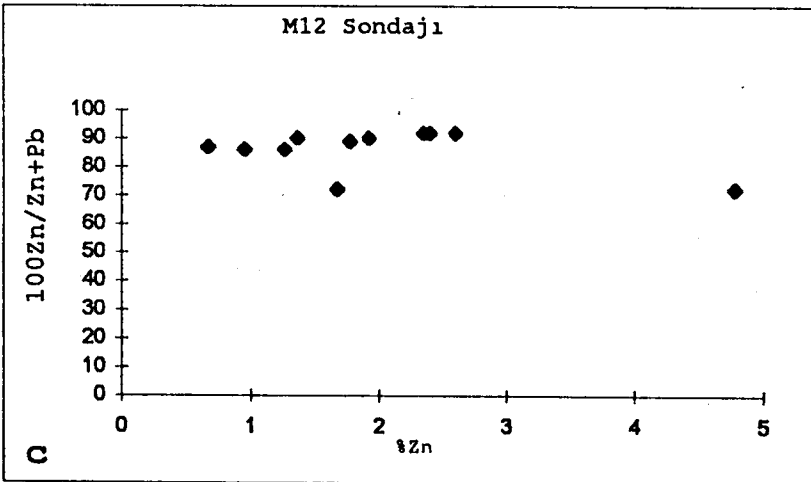
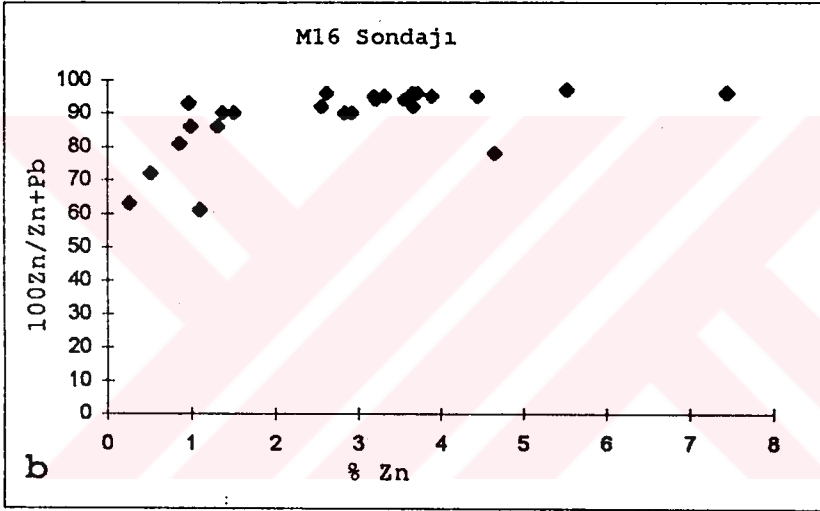
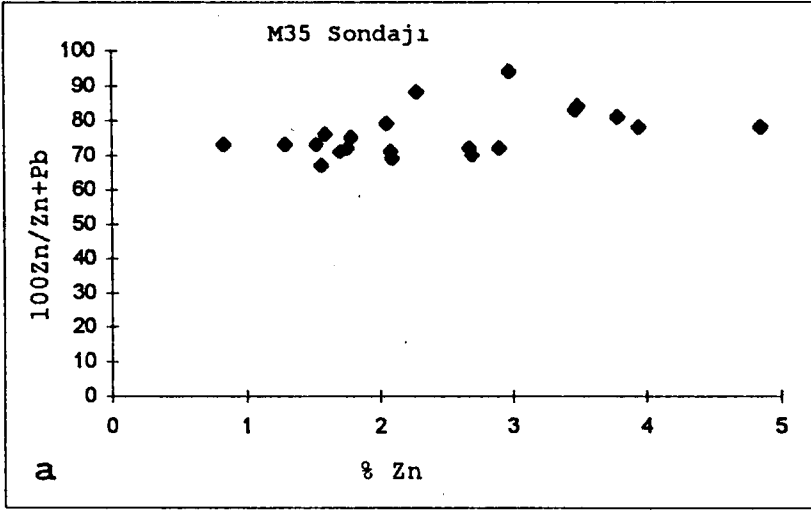


Şekil 5.1. Bazı önemli sondajlarda elementlerin birbiri ile ilişkileri.



cevherde), Cu ile S arasında pozitif korelasyon olmasına karşın yüksek Cu değerlerinde (masif cevherde) Cu ile S ters korele olmaktadır. Aynı durum şekil 5.1 b ve c'de de gözlenmektedir. Şekil 5.1 f'de Zn - S korelasyonunda korelasyon bulutları çok belirgin bir şekilde görülmektedir. Böylece sıklık dağılımlarında görülen yatağın heterojenlik doğrulanmaktadır.

Siirt Madenköy bakır yatağının masif sülfid yatağı olduğuna işaret eden diğer bir bulgu 100 Zn/(Zn+Pb) oranıdır (Şekil 5.2 a,b,c). Masif sülfid yataklarının Zn oranı yatağı diğer mineralizasyon çeşitlerinden ayırmada önemlidir. Örneğin Tasmanya kırmızı volkanitleri'nde masif sülfid yataklarında 100 Zn/(Zn+Pb) ( Zn Oranı) incelenmesi ile volkanik masif sülfid yataklarının yüksek ortalama değer (60-85) ve düşük standart sapma gösterdiği görülmüştür (Huston ve Large, 1987; Smith ve Huston, 1992). Şekil 5.2. a, b, c'de görüldüğü gibi, Zn ile Zn oranları, 60-85 arasındadır. Cu - Zn tipi masif sülfidler (Kıbrıs yatakları), bazalt bileşiminde Pb konsantrasyonunun düşük olduğu ve dolayısıyla hidrotermal sıvılarda Pb'nin doygunluk sınırı altında olduğunu gösterir. Yatakta Pb'nin düşük olması, Siirt Madenköy bakır yatağının Cu - Zn tipi bir yatak olduğunu doğrular (Bk. Şekil 4.1.a).



şekil 5.2. Bazı sondajlarda elementlerin Zn oranları.

## 5.2. Elementlerin Derinlikle Değişimi

Siirt Madenköy bakır yatağında elementlerin derinlikle olan ilişkisi masif sülfidit yataklarındaki değişimlere paralellik göstermektedir.

Çizelge 5.2'de bütün sondajlarda elementlerin derinlikle değişimini gösteren korelasyon katsayıları görülmektedir. Buna göre çoğu sondajda, Cu ve Fe derinlikle artmakta, Zn, Pb ve S derinlikle azalmaktadır. Bir masif sülfidit yatağında, aşağıdan yukarıya doğru, Fe → Cu → Zn → Pb mineralleri bulunur.









Siirt Madenköy bakır yatağında da Cu ve Fe derinlikle pozitif korelasyon göstermektedir. Zn, Pb ve S, derinlikle azalmaktadır.

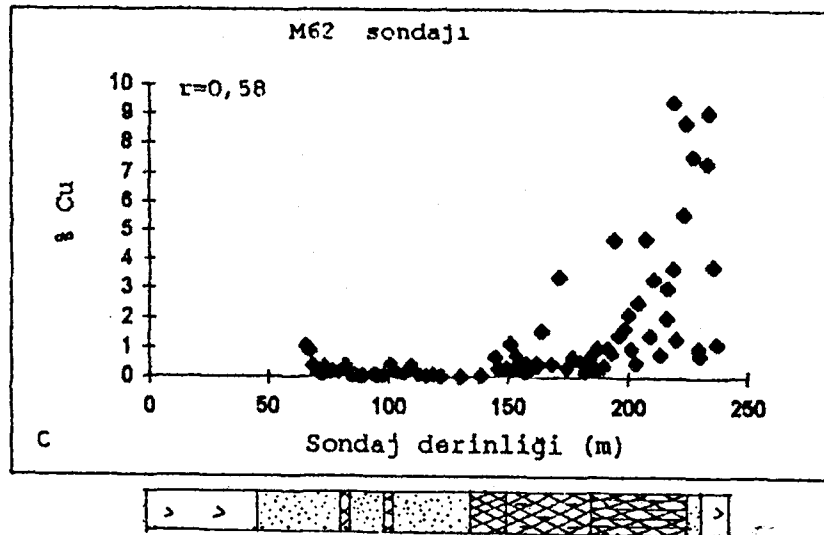
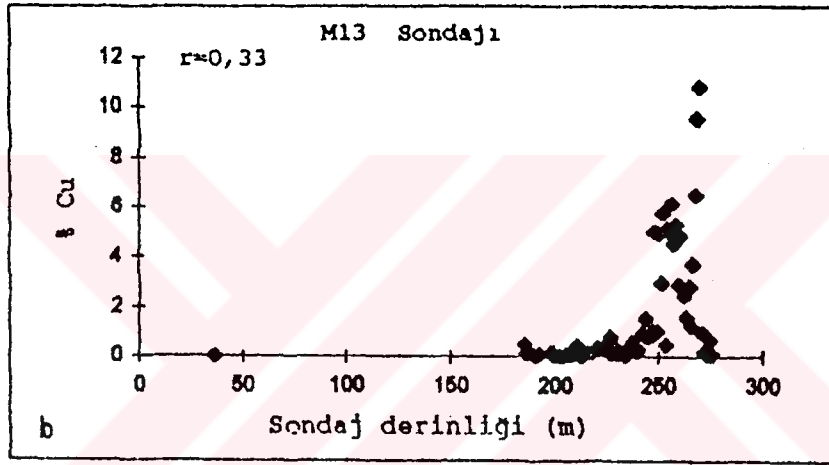
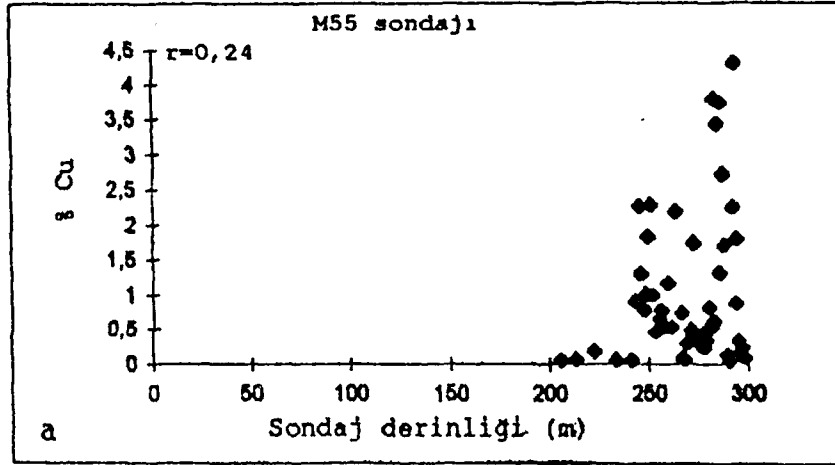
Şekil 5.3.-5.7. elementlerin derinlikle değişimini gösteren korelasyon grafikleri ve bu sondajların logları görülmektedir. Siirt Madenköy sondaj logları incelendiğinde, genellikle piritin derinlere doğru azaldığı, manyetit ise arttığı görülür. Kalkopirit önce artmaktadır. Bunun belli bir seviyeden sonra azaldığı görülür. Fe elementinin derinlere doğru artması, Fe elementinin yatakta manyetite bağlı olduğuna işaret eder. Bakır cevherleşmelerinin özellikle diyabaz ve spilitlere bağlı olduğu elde edilen verilerle doğrulanmaktadır.

Çizelge 5.2. Sondajlarda derinlikle elementler arasındaki korelasyon katsayıları.

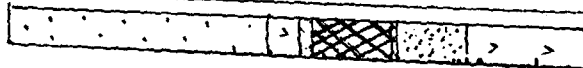
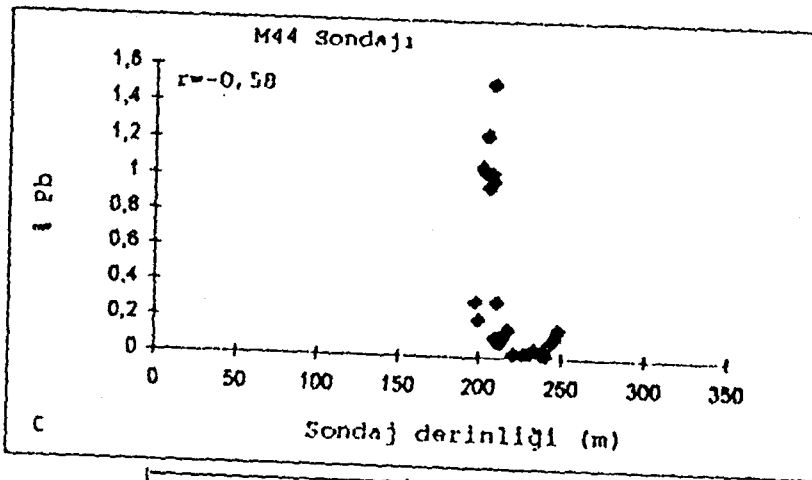
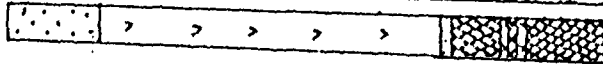
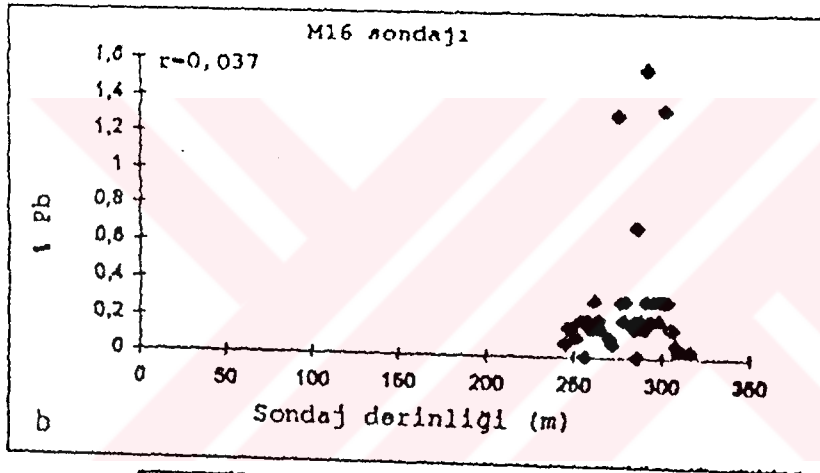
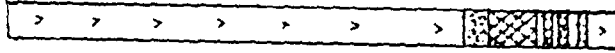
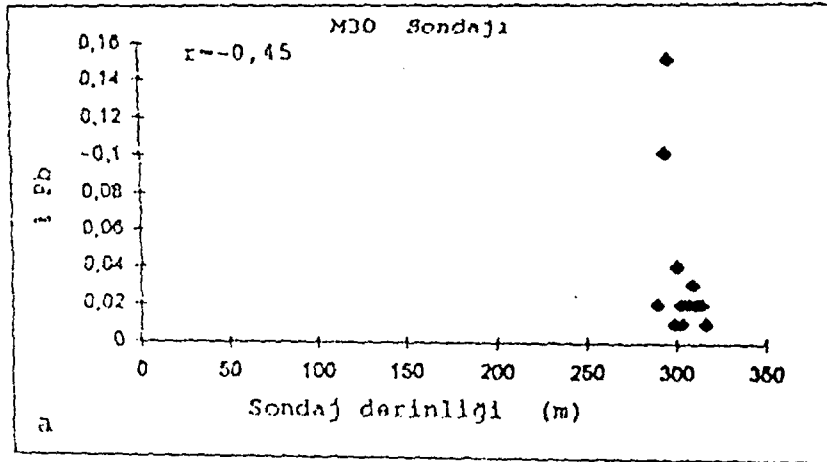
SONDAJ	Cu	Zn	S	Fe	Pb
M1	-0,02	-0,048			
MG2	0,44	-0,13	-0,3		
M3	-0,39	-0,16	-0,81	0,84	
M4a	0,23	0,06	-0,56	0,46	-0,24
M5	-0,38	0,21	0,19	0,6	
M7	0,1	-0,21	0,41	0,45	0,18
M8	-0,43	-0,55	-0,85	0,19	-0,26
M11	-0,5	-0,38	0,62		
M12	-0,67	-0,35	-0,86	0,54	0,26
M13	0,33	-0,63	-0,25	0,51	0,52
M14	0,15	-0,35	-0,99		
M15	0,38	0,12	0,76		0,03
M18	-0,02	0,03	-0,28		
M19	-0,33	0,09	0,4	0,79	
M20	-0,51	-0,49	0,54	0,45	
M28	0,02	-0,25	-0,94	0,75	
M29	0,53	-0,22	-0,88	0,5	
M30	-0,08	-0,62	-0,93	0,28	-0,45
M32	0,34	-0,075	0,21	0,47	
M34	0,7	-0,17	0,13	0,76	
M35	0,02	0,07	-0,07		0,36
M36	0,82	-0,15	-0,9		
M39	0,76	0,79	-0,77	0,21	0,84
M42	0,4	0,61	-0,12	-0,27	-0,07
M44	-0,37	-0,56	0,53		-0,58
M45	0,049	-0,75	-0,72	-0,04	-0,71
M46	0,18	-0,23	0,7	0,73	-0,68
M52	0,54	-0,35	-0,31	0,72	
M54	0,27	0,38	-0,93	0,59	
M55	0,24	-0,25	-0,86	0,66	-0,05
M56	-51	-0,41	-0,68	-0,86	0,47
M60	0,17	-0,76	0,002	0,72	-0,36
M61	-0,28	-0,33	-0,66		
MG61	-0,42	-0,62	-0,97		
MG62	0,58	-0,12	0,09	0,69	-0,59
M65	0,31	0,87	-0,89	0,64	-0,83
M66	-0,49	-0,46	-0,59	0,39	
M77	0,5	0,08	0,7	0,39	
M80	0,43	0,34	-0,49		0,15
M81	0,25	-0,59	-0,9	-0,35	-0,59
M82	0,03	0,61	-0,39		0,34
M84	0,35	0,22	-0,52	0,22	
M87	-0,76	-0,48	0,69		
M88	-0,18	-0,95	0,9	0,06	-0,63
M89	0,39	0,41	-0,61		
M91	-0,51	-0,28	-0,77	-0,45	

Açıklama: Sondaj loglarındaki cevherlerin lejantı:

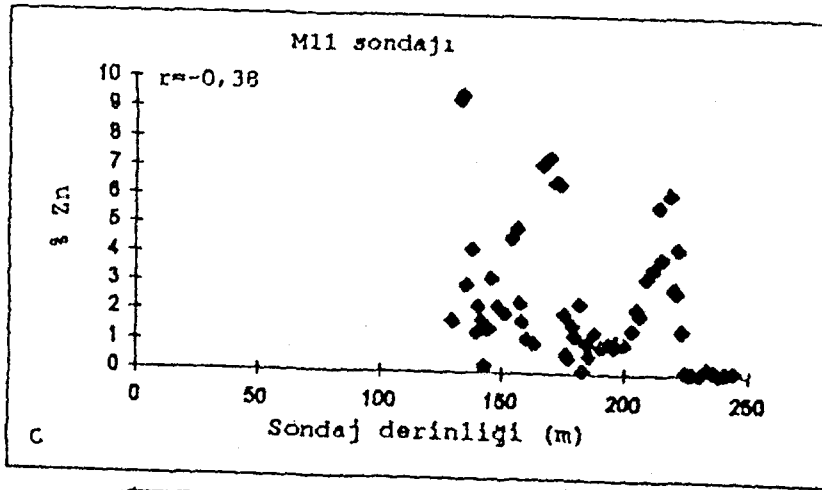
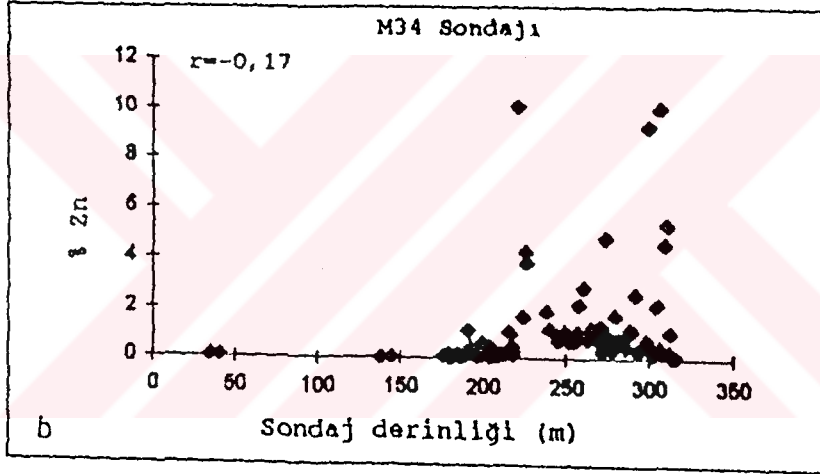
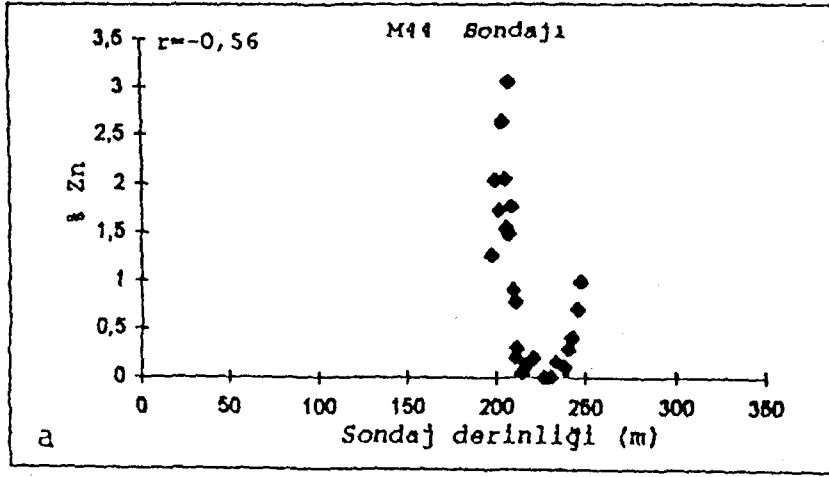
-  Saçınımlı pirit - kalkopirit
-  Masif pirit - kalkopirit
-  Masif pirit - kalokopirit - manyetit
-  Masif manyetit
-  Saçınımlı pirit
-  Saçınımlı kalkopirit
-  Sediman
-  Diyabaz gabro



Şekil 5.3. Cu'nun derinlikle değişimi.

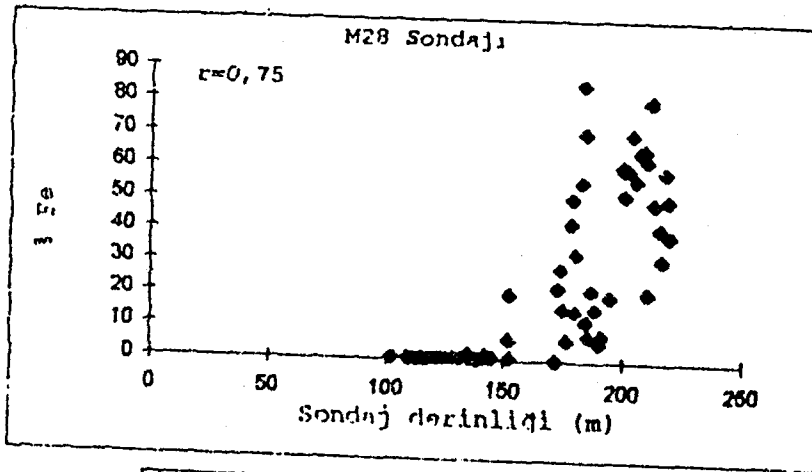
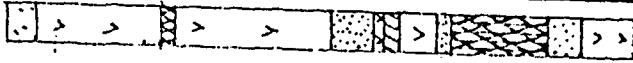
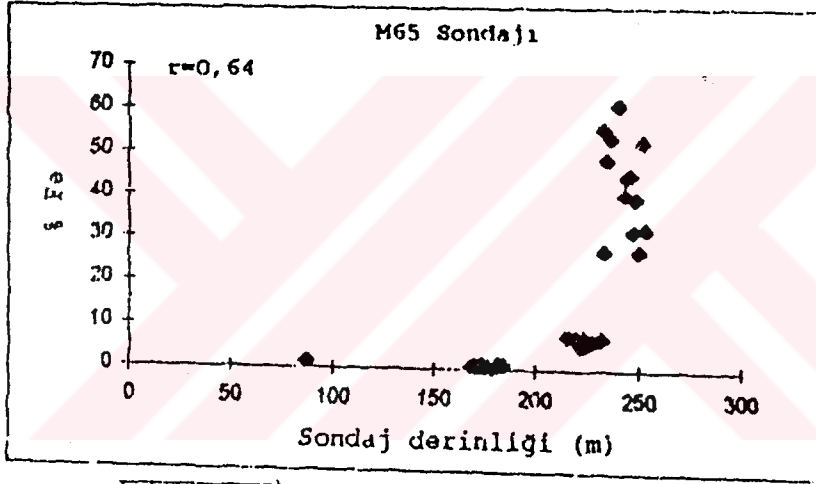
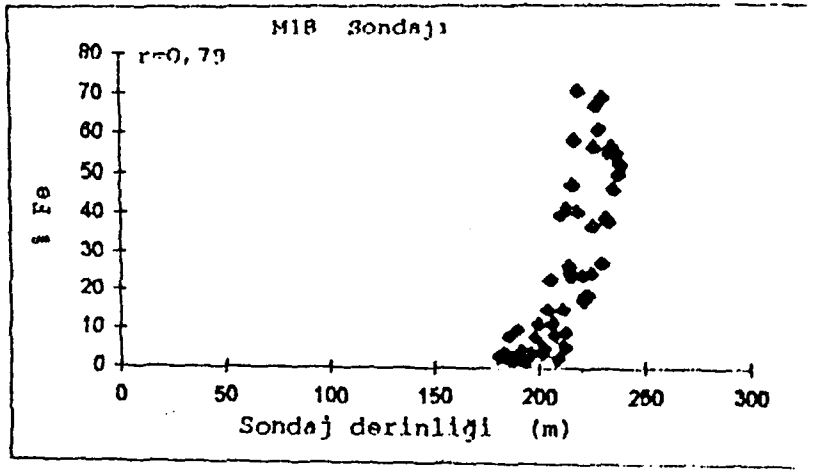


Şekil 5.4. Pb'nin derinlikle değişimi

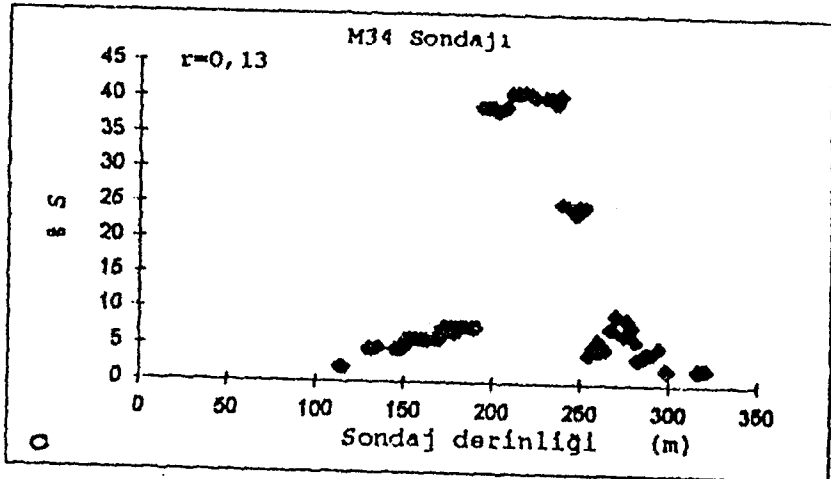
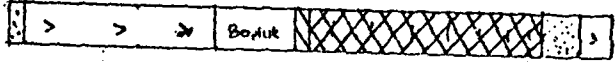
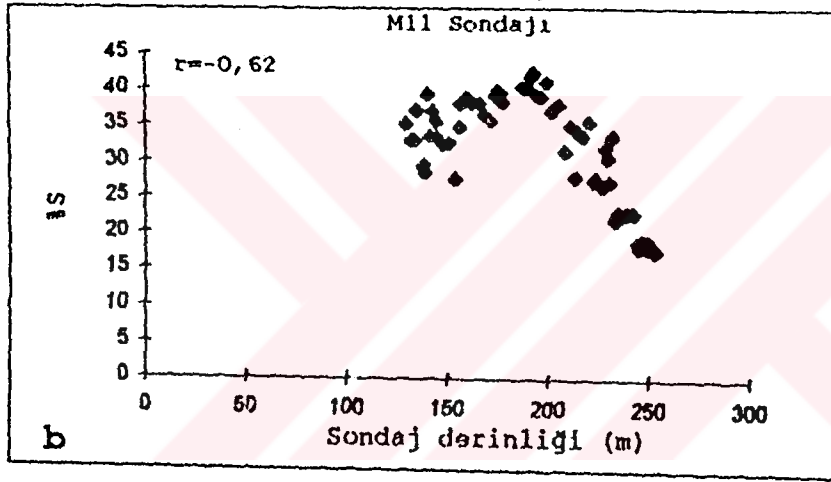
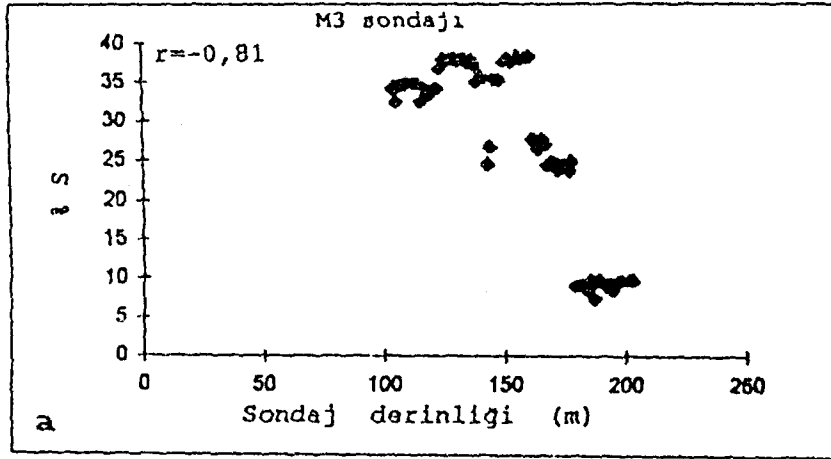


Şekil 5.5. Zn'nin derinlikle değişimi





Şekil 5.6. Fe'nin derinlikle değişimi



şekil 5.7. S'nin derinlikle değişimi

## 6.VARYOGRAMLAR

Maden yataklarında çeşitli özellikler, örneğin tenör dağılımı, mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim, yerbilimlerinde bir noktaya bağlı değişkenler olarak nitelendirilir. Rejyonalize veya yere bağlı değişkenler diğer jeostatistiksel yöntemlere karşın analiz veya örnek değerlerinin birbirine bağımlılıklarını hacimsel olarak ele alır ve bunun temeli varyogramlara dayanır.

Varyogramlar iki numunenin farkını, aralarındaki uzaklığa göre ifade eden bir fonksiyondur. Pratikte bir varyogram ile değer farkları karelerinin ortalaması, uzaklığın fonksiyonu olarak gösterilir. Bu fonksiyonla, bir örneğin komşu örneğe ne kadar benzediğini inceleme olanağı sağlanmış olur. Bu bağıntının genel denklemi

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum (x_i - x_{i+h})^2$$

Burada n, örnek sayısı, h, örnekler arasındaki mesafe(m),  $\gamma(h)$ ' da fonksiyon değeridir.  $x_{i+h}$ ,  $x_i$ 'den h kadar uzaklıktaki analiz değeridir. h uzaklığı x eksenini apsis üzerinde, fonksiyon değerleri de ordinat eksenini üzerinde gösterilerek bu fonksiyonun grafiği elde edilir.

Varyogramlar kullanılarak, eniyi örnek aralığı (a), hata payı (Co), eşik değer (sill), istatistiksel varyans, yatağın izotropi, anizotropi özelliği ortaya çıkarılabilmektedir (Akın, 1983).

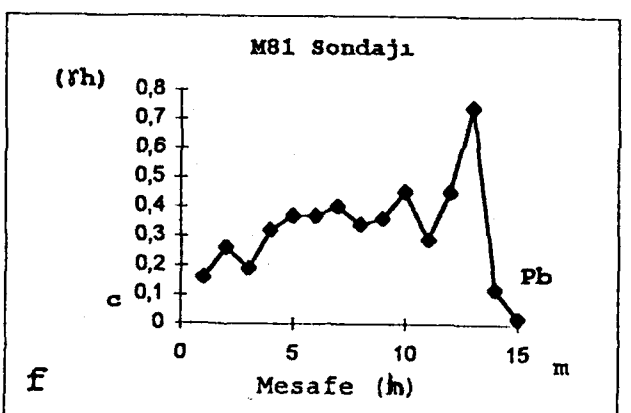
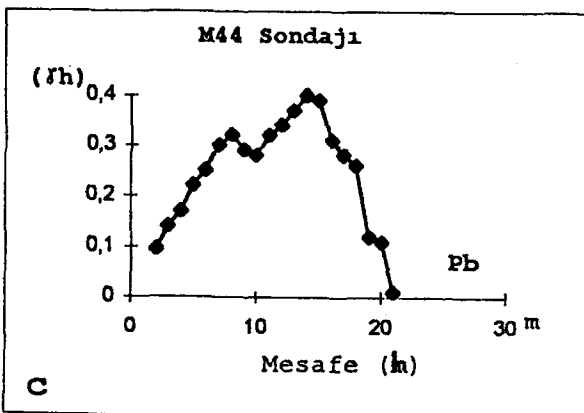
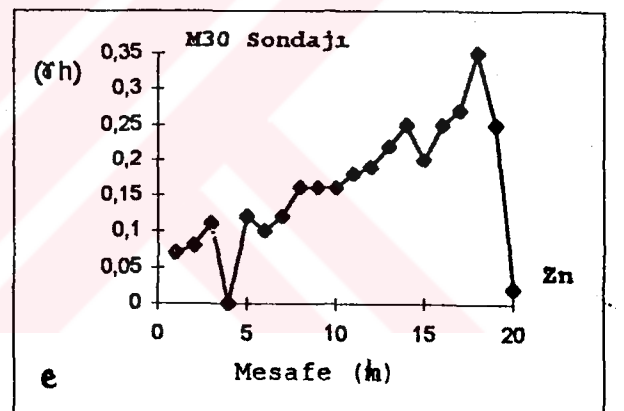
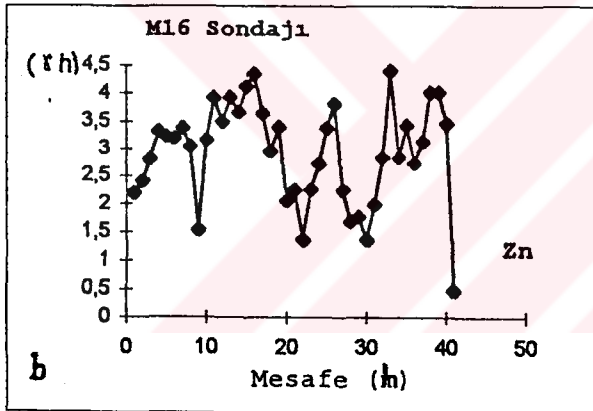
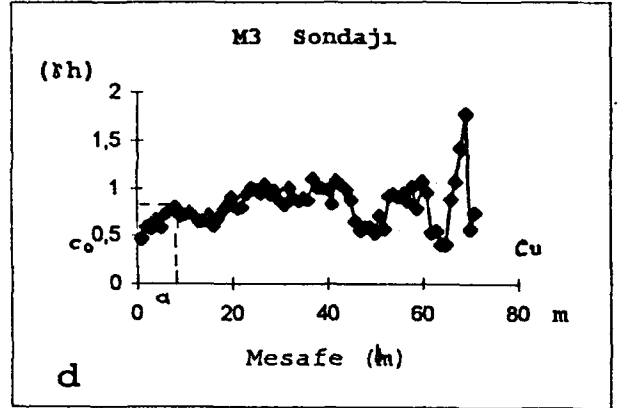
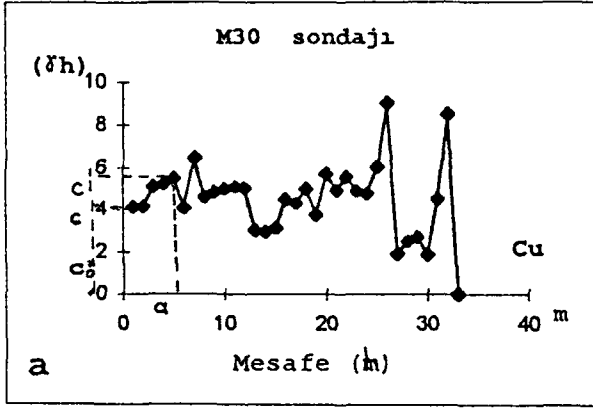
Başlangıç noktalarına göre varyogramlar çeşitli tiplere ayrılırlar ve şekilleri maden yatağının

özelliklerine göre çok farklı olabilmektedir. Sürekli (devamlı), doğrusal (lineer), süreksiz, sferik model ve dewijs (logaritmik) gibi modelleri bulunmaktadır (Matheron, 1971).

Siirt Madenköy bakır yatağında değişik sondajlarda Cu, Zn ve Pb'nin varyogramları incelenmiştir (Şekil 6.1.). Elde edilen varyogramların sferik tipte olduğu gözlenmektedir. Tesir mesafeleri dikkate alındığında, 5 m'den sonra örneklerin birbirini etkilemediği ortaya çıkmaktadır. Buna göre, yapılacak sondajlarda Cu için M30 sondajında 5 m, M3 sondajında 8 m, Zn için M16 sondajında 4 m, M30 sondajında 4 m, Pb için, M44 sondajında 7 m, M81 sondajında 2 m'de bir örnek alınması uygundur.

Varyogramlarda Co değerleri (nugget effect), hata payıdır. Örnekler arasındaki tenör farkından kaynaklanmaktadır ve tenör farkları değişik varyanslar oluşturabilir. C1 ise eşik değeri göstermektedir. C, bir varyogramın a örnek aralığı mesafesinde ulaştığı değerdir. Matematiksel olarak  $Co+C$ , populasyonun istatistiksel varyansını vermektedir.

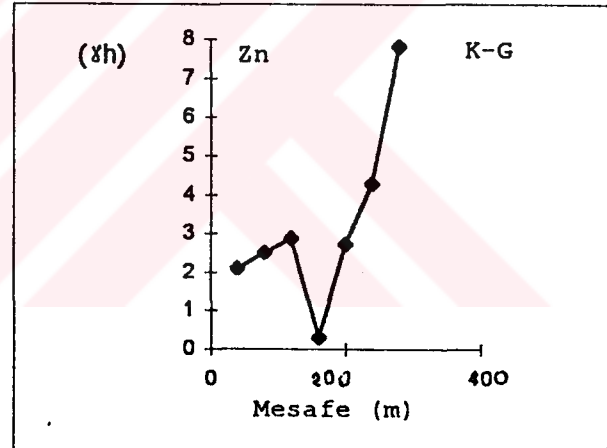
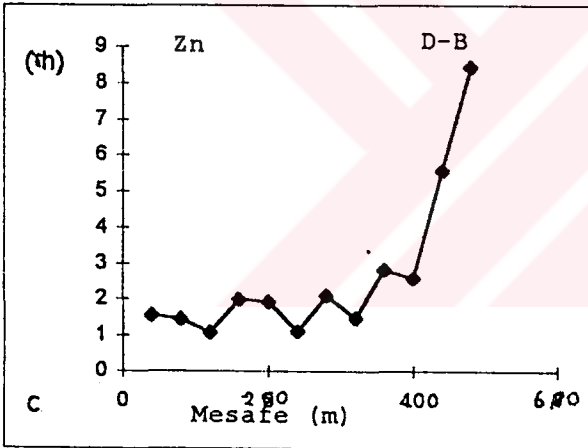
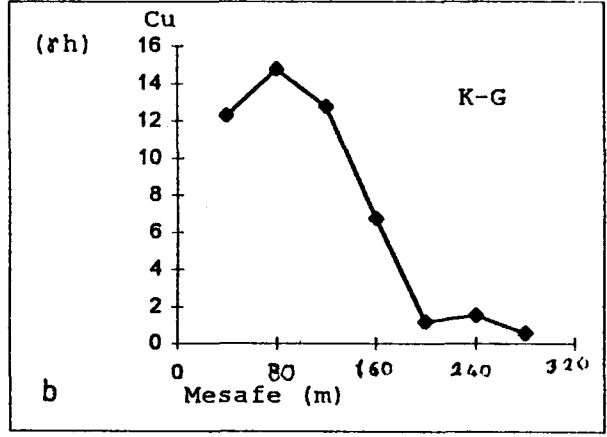
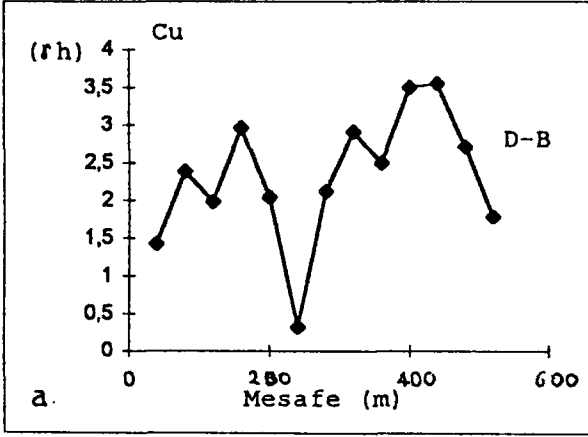
Varyogramların bir diğer kullanım alanı cevher yankayaç ilişkisini göstermesidir. Şekil 6.1.'de varyogramlarda ardalanma (hole effect) özelliği görülmektedir. Bu yatakta, yankayaç ve cevher, zengin ve fakir (masif-dissemine) cevherli kısımların ardalanmalı olarak bulunmasından kaynaklanmaktadır. Varyogramlarda, eğrilerin yükselen kısımları cevher merceklerini (masif cevher), azalan kısımlar ise fakir kısımları (yankayaç-dissemine cevher) göstermektedir. Buna göre yatakta derinlik



Şekil 6.1. Bazı önemli sondajlarda Cu, Zn ve Pb varyogramları.

arttıkça, cevherli ve cevhersiz kısımlar, birbirini izlemektedir.

Anizotropi, yatağın bir yönde tedrici ve küçük tenör değişikliklerine karşılık, diğer yönde daha düzensiz değişiklikleri göstermesidir. Çoğunlukla masif sülfid kütleleri içerisinde, ağsı (stokvork) tip cevherlerde görülmektedir. Yatakta K-G ve D-B yönleri boyunca alınan sondajların ortalama değerleri ile varyogramlar çizilmiştir. Pb değerleri çoğu sondajda bulunmadığı için Pb'nin anizotropisi incelenmemiştir. Şekil 6.2.' de görülen bu varyogramlarda a değerleri birbirine yakındır. Ancak farklı c değerleri mevcuttur. Bu da yatakta yerel anizotropi olduğunu göstermektedir. Yerel anizotropi çeşitli yapısal özelliklerin, örneğin değişik cevher tiplerinin iç içe girdiğini, geometrik anizotropi ise cevherin yanal değişiminin benzerliğini ifade etmektedir. Yanal düzensizlik sondaj aralıklarının eşit ve geniş tutulmasına, yerel anizotropi ise sık örneklenmeyi gerekli kılmaktadır. Buna göre M.T.A. tarafından gerçekleştirilen çalışmaların yatağa uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 6.2. Yatağın anizotropisini gösteren varyogram modelleri

## 7. REZERV HESAPLARI

### 7.1. Genel Bakış

Bir maden yatağının işletilebilirliği genel anlamda rezerv ile tanımlanır (Peters, 1978). Bu nedenle bir yatağın ekonomik işletilebilmesi, herşeyden önce yatağın rezervlerinin sağlıklı bir şekilde hesaplanmasına bağlıdır. Böylece yatağın ekonomikliği işletmeye uygunluğu ve hangi oranda yatırım yapılacağı hususları açığa açığa kavuşur. Rezervler günün ekonomik koşullarında ve varolan teknolojiyle, karlı bir biçimde minerallerin kazanılabileceği kaynaklardır (Govett ve Govett, 1974). Rezerv sözcüğü maden yataklarında işletilebilir veya işletilemez yeraltı kaynaklarının büyüklüğünü ifade eder. Bu büyüklük ton veya  $m^3$  ile ifade edilir.

Rezerv hesaplamasında 4 temel parametre önemlidir.

- 1- Cevherli alan
- 2- Cevher kütlesinin hacmi
- 3- Cevher kütlesinin yoğunluğu
- 4- Cevher kütlesinin ortalama tenörleri

Hesaplamalarda, ilk olarak, yatağın cevherli yüzey alanları ölçülür. Düzensiz yatakların yüzey alanları; planimetre aleti, verval yöntemi ve milimetrik kağıt kullanılarak yamuklara veya öteki geometrik şekillere ayırarak veya Simpson formülü kullanılarak hesaplanır (Ayhan, 1991). Siirt Madenköy'de kesit yöntemiyle oluşturulan cevherleşme modelleri, milimetrik kağıt üzerinde oluşturulan geometrik şekiller kullanılarak hesaplanmıştır.

Yoğunluk cevher yatağının miktarının belirlenmesinde önemli etkenlerden biridir. Basit bir biçimde, ağırlığın hacme oranı olarak tanımlanabilir. Her yatakta, nem, gözeneklilik ve alterasyon farklı olduğundan, yoğunluk değerleri de farklı olmaktadır. Bu nedenle, cevherin yoğunluğu laboratuvarında deneylerle saptanır. Siirt Madenköy



bakır yatağının cevher yoğunluğu M.T.A. tarafından düzenli olarak yapılmıştır. Bunun için örnekler 65 meşe kadar öğütüldükten sonra piknometre ile ölçülmüştür (Aksoy, 1981). Rezerv hesaplamasında yatak için saptanmış olan  $3.5 \text{ gr/cm}^3$  değeri esas alınmıştır. Rezerv hesaplamasında kullanılan en önemli parametrelerden biri de hacimdir. Cevher kütesinin farklı geometrik şekillerde bulunmaları, bunların hacimlerinin bulunmasında, farklı hesaplama yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Cevher kütlelerinin hacimleri, düzgün geometrik şekilli yataklarda bilinen basit aritmetik yöntemlerle hesaplanabilirken, daha düzensiz şekilli yataklarda koni, kesik koni, silindir ve prizma formüllerinin yardımıyla belirlenirler.

Tenör, kimyadaki anlamıyla, ağırlık faktörlerine dayanan bir oranı ifade eder. Örneğin belirli bir cevher örneğinin belirli bir element veya bileşik bakımından tenörü, bu element veya bileşiğin bu örnek içindeki ağırlığının örneği meydana getiren cevherin kuru haldeki ağırlığına oranıdır (Caner, 1983).

## **7.2. Rezerv Hesaplama Yöntemlerinin Seçimi ve Esas Alınan İlkeler**

Maden yataklarında rezerv hesaplama yöntemleri, yatağın konumuna, inceleme yöntemlerine, boyut büyüklüğüne ve cevher dağılımına bağlı olarak seçilir. Ayrıca jeolojik yapısal özellikleri gözönünde bulundurulur (Ayhan, 1991). Rezerv hesaplama yöntemleri, geometrik yöntemler ve değer taşıma (istatistikî ve jeostatistikî yöntemler) olmak üzere ikiye ayrılır.

Siirt Madenköy bakır yatağı için en uygun rezerv hesaplama yöntemi, yatağın mercek şekli, sondajların bir ağ şeklinde yerleştirilmesi ve boyutları nedeniyle, paralel kesit yöntemidir. Bu yöntem yatağın üç boyutlu durumunun kesitlerle gösterilmesi, işletme tasarımının yapılması ve

yatağın belli bölümlerinin tenör ve tonaj değerleriyle tanımlanması gibi üstünlükler sağlamaktadır.

### 7.3. Rezerv Hesaplanması

Yukarıda anlatılan ilkeler alınarak buradaki hesaplamalarda şu yol izlenmiştir.

1- Yatakta yapılmış 61 sondajın çoğundan geçecek şekilde KD - GB yönünde, birbirine paralel, farklı aralıklarla 12 kesit alınmıştır (Şekil 7.1.). Böylece komşu iki kesit arasındaki hacimler blok (geometrik şekil) teşkil edecek şekilde, yatak çeşitli büyüklükteki dilimlere ayrılmıştır. Sondajların gerçek bakır değerleri için, % 0.20 Cu'dan büyük bakır değerleri hesaba alınarak Cu analiz değerleri, % 0.20-1.00, % 1.00-2.00, % 2.00-3.00, % 3.00-% 4.00 ve % 4.00 sınıflarına ayrılmıştır. Bu tenör sınıflarına göre kesitlerin üzerindeki cevherli alanlar çizilmiştir. Cevher alanları çizilirken, sondajlar arasındaki mesafenin yarısı sondajların etki alanı olarak alınmış, komşu iki sondajın cevher seviyeleri birleştirilerek (45° eğim farkına kadar) kesitler üzerindeki cevher alanları oluşturulmuştur (Şekil 7.2- 7.13).

2- Bu tenör sınıflarının oluşturulduğu alanlar, ayrı ayrı milimetrik kağıtla hesaplanmıştır (Çizelge 7.1.).

Rezerv hesaplamasında ilk önce, iki kesit arasındaki ortalama alan

$$F1+F2$$

F= ----- formülü ile hesaplanmıştır.

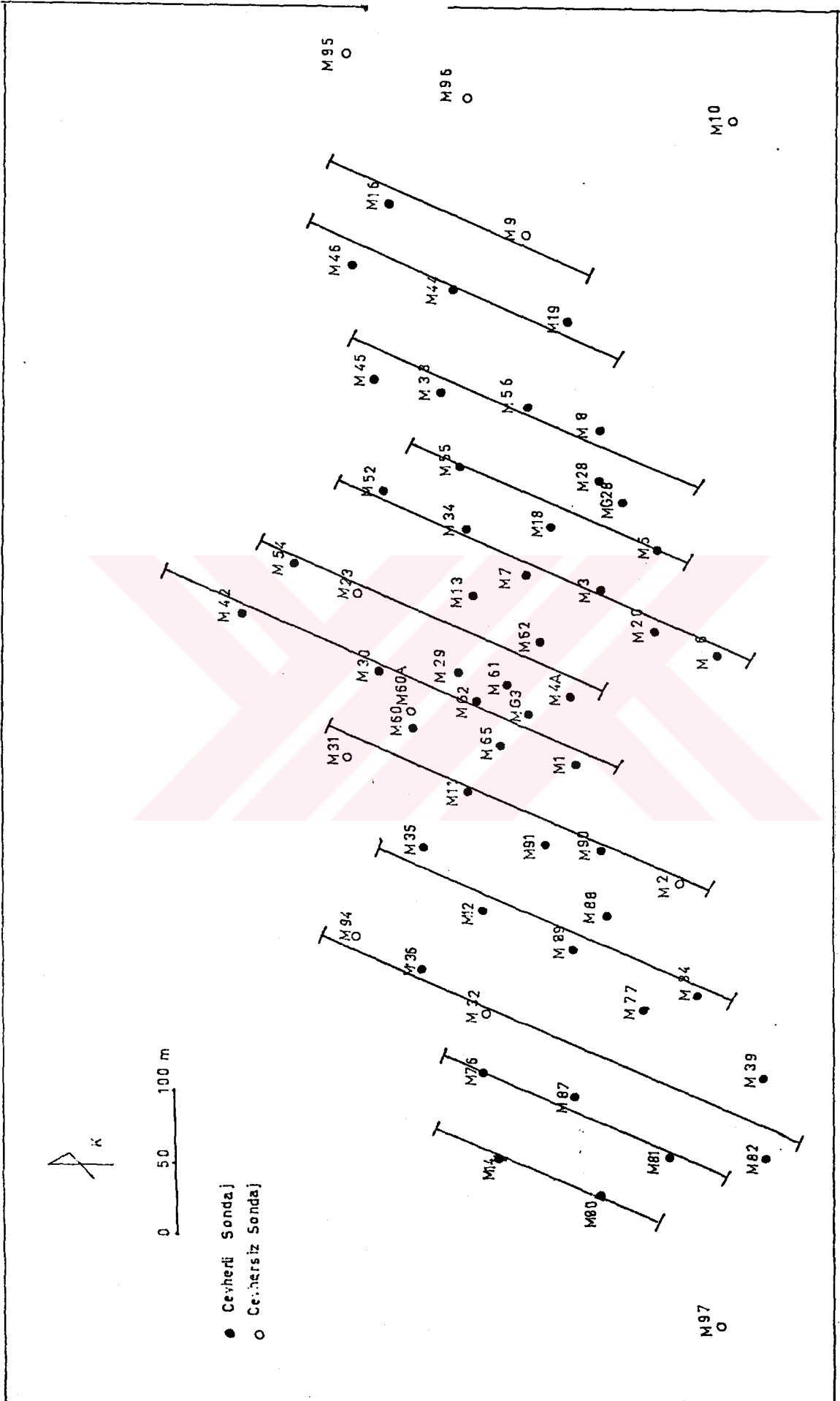
$$2$$

3- Tenör sınıflarına göre hesaplanan ortalama alan, iki kesit arasındaki mesafe ile çarpılarak,  $V=F \times L$  formülüne göre cevher bloklarının hacmi bulunmuştur.

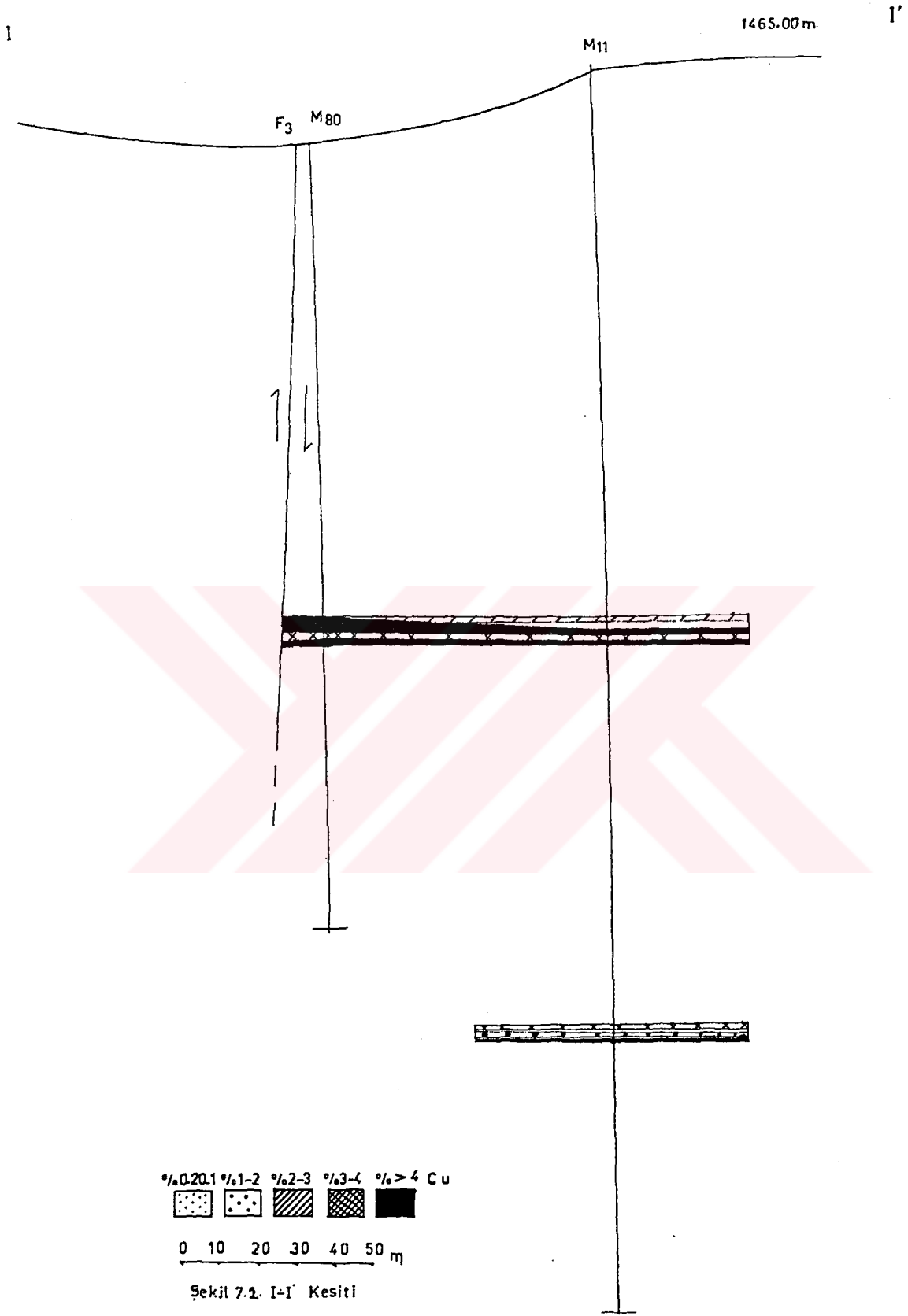
4- Bu hacimler  $Q=V \times d$  formülüne göre yatağın yoğunluğuyla çarpılarak blokların ayrı ayrı rezervleri, bunların toplamından toplam rezerv olarak 14.3 mil.t. hesaplanmıştır. Bulunan blok rezervlerinin ayrıntıları

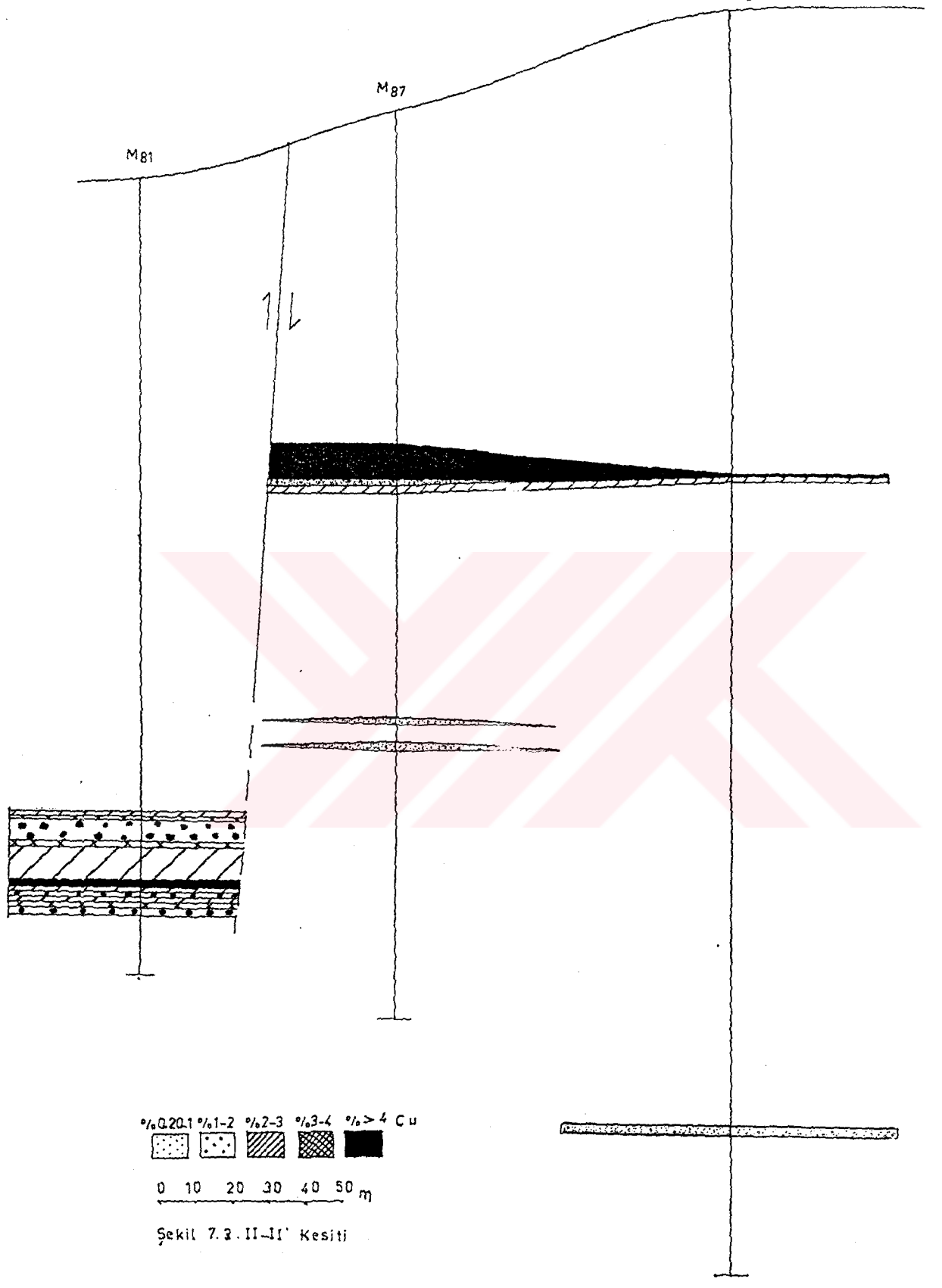
çizelge 7.2 'de verilmiştir. Bir maden yatağı için rezervlerinin yanında ortalama tenörü de oldukça önemlidir. Ortalama tenör metal içeriğinden bulunmuştur. Bunun için önce bloklardaki sondaj karotlarının analiz değerlerinin ortalaması ilgili rezerviyle çarpılarak (tenör sınıflarına göre) blokların Cu, Pb ve Zn metal içerikleri hesaplanmıştır. Daha sonra blokların metal içerikleri toplanarak toplam Cu, Pb ve Zn metal içerikleri bulunmuştur (Çizelge 7.2. sütun 10-11-12). Bu toplamların ayrı ayrı toplam rezerve bölümünden ortalama Cu, Pb ve Zn tenörleri elde edilmiştir. Buna göre Siirt Madenköy bakır yatağının ortalama Cu tenörü % 2.01, Pb tenörü % 0.20, Zn tenörü'nde % 0.54'tür.

5- Kesit yöntemiyle hesaplanmış olan rezervlerin kontrolü amacıyla ikinci bir yöntem olan üçgen prizma yöntemiyle rezerv hesabı tekrarlanmıştır. Bu yöntemle rezerv hesaplanırken, cevherli kütlenin yüzey alanı üçgenlere ayrılmıştır (Şekil 7.15). Bunun için yatak yüzeyi üçgenlere bölünmüştür. Bilinen geometrik yöntemlerle üçgenlerin alanları  $F = a \times ha/2$  formülüne göre bulunmuştur. Her üçgenin köşesinde bulunan sondajlardaki cevherli seviyenin % 20 Cu içeren kalınlıklar hesaplanmıştır. Bulunan cevher kalınlıkların ortalama değeri üçgen prizmanın yükekliği kabul edilmiştir. Ayrıca hesaplanan üçgen alanları da taban alınmıştır. Bu alanlar kalınlıkla çarpılarak üçgen prizmaların hacimleri elde edilmiştir. Hacimler yatağın ortalama yoğunluğu ( $3.5 \text{ gr/cm}^3$ ) ile çarpılarak rezervler bulunmuştur. Bulunan rezerv miktarı 14.794.483 ton'dur ve kesit yöntemiyle yapılan rezerv hesabına çok yakındır. Bu iki değişik yöntemle bulunan sonuç, birbirine çok yakın olduklarından, bulunan rezervler gerçek rezerv miktarını yansıtmaktadır. Bu rezervler, M.T.A.'nın hesaplarına da (15 mil. t) çok yakındır (Beküm ve Şekerci, 1976).



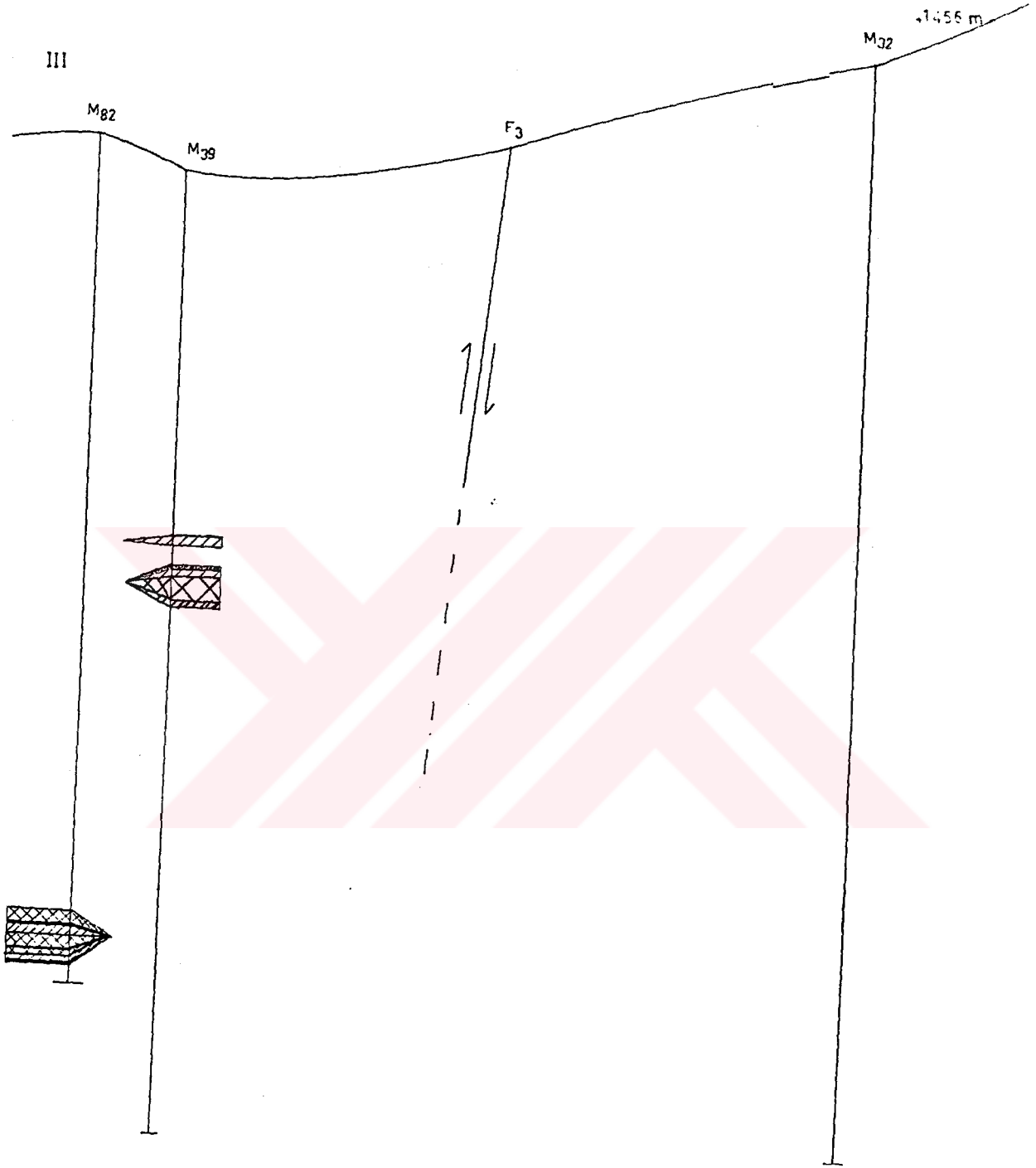
Şekil 7.1.1. Rezerv hesabı için alınan paralel kesitler





%0.20-1 %1-2 %2-3 %3-4 %>4 Cu

0 10 20 30 40 50 m

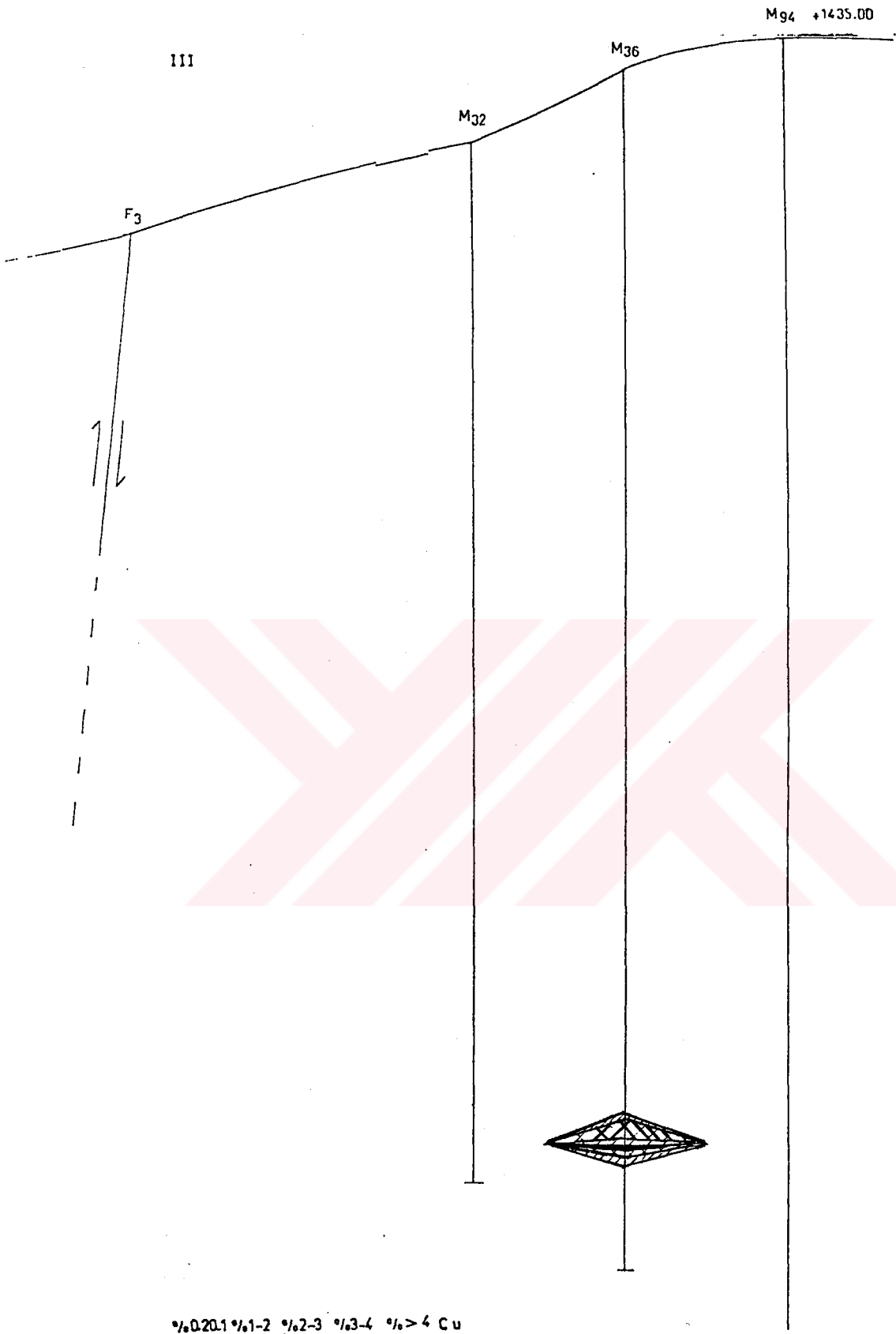


‰0.20.1 ‰1-2 ‰2-3 ‰3-4 ‰>4 Cu



0 10 20 30 40 50 m

Şekil 7.4 III-III' Kesiti



%0.20-1 %1-2 %2-3 %3-4 %>4 Cu



0 10 20 30 40 50 m

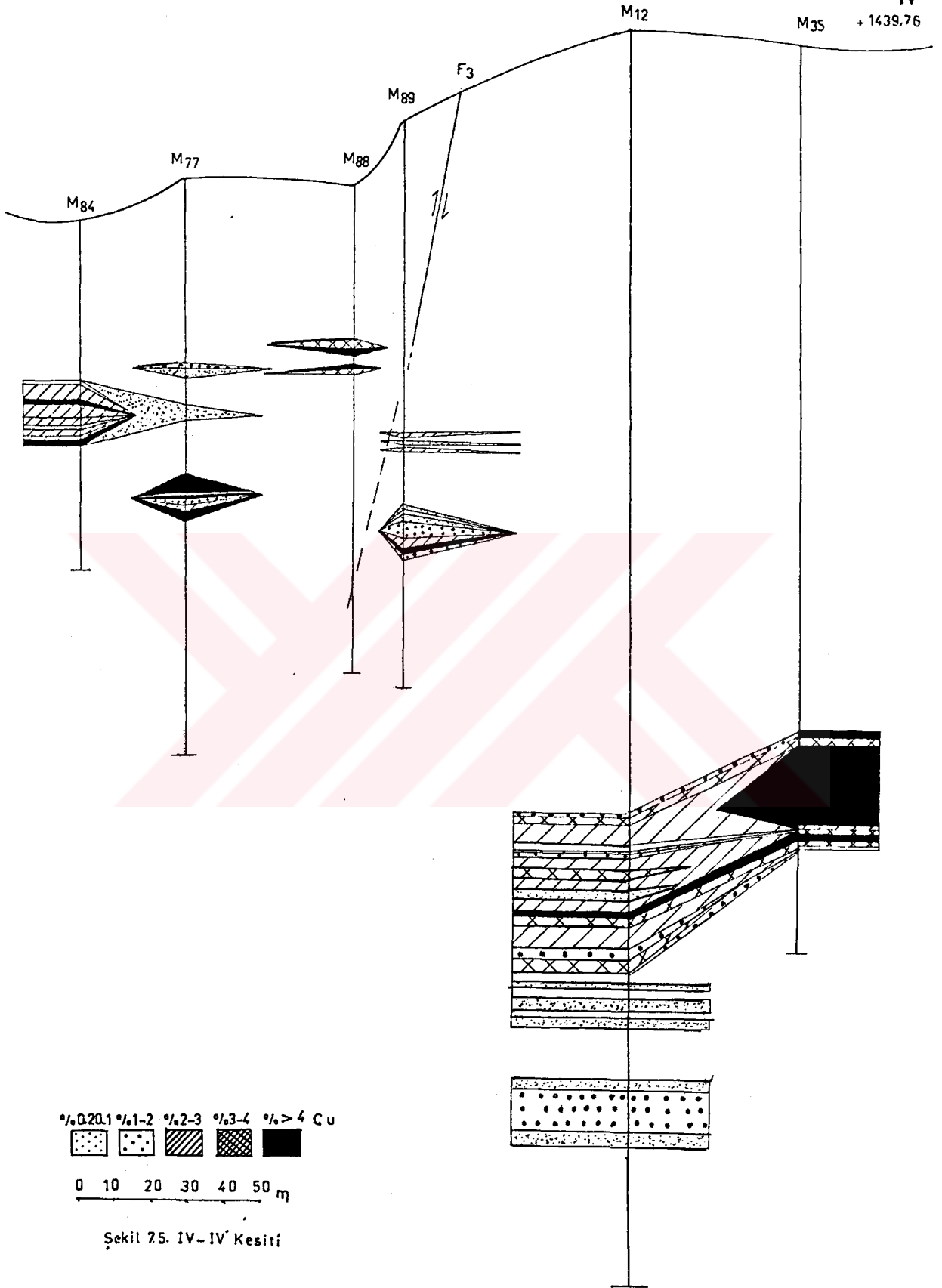
Şekil 7.4.ün devamı



IV

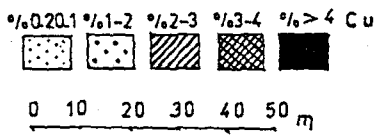
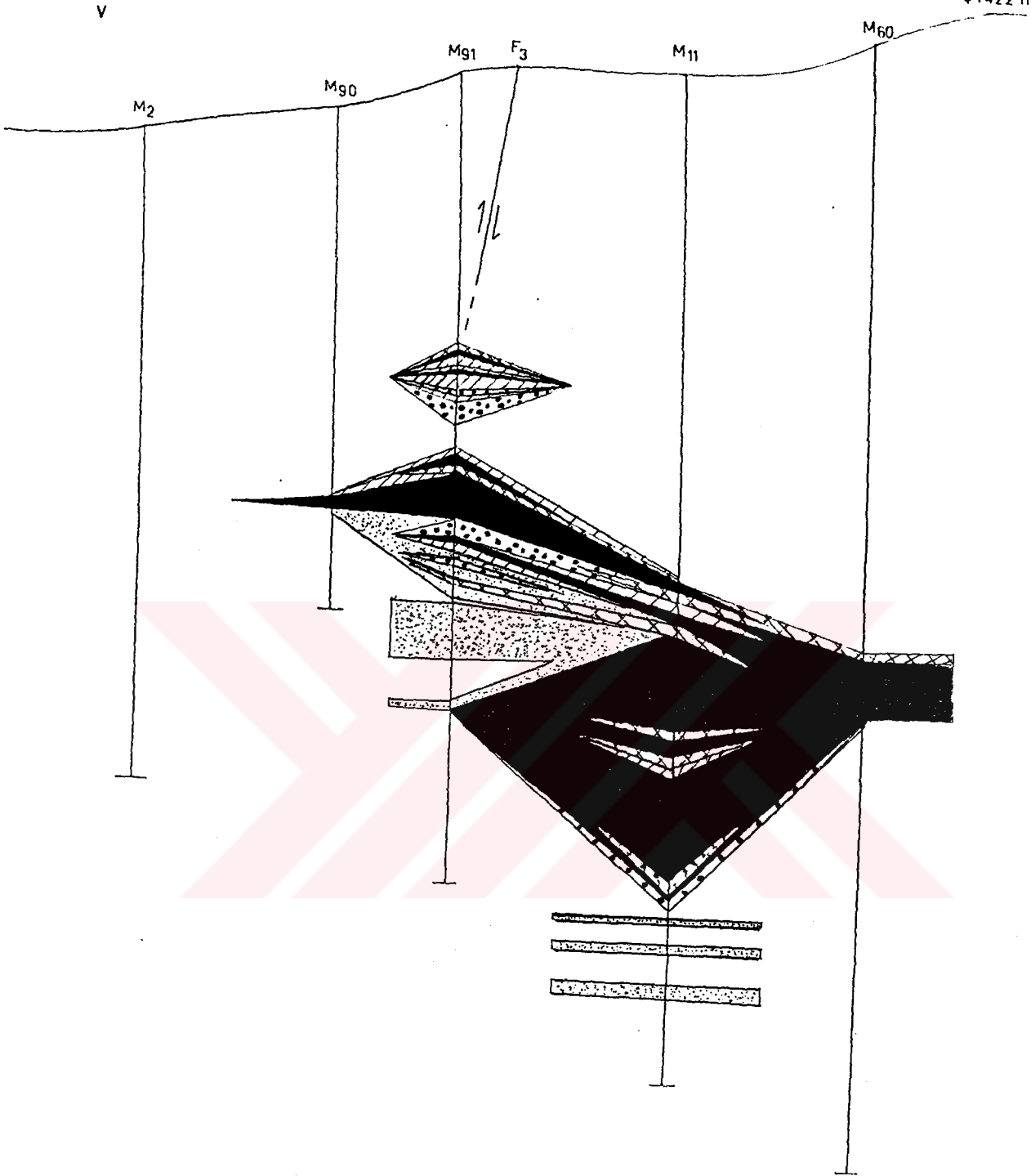
IV'

+ 1439,76



$\%0.0-20.1$   $\%1-2$   $\%2-3$   $\%3-4$   $\%>4$  Cu  
 0 10 20 30 40 50 m

Şekil 75. IV-IV' Kesiti

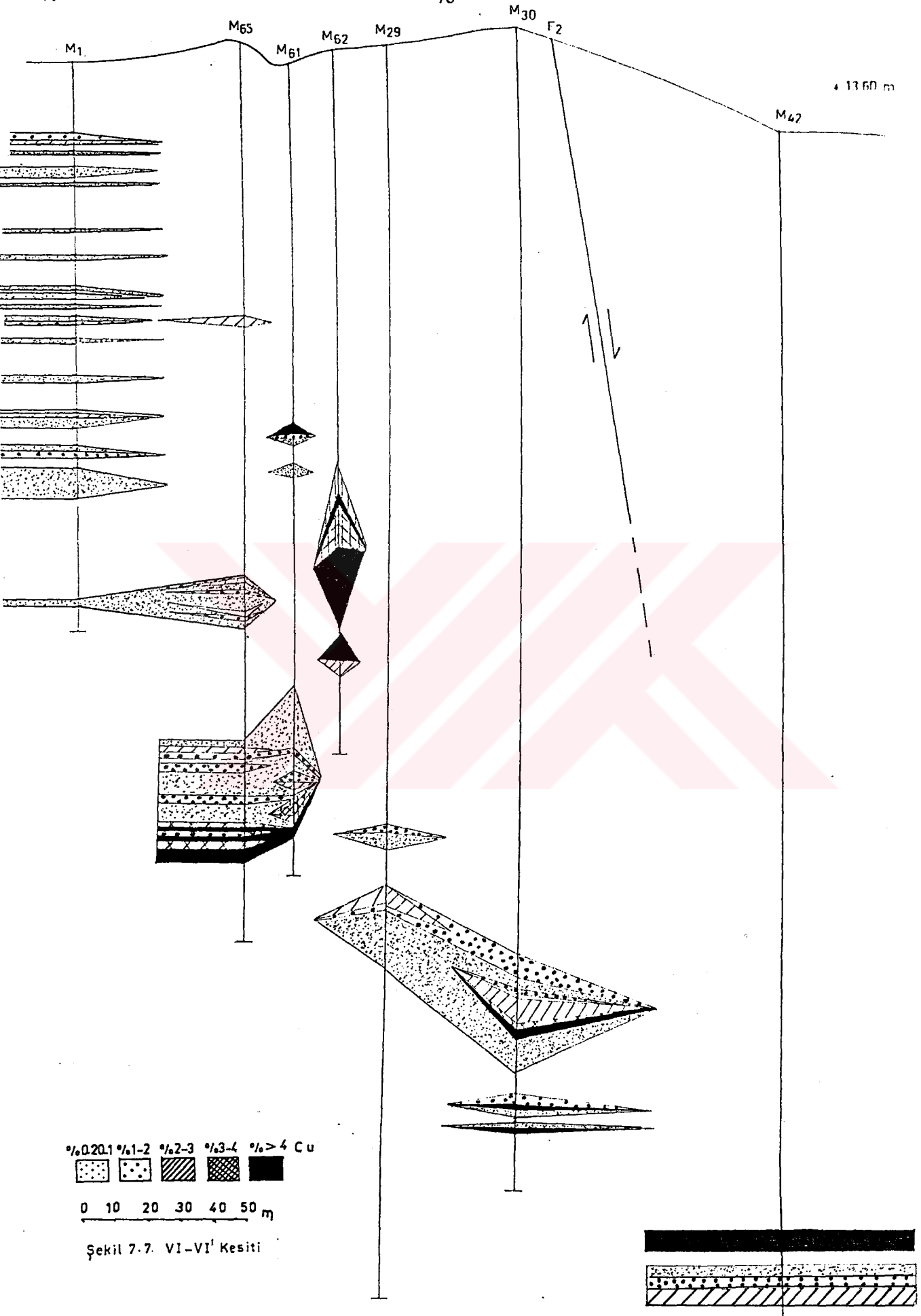


Şekil 7.6. V-V' Kesiti

VI

78

VI'



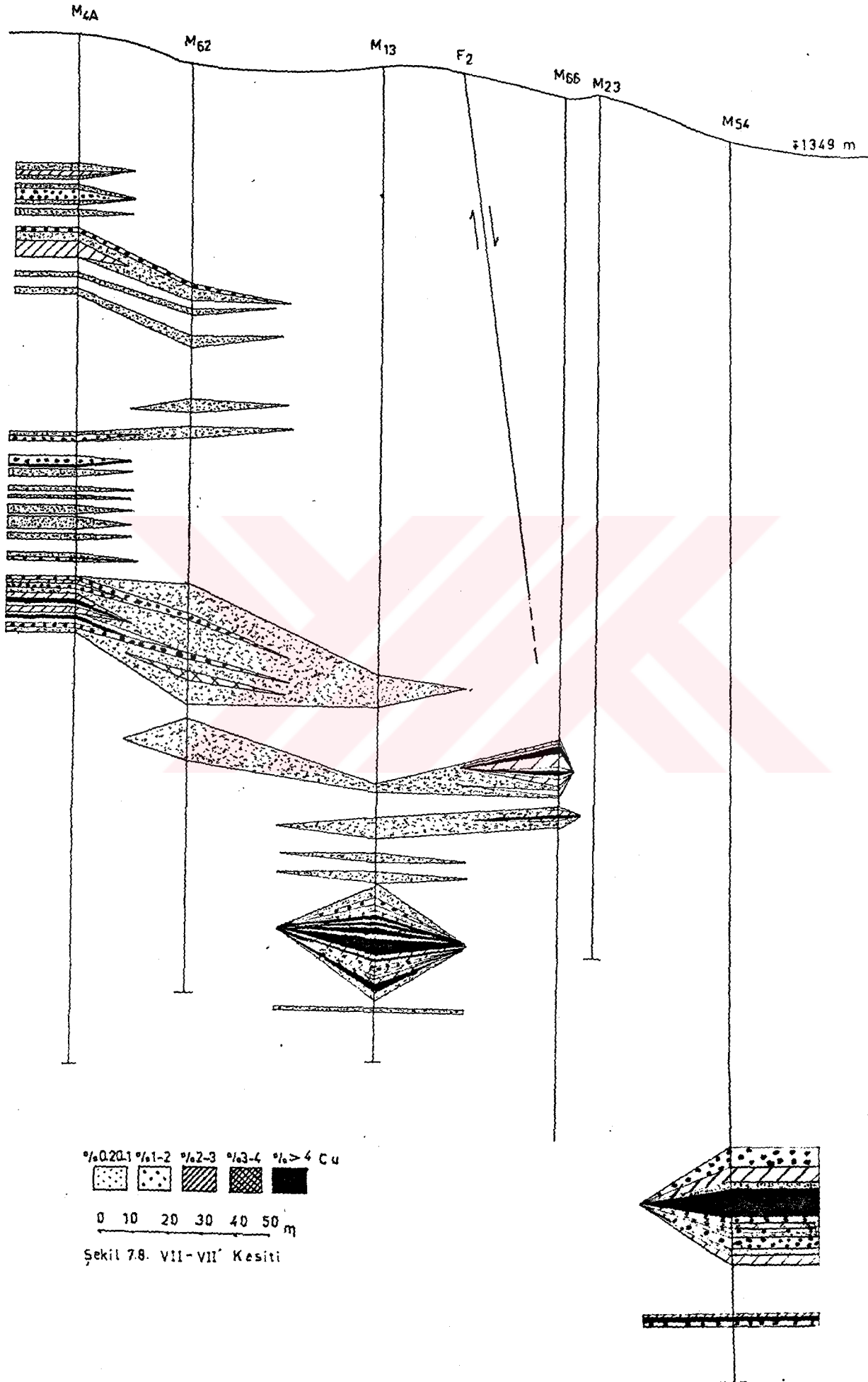
$\frac{\%}{0.20-1}$   $\frac{\%}{1-2}$   $\frac{\%}{2-3}$   $\frac{\%}{3-4}$   $\frac{\%}{>4}$  Cu

0 10 20 30 40 50 m

Şekil 7-7. VI-VI' Kesiti

vii'

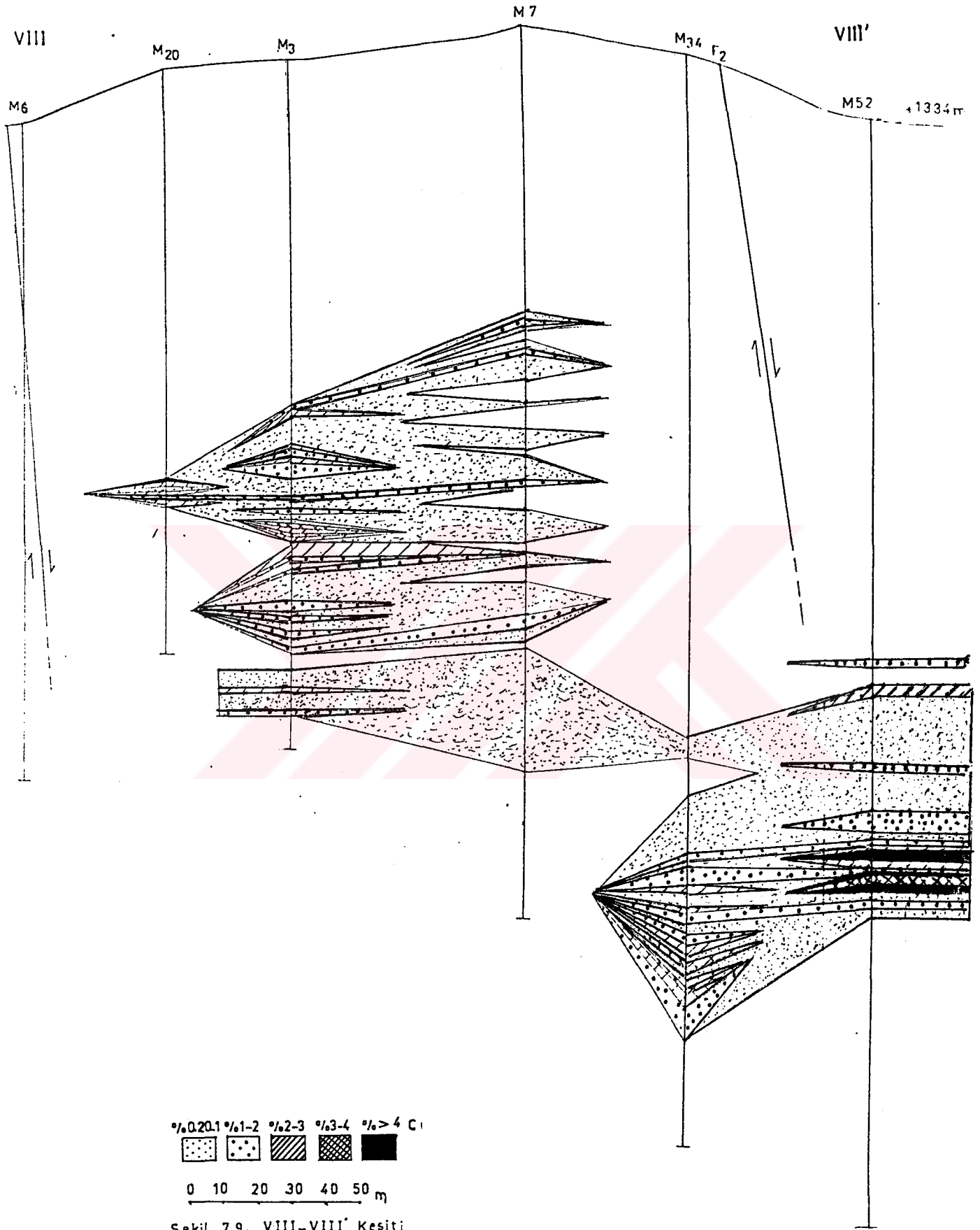
vii'



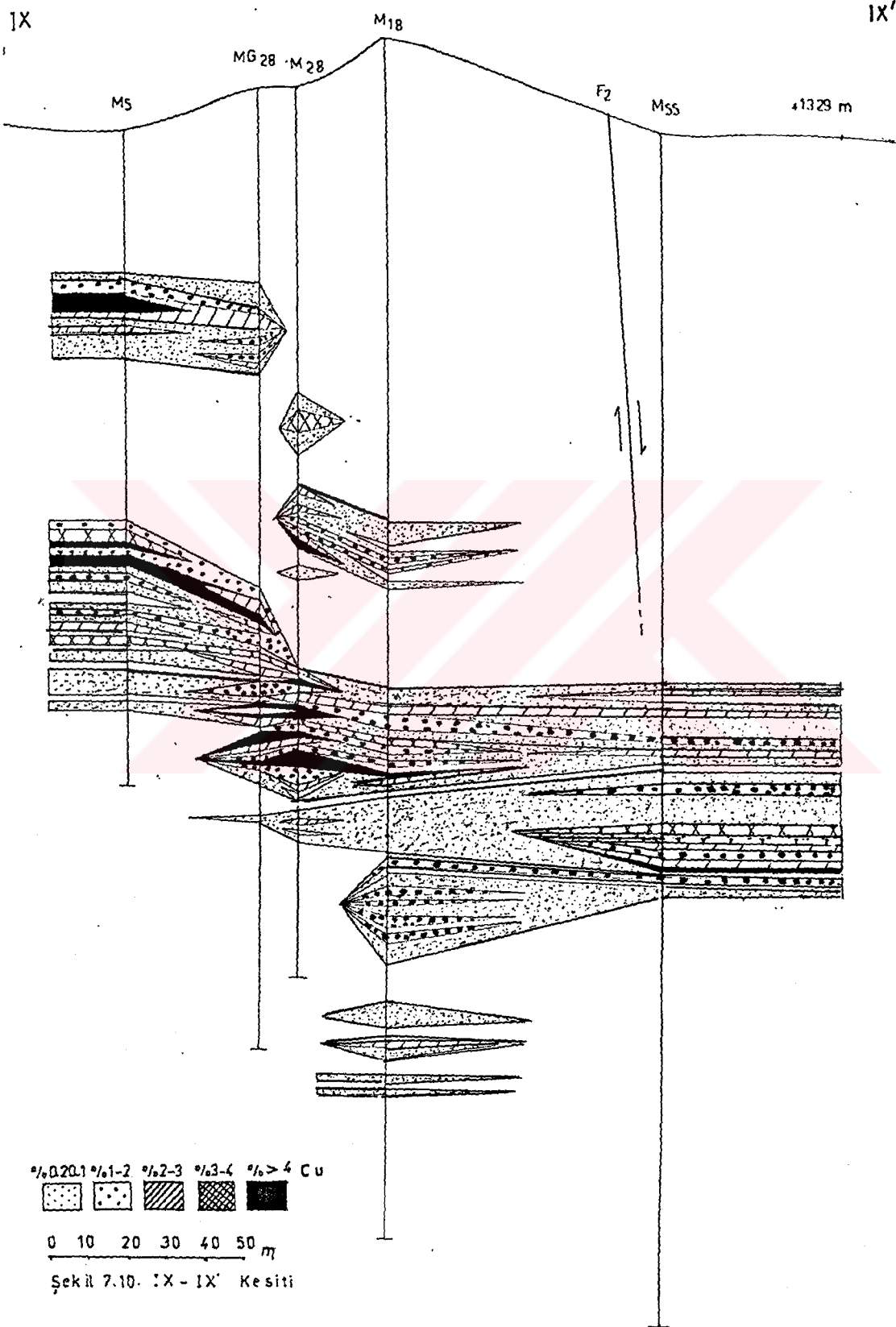
%0.20-1 %1-2 %2-3 %3-4 %>4 Cu

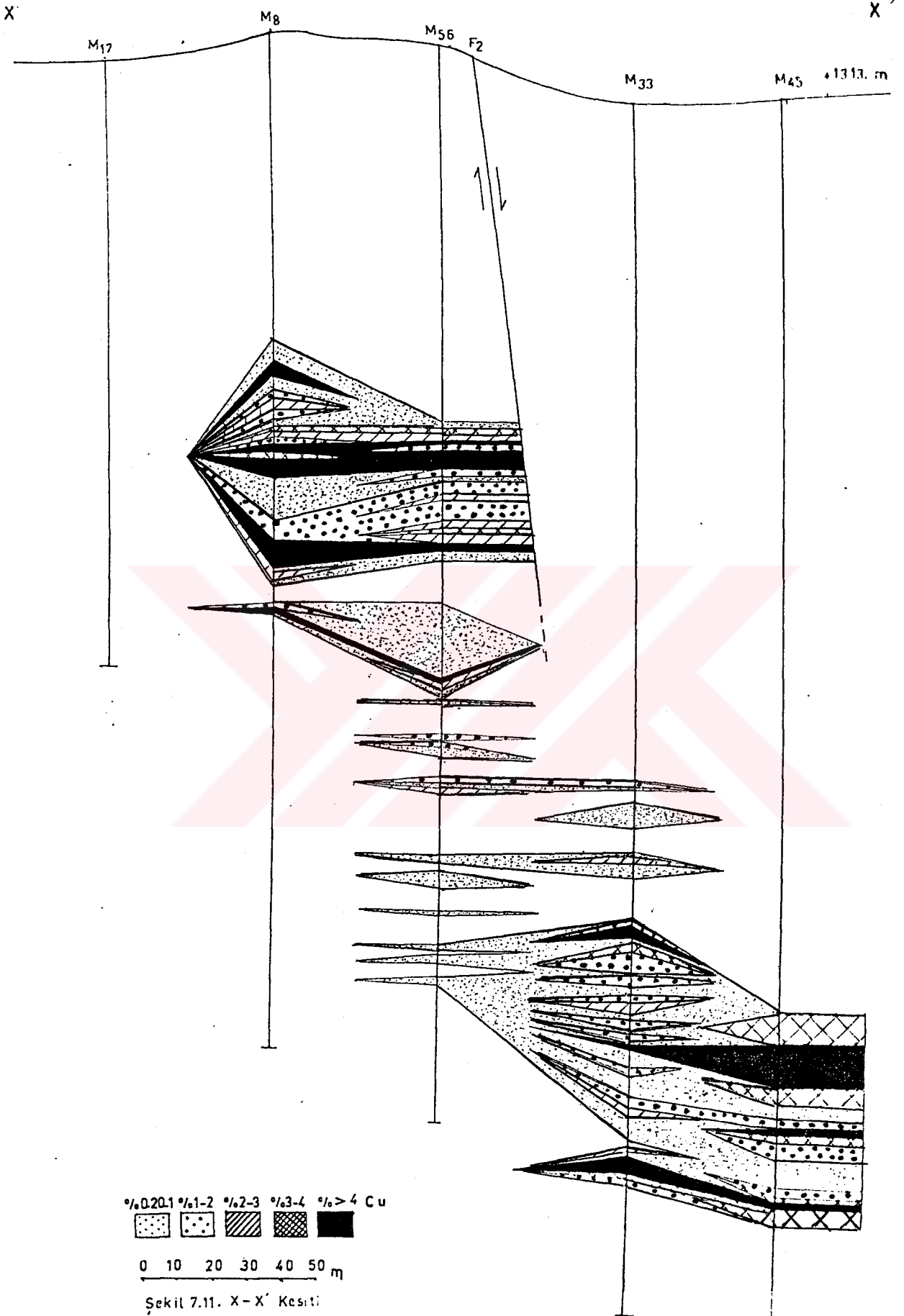
0 10 20 30 40 50 m

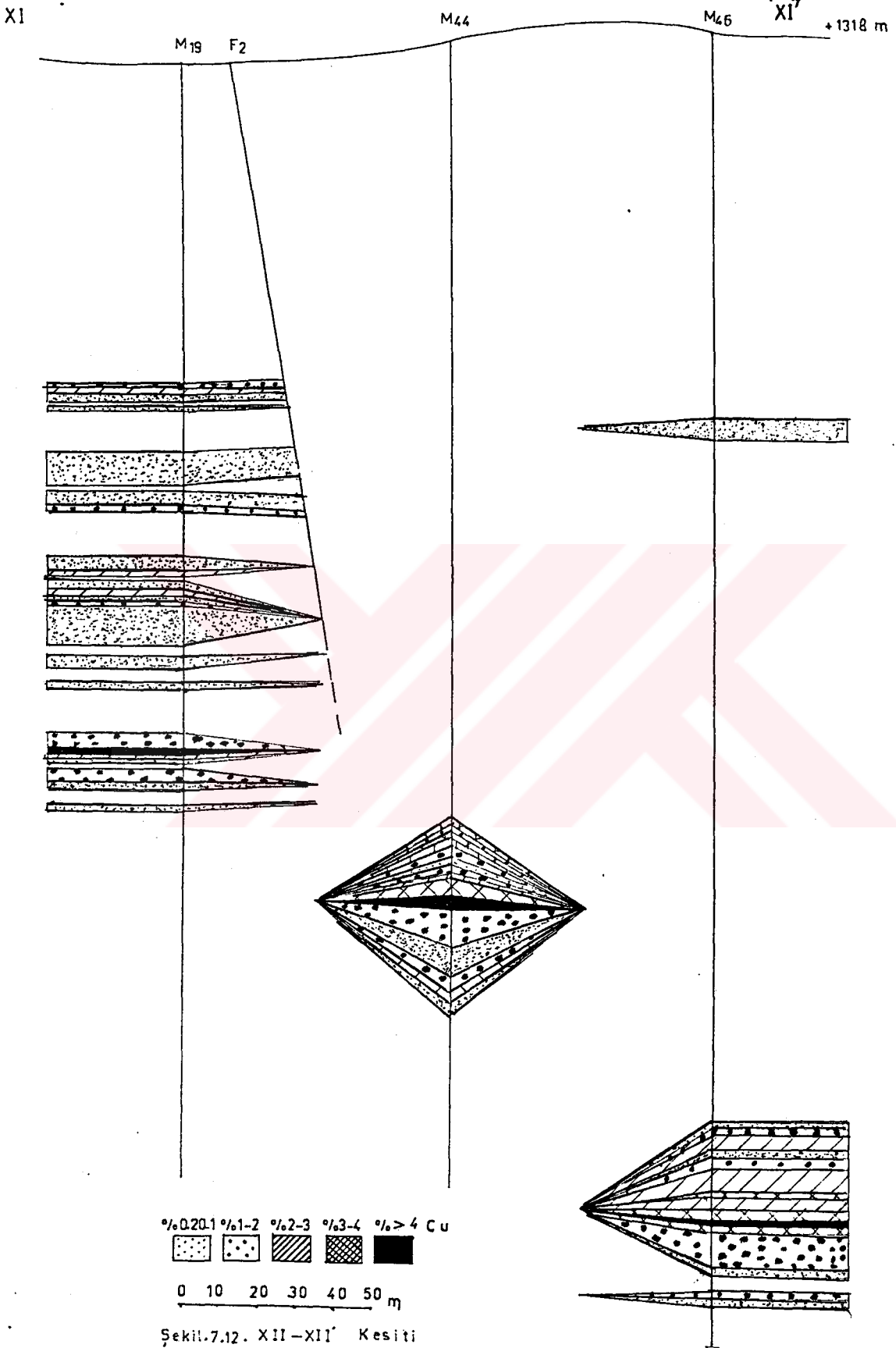
Şekil 7.8. VII-VII' Kesiti



Şekil 7.9. VIII-VIII' Kesiti









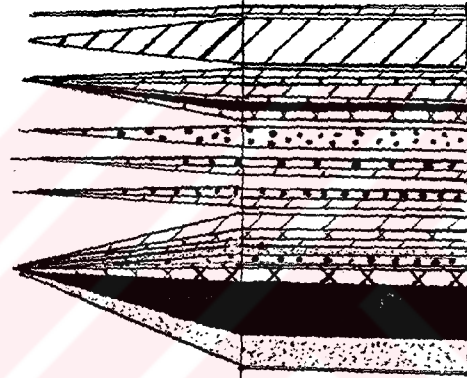
XII

84

M16

±1326, m XII'

M9



%0.020.1 %1-2 %2-3 %3-4 %>4 Cu



0 10 20 30 40 50 m

Şekil 7-13. XII-XII' Kesiti

Çizelge 7.1. Kesitlerdeki cevher zonu alanları

Kesit	Tenör Sınıfları (%Cu)					Toplam
	0,20-1,00	1,00-2,00	2,00-3,00	3,00-4,00	4	
	Kesit Alanı (m)					Alan(m)
I-I'	0	80	160	240	690	1170
II-II'	460	400	1020	120	1160	3160
III-III'	20	40	275	335	130	800
IV-IV'	1100	860	1363	638	1255	5216
V-IV'	1555	520	390	445	3928	6838
VI-VI'	3983	922	970	175	645	6695
VII-VII'	3900	898	604	90	680	6172
VIII-VIII'	15368	1836	802	170	165	18341
IX-IX'	6320	1559	996	2002	712	11589
X-X'	6458	1744	596	888	2025	11711
XI-XI'	3182	1416	1088	387	320	6393
XII-XII'	524	594	2190	560	940	4808
<b>Toplam Alan(m)</b>	<b>42870</b>	<b>10869</b>	<b>10454</b>	<b>6050</b>	<b>12650</b>	

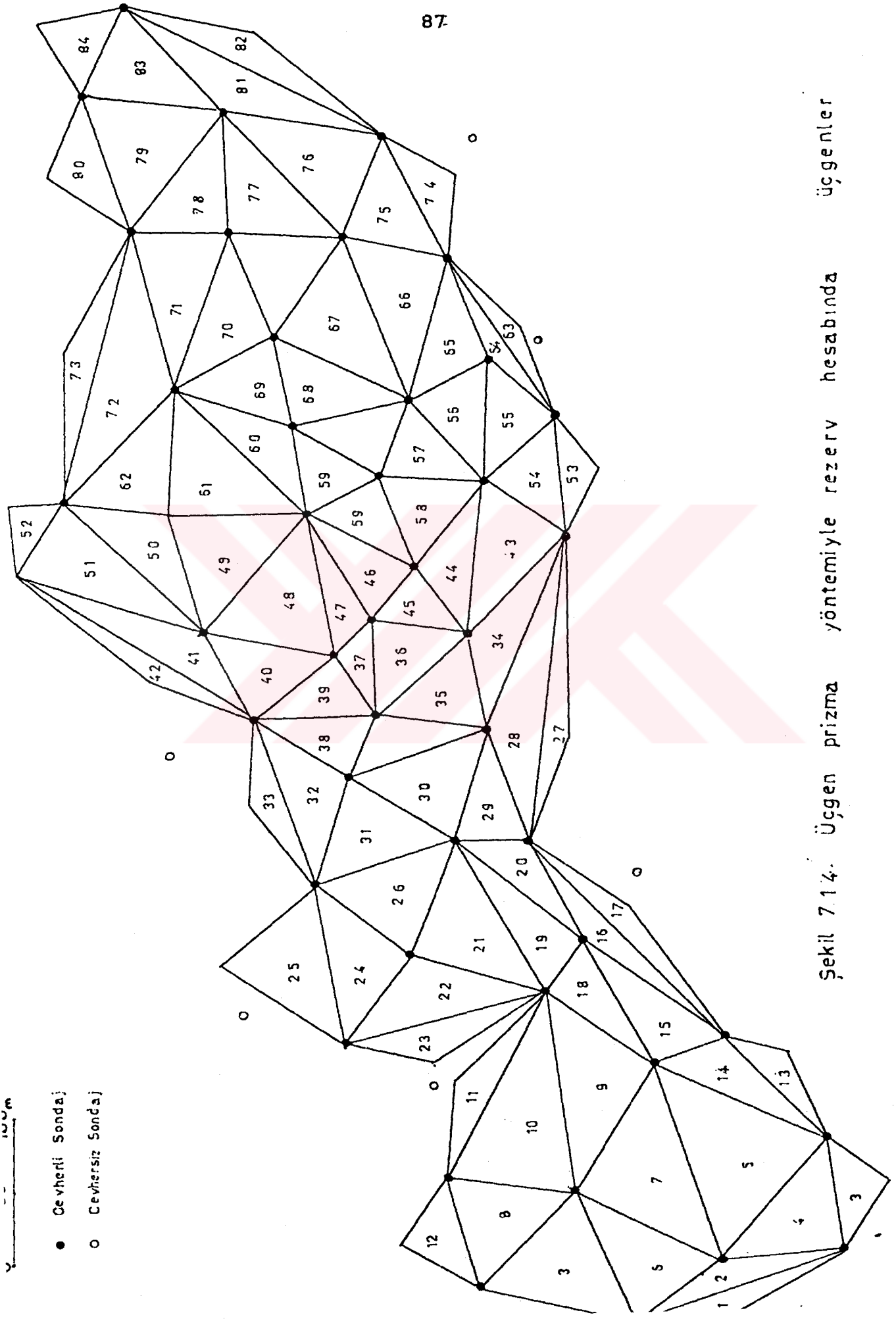
Çizelge 7.1. Bloklara göre rezerv ve tenörlerin dağılımı

KESİT	1	2	3	4 (3x1)	5	6 (4x5)	7	8	9	7x6/100	8x6/100	9x6/100	
										10	11	12	
I-I'	55	1,00-2,00	40	2.200	3,5	7.700	0,36				27		
		2,00-3,00	80	4.400	3,5	15.400	1,45	0,05			223	8	
		3,00-4,00	120	6.600	3,5	23.100	2,52	0,58			582	133	
		4,00	345	18.975	3,5	66.412	3,46	0,98			2.297	650	
I-II/I-I'	50	1,00	230	11.500	3,5	40.252	6,33	0,58			2.547	233	
		1,00-2,00	240	12.000	3,5	42.000	1,84	0,55	0,10		772	231	58
		2,00-3,00	595	29.750	3,5	94.500	2,25	0,49			2.342	540	41
		3,00-4,00	180	9000	3,5	31.500	3,46	0,86	0,10		1.089	270	31
4,00	925	46.250	3,5	161.875	4,81	0,41			7.786	663			
II-II'/II-III	30	1	240	7200	3,5	25.200	0,4	0,41			100	103	
		1,00-2,00	220	6600	3,5	23.100	1,84	0,39	0,40		425	90	83
		2,00-3,00	647	19.410	3,5	68.250	2,17	1,01	0,20		1.474	686	129
		3,00-4,00	228	6840	3,5	23.940	3,38	1,18	0,40		809	282	83
4,00	645	19.350	3,5	67.725	4,7	0,96	0,30		3.183	650	209		
III-III'/TV-IV'	75	1,00	560	42.000	3,5	147.000	0,41	0,05			602	73	
		1,00-2,00	450	33.750	3,5	1.181.25	1,47	0,99			1.736	1.169	
		2,00-3,00	819	61.425	3,5	2.149.87	2,1	1,07	0,90		4.514	2.300	1.891
		3,00-4,00	487	36.525	3,5	127.837	3,41	2,24	1,80		4.359	2.863	2.275
4,00	693	51.975	3,5	181.912	6,06	1,57	1,90		11.023	2.856	3.365		
IV-IV'/V-V'	65	1,00	1.328	86.320	3,5	302.120	0,44	0,15			1.329	453	
		1,00-2,00	690	44.850	3,5	156.975	1,43	1,15			2.244	1.805	47
		2,00-3,00	876	56.940	3,5	199.290	2,66	0,89	0,10		3.705	1.239	93
		3,00-4,00	542	35.230	3,5	123.305	3,44	1,57			4.241	1.935	36
4,00	2.591	168.415	3,5	589.452	6,03	1,4	0,10		35.544	8.252	294		
V-VI/VI-VI'	50	1,00	2.769	138.450	3,5	484.575	0,71	0,29	0,1		3.440	1.405	339
		1,00-2,00	690	34.500	3,5	120.750	1,41	0,49			1.702	591	1
		2,00-3,00	685	34.250	3,5	119.875	2,67	1,12			3.200	1.342	35
		3,00-4,00	310	15.500	3,5	54.250	3,4	0,95			1.844	515	
4,00	2.286	114.300	3,5	400.050	7,11	0,8			28.443	3.200	80		
VI-VI'/VII-VII'	45	1,00	3.941	177.345	3,5	620.707	0,55	0,13			3.413	806	186
		1,00-2,00	910	40.950	3,5	143.325	1,34	0,2	0,10		1.920	286	186
		2,00-3,00	787	35.415	3,5	123.952	2,42	0,46	0,30		2.999	570	421
		3,00-4,00	133	5.985	3,5	20.947	3,37	0,17	0,10		705	35	20
4,00	633	36.450	3,5	99.697	7,93	0,35			7.905	348	39		
VII-VII'/VIII-VIII'	50	1,00	9.634	481.700	3,5	1.685	0,69	0,05			15.173	842	
		1,00-2,00	1.367	63.350	3,5	239.225	1,54	0,03			3.684	71	
		2,00-3,00	702	35.100	3,5	122.850	2,49	0,04	0,50		3.058		601
		3,00-4,00	125	6.250	3,5	21.875	3,42	0,11			748	24	
4,00	423	21.150	3,5	74.025	6,35	0,04			4.700	29			
VIII-VIII'/IX-IX'	45	1,00	10.844	48.780	3,5	170.730	0,69	0,04			1.178	68	
		1,00-2,00	1.698	76.410	3,5	267.435	1,54	0,04			4.118	106	
		2,00-3,00	899	40.455	3,5	141.592	2,49	0,21			3.525	297	
		3,00-4,00	1.086	48.870	3,5	171.045	3,42	0,53			5.849	898	
4,00	438	19.710	3,5	68.985	6,35	0,24			4.380	165			
IX-IX'/X-X'	50	1,00	6.389	319.450	3,5	1.118.075	0,65	0,09			7.267	1.006	447
		1,00-2,00	1.651	82.550	3,5	288.925	1,41	1,12	1,90		4.073	3.235	5.547
		2,00-3,00	796	39.800	3,5	139.300	2,51	0,34	1,00		3.496	473	1.365
		3,00-4,00	1.445	72.250	3,5	252.875	3,32	0,23	0,40		8.395	581	910
4,00	1.221	68.400	3,5	213.675	6,62	0,29	0,10		15.848	694	263		
X-X'/XI-XI'	50	1,00	4.820	241.000	3,5	843.500	0,62	1,51	0,10		5.229	12.736	1.012
		1,00-2,00	1.580	79.000	3,5	276.500	1,4	0,55	0,20		3.871	1.520	442
		2,00-3,00	842	42.100	3,5	147.350	2,52	0,83	0,20		3.713	1.223	235
		3,00-4,00	637	31.850	3,5	111.475	3,01	1,7	0,30		3.355	1.895	301
4,00	1.177	58.850	3,5	205.975	5,46	0,9	0,20		11.246	1.853	350		
XI-XI'/XII-XII'	45	1,00	1.853	83.385	3,5	291.847	0,4	1,51	0,70		1.167	4.406	1.897
		1,00-2,00	1.005	42.225	3,5	158.287	1,53	1	0,50		2.421	1.582	759
		2,00-3,00	1.639	73.755	3,5	258.142	2,46	1,05	0,50		6.350	2.710	1.213
		3,00-4,00	473	21.285	3,5	74.497	3,39	1,12	0,80		2.525	834	581
4,00	630	23.350	3,5	99.225	5,48	1,36	0,60		5.437	1.349	555		
XII-XII'	35	1,00	262	917	3,5	32.095	0,89	2,79			285	895	
		1,00-2,00	297	10.355	3,5	36.382	1,47	1,53	0,20		534	556	54
		2,00-3,00	1.095	38.325	3,5	134.137	2,51	1,4	0,10		3.366	1.877	134
		3,00-4,00	280	9.800	3,5	34.300	3,46	1,53	0,90		1.186	524	308
4,00	470	16.450	3,5	57.575	5,77	1,48	0,20		3.322	852	86		
TOPLAM					14.324.450	2,01	0,54	0,20		288.023	78.014	27.002	

Açıklama:

- 1- Kesitler arası mesafe(m)
- 2- Cevher sınıfları (% Cu)
- 3- Kesit ortalama alanı (m<sup>2</sup>)
- 4- Blok hacmi (m<sup>3</sup>)
- 5- Yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)
- 6- Blok rezervi (t)

- 7- Ortalama Cu tenörü (%)
- 8- Ortalama Zn tenörü (%)
- 9- Ortalama Pb tenörü (%)
- 10- Cu metal içeriği (t)
- 11- Zn metal içeriği (t)
- 12- Pb metal içeriği (t)



Şekil 7.14. Üçgen prizma yöntemiyle rezerv hesabında üçgenler

Çizelge 7.3. Üçgen prizma yöntemi ile rezerv hesabı

Üçgen No	Üçgen alanı (m <sup>2</sup> )	Cevher kalınlığı (m)	Yoğunluk gr/cm <sup>3</sup>	Rezerv (ton)
1	353	8,28	3,5	29220
2	604	13,93	3,5	46758
3	210	9,500	3,5	5909
4	1260	19,58	3,5	8636
5	1663	28,00	3,5	163025
6	1660	13,40	3,5	77913
7	2117	26,93	3,5	199558
8	1179	27,96	3,5	113894
9	1663	25,4	3,5	147887
10	1813	13,9	3,5	88207
11	456	68,6	3,5	13741
12	453	7,53	3,5	3466
13	302	8,45	3,5	5189
14	1240	22,35	3,5	97039
15	1008	23,58	3,5	83206
16	756	10,56	3,5	27947
17	549	3,13	3,5	6018
18	604	22,35	3,5	47318
19	806	32,16	3,5	90786
20	453	13,56	3,5	21532
21	1663	63,50	3,5	369719
22	1310	43,97	3,5	201704
23	1170	56,4	3,5	23131
24	620	21,2	3,5	19509
25	3951	3,30	3,5	45635
26	1209	53,6	3,5	226965
27	1320	5,50	3,5	2560
28	1665	13,75	3,5	7948
29	3242	8,63	3,5	97953
30	1209	57,57	3,5	243776
31	1058	53,98	3,5	200003
32	1008	13,25	3,5	46755
33	1720	11,50	3,5	6956
34	714	58,30	3,5	145718
35	755	51,60	3,5	136454
36	690	81,30	3,5	196361
37	252	55,32	3,5	48793
38	1003	46,35	3,5	162778
39	388	41,53	3,5	56503
40	834	45,14	3,5	131892
41	1361	26,40	3,5	125762

Çizelge 7.3'ün devamı

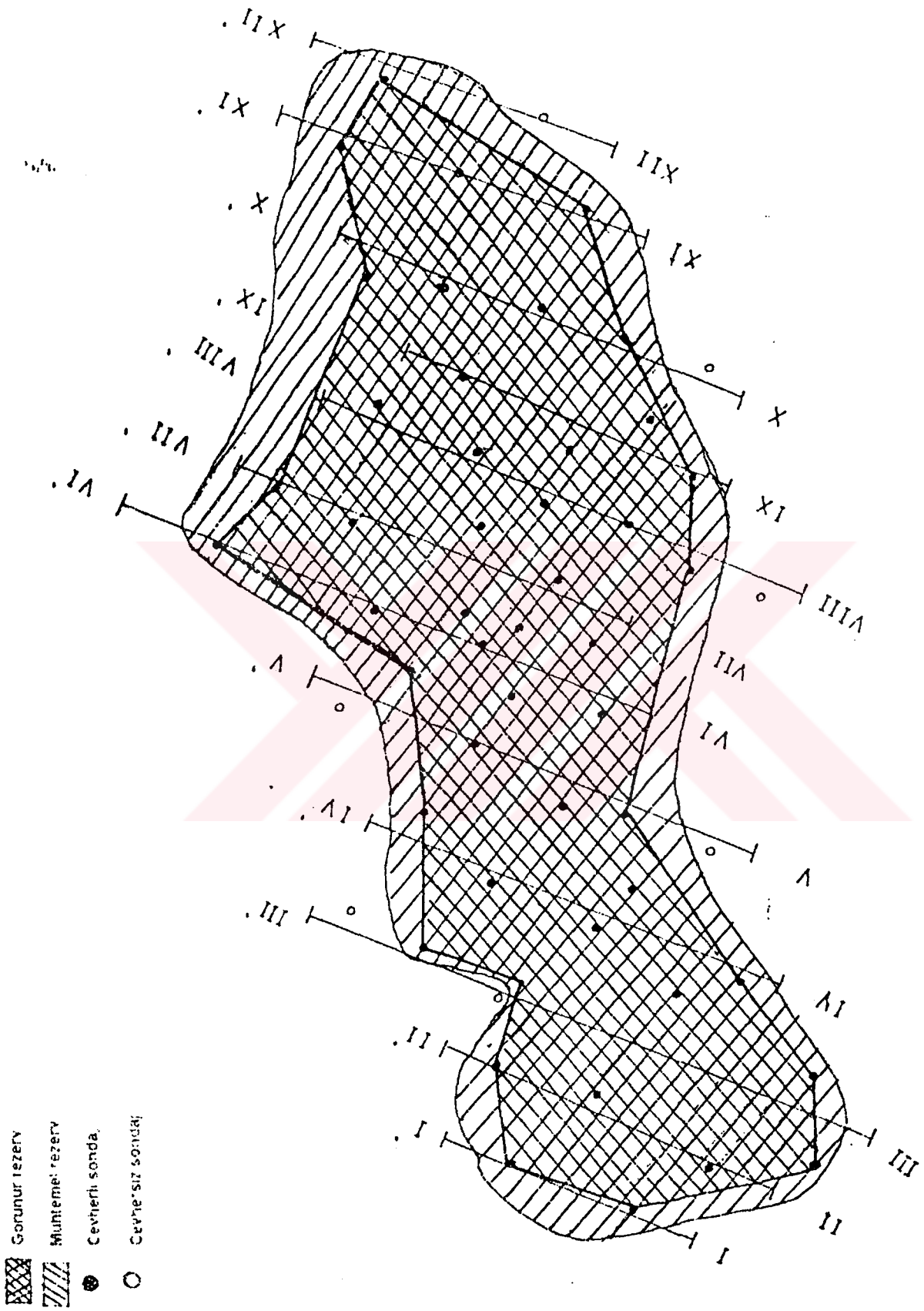
Üçgen No	Üçgen alanı (m) <sup>2</sup>	Cevher kalınlığı (m)	Yoğunluk (gr/cm) <sup>3</sup>	Rezerv (ton)
42	239	9,75	3,5	8156
43	658	95,33	3,5	219648
44	1008	60,61	3,5	213874
45	605	51,00	3,5	108141
46	1564	40,06	3,5	219418
47	352	58,5	3,5	72257
48	882	57,55	3,5	177692
49	1228	45,14	3,5	194142
50	1209	34,76	3,5	147184
51	1814	94,2	3,5	598326
52	1167	15,41	3,5	62994
53	1340	21,51	3,5	10120
54	705	48,69	3,5	120258
55	705	73,36	3,5	181205
56	747	84,34	3,5	220587
57	1058	78,69	3,5	291557
58	750	55,84	3,5	14781
59	1650	65,01	3,5	37617
59x	419	78,07	3,5	114700
60	756	61,75	3,5	163422
61	1512	51,70	3,5	273650
62	1209	57,33	3,5	242760
63	920	42,80	3,5	13870
64	301	69,73	3,5	73605
65	1395	30,48	3,5	255590
66	1134	8,58	3,5	34060
67	1361	43,00	3,5	204841
68	750	71,36	3,5	18886
69	756	63,61	3,5	168344
70	756	63,93	3,5	169192
71	1364	65,36	3,5	3121967
72	1814	52,88	3,5	335875
73	870	90,31	3,5	27507
74	2260	44,54	3,5	35362
75	806	71,25	3,5	201135
76	1134	64,04	3,5	254225
77	1134	66,17	3,5	262680
78	756	59,13	3,5	156488
79	1383	37,00	3,5	179116
80	245	37,36	3,5	32093
81	1437	43,16	3,5	217126
82	302	31,92	3,5	33750
83	1058	44,96	3,5	166582
Toplam				

### 7.3. Rezervlerin sınıflandırılması

Rezervler, değişik şekillerde sınıflandırılır. Günümüzde en çok kullanılan sınıflamaya göre rezervler görünür, muhtemel, mümkün olmak üzere üç grupta incelenirler (Ayhan, 1991).

Siirt Madenköy bakır yatağının hesaplanan rezervlerinin büyük bir kısmı, sondajların bir ağ oluşturacak şekilde bulunması dolayısıyla görünür rezerve (Şekil 7.15). Bu rezervler, jeolojik ve jeofizik etüdler, yüzeyleme, kuyu, yarma, galeri veya sondajlardan ortaya konmuş boyutlarda hesaplanmış miktardır. Tenörü veya niteliği, alınan ayrıntılı örneklerden elde edilen analizlerden hesaplanır. Bu rezervin kesinlik derecesi % 90'dır.

Siirt Madenköy'deki görünür rezervin hesaplamasında kenar sondajlar birleştirilerek elde edilen alan bulunmuştur. Bu alan içindeki rezervler, görünür rezerv olarak tanımlanmıştır. Bu dışında kalan rezervler de muhtemel rezervleri temsil ederler. Buna göre görünür rezerv miktarı yaklaşık 13 mil.ton'dur. Muhtemel rezerv miktarı da 1.350.000 ton olarak hesaplanmıştır.



Sekil 7.15. Görünür ve Muhtemel Rezerv



## 8. TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR

Siirt Madenköy bakır cevherlerinden alınan örnekler üzerine yapılan teknolojik araştırmalar satılabilir ve metalurjik işlemlere uygun nitelikte bakır ve pirit konsantrelerin elde edilebileceği sonucunu vermiştir (Yıldırım ve Ulutürk, 1984). Buna göre % 19 Cu tenörlü bakır konsantresi (% 90 kazanımlı) ve % 48 S tenörlü pirit konsantresi (% 75) kazanım laboratuvar koşullarında mümkündür. Büyük zenginleştirme işlevleri sırasında bu oranların daha da yükselmesini sağlamak genelde olanak dahilindedir. Buna karşın çinko konsantresi üzerine yapılan çalışmalar olumlu sonuç vermemiştir. Ancak gümüşün çinko konsantresinde yoğunlaştığı saptanmıştır (150 ppm). Au, Cd ve Co gibi diğer eser elementlerin kazanılması için daha ayrıntılı çalışmalara gereksinim vardır.

## 9.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında jeokimyasal ve jeostatistiksel yöntemlerle cevher elementlerinin dağılımı incelenerek Cu rezervleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1- Yatakta sırasıyla S, Fe, Cu, Zn ve Pb zenginleşmiştir. Pb-Cu-Zn üçgen diyagramında Cu yoğundur. Bu diyagrama göre Siirt Madenköy bakır yatağı bir Cu-Zn tipi masif sülfid yatağıdır. Yatağın KB'sı Fe'ce fakir, Zn'ce zengindir.

2- Cu, Pb ve Zn'nin sıklık dağılımları lognormal dağılım sunmaktadır. Yatakta dissemine cevher (fakir cevher tipi) yaygındır. Üç elementte pozitif sivriliğe sahiptir. Buna göre elementler ağırlıklı olarak bir mineralde toplanmıştır. Olasılık kağıdındaki dağılımlar değişik (masif , ağsı ve saçınımlı) cevher tiplerine işaret etmektedir.

3- Cu, Pb ve Zn'nin ortalama değerleri arttıkça buna paralel olarak bir mineralde toplanmıştır. Bu da işletme sırasında ortalama tenörü tutturmakta zorluklara neden olacaktır.

4- Siirt Madenköy'de yapılan korelasyon analizi sonuçları element çiftleri, element oranları ve derinlikle elementler arasındaki bağıntılar masif sülfid yatakları için geçerli yasalarla uygunluk göstermektedir.

Cu ile Pb, Zn, S ve Pb arasında geçerli bir bağıntı mevcuttur. Yatağın  $100 \text{ Zn}/(\text{Zn}+\text{Pb})$  oranı (çinko oranı)

incelenmiştir. Bu oran, 65-85 arasında çıkmıştır. Bu da yatağı oluşturan hidrotermal sıvılarda Pb'nin doygunluk sınırı altında olduğunu gösterir. Pb'nin düşük olması, yatağın Cu-Pb tipi bir masif sülfid yatağı olduğunu kanıtlamaktadır.

5- Önemli bazı sondajlarda çizilen varyogram modelleri sferik tiptedir. Örnekler yaklaşık 5 m'ye kadar birbirini etkilemektedir. Cu, Pb, Zn tenörleri derinliğe bağlı olarak değişim göstermektedir. İki boyutlu boyutlu olarak incelenen varyogramlarda K-G ve D-B yönündeki sondajların ortalama değerleri ile çizilen varyogramlarda yaklaşık a değerlerine karşı farklı c değerlerinden dolayı yatağın yerel anizotrop olduğu görülmüştür.

6- Cevher doğuda azalmaktadır. KD'ya eğimlidir. Cevher uzanımı yaklaşık 400 m, kalınlığı 150 m'dir. En zengin cevherleşme M2, M90, M91, M11, M60 sondajların kestiği V-V' kesitinde görülmüştür. Cevherleşme eğim yönünde değişebilir. Bunun için sahanın KD'da cevherin aranması uygundur.

7- Paralel kesit yöntemiyle toplam Cu cevheri rezervi 14,3 mil.t olarak hesaplanmıştır. Görünür rezerv 13 mil.t muhtemel rezerv ise 1,3 mil.t 'dur. Buna göre metal içeriği olarak 288000 t Cu, 78000 t Zn ve 27000 t Pb bulunmuştur. Rezervin ortalama tenörü % 2,01 Cu, % 0,54 Zn, %0,19 Pb'dir.

Ortalama Cu tenörü % 2,1 Cu ve rezerv miktarı 14,3 mil.t dikkate alındığında, Siirt Madenköy bakır yatağı önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak cevher derinliği nedeniyle yatağın büyük oranda kapalı işletilmesi zorunluluğu, alt yapı eksikliği ve düşük bakır fiyatları

nedeniyle şimdilik ekonomik işletilmesi olarak dışı görülmektedir. M.T.A. fizibilite etütleri de bu kanıyı doğrulamaktadır.



## DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

AHRENS, L.H., 1954a. The lognormal distiribution of the elements (1). Geochim. et. Cosmochim. Acta 5, 49-73.

- 1954b, The lognormal distribution of elements (2) Geochim. et. Cosmochim. Acta 6, 121-131.

-1966, Elements distribution in specific igneous rock. VIII. Geochim. et. Cosmochim. Acta 30, 109-122.

AKTAŞ, G. ve ROBERTSON, A.H.F., 1984. The Maden Complex, S.E. Turkey: evolution of Neotethyan active margin. Geological evolution of the east Mediterrian . Geological society of London special publica tion, 17, 375-402.

AKIN, H., 1983. Anwendung der geostatisticha Methoden in de Psraxis Klassifikation von lagerstaetten varraeten mit Hilfe der geostatistik. Verlag Chemie, Veinham, 45-49.

AKSOY, S., 1981, M-16, M-35, M-45, M-61-A, M-80, M-82, MG-28, MG-61. Sondajlarından gelen karot numuneleri üzerinde yapılan rezerv hesaplamalarına yönelik teknolojik çalışmaların ara raporu. M.T.A. Ents. Der. Rap No:1736, Ankara.

AYHAN, A., 1991. Maden Jeolojisi Arama ve Etüd Teknik leri. S. Ü. Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Konya, 328s.

AYIŞKAN, Ö., 1974. Sülfürlü bakır cevherleri ve zenginleştirme yönünden problemleri. J.M.Ü. odası dergisi, Ankara, 13/2, 35-43.

BERKÜM, S. ve ŞEKERCİ, T., 1976. Siirt-Şirvan-Madenköy bakır-pirit-manyetit yatağında bu güne kadar yapılan çalışmalar ve alınan sonuçlar. M.T.A. Enst.Maden-Etüd şub. Değ. Servisi, 12.

BEYAZIT, M. ve OĞUZ B., 1985. Mühendisler için İstatistik. İ.T.Ü. fakültesi, Birsen yayınevi.

BORCHERT, H., 1958. Türkiye'de inisiyal ofiyolitik magmatizmaya ait krom ve bakır cevheri yatakları. M.T.A. Enstitüsü yayınlarından, Ankara.

BOR, F.Y., ÇAKIR, A.F., 1974. Bakır metalurjisi ve teknolojisinde gelişmeler. Maden müh. odası dergisi, Ankara, 2, 57-75.

BÜRKÜT, Y. , 1986. Uygulamalı jeokimya (analiz metodlu). İ.T.Ü. Matbaası, Gümüşsuyu, 408s.

CANER, G., 1983. Maden ekonomisi mineral kaynaklarının değerlendirilmesi teknik ve ekonomik kavram, değer, kriter ve yöntemler. M.T.A. Enstitüsü dergisi, Ankara, 206s.

CHAZAN, W. 1947. Bitlis-Şirvan-Madenköy pirit-malahit-azurit-kalkopirit derleme raporu. M.T.A. Enst.

- ÇAĞATAY, A., 1977. Güneydoğu Anadolu bakır yatak ve zuhurlarının jeolojik minerolojik etüdü sonucunda elde edilen jenetik bulgular. M.T.A. Enstitüsü dergisi, Ankara, 46-70.
- ÇALGIN, R., 1978. Siirt-Madenköy bakır yatağın jeolojisi ve mineralizasyonu. M.T.A. Gen. Müd, No:342.
- ÇALGIN, R., 1975. Siirt-Madenköy 1975 çalışmaları hakkında ön rapor ve 1976 senesinde yapılması önerilen çalışmalar, No:5651.
- ÇELEBİ, H., 1992. Maden yatakları arama ve inceleme yöntemlerinin genel durumu. Yerbilimcinin sesi, Ç.Ü. Yayını.
- DAVİD, M., 1977. Geostatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier scientific publishing company, Newyork. 364s.
- DAVIS, C., J., Statistics and Data Analysis in Geology. Kansas Geological Survey, 550s.
- DEĞİRMENCİ, M., 1981. Siirt Madenköy ve çevresinin hidrojeolojisi. M.T.A. Gen. Müd. No:7095.
- DÖRTTIER, K., 1962. Beurteilung Va Anaysever Fathen und Ergebnissa Zeitschr Fir Analchemic. 185, 1-98.
- DIE, 1990. (istatistik), T.C. Başbakanlık Devlet istatistik Enstitüsü. 1538, 73s.

DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T. ve GÜRBÜZ, F., 1983. **İstatistik metodları-I**. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fak. yayını, Ankara, 218s.

EDWARD, D. and ATKINSON, K., 1986. **Ore deposit geology and its influence on mineral exploration**. Great Britain at the university press, Cambridge, 466s.

ERLER A., 1980. **Madenköy-Siirt masif sülfid bakır yatağı çevresindeki hidrotermal alterasyonun kimyasal özellikleri**. M.T.A. Genel Müdürlüğü, No:1745.

ERSEÇEN, S. 1976. **Siirt- Madenköy ara rezerv raporu**, M.T.A. Dairesi, Ankara, 15s.

ETHEM, M.Y. 1974. **Bakırın özellikleri, alaşımları ve mineralleri**. Maden mühendisleri odası dergisi, Ankara, 13/2, 3-9.

ETHEM, M.Y., 1974. **Türkiye'de önemli bakır yatakları hakkında kısa not**. Maden mühendisleri odası dergisi, Şafak matbaası, Ankara, 13/2.

EVANS, A.M., 1980. **An Introduction to Ore Geology**. Blackwell Scientific Publications, 231s.

FİLLow- BATES T., LARGE, D.E., 1978. **Water depth as major control on the formation of submarine exhalative ore deposits**. Gool Jarb, 27-39.



GOVETT, G.J.S. ve GOVETT, M.H., 1974. **The concept and measurement of minaral reserves and resources.** Resourc Policy, 1, 46-55.

HAKARİ, N. 1975. **Güneydoğu Anadolu Siirt 'de Madenköy bakırlı pirit cevher yatağı jeolojisi ve mineralizasyonu hakkında rapor.** M.T.A. derleme raporu., No: 5243, Ankara, (yayınlanmamış).

HUSTON, D.L. and LARGE R.R., 1987. **Genetic and exploration significance of the zinc ratio 100 Zn/ (Zn+Pb) in massive sulfide systems.** Economic Geology, 82, 1521-1539.

İLERİ, S., SALANCI; B., BİTEM, M. ve DOÇAN, R., 1976. **Ergani (Maden) bakır yatağı ve plaka tektoniği.** T.J.K, Bült, 19, 133-142.

J.M.Ü, 1992. **Kaynak ve rezerv sınıflamaları ile hesaplamaların temel ilkeleri,** 27, J.M.Ü odası yayınları, Ankara.

J.M.Ü, 1994. **Mineral kaynaklarının uluslararası perspektifi.** J.M.Ü. odası yayını, Ankara, 44-45, 40-50.

KAADEN, G.V.D., 1962. **Siirt Kuzeybatısı ve Şirvan'ın doğusunda bakır istikşafı,** M.T.A. Derleme raporu No: 2891.

KETİN, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. M.T.A. Enstitüsü dergisi, 66, 20-35.

KETİN, İ. ve CANİTEZ, U., 1972. Yapısal Jeoloji. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 520s.

KIRIKOĞLU, M. S. 1992. Maden Yatakları. Gümüşsuyu, İstanbul, 1458, 403s.

KRAUSKOPE, K.B., 1985. Jeokimyaya Giriş. İ.T.Ü. Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, 672s.

M.T.A., 1989. Türkiye'nin bilinen maden ve mineral kaynakları. Ankara, 185.

MATHER, D.M., 1965. Computational methods of multivariate analysis in physical geography. John Willey and Sons, London, 214s.

MATHERON, G., 1971. The theory of regionalized variables and its applications, Les Chiers du centre de morphologie de Fontaine Bleaus, 5-215.

OUTOKUMPU (hazırlayan), 1981. Madenköy (Şirvan-Siirt) pyritic copper ore deposit. Feasibility study. Volume VIII, Ankara, 98 s.

OVALIOĞLU, R.Ç., 1974., Türkiye bakır yataklarının genetik tipleri, rezerv durumu, aramalar için önemli kayaç ve bölgeler. Maden mühendisleri odası dergisi, 13/2.

PETERS, W.C., 1978. **Exploration and Mining Geology**. John Wiley and sons. Newyork, 696s.

SALANCI, B., 1980. **Dersitepe (Mizak- Lice) ve Madenköy (Şirvan- Siirt) bakır cevherleşmelerinin jenezi ve Güneydoğu Anadolu ofiyolit kuşağındaki yeri**. *Yerbilimleri dergisi*, 5-6, 2-21.

SCHROLL, E., 1976. **Analytische Geochemie** Ferdinand Enke Verl, Stuttgart, 374 s.

SHEPPARD, S.M.F., 1977. **Identification of the origin of ore-forming solutions by the use of stable isotops**. In, **volcanic processes in ore genesis**. Spec. Publ. No:7, Geol. Soc., London.

SMİTH, R.N. and HUSTON, D. L., 1992. **Distribution and association of selected trace elements at Rosebery Deposit, Tasmania**. *Economic Geology*, 87, 706-719.

TANYOLU, E. ve İnan, K., 1982. **Mineraloji**. İstanbul, 315s.

UZ, B., 1990. **Mineraller**. İ.T.Ü. Maden fakültesi, İstanbul., 406 s.

ÜNLÜ, T., 1985. **Deveci ( Hekimhan- Malatya) siderit örneklerine özgü jeokimyasal verilerde yapılan bir jeoistatistiksel değerlendirme**. J.M.Ü. odası yayın organı, 25, 3-15.

YILDIRIM R.ve ALYAMAÇ F., 1976. **Siirt ili Madenköy-  
Hürmüz yöresi jeoloji etüdü raporu.** M.T.A. Mad.  
Etüd. Rap. Ankara, No. 1444, ( yayınlanmamış).

YILDIRIM, R., ULUTÜRK Y., 1984. **Siirt- Madenköy bakır  
yatağı etüd ve değerlendirme raporu.** M.T.A. Genel  
Müdürlüğü, Arşiv No:1937/140, Ankara.

