

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇAYELİ MASİF SÜLFİT YATAĞINDAN KİMYASAL ANALİZLER İÇİN**  
**ALINMASI GEREKEN ÖRNEK MİKTARININ BELİRLENMESİ:**  
**Gy FORMÜLÜNÜN UYGULAMASI**

**Jeoloji Mühendisi Hamit ÖZTÜRK**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**“Jeoloji Yüksek Mühendisi”**

**Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

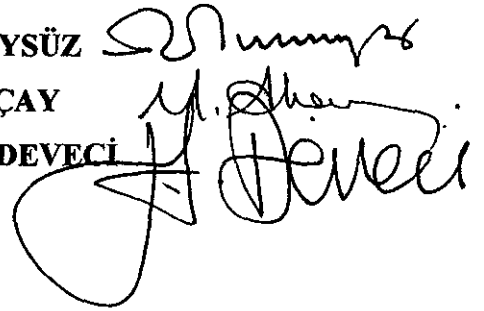
**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10.07.2002**

**Tezin Savunma Tarihi : 24.09.2002**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Miraç AKÇAY**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hacı DEVECİ**



**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Asım KADIOĞLU**

**Temmuz- 2002**

## ÖNSÖZ

“Çayeli masif sülfid yatağı’ndan kimyasal analizler için alınması gereken örnek miktarının belirlenmesi: Gy formülünün uygulaması” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma KTÜ Araştırma Fonunun 20 112.005.6 nolu projesi kapsamında desteklenmiştir.

Bana bu konuda çalışma olanağı tanıyan ve çalışmalarım sırasında her türlü desteğini gördüğüm değerli hocam Prof. Dr. Necati Tüysüz’e en derin teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın hazırlanmasında her türlü desteklerini gördüğüm arkadaşlarım Ömer GÜNDÜZ, Abdurrahman LERMİ ve Gülten YAYLALI’ya teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın hazırlanması sırasında bana her türlü kolaylığı gösteren DSİ 224. Şube Müdürü Muharrem ATALAR’a her zaman yanımda olan iş arkadaşlarım Arzu KARATAŞ, Mehmet ÖZTÜRK ve tüm DSİ 224.Şube Müdürlüğü çalışanlarına ayrıca bu çalışmayı destekleyen KTÜ Araştırma Fonuna teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında bana her türlü desteği veren aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın konu ile ilgili herkese yararlı olmasını dilerim.

Trabzon 2002

Hamit ÖZTÜRK

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1.GENEL BİLGİLER.....	1
1.1.Giriş.....	1
1.2.Bölgesel jeoloji.....	2
1.3.Önceki çalışmalar.....	4
2.YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	6
3. BULGULAR.....	7
3.1. Stratigrafi ve petrografi.....	7
3.1.1. Giriş.....	7
3.1.2 Asidik piroklastlar.....	7
3.1.3. Pümüs tüfler.....	11
3.1.4. Litik tuf breş.....	11
3.1.5. Kireçtaşları.....	12
3.1.6. Sedimanter seri.....	12
3.1.7. Bazaltlar.....	13
3.1.8. İntrüsifler.....	14
3.1.8.1. Andezitler.....	14
3.1.9. Alüvyonlar.....	14
3.2. Yapısal jeoloji.....	14
3.2.1. Kıvrımlar.....	14
3.2.2. Faylar.....	15
3.3. Maden jeolojisi.....	15
3.3.1. Giriş.....	15
3.3.2. Cevherleşmenin jeolojisi.....	16
3.3.3. Cevherleşme.....	21
3.3.3.1. Sarı cevher.....	22

3.3.3.2. Siyah cevher .....	24
3.3.3.3. Ağsal cevher .....	26
3.4. Gy örnekleme formülü .....	27
3.4.1. Giriş .....	27
3.4.2. Örnekleme .....	30
3.4.3. Temel istatistik .....	30
3.4.3.1. Kırmıtlı cevher .....	33
3.4.3.2. Sarı cevher .....	40
3.4.3.3. Siyah cevher .....	47
3.4.4. Kullanılan veriler .....	53
3.4.5. Gy formülünün Çayeli masif sülfid yatağına uygulanması .....	54
3.4.5.1. $\alpha$ üssel sayısının deneysel tayini .....	54
3.4.6. K örnekleme sabitinin tespiti .....	67
3.4.6.1. Kırmıtlı cevher .....	71
3.4.6.2. Sarı cevher .....	75
3.4.6.3. Siyah cevher .....	78
3.4.7. Nihayi deneysel Formül .....	80
3.4.7.1. Kırmıtlı cevher .....	80
3.4.7.2. Sarı cevher .....	81
3.4.7.3. Siyah cevher .....	81
4. TARTIŞMA .....	82
5. SONUÇLAR .....	86
6. KAYNAKLAR .....	88
7. EKLER .....	90
8. ÖZGEÇMİŞ .....	107

## ÖZET

Doğu Pontidlerin kuzey zonunda yer alan Çayeli masif sülfür Cevherleşmesi Üst Kretase yaşlı dasidik kayalar içerisinde yer alır ve Geç Kretase yaşlı kireçtaşı- kireçli çamurtaşı ara katkıları içeren bazaltik kayalar ile örtülüdür. Cevher başlıca pirit, kalkopirit, sfalerit ve az oranda galen, tetraedrit ve bornitten oluşmaktadır. Barit, karbonat mineralleri, kuvars, kil mineralleri, serisit ve jips gang minerallerini oluşturur. Cevher siyah, sarı ve kırıntılı olmak üzere üç ana sınıfa ayrılır

Bütün cevher türlerinde yer alan pirit, kalkopirit ve sfalerit minerallerinin tane boyu dağılımları sağa çarpık bir dağılım göstermektedir. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda tane boyu dağılım parametreleri; kırıntılı cevherdeki pirit için, aritmetik ort: 56.52 µm, mod: 34 µm, medyan: 40.8 µm; kalkopirit için; aritmetik ort: 94.29 µm, mod: 34 µm, medyan 51 µm; sfalerit için, aritmetik ort: 162.03 µm, mod: 68 µm, medyan: 119 µm dir. Sarı cevherdeki pirit için; aritmetik ort: 144.68 µm, mod: 68 µm, medyan: 68 µm, kalkopirit için, aritmetik ort: 467.36 µm, mod: 68 µm, medyan 272 µm, sfalerit için, aritmetik ort: 94.39 µm, mod: 34 µm, medyan 68 µm'dir. Siyah cevherdeki pirit için, aritmetik ort: 217.56 µm, mod: 68 µm, medyan: 153 µm, kalkopirit için, aritmetik ort: 163.64 µm, mod: 68 µm, medyan 102 µm, sfalerit için, aritmetik ort: 225.89 µm, mod: 136 µm, medyan 170 µm'dir.

Cevher minerallerinin tane boyu küçüldükçe tenör değerlerinde genellikle bir artış görülmektedir. Kırıntılı siyah cevherde tane boyutu 420-62.5 µm arasında değişirken Zn tenörü %11.04-11.75 arasında, kırıntılı sarı cevherde tane boyutu 350- 45 µm arasında değişirken Cu tenör değerleri % 3.80-3.23 arasında, siyah cevherde tane boyutu 590-105 µm arasında değişirken Zn tenörü % 16.98-18.19 arasında, sarı cevherde ise tane boyu 1680-250 µm arasında değişirken, Cu tenörü %8.12-9.33 arasında değişmektedir.

Çayeli masif sülfür yatağı için örnek miktarı ve tane boyutuna bağlı olarak % 5 hata ile bulunan örnekleme varyansı formülü  $S^2 = Kd^{0.4} / M$  dir. Buradaki  $\alpha=0.4$  sayısının Gy'in denklemindeki  $\alpha$  katsayısından (2-3) küçük olması yataktaki tenörlerin değişken olduğunu gösterir. Cevher türlerinin % tenör değerleri farklı olduğu için tane boyutu, örnek miktarları ve tenör değerlerine bağlı olarak her cevher türü için ayrı bir örnekleme varyansı formülü bulunmuştur. Bulunan bu formüller;

Kırıntılı siyah cevher için :  $S^2 = t^{1.14} d^{0.4} / M$ , kırıntılı sarı cevher için :  $S^2 = t^3 d^{0.4} / M$ ,  
Siyah cevher için :  $S^2 = t^{3.9} d^{0.4} / M$ , sarı cevher için :  $S^2 = t^{0.78} d^{0.4} / M$  dir.

**Anahtar Kelimeler:**Gy, Çayeli, masif sülfür, tane boyu dağılımı, örnekleme varyansı formülü

## SUMMARY

The Çayeli VMS type mineralization located at the Eastern Pontides occurs within Upper Cretaceous dacitic rocks and is overlain by basaltic rocks intercalated with limestone and mudstone beds of Upper Cretaceous age. The ore is composed mainly of pyrite, chalcopyrite and sphalerite, and to a smaller extent of galena, tetradrite and bornite. Barite, carbonate minerals, quartz, clay-minerals, sericite and gypsum make up the gangue minerals. The ore can simply be classified as black (BO), yellow (YO) and clastic (CO) ores depending on its dominant ore forming mineral and texture.

The grain size measurements of pyrite, chalcopyrite, sphalerite carried out under microscope for all of the ore types show a positive skewness. The calculated statistical parameters are as follows; the arithmetic mean, mode and median for pyrite in CO are 56,52 $\mu\text{m}$ , 34 $\mu\text{m}$  and 40,8 $\mu\text{m}$ , respectively; for chalcopyrite in CO, 94,29 $\mu\text{m}$ , 34 $\mu\text{m}$  and 51 $\mu\text{m}$ , respectively; for sphalerite in CO, 162,03 $\mu\text{m}$ , 68 $\mu\text{m}$  and 119 $\mu\text{m}$ , respectively; for pyrite in YO, 144,68 $\mu\text{m}$ , 68 $\mu\text{m}$  and 68 $\mu\text{m}$ , respectively; for chalcopyrite in YO, 467,36  $\mu\text{m}$ , 68 $\mu\text{m}$  and 272 $\mu\text{m}$  respectively and for sphalerite in YO, 94,29 $\mu\text{m}$ , 34 $\mu\text{m}$  and 68 $\mu\text{m}$ , respectively; for pyrite BO, 217,56 $\mu\text{m}$ , 68  $\mu\text{m}$  and 153 $\mu\text{m}$ , respectively; for chalcopyrite in BO, 163,64 $\mu\text{m}$ , 68 $\mu\text{m}$  and 102 $\mu\text{m}$ , respectively and for sphalerite in BO, 225,89 $\mu\text{m}$  136  $\mu\text{m}$  and 170 $\mu\text{m}$  respectively.

In addition, the Cu-Zn grades generally increase with decreasing grain size of ore minerals for instance, Zn grades increase from 11,05% to 11,75% with a decrease in the grain size from 420-62,5 $\mu\text{m}$  in CBO, and from 16,98% Zn to 18,19% Zn with grain size of 590 $\mu\text{m}$  to 105 $\mu\text{m}$  in BO; and from 8,12% Cu to 9,33% Cu with grain size from 1680 $\mu\text{m}$  to 250 $\mu\text{m}$  in yellow ore. Only exception was observed in Cu grades in CYO, in which Cu grades slightly decrease 3,80% to 3,23% with decreasing grain size from 350 $\mu\text{m}$  to 45 $\mu\text{m}$ . The variance formula for minimum amount of sample with  $\pm 5\%$  error limits with respect to grain size was determined to be  $S^2 = Kd^{0,4}/M$ . The exponential coefficient ( $\alpha$ ) appears to be lower than that is used in Gy's equation ( $\alpha=2-3$ ). This, in turn, indicates a high variation in ore- grades of the Çayeli deposit. Since the ore-grades greatly differ within different ore types, the variance formulae including grade, grain size and amount of sample were found for each type of ore i.e.  $S^2 = t^{1,14} d^{0,4}/M$  for CBO;  $S^2 = t^3 d^{0,4}/M$  for CYO;  $S^2 = t^{3,9} d^{0,4}/M$  for BO;  $S^2 = t^{0,78} d^{0,4}/M$  for YO.

**Keywords:** Gy equation, Çayeli, massive sulphides, grain-size distribution, sampling variance formula.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 2. Doğu Pomidlerin genel jeolojik yapısı ve önemli masif sülfid yatakları .....	3
Şekil 3. Çayeli masif sülfid yatağının jeolojisi .....	8
Şekil 4. Çayeli masif sülfid yatağının A-A' jeolojik kesiti.....	9
Şekil 5. Çayeli masif sülfid yatağının B-B' jeolojik kesiti.....	10
Şekil 6. Çayeli masif sülfid merceğinin K 1840 enine kesiti.....	17
Şekil 7. Cevher merceğinin 1000 mt seviyesinde hazırlanan plan kesiti .....	19
Şekil 8. Sarı cevher içerisinde yer alan kalkopiritin pirit ve sfaleriti ornatması .....	23
Şekil 9. Sarı cevherde kalkopiritin piritin yerini alarak atol yapısı oluşturması.....	23
Şekil 10. Siyah cevher içerisinde yer alan framboidal piritlerle sfalerit .....	24
Şekil 11. Kırıntılı cevherde yarı yuvarlaklaşmış pirit tanelerinin arasını dolduran kalkopirit ve sfalerit .....	25
Şekil 12. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.....	33
Şekil 13. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans diyagramı .....	33
Şekil 14. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı.....	34
Şekil 15. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı. ....	35
Şekil 16. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans diyagramı .....	35
Şekil 17. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı....	36
Şekil 18. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı .....	37
Şekil 19. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans diyagramı .....	38
Şekil 20. Kalkopirit mineralinin boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı.....	38
Şekil 21. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.....	40
Şekil 22. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı.....	40
Şekil 23. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı.....	41
Şekil 24. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı .....	42
Şekil 25. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı ....	42
Şekil 26. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı...	43
Şekil 27. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.....	44
Şekil 28. Kalkopirit minerali tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı .....	45
Şekil 29. Kalkopirit minerali tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı ....	45

Şekil 30. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.....	47
Şekil 31. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı.....	47
Şekil 32. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı.....	48
Şekil 33. Sferit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı .....	49
Şekil 34. Sferit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı .....	49
Şekil 35. Sferit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı....	50
Şekil 36. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.....	51
Şekil 37. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal kümülatif frekans diyagramı	52
Şekil 38. Kalkopirit minerali tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı ....	52
Şekil 39. %95 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı .....	57
Şekil 40. %75 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı .....	59
Şekil 41. %50 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı .....	61
Şekil 42. %25 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı .....	63
Şekil 43. Toplam tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı.....	65
Şekil 44. Kırıntılı siyah cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı .....	71
Şekil 45. Kırıntılı sarı cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı .....	74
Şekil 46. Sarı cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı .....	76
Şekil 47. Siyah cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı.....	78



## TABLULAR DİZİNİ

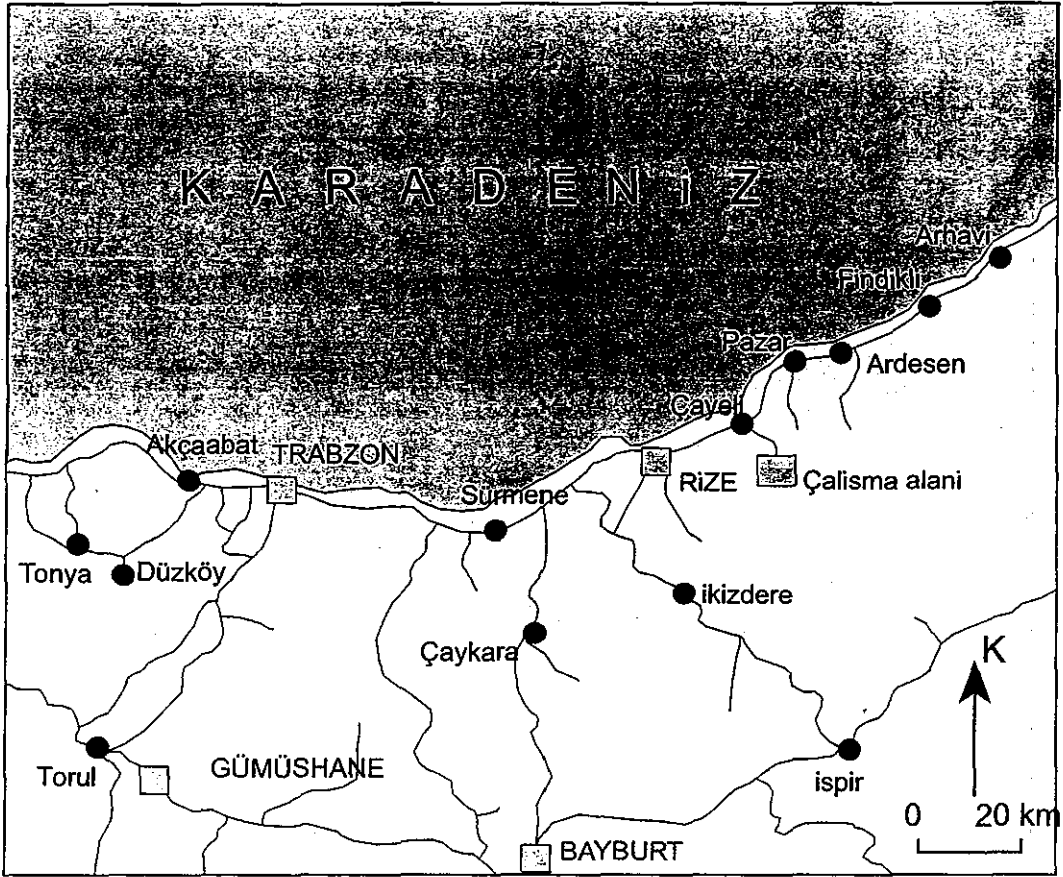
	Sayfa No
Tablo 1. Çayeli masif sülfür yatağına ait cevher minerallerinin tane boyutlarının (mikron) temel istatistiksel özellikleri.....	31
Tablo 2. Çayeli masif sülfür yatağına ait cevher minerallerinin logaritmik tane boyutlarının temel istatistiksel özellikleri.....	32
Tablo 3. Yüzde değerlere karşılık gelen elek açıklıkları ve eleme sonucu elek altında kalan örnek miktarları.....	55
Tablo 4. Regresyon analizi yapmak için hesaplanan veriler.....	56
Tablo 5. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	58
Tablo 6. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	60
Tablo 7. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	62
Tablo 8. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	64
Tablo 9. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	66
Tablo 10. Yüzde tane boyutlarına karşılık gelen elek açıklıkları arasında kalan örnek miktarları ve bunların yüzde tenör değerleri.....	68
Tablo 11. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	70
Tablo 12. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	72
Tablo 13. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	74
Tablo 14. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	77
Tablo 15. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu.....	79

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Çalışma alanı, Rize ili Çayeli ilçesinin kuzey doğusunda yer alan Madenköy'de bulunmaktadır. Maden sahası, 1/25 000 ölçekli Artvin F 45-c4 paftasında yer alır (Şekil 1).

Çalışma alanının ulaşım ağı gelişmiş olup, Rize ili Çayeli ilçesinden maden sahasına 8 km'lik asfalt bir yol ile ulaşılır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Çalışma alanında Doğu Karadeniz Bölgesi'nin karakteristik yerleşim sistemi olan dağınık bir yerleşim sistemi görülür. Bölgedeki en büyük yerleşim yeri Madenköy Beldesidir.

Bölge, genel olarak sarp sayılabilecek bir topoğrafyaya sahiptir. Çalışma alanının en düşük rakımlı yeri Büyükdere olup, deniz seviyesinden 90m yüksekliktedir. 90m rakımından başlayarak kuzey batıya doğru kısa mesafede arazi 300 m rakımına kadar ulaşır. Çalışma sahasının doğusunda İsirlik mahallesi , batısında ise İsmailoğlu mahallesi bulunmaktadır. Sahanın en yüksek noktası Çimentotepe ve İsirliktepe olup , en yüksek noktaları 350m'yi geçmez.

Bölgede Doğu Karadeniz Bölgesi'ne ait tipik iklim görülmektedir. Yazları serin ve az sıcak, kışları ise ılık ve yağışlıdır. Sahada her mevsim yağış görmek mümkündür. Ancak, en bol yağış özellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülür. Sahadaki gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkları yazları 15-25 °C , kışları ise 0-10 °C arasındadır.

Bölge bol yağış aldığından arazi tamamen bitki örtüsü ile kaplıdır. Hakim olan bitki türleri çay, orman gülü, fundalık, kızılbaş ve az miktarda fındık ile mısırdır.

## 1.2. Bölgesel jeoloji

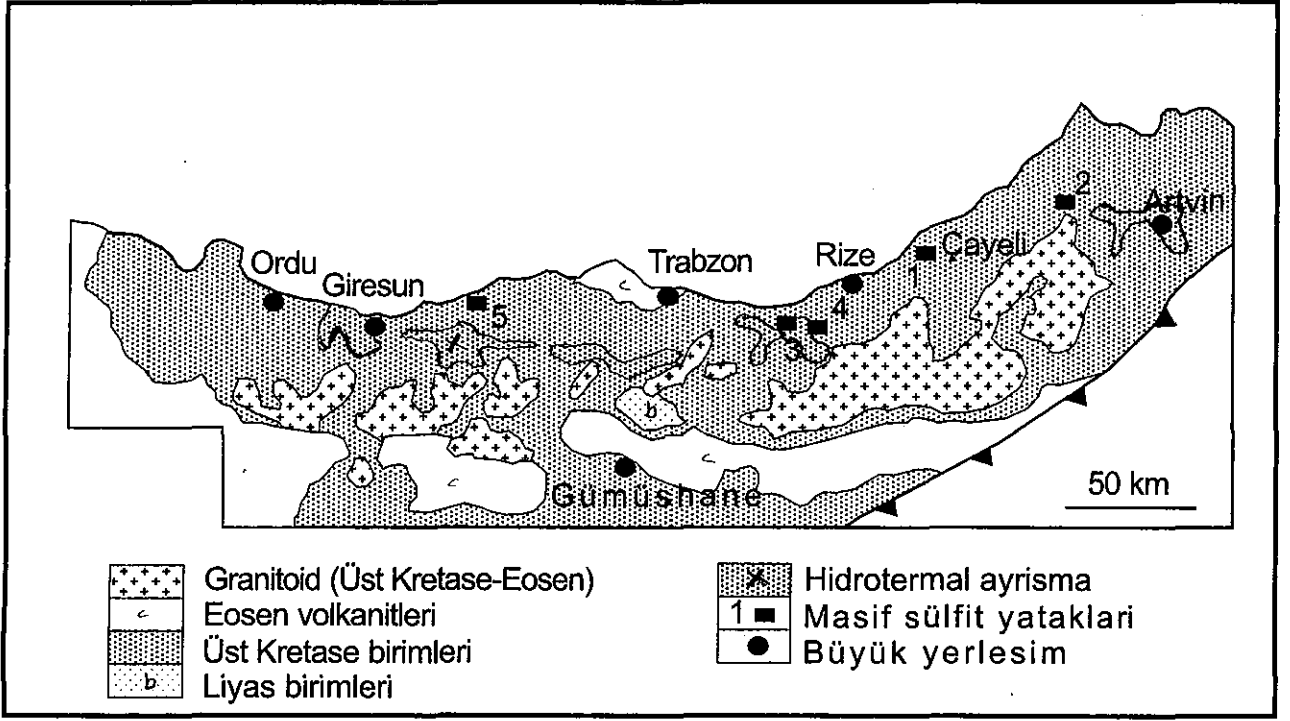
İnceleme alanı Doğu Pontid jeotektonik birliğinin kuzey zonunda yer almaktadır.

Tektonik birim olarak "Pontid" adı ilk defa Hemilton (1942) tarafından kullanılmıştır.

Ketin (1966), Türkiye'nin tektonik birliklerini Pontid, Anatolid, Torid ve kenar kıvrımlar olarak adlandırmıştır. Ketin ve Canitez (1972) bu tektonik üniteleri yeniden düzenlemiş ve adlandırmışlardır.

Doğu Pontitler uzun zamandan beri yer bilimciler arasında bir tartışma konusu olmuştur. Doğu Pontitlerin günümüzdeki jeolojik yapısına yol açan yitimin yönü tartışmaların odak noktası olmuştur. Şengör ve Yılmaz (1981) ve Görür (1988) kuzey yönlü bir yitimin varlığını kabul ederken daha sonraki çalışmalarda yitimin yönünün güneye doğru olması gerektiği konusunda yeni bulgular ileri sürülmüştür. Adamia ve diğerleri (1981), Bektaş ve diğerleri (1995).

Yitim zonunun yönü konusundaki bu tartışmalara karşın, Doğu Pontitlerin bir ada yayı olduğu ve Lias'tan Pliyosen'e ve hatta daha yakın zamanlara kadar devam eden volkaniklerden oluştuğu bütün araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir.



Şekil 2. Doğu Karadeniz Bölgesinin genel Jeolojisi ve önemli maden yatakları

(1. Çayeli, 2. Murgul, 3. Kutlular, 4. Kotarakdere, 5. Harşit)

Doğu Pontitlerin tabanında granitik kayalarla kesilen ve muhtemelen Paleozoyik yaşlı olan metamorfik birimler yer almaktadır (Çağatay ve Boyle, 1980). Bu birimler üzerine diskordan olarak çoğunlukla bazalt ve daha az oranda andezit ve traki-andezitlerden oluşan bir volkanik istif gelmektedir. Bu istif yer yer lokal olarak gelişen tortul kökenli kayalarla ara katlıdır. Üste doğru diskordan olarak malm – Alt Kretase yaşlı platform karbonatlarına geçiş gösteren istif yine uyumsuz olarak Üst Kretase yaşlı asidik volkanik kayalarla örtülüdür (Korkmaz ve diğerleri, 1995).

Bazalt ve andezitler daha nadirdir. Bu volkanik etkinlik daha sonra bazik karakter kazanarak Pliyosen'e kadar devam eder. Volkanik istif yaşları Üst Kretase'den Eosen'e kadar değişen granitik kayalar tarafından yer yer kesilmektedir.

Bütün bu volkanik faaliyetler Ojeosenklinal içinde meydana gelmiş olup bu volkanik faaliyetlerle ve özellikle de asidik karakterli volkanizma ile ilgili olarak bölgede çeşitli tiplerde sülfütlü çevher yatakları oluşmuştur (Akıncı, 1975).

Jura ve Paleosen arasında gelişmiş olan bu serilerin üzerinde Pliyosen ve Kuvaterner'in karasal oluşukları pek az olmakla beraber yer yer görülmektedir (Korkmaz ve diğerleri, 1995).

### 1.3. Önceki çalışmalar

Çayeli masif Sülfüt yatağı ve çevresinde bir çok araştırmacı tarafından değişik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda kısaca anlatılmıştır:

Geoffrey, (1960), Madenköy sahasında ilk detaylı çalışmaları yaparak sahanın 1/2000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritasını tamamlamıştır. Bu jeolojik çalışma baz çalışma kabul edilerek 1967 senesinde MA tarafından I.P. uygulanmış ve böylece jeofizik etütler yapılmıştır.

Turan (1969), yapılan ilk sondajlı çalışmalar elde edilen yeni verilerle sahanın 1/2000 ölçekli jeoloji haritasında gerekli düzeltmeleri yapmıştır.

Ovalıoğlu (1970), yeni yapılan sondajlarla verilerin artması sonucu aynı sahada yine 1/2000 ölçekli jeolojik haritayı gözden geçirerek gerekli düzeltmeleri yapmıştır.

Altun (1972), daha önceki çalışmalar sonucunda mevcut saha ve sondajlardan elde edilen verileri yeniden değerlendirerek çalışma sahasının 1/1000 ölçekli yeni bir jeolojik haritasını yapmıştır.

Nebioğlu (1975), maden sahası ve yakın çevresinin jeolojisini inceleyerek, bütün eski ve yeni verileri gerek arazide ve gerekse laboratuvarda değerlendirmesi sonucu, sahanın 1/1000 ölçekli jeolojik haritasını yenilemiştir.

Altun (1978), Lee (1983) ve Neumann (1987), fizibilite çalışmaları esnasında çevherin jeolojisine ilişkin değerlendirmeler yapmışlardır. Bu çalışmalar yatağı araştıran şirketler tarafından yaptırılan raporlardır.

Çağatay ve Boyle (1980), madenin yakın çevresinde jeokimyasal çalışmalar yaparak örtülü masif sülfüt yataklarının aranmasında takip edilecek yöntemleri araştırmışlardır.

Çağatay (1993), masif merceği içeren birimlerde hidrotermal alterasyonun gelişimini incelemiş ve killeşmenin karakteristik olduğunu ortaya koymuştur. Ona göre tavan bloğu içerisinde killeşme 200m kalınlığında ve 300m - 2 km genişliğinde bir zonda gelişmiştir. Taban bloğunda ise killeşmeden ziyade serisitleşme, silisleşme ve karbonatlaşma daha egemendir.

Akçay ve Arar (1999), maden ocağı üretime başladıktan sonra ilk çalışmayı yaparak, o güne kadar yapılan bütün sondajlardan elde edilen jeolojik verileri değerlendirerek cevherin jeolojisi, minerolojisi ve jeokimyası üzerine yeni bulgular ortaya koymuşlardır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışma ile Türkiye'nin en önemli bakır – kurşun – çinko üretim bölgesi olan Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki yataklarda gerçek tenörün (element içeriklerinin) en doğru ve en hassas şekilde tespit edilmesi ve buna bağlı olarak rezerv hesaplarının sağlıklı yapılabilmesi için gerekli olan parametreler belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmalar Doğu Karadeniz Bölgesi'nin en önemli masif sülfid yatağı olan Çayeli masif sülfid cevherleşmesinde yapılmıştır.

Gy (1979), tarafından uygulanan parametrelerin ilk defa masif sülfid yataklarında geçerliliği araştırılarak bu formülün daha kolayca uygulanabilen alternatifi araştırılmıştır.

Bu amaçla yapılan çalışmalar arazi , laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır.

Arazi çalışmaları sırasında maden yatağından farklı cevher türlerinden yeterli miktarda el örnekleri alınmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında ise alınan cevher örneklerinden parlak kesitler hazırlanarak maden yatağının cevher mineralojisi ve cevher minerallerinin tane boyu büyüklükleri tespit edilmiştir. Bu çalışmalar yağlı ortamda Leitz Wetzlar 1432 marka mikroskop altında yürütülmüştür.

Bu çalışma ile bulunan tane boyutlarına göre belli elek açıklıkları tespit edilmiştir. Daha sonra cevher örnekleri bu eleklerden geçebilecek şekilde öğütülerek elenmiş ve elek altında kalan miktarları tartılmıştır. Ayrıca tespit edilen bu örnek miktarları kimyasal analize gönderilecek şekilde öğütülerek 10'ar gr'lık paketler halinde 35 adet örnek Kanada'daki Acme Analytical Survey laboratuvarlarına gönderilmiştir.

Büro çalışmalarında ise öncelikle bölge ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalardan derlenen genel jeoloji ve cevher mineralojisi yapılmıştır. Ayrıca konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar tespit edilerek derlenmiştir.

Daha sonra Laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerle analiz sonuçları bilgisayar ortamına aktarılarak gerekli çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yüksek lisans tez düzeninde hazırlanarak sunulmuştur.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Stratigrafi ve petrografi

##### 3.1.1. Giriş

Yaklaşık olarak 0,5 km<sup>2</sup> lik bir alanı kaplayan Madenköy sahası, Doğu Pontitlerin kuzey zonunda yer almaktadır. Sahada genel olarak Üst Kretase yaşlı formasyonlar ile Kuvaterner'in alüvyonları görülmektedir.

Çayeli masif sülfid yatağı ve yakın yöresinde yapılan haritalama çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığı altında stratigrafinin topoğrafik olarak alttan üste doğru Üst Kretase yaşlı asidik proklastikler , pümüs tüfler , bazaltik kayalar , litik tuf breş , sedimanter birimler ve sokulum kayalarından oluştuğu belirlenmiştir (Nebioğlu 1975, Altun 1978, Lee 1983, Neumann, 1987) (Şekil 3).

Üst Kretase formasyonlarının üzerinde ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır (Nebioğlu,1975).

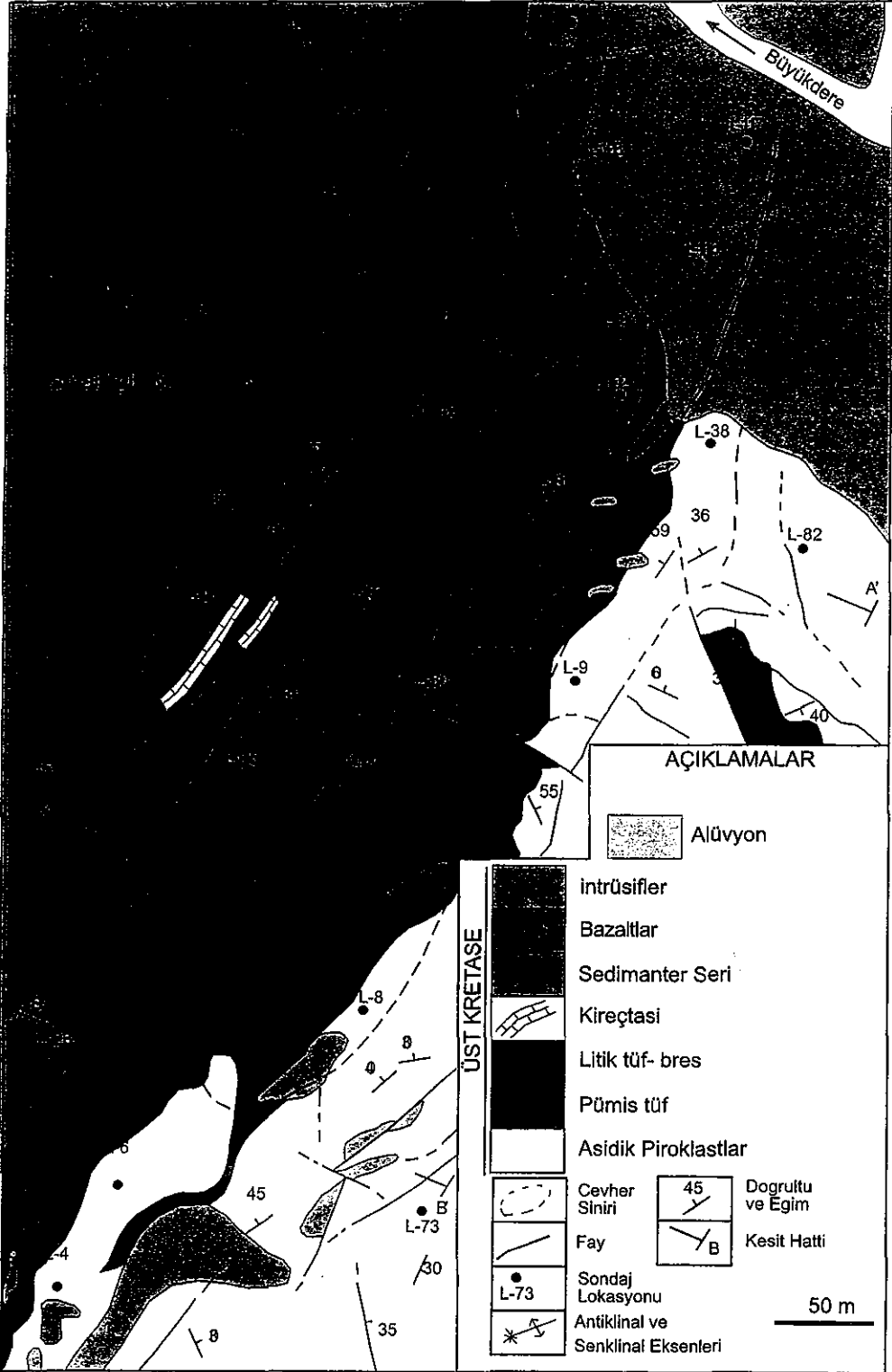
##### 3.1.2 Asidik Piroklastlar

Asidik proklastlar çalışma sahasının en alt seviyesini teşkil ederler. Sahanın D-GD' sında oldukça geniş bir yer teşkil eden bu seviye yer yer çok iyi tabakalanma ve laminasyon göstermektedirler. Bazı küçük antiklinal ve senklinallerin mevcut olmasına rağmen genel uzanımları KB-GD' ya dalmalıdır (Şekil 3).

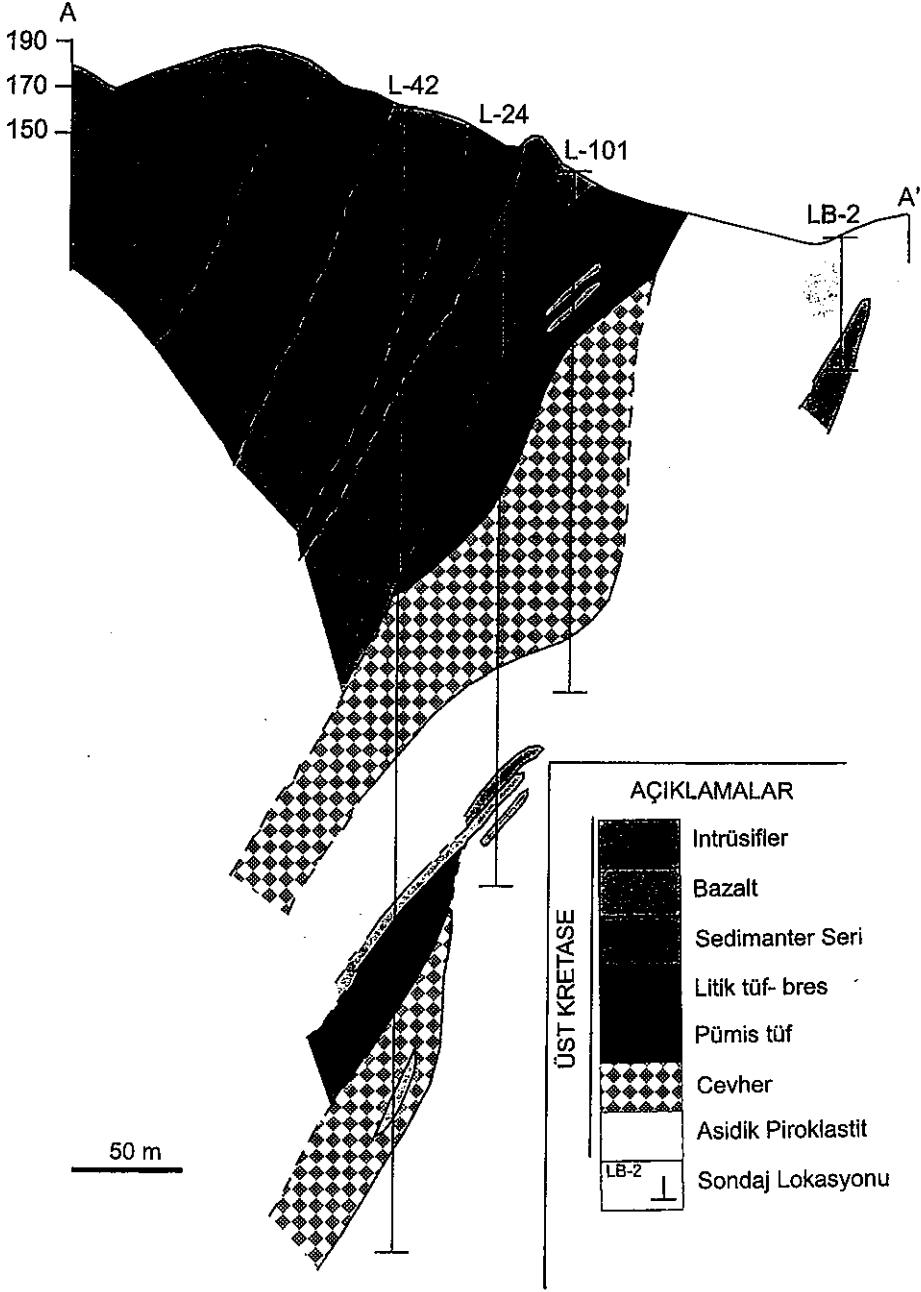
Bu proklastik seviye başlıca dasidik akıntılar, proklastik akıntılar, dasidik breşler, aglomeralar, litik tüfler, tüfler (lapilli ve kristal) ash flow tüfler ve pümüs tüflerden meydana gelmiş karmaşık bir seri halindedir. Bunlar çok kısa mesafelerde yanal ve düşey olarak birbirlerine geçiş gösterirler.

Genellikle gri, beyazımsı renkte olup çok şiddetli ayrışma geçirmişlerdir. Ayrışmadan dolayı kayaların cinsleri kesin olarak saptanamamakla birlikte genellikle dasidik veya riyolitik özellikte gözükmeleri asidik karakterde olduklarını göstermektedir.

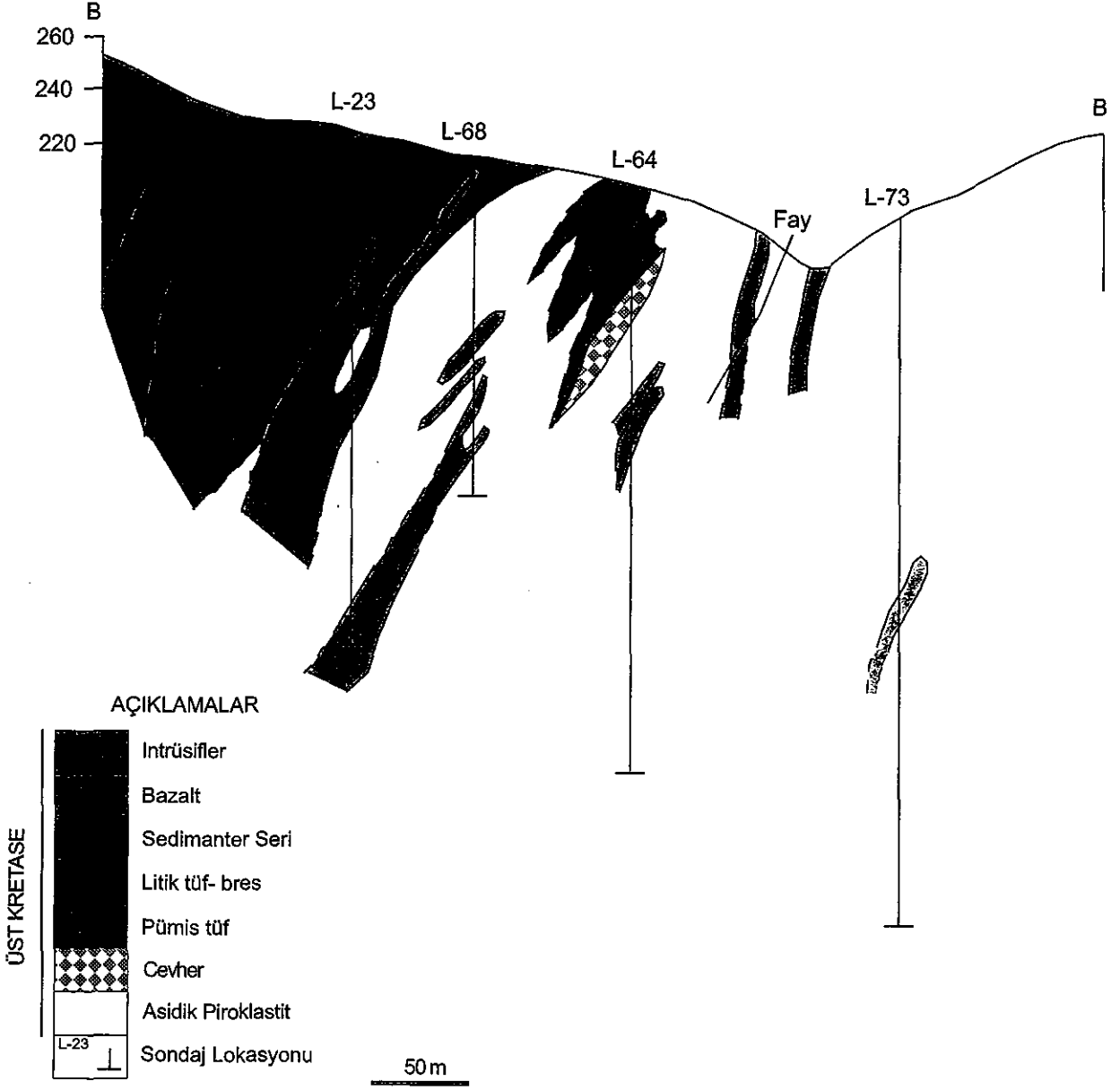




Şekil 3. Çayeli masif sülfür yatağının jeolojisi (Nebioğlu, 1975'ten uyarlanmıştır).



Şekil 4. Çayeli masif sülfür yatağının A-A' jeolojik kesiti (Nebioğlu 1975'ten uyarlanmıştır).



Şekil 5. Çayeli masif sülfür yatağının B-B' jeolojik kesiti (Nebioğlu 1975'ten uyarlanmıştır).

Hidrotermal alterasyon piritleşme, silisleşme, serizitleşme, kaolinleşme ve daha az miktarda kloritleşme ve karbonatlaşmadır. Feldspatlar bütünüyle killere dönüşmüşlerdir. Sadece dış şekilleri (izleri) kalmıştır. Birincil kuvarslar yuvarlak ve yenmiş parçalar (korrede) olarak bulunurlar. İkincil silis damarlar şeklinde mevcuttur. Sülfidlerin kimyasal bozunması dasidik seriye ait kayaçların yıkanmasına ve ağarmasına yol açmıştır (Nebioğlu, 1975).

### 3.1.3. Pümüs tüfler

Pümüs tüfler tabandaki asidik proklastların hemen üzerinde yer alırlar ve cevherin tavan kayacını oluştururlar (Nebioğlu, 1975).

Pümüs tüfler yer yer çok iyi tabakalanma ve laminasyon gösterirler, genel uzanımları KD-GB doğrultulu ve KB'ya eğimli olup yeşilimsi, morumsu-kırmızı renklidirler (Şekil 3).

Pümüs tüflerin çok şiddetli ayrışma geçirmiş olmalarına rağmen dasitik ve / veya riyolitik yani genel olarak asidik karakterde oldukları tespit edilmiştir.

Pümüs tüfler kil minerallerinden oluşan bir matriks içerisindeki kuvars ve feldspat kristalleriyle, pümüs parçalarından oluşur. Bu tüfler genellikle foliasyon göstermektedirler. Bu birimin içerisinde tabakalanmaya paralel olarak kireçtaşı ve kırmızı çamurtaşından oluşan mm ile 1,50 m. arasında değişen ince katmanlar bulunmaktadır.

Birimde gözlenen baskın alterasyon kaolinleşme, hematitleşme, kloritleşme ve az miktarda silisleşme, serizitleşme ve karbonatlaşmadır. Alterasyon asidik proklastlardan belirgin ölçüde daha zayıftır ve piritleşme içermezler (Nebioğlu, 1975).

### 3.1.4. Litik tuf breş

Bazaltik seviyenin üstünde yer alırlar ve tabakalanma ile laminasyon gösterirler. Genel uzanımları alttaki pümüs tüfler gibi KD-GB doğrultulu ve NB'ya eğimlidirler (Şekil 3).

Andezitik litik tuf breş ve dasidik- andezitik tüflerden oluşur. Orta koyu yeşil renktedirler (Nebioğlu, 1975).

Kil ve kristal parçalarından oluşan bir matrikste yer alan köşeli ve yuvarlak – yarı yuvarlak bazalt, andezit ve dasit parçalarından oluşur. Ayrıca bu tüflerin içerisinde

tabakaların eğim ve doğrultuları ile uygun bir şekilde bulunan çamurtaşı bantları mevcuttur. (Nebioğlu, 1975).

İnce olan proklastikler yanıl olarak çok hızlı bir fasiyes değişimi ve tabakalanma tekstürü gösterirler ki buda çok sayıda çökme döngüsünün gerçekleştiğini ifade eder (Çağatay, 1993).

Tüfler genelde plajiolaz ve çok az miktarda kuvars mineralleri içermektedirler. Plajiolaz ve kuvars mineralleri kristal ve kısmende kristal parçaları halindedir. Kuvars miktarının pümüs tüflere nazaran çok az oluşu, bunların asidik veya bazik karakterde olduğuna dair kesin bir karar vermeyi güçleştirmektedir. Fakat bu tüflerin genel olarak nötr karakterde oldukları kabul edilebilir (Nebioğlu, 1975).

Birimde hakim olan alterasyon killeşme ve kloritleşmedir. Serizitleşme, silisleşme ve karbonatlaşma ikinci derecedeki ayrışmayı teşkil ederler. Hematitleşmeye ise yer yer rastlanmaktadır.

Plajiolazlar andezin ve oligoklas ikizleri halindedir. Bu plajiolazlar ayrışma sonucu çeşitli kil minerallerine, klorite ve az miktarda da serizite dönüşmüşlerdir. Kuvarlar ise kısmen yenmiş, kısmende öz şekilli olarak bulunurlar (Nebioğlu, 1975).

### 3.1.5. Kireçtaşları

Andezitik litik tuf breş ve onlarla ilişkili ince proklastiklerin üzerinde yer alırlar (Şekil 3).

Masif yapıdadırlar. Renkleri pembeden kestane rengine kadar değişir. Çok ince taneli kumsu kırıntıları da ara katkılı olarak içerirler. Bu zonlarda ince taneli manyetitler oluşur. Tekstürel olarak kireçtaşı yoğun masif (çok iyi) ince tabakalıdır.

Atmosferik-çok sığ su bozunma koşullarına maruz kalmıştır. Bol miktarda globodrumcana, globigerina fosilleri içermektedir. Buna göre yaşı Senoniyen (Üst Kretase) olarak belirlenmiştir (Çağatay ve Boyle, 1980)

### 3.1.6. Sedimanter seri

Çalışma sahasının en üst seviyesini meydana getiren sedimentler kireçtaşlarının üzerinde uyumlu olarak yer alırlar (Şekil 3). Bu birimin genel uzanımları KD-GB doğrultulu olup KB'ya eğimlidirler (Nebioğlu, 1975).

Çoğunlukla gri, beyazımsı ve sarımsı renkte olan bu seviye, çok kısa mesafelerde yanal ve düşey olarak birbirlerine geçiş gösterirler. Birincil volkanik malzeme ile volkanik kökenli tortulların baskın olduğu kayaç kırıntularından oluşur. Reworked tüf, arkozik kumaşı, ince laminalı karbonatlı çamurtaşı yada arjilik ve ince kireçtaşlarından oluşur. Bu sekansla ara katkılı olarak bazalt akıntıları bulunur (Lee, 1983).

Çamurtaşlarının Globodrumcana cinsi fosiller içermesi, bu serinin Üst Senoniyen yaşlı olduğunu göstermektedir (Çağatay, 1993).

Hakim olan alterasyon kloritleşme, az miktarda killeşme ve serizitleşmedir. Killeşmenin alt seviyelere doğru arttığı, kloritleşmenin ise azaldığı görülmüştür (Çağatay, 1993).

### 3.1.7. Bazaltlar

Çalışma alanında geniş yer kaplayan bazaltlar bir çok seviyede yer alırlar (Şekil 3 ).

Pürnüs tüflerin üzerinde yer alırlar ve ayrıca üstteki diğer seviyeleride içersine alan bazaltik bir seri oluştururlar. Gerek asidik proklastların gerekse üstteki diğer seviyelerin içersinde volkanik ve subvolkanik dayklar, silller, levhalar ve stoklar şeklinde bulunurlar (Nebioğlu, 1975).

Bazaltlar genel olarak siyahımsı , koyu yeşil renktedirler. Fakat ayrışmış kısımlar koyu gri renkte gözüktürler (Nebioğlu, 1975).

Bazaltların büyük bir kısmının ojit ve ojit-olivin bazaltlar oldukları tespit edilmiştir. Bazaltlar genellikle porfiritik, ofitik ve amigdoidal tekstür gösterirler (Çağatay, 1993).

Matriks ince tanelidir. İntergranüler dokulu holokristalen bir yapısı vardır. Matriks taneli manyetitlerle interstisiyal yapı gösteren rastgele saçılmış plajioklaz latalarından, piroksen ve olivinden oluşur. Bütün bunlar yer yer karbonat ve kalsedonik kuvarsa dönüşmüşlerdir (Çağatay, 1993).

Bu kayalardaki baskın mineral ojit, olivin ve labradorit olup ojit ve olivinler kısmen kloritleşmiştir. Boşluklar ise zeolit, ikincil kuvars ve kalsitle doldurulmuştur.

### 3.1.8. İnrüsifler

Tüm birimleri ve cevheri kesen andezitik bazaltik ve kuvars latitik bileşimli dayklardır.

Genellikle ince tanelidirler, bazen porfiritik ve amigdoidal olabilirler. Çatlakları ve boşlukları kalsit ve dolomit doldurur(Çağatay, 1993).

#### 3.1.8.1. Andezitler

Bazaltlara nazaran hem daha az yer kaplarlar hemde daha küçük ebatta gözüdürler. Bunlarda bazaltlar gibi volkanik ve subvolkanik dayklar, siller ve stoklar şeklinde bulunurlar.

Renkleri açık gridir. Ekseriya andezitik bazende traki andezitik karakteri gösterirler. Bazaltlara nazaran daha fazla altere olmuşlardır. Hakim alterasyon genel olarak arjilikleşme ve silisleşme şeklindedir. Bazen az miktarda kalsitleşme, kloritleşme ve limonitleşmeye de rastlanır. Ayrışma andezitlerin hem fenokristallerinde hem de hamur kısımlarında meydana gelmiştir (Nebioğlu, 1975).

### 3.1.9. Alüvyonlar

Tüm birimlerin üzerinde yer alan Kuvaterner yaşlı olan alüvyonlar Büyük dere boyunca görülürler (Şekil 3).

Bölgede yer alan alüvyonlar çeşitli cinsten ve farklı büyüklükteki kayaların blok, çakıl ve kumlarından meydana gelmiştir. Kalınlıkları yaklaşık olarak 30 m civarındadır (Nebioğlu, 1975).

## 3.2. Yapısal jeoloji

### 3.2.1. Kıvrımlar

Jeolojik haritada da görüleceği gibi asidik piroklastlar içinde ekseni genel olarak KD-GB uzanımlı büyük bir antiklinal gelişmiştir (Şekil 3). Ayrıca eksenleri kısmen KB-GD, kısmende KD-GB uzanımlı yersel küçük antiklinal ve senklinallere de sahada sık sık rastlanmaktadır.

Kıvrımlanmanın etkisiyle formasyonlar yer yer şisti bir karakterde olup, bilhassa pümüs parçaları fevkalade yassılaştı ve uzalmış bir haldedir (Nebioğlu, 1975).

### 3.2.2. Faylar

Çalışma sahasında kıvrım tektoniğine paralel olarak farklı iki istikamette kırılma tektoniği meydana gelmiştir (Şekil 3). Bunlardan KD-GB doğrultulu olanlar daha büyük ve daha eskidirler. Her iki yöndeki faylar daha ziyade antiklinal ekseninin yakınında yoğunlaşmışlardır.

Fayların eğimleri ise genellikle  $50^{\circ}$  ile  $90^{\circ}$  arasında değişmektedir (Nebioğlu , 1975).

### 3.3. Maden jeolojisi

#### 3.3.1. Giriş

Türkiye'nin en önemli masif sülfür yataklarından biri olan Çayeli masif sülfür yatağı Rize İline bağlı Çayeli ilçesinin 8 km güneyinde ki Madenköy beldesinde yer almaktadır.

Sahada oldukça geniş bir alana yayılan curuflar ile eski ve çökmüş galerilerin bulunması, burada çok eskiden beri madencilik çalışmalarının var olduğunu göstermektedir. Genel kanaat ilk çalışmaların Cenevizliler tarafından yapıldığıdır.

1994 yılının ikinci yarısından sonra üretim yapmakta olan Çayeli Masif Sülfür yatağının Ruslar tarafından bir miktar işletildiği bilinmektedir. Modern madencilik çalışmaları 1930 'lu yıllarda başlamış olup kuyu ve galeriler açılarak 1955 yılına kadar bir miktar maden çıkarılmıştır.

MTA tarafından 1967 yılında detay jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucunda toplam 11623 m sondaj yapılmış ve cevher merceğinin üst kesimine bir galeri açarak fizibilite çalışmalarına başlanmıştır.

1982 yılında Etibank ve Gama ile bir ortaklık kuran Phelps Dodge şirketi tarafından cevheri test etmek amacı ile galeriler açılarak galeri içi sondajlar yapılmış cevherin mineralojisini ve metalurjisini incelenmiştir.

1987 yılında şu anda İnmet olarak bilinen Metall Mining Phelps Dodge' un hisselerini satın alarak fizibilite çalışmalarını devam ettirmiş ve bu çalışmaları 1994 yılında tamamlayarak üretime başlanmıştır ve halen üretime devam edilmektedir.



### 3.3.2. Cevherleşmenin jeolojisi

Çayeli masif sülfür yatağı Üst Kratese yaşlı dasidik kayalar içerisinde yer alır ve Geç Kratese yaşlı kireçtaşı- kireçli çamurtaşı ara katkıları içeren bazaltik kayalarla örtülmüştür.

Değişik mineralojik özelliklere sahip cevher çeşitleri içeren masif sülfür merceğinin tabanında iyi gelişmiş bir ağsal cevherleşme zonu bulunmaktadır.

Sondaj verilerinden hazırlanan enine kesitlere göre masif cevher konveks yapılu bir mercek halindedir (Şekil 6). Mercek K 30 D doğrultulu ve 60°-80° KB'ya eğimli olup, 15-20° ile KD'ya doğru yatımlıdır (Akçay ve Arar,1999).

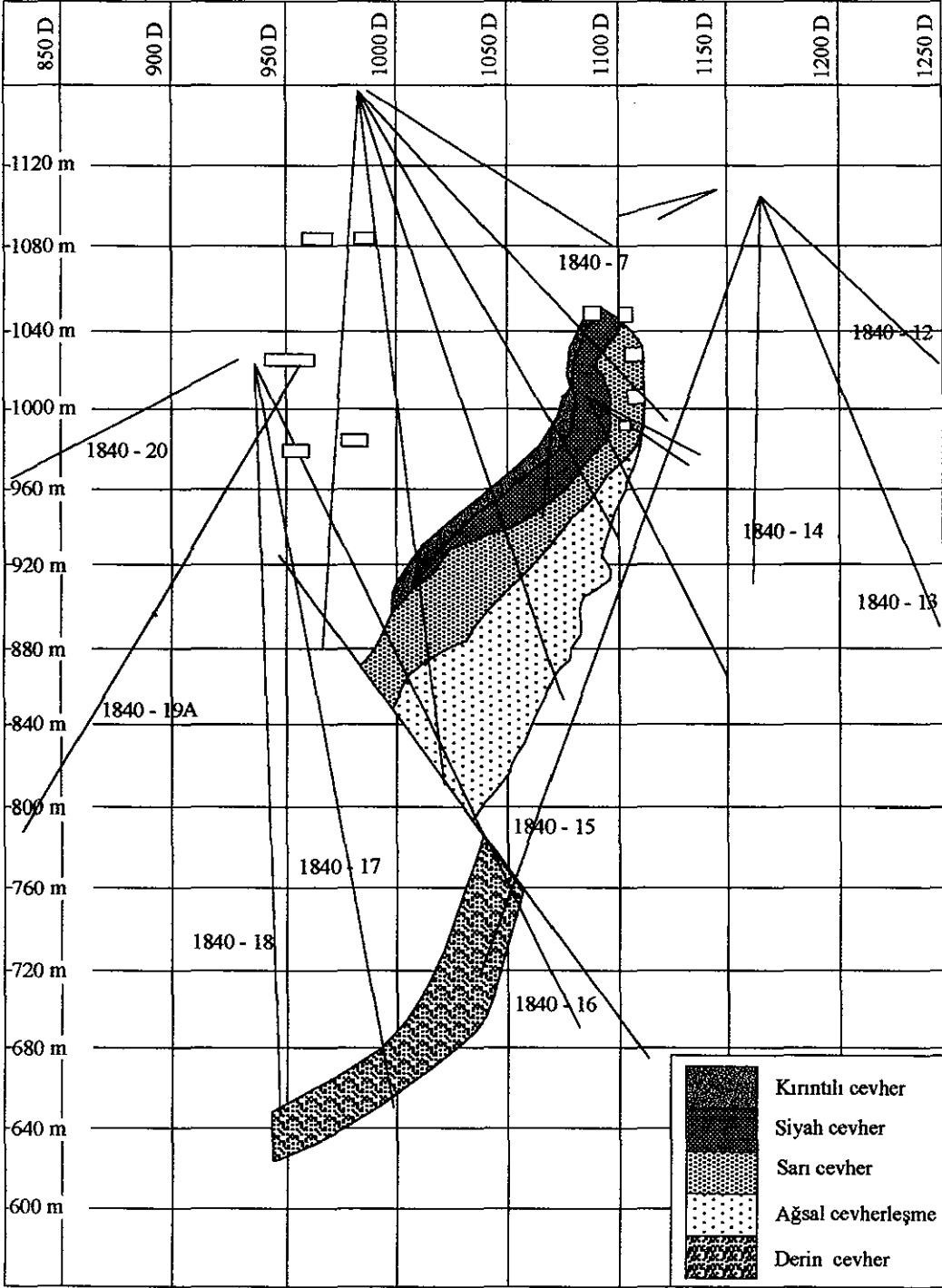
1560-1720 kesitleri arasında merceğin güney kesiminde mercek taban kayacı dokanağı son derece düzgün, fakat mercek-tavan kayacı dokanağı konveks yapılidir. Bu zonda Riyodasidik mineralojik bileşim gösteren taban kayacı 70° 'lik bir eğimle KB ya doğru eğimlidir.

1760-1880 kesitleri arasında cevher yan kayalar dokanaklarında değişimler göze çarpar. Bu zonda mercek – tavan kayacı dokanağı düzgün bir yapı sergilerken, taban kayacı dokanağı ise konveks yapılu bir morfolojiye sahiptir.

Cevherin kuzey ve güney bölgelerinde yan kayalar ile farklı litolojik ilişkisi cevherin yapısında da kendisini göstermektedir. Her ne kadar bazı kesitlerde devamlılık gösteriyorsa da genel olarak yanal değişimler söz konusudur. Hatta bazı cevher tipleri tamamen kesilmiştir ki bu durum muhtemelen bir faylanma veya kayma ile açıklanabilir.

Cevher merceğinin enine kesitlerinde bir mineralojik birlikteliğin varlığı göze çarpar. Bu zonlanma merceğin tavanından tabanına doğru:

- 1- Sfalorit – galen barit ve az miktarda kalkopirit –pirit
- 2- Pirit – kalkopirit
- 3- Pirit – kalkopirit – kil
- 4- pirit – kalkopirit – kuvars şeklinde sıralanabilir (Akçay ve Arar, 1999).



Şekil 6. Çayeli masif sülfür merceğinin K-1840 enine kesiti (Akçay ve Arar, 1999).

Bu mineralojik birliktelik Kuruko tipi masif sülfid yatakları için yapılan model çalışmalara uymaktadır (Franklin ve diğerleri,1981, Lydon, 1988 ). Birinci ve ikinci zonlar yer yer geçiş zonlarında içerirler. Merceğin tavanından tabanına doğru mineral tane boyutlarının göreceli olarak artması şeklinde bir morfolojik değişimde görülmüştür. Bu değişim özellikle pirit için geçerlidir. Pirit 4. mineral zonunda genellikle  $> 2$  mm taneler halinde iken , üst kesimlerde daha ince tanelidir (Akçay ve Arar, 1999).

Seviye planları, çizilen enine kesitler kullanılarak 1080m ile 640m seviyeleri arasında 20 m'lik aralıklarla hazırlanmaktadır. Şekil 6'da 1000 m seviyesinde hazırlanan (1000 m deniz seviyesi olarak kabul edilmektedir.) plan kesit görülmektedir (Akçay ve Arar, 1999).

Cevher merceği kendi içersinde homojen olmayıp, kuzeyden güneye doğru yanal olarak bir farklılık göstermektedir. Buna göre mercek üç alt bölgeye ayrılabilir.

K 1740 – K 1900 arası kuzey zon;

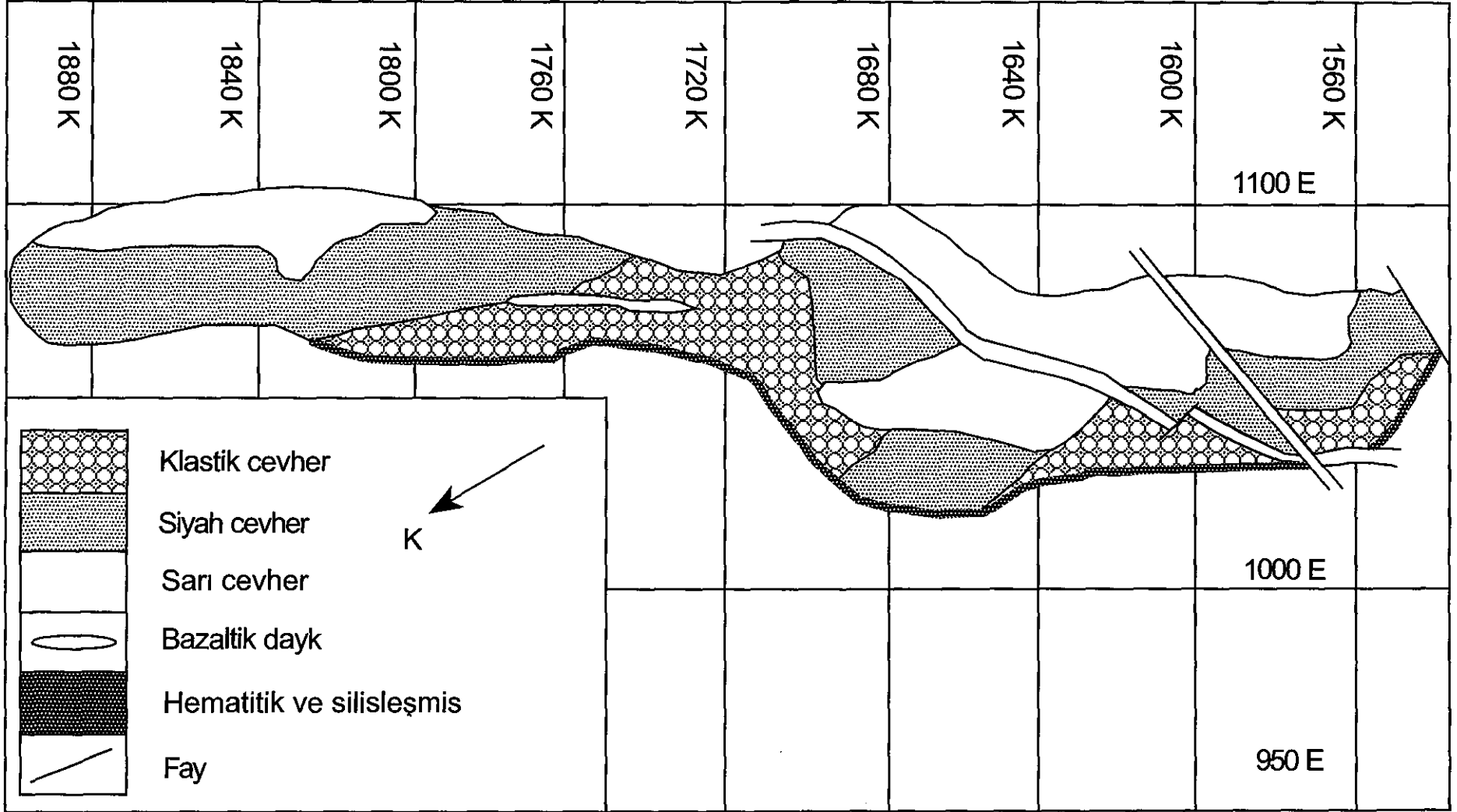
K 1700 – K 1740 arası orta zon;

K 1540 – K 1700 arası ise güney zon olarak adlandırılır.

Kuzey zon normal bir stratigrafik bir dizinim gösterir. Merceğin üst kesiminde siyah cevher, alt kesiminde ise sarı cevher bulunur. Orta zona doğru siyah cevherin üzerinde kırıntılı cevher yer alır. Merceğin tavanında kırmızı renkli çörtlü bir seviye yer alır.

1000 m seviyesinde kuzey zonun en uç noktasında 16 m olan görünür yüzlek genişliği K 1800 kesitinde 19 m'ye ulaşır. Fakat tekrar azalmaya başlayarak , orta zonda 10 m 'nin altına düşer. Ağsal cevherleşme ve yoğun piritli arjilik alterasyonun en yaygın olarak kuzey zonun tabanındaki taban kayaçlarında gelişmiştir.

K 1680 ve K 1720 kesitleri arasındaki bölgeden elde edilen veriler gerek kuzey gerekse güney zondan elde edilen verilerle uyuşmamaktadır. Bu durum özellikle 960 m seviyesinin üzerinde daha belirgindir. Bu nedenle bu bölge orta zon olarak ayrılmıştır. Zon interpolasyonla K 1740 'a kadar uzatılabilir. Sadece kırıntılı cevher tipinin yer aldığı bu zonda kuzey ve güney zonda var olan cevher tipleri devamlılık göstermezler.



Şekil 7. Çayeli masif sülfür merceğinin 1000m seviyesinden (deniz seviyesi) elde edilen plan kesiti (Akçay ve Arar,1999)

Güney zon masif sülfid merceğinin en geniş olduğu kesimine karşılık gelir. Orta zondan sonra kalınlaşmaya başlayan mercek K 1680 kesitinde 36,75 m yüzey genişliğine erişir. Genişlik güneye doğru azalarak K 1640 ve K 1560 kesitleri arasında ortalama 23m olarak devam eder ve son bulur (Akçay ve Arar, 1999).

Güney zon diğer zonlara göre daha karışık bir istiflenme gösterir. Tavanda genellikle 1 m'den az kalınlığı olan kırıntılı cevher yer alır. Kalınlığı güneye doğru artan kırıntılı cevher, ince fakat devamlı, karbonatca zengin çörtlü bir seviye ile örtülüdür. Bazı lokasyonlarda bu seviyenin yerini kırmızı renkli bir tuf tabakası alır(Akçay ve Arar, 1999).

Güney zonda merceğin tabanında sarı cevher yer alır. Bu zonda kuzey zona göre daha geniş olan sarı cevher zonu cevher merceğinin orta kesiminde de görülür ve dışa doğru , merceğin dış kesimlerinde daha iyi gelişmiş olan siyah cevhere geçiş gösterir.

Güney zonun tabanında ki yan kayaç killeşmiş piritik bir özelliktedir. Fakat kuzey zonda ki gibi zengin ağsal cevherleşme içermez. Kalkopiritçe zengin ağsal cevherleşme bu bölgede merceğin üst kesiminde ve tavan dokanağı boyunca görülür.

Güney zona ait karakteristik özelliklerden biri de porfiritik dokulu bazaltik daykların varlığıdır. Cevheri keserek yerleşen ve değişen doğrultu ve eğimler gösteren bu dayklar taban ve tavan kayaçları içinde bir devamlılık gösterirler. Pembeden kahverengine kadar değişen renkler gösterirler ki bu renk değişimi hidrotermal olaylara bağlı olarak gelişen yıkanma ile yakından ilgilidir. Zira renk değişimi kısa bir aralıkta gelişmekte fakat buna karşın mineralojik bir değişim gözlenmemektedir (Akçay ve Arar, 1999).

Farklı seviyelerden hazırlanan plan kesitlerin incelenmesi sonucunda mercek boyunca dikey yönde de homejen yapılmı ve dört ayrı zona ayrılabilceğini ortaya koymaktadır.

- 1- 980 m seviyesinin üzeri
- 2- 900 m- 980 m seviyeleri arası
- 3- 820 m- 900 m seviyeleri arası
- 4- 820 m seviyesinin altı.

1. zonda ,özellikle tavan kayacına yakın kesimlerde cevher merceği kalınlığı yaklaşık 2m olan kırmızı tuf seviyeleriyle ara katkılıdır.Bu sedimanter katmanlar 2. zonda görülmezler(Akçay ve Arar, 1999).

2. zonda cevher K 1760 kesitinden itibaren kalınlaşarak 940m-920m seviyeleri arasında 120m lik bir kalınlığa erişir. Mercek daha basit bir görünümüne sahiptir. Farklı cevher tipleri birbiriyle karışmaz ve düzenlilik arz eder. Siyah ve sarı cevher arasındaki dokanak keskin ve dike yakındır.

3. zonda (900m – 820m arası) merceğin güney zonunun kalınlığında bir azalma görülür ve kalınlık farklı kesitlerde 20m – 30m arasında değişir. Cevherin kuzey kesiminde ise masif merceğin kalınlığında bir azalma görülürken ağsal cevherin kalınlığında bir artış görülür. Bu durum derine doğru masif cevher kütlelerinin oluşumuna yol açan beslenme kanallarına geçildiğinin göstergesidir(Akçay ve Arar,1999).

820m seviyesinin altında yer alan 4. zon için yeterli veri bulunmamaktadır. Bu zonda cevher sadece K 1760 ve K 1840 kesitleri arasında kesilmiş olup, maksimum kalınlık 65m ile K1800 kesitinden elde edilmiştir. Cevher çoğunlukla kırıntılı ve siyah cevher özelliğindedir. Bu zonda cevherin sınırlarını tam olarak belirlemek amacıyla galeri içi sondajlar halen devam etmektedir (Akçay ve Arar,1999).

### 3.3.3. Cevherleşme

Çayeli masif sülfür cevheri masif, konglemera, breş ve kumaşı özelliklerini yansıtan bir litolojik özelliğe sahip olup, başlıca pirit, kalkopirit, sfalerit ve az oranda galen, tetraedrit ve bornitten oluşmaktadır. Barit, karbonat mineralleri, kuvars, kil mineralleri, serizit ve jips gang minerallerini oluşturur.

Cevher genel olarak kırıntılı bir yapı arz eder ki bu özellik sülfürlü minerallerin çökeliminden sonra veya onunla eş zamanlı olarak deniz tabanında oluşan faylanma veya kayma hareketleri ile ilişkilidir(Akçay ve Arar, 1999).

Cevher litolojik olarak üç ana sınıfa ayrılabilir. Çinko ve bakırca zengin siyah cevher, bakırca zengin sarı cevher ve ağsal cevher.

Siyah cevher ile sarı cevher arasında ki ayırım cevherdeki matriksi oluşturan sfalerit miktarına bağlıdır. Cevher matriksi içindeki sfalerit oranı % 10'dan fazla ise siyah cevher olarak adlandırılır.

Ancak sarı ve siyah cevher sınıflaması Çayeli masif sülfür merceğinin litolojik özelliklerini anlatmak için yeterli değildir. Bu nedenle alt sınıflarda söz konusudur.

Kırıntılı siyah cevher

Masif siyah cevher

Masif sarı cevher

Ufalanabilir sarı cevher

Kalkopiritli damar tipi cevher.

### 3.3.3.1. Sarı Cevher

Sarı cevher başlıca pirit, kalkopirit ve az oranda sfalerit minerallerinden oluşur.

Sarı cevher başlıca yuvarlak şekilli pirit kristallerinden oluşur. Makro olarak 5-300 mm arasında değişen pirit taneleri öz – yarı öz şekilli pirit < % 10 sfalerit ve yaklaşık % 2 kil'den oluşan bir matriks içerisinde bulunur. Pirit taneleri öz ve yarı öz şekilli olarak bulunur ve boyutları 5 –500 mikron arasında değişir.

Kırılabılır sarı cevherde matriks boşluklu bir yapı gösterir ve gözenek oranı % 20 ye kadar ulaşabilir.

Kalkopirit ya küçük taneler halinde matriks içinde yada damarcıklar halinde matriksi oluşturan mineraller içinde , yada pirit ve sfalerit kristallerinin etrafını saran zarlar halinde bulunur (Şekil 8).

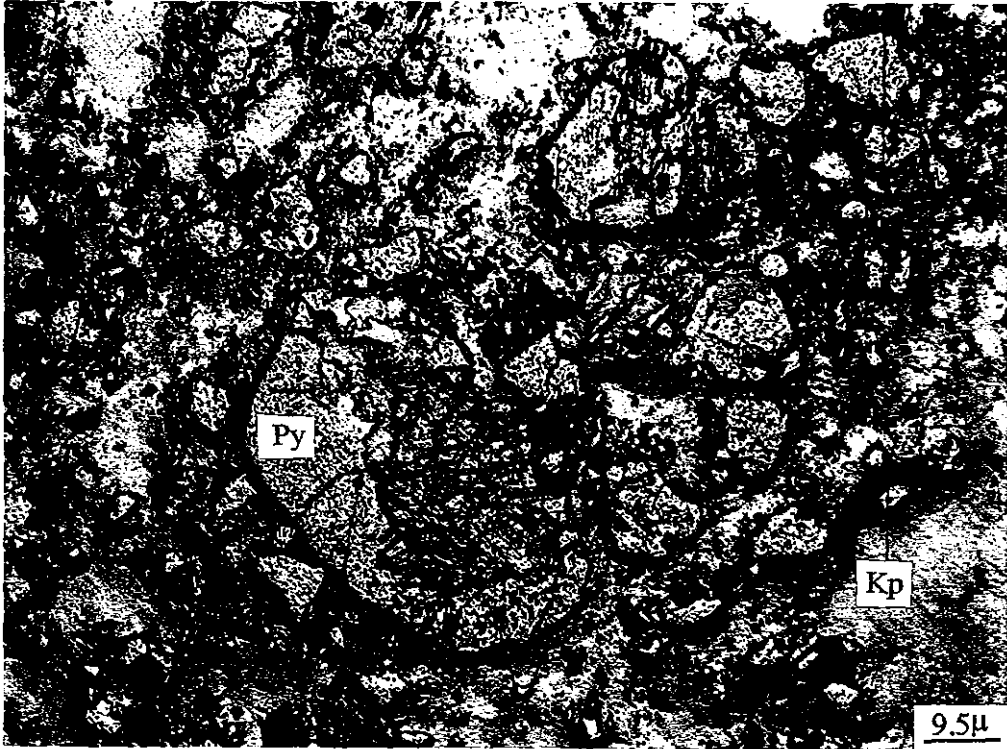
Masif sarı cevherde kalkopirit matriks içindeki kristaller arasında bağlayıcı malzeme olarakta görülür.

Kalkopirit öz şekilli sfalerit kenarları boyunca yayılarak yer yer bütün sfaleritin yerini alarak büyüme ve yeniden kristallenme yapıları gösterir. Ayrıca kalkopiritler piritlerin yerini alarak atol yapılarını oluştururlar(Şekil 9).

Kalkopirit piriti ornatmış halde görülür ve bu nedenle kalkopiritli zonlarda pirit kalıntıları göze çarpar.



Şekil 8. Sarı cevher içersinde yer alan kalkopiritin pirit ve sfaleriti ornatması (Py: pirit, Kp: Kalkopirit, Sf: Sfalerit)



Şekil 9. Sarı cevherde kalkopiritin piritin yerini alarak atol yapısı oluşturması (Py: Pirit, Kp: Kalkopirit)

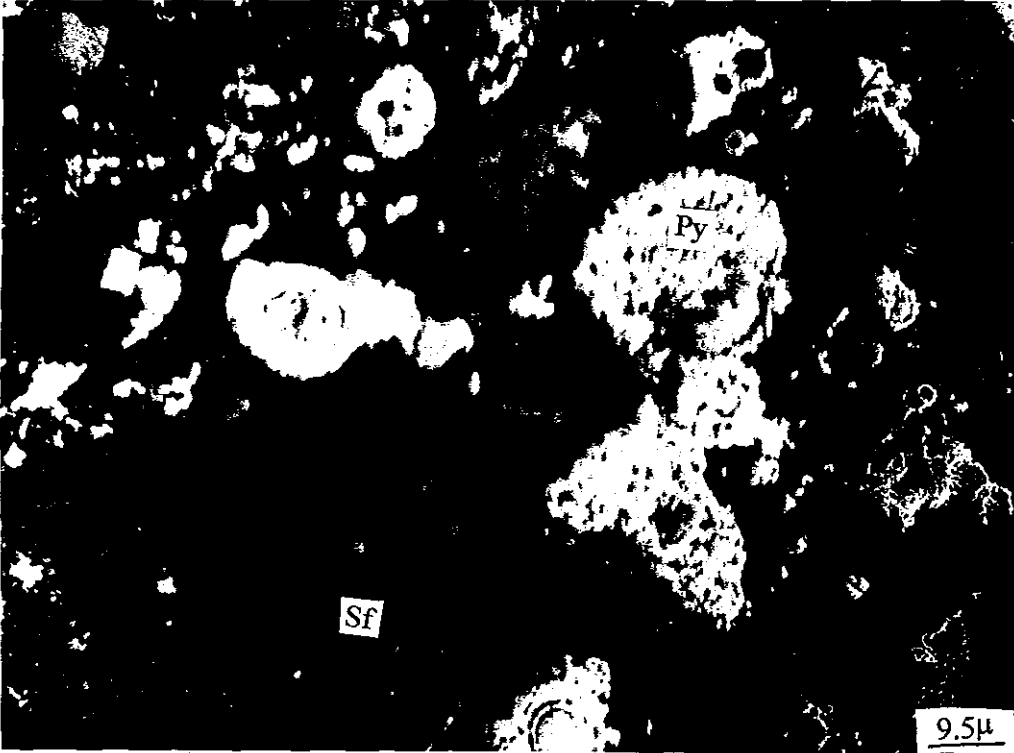


### 3.3.3.2. Siyah Cevher

Başlıca cevher mineralleri pirit, sfalerit, kalkopirit ve galendir. Cevher siyah renklidir ve masif , kırıntılı ve boşluklu alt gruplara ayrılır.

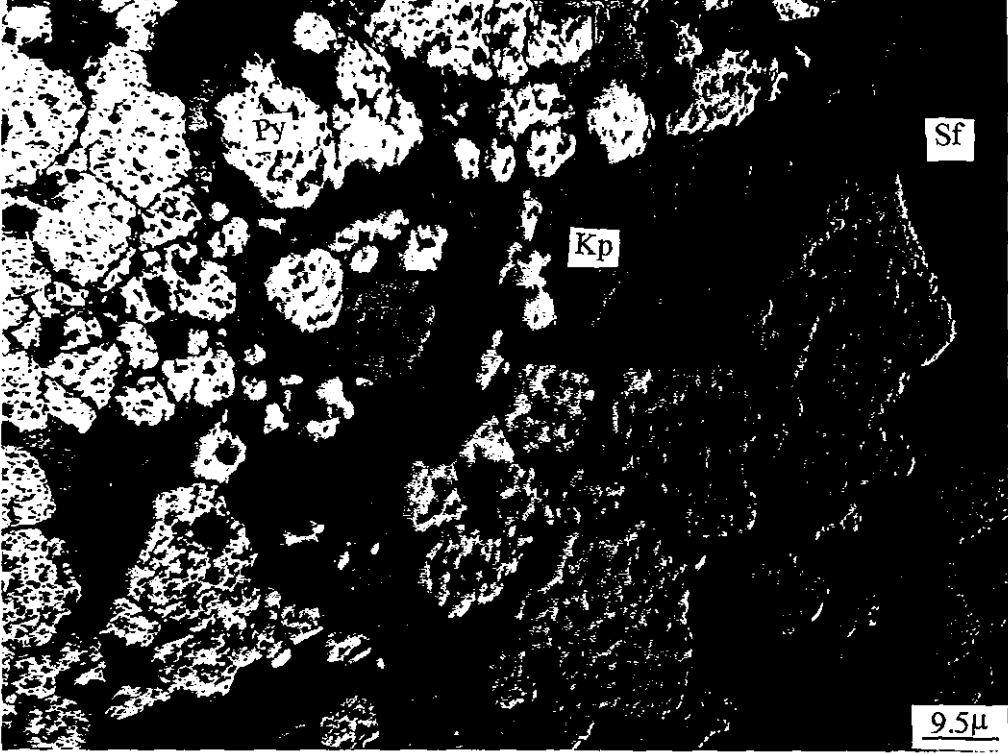
Cevher sert ve çapları 5 –200 mm arasında değişen pirit taneleri ve bolluk derecesi %10 ile %50 arasında değişen iri taneli sfaleritik matriksten oluşur. Matrikste az oranda kalkopiritte bulunur.

Kırıntılı siyah cevher çoğunlukla baritik bir gang içinde birlikte oluşum yapıları gösteren ince taneli pirit, kalkopirit ve sfalerit tanelerinden oluşur. Pirit ve kalkopirit taneleri 5-100 mm arasında değişen büyüklüktedir. Sfalerit taneleri daha büyüktür ve yer yer 2 mm varan büyüklükte galen kristalleri içerir. Cevher içinde kolloform yapı çok yoğundur.



Şekil 10. Siyah cevher içersinde yer alan framboidal piritlerle, sfalerit (Py: Pirit, Sf: Sfalerit)

Pirit genellikle fromboidal ve kolloform yapılar gösterir (Şekil 10). Tane şekli öz şekilsizden kolloforma ve daha yarı öz şekle kadar değişir (Şekil 11).



Şekil 11. Kırıntılı cevherde yarı yuvarlaklaşmış pirit tanelerinin arasını doldurmuş kalkopirit ve sfalerit (Py: Pirit, Kp: Kalkopirit, Sf: Sfalerit)

Sfalerit ve galen birlikte kolloform yapılı taneler oluşturur. Sfalerit içersinde 2-4 μm dan küçük kalkopirit kapanımları mevcuttur. Sfalerit öz şekilsiz taneler halinde bulunur ve 20-40 μm büyüklükleri arasında değişir.

Kalkopirit genellikle ince taneler halinde ve bazen de pirit tanelerinin etrafını saran zarlar halindedir. Kalkopirit aynı zamanda ince, eşit boyutlu sfalerit ve daha bol ve iri (8 – 30 μm) pirit içerir.

Çevherde gözlenen kolloform yapı cevher minerallerinin taşınmaya uğradığının bir göstergesidir. Zaten cevherin konglemeratik ve kırıntılı oluşu bunun diğer bir delilidir (Akçay ve Arar , 1999).

### 3.3.3.3. Ağsal cevher

Masif merceğin tabanında yer alır ve üç ayrı alt grup olarak sınıflandırılabilir. Piritli damarcıklar, kalkopiritli damarcıklar ve taban ağsal cevheri.

Piritli damar tipi cevher çoğunlukla kilden oluşan bir matriks içinde  $> \% 40$  öz şekilli pirit kristallerinden oluşur. Az miktarda kalkopirit ve sfalerit içerir. Pirit kristallerinin boyutu 0,5 ile 2 mm arasında değişir. Sarı cevherin tabanında yer alır. Kalkopirit oranının artmasına bağlı olarak kalkopirit damarcıklı cevhere geçiş yapar.

Daha alt zonlara taban kayacına doğru gidildiğinde bu iki cevher türü taban ağsal cevherine geçiş yapar. Pirit – kalkopirit ve kuvarstan oluşan bu zon cevher merceğinin tabanında silisleşmiş ve breşik dasidik taban kayacı içinde baca şekilli bir zon halindedir.

Çayeli masif sülfid cevherinde pirit ile birlikte ince taneli sfalerit, galen ve tetraedrit ilk oluşan sülfürlü minerallerdir ve çoğunlukla kırıntılı siyah cevherin , daha az oranda da masif siyah cevherin yapısını oluşturur. Bu mineraller cevherin daha sonraki aşamalarında da oluşmaya devam etmişlerdir.

Fakat 2. fazda oluşan pirit, sfalerit , galen ve tetraedrit daha iri taneli ve öz şekillidir. Kalkopirit her zaman en genç mineral fazıdır ve yer yer bornite eşlik eder. Bu nedenle kalkopirit parajenezik sekansın son ürünüdür.

### 3.4. Gy örnekleme formülü

#### 3.4.1.Giriş

Masif Sülfid yataklarında bu güne kadar bu konuda yapılmış herhangi bir çalışmanın olmaması önemli bir eksiklik olup , yapılan kimyasal analizlerdeki hata payının işletme öncesinde bilinmemesi işletme esnasında önemli problemlere neden olmaktadır. Bu çalışma ile Türkiyenin en önemli bakır- kurşun- çinko üretim bölgesi olan Doğu Karadeniz Bölgesindeki yataklarda (Çayeli masif sülfid yatağı) gerçek tenörün en doğru ve en hassas şekilde yapılabilmesi için gerekli parametreler belirlenmiştir. Bu konuda değişik yataklarda Gy (1982) tarafından uygulanan parametrelerin geçerliliği araştırılarak daha kolay uygulanabilen alternatifi araştırılmıştır.

Ayrık ya da öğütülmüş örnekleme ile ilgili sorunlar arama safhasından üretim safhasına kadar önemli bir yer tutar.

Özellikle kırma ve öğütme ile boyut ve kütle azaltılması sırasında birçok geri dönüşü olmayan hataya neden olunabilir. Gy (1982) bütün bu hataları belirtmek, fiziksel ayırmadan, örnekleme hassasiyetini veya temsili örnekleme miktarını belirten nispi hatanın kestirilmesine kadar olan işlemleri formülize etmiştir.

Gy'in örnekleme varyansı (hatası) formülü örnek miktarını örnekleme hatası ile ilişkilendirerek analizler için gerekli olan minimum örnek miktarının saptanmasını sağlar. 1982 yılından beri kullanılan formül;

$$S^2 = K d^\alpha / M \text{ dir.} \quad (1)$$

Bu formül hata miktarını tane boyutu (d), örnek miktarı (M) ile K gibi örnekleme sabiti ve genellikle 2 ila 3 arasında bulunan  $\alpha$  gibi bir üssel sayı ile ilişkilendirir. Fakat  $\alpha$ 'nın bu sayılar arasında kalacağı tartışma konusudur (Cliff, 1984) ve (Ingamells ve Switzer,1983).

Gy 'in (1982) çalışması , teorisinin karışıklığından dolayı genellikle takip edilmesi zordur. Matheron (1966) ve Deverly (1984)'de bu formülün iyileştirilmesi için çalışmışlardır.

Gy 'in birleştirilmiş formülü (Bongarçon, 1991)

$$S^2 = K d^3 / M_s \text{ dir.} \quad (2)$$

Burada;

$S^2$  = Hata miktarı

$K$  = Örnekleme sabiti

$d$  = Cevher minerallerinin tane boyu ( $\mu\text{m}$ )

$M_s$  = Örnek miktarı (gr)

Gy 'in açık formülü ise;

$$S^2 = (1 / M_s - 1 / M_1) \Sigma_{\alpha} \Sigma_{\beta} \Sigma_{\alpha\beta} V_{\alpha\beta} \mu_{\alpha\beta} (M_{\alpha\beta} / M_1) (t_{\alpha\beta} - t)^2 / t^2 \quad (3)$$

Burada;

$M_s$  = Örnek miktarı (gr)

$\Sigma_{\alpha}$  = Yoğunluk sınıfları

$\Sigma_{\beta}$  = Elek açıklığı sınıfları

$V$  = Hacimler

$\mu$  = Özgül ağırlıklar

$M$  = Kütleler

$t$  = Tenörler

$M_1$  = Örneğin alındığı daha büyük kütle örneğini gösterir ve dolayısıyla  $1 / M_s$  ihmal edilebilir.

Matheron (1986), parametrik olmayan bir yaklaşım kullanarak formülü aşağıdaki gibi saptamıştır.

$$S^2 = (1 / M_s - 1 / M_1) \{ \Sigma_i (m_i / M_1) m_i (t_i - t)^2 / t^2 \} \quad (4)$$

Burada ;

$m_i$  = Eşit olmayan kütlelerde bulunan kayaç tanecikleridir.

Başlangıçtaki (1) formülde;

$K = c g f l$  dir.

Burada  $c$  ve  $l$  cevherin genel özelliklerinden,  $f$  ve  $g$  uygun şekilsel ve mineralojik faktörlerdir. Bununla beraber;

$l$  = Serbestleşme derecesine bağlı, deneysel olarak bulunmuş olup , cevher taneciklerinin boyutları ile ilişkilidir.

$l = (d_0 / d)^{0,5}$  dir. Burada;

$d_0$  = Faydalı cevher mineralinin serbestleşme boyutu.

$d$  = Kayaç içerisinde yer alan en iri tane boyutu.

Eğer  $d_0 / d > 1$  ise  $l = 1$  alınır.

$f$  = Tane şekli faktörü; mükemmel kübik taneler durumunda 1 , ancak genelde 0,5 den çok az sapar.

$g$  = Tane boyu dağılımına bağlı faktör; genellikle benzer tane boyutları için 1, çok farklı tane boyutları için 0,25 alınır. Pratikte 0,17 – 0,40 arasında değişirse de genellikle 0,25 alınır.

$c$  = Mineralojik faktördür.

$c = (1 - a) / a [ (1 - a) r + a t ]$

$a$  = Cevherde değerli mineral içeriği miktarı olup hesapla bulunur.

$r$  = değerli mineralin yoğunluğu

$t$  = Gang mineralinin yoğunluğu

Düşük tenörlü cevherlerde  $c$  ,  $\delta / t$  ile tahmin edilebilir. Burada  $\delta$  cevher mineralinin özgül ağırlığını ,  $t$  ise % olarak verilen örneğin tenör değeridir (Bongarçon, 1991).

$S^2 = c f g \sqrt{d_0^{0,5} d^{2,5}} / Ms$   $d > d_0$

$S^2 = c f g d_0^3 / Ms$   $d = d_0$

$S^2 = c f g d^3 / Ms$   $d < d_0$

$K = c f g l$  ise  $S^2 = K d^3 / M$

$d'$  nin gerçekçi boyutu cevher minerallerinin % 95' inin elek altında kaldığı boyuttur.

### 3.4.2. Örnekleme

Örnekleme çalışmanın ikinci ve en önemli bölümlerinden biridir. Örnekleme ana kitleyi mümkün olduğu kadar iyi temsil edebilecek özellikte örneklerin seçilmesine denir.

Örnek genelde cevherin bileşim ve özellikleri hakkında ya bir ön bilgi edinilmek amacıyla dağınık , gelişigüzel, yada ön bilgilerden hareket ederek ,tüm kütleyi temsil edecek tarzda , sistemli olarak alınır.

Örnek alımı yatağın tamamından yapılabileceği gibi çalışmanın amacına uygun olarak yatağın bir kısmında da yürütülebilir. Çok az veya yetersiz sayıdaki numunelerden pek güvenilir sonuçlar elde edilmez. Buna karşılık çok fazla sayıdaki numunede para ve zaman israfına yol açar. Öte yandan yataktan alınan numune sayısı ne kadar fazla olursa istatistiki olarak neticeye, yani ortalama değerlere yaklaşım da o ölçüde fazla olacaktır.

Örnek alımı cevherin özelliğini belirleyeceğinden , gerekli hassasiyetin gösterilmesi ve uygun örnek alım yönteminin seçilmesi gerekir.

Bu çalışmada galeri içerisinden farklı cevher türlerinden 0,5 ila 2 kg boyutunda yeterli sayıda parça örneği alınmıştır. Daha sonra alınan örneklerden cevherleşmenin mineralojisini , parajenezini ve cevher minerallerinin tane boyutlarını belirlemek için 30 adet parlak kesit hazırlanmıştır. Hazırlanan parlak kesitler mikroskop altında yağlı ortamda incelenmiştir.

Bu inceleme sonucunda kırıntılı, siyah ve sarı cevher içersinde yer alan cevher minerallerinin tane boyu büyüklükleri hazırlanan parlak kesitler üzerinde belli hatlar boyunca ölçülerek tespit edilmiştir.

### 3.4.3. Temel istatistik

Kırıntılı , siyah ve sarı cevher türlerindeki pirit , kalkopirit , sfalerit minerallerinin tane boyu büyüklükleri değerlendirilerek cevher minerallerine ait temel istatistiksel özellikler belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar tablo 1-2 de verilmiştir.

Tabloda ayrıca Çarpıklık ve basıklık- sivrilik olarak adlandırılan dağılım katsayıları da mevcuttur. Bu katsayılardan tane boyutu dağılımlarının genellikle sağa çarpık bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Çayeli masif sülfür yatağına ait cevher minerallerinin tane boyutlarının temel istatistiksel özellikleri

Cevher Türü		N	Aritmetik ortalama	Medyan	Mod	Standart sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık-Sivrilik	Minimum	Maksimum
KIRINTILI CEVHER	Pirit	2385	56,52	40,80	34	55,91	3125,41	7,091	97,482	1	1190
	Sfalerit	195	162,03	119,00	68	155,99	24331,42	2,705	10,147	7	1088
	Kalkopirit	340	94,29	51,00	34	112,85	12735,53	3,067	15,388	7	1020
SARI CEVHER	Pirit	1533	144,68	68,00	68	198,42	39369,76	4,581	31,557	7	2550
	Kalkopirit	435	467,36	272,00	68	669,33	448002,4	4,918	37,286	1	7480
	Sfalerit	134	94,39	68,00	34	118,40	14017,88	4,962	32,157	17	1020
SIYAH CEVHER	Pirit	581	217,56	153,00	68	235,14	55291,00	4,525	31,326	17	2380
	Kalkopirit	70	163,64	102,00	68	151,27	22881,40	1,616	2,004	34	680
	Sfalerit	390	225,89	170,00	136	212,57	45187,59	3,323	14,518	17	1462



Tablo 2. Çayeli masif sülfür yatağına ait cevher minerallerinin tane boyutlarının (logaritmik) temel istatistiksel özellikleri

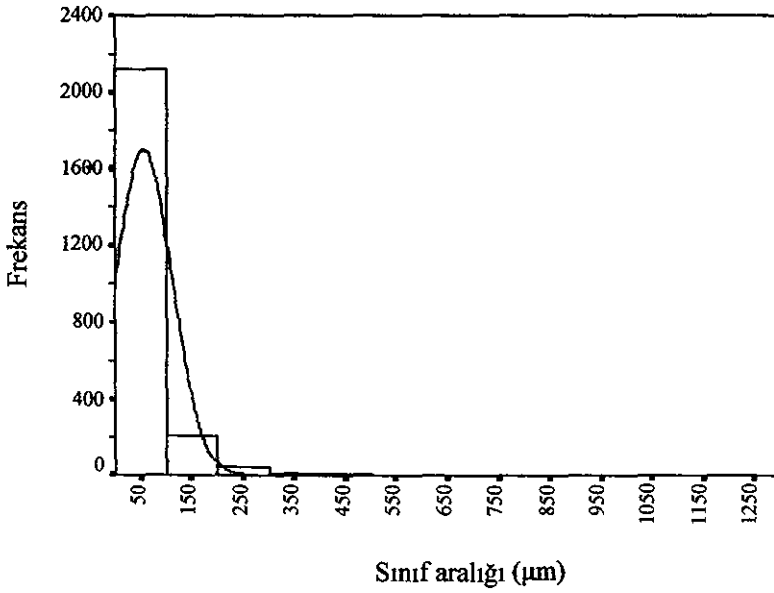
Cevher Türü		N	Geometrik ortalama	Medyan	Mod	Standart sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık-Sivrilik	Minimum	Maksimum
KIRINTILI CEVHER	Pirit	2385	1,647	1,61	1,53	0,286	0,082	0,361	0,858	0,531	3,076
	Sfalerit	195	2,08	2,07	1,83	0,382	0,146	0,230	0,219	0,833	3,037
	Kalkopirit	340	1,740	1,70	1,53	0,452	0,204	0,167	0,687	0,833	3,009
SARI CEVHER	Pirit	1533	1,953	1,83	1,83	0,396	0,157	0,463	0,197	0,833	3,407
	Kalkopirit	435	2,43	2,42	1,83	0,457	0,209	0,222	0,397	1,531	3,874
	Sfalerit	134	1,83	1,81	1,53	0,351	0,123	0,438	0,494	1,230	3,009
SIYAH CEVHER	Pirit	581	2,18	2,17	1,83	0,370	0,137	0,001	0,46	1,230	3,377
	Kalkopirit	70	2,059	2,00	1,83	0,362	0,131	0,345	0,753	1,531	2,833
	Sfalerit	390	2,23	2,22	2,13	0,320	0,102	0,153	0,358	1,230	3,165

Tane boyu dağılımları incelenirken hemen hemen bütün cevher minerallerinin tane boyutlarının çarpık dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çarpık dağılımı gidermek için tüm verilerin logaritmaları alınmıştır. Mineral tane boyutlarına ait % değerler kullanılarak uygun elek açıklıkları tespit edilmiştir.

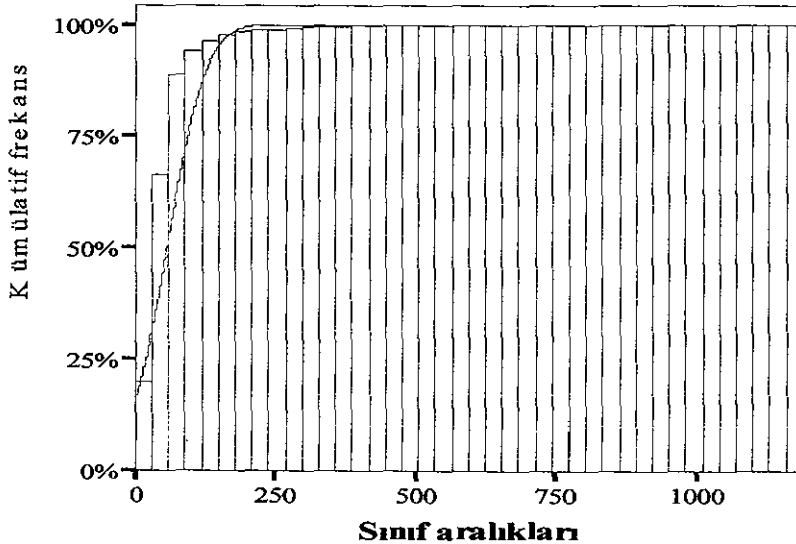
### 3.4.3.1. Kırıntılı cevher

#### Pirit

Kırıntılı cevher içerisinde yer alan pirit mineralinin tane boyu dağılımları normal bir dağılım olmayıp, sağa çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 12 – 13).



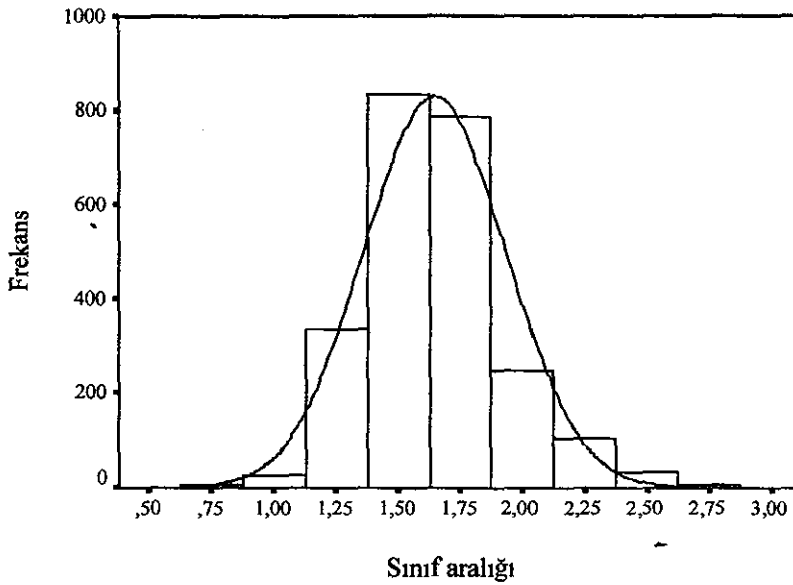
Şekil 12. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.



Şekil 13. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 14).

Pirit minerallerinin normal, log-normal frekans ve kümülatif frekans dağılımından değerlerin sağa çarpık (pozitif) bir dağılım gösterdiği ve tek bir populasyona ait olduğu görülür. Dolayısıyla verilerin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu pirit minerallerinden oluşmaktadır.



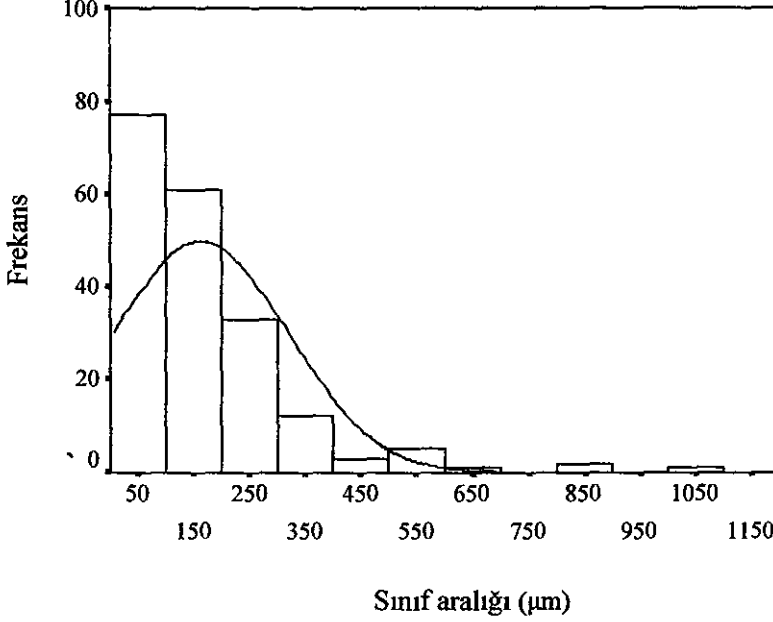
Şekil 14. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı.

Pirit'e ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde geometrik ortalamanın 1,65, medyanın 1,61 ve modun 1,53 olduğu görülür (Tablo 2). Bu da dağılımın logaritmik normal bir dağılım olduğunu gösterir.

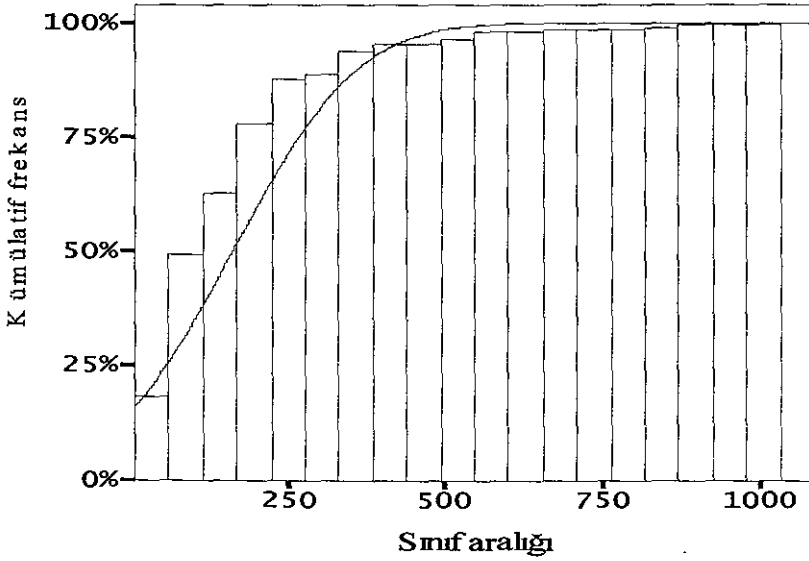
Pirit minerallerinin en küçük tane boyutu  $3\mu\text{m}$ , en büyük tane boyutu ise  $1190\mu\text{m}$ . Verilerden 1093 pirit tanesi 1,50- 1,75, 548 pirit tanesi ise 1,75 – 2,00 sınıf aralığına düşmektedir.

## Sfalerit

Kırıntılı siyah cevher içerisinde yer alan sfalerit mineralinin tane boyutu frekans dağılımları normal dağılım olmayıp, sağa çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 15-16).



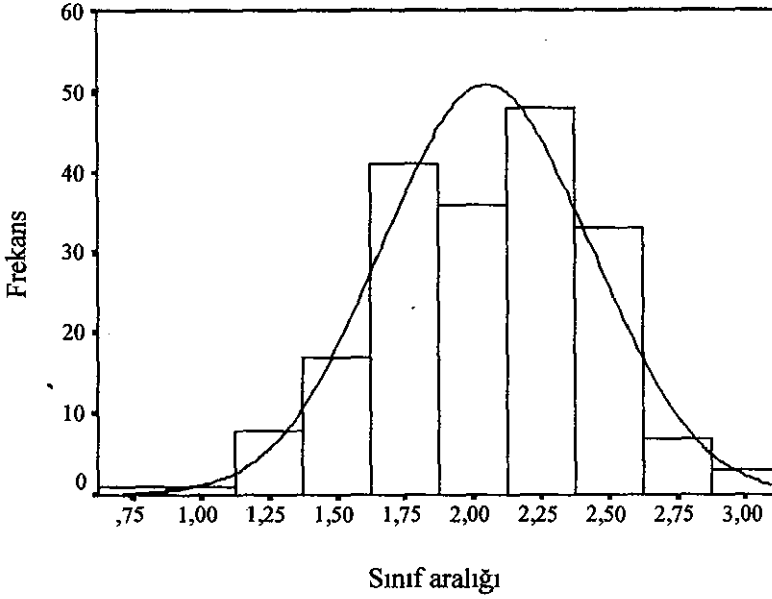
Şekil 15. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı.



Şekil 16. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 17).

Sfalerit mineralinin normal, log-normal ve kümülatif frekans dağılımından değerlerin sağa (pozitif) çarpık bir dağılım gösterdiği ve tek bir popülasyondan oluştuğu görülür. Dolayısıyla sfalerit mineralinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.



Şekil 17. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı

Sfalerit mineraline ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde aritmetik ortalamanın 2,05, medyanın 2,0 ve mod'un 1,83 olduğu görülür (Tablo 2). Buda dağılımın logaritmik normal bir dağılım olduğunu göstermektedir.

Sfalerit mineralinin en küçük tane boyutu  $7\mu\text{m}$ , en büyük tane boyutu ise  $1088\ \mu\text{m}$ . Tane boyutlarından 41 tanesi 1,75-2,00, 45 tanesi 2,00 -2,25, 51 tanesi ise 2,25 - 2,50 sınıf aralığına düşmektedir.

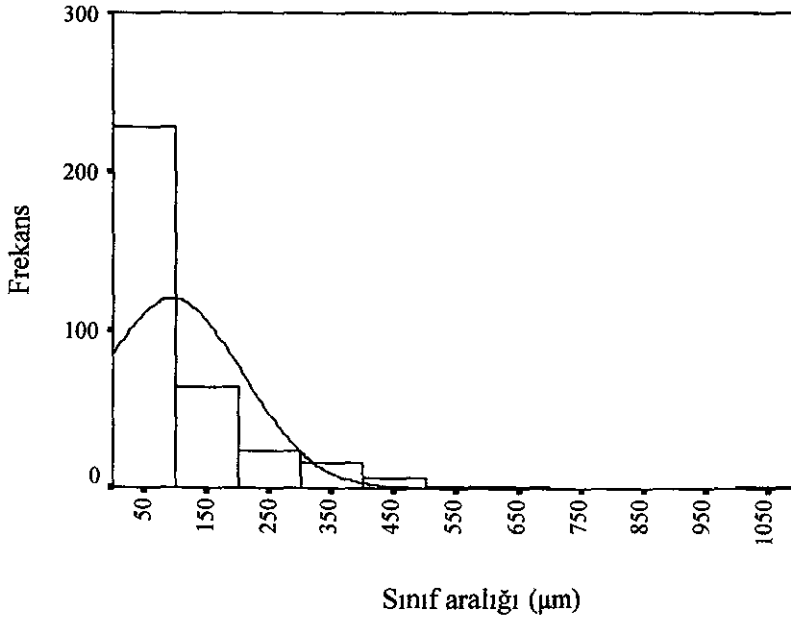
Verilerin kümülatif yüzde değerleri hesaplanarak bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları mikron olarak bulunmuştur. Bu yüzde değerlere ( %95, %75, %50, ve %25 ) karşılık gelen tane boyutlarından yararlanarak uygun kırma öğütme aralığı tespit edilmiştir.

Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları ve elek açıklıklarının mikron ve mesh cinsinden karşılıkları aşağıdaki gibidir.

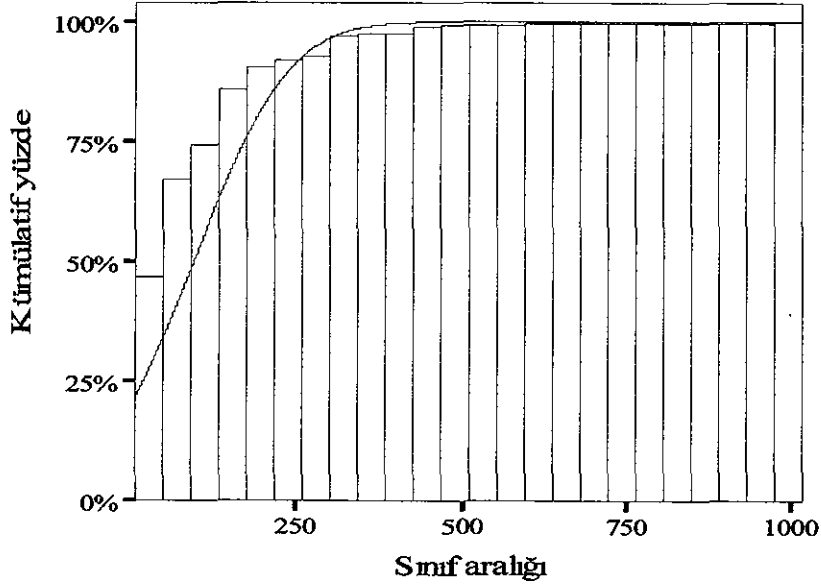
Kümülatif tane boyu dağılımı(%)	Elek açıklıkları	
	mesh	$\mu\text{m}$
95	40	420
75	70	210
50	120	120
25	230	62,5

### Kalkopirit

Kırıntılı cevher içerisinde yer alan kalkopirit mineralinin tane boyutu frekans dağılımları normal dağılım olmayıp, sağa çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 18-19).

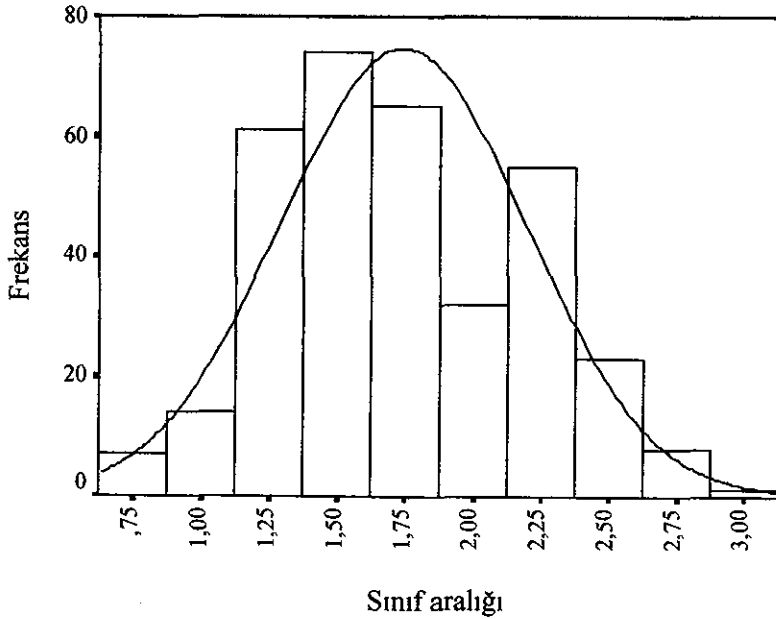


Şekil 18.Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 19. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 20)



Şekil 20. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılımı diyagramı

Kalkopirit mineralinin normal , log-normal frekans ve kümülatif frekans dağılım diyagramlarından değerlerin sağa (pozitif) çarpık bir dağılım gösterdiği ve tek bir popülasyondan oluştuğu görülmektedir.

Kalkopirite ait istatistiksel özellikler incelendiğinde aritmetik ortalamanın 1,92 , medyanın 1,75 ve mod'un ise 1,5 olduğu görülür (Tablo 2). Buda dağılımın logaritmik normal bir dağılım olduğunu gösterir. Dolayısıyla kalkopirit mineralinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır. Örneklerde en büyük kalkopirit tane boyutu 1020  $\mu\text{m}$ , en küçük tane boyutu ise 7  $\mu\text{m}$ 'dur.

Verilerin kümülatif yüzde değerleri hesaplanarak , bu yüzde değerlere ( %95, %75, %50, ve %25 ) karşılık gelen tane boyutları olarak bulunmuştur. Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutlarından yararlanarak uygun kırma öğütme aralığı tespit edilmiştir.

Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları ve elek açıklıklarının ve mesh cinsinden karşılıkları aşağıdaki gibidir.

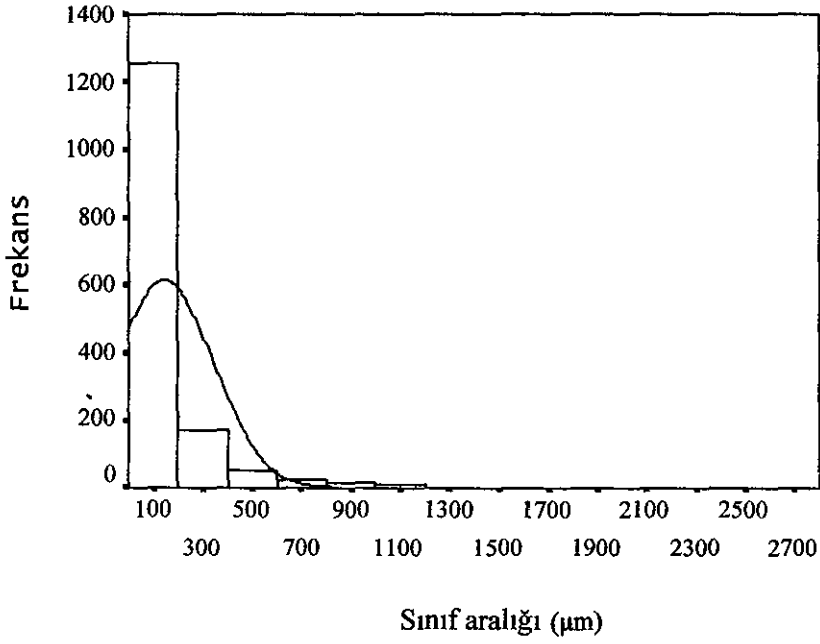
Kümülatif tane boyu dağılımı (%)	Elek açıklıkları	
	mesh	$\mu\text{m}$
95	45	350
75	120	125
50	230	62,5
25	325	45



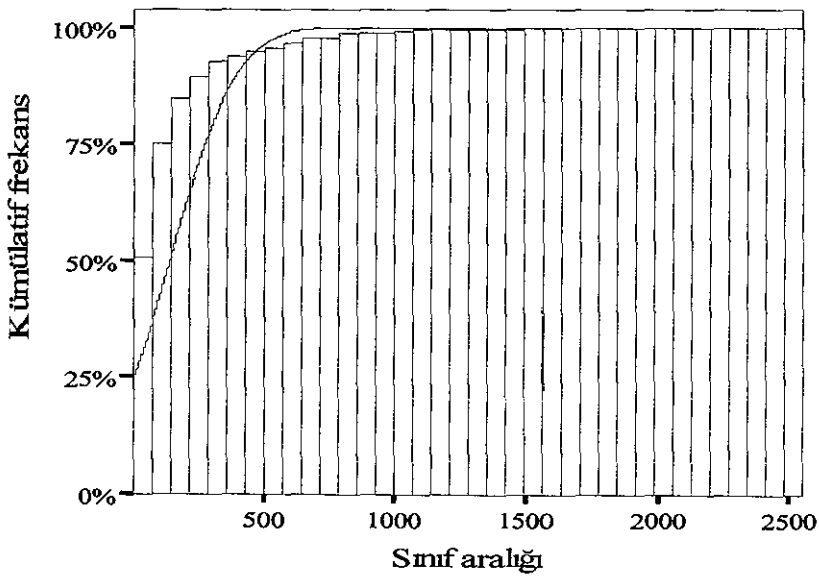
### 3.4.3.2. Sarı Cevher

#### Pirit

Sarı cevher içersinde yer alan pirit mineralinin tane boyutu frekans dağılımları normal dağılım olmayıp, sağa çarpık bir dağılım göstermektedir ( Şekil 21–22).

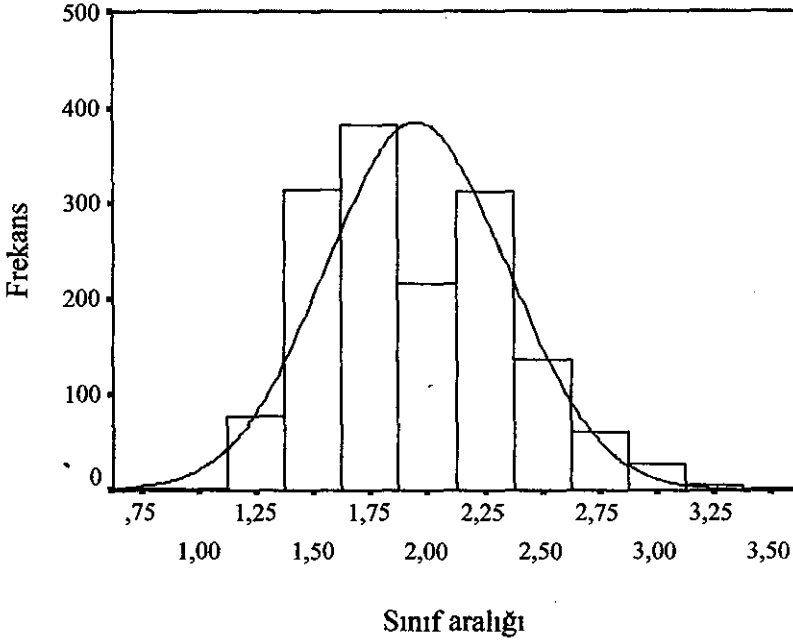


Şekil 21. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 22. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı

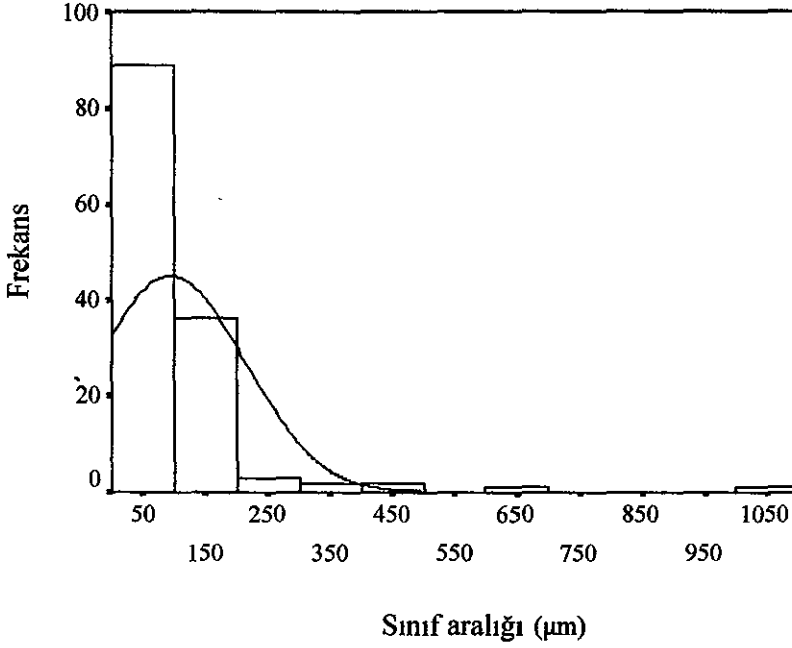
Pirit mineraline ait normal, log-normal frekans ve kümülatif frekans dağılım diyagramlarından değerlerin sağa (pozitif) çarpık bir dağılım gösterdiği ve tek bir popülasyondan oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla pirit minerallerinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.

Pirit mineraline ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde aritmetik ortalamanın 1,95, medyanın 1,91 ve mod'un ise 1,83 olduğu görülür (Tablo 2). Buda dağılımın logaritmik normal bir dağılım olduğunu göstermektedir.

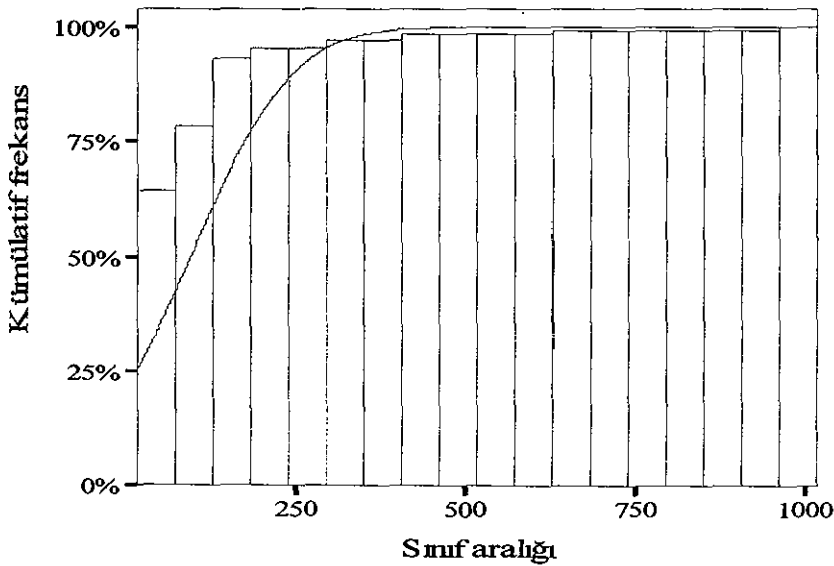
Tane boyutları içerisinde en büyük tane boyutu 2550  $\mu\text{m}$  , en küçük tane boyutu ise 7  $\mu\text{m}$  dir.

### Sfalerit

Sarı cevher içerisinde yer alan sfalerit mineralinin tane boyu dağılımları normal bir dağılım olmayıp ,sağa çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 24-25).

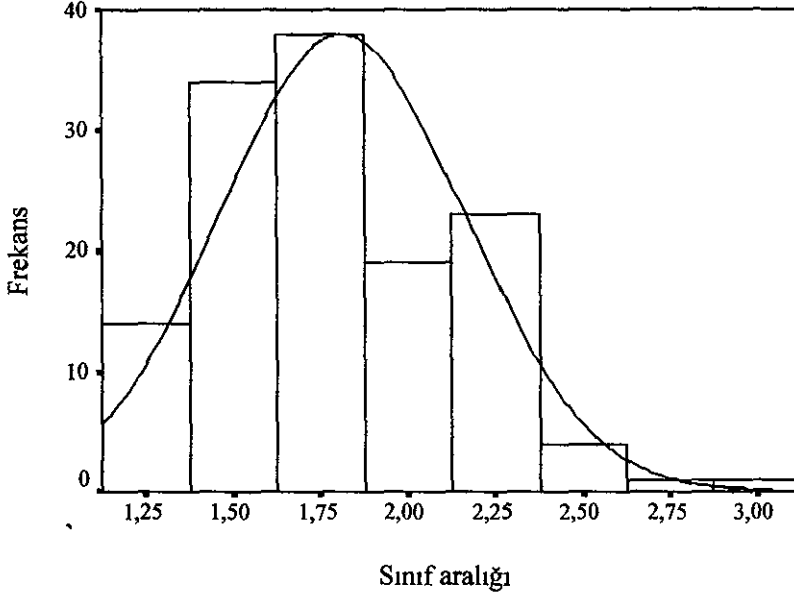


Şekil 24. Sfalerit mineralin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 25. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 26).



Şekil 26. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı

Sfalerit mineralinin normal, lognormal ve kümülatif frekans dağılım diyagramlarından değerlerin sağa (pozitif) çarpık bir dağılım gösterdiği ve tek bir populyondan oluştuğu görülür. Dolayısıyla sfalerit mineralinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.

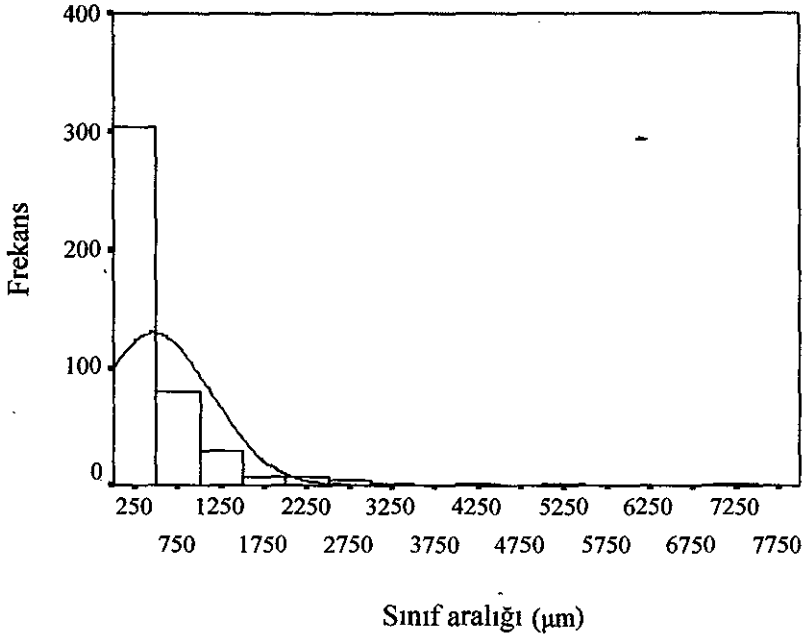
Sfalerit mineraline ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde geometrik ortalamanın 1,83 , medyanın 1,81 , ve mod'un ise 1,53 olduğu görülür (Tablo 2). Bu değerlerde ,dağılımın yaklaşık log – normal bir dağılım olduğunu gösterir.

Sfalerit mineralinin en büyük tane boyutu 1020  $\mu\text{m}$  , en küçük tane boyutu ise 17  $\mu\text{m}$  'dur. Verilerin kümülatif yüzde değerleri hesaplanarak , bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları mikron olarak bulunmuştur. Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutlarından yararlanarak uygun kırma öğütme aralığı ( %95 , %75 , %50 ve %25 'e karşılık gelen ) tespit edilmiştir. Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları ve elek açıklıklarının mikron ve mesh cinsinden karşılıkları aşağıdaki gibidir.

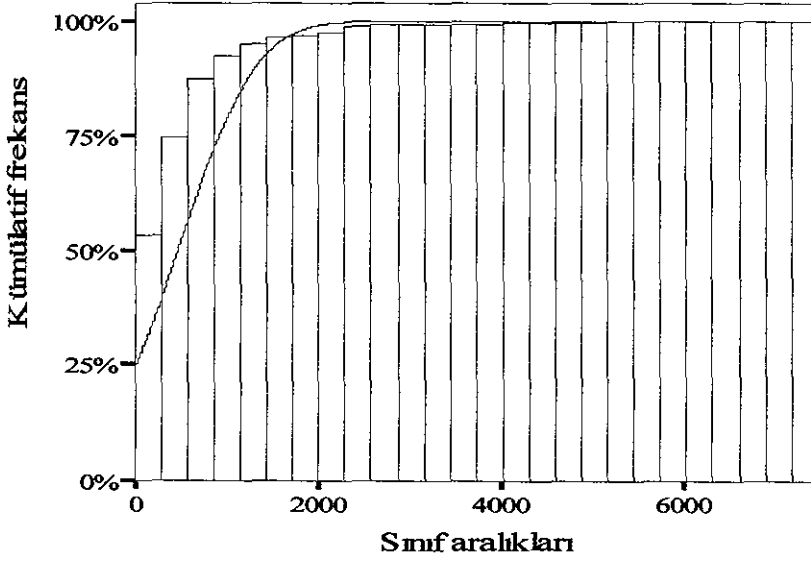
Kümülatif tane boyu dağılımı (%)	Elek açıklıkları	
	mesh	$\mu\text{m}$
95	60	250
75	120	125
50	230	62,5
25	325	45

### Kalkopirit

Sarı cevher içerisinde yer alan en önemli cevher minerali olan kalkopiritin tane boyutları frekans dağılımları normal; olmayıp çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 27).

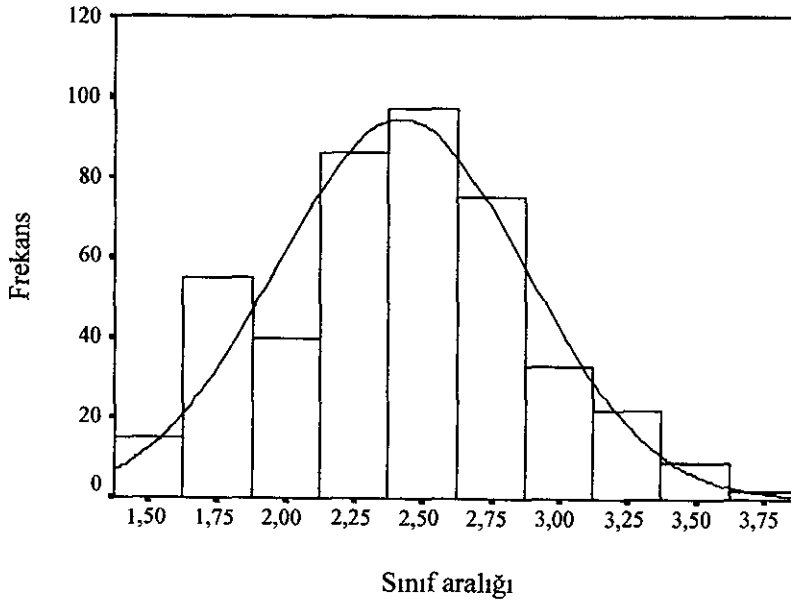


Şekil 27. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 28. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 29).



Şekil 29. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı

Kalkopirit mineralinin normal , lognormal frekans ve kümülatif frekans dağılım diyagramlarından değerlerin sağa (pozitif) çarpık bir dağılım gösterdiği ve tek bir populasyondan oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla kalkopirit mineralinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.

Kalkopirite ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde geometrik ortalamanın 2,42 , medyanın 2,4 ve mod 'un ise 1,83 olduğu görülür (Tablo 2) . Buda dağılımın log-normal bir dağılım olduğunu gösterir. Kalkopirit mineralinin en küçük tane boyutu 34  $\mu\text{m}$  , en büyük tane boyutu ise 7480  $\mu\text{m}$  'dur.

Verilerin kümülatif yüzde değerleri hesaplanarak , bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları mikron olarak bulunmuştur. Bu yüzde değerlere (%95 , %75 , %50 ve %25) karşılık gelen tane boyutlarından yararlanarak uygun kırma öğütme aralıkları tespit edilmiştir.

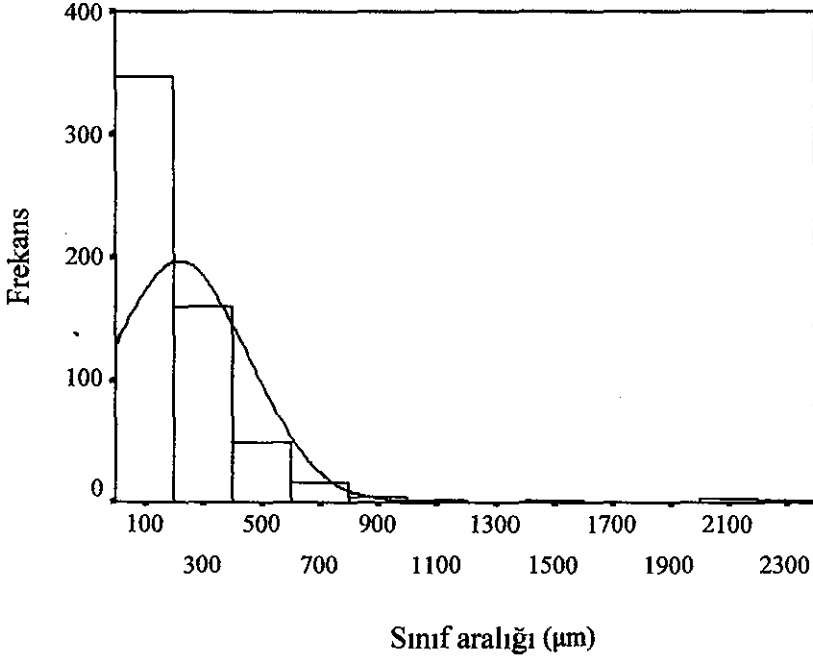
Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutları ve elek açıklıklarının  $\mu\text{m}$  ve mesh cinsinden karşılıkları şöyledir.

Kümülatif tane boyu dağılımı (%)	Elek açıklıkları	
	mesh	$\mu\text{m}$
95	12	1680
75	30	590
50	60	250
25	120	120

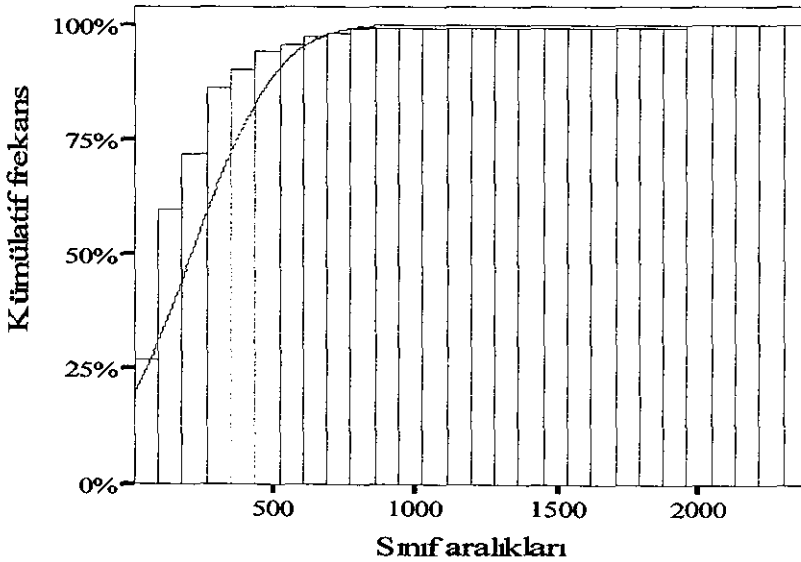
### 3.4.3.3. Siyah Cevher

#### Pirit

Siyah cevher içersinde yer alan pirit mineralinin tane boyutu frekans dağılımları normal dağılım olmayıp çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 30-31).



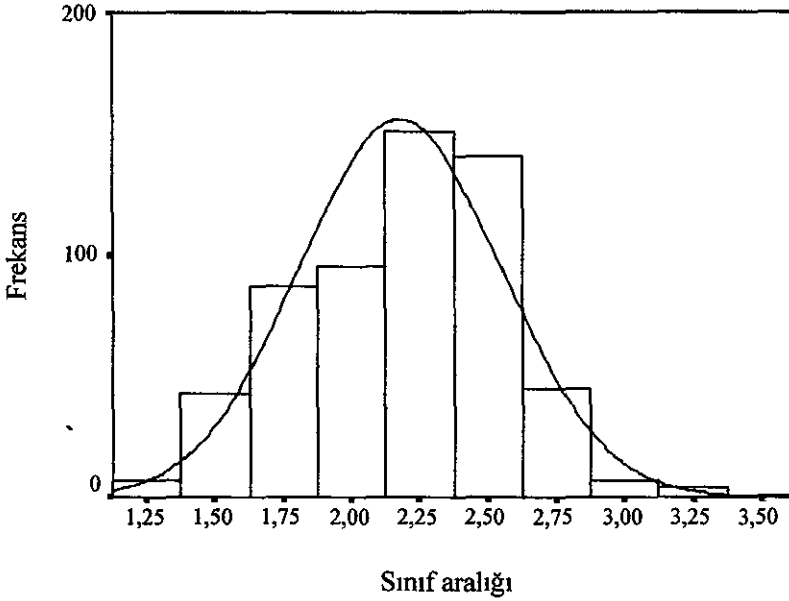
Şekil 30. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 31. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı



Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 32).



Şekil 32. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı

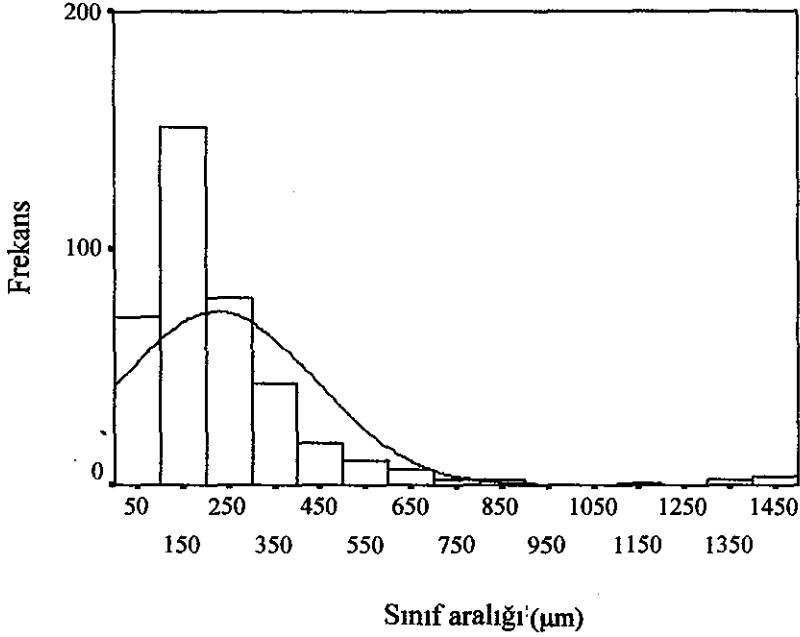
Pirit mineralinin normal, lognormal frekans ve kümülatif frekans dağılım diyagramlarından değerlerin sağa (pozitif) çarpık bir dağılım gösterdiği ve tek bir populasyondan oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla Pirit mineralinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.

Pirit mineraline ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde geometrik ortalamanın 2,33 , medyanın 2,18 ve mod'un ise 1,18 olduğu görülür (Tablo 2). Buda dağılımın log-normal olduğunu gösterir.

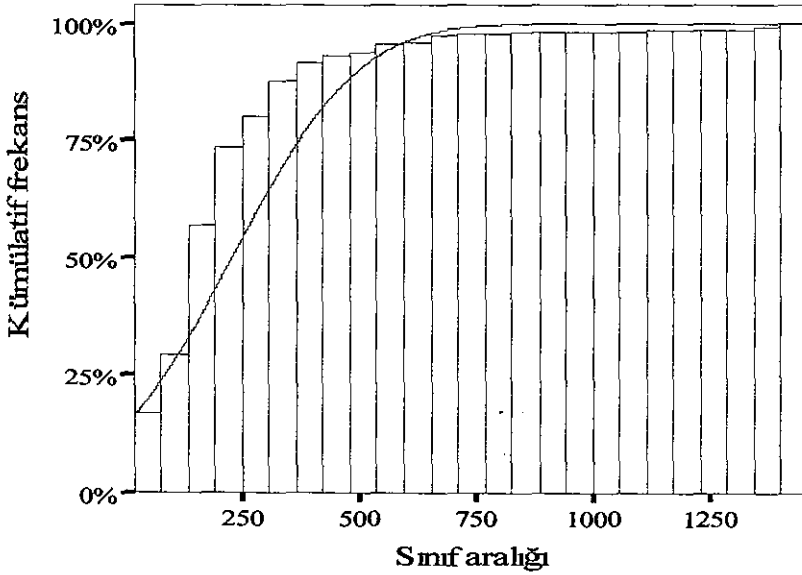
Pirit mineralinin en büyük tane boyutu 2380 $\mu$ m, en küçük tane boyutu ise 17  $\mu$ m dir.

### Sfalerit

Siyah cevher içerisinde yer alan en önemli cevher minerali olan sfaleritin tane boyutu frekans dağılımları normal bir dağılım olmayıp sağa çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 33-34).

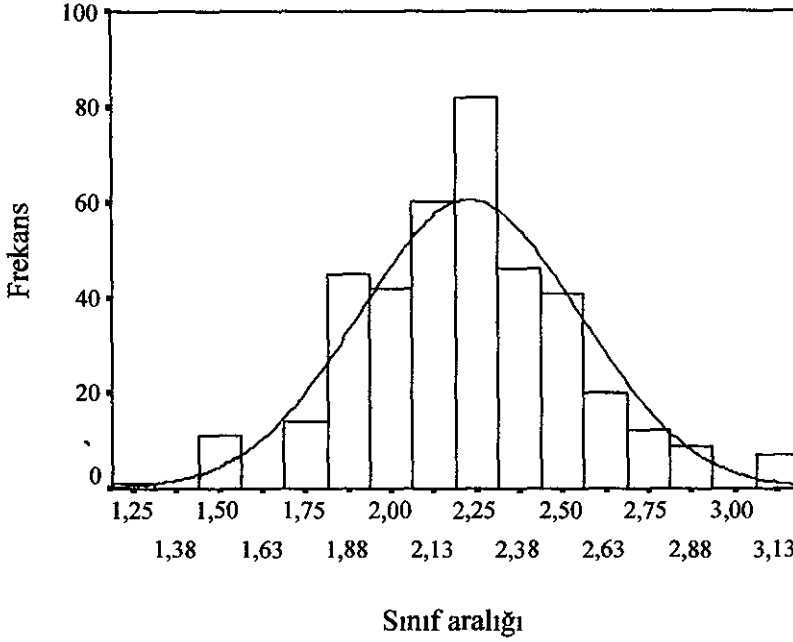


Şekil 33. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 34. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait kümülatif frekans dağılım diyagramı

Bu çarpık dağılımı ortadan kaldırmak için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (Şekil 35).



Şekil 35. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılım diyagramı

Sfalerit mineralinin normal, lognormal frekans ve kümülatif frekans dağılımlarından değerlerin sağa (pozitif) bir dağılım gösterdiği ve tek bir populyondan oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla sfalerit mineralinin büyük bir çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.

Sfalerit mineraline ait logaritmik istatistiksel özellikler incelendiğinde geometrik ortalamanın 2,23 , medyanın 2,22 ve mod'un ise 2,134 olduğu görülür (Tablo 2). Buda dağılımın log- normal bir dağılım olduğunu gösterir. Sfalerit minerali içerisinde en büyük tane boyutu 1462  $\mu\text{m}$  , en küçük tane boyutu ise 17  $\mu\text{m}$  dir. Verilerden 44 tanesi 2-2,13 , 86 tanesi 2,13-2,25 ve 87 tanesi ise 2,25-2,38 sınıf aralığına düşmektedir.

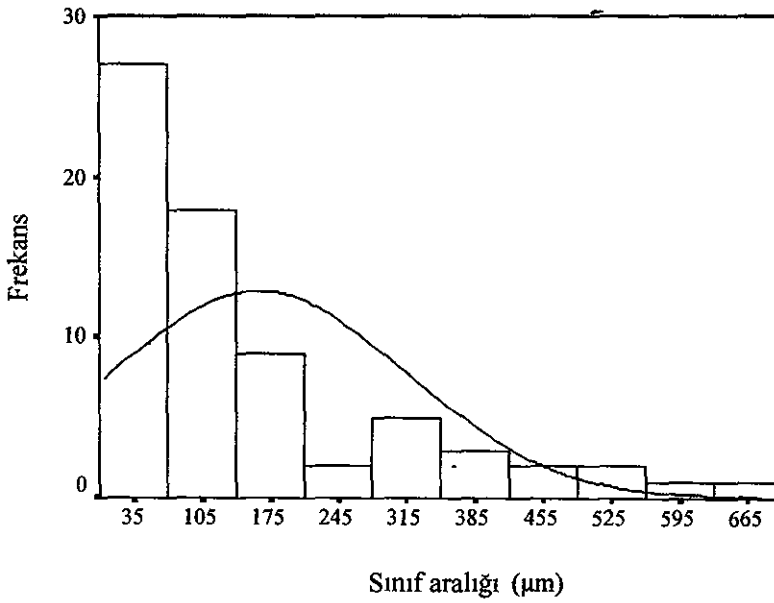
Verilerin kümülatif yüzde değerleri hesaplanarak , bu yüzde değerlere ( %95, %75, %50 ve %25 ) karşılık gelen tane boyutları  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur. Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutlarından yararlanarak uygun kırma öğütme aralığı tespit edilmiştir.

Bu yüzde değerlerine karşılık gelen tane boyutları ve elek açıklıklarının  $\mu\text{m}$  ve mesh cinsinden karşılıkları şöyledir.

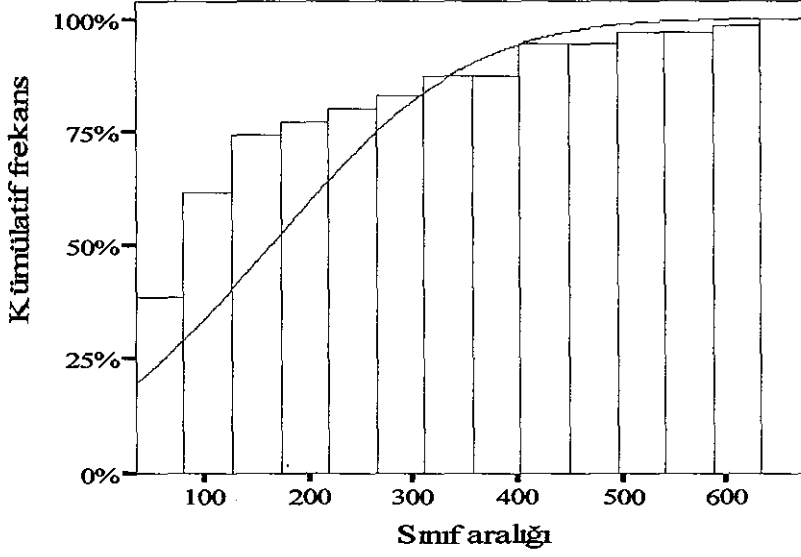
Kümülatif tane boyu dağılımı (%)	Elek açıklıkları	
	mesh	$\mu\text{m}$
95	30	590
75	60	250
50	80	177
25	140	105

### Kalkopirit

Siyah cevher içerisinde yer alan kalkopirit mineralinin tane boyutu frekans dağılımları normal olmayıp sağa çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 36-37).

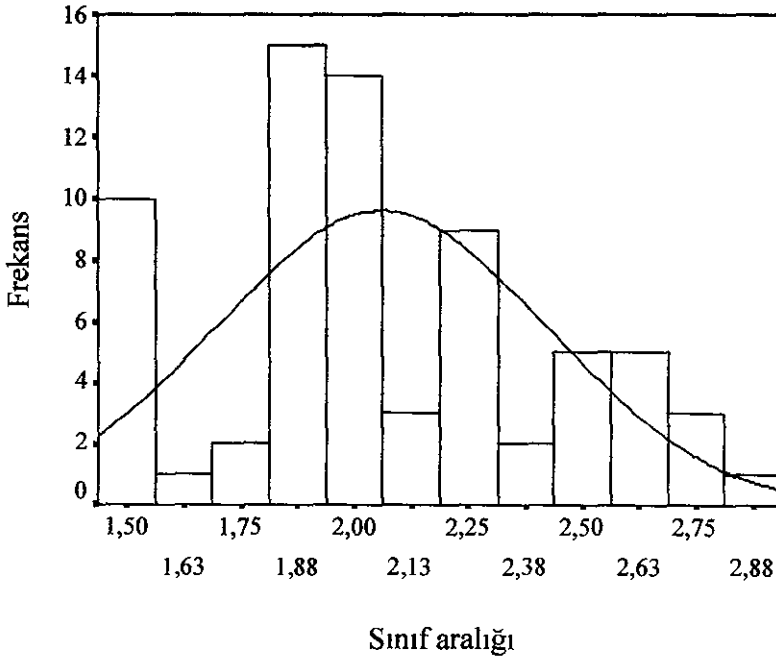


Şekil 36. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım diyagramı



Şekil 37. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal kümülatif frekans diyagramı

Bu çarpık dağılımı gidermek için verilerin logaritmaları alınarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır (şekil 38).



Şekil 38. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait log-normal frekans dağılımı diyagramı

Kalkopirit mineralinin normal , logaritmik frekans dağılım ve kümülatif frekans dağılım diyagramlarından değerlerin sağa çarpık (pozitif) bir dağılım gösterdiği ve tek bir popülasyondan oluştuğu görülür. Dolayısıyla kalkopirit minerallerinin çoğunluğu küçük boyutlu tanelerden oluşmaktadır.

Kalkopirite ait logaritmik İstatistiksel özellikler incelendiğinde geometrik ortalamanın 2,05 , medyanın 2 ve mod'un ise 1,83 olduğu görülür (Tablo 2) . Buda dağılımın log- normal bir dağılım olduğunu gösterir. Kalkopirit mineralleri içersinde en büyük tane boyutu 680  $\mu\text{m}$  en küçük tane boyutu ise 34  $\mu\text{m}$  dir.

Verilerin kümülatif yüzde değerleri hesaplanarak , bu yüzde değerlere ( %95, %75, %50 ve %25 ) karşılık gelen tane boyutları mikron olarak bulunmuştur. Bu yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutlarından yararlanarak uygun kırma öğütme aralığı tespit edilmiştir.

Bu yüzde değerlerine karşılık gelen tane boyutları ve elek açıklıklarınınum ve mesh cinsinden karşılıkları şöyledir.

Kümülatif tane boyu dağılımı (%)	Elek açıklıkları	
	mesh	$\mu\text{m}$
95	30	590
75	70	210
50	140	105
25	230	62,5

#### 3.4.4. Kullanılan veriler

Tüm cevher türleri içersinde yer alan cevher minerallerinin %95 , %75 , %50 ve %25 'e karşılık gelen tane boyutlarına göre elek açıklıkları bulunmuştur. Daha sonra tüm cevher türlerinden 1000'er gr örnekler alınarak kırma öğütme işleminden geçirildikten sonra uygun boyutta hazırlanmıştır. Hazırlanan bu 1000 'er gr lık örnekler yüzde değerlere karşılık gelen eleklerden elenerek elek altına geçen miktarları tartılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo 3'de verilmiştir.

### 3.4.5. Gy Formülünün Çayeli Masif Sülfid Yatağına Uygulanması

#### 3.4.5.1. $\alpha$ Üssel Sayısının Deneysel Tayin

$$Gy \text{ 'in ; } S^2 = K.d^\alpha/M \text{ formülünde ;} \quad (1)$$

$$S^2 = \text{hata oranı}$$

M= Örnek miktarı ( Elek altına geçen örnek miktarı )

d = Yüzde değerlere karşılık gelen tane boyutlarıdır.

Bu formül aşağıdaki gibi iki değişken arasında doğrusal bir ilişkiyi gösterecek şekilde dönüştürülebilir.

$S^2M = y$  bağımlı değişkini ve d ise x bağımsız değişkeni gösterirse ; formül ;

$$y = K d^\alpha \text{ şeklini alır.} \quad (5)$$

$$\text{Buda ; } \log y = \log K + \alpha \log x \text{ olarak yazılabilir.} \quad (6)$$

Bu formülde  $\log K$  , sabit olup doğrunun y eksenini kesin yerinin başlangıç noktasına uzaklığını ve  $\alpha$  ise doğrunun eğimini gösterir.

Bu formüle göre (Tablo 3) de bulduğumuz örnek miktarlarının %5 hatayla tane boyutlarına göre regresyonlarını hazırlamak için değerler hesaplanarak (Tablo 4) de verilmiştir.

Bu tablodaki değerlere göre hazırlanan regresyon doğrusunun eğiminden yeni bir  $\alpha$  üssel sayısı bulunmuştur. Bu işlem %95, %75, %50 ve %25 lik tane boyutları için %5 lik hatayla (  $S=0,025$  ) önce tek tek ve daha sonrada tümü için birden yapılmıştır.

Tablo 3. Yüzde değerlere karşılık gelen elek açıklıkları ve eleme sonucu elek altında kalan örnek miktarları.

	YÜZDE %	SFALERİT		KALKOPİRİT	
		Elek açıklığı mesh ve $\mu\text{m}$ cinsinden	Elek altında kalan örnek miktarı (gr)	Elek açıklığı mesh ve $\mu\text{m}$ cinsinden	Elek altında kalan örnek miktarı (gr)
KIRINTILI CEVHER	95	40 mesh 420 $\mu\text{m}$	589,11	45 mesh 350 $\mu\text{m}$	500,77
	75	70 mesh 210 $\mu\text{m}$	358,19	120 mesh 125 $\mu\text{m}$	245,44
	50	120 mesh 125 $\mu\text{m}$	290	230 mesh 62,5 $\mu\text{m}$	139,41
	25	230 mesh 62,5 $\mu\text{m}$	157,74	325 mesh 45 $\mu\text{m}$	91,09
SARI CEVHER	95	60 mesh 250 $\mu\text{m}$	440,70	12 mesh 590 $\mu\text{m}$	906,23
	75	120 mesh 125 $\mu\text{m}$	263,15	30 mesh 590 $\mu\text{m}$	476
	50	230 mesh 62,5 $\mu\text{m}$	125,02	60 mesh 250 $\mu\text{m}$	205,04
	25	325 mesh 45 $\mu\text{m}$	80,01	120 mesh 125 $\mu\text{m}$	141,71
SİYAH CEVHER	95	30 mesh 590 $\mu\text{m}$	667	30 mesh 590 $\mu\text{m}$	592,59
	75	60 mesh 250 $\mu\text{m}$	398,98	70 mesh 210 $\mu\text{m}$	320,53
	50	80 mesh 177 $\mu\text{m}$	325	140 mesh 105 $\mu\text{m}$	210,63
	25	140 mesh 105 $\mu\text{m}$	180,43	230 mesh 62,5 $\mu\text{m}$	107,66



Tablo 4. regresyon analizi yapmak için hesaplanan veriler.

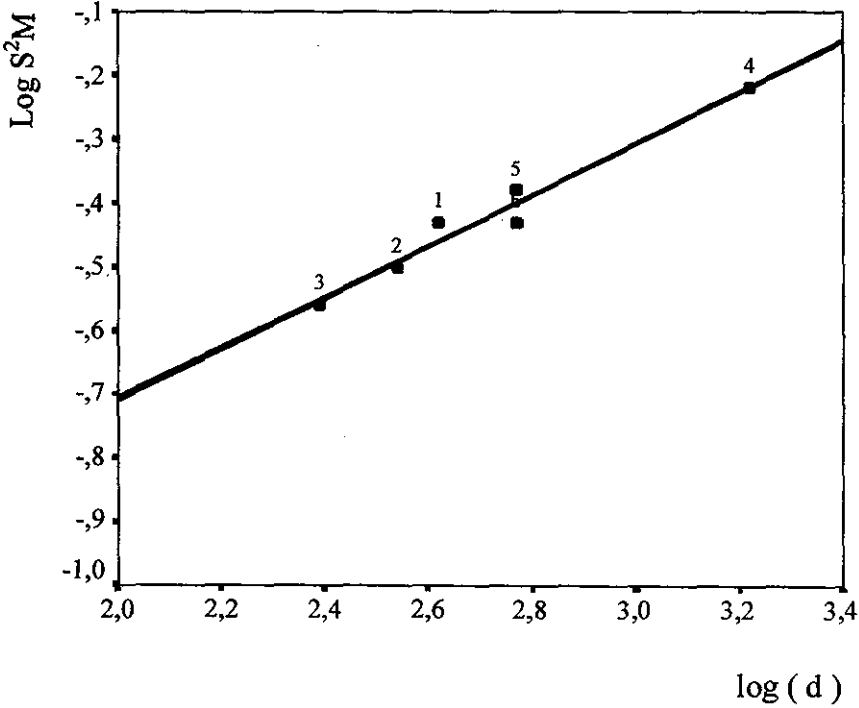
Cevher türü		Yüzde %	M= Örnek miktarı (gr) <sup>-</sup>	S <sup>2</sup> M (S=0,025)	Log S <sup>2</sup> M	d= tane boyutu (µm)	Log d
KIRINTILI CEVHER	SFALERİT	95	589,11	0,368	-0,43	420	2,62
		75	358,19	0,223	-0,65	210	2,32
		50	290	0,177	-0,75	125	2,07
		25	157,74	0,079	-1,10	62,5	1,79
	KALKOPİRİT	95	500,77	0,316	-0,50	350	2,54
		75	245,44	0,154	-0,81	125	2,09
		50	139,41	0,087	-1,06	62,5	1,79
		25	91,09	0,057	-1,24	45	1,65
SARI CEVHER	SFALERİT	95	440,7	0,275	-0,56	250	2,39
		75	263,15	0,162	-0,79	125	2,09
		50	125,02	0,079	-1,10	62,5	1,79
		25	80,01	0,050	-1,30	45	1,65
	KALKOPİRİT	95	906,23	0,575	-0,24	1680	3,22
		75	476	0,269	-0,57	590	2,77
		50	205,04	0,158	-0,80	250	2,39
		25	141,71	0,089	-1,05	125	2,07
SİYAH CEVHER	SFALERİT	95	667	0,416	-0,38	590	2,77
		75	398,98	0,263	-0,58	250	2,39
		50	325,95	0,199	-0,70	177	2,24
		25	180,43	0,112	-0,95	105	2,02
	KALKOPİRİT	95	592,59	0,371	-0,43	590	2,77
		75	320,53	0,208	-0,68	210	2,32
		50	210,63	0,131	-0,88	105	2,02
		25	107,66	0,067	-1,17	62,5	1,79

### %95 tane boyutuna göre $\alpha$ üssel sayısının tespiti

Tablo 4 'de hesaplanmış olan %95 tane boyutuna karşılık gelen değerlerden  $\log S^2M$  ve  $\log d$  (tane boyutu) ye göre regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 39). Bu değerlerden  $\log S^2M$  bağımlı değişken olarak y eksenine,  $\log d$  ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

%95 tane boyutuna göre regresyon analizinde kullanılan veriler şöyledir.

y= $\log S^2M$	x= $\log d$
-0,43	2,62
-0,50	2,54
-0,56	2,39
-0,22	3,22
-0,38	2,77
-0,43	2,77



Şekil 39. %95 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı

%95 tane boyutuna göre hazırlanan 1. dereceden regresyon analizi sonucunda

korelasyon katsayısı ( r )= 0,983

F testi = 112,67

Serbestlik derecesi = 4

bo = -1,64

b<sub>1</sub> = 0,40

olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,0654	0,06547	Fh= 112,67
Hata	4	0,0023	0,00058	
Toplam	5			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla SD= ( 1; 4 ) 'e karşılık gelen Ft= 7,71 olup ,Fh=112,6 dan küçüktür. Buda 1. derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon sayısı= 0,983 yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

Yukarıda tanımlanan formül ( 5 )'e göre; bo= k sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir. -1,64 olan bo değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdaki k sabiti ihmal edilmiştir. b<sub>1</sub> ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre  $\alpha$  üssel sayısının değeri 0,40 dır.

%95 tane boyutuna göre  $\alpha=0,40$  ' dır.

Birinci dereceden regresyon analizinden bulduğumuz bu değerleri Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarsak Çayeli Masif Sülfid yatağı için %5 hataya göre %95 tane boyutu için bulunan yeni bir örnekleme formülü elde etmiş oluruz .

$$\underline{S^2 = d^{0,40} / M}$$
 şeklinde yazılabilir.

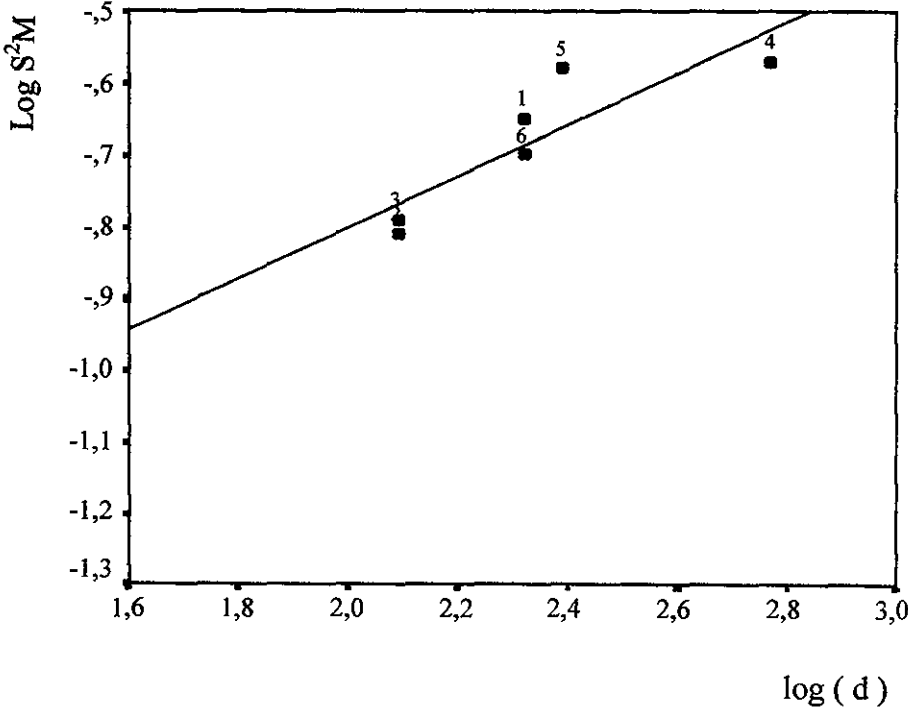
( 7 )

### %75 tane boyutuna göre $\alpha$ üssel sayısının tespiti

Tablo 4 'de hesaplanmış olan %75 tane boyutuna karşılık gelen değerlerden  $\log S^2M$  ve  $\log d$  (tane boyutu ) ye göre regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 40). Bu değerlerden  $\log S^2M$  bağımlı değişken olarak y eksenine,  $\log d$  ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

%75 tane boyutuna göre regresyon analizinde kullanılan veriler şöyledir.

y= $\log S^2M$	x= $\log d$
-0,65	2,32
-0,81	2,09
-0,79	2,09
-0,57	2,77
-0,58	2,39
-0,70	2,32



Şekil 40. %75 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı

%75 tane boyutuna göre hazırlanan 1. dereceden regresyon analizi sonucunda ;

korelasyon katsayısı ( r )= 0,875

F testi = 13,05

Serbestlik derecesi = 4

bo = -1,51

b1 = 0,36 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6. Birinci dereceden regresyon analizi test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,0400	0,0400	Fh= 13,05
Hata	4	0,0122	0,0030	
Toplam	5			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla SD= ( 1; 4 ) 'e karşılık gelen Ft= 7,71 olup ,Fh=13,05 den küçüktür. Buda 1. derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı= 0,875 yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

Yukarıda tanımlanan formül ( 5 )'e göre; bo= k sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir. -1,51 olan bo değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdaki k sabiti ihmal edilmiştir. b<sub>1</sub> ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre  $\alpha$  üssel sayısının değeri 0,36dır.

%75 tane boyutuna göre  $\alpha=0,36$  ' dır.

Birinci dereceden regresyon analizinden bulduğumuz bu değerleri Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarsak Çayeli Masif Sülfid yatağı için %5 hataya göre %75 tane boyutu için bulunan yeni bir örnekleme formülü ;

$$S^2 = d^{0,36}/M \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

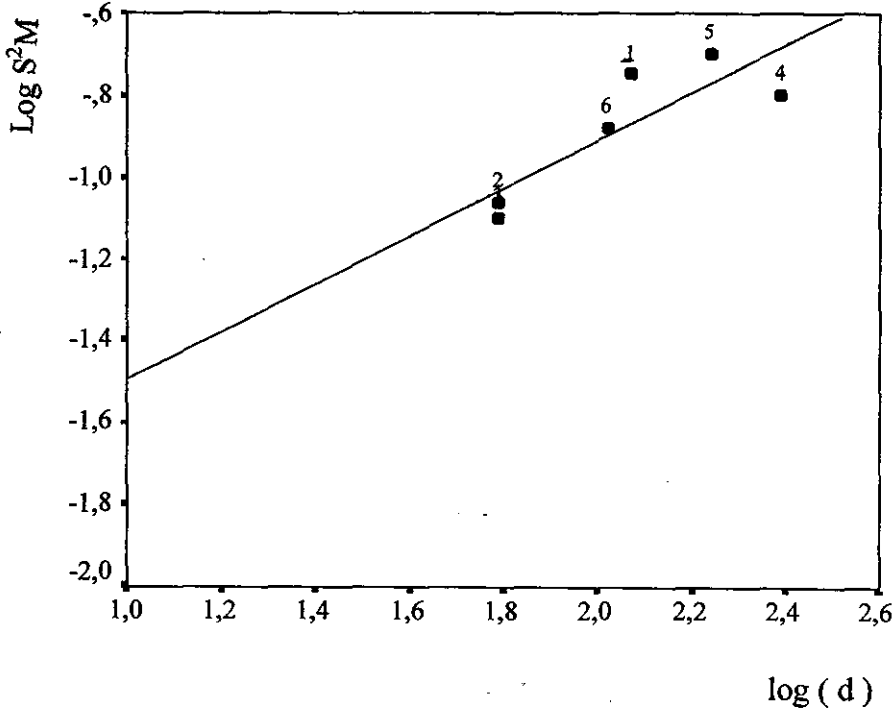
( 8 )

### %50 tane boyutuna göre $\alpha$ üssel sayısının tespiti

Tablo 4' de hesaplanmış olan %50 tane boyutuna karşılık gelen değerlerden  $\log S^2M$  ve  $\log d$  (tane boyutu) ye göre regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 41). Bu değerlerden  $\log S^2M$  bağımlı değişken olarak y eksenine,  $\log d$  ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

%50 tane boyutuna göre regresyon analizinde kullanılan veriler şöyledir.

$y = \log S^2M$	$x = \log d$
-0,75	2,07
-1,06	1,79
-1,10	1,79
-0,80	2,39
-0,70	2,24
-0,88	2,02



Şekil 41. %50 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı

%50 tane boyutuna göre hazırlanan 1. dereceden regresyon analizi sonucunda ;

korelasyon katsayısı ( r )= 0,847

F testi = 10,16

Serbestlik derecesi = 4

bo = -2,07

b1 = 0,58

olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regrèsyon	1	0,0979	0,0979	Fh= 10,16
Hata	4	0,0385	0,0096	
Toplam	5			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla SD= ( 1; 4 ) 'e karşılık gelen Ft= 7,71 olup ,Fh=10,16 dan küçüktür. Buda 1. derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı r = 0,847 yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göster

Yukarıda tanımlanan formül (5)'e göre; bo= k sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir. -2,07 olan bo değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdaki k sabiti ihmal edilmiştir. b<sub>1</sub> ise regresyon doğrusunun eğimi olan α yı vermektedir. Buna göre α üssel sayısının değeri 0,58 dir.

%50 tane boyutuna göre α= 0,58 ' dir.

Birinci dereceden regresyon analizinden bulduğumuz bu değerleri Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarsak Çayeli Masif Sülfite yatağı için %5 hataya göre %50 tane boyutu için bulunan yeni bir örnekleme formülü

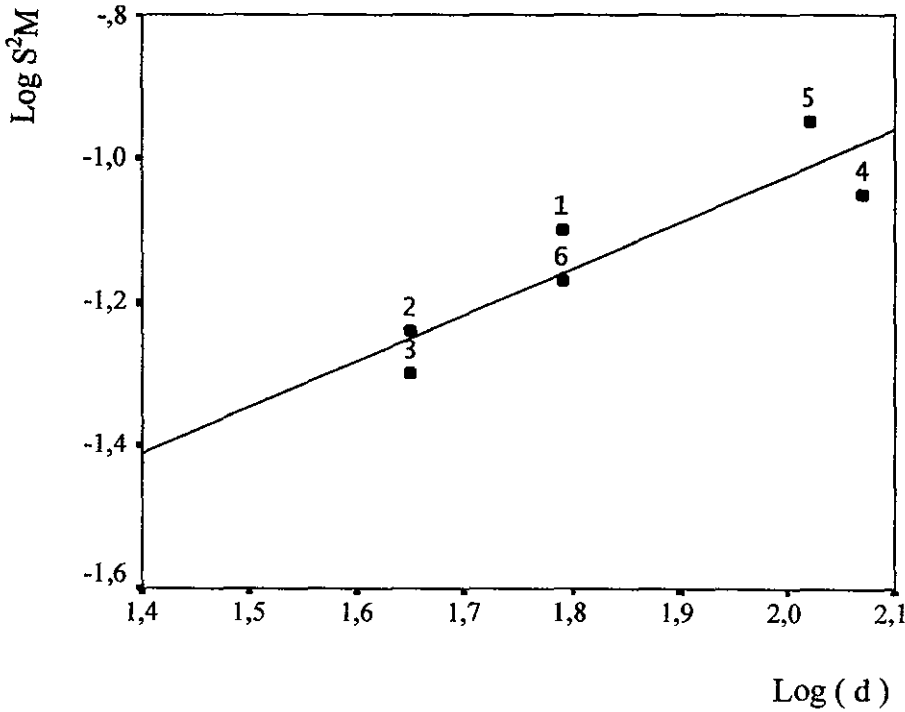
$$\underline{S^2 = d^{0,58} / M}$$
 şeklinde yazılabilir.

### %25 tane boyutuna göre $\alpha$ üssel sayısının tespiti

Tablo 4' de hesaplanmış olan %25 tane boyutuna karşılık gelen değerlerden  $\log S^2M$  ve  $\log d$  (tane boyutu ) ye göre regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 42). Bu değerlerden  $\log S^2M$  bağımlı değişken olarak y eksenine,  $\log d$  ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

%25 tane boyutuna göre regresyon analizinde kullanılan veriler şöyledir.

$y = \log S^2M$	$x = \log d$
-1,10	1,79
-1,24	1,65
-1,3	1,65
-1,05	2,07
-0,95	2,02
-1,17	1,79



Şekil 42. %25 tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı



%25 tane boyutuna göre hazırlanan 1. dereceden regresyon analizi sonucunda

korelasyon katsayısı ( $r$ )= 0,904

F testi = 17,82

Serbestlik derecesi = 4

$b_0$  = -2,31

$b_1$  = 0,64 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,0670	0,0670	Fh= 17,82
Hata	4	0,0150	0,0037	
Toplam	5			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla  $SD = (1; 4)$  'e karşılık gelen  $F_t = 7,71$  olup  $F_h = 17,82$  dan küçüktür. Buda 1. derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı  $r = 0,904$  yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

Yukarıda tanımlanan formül (5)'e göre;  $b_0 = k$  sabitini yani regresyon doğrusunun  $x$  eksenini kestiği değeri vermektedir. -2,31 olan  $b_0$  değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdeki  $k$  sabiti ihmal edilmiştir.  $b_1$  ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre  $\alpha$  üssel sayısının değeri 0,64 dir.

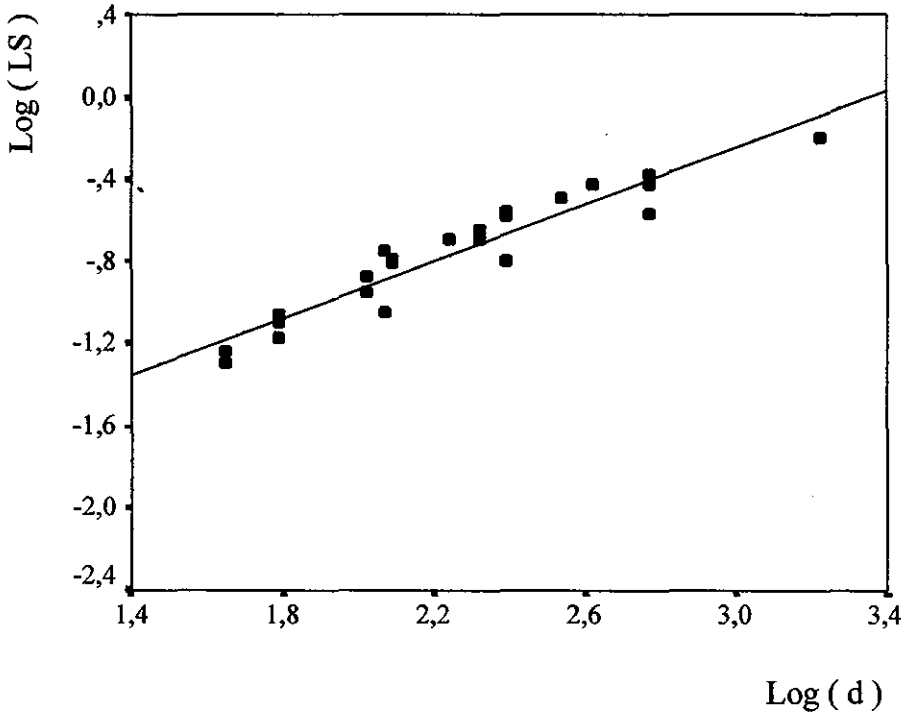
%25 tane boyutuna göre  $\alpha = 0,64$  ' dir.

Birinci dereceden regresyon analizinden bulduğumuz bu değerleri  $G_y$  tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarsak Çayeli Masif Sülfite yatağı için %5 hataya göre %25 tane boyutu için bulunan yeni bir örnekleme formülü;

$$S^2 = \frac{d^{0,64}}{M} \text{ şeklinde yazılabilir.} \quad (10)$$

### Toplam tane boyutuna göre $\alpha$ üssel sayısının tespiti

Tablo 4' de hesaplanmış olan %95, %75, %50 ve %25 tane boyutlarına karşılık gelen tüm değerler için ortak bir  $\alpha$  üssel sayısı hesaplanmıştır. Tane boyutlarına karşılık gelen değerlerden  $\log S^2M$  ve  $\log d$  (tane boyutu) ye göre regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 43). Bu değerlerden  $\log S^2M$  bağımlı değişken olarak y eksenine,  $\log d$  ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek tüm değerler için ortak bir regresyon analizi yapılmıştır.



Şekil 43. Toplam tane boyutlarına göre hazırlanmış regresyon diyagramı

Tüm tane boyutlarına göre hazırlanan 1. dereceden regresyon analizi sonucunda

korelasyon katsayısı ( $r$ ) = 0,954

F testi = 220,31

Serbestlik derecesi = 22

$b_0$  = -2,32

$b_1$  = 0,69 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 9. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	1,8305	1,8305	Fh= 220,31
Hata	22	0,1827	0,00830	
Toplam	23			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla  $SD = (1; 4)$  'e karşılık gelen  $F_t = 7,71$  olup  $F_h = 220,3$  den küçüktür. Buda 1. derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı  $r = 0,954$  yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

Yukarıda tanımlanan formül (5)'e göre;  $b_0 = k$  sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir.  $-2,32$  olan  $b_0$  değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdeki k sabiti ihmal edilmiştir.  $b_1$  ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre  $\alpha$  üssel sayısının değeri 0,69 dır.

Toplam tane boyutlarına göre  $\alpha = 0,69$  ' dır.

Birinci dereceden regresyon analizinden bulduğumuz bu değerleri Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarsak Çayeli Masif Sülfid yatağı için %5 hataya göre toplam tane boyutları için bulunan yeni bir örnekleme formülü ;

$$\underline{S^2 = d^{0,69} / M}$$
 şeklinde olur. (11)

Tüm bu regresyon işlemleri sonucunda elde edilen veriler Gy formülü ile tanımlanan modele oldukça iyi bir şekilde uygunluk göstermektedir. Yapılan regresyon işlemleri sonucunda  $\alpha$  üssel sayısı tüm tane boyutları için teker teker ve ortak olarak tespit edilmiştir. Ancak bunlardan madencilikte, %95 tane boyutuna göre bulunan  $\alpha$  üssel sayısı kullanılır.

Buna göre, Çayeli Masif Sülfid yatağı için  $\alpha$  üssel sayısı 0,40 olarak seçilmiştir.

Bu Gy'in  $\alpha$ 'sından (2-3) oldukça düşüktür. Bu da yataktaki tenörlerin oldukça değişken olduğunu gösterir (Cliff, 1991).

### 3.4.6. K Örneklem sabitinin tespiti

Regresyon doğrusunun y eksenini kesim yerinin orjine uzaklığı olan K 'nın bu şekilde belirlenmesi deneysel tayinlerde doğrudan kullanılmaz. Bu öncelikle , logaritmik regresyon kullanılmasından daha ziyade K'nın bir deneyden diğerine değişken olmasından dolayıdır. K tenöre bağlı olabilir ve dolayısıyla çok az örneğin söz konusu olduğu durumlarda değişebilir. Bundan dolayı bu yeni K her cevher türü için ayrı ayrı daha önce bulunduğumuz  $\alpha=0,40$  değeri kullanılarak aşağıdaki formülden yeniden hesaplanmıştır.

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \quad (1)$$

$$S^2 M = K \cdot d^\alpha$$

Bunun için öncelikle her cevher türü için 1000 er gr örnekler alınarak uygun boyutta öğütülmüştür. Öğütülen bu cevher örnekleri daha önce tespit edilen %95 , %75 , %50 ve %25 tane boyutuna karşılık gelen elek açıklıklarından elenerek elekler arasında kalan miktarları bulunmuştur. Her cevher türü için ayrı ayrı bulunan elekler arasında kalan cevher miktarlarından 10'ar gr'lık örnekler alınarak uygun boyutta hazırlanıp tenör analizine gönderilmiştir. Bunun sonucunda yüzde değerlere karşılık gelen elek açıklıkları arasında kalan cevher miktarları ve bunların tenörleri tespit edilmiştir. Bu değerler (Tablo 10)' da verilmiştir.

Tablo 10. Yüzde tane boyutlarına karşılık gelen elek açıklıkları arasında kalan örnek miktarları ve bunların tenör değerleri.

	SFALERİT			KALKOPİRİT		
	Elek açıklığı mesh ve $\mu\text{m}$ cinsinden	Elekler arasında kalan örnek miktarı(gr)	Tenör %	Elek açıklığı mesh ve $\mu\text{m}$ cinsinden	Elekler arasında kalan örnek miktarı(gr)	Tenör %
KIRINTILI CEVHER	40 mesh 420 $\mu\text{m}$	230,92	11,04	45 mesh 350 $\mu\text{m}$	255,3	3,80
	70 mesh 210 $\mu\text{m}$	200,45	11,48	120 mesh 125 $\mu\text{m}$	152,3	3,46
	230 mesh 62,5 $\mu\text{m}$	157,74	11,75	325 mesh 45 $\mu\text{m}$	91,09	3,23
SARI CEVHER	60 mesh 250 $\mu\text{m}$	177,55	0,70	12 mesh 1680 $\mu\text{m}$	430	8,12
	120 mesh 125 $\mu\text{m}$	138,13	0,76	30 mesh 590 $\mu\text{m}$	270	8,70
	325 mesh 45 $\mu\text{m}$	125,01	1,10	60 mesh 250 $\mu\text{m}$	205	9,33
SİYAH CEVHER	30 mesh 590 $\mu\text{m}$	270	16,98	30 mesh 590 $\mu\text{m}$	272,6	5,05
	60 mesh 250 $\mu\text{m}$	215	17,37	70 mesh 210 $\mu\text{m}$	213,2	5,47
	140 mesh 105 $\mu\text{m}$	105	18,96	230 mesh 62,5 $\mu\text{m}$	107,66	5,45

Bu tabloda da görüldüğü gibi tenör değerleri çok düşük olan sarı cevher içerisinde yer alan sfalerit minerali ve siyah cevher içerisinde yer alan kalkopirit mineralleri işleme katılmamıştır

Yani bu işlemler kırıntılı cevher içerisinde yer alan sfalerit ve kalkopirit için, sarı cevher içerisinde yer alan kalkopirit için ve siyah cevher içerisinde yer alan sfalerit mineralleri için yapılmıştır.

Yukarıdaki tabloda verilen örnek miktarları , elek açıklıkları ve  $\alpha$  üssel sayısı 0,40 alınarak her cevher türü için aşağıdaki Gy örnekleme formülünden yeni K değerleri tespit edilmiştir.

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \quad (1)$$

$$S^2 M = K \cdot d^\alpha$$

$$K = S^2 M / d^\alpha$$

Her cevher türünde yüzde değerlere karşılık gelen yeni K örnekleme sabitleri ve bunların tenör değerleri kullanılarak 1. dereceden regresyon analizi yapılmıştır. Bunun neticesi olarak Çayeli masif sülfür yatağında tüm cevher türleri için tenör değerlerine bağlı yeni K örnekleme sabitleri bulunmuştur.

Bu regresyon analizi için hesaplanan değerler (Tablo 11)' de verilmiştir.

Tablo. 11. Birinci dereceden regresyon analizi yapmak için hesaplanan veriler.

Cevher Türü	Elek Açıklıkları ( $\mu\text{m}$ )	M= Örnek Miktarı (gr)	$K=S^2M/d^\alpha$ ( $\alpha=0,40$ ) ( $S=0,025$ )	Log K	t=tenör	Log t	
KIRINTILI CEVHER	SFALERİT	420	230,92	0,25	-0,60	11,04	1,04
		125	200,45	0,28	-0,54	11,48	1,06
		62,5	157,74	0,30	-0,52	11,75	1,07
	KALKOPİRİT	350	255,30	0,24	-0,61	3,80	0,58
		125	152,30	0,22	-0,65	3,46	0,54
		45	91,09	0,20	-0,69	3,23	0,51
SARI CEVHER	KALKOPİRİT	1680	430,00	0,20	-0,69	8,12	0,91
		590	270,00	0,21	-0,67	8,70	0,94
		250	205,04	0,22	-0,65	9,33	0,97
SİYAH CEVHER	SFALERİT	590	270,00	0,21	-0,67	16,98	1,23
		250	215,00	0,23	-0,62	17,37	1,24
		105	180,00	0,28	-0,55	18,19	1,26

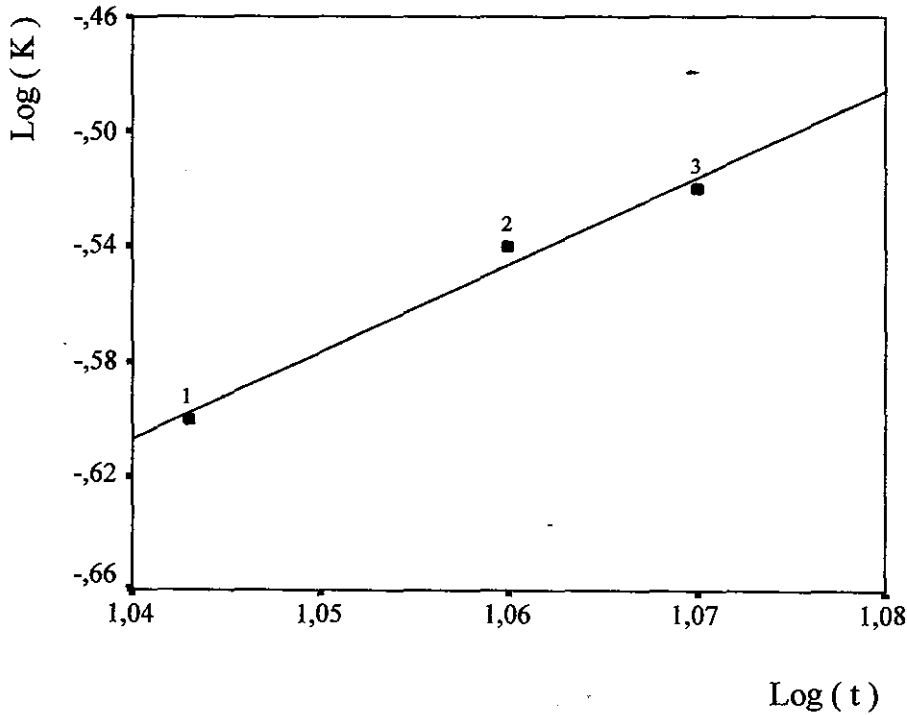
### 3.4.6.1. Kırıntılı Cevher

#### Kırıntılı Siyah Cevher İçin K Örneklem Sabitinin Bulunması

Tablo 11' de kırıntılı siyah cevher için hesaplanmış olan log K değerleri ile bunlara karşılık gelen tenör değerleri kullanılarak 1. dereceden regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 44). Bunun sonucunda Çayeli masif sülfid yatağında yer alan kırıntılı siyah cevher için yeni bir K örneklem sabiti bulunmuştur. Tabloda verilen değerlerden Log K bağımlı değişken olarak y eksenine , Log t ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

Kırıntılı siyah cevher için regresyon analizinde kullanılan veriler

y= log K	x=log t
-0,60	1,04
-0,54	1,06
-0,52	1,07



Şekil 44. Kırıntılı siyah cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı



Kırlıtlı sıyah cevher için hazırlanan 1. dereceden regresyon analizi sonucunda ;

korelasyon katsayısı ( r )= 0,993

F testi = 56,33

Serbestlik derecesi = 1

bo = -3,75

b<sub>1</sub> = 3,00 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 12. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,00340	0,00340	Fh= 56,33
Hata	2	0,00012	0,00006	
Toplam	3			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla SD= ( 1; 2 ) 'e karşılık gelen Ft= 18,5 olup, Fh=56,3 den kktr. Buda 1. derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı r = 0,993 yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

$$S^2 = K.d^\alpha / M \quad (1)$$

Yukarıda tanımlanan formül (1)'e göre; bo= k sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir. -3,75 olan bo değerinin ters logaritması çok kk bir sayı olduğu için denklemdeki k sabiti ihmal edilmiştir. b<sub>1</sub> ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre tenör değerine bağlı  $\alpha$  üssel sayısının değerisi 3 dr.

Tüm bu değerler Gy formülünde yerine konulduğunda K örnekleme sabiti ;

$$K = S^2M/ d^\alpha$$

$$\text{Log} ( S^2M/ d^\alpha ) = \alpha \log (t)$$

$K = t^\alpha$  eşitliğinden,

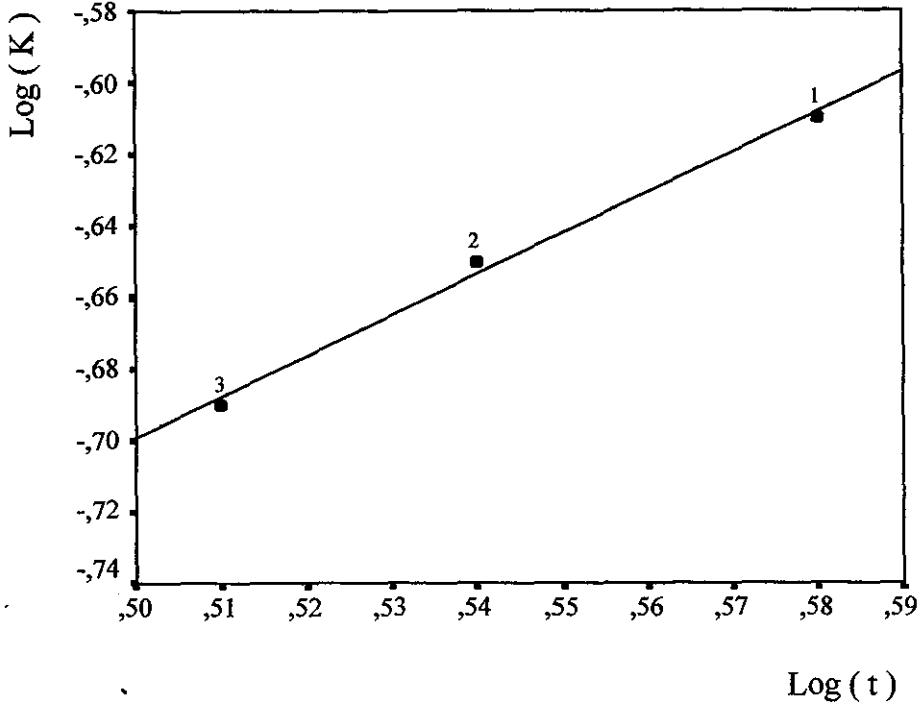
$K = t^3$  olarak bulunur.

### **Kırıntılı Sarı Cevher İçin K Örnekleme Sabitinin Bulunması**

Tablo 11'de kırıntılı sarı cevher için hesaplanmış olan log K değerleri ile bunlara karşılık gelen tenör değerleri kullanılarak Birinci dereceden regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 45). Bunun sonucunda Çayeli masif sülfid yatağında yer alan kırıntılı sarı cevher için yeni bir K örnekleme sabiti bulunmuştur. Tabloda verilen değerlerden Log K bağımlı değişken olarak y eksenine , Log t ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

Kırıntılı sarı cevher için regresyon analizinde kullanılan veriler

<b>y= log K</b>	<b>x=log t</b>
-0,61	0,58
-0,65	0,54
-0,69	0,51



Şekil 45. Kırıntılı sarı cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı

Kırıntılı sarı cevher için hazırlanmış 1. dereceden regresyon analizi sonucunda

korelasyon katsayısı ( $r$ ) = 0,997

F testi = 147

Serbestlik derecesi = 1

$b_0$  = -1,26

$b_1$  = 1,14 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 13. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,00317	0,00317	Fh= 147
Hata	2	0,00004	0,00002	
Toplam	3			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla  $SD = (1; 2)$  'e karşılık gelen  $F_t = 18,5$  olup  $F_h = 147$  den küçüktür. Buda Birinci derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı  $r = 0,997$  yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \quad (1)$$

Yukarıda tanımlanan formül (1)'e göre;  $b_0 = K$  sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir.  $-1,26$  olan  $b_0$  değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdaki k sabiti ihmal edilmiştir.  $b_1$  ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre tenör değerine bağlı  $\alpha$  üssel sayısının  $1,14$  dür.

Tüm bu değerler Gy formülünde yerine konulduğunda K örnekleme sabiti ;

$$K = S^2 M / d^\alpha$$

$$\text{Log} ( S^2 M / d^\alpha ) = \alpha \log (t)$$

$$K = t^\alpha \text{ eşitliğinden,}$$

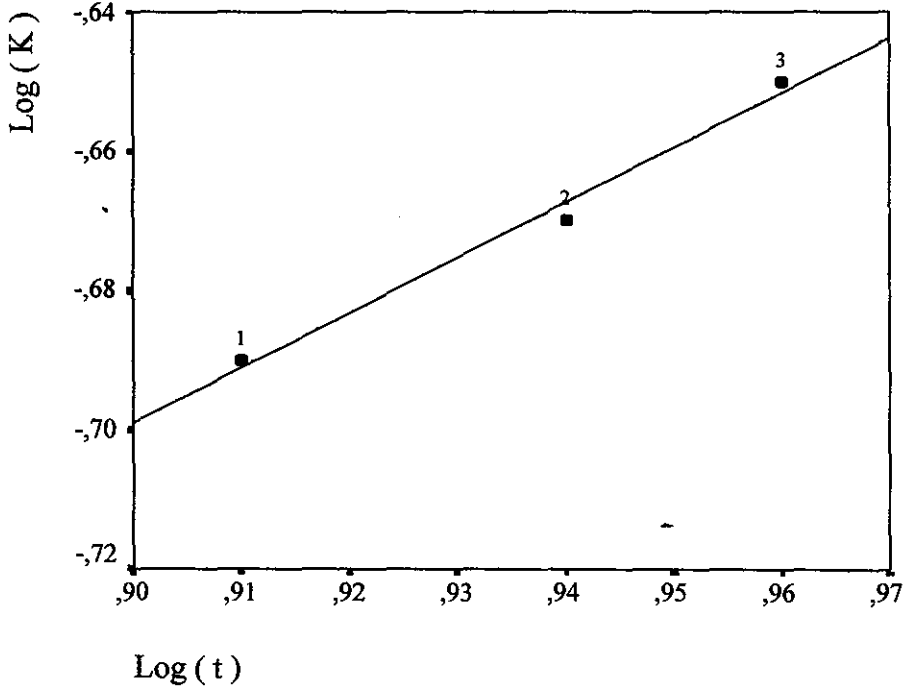
$$K = t^{1,14} \text{ bulunur.}$$

#### 3.4.6.2. Sarı Cevher

Tablo 11' de sarı cevher için hesaplanmış olan log K değerleri ile bunlara karşılık gelen tenör değerleri kullanılarak Birinci dereceden regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 46). Bunun sonucunda Çayeli masif sülfid yatağında yer alan sarı cevher için yeni bir K örnekleme sabiti bulunmuştur. Tabloda verilen değerlerden Log K bağımlı değişken olarak y eksenine , Log t ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

Sarı cevher için regresyon analizinde kullanılan veriler

$y = \log K$	$x = \log t$
-0,69	0,91
-0,67	0,94
-0,65	0,96



Şekil 46. Sarı cevher için hazırlanmış regresyon diyagramı

Sarı cevher için hazırlanmış 1. dereceden regresyon analizi sonucunda ;

korelasyon katsayısı ( $r$ ) = 0,993

F testi = 75

Serbestlik derecesi = 1

$b_0$  = -1,40

$b_1$  = 0,78 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 14. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,00078	0,00078	Fh= 75
Hata	2	0,00002	0,00001	
Toplam	3			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla  $SD = (1; 2)$  'e karşılık gelen  $F_t = 18,5$  olup  $F_h = 75$ 'den küçüktür. Buda Birinci derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı  $r = 0,993$  yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \quad (1)$$

Yukarıda tanımlanan formül (1)'e göre;  $b_0 = K$  sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir.  $-1,40$  olan  $b_0$  değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdaki  $k$  sabiti ihmal edilmiştir.  $b_1$  ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre tenör değerine bağlı  $\alpha$  üssel sayısı  $0,78$  dir.

Tüm bu değerler Gy formülünde yerine konulduğunda  $K$  örnekleme sabiti aşağıdaki gibi olur.

$$K = S^2 M / d^\alpha$$

$$\text{Log} ( S^2 M / d^\alpha ) = \alpha \log ( t )$$

$$K = t^\alpha \text{ eşitliğinden,}$$

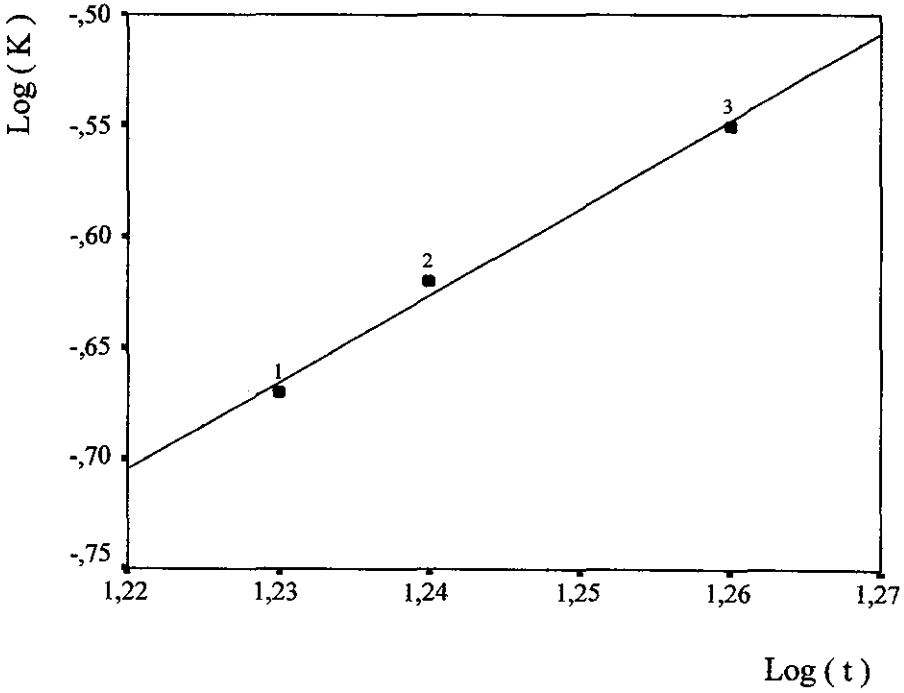
$$K = t^{0,78} \text{ bulunur.}$$

### 3.4.6.3. Siyah Cevher için K Örneklem Sabitinin Bulunması

Tablo 11 'de siyah cevher için hesaplanmış olan log K değerleri ile bunlara karşılık gelen tenör değerleri kullanılarak Birinci dereceden regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 47). Bunun sonucunda Çayeli Masif Sülfid yatağında yer alan siyah cevher için yeni bir K örneklem sabiti bulunmuştur. Tabloda verilen değerlerden Log K bağımlı değişken olarak y eksenine, Log t ise bağımsız değişken olarak x eksenine yerleştirilerek regresyon analizi yapılmıştır.

Siyah cevher için regresyon analizinde kullanılan veriler

y= log K	x=log t
-0,67	1,23
-0,62	1,24
-0,55	1,26



Şekil 47. Sferit mineralleri için hazırlanmış regresyon diyagramı

Siyah cevher için hazırlanmış birinci dereceden regresyon analizi sonucunda ;

korelasyon katsayısı ( r )= 0,996

F testi = 112

Serbestlik derecesi = 1

bo = -5,49

b1 = 3,90 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 15. Birinci dereceden regresyon analizine ait test tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F testi
Regresyon	1	0,00720	0,00720	Fh= 112
Hata	2	0,000128	0,000064	
Toplam	3			

Birinci derece regresyonun anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için yapılan teste ait parametrelere göre %95 anlamlılıkla SD= ( 1; 2 ) 'e karşılık gelen Ft= 18,5 olup Fh=112'den küçüktür. Buda birinci derece regresyonun %95 anlamlılıkla anlamlı olduğunu gösterir. Ayrıca korelasyon katsayısı r = 0,996 yüksek olması değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu gösterir.

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \quad (1)$$

Yukarıda tanımlanan formül (1)'e göre; bo= k sabitini yani regresyon doğrusunun x eksenini kestiği değeri vermektedir. -5,49 olan bo değerinin ters logaritması çok küçük bir sayı olduğu için denklemdaki k sabiti ihmal edilmiştir. b1 ise regresyon doğrusunun eğimi olan  $\alpha$  yı vermektedir. Buna göre tenör değerine bağlı  $\alpha$  üssel sayısının değeri 3,90 dir.

Tüm bu değerler Gy formülünde yerine konulduğunda K örnekleme sabiti ;

$$K = S^2 M / d^\alpha$$

$$\text{Log} ( S^2 M / d^\alpha ) = \alpha \log ( t )$$

$$K = t^\alpha \text{ eşitliğinden} \quad K = t^{3,90} \text{ bulunur}$$



### 3.4.7. Nihayi Deneysel Formül

#### 3.4.7.1. Kırıntılı Cevher

##### Kırıntılı Siyah Cevher

1.dereceden regresyon analizleri sonucunda bulduğumuz üssel sayı  $\alpha = 0,40$  ve örnekleme sabiti  $K = 3$  değerlerini Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarak Çayeli Masif Sülfid yatağında kırıntılı siyah cevher için tenör değerine ve tane boyutuna bağlı yeni bir örnekleme formülü bulunmuştur. Bu formülde  $d =$  cevher mineralinin tane boyutunun %95'inin elek altına geçtiği boyuttur.

Bulduğumuz bu yeni formül;

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \text{ eşitliğinden} \quad (1)$$

$$S^2 M / d^\alpha = K \text{ dir.}$$

$$K = t^3 \text{ olduğuna göre,}$$

$$S^2 M / d^{0,4} = t^3 \text{ eşitliğinden,}$$

$$\underline{S^2 = t^3 \cdot d^{0,4} / M} \text{ genel formülü elde edilmiş olur.} \quad (12)$$

##### Kırıntılı Sarı Cevher

1.dereceden regresyon analizleri sonucunda bulduğumuz üssel sayı  $\alpha = 0,40$  ve örnekleme sabiti  $K = 1,14$  değerlerini Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarak Çayeli Masif Sülfid yatağında kırıntılı sarı cevher için tenör değerine ve tane boyutuna bağlı yeni bir örnekleme formülü bulunmuştur. Bu formülde  $d =$  cevher mineralinin tane boyutunun %95'inin elek altına geçtiği boyuttur.

Bulduğumuz bu yeni formül;

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \text{ eşitliğinden} \quad (1)$$

$$S^2 M / d^\alpha = K \text{ dir.}$$

$$K = t^{1,14} \text{ olduğuna göre,}$$

$$S^2 M / d^{0,4} = t^{1,14} \text{ eşitliğinden,}$$

$$\underline{S^2 = t^{1,14} \cdot d^{0,4} / M} \text{ genel formülü elde edilmiş olur.} \quad (13)$$

### 3.4.7.2. Sarı Cevher

1.dereceden regresyon analizleri sonucunda bulduğumuz üssel sayı  $\alpha = 0,40$  ve örnekleme sabiti  $K = 0,78$  değerlerini Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarak Çayeli Masif Sülfid yatağındaki sarı cevher için tenör değerine ve tane boyutuna bağlı yeni bir örnekleme formülü bulunmuştur. Bu formülde  $d =$  cevher mineralinin tane boyutunun %95'inin elek altına geçtiği boyuttur.

Bulduğumuz bu yeni formül;

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \text{ eşitliğinden} \quad (1)$$

$$S^2 M / d^\alpha = K \text{ dir.}$$

$$K = t^{0,78} \text{ olduğuna göre,}$$

$$S^2 M / d^{0,4} = t^{0,78} \text{ eşitliğinden,}$$

$$\underline{S^2 = t^{0,78} d^{0,4} / M} \text{ genel formülü elde edilmiş olur.} \quad (14)$$

### 3.4.7.3. Siyah Cevher

1.dereceden regresyon analizleri sonucunda bulduğumuz üssel sayı  $\alpha = 0,40$  ve örnekleme sabiti  $K = 3,90$  değerlerini Gy tarafından tanımlanan örnekleme formülünde yerine koyarak Çayeli Masif Sülfid yatağındaki siyah cevher için tenör değerine ve tane boyutuna bağlı yeni bir örnekleme formülü bulunmuştur. Bu formülde  $d =$  cevher mineralinin tane boyutunun %95'inin elek altına geçtiği boyuttur.

Bulduğumuz bu yeni formül;

$$S^2 = K \cdot d^\alpha / M \text{ eşitliğinden} \quad (1)$$

$$S^2 M / d^\alpha = K \text{ dir.}$$

$$K = t^{3,9} \text{ olduğuna göre,}$$

$$S^2 M / d^{0,4} = t^{3,9} \text{ eşitliğinden,}$$

$$\underline{S^2 = t^{3,9} d^{0,4} / M} \text{ genel formülü elde edilmiş olur.} \quad (15)$$

#### 4. TARTIŞMA

Çayeli masif sülfür Yatağını içine alan çalışma alanında Üst Kretase yaşlı formasyonlar ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır. Bölgede en yaşlı birim asidik proklastlardır ve cevherin taban kayacını oluştururlar. Bu birimin üzerine cevherin tavan kayacını oluşturan pümtüs tüfler gelir ve bunlarda bazik kayaçlar tarafından üzerlenirler. Bu birimin üzerine de sırasıyla litik tuf-breş, kireçtaşları ve sedimanter birimler gelir. Tüm bu birimler ve cevher merceği andezitik bazaltik bileşimli intrüzüfler tarafından kesilmektedir. Kuvaterner ise alüvyonlarla temsil edilir.

Çayeli masif sülfür merceği masif, konglomera, breş ve kumaşı özelliklerini yansıtan bir litolojik özelliğe sahip olup, pirit, kalkopirit, sfalerit ve az oranda galen, tetraedrit ve bornitten oluşmaktadır. Barit, karbonat mineralleri, kuvars, kil mineralleri, serizit ve jips gang minerallerini oluşturur.

Cevher genel olarak kırıntılı bir yapı arz eder ki, bu özellik sülfürlü minerallerin çökeliminden sonra veya onunla eş zamanlı olarak deniz tabanında oluşan faylanma veya kayma hareketleri ile ilişkilidir.

Cevher litolojik olarak üç ana sınıfa ayrılır. Çinko ve bakırca zengin siyah cevher, bakırca zengin sarı cevher ve ağsal cevher. Siyah cevher ile sarı cevher arasındaki ayrım cevherin matriksini oluşturan sfalerit miktarına bağlıdır. Cevher matriksi içindeki sfalerit oranı % 10'dan az ise sarı cevher, % 10'dan fazla ise siyah cevher olarak adlandırılır. Ancak sarı ve siyah cevher sınıflaması Çayeli masif Sülfür merceğinin itolojik özelliklerini anlatmak için yeterli değildir. Bu nedenle kırıntılı siyah cevher, masif siyah cevher, masif sarı cevher, ufalanabilir sarı cevher ve kalkopiritli damar tipi cevher alt sınıflarına ayrılır.

Cevher merceğini enine kesitlerinde bir mineralojik birlikteliğin varlığı göze çarpar. Bu zonlanma merceğinin tavanından tabanına doğru pirit-sfalerit-galen-tetraedrit-barit, pirit-kalkopirit, pirit-kalkopirit-kil ve pirit-kalkopirit-kuvars mineral birlikteliklerinden oluşur. Merceğinin tavanından tabanına doğru mineral tane boyutlarının göreceli olarak artması şeklinde bir morfolojik değişim de görülür. Bu değişim özellikle pirit için geçerlidir. Ayrıca siyah cevher içerisinde framboidal ve kolloform yapılar yaygındır. Cevher merceği kendi içerisinde homojen olmayıp, kuzeyden güneye doğru yanal olarak bir farklılık göstermektedir. Buna göre mercek kuzey, orta ve güney olmak üzere üç zona ayrılır.

Bu zonlar farklı litolojik özellikler gösterir. Kuzey zon siyah ve sarı cevher içerir, orta zon kırıntılı cevherden oluşur, güney zon ise daha karışık bir stratigrafik dizilim gösterir.

Bütün bu özellikler Çayeli masif sülfid merceğinin çok iyi tanımlanmış Kuroko tipi yataklara (Franklin vd., 1981, Ohmoto ve Skinner, 1983) uyduğunu göstermektedir. Cevherin kırıntılı yapısı ve kolloform yapıları pirit, sfalerit ve galenin varlığı, cevherin oluşumu anında veya sonrasında mekanik olarak taşınmaya maruz kaldığının göstergesidir (Eldridge vd., 1983). Benzer özellikler Lahonos (Espiye-Giresun) masif sülfid yatağında da gözlenmiştir (Tüysüz ve Er, 1995). Çayeli cevher merceğinin güney ile orta ve kuzey zonları arasındaki stratigrafik farklılık yörede tekrarlanan bir hidrotermal faaliyeti olması gerektiğini düşündürmektedir. Ağsal cevherleşme bu tür yatakların beslenme kanallarının üst kesimini oluşturur (Eldridge vd., 1983). Bu tür cevherleşme Çayeli'nde kuzey zonda daha yaygındır. Bu durum asıl hidrotermal faaliyetin kuzey kesimde olduğunu fakat mekanik taşınma sonucunda güney zonda da tali kanalların gelişmiş olabileceğini göstermektedir (Akçay ve Arar, 1999).

Cevher minerallerinin tane boyutlarına göre yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda tüm cevher minerallerinin sağa çarpık bir dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Cevher minerallerinin minimum ve maksimum tane boyutları ile ortalama tane boyutları:

Kırıntılı cevherde; pirit için minimum tane boyu 3  $\mu\text{m}$ , maksimum tane boyu 1190  $\mu\text{m}$  ve ortalama tane boyu 56.52  $\mu\text{m}$  dur. Kalkopirit için; minimum tane boyu 7  $\mu\text{m}$ , maksimum tane boyu 1020  $\mu\text{m}$  ve ortalama tane boyu 94.29  $\mu\text{m}$  dur. Sfalerit için ise, minimum tane boyu 7  $\mu\text{m}$ , maksimum tane boyu 1088  $\mu\text{m}$  ve ortalama tane boyu 162.03  $\mu\text{m}$  'dur

Sarı cevher; pirit için minimum tane boyu 7  $\mu\text{m}$ , maksimum tane boyu 2550  $\mu\text{m}$  ve ortalama tane boyu 144.68  $\mu\text{m}$  dur. Kalkopirit için; minimum tane boyu 1  $\mu\text{m}$ , maksimum tane boyu 7480  $\mu\text{m}$  ve ortalama tane boyu 467.36  $\mu\text{m}$  dur. Sfalerit için ise, minimum tane boyu 17  $\mu\text{m}$ , maksimum tane boyu 1020  $\mu\text{m}$  ve ortalama tane boyu 94.39  $\mu\text{m}$  dur

Siyah cevherde; pirit için minimum tane boyu 17 µm, maksimum tane boyu 2380 µm ve ortalama tane boyu 217.56µm dur. Kalkopirit için; minimum tane boyu 34 µm, maksimum tane boyu 680 µm ve ortalama tane boyu 163.64 µm dur. Sfalerit için ise, minimum tane boyu 17 µm, maksimum tane boyu 1462 µm ve ortalama tane boyu 225.89 µm dur.

Buna göre sarı cevher içerisindeki kalkopirit mineralleri diğer tüm cevher türlerindeki cevher minerallerine göre daha büyük tane boyutuna sahiptir. Bunu siyah cevherdeki sfalerit ve pirit mineralleri izler. Diğer cevher türlerindeki cevher minerallerinin tane boyutları ise hemen hemen birbirine yakındır.

Ayrık yada öğütülmüş örnekleme ilgili sorunlar maden yataklarında arama safhasından üretim safhasına kadar önemli bir yer tutarlar. Özellikle kırma ve öğütme ile boyut ve kütle azaltması sırasında bir çok geri dönüşümü olmayan hatalara neden olmaktadır. Gy (1982) bütün bu hataları belirtmek, fiziksel ayırmadan örnekleme hassasiyetini veya temsili örnekleme miktarını belirten nispi hatanın kestirilmesine kadar olan işlemleri formüllüze etmiştir. Gy'in örnekleme varyansı formülü  $S^2 = K d^\alpha / M$  örnek miktarını örnekleme hatası ile ilişkilendirerek analizler için alınması gereken optimum örnek miktarının saptanmasını sağlar.

Çayeli masif sülfür yatağında bu işlemi yapmak için alınan 1000'er gr 'lık örnekler temel istatistik değerler sonucu belirlenen % değerlere karşılık gelen elek açıklıklarından elanarak elek altında kalan örnek miktarları bulunmuştur. Tane boyutu ve örnek miktarına göre yapılan örnekleme varyansı formülü  $S^2 = d^{0.4} / M$  şeklinde bulunmuştur. Burada bulduğumuz  $\alpha = 0,4$  üssel sayısı Gy'inkiden küçüktür buda yataktaki cevherin tenör değerlerinin oldukça değişken olduğunu gösterirki yapılan analizler sonucunda farklı cevher türlerindeki bakır ve çinko tenör değerleri oldukça değişkendir. Hatta kendi içerisinde bile tane boyu küçüldükçe tenör değerleri artmaktadır. Tane boyutu değerlerine karşılık gelen tenör değerlerini , tane boyutu ve örnek miktarını kapsayan örnekleme varyansı formülü ise her cevher türü için ayrı ayrı belirlenmiştir. Çünkü her cevher türü için tenör değerleri farklıdır. Buda yatağı temsil eden ortak bir formülün bulunmasını engellemiştir. Buna göre yapılan çalışmalar sonucunda her cevher türü için bulunan örnekleme varyansı formülleri ;

Kırıntılı sarı cevher için  $S^2 = t^3 d^{0,4} / M$

Kırıntılı siyah cevher için ;  $S^2 = t^{1,14} d^{0,4} / M$

Sarı cevher ;  $S^2 = t^{0,78} d^{0,4} / M$

Siyah cevher için ;  $S^2 = t^{3,9} d^{0,4} / M$  şeklindedir.

Regresyon analizleri sonucunda bulunan bu formüllerin anlamlı olup olmadıklarını kontrol etmek için yapılan testler sonucu ve korelasyon katsayılarının yüksek olması dolayısıyla bulunan her formül %95 anlamlılıkla anlamlıdır. Ancak tenör değerlerine göre yapılan çalışma veri sayısı artırılarak yapılmalıdır.

Türkiye’de ilk defa yapılan bu çalışma ile Çayeli masif sülfid yatağından kimyasal analizler için alınması gereken örnek miktarları tespit edilebilmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Çayeli Masif Sülfür Cevherleşmesi Üst kretase yaşlı dasitik kayalar içerisinde yer alır ve Geç Kretase yaşlı kireçtaşı kireçli çamurtaşı ara katkıları içeren bazaltik kayalarla örtülüdür.

Masif cevher merceği konveks yapılı bir mercek olup, K30D doğrultulu ve 60-80° KB'ya eğimli, 15-20° ile KD'ya doğru yatımlıdır.

Cevher yoğun olarak konglomera, breş ve kumtaşı özelliklerini yansıtan kırıntılı bir litolojik özelliğe sahip olup, başlıca pirit, kalkopirit, safalerit ve az oranda galen, tetraedrit ve bornitten oluşmaktadır. Barit, karbonat mineralleri, kuvars, kil mineralleri, serizit ve jips gang minerallerini oluşturur.

Cevher genel olarak kırıntılı bir yapı arzeder ki, bu özellik cevherin oluşumu esnasında veya sonrasında mekanik olarak taşınmaya maruz kaldığının göstergesidir.

Cevher ile tavan ve taban kayalar dokanakları genellikle düzgün ve keskindir.

Cevher litolojik olarak üç ana sınıfa ayrılır. Çinko ve bakırca zengin siyah cevher, bakırca zengin sarı cevher ve kırıntılı cevher.

Bütün cevher minerallerinin tane boyutu dağılımları normal bir dağılım olmayıp sağa çarpık bir dağılım göstermektedirler. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda cevher minerallerinin temel istatistik özellikleri aşağıdaki gibidir. Kırıntılı cevher: pirit, aritmetik ortalaması 56.56µm, mod 34 µm, medyan 40.8 µm; kalkopirit, aritmetik ortalaması 94.29 µm, mod 34 µm, medyan 51 µm; Sfalerit, aritmetik ortalaması 162.03 µm, mod 68 µm, medyan 119 µm'dir. Sarı cevher: pirit, aritmetik ortalaması 144.68 µm, mod 68 µm, medyan 68 µm; kalkopirit, aritmetik ortalaması 467.36 µm, mod 68 µm, medyan 272 µm; Sfalerit, aritmetik ortalaması 94.39 µm, mod 34 µm, medyan 68 µm'dir. Siyah cevher: pirit, aritmetik ortalaması 217.56 µm, mod 68 µm, medyan 153 µm; kalkopirit, aritmetik ortalaması 163.64 µm, mod 68 µm, medyan 102 µm; Sfalerit, aritmetik ortalaması 225.89 µm, mod 136 µm, medyan 170 µm'dir. (Tablo 1)

Tüm cevher türlerinde genel olarak tane boyu küçüldükçe % tenör içeriğinde bir artış görülmektedir. Kırıntılı siyah cevherde tane boyutu 420 µm 62,5 µm arasında değişirken tenör değerleri %11.04 ile %11.75 arasında değişmektedir. Siyah cevherde ise tane boyutu 590-105 µm'a değişirken tenör değeri %16.98-%18.19 arasındadır (Tablo 10).

Gy PM (1982) tarafından uygulanan Örnekleme varyansı formülü  $S^2=Kd^a /M$  ilk defa Çayeli masif sülfid yatağına uygulanıp gerekli parametreler belirlenerek % 5 hatayla yeni bir örnekleme varyansı formülü bulunmuştur. Bunun sonucunda gerçek tenörün en doğru ve en hassas şekilde tespit edilmesi ve buna bağlı rezerv hesaplarının daha sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için alınması gereken örnek miktarları belirlenebilmektedir.

Çayeli masif sülfid yatağındaki cevher minerallerinin %95'lik tane boyutlarına ve örnek miktarlarına göre üssel sayı  $\alpha=0.40$  bulunmuş olup bu değer Gy'ninkinden oldukça düşüktür. Buda yataktaki tenörlerin oldukça değişken olduğunu gösterir. Bulunan  $\alpha= 0.40$  sayısına göre örnekleme varyansı formülü  $S^2= d^{0.4}/M$  şeklindedir.

Cevher minerallerinin tane boyutlarına karşılık gelen tenör değerlerine göre hesaplanan örnekleme varyansı formülü ise her cevher türüne ait tenör değerleri farklılık gösterdiği için yatağı temsil eden ortak bir örnekleme varyansı formülü bulunamamıştır. Bunun yerine her cevher türü için ayrı ayrı birer örnekleme varyansı formülü belirlenmiştir. Bulunan bu yeni formüller:

$$\text{Kırıntılı sarı cevher için } S^2 = t^3 d^{0.4} / M$$

$$\text{Kırıntılı siyah cevher için ; } S^2 = t^{1.14} d^{0.4} / M$$

$$\text{Sarı cevher ; } S^2 = t^{0.78} d^{0.4} / M$$

$$\text{Siyah cevher için ; } S^2 = t^{3.9} d^{0.4} / M \text{ şeklindedir.}$$

Bulunan bu formüllerin anlamlı olup olmadıklarını kontrol etmek için yapılan istatistiksel testlere göre (t ve f testi) %95 anlamlılıkla bu formüllerin geçerli olduğu anlaşılmıştır.

Bulunan bu örnekleme varyansı formülleri ile Çayeli masif sülfid Yatağından kimyasal analizler için alınması gereken örnek miktarları belirlenebilmektedir. Ancak tenör değerlerine göre belirlenen örnekleme varyansı formülleri daha çok veri kullanılarak yapılmalıdır.



## 6. KAYNAKLAR

- Akçay, M., Arar, M., 1999, Geology, minerology and geochemistry of the Çayeli massive sulfide ore depozit, Rize, NE Turkey. *Mineral Deposits* ,459-461
- Altun, Y., 1972, Rize –Çayeli Madenköy-1 sahasının jeolojik etüdü raporu. MTA raporu, Ankara
- Altun, Y., 1978, Çayeli –Madenköy bakır-çinko yatağının jeolojisi ve cevherleşmeye ilişkin sorunlar. MTA dergisi, sayı 89, 10-24.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K., and Özgür, S., 1995, Cretaceous rifting of the Eastern Pontide carbonate Platform ( NE- Turkey ): the formation of carbonate breccias and turbidites as evidence of a drowned platform, *Giornale di Geologia*, Vol 57,233-244.
- Bongarçon, D.F., 1991, Geoistatistical determination of sample variances in the sampling of broken gold ores, *CIM Bulletin* , Vol,84, No, 950.
- Çağatay, M.N., 1993, Hydrothermal alteration associated with volcanogenic massive sulfide deposits: examples from Turkey. *Economic Geology*, 88 , 606-621.
- Çağatay, M.N and Boyle, D.R., 1980 , Geology, geochemistry and hydrothermal alteration of the Madenköy massive sulfide deposits, Eastern Black Sea Region , Turkey: *Proceedings Schweiserbart'sch Verlag Scbuchhandlung, Stuttgart*.
- Deverly, F., 1984, Doctoral thesis, Ecole Nationale Superieure des Mines de Paris, D,3,
- Elridge, C.S., Barton, P.B.Jr., Ohmoto, H., 1993, Mineral textures and their bearing on formation of the Kuroko ore bodies. *Economic Geology*, monograph, 5, 570-594.
- Franklin, J.M., Lydon, J.W.,and Sangster, D.F., 1981, Volcanic- associated massive sulfide deposits, *Economic Geology*, 75 th Anniversay, vol,485-627.
- Geoffrey, J., 1960 Çayeli- Pazar- Ardeşen Bölgesinin jeolojisi ve maden yatakları. MTA derleme no.3073, Ankara.
- Görtür, N., 1988, Timing of opening of the Black sea basin. *Tectonophysics*,147, 247-262.
- Gy, P.M., 1982, Sampling of particulate metarials, theory and practice. Elsevier.

- Ingamells, C.O., and Switzer, P.A., 1973, Proposed sampling constant for use in geochemical analysis, *Talanta*, vol. 20, 547-568.
- Hemilton , W.J.,1942 , *Researches in asia minor , Pontus and Armenia*, London.
- Ketin. İ., 1966, Türkiye'nin tektonik birlikleri, MA yayın no. 66, 20-34
- Korkmaz, S. , Tüysüz, N., er, M., Musaoğlu, A., ve Keskin, İ., 1995, Stratigraphy of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Geology of the Black Sea region* , 59-68.
- Lee, D. F., 1983, *Geology of the Madenkoy volcanogenic massive sulfide deposits, Eastern Black sea metallogenic province, Turkey. Internal Phelps Dodge Report.*
- Lydon, J.W., 1988, *Volcanogenic massive sulfide deposits, part 2, Genetic models. Ore depositsModels, geoscience Canada . Reprint series 3, 155-181.*
- Matheron , G., 1966, *Comparasion Entre les Echahtillonages a poids et a Effectifs Constant; Revue de l'Industrie Minerale*, aug.
- Matheron , G., 1966, *the theory of regionalized variables and its Applications, les Cahiers du centre de Morphologie mathematique, Fascicule 5, Ecole National Superieure des mines de Paris.*
- Nebiöglu, T.Y., 1975, *Rize- Çayeli- madenköy 1 sahasının Jeolojik raporu. MTA raporu no 4173, Ankara*
- Neuman, M., 1987, *Preliminary field report, Çayeli, Turkey. Internal Çayeli bakır Report.*
- Ovalıoğlu . İ., 1971, *Madenköy 1 sahasının jeolojik raporu. MA derleme no ,4519 Ankara.*
- Şengör, A.M.C. , and Yılmaz , Y., 1981 , *tethyan evolution of Turkey. Tectonnophysics, 75, 181-241.*
- Tüysüz, N., 1995, *Lahanos ( Espiye- Giresun ) masif Sülfid yatağına ait cevher mineralleri ve dokularının cevher oluşumu açısından incelenmesi , Geosound ( Yerbilimleri ) , 26, 1-14.*

# 7. EKLER

Ek Tablo 1. Kısırlı Cevhere ait Frekans dağılım tablosu

Ek Tablo 1 a. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde frekans	Kümülatif Yüzde
3	1	0	0,1
7	6	0,3	0,4
10	28	1,2	1,6
14	24	1	2,6
17	270	11,3	13,9
20	43	1,8	15,7
24	29	1,2	16,9
27	75	3,1	20
31	6	0,3	20,3
34	699	29,3	49,6
37	3	0,1	49,7
41	23	1	50,6
44	24	1	51,7
48	21	0,9	52,5
51	306	12,8	65,4
52	1	0	65,4
54	10	0,4	65,8
58	11	0,5	66,3
61	36	1,5	67,8
65	2	0,1	67,9
68	367	15,4	83,2
71	1	0	83,3
75	7	0,3	83,6
78	10	0,4	84
82	9	0,4	84,4
85	101	4,2	88,6
88	1	0	88,6
92	1	0	88,7
95	2	0,1	88
102	94	3,9	92,7
109	1	0	92,8
119	27	1,1	93,9
136	52	2,2	96,1
153	6	0,3	96,3
170	28	1,2	97,5
187	3	0,1	97,6
204	14	0,6	98,2
221	1	0	98,2
238	10	0,4	98,7
255	4	0,2	98,8
265	1	0	98,9
272	8	0,3	99,2
289	1	0	99,2
306	3	0,1	99,4
323	1	0	99,4
340	3	0,1	99,5
408	4	0,2	99,7
425	1	0	99,7
442	2	0,1	99,8
510	1	0	99,9
731	1	0	99,9
741	1	0	100
1190	1	0	100
Toplam	2385	100	

Ek Tablo 1 b. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
0,531	1	0	0
0,833	6	0,3	0,3
1,009	28	1,2	1,5
1,134	24	1	2,5
1,23	270	11,3	13,8
1,31	43	1,8	15,6
1,377	29	1,2	16,8
1,435	75	3,1	20
1,486	6	0,3	20,2
1,531	699	29,3	49,5
1,573	3	0,1	49,6
1,611	23	1	50,6
1,645	24	1	51,6
1,678	21	0,9	52,5
1,708	306	12,8	65,3
1,713	1	0	65,4
1,736	10	0,4	65,8
1,762	11	0,5	66,2
1,787	36	1,5	67,8
1,81	2	0,1	67,8
1,833	367	15,4	83,2
1,854	1	0	83,3
1,874	7	0,3	83,6
1,893	10	0,4	84
1,912	9	0,4	84,4
1,929	101	4,2	88,6
1,946	1	0	88,6
1,963	1	0	88,7
1,979	2	0,1	88,8
2,009	94	3,9	92,7
2,037	1	0	92,7
2,076	27	1,1	93,9
2,134	52	2,2	96,1
2,185	6	0,3	96,3
2,23	28	1,2	97,5
2,272	3	0,1	97,6
2,31	14	0,6	98,2
2,344	1	0	98,2
2,377	10	0,4	98,7
2,407	4	0,2	98,8
2,424	1	0	98,9
2,435	8	0,3	99,2
2,461	1	0	99,2
2,486	3	0,1	99,4
2,509	1	0	99,4
2,531	3	0,1	99,5
2,611	4	0,2	99,7
2,628	1	0	99,7
2,645	2	0,1	99,8
2,708	1	0	99,9
2,864	1	0	99,9
2,87	1	0	100
3,076	1	0	100
Toplam	2385	100	

Ek Tablo 1 c. Sferit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
7	1	0,5	0,5
10	1	0,5	1
17	5	2,6	3,6
20	3	1,5	5,1
34	17	8,7	13,8
44	1	0,5	14,4
51	7	3,6	17,9
54	1	0,5	18,5
68	32	16,4	34,9
85	9	4,6	39,5
102	18	9,2	48,7
109	1	0,5	49,2
116	1	0,5	49,7
119	7	3,6	53,3
136	17	8,7	62,1
153	1	0,5	62,6
170	15	7,7	70,3
187	1	0,5	70,8
204	14	7,2	77,9
238	8	4,1	82,1
272	11	5,6	87,7
306	2	1	88,7
340	8	4,1	92,8
374	2	1	93,8
408	2	1	94,9
425	1	0,5	95,4
510	1	0,5	95,9
544	1	0,5	96,4
578	3	1,5	97,9
680	1	0,5	98,5
850	1	0,5	99
884	1	0,5	99,5
1088	1	0,5	100
Toplam	195	100	

Ek Tablo 1 d. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmit frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
0,833	1	0,5	0,5
1,009	1	0,5	1
1,23	5	2,6	3,6
1,31	3	1,5	5,1
1,531	17	8,7	13,8
1,645	1	0,5	14,4
1,708	7	3,6	17,9
1,736	1	0,5	18,5
1,833	32	16,4	34,9
1,929	9	4,6	39,5
2,009	18	9,2	48,7
2,037	1	0,5	49,2
2,063	1	0,5	49,7
2,076	7	3,6	53,3
2,134	17	8,7	62,1
2,185	1	0,5	62,6
2,23	15	7,7	70,3
2,272	1	0,5	70,8
2,31	14	7,2	77,9
2,377	8	4,1	82,1
2,435	11	5,6	87,7
2,486	2	1	88,7
2,531	8	4,1	92,8
2,573	2	1	93,8
2,611	2	1	94,9
2,628	1	0,5	95,4
2,708	1	0,5	95,9
2,736	1	0,5	96,4
2,762	3	1,5	97,9
2,833	1	0,5	98,5
2,929	1	0,5	99
2,946	1	0,5	99,5
3,037	1	0,5	100
Toplam	195	100	

Ek Tablo 1 e. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
7	7	2,1	2,1
10	14	4,1	6,2
14	4	1,2	7,4
17	56	16,5	23,8
20	1	0,3	24,1
27	1	0,3	24,4
31	1	0,3	24,7
34	72	21,2	45,9
44	2	0,6	46,5
51	15	4,4	50,9
61	1	0,3	51,2
68	47	13,8	65
85	7	2,1	67,1
102	24	7,1	74,1
119	1	0,3	74,4
136	21	6,2	80,6
170	18	5,3	85,9
204	16	4,7	90,6
238	5	1,5	92,1
272	2	0,6	92,6
306	4	1,2	93,8
340	11	3,2	97,1
357	1	0,3	97,4
442	5	1,5	98,8
476	1	0,3	99,1
510	1	0,3	99,4
612	1	0,3	99,7
1020	1	0,3	100
Toplam	340	100	



Ek Tablo 1 f. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
0,833	7	2,1	2,1
1,009	14	4,1	6,2
1,134	4	1,2	7,4
1,23	56	16,5	23,8
1,31	1	0,3	24,1
1,435	1	0,3	24,4
1,486	1	0,3	24,7
1,531	72	21,2	45,9
1,645	2	0,6	46,5
1,708	15	4,4	50,9
1,787	1	0,3	51,2
1,833	47	13,8	65
1,929	7	2,1	67,1
2,009	24	7,1	74,1
2,076	1	0,3	74,4
2,134	21	6,2	80,6
2,23	18	5,3	85,9
2,31	16	4,7	90,6
2,377	5	1,5	92,1
2,435	2	0,6	92,6
2,486	4	1,2	93,8
2,531	11	3,2	97,1
2,553	1	0,3	97,4
2,645	5	1,5	98,8
2,678	1	0,3	99,1
2,708	1	0,3	99,4
2,787	1	0,3	99,7
3,009	1	0,3	100
Toplam	340	100	-

Ek Tablo 2. Sarı Cevhere ait Frekans Dağılım Tabloları

Ek tablo 2 a. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
7	1	0,1	0,1
10	1	0,1	0,1
17	78	5,1	5,2
34	314	20,5	25,7
51	24	1,6	27,3
68	358	23,4	50,6
85	21	1,4	52
102	187	12,2	64,2
119	7	0,5	64,6
136	160	10,4	75,1
153	2	0,1	75,2
170	99	6,5	81,7
187	1	0,1	81,7
204	47	3,1	84,8
221	3	0,2	85
238	40	2,6	87,6
272	28	1,8	89,4
306	12	0,8	90,2
340	38	2,5	92,7
374	1	0,1	92,8
408	17	1,1	93,9
442	10	0,7	94,5
476	5	0,3	94,8
510	10	0,7	95,5
544	2	0,1	95,6
578	9	0,6	96,2
612	6	0,4	96,6
646	1	0,1	96,7
680	13	0,8	97,5
748	4	0,3	97,8
782	1	0,1	97,8
816	2	0,1	98
850	10	0,7	98,6
918	1	0,1	98,7
952	1	0,1	98,8
1020	8	0,5	99,3
1088	1	0,1	99,3
1156	1	0,1	99,4
1190	2	0,1	99,5
1360	2	0,1	99,7
1530	1	0,1	99,7
1700	2	0,1	99,9
2040	1	0,1	99,9
2550	1	0,1	100
Toplam	1533	100	

Ek Tablo 2 b. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
0,833	1	0,1	0,1
1,009	1	0,1	0,1
1,23	78	5,1	5,2
1,531	314	20,5	25,7
1,708	24	1,6	27,3
1,833	358	23,4	50,6
1,929	21	1,4	52
2,009	187	12,2	64,2
2,076	7	0,5	64,6
2,134	160	10,4	75,1
2,185	2	0,1	75,2
2,23	99	6,5	81,7
2,272	1	0,1	81,7
2,31	47	3,1	84,8
2,344	3	0,2	85
2,377	40	2,6	87,6
2,435	28	1,8	89,4
2,486	12	0,8	90,2
2,531	38	2,5	92,7
2,573	1	0,1	92,8
2,611	17	1,1	93,9
2,645	10	0,7	94,5
2,678	5	0,3	94,8
2,708	10	0,7	95,5
2,736	2	0,1	95,6
2,762	9	0,6	96,2
2,787	6	0,4	96,6
2,81	1	0,1	96,7
2,833	13	0,8	97,5
2,874	4	0,3	97,8
2,893	1	0,1	97,8
2,912	2	0,1	98
2,929	10	0,7	98,6
2,963	1	0,1	98,7
2,979	1	0,1	98,8
3,009	8	0,5	99,3
3,037	1	0,1	99,3
3,063	1	0,1	99,4
3,076	2	0,1	99,5
3,134	2	0,1	99,7
3,185	1	0,1	99,7
3,23	2	0,1	99,9
3,31	1	0,1	99,9
3,407	1	0,1	100
Toplam	1533	100	

Ek Tablo 2 c. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
1	1	0,2	0,2
34	15	3,4	3,7
51	4	0,9	4,6
68	51	11,7	16,3
85	3	0,7	17
102	36	8,3	25,3
119	1	0,2	25,5
136	35	8	33,6
153	1	0,2	33,8
170	31	7,1	40,9
204	18	4,1	45,1
221	1	0,2	45,3
238	15	3,4	48,7
255	1	0,2	49
272	18	4,1	53,1
306	2	0,5	53,6
340	50	11,5	65,1
408	11	2,5	67,6
442	6	1,4	69
476	4	0,9	69,9
510	21	4,8	74,7
578	4	0,9	75,6
612	6	1,4	77
646	1	0,2	77,2
680	32	7,4	84,6
748	1	0,2	84,8
782	2	0,5	85,3
850	9	2,1	87,4
918	1	0,2	87,6
952	2	0,5	88
1020	13	3	91
1088	3	0,7	91,7
1122	2	0,5	92,2
1190	1	0,2	92,4
1360	10	2,3	94,7
1632	1	0,2	94,9
1700	5	1,1	96,1
1870	2	0,5	96,6
2040	3	0,7	97,2
2108	1	0,2	97,5
2380	3	0,7	98,2
2550	2	0,5	98,6
2720	2	0,5	99,1
3400	1	0,2	99,3
4080	1	0,2	99,5
5440	1	0,2	99,8
7480	1	0,2	100
Toplam	435	100	

Ek Tablo 2 d. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
1,531	15	3,5	3,5
1,708	4	0,9	4,4
1,833	51	11,8	16,1
1,929	3	0,7	16,8
2,009	36	8,3	25,1
2,185	1	0,2	33,6
2,23	31	7,1	40,8
2,31	18	4,1	44,9
2,344	1	0,2	45,2
2,377	15	3,5	48,6
2,407	1	0,2	48,8
2,435	18	4,1	53
2,486	2	0,5	53,5
2,531	50	11,5	65
2,611	11	2,5	67,5
2,645	6	1,4	68,9
2,678	4	0,9	69,8
2,708	21	4,8	74,7
2,762	4	0,9	75,6
2,787	6	1,4	77
2,81	1	0,2	77,2
2,833	32	7,4	84,6
2,874	1	0,2	84,8
2,893	2	0,5	85,3
2,929	9	2,1	87,3
2,963	1	0,2	87,6
2,979	2	0,5	88
3,009	13	3	91
3,037	3	0,7	91,7
3,05	2	0,5	92,2
3,076	1	0,2	92,4
3,134	10	2,3	94,7
3,213	1	0,2	94,9
3,23	5	1,2	96,1
3,272	2	0,5	96,5
3,31	3	0,7	97,2
3,324	1	0,2	97,5
3,377	3	0,7	98,2
3,407	2	0,5	98,6
3,435	2	0,5	99,1
3,531	1	0,2	99,3
3,611	1	0,2	99,5
3,736	1	0,2	99,8
3,874	1	0,2	100
Toplam	434	100	

Ek Tablo 2 e. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
17	14	10,4	10,4
34	34	25,4	35,8
51	4	3	38,8
68	34	25,4	64,2
85	3	2,2	66,4
102	15	11,2	77,6
119	1	0,7	78,4
136	11	8,2	86,6
170	9	6,7	93,3
204	3	2,2	95,5
340	2	1,5	97
408	2	1,5	98,5
680	1	0,7	99,3
1020	1	0,7	100
Toplam	134	100	

Ek Tablo 2 f. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
1,23	14	10,4	10,4
1,531	34	25,4	35,8
1,708	4	3	38,8
1,833	34	25,4	64,2
1,929	3	2,2	66,4
2,009	15	11,2	77,6
2,076	1	0,7	78,4
2,134	11	8,2	86,6
2,23	9	6,7	93,3
2,31	3	2,2	95,5
2,531	2	1,5	97
2,611	2	1,5	98,5
2,833	1	0,7	99,3
3,009	1	0,7	100
Toplam	134	100	

Ek Tablo 3. Siyah Cevhere ait frekans dağılım tabloları

Ek Tablo 3 a. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
17	7	1,2	1,2
34	43	7,4	8,6
51	22	3,8	12,4
61	1	0,2	12,6
68	64	11	23,6
85	20	3,4	27
102	64	11	38
119	11	1,9	39,9
136	52	9	48,9
153	10	1,7	50,6
170	53	9,1	59,7
204	35	6	65,7
221	1	0,2	65,9
238	32	5,5	71,4
255	1	0,2	71,6
272	24	4,1	75,7
306	15	2,6	78,3
340	46	7,9	86,2
374	6	1	87,3
408	17	2,9	90,2
442	10	1,7	91,9
476	5	0,9	92,8
510	8	1,4	94,1
544	4	0,7	94,8
578	4	0,7	95,5
612	1	0,2	95,7
646	2	0,3	96
680	8	1,4	97,4
748	3	0,5	97,9
782	2	0,3	98,3
850	4	0,7	99
1020	1	0,2	99,1
1530	1	0,2	99,3
2040	3	0,5	99,8
2380	1	0,2	100
Toplam	581	100	

Ek Tablo 3 b. Pirit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
1,23	7	1,2	1,2
1,531	43	7,4	8,6
1,708	22	3,8	12,4
1,787	1	0,2	12,6
1,833	64	11	23,6
1,929	20	3,4	27
2,009	64	11	38
2,076	11	1,9	39,9
2,134	52	9	48,9
2,185	10	1,7	50,6
2,23	53	9,1	59,7
2,31	35	6	65,7
2,344	1	0,2	65,9
2,377	32	5,5	71,4
2,407	1	0,2	71,6
2,435	24	4,1	75,7
2,486	15	2,6	78,3
2,531	46	7,9	86,2
2,573	6	1	87,3
2,611	17	2,9	90,2
2,645	10	1,7	91,9
2,678	5	0,9	92,8
2,708	8	1,4	94,1
2,736	4	0,7	94,8
2,762	4	0,7	95,5
2,787	1	0,2	95,7
2,81	2	0,3	96
2,833	8	1,4	97,4
2,874	3	0,5	97,9
2,893	2	0,3	98,3
2,929	4	0,7	99
3,009	1	0,2	99,1
3,185	1	0,2	99,3
3,31	3	0,5	99,8
3,377	1	0,2	100
Toplam	581	100	



Ek Tablo 3 c. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
34	10	14,3	14,3
48	1	1,4	15,7
51	2	2,9	18,6
68	14	20	38,6
85	1	1,4	40
102	14	20	60
119	1	1,4	61,4
136	2	2,9	64,3
170	7	10	74,3
204	2	2,9	77,1
238	2	2,9	80
306	2	2,9	82,9
340	3	4,3	87,1
408	3	4,3	91,4
425	1	1,4	92,9
442	1	1,4	94,3
510	2	2,9	97,1
612	1	1,4	98,6
680	1	1,4	100
Toplam	70	100	

Ek Tablo 3 d. Kalkopirit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablosu

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
1,531	10	14,3	14,3
1,678	1	1,4	15,7
1,708	2	2,9	18,6
1,833	14	20	38,6
1,929	1	1,4	40
2,009	14	20	60
2,076	1	1,4	61,4
2,134	2	2,9	64,3
2,23	7	10	74,3
2,31	2	2,9	77,1
2,377	2	2,9	80
2,486	2	2,9	82,9
2,531	3	4,3	87,1
2,611	3	4,3	91,4
2,628	1	1,4	92,9
2,645	1	1,4	94,3
2,708	2	2,9	97,1
2,787	1	1,4	98,6
2,833	1	1,4	100
Toplam	70	100	

Ek Tablo 3 e. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait normal frekans dağılım tablo

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Frekans
17	1	0,3	0,3
34	11	2,8	3,1
51	12	3,1	6,2
61	2	0,5	6,7
68	40	10,3	16,9
85	5	1,3	18,2
102	42	10,8	29
119	2	0,5	29,5
136	54	13,8	43,3
153	4	1	44,4
170	48	12,3	56,7
187	1	0,3	56,9
204	33	8,5	65,4
221	2	0,5	65,9
238	30	7,7	73,6
272	14	3,6	77,2
306	11	2,8	80
323	1	0,3	80,3
340	29	7,4	87,7
374	2	0,5	88,2
408	13	3,3	91,5
442	2	0,5	92,1
476	3	0,8	92,8
510	4	1	93,8
544	2	0,5	94,4
578	4	1	95,4
646	2	0,5	95,9
680	5	1,3	97,2
748	2	0,5	97,7
850	2	0,5	98,2
1156	1	0,3	98,5
1360	2	0,5	99
1428	2	0,5	99,5
1445	1	0,3	99,7
1462	1	0,3	100
Toplam	390	100	

Ek Tablo 3 f. Sfalerit mineralinin tane boyutlarına ait logaritmik frekans dağılım tablo

Tane Boyutu	Frekans	Yüzde Frekans	Kümülatif Yüzde
1,23	1	0,3	0,3
1,531	11	2,8	3,1
1,708	12	3,1	6,2
1,787	2	0,5	6,7
1,833	40	10,3	16,9
1,929	5	1,3	18,2
2,009	42	10,8	29
2,076	2	0,5	29,5
2,134	54	13,8	43,3
2,185	4	1	44,4
2,23	48	12,3	56,7
2,272	1	0,3	56,9
2,31	33	8,5	65,4
2,344	2	0,5	65,9
2,377	30	7,7	73,6
2,435	14	3,6	77,2
2,486	11	2,8	80
2,509	1	0,3	80,3
2,531	29	7,4	87,7
2,573	2	0,5	88,2
2,611	13	3,3	91,5
2,645	2	0,5	92,1
2,678	3	0,8	92,8
2,708	4	1	93,8
2,736	2	0,5	94,4
2,762	4	1	95,4
2,81	2	0,5	95,9
2,833	5	1,3	97,2
2,874	2	0,5	97,7
2,929	2	0,5	98,2
3,063	1	0,3	98,5
3,134	2	0,5	99
3,155	2	0,5	99,5
3,16	1	0,3	99,7
3,165	1	0,3	100
Toplam	390	100	

## **8.ÖZGEÇMİŞ**

1974 yılında Trabzon Akçaabat'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1994 yılında KTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde başladığı öğrenimini 1998 yılında tamamladı ve 1998-1999 Eğitim öğretim yılının güz yarısında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Aralık 1998'de KTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maden yatakları Anabilim Dalı'nda 1 yıl süreyle Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. 2001 yılından itibaren Devlet Su İşleri 224. Şube Müdürlüğü'nde Jeoloji mühendisi olarak çalışmaktadır. İngilizce bilmektedir.