



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KALSİT OCAKLARINDA PATLATILAN KAYACIN PARÇA BOYUTUNUN  
REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TAHMİN  
EDİLEBİLİRLİĞİ

BURCU AYKAN

Temmuz 2011



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KALSİT OCAKLARINDA PATLATILAN KAYACIN PARÇA BOYUTUNUN  
REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TAHMİN  
EDİLEBİLİRLİĞİ

BURCU AYKAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman  
Prof. Dr. Sair KAHRAMAN

Temmuz 2011

Burcu AYKAN tarafından hazırlanan Prof. Dr. Sair KAHRAMAN danışmanlığında “Kalsit Ocaklarında Patlatılan Kayacın Parça Boyutunun Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tahmin Edilebilirliği” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Sair KAHRAMAN (Niğde Üniversitesi)

Üye : Doç. Dr. Mehmet SARI (Aksaray Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Suat DELİBALTA (Niğde Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun ....../....../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../2011

Doç. Dr. Nurettin ACIR

Enstitü Müdür

## ÖZET

### KALSİT OCAKLARINDA PATLATILAN KAYACIN PARÇA BOYUTUNUN REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİYLE TAHMİN EDİLEBİLİRLİĞİ

AYKAN, Burcu

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sair KAHRAMAN

Temmuz 2011, 133 sayfa

Bu çalışmada, Niğde yöresinde bulunan kalsit ocaklarında yapılan patlatma sonrası parça blok boyutunun regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Bölgede bulunan 6 ocakta toplamda 48 adet atım gözlenmiştir ve gözlemlerde delikler arası mesafe, dilim kalınlığı, basamak yüksekliği, delik çapı, sıkılama mesafesi ve özgül şarj değerleri kaydedilmiştir. Ayrıca, patlatma gözlemi yapılan aynaların resimleri çekilmiş ve bu resimlerden yararlanarak çatlaklar arası mesafeler belirlenmiştir. Patlatılmış yığından çekilen resimler yardımıyla da WipFrag programı kullanılarak ortalama blok boyutu tahmini yapılmıştır. Daha sonra, arazi gözlem verileri ve ortalama blok boyutu verileri regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemi ile değerlendirilmiştir. Basit ve çoklu regresyon analizi ile elde edilen modellerin düşük korelasyon katsayısına sahip oldukları görülmüştür. Ancak, yapay sinir ağları yöntemiyle parça boyut tahmini için iyi bir korelasyon katsayısına sahip bir model elde edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Kalsit patlatmaları, Parça boyutu, Regresyon Analizi, Yapay Sinir Ağları Analizi

## **SUMMARY**

### **THE PREDICTABILITY OF BLOCK SIZE OF BLASTED ROCK IN CALCITE QUARRIES USING REGRESSION ANALYSIS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD**

AYKAN, Burcu

Niğde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Sair KAHRAMAN

July 2011, 133 pages

In this study, the predictability of block size after blasting in calcite mines in the region of Niğde was investigated by using regression and artificial neural networks analysis , 48 blasts were observed in 6 quarries in the area and the spacing between the holes, burden, hole diameter, stemming and the specific charge values were recorded. In addition, the photos of slopes to be blasted were taken and the distances between the fractures were determined using these photos. The estimation of the median block size of the blasted rock were succeeded using the WipFrag program. Then, the median block size and field observation data were evaluated using regression analysis and artificial neural networks method. It was seen that simple and multiple regression models had low correlation coefficients. However, a model having a good correlation coefficient was obtained for the estimation of the median block size using the method of artificial networks.

Keywords: Calcite blastings, Fragment size, Regression Analysis, Artificial Neural Network Analysis

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten, hazırlanması sırasında görüşlerini esirgemeyen, bilimsel yol ve yöntemleri gösteren saygıdeğer hocam Prof. Dr. Sair KAHRAMAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın ilk cümlesinden son noktasına kadar benden maddi - manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, senelerdir yanımda olan, bana katlanan sevgili arkadaşım Erdoğan BAHADIR' a ve üstün bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, daima yanımda olan Gökhan SAVRAN' a teşekkür ederim.

Ayrı şehirlerde olsak da iyi günümde kötü günümde her an varlığını yanımda hissettiğim muhteşem aileme ve bu günümü görmek isteyip de göremeyen dayım İdris ÇAKMAK' a ömürlük teşekkürler.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET .....	iii
SUMMARY .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
BÖLÜM II ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1 Kuz-Ram Modeli.....	3
2.2 JKMRC Tarafından Geliştirilen Modeller .....	5
2.2.1 Çift elemanlı model (TCM).....	5
2.2.2 Ezilme bölgesi modeli (CZM).....	6
2.3 Chung ve Katsabanis'in Modeli (CK Model).....	8
2.4 Larsson'un Denklemi .....	8
2.5 Saroblast Denklemi .....	9
BÖLÜM III PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİ.....	11
3.1 Delik Çapı .....	11
3.2 Delik Eğimi .....	11
3.3 Basamak Yüksekliği.....	12
3.4 Alt Delme ve Delik Uzunluğu.....	12
3.5 Delik Doğrultusu.....	14
3.6 Dilim Kalınlığı .....	14
3.7 Delikler Arası Mesafe .....	15
3.8 Sıkılama.....	16
3.9 Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi.....	16
3.10 Dilim Kalınlığı ve Delik Çapı İlişkisi .....	17
3.11 Delikler Arası Mesafe ve Dilim Kalınlığı İlişkisi .....	17
3.12 Basamak Yüksekliği ve Dilim Kalınlığı İlişkisi .....	18
3.13 Delme-Patlatma Yaklaşımları .....	19
3.13.1 Arıoğlu yaklaşımı .....	20
3.13.2 Hagan yaklaşımı .....	20

3.13.3 Konya ve Walter yaklaşımı .....	20
3.13.4 Olofsson yaklaşımı .....	21
3.13.5 Langefors yaklaşımı .....	22
3.13.6 Gustafsson yaklaşımı.....	23
3.13.7 Çatlaklı kayaçlar için bir yaklaşım .....	24
<b>BÖLÜM IV TASARIM PARAMETRELERİ DIŞINDA PARÇA BOYUTUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....</b>	<b>25</b>
4.1.Patlatmayı Etkileyen Jeolojik Faktörler .....	25
4.1.1 Çatlaklar .....	25
4.1.2 Eğim ve Doğrultu.....	25
4.1.3 Kaya malzemesi özellikleri .....	26
4.1.3.1 Yoğunluk .....	26
4.1.3.2 Gözeneklilik, plastisite ve gevreklik .....	27
4.1.4 Yeraltı suyu .....	27
4.2 Kayaç Özellikleri .....	27
4.3 Patlayıcı Maddeler .....	28
4.3.1 Patlayıcı maddelerin özellikleri.....	28
4.3.1.1 Detonasyon hızı .....	29
4.3.1.2 Yoğunluk .....	29
4.3.1.3 Detonasyon basıncı .....	30
4.3.1.4 Detonasyon stabilizesi .....	30
4.3.1.5 Suya dayanıklılık .....	30
4.3.2 Patlayıcı madde seçimi .....	30
4.3.3 Patlayıcı maddelerin sınıflandırılması .....	31
4.3.3.1 Ateşli patlayıcılar .....	32
4.3.3.2 Yüksek hassasiyetli patlayıcılar.....	32
4.3.3.3 Patlayabilir karışımlar .....	33
4.4 Ateşleme Sistemi.....	34
4.4.1 Emniyetli fitil-Adi kapsül.....	35
4.4.2 Elektrikli kapsüller .....	35
4.4.2.1 Elektrikli kapsüllerin seri devrede kullanımı.....	36
4.4.2.2 Elektrikli kapsüllerin paralel devrede kullanımı.....	37
4.4.2.3 Seri lup devrelerin paralel bağlanması.....	37
4.4.3 Elektriksiz kapsüller .....	38

4.4.4 İnfilaklı fitil .....	38
4.4.5 Hercudet .....	39
4.5 Manyetolar .....	39
4.6 Ateşleme telleri .....	40
4.7 Özgül şarj .....	40
4.8 Delik Düzgünlüğü .....	41
4.9 Delik Düzeni .....	41
<b>BÖLÜM V NİĞDE BÖLGESİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>43</b>
5.1 Bölgenin Stratigrafisi .....	45
5.2 Kayaç Özellikleri .....	46
5.3 Niğde Bölgesinde Gözlem Yapılan Atımlar .....	47
<b>BÖLÜM VI PARÇA BOYUT DAĞILIMININ BELİRLENMESİNDE İZLENEN YOLLAR.....</b>	<b>50</b>
6.1 Atım Sonrası Parça Boyut Dağılımının Görüntü İşleme Yazılımları Yoluyla Tespiti.....	50
6.1.1 Fotoğraf tekniği ve örnekleme.....	53
6.1.2 Örnekleme lokasyonu .....	54
6.1.3 Örnekleme ölçeği.....	55
6.1.4 Görüntü işleme yazılımlarında düzeltme.....	56
<b>BÖLÜM VII SÜREKSİZLİKLERİN TESPİTİ.....</b>	<b>57</b>
<b>BÖLÜM VIII KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ .....</b>	<b>60</b>
8.1 Basit Regresyon Analizi.....	60
8.2 Basit Korelasyon Analizi .....	60
8.3 Çok Katlı Regresyon .....	61
8.4 Çoklu Regresyon ve Korelasyon Analizi.....	62
8.5 Niğde Bölgesinde Gözlenen Atımlar İçin Regresyon Analizi Uygulamaları .....	62
8.5.1 Basit regresyon analizi uygulamaları .....	65
8.5.1.1 Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi.....	65
8.5.1.2 Basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi.....	65
8.5.1.3 Dilim kalınlığının delik çapına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi .....	66
8.5.1.4 Sıkılama mesafesinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi.....	67

8.5.1.5 Özgül şarj - Ortalama tane boyutu ilişkisi .....	67
8.5.1.6 Çatlaklar arası mesafe - Ortalama tane boyutu ilişkisi .....	68
8.5.2 Adım adım regresyon analizi.....	68
BÖLÜM IX YAPAY SİNİR AĞLARI ANALİZİ.....	72
9.1 Yapay Sinir Ağlarının Tanımı.....	72
9.2 Nöronun Biyolojik Yapısı ve Nöron Modeli .....	72
9.3 Yapay Sinir Ağları (YSA) Analizi.....	72
9.3.1 Adım adım yapay sinir ağları analizi uygulaması .....	73
9.4 Regresyon Analizi ve YSA Karşılaştırılması.....	77
BÖLÜM X.....	79
SONUÇLAR .....	79
KAYNAKLAR.....	81
EKLER .....	85

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kayaç- Patlayıcı eşleşmesine göre dilim kalınlığı delik çapı oranı.....	17
Çizelge 3.2.Araştırmacılara göre delikler arası mesafe dilim kalınlığı oranının (S/B) değişimi. ....	18
Çizelge 4.1.Patlayıcı madde ve yoğunluk ilişkisi.....	29
Çizelge 4.2. Bazı Patlayıcı Maddelerin Kritik Çapları .....	30
Çizelge 4.3. Başlıca Ateşleyici Patlayıcılar .....	32
Çizelge 4.4 Sen'e (1995) göre kayaç tipine bağlı olarak özgül şarjın belirlenmesi .....	40
Çizelge 5.1 Niğde bölgesinde gözlenen atımlara ait veriler.....	48
Çizelge 6.1. WipFrag yazılımının kullandığı farklı üniformite değerleri için düzeltme katsayıları .....	56
Çizelge 7.1 Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri.....	58
Çizelge 7.2 Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları.....	58
Çizelge 7.3 Ortalama çatlaklar arası mesafenin tespiti.....	59
Çizelge 8.1 Korelasyon katsayısına göre değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvet derecesi .....	61
Çizelge 8.2 Regresyon analizinde kullanılan değişkenler .....	62
Çizelge 8.3 Mohard'a (1987) göre taş ocaklarında uygulanması gereken özgül şarj.....	64
Çizelge 8.4 Model 1'in çıktısı.....	69
Çizelge 8.5 Model 2'nin çıktısı.....	69
Çizelge 8.6 Model 3'ün çıktısı.....	69
Çizelge 8.7 Model 4'ün çıktısı.....	70
Çizelge 8.8 Model 5'in çıktısı.....	70
Çizelge 8.9 Model 6'nın çıktısı.....	71
Çizelge 9.1 Geliştirilen YSA modelinin yapısı, eğitime parametreleri .....	76
Çizelge 9.2 Modellerin karşılaştırılması .....	78

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 CZM ve TCM için parça boyut dağılımı .....	5
Şekil 2.2 CZM için ince ve iri malzeme boyut dağılımı.....	7
Şekil 3.1 Sıkılama boyu ve kaba malzeme ilişkisi.....	16
Şekil 3.2 Delik geometrisi .....	19
Şekil 4.1 Tabakaların Şev Yüzeyine Doğru Eğimli Olduğu Durum .....	25
Şekil 4.2 Tabakaların Yana Doğru Eğimli Olduğu Durum .....	26
Şekil 4.1 Seri devre .....	37
Şekil 4.2 Paralel devre .....	37
Şekil 4.3 Seri lup devrelerinin paralel bağlanması .....	38
Şekil 4.4 Bir serbest yüzeye doğru çapraz ateşlenen şaşbeş delik düzeni .....	42
Şekil 4.5 İki serbest yüzeye doğru çapraz ateşlenen şaşbeş delik düzeni.....	42
Şekil 5.1 Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	43
Şekil 5.2 Çalışma alanı jeoloji haritası.....	44
Şekil 5.3 Emek mozaik ocağından yapılan bir patlatma görüntüsü.....	47
Şekil 6.1 WipFrag yazılımıyla gerçekleştirilen parça boyut analizi .....	52
Şekil 6.2 Kamera eksenine yığına dik olarak çekilmiş bir fotoğraf .....	53
Şekil 6.3 Açılı çekilmiş bir fotoğraf .....	54
Şekil 7.1 Çatlaklı yapının parçalanma üzerine etkisi.....	59
Şekil 7.2 Ayna görüntüsünden hat etüdü ölçümü .....	58
Şekil 8.1 Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı-Ortalama blok boyutu ilişkisi.....	65
Şekil 8.2 Basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama blok boyutu ilişkisi.....	66
Şekil 8.3 Dilim kalınlığının delik çapına oranı - Ortalama blok boyutu ilişkisi.....	66
Şekil 8.4 Sıkılama mesafesinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama blok boyutu ilişkisi ..	67
Şekil 8.5 Özgül şarj - Ortalama blok boyutu ilişkisi.....	67
Şekil 8.6 Çatlaklar arası mesafe - Ortalama blok boyutu ilişkisi.....	68
Şekil 9.1 Bir nöronun basit şeması .....	73
Şekil 9.2 Çok katmanlı algılayıcı (MLP) sinir ağı örneği.....	73
Şekil 9.3 Eğitime aşaması .....	74

Şekil 9.4 Modeli değerlendirme aşaması .....	74
Şekil 9.5 Simülasyon diyagramı 1 .....	75
Şekil 9.6 Simülasyon diyagramı 2 .....	75
Şekil 9.7 Simülasyon diyagramı 3 .....	75
Şekil 9.8 Simülasyon diyagramı 4 .....	75
Şekil 9.9 Geliştirilen YSA modeli şematik gösterimi.....	76
Şekil 9.10 YSA analiz sonuçlarının değerlendirilmesi .....	77

# BÖLÜM I

## GİRİŞ

Bilim, madencilik sektörüne en büyük katkıyı şüphesiz patlayıcı maddeleri bulmakla yapmıştır. Yerinde ve doğru şekilde kullanıldığında insanlığa büyük yararı bulunan bu maddeler, bilinçsiz kullanımlar sonunda büyük felaketslere sebep olmaktadır.

Delme – patlatma denildiği zaman ilk akla gelen madencilik sektörü olmaktadır. Maden mühendisliğinin temel amaçlarından biri, insanoğlunun gereksinim duyduğu maden hammaddesini içinde bulunduğu ana kütleden kısa zamanda ve ekonomik olarak ayırmaktır. Bu amaca ulaşmak için genel olarak aşağıdaki metotlar uygulanmaktadır:

- İnsan gücü
- Mekanik makineler
- Gazlaştırma kimyası
- Çözelti kimyası
- Hidrolik teknoloji
- Delme-patlatma teknolojisi

Bu seçeneklerden delme-patlatma teknolojisi özellikle, diğer proseslerin uygulanamaması veya uygulandığında ekonomik sonuç vermemesi durumlarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Delme-patlatma, madencilik dışında birçok alanda da yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu alanların bazıları aşağıda özetlenmiştir:

**İnşaat sektörü:** Hammadde temini, demiryolu, karayolu, baraj, liman, havaalanı, çeşitli temel kazıları, bina ve yapıların kontrollü yıkımı vs.

**Petrol sektörü:** Sismik aramalar, rezervuarların genişletilmesi, boru hatlarının yerleştirileceği kanalların açılması, vs.

**Tarım ve ormancılık sektörü:** Su kuyusu açma, sulama ve drenaj kanalları açma, ağaç köklerinin sökülmesi, vs.

**Askeri faaliyetler:** Çeşitli tahrip ve imha faaliyetleri, mevzi hazırlama, füze rampaları inşaatı, yeraltında sığınak ve cepanelik açma faaliyetleri, vs.

Yapılan delme-patlatma çalışmalarında başta gelen amaç uygun blok boyutunun elde edilmesidir. Uygun parça blok boyutuna sahip malzeme elde edilirse, patlatma sonrası yapılacak işlemler daha sorunsuz işleyecektir.

Parçalanmaya etki eden en önemli unsur patlatma tasarımıdır. Yapılan çalışmalarda uygun patlatma tasarım parametrelerinin belirlenmesine dikkat edilmelidir. Bu tasarım parametreleri belirlenirken özellikle çalışma alanının jeolojik (çatlaklar, tabakaların eğim ve doğrultusu, kayaç özellikleri göz önüne alınmalıdır.

Araştırmacılar parçalanma sonrası blok boyutunun hesaplanmasıyla ilgili olarak son yıllarda görüntü işleme yazılımlarından yararlanmaktadır. Patlatma sonrası oluşan yığının elenmesi çok maliyetli ve zaman alıcı olduğu düşünülürse atım sonrası parça boyut dağılımının tespiti amacıyla kullanılan yazılımların önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, patlatma tasarım parametreleri ve süreksizlik verilerini kullanarak regresyon ve yapay sinir ağları yöntemiyle kalsit ocaklarında yapılan patlatmalarda elde edilen parça boyutunu tahmin etmeye yarayacak modeller geliştirilmeye çalışılmıştır.

## BÖLÜM II

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

#### 2.1 Kuz-Ram Modeli

Kuz-Ram modeli ortalama parça boyutunu veren bir denkleme, kayaç yapısını belirleyen bir yaklaşıma ve parça boyut dağılım eğrisinin çizilmesinde yararlanılan Rosin-Rammler denklemine dayanır. Gününüzde en sık başvurulan ve güvenilirliği kanıtlanmış olan yaklaşım olarak nitelendirilebilir [1].

Ortalama parça boyutunu veren Kuznetsov denklemi şu şekilde ifade edilir.

$$X_{50}=A (V_0/Q_e)^{0,8} \cdot Q_e^{0,167} \cdot (115/E)^{0,633} \quad (2.1)$$

Burada;

$X_{50}$ = Ortalama parça boyu (cm)

A= Kaya Faktörü (1 - 13)

$Q_e$ = Delik içindeki patlayıcı miktarı (kg)

$V_0$ =Delik başına kayaç hacmi ( $m^3$ )

E=Patlayıcının rölatif ağırlıkça kuvveti (ANFO=100)

Patlayıcı madde olarak TNT'ye göre hazırlanan bu denklem, kullanılan diğer patlayıcılara göre değişim katsayılarıyla yeniden düzenlenerek aşağıdaki duruma getirilmiştir.

$$X=A (Pf)^{-0,8} \cdot Q_e^{1/6} \cdot (115/E)^{19/30} \quad (2.2)$$

Burada;

$Q_e$ =Her patlatma deliğinde kullanılan patlayıcı miktarı, kg

E=Kullanılan patlayıcının göreceli ağırlık kuvveti(ANFO=100, TNT=115)

K=Özgül şarj,  $kg/m^3$

Son olarak elde edilen bu Kuznetsov denklemi, Rosin- Rammler denklemi ile birleştirilerek, yüzdesi saptanmak istenen tane boyu denklemi ortaya çıkmıştır. Amaç

Rosin-Rammler eğrisinde S50 noktasını tespit etmek olduğundan, Rosin-Rammler denklemindeki R değeri %50 olacaktır. Aynı şekilde bu denklemdaki (x) elek aralığı, Kuznetsov denkleminde ortaya çıkan; (X) ortalama tane boyutudur. Bu şekilde Rosin-Rammler denklemi şu hale gelmektedir.

$$R = e^{-(x/x_c)^n} \quad (2.3)$$

Burada;

R=Elek üzerinde kalan malzemenin oranı

X= Elek açıklığı

X<sub>c</sub>= Yüzde miktarı bulunacak tane boyutu

n=Üniformite indeksi

Denklemden en önemli nokta n değerinin saptanmasıdır. Genel olarak 0,8 ile 202 arasında değişen bu değer, tane dağılımını gösteren parçalanma eğrisini şeklini tanımlamaktadır. Değerin yüksek olması tane dağılımının düzgünlüğünü, küçük olması ise ince ve iri tanelerin oranının yüksekliğini göstermektedir. Bu n değerini tespit etmek için kullanılan formül belirleyici olanlar patlatma parametreleridir [2].

$$n = (2,2 - 14B/D) (1 - W/B) (S - 1) / 2 L/H \quad (2.4)$$

Burada;

B=Delik ayna yük uzaklığı (m)

D=Delik çapı (mm)

W=Delme doğrultusundaki standart sapma (m)

S=Delikler arası uzaklık / Delik ayna uzaklığı oranı

L=Şarj yüksekliği (m)

H=Basamak yüksekliği (m)

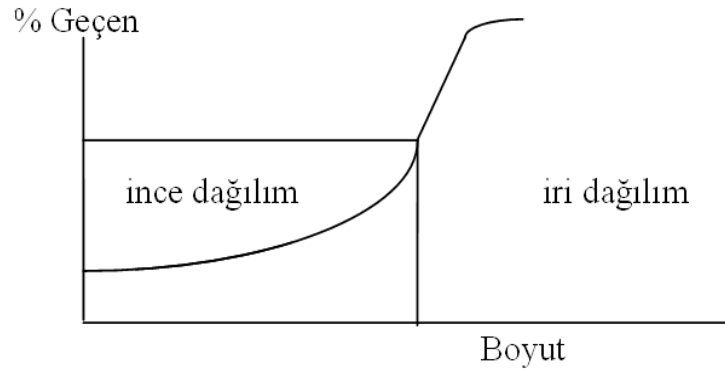
n değerinin yüksek olabilmesi için bazı patlatma parametreleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

- Delik yük uzaklığı / Delik çapı oranı.....düşük
- Delme doğrultusu.....yüksek
- Şarj yüksekliği/basamak yüksekliği oranı.....yüksek
- Delikler arası uzaklık/delik ayna uzaklığı.....yüksek

Yukarıda açıklanan, Rosin - Rammler ve Kuznetsov denklemlerinin kullanılması ile ortaya çıkan model, literatüre “Kuz-Ram” modeli olarak geçmiştir.

## 2.2 JKMRC Tarafından Geliştirilen Modeller

Kanchibotla vd. ve Grundstorm vd. [3], Kuz-Ram modelinin parça boyut dağılımında ince parçaları tahmin edemediğini göstermiştir. Patlatılan kayanın parçalanması birden daha fazla mekanizma ile gerçekleştiğinden dolayı, parça boyut dağılımı tek bir dağılım ile modellenemez [4]. JKMRC iki tane parçalanma modeli oluşturmuştur, birincisi Ezilmiş Bölge modeli (CZM) ve diğeri 2 elemanlı (TCM) modelidir. Bu modeller iki dağılımı birleştirir, bir tanesi ince malzeme dağılımı için, diğeri iri malzeme dağılımı içindir. Her iki modelde bazı değişikliklerle beraber Kuz -Ram modeli temeline dayanır.



Şekil 2.1 CZM ve TCM için parça boyut dağılımı [5]

### 2.2.1 Çift elemanlı model (TCM)

Patlatma sonrası parçalanmış olan malzemenin iki ayrı kaya parçalarından oluştuğu söylenebilir. Deliğin hemen etrafında ceyeran eden parçalanmada basma ve makaslama dayanımı yenilerek parçalanma meydana gelir ve bu bölgede ince parçalar oluşur. Delikten uzaklaştıkça büyük kütlede kaya parçalanmasında çekme gerilmesi rol alır ve kayaç içi zayıflıklara, çatlak ve eklemlere de bağlı olarak iri parçalar oluşur. Çift eleman modeli iki adet Rosin-Rammler fonksiyonu ile oluşturulmuştur. Fonksiyonlardan bir tanesi ince ve düzgün taneli parçalar diğeri ise iri parçaları hesaplamada kullanılır [4].

$$P(x)=100 (1-(1-F_c) \exp (-\ln 2(x/a)^b)) \quad (2.5)$$

$$P(x)=100 (-F_c \exp(-\ln 2(x/c)^d) \quad (2.6)$$

Burada;

$P(x)$ = X boyutundan daha küçük malzeme yüzdesi (%)

$x$ =Malzeme boyutu (m)

$F_c$ = Makaslama gerilmesi ile yenilmeye uğrayan kaya bölümü

$a$ =Çekme gerilmesi altındaki bölgede ortalama parça boyutu

$b$ =Çekme gerilmesi altındaki bölgede üniformite katsayısı

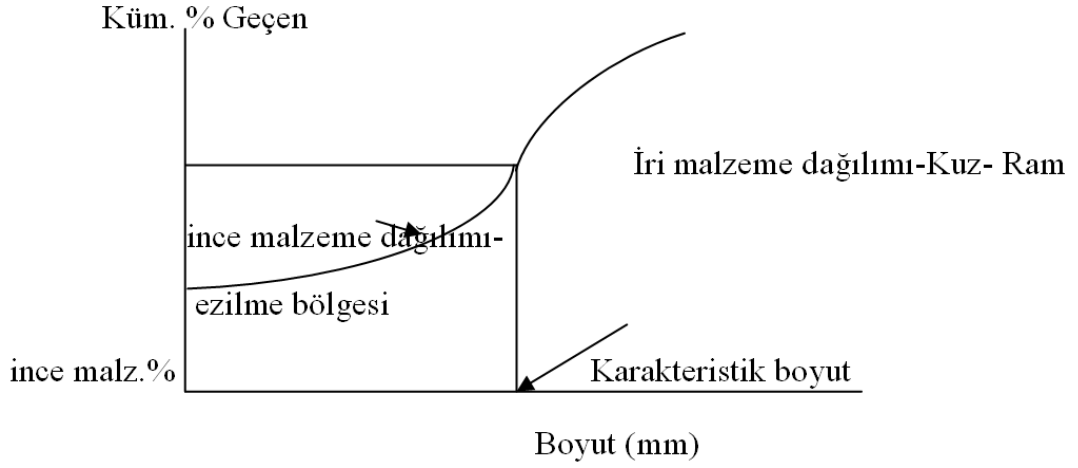
$c$ =Basma yenilmesi altındaki bölgede ortalama parça boyutu

$d$ =Basma yenilmesi altındaki bölgede üniformite katsayısı

İnce malzemeyle ilgili giriş parametrelerini TCM modeline tahmin edebilmek için, patlatma daire testleri kullanılmıştır. Patlatma yapılan sahayı temsil eden kaya numuneleri patlatma dairesinde patlatılmış ve elde edilen malzeme elek analizine tabi tutulmuştur. Crum vd. [6] ince parçaların oluşum mekanizmasının ölçekten bağımsız olduğunu göstermiştir, bu da  $c$  ve  $d$  patlatma parametrelerinin elenen malzemenin Rosin-Rammler oturtulmasıyla bulunabileceği anlamına gelmektedir.  $a$  ve  $b$  parametreleri, Kuz-Ram parametreleri  $X_{50}$  ve  $n$  ile bazı modifikasyonlarda aynıdır. Makaslama basıncı ile parçalanmış bölüm,  $F_c$ , patlatma deliği etrafında oluşan ezilme bölgesi alanının patlatmanın toplam alanına bölünmesi ile bulunur [5].

### 2.2.2 Ezilme bölgesi modeli (CZM)

Kırılma bölgesi modeli (CZM), çift elemanlı modele benzer olarak, toplam boyut dağılımını ifade etmek için iki tane Rosin-Rammler fonksiyonu kullanır. Bu model iki dağılımı da aynı anda kullanan TCM 'nin aksine, dağılımlardan birini iri malzeme için, diğerini de ince malzeme için kullanır. Bu iki ayrı dağılım, kaya madde özelliklerine bağlı olarak karakteristik boyut,  $X_c$  noktasında birleşir (Şekil 2.2) [7].



Şekil 2.2 CZM için ince ve iri malzeme boyut dağılımı [7]

Parçalanmanın iri malzeme kısmı, kaya faktörü  $A$ , ve üniformite indeksi  $n_{iri}$ 'deki küçük değişikliklerle beraber Kuz-Ram eşitliğine benzer.

$$P(x) = 100 (1 - \exp(1 - P(x_c) x (x/x_c)^n)) \quad (2.7)$$

Burada;

$P(x)$  =  $x$  boyutlu elekten geçen malzeme miktarı (%)

$P(x_c)$  = Karakteristik boyuttan geçen malzeme miktarı (%)

$x$  = Elek aralığı (m)

$x_c$  = Karakteristik boyut (m)

$n_{iri}$  = İri parçalar için kullanılan üniformite indeksi

Parça boyut dağılımındaki ince parçalar, deliğin içerisindeki patlayıcı madde etrafındaki silindirele tarif edilen ezilme zonu kaynaklıdır. Ezilme zonunun çapı, delikten itibaren ışınal gerilmenin kayanın basınç dayanımını  $\sigma_x$  Jaeger ve Cook [8] tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\sigma_x = P_d x (D/x)^2 \quad (2.8)$$

Burada;

$P_d$  = Detonasyon basıncı

$D$  = Delik çapı

$x$  = Deliğe olan uzaklık

### 2.3 Chung ve Katsabanis'in Modeli (CK Model)

Chung ve Katsabanis [9] literatürde yer alan atımlardan yararlanarak Kuz-Ram modelinin modifikasyonu şeklinde yorumlanabilecek yeni bağlantılar ortaya koymuşlardır. Kuznetsov denklemi belirli bir kayaç tipi ve patayıcı için, özgül şarj ve delik başına düşen patlayıcı miktarını kullanarak ortalama parça boyutunu hesaplamaktadır. Önemlerine rağmen patlayıcının kayaç içinde dağılımı ve zamanlama yani gecikme aralığı modelde kullanılmamaktadır. Chung ve Katsabanis Kuznetsov denkleminin yerine aşağıdaki denklemi önermektedir [10].

$$k_{50}=AQ_e^{\alpha}B^{\beta}(S/B)^{\gamma}H^{\delta}t^{\varepsilon} \quad (2.9)$$

Burada;

A=Kaya faktörü

B=Dilim kalınlığı

S/B= Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı

H=Basamak yüksekliği

t= Aynı sırada bulunan delikler arası gecikme

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$  ise sabitlerdir.

Yukarıdaki denklem nonlinear regresyon analizi uygulanarak aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir.

$$k_{50}=AQ_e^{-1,176}B^{2,271}(S/B)^{1,165}H^{1,185}t^{-0,231} \quad (2.10)$$

### 2.4 Larsson'un Denklemi

Larsson ortalama parça boyutunu veren bir formül geliştirmiştir.

$$K_{50}=S \cdot e^{(0,58 \times \ln B - 0,145 \times \ln(S/B) - 1,18 \times \ln(Pf/c) - 0,82)} \quad (2.11)$$

Burada;

$K_{50}$ = Malzemenin %50'sinin geçtiği kare elek açıklığı (m)

B=Dilim kalınlığı (m)

S/B=Delikler arası mesafe / Dilim kalınlığı oranı

Pf=Özgül şarj (kg/m<sup>3</sup>)

c=Kaya sabiti

S=Patlatılabilirlik

Kaya sabiti değeri kayacı parçalamak için gerekli olan jelatin dinamitin özgül şarj değeri olarak ele alınır. Bu değer 0,3-0,5 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Larsson kaya sabiti olarak Langefors'la aynı değeri kullanmıştır. 'c' değeri, kayacın patlamaya karşı direncini, sertliğini, sıklığını ortaya koyan bir değerdir. Dikkat edilmesi gereken Langefors'un da Larsson'un da bu değeri jelatin dinamiti göz önüne alarak önermiş olduğudur [11].

Burada patlayabilirlik (S) kayacın homojen veya heterojen bir yapı içinde olup olmadığı, süreksizliklerin durumu göz önüne alınarak hesaplanır. Çok çatlaklı kayaçta S=60, çatlaklı kayaçta S=55, ince çatlaklı normal kayaçta S=0,50, rölatif olarak hesaplanır.

## 2.5 Saroblast Denklemi

Kou ve Rustan [12] arazide yaptıkları ölçümlere ve literatür çalışmalarına dayanarak bir model geliştirmişlerdir. Bu model Saroblast bilgisayar yazılımının da temelini oluşturmaktadır [10].

$$X_{50}=(0,01/B^{0,8}) \cdot ((\rho c^{0,6} \cdot BS^{0,5}) / (n^{0,7} D^{0,4} Pf)) \quad (2.12)$$

Burada;

X<sub>50</sub>= Ortalama parça boyutu (cm)

B=Dilim kalınlığı (m)

S=Delikler arası mesafe (m)

D=Patlayıcının detonasyon hızı (m/s)

Pf=Özgül şarj (kg/m<sup>3</sup>)

n=L<sub>tot</sub>/H (sıkılama etkisi için)

L<sub>tot</sub>= Şarj yüksekliği

H=Delik boyu

ρc= Empedans

Modeldeki kayaç faktörü empedanstır. Empedans kayaç yoğunluğu ve kayacın 'P' dalgası iletme kapasitesi ile ilgili bir kayaç özelliğidir. Bu parametrenin bulunması, tespiti güçtür. Bu durum modelin kullanımını güçleştirmektedir.

## **BÖLÜM III**

### **PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİ**

#### **3.1 Delik Çapı**

Delik çapı seçiminde; jeolojik ortamın özelliği, arzu edilen parçalanma derecesi önemlidir. Çok az süreksizlik içeren kaya kütlelerini parçalamak için küçük çaplı fakat daha küçük delikler arası mesafeye sahip düzeneklerin kullanılması halinde, daha küçük parçalanma elde edilir.

Patlatma dizaynı yapılırken, serbest yüzeyden en fazla yararlanmak amacı ile sıralar arası mesafe eşit iken, ilk sıra delikler ile ayna arası mesafe biraz daha fazla tutulur. Düzgün ayna oluşturulabilmesi amacı ile splitting adı verilen, daha küçük delikler delinir. Bu delikler ayna sınırlaması amacı ile basamağın en sonunda yer alır. Daha düzgün bir aynanın oluşturulabilmesi için bir diğer yöntem ise Hava Yastıklı Patlatma (Air Cushion Blasting) yöntemidir. Bu yöntemde, havanın sıkıştırılması prensibi kullanılarak daha az patlayıcı kullanarak, daha iyi bir ayna stabilitesi sağlanmaya çalışılır [13].

#### **3.2 Delik Eğimi**

Deliklerin büyük çoğunluğu dik delinir çünkü;

- Açılı delik delmek daha zordur.
- Bazı delici makineler eğimli delik delezmezler.
- Delme hassasiyeti eğimli deliklerde daha fazladır.

Ancak dik delikler eğimli basamaklara uygulandığı zaman, tabanda yük mesafesi oldukça artar. Buda tabanda sıkışmaya; üst bölümde ise kaya savurmasına sebep olur. Bu yüzden eğimli delik yük mesafesinin delik boyuna eşit olarak dağıtılabilmesi açısından önemlidir. Genelde düşeyde 10 ile 20 derece açı yapan delikler tercih edilir. 25 derecenin üzerindeki deliklerde düzen tutturmak zordur ve delicilerin tij ömrü kısadır. Ayrıca delik delindikten sonra şarjlaması da zor olur.

Eğimli deliklerde;

- Delik eğimi çok iyi ayarlanmalı delik boyunca yük mesafesi kimi yerlerde az kimi yerlerde çok olmamalıdır. Aksi taktirde bu durum kaya fırlamasına sebep olur.
- İlk sıradaki delik eğimi ile, arka sıradaki deliklerin eğimi birbirleri ile aynı olmalıdır. Yoksa delik tabanında yk mesafesi artar.
- Düsey ekseninde delik eğimleri düzgün iken deliklerin diğer ekseninde de düzgün olduğuna dikkat edilmelidir [14].

### **3.3 Basamak Ykseklіđi**

Atımlar planlanırken düzgün, dibinde tırnak ve malzeme olmayan aynalar düşünülür. Basamak ayna ykseklіđinin hem patlatma hem de yükleyici makineler açısından değeridir. Patlatmaya yönelik delici makinelerin optimum verimle çalıştıkları bir derinlik önerilir. Bu derinlik gereğinden kısa tutulduğunda, delici makineden tam verim alınmamış olur. Aksine, deliğin fazla derin olması halinde hem delme hızının düşmesi, delgi ve patlayıcı madde doldurma hatalarının artması, makinelerin zorlanması kaçınılmaz olur.

Patlatma açısından, basamak ykseklіđi de önemli rol oynar. Öncelikle artan basamak ykseklіđi ile basınç dağılımları etkilerini artırmaktadır. Normal patlatmalarda, kural olarak basamak ykseklіđinin, dilim kalınlığının en az 2,5 en fazla 6 katı olması doğru bir seçim olacaktır [15].

### **3.4 Alt Delme ve Delik Uzunluğu**

Tabanda tırnak kalmaması için delik basamak altına doğru bir miktar fazla delinmelidir. Aşırı alt delme hem gereksiz, hem de vibrasyona neden olur. Yetersiz alt delme ise, tırnak oluşumuna, dolayısıyla ikincil patlatmaya ve ekipman yıpranmasına sebep olur [16].

Dilim kalınlığına bağılı olarak alt delmeyi veren bağıntılar aşığıda verilmiştir [16]:

1- Langefors [17] Bağıntısı:

$$U=0,3B_{\max} \quad (3.1)$$

2-Naapuri [18] Bağıntısı:

$$U=0,3...0,4B \quad (3.2)$$

3-Konya ve Walter [19] Bağıntısı:

$$U=0,3B \quad (3.3)$$

Burada;

$U$ =Alt delme (m)

$B_{\max}$ =Maksimum Dilim kalınlığı (m)

$B$ =Dilim kalınlığı (m)

Delik uzunluğunu veren bağıntılar ise;

1- Langefors [17] Bağıntısı :

$$L=H+U+0,05(K+U) \quad (3.4)$$

2- Naapuri [18] Bağıntısı:

$$L=H+U+H_i \quad (3.5)$$

Burada;

$L$ =Delik uzunluğu (m)

$H$ =Basamak yüksekliği (m)

$U$ =Alt delme (m)

$H_i$ =Eğimden kaynaklanan delik uzunluğu (m)

### 3.5 Delik Doğrultusu

Gerekli önlemler alınmadığı durumlarda her delik makinesi belirli düzeyde sapmalara neden olurlar. Sapmanın miktarı deliğin boyu ile doğru orantılıdır. Bu olay uygulamalarda önemli sorunlar yaratmaktadır. Her şeyden önce yüzeyde işaretlenen delik geometrisi tabanda aynı olmamaktadır. Verilmek istenen yüke kıyasla, sapma nedeni ile tabanda yükün fazla olması, iyi patlamamış sert tırnaklar oluşmasına yol açar. Tersine yükün az olması durumunda hem üretim hacmi düşmekte, hem de taş savrulması tehlikesi artmaktadır. Batı ülkelerinde yüksek hacimli ocaklarda delik sapmalarını ölçmek üzere gelişmiş aygıtlar kullanılmaktadır. Aynaya doğru olmayan, yan tarafa olan sapmalarda yine tırnak oluşmasına neden olur [20].

### 3.6 Dilim Kalınlığı

Patlatmanın olduğu delikten serbest yüzeye olan en yakın mesafe dilim kalınlığı olarak adlandırılır. Dilim kalınlığı patlama tasarımının en kritik parametresidir. Bu parametrenin doğru seçimi hem delme patlatma maliyetinin optimizasyonu, hem de üretim ve çevre emniyeti açısından hayati öneme sahiptir [21].

Dilim kalınlığı ile ilgili literatürdeki bazı bağıntılar aşağıda verilmiştir [16]:

1-Konya ve Walter [19] bağıntıları:

$$B=0.038D(\rho_e / \rho_r)^{0.33} \quad (3.6)$$

$$B=0.012D[(2 \rho_e / \rho_r)+ 1.5] \quad (3.7)$$

$$B=0.008D (S_t / \rho_r)^{0.33} \quad (3.8)$$

2-Naapuri [18] bağıntısı:

$$B=25....40D \quad (3.9)$$

3-Langefors [17] bağıntısı:

$$B=14....76D \quad (3.10)$$

4- Arıoğlu [21] bağıntısı

$$B=26 + 0,41D \quad (3.11)$$

Burada;

B=Dilim kalınlığı (m)

$\rho_e$ = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_r$ = Kayaç yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)

D= Delik apı (mm)

### 3.7 Delikler Arası Mesafe

Delikler arası mesafe patlatma tasarımının önemli bir unsurudur. Bazı araştırmacılar delikler arası mesafeyi, basit bir Şekilde yan yana iki delik (aynı sırada) arası mesafe olarak kabul ederken, bazı araştırmacılar delikler arasındaki (bitişik delikler) gecikme aralığı olarak tanımlamaktadır. Delikler arası mesafenin belirlenmesinde birçok faktör etkin olmakla birlikte, yaygın kabul ile, daha çok dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Formüllerde daha çok delikler arası mesafe dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Çeşitli araştırmacıların konuya yaklaşımları aşağıdaki Şekilde zetlenebilir [22].

$$S=1,25 \times B \quad (3.12)$$

$$S= ( 1,15 - 1,25) \times B \quad (3.13)$$

$$S= ( 1 - 1,8) \times B \quad (3.14)$$

$$S= 2 \times B \quad (3.15)$$

Burada;

S= Delikler arası mesafe (m)

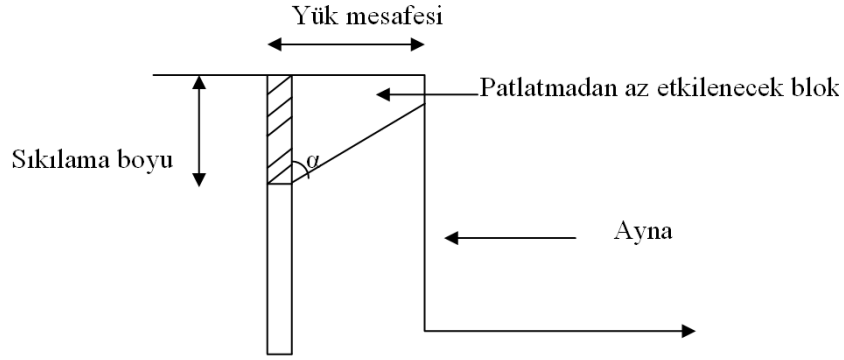
B= Dilim kalınlığı (m)

Genel bir değerlendirme ile araştırmacıların çoğu delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranının 1-1,5 arası olması gerektiği konusunda ortak fikirdedirler. Eğer

delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1'den küçük olursa, sıkılama malzemesinin erken boşalması nedeni ile delikler arasında çok erken çatlaklar oluşacaktır. Bunun sonucu, gaz çıkışının hızlanması, hava şoku, gürültü ve iri blok oluşumu gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Tersine bu oran büyük olursa, uygun olmayan parçalanma ve/veya hiç parçalanmama nedeniyle iri bloklar ortaya çıkacaktır.

### 3.8 Sıkılama

Sıkılmanın boyu patlatma sonrası elde edilecek kaba malzeme (patar) miktarını doğrudan etkiler. Sıkılamanın fazla olması durumunda patlatmadan etkilenmeyecek veya gereken ölçüde etkilenmeyecek malzemenin hacmi artar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Sıkılama boyu ve kaba malzeme ilişkisi

Sıkılamanın az olması durumunda ise hava şoku, kaya fırlaması ve bazı durumlarda, detonasyon ürünü gazların, aynaya ulaşmadan tepeden boşalarak patlayıcıdan alınabilecek performansın alınamaması sonuçları doğar [23].

### 3.9 Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi

Delişe şarj edilen patlayıcı madde kolonunun zamanında ve güvenilir bir şekilde ateşlenmesinde, yem sayısı ve konumu önem taşımaktadır. Gereğinden uzun şarj kolonunda, yem detonasyon yönünün sönmülenmesi nedeniyle yeterli olmayabilir. Uzun deliklerde yemleme sayısı ve konumunu arttırılması gerekir. İyi bir ateşleme için yemleme çapının yaklaşık olarak şarj çapına eşit olması ve yemleme uzunluğunun şarj çapının 2 ile 4 arasında bulunması bazı araştırmacılarca önerilmektedir [24].

### 3.10 Dilim Kalınlığı ve Delik Çapı İlişkisi

Ash [25] genel olarak dilim kalınlığı ve delik çapı ilişkisi için 30 değerini ortaya koymaktadır. Patlayıcı ve kayaç özelliklerine göre farklı oranlar öne sürmektedir. Eğer daha ince bir parçalanma isteniyorsa bu oran 30'un altına inebilir. Ash'ın ifade ettiği ticari patlayıcıların yoğunluğu 1,6 ile 1,8 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Ticari patlayıcıların yoğunluğunun 1,6'nın üzerine çıkması çok nadirdir. Günümüzde de bu durum doğruluğunu korumaktadır. Kayaç yoğunluğu ise 2,2 ile 3,2 arasında değişmektedir. Bu değerlerin altına inilmesi veya üstüne çıkılması nadir karşılaşılan bir durumdur. Ash arazi gözlemlerine dayanarak; arazide karşılaşılan ortalama kayaç yoğunluğunun 2,7 civarında olduğunu belirtmektedir. Patlayıcı ve kayaç eşleşmesine göre dilim kalınlığının delik çapına oranı daha hassas olarak şu şekilde belirlemektedir (Çizelge 3.1) [10].

Çizelge 3.1 Kayaç- Patlayıcı eşleşmesine göre dilim kalınlığı delik çapı oranı [10].

<b>Kayaç-Patlayıcı Eşleşmesi</b>	<b>B/D</b>
Yüksek yoğunluklu kayaç-Düşük yoğunluklu patlayıcı	20
Düşük yoğunluklu kayaç-Yüksek yoğunluklu patlayıcı	40
Ortalama kayaç-Düşük yoğunluklu patlayıcı	25
Ortalama kayaç-Yüksek yoğunluklu patlayıcı	35

Hustrulid [26] patlayıcı olarak ANFO kullanılıyorsa (0,80 gr/cm<sup>3</sup> ) ve ortalama yoğunlukta bir kayaçta çalışılıyorsa (2,65 gr/cm<sup>3</sup>) dilim kalınlığının delik çapına oranının 25 civarında olması gerektiğini belirtmektedir. Naapuri [18] ise dilim kalınlığının delik çapına oranının 25 - 40 olması gerektiğini önermektedir. Bu oranın kayacın patlayabilirliğine göre değişim gösterdiğini belirtmektedir.

### 3.11 Delikler Arası Mesafe ve Dilim Kalınlığı İlişkisi

Gustafsson'un [27] Langeforf'un çalışmalarını esas alarak gerçekleştirdiği çalışmada delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranını 1,25 olarak tanımlar. Hagan bu oranı 1,15 olarak önermektedir.

Hustrulid [26] delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranını şeşbeş düzeninde 1,15 olarak önermektedir. Bununla birlikte 1 ile 1,5 oranı arasında değişimin çok büyük fark yaratmadığını belirtmektedir. Kare düzen için ise oran 1 ile 1,15 arasında değişmektedir. Eğer şarj gecikmesiz ateşleniyorsa bu oran 2 olarak seçilebilir. Morhard ve diğerleri [28] delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranının 1-1,8 arasında değişebileceğini belirtmektedir. Bhandari [29] delikler arası mesafe değerini regresyon analizleri yoluyla elde ettiği bir formül ile ifade etmektedir. Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı ise şeş beş ve kare düzen için farklı aralıklarda ifade etmektedir. Kare patern için 1-2 arasında değişen çok geniş aralıklı bir değer verirken; gecikmeli ateşlemede, çok sert olmayan orta ve düşük özgül şarj için bu oranın 1,1-1,4 önerisinde bulunmaktadır. Çok sert bir kayada bu oranın 1,4 değerinin üstüne çıkması da mümkündür [10].

Çizelge 3.2.Araştırmacılara göre delikler arası mesafe dilim kalınlığı oranının (S/B) değişimi [10]

	S/B	Açıklama
Ash [25]	1,2-1,8	
Hagan [30]	1,15	
Olofsson [31]	1,25	
Morhard ve diğ. [28]	1-1,18	
Naapuri [18]	1,25	
Konya [19]	1,4-2	(H/B > 4 ise) —
Sen [32]	1-1,8	
Jimeno [11]	1,15-1,30	(65-165mm delik çapı için)
	1,14-1,22	(180-450mm delik çapı için)
Gustafsson [27]	1,14-1,22	Langefors'a atıf yapar
Bhandari [29]	1-2	Kare patern
	1,1-1,4	Çok sert olmayan kayaç, orta ve düşük özgül şarj
Hustrulid [26]	1,15	Şeşbeş patern
	1-1,15	Kare patern

### 3.12 Basamak Yüksekliği ve Dilim Kalınlığı İlişkisi

Bhandari [29] basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranını 2,5 önermektedir. Bu oran 4'ün üzerine çıkarsa delmedeki sapmaya dikkat edilmesi gerekmektedir. Naapuri ve arkadaşları basamak yüksekliğinin delik çapının 70 katından küçük olması durumunda basamak yüksekliğini dilim kalınlığına oranını bir abakla ifade etmektedir. Bu yaklaşım 3,5 metreye kadar olan çok kısa basamakları ve 76 mm'ye kadar olan çok

küçük delik çaplarını içerdiği için, geleneksel açık ocak atımları için çok fazla bir anlam ifade etmemektedir [10].

Hustrulid birçok ocakta basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranını 1,6 ve üzerinde olduğunu ifade etmektedir. Ash basamak yüksekliği yerine delik boyunu esas almakta ve bu oranın 1,5 ile 4 arasında değiştiğini belirtmektedir [10].

### 3.13 Delme-Patlatma Yaklaşımları

Delme patlatma ile ilgili ileri sürülen yaklaşımlar aşağıda verilmiştir. Bu konu ile ilgili kullanılan simgeler ise;

B=Dilim kalınlığı (m)

S=Delikler arası mesafe (m)

U=Delik taban payı (m)

T=Sıkılama payı (m)

L=Delik boyu (m)

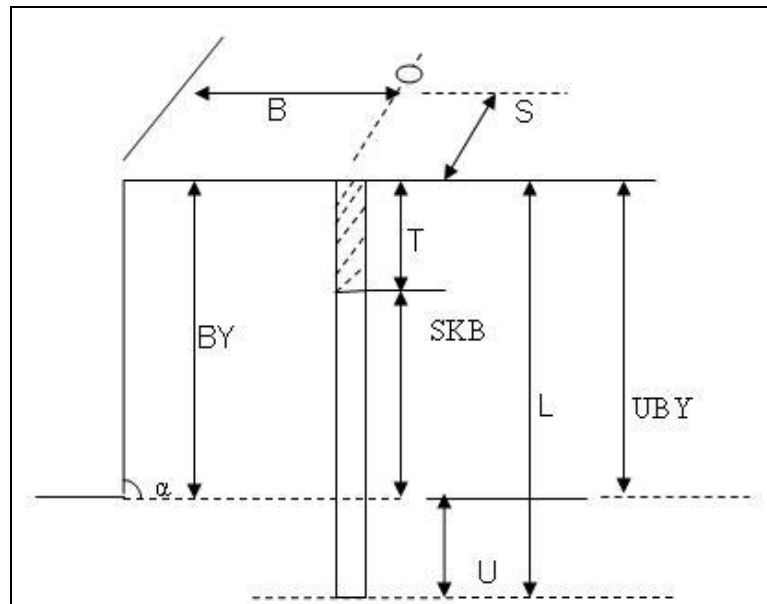
BDPH=Bir deliğin patlatabileceği hacim (m<sup>3</sup>)

SKB=Şarj kolonu boyu (m)

D=Delik çapı

$\alpha$ =Basamak eğimi

UBY=BY. Sin  $\alpha$



Şekil 3.2 Delik geometrisi [33]

### 3.13.1 Arıoğlu yaklaşımı

Arıoğlu [21], yaklaşımını delik çapı üzerine kurmuş ve bazı deneysel katsayılar kullanarak B ve S'yi aşağıdaki bağıntılarla hesaplamıştır.

$$B=0,026 \cdot D + 0,41 \quad (3.16)$$

$$S=0,97 \cdot B + 0,25 \quad (3.17)$$

$$U=0,33 \cdot B \quad (3.18)$$

$$L=U + UBY \quad (3.19)$$

$$SKB=L - T \quad (3.20)$$

### 3.13.2 Hagan yaklaşımı

Hagan [30] yaklaşımı da delik çapı üzerine kurulmuştur. Hesaplama da kullanılan formüller aşağıdaki bağıntılarla verilmiştir.

$$B=(20-30) \times D \quad (3.21)$$

$$S=40 \times D \quad (3.22)$$

$$T=8 \times D \quad (3.23)$$

$$T=(20 - 60) \times D \quad (3.24)$$

$$L=U + UBY \quad (3.25)$$

$$SKB=L - T \quad (3.26)$$

### 3.13.3 Konya ve Walter yaklaşımı

Konya ve Walter [19], çalışmalarında dilim kalınlığı için aşağıdaki bağıntıyı kullanmış, buradan bazı düzeltme faktörleri kullanarak optimum dilim kalınlığını hesaplamak için farklı bir bağıntı elde etmişlerdir.

$$B=0,67 \times D (PEAAO / FY)^{0,33} \quad (3.27)$$

Burada;

PEAAO=Patlayıcının eşit ağırlıktaki Anfo'ya göre gücü

FY=Formasyon yoğunluğu

$$B=DKK \times KR \times KD \times KS \quad (3.28)$$

Burada;

KR=Çok sıralı atımlarda düzeltme faktörü

KD=Kayaç yataklanma türü düzeltme faktörü

KS=Jeolojik yapı düzeltme faktörü

$$S=(B \times BY)^{1/2} \quad (3.29)$$

$$U=0,3 \times B \quad (3.30)$$

$$T=0,45 \times D \times (PEAAO / FY)^{0,33} \quad (3.31)$$

$$L=BY + U \quad (3.32)$$

$$SKB=L - T \quad (3.33)$$

#### **3.13.4 Olofsson yaklaşımı**

Olofsson [24], Max dilim kalınlığını şarj yoğunluğu ve bazı düzeltme faktörleri kullanarak aşağıdaki bağıntıyı elde etmiştir. Hesaplamalarda kullanılan diğer bağıntılar da aşağıda verilmiştir.

$$B_{\max}=1,36 \times Ib^{1/2} \times R1 \times R2 \quad (3.34)$$

Burada;

Ib=Şarj yoğunluğu

R1=Delik eğimi düzeltme faktörü

R2=Kaya sabiti düzeltme faktörü

$$S=1,25 \times B_{\max} \quad (3.35)$$

$$U=0,3 \times B_{\max} \quad (3.36)$$

$$T=B_{\max} \quad (3.37)$$

$$L=BY + U \text{ (90° eğim için )} \quad (3.38)$$

$$SKB=L - T \quad (3.39)$$

$$SM=SKB \times Ib \quad (3.40)$$

### 3.13.5 Langefors yaklaşımı

Langefors [17]'ün çalışması da delik çapı üzerine kurulmuş olup dilim kalınlığı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan diğer bağıntılar ise aşağıda verilmiştir.

$$DK_{\max} = \frac{d}{33} \sqrt{\frac{P.s}{c.f.(S/B)}} \quad (3.41)$$

Burada;

P=Patlayıcının delik içindeki yoğunluğu

s=Patlayıcının eşit ağırlıktaki ANFO'ya oranı

S=Delikler arası mesafe

B=Dilim kalınlığı

d=Delik çapı

f=Atım güçlük katsayısı

$\bar{c}$ =Kayacın gerçek patlayabilirlik katsayısı

$$S=1,25 \times B1 \quad (3.42)$$

B1=Pratik dilim kalınlığı

$$U=0,3 \times dk_{\max} \quad (3.43)$$

$$T=B$$

$$L=k(BY + U) \quad (3.44)$$

k=Eğim faktörü

$$B=B_{\max} - F \quad (3.45)$$

$$F=0,1 + (0,03 \times BY) \text{ (Delik delme hata payı)} \quad (3.46)$$

$$S=1,25 \times B \quad (3.47)$$

$$SKB=L- T \quad (3.48)$$

### 3.13.6 Gustafsson yaklaşımı

Gustafsson [34] çalışmasında delik çapını kullanarak  $DK_{\max}$ 'ı hesaplamıştır. Delik delmede hata payını da göz önüne alarak optimum DK'ı farklı bir bağıntı ile hesaplamıştır.

$$B_{\max}=45 \times D \quad (3.49)$$

$$B=B_{\max} - F \quad (3.50)$$

$$F=0,05 + 0,03 \times L \quad (3.51)$$

$$S=1,25 \times B \quad (3.52)$$

$$U=0,3 \times B_{\max} \quad (3.53)$$

$$L=BY + U \text{ (90° için)} \quad (3.54)$$

$$SKB=L - T \quad (3.55)$$

### 3.13.7 Çatlaklı kayaçlar için bir yaklaşım

Bu yaklaşımda; B hesabında, delik çapı ve patlayıcı madde ile ilgili bazı özellikler değerlendirilerek aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir, şarj miktarı ve sıkılama payı için farklı yaklaşımlar kullanılmıştır [35].

$$B=45 \times D/1000 \cdot \sqrt{0,32 (\gamma \times \rho) / (m \times h)} \quad (3.56)$$

Burada;

$\gamma$ = Patlayıcı yoğunluğu

$\rho$ =Patlayıcı madde faktörü

m=Özgül patlayıcı madde miktarı

h=Delik eğim faktörü

D=Delik çapı

$$S=45 \times D \quad (3.57)$$

$$U=0,3 \times S \quad (3.58)$$

$$T=1,3 \times B (V_d / V_s) \sqrt{\gamma / \gamma_s} \quad (3.59)$$

Burada;

$\gamma$ =Delikteki patlayıcı madde özgül ağırlığı

$\gamma_s$ =Sıkılama malzemesinin özgül ağırlığı

$V_d$ =Patlayıcı madde detonasyon hızı

$V_s$ = Sıkılama istikametinde kayaç sismik hızı

B=Dilim kalınlığı

$$L=U + UBY \quad (3.60)$$

## BÖLÜM IV

### TASARIM PARAMETRELERİ DIŞINDA PARÇA BOYUTUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

#### 4.1. Patlatmayı Etkileyen Jeolojik Faktörler

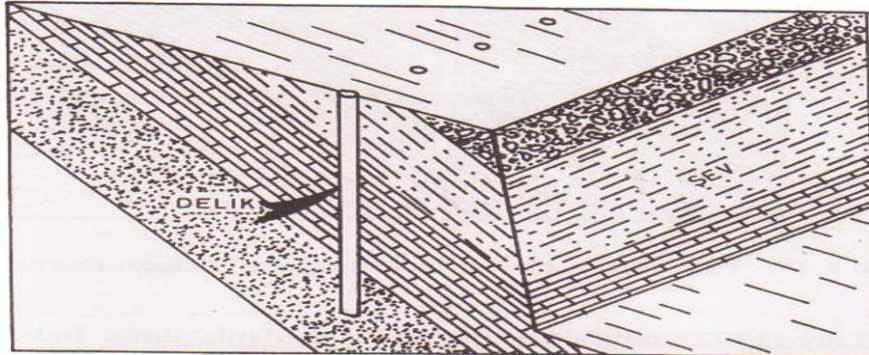
Patlatılabilirlik, kayacın patlamaya karşı olan direnci olarak tanımlanabilir ve başlıca kayaç özelliklerinden ve jeolojik faktörlerden etkilenir. Sert kayaçlarda patlama kolaylıkla kontrol edilebilirken faylı, çatlaklı kayaçlarda zor kontrol edilir. Çünkü bu tür kayaçlarda patlayıcı enerjisi boşluklara kaçmaktadır.

##### 4.1.1 Çatlaklar

Çatlaklar, öncelikle sedimantasyon, soğuma gibi jeolojik olaylardan oluşmaktadır. İkinci olarak çevredeki faylaşmalar ve kıvrımlar etkili olur. Bu çatlaklar insitu gerilim dağılımlarının etkisi ile, değişik boyut ve etkide kayaç yapısının bünyesinde yer alır. Böylesine yapılarda öncelikle delik delinmesi sorunlu olmaktadır. İkinci olarak gaz kaçakları ve şok dalgasının yayılmasını bozması nedeni ile sonraki patlatmaların verimini düşürmektedir. Bundan kaçınmanın yöntemi, teknik seçimini ve hesapları doğru yapmak, uygulamada gerekli titizliği göstermektir [36].

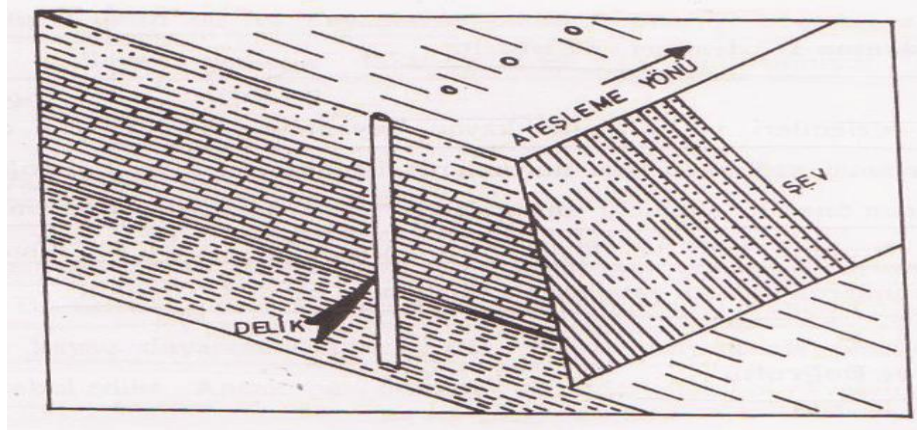
##### 4.1.2 Eğim ve Doğrultu

Patlatma düzenini etkileyen diğer bir faktör tabakaların eğim ve doğrultusudur. Şekil 4.1'deki gibi bir düzenlemede hem geri kırılma fazla olur, hem de şev kaymaları meydana gelir.



Şekil 4.1 Tabakaların şev yüzeyine doğru eğimli olduğu durum [16].

Şekil 4.2'deki gibi uygulamada geri kırılma az olur, fakat tırnak çıkma ve büyük boyut ihtimali fazladır [16].



Şekil 4.2 Tabakaların yana doğru eğimli olduğu durum [16].

### 4.1.3 Kaya malzemesi özellikleri

#### 4.1.3.1 Yoğunluk

Kayaların yoğunluğu arttıkça dayanımları da artmaktadır. Genellikle düşük yoğunluklu kayalar düşük birim patlayıcı tüketimi ( $\text{kg/m}^3$ ) ile kolayca kırılırken, ince parçalanma, iyi öteleme ve kabarma temini için yoğun ve masif kayalarda daha yüksek birim patlayıcı madde sarf edilir. Yüksek yoğunluklu kayalarda iyi parçalanma için;

- İnfilak hızını artırarak, delik içi basıncını da artırmak için küçük değil, orta büyüklükte delik çapları seçilir.
- Dilim kalınlığı ve delikler arası uzaklık daraltılır ve ateşleme düzeni (sırası) değiştirilir.
- Sıkılama boyu ve malzeme kalitesi gereğince artırılarak gaz basıncının hapsedilme ve etki süresi artırılır.
- Şok enerjisi (infilak hızı) daha yüksek veya şok enerjisi/gaz enerjisi oranı uygun patlayıcı maddeler seçilir.

#### **4.1.3.2 Gözeneklilik, plastisite ve gevreklik**

Masif, sert ve yüksek dayanımlı kayalar genellikle daha gevrek ve kırılımandır. Böyle kayalarda şok enerjisi ve gaz enerjisi oranı daha dengeleyici patlayıcı maddeler kullanmak daha iyi sonuç verir. Ancak plastik ve kolay şekil değiştirebilen kayalarda şok enerjisi daha çabuk sönmüldüğünden ve bunları daha iyi gevşetmek, parçalamak amacıyla gaz enerjisi şok enerjisine göre daha fazla olan örneğin ANFO türü patlayıcı maddeleri kullanmak daha yararlıdır.

Kayalardaki gözeneklilik ise kristaller arasındaki homojen gözeneklilik ve sonradan oluşmuş düzensiz gözeneklilik, örneğin karstik erime boşlukları vb., olarak iki türdür. Gözenekli kayalarda da ANFO gibi gaz enerjisi fazla olan patlayıcılar kullanmak, bu tür patlayıcıları kapsül ya da kartuş içerisine koyarak delik duvarı ile patlayıcı madde arasında boşluk bırakmak (ayrık patlatma), sıkılamayı iyi yaparak gaz enerjisinin etkinliğini artırmak alınabilecek tedbirler arasındadır [37].

#### **4.1.4 Yeraltı suyu**

Kaya yapısının su içermesi, delme sırasında önemli sorunlar yaratmaktadır. Delik içerisinde su bulunması, dirençli patlayıcıların kullanılmasını gerektirebilir.

Yeraltı suyu ve seviyesinin, kaya yapılarının sismik özelliklerini etkilediği bir gerçektir. Yapılan çalışmalara göre çatlakların içerdiği su yayılma hızını olumlu yönde etkilediği gibi, enerji sönmelerini de azaltmaktadır. Ayrıca yer sarsıntısını da istenmeyen uzaklıklara taşınması ile de sorun yaratabilecektir [36].

#### **4.2 Kayaç Özellikleri**

Bir kayacı jeolojik, petrografik ve dayanım özelliklerinin tümünü içeren bir sayı ile ifade etmek mümkün değildir. Bu yüzden, bunu atım boyu açısından da tanımlamak oldukça güçtür. Pratikte hem sert, hem de yumuşak kayaçlarda büyük atım boyları elde edilmiştir. Ancak, patlatma sonucu meydana gelen açıklığın doğal duraylılığı bunun büyüklüğünü etkilemekte ve bunların uzunlukları kayacın yapısına göre değişmektedir. Çünkü, boşluğun göçmeksizin açık kalabilmesi kayacın özelliklerine bağlıdır. Doğal duraylılığı zayıf kayaçlarda, patlatma tekniği açısından mümkün atım

boyu uzunluğu tam olarak kullanılmamakta, daha ziyade işletme koşullarına uygun, optimum bir uzunluk seşilmektedir. Büyük atım boylarında tahkimat gecikmesi, kavlak ve çatlakların artmasıyla gk tehlikesini beraberinde getirmektedir. Sert kayaçlarda açıklığın doğal duraylılığı yüksek olduğundan bu gibi sorunlara rastlanmamakta, dolayısıyla atım boyu büyüklüğü bundan etkilenmemektedir [38].

### **4.3 Patlayıcı Maddeler**

Günümüzde, açık işletme maliyetinin yaklaşık %15-20' sini patlatma işlemlerinin maliyeti oluşturmaktadır [14]. Işletme maliyetlerinde bu denli önemli yeri olan patlatma işlemlerinin gerekli hassasiyetle yapılabilmesi ve patlayıcı maddelerde maksimum verimin alınabilmesi ancak doğru patlayıcı madde seçimi ve uygun delik geometrisi ile sağlanır.

Patlayıcı maddeler, ısı, darbe veya sürtünme sonucu, çok hızlı bir Şekilde reaksiyona giren, genellikle gaz ürünleri veren organik veya inorganik bileşimler veya karışımlardır. Patlayıcı maddelerin ayrışması ani yanma Şeklinde olur. Yanma sonucu patlayıcı maddeyi meydana getiren katı, plastik veya sıvı haldeki kimyasal maddeler, patlatmadan önce kapsadıkları hacme göre 500-600 kat veya çok daha fazla hacimdeki gaz haline geçerler [22].

Patlayıcı maddelerin suya karşı dayanıklılık özelliklerinin iyi bilinmesi ve bu özelliklerine uygun patlayıcı seçimi yapılması uygulamada çok önemlidir. Yanlış bir seşimle suya karşı dayanıksız patlayıcıların sulu ve nemli ortamda kullanılması durumunda, patlayıcı maddelerin hiç patlamaması veya kısmen patlaması durumu ortaya çıkar. Bu durum, çalışma emniyeti açısından sakıncalı olduğu gibi büyük ekonomik kayıplara neden olur. Bu nedenle sulu ortamlarda yapılan patlatma işlemlerinde genellikle suya karşı dayanıklı patlayıcılar kullanılır.

#### **4.3.1 Patlayıcı maddelerin zellikleri**

Patlayıcı madde kullanan bir kurumun kullanacağı maddeyi doğru olarak seçebilmesi için bilmesi gereken bazı özellikler vardır. Bu zelliklerin çok iyi bir Şekilde

incelenmesi yaşamsal açıdan çok önemlidir. Çünkü patlayıcı madde kullanımında bir kez hata yapma imkanı vardır ikinci bir şans bulunmamaktadır.

Patlayıcı maddeler önceleri daha çok Nitrogliserin esaslı oldukları için özellikleri buna bağlı olarak ele alınmıştır. Başlangıçta kurşun blok testi, detonasyon hızı, yoğunluk gibi özellikler üzerinde durulurken yeni nesil patlayıcılar ile birlikte birçok değişik özellik ortaya çıkmıştır. Bunların bazıları sırasıyla incelenecektir.

#### 4.3.1.1 Detonasyon hızı

Patlatmanın, patlayıcı içerisinde bir saniyede metre olarak ilerleme hızına 'Detonasyon Hızı' denir. Kırılma işleminin başlangıcıdır. Fuel ve oksitleyici kombinasyonlarını içeren bir patlayıcı karışım, detonasyondan hemen sonra yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazlara dönüşmektedir. Detonasyondaki sıcaklık aralığı yaklaşık olarak 3000 - 7000 °F (1650 - 3870 °C) ve basınçlar ise 9 - 275 kbar arasındadır. Çizelge 4.1'de bazı patlayıcıların bilgileri verilmiştir [39].

Çizelge 4.1.Patlayıcı madde ve yoğunluk ilişkisi [39]

Patlayıcı madde	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Detonasyon hızı (kbar)	Detonasyon basıncı (bar)	
ANFO	0,81	3657,6	1.86	27365.24
Powermax420	1,19	5791,2	6.89	101352.74
Hi-prime	1,40	6096,0	8.96	131758.57
"G" Booster	1,60	7924,8	17.30	2543953.99

#### 4.3.1.2 Yoğunluk

Patlayıcı maddenin birim hacminin ağırlığıdır. Detonasyon süresince birim zamanda devreye giren kütleyi gösterir. Ayrıca patlayıcının duyarlılığının ve detonasyon basıncının oluşmasında da önemli rol oynar. Patlayıcı maddenin yoğunluğu dizaynda ve patlayıcının kuvvetinin belirlenmesinde kullanılan bir parametredir. Genel olarak yüksek yoğunluk daha fazla enerji üretimini gösterir [15].

#### 4.3.1.3 Detonasyon basıncı

Detonasyon basıncı patlayıcı madde içinde yayılan şok dalgasından kaynaklanan ani bir basınçtır. Bir patlayıcı madde için ilk ateşleyici (yemleme) seçimi açısından çok önemlidir.

#### 4.3.1.4 Detonasyon stabilizesi

Detonasyonun, patlatma kolonu boyunca sabit bir şekilde devam edebilmesidir. Bu özellik, patlayıcı maddelerin detonasyona kesintiye uğramadan devam edebildiği minimum çaplar ile ifade edilir. Bu minimum çaplar kritik çap olarak adlandırılır.

Çizelge 4.2. Bazı patlayıcı maddelerin kritik çapları [40].

Tip	< 1 inç	1-2 inç	> 2 inç
Jelatin dinamit	*		
Ambalajlı slurry	*	*	*
Anfo	*		
Anfo-Slurry karışımı		*	*

#### 4.3.1.5 Suya dayanıklılık

Patlayıcının su altında kalabileceği ya da suya dayanabileceği süre olarak ifade edilir. Emülsiyon patlayıcılar kimyasal olarak suya dirençli olduklarından su içinde dahi paketlemeye bağlı olmadan patlatma özelliklerini kaybetmezler. ANFO ise Amonyum nitratın suda çözünmesinden dolayı suyla karşılaşınca patlayıcı madde özelliklerini kaybederler. Bu yüzden sulu deliklerde emülsiyon patlayıcıların kullanılması en iyi çözümdür [22].

#### 4.3.2 Patlayıcı madde seçimi

Patlayıcı madde seçimine etki eden faktörleri, patlayıcı madde cinsi ve özellikleri, maliyet, istenen parçalanma derecesi, kaya koşulları, temin edilebilirlik ve su durumu gibi şantiye koşulları şeklinde sıralayabiliriz.

Termik randımanı ve parçalanma verimi yeterli olmak koşuluyla maliyeti en ucuz olan patlayıcıyı kullanmak en doğru yoldur.

Kaya koşulları da önemlidir. Yumuşak veya çok çatlaklı kayalarda düşük yoğunluklu, düşük güçlü patlayıcılar, sert ve masif kayalarda ise yüksek yoğunluklu ve güçlü patlayıcılar iyi sonuç verir. Kil gibi plastik formasyonlarda da fiziksel kavrama oranını düşürmek veya daha çok gaz basınca verebilen patlayıcı kullanmak gerekir.

Kullanılan delik makinesinin delebileceği bir delik çapı vardır. Kullanılacak patlayıcı madde bu delik çapı ile uyum sağlayabilecek biçimde seçilmelidir. Günümüzde 2 inç ile 5 inç arasında değişen çaplarda delik delen makineler vardır. Delik çapı küçüldükçe daha hassas ve güçlü patlayıcılar, delik çapı büyüdükçe daha az hassas, daha az güçlü patlayıcılar en ucuz ve en verimli patlamayı sağlarlar. Kullanılacak patlayıcı madde seçiminde delik delme maliyeti de önemlidir. Ayrıca kayanın sertliği, yoğunluğu ve masifliği arttıkça delik delme maliyeti de artar. Böyle kayada ucuz olduğu için ANFO kullanmak, delik maliyetinin fazlalığı nedeniyle toplam maliyetin artmasına neden olur. Bu durumlarda delme patlatma maliyetini en aza indirecek çözümün bulunması gerekir. Çoğu hallerde patlayıcı madde gücü ve yoğunluğunu ayarlayarak çözüm bulunur.

Kuru deliklerde kaya koşullarına uyum sağlayan her türlü patlayıcı madde kullanılabilir. Ancak büyük çaplı deliklerin düşük maliyetle delinebildiği kuru formasyonlarda en ucuz patlatma ANFO ile gerçekleştirilebilir. Sulu patlayıcı karışımlarını ancak çok sulu deliklerde kullanmak gerekir. Eğer seyyar bir pompa ile suyu atmak mümkün olursa deliklerde ANFO kullanılabilir.

Patlayıcı maddelerin seçiminde depolama, hazırlama, taşıma kolaylıkları ile mevcut çalışanların eğitim durumu da dikkate alınmalıdır. Bu özellikle emniyet açısından önemlidir. Bölgenin iklim koşulları da hem depolama hem de kullanım bakımından önemlidir [14].

#### **4.3.3 Patlayıcı maddelerin sınıflandırılması**

Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve önemli bir yere sahip olan patlayıcılar şunlardır:

- Ateşli Patlayıcılar
- Yüksek Hassasiyetli Patlayıcılar
- Patlayabilir Karışımlar

#### 4.3.3.1 Ateşli patlayıcılar

Bunlar çok hassas ve patlaması çok kolay patlayıcılardır. Adından da anlaşılacağı gibi bunlar diğer patlayıcıların ilk ateşlemesinde diğer bir deyişle kapsül imalatında (infilaklı fitil) kullanılır. Bakır veya alüminyum yüksüklere konular ve bunların patlamasıyla meydana gelen çok şiddetli darbe veya çok daha az hassas olan esas patlayıcı maddeyi patlatır. Kapsül imalatında kullanılan başlıca ateşleyici patlayıcılar Çizelge 4.3'te verilmiştir [41].

Çizelge 4.3. Başlıca ateşleyici patlayıcılar [41]

Adı	Formül	Kullanım Alanı	Patlatma Hızı(m/sn)
Pentaeritrol tetra nitrat	$C_5H_8N_4O_{12}$	Kapsül infilaklı fitil	830°
Kurşun Azot	$Pb(N_3)_2$	Kapsül	-
Civa Tulmanit	$Hg(ONC)_2$	Kapsül	-
RDX		Kapsül	835°

Kapsül imalatında kullanılan bu patlayıcılar büyük miktarda gaz çıkan ve doğrudan kaya patlatma işlerinde kullanılmaz. Ancak yerel ve çok kuvvetli şok yarattıklarından dinamitleri ateşlemekte kullanılırlar.

#### 4.3.3.2 Yüksek hassasiyetli patlayıcılar

Bütün cins dinamitler bu gruba girerler. Bunların patlatma hızı genellikle 2500-7600 m/sn' dir. Patlatmaları bir kapsülün verdiği ani ve çok şiddetli patlama sonucu çok miktarda ve yüksek basınç altında gaz çıkarırlar. Böylece kaya şokla parçalanır ve gaz basıncı ile kaya ileri püskürtülür. Bunların çeşitleri şöyledir: Nitrogliserin dinamitler, Amonyum nitratlı dinamitler, Jelatin dinamitler, Yarı jelatin dinamitler, Antigrizutin dinamitlerdir.

Amonyum nitratlı dinamitler tane görünümündedir. Bu dinamitlerde nitrogliserin miktarı çok azaltılmıştır. Nitrogliserin hassaslaştırıcı olarak kullanılır. Esas enerji kaynağı amonyum ve sodyum nitratıdır. Bu dinamitler ısı ve şoka daha az hassas, suya daha az dirençlidir. Hem nitrogliserin hem de amonyum nitrat esaslı dinamitler genellikle açık ocaklarda dip şarj veya yemleyici olarak kullanılırlar. Bunların kartuşları sudan

etkilenmemeleri için deliğe kırılmadan atılmalıdır. Jelatin veya yarı jelatin dinamitler sudan etkilenmeyecek bir yapıya sahiptirler. Bu dinamitlere ilave edilen nitrokoton nitrogliserin ile birleşerek kıvamlı ve yapışkan bir jel oluşturur. Nitrokoton yüzdesi arttıkça yapışkanlık artar. Nitrokoton ile nitrogliserini çözündürerek elde edilen suya dirençli jel suda erimez ve dinamit katkı maddelerini birbirine yapıştırır [41].

#### **4.3.3.3 Patlayabilir karışımlar**

##### **a) ANFO**

Dünyada en yaygın olarak kullanılan patlayıcı olup, ağırlıkça %94,5 Amonyum Nitrat ile %5,5 oranında mazot karışımından oluşmaktadır. ANFO'yu ateşlemek için kullanılan ilk patlayıcının (primer), patlatma deliğinin çapına yakın çapta ve stabil bir detonasyon için uygun uzunlukta olması gerekir.

ANFO'nun suya mukavemeti olmadığı için, sulu ve nemli deliklerde torbalama işlemi yapılarak kullanılmaktadır. Torba ağzında tam bir sızdırmazlık sağlanamayacağı ve şarj esnasında torbaların yırtılabileceği için sulu deliklerde kullanım olumsuz sonuç yaratmaktadır. ANFO'nun verimi, önemli ölçüde delik çapına bağlıdır. 2" (51 mm) altında deliklerde patlatmak risklidir. 6" (150 mm)'te anfo optimum düzeyine ulaşır. Anfo genelde orta ve büyük çaplı deliklerde kuru ortamlar için tercih edilmelidir (75-250). ANFO kullanılan küçük ve orta çaplı deliklerde (25-100mm) ateşleyici olarak infilaklı fitil kullanımı sakıncalıdır [14].

##### **b) Watergel patlayıcılar**

Temel hammaddesi amonyum nitrat olan karışımlardır. Amonyum nitrat oksijen verici bir rol oynamakta olup karışım %10-30 arasında su içermektedir. TNT, alüminyum veya methylamin nitrate (M.A.N.) gibi organik bileşiklerle duyarlı hale getirilmiştir. Kapsüle duyarlı veya kapsüle duyarlı olmayan türlerde üretilmektedir. Watergel patlayıcılar slurry patlayıcılar olarak da isimlendirilmektedir.

### c) Emülsiyon patlayıcılar

Emülsiyon patlayıcılar, dünyada 1970'lerde kullanıma girmiş olan 'üçüncü nesil' patlayıcılardır. Yemleme ile patlayan ve kapsül ile patlayan olmak üzere iki türdedir. Fiziksel yapı itibarıyla emülsiyon patlayıcılar çok ufak (mikron seviyede) Amonyum nitrat solüsyonu parçacıklarının ve diğer oksijen vericilerin "yakıt fazı" denilen yağ ve özel birtakım hidrokarbonların içinde homojen olarak dağılmasından oluşur. Yakıt olan ve hidrokarbon türevi maddeler oksitleyici olan mikroskobik nitrat solüsyonu damlacıklarının etrafında bir film gibi kaplayarak onların sudan korunmasının yanında çok iyi ve çok geniş kontak yüzeyi sayesinde yüksek patlama hızı sağlar. Diğer sıvı ve plastik patlayıcıların aksine emülsiyon içerisinde nitrogliserin, TNT vs. gibi duyarlı patlayıcılar yoktur. Bunların yerine milimetrenin onda biri çapında mikrocam balonlar emülsiyonları duyarlı hale getirirler. Bu balonları kapsülden çıkan başlatıcı, sıcaklığın kafi derecede yükselmesiyle patlayıcı içerisinde hızlı patlama yanmasını sağlar [14].

Standart üretim çapları:

Yemleme ile patlayan : 50 60 70 90 125 140 (mm)

Kapsül ile patlayan : 60 70 90 125 140 (mm)

Teknik özellikleri:

Yoğunluk :1,25-1,27 gr/ml

Detonasyon hızı:5500-6500 m/s

Suya direnci : Mükemmel

### 4.4 Ateşleme Sistemi

Patlatma işlemlerinin başarısı, uygulanacak ateşleme elemanları ile ateşleme yönteminin doğru seçimi ile doğrudan ilişkilidir. Önceleri, ateşleyici olarak emniyetli fitiller kullanılmış ve kara barut bu fitiller ile ateşlenmiştir. Dinamitin kullanılmaya başlaması sonucu, dinamitin emniyetli fitil ile kullanılmaması, değişik bir sisteme ihtiyaç duyulması sonucu cıva fulminatlı kapsüller kullanıma girmiştir.

Günümüzde kullanılan ateşleme yöntemleri;

- 1- Emniyetli fitil- Adi Kapsül
- 2- Elektrikli kapsüller

- 3- Elektriksiz kapsüller
- 4- İnfilaklı fitil
- 5- Hercudet

#### **4.4.1 Emniyetli fitil-Adi kapsül**

Çok eskiden beri kullanılan ateşleme sistemlerinden biridir. Bir ucu açık olan ve fitil yerleştirildikten sonra özel pense ile sıkıştırılan bu kapsüller sulu deliklerde kesinlikle kullanılmamalıdır. İlke olarak kapsül içindeki birincil şarjı alevle patlatmaya dayanır. Kapsüller ilk zamanlar değişik patlayıcı madde miktarı kullanılarak (0,8 gr) 6 no kapsül ve (1,0 gr) 8 no kapsül olarak üretilirken, günümüzde sadece 8 no kapsüller üretilmektedir.

Bu kapsülleri patlatmada kullanılan fitil emniyetli fitil veya katranlı fitil adıyla da bilinmekte olup, bu fitilin ortasında kara barut bulunmakta, barut bir bez ile sarılıp, beze katran, balmumu, plastik vb. emdirilerek su yalıtımı sağlanmaktadır. Fitilin standart yanma hızı  $115 \pm 15$  s/m olduğundan emniyet açısından, uygulama sırasında kullanılan fitil boyunun en az 1 m olmasına dikkat edilmelidir. Bu durumda patlatma sahasından uzaklaşabilmek için bir buçuk dakika zaman kalmaktadır. Fitil boyları hesaplanırken ateşlenecek delik toplam sayısı ve fitil yanma hızı göz önünde bulundurulmalıdır.. Kaçacak yeterli zamanı mutlaka sağlamak için bir arada en çok beş delik patlatılmalıdır. Emniyetli fitil yüksek ısı çıkaran güçlü bir alev ile ateşlenmelidir. Ülkemizde fitilin ateşlenmesi için yaygın olarak kullanılan kibrit, çakmak ve karpit lambalarının kullanımı A.B.D.'de yasaktır. A.B.D.'de bu amaçla yavaş hızda fakat yüksek ısı vererek yanan özel ateşleme teli, ateşleme fitili vb. kullanılmaktadır [14].

#### **4.4.2 Elektrikli kapsüller**

Adi tahrip kapsüllerinin yarattığı zamanlama sorununu ortadan kaldırmak ve deliklerdeki patlayıcıları, istenilen zamanda ve milisaniye mertebesinde aralıklar ile patlatabilmek için, elektrikli kapsüller kullanıma girmiştir.

Elektrikli kapsüller gecikmeli ve gecikmesiz elektrikli kapsüller olmak üzere iki gruba ayrılır. İlke olarak adi tahrip kapsülü ile aynı olan elektrikli kapsüllerde, birincil şarjı

patlatmak için fitilin alevi yerine bir kibrit başı vardır. Kibrit başı ise elektriksel bir direnç tarafından ateşlenir. Gecikmeli elektrikli kapsüllerde ise, kibrit başı ile birincil şarj arasında gecikme aralığına göre boyu değişen bir gecikme vardır. Gecikme elemanları, yanma süreleri belli olan piroteknik maddelerdir. Boyları hassas olarak kesilir ve gecikme aralıkları sağlanır. Doğaldır ki, milisaniye gecikme elemanları ile yarım saniye gecikme elemanları başka başka maddelerdir [36].

Elektrikli kapsül kullanımında en hayati nokta kapsülün elektriksel direncidir. Önemi iki noktadan kaynaklanır;

- Planlama yaparken devrede manyeto kapasitesinin üzerinde kapsül bulundurup ateşin kesmesine neden olmak.
- Bir iş yerinde her zaman bulunabilen veya atmosferik şartlarda (yıldırım) hatta telsiz gibi cihazların yarattığı manyetik alanlar nedeni ile kaza patlamalarına yol açmak.

#### **4.4.2.1 Elektrikli kapsüllerin seri devrede kullanımı**

Eğer planlaması yapılan ateşleme ufak ise, basit olması nedeni ile seri devre kullanılır. Bu durumda kapsüllerin toplam direnci artı, devre bağlantısı direnci artı, ana hat direncinin, manyetonun kapasitesini aşmaması gerekir. Hatta belli bir güvenlik payı bırakmakta yarar vardır. Buna göre;

$$R_{top} = n \times R_{kap} + R_{bağ} + R_{ana} \quad (4.1)$$

olarak hesaplanır.

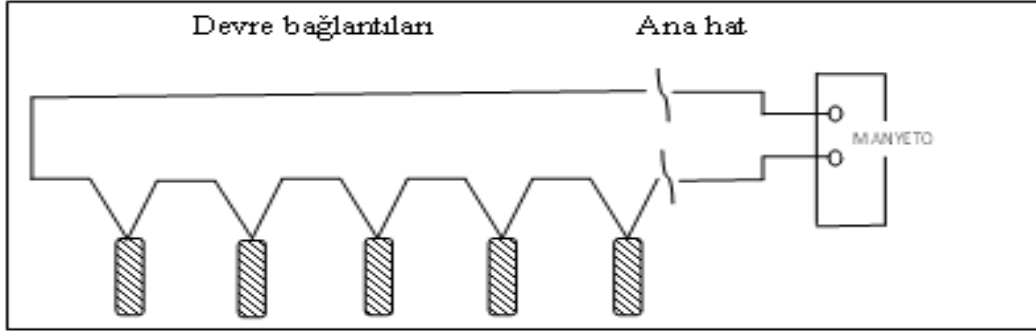
Burada;

$n$  = Kapsül adedi

$R_{kap}$  = Kapsülün direnci

$R_{bağ}$  :=Bağlantı devresi direnci

$R_{ana}$  =Ana hat direnci



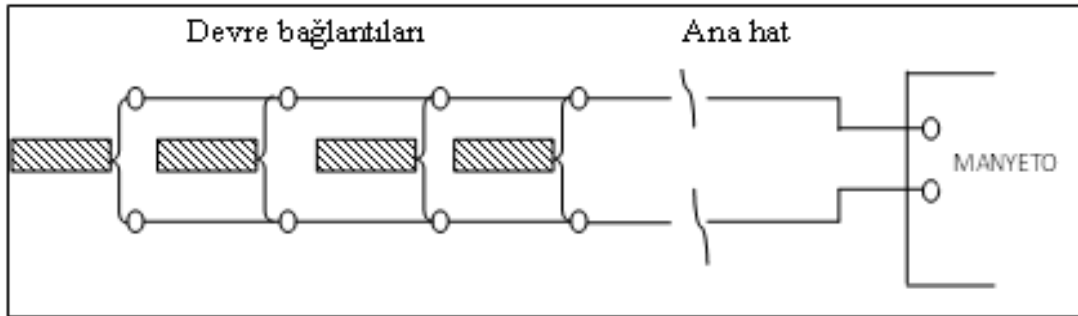
Şekil 4.3 Seri devre [36]

#### 4.4.2.2 Elektrikli kapsüllerin paralel devrede kullanımı

Planlanan ateşlemede direncin düşürülmesinde yarar görüyor ise, paralel devre kullanılır. Burada devrenin toplam direnci yine yukarıdaki semboller kullanılarak;

$$R_{top} = R_{kap} / n + R_{bağ} + R_{ana} \quad (4.2)$$

olarak hesaplanır.



Şekil 4.4 Paralel devre [36]

#### 4.4.2.3 Seri lup devrelerin paralel bağlanması

Uygulamada en çok karşılaşılan bağlantı şeklidir. Seri bağlanarak oluşturulan luplar, birbirine paralel olarak bağlanır.

Burada;

$n$  = Bir luptaki kapsül adedi

$a$  = Lup adedi

$R_{kap}$  = Kapsülün direnci

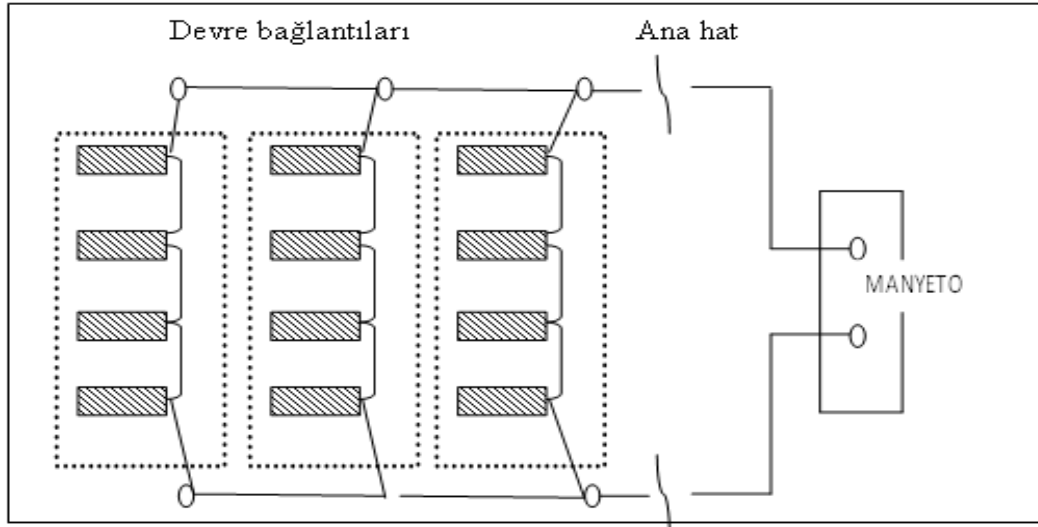
$R_{bağ}$  = Bağlantı devresi direnci

$R_{ana}$  = Ana hat direnci

olursa;

$$R_{top} = n \times R_{kap} + R_{bağ} + R_{ana} \quad (4.3)$$

formülü ile hesaplanır.



Şekil 4.5 Seri lup devrelerinin paralel bağlanması [36]

#### 4.4.3 Elektriksiz kapsüller

Hem kullanımda hem de depolamada büyük kolaylık sağlar. Yüksek hassasiyeti uzun periyotlu delik içi kapsülleri ve bir seri kısa gecikmeli yüzey bağlantı bloğunun birlikte kullanılmasından oluşmaktadır. Milisaniye geciktirme gereken her türlü patlatma işlemleri için uygundur, fakat tünel patlatmaları için tasarlanmamıştır. Farklı yapılarıdaki patlatma operasyonlarında, ateşleme sistemi gecikme zamanlarına olan değişen ihtiyaçları karşılamak için, delik içi kapsüllerde 5 farklı ana gecikme ve yüzey bağlantı bloklarında 7 farklı gecikme bulunmaktadır.

#### 4.4.4 İnfilaklı fitil

İnfilaklı fitil, ortasında kapsülle patlatılabilen, ortalama 11 gr/m miktarında yüksek hızlı bir patlayıcı madde bulunan esnek bir plastik tüptür. Yüksek kudretli infilaklı fitiller 40 gr/m patlayıcı madde içerir. Ancak bunlar çok fazla hava şoku yaratırlar. Tüpün çevresi suya karşı dirençli maddeler emdirilmiş bir dokuma kılıfla kaplanmıştır. İnfilaklı fitil

delikteki yemi doğrudan ateşler, infilaklı fitilin kendisi ise fitile bağlanmış bir kapsülle ateşlenir. İnfilaklı fitil kullanıldığında gecikmeli patlatma dışında kalın gecikme röleleri ile sağlanır. Röleler 5-400 ms arasında değişen sürelerde gecikme sağlayabilir. Gecikme rölesi adeta iki ucu açık bir alüminyum boru içinde dip tarafları birbirine temas edecek şekilde yerleştirilmiş iki kapsülden oluşur. İnfilaklı fitilin tek sakıncası gürültü ve hava şoku yaratmasıdır [41].

#### **4.4.5 Hercudet**

Sistem gaz ile çalışmaktadır. Gaz, %60 hava + %40 gaz karışımı şeklinde kullanılmaktadır. Gaz  $CH_4$  ve  $H_2$  'den oluşur. Kaçakların önlenmesi amacı ile bir koku mekanizması kurulmuştur. Sistem başlıca dört aşama içerir.

- Bağlantı aşaması; Seri ve paralel bağlama yapılabilir.
- Nitrojen veya hava ile akış basıncı (flow pressure) ve kaçakların test edilmesi.
- Şarj işlemi; Borulara gaz verme işlemi.
- Ateşleme; Gaz herhangi bir ateşleyici ile ateşlenir.

Sistem detonasyon sonrası 2400m/sn'lik dalgalar iletir. Gecikme doğal olarak sağlanıyor [13].

#### **4.5 Manyetolar**

Ateşleme araçlarının en başta gelenidir. En fazla kullanılanı, dinamo yardımıyla akım oluşturan dinamo tipi ateşleme elemanıdır. Ateşleme işinde pil ve aküler ile normal elektrik şebekesi de kullanılmaktadır. Dinamo tipi manyetolar, prensip olarak elle hareket ettirilen bir dinamodur. Dinamoya hareket verme, bir kolu bastırmak veya bir kolu çevirerek olur. Bu hareketi her zaman aynı kuvvetle yapabilmek için, önce manyetodaki yay gerdirilir sonra düğmeye basmakla dinamo harekete geçirilmiş olur. Ancak bu tip makinelerde, her 500 ateşlemeden sonra değiştirilmesi gerekir.

#### 4.6 Ateşleme telleri

Ateşleme telleri, manyetonun elektrikli kapsüllerle bağlanmasını sağlayan bakır veya demir tellerden yapılır. Tellerin mutlaka yalıtkan bir madde ile kapatılmış olması gerekir. Aksi halde kaçak akım, kısa devre yaparak zamansız patlamalara neden olacağı gibi, başka yere değmesiyle direnç büyüyeceğinden, manyeto etkisiz kalabilir. Gidiş ve dönüş telleri mutlaka ayrı olması gerekir. İkisinin aynı muhafaza içinde bulunması yasaklanmıştır.

#### 4.7 Özgül şarj

Herhangi bir kayada istenen parçalanma derecesini elde etmek için bir deliğe konacak patlayıcı madde miktarının büyük oranda kaya özelliklerine bağlı olduğu bilinmekle birlikte, bu kritik ilişki birçok kaya özelliklerinin birlikte etkili olması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu itibarla belirli teorik yaklaşımlar olmasına rağmen günümüzde kullanılacak özgül şarj çoğunlukla, her bir kaya birimi için deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir. Bu yüzden kayanın madde ve kütle özellikleriyle, optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirmek önemini korumaktadır (Çizelge 4.4) [42].

Çizelge 4.4 Sen [32]'e göre kayaç tipine bağlı olarak özgül şarjın belirlenmesi

Genel kategori (Tek eksenli basınç dayanımı,MPa)	Kayaç tipi	Özgül şarj, kg/m <sup>3</sup> (Referans olarak)	Kaya faktörü, A (Kuz-Ram model)
Sert (>200)	Andezit Dolerit Granit Siderit	0,70	12-14
Orta (100 - 200)	Dolomite Hornfles Kuvarsit Serpantin	0,45	1-11
Yumuşak (50 - 100)	Kumtaşı Kireçtaşı Şeyl	0,30	8-9
Çok yumuşak (<50)	Kömür	0,15-0,25	6

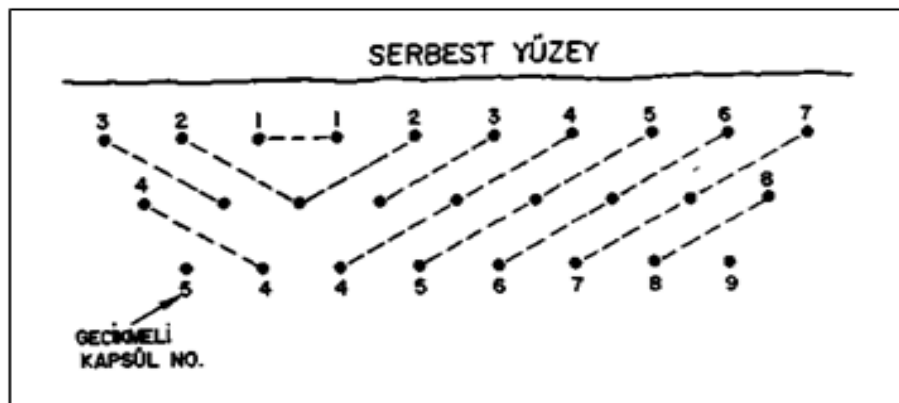
#### 4.8 Delik Düzgünlüğü

Deliklerin düzgün olmaması, kötü parçalanmaya, tırnak oluşumuna, aşırı dağılma ve taş fırlamasına sebep olur. İki deliğin dibi birbirine çok yakınsa (aşırı yerel şarj demektir) ya da çok uzaksa (düşük özgül şarj) çok kötü sonuçlar ortaya çıkabilir. Delik sapması arttıkça delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı azaltılmalıdır. Fakat bu da fazla maliyete yol açar [16].

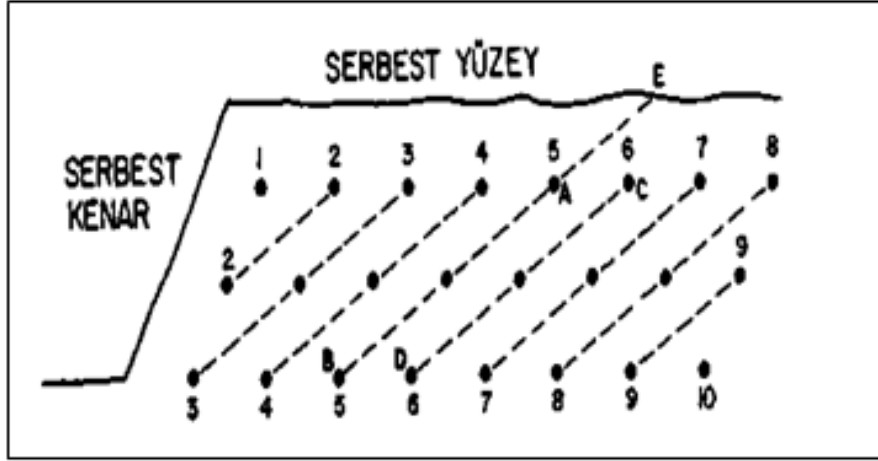
#### 4.9 Delik Düzeni

Pratikte özgül şarj ve dilim kalınlığı parametrelerini doğrudan etkileyen birbirinden farklı delik düzenleri uygulanmaktadır. Açık maden ocaklarında basamak patlatmalarında; kare, şeşbeş ve İsveç delik düzenleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Kare düzende dilim kalınlıklarının, delikler arası mesafeye eşit olması ve deliklerin birbirinin arkasına gelmesi nedeniyle basamak içerisinde patlayıcı madde dağılımı yeterli olmamakta ve iri parçalı malzeme ile tırnak oluşumu olasılığı artmaktadır. Bu nedenle kare düzen, iri parça oluşumunun çok önemli olmadığı dekapaj işlemleri ile düşük dirençli kayaların patlatılmasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [43].

Şeşbeş delik düzeninde ise delikler bir eşkenar üçgenin köşelerini oluşturacak şekilde delinirler (Şekil 4.6). Bu düzende delikler arası mesafe, dilim kalınlığının %115'i ( $S=1.15B$ ) değerinde olup patlayıcı maddenin basamak içine daha iyi dağılımı söz konusudur. Ayrıca şeşbeş delik düzeninde patlatma sonrası oluşan yığının tane dağılımı kare düzene göre yaklaşık % 10 daha düzgün gerçekleşmektedir (Şekil 4.7) [2].

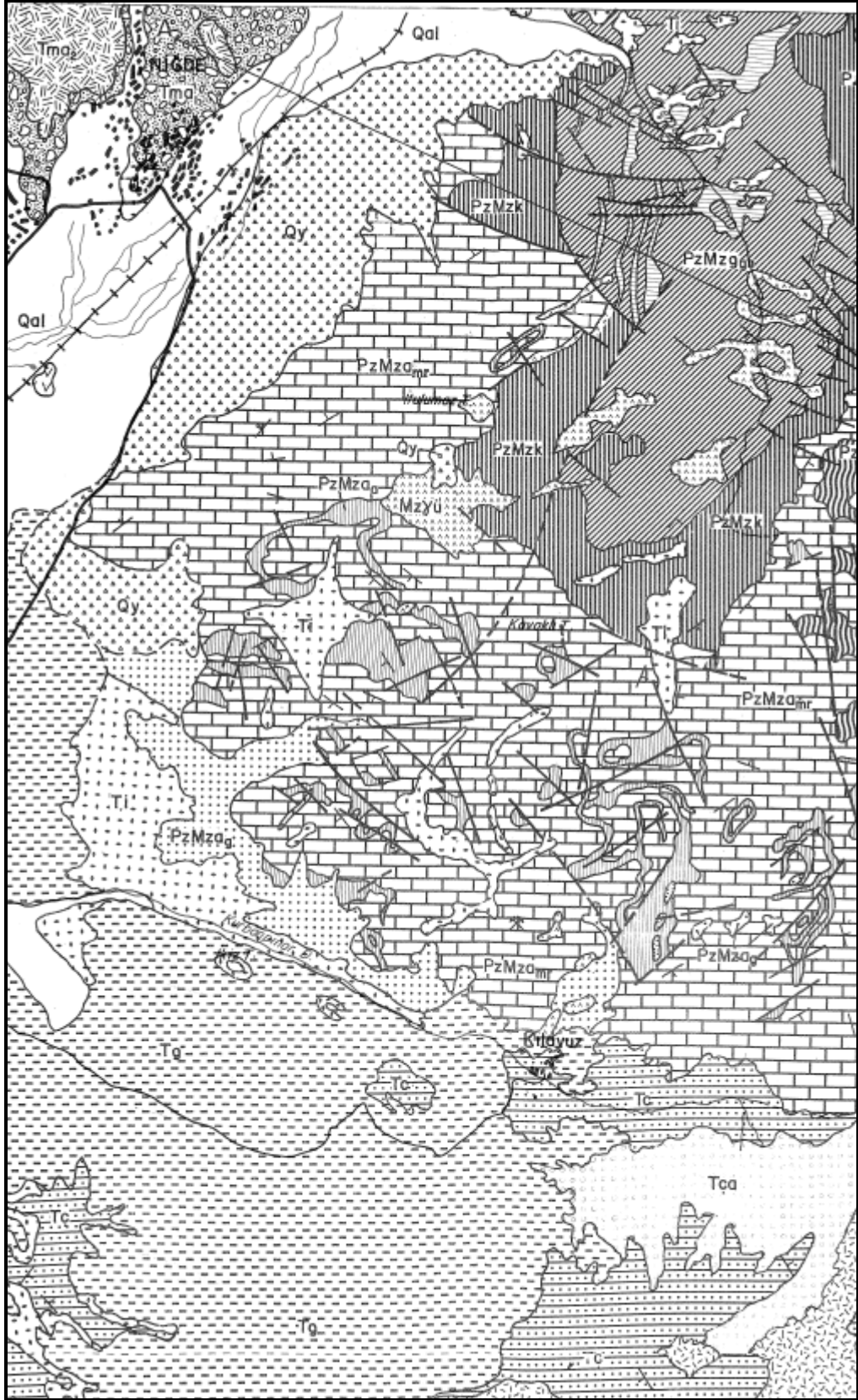


Şekil 4.6 Bir serbest yüzeye doğru çapraz ateşlenen şeşbeş delik düzeni [34]



Şekil 4.7 İki serbest yüzeye doğru çapraz ateşlenen şaşbeş delik düzeni [34]





Şekil 5.2 Çalışma alanı jeoloji haritası

## 5.1 Bölgenin Stratigrafisi

Bölgede sık rastlanan formasyonlar: Karahamzauşağı formasyonu, Demirkazık formasyonu ve Yavça Formasyonu'dur. Bu formasyonlar ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

### a) Karahamzauşağı formasyonu (PKbk)

Birimin alt bölümü sarımsı gri, kahverengi gri, koyu gri, ince-orta kalın katmanlı, demirli, killi, bol fosil taneli yer yer dolomitleşmiş ve neomorfik-istif taşı türünde kireçtaşından oluşmuştur. Kimi düzeylerde laminalanma, stilolitleşme görülmektedir. Daha sonra yaşilkahverengi gri, ince-orta kalın katmanlı, terrijen taneler kapsayan kireçtaşı gelmektedir. Vaketaşı-tane taşı özellikli olan kireçtaşı ince çamur taşı marn ara katmanları kapsamaktadır. Bu kesimde alglerin fosil tanelerini onkoidal şekilde sararak oluşan tane taşı vaketaşı düzeyleri gözlenmektedir. Üst kesim mavi, yeşil, kahverengi kuvars kumtaşı, kuvarsit ve çamur taşı marn ara katmanlı ince-orta kalın katmanlı kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Aynı zamanda gri renkli, ince-kalın katmanlı kireçtaşı ve marn düzeyleri de gözlenmektedir [44].

### b) Demirkazık formasyonu (JKd)

İnceleme alanında başlıca kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit ve pelajik foraminiferli mikritik kireçtaşı yapıları birim Demirkazık formasyonu olarak isimlendirilmiştir. İstifin taban kesiminde; gri renkli, sert, keskin köşeli kırıklı, yer yer çörtlü, kalsit dolgulu limonitleşmeli, kalın-çok kalın katmanlı mikritik kireçtaşı bulunmakta olup, üzerine koyu gri, sarımsı boz renkli, kalın katmanlı, sert yer yer kalsit dolgulu, seyrek çört bantlı, kıt fosilli kireçtaşı gelmektedir. İstifin daha üst kesimini oluşturan açık gri-sarımsı renkli, kalın katmanlı dolomit ince-orta kristallidir. Dolomit içinde yer yer sarı-kahverengi çamur taşı bulunmaktadır [44].

### c) Yavça formasyonu (Ky)

Tabanda pembe renkli, pelajik foraminiferli mikritik kireçtaşı ile başlayıp, üzerine bol ofiyolit ve kireçtaşından türeme ögeli türbiditik çökellerden oluşan birim Yavça

formasyonu olarak ayırtlanmıştır. İstifin tabanındaki kireçtaşı-pembe renkli, ince-orta kalın katmanlı ve bol pelajik foraminiferli biyomikritik kireçtaşından oluşmakta, üzerine açık-koyu yeşil, sarı-kahverengi kırıntılar gelmektedir. Bunlar başlıca; köşeli taneli kireçtaşı, radyolarit, çört, bazalt, kuvarsit ve serpantinden türeme ögeli, ince-kalın katmanlı, kötü boylanmalı, seyrek çakıllı kumtaşı çamur taşı ve yeşilimsi gri, siyah renkli, ince katmanlı, yer yer laminalı şeyl ardalanmasından oluşmaktadır [44].

## 5.2 Kayaç Özellikleri

Taş ocaklarında kayaç cinsi olarak kalsit bulunmaktadır. Bütün kireçtaşlarının % 90'ından fazlası kalsitten oluştuğundan, kalsitin en önemli kaynağı kireçtaşlarıdır. Ancak kalsitin pazarlanmasında saflığı önemli olduğundan bütün kireçtaşlarının kalsit olarak değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır.

Kalsitin en önemli kaynaklarından biri yeraltı suları ile oluşan damar şekilli kalsit ve aragonit yığılımlarıdır. Bunların saflığı yeterli, ancak rezervleri çok sınırlıdır. Kalsitin diğer önemli bir kaynağı karbonatitlerdir. Karbonatit, nefelin siyanitlerde birincil kalsitin hakim duruma gelmesi ile ortaya çıkmaktadır. Kalsitin hakim duruma gelmesiyle ilgili değişik görüşler vardır. Bunların başında Ca'ca zengin magmanın diferansiyasyonu, karbonatlı kayaçların asimilasyonu ve karbonatlı kayaçların anateksisi gelmektedir. Damar veya stok şekilli bu yataklarda dolomit, ankerit, siderit, feldispat, alkali silikatlar, olivin, apatit ve nadir toprak elementlerinin mineralleri kalsite eşlik edebilir [45].

Piyasada kalsit, mikronize kalsiyum karbonat ve kırılmış - elenmiş kalsiyum karbonat olmak üzere iki şekilde pazarlanmaktadır. Üretilen kalsitin % 90'dan fazlası öğütülerek pazarlanmaktadır.

Mikronize olarak (1-100 mikron boyutunda) öğütülmüş kalsit kağıt, cam, yem, boya, plastik, lastik ve benzeri sektörlerde kullanılmaktadır. Özellikle yüksek beyazlık istenen kağıt ve boya yapımının en önemli hammaddesidir. Boya sektöründe kullanılan kalsiyum karbonatın 20 mikron'un altında, plastik sektöründe 0,1-20 mikron arasında olması istenir. Özellikle son yıllarda tüketimi hızla artan ve ahşap malzemeleri ikame

ettiğinden çevre bakımından da desteklenmesi gereken PVC yapımında da kalsit kullanılmaktadır.

Kırılmış - elenmiş kalsit ise 2-3 cm boyutunda ayarlanmış tanelerden oluşmaktadır. İnşaatlarda ve asfalt dolgularında kullanılmaktadır. Bunlarda saflıktan çok kırılabilirlik ve tüketim yerine yakınlık önem kazanmaktadır.

### 5.3 Niğde Bölgesinde Gözlem Yapılan Atımlar

Niğde Bölgesi kalsit ocaklarında toplam 48 atım gözlemlenmiştir. Şekil 5.3' de Emek Mozaik ocağında yapılan bir atım örneği görülmektedir. Atımların ilk 16 tanesi Kolin İnşaat, 17 – 30 arası atımlar Sinpaş Madencilik, 31 – 43 arası atımlar Orta Anadolu Madencilik, 44 – 45 numaralı atımlar Emek Mozaik, 46 -47 numaralı atımlar Aykal Madencilik ve 48 numaralı atım ise Has Mozaik ocaklarında gerçekleştirilmiştir. Bütün patlatmalarda gecikmeli ateşleme uygulanmaktadır. Ateşleme, elektrikli kapsüllerle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.3 Emek mozaik ocağında yapılan bir patlatma görüntüsü

Gözlemlerde her patlatma için tasarım parametreleri ve spesifik şarj değerleri kaydedilmiş ve patlatılan yığın resmi çekilmiştir. Ayrıca süresizliklerin tespiti için ayna resimleri de çekilmiştir. Çizelge 5.1.'de Niğde bölgesinde gerçekleştirilen

atımlarda ölçülen patlatma tasarım parametreleri verilmiştir. Birbirine yakın ocaklarda gerçekleştirilen atımlarda patlatma tasarım parametreleri genel olarak birbirine yakın değerler almaktadır.

Çizelge 5.1 Niğde bölgesinde gözlenen atımlara ait veriler.\*

Gözlem No	B (m)	S (m)	D (mm)	H (m)	L (m)	T (m)	U (m)	Pf (kg/m <sup>3</sup> )	Delik Sayısı	Sıra Sayısı	X50 (m)
1	1	1,2	95	11	12	1,5	1	3,68	120	4	0,14
2	1	1,2	95	11	12	3,8	1	2,5	200	4	0,19
3	1	1,2	95	12	12,5	4,25	0,5	1,93	220	4	0,16
4	1,2	1,2	95	12	12,5	3,5	0,5	2,26	150	3	0,15
5	1	1	95	9	10	4,8	1	0,44	70	2	0,12
6	1	1	95	13	14	5	1	2,5	200	2	0,15
7	1,2	1,2	95	14	15	6	1	1,65	100	2	0,22
8	1,5	1,5	95	14	15	9	1	2,16	100	1	0,21
9	1	1	95	12	13	5	1	2,5	90	4	0,17
10	1	2	95	13	14	4	1	1,05	200	4	0,19
11	1,2	2,5	95	13	14	5	1	0,76	100	2	0,14
12	1	1,5	95	12	13	3	1	1,5	240	4	0,3
13	2	2	95	12	13	2,5	1	0,9	120	2	0,2
14	2	2	95	12	13	3,5	1	0,8	160	2	0,24
15	2	2	95	12	12,5	4	0,5	0,7	110	2	0,18
16	2	2	95	13	14	5,5	1	0,9	300	3	0,14
17	2	3	90	3,5	4,5	0,3	1	1,1	43	1	0,43
18	2	1,5	90	6	6,5	0,7	0,5	2,38	62	2	0,17
19	2	2	90	4	5	1,4	1	1,25	30	1	0,22
20	2	2	90	5	6	1,5	1	1,42	44	1	0,31
21	2	2	90	6	7	0,7	1	1,46	37	1	0,17
22	1,5	2	90	5	6	3	1	1,3	47	2	0,24
23	2	2	90	6	6,5	0,5	0,5	1,55	47	1	0,43
24	2	2,5	90	6	6,5	1,5	0,5	1,02	51	2	0,22
25	2	3	90	6	7	0,1	1	1,06	37	1	0,41
26	1,5	3	90	6	7	3,5	1	0,65	34	1	0,27
27	2	2	90	7	7,5	3	0,5	1,3	53	2	0,38
28	2	3	90	8	9	3,5	1	1,04	25	1	0,43
29	3	4	90	8	9	3	1	0,31	33	1	1
30	1,5	3	90	9	9,5	3	0,5	0,33	49	2	0,36
31	1,5	3	90	14	15	4,5	1	0,89	110	2	0,24
32	2,5	2	90	11	12	5,5	1	0,53	61	1	0,38
33	1,5	2	90	11	11,5	5,5	0,5	0,93	65	1	0,23
34	2	3	90	13	14	3,5	1	0,83	85	2	0,24
35	2	2	90	13	14	5	1	1,19	85	2	0,24
36	2,5	3	90	7	8	1,5	1	0,63	60	1	0,28
37	1,5	3	90	9	10	1	1	1,19	65	2	0,13
38	2	3	90	14	15	5	1	0,72	132	2	0,22
39	2,5	2	90	7	7,5	1	0,5	1,06	67	1	0,33
40	2	2	90	12	13	0,8	1	1,37	62	1	0,31
41	2	2	90	11	12	3,5	1	1,41	75	2	0,44
42	2	3	90	11	12	4	1	0,84	71	2	0,26
43	2,5	2	90	14	15	5	1	1,12	80	2	0,36

Çizelge 5.1'in devamı

44	2,5	2	90	5	5,5	2	0,5	0,66	151	2	0,24
45	2,5	2	90	4	4,5	0,8	0,5	0,7	145	1	0,28
46	2	2,5	90	6	6,5	0,5	0,5	0,8	121	2	0,15
47	2,5	3	90	6	6,5	0,2	0,5	0,6	122	2	0,2
48	3	2	90	5	6	0,4	1	1,3	115	3	0,15

\*B=Dilim kalınlığı, S=Delikler arası mesafe , D: Delik çapı, H: Basamak yüksekliği, L: Delik boyu, T: Sıkılama mesafesi, U: Alt delme, Pf: Özgül şarj

## BÖLÜM VI

### PARÇA BOYUT DAĞILIMININ BELİRLENMESİNDE İZLENEN YOLLAR

Patlatma sonrası yığının boyut dağılımının belirlenmesi için geliştirilen yöntemler doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılır. Yığının elek analizi yöntemiyle boyut dağılımının hesaplanması bir doğrudan yöntemdir. En geçekçi yöntem olmasına rağmen hem oldukça pahalı hem de zaman alıcı olması açısından pratik bir yöntem değildir. Bu nedenle dolaylı yöntemler (gözlemsel, ampirik ve sayısal) geliştirilmiştir.

Gözlemsel yöntem yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Patlatma sonrasında mühendis, parçalanma ve diğer patlatma sonuçları hakkında sübjektif bir değerlendirme yapar. Bu yöntem, parça boyut dağılımı hakkında bilgi vermediğinden bilimsel bir yöntem değildir.

Günümüzde, yığının boyut dağılımının belirlenmesinde en popüler yöntem sayısal görüntü işleme tekniklerinin kullanılarak boyut dağılımının belirlenmesidir. Bu yöntem ucuz, kullanışlı ve az zaman alıcı olması ve üretimi engellememesinden dolayı tercih edilir. Elek analizinden sonra en güvenilir yöntemdir.

#### **6.1 Atım Sonrası Parça Boyut Dağılımının Görüntü İşleme Yazılımları Yoluyla Tespiti**

Görüntü işleme sistemiyle boyut dağılımını belirleyen yazılımlar arasında SPLIT, WipFrag, GoldSize, FRAGSCAN, TUCIPS, CIAS, Powersieve, IPACS, KTH ve WIEP sayılabilir. Bu sistemlerin hata oranları % 2 ile % 20 arasında değişir.

İncelenen atımlarda WipFrag programı kullanılarak parça boyutu hakkında değerlendirme yapılacaktır. Bu programın avantajları şu şekilde sıralanabilir:

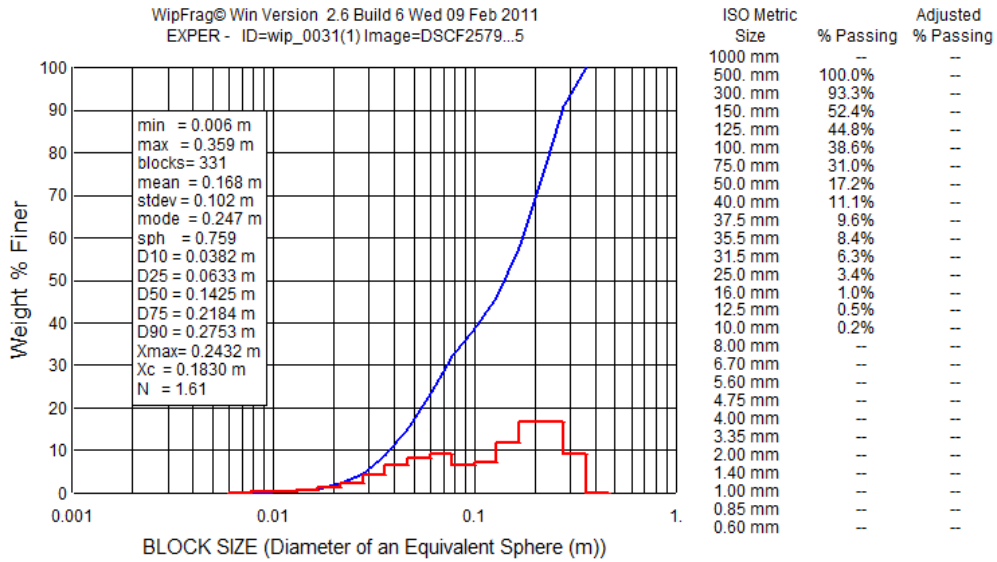
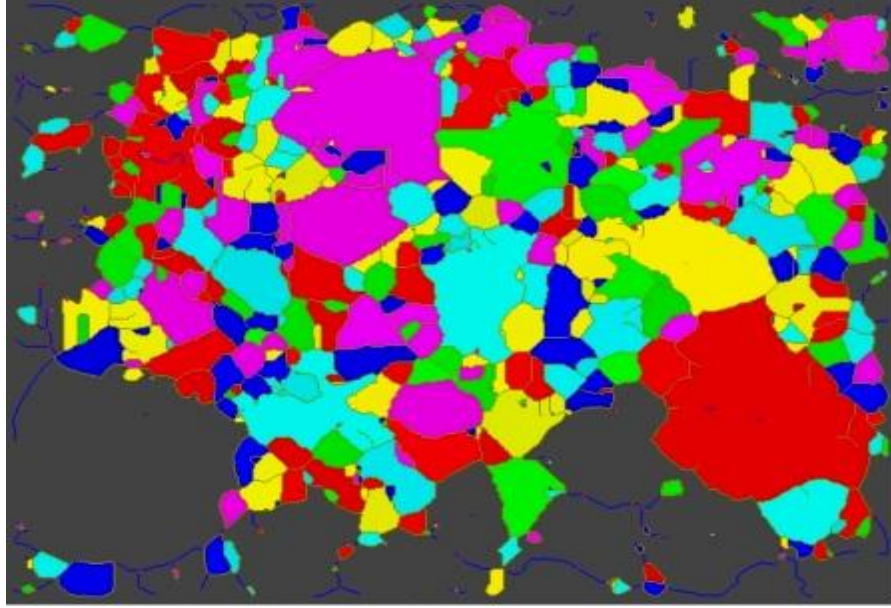
- 1- Hızlı bir yöntemdir. Birden fazla görüntü hızlı bir şekilde analiz edilebilir.
- 2- Görüntü işleme yönteminde üretimin durdurulmasına veya kesintiye uğramasına gerek yoktur.
- 3- Görüntü işleme ucuz bir yöntem olduğu için, bir çok örnek rahatlıkla analiz edilebilir. Bu sayede örnekleme hatasını en az seviyeye indirmek mümkün olabilmektedir.

- 4- Atım sonrası ortaya çıkan büyük bir yığının elek analizine tabi tutulması oldukça güç, zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir. Görüntü işleme yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda böyle bir kısıtlama yoktur. Atım büyüklüğü ve sonucunda ortaya çıkan yığının büyüklüğü ne olursa olsun bu yöntem uygulanabilir.
- 5- Zayıf kayaçlar (örneğin jips) eleme sırasında kırılıp parçalanabilir. Ancak bu yöntemde malzeme ile temas halinde olunmadığı için böyle bir sıkıntı yaşanmamaktadır.

Yazılımlar görüntü programa yüklendikten sonra otomatik bir algoritma yoluyla parça sınırlarını belirlemekte ve bir parça boyut ağı oluşturmaktadır. Ölçüm hassasiyetini artırmak için oluşturulan boyut ağına kullanıcı elle müdahale edebilmektedir. Programın otomatik oluşturduğu ağ ile gerçek görüntü arasındaki farklar kullanıcı tarafından düzeltilir. Bu iki boyutlu parça ağını kullanan yazılım, geometrik olasılıkları ve stereoloji (stereology) bilimini kullanarak üç boyutlu parça boyut dağılımına geçiş yapmaktadır. Stereoloji, katı cisimlerin iki boyutlu kesitlerini veya projeksiyonlarını kullanarak, bu cisimlere ait üçüncü boyutu araştıran bilim dalıdır. Burada parçaların iki boyutlu profillerinin boyutu kullanılarak, üç boyutlu gerçek parça ebadı kestirilir. Bu işleme açılım (unfolding) adı verilmektedir. Stereolojinin dayandığı temel parametreler şunlardır:

- Hacim içindeki parçaların dağılımı rastlantısal olarak gerçekleşmiştir.
- Eğer parçalar düzenli bir şekle sahip değilse (küresel değilse) rastgele olarak şekillenmişlerdir.
- Parçalar dışbükey olarak şekillenmişlerdir.

Buna ek olarak parçaların şekli konusunda en yakın şekil çözümü temel bir kabul olarak ortaya konmaktadır. Parçaların şekilleri küre, küp gibi temel şekillerle tanımlanır. Bir basitleştirme yapılarak hangi parçanın ona en benzer olan temel şekille tanımlanacağı kararlaştırılır. Parçaların büyük bölümü genel olarak küre şekliyle tanımlanmaktadır. Bugün birçok görüntü işleme programı parça boyutunu eşdeğer kürenin çapıyla vermektedir [46]. Şekil 6.1.'de WipFrag yazılımıyla gerçekleştirilen bir parça boyut analiz örneği görülmektedir.



Şekil 6.1 WipFrag yazılımıyla gerçekleştirilen parça boyut analizi

Patlatma sonrası yığının parça boyut dağılımı izlenirken stereolojide temel olan bir takım kabullerin dışına çıkılır. Bunlardan ilki rastgele olarak seçilmiş iki boyutlu örnekleme düzlemi kuralıdır. Rastgele olarak seçilmiş düzlem yerine, patlatma sonrası yığının bir düzlem olarak düşünülerek örnekleme yüzeyi olarak fotoğraflanır. Bu örnekleme yüzeyi stereolojik çözümlerde önerildiği gibi ince bir yüzey değildir ve kuşkusuz kalınlığı değişmektedir. Fotoğraflanan yığındaki parçalar arasında boşluklar vardır. Bu boşluklardan alttaki parçalar da görülmektedir. Bu demektir ki, örneklenen

yüzeyin altındaki yüzeylerden gelen parçalarda görülmekte, tek bir ince kesit yüzey yerine birden fazla yüzey devreye girmektedir. Örneklenen katmanın altındaki katmanlarda gözüken parçalar, altta kaldıkları için kısmi olarak gözükebilmekte veya en üstteki ana örnekleme katmanının parçalarının üstünü kapatabilmektedir. Görüntü işleme programlarının yaratıcıları bu sorunları kendi geliştirdikleri açılım formülleriyle ve düzeltmelerle büyük ölçüde aştıklarını belirtmektedir [46].

### 6.1.1 Fotoğraf tekniği ve örnekleme

Patlatma sonrası yığından alınan fotoğraflar içinde mümkünse 300'den fazla parçanın bulunması gerekmektedir. Fotoğraflama işlemi sırasında yığında ölçek olarak ebatları bilinen bir nesne kullanılmalıdır. Açılı fotoğraf çekmemeye dikkat edilmelidir. Çekilen fotoğraflar sıfır açıyla yığına dik olarak çekilmelidir. Eğer açılı fotoğraf isteniyorsa, pasanın tümü fotoğraflanacaksa iki ayrı ölçek kameraya yakın ve kameraya uzak olarak yerleştirilerek çekim yapılmalıdır. Daha sonra kullanılan yazılımların eğim düzeltme özelliğinden yararlanarak ölçüm gerçekleştirilir.



Şekil 6.2 Kamera ekseni yığına dik olarak çekilmiş bir fotoğraf



Şekil 6.3 Açılı çekilmiş bir fotoğraf

### 6.1.2 Örnekleme lokasyonu

Çoğu zaman örnek fotoğrafları atım sonrası yığından çekilmektedir. Bunun dışında örnekleme yüklemesi sırasında kamyon üzerinden ya da bant üzerinden yapılabilir. Ancak doğru sonuç alabilmek için tercih edilen en sık kullanılan yöntem atım sonrası yığından fotoğraf çekmektir. Ayrıca bu yöntem en kolay yöntemdir. Yığının alt kısımlarından örnekleme yapılması gerekiyorsa eğer bu işlem yüklemesi sırasında yapılabilir. Fakat bu riskli bir işlem olmuş olur. Çünkü yüklemesi sırasında parçaların kırılması ufalanması söz konusudur.

Genel olarak rastgele ve sistematik olmak üzere iki farklı örnekleme tekniğinden söz etmek mümkündür. Her iki durumda da yığın yüzeyi araştırmacı tarafından bölümlere ayrılır ve hangi taraftan örnekleme yapılacağına karar verilir. Çalışma alanı çok büyük bir yığından oluşuyorsa bütün alanın örnekleme hem çok güç hem de çok zaman alıcıdır. Bu yüzden örnekleme işlemi rastgele yapılabilir. Ancak sistematik örnekleme de parça boyut dağılımının değişimi tam olarak görülmüş olur.

### 6.1.3 Örnekleme ölçeği

Eğer yığından tek bir örnekleme yapılarak parça boyut analizi yapılacaksa çalışmalar sırasında sorunlarla karşılaşılabilir. Bu sorunlar:

- Çalışma alanındaki büyük bloklar çekilen resimde gözükmeyebilir.
- Çekilen resimde küçük parçalar ayrıntılı olarak görülmeyebilir. Bu parçalar büyük parçaların arkasında bulunabilir.

Çalışmalar sırasında çekilen fotoğrafın yığın ile olan mesafesi önemlidir. Çünkü Çok yakından çekilen bir resim az sayıda parça içerir ve yığındaki büyük parçalar fotoğrafın dışında kalabilir. Bu durumda yapılan analiz sonucunda, yığının parça boyut dağılımı gerçekten daha ince tespit edilir. Bunun tam tersine eğer resim yığından çok uzak bir mesafeden çekilirse, çekilen resimde küçük parçalar yer almayabilir. Buda parça boyut analizi sonucunda, dağılımın iri çıkmasına sebep olur.

Bu sorunlar çalışmalar sırasında kullanılan WipFrag programıyla çözülebilmektedir. Öncelikle çalışma alanından aynı gözlem ölçeğiyle birden fazla resim çekilir. Sonrasında her bir fotoğraf kendi içinde analiz edildikten sonra bütün sonuçlar birleştirilerek yığının analizi yapılır. Bu yöntemle örnekleme alanının çevresi çok büyütülmekte, yani yığının çok büyük bir bölümü değerlendirilmektedir.

İnce boyutlu parçaların görülmesi bir sorun olarak ortaya çıkıyorsa ‘zoom merge’ tekniğine başvurulabilir. Burada fotoğraflar yığından farklı ölçeklerle alınmaktadır. İnce boyutlu malzemenin gözükmesi için çok yakından da fotoğraflar çekilmektedir. Daha sonra farklı ölçekteki bu fotoğraflar imaj analizi özelliği kullanılarak birleştirilmektedir. Böylece çok ince boyutlu malzeme de hesaba katılmış olmaktadır. Bununla birlikte bu uygulama çok kesin bir çözüm değildir. Daha önce de belirtildiği gibi çok ince parçaların bir kısmı iri parçaların arkasına düşerek gizlenmektedir. Ayrıca uygulaması zaman alan bir tekniktir [26].

#### 6.1.4 Görüntü işleme yazılımlarında düzeltme

WipFrag programı iki boyutlu yüzey ölçümlerini matematik açılım fonksiyonları kullanarak hacme ve ağırlığa dönüşmekte ve bu şekilde malzemeyi boyuta göre sınıflamaktadır. Bu hesaplama sırasında üç önemli problem belirli ölçüde program algoritmaları tarafından çözülmektedir. Bunlar parçaların üst üste gelmesi durumu, ince malzeme sorunu ve şekil etkisidir. Ölçümden sonra Rosin-Rammler veya Swabrec fonksiyonlarına bağlı olarak düzeltme yapılabilir. Program Rosin-Rammler düzeltmesi için  $F_n$  ve  $F_{xc}$  olarak iki düzeltme faktörü tanımlamaktadır. Görüntü işleme sonucu elde edilen ham verinin 'n' (üniformite katsayısı) ve ' $x_c$ ' (karakteristik boyut) değeri  $F_n$  ve  $F_{xc}$  parametreleriyle çarpılarak düzeltme yapılmaktadır (Çizelge 6.1) [47].

Çizelge 6.1.WipFrag yazılımının kullandığı farklı üniformite değerleri için düzeltme katsayıları [10].

n	$F_n$ düz.	$F_{xc}$ düz.	b düz.	$X_{max}$ düz.	$X_{50}$ düz.
0,5	0,30	0,50	1,75	0,75	0,75
0,75	0,45	0,90	2,00	0,75	1,00
1	0,48	1,00	2,15	0,75	1,25
1,25	0,60	1,00	2,30	1,00	0,75
1,5	0,65	1,00	2,45	1,00	1,00
2	0,78	1,00	2,60	1,00	1,25
3	1,15	1,00	2,75	1,25	0,75
3	1,15	1,00	2,90	1,25	1,00
3	1,15	1,00	3,25	1,25	1,25

## BÖLÜM VII

### SÜREKSİZLİKLERİN TESPİTİ

Kaya kütlesi genellikle farklı özelliklerde birçok süreksizlik içerir. Çalışılan ocaklardaki kaya kütlesi de süreksizliklerle parçalanmıştır. Masif, çatlakların olmadığı bir yapı içinde patlatma gerçekleşince, patlatma basıncıyla birlikte delik çevresinde eksenel çatlaklar oluşmaktadır. Delik çevresinde uzun çatlakların sayısı nispeten azdır, kısa çatlakların sayısı çok daha fazladır ve bunlar hemen delik çevresinde toplanmaktadır. Süreksizliklerin devreye girmesiyle parçalanma prosesi karmaşık bir hal alır. Kayacın içindeki doğal çatlaklar, deliğin çevresindeki patlatmanın etkili olduğu alan üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Kayacın içindeki çatlaklar nedeniyle patlatma deliğinin etkin olduğu çap azalabilir. Kayacın içinde bulunan doğal çatlaklar patlatma işlemiyle oluşan gazların kaçması için boşluk yaratmaktadır. Bununla birlikte bu çatlakların böldüğü blokların kolay kopma-ayırılma durumu, çatlaklı kayaçta parçalanmanın masif kayaca göre daha kolay olmasını yani özgül şarjın daha düşük olmasını sağlamaktadır [48].



Şekil 7.1 Çatlaklı yapının parçalanma üzerine etkisi [48]

Kaya mühendisliği uygulamalarında süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespiti için; yüzey ve sondaj çalışmalarını kapsayan iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en önemlileri hat etüdü, pencere haritası, sondaj karotlarının jeoteknik olarak loglanması, yönlendirilmiş karot veya sondaj kamerası gibi tekniklerdir [28].

Kireçtaşında izlenen başlıca süreksizlikler fay ve makaslanma zonu, eklem ve fissürdür. Süreksizlik aralığını ISRM aşağıdaki Çizelge 7.1 ile sınıflandırmaktadır. Süreksizlik aralığı ve süreksizliklerin sıklığı sınıflaması ise Çizelge 7.2'de özetlenmektedir.

Çizelge 7.1 Süreksizlik aralığını tanımlama ölçütleri [49]

Aralık (mm)	Tanımlama
<20	Çok dar aralıklı
20 - 60	Dar aralıklı
60 - 200	Yakın aralıklı
200 - 600	Orta derece aralıklı
600 - 2000	Geniş aralıklı
2000 - 6000	Çok geniş aralıklı
> 6000	İleri derecede aralıklı

Çizelge 7.2 Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları [49]

Sınıflama	Ortalama süreksizlik aralığı, X (m)	Ortalama süreksizlik sıklığı, $\lambda$ (m <sup>-1</sup> )
Masif	$X > 1$	$< 1$
Az çatlaklı-kırıklı	$0,3 > X < 1$	1 - 3
Kırıklı-çatlaklı	$0,1 > X < 0,3$	3 - 10
Çok çatlaklı-kırıklı	$0,02 > X < 0,1$	10 - 50
Parçalanmış	$X < 0,02$	$> 50$

Görüntü işleme tekniğiyle gerçekleştirilen çatlak ölçümü yüksek hassasiyet sağlamaktadır. Ölçüm imaj üzerinde gerçekleştirildiği zaman arazide karşılaşılan hareket kısıtlaması ortadan kalkmaktadır. İstenilen her yönde, istenilen mesafeler dahilinde ölçüm gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Bu çalışmada aynada yatay ve dikey yönde olmak üzere iki hat ölçümü gerçekleştirilmiş, iki ölçümün ortalaması ortalama çatlaklar arası mesafe olarak belirlenmiştir. Hat etüdünde çatlaklar arası mesafe ( $S_j$ ) ölçülen hat uzunluğunun, o hat boyunca tespit edilen çatlak sayısının oranlamasıyla elde edilmektedir.

$$S_j = L/N \quad (7.1)$$

Burada;

L: Ölçüm hattının uzunluğu (m)

N: Ölçülen çatlak sayısı

Yapılan çalışmadaki çatlak ölçümünü bir örnekle açıklayabiliriz. Şekil 7.2.' de görülen ayna Aykal madenciliğin ocağından atım öncesi çekilmiştir. Yapılan çalışmada önce ölçeğin boyutu ölçülmekte sonra sırasıyla çatlaklar hesaplanmaktadır.



Şekil 7.2 Ayna görüntüsünden hat etüdü ölçümü

Fotoğrafta görülen çekiç ölçektir. Çekicinin boyu 33 cm'dir. Ölçeğin boyu bilindiğinden fotoğrafın yatay ve dikey hattı hesaplanmaktadır. Şekil 7.2'de görüldüğü üzere hat uzunluğunun o hatta sayılan toplam çatlak sayısına oranı ortalama çatlaklar arası mesafeyi vermektedir. Yatay ve dikey hat boyunca ortalama çatlaklar arası mesafe bulunduğundan sonra, bu değerlerin ortalaması alınarak ortalama çatlaklar arası mesafe bulunur. Yatay ve dikey ölçümlerin ortalamasının alınması, çatlak yöneliminden kaynaklanan ölçüm hatasını azaltmaktadır.

Şekil 7.2'de görülen aynanın ortalama çatlaklar arası mesafe değeri hesabı çizelge 7.3'de görülmektedir.

Çizelge 7.3 Ortalama çatlaklar arası mesafenin tespiti.

Yatay hat boyu (cm)	245
Yatay hat çatlak sayısı (adet)	3
Yatay hat ortalama çatlaklar arası mesafe (cm)	81,66
Dikey hat boyu (cm)	180
Dikey hat çatlak sayısı (adet)	2
Dikey hat ortalama çatlaklar arası mesafe (cm)	90
Ortalama çatlaklar arası mesafe (cm)	85,83

## BÖLÜM VIII

### KORELASYON VE REGRESYON ANALİZİ

Regresyon analizi, aralarında sebep - sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler ya da kestirimler yapabilmek amacıyla yapılır. Doğada birçok olayda sebep-sonuç ilişkisine rastlamak mümkündür.

#### 8.1 Basit Regresyon Analizi

Basit regresyon ve korelasyon analizi, biri bağımlı ve biri bağımsız olmak üzere iki değişkenin birincil dereceden ilişkisini ifade eder. Regresyon denkleminin genel formülü bir doğruya karşılık gelen,

$$Y = a + b \cdot X \quad (8.1)$$

şeklindedir. Burada; Y bağımlı değişken, X bağımsız değişken, a regresyon doğrusunun Y eksenini kestiği değer, b regresyon doğrusunun eğimidir. Hazırlanan bir serpilme diyagramında göz kararı ile, noktaları temsil eden çeşitli doğrular çizilebilir. Ancak değişkenler arasındaki ilişkiyi en iyi ifade eden denklem en küçük kareler metodu ile bulunan denklemdir. Buna göre, serpilme diyagramındaki noktaların doğruya olan dik uzaklıklarının karelerinin toplamı minimumdur. ve buna “en küçük kareler doğrusu” denir [50].

#### 8.2 Basit Korelasyon Analizi

İki değişkenle bunları oluşturan şartlar arasındaki ilişkinin yönü, derecesi ve istatistik açıdan önemli olup olmadığı (anlamlılığı) basit korelasyon analizi yardımı ile belirlenmektedir. Basit korelasyonlar aşağıdaki durumlarda ortaya çıkmaktadır:

- Değişkenlerden biri çoğalıyorken diğeri azalıyorsa, bunların arasında negatif korelasyon vardır.
- Değişkenlerden biri çoğalıyorken diğeri de çoğalıyorsa bunların arasında pozitif korelasyon vardır.

- Değişkenlerin birinin çoğalıp azalmasından diğeri etkilenmiyorsa veya serpilme diyagramında noktalar daire benzeri bir alanda toplanıyorsa iki değişkenin arasında korelasyon yoktur [50].

Korelasyon kuvvet derecesi korelasyon katsayısı (r) ile ölçülür. Çizelge 8.1’de korelasyon katsayısına göre iki değişken arasındaki korelasyonun değerlendirilmesi verilmiştir.

Çizelge 8.1 Korelasyon katsayısına göre değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvet derecesi [50]

Korelasyon Katsayısı	Değişkenler Arasındaki İlişkinin Kuvvet Derecesi
-1.000- - 0.850	Çok kuvvetli negatif korelasyon
-0.849- -0.600	Kuvvetli negatif korelasyon
-0.599- -0.450	Zayıf negatif korelasyon
-0.449- -0.300	Çok zayıf negatif korelasyon
-0.299- 0.300	Korelasyon ilişkisi yok
0.301 - 0.450	Çok zayıf pozitif korelasyon
0.451 - 0.600	Zayıf pozitif korelasyon
0.601 - 0.850	Kuvvetli pozitif korelasyon
0.851 - 1.000	Çok kuvvetli pozitif korelasyon

### 8.3 Çok Katlı Regresyon

Bir bağımlı değişkene karşılık bir bağımsız değişkenin iki veya daha fazla dereceden ilişkisine çok katlı regresyon ve korelasyon analizi denir. Serpilme diyagramında noktalar bir parabol veya daha kompleks denklemlerle ifade edilecek eğri etrafında toplanmaktadır. Genel formülü,

$$Y = a + b_1 \cdot X + b_2 \cdot X^2 + b_3 \cdot X^3 + \dots + b_n \cdot X^n \quad (8.2)$$

şeklinindedir. Bilgisayar yardımı olmadan iki değişkenin üç veya daha fazla dereceden ilişkisini bulmak oldukça zordur ve uzun işlemler gerektirir.

İki değişkenin ikinci dereceden ilişkisinin incelenmesi genellikle yeterli olmaktadır. Fakat daha üst dereceden ilişkilerin daha uygun olup olmadığının araştırılmasının en kolay yolu tahmin edilen bütün derecelerden regresyon denklemlerinin bulunması ve

her birinin 'b' katsayılarının toplam hatalarının hesaplanmasıdır. En az hatalı denklem noktaları en iyi temsil ettiğinden, regresyon analizi bu dereceden yapılmalıdır [50].

#### 8.4 Çoklu Regresyon ve Korelasyon Analizi

Bir bağımlı değişkene karşılık birden fazla bağımsız değişkenin ilişkisini inceleyen işleme çoklu regresyon ve korelasyon analizi denir. Dağılım diyagramında yüzey, hacim veya daha çok boyutlu şekiller oluşur. Çünkü dağılım diyagramında yatay düzlem üzerinde bağımsız değişken sayısı kadar eksen yerleştirmek gerekir. Genel formülü;

$$Y = a + b_1 \cdot X + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + \dots + b_n \cdot X_n \quad (8.3)$$

şeklindedir [50].

#### 8.5 Niğde Bölgesinde Gözlenen Atımlar İçin Regresyon Analizi Uygulamaları

Niğde bölgesinde bulunan kalsit ocaklarında yapılan 48 adet patlatma gözlemine ait, parça boyut tahmini için regresyon analizinde kullanılan değişkenler Çizelge 8.2'de verilmiştir. Çizelge 8.2'de ilk dört sütunda patlatma tasarım parametrelerinden elde edilen oranlar verilmiştir. Çizelgenin devamında özgül şarj, ortalama çatlaklar arası mesafe ve ortalama tane boyutu verilmiştir.

Çizelge 8.2 Regresyon analizinde kullanılan değişkenler\*

Gözlem No	S/B	H/B	B/D	T/B	Pf (kg/m <sup>3</sup> )	Sj (m)	X50 (m)
1	1,2	11	10,52	1,5	3,68	2,6	0,14
2	1,2	11	10,52	3,8	2,5	2,05	0,19
3	1,2	12	10,52	4,25	1,93	1,54	0,16
4	1	10	12,63	2,91	2,26	2,44	0,15
5	1	9	10,52	4,8	0,44	1,55	0,12
6	1	13	10,52	5	2,5	2,65	0,15
7	1	11,66	12,63	5	1,65	1,58	0,22
8	1	9,33	15,78	6	2,16	0,58	0,21
9	1	12	10,52	5	2,5	1,25	0,17
10	2	13	10,52	4	1,05	0,78	0,19

Çizelge 8.2'in devamı

11	2,08	10,83	12,63	4,16	0,76	0,57	0,14
12	1,5	12	10,52	3	1,5	0,65	0,3
13	1	6	21,05	1,25	0,9	1,78	0,2
14	1	6	21,05	1,75	0,8	1,95	0,24
15	1	6	21,05	2	0,7	0,97	0,18
16	1	6,5	21,05	2,75	0,9	2,68	0,14
17	1,5	1,75	22,22	0,15	1,1	1,9	0,43
18	0,75	3	22,22	0,35	2,38	1,35	0,17
19	1	2	22,22	0,7	1,25	2,62	0,22
20	1	2,5	22,22	0,75	1,42	1,45	0,31
21	1	3	22,22	0,35	1,46	0,48	0,17
22	1,33	3,33	16,66	2	1,3	2,51	0,24
23	1	3	22,22	0,25	1,55	0,24	0,43
24	1,25	3	22,22	0,75	1,02	1,8	0,22
25	1,5	3	22,22	0,05	1,06	1,47	0,41
26	2	4	16,66	2,33	0,65	2,56	0,27
27	1	3,5	22,22	1,5	1,3	1,5	0,38
28	1,5	4	22,22	1,75	1,04	0,98	0,43
29	1,33	2,66	33,33	1	0,31	0,65	1
30	2	6	16,66	2	0,33	2,66	0,36
31	2	9,33	16,66	3	0,89	1,11	0,24
32	0,8	4,4	27,77	22	0,53	2,15	0,38
33	1,33	7,33	16,66	3,66	0,93	2,62	0,23
34	1,5	6,5	22,22	1,75	0,83	0,68	0,24
35	1	6,5	22,22	2,5	1,19	0,97	0,24
36	1,2	2,8	27,77	0,4	0,63	0,45	0,28
37	2	6	16,66	0,66	1,19	1,78	0,13
38	1,5	7	22,22	2,5	0,72	1,65	0,22
39	0,8	2,8	27,77	0,4	1,06	2,51	0,33
40	1	6	22,22	0,5	1,37	2,84	0,31
41	1	5,5	22,22	1,75	0,84	1,25	0,44
42	1,5	5,5	22,22	2	1,15	1,27	0,26
43	0,8	5,6	27,77	2	1,12	1,64	0,36
44	0,8	2	27,77	0,8	0,66	2,04	0,24
45	0,8	1,6	27,77	0,32	0,7	1,64	0,28
46	1,25	3	22,22	0,25	0,8	0,87	0,15
47	1,2	2,4	27,77	0,08	0,6	1,43	0,2
48	0,66	1,66	33,33	0,13	1,3	1,28	0,15

\*B: Dilim kalınlığı, S: Delikler arası mesafe, D: Delik çapı, H: Basamak yüksekliği, L: Delik boyu, T: Sıklama mesafesi, U: Alt delme, Pf: Özgül şarj, X50: Ortalama tane boyutu, Sj:Ortalama çatlaklar arası mesafe

Ocaklarda ölçülen S/B değeri ortalama 1,21 olarak tespit edilmiştir. Literatürdeki öngörülen ortalama değer 1,25 civarında değiştiği düşünülürse genel olarak uygulanan değerlerin literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir.

H/B değeri ortalama 6,04 olarak bulunmuştur. Bu oran literatürde ön görülen değerden yüksektir. Bhandari [29]'ye göre H/B oranı 4'ün üzerinde çıkarsa delmedeki sapmaya dikkat edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Konya [19] H/B oranı konusunda kesin bir değer vermemekle birlikte; H/B >4 durumunda atımları yüksek basamaklı atımlar olarak, H/B <4 durumunda ise atımları alçak basamaklı atımlar olarak adlandırmıştır.

Yapılan atımlarda B/D değeri ortalama 20,01 olarak tespit edilmiştir. İncelenen atımlarda B/D oranının düşük olmasının sebebi Kolin inşaat'da gerçekleştirilen atımlardır. Bu ocakta izlenen atımlarda ortalama B/D değeri 13'dür. Bu oran (B/D) literatürde yer alan Hagan ve Bhandari öngörülerine uymamaktadır. Hagan B/D oranı 20 - 35 şeklinde bir aralık öne sürmektedir. Bhandari ise B/D oranını 20-40 önerisinde bulunmaktadır.

Çizelge 8.2' de yer alan diğer bir değer ise T/B oranıdır. Takip edilen atımlarda bu oran ortalama 2,41'dir. Bu değer literatürde öngörülen değerden yüksektir.

Bölgede incelenen atımlarda ortalama özgül şarj  $2,9 \text{ kg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Bu değer literatürde öngörülen değerden yüksektir. Bhandari' [29] ye göre yumuşak ince tabakalanmış bir kayaçta, tek sıra atım yapılıyorsa özgül şarj  $0,15-0,25 \text{ kg/m}^3$  e kadar düşürülebilir. Daha sert sedimanter kayaçta çalışılıyorsa, özgül şarj  $0,60 \text{ kg/m}^3$  değerine kadar çıkılabilir. Eğer atım metamorfik kayaçlarda yapılıyorsa özgül şarj iyi parçalanma elde edebilmek için yüksek miktarlara çekilebilir.

Mohard ve diğ. [51] taş ocaklarına uygun tipik özgül şarj için Çizelge 8.3'de verilen değerleri önermişlerdir.

Çizelge 8.3 Taş ocaklarında uygulanması gereken özgül şarj [51]

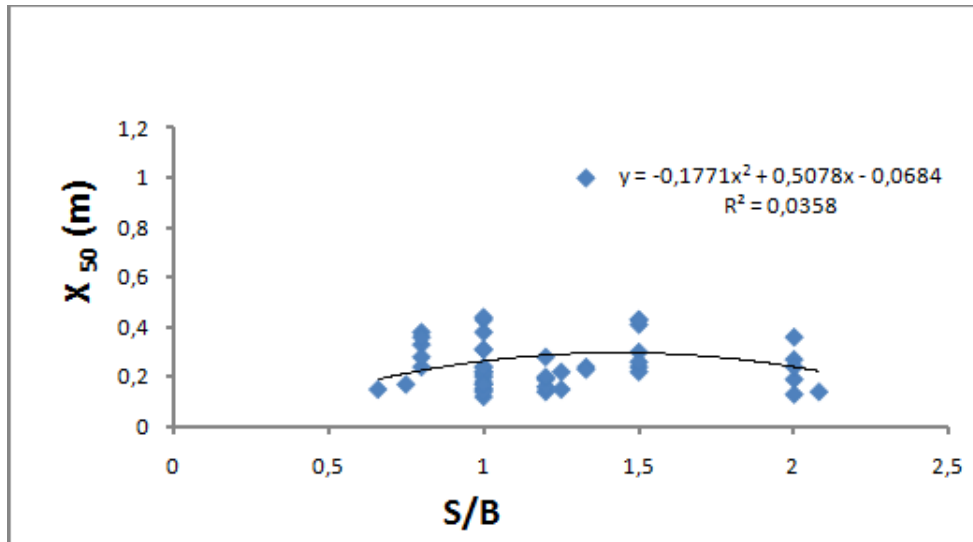
Kayaç Tipi	Özgül Şarj (kg/ton)
Granit	0,68 - 0,90
Bazalt	0,68 - 1,59
Kireçtaşı	0,90 - 1,36
Çok çatlaklı kireçtaşı	1,36 - 2,26

### 8.5.1 Basit regresyon analizi uygulamaları

Bu bölümde, gözlenen atımlar sonunda elde edilen ortalama tane boyutunun ( $X_{50}$ ) patlatma tasarım parametreleri ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda Çizelge 8.2’de verilen veriler kullanılmıştır.

#### 8.5.1.1 Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi

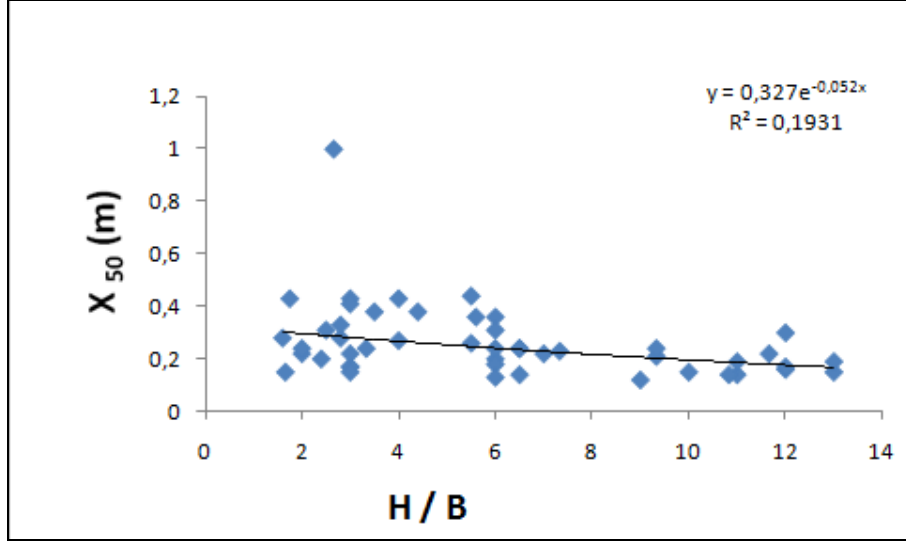
Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı ile ortalama tane boyutu verileri değerlendirilmiştir. Yapılan regresyon analizi sonunda bu iki parametre arasında bir ilişki bulunamamıştır. Elde edilen grafik Şekil 8.1’de verilmiştir.



Şekil 8.1 Delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı-Ortalama blok boyutu ilişkisi

#### 8.5.1.2 Basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi

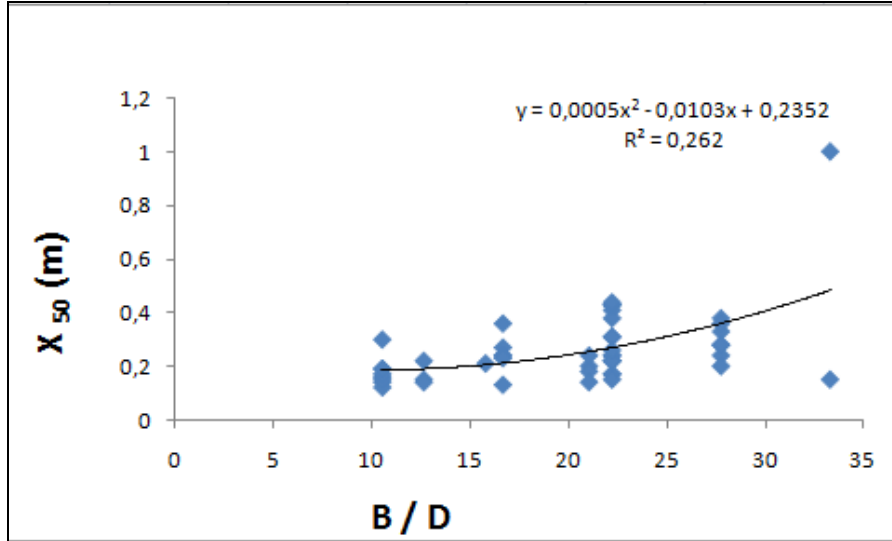
Basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı ile ortalama tane boyutu sonuçları değerlendirilmiştir fakat bu iki parametre arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Elde edilen grafik Şekil 8.2’de verilmiştir.



Şekil 8.2 Basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama blok boyutu ilişkisi

### 8.5.1.3 Dilim kalınlığının delik çapına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi

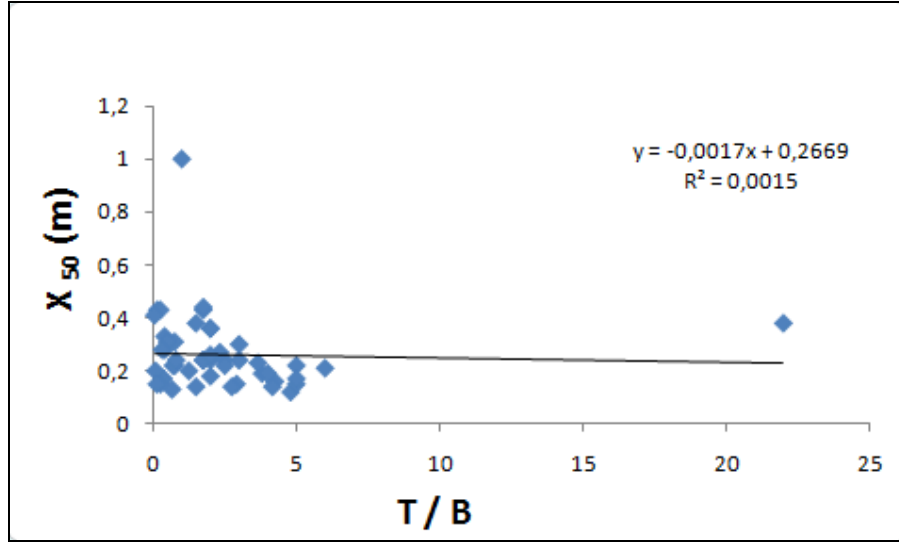
Dilim kalınlığının delik çapına oranı ile ortalama tane boyutu sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonunda bu iki parametre arasında bir ilişki olmadığı ortaya çıkmıştır. Elde edilen Şekil 8.3’de verilmiştir.



Şekil 8.3 Dilim kalınlığının delik çapına oranı - Ortalama blok boyutu ilişkisi

#### 8.5.1.4 Sıkılama mesafesinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama tane boyutu ilişkisi

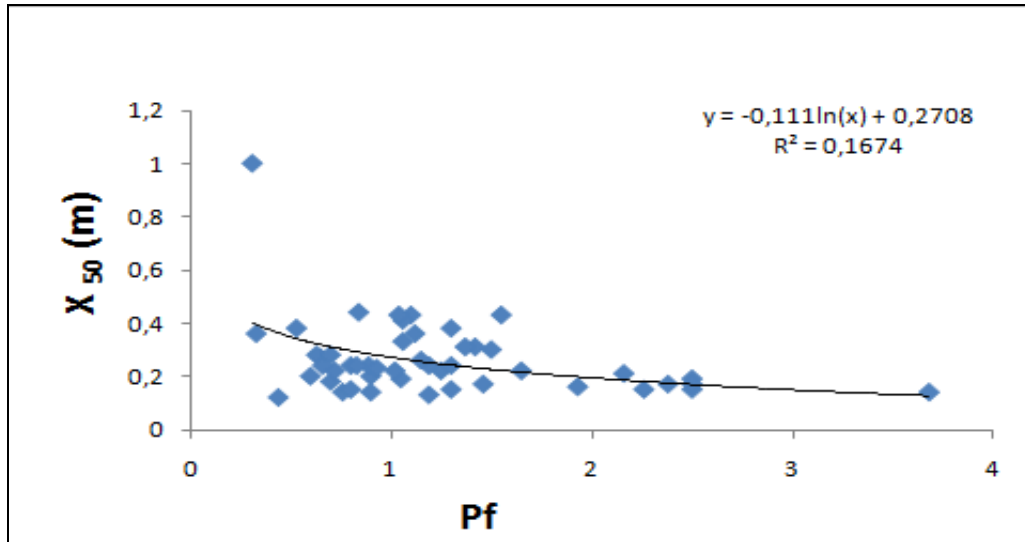
Sıkılama mesafesinin dilim kalınlığına oranı ile ortalama tane boyutu verileri değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonunda bu iki parametre arasında bir ilişki tespit edilememiştir. Elde edilen Şekil 8.4’de verilmiştir.



Şekil 8.4 Sıkılama mesafesinin dilim kalınlığına oranı - Ortalama blok boyutu ilişkisi

#### 8.5.1.5 Özgül şarj - Ortalama tane boyutu ilişkisi

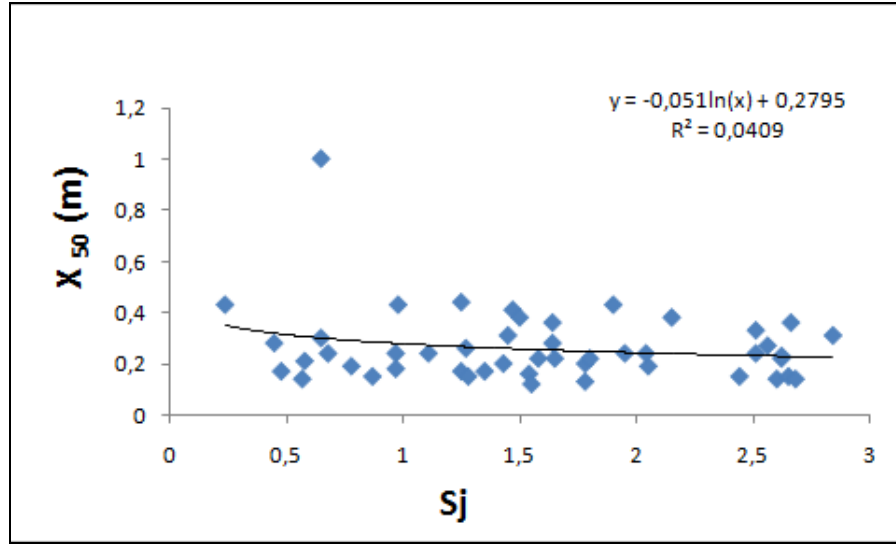
Gözlemler sonunda elde edilen özgül şarj ile ortalama tane boyutu verileri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda bu iki değer arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır. Elde edilen grafik Şekil 8.5’de verilmiştir.



Şekil 8.5 Özgül şarj - Ortalama blok boyutu ilişkisi

### 8.5.1.6 Çatlaklar arası mesafe - Ortalama tane boyutu ilişkisi

Çalışmalar sonunda elde edilen çatlaklar arası mesafe ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişki araştırılmış fakat hiçbir ilişki bulunamamıştır. Yapılan değerlendirmeler sonunda elde edilen Şekil 8.6’da verilmiştir.



Şekil 8.6 Çatlaklar arası mesafe - Ortalama blok boyutu ilişkisi

### 8.5.2 Adım adım regresyon analizi

Regresyon analizi aslında biri bağımlı değişken diğeri bağımsız değişken (veya değişkenler) olmak üzere; değişkenler arasındaki ortalama ilişkinin matematik bir fonksiyon şeklinde yazılmasıdır [52].

Bağımlı değişken tahmin edilmek istenen değişkendir. Bağımsız değişken ise bağımlı değişkenin tahmininde kullanılmaktadır. Burada bağımlı değişken ortalama tane boyutudur. Bağımsız değişkenler ise S/B, H/B, B/D, T/B, Pf ve S<sub>j</sub>'dir.

Bu tez çalışması kapsamında çoklu regresyon analizi STATGRAPHICS Vers.5.0 programı yardımıyla yapılmıştır. Yapılan çalışmada Çizelge 8.2’de verilen değerler kullanılarak model oluşturmak amaçlanmıştır. Elde edilen regresyon analizi sonuçları Çizelge 8.4 - 8.9’da verilmiştir.

Çizelge 8.4 Model 1'in çıktısı

MODEL 1				
Selection: Backward	Maximum steps: 500	F-to-enter: 4.00		
Control: Manual	Step: 0	F-to-remove: 4.00		
R : 0.56	Adjusted: .21391	MSE: 0.0158555	d.f.: 41	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr. F-Enter
1. H/B	0.00327	.0863		
2. B/D	0.01719	6.3231		
3. T/B	0.00485	.5677		
4. P/F	0.02700	.4557		
5. S/J	-0.01405	.2721		
6. S/B	0.12498	3.4645		

Model 1'de bütün patlatma tasarım parametreleri analize dahil edilmiştir. Analiz sonunda korelasyon katsayısı 0,56 bulunmuştur.

Çizelge 8.5 Model 2'nin çıktısı

MODEL 2				
Selection: Backward	Maximum steps: 500	F-to-enter: 4.00		
Control: Manual	Step: 1	F-to-remove: 4.00		
R: 0.56	Adjusted: .23101	MSE: 0.0155105	d.f.: 42	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr. F-Enter
1. B/D	0.01572	11.6064	H/B	
2. T/B	0.00557	.8996		
3. P/F	0.02836	.5208		
4. Sj	-0.01615	.3956		
5. S/B	0.12426	3.5059		

Model 2'de basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı hesaba alınmamıştır. Geriye kalan parametrelerle analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonunda korelasyon katsayısı 0,56 bulunmuştur.

Çizelge 8.6 Model 3'ün çıktısı

MODEL 3				
Selection: Backward	Maximum steps: 500	F-to-enter: 4.00		
Control: Manual	Step: 2	F-to-remove: 4.00		
R: 0,55	Adjusted: .24182	MSE: 0.0152925	d.f.: 43	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr. F-Enter
1. B/D	0.01608	12.5111	H/B	
2. T/B	0.00539	.8563	Sj	
3. P/F	0.02849	.5332		
4. S/B	0.12975	3.9450		

Model 3’de basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranının yanı sıra çatlaklar arası mesafede işleme katılmamıştır. Bu şekilde yapılan analiz sonunda korelasyon katsayısı 0,55 bulunmuştur.

Çizelge 8.7 Model 4’ün çıktısı

MODEL 4				
Selection: Backward	Maximum steps: 500	F-to-enter: 4.00		
Control: Manual	Step: 3	F-to-remove: 4.00		
R: 0,54	Adjusted: .24986	MSE: 0.0151303	d.f.: 44	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr. F-Enter
1.B/D	0.01373	18.4916		H/B
2.T/B	0.00433	.5943		Sj
3.S/B	0.10116	3.7820		P/F

Model 4’de basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı, çatlaklar arası mesafe ve özgül şarj analize tabi tutulmamıştır. Yapılan analiz sonunda korelasyon katsayısı 0,54 bulunmuştur.

Çizelge 8.8 Model 5’in çıktısı

MODEL 5				
Selection: Backward	Maximum steps: 500	F-to-enter: 4.00		
Control: Manual	Step: 4	F-to-remove: 4.00		
R: 0,53	Adjusted: .25663	MSE: 0.0149939	d.f.: 45	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr. F-Enter
1.B/D	0.01313	18.1423		H/B
2.S/B	0.09487	3.4409		Sj T/B, P/F

Model 5’de dilim kalınlığının delik çapına oranı ile delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı kullanılarak model oluşturulmuştur. Yapılan değerlendirme sonunda korelasyon katsayısı 0,53 olarak bulunmuştur.

Çizelge 8.9 Model 6'nın çıktısı

MODEL 6				
Selection: Backward	Maximum steps: 500	F-to-enter: 4.00		
Control: Manual	Step: 5	F-to-remove: 4.00		
R: 0,48	Adjusted: .21718	MSE: 0.0157895	d.f.: 46	
Variables in Model	Coeff.	F-Remove	Variables Not in Model	P.Corr. F-Enter
1.B/D	0.01100	14.0393	H/B	
			Sj	
			T/B	
			P/F	
			S/B	

Model 6'da dilim kalınlığının delik çapına oranı ile model oluşturulmuş ve korelasyon katsayısı 0,48 bulunmuştur.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen modeller karşılaştırıldığında en yüksek korelasyon katsayısı değeri model 1 ve model 2'de 0,56 olarak elde edilmiştir. Diğer modellerin korelasyon katsayıları bu değerden düşüktür.

Sonuç olarak, çoklu regresyon analizi ile mevcut veriler kullanılarak iyi bir parça boyut analizi yapılamayacağı söylenebilir.

## **BÖLÜM IX**

### **YAPAY SİNİR AĞLARI ANALİZİ**

#### **9.1 Yapay Sinir Ağlarının Tanımı**

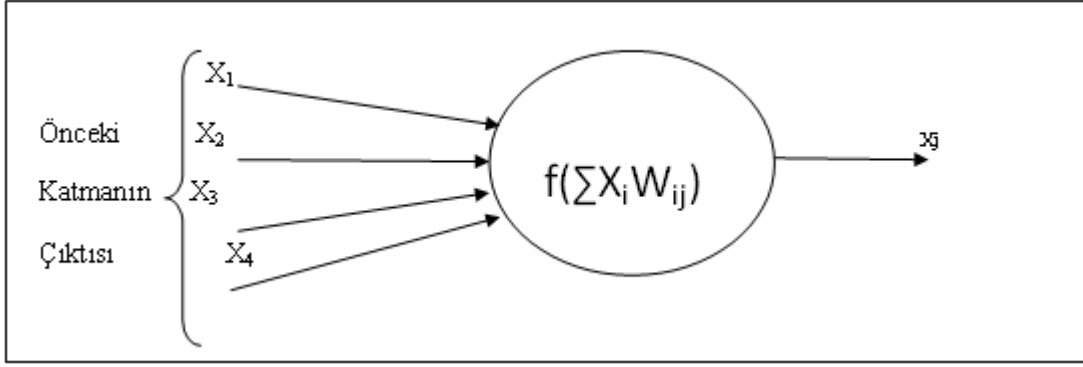
Yapay sinir ağları paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemidir. Yani, yapay sinir ağları'nın temelinde, zeka gerektiren işlemlerden oluşan bilgi işleme işlevi vardır. Bu sistem tek yönlü işaret kanalları (bağlantılar) ile birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşur. Çıkış işareti bir tane olup isteğe göre çoğaltılabilir. Yapay sinir ağlarının temel düşüncesiyle, insan beyninin fonksiyonları arasında benzerlik vardır. Bu yüzden yapay sinir ağları sistemine insan beyninin modeli denilebilir. Yapay sinir ağları çevre şartlarına göre davranışlarını şekillenebilir. Girişler ve çıkışların sisteme verilmesi ile kendisini farklı cevaplar verebilecek şekilde ayarlayabilir. Ancak son derece karmaşık bir iç yapısı vardır. Onun için bugüne kadar gerçekleştirilen yapay sinir ağları; biyolojik fonksiyonların temel nöronlarını örnek alarak yerine getiren kompozite elemanlar olmuştur.

#### **9.2 Nöronun Biyolojik Yapısı ve Nöron Modeli**

İnsanın bilgi işleme olayı beyinde gerçekleşir. Gerçekten en karmaşık sinir ağı Cerebral Cortex denilen “beyin”dir. Sinir sisteminin en basit yapısı nöronlardır. Beyinde yaklaşık olarak  $10^{10}$  sinir hücresi vardır. Yine hücre başına bağlantı sayısı  $10^4$  mertebindedir. Beyin için çalışma frekansı 100 Hz'dir. Fiziksel boyutları ise 1,3 kg ve  $0,15 \text{ m}^2$  kesitlidir. Vücudun değişik yerleri ile bilgi alışverişi yapan nöron hücresidir.

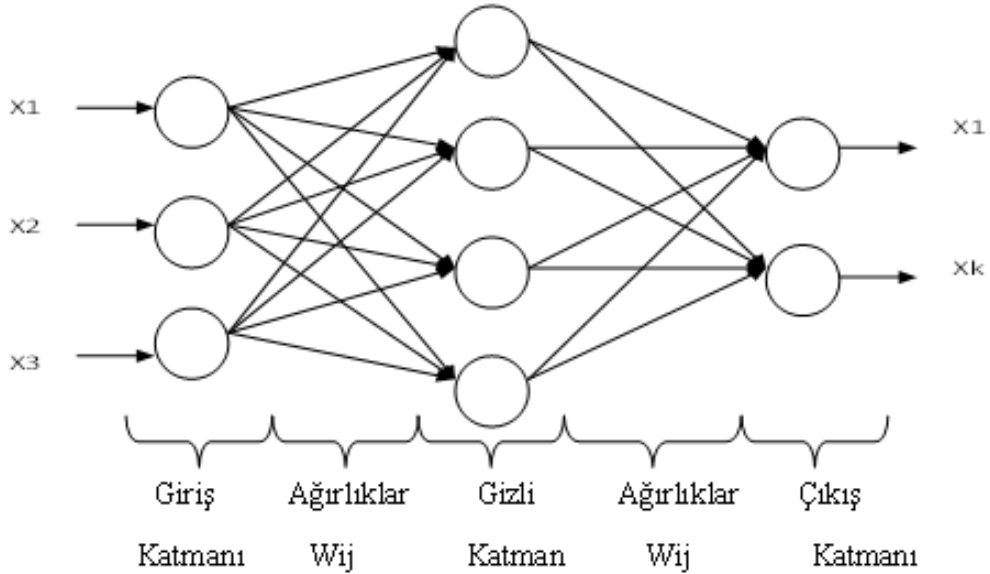
#### **9.3 Yapay Sinir Ağları (YSA) Analizi**

Daha öncede bahsettiğimiz gibi yapay sinir ağları insan beynindeki sinir sisteminin basitleştirilmiş modelleridir. Bu modeller, ağırlıklandırılmış şekilde birbirine bağlanmış nöron adı verilen temel işlem elemanlarından oluşur (Şekil 9.1). Bu modeller katmanlı yapıda olup, bir katmandaki her nöron bir sonraki katmandaki bütün nöronlarla bağlantılıdır.



Şekil 9.1 Bir nöronun basit şeması [53]

Uygulamalarda farklı yapay sinir ağları tipleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanım alanına sahip olan Çok katmanlı algılayıcı (MLP-Multi Layered Perception) sinir ağlarıdır. MLP ağları bir giriş katmanı, bir ya da biden fazla gizli katman ve çıkış katmanından oluşur (Şekil 9.2).

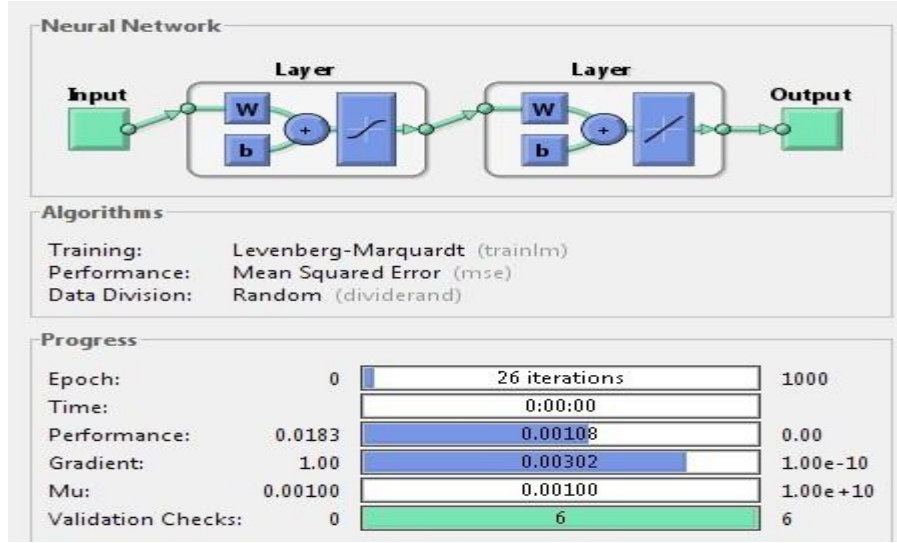


Şekil 9.2 Çok katmanlı algılayıcı (MLP) sinir ağı örneği

### 9.3.1 Adım adım yapay sinir ağları analizi uygulaması

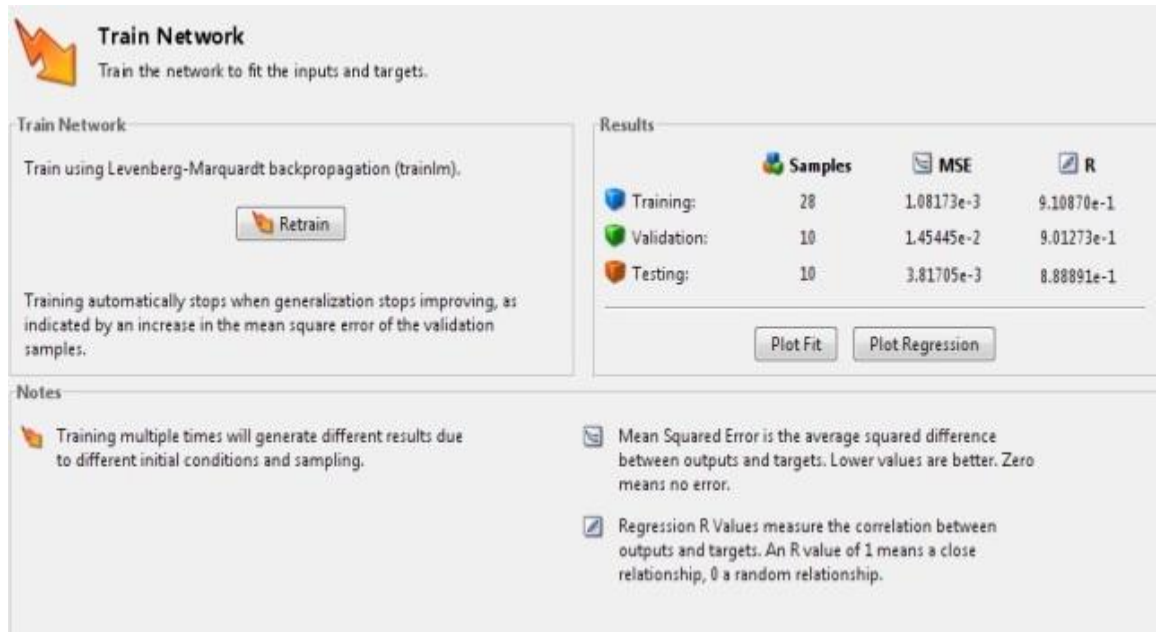
MATLAB yardımıyla yapılan yapay sinir ağları analizinde kullanılan veri sayısı 48'dir. Verilerin % 60'ı ağı eğitmede, % 20'si doğrulamada ve %20'si de test için kullanılmıştır. Yapılan analizde gizli nöron sayısı 5 olarak kabul edilmiştir. Tez

kapsamında uygulanan programın eğitme aşamasını gösteren basamak şekil 9.3'de verilmiştir.



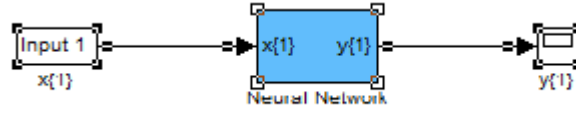
Şekil 9.3 Eğitim aşaması

Kullanılan MATLAB programında veri değerlendirme aşaması en iyi korelasyon katsayısı elde edilene kadar devam eder. Atanan ağırlıklara göre en iyi korelasyon katsayısı bulunduğu test sonlandırılır. Yapılan çalışmada elde edilen en iyi modelin korelasyon katsayısı değerleri Şekil 9.4' de görülmektedir.

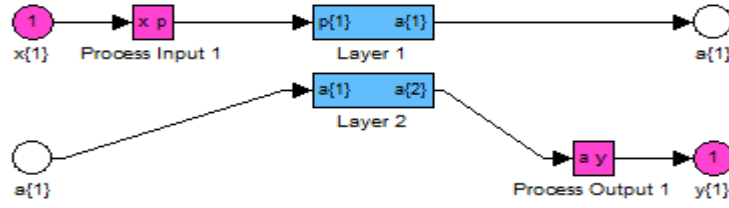


Şekil 9.4 Modeli değerlendirme aşaması

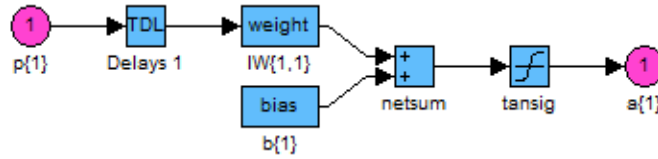
Oluşturulan en iyi modelin simülasyon diyagramları Şekil 9.5-9.8’de verilmiştir.



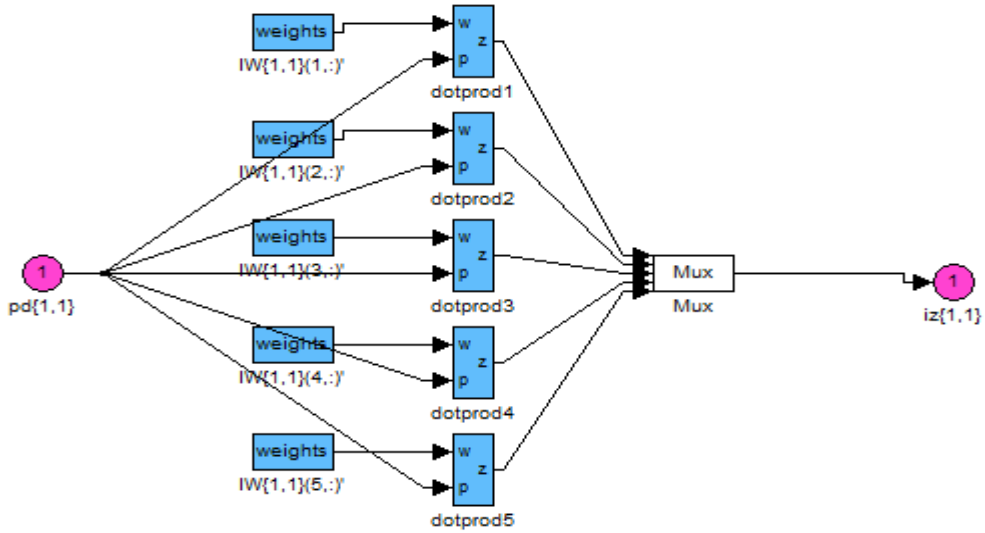
Şekil 9.5 Simülasyon diyagramı 1



Şekil 9.6 Simülasyon diyagramı 2

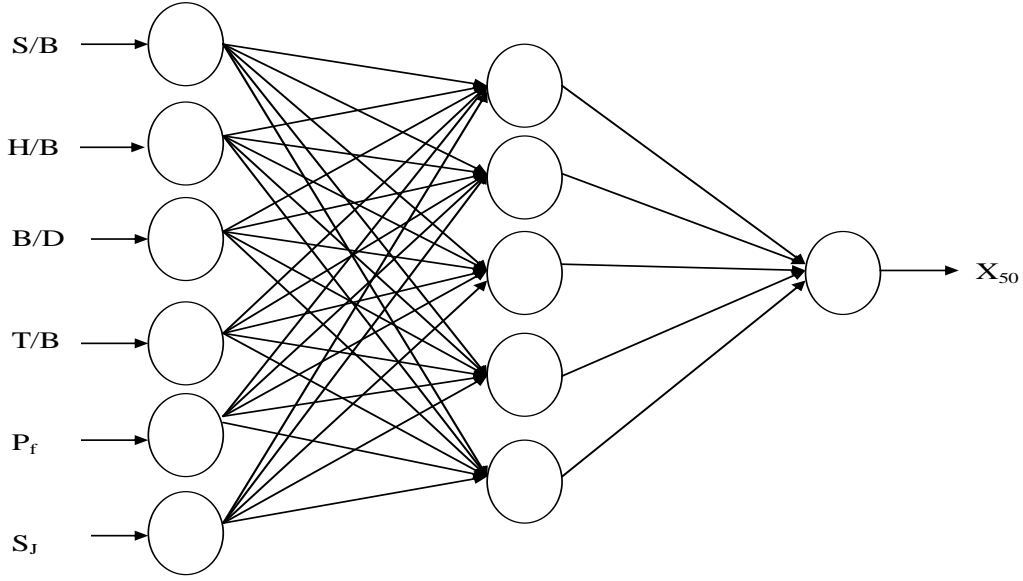


Şekil 9.7 Simülasyon diyagramı 3



Şekil 9.8 Simülasyon diyagramı 4

Geliştirilen YSA modeli şematik olarak Şekil 9.9’da görülmektedir. Modelin eğitime parametreleri ve diğer bazı özellikleri ise Çizelge 9.1’ de verilmiştir.

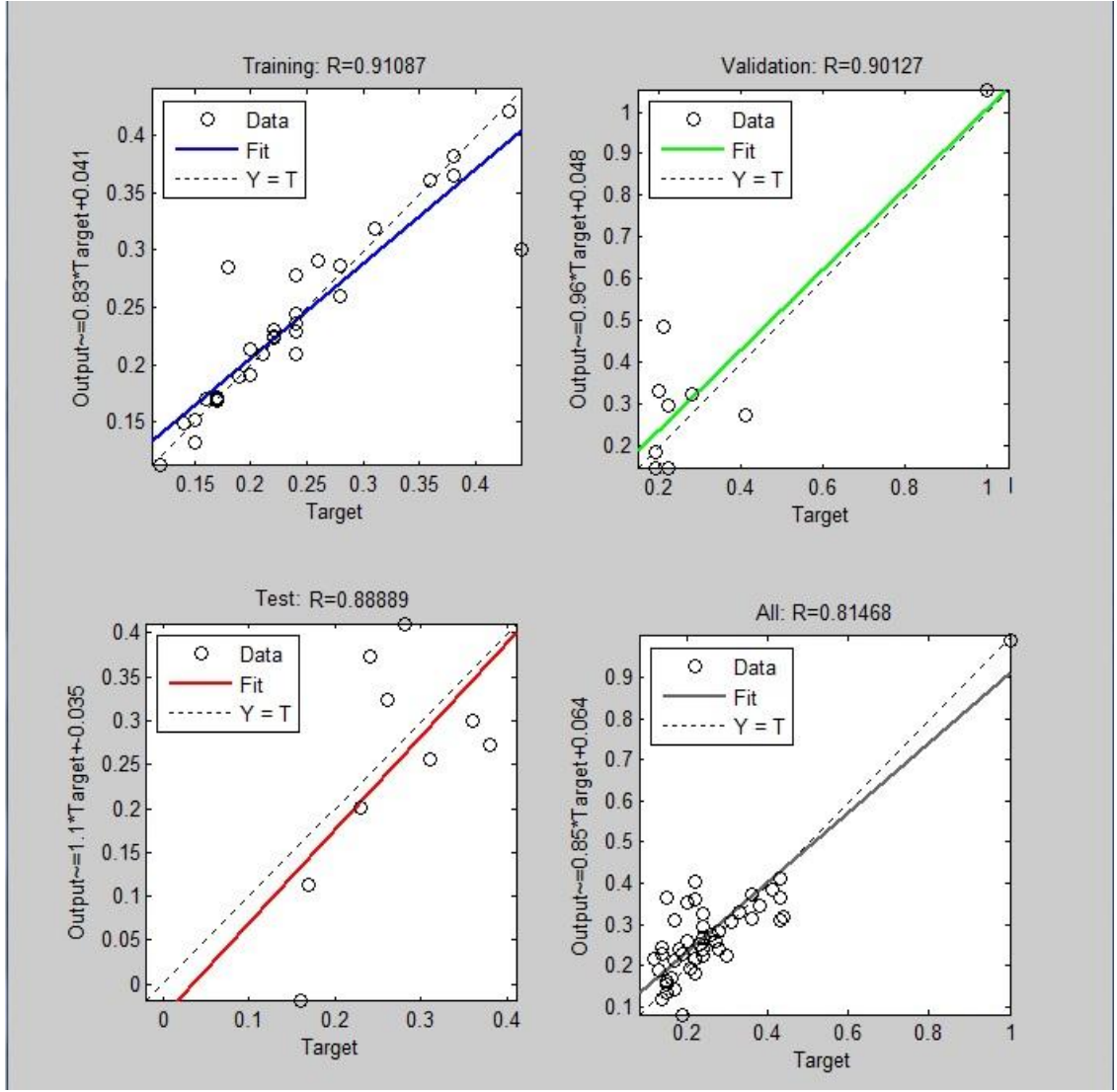


Şekil 9.9 Geliştirilen YSA modeli şematik gösterimi

Çizelge 9.1 Geliştirilen YSA modelinin yapısı, eğitime parametreleri

Giriş nöronu sayısı	Gizli nöron sayısı	Çıkış nöronu sayısı	Ağ tipi	Transfer fonksiyonu	Eğitime parametreleri	Eğitime algoritması
6	5	1	İleri beslemeli -geri yayımlı	Tanjant-sigmoid	Performans ölçütü: MSE Döngü: 12 Gradyant: 0,0036	Levenberg-Marquardt backpropagati on algorithm (trainlm)

Yapay sinir ağı ile oluşturulan modelin değerlendirilmesi Şekil 9.10’da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, tüm veriler genellikle 1:1 doğru etrafında dağılmaktadır. Bu da modelin doğruluğunun bir göstergesidir.



Şekil 9.10 YSA analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

#### 9.4 Regresyon Analizi ve YSA Karşılaştırılması

Çoklu regresyon analizi ve YSA analizi ile geliştirilen modellerin karşılaştırılmasında korelasyon katsayıları ve ortalama karesel hata değerleri kullanılmıştır. Çizelge 9.2 'de görüldüğü gibi, en iyi regresyon modeli zayıf bir korelasyon katsayısına ( $r = 0,56$ ) sahiptir. YSA modeli ise çok iyi bir korelasyon katsayısına ( $r = 0,89$ ) sahiptir. Bulunan iki sonuç karşılaştırıldığında YSA modeli ile bulunan korelasyon katsayısının, çoklu regresyon analizi ile bulunan korelasyon katsayısından çok yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde regresyon modelinin ortalama karesel hatası 0,01 iken, YSA modelinin ortalama karesel hatası 0,003 'dür. Regresyon modelinin hata değeri ile YSA modelinin ortalama karesel hatası karşılaştırıldığında, YSA modelinin standart hatasının daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 9.2 Modellerin karşılaştırılması

Model	Korelasyon katsayısı (r)	Ortalama karesel hata (MSE)
Regresyon modeli	0,56	0,01
YSA modeli	0,89	0,003

## BÖLÜM X

### SONUÇLAR

Bu çalışmada, Niğde bölgesinde bulunan kalsit ocaklarında yapılan patlatma sonrası parça blok boyutunun tahminine yönelik modeller geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada bölgede faaliyet gösteren 6 farklı ocakta toplam 48 atım gözlenmiştir. Çalışmalar sırasında yapılan atımlarda delikler arası mesafe, delik çapı, sıkılama, delik boyu, vb. patlatma tasarım parametreleri ile özgül şarj değerleri kaydedilmiştir. Ayrıca çatlaklar arası mesafeler de belirlenmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla parça blok boyutunun tahmini için veri tabanı oluşturulmuştur.

Çalışmalarda parça blok boyutunun hesaplanmasında WipFrag yazılımı kullanılmıştır. Program yardımıyla atım sonrası oluşan yığından çekilen fotoğraflar üzerinde görüntü analizi yardımıyla ortalama parça boyutları hesaplanmıştır.

Çalışmada, parçalanmayı birebir etkileyen patlatma tasarım parametreleri ile ortalama blok boyutu arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak belirlemek için çeşitli analiz yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan analizler; basit regresyon analizi, çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağları analizi yöntemleridir. Yapılan analizlerde parametre olarak delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı, basamak yüksekliğinin dilim kalınlığına oranı, dilim kalınlığının delik çapına oranı, sıkılama mesafesinin dilim kalınlığına oranı, özgül şarj ve çatlaklar arası mesafe kullanılmıştır.

Basit regresyon analizinde, ortalama blok boyutunun tasarım parametreleri ile olan ilişkisi değerlendirilmiş, fakat tasarım parametreleri ile ortalama parça boyutu arasında iyi korelasyonlar bulunamamıştır. Basit regresyon analizinin ardından model oluşturmak amacıyla STATGRAPHICS yazılımı kullanılarak çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmada en iyi sonuca ulaşabilmek için parametreler adım adım değerlendirilmiş ve en iyi modelin katsayısının 0,56 olduğu görülmüştür. Bu değer de zayıf bir korelasyonu ifade etmektedir.

Çalışmada son olarak yapay sinir ağları analizi yapılmıştır. MATLAB yazılımı kullanılarak yapılan analizde 6 giriş, 5 gizli ve 1 çıkış nöronuna sahip bir model

oluřturulmuřtur. Bu modelin iyi korelasyon ( $r=0,89$ ) katsayısına ve dūřuk ortalama karesel hata ( $MSE=0,003$ ) deęerine sahip olduęu grlmüřtur.

Sonuç olarak, mevcut verilerle kalsit ocakları için regresyon analizi ile iyi bir parça boyut tahmini yapılamayacağı, ancak yapay sinir ağları modeli ile güvenilir bir parça boyut analizi yapılabileceği söylenbilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Kuzu, C. ve Hüdaverdi, T., Patlatma İle Kaya Kırmada KUZ-RAM Modelinin Değerlendirilmesi, IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, pp 375-355, İstanbul, 2006.
- [2] Erdil, M. ve Erkoç, Ö.Y., Patlatma Sonrası Parçalanmış Malzemenin Tane Dağılımını Belirlemeye Yönelik Modelleme Çalışmalarına Bir Yaklaşım, Barutsan Dergisi, Sayı:2, pp 83, 2007.
- [3] Grundstrom, C., Kanchibotla, S. S., Jankovivich, J. Thornton, D., Blast Fragmentation For Maximising the SAG Mill Throughput at Porgera Gold Mine, Proc. In Proc ISEE 27<sup>th</sup> Ann Conf Expl and Blasting Techn, Vol I. pp. 383, ISEE, Cleveland OH, 2001.
- [4] Djordjevic, N., Two-Component Model Of Blast Fragmentation in Proc 6th Symp-on Rock Fragmentation by Blasting, Symposium Series S21.SAIMM, 213-219, 1999.
- [5] Özdemir, K., Kahriman, A., Özer, Ü., Parçalanma Tahmin Modelleri ve Dijital Görüntü İşleme Yöntemi, V. Delme Patlatma Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, pp 83, 2007.
- [6] Crum, S. V., Siskind, D. E., Pierce, W. E., Radcliffe, K. S., Ground Vibrations and Airblast Monitored in Swedesburg, Pennsylvania, From Blasting at the Mc. Coy Quarry, U. S. Bureau of Mines, 1995.
- [7] Kanjhibotla, S. S., Valery, Jnr., W. ve Morrell, S., Modelling Fines in Blast Fragmentation and its Impact on Crushing and Grinding, Explo'99 Conference, Kalquorlie, WA., 1999.
- [8] Jaeger, J. C., Cook, N. G. W., Fundamentals of Rock Mechanics, Third ed. Chapman and Hall., London, 1979.
- [9] Chung, S. H. and Katsabanis, P. D., Fragmentation Prediction Using Improved Engineering Formulae, Fragblast, Vol. 4, pp. 198, 2000.
- [10] Hüdaverdi, T., Parçalanmanın İyileştirilmesine Yönelik Patlatma Tasarımının Araştırılması, İ.T.Ü, Doktora Tezi, 2010.
- [11] Jimeno, C. L., Jimeno, E. L. ve Carcedo, F. J. A., Drilling and Blasting of Rock, A.A. Balkema, Brookfield Publication, Rotterdam, 1995.

- [12] Kou, S. and Rustan, A., Computerized Desing and Result Prediction of Bench Blasting, Fourth International Symposium on Rock Fragmentation By Blasting, Vienna, pp. 263, 1993.
- [13] Memurekli, D., Tekin, F. ve Hafizoğlu, E., Açık Ocak Madenciliğinde Patlatma ve Çevresel Etkileri, 1996.
- [14] Bilgin, H. A., Kalaycıoğlu, G. ve Güler, M., Patlayıcı Madde Ateşleyici Yeterlilik Belgesi Eğitim Seminer Notları, 140s, Ankara, 2004.
- [15] Dağçimen, A., Patlatma Tasarımı İçin Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2006.
- [16] Kahraman, S., Açık İşletmelerde Uygun Delme- Patlatma Şartlarını Veren Bir Modelin Oluşturulması, Doktora Tezi, İ.T.Ü., 1997.
- [17] Langefors, U. ve Kihlström, B. A., The Modern Techniques of Rock Blasting, Jhon Wily and Sons Inc., New York, 1963.
- [18] Naapuri, J., Surface Drilling and Blasting, Tamrock, Sweden, 1990.
- [19] Konya, C. J., Walter, E. J., Sulfate Blast Desing., A-Division of Simon And Schuster., New Jersey., 1990.
- [20] Erkoç, Ö. Y., Kaya Patlatma Tekniğinde Delik Delme, Yöntem ve Maliyet Karşılaştırması, II. Delme ve Patlatma Sempozyumu, 1996.
- [21] Arıoğlu, E., Açık İşletmelerde Patlatma Tasarımında Dilim Kalınlığının Belirlenmesinde İşletme ve Jeoteknik Büyüklükleri Gözeten Yarı Analitik Bir Yaklaşım, Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Ankara, 581s., 1990.
- [22] Bayrakçı, E., Aydın Linyit İşletmelerinde Delme Patlatma İşlemlerinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2007.
- [23] Tosun, S., Açık İşletmelerde Maliyete İlişkin Bazı Delme-Patlatma Parametrelerine Genel Bakış, Madencilik Dergisi, Sayı:4, Cilt 31, Aralık, 1992.
- [24] Olofsson, S.O., Applied Explosives Technology for Constructin and Mining, Second Edition, 301s. 1990.
- [25] Ash, R. L., The Mechanics of the Rock Breakage (Part 1), Pit and Quarry, Vol.56 (2), pp.98, 1963.
- [26] Maerz, N. H., Palangio, T.C. ve Franklin, C. A., WipFrag İmage Based Granulometry System, Fragblast 5, Workshop on Measurement of Blast Fragmentation, Canada, pp91, 2000.
- [27] Gustafsson, R., Swedish Blasting Technique, SPI Publishing, Gothenburg, 1997.

- [28] Ulusay, R., ve Sönmez H., Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 2007.
- [29] Bhandari, S., Engineering Rock Blasting Operations, A. A. Balkema, Rotterdam, 1997.
- [30] Hagan, T. N., The Influence of Controllable Blast Parameters on Fragmentation on Mining Cost, First International Symposium on Rock Fragmentation By Blast, Lulea, Sweden, pp. 31, 1983.
- [31] Olofsson, S. O., Applied Explosives Technology For Construction and Mining, Applex, Sweden, 1988.
- [32] Sen, G. C., Blasting Technology for Mining and Civil Engineer, UNSW Press, Sydney, Australia, 1995.
- [33] Özer, Ü.ve Anıl, M., Delme Patlatma Tasarımı İçin Kullanılan Bazı Yaklaşımların Ampirik Olarak İncelenmesi, II. Delme Patlatma Sempozyumu, pp 108, 1996.
- [34] Bilgin H. A., Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımları, O.D.T.Ü., 102s., 1986.
- [35] Demirci, A., Açık İşletmelerde Delik Geometrisinin Belirlenmesi ve Çatlaklı Kayalarda Uygulanması, Etibank Bülteni., Sayı 68, pp 3-8, 1984.
- [36] Erkoç, Ö. Y., Kaya Patlatma Tekniği, 164s, 1990.
- [37] Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M. A. ve Tamzok, N., Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, Ankara, 678s. 2008.
- [38] Wild, H. W., Zur Frage der Abschlaglängen im Streckenvartrible und Schacht bau. Glückavf 118, No:8, pp 393-398, 1982.
- [39] Kahrıman, A., Patlatma Kazılarında Kaynaklanan Çevresel Etkilerin Ölçümü ve Konuyla İlgili Hasar Kriteri Oluşturma Araştırmaları, Tübitak, Proje No:YDABÇAG-199YO27, İstanbul Üniversitesi, 2001.
- [40] Coşkun, O., Patlayıcı Maddelerle Kazı Tasarım Parametrelerinin İncelenmesi ve Patas Uzman Sisteminin Denenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul, 2001.
- [41] Şeran, O., ve Akay, T., Açık Ocularda Delme Patlatma Tasarımı ve Türkiye İşletmeleri Çan Linyitleri İşletmesinin Delme Patlatma Etüdü, Bitirme Projesi, İstanbul Üniversitesi, 1999.
- [42] Bilgin, H. ve Paşamehmetoğlu, A. G., Kayaların Delinebilirlikleri ve Patlayabilirlikleri Üzerine Bir Çalışma, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Ankara, pp 113-125, 1986.

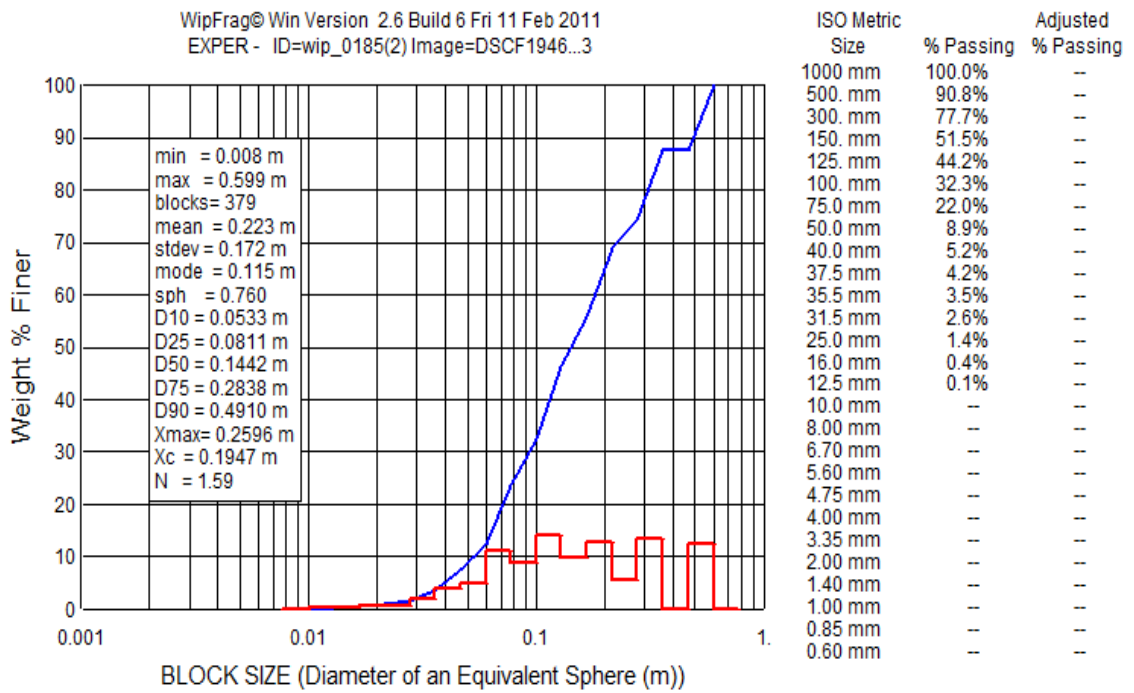
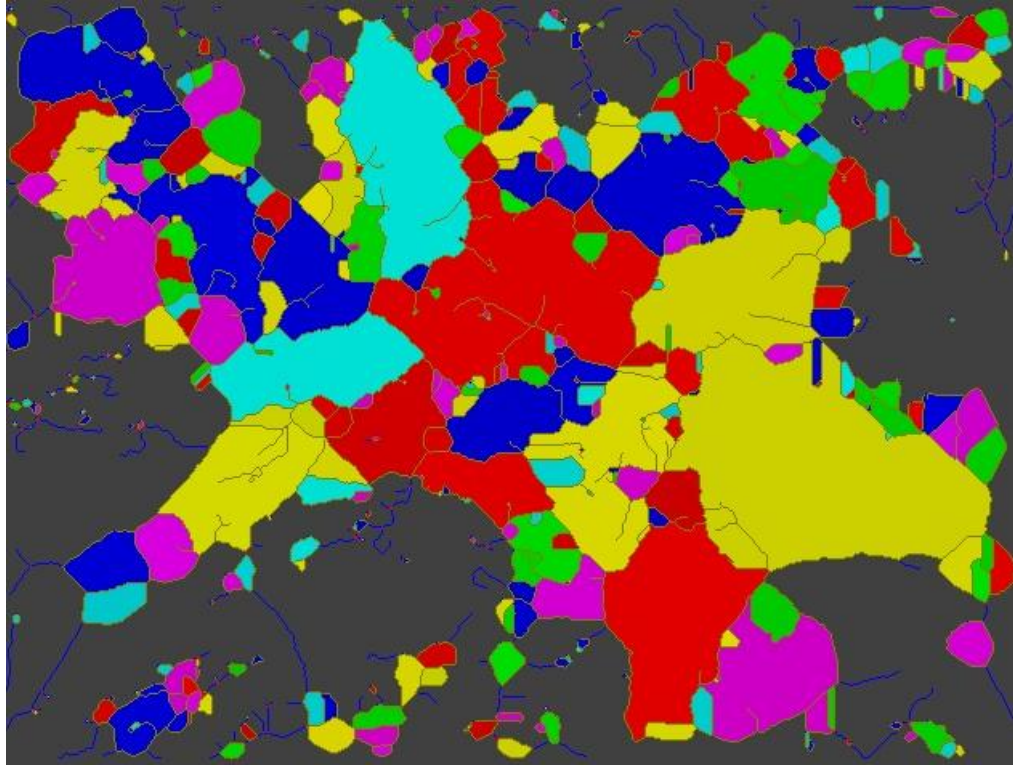
- [43] Akkoyun, Ö., Dağyaka Kalker Ocağında Uygulanan Kare ve Şeşbeş Delik Düzenlerinin Karşılaştırılması, 1999.
- [44] Demirkol, C., Pozantı-Karsantı-Karaisalı (Doğu Toros) Arasında Yer Alan Karbonat Platformunun Stratigrafisi ve Jeolojik Gelişimi, MTA Dergisi, sayı 109, pp 33-34 Adana, 1989.
- [45] Temur, S., Endüstriyel Hammaddeler, Selçuk Üniversitesi, 386s., 2001.
- [46] Maerz, N. H., Reconstructing 3-D Block Size Distributions From 2-D Measurements on Sections, Fragblast 5, Workshop on Measurement of Fragmentation, Canada, pp39, 1996a.
- [47] Maerz, N. H., ve Zhou, W., Optical Digital Fragmentation Measuring Systems- Inherent Sources of Error, Fragblast, The International Journal for Blasting and Fragmentation, Vol.2, No:4, 451s., 1998.
- [48] Hustrulid, W., Blasting Principles for Open Pit Mining-General Design Concepts, Treoretical Foundations, A. A. Balkema, Rotterdam, 1999.
- [49] Pekin, A., Ercan Taş Ocağı Delme Patlatma Sisteminin İncelenmesi, BAÜ FBE Dergisi, C 12, S 1, pp 31-45, 2010.
- [50] Temur, S., Jeolojide Veri Analizleri, Cilt 1, Konya, 1997.
- [51] Mohard, R. C., Chiappetta, R. F. and Brog, D. G., Explosives and Rock Blasting, Atlas Powder CO., Dallas, Texas, 1987.
- [52] Şıklar. E., Regresyon Analizine Giriş, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 2000.
- [53] Kahraman, S., Darbeli Delme Hızının Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Shore Sertliğinden Tahmini, 6. Delme Patlatma Sempozyumu Bildiriler Kitabı, pp 25-29, Ankara, 2010.

## **EKLER**

EK-1

WipFrag Programında elde edilen resim ve grafikler (Gözlem no:1)

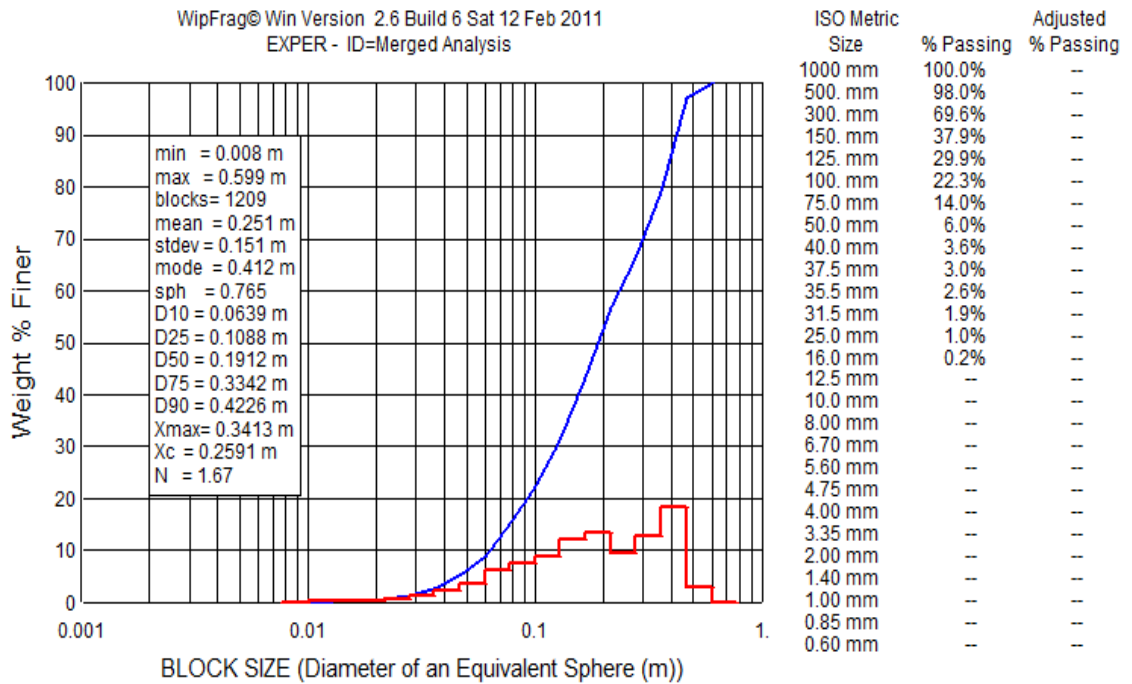
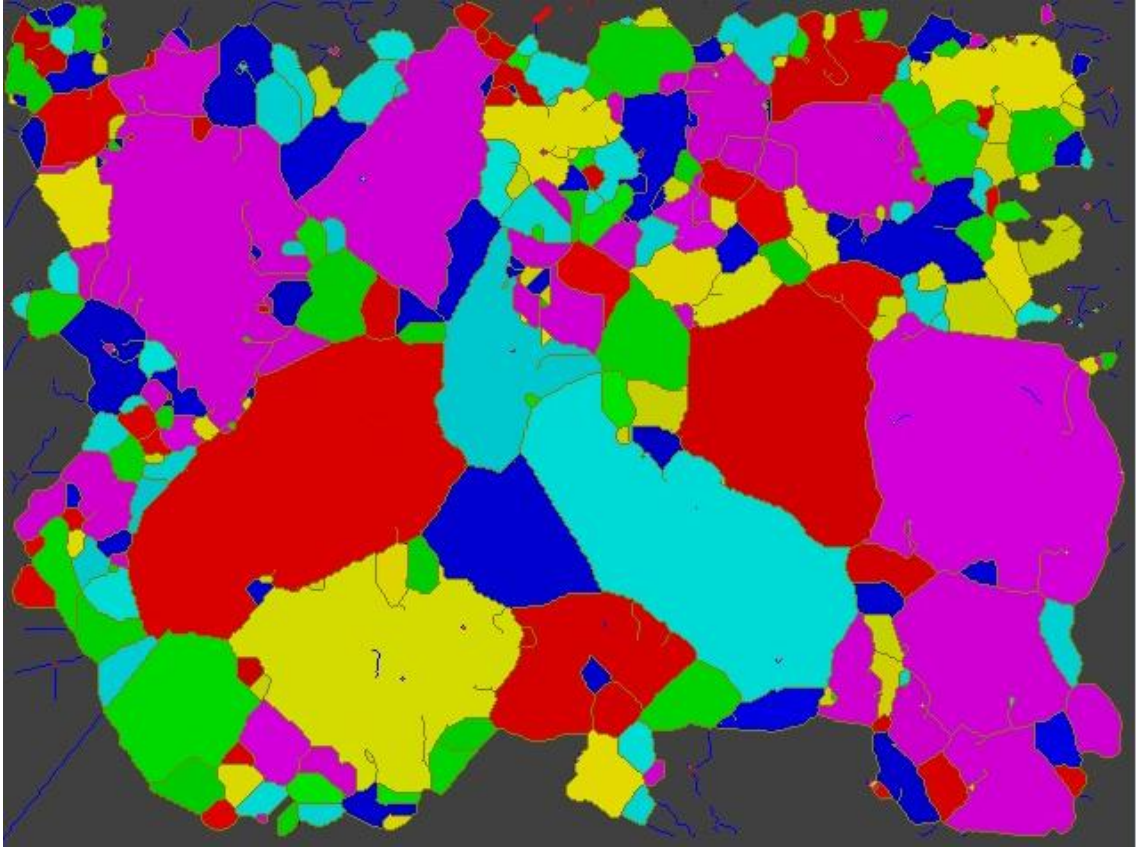
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:2

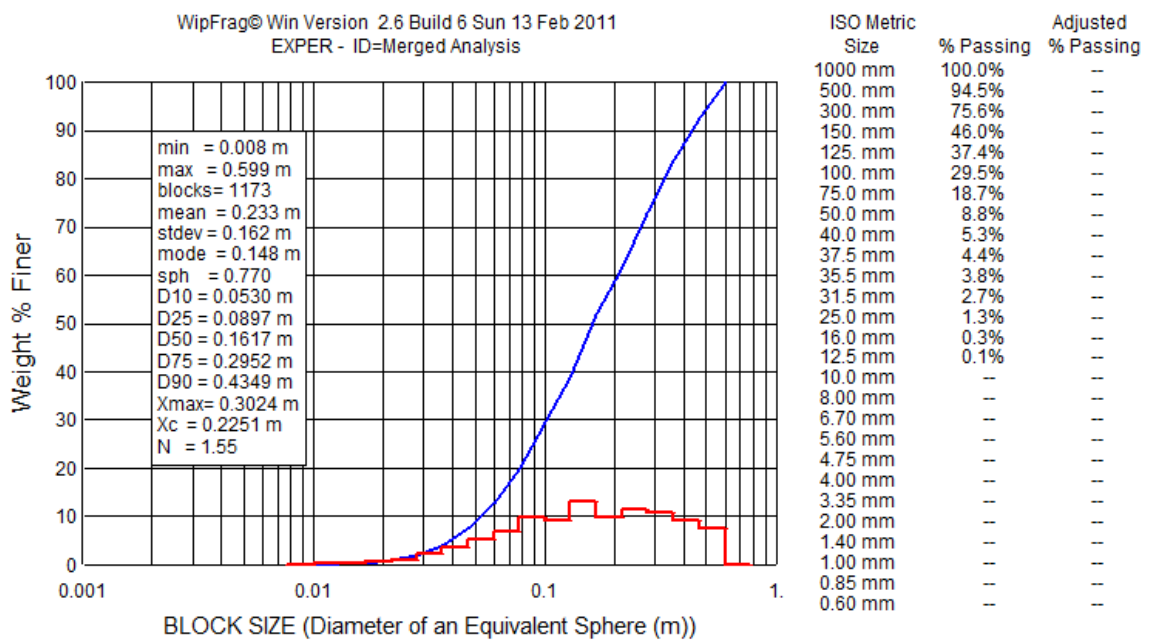
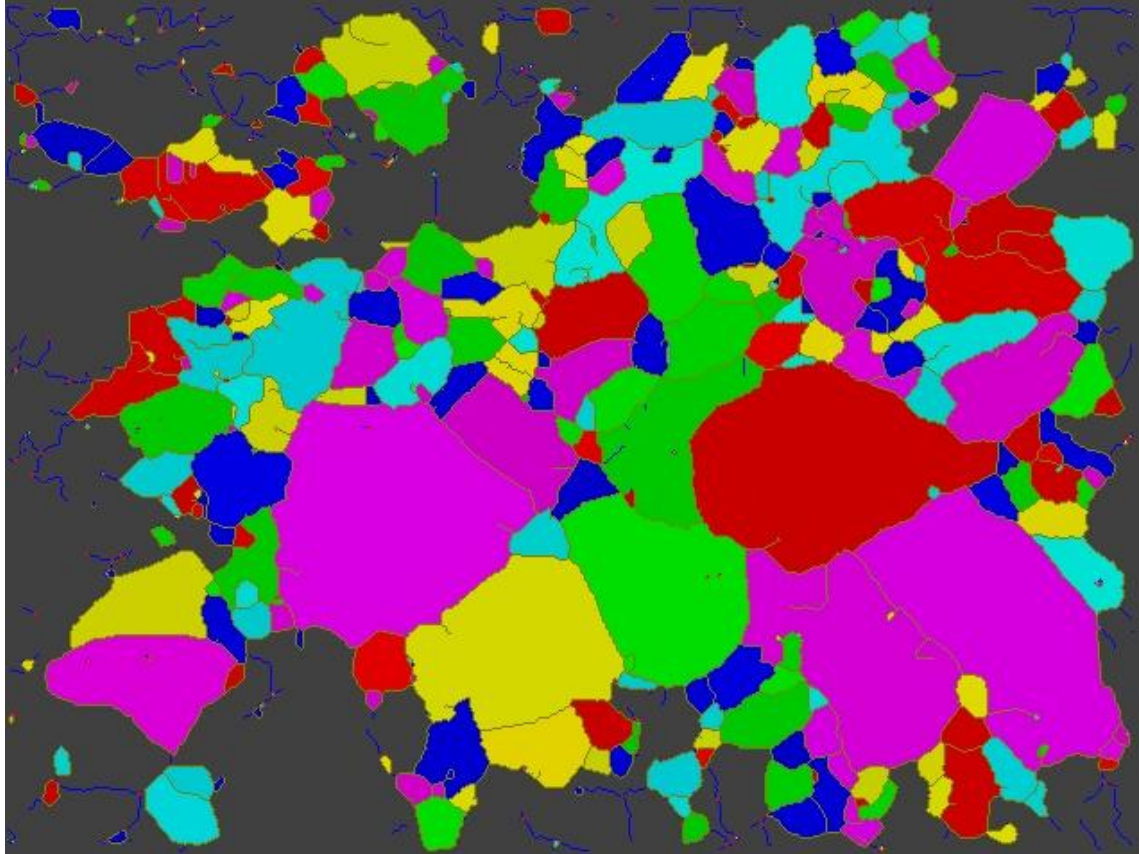
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:3

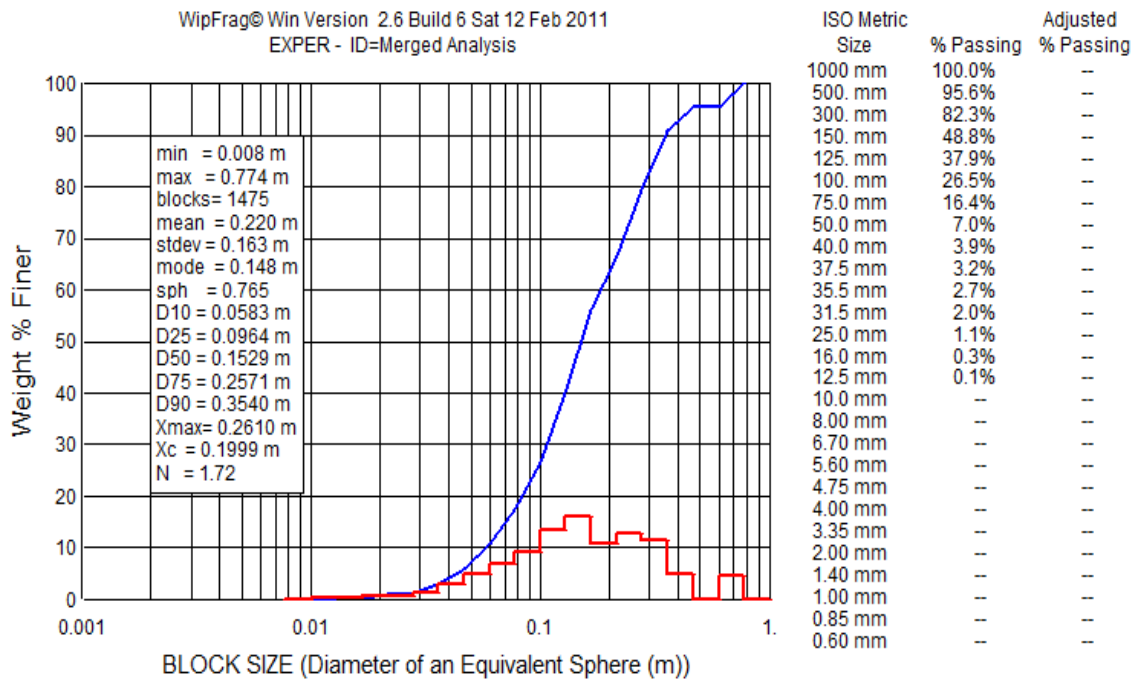
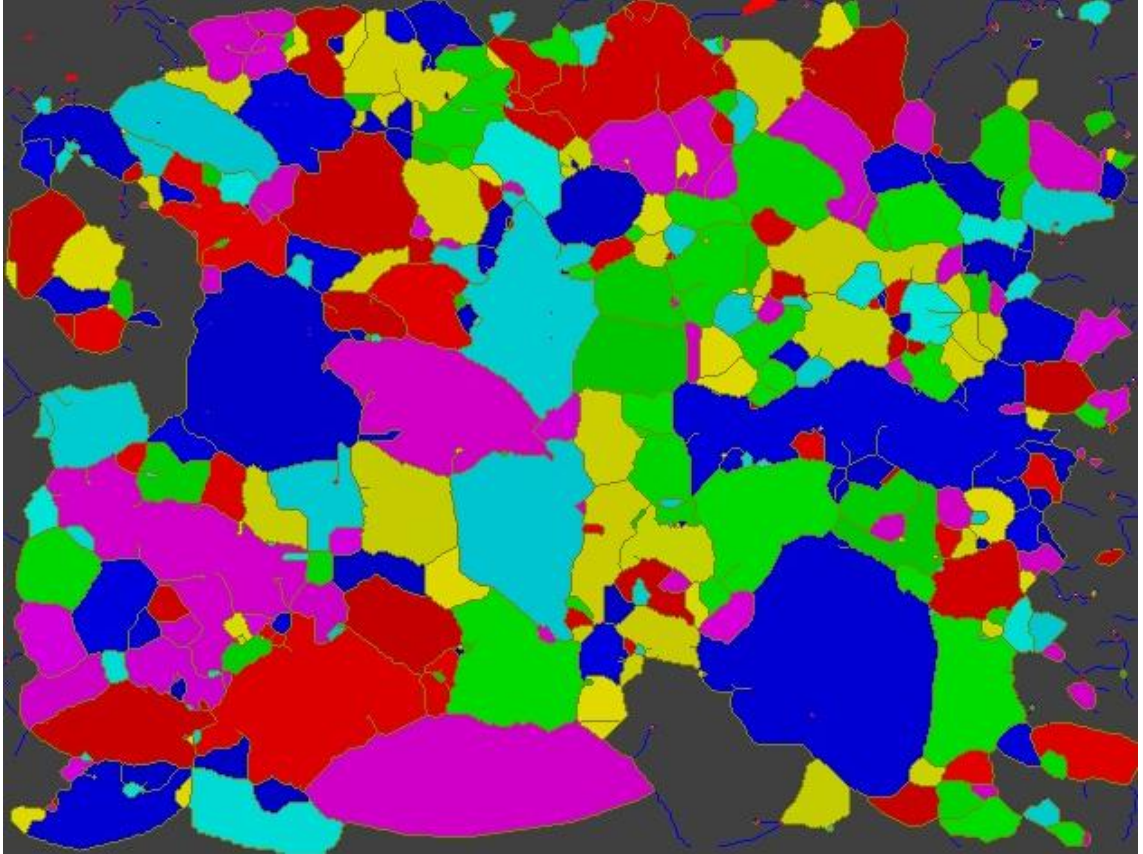
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:4

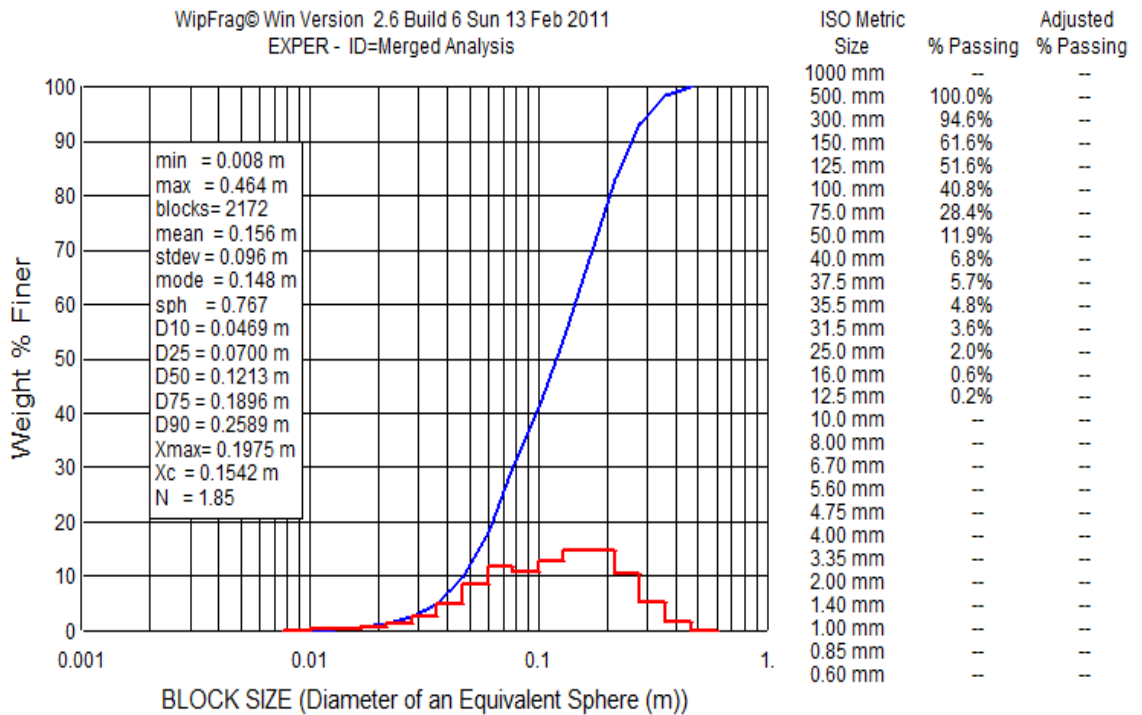
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:5

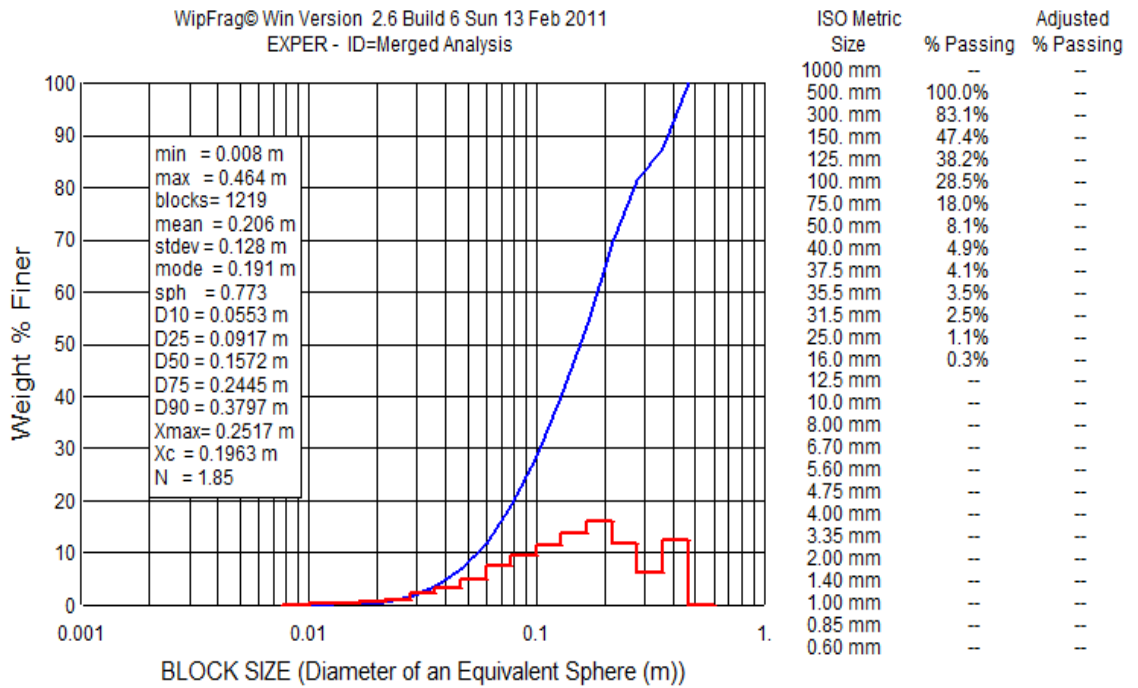
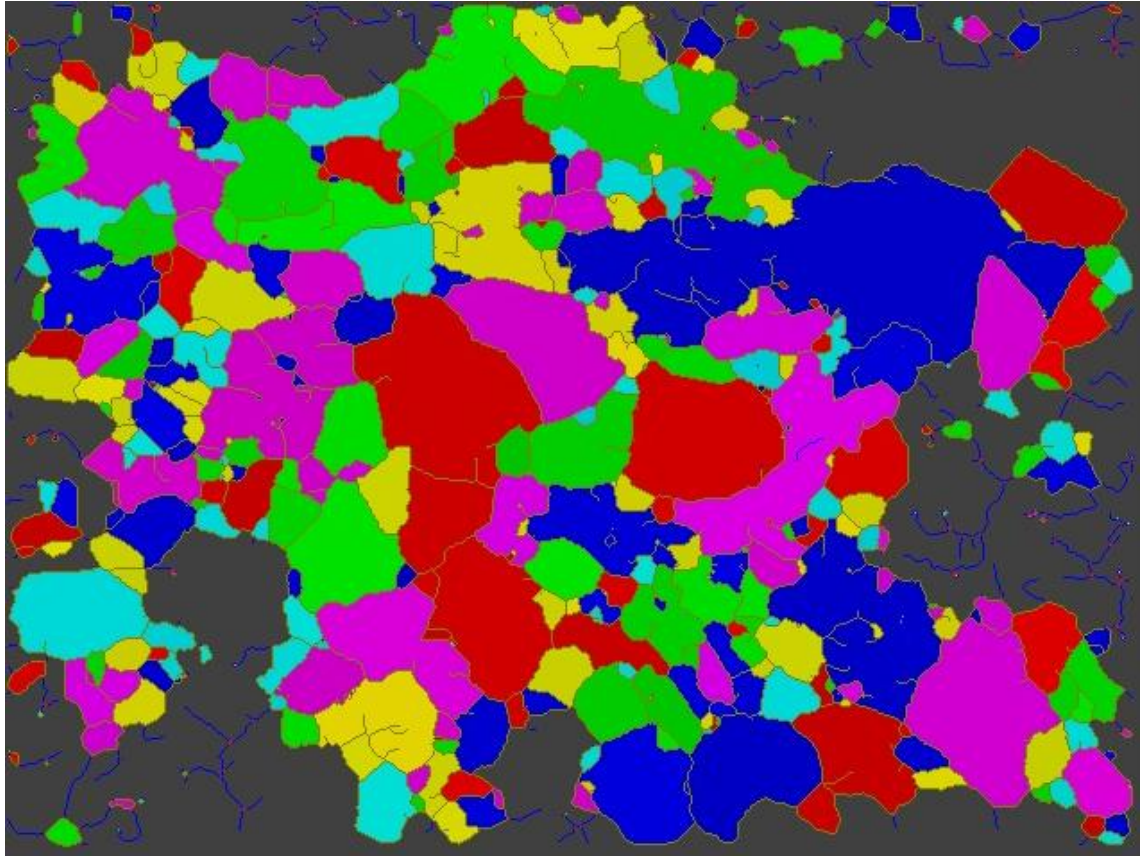
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:6

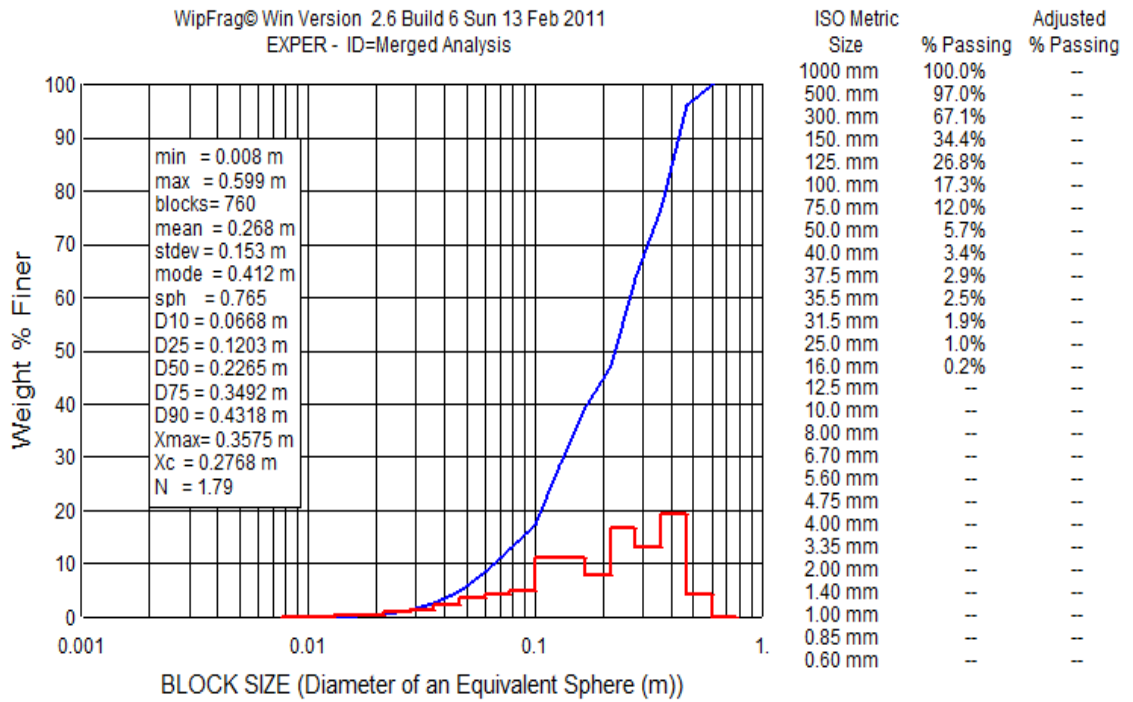
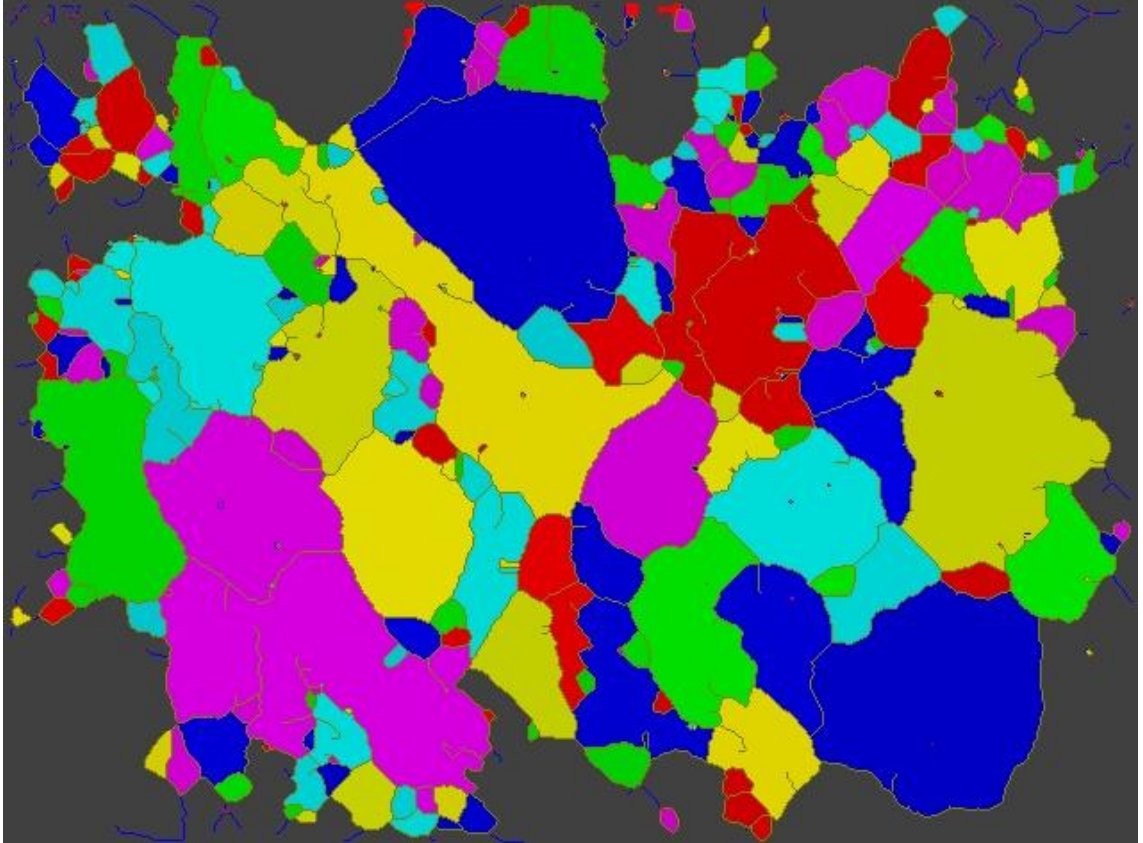
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:7

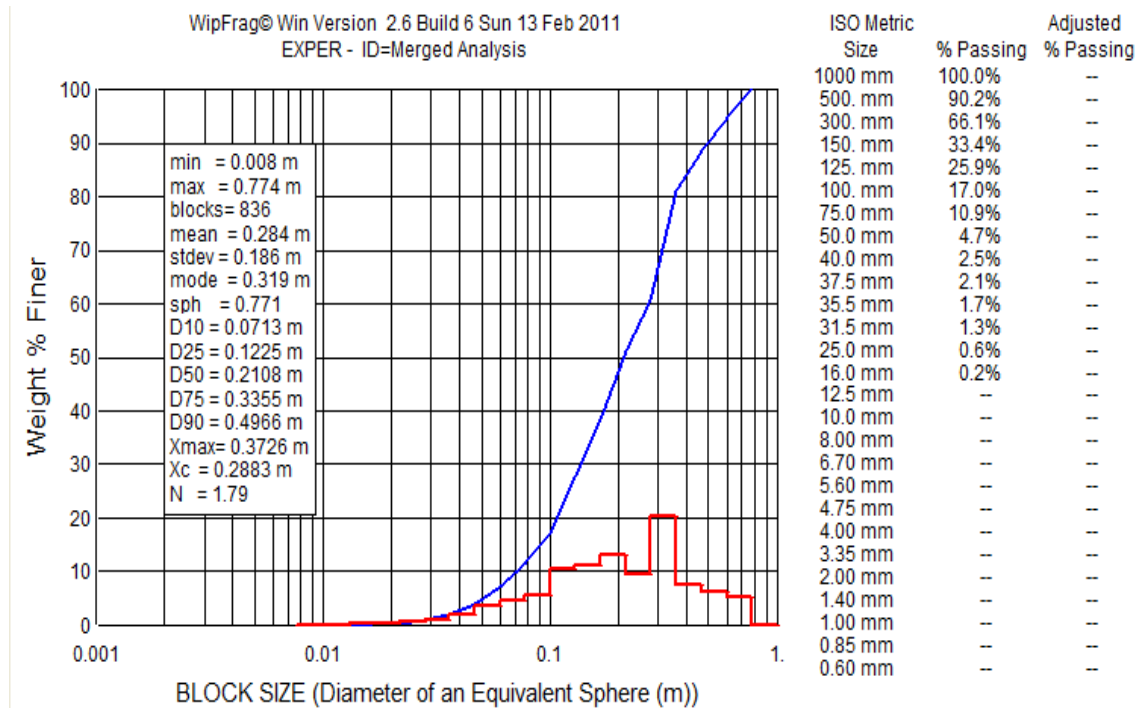
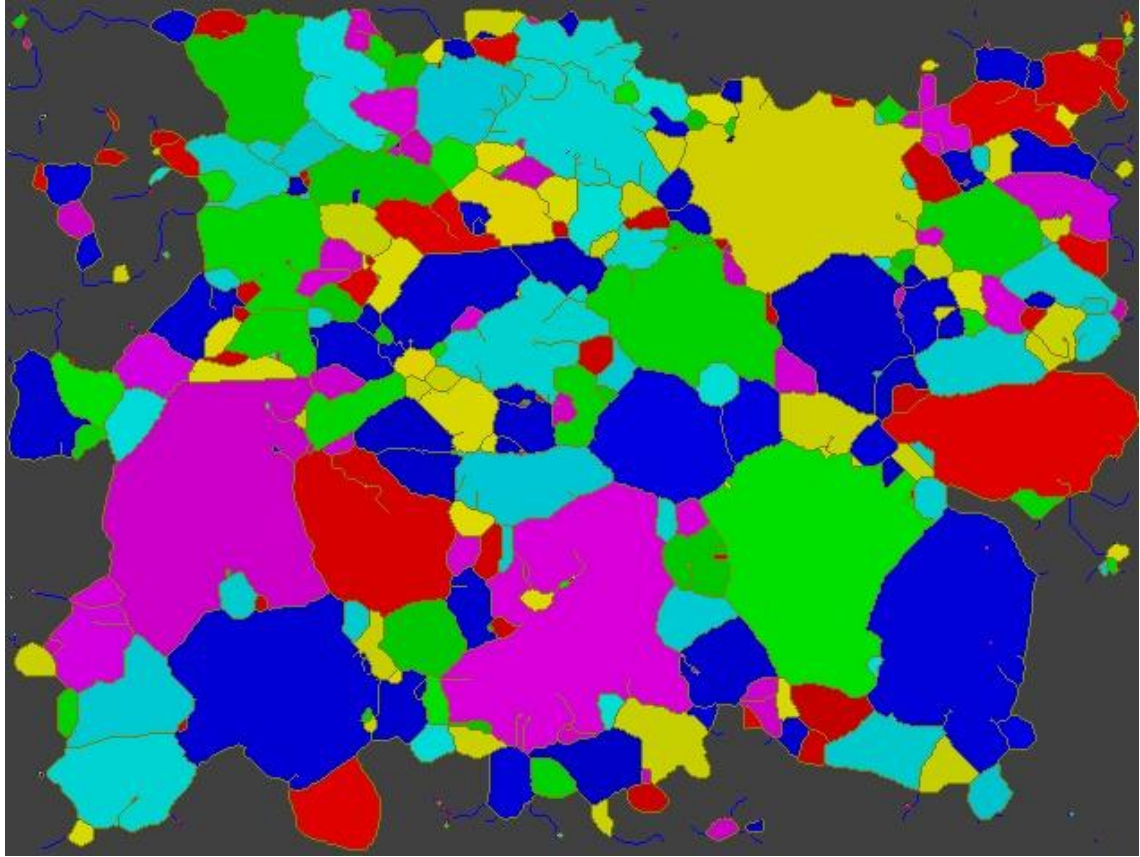
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:8

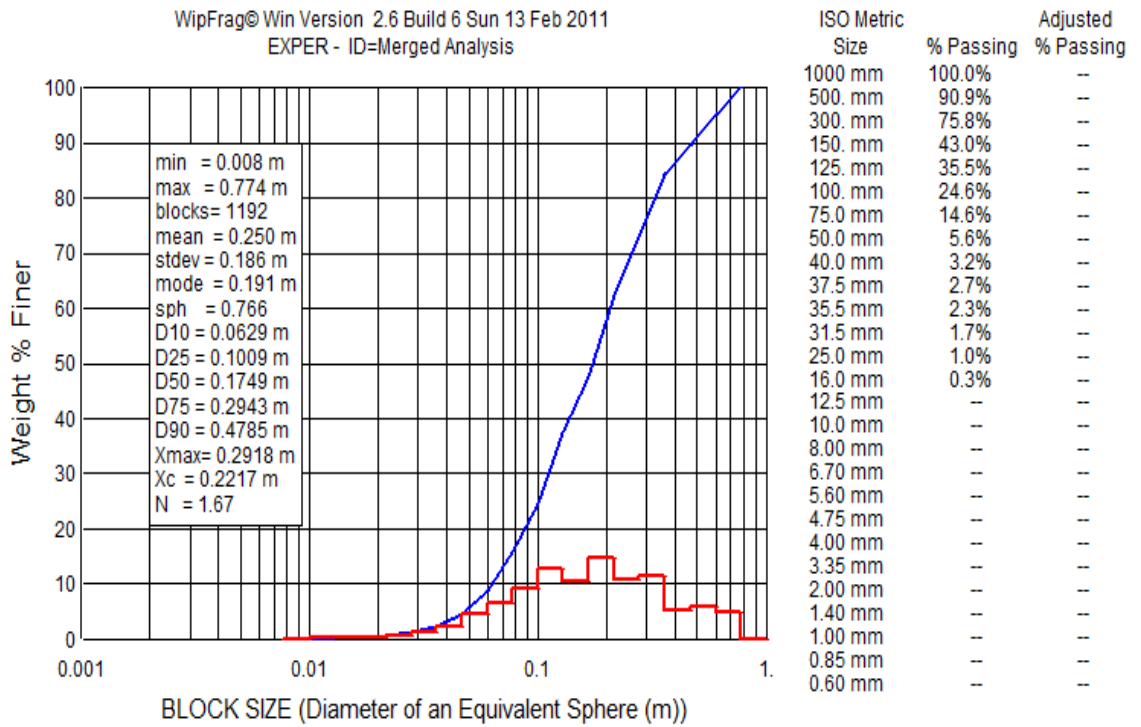
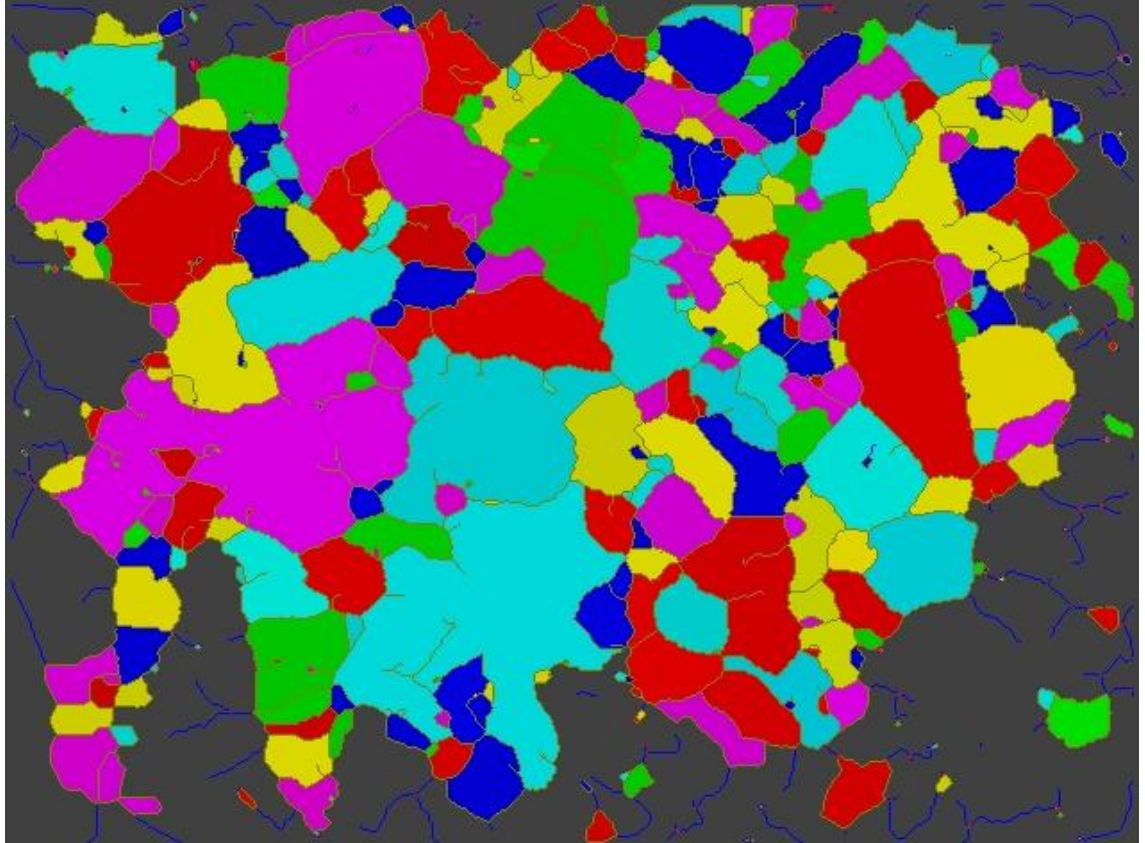
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:9

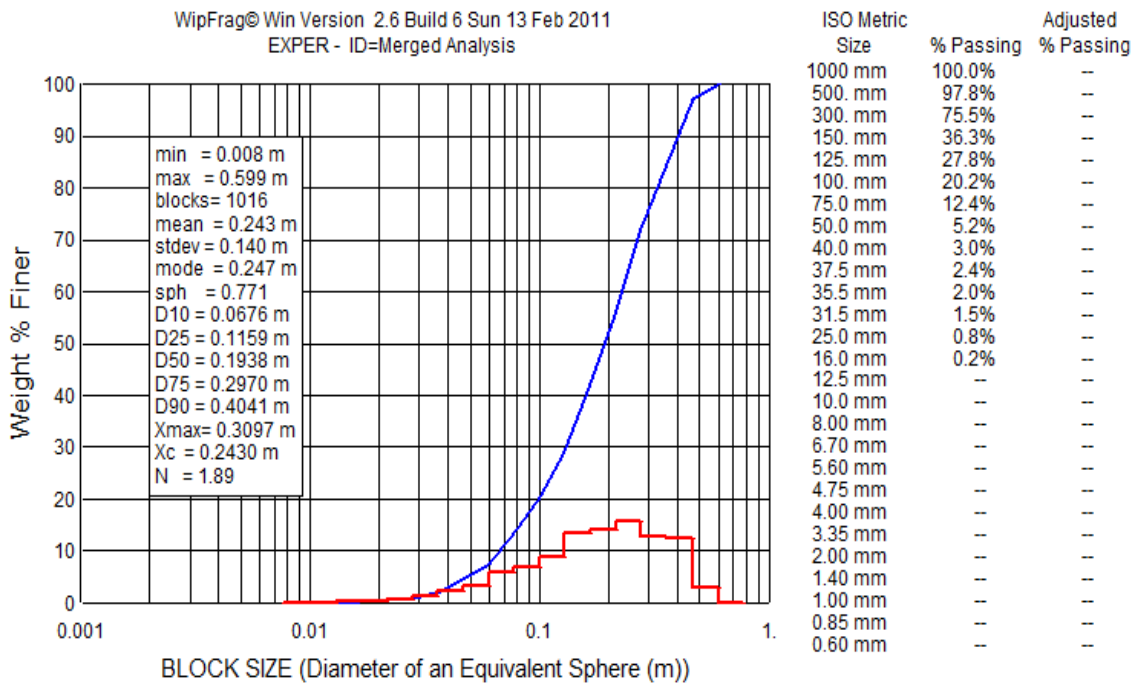
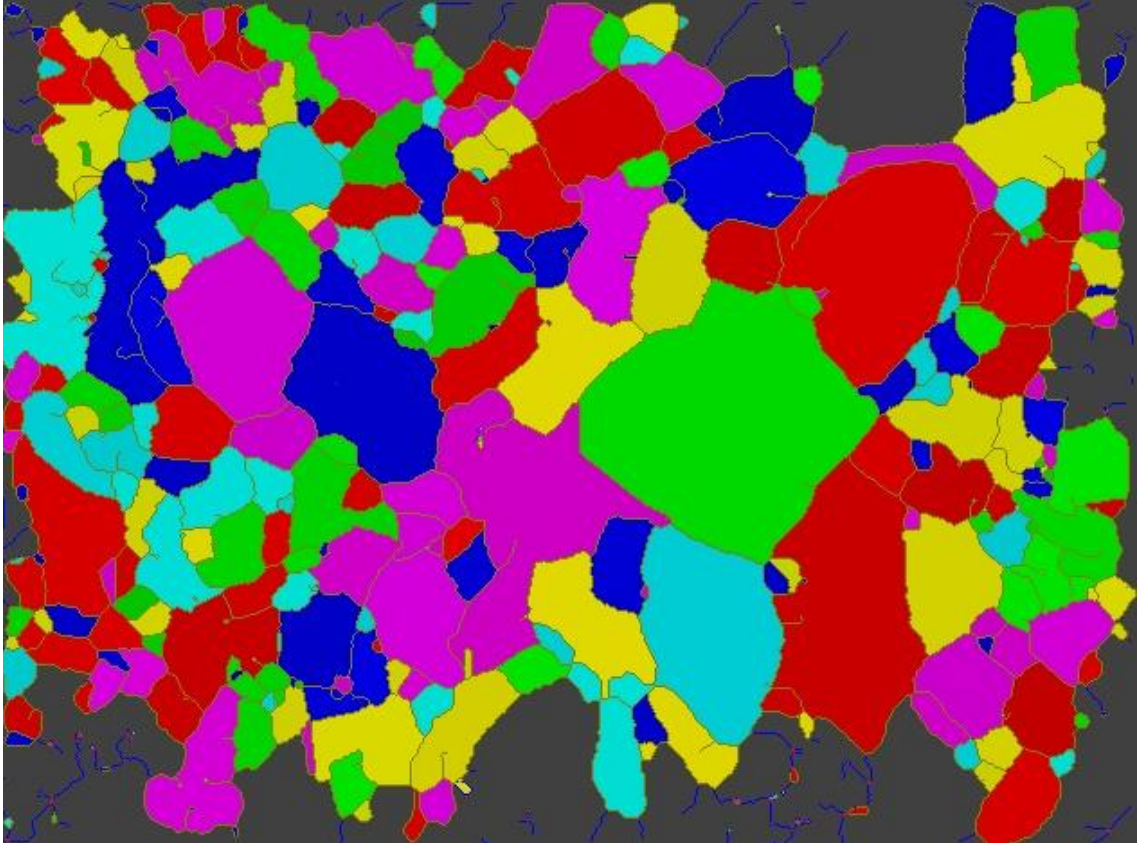
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:10

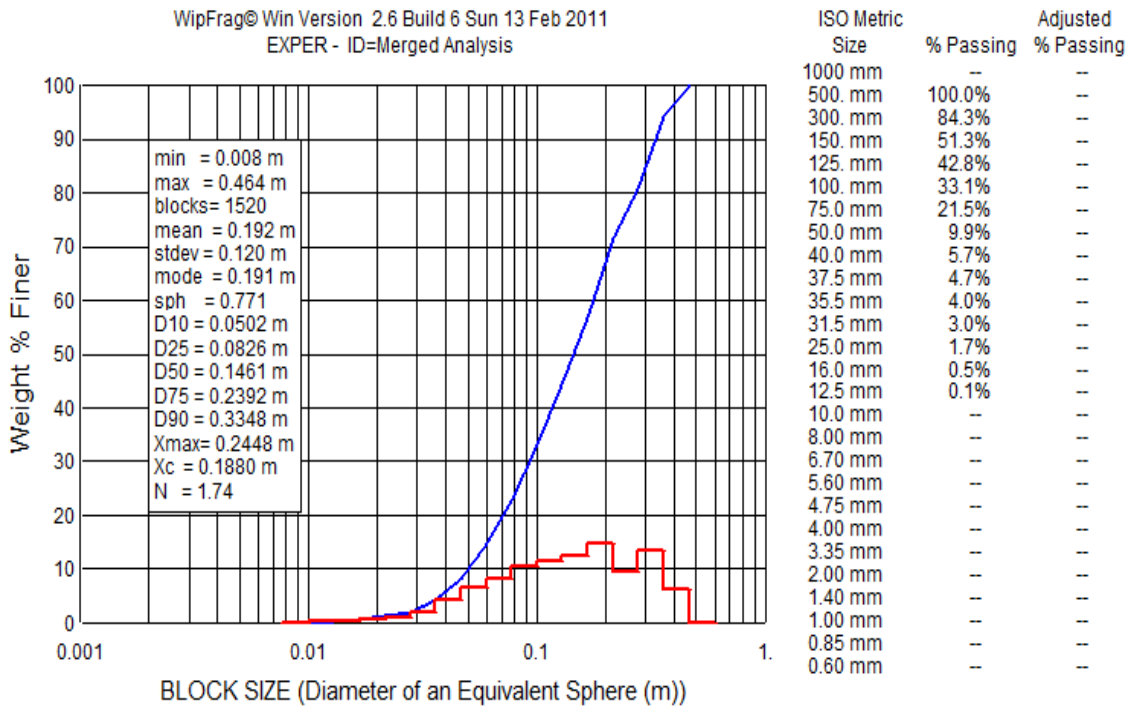
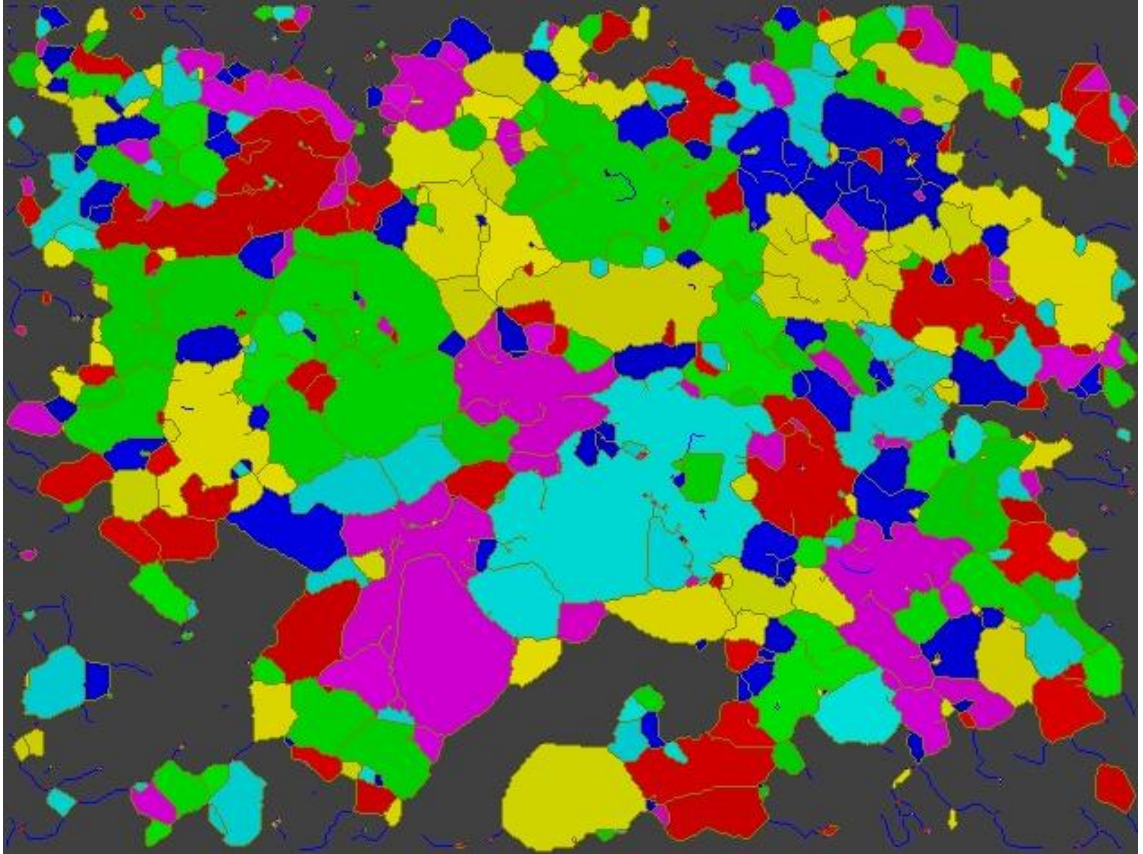
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:11

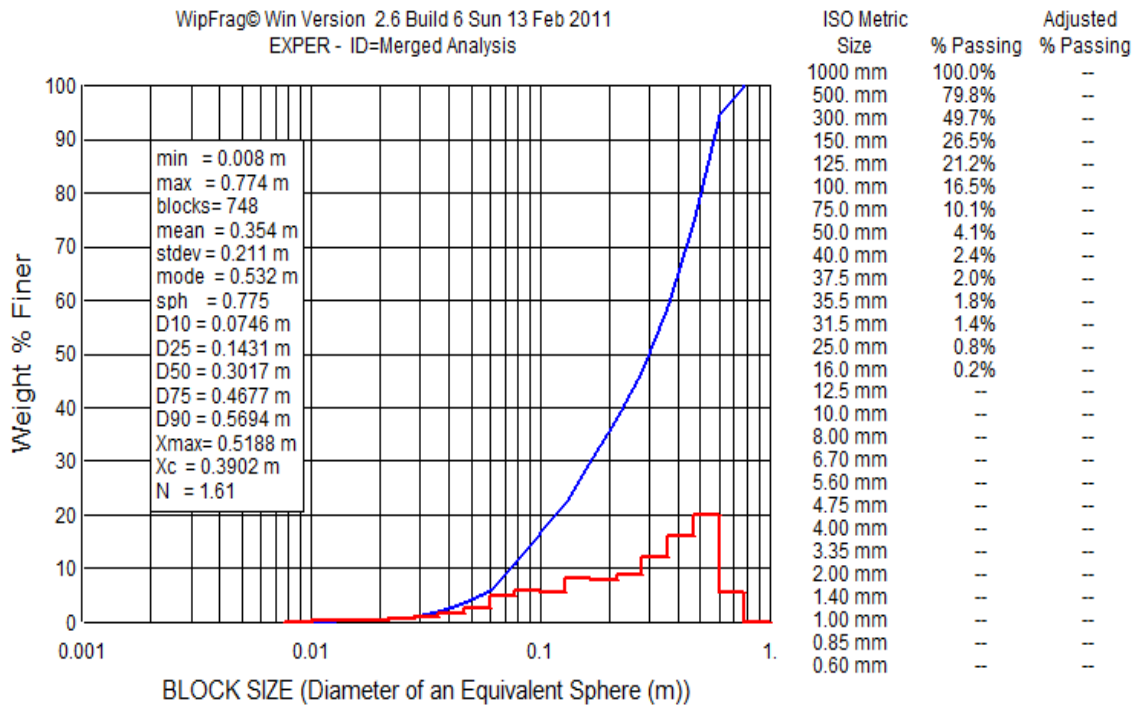
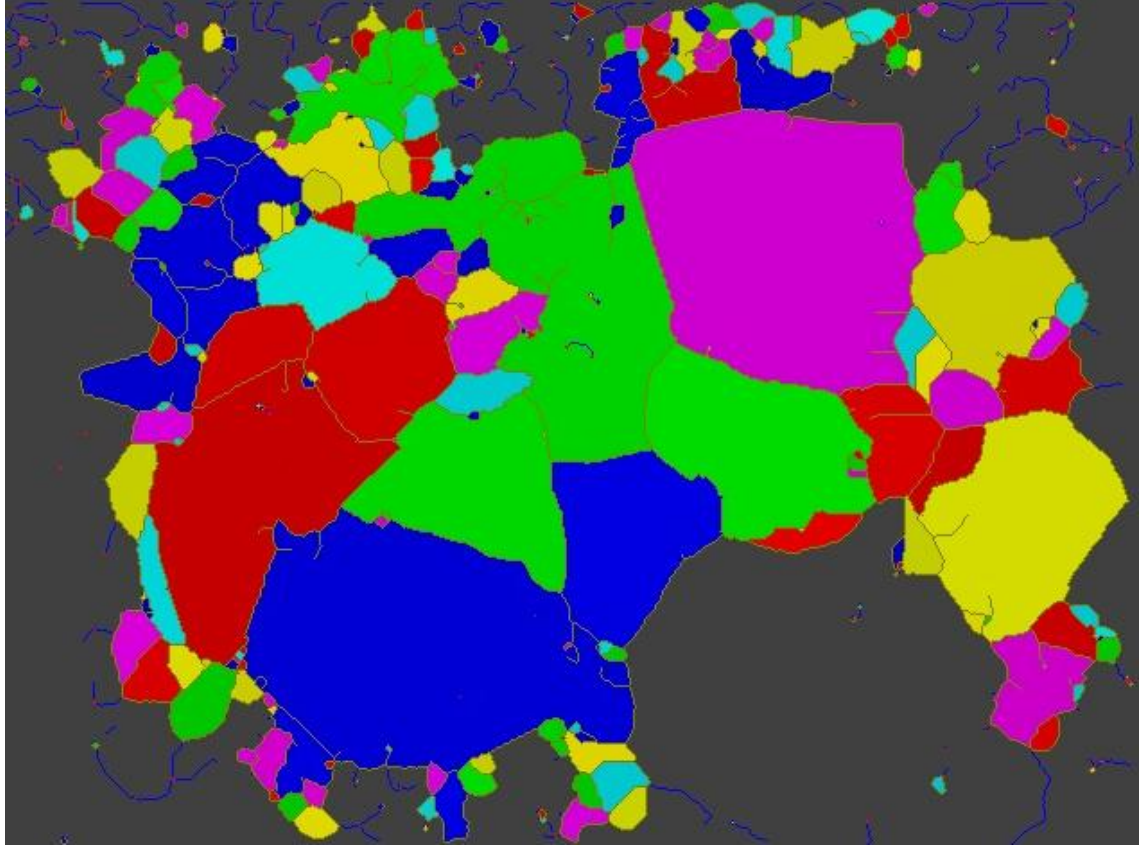
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:12

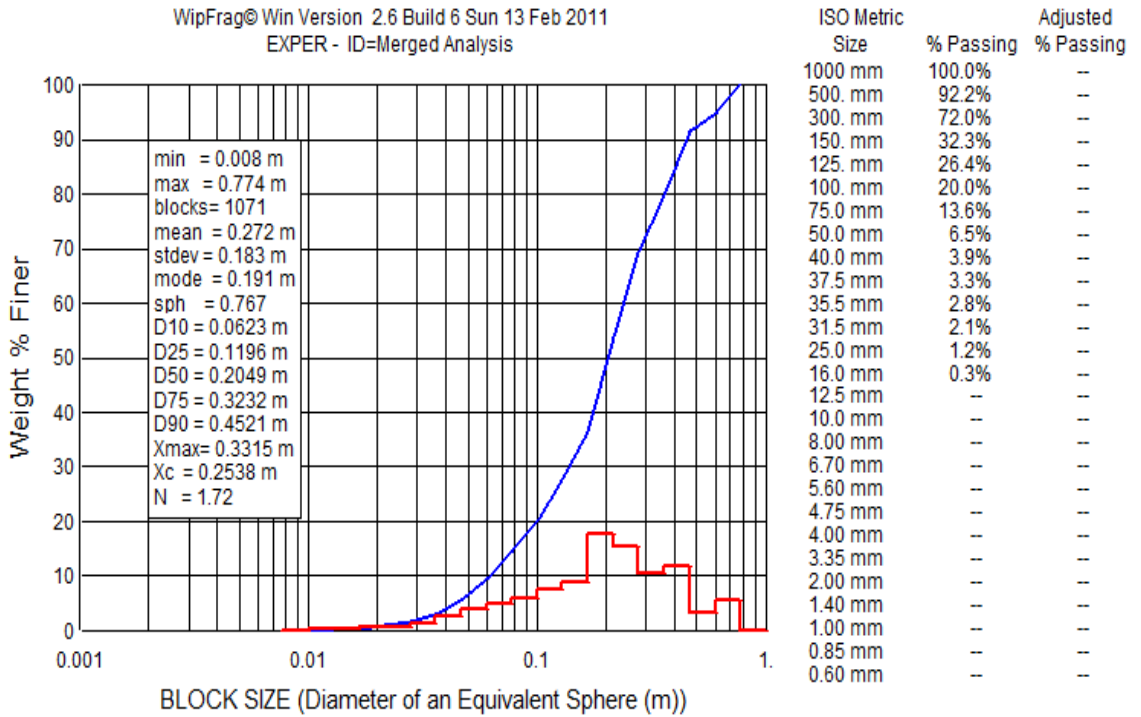
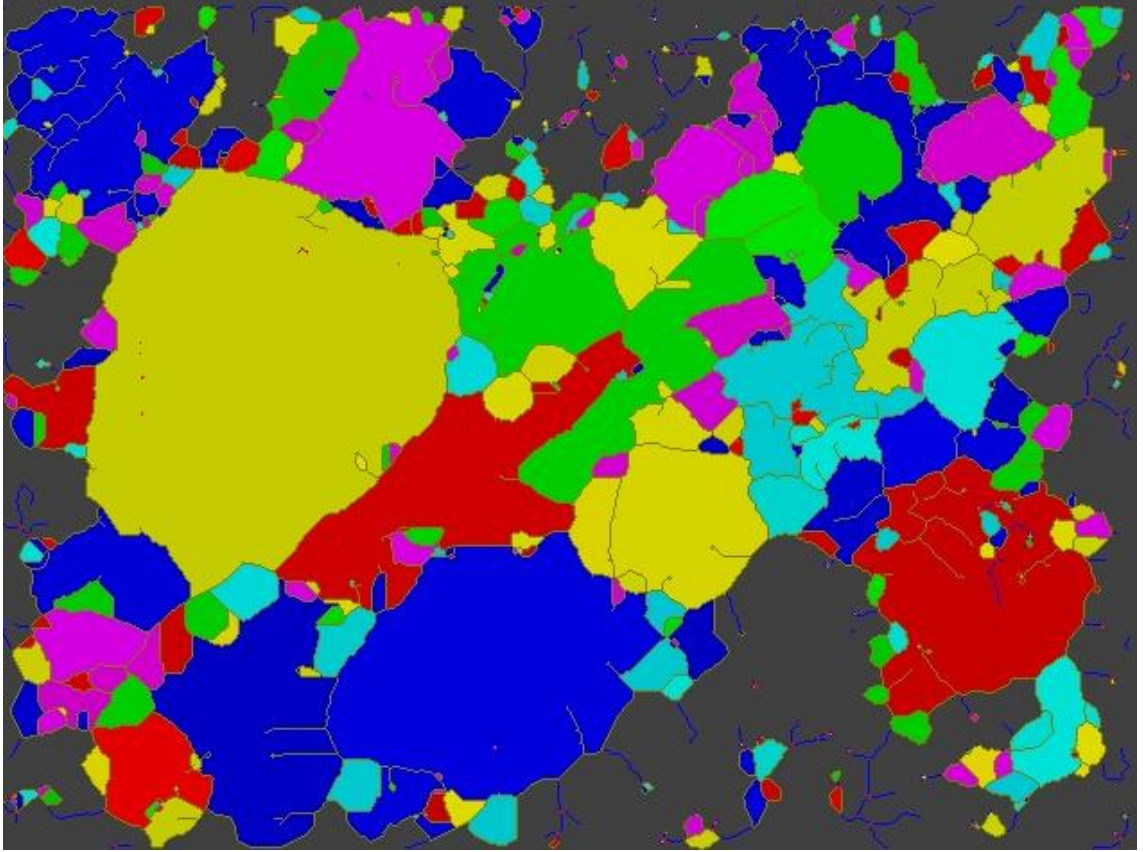
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:13

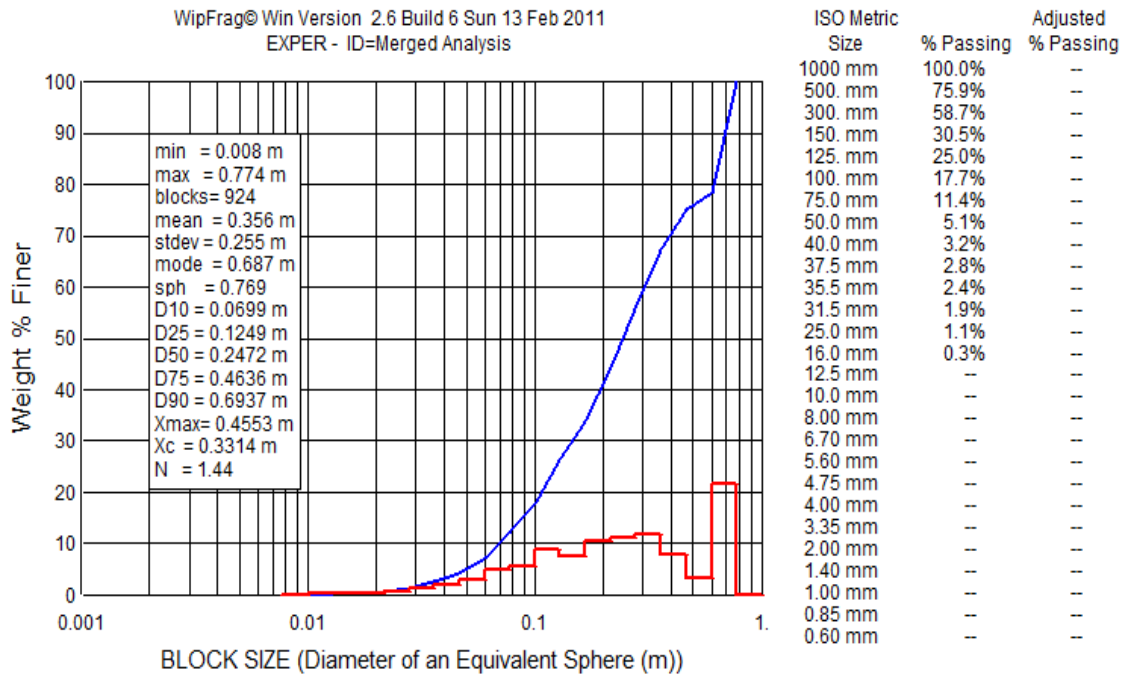
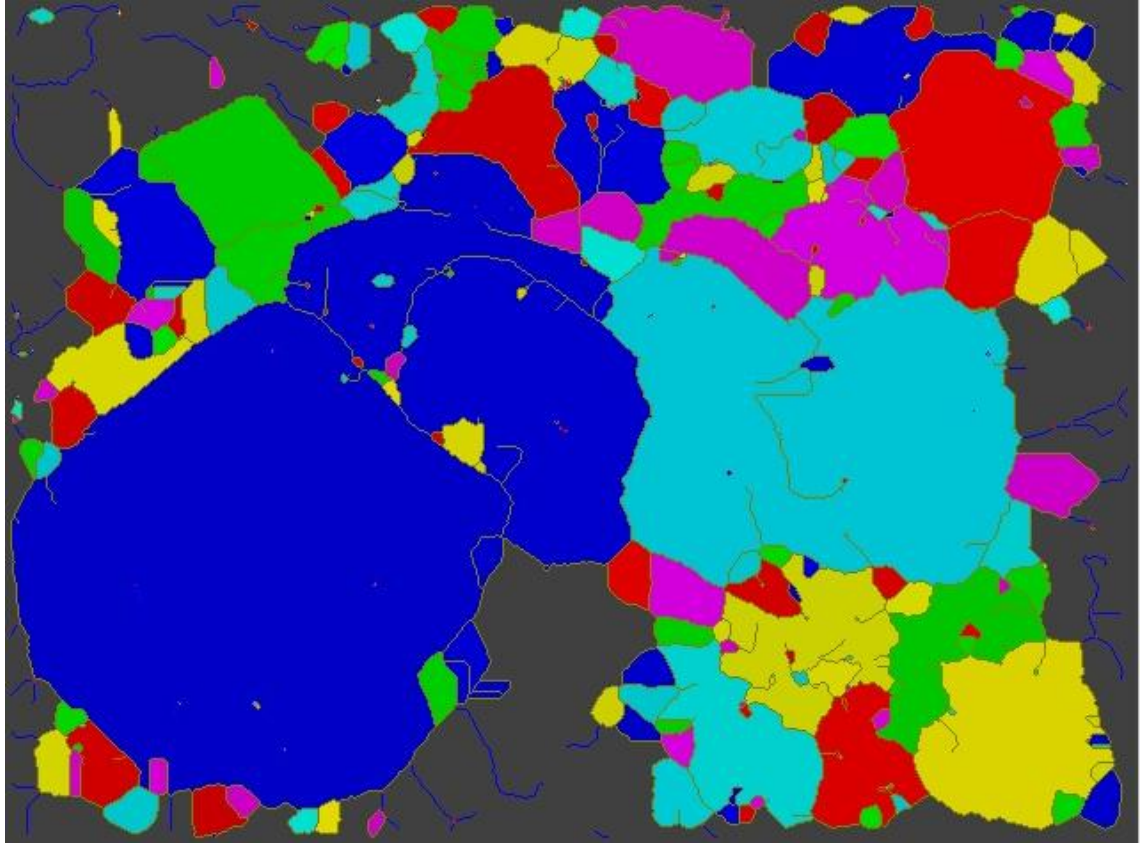
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:14

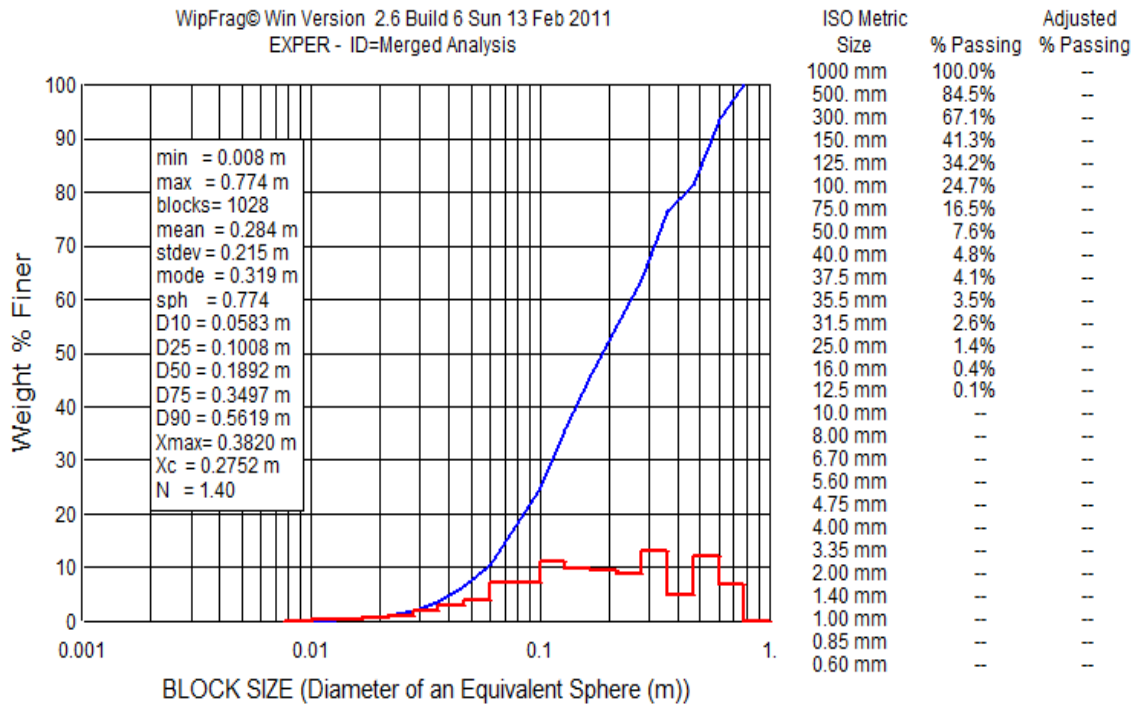
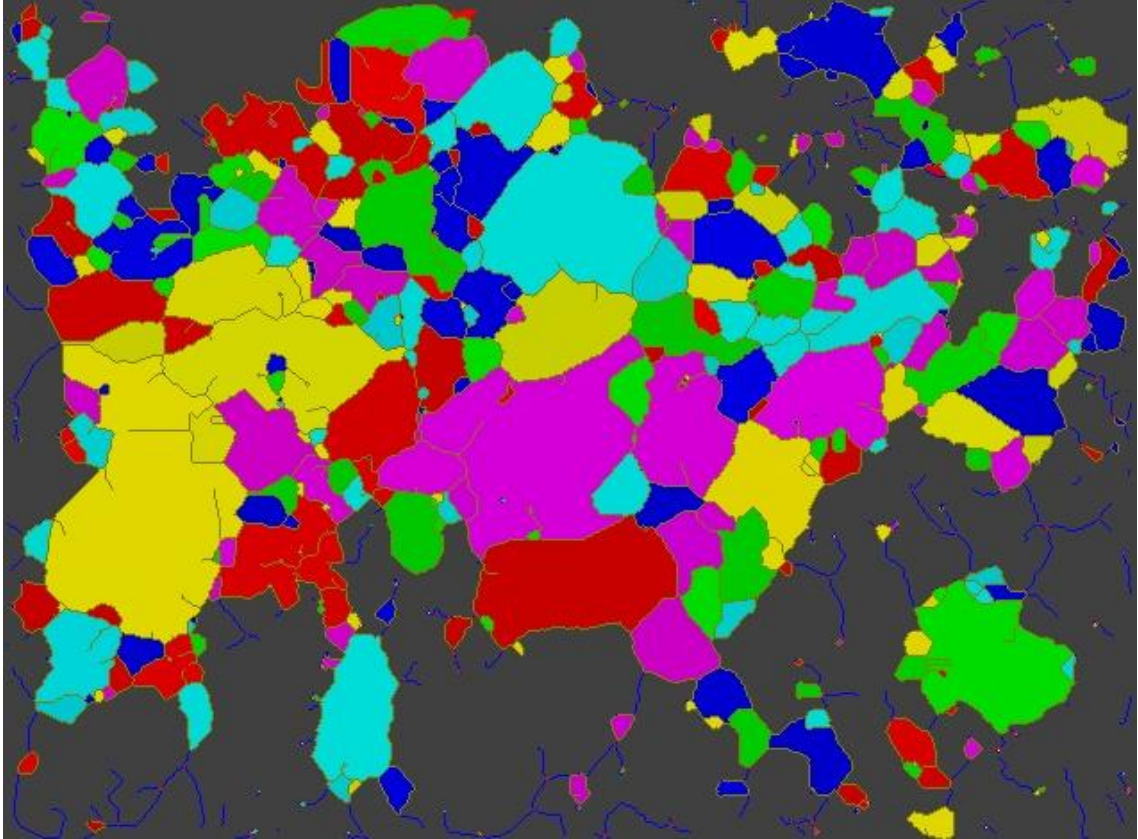
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:15

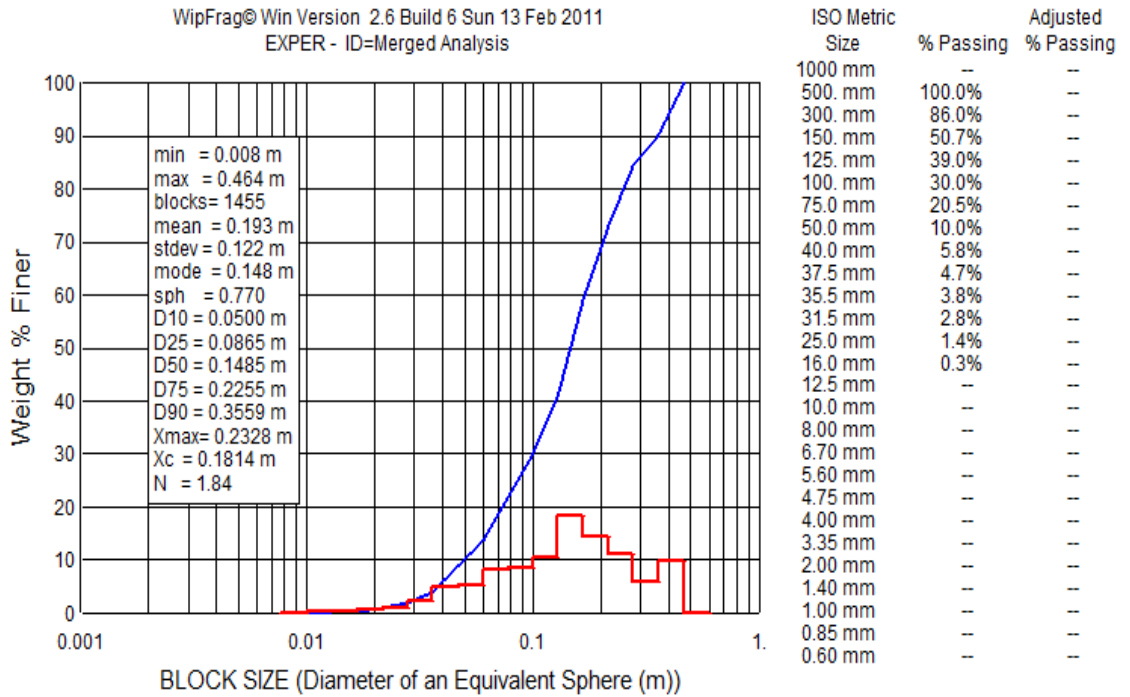
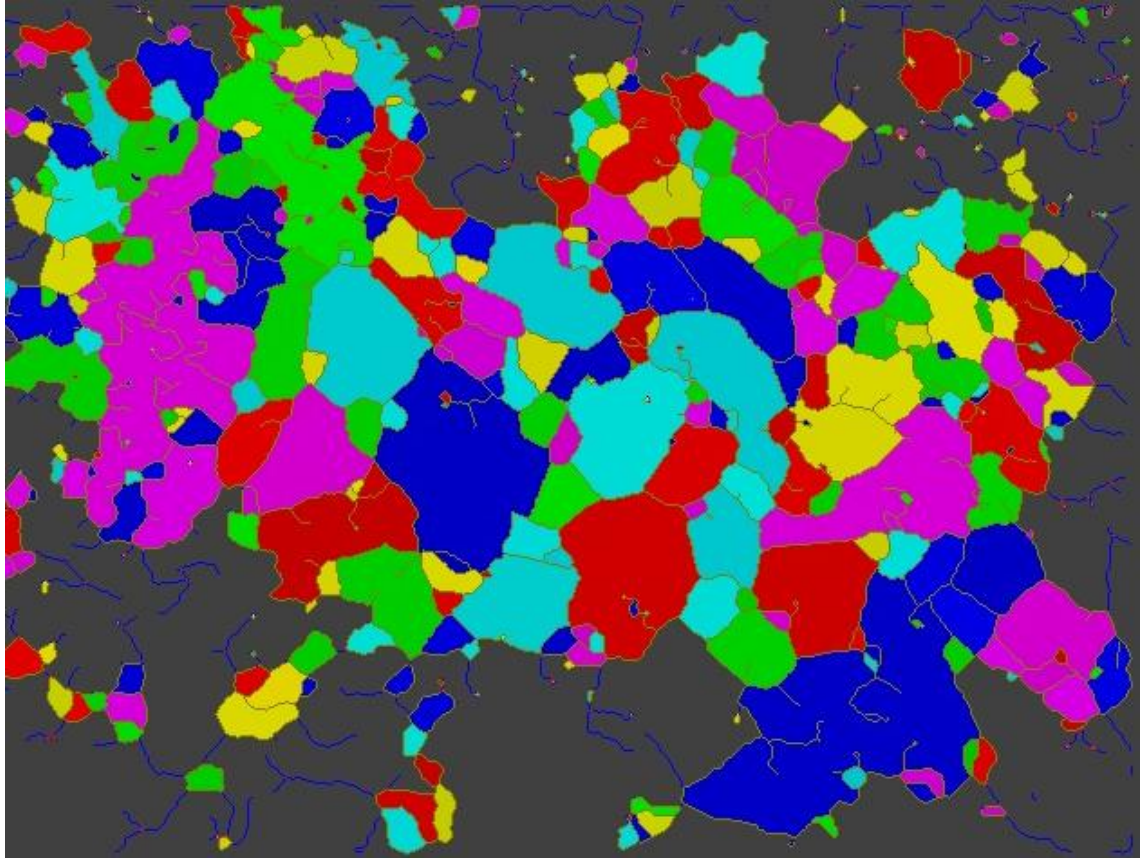
## KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:16

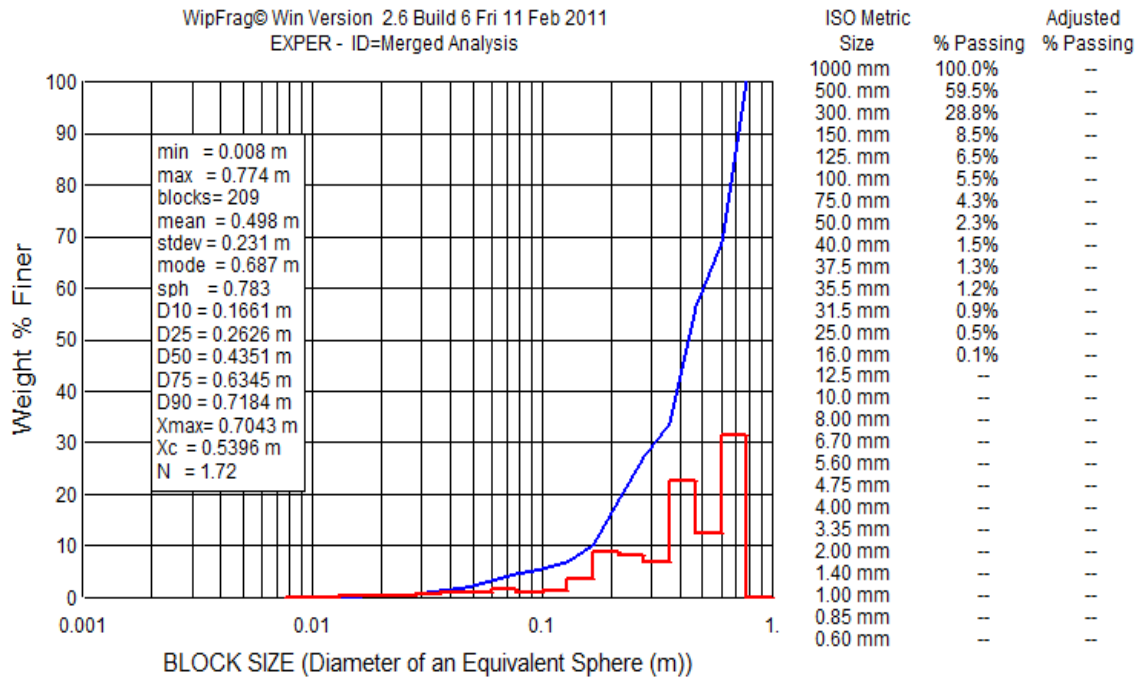
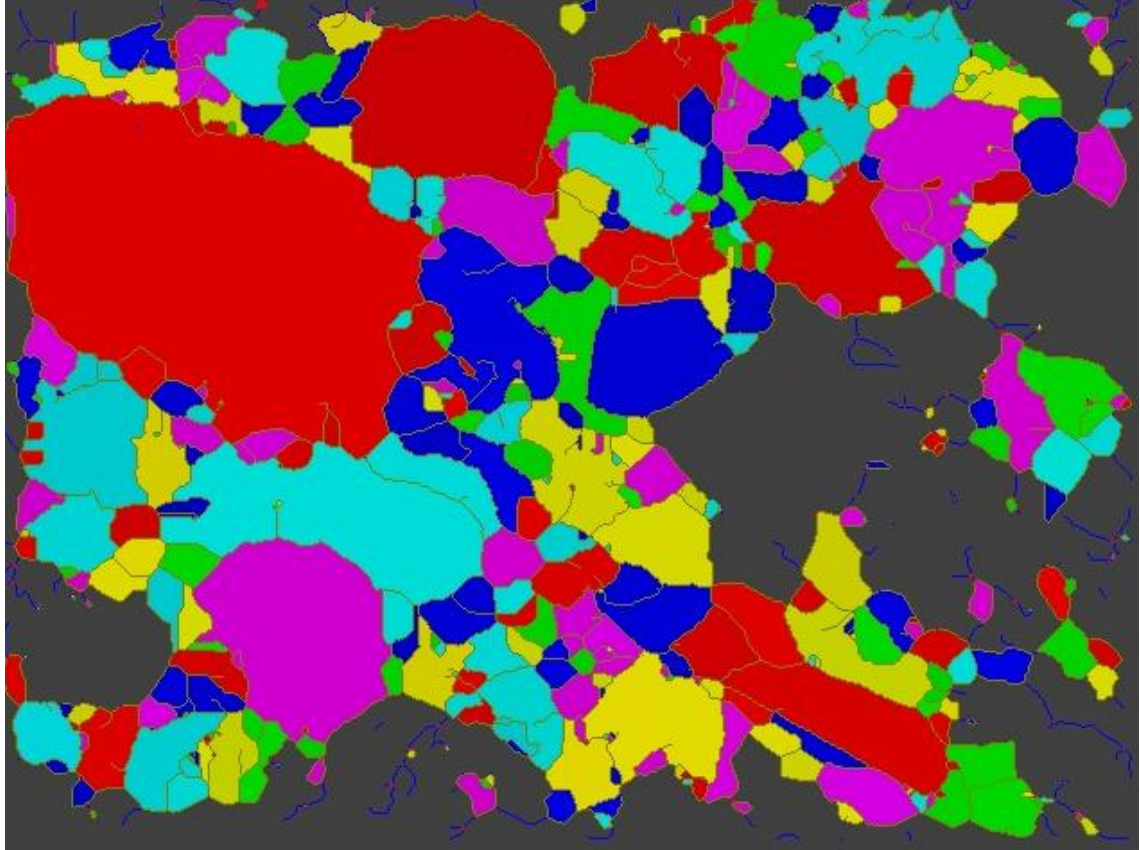
### KOLİN İNŞAAT



EK-1' in Devamı

Gözlem no:17

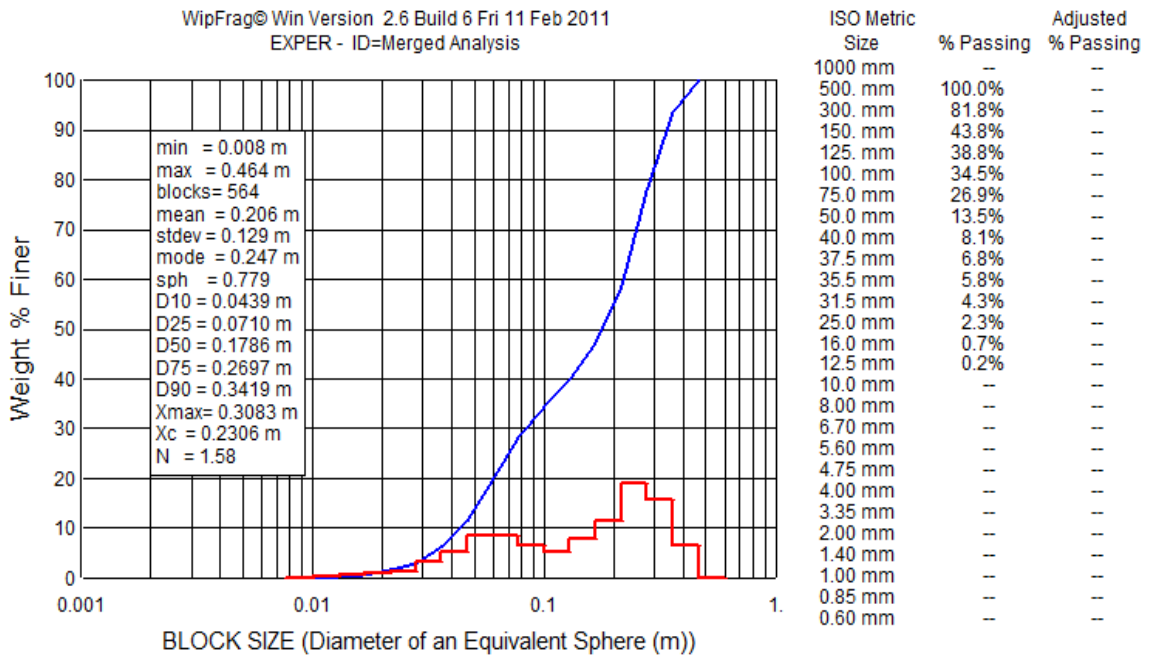
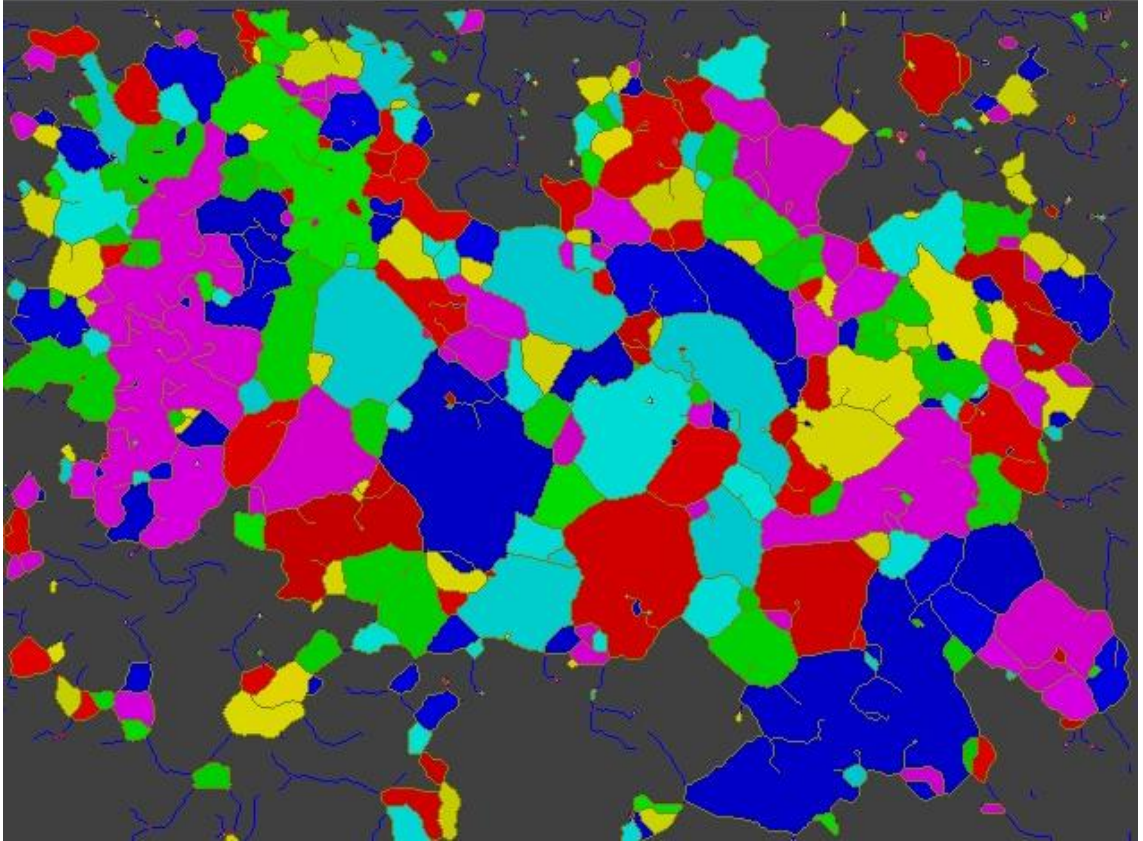
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:18

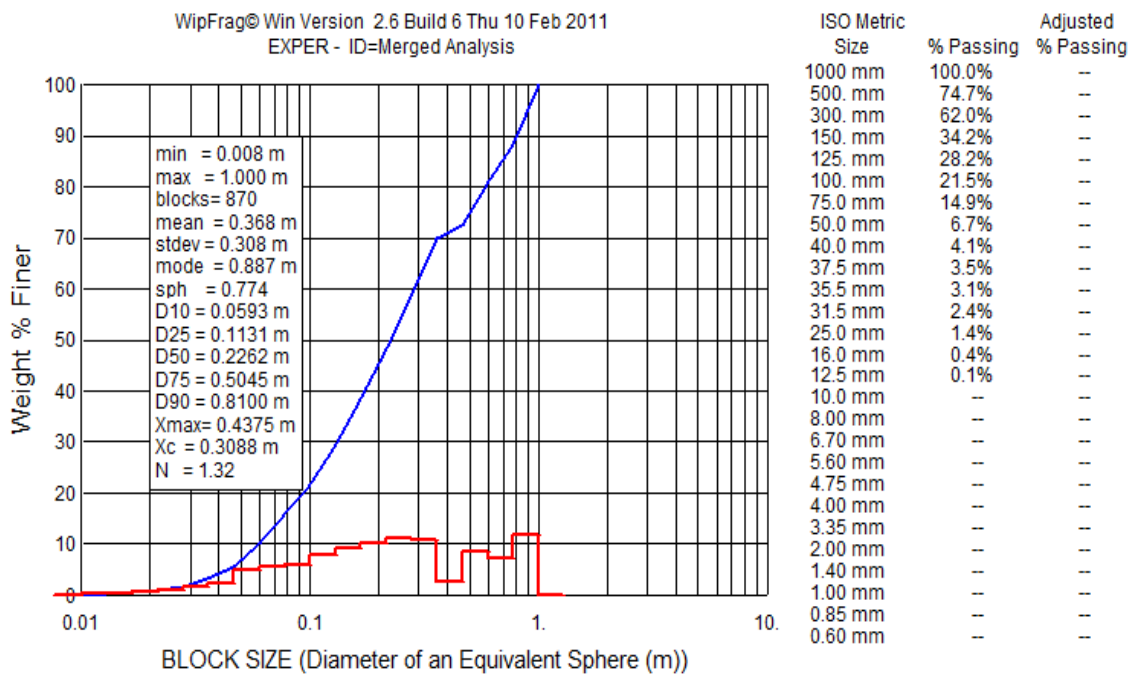
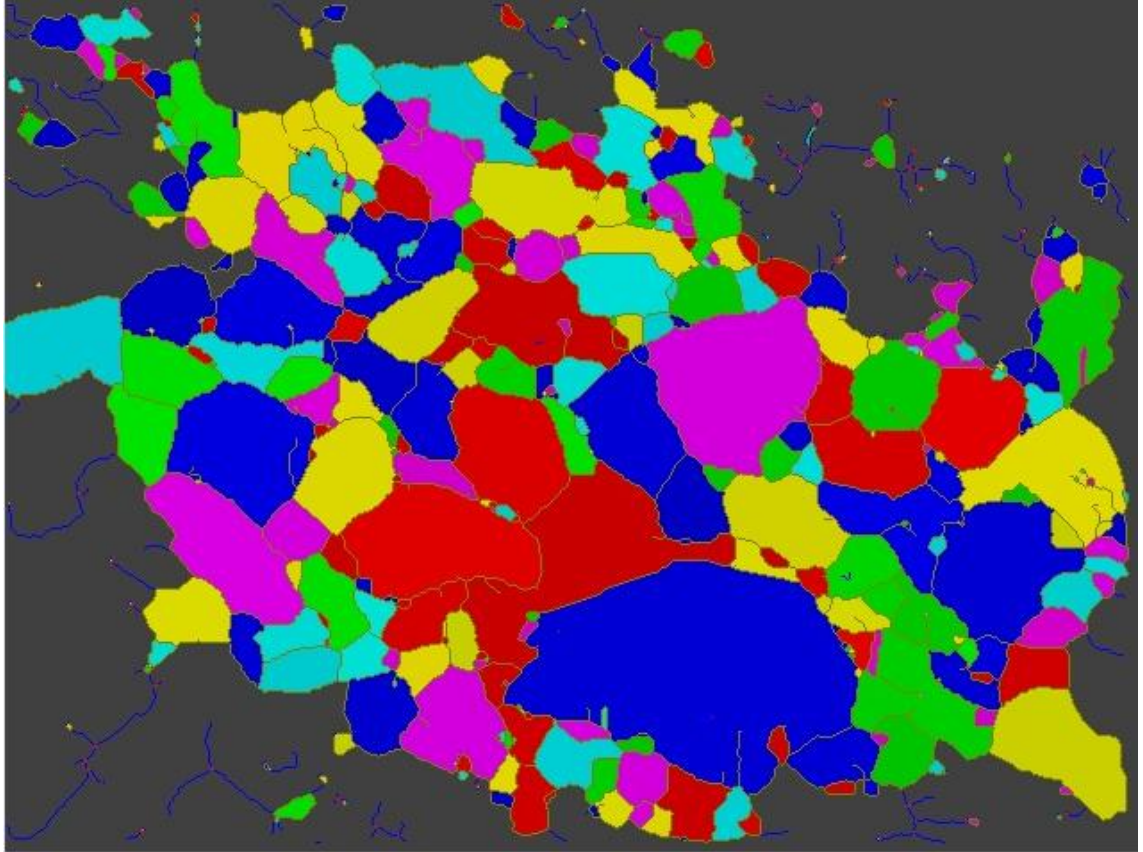
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:19

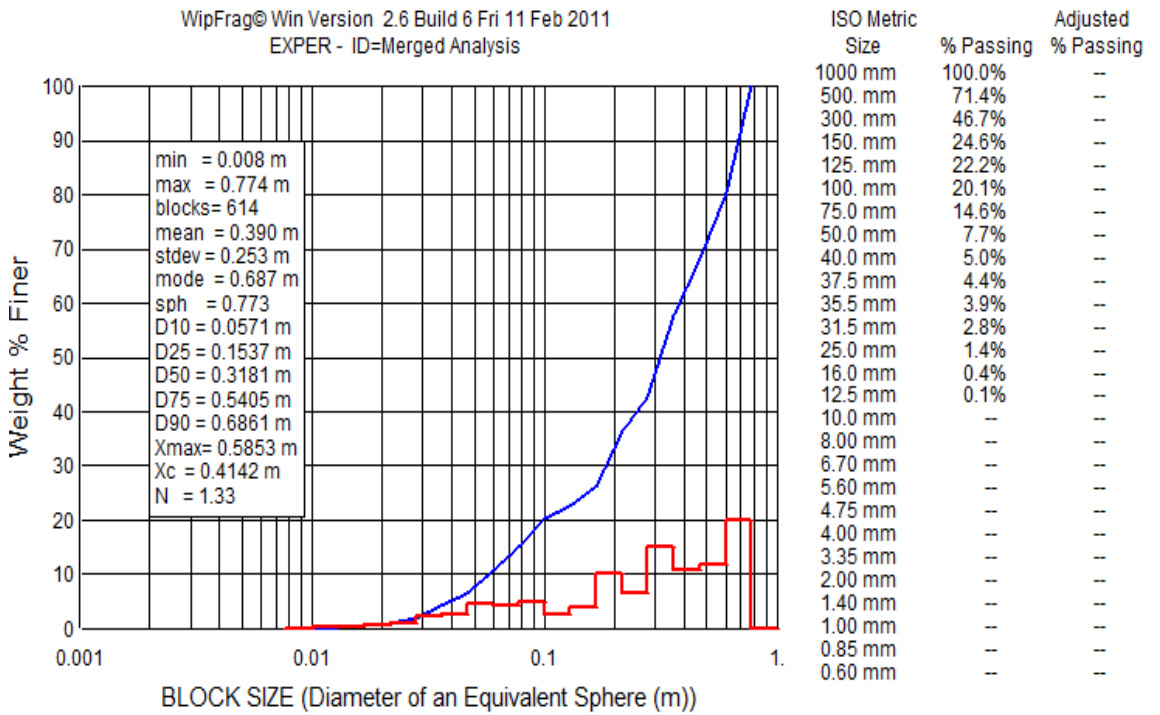
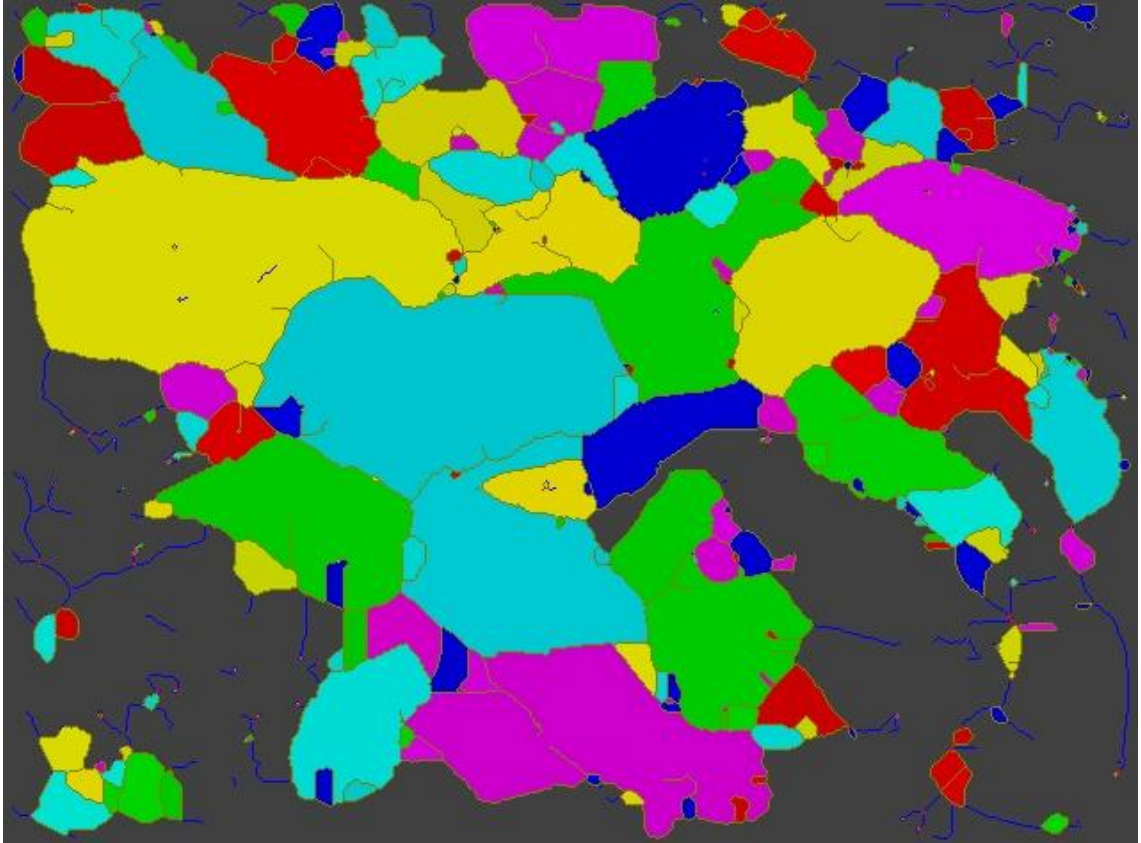
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:20

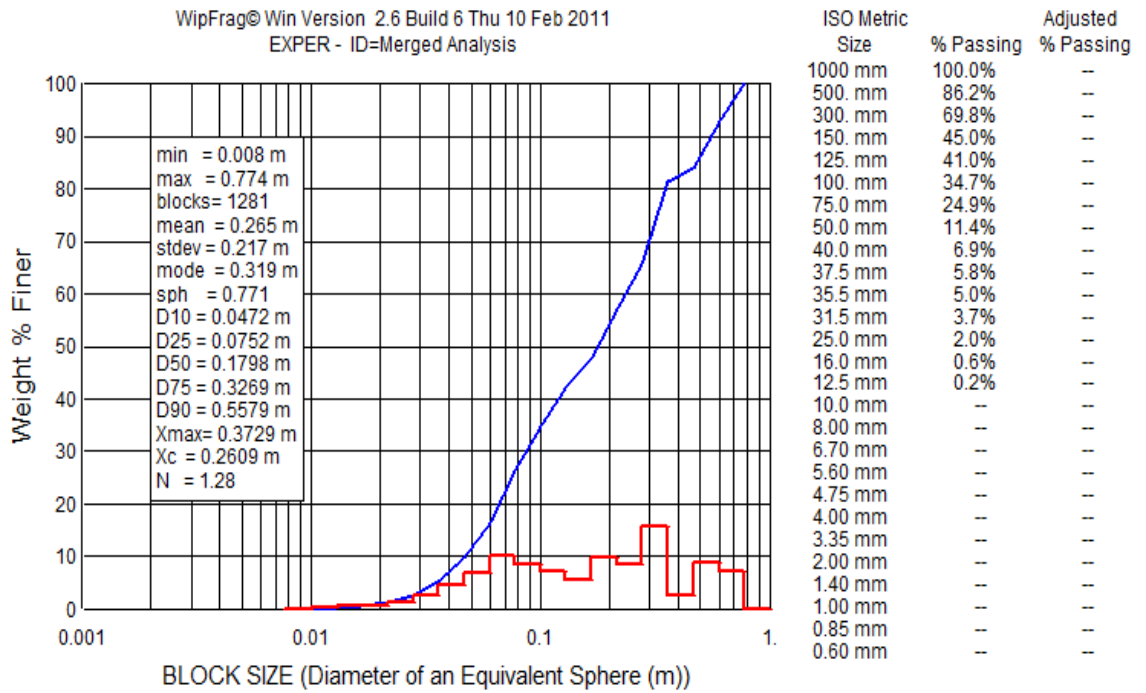
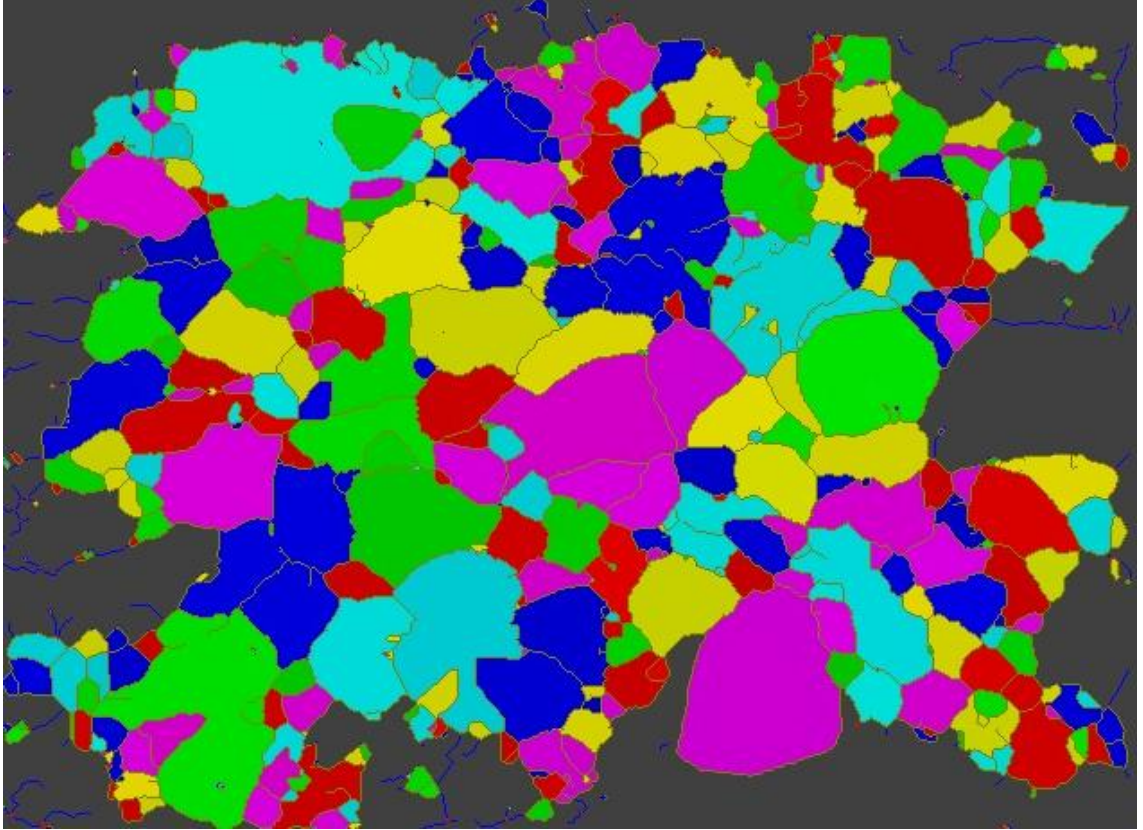
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:21

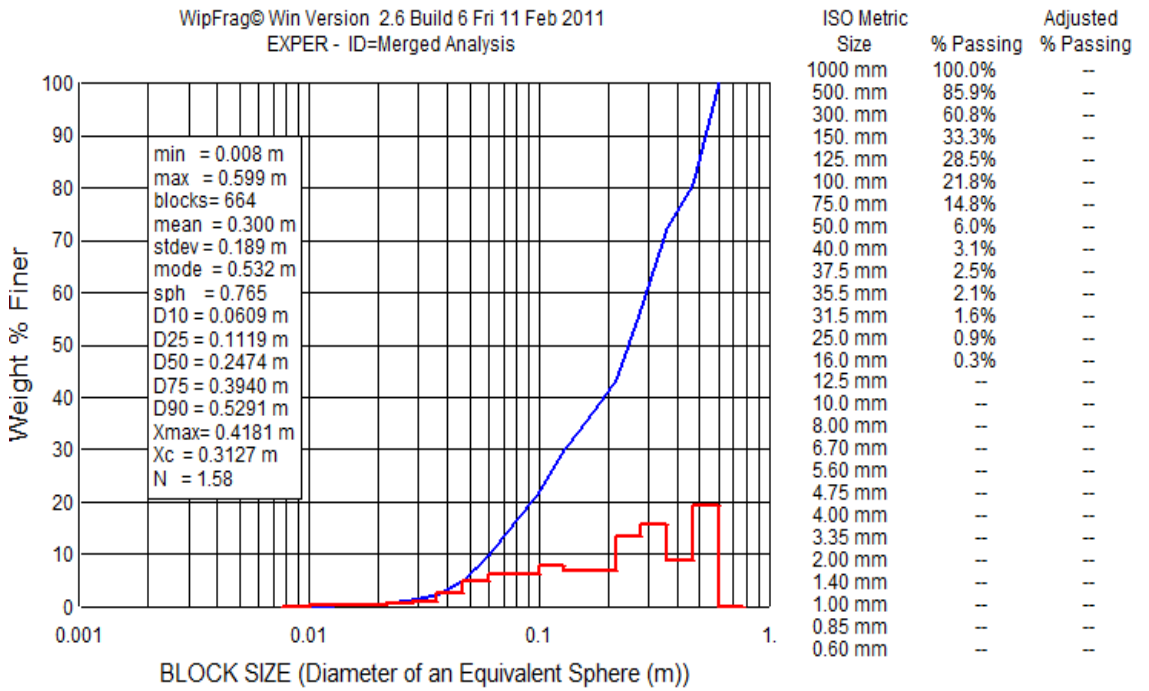
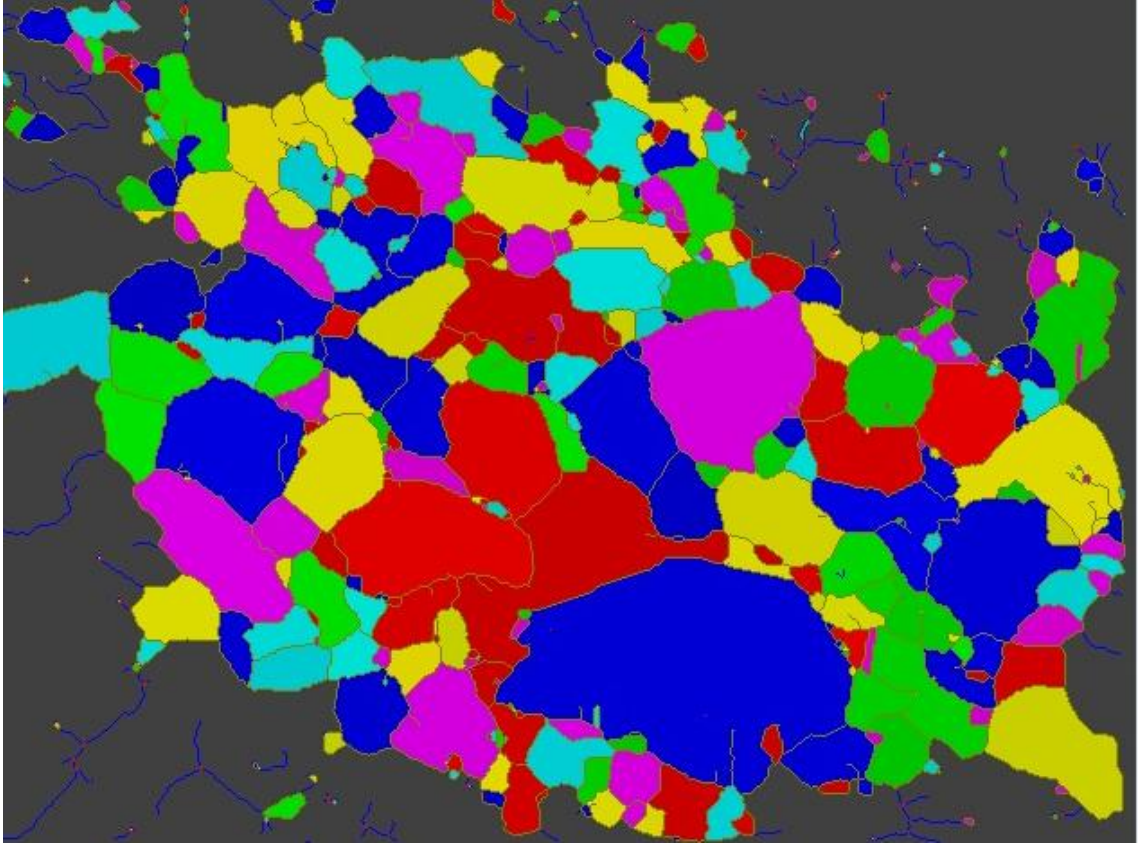
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:22

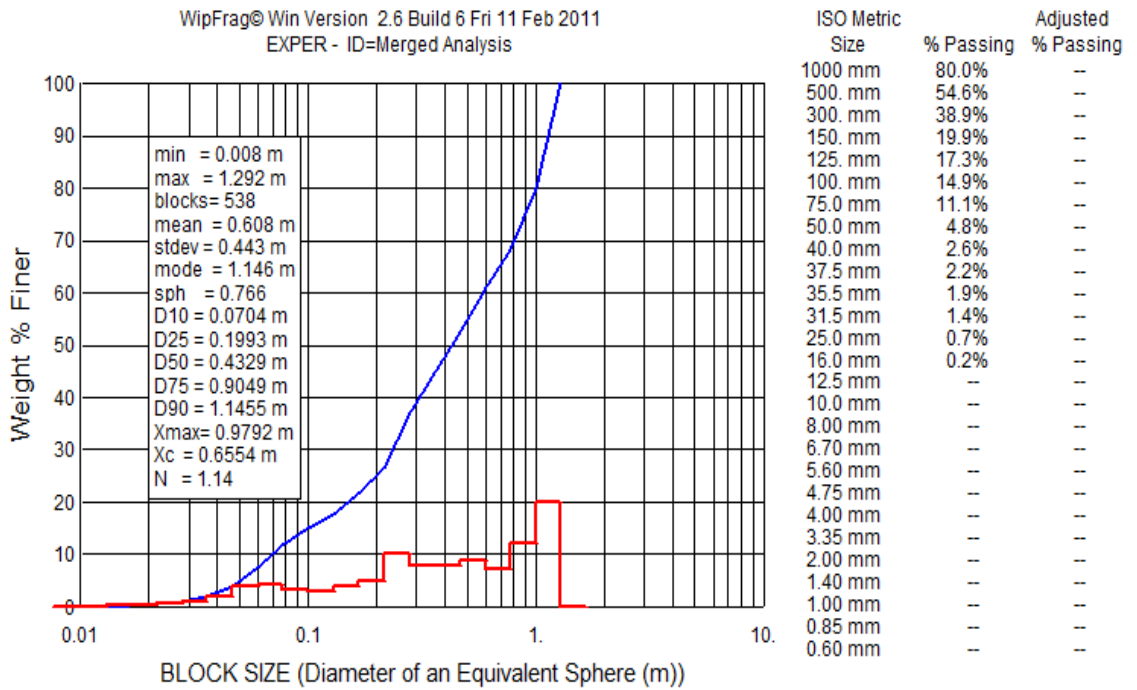
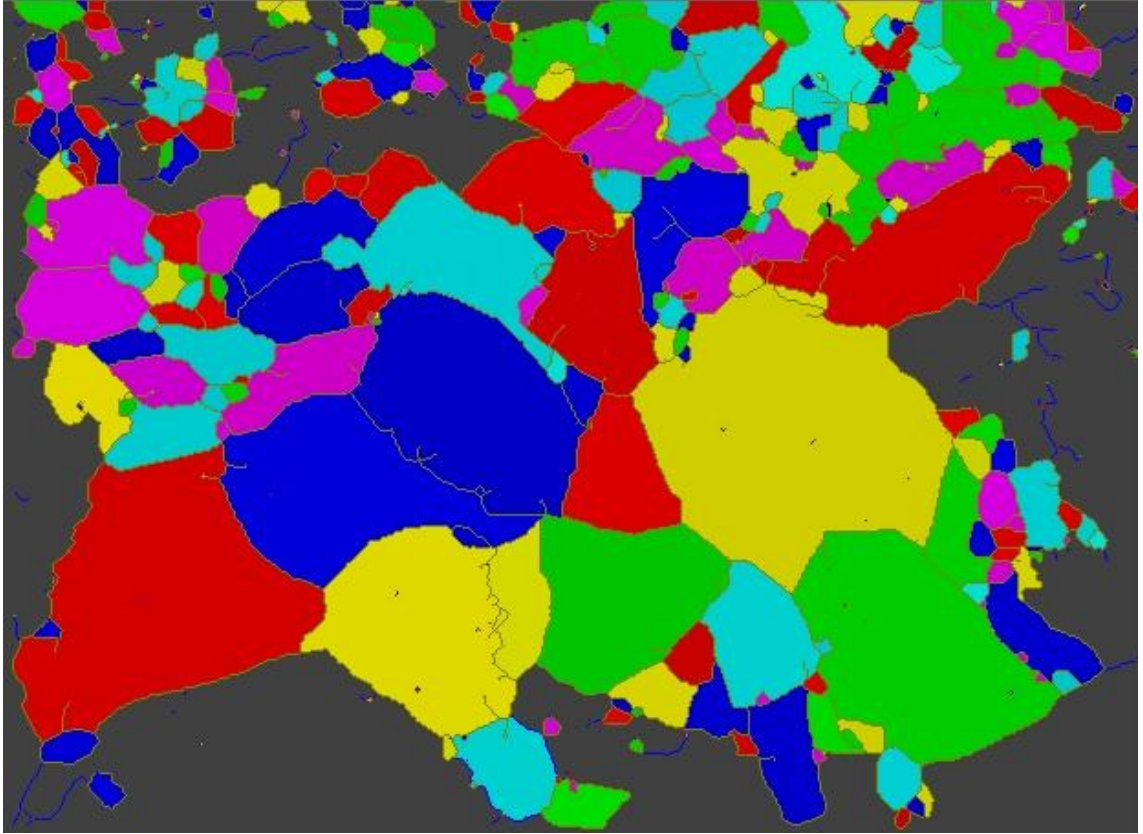
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:23

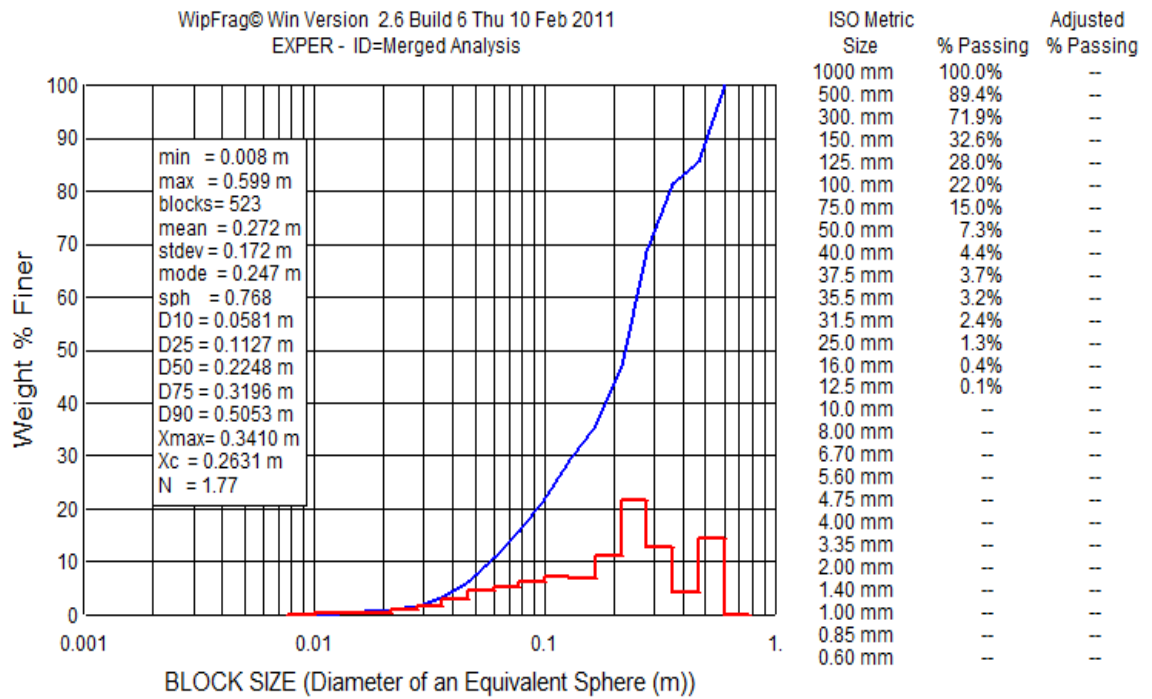
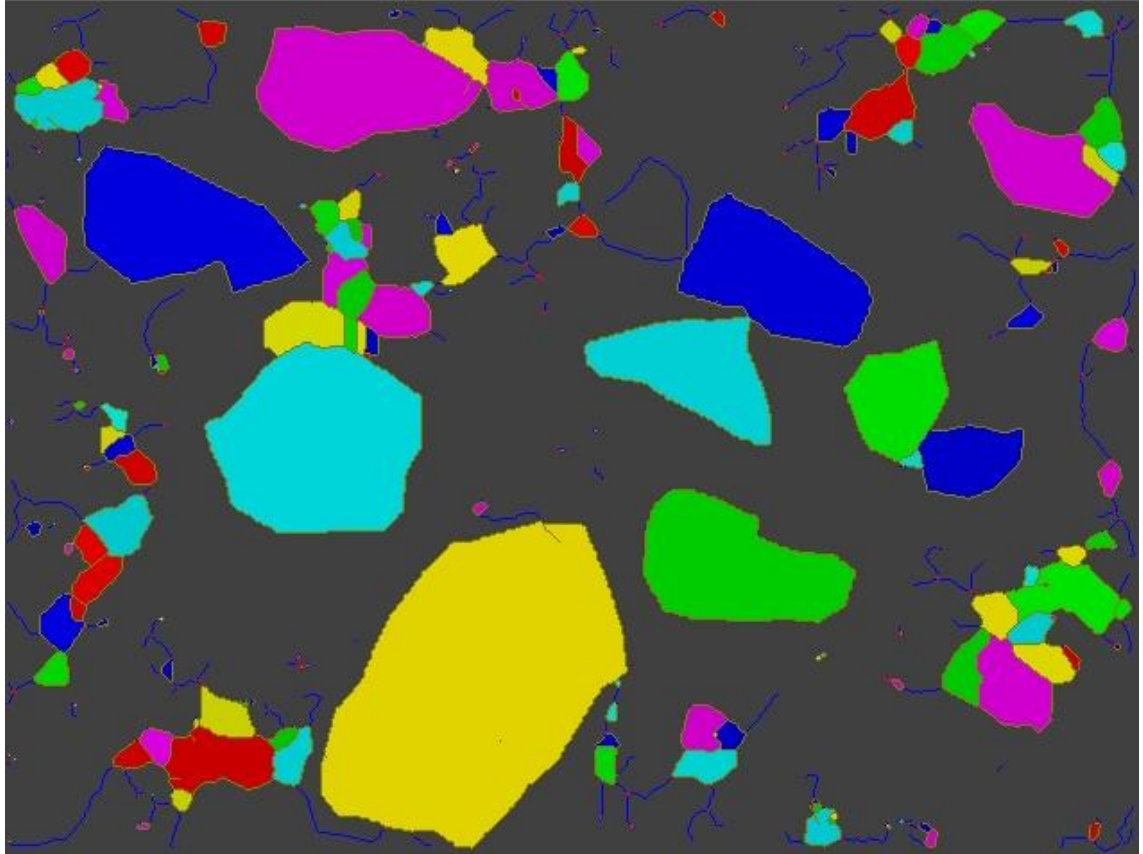
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:24

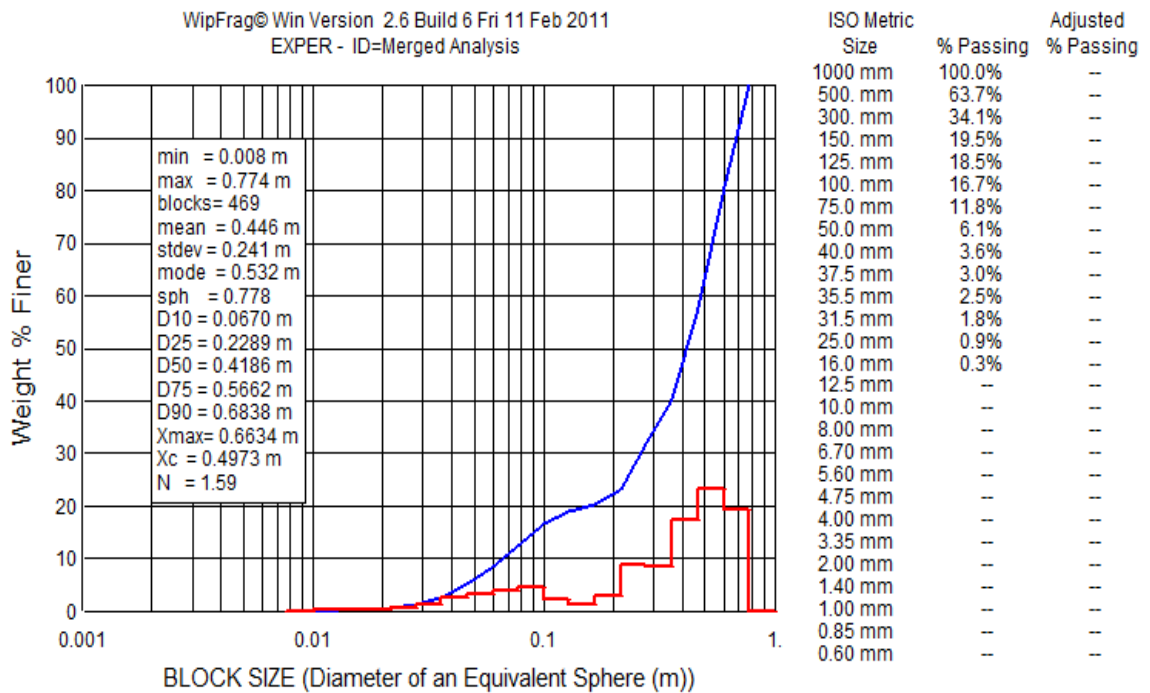
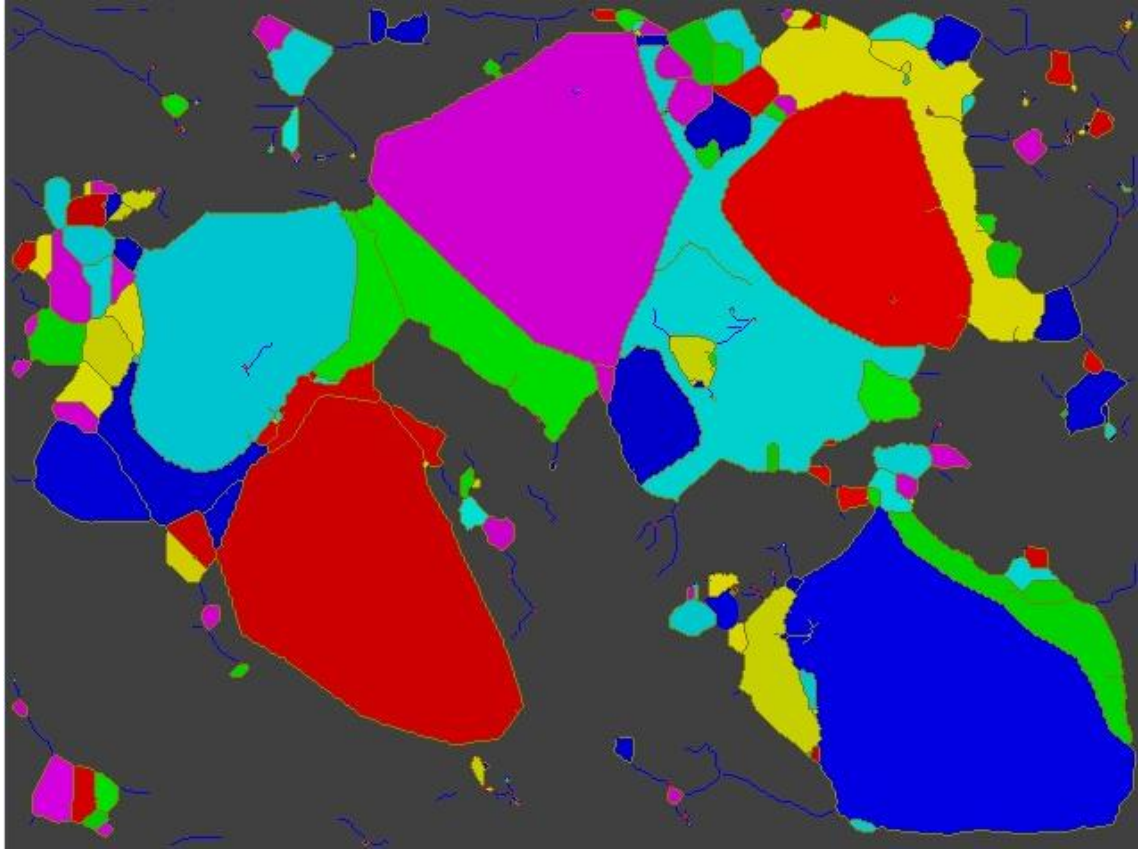
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:25

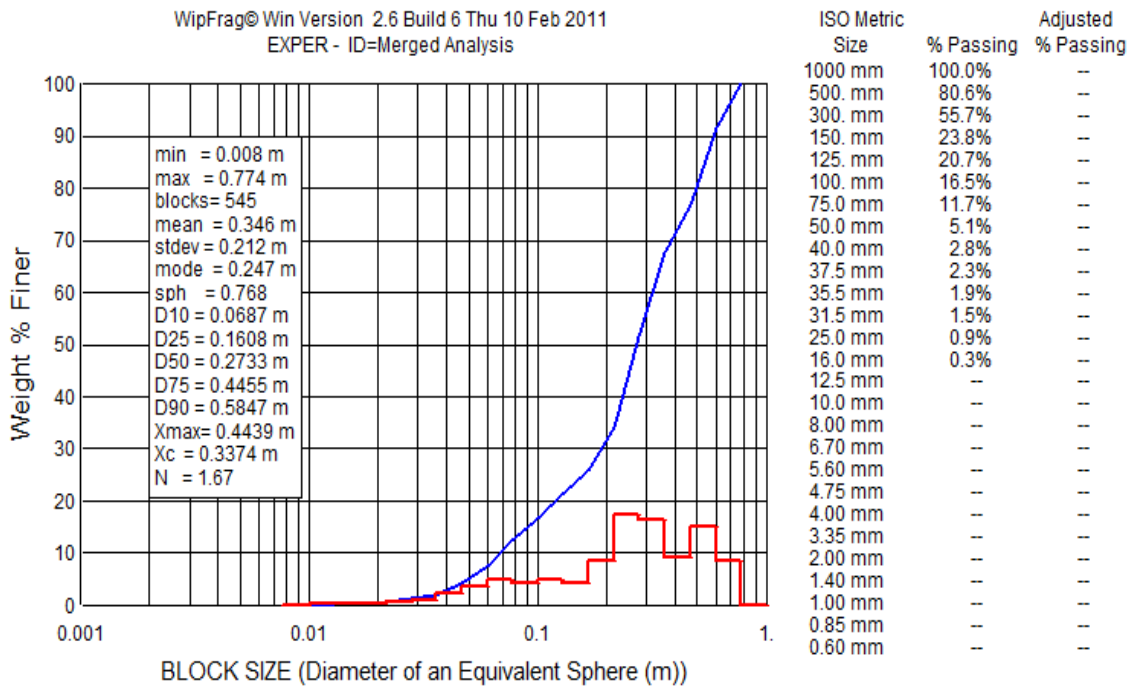
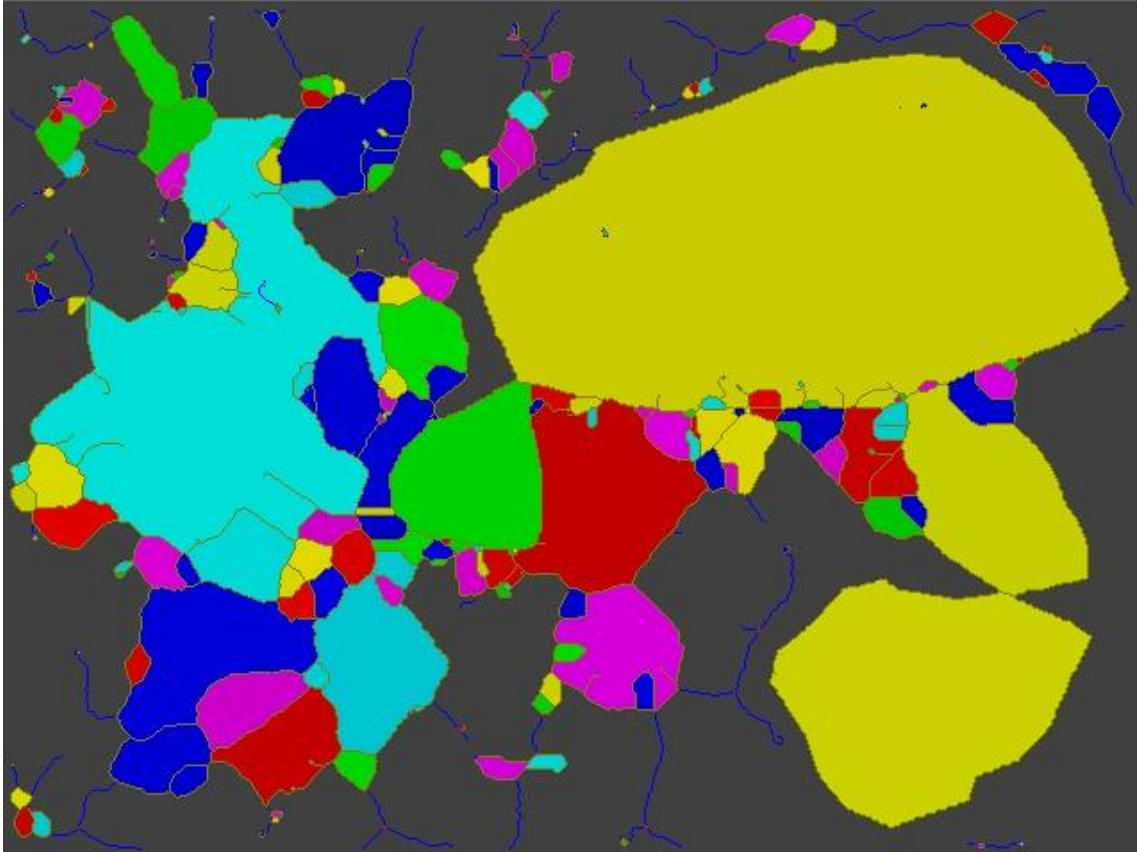
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:26

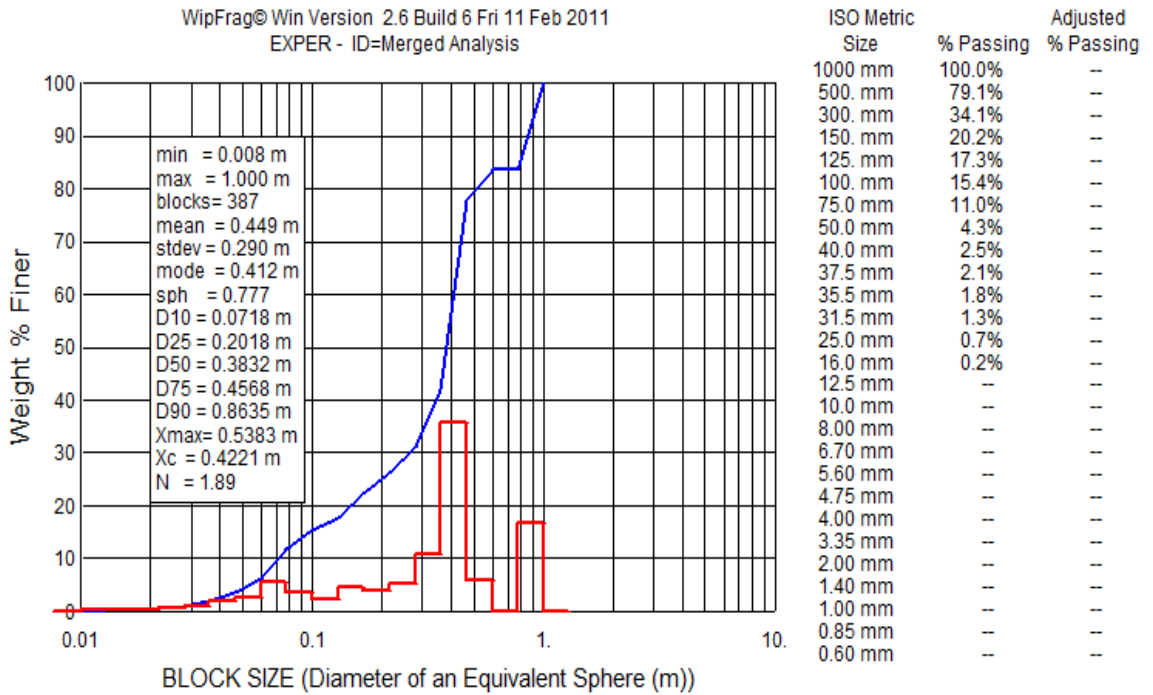
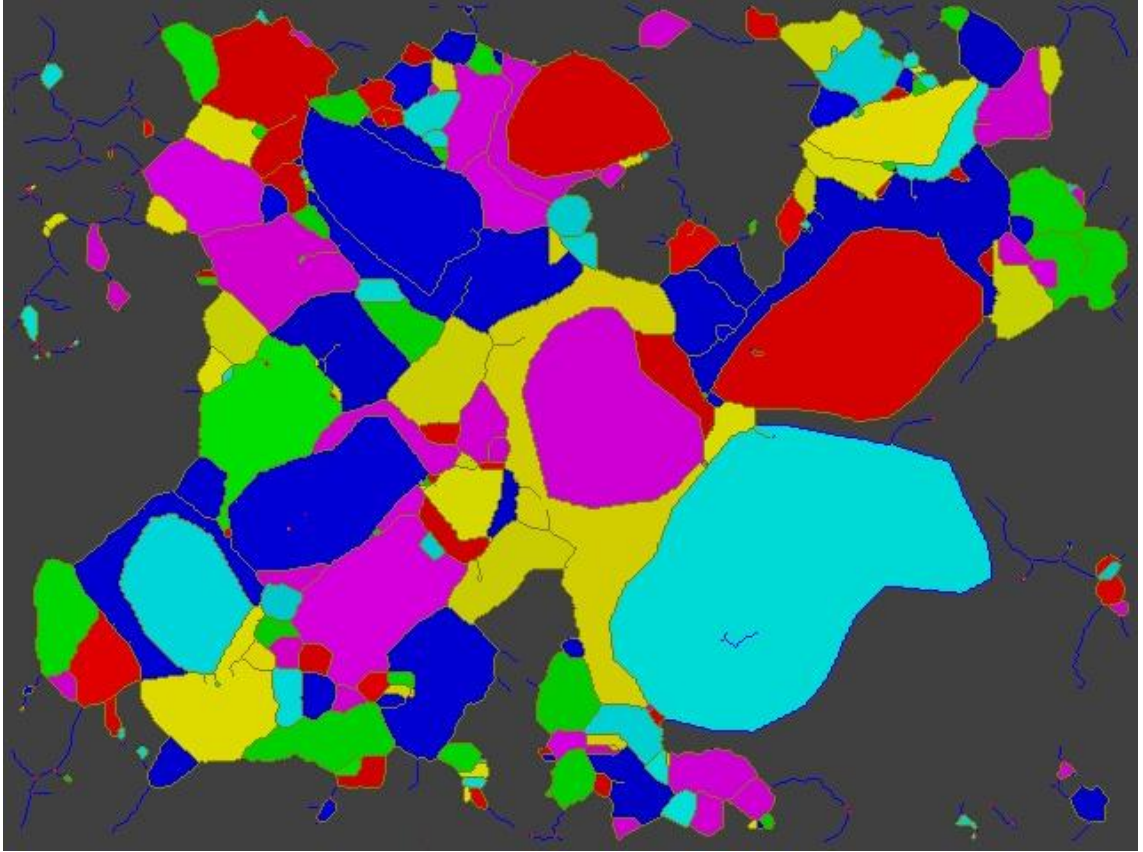
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:27

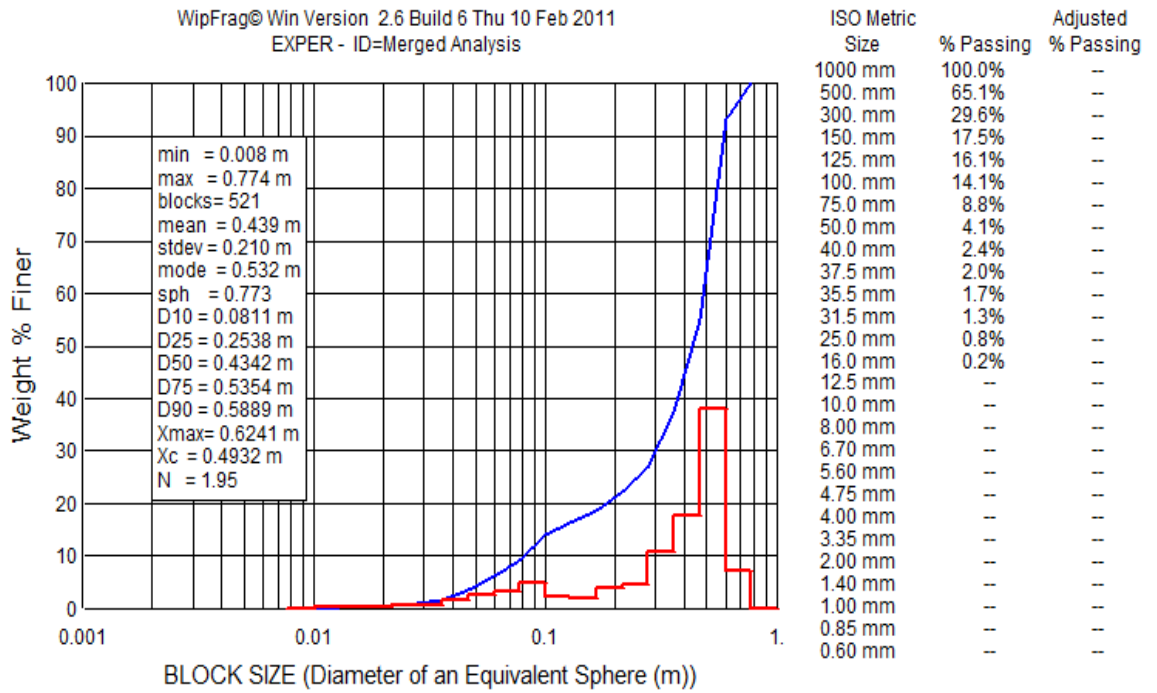
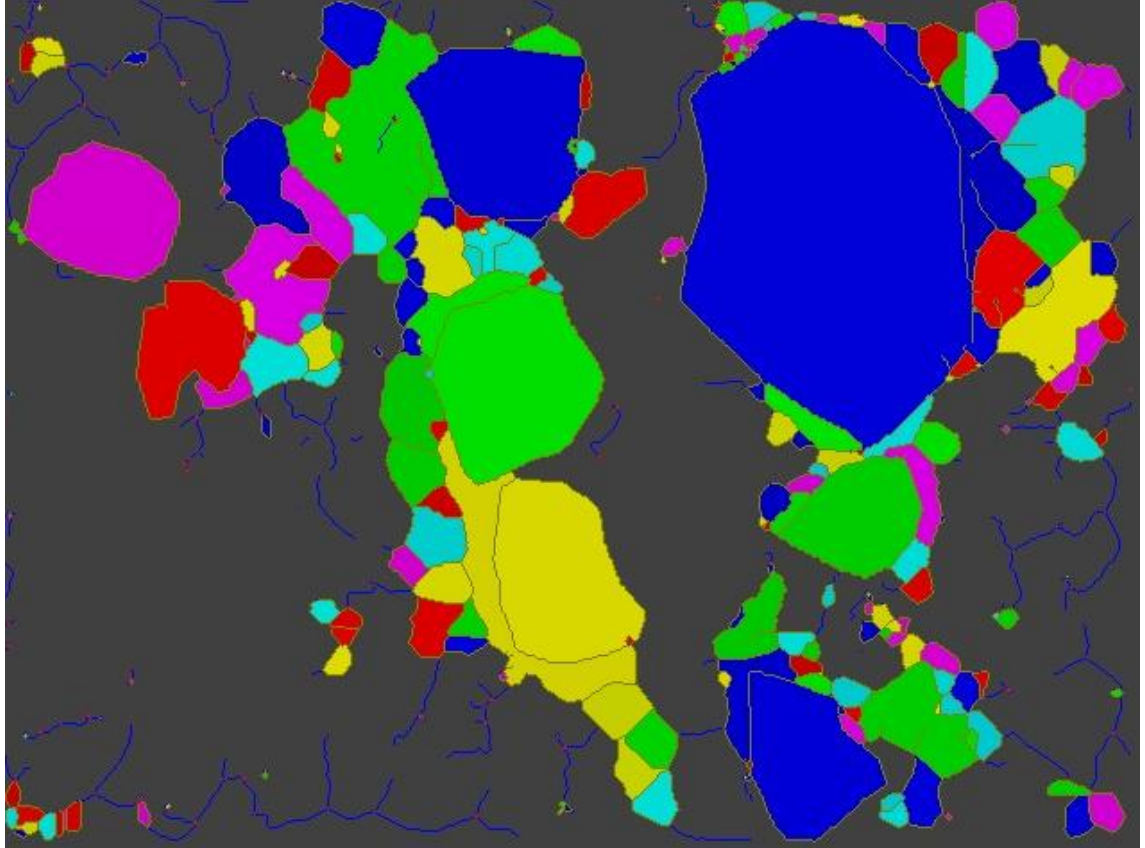
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:28

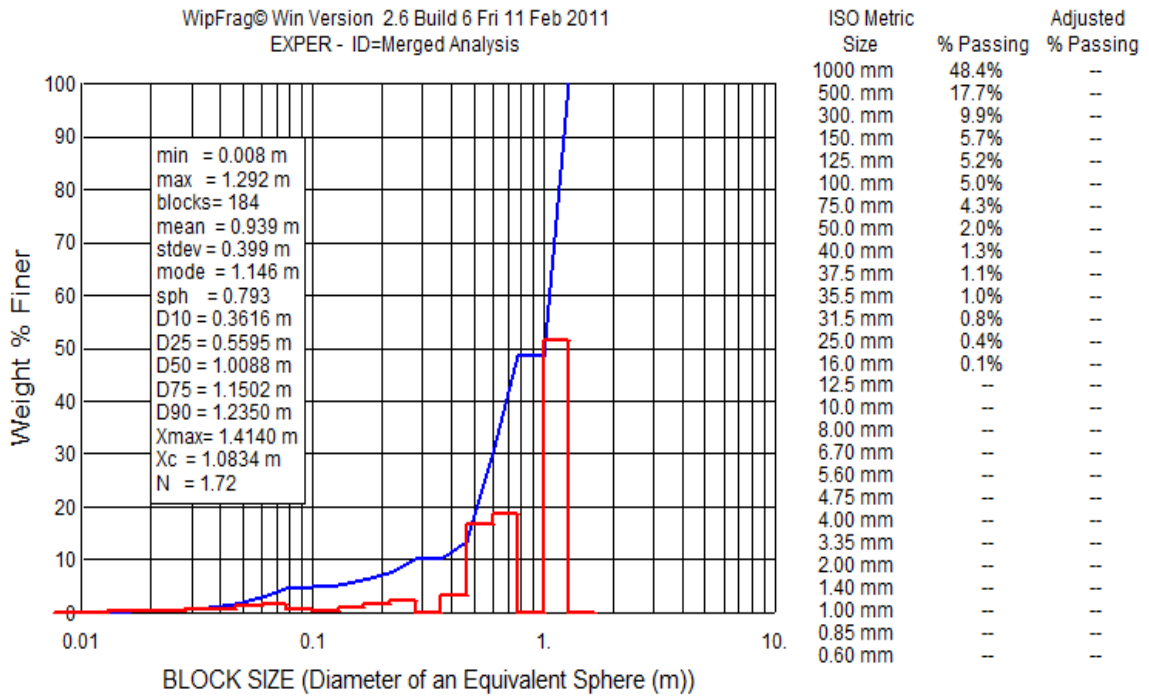
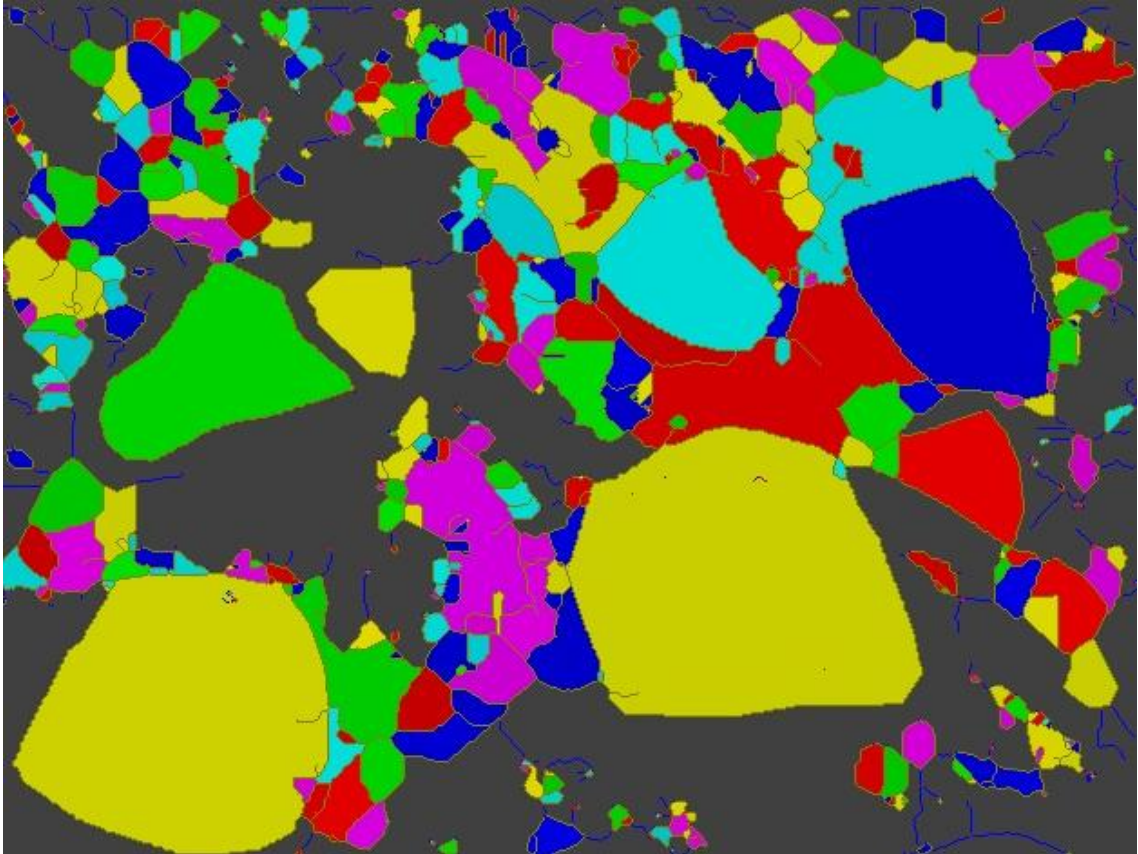
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:29

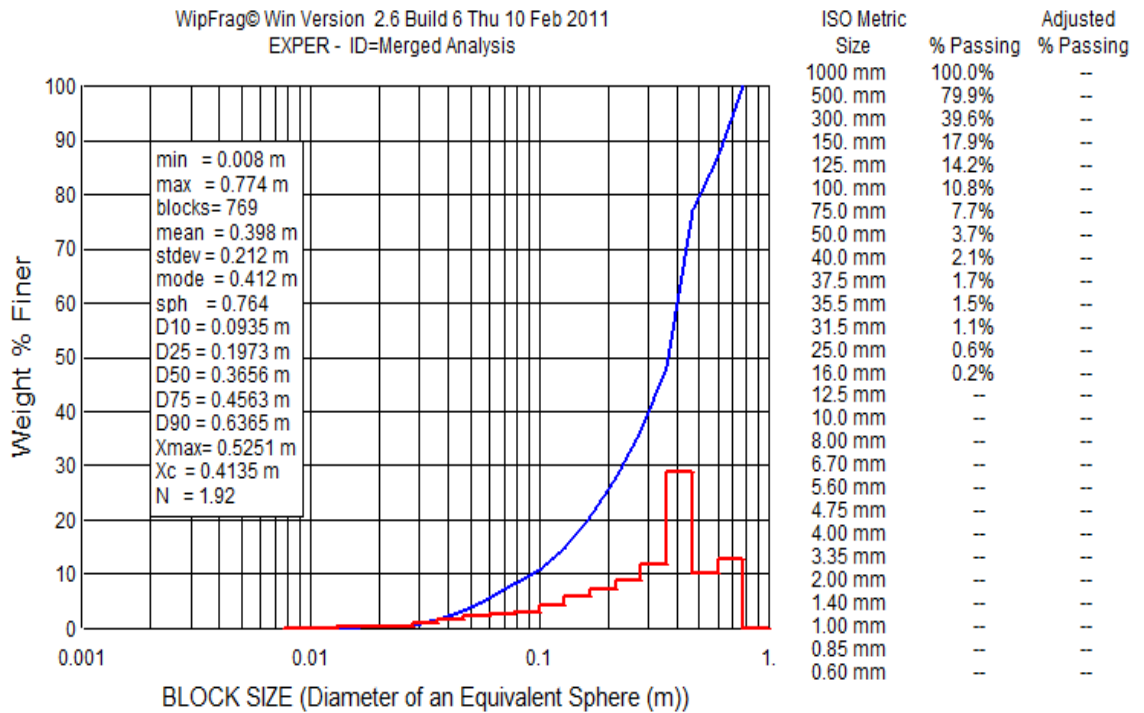
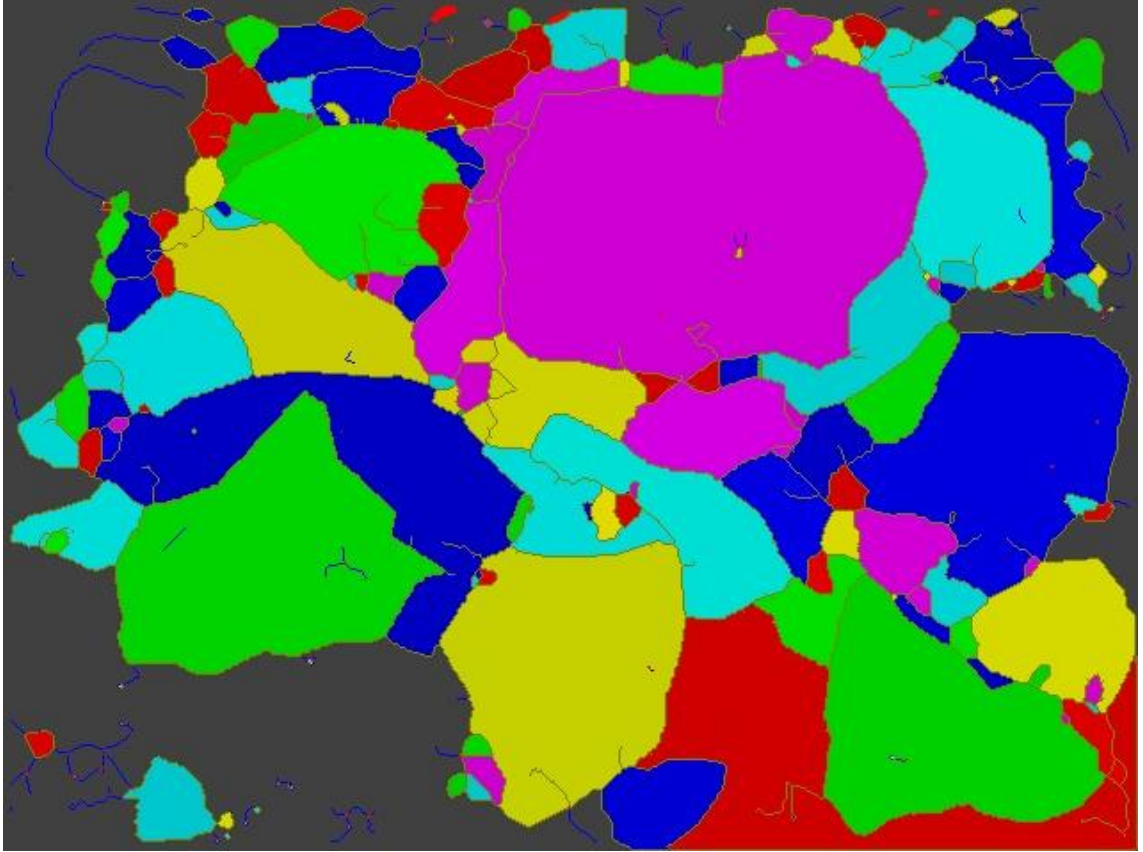
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:30

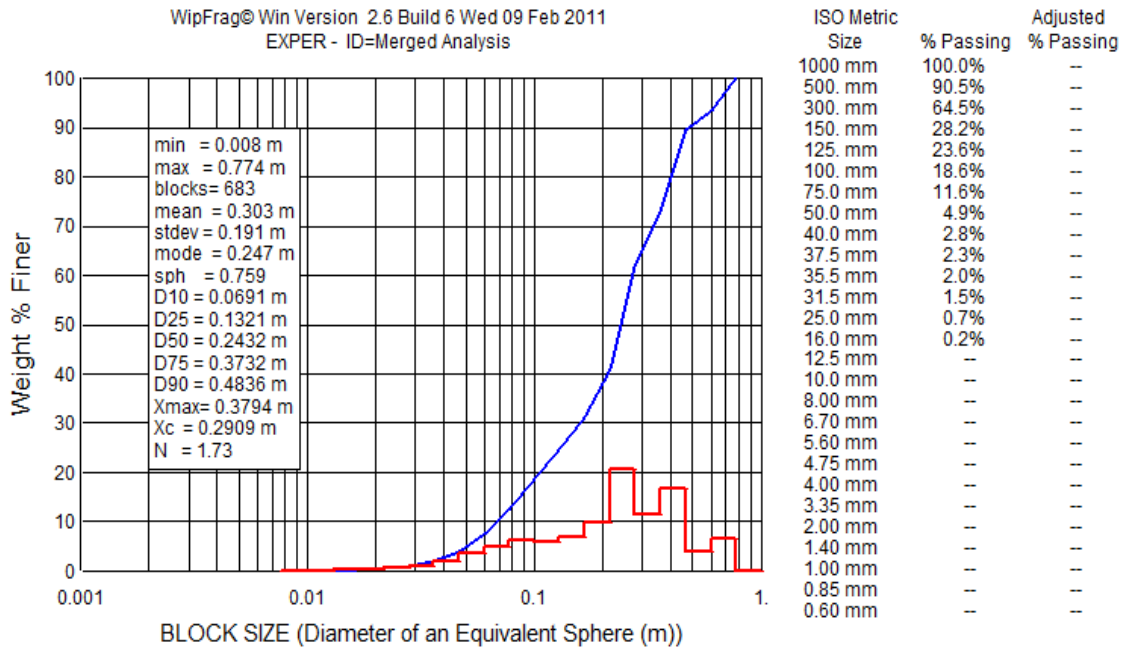
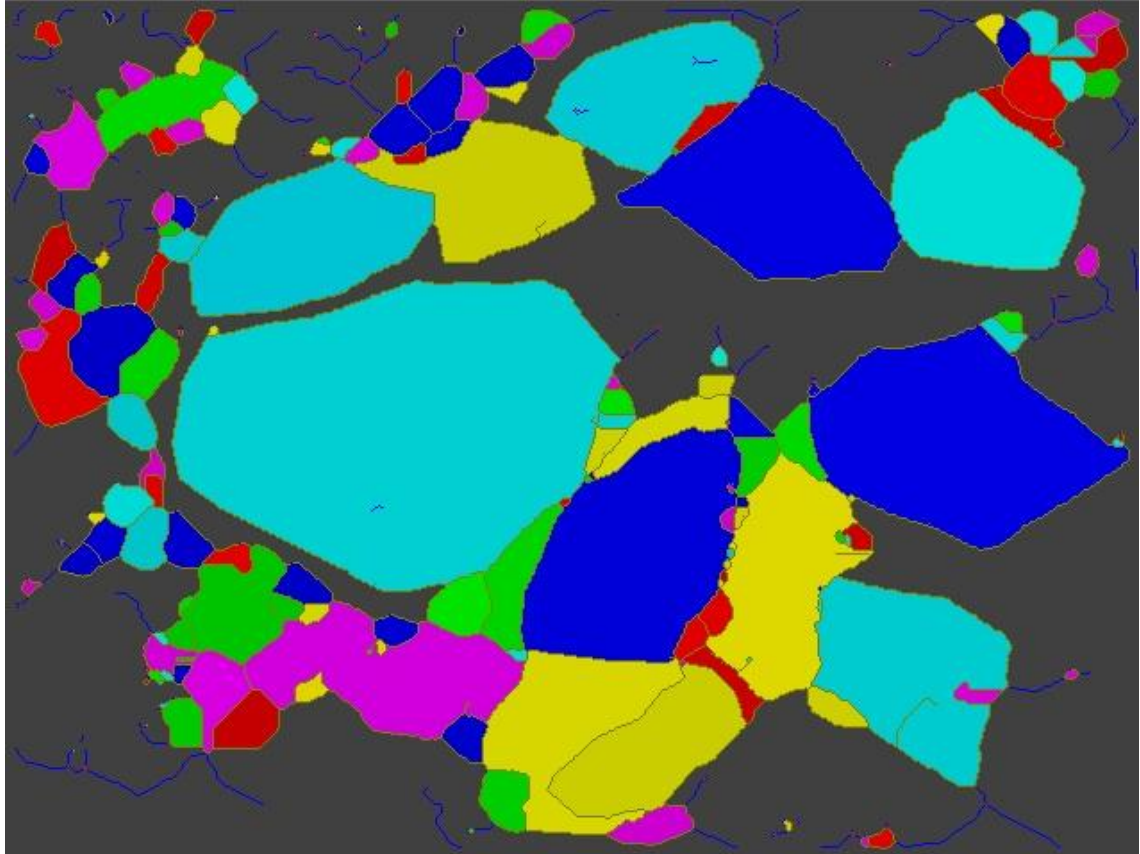
### SİNPAŞ MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:31

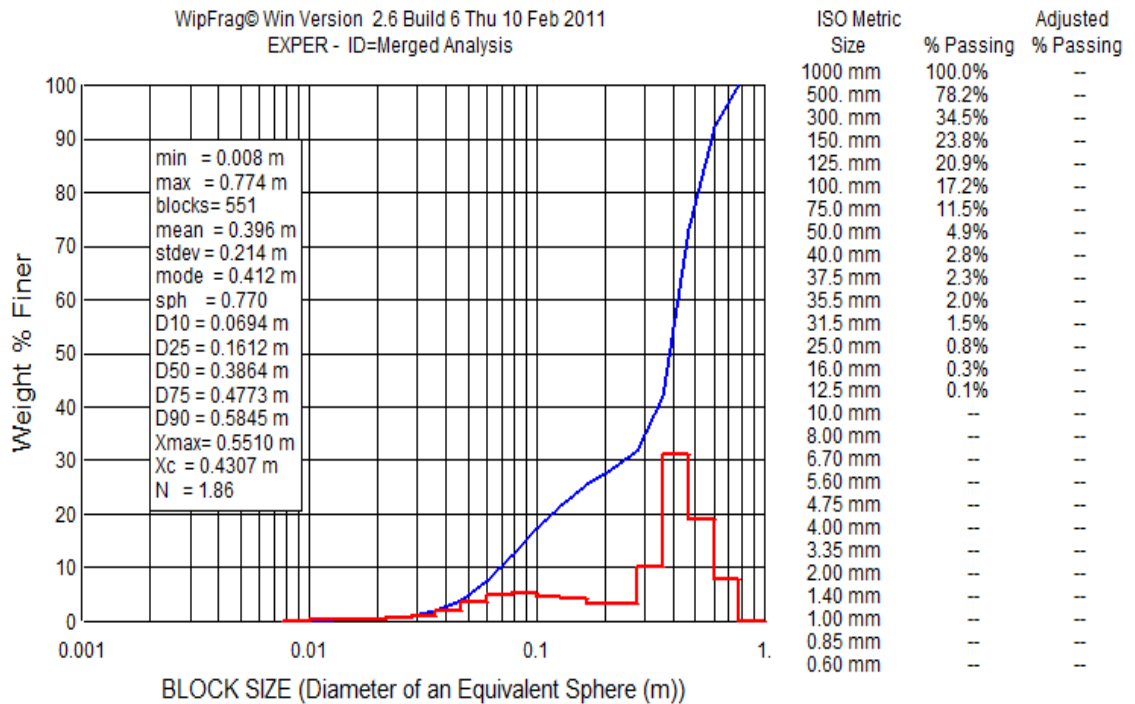
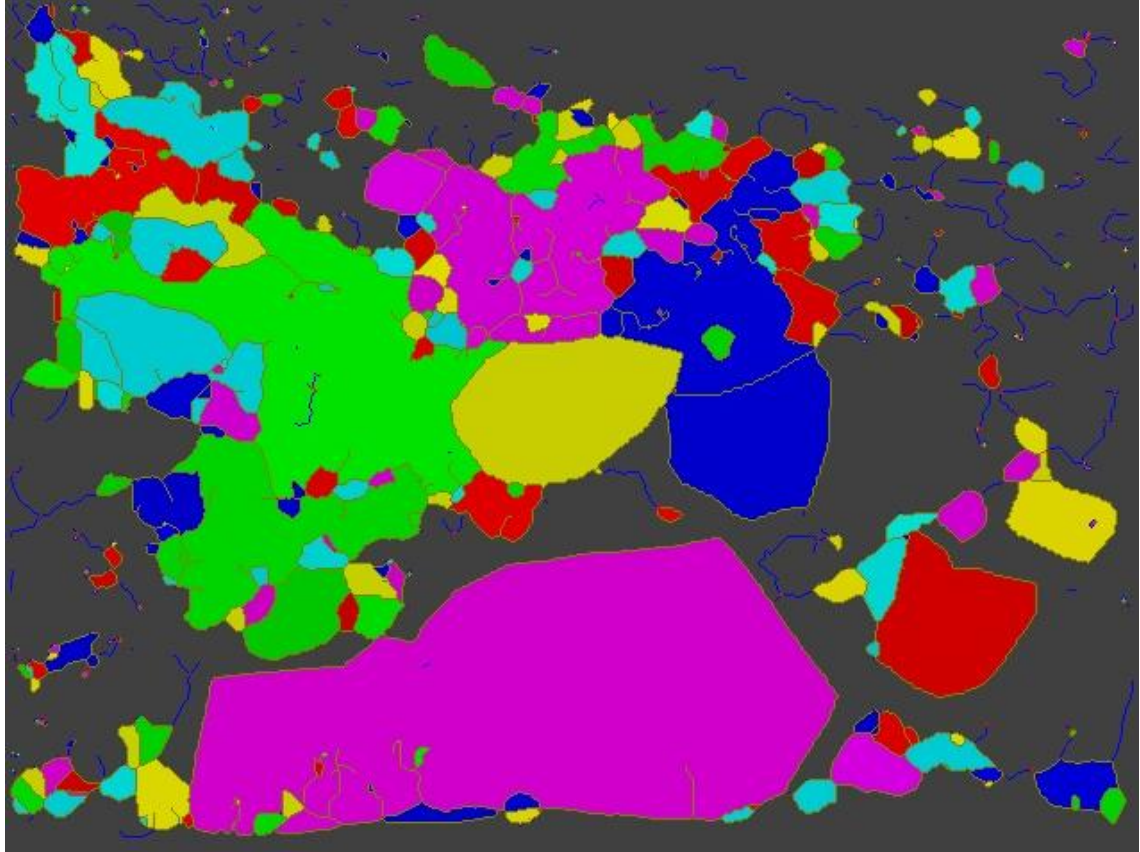
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:32

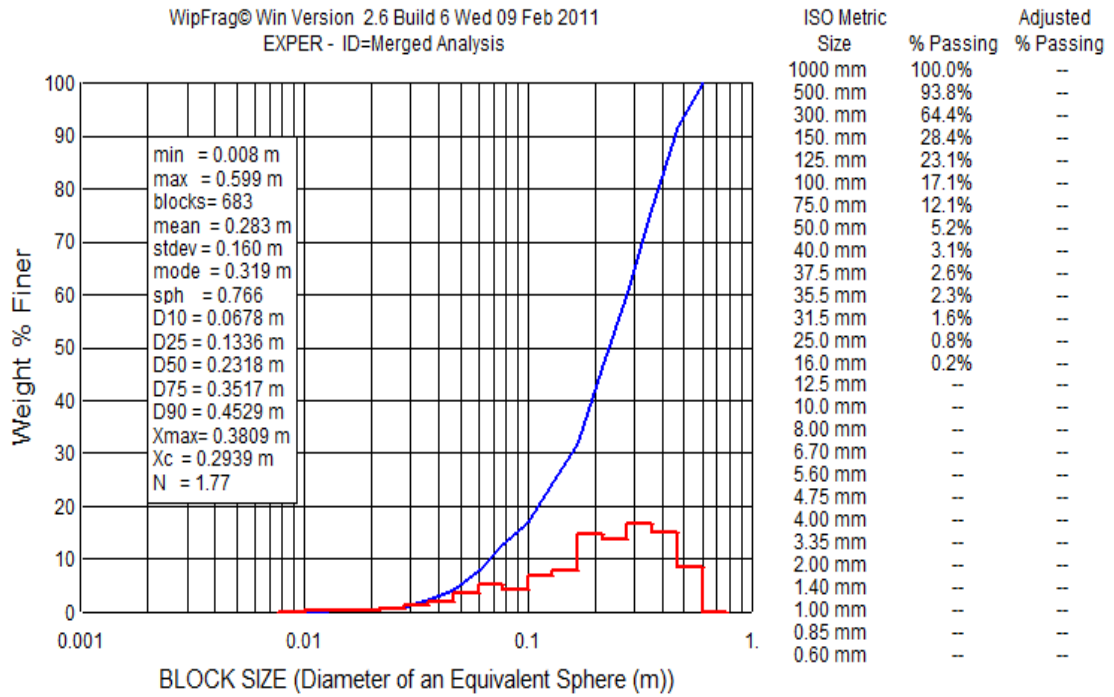
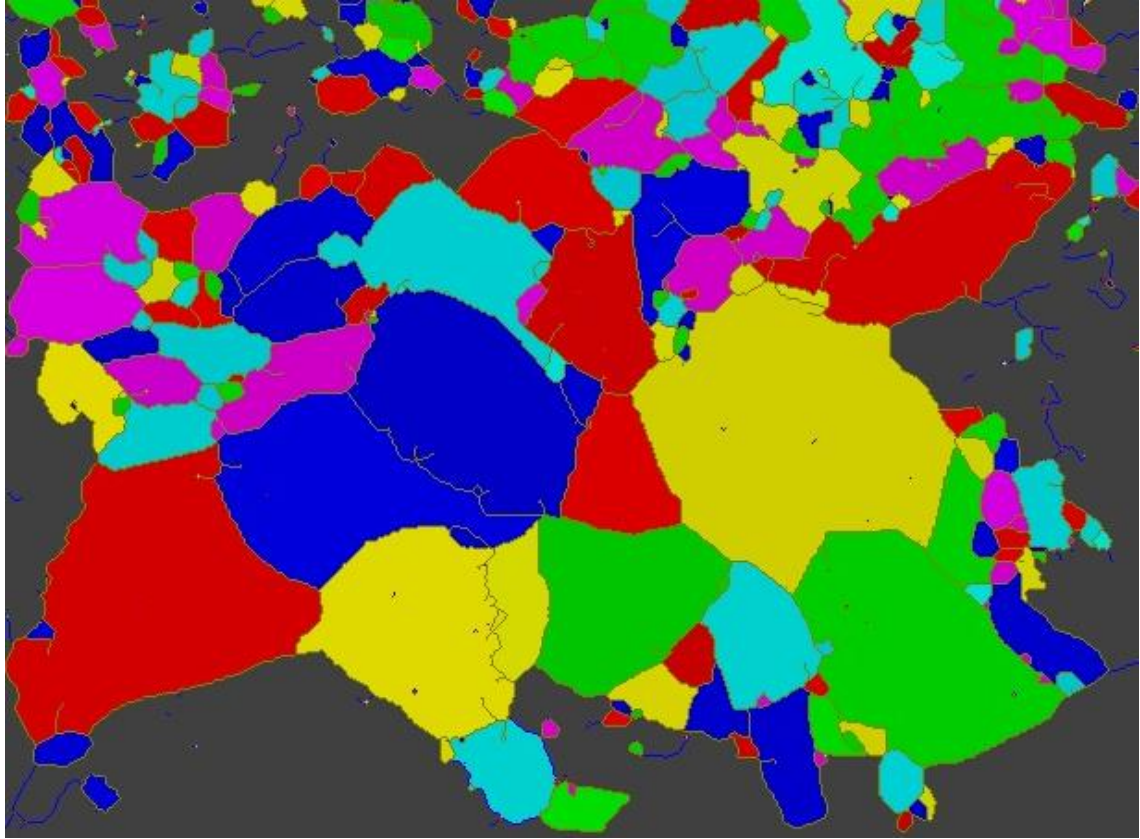
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:33

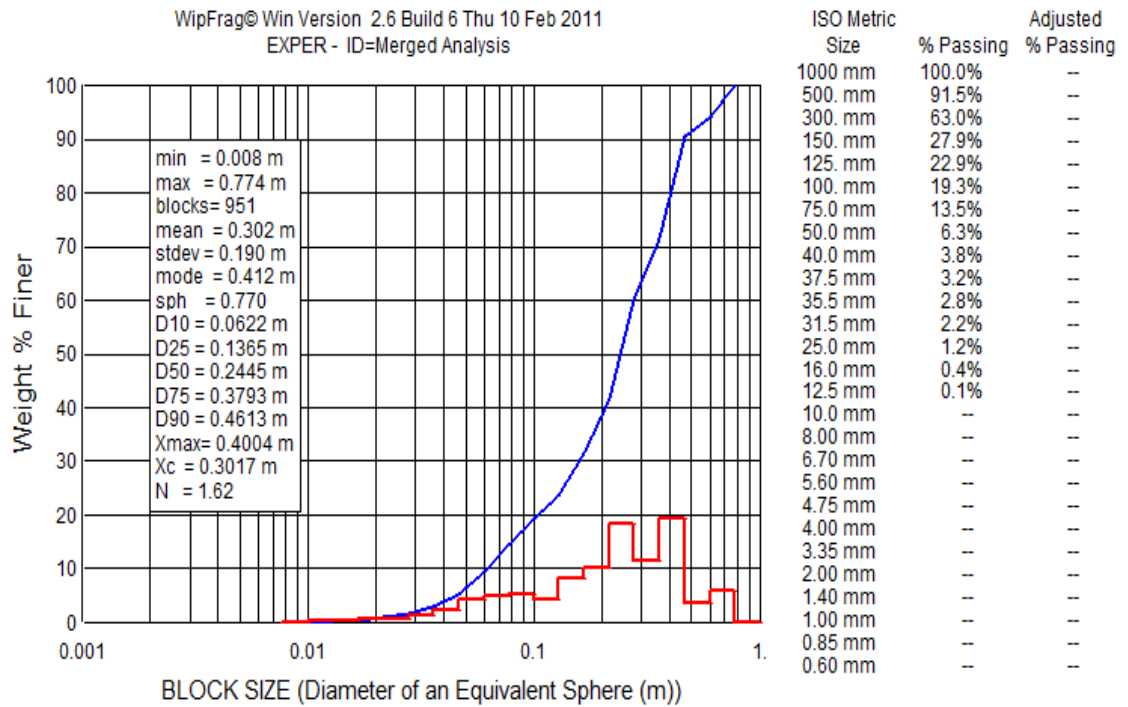
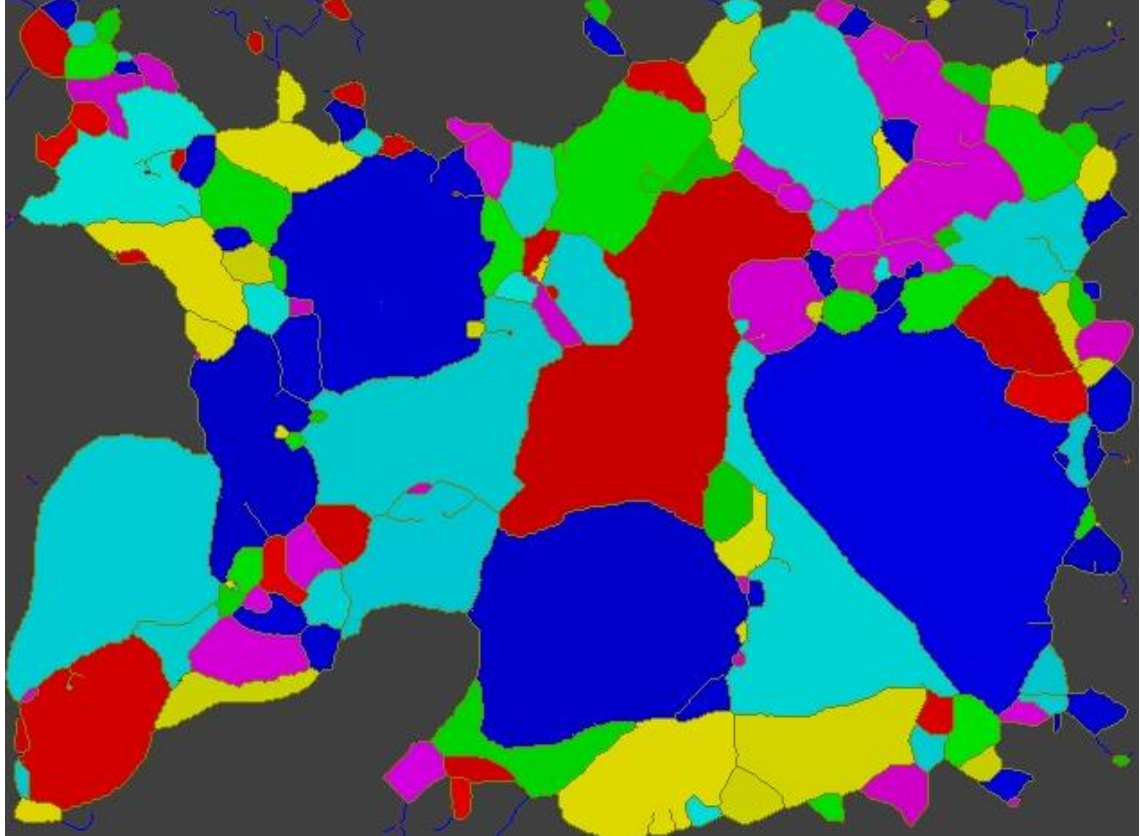
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:34

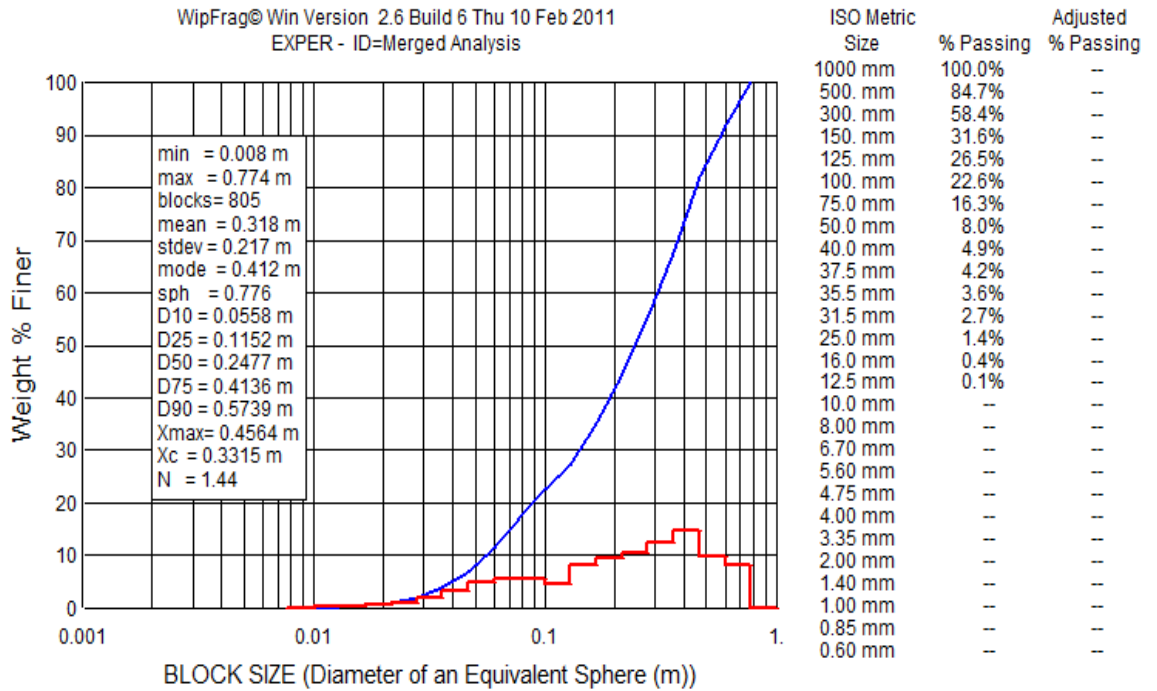
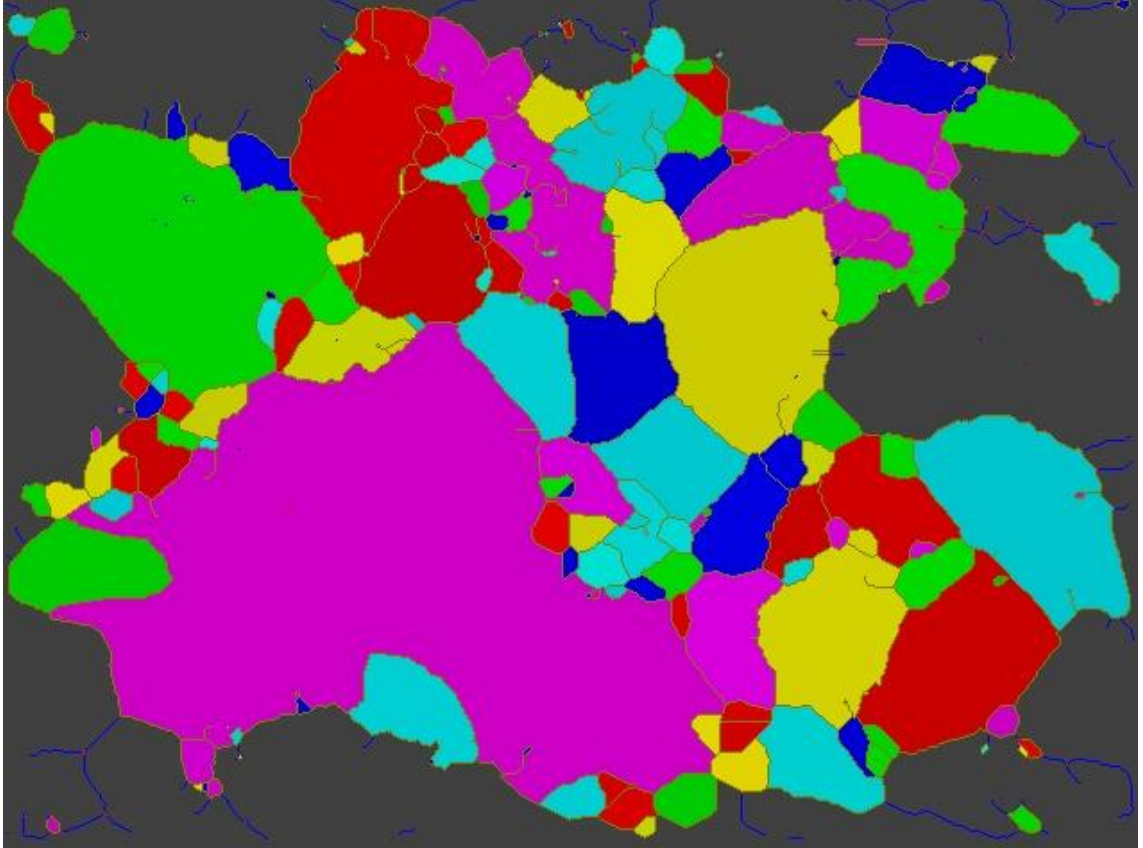
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:35

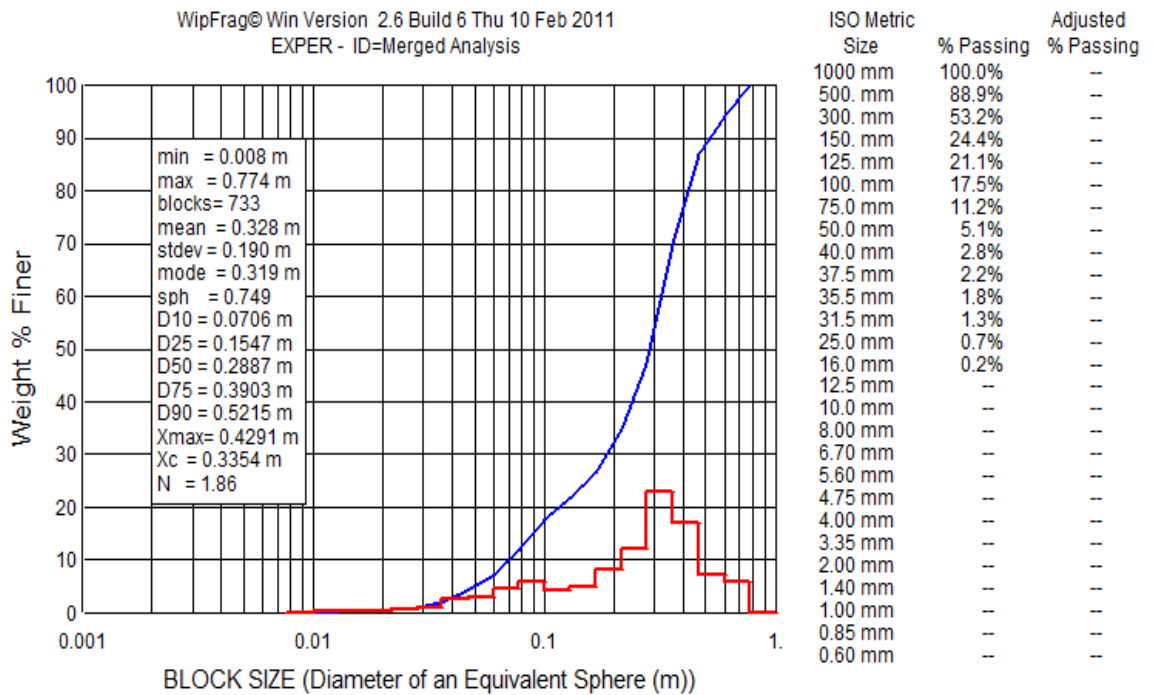
ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:36

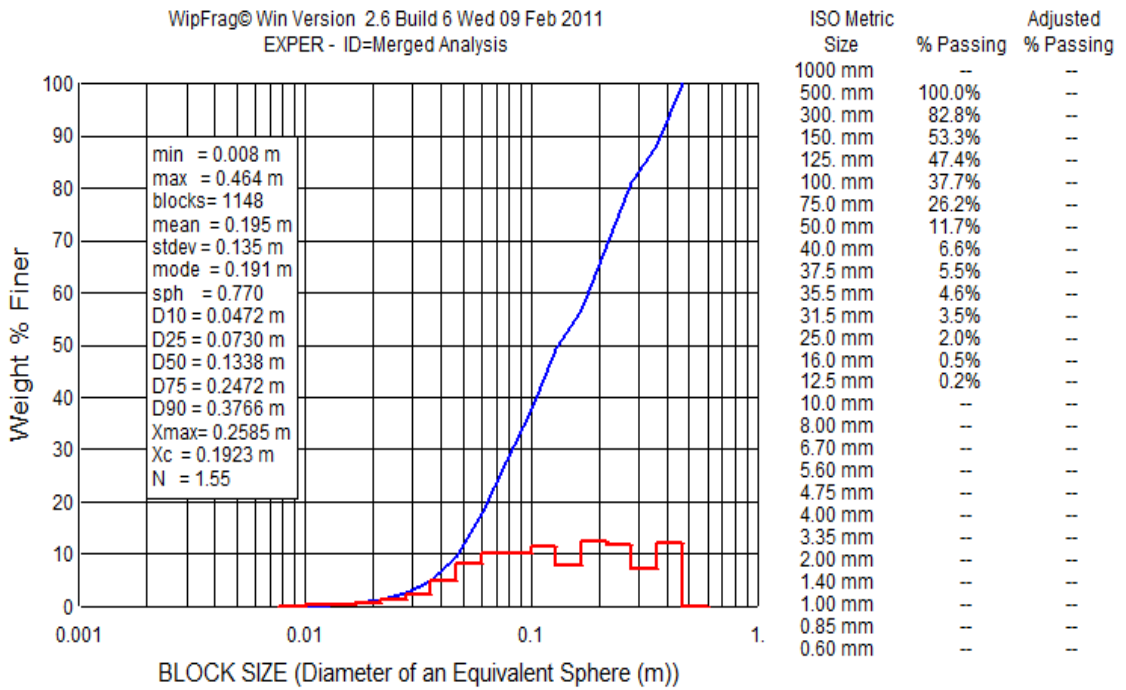
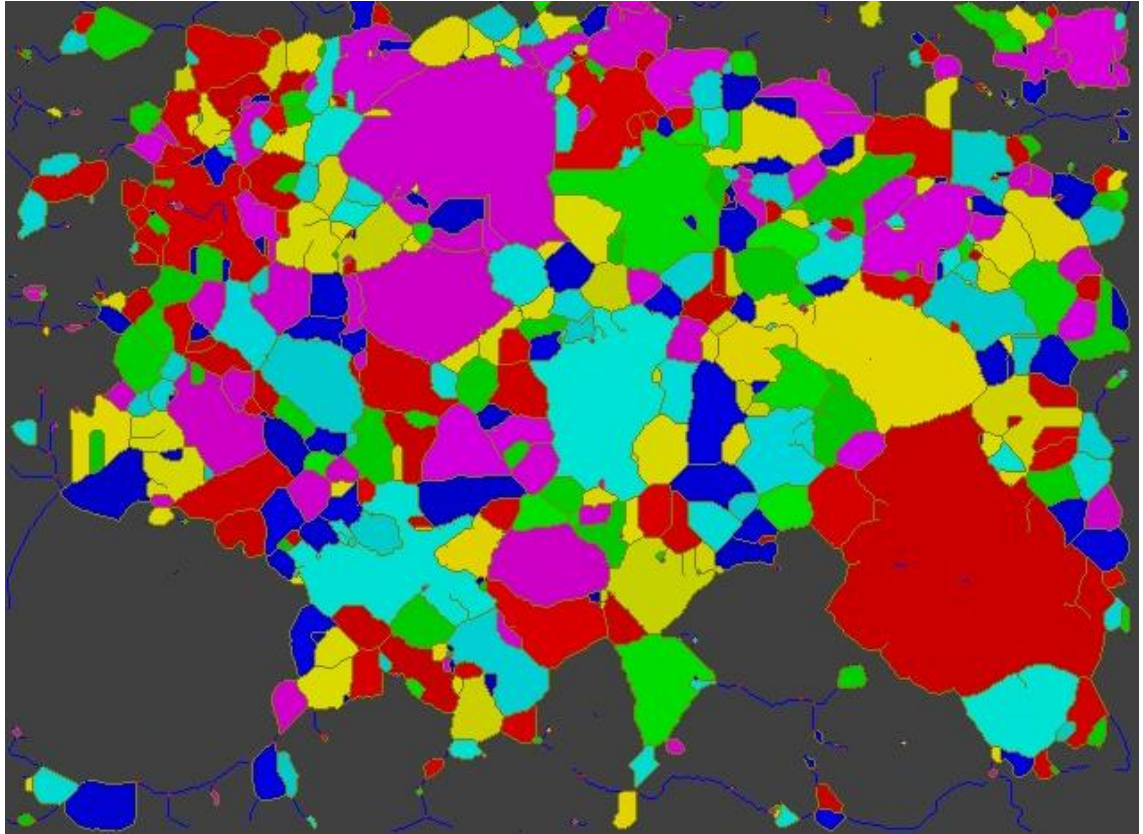
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:37

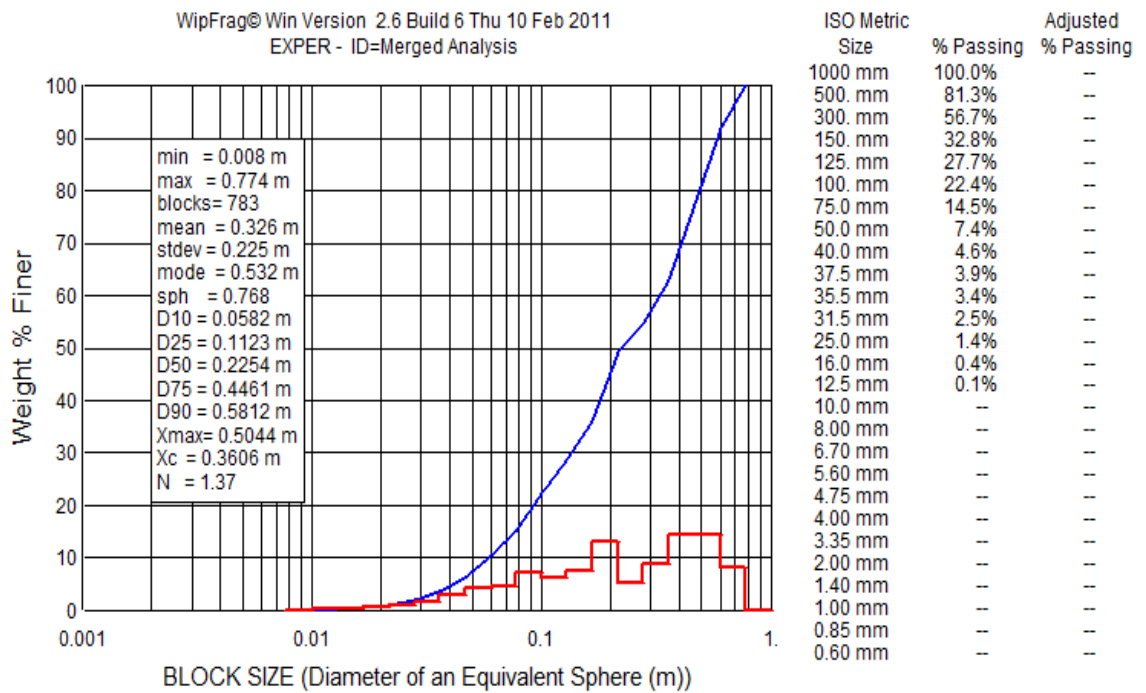
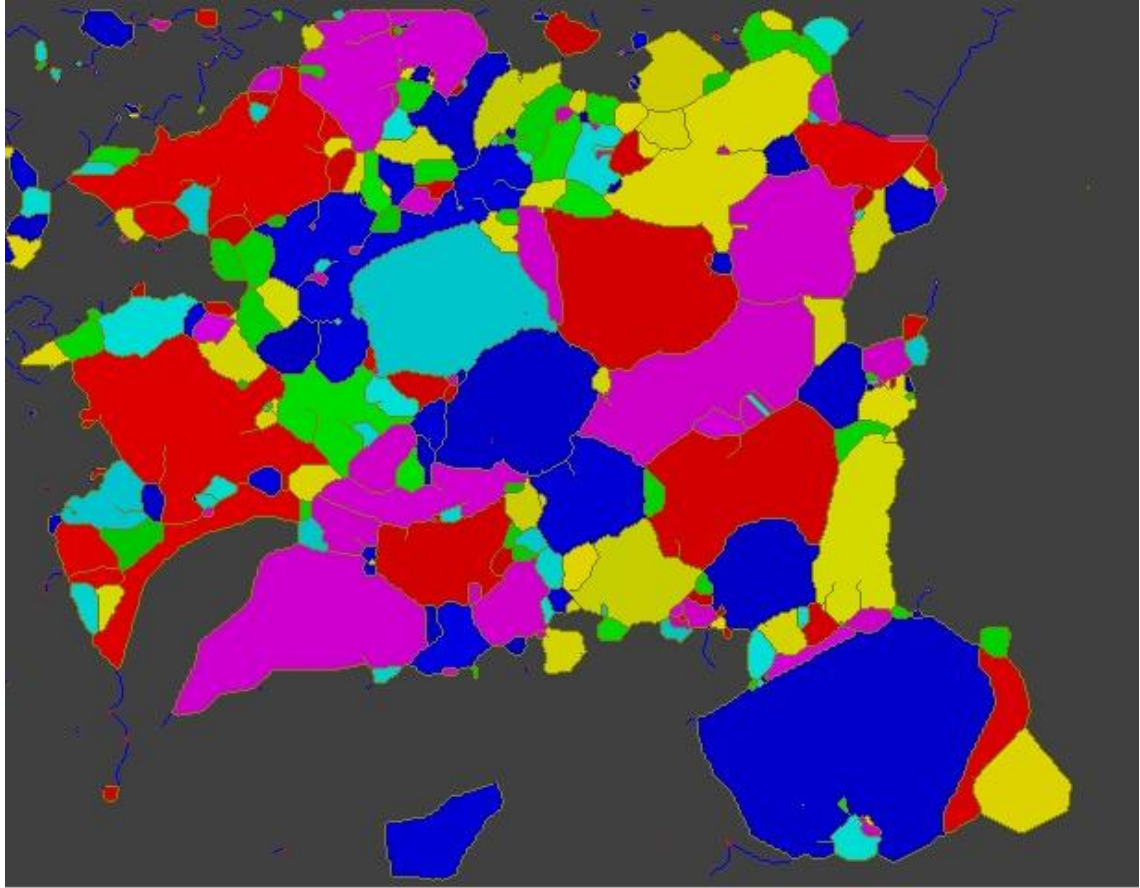
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:38

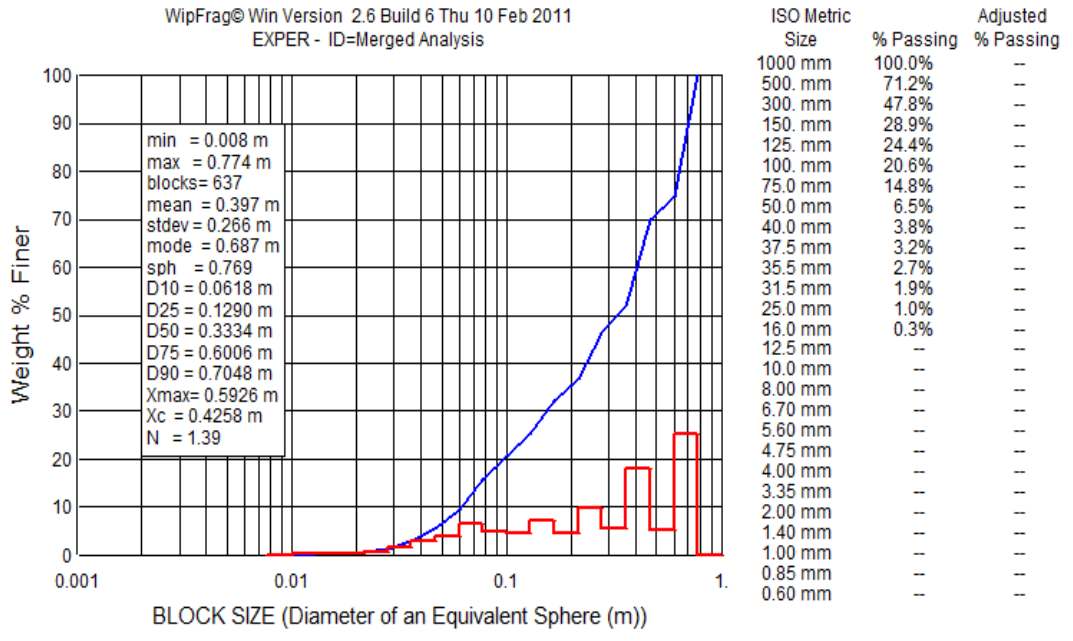
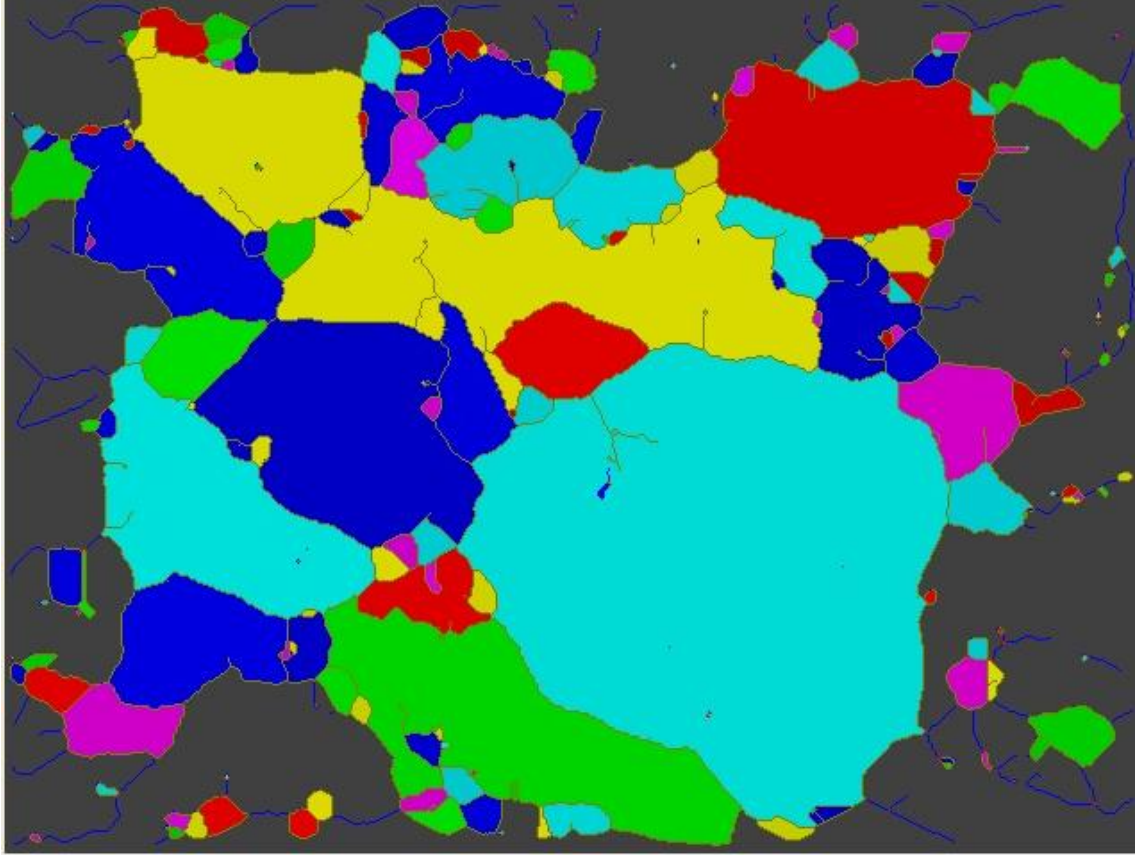
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:39

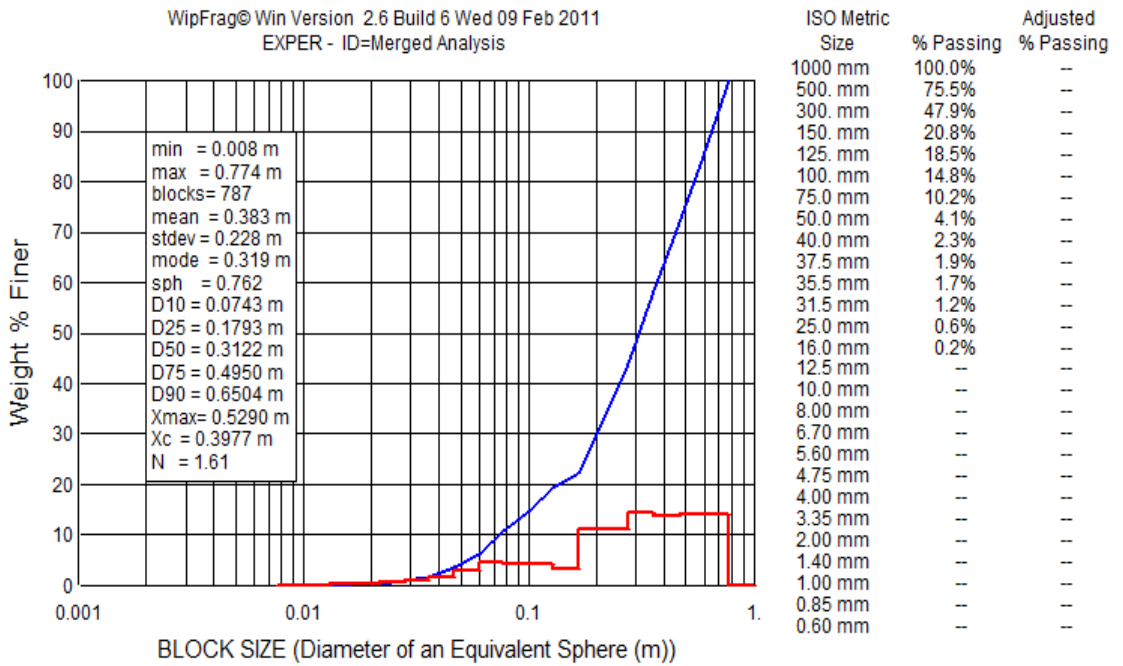
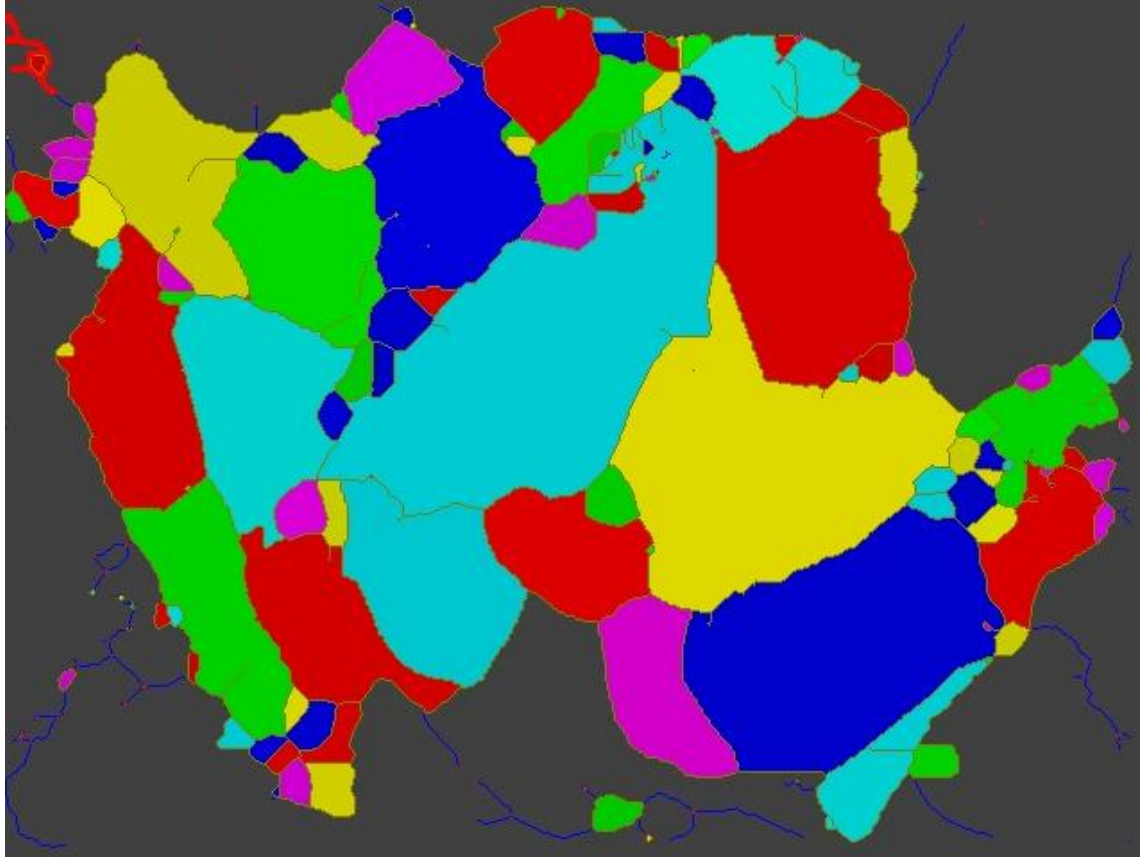
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:40

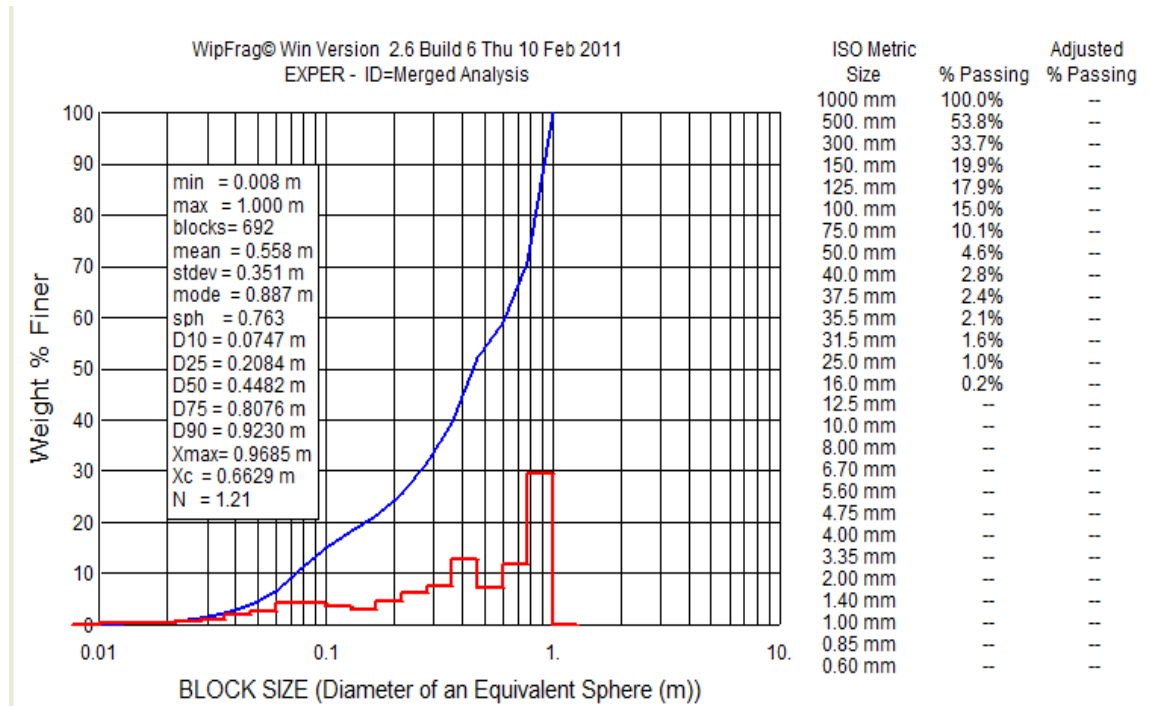
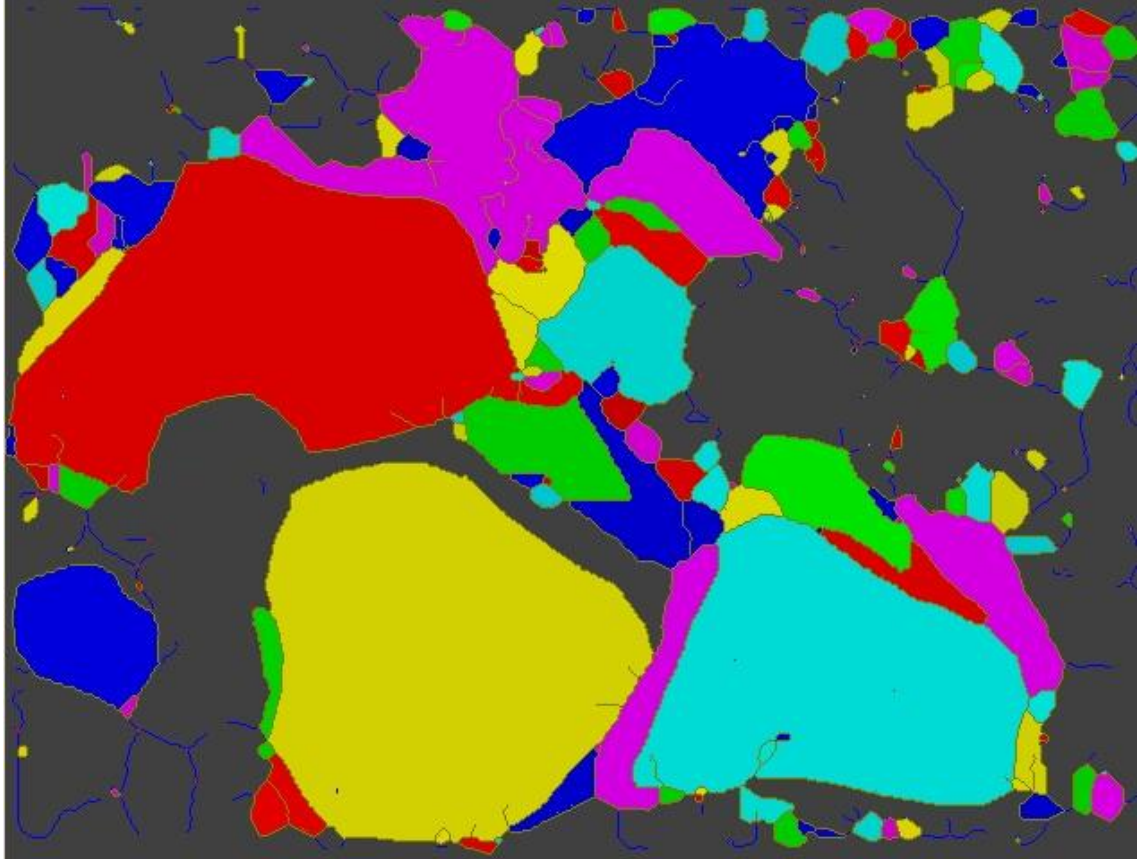
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:41

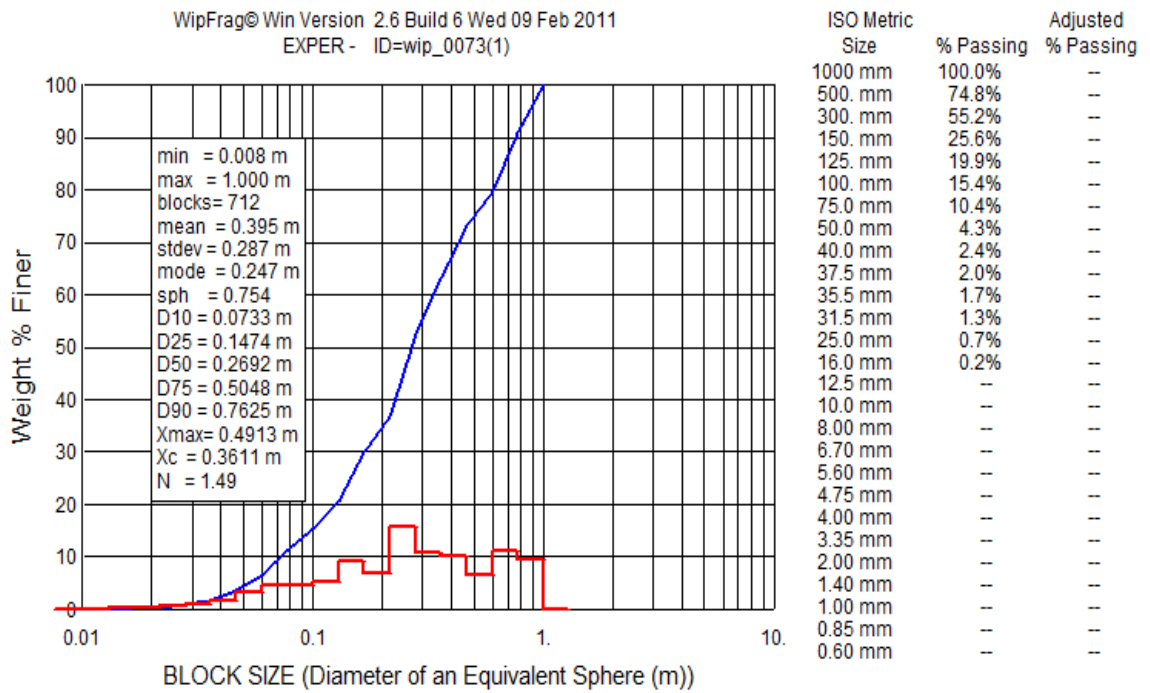
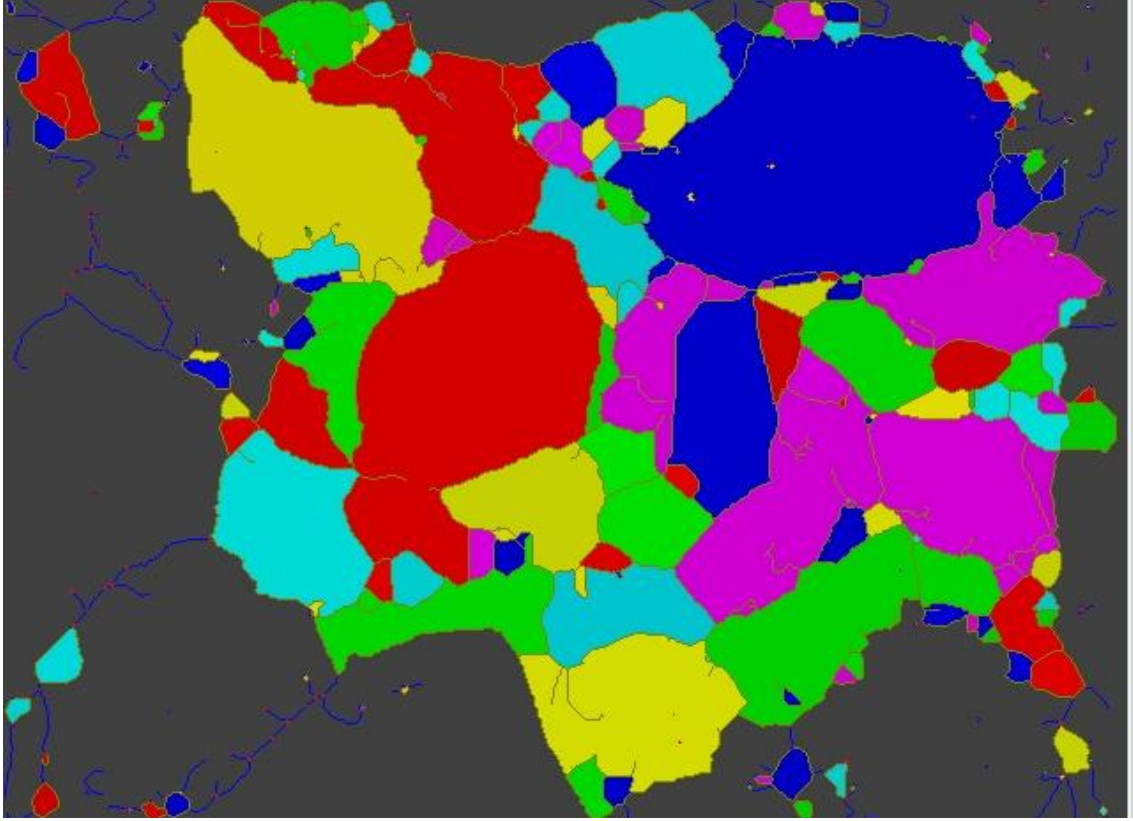
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:42

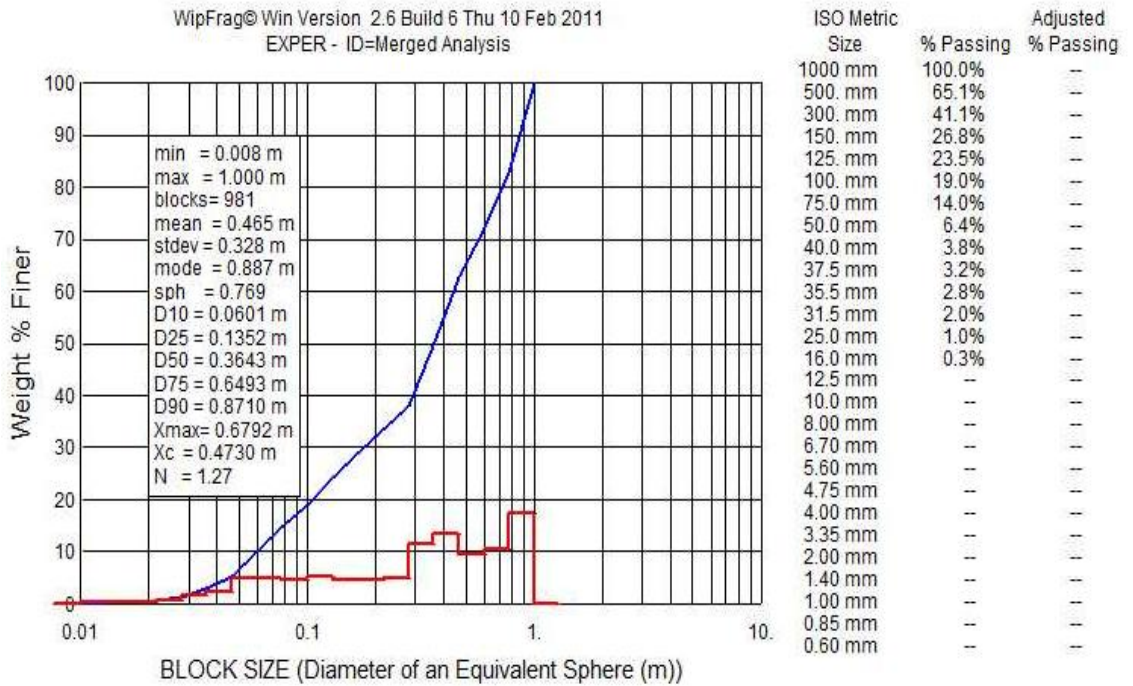
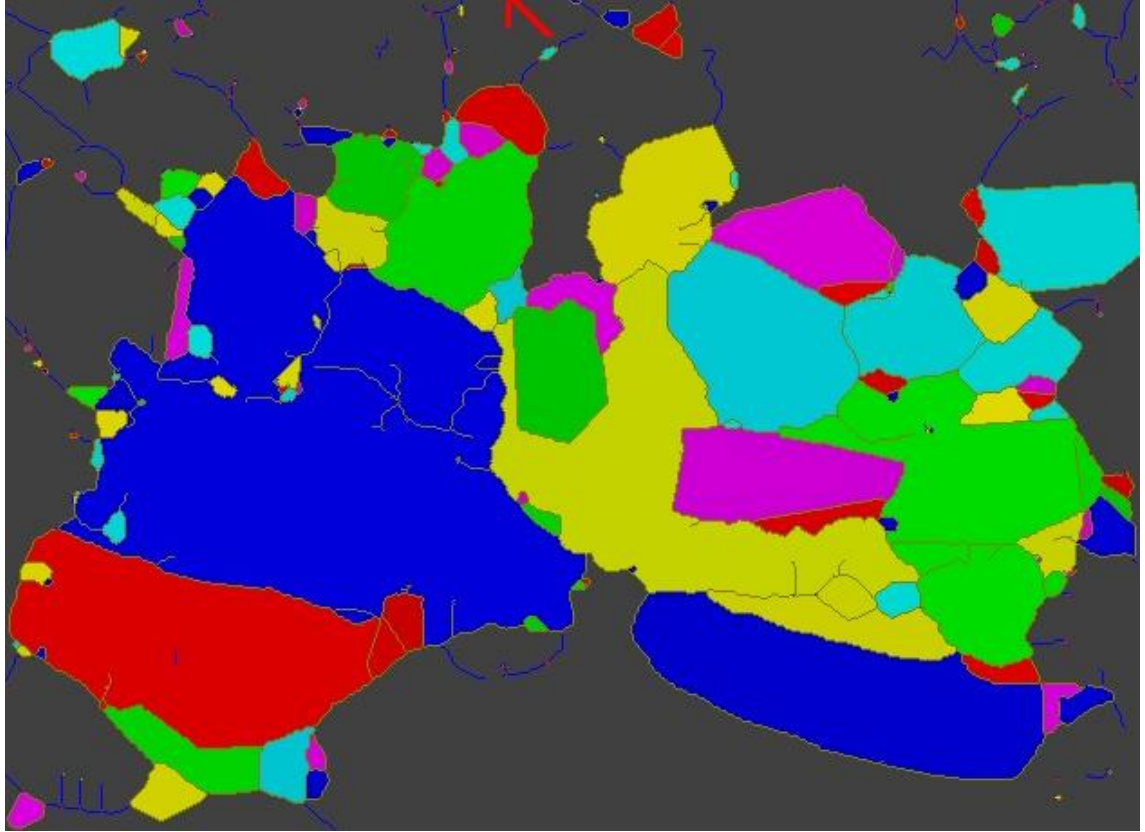
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:43

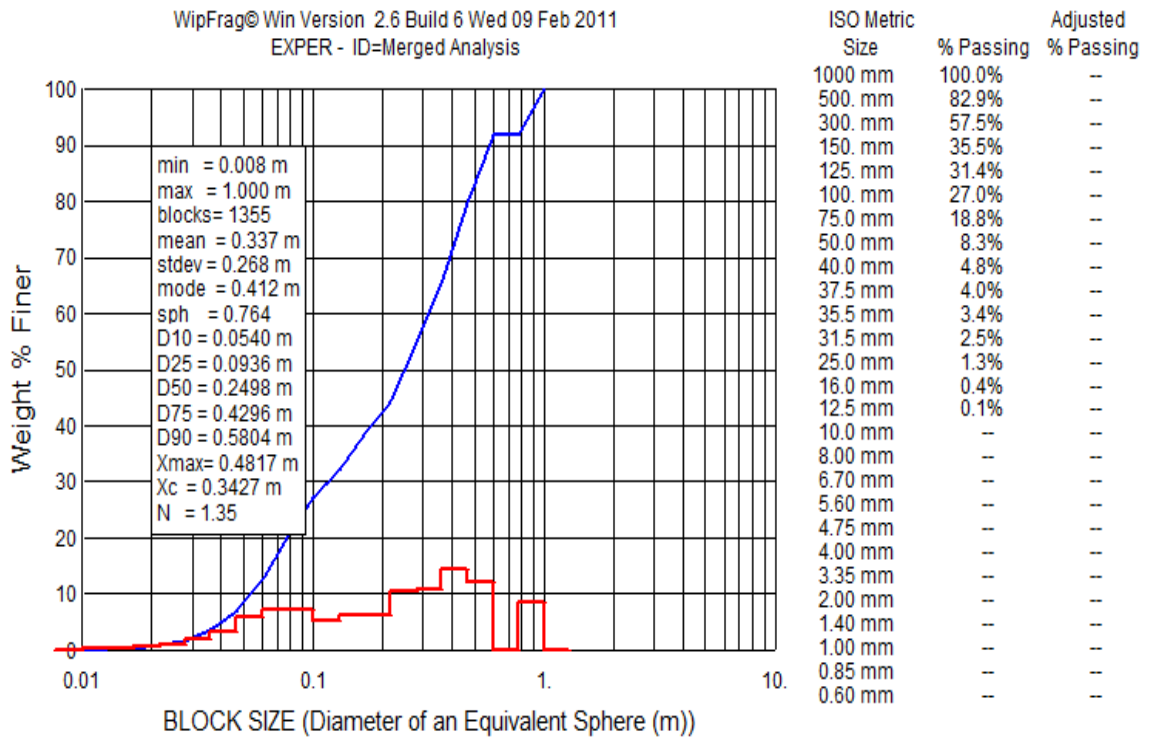
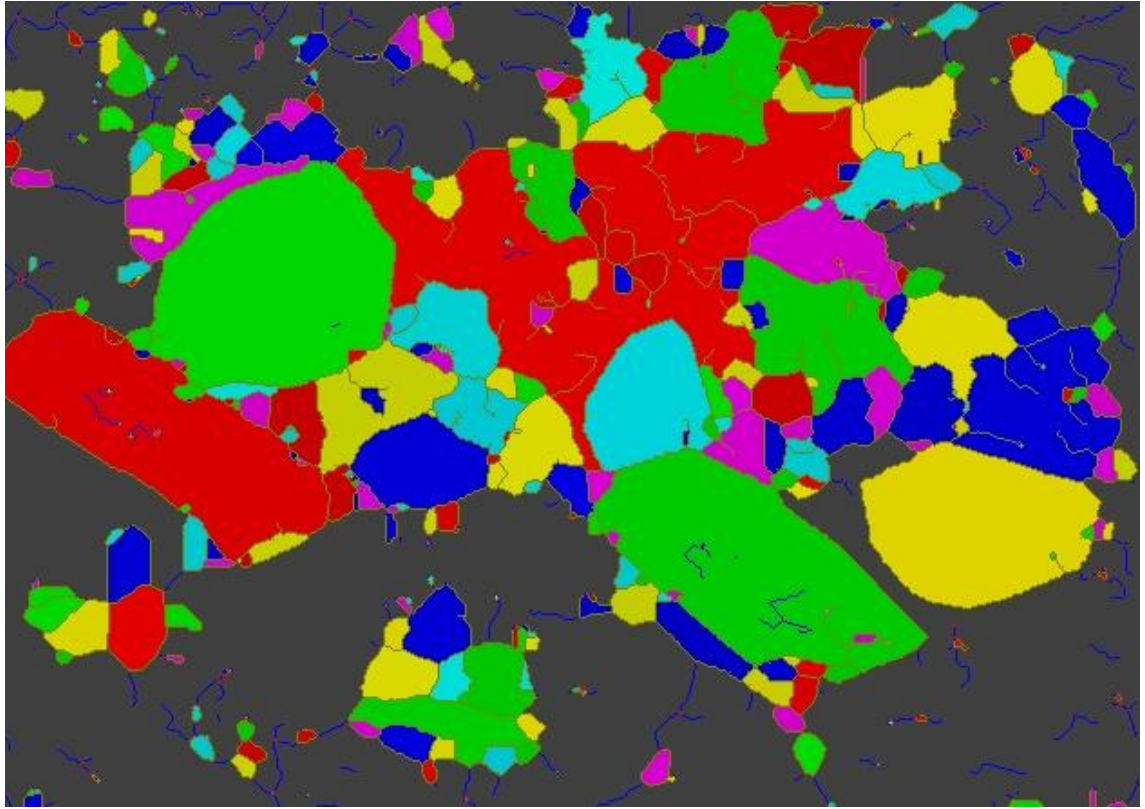
### ORTA ANADOLU MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:44

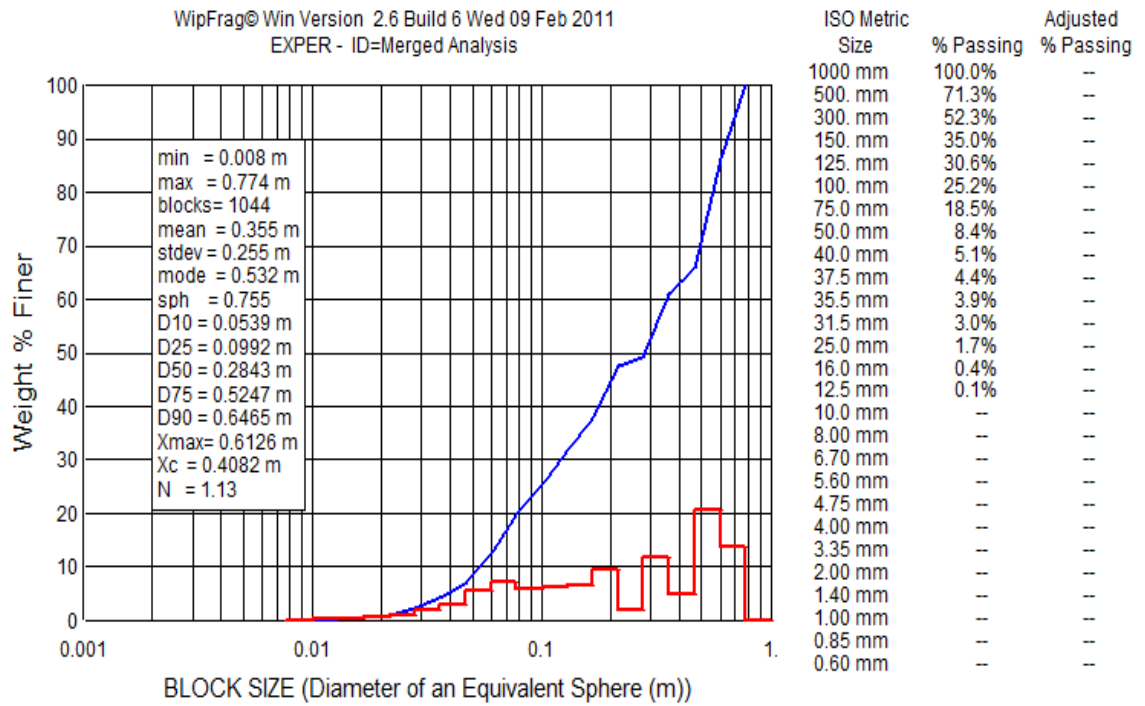
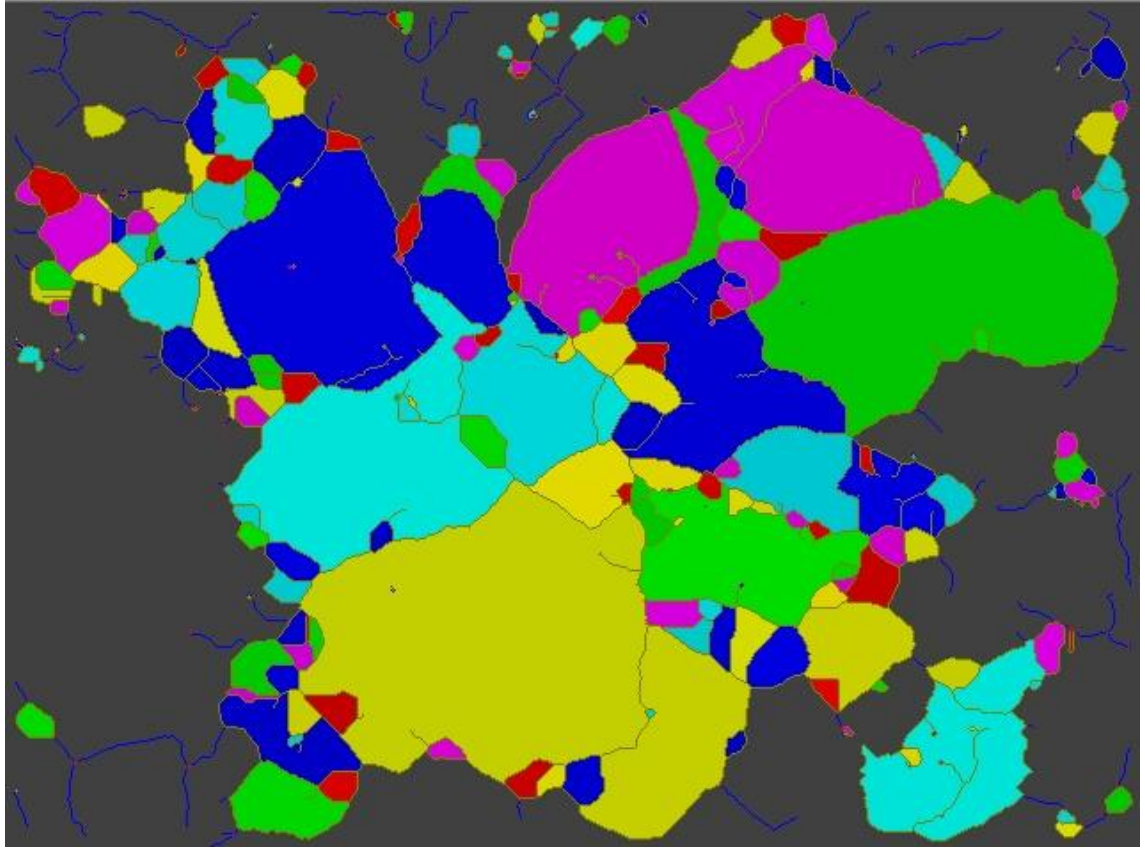
### EMEK MOZAİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:45

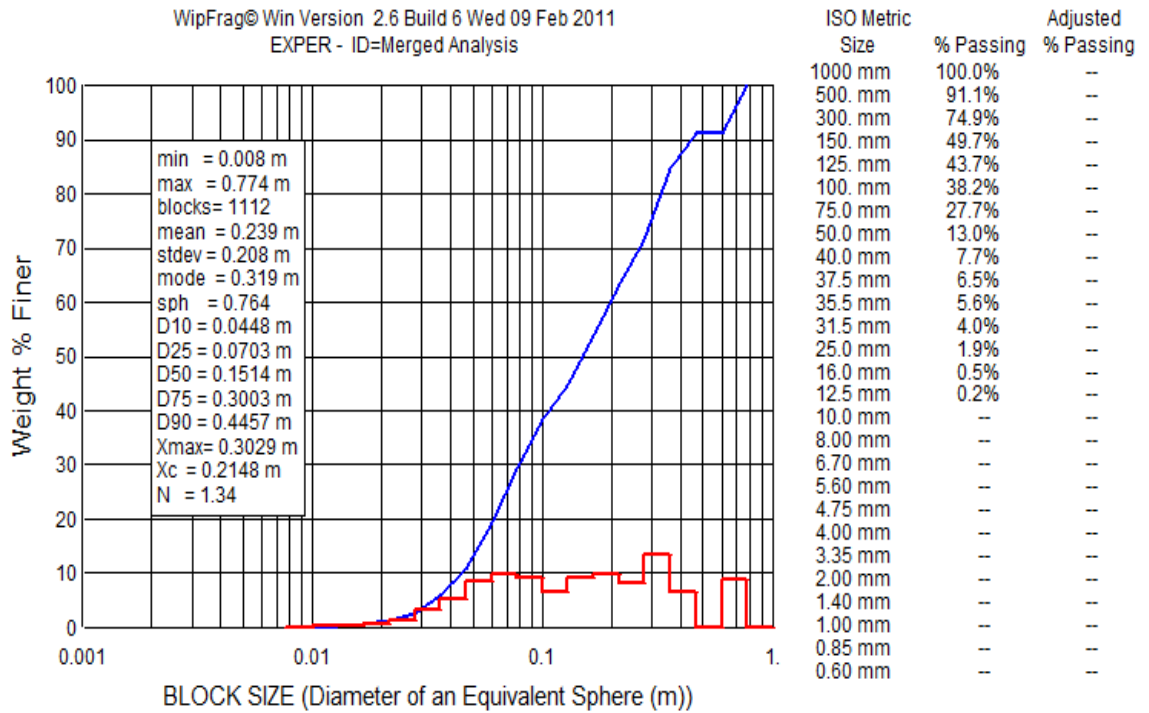
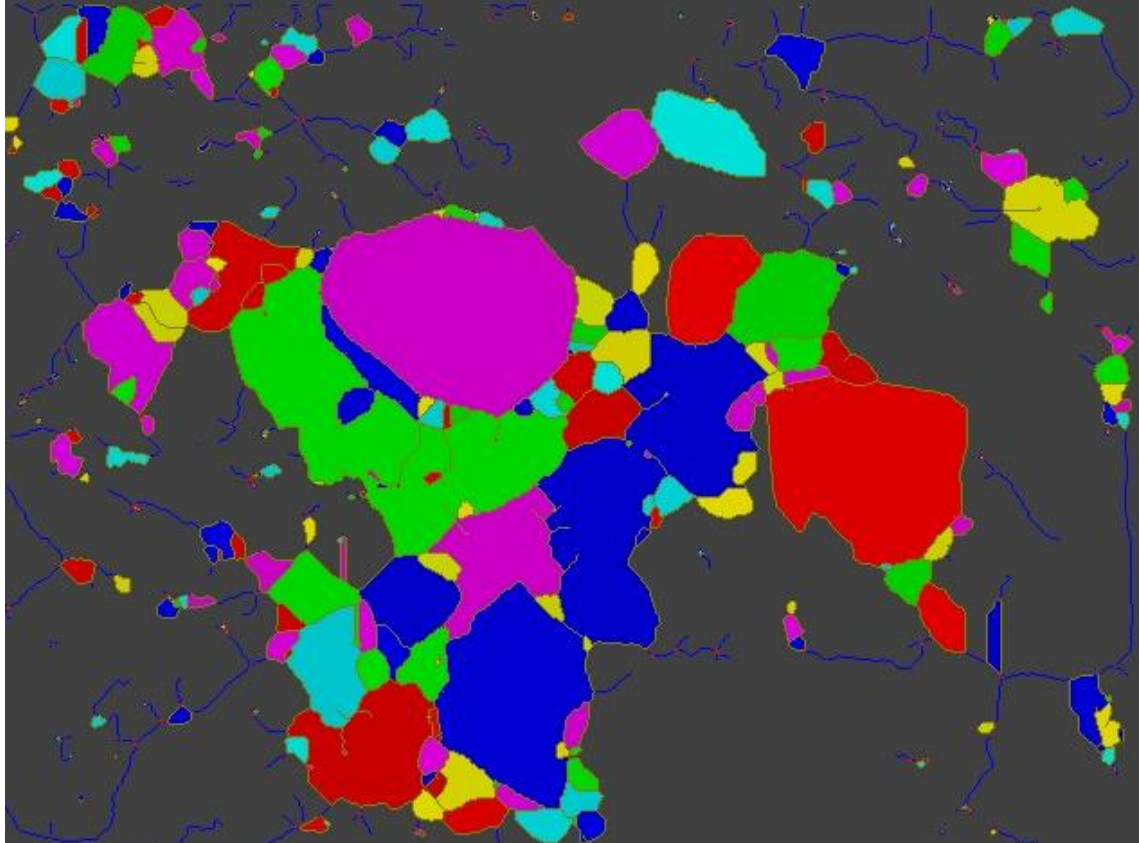
EMEK MOZAİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:46

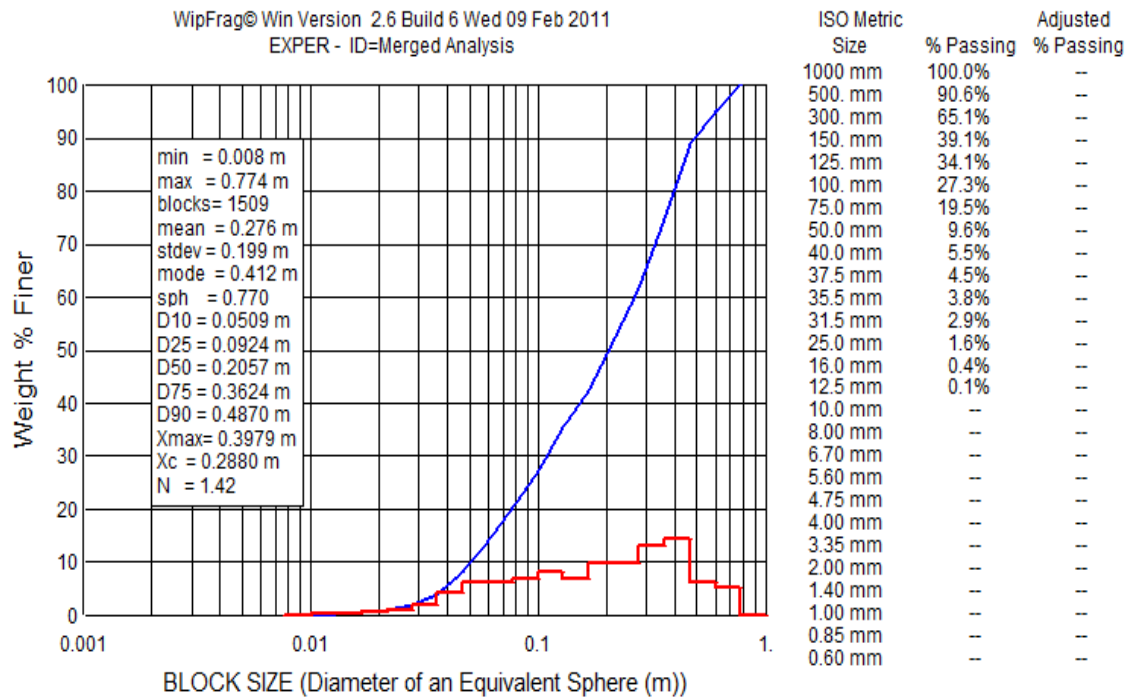
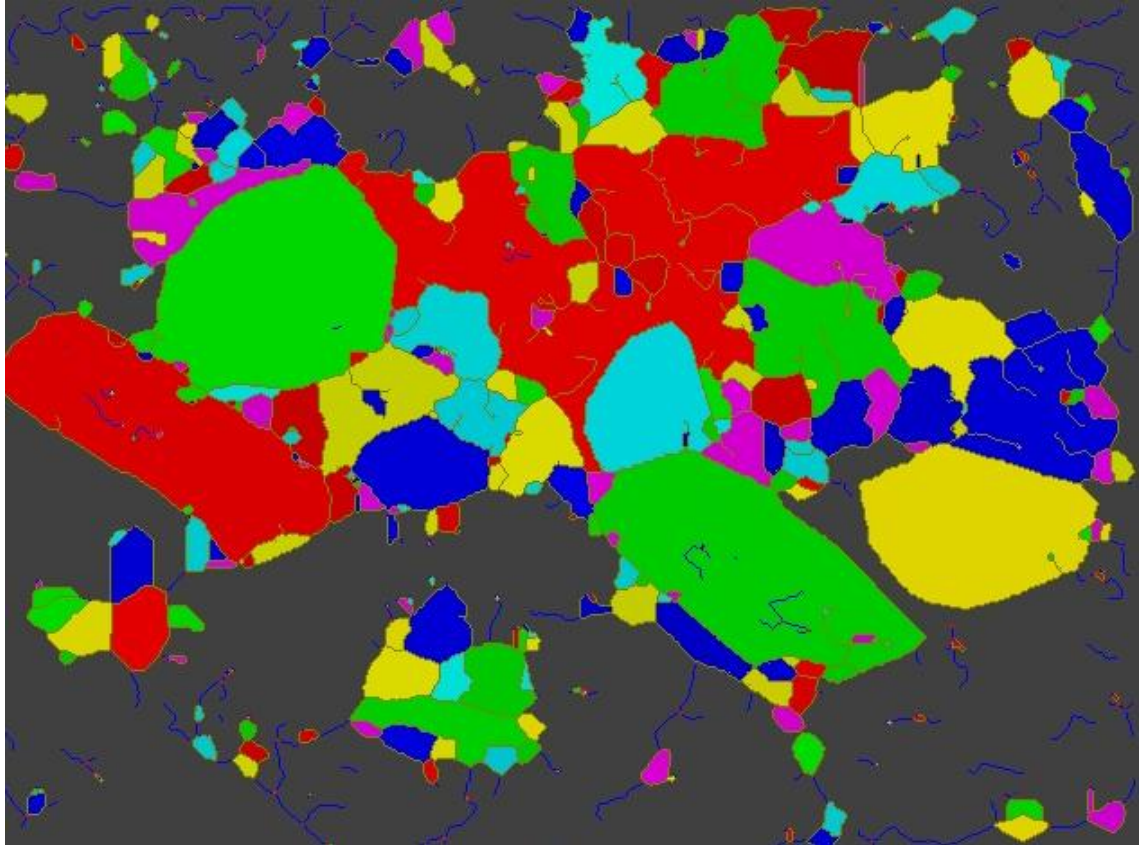
### AYKAL MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:47

AYKAL MADENCİLİK



EK-1' in Devamı

Gözlem no:48

### HAS MOZAİK

