

Mermer Yataklarında Sondajlar Yardımı ile Yapılan Rezerv Tahmininin Arazi Verileri
ile İyileştirilmesi

Utku ÇAĞLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2009

Improving Marble Deposit Reserve Estimation Results Made by Data Acquired from
Boreholes Using Data Acquired from Field Observations

Utku ÇAĞLAR

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

December 2009

Mermer Yataklarında Sondajlar Yardımı ile Yapılan Rezerv Tahmininin Arazi Verileri
ile İyileştirilmesi

Utku ÇAĞLAR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Adnan KONUK

Aralık 2009

ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Utku ÇAĞLAR'ın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “Mermer Yataklarında Sondajlar Yardımı ile Yapılan Rezerv Tahmininin Arazi Verileri ile İyileştirilmesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Adnan KONUK

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Adnan KONUK

Üye: Doç .Dr. Hürriyet AKDAş

Üye: Y.Doç .Dr. Hakan AK

Üye: Y.Doç .Dr. Melih İPHAR

Üye: Y.Doç .Dr. Yaşar KASAP

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, Prodem Ltd. Şti. firmasına ait bir mermer sahasında konumsal interpolasyon yöntemlerinden biri olan uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak rezerv tahmini yapılmıştır. Sondajlardan elde edilen değerler litolojik olarak sınıflandırılmış, detaylı istatistiksel inceleme için bu veriler konumsal veriler ile ilişkilendirilerek sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan sayısal modeli iyileştirmek amacı ile araziden toplanan veriler kullanılmış ve sonuçlar sadece sondajlardan elde edilen veriler ile oluşturulmuş model ile karşılaştırılmıştır.

Veri tabanı oluşturmak, oluşturulan veri tabanını analiz etmek ve üç boyutlu blok modellere dönüştürmek amacı ile Rockworks yazılımından faydalanılmıştır.

Yapılan rezerv tahmin sonuçlarının doğruluğunu test etmek amacı ile gerçek üretim verileri ile tahmin verileri karşılaştırılmıştır. Sadece sondaj verilerinden yararlanarak yapılan tahminde $r = 0,44$ korelasyon katsayısı ile pozitif yönde orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Arazi verileri ile iyileştirilmiş modelden yararlanarak yapılan rezerv tahmininde ise $r = 0,62$ korelasyon katsayısı ile pozitif yönde kuvvetli bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

Tahmini üretim verileri üzerinden blok verimi hesaplanmış ve sahanın blok veriminin %63,9 olacağı öngörülmüştür. Gerçek üretim verileri üzerinden hesaplama yapıldığında ise sahanın gerçek veriminin %41,2 olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konumsal İnterpolasyon, uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma, rezerv tahmini, sayısal arazi modeli, arazi verileri, Rockworks, blok verimi

SUMMARY

In this study, reserve estimation of a quarry owned by Prodem Ltd. Şti. has been made using one of the positional interpolation methods named inverse distance weighting.. The data sets obtained from boreholes have been converted to lithological classification charts and these data sets have been associated with positional data for detailed statistical analysis to create numerical terrain models. Data acquired from field observations are used to improve the estimations calculated using borehole data and results have been compared.

Rockworks software is used to create a database, analyze the database and to form 3D block models.

To check the accuracy of the estimation, the results have been compared with the actual production value. The correlation co-efficient calculated using data sets acquired from boreholes has been found as “ $r=0,44$ ”. The correlation co-efficient calculated after improvement of data sets using data acquired from field observations has been found as “ $r=0,62$ ”.

The calculated value of block productivity using the estimated production values has been found as %63,9. However, block productivity value calculated using the real production values was %41,2.

Keywords: Reserve estimation, positional interpolation, inverse distance weighting, field observation data, Rockworks, block productivity

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince, benden yardım ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, bana danışmanlık ederek beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan sayın Prof. Dr. Adnan KONUK'a, sağladıkları veriler ve önerileri için Prodem firmasına, çalışmalarımın her aşamasında yanımda olup beni destekleyen eşim Gözde TÜZTÜRK ÇAĞLAR'a katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
SUMMARY	VI
TEŞEKKÜR	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL TAŞLARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI	2
2.1 Doğal Taşlar ve Tanımları	2
2.2 Doğal Taşların Sınıflandırılması	3
2.2.1 Jeolojik sınıflandırma	3
2.2.2 Ekonomik Sınıflandırma	6
2.3 Doğal Taşların Jeolojik Özellikleri	6
2.4 Doğal Taşların Teknomekanik Özellikleri	9
2.5 Dünyada ve Türkiye’de Doğal Taş Rezervleri	10
2.6 Dünyada ve Türkiye’de Doğal Taş Üretim Miktarları	11
2.7 Doğal Taş Ocak Yatırımı ve İşletilebilirliğini Etkileyen Faktörler	12
3. KONUMSAL İNTERPOLASYON YÖNTEMLERİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ	15
3.1 Konumsal İnterpolasyon Yöntemleri.....	16
3.1.1 Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma	17
3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri	19
3.2.1 Rockworks; coğrafi bilgi verisi analiz yazılımı.....	20
3.2.2 Rockworks – topoloji	21
3.3 Konumsal İlişki	23
4. ÇALIŞMA ALANI	25
4.1 Bölgenin Genel Jeolojisi	26
4.2 Çalışma Sahasının Genel Jeolojisi.....	27

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
4.3 Çalışma Alanı Tektoniği	28
4.4 Çalışma Alanı ve Çevresinde Yer Alan Maden Yatakları.....	28
4.5 Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi	29
5. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI VE REZERV TAHMİNİ	31
5.1 Veri Tabanı Parametreleri ve Sayısal Model.....	31
5.1.1 Yüzey topoğrafyasının ölçülmesi ve veritabanına işlenmesi.....	33
5.1.2 Sondaj verilerinin analiz edilmesi ve konumsal verilere dönüştürülmesi	35
5.1.2.1 Sondaj no 1'in litolojik analizi	35
5.1.2.2 Sondaj no 2'nin litolojik analizi	37
5.1.2.3.Sondaj no 3'ün litolojik analizi	38
5.1.2.4 Sondaj no 4'ün litolojik analizi	40
5.1.2.5 Sondaj no 5'in litolojik analizi	41
5.1.3 Araziden toplanan veriler ile sonuçların iyileştirilmesi.....	43
5.2 Verilerin 3 Boyutlu Blok Modele Çevrilmesi ve Rezerv Tahmini.....	44
5.2.1 Uzaklığın tersiyle ağırlıklandırılma yöntemi kullanılarak blok modelinin oluşturulması ve rezerv tahmini yapılması.....	45
5.2.1.1 Sondaj karot verilerini kullanarak oluşturulmuş blok model ve rezerv tahmini.....	45
5.2.1.2 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş blok model ve rezerv tahmini	48
6. GERÇEK ÜRETİM VERİLERİ İLE BLOK MODEL TAHMİNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	52
6.1 Sondaj Karot Verilerini Kullanarak Oluşturulmuş Blok Model Ve Üretim Miktarı Tahmini	52
6.2 Araziden Toplanan Veriler İle İyileştirilmiş Blok Model ve Üretim Miktarı Tahmini.....	53
6.3 Blok Model Üretim Verilerinin Gerçek Üretim Verileri ile Karşılaştırılması ve Toplanan Arazi Verilerinin Sağladığı İyileştirme Miktarının Tespiti	55
7. BLOK VERİMLİLİĞİ TAHMİNİ	59
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Etki mesafesi	18
Şekil 3.2. Hariç tutma açısı.....	19
Şekil 3.3 Nokta, çizgi ve poligonun topolojik olarak tanımı	22
Şekil 3.4 Üç boyutlu hücre	23
Şekil 4.1 Bilecik bulduru haritası	25
Şekil 4.2 Çalışma alanının genel görünüşü	26
Şekil 4.3 Çalışma alanında yer alan fayın şematik gösterimi.....	29
Şekil 4.4 Çalışma alanında yer alan fay	30
Şekil 5.1 Çalışma alanının topoğrafik haritası	34
Şekil 5.2 Üç boyutlu topoğrafik yüzey haritası	34
Şekil 5.3 (SKV-1), 1 no'lu sondaja ait karot numuneleri.....	36
Şekil 5.4 (SKV-2), 2 no'lu sondaja ait karot numuneleri.....	37
Şekil 5.5 (SKV-3), 3 no'lu sondaja ait karot numuneleri.....	39
Şekil 5.6 (SKV-4), 4 no'lu sondaja ait karot numuneleri.....	40
Şekil 5.7 (SKV-5), 5 no'lu sondaja ait karot numuneleri.....	42
Şekil 5.8 Sondaj karot verilerinden yararlanarak oluşturulmuş topoğrafik model.....	46
Şekil 5.9 Sondaj karot verilerinden yararlanarak oluşturulmuş blok model	46
Şekil 5.10 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş topoğrafik model	48
Şekil 5.11 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş blok model.....	49
Şekil 6.1 Sondaj karot verilerini kullanarak oluşturulmuş üretim alanı blok modeli.....	52
Şekil 6.2 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilerek oluşturulmuş üretim alanı blok modeli..	54
Şekil 6.3 Mermer sahasının son durumu	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Doğal Taş Kristal Boyutları	3
Çizelge 2.2 Doğal Taş Yapısal Özellikleri	5
Çizelge 2.3 Doğal Taş Ocak Yatırımı Karar Parametreleri	13
Çizelge 5.1 Topoğrafik Koordinatlar	33
Çizelge 5.2 Sondaj Lokasyonları.....	35
Çizelge 5.3 Sondaj No 1 Litolojik Sınıflandırma	36
Çizelge 5.4 Sondaj No 2 Litolojik Sınıflandırma	38
Çizelge 5.5 Sondaj No 3 Litolojik Sınıflandırma	39
Çizelge 5.6 Sondaj No 4 Litolojik Sınıflandırma	41
Çizelge 5.7 Sondaj No 5 Litolojik Sınıflandırma	42
Çizelge 5.8 Araziden Toplanan Konumsal Veriler ve Litolojik Sınıflandırılmaları	43
Çizelge 5.9 Sadece Sondaj Verilerini Kullanarak Oluşturulmuş Blok Model ve Rezerv Tahmini	47
Çizelge 5.10 Araziden Toplanan Veriler ile İyileştirilerek Oluşturulmuş Blok Model ve Rezerv Tahmini	49
Çizelge 5.11 Rezerv Tahminleri.....	51
Çizelge 6.1 Sondaj Karot Verileri Kullanılarak Oluşturulmuş Üretim Miktarı Tahmini	53
Çizelge 6.2 Araziden Toplanan Veriler İle İyileştirilmiş Üretim Miktarı Tahmini.....	54
Çizelge 6.3 Mermer Sahası Fiili Üretim Verileri	56
Çizelge 6.4 Tahmini ve Gerçek Üretim Verilerinin Karşılaştırılması.....	57
Çizelge 6.5 Blok Model Sonuçları ile Gerçek Verilerin Arasındaki İlişki	57
Çizelge 7.1 Mermer Yatağı Tahmini Blok Verimi	59
Çizelge 7.2 Yıllara Göre Blok Verimi.....	59

KISALTMALAR

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CAD	Bilgisayar Destekli Çizim (Computer Aided Drawing)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	Global Yer Belirleme Sistemi (Global Positioning System)
KAFS	Kuzey Anadolu Fay Sistemi
Lok. No	Lokasyon Numarası
MÖİK	Madencilik Özel İhtisas Komisyonu
MTA	Maden Tetkik Arama
OODBMS	Nesne Yönelimli Veri Tabanı Yönetim Sistemi (Object Oriented Database Management System)
RDBMS	İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemi (Relational Database Management System)
RQD	Kaya Kalite Göstergesi (Rock Quality Determination)
SKV	Sondaj Karot Verisi
TKV	Toplam Karot Verimi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bir maden yatağı milyonlarca bazen de milyarlarca yılda oluşmaktadır. Bu nedenle bulunan bir maden yatağının bulunduğu yerden çıkartılıp işletilmesinde ülkemiz ve insanlık büyük bir sorumluluğa sahiptir.

Bir maden yatağının işletmeye alınmasından hemen önce yapılacak çalışmaların başında Jeolojik – Jeofizik etüt ve rezerv tahmini yer almaktadır. Bu aşamada yapılacak hataların en aza indirilmesi, sonraki aşamalarda yapılacak olan planlama ve makine – ekipman yatırımlarını da doğrudan etkilemektedir.

Klasik yöntemlerle yapılan rezerv tahminlerinde, sahadaki cevherleşme yapısı hakkında yeterli bilgi sahibi olunamadığı için konumsal interpolasyon yöntemleri rezerv tahmini yapılırken yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İnterpolasyon yöntemleri, hesaplanan blok tenörleri için belirli hata sınırları içerisinde bloklara bölünerek cevher yatağı rezervinin tahmin edilmesine olanak sağlar ve bu yönü ile klasik tahmin yöntemlerine üstünlük sağlar.

Sahada yapılmış olan sondajlardan elde edilen verilere göre konumsal interpolasyon yöntemleri kullanılarak yapılan rezerv analizlerinde, cevherleşmenin yapısı, büyüklüğü ve cevher yatağı içindeki mineralleşme zonlarının dağılımı daha gerçekçi olarak elde edilir.

Bu çalışmada sondajlardan elde edilen değerler litolojik olarak sınıflandırılmış, sayısal ve konumsal verilere dönüştürülmüştür. Detaylı istatistiksel inceleme için interpolasyon yöntemlerinden biri olan uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan sayısal modeli iyileştirmek amacı ile araziden toplanan veriler kullanılmıştır. Sonuçlar sadece sondajlardan elde edilen veriler ile oluşturulmuş model ile karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2

DOĞAL TAŞLARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

2.1 Doğal Taşlar ve Tanımları

Bir madenin üretiminin yapılması ve işlenebilmesi için öncelikle çok iyi tanınması, tanımlanması gerekmektedir.

Binlerce yıl önce insan hayatına giren mermer, önceleri sadece yapı taşı olarak kullanılırken, uygarlığın ilerlemesine paralel olarak süsleme ve sanatsal tasarım amacı ile de kullanılmış ve güncel yaşamdaki önemini günümüze kadar korumuştur.

Mermer, kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak kristalleşmesi sonucu oluşmuş metamorfik bir kayadır. Kalsit kristallerinden oluşan mermerlerin kimyasal bileşimlerinde, büyük oranda kalsiyum karbonat, daha düşük oranlarda magnezyum karbonat ve silisyum dioksit ile pigment olarak da değişik metal oksitleri bulunmaktadır. Saf oldukları zaman yarı saydam ve beyaz renklidirler.

Yataklanma durumları ve jeolojik yapıları göz önünde bulundurularak açılan mermer ocaklarından, düzgün geometrik şekillerde bloklar alınır. Bu bloklar fabrika ve teknik donanımlara sahip tesislerde kesilerek plaka haline getirilir. Silme ve cilalama işlemlerinin uygulanması sonucu, pürüzsüz bir yüzeye sahip olan mermer plakalarının istenilen ölçülerde kenar ve köşeleri kesilerek hazır hale getirilir (MÖİK., 1996).

Granitler ise; bileşimlerinde kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz ve mafik mineraller içeren plütonik kayalar grublarıdır. Kuvars açık renkli minerallerin %20-60'ını, plajiyoklazlar toplam feldispatların %10-65'ini oluşturur. Kuvars genellikle mevcut kristallerin arasını dolduran ksenomorf taneler halindedir. Plajiyoklaz kalsiyumca fakir olup albit, oligoklaz veya andezin bileşimindedir. Mafik mineral genellikle amfibol veya mika şeklinde olup yer yer piroksene de rastlanabilmektedir. Apatit, zirkon, allanit inklüzyonlar halinde gözlenebilir. 5 m³ ün üzerinde blok vermeleri ve kesilip

parlatıldığında cazip desende olmaları halinde ekonomik değer kazanırlar (MÖİK., 1996).

2.2 Doğal Taşların Sınıflandırması

Doğal taşlar jeolojik ve ekonomik olmak üzere iki ana başlık altında sınıflandırılabilirler.

2.2.1 Jeolojik Sınıflandırma

1) Mermerlerin mineral boyutlarına göre sınıflandırılması

Mermerler kristal boyutlarına göre üçe ayrılırlar :

Çizelge 2.1 Doğal taş kristal boyutları

Mermer	Mineral tane boyutu
• İnce Taneli	< 1 mm
• Orta Taneli	1 mm - 5 mm
• İri Taneli	> 5 mm

2) Mermerlerin kökenlerine göre sınıflandırılması

a. Sedimanter (tortul) kökenli doğal taşlar

Detritik veya kalsitli sedimanter mermerler: Çeşitli kayaçların parçalanıp sürüklenerek bir yerde birikmesi ve daha sonra bir ara madde ile çimentolanması sonucu oluşurlar. Konglomera, gre, breş, arduvaz, puding, grovak gibi kayaçlar bu oluşumlara örnek olarak verilebilirler (MÖİK., 1996).

Organik ve kimyasal sedimanter mermerler : Suda erimiş olarak yer alan kalsiyum ve magnezyum karbonat, fiziksel şartlarının değişmesi sonucu, kimyasal olarak veya organizmaların etkisi ile çökelir (MÖİK., 1996).

Organizmalar, kalsiyum ve magnezyum karbonatın oluşmasında etkin rol oynamaktadırlar. Su, içerisindeki karbondioksit miktarına bağlı olarak ve içerisindeki organizmaların etkisi ile geçtiği yerdeki kalkerleri eritir ve bu kalkerleri farklı bir yerde çökeltir (MÖİK., 1996).

Kalkerlerin taşınması soğuk su vasıtası ile meydana gelirse, çökeldiği yerde oniks mermerleri, sıcak su vasıtası ile meydana gelirse, traverten mermerleri oluşur. Ayrıca dolomit ve mikritik kalkerler de bu grup içerisinde yer alırlar (MÖİK., 1996).

b. Magmatik oluşumlu sert taşlar

Yer kabuğunun altındaki magmanın yeryüzüne çıkması veya yerkabuğuna sokulması ile meydana gelirler. Sedimanter mermerlere oranla daha sert ve dayanımlıdırlar.

Üç gruba ayrılırlar;

Derinlik taşları: Çıkartılması kolay, ancak işlenmesi zor olan granit olarak adlandırdığımız kayaçlardır. Granitin dışında, siyenit, diyorit, gabro, peridotit, ofikalsit, monzonit, norit, dünit, verlit, harzburjit, lerzolit, labradorit, granodiyorit gibi kayaçlar da magmatik derinlik kayaçlarıdır. Bu gruba giren kayaçlar iyi cila kabul ederler.

Yüzey taşları: Hem işlenmesi hem de işletilmesi çok zor olan kayaçlardır. Dayanımlı olmaları ve cilalarını uzun süre koruyabilmeleri nedeni ile inşaat birimlerinde kullanılmaktadırlar. Kuvars porfir, bazalt, andezit, trakit ve diyabaz gibi kayaçlar bu gruba girmektedirler.

Damar taşları: Yer kabuğunun derinliklerinde yer alan magmanın yüzeye yakın kayaçların yarık ve çatlaklarına sokularak, burada soğuması sonucu meydana gelen kayaçlardır. Porfir ve aplit gibi kayaçlar bu guruba girmektedirler (MÖİK., 1996).

Çizelge 2.2’de bazı doğal taş cinslerinin yapısal özelliklerini detaylı bir şekilde yer almaktadır.

Çizelge 2.2 Doğal taş yapısal özellikleri (MÖİK., 1996).

Kayaç	Kuvars	Diğer mineraller	Yapı-doku
Granit	%25-30	Feldispat+mika+amfibol	İri taneli-holokristalin
Siyenit	%5-7	Feldispat+mika+amfibol	İri taneli-holokristalin
Labrodorit	- - -	Labrador+piroksen	İri taneli-holokristalin
Serpantin	- - -	Serpantin	Ağsı
Anortozit	- - -	Anortit+piroksen	İri taneli
Diyabaz	- - -	Piroksen+plajiyoklaz+amfi- bol	Ofitik
Andezit	%5-10	Plajiyoklaz+feldispat+mika +amfibol+piroksen	Porfiritik

c. Metamorfik oluşumlu mermerler

Sedimanter ve magmatik kökenli kayaçların değişen basınç ve sıcaklık koşullarının etkisi ile katı halde, mineralojik ve dokusal başkalaşıma uğramaları sonucu oluşurlar. Mermercilik açısından çok önemli olan ve petrografide mermer olarak tanımlanan kayaç, kalker ve dolomitik kalkerlerin başkalaşıma uğraması sonucunda oluşmuştur. Mermer, gnays, amfibolit, spolen, şist, fillit ve eklojit gibi kayaçlar bu grup içerisinde yer alırlar (MÖİK., 1996).

2.2.2 Ekonomik Sınıflandırma

Mermer olarak kullanılan kayaçların, mineralojik yapısı ve dokusuna bakılmaksızın bilimsel tanımlar dışında ticarete ve piyasada yapılan sınıflandırmadır.

Bu sınıflandırma kayaçların renk, desen, sertlik ve albenisi gibi özellikleri göz önüne alınarak yapılmaktadır. Uluslararası saptanmış bir kural ve bağlantısı olmadan mermer satıcıları ve mermer işleyicileri arasında kullanılır. Bu sınıflandırmada en büyük ölçü mermerin fiziksel yapısı ve cila alma yeteneğidir (MÖİK., 1996).

Ayrıca mermerler buldukları yere ve özelliklerine göre de isimlendirilirler. Bu tip isimlendirilmeye Afyon Şeker, Afyon Kaymak, Afyon Kaplanpostu, Marmara Mermeri gibi kayaçlar örnek olarak verilebilir (MÖİK., 1996).

Dekoratif taş olarak kullanılan granitlerin sınıflandırması ise piyasada mineralojik yapısı ve oluşumuna bakılmaksızın bilimsel tanımlar dışında yapılır ve desenine göre ad alır. Ticari tarifede granit dekoratif olarak kullanılan taşlar arasında siyenit, serpantin, diyabaz vb. ile birlikte silisli (sert) taşlar alt sınıfı içinde yer almaktadır (MÖİK., 1996).

2.3 Doğal Taşların Jeolojik Özellikleri

Doğal taş yatağının işletmeye alınması için açılacak ocaklarda rezerv miktarı başta olmak üzere, eklem sistemi ve jeolojik yapısı, renk desen ve kristal dokusuna göre en elverişli üretim yönteminin uygulanması gerekir. Her doğal taş yatağındaki mermer ocak işletmelerinin, kayaç doku ve yapısına göre kendisine özgü niteliklerde işletme metodu uygulanır ve geliştirilir.

Doğal taş yatırımının esas ve birinci aşamasını ocak işletmesi oluşturur. Doğal taş ocağından üretilen mermer bloğu kesme tesislerinde istenilen kalınlıklarda kesilerek levha ya da plaka durumuna getirildikten sonra silinip cilalanarak gerekli alanlarda kullanılacaktır. Bu durumda doğal taş ocağında üretilen mermer bloklarının istenilen

kalınlıklarda kesilip cilalanabilme ve kullanma alanlarına kadar ulaşan aşamalardaki işlemlere uygun özelliklerde olması gerekir. Aksi takdirde plakalarda kırılma çatlama olduğu gibi cila alması da zayıf olan kayalar doğal taş olarak kullanılamazlar. Doğal taş ocak işletmelerinde, blok üretimi diğer maden ve taş ocağı işletmelerinden başlıca farklılığı oluşturur. Blok alınmasını sınırlayan en önemli unsur mermer yatağındaki eklem ve çatlak durumudur. Teorik olarak en az 1,5m x 1,5m x 2,5m (5,6 m³) boyutlu blok alınması işletme verimliliği açısından önemlidir. Renk ve desen bakımından ender bulunan ve pazarlarda aranılan kalitedeki doğal taş (beğeni kazanmış renk ve desende ki oniks mermerleri, saf beyaz mermerler gibi) en az 0,75m x 1m x 2m (1,5 m³) boyutlarında blok alınmasına uygun eklem ve çatlak sistemindeki yataklar işletme açısından önemli sayılabilirler (MÖİK., 1996).

Doğal taş yatağının litolojik durumu ise, jeolojik oluşumundan ileri gelen kendisine özgü ve doku özelliklerinin oluşturduğu kalite ve tipini meydana getirir. Bu kalite ve tip durumu makroskopik olarak kristal (tane) yapısı, renk ve desen görüntüsü ile kendisini belirleyen gerek ocak işletmelerinde blok çıkarılması ve gerekse blok kesilmesi (plaka-levha kesilmesi) sırasındaki verimi etkileyen en önemli öğelerden birisidir. Değişik sertliklerde homojen olmayan kristal (tane) yapısı ve minerallerin bulunması ise silme ve bilhassa cila işlemlerinde parlak yüzeyin meydana gelmesini engellemektedir. Kristalin (taneli) doğal taşlar saf oldukları zaman kimyasal bileşiminde kalsit kristal ve kristalciklerin dizilmesi dolayısı ile oluşmuş az çok yarı saydam ve genellikle beyaz renktedir. Dolomit kristallerinden oluştuğu zaman ise saydamlık yoktur (KULAKSIZ, 2005).

Doğal taşlara değişik renkleri veren, bünyelerine oluşum esnasında veya oluşumundan sonra girmiş bulunan çok az miktardaki pigment bileşikleridir. Renk verici bu pigmentler değişik metal ve karbon bileşikleri olabilir.

Örneğin; karbonlu bileşikler genellikle siyah ve siyahımsı gri, mavimsi gri renkler verir. Demirli bileşikler (+1 ve +2 değerli olarak) genellikle sarımsı, kahverengi-kırmızımsı ve beyaz ile yeşilimsi, nikel yeşil, kobalt mavi, kuvars (silis ve alüminyum

oksit silikatla birlikte) kırmızımsı, bakır yeşilimsi, titanyum siyah, krom yeşil renkleri verirler (MÖİK., 1996).

Bir doğal taş yatağındaki yapıyı oluşturan veriler yüzeyde veya atmosferik etkenler ve infiltrasyonun etkili olduğu alterasyon kısmını oluşturan dekapaj zonu altındaki sağlam mostrada görülebilir. Fakat dokuyu oluşturan kristal tane yapısının petrografik nitelikleri sistematik olarak alınacak örneklerin laboratuvarlarda incelenmesi ile aydınlanabilir.

Dokuyu oluşturan başlıca etkenler;

- Doğal taş yatağının kristalizasyonundan önceki litolojik yapı, doku ve bileşimi.
- Metamorfizmanın (başkalaşım) görüntüsü olan kristalizasyon esnasındaki etkenler.
- Kristalizasyon ve başkalaşım tamamlandıktan sonra meydana gelen etkenler ki, bunlar tektonik hareketler, eklem ve çatlakların oluşup gelişmesi, atmosferik etkinlikler vb. nin oluşturduğu özelliklerdir.

Bütün bu özelliklerin tamamı ise doğal taş olarak kullanılacak kayacın fiziksel, kimyasal ve mineralojik niteliklerinin meydana gelmesine yol açar. Bu etkenler her doğal taş yatağında değişik olduğu gibi, aynı doğal taş yatağında görülen değişik doğal taş tiplerinde de belirgin ayrılıklar gösterir. Doğal taş ocak işletmelerinde bu ayrılıkların değişik boyut ve niteliklerde olması blok üretimini ve dolayısıyla yatağın ekonomik değerlendirilmesini etkiler. Bunlar her ne kadar üretimi planlanan doğal taşın doğal oluşumu sonucunda ortaya çıkan ve değiştirilemeyen etkenler olsa da iyi bir etüt yapılırsa bazı olumsuzlukları lehimize çevirebilir ve üretim sırasında beklenmeyen olumsuzlukların ortaya çıkma ihtimali minimuma indirilmiş olur (KULAKSIZ, 2005).

2.4 Doğal Taşların Teknomekanik Özellikleri

Doğal taşların teknomekanik özellikleri; fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler olarak üç grupta toplanarak incelenmiştir.

A- Fiziksel Özellikleri;

- Sertlik
- Birim Hacim Ağırlığı
- Özgül Ağırlık
- Doluluk Oranı
- Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme
- Porozite
- Saydamlık
- Su Emme Oranı
- Renk
- Cila Tutma

B- Kimyasal Özellikleri

- Kimyasal Bileşim
- Çözülme Kabiliyeti
- Aside Dayanıklılık
- Pas Tehlikesi Tayini

C- Mekanik Özellikleri

- Tek Eksenli Basınç Dayanımı
- Eğilme Dayanımı
- Darbe Dayanımı
- Çekme Dayanımı

- Aşınma Kaybı

Doğal taşların bu gibi özelliklerinin çok iyi tayin edilmesi, gerek blok üretimi esnasında gerekse daha sonraki doğal taş işleme tesislerinde kullanımı sırasında büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Kullanılan ekipmanların seçimi, üretim yöntemi, piyasada yer bulabilmesi, kullanım alanları ve fiyatı gibi çok önemli parametrelerin belirlenmesinde karar verilmesini sağlar. Örneğin renk , desen açısından az rastlanan ve göze hitap eden bunun yanında cila tutma yeteneği yüksek bir doğal taş, hem piyasada yer bulması kolay olacak , hem de yüksek kar marjları ile satılabilmesi mümkün olacaktır (MÖİK., 1996).

2.5 Dünyada ve Türkiye’de Doğal Taş Rezervleri

Dünyada doğal taş olan talep sürekli artmakta ve doğal taş sektörü, en cazip sektörlerden biri haline gelmektedir.

Alp-Himalaya kuşağı içinde kalan Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran ve Pakistan gibi ülkeler karbonatlı kayaç (mermer, kireçtaşı, traverten ve oniks) açısından büyük potansiyele sahiptirler. İspanya, Norveç, Finlandiya, Ukrayna, Rusya, Pakistan, Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika ise işletilebilir magmatik kayaç (sert taş) potansiyeli yüksek olan ülkelerdir (MÖİK., 1996).

Gelişmiş ülkelerin ekonomik olarak güçlü ve üstün olmasındaki en büyük etkenlerden birisi de bu ülkelerin doğal taş kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmalarındadır. Dünya doğal taş ticaretinde, Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin paylarının miktar ve değer olarak çok yüksek olması, bu durumu çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Birlik ülkelerinde bulunan kaynakların büyük bir kısmında işletme yapılırken, bir kısmında rezervlerin ve karlılığın azalması nedeniyle, işletmeler ekonomik sıkıntıya düşmektedirler. Bu sıkıntıyı aşmak için, diğer ülkelerden ithal ettikleri blok doğal taş ve tam işlenmemiş levha doğal taşı işleyerek üçüncü ülkelere ihraç etmektedirler (MÖİK., 1996).

Dünyanın en zengin mermer yataklarının bulunduğu Alp kuşağında yer alan Türkiye, 5.1 milyar m³ (13.9 milyar ton) mermer rezervi ile dünyadaki 15 milyar m³'lük rezervin %33'üne sahiptir. Yurtdışında yayınlanan makalelerde ise Türkiye'nin payının dünya rezervlerinin yaklaşık %40'ına denk geldiği belirtilmektedir (MÖİK., 1996).

2.6 Dünyada ve Türkiye'de Doğal Taş Üretim Miktarları

Dünya genelinde doğal taşların yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanması doğal taş üretiminin artmasına neden olmuştur. Özellikle son on yılda görülen artış, kazanım ve işleme teknolojisindeki gelişmelere paralellik göstermektedir. Giderek daha mükemmel hale getirilen işleme teknikleri ile doğal taş, kolay ve ekonomik olarak istenen şekilde işlenmekte ve yeni kullanım alanları bulmaktadır. Doğal taştan malzemelerin mimar ve tasarımcılar tarafından daha fazla tercih edilmesi dünyadaki tüketici sayısının artmasına neden olmuştur. Önemli ölçüde düşen piyasa fiyatları, ekolojik ve estetik görünümlü malzemelere olan ilginin artması da tüketimin artmasına yardımcı olmuştur. Uzmanlar gelecek yıllarda bu gelişmenin süreceği tahmininde bulunmaktadır (Yılmaz ve Safel, 2004).

Dünya doğal taş üretimi oldukça hızlı bir artış göstermektedir. 1986 yılında 22 milyon ton olan üretim, 2003 yılında 75 milyon tona yükselmiştir. Türkiye'nin üretimdeki payı ise 6 milyon ton ile % 8'e ulaşmıştır.

Dünya doğal taş sektöründe Çin, İtalya, İspanya, Türkiye, Hindistan, Brezilya ve Portekiz dünya doğal taş üretiminin yaklaşık %70'ni gerçekleştirmekte, üretimini arttıran ülkeler sıralamasında Çin, Türkiye ve Brezilya ilk üç sırada yer almaktadır.

Dünya doğal taş üretimi kıtalara göre değerlendirildiğinde Asya % 44'le birinci sırada, Avrupa % 42 ile ikinci sırada yer almaktadır (Yılmaz ve Safel, 2004).

2.7 Doğal Taş Ocak Yatırımı ve İşletilebilirliğini Etkileyen Faktörler

Doğal taş ocak işletmeciliği, diğer madencilik türlerine kıyasla daha düşük bütçe ile yatırımın yapılabileceği madenciliğin en rafine alanlarından birisidir. Yatırım yapılması muhtemel sahada mostralardan alınan numunelerin kesilme-cila alma özellikleri basit birkaç deney ile belirlendikten sonra, taşın renk ve desen açısından piyasaya uygun olup olmadığına karar verilmekte ve olumlu sonuç alındığında, diğer parametreler de değerlendirildikten sonra açılan ilk basamaktan hemen blok üretimine başlanabilmektedir. Bu yüzden, diğer madencilik yatırımlarına kıyasla, seçim doğru yapıldığında yatırımın geri dönme süresi de kısadır. Bu özelliklerinden dolayı her geçen gün daha fazla yatırımcı doğal taş sektörüne girmek istemektedir.

Bir doğal taş yatağının ocak olarak işletilmesine karar verebilmek için birçok değişik parametreyi değerlendirmek gerekir. Bunlardan en önemlileri blok vermesi, pazarda değeri olacak renk ve desen albenisine sahip olması ve yatırım yapılabilecek boyutlarda rezerve sahip olmasıdır. Ayrıca renk ve desen özelliğinin rezervin işletilmesi süresince de çok fazla değişmemesi, süreklilik arz etmesi gerekmektedir.

Bu özelliklerin yanı sıra bir takım ekonomik parametreler de yatırım kararı öncesinde değerlendirilmelidir. Bunlardan bir tanesi üretilmesi planlanan ürünün pazardaki satış fiyatıdır. Ayrıca ocak işletme ve blok işleme maliyetleri ve pazarlama maliyetleri gibi ekonomik verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra üretimin yapıldığı yerin bölgesel koşullarının, ülke ekonomik koşullarının ve küresel ekonomik koşullardaki değişimlerin de bu maliyet ve fiyatlar üzerinde bir etkisinin olması kaçınılmazdır. Yatırıma başlanıldığı sırada tespit edilen rezerv miktarı, blok verimi, ürün satış fiyatı, nakliye maliyetleri, işleme maliyetleri, işçilik maliyetleri, vergiler gibi birçok parametre, işletme ömrü sırasında değişebilir. Bu da yatırım öncesi hesaplanan kazançların elde edilememesi gibi sonuçlara neden olabilir.

Bu belirsizlikler nedeniyle madencilik yatırımları riskli yatırımlar olarak nitelenmekte ve değerlendirme sonuçları diğer yatırımlardan daha az kesinlik taşımaktadır (AKKOYUN ve ark., 2007).

Bu nedenle yatırım kararı alınırken, sözü edilen parametrelerden, işletme süresince hangilerinin ne oranda değişeceğinin tahmin etmek, yatırımcı açısından çok önemlidir. Ancak bu tahminlerin, mesnetsiz değil, bir takım verilere bağlı değerlendirmeler olması gerekmektedir. Çizelge 2.3'te bir doğal taş ocağı yatırımı öncesinde dikkat edilmesi gereken ana parametreler belirtilmiştir.

Çizelge 2.3 Doğal taş ocak yatırımı karar parametreleri (AKKOYUN ve ark., 2007)

<u>Yatırım kararına etki eden faktörler</u>		
<u>Maden yatağı özellikleri</u>	<u>Madencilik özellikleri</u>	<u>Ekonomik özellikler</u>
Rezerv miktarı	Blok çıkarma verimi	Blok çıkarma maliyeti
Blok kalite oranı	Blok işleme verimi	Nakliye maliyetleri
Jeolojik koşullar		Blok işleme maliyetleri
		Sabit maliyetler
		Pazarlama maliyetleri
		Satış fiyatları
		İndirgeme oranı

Bir doğal taş yatağının işletme ömrünün bir kaç yıldan başlayıp onlarca yıla kadar değişik sürelerde olabileceği dikkate alındığında yatırım kararı verebilmek için yatırımcının, yukarıda verilen özelliklerin her birinin işletme süresi içinde nasıl değişim göstereceği hakkında bilgi sahibi olması çok önemlidir.

Genelde bir doğal taş ocağından sürekli olarak aynı özelliklere sahip bloklar elde etmek mümkün değildir. Mermer yataklarının oluşmasında önemli bir jeolojik unsur olan bölgesel başkalaşımdan (metamorfizma) farklı oranlarda etkilenen değişik derinlikteki bloklarda sertlik, kireç içeriği, renk ve fosil içeriği gibi özelliklerde farklılıklar gözlenebilir. Ayrıca yüzeye yakın bloklarda atmosfer koşullarından kaynaklanan bozulmaların neden olduğu fiziksel özellik farklılıklarına rastlanır.

Fay ve diğer süresizlikler, üretilen blokların boyutlarını doğrudan etkilerler. Bunun sonucunda da üretilen bloklar birkaç kalite sınıfına ayrılarak değerlendirilirler.

Blok kaliteleri, boyut, renk ve desen içeriği, çatlak, fosil ve diğer bazı özelliklere bağlıdır. Yatırım öncesinde rezerv ve dağılımı hakkında bilgi alabilmek için sondaj vb. yöntemler ile bilgi toplanmaya çalışılır, ancak bir yataktan üretilen farklı kalitedeki blokların hangi oranlarda dağılım göstereceğini tam olarak belirlemek çok güçtür. Buna rağmen yapılan sondajlardan elde edilen karot numuneleri ya da açılacak yarmalardan alınacak birkaç blok üzerinde yapılacak çalışmalar, kaliteyi belirleyecek özelliklerin yatak içerisinde ne şekilde dağılım gösterdiği hakkında bir fikir verebilir. Bu nedenle yaklaşık bir kalite dağılımını öngörmek mümkün olabilmektedir. Bu bilgiler ışığında farklı kalitedeki blokların hangi derinlikte olduğu bilgisine de ulaşılabilir (AKKOYUN ve ark., 2007).

BÖLÜM 3

KONUMSAL İNTERPOLASYON YÖNTEMLERİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

Maden yataklarındaki cevher tenör dağılımları kısmen yapısal, kısmen de rassaldır. Mineralleşme süreci her ne kadar jeolojik yapıya bağlı olursa olsun, uygulamada cevherleşme ve tenör yönünden zengin ve fakir bölgeler vardır. Maden yatağının tipine bağlı olarak cevherleşmenin sürekliliği ve değişkenliği göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Mineralleşme süreci jeolojik açıdan kesin kurallarla tanımlanabilse de öngörü yapılabilecek kadar düzenli değildir. Bu nedenle, hem yapısal, hem de rassal etkenlerin hesaba katılarak cevher tenör dağılımlarının bilimsel bir yaklaşımla tahmin edilebilmesi gerekmektedir. Bir maden yatağının bilimsel bir yaklaşımla kestirimini yapabilmek için, jeolojinin yapısal kuralları, istatistiğin rastlantısal yaklaşımı ile birlikte irdelenmesi gereklidir.

Konumsal veri analizi, örnek noktalarının birbirlerinden olan uzaklığını hesaba katarak örnek değerleri arasındaki ilişkiyi irdeler. Doğada her oluşum birbiri ile ilişkilidir. Ancak birbirine yakın oluşumlar, birbirine uzak oluşumlardan daha ilişkilidir. Coğrafyanın birinci kanunu olarak bilinen bu söz objelerin birbirleri ile olan ilişkilerinin temelinde konumsal bağımlılık olduğunu vurgulamaktadır. Konumsal bağımlılık her yön için vardır. Ancak verideki yayılım arttıkça bağımlılık zayıflar, yersellik (lokalizasyon) artar (UYGUÇGİL, 2007).

Konum bilgisi ve konumsal analiz söz konusu olduğunda günümüz teknolojisinde kendinden sıkça söz ettiren bir kavramdır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); İlişkisel veritabanlarını birleştirerek işleyebilen, konumsal veri işleme ve yorumlama yeteneklerini kullanarak, genellikle tematik haritalar şeklinde son ürün elde edilebilen, karar destek sistemlerinin genel adına coğrafi bilgi sistemleri denilmektedir (UYGUÇGİL, 2007).

1960'lı yılların başlarında bilgisayar teknolojisinin gelişmeye başlaması ve 1980'li yılların ortalarına doğru büyük boy tarayıcı (scanner) ve çizici (plotter) kullanımı, coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır. İlk zamanlar “bilgisayar destekli çizim” (Computer Aided Drawing - CAD) tabanlı yapı, 1990'lı yılların sonlarında ilişkisel veritabanı yapısını destekler konuma gelmiştir. “nesne yönelimli veritabanı yönetim sistemi” (Object Oriented Database Management System- OODBMS), ile “ilişkisel veritabanı yönetim sisteminin” (Relational Database Management System - RDBMS) iç içe çalışabilir konuma gelmesi ile “coğrafi bilgi sistemlerinde konumsal veritabanı” (Spatial Database) kavramını gündeme taşımıştır. Günümüzde ileri düzeyde birçok coğrafi bilgi sistemi yazılımı ilişkisel veritabanı ve nesne yönelimli veritabanı yapısını desteklemekte ve konumsal veritabanı kullanmaktadır.

3.1 Konumsal İnterpolasyon Yöntemleri

1950'li yıllarda matematik ve istatistikte gelişmeler başlamış, konumsal rassallığın test edilmesi ile ilgili uzaklık-tabanlı (distance-based) ve alan-tabanlı (quadrad-based) istatistik kavramları ortaya atılmıştır.

İnterpolasyon yöntemlerinin temel ortak noktası, her yöntemin örnek noktalarının konumsal bilgisini kullanıyor olmasıdır. Konumsal interpolasyon yöntemlerinin tümü, değeri bilinmeyen noktalarda değer tahmini yapabilmek için çevresindeki örnek nokta değerlerinin ağırlıklandırılmış doğrusal bileşenine gereksinim duymaktadırlar (UYGUÇGİL, 2007).

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(x_i) \quad (1)$$

$Z^*(x_0)$: x_0 noktasındaki örneklenmemiş değeri,

$Z(x_i)$: x_i noktasındaki örnek noktası değerini,

λ_i : i inci örnek değerlerine atanmış ağırlık değerini,

n : örnek nokta sayısını ifade etmektedir

Eşitlikte;

λ_i , ağırlık değeri her yöntemle göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Poligon yönteminde belirlenen alan etki alanı olarak tanımlanıp, alan içindeki tüm noktalara eşit ağırlık değeri atanırken, uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yönteminde örnek noktasına, değeri hesaplanacak noktaya olan uzaklığına göre etki değerleri atanmaktadır (UYGUÇGİL, 2007).

Sonraki bölümde madencilikte en fazla uygulama alanına sahip olan konumsal interpolasyon yöntemlerinden, uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma (inverse distance weighting) tanıtılmıştır.

3.1.1 Uzaklığın Tersisi ile Ağırlıklandırma

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma, yakın noktalara uzak noktalardan daha yüksek ağırlık değeri atayan interpolasyon yöntemidir. Her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına ters oranda ağırlık değeri alır. X_0 noktasındaki tahmini değer aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Z_{IDW}^*(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} \cdot Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (2)$$

$Z^*(x_0)$: x_0 noktasındaki tahmini değerini,

$Z(x_i)$: x_i noktasındaki örnek noktası değerini,

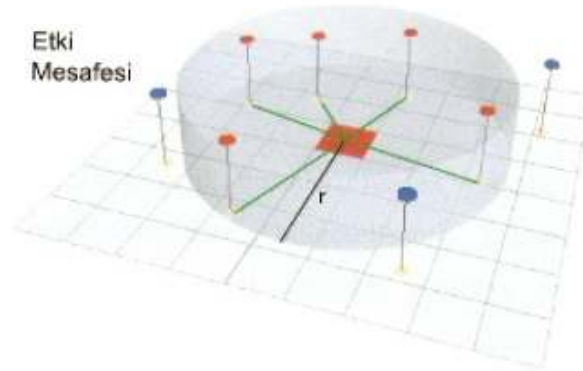
d : örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklığı,

p : üssel değeri,

n : örnek nokta sayısını ifade eder.

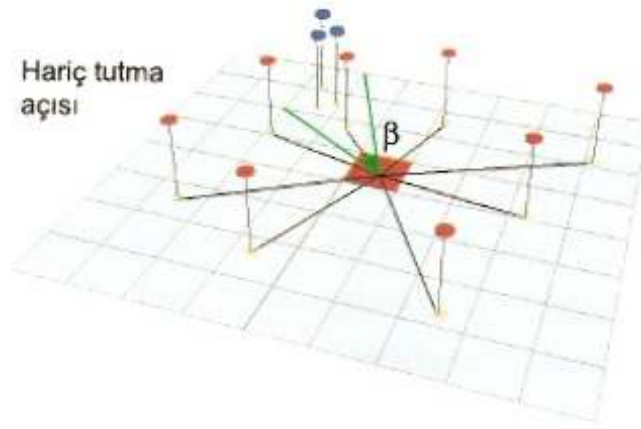
Eşitlikteki p değeri azaldıkça, örnek noktalarına atanan ağırlık değerleri birbirine yaklaşır, arttıkça değerler farklılaşır. En yüksek ağırlık değeri en yakın örnek noktası için atanır. Genellikle p değeri iki (2) olarak kullanılır.

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yönteminde tahmin değerlerini önemli ölçüde etkileyen, eşitlikte tanımlanmayan parametreler bulunmaktadır. Bu parametrelerin en önemlilerinden biri "etki mesafesi" dir. Etki mesafesi, belirli uzaklıktaki gözlem değerlerinin hesaplamada kullanılabileceğini ifade eder. Etki mesafesinden daha uzakta olan noktalar hesaplamalara dahil edilmez. Şekil 3.1'de gösterildiği üzere r yarıçapı etki mesafesi olarak belirlenmiş olup, halka dışında kalan üç nokta gözlem değerleri etki mesafesinden daha uzakta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemektedir (UYGUÇGİL, 2007).



Şekil 3.1 Etki mesafesi

Bu parametrelerin bir diğeri "hariç tutma açısıdır". Bu parametre sayesinde hariç tutma açısının süpürdüğü alanda bulunan gözlem değerlerinin sadece en yakında olanı hesaplamaya dahil edilmektedir. Böylece tek yönde ortaya çıkacak fazla ağırlık değerinin meydana getireceği yanıltıcı sonuçlardan kaçınılmış olacaktır. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi β açısının süpürdüğü alanda kalan gözlem noktalarında mavi renkli olanlar hesaplamaya dahil edilmemekte, bu alanda sadece tahmin değeri hesaplanacak noktaya en yakın gözlem değeri hesaplamada kullanılmaktadır (UYGUÇGİL, 2007).



Şekil 3.2 Hariç tutma açısı

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi, maden yataklarının rezerv hesaplamalarının dışında toprak sınıflarının belirlenmesi, atmosferik analizler, sayısal arazi modellerinin oluşturulması gibi birçok alanda kullanılmaktadır (UYGUÇGİL, 2007).

3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri

İlk çağlardan beri dünya üzerindeki konumsal bilgiyi tanımlamak için haritalar kullanılmıştır. Gezinler, askerler, madenciler önemli yerleri belirtmede haritaları kullanmışlardır. Topoğrafik ölçümler ve harita yapma teknikleri Romalılar tarafından geliştirilmiştir. Roma İmparatorluğunun büyümesi ve gelişmesine paralel olarak harita üretim yöntemleri gelişmiştir. 18. yüzyılda Avrupa Devletleri arazilerini kayıt altına almak ve kullanım şekillerini belirlemek için haritalar üretilmiş, 20. yüzyılda bilim ve teknolojinin derlemesi ile harita üretimi daha hassas ve çabuk yapılmaya başlanmıştır. Teknolojinin derlemesi ile birlikte hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri ortaya çıkmış ve böylece konumsal verilerin daha karmaşık analizleri için, daha geniş alanlarda kullanılmasına olanak sağlamıştır (UYGUÇGİL, 2007).

Bilgisayar teknolojisi kullanılmadan önce haritalar kağıt, astrolon veya alüminyum plakalar üzerine, nokta, çizgi ve alanlar olarak çizilmiş, ayrıca harita

elemanlarının ifade ettikleri yapılar renk, tarama ve semboller ile kodlanarak lejantlar ile ifade edilmiştir. Bilgisayar teknolojisinin haritacılık alanında kullanılmaya başlanması ile sayısal haritalar üretilmiştir (UYGUÇGİL, 2007).

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisinde anahtar sözcük "coğrafi"dir. Genellikle söz konusu verinin konumsal olduğu anlamına gelir. Diğer bir deyişle verinin dünya üzerinde herhangi bir konumla ilişkili olduğunu belirtmektedir. Konumsal veri ile ilişkilendirilmiş veriye "öznitelik verisi" adı verilir. Öznitelik verisi konumsal veriye bağlanabilen ek bilgi olarak da tanımlanabilir. Örnek olarak bir maden ocağı ele alınırsa, ocağın bulunduğu yer konumsal veriyi, ocağın adı, ocakta üretilen cevher, ocağın üretim kapasitesi ve tesisle ilgili sözel bilgiler öznitelik verilerini oluşturmaktadır. İki farklı veri tipinin (konumsal veri ve öznitelik verisi) birlikteliği Coğrafi Bilgi Sistemlerini verimli bir karar-destek sistemi haline getirmiştir (UYGUÇGİL, 2007).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin belirgin iki temel özelliği vardır. İlk olarak sorgulamaya ve bilgi elde etmeye yatkınlığı, ikincisi ise bütünlük analitik modellemeye uygun oluşudur (UYGUÇGİL, 2007).

3.2.1 Rockworks, Coğrafi Bilgi Verisi Analiz Yazılımı

Rockworks coğrafi bilgi verilerini analiz etmek amacı ile geliştirilmiş bir yazılımdır. Topoloji, litoloji, stratigrafi, hidroloji, çatlak sistemleri ve sondaj verileri gibi farklı sınıflandırma sistemlerine ait birçok veriyi birleştirme ve bir arada analiz edip modelleme özelliğine sahiptir.

Rockworks yazılımı bu modelleri oluşturabilmek için girilen öznitelik verilerini analiz edebileceği bir veritabanı hazırlar. Yazılımın sunduğu farklı istatistiksel metotlardan yararlanarak, oluşturulmuş olan veritabanı harita, diyagram ve blok modeller halinde görselleştirilip, analiz edilebilmektedir.

Kısaca, Rockworks girilen öznitelik verilerini denetler ve bunları 2 ve 3 boyutlu nesnelere haline çevirerek görsellik ve boyutsal hesaplama olanağı sağlar.

Bu özellikleri sayesinde Rockworks yazılımı madencilik alanında aşağıda yer alan sorulara yanıt bulunmasında yönlendirici olur.

- Ocakta **ne kadar** cevher var?
- İstenen kalitede cevher **nerededir**?
- Zamanla cevher miktarı **nasıl** ve **nerede** değişti?
- Arazi yapısı cevherle **nasıl** ilişkilidir?

Rockworks yazılımı jeoloji, madencilik ve çevre bilimleri gibi farklı alanlarda, bu ve bunlar gibi birçok soruya cevap vermektedir.

3.2.2 Rockworks – Topoloji

Belirli bir geometrik modelin elemanları olan nokta, çizgi ve poligonların uzay boyutunda birbirleri ile olan ilişkilerini, konumlarını ve davranışlarını tanımlayan matematiksel kurallar dizinine topoloji denir. Sayısal harita elemanlarının konumsal ilişkilerini saklama, işleme ve belirlemede Rockworks yazılımı topolojik yapıyı kullanmaktadır.

Doğada var olan objeleri sayısal harita elemanları olarak tanımlayabilmek için kullanılan grafik elemanlar;

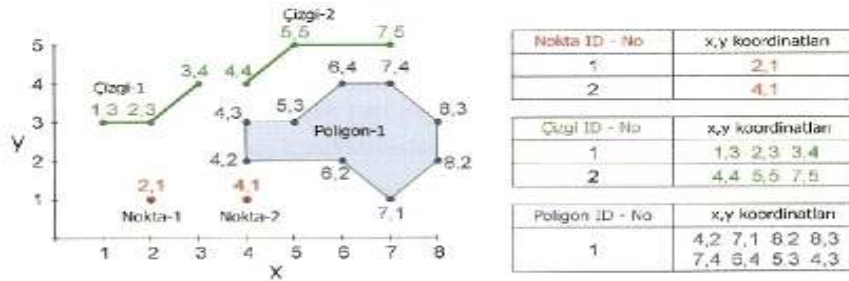
- Nokta
- Çizgi
- Poligon
- Piksel (iki boyutlu hücre)
- Voksel (üç boyutlu hücre)

şeklinde sıralanabilir.

Nokta: Belirli bir hacmi, alanı ve uzunluğu olmayan kesin konum belirlemek için kullanılan bir kavramdır. Topolojik yapıya göre sondaj yeri, patlatma deliği gibi noktasal elemanların geometrik konumlarını tanımlar.

Çizgi: Rockworks yazılımında doğru (line) veya çoklu-doğru (polyline) olarak kullanılan bir kavramdır. İki nokta arasındaki en kısa uzaklığı tanımlayan sürekli koordinat verilerine doğru, birden fazla doğrunun birleşmesi ile oluşan elemana ise çoklu-doğru adı verilir. Arazide dere yatağı, fay gibi çizgisel elemanların geometrik konumlarını tanımlar.

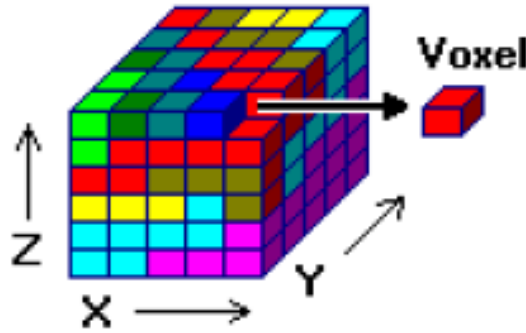
Poligon: Çizgisel elemanlar tarafından sınırlandırılmış iki boyutlu kapalı alanlardır. Maden saha sınırı gibi alansal elemanların geometrik konumlarını tanımlar (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Nokta, çizgi ve poligonun topolojik olarak tanımı. (UYGUÇGİL, 2007).

Piksel (pixel): İngilizce sözcük anlamı olarak resim elemanı (picture element) teriminin kısaltılmasıdır. Resim (picture) sözcüğü için pix kısaltması kullanılmıştır. İki boyutlu ortamda düzenli grid yapısında tanımlanan bir resmin, görüntünün bölünemeyen en küçük elemanıdır. Genellikle uydu görüntüleri veya bilgisayar ortamındaki resimlerin çözünürlüğünü tanımlamaktadır ve birim alanı ifade eder.

Voksel (voxel): Hacim (Volume) ve piksel sözcüklerinin uyarlaması olarak ortaya çıkmış bir kavramdır. Üçboyutlu ortamda düzenli bir grid yapısında tanımlanan objenin bölünemeyen en küçük parçasıdır (Şekil 3.4). Sayısal ortamda gerçeğe en yakın üç boyutlu gösterim için kullanılan objelerin çözünürlüğünü tanımlamaktadır. Birim hacmi ifade eder.



Şekil 3.4 Üç boyutlu hücre (Voxel)

3.3 Konumsal İlişki

Arazi elemanlarının birbirleriyle olan konumsal ilişkilerinin veritabanı ortamında tanımlanması, Rockworks platformunda konumsal sorgulama ve analiz olanağı sağlamaktadır. Bu analizler, yeterli parametrelerin verilmesi halinde kayaçlar arasındaki kontağın belirlenmesi, süreksizlik düzlemlerinin bulunması, kapalı bir maden ağında en uygun havalandırma şebekesinin kurulması, kömür ocağında çıkması olası bir yangının hangi panolara atlayabileceği sorularına yanıt verebilmektedir. Konumsal ilişki topolojik yapıyla belirlenen üç temel mantığa dayanmaktadır.

Bağlanırlık (Connectivity): Bağlanırlık, konumsal objelerin fonksiyonel, konumsal ve mantıksal olarak birbirlerine nasıl bağlandığını irdeleyen topolojik bir kuraldır. Diğer bir deyişle, en az iki çizgisel elemanın kesişimi veya birleşimi sonucunda ortaya çıkan noktaların bağlantı şekillerini inceler. Örneğin bir yeraltı maden

ocağında havalandırma şebekesindeki işleyiş, baca ve vantilatörlerin şebekeyi beslemesini, havanın akış yönünü sayısal ortamda tanımlamak için kullanılmaktadır. Her bir şebeke elemanının fonksiyonel, mantıksal ve konumsal ilişkileri Rockworks veritabanında analiz edilebilecek şekilde tanımlanarak ocağın havalandırma modeli elde edilebilmektedir.

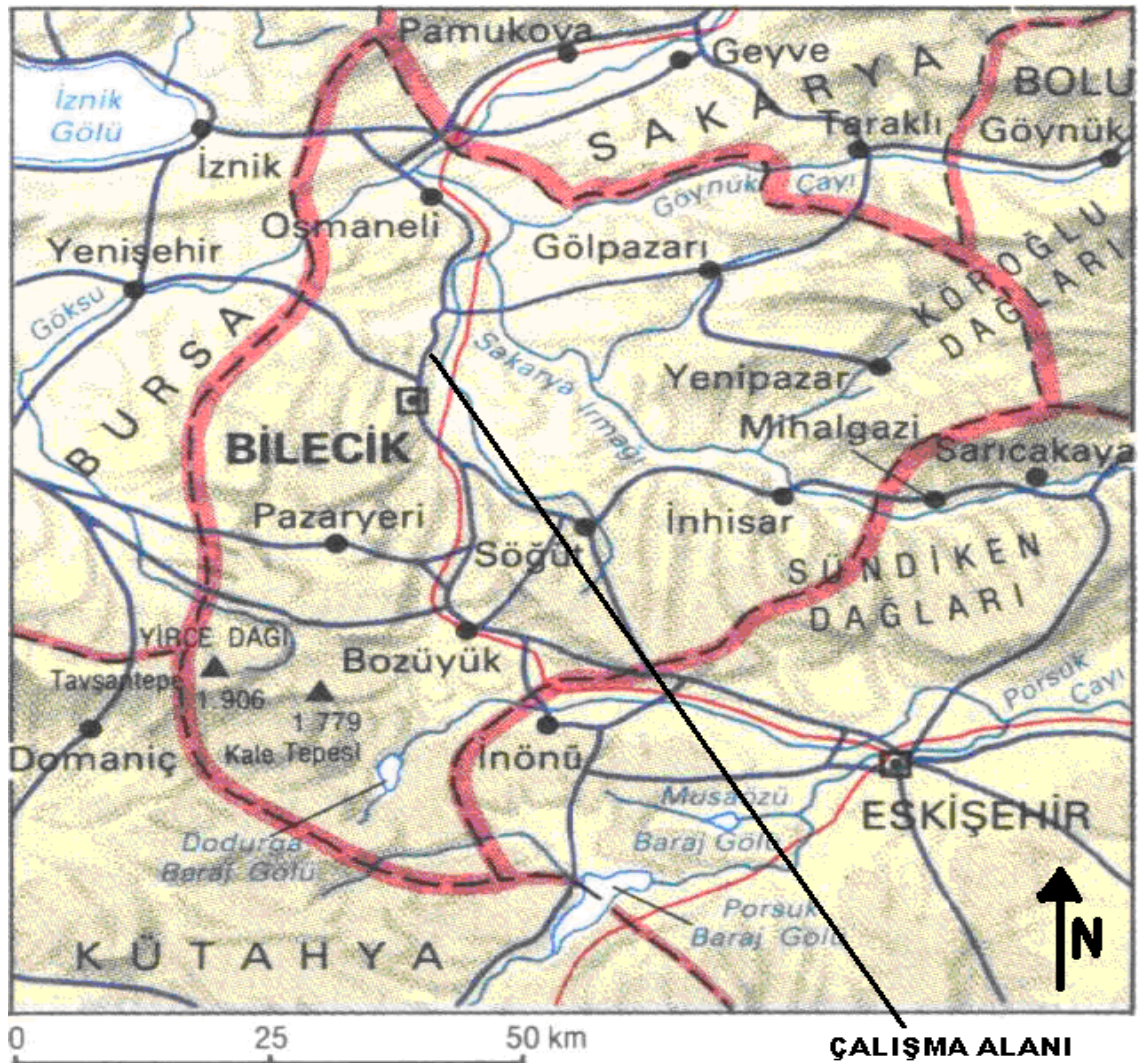
Bitişiklik (Adjacency): Bitişiklik, konumsal objelerin fonksiyonel, konumsal ve mantıksal olarak birbirleriyle olan komşuluklarını irdeleyen topolojik bir kuraldır. İki kapalı poligonun birbirleriyle olan komşuluklarını tanımlamak için kullanılmaktadır. Örneğin kömür ocağında çıkması olası yangının hangi panolara atlayabileceğinin modellenmesi yapılabilmektedir.

Yakınlık (Proximity): Konumu bilinen bir noktadan istenilen uzaklıktaki elemanları veya o noktanın istenen uzaklık içerisindeki alanını belirlemede kullanılmaktadır. Örneğin bir sondaj noktasından belirlenen uzaklığa göre sondajın etki alanı hesaplanabilmektedir (UYGUÇGİL, 2007).

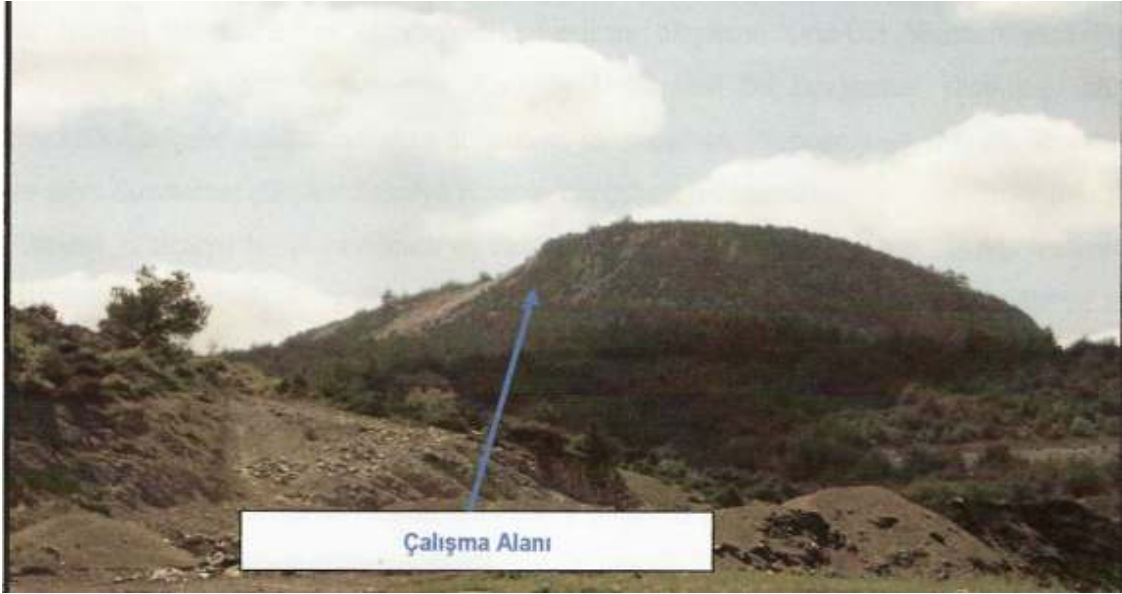
BÖLÜM 4

ÇALIŞMA ALANI

Çalışma, Bilecik ili, Vezirhan beldesi sınırları içerisinde yer alan ve belde merkezinin yaklaşık 2,50 km Batısında konumlanan Prodem Ltd. Şti. adına kayıtlı bir mermer sahasında yapılmıştır (Şekil 4.1, 4.2).



Şekil 4.1 Bilecik bulduru haritası



Şekil 4.2 Çalışma alanının genel görünüşü

4.1 Bölgenin Genel Jeolojisi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, Eskişehir - Köseköy demiryolu güzergahı ve civarı boyunca, güneyden kuzeye doğru Tavşanlı zonu, Sakarya zonu ve Armutlu yarımadasına ait birimler geçilmektedir.

Farklı metamorfizma koşullarında gelişmiş, Permiyen öncesi Pazarcık karmaşığı ve bunu kesen Bozüyük granitoyidi, Permiyen yaşlı Derbent kireçtaşı ile alt mesazoyik yaşlı Karakaya grubu Sakarya zonunun temelini oluşturmaktadır. Bu kayaları uyumsuzlukla örten ve Bayırköy formasyonu ile başlayarak, Bilecik formasyonu, Soğukçam kireçtaşı, Üzümlü formasyonu, Yenipazar formasyonu, Abant formasyonu, Sarısu volkanitleri, Çataltepe formasyonu ve Çaycuma formasyonu ile devam eden mesozoyik - tersiyer yaşlı istif, örtü kayalarını oluşturmaktadır.

Demiryolu güzergâhının kuzey kesiminde paleozoyik-mesozoyik yaşlı Yedigöller formasyonu, İznik metamorfite, Almacık ofiyolitik karmaşığı, Akçay metamorfite ise Armutlu yarımadasının temelini oluşturmaktadır. Bu metamorfite uyumsuzlukla örten Acıelma kireçtaşı da Armutlu yarımadasının en yaşlı örtü kayacını

oluşturur. Orta-üst miyosen yaşlı Porsuk formasyonu, Akpınar formasyonu, Karaköy volkanitleri ile Kuvaterner yaşlı eski alüvyon Bozüyük-Eskişehir kesiminin havza dolgularını oluştururken, pliyosen yaşlı Örencik formasyonu ve diğer kuvaterner çökeller Sakarya havzası'nın çökellerini oluşturur.

Alüvyon, Sakarya nehri yatağında ve taşkın ovasında, Menderesli nehrin taşıdığı malzemenin depolanması ile gelişmiş, yuvarlak çakıl, kum, silt ve kilden oluşan malzeme ile temsil edilen birimdir.

Akarsu Sekisi: Nehrin yatağını düşey yönde aşındırması neticesinde asılı kalan eski akarsu yatağı çökellerinden oluşur ve çakıl, kum, silt ve kil ile temsil edilir. Yer yer karbonat çimento ile tutturulmuştur. Tabakalanma belirsiz olup kanal dolguları mercek şeklindedir. Bu durum özellikle Sakarya nehri kenarında gözlenmektedir (MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü,2001).

4.2 Çalışma Sahasının Genel Jeolojisi

Çalışma alanı, Bilecik formasyonu üyesi kireçtaşının, yüksek ısı ve basınç etkisi altında metamorfizma geçirmesi ile meydana gelmiş mermer biriminden oluşmaktadır. Genel olarak pembemsi, bej-grimsi beyaz renkli, orta-seyrek eklemlili, genelde masif olmasına karşın yer yer tabakalı, yer yer erime boşluklu, orta-sert dayanımlı bir özellik sunmaktadır. Çatlaklar, açık-kapalı, pürüzlü, dalgalı ve kalsit dolguludur.

Çalışma alanının eğimli kısımlarında, doğal zemin kotundan itibaren 0,5 ~ 3,0 metreler arasında bir yamaç molozu serpintisi yer almaktadır. Yamaçtaki birimlerin aşınıp taşınması ile oluşan bu yamaç molozu birikintisi eser miktarda tutturulmamış ve gevşek çimentolu, seçilmemiş, köşeli-yarı köşeli çakıl, kum ve şiltten, egemen miktarda da kireçtaşı ve mermer kırıntıları ile kil ve kumlu-siltli kil den oluşmaktadır.

Bu bölgedeki mermer formasyonunun, jeolojik olarak permien - orta mesazoyik zaman aralığında oluştuğu tahmin edilmektedir.

4.3 Çalışma Alanı Tektoniği

Çalışma alanını da içerisinde bulunduran geniş bir alan, Türkiye'nin yapısal jeolojisinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Eskişehir - İnönü fayı; Tavşanlı zonu ile Sakarya zonu arasında bir sınır oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu fay sisteminin güney kolu olan Geyve fay zonu ise; Armutlu yarımadasındaki birimlerle Sakarya zonu arasında bir sınır oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu fay sistemi'nin (KAFFS), kuzey kolunun Sakarya bölümü 17 Ağustos 1999 depremi ile kırılmış ve 4,5 metre'ye varan yanal ötelenmeler oluşmuştur. 1967 Mudurnusuyu depremi ile KAFFS güney kolu'nun batı kesimi kırılmış ve yüzey kırıklarında maksimum 190 cm yanal atım, 120 cm düşey atım oluşurken batıda bu değerler sıfırlanarak yüzeyde sadece yarıklar gözlenmiştir. 1999 Adapazarı depremi ile KAFFS' nin bu kesiminde biriken enerji açığa çıkmıştır. Bu depremde 1967 deprem kırığının batı ucunda da yüzey kırıklarının oluşması, güney kolun bu kesiminde biriken enerjinin de açığa çıktığının en büyük kanıtıdır. Ancak Mudurnusuyu depremi'nde meydana gelen yanal atım miktarı göz önüne alındığında, bu kesimde meydana gelecek yanal atımın 2 metre'yi geçmeyeceği söylenilebilir. Geçmiş depremlerde gözlenen sarsıntı nedeniyle oluşan yüzey deformasyonlarının, bu büyüklükteki depremlerle her zaman oluşabileceği göz ardı edilmemelidir (MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü,2001).

4.4 Çalışma Alanı ve Çevresinde Yer Alan Maden Yatakları

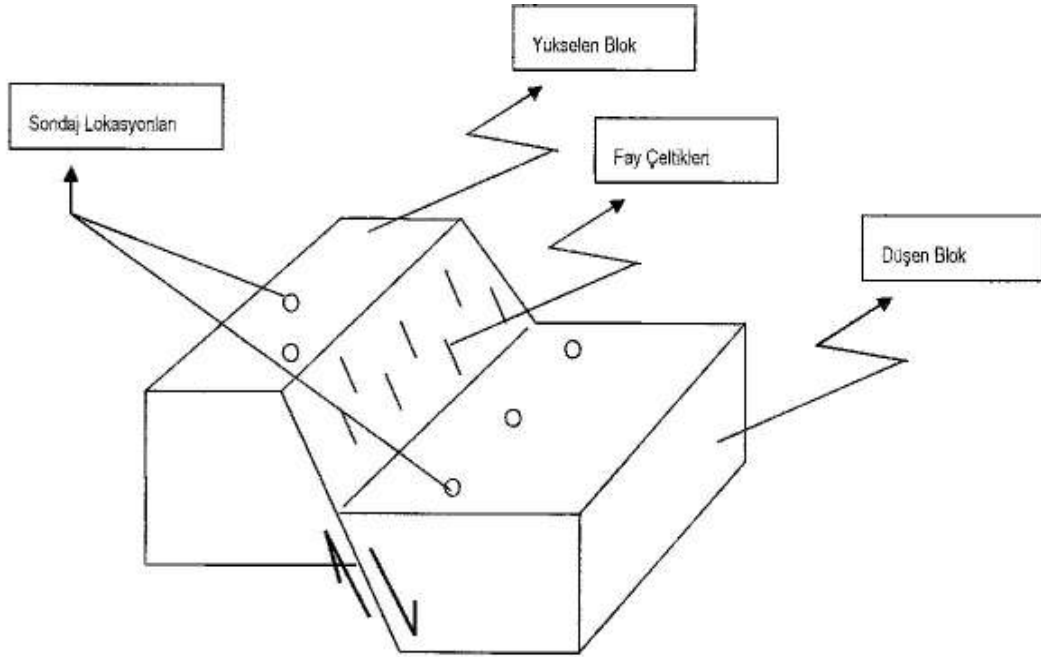
Bilecik ili Türkiye'nin yeraltı zenginlikleri ve çeşitliliği açısından önemli bir bölgesidir. En önemli yeraltı zenginliği mermer olmakla beraber kil mineralleri ve feldispat açısından da önemli bir bölgedir. Bununla beraber bölgede manganez, altın, kalsit, kaolen ve manyezit rezervleri yer almaktadır. Bilecik merkez ile Söğüt, Vezirhan ve Gölpazarı üzerinde son yıllarda ciddi mermer yatırımları yapılmaktadır. Bu çalışmaya konu mermer sahası da, Vezirhan beldesi mevkiindedir.

4.5 Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi

Bu çalışmanın yapıldığı söz konusu mermer sahası; kuzey doğu – güney batı yönünde gelişen bir fay tarafından ikiye bölünmektedir. Eğim atımlı bir fay olan bu kırığın yaklaşık atımı 25 metre civarındadır.

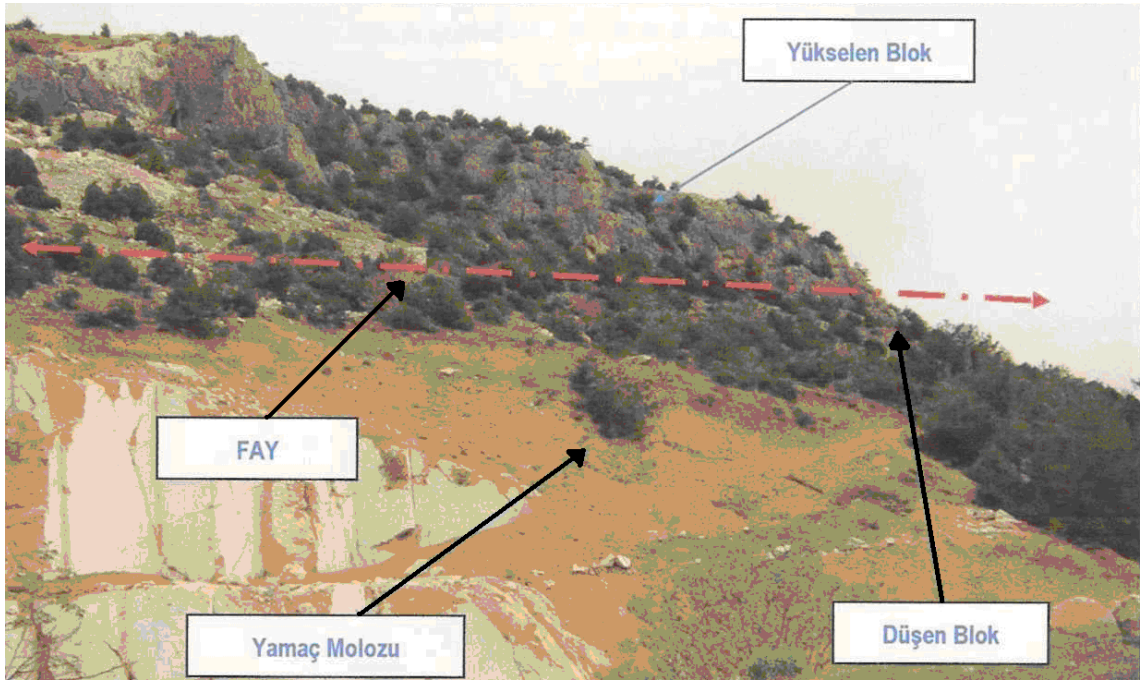
Maden yatağının rezervi, tabaka kalınlıkları, tabaka eğimi - doğrultusu, cevherin fizikomekanik ve yapısal özellikleri ve bunlara bağlı olarak sahanın işletilebilirliğini belirlemek amacı ile fayın düşen bloğunda SKV-1, SKV-4 ve SKV-5 kodlu sondajlar, yükselen bloğunda da SKV-2 ve SKV-3 kodlu sondajlar yapılmıştır. Sondajlar çalışma sahasını oluşturan mermer bloklarının genel tabaka eğimi kuzey batı yönünde gelişmiştir.

Şekil 4.3'te çalışma alanında yer alan fayın şematik bir gösterimi ile birlikte sondaj deliklerinin fay hattı üzerindeki yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 4.3 Çalışma alanında yer alan fayın şematik gösterimi

Şekil 4.4'te çalışma alanında gözlenen fayın, sahada çekilmiş bir fotoğraf üzerinde belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.4 Çalışma alanında yer alan fay

BÖLÜM 5

VERİTABANININ OLUŞTURULMASI VE REZERV TAHMİNİ

Bu çalışma yukarıda adı geçen mermer sahasında, mermerin ticari açıdan işletilebilirliğini, kırık ve çatlak yapısını, blok verebilme özelliği ile rengini tespit etmek ve maden rezervi hakkında fikir edinmek amacıyla yapılmıştır.

5.1 Veritabanı Parametreleri ve Sayısal Model

Temelde maden ocağının sanal ortamda bir nesne gibi işlenebilmesi ve görüntülenebilmesi için ocaktaki bütün elemanların sayısal ortama aktarılması gerekmektedir.

Rockworks yazılımı dinamik veritabanı sayesinde üretilip değiştirilebilen görsel veriler sunar. Yazılım bu verilerden yararlanarak her türlü sorgulama sonucunu anında cevaplayabilme yeteneğine sahiptir. Bu özellik yardımı ile Rockworks veritabanında yapılan her güncellenmenin ve eklemenin doğrudan görsel platforma yansması mümkündür. Birbirinden farklı formattaki veri tiplerinin ilişkilendirilmesi ve karmaşık kuralların tanımlanması, veri güvenliğini ve veriye anında ulaşım gibi kolaylıkları da beraberinde getirmektedir.

Rockworks veritabanı ortamına aktarılan sondajlar, kesme derinlikleri, litolojik birimler ve karot analizleri geliştirilen arayüz yardımı ile görsel yapıya otomatik olarak aktarılabilir.

Blok modelleme, gerçek üç boyutlu (3D) düzensiz dağılan değerleri düzenli blok düğüm noktalarına atanan değerler yardımı ile gösterimde kullanılmaktadır. Bilinen X, Y ve Z noktalarındaki ölçülmüş değerleri (örneğin sondaj karot analiz değerleri) çeşitli iç değerlendirme (interpolasyon) algoritmaları ile düzenli dağılmış bloklara atanarak yeraltı elemanlarının nitelik veya nicelik değerleri hesaplanabilmektedir.

Her hücre, üç boyutlu modelleme sonrasında, merkez noktasına karşılık gelen değeri ifade edecek şekilde tanımlanmıştır. Ölçülmüş değerler iç değerlendirme algoritmaları ile değeri bilinmeyen X,Y,Z noktalarında üç boyutlu hücrelere atanmaktadır. Bu değerler litolojik değerler, cevher tenör değeri, jeokimyasal analiz değerleri gibi birden fazla değişken olabilir (Şekil 3.4) .

Çalışma ortamı gerçek doğada bulunduğu gibi üç boyutlu platforma aktarıldığında, sayısal platformda elde edilmiş ve ölçeklendirilmiş üç boyutlu modeller ile ifade edilebilmektedir. Ayrıca yeraltı elemanları detaylandırılarak, model istenilen bakış açısından incelenebilmektedir (UYGUÇGİL, 2007).

Çalışmada istatistiksel blok modellemeye geçilebilmesi için;

- Yüzey topoğrafyasının litolojik ve konumsal verilere dönüştürülmesi,
- Sondaj karot analizlerinin litolojik ve konumsal verilere dönüştürülmesi,
- Arazi gözlemleri sonucunda elde edilen litolojik ve konumsal bilginin sayısal verilere dönüştürülmesi ile blok modelin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Karot numunelerinden, hazırlanmış ayna yüzeylerinden, yarmalar ve mostralardan toplanan renk, doku ve çatlak sistemi verileri aşağıda yer alan parametrelere göre sınıflandırılıp konumsal veriler ile birleştirilmiştir.

- Renk
- Dokusal ve kimyasal özellikler
- Çatlak sıklığı (0.5m’de 2 adet ve daha sık çatlak sistemi olan birimler)

Toplanan veriler yukarıda yer alan parametrelere göre pembe (masif), pembe (atıl), bej (masif), bej (atıl), multicolor (masif) ve multicolor (atıl) olarak sınıflandırılmıştır. Dokusal ve kimyasal olarak farklılık gösteren bozulmuş bölgeler ise alterasyon zonu olarak sınıflandırılmıştır.

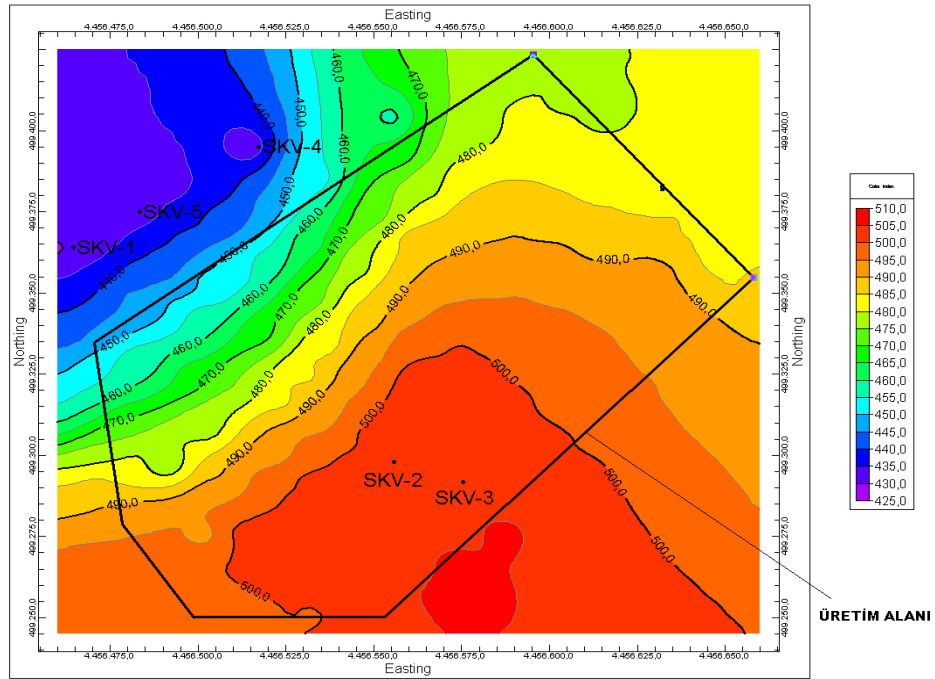
5.1.1 Yüzey Topoğrafyasının Ölçülmesi ve Veritabanına İşlenmesi

Sahada üretime geçilmeden önce yüzey topoğrafyasını belirlemek amacı ile “Garmin Etrex Vista” el GPS’si ile ölçümler yapılmış ve aşağıda yer alan koordinat verilerine ulaşılmıştır. Ölçümler ruhsat alanının üretim yapılmaya elverişli olan yamacında, 5 adedi sondaj lokasyonları olmak üzere toplam 33 noktada yapılmıştır (Çizelge 5.1).

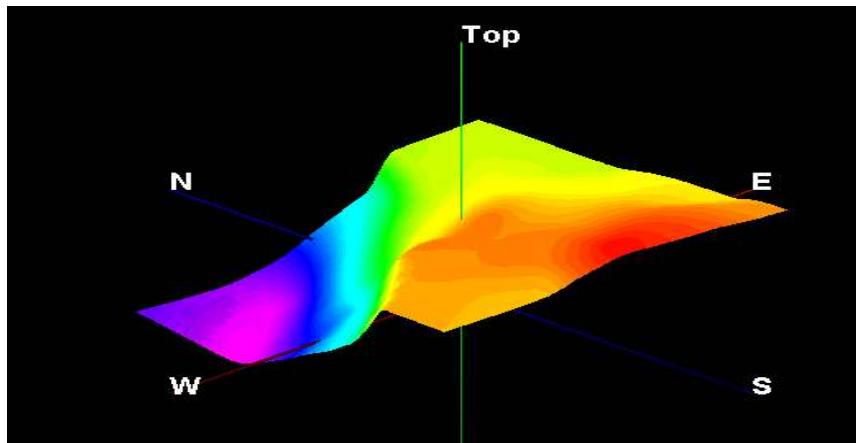
Çizelge 5.1 Topoğrafik koordinatlar

KOORDINAT NO	X (m)	Y (m)	Z (m)
SKV-1	4456461	499364	429
SKV-2	4456547	499285	503
SKV-3	4456563	499287	503
SKV-4	4456514	499395	431
SKV-5	4456480	499375	430
T-1	4456537	499276	503
T-2	4456523	499266	501
T-3	4456512	499247	499
T-4	4456502	499253	499
T-5	4456512	499276	501
T-6	4456534	499289	504
T-7	4456550	499307	502
T-8	4456563	499324	505
T-9	4456589	499332	500
T-10	4456561	499366	487
T-11	4456590	499371	490
T-12	4456641	499355	489
T-13	4456656	499343	489
T-14	4456639	499338	492
T-15	4456626	499345	493
T-16	4456608	499322	498
T-17	4456470	499370	430
T-18	4456609	499293	502
T-19	4456571	499256	511
T-20	4456492	499383	431
T-21	4456595	499422	477,5
T-22	4456615	499405	477,5
T-23	4456629	499374	483,8
T-24	4456632	499369	494
T-25	4456649	499361	477
T-26	4456639	499322	494
T-27	4456556	499251	500
T-28	4456518	499338	468

Verilerin “Rockworks” veri tabanına girilmesi ardından, 2 boyutlu bir topoğrafik harita oluşturulmuş (Şekil 5.1) ve daha sonra ana kütlelin yüzey katmanını oluşturacak olan 3 boyutlu versiyonuna dönüştürülmüştür (Şekil 5.2). Burada amaç girilecek olan veriler arasında oluşturulacak olan interpolasyonu alt yüzeyde olduğu gibi üst yüzeyde de istenilen noktada sonlandırabilmektir.



Şekil 5.1 Çalışma alanının topoğrafik haritası



Şekil 5.2 Üç boyutlu topoğrafik yüzey haritası

5.1.2 Sondaj Verilerinin Analiz Edilmesi ve Konumsal Verilere Dönüştürülmesi

İşletmede yapılan sondaj lokasyonları belirli bir ağ yapısında olmayıp, rassal olarak seçilmiştir. Sondajlar değişik derinliklerde olup, sondaj karot verileri (SKV) yapılış sıralarına göre sıralanıp isimlendirilmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Sondaj lokasyonları

SONDAJ NO	LOK. NO	KOORDİNATLAR			DERİNLİK (m)
		X (m)	Y (m)	Z (m)	
1	SKV-1	4.456.461	499.364	429	38
2	SKV-2	4.456.547	499.285	503	26
3	SKV-3	4.456.563	499.287	503	23
4	SKV-4	4.456.514	499.395	431	43
5	SKV-5	4.456.480	499.375	430	36
TOPLAM					166

5.1.2.1 (SKV-1) Sondaj no 1'in Litolojik Analizi

SKV-1 olarak isimlendirilen ve x : 4456461 , y : 499364, z : 429 koordinatları ile belirlenen lokasyonda toplam 38 metre karotlu delgi yapılmıştır.

Bu lokasyonda doğal zemin kotundan itibaren; 0 - 4,50 metreleri arasında kireçtaşı ve mermer kırıntıları ile kil ve kumlu-siltli kilden oluşan bir yamaç molozu seviyesi geçilmiştir. Bu kısım delgi esnasında 114 mm'lik muhafaza borusu ile emniyete alınarak geçilmiştir.

4,50 m ~ 6,00 m arası; masif, 6,00 m ~ 7,10 m arası yatay çatlaklar içeren, çatlaklar arası ikincil Kalsit dolgulu olan ve oksitlenmiş bir zon geçilmiştir. 19,50 m de 70 cm boyunda düşey bir çatlak gözlenmiştir. Ayrıca 22,40 m ~ 22,80 m arasında da aynı özelliklere sahip bir formasyon çatlağı egemendir.

Öte yandan; 7,10 m - 13,90 m, 23,50 m ~ 28,40 m ve 33,00 m ~ 34,50 m seviyeleri arasında %100 toplam karot verimine (TKV) ve %100 kaya kalite göstergesine (RQD değerlerine) sahip karotlar alınmıştır. Bu seviyeler arası; Masif, çatlaksız, blok özelliği sunabilecek bej mermer özelliği sunmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 (SKV-1), 1 numaralı sondaja ait karot numuneleri

1 nolu sondaja ait sayısal veri ve litolojik sınıflandırmalar Çizelge 5.3'te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.3 (SKV-1) sondaj no 1'in litolojik sınıflandırması

SONDAJ NO : 1 (SKV - 1)		
X	Y	Z
4.456.461	499364	429
ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ
0	4,5	DEKAPAJ ZONU
4,5	6	BEJ MASİF
6	7,1	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
7,1	13,9	BEJ MASİF
13,9	19,5	BEJ MASİF
19,5	20,2	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
20,2	22,4	BEJ MASİF
22,4	22,8	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
22,8	23,5	BEJ MASİF
23,5	28,4	BEJ MASİF
28,4	29	BEJ MASİF
29	33	BEJ MASİF
33	34,5	BEJ MASİF
34,5	35	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
35	38	BEJ MASİF

5.1.2.2 (SKV-2) Sondaj no 2'nin Litolojik Analizi

SKV-2 olarak isimlendirilen ve x : 4456547 , y : 499285, z : 503 koordinatları ile belirlenen lokasyonda toplam 26 m karotlu delgi yapılmıştır.

Bu lokasyonda doğal zemin kotundan itibaren karotlu ilerleme yapılmış ve 0 - 1,50 m seviyeleri arası 114 mm lik muhafaza borusu ile emniyete alınarak geçilmiştir. 1,50 ~ 4,00 m arası kalsit damarları içeren, masif, kırmızımsı pembe renkli bir mermer seviyesi geçilmiş ve bu seviyede ortalama RQD ve TKV değerleri %90 civarındadır.

Lokasyonda ilerlemeye paralel olarak kırmızıdan beje doğru hızlı bir renk değişiminin olduğu gözlenmiştir. 11,00 m'den sonra RQD değerinde düşmeler başlamış ve düşey bir çatlak zonunda ilerleme yapılmıştır. 25m'ye kadar bu çatlak yapısının devam ettiği ve alınan karotlarda gözlenen çatlakların birkaç mm genişliğe sahip olduğu görülmüştür. Daha büyük açıklığa sahip kırıklarda da erimenin etkin olduğu saptanmıştır (Şekil 5.4).

Kırık-çatlaklar boyunca meydana gelen erime boşluklarında sarı, kızıl kahve ve yeşilimsi-sarı renklerde ikincil kalsit dolguları bulunmaktadır. Mermer işletmeciliğinde blok verimini azaltıcı yönde etki gösteren ve bu yüzden de istenmeyen yapılar olan bu kırıklarla ilgili gözlemler sonucunda bu lokasyonun bir ezilme zonuna denk geldiği anlaşılmış ve bu şekli ile kuyu terk edilerek SKV-3 nolu lokasyona geçilmiştir.



Şekil 5.4 (SKV-2), 2 numaralı sondaja ait karot numuneleri

2 Nolu Sondaja ait sayısal veri ve litolojik sınıflandırmalar Çizelge 5,4'te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.4 (SKV-2) sondaj no 2'nin litolojik sınıflandırması

SONDAJ NO : 2 (SKV-2)		
X	Y	Z (m)
4.456.547	499.285	503
ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ
0	1,5	DEKAPAJ ZONU
1,5	4	PEMBE MASİF
4	6	MULTICOLOR MASİF
6	7,1	MULTICOLOR ATIL (ÇATLAKLI)
7,1	7,4	MULTICOLOR MASİF
7,4	7,6	MULTICOLOR ATIL (ÇATLAKLI)
7,6	8,5	MULTICOLOR MASİF
8,5	8,8	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
8,8	9,3	BEJ MASİF
9,3	9,7	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
9,7	13	BEJ MASİF
13	15,4	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
15,4	25	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
25	26	ALTERASYON ZONU

5.1.2.3 (SKV-3) Sondaj no 3'ün Litolojik Analizi

SKV-3 olarak isimlendirilen ve x : 4456563 , y : 499287, z : 503 koordinatları ile belirlenen lokasyonda toplam 23 metre karotlu delgi yapılmıştır.

Bu lokasyonda doğal zemin kotundan itibaren; 0 - 3,00 m seviyeleri arası 114 mm. lik muhafaza borusu ile emniyete alınarak geçilmiştir.

Genel olarak; 3,00 ~ 9,00 m. seviyeleri arası masif, blok özelliği gösteren, %100 TKV ve %100 RQD değerlerine sahip karotlar alınmıştır. Bu kısımda; 3,00m ~ 5,20m seviyeleri arası kırmızımsı pembe renkli, 5,20m ~ 6,00m seviyeleri arası pembe renkli ve 6,00m ~ 9,00m seviyeleri arası bej renkli mermerden oluşmaktadır.

15,50 m ~ 22,50 m. seviyeleri arasında; masif, %100 TKV ve %100 RQD değerlerine sahip, bej renkli bir seviye geçilmiştir. 22,50 m ~ 23,00 m. seviyeleri arasında; bitki fosili içeren ve yüksek oksidasyon gözlenen bir erime boşluğu geçilmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 (SKV-3), 3 nolu sondaja ait karot numuneleri

3 Nolu Sondaja ait sayısal veri ve litolojik sınıflandırmalar Çizelge 5,5'te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.5 (SKV-3) sondaj no 3'ün litolojik sınıflandırması

SONDAJ NO :3 (SKV-3)		
X	Y	Z (m)
4.456.563	499.287	503
ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ
0	2	DEKAPAJ ZONU
2	3	PEMBE ATIL (ÇATLAKLI)
3	5,2	PEMBE MASİF
5,2	6	PEMBE MASİF
6	9	BEJ MASİF
9	12	BEJ MASİF
12	14,5	BEJ MASİF
14,5	15	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
15	15,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
15,5	22,5	BEJ MASİF
22,5	23	ALTERASYON ZONU

5.1.2.4 (SKV-4) Sondaj no 4'ün Litolojik Analizi

SKV-4 olarak isimlendirilen ve x : 4456514 , y : 499395, z : 431 koordinatları ile belirlenen lokasyonda toplam 41 metre karotlu delgi yapılmıştır.

Bu lokasyonda doğal zemin kotundan itibaren; 0 - 3,00 m. seviyeleri arası 114 mm. lik muhafaza borusu ile emniyete alınarak geçilmiştir.

3,00 ~ 34,50 m. ve 37,50 ~ 41 seviyeleri arasında ortalama RQD değeri %98 olan ve ortalama TKV %99 olan karotlar elde edilmiştir. Bu seviyeler arasında özellikle 27,50 ~ 32,50 m. arası ve 37,00 ~ 40,00 metreleri arasında; masif, blok özelliği gösteren bej mermer kesilmiştir. 40,00 m.den sonra renk pembemsi bej olarak değişim göstermektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 (SKV-4), 4 nolu sondaja ait karot numuneleri

4 Nolu Sondaja ait sayısal veri ve litolojik sınıflandırmalar Çizelge 5.6'da detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.6 (SKV-4) sondaj no 4'ün litolojik sınıflandırması

SONDAJ NO :4 (SKV-4)		
X	Y	Z (m)
4.456.514	499.395	431
ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ
0	1	DEKAPAJ ZONU
1	1,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
1,5	3	BEJ MASİF
3	4	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
4	5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
5	6	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
6	8	BEJ MASİF
8	9	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
9	9,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
9,5	10,2	BEJ MASİF
10,2	10,8	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
10,8	11,9	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
11,9	17	BEJ MASİF
17	17,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
17,5	18	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
18	19,5	BEJ MASİF
19,5	20,4	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
20,4	24	BEJ MASİF
24	25	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
25	25,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
25,5	27	BEJ MASİF
27	27,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
27,5	40	BEJ MASİF
40	41	MULTICOLOR ATIL (ÇATLAKLI)

5.1.2.5 (SKV-5) Sondaj no 5'in Litolojik Analizi

SKV-5 olarak isimlendirilen ve x:4.456.480, y:499375, z:430 koordinatları ile belirlenen lokasyonda toplam 36 metre karotlu delgi yapılmıştır.

Bu lokasyonda doğal zemin kotundan itibaren; 0 - 2,50 m. seviyeleri arası 0114 mm. lik muhafaza borusu ile emniyete alınarak geçilmiştir. Bu lokasyonda; 5,00 ~ 36,00 m. seviyeleri arasında ortalama RQD değeri %99 olan ve ortalama TKV % 100 olan karotlar elde edilmiştir. Söz konusu lokasyonda sondaj esnasında 5,0. , 27,50. ve 30. metrelerde su kaybı olmuş bunun haricinde blok alımına engel formasyon çatlaklarına rastlanmamıştır (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 (SKV-5), 5 nolu sondaja ait karot numuneleri

5 Nolu Sondaja ait sayısal veri ve litolojik sınıflandırmalar Çizelge 5.7’de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.7 (SKV-5) sondaj no 5’in litolojik sınıflandırması

SONDAJ NO :5 (SKV-5)		
X	Y	Z (m)
4.456.480	499.375	430
ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ
0	2,5	DEKAPAJ ZONU
2,5	3	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
3	5	BEJ MASİF
5	5,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
5,5	6	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
6	15	BEJ MASİF
15	15,5	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
15,5	20	BEJ MASİF
20	23	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
23	30,5	BEJ MASİF
30,5	31	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
31	31,5	BEJ MASİF
31,5	32	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
32	36	BEJ MASİF

5.1.3 Araziden Toplanan Veriler İle Sonuçların İyileştirilmesi

Sondaj karotlarının analizi ve litolojik sınıflandırma yapılmasının ardından blok model tahmin sonuçlarını iyileştirmek amacı ile sahada net bir şekilde gözlenen mostra ve açılan yarmalardan elde edilen verilerin sisteme işlenmesi gerekmektedir. Bu işleme özellikle analiz için yeterli sayıda sondaj verisine sahip olunmadığı durumlarda başvurmak gerekmektedir.

Yüzey topoğrafyasını belirlemek amacı ile yapılan çalışmalarda arazide gözlenen mostralar konumsal ve litolojik olarak incelenmiş ve veri tabanına işlemek üzere not edilmiştir. Bu değerler Çizelge 5.8’de ayrıntılı bir şekilde yer almaktadır.

Çizelge 5.8 Araziden toplanan konumsal veriler ve litolojik sınıflandırmaları

ARAZİ VERİ NO	X	Y	Z (m)	LİTOLOJİ
M-1	4.456.580	499.282	501	PEMBE ATIL (ÇATLAKLI)
M-2	4.456.570	499.271	499	PEMBE MASIF
M-3	4.456.551	499.254	499	PEMBE MASIF
M-4	4.456.632	499.369	492	MULTICOLOR MASIF
M-5	4.456.639	499.322	492,5	MULTICOLOR MASIF
M-6	4.456.586	499.304	490,5	MULTICOLOR MASIF
M-7	4.456.533	499.274	489,5	MULTICOLOR ATIL (ÇATLAKLI)
M-8	4.456.499	499.254	479,8	BEJ MASIF
M-9	4.456.538	499.285	480,8	BEJ MASIF
M-10	4.456.579	499.302	481,8	BEJ MASIF
M-11	4.456.619	499.322	482,7	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-12	4.456.625	499.352	482,8	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-13	4.456.629	499.374	481,8	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-14	4.456.526	499.281	473,3	BEJ MASIF
M-15	4.456.574	499.303	474,33	BEJ MASIF
M-16	4.456.607	499.324	475,83	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-17	4.456.610	499.329	468	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-18	4.456.619	499.360	475,33	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-19	4.456.615	499.405	475,33	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-20	4.456.595	499.422	475,33	BEJ MASIF
M-21	4.456.521	499.292	467,25	BEJ MASIF
M-22	4.456.581	499.317	469,25	BEJ MASIF
M-23	4.456.602	499.322	470,25	BEJ MASIF
M-24	4.456.518	499.338	467,25	BEJ MASIF
M-25	4.456.521	499.339	459,11	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-26	4.456.530	499.303	460,11	BEJ MASIF
M-27	4.456.540	499.306	461,1	BEJ MASIF
M-28	4.456.552	499.331	461,1	BEJ MASIF
M-29	4.456.574	499.339	460,1	BEJ MASIF
M-30	4.456.582	499.349	460,1	BEJ MASIF
M-31	4.456.573	499.362	460,1	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)

Çizelge 5.8 Devam Ediyor				
M-32	4.456.526	499.327	453,34	BEJ ATIL (ÇATLAKLI)
M-33	4.456.541	499.320	454,34	BEJ MASIF
M-34	4.456.557	499.347	454,34	BEJ MASIF
M-35	4.456.559	499.352	454,34	BEJ MASIF
M-36	4.456.563	499.366	454,34	BEJ MASIF

5.2 Verilerin 3 Boyutlu Blok Modele Çevrilmesi ve Rezerv Tahmini

Çalışmada Prodem Ltd. Şti' ye ait Vezirhan Mermer Ocağı'ndan alınan 5 adet sondaj verisi ve 36 adet arazi verisi (Çizelge 5.8.) ile mermer ocağı rezerv tahmini yapılmıştır. Hesaplamalar, “Uzaklığın Tersisi ile Ağırlıklandırma” yöntemi ile iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada sadece sondaj karotlarından elde edilen veriler ile modelleme yapılmış ve rezerv tahmininde bulunulmuştur. Daha sonra sonuçları iyileştirmek ve değişimi gözlemek amacı ile arazi verileri de modele dahil edilerek tekrar rezerv tahmini yapılmıştır.

Çalışmada blok model boyutları ocağı sınırlayan koordinat değerleri ile sınırlıdır. Blok içerisinde kalan karot ve arazi analizleri noktasal olarak koordinat değerleri almış ve hesaplamalarda bu noktaların birbirleri ile olan uzaklık değerleri kullanılmıştır. Her bir voxelin orta noktası için değer kestirimi yapılmıştır. Blok model ne kadar küçük voxelere bölünür ise bloğun çözünürlüğü o oranda artmaktadır.

Bir mermer ocağının üretim verimini etkileyen en önemli parametrelerden biri çıkartılacak blok boyutudur. Teorik olarak bu değer en az $1,5 \times 1,5 \times 2,5\text{m}$ ($5,6 \text{ m}^3$) olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada voxel boyutu $1,5 \times 1,5 \times 2,5\text{m}$ ($5,6 \text{ m}^3$) olarak seçilmiştir.

Çalışmada kullanılan bütün interpolasyon yöntemleri, “Rockworks” ortamında yaratılan $81 \times 121 \times 88 = 835200$ adet üç boyutlu hücrelerin alacağı değerleri kestirme amacını taşımaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplamalar üç boyutlu ortam için gerçekleştirilmiştir.

5.2.1 Uzaklığın Tersisi ile Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Blok Modelin Oluşturulması ve Rezerv Tahmini Yapılması

Çalışmada uzaklığın tersisi ile ağırlıklandırma yönteminde (p) üssel değer “2” seçilmiştir. Diğer bir deyişle uzaklığın tersinin karesi ile ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır.

Eşitlik incelendiğinde görüleceği üzere üssel değer arttıkça gözlem noktalarının, değeri hesaplanacak noktaya etkisi, uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır. Yöntem, değeri hesaplanacak noktaya yakın gözlem noktalarını, uzak gözlem noktalarından daha fazla etkilemesi temeline dayanmaktadır.

Uzaklığın tersisi ile ağırlıklandırma yönteminde nokta sayısının çok fazla olduğu durumlarda işlem süresini azaltmak ya da tek yönde ortaya çıkacak fazla ağırlık değerinden kaçınmak adına “Hariç Tutma Açısı” kullanılmaktadır. Çalışmada gözlem değeri çok fazla olmadığı için hariç tutma açısı kullanılmamıştır.

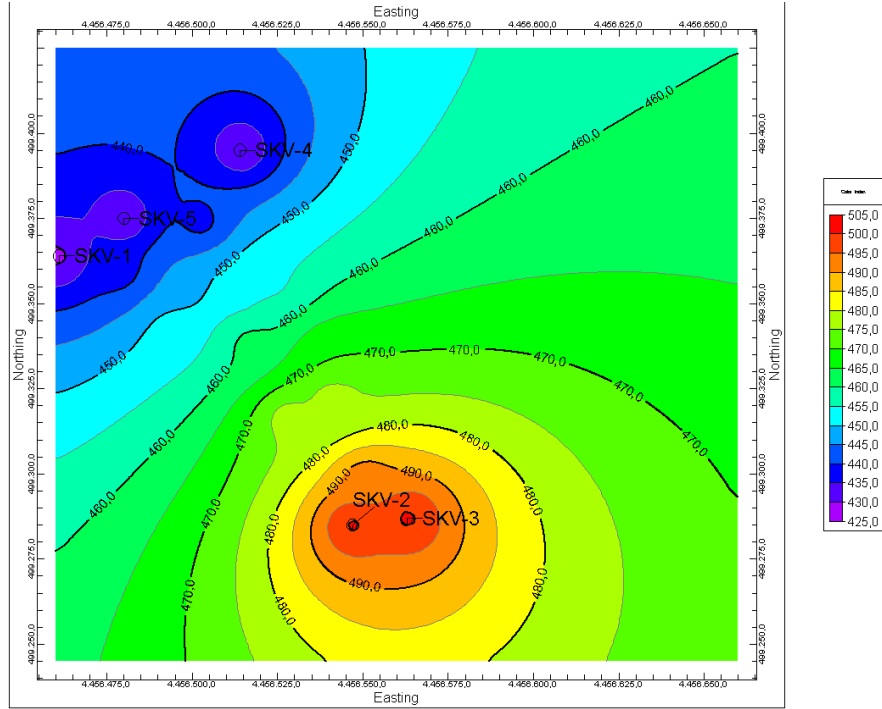
Konumsal interpolasyon yöntemlerinin tümünde değeri tahmin edilecek noktaya etki edecek gözlem noktalarının belirlenmesinde “Etki Mesafesi” kullanılmaktadır. Çalışmada Uzaklığın tersisi ile ağırlıklandırma yönteminde etki mesafesi, gözlem noktalarının tümünü içine alan proje sınırlarının Kuzey doğu üst köşesinden Güney batı alt köşesine kadar olan uzaklığın %25 i olarak seçilmiştir. Bu değer kullanılan Rockwors yazılımı tarafından hesaplanmış ve raporlanmış olan optimum değerdir.

Diğer bir ifade ile uzaklığın tersisi ile ağırlıklandırma yönteminde 3 boyutlu proje bloğunun diyagonal köşeleri arasındaki uzaklığın %25 i etki mesafesi olarak kullanılmıştır.

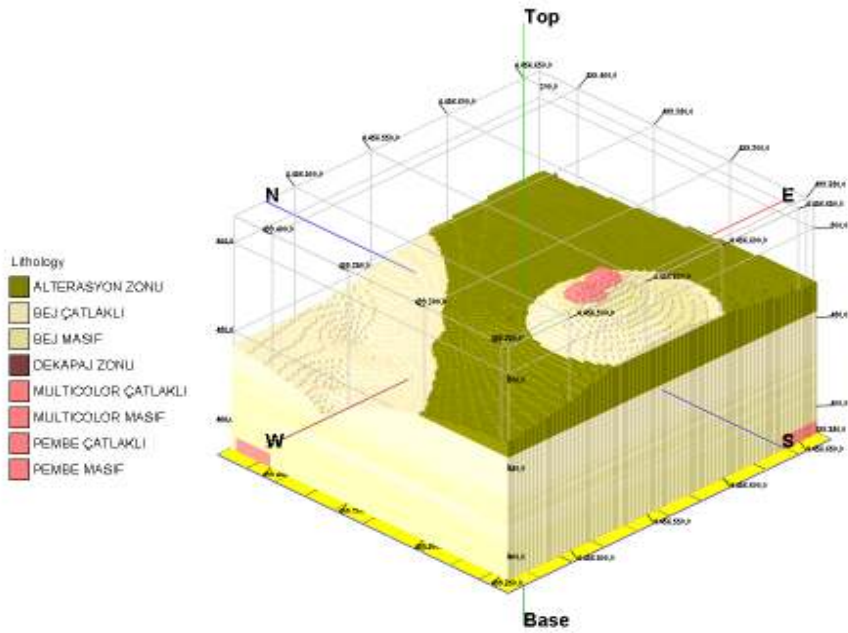
5.2.1.1 Sondaj Karot Verilerini Kullanarak Oluşturulmuş Blok Model ve Rezerv Tahmini

Oluşturulmuş topoğrafik model Şekil 5.8’de, blok model Şekil 5.9’da yer almaktadır. Şekil 5.9’da verilen blok model ele alınarak, uzaklığın tersiyle

ağırlıklandırma yöntemiyle yedi farklı litolojik mermer zonu için tahmin edilen mermer rezervleri Çizelge 5.9’da görüldüğü gibidir.



Şekil 5.8 Sondaj karot verilerinden yararlanarak oluşturulan topoğrafik model



Şekil 5.9 Sondaj karot verilerinden yararlanarak oluşturulan blok model

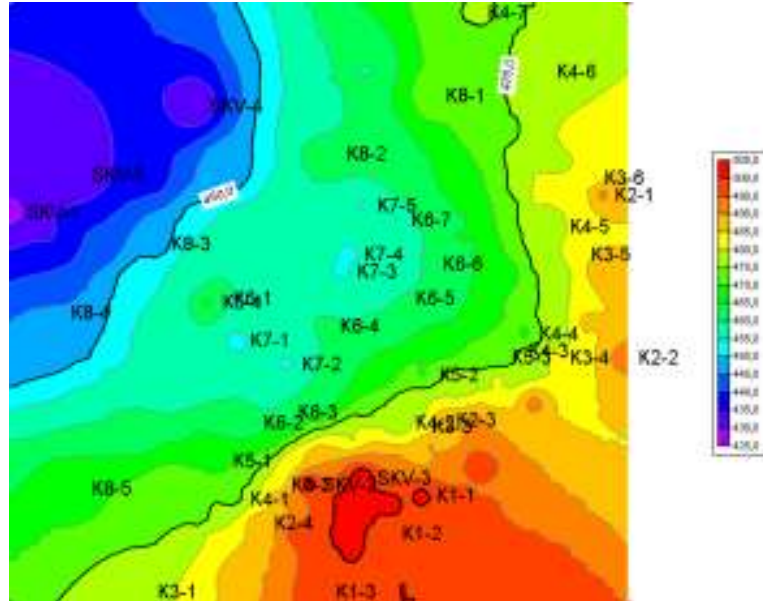
Çizelge 5.9 Sadece sondaj verilerini kullanarak oluşturulmuş blok model ve rezerv tahmini

ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	ALTERASYON ZONU (m ³)	BEJ (ATIL) (m ³)	BEJ (MASİF) (m ³)	MULTICOLOR (ATIL) (m ³)	MULTİCOLOR (MASİF) (m ³)	PEMBE (ATIL) (m ³)	PEMBE (MASİF) (m ³)	TOPLAM (m ³)
506,0	504,5	-	-	-	-	-	-	-	-
504,5	503,0	-	-	-	-	-	-	-	-
503,0	501,5	-	-	-	-	-	-	-	-
501,5	500,0	-	-	-	-	-	-	-	-
500,0	498,5	-	-	-	-	-	-	-	-
498,5	497,0	-	-	-	-	-	-	-	-
497,0	495,5	-	-	-	-	-	-	-	-
495,5	494,0	-	-	-	-	-	-	-	-
494,0	492,5	-	-	-	-	-	-	-	-
492,5	491,0	-	-	-	-	-	-	-	-
491,0	489,5	-	-	-	-	-	-	-	-
489,5	488,0	-	-	-	-	-	-	-	-
488,0	486,5	-	-	-	-	-	79	62	141
486,5	485,0	-	-	-	146	-	-	203	349
485,0	483,5	-	-	-	248	-	-	332	579
483,5	482,0	-	-	433	-	411	-	-	844
482,0	480,5	-	-	1.136	-	-	-	-	1.136
480,5	479,0	-	-	1.519	-	-	-	-	1.519
479,0	477,5	-	-	1.935	-	-	-	-	1.935
477,5	476,0	-	1.232	1.181	-	-	-	-	2.413
476,0	474,5	-	2.964	-	-	-	-	-	2.964
474,5	473,0	-	1.226	2.346	-	-	-	-	3.572
473,0	471,5	-	1.918	2.413	-	-	-	-	4.331
471,5	470,0	-	2.368	2.914	-	-	-	-	5.282
470,0	468,5	-	2.599	3.763	-	-	-	-	6.362
468,5	467,0	-	3.274	4.134	-	-	-	-	7.408
467,0	465,5	-	8.601	-	-	-	-	-	8.601
465,5	464,0	10.091	-	-	-	-	-	-	10.091
464,0	462,5	11.835	-	-	-	-	-	-	11.835
462,5	461,0	13.736	-	-	-	-	-	-	13.736
461,0	459,5	15.936	-	-	-	-	-	-	15.936
459,5	458,0	18.608	-	-	-	-	-	-	18.608
458,0	456,5	20.813	-	-	-	-	-	-	20.813
456,5	455,0	22.860	-	-	-	-	-	-	22.860
455,0	453,5	24.969	-	-	-	-	-	-	24.969
453,5	452,0	27.225	-	-	-	-	-	-	27.225
452,0	450,5	29.706	-	-	-	-	-	-	29.706
450,5	449,0	32.333	-	-	-	-	-	-	32.333
449,0	447,5	35.258	-	-	-	-	-	-	35.258
447,5	446,0	37.823	-	-	-	-	-	-	37.823
446,0	444,5	39.673	-	-	-	-	-	-	39.673
444,5	443,0	41.220	-	-	-	-	-	-	41.220
443,0	441,5	-	42.683	-	-	-	-	-	42.683
441,5	440,0	-	44.038	-	-	-	-	-	44.038
440,0	438,5	-	45.023	-	-	-	-	-	45.023
438,5	437,0	-	45.849	-	-	-	-	-	45.849
437,0	435,5	-	46.564	-	-	-	-	-	46.564
435,5	434,0	-	47.216	-	-	-	-	-	47.216
434,0	432,5	-	47.852	-	-	-	-	-	47.852
432,5	431,0	-	48.887	-	-	-	-	-	48.887
431,0	429,5	-	50.164	-	-	-	-	-	50.164
429,5	428,0	-	51.317	-	-	-	-	-	51.317
428,0	426,5	-	52.673	-	-	-	-	-	52.673
426,5	425,0	-	53.466	-	-	-	-	-	53.466
425,0	423,5	-	53.994	-	-	-	-	-	53.994
423,5	422,0	-	54.433	-	-	-	-	-	54.433
422,0	420,5	-	54.771	-	-	-	-	-	54.771
420,5	419,0	-	55.007	-	-	-	-	-	55.007
419,0	417,5	-	-	55.097	-	-	-	-	55.097
417,5	416,0	-	55.131	-	-	-	-	-	55.131
416,0	414,5	-	16.121	39.009	-	-	-	-	55.131
414,5	413,0	-	4.961	50.169	-	-	-	-	55.131

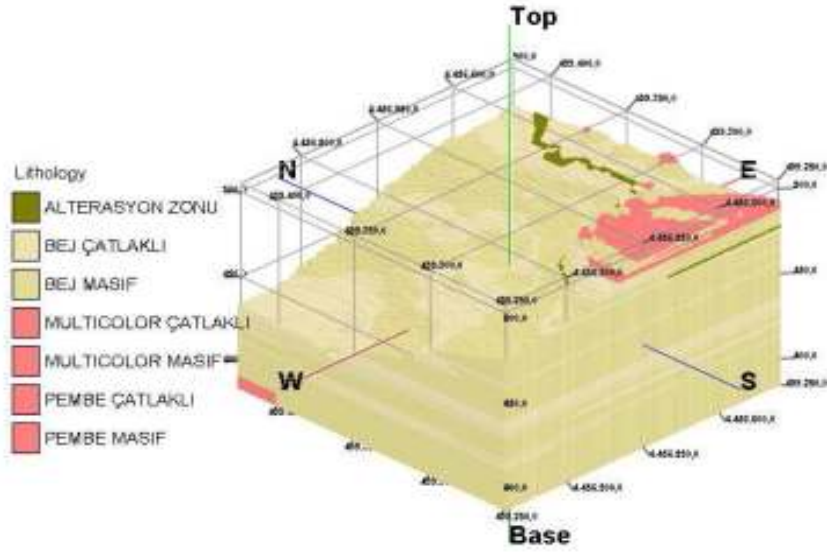
Çizelge 5.9 Devam Ediyor									
413,0	411,5	-	48.521	6.609	-	-	-	-	55.131
411,5	410,0	-	51.986	3.144	-	-	-	-	55.131
410,0	408,5	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
408,5	407,0	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
407,0	405,5	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
405,5	404,0	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
404,0	402,5	-	52.751	2.379	-	-	-	-	55.131
402,5	401,0	-	7.363	47.768	-	-	-	-	55.131
401,0	399,5	-	2.503	52.628	-	-	-	-	55.131
399,5	398,0	-	15.368	39.763	-	-	-	-	55.131
398,0	396,5	-	1.187	53.944	-	-	-	-	55.131
396,5	395,0	-	52.127	3.004	-	-	-	-	55.131
395,0	393,5	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
393,5	392,0	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
392,0	390,5	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
390,5	389,0	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
389,0	387,5	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
387,5	386,0	-	-	55.131	-	-	-	-	55.131
TOPLAM		382.084	1.126.137	926.595	394	411	79	596	2.436.295

5.2.1.2 Araziden Toplanan Veriler ile İyileştirilmiş Blok Model ve Rezerv Tahmini

Oluşturulmuş topoğrafik model Şekil 5.10'da, blok model Şekil 5.11'de yer almaktadır. Şekil 5.12'de verilen blok model ele alınarak, uzaklığın tersiyle ağırlıklandırma yöntemiyle yedi farklı litolojik mermer zonu için tahmin edilen mermer rezervleri Çizelge 5.10'da görüldüğü gibidir.



Şekil 5.10 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş topoğrafik model



Şekil 5.11 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş blok model

Çizelge 5.10 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilerek oluşturulmuş blok model ve rezerv tahmini

ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	ALTERASYON ZONU (m ³)	BEJ (ATIL) (m ³)	BEJ (MASİF) (m ³)	MULTICOLOR (ATIL) (m ³)	MULTICOLOR (MASİF) (m ³)	PEMBE (ATIL) (m ³)	PEMBE (MASİF) (m ³)	TOPLAM (m ³)
506	504,5	-	-	-	-	-	-	-	-
504,5	503	-	-	-	-	-	-	-	-
503	501,5	-	-	-	-	-	-	-	-
501,5	500	-	-	-	-	-	11	6	17
500	498,5	-	-	-	-	11	17	214	242
498,5	497	-	-	-	-	-	62	1.688	1.750
497	495,5	-	-	1.693	737	-	-	-	2.430
495,5	494	-	-	3.167	-	-	-	-	3.167
494	492,5	-	-	1.834	-	2.723	-	-	4.557
492,5	491	-	-	3.167	-	1.913	-	-	5.080
491	489,5	-	467	754	703	4.067	-	-	5.991
489,5	488	-	1.153	-	624	4.742	-	-	6.519
488	486,5	-	1.496	5.586	-	-	-	-	7.082
486,5	485	-	1.659	6.716	-	-	-	-	8.375
485	483,5	-	1.918	7.346	-	-	-	-	9.264
483,5	482	-	6.429	3.893	-	-	-	-	10.322
482	480,5	-	4.922	6.143	-	-	-	-	11.065
480,5	479	-	8.314	3.786	-	-	-	-	12.100
479	477,5	12.060	-	1.215	-	-	-	-	13.275
477,5	476	-	14.456	-	-	-	-	-	14.456
476	474,5	-	9.225	6.300	-	-	-	-	15.525
474,5	473	-	5.799	11.481	-	-	-	-	17.280
473	471,5	-	-	19.238	-	-	-	-	19.238
471,5	470	-	-	20.475	-	-	-	-	20.475
470	468,5	-	-	21.611	-	-	-	-	21.611
468,5	467	-	3.465	19.271	-	-	-	-	22.736
467	465,5	-	11.093	12.943	-	-	-	-	24.036
465,5	464	-	-	25.037	-	-	-	-	25.037
464	462,5	-	-	25.999	-	-	-	-	25.999

Çizelge 5.10 Devam Ediyor									
462,5	461	-	-	27.405	-	-	-	-	27.405
461	459,5	-	6.531	22.208	-	-	-	-	28.739
459,5	458	-	8.944	21.504	-	-	-	-	30.448
458	456,5	-	32.282	-	-	-	-	-	32.282
456,5	455	-	2.728	32.248	-	-	-	-	34.976
455	453,5	-	3.696	33.491	-	-	-	-	37.187
453,5	452	-	4.967	33.098	-	-	-	-	38.065
452	450,5	-	5.276	33.289	-	-	-	-	38.565
450,5	449	-	-	39.071	-	-	-	-	39.071
449	447,5	-	-	39.544	-	-	-	-	39.544
447,5	446	-	-	40.157	-	-	-	-	40.157
446	444,5	-	-	40.804	-	-	-	-	40.804
444,5	443	-	-	41.400	-	-	-	-	41.400
443	441,5	-	-	41.816	-	-	-	-	41.816
441,5	440	-	-	42.238	-	-	-	-	42.238
440	438,5	-	-	42.773	-	-	-	-	42.773
438,5	437	-	-	43.223	-	-	-	-	43.223
437	435,5	-	43.701	-	-	-	-	-	43.701
435,5	434	-	44.573	-	-	-	-	-	44.573
434	432,5	-	46.744	-	-	-	-	-	46.744
432,5	431	-	47.773	-	-	-	-	-	47.773
431	429,5	-	48.218	-	-	-	-	-	48.218
429,5	428	-	-	48.403	-	-	-	-	48.403
428	426,5	-	48.454	-	-	-	-	-	48.454
426,5	425	-	22.967	25.487	-	-	-	-	48.454
425	423,5	-	3.578	44.876	-	-	-	-	48.454
423,5	422	-	39.769	8.685	-	-	-	-	48.454
422	420,5	-	41.574	6.879	-	-	-	-	48.453
420,5	419	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
419	417,5	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
417,5	416	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
416	414,5	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
414,5	413	-	46.789	1.665	-	-	-	-	48.454
413	411,5	-	2.048	46.406	-	-	-	-	48.454
411,5	410	-	7.999	40.455	-	-	-	-	48.454
410	408,5	-	6.227	42.227	-	-	-	-	48.454
408,5	407	-	1.609	46.845	-	-	-	-	48.454
407	405,5	-	26.066	22.388	-	-	-	-	48.454
405,5	404	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
404	402,5	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
402,5	401	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
401	399,5	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
399,5	398	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
398	396,5	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
396,5	395	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
395	393,5	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
393,5	392	-	-	48.454	-	-	-	-	48.454
392	390,5	-	-	20.953	-	27.501	-	-	48.454
390,5	389	-	-	20.953	-	27.501	-	-	48.454
389	387,5	-	-	20.953	-	27.501	-	-	48.454
TOPLAM		12.060	612.909	1.850.907	2.064	151.023	28	1.908	2.630.899

Sadece sondaj karot verileri ve araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş rezerv tahmin verilerinin karşılaştırması Çizelge 5.11’de yer almaktadır. Çizelge 5.11 incelendiğinde toplam hacimde %8 fark gözlenirken, litolojik birimler tek tek incelendiğinde ise çok ciddi değer farklılıkları net bir şekilde gözlenmektedir. Veriler ile tahmin sonuçlarındaki iyileşmeyi tespit etmek ve iyileşme miktarını ölçebilmek için gerçek üretim verileri ile blok model tahminleri arasındaki ilişkinin nasıl değiştiğini belirlemek gerekmektedir.

Çizelge 5.11 Rezerv Tahminleri

YÖNTEM	ALTERASYON	BEJ	BEJ	MULTICOLOR	MULTİCOLOR	PEMBE	PEMBE	TOPLAM
	ZONU	(ATIL)	(MASİF)	(ATIL)	(MASİF)	(ATIL)	(MASİF)	HACİM
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Sondaj karot verileri ile oluşturulmuş model	382.084	1.126.137	926.595	394	411	79	596	2.436.295
Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş model	12.060	612.909	1.850.907	2.064	151.023	28	1.908	2.630.899

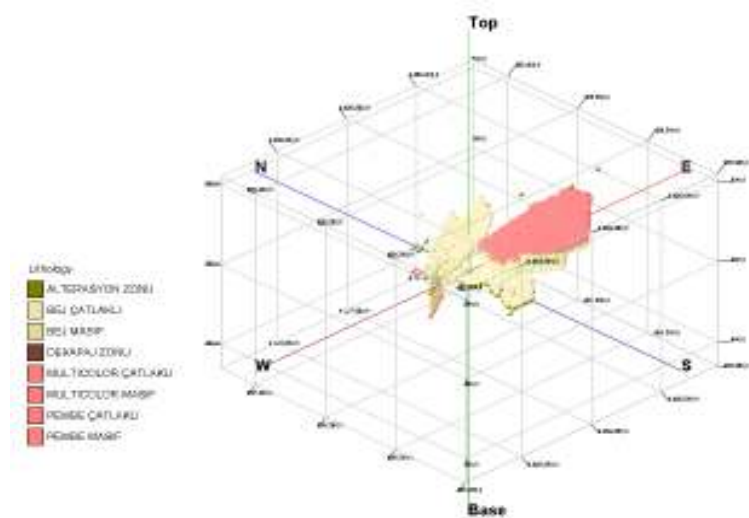
BÖLÜM 6

GERÇEK ÜRETİM VERİLERİ İLE BLOK MODEL TAHMİNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Şu ana kadar olan çalışmada sondaj verileri ve araziden elde edilen verileri birleştirerek tüm sahayı kapsayan bir rezerv tahmini yapılmıştır. Yapılan bu tahminlerin doğruluğunu kontrol etmek ve en başarılı olanı seçebilmek amacı ile işletmeden alınan üretim verileri düzenlenerek sadece üretim alanını kapsayan bir rezerv tahmini yapılmıştır. Bu sayede arazi verilerinin kullanılması ile sağlanacak olan iyileştirme miktarını ölçmek mümkün olacaktır.

6.1 Sondaj Karot Verilerini Kullanarak Oluşturulmuş Blok Model ve Üretim Miktarı Tahmini

Sadece sondaj karot verilerini kullanarak elde edilmiş blok model Şekil 6.1'de verilmiştir. Şekil 6.1'de verilen blok model ele alınarak, uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi ile mevcut üretim alanını kesen yedi farklı litolojik mermer zonu için tahmin edilen mermer rezervleri Çizelge 6.1'de görüldüğü gibidir.



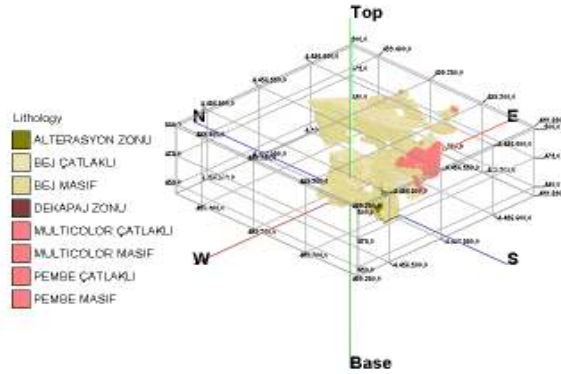
Şekil 6.1 Sondaj karot verilerini kullanarak oluşturulmuş üretim alanı blok modeli

Çizelge 6.1 Sondaj karot verileri kullanılarak oluşturulmuş üretim miktarı tahmini

ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	ALTERASYON ZONU (m ³)	BEJ (ATIL) (m ³)	BEJ (MASİF) (m ³)	MULTICOLOR (ATIL) (m ³)	MULTICOLOR (MASİF) (m ³)	PEMBE (ATIL) (m ³)	PEMBE (MASİF) (m ³)	TOPLAM (m ³)
501	499,5	-	-	-	-	-	-	-	-
499,5	498	-	-	-	-	-	65	-	283
498	496,5	-	-	-	-	218	40	-	-
496,5	495	-	-	-	-	1.221	80	-	-
495	493,5	-	-	142	-	690	60	-	-
493,5	492	-	-	1.042	-	142	192	-	-
492	490,5	-	-	1.959	-	165	80	-	-
490,5	489	-	-	1.827	-	383	164	-	-
489	487,5	-	-	2.047	-	278	-	-	-
487,5	486	-	-	1.043	-	190	-	-	-
486	484,5	-	-	1.027	-	355	-	-	-
484,5	483	-	-	1.336	143	217	-	-	-
483	481,5	-	-	1.378	215	179	-	-	-
481,5	480	-	-	1.255	108	71	-	-	-
480	478,5	-	-	1.262	98	102	-	-	-
478,5	477	-	-	1.825	24	19	-	-	-
477	475,5	73	-	1.701	5	-	-	-	-
475,5	474	71	-	1.658	-	-	-	-	-
474	472,5	33	-	1.474	-	-	-	-	-
472,5	471	65	-	1.396	-	-	-	-	-
471	469,5	272	-	1.345	-	-	-	-	-
469,5	468	385	-	1.184	-	-	-	-	-
468	466,5	298	-	172	-	-	-	-	-
466,5	465	100	-	138	-	-	-	-	-
465	463,5	278	-	34	-	-	-	-	-
463,5	462	433	-	16	-	-	-	-	858
462	460,5	136	-	83	-	-	-	-	836
460,5	459	94	-	240	-	-	-	-	919
459	457,5	41	-	606	-	-	-	-	-
457,5	456	47	-	362	-	-	-	-	747
456	454,5	84	-	373	-	-	-	-	884
454,5	453	82	-	649	-	-	-	-	861
453	451,5	60	-	514	-	-	-	-	673
451,5	450	-	-	180	-	-	-	-	180
450	448,5	-	-	18	-	-	-	-	18
448,5	447	-	-	51	-	-	-	-	51
TOPLAM		2.552	11.797	28.333	593	4.230	681	8.743	56.929

6.2 Araziden Toplanan Veriler ile İyileştirilmiş Blok Model ve Üretim Miktarı Tahmini

Araziden toplanan verilerin de hesaplamalara dahil edilmesi ardından ortaya çıkan blok model Şekil 6.2’de yer almaktadır. Şekil 6,2’de verilen blok model ele alınarak, uzaklığın tersiyle ağırlıklandırma yöntemiyle yedi farklı litolojik mermer zonu için tahmin edilen mermer rezervleri Çizelge 6.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 6.2 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilerek oluşturulmuş üretim alanı blok modeli

Çizelge 6.2 Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş üretim miktarı tahmini

ÜST DERİNLİK (m)	ALT DERİNLİK (m)	ALTERASYON ZONU (m ³)	BEJ (ATIL) (m ³)	BEJ (MASİF) (m ³)	MULTICOLOR (ATIL) (m ³)	MULTICOLOR (MASİF) (m ³)	PEMBE (ATIL) (m ³)	PEMBE (MASİF) (m ³)	TOPLAM (m ³)
501	499,5	-	-	-	-	-	-	-	-
499,5	498	-	-	-	-	-	12	5	16
498	496,5	-	-	-	-	-	33	15	48
496,5	495	-	-	-	-	-	-	92	92
495	493,5	-	-	-	-	-	-	126	126
493,5	492	-	-	-	-	-	-	270	270
492	490,5	-	-	-	263	-	-	50	313
490,5	489	-	-	-	563	-	-	-	563
489	487,5	-	-	-	548	314	-	-	862
487,5	486	-	-	-	745	372	-	-	1.117
486	484,5	-	-	-	1.008	488	-	-	1.496
484,5	483	-	211	-	353	320	-	-	884
483	481,5	-	277	-	153	403	-	-	833
481,5	480	-	600	408	23	203	-	-	1.234
480	478,5	-	668	532	-	26	-	-	1.226
478,5	477	-	735	812	-	-	-	-	1.547
477	475,5	162	715	1.063	-	-	-	-	1.940
475,5	474	533	957	540	-	-	-	-	2.030
474	472,5	-	1.433	573	-	-	-	-	2.006
472,5	471	-	1.472	766	-	-	-	-	2.238
471	469,5	-	914	1.202	-	-	-	-	2.116
469,5	468	-	134	2.098	-	-	-	-	2.232
468	466,5	-	-	2.243	-	-	-	-	2.243
466,5	465	-	-	1.634	-	-	-	-	1.634
465	463,5	-	-	1.588	-	-	-	-	1.588
463,5	462	-	-	1.134	-	-	-	-	1.134
462	460,5	-	-	1.786	-	-	-	-	1.786
460,5	459	-	5	1.724	-	-	-	-	1.729
459	457,5	-	296	937	-	-	-	-	1.233
457,5	456	-	631	909	-	-	-	-	1.540
456	454,5	-	818	770	-	-	-	-	1.588
454,5	453	-	581	845	-	-	-	-	1.426
453	451,5	-	88	1.255	-	-	-	-	1.343
451,5	450	0	0	728	0	0	0	0	728
450	448,5	0	0	167	0	0	0	0	167
448,5	447	0	0	13	0	0	0	0	13
TOPLAM		695	10.535	23.727	3.656	2.126	45	558	41.342

6.3 Blok Model Üretim Verilerinin Gerçek Üretim Verileri ile Karşılaştırılması ve Toplanan Arazi Verilerinin Sağladığı İyileştirme Miktarının Tespiti

2006 yılında üretime başlanmış olan sahada, şantiye sorumlusu tarafından sahadan alınan blok, yapılan toplam kesim miktarları, atıklara ait veriler düzenli olarak tutulmuş ve 2009 yılı mayıs ayı sonuna kadar elde edilen veriler Çizelge 6.3'te verilmiştir. Sahada yapılmış olan üretim sonucunda oluşturulmuş kademeler Şekil 6.3'te yer almaktadır.



Şekil 6.3 Mermer sahasının son durumu

Çizelge 6.3 Mermer sahası fiili üretim verileri

YILLAR	AYLAR	BEJ (m ³)	MULTICOLOR (m ³)	PEMBE (m ³)	TOPLAM ATIK (m ³)	TOPLAM ÜRETİM (m ³)
2006	OCAK - NİSAN	821	373,2	117,8	2429,6	3741,6
	MAYIS	49,3	14	4	217,1	284,4
	HAZİRAN	243,9	91,1	30,4	831,9	1197,3
	TEMMUZ	306,4	214,5	79,3	1644,7	2244,9
	AĞUSTOS	425,6	192,5	74,8	1402,3	2095,3
	EYLÜL	218,8	239,2	112,6	1824,1	2394,6
	EKİM	129	54,3	31,9	682,8	898
	KASIM	210,8	57,6	31	448,9	748,3
ARALIK	261,1	71,3	27,7	1001,8	1361,9	
2006 TOPLAM		2666	1307,6	509,5	10483,2	14966,3
2007	OCAK	184,8	71,9	28	442,3	727
	ŞUBAT	176	91,2	21,4	583,8	872,4
	MART	141,6	132,4	29,1	642,1	945,1
	NİSAN	527,9	142,2	37,8	455,3	1163,2
	MAYIS	301,8	68,5	25,3	186	581,6
	HAZİRAN	562,7	123,5	66,5	992,1	1744,8
	TEMMUZ	582,3	144,6	68,1	1240,6	2035,6
	AĞUSTOS	582,9	192,3	64,1	760,1	1599,4
	EYLÜL	424,3	304,8	107,1	1344,9	2181
	EKİM	167	85,1	26,9	738,8	1017,8
	KASIM	144,3	164,6	38,6	524,9	872,4
ARALIK	250,9	102,4	34,1	412,3	799,7	
2007 TOPLAM		4046	1623,5	546,9	8323,2	14540,1
2008	OCAK	196,9	66,7	18,6	219,2	501,5
	ŞUBAT	269,4	91,1	25,7	303,3	689,5
	MART	304,5	123,6	40,6	471,6	940,3
	NİSAN	396,8	228,6	68,3	572,5	1266,2
	MAYIS	200,4	165,8	51,1	397,5	814,9
	HAZİRAN	577,7	142,6	47,5	749,2	1517
	TEMMUZ	678	160,9	35,6	893,2	1767,7
	AĞUSTOS	574,8	142,6	37,9	1212,9	1968,3
	EYLÜL	536,6	127,1	47	605,7	1316,4
	EKİM	212,6	71,6	22,6	332,5	639,4
	KASIM	118,6	71,2	18,7	393,3	601,8
ARALIK	155,2	93,1	22,9	242,8	514	
2008 TOPLAM		4222	1484,9	436,5	6393,8	12536,9
2009	OCAK	73,1	52,7	15,3	117,9	259
	ŞUBAT	150,7	76,8	23,6	105,1	356,1
	MART	225,7	87,5	24,3	213	550,4
	NİSAN	436	152,5	35,8	541,2	1165,5
	MAYIS	310,4	121,2	27,5	447,4	906,5
2009 TOPLAM		1196	490,6	126,5	1424,5	3237,5
GENEL TOPLAM		12130	4906,6	1619,4	26624,8	45280,8

Çizelge 6.4'te elde edilen veriler ile oluşturulmuş blok modeller ve bunlardan yararlanarak yapılmış üretim miktarı tahminlerinin gerçek üretim verileri ile karşılaştırılması yer almaktadır. Burada amaç tahmin sonuçlarını gerçek üretim verileri ile karşılaştırmak ve analizde arazi verilerinden yararlanmanın sonuçları ne oranda gerçek değerlere yaklaştırdığını hesaplayabilmektir.

Bej masif, pembe masif ve multicolor masif sınıfına giren veriler kendi renk başlıkları altında gruplanmış ve hacimsel miktarları Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Elde edilen üretim verileri incelendiğinde renk başlıkları ardından çatlak sıklığına göre sınıflandırılmıştır. 0,5m'de 2 adet veya daha sık çatlak sistemine sahip olan birimler sınıflandırma da belirtildiği gibi bej (atıl), pembe (atıl) ve multicolor (atıl) olarak sınıflandırılmıştır. Dokusal ve kimyasal farklılık gösteren, bozulmuş bölgeler ise alterasyon zonu olarak tanımlanmıştır. Hesaplamalarda bu 4 sınıfa giren veriler, atık olarak gruplanmış ve hacimsel toplamları Çizelge 6.4'te toplam atık başlığı altında gösterilmiştir.

Çizelge 6.4 Tahmini ve gerçek üretim verilerinin karşılaştırılması

YÖNTEM	BEJ ÜRÜN (m ³)	MULTICOLOR ÜRÜN (m ³)	PEMBE ÜRÜN (m ³)	TOPLAM ATIK (m ³)	TOPLAM ÜRETİM (m ³)
Sondaj karot verileri ile oluşturulmuş model	28.333	4.230	8.743	15.623	56.929
Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş model	23.727	2.126	558	14.931	41.342
Gerçek Üretim Değerleri	12.130	4.907	1.619	26.625	45.281

Oluşturulan blok modeller ile gerçek üretim verileri arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacı ile korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5 Blok model sonuçları ile gerçek verilerin arasındaki ilişki

YÖNTEM	KORELASYON KATSAYISI (r)
Sondaj karot verileri ile oluşturulmuş model	0,44
Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş model	0,62

Çizelge 6.5'te yer alan korelasyon katsayıları incelendiğinde, araziden toplanan veriler sayesinde gerçek veriler ile olan ilişkinin %44 oranında kuvvetlenerek $r = 0,44$ değerinden $r = 0,62$ değerine yükseldiği belirlenmiştir. Araziden elde edilen veriler ile

iyileştirilmiş üretim tahmin değerlerinin, gerçek üretim değerleri arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 6.4'te yer alan değerler incelendiğinde en büyük sapma değerlerinin bej mermer üretim miktarının belirlenmesinde gerçekleşmiştir. Bu da doğrudan toplam üretim miktarı ve toplam atık miktarı verilerini etkilemektedir. Yapılan toplam kesim miktarı verisine bakıldığında ise sapmanın orantısal olarak daha az olduğu ve gerçek verilere yaklaştığı gözlenmektedir.

Bu sapmaların kaynakları araştırıldığında, hatanın uygulanan sondaj ve toplanan arazi verisinin miktarının yetersizliği ile birlikte litolojik sınıflandırmada yapılan hatalardan kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

BÖLÜM 7

BLOK VERİMLİLİĞİ TAHMİNİ

Blok verimi, ticari değer taşıyan ve kesilip cilalanıp satışa sunulabilecek durumda olan üretimin hacimsel miktarının, sahada yapılmış olan toplam kesim miktarının hacimsel değerine oranı şeklinde açıklanabilmektedir.

Üretim miktarlarını tahmin etmek amacı ile araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş blok modelden elde edilen veriler Çizelge 6.2’de yer almaktadır. Bu verilerden yararlanarak maden yatağının blok verimi tahmin edilmeye çalışılmış ve sonuç Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Mermer yatağı tahmini blok verimi

YILLAR	TOPLAM ÜRÜN (m ³)	TOPLAM ÜRETİM (m ³)	TAHMİNİ BLOK VERİMİ (%)
Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş model	26.411	41.342	63,9

Mermer yatağının blok verimini hesaplamak için Çizelge 6.3’te yer alan gerçek üretim verilerinden yararlanılmış ve bu verilerden yararlanılarak hesaplanmış blok verimi değerleri Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2 Yıllara göre blok verimi

YILLAR	TOPLAM ÜRÜN (m ³)	TOPLAM ÜRETİM (m ³)	BLOK VERİMİ (%)
2006 TOPLAM	4483,1	14966,3	30
2007 TOPLAM	6216,4	14540,1	42,8
2008 TOPLAM	6143,4	12536,9	49
2009 TOPLAM	1813,1	3237,5	56
GENEL TOPLAM	18.656	45280,8	41,2

Tahmin edilen blok verimi ile gerçek blok verimi değerleri karşılaştırıldığında tahmin edilen veriden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sapmanın, üretim tahminlerinde

olduğu gibi uygulanan sondaj ve toplanan arazi verisinin miktarsal yetersizliği ile birlikte litolojik sınıflandırma sırasında yapılmış olabilecek hatalardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Madencilikte yatırım ve fizibilite çalışmalarının ilk ve en önemli aşaması maden yatağı özelliklerinin belirlenmesidir. Bu özelliklerin en başında rezerv miktarı yer almaktadır. Doğru üretim yöntemi, makina-ekipman seçimi ve işletme planlamasının yapılabilmesi için rezervin mümkün olan en düşük hata payı ile tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu konuda yapılacak basit bir hata yatırımın ve çalışmaların tamamının boşa gitmesine sebep olacaktır.

Bu olumsuzlukları en aza indirmek ve bu çalışmada rezerv tahmininin doğru ve hatasız yapılabilmesi için etken parametreler incelenmiş ve Prodem Ltd. Şti. firmasına ait bir mermer sahasında detaylı çalışmalar yapılmıştır.

Çalışmada sondaj uygulaması ve araziden elde edilen litolojik veriler sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Bu veriler “Rockworks” isimli bir yazılımdan faydalanılarak 2 ve 3 boyutlu arazi modellerine dönüştürülmüş ve uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma metodu uygulanarak rezerv tahmini yapılmıştır. Yapılan rezerv tahminlerinin doğruluğunu araştırmak amacı ile işletmeden alınan üretim verileri ile modellenen üretim verileri karşılaştırılmış ve korelasyon analizi yapılmıştır.

Üretim ve rezerv tahmin sonuçları incelenerek blok verimi tahmin edilmeye çalışılmış ve gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarını sırası ile irdelenirse;

- Doğru rezerv tahmini için işletme sahasında yapılacak bir ön jeolojik ve jeofizik etüdün önemi büyüktür.
- Jeolojik ve jeofizik etütlerin ardından sondaj lokasyon ve derinliklerinin tüm sahanın genel özelliklerini inceleme şansı verecek şekilde seçilmesi gerekmektedir.

- Alınan karot numunelerinin litolojik tanımlama ve sınıflandırması en doğru şekilde yapılmalı bu verilerin rezerv tahmininin ana elemanlarını oluşturduğu unutulmamalıdır.
- Sondaj verilerini desteklemek ve sonuçları iyileştirmek amacı ile sahada açılacak olan yarmalar ve mostralardan elde edilecek verilerin kullanılması mümkündür.
- Bej mermer rezervinde tahmininde gözlenen sapmanın ana kaynağının litolojik sınıflandırmada yapılmış olabilecek hatadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Gerçek üretim miktarının, tahmin edilen üretim miktarları ile yakın sonuçlar vermesi bu sonucu desteklemektedir.
- Uygulanan 5 adet sondajdan elden edilen verilerinden yararlanarak yapılan tahmin sonuçları gerçek değerler ile karşılaştırıldığında korelasyon katsayısı (r) 0,44 olarak hesaplanmıştır. Model araziden toplanan veriler ile iyileştirilmeye çalışılmış ve elde edilen tahmin sonuçlarının gerçek sonuçlar ile karşılaştırıldığında korelasyon katsayısının (r) 0,62'ye yükseldiği gözlenmiştir. Doğru yerlerde yapılacak ek sondaj uygulamaları ve araziden toplanan veri miktarının arttırılması yoluna gidilirse tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki ilişkinin daha da kuvvetlenmesi mümkün olacaktır.
- Araziden toplanan veriler ile iyileştirilmiş rezerv tahmini sonucu 2.630.899 m³ olarak bulunmuştur.
- Üretim ve rezerv tahmin sonuçlarından yola çıkılarak sahada blok verimi tahmini yapılmış ve %63,9 değerine ulaşılmıştır. Gerçek üretim verilerinden elde edilen blok verimi %41,2'dir. Sapmanın ana kaynağı veri yetersizliği ve verilerin yorumlanmasında yapılmış olması muhtemel hatalardır. Doğru yerlerde yapılacak ek sondaj uygulamaları ve araziden toplanan veri miktarının arttırılması yoluna gidilirse blok veriminde gerçeğe daha yakın kestirim yapmak mümkün olacaktır.

Yeraltında konumu, şekli, boyutları, rezervi ve kalitesi bilinen mermerin üretilmesi kuşkusuz daha kolay, az riskli bir ortam yaratacaktır. Bunu sağlamak için sondaj, jeolojik – jeofizik etüt çalışmalar ve bu işlemlerden elde edilecek olan verileri

değerlendirmek ve 2-3 boyutlu modeller oluşturup analiz yapılmasını sağlayacak olan yazılım ve donanımlara yapılacak olan yatırımlar ile ileride oluşabilecek çok daha büyük kayıpların önüne geçmek mümkündür.

KAYNAKLAR DİZİNİ

AKKOYUN, Özgür ve ÇETİN, Erhan.,2007, Bilgisayar Simülasyonu ile Mermer Ocağı Yatırım Kararı Analizi, Uludag Ü. MMF Dergisi, Cilt 12 Sayı:2, Bursa,1s.

KULAKSIZ, Seyfi., 2005, Doğal Taş Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri,El Kitabı, Ankara, 20-21, 39s.

M.Ö.İ.K. Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu., 1996, Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt – 3, Mermer, Ankara, 1-32.

MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü, Bölge jeolojisi ile ilgili genel bilgiler.,2001,(http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/balikesir/index.php?id=bolgesel_jeoloji)

UYGUÇGİL,Hakan., 2007 , Çok Değişkenli Maden Yataklarında Rezerv Tenör Tahmininde Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı., Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 5-27,41-45.

YILMAZ, Hülya ve SAFEL,Ruhan., 2005, Mermer Sektörü, Vakıfbank Sektör Araştırma Serisi, No:31, Ankara, 3-13.