

**JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANARAK BİR
MERMER YATAĞINDAKİ SELEKSİYONLARIN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**EVALUATING OF SELECTIONS IN A MARBLE DEPOSIT
BY USING GEOSTATISTICAL METHODS**

KEMAL AKSOY

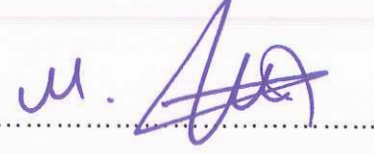
PROF. DR. YILMAZ ÖZÇELİK
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

KEMAL AKSOY'un hazırladığı "**Jeostatistiksel Yöntemler Kullanarak Bir Mermer Yatağındaki Seleksiyonların Değerlendirilmesi**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**' nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

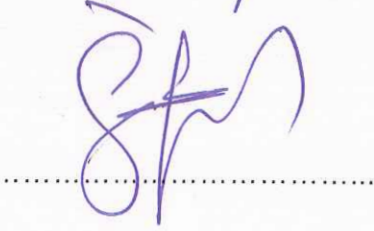
Prof. Dr. Murat ERCANOĞLU
Başkan



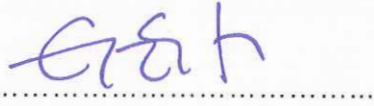
Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK
Danışman



Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Güneş ERTUNÇ
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Fırat ATALAY
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenkle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun 31/12/2018 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

29/05/2018

(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı


Kemal AKJOY

Dedem Kemal AKSOY anısına

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28/05/2018

Kemal AKSOY

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince göstermiş olduğu yakın ilgiden, değerli fikir ve tecrübeleriyle bu çalışmanın ortaya çıkmasında sağlamış olduğu her türlü desteklerinden dolayı danışman hocam Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında daima fikir alışverişinde bulunduğum, özellikle çalışmamın sonuca ulaşmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasındaki büyük katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Fırat ATALAY ve Dr. Öğr. Üyesi Emre Yılmazkaya'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kazı Mekaniği ve Doğal Taşlar Teknolojisi Laboratuvarı kapılarını açarak laboratuvar çalışmalarımı yapabilmem için imkan sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK'e ve Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Nazmi ŞENGÜN'e teşekkür ederim.

Bütün eğitim ve öğretim hayatım boyunca vermiş olduğu her türlü desteğinden, örnek kişilik ve tavırlarıyla profesyonel iş hayatındaki yol göstericiliğinden ve tez çalışmamın uygulandığı mermer işletmesini adeta bir laboratuvar ortamına dönüştürülmesini sağlayan Portsan Mermer San. Pet. ve Tar. Ürün. Enerji Nak. Tic. A.Ş. yönetim kurulu üyesi ve ihracat koordinatörü Sayın Süleyman AKSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Bütün yaşamım boyunca her türlü maddi, manevi desteklerini esirgemeyen değerli anneme, babama ve çalışmam boyunca göstermiş olduğu anlayış, hoşgörü ve sabrından dolayı biricik eşime teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANARAK BİR MERMER YATAĞINDAKİ SELEKSİYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kemal AKSOY

Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK

Mayıs 2018, 77 sayfa

Yaşadığımız zaman dilimi içerisinde yeryüzünün metrelerce altında yatan her türlü maden oluşumunun çeşitli kalite dağılımları net bir şekilde elde edilebilmektedir. Madenlerin bulunduğu bölgelerde sondajlardan elde edilen verilerle sahanın diğer kısımlarının özelliklerinin ortaya çıkarılmasıyla kalite dağılım haritaları elde edilmektedir. Kalite dağılım haritaları, çok yüksek olasılıklarla maden yataklarının doğal özelliklerini temsil etmektedirler. Maden yataklarının hemen hemen bütün parametreleri kullanılmak suretiyle kalite dağılım haritaları çıkarılabilir. Endüstriyel hammadde yataklarının haritası da çeşitli parametreler ile oluşturulabilmektedir. Ülkemizin en yaygın endüstriyel hammaddelerinden olan mermer yataklarının birçok fiziksel ya da kimyasal özellikleri mühendis ve tasarımcılar tarafından başarılı bir şekilde modellenmektedir. Bu özelliklere ek olarak mermer seleksiyonu da modellemede kullanılmalıdır. Seleksiyon, mermerin diğer özelliklerinden bağımsız olarak renk ve desen yönünden sınıflandırılmasıdır. Mermer yatağı katı modelleri seleksiyonlara göre oluşturulduğunda mermer ocağının ekonomik değerlendirilmesi daha kolay olabilmektedir.

Bu çalışmada bir mermer yatağındaki rezervin seleksiyona dayalı olarak ocak içerisindeki dağılımının belirlenmesi ve bunların blok olarak satışından elde edilecek gelirin hesaplanması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda öncelikle dört adet sondaja ait karotların ve ocak içerisindeki basamak yüzeylerinde belirlenen bölgelerinde Schmidt

çekici ile sertlik değeri ölçümleri yapılmıştır. Schmidt sertlik değerleri bilinen on bir tane karot numunesine tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve Schmidt sertlik değeri ile tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki ortaya çıkarılmıştır. Bu ilişkiden yararlanılarak Schmidt sertlik değerleri tek eksenli basınç dayanım değerlerine çevrilmiştir. Elde edilen tek eksenli basınç dayanımları ve mermer ocağındaki üç farklı seleksiyon Surpac programı ile modellenmiştir. Seleksiyonların TS 699 standartına göre 50 MPa üzeri tek eksenli basınç dayanımına sahip olan bölgelerin miktarları kestirilmiştir. Kestirimi yapılan bu seleksiyonlar için ocak başı birim satış fiyatları belirlenmiş ve ocak verimi de hesaba katılarak mermerin blok olarak çıkarılıp satışından elde edilecek gelir hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Schmidt sertlik değeri; tek eksenli basınç dayanımı; Surpac; kestirim; seleksiyon

ABSTRACT

EVALUATING OF SELECTIONS IN A MARBLE DEPOSIT BY USING GEOSTATISTICAL METHODS

Kemal AKSOY

Master Science, Mining Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK

May 2018, 77 pages

The period of time in which we live various quality distributions of any kind of mine occurrences can be clearly obtained. In mine deposit region, quality distribution map is obtained in the way by using drill hole data in order to get information of other part of the deposit. Quality distribution maps represent natural properties of mine layers with high probabilities. By using almost every parameter of mine layers, quality distribution maps can be created. Maps of industrial raw material deposits can be prepared as well. Many physical and chemical properties of marble which is one of the most abundant raw materials in our country are successfully modeled by engineers and designers. Beside these properties, selection of marble should be handled in modeling. Selection is to classify the color and pattern of marble apart from the other properties. As solid model of marble deposit is formed by selections accordingly, it can be so easy to make economical evaluation of the marble quarry.

In this study, it is aimed to determine spread of marble deposit depending on its selection as well as compute income by marketing as block marble. In the line of this purpose, hardness value measurements were performed with Schmidt hammer on four drill samples and bench surface inside the quarry. Uniaxial compressive strength tests were applied to eleven drilling cores on which their Schmidt hardness values

are known, and relationship between Schmidt hardness and uniaxial compressive strength was found out. Schmidt hardness values were converted into uniaxial compressive strength by using this relation. Then, compressive strength and three kinds of selections were modeled. According to TS 699 standards, amounts of each selections which have 50 MPa compressive strength at least, and were estimated. Unit prices except transportation were fixed for each estimated selections, and total revenue from selling of marble as block.

Key Words: Schmidt hardness value; uniaxial compressive strength; Surpac; estimation; selection

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER	vii
ŞEKİLLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	8
2.1. Jeostatistik	8
2.1.1. Bölgesel Değişkenler	9
2.1.2. Lokalizasyon	9
2.1.3. Süreklilik	10
2.1.4. Anizotropi	10
2.2. Variogram	10
2.2.1. Küresel Model	12
2.2.2. Üssel Model	13
2.2.3. Gauss Modeli	14
2.2.4. Doğrusal Model	14
2.2.5. Yuvalı Yapı Modeli	15
2.3. Variogram Doğrulama (Çapraz Doğrulama)	16
2.4. Trend	16
3. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI ve YAPILAN ÇALIŞMALAR	18
3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Topoğrafyası	18
3.2. Bölge İklimi, Yıllık Çalışma Süresi ve Seleksiyonların Tanıtımı	20
3.3. Çalışma Alanının Jeolojisi	21
3.4. Yapılan Çalışmalar	22
3.4.1. Sondaj Çalışmaları	22
3.4.2. Schmidt Sertlik Değerlerinin Belirlenmesi	23
3.4.3. Laboratuvar Çalışmaları	23
3.4.4. Verilerin İstatistiksel Analizi	27
4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	32
4.1. Sondajların Yayılımı	32
4.2. Mermer Yatağı Katı Modeli	33

4.3. Kompozitleme.....	34
4.4. Blok Model.....	34
4.5. Variogram Analizi ve Doğrulama	36
4.6. Blok Kestirimi ve Kaynak Hesabı.....	38
4.7. Trend Analizi	40
4.8. Satış Gelirlerinin Hesaplanması	42
5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	44
KAYNAKLAR	48
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 3. 1. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt sertlik değerleri	26
Çizelge 3. 2. Schmidt sertlik değerleri özet tablosu	28
Çizelge 3. 3. Karot ve basamaktan alınan Schmidt sertlik değerleri	29
Çizelge 3. 4. Dönüşüm sonrası Schmidt sertlik değerleri özet tablosu	30
Çizelge 3. 5. Tek eksenli basınç dayanımlarına ait özet istatistikler	31
Çizelge 4. 1. Uyarlanan variogram modelleri	38
Çizelge 4. 2. Çapraz doğrulama rapor sonuçları	38
Çizelge 4. 3. Seleksiyon türlerine göre sahadaki üretilebilir mermer miktarları ve ortalama UCS değerleri	40
Çizelge 4. 4. Mermer blok satışlarından elde edilecek gelir miktarları	43

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 2. 1. Küresel variogram modeli	13
Şekil 2. 2. Üssel variogram modeli	13
Şekil 2. 3. Gauss variogram modeli	14
Şekil 2. 4. Doğrusal variogram modeli	15
Şekil 2. 5. Yuvalı yapı modeli.....	15
Şekil 2. 6. Tenör trendleri	17
Şekil 3. 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası	19
Şekil 3. 2. Çalışma alanının Google Earth görüntüsü	20
Şekil 3. 3. Mermer işletmesinden çıkarılan açık (a) koyu (b) ve fosilli (c) seleksiyonlar	21
Şekil 3. 4. Bazı sondaj numuneleri	23
Şekil 3. 5. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan numuneler	24

Şekil 3. 6. İşletmeden getirilen numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi	25
Şekil 3. 7. Kırılan numunelerin son hali.....	26
Şekil 3. 8. Çıkarılan malzemenin Schmidt sertlik değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	27
Şekil 3. 9. Schmidt sertlik değerlerinin histogramı	28
Şekil 3. 10. Karot ve basamaklardan okunan Schmidt sertlik değerleri arasındaki ilişki	29
Şekil 3. 11. Dönüşüm sonrası Schmidt sertlik değerlerinin histogramı	30
Şekil 3. 12. Tek eksenli basınç dayanımlarının histogramı	31
Şekil 4. 1. Sondajların plan görüntüsü	32
Şekil 4. 2. Mermer yatağının katı modeli ve seleksiyonların gösterimi.....	33
Şekil 4. 3. Cevher blok modelin plan (a) ve kesit (b) görüntüleri.....	35
Şekil 4. 4. Yatay yönlü UCS variogram grafiği	37
Şekil 4. 5. Düşey yönlü UCS variogram grafiği	37
Şekil 4. 6. Açık seleksiyonlu mermerlerin kestirim haritası	39
Şekil 4. 7. Koyu seleksiyonlu mermerlerin kestirim haritası	39
Şekil 4. 8. Fosilli seleksiyona sahip mermerlerin kestirim haritası	40
Şekil 4. 9. Sahanın x (sağ) yönünde UCS değişim grafiği	41
Şekil 4. 10. Sahanın y (yukarı) yönünde UCS değişim grafiği	41
Şekil 4. 11. Sahanın z (kot) yönünde UCS değişim grafiği	42

1. GİRİŞ

Madencilik; yer kabuğunda bulunan ve insanların ihtiyaçlarını doğrudan ya da dolaylı olarak karşılamak için gerekli olan minerallerin aranması, bulunup çıkarılması gibi işlemleri kapsamaktadır. Madencilik faaliyetleri açık ocak işletmeciliği ve yer altı işletmeciliği olarak temelde iki yöntemle yapılmaktadır. Üretime geçmeden önce maden varlığının bulunduğu bir alanda bazı aramalar yapılmak suretiyle maden yatağının varlığı ve yayılımı belirlenir. Maden yatağının varlığı belirlendikten sonra cevherin miktarı, tenör değeri ya da hedef kalite değişkeni ve cevher hakkında bilgiler toplanır.

Cevhere ait bilgiler toplandıktan sonra, madeni işletmeye açmadan önce maden tasarımı ve planlamasının yapılması ilerleyen yıllarda karşılaşılabilecek muhtemel risklerin azaltılması ve madene yapılan yatırımın verimliliğinin artırılması açısından zorunludur. Maden tasarımı ve ocak planlama ise topoğrafya modelleme, jeolojik katı modelleme, kaynak ve rezerv kestirimi ve üretim planlaması gibi ayrıntılı ve zaman gerektiren bir çalışmadır.

Madencilik çalışmalarının verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için arama, proje, hazırlık, üretim ve sonrasındaki süreçlerin her birinde kullanılacak olan verilerin doğru bir biçimde elde edilmesi ve değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bazen hesaplamalarda, bazen ise çizim ve model oluşturmada kullanılan bu veriler, yapılan çalışmanın aşamasına göre farklı ortam ve belgelerin içerisinde tutulur. Günümüzde gelişim gösteren bilgisayar teknolojileri ile bilgisayar yazılımları, bu verileri sayısal olarak çok daha depolama ve çok daha hızlı değerlendirme imkanlarını da beraberinde getirmektedir. Bilgisayar destekli maden tasarımı yazılımları, bu amaç doğrultusunda geliştirilen özel niteliklere sahip araçlardır.

Maden tasarımında kullanılan bilgisayar yazılımları, madencilikğin tüm aşamalarına ait verilerin bir veri tabanında toplanmasını ve bu verilerin gerek görsel gerekse sayısal olarak oldukça kısa zamanda yorumlanmasını mümkün hale getirmektedir. Topoğrafik yapı, jeolojik yapı, kaynak ve rezervin hesaplanması, patlatma, örtü kazı, hazırlık, üretim, nakliye ve havalandırma gibi madencilikğin ana konularına yönelik çalışmalarda olabildiğince gerçek modellerin elde edilmesi, bu yazılımların sunduğu en belirgin kolaylıklardandır. Elde edilen modellerin madencilik çalışmalarıyla birlikte kolay şekilde güncellenmesi, mevcut vaziyet ve yakın geleceğin çok daha yakından

takip edilmesi bakımından önemli oranda iş gücü ve süre tasarrufu sağlamaktadır. Böylece bu tür yazılımlar, bu iş için harcanan süreyi kısaltıp çalışma verimini yükselterek maden mühendislerinin planlamalarını kolayca yapmalarını sağlamaktadır.

Madencilğin önemli sektörlerinden birisi mermer ve doğal taş işletmeciliğidir. Jeolojik yapısı itibariyle doğal taş bakımından zengin bir potansiyele sahip olan ülkemizin günümüz verilerine göre 4 milyar metreküp işletilebilir mermer, 2,8 milyar metreküp işletilebilir traverten ve 1 milyar metreküp granit rezervi bulunmaktadır. Bu değerler göz önünde tutulduğunda ülkemiz, dünya doğal taş rezervinin yaklaşık %40'ına sahiptir [1]. Mermer işletmeciliği ülkemiz sınırları içerisinde yürütülen madencilik çalışmalarına öncülük etmektedir. Bu durum dikkate alındığında, sahip olduğumuz mermer rezervlerimizin özelliklerinin ortaya çıkartılması ve her türlü mühendislik çalışmalarının yapılması, dünya çapında hedeflediğimiz konuma ulaşmamızda sektöre ivme kazandıracaktır.

İşletmeye açılan mermer ocaklarındaki rezervin yapısı, renk ve desen olarak farklı görünümlere sahiptir. Aynı ocak içerisinde bile birden fazla ve farklı görünümlerde mermer bloklar üretilmektedir. Bu durum, ülkemiz mermer ocaklarında oldukça olağandır. Rezerv içerisindeki farklı renk ve desenler seleksiyon olarak tanımlanmakta ve blok üretiminde sayalama ya da ebatlama adı verilen işlemler sırasında aynı görünüme sahip homojen bloklar üretilmektedir.

Ocaklarda üretilen mermer blokların seleksiyon tanımının iyi yapılması ve seleksiyona uygun sınıflandırılması, kaliteli üretimin birinci aşamasıdır. Üretim sırasında renk ve desen açısından homojen görünüme sahip ürünlerin elde edilmesi üretim sonrası işlemleri kolaylaştırmaktadır. Özellikle ihracatın sürekliliği ve üretim kalitesinin devamlılığı düzgün seleksiyona sahip mermer ürünlerinin uluslararası piyasalara sunulmasıyla mümkün olmaktadır. Bu nedenle, mermer yataklarının rezerv hesabı yapılırken rezervi oluşturan seleksiyonların türüne göre kestirim yapılması, üretimden pazarlamaya kadar olan süreçteki bütün işlemleri etkilemektedir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, üç farklı seleksiyona sahip olan bir mermer yatağını, üç boyutlu olarak modelleyerek, seleksiyonların oluşturduğu mermer rezervlerinin ocak içerisindeki yayılımını ve miktarlarını ayrı ayrı tespit etmek ve her

bir seleksiyon için satış fiyatlarını belirleyerek, çıkarılacak blok mermerlerin satışından işletme sonunda elde edilecek geliri hesaplamaktır.

Bu tezde, farklı seleksiyonlardan oluşan mermer rezervinin satışından elde edilecek toplam geliri ortaya koyabilmek için öncelikle ocak içerisinde farklı noktalarda yapılan sondajlardan elde edilen karot numuneleri üzerinde, Schmidt çekici kullanarak sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Böylece, Schmidt sertlik değerleri ile tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişkinin varlığı ortaya çıkarılmıştır. Bu iki değer arasındaki ilişki kullanılarak işletme içerisindeki sondaj numunelerinden alınan Schmidt sertlik değerleri, tek eksenli basınç dayanımı değerlerine çevrilmiştir. Daha sonra, ocak içerisinde basamaklar üzerinde 82 bölgede Schmidt okumaları gerçekleştirilmiş ve elde edilen ilişkiye yola çıkılarak, her bir noktadaki tek eksenli basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı değerleri kestirim işlemlerinde kullanılmak suretiyle kaplama ve yapı taşı olarak kullanılabilen mermer rezervinin, üç farklı seleksiyon için miktarları hesaplanmıştır.

Schmidt çekici elde taşınabilen kullanımı basit bir ekipmandır. Test numunelerinin hazırlanması da oldukça pratiktir. Diğer taraftan, tek eksenli basınç deneyleri için özel numuneler hazırlamak gerekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada pratik olması açısından Schmidt çekici deneyi yapılmış ve elde edilen sonuçlardan tek eksenli basınç dayanımı verilerine geçilmiştir.

Birçok araştırmacı Schmidt çekici ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çalışmalar yapmışlardır. Ayrıca, bazı araştırmacılar ise doğal taşların kalitesini ve kalitenin rezerv içerisinde göstermiş olduğu dağılımı araştırmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır.

Schmidt sertlik değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki Inoue ve Ohomi [2], Deere ve Miller [3], Aufmuth [4], Beverly vd. [5], Kidbinsky [6], Singh vd. [7], Shorey vd. [8], Haramy ve De Marco [9], Ghose ve Chacrabarti [10], O'Rourke [11], Sachpazis [12], Xu vd. [13], Gökçeoğlu [14], Kahraman [15], Katz [16], Yılmaz ve Sendir [17], Karaman vd. [18] gibi çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Taboada vd. [19], bir arduvaz işletmesinde jeostatistiksel yöntemler uygulayarak üretim bandındaki arduvazın üretim planını geliştirmiştir. Yaptıkları çalışmada arduvazın kalite değerlendirmesini üç aşamada incelemişlerdir. İlk aşama, üretim

bandının jeoistatistiksel parametrelerini tanımlamayı ve görülebilen yüzeylerde bu parametreleri değerlendirmeyi içermektedir. İkinci aşama, incelenen kalite fonksiyonunu değerlendirmek için çok değişkenli istatistiksel tekniklerin uygulanmasını içermektedir. Bu kalite fonksiyonu malzemenin kazanım indeksi olarak görülebilmektedir. Üçüncü aşama ise, görünen yüzeylerden elde edilen indeksler kullanılarak üretilecek olan bölgenin kalite özelliklerini ve mekanik kesme işlemlerinin planlanmasını en iyi sonuç verecek biçimde jeoistatistiksel yöntemler kullanarak yapılmasını içermektedir. Bu şekilde izlenen bir yaklaşımla araştırmacılar, üretilebilir arduvaz miktarının önceden bilinmesine imkan sağlamışlardır.

Roko vd. [20], eklem arayüzlerinin morfolojisini eşik değer (sill), yapısal uzaklık (range), variogramın başlangıç noktasının eğimi gibi jeoistatistiksel parametreler kullanarak tanımlamışlardır. Ayrıca, doğrudan makaslama dayanımı deneylerinde kullanılan numunelerin, malzemeye özgü sınır değerlerini belirlemede de jeoistatistiksel parametreleri dikkate almışlardır. Yüzeylerin anizotropik özellikleri, variogramın eşik değeri ve grafiğin başlangıç bölgesinin eğimi yardımıyla tanımlanmıştır.

Taboada vd. [21], arduvaz yatağındaki sondaj örneklerinden aldıkları verileri kullanarak, arduvaz rezervini sayısal olarak değerlendirmek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde öncelikle, kalite değerlendirmesi yapılacak olan sahaya ait parametreler, tanımlanmıştır. Sondaj numunelerinden elde edilen bu parametreler, çok değişkenli istatistiksel tekniklerle sentezlendikten sonra bir kalite indeksi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu indeks bölgesel değişken olarak değerlendirilmiştir. Bu bilinen bölgesel değişken yardımıyla, arduvaz yatağındaki bilinmeyen noktaların kalite değerlerine ulaşılmıştır. Bu yöntem, yatağın kalite miktarını belirlemeye olanak sağlamıştır.

Taboada vd. [22], jeoistatistiksel teknikler kullanarak bir granit ocağının kalitesini değerlendirmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu amaç doğrultusunda, üretim bölgesinden 569 farklı noktadan granitin kalitesini karakterize eden jeolojik ve jeoteknik faktörlerin gözlemi yapılmıştır. Bir granit yatağındaki rezervi en ideal kullanma yolunu belirlerken, bu faktörlerle blok kalitesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinin son derece önemli olduğu vurgulanmıştır. Gözleme dayalı bu faktörler kullanılarak doğrusal basit bir indeks oluşturulmuştur. Sonrasında,

başlangıçta hiçbir veri olmayan bölgelere jeostatistiksel yöntemler kullanılarak bu indeks uygulanmış ve bölgenin maksimum kalitesi tahmin edilmiştir.

Tercan ve Özçelik [23], boyutlu taş üretilen ocakların değerlendirilmesinde ortaya çıkan problemleri göstermişlerdir. Bu problemler; tek bir kalite değerinin olmaması ve blokların sınıflandırılmamış olmasıdır. Tek bir kalite değişkeni oluşturmak için malzemenin kalite değerini etkileyen çoklu değişkenlerin hesaba katılması yaklaşımı önerilmiştir. Bu çoklu değişkenlerin arasındaki ilişkiler, variogram matrisleriyle tanımlanmıştır. Böylece, kestirim işlemi daha pratik hale getirilmiştir. Yaklaşımlar Ankara'da bulunan bir andezit ocağına uygulanmıştır. Ocak 20 metrelik düzgün aralıklarla 108 noktaya ayrılmış ve bu noktalardan kaya örneği alınmıştır. Andezitin ekonomik kazı değerini kontrol eden bazı mekanik özellikler, bu örnekler üzerinde test edilmiştir. Elde edilen test verileri kullanılarak, andezite ait bir kalite indeksi elde edilmiştir. Sonrasında, uygulama alanı 1862 adet beş metrelik bloklara bölünmüş ve bu bloklara ait dağılım fonksiyonu krigleme yöntemiyle kestirilmiştir. Sonuç olarak, andezit bloklar en az ekonomik kaybın olacağı şartlara göre üretilebilir ve üretilemez bölgeler olarak sınıflandırılmıştır.

Yüksek vd. [24], Sivas ilinde bulunan bir kireçtaşı sahasındaki sondaj verilerini kullanarak sahanın hammadde kalite dağılımını bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak modellemişlerdir. Bu amaçla, sondajlardan alınan veriler jeolojik ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Blok model, 25 m x 25 m x 4 m ebatlarında bloklar ve yatak sınırlarında 12,5 m x 12,5 m x 4 m ebatlarında alt bloklar oluşturularak bu bloklara tenör değerleri atanmıştır. Verilerin variogram analizlerinde, serbest kireç (CaO) için değişik variogram grafikleri çizilerek, sondaj boyunca matematiksel variogramın madogram ve buna en uygun modelin, periyodik model olduğunu belirlemişlerdir. Diğer yönlerde ise, farklı matematiksel denklem ve modellerin denenmesi sonucunda colleogram ve covariogram grafiklerine küresel veya üssel modelin uygun olduğunu ortaya koymuşlardır. Krigleme yöntemini kullanarak kalite aralıklarına bağlı olarak tonaj miktarlarını ve sahanın toplam tonajını hesaplamışlardır.

Taboada vd. [25], bulanık uzman sistem adı verdikleri bir yöntem geliştirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada bir arduvaz yatağına ait 16 tane karotlu sondajdan jeoteknik veri toplamışlardır. Bu karot verilerini kullanarak, yatağın verim oranını tanımlayarak, üretilen malzemenin plaka standartlarını dikkate alarak, üretilen nihai ürünün kalitesine göre bulanık uzman sistemi geliştirmişlerdir.

Martinez vd. [26], ocaktaki ham verileri yaklaşık olarak temsil eden faktörleri bulabilmek için birincil bileşen analizini kullanmışlardır. Sonrasında eş-krigleme kestiriminde ikincil değişken olarak bulunan faktörü göz önüne alarak taş ocaklarına uygulanabilen nesnel bir kalite değerlendirme yöntemi sunmuşlardır.

Exadaktylos ve Stravropoulou [27], kayaçların uzaklığa bağlı kalite değerlerinin belirlenmesinde krigleme kestirim yöntemini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada sahanın jeolojik durumunu sayısal modelleme ile açıklamaya çalışmışlardır. Burada bahsedilen jeolojik durum ilgili formasyonun üç boyutlu hacmini ifade etmektedir. Uzaklığa bağlı değişkenlik; her bir hacmin içinde, o hacmi oluşturan kaya parametreleri ile laboratuvar ortamında sahaya ait karot örneklerinden belirlenen deformasyon ve dayanım değerleri sayesinde ortaya konulmaktadır. Araştırmacılar, bu değerlerin yanında önceki araştırmalarda hiç kullanılmamış bazı parametreleri de hesaba katarak, bir teori geliştirmişlerdir. Bu teoride yeraltısuyu, kayaçlara ait temel özellikler, ilgili malzemelere ait çeşitli parametreler de kullanılarak benzetim modeli oluşturulmaya çalışılmıştır. Böylece, laboratuvar ölçekli elde edilen değerler ile sahanın tamamını kapsayacak şekilde tam ölçekli sayısal modeller oluşturulmuştur.

Sarı vd. [28], Ankara andezitlerinin kaya kütle özelliklerini modellemek için Monte Carlo benzetim yöntemini kullanmışlardır. Bu amaçla, bozunmaya uğramamış kayaçlar için parametrik dağılımlar ve bozunmuş kısımlar için de, süreksizlik parametreleri çıkarılmıştır. Bu dağılımlar, kaya kütle sınıflandırmasında (RMR) modeli oluşturmak için girdi olarak değerlendirilmiştir. Benzetim yoluyla oluşturulan RMR değerlerinde, uygun dağılımlar arasındaki korelasyon etkisini değerlendirmek için bir stokastik analiz yapılmıştır. Model, Hoek-Brown yenilme kriterlerine ait parametrelerin tahmininde Monte Carlo benzetiminde kullanılmıştır. Önerilen yaklaşım, kaya kütlelerinin değişkenliğinin verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Böylece, bir yataktaki kayaçların mekanik özellikleri ön değerlendirmede yeterli olacak biçimde ortaya çıkartılmıştır.

Sürekli ve kategorik değişkenlerdeki belirsizliklerin modellenmesi, yerbilimlerinde yaygın bir konudur. Emery ve Silva [29], sürekli verilerle kategorik verilerin birlikte değerlendirildiği karışık bir model sunmuşlardır. Sürekli verilerle kategorik veriler arasındaki ilişki, Gauss bölgelerinin uzaklığa bağlı çapraz doğrulaması ile ortaya çıkartılmaktadır. Modelin parametrelerinin ortaya çıkartılmasında, verilerin

benzetiminde ve veriler üzerindeki durumun gösteriminde algoritmalarından ve bilgisayar programlarından faydalanılmaktadır.

Akkoyun [30], yatırım değerlendirme tekniklerini ve risk analizi yöntemlerini ele almıştır. Doğal taş yataklarında yatırım değerlendirme sürecine yardımcı olacak yeni bir bilgisayar benzetim programı geliştirmiştir.

Yukarıda verilen bu çalışmalar, uygulamaların gerçekleştirildiği sahaların kalite dağılımlarını belirlemeye yönelik olarak yapılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında ise, ilk defa bir mermer yatağı renk çeşitliliğine göre seleksiyon bazında değerlendirilmiş, yatağın tamamının tek eksenli basınç dayanımı jeostatistiksel yöntemlerle kestirilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre mermer olarak üretilebilir durumda olan her bir seleksiyonun tonaj miktarı bulunmuştur. Sahadan üretilip pazarlanması planlanan bu seleksiyonlar için ton başına birim satış fiyatları tayin edilerek, işletme sonunda rezervin tamamının üretilip satılması halinde işletmenin elde edeceği gelir durumu ortaya konmuştur.

Beş bölümden oluşan bu tez çalışmasının birinci bölümü teze giriş kısmıdır. Tezin birinci bölümünde madencilik ve ülkemiz madencilik sektöründe mermerin öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca, tez çalışması önceki çalışmalar ile karşılaştırılmış ve çalışmanın farkı ortaya konmuştur.

İkinci bölümde, bu çalışma kapsamında kullanılan deney yöntemleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, çalışma alanı tanıtılmıştır. Bölge hakkında bilgiler aktarılmış olup, yıllık çalışma süresinden bahsedilmiştir. Ayrıca, tez çalışması kapsamında arazide ve laboratuvarında yürütülen çalışmalar aktarılmıştır. Elde edilen verilere ait istatistiksel analizler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, daha önce elde edilen verilerin Surpac yazılımı kullanılarak değerlendirilmesi yapılmış, üretilebilir mermer seleksiyonlarının satışından elde edilecek gelir hesaplanmıştır.

Son kısım olan beşinci bölümde ise, gerçekleştirilen bütün çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bu sonuçların değerlendirilmesi verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Jeostatistik

Jeostatistik kelimesi, “Jeo” ve “İstatistik” kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşturulmuş olsa da, istatistiğin jeolojiye uygulanması değildir. Jeostatistik kavramı 1960’lı yıllarda Georges Matheron tarafından, bölgeselleşmiş değişkenler teorisi üzerine yaptığı teorik çalışmaların, jeoloji ve madencilik ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılması ile ortaya çıkmıştır. Bu teori, 1951’de Daniel Krige’nin Güney Afrika altın madenlerinde yaptığı ampirik çalışmalarda elde ettiği sonuçlarla onaylanmıştır. Bu nedenle de, “Kriging” terimi Daniel Krige’nin onuruna jeostatistiğe girmiştir [31-32].

Klasik istatistikte, temel olarak bir gruptan alınan bütün örnekler her zaman rasgele ve birbirlerinden bağımsızdır. Ancak, jeostatistikte örneklerin konumsal ilişkisi ortaya koyulmaktadır. İlişkiyi ortaya koymak için genelde variogram fonksiyonu kullanılmaktadır. [32].

Günümüzde maden yataklarının değerlendirilmesinde klasik yöntemler de kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemler maden yatağının kalite dağılımı, konumsal bağımlılık biçimi, verilerin sürekliliği ve yapılan işlemin sonucundaki hata oranı hakkında bir sonuç vermemektedir. Bu nedenlerden dolayı, klasik yöntemler maden planlaması için yetersiz kalıp, elde edilen sonuçların güvenilirliği de azdır. Klasik yöntemlerin maden yatağı değerlendirilmesinde eksik kalması nedeniyle, jeostatistik adı verilen ve bölgeselleşmiş (yersel) değişken kuramı geliştirilmiştir. Kuram ilk kez Matheron [33] tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yeni jeostatistiksel yöntem son yıllarda geniş uygulama sahaları bulmuştur. Madenciliğin yanı sıra, çevre kirlilik analizleri [34], toprak analizleri [35], hidrolojik verilerin incelenmesi [36], meteorolojik verilerin değerlendirilmesi [37] gibi birbirinden kökensel olarak farklı alanlarda, jeostatistiksel uygulamaları kullanılmaktadır.

Son zamanlarda yapılan çok sayıdaki çalışma, cevher içerisinde alınabilecek her değişkenin konumsal ilişki düşüncesini doğrulamıştır. Verileri birbiriyle tamamen bağımsız olarak ele alan istatistiğin yanıltıcı sonuçlar vereceği açıktır. Çünkü, konumsal ilişki özelliği gösteren bölgesel değişken, rastgele değişkenden fazla olarak yapısal bileşen içermektedir. Birçok yatakta düşük ve yüksek tenörlü bölgeler ayırdedilebilir. Bazen, yüksek tenörlü bölgede düşük tenörlü kısımlar bulunabilir. Bu

özellik ise rastgele bileşen ile belirlenmekte, iki bileşenden oluşan bir bölgesel değişkene klasik istatistiğin uygulanması, bu değişkenin yapısal bileşeninin göz ardı edilmesine yol açmakta ve yanıltıcı hesaplamaların yapılmasına olanak sağlayabilmektedir [38-39].

Jeoistatistiksel yöntem, bir maden yatağındaki sondaj parametre değerlerinin bir doğrultu boyunca değişimlerinin sürekliliğini ve farklı yönlerde var olan değişkenliğini göz önüne almaktadır. Bu bağımlılık derecesinin, aralarındaki uzaklığın bir fonksiyonu olduğunu varsaymakta, ağırlıklı hareket eden ortalamalar yöntemini kullanarak, elde edilen ızgara düğüm noktaları değerlerinin, jeoistatistiksel yöntemler yardımı ile değerlendirilmesi sonucunda da, daha gerçekçi bir sonuçlar elde edilmesini sağlayabilmektedir [40].

Günümüzde jeoistatistik, bütün maden yataklarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Jeoistatistikte bir takım kavramlardan faydalanılmakta olup, kullanılan jeoistatistiksel kavramlar aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.1.1. Bölgesel Değişkenler

Belirli bir yapıya sahip maden yatağının, belirli bir yerinden, belirli bir miktarda ve hacimde alınan örneğe “bölgesel değişken” adı verilir. Bu nedenle, bölgeselleşmiş değişken, rasgele örneklenmiş bir değişken olmayıp, sürekli bir fonksiyona sahip değildir [32].

2.1.2. Lokalizasyon

Bir maden yatağındaki değişimler belirli bir geometrik alan (veya üç boyutlu hacim) sınırları içinde oluşur. Bunun yanında, maden yatağının herhangi bir noktasındaki değişken değeri, en azından o noktadan alınacak örneğin şekli, boyutları ve doğrultusuyla açıklanmaktadır. Bunlardan herhangi birinde yapılan değişikliklerle, yeni bir bölgeselleşmiş değişken elde edilmektedir. Örneğin; aynı yerden 10 kilogramlık karot örneği ve 10 tonluk patlatma ile parçalanmış örnek alındığında, her iki örnek de aynı yerden alınmasına rağmen, iki ayrı bölgeselleşmiş değişkendir. Genel olarak, patlatma ve karot örneklerinin ortalamalarının birbirinden farklı olması ve aynı zamanda patlatma örnekleri hacminin daha büyük olması nedeniyle, örnek alınan yerin ortalama değişken değeri, patlatma örneklerini daha iyi temsil etmektedir [41].

2.1.3. Süreklilik

Bazı maden yataklarından alınan örnekler arasında belirli bir boyut (uzaklık) civarında veya sürekli olarak “devamlılık,” diğer bir deyişle, örnekler arası bir ilişki gözlenir. Bazılarında ise böyle bir ilişki gözlenmez [41]. Örnekler arasındaki bu ilişki devamlılık ya da süreklilik olarak değerlendirilir.

Maden yataklarındaki mineralizasyonun üç boyutlu varyasyonları, cevher oluşumunun jeolojisine ve alınan örneklerin cinsine göre çok farklı olmaktadır. Örneğin, sedimanter kökenli cevherler, hidrotermal kökenli cevherlerden genellikle çok daha iyi devamlılık gösterirler. Birçok maden yatağında, karmaşık varyasyonlara rağmen, belirli bir devamlılık görülmektedir. Bununla birlikte, bazı cevherlerde (nabit altın) ise belirli bir devamlılık görülmez ve maden yatağındaki cevher dağılımı rassaldır. Belirli oranlarda da olsa devamlılık gözlenen maden yataklarının değerlendirilmesinin kolay olmasına karşılık, rassal değişkenlerin değerlendirilmesi ise daha güçtür [41].

2.1.4. Anizotropi

Bölgesel değişkenin yapısının yöne bağlı olarak değiştiği pek çok örnek vardır. Anizotropinin yönü ve anizotropi derecesi, deneysel variogramın çeşitli yönlerde hesaplanmasıyla belirlenmektedir. Deneysel variogramları dört ana yönde hesaplamak çoğu zaman yeterli olmaktadır. Eğer bu variogramlarda yapısal uzaklık yönünün bir fonksiyonu olarak değişiyorsa, incelenen değişkenin geometrik anizotrop olduğu varsayılır. Yapısal uzaklık aynı, eşik değerleri değişiyorsa, bu durumda variogram, zonal anizotropik olarak değerlendirilir [42].

2.2. Variogram

Variogram, bir cevher yatağından alınan örnekler arasındaki uzaklığa bağlı korelasyonu belirlemek için kullanılır. En önemli özelliği ise, maden yatağını değerlendirirken, cevherleşmenin devamlılığı, yönü ve etki mesafesi gibi jeolojik değişkenleri bir fonksiyon biçiminde belirtmesidir [41].

Birbirinden h kadar mesafedeki bölgesel değişkenler arasındaki benzerlik ve farklılıklar incelenerek variogram fonksiyonları elde edilir. Diğer bir söyleyişle bölgesel değişkenin değeri arasındaki farklar, $z(x)-z(x+h)$, değişkenin h mesafesindeki benzerlik derecesini ifade eder. Madenin bulunduğu bir yatakta aralarındaki uzaklık h olan birden fazla örnek çifti tanımlamak mümkündür. Bu şekilde birden fazla farkın ortalaması, uzaklığa bağlı değişkenliğin bir ölçüsü olarak dikkate alınabilir [43].

$$f(h) = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n [z(x) - z(x+h)] \quad (2.1)$$

Üstteki eşitlikte n; birbirlerinin arasındaki mesafenin h olduğu örneklerin sayısıdır. Bununla beraber bu ölçü, mesafeye bağlı değişkenliğin mutlak bir ölçüsü olmadığından bunun yerine farkların kareleri alınarak kullanılır [43].

$$f(h) = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n [z(x) - z(x+h)]^2 \quad (2.2)$$

Farklı h uzaklıkları için bu fonksiyonun değeri hesaplanabilir. Buradan tenör değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimi incelenebilir [43].

Jeoistatistiksel rezerv hesaplama yöntemi, uzaklığa bağlı ilişkinin modellenmesi prensibine dayanır ve f(h) fonksiyonu, variogram olarak adlandırılır ve

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{n=1}^{n(h)} [z(x) - z(x+h)]^2 \quad (2.3)$$

ile hesaplanır [43].

Bu eşitlikte farklı h mesafeleri için elde edilen grafiğe teorik bir variogram modeli fit edilerek kestirim işlemlerinde bu modele ait parametreler kullanılır. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken nokta, her analitik fonksiyonun variogram modeli olarak kabul edilemez olduğudur. Variogram fonksiyonunun pozitif tanımlı olması gerekmektedir. Böylece, rezerv hesaplamalarında çözümü olmayan sistemlerle ve eksi varyanslarla karşı karşıya kalınmamış olacaktır.

Variogram modeli tanımlayan üç parametre vardır. Bu parametreler, yapısal uzaklık (a), külçe etkisi (C₀) ve eşik değerdir (C).

Yapısal uzaklık (a); bölgesel değişkenin yapı gösterdiği mesafeye karşılık gelmektedir. Bu mesafeden sonra bir değer, diğer değer üzerinde, hiçbir etkisi yoktur. Pratikte yapısal uzaklık, bir verinin etki alanına eşittir [43].

Külçe etkisi (C₀); bu model bir konumdan diğerine ani olarak değişen bir bölgesel değişkenin davranışını temsil eder. Kuramsal olarak h=0 olduğunda variogramın değeri sıfıra eşittir. Bununla birlikte, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık vardır. Bu sınır uzaklık, bütün mevcut örnekler içinde birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Pratik olarak, bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın değişimi veri olmadığından belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe yol açar. Orijindeki süreksizliğin diğer bir nedeni de, örnekleme ve analiz hatalarıdır.

Eğer bir noktadan iki örnek alma imkanı olsaydı, alınan örneklerin değerleri arasında örnekleme ve analiz hatalarından dolayı bir fark oluşurdu. Süreksizliğin bu iki kaynağını birbirinden ayırt etmek mümkün olmayıp, variogramda bu durum, külçe etkisi (C_0) olarak ortaya çıkmaktadır [43].

Eşik değer (C); sill olarak da ifade edilmektedir. Variogram fonksiyonun belirli bir dönüm noktasına ulaştığı noktadır. Pratikte sill, variogramı hesaplamak için kullanılan tüm numunelerin varyansına eşittir [43].

Deneysel variogramlarda, variogram değerleri belirli uzaklıklar için hesaplanır ve bunun dışındaki uzaklıklarda variogram değerleri bilinmez. Bölgesel değişkenin özelliklerinin belirlenmesinde ve özellikle örneklenmemiş noktalardaki değerlerinin kestiriminde, variogramı bütün uzaklıklarda bilmek gerekir. Bu ise variogram modellemeyi, yani deneysel variogram değerine bir fonksiyon uyarlamayı gerektirir. Variogram her zaman pozitif değerler aldığından, seçilecek fonksiyonun da pozitif tanımlı bir fonksiyon olması gerekir [42].

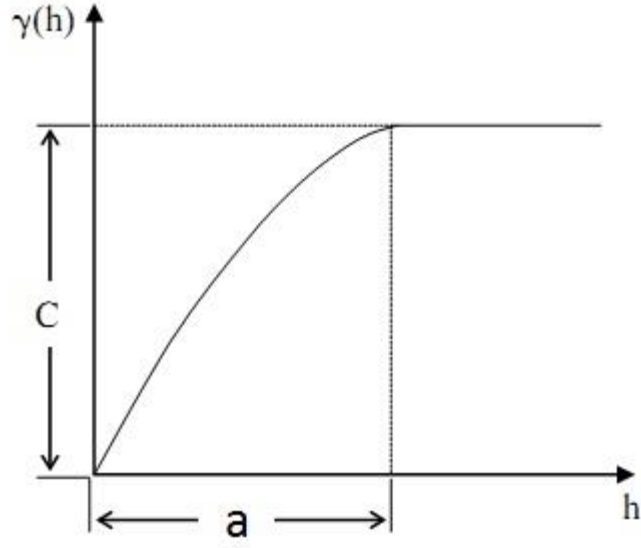
Jeoistatistiksel rezerv belirleme ve kestirim işleminde kullanılan variogram modelleri alt başlıklarda açıklanmaktadır.

2.2.1. Küresel Model

Yaygın olarak kullanılan variogram modelidir. C parametresi, variogramın en yüksek değerini, a parametresi ise yapısal uzaklığı (range) göstermektedir. Küresel variogramın değeri, orijinden başlayıp h mesafesi ile artar. Yapısal uzaklığa ulaşıldığında artışını durdurur. Bu uzaklıkta, variogramın değeri C'ye eşittir [42].

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0 & h=0 \\ \gamma(h) &= C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & h \leq a \\ \gamma(h) &= C & h > a \end{aligned} \quad (2.4)$$

Matematiksel olarak Eşitlik 2.4'te verilen denklemlerle ifade edilen küresel modelin grafiği Şekil 2.1'de verilmiştir.



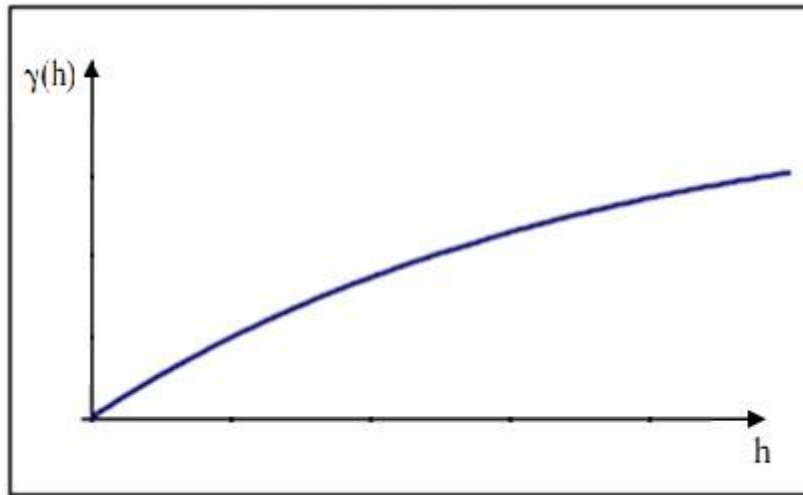
Şekil 2. 1. Küresel variogram modeli

2.2.2. Üssel Model

Bu model için çizilen yarıvariogram bir etki uzaklığına sahip değildir, fakat eğri asimtotik olarak eşik değere ulaşır [42].

Şekil 2.2'de grafiği verilen üssel modelin variogram değeri Eşitlik 2.5 ile hesaplanmaktadır.

$$\gamma(h) = C \left(1 - e^{-\frac{h}{a}}\right) \quad (2.5)$$

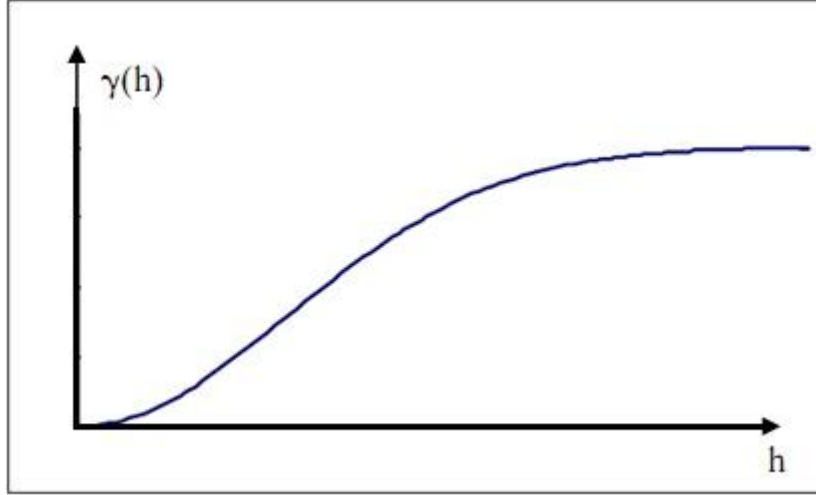


Şekil 2. 2. Üssel variogram modeli

2.2.3. Gauss Modeli

Kısa mesafeler için parabolik model gibi davranış gösterirken çok uzak mesafelerde yatay özellik gösterir [42].

Gauss modeline ait grafik Şekil 2.3'te verilmektedir.



Şekil 2. 3. Gauss variogram modeli

Bu modele uyan variogram değerleri Eşitlik 2.6 kullanılarak hesaplanmaktadır.

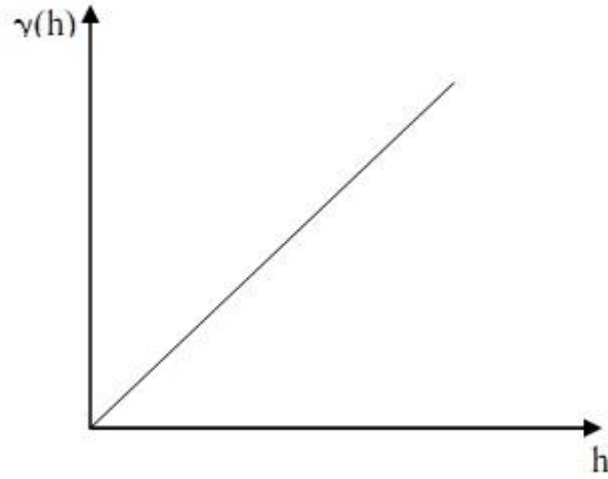
$$\gamma(h) = c \left(1 - e^{-\frac{h^2}{a^2}} \right) \quad (2.6)$$

2.2.4. Doğrusal Model

Artan h uzaklığı ile birlikte bölgesel değişken de orantılı bir şekilde artış gösteriyorsa bu tür variogramlar doğrusal model variogramlardır ve Eşitlik 2.7 ile ifade edilirler;

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0 & h &= 0 \\ \gamma(h) &= kxh & h &\neq 0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

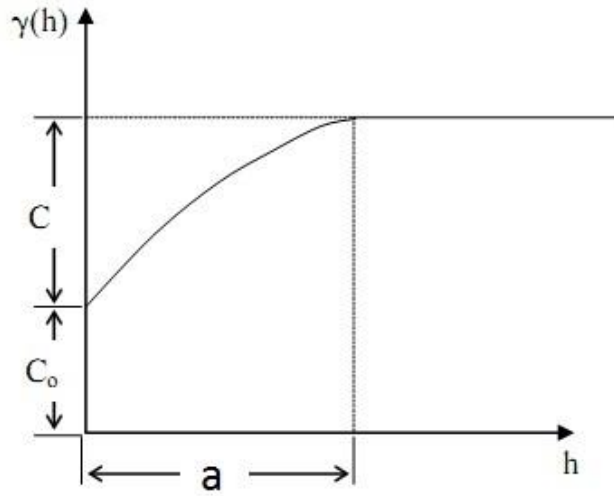
Şekil 2.4'te doğrusal variogram modeline ait grafik verilmiştir.



Şekil 2. 4. Doğrusal variogram modeli

2.2.5. Yuvalı Yapı Modeli

Yuvalı yapı modeli küresel variogram ve külçe etkisi modelinin birleşimidir. Pratikte sıklıkla karşılaşılan variogram modelidir. Yuvalı yapı modeline ait variogram grafiği Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2. 5. Yuvalı yapı modeli

Yuvalı yapı modeli matematiksel olarak Eşitlik 2.8'de verilen denklemler ile ifade edilir.

$$\begin{aligned}
 \gamma(h) &= 0 & h=0 \\
 \gamma(h) &= C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1h^3}{2a^3} \right] & h \leq a \\
 \gamma(h) &= C & h > a
 \end{aligned} \tag{2.8}$$

C variogramın eşik değerini ifade ederken, a yapısal uzaklığı, C_0 ise külçe etkisini ifade etmektedir.

2.3. Variogram Doğrulama (Çapraz Doğrulama)

Yapılan variogram analizi sonucunda elde edilen variogram modellerinin geçerliliği ve doğruluğu çapraz doğrulama yöntemiyle gerçekleştirilir. Çapraz doğrulama yapılarak, variogram modellemesinin arazideki verinin gerçek dağılım yapısını hangi derecede yansıttığı belirlenir. Esas olarak, bu test yapılırken, sahadaki gerçek bir değer silinir ve komşu veriler ve variogram modeli kullanarak o noktada bir tahmin yapılır [44].

Çapraz doğrulama sonucunda aranan kriterleri şu şekilde sıralanabilir [45]:

- Ortalama hata 0'a yakın olmalıdır.
- Hataların varyansı, ortalama kriging varyansına yakın olmalıdır.
- Hataların %95'i $\pm 2\sigma_k$ (krigleme standart sapması) aralığında bulunmalıdır.

Her bir nokta için bu işlemler gerçekleştirilir. Sonrasında her noktadaki tahmin edilmiş değerlerle gerçek değerler karşılaştırılır. Yapılan işlemlerin sonunda standardize edilmiş artık değerlerin ortalamasının "0", standart hatanın da 1'e yakın olması istenir. Aşağıdaki eşitlikler kullanılarak ortalama indirgenmiş hatalar ve indirgenmiş yarıvaryanslar hesaplanır [44].

$$\text{Ortalama İndirgenmiş Hata} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{g(x_i) - g^*(x_i)}{\sigma_k(x_i)} \right\} \quad (2.9)$$

$$\text{İndirgenmiş Varyans} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{g(x_i) - g^*(x_i)}{\sigma_k(x_i)} \right\}^2 \quad (2.10)$$

Burada;

N = Toplam örnek sayısı,

g = x_i noktasında ölçülen değer,

g^* = x_i noktasında kriging tahmin değeri,

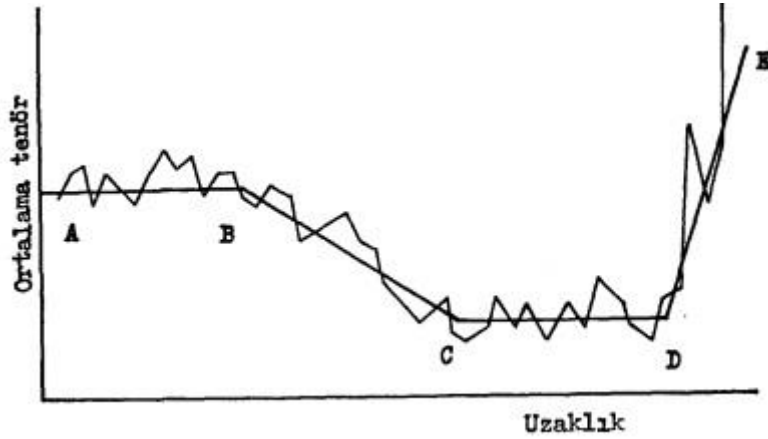
σ_k = x_i noktasındaki kriging tahmin varyansıdır.

2.4. Trend

Herhangi bir maden yatağında, analiz edilen değerlerin belirli bir yönde gösterdiği değişkenlik olarak tanımlanır. Bu değişkenlik, bazı sahalarda ani şekilde olabileceği gibi, bazı yataklarda azalan veya artan değişimler şeklinde de kendini gösterebilir.

Trend, her yatakta görülebilecek bir özelliktir. Tenör (ya da kalite değişkeni), işletilebilir nitelikteki cevherden ekonomik olmayan cevhere ya ani bir şekilde, ya da gittikçe azalan veya artan bir şekilde değişebilir [40].

Şekil 2.6'da bir yatağa ait tenör trendleri grafiğinde görülen trend örneği, A ve B noktaları ile C ve D noktaları arasında bir tenör trendi bulunmadığını, tenörün ortalama civarında rastgele bir şekilde dalgalandığını, D ve E noktaları arasında artan bir tenör trendi, aynı şekilde bu trende paralel rastgele tenör dalgalanmaları bulunduğunu ifade etmektedir [40].



Şekil 2. 6. Tenör trendleri [40]

Eğer bir yatak düzgün (uniform) dağılımlı ise oradan alınan bütün örnekler aynı tenör değerini verecektir. Böyle bir yatakta ortalama tenör değeri olmasına rağmen tenör değerleri arasında sapma olmayacağından standart sapma sıfır olacaktır.

Düzgün dağılım göstermeyen bir yatak, mineral partiküllerinin yatak içerisinde rastgele bir şekilde dağıldığı yatak olacaktır. Trendin mevcut olması durumunda, örnek alma konusunda en iyi yaklaşım, yatağın toplam hacmini kendi içerisinde trend göstermeyen hacimlere ayırmaktır [40].

3. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI ve YAPILAN ÇALIŞMALAR

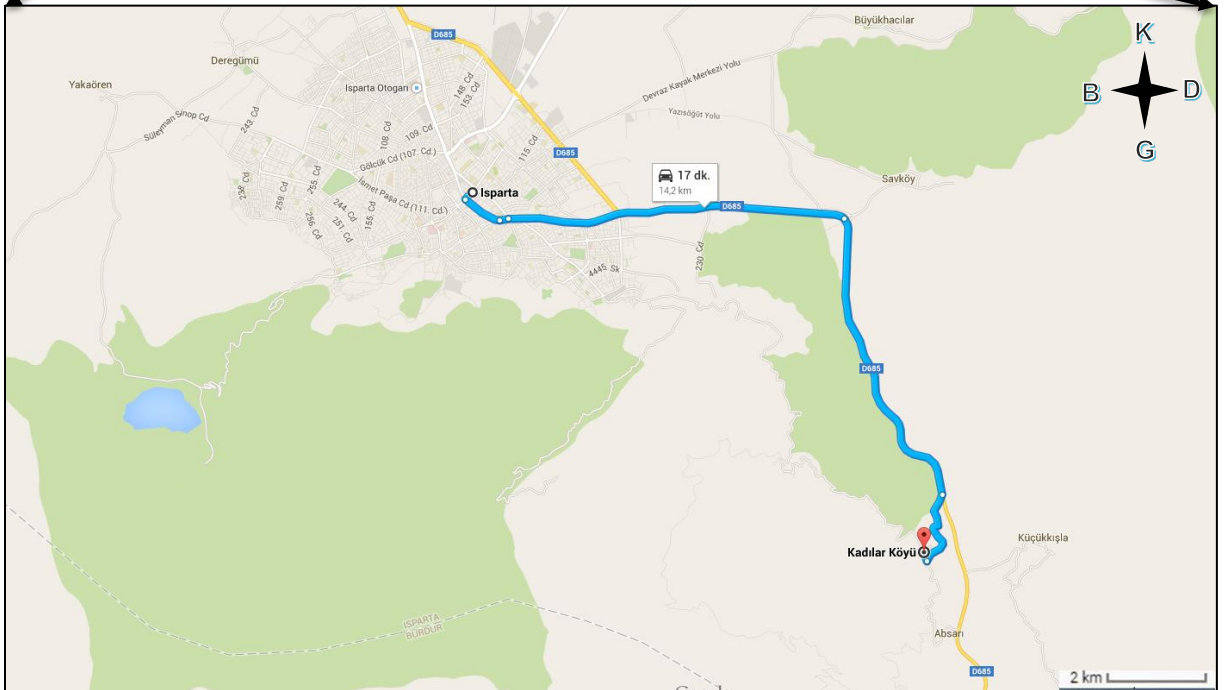
3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Topoğrafyası

Portsan Mermer A.Ş. tarafından işletilen ve çalışmaya konu olan mermer ocağı Isparta İli, Merkez İlçesi, Kadılar Köyü, Kolcubeli Mahallesi sınırları dahilinde bulunmaktadır.

Isparta İline karayolu ile 14,2 km uzaklıkta olan çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 3.1'de, Google Earth görüntüsü de Şekil 3.2'de verilmiştir. Isparta'nın güneydoğusunda bulunan 201200416 ruhsat numaralı 2-B grubu madenler içerisinde yer alan mermer ocağı işletmesini çevreleyen bazı yerleşim yerleri bulunmaktadır. Bunlardan en yakın olanları, çalışma alanının kuzeyinde bulunan Savköy Kasabası, kuzey batısında bulunan Direkli Köyü, doğusunda bulunan Kışla Köyü ve güneyinde bulunan Sakarlar Mahallesi'dir. Bu yerleşim yerlerine asfalt ve stabilize yollarla ulaşılabilmekte olup, bölgede ulaşım kolaylıkla sağlanmaktadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresi genel olarak irili ufaklı yükselti ve vadi sistemlerinin hakim olduğu bir topoğrafyaya sahiptir. Sahaya engebeli bir arazi hakimdir.

Çalışma alanında ve yakın çevresinde bulunan vadi sistemleri içerisindeki akarsular mevsimsel akış göstermekte olup, debileri düzensizdir. Uzunalan Deresi çalışma alanı içerisinde batı-doğu istikametinden geçmektedir. Bu dereyi besleyen Tesbihli Deresi de, diğer önemli mevsimsel yağışa bağlı olarak faaliyet gösteren deredir.



Şekil 3. 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası



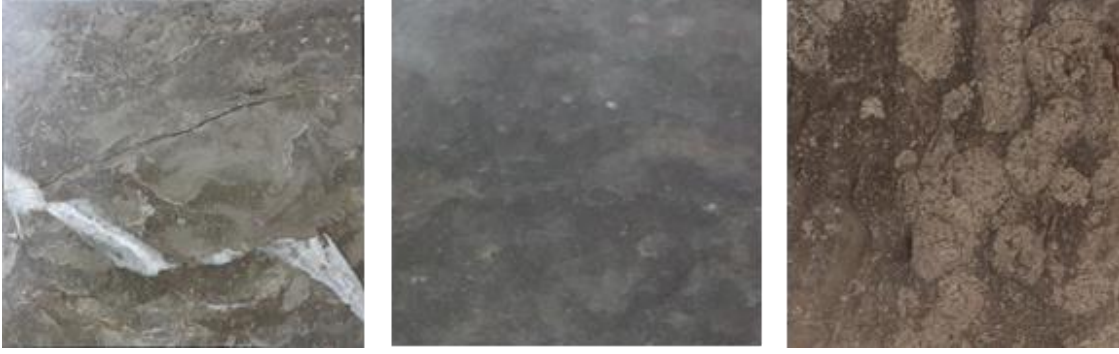
Şekil 3. 2. Çalışma alanının Google Earth görüntüsü

3.2. Bölge İklimi, Yıllık Çalışma Süresi ve Seleksiyonların Tanıtımı

Mermer işletmesinin bulunduğu bölgede Akdeniz İklimi ile birlikte Karasal İklim de hüküm sürmektedir. Özellikle kış aylarında Karasal İklimin varlığı daha belirgin olarak hissedilmektedir. Yağan kar, soğuk ve donun da etkisi ile günlerce erimeden kalmaktadır. Kış mevsimindeki bu iklim şartları ocaktaki çalışmalarını etkilemektedir ve yaklaşık bir ay üretim faaliyetlerine ara verilmektedir. Yılın kalan on bir ayında ise, üretim çalışmalarına aralıksız olarak devam edilmektedir.

Portsan Mermer A.Ş. tarafından işletilen mermer ocağı, Kadılar Köyü'nde ikamet eden insanlar için yeni bir iş olanağı sunmaktadır. İşletmede çalışan tüm personelin %36'lık kısmı bu köyde ikamet eden kişilerden oluşmaktadır. Köyde ikamet eden bu kişilerin tamamı daha önce madencilik faaliyeti yürütülen bir iş kolunda çalışmamışlar, mermer ocağı işletmeciliği ile ilgili deneyimlerini burada kazanmışlardır.

Mermer ocağından çıkarılan ve satışa sunulan üç seleksiyon bulunmaktadır. Bunlar açık, koyu ve fosilli olarak sınıflandırılmaktadır. Bu seleksiyonlar Şekil 3.3'te verilmektedir. Ocaktan çıkarılan mermerler, uygun ebatlarda bloklar haline getirildikten sonra, seleksiyon türlerine göre satışa sunulmaktadır.



(a)

(b)

(c)

Şekil 3. 3. Mermer işletmesinden çıkarılan açık (a) koyu (b) ve fosilli (c) seleksiyonlar

3.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanındaki en önemli yapısal etkinlik, allokton konumlu kayaçların bölgeye yerleşmiş olması ve bölgenin bunları takiben kazanmış olduğu yapısal değişimlerdir [46].

Bölge genel olarak eski jeolojik devirlerde sıkışma tektonik rejiminin tesiri altında kalmıştır. Bölgenin kazanmış olduğu en önemli tektonik yapı ve olaylar, allokton konumlu ofiyolitli karmaşığa ait kayaçların yerleşimi ile ilgilidir. Çalışmalarda ofiyolitli karmaşığın ilksel yerleşim yaşının geç Paleosen-Erken Eosen veya hemen öncesi olduğu belirlenmiştir [47].

İnceleme alanında da bu bulgu geçerlidir. Çünkü, ofiyolitli karmaşığın üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı Kızılkırma Formasyonu, bünyesinde ofiyolitli karmaşıktan türemiş bol kırıntılı malzeme içerir. Bu veri, yöredeki ofiyolitli karmaşığın ilksel yerleşim yaşının, Kızılkırma Formasyonunun çökmesinden önce, yani Geç Paleosen veya öncesinde olabileceğini göstermesi bakımından ilginçtir [46].

Yörede tespit edilmiş kırık sistemleri kireçtaşının oluşturduğu kayaçlarda daha belirgin izlenmektedir. Akdağ kireçtaşlarından alınmış olan çatlak düzlem ölçümleri, hakim çatlak gelişiminin $K50^{\circ}-60^{\circ}$ D doğrultusu boyunca olduğunu ortaya koymaktadır [46].

Ağlasun Formasyonu sönümlü ve nispeten yumuşak kayaçlardan meydana geldiğinden bu formasyonun içinde küçük ölçekli gelişmiş fazla miktarda yanal atımlı fay gözlenmiş, fakat fay düzlemlerinin birim içerisinde korunamamış olmasından ve

üzerine kolay topaklaşmanın gerçekleşmesi sebebiyle uzun mesafeli takibi yapılamamıştır [46].

Levha tektoniği kuramına göre, sıkışmış vaziyette bulunan magmanın güneyde bulunan Ege hendeği boyunca gerçekleşen Afrika-Ege/Anadolu çarpışması sonucu, yerkabuğunun derinliklerine kadar uzanmış olan ve zayıf zonlar oluşturan bu tür doğrultu atımlı faylar aracılığıyla yeryüzeyine ulaşması ve levha içi volkanizma oluşması olasıdır. Bölgede bulunan doğrultu atımlı fayların Orta Miyosen ve sonrasındaki gelişim süreci Gölcük volkanizmasının radyometrik yaşlamasının Miyosen-Erken Pliyosen geçişine denk gelmesi bu düşüncüyü onaylar özelliğindedir. Bunun yanında, önceki senelerde bölgede meydana gelen yıkıcı özelliğe sahip depremler, tektonik, yani fay kökenlidir. Bölge civarındaki deprem episentrlarının 25-30 km odak derinliklerinde olması, buna benzer fayların hem depremsellik, hem de volkanizma için ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır [46]. Bölgenin jeoloji haritası Ek-1'de verilmiştir.

3.4. Yapılan Çalışmalar

3.4.1. Sondaj Çalışmaları

Ocak işletmeye açılmadan önce arama çalışmaları kapsamında 2013 yılında çalışma alanı içerisinde toplam uzunluğu 282,9 metre olan dört adet karotlu sondaj yapılmıştır. Yapılan arama sondajlarından alınan numuneler Şekil 3.4'te görülmektedir.

Arama faaliyetleri kapsamında yapılmış olan sondajlar, mermer kaynağının varlığına ulaşmak için yeterli olmasına karşın, yatağın modellenenbilmesi için yeterli değildir. Sahanın seleksiyon analizinin ve modellemesinin yapılabilmesi için daha fazla sondaj verisine ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, faal durumdaki ocak içerisindeki basamaklardan ocak tabanına doğru dik kesitler alınarak ayna yüzeyinde yeni sondaj verisi oluşturacak derinliğe bağlı ölçüm noktaları oluşturulmuştur. Ocak içerisindeki toplam üç basamakta ayna yüzeylerinde bu sistemle veriler alınmıştır. Bu şekilde toplam 82 adet kesitle veriler alınmış ve sondaj verisi olarak kullanılmıştır. Önceden yapılmış olan dört adet arama sondajları ile birlikte toplam 86 adet sondaja ait detay bilgiler, Ek-2 ve Ek-3'te verilmiştir. Bu sondajlar, çalışma alanı içerisindeki mermerlerin renk analizinin yapılmasında ve tek eksenli basınç dayanımının kestiriminde de kullanılmıştır.



Şekil 3. 4. Bazı sondaj numuneleri

3.4.2. Schmidt Sertlik Değerlerinin Belirlenmesi

Schmidt çekici deneyinde ölçme ve sonuçların değerlendirilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada ISRM 1981 [48] yöntemi kullanılmıştır. Schmidt çekici ile sertlik değeri bulunmak istenen yerdeki farklı noktalarda toplamda 20 adet ölçüm yapılmıştır. Çekiç, tüm noktalara 90 derecelik açıyla tutularak ölçümler yapılmıştır. Ölçülen 20 değer büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. ISRM 1981 [48] standardına göre bu değerler arasında en küçük olan 10 tanesi atılmıştır. Geriye kalan 10 değerın ortalaması alınarak o bölgedeki sertlik değeri bulunmuştur.

Schmidt çekici ile sertlik ölçümü, öncelikle sondaj numuneleri üzerinde yapılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki dört adet sondajda uygun aralıklarda Schmidt ölçümleri yapılmıştır. Sondaj numuneleri üzerinde Schmidt verileri alındıktan sonra, ocak içerisindeki basamaklarda yer alan aynalardaki kesim yüzeylerinde, daha önce belirlenmiş olan ve sondaj işlevi gören kesitler üzerinde uygun aralıklarla Schmidt çekici ile okumalar yapılmıştır. ISRM 1981 [48] standartlarına göre her bir aralıkta 20 adet okuma yapılmıştır. Bu okumaların en yüksek on tanesinin ortalamaları alınarak o bölgenin sertlik değeri elde edilmiştir.

3.4.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında numunelerin önce tek eksenli basınç dayanımları TS 699 [49] standardına uygun olarak belirlenmiştir. Daha sonra numunelerin Schmidt sertlik

değerleri ile tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu amaçla, sondaj karotlarından alınan ve Schmidt sertlik değeri önceden belirlenmiş olan 11 adet sondaj numunesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kazı Mekaniği ve Doğal Taşlar Teknolojisi Laboratuvarına getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen numuneler deney için uygun ebatlara indirgenmiştir. Deney için hazırlanmış numuneler Şekil 3.5'te görülmektedir.



Şekil 3. 5. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan numuneler

Laboratuvara getirilen ve deney için hazır haldeki numuneler üzerinde Şekil 3.6'da gösterildiği gibi hidrolik pres kullanılarak tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.



Şekil 3. 6. İşletmeden getirilen numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi

Deneyin sonucunda yüke maruz kalan ve kırılan karotların durumu Şekil 3.7'de görülmektedir. Numunenin kırıldığı andaki maksimum basınç değeri kullanılarak tek eksenli basınç dayanımı Eşitlik 3.1 yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

σ : Tek eksenli basınç dayanım değeri (Pa)

P: Kırılma anındaki kuvvet (N)

A: Kuvvetin uygulandığı alan (m²)



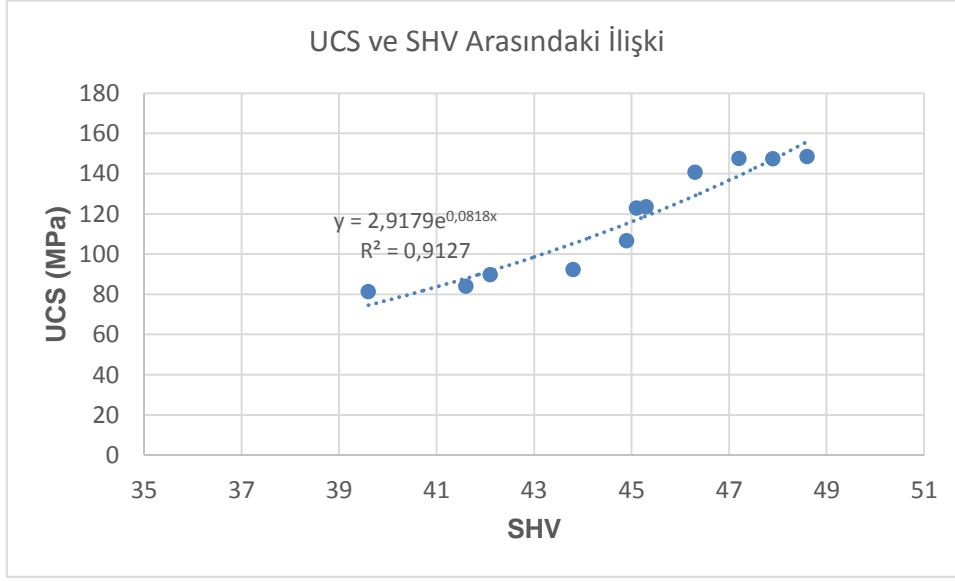
Şekil 3. 7. Kırılan numunelerin son hali

Toplam 11 adet karot numunesi üzerinde yapılmış olan deneylerden elde edilen tek eksenli basınç dayanım değerleri ve numunelerin Schmidt sertlik değerleri toplu halde Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt sertlik değerleri

NUMUNE	SCHMIDT SERTLİK DEĞERİ	UCS (MPa)
1	45,1	122,87
2	44,9	106,68
3	46,3	140,64
4	48,6	148,51
5	47,2	147,61
6	42,1	89,74
7	45,3	123,47
8	47,9	147,31
9	39,6	81,34
10	43,8	92,29
11	41,6	83,97

Çizelge 3.1’de verilen Schmidt sertlik değerleri (SHV) ile tek eksenli basınç dayanımları (UCS) arasındaki ilişki Şekil 3.8’de verilmektedir. Şekil 3.8’deki grafiğe göre Schmidt sertlik değeri (SHV) ile tek eksenli basınç dayanımı (UCS) arasında yüksek korelasyona sahip (R^2 : 0,91) bir ilişki bulunmaktadır. Bu eşitliğin matematiksel ifadesi Eşitlik 3.2’de verilmiştir.



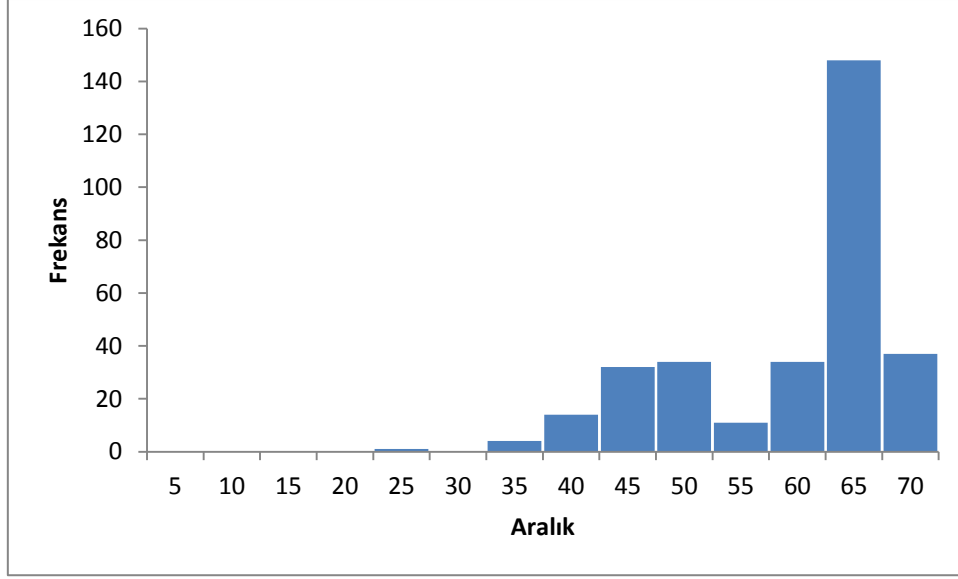
Şekil 3. 8. Çıkarılan malzemenin Schmidt sertlik değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki

$$UCS = 2,9179e^{0,0818SHV} \quad (3.2)$$

3.4.4. Verilerin İstatistiksel Analizi

Bu bölümde, çalışma alanındaki karotlardan ve basamak yüzeylerinden alınan Schmidt sertlik değerleri, öncelikle kendi aralarında karşılaştırılarak kontrolü yapılmıştır. Karot ve basamaklardan alınan değerler arasındaki ilişki ortaya koyulduktan sonra laboratuvarında tek eksenli basınç dayanımı deneyleriyle elde edilen sonuçlar kullanılarak Schmidt sertlik değerleri, tek eksenli basınç dayanımına dönüştürülmüştür.

Mermer ocağındaki karotlardan ve basamaklardan toplanan veriler beşer birimlik eşit aralıklı gruplara ayrılmıştır. Her bir guruba düşen veri sayılarıyla histogram oluşturulmuştur. Schmidth çekici ile elde edilen sertlik değerlerinin sıklık dağılım grafiği olarak da adlandırılan histogram grafiği çizilmiş ve Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3. 9. Schmidt sertlik değerlerinin histogramı

Histogramı çizilen verilerin özet istatistikleri ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Schmidt sertlik değerleri özet tablosu

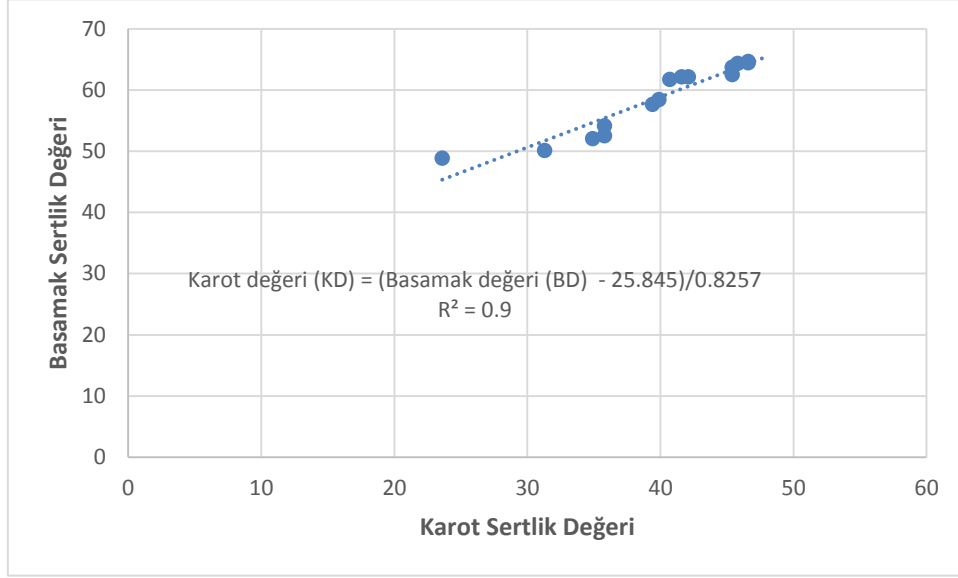
Örnek Sayısı	315
En Küçük Değer	23,6
En Büyük Değer	66,5
Ortalama	56,90
Ortanca	61,3
Varyans	85,77
Standart Sapma	9,25

Basamak yüzeyi ve karot numunelerinden alınan sertlik değerlerine ait histogram incelendiğinde sahada iki ayrı popülasyon olduğu görülmektedir. Bu farklılığın sebebi, basamakların bulunduğu bölgede hiçbir kesme işlemine maruz kalmamasından dolayı sistematik bir şekilde Schmidt sertlik değerinin, karotlardan alınan sertlik değerlerinden yüksek çıkmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma sahasının Schmidt sertlik dağılımının daha doğru bir şekilde belirlenebilmesi için, basamak okumaları karot okumaları ile ilişkilendirilmelidir. Bu amaçla, bu iki grup arasında fonksiyonel bir ilişki kurulmuştur. Analizde S2 numaralı karot ve bu karotun hemen yanında basamak yüzeyinde okunan sertlik değerlerinden yararlanılmıştır. Karot (KD) ve basamaktan (BD) alınan sertlik değerleri Çizelge 3.3’te verilmiştir. Değerler arasındaki ilişki Şekil 3.10’da verilen grafikte gösterilmiştir.

Çizelge 3. 3. Karot ve basamaktan alınan Schmidt sertlik değerleri

KD	23,6	31,3	34,9	35,8	35,8	39,4	39,9	40,7	41,6	42,1	45,4	45,8	46,6
BD	48,8	50,1	52	52,5	54,1	57,6	58,4	61,7	62,1	62,1	62,5	64,3	64,4



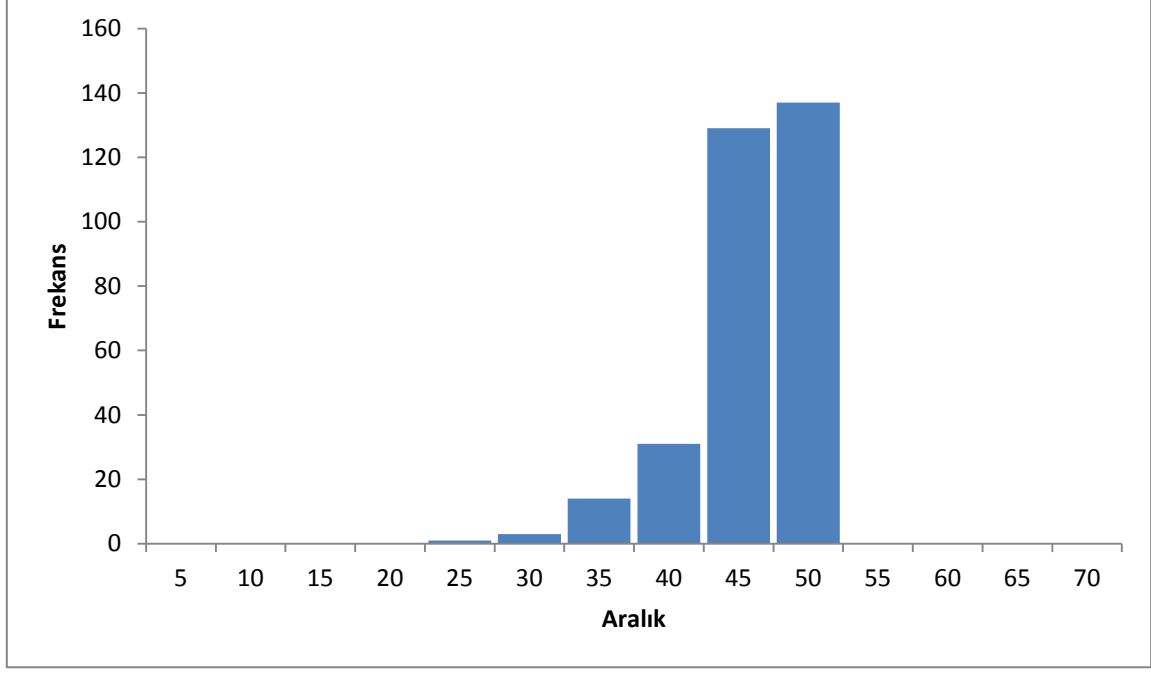
Şekil 3. 10. Karot ve basamaklardan okunan Schmidt sertlik değerleri arasındaki ilişki

Mermer yatağının kestiriminde kullanılan tek eksenli basınç dayanımları, karot numunelerinden türetildiğinden, karotlara ait değerlerin kullanılması daha doğru olacaktır. Bu nedenle, basamaklardan alınan değerler karot değerlerine dönüştürüldükten sonra kestirim işleminde kullanılmıştır.

Şekil 3.10'da verilen grafik incelendiğinde veriler arasında korelasyonu yüksek bir ilişki olduğu görülmektedir. Eşitlik 3.3'de verilen ilişki kullanılarak basamaklardan alınan Schmidt sertlik değerleri karot değerlerine dönüştürülmüştür.

$$KD = \frac{BD - 25,845}{0,8257} \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3 ile yapılan dönüşüm sonrası elde edilen karot değerlerinin histogramı Şekil 3.11'de, özet tablosu da Çizelge 3.4'te verilmiştir.

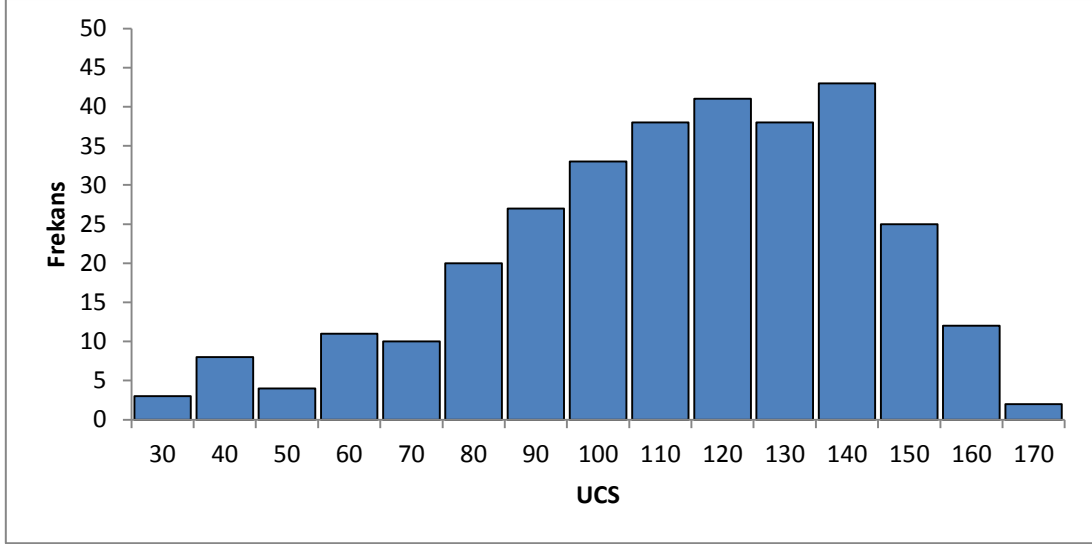


Şekil 3. 11. Dönüşüm sonrası Schmidt sertlik değerlerinin histogramı

Çizelge 3. 4. Dönüşüm sonrası Schmidt sertlik değerleri özet tablosu

Örnek Sayısı	315
En Düşük Değer	23,6
En Yüksek Değer	49,2
Ortalama	43,5
Ortanca	44,4
Varyans	17,7
Standart Sapma	4,2

Laboratuvarda yapılan tek eksenli basınç deneylerinde, numunelerin Schmidt sertlik değerleri ve tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki Eşitlik 3.2'de verilmiştir. Bu eşitlik kullanılarak Schmidt sertlik değerleri, tek eksenli basınç dayanımlarına dönüştürülmüştür. Dönüşüm sonrası tek eksenli basınç dayanım verilerine ait frekans grafiği Şekil 3.12'de verilmiştir. Verilere ait özet tablosu da Çizelge 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3. 12. Tek eksenli basınç dayanımlarının histogramı

Çizelge 3. 5. Tek eksenli basınç dayanımlarına ait özet istatistikler

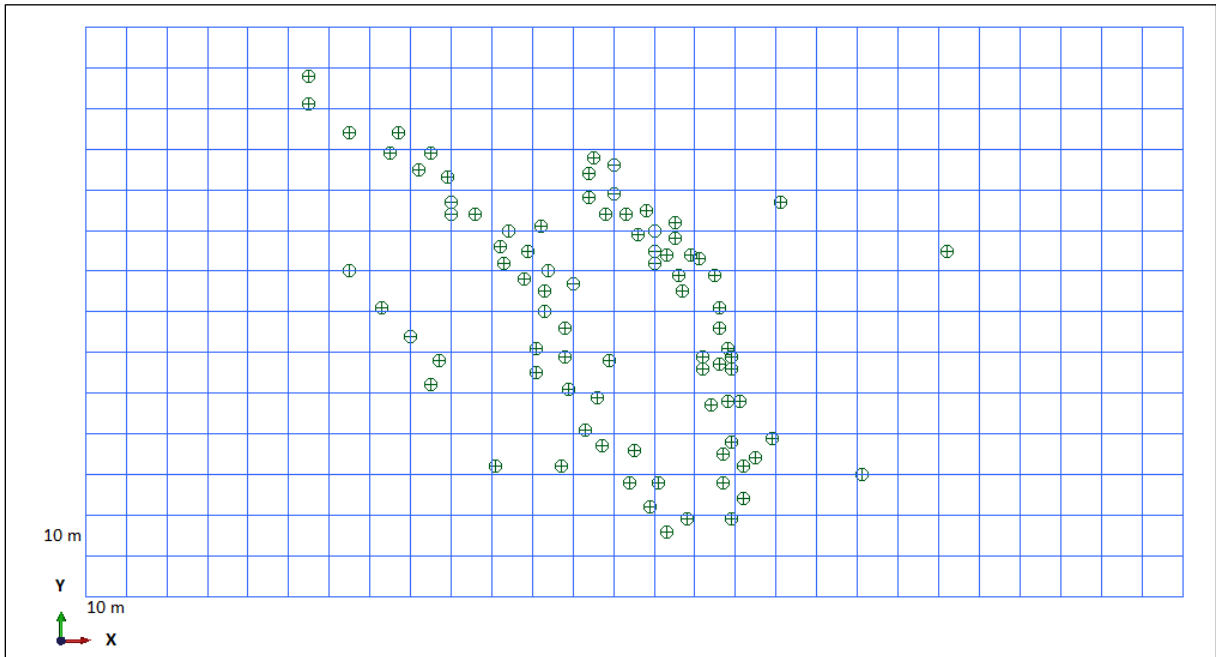
Örnek Sayısı	315
En Düşük Değer	20,11
En Yüksek Değer	163,27
Ortalama	107,48
Ortanca	110,25
Mod	134,17
Varyans	891,53
Standart Sapma	29,86

4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu kısma kadar yapılmış olan çalışmalardan sondajların Schmidt sertlik değerleri ile seleksiyon bilgileri, laboratuvarda yapılan çalışmalar ile karotların tek eksenli basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Toplanan bu verilerin istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır. Elde edilen bu veriler, düzenlenerek Surpac yazılımına aktarılmıştır. Sondaj verileri kullanılarak sahanın jeolojik katı modeli seleksiyon türlerini gösterir biçimde oluşturulmuştur. Katı modele uygun blok model tasarlanmıştır. Cevher katı modeli ve blok model birleştirilmek suretiyle, cevher blok modeli oluşturulmuştur. Variogram analizi yapılarak kestirim işleminde kullanılacak en uygun parametreler belirlenmiştir. Ortalamasız krigleme kestirim yöntemi ile seleksiyonların miktarları ve her birinin ortalama tek eksenli basınç dayanım değeri kestirilmiş ve üretilebilir durumdaki mermer miktarlarının kestirim haritaları ortaya konmuştur. Çalışmanın en son aşamasında, birim satış fiyatları belirlenen seleksiyonların satışından elde edilecek gelir miktarı hesaplanmıştır.

4.1. Sondajların Yayılımı

Çalışma alanında arama çalışmaları sırasında yapılmış toplam 282,9 metre uzunluğunda 4 adet sondaj ile bunlara ek olarak bu çalışma kapsamında ocak aynalarından alınan kesitlerden oluşturulan 82 adet sondajın plan görüntüsü Şekil 4.1'de verilmiştir.

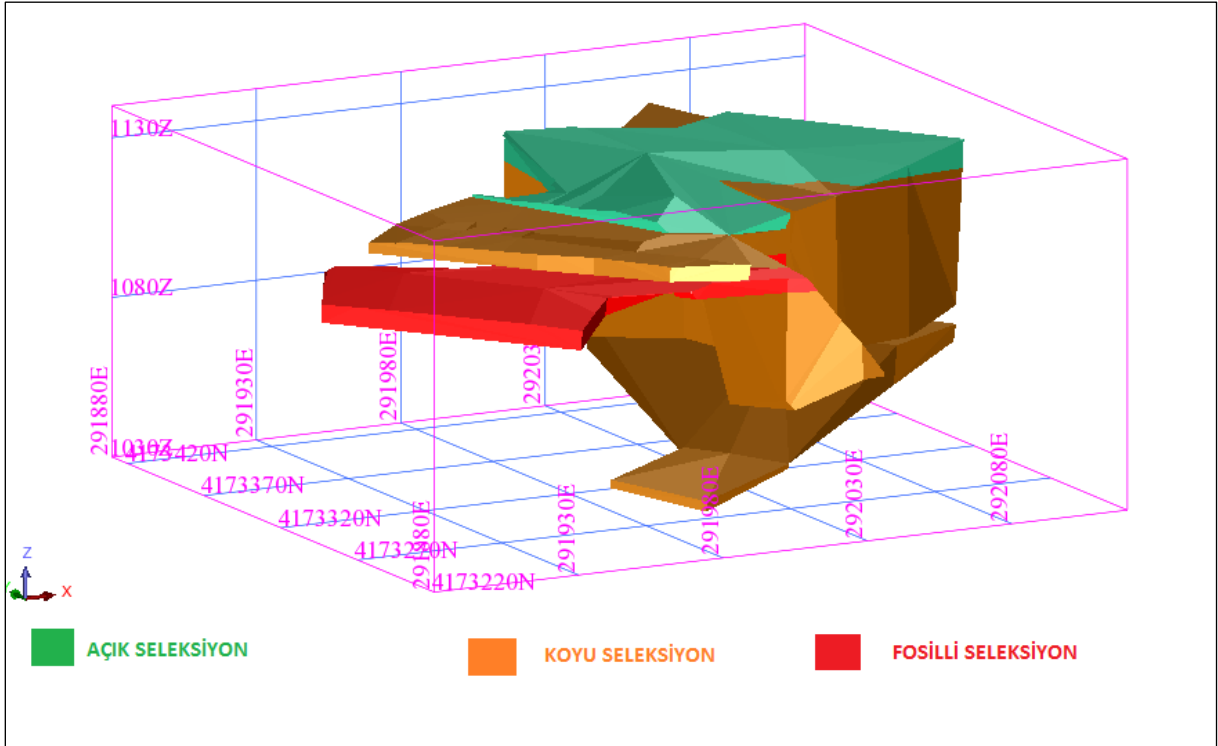


Şekil 4. 1. Sondajların plan görüntüsü

4.2. Mermer Yatağı Katı Modeli

Cevher yatağının jeolojik katı modeli sondajlardan geçen litolojik birimler dikkate alınarak oluşturulur. Litolojik birimlerin yayılım gösterdiği bölgeler sondajlar vasıtasıyla belirlenir. Litolojik birimlere ait bu bölgeler kapalı çizgiler ile sınırlandırılır. Surpac paket programının DTM (Digital Terrain Model- Dijital Arazi Modeli) modülü kullanılarak üçgenleme tekniği ile bu çizgilerden üç boyutlu cevher katı modeli oluşturulur.

Sahada yapılan sondajlar kullanılarak üç boyutlu katı model litolojik birimlere göre oluşturulmuş ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Mermer yatağında bulunan açık, koyu ve fosilli seleksiyonlar katı model içerisinde belirtilmiştir. Seleksiyonlara ait birimler katı model içerisinde gösterilirken saha çalışmaları esnasında sondajlar üzerinde yapılan ve Ek-4’te verilmiş olan renk analiz verileri kullanılmıştır. Bu verilere göre her bir sondajın kestiği seleksiyon, başlangıç ve bitiş noktaları ile birlikte analiz edilmiştir. Bu şekilde, bütün sondajların başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar kesmiş olduğu seleksiyonlar belirtilmiştir.



Şekil 4. 2. Mermer yatağının katı modeli ve seleksiyonların gösterimi

Oluşturulan jeolojik katı modelin kapalı olduğundan ve üçgenleme yapılırken üçgenlerin birbirini kesmediğinden emin olmak için doğrulama (validation) yapılmaktadır. Katı modelin doğrulama işlemi Surpac yazılımında doğrulama

(validation) komutu kullanılarak yapılmış, rapor çıktısında modelin kapalı olduğu ve birbirini kesen üçgen bulunmadığı kesinleştirilmiştir.

4.3. Kompozitleme

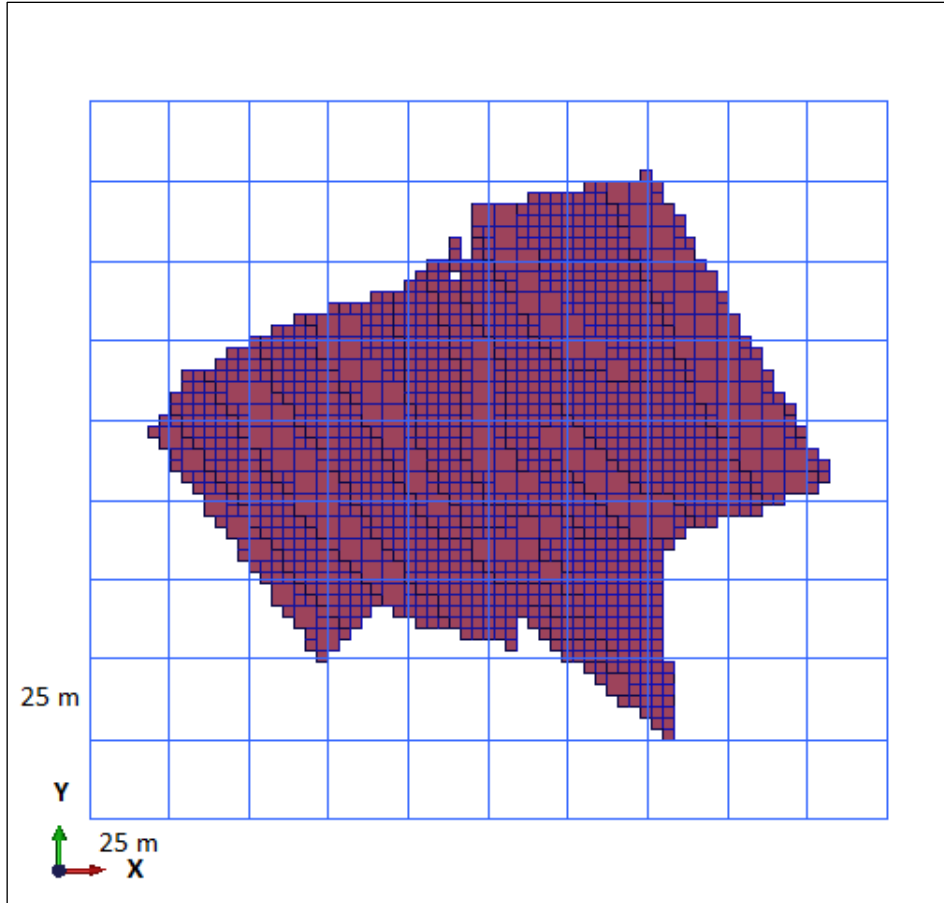
Maden sahalarındaki sondaj verileri genelde değişken aralıklarla toplanır. Değişken kalınlıklara sahip verilerin doğrudan kestirimde kullanılması doğru değildir. Bu sebeple, verilerin eşit uzunluklardaki verilere dönüştürülmesi gerekir. Sondaj boyunca elde edilen verilerin (tenörü, kayaç çeşidi, yüzdelik kimyasal değeri) sistemli olarak eşit aralıklar şeklinde bölünüp, her bir aralık için kalınlığa göre ortalama değer atama işlemine kompozit alma ya da bileşik değer atama adı verilir [50]. Oluşturulan cevher blok modele değer atamadan önce orijinal sondaj verilerinin kompozitlenmesi gerekmektedir.

Kompozit alma işleminde en önemli parametre kompozit boyudur. Kompozitlerin boyu, genellikle veri toplama uzunluğuna göre belirlenir. Bunun yanında, kompozit boyları, oluşturulan blok model içerisindeki bloklara en az bir veri düşecek şekilde tespit edilmelidir. Bu doğrultuda ideal kompozit boyunun 3 metre olduğu belirlenmiştir.

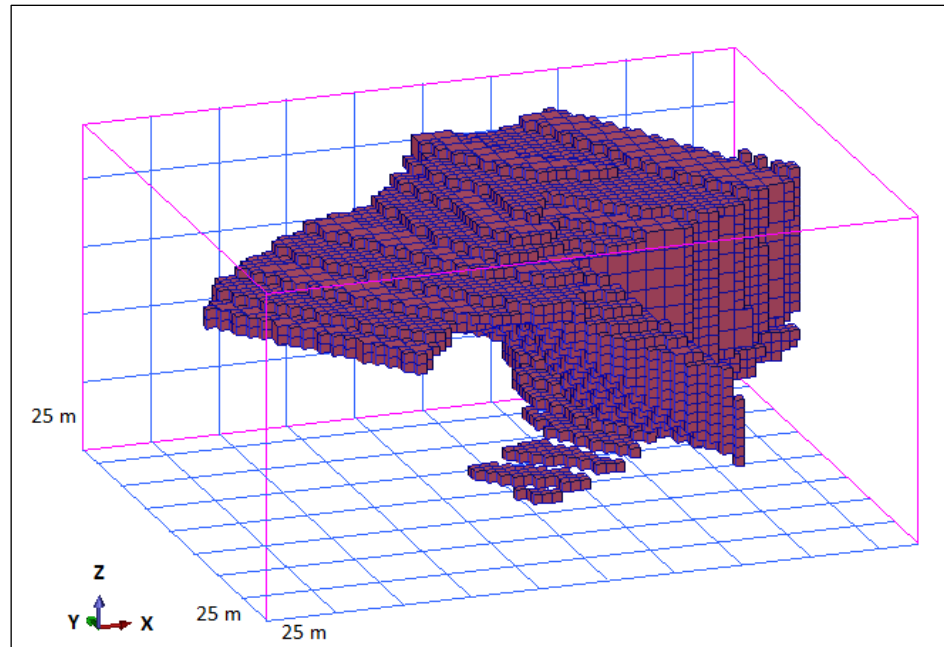
Kompozit verileri kullanılarak deneysel variogramlar hesaplanır ve bu variogramlar kullanılarak model variogram uyarlanır. Uyarlanan variogram modeli jeostatistiksel kestirimde kullanılır.

4.4. Blok Model

Çalışma alanındaki mermer rezervinin modellenebilmesi için yatağın bloklara bölünmesi gerekir. Blok boyutları üretim boyutlarına göre belirlenir. Oluşturulacak blokların düşey yöndeki boyutunun, kompozit uzunluğundan büyük olması gerekmektedir. Böylece kompozit değerlerin bloklar içerisine düşmesi sağlanmak koşuluyla blok kestirimi güvenli bir şekilde yapılabilir. Çalışma alanındaki basamak yüksekliği 7 metredir ve verilere ait kompozit uzunlukları da 3 metre olarak belirlenmiştir. Bu nedenle x, y, z boyutları 7 metre olan bloklar oluşturulmuştur. Ayrıca, belirtilen blok boyutlarının yatağın hacmini aştığı bölgeler x, y, z yönleri 3,5 metre olan alt bloklara ayrılmıştır. Elde edilen blok model Şekil 4.3'te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. 3. Cevher blok modelin plan (a) ve kesit (b) görüntüleri

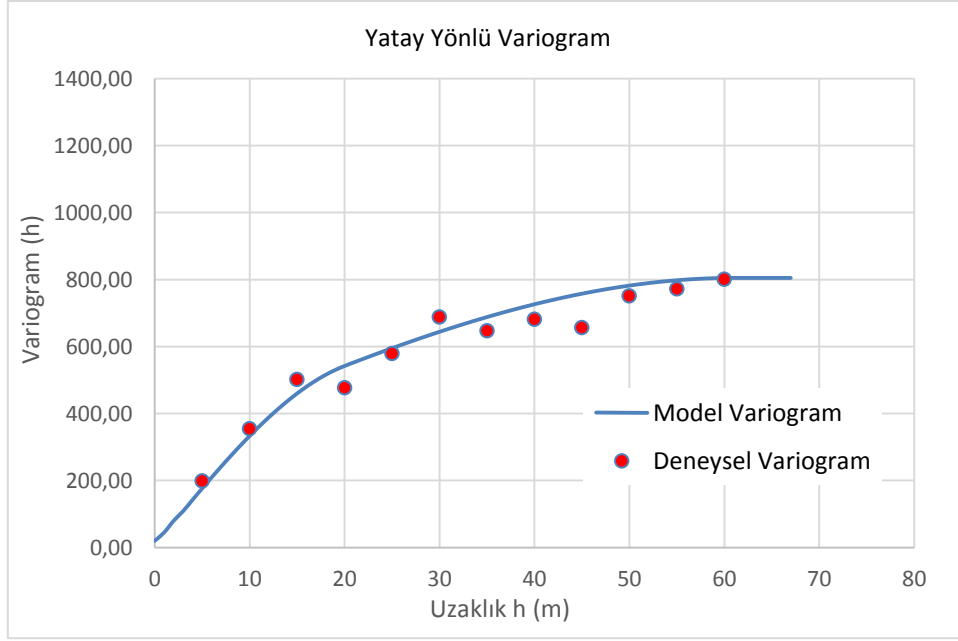
4.5. Variogram Analizi ve Doğrulama

Krigleme yönteminde, en uygun ağırlıkları bulmak için, ölçüm noktaları arasındaki uzaklığa bağlı ilişkinin bilinmesi gerekir. Uzaklığa bağlı ilişki bir variogram fonksiyonu kullanılarak tanımlanır.

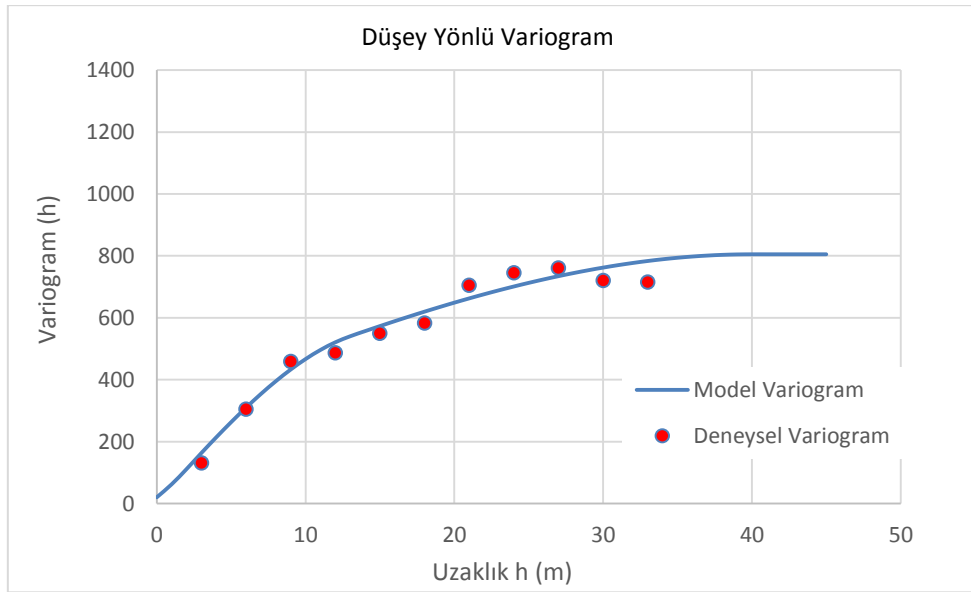
Mermer yatağının tek eksenli basınç dayanımı için yapılan variogram analizleri çeşitli azimuth, dalım açısı, açı toleransı ve uzaklık parametreleri gibi değerler test edilerek çeşitli yönler için yapılmıştır. Mermer yatağı içerisindeki bazı seleksiyon birimleri içerisine az veri düşmesinden dolayı, bu birimlerde variogram analizi yapmak mümkün değildir. Bu birimler jeolojik yapı ve oluşum süreleri açısından birbirlerinden farklıdır. Söz konusu birimler arasındaki tek farklılık, renk çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, bütün seleksiyonları temsil edecek şekilde mermer kaynağının tamamı için genel bir variogram analizi yapılmıştır.

Sahanın geneli için yapılan variogram analizlerinde variogram modellerin yönler için farklılık gösterdiği ve dolayısıyla da yatağın anizotropik özellik taşıdığı görülmüştür. Yatak anizotropik özellikte olduğundan dolayı variogram 0° , 45° , 90° ve 135° derece olmak üzere dört ana yönde hesaplanmış ve en uygun variogram analiz parametreleri belirlenmiştir. Variogramların yatay yönde isotropik olduğu gözlemlendiğinden yatay yönde sadece ortalama variogram hesaplanmıştır.

Variogram analizinden elde edilen parametreler kullanılarak, mermer varlığının bulunduğu sahanın da anizotropik özellikte olması nedeniyle, yatay ve düşey yönlerde olmak üzere deneysel variogramlara, model variogram uyarlanmıştır. Yatay ve düşey yönlerde uyarlanmış olan model variogramlar, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4. 4. Yatay yönlü UCS variogram grafiği



Şekil 4. 5. Düşey yönlü UCS variogram grafiği

Yatay ve düşey yönlerde deneysel variogramlara en iyi uyarlanan model yuvalı yapı modeli olmuştur. Variogram analiz sonuçlarından elde edilen eşik değerler (C_1 ve C_2), yapısal uzaklık (a) ve külçe etkisi (C_0) kestirim parametreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Uyarlanan variogram modelleri

	C_1	C_2	a_1	a_2	C_0
Yatay Yönde	300	500	20	61	5
Düşey Yönde	300	500	13	40	5

Kestirim işlemine geçmeden önce elde edilen bu variogram modelin doğruluğunun test edilmesi gerekmektedir. Buradaki temel ilke, sahadan alınan gerçek veriler ile hesaplanarak elde edilen veriler arasındaki farkın, mümkün olduğu kadar sığırına yakın olmasıdır. Yapılan doğrulama işlemi sonucunda gerçek değerler ile hesaplanan değerler arasındaki farkın ortalaması 0,1189 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, elde edilen variogramın kestirim için kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur. Çapraz doğrulama sonucu Çizelge 4.2'de verilmiştir.

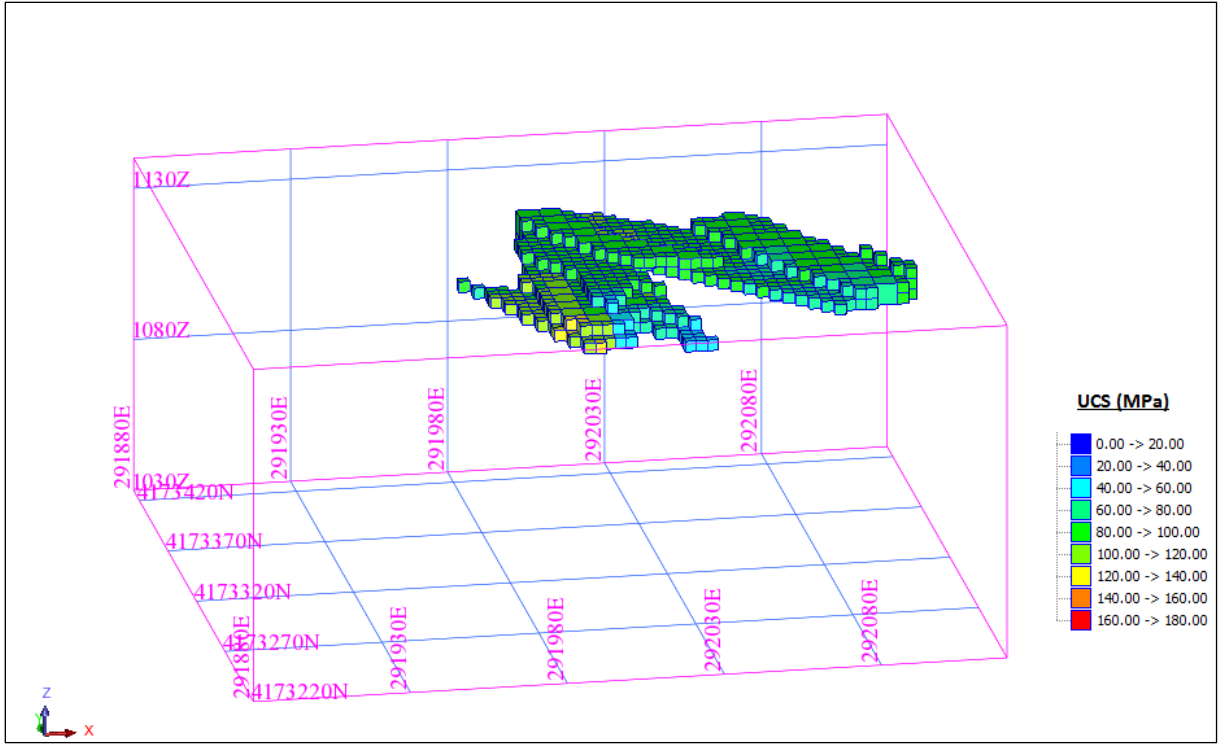
Çizelge 4. 2. Çapraz doğrulama rapor sonuçları

Ortalama Hata	0,1189
Hata Varyansı	149,2496
Ortalama Krigleme Varyansı	166,6037
$\pm 2 \times \sigma_k$	94,22

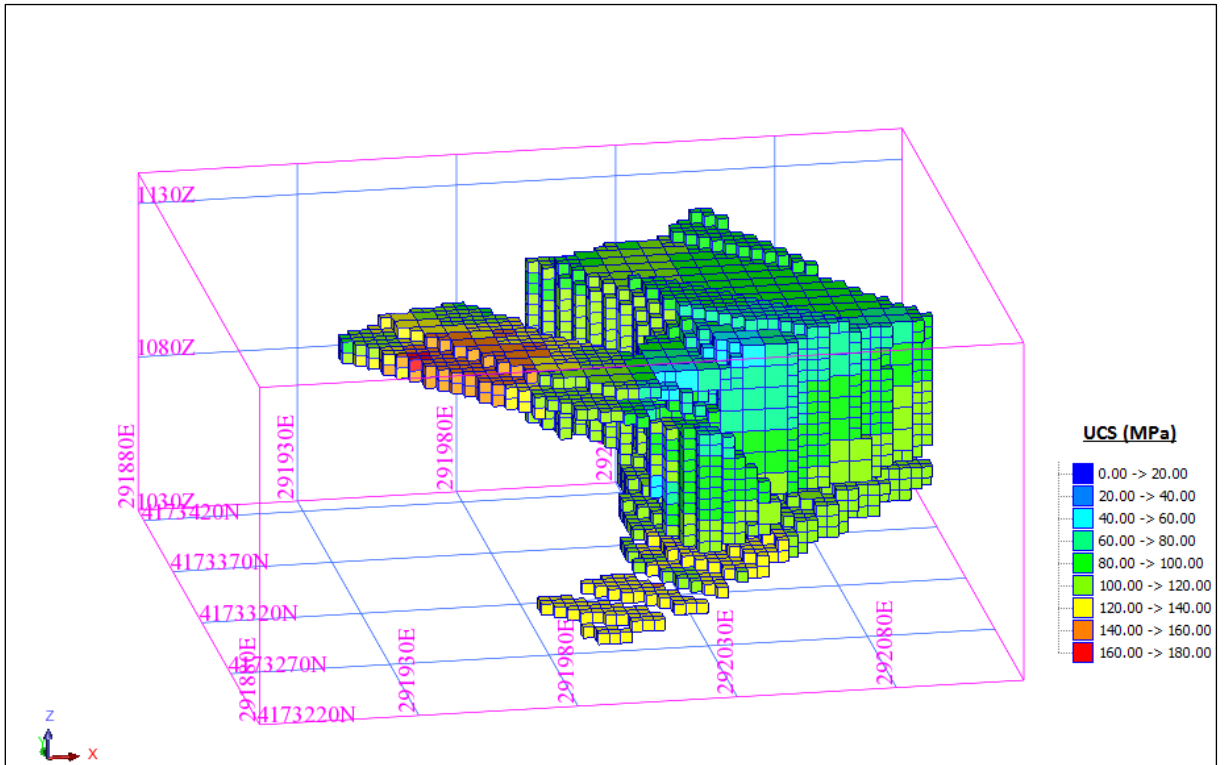
(σ_k : Kestirimin Standart Sapması)

4.6. Blok Kestirimi ve Kaynak Hesabı

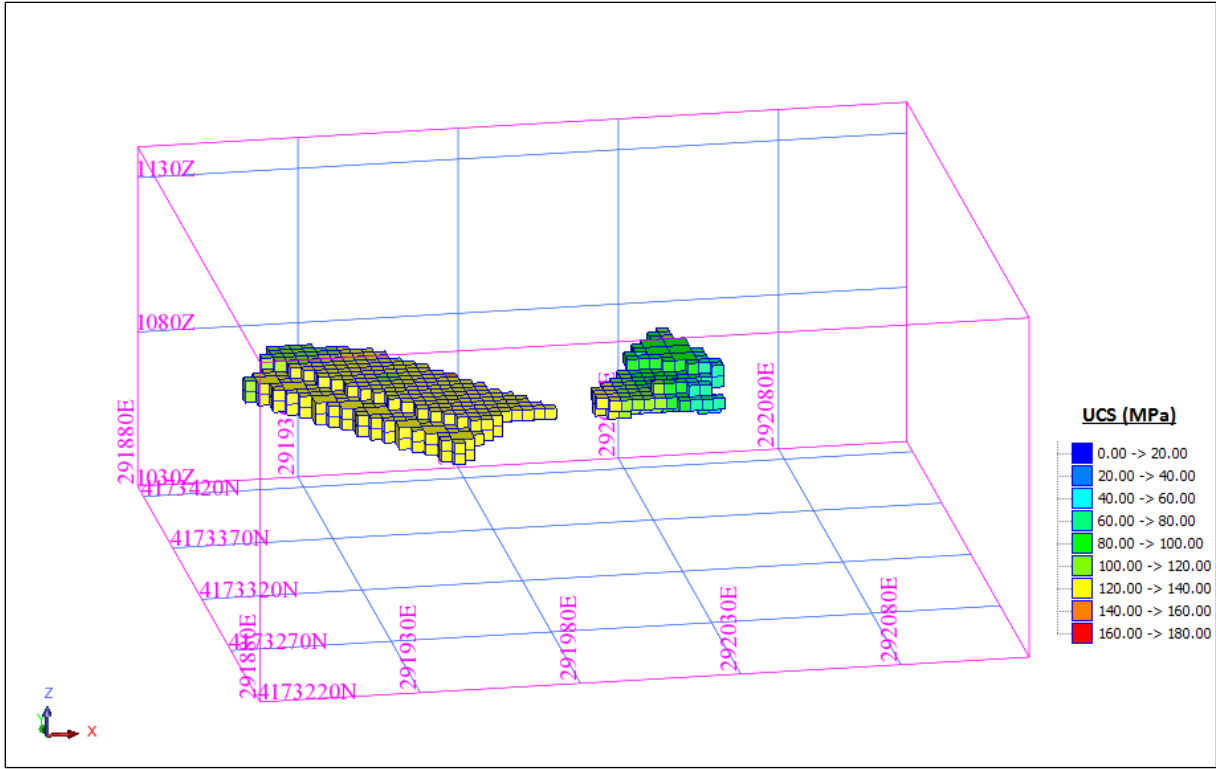
Blokların UCS değerlerinin kestirimi ortalamasız krigleme yöntemi ile yapılmıştır. Bu yöntemde kestirim parametreleri olarak Çizelge 4.1'deki tabloda verilmiş olan parametreler kullanılmıştır. Rezerv hesabında TS EN 1469 [51] standartlarına göre 50 MPa üzeri tek eksenli basınç dayanımına sahip bölgeler dikkate alınmıştır. Bu değer, kaplamada kullanılan mermer plakaların sahip olması gereken alt sınırdır. Yapılan kestirim sonucunda 50 MPa üzeri tek eksenli basınç dayanımına sahip olan açık seleksiyonlu bölgeler Şekil 4.6'da, koyu seleksiyonlu bölgeler Şekil 4.7'de, fosilli seleksiyona sahip bölgeler ise Şekil 4.8'deki renklendirilmiş kestirim haritalarında gösterilmektedir.



Şekil 4. 6. Açık seleksiyonlu mermerlerin kestirim haritası



Şekil 4. 7. Koyu seleksiyonlu mermerlerin kestirim haritası



Şekil 4. 8. Fosilli seleksiyona sahip mermerlerin kestirim haritası

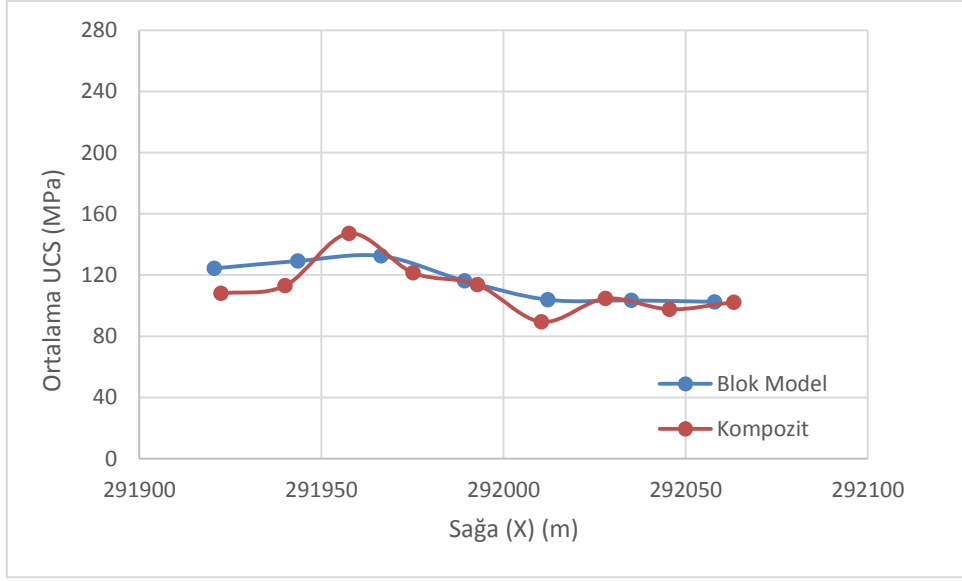
Kestirim sonucunda ruhsat alanında bulunan mermer yatağının içerisindeki üretilebilir miktarlar seleksiyon türlerine göre hesaplanmış ve Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Seleksiyon türlerine göre sahadaki üretilebilir mermer miktarları ve ortalama UCS değerleri

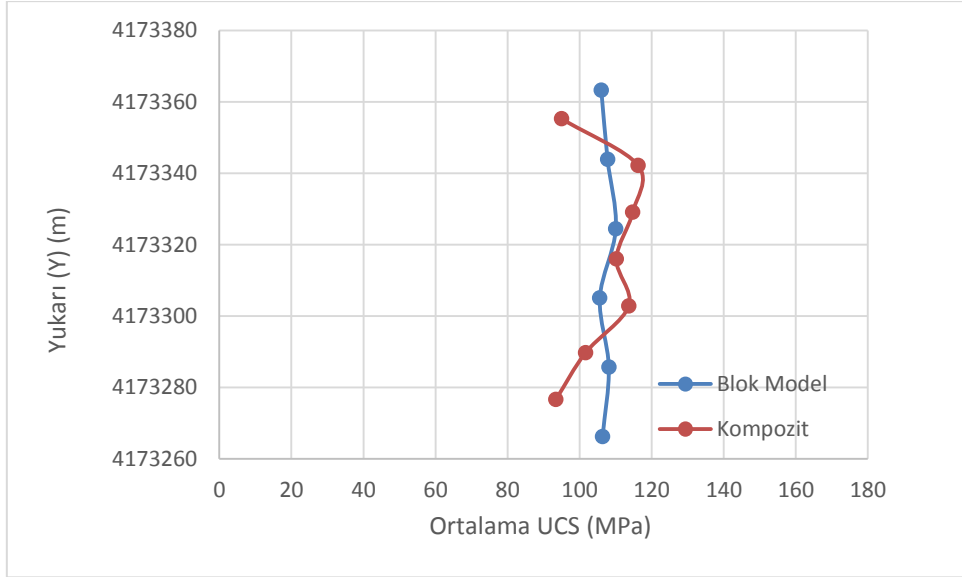
Seleksiyon Adı	Kaynak Miktarı (Ton)	Ortalama UCS Değeri (MPa)
Açık	120.000	91,15
Koyu	1.225.000	106,68
Fosilli	76.000	116,32
Toplam	1.421.000	

4.7. Trend Analizi

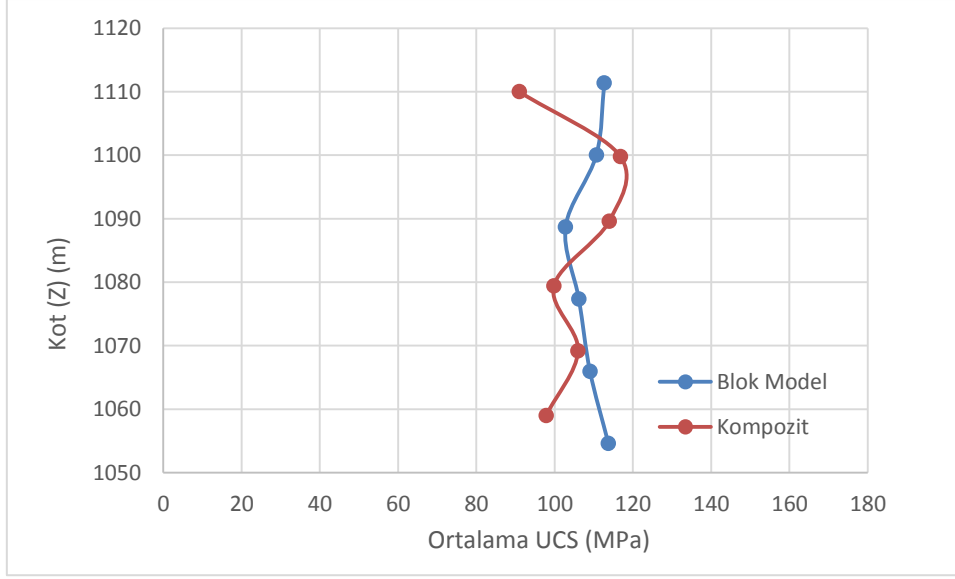
Verilerin, sahanın farklı yönlerine doğru gidildikçe belirlenen aralıklardaki ortalama değişimi incelenmiştir. Bu işleme trend analizi adı verilmektedir. Trend analizi kompozit ve blok kestirim değerleri için x (sağ), y (yukarı), z (kot) yönlerinde yapılmıştır. Şekil 4.9 sağa doğru gidildikçe UCS değerlerinin davranışını gösterirken, yukarı yöndeki davranışlar Şekil 4. 10'da, derine doğru inildikçe yani kot yönündeki UCS değerlerinin davranışları ise Şekil 4. 11'de verilmiştir.



Şekil 4. 9. Sahanın x (sağ) yönünde UCS değişim grafiği



Şekil 4. 10. Sahanın y (yukarı) yönünde UCS değişim grafiği



Şekil 4. 11. Sahanın z (kot) yönünde UCS değişim grafiği

Yukarıdaki UCS değişim grafikleri incelendiğinde kompozit ve blok modelin tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin üç ana eksenle belirli bir ortalama seyrettiği görülmektedir.

4.8. Satış Gelirlerinin Hesaplanması

Çalışmanın son aşamasında fiyatlandırma yapılarak sahadaki rezervin satılması sonucunda elde edilecek olan gelir hesaplanmıştır.

İşletmeden üretilen mermer bloklar açık, koyu ve fosilli olmak üzere üç ana seleksiyon olarak pazarlanmaktadır. Bu seleksiyonlar için farklı satış fiyatları belirlenmiştir. Blok satış fiyatları açık seleksiyon için 150 \$, koyu seleksiyon için 200 \$, fosilli seleksiyon için 220 \$ olarak belirlenmiştir. Blok satışları ocaktan yapılmakta olup, belirlenen fiyatlar da ocak teslim satış fiyatlarıdır.

Blok kestirimi ve kaynak hesabı kısmında üç ana seleksiyon için üretilebilecek olan malzeme miktarları hesaplanmıştır. Üretim kayıtlarına göre, ocak %15 blok verimi ile çalışmaktadır. Blok verimini ocak içerisinde üretim yapılan aynalardaki çatlak ve boşluk yapıları önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, satılabilir durumdaki mermer miktarı, üretilebilir durumdaki rezerv miktarının %15'lik dilimini teşkil etmektedir. Belirlenen satış fiyatları ve ocak verimi dikkate alınarak, mermer blokların satışından elde edilecek kazanç değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Mermer blok satışlarından elde edilecek gelir miktarları

Seleksiyon Adı	Rezerv (Ton)	Birim Fiyat (\$/Ton)	Elde Edilecek Gelir (milyon \$)
Açık	18.000	150 \$	2,7
Koyu	184.000	200 \$	36,8
Fosilli	11.500	220 \$	2,5
Toplam	213.500		42

Portsan Mermer A.Ş.'nin üretim faaliyetlerini sürdürdüğü ruhsat alanı içerisindeki mermer rezervinin tamamının satılabilir bloklar haline getirilip, satışa sunulması durumunda seleksiyon bazında elde edilecek satış gelirleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. İşletmedeki görünür rezervin tamamının çıkarılıp satılması sonucu elde edilecek gelir 42 milyon dolar olacaktır. Bu gelir içerisindeki en fazla payı, koyu seleksiyonlu bloklar oluşturacaktır. Açık tonlu bloklar ve fosilli seleksiyonların oluşturacağı blokların satışından elde edilecek gelir miktarları ise nispeten daha az olacaktır.

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Mermer ocağı işletmelerinde mermer blok üretimi yapılırken farklı renk tonuna sahip bölgelere rastlamak oldukça yaygın bir durumdur. Çıkarılan mermer ürünlerinin yüzeylerindeki renk dağılımları ve dağılımın homojen veya heterojen olması ocaktan çıkarılan mermerlerin satılabilirliğini etkilemektedir. Mermerler üzerindeki renk dağılımlarının her birisi bir seleksiyon oluşturmaktadır ve mermerler genel olarak o seleksiyona verilen isim ile adlandırılmaktadırlar. Mermer üretimini gerçekleştiren firmalar, ürünlerini seleksiyon isimleriyle pazarlamaktadırlar ve reklamlarını bu isimler üzerinden yapmaktadırlar. İşletmeye açılacak olan mermer rezervlerinin sahip olduğu seleksiyon çeşidinin bilinmesi, her bir seleksiyon için ne kadar rezerv miktarının mevcut olduğunun önceden kestirilmesi bu noktada önem teşkil etmektedir.

Bu çalışma kapsamında Portsan Mermer A.Ş. tarafından Isparta İli sınırları içerisinde işletilmekte olan mermer ocağında öncelikle, sondaj ve basamak yüzeylerinden alınan Schmidt sertlik değerleri tek eksenli basınç dayanım değerlerine dönüştürülmüştür. Tek eksenli basınç dayanım değeri parametrelerinden faydalanılarak ve Surpac üç boyutlu madencilik yazılımı kullanılarak jeoistatistiksel yöntemlerle sahadaki seleksiyon miktarları kestirilmiştir. Son olarak da, çalışma alanındaki ocaktan üretilen blok mermerler için birim satış fiyatları belirlenmiş ve ocak verimine göre üretilebilir durumdaki mermerin tamamının satışından elde edilecek gelir hesaplanmıştır.

Jeoistatistiksel yöntemlerle bir mermer sahasının seleksiyon analizi, seleksiyonların tek eksenli basınç dayanım değerlerinin kestirimi ve üretilmesi planlanan mermerin satışından seleksiyonlar için ayrı ayrı elde edilecek gelirin hesaplanmasına yönelik önceki yıllarda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu alandaki bir boşluğu doldurmak adına yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- ISRM 1981 [48] standartlarına göre basamak yüzeylerinin ve sondaj numunelerinin Schmidt sertlik değerlerinin farklı popülasyonlar içerisinde kaldığı görülmüştür. Verilerin sıklık dağılım grafiğinde (histogram) düşük ortalamalı birinci grup karot numunelerini temsil ederken, daha yüksek ortalamaya sahip olan ikinci grubun ise basamaklardan alınan verileri temsil ettiği belirlenmiştir.

- Basamak yüzeylerinden okunan Schmidt sertlik değerleri ile sondaj numunelerinden elde edilen Schmidt sertlik değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla S2 numaralı sondaj ile bu sondaj yerinin hemen yanındaki yüzeyden veriler alınmış ve karot verileri ile basamaktan alınan veriler arasında $R^2:0,9$ gibi yüksek korelasyonlu doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir. Bu ilişki kullanılarak basamaklara ait Schmidt sertlik değerleri karot numunelerine ait verilere dönüştürülerek, veriler normal dağılıma sahip tek bir popülasyon haline getirilmiştir.
- Laboratuvar çalışmalarında 11 adet karot numunesi üzerinde TS 699 [49] standartlarına uygun olarak tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmış, elde edilen sonuçlar ile aynı numunelerin Schmidt sertlik değerleri arasındaki ilişki incelenmiş ve aralarında $R^2:0,91$ 'lik bir ilişki elde edilmiştir. Bu ilişki kullanılarak çalışma alanındaki toplam 86 noktadan elde edilen Schmidt sertlik değerleri tek eksenli basınç dayanımı değerlerine çevrilmiştir. 315 adet verinin bulunduğu bu değerlerin en düşüğü 20,11 MPa, en büyüğü 163,27 MPa, ortalaması 107,48 MPa, ortancası 110,25 MPa, standart sapması ise 29,86 olarak hesaplanmıştır. Değerler arasındaki ilişki ve tek eksenli basınç dayanımları, önceki araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalardan bağımsız olarak bu çalışmaya özgü türetilmiştir. Dolayısıyla veriler ve türetilen eşitlikler, sadece bu saha için geçerli olup, herhangi başka bir saha için geçerli değildir.
- Mermer işletmesindeki sondajlardan geçen litolojik birimlere göre cevher katı modeli oluşturulmuştur. Cevher katı modeli oluşturulurken işletmeden üretilip satılan açık, koyu ve fosilli seleksiyonlar model içerisinde belirtilmiştir. Oluşturulan jeolojik katı modelin doğruluğu Surpac yazılımının doğrulama (validation) fonksiyonu ile kesinleştirilmiştir. Sonrasında katı model x, y, z yönleri 7 metre olan bloklara bölünmüştür. Bu blokların dolduramadığı daha küçük bölgeler ise x, y, z uzunluğu 3,5 metrelik bloklara ayrılmıştır.
- Tek eksenli basınç dayanımlarının oluşturduğu sondaj verilerinin aynı ağırlıklı ortalamaya sahip olması için sondaj verileri kompozit edilmiştir. Veriler kompozit edilirken veri aralığı anlamına gelen kompozit boyları 3 metre olarak belirlenmiştir. Böylece en küçük birimi 3,5 metre olan blok modelin içerisine veri düşmesi sağlanmıştır. Kompozit verilerin blok model içerisine yüklenmesi ile bloklara değer atama işlemi gerçekleştirilmiştir.

- Jeostatistiksel kestirim işleminde kullanılan verilerin arasındaki konumsal bağımlılık bir variogram fonksiyonu ile ifade edilmiştir. Variogram fonksiyonu, bazı seleksiyonların içerisinde az veri düşmesi nedeniyle her bir seleksiyon için ayrı ayrı yapılmamıştır. Sahanın geneli için tek eksenli basınç dayanımlarına göre bir variogram hesaplanmıştır. Sahanın anizotropik özellikte olması nedeniyle yatay ve düşey yönlerde variogram hesaplamaları yapılmış, verileri en iyi temsil eden variogram modeli yuvalı yapı modeli olmuştur. Variogram modelin birinci eşik değeri 300, yapısal uzaklığı 20 iken ikinci eşik değeri 500, yapısal uzaklığı 61 olarak belirlenirken külçe etki değeri 5 olarak belirlenmiştir.
- Variogram fonksiyonundan elde edilen kestirim parametreleri kullanılarak mermer yatağını oluşturan seleksiyonların miktarları ortalamasız krigleme yöntemiyle kestirilmiştir. TS EN 1469 [51] standartlarına göre doğal taşların yapı taşı olarak kaplamada kullanılabilmesi için tek eksenli basınç dayanımlarının 50 MPa değerinin üzerinde olması gerekmektedir. Buna bağlı olarak da seleksiyonların işletilebilir rezerv miktarları kestirim sonucunda elde edilmiştir. Yapılan kestirim sonucunda sahadaki açık renkli seleksiyonun işletilebilir rezerv miktarı 120.000 ton olarak tespit edilmiştir. Bu seleksiyonun ortalama tek eksenli basınç dayanımı 91,15 MPa olarak bulunmuştur. Koyu seleksiyonun işletilebilir rezerv miktarı 1.255.000 ton olarak kestirilmiştir. Bu kısmın tek eksenli basınç dayanımı 106,68 MPa olarak belirlenmiştir. Mermer yatağı içerisinde bulunan fosilli seleksiyonun işletilebilir durumda olan rezerv miktarı 76.000 ton, tek eksenli basma dayanımı ise 116,32 MPa olarak tespit edilmiştir.
- Tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin mermer yatağında farklı yönlerde nasıl değiştiği, kompozit veriler ve blok model içerisindeki tek eksenli basınç dayanımlarının x (sağa), y (yukarı) ve z (kot) yönlerinde incelenmesiyle belirlenmiş ve verilen ortalama bir değer etrafında seyrettikleri, artma ya da azalma eğilimleri içerisinde olmadıkları tespit edilmiştir.
- Ocaktan çıkarılıp satılan seleksiyonların birim satış fiyatları belirlenmiştir. Mermer blokların ocak teslimi satış fiyatları seleksiyon bazında açık tonlu seleksiyon için 150 \$/ton; koyu seleksiyon için 200 \$/ton ve fosilli seleksiyon için 220 \$/ton olarak belirlenmiştir. İşletmede %15 verimle blok mermer üretimi gerçekleştirilmektedir. Ocak verimine göre; açık seleksiyonlu mermerlerin 18.000 ton, koyu seleksiyonlu mermerlerin 184.000 ton ve fosilli seleksiyona

sahip mermerlerin 11.500 tonluk kısmının blok olarak satılacağı belirlenmiştir.. Bu durumda, blok olarak rezervin tamamının çıkarılıp satılması halinde açık seleksiyondan 2,7 milyon dolar; koyu seleksiyondan 36,8 milyon dolar; fosilli seleksiyondan ise 2,5 milyon dolar, toplamda ise 42 milyon dolar gelir elde edileceği belirlenmiştir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmanın geliştirilmesi ve daha etkin bir biçimde uygulanabilmesi için aşağıdaki öneriler yapılmıştır;

- Mermer ocağında işletme ömrü boyunca yapılacak harcamalar da dikkate alınarak, mermer yatağının karlılığının hesaplanmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- Yataktaki rezervin çıkarılıp fabrikalarda işlendikten sonra son ürün olarak pazarlanması sonucu elde edilecek gelirin hesaplanmasına yönelik çalışmalar geliştirilmelidir.
- Bu çalışma bir kireçtaşı türü mermer ocağına uygulanmış olup, benzer çalışmalar diğer türdeki doğal taş işletmeleri için de uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Doğal Taşlar <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Taslar> (Ocak, 2018)
- [2] Inoue, M., Ohomi, M., Relation between uniaxial compressive strength and elastic wave velocity of soft rock. *Proceedings of the International Symposium on Weak Rock*, Tokyo-Japan: (eds: Akai K, Mayashi M, Nishimatsu Y.) 9–13, **1981**.
- [3] Deere, D.U., Miller, R.P., *Engineering Classification And Index Properties for Intact Rock*, Air Force Weapons Lab. Tech. Report, AFWL-TR 65-116, Kirtland Base, New Mexico, **1966**.
- [4] Aufmuth, R.E., A systematic determination of engineering criteria for rocks, *Bulletin Association of Engineering Geologists*, 11, 235-245, **1973**.
- [5] Beverly, B.E., Schoenwolf, D.A., Brierly, G.S., Correlations of rock index values with engineering properties and the classification of intact rock, **1979**.
- [6] Kidbinsky, A., Rebound number and the quality of mine roof strata, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 5, 283-292, **1968**.
- [7] Singh, R.N., Hassani, F.P., Elkington, P.A.S., The application of strength and deformation index testing to the stability assessment of coal measures excavations. *Processing of 24th US Symposium On Rock Mechanics*, Texas A&M University, AEG. Balkema, Rotterdam, 599– 609, **1983**.
- [8] Shorey, P.R., Barat, D., Das, M.N., Mukherjee, K.P., Singh, B., Schmidt hammer rebound data for estimation of large scale in-situ coal strength (Technical Note), *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 21, 39-42, **1984**.
- [9] Haramy, K.Y., De Marco, M.J., Use of Schmidt hammer for rock and coal testing, *26th US Symposium on Rock Mechanics*, 26–28 June, Rapid City. Balkema, Rotterdam, 549–555, **1985**.
- [10] Ghose, A.K., Chacraborti, S., Empirical strength indices of Indian coals—an investigation, *Proceedings of 27th US Symposium on Rock Mechanics*. Balkema, Rotterdam, 59–61, **1986**.

- [11] O'Rourne, J.E., Rock index properties for geoengineering in underground development, *Mining Engineering*, 106-110, **1989**.
- [12] Sachpazis, C.I., Correlating Schmidt hardness with compressive strength and Young's modulus of carbonate rocks, *Bulletin of International Association of Engineering Geology*, 42, 75-83, **1990**.
- [13] Xu, S., Grasso, P., Mahtab, A., Use of Schmidt hammer for estimating mechanical properties of weak rock. *6th International. IAEG Congress*. Balkema, Rotterdam, **1990**.
- [14] Gökçeoğlu, C., Schmidt sertlik çekici kullanılarak tahmin edilen tek eksenli basınç dayanımı verilerinin güvenilirliği üzerine bir değerlendirme, *Jeoloji Mühendisliği*, 48, 78-81, **1996**.
- [15] Kahraman, S., Evaluation of simple methods for assessing the uniaxial compressive strength of rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 38, 981-994, **2001**.
- [16] Katz, O., Reches, Z., Roegiers, J.E., Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt Hammer. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 37, 723-728, **1999**.
- [17] Yılmaz, I., Sendir, H., Correlation of Schmidt hardness with unconfined compressive strength and Young's modulus in gypsum from Sivas (Turkey). *Engineering Geology*, 66, 211-219, **2002**.
- [18] Karaman, S., Erçikti, B., K., Cihangir, F., ve Kesimal, A., Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tahmininde Schmidt Çekici Sertlik Tayini Değerlendirme Yöntemlerinin İncelenmesi, 22. Dünya Madencilik Kongresi, 87-94, **2011**
- [19] Taboada, J., Vaamonde, A., Saavedra, A., Alejano, L., Application of geostatistical techniques to exploitation planning in slate quarries, *Engineering Geology*, 47, 269-277, **1997**.
- [20] Roko, R.O., Deamen, J.J.K., Myers, D.E., Variogram characterization of joint surface morphology and asperity deformation during shearing, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 34(1), 71-84, **1997**.

- [21] Taboada, J., Vaamonde, A., Saavedra, A., Argulles, A., Quality index for ornamental slate deposits, *Engineering Geology*, 50, 203–210, **1998**.
- [22] Taboada, J., Vaamonde, A., Saavedra, A., Evaluation of the quality of a granite quarry, *Engineering Geology*, 53, 1-11, **1999**.
- [23] Tercan, A.E., Ozcelik, Y., Geostatistical evaluation of dimension-stone quarries, *Engineering Geology*, 58, 25-33, **2000**.
- [24] Yüksek, S., Erdem, B., Açık, F.Y., Bir Kireçtaşı Sahasının Sayısal Yöntemler İle Kalite Modellemesi, Türkiye 18. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 103-109, **2003**.
- [25] Taboada, J., Ordonez, C., Saavedra, A., Fiestras-Janerio, G., Fuzzy expert system for economic zonation of an ornamental slate deposit, *Engineering Geology*, 84, 220–228, **2006**.
- [26] Martinez, J.M., Benavente, D., Ordonez, S., Garcia-del-Cura, M.A., Multivariate statistical techniques for evaluating the effects of brecciated rock fabric on ultrasonic wave propagation, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 45, 609-620, **2008**.
- [27] Exadaktylos, G., Stavropoulou, M., A specific upscaling theory of rock mass parameters exhibiting spatial variability: analytical relations and computational scheme, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 45, 1102-1125, **2008**.
- [28] Sarı, M., Karpuz, C., Ayday, C., Estimating rock mass properties using Monte Carlo simulation: Ankara andesites, *Computers and Geosciences*, 36, 959-969, **2010**
- [29] Emery, X., Silva, D.A., Conditional co-simulation of continuous and categorical variables for geostatistical applications, *Computers and Geosciences*, 35, **2009**
- [30] Akkoyun O., Simulation-based investment appraisal and risk analysis of natural building stone deposits, *Construction and Building Materials*, 31, 326–333, **2012**

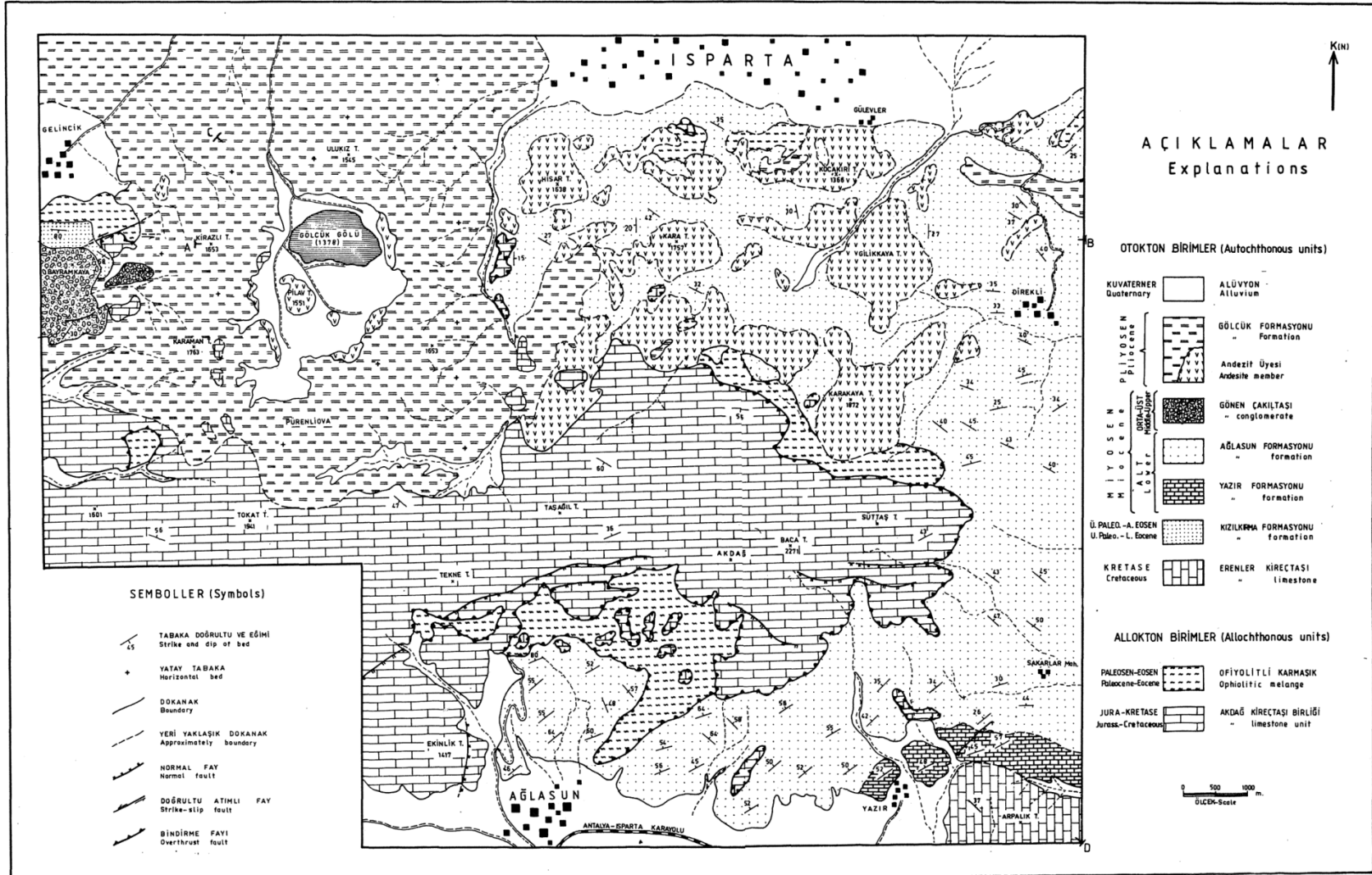
- [31] Yüksek, S., *Divriği Demir Yatağının Üç Boyutlu (3D) Jeolojik Blok Modelinin Çıkarılması ve Rezerv Hesaplamaları*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **1995**.
- [32] Ak, H., *Etibank 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmesinde Tenör Kontrolünün Arama Sondajlarıyla Yapılabilirliğinin Jeostatistiksel Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **1998**.
- [33] Matheron, G., Principles of geostatistics, *Economic Geology*, 58, 1246-1266, **1963**.
- [34] Kishne, A.S., Bringmark, L., Alriksson, A., Comparison of ordinary and lognormal kriging on skewed data of total cadmium in forest soils of Sweden, *Environmental Monitoring and Assessment*, 84, 243-263, **2003**.
- [35] Çetin, M., Kırdı, C., Spatial and temporal changes of soil salinity in a cotton field irrigated with low-quality water, *Journal of Hydrology*, 272, 238-249, **2003**.
- [36] Çetin, M., Topaloğlu, F., Yücel, A., Tülücü, K., Yağış kayıtları ve bazı önemli istatistiklerinin jeostatistik yöntemle incelenmesi: Seyhan Havzası Örneği, II. *Ulusal Hidroloji Kongresi*, 22-24 Haziran, İstanbul, **1998**.
- [37] Çetin, M., *Jeostatistiksel Yöntem İle Nokta ve Alansal Yağışların Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi Örnek Havza Uygulamaları*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **1996**.
- [38] David, M., *Geo-statistical Ore Reserve Estimation Methods: Elsevier*, Amsterdam, **1977**.
- [39] Şahin, A., *Maden Yataklarında Jeostatistik Uygulamaları*, Maden Mühendisleri Odası Yayını, 12-18, Ankara, **1978**.
- [40] Caner, G., *Maden Ekonomisi*, M.T.A. Yayınları, 27, 205, Ankara, **1983**.
- [41] Bayraktar, B., *Zemin Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Mesafenin Tersine ve Kriging Yöntemleriyle Kestirimi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **2007**.
- [42] Tercan, A.E., Saraç, C., *Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 45-65, Ankara, **1998**.

- [43] Tercan, A.E., Jeostatistiksel rezerv hesabı, *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeclığı El Kitabı* (1) (Ed: Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M.A., Tamzok, N.), TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 89-113, Ankara, **2005**.
- [44] Çetin, M., Kırdı, C., Spatial and Temporal Changes of Soil Salinity in a Cotton Field Irrigated With Low-Quality Water, *Journal of Hydrology*, 238-249, **2003**.
- [45] Tercan, A.E., *Jeostatistiksel Rezerv Hesabı ve Surpac Uygulaması*, T.K.İ. Raporu, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, 17-60, Ankara, **2007**.
- [46] Karaman, M.E., Isparta güneyinin temel jeolojik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 33, 57-67, **1990**.
- [47] Karaman, M.E., Meriç, E., Tansel, E., Çünür (Isparta) dolayında kretase-terziyer geçişine ilişkin bazı yeni stratigrafik ve paleontolojik bulgular, *Cumhuriyet Üniversitesi I. Jeoloji ve Madencilik Sempozyumu Bildiri Özleri*, 50-61, Sivas, **1998**.
- [48] ISRM, Suggested Methods Rock Characterization; Testing and Monitoring. (Eds: Brown, E. T.), Pergamon Press, London, 211, **1981**.
- [49] TS 699, Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, 42, **2009**.
- [50] Eraslan, K., *Madenlerin Değerlendirilmesi Ders Notu*, Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 3-4, Kütahya, **2006**.
- [51] TS EN 1469, Doğaltaş Mamulleri-Kaplamada Kullanılan Plakalar-Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, 47, **2015**.

EKLER

EK 1

Çalışma Bölgesinin Jeoloji Haritası



EK 2

Sondajlara Ait Kuyu Ađzı (Collar) Tablosu

SONDAJ ADI	DERİNLİK (m)	X	Y	Z
S1	70,60	292041	4173280	1113
S2	70,70	292019	4173289	1113
S3	70,60	292062	4173335	1126
S4	71	292021	4173347	1127
B1	9	292012	4173274	1121
B2	10	292012	4173282	1122
B3	10	292015	4173284	1122
B4	10	292011	4173298	1122
B5	11	292009	4173306	1123
B6	13	292009	4173309	1125
B7	13	292008	4173311	1125
B8	12	292006	4173316	1124
B9	10	292006	4173321	1122
B10	8	292005	4173329	1120
B11	8	292001	4173333	1120
B12	8	291999	4173334	1120
B13	7	291995	4173338	1119
B14	5	291995	4173342	1117
B15	5	291988	4173345	1117
B16	5	291980	4173349	1117
B17	5	291980	4173356	1117
B18	7	291998	4173269	1112
B19	7	291991	4173278	1112
B20	7	291985	4173286	1112
B21	7	291976	4173299	1112
B22	7	291979	4173308	1112
B23	7	291968	4173309	1112
B24	7	291968	4173316	1112
B25	7	291970	4173327	1112
B26	7	291964	4173330	1112
B27	7	291959	4173335	1112
B28	7	291939	4173353	1112
B29	6	291935	4173359	1111
B30	6	291927	4173364	1111
B31	5	291905	4173378	1110
B32	7	291967	4173282	1105
B33	7	291951	4173282	1105

B34	7	291935	4173302	1105
B35	7	291937	4173308	1105
B36	7	291930	4173314	1105
B37	7	291923	4173321	1105
B38	7	291915	4173330	1105
B39	7	291962	4173341	1112
B40	9	292009	4173269	1121
B41	9	292007	4173278	1121
B42	12	292007	4173285	1124
B43	12	292009	4173288	1124
B44	13	292004	4173297	1125
B45	13	292008	4173298	1125
B46	12	292002	4173306	1124
B47	12	292006	4173307	1124
B48	12	292002	4173309	1124
B49	12	292006	4173316	1124
B50	7	291993	4173266	1112
B51	11	291997	4173325	1123
B52	8	291993	4173334	1120
B53	8	291996	4173329	1120
B54	8	291990	4173332	1120
B55	8	291990	4173335	1120
B56	7	291990	4173340	1119
B57	6	291986	4173339	1118
B58	6	291983	4173344	1118
B59	6	291978	4173344	1118
B60	5	291974	4173348	1117
B61	5	291974	4173354	1117
B62	5	291975	4173358	1117
B63	6	291905	4173371	1111
B64	6	291915	4173364	1111
B65	6	291925	4173359	1111
B66	6	291932	4173355	1111
B67	7	291940	4173344	1112
B68	7	291940	4173347	1112
B69	7	291946	4173344	1112
B70	7	291954	4173340	1112
B71	7	291952	4173336	1112

B72	7	291953	4173332	1112
B73	7	291958	4173328	1112
B74	7	291963	4173325	1112
B75	7	291963	4173320	1112
B76	7	291961	4173311	1112
B77	7	291961	4173305	1112
B78	7	291969	4173301	1112
B79	7	291973	4173291	1112
B80	7	291977	4173287	1112
B81	7	291984	4173278	1112
B82	7	291989	4173272	1112

EK 3

Sondajlara Ait Etüt (Survey) Tablosu

SONDAJ ADI	DERİNLİK (m)	DIP AÇISI (°)	AZIMUTH AÇISI (°)
S1	70.60	-90	0
S2	70.70	-90	0
S3	70.60	-90	0
S4	71	-90	0
B1	9	-90	0
B2	10	-90	0
B3	10	-90	0
B4	10	-90	0
B5	11	-90	0
B6	13	-90	0
B7	13	-90	0
B8	12	-90	0
B9	10	-90	0
B10	8	-90	0
B11	8	-90	0
B12	8	-90	0
B13	7	-90	0
B14	5	-90	0
B15	5	-90	0
B16	5	-90	0
B17	5	-90	0
B18	7	-90	0
B19	7	-90	0
B20	7	-90	0
B21	7	-90	0
B22	7	-90	0
B23	7	-90	0
B24	7	-90	0
B25	7	-90	0
B26	7	-90	0
B27	7	-90	0
B28	7	-90	0
B29	6	-90	0
B30	6	-90	0
B31	5	-90	0
B32	7	-90	0
B33	7	-90	0

B34	7	-90	0
B35	7	-90	0
B36	7	-90	0
B37	7	-90	0
B38	7	-90	0
B39	7	-90	0
B40	9	-90	0
B41	9	-90	0
B42	12	-90	0
B43	12	-90	0
B44	13	-90	0
B45	13	-90	0
B46	12	-90	0
B47	12	-90	0
B48	12	-90	0
B49	12	-90	0
B50	7	-90	0
B51	11	-90	0
B52	8	-90	0
B53	8	-90	0
B54	8	-90	0
B55	8	-90	0
B56	7	-90	0
B57	6	-90	0
B58	6	-90	0
B59	6	-90	0
B60	5	-90	0
B61	5	-90	0
B62	5	-90	0
B63	6	-90	0
B64	6	-90	0
B65	6	-90	0
B66	6	-90	0
B67	7	-90	0
B68	7	-90	0
B69	7	-90	0
B70	7	-90	0
B71	7	-90	0

B72	7	-90	0
B73	7	-90	0
B74	7	-90	0
B75	7	-90	0
B76	7	-90	0
B77	7	-90	0
B78	7	-90	0
B79	7	-90	0
B80	7	-90	0
B81	7	-90	0
B82	7	-90	0

EK 4

Sondajlara Ait Jeoloji (Geology) Tablosu

SONDAJ ADI	BAŞLANGIÇ (m)	BİTİŞ (m)	JEOLJİK YAPI	SELEKSİYON
S1	0	8	CaCO3	koyu
S1	8	15	CaCO3	fosilli
S1	15	42.65	CaCO3	koyu
S1	42.65	45.7	Bozuk	-
S1	45.7	70.6	CaCO3	koyu
S2	0	8	CaCO3	koyu
S2	8	15	CaCO3	fosilli
S2	15	53	CaCO3	koyu
S2	53	68.3	Bozuk	-
S2	68.3	70.7	CaCO3	koyu
S3	0	4	CaCO3	açık
S3	4	14	CaCO3	koyu
S3	14	52.4	CaCO3	koyu
S3	52.4	54.6	Bozuk	-
S3	54.6	70.6	CaCO3	koyu
S4	0	4	CaCO3	açık
S4	4	14	CaCO3	koyu
S4	14	71	CaCO3	koyu
B1	0	6	CaCO3	açık
B1	6	9	CaCO3	koyu
B2	0	7	CaCO3	açık
B2	7	10	CaCO3	koyu
B3	0	7	CaCO3	açık
B3	7	10	CaCO3	koyu
B4	0	7	CaCO3	açık
B4	7	10	CaCO3	koyu
B5	0	8	CaCO3	açık
B5	8	11	CaCO3	koyu
B6	0	10	CaCO3	açık
B6	10	13	CaCO3	koyu
B7	0	10	CaCO3	açık
B7	10	13	CaCO3	koyu
B8	0	9	CaCO3	açık
B8	9	12	CaCO3	koyu
B9	0	7	CaCO3	açık
B9	7	10	CaCO3	koyu
B10	0	5	CaCO3	açık

B10	5	8	CaCO3	koyu
B11	0	5	CaCO3	açık
B11	5	8	CaCO3	koyu
B12	0	5	CaCO3	açık
B12	5	8	CaCO3	koyu
B13	0	4	CaCO3	açık
B13	4	7	CaCO3	koyu
B14	0	2	CaCO3	açık
B14	2	5	CaCO3	koyu
B15	0	2	CaCO3	açık
B15	2	5	CaCO3	koyu
B16	0	2	CaCO3	açık
B16	2	5	CaCO3	koyu
B17	0	2	CaCO3	açık
B17	2	5	CaCO3	koyu
B18	0	7	CaCO3	koyu
B19	0	7	CaCO3	koyu
B20	0	7	CaCO3	koyu
B21	0	7	CaCO3	koyu
B22	0	7	CaCO3	koyu
B23	0	7	CaCO3	koyu
B24	0	7	CaCO3	koyu
B25	0	7	CaCO3	koyu
B26	0	7	CaCO3	koyu
B27	0	7	CaCO3	koyu
B28	0	7	CaCO3	koyu
B29	0	6	CaCO3	koyu
B30	0	6	CaCO3	koyu
B31	0	5	CaCO3	koyu
B32	0	7	CaCO3	fosilli
B33	0	7	CaCO3	fosilli
B34	0	7	CaCO3	fosilli
B35	0	7	CaCO3	fosilli
B36	0	7	CaCO3	fosilli
B37	0	7	CaCO3	fosilli
B38	0	7	CaCO3	fosilli
B39	0	7	CaCO3	koyu
B40	0	6	CaCO3	açık

B40	6	9	CaCO3	koyu
B41	0	6	CaCO3	açık
B41	6	9	CaCO3	koyu
B42	0	9	CaCO3	açık
B42	9	12	CaCO3	koyu
B43	0	9	CaCO3	açık
B43	9	12	CaCO3	koyu
B44	0	10	CaCO3	açık
B44	10	13	CaCO3	koyu
B45	0	10	CaCO3	açık
B45	10	13	CaCO3	koyu
B46	0	9	CaCO3	açık
B46	9	12	CaCO3	koyu
B47	0	9	CaCO3	açık
B47	9	12	CaCO3	koyu
B48	0	9	CaCO3	açık
B48	9	12	CaCO3	koyu
B49	0	9	CaCO3	açık
B49	9	12	CaCO3	koyu
B50	0	7	CaCO3	koyu
B51	0	8	CaCO3	açık
B51	8	11	CaCO3	koyu
B52	0	5	CaCO3	açık
B52	5	8	CaCO3	koyu
B53	0	5	CaCO3	açık
B53	5	8	CaCO3	koyu
B54	0	5	CaCO3	açık
B54	5	8	CaCO3	koyu
B55	0	5	CaCO3	açık
B55	5	8	CaCO3	koyu
B56	0	4	CaCO3	açık
B56	4	7	CaCO3	koyu
B57	0	3	CaCO3	açık
B57	3	6	CaCO3	koyu
B58	0	3	CaCO3	açık
B58	3	6	CaCO3	koyu
B59	0	3	CaCO3	açık
B59	3	6	CaCO3	koyu

B60	0	2	CaCO3	açık
B60	2	5	CaCO3	koyu
B61	0	2	CaCO3	açık
B61	2	5	CaCO3	koyu
B62	0	2	CaCO3	açık
B62	2	5	CaCO3	koyu
B63	0	6	CaCO3	koyu
B64	0	6	CaCO3	koyu
B65	0	6	CaCO3	koyu
B66	0	6	CaCO3	koyu
B67	0	7	CaCO3	koyu
B68	0	7	CaCO3	koyu
B69	0	7	CaCO3	koyu
B70	0	7	CaCO3	koyu
B71	0	7	CaCO3	koyu
B72	0	7	CaCO3	koyu
B73	0	7	CaCO3	koyu
B74	0	7	CaCO3	koyu
B75	0	7	CaCO3	koyu
B76	0	7	CaCO3	koyu
B77	0	7	CaCO3	koyu
B78	0	7	CaCO3	koyu
B79	0	7	CaCO3	koyu
B80	0	7	CaCO3	koyu
B81	0	7	CaCO3	koyu
B82	0	7	CaCO3	koyu

EK 5

Sondajlara Ait Örnek (Sample) Tablosu

SONDAJ ADI	BAŞLANGIÇ (m)	BİTİŞ (m)	SCHMIDT SERTLİK	UCS DEĞERİ (MPa)
S1	0	4,85	38,2	66,40
S1	4,85	6,60	36,5	57,78
S1	6,60	10	36,7	58,73
S1	10	13	34,9	50,69
S1	13	16	35,8	54,56
S1	16	19,20	36,6	58,25
S1	19,20	22	41,5	86,97
S1	22	25,90	39,4	73,24
S1	25,90	29	40,7	81,46
S1	29	32	45,3	118,68
S1	32	35	44,8	113,92
S1	35	38	45	115,80
S1	38	42,65	43	98,32
S1	42,65	45,7	44	106,70
S1	45,7	49	45,9	124,65
S1	49	52,6	43,5	102,43
S1	52,6	56	48,6	155,45
S1	56	59,2	46,3	128,79
S1	59,2	62	46	125,67
S1	62	65	46,8	134,17
S1	65	68	42,8	96,73
S1	68	70,6	46,6	131,99
S2	0	3	35,8	54,56
S2	3	7,20	34,9	50,69
S2	7,20	10,20	41,6	87,68
S2	10,20	14,70	45,8	123,63
S2	14,70	18	45,4	119,65
S2	18	21	42,1	91,35
S2	21	22,9	40,7	81,46
S2	22,9	27,10	39,9	76,30
S2	27,10	32,2	46,8	134,17
S2	32,2	36,2	39,4	73,24
S2	36,2	39,2	31,30	37,76
S2	39,2	42,2	35,8	54,56
S2	42,2	44,15	23,60	20,11
S2	44,15	47	46,6	131,99
S2	47	50	46,6	131,99
S2	50	53	45,4	119,65
S2	53	68,3	44	106,70
S2	68,3	70,7	47,9	146,80
S3	0	3	38,9	70,31
S3	3	6	38,5	68,04
S3	6	8	46,8	134,17
S3	8	10,80	31,6	38,70

S3	10,80	14	45,4	119,65
S3	14	16,40	43	98,32
S3	16,40	20,30	42	90,60
S3	20,30	23,30	43,3	100,77
S3	23,30	26,30	43,4	101,59
S3	26,30	30,40	44,9	114,86
S3	30,40	33,55	43	98,32
S3	33,55	36,55	45,8	123,63
S3	36,55	39,55	45,8	123,63
S3	39,55	42,55	46	125,67
S3	42,55	45,55	43,8	104,97
S3	45,55	48,55	44,5	111,16
S3	48,55	52,4	43,9	105,84
S3	52,4	57,6	45,3	118,68
S3	57,6	60,6	39,6	74,45
S3	60,6	63,6	42,8	96,73
S3	63,6	66,6	45,6	121,63
S3	66,6	70,6	43,2	99,95
S4	0	3	40,3	78,84
S4	3	6,30	43,8	104,97
S4	6,30	8	45,4	119,65
S4	8	11	45,1	116,75
S4	11	14	45,7	122,62
S4	14	18	44,4	110,25
S4	18	21,2	42,9	97,52
S4	21,2	26	45,6	121,63
S4	26	29	47,2	138,63
S4	29	32,8	46,6	131,99
S4	32,8	35,8	45,5	120,63
S4	35,8	38,8	42,6	95,16
S4	38,8	41,85	44,5	111,16
S4	41,85	45	44,4	110,25
S4	45	48	43,8	104,97
S4	48	51	46,9	135,27
S4	51	54	46,3	128,79
S4	54	57	39,4	73,24
S4	57	60	43,5	102,43
S4	60	63	46	125,67
S4	63	66	43,8	104,97
S4	66	69	44,6	112,07
S4	69	71	45,8	123,63
B1	0	1,20	27	26,56
B1	1,20	6	32	39,98
B1	6	9	37,4	62,19
B2	0	1,20	27,80	28,36

B2	1,20	5	31,70	39,01
B2	5	7,50	32,3	40,98
B2	7,50	10	39,4	73,24
B3	0	3	29,40	32,32
B3	3	6	34,2	47,87
B3	6	10	38,5	68,04
B4	0	3	33	43,39
B4	3	6	34,8	50,27
B4	6	10	42,1	91,35
B5	0	3,50	33,5	45,20
B5	3,50	5	37	60,19
B5	5	8	40,4	79,49
B5	8	11	40,4	79,49
B6	0	3	37	60,19
B6	3	6	40,5	80,14
B6	6	9	42,2	92,10
B6	9	13	44,8	113,92
B7	0	1,20	38,7	69,17
B7	1,20	5	40,8	82,13
B7	5	7	40,2	78,20
B7	7	10	41,7	88,40
B7	10	13	42,1	91,35
B8	0	1,20	38,5	68,04
B8	1,20	5	41,1	84,17
B8	5	8	41,5	86,97
B8	8	12	43,5	102,43
B9	0	1	40,4	79,49
B9	1	4	43,3	100,77
B9	4	7	44,8	113,92
B9	7	10	44,4	110,25
B10	0	1	40,6	80,80
B10	1	4	42,6	95,16
B10	4	8	42,9	97,52
B11	0	3	43,4	101,59
B11	3	6	44	106,70
B11	6	8	44,4	110,25
B12	0	3	41,8	89,13
B12	3	4,50	42,9	97,52
B12	4,50	5,50	43,2	99,95
B12	5,50	8	44	106,70
B13	0	3	43,4	101,59
B13	3	5	46,7	133,08
B13	5	7	46,7	133,08
B14	0	2	43,9	105,84
B14	2	4	44,4	110,25

B14	4	5	43,8	104,97
B15	0	3	46	125,67
B15	3	5	46,7	133,08
B16	0	3	41,2	84,86
B16	3	5	44,3	109,36
B17	0	3	39,7	75,06
B17	3	5	39,2	72,05
B18	0	3	42,1	91,35
B18	3	7	47,3	139,77
B19	0	3	42,8	96,73
B19	3	7	46,2	127,74
B20	0	3	42,9	97,52
B20	3	7	46,7	133,08
B21	0	0,5	47,5	142,08
B21	0,5	4	47,9	146,80
B21	4	7	48,6	155,45
B22	0	1	47,9	146,80
B22	1	4	47,8	145,61
B22	4	7	48,4	152,93
B23	0	1,50	47,7	144,42
B23	1,50	4	48,6	155,45
B23	4	7	48	148,01
B24	0	3	47,5	142,08
B24	3	7	47,8	145,61
B25	0	3	47,8	145,61
B25	3	7	47,9	146,80
B26	0	3	48	148,01
B26	3	7	48,1	149,22
B27	0	3	47,8	145,61
B27	3	7	47,8	145,61
B28	0	3	46,8	134,17
B28	3	7	46,2	127,74
B29	0	3	43,2	99,95
B29	3	6	41,7	88,40
B30	0	3	39,8	75,68
B30	3	6	42,2	92,10
B31	0	2	37,1	60,68
B31	2	5	40,4	79,49
B32	0	3	47,1	137,50
B32	3	5	44,3	109,36
B32	5	7	46	125,67
B33	0	3	46,7	133,08
B33	3	5	44,3	109,36
B33	5	7	46,1	126,70
B34	0	3	45,5	120,63

B34	3	5	46,9	135,27
B34	5	7	45,1	116,75
B35	0	3	44,6	112,07
B35	3	5	46,1	126,70
B35	5	7	46,8	134,17
B36	0	3	45,1	116,75
B36	3	5	46,6	131,99
B36	5	7	47,1	137,50
B37	0	3	45,5	120,63
B37	3	5	47,2	138,63
B37	5	7	46,6	131,99
B38	0	3	44,6	112,07
B38	3	5	46,8	134,17
B38	5	7	46,6	131,99
B39	0	3	45,8	123,63
B39	3	7	46,3	128,79
B40	0	2	31,2	37,45
B40	2	5	32	39,98
B40	5	9	36,2	56,37
B41	0	2	31,4	38,07
B41	2	5	35,8	54,56
B41	5	9	41	83,48
B42	0	2	43,4	101,59
B42	2	5	46,6	131,99
B42	5	8	43,9	105,84
B42	8	12	45,8	123,63
B43	0	2	44,4	110,25
B43	2	5	43,9	105,84
B43	5	8	46,7	133,08
B43	8	12	46,9	135,27
B44	0	2	42,1	91,35
B44	2	5	44,3	109,36
B44	5	8	46,2	127,74
B44	8	11	44	106,70
B44	11	13	45,6	121,63
B45	0	2	39,9	76,30
B45	2	5	43,4	101,59
B45	5	8	45,6	121,63
B45	8	11	45,8	123,63
B45	11	13	45,2	117,71
B46	0	2	41,4	86,26
B46	2	5	45,2	117,71
B46	5	8	47,2	138,63
B46	8	12	46,7	133,08
B47	0	2	44,4	110,25

B47	2	5	44,3	109,36
B47	5	8	45,1	116,75
B47	8	12	46,2	127,74
B48	0	2	43,8	104,97
B48	2	5	46,3	128,79
B48	5	8	45,2	117,71
B48	8	12	45,2	117,71
B49	0	2,40	38,6	68,60
B49	2,40	5	40,8	82,13
B49	5	8	41,7	88,40
B49	8	12	42,8	96,73
B50	0	3	44,4	110,25
B50	3	7	46,7	133,08
B51	0	1,50	40,5	80,14
B51	1,50	4	41,4	86,26
B51	4	7	46,6	131,99
B51	7	11	46,8	134,17
B52	0	3	41,6	87,68
B52	3	4,50	43,4	101,59
B52	4,50	5,50	44	106,70
B52	5,50	8	46,9	135,27
B53	0	4,50	44,9	114,86
B53	4,50	5,50	45,5	120,63
B53	5,50	8	45,7	122,62
B54	0	3	43,2	99,95
B54	3	5,50	44,5	111,16
B54	5,50	6,50	45,8	123,63
B54	6,50	8	46,9	135,27
B55	0	3	42,7	95,94
B55	3	5,50	44,2	108,46
B55	5,50	6,50	45	115,80
B55	6,50	8	47,1	137,50
B56	0	3	40,3	78,84
B56	3	6	42,9	97,52
B56	6	6,50	43,1	99,13
B56	6,50	7	44	106,70
B57	0	3	44,8	113,92
B57	3	6	45,6	121,63
B58	0	3	42,3	92,85
B58	3	6	46,5	130,92
B59	0	3	43,9	105,84
B59	3	6	47,2	138,63
B60	0	3	41,6	87,68
B60	3	5	44,6	112,07
B61	0	2	39,4	73,24

B61	2	5	41,6	87,68
B62	0	2	39,9	76,30
B62	2	5	42,3	92,85
B63	0	3	41	83,48
B63	3	6	42,1	91,35
B64	0	3	41,6	87,68
B64	3	6	41,8	89,13
B65	0	3	41,6	87,68
B65	3	6	44,4	110,25
B66	0	3	41,7	88,40
B66	3	6	43,4	101,59
B67	0	3	43,1	99,13
B67	3	7	45,5	120,63
B68	0	3	42,8	96,73
B68	3	7	45,4	119,65
B69	0	3	44,3	109,36
B69	3	7	46,5	130,92
B70	0	3	47,7	144,42
B70	3	7	48,6	155,45
B71	0	3	48,8	158,02
B71	3	7	49,2	163,27
B72	0	3	48,9	159,32
B72	3	7	49,1	161,94
B73	0	3	48,3	151,68
B73	3	7	48	148,01
B74	0	3	47,7	144,42
B74	3	7	48	148,01
B75	0	3	48,8	158,02
B75	3	7	48,9	159,32
B76	0	3	47,7	144,42
B76	3	7	47,8	145,61
B77	0	3	48,5	154,19
B77	3	7	47,9	146,80
B78	0	1,50	48,1	149,22
B78	1,50	2,50	48	148,01
B78	2,50	5	47,5	142,08
B78	5	7	48,6	155,45
B79	0	1	46,8	134,17
B79	1	4	47,2	138,63
B79	4	7	46,3	128,79
B80	0	3	45,1	116,75
B80	3	7	46,2	127,74
B81	0	3	45,4	119,65
B81	3	7	47,2	138,63
B82	0	3	44,3	109,36
B82	3	7	46,8	134,17

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Kemal AKSOY
Doğum Yeri : Bucak
Medeni Hali : Evli
E-posta : kemalaksoy@hotmail.com
Adresi : Yeni Mah. 19 Mayıs Cad. No: 45/1 Bucak/BURDUR

Eğitim

Lise : 2004-2007 Bucak Şehit Ayfer Gök Lisesi
Lisans : 2007-2012 Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü
Yüksel Lisans : 2012-2018 Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü
Doktora : -

Yabancı Dil Düzeyi

İngilizce, 66,25 - KPDS

İş Deneyimi

07/2012-12/2013 : Maden Mühendisi, Şahin Madencilik Müh. Müş. Nak. Ve Tic. Ltd. Şti.
03/2014-.....: Maden Mühendisi, Portsan Mermer San. Pet. Ve Tar. Ürün. Enerji Nak. Tic. A.Ş.

Deneyim Alanları

Maden Müşavirlik, Mermer Teknolojileri, Mermer Ocak İşletmeciliği

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçeleri

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 29/05/2018

Tez Başlığı / Konusu: JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER KULLANILAN BİR MERMER YATAĞINDAKİ SELEKSİYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 85 sayfalık kısmına ilişkin, 29/05/2018 tarihinde ~~şahsım~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar ~~hariç~~/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Kemal AKSOY

Öğrenci No: N12124996

Anabilim Dalı: MADEN MÜHENDİSLİĞİ

Programı:

Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

29.05.2018

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK

(Unvan, Ad Soyad, İmza)