

**ÇORAKLITEPE (DUTLUCA, BALIKESİR) ALTIN  
YATAĞININ ARAMA SONDAJLARI VE TENÖR  
KONTROL ÇALIŞMASI ÖRNEKLERİ KULLANILARAK  
KAYNAK KESTİRİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**THE ASSESSMENT OF RESOURCE ESTIMATIONS OF  
ÇORAKLIKTEPE (DUTLUCA, BALIKESİR) GOLD  
DEPOSIT BY USING SAMPLES FROM EXPLORATION  
DRILLHOLES AND GRADE CONTROL OPERATIONS**

**ENES ÇİMEN**

**PROF. DR. CEM SARAÇ**  
**Tez Danışmanı**

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

2024

## ÖZET

# ÇORAKLITEPE (DUTLUCA, BALIKESİR) ALTIN YATAĞININ ARAMA SONDAJLARI VE TENÖR KONTROL VERİLERİ İLE MADEN KAYNAK KESTİRİMİ

**Enes ÇİMEN**

**Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cem SARAÇ**

**Haziran 2024, 68 sayfa**

Sunulan tez kapsamında Balıkesir’de bulunan, üretim faaliyetleri ve rehabilitasyon süreci tamamlanmış olan Çoraklıktepe Altın Madeni’nin karotlu sondaj verileri ve tenör kontrol verileri kullanılarak maden kaynak modellerinin oluşturulması ve oluşturulan bu modellerin birbirleriyle karşılaştırılıp ortaya çıkan farklılıkların incelenerek veri setlerinin, örnek sıklığının ve örnek homojenizasyonunun maden kaynak modeli sonuçları üzerindeki etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, her iki veri seti örneklerinin jeostatistiksel değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin litolojik özellikleri ve tenör içerikleri gözetilerek katı modelleri yapılmıştır. Kompozitleme ve üst sınır değeri belirleme uygulamaları yapılmıştır. Krigleme komşu analizleri (Kriging Neighborhood Analysis) yapılarak, blok kestirim nokta sayıları ve blok boyutları belirlenmiştir. Belirlenen blok boyutları kullanılarak blok modeller oluşturulmuştur. Variogram fan haritaları üretilerek, örnekler arasındaki yönlü ilişki belirlenmiştir.

Belirlenen yönlerde deneysel ve model variogramlar oluşturularak “külçe etkisi” değeri (Nugget Effect), toplam düşey ölçek değeri (Sill) ve arama elipsoidinin üç boyutlu uzunlukları belirlenmiştir. İki veri seti için de “En yakın komşu” (Nearest Neighbor), “Uzaklığın tersi” (Inverse Power of Distance) ve “Ortalamasız krigleme” (Ordinary Kriging) metodları kullanılarak maden kaynak kestirimleri yapılmıştır. Oluşturulan maden kaynak modellerinin temsili aralıklar kullanılarak elde edilen kesitleri hem geometrik açıdan hem de altın içerikleri göz önüne alınarak, örnek verileri ile karşılaştırılmıştır. Yönsel ortalama analizleri (Swath Plot Analysis) yapılarak X, Y, Z yönlerinde alınan 30-50 metre aralıklı kesitlerle model tenör ortalamaları ve örnek tenör ortalamaları üç boyutlu olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaların uyumsuz olduğu noktalarda, uyumsuzlukların sebepleri ortaya konmuştur. Buna ek olarak homojen jeolojik ortamlara göre model ve örnek tenörleri karşılaştırılıp doğrulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen modellerin tonajlarının ve toplam altın içeriklerinin karşılaştırılabilmesi için, üretim faaliyetleri başlamadan önce alınan saha topoğrafyası ve maden üretimi sonlandıktan sonra alınan saha topoğrafyası arasındaki ortak alan değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tenör kontrol örnekleri ile oluşturulan modelin, araştırma sondajları ile oluşturulan modele göre tonajda %29 fazla, tenörde %7 düşük ve ons bazında %24 fazla olduğu görülmüştür. Modeller arası bu yüksek farkın sebeplerinin arama sondajlarının sıklığının az olması ve sondajların dağılımının homojen olmaması olduğu ortaya konmuştur. Bu tez, maden sahaları faaliyete geçmeden önce fizibilite aşamasında yapılması gereken ön jeolojik etüdün önemini ve ön jeolojik etüdün iyi yapılamaması veya elde edilen çıkarımların sondaj planlama aşamasında etkili kullanılmaması halinde ortaya çıkacak olası sorunlara bir örnek olarak gösterilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeostatistik, Maden Kaynak Modelleme, Variogram, Krigleme

## **ABSTRACT**

# **THE ASSESSMENT OF RESOURCE ESTIMATIONS OF ÇORAKLIKTEPE (DUTLUCA, BALIKESIR) GOLD DEPOSIT BY USING SAMPLES FROM EXPLORATION DRILLHOLES AND GRADE CONTROL OPERATIONS**

**Enes ÇİMEN**

**Master of Science, Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Cem SARAÇ**

**June 2024, 68 pages**

The objective of this thesis is to create and compare mine resource models using core drilling data and grade control data from the Çoraklıktepe Gold Mine in Balıkesir, whose production activities and rehabilitation process have been completed, and to examine the differences that arise. This will help demonstrate the impact of data sets, sample frequency, and sample homogenization on mineral resource model outcomes. In this context, geostatistical evaluations of both data sets were conducted. Solid models were made considering the lithological properties and grade contents of the samples. Compositing and top cut value determination applications were performed. Kriging Neighborhood Analysis was conducted to determine the number of discretisation points and block sizes. Block models were created using the determined block sizes. Variogram fan maps were produced to determine the directional relationship between samples. Experimental and model variograms were created in the

identified directions, the nugget effect, total sill value, and the three-dimensional lengths of the search ellipsoid were determined. Mineral resource estimations were made for both data sets using the Nearest Neighbor, Inverse Power of Distance, and Ordinary Kriging methods. Sections obtained from the created mineral resource models using representative intervals were compared with the sample data in terms of both geometry and gold contents. Swath Plot Analysis was conducted to compare the model grade averages and sample grade averages in three dimensions using sections taken at 30-50m intervals in the X, Y, Z directions. The reasons for discrepancies were identified at points where comparisons were not consistent. Additionally, model and sample grades were compared and validated according to domains. To compare the tonnages and total gold contents of the models, the common area between the topographical surface before production activities began and the topographical surface after mining activities ended was evaluated. The results showed that the model created with grade control samples was 29% higher in tonnage, 7% lower in grade, and 24% higher in ounces compared to the model created with exploration drilling samples. The main reasons for these significant differences between the models were found to be the low frequency and uneven distribution of the exploration drillholes. This thesis demonstrates the importance of the preliminary geological study that needs to be conducted during the feasibility stage before mining activities commence and the potential outcomes if the preliminary geological study is not properly conducted or if the obtained insights are not effectively used during the drilling planning stage.

**Keywords:** Geostatistics, Mineral Resource Estimation, Variography, Kriging

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER.....	viii
ÇİZELGELER.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışma Alanının Yeri.....	3
1.2. Önceki Çalışmalar.....	4
1.3. Bölgesel Jeoloji .....	4
1.4. Lokal Jeoloji .....	6
1.5. Çalışma Yöntemleri .....	9
1.5.1. Jeostatistiksel Yöntemler.....	10
2. ARAŞTIRMA SONDAJLARI İLE ALTIN KESTİRİMİNİN YAPILMASI.....	16
2.1. Sondaj Verilerinin Üç boyutlu Hale Getirilmesi.....	16
2.2. Katı Modelin Oluşturulması .....	17
2.3. Kompozit Uzunluğunun Belirlenmesi .....	22
2.4. Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi .....	25
2.5. Blok Kestiriminin Yapılması .....	28
2.5.1. Örnekler Arası Yönlü İlişkinin Araştırılması .....	28
2.5.2. Variogram Parametrelerinin Belirlenmesi.....	29
2.5.3. Krigleme Komşuluk Analizleri.....	31
2.5.4. Blok Modelin Doğrulanması.....	33
2.5.5. Sonuçların Raporlanması.....	36
3. TENÖR KONTROL VERİLERİ İLE ALTIN KESTİRİMİNİN YAPILMASI .....	39
3.1. Sondaj Verilerinin Üç Boyutlu Hale Getirilmesi .....	39
3.2. Katı Modelin Oluşturulması .....	40
3.3. Kompozit Uzunluğunun Belirlenmesi .....	45
3.4. Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi .....	47
3.5. Blok Kestiriminin Yapılması .....	48

3.5.1.	Örnekler Arası Yönlü İlişkinin Araştırılması .....	48
3.5.2.	Variogram Parametrelerinin Belirlenmesi .....	49
3.5.3.	Krigleme Komşuluk Analizleri .....	51
3.5.4.	Blok Modelin Doğrulanması .....	53
3.5.5.	Sonuçların Raporlanması.....	55
4.	TARTIŞMA VE YORUM .....	56
4.1.	Model Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	56
4.2.	Model Sonuçları Arasındaki Farkın Yorumlanması .....	61
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
5.1.	Sonuçlar .....	62
5.2.	Öneriler .....	63
	KAYNAKLAR.....	64

## ŞEKİLLER

Şekil 1-1 Çoraklıktepe Altın Madeni Fiziki Haritası ve Uydu Görüntüsü (MTA, 2022; Google Earth, 2022).....	3
Şekil 1-2 Biga Yarımadası'nın Bölgesel Jeoloji Haritası (Şengün, 2011). ....	5
Şekil 1-3 Çoraklıktepe ve Küçükdere Jeoloji Haritası (Çolakoğlu, (2000); Karakoyun, (2018)).....	7
Şekil 1-4 Çoraklıktepe 160 kotu cevher üretim haritası (Kişisel arşiv 2013). ....	8
Şekil 1-5 Çoraklıktepe 120-180 kotları süreksizlikler ve alterasyonların görünümü (Kişisel arşiv 2013).....	8
Şekil 1-6 Variogram Fonksiyonu Parametreleri.....	11
Şekil 1-7 Yaygın Olarak Kullanılan Variogram Modelleri.....	12
Şekil 1-8 Uzaklığın Kuvvetinin Artmasının Kestirim Sonuçları Üzerindeki Etkisi. ...	15
Şekil 2-1 Çalışma Alanının Kazı Öncesi Topoğrafyası ve Arama Sondajları.....	16
Şekil 2-2 Çalışma Alanının Kazı Öncesi Topoğrafyası ve Arama Sondajları.....	16
Şekil 2-3 KDD25 Kuyusu Karot Fotoğrafları. ....	17
Şekil 2-4 KDD26 Kuyusu Karot Fotoğrafları. ....	17
Şekil 2-5 Sondaj Kesitlerinin Çizilmesi.....	18
Şekil 2-6 Katı Model Görüntüsü.....	18
Şekil 2-7 Katı Model İçerisinde Kalan Örneklerin Belirlenmesi (HJO 1). ....	19
Şekil 2-8 Katı Model İçerisinde Kalan Farklı HJO'lara Ait Örnekler. ....	20
Şekil 2-9 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Au Dağılım Grafiği. ....	21
Şekil 2-10 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Log Olasılık Grafiği.....	21
Şekil 2-11 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Ortalama-CV Grafiği.....	22
Şekil 2-12 Ham verilere ilişkin Uzunluk Sıklık Dağılımı. ....	23
Şekil 2-13 Kompozitleme Sonrası Uzunluk Sıklık Dağılımı. ....	24
Şekil 2-14: Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi İçin Hazırlanan Saçılım Grafikleri.27	
Şekil 2-15 Variogram Fan Haritaları. ....	28
Şekil 2-16 Sondajlar Boyunca Elde Edilen Deneysel ve Model Variogramlar. ....	29
Şekil 2-17 Variogramlar Sonucu Elde Edilen Arama Elipsoidi Görüntüsü. ....	30
Şekil 2-18 X, Y, Z Yönlerinde Blok Kestirim Nokta Sayıları.....	31
Şekil 2-19 Farklı Blok Boyutlarının Jeostatiksel Değerlendirilmesi. ....	32
Şekil 2-20 KDD57 – KDD55 Sondajları ve Model Karşılaştırması.....	33
Şekil 2-21 KDS40A – KDS40 Sondajları ve Model Karşılaştırması.....	33
Şekil 2-22 Yönsel Ortalamaların Analizi HJO 1 (50m aralıklı, X yönü). ....	34



Şekil 2-23 Yönsel Ortalamaların Analizi HJO 2 (30m aralıklı, X yönü). .....	35
Şekil 2-24 Yönsel Ortalamaların Analizi HJO 3 (30m aralıklı, X yönü). .....	35
Şekil 2-25 Tenör-Tonaj Eğrileri (Au). .....	38
Şekil 3-1 Çalışma Alanının Kazı Sonrası Topoğrafyası ve TK Örnekleri (Plan Görüntüsü). .....	39
Şekil 3-2 Çalışma Alanının Kazı Sonrası Topoğrafyası ve TK Örnekleri (KD-GB).39	
Şekil 3-3 125 Kotu Jeoloji ve Üretim Haritası (Kişisel Arşiv, 2013). .....	40
Şekil 3-4 130 Kotu Jeoloji ve Üretim Haritası (Kişisel Arşiv, 2013) (Plan Görüntüsü). .....	41
Şekil 3-5 125 Kotu Katı Model Kesiti (Plan görüntüsü). .....	41
Şekil 3-6 130 Kotu Katı Model Kesiti (Plan görüntüsü). .....	42
Şekil 3-7 Katı Model Görüntüsü. ....	42
Şekil 3-8 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Au Dağılım Grafiği. ....	43
Şekil 3-9 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Log Olasılık Grafiği. ....	44
Şekil 3-10 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Ortalama-CV Grafiği. ....	44
Şekil 3-11 Ham Verilere İlişkin Uzunluk Sıklık Dağılımı. ....	45
Şekil 3-12 Kompozitleme Sonrası Uzunluk Sıklık Dağılımı. ....	46
Şekil 3-13 Üst Sınır Değer Grafiği. ....	47
Şekil 3-14 Variogram Fan Haritaları. ....	48
Şekil 3-15 Sondajlar Boyunca Elde Edilen Deneysel ve Model Variogramlar. ....	49
Şekil 3-16 Variogramlar Sonucu Elde Edilen Arama Elipsi Görüntüsü. ....	50
Şekil 3-17 X, Y, Z Yönlerinde Blok Kestirim Nokta Sayıları. ....	51
Şekil 3-18 X, Y, Z Blok Boyutları. ....	52
Şekil 3-19 160 kotu Örnek ve Model Karşılaştırması (Plan Görüntüsü). ....	53
Şekil 3-20 135 kotu Örnek ve Model Karşılaştırması (Plan Görüntüsü). ....	53
Şekil 3-21 Yönsel Ortalamaların Analizi (40m aralıklı, Y yönü). ....	54
Şekil 3-22 Tenör Tonaj Eğrileri. ....	55
Şekil 4-1 Alınan Yatay Kesit Hatları. ....	57
Şekil 4-2 135 Kotu Doğu Bölgesi Kesiti (Plan Görüntüsü). ....	57
Şekil 4-3 135 Kotu Batı Bölgesi Kesiti (Plan Görüntüsü). ....	58
Şekil 4-4 125 Kotu Doğu Kesiti (Plan Görüntüsü). ....	58
Şekil 4-5 135 Kotu Kesiti (Plan Görüntüsü). ....	58
Şekil 4-6 Alınan Düşey Kesit Hatları Plan Görüntüsü). ....	59
Şekil 4-7 D1 Hattı Kesiti (KD-GB Yönlü). ....	59
Şekil 4-8 D2 Hattı Kesiti (KD-GB Yönlü). ....	60
Şekil 4-9 D3 Hattı Kesiti (KD-GB Yönlü). ....	60

## ÇİZELGELER

Çizelge 2-1 Katı Model İçinde Kalan Örneklerin Genel İstatistikleri.....	19
Çizelge 2-2 Katı Model İçinde Kalan Örneklerin HJO'lara Göre İstatistikleri.....	20
Çizelge 2-3 Genel Kompozit İstatistikleri .....	23
Çizelge 2-4 HJO Kontrollü Kompozit İstatistikleri.....	24
Çizelge 2-5 Üst Sınır Uygulaması Sonrası Genel Kompozit İstatistikleri. ....	26
Çizelge 2-6 Üst Sınır Uygulaması Sonrası HJO Kontrollü Kompozit İstatistikleri. .	26
Çizelge 2-7 Kompozit ve Model Tenörleri Karşılaştırması.....	36
Çizelge 2-8 Model Sonuçları. ....	37
Çizelge 2-9 Kazı Alanı İçindeki Model Sonuçları. ....	37
Çizelge 3-1 Katı Model İçinde Kalan Örneklerin Genel İstatistikleri.....	43
Çizelge 3-2 Genel Kompozit İstatistikleri. ....	46
Çizelge 3-3 Üst Sınır Uygulaması Sonrası Genel Kompozit İstatistikleri. ....	48
Çizelge 3-4 Kompozit ve Model Tenörleri Karşılaştırması.....	54
Çizelge 3-5 Model Sonuçları. ....	55
Çizelge 4-1 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması. ....	56

# SİMGELER VE KISALTMALAR

## Simgeler

$\gamma(h)$	h uzaklığına karşılık gelen deneysel variogram değerleri
$\omega$	Uzaklığın kuvveti
~	Yaklaşık

## Kısaltmalar

<b>a</b>	Yapısal uzaklık
<b>Au</b>	Altın
<b>B</b>	Batı
<b>C</b>	Yapısal varyans
<b>Co</b>	Külçe etkisi
<b>CV</b>	Standart sapma / ortalama
<b>D</b>	Doğu
<b>d</b>	Kompozit ve blok merkezi arası mesafe
<b>G</b>	Güney
<b>GB</b>	Güneybatı
<b>GD</b>	Güneydoğu
<b>Gr</b>	Gram
<b>h</b>	Örnek noktaları arasındaki uzunluk
<b>HJO</b>	Homojen jeolojik ortam
<b>HQ</b>	63.5mm çaplı sondaj karotu
<b>IPD</b>	Uzaklığın tersi kestirim metodu
<b>K</b>	Kuzey
<b>KB</b>	Kuzeybatı
<b>KD</b>	Kuzeydoğu
<b>Km</b>	Kilometre
<b>m</b>	Metre
<b>Maks</b>	Maksimum

<b>Min</b>	Minimum
<b>mm</b>	Milimetre
<b>My</b>	Milyon yıl
<b>NN</b>	En yakın komşu kestirim metodu
<b>OK</b>	Ortalamasız krigleme kestirim metodu
<b>Ort</b>	Ortalama
<b>PQ</b>	85mm çaplı sondaj karotu
<b>Standsap</b>	Standart sapma
<b>t</b>	Ton
<b>TK</b>	Tenör kontrol
<b>wi</b>	Ağırlık
<b>Z(x)</b>	X noktasındaki rastlantı değişkeninin değeri
<b>Z(x+h)</b>	X noktasından h mesafedeki rastlantı değişkeninin değeri
<b>z*</b>	Hesaplanan blok tenörü
<b>zi</b>	Kompozit tenörü

# 1. GİRİŞ

Madencilik sektörü son kırk yıllık süreçte üç boyutlu modelleme ve bilgisayar kontrollü kestirim – simülasyon yöntemlerinin gelişmesiyle, risk seviyesi düşük, kârlılık oranı yüksek bir sektör haline gelmiştir.

Günümüzde, gelişen teknoloji ve yaygınlaşan modelleme yazılımları ile bu alan sektörün temel taşlarından biri olmuştur.

Modelleme ve kestirim çalışmaları yapılan bir sahada, maden jeolojisi, planlama, jeometalurji, jeoteknik ve hidrojeoloji uzmanlarınca birçok detaylı hesaplama %5 gibi düşük bir hata payı ile yapılabilmektedir. Bu durum hata payının daha üretim faaliyetleri başlamamış bir ocakta ileriye yönelik hesaplanabilmesine olanak sağlamaktadır ve maliyet oranları çok yüksek olan madencilik sektörü için son derece büyük önem arz etmektedir.

Uzmanlarca hazırlanan modeller kapsadıkları zaman aralığına göre üçe ayrılmıştır (Rossi ve Deutsch 2014).

- Uzun vadeli modeller (1 – 3 yıl)
- Orta vadeli modeller (1 – 6 ay)
- Kısa vadeli modeller (Günlük – haftalık)

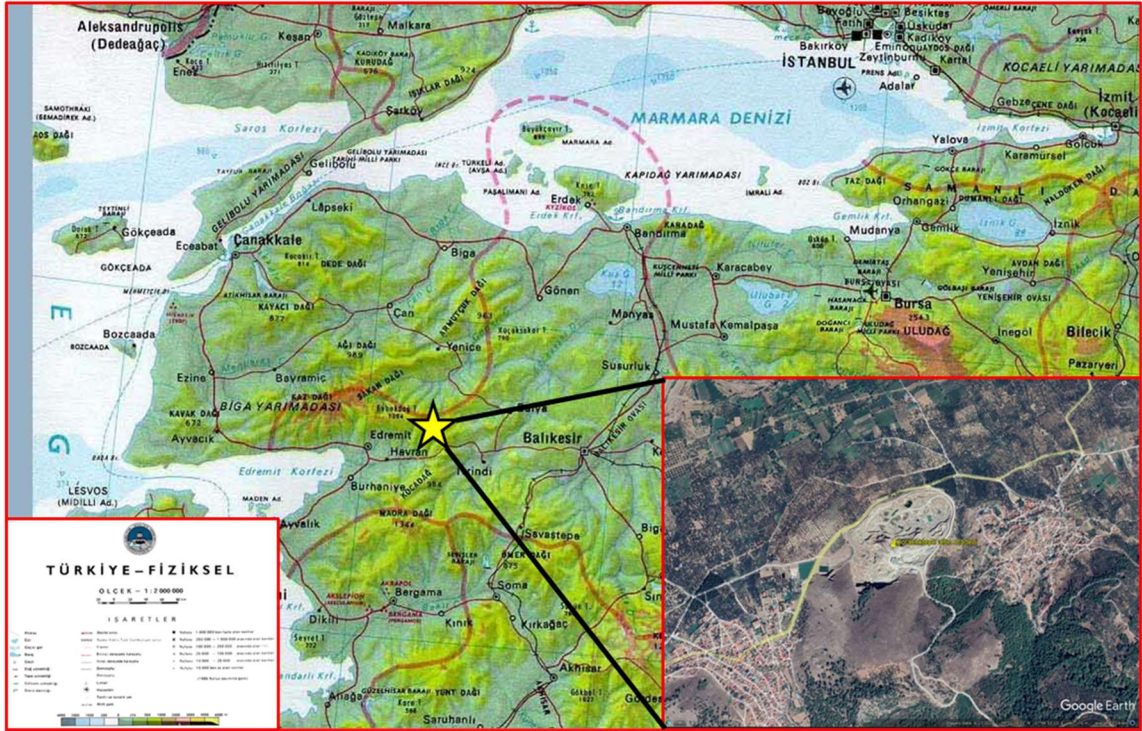
Üretim faaliyetleri devam eden maden işletmelerinde kısa vadeli modeller yakın dönem üretim planlarının yapılmasında kullanılmaktadır. Bunun temel nedeni, tenör kontrol örneklerinin üretim yüzeyinden alınıyor olması ve/veya yüzeye yakın mesafelerden alınmış olmasıdır. Uzun vadeli modellerde ise numuneler, mineralizasyonun tamamını temsil niteliği taşımaktadır. Örnekleme sıklığına ve jeostatistiksel parametrelere göre belirlenen maden kaynak kategorileri ile maden ömrü sonuna kadar güvenli planlamalar yapılabilmektedir.

Bu alışma kapsamında üretim faaliyetleri tamamlanmış Çoraklıktepe altın madeninde arama sondajları ve tenör kontrol çalışması rneklarine göre iki ayrı blok model oluşturulmuştur. Oluşturulan blok modellerin örnek setleri (rnek alım metotları, örnek türleri ve örnek sıklıkları) birbirinden tamamen farklı olup, farklı örnek setleri ile aynı mineralizasyon modellenmiştir.

Çalışmanın amacı, yukarıda belirtilen farklı örnek setlerinin modelleme üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Oluşturulan modeller birbirleriyle ve madenin üretim verileriyle karşılaştırılmıştır.

## 1.1. Çalışma Alanının Yeri

Tez çalışmasının gerçekleştirildiği alan, Balıkesir ili, Burhaniye ilçesinde bulunan Dutluca köyünün kuzeyinde, Küçükdere ve Büyükdere köyleri arasında yer almaktadır (Şekil 1-1). Maden ruhsat alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita üzerinde Balıkesir İ18-d4 paftasının 4373000-4374000 yatay, 506000-507000 düşey koordinatları arasında yer almaktadır (UTM Zon 35K).



Şekil 1-1 Çoraklıktepe Altın Madeni Fiziki Haritası ve Uydu Görüntüsü (MTA, 2022; Google Earth, 2022)

## 1.2. Önceki Çalışmalar

Arama sondajları veya tenör kontrol örnekleri kullanılarak yapılan birçok çalışma mevcuttur. Fakat literatür taramalarında bu iki farklı örnek grubunun aynı mineralizasyonda uzun dönem sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışma saptanamamıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yapılan çalışmalar genel jeoloji, volkanizma ve tektonizma üzerine olmakla birlikte, Çiçek (2009) ve öncesinde Çolakoğlu (2000) Küçükdere ve Çoraklıktepe cevherleşmeleriyle ilgili çalışmaları bulunmaktadır. Altunkaynak ve Yılmaz (1998), Yılmaz ve ark., (2001) genel jeoloji, volkanizma ve tektonizma üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

## 1.3. Bölgesel Jeoloji

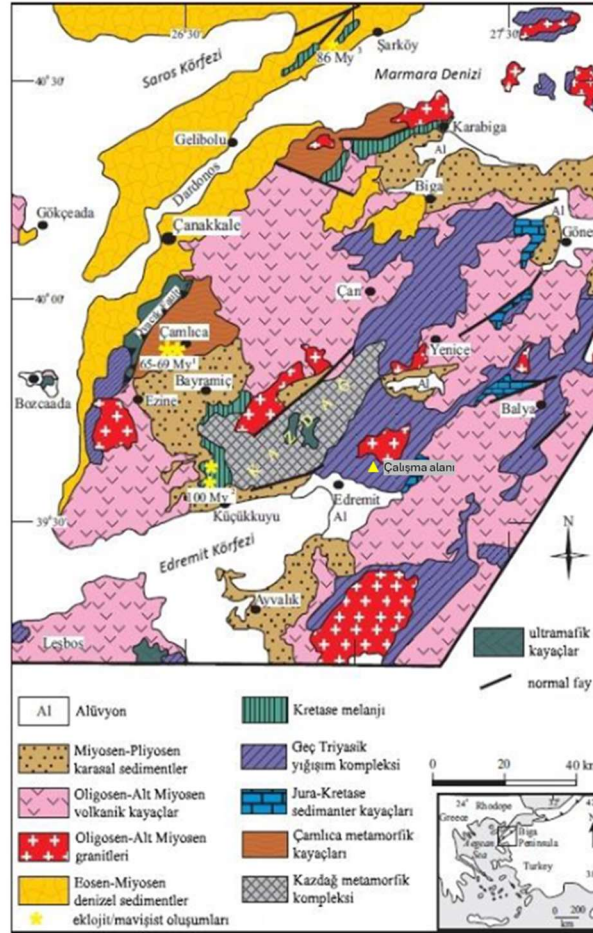
Çalışma alanının temel birimlerini Karakaya Kompleksine ait düşük dereceli metamorfik kayalar oluşturur (Okay ve ark., 1990); (Kaya ve Mostler, 1992). Bu kayalar, metasedimenter ve metavolkanik birimlerden meydana gelmektedir. Karakaya kompleksi okyanus ortası (intraoceanic) yay-önü çökelleri ile tanımlanır (Okay ve ark., 1990).

Karakaya Kompleksi temel kayaları, Kozak magmatik kompleksine ait plütonik kayalar olan Kozak granodiyorit, aplogranit ve mikrogranitler tarafından kesilmiştir. Bu kompleks, literatürde Kozak Plütonu olarak bilinmekte olup yaklaşık 350 kilometrekarelik bir alan kaplamakta ve KD–GB doğrultusunda elips biçiminde uzanmaktadır. Granodiyorit ve adamellitlerin yanı sıra, geçişli kontaklarla granit, kuvars-diyorit ve kuvarsmonzonit kayalarına da rastlanmaktadır (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998).

Kozak Plütonuna ait radyometrik yaş tayini verileri plütonun yaşını 24–20 My. olarak göstermektedir (Bingöl ve ark., 1982). Özdamar ve., ark (2024), yapmış olduğu çalışmalarda ise plütonun yaşının  $19.8 \pm 0.2$  My olduğunu saptamışlardır.



Bingöl (1976), Bozkurt (2001), Erdoğan ve Güngör (1992), Ersoy ve ark. (2014) ile Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Anadolu Bloğu ve çevresinin mevcut bölgesel şeklini almasının, sağ yanal Kuzey Anadolu Fay Zonu, sol yanal Doğu Anadolu Fay Zonu, doğrultu atımlı Ölüdeniz Fay Zonları ve güneydeki Ege-Kıbrıs aktif dalma-batma zonu gibi neotektonik yapılarla ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Bu araştırmacılar, Afrika ve Avrasya levhalarının tektonik hareketler sonucu birbirine yaklaşırken, Anadolu levhasının saat yönünün tersine batı-güneybatıya doğru hareket ettiğini belirtmektedirler. Bu bağlamda, Afrika ve Arap levhalarının Ege yayı, Kıbrıs yayı ve Bitlis-Zagros zonu boyunca Anadolu ve Avrasya levhalarının altına dalmakta olduğunu sonucuna varmışlardır (Şaroğlu ve Güler, 2020). Dewey ve Şengör (1979) ise, tektonik kuvvetler etkisi altında batıya doğru hareket eden Anadolu levhasını "Batı Anadolu açılma-genişleme bölgesi" olarak adlandırmışlardır.



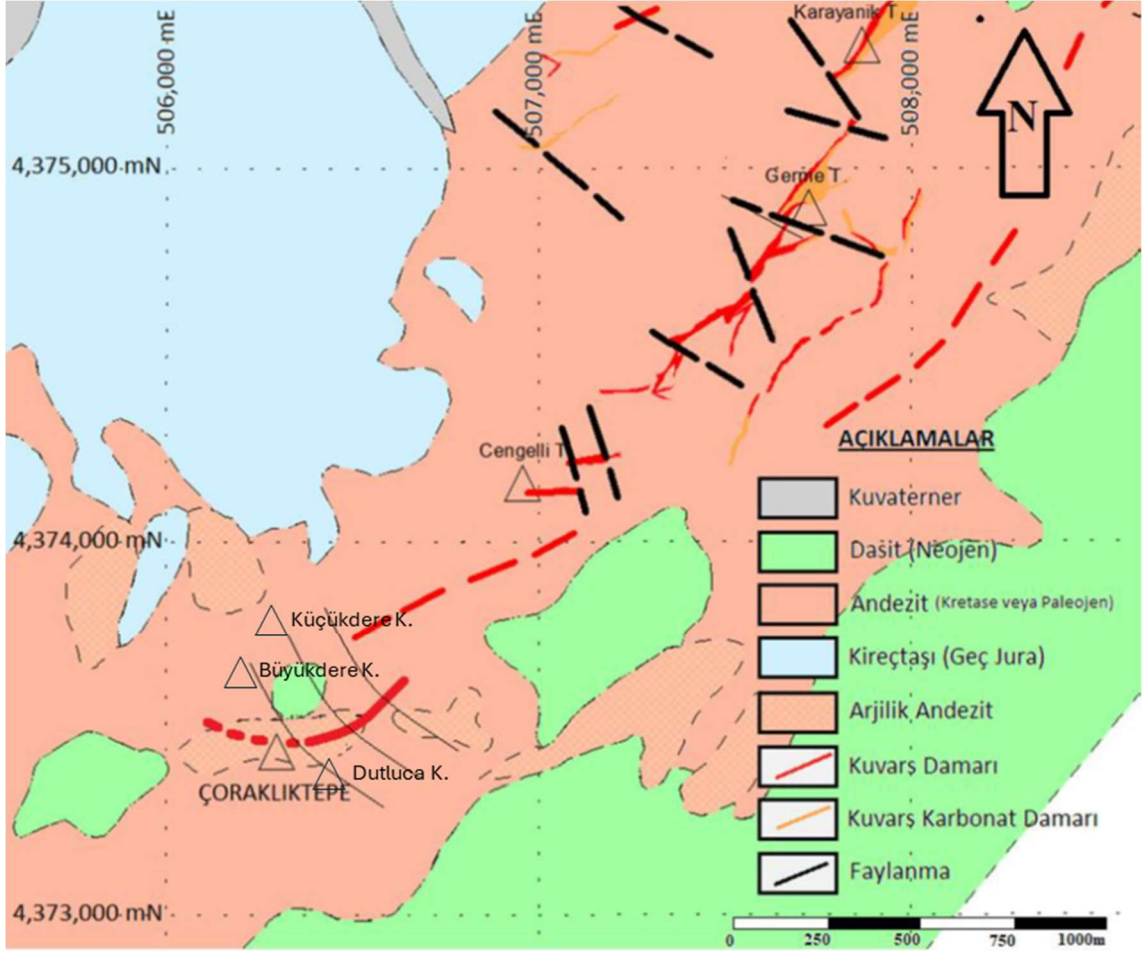
Şekil 1-2 Biga Yarımadası'nın Bölgesel Jeoloji Haritası (Şengün, 2011).

#### 1.4. Lokal Jeoloji

Çoraklıktepe cevherleşmesi Burhaniye ilçesinde bulunan Dutluca Köyü sınırlarında yer alır. Cevherleşmenin yapısal özellikleri göz önüne alındığında, Küçükdere cevherinin devamı olabileceği düşünülmektedir. Cevherleşme, Edremit Körfezi'nden doğu, KD uzanımıyla Edremit Grabeni'nin kenarında; Pliyosenden yaşlı, aktif, sağ yönlü doğrultu atıma sahip Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneybatı parçasında oluşmuştur (Çiçek, 2009).

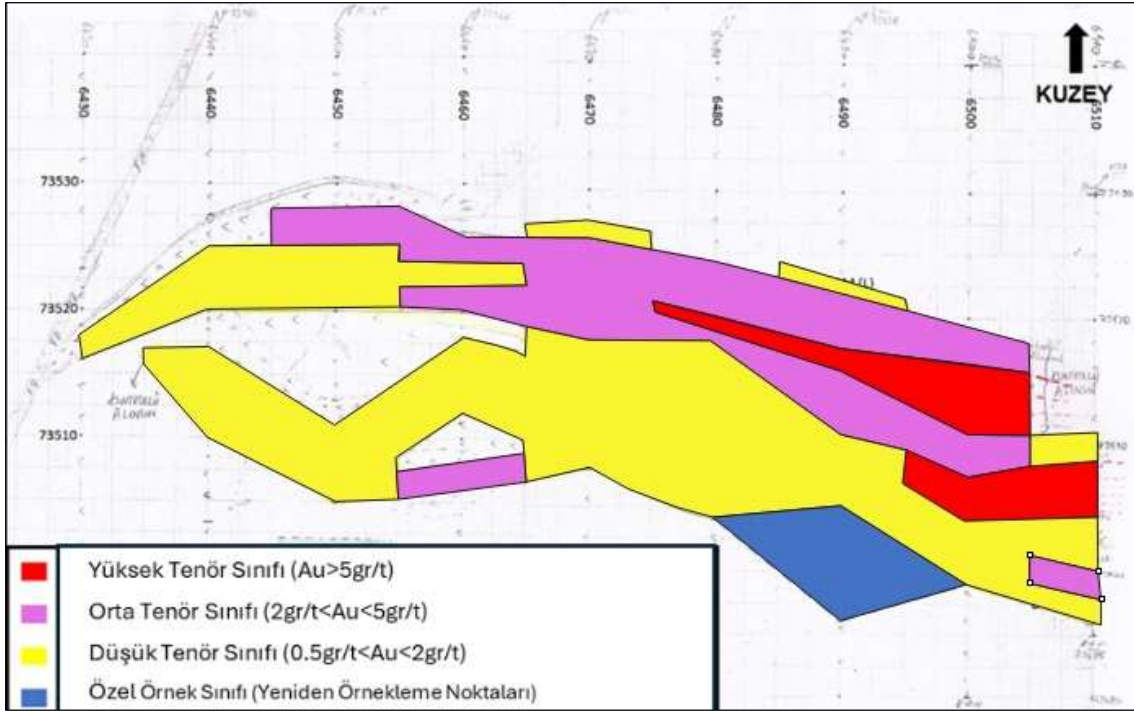
Karakaya Kompleksi, Permiyen ve Triyas yaşlı, dalma batma zonu ile ilişkili, baskın olarak melanj türü sedimanter-volkanik kökenli kayalardan oluşur (Pickett ve Robertson, 1996). Karakaya Kompleksine ait kayalar çalışma alanının doğusunda KD doğrultulu epitermal damar sistemine paralel uzanan kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Bölgedeki volkanik birimler Küçükdere epitermal damar sisteminde, içerisine yerleştiği porfiritik dokulu andezitik volkanikler ve doğuda yer alan cevherleşme sonrası gelişen dasidik volkanik birimler olarak ayrılmıştır. Bölgedeki en genç birim, Kuvaterner yaşlı alüvyondur (Çolakoğlu, 2000).

KD-GB doğrultulu Küçükdere epitermal damar sistemi, porfiritik dokulu andezitler içinde yer almaktadır (Şekil 1-3). Bu sistem, yaklaşık 5.4 km boyunca izlenebilen paralel damarlar şeklinde bir hat boyunca uzanmaktadır. KD-GB doğrultusuna sahip olan ve 'S' şeklinde bir yapı sergileyen damar sisteminin en güney ve en kuzey uçlarında doğrultusu D-B yönüne dönmekte, sistemin kenarlarında paralel damarlar ve damarcıklar bulunmaktadır (Karakoyun, 2018). Sistemin geometrik yapısı, atkuyruğu (Horsetail fracture) formasyonuna benzerlik göstermektedir. Damar sistemi, merkezde yaklaşık 50 metreye kadar genişlemekte, kuyruklara doğru gidildikçe ise daralarak, yaklaşık 1 metreye kadar kapanmaktadır (Şekil 1-4) (Karakoyun, 2018).



Şekil 1-3 Çoraklıktepe ve Küçükdere Jeoloji Haritası (Çolakoğlu, (2000); Karakoyun, (2018)).

Açık ocak içinde gözlenen süreksizlikler ve alterasyon zonları Şekil 1-4'de gösterilmiştir. Aynı zamanda, sahada yapılan tenör kontrol çalışmalarında, sünümlenme (pinch and swell) yapılarına rastlanmıştır. Bu yapılar altın ihtiva eden kuvarslı zonların yatayda ve düşeyde açılıp kapanmasına neden olmaktadır (Şekil 1-4).



Şekil 1-4 Çoraklıktepe 160 kotu cevher üretim haritası (Kişisel arşiv 2013).



Şekil 1-5 Çoraklıktepe 120-180 kotları süreksizlikler ve alterasyonların görünümü (Kişisel arşiv 2013).

## 1.5. Çalışma Yöntemleri

Tez çalışması aşağıda verilen üç ana aşamadan oluşmuştur.

- 1) Her iki veri grubu için maden kaynak modeli oluşturulması.
  - a) Örnek verilerinin gruplandırılması.
  - b) Katı modelin oluşturulması.
  - c) Katı model içinde kalan örneklerin jeostatistiksel analizi.
  - d) Jeostatistiksel metotlara bağlı kalarak kompozit uzunluğunun ve üst sınır değerlerinin hesaplanması.
  - e) Kestirim parametrelerinin belirlenmesi.
  - f) Kompozit yapılmış ve üst sınırlama uygulanmış örnek verileri ile blok modelde Maden Kaynak kestiriminin yapılması.
  - g) Kestirim yöntemlerinin karşılaştırılması ve uygun kestirim metodunun belirlenmesi.
- 2) Oluşturulan Maden Kaynak modellerinin güvenilirliğinin test edilmesi.
  - a) Model ve sondaj örnekleri, tenör kontrol örnekleri kesitlerinin incelenmesi.
  - b) Ortalama altın tenörlerinin karşılaştırılması.
  - c) Yönsel ortalamaların lokasyon bazlı karşılaştırmalarının yapılması.
- 3) Oluşturulan blok modellerin birbirleriyle ve maden üretim rakamlarıyla karşılaştırılması ve sonuçların raporlanması.

Bu çalışmada üç ayrı kestirim yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan kestirim yöntemlerinin açıklamaları aşağıda yer verilmiştir.

## 1.5.1. Jeostatistiksel Yöntemler

### 1.5.1.1. Variogram fonksiyonu

Variogram hesaplamaları jeostatistiksel çalışmaların temelini oluşturmaktadır. Variogram hesaplarıyla, bölgesel değişkenlerin birbirleriyle uzaklığa bağlı ilişkisi incelenmektedir. Bu yaklaşıma göre, bölgesel değişkenler arasındaki uzaklığın artması değişkenlerin değerlerinin birbirinden uzaklaşması, uzaklığın azalması da değişkenlerin değerlerinin birbirine yaklaşması beklenir.

Variogram fonksiyonu  $2\gamma(h)$  simgesi ile gösterilir, birbirinden  $h$  uzaklık mesafedeki iki rastlantı değişkeni arasındaki farkın varyansı olarak kabul edilir. Aşağıda verilen formül (Eşitlik 1-1) ve açıklamalardaki gibi ifade edilebilir (Journel ve Huijbregts, 1978), (Baltacı, 2007).

$$2\gamma(h) = \text{Var} [Z(x) - Z(x+h)] \quad (1-1)$$

$\gamma(h)$  Mesafe  $h$  için variogram değeri.

$Z(x)$   $X$  konumundaki rastlantı değişkeninin değeri.

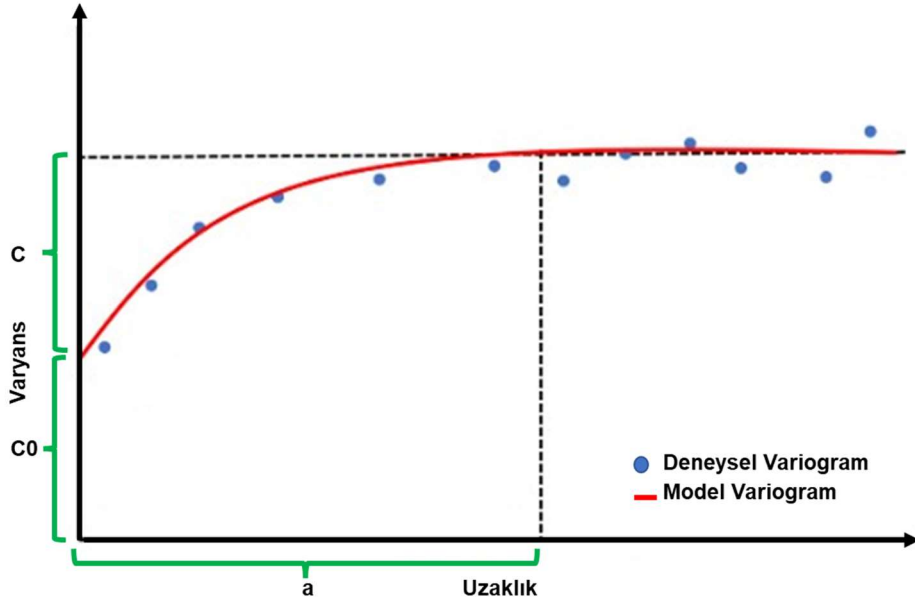
$Z(x+h)$   $X$  konumundan  $h$  birim kadar mesafedeki rastlantı değişkeninin değeri.

Variogram fonksiyonu beklenen değer cinsinden aşağıdaki formüldeki (Eşitlik 1-2) gibi ifade edilebilir.

$$2\gamma(h) = E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (1-2)$$

Variogram fonksiyonu uzaklıkla birlikte değişmektedir. Bu yüzden, değişkenler arasındaki ilişkinin tespitinde kullanılabilir (Readdy ve ark., 1982). Variogram fonksiyonu bilindiğinde, incelenen değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etki mesafesi, sayısal olarak belirlenebilir (Saraç ve Tercan, 1992; Baltacı, 2007).

Variogram fonksiyonunda kullanılan terimler Şekil 1-5'de gösterilmiştir.



Şekil 1-6 Variogram Fonksiyonu Parametreleri.

- Co Külçe etkisi (nugget effect).
- C Yapısal varyans.
- a Yapısal uzaklık (range).
- h Örnek noktaları arasındaki uzunluktur.
- C+Co Toplam düşey ölçek değeri (Sill).

### ***Deneysel Variogram***

Deneysel variogram, çeşitli mesafelerdeki nokta çiftleri arasındaki varyansın hesaplanmasını sağlayan bir fonksiyondur (Eşitlik 1-3). (Deutsch ve Journal, 1998).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z(x_i) - z((x_i) + h))^2 \quad (1-3)$$

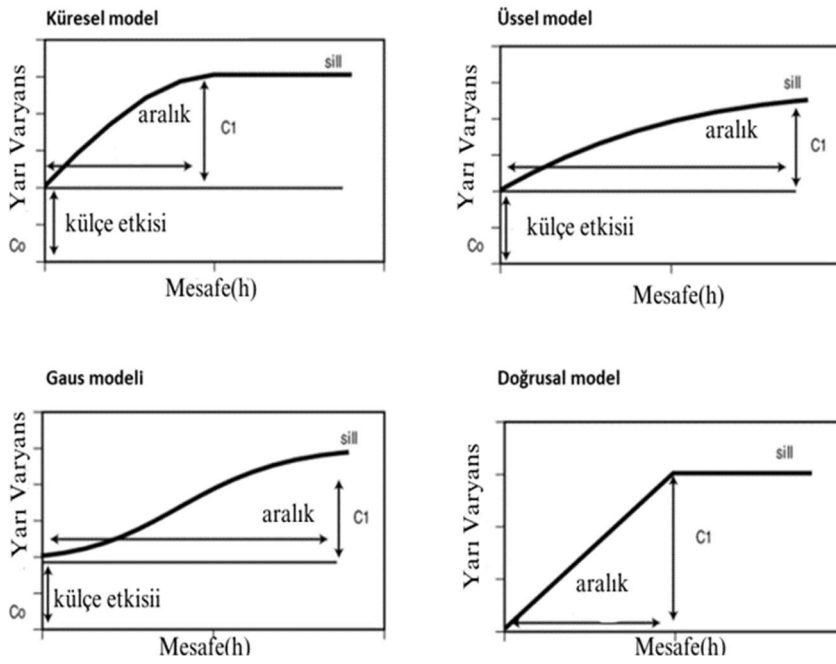
$\gamma(h)$  Mesafe h için variogram değeri.

$Z(x)$  X noktasındaki rastlantı değişkeninin değeri.

$Z(x+h)$  X konumundan h birim kadar mesafedeki rastlantı değişkeninin değeri.

## Model Variogram

Variogram, bölgesel değişkenin uzaklığa bağlı yapısını sadece belirli uzaklıklarda gösterir. Ancak, örnekleme yapılmamış noktaların tahmini için, variogram fonksiyonunun olası tüm uzaklıklarda hesaplanması gerekir. Bu nedenle deneysel variogram noktalarına model bir variogram fonksiyonu uyarlanmalıdır (Ertunç, 2013). Şekil 1-7’de yaygın olarak kullanılan dört variogram modeline ait grafikler verilmiştir.



Şekil 1-7 Yaygın Olarak Kullanılan Variogram Modelleri.

Küresel model, jeostatistiğin en yaygın modelidir. En büyük özelliği, örnekler arasındaki mesafe kısa olduğunda (başlangıç noktasına daha yakın) doğrusal bir büyümeye sahip olmasıdır; ancak örnekler arası mesafe, yapısal uzaklık (a) değerini geçtiğinde model X eksenine paralel bir çizgi olacaktır. Küresel modele ait eşitlikler aşağıda verilmiştir (Eşitlik 1-4), (Deutsch ve Journal, 1998).

$$\begin{aligned}\gamma(h) &= C_0 + C \left( \left( \frac{3h}{2a} - 0.5 \left( \frac{h^3}{a^3} \right) \right) \right), \quad 0 \leq h \leq a \\ \gamma(h) &= C_0 + C, \quad h \geq a \\ \gamma(h) &= 0, \quad h = 0\end{aligned}\tag{1-4}$$



### ***Gaussian Modeli***

Gaussian modeli temel olarak lineer değil, parabolik bir davranış sergiler. Genellikle devamlılığın (continuity) yüksek olduğu veri setlerinde kullanılır. Yeraltısu seviyesi modellenmesi buna örnektir. Yapısal uzaklık (range), bu fonksiyonda eşik değerinin %95'ine denk gelen mesafe olarak kabul edilmektedir. Gaussian modeline ait eşitlikler aşağıda verilmiştir (Eşitlik 1-5), (Deutsch ve Journal, 1998).

$$\begin{aligned}\gamma(h) &= C_0 + C(1 - \exp(-3\frac{h^2}{a^2})), h < a \\ \gamma(h) &= C_0 + C, h \geq a \\ \gamma(h) &= 0, h = 0\end{aligned}\tag{1-5}$$

### ***Üssel Model***

Üssel model de küresel model gibi yaygın olarak kullanılmaktadır. Küresel modelden temel farkı grafiğin üst değere (sill) daha az eğimle asimptotik (sonsuz) olarak yaklaşmasıdır. Yapısal uzaklık (range), bu fonksiyonda eşik değerinin %9'una denk gelen mesafe olarak kabul edilmektedir. Üssel modele ait eşitlikler aşağıda verilmiştir (Eşitlik 1-6), (Deutsch ve Journal, 1998).

$$\begin{aligned}\gamma(h) &= C_0 + C(1 - \exp(-\frac{h}{a})), h < a \\ \gamma(h) &= C_0 + C, h \geq a \\ \gamma(h) &= 0, h = 0\end{aligned}\tag{1-6}$$

### ***Doğrusal Model (Sürekli Artan ya da Azalan Tenör Dağılımları)***

Bir yönde sürekli artan ya da azalan tenör dağılımlarının ürettiği bir modeldir (Eşitlik 1-7), (Deutsch ve Journal, 1998).

$$\begin{aligned}\gamma(h) &= C_0 + xh, h \neq 0, x: \text{doğrunun eğimi} \\ \gamma(h) &= C_0, h = 0\end{aligned}\tag{1-7}$$

### 1.5.1.2. Çalışmada Kullanılan Kestirim Metotları

#### i. Ortalamasız krigleme metodu (Ordinary Krigging)

Araştırma sondajları ve tenör kontrol numuneleri ile yapılan kaynak kestiriminde uzaklığın tersi, en yakın komşu metodları ile beraber ortalamasız krigleme metodu da kullanılmıştır. Kompozit tenörleri ile karşılaştırıldığında araştırma sondajları ile elde edilen modelde en düşük hata varyanslı sonuçları ortalamasız krigleme metodu sağlamıştır.

Ortalamasız krigleme metodunda konumsal rastsal alanda,  $[Z(x)]$  ortalamalarının sabit ve durağan olduğu varsayılır ve buna yansızlık (Unbiasnedness) denir. Kestirimin yansız bir şekilde yapılabilmesi için tahmin hatalarının ortalamasının (the mean of estimation error)  $E[Z(x_i)-Z(x_0)] = 0$  ve tahmin hatalarının varyansının  $Var[Z(x_i)Z(x_0)] = Min.$ , koşulunu sağlaması gerekmektedir. Buradan aradeğer tahmininin yansız olması için N ağırlıkların toplamının 1'e eşit  $\sum_{n=1}^N w_n = 1$  olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. (Yeşilkanat ve ark., 2014).

#### ii. En yakın komşu metodu (Nearest Neighbor)

En yakın komşu metodunda, blok merkezine en yakın kompozitin tenörü atanır. Bu metotta blok yakınındaki kompozitlerin ortalama tenörü kullanılmaz. Uzaklık ilişkisi sadece en yakın kompozitin tespit edilmesi için kullanılır. Blok tenörü atanırken kompozit ortalamaları yerine, tek bir kompozit değeri kullanıldığı için farklı kompozitlerden tenör atanan bloklar arası tenör geçişleri keskindir ve varyansları yüksektir.

En yakın komşu metodu, krigleme ve uzaklığın tersi metodları ile karşılaştırıldığında güvenilirlik seviyesi en düşük metottur. Kaynak kestirim sonuçları incelenirken kontrol amaçlı kullanılır.

En yaygın kullanım alanı, katı hacmi çizilemeyen alfanümerik verilerin model bloklarına işlenmesidir. Karmaşık litoloji, alterasyon vb. verilere sahip sondaj

setlerindeki alfanümerik veriler bu metot ile blok modele işlenerek, verilerin daha kolay yorumlanabilmesi için görseller elde edilebilir. Veri madenciliği ve sosyal bilimler alanlarında kullanımı yaygındır.

### iii. Uzaklığın tersi metodu (Inverse Power of Distance)

Uzaklığın tersi metodunda, örneklerin blok tenörüne etkisi, uzaklıkları ile ters orantılıdır. Blok merkezine yakın örneğin blok tenörüne etkisi, uzakta olan örneğin etkisine göre daha yüksektir. Örneklerin birbirleri ile olan mesafeleri dikkate alınmaz.

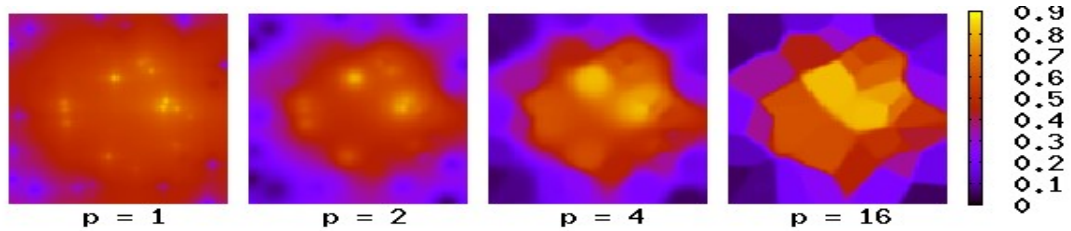
Uzaklığın, blok tenörünün belirlenmesinde etkisi aşağıdaki formülde de görüleceği gibi, operatörün belirleyeceği uzaklık kuvveti derecesi ile belirlenebilmektedir.

Bu metotla elde edilen kestirim sonuçları “en yakın komşu” metoduna göre çok daha törpülenmiş (smooth) ve nispeten daha düşük varyansa sahiptir (Eşitlik 1-8).

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad w_i = \frac{1}{c + d_i^\omega} \quad (1-8)$$

- $Z^*$  Hesaplanan blok tenörü.  
 $Z_i$  Kompozit tenörü.  
 $w_i$  Ağırlık.  
 $\omega$  Uzaklığın kuvveti.  
 $d$  Kompozit ve blok merkezi arası mesafe.

Uzaklığın kuvvetinin 1'den 16'ya kadar değişiminin kestirim sonuçları üzerindeki etkisi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekil 1-8'de de görüldüğü gibi uzaklığın kuvveti ( $\omega$ ) arttıkça kompozitlerin blok tenörü üzerindeki etkisi azalmaktadır.

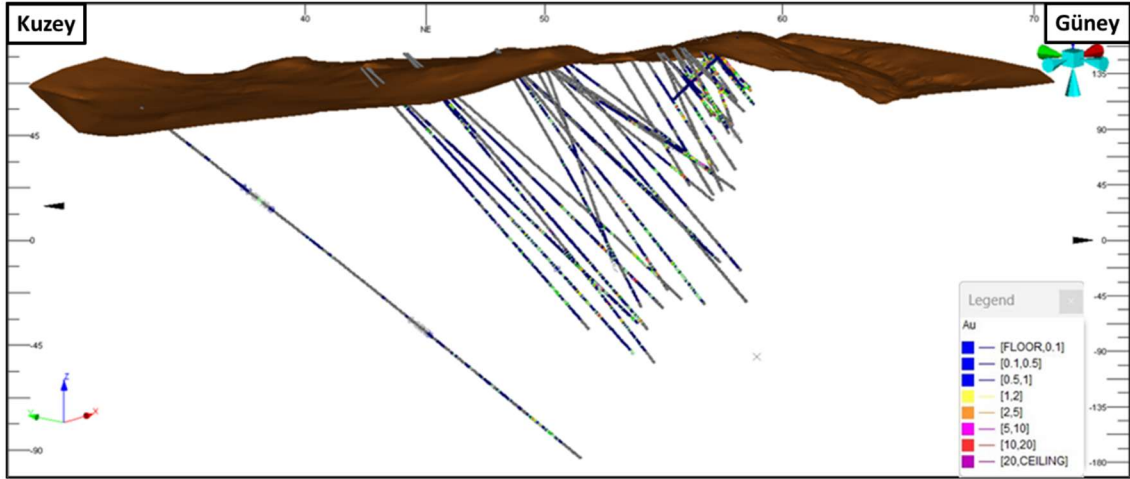


Şekil 1-8 Uzaklığın Kuvvetinin Artmasının Kestirim Sonuçları Üzerindeki Etkisi.

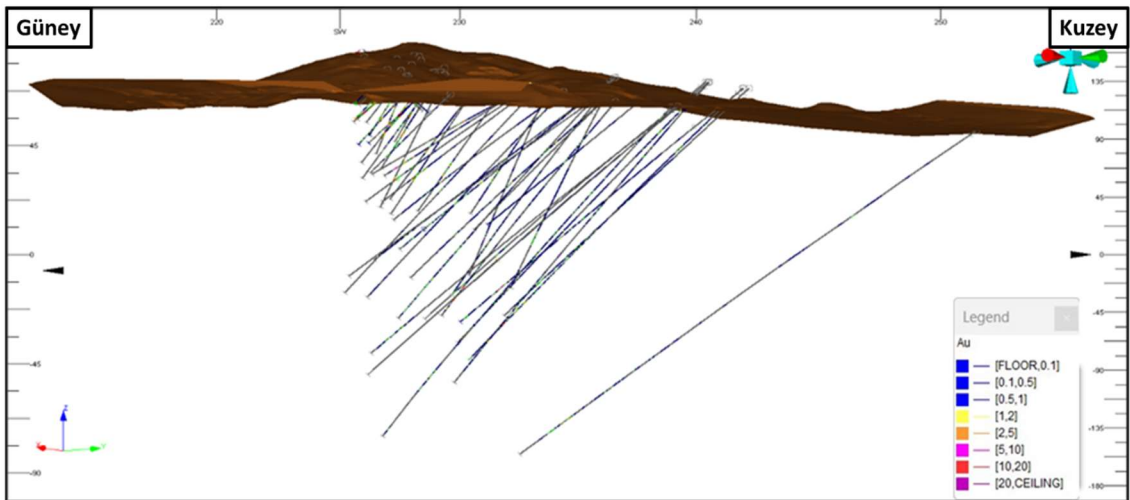
## 2. ARAŞTIRMA SONDAJLARI İLE ALTIN KESTİRİMİNİN YAPILMASI

### 2.1. Sondaj Verilerinin Üç boyutlu Hale Getirilmesi

Çalışma alanında toplamda 8,535 metre, 58 adet HQ-PQ (63.5-85mm) çaplı araştırma sondajı yapılmıştır. Sondajlara ait jeoloji verileri, örnek analiz sonuçları, başlangıç koordinatları ve kuyu içi ölçüm sonuçları Microsoft Excel formatında Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin izni ile temin edilmiştir. Elde edilen veriler Datamine Studio RM Pro yazılımında "holes3D" prosesi kullanılarak Şekil 2-1 ve Şekil 2-2'de görüleceği gibi üç boyutlu hale getirilmiştir.



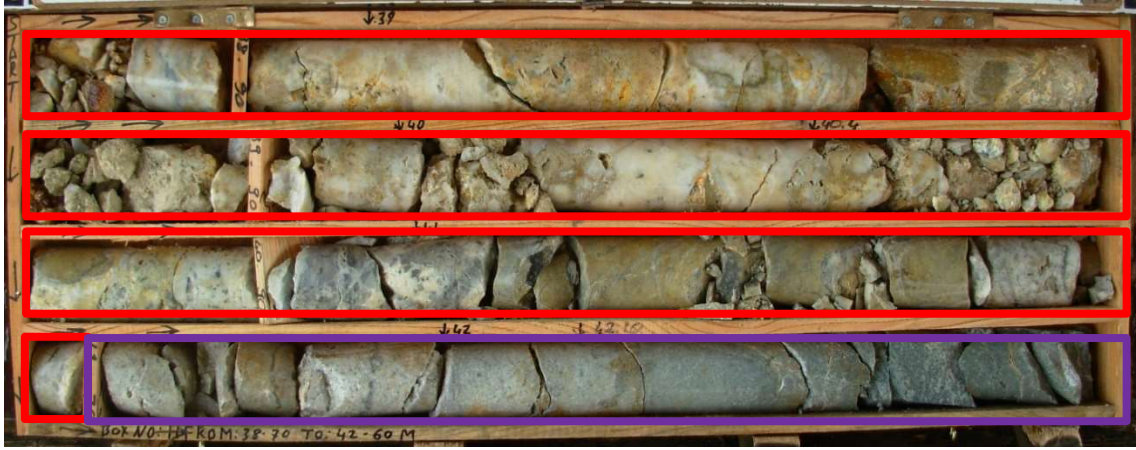
Şekil 2-1 Çalışma Alanının Kazı Öncesi Topoğrafyası ve Arama Sondajları.



Şekil 2-2 Çalışma Alanının Kazı Öncesi Topoğrafyası ve Arama Sondajları.

## 2.2. Katı Modelin Oluşturulması

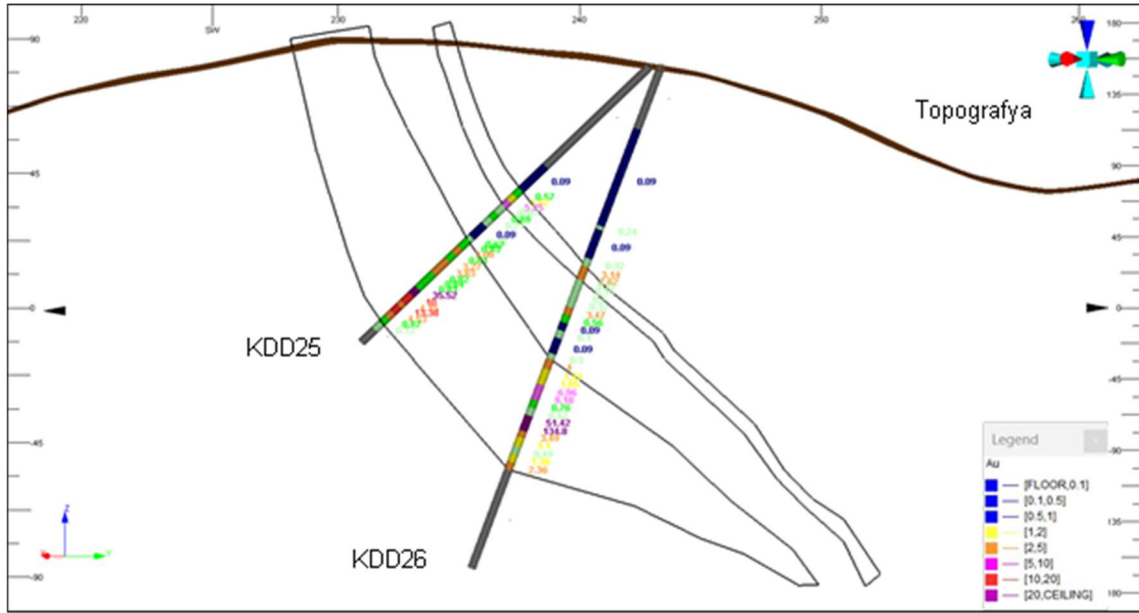
Katı modelin oluşturulması aşamasında, proje kapsamındaki sondaj logları ve karot fotoğrafları detaylı olarak incelenmiştir. Tenör devamlılığın kesildiği, tenör değerlerinde önemli değişiklikler görüldüğü noktalarda karotlar temin edilerek, fiziksel incelemeler yapılmıştır. KDD25 ve KDD26 nolu kuyularının katı model çiziminde kullanılan bölümlerine ait karot fotoğrafları sırasıyla Şekil 2-3 ve Şekil 2-4'de verilmiştir. Şekil 2-3 ve Şekil 2-4'de görüleceği gibi cevherli zon kırmızı ile işaretlenmiş olup; pasa kısmı (Tabantaşı kantağının alt bölümü) mor çerçeve ile işaretlenmiştir. Bu şekiller incelenerek hazırlanan kesit Şekil 2-5'de verilmiştir.



Şekil 2-3 KDD25 Kuyusu Karot Fotoğrafları.

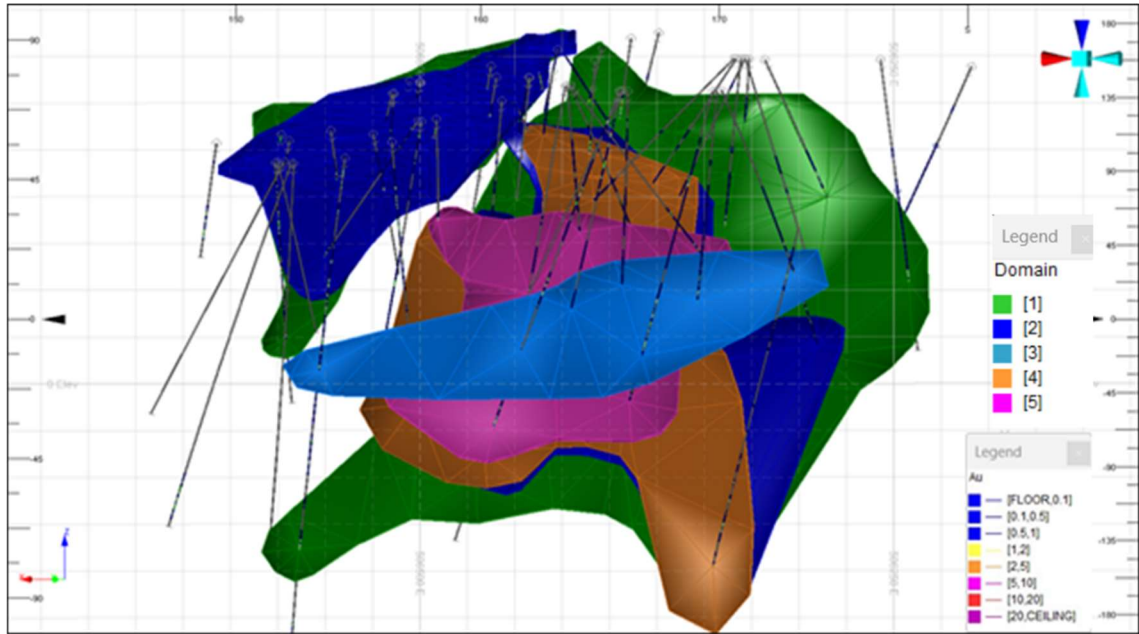


Şekil 2-4 KDD26 Kuyusu Karot Fotoğrafları.



Şekil 2-5 Sondaj Kesitlerinin Çizilmesi.

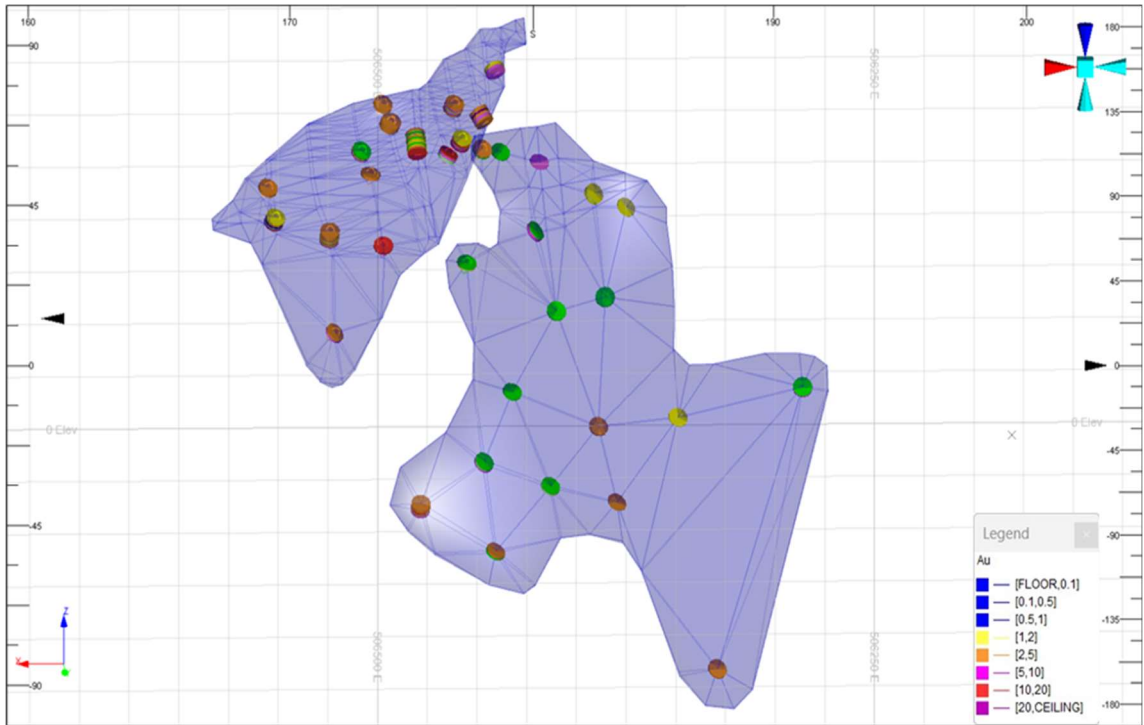
Her bir kuyu için yapılan bu çalışma sonrasında oluşturulan 42 kesit yazılımında üç boyutlu kapalı bir hacim haline getirilmiştir. Oluşturulan katı model Şekil 2-6'da gösterilmiştir.



Şekil 2-6 Katı Model Görüntüsü.

Katı model içerisinde kalan sondajlar Datamine Studio RM programı kullanılarak HJO'lara (Homojen jeolojik ortam) göre ayrılmıştır. HJO ayrımı litoloji kontrollü

yapılmış olup; kuvars zonları ve silisleşmiş andezit zonları; andezit zonlarından ayrılarak 0.5 gr/t'dan yüksek tenör içeren zonlar çizilmiştir. Litoloji-Tenör uyumsuzluklarının görüldüğü noktalarda örnek tenörlerine göre çizim işlemi yapılmıştır. Cevher zonları içindeki pasa zonlar ayrılarak, cevher katı modelleri çizilmiştir. Çizelge 2-1'de de görülebileceği gibi bu yöntem ile elde edilen HJO'larda ortalama tenörlerde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Şekil 2-7'de HJO 1 içerisinde yer alan sondajlar gösterilmiştir. HJO'lara göre ayrılan sondaj verilerinin istatistikleri genel olarak ve HJO kontrollü hesaplanmıştır.



Şekil 2-7 Katı Model İçerisinde Kalan Örneklerin Belirlenmesi (HJO 1).

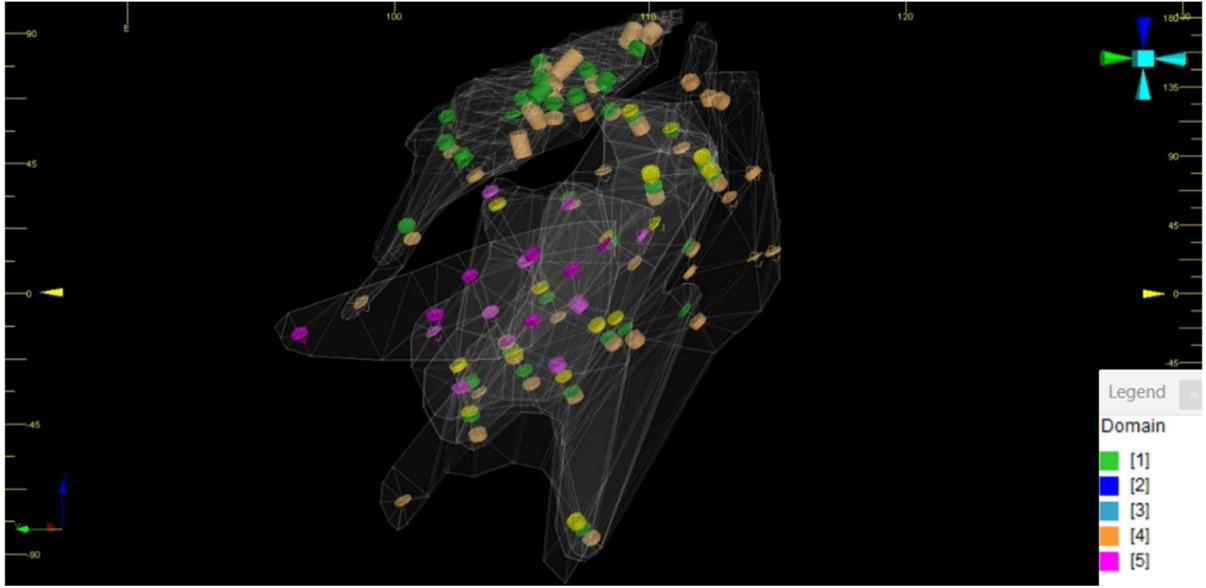
Katı model içinde kalan örneklere ait genel istatistikler Çizelge 2-1'de verilmiştir.

Çizelge 2-1 Katı Model İçinde Kalan Örneklerin Genel İstatistikleri.

DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORTALAMA (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
Au	398	0.03	134.8	6.25	149.9	12.24	1.96

Katı model içinde kalan örneklere ait HJO'lara göre istatistikler Çizelge 2-2'de verilmiştir. Katı model içinde kalan farklı HJO'lara ait örneklerin görüntüsü Şekil 2-8'de verilmiştir. Örnekler için sıklık dağılım grafiği, log olasılık grafiği ve

ortalama varyans grafikleri sırasıyla Şekil 2-9, Şekil 2-10 ve Şekil 2-11'de verilmiştir.

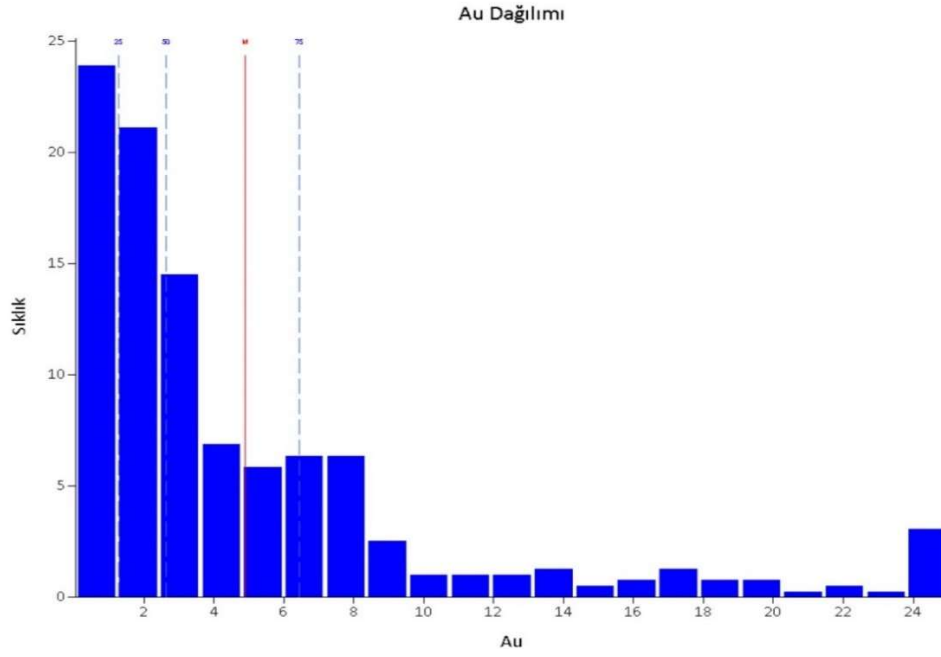


Şekil 2-8 Katı Model İçerisinde Kalan Farklı HJO'lara Ait Örnekler.

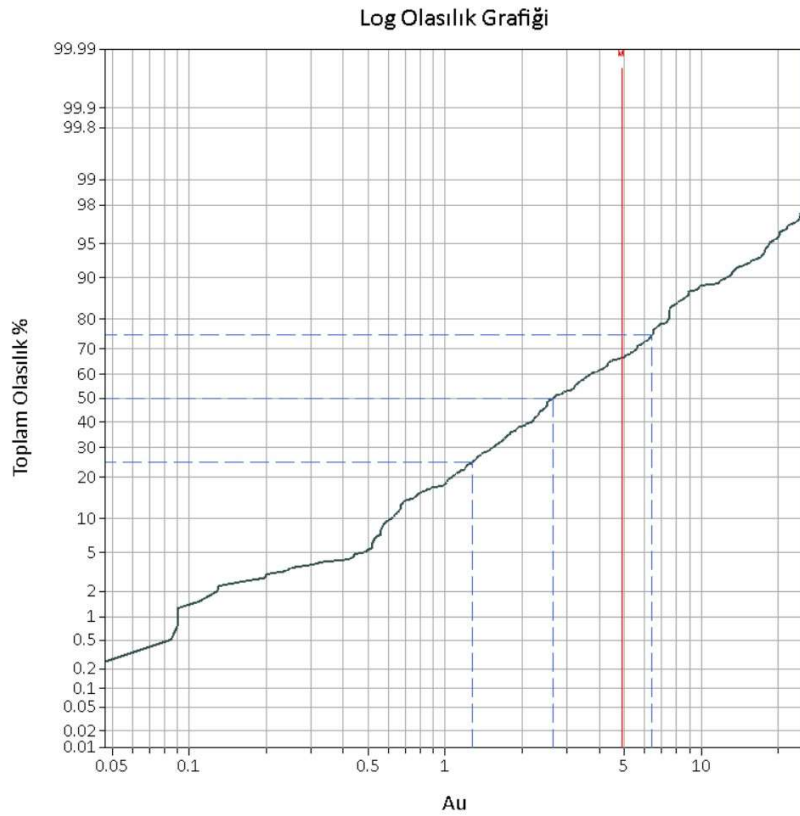
Çizelge 2-2 Katı Model İçinde Kalan Örneklerin HJO'lara Göre İstatistikleri.

HJO	DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORT. (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
1	Au	212	0.05	134.8	8.19	239.7	15.48	1.89
2	Au	99	0.09	25.8	3.87	18.8	4.34	1.12
3	Au	47	0.09	30.35	3.7	29.19	5.4	1.46
4	Au	28	0.03	39.01	2.69	26.17	5.12	1.9
5	Au	12	0.09	20.33	5.94	50.55	7.11	1.2

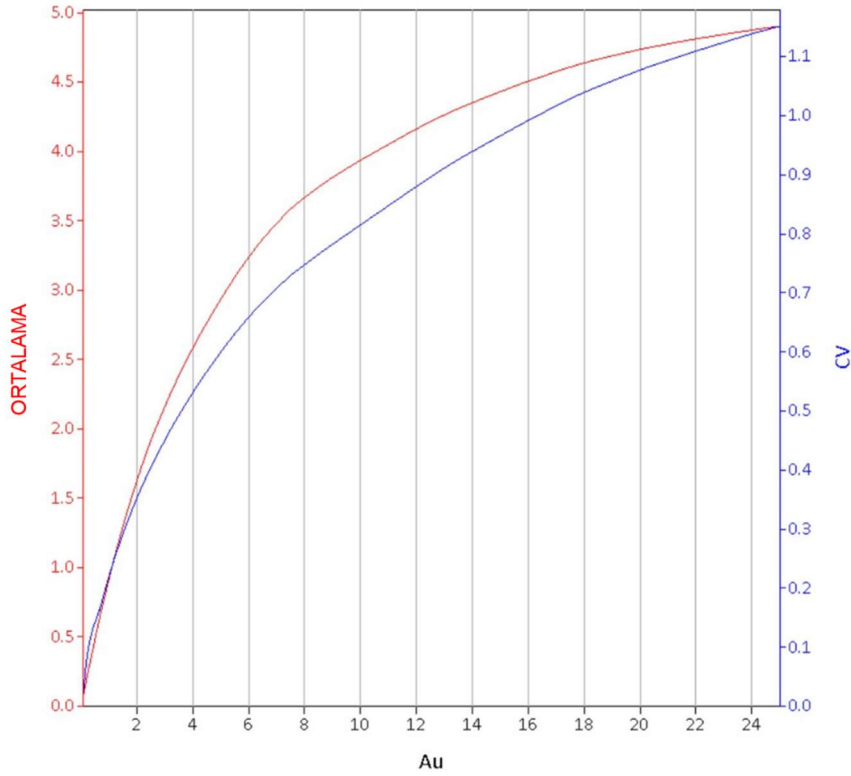




Şekil 2-9 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Au Dağılım Grafiği.



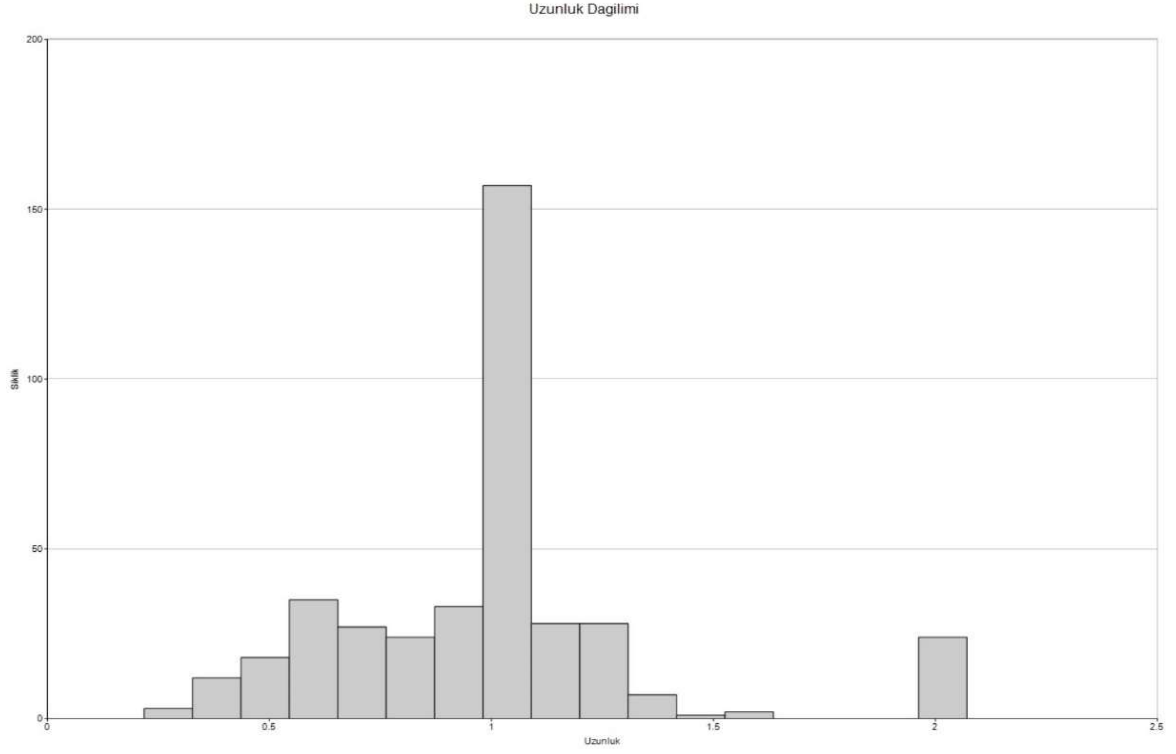
Şekil 2-10 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Log Olasılık Grafiği.



Şekil 2-11 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Ortalama-CV Grafiği.

### 2.3. Kompozit Uzunluğunun Belirlenmesi

Ham örnek uzunluklarına ait sıklık dağılımları Şekil 2-12'de gösterilmiştir. Grafiklerde de görüleceği gibi örneklerin %75'i 1 metre ve altı uzunluğa sahiptir. Ortalama örnek uzunluğu 0.98 metre olarak hesaplanmıştır. Bu iki verinin birlikte değerlendirilmesi sonucu kompozit uzunluğu 1 metre olarak belirlenmiştir. Ham verilerin HJO kontrollü istatistikleri (Çizelge 2-2) ve kompozitlenmiş örneklerin HJO kontrollü istatistikleri (Çizelge 2-4) birlikte değerlendirildiğinde, varyans ve CV (Standart sapma/ortalama) değerlerinde beklenen düşüş gözlenmektedir. Kompozitleme öncesi ve sonrasında elde edilen uzunluk-sıklık dağılımı grafikleri (Şekil 2-12, Şekil 2-13) birlikte incelendiğinde kompozitleme sonrasında örnek uzunluk dağılımının 1m'ye yaklaştığı gözlenmektedir.

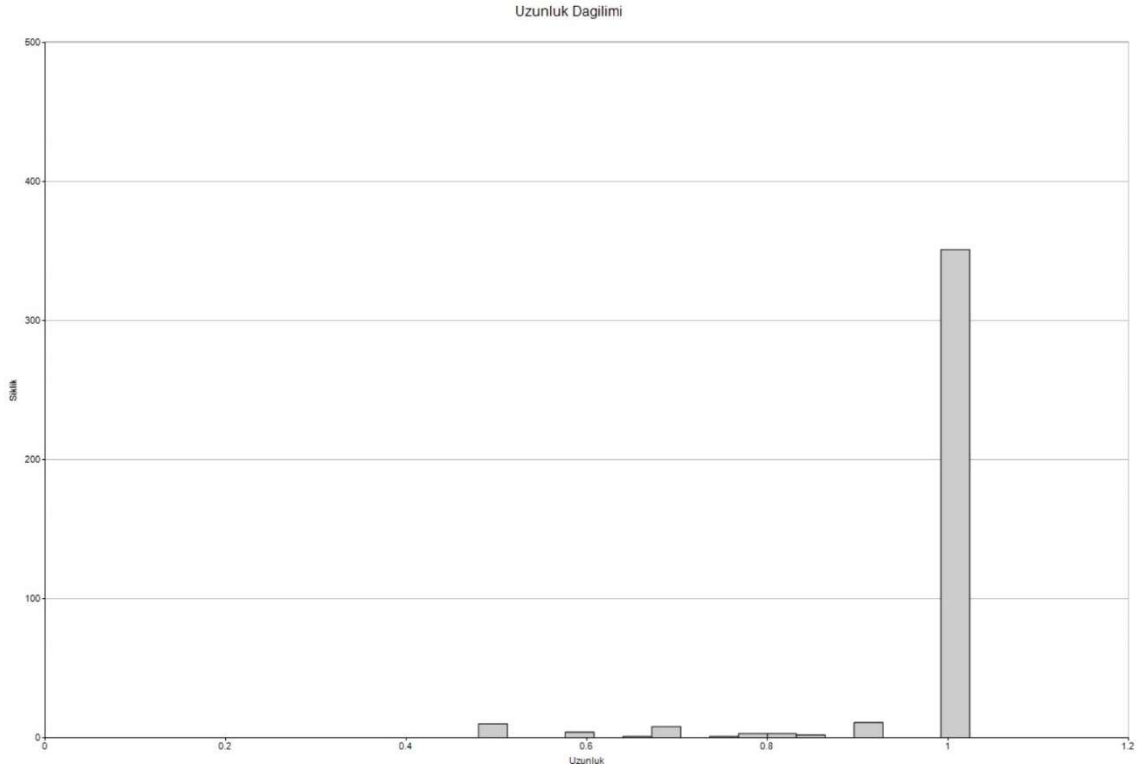


Şekil 2-12 Ham verilere ilişkin Uzunluk Sıklık Dağılımı.

Kompozitleme sonrası örnek istatistikleri Çizelge 2-3 ve Şekil 2-13'de gösterilmiştir.

Çizelge 2-3 Genel Kompozit İstatistikleri

DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORTALAMA (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
<b>Au</b>	393	0.05	109.79	6.29	121.76	11.03	1.75



Şekil 2-13 Kompozitleme Sonrası Uzunluk Sıklık Dağılımı.

Çizelge 2-4 HJO Kontrollü Kompozit İstatistikleri.

HJO	DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORT. (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
1	Au	217	0.08	109.79	8.15	194.351	13.94	1.71
2	Au	102	0.09	24.20	4.15	21.65	4.65	1.12
3	Au	39	0.09	15.58	3.87	15.56	3.94	1.02
4	Au	25	0.03	16.47	2.68	12.43	3.53	1.32
5	Au	10	0.09	20.33	6.09	48.45	6.96	1.14

## 2.4. Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

Genel kompozit istatistikleri incelendiğinde altın için CV değerinin 1.75 olduğu belirlenmiştir. CV değerinin 1.5'in üzerinde olması halinde üst sınır değeri uygulaması yapılmalıdır (Wellmer 1998).

Kompozit verileri içerisindeki, genel ortalamanın çok üzerinde yer alan altın değerleri, belirlenen üst sınır değerleri ile sınırlandırılmıştır.

Üst sınır değerleri her bir HJO için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bunun temel sebebi, litoloji kontrollü ayrılan HJO'ların, örnek tenörlerinin dağılımının da birbirinden farklı olmasıdır. Hesaplama için kompozit verileri excel formatında kaydedilip, 5 farklı HJO için örnekler belirlenmiştir. Her bir HJO için örnek tenörleri büyükten küçüğe sıralanarak saçılma grafikleri oluşturulmuştur. Saçılma grafiklerinde (Şekil 2-14) tenörlerin HJO ortalamasından koptuğu noktalar belirlenerek, bu noktaların üzerindeki tenörler grafik üzerinde kırmızı çizgi ile belirlenen üst sınır değerine çekilmiştir.

- HJO 1 için belirlenen üst sınır değeri 25 gr/t'dur. Üst sınır değerinin üstünde kalan ve ortalaması 61.09 gr/t olan 10 kompozitin tenörleri 25 gr/t'a çekilmiştir.
- HJO 2 için belirlenen üst sınır değeri 7.5 gr/t'dur. Üst sınır değerinin üstünde kalan ve ortalaması 14.44 gr/t olan 10 kompozitin tenörleri 7.5 gr/t'a çekilmiştir.
- HJO 3 için belirlenen üst sınır değeri 6.5 gr/t'dur. Üst sınır değerinin üstünde kalan ve ortalaması 11.08 gr/t olan 7 kompozitin tenörleri 6.5 gr/t'a çekilmiştir.
- HJO 4 için belirlenen üst sınır değeri 3.5 gr/t'dur. Üst sınır değerinin üstünde kalan ve ortalaması 9.29 gr/t olan 4 kompozitin tenörleri 3.5 gr/t'a çekilmiştir.
- HJO 5 için belirlenen üst sınır değeri 2.5 gr/t'dur. Üst sınır değerinin üstünde kalan ve ortalaması 14.34 gr/t olan 4 kompozitin tenörleri 2.5 gr/t'a çekilmiştir.

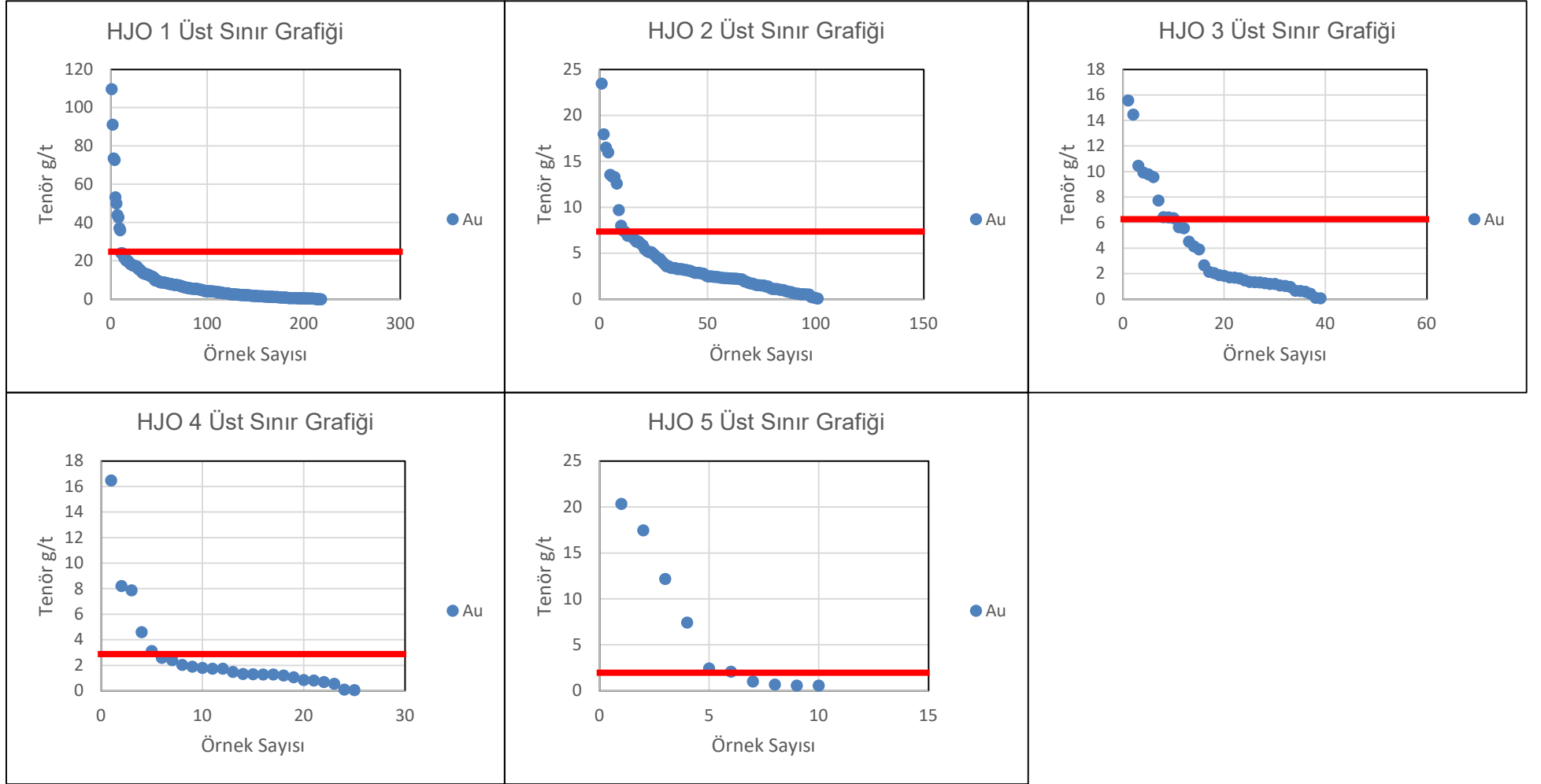
Üst sınır değeri uygulandıktan sonra elde edilen genel istatistikler ve HJO kontrollü istatistikler sırasıyla Çizelge 2-5 ve Çizelge 2-6'da verilmiştir. Çizelgelerde de görüleceği gibi üst sınır verilerinin uygulanması sonrasında genel istatistiklerde varyans 121.76'dan 36.86'ya, CV 1.75'ten 1.13'e gerilemiştir.

Çizelge 2-5 Üst Sınır Uygulaması Sonrası Genel Kompozit İstatistikleri.

DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORTALAMA (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
Au	393	0.05	25.00	5.35	36.86	6.07	1.13

Çizelge 2-6 Üst Sınır Uygulaması Sonrası HJO Kontrollü Kompozit İstatistikleri.

HJO	DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORT. (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
1	Au	217	0.08	25	6.56	48.14	6.94	1.06
2	Au	102	0.09	7.5	3.17	4.99	2.23	0.70
3	Au	39	0.09	6.5	2.98	5.45	2.33	0.78
4	Au	25	0.03	3.5	1.72	1.06	1.03	0.60
5	Au	10	0.09	2.5	1.72	0.72	0.85	0.49



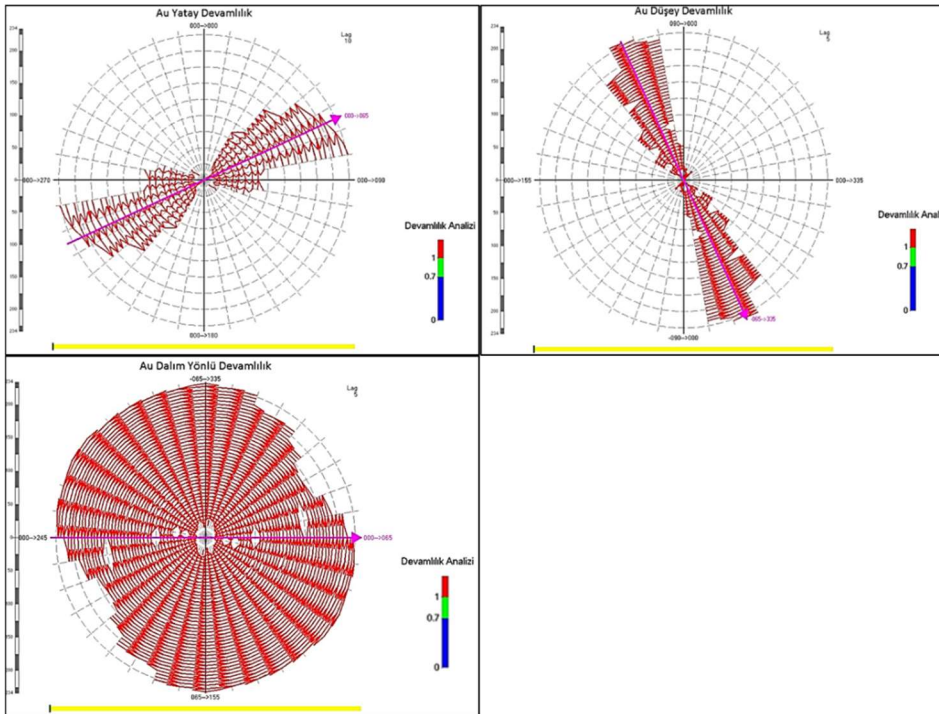
Şekil 2-14: Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi İçin Hazırlanan Saçılım Grafikleri

## 2.5. Blok Kestiriminin Yapılması

Blok kestiriminin yapılmasında “Datamine Studio RM Pro” ve “Snowden Supervisor” programları kullanılmıştır. Kestirimde “ortalamasız krigleme”, “uzaklığın tersi” ve “en yakın komşu” teknikleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler “1.5.1.2. Çalışmada kullanılan kestirim metodları” alt başlığında teorik olarak açıklanmıştır.

### 2.5.1. Örnekler Arası Yönlü İlişkinin Araştırılması

Örnekler arası yönlü ilişkinin araştırılmasında kullanılacak düzlemlerin belirlenmesi amacıyla variogram fan haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar doğrultu, eğim ve dalım yönünü araştırmak amacıyla yapılmış olup, Şekil 2-15’de sırasıyla “a”, “b”, “c” grafiklerinde gösterilmiştir. Örnekler arası ilişki yatay yönde  $65^0$ ’de, dikey yönde  $335^0$ ’de yakalanmış olup, dalım yönünde güçlü bir ilişki saptanmamıştır.



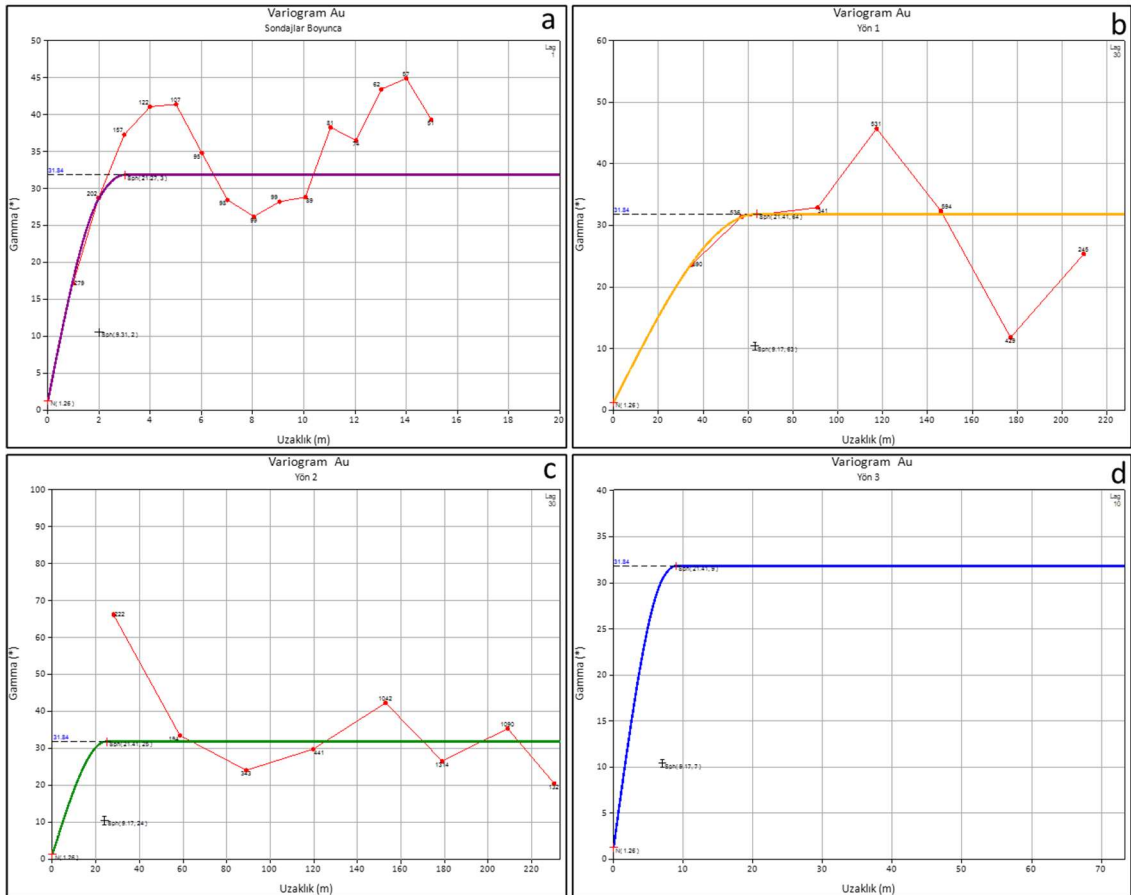
Şekil 2-15 Variogram Fan Haritaları.



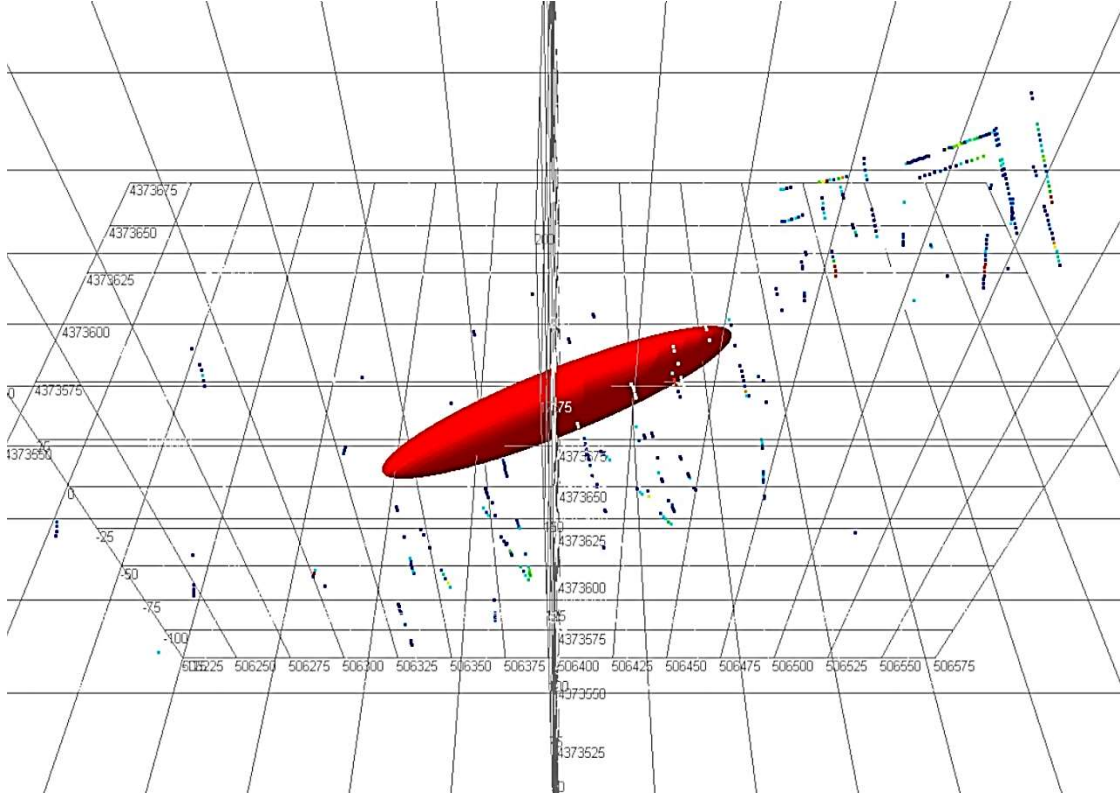
## 2.5.2. Variogram Parametrelerinin Belirlenmesi

Variogram parametreleri X yönünde, Y yönünde, Z yönünde ve sondajlar boyunca belirlenmiştir. Belirlenen lag uzunluğu 30 metre olup, bu uzunluk sondajlar arası ortalama mesafe olan olan 35-40 metre ile uyumludur. Külçe etki değeri 1.26 olarak tespit edilmiştir. Eşik değeri 31.84 olarak tespit edilmiştir. Kompozitler arası yönlü ilişki X yönünde  $65^{\circ}$ , Y yönünde  $335^{\circ}$  ve Z yönünde  $20^{\circ}$  de yakalanmış olup, yapısal uzaklık değerleri sırasıyla 65m, 24m ve 9m olarak belirlenmiştir. Şekil 2-16'da elde edilen deneysel ve model variogramlar sırasıyla "a", "b", "c", ve "d" grafiklerinde verilmiştir. Variogramlar sonucunda elde edilen arama elipsoidi görüntüsü Şekil 2-17'de verilmiştir.

Oluşturulan model variogramda belirlenen 1. yapısal uzaklıklar X, Y, Z yönlerinde sırasıyla 63m, 24m ve 8m'dir. 2. Yapısal uzaklıklar sırasıyla 64m, 25m ve 9m'dir. Variogram rotasyon açıları sırasıyla Z, X ve Z yönlerinde  $-25^{\circ}$ ,  $65^{\circ}$  ve  $0^{\circ}$ 'dir.



Şekil 2-16 Sondajlar Boyunca Elde Edilen Deneysel ve Model Variogramlar.



Şekil 2-17 Variogramlar Sonucu Elde Edilen Arama Elipsoidi Görüntüsü.

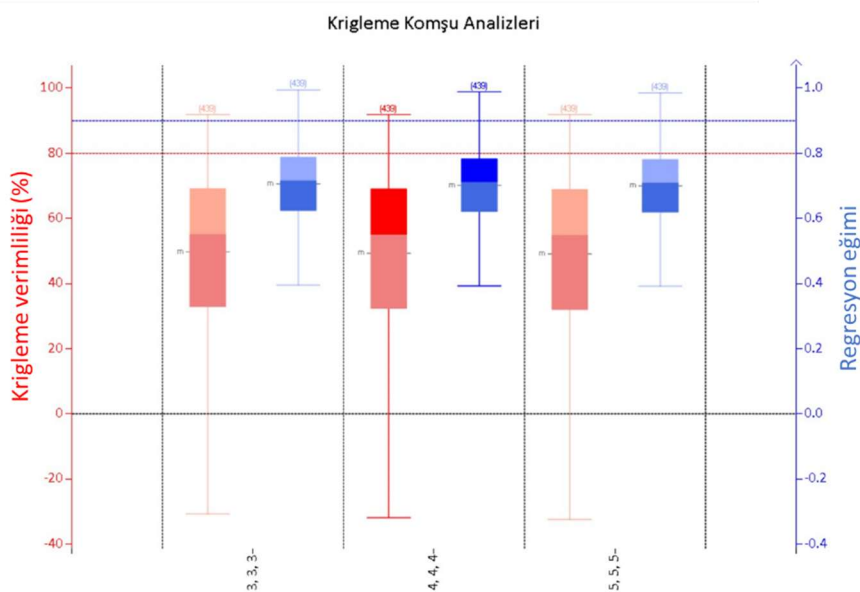
### 2.5.3. Krigleme Komşuluk Analizleri

Krigleme Komşuluk analizleri ile blok boyutları ve blok kestirim nokta sayılarının belirlenmesi sağlanmıştır.

Komşu analizlerinde krigleme verimliliğinin 100'e; regresyon eğiminin ise 1'e yakın olması hedeflenmiştir.

#### 2.5.3.1. Blok Kestirim Nokta Sayılarının Hesaplanması

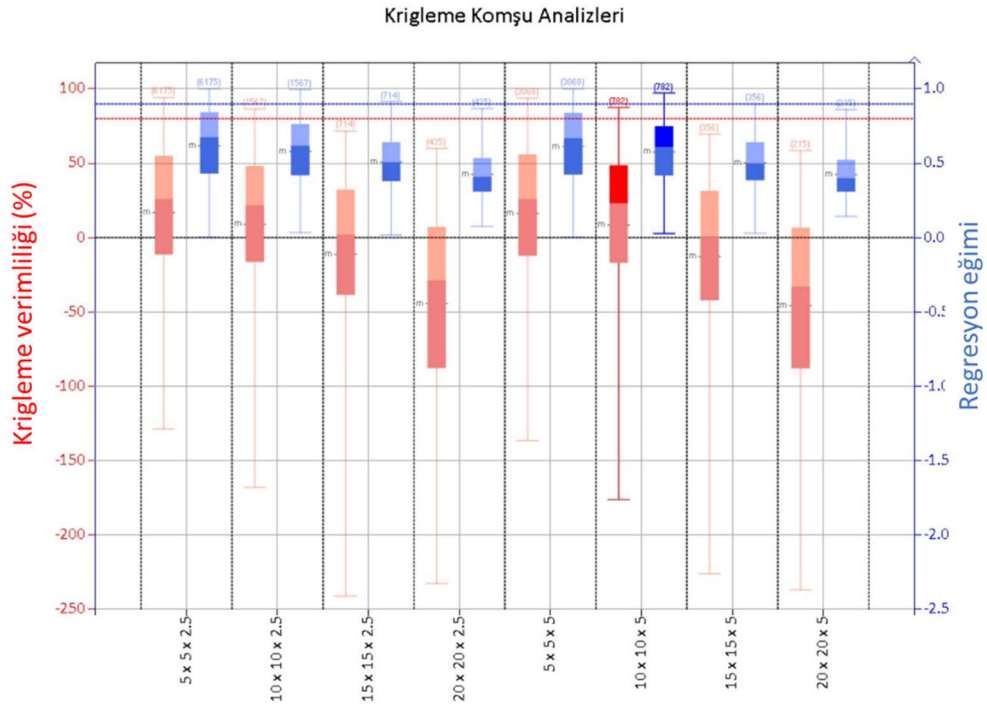
Blok kestirim noktaları (discretisation points), blok merkez noktasının çevresinde X, Y ve Z yönlerinde operatörün belirlediği sayılarda yerleştirilir. Yerleştirilen her bir noktada belirlenen kestirim parametreleri kullanılarak blok kestirimi yapılır. Noktalardan elde edilen kestirim sonuçları, aritmetik ortalamaları alınarak blok merkezine işlenir. Nokta sayısının fazla olması kestirim sonuçları üzerinde pozitif bir etki yaratmamasıyla birlikte, kestirimde kullanılan yazılımın model üretme süresini uzatmaktadır. Nokta sayısının az olması, blok boyutlarının küçük olduğu projelerde herhangi bir negatif sonuca yol açmazken, blok boyutlarının büyük olduğu projelerde ise kestirim sonuçlarının güvenilirliğini düşürmektedir. X, Y, Z yönlerinde sırasıyla 3-3-3, 4-4-4, 5-5-5 nokta sayıları Şekil 2-18'de gösterilmiştir. Sonuçlar arasında kayda değer bir fark olmaması sebebiyle 4,4,4 nokta sayısı seçilmiştir.



Şekil 2-18 X, Y, Z Yönlerinde Blok Kestirim Nokta Sayıları.

### 2.5.3.2. Blok Boyutlarının Hesaplanması

Cevher geometrisi ve krigleme komşu analizi sonuçları göz önüne alınarak, blok boyutları 10\*10\*5 olarak belirlenmiştir. Blok boyutu belirlenmesi için yapılan analiz grafiği Şekil 2-19'da gösterilmiştir.

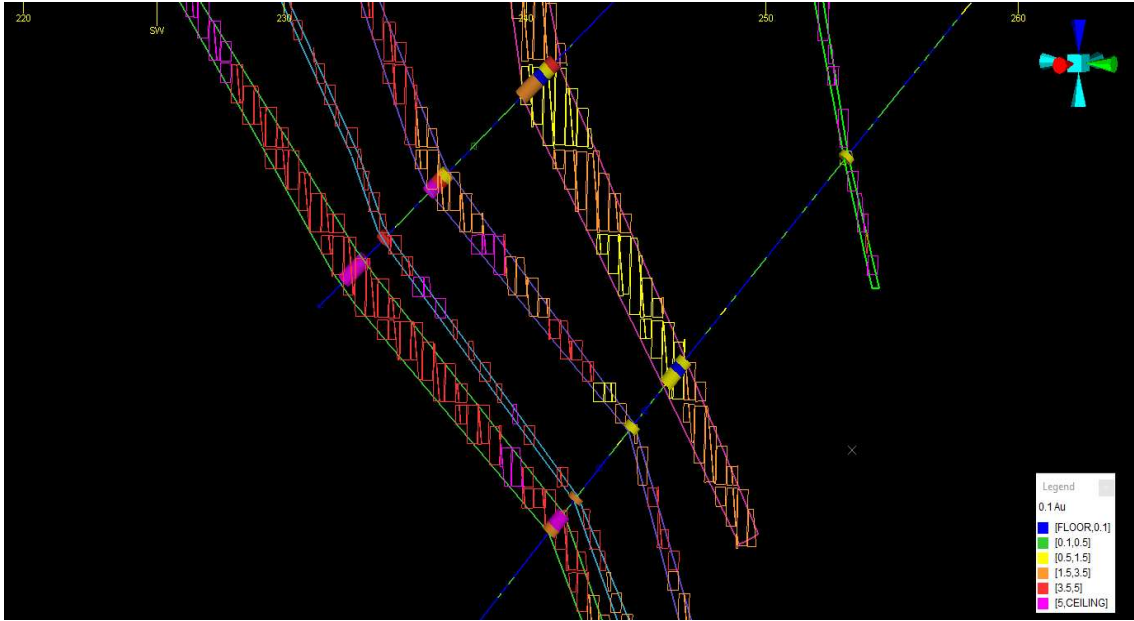


Şekil 2-19 Farklı Blok Boyutlarının Jeostatistiksel Değerlendirilmesi.

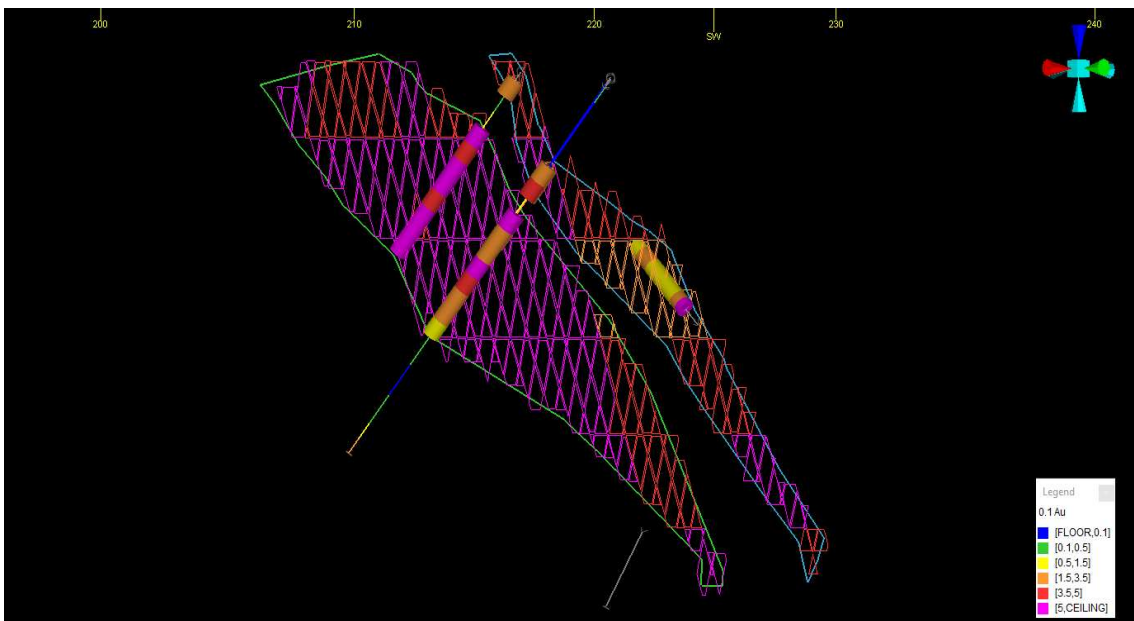
## 2.5.4. Blok Modelin Doğrulanması

### 2.5.4.1. Kesitlerin incelenmesi

Model Doğrulama Çalışmaları kapsamında sondaj-model kesitleri tek tek incelenmiştir. Model–kompozit tenörleri uyumluluk göstermektedir (Şekil 2-20 ve Şekil 2-21).



Şekil 2-20 KDD57 – KDD55 Sondajları ve Model Karşılaştırması.

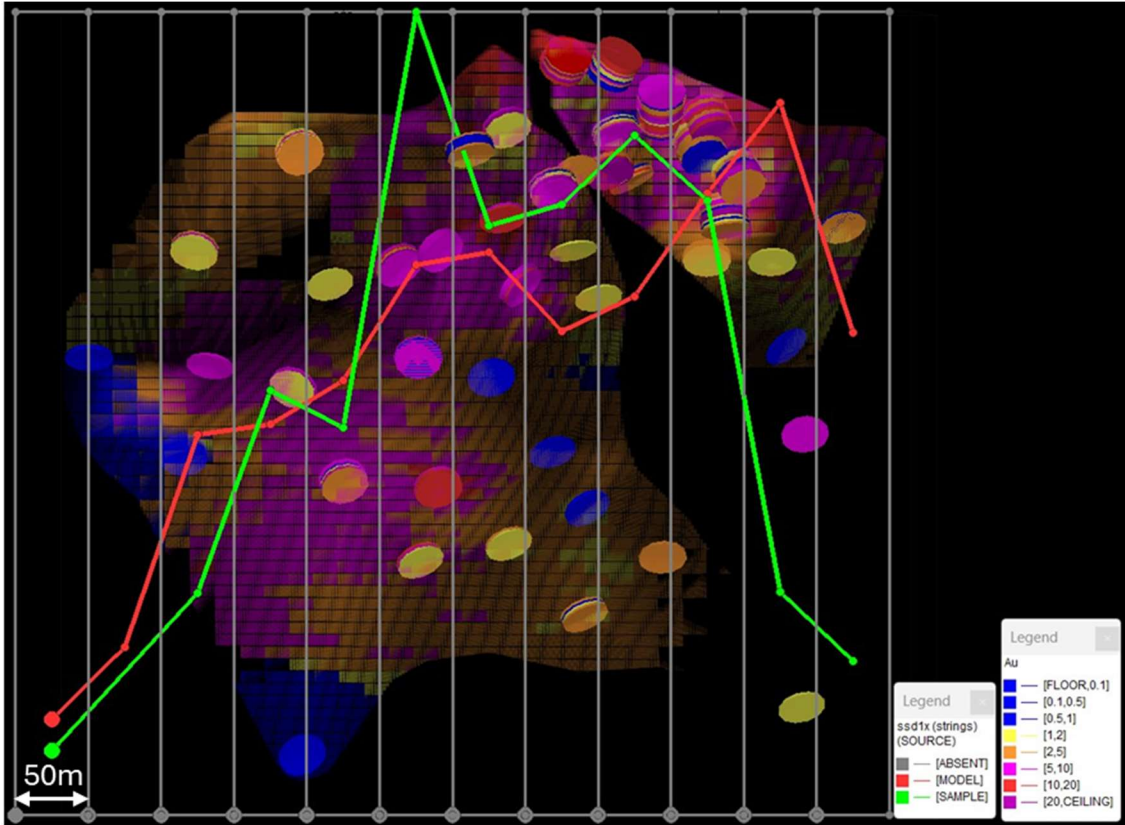


Şekil 2-21 KDS40A – KDS40 Sondajları ve Model Karşılaştırması.

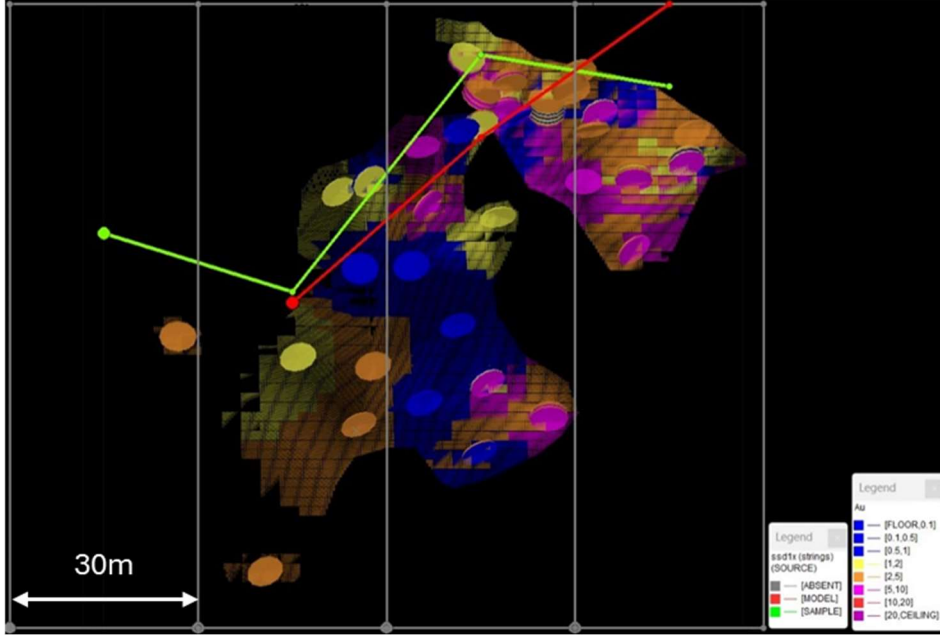
### 2.5.4.2. Yönsel Ortalamaların Analizi (Swath Plot Analizi)

Yönsel ortalamaların analizleri HJO 1, HJO 2 ve HJO 3 için Y yönünde 50m ve 30m'lik kesitlerde yapılmıştır. HJO 4 ve HJO 5 örnek sayılarının az olması ve örnek dağılımlarının homojen olmaması sebebiyle, analizlere dahil edilmemiştir. Analiz kapsamında belirlenen kesit aralıklarında ortalamasız krigleme yöntemi ile elde edilen model ortalamaları ve üst sınır değeri uygulanmış kompozit ortalamaları 3 boyutlu olarak incelenmiştir.

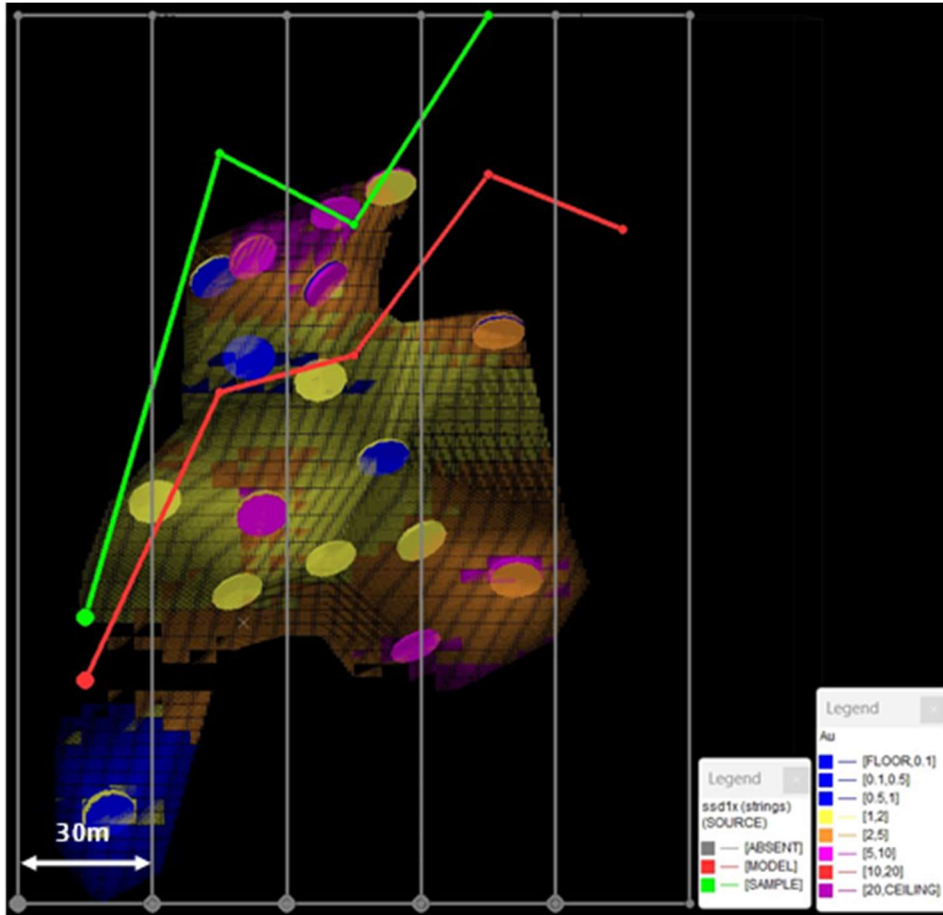
HJO 1, 2 ve 3'te model ortalamaları ve örnek ortalamalarının uyumlu olduğu Şekil 2-22, Şekil 2-23 ve Şekil 2-24'de gösterilmiştir. Şekil 2-24'de sondaj tenörlerinin blok tenörlerinden sistematik bir şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun temel nedeni sondaj sıklığının homojen olmaması ve düşük tenörlü örneklerin etkilediği blok sayısının daha fazla olmasıdır. Bunun dışında, Şekil 2-22 ve Şekil 2-23'de birkaç aralıkta oluşan uyumsuzluğun sebebi, örnekler arası mesafenin arttığı bölgelerde, örneklerin kestirimde etkilediği blok sayısının da artmasıdır.



Şekil 2-22 Yönsel Ortalamaların Analizi HJO 1 (50m aralıklı, X yönü).



Şekil 2-23 Yönsel Ortalamaların Analizi HJO 2 (30m aralıklı, X yönü).



Şekil 2-24 Yönsel Ortalamaların Analizi HJO 3 (30m aralıklı, X yönü).

### 2.5.4.3. Ortalama Altın Tenörlerinin İncelenmesi

Kompozit tenörleri ve kestirim yöntemleri karşılaştırmaları Çizelge 2-7’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kompozit ortalamaları ile en yakın ilişkiyi gösteren kestirim tekniğinin, “Uzaklığın tersi” olduğu gözlemlenmiştir. HJO 1 dışında model tenörleri ve kompozit tenörleri uyumlu bir seyir göstermektedir. HJO 1 de model tenörünün kompozit ortalamasından düşük olmasının sebebi, mineralizasyonun derin bölgesini test etmek amacıyla yapılan “KDD42” nolu sondajın düşük tenör içermesi ve bu sondajın etkilediği blok sayısının fazla olmasıdır.

Çizelge 2-7 Kompozit ve Model Tenörleri Karşılaştırması.

HJO	Örnek tenörleri (gr/t)	Model Tenörleri			Karşılaştırma		
		<sup>1</sup> Au_IPD (gr/t)	<sup>2</sup> Au_NN (gr/t)	<sup>3</sup> Au_OK (gr/t)	Örnek &IPD	Örnek &OK	Örnek &NN
1.00	6.56	5.58	4.79	5.30	118%	124%	137%
2.00	3.17	2.90	2.91	3.00	109%	106%	109%
3.00	2.98	2.73	2.25	2.40	109%	124%	132%
4.00	1.72	1.80	2.15	2.00	96%	86%	80%
5.00	1.73	1.80	1.85	1.74	96%	100%	94%

### 2.5.5. Sonuçların Raporlanması

Kestirim sonuçları Çizelge 2-8 ve Çizelge 2-9’da gösterilmiştir. Çizelge 2-24 maden kazıları başlamadan önceki topoğrafyanın altında kalan blokların 0.5 gr/t alt sınır değeri ile hesaplanması sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 2-9, tenör kontrol örnekleri oluşturulacak olan modellerle karşılaştırma yapılabilmesi için, kazı öncesi topoğrafyası ve kazı bitimi topoğrafyası arasında kalan alanın 0.5 gr/t alt sınır değeri ile hesaplanması sonucu elde edilmiştir.



Çizelge 2-8 Model Sonuçları.

HJO	YOĞUNLUK (gr/cm <sup>3</sup> )	TONAJ (t)	HACİM (m <sup>3</sup> )	<sup>1</sup> Au_IPD (gr/t)	<sup>2</sup> Au_NN (gr/t)	<sup>3</sup> Au_OK (gr/t)
1	2.42	504,111	208,310	5.55	4.78	5.26
2	2.42	178,071	73,583	2.90	2.93	3.00
3	2.42	116,891	48,302	2.74	2.26	2.41
4	2.42	74,507	30,788	1.80	2.15	2.00
5	2.42	24,764	10,233	1.80	1.85	1.74
<b>Toplam-Ortalama</b>		<b>898,344</b>	<b>371,217</b>	<b>4.24</b>	<b>3.79</b>	<b>4.07</b>

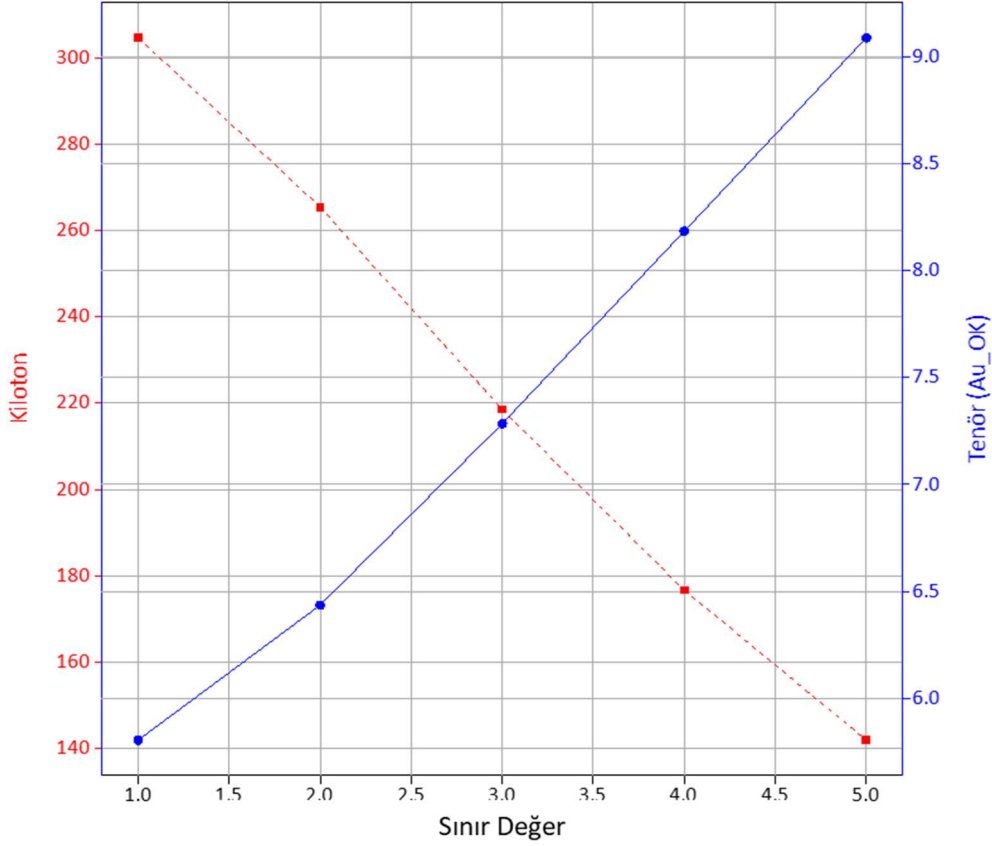
Çizelge 2-9 Kazı Alanı İçindeki Model Sonuçları.

HJO	YOĞUNLUK (gr/cm <sup>3</sup> )	TONAJ (t)	HACİM (m <sup>3</sup> )	<sup>1</sup> Au_IPD (gr/t)	<sup>2</sup> Au_NN (gr/t)	<sup>3</sup> Au_OK (gr/t)
1	2.42	151,533	62,617	7.33	6.83	7.28
2	2.42	67,828	28,028	3.26	3.39	3.44
3	2.42	3,203	1,324	4.63	4.58	4.55
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
<b>Toplam-Ortalama</b>		<b>222,564</b>	<b>91,969</b>	<b>6.05</b>	<b>5.75</b>	<b>6.07</b>

1-IPD: Inverse Power of Distance (Uzaklığın Ters Yöntemi). 2-NN: Nearest Neighbor (En Yakın Komşu Yöntemi). 3-OK: Ordinary Krigging (Ortalamasız Krigleme Yöntemi)

### 2.5.5.1. Tenör-Tonaj Eğrileri

Maden kaynağı genellikle cevher miktarı (tonaj) ve bunun ortalama kalitesi (tenör) ile karakterize edilir. Bu parametreler aynı zamanda sınır tenöre bağlıdır. Sınır tenör arttıkça tonaj azalır, ortalama tenör artar. Tonaj ve ortalama tenörün sınır tenörün bir fonksiyonu olarak grafiksel gösterimi tenör-tonaj eğrisi (Şekil 2-25) olarak bilinir (Tercan, ve ark., 2011).

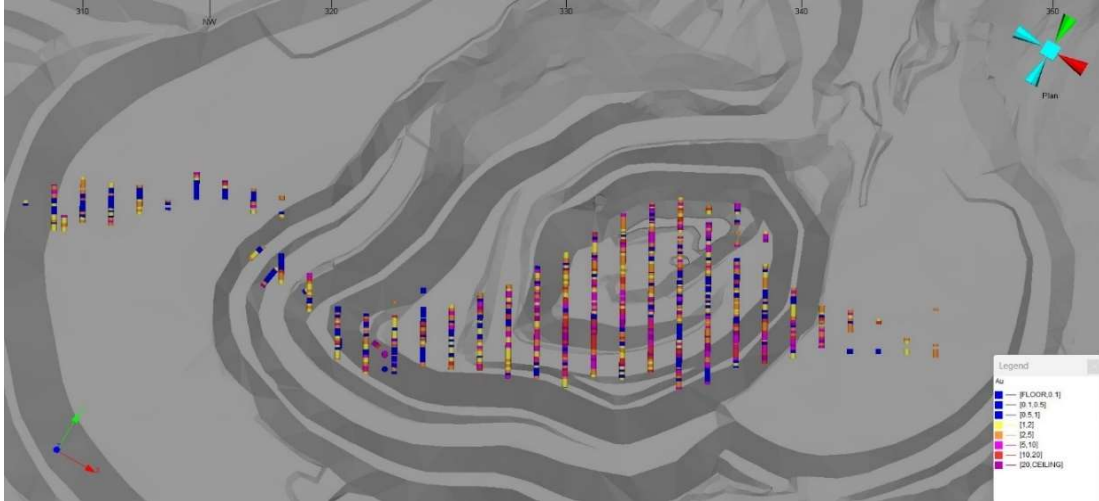


Şekil 2-25 Tenör-Tonaj Eğrileri (Au).

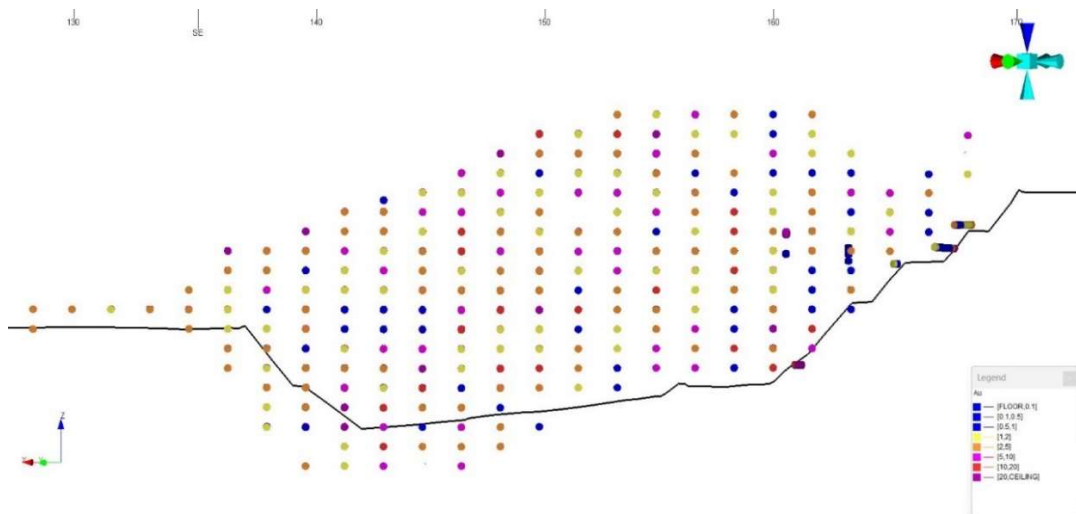
### 3. TENÖR KONTROL VERİLERİ İLE ALTIN KESTİRİMİNİN YAPILMASI

#### 3.1. Sondaj Verilerinin Üç Boyutlu Hale Getirilmesi

Çalışma alanında yapılan tenör kontrolü operasyonlarında toplamda 2,616 adet kanal örneği (TK) alınmıştır. Örnek kanalları arası mesafe sabit olmakla birlikte, yatay yönde 10m ve düşey yönde 5m'dir. Örneklere ait jeoloji verileri, örnek analiz sonuçları, başlangıç koordinatları ve kanal doğrultuları Microsoft Excel formatında Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin izni ile temin edilmiştir. Elde edilen veriler Datamine Studio RM Pro yazılımında "holes3D" prosesi kullanılarak Şekil 3-1 ve Şekil 3-2'de görüleceği gibi üç boyutlu hale getirilmiştir.



Şekil 3-1 Çalışma Alanının Kazı Sonrası Topoğrafyası ve TK Örnekleri (Plan Görüntüsü).

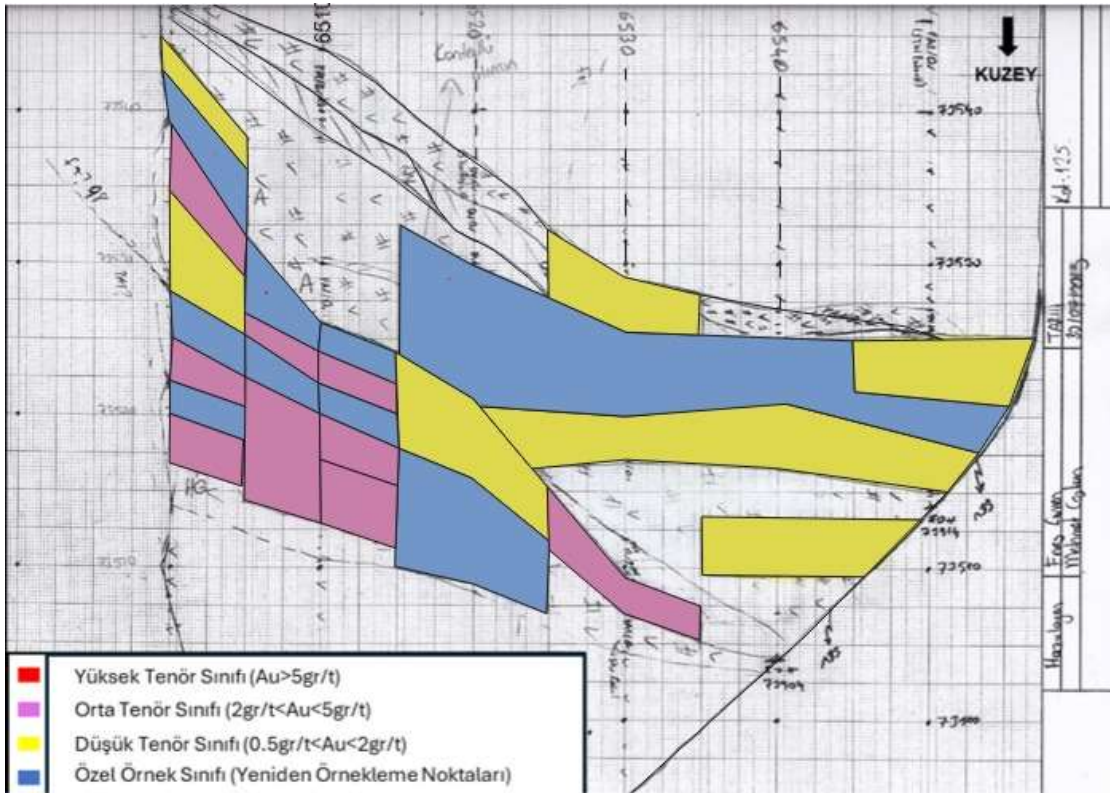


Şekil 3-2 Çalışma Alanının Kazı Sonrası Topoğrafyası ve TK Örnekleri (KD-GB).

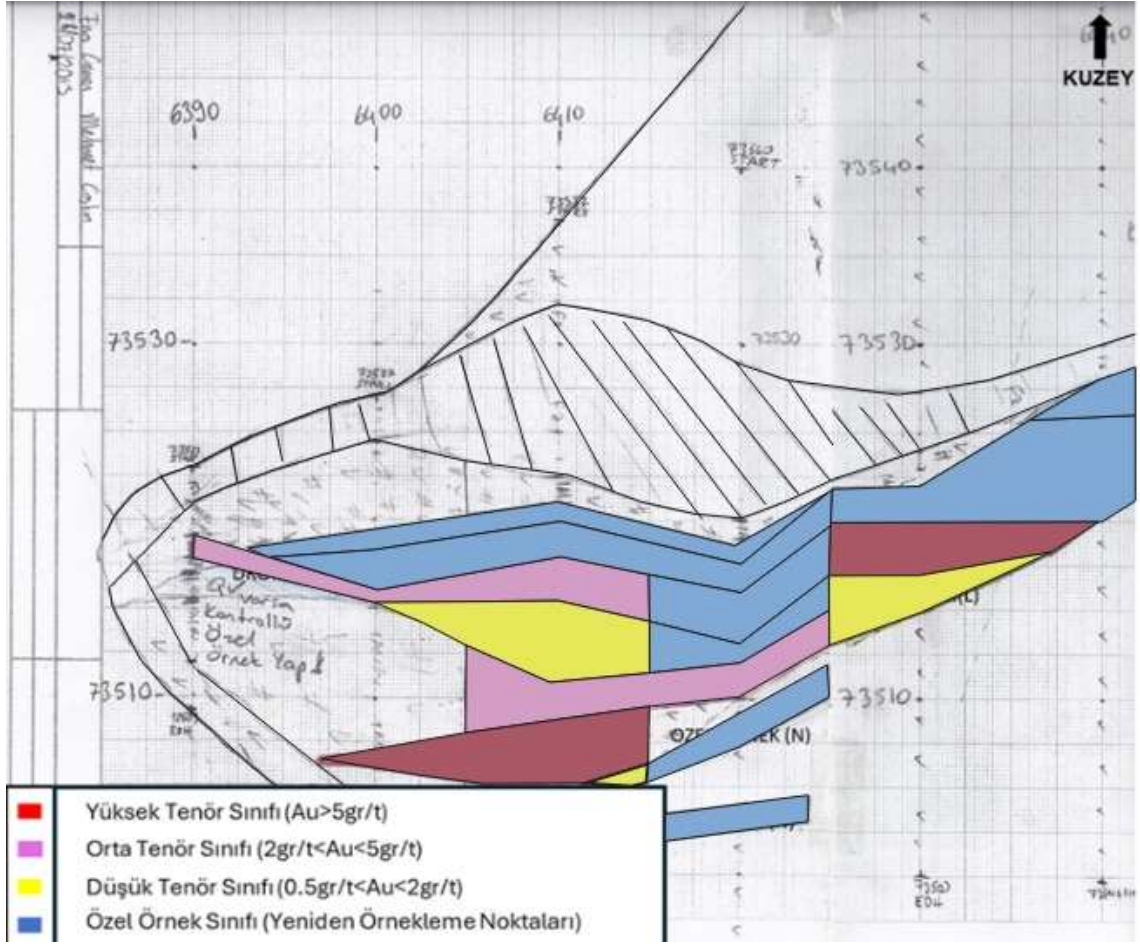
### 3.2. Katı Modelin Oluşturulması

Katı modelin oluşturulması aşamasında proje kapsamındaki kanal örnekleme logları ve jeoloji haritaları detaylı olarak incelenmiştir. Tenör devamlılığın kesildiği, tenör değerlerinde ciddi değişiklikler görüldüğü noktalarda düşeyde her 5m'de bir hazırlanan jeoloji haritaları referans alınmıştır. Katı model kesitleri de her 5m'de bir çizilerek birleştirilip ("LS" (Link String komutu ile)) katı model elde edilmiştir.

Şekil 3-3 ve Şekil 3-4'de 125 ve 130 kotlarında hazırlanan jeoloji haritaları ve sonuçların işlenmesiyle elde edilen üretim haritaları gösterilmektedir. Üretim haritalarında kullanılan her bir renk farklı tenör gruplarını ifade etmektedir.

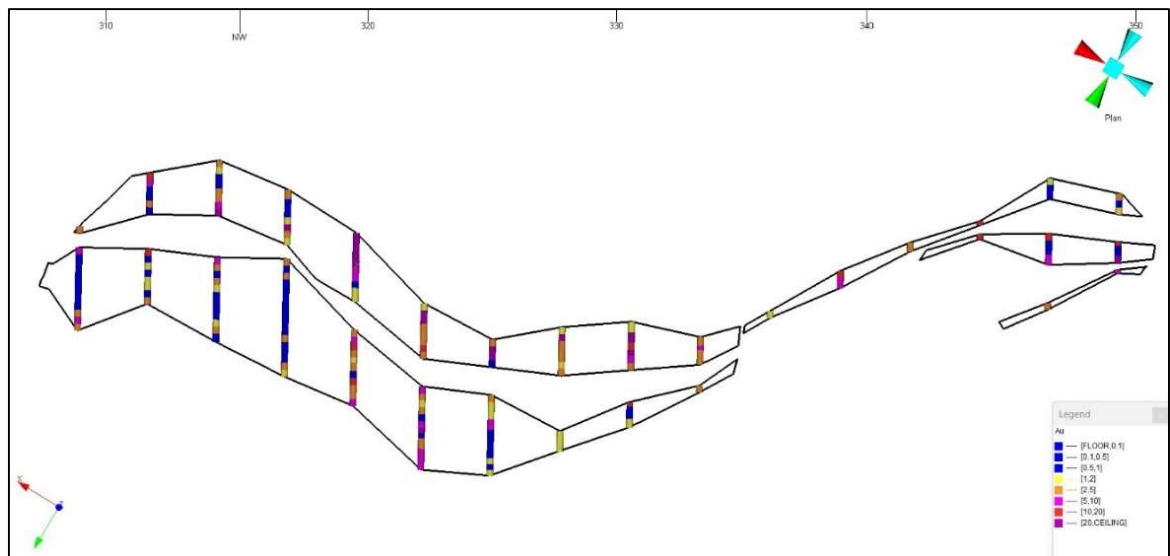


Şekil 3-3 125 Kotu Jeoloji ve Üretim Haritası (Kişisel Arşiv, 2013).

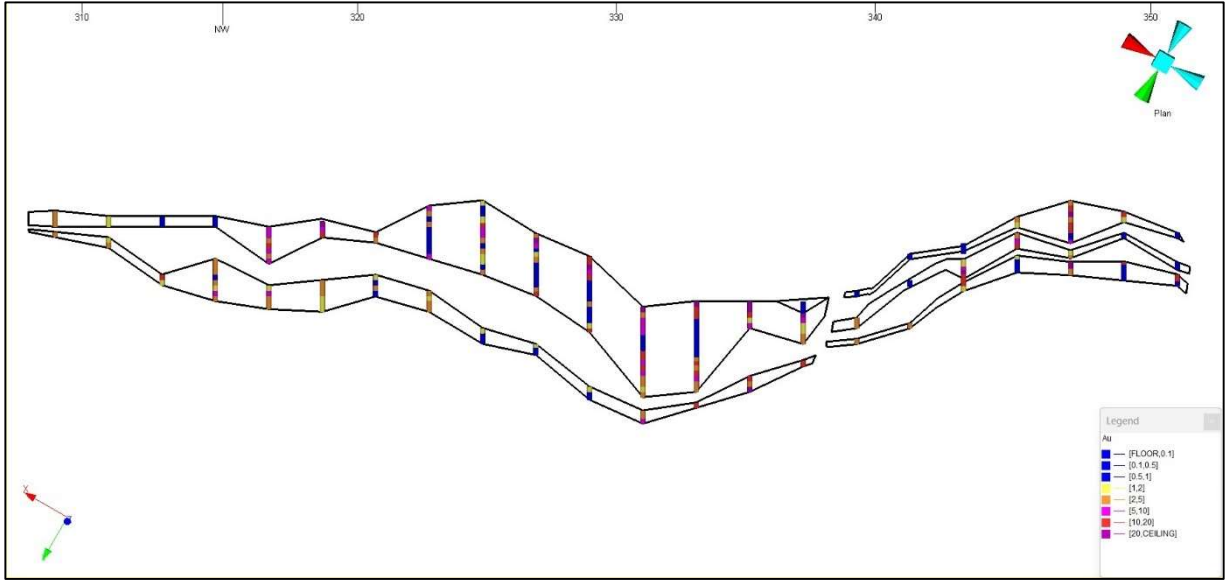


Şekil 3-4 130 Kotu Jeoloji ve Üretim Haritası (Kişisel Arşiv, 2013) (Plan Görüntüsü).

Şekil 3-5 ve Şekil 3-6'da Datamine yazılımında 125 ve 130 kotları için yatay olarak hazırlanan katı model kesitleri gösterilmiştir.

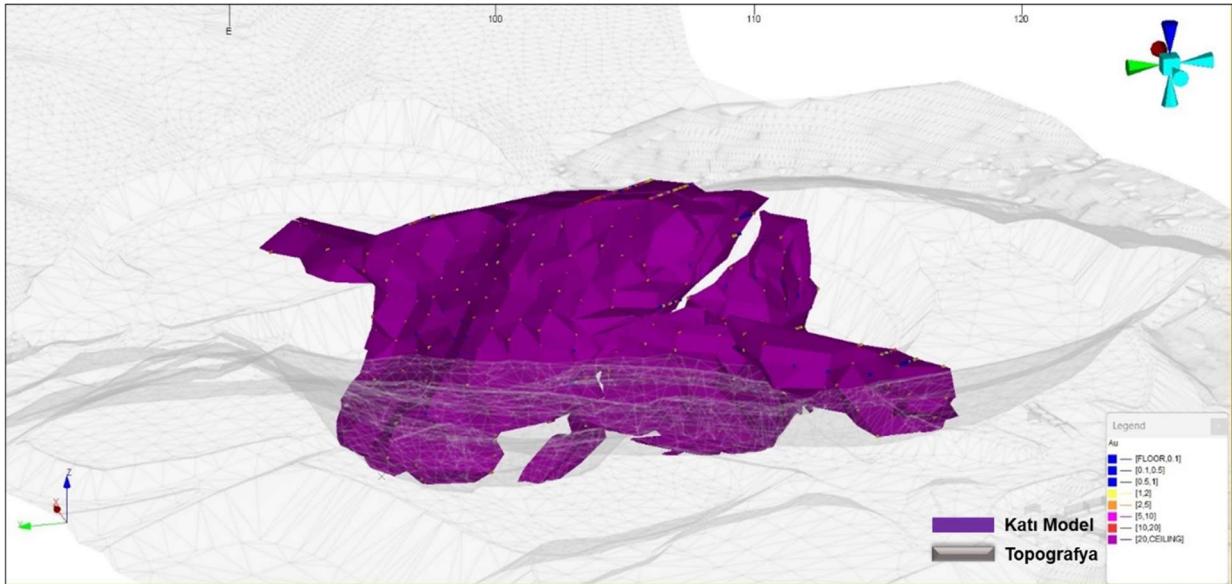


Şekil 3-5 125 Kotu Katı Model Kesiti (Plan görüntüsü).



Şekil 3-6 130 Kotu Katı Model Kesiti (Plan görüntüsü).

90 ve 180 üretim kotları arasında çizilen 19 kesit birleştirilerek katı model elde edilmiştir. Elde edilen katı modelin Z yönündeki üst sınırı, kazı öncesi topoğrafyası ile, alt sınırı kazı sonrası topoğrafyası ile sınırlandırılmıştır. Jeoloji haritalarında devamlılık gösteren HJO'lar olmadığı için, sonraki aşamalar tek HJO üzerinden yapılmıştır.



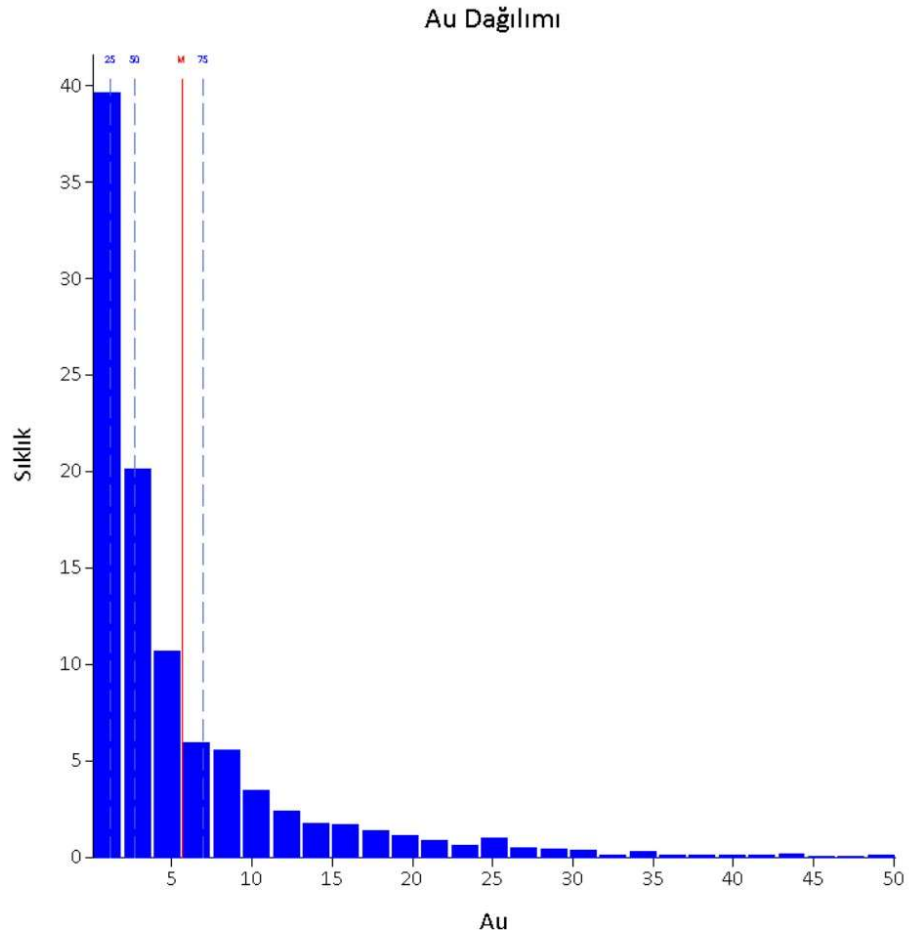
Şekil 3-7 Katı Model Görüntüsü.

Katı model içinde kalan örneklere ait genel istatistikler Çizelge 3-1'de verilmiştir.

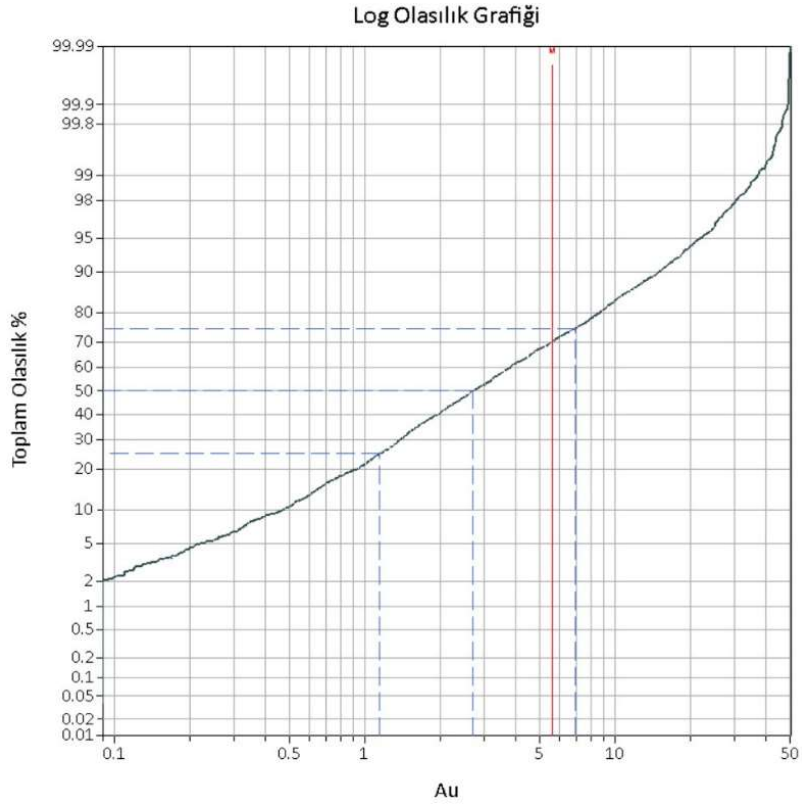
Örneklere ait sıklık dağılım grafiği, log olasılık grafiği ve ortalama varyans grafikleri sırasıyla Şekil 3-8, Şekil 3-9 ve Şekil 3-10'da verilmiştir.

Çizelge 3-1 Katı Model İçinde Kalan Örneklerin Genel İstatistikleri.

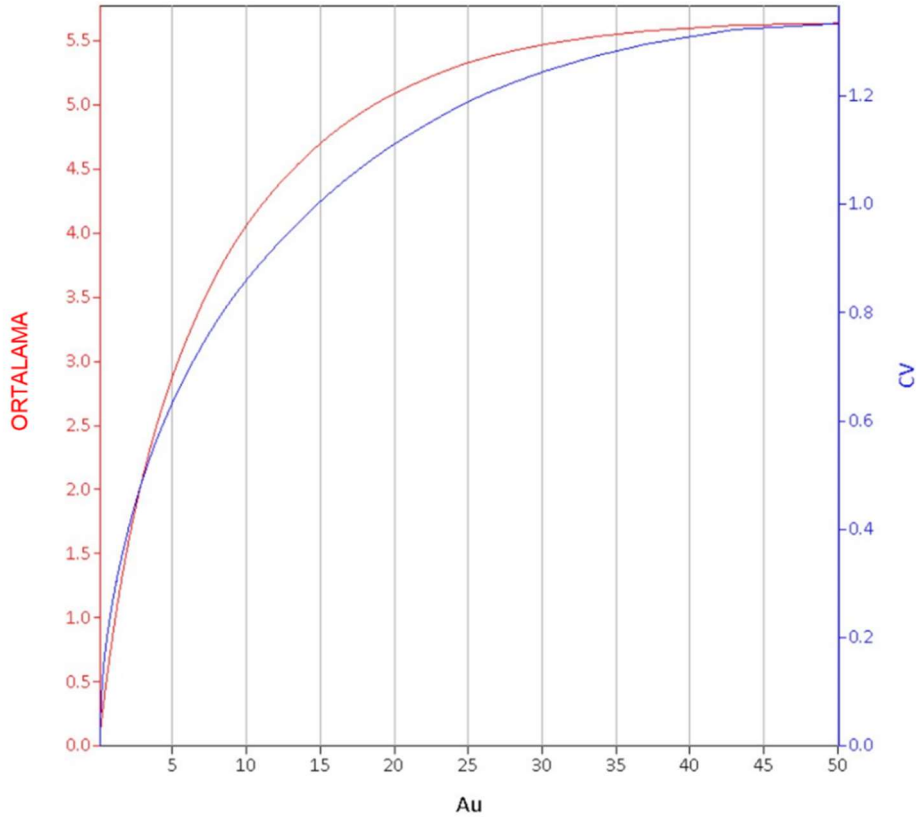
DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORTALAMA (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
Au	2,611	0.09	112.4	6.25	95.01	9.75	1.61



Şekil 3-8 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Au Dağılım Grafiği.



Şekil 3-9 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Log Olasılık Grafiği.

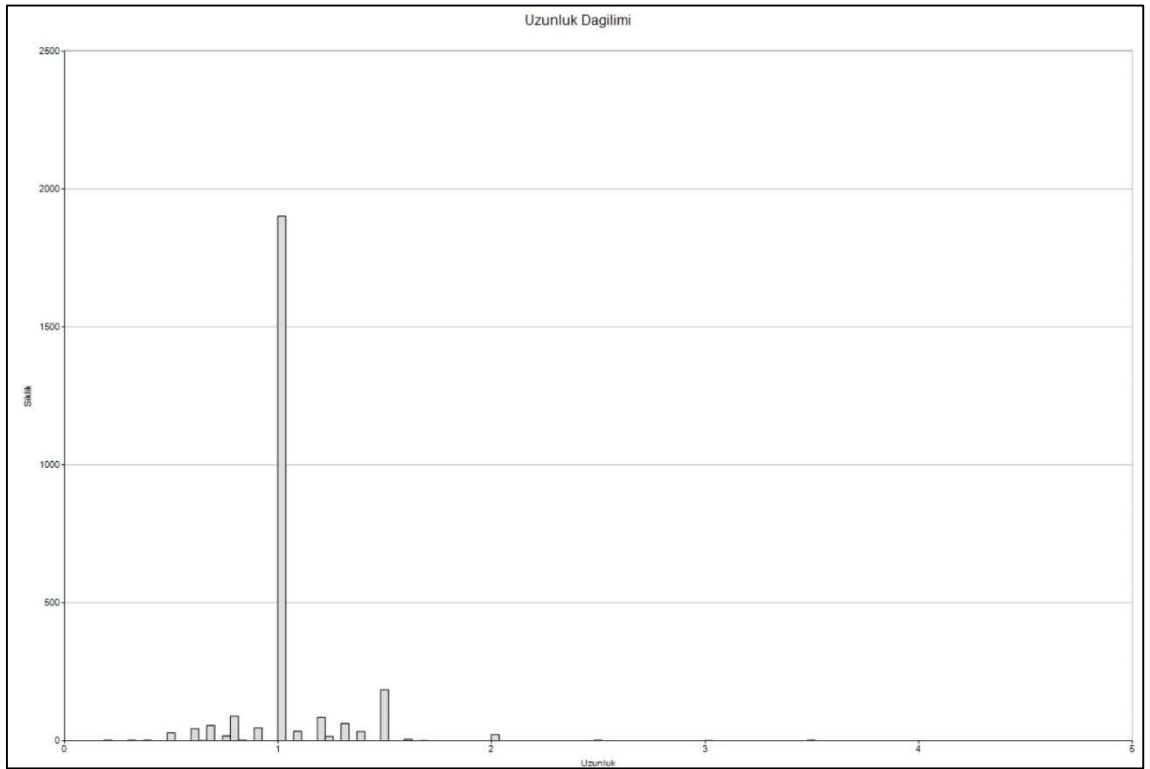


Şekil 3-10 Ham Veri Seti İçin Oluşturulan Ortalama-CV Grafiği.



### 3.3. Kompozit Uzunluğunun Belirlenmesi

Ham örnek uzunluluklarına ait sıklık dağılımları Şekil 3-11'de gösterilmiştir. Grafiklerde de görüleceği gibi, örneklerin %75'i 1 metre ve altı uzunluğa sahiptir. Ortalama örnek uzunluğu 1.03 metre olarak hesaplanmıştır. Bu iki verinin birlikte değerlendirilmesi sonucu kompozit uzunluğu 1 metre olarak belirlenmiştir. Ham verilerin istatistikleri (Çizelge 3-1) ve kompozitlenmiş örneklerin istatistikleri (Çizelge 3-2) birlikte değerlendirildiğinde varyans ve CV değerlerinde beklenen düşüş gözlenmektedir. Kompozitleme öncesi ve sonrasında elde edilen uzunluk-sıklık dağılımı grafikleri (Şekil 3-11 ve Şekil 3-12) birlikte incelendiğinde kompozitleme sonrasında örnek uzunluk dağılımınının 1m'ye yaklaştığı gözlenmektedir.

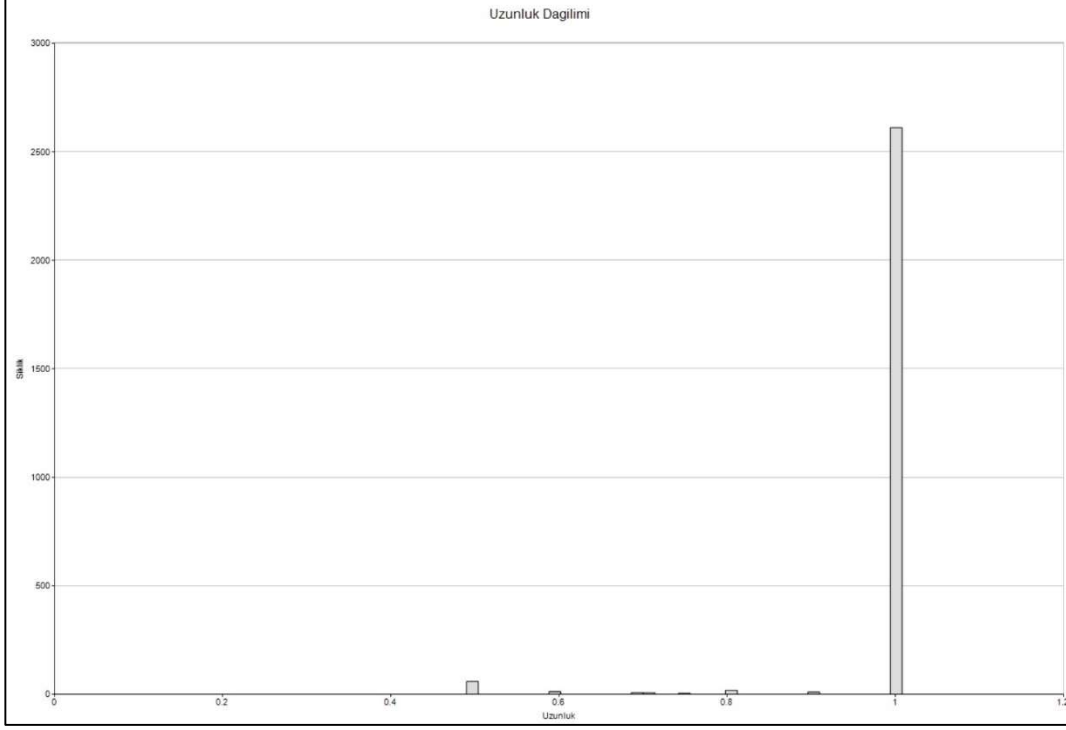


Şekil 3-11 Ham Verilere İlişkin Uzunluk Sıklık Dağılımı.

Kompozitleme sonrası örnek istatistikleri Çizelge 3-2 ve Şekil 3-12'de gösterilmiştir.

Çizelge 3-2 Genel Kompozit İstatistikleri.

DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORTALAMA (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
Au	2,696	0.09	106.2	5.88	77.72	8.82	1.5



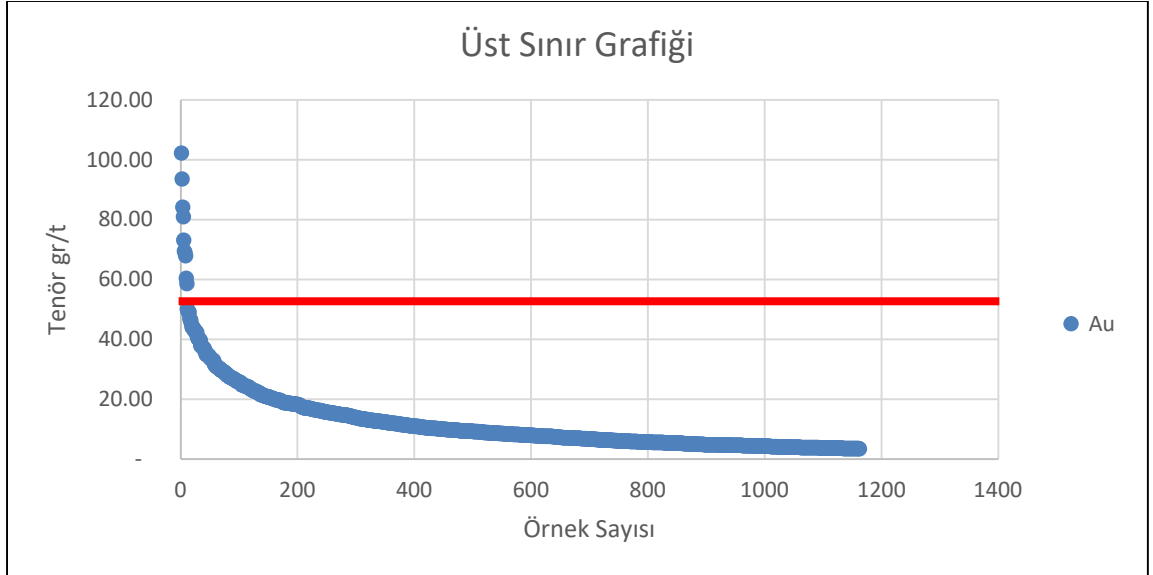
Şekil 3-12 Kompozitleme Sonrası Uzunluk Sıklık Dağılımı.

### 3.4. Üst Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

Genel kompozit istatistikleri incelendiğinde altın için CV değerinin 1.5 olduğu Çizelge 3-2'de gösterilmiştir. CV değerinin 1.5 ve üzerinde olması halinde üst sınır değeri uygulaması yapılmalıdır (Wellmer, 1998). Kompozit verileri içerisindeki, genel ortalamanın çok üzerinde yer alan altın değerleri, belirlenen üst sınır değerleri ile sınırlandırılmıştır.

Hesaplama için kompozit verileri excel formatında kaydedilip tenörleri büyükten küçüğe sıralanarak saçılma grafikleri oluşturulmuştur. Saçılma grafiklerinde tenörlerin genel dağılımdan koptuğu noktalar belirlenerek, bu noktaların üzerindeki tenörler grafik üzerinde kırmızı çizgi ile belirlenen üst sınır değerine çekilmiştir.

Kompozitler için belirlenen üst sınır değeri Şekil 3-13'de kırmızı çizgi ile gösterilmiş olup, 50.02 gr/t'dur. Üst sınır değerinin üstünde kalan ve ortalaması 75.92 gr/t olan 10 kompozitin tenörleri 50.02 gr/t'a çekilmiştir. Üst sınır değeri uygulanması sonrası örnek istatistikleri Çizelge 3-3'de verilmiştir.



Şekil 3-13 Üst Sınır Değer Grafiği.

Çizelge 3-3 Üst Sınır Uygulaması Sonrası Genel Kompozit İstatistikleri.

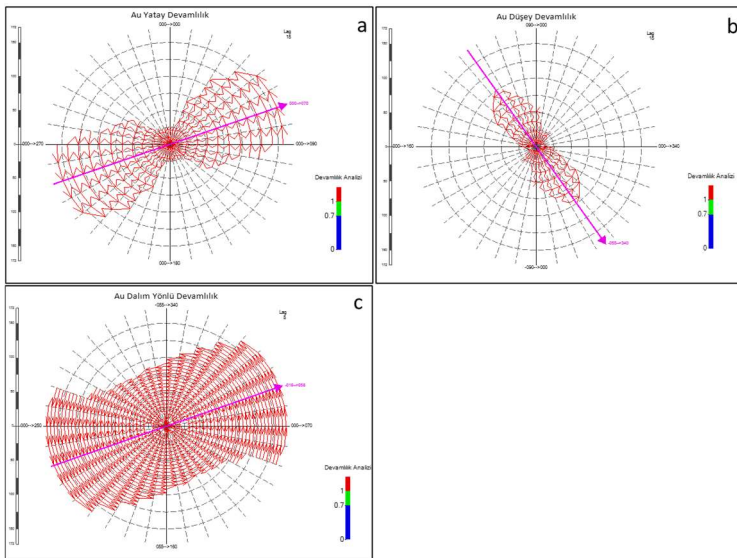
DEĞİŞKEN	ÖRNEK S.	MİN. (gr/t)	MAKS. (gr/t)	ORTALAMA (gr/t)	VARYANS	STANDSAP	CV
Au	2,696	0.09	50.10	5.64	56.54	7.52	1.33

### 3.5. Blok Kestiriminin Yapılması

Blok kestiriminin yapılmasında “Datamine Studio RM Pro” ve “Snowden Supervisor” programları kullanılmıştır. Kestirimde “ortalamasız krigleme”, “uzaklığın tersi” ve “en yakın komşu” teknikleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlere ait teorik veriler “1.5.2.2. Çalışmada kullanılan kestirim metodları” alt başlığında açıklanmıştır.

#### 3.5.1. Örnekler Arası Yönlü İlişkinin Araştırılması

Örnekler arası yönlü ilişkinin araştırılmasında kullanılacak düzlemlerin belirlenmesi amacıyla variogram fan haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar doğrultu, eğim ve dalım yönünü araştırmak amacıyla yapılmış olup Şekil 3-14’de sırasıyla “a”, “b”, “c” grafiklerinde gösterilmiştir. Örnekler arası ilişki yatay yönde 70<sup>0</sup>’de, düşey yönde 145<sup>0</sup>’de ve dalım yönünde 70<sup>0</sup>’de yakalanmıştır.

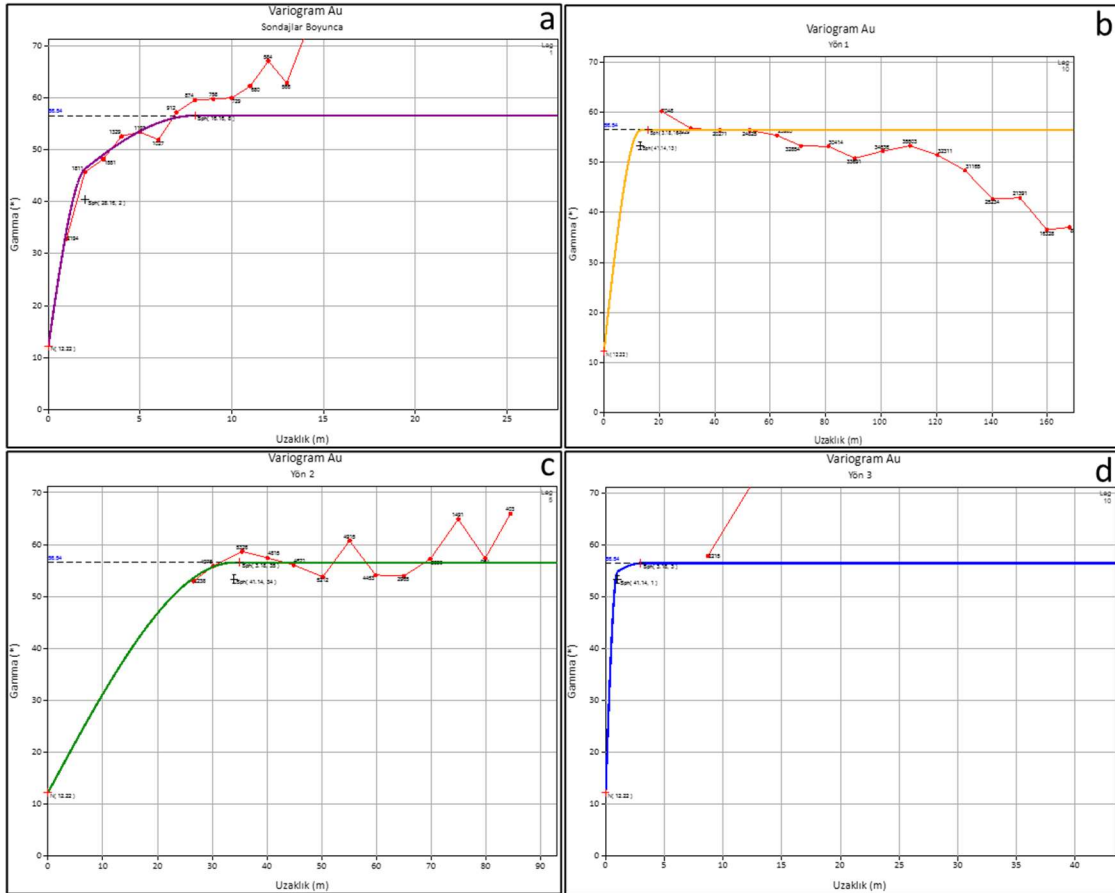


Şekil 3-14 Variogram Fan Haritaları.

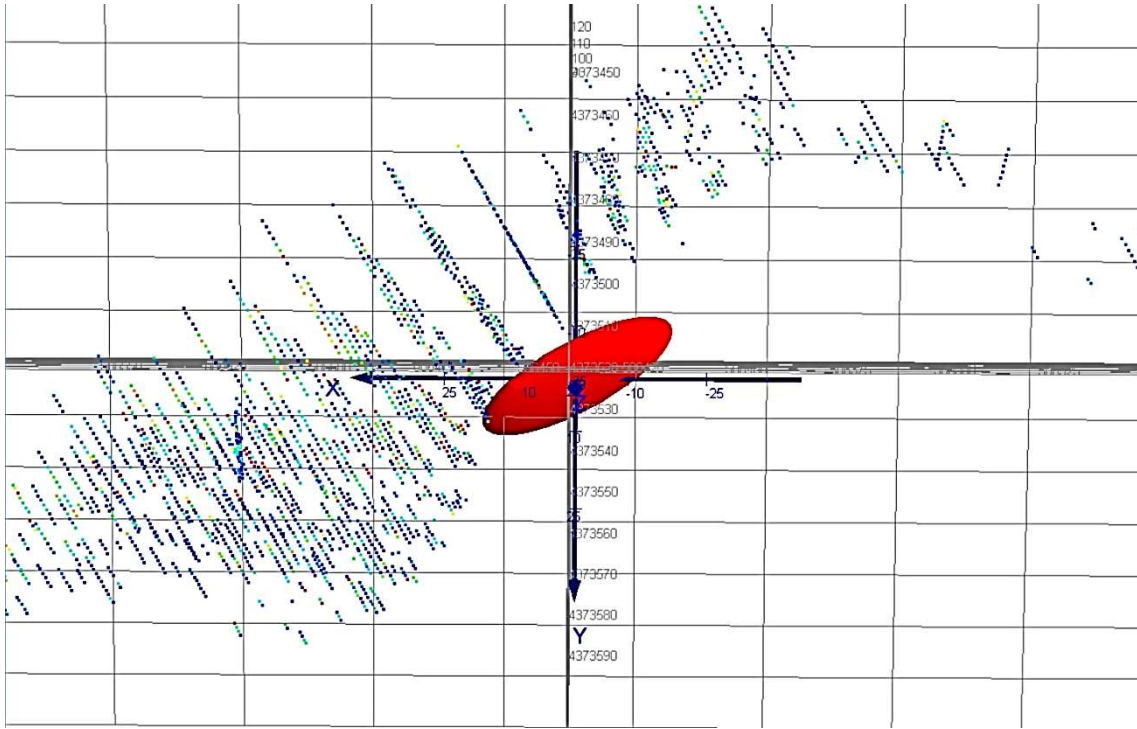
### 3.5.2. Variogram Parametrelerinin Belirlenmesi

Variogram parametreleri X yönünde, Y yönünde, Z yönünde ve kanal hatları boyunca belirlenmiştir. Belirlenen lag uzunluğu 10 metre olup, bu uzunluk kanallar arası mesafe olan olan 10 metre ile uyumludur. Külçe etki değeri 12.22 olarak tespit edilmiştir. Eşik değeri 56.54 olarak tespit edilmiştir. Kompozitler arası yönlü ilişki X yönünde  $58^{\circ}$ , Y yönünde  $308^{\circ}$  ve Z yönünde  $340^{\circ}$  de yakalanmış olup; yapısal uzaklık değerleri sırasıyla 21m, 11m ve 3m olarak belirlenmiştir. Şekil 3-15'de elde edilen deneysel ve model variogramları sırasıyla "a", "b", "c" ve "d" grafiklerinde verilmiştir. Variogramlar sonucunda elde edilen arama elipsoidi görüntüsü Şekil 3-16'da verilmiştir.

Oluşturulan model variogramda belirlenen 1. yapısal uzaklıklar X, Y, Z yönlerinde sırasıyla 13m, 34m ve 1m'dir. 2. Yapısal uzaklıklar sırasıyla 16m, 35m ve 3m'dir. Variogram rotasyon açıları sırasıyla Z, X ve Z yönlerinde  $-20^{\circ}$ ,  $55^{\circ}$  ve  $-20^{\circ}$ 'dir.



Şekil 3-15 Sondajlar Boyunca Elde Edilen Deneysel ve Model Variogramları.



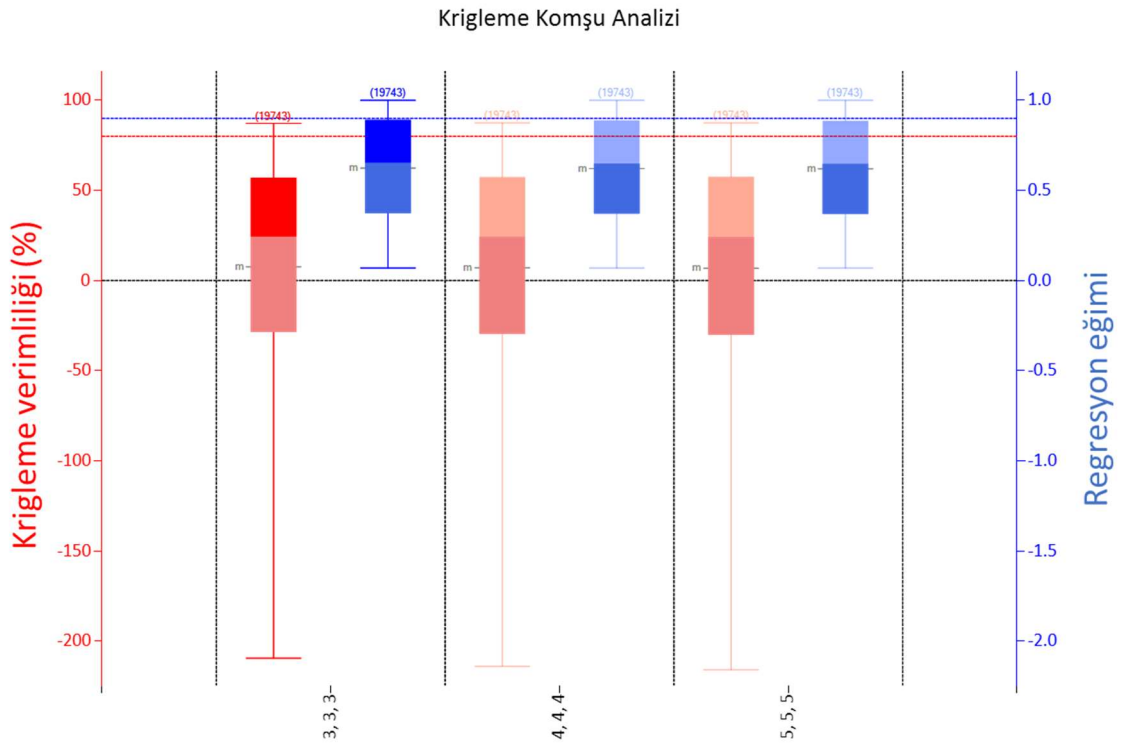
Şekil 3-16 Variogramlar Sonucu Elde Edilen Arama Elipsi Görüntüsü.

### 3.5.3. Krigleme Komşuluk Analizleri

Krigleme komşuluk analizleri ile blok boyutları ve blok kestirim nokta sayılarının belirlenmesi sağlanmıştır.

#### 3.5.3.1. Blok Kestirim Nokta Sayılarının Hesaplanması

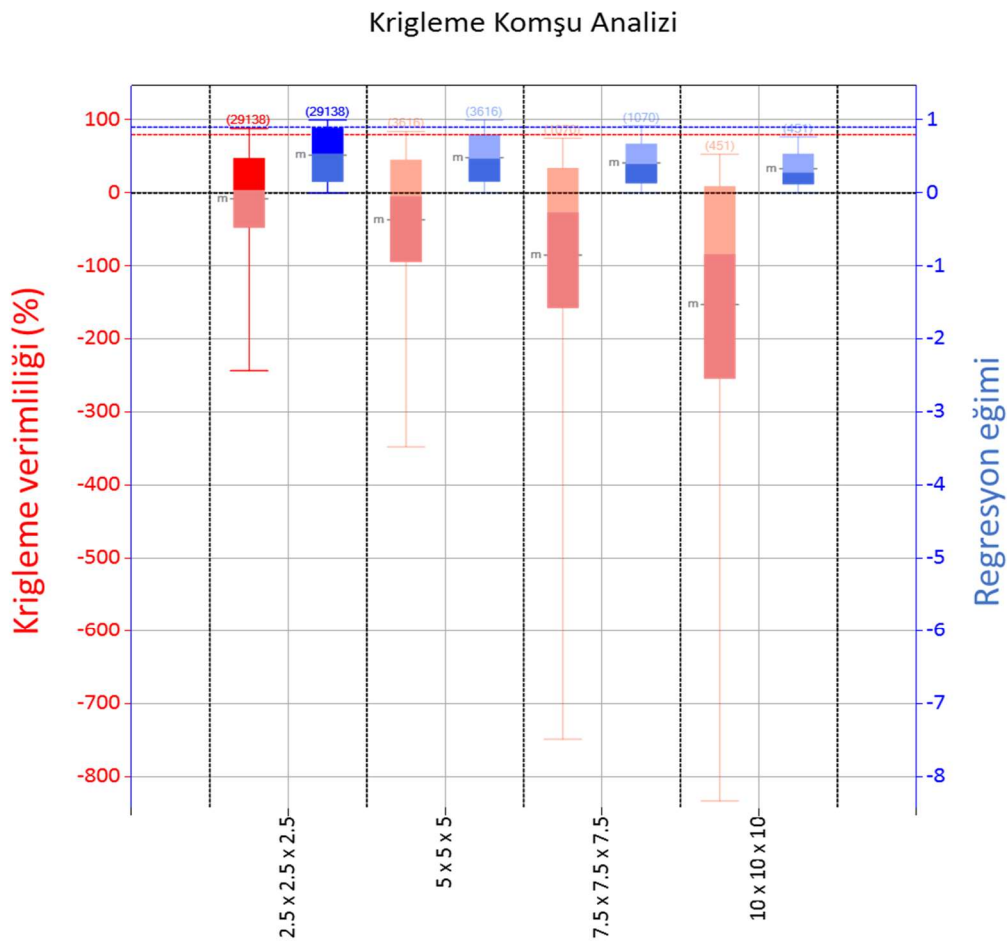
X, Y, Z yönlerinde sırasıyla 3-3-3, 4-4-4, 5-5-5 nokta sayılarının analizi Şekil 3-17'de gösterilmiştir. Sonuçlar arasında kayda değer bir fark olmaması sebebiyle 4,4,4 nokta sayısı seçilmiştir.



Şekil 3-17 X, Y, Z Yönlerinde Blok Kestirim Nokta Sayıları.

### 3.5.3.2. Blok Boyutlarının Hesaplanması

Tenör kontrol modellerde blok boyutu belirlenirken üretim esnasında kullanılan kazıcıların kova boyutu dikkate alınmaktadır. Teorik olarak madende kazılan her bir kova cevher, blok modeldeki bir bloğa tekabül etmektedir. Çoraklıktepe Altın Madeni için kova boyutuna istinaden belirlenen blok boyutu 2.5m\*2.5m\*2.5m'dir. Şekil 3-18'de 2.5m\*2.5m\*2.5m, 5m\*5m\*5m, 7.5m\*7.5m\*7.5m ve 10m\*10m\*10m blok boyutları için hazırlanan krigleme komşu analizleri tablosu gösterilmiştir.



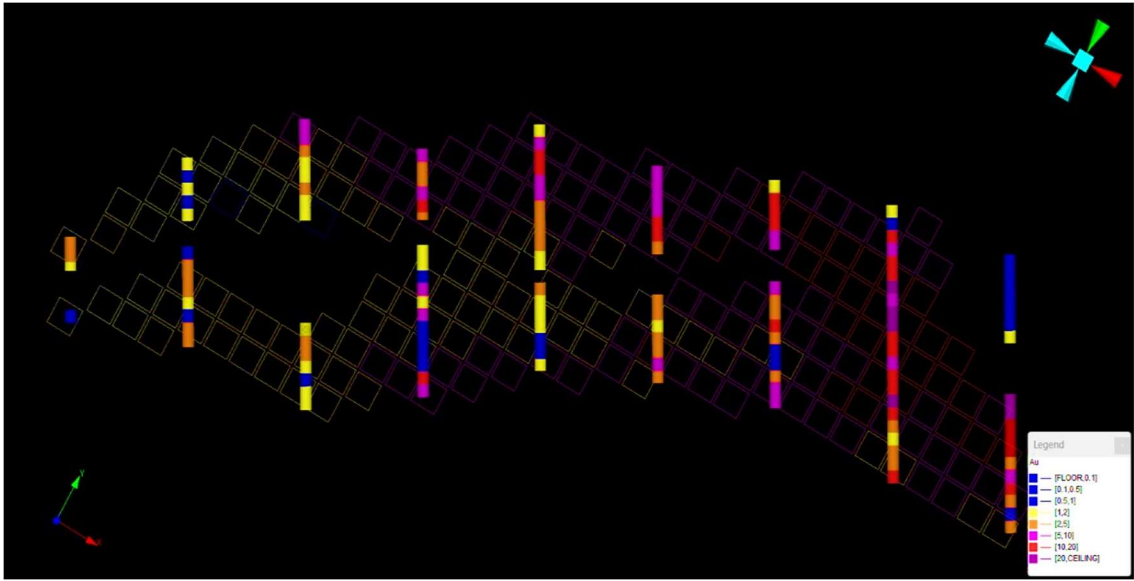
Şekil 3-18 X, Y, Z Blok Boyutları.



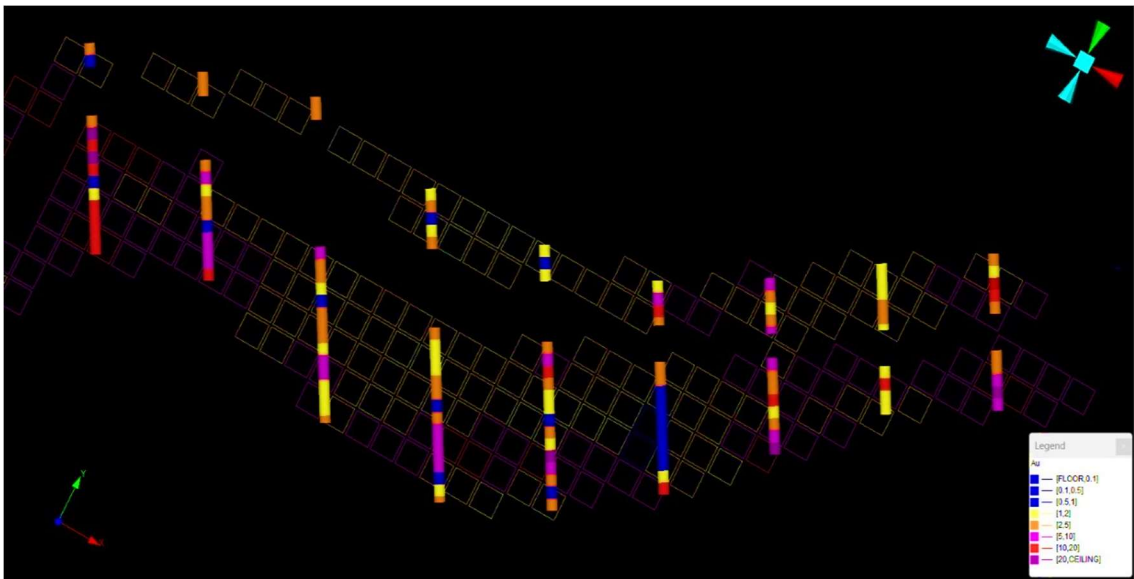
### 3.5.4. Blok Modelin Doğrulanması

#### 3.5.4.1. Kesitlerin incelenmesi

Model Doğrulama Çalışmaları kapsamında sondaj-model kesitleri tek tek incelenmiştir. Model – Örnek tenörleri uyumluluk göstermektedir. Şekil 3-19 ve Şekil 3-20'de sırasıyla 160 ve 130 kotundan alınan yatay kesitlerden örnekler paylaşılmıştır. Örnek sonuçları uyumluluğu teyid etmektedir.



Şekil 3-19 160 kotu Örnek ve Model Karşılaştırması (Plan Görüntüsü).

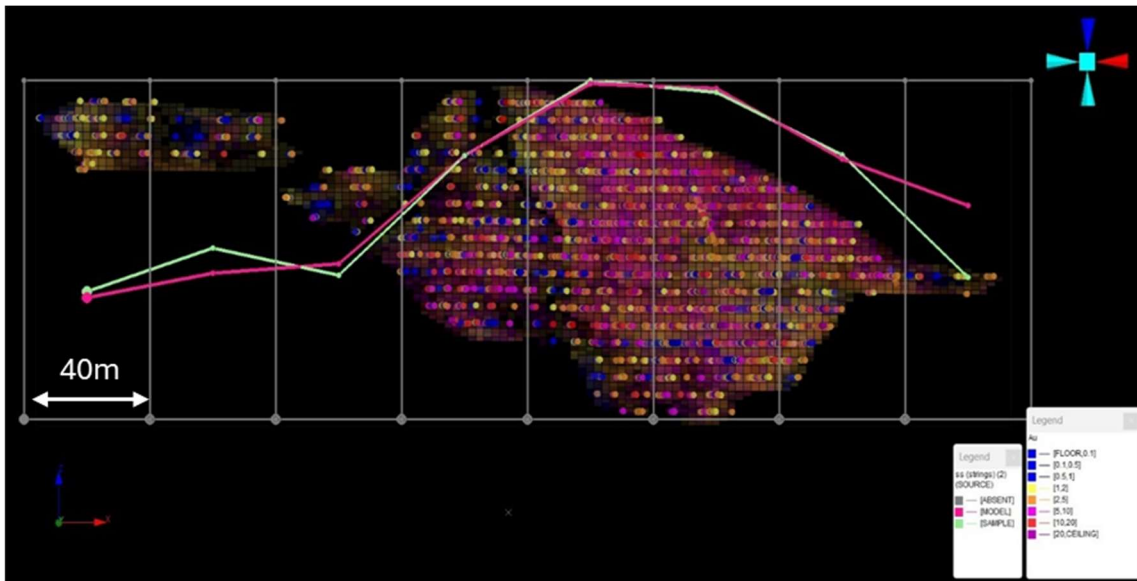


Şekil 3-20 135 kotu Örnek ve Model Karşılaştırması (Plan Görüntüsü).

### 3.5.4.2. Yönel Ortalamaların Analizi (Swath Plot Analizi)

Yönel ortalamaların analizi Y yönünde 40 metre aralıkla yapılmıştır. Analiz kapsamında belirlenen kesit aralıklarında ortalamasız krigleme yöntemi ile elde edilen model ortalamaları ve üst sınır değeri uygulanmış kompozit ortalamaları 3 boyutlu olarak incelenmiştir.

Şekil 3-21'de görüleceği gibi model örnek uyumu kusursuza yakın sonuç vermiştir.



Şekil 3-21 Yönel Ortalamaların Analizi (40m aralıklı, Y yönü).

### 3.5.4.3. Ortalama Altın Tenörlerinin İncelenmesi

Kompozit tenörleri ve kestirim yöntemleri karşılaştırmaları Çizelge 3-4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ortalama örnek tenörü ve kestirim sonuçları %100 uyumludur. Sonuçların raporlanmasında daha güvenilir olduğu için ortalamasız krigleme sonuçları tercih edilmiştir.

Çizelge 3-4 Kompozit ve Model Tenörleri Karşılaştırması.

Örnek tenörleri (gr/t)	Model Tenörleri (gr/t)			Karşılaştırma		
	<sup>1</sup> Au_IPD	<sup>2</sup> Au_NN	<sup>3</sup> Au_OK	Örnek &IPD	Örnek &NN	Örnek &OK
5.64	5.64	5.65	5.66	100%	100%	100%

1-IPD: Inverse Power of Distance (Uzaklığın Tersisi Yöntemi). 2-NN: Nearest Neighbor (En Yakın Komşu Yöntemi). 3-OK: Ordinary Krigging (Ortalamasız Krigleme Yöntemi)

### 3.5.5. Sonuçların Raporlanması

Kestirim sonuçları Çizelge 3-5'de gösterilmiştir. Çizelge 3-5 kazı sonrası topoğrafyasının altında kalan blokların 0.5 gr/t alt sınır değeri ile hesaplanması sonucu elde edilmiştir.

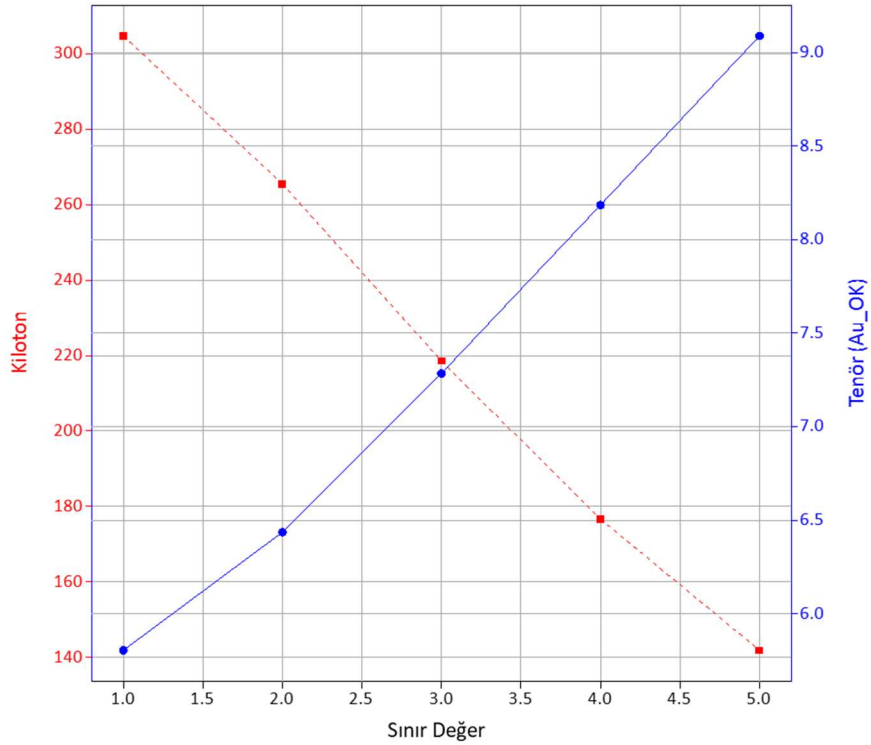
Çizelge 3-5 Model Sonuçları.

TONAJ (t)	HACİM (m <sup>3</sup> )	YOĞUNLUK (gr/cm <sup>3</sup> )	<sup>1</sup> Au_IPD (gr/t)	<sup>2</sup> Au_NN (gr/t)	<sup>3</sup> Au_OK (gr/t)
313,144	129,398	2.42	5.66	5.67	5.67

1-IPD: Inverse Power of Distance (Uzaklığın Tersiyöntemi). 2-NN: Nearest Neighbor (En Yakın Komşu Yöntemi). 3-OK: Ordinary Krigging (Ortalamasız Krigleme Yöntemi)

### 2.5.5.1 Tenör Tonaj Eğrileri

Tonaj ve ortalama tenörün sınır tenörün bir fonksiyonu olarak grafiksel gösterimi Şekil 3-22'de verilmiştir.



Şekil 3-22 Tenör Tonaj Eğrileri.

## 4. TARTIŞMA VE YORUM

### 4.1. Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Elde edilen modellere ait sonuçların karşılaştırma tablosu Çizelge 4-1’de gösterilmiştir. Karşılaştırma tablosunda kullanılan modeller kazı öncesi topoğrafyası ve kazı sonrası topoğrafyası arasında sınırlandırılmıştır.

“Au\_Ons” kolonunda, ons değerleri hesaplanırken araştırma sondajları ile elde edilen model için “uzaklığın tersi” metodu ile elde edilen sonuçlar, tenör kontrol örnekleri ile elde edilen model için ise “ortalamasız krigleme” metodu ile elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Bu metodların seçilmesinin sebebi, model doğrulama hesaplarında en güvenilir sonuçları vermeleridir.

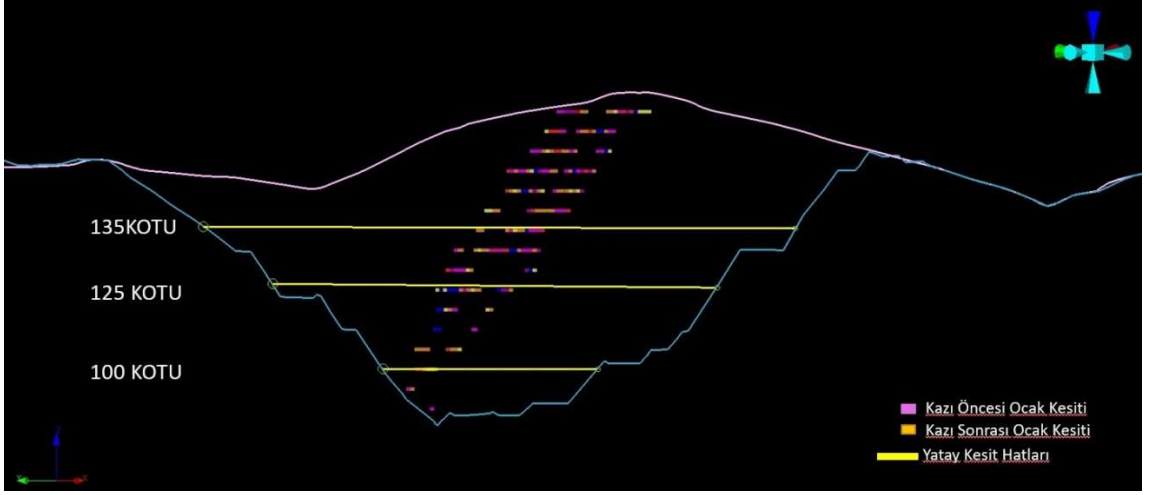
Çizelge 4-1 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması.

Model	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Tonaj (t)	Hacim (m <sup>3</sup> )	<sup>1</sup> Au_IP D (gr/t)	<sup>2</sup> Au_N N (gr/t)	<sup>3</sup> Au_O K (gr/t)	Au_Ons
Araştırma Sondajları	2.42	222,564	91,969	6.05	5.75	6.07	43,291
Tenör Kontrol Örnekleri	2.42	313,144	129,398	5.66	5.67	5.67	56,984
Farklılık	-	-29%	-29%	7%	1%	7%	-24%

1-IPD: Inverse Power of Distance (Uzaklığın Tersisi Yöntemi). 2-NN: Nearest Neighbor (En Yakın Komşu Yöntemi). 3-OK: Ordinary Krigging (Ortalamasız Krigleme Yöntemi)

Modellerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, tenör kontrol örnekleri ile oluşturulan modelin, araştırma sondajları ile oluşturulan modele göre tonajda %29 fazla, tenörde %7 düşük ve ons bazında %24 fazla olduğu görülmüştür.

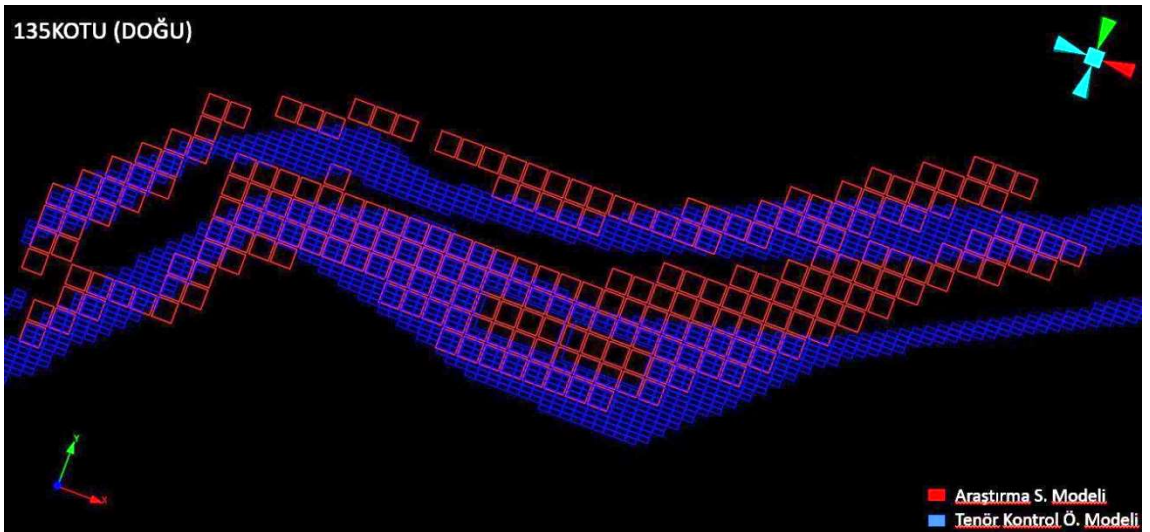
İki model arasındaki farklılıkların daha iyi analiz edilebilmesi için hesaplama alanını temsil edecek şekilde yatayda 3, düşeyde 3 kesit alınarak bu kesitlerde modellerin farklılıkları incelenmiştir.



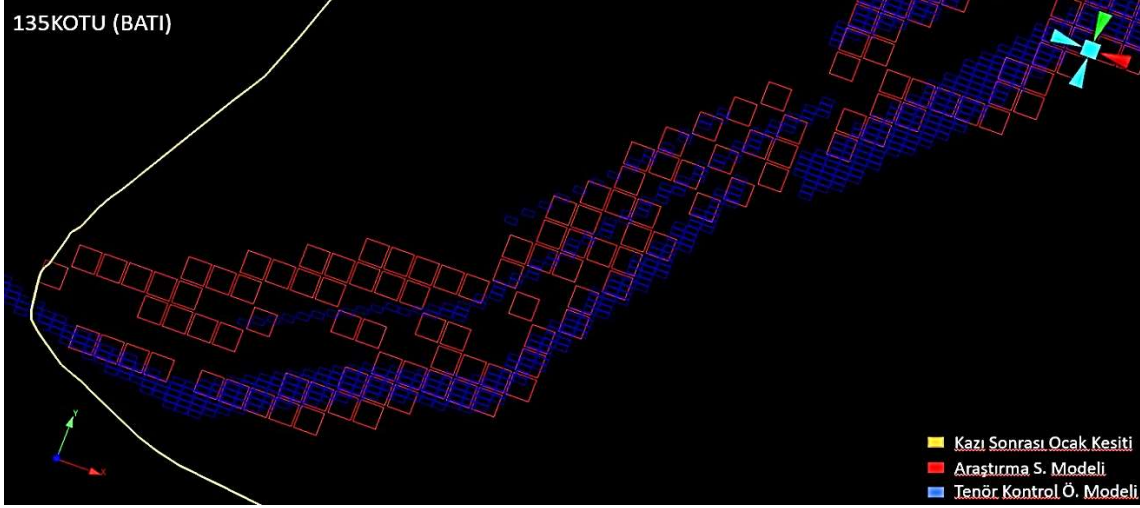
Şekil 4-1 Alınan Yatay Kesit Hatları.

Aşağıda gösterilen yatay kesitlerde (Şekil 4-2, Şekil 4-3, Şekil 4-4, Şekil 4-5) Tenör kontrol verileri kullanılarak oluşturulan modelin araştırma sondajları kullanılarak oluşturulan modele göre daha geniş alanlara yayıldığı gözlemlenmektedir.

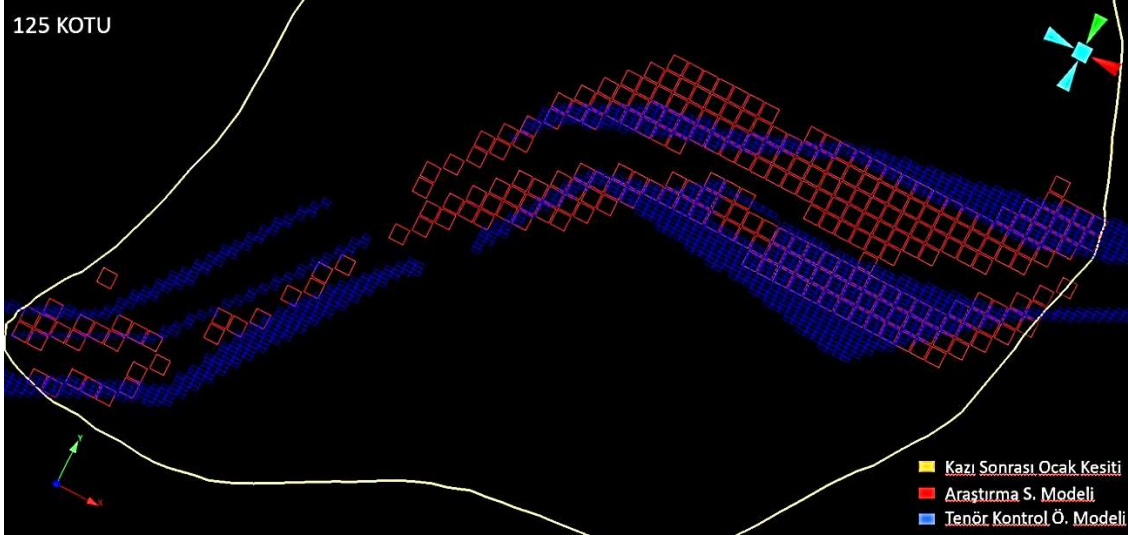
Buna ek olarak, her ne kadar benzer geometrilere sahip olsalar da araştırma sondajlarına göre hazırlanan modelin, özellikle katı modelin sınırlarına gidildikçe incelerek kapandığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, katı model oluşturulurken, mineralizasyonu sınırlayan sondajlardan sonra variogramdan elde edilen etki mesafesi kadar bir uzatma yapılmış olması ve bu uzatmanın da güvenli alanda kalabilmek için daraltılarak uygulanmış olmasıdır.



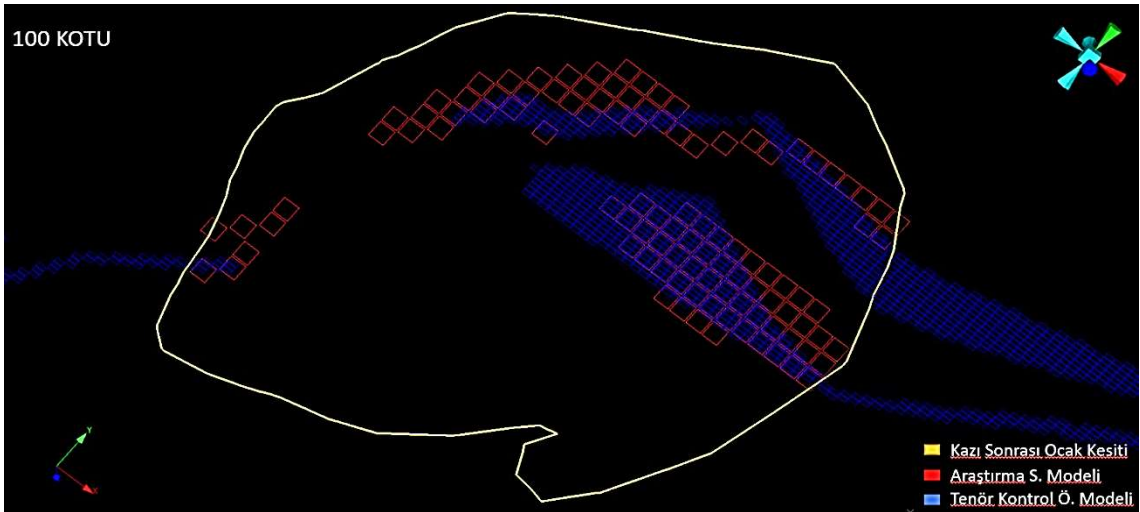
Şekil 4-2 135 Kotu Doğu Bölgesi Kesiti (Plan Görüntüsü).



Şekil 4-3 135 Kotu Batı Bölgesi Kesiti (Plan Görüntüsü).

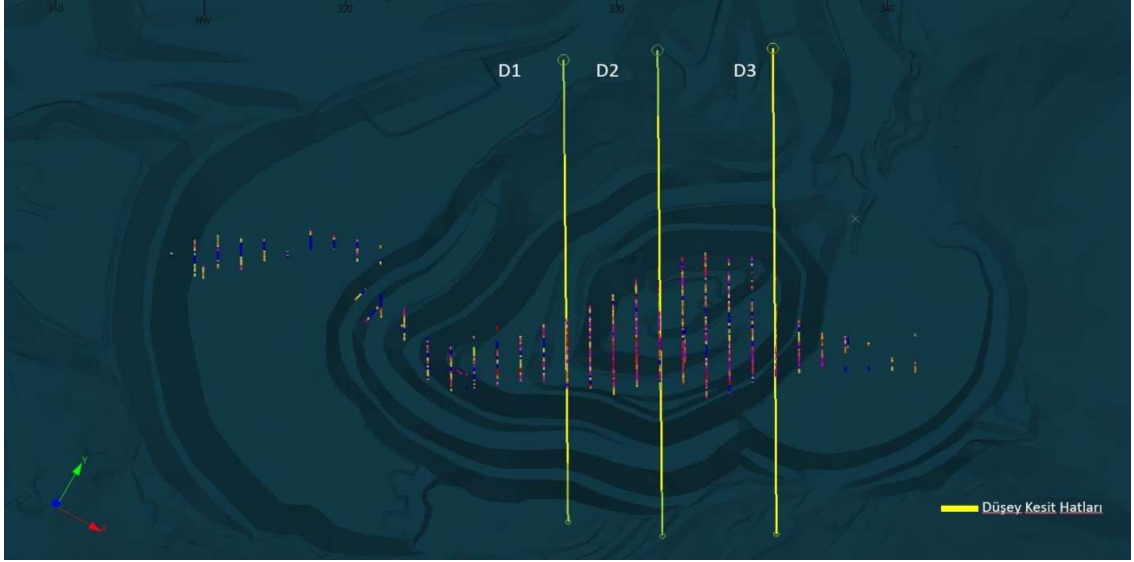


Şekil 4-4 125 Kotu Doğu Kesiti (Plan Görüntüsü).

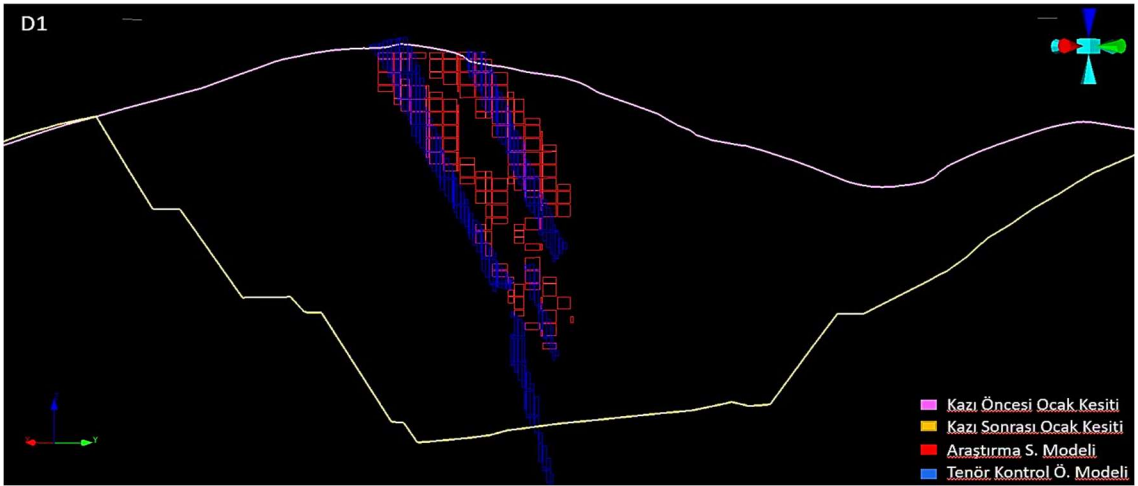


Şekil 4-5 135 Kotu Kesiti (Plan Görüntüsü).

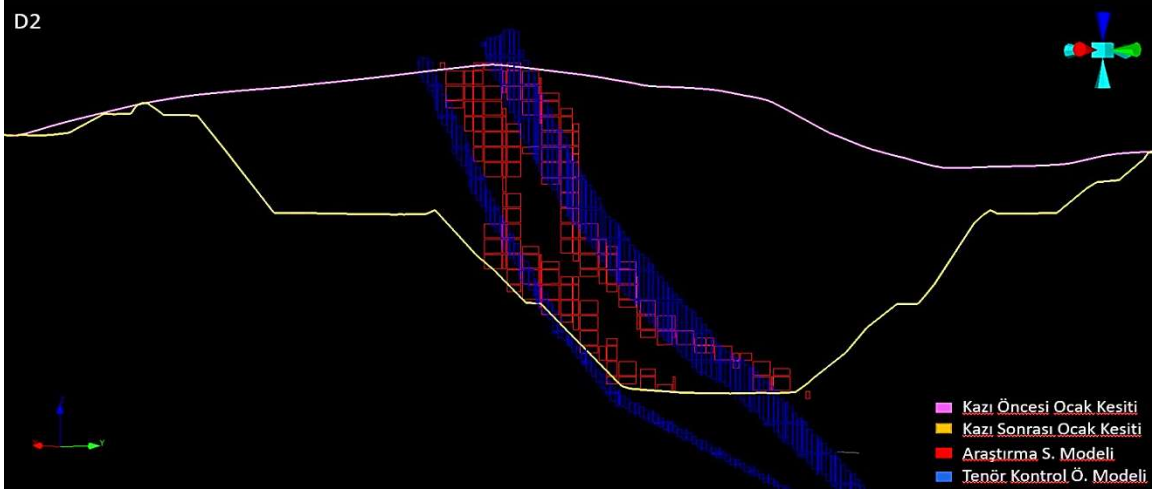
Alınan düşey kesitlere dair hatlar Şekil 4-6'da gösterilmiştir. Yatay kesitlerde de görüldüğü gibi, burada da araştırma sondajları ile elde edilen model, tenör kontrol örnekleri kullanılarak elde edilen modele göre hacimsel olarak negatif yönde farklılıklar göstermektedir. Geometrik olarak incelendiğinde de tenör kontrol verileri ile elde edilen model daha keskin hatlara sahiptir.



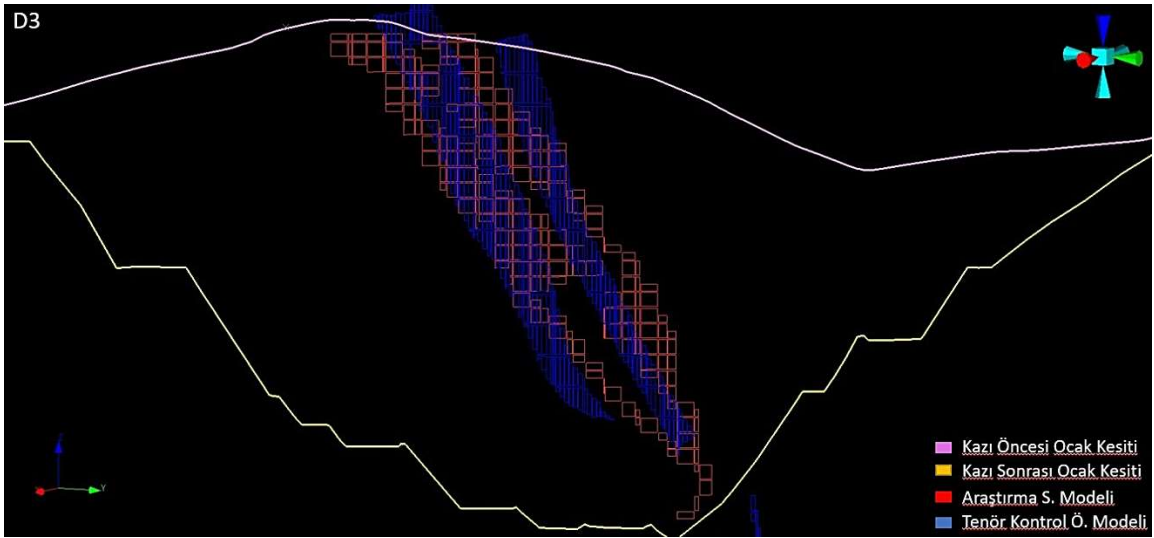
Şekil 4-6 Alınan Düşey Kesit Hatları Plan Görüntüsü).



Şekil 4-7 D1 Hattı Kesiti (KD-GB Yönlü).



Şekil 4-8 D2 Hattı Kesiti (KD-GB Yönlü).



Şekil 4-9 D3 Hattı Kesiti (KD-GB Yönlü).



## 4.2. Model Sonuçları Arasındaki Farkın Yorumlanması

Tez çalışması kapsamında hazırlanan modeller arasındaki farkların temel sebepleri aşağıda açıklanmıştır.

### ***Arama Sondaj Sıklığı***

Projenin üretim alanındaki sondaj sıklığı yaklaşık 35m'dir. Üretim alanları için 35m'lik sondaj sıklığı altın madenciliğinde dünyada birçok proje için yeterli bir aralıktır. Fakat, Çoraklıktepe projesinin kat haritaları incelendiğinde mineralizasyon içinde mineralizasyona dik, doğrultu atımlı birçok mikrofay gözlemlenmiştir. Ayrıca, tenör kontrol verilerinden anlaşıldığı kadarıyla çalışma alanında yine birçok sünümlenme (Pinch and Swell) yapısı bulunmaktadır. 35 metre aralıkla yapılan arama sondajlarının sünümlenme yapılarına geldiği noktalarda oluşan katı model geometrisi ve tenör kestirim sonuçları tamamen değişmektedir.

Bunun yanı sıra, hesaplama alanı içine düşen ve katı model sınırları içinde yer alan araştırma sondaj örneği sayısı 214 iken, tenör kontrol örnekleri sayısı 2,696'dır. Tenör kontrol örnekleri ile oluşturulan modelin üretim verileri ile uyuşmasının temel sebebi, örnek sayısının fazla olması ve bu örneklerle yapılan katı modellemenin ve tenör kestiriminin çok daha hassas olmasıdır.

### ***Kestirimde ve Katı Model Çiziminde Kullanılan Örneklerin Dağılımı***

Tenör kontrol hatları yatayda her 10m'de bir, düşeyde her 5 metrede bir dağılım göstermektedir. Bu homojen dağılım, cevher geometrisinin oluşturulmasında ve tenör kestiriminin yapılmasında çok hassas sonuçlar alınmasına fayda sağlamaktadır.

Arama sondajları arası ortalama mesafe 35m olsa da, yer yer bu mesafe 20-40m arasında değişmektedir. Arama sondajlarının birbirine yaklaştığı kesitlerde sonuçlar iki model için birbirine yaklaşırken, ortalama mesafenin üstüne çıktığı kesitlerde ise fark giderek açılmaktadır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Maden kaynak modelleri, rezerv modellerin temelini sağlamaktadırlar. Rezerv modellere göre ocak tasarımları ve üretim planları yapılmaktadır. Bu yüzden, maden kaynak modellerinin gerçeğe yakın oluşturulması, maden sahasındaki cevherin optimum şekilde üretilebilmesi için büyük bir öneme sahiptir.

Çalışma kapsamında araştırma sondajı numuneleri ve tenör kontrol numuneleri kullanılarak, her bir veri seti için ayrı katı modeller ve blok modeller oluşturulmuştur. Her bir blok model için jeostatistiksel parametreler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan teknikler endüstride kullanılan en güncel tekniklerdir.

Oluşturulan modeller ileri jeostatistiksel metodlar kullanılarak doğrulanmıştır. Her iki model de, kullanılan veri grubunu en iyi şekilde temsil etmektedir. Modellerin etkili bir biçimde karşılaştırılabilmesi için ortak hacimleri olan kazı öncesi topoğrafyası ve kazı sonrası topoğrafyası arasındaki alan kullanılmıştır.

Bu veriler ışığında, modellerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, tenör kontrol örnekleri ile oluşturulan modelin, araştırma sondajları ile oluşturulan modele göre tonajda %29 fazla, tenörde %7 düşük olduğu ve ons bazında %24 fazla olduğu görülmüştür.

Bu çalışma, maden kaynak modeli hazırlanmasında kullanılan verilerin sıklığının ve homojenliğinin model sonuçları üzerindeki etkisini ve sondaj faaliyetleri başlamadan önce yapılan jeolojik çalışmaların önemini ortaya koymuştur.

## 5.2. Öneriler

Tez çalışmasında elde edilen sonuçlara dair öneriler aşağıda verilmiştir.

Sondaj programı başlamadan önce, bölgenin jeolojisiyle ilgili maksimum düzeyde bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Oryantasyonlu sondajlar yapılarak çalışma alanındaki yapısal unsurların doğrultuları, eğimleri ve eğim yönlerinin belirlenmesi ve 3 boyutlu olarak modellenmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte bölgedeki alterasyon, litolojik değişimler gibi cevherin tenöründe, geometrisinde ve metalurjisinde değişime yol açabilecek unsurlar varsa tespit edilip, üç boyutlu olarak modellenmesi gerekmektedir.

Tüm bu veriler ışığında optimum sondaj mesafesi belirlenip, sondaj programına bu mesafe ile devam edilmelidir. Bu veriler, aynı zamanda tenör kontrol çalışmalarında kullanılacak örnek alım mesafelerinin belirlenmesinde de kilit rol oynamaktadır.

Sondaj programının tamamlanmasını takiben elde edilecek olan yapısal veriler göz önünde bulundurularak cevher katı modeli oluşturulmalıdır.

Ocakta üretim devam ederken yukarıda bahsedilen verilerin, sahada teyidi yapılmalı ve modelle uyuşmayan alanların devamlılık göstermesi halinde ilave sondajlar yapılarak mineralizasyonun tekrar modellenmesi ve optimizasyonunun tekrar edilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Altunkaynak, Ş., Yılmaz, The Mount Kozak magmatic complex, Western Anatolia, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85 (1998) 211-231.
- Baltacı, A.G., Jeostatistiksel kestirimde lokal belirsizliğin değerlendirilmesinde alternatif yaklaşımlar, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
- Bingöl, E., Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi, Maden Tektik Arama Dergisi, 86 (1976) 14-34.
- Bingöl, E., Delaloye, M., Ataman, G., Granitic intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area. Eclogae Geologicae Helvetia, 75 (1982) 437-446.
- Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey – a synthesis, Geodinamica Acta , 14 (2001) 3-30.
- Çiçek, G., Küçükdere (Havran-Balıkesir) Altın Yatağının Jeolojisi Mineralojisi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2009.
- Çolakoğlu, A.R., Küçükdere (Havran-Balıkesir) Epitermal Altın Damarının Özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, (2000) 43-2.
- Deutsch, C.V., ve Journal, A.G., Geostatistical Software Library and User's Guide, New York, Oxford University Press, 1998.
- Dewey, J.F., ve Şengör ,A.M.C., Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone, Geological Society of America Bulletin , 90 (1979): 84-92.
- Erdoğan, B., Güngör, T., Menderes Masifinin Kuzey Kanadının Stratigrafisi ve Tektonik Evrimi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni ,4 (1992) 9-34.
- Ersoy, E.Y., Çemen, İ., Helvacı, C., Billor, Z., Tectono-stratigraphy of the Neogene basins in Western Turkey: Implications for tectonic evolution of the Aegean Extended Region, Tectonophysics 635 (2014) 33-58.

Ertunç, G., Kovaryans eşlemeli krigleme yöntemi ile kaynak kestirimi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **2013**.

<https://earth.google.com/web> (Erişim tarihi: **2022**)

[https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/fiziki\\_haritalar/fiz1a.jpg](https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/fiziki_haritalar/fiz1a.jpg) , (Erişim tarihi: **2022**)

Journel, A.G., Huijbregts, C.J., Mining Geostatistics, London: Academic Press, **(1978)**.

Karakoyun, T., Çoraklıktepe epitermal altın yatağını oluşturan çözeltilerin kökeni ve fizikokimyasal özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, **2018**.

Kaya, O., ve Helfried M., A Middle Triassic age for Low-Grade Greenschist Facies Metamorphic Sequence in Bergama (Izmir), Western Turkey the First Paleontological Age Assignment and Structural-Stratigraphic Implications, Newsletters on Stratigraphy, 26 **(1992)** 17.

Okay, A.I., Siyako, M., Bürkan, K.A., Geology and Tectonic evolution of the Biga Peninsula, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni , 2 **(1990)** 83-121.

Ozdamar, Ş., Zou, H., Billor, M.Z., Petrogenesis, geochronology and thermochronology of Oligocene to Miocene Western Anatolia granitoid plutons in Turkey, Lithos, 16 **(2024)** 464-465.

Pickett, E.A., Alastair, H.F. Robertson, Formation of the Late Palaeozoic–Early Mesozoic Karakaya Complex and related ophiolites in NW Turkey by Palaeotethyan subduction–accretion, Journal of the Geological Society ,153 **(1996)** 995-1009.

Readdy, L.A., Bolin, D.S., Mathieson, G. A., Ore reserve calculation, Underground minning methods handbook, W.A. Hustrulid, New York, **1982**.

Rossi, M. E., ve Deutsch, C.V., Mineral Resource Estimation ,London: Springer Science,Business Media Dordrecht, **2014**.

- Saraç, C., Tercan, A.E, A geostatistical case study of the Kızılyüksek-Yataardıç chromium orebody ,1st International Symposium on Eastern Mediterranean Geology. Adana, 219-229,**1992**.
- Şaroğlu, F., Güler, B. , Batı Anadolu Tektonik Kaması'nın Güncel Deformasyonu: Batıya Doğru Kaçıştan Kaynaklanan Blok Hareketleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 63 (**2020**) 161-194.
- Şengör, C. .M., Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, Tectonophysics 75, 3-4 (**1981**) 181-190, 193-199, 203-241.
- Tercan, E, Ünver, B., Hindistan, Mehmet Ali; Üç boyutlu cevher yatağı modelleme ve ocak tasarımı ,USMOS, Orta Doğu Teknik Üniversitesi,ANKARA, (**2011**), 7.
- Wellmer, F.W., Statistical Evaluations in Exploration For Mineral Deposits, Springer-Verlag, Berlin, **1998**.
- Yeşilkanat, C.M., Kobyay, Y.,Taşkın, H., Çevik, U., Jeostatistik Tahmin ve Simulasyon Yöntemleri ile Artvin İlindeki Doğal Kaynak Suları için Toplam Alfa ve Toplam Betanın Ara Değer Modellemesi ve Haritalanması, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi ,35, 4 (**2014**) 17.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş., Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance, Journal of Geodynamics, 31 (**2001**) 243-271.
- Yılmaz, Y., Karacık, Z., Geology of the northern side of the Gulf of Edremitand its tectonic significance for the developmentof the Aegean grabens, Geodinamica Acta ,14 (**2001**) 31-43.