**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hale İŞLEKER**

# BİR MADEN YATAĞININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2009**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BİR MADEN YATAĞININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

**Hale İŞLEKER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 21.04.2009 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

İmza:.....
**Doç.Dr.Ahmet DAĞ**
DANIŞMAN

İmza:.....
**Prof.Dr.Adem ERSOY**
ÜYE

İmza:.....
**Doç.Dr.Suphi URAL**
ÜYE

İmza:.....
**Doç.Dr.Ahmet Mahmut KILIÇ**
ÜYE

İmza:.....
**Yrd.Doç.Dr.Tolga ÇAN**
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ**
**Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

**Proje No:** MMF2009YL27

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# ÖZ

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR MADEN YATAĞININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hale İŞLEKER**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Danışman:** Doç.Dr. Ahmet DAĞ
**Yıl:** 2009, **Sayfa:** 64
**Jüri:** Prof.Dr. Adem ERSOY
Doç.Dr. Suphi URAL
Doç.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Doç.Dr. Ahmet DAĞ
Yrd. Doç.Dr. Tolga ÇAN

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bilgi depolama, analiz etme, görüntüleme ve aynı zamanda güncelleştirme imkanlarını sağlayan bir araçtır. Bu çalışma ile Park Elektrik Siirt Madenköy Bakır Yatağı verileri kullanılarak, bir maden yatağının Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı olan ArcGIS ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

ArcGIS programı ile elde edilen sonuçların madencilikte yaygın olarak kullanılan yazılımların çıktıları ile karşılaştırabilmek için Surpac yazılımı seçilmiştir. Bu sebeple, yatak verileri Surpac programında da uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarının yüzey modellemesi ve rezerv tahmininde kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** CBS, ArcGIS, Surpac, Madenköy, Rezerv Tahmini

**ABSTRACT**
MSc. Thesis

**ASSESSMENT OF AN ORE DEPOSIT USING OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

**Hale İŞLEKER**

**DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING**
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**
**UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

**Supervisor:** Assoc.Prof.Dr. Ahmet DAĞ
**Year:** 2009, **Page:** 64
**Jury:** Prof.Dr. Adem ERSOY
Assoc.Prof.Dr. Suphi URAL
Assoc.Prof.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Assoc.Prof.Dr. Ahmet DAĞ
Assist.Prof.Dr. Tolga ÇAN

Geographic Information Systems (GIS) are a tool for storing, integrating, analyzing and displaying data which are tied to a geographic location. In this study, an ore deposit has been assessed using the data of boreholes from Park Elektrik Siirt Madenköy Copper Mine aid of a program of Geographic Information System, ArcGIS.

Surpac software has been selected to check of information of copper mine obtained by ArcGIS and results have been compared. The results showed that Geographic Information System software can be used in surface modelling and reserve estimating.

**Key words:** GIS, ArcGIS, Surpac, Madenkoy, Reserve Estimation

**TEŞEKKÜR**

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamın sonuca ulaştırılmasında danışman hocam Sayın Doç.Dr.Ahmet DAĞ'a, bölüm imkanlarını kullanmama müsaade eden Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr.Adem ERSOY'a, Bölüm Öğretim Üyelerine, çalışmalarım esnasında her türlü desteğini esirgemeyen Arş.Gör.Ayten GÜLMEZ'e ve Bölüm Çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarının kullanımı esnasında tecrübelerini benimle paylaşan Ç.Ü.Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd.Doç.Dr.Tolga ÇAN'a, Proje Asistanları Tolga MAZMAN ve Engin ÇİL'e, ayrıca CBS konusunda yardımlarını esirgemeyen Technische Üniversitaet Bergakademie Freiberg Yerbilimleri Matematiği ve Enformatik Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr.Helmut SCHAEBEN ve Asistanı Sayın Peggy MELZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Surpac programının kullanımı esnasında engin tecrübelerinden faydalandığım Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr.Ahmet Hakan ONUR'a, Arş.Gör.Dr.Doğan KARAKUŞ'a ve Arş.Gör.Dr.Taylan ENGİN'e teşekkür ederim.

Surpac yazılımını kullanmama izin veren Technische Üniversitaet Bergakademie Freiberg Maden Mühendisliği Bölüm Başkanlığına ve Erasmus eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen Technische Üniversitaet Bergakademie Freiberg Maden Mühendisliği öğretim üyesi Sayın Prof.Dr.Christian BUHROW'a ve Bilim Tarihi Bölümü Öğrencisi Sayın Jens Hofmann'a teşekkürlerimi sunarım.

Veriyi sağlamada desteklerini esirgemeyen Park Elektrik Madencilik San. ve Tic. A.Ş. Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç bilirim.

**İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

**ÖZ** ..... **I**
**ABSTRACT** ..... **II**
**TEŞEKKÜR** ..... **III**
**İÇİNDEKİLER** ..... **IV**
**ÇİZELGELER DİZİNİ** ..... **VII**
**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... **VIII**
**EKLER DİZİNİ** ..... **X**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR** ..... **4**
2.1. Siirt Madenköy Sahasında Yapılmış Önceki Çalışmalar ..... 4
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Madencilik Konusunda Yapılmış Önceki Çalışmalar ..... 4
2.2.1. Kanada Manitoba Bölgesi Maden Aramaları için Kullanılan İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri ..... 4
2.2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Jeoloji ve Maden Haritalarının Hazırlanması Etiyopya Örneği ..... 5
2.2.3 Potansiyel Altın ve Baz Metal Mineralizasyonunun Belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri: Takab, İran Örneği ..... 5
**3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ** ..... **7**
3.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanımı ..... 9
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Tanımları ..... 11
3.2.1. CBS'yi Bileşen Terimler içinde Tanımlama ..... 11
3.2.2. Ekterim Tanımlamaları ..... 12
3.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Saklama Yöntemleri ..... 12
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Temel Fonksiyonları ..... 13
3.4.1. Veri İşlemleri ..... 14
3.4.2. Sorgulamalar ..... 15
3.4.3. Mekansal Analizler ..... 17
3.4.3.1. Temel Mekansal Analizler ..... 17

3.4.3.2. Ağ Analizleri ..... 18
3.4.3.3. Geometrik ve İstatistiksel İşlemler ..... 19
3.4.3.4. Sayısal Arazi/Yükseklik Modelleri (SAM/SYM) ..... 20
3.4.4. Senaryo Analizleri ..... 20
3.4.5. Sunumlar-Görselleştirme ..... 20
3.5. Madencilikte CBS ve Yardımcı Teknolojiler ..... 21
**4. MATERYAL ve METOD ..... 23**
4.1. Materyal ..... 23
4.1.1. Sahanın Jeolojisi ..... 24
4.1.2. Sondaj Verileri ..... 26
4.2. Metot ..... 26
4.2.1. Esri ArcGIS Yazılımı ..... 26
4.2.1.1. ArcMap ..... 27
4.2.1.2. ArcCatalog ..... 28
4.2.1.3. ArcToolbox ve Model Builder ile Geoprocessing (Coğrafi İşlem) ..... 28
4.2.1.4. ArcGlobe ..... 29
4.2.2. Gemcom Surpac Yazılım ..... 30
4.2.2.1. Jeoloji ve Kaynak Modelleme ..... 30
4.2.2.2. Maden Planlama ..... 32
4.2.2.3. Maden Üretim ..... 33
**5. ARAŞTIRMA BULGULARI ..... 34**
5.1. Verilerin Değerlendirilmesi ..... 34
5.2. ArcGIS ile Yatağın Modellenmesi ..... 38
5.2.1. Veri Dosyalarının Oluşturulması ..... 38
5.2.2. Sayısal Yüzey Modelleme ..... 39
5.2.3. Grid Verileri Oluşturma ve Yeniden Sınıflandırma ..... 41
5.2.4. ArcGIS ile Rezerv Kestirimi ..... 50
5.3. Surpac ile Yatağın Modellenmesi ..... 44
5.3.1. Stringlerin Oluşturulması ..... 44
5.3.2. Sayısal Yüzey Modelleme ..... 44
5.3.3. Jeoistatistiksel Analiz ..... 46

5.3.4. 3D Modelleme ..... 48
5.3.5. Surpac ile Rezerv Kestirimi ..... 50
5.4. Rezerv Sonuçlarının Karşılaştırılması ..... 53
**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER** ..... **55**
**KAYNAKLAR** ..... **56**
**ÖZGEÇMİŞ** ..... **59**
**EKLER** ..... **60**

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**

Çizelge 5.1. Cu ve Zn tenörlerine ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler ..... 35
Çizelge 5.2. ArcGIS ile elde edilen rezerv sonuçları ..... 44
Çizelge 5.3. Cu tenörü teorik yarıvariogram modelinin parametreleri ..... 47
Çizelge 5.4. Blok parametreleri ..... 48
Çizelge 5.5. Surpac ile elde edilen rezerv sonuçları ..... 52
Çizelge 5.6. Rezerv sonuçlarının karşılaştırılması ..... 54

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**

Şekil 4.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ..... 23
Şekil 4.2. Sondajların Lokasyonları ve Mesafeler ..... 26
Şekil 5.1. Cu tenörü Histogram grafiği ..... 34
Şekil 5.2. Zn tenörü Histogram grafiği ..... 34
Şekil 5.3. Cu tenörlerinin Doğu doğrultusundaki değişimi..... 35
Şekil 5.4. Zn tenörlerinin Doğu doğrultusundaki değişimi..... 36
Şekil 5.5. Cu tenörlerinin Kuzey doğrultusundaki değişimi ..... 36
Şekil 5.6. Zn tenörlerinin Kuzey doğrultusundaki değişimi ..... 37
Şekil 5.7. Cu tenörlerinin Z doğrultusundaki değişimi ..... 37
Şekil 5.8. Zn tenörlerinin Z doğrultusundaki değişimi ..... 38
Şekil 5.9. Madenköy verilerinin ArcCatalog'daki görüntüsü ..... 38
Şekil 5.10. Topografya TIN verisi ve Sondaj yerlerinin ArcMap'teki görüntüsü ..... 39
Şekil 5.11. Cevher giriş TIN verisi ve Sondaj yerlerinin ArcMap'teki görüntüsü .... 40
Şekil 5.12. Cevher çıkış TIN verisi ve Sondaj yerlerinin ArcMap'teki görüntüsü.... 40
Şekil 5.13. TIN verilerinin ve Sondaj yerlerinin ArcScene'deki görüntüsü ..... 41
Şekil 5.14. 1260 kotunda %Cu değerleri ile oluşturulan TIN verileri ve Sondajların ArcMap'teki görüntüsü ..... 41
Şekil 5.15. 1260 kotunda TIN verisinden oluşturulan Grid verisi ve Sondajların ArcMap'teki görüntüsü ..... 42
Şekil 5.16. 1260 kotundaki Grid verisinin yeniden sınıflandırılması sonucu oluşan görüntü ..... 42
Şekil 5.17. Sınıflandırılan 1260 kotundaki grid verilerinin alanları ..... 43
Şekil 5.18. Madenköy Bakır verilerinin String'e dönüştürülmesi ..... 45
Şekil 5.19. Topografya Sayısal Yüzey Modeli ..... 45
Şekil 5.20. Cevher giriş Sayısal Yüzey Modeli ..... 46
Şekil 5.21. Cevher çıkış Sayısal Yüzey Modeli..... 46
Şekil 5.22. Cu tenörü için deneysel yönlü yarıvarioram modelleri..... 47
Şekil 5.23. Cu tenörü için elde edilen yönsüz yarıvariogram ..... 47
Şekil 5.24. Cu tenörü için çapraz doğrulama grafiği ..... 48
Şekil 5.25. Blok model ve Madenköy string dosyası..... 49

Şekil 5.26. Sadeleştirilmiş Madenköy blok modeli ..... 49
Şekil 5.27. Madenköy cevher yatağı ..... 50
Şekil 5.28. Madenköy yatağının Kriginden sonraki plan görünüşü ..... 51
Şekil 5.29. Madenköy yatağının Kriginden sonraki blokların 3D görünüşü ..... 51
Şekil 5.30. 1260 kotunun Kriginden sonraki kesit görünüşü ..... 52
Şekil 5.31. Cu cevheri rezerv ve tenör grafiği ..... 53

**EKLER DİZİNİ** **SAYFA**

EK A. Siirt Madenköy Bakır Sahası sondaj lokasyonları ve derinlikleri ..... 60
EK B. Siirt Madenköy bakır sahasının jeoloji haritası (Park Elektrik, ….)..... 63
EK C. Kotlara göre ArcGIS' programında hesaplanan her % Cu aralığı için alanlar 64

# 1. GİRİŞ

Madencilikte en kritik sorulardan biri olan rezerv tahmini ve üç boyutlu yatak modellemesi madenciliğin birçok safhasında önemli bir rol oynamaktadır. Üç boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS); yeryüzü ve yeraltının bütün ayrıntılarının kazanımı, saklanması, yönetimi, görsel olarak canlandırılması ve analizi için etkili bir metottur (Yangbing ve diğ., 2007). Ancak CBS'nin doğal kaynaklara dayalı endüstrilerde kullanımı oldukça yaygın iken, madencilikte kullanımı diğer disiplinlerde kullanımından daha az yaygındır. Bunun en önemli nedeni madenciliğin tasarım aşamasında daha çok bilgisayar destekli yazılım kullanımının oldukça yaygın olması ve bu yazılımların madencilik için tasarlanmış özel yazılımlar (söz gelimi, Techbase, Vulcan, MineSight, Surpac) ile entegre olarak çalışarak pek çok madencilik problemine çözüm bulmasıdır. Ancak CBS'nin yaygınlaşması ile birlikte yukarıda sözü edilen bilgisayar destekli tasarım ve madencilik yazılımı ikilisine CBS'de katılmıştır (www.hammond.swayne.com). Ayrıca madenciliğin hemen hemen tüm safhalarında grafik ve öznitelik verilerinin aynı anda kullanımına duyulan ihtiyaç ve pek çok verinin mekansal bir nitelik taşıması da CBS'nin madencilikte kullanımını gün geçtikçe arttırmaktadır. Tüm bunların yanında CBS'nin madencilikte ilk uygulamaları daha çok açık ocak madenciliğinde ve özellikle maden rehabilitasyonu çalışmalarında iken, son yıllarda entegrasyon sayesinde yer altı ve açık ocak madenciliğinin pek çok safhalarında uygulamalar giderek artmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda, maden işletme haklarının yönetimi, maden arama faaliyetleri, tasarım ve yer seçimi, çevre etki değerlendirmesi, üretim, güvenlik ve maden rehabilitasyonu, maden yatakları ve taş ocaklarının değerlendirilmesi ve açık işletme kaynaklı yüzey değişimlerinin izlenmesi konularında CBS'nin kullanımı konusunda çalışmalar yapılmıştır (Uyguçgil, 1994; Tören, 2001; Erdoğan, 2002; Sönmez, 2002; Güneş, 2003; Dağlıyar, 2003; Güneş, 2005; Kızıltaş, 2005).

Maden üretimimin başarısı büyük ölçüde hüküm süren faktörlerin belirlenmesine, parametrelerin entegre edilebilmesi için uygun modellerin seçimine ve etkilerinin belirlenmesine bağlıdır (Hosseinali ve Alesheikh, 2008). Yeryüzündeki objelerin konumları hakkındaki veriler CBS'ye hava ve uydu fotoğrafları, coğrafik ve dijital haritalar gibi farklı kaynaklardan gelebilmektedir.

CBS içindeki farklı tipteki verilerin hızlıca entegre edilmesi, kıyaslanması ve kontrol edilmesi; veri kalitesinin artmasına ve incelenen bölgenin yüksek kalitede dizayn edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede gerçekçi ve hızlı üç boyutlu sunum oluşturulmaktadır (Sirakov ve Muge, 2000). Madencilikte CBS kullanımı için önemli olan üç boyutlu CBS'nin temeli üç boyutlu uzaysal modellemedir. Modelleme objelerinin farklılıklarından dolayı üç boyutlu uzaysal modelleme metodları da birbirlerinden farklılıklar göstermektedir. Uzaysal modelleme nesnelerinin farklılıklarına bağlı olarak üç boyutlu uzaysal modelleme metodları iki gruba ayrılmaktadır; bunlardan biri coğrafik uzaysal modelleme ve diğeri jeolojik uzaysal modellemedir (Yangbing ve diğ., 2007). CBS ile kolayca potansiyel maden haritası üretilebilmekle birlikte bu haritaya jeolojik, jeofiziksel ve jeokimyasal gibi farklı araştırmaların sonuçları entegre edilebilmektedir (Harris, Wilkinson, ve Grunsky, 2000). Bilginin nüfuzu için güçlü bir metod kullanılması ile CBS yeraltı mineralizasyon potansiyeli konusunda daha iyi bir öngörü sağlayabilmektedir (Zhou ve diğ., 2007).

Maden işletme haklarının yönetiminde CBS'nin kullanımı organizasyona büyük esneklik, hız ve birimler arası koordinasyon sağlayacaktır. İşletim haklarına ait çizelgesel verilerin, işletim sahaları ile ilişkilendirilmesi en etkili şekilde CBS ile yapılabilmektedir. Aslında sistemin işleyişi bakımından, maden işletme haklarının yönetimi tapu-kadastro işlemlerinin yönetimi ile büyük benzerlik göstermektedir. Günümüzde pek çok tapu-kadastro bilgi sistemi, CBS ortamında iş görmektedir. Dolayısı ile maden işletme haklarının yönetiminde CBS kullanımı henüz yaygın olarak kullanılmaya başlaması bile yakın gelecekteki CBS'nin potansiyel uygulama alanları arasında sayılabilir (Düzgün, 2005).

Bu çalışma CBS'nin madencilikteki uygulanabilirliğine ilişkin bir çalışmadır. Bu çalışmada bir CBS yazılımı olan ArcGIS ile bir bakır madeni değerlendirilmiş ve özel bir madencilik yazılımı olan Surpac programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Madencilik konusunda günümüze kadar CBS yazılımlarının özel madencilik yazılımları kadar opsiyonel olmadığı bilinmektedir. Ancak CBS'nin sürekli geliştiği ve yazılım firmalarının 3 boyut konusunda sürekli kendilerini geliştirmekte olduğu gözden kaçmamalıdır.

Bir maden yatağının işletilmesine karar vermek ve üretim planlaması yapmak için bazı değerlendirme prosedürleri bulunmaktadır. Söz konusu değerlendirmeler yapılırken cevaplanması gereken en önemli sorular, yer altında var olan cevher kütlesinin konumu, şekli ve miktarı hakkında olmaktadır. Bu nedenle yataklar işletilmeye başlanmadan önce matematiksel ve görsel açıdan modellenmelidir. Madencilik projelerini geliştirmek amacı ile sondaj kuyularından elde edilen üç boyutlu veriler, genellikle iki boyutlu çizimler, kesitler ve bunların planlarını elde etmek için kullanılmaktadır. Bu işlemler maden yatağının yapısını üç boyutlu ve doğru olarak temsil edilmesine izin vermemektedir (Jiang, 1998; Gülmez, 2008). Bu çalışma ile CBS tabanlı programların iki boyutlu çalışmalarda üstün olduğu fakat üç boyutlu katı modellemede zayıf olduğunu ortaya konulmaktadır. CBS programlarının kullanımının yaygınlaşması ile bu eksikliğin hızla giderilebileceği düşünülmektedir.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

## 2.1. Siirt Madenköy Sahasında Yapılmış Önceki Çalışmalar

Maden Sahasında 1973 yılında Maden Tetkik Arama (M.T.A.) tarafından sondaj çalışmaları başlatılmıştır. 1975 yılı sonuna kadar rezerv tespit ve arama amacıyla toplam 4573 m uzunluğunda 19 adet sondaj yapılmış ve sahada 15.000.000 ton rezerv tespit edilmiştir. Bakırın ortalama tenörü %1.27 olarak hesaplanmıştır (Berküm ve Şekerci, 1976: Bal, 1995'den).

Bal (1995)'ın yapmış olduğu çalışmada; maden yatağının jeolojik birimlerine ve cevherleşme kriterlerine değinilmiş, jeokimyasal analizler yapılmış, her sondaj için ayrı ayrı derinlik variogramları yapılarak Cu dağılımları tespit edilmiştir. Yatağın rezervi paralel kesit yöntemiyle, yatağın ortalama yoğunluğu 3.5 gr/cm$^3$ alınarak, 14.3 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

## 2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Madencilik Konusunda Yapılmış Önceki Çalışmalar

### 2.2.1. Kanada Manitoba Bölgesi Maden Aramaları için Kullanılan İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri

İnternet tabanlı CBS teknolojisi konumsal verinin internette sunumu olarak tanımlanmaktadır. Bu teknoloji yardımıyla kullanıcılara internet üzerinden tüm gün Manitoba Jeolojik Araştırması bilgilerine ulaşma imkanı tanınmıştır. Veri tabanına ulaşabilmek için Java uyumlu standart web tarayıcıları yeterli olmaktadır. İnternet sitesi CBS stili ile madencilik ve maden aramaları ile ilgili olarak birçok güncel veri setlerinin analizine yardımcı olacak araçları barındırmaktadır.

İnternet sitesi;

- Madenlerin konumu, ilgili alan altyapısının gösterilmesi,
- Maden aramalarına kısıtlı alanların ve kapatılmış sahaların tayini,
- İlgili arazinin kime ait olduğunun belirlenmesi,
- Saha kapatmaya uygun alanların tayini,
- Yapılan madencilik çalışmaları,
- Yataklanma jeolojisi,

- Yollar vb.

'nin araştırılmasına olanak vermektedir.

Web tabanlı CBS harita galerisi interaktif haritalama sistemi olup, kullanıcıların haritalarda yakınlaşma, uzaklaşma, raporların indirilmesi, veritabanı sorgulamaları, diğer siteler arası bağlantı ve haritaların çıktılarının alınmasına izin vermektedir (Pacey, 2000: Koruyan ve Yalçın, 2009'dan).

### 2.2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Jeoloji ve Maden Haritalarının Hazırlanması Etiyopya Örneği

Bu çalışmada hazırlanan CBS tabanlı haritalar; jeoloji, maden ve enerji kaynakları verileri gibi çeşitli kaynaklardan veriler elde edilerek 1:2,000,000 ölçekli olarak hazırlanmıştır. Oluşturulan haritalar metalik madenler (altın, platin, tantal, nikel, demir, manganez, baz metaller, radyoaktif mineraller), endüstriyel hammaddeler (soda külü, potas, diomit, bentonit, kil, kaolin, tuz, cips, anhidrit, dolomit, feldspat, talk, siyanit), doğal taşlar (mermer, kirçtaşı ve dolomit, granit, değerli taşlar), enerji kaynakları (kömür, petrol ve gaz, bitümlü şist) ve jeotermal kaynakları ayrıntılı olarak göstermektedir. Bu haritalar güncel olup, madenler hakkında bilgi ve konumları içermektedir (Tadesse ve Ark., 2003: Koruyan ve Yalçın, 2009'dan).

Hazırlanan maden ve jeoloji haritaları bilgisayar ortamında saklanarak araştırmacıların ve kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Veriler kapsamlı bir jeolojik araştırma sonucunda veritabanı haline getirilerek CBS haritaları elde edilmiştir. Veritabanında maden ve jeolojik oluşumların konumları ve özellikleri son kullanıcılara yönelik olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bu haritalar ile kullanıcılar Etiyopya sınırları içerisindeki tüm madenler hakkında sorgu ve analiz yapabilmektedir (Koruyan ve Yalçın, 2009).

### 2.2.3. Potansiyel Altın ve Baz Metal Mineralizasyonunun Belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri: Takab, İran Örneği

Kuzeybatı İran'daki 1785 $km^{2'}$ lik Takab alanı yüksek maden potansiyeline sahip bölge olup, erişimi çok zor olduğu için yenilikçi bir yaklaşım gerekmiştir. Landsat TM'den (Landsat Thematic Mapper) elde edilen jeolojik ve maden oluşum

verileri, Takab yakınlarındaki epitermal altın, arsenik, antimon ve baz metal yatakları ile ilgili haritalanmış jeolojik özelliklerin, spektral (tayfsal) karakteristiklerin, magnetik kayaç yapılarına ait jeolojik verileri hidrotermal değişim ve yer altı volkanik ısı kaynakları uzaktan algılama verilerinin yorumlanmasıyla tamamlanmıştır. Oluşturulan haritalarda çeşitli işlemler uygulanarak Takab bölgesindeki altın ve baz metal potansiyeli haritalanmıştır (Asadi ve Hale, 2001: Koruyan ve Yalçın, 2009'dan)

Oluşturulan CBS haritaları maden aramalarına bir örnek oluşturmaktadır. Özellikle konumsal ve yeryüzü şekilleri açısından ulaşılması ve çalışılması güç bölgelerde CBS ve Uzaktan Algılama (UA)'nın birlikte kullanılması araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bununla birlikte Maden aramalarında CBS ve UA teknolojilerinden yararlanmak ileriye dönük olarak daha doğru sonuçlar verebilmekte ve ilerleyen bilgisayar teknolojileri yardımıyla zaman ve maddi açıdan yararlar sağlanmaktadır (Koruyan ve Yalçın, 2009).

# 3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

Yaklaşık 15500 yıl önce Fransada Lascaux yakınlarında, ilk insan avcılar avladıkları hayvanların resimlerini yapmışlar. Hayvan çizimleri, iz hatları ve seri işaretlerinin göç rotalarının gösterildiği düşünülür. Bu erken yapılmış kopya kayıtları modern CBS'nin iki öğeli yapısıyla karşılaştırıldığında aynı şekilde bir resim bir özellik bilgisi ile ilgilidir.

1854'te, John Snow Londra'daki kolera salgınını bazı özel durumları sunmak için noktaları kullanarak tasvir etti. Var olan ilk coğrafik metot kullanımıdır. Kolera dağılım çalışması bu hastalığın kaynağı olan bozulmuş bir su pompası olduğunu göstermiştir.

Topografyanın temel bir elemanı iken ve haritacılıkta önceden bulunmasına rağmen John Snow'un haritası haritacılık metotlarının kullanılması sadece tasvir için değil, aynı zamanda olaya bağlı coğrafik verilerin analizi içinde o zaman için yegane çalışmadır.

1962' de dünyanın ilk doğru işlemsel CBS'si Ottawa, Ontario'da Dr.Roger Tomlinson tarafından Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi (CGIS) adıyla geliştirildi ve depolama, analiz, işlenebilen veri toplamada Canada Ülke Envanteri için kullanıldı. CGIS haritacılık uygulamasının üzerinde örtü tabakası, ölçüm ve sayısallaştırma / tarama yeteneklerini sağlayabilme kapasitesi ile dünyanın ilk gelişmiş sistemidir. Bu sistem ulusal koordinat sistemini destekledi ki bu sistem de kıtasal sistem için köprü oluşturdu; topolojiyi doğru oturtmak için veriler seri şekilde 'arcs' olarak kodlandı ve özellikler ve konumlar ayrı dosyalar içinde saklandı. Bunların bir sonucu olarak ve özellikle yakınsak coğrafi verilerin uzaysal analizlerin desteğiyle kullandığı bindirmeler sebebiyle Dr. Roger Thomlinson CBS'nin babası olarak tanınır (www.urisa.org). CGIS 1990'lara kadar sürdü ve Kanada en büyük sayısal ülke kaynakları veri bankası oluşturuldu. Ancak CGIS hiçbir zaman ticari bir form olarak sunulmadı.

1980'lerin başında M&S Computing (sonraları Intergraph), Environmental System Research Institute ( ESRI), Computer Aided Resource Information System (CARIS) CBS yazılımının ticari sağlayıcıları olarak ortaya çıktılar. Birinci

jenerasyon olan uzaysal ve özellik bilgilerinin ayrılması yaklaşımı ve ikinci jenerasyon yaklaşım olan özellik bilgilerinin veri tabanı organizasyonun kombinasyonu başarılı bir biçimde CGIS'nin özelliklerinin çoğunu içerdi. Paralel olarak 1970'lerin sonu ile 1980'lerin başında iki hazine arazisi sistemi gelişimi başladı. MOSS (Mass Overlay and Statistical System) projesi 1977'de Fort Collins, Colarado' da WELUT (Western Energy and Land Use Team) ve US Fish and Wildlife Service teşviki ile başlatıldı. 1982'de ülke yönetimi ve çevresel planlama için birleşik devletler ordusunun yazılım ihtiyacının doğması sebebiyle birleşik devletler Mühendislik Kolordusunun bir branşı olarak Champaign, Illinois'te Birleşik Devletler Kolordusunun Laboratuarlarında CBS başlatıldı.

1980'lerin sonu ve 1990'larda büyüyen endüstri kişisel bilgisayarlarda ve Unix işlem birimleri üzerinde CBS kullanımı genişliğini tetikledi. 20.yy sonunda çeşitli sistemlerdeki büyüme hızı sağlamlaştı ve göz önünde bulundurulan platformlar üzerinde standartlaştırıldı. Kullanıcılar CBS veri görüntülerinin içeriğini internet üzerinden gerekli veri formatı ve transfer standartlarıyla ihraç etmeye başlamışlardır. Çok yakın geçmişte operasyon sistemi sınıflandırılması ve özel görevleri yapabilmek için isteğe göre uyarlanabilecek açık kaynaklı ve ücretsiz CBS paketlerinin sayısını artışı vardır (www.en.wikipedia.org).

Mutlak anlamda Coğrafi Bilgi Sistemi karmaşık yönetim sorunlarının çözümü için veri toplama, depo etme, işleme, analiz etme, modelleme ve görselleştirme işlemlerini coğrafi konumlarına göre yapan yazılım, donanım ve yöntemlerin oluşturduğu bilgisayar sistemidir (İŞLEM GIS, 2004; Schaeben, 2006; www.esri.com).

Coğrafi koordinatları ile sınırlandırılmış bir bölge içinde veriler arasında koordinasyonu sağlayarak istenilen verilerin istenilen aralıklar içinde yine konuma bağlı olarak analiz yapabilmektedir. Ve bu analizlere bağlı sonuçları sayısal bir rapor halinde sunabilir ya da modelleyerek görselleştirebilir (www.esri.com).

CBS coğrafik veriyi organize eder. Bu şekilde haritayı inceleyen kişi spesifik bir proje ve görev için gerekli veriyi seçebilir. Konusal bir harita içerikler tablosuna sahiptir. Ki bu tablo okuyucuya gerçek dünya konumlarının temel haritaya oturtulması için bilgi dizilerini eklemeye izin verir. Mesela Oregon eyaletinden

Eugene şehrini seçen sosyal analiz yapmak için seçen biri bu haritaya veri serileri eklemek için US İstatistik bürosundan veri setleri seçebilir. Bu ver setleri orada ikamet edenlerin eğitim seviyeleri, yaşları ve çalışma durumlarını gösterir. Veri setleri çeşitliliğini sonsuz kombine etme yeteneği sayesinde CBS arkeoloji biliminden hayvan bilimine kadar neredeyse bütün alanlarda yararlı bir araç olmuştur.

İyi bir CBS programı coğrafik veriyi çeşitli kaynaklardan işleme ve onları bir harita projesi içine bütünleştirme yeteneğine sahiptir. Çoğu ülkelerde analizler için coğrafik veri bolluğu vardır. Ve devletler çoğu zaman CBS veri setlerini kamuya açık yayınlamaktadırlar.

CBS haritaları interaktiftir. Bilgisayar ekranında harita kullanıcısı bir CBS haritasını tarayabilir, herhangi bir yöne doğru yaklaştırıp uzaklaştırabilir ve harita içindeki bilgileri içeriğini değiştirebilir. Mesela kaç tane yol olduğu, hangi yolların görülmek istendiği, yolun nasıl tarif edildiği gibi. Ayrıca görüntülenmek istenen öğelerin yanında ırmak kanalları, gaz boru hatları, az bulunan bitki örtüleri veya hastaneler seçilebilir. Bazı CBS programları suyu izlemek veya erozyon modelini önceden tahmin etmek için karmaşık hesaplamaları uygulamaya göre dizayn edilmiştir.

CBS insanlara daha fazla bilinçli, daha fazla üretken ve gezegenin tabiiyetine duyarlı olmak için coğrafik avantaj sağlar (www.esri.com).

### 3.1. CBS Kullanımı

CBS'nin yerbilimleri uygulamalarındaki ilk kullanımı veri toplama ve sayısal harita üretimidir. Çok önemli uygulamalarının amacı uzaysal referans verilerinin prosesi (yerbilimleri içeriği için) ve fazla Meta-veri'nin (ilk veri tanımlaması) uzman bir bilim adamı tarafından;

- Organizasyon,
- Görüntüleme,
- Uzaysal sorgulama,
- Kombine yapma,
- Analiz etme,

- Modelleme,
- Simulasyon, doğrultusunda uzaysal olayların,
    - Karakterize etmeye,
    - Anlamaya,
    - Tahmin etmeye, yardımcı olmasıdır.

CBS bilimsel araştırmalarda, kaynak yönetimlerinde, büyüme planlamalarında ve coğrafi referans verilerini kapsayan her yerde kullanılabilir. Mesela maden aramada; bölgenin jeolojik, yapısal, jeokimyasal ve jeofiziksel faktörleri, konumları, geçmiş maden keşiflerinin tiplerinin aynı anda hesaba katılması gereken konular gibi.

CBS aşağıdaki konularda da kullanılabilir (Schaeben, 2006);

- Araştırma yönetimi; gelecek araştırmaların önceliğine karar vermek için potansiyel mineral haritalarının formlarındaki verilerin toplanması.
- Maden jeolojisi; maden drenajının asidik etkini değerlendirmek, efektif maliyet sağlayacak iyileştirme çeşitlerinde karar vermek için.
- Mühendislik jeolojisi; yeni bir yolu en iyi rotasına karar verirken duraylılık koşullarını hesaplamak için.
- Jeokimya; suyun içindeki selenyum dağılımı, bölgesel kaya tipi dağılımı, suyun PH'sı ve bölgesel bitkilerim uzamsal bölgelerini belirlemede kullanılabilir.
- Jeofizik; CBS uzamsal faktörlere bağlı deprem çalışmalarında kullanılabilir.
- Jeorisk; CBS doğal felaketlerde gerekli zamanları kolayca hesaplamak için hızlı plan yapımına izin verir.
- Çevre; CBS kirlilikten korunacak sulak arazilerin bulunmasına yardımcı olur.
- Mühendislik projeleri için alan seçimi;
    - Çöp imha etme ( kentsel çöp sahası, imha etme kuyularında ki nükleer çöpler).
    - Boru hattı, yollar, tren yolu güzergâhları.
    - Barajlar.
    - İnşaat alanındaki gelişmeler.

- Jeolojik hammadde çeşitliliği için kaynak değerlendirmesi; metalik madenler, su, kum, çakıl, inşaat taşı, petrol, doğal gaz, kömür, jeotermal enerji.
- Bağlantıların olabilecek nedenlerinin ve etkilerinin araştırılması; kaya, toprak ve sudaki jeokimyasal numuneler ile ilgili (bitki hayvan ve insandaki) hastalıkların etki alanları.
- Uzamsal ara bağlantının keşif amaçlı araştırılması; litoloji ve bitkilerin ilişkilerinin uydu fotoğraflarındaki izgesel işaretlerden değerlendirilmesi.
- Şev duraylılığı ve toprak kaymaları ile ilgili risk haritaları.
- Deprem hasar zonu.
- Yanardağ püskürme etkileri.
- Nehirlerin su baskını hasarları.
- Kıyısal erozyon.
- Madencilik veya endüstriyel etkinlikler sonucundaki kirlilik etkisi, global ısınma.

CBS projeleri üç ana evreden oluşurlar;

- Konumsal veri tabanı oluşturulması; CBS veri tabanında bütün uygun verileri bir araya getirmek,
- Proses veri; projenin amacı ile ilgili uzamsal örnekleri üretmek ve çıkarmak,
- Uygulama bütünleşme modeli; elde edilen kanıtların kombinesi.

## 3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Tanımları

### 3.2.1. CBS'yi Bileşen Terimler İçinde Tanımlama

Coğrafi (Geographic) : Uzaysal referanslı coğrafi veri ile coğrafik koordinatların uzaysal kayıt içinde doğru bir şekilde örtüşmesi. Örnek olarak sayısal haritalar, dijital resimler, sayısal veri tabloları, coğrafik yerleştirilmiş deneysel veriler.

Bilgi (Information): Harita veya resimler, istatistiksel grafikler, tablolar, ekrandaki cevaplardan kullanıcı soruları gibi yararlı bilginin taşınması için sistematik organize edilmiştir.

Sistem (System): Aşağıdaki bileşenler tarafından oluşturulan bir sistem yönetimi (Schaeben, 2006);

- Yazılım: Veri yakalama, girme, değiştirme, dönüştürme, görselleştirme, birleştirme, sorgulama, analiz etme, modelleme, sonuç v.s.
- Grafik kullanıcı ara yüzü (GUI)
- Komut dili: Özel fonksiyonların başarısını için
- Donanım
- Veri tabanı ve veri tabanı yönetim sistemi (dbms)
- Veri
- Ve eğitimli kullanıcı

### 3.2.2. Ekterim Tanımlamaları

*Veri (Data):* Dünya hakkında kanıtlanabilir gerçekler

*Bilgi(Information):* Yapıyı ortaya çıkarmak için ve araştırmayı kolaylaştırmak için veri organizasyonu.

*Veritabanı (Database):* CBS'de ilişkili verilerin bir araya gelerek organize olmasını sağlayan bilgi. Büyük bir zaman periyodunun üzerinde geniş bir kullanıcı grubu için veri kaynağı.

*Veritabanı yönetim sistemi (dbms):* Veritabanındaki herhangi bir veriyi depolamak, düzenlemek, düzeltmek için bilgisayar sistemi.

*Veritabanı sistemi (database system):* dbms ile çeşitli veri tabanlarındaki verinin kombinasyonudur (Schaeben, 2006).

## 3.3. CBS' de Veri Saklama Yöntemleri

Öznitelik verileri bir veri tabanı yönetim sistemi (VTYS) ile yönetilmektedir. Söz konusu VTYS ilişkisel bir veri tabanıdır. Bu tür veri tabanlarında tüm verileri tek bir çizelgede toplamak yerine veriler gruplar halinde farklı çizelgeler olarak saklanır ve her biri birbiri ile anahtar alan kodu ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle veritabanında yapılacak sorgulamalar daha etkin ve ekonomik hale gelmektedir (Düzgün, 2005).

CBS' de grafik veriler temel olarak üç çeşittir; noktalar (ağaçlar, volkan konileri, suç mahalleri, vb.), çizgiler (yollar, nehirler, telefon hatları vb.) ve alanlar (parseller, jeolojik birimler vb.). Bunları CBS ortamında saklamanın ise iki yolu vardır. Grafik veriler ya vektörel olarak ya da hücresel (grid ya da raster olarak da adlandırılır) olarak saklanır. CBS yazılımları da grafik veriyi saklama özelliklerine göre "vektörel/hücresel CBS olarak adlandırılırlar.

Vektörel veri saklama şeklinde katmanlarda yer alan grafik yapılar (noktalar, çizgiler, alanlar) vektör objeler olarak algılanır ve bu grafik yapılar koordinat (x, y) değerleriyle kodlanarak depolanır. Noktalar tek bir koordinat çifti ile ifade edilirken, çizgi ve alanlar birbirini izleyen bir dizi koordinat çifti [(x1, y1), (x2, y2),….,(xn, yn)] ile gösterilmektedir. Koordinat dizisinde başlangıç ve bitiş koordinatının aynı olması alana ait bir koordinat dizisi olduğunu ifade eder. Vektör tabanlı CBS'ler grafik objelerin konumlarının önemli olduğu uygulamalarda oldukça etkidirler. Ancak jelojik formasyonlar, kaya ve toprak özellikleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, gibi sürekli olan katmanlarla ilgili uygulamalarda daha verimsizdirler.

Hücresel veri saklama yönteminde ise katmanlardaki grafik objeler düzenli oluşturulmuş hücrelere ya da karelere aktarılır. Bu veri modeli genellikle kaya ve toprak özellikleri gibi incelenen alanda süreklilik niteliği olan katmanların gösterilmesinde daha etkilidir. Hücrelerin her birine piksel adı da verilmektedir. CBS'nin önemli girdilerinden olan uzaktan algılama (UA) yöntemi ile elde edilmiş hava fotoğrafları, uydu görüntüleri bu veri modeli ile ifade edilmektedir. Çoğunlukla etkin bir CBS kullanımında hem vektör hemde hücresel veri modelini içeren katmanlar olduğundan günümüz CBS yazılımlarının çoğu her iki veri modelini de aynı anda kullanabilme özelliğine sahiptir. Bu kullanım şekline melez veri modeli de denilmektedir (Düzgün, 2005).

### 3.4. CBS Temel Fonksiyonları

Herhangi bir CBS'de bulunan temel fonksiyonlar altı başlık altında incelenebilir (Düzgün, 2005):

1. Veri işlemleri
2. Sorgulamalar

3. Mekânsal analizler
4. Senaryo analizleri
5. Sunumlar

### 3.4.1. Veri İşlemleri

Uzaysal coğrafi referanslı veriler iki gruba ayrılırlar;

- *Coğrafi bilimsel veriler*: Coğrafik koordinatlar tarafından referanslandırılan verilerdir (enlem, boylam, 2d). Bunlar, GPS, birincil metriktir.
- *Sayım verileri ve sosyoekonomik veriler*: Posta kodu ile coğrafi olarak kodlanmışlardır. Bunlar ikincil metriktir.

Uzamsal veri, coğrafi objelerin ve özelliklerin (uzamsal ve uzamsal olmayan), mutlak uzamsal konumlarının geometrik (vektör, raster) bilgilerini oluşturmaktadırlar. Veri toplama işlemi; veriyi bilgisayara uygun bir formatta kodlamak ve sistemin içine bilgiyi eklemektir. Harita üzerindeki objelerin benzerlikleri, konumsal ilişkilerinde olduğu kadar iyi belirtilmelidir. Ayrıca otomatik elde edilen bilgilerin düzenlenmesi de zor olabilir.

Bu fonksiyon verinin toplanması, depolanması, güncellenmesi ve CBS'de üretilmesi ile ilgili tüm işlemleri içerir. Veri ile ilgili işlemlerin başında veri entegrasyonu gelir. Grafik veriler (bilgisayar destekli tasarım çizimleri, elde yapılmış çizimler, haritalar, vb.), çizelgesel veriler (VTYS'inde oluşturulmuş veriler, çizelge halinde oluşturulmuş listeler, vb) ve görüntü verileri (hava fotoğrafı, uydu görüntüsü vb.) eşzamanlı olarak sistemde farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Diğer önemli bir veri işlemi ise verinin güncellemesi, başka ortamlara aktarılması ve başka ortamlardan CBS'ye veri eklemesinin yapılmasıdır. Ayrıca CBS bünyesinde verileri kullanarak çeşitli analizler yardımı ile veri üretimi de yapılmaktadır. Tüm bu işlemler sayısal ortamda yapıldığından, veri ile ilgili işlemler hızla gerçekleştirilebilmektedir (Düzgün, 2005).

Haritalar farklı ölçeklerde olabilmektedir. CBS'de harita bilgisi manipule edilmiş olmalıdır. Öyle ki diğer bütün haritalardan bir araya getirilmiş bilgiler ile birbirine uymalı veya tam olarak oturmalıdır. Dijital veriler analiz edilmeden önce tasarım dönüştürmeleri gibi diğer ayarlamalara tabi tutulmak zorunda kalınabilir. Mesela veriler bir CBS'nin içine entegre edilebilmektedir.

Tasarım, harita yapımının temel bileşenidir. Tasarım, dünyanın 3 boyutlu eğimli yüzeyinden, kağıt veya bir bilgisayar ekranı gibi 2 boyutlu bir ortama bilgi transferinin matematiksel anlamıdır. Farklı tasarımlar, farklı tipteki haritalar için kullanılırlar. Çünkü her tasarım özellikle belirli kullanımlara mahsustur.

CBS bilgilerin birbirlerine bağlantısını ve entegrasyonunu mümkün kılar, ki bunun herhangi diğer araçlarla ilişkilendirilmesi çok zordur. Bunun nedenle CBS yeni değişkenleri oluşturmak ve analiz etmek için eşlenmiş değişkenlerin kombinasyonunu kullanmaktadır.

Çeşitli kaynaklardan elde edilen uzamsal veri öğeleri ile farklı dijital veri yapıları, birleştirilmiş CBS veritabanı içinde organize edilmektedir. Mesela;

- Uydu fotoğrafları, uzaktan algılama verileri,
- Jeofiziksel veri; uzdu ile elde edilen, havadan elde edilen, gemiden elde edilen, zeminden ve yeraltından elde edilenler,
- Jeolojik veri; temel jeolojisi, su seviyesi derinliği, Bouguer yerçekimi anomalisi,
- Kayaların, zeminlerin, suyun, sedimentlerin, ve bitkilerin Jeokimyasal yüzeyleri gibi.

Konumsal doğa olaylarının çeşitliliğinden elde edilen örnek veriler, veri tabakalarının bir sonucu olarak sunulurlar. Mesela gözlemlenen her değişken, sayısal bir tematik harita gibi tek bir tabakadır. Tabakalar organize bir şekilde, uzaysal olarak listelenirler, öyle ki bütün konumlarda doğru biçimde örtüşmektedirler.

### 3.4.2. Sorgulamalar

Sorgulamalar mekânsal ve mekânsal olmayanlar olarak iki grupta incelenebilir. Mekansal sorgulamalar var olan ilişkisel VTYS içinde öznitelik verileri ile ilgili sorgulamaları kapsar. Mekansal sorgulamalar ise grafik veriler ve hem grafik hem de öznitelik verileri için aynı anda yapılan sorgulamaları içerir. Dolayısı ile grafik veriden öznitelik verisine ya da öznitelik verisinden grafik verisine hızlı bir geçiş söz konusudur. Söz gelimi CBS'nin mekansal sorgulama özelliği ile haritada ki coğrafi objeler (nokta, çizgi ya da alan) imleç yolu ile seçilerek öznitelik bilgileri görüntülenebilir (Düzgün, 2005).

Değişik kaynaklardan alınan konumsal veri setlerinin birleşimi, görüntüsü ve kombinasyonlarının sorgulanması da mümkündür.

- *Katmanların süper konumu (harita cebiri)*: Dijital bir jeolojik haritanın uydu fotoğrafı üzerine yerleştirilmesi, belirli bir litolojinin özgün izgesel yansımaya sahip olduğunu göstermelidir.
- *Harita modelleme, kartografik modelleme*: Kombine bir harita, radyometrik bir haritadaki renklere göllerin sunulduğu yerlerin dışında eşit olduğu şeklinde tanımlanabilir. Göllerin ikili anlatımlı haritasıdır (2 renk; göl var veya yok). Drenaj özelliklerinin gösterildiği topografik tabanlı bir haritanın sayısallaştırılmasından türetilmiştir. Radyometrik harita; radyometrik verilerin gösterildiği sayısal bir harita ile radyoaktif elementlerinin yoğunluk ölçümlerinin sunulduğu bir haritadır.

Görselleştirmenin tamamlayıcısı, bilhassa veri içindeki özel örnekleri izah etmek ve organize edilmiş veri öğelerinin oluşturduğu topluluk arasında gözlemlenmiş uzaysal numunelerin açıklanması için yararlıdır (Schaeben, 2006).

- Verilen lokasyonun özellikleri nedir?

  Mesela monitördeki havadan manyetik harita görüntüsünde; hangi kaya formasyonlarının olduğu, en yakın yolun uzaklığı, topografik yükseklikler, Bouguer anomalisinin değeri, herhangi bir şekilde belirlenmiş bir konumun yaklaşık jeokimyasal örneğinin analizi ve konumu gibi.
- Verilen özellikler nerelerde görülür?
  - Topraktaki arseniğin 250ppm'den büyük olduğu bütün lokasyonların görüntüsü.
  - Karbonifer kireç taşının temelini oluşturduğu 1000m deniz seviyesi yüksekliğinde bir gölün 250 m derinliğindeki lokasyonlarının görüntüsü.
  - Bütün granit örneklerinin kireç taşı ile kontaklarının görüntüleri.

### 3.4.3. Mekansal Analizler

CBS'de mekansal ve mekansal olmayan analizler yapmak mümkün olsa da sistemin en güçlü yanı mekansal analiz yapma özelliğidir. Mekansal analizin en önemli özelliği CBS'de var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. Mekansal analizler tek bir katman kullanılarak yapılabileceği gibi iki ya da daha çok katman kullanılarak da elde edilebilir. Başlıca mekansal analizler şunlardır:

- Temel mekansal analizler
- Ağ analizleri
- Geometrik ve istatistiksel işlemler
- Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)

#### 3.4.3.1. Temel Mekansal Analizler

Temel mekansal analizler içinde tek bir katman kullanılarak yapılan analizlerden en sık kullanılanları, yakınlık analizleri ve interpolasyon teknikleridir. Sınır kaldırma işlemi, herhangi bir katmandaki alanların ortak öznitelik özelliklerine göre birleştirilerek yeni bir katman oluşturulmasına denir. Yakınlık analizleri herhangi bir coğrafi objenin başka bir objeye uzaklığının analizi ile oluşturulur. En yaygın yakınlık analizlerinden biri tampon analizidir. Seçilmiş bir coğrafi objenin etrafına (nokta, çizgi ya da alan) verilen mesafede tanımlanmış bir tampon alan oluşturulmasından ibarettir. İnterpolasyon ile herhangi bir katmanda bilinmeyen noktaların öznitelik değerleri, komşuluklarındaki bilinen noktaların öznitelik değerleri kullanılarak bulunur. İnterpolasyon polinom yöntemleri kullanılarak yapılabileceği gibi, Kriging gibi jeoistatistiksel yöntemler kullanılarak da yapılabilir.

İki ya da daha çok katman kullanılarak yapılan temel mekansal analizler arasında en yaygınları, "ekleme", "ayırma", "kesişim" ve "birleşim" analizleridir. Ekleme analizi birbiri ile ilintili iki katmanın birleştirilerek tek bir katman haline dönüştürülmesine denir. Bir çalışma alanının jeolojik haritasını elde etmek için, alana ait jeolojik paftaların birleştirilmes işlemi ekleme analizine bir örnektir.

Ayırma işlemi ise belli bir katmanın bir parçasının başka bir katman referans alınarak kesilip çıkarılmasıdır. Söz gelimi maden yollarının hangi jeolojik

formasyonlardan geçtiğini görmek için jeolojik formasyon haritasından, yollar haritası ayrılarak yeni bir katman elde edilebilir.

Kesişim işlemi iki ayrı katmandaki ortak jeolojik obje ve bunlara ait öznitelik bilgilerinin belirlenerek yeni bir katmana aktarılmasına denir. Matematiksel olarak iki kümenin kesişim kümesini ayrı bir katman olarak ifade etme işlemidir. Sözgelimi, uygun yer seçimi gibi analizlerde belli bir eğimin altındaki belli bir formasyon seçilmek isteniyorsa, eğim ve jeoloji katmanları kesiştirilerek uygun alanlar belirlenebilir.

İki katmanın tüm özelliklerinin birleştirilerek yeni bir katman elde edilmesi işlemi, birleşim analizidir. Matematikteki birleşim işleminin karşılığıdır. İki ya da daha fazla katman ile yapılan tüm mekansal analizlerde grafik veri için uygulanan işlemlerin aynısı grafik verinin ilişkili olduğu öznitelik verilerinin bulunduğu çizelgelerde de uygulandığından oluşan yeni katman istenen tüm öznitelik verilerini de bünyesinde bulundurmaktadır. Bu nedenle bileşim işleminde iki katmanın çizelgesel verileri de birleştirilip yeni bir çizelge olarak oluşturulan katmana iletilir (Düzgün, 2005).

### 3.4.3.2. Ağ Analizleri

Ağ analizleri, birbirine bağlı çizgisel objelerin oluşturduğu şebekelerden karar verme sürecini destekleyecek analizlerin yapılmasını içerir. Ağların oluşması için çizgilerin düğüm noktaları ile birleştirilmesi gerekmektedir. Ağ analizleri çoğunlukla en uygun güzergah seçimi için kullanılır. En uygun güzergah seçimi iki nokta arasında olabilecek en uygun birleşme yolunun belirlenmesidir. Bu yol en kısa mesafeli yol olabileceği gibi, başlangıç noktasından bitiş noktasına gidişte aranan niteliklere ve var olan kısıntılara bağlı olarak en kısa süre, en uygun eğim de olabilir. Söz gelimi haritada en kısa mesafe kuş uçuşu mesafe olarak belirlenebilir ancak şehir içinde bir yerden bir yere ulaşımda trafik yoğunluğu ve yol kısıtları nedeni ile en uygun güzergah kuş uçuşu güzergahtan her zaman daha farklıdır (Düzgün, 2005).

### 3.4.3.3. Geometrik ve İstatistiksel İşlemler

Geometrik işlemler koordinat belirlemesi ve uzunluk, açı ve alan ölçmeden oluşmaktadır. CBS'de herhangi bir noktanın koordinatı sisteme ekleneceği gibi, sistemde var olan katmanlardaki noktaların koordinatları da otomatik olarak bulunabilmektedir. Benzer şekilde uzunluk, açı ve alan ölçme işlemleri de CBS'de otomatik olarak yapılabilmektedir. Ayrıca haritacılıkta özel amaçlar için geliştirilmiş teğet nokta, poligon vb hesapların yapılabildiği fonksiyonlar da mevcuttur (Yomralıoğlu, 2000: Düzgün, 2005'den).

İstatistiksel işlemler ise CBS'nin veritabanında bulunan öznitelik verileri ile ilgili tanımlayıcı istatistik analizleri içermektedir. Tanımlayıcı istatistik değişkenleri arasında ortalama, standart sapma, varyans, dağılım parametreleri gibi özellikler yer almaktadır (Düzgün, 2005).

Görsel gösterim aracılığıyla, jeostatistik ile veriden sonuç veya anlam çıkarma aşağıdaki istatistiksel analiz işlemleri ile yapılmaktadır.

- Bir bölgenin oranlarının, yüzeysel materyal sınıflamalarının temelini oluşturduğu histogram özetlemesi.
- İstatistiksel özet; örneğin, kaya tipindeki havadan uranyum ölçümlerinin standart sapmasıyla ortalama sapmasının karşılaştırılması.
- Regresyon modeli iki değişkenli jeokimyasal veri için uygundur, ve diğer bilinen uzamsal faktörlerin kontrolü için farkları görüntüler.

Bu gibi işlemler sonucunda elde edilen varlıklara değer biçmek için tabakaların kombinasyonu yapılabilmektedir. Örneğin:

- Akarsulardaki altın madenini belirten birkaç veri tabakasının bileşimi; mesela yeni bir altın haritası için jeoloji, ayrışma, drenaj, güncelliğinin tahmini.
- Model performansı ve hassaslığını değerlendirmek için, toprak doygunluk ve bir şev fonksiyonu olarak, bir şev stabilite modeli ile değişkenliği öngörülmüş bölge alanları ve sayıları türetme.

#### 3.4.3.4. Sayısal Arazi/Yükseklik Modelleri (SAM/SYM)

Sayısal yükseklik modelleri, topografik haritalardaki eş yükselti eğrileri kullanılarak oluşturulur. Ancak yükseltinin yanında haritada eğriler ile gösterilmiş başka değişkenler için de sayısal modeller oluşturmak mümkündür. SYM eş yükselti eğrilerinden üç boyutlu arazi modeli üretme yoludur. SYM oluşturulduktan sonra eğim ve bakı haritaları oluşturmak, araziyi üç boyutlu olarak modellemek, kesit çıkarmak, görünebilirlik analizleri ve hacim hesapları yapmak da mümkündür. SYM elde etmenin matematiksel parça ve şekil yöntemleri olmak üzere iki yolu vardır (Yomralıoğlu, 2000: Düzgün, 2005). Matematiksel parça yöntemleri, katı yüzey şekillerini matematiksel fonksiyonlarla temsil etme prensibine dayanır. Dolayısı ile değişik interpolasyon metodları analizlerde kullanılır. Şekil yöntemlerinde ise eşyükselti eğrilerindeki nokta ve çizgiler kullanarak SYM elde edilir. Sıkça kullanılan SYM yöntemlerinde biri de Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ (UDA) yöntemidir. Bu modeller TIN (triangulated irregular network) modelleri olarak da bilinir. SYM ayrıca uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları yardımı ile de elde edilebilmektedir (Düzgün, 2005).

### 3.4.4. Senaryo Analizleri

CBS yukarıda sözü edilen konumsal analiz fonksiyonlarının çokluğu ve veri yapısı nedeni ile farklı senaryoların tasarlanıp analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu niteliğinden dolayı CBS mekansal karar destek sistemlerinin vazgeçilmez elemanlarındandır. Senaryo analizleri özellikle doğal afet, çevre etki değerlendirmesi ya da sistemin zamana bağlı olarak değişiminin gözlenmesi gibi uygulamalarda oldukça etkili bir yöntemdir (Düzgün, 2005).

### 3.4.5. Sunumlar-Görselleştirme

Mekansal analiz işlemleri sonucunda ya da senaryo analizleri sonrasında elde edilenlerin sunumu için CBS çok alternatifli bir yapıya sahiptir. Tüm analizlerin bilgisayar ortamında yapılması sonuçların ekranda gösterilmesini sağlarken yazıcılar yolu ile çıktılar alınarak kullanıcıya sunulmasını da olanak sağlamıştır. Ayrıca CBS'nin internet ortamında kullanımı için son yıllarda geliştirilen web-tabanlı

CBS'ler yolu ile de tüm analiz sonuçları ve veriler internet yolu ile ilgili kişilere sunulup paylaşılabilmektedir.

Görsel olarak karmaşık uzaysal ilişkileri anlamak ve açıklamak için sıra dışı insani yeteneklere karşılık, uzaysal verilerin en aydınlatıcı görüntüsünü vermektedir. Uzaysal örnekler, tablolardan çok daha etkili bir şekilde adeta anında ortaya çıkarılmaktadır ve bilim adamlarının (yerbilimcilerinin) görsel oryantasyonuna uyum sağlamaktadır.

### 3.5. Madencilikte CBS ve Yardımcı Teknolojiler

Uzaktan algılama (UA) ve Küresel Konumlama Sistemleri (KKS; GPS, Global positionning systems) CBS'yi destekleyici en önemli iki teknolojidir. Bu teknolojilerin daha çok CBS'ye veri sağlaması, verinin güncellenmesi ve yapılan analizlerin doğruluğunun kontrol edilmesi amaçlı katkıları vardır. KKS (GPS) yerküredeki herhangi bir noktanın koordinatının belirlenmesi için uydu teknolojisine bağlı olarak geliştirilmiş sistemlerdir. UA ise yere temas etmeden bir uydu veya uçağa yerleştirilmiş algılayıcılar yolu ile yeryüzündeki objelere ait bilgi toplama tekniğidir. Söz konusu algılayıcılar, elektro manyetik spektrumun ultraviyole, görünür, kızılötesi ve mikro dalga bölgelerini kullanarak bilgiyi depolarlar. Daha sonra bu bilgi fotoğraf ve görüntü yorumlaması ve sayısal görüntü işleme teknikleri ile analiz edilerek kullanılabilir hale dönüştürülmektedir.

CBS'nin madencilik uygulamalarında kullanımı çoğunlukla CBS'yi destekleyen teknolojilerin CBS'ye entegre edilmesi ile olmaktadır. Uzaktan algılama CBS'ye en önemli girdi sağlayan teknolojilerden birisidir. KKS ise daha çok verinin doğruluğunun kontrolünde ve navigasyon sistemlerinin etkili kullanımında yer almaktadır.

Madenciliğin işletmeoperasyonları sırasında CBS ve destekleyici teknolojilerin kullanımı çok çeşitlilik göstermektedir. Çoığunlukla yer altı madenciliğinde CBS yalnız başına ve değişik operasyonların eşgüdümü için kullanılırken, açık ocak madenciliğinde CBS, UA ve KKS ile entegre edilmiştir. CBS'nin yer altı madenciliğinde en yaygın kullanım alanlarından biri de madenin üç boyutlu görselleştirilmesi ve madene ait çizelgesel bilgi ile eşleştirilmesidir.

Madencilikte CBS, yaygın olarak UA ile entegre olarak kullanılır. CBS ve UA entegrasyonu en çok çevre etki değerlendirmesi ve maden rehabilitasyonu çalışmalarında yer almaktadır. CBS ve UA entegrasyonunun madencilik faaliyetlerindeki diğer yaygın kullanımı da kaya mekaniği uygulamalarıdır.

Madencilikte KKS (GPS) kullanımı da delme-patlatma ve kamyon-ekskavator eşleşmesi işlemlerinde yaygındır. Delme-patlatma işlemleri sırasında patlatmanın verimliliğini arttırıcı etkisi olan deliklerin doğru delinmesi işlemi KKS yardımı ile kontrol edilir (www.trimble.com). Açık ocak madenciliğinde üretimin performansını etkileyen faktörlerden biri olan kamyon ekskavatör eşleşmesi işlemi, KKS ve kablosuz IT teknolojileri yardımı daha etkili hale dönüşmüştür (www.trimble.com).

CBS ve UA'nın ülkemiz madenciliğine sağlayacağı katkılar şöyle sıralanabilir:

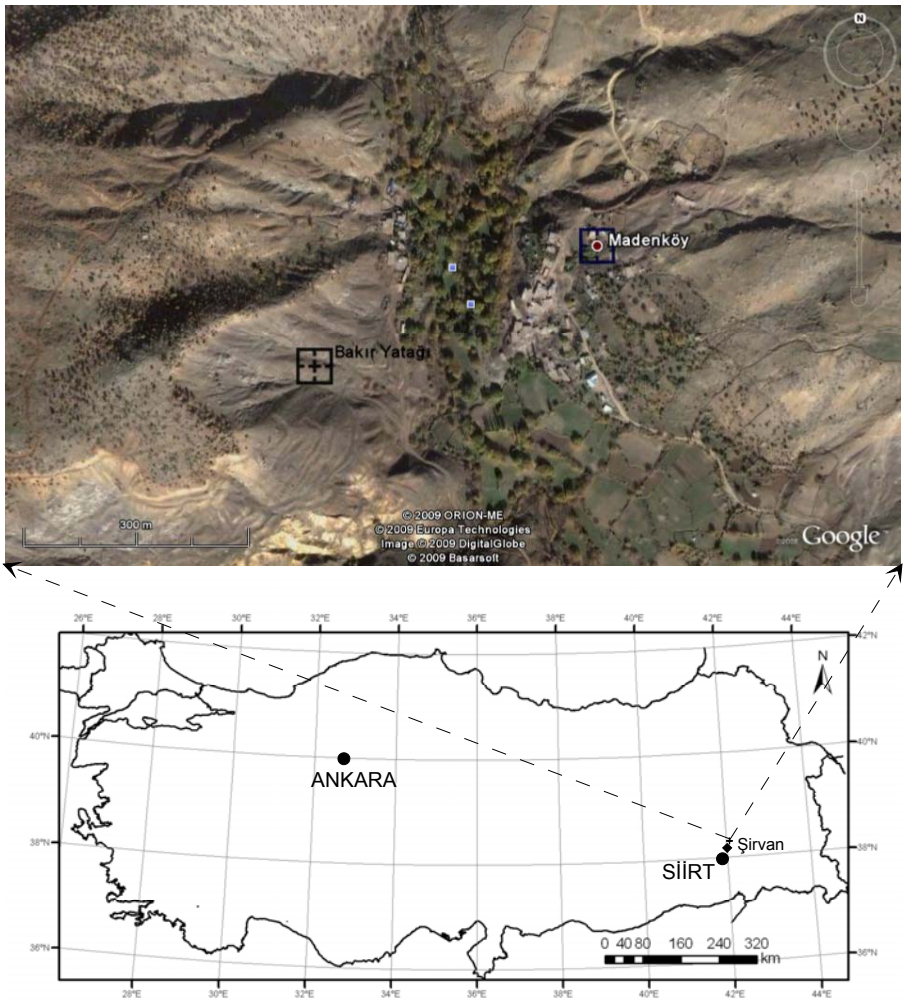
- Madencilik faaliyetlerinin hepsini içeren bir bilgi sisteminin oluşturulması (Maden Bilgi sistemi, MBS)
- Maden yönetiminin tüm madencilik faaliyetlerini toplu halde bir sistemde görmesi, gerekli sorgulamaların ve analizlerin yapılması
- Üretim planlamasının yapılması
- Jeolojik yapıların üretime etkilerinin gözlenmesi
- Tüm ocak içi yolların ve yollara ait bilgilerin sorgulanması, ilişkili tematik haritaların hazırlanması
- Maden kazalarının ocak haritasında işlenmesi ve bu haritadan yararlanılarak olası risk haritasının elde edilmesi
- Personele ait veri tabanının oluşturulması ve personelin çalıştığı bölümler ile ilişkilendirilmesi
- Ocak ile ilgili istenilen her türlü tematik haritanın hazırlanabilmesi
- Madene ait her türlü değişim ve ölçümlerin bilgisayar ortamında kısa zamanda güncellenebilmesi

# 4. MATERYAL ve METOD

## 4.1. Materyal

Siirt Madenköy bakır yatağı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Siirt İli Şirvan İlçesi'ne bağlı, Madenköyde yer almaktadır (Şekil 4.1). Madenköy, Şirvan'a 19 km'lik yol ile, Şirvan ise Siirt'e 25 km'lik yol ile bağlıdır.

Siirt Madenköy civarında arazi oldukça sarptır. En yüksek tepeler 1800 m'ye ulaşmaktadır. Bindirmeler boyunca ortaya çıkan kaynaklar, önemli dereler oluştururlar. Karasal iklimin etkin olduğu bölgede yazlar çok sıcak kışlar soğuk geçer.




Şekil 4.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

### 4.1.1. Sahanın Jeolojisi

Siirt Madenköy bakır yatağı, Güney Anadolu bölgesi'nin ofiyolitli-radyolaritli kayaç topluluklarının oluşturduğu kuşakta yer almaktadır. Bu kuşağın bir bölümü 'ofiyolitli melanj' diğer bir bölümü ise 'ofiyolitli olistostrom' durumundadır. Malzemeler aynı, fakat oluşum koşulları farklı olan bu kayaç toplulukları, aynı zamanda allokton kütlelerdir ve birbiri üzerine bindirmiş ekaylar, naplar, meydana getirmişlerdir (Ketin, 1983: Bal, 1995'den).

Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağı, Toridler olarak tanımlanan tektonik biriminin güney sınırına paralel uzanmakta ve güneyde Kenar Kıvrımları Kuşağı ile sınırlanmaktadır. Ofiyolit kuşağı, tabandan tavana doğru genelde ultramafitler, gabro ve mikrogabrolar, diyabaz ve yastık lavlarla pelajik tortullardan oluşmuştur (Ketin, 1966: Bal, 1995'den).

Bu ofiyolit kuşağı içinde irili ufaklı birçok volkanik kökenli masif sülfit yatağı bulunmaktadır. Bu yataklar batıdan doğuya, Elmalı (Kahramanmaraş), Helezur (Elazığ), Çüngüş ve Midyeköy (Diyarbakır), Ergani-Maden, Lice Karadere ve Madenköy'dür (Siirt) (Kırıkoğlu, 1992: Bal, 1995'den).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ana tektonik yapısını, Toridler, Ofiyolit kuşağı ve Kenar Kıvrımları birimleri arasındaki kuzeyden güneye hareket etmiş bindirmeler belirler. Ketin ve Canıtez (1972)'e göre, Diyarbakır Siirt yöresinde Bitlis Masifinin metamorfik serileri ofiyolitik Üst Kretase üzerine, bu da Miyosen yaşlı Şelmo Formasyonu üzerine kuzeyden güneye doğru 15-20 km. itilmişlerdir.

Siirt Madenköy Bölgesi'nde Maden Karmaşığı, Miyosen Önülkesi Sedimanterleri ve Bitlis Masifinin arasına sıkışmıştır. Karmaşık, denizaltı volkanitleri, volkanik breşler, pelajik karbonatlar, konglomeralar, diyabazlar ve bakırlı sülfitlerden oluşmaktadır (Yıldırım ve Almaç, 1976: Bal, 1995'den).

Ana cevher mineralleri, çoğunluk sırasına göre, pirit, manyetit ve kalkopirittir. Bunlarla birlikte, yer yer yaygın şekilde sfelarit, hematit, lökoksen, galenit ve kromit de bulunmaktadır. Gang mineralleri klorit, kalsit, dolomit ve kuvarstır.

Cevherleşme, spilit ve diyabazlara bağlı olarak gelişmiştir. Uzunluğu, yaklaşık 400 m, kalınlığı 150 m civarındadır. Kökeni volkanosedimenter olarak

yorumlanmaktadır. Makroskopik olarak, masif ağsı ve saçınımlı cevher tipleri mevcuttur. Cevher 50º'lik eğimle KD'ya dalmaktadır.

Yatak sahasında, Bitlis Masifi'ne ait rekristalize kireçtaşları, volkanik kayaçlar (spilit, diyabaz, porfiri spilit) ve bunlarla ardalanan çamurtaşları, kireçtaşları ile bunların bireşleri bulunmaktadır. Yatak, tektonik olarak çok kırıklı bir yapıya sahiptir ve bölgedeki faylanmalar, cevherleşmeden sonra meydana gelmiştir (Bal, 1995).

Siirt Madenköy bakır yatağı sahasında, iki ayrı orojene ait kayaçlar bulunmaktadır. Bunlardan Paleozoik yaşta kabul edilen Bitlis Masifi kristalin serisinin üst kısımlarını oluşturan Permokarbonifer kireçtaşları, yatağın kuzeyinde ve güneyinde yer almaktadır. Kireçtaşları arasında Alp tektonik orojenezine ait spilit, porfiri spilit, diyabaz, yer yer bunlarla bariz ardalanma gösteren çamurtaşı, kireçtaşı ve bunların bireşleri bulunmaktadır. Kireçtaşı molozları, bazalt daykları ve alüvyonlar maden yatağı etrafında rastlanan diğer belli başlı kayaç çeşitleridir. Alp orojenezinin volkanik ve sedimanterleri burada kristalin kireçtaşıları arasında tektonik pencere olarak bulunmaktadır (Çağatay, 1977: Bal, 1995'den).

Çalışma sahasında E-W uzanımlı silisleşme, kloritleşme, serisitleşme ve killeşme gösteren bir alterasyon alanı izlemektedir. Alterasyona uğramış yastık lavlar yer yer yastık lav yapılarını korumuşlardır. Pirit ve kalkopirit saçınımları içeren ve ayrışmaya uğrayan kayaç örneklerinin analizinde % 0,46-0,60 Cu bulunmuştur. Eski işletmelerden kalan cürufların analizinde ise % 1,5-3 Cu saptanmıştır.

Siirt-Madenköy bakır yatağı pirit ve kalkopirit saçınımlı killeşme ve kloritleşmeye başlayarak, yukarıdan aşağıya doğru masif şekilde aşağıdaki zonlamayı izler.

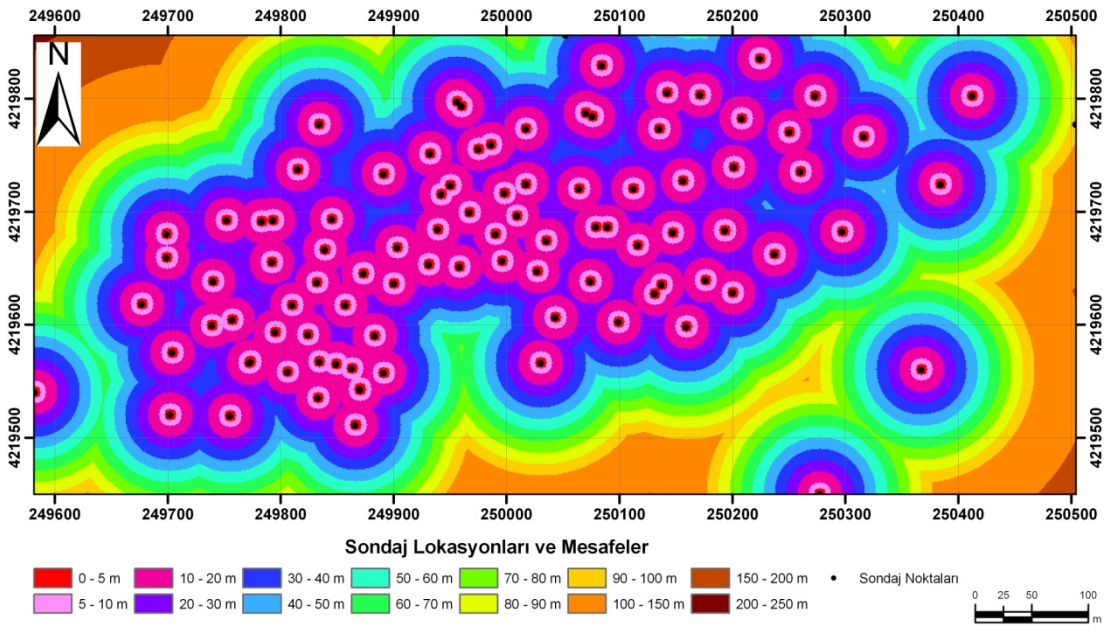
1. Pirit
2. Pirit+ kalkopirit
3. Pirit + kalkopirit + sfalerit
4. Pirit + kalkopirit + manyetit
5. Manyetit

Cevherleşme pirit-kalkopirit-manyetit veya yalnız manyetit saçınımlı killeşme-kloritleşme ve yer yer çatlak dolgulu cevherleşme ile sona ermektedir. Cevher kütlesi kuzeye 50 – 60 derece eğimlidir.

Cevherleşme tamamen yastık lavlar içerisinde gelişmiştir. Ayrıca cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal çökeltilerin spilitlere önemli miktarda silisyum, magnezyum ve demir eklediği düşünülmektedir (VADİ, 2006).

### 4.1.2. Sondaj Bilgileri

Bu çalışmada hem ArcGIS hem de Surpac programı ile değerlendirmeler yapılırken mevcut 97 adet sondaja ait bilgiler kullanılmıştır (Şekil 4.2, EK 1).




Şekil 4.2. Sondajların Lokasyonları ve Mesafeler

## 4.2. Metot

### 4.2.1. Esri ArcGIS Yazılımı

ARCGIS™ 9.0 sistemi, entegre bir coğrafi bilgi sistemidir. CBS yazılım bileşenlerinin ortak kütüphanesi ArcObjects üzerine kurulmuş bir sistemdir. ArcGIS 9.0, Desktop, Engine, Server, IMS olarak 4 anahtar bölüm içerir.

*ArcGIS Desktop*: İleri düzeyde CBS uygulamalarının bütünüdür.

*ArcGIS Engine*: C++, COM, .NET ve Java programlama dilleri kullanarak uygulama yazılımları oluşturmak için CBS geliştirici araçları sağlar.

*ArcGIS Server*: Ortak CBS yazılım objeleri kütüphanesidir. Sunucu tarafından bütün CBS uygulamalarını, SOAP tabanlı web servislerini ve web uygulamalarını gerçekleştirmek için kullanılır.

*ArcIMS*: Internet üzerinden haritaların, verilerin ve meta verilerin sunumu için kullanılan CBS hizmetleridir.

ArcGIS Desktop, çok çeşitli kullanıcı tiplerinin gereksinimlerini yerine getirebilmek amacıyla ölçeklendirilmiştir. Bunlar ArcInfo, ArcView ve ArcEditor'dür. Hepsi, içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe ve Model Builder arayüzleri ile, haritalama, coğrafi analizler, veri düzenleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebileceğiniz entegre bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır. Bu üç tip ArcGIS Desktop'u kullanımlarına göre tanımlayabiliriz; ArcView, çok kapsamlı veri kullanımı, haritalama ve analizler üzerine odaklanır. ArcEditor, ArcView yazılım özelliklerine ek olarak, gelişmiş coğrafi düzenleme ve veri üretimi sağlar. ArcInfo, çok kapsamlı CBS fonksiyonları ve çok zengin coğrafi işlemler içeren profesyonel bir yazılımdır.

ArcGIS Desktop Extensions (Modüller) kullanılarak bütün yazılımlara yeni yetenekler eklenebilir. Kullanıcılar ArcObjects (ArcGIS yazılım bileşenleri kütüphanesi) kullanarak kendilerine özel modüller geliştirebilirler. Ayrıca, Visual Basic, .NET, Java, Visual C++ gibi standart Windows programlama arayüzleri kullanılarak yeni modüller ve özel araçlar da geliştirilebilir (İŞLEM GIS, 2004).

#### 4.2.1.1. ArcMap

ArcMap'de mevcut grafik ve sözel verilerin seçilen projeksiyona göre görüntülenmesi, haritalama, veri düzenleme, sorgulama ve analiz, grafikleme ve raporlama araçları ile yüksek kalitede kartografik üretim fonksiyonları bulunmaktadır.

#### 4.2.1.2. ArcCatalog

Grafik ve sözel verileri tanımlama, gözden geçirme, yönetme ve organize etme işlemlerini üstlenmiş olan uygulamadır. ArcCatalog'da, ilişkisel veri tabanlarına direk bağlantı konusunda; Windows Explorer'a benzer işlevleri ayrıca veri tipleri, içerikleri ve ikon görüntüleme (Contents) fonksiyonları vardır. Sürükle-bırak (Drag, Drop) özelliği (ArcMap ve ArcToolBox için) konusunda;

- Projeksiyon sistemlerinin görüntülenmesi ve yönetilmesi,
- Veri tabanında yer alacak olan alanların (Field) yaratılması ve tüm özelliklerinin yönetimi,
- ArcGIS veri formatlarının yaratılması (Shape File, Coverages ve Feature Class),
- Veri içerik tablolarının oluşturulması ve görüntülenmesi (Metadata'larının oluşturulması),
- DataView ortamında Ön gösterimlerinin sağlanması
- UML (Unified Modeling Language) ile oluşturulmuş nesne modellerinden geodatabase yaratma
- Grafik ve Sözel veriler arasındaki işlevlerin tanımlanması (Subtypes, Domain, RelationShips)
- Veri yönetimi (Copy, Rename, Delete)
- ArcGIS Server yönetimi
- Lokal ağlar ve Web üzerinde CBS verileri arama ve bulma ve
- ArcToolbox (Geoprossesing) fonksiyonlarını içerir.

#### 4.2.1.3. ArcToolbox ve ModelBuilder ile Geoprocessing (Coğrafi İşlemler)

Geoprocessing, CBS verileri üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bilgilerin yapılandırılmasıdır ve bütün coğrafi bilgi sistemleri içerisinde kritik bir fonksiyondur. Geoprocessing birçok kritik CBS aktiviteleri ve bir CBS içerisindeki çoklu işlemlerin, ayni zamanda metotların otomatik hale getirilmesi için kullanılmaktadır. Kullanıcılar, yüksek kalitede veri oluşturmak, veri kalitesi üzerinde

kontrolleri yapmak, modelleme ve analizler gerçekleştirmek için geoprocessing fonksiyonlarına başvururlar.

ArcGIS Desktop, geoprocessing modellerinin oluşturulmasına, bu modellerin kullanılmasına, dokümante edilmesine ve paylaşılmasına yönelik bir yapı sağlar. ArcToolbox ve ModelBuilder, geoprocessing yapısının iki ana bölümüdür. ArcToolbox geoprocessing araçlarının organize bir koleksiyonu, ModelBuilder ise geoprocessing is akışlarının yapılandırılmasında görsel bir modelleme dilidir.

***ArcToolbox;*** Veri yönetimi, Veri dönüşümü, Coverage işlemleri, Vektör analizler, Geocoding (Coğrafi kodlama) işlemleri için araçlar içerir. ArcView, ArcEditor ve ArcInfo içerisinde kullanılabilir durumdadır. Her seviye ek geoprocessing araçları içerir. ArcView basit veri yükleme ve dönüşüm araçları içerdiği gibi temel analiz araçlarını da içeren çekirdek bir sete sahiptir. ArcEditor, ArcView yazılımının sağladığı araçlara ek olarak geodatabase oluşturmaya ve yüklemeye yönelik ek araçlar sağlar. ArcInfo ise, vektör analizler, veri dönüşümü, veri yükleme ve coverage işlemleri için çok kapsamlı geoprocessing araçları sağlar.

Ek geoprocessing araç setleri, 200'e yakin raster modelleme araçları içeren ArcGIS Spatial Analyst; TIN ve arazi analizleri için geoprocessing araçları ekleyen 3D Analyst gibi birçok ArcGIS modülleriyle gelmektedir.

***ModelBuilder;*** Geoprocessing iş akışlarının ve scriptlerinin yapılandırılması için grafik modelleme sağlar. Ayni zamanda kompleks geoprocessing modellerinin oluşturulmasına ve tasarlanmasına yardımcı olur. Modeller, ileri düzey işlemleri ve is akışlarını oluşturmak için araç dizilerini, bununla birlikte verileri birbirine bağlayan veri akış diyagramlarıdır. Kompleks CBS işlemlerini gerçekleştirmek için araçları ve veri setleri modeller üzerine sürüklenebilir, işlem adımları belli bir sıralama dahilinde birbirine bağlanabilir. ModelBuilder, metotları ve prosedürleri organizasyon dışındaki diğer kullanıcılarla da paylaşabilmeniz için verimli bir mekanizmadır.

#### 4.2.1.4. ArcGlobe

ArcGIS Desktop 3D Analyst modülünün bir parçası olan ArcGlobe, sürekli, multi-resolution, global görüntüleme sağlar. ArcGlobe da ArcMap gibi CBS veri

katmanlarıyla çalışır. ArcGlobe katmanları, ortak bir global yapı içerisine entegre edilerek tek bir küresel görüntüleme ortamına yerleştirilir. Veri setlerini ve detayları uygun ölçeklerde görüntüleme ortamı sağlar.

ArcGlobe'un coğrafi bilgi için interaktif görüntüleme ortamı, CBS kullanıcılarının tamamen farklı veri setlerini entegre etme kabiliyetlerini önemli ölçüde geliştirmiştir. Editleme, mekansal veri analizleri, haritalama ve görüntüleme gibi ortak CBS işlemleri için ArcGlobe'un geniş bir uygulama platformu olması beklenmektedir.

### 4.2.2. Gemcom Surpac Yazılımı

Surpac; jeolojik modelleme, maden tasarım ve üretim planlama sistemidir. Bütün önemli madencilik konularını kapsayan bir madencilik programıdır. Bu yazılım jeoloji, maden teknik, üretim planlama ve organizasyon konularında, bölgenin iyileştirilmesi için yapılacak işlemlere kadar madenciliğin bütün basamaklarında kullanılan uygulamalara sahiptir. Bütün proje verileri Surpac'ta arşivlenir ve yönetilir (www.sst-consult.de).

#### 4.2.2.1. Jeoloji ve Kaynak Modelleme

Jeologların, sınırlı bilgiler ile bir maden yatağının fiziksel karakterlerini saptamaya olanak sağlaması Surpac'ın yapabilecekleri için bir anahtardır ki 3D (3 boyutlu) güçlü grafikleri, jeoistatistik ve entegre edilmiş modelleme koşullarını kullanır.

***Veri yönetimi:*** Veri depolamak, yönetmek ve sondaj verilerinin tekrar görüntüsü için ileri veritabanı araç çubuğunun çalıştırılması gibi herhangi yaygın bir veritabanına arayüz oluşturması ve veriye bağlı iken aynı anda çalışması da veri yönetimidir. Ayrıca var olan topografik veya ön model verilerinin ve sondajların kullanım kolaylığı ile görüntü ve sonuç sekmelerinin hızlılığıdır.

Doğru bir kaynak modellemesi için aşağıdaki modüller Surpac'ın öz grafiğine eklenmelidir.

- Jeolojik veri tabanı
- Grafiksel öz kayıtlar

- Veri analiz araç çubukları
- Sayısal alan modelleme ve eşyükseltiler
- Grid interpolasyon modelleme ve eşyükseltiler
- Hata modelleme
- Sayısallaştırma
- İleri jeoistatistiğin temeli
- Katı modelleme
- Blok modelleme
- Otomatik çizim ve noktalama.

Surpac yazılımı, Açık Veri Tabanı Teknolojisi (ODBC) çoklu kullanıcı yararlarının sağladığı avantajlara sahiptir. Surpac jeolojik bilgilerin işlenmesi ve depo edilmesi için Access, Oracle veya SQL Server gibi ürünlerin büyük ölçekli yönetim gücünü kullanır. Var olan ilişkisel veri tabanlarına bağlanmak veya Surpac kullanarak opsiyonel kullanıcı tarafından belirlenen tablolar ve alanlar ile yeni bir veri tabanı oluşturulması mümkündür. Litolojik boşluklar, değişme, başkalaşma, çözümleme, yeraltı jeofiziği, kanal örnekleri, jeokimya, zaman içindeki su seviyesi, gözlem noktaları gibi verilerin alışı ve onaylanması kolaydır.

Veri tabanı merkezi grafik sistemi ile çok ilgili entegre edilmiştir. Sondajların grafiksel gösterimine, bölümlerin hızlıca çıkarılmasına ve görselleşmesine bir mouse tıklanmasıyla izin verir. Veritabanı tablolarına ekran üzerinden sondaj bölümünde ilgili grafiğin aralıklarının seçilmesi ile erişilebilir ve düzenlenebilir. Grafiksel sondaj verileri jeolojiyi, dereceleri ve derinlikleri tekli veya çok sondaj olarak göstermesi için üretilebilir.

***Tahmin ve modelleme:*** Surpac jeoistatistik ve numune bileşikleri için önemli araç çubukları içerir. Veriler için en iyi variogramı belirlemeye yardımcı olmak için variogram modellemesi dinamik uzaklık ayarı ve variogram araçlarını kapsar (VarioMap). Tahmin araç çubuğu normal kriging ve koşulsal similasyon opsiyonu için Jeoistatistiksel Yazılım Kütüphanesi (GSLİB)'ne bağlantı arayüzü vardır. Surpac blok modelleme araç çubuğu çeşitli işlevselliğe ve kullanım kolaylığına sahiptir. Geçerli bir modeli ve raporun herhangi bir seviyeden üretilmesini çabuk ve etkili yapabilir. Kapsamlı 3D'li model sunum araç çubuğu herhangi bir cevherin doğru

örneklenebilecek modelini geliştirmeye olanak verir.

Katı modelleme; jeolojik zonların, maden cevherinin, damarların ve maden üretim ceplerinin tanımlanmasında kullanılan yaygın bir tekniktir. Bir alanın bölümlerinden elle veya otomatik oluşturulan katı modellemenin hızı ve kolaylığı Surpac'ın en çok göze çarpan özelliğidir. Tekliden çokluya kolayca modellenir. Katı yüzey diğer katılarla yada DTM (Sayısal Alan Modelleme) ile kesilebilir. Sonuç olark kapalı katıların hacimleri kolayca ve kesin hesaplanabilir.

Yazılım pazarında Surpac'ın blok modellemesini pazarın en güçlü ve en esnek kaynak modelleme sistemi yapan; ileri jeoistatistiğin kullanımında özelliklerin her blok için sayısal veya tanımsal olabilmesi ve herhangi bir noktada modelden silinebilir veya eklenebilir olmasıdır. Bu tanımlayıcı özellikler; altın derecelerini, kömür kalitesini, riskli atık karakteristiklerini ve özgül ağırlıkları içerebilir. Bloğun renk kodlaması ve göstergesi otomatik ayarlanır. Blok modellemesinin gerçek gücü oluşturduğu blok modelinin; katı model, UTM (Universal Transverse Merkator) yüzeyleri, cevher damarları veya maden işletme dizaynı ile sınırlandırabilmesidir. Blok modelleme modülü, kullanıcı tanımlı derece / tonaj / hacim raporlarını herhangi bir sınırlandırılmış bölge içinde oluşturabilmesine olanak verir.

Surpac kullanıcının hem istatistiksel ara değer bulmak için hedef çözümü hemde sınırlandırılmış kenarların çevresi kullanımı için minimum çözümü belirlemesine yardımcı olur (www.gemcomsoftware.com).

#### 4.2.2.2. Maden Planlama

Surpac, açık ve kapalı işletmeler için oluşturulan plan ve dizaynlarda mühendislerin bütün ihtiyaçlarını araç çubukları ile sağlar. Bu çerçevede dizaynlar; ekonomik limit, kesim derecesi ve zemin stabilitesi gibi proje sınırlamalarına uyumlu olurken cevher planı maksimum yapılır.

Çeşitli kaynaklardan gelen verileri gösterir ve fizibilite projelerini desteklemek için planda birleştirir. Farklı bilgilerin parçalarını; bir kaynağın ekonomik üretiminin maksimize edilmesi ve yapılan dizaynın maden alanının fiziksel sınırlamalarının içinde kaldığını belirlenmesi için aynı zamanda gösterebilir. Veriler, Surpac ileri veri girişi ile diğer yazılım formatlarından direk kullanılabilir.

Bütün maden tasarım verileri ile interaktif çalışabilir: sondajlar; var olan cevher yatağı ve yüzey modelleri; optimum işletme tavanı; blok ve grid modelleri; dereceye göre renkli dağılım gibi (www.gemcomsoftware.com).

#### 4.2.2.3. Maden Üretim

Surpac; maden mühendisleri, jeolojistler ve topograflar için bileşik uygulamalar, net planlama, veri kullanımında etkili iletişim ve uyumluluk sağlar. Yazılım; üretim sırasında diğer veritabanlarına bağlı iken sondajları, patlatma ve yüzey bilgilerini yönetir (www.gemcomsoftware.com).

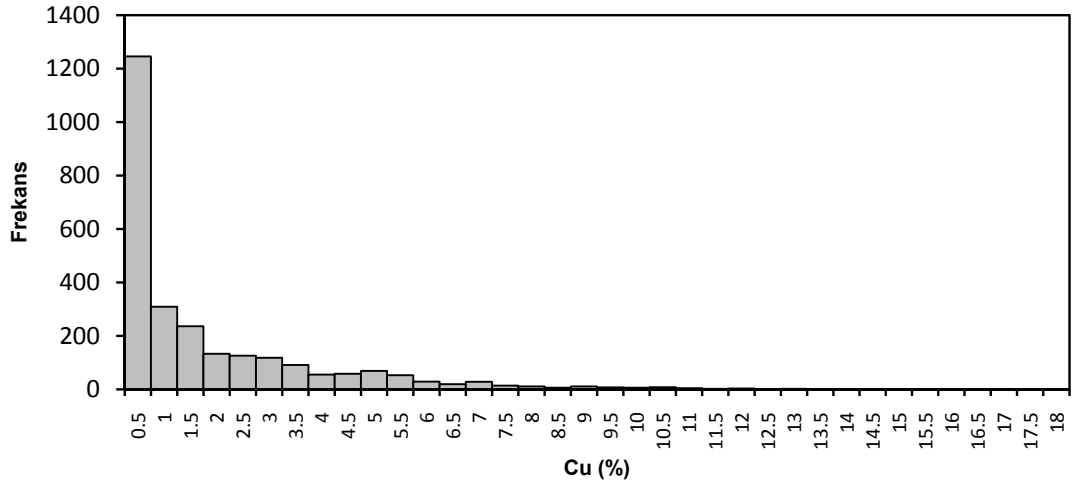
Maden yüzeyi ve cevher kontrolü sırasındaki işlevleri;

- Hacimlerin onaylanıp hemen hesaplanması
- Optimum rezervi çıkarbilmek için işlenmemiş sodaj verilerine karşılık kriging modelinin karşılaştırılması.
- Herhangi ilgili proje bilgisinin yüksek kalitede ölçekli haritalarını üretir.
- Yerküre hareketlerinde gerekli ayrıntılı ihtiyaçların tam olarak işaretlenmesi için yol ve açık işletme dizayn araç çubuğu tepe yüzeye göre ayarlanır.

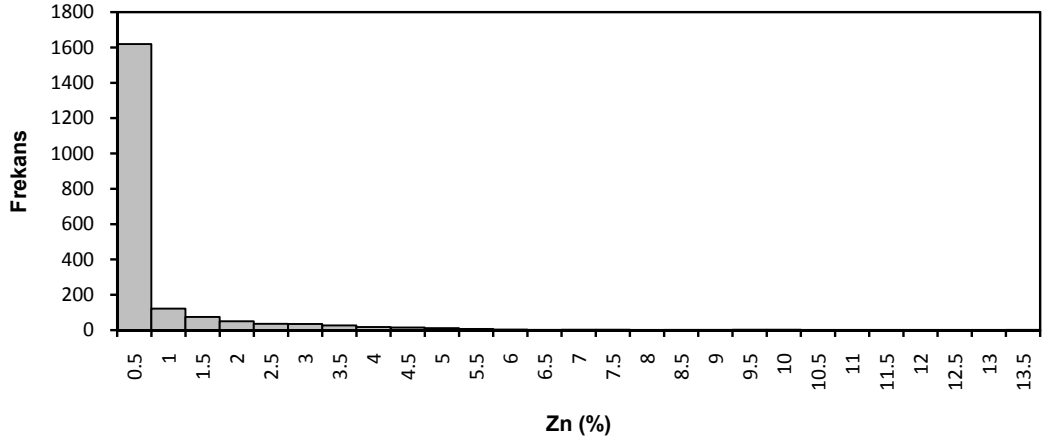
# 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

## 5.1. Verilerin Değerlendirilmesi

Siirt Madenköy bakır yatağının modellenmesi için; açılan 98 sondajdan 97 sondaj verileri kullanılmıştır. Yalnızca M22 sondajı cevherin gidiş yönünün tespiti için kontrol sondajı olarak açılmış olduğu düşünülmektedir. Bu sebepten hesaplamalarda kullanılmamıştır. Sondaj bilgilerinden Bakır (Cu) ve Çinko (Zn) tenörlerine ait bilgilerin dağılımları Şekil 5.1-2 ve tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 5.1'de verilmiştir.




Şekil 5.1. Cu tenörü Histogram grafiği



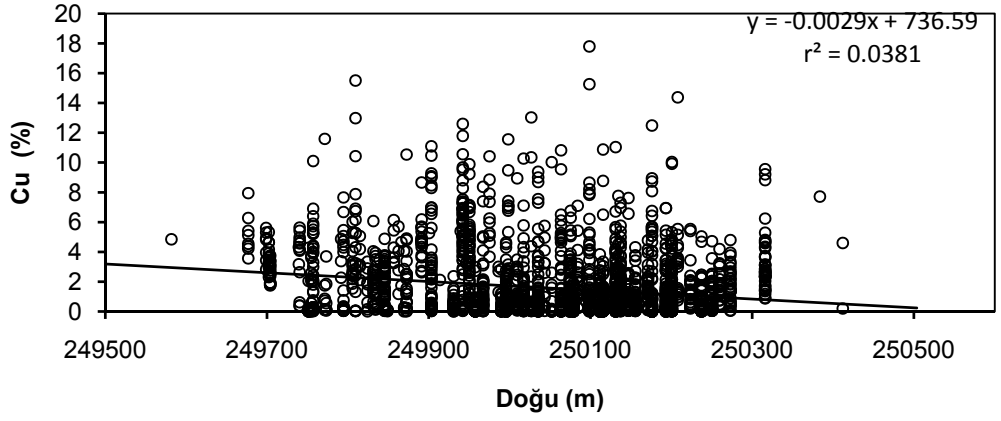

Şekil 5.2. Zn tenörü Histogram grafiği

Çizelge 5.1. Cu ve Zn tenörlerine ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler

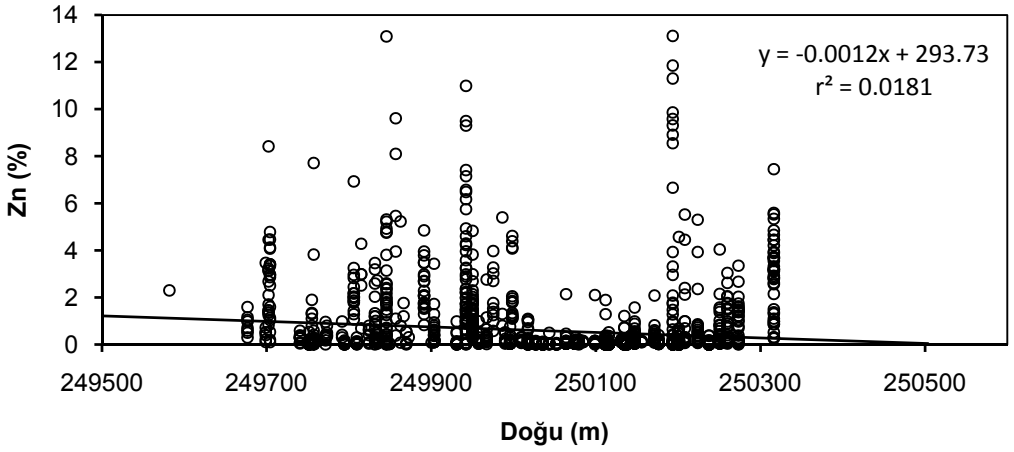
| Değişken | Cu (%) | Zn (%) |
|---|---|---|
| Veri Sayısı | 2650 | 2044 |
| En Küçük | 0.01 | 0.01 |
| En Büyük | 17.80 | 13.11 |
| Ortalama | 1.56 | 0.56 |
| Ortanca | 0.62 | 0.07 |
| Standart sapma | 2.16 | 1.33 |
| Varyans | 4.65 | 1.76 |
| Çarpıklık | 2.25 | 4.41 |
| Basıklık | 6.57 | 25.27 |
| Değişim katsayısı | 1.39 | 2.37 |

Cu ve Zn içeriklerinin Doğu, Kuzey ve Z doğrultularındaki dağılımları da Şekil 5.3-8'de gösterilmiştir.

Doğu doğrultusundaki grafiklerden anlaşılacağı üzere hem Cu hem de Zn tenörleri için negatif bir ilişki olmasına rağmen belirlilik katsayılarının ($r^2$) çok düşük olmasından dolayı tenörlerin bu doğrultu boyunca bir yönelme göstermeksizin dağılmış olduğu görülmüştür.

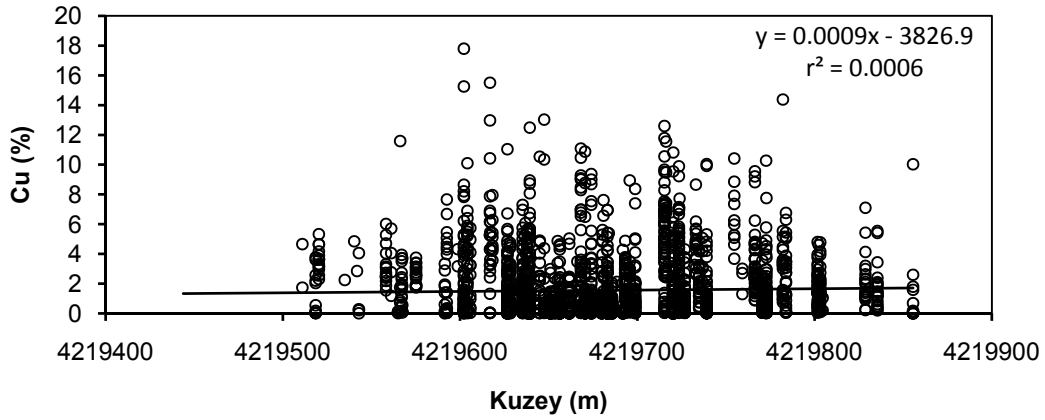



Şekil 5.3. Cu tenörlerinin Doğu doğrultusundaki değişimi

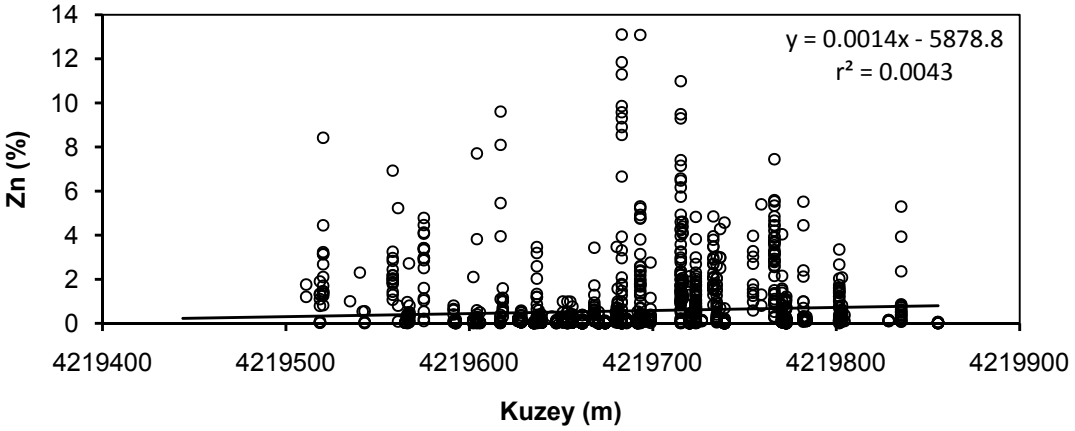



Şekil 5.4. Zn tenörlerinin Doğu doğrultusundaki değişimi

Kuzey doğrultusundaki grafiklerden anlaşılacağı üzere hem Cu hem de Zn tenörleri için pozitif bir ilişki ancak belirlilik katsayılarının ($r^2$) çok düşük olmasından dolayı tenörlerin bu doğrultu boyunca bir yönelme göstermeksizin dağılmış olduğu görülmüştür.

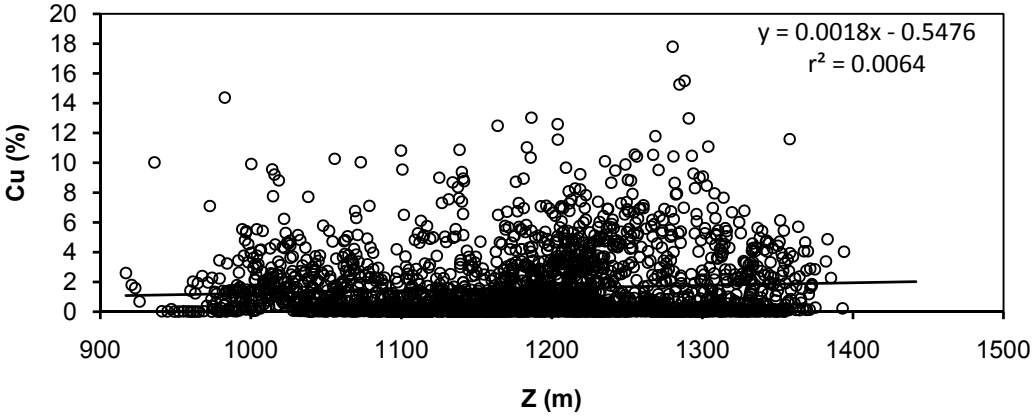



Şekil 5.5. Cu tenörlerinin Kuzey doğrultusundaki değişimi

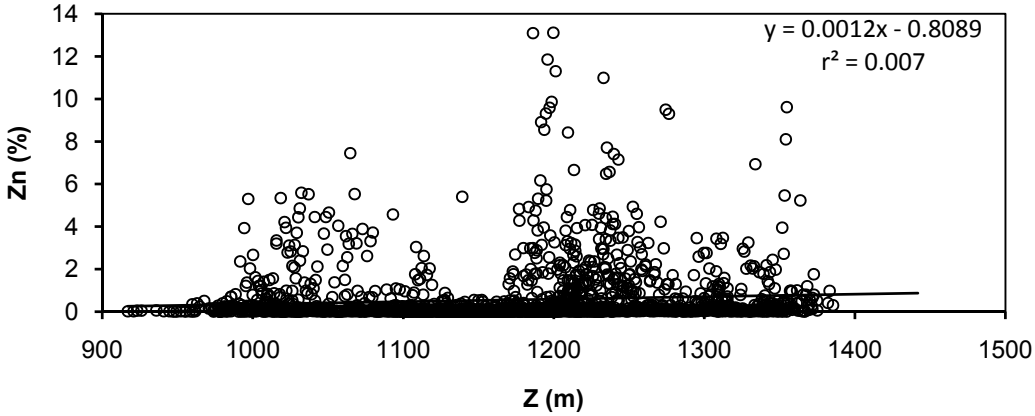



Şekil 5.6. Zn tenörlerinin Kuzey doğrultusundaki değişimi

Z doğrultusundaki grafiklerden anlaşılacağı üzere hem Cu hem de Zn tenörlerin de Kuzey doğrultunundaki gibi pozitif bir ilişki ancak belirlilik katsayılarının ($r^2$) çok düşük olmasından dolayı tenörlerin bu doğrultu boyunca bir yönelme göstermeksizin dağılmış olduğu görülmüştür.




Şekil 5.7. Cu tenörlerinin Z doğrultusundaki değişimi



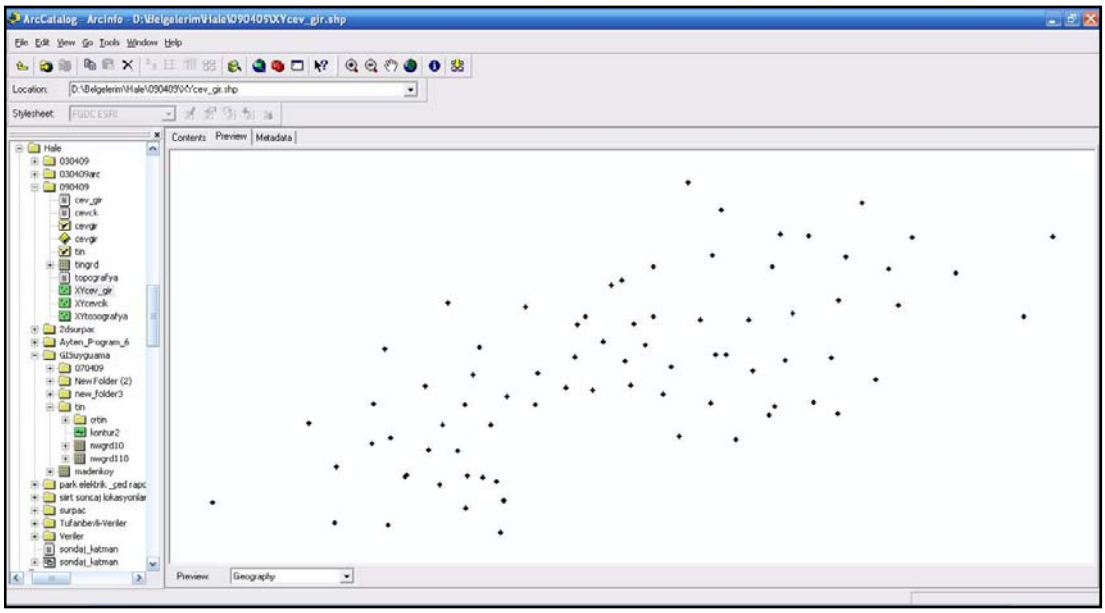

Şekil 5.8. Zn tenörlerinin Z doğrultusundaki değişimi

Bu grafiklerin bir sonucu olarak cevherleşmenin düzensiz ve çok dağınık olduğu kanısına varılmıştır.

## 5.2. ArcGIS ile Yatağın Modellenmesi

### 5.2.1. Veri Dosyalarının Oluşturulması

Madenköy sahası için cevher giriş ve çıkış verileri ile text dosyalarında hazırlanan veriler ArcCatalog'da şekil (shape) formatına dönüştürülmüştür. Oluşturulan bu dosyalar ArcCatalog'da Şekil 5.9'daki gibi görüntülenmektedir.



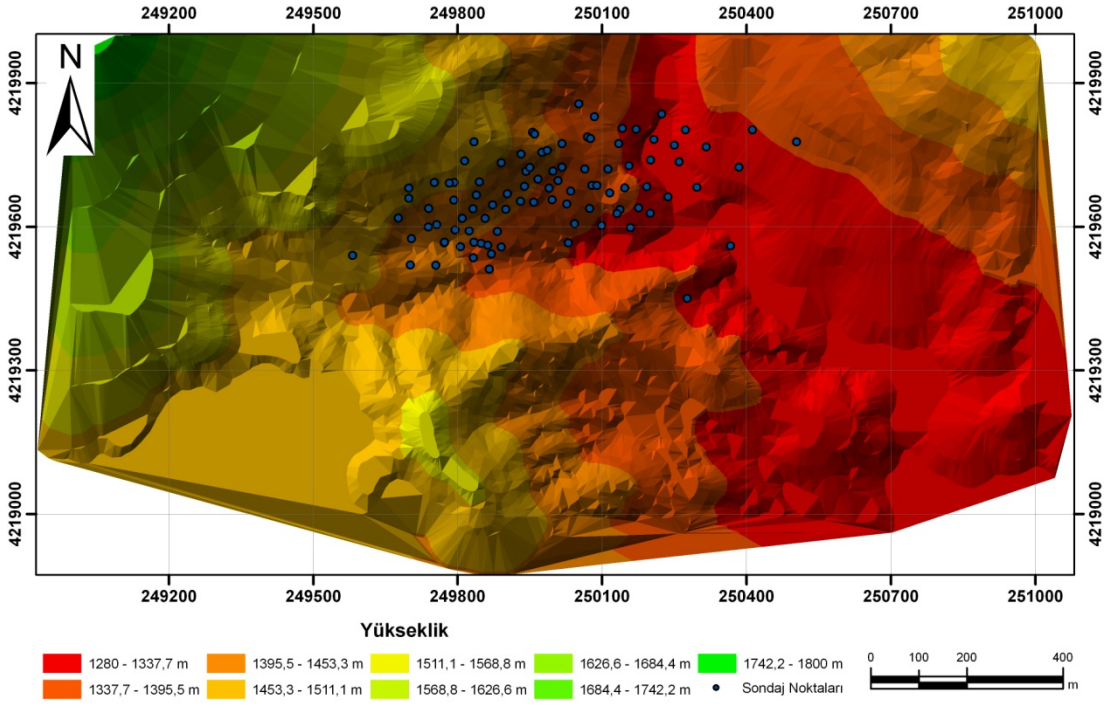
Şekil 5.9. Madenköy verilerinin ArcCatalog'daki görüntüsü

ArcGIS programı yüzeysel işlemlerde daha doğru sonuçlar verdiği için cevher bloğu Z ekseni doğrultusunda 10 m aralıklar ile 62 dilime ayrılmıştır. Her bir dilimi kesen sondaj verilerini tespit etmek için, Visual Basic programlama dili ile küçük bir program yazılmıştır. Bu programdan elde edilen ve cevher kesen 42 dilim ArcGIS'de uygulanmıştır.

### 5.2. 2. Sayısal Yüzey Modelleme

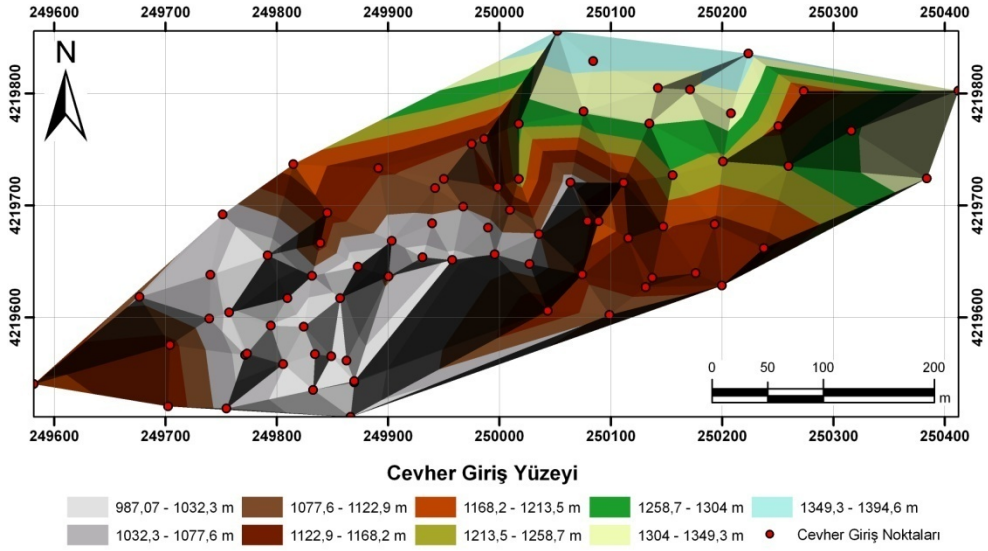
Madenköy bakır yatağı için Topografya, cevher giriş, çıkış verileri ile sayısal yüzey modelleme yapılarak yatağın üç boyutlu görüntüsü elde edilmiştir.

Çalışma alanın topografyasının Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model: DEM), 1:25,000 ölçekli Van L48 d3 paftası kontur verilerinin sayısallaştırılması ile Düzensiz Üçgenleme Ağı (Triangulated Irregular Network: TIN) üretilmiştir (Şekil 5.10).

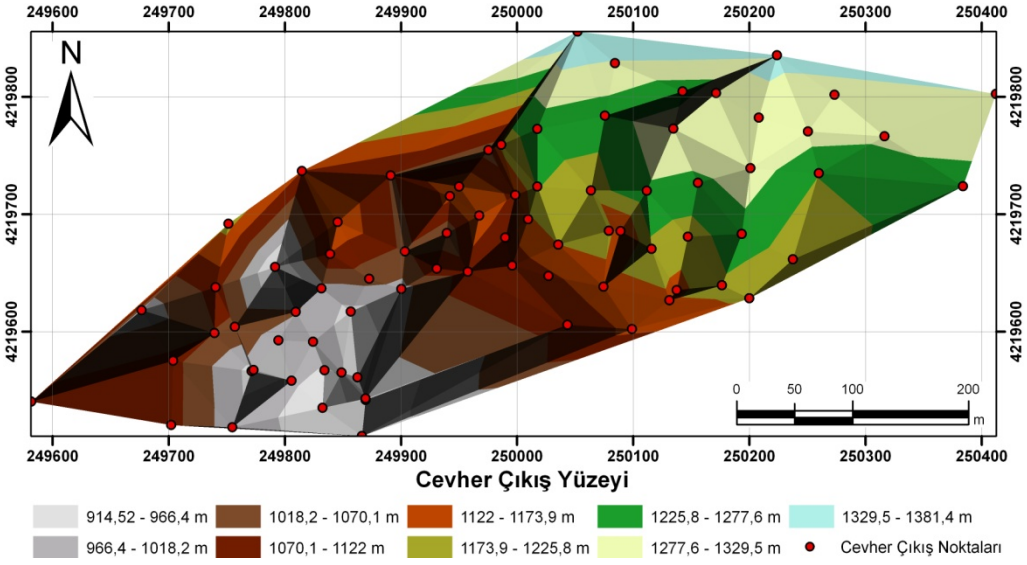



Şekil 5.10. Topografya TIN verisi ve Sondaj yerlerinin ArcMap'teki görüntüsü

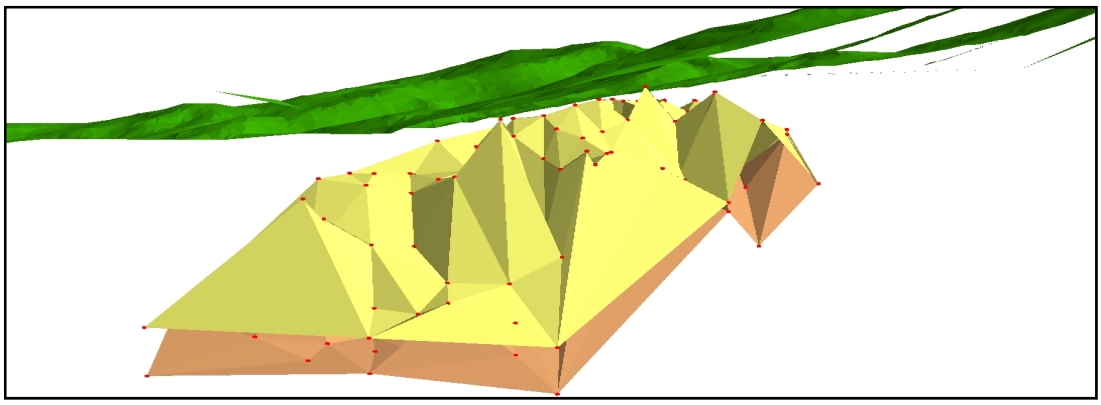
Cevher giriş ve çıkış TIN dosyaları için sondajların cevher giriş ve çıkış kotları değerlendirilmiştir (Şekil 5.11-12). Yatağın üç boyutlu görüntüsü ise Şekil 5.13'teki gibi elde edilmiştir.




Şekil 5.11. Cevher giriş TIN verisi ve Sondaj yerlerinin ArcMap'teki görüntüsü




Şekil 5.12. Cevher çıkış TIN verisi ve Sondaj yerlerinin ArcMap'teki görüntüsü

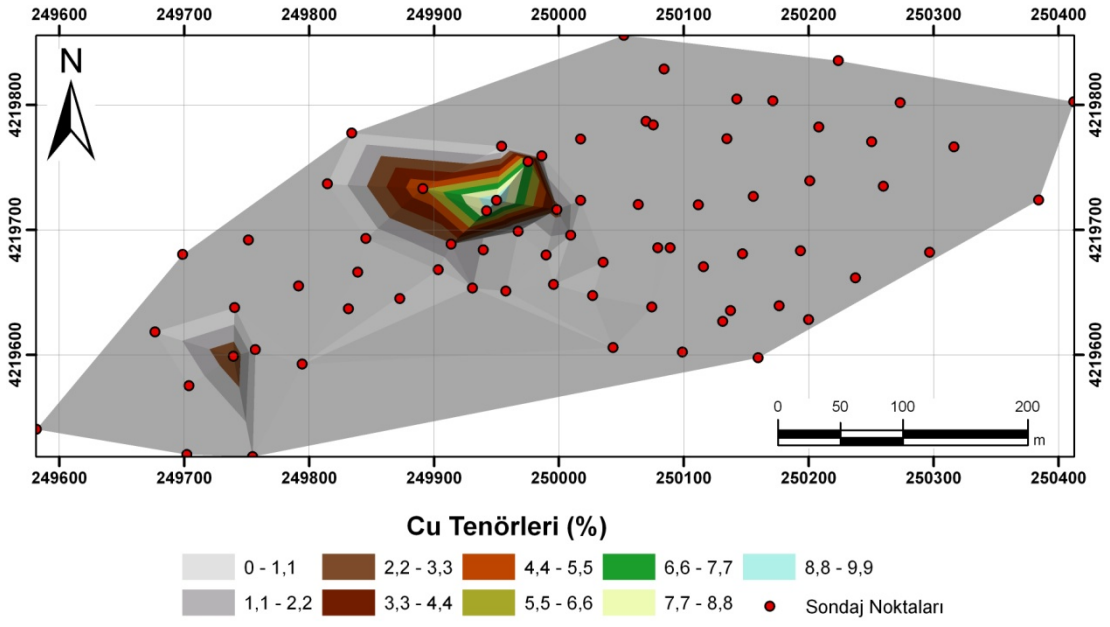


Şekil 5.13. TIN verilerinin ve Sondaj yerlerinin ArcScene'deki görüntüsü

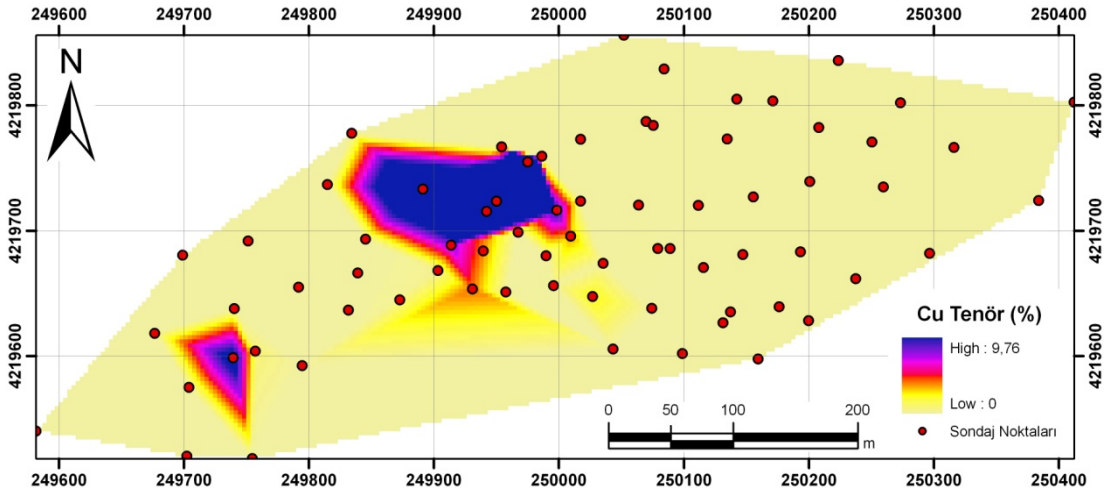
### 5.2. 3. Grid Verileri Oluşturma ve Yeniden Sınıflandırma

Cevherin bakır içerikleri ile oluşturulan ikinci TIN verileri (Şekil 5.14) Grid formatına dönüştürülerek her piksele Cu değerleri atanmıştır. Piksel boyutu 0.5 seçilmiştir (Şekil5.15).

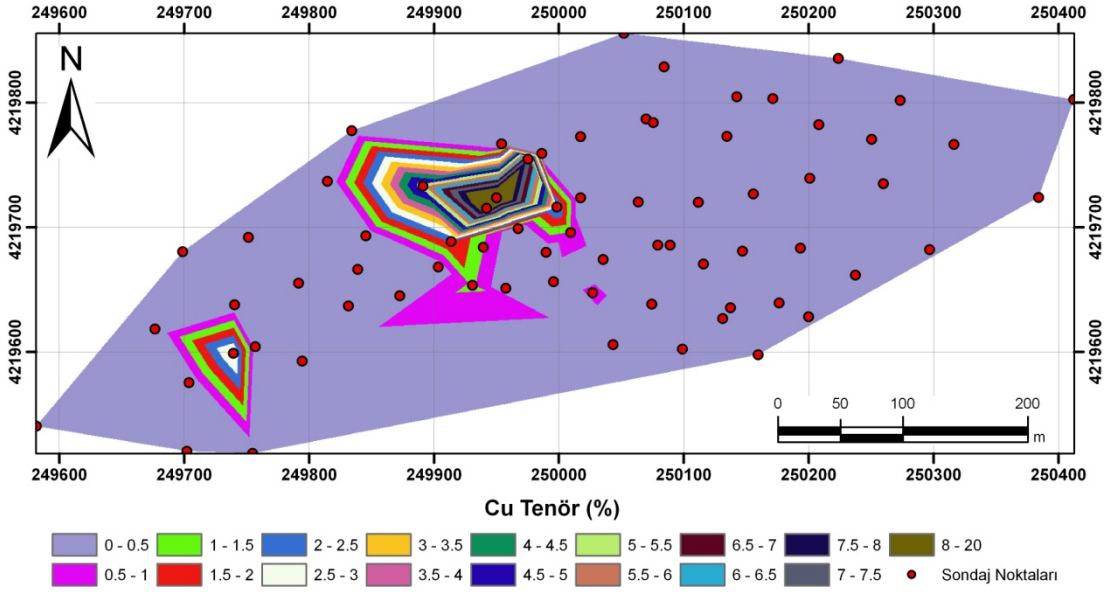
TIN verisinden oluşturulan Grid alanı renk skalasından 0.5 aralıklı 17 sınıfa bölünmüş ve Grid verisinin %0.5 Cu içeriğine göre görüntüsü Şekil 5.16'te verilmiştir.




Şekil 5.14. 1260 kotunda %Cu değerleri ile oluşturulan TIN verileri ve Sondajların ArcMap'teki görüntüsü




Şekil 5.15. 1260 kotunda TIN verisinden oluşturulan Grid verisi ve Sondajların ArcMap'teki görüntüsü



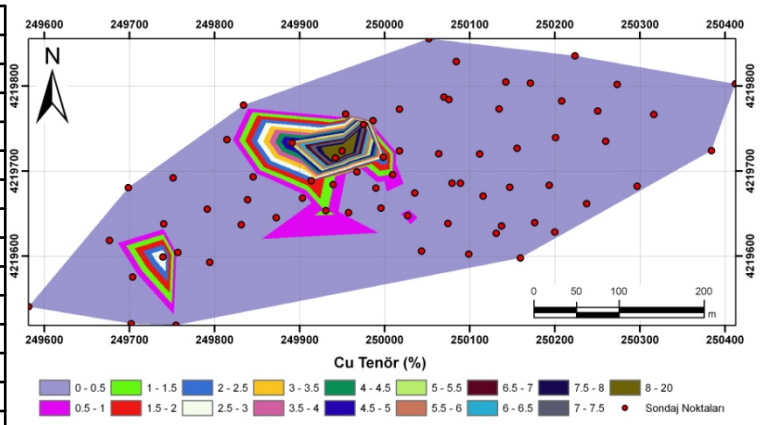

Şekil 5.16. 1260 kotundaki Grid verisinin yeniden sınıflandırılması sonucu oluşan görüntü

### 5.2.4. ArcGIS ile Rezerv Kestirimi

ArcMap'te Grid verilerinin sınıflandırılmasından sonra Tablo Menüsü kullanılarak renk aralıklarına giren piksel miktarı saptanmıştır. Her seviyedeki piksel sayısı, bir piksel alanı olan 0.25 $m^2$ ile çarpılıp seviyelerin alanları hesaplanmıştır. Bu tablolar ".dbf" uzantılı olarak kaydedilmiştir (Şekil 5.17).

Excel programında bu dosyalar sınıf aralıklarına ve yüksekliklerine göre listelenir. İki kot arasında kalan ortalama alanı tespit edildi ve kotlar arası mesafe olan 10 m ile çarpılıp ve seviyelerine göre toplandı. Bu şekilde her sınıf aralığının rezervi tespit edilmiştir (Çizelge 5.2).

| Piksel | Alan | Cu Tenör (%) |
|---|---|---|
| 556699 | 139174.7 | 0 - 0.5 |
| 27055 | 6763.75 | 0.5 - 1 |
| 12854 | 3213.50 | 1 - 1.5 |
| 9431 | 2357.75 | 1.5 - 2 |
| 6695 | 1673.75 | 2 - 2.5 |
| 4897 | 1224.25 | 2.5 - 3 |
| 3665 | 916.25 | 3 - 3.5 |
| 3192 | 798.00 | 3.5 - 4 |
| 2790 | 697.50 | 4 - 4.5 |
| 2379 | 594.75 | 4.5 - 5 |
| 1978 | 494.50 | 5 - 5.5 |
| 1814 | 453.50 | 5.5 - 6 |
| 1633 | 408.25 | 6 - 6.5 |
| 1713 | 428.25 | 6.5 - 7 |
| 1309 | 327.25 | 7 - 7.5 |
| 1536 | 384.00 | 7.5 - 8 |
| 2384 | 596.00 | 8 - 20 |




Şekil 5.17. Sınıflandırılan 1260 kotundaki grid verilerinin alanları

%0-0.5 Cu içeren veriler 36,668,483.75 $m^3$'tür. Bu kadar büyük olarak hesaplanmasının sebebi ArcGIS'in sondaj verilerinden üçgenleme yaparken daha geniş bir alana yayılmasıdır. Bu oranı sınıflandırma aralığını küçülterek düşürebiliriz ancak biz en az %0.5 Cu içeren verileri rezerv olarak tanımladığımızdan dolayı bu tenöre ait rezerv hesaplamalara dahil edilmemiştir. Cevher rezervi, yoğunluk 3.5 ton/$m^3$ alınarak hesaplanmış %0.5 Cu'dan büyük tenörlü rezerv miktarı Çizelge 5.2'de görüldüğü gibi 30,785,090.0 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. ArcGIS ile elde edilen rezerv sonuçları

| %Cu | Hacim ($m^3$) | Rezerv (ton) |
|---|---|---|
| **0.5-1** | 3,455,661.25 | 12,094,814.38 |
| **1-1.5** | 1,843,188.75 | 6,451,160.63 |
| **1.5-2** | 1,142,747.50 | 3,999,616.25 |
| **2-2.5** | 739,981.25 | 2,589,934.38 |
| **2.5-3** | 511,382.50 | 1,789,838.75 |
| **3-3.5** | 300,133.75 | 1,050,468.13 |
| **3.5-4** | 187,715.00 | 657,002.50 |
| **4-4.5** | 141,388.75 | 494,860.63 |
| **4.5-5** | 110,513.75 | 386,798.13 |
| **5-5.5** | 84,670.00 | 296,345.00 |
| **5.5-6** | 65,767.50 | 230,186.25 |
| **6-6.5** | 50,745.00 | 177,607.50 |
| **6.5-7** | 40,467.50 | 141,636.25 |
| **7-7.5** | 33,025.00 | 115,587.50 |
| **7.5-8** | 25,680.00 | 89,880.00 |
| **8-20** | 62,672.50 | 219,353.75 |
| **Toplam** | **8,795,740.00** | **30,785,090.00** |

## 5.3. Surpac ile Yatağın Modellenmesi

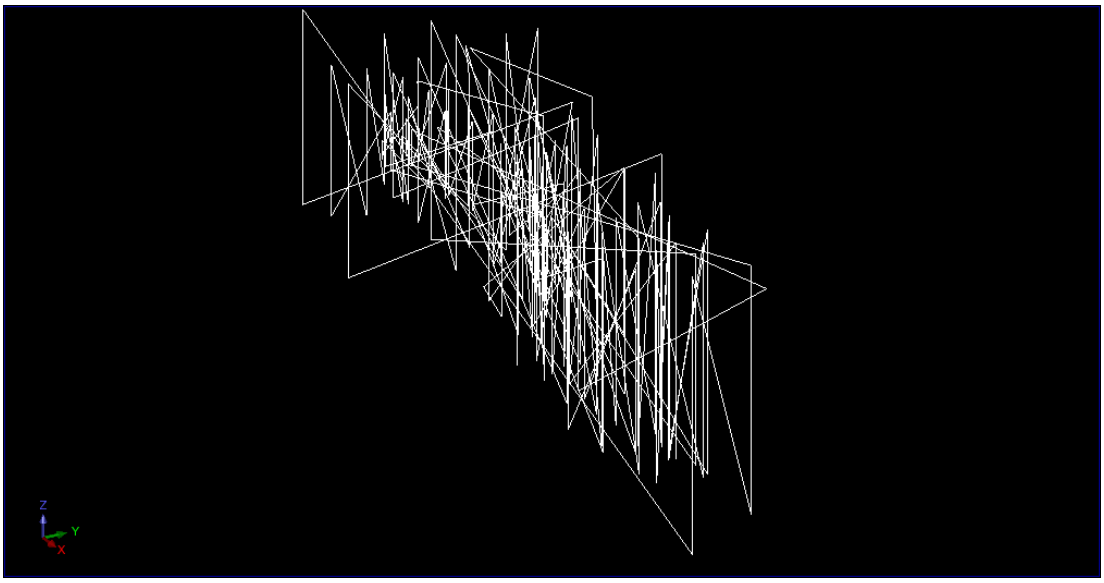
### 5.3.1. String'lerin (seri format) Oluşturulması

Madenköy işletmesinin sondaj verilerini X, Y, Z, Cu ve Zn değerlerinin sütunları oluşturduğu text dosyasından Surpact'a ip (string) dosyasına dönüştürüldü. Oluşturulan string dosyasının görüntüsü Şekil 5.18'da gösterilmiştir.

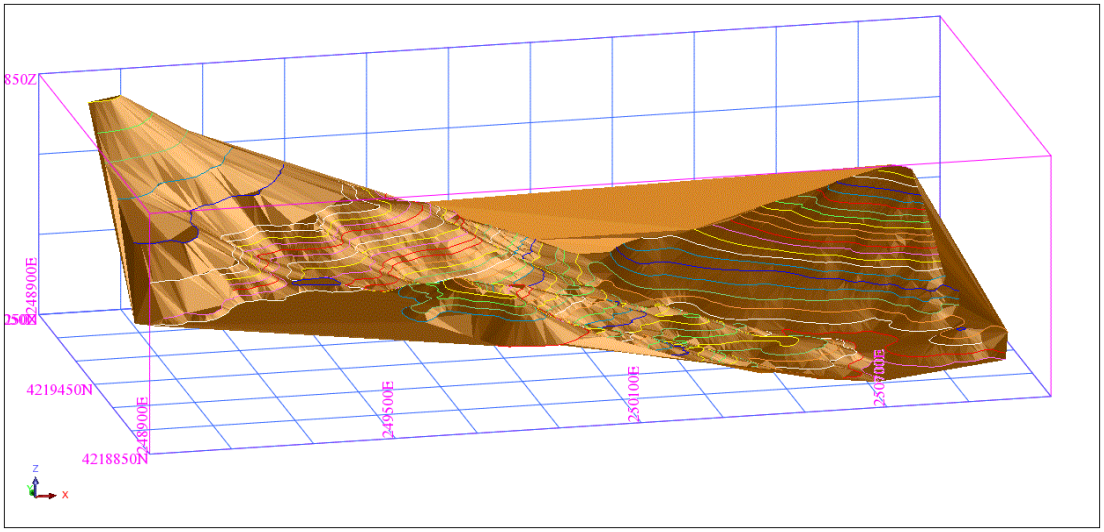
### 5.3.2. Sayısal Yüzey Modelleme

Madenköy verileri için 3 ayrı Sayısal Yüzey Modeli (Digital Terrain Model: DTM) oluşturulmuştur. Bunlar topografya, cevher giriş ve çıkışıdır.

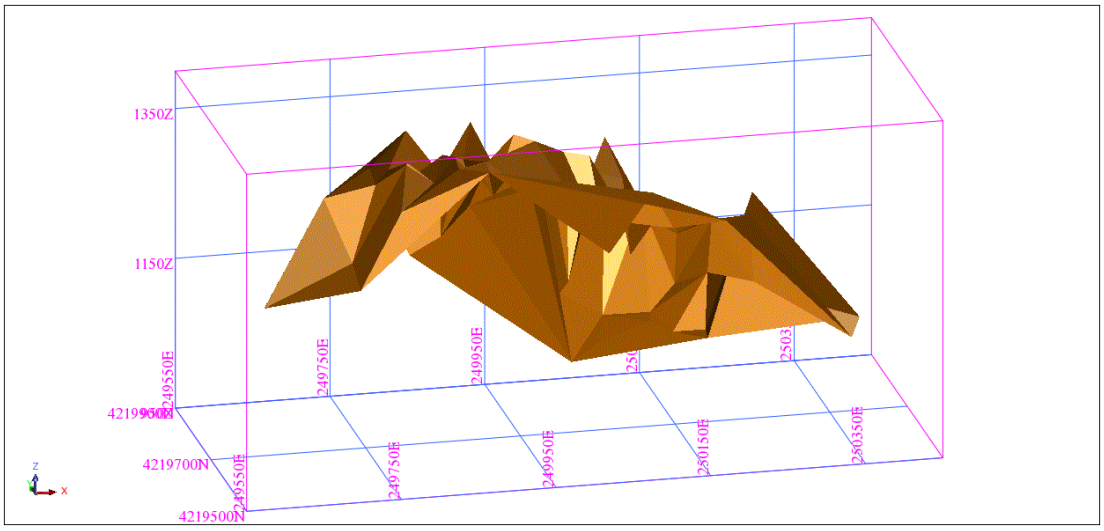
Topografya için sondaj giriş kotları yerine daha önce ArcGIS'te kullanılmak üzere 1/25,000'lik haritadan sayısallaştırılan izohips verileri kullanılmıştır. Bu veriler şekil (shape) formatından ip (sting) formatına aktarılmıştır (Şekil 5.19). Cevher giriş ve çıkış DTM'leri için sondaj verilerindeki X, Y, Z koordinatları kullanılmıştır. Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de oluşturulan DTM'ler gösterilmiştir.



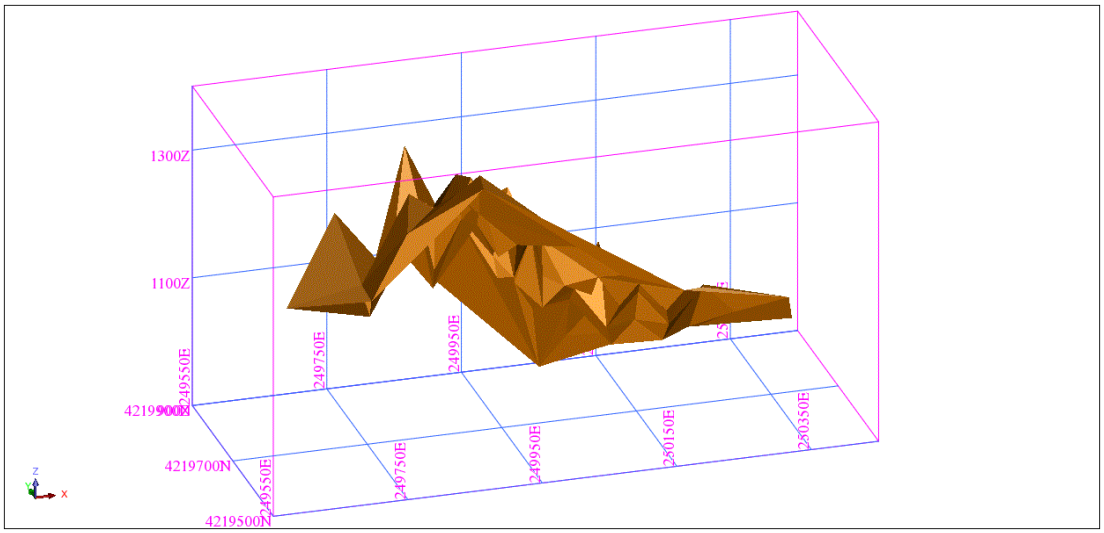
Şekil 5.18. Madenköy Bakır verilerinin String'e dönüştürülmesi




Şekil 5.19. Topografya Sayısal Yüzey Modeli



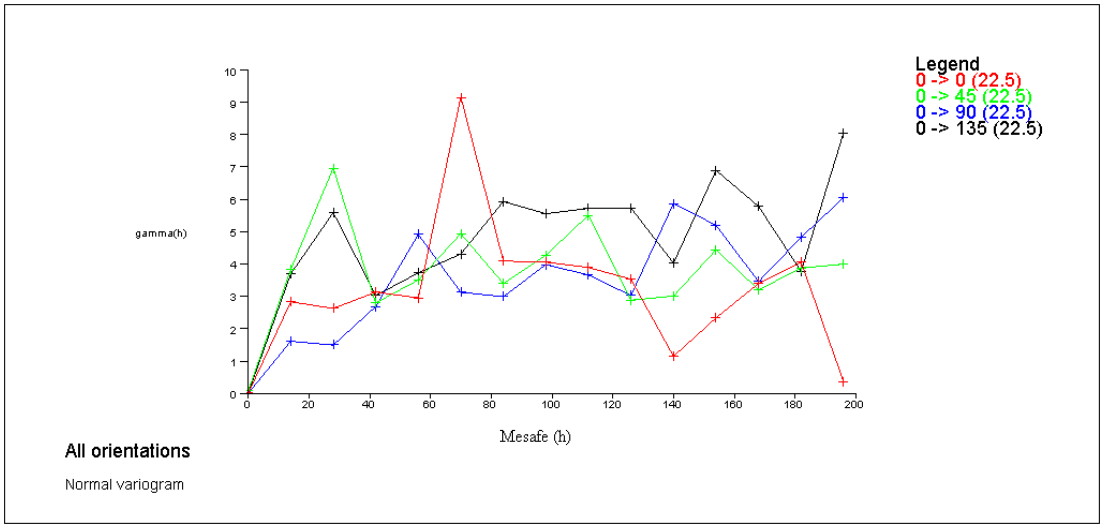

Şekil 5.20. Cevher giriş Sayısal Yüzey Modeli



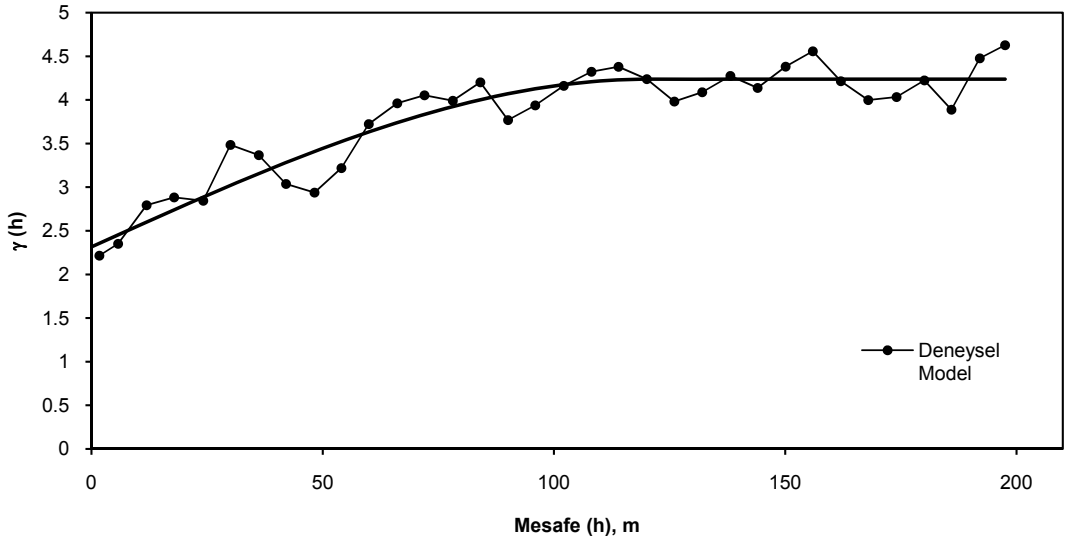

Şekil 5.21. Cevher çıkış Sayısal Yüzey Modeli

### 5.3.3. Jeoistatistiksel Analiz

Surpac programının variogram map araçları ile sahaya ait Cu tenör değişkeninin $22.5^0$'lik açı töleransı ile üç boyutlu olarak bütün yönlerdeki yönlü yarıvariogram analizleri yapılıp anizotropinin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 5.22'de görüldüğü gibi geometrik ve zonal anizotropi görülmemiştir. Anizotropi gözlemlenmediği için yönsüz yarıvariogram modeli uygulanmış, en uygun modelin Şekil 5.23'de verilen Küresel model olduğu ve elde edilen teorik yarıvariogram parametreleri Çizelge 5.3'deki gibi belirlenmiştir.




Şekil 5.22. Cu tenörü için deneysel yönlü yarıvarioram modelleri

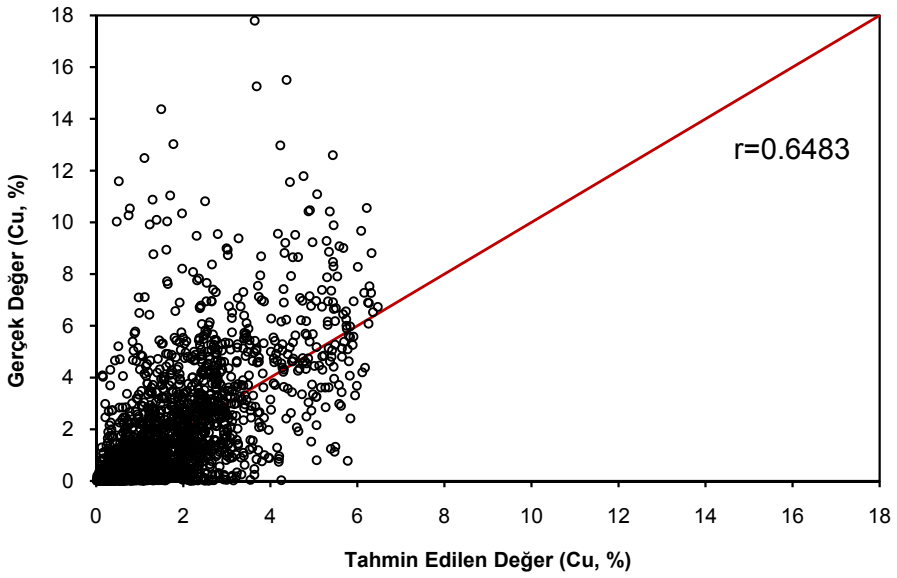



Şekil 5.23. Cu tenörü için elde edilen yönsüz yarıvariogram

Çizelge 5.3. Cu tenörü teorik yarıvariogram modelinin parametreleri

| Deneysel Yarıvariogram | | | | Teorik Yarıvariogram | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Yön Açısı** | **Dalım Açısı** | **Tolerans Açısı** | **Lag Uzaklığı** | **Model** | **Kontrolsüz Etki ($C_0$)** | **Eşik Değer (C)** | **Etki Mesafesi (a)** |
| $0^0$ | $0^0$ | $90^0$ | 6 m | Küresel | 2.32 m | 4.23 m | 120.33 m |

Belirlenen teorik yarıvariogramın uyumluluğunu test edilmesi için çapraz doğrulama yapılmış ve sonucunda korelasyon katsayısı (r=0.6483) belirlenmiştir (Şekil 5.24).




Şekil 5.24. Cu tenörü için çapraz doğrulama grafiği

Eğimli yataklarda ve tabaka şeklinde cevherleşmeyen metalik madenlerde jeoistatistik analizlerinin zorluğu nedeniyle korelasyon katsayısı arttırılamamıştır. Ayrıca sondajların bazılarının eşit derinliğe kadar ulaşamaması sebebiyle uzun sondajlar arasında çok büyük veri eksiklikleri oluşmaktadır.

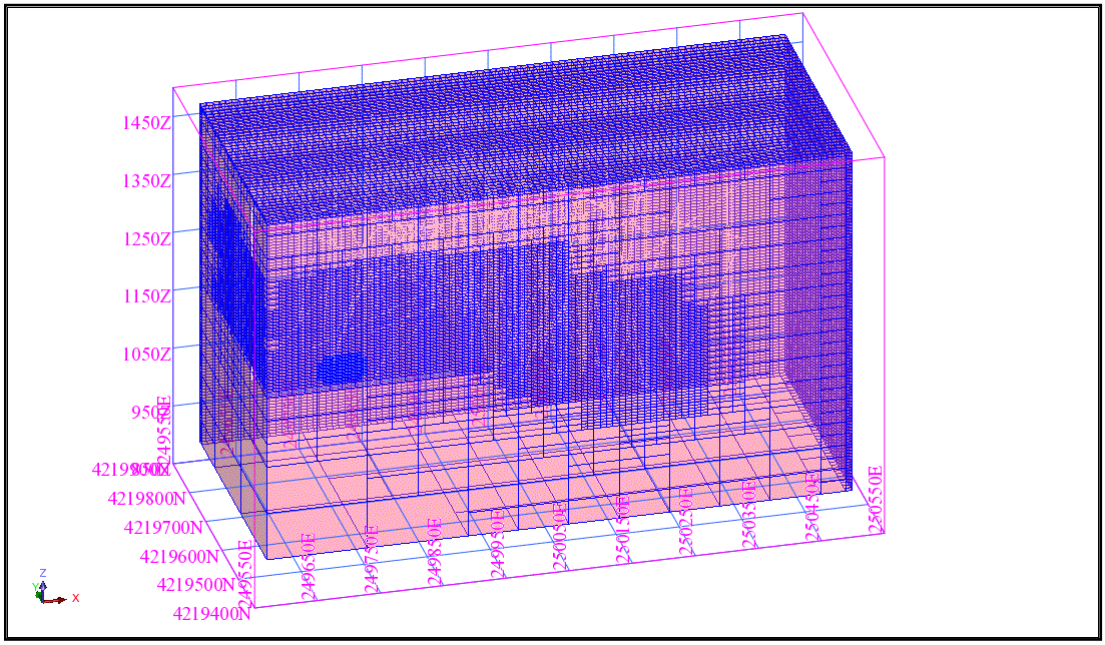
### 5.3.4. 3D Modelleme

Surpac programında Blok Model menüsünden Madenköy verileri ile oluşturulan string dosyasından Çizelge 5.4'teki bilgilere göre blok model oluşturulmuştur. Blok boyutları (Y: 10, X: 10, Z: 5) metre olarak ve alt bloklama boyutu (5, 5, 2.5) metre olarak seçilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşturulan blok, madenköy string dosyası ile beraber Şekil. 5.25'de gösterilmiştir.

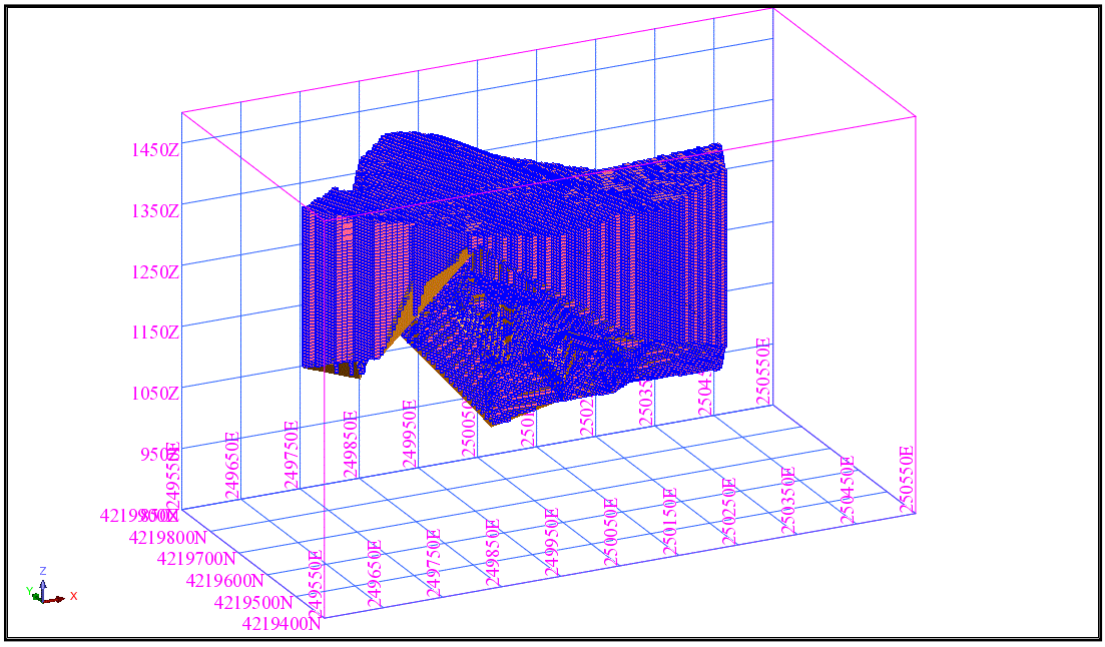
Çizelge 5.4. Blok parametreleri

| | Doğu (m) | Kuzey (m) | Kot (m) |
|---|---|---|---|
| **Orijin** | 249581.8 | 4219779.71 | 903.79 |
| **Blok Boyu** | 10 | 10 | 5 |
| **Blok Sayısı** | 93 | 41 | 117 |

Bloğun içinden topografyanın üzerinde ve cevher çıkışının altında kalan kısımlar DTM'ler ile sadeleştirildiğinde Madenköy blok modeli Şekil 5.26'daki gibi görünmektedir. Açık işletilen ocaklar için bu bloktan kazılacak örtü hacmi hesaplanabilmektedir.

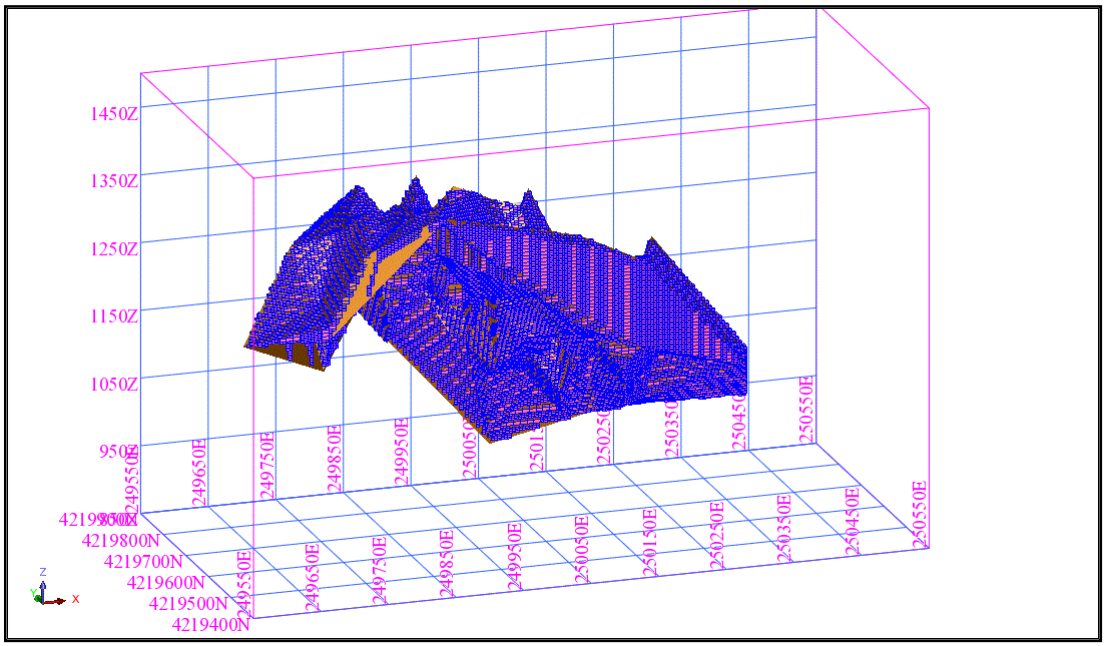



Şekil 5.25. Blok model ve Madenköy string dosyası




Şekil 5.26. Sadeleştirilmiş Madenköy blok modeli

Cevher giriş ve çıkışı arasında kalan cevher yatağı blokları ise Şekil 5.27'de gösterilmiştir. Rezerv miktarı bu bloktan hesaplanabilmektedir.

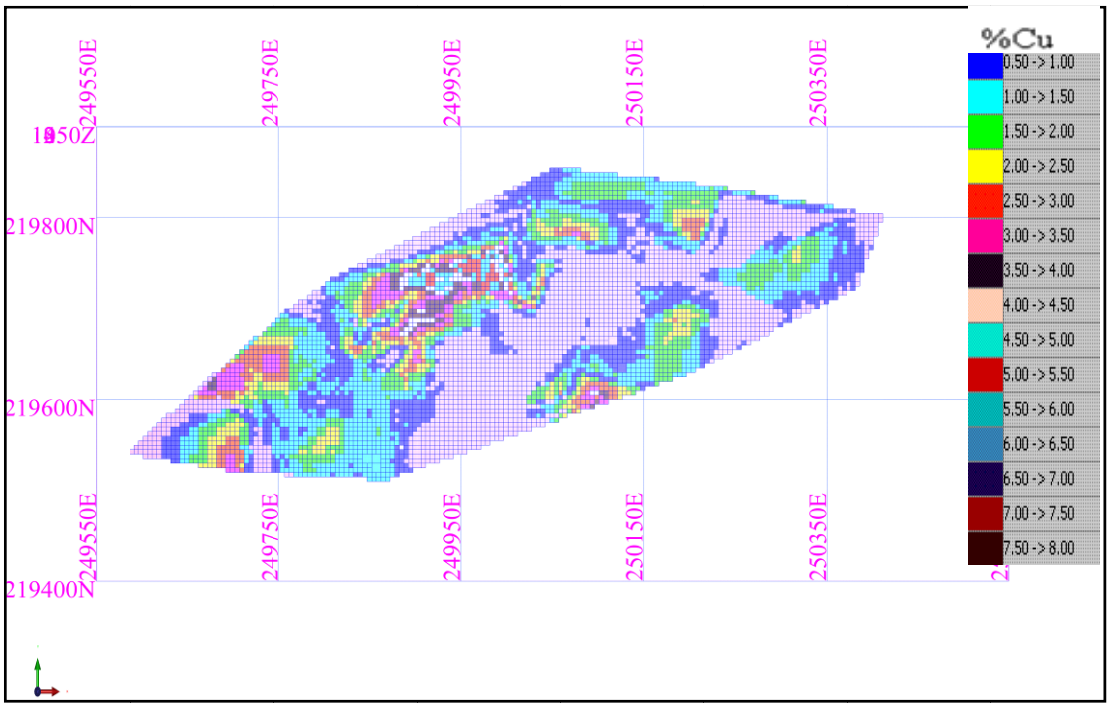



Şekil 5.27. Madenköy cevher yatağı

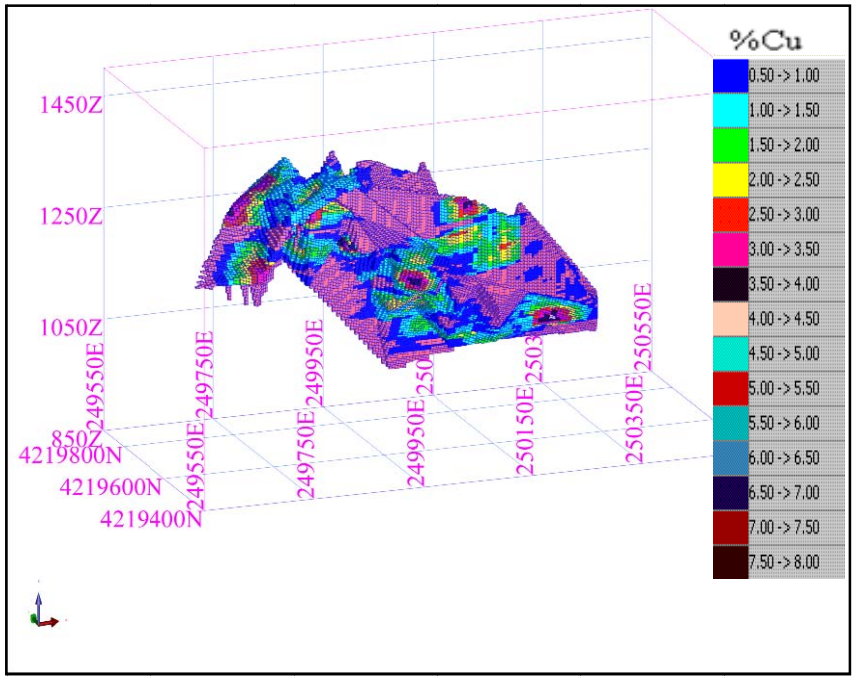
### 5.3.5. Surpac ile Rezerv Kestirimi

Madenköy rezerv hesabı için daha önce oluşturduğumuz cevher giriş ve çıkış DTM'leri arasında kalan bloklara bakır (Cu) özelliği tanımlanmıştır. Belirlenen yarıvariogram ve parametrelerine göre üç boyutlu blokların Cu tenör değerleri kriging ile tahmin edilmiştir.

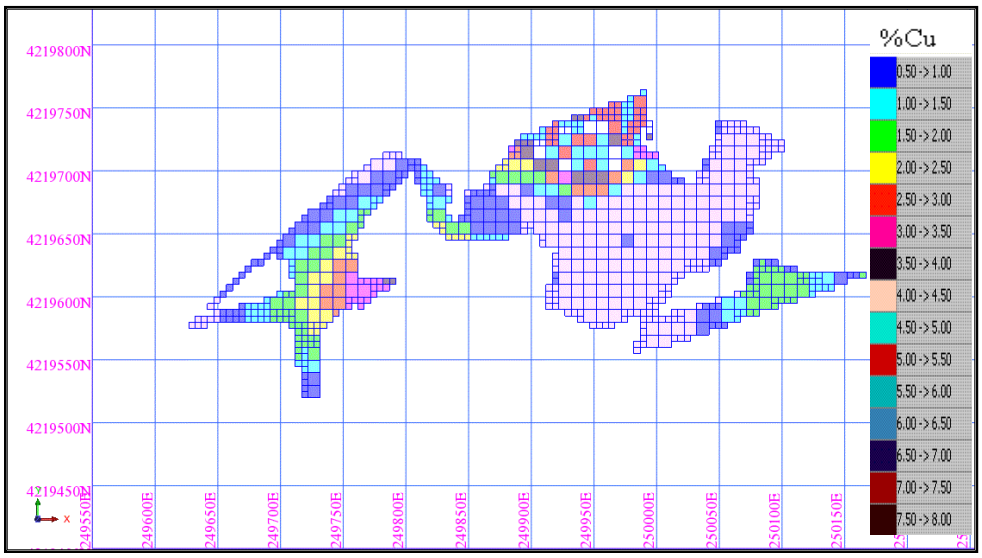
Kriging'den sonra bakır içeriklerine göre renklendirilen blokların görünümü Şekil 5.28-29'da gösterilmiştir. Ayrıca 1260 kotundan alınan XY plan kesiti Şekil 5.30'da gösterilmiştir.




Şekil 5.28. Madenköy yatağının Krigingden sonraki plan görünüşü




Şekil 5.29. Madenköy yatağının Krigingden sonraki blokların 3D görünüşü




Şekil 5.30. 1260 kotunun Krigingden sonraki kesit görünüşü

Surpac programından alınan raporda cu içeriklerine göre rezerv Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

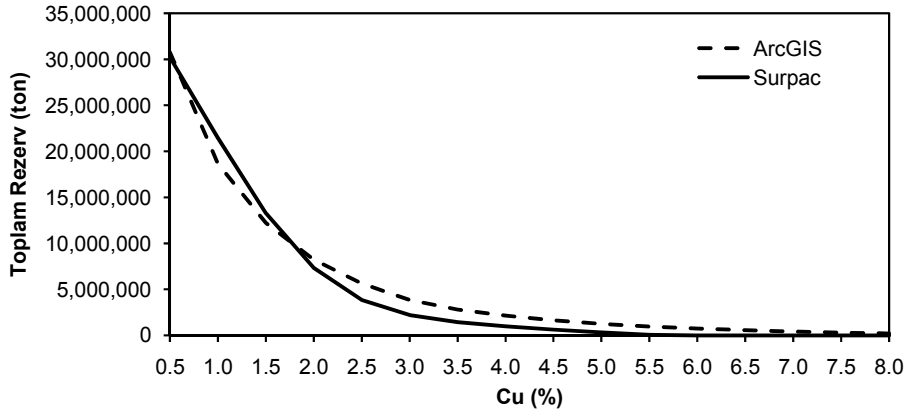
Çizelge 5.5. Surpac ile elde edilen rezerv sonuçları

| %Cu | Hacim ($m^3$) | Rezerv (ton) |
|---|---|---|
| **0.5-1** | 2,508,500.00 | 8,779,750.00 |
| **1-1.5** | 2,334,625.00 | 8,171,187.50 |
| **1.5-2** | 1,702,250.00 | 5,957,875.00 |
| **2-2.5** | 999,188.00 | 3,497,158.00 |
| **2.5-3** | 469,125.00 | 1,641,937.50 |
| **3-3.5** | 223,375.00 | 781,812.50 |
| **3.5-4** | 124,938.00 | 437,283.00 |
| **4-4.5** | 104,813.00 | 366,845.50 |
| **4.5-5** | 83,375.00 | 291,812.50 |
| **5-5.5** | 71,875.00 | 251,562.50 |
| **5.5-6** | 17,000.00 | 59,500.00 |
| **6-6.5** | 3,000.00 | 10,500.00 |
| **6.5-7** | 0.00 | 0.00 |
| **7-7.5** | 0.00 | 0.00 |
| **7.5-8** | 0.00 | 0.00 |
| **8-20** | 0.00 | 0.00 |
| **Toplam** | **8,642,064.00** | **30,247,224.00** |

%0-0.5 Cu içeren 3,728,323 $m^3$ rezervi düşük tenör sebebiyle dikkate alınmamıştır. Cevher rezervi, yoğunluk 3.5 ton/$m^3$ alınarak hesaplanmış %0.5 Cu'dan büyük tenörlü rezerv miktarı Çizelge 5.5'de görüldüğü gibi 30,247,224.0 ton olarak hesaplanmıştır.

### 5.4. Rezerv Sonuçlarının Karşılaştırılması

ArcGIS ve Surpac'tan %Cu içeriklerine göre tespit edilen bakır cevheri rezerv miktarları Çizelge 5.6'da ve cevher rezervi-tenör değişimi Şekil 5.31'da gösterilmiştir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi ArcGIS ile elde edilen sonuçlar, Surpac ile elde edilen sonuçlardan çok farklı değildir. İki program sonucu arasındaki en yüksek fark % 0-0.5 Cu değeri arasındaki farktır. Bunun nedeni ArcGIS'in kenarlardaki noktaları üçgenlemeye katarken aralarındaki mesafeye bakmaksızın yapmasıdır. Ayrıca Surpac ile kestirilemeyen; %6.5 Cu'dan fazla Cu içeren cevher rezervlerinin toplamını ArcGIS'in toplam rezervinden çıkarırsak iki programdan elde edilen sonuç arasındaki fark 28,591.5 ton'a kadar düşmektedir.




Şekil 5.31. Cu cevheri rezerv ve tenör grafiği

Çizelge 5.6. Rezerv sonuçlarının karşılaştırılması

| %Cu | ArcGIS Rezerv (ton) | Surpac Rezerv (ton) |
|---|---|---|
| **0.5-1** | 12,094,814.38 | 8,779,750.00 |
| **1-1.5** | 6,451,160.63 | 8,171,187.50 |
| **1.5-2** | 3,999,616.25 | 5,957,875.00 |
| **2-2.5** | 2,589,934.38 | 3,497,158.00 |
| **2.5-3** | 1,789,838.75 | 1,641,937.50 |
| **3-3.5** | 1,050,468.13 | 781,812.50 |
| **3.5-4** | 657,002.50 | 437,283.00 |
| **4-4.5** | 494,860.63 | 366,845.50 |
| **4.5-5** | 386,798.13 | 291,812.50 |
| **5-5.5** | 296,345.00 | 251,562.50 |
| **5.5-6** | 230,186.25 | 59,500.00 |
| **6-6.5** | 177,607.50 | 10,500.00 |
| **6.5-7** | 141,636.25 | 0.00 |
| **7-7.5** | 115,587.50 | 0.00 |
| **7.5-8** | 89,880.00 | 0.00 |
| **8-20** | 219,353.75 | 0.00 |
| **Toplam** | **30,785,090.00** | **30,247,224.00** |

# 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Siirt Madenköy bakır sahasının 97 sondaj analiz sonuçları Esri firmasının ArcGIS 9.0 yazılımında uygulanarak Coğrafi Bilgi Sisteminin madencilikte uygulanabilirliği denenmiştir. ArcGIS kullanılarak rezerv hesaplanmış ve elde edilen sonuç özel bir madencilik programı olan Gemcom firmasının Surpac yazılımı ile kıyaslanmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- Coğrafi Bilgi Sistemlerinin güçlülüğü kullanılan CBS yazılımının özellilerine bağlıdır. Bu tez için kullanılan ArcGIS yazılımının 2 boyutlu verilerde gösterdiği üstün haritalama, analiz ve sorgulama özelliklerini içeren modüller madencilik için çok önem teşkil eden 3. boyut için henüz tek başına yeterli gelmediği görülmüştür.
- Yatak modellemesinde kestirimin performansını da gösteren 3D Jeoistatistiksel analiz özel madencilik yazılımlarında yaygın bir şekilde kullanılmakta iken ArcGIS yazılımı ile sadece 2D jeoistatistiksel analizler yapılabilmektedir.
- ArcGIS ile sadece yüzeyler modellenebildiği için Surpac'taki gibi istenilen her düzlemde kesit alınamamaktadır.
- Uygulama sahası gibi düzgün bir yataklanma göstermeyen bir maden sahası için bu tezde uygulan metodoloji kullanılarak ArcGIS ile de hassas bir rezerv hesabı yapılabileceği görülmüştür.
- ArcGIS yazılımlarında uygun programlama dili kullanılarak arayüzler yazılabilinmektedir. Bir maden yatağının rezervinin belirlenmesi amacıyla bir arayüz yazılarak işlemlerin otomasyonu sağlanabilir.

## KAYNAKLAR


BAL, D., 1995, Madenköy (Siirt) Bakır Yatağının Jeokimyasal İncelenmesi ve Rezervlerinin Hesaplanması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 103s.

DAĞLIYAR, A., 2003, Bir Manyezit Ocağı Sondaj Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Değerlendirilmesi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 58s.

DÜZGÜN, H.Ş., 2005, Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yardımcı Teknolojiler, Maden Mühendisliği-Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, Ankara, s.315-335.

ERDOĞAN, N., 2002, Monitoring Changes in Surface Mining Area by Using Spot Salellite Images, The Middle East Technical University, Institute of Natural And Applied Sciences, Department of Mining Engineering, The Degree of Master of Science, Ankara, 118s.

HARRIS, J., WİLKİNSON, L. and GRUNSKY, E., 2000, Effective Use and Interpretation of Lithogeochemical Data in Regional Mineral Exploration Programs: Application of Geographic Information Systems (GIS) technology. Ore Geolo. Rev., 16 (3-4): 107-143.

HOSSEINALI, F., ALESHEİKH, A.A., 2008, Weighting Spatial Information in GIS for Copper Mining Exploration, American Journal of Applied Sciences, 5 (9),1187-1198, 2008.

İŞLEM GIS, 2004, ArcGIS 9 Uygulama Dökümanı, Ankara, 218s.

JIANG, Y., D., 1998. An Interactive 3-D Mine Modelling, Visualization and Information System. Queen's University, Minning Enginering, The Degree of Doctor of Philosophy, Canada, 213p.

GÜNEŞ, N., 2003, Türkiye Doğal Taşların Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Değerlendirilmesi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 129s.

GÜNEŞ, K., 2005, Türkiye Feldspat Sahalarını Coğrafi Bilgi Sistemler Ortamında Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 68s.

GÜLMEZ, A., 2008, Bir Maden Yatağının Katı Modelinin Oluşturulması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 93s.

KETİN, i., CANITEZ, U., 1972, Yapısal Jeoloji, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 520s.

KIZILTAŞ, M., 2005, İstanbul Bölgesi Taşocaklarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 107s.

KORUYAN, K. ve YALÇIN, E., 2009, Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, 7. Uluslararsı Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, İzmir, s.376-384.

SCHAEBEN, H., 2006, Geoscience Information Systems Course Notes (unpublished).

SIRAKOV, N.M., MUGE, F.H., 2000. A System for Reconstructing and Visualising Three-Dimensional Objects. Pergamon, Computers & Geosciences, 27 (2001), 59-69.

SÖNMEZ, V., 2002, Çevresel Atıkların Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 62s.

TÖREN, T., 2001, Determination of Mining Induced Environmental Impacts Using Remote Sensing and GIS, The Middle East Technical University, Institute of Natural And Applied Sciences, Department of Mining Engineering, The Degree of Doctor of Philosophy, Ankara, 181s.

UYGUÇGİL, H., 1994, Maden Mühendisliğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 51s.

VADİ, 2006, Bakır Cevheri Zenginleştirme (Konsantratör) Tesisi ve Atık Depolama Alanı Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu, Ankara.

YANGBING, W., LIXIN, W., WENZHONG, S., XIAOMENG, L., 2007, ISPRS Workshop on Updating Geo-Spatial Databases with Imagery & The 5th ISPRS Workshop on DMGISs, 237-240.

ZHOU, W., G. Chen, H. Li, H. Luo and S. Huang, 2007, GIS Application in Mineral Resource Analysis- A Case Study of Offshore Marine Placer Gold at Nome, Alaska, Computers & Geosciences, 33 (6), 773-788.

www.esri.com/library/bestpractices/essays-on-geography-gis.pdf, 20.03.2009.

www.gemcomsoftware.com/pdf/surpac/GemcomSurpacA4.pdf, 01.04.2009.

www.hammond.swayne.com/GIS_mining.htm, 01.04.2009.

www.sst-consult.de/Seiten/SSTsurpac.htm, 20.03.2009.

www.trimble.com/mn_drilling.shtml, 20.03.2009.

www.trimble.com/mn_truck.shtml, 20.03.2009.

www.urisa.org/node/395, 01.04.2009.

www.en.wikipedia.org, 20.01.2009.

## ÖZGEÇMİŞ

30.07.1981 yılında Tarsus'ta doğdu. İlköğretim ve liseyi İstanbul'da tamamladı. 2000 yılında girmiş olduğu, Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünden 2004 yılında mezun oldu.

2006-2007 öğretim yılında Erasmus öğrenci değişimi kapsamında TU Bergakademie Freiberg Üniversitesinde (Almanya'da) bulundu. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansına başladı.

**EK A1. Siirt Madenköy Bakır Sahası sondaj lokasyonları ve derinlikleri**

| No | Doğu | Kuzey | Z | Derinlik |
|---|---|---|---|---|
| M1 | 249957.56 | 4219651.01 | 1381.1 | 180.2 |
| M2 | 249883.02 | 4219590.04 | 1391.94 | 170.3 |
| M3 | 250074.34 | 4219638.16 | 1349.09 | 213.75 |
| M4A | 249995.74 | 4219656.19 | 1378.73 | 320 |
| M5 | 250098.82 | 4219602.16 | 1330.69 | 175.65 |
| M6 | 250029.84 | 4219565.99 | 1333.7 | 210.95 |
| M7 | 250079.09 | 4219685.69 | 1360.19 | 277.35 |
| M8 | 250176.23 | 4219639.28 | 1332.5 | 300.2 |
| M9 | 250296.73 | 4219681.88 | 1314.01 | 237.55 |
| M10 | 250367.35 | 4219560.02 | 1302.88 | 343 |
| M11 | 249942.18 | 4219715.25 | 1405.67 | 268.15 |
| M12 | 249845.48 | 4219693.14 | 1444.99 | 353 |
| M13 | 250063.68 | 4219720.24 | 1369.18 | 296.3 |
| M14 | 249698.94 | 4219680.34 | 1465.83 | 335.45 |
| M16 | 250316.2 | 4219766.3 | 1326.09 | 321.05 |
| M17 | 250159.48 | 4219597.68 | 1326.79 | 188.3 |
| M18 | 250115.71 | 4219670.48 | 1352.68 | 310 |
| M87 | 249740.47 | 4219637.78 | 1433.59 | 250.75 |
| M88 | 249856.84 | 4219617.02 | 1400.35 | 134 |
| M89 | 249831.57 | 4219636.8 | 1418.61 | 160.1 |
| M90 | 249900.35 | 4219636.36 | 1396.1 | 135.9 |
| M91 | 249903.4 | 4219668.13 | 1404.54 | 215.15 |
| M94 | 249834.29 | 4219777.38 | 1485 | 382.85 |
| M19 | 250237.46 | 4219661.6 | 1310.93 | 294.85 |
| M20 | 250043.31 | 4219605.74 | 1349.11 | 189.35 |
| M21 | 250276.87 | 4219449.71 | 1326.28 | 240 |
| M22 | 248395.79 | 4219443.8 | 1499.9 | 270.7 |
| M23 | 250069.8 | 4219786.75 | 1360.56 | 282.75 |
| M28 | 250137.37 | 4219635.26 | 1340.45 | 238.2 |
| M29 | 250017.4 | 4219723.5 | 1386.59 | 390 |
| M30 | 250017.43 | 4219772.59 | 1393.26 | 367.6 |
| M31 | 249956.41 | 4219797.24 | 1422.65 | 258.9 |

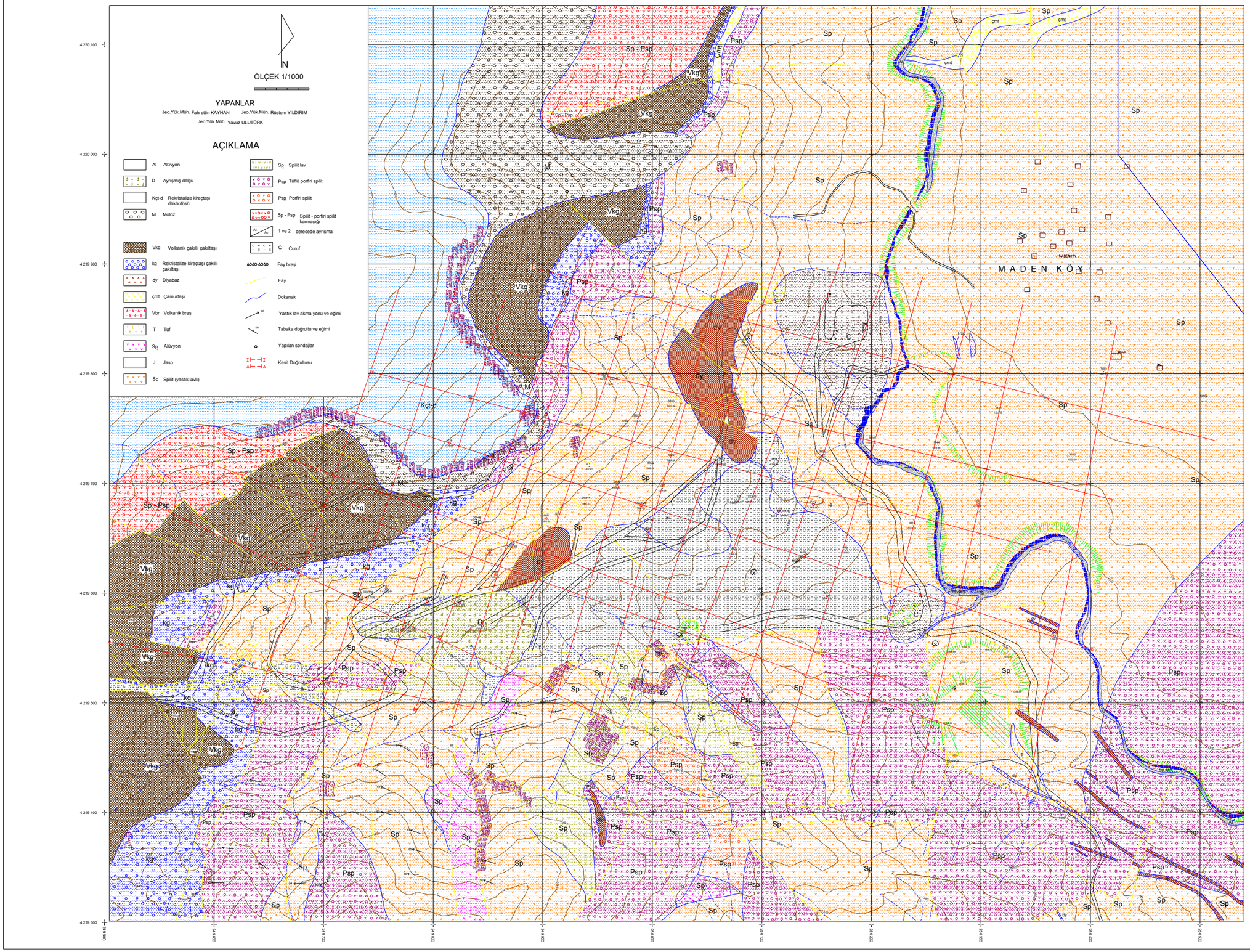
## EK A2. EK A'nın devamı

| No | Doğu | Kuzey | Z | Derinlik |
|---|---|---|---|---|
| M32 | 249792,88 | 4219691,51 | 1456,98 | 340,55 |
| M33 | 250200,79 | 4219739,07 | 1311,54 | 358,45 |
| M34 | 250111,71 | 4219720,03 | 1349,94 | 336,1 |
| M35 | 249891,3 | 4219733 | 1439,76 | 233,55 |
| M36 | 249814,88 | 4219736,69 | 1478,63 | 330,05 |
| M39 | 249754,91 | 4219518,54 | 1422,79 | 294,6 |
| M42 | 250052,14 | 4219855,51 | 1359,77 | 445,25 |
| M44 | 250259,71 | 4219734,84 | 1316,66 | 353,05 |
| M45 | 250208 | 4219782,1 | 1313,68 | 345 |
| M46 | 250273,2 | 4219801,64 | 1318,41 | 355 |
| M52 | 250134,57 | 4219772,81 | 1334,46 | 371,05 |
| M54 | 250084,27 | 4219828,64 | 1349 | 396,55 |
| M55 | 250155,56 | 4219726,68 | 1329,07 | 315,45 |
| M56 | 250193,38 | 4219683,1 | 1329,03 | 323,85 |
| M60 | 249975,25 | 4219754,65 | 1409,97 | 283,9 |
| M61 | 250009,41 | 4219695,65 | 1379,09 | 251,1 |
| M62 | 250035,43 | 4219674,02 | 1371,47 | 273,05 |
| M65 | 249967,33 | 4219698,74 | 1388,53 | 288,1 |
| M66 | 250075,58 | 4219783,79 | 1361,28 | 343,2 |
| M76 | 249751,55 | 4219691,78 | 1461,56 | 358,75 |
| M77 | 249794,61 | 4219592,52 | 1402,99 | 162,15 |
| M80 | 249676,8 | 4219618,2 | 1449,63 | 229,15 |
| M81 | 249704,03 | 4219575,15 | 1417 | 224,05 |
| M82 | 249702,3 | 4219520,3 | 1431,22 | 229,1 |
| M84 | 249805,84 | 4219558,19 | 1391,37 | 87,15 |
| MG28 | 250131,2 | 4219626,7 | 1341,34 | 250,1 |
| MG61 | 249989,9 | 4219679,9 | 1383,68 | 188,05 |
| MG2 | 249998,4 | 4219716,2 | 1388,72 | 219 |
| P1 | 249872,67 | 4219644,96 | 1408,65 | 153 |
| P3 | 249869,61 | 4219541,85 | 1383,03 | 16 |
| P3A | 249869,61 | 4219542,89 | 1383,09 | 70,75 |
| P4A | 249832,63 | 4219534,96 | 1386,37 | 39,1 |

## EK A3. EK A'nın devamı

| No | Doğu | Kuzey | Z | Derinlik |
|---|---|---|---|---|
| P5 | 249824,29 | 4219591,38 | 1400,65 | 94 |
| P6 | 249809,52 | 4219616,83 | 1413,48 | 147,5 |
| P7 | 249866,36 | 4219511,01 | 1381,95 | 30 |
| P10 | 249757,17 | 4219604,1 | 1415,84 | 188,4 |
| P11 | 249771,53 | 4219566,21 | 1403,14 | 68,3 |
| P11A | 249773,23 | 4219567,34 | 1403,19 | 108,5 |
| P15 | 249930,93 | 4219653,46 | 1390,11 | 205 |
| P16 | 250026,95 | 4219647,4 | 1371,24 | 199 |
| P29 | 249834,27 | 4219567,05 | 1391,25 | 58 |
| P29A | 249849 | 4219565 | 1390 | 64 |
| M95 | 250412,2 | 4219802,3 | 1337,41 | 377,6 |
| M96 | 250383,9 | 4219723,8 | 1325,29 | 421,5 |
| M97 | 249581,8 | 4219540,3 | 1466,71 | 297,35 |
| DDH1 | 249960,39 | 4219793,08 | 1419,74 | 257 |
| DDH2 | 249931,73 | 4219750,55 | 1424,54 | 206 |
| DDH3 | 250089,04 | 4219685,66 | 1356,68 | 176 |
| DDH4 | 249939,47 | 4219683,86 | 1392,51 | 134,1 |
| DDH5 | 249782,9 | 4219690,5 | 1455,92 | 28,14 |
| DDH6 | 249839,15 | 4219666,15 | 1427,78 | 252 |
| DDH7A | 249739,49 | 4219598,7 | 1417,08 | 189,5 |
| M60A | 249986,4 | 4219759,2 | 1409,49 | 415,1 |
| M102 | 250503,6 | 4219777,21 | 1341,79 | 378,7 |
| P12 | 249862,65 | 4219561,11 | 1385,38 | 55 |
| P2 | 249791,72 | 4219655,05 | 1441,46 | 189 |
| P13 | 249890,8 | 4219557 | 1383,34 | 28,3 |
| M4 | 249699,3 | 4219659 | 1377,93 | 115,4 |
| P14 | 249950,22 | 4219723,44 | 1405,9 | 281,5 |
| P17 | 250147,09 | 4219680,84 | 1348,8 | 290 |
| P18 | 250142,39 | 4219804,53 | 1330,98 | 283 |
| P19 | 250171,19 | 4219803,18 | 1322 | 356,5 |
| P20 | 250223,67 | 4219835,41 | 1313 | 371 |
| P21 | 250199,815 | 4219628,23 | 1322,17 | 209,5 |
| P22 | 250250,411 | 4219770,48 | 1316,815 | 327,5 |

**EK B. Siirt Madenköy bakır sahasının jeoloji haritası (Park Elektrik, ….)**



## EK C. Kotlara göre ArcGIS' programında hesaplanan her % Cu aralığı için alanlar

| | % 0-0.5 | % 0.5-1 | % 1-1.5 | % 1.5-2 | % 2-2.5 | % 2.5-3 | % 3-3.5 | % 3.5-4 | % 4-4.5 | % 4.5-5 | % 5-5.5 | % 5.5-6 | % 6-6.5 | % 6.5-7 | % 7-7.5 | % 7.5-8 | % 8-20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1370 m** | 69795.75 | 1920.25 | 1742.75 | 1502.5 | 1134.75 | 855 | 587.75 | 324 | 107.75 | 7.75 | | | | | | | |
| **1360 m** | 80469.5 | 2506 | 1524.75 | 641 | 272.75 | 159.75 | 78.5 | 8 | 0 | 0 | | | | | | | |
| **1350 m** | 91157.75 | 1141 | 815 | 621.5 | 508.25 | 391 | 274 | 158.25 | 43.5 | 0 | | | | | | | |
| **1340 m** | 96284.75 | 3642.5 | 2363.75 | 1625.25 | 1124 | 676.25 | 515.25 | 397.5 | 279 | 159.25 | 41.75 | | | | | | |
| **1330 m** | 131660 | 6055.5 | 3715.5 | 2315.75 | 1028.5 | 213.25 | 11.25 | | | | | | | | | | |
| **1320 m** | 150169.25 | 3541 | 1860.25 | 1349.5 | 845.75 | 524.25 | 385 | 263.25 | 211.25 | 168.5 | 124 | 81.25 | 37.25 | 3 | | | |
| **1310 m** | 135604.75 | 6819.25 | 5024.75 | 4135.75 | 3349.75 | 2551.75 | 1754.75 | 698.75 | 327.25 | 191.25 | 51 | | | | | | |
| **1300 m** | 147894.75 | 2772.25 | 1745.75 | 1326 | 1086.5 | 958 | 846.5 | 737.5 | 636 | 531.25 | 454.5 | 396.25 | 336 | 274 | 217.5 | 158.25 | 138 |
| **1290 m** | 149157 | 5211.25 | 1674.75 | 675.5 | 598.25 | 525.5 | 455.5 | 384.75 | 312.25 | 241.75 | 170 | 142.75 | 133.25 | 122 | 112.5 | 103 | 489 |
| **1280 m** | 141014.75 | 4261.75 | 2072.25 | 1675 | 1504.75 | 1328.5 | 1153.5 | 983.75 | 821 | 694.5 | 556.5 | 462.5 | 385.75 | 318.5 | 298 | 280.5 | 2697.5 |
| **1270 m** | 144551 | 5581.5 | 3200 | 2277.25 | 1512.75 | 960.25 | 525.5 | 403 | 306.75 | 233.75 | 202.25 | 177.25 | 151.5 | 129.25 | 106.5 | 82.25 | 108.25 |
| **1260 m** | 139177.5 | 6762.25 | 3211.75 | 2362 | 1675 | 1223.25 | 914.75 | 799 | 697 | 594 | 495.75 | 451.75 | 431 | 407.75 | 382 | 329 | 595.25 |
| **1250 m** | 139177.5 | 6762.25 | 3211.75 | 2362 | 1675 | 1223.25 | 914.75 | 799 | 697 | 594 | 495.75 | 451.75 | 431 | 407.75 | 382 | 329 | 595.25 |
| **1240 m** | 130706.75 | 7009.5 | 5774.75 | 4538.5 | 3475 | 2767.25 | 1453.25 | 940.5 | 795.75 | 689.25 | 601.25 | 511 | 424.5 | 337.75 | 248 | 158.5 | 77.5 |
| **1230 m** | 120920.25 | 13837 | 9727 | 6598.5 | 4369.25 | 2642 | 1000.75 | 487 | 385.75 | 282.75 | 183.5 | 75 | 0.25 | | | | |
| **1220 m** | 107109.5 | 19236.5 | 11255.5 | 8089.5 | 6279.75 | 4187.75 | 1652.25 | 464.75 | 409.25 | 355.75 | 300.75 | 246.25 | 214.75 | 202.25 | 192.25 | 153.75 | 158.5 |
| **1210 m** | 107928.5 | 15634 | 12321.25 | 8794 | 4689.5 | 3103.5 | 2002.5 | 1391.25 | 1213.5 | 1026.75 | 817.25 | 626.25 | 455 | 290.5 | 154.25 | 59.75 | 1.25 |
| **1200 m** | 115954.5 | 16012 | 9003.75 | 6485.25 | 5405.25 | 3998.5 | 1510.5 | 533.25 | 434.75 | 336.5 | 237.25 | 137.75 | 40.25 | | | | |
| **1190 m** | 118496.5 | 12041 | 10141.75 | 8103.25 | 5777.5 | 3295.75 | 1282.75 | 497.5 | 314.75 | 133 | 4.25 | | | | | | |
| **1180 m** | 116500 | 12839.75 | 10086.25 | 8016.75 | 5813.25 | 3555 | 1725.25 | 750.25 | 447.5 | 263.5 | 90.5 | | | | | | |
| **1170 m** | 137586.25 | 6356.5 | 2213.5 | 524.25 | 12.25 | | | | | | | | | | | | |
| **1160 m** | 125618.25 | 17059.5 | 1548 | 1058 | 806.5 | 515 | 87.5 | | | | | | | | | | |
| **1150 m** | 125618.25 | 17059.5 | 1548 | 1058 | 806.5 | 515 | 87.5 | | | | | | | | | | |
| **1140 m** | 103909 | 14863.75 | 9620.75 | 5100.75 | 2766.25 | 2228 | 1768 | 1481.25 | 1274.75 | 1065.5 | 861.5 | 651.5 | 446.75 | 272.75 | 160.75 | 101.75 | 119.75 |
| **1130 m** | 121609 | 9118.75 | 1496 | 766.5 | 636 | 504.5 | 373.75 | 244 | 112.5 | 8.5 | | | | | | | |
| **1120 m** | 84023.5 | 9817.75 | 2714.25 | | | | | | | | | | | | | | |
| **1110 m** | 77120.5 | 12283 | 3352 | 1232.75 | 678.5 | 150.25 | | | | | | | | | | | |
| **1100 m** | 62452 | 8633.75 | 1822.25 | 602.75 | 570 | 534.5 | 504 | 468.75 | 436.5 | 403.5 | 370 | 335.5 | 305 | 270.25 | 237.5 | 203.75 | 528.25 |
| **1090 m** | 55995.25 | 8240.75 | 2066 | 194.25 | | | | | | | | | | | | | |
| **1080 m** | 49144.25 | 7447 | 5011.75 | 2631.25 | 1028.75 | 585.25 | 397.5 | 212 | 38.5 | | | | | | | | |
| **1070 m** | 37297.25 | 5858.75 | 4624 | 4047.25 | 3456.5 | 2866.5 | 2293.5 | 2048.5 | 1567.75 | 1165.5 | 788.75 | 413.75 | 68.25 | | | | |
| **1060 m** | 46638 | 11055.25 | 6839.5 | 1963.5 | | | | | | | | | | | | | |
| **1050 m** | 48693.75 | 7629 | 2257.75 | 299 | | | | | | | | | | | | | |
| **1040 m** | 39644.25 | 9330 | 5858.5 | 2625.5 | 883.75 | 352.25 | 114 | | | | | | | | | | |
| **1030 m** | 34783.25 | 7411 | 4062 | 2230.75 | 1817.5 | 1459 | 1093.5 | 731.75 | 373.25 | 91.5 | 5 | | | | | | |
| **1020 m** | 27399.5 | 8713.25 | 4916 | 2060 | 1768 | 1458.25 | 1155.25 | 1055.25 | 1032.5 | 980.25 | 860.75 | 741.75 | 619.75 | 499 | 378 | 259 | 162 |
| **1010 m** | 15676.25 | 10479.75 | 11179 | 8156.25 | 2283.25 | 1486.5 | 750.5 | 100 | | | | | | | | | |
| **1000 m** | 11624.5 | 5066 | 4955.5 | 4461.75 | 3790.25 | 3119.75 | 2449.25 | 1570.75 | 917 | 837 | 754.75 | 674.5 | 594.25 | 512 | 433.25 | 349.5 | 596.75 |
| **990 m** | 11627.5 | 9210.25 | 5099.25 | 758.5 | | | | | | | | | | | | | |
| **980 m** | 17471 | 3070.75 | 2417.5 | 1760.25 | 1136 | 651.25 | 188.75 | | | | | | | | | | |
| **970 m** | 26695.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **960 m** | 14778 | 8471 | 2231 | | | | | | | | | | | | | | |