ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya ARIÖZ

AFŞİN-ELBİSTAN LİNYİT SAHASI ÇÖLLOLAR SEKTÖRÜNÜN NETPRO/MINE YAZILIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2011

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AFŞİN-ELBİSTAN LİNYİT SAHASI ÇÖLLOLAR SEKTÖRÜNÜN NETPRO/MINE YAZILIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Derya ARIÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 04/08/2011 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……	…….....
Doç. Dr. Ahmet DAĞ DANIŞMAN	Prof. Dr. Suphi URAL ÜYE	Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ ÜYE
..…….....	..……..	
Doç. Dr. Özen KILIÇ ÜYE	Yrd.Doç. Dr. Bayram Ali MERT ÜYE	

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2010YL35

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AFŞİN-ELBİSTAN LİNYİT SAHASI ÇÖLLOLAR SEKTÖRÜNÜN NETPRO/MINE YAZILIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Derya ARIÖZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Ahmet DAĞ
Yıl: 2011, Sayfa: 91
Jüri : Prof. Dr. Suphi URAL
: Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
: Doç. Dr. Özen KILIÇ
: Doç. Dr. Ahmet DAĞ
: Yrd. Doç. Dr. Bayram Ali MERT

Madencilik riski yüksek olan bir faaliyettir. Bir maden yatağının işletme planlarının optimum yapılabilmesi için öncelikle yatağın doğru bir şekilde modellenmesi gerekir. Günümüzde, değişik teknikler kullanarak modelleme yapabilen bilgisayar yazılımları mevcuttur. Bu yazılımlardan bir tanesi de ulusal ve yeni geliştirilmiş olan Netpro/Mine bilgisayar programıdır. Bu çalışmada, Netpro/Mine programı ülkemizin önemli linyit rezervlerinden birine sahip olan Afşin-Elbistan linyit havzasındaki Çöllolar sahasına uygulanmıştır.

Bu çalışma bilgisayar programının incelenmesini, linyit sahasına ait sondaj verileri ile bilgisayar programı kullanılarak yatağın jeoistatistiksel değerlendirilmesini, yatağın üç boyutlu dizaynını, blok model oluşturulmasını ve ayrıntılı rezerv hesaplamalarını içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Netpro/Mine, Jeoistatistik, Çöllolar Linyit Sahası, Blok Model

ABSTRACT

MSc THESIS

EVALUATION OF THE ÇÖLLOLAR SECTOR OF AFŞİN-ELBİSTAN LIGNITE FIELD BY THE NETPRO/MINE COMPUTER PROGRAM

Derya ARIÖZ

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

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ahmet DAĞ
Year: 2011, Pages: 91
Jury : Prof. Dr. Suphi URAL
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
: Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet DAĞ
: Asst. Prof. Dr. Bayram Ali MERT

Mining is a high risk activity. To make optimum management plans of an ore deposit first the ore deposit must be modeled at the right way. Nowadays there are computer softwares which can make models with use of different techniques. One of these softwares is the national resource and the new developed computer program Netpro/Mine. In this study, the Netpro/Mine program is introduced in the Çöllolar area which belongs to the lignite basin of Afşin-Elbistan and is one of the most important lignite reserves of our county.

This study is including the presentation of the computer program, the jeostatistical evaluation of an ore deposit with using of a lignite area data and a computer program, the three dimension design of a deposit, to be forming a block model and the detailed reserve calculations.

Key Words: Netpro/Mine, Geostatistics, Çöllolar Lignite Area, Block Model

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu tezin yönetiminde ve oluşumunda aynı zamanda çalışmalarım sırasında karşılaştığım sorunların çözümünde her türlü desteğini esirgemeyen, çalışmalarımda beni yönlendiren, çalışma yapmak için bütün olanakları sağlayan sayın hocam Doç.Dr. Ahmet DAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın hazırlanması sürecinde Netpro/Mine programının kullanımına ilişkin olarak bilgilerinden faydalandığım Hacettepe Üniversitesi Öğretim Üyesi olan sayın hocam Prof. Dr. A.Erhan TERCAN'a ve Netcad Teknik Destek ve GIS uzmanı Metin YURDAKUL'a teşekkür ediyorum.

Bilgisayar programlarının kullanımı ve jeoistatistik konularındaki tecrübelerinden faydalandığım sayın hocam Yrd.Doç.Dr. Bayram Ali MERT'e teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam sürecinde fikir alış verişinde bulunduğum ve çalışmamda bana büyük yardımı olan değerli arkadaşım Arş.Gör. Ali Can ÖZDEMİR'e teşekkür ediyorum.

Ayrıca lisans arkadaşım olan sevgili Arş.Gör. Ayten ESER'e her türlü yardımlarından dolayı teşekkür ediyorum.

Desteklerinden ötürü Ç.Ü. Maden Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ile Asistanlarına,

Tez sürecinde uzun süre misafirleri olduğum, sürekli yanımda olan, sevgili arkadaşlarım, Tuğba ve Hakan YENİÇERİ çifti ve Saadet YILDIRIMCAN'a,

Yüksek lisans eğitimim ve tez sürecimde maddi, manevi desteğinden dolayı değerli arakadaşım Güngör GEÇER'e ,

Yoğun çalışmalarım esnasında sürekli yanımda olan ve bir çok konuda fedakarlık gösteren Sevgili Annem ve Ablama,

Çok teşekkür ediyor, saygılarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Netpro/Mine Programı ile Yapılan Önceki Çalışmalar 3
2.2. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Üzerinde Yapılan Önceki Çalışmalar 3
3. MATERYAL VE METOD 9
3.1. Materyal 9
3.1.1. Çalışma Alanı 9
3.1.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Sınırları 10
3.1.1.2. İklim, Bitki Örtüsü ve Morfoloji 10
3.1.1.3. İşletme Yöntemi 12
3.1.1.4. Havzanın Genel Jeolojisi 13
3.1.1.4. Havzanın Hidrojeolojik Özellikleri 17
3.1.2. Netpro/Mine 17
3.2. Metod 18
3.2.1. Netpro/Mine Programının Tanıtımı 18
3.2.1.1. Verilerin Girişi 20
3.2.1.2. 3B Görüntüler 26
3.2.1.3. Histogram 26
3.2.1.4. İstatistikler 29
3.2.1.5. Kompozitleme 31
3.2.1.6. Yüzey Oluşturma 34
3.2.1.7. 2 Yüzey Arasını Hacimleme (Katı Model Oluşturma) 37
3.2.1.8. Blok Model 38

3.2.1.9. Variogram ve Parametreleri 40
3.2.1.9.(1). Yarıvariogram Analizi 43
3.2.1.9.(2). Yarıvariogram Analizi Yapılmasının Nedenleri 44
3.2.1.9.(3). Yarıvariogram Fonksiyonun Özellikleri 46
3.2.1.10. Çapraz Doğrulama 46
3.2.1.11. Jeoistatistik 48
3.2.1.11.(1). Kriging Yöntemi 48
3.2.1.11.(2). En Yakın Komşu Yöntemi 51
3.2.1.11.(3). Ters Uzaklık (Uzaklığın Tersi ile Ağırlıklandırma) Yöntemi 52
3.2.1.12. Raporlama 54
3.2.1.12.(1). Sondaj Listesi 55
3.2.1.12.(2). Veritabanı Kapsam Raporu 56
3.2.2.12.(3). Litoloji Kayıtları Listesi 56
3.2.2.12.(4). Açı Kayıtları Listesi 57
3.2.2.12.(5). Blok Tonaj Raporu 57
3.2.2.12.(6). Ham Örneklem Kayıtları Listesi 58
3.2.2.12.(7). Blok Listesi Raporu 59
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 61
4.1. Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi 62
4.2. Yüzey Modelleme 64
4.3. Katı Modelleme 67
4.4. Blok Model 69
4.5. Isıl Değer Yarıvariogram Analizi 71
4.6. Çapraz Doğrulama (Cross Validation) 76
4.7. Kriging 77
4.7.1. Rezerv ve Kalite Tahmini 77
4.7.2. Tematik Haritaların Düzenlenmesi 79
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 85
KAYNAKLAR 87
ÖZGEÇMİŞ 91

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Sondaj listesi raporu 55
Çizelge 3.2. Veritabanı kapsam raporu 56
Çizelge 3.3. Litoloji kayıtları listesi 56
Çizelge 3.4. Açı kayıtları listesi raporu 57
Çizelge 3.5. Isıl değerlere göre hazırlanmış blok raporu 57
Çizelge 3.6. Ham örneklem kayıtları listesi raporu 58
Çizelge 3.7. Blok listesi raporu 59
Çizelge 4.1. Kompozit verilerin ve orijinal verilerin özet istatistiği 64
Çizelge 4.2. Hacim ve blok sayısı değerleri 71
Çizelge 4.3. Yatay yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri 75
Çizelge 4.4. Düşey yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri 76
Çizelge 4.5. Çapraz doğrulama testlerinde hata sonuçları 76
Çizelge 4.6. Kalori-rezerv ilişkisi 78
Çizelge 4.7. Kom1 ısıl değer dağılım haritası tablosu 80
Çizelge 4.8. Kom2 ısıl değer dağılım haritası tablosu 81
Çizelge 4.9. Kom3 ısıl değer dağılım haritası tablosu 82
Çizelge 4.10. Kom4 ısıl değer dağılım haritası tablosu 83
Çizelge 4.11. Kom5 ısıl değer dağılım haritası tablosu 84

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası (Mert, 2010) 11
Şekil 3.2. Taban kilinden bir görünüm 13
Şekil 3.3. Linyit horizonundan bir görünüm 14
Şekil 3.4. Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti (Gökmen ve ark., 1993: Mert, 2010'dan) 15
Şekil 3.5. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Akbulut ve ark., 2007: Mert, 2010'dan) 16
Şekil 3.6. Yeni proje 20
Şekil 3.7. Boş veri tabanı tablosu 21
Şekil 3.8. Proje özellikleri tablosu 21
Şekil 3.9. Proje bilgisi tablosu 22
Şekil 3.10. Öznitelikler tablosu 22
Şekil 3.11. CSV formatında hazırlanmış veri tabanı tablosu 23
Şekil 3.12. Sondaj tablosunun içeri aktarımı 24
Şekil 3.13. Açı tablosunun içeri aktarımı 24
Şekil 3.14. Litoloji tablosunun içeri aktarımı 25
Şekil 3.15. Ham örnekleme tablosunun içeri aktarımı 25
Şekil 3.16. Litoloji renkleri değişim tablosu 26
Şekil 3.17. 3B görüntüler 27
Şekil 3.18. Histogram menü görünümü 27
Şekil 3.19. Histogram penceresi 28
Şekil 3.20. İstatistik menü görünümü 29
Şekil 3.21. Öznitelik ve litoloji penceresi 30
Şekil 3.22. İstatistik sonuç penceresi 30
Şekil 3.23. Kompozitleme yapılmadan önce değerler 32
Şekil 3.24. Kompozitleme değerleri 33
Şekil 3.25. Kompozitleme yapıldıktan sonra değerler 33
Şekil 3.26. Kompozit görünümü 34
Şekil 3.27. Koordinat seçimi tablosu 35

Şekil 3.28. Litoloji seçimi tablosu 35
Şekil 3.29. Üst yüzey görünümü 36
Şekil 3.30. Oluşan yüzey değerleri 36
Şekil 3.31. Alt ve üst yüzey görünümü 37
Şekil 3.32. Katı model oluşturulmadan önceki görünüm 37
Şekil 3.33. Katı model oluşturulduktan sonraki görünüm 38
Şekil 3.34. Katı model değerleri tablosu 38
Şekil 3.35. Blok değerleri tablosu 39
Şekil 3.36. Blok oluştuktan sonraki görünüm 39
Şekil 3.37. Variogram 42
Şekil 3.38. Variogram parametreleri 42
Şekil 3.39. Variogram grafiği 43
Şekil 3.40. Uzaklığa ve yöne göre uzaklık ve açı toleransları (Pannatier, 1996: Mert, 2010'dan) 44
Şekil 3.41. Küresel tip yarıvariogram modeli ve paremetreleri (Mert, 2010'dan) 45
Şekil 3.42. Kriging ile kestirim yöntemi 50
Şekil 3.43. Variogram parametreleri 50
Şekil 3.44. Kriging parametreleri 51
Şekil 3.45. En yakın komşu ile kestirim yöntemi 52
Şekil 3.46. En yakın komşu parametreleri 52
Şekil 3.47. Ters uzaklık ile kestirim yöntemi 53
Şekil 3.48. Ters uzaklık parametreleri 53
Şekil 3.49. Kestirimden sonraki görünüm 54
Şekil 3.50. Alınabilen rapor çeşitleri 55
Şekil 4.1. Sondaj lokasyonlarının dağılımı 62
Şekil 4.2. Sondajlara ait orijinal litoloji 63
Şekil 4.3. Sondajlara ait düzenlenmiş litoloji 63
Şekil 4.4. Kompozit1 histogram grafiği 65
Şekil 4.5. Kom1 üst yüzey görünümü 65
Şekil 4.6. Kom1 alt yüzey görünümü 66
Şekil 4.7. Kom1 alt ve üst yüzey görünümü 66

Şekil 4.8. Kom1 üst yüzey sayısal değerleri 67
Şekil 4.9. Arakesmeler dahil katı model görünümü 68
Şekil 4.10. Arakesmeler hariç katı model görünümü 68
Şekil 4.11. Katı model raporları a) Arakesmeler dahil, b) Arakesmeler hariç 69
Şekil 4.12. Kom3 katı model blok model görünümü 70
Şekil 4.13. Tüm sahanın blok model raporu 70
Şekil 4.14. Isıl değer değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=0^o) 72
Şekil 4.15. Isıl değer değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=45^o) 73
Şekil 4.16. Isıl değer değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=90^o) 73
Şekil 4.17. Isıl değer değişkeni için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=135^o) 74
Şekil 4.18. Isıl değer değerlerin deneysel ve teorik yatay yarıvariogram 74
Şekil 4.19. Isıl değer değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogram 75
Şekil 4.20. Gerçek ısıl değer ve tahmini yapılan ısıl değerlerin grafiği 77
Şekil 4.21. Kalori-rezerv grafiği 79
Şekil 4.22. Kom1 ısıl değer dağılım haritası 80
Şekil 4.23. Kom2 ısıl değer dağılım haritası 81
Şekil 4.24. Kom3 ısıl değer dağılım haritası 82
Şekil 4.25. Kom4 ısıl değer dağılım haritası 83
Şekil 4.26. Kom5 ısıl değer dağılım haritası 84

1. GİRİŞ

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanması bakımından kritik önem taşıyan ve genel olarak bir gelişmişlik göstergesi olarak öne çıkan elektrik enerjisinin, dünyanın ve insanlığın geleceğindeki belirleyici konumu, her geçen gün daha da artmaktadır. Günümüzde, elektrik enerjisinin ucuz, kaliteli, zamanında ve güvenilir şekilde temini ülke yönetimlerinin öncelikli konuları arasındadır. Bu anlamda enerjinin planlama ve yönetim boyutları önem kazanmaktadır. Bu çerçevede ulusal kaynakların etkin ve rasyonel kullanımları ülkelerin enerji yönetimleri için hayati önem taşımaktadır.

Ülkemiz linyit yatakları içinde en büyük potansiyele sahip Afşin-Elbistan Linyit Havzası düşük ısıl değerlerine rağmen önemli enerji hammaddesi kaynaklarındandır. Kahramanmaraş İlinin Afşin ve Elbistan İlçelerinin kuzeyinde kalan havza 2,6 milyar ton görünür rezerve sahiptir. Afşin-Elbistan Linyit Havzası, diğer linyit sahalarına göre daha ekonomik örtü/linyit oranı ile öncelikle değerlendirilmesi gereken saha olma özelliğine sahiptir (Ural ve Onur, 2000).

Afşin-Elbistan yöresinde bulunan düşük kalorili linyit kömürünün ekonomiye kazandırılması ve elektrik enerjisi üretimi amacıyla 1984 ve 2004 yıllarında üretime başlayan iki adet termik santral kurulmuş ve toplam üretimi 116 milyar KW/s'i geçen elektrik enerjisi üretilmiştir. Her iki santralin ülke ekonomisine
16 milyar TL'nin üzerinde bir katkı sağladığı tahmin edilmektedir. Bu ölçüde büyük bir elektrik üretim potansiyeline sahip Afşin-Elbistan havzasındaki kömürün etkin bir şekilde değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılması, enerji yatırımlarının bir plan ve program dahilinde yapılması, linyit kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Madencilik sektöründe mevcut kaynağın tamamını değerlendirecek ve tüketildiğinde tekrar yerine konulamayan madenlerden maksimum fayda sağlamak ve maden rezervlerinin tam olarak tespiti amacıyla çeşitli bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bu programlardan birisi de, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, TKİ ve TÜBİTAK işbirliğiyle maden yatağının bulunmasından üretimin tamamlanması aşamasına kadar tüm teknik tasarımın

yapılabilmesini sağlayan, bu alanda Türkiye'nin ilk yerli ürünü olan Netpro/Mine bilgisayar programıdır.

Netpro/Mine ile topografik arazi modeli oluşturulması, yapılmış olan sondajların ve jeolojik araştırmaların yardımıyla 3 boyutlu cevher yatağı modeli elde edilmesi, kaynak ve rezerv hesaplamaları, arazi ve cevher modeli kullanılarak cevher yatağının hangi yöntemle en verimli, ekonomik ve çevreye en az zarar verecek şekilde üretileceği belirlenerek üretim tasarımları gerçekleştirebilecek şekilde geliştirilmiştir.

Etkin bir üretim planlaması için öncelikle linyit yatağının nitel ve nicel özelliklerinin saptanması gereklidir. Nitel özellikler, yapılacak jeolojik ve jeofizik çalışmalarla ortaya konur. Kalite ve miktar gibi nicel özellikler ise, yapılan hesaplamaların hassasiyetine bağlı olarak farklı şekillerde tanımlanır. Genellikle ilk adım araştırma-geliştirme sondajları ve arazi çalışmalarının tamamlanmasıdır. Daha sonra bu çalışmadan elde edilen bilgiler ışığında, linyit yatağının geometrisi, cevherleşme ve sürekliliği, linyit kalitesi ve miktarı gibi özelliklerini belirlemek üzere yatağın jeolojik blok modeli çıkarılır. Bir cevher kütlesinin blok modeli cevher kütlesinin soyut küçük bloklara bölünmesiyle elde edilir. Herhangi bir blok modelde tek bir blok, üçlü indeks sistemi (i, j, k) ile tanımlanabilir. Bu blokların boyutlarını belirlerken, kalite değişimleri, jeolojik devamlılık, üretim makinelerinin kapasiteleri, kaya mekaniği özellikleri ve bilgisayar veri kapasitesi gibi faktörler göz önüne alınmaktadır.

Bu çerçevede, maden yataklarının değerlendirilmesi için önem arz eden değişkenlerin, linyit için örnek verecek olursak kalınlık, kalori, kül ve nem içeriği gibi değişkenlerin yatak boyunca nasıl bir dağılım sergilediğinin tahmini amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin ortak gayesi, öncelikle jeolojik blokların kalite değerlerinin doğru bir tahmini, daha sonra verilerin haritalanarak analiz edilebilmesidir.

Bu çalışmada, yeni bir yazılım olan Netpro/Mine'nın Afşin-Elbistan Linyit havzasındaki Çöllolar sahasına uygulanması incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Netpro/Mine Programı ile İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar

Netpro/Mine maden yatağı modelleme ve maden işletmeciliğinin tüm aşamalarını bir arada gerçekleyen Netcad modulüdür. Veri girişi, sayısal arazi modeli oluşturma, 3B görüntüleme ve sayısallaştırma, jeolojik katı modelleme, blok modelleme, jeoistatistiksel kaynak ve rezerv kestirimi, işletme tasarımı ve üretim planlamasi gibi tüm araçların Netcad çatısı altında kullanılabilmesini sağlar.

Netcad, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği, TKİ ve TÜBİTAK işbirliğiyle maden yatağının bulunmasından üretimin tamamlanması aşamasına kadar tüm teknik tasarımın yapılabilmesini sağlayan Türkiye'nin ilk yerli ürünü olan Netpro/Mine mühendislik uygulamasını Aralık 2010 tarihinde kullanıma sunması nedeniyle daha önce yapılan çalışma söz konusu değildir. Netpro/Mine yazılımı hala ilgili kurumlar tarafından geliştirilmeye devam etmektedir. Netpro/Mine %100 yerli bilgi ile geliştirilen yazılımın Türkçe ve İngilizce sürümleri mevcuttur.

2.2. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Üzerinde Yapılan Önceki Çalışmalar

Kışlaköy Açık İşletmesi ve yakın çevresinde yapılan ilk çalışmalar kömür etüdü ve rezervi üzerine olmuştur. Sonraki yıllarda kömür sahasının fizibilitesi, jeofizik ve jeoteknik çalışmaları yapılmıştır. Yapılmış çalışmalar kronolojik sırayla aşağıda verilmiştir.

Önen (1936) tarafından bölgedeki ilk çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sivas, Malatya, Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri civarındaki linyit yataklarını incelemiş ve Kahramanmaraş ili çevresinde dört ayrı yerde kömür oluşumunun bulunduğunu, ancak bunların ekonomik değere sahip olmadıklarını belirtmiştir.

Otto-Gold (1969), Müşavir-Mühendislik firması olarak Alman teknik yardımı çerçevesinde Afşin-Elbistan linyitlerinin varlığına ve daha sonra da fizibilitesine yönelik ayrıntılı çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla 1966-1969 yılları arasında linyitlerin aranması, oluşumu, yayılımı, rezervi ve özelliklerine yönelik arazi, sondaj,

analiz ve benzeri çalışmalarla Afşin-Elbistan linyitlerinin fizibilite etütlerini gerçekleştirmiştir.

Rheinbraun Consulting (1976) tarafından hazırlanan Kışlaköy Açık İsletmesi üretim planlaması ve rezerv hesaplaması raporunda, Kışlaköy sahasında 1.576 x 10^6 m^3 örtü + ara kesme ve 577,9 x 10^6 ton linyit olduğunu belirtmektedir.

Özbek ve Güçlüer (1977), Maraş–Elbistan Çöllolar linyit sektöründe yaptıkları hidrojeolojik çalışmalar sonucunda, temel formasyonlardan kireçtaşlarının akifer özellik taşıdığını saptamış ve faylanmalar ile bu seviyelerden kömür işletme sahasına etkili miktarda su gelişi olacağını belirtmişlerdir.

Aydoğan (1978), Elbistan-Çöllolar sektöründe daha önce varlığı saptanan linyit yatağının fizibilite çalışmalarında 245 adet sondajın yapıldığını ve bu sondaj verilerine göre kömür kalınlığının doğudan batıya ve kuzeybatıya gidildikçe azaldığını belirtmiştir.

Gürsoy ve arkadaşları (1981), Çöllolar, Hurman ve Sinekli köyleri arasında kalan sahanın kömür rezervine yönelik yapmış olduğu çalışmada 466 milyon ton linyit rezervi tespit etmişlerdir. Linyit damarlarından alınan numunelerden, linyitin yaşı Pliyosen olarak, gidya birimi içinde bulunan Ostrocod'lara göre bu çökeller için Pliyo–Pliyostesen yaşını vermişlerdir.

Perinçek ve Kozlu (1984), Afşin, Elbistan, Doğanşehir arasında kalan alandaki birimlerin stratigrafisi ve bunların birbirleriyle ilişkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, sondaj verilerine göre Kızıldağ ve Afşin arasında kalan alanda kalın kömür damarlarının bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yörükoğlu (1991), Kışlaköy Açık işletmesinin jeolojisi–hidrojeolojisi, planlama kriterleri, kömür üretim miktarı ile kullanılan makine ve ekipmanları konusunda bir çalışma yapmıştır.

Gökmen ve arkadaşları (1993) tarafından Afşin-Elbistan linyit havzası ile ilgili bilgiler derlenmiştir. Derlemeye göre; Neojen öncesi yaşlı kayaçların, linyit içeren birimlerin temelini oluşturduğunu, Neojen yaşlı çökellerin limnik fasiyeste geliştiğini bildirmişlerdir.

Kürkçü, Ersoy ve Ersun (1993), daha önce yapılan çalışmalarla belirlenmiş olan Afşin-Elbistan Çöllolar (B) sektörünü jeoistatistiksel yöntem kullanılarak

yeniden iredelenmesini amaçlamışlardır. Çalışmalarının sonucunda Taylor yaklaşımını kullanan 'Contur-II ve Reserve-Coal' programlarıyla elde edilen rezerv miktarı ile kriging yöntemini kullanan 'GEO-EAS' programından elde edilen rezerv miktarı arasında büyük bir fark olmadığı anlaşılmıştır. Bunun nedeni, kömür yataklarının sedimanter bir yapıda olmasıdır. Birbaşka değişle jeoistatistik yöntemi ile daha çok uygulama alanı bulan metalik madenlerin yapılaşmasından farklı olmasına bağlanabilir. Yapılan çalışmada hata oranının en aza indirgenmesi yönünde istatistiksel irdelemelere olanak sağlaması nedeniyle jeoistatistiksel yöntemin uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Öztürk (1994) tarafından Afşin-Elbistan açık işletmesinde sert kayaç problemi ortaya konmuş ve işletmeyi ne derecede etkilediği gösterilmiştir. Kazıcıların durma sebepleri içindeki payı ortaya konmuştur. Ayrıca işletmede TKİ ve Rheinbraun Consulting tarafından yapılan sondajlara istinaden basamaklara göre sert kayaç hacimleri tespit edilmiştir. Sert kayaç tabakasının şevdeki pozisyonuna bağlı olarak kazıcıların çalışma teknikleri incelenmiştir. Sonuç olarak taşların bertaraf edilmesi için uygulanabilecek yöntemler ortaya konmuştur. Özel taş işletmesi için makine parkı seçilmiş, yatırımların spesifikasyonu yapılmıştır. Ayrıca delme-patlatma ile döner kepçeli kazıcılar için yüklenebilir malzeme oluşturulması incelenmiştir. Yöntemler arasında maliyet ve verimlilik araştırılmıştır.

Kılıç (1996) tarafından Kışlaköy sahasında stabilite analizleri yapılmıştır. Sahadaki şevlerin stabilitesi için en önemli tabakanın, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu en düşük linyitin hemen altındaki kil tabakasının olduğu, bu tabakanın su ile birleştiğinde çok kritik bir hal aldığı vurgulanmıştır. Ayrıca kömür tabakası üstündeki birkaç metrelik kaliç olarak adlandırılan tatlı su kalkerlerinin döner kepçeli ekskavatörlerin çalışma performansını olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Sahanın yeraltı ve yerüstü suyu bakımından zengin olduğu ve stabiliteyi olumsuz etkileyecek birkaç akiferin (Kuvaterner, Gidya, Karstik Kireçtası, Kızıldağ Akiferleri) bulunduğu, bu akiflerin bulunduğu basamakların mutlak suretle drenaj kuyuları vasıtasıyla yeraltı suyunun drenajının sağlanması gerektiği ifade edilmiştir.

Dağ (1997) tarafından Çöllolar sektörü üzerinde yapılmış 305 adet sondaj verisi jeoistatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek sektörün blok modeli

oluşturulmuş, bilgisayar destekli üretim planlaması için bir yazılım geliştirilerek, açık işletmenin nihai sınırları tespit edilmiş ve üretim planlaması yapılmıştır.

Ural (1999) tarafından Afşin-Elbistan (A) Termik Santrali'nin performansının düşük olmasının nedenleri araştırılmış ve bu nedenlerin birisi de yakıt olarak kullanılan linyitlerin kalitesini belirleyen sınırlayıcı parametrelerin yetersizliği olarak belirlenmiştir. Satılabilir kömürün kalitesini belirleyen en önemli iki sınırlayıcı parametre Afşin-Elbistan linyitlerinin dayanım özellikleri ve ısıl değeri ile kül oranı arasındaki orantıdır. Linyitlerin dayanımlarını belirleyebilmek için düzeltilmiş darbe dayanım deneyi adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir. Afşin- Elbistan linyitlerinin darbe dayanım değerleri %9,8 ile %56 arasında değişmektedir. Satılabilir linyitlerin ortalama darbe dayanım değeri %45 ve varyansı da %4 olmalıdır. Bu nedenle farklı özelliklere sahip linyitlerin harmanlanması gerektiği tespit edilmiştir.

Ergüder ve arkadaşları (2000), Kışlaköy Açık İşletmesi doğu nihai şevlerinde jeofizik etüdü kapsamında bu yöredeki fayların doğrultu ve eğimlerinin tespitine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Mevcut fayların ocak işletme yönünde devam ettiğini saptamışlardır.

Koçak (2000), Elbistan Linyit Havzasındaki Hurman Çayı'nın batısında yer alan C ve E sektörlerini güncel veriler ile yeniden değerlendirmiş, iki sektörde 796 milyon ton işletilebilir linyit rezervinin bulunduğunu ve havzanın batısında sondaj yapılması durumunda rezervin artabileceğini belirtmişlerdir.

Kılıç ve Onur (2001) tarafından Afşin-Elbistan Linyitleri Kışlaköy açık işletmesinin iç döküm sahası ile ilgili dinamik duraylılık analizleri, bölgenin deprem önemi de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen dinamik duraylılık hesaplama programları ile üç değişik su durumu ve deprem etkisi göz önüne alınarak "Bishop, Carter, Sarma" yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda döküm sahası şevinde bütün olasılıklar ve deprem katsayısının hesaba katılması durumunda bile herhangi bir kayma tehlikesinin olmadığı tespit edilmiştir.

Koçak ve arkadaşları (2003), bölgenin linyit rezervine yönelik yaptıkları çalışmalarda, havzada görünür rezervin 4,3 milyar ton, ekonomik işletilebilir linyit rezervinin ise 3,8 milyar ton olduğunu belirlenmiştir.

Ural ve Yüksel (2004), Kışlaköy Açık İşletmesinde duraylılık konusunda yaptıkları araştırmalarda, stabiliteyi etkileyen faktörlerin; yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması, gidya biriminin zayıf zon olması, linyit altındaki kilin potansiyel kaymaya neden olabileceğini ve çalışma alanında yer alan birimlerin makaslama dayanımı değerlerinin, artık makaslama dayanımı değerleri ile temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Mert (2010) tarafından yapılan doktora tezi ile öncelikle Afşin-Elbistan linyit havzasına ait jeolojik ve sondaj verileri analiz edilerek tablosal veritabanları hazırlanmış, daha sonra madencilik faaliyetlerinde kullanılan sayısal tematik haritalar oluşturularak CBS çatısı altında birleştirilmiştir. Bunun sonucunda, grafik ve grafik olmayan veriler ile bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünleşik olarak işleyebilme ve böylece konuma bağlı analizleri gerçekleştirme olanağına sahip "Üretim Takip ve Planlama Bilgi Sistemi" yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılım yardımıyla, ekskavatörlerin üzerine bir GPS alıcısı yerleştirilerek, sayısal haritalar üzerinden izlenebilmeleri mümkün kılınmış, linyit üretimiyle eş zamanlı olarak üretim miktarı, ısıl değer, % nem, % kül gibi kalite verilerinin takip edilmesi ve stok kayıtlarının veritabanı olarak saklanması sağlanmıştır. Ayrıca, harmanlama ve diğer prosesler açısından önem arz eden bu veritabanları ve geliştirilen bilgi sistemi sayesinde arazi kullanım haritalarının hazırlanabileceği veya ekrandan tanımlanan bir alandaki rezerv-kalite dağılımlarının tespitinin mümkün olacağı ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada uygulama alanı olarak, Kahramanmaraş iline bağlı Afşin, Elbistan ilçeleri arasındaki Linyit havzasına ait Çöllolar sahası seçilmiş ve bu saha üzerinde yapılmış olan 215 adet karotlu sondaj verileri ile Netpro/Mine bilgisayar programı kullanılmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanı

Afşin-Elbistan linyit havzası Kahramanmaraş İline bağlı Afşin ve Elbistan İlçelerinin kuzeyinde bulunmaktadır. Ülkemiz linyit yatakları içinde en büyük rezerve sahip olan havza elektrik enerjisi üretimi bakımından Türkiye'nin en önemli potansiyeline sahiptir. Havzada 1966 yılında MTA Enstitüsü ve bir Alman firması işbirliği ile detaylı arama çalışmaları başlamış, 1967 yılı itibariyle havzada düşük kalorili bol miktarda linyit rezervi olduğu saptanmıştır. 1968 yılı yatırım programı ile bu linyitlerden faydalanarak bir termik santral kurulmasına karar verilmiş, 1973 yılında her biri 344 MW gücünde dört ünite olarak yapımına başlanan santralin ilk ünitesi Temmuz 1984'te üretime başlamıştır. Kurulduğu yıllarda Türkiye'nin ve dünyanın en büyük elektrik santrallerinden biri olan, Türkiye'nin o güne kadar yaptığı en büyük kamu yatırımı olarak gösterilen, Afşin-Elbistan A Termik Santrali, 24 yıllık süre içerisinde 98 milyar Kwh elektrik enerjisi üretmiş, bu zamana kadar 200 milyon tonun üzerinde linyit kömürü yakmıştır. 2000 yılında yapımına başlanan ve 2004 yılında elektrik enerjisi üretmeye başlayan Afşin-Elbistan B Termik Santrali ise bugüne kadar toplam 16 milyar Kwh elektrik enerjisi üretmiştir.

Afşin-Elbistan linyit havzası rezervin ve havzanın büyüklüğü nedeniyle linyit rezervinin konumunu belirlemek amacı doğrultusunda A, B, C, D, E, F sektörlerine bölünmüştür. Havzada toplam 3,25 milyar ton linyit bulunmaktadır. Yaklaşık 120 km^2'lik bir alanı kapsayan linyit havzası; Kışlaköy (A), Çöllolar (B) ve Afşin (C) adı verilen üç ana sektör ile D, E ve F sektörlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.1).

Havzanın ortasından geçen Hurman Çayı'nın batısındaki linyit rezervi, C ve E sektörleri, doğusundaki linyit rezervi A, B, D, F sektörleri ie tanımlanmaktadır. Havzanın fizibilite raporu 1969 yılında hazırlatılmış ve gerek açık işletme derinliğinin Kışlaköy sektörü kuzeyinde düşük olması, gerekse diğer sektörlerde de termik santral kurulması gerektiği düşüncesinden dolayı linyit kazı çalışmalarının ilk olarak Kışlaköy sektöründe başlatılması kararlaştırılmıştır (Yörükoğlu, 1991).

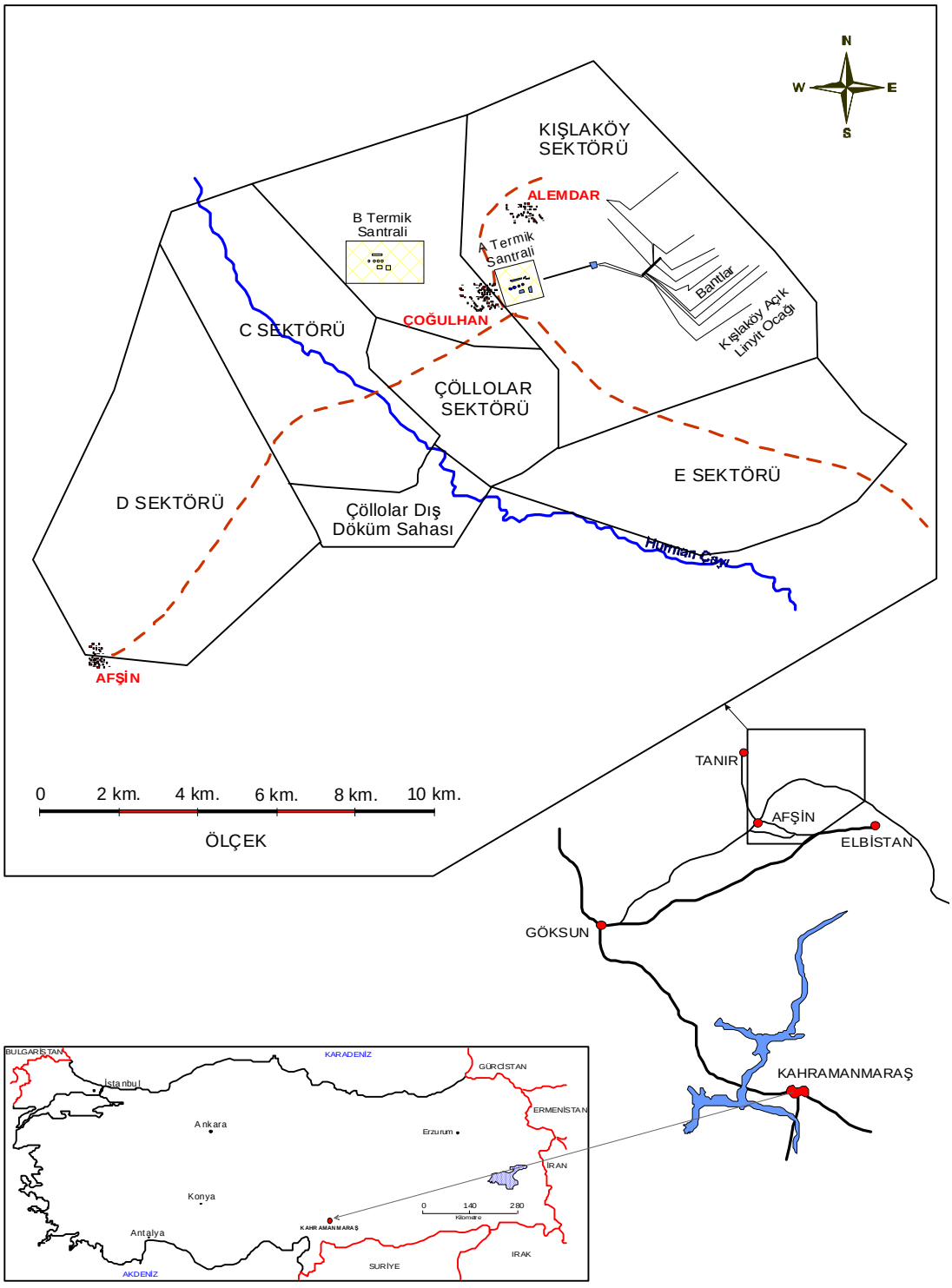
3.1.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Sınırları

Türkiye linyit rezervlerinin yaklaşık %46'sını oluşturan Afşin-Elbistan linyit havzasının Kahramanmaraş İli içindeki genel konumu Şekil 3.1'de verilmiştir. Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli Afşin L 38 a4 paftasında yer alır. İşletme sahası Kahramanmaraş İli Afşin İlçesinin kuzeydoğusunda ilçe merkezine 15 km uzaklıktadır. Kömür havzası A (Kışlaköy), B (Çöllolar), C (Afşin), D (Kuşkayası), E (Çobanbey) ve F sektörlerine ayrılmıştır. Kışlaköy Açık Ocak İşletmesi (AEL) havzanın A sektöründe yer almaktadır. Afşin–Elbistan havzasının batısında Çoğulhan, güneydoğusunda Kışlaköy yerleşim alanı bulunmaktadır. Çalışma sahasının etrafı Binboğa, Nurhak ve Engizek dağları ile sınırlanmıştır. Elbistan'ın 3 km güneydoğusunda, Pınarbaşı'ndan doğan ve Elbistan'ın ortasından geçen Ceyhan ırmağı şehrin can damarı olup debisi ortalama 8 m^3/sn'dir. Ceyhan nehrinin havza içindeki önemli kolu Hurman Çayıdır. Hurman Çayı Afşin-Elbistan havzasının batısından başlayıp güneyinde havzayı terk etmekte olup, bu çaya Özdere, Karasu Deresi, Taşınardı Deresi ve Atlaskaya derelerinin suları karışmaktadır (Mert, 2010).

3.1.1.2. İklim, Bitki Örtüsü ve Morfoloji

Afşin-Elbistan linyit havzası Akdeniz iklimi ile kara iklimi arasındaki geçiş sahasında bulunur. Havzanın batı kısmı daha çok Akdeniz ikliminin bir geçiş tipini yansıtmaktadır. Soğuk ve nemli bir kış mevsimi, öte yandan doğu kısmı daha karasal bir iklime sahip olup soğuk bir kış ve sıcak ve kurak bir yaz mevsimi görülür; Yağış ise batıda doğuya nazaran daha fazladır. Yağışlar yıl içerisinde en çok ilkbahar da

Mart-Nisan, sonbahar da Ekim-Kasım aylarında görülür. Rüzgarlar; kuzeyden esen poyraz rüzgarları, güneybatıdan esen lodos rüzgarları daha çok görülür. Poyraz



Şekil 3.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası (Mert, 2010).

rüzgarları kışın kar, Lodos rüzgarları ise bölgeye bol miktarda yağmur getirir. Bölgede orta şiddette rüzgarlar vardır.

Yarı kurak iklime sahip olan bölgede bitkiler ve ağaçlar yavaş büyüme eğilimindedir. Dolayısıyla yarı kurak iklim tipine dayanıklı ağaç türlerinden Ardıç, Meşe, Karaçam ve Sedir türleri bölgede varlığını sürdürmektedir. Özellikle dere kenarlarında söğüt ve selvi ağaçları bulunmaktadır. Çevredeki dağlık kesim kireçtaşlarıyla kaplı olup, bitki örtüsü bakımından çıplaktır. Ovada ise buğday, pancar, fasulye, patates ve ayçiçeği ekimi yapılmaktadır. Hayvancılık az gelişmiş olmakla birlikte sığır ve koyun yetiştirilmektedir.

Elbistan çöküntü alanını kuzeyden ve doğudan sınırlayan dağların yüksek kesimleriyle ova arasında, çeşitli yükselti basamaklarına sıralanmış platolar vardır. 1.500-2.000 metre arasında yer alan bu platolar Ceyhan Vadisi aracılığıyla Akdeniz ikliminin etkilerini taşır. İnceleme alanı Afşin–Elbistan Ovası içinde yer almakta olup, ortalama 1.200 m yüksekliğindedir. Kışlaköy Açık İşletmesinin doğusunda yer alan ve işletmeyi sınırlayan Kızıldağın yüksekliği 1.700 m'dir.

3.1.1.3. İşletme Yöntemi

Havzada bulunan iki linyit işletmesinden biri olan Kışlaköy Açık Linyit İşletmesinde, linyit horizonu havza ortasında yataya yakın tabakalanmaya sahipken havza kenarında 5–20° arasında tabaka eğimine sahiptir.

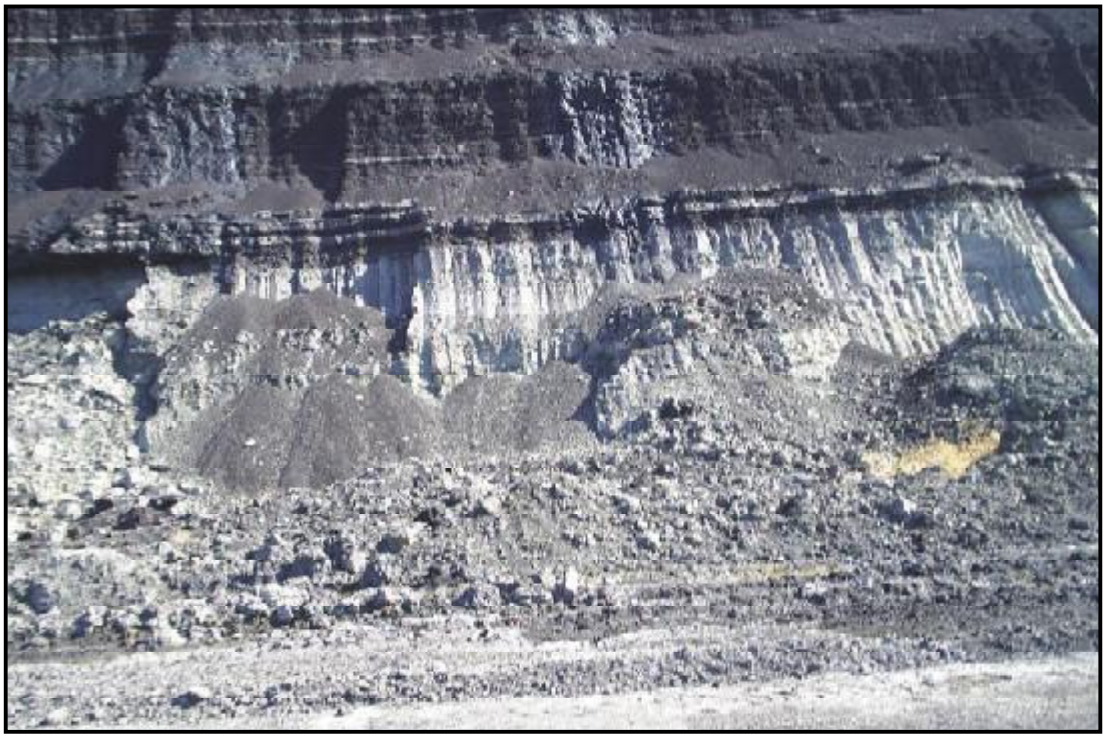
İşletmede, döner kepçeli ekskavatörler (DKE) tarafından kazılan örtü malzemesi ve kömür, bantlar aracılığıyla bant aktarma noktasına gönderilmektedir. Bant aktarma noktasında, kazı sahasından gelen bantlar, hareketli tamburlar aracılığıyla döküm sahasına giden uygun bir banta göre kolaylıkla ayarlanabilmektedir. DKE'ler yardımıyla kazılan linyitin tamamı stok sahasına gönderilmekte, örtü malzemesi ise dökücüler tarafından dış ya da iç döküm sahasına serilmektedir.

Kışlaköy Açık İşletmesi 6 basamak halinde işletilmekte olup, işletmede her bir basamakta bir adet, toplamda 6 adet döner kepçeli ekskavatör bulunmaktadır. DKE'ler yaklaşık 3.000 m^3/saat yerinde kazma kapasitelidir. DKE'ler bulunduğu noktadan 30 m yüksekliğe ve yine bulunduğu noktadan 4 m aşağısına kadar olan

kesimde kazı yapabilme kapasitesine sahiptir. Duruma göre DKE'ler aynı basamakta istenilen yüksekliğe kadar kademeler halinde kazı yapabilmektedir. Kazı sahasındaki basamak yükseklikleri kazı verimi açısından kepçe çark yarıçapına (6,125 m) orantılı olarak en çok 18-20 m seviyelerinde tutulmaya çalışılmaktadır. Bant konveyörlerin genişliği 1.800 mm, hızı 5,2 m/sn'dir. Basamaklar ilerledikçe kazıcıdan gelen örtü malzemesini taşıyan bantlar, ya açısal ya da paralel olarak bant kaydırma makineleriyle kaydırılmaktadır.

3.1.1.4. Havzanın Genel Jeolojisi

Afşin–Elbistan Havzası Alp Orojenezi sonunda Toros Dağları'nın yükselmesi sırasında oluşmuş kapalı bir basendir. Deniz seviyesinden yaklaşık 1.150 m yüksekliktedir. Sahanın tabanını Permo–Karbonifer yaşlı kireçtaşları teşkil etmektedir. Sahanın kuzeydoğu ve doğusunda yeralan Kızıldağ pembemsi, beyazımsı kristalize kireçteşlarından oluşmuş olup üst Kretase yaşlıdır. Havzada daha çok Neojen yaşlı formasyonlar yeralmaktadır. Havzanın batı kesimindeki linyit formasyonu da bu zamanda meydana gelmiştir (Öztürk, 1994).



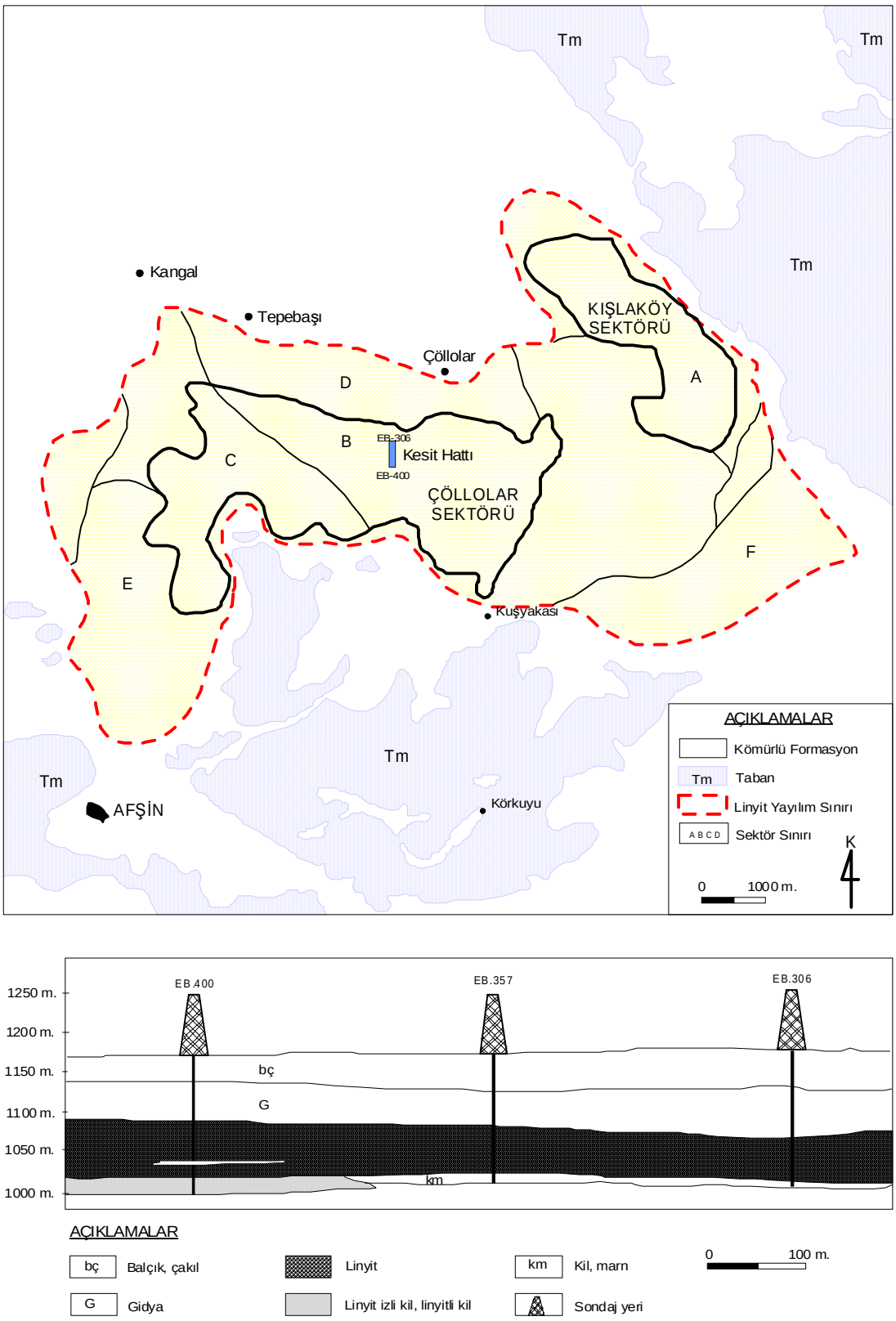
Şekil 3.2. Taban kilinden bir görünüm



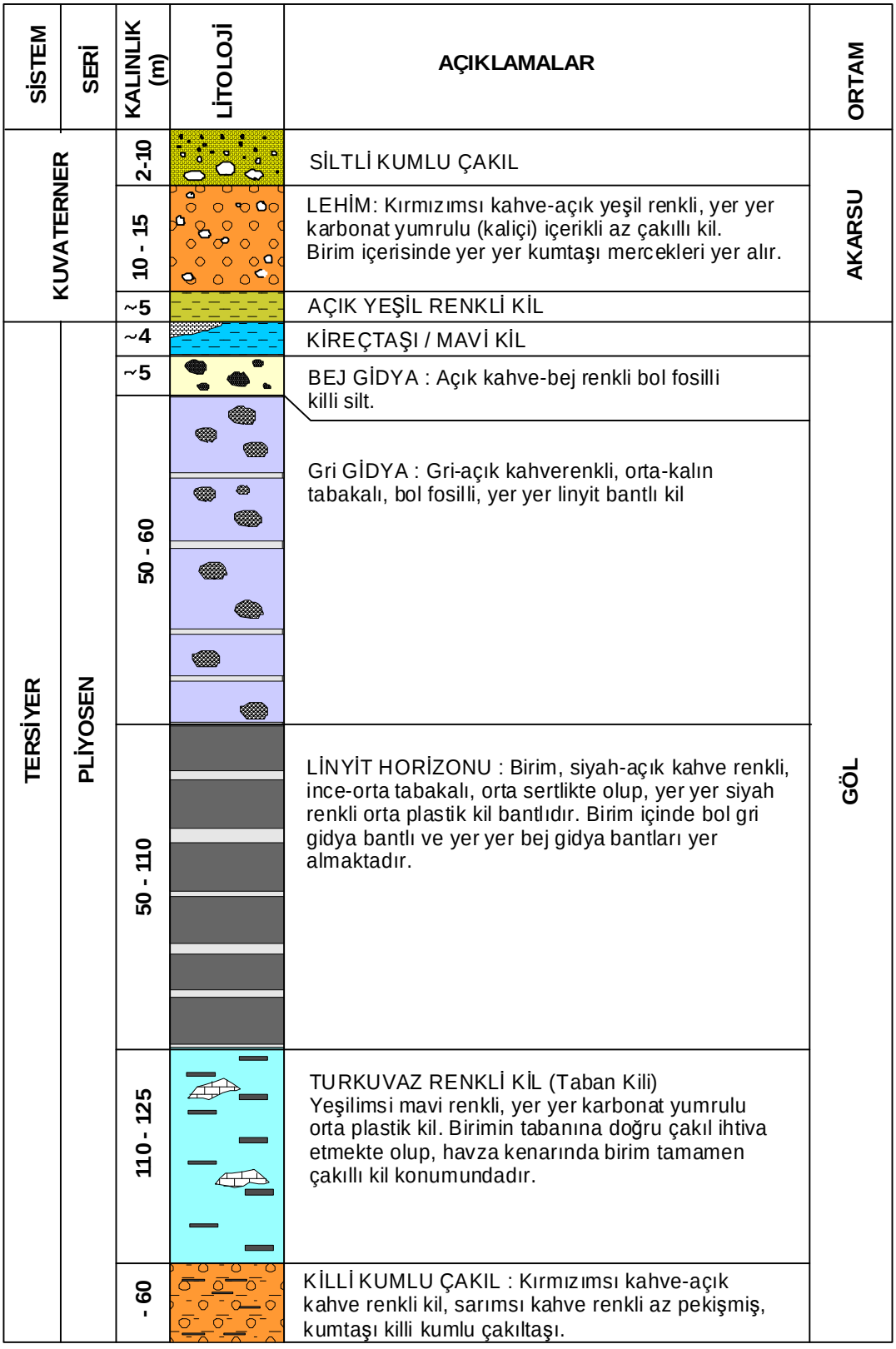
Şekil 3.3. Linyit horizonundan bir görünüm; Eğimli tabakalar

Neojen; Plio-Pleistosen yaşlı gölsel formasyonlar şeklinde Kızıldağın güneyinde mostra vermekte olup, diğer yerlerdeki kuvaterner yaşlı çökeller tarafından örtülmüş durumdadır (Şekil 3.4-3.5). Akarsu sedimanları çakıl, kumlu kil ve kahverengimsi kırmızı renkli lehm Kışlaköy açık işletme sahasında havza tabanını meydana getiren dolomit ve kireçtaşlarının üzerinde yer alır. Bu sedimanlar yukarıya doğru ince taneli klasik materyaller halinde çoğalmakta ve kömür altında kalın kil tabakası halinde devam etmektedir. Killer güneybatıya doğru marnlaşmakta hatta bazen tamamen marna dönüşmektedir. Kömür sahasının sınırı dışında bu tabakalar kumlu kısmen de çakıllı metaryaller yamaç molozu ile geçiş göstermektedir.

Havzanın yapısal jeolojisi esas olarak iki faktör tarafından belirlenmektedir. Bunlar Alp orojenezi ve Pliosen esnasındaki daha genç çökelmelerdir. Alp orojenezi havza tabanı ve kenarlarındaki normal ve ters atımlı fayları meydana getirmektedir. Pliosen grabeni de KB-GD istikametindeki faylar boyunca bu zayıf zonları takip etmektedir. Havzanın kuzeyindeki zayıf zonlar KB'ya doğru dönmektedir. Hemen hemen paralel olan bu faylar Kışlaköy Açık İşletmesinin kuzeydoğusunda yoğunlaşmakta ve sentetik fay basamağını meydana getirmektedir. Açık işletmenin kuzeybatısını da etkileyen fayların düşey atımları 50 m civarındadır. İşletme sahasında ise kömür tabakaları 3-20 m arasında atılmışlardır. Fayların eğimleri 60-70 derece GD'ya eğimlidir. Yalnız kuzeydoğuda tektonizmaya fazla maruz kalan sahada kısmen 15 dereceye kadar ulaşmaktadır (Öztürk, 1994).



Şekil 3.4. Afşin-Elbistan ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve kesiti (Gökmen ve ark., 1993: Mert, 2010'dan).



Şekil 3.5. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (Akbulut ve ark., 2007: Mert, 2010'dan).

3.1.1.5. Havzanın Hidrojeolojik Özellikleri

Sahanın yüzey hidrojeolojisini Çoğulhan ve Demirdere gibi küçük çaylar etkilemektedir. Kızıldağ'ın batı ve kuzey yamaçlarından çıkan yüzey sularını kontrolde tutmak için doğu çevre kanalı ve batı çevre kanalı adı verilen iki büyük kanal yapılmıştır. Doğu çevre kanalı hem yüzey sularını hemde karstik sahadan pompalanan suları toplamaktadır. Batı çevre kanalı ise, çevre suları yanısıra üst Akifer ve Gidya kuyularından pompalanan suları toplamaktadır.

Yeraltı su drenajı ise şu şekildedir. Genellikle kömür üstünde bazende kömürle ara tabakalı gidya %50-70 arası su içermektedir. Gidya da bulunana su başınçlı akifer özelliğini taşımaktadır. Üst seviyesinden yaklaşık 2-3 atm basıncında bir yükselti göstermektedir. Geçirimliliği azdır ve suyu bırakmamaktadır. Geçirimliliğinin azlığı dolayısıyla yeraltı suyunun gidya akiferi içinde akışı çok yavaştır.

Üst akifer kuvaterner yaşlı çakılların içerdiği suyun bol olmayışı ve geçirimliliği nedeniyle fazla problem teşkil etmediğinden gidya ve üst akiferler drenajı için aynı su kuyusu açılmaktadır. Geçirgenliğin azlığı nedeniyle gidyanın drenajı oldukça zordur. Sudan yeterince arındırılmamış gidya formasyonunun kazılması ve yığılması çok güçtür. Gidyanın drenajı için işletme sahasının kuzeybatısında 200 adet 125 m aralıklı ve 1.000 mm çaplı drenaj kuyuları açılmıştır. Gidya kuyularının su hızları 0,3-0,5 lt/sn'dir. Bu nedenle kuyulara düşük kapasiteli su altı pompalar monte edilmiştir (Öztürk, 1994).

3.1.2. Netpro/Mine

Netpro/Mine; Netcad, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği, TKİ ve TÜBİTAK işbirliğiyle maden yatağının bulunmasından üretimin tamamlanması aşamasına kadar tüm teknik tasarımın yapılabilmesini sağlayan Türkiye'nin ilk yerli ürünüdür. %100 yerli bilgi ile geliştirilen yazılımın Türkçe ve İngilizce sürümleri mevcuttur. Cevher yatağı modelleme ve maden işletmeciliğinin tüm aşamalarını bir arada içeren Netcad modülüdür.

Netpro/Mine ile topografik arazi modeli oluşturulması, yapılmış olan sondajlar ve jeolojik verilerin yardımıyla 3 boyutlu cevher yatağı modeli elde edilmesi, kaynak ve rezerv hesaplamaları, arazi ve cevher modeli kullanılarak cevher yatağının hangi yöntemle en verimli, ekonomik ve çevreye en az zarar verecek şekilde üretileceği belirlenerek üretim tasarımları gerçekleştirilebilmektedir.

3.2. Metod

3.2.1. Netpro/Mine Programının Tanıtımı

Netpro/Mine bilgisayar programı ile bir maden yatağı ile ilgili aşağıda belirtilen işlemler yapılabilmektedir.

i) Proje işlemleri ve veri girişi

- Yeni proje oluşturma
- Proje verilerinin oluşturulması
- Veri girişi ve dosya okuma işlemleri

ii) Veri değerlendirmesi

- İstatistikleme İşlemleri
- Kompozitleme İşlemleri
- Histogram İşlemleri
- Diagram İşlemleri
- Kesit alma İşlemleri
- Dilimler İşlemleri

iii) 3B modelleme ve görselleştirme

- Enkesitler Üzerinden Sayısallaştırma
- Katı Model Oluşturma
- Damar Modelleme
- Sınır İçerisinde Kalan Alanın Modellenmesi
- Damara Ait Eşdeğer Eğrilerinin Oluşturulması

iv) Blok modelleme ve jeoistatiksel işlemler

- En Yakın Komşu
- Ters Uzaklık

- Kriging
- KoKriging
- İndikatörKriging

v) Blok model değerlendirme

- Blok model üzerinden tematik haritaların hazırlanması
- Tematik haritaların düzenlenmesi
- Blok listesi raporu, tenör tonaj eğrisi raporlarının alınması
- Blok filtreleme işlemleri

vi) Faylar

- Fay verisini ekleme ve özelliklerini tanımlama
- Fay atım miktarını araziye uygulanması, yüzeye fay ekleme
- Arazi modeline uygulanan atımın incelenmesi

vii) Raporlar

- Sondaj listesinin alınması
- Veritabanı kapsam raporu
- Litoloji kayıtları listesi
- Açı kayıtları listesi
- Ham örneklem kayıtları listesi
- Blok tonaj raporu
- Blok listesi raporu

viii) İşletme tasarımı ve üretim planlaması

- Yer Üstü Madenciliği
  - Pasa harmanı tasarımı
  - Basamak tasarımı
- Yer Altı Madenciliği
  - Havalandırma tasarımı
- Patlatma Tasarımı

ix) 3B Sunumlar ve stereo görüntüleme

Bu çalışmada, uygulama sahasındaki blok modelleme ve rezerv hesaplamaları yapıldığı için bu uygulamaların gerçekleştirlmesinde gerekli olan işlemler ayrıntılı olarak verilmiştir.

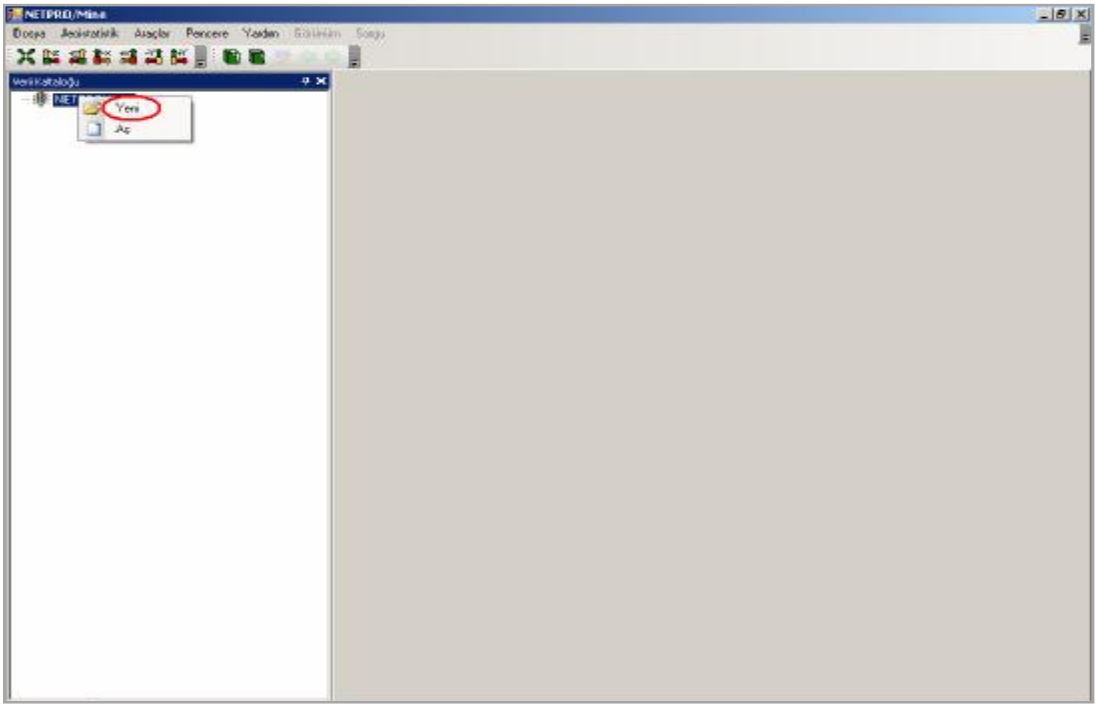
3.2.1.1. Verilerin Girişi

Netpro/Mine ile proje oluşturabilmek için sondaj verilerine ait 4 adet veritabanı tablosunun en az aşağıdaki kolonlarla mevcut olması gerekmektedir;

- Sondaj; sondaj no, derinlik, X, Y, Z
- Açı; sondaj no, derinlik, başlangıç, bitiş, doğrultu, eğim
- Litoloji; sondaj no, başlangıç, bitiş, litoloji
- Ham Örnekleme; sondaj no, başlangıç, bitiş, numune değerleri (tenör, ısıl değer, kül, nem, vs…)

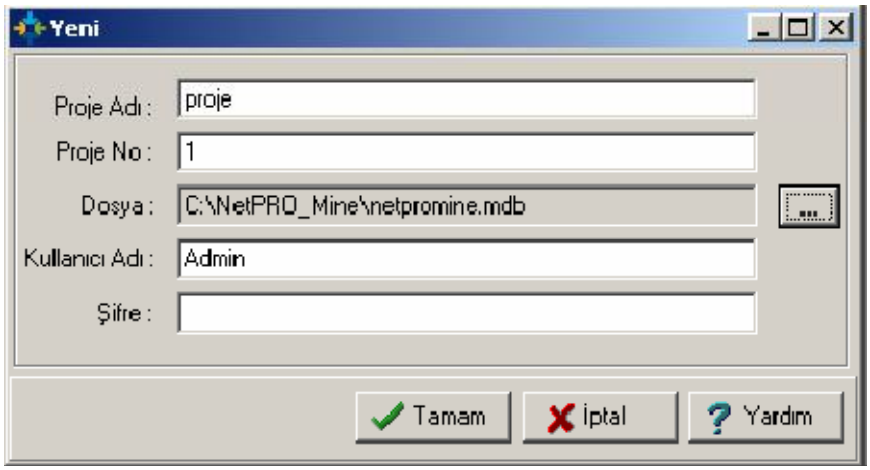
Ayrıca, sahaya ait vektör veriler ve sahanın raster görüntüsü kullanılarak sayısal arazi modeli oluşturulabilmekte ve kabartma haritası hazırlanarak sondajlar ile beraber 3 boyutlu görüntülenebilmektedir (NETCAD, 2010a).

Proje oluştururken; Netpro /Mine→ Fare sağ tuş menüsü→Yeni (Şekil 3.6)



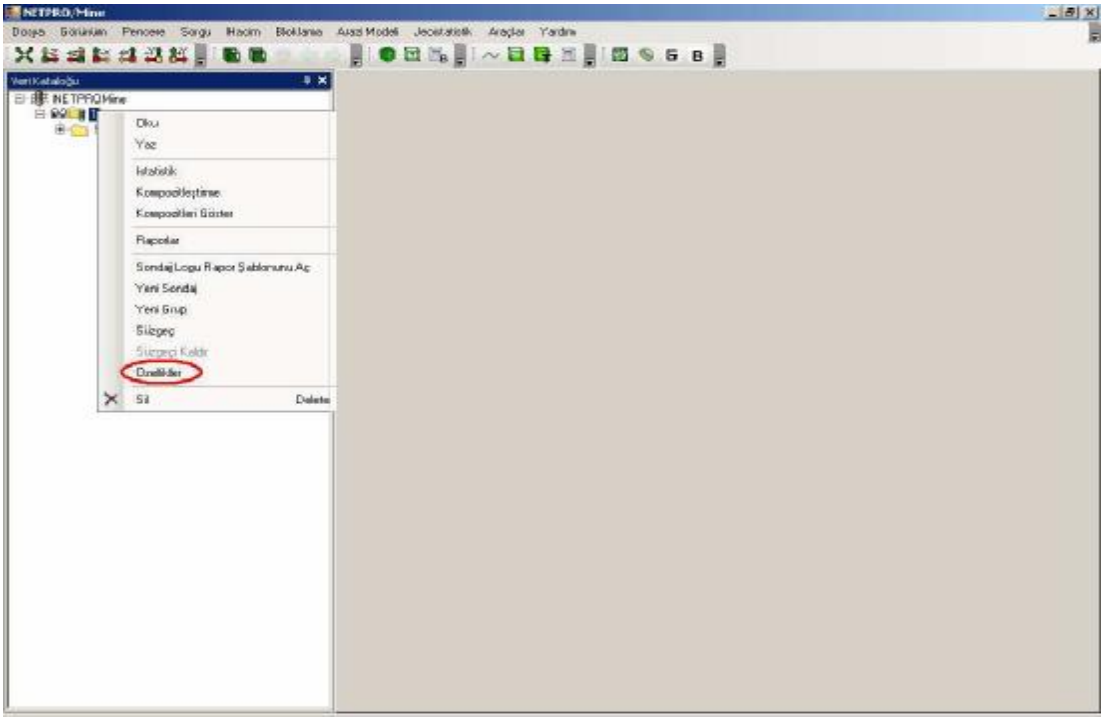
Şekil 3.6. Yeni proje

Açılan tabloda oluşturulmak istenen proje adı ve no'su, axcess dosyasının adı ve dizini belirtilerek "Tamam" ile boş bir veritabanı oluşturulur (Şekil 3.7).



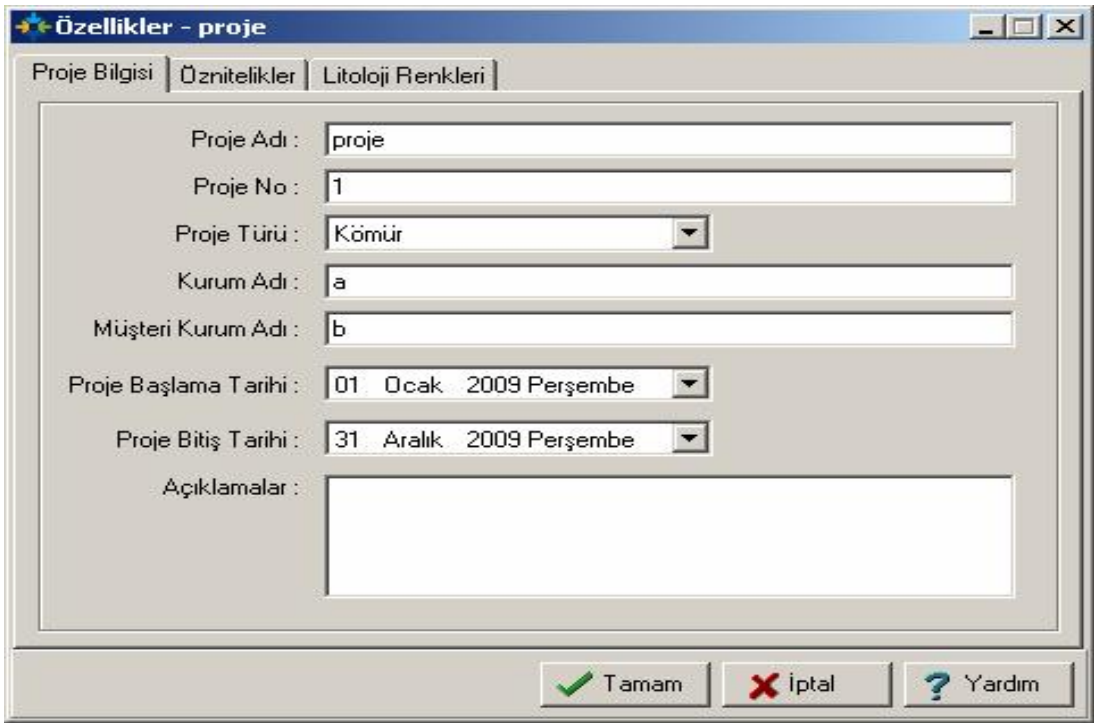
Şekil 3.7. Boş veri tabanı tablosu

Proje oluşturulduktan sonra ilk yapılması gereken proje özelliklerinin set edilmesidir; Proje üzerinde fare sağ tuş menüsü→"Özellikler" (Şekil 3.8)



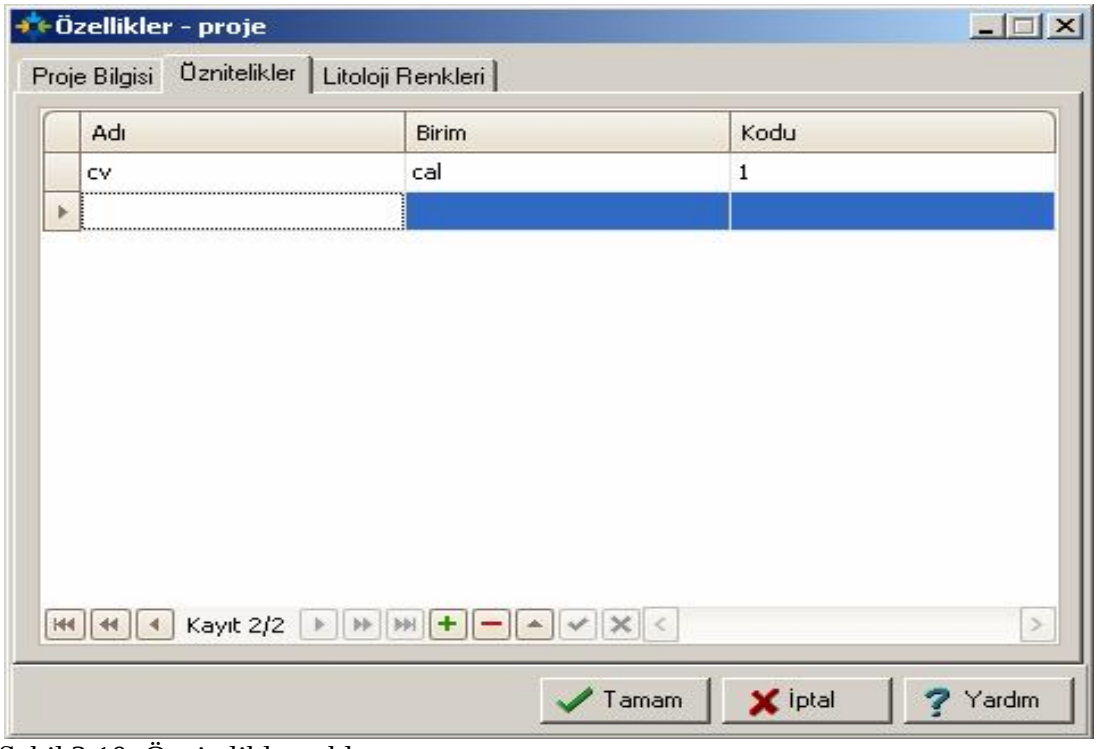
Şekil 3.8. Proje özellikleri tablosu

Açılan "Özellikler" penceresinde bulunan "Proje Bilgisi" sekmesinden proje adı, türü, kurum-kuruluş, proje başlangıç-bitiş tarihleri girilir (Şekil 3.9).



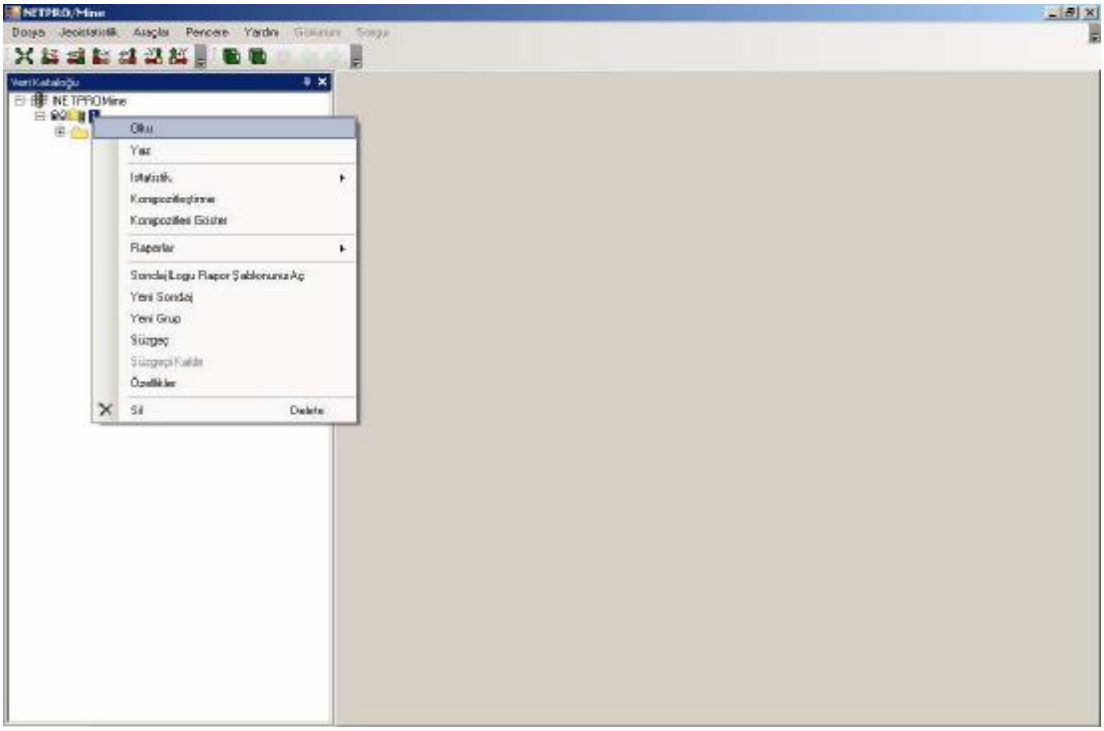
Şekil 3.9. Proje bilgisi tablosu

Açılan "Özellikler" penceresinde bulunan "Öznitelikler" sekmesinden projeye ait öznitelik adı, birimi ve kodu girilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Öznitelikler tablosu

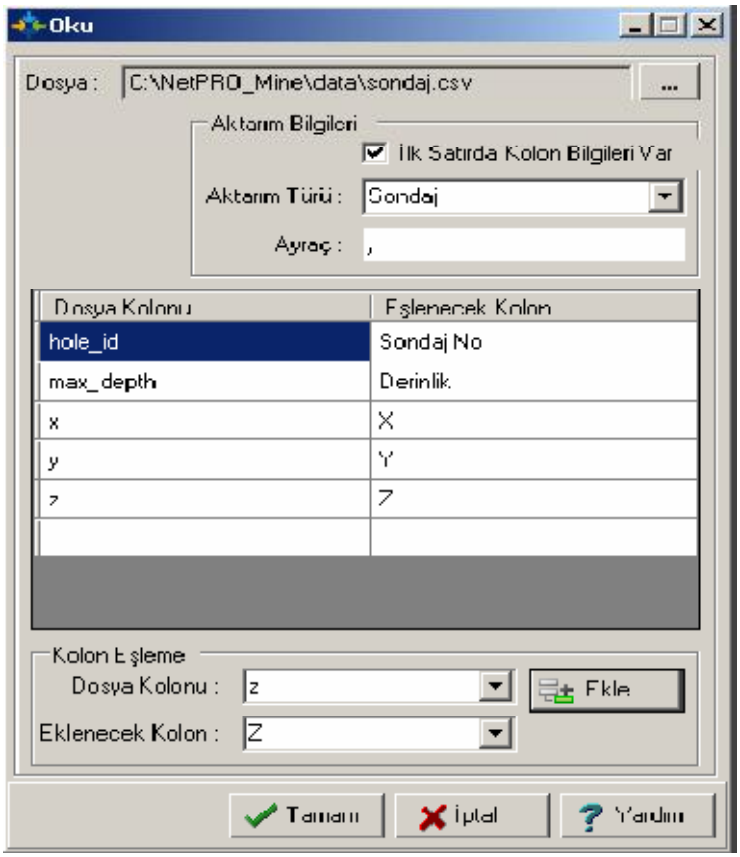
Oluşturulan proje üzerinde fare sağ tuş menüsünden “Oku” komutu seçilir (Şekil 3.11).



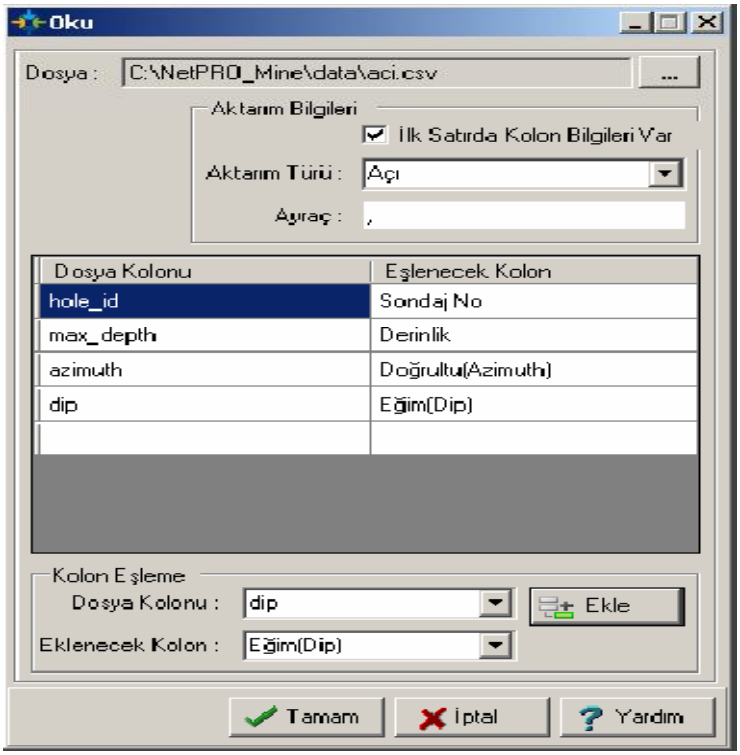
Şekil 3.11. CSV formatında hazırlanmış veritabanı tablosu

CSV formatında hazırlanmış veritabanı tablosu, aktarım türü, kullanılan ayraç seçilerek, tablo kolonları birebir eşleştirilir ve “tamam” butonuna basılarak tablo bilgileri boş axcess (*.mdb) dosyası içine aktarılır. “Kolon Eşleme” bölümünden her bir dosya kolonunun eklenecek kolonda bulunan karşılığı seçildikten sonra “Ekle” ile eşleştirme onaylanmalı ve tüm kolonlar için bu işlem ile eşleştirilme yapıldıktan sonra “Tamam” ile aktarım gerçekleştirilmelidir. Bu işlem her bir tablo için ayrı ayrı yapılmalıdır. Aktarılacak tablolar aşağıda belirtilmiş ve aktarım pencereleri Şekil 3.12-3.15’de verilmiştir.

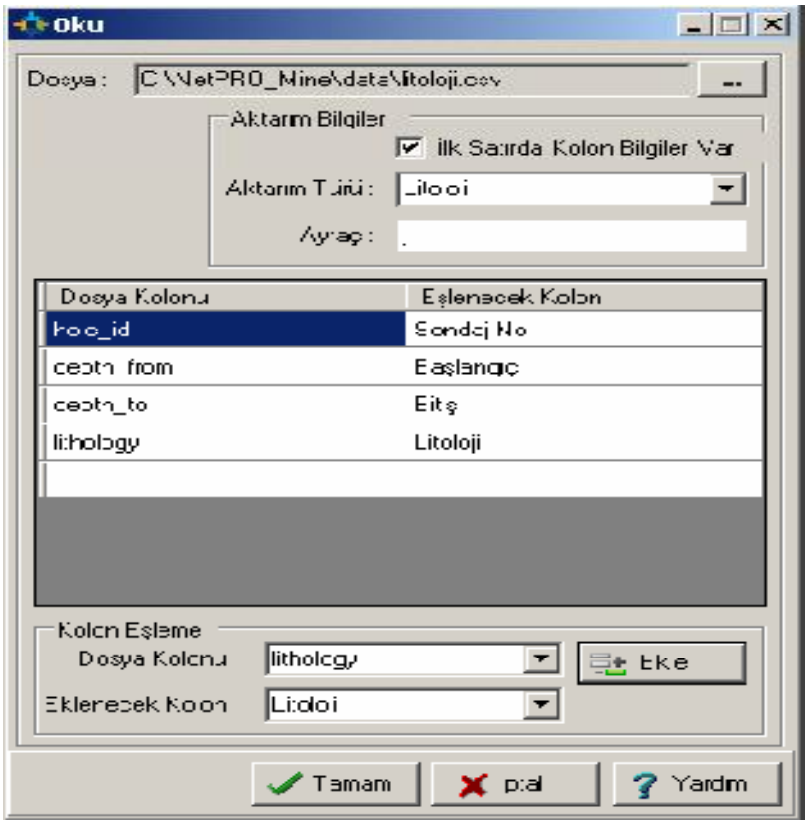
- Sondaj
- Açı
- Litoloji
- Ham Örnekleme



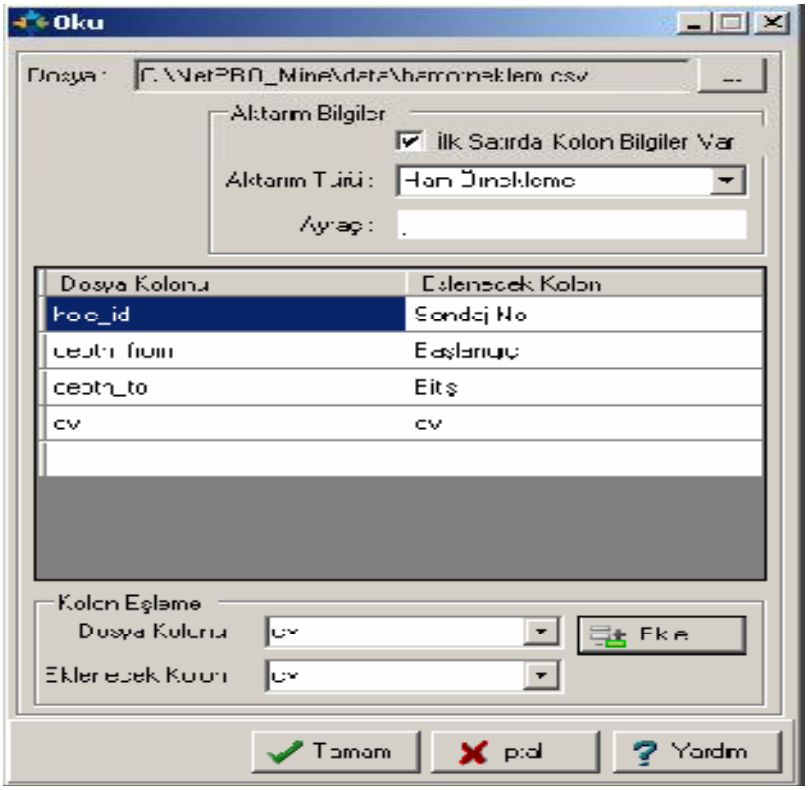
Şekil 3.12. Sondaj tablosunun içeri aktarımı



Şekil 3.13. Açı tablosunun içeri aktarımı

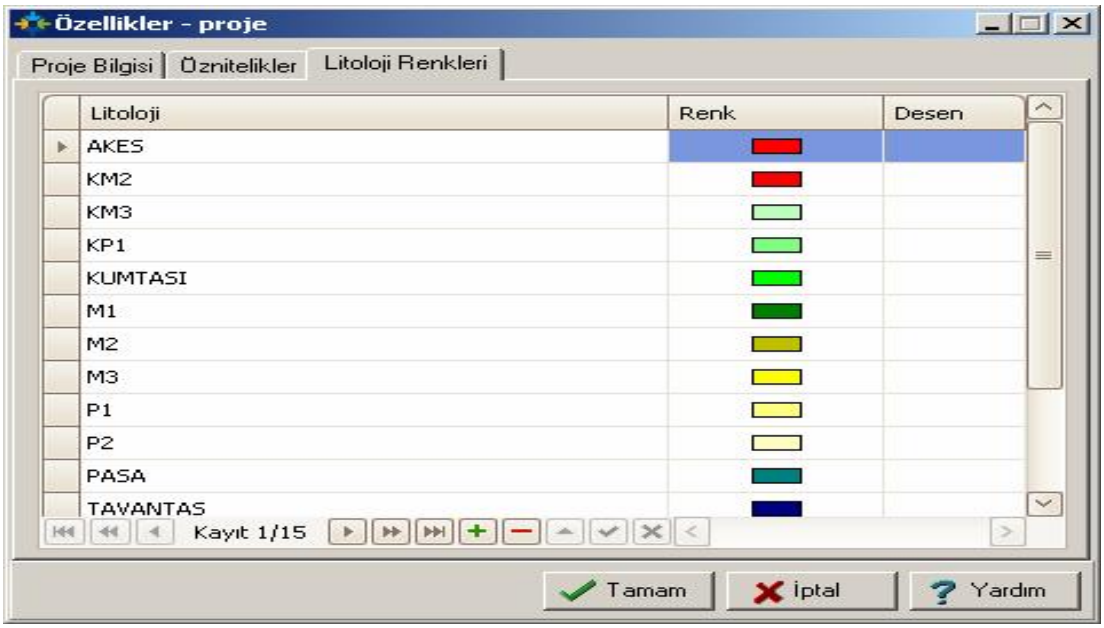


Şekil 3.14. Litoloji tablosunun içeri aktarımı



Şekil 3.15. Ham örneklem tablosunun içeri aktarımı

Litoloji kayıtlarında mevcut birimler, aktarımından sonra “Proje” üzerinde fare sağ tuş menüsü→“Özellikler”→ “Litoloji” sekmesine otomatik olarak gelir. Litolojik birimlere ait gösterim renkleri bu bölmeden değiştirilebilir (Şekil 3.16).



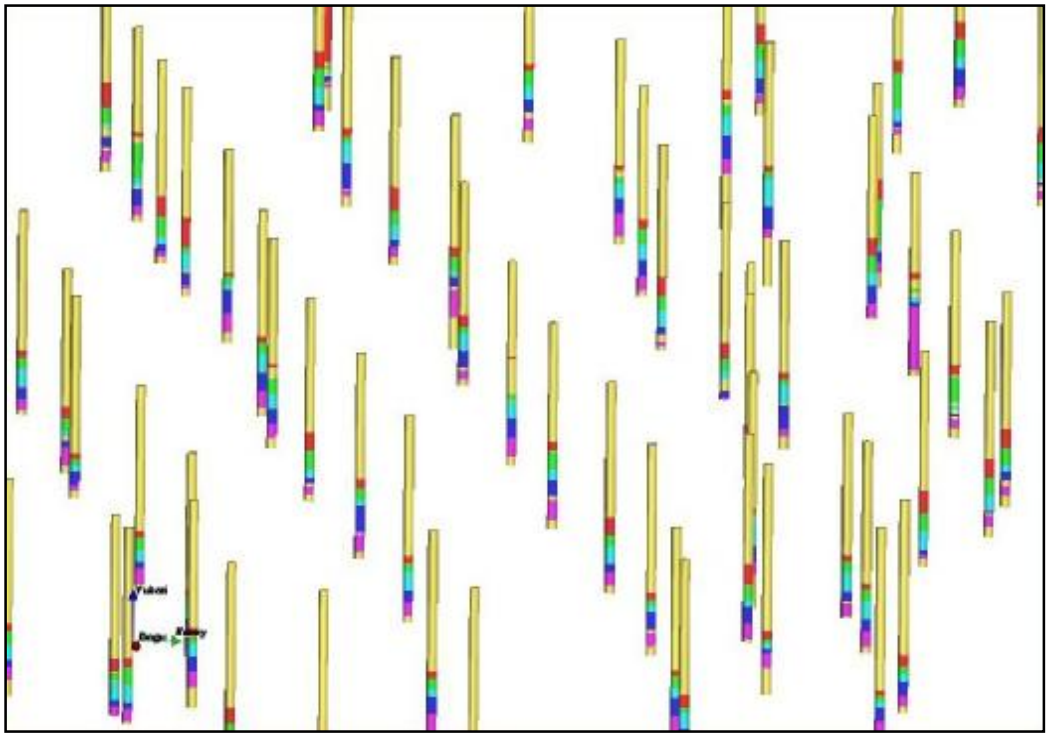
Şekil 3.16. Litoloji renkleri değişim tablosu

3.2.1.2. 3B Görüntüler

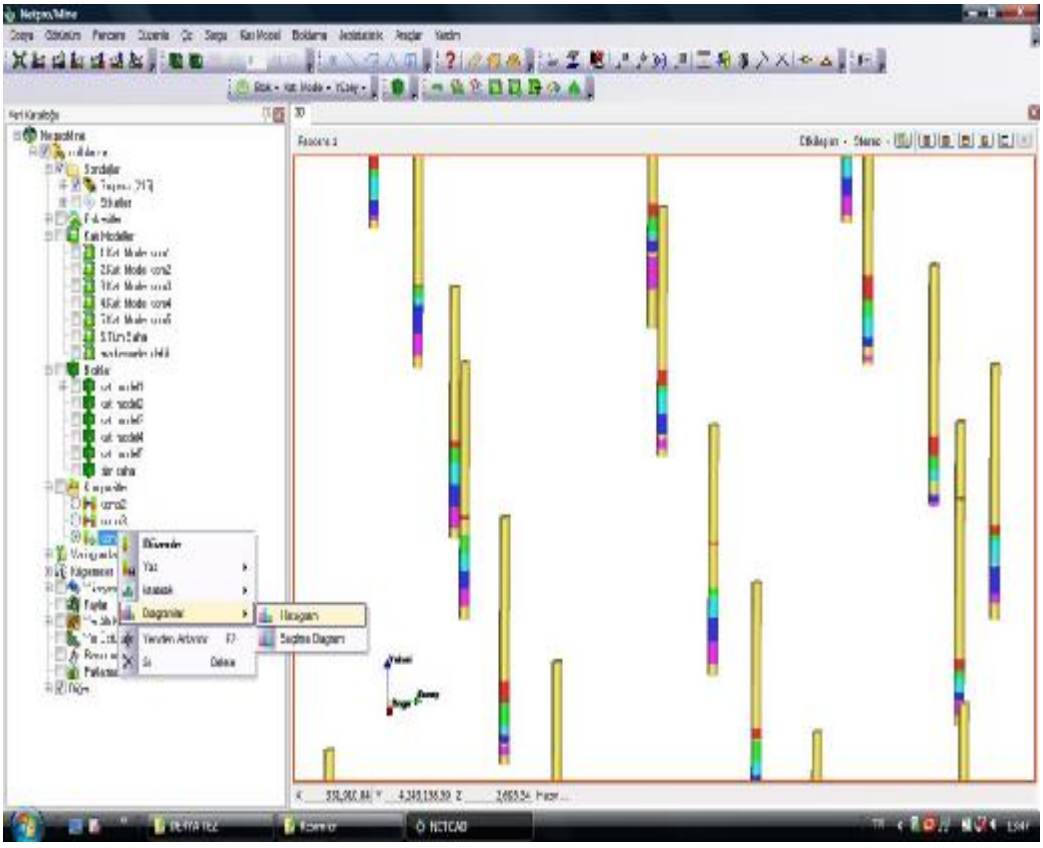
Netpro /Mine veri kataloğuna araziye ait veritabanı eklendiği andan itibaren 3D sekmesinde sondajlar 3B olarak görüntülenebilmektedir (Şekil 3.17). Stereo Görüntü; cismin birbirine benzer iki görüntüsünün birleştirilerek, cisme üç boyut kazandırılmasıdır. Seçeneklere “Görünüm”→“Stereo” menüsü altından ya da 3B ekranın sol üst köşesinde bulunan “Stereo” butonundan ulaşılabilmektedir (NETCAD, 2010a).

3.2.1.2. Histogram

Histogramlar, verilerin dağılımını, bir yoğunluk fonksiyonunun olasılıkları gösterdiği tarzda gösterir. Veriler, belirli sınıf aralıklarına bölünür ve her bir aralığa düşen veri sayısı ya da oranı hesaplanarak dikdörtgenler şeklinde bir grafikte gösterilir. Histogram oluşturmak için, herhangi bir kompozit tabakası üzerinde fare sağ tuş menüsü ile gelen “Diagramlar” →“Histogram”komutu kullanılır (Şekil 3.18).

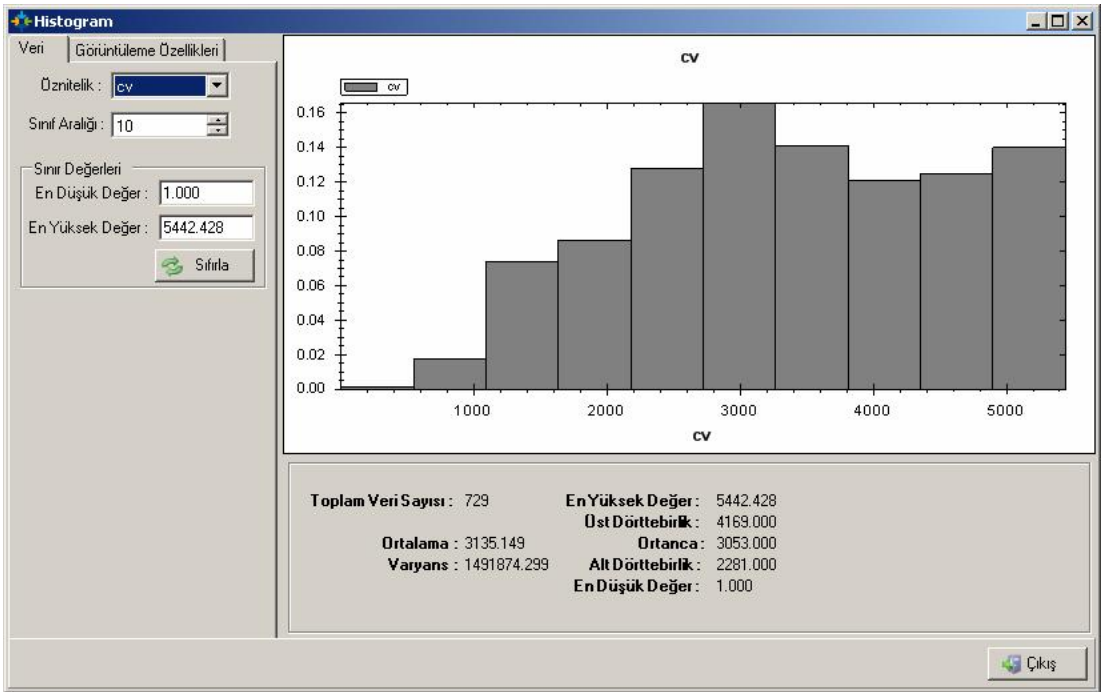


Şekil 3.17. 3B görüntüler



Şekil 3.18. Histogram menü görünümü

Açılan “Histogram” penceresinden öncelikle öznitelik değerinin seçilmesi gerekmektedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Histogram penceresi

Sonrasında varsayılan olarak gelen değerlerle histogram görüntülenir. Kullanıcı isterse, “Veri” ve “Görüntüleme Özellikleri” sekmelerinden veri ve görüntüleme parametrelerini değiştirebilmektedir.

Sınıf Aralığı: Oluşurulan histogramın X ekseninin kaç aralığa bölünmesi gerektiğini belirtir.

X Ekseni: Öznitelik değerlerini gösterir.

Y Ekseni: Frekansı yani belirli bir aralıktaki veri sayısının toplam veri sayısına oranını gösterir. Frekans kesinlikle 1’den büyük olamaz. Bazı aralıklara veri gelmeyebileceğinden bu aralıklar boş kalabilir.

Eksen Sınır Değerleri (En küçük değer & En yüksek değer): X ekseninde gösterilmesi istenen en küçük ve en büyük değerdir.

Toplam Veri Sayısı: Kullanılan veri sayısını gösterir.

En Yüksek Değer: Girilen en büyük eksen sınır değeri.

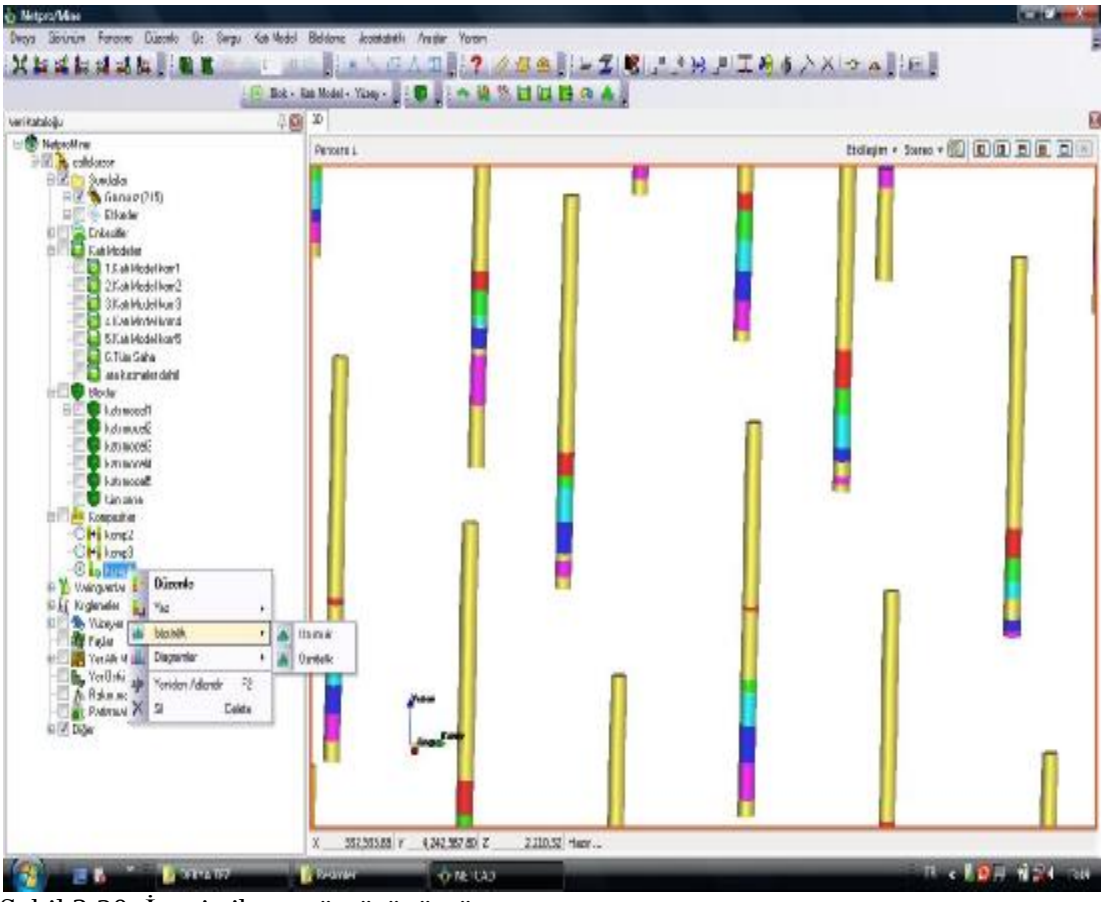
Üst Dörttebirlik=(Üçüncü Dörttebirlik (Q3)): Veriler küçükten büyüğe sıraya dizildiğinde, dizinin son dörtte birlik bölümü, üçüncü ya da üst çeyrek değerin altında kalır. Verilerin en düşük değerde olan %75'ini kapsamaktadır.

Alt Dörttebirlik= (Birinci Dörttebirlik (Q1)): Veriler küçükten büyüğe sıraya dizildiğinde, dizinin ilk dörtte birlik bölümü, birinci ya da alt çeyrek değerin üstünde kalır. Verilerin en yüksek değerde olan %25' ini kapsamaktadır.

En Düşük Değer: Girilen en küçük eksen sınır değeridir (NETCAD, 2010d).

3.2.1.4. İstatistikler

Proje üzerinde fare sağ tuş menüsünde bulunan "İstatistik" komutu ile ham verilere ilişkin uzunluk ve özniteliklerin özet istatistikleri hesaplanabilmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. İstatistik menü görünümü

Bu hesaplamalar, kullanıcı tarafından belirlenen öznitelik ve litoloji değerlerine göre yapılabilmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Öznitelik ve litoloji penceresi

İşlem sonucu alınan bu istatistikler kompozitleştirme işlemi yapılırken kullanıcıya yol gösterecektir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. İstatistik sonuç penceresi

Örnek Sayısı: Kullanılan toplam veri sayısıdır.

Minimum: Örnek değerlerinden en küçük olanıdır.

Ortalama (Mean): Değerler toplamının toplam veri sayısına oranıdır.

Ortanca (Median): Veriler küçükten büyüğe doğru sıraya dizildiğinde veri dizisinin ortasında kalan değerdir. Veri sayısı tek sayı ise veri dizisinin ortasındaki değer; çift ise en ortadaki iki değerin ortalaması alınarak hesaplanır.

Mod (Tepe Değeri): Dağılımda en sıklıkla gözlenen değer.

Maksimum: Örnek değerlerinden en büyük olanıdır.

Varyans: Dağılım değerlerinin ortalamadan sapmasını ölçmek için kullanılmakta olup aşağıdaki eşitlik ile hesaplanılır.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - \bar{y}\right)^2 \qquad (3.1)$$

σ^2: varyans

N: örneklerdeki veri sayısı

y_i: verinin kendisi

$\bar{y}$: ortalama

Standart Sapma: Varyansın karekökünе eşittir.

Çarpıklık: Dağılımın simetri derecesinin belirlenmesinde kullanılır. Pozitif ise dağılım sağa çarpık; negatif ise sola çarpık demektir (NETCAD, 2010d).

3.2.1.5. Kompozitleme

Kompozitleme, düzensiz aralıklarla ilerleyen ham örneklem loglarını düzenli uzunluklarda ilerleyen loglara dönüştürme işlemidir. Uzunluk ve kabul yüzdesi belirtilerek litoloji ya da karot verimine göre kompozitleme işlemi yapılabilmektedir (Şekil 3.23).

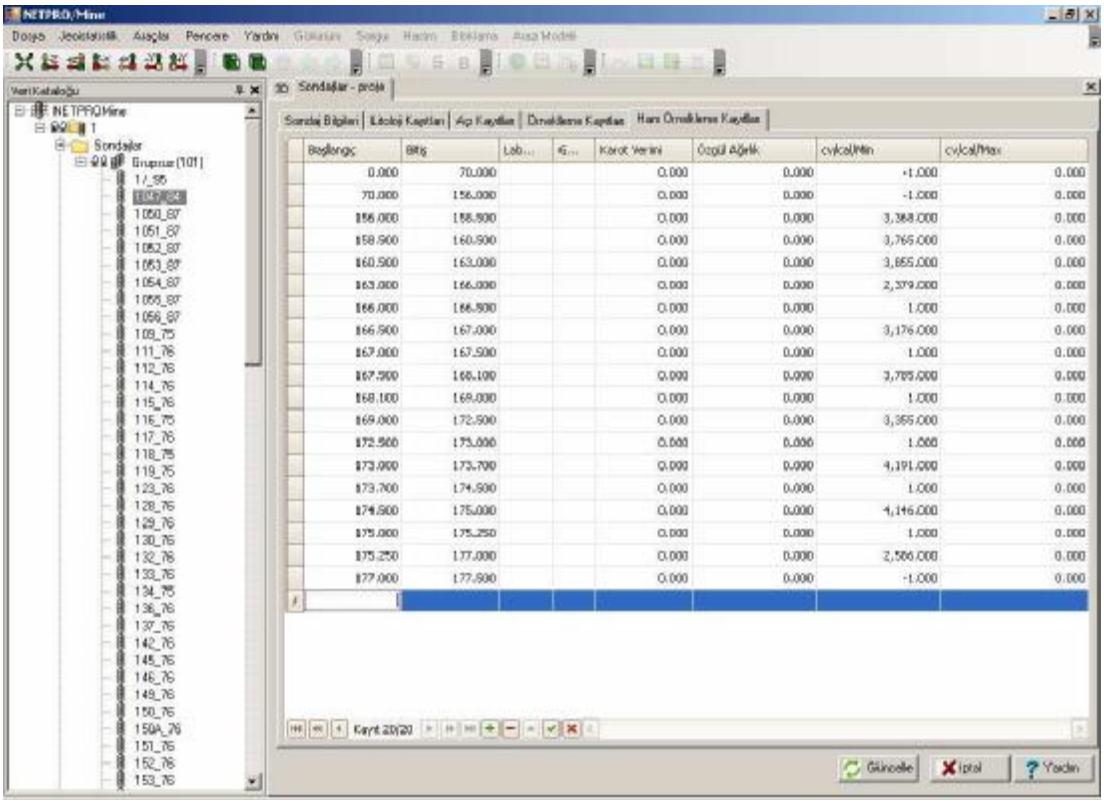
Kompozit Uzunluğu: Oluşturulmak istenen kompozitlerin birim uzunluğudur. Kaba bir yaklaşım olarak kompozit uzunluğu, örneklerin ortalama uzunluğundan biraz büyük seçilebilir.

Kabul Yüzdesi: Kompozitleme sırasında kompozit uzunluğundan daha kısa uzunlukta örnekler elde edilebilir. Kabul yüzdesi, kabul edilebilir en küçük örnek uzunluğu belirlemek amacıyla kullanılır. Örneğin kompozitleme 3 m uzunluk için yapılıyorsa %50 kabul yüzdesi 0,5 x 3 = 1,5 m uzunluğa kadar örneklerin 3 m'lik kompozit örnekler olarak dikkate alınacağını ifade etmektedir.

Litoloji Kullanarak Kompozitleme: Kompozitleme işleminin litoloji belirtilerek yapılabilmesidir. Bu durumda bir ya da birkaç litolojik birim seçilerek kompozitleme işleminin yapılması gereken kısımlar belirtilir. "Litoloji Kullanarak" seçeneğinin pasif olması durumunda ise, kompozitleme işlemi tüm litolojik birimler dikkate alınarak yapılır.

Karot Verimi: Karotiyerin bir ilerlemesi sonucu (manevra boyu) içerisine aldığı karot parçalarının toplam uzunluğunun, karotiyerin ilerleme boyuna (manevra boyu) oranının yüzde olarak ifadesidir.

Özgül Ağırlık: Birim hacim ağırlığıdır (NETCAD, 2010d).



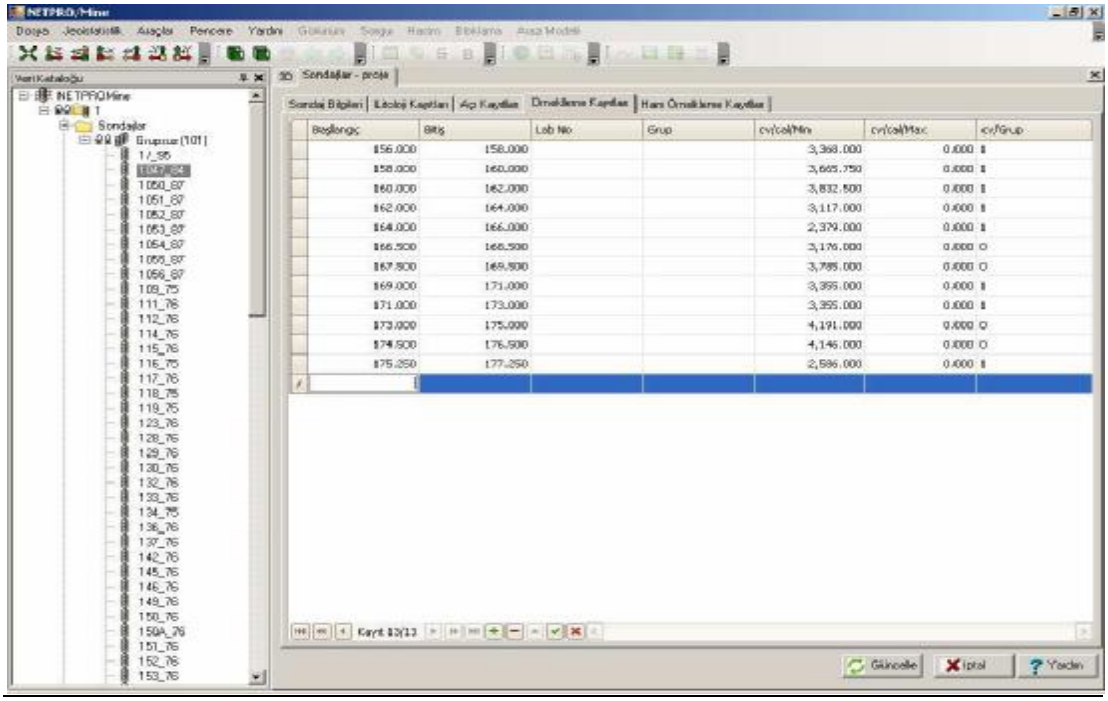
Şekil 3.23. Kompozitleme yapılmadan önce değerler

Kompozitleme yapabilmek için proje üzerinde fare sağ tuş menüsü "Kompozitleştirme"→ açılan tablodan kompozit uzunluğu, kabul yüzdesi, öznitelik ve litoloji/ karot yüzdesi bilgileri girilir (Şekil 3.24).



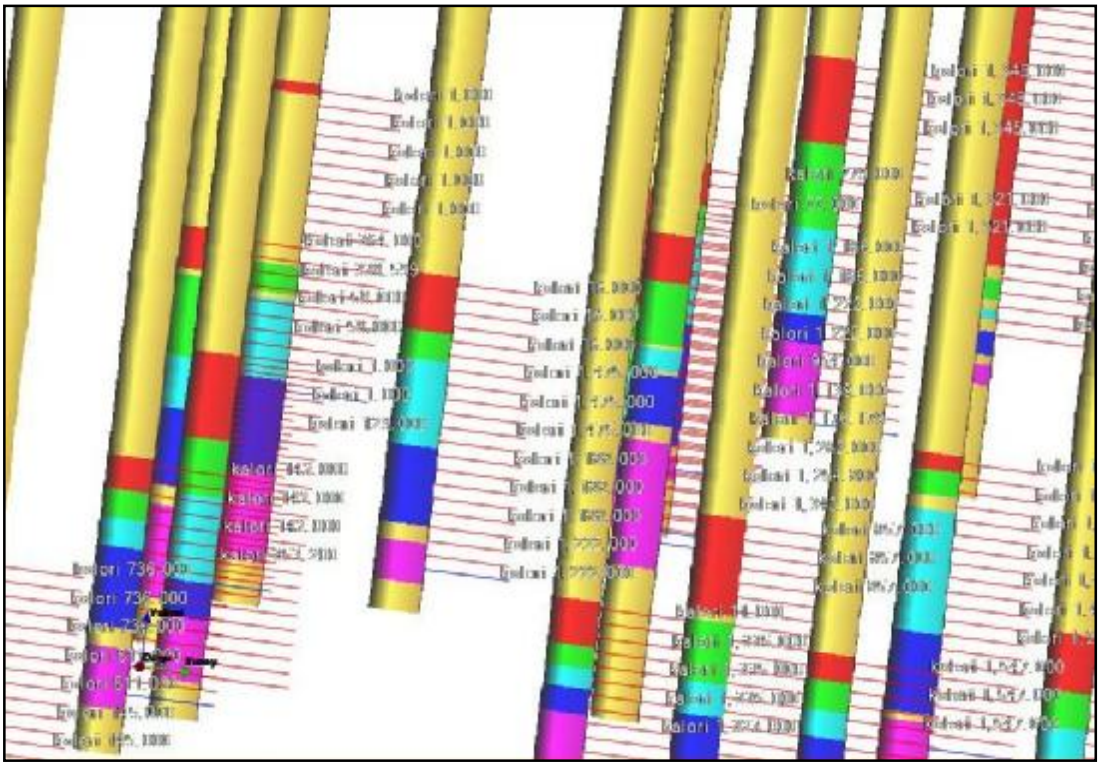
Şekil 3.24. Kompozitleme değerleri

Kompozitleme sonunda verilen parametrelere göre "Ham Örnekleme Kayıtları" yeniden düzenlenerek "Örneklem Kayıtları"na aktarılır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Kompozitleme yapıldıktan sonra değerler

Oluşturulan kompozitler 3B ekranın da proje üzerinde fare sağ tuş menüsü ile kompozitleri göster seçeneği aktif hale getirilerek oluşturulan kompozitler görüntülenebilir (Şekil 3.26).

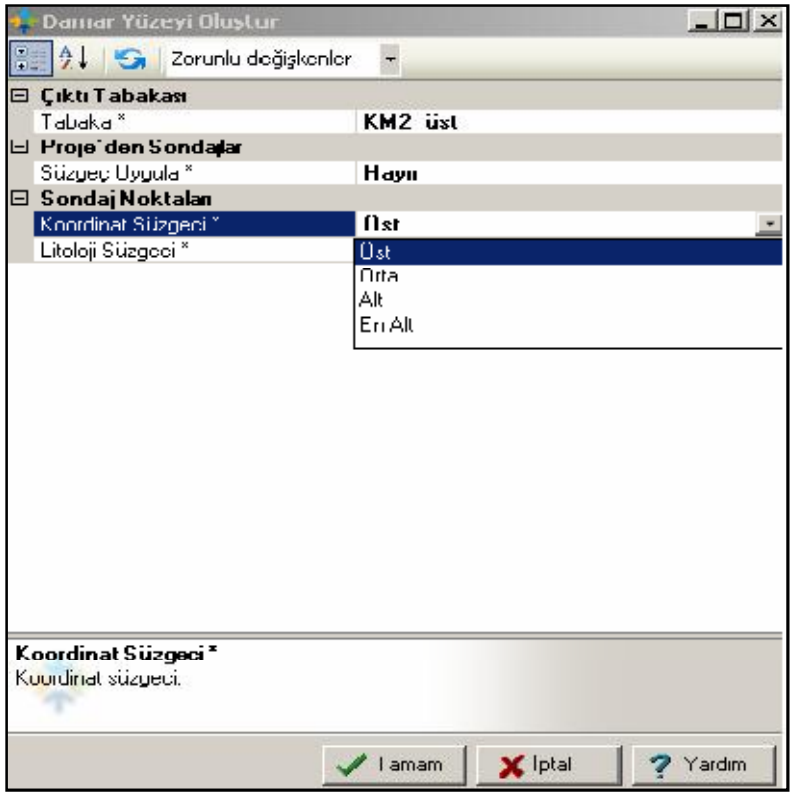


Şekil 3.26. Kompozit görünümü

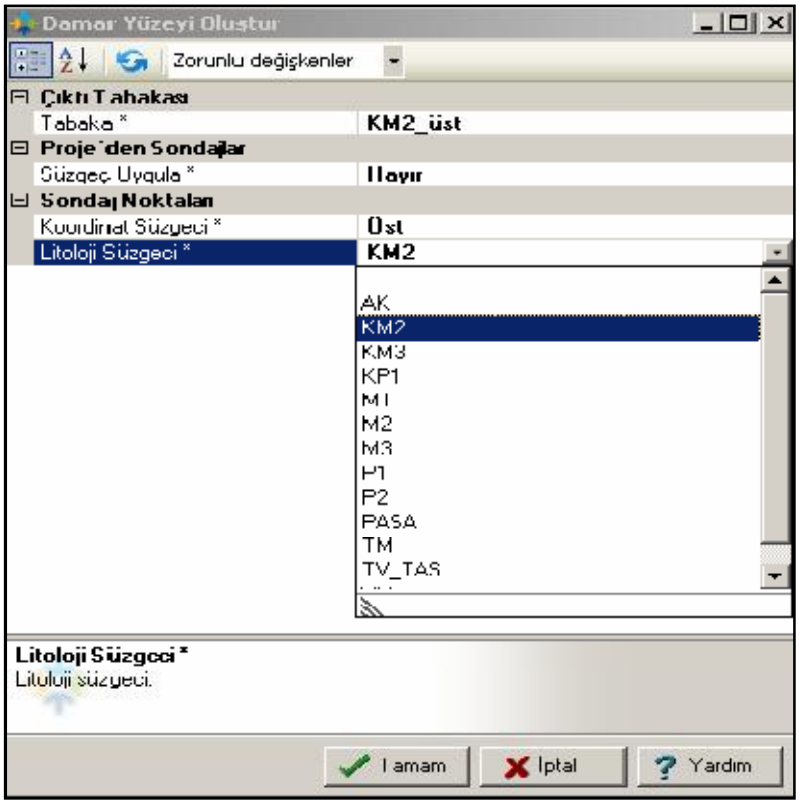
3.2.1.6. Yüzey Oluşturma

En yakın komşu, ters uzaklık ve kriging yöntemleriyle noktaların kestirimi veya kestirim yapılmadan damarların üst, orta, alt, en alt yüzeyleri oluşturulabilmektedir (Şekil 3.27). Ayrıca, kullanıcı istediği litolojiyi Şekil 3.28'de görüldüğü gibi istenilen litoloji seçilerek o litolojiye ait yüzeyleri oluşturabilmektedir (NETCAD, 2010b). Bu şekilde elde edilen bir yüzey örnek olarak Şekil 3.29'da verilmiştir.

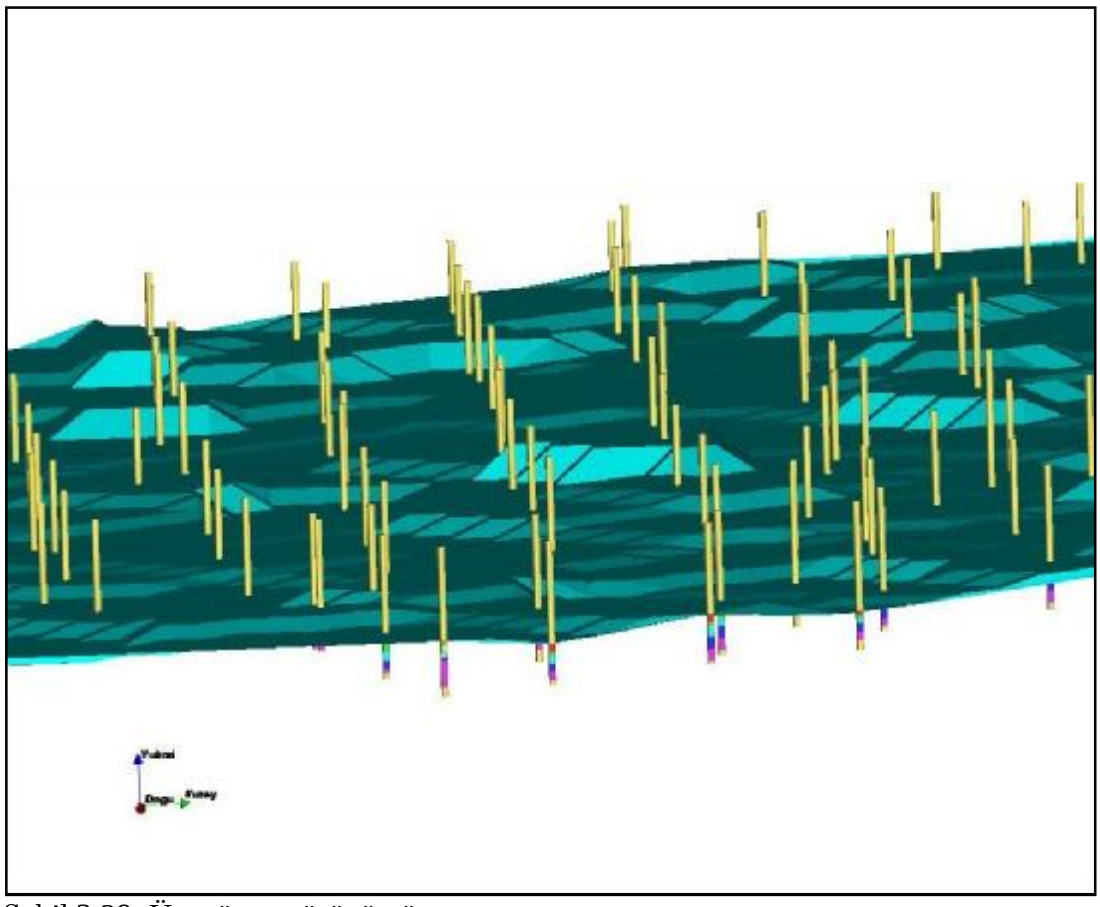
Bilgisayar programı oluşturulan yüzeylere ait yüzey alanı, üçgen sayısı, ortalama kot, minimum ve maksimum koordinat değerlerini kullanıcıya sunmaktadır (Şekil 3.30).



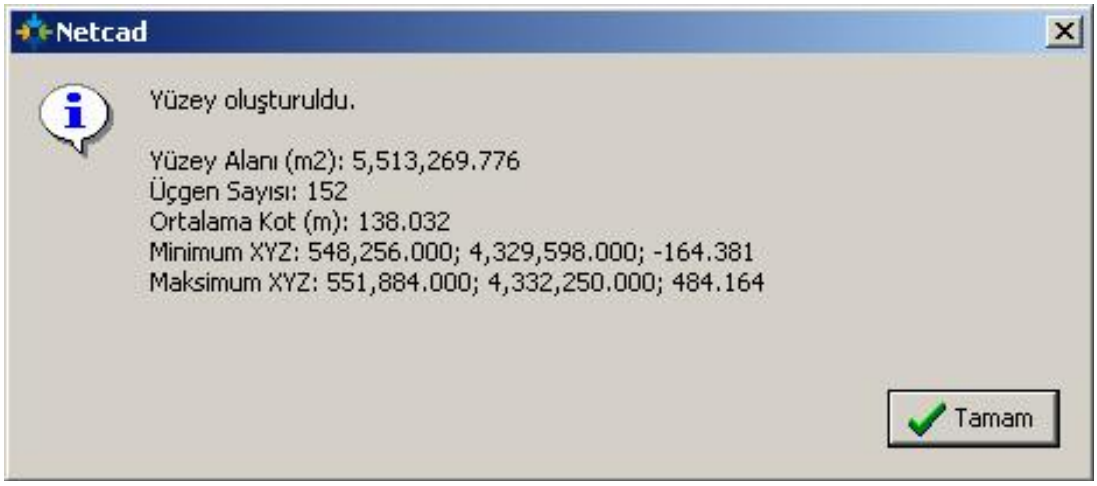
Şekil 3.27. Koordinat seçimi tablosu



Şekil 3.28. Litoloji seçimi tablosu

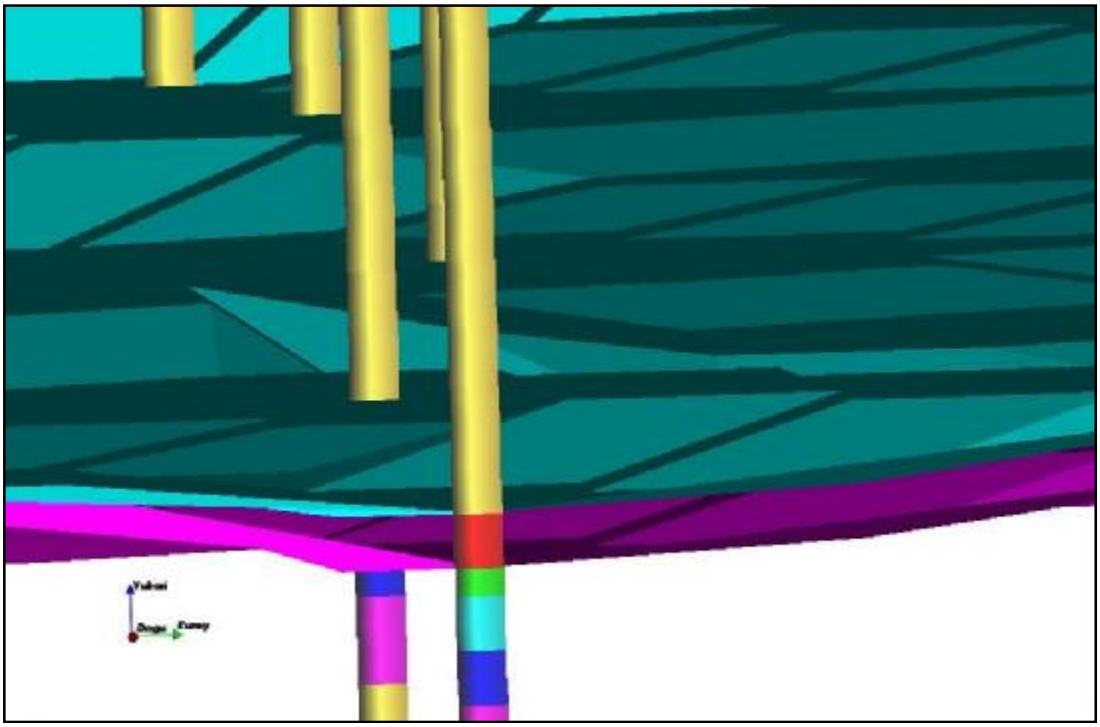


Şekil 3.29. Üst yüzey görünümü



Şekil 3.30. Oluşan yüzey değerleri

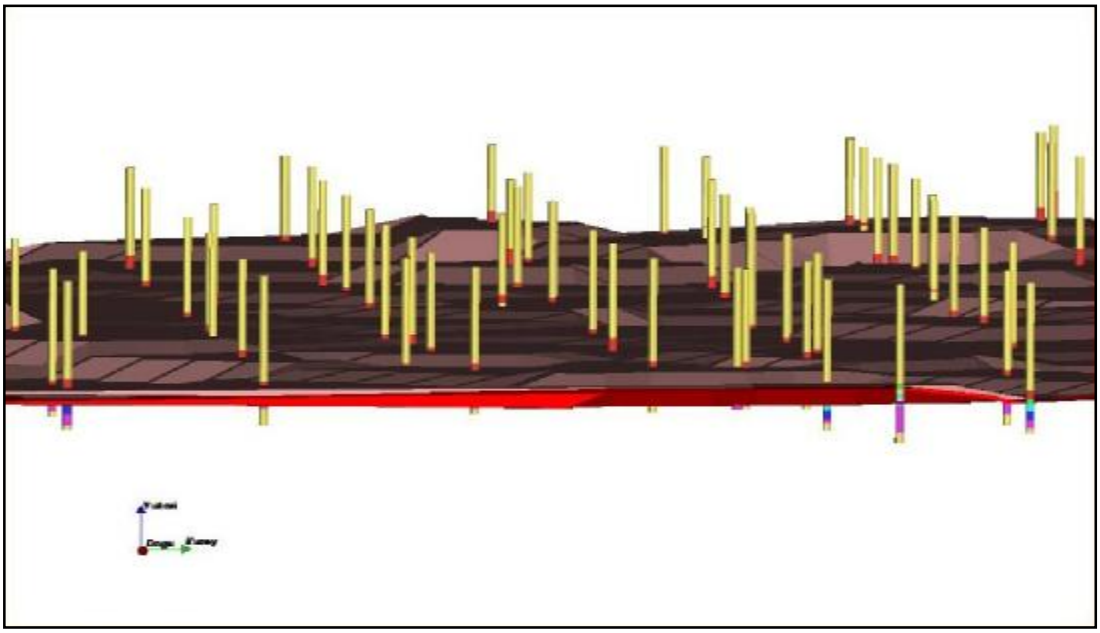
Aynı şekilde KM2 alt yüzeyi de oluşturulabilir. KM2 için elde edilen alt ve üst yüzeylerin birlikte görünümü Şekil 3.31'de verilmiştir.



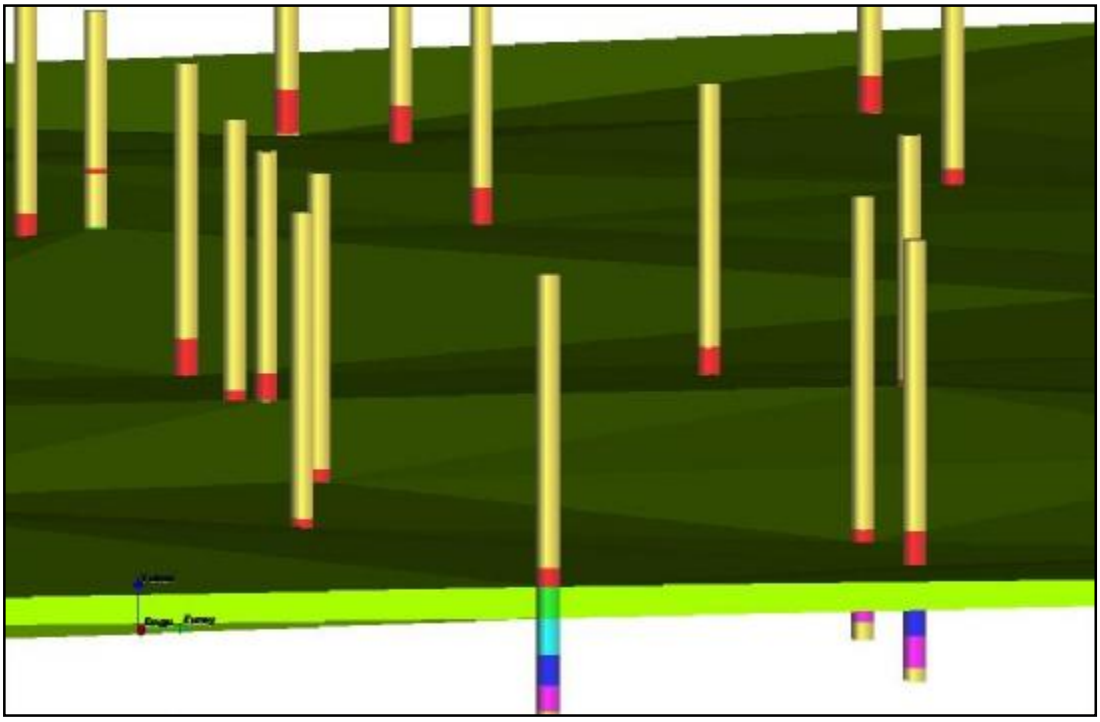
Şekil 3.31. Alt ve üst yüzey görünümü

3.2.1.7. 2 Yüzey Arasını Hacimleme (Katı Model Oluşturma)

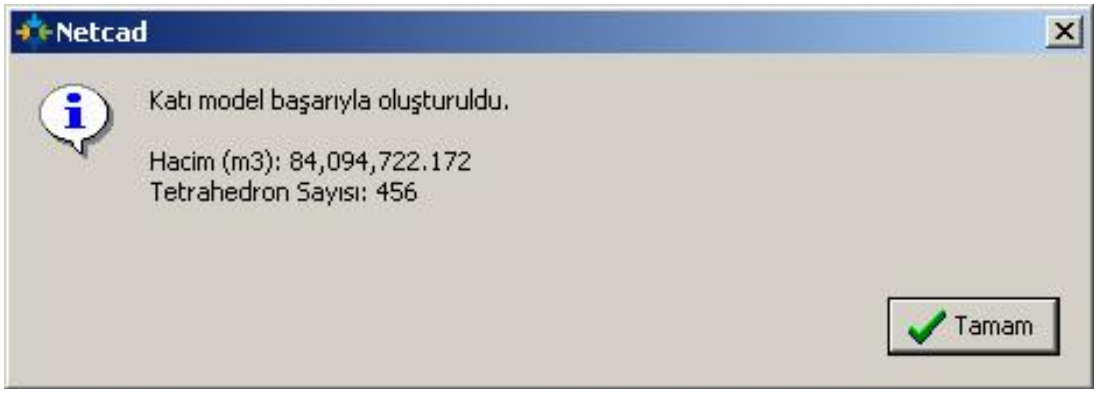
KM2'nin alt ve üst yüzey arasının katı modellenmesi;



Şekil 3.32. Katı model oluşturulmadan önceki görünüm



Şekil 3.33. Katı model oluşturulduktan sonraki görünüm



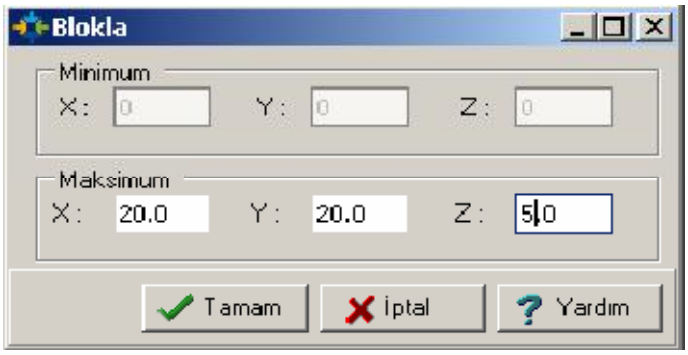
Şekil 3.34. Katı model değerleri tablosu

3.2.1.8. Blok Model

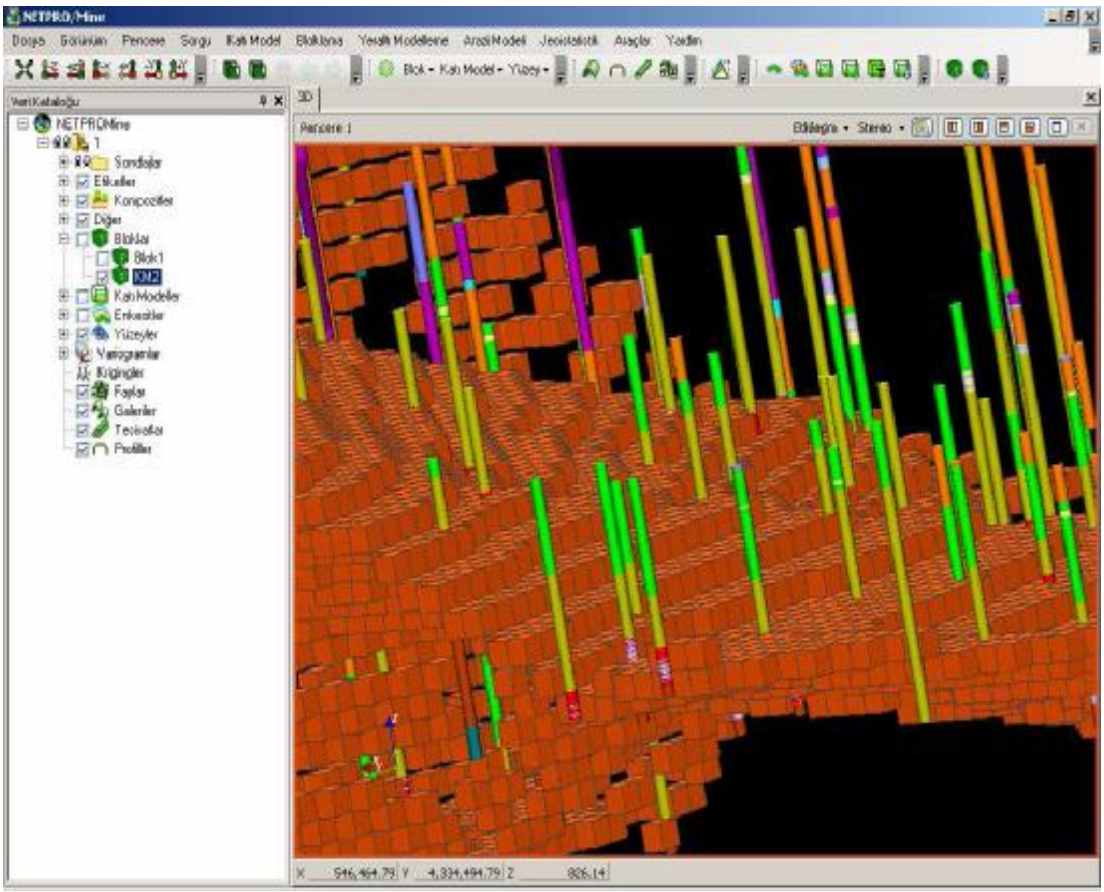
Bir cevher kütlesinin blok modeli, cevher kütlesinin soyut küçük bloklara bölünmesiyle elde edilir. Herhangi bir blok modelde tek bir blok, üçlü indeks sistemi (i, j, k) ile tanımlanabilir. Bu tanımlama genel olarak 3D şeklinde ifade edilir. Bu blokların boyutlarını belirlerken, tenör değişimi, jeolojik devamlılık, makine kapasiteleri, şev stabilitesi ve bilgisayarın veri depolama sınırı gibi faktörler göz önüne alınır (Mert, 2004).

Üç boyutlu blok modelde her bir bloğa jeolojik karakteristikler, metalürjik özellikler ve jeomekanik parametreler atanır. Bu parametrelerin atanması ise, geometrik, ters uzaklık veya jeoistatistik gibi interpolasyon yöntemlerinden biri ile yapılır.

"Bloklama"→ "Blokla" ile açılan "Blokla" penceresinden blok x-y-z değerleri girilerek mevcut hacmin bu boyutlarda bloklara bölünmesi sağlanır.



Şekil 3.35. Blok değerleri tablosu



Şekil 3.36. Blok oluştuktan sonraki görüntü

3.2.1.9. Variogram ve Parametreleri

Variogram: Jeoistatistikte, yöresel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile ortaya konur. Variogram fonksiyonu tesadüfi değişkenin değerleri arasındaki farkın varyansı şeklinde ifade edilir ve $2\gamma(h)$ ile gösterilir. Literatürde yarıvariogram olarak adlandırılan bu fonksiyon variogram fonksiyonunun yarısını ifade etmektedir ve $\gamma(h)$ ile gösterilir (Çetin, 1996: Mert 2010'dan).

Adım Sayısı: Kaç adet variogram değerinin hesaplanacağını ifade eder.

Adım Aralığı: Variogramın hesaplanacağı birim uzaklıktır. Pratik olarak variogramlar, sahanın dikkate alınan yöndeki boyutunun yarı uzunluğuna kadar hesaplanır. Yatay yönde yapılan hesaplamalarda adım aralığı sondajlar arasındaki ortalama uzaklık olarak alınabilir. Düşey yönde yani sondajlar boyunca yapılan hesaplamalarda ise, adım aralığı kompozit uzunluğundan biraz daha büyük seçilmelidir.

Adım Toleransı (Uzaklık Toleransı): Adım aralığının tolere edileceği uzaklıktır. Adım toleransı genel olarak adım aralığının yarısı veya bundan biraz daha büyük alınabilir.

Doğrultu & Eğim: 3-B bir yatakta variogramlar, ilk olarak sondajlar boyunca hesaplanmalıdır. Eğer sondajların hepsi dik olarak yapılmışsa doğrultu 0° ve eğimi -90° şeklinde girmek gerekir. Variogramlar, yatay düzlemde hesaplanacaksa anizotropi dört ana yönde (0°, 45°, 90° ve 135°) incelenebilir.

Tolerans: Variogram hesaplama yönünün, variogram hesaplamak için belirlenen koninin köşesiyle yaptığı açıdır. Eğim açısının toleransıdır. Variogramlar, yatay düzlemde hesaplanacaksa, eğim açısı toleransı 22,5° alınabilir. Pratikte açı toleransı ne çok düsük ne de çok yüksek seçilmelidir. Çok düşük seçildiğinde örnek çifti sayısı ve dolayısıyla variogramların güvenilirliği azalır. Çok yüksek seçildiğinde ise deneysel variogram, ortalama variograma yaklaşır ve gerçekte anizotrop davranış gösteren bir yatağın yanlış bir şekilde izotrop olduğuna karar verilebilir. Gerek açı toleransı ve gerekse uzaklık toleransının seçiminde jeoistatistik konusunda bir uzmana danışılması tavsiye edilir.

Bant Genişliği (Tolerans Uzaklığı): Koni içerisinde aramanın yapılacağı, variogram konisinin sınırlandırıldığı genişliktir. Bant genişliği ilk etapta adım aralığının 4 ya da 5 katı alınabilir. Bu alan boş bırakılırsa herhangi bir sınırlandırma yapılmaz.

Ölçüm Tipi: Uzaklığa bağlı değişkenliği karakterize etmede kullanılan bir araçtır. Variogram, kovaryans, indikatör variogram ve korelogram gibi araçları içerir. Doğrusal jeoistatistiksel uygulamalarda sıklıkla variogram kullanılır. Eğer uzaklığa bağlı değişkenliği ölçmede indikatör variogramlar kullanılacaksa Baş. gös. kes ve Son gös. kes. ile ifade edilen sınır değerlerin girilmesi gerekir. Yeni bir yönde variogram hesaplatmak istendiğinde (+), mevcut bir yön bilgisini çıkarmak istendiğinde (–) düğmesini tıklamak gerekir (NETCAD, 2010d).

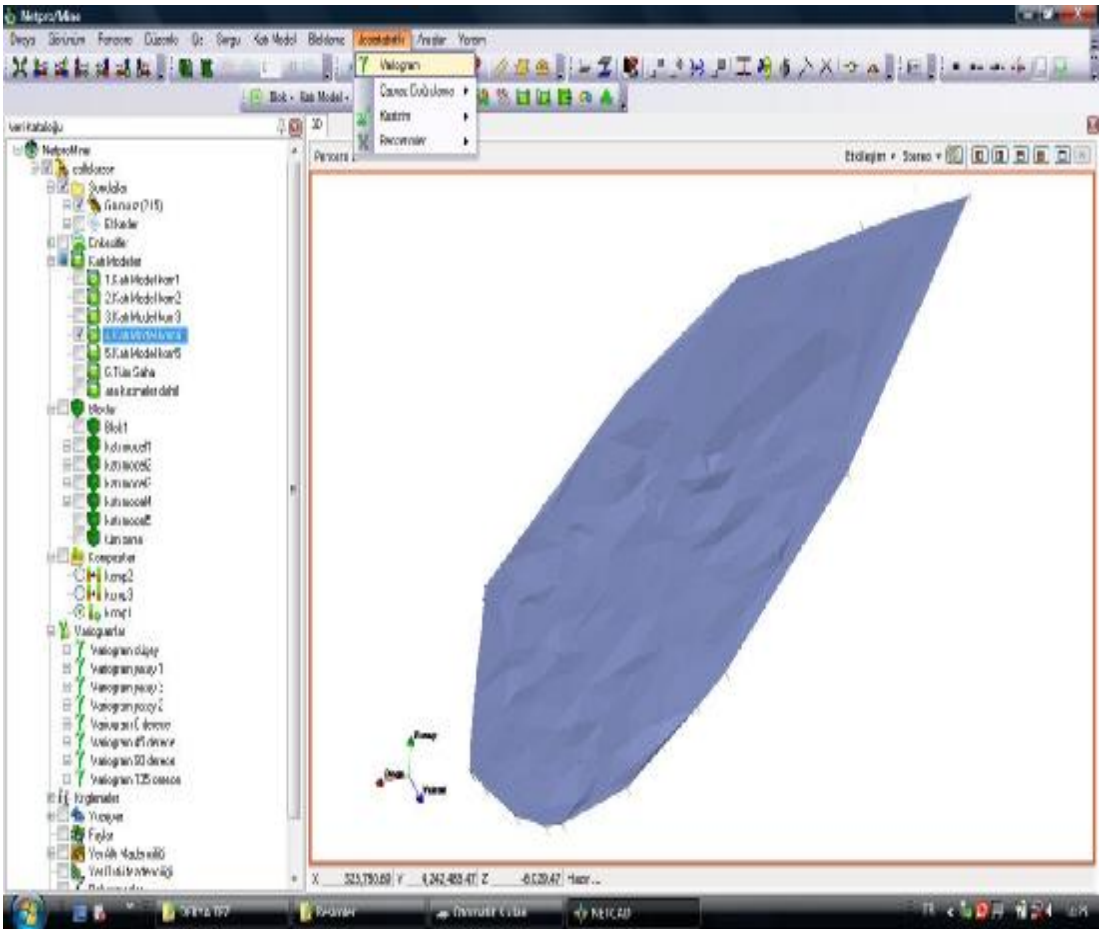
Külçe Etkisi (Nugget) (C_0) : Bu değere kontrolsüz etki varyansı denir (Çetin,1996: Mert, 2004'den). Ancak madencilikte külçe (nugget) etkisi olarak adlandırılır (Clark, 1979: Mert, 2004'den). h=0 m uzaklıkta yarıvariogramın aldığı değerdir. Cevher yatağının homojenliğini ifade eder. Yüksek değerdeki nugget değeri mineralleşmenin çok zayıf bir şekilde geniş bir sahaya yayıldığını (cevherin, cepler veya adeseler halinde yoğunlatığını) veya kötü numune değerlendirilmesi yapıldığını belirtir. Teorik olarak sıfır olması gerekir (David, 1988: Mert, 2004'den).

Eşik Değeri (Sill, C) (C_1+C_0): Yarıvariogram fonksiyonunun belirli bir "h" uzaklığında ulaÇtığı yarıvaryans değeridir. Pratikte sill, yarıvariogramı hesaplamak için kullanılan tüm örneklerin varyansına denktir.

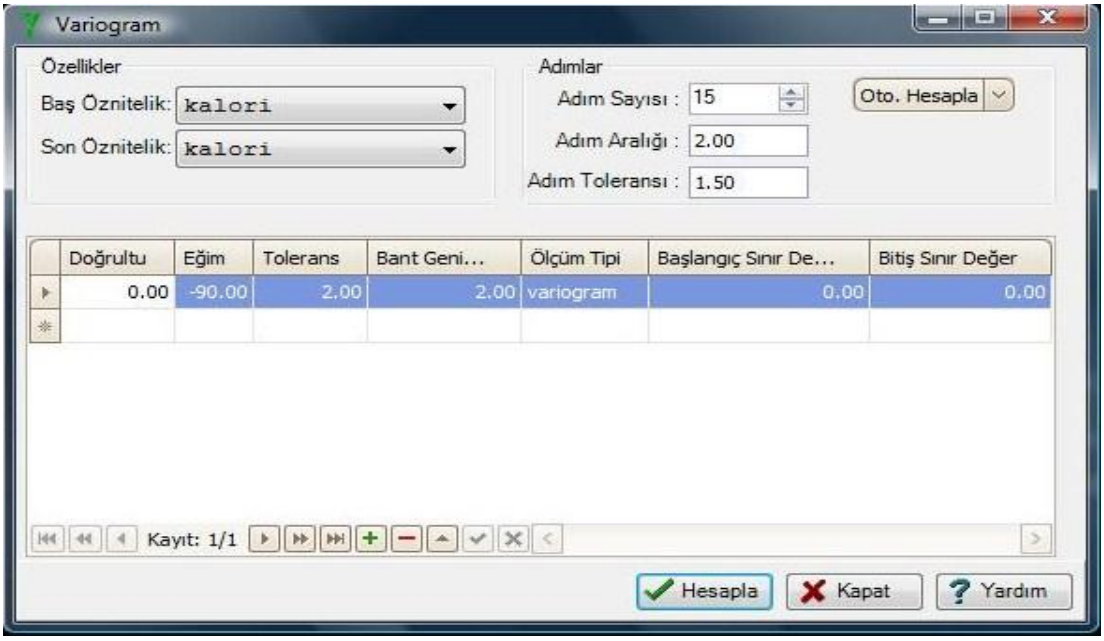
Yapısal Uzaklık (Range) (a): Bu alan içinde kalan ve belirtilen bir sondaj noktasından belirli bir uzaklıkta bulunan diğer sondaj noktalarının değerleri, o sondaj noktasının değerini etkilemektedir. Bu uzaklığın dışındaki noktaların etkisi yoktur. Diğer bir deyişle gözlemler arası uzaklık h > a olduğu durumda korelasyon sıfırdır.

Variogram analizi kompozit edilmiş bir veri kümesi içerisinde gerçekleştirilir. Variogram analizini başlatmak için Jeoistatistik→ Variogram komutu seçilir (Şekil 3.37).

Açılan variogram penceresinden (Şekil 3.38) gerekli parametreler girilir ve hasaplama işlemi işletilir.

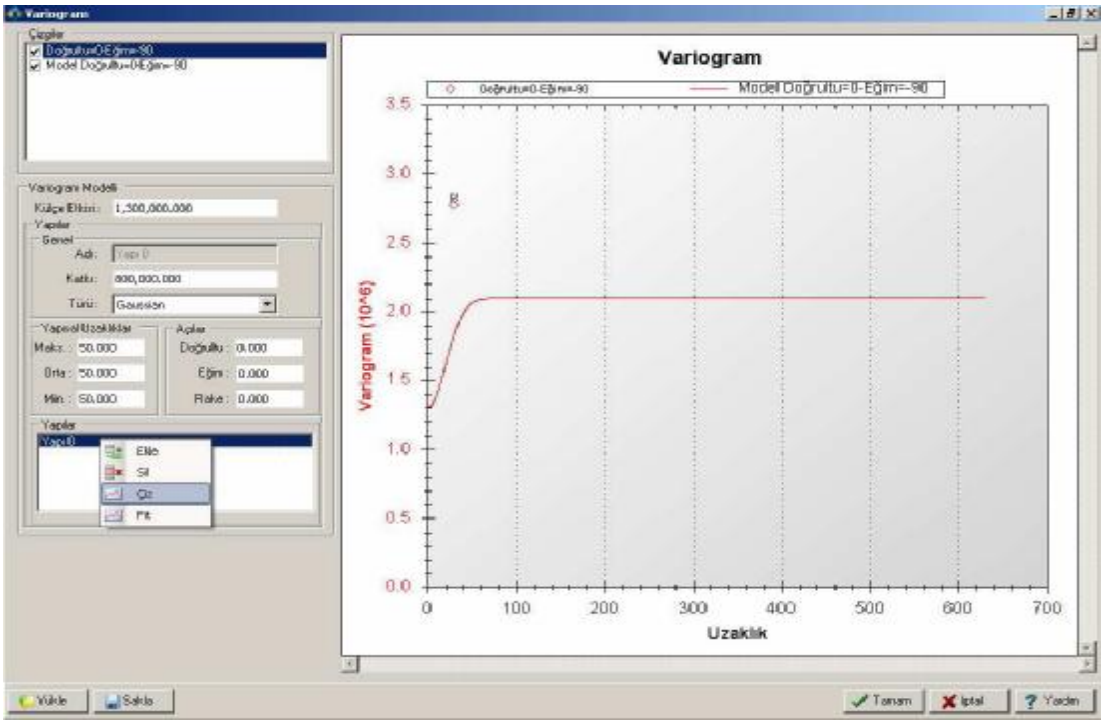


Şekil 3.37. Variogram



Şekil 3.38. Variogram parametreleri

Variogram parametreleri girilir ve “tamam” ile işleme devam edilir. Variogram tablosu açılır, ilgili parametreler girildikten sonra “yapılar” bölümünde fare sağ tuş menüsü ile gelen “ekle” secilerek variogram eklenir.



Şekil 3.39. Variogram grafiği

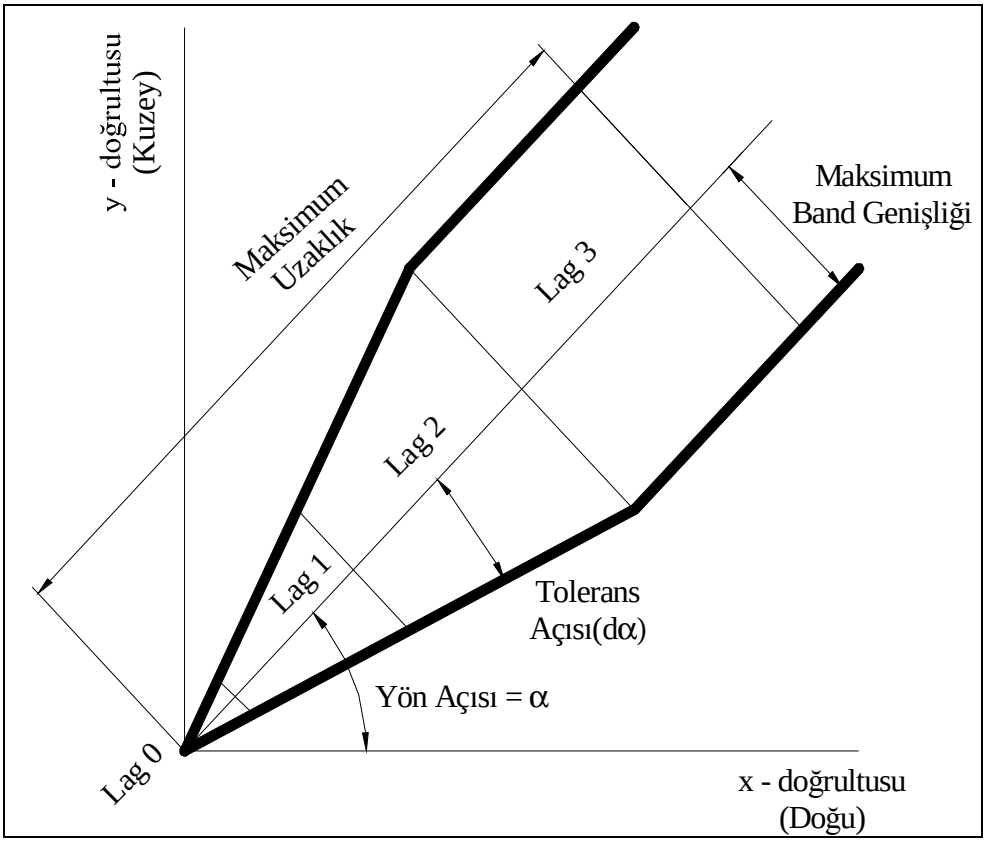
3.2.1.9. (1). Yarıvariogram Analizi

Yöresel değişkenlerin tanımladığı noktalar arasındaki uzaklık ile bu noktalardaki gözlenen değerler arasındaki olası bir ilişki, normal olarak uzaklık azaldıkça değerlerin birbirine benzemesi, arttıkça benzerliğin azalması şeklinde beklenir. Başka bir deyişle yöresel değişkenlerin değerleri arasındaki fark, bu değerler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir.

Jeoistatistikte, yöresel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile ortaya konur. Variogram fonksiyonu tesadüfi değişkenin değerleri arasındaki farkın varyansı şeklinde ifade edilir (Çetin, 1996: Mert 2010’dan).

Açı ve uzaklık parametrelerinin belirlenmesinde en iyi izlenecek yol birkaç tolerans açısı ve uzaklığı denemek ve en iyi sonuçları veren değerleri kullanmaktır.

Teorik olarak, elde edilen deneysel yarıvariogram yapısını temsil eden yarıvariogram modelinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle teorik yarıvariogram modelleri ve parametreleri iyi bilinmeli, en uygun model ve parametreler seçilerek ortalama yarıvariogram modeli fonksiyonel olarak belirlenmelidir. Elde edilen bu eğriden yararlanılarak, incelenen yöresel değişkenin uzaysal değişimi hakkında önemli bilgi elde edinilebilir.

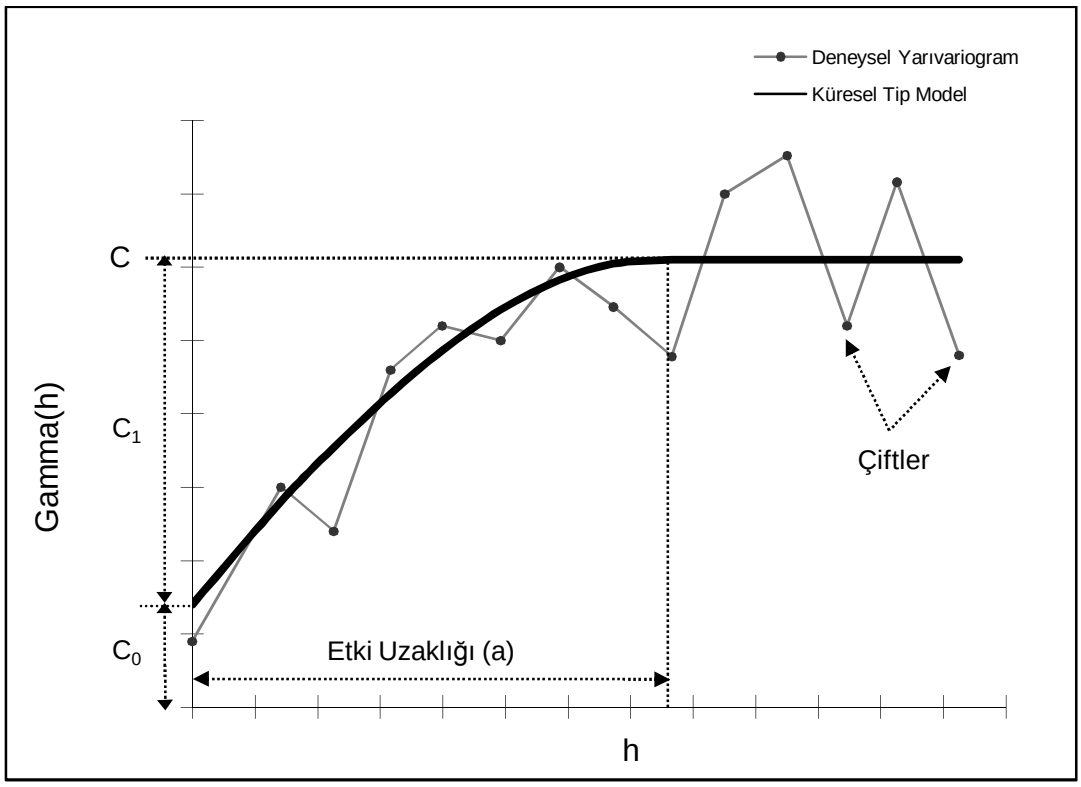


Şekil 3.40. Uzaklığa ve yöne göre uzaklık ve açı toleransları (Pannatier, 1996: Mert, 2010'dan)

3.2.1.9.(2). Yarıvariogram Analizi Yapılmasının Nedenleri

Variogram jeolojik değişim ve örnekler arası mesafenin bir ölçüsüdür. Jeolojik değişim farklı yönlerde, oldukça farklıdır. Örneğin sedimanter formasyonlarda yatay düzlemdeki değişim (uzaysal korelasyon) çok daha fazladır. Yarıvariogram davranışlarını anlamak için yönlü yarıvariogramların birlikte

değerlendirilmesi gerekir. Deneysel yarıvariograma, teorik yarıvariogram modeli uydurularak yarıvariogram analizi tamamlanmaktadır.



Şekil 3.41. Küresel tip teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri (Mert, 2010)

Yarıvariogram belirli yönler ve mesafeler için modellenmektedir. Yarıvariogram özellikle dört temel yönde hesaplanmaktadır. Bunlar 0° (yatay veya D–B), 90° (düşey veya K-G), 45° (KD-GB), 135° (KB-GD) dir.

İki boyutlu (2D) yarıvariogram analizlerinde, 4 temel yön dikkate alınarak kısmen kolay bir anizotropik yarıvariogram analizi yapılabilmesine karşın, madencilik, petrol rezervuarı gibi üç boyutlu verilerin (sondaj kuyusu logu, kompozit veriler, maden rezervi tahmini) analizinde bu durum oldukça zorlanmaktadır. Bu gibi 3 boyutlu yarıvariogram analizlerinde yine yatay yönde bir anizotropi analizine ek olarak, yatay düzleme dik olan düşey yönde bir yarıvariogram analizi yapılarak üç boyutlu bir yarıvariogram analizi gerçekleştirilir. Anizotropi eksenleri ve derecesi arama çaplarının şeklini alırlar. Buna bağlı olarak, verilerin yönelim yönüne göre elips şeklini alır.

- Yarıvariogram modeli, örnekleme hataları, anizotropi, jeolojik gidiş (trend), kontrolsüz etki gibi, jeoloji ve madenciliğe ait bilgilerin bilinmesini sağlar.
- Yarıvariogram kriging ve simülasyon metotlarının temel kriterlerini oluşturur.
- Yarıvariogram hemen hemen tüm jeoistatistik haritalama ve modelleme algoritmalarında kullanılmaktadır. Yarıvariogram tahmin üzerine büyük etkisi vardır.
- Eksik verilerle yapılan yarıvariogramın hesaplanması ve yorumu zordur, güvenilirliği azdır. Yıllarca, bu problem bilinmekle birlikte, uygun bir çözüm bulunamamıştır (Yünsel, 2007).

3.2.1.9.(3). Yarıvariogram Fonksiyonun Özellikleri

Yarıvariogram grafikleri yönlere göre farklı eşik değer ve etki uzaklığı değerlerine sahip olabilir. Bu şekilde yarıvariogramların yapısal uzaklıkları yöne göre değişiklik gösteriyorsa, yatağın ilgili değişken için anizotrop olduğu söylenir. Anizotropi durumuna bakmak için öncelikle seçilen açı ve lag uzaklığına göre bir teorik yarıvariogram modeli uyarlanır. İlk seçilen açıya 90 derecelik bir ilave yapılarak ikinci bir yarıvariogram modeli daha elde edilir. Sonuç olarak, eğer elde edilen modeller arasında etki uzaklığı (a) arasında farklılık var; fakat eşik değerleri aynı kalıyorsa geometrik anizotropi söz konusudur. Eşik değerlerinin farklılık göstermesi zonal anizotropiye işaret eder (Armstrong, 1997: Mert, 2004'den). Yarıvariogramların bu özelliği, basitçe mineralleşmenin sürekliliğinin değişik doğrultulardaki değişimini gösterir. Her doğrultuda tayin edilen anizotropi faktörleri, daha sonra bloklara değer atanırken her numunenin bulunduğu yer ve doğrultuya göre etki ağırlığını tespit etmede kullanılır (Journel, 1978: Mert, 2004'den).

3.2.1.10. Çapraz Doğrulama

Yapılan yarıvariogram analizi sonucunda elde edilen yarıvariogram modellerinin doğruluğu ve geçerliliği çapraz doğrulama tekniği ile gerçekleştirilir. Çapraz doğrulamayla, yarıvariogram modellemesinin sahadaki verinin gerçek dağılım yapısını ne derece iyi yansıttığı belirlenir. Uyumluluk testidir. Temel olarak, bu test gerçekleştirilirken, sahadaki 1 gerçek değer silinir ve komşu parametreler yardımıyla ve yarıvariogram modeli parametrelerini de kullanarak o noktada bir tahmin yapılır. Her bir nokta için bu işlemler gerçekleştirilir. Sonuçta her noktadaki gerçek değerlerle tahmin edilmiş değerler karşılaştırılır. Bu işlemler sonucunda standardize edilmiş artık değerlerin ortalamasının "0", standart hatanın da 1'e yakın olması istenir. Bu işlem diğer veriler içinde tekrarlanarak, elde edilen tahmin hataları o tahmine ait kriging standart sapma değerine bölünür ve indirgenmiş hatalar elde edilir. İndirgenmiş hataların ortalamasına ve kareler ortalamasına bakılarak analiz gerçekleştirilir (Denklem 3.2-5).

Tahmin Hataları $e_i = \left[Z_i^* - Z_i\right]$ (3.2)

İndirgenmiş Hatalar $x_i = \left[\frac{Z_i^* - Z_i}{s_{e,i}}\right]$ (3.3)

İndirgenmiş Hatalar Ortalaması $\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$ (3.4)

İndirgenmiş Hatalar Varyansı $S_x^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{1}^{N}(x_i - \bar{x})^2$ (3.5)

Bu istatistiki parametrelere ilişkin arzu edilen kriterleri sağlayan yarıvariogram model ve parametreleri gerekli model ve parametrelerdir. Bu kriterlerden bazıları şu şekildedir (Dowd, 1988: Mert, 2010'dan)

i. İndirgenmiş hataların beklenen değerlerinin 0'a ve varyansları da 1'e yakın olup olmadığına veya $1 \pm 2\sqrt{2/N}$ sınırları arasında kalıp kalmadığına bakılmalıdır (Çetin ve Kırda, 2003: Mert, 2004'den).

ii. Diğer bir karar verme tekniği ise, gerçek değerlerin, kestirilen değerler üzerindeki doğrusal regresyonu orijinden geçen 45 derece eğimli bir doğru olmasıdır. Bu koşullu yansızlık olarak bilinir.

iii. Kestirim hatalarının kareler ortalaması, kriging varyanslarının ortalamasına eşit ya da küçük olmalıdır, $\sigma_E^2 < \sigma_k^2$.

3.2.1.11. Jeoistatistik

Jeoistatistik, örnekler arasındaki uzaysal korelasyonu istatistiksel ve analitik olarak kullanan, rezerv hesaplama işlemini yapan kişilere oldukça yararlı bilgiler sunan öğelerden oluşan enterpolasyon ve ekstrapolasyon tekniğidir. Hesaplamalar istatistiksel analizlere dayandığı için örnek sayısının yeterince fazla olması gerekir (>30). Jeoistatistiksel teknikler en geniş olarak doğrusal (ör: Kriging) ve doğrusal olmayan (simülasyon) teknikler olarak ikiye ayrılır (Yünsel, 2007).

Kestirim, mevcut kompozit verileri kullanılarak, örneklenmemiş bir noktanın ya da bir bloğun ortalama değerinin hesaplanması işlemidir. Netpro/Mine en basitten karmaşığa doğru üç kestirim yöntemi içermektedir. Bunlar;

- Kriging
- En yakın komşu
- Ters uzaklık yöntemidir.

3.2.1.11.(1). Kriging Yöntemi

Kestirilecek noktanın değeri bu noktanın kestiriminde kullanılacak kompozit verilerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Ağırlıklar, kestirim hataları ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenir. Bu nedenle diğerleri arasında istatistiksel olarak en az hata üreten bir yöntemdir. Yöntem, kestirilecek değişkene ilişkin önceden bir variogram analizinin yapılmasını gerektirir.

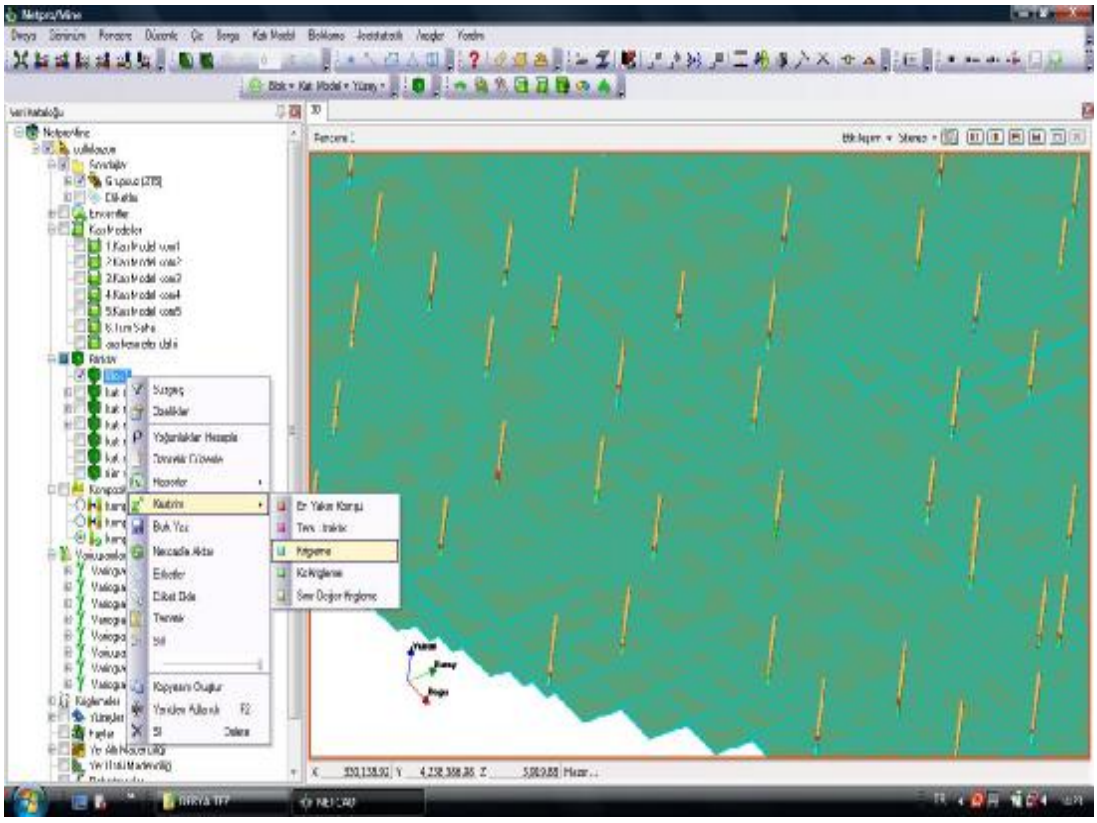
Kestirim simple kriging ile yapılabileceği gibi ordinary kriging yöntemi ile de yapılabilir. Ordinary kriging tekniği daha çok doğrusal kestirim söz konusu olduğunda Simple kriging ise simulasyon ile ilgili uygulamalarda kullanılır.

Kestirim, düzenli bir grid için yapılabileceği gibi düzensiz bir nokta kümesi için de yapılabilir. Grid için yapılırsa, gridin x, y, z boyunca grid boyutları (sayısı), hücre boyu (büyüklüğü) ve başlangıç koordinatları (en alt sağ köşedeki bloğun orta noktasının koordinatları) girilmelidir. Düzenli grid sistminde blok ortalamaları kestirilecekse blok kriging kullanılmalıdır.

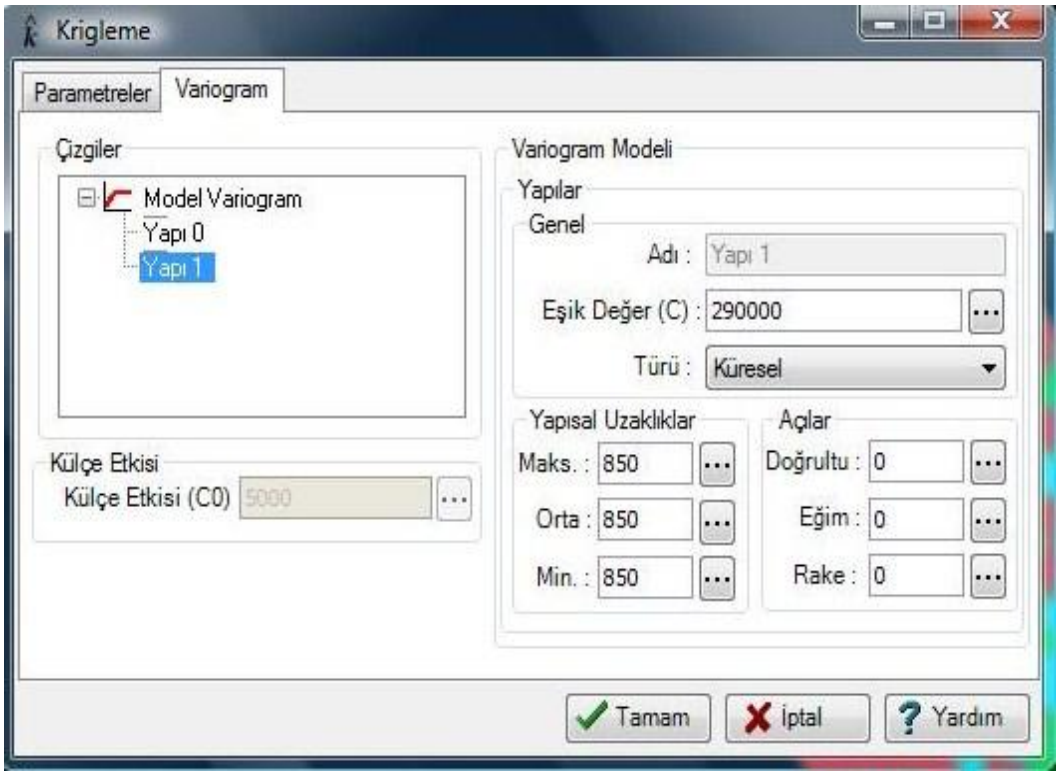
Arama elipsoidi, nokta ya da bloğun kestiriminde kullanılacak elipsoidin geometrisi ile bilgilerin girilmesini gerektirir. Bunlar içinde min, kestirimde dikkate alınacak en düşük örnek sayısını, max ise en yüksek örnek sayısını göstermektedir. Uzaklıklar başlığı altındaki max, orta, min parametreleri sırasıyla elipsoidin en uzun ekseni, orta uzunluklu ekseni ve en kısa uzunluklu ekseninin büyüklüğünü ve açılar altındaki doğrultu, eğim ve rake ise bunlara karşılık gelen açıları ifade etmektedir. Bu parametrelerin variogram analizinden sonra belirlenmesi gerekir. Bu analiz sonunda elde edilen model parametrelerini Variogram sekmesi altındaki yerlere girmek gerekir. Düzenli olmayan grid sisteminde blokların ortalama değerleri kestirilecekse blok bölme sayılarının girilmesi gerekir. Bölünme sayıları kestirilecek değişkenin anizotropi yönüne ve derecesine bağlıdır. İzotrop durumda bu sayılar her yönde üçe eşit alınabilir.

Variogram parametreleri kullanılarak kestirim yapılır;

Jeoistatistik→ Kestirim→ Kriging seçilir.



Şekil 3.42. Kriging ile kestirim yöntemi



Şekil 3.43. Variogram parametreleri



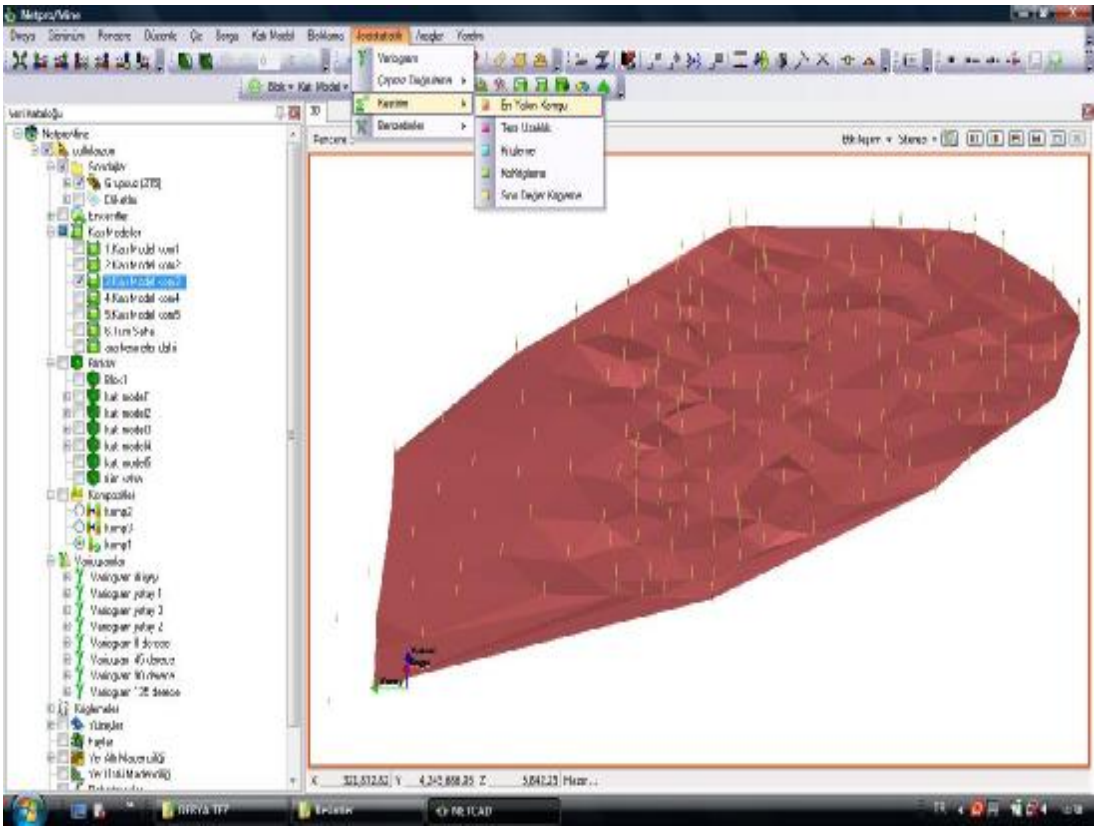
Şekil 3.44. Kriging parametreleri

Gereken tüm kriging parametreleri girildikten sonra “tamam” ile kestirim gerçekleştirilir.

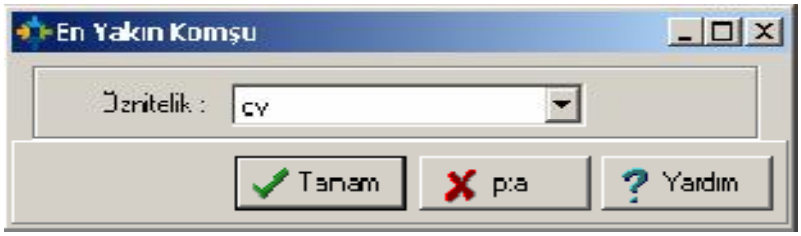
3.2.2.11.(2). En Yakın Komşu Yöntemi

Poligon yöntemidir. Kestirilecek noktaya en yakın olan değer kestirim değeri olarak alınmaktadır. Blokların ortalama değerleri kestirilecekse x, y ve z yönlerindeki blok bölünme sayılarının girilmesi gerekir. Noktaların kestiriminde x, y ve z yönündeki blok bölünme sayıları 1’e eşit alınmalıdır. Blok kestiriminde bölünme sayıları kestirilecek değişkenin anizotropi yönüne ve derecesine bağlıdır. İzotrop durumda bu sayılar her yönde üçe eşit alınabilir.

Jeoistatistik→ Kestirim→ En Yakın Komşu seçilir.



Şekil 3.45. En yakın komşu ile kestirim yöntemi



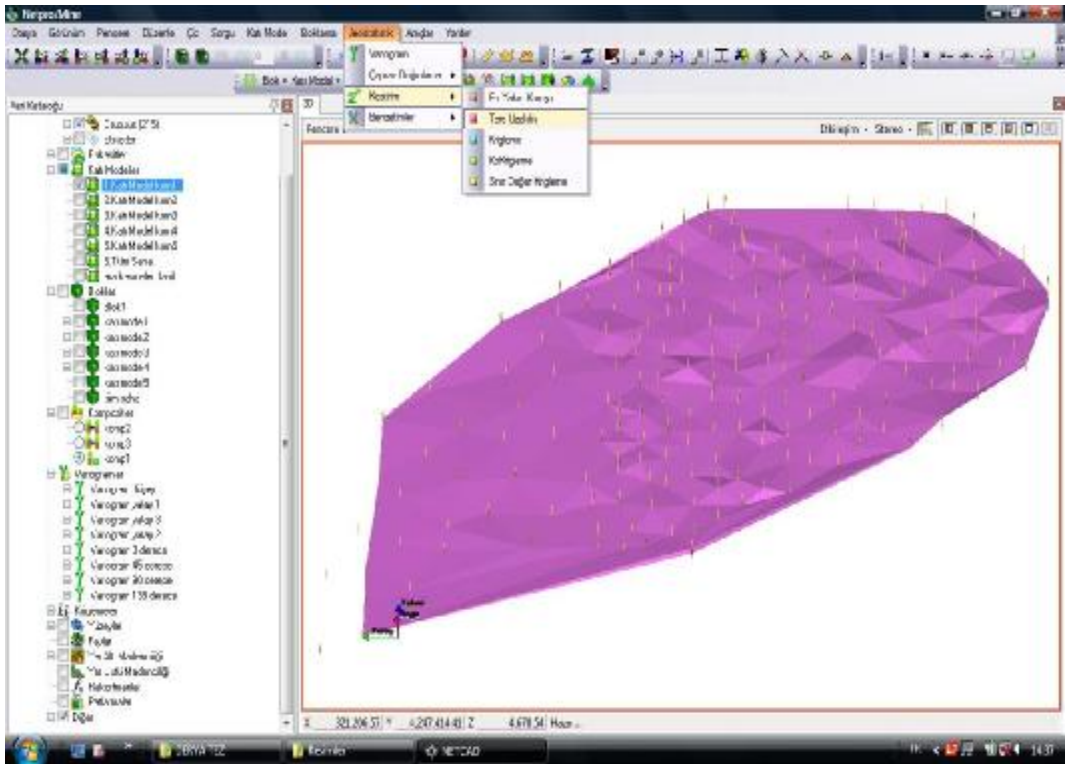
Şekil 3.46. En yakın komşu parametreleri

Öznitelik bilgisi girilir. “Tamam” ile kestirim gerçekleştirilir.

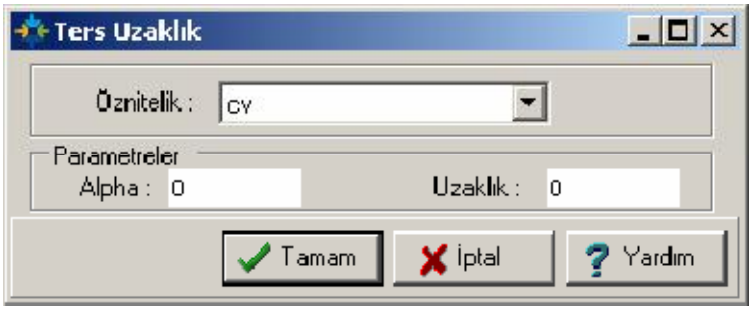
3.2.2.11.(3). Ters Uzaklık (Uzaklığın Tersi ile Ağırlıklandırma) Yöntemi

Kestirilecek noktanın değeri, bu noktanın kestiriminde kullanılacak kompozit verilerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Ağırlıklar, kestirilecek nokta ve kompozit veri arasındaki uzaklığın tersi ile orantılı bir sekilde hesaplanır. Bu orantının derecesi alfa parametresi ile belirlenir. Alfa 1 ve xx arasında değer alabilir. Bu parametrenin değeri arttıkça yöntem, en yakın komşu yöntemine yaklaşır. Daha

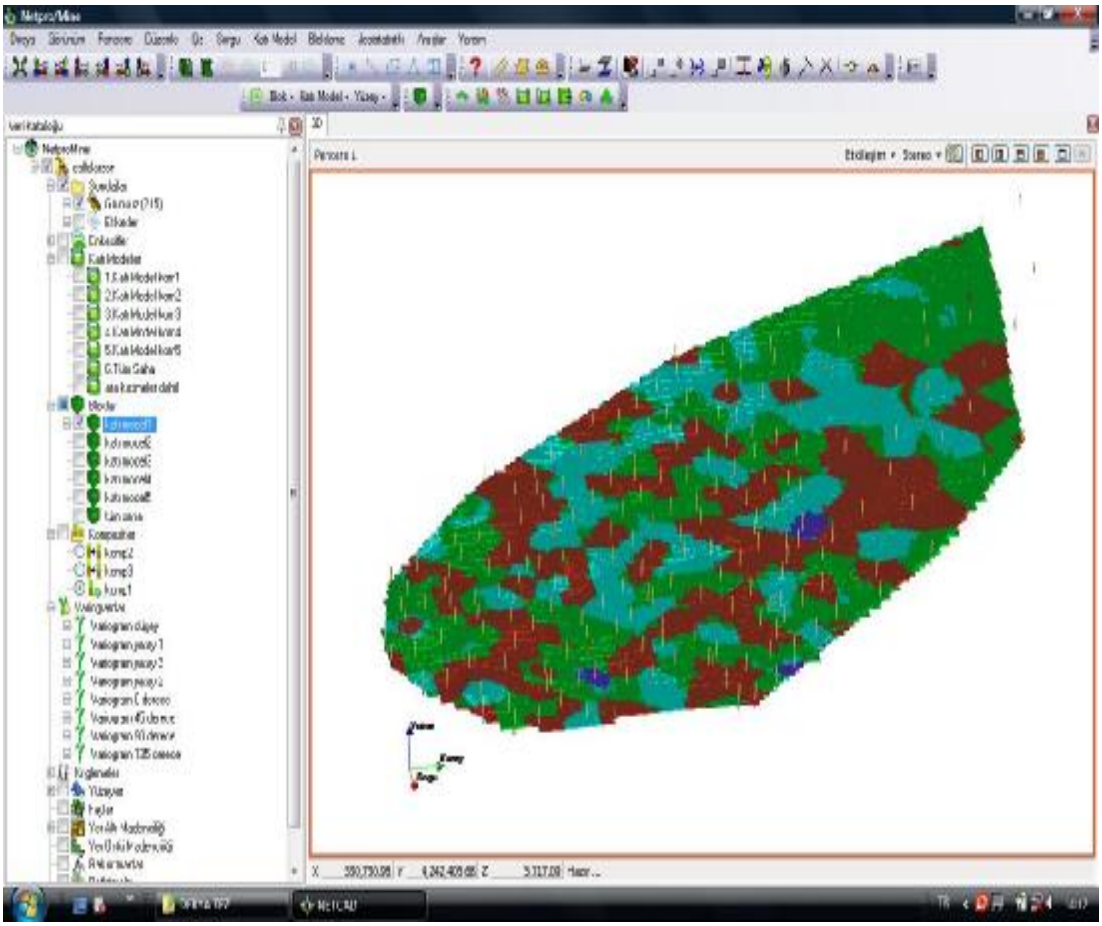
sonra kestirim geometrisi ile ilgili parametreleri girmek gerekir. Bunlar alfa, uzaklık, maksimum örnek sayısıdır ve elipsoiddir. Pratikte alfa 1 ya da 2 olarak alınabilir. Maksimum örnek sayısı, bir nokta ya da bloğun kestiriminde kullanılacak en yüksek örnek sayısıdır. Uzaklık, bu örneklerin seçileceği kürenin yarıçapını ifade etmektedir. Kestirilecek değişken anizotrop ise örnekleri "uzaklık" yarıçaplı bir küre içinden seçmek yerine bir elipsoid içinden seçmek gerekir. Elipsoid geometrisi (eksen uzunlukları ve açıları) variogram analizi ile belirlenebilir. Jeoistatistik→ Kestirim→Ters Uzaklık seçilir (Şekil 3.47). Gerekli öznitelik bilgisi ve diğer parametreler girilir. "Tamam" ile kestirim gerçekleştirilir (Şekil 3.48).



Şekil 3.47. Ters uzaklık ile kestirim yöntemi



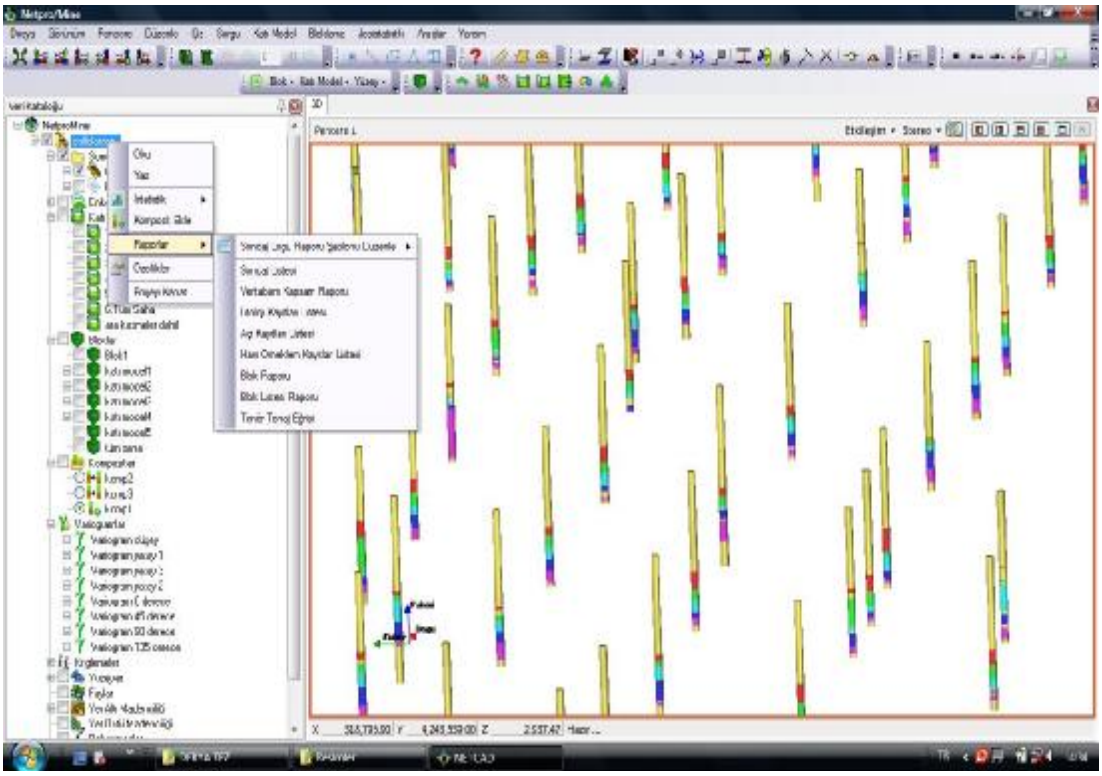
Şekil 3.48. Ters uzaklık parametreleri



Şekil 3.49. Kestirimden sonraki görünüm

3.2.1.12. Raporlama

Proje üzerinde fare sağ tuşu ile gelen “Raporlar” menüsünde (Şekil 3.45) bulunan farklı raporlama seçenekleri kullanılarak Excel (.xls) formatında sonuçlar alınabilmekte ve bu rapor dosyaları saklanabilmektedir (NETCAD, 2010c).



Şekil 3.50. Alınabilen rapor çeşitleri

3.2.2.12.(1). Sondaj Listesi

Sondajlara ait koordinat ve derinlik bilgileri bulunur.

Çizelge 3.1. Sondaj listesi raporu

NETPRO/Mine SONDAJ LİSTESİ				
Son.No	**Sağa (Y)**	**Yukarı (X)**	**Z (m)**	**Derinlik(m)**
ED-59	4.247.053,0	323.413,375	1.233,310	66.000
ED-57	4.247.130,5	322.451,000	1.203,310	65.000
ED-54	4.245.547,0	325.341,125	1196,600	163.500
ED-53	4.246.533,5	325.561,813	1.204,670	99.250
ED-52	4.246.577,5	324.838,469	1.202,090	102.500
ED-51	4.246.773,0	324.055,344	1.198,860	85.000
ED-50	4.246.726,5	323.547,313	1.201,490	100.500
ED-49	4.246.737,5	323.160,875	1.200,500	86.500
ED-48	4.246.769,5	322.689,344	1.201,160	79.000
ED-38	4.245.051,0	327.078,625	1.184,360	151.000
ED-37	4.245.523,5	326.912,688	1.197,620	164.000
ED-36	4.245.199,5	326.674,219	1.185,820	148.000
ED-32	4.245.120,5	325.443,000	1.187,400	150.000

3.2.2.12.(2). Veritabanı Kapsam Raporu

Sondajlara ait kot, koordinat ve derinlik değişkenlerinin min. ve max. değerleri bulunur.

Çizelge 3.2. Veritabanı kapsam raporu

VERİ TABANI KAPSAM RAPORU					
	Son.No	**Kuzey (Y)**	**Doğu (X)**	**Kot (Z)**	**Derinlik (m)**
Min.Kuzey	EB-494	4.240.999,0	327.374,0000	1.159,569946	151,25
Maks.Kuzey	ED-57	4.247.130,5	322.451,0000	1.203,310059	65,00
Min.Dogu	ED-57	4.247.130,5	322.451,0000	1.203,310059	65,00
Maks.Dogu	EB-449	4.242.005,5	328.591,1875	1.169,130005	181,20
Min.Kot	EB-485	4.241.206,5	326.564,6875	1.158,630005	154,00
Maks.Kot	ED-59	4.247.053,0	323.413,3750	1.233,310059	66,00
Min.Derinlik	ED-57	4.247.130,5	322.451,0000	1.203,310059	65,00

3.2.2.12.(3). Litoloji Kayıtları Listesi

Sondajlara ait litolojiler ve litoloji aralıkları bulunur.

Çizelge 3.3. Litoloji kayıtları raporu

NETPRO/Mine LİTOLOJİ KAYITLARI LİSTESİ				
Son.No	**Sağa (Y)**	**Yukarı (X)**	**Z (m)**	**Derinlik (m)**
124/B/67	4.243.641	328.544,594	1.178,620	186
Başlangıç	**Bitiş**	**Litoloji**	**Açıklama**	
0	4,0	ort		
4	10,0	ort		
10	16,0	ort		
16	23,0	ort		
23	36,0	ort		
36	39,0	ort		
39	43,0	ort		
43	46,0	ort		
46	50,0	gyd		
50	50,4	gyd		
50	52,0	gyd		
52	54,0	gyd		
54	56,0	gyd		
56	62,0	gyd		

3.2.2.12.(4). Açı Kayıtları Listesi

Sondajlara ait eğim ve doğrultu değerlerinin derinlikle değişimi bulunur.

Çizelge 3.4. Açı kayıtları listesi raporu

NETPRO/Mine AÇI KAYITLARI LİSTESİ				
Sondaj No	**Sağa (Y)**	**Yukarı (X)**	**Z (m)**	**Derinlik (m)**
124/B/67	4.243.641,000	328.544,594	1.178,620	186,000
Derinlik	**Eğim(Dip)**	**Doğrultu(Azimuth)**		
186.000	-90	0		
124/D/67	4.243.623,000	324.907,000	1.178,500	165,000
Derinlik	**Eğim(Dip)**	**Doğrultu(Azimuth)**		
165.000	-90	0		
157/67	4.246.032,500	324.171,813	1.191,200	201,000
Derinlik	**Eğim(Dip)**	**Doğrultu(Azimuth)**		
201.000	-90	0		
624/68	4.244.655,500	326.826,188	1.185,300	202,000
Derinlik	**Eğim(Dip)**	**Doğrultu(Azimuth)**		
202.000	-90	0		
625/68	4.244.143,500	327.099,406	1.180,930	196,800
Derinlik	**Eğim(Dip)**	**Doğrultu(Azimuth)**		
196.800	-90	0		

3.2.2.12.(5). Blok Tonaj Raporu

Jeoistatiksel analizler sonucu oluşturulan blokların hacim, %hacim ve kümulatif hacim değerleri bulunur.

Çizelge 3.5. Isıl değerlere göre hazırlanmış blok raporu

NETPRO/Mine BLOK RAPORU						
kalori Başlangıç (<=)	**kalori Bitiş(>)**	**Hacim(m^3)**	**Tonaj(Ton)**	**Adet**	**(%) Hacim**	**Kümülatif Toplam Hacim**
0	500	54.823.117	65.787.741	31.153	33,30%	54.823.117
500	1.000	56.994.891	68.393.869	27.806	34,62%	111.818.008
1.000	1.500	51.484.387	61.781.264	26.859	31,27%	163.302.395
1.500	2.000	1.344.020	1.612.823	867	0,82%	164.646.414
	Toplam	164.646.414	197.575.697	86.685		
	Ort. Öznitelik	706,324				

3.2.2.12.(6). Ham Örneklem Kayıtları Listesi

Sondajlara ait numune aralıkları ve numunelerin analiz sonuçları bulunur.

Çizelge 3.6. Ham örneklem kayıtları listesi raporu

NETPRO/Mine HAM ÖRNEKLEM KAYITLARI LİSTESİ										
Sondaj No	**Sağa (Y)**	**Yukarı (X)**	**Z (m)**	**Derinlik (m)**	**Giriş (m)**	**Çıkış (m)**	**kalori (kcal/kg)**	**kül (%)**	**nem (%)**	**Lit.**
124/B/67	4.243.641	328.544,5	1.178,6	186	117,15	118,5	1.278	2,72	48,58	kom1
					119,50	120,0	1	75,0	25,00	kom2
					120,00	120,4	229	13,2	44,62	kom2
					120,40	121,0	229	13,2	44,62	kom2
					121,00	122,0	1	75,0	25,00	kom2
					122,00	122,5	1.984	2,91	39,83	kom2
					122,50	123,2	1	75,0	25,00	kom2
					128,40	130,0	152	15,2	52,27	kom3
					130,00	130,5	1	75,0	25,00	kom3
					130,55	131,8	1.842	12,3	51,64	kom3
					131,80	132,0	1	75,0	25,00	kom3
					132,00	133,3	1.542	16,3	5,83	kom3
					137,00	138,0	1.843	14,4	49,34	kom4
					138,00	139,0	1	75,0	25,00	kom4
					139,00	139,6	1	75,0	25,00	kom4
					139,60	140,3	1.471	9,91	59,12	kom4
					140,35	141,4	1.464	15,3	53,82	kom4
					142,80	146,0	1.666	13,2	52,84	kom5
					146,00	148,0	1.937	13,2	49,70	kom5
					148,00	150,0	1	75,0	25,00	kom5
					150,00	152,0	1.585	17,2	5,77	kom5

3.2.2.12.(7). Blok Listesi Raporu

Jeoistatistiksel analizler sonucu oluşturulan her bir bloğun ayrı ayrı koordinat, boyut ve öznitelik değerleri bulunur (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Blok listesi raporu

NETPRO/Mine BLOK LİSTESİ RAPORU								
Blok No	**Blok X Koordinatı**	**Blok Y Koordinatı**	**Blok Z Koordinatı**	**Blok X Boyut**	**Blok Y Boyut**	**Blok Z Boyut**	**Bloğun Katı Model İçindeki Oranı (%)**	**Blok Yoğunluk Değeri**
1	322.776,844	4.246.611,5	1.132,723	25	25	0,6	78	1
2	322.776,844	4.246.611,5	1.133,348	25	25	0,6	71	1
3	322.751,844	4.246.636,5	1.132,723	25	25	0,6	11	1
4	322.776,844	4.246.636,5	1.132,723	25	25	0,6	100	1
5	322.751,844	4.246.636,5	1.133,348	25	25	0,6	11	1
6	322.776,844	4.246.636,5	1.133,348	25	25	0,6	89	1
7	322.776,844	4.246.611,5	1.133,973	25	25	0,6	48	1
8	322.776,844	4.246.611,5	1.134,598	25	25	0,6	11	1
9	322.751,844	4.246.636,5	1.133,973	25	25	0,6	11	1
10	322.776,844	4.246.636,5	1.133,973	25	25	0,6	39	1
11	322.764,344	4.246.674,0	1.133,035	50	50	1,3	63	1
12	322.764,344	4.246.674,0	1.134,285	50	50	1,3	58	1
13	322.776,844	4.246.711,5	1.132,723	25	25	0,6	38	1
14	322.751,844	4.246.711,5	1.133,348	25	25	0,6	67	1

Tüm bu raporlara ait şablon dosyalar bilgisayarda Netcad'in kurulu olduğu dizin altındaki; NETCAD\MODULNET\Netpro-Mine\rapor klasöründe. xls formatında bulunmaktadır. Kullanıcı dilerse açılan şablon üzerinde istediği değişiklikleri yaparak raporları kendi tanımladığı biçimde alabilmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma Afşin-Elbistan Havzası Çöllolar (B) Sektörü maden yatağının karot sondaj logları temel alınarak bir veri tabanının oluşturulmasını; rezerv, tenör modellemeleri ve değerlendirilmesi için bir jeoistatistik yöntemin uygulanmasını ve uygulama sonuçlarının ilgili testlerle doğrulanmasını ve ayrıntılı rezerv hesaplamalarını içermektedir.

Netpro/Mine madencilik yazılımı ile sondaj verileri kullanılarak temel olarak tanımlayıcı istatistiksel analiz, variogram analizi ve tahmin uygulaması yapılmıştır.

Tanımlayıcı istatiksel analiz ile verilerin özet istatistiği incelenerek, verilerin davranışları belirlenmiştir. Özet istatistiği çıkarılan verilere kompozitleme uygulanmış, elde edilen yeni veri setinin özet istatistikleri ve histogramları incelenerek dağılım yapısı belirlenmiştir. Dağılım yapısı belirlenen verilerin kapsamlı variogram analizleri yapılarak, deneysel ve teorik variogram modelleri ve parametreleri belirlenmiştir.

Elde edilen teorik variogram modellerine çapraz doğrulama testleri uygulanarak modellerin geçerliliğine karar verilmiştir.

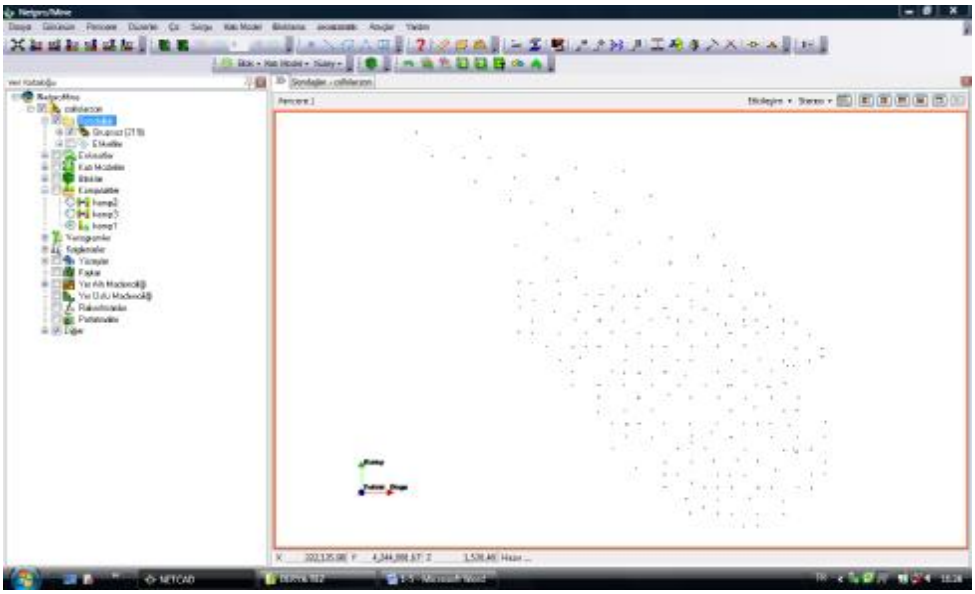
Bu bölümde mevcut veriler kullanılarak Netpro/Mine yazılımı ile aşağıda sıralanan işlemlere ait sonuçlar elde edilmiştir.

- Sondaj verilerinin değerlendirilmesi,
- Yüzey oluşturma,
- Katı modelleme,
- Blok model,
- Isıl değer yarıvariogram analizi,
- Çapraz doğrulama (Cross validation),
- Kriging işlemi
- Rezerv ve kalite tahmini
- Tematik haritaların hazırlanması

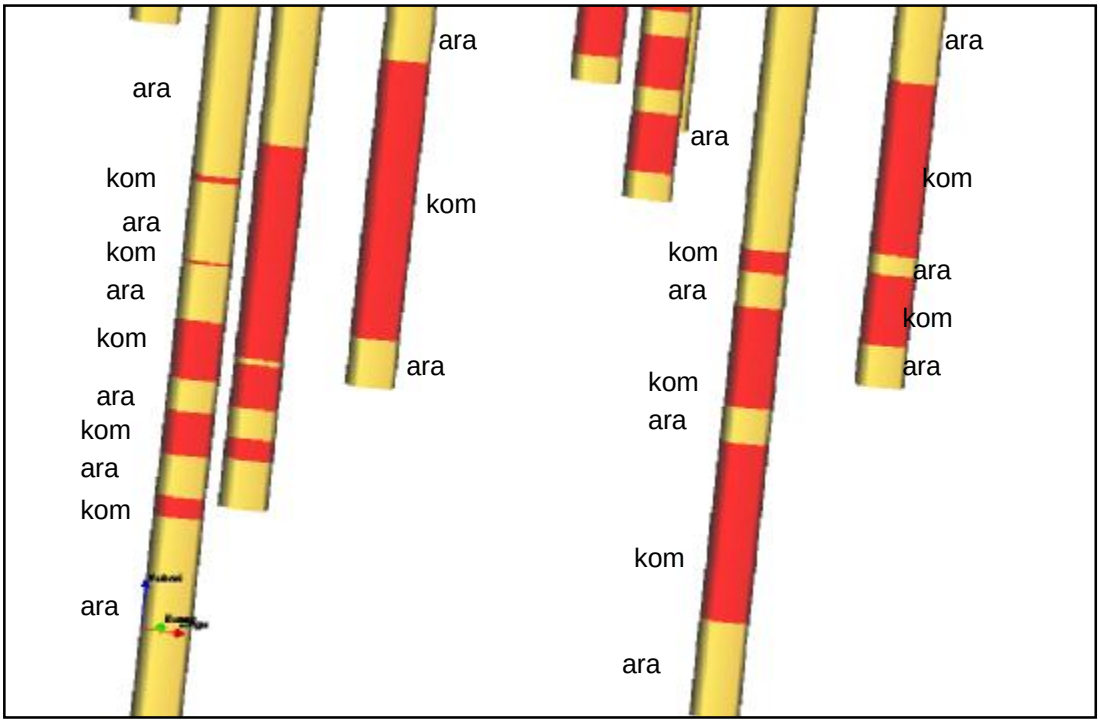
4.1. Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışma sahasındaki 215 adet karotlu sondajlara (Şekil 4.1) ait mevcut bilgilerden proje veri dosyaları oluşturulurken aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

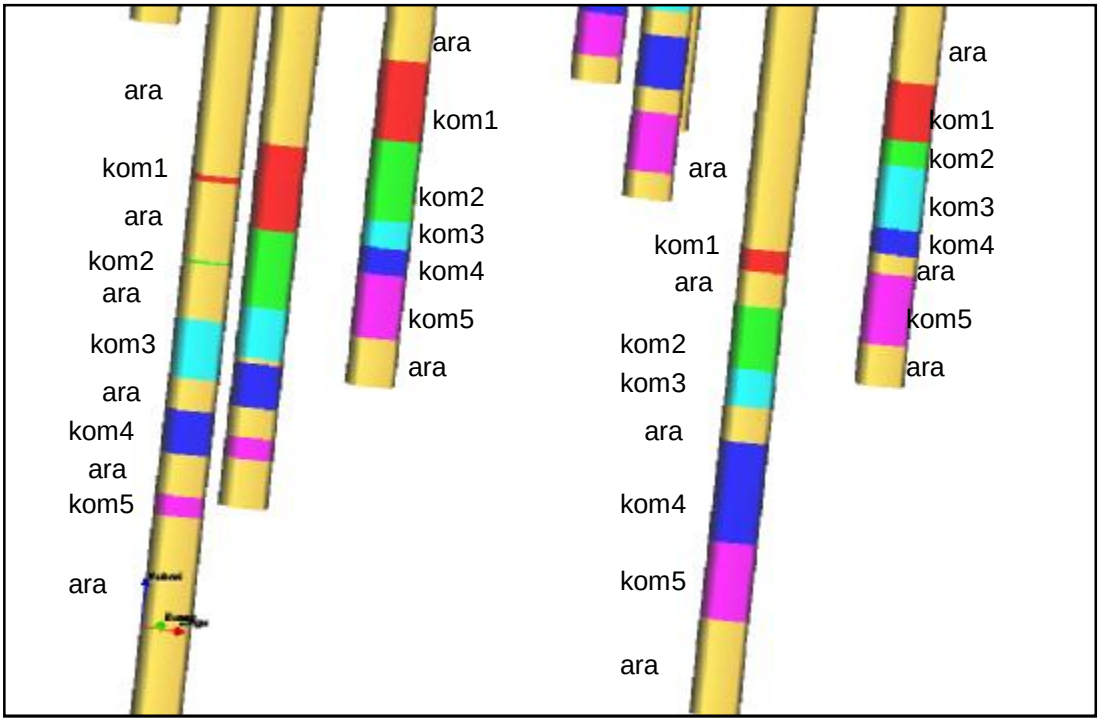
- Kömür damarı giriş ile çıkış arasındaki verilerin dışında kalan değerler ham örnekleme dosyasından çıkarılmıştır.
- Toplamda 0,3 m'den büyük olan ara kesmeler ham örnekleme dosyasından çıkarılırmıştır.
- Selektif kazı kalınlığı 0,3 m olarak düşünülmüştür. Bu nedenle kalınlığı 0,3 m'den küçük olan ara kesmeler kömüre dahil edilmiş ve kömüre ait öznitelik değerlerine, Kül (%) için 75, Nem (%) için 25 ve Kalori (kcal/kg) için 1 değerleri atanmıştır.
- Litolojisi kömür olup öz nitelik değerleri belli olmayan verilere Kül (%) için 75, Nem (%) için 25 ve Kalori (kcal/kg) için 1 değerleri atanmıştır.
- Mevcut karot verilerinde giriş çıkış arasında bir çok ara kesme olmasına rağmen kömür tek bir damar(kom) olarak ifade edilmiştir (Şekil 4.2). Bu durum yüzey, en kesit ve katı modelleme çalışmalarında sıkıntı oluşturmasından dolayı kömür damarı, kalınlık ve ısıl değerlerine göre kom1, kom2, kom3, kom4, kom5 olarak yeniden isimlendirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Sondaj lokasyonlarının dağılımı



Şekil 4.2.Sondajlara ait orijinal litoloji



Şekil 4.3. Sondajlara ait düzenlenmiş litoloji

Sondajlardan alınan karotların uzunlukları farklıdır. Farklı uzunluktaki karotları, aynı uzunluktaki karotlara dönüştürmek amacıyla kompozitleme işlemi uygulanır. Kaynak ya da rezerv kestirimleri kompozit veriler üzerinde yapılır. Kuyu logu 2,5 m aralıklara bölünerek kompozit veriler elde edilmiştir. Elde edilmiş kompozit verilerin ve normal verilerin özet istatistiği Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

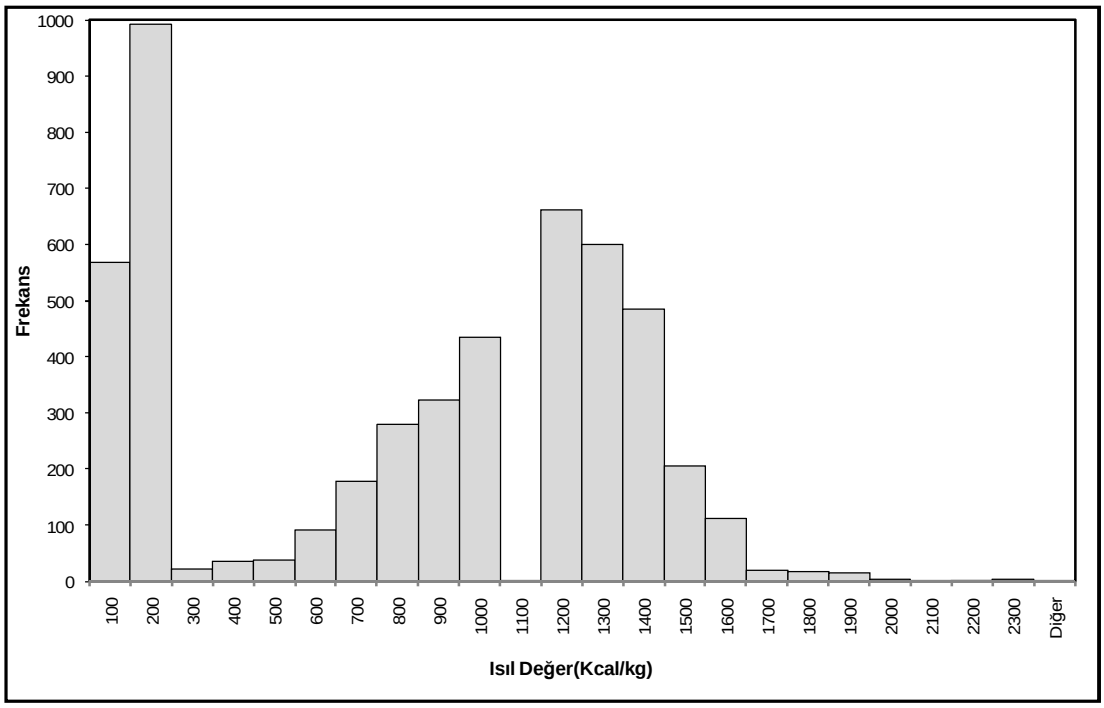
Çizelge 4.1. Kompozit verilerin ve orjinal verilerin özet istatistiği

İstatistiksel Parametre (kalori)	Komp1 (uzunluk 2,5 m)	Komp2 (uzunluk 2,1 m)	Komp3 (uzunluk 2,3 m)	Orjinal veriler
Örnek Sayısı	3.943	4.664	4.276	5.088
Minimum	1,00	1,00	1,00	1,00
Ortalama	797,34	797,04	796,71	789,90
Ortanca	935,00	934,00	932,00	916
Maksimum	2.289,00	2.289,01	2.289,00	2.289
Varyans	276.765,87	276.932,63	275.813,15	268.311,1
Standart Sapma	526,09	526,24	525,18	517,98
Çarpıklık	-0,23	-0,24	-0,24	-0,24

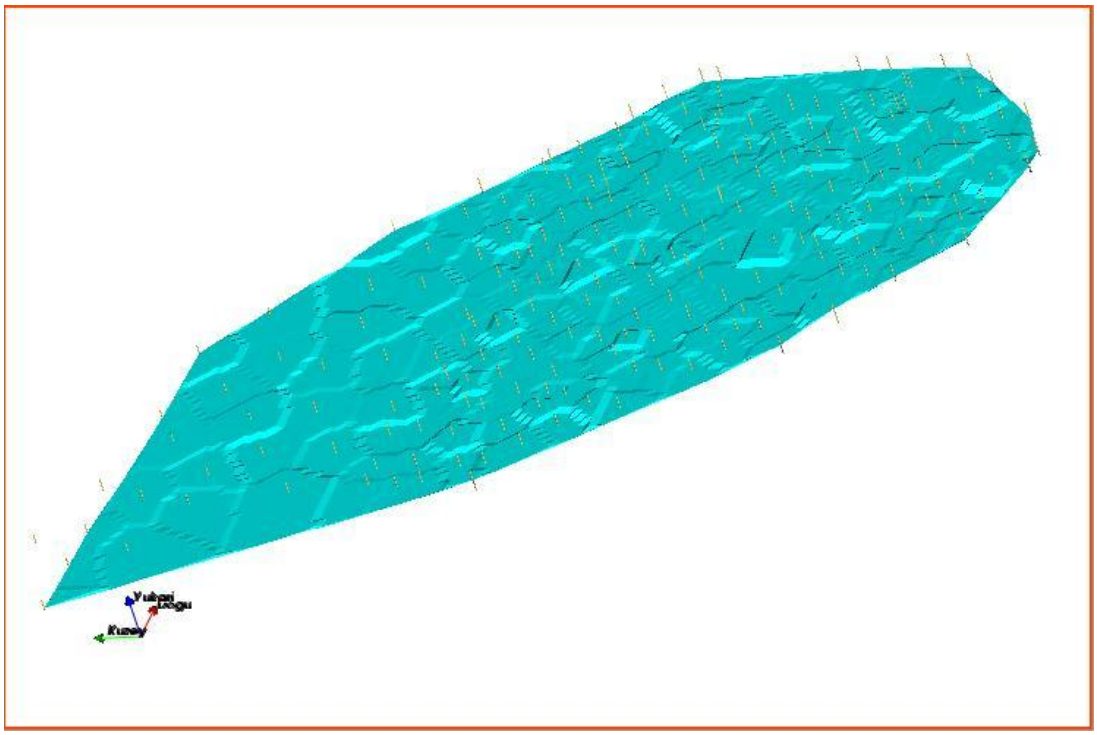
Jeoistatistiksel incelemeden önce cevherleşmenin karakteristiğini ve yapısal farklılıkların önceden belirlenmesi amacıyla Isıl değer değişkenine ait farklı uzunluktaki kompozit verileri kendi aralarında karşılaştırıldığında çarpıklık değeri sıfıra daha yakın olan, orijinal verileri daha iyi temsil edeceğinden dolayı çalışmamızda kompozit1 (minimum çarpıklık değeri, -0,23) verileri kullanılmıştır. (Çizelge 4.1). Modellemelerde kullanılan 2,5 m uzunluk değerinde elde edilen kompozit verilerine ait histogram grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir.

4.2. Yüzey Modelleme

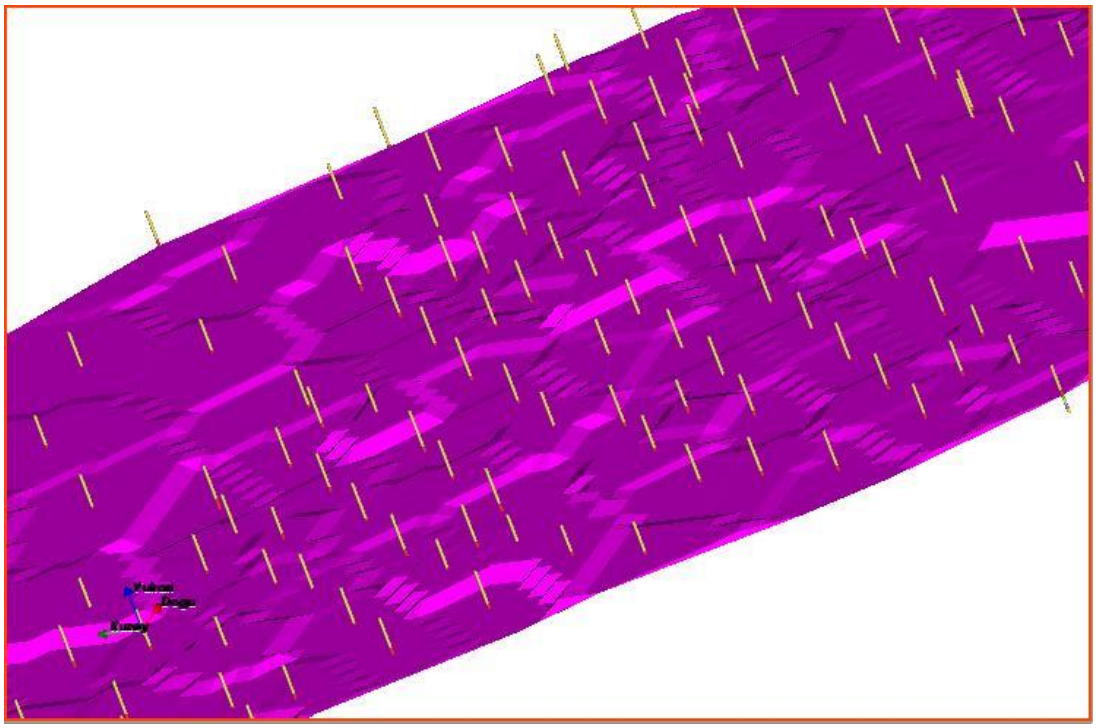
Katı model oluşturabilmek ve katı modeli bloklara bölebilmek amacıyla her bir kömür damarı için üst ve alt yüzeyler oluşturulmuştur. Sadece ilk kömür zonu (Kom1) için elde edilen yüzeyler Şekil 4.5-4.7'de gösterilmiştir.



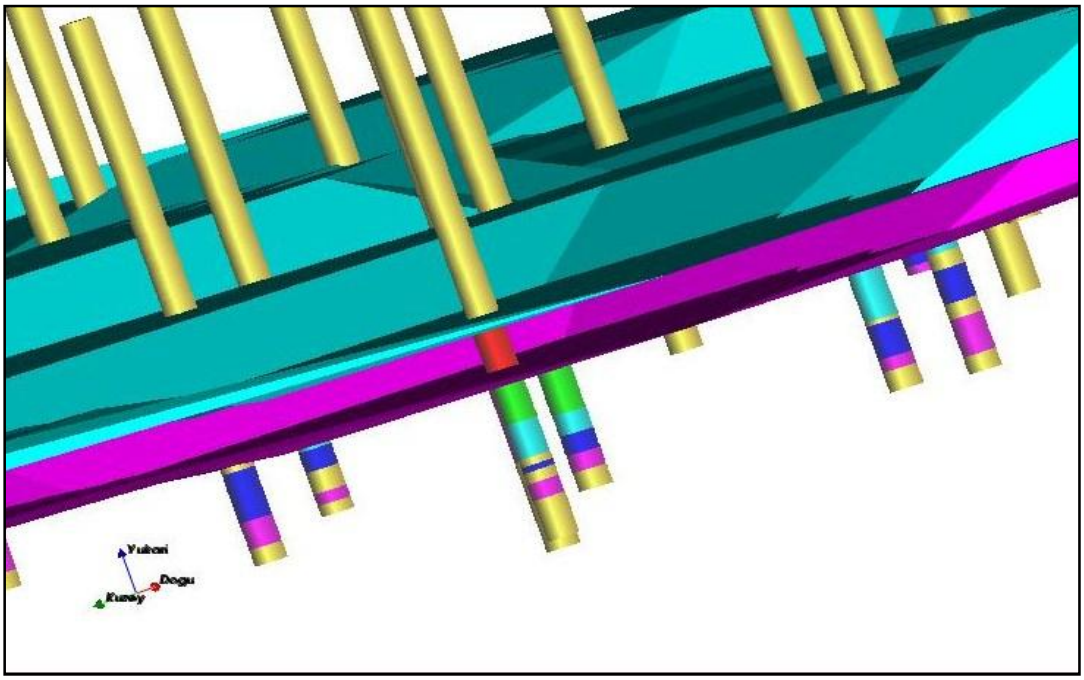
Şekil 4.4. Kompozit1 histogram grafiği



Şekil 4.5. Kom1 üst yüzey görünümü

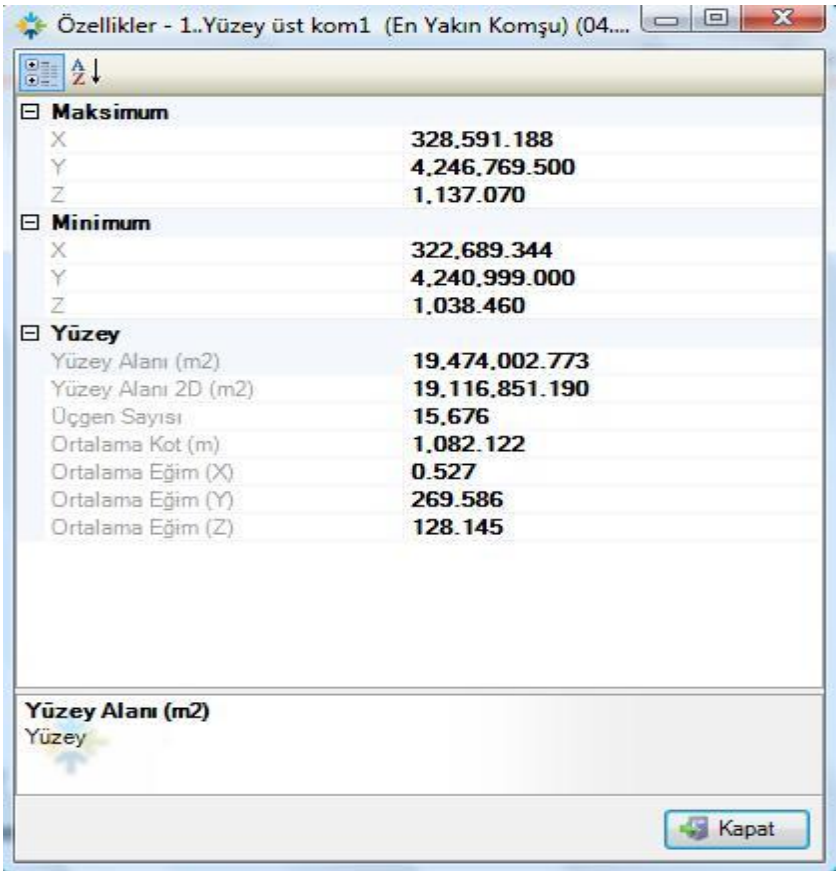


Şekil 4.6. Kom1 alt yüzey görünümü



Şekil 4.7. Kom1 alt ve üst yüzey görünümü

İstenildiğinde elde edilen her bir yüzeyin özellikleri kolaylıkla rapor edilebilmektedir (Şekil 4.8).



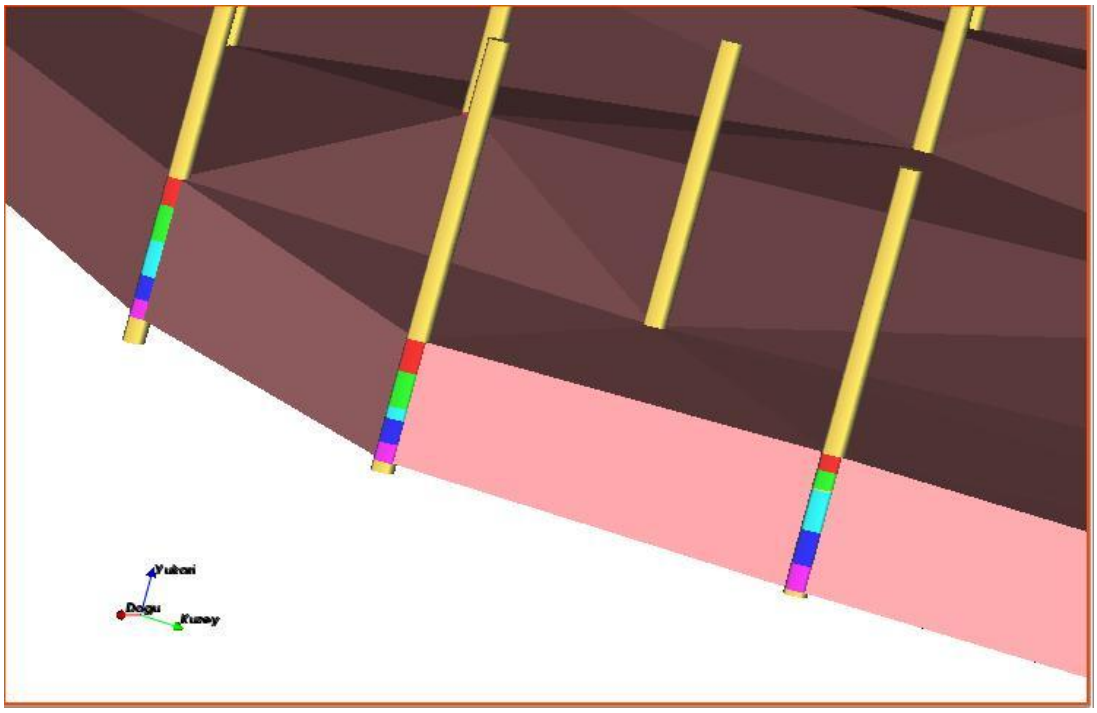
Şekil 4.8. Kom1 üst yüzey sayısal değerleri

4.3. Katı Modelleme

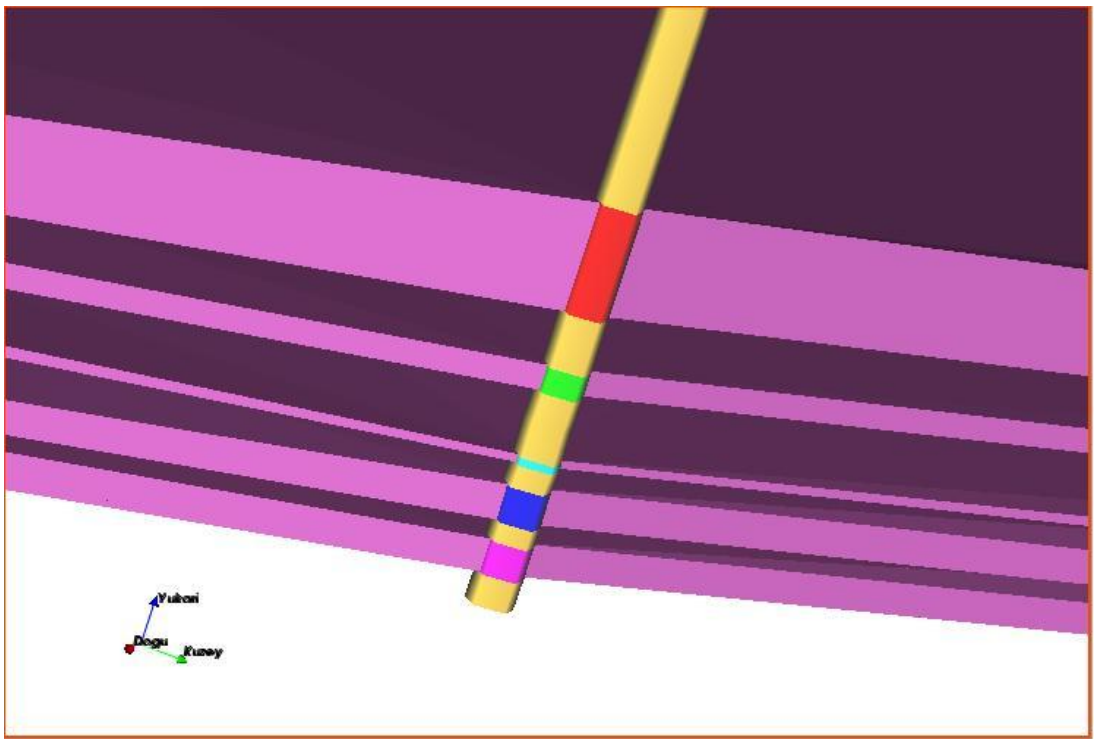
Kömür giriş için elde edilen yüzey (Kom1 üst yüzey) ile çıkış için elde edilen yüzeylerden (Kom5 alt yüzey) katı model oluşturulmuştur (Şekil 4.9). Bu şekilde elde edilen kömüre ait katı model hem kömürü hem de arakesmeleri içermektedir.

Arakesmeleri katı modele dahil etmemek için her bir kömür zonu için ayrı ayrı katı modelleri oluşturulmuştur (Şekil 4.10).

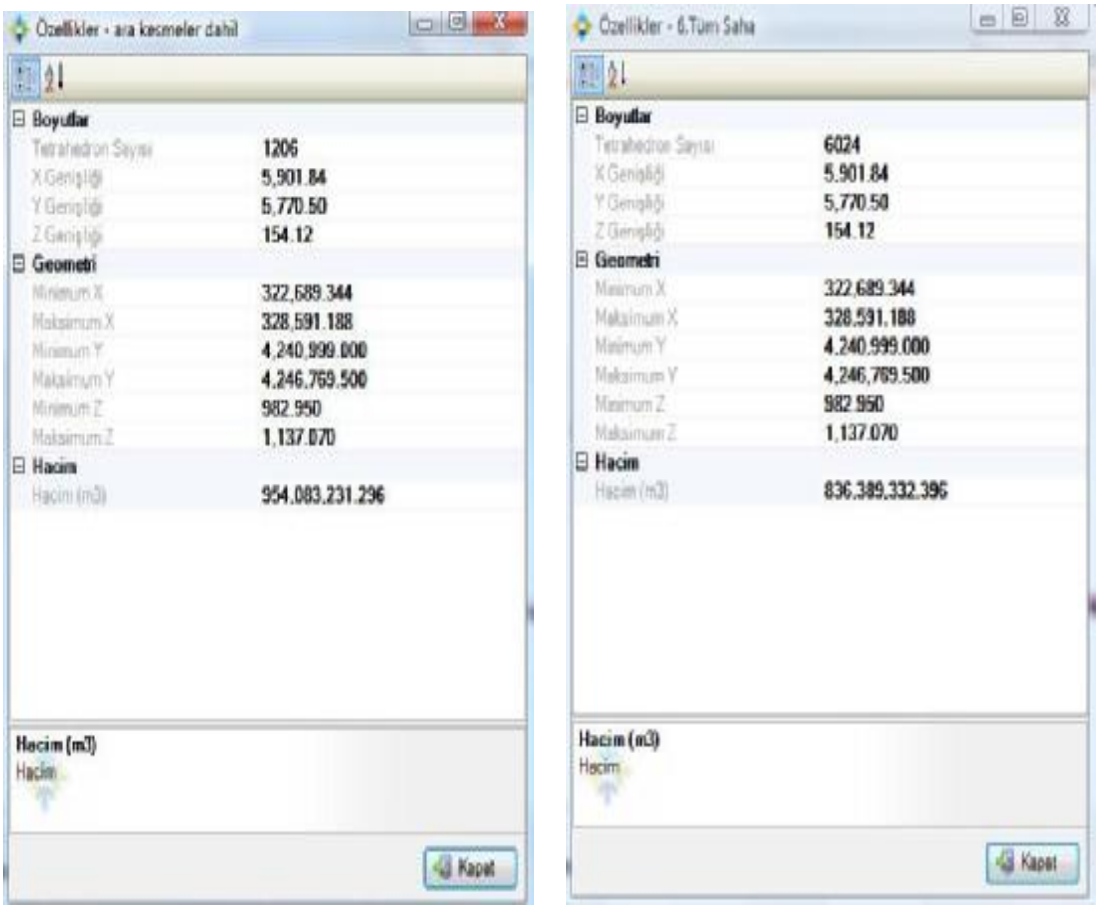
Katı modellerinin özelliklerine ait elde edilen raporlar (Şekil 4.11) incelendiğinde iki hacim arasındaki farkın arakesmelerin hacmi olduğu görülmektedir. Arakesmelere ait olan bu hacim değeri rezerv tahminlerini olumsuz etkileyeceğinden dolayı arakesmeler katı modele dahil edilmeden elde edilen katı modeller kullanılmıştır.



Şekil 4.9. Arakesmeler dahil katı model görünümü



Şekil 4.10. Arakesmeler hariç katı model görünümü



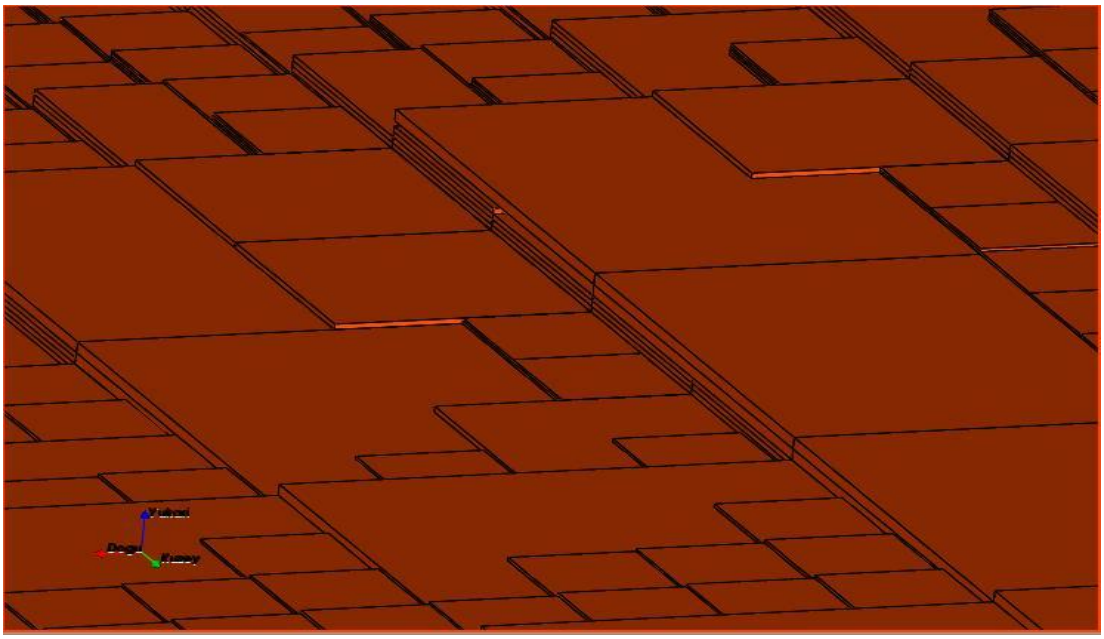
(a) (b)

Şekil 4.11. Katı model raporları a) Arakesmeler dahil, b) Arakesmeler hariç

4.4. Blok Model

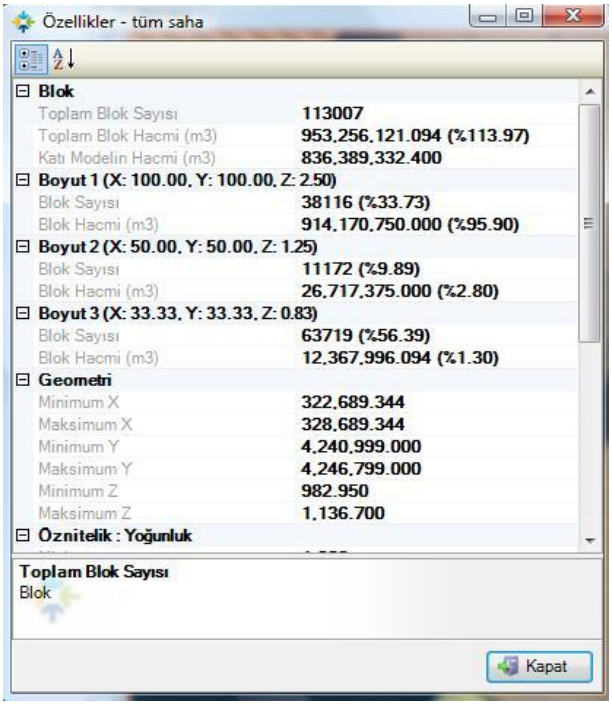
Blok boylarının mümkün olduğunca küçük olması yapılacak sorgulamaların doğruluğunu artıracaktır, diğer yandan blok boyu küçüldükçe de kriging tahmin hatalarının artması kaçınılmaz olmaktadır. Bu amaçla denemeler sonunda en düşük tahmin hatası ve blok boyu olan, 100x100x2,5 m değeri çalışmamızda kullanılmıştır.

Birleştirilmiş katı model bloklanıldığında arakesme boşluklarına da blok atandığı ve bu durumun tahmin sonuçlarını olumsuz etkileyeceğinden dolayı zonlara ayırılan her bir kömür damarı yukarıda belirtilen blok boyutlarında, blok yüzdesi %10 ve alt blok sayısı 2 olarak ayrı ayrı bloklanmıştır. Herhangi bir kömür damarı için elde dilen blokların görünümü örnek olarak Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kom3 katı model blok model görünümü

Birleştirilmiş katı modeli bloklandığında elde edilen blok modele ait Şekil 4.13 de verilen özellikler raporu incelendiğinde toplam blok hacmi, katı modelin toplam hacminden çok büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenden dolayı her bir kömür zonu için ayrı ayrı bloklama yapılmıştır.



Şekil 4.13. Tüm sahanın blok model raporu

Ayrı ayrı yapılan bloklama sonucunda elde edilen blok modellere ait raporlardan elde edilen hacimler Çizelge 4.2'de topluca verilmiştir. Toplam hacimlere bakıldığında toplam katı model hacmi ile toplam blok hacimlerinin yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Hacim ve blok sayısı değerleri

Kömür damar zonları	Katı Model Hacimi (m^3)	Blok Hacmi (m^3)	Blok sayısı
Kom1	165.803.196,868	164.646.414,063	86.685
Kom2	166.937.669,047	165.143.019,531	77.227
Kom3	166.961.958,107	165.313.968,750	74.924
Kom4	165.772.470,476	164.312.062,500	77.000
Kom5	170.914.037,901	170.017.066,406	72.083
Toplam	836.389.332,399	829.432.531,300	387.719

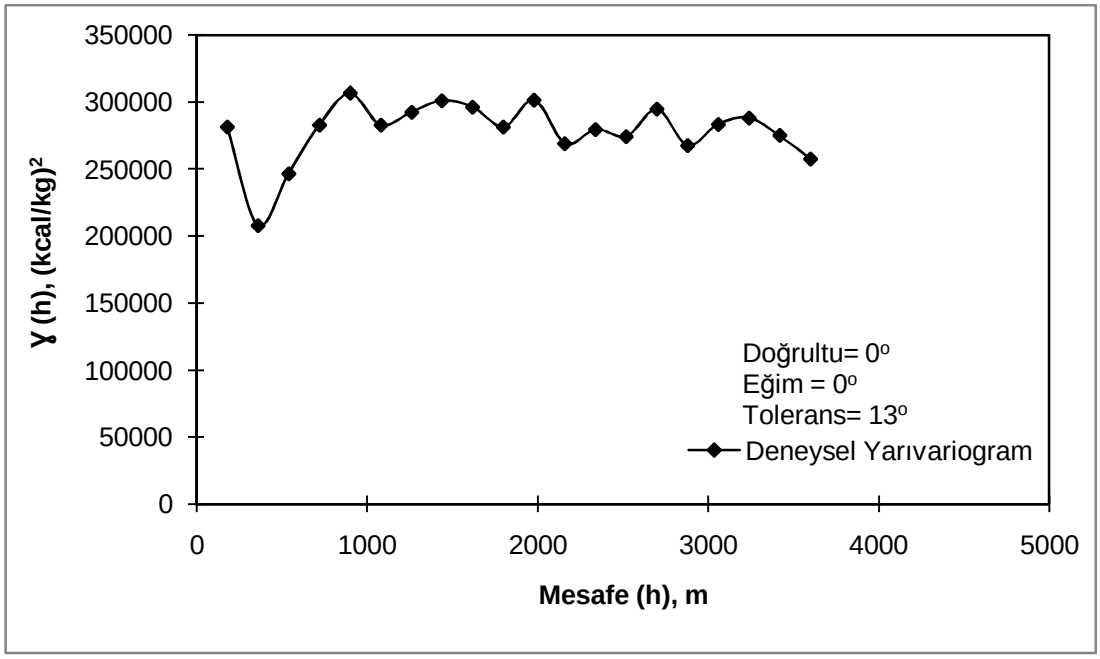
4.5. Isıl Değer Yarıvariogram Analizi

Isıl değer verileri koordinatlar baz alınarak uzaklık ve açı toleransları içerisinde gruplandırılmış ve değişkenin yönlü yarıvariogram analizleri hazırlanarak anizotropi testi yapılmıştır.

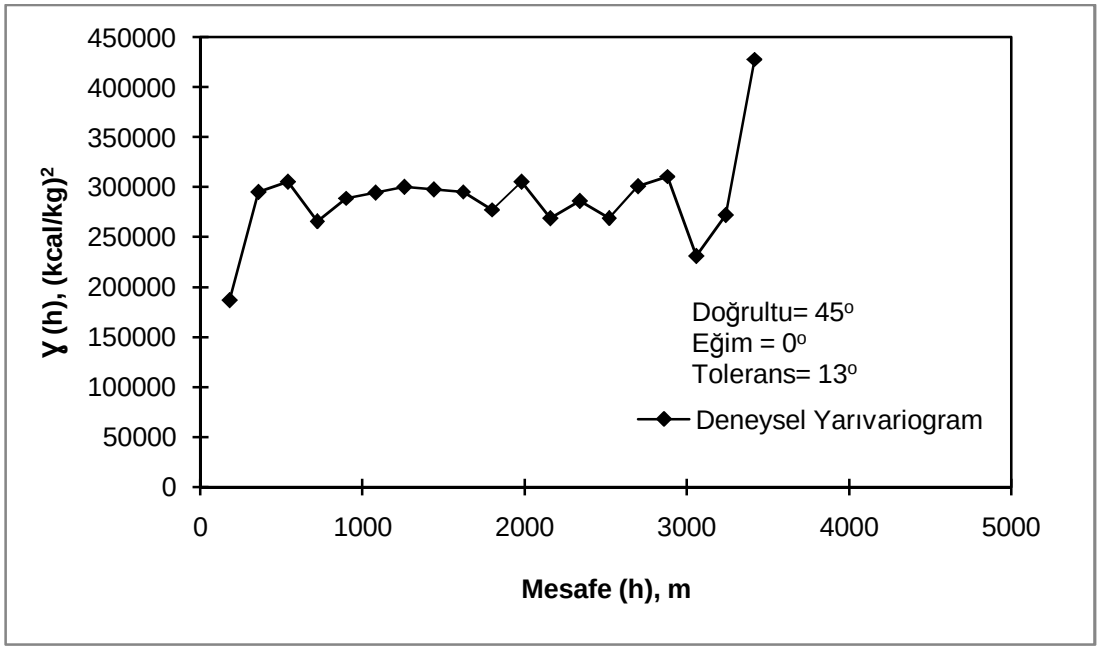
Genel olarak yarıvariogram fonksiyonlarında etki mesafesi (a) yönlere göre değişim gösteriyorsa "Geometrik Anizotropi" 'nin olduğu, etki mesafesinin sabit kaldığı ama Eşik değerin (C) değiştiği durumlarda da "Zonal Anizotropi" 'nin olduğu söylenebilir.

Şekil 4.14-17'de verilen deneysel variogramlar incelendiğinde farklı yönlere göre eşik değerin 300.000 $(kcal/kg)^2$ seviyesinde olduğu, bu eşik değere ulaşmak için ise ortalama 900-1.000 m etki mesafesinin aynı kaldığı görülmektedir. Bu ise yatakta ısıl değer değişkeni için geometrik ve zonal anizotropi olmadığını göstermektedir. Yani linyit yatağının ısıl değer değişkeni belirli bir yönde ve mesafede eğilim veya farklılık göstermemektedir.

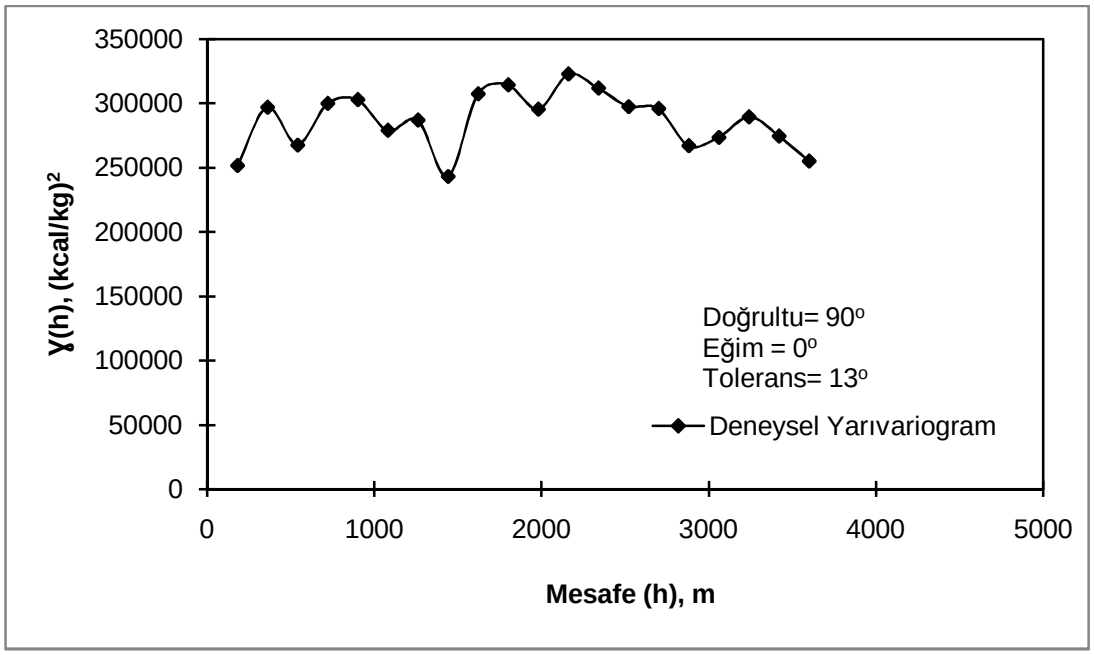
Mesafe ve yöne bağlı ısıl değer ilişkisinin fonksiyonunu belirleyebilmek için elde edilen bu deneysel ısıl değer yarıvariogram yapısına karşılık teorik yarıvariogram modellerinden biri uydurulmaya çalışılmıştır. Yatay yöndeki ilişki için en uygun modelin Şekil 4.18'de verilen Küresel tip model olduğu, düşey yöndeki ilişkilerde ise Şekil 4.19'daki Küresel tip modelin çiftler arasındaki ilişkiyi temsil ettiği görülmektedir.



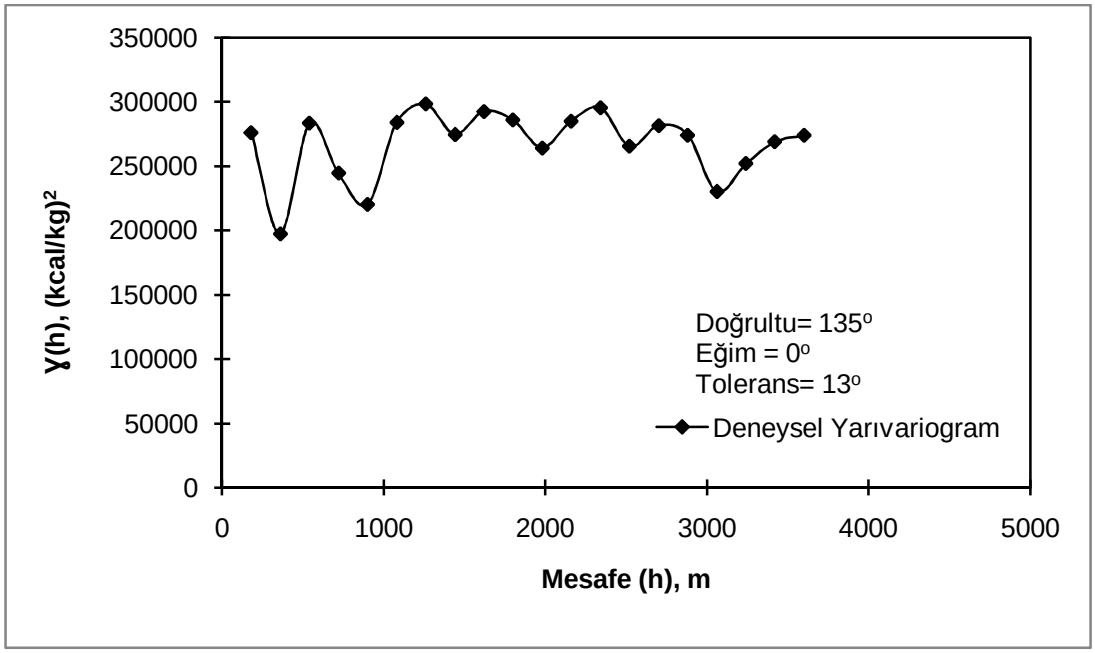
Şekil 4.14. Isıl değer için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=0^o)



Şekil 4.15. Isıl değer için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=45^{o})

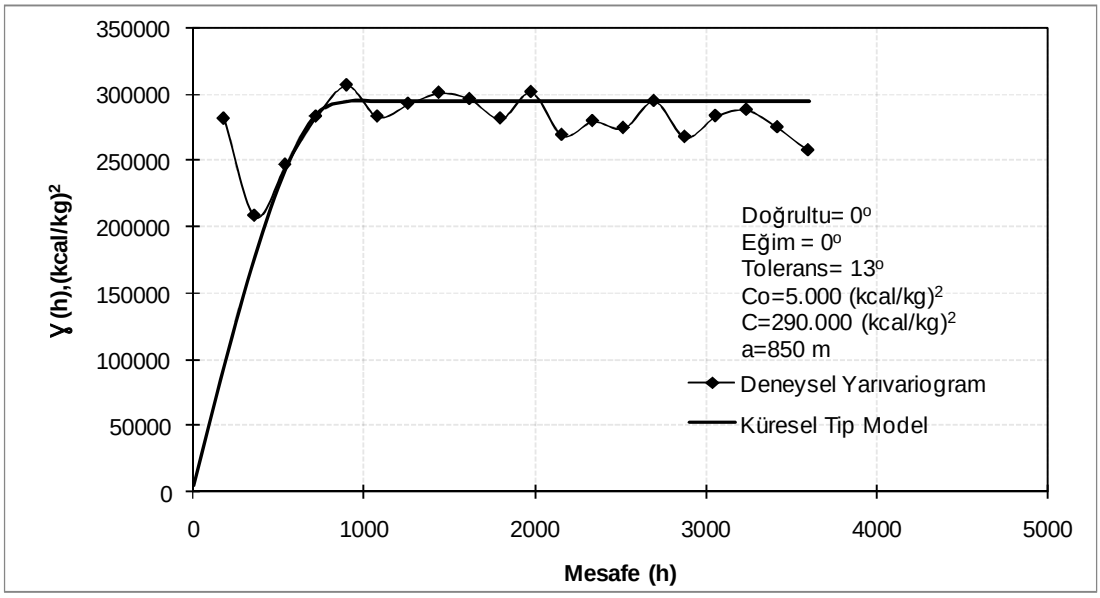


Şekil 4.16. Isıl değer için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=90^{o})

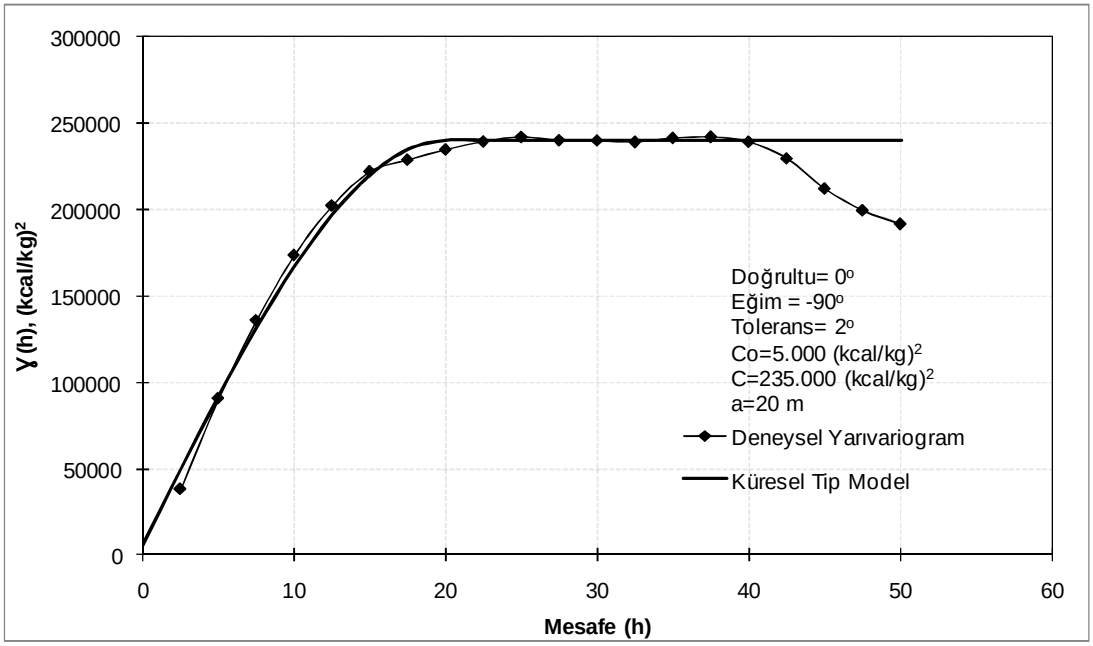


Şekil 4.17. Isıl değer için deneysel yönlü yarıvariogram (Doğrultu=135^{o})

Şekil 4.19'da düşey yarıvariogramdan görüleceği üzere değişkenler arasında düşey yönde güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Deneysel düşey yarıvariogramın ısıl değer değişiminin, örnekler arası uzaklık arttıkça düzenli bir şekilde arttığı görülmektektedir. Buradan düşey doğrultularda örneklerin uzaysal bir bağımlılık gösterdiği sonucu çıkarılabilir.



Şekil 4.18. Isıl değer (kcal/kg) değerlerin deneysel ve teorik yatay yarıvariogram



Şekil 4.19. Isıl değer (kcal/kg) değerlerin deneysel ve teorik düşey yarıvariogram

Düşey yöndeki ilişkinin etki mesafesi olan 20 m bize jeoistatistik analizin bir sonraki adımı olan kriging tahmininde ilgili yarıvariogram fonksiyonuna göre o noktadan düşey yönde 20 metre'den daha uzaklıktaki verileri tahminde kullanmamız yönünde bir anlam taşımaktadır. Yatay yöndeki variogramların etki mesafesi ise yine aynı mantıkla birbirine 850 metre'ye kadar uzaklık dahilindeki örneklerin küresel fonksiyonla tanımlanan ilişkisi olduğunu, daha yüksek uzaklıklardaki örneklerin tahminlerde kullanılmasında ise hataların yüksek olacağını açıklamaktadır.

Yatay ve düşey yönde belirlenen variogram ve parametreleri Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de topluca verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yatay yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri

Deneysel Yarıvariogram				**Teorik Yarıvariogram**			
Doğrultu	Eğim	Tolerans Açısı	Bant Genişliği	Model	Kontrolsüz Etki (C_o)	Eşik Değer (C)	Etki Uzaklığı (A)
0^o	0^o	13^o	0	Küresel	5.000	290.000	850

Çizelge 4.4. Düşey yöndeki Isıl değer (kcal/kg) teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri

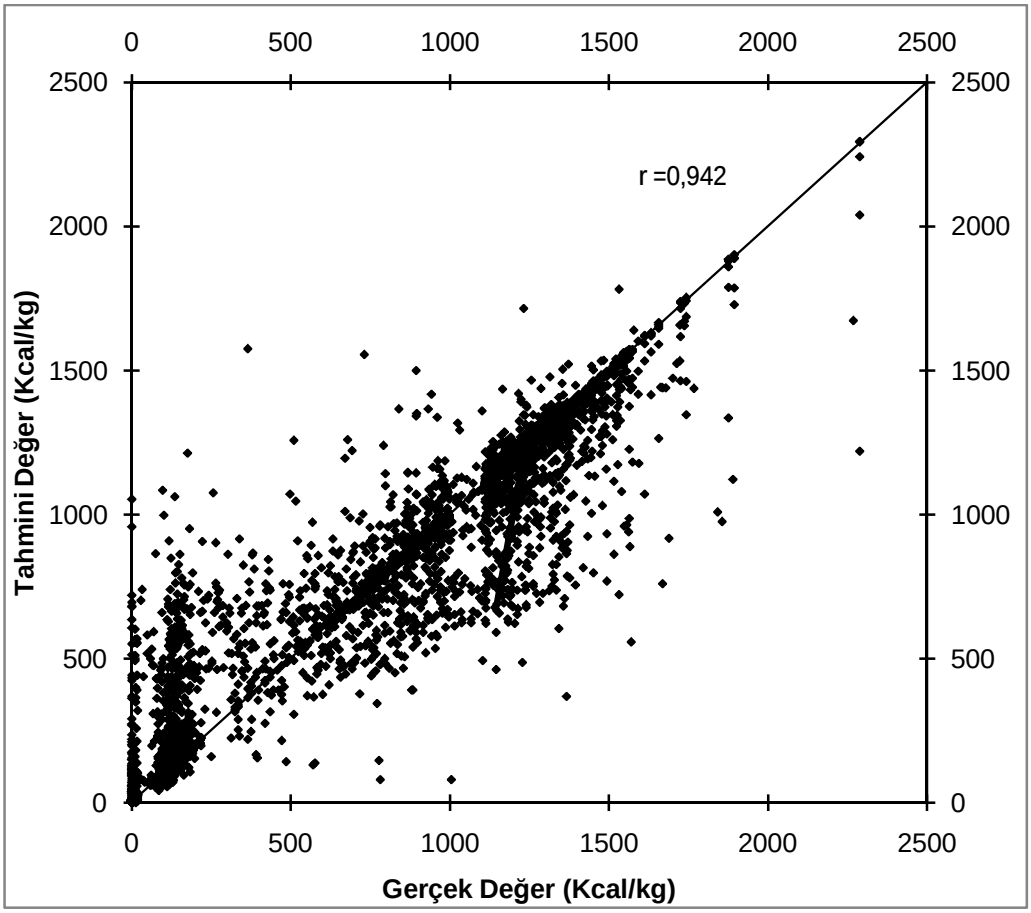
Deneysel Yarıvariogram				**Teorik Yarıvariogram**			
Doğrultu	Eğim	Tolerans Açısı	Bant Genişliği	Model	Kontrolsüz Etki (C_o)	Eşik Değer (C)	Etki Uzaklığı (A)
0^o	-90^o	2^o	2	Küresel	5.000	235.000	20

4.6. Çapraz Doğrulama (Cross Validation)

Çapraz doğrulama testinde tüm tahmin hataları standardize edildiğinde ortalamalarının 0, standart sapması veya varyanslarının 1'e yakın olması beklenir. Isıl değer değişkeni teorik yarıvariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla, çapraz doğrulama test tekniği uygulanmış olup, test aşamasında kriging arama elipsoidi içerisinde kullanılacak gözlem sayısı en fazla 16, en az 3 olarak belirlenmiştir. Bu parametreler deneme yanılma yoluyla elde edilmiş olup, tahmin varyansını minimum yapan parametreler oldukları için tercih edilmiştir. Çizelge 4.5'de model testi analiz sonuçlarından görüleceği üzere, tahminlerin indirgenmiş hatalarının ortalaması sıfıra ve standart sapmanın da 1'e yakın olduğu görülmüştür. Tahmin değerlerine karşılık gerçek değerler grafiklendiğinde birebir doğrusu etrafında eşit şekilde dağıldığı görülmektedir. (Şekil 4.20). Sonuç olarak, seçtiğimiz yarıvariogram model parametrelerimiz linyit yatağında uzaklığa bağlı ısıl değer (kcal/kg) değişimini temsil ediyor denilebilir.

Çizelge 4.5. Çapraz doğrulama testlerinde hata sonuçları

Değişken	**İndirgenmiş Hatalar Ortalaması**	**İndirgenmiş Hatalar Varyansı**
Kalori	-0,0063	1



Şekil 4.20. Gerçek ısıl değer ve tahmini yapılan ısıl değerlerin dağılım grafiği

4.7. Kriging

4.7.1. Rezerv ve Kalite Tahmini

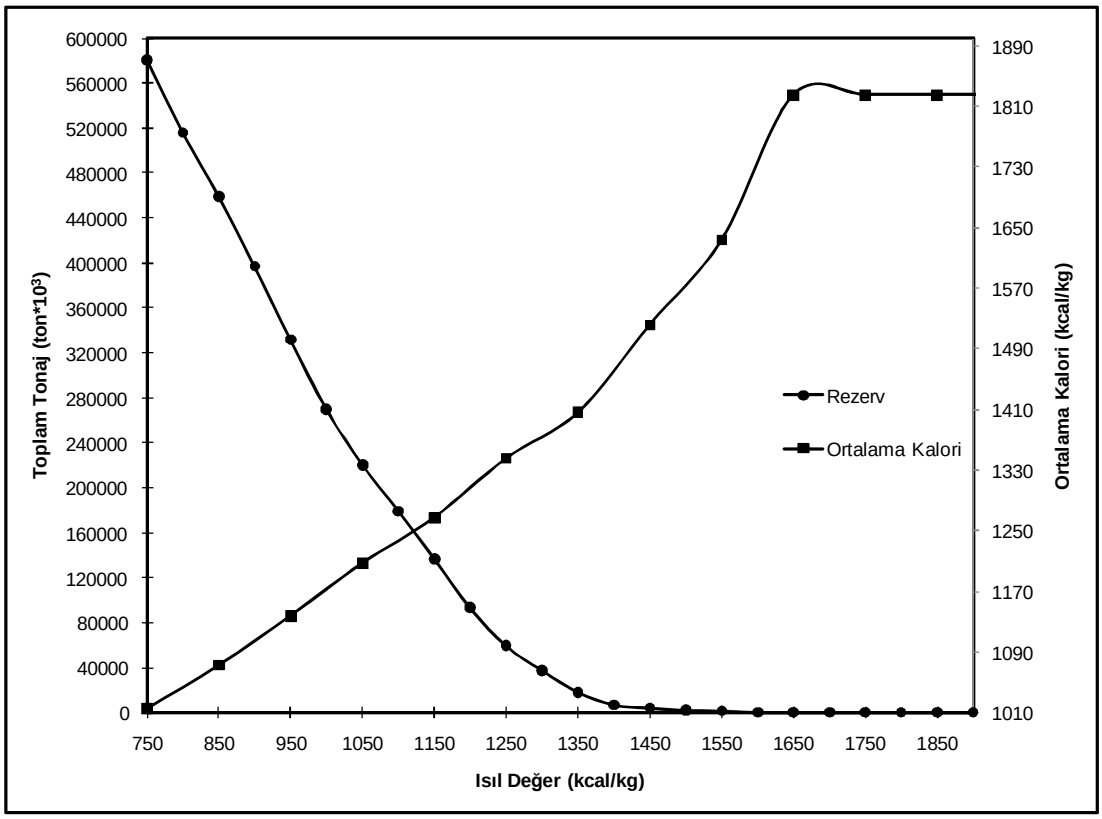
Belirlenen yarıvariogram fonksiyonları ve kriging arama elipsoidi parametreleri kullanılarak 5 ayrı zonda oluşturulan katı model içerisindeki blokların ısıl değerleri ordinary kriging yöntemi ile tahmin edilmiştir. Hesaplamalar her zon için ayrı yapılarak rapor edilmiştir. Kriging işleminde çapraz doğrulamadaki parametreler kullanılmıştır.

İşletme tenörü herhangi bir madenin veya hammadenin işletme sınır değeridir. Bu değerin altında kalan kısımlar için üretim yapılmaz. Sahada yapılan rezerv tahmini, temel değişken olan kalorifik değer dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Linyit'in 750 kcal/kg kalorifik değeri sınır değer (işletme tenörü)

olarak alınmıştır. Bu değerin altında kalorifik değere sahip kömürler ara kesme (kömür yan kayacı) olarak, bu değerin üstündeki kömürler ise kullanılabilir ve işletilebilir olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, kalorisi tahmin edilen bloklara ait raporların yardımıyla 750 kcal/kg üzerinde kalori değerine sahip kömürlerin rezervi ve rezerv parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Verilere bağlı olarak kalorifik değere ait tonaj eğrisi de Şekil 4.21'de sunulmuştur. Şekilden istenilen bir kalite değerinin üzerinde veya kalite aralıklarında tahmin edilen kömür rezervi kolayca görülebilmektedir.

Çizelge 4.6. Kalori-rezerv ilişkisi

İşletme Sınır Kalori (kcal/kg)	**Sınır Kalori Üzerindeki Toplam Rezerv (ton)**	**Sınır Kalori Üzerindeki Ortalama Kalori (kcal/kg)**
750	580.528.237,5	1.014,64
850	458.975.235,9	1.071,97
950	331.739.929,7	1.137,50
1.050	220.547.948,4	1.206,81
1.150	136.653.375,0	1.267,03
1.250	59.218.800,0	1.344,98
1.350	18.091.556,3	1.405,71
1.450	4.111.823,4	1.521,43
1.550	1.425.623,4	1.633,62
1.650	44.826,6	1.825,00
1.750	40.251,6	1.825,00
1.850	10.251,6	1.825,00

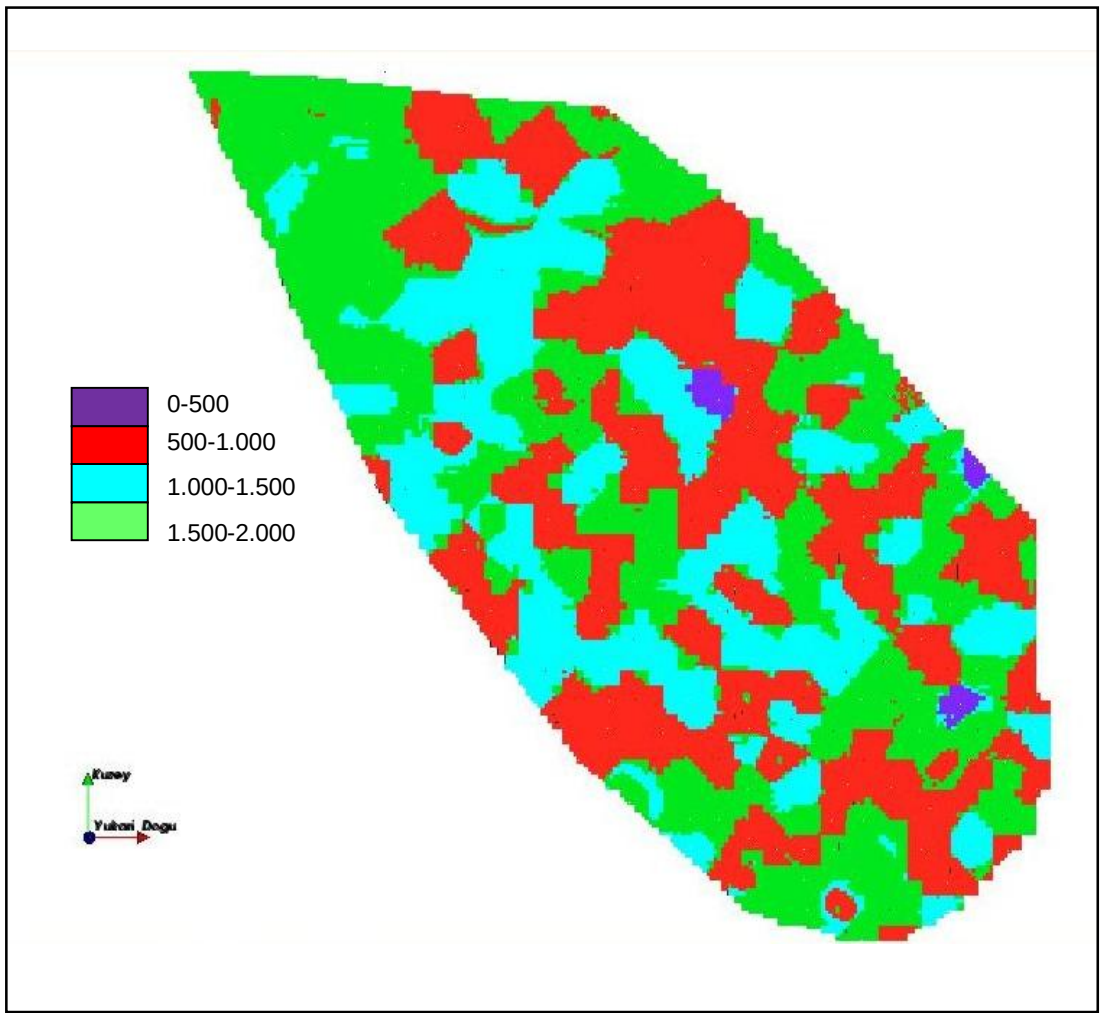


Şekil 4.21. Kalori-rezerv grafiği

Sahadaki kömür yoğunluğu 1,2 ton/m^3 olarak alınıp (Mert, 2010), blok raporlarından elde edilen kalori ve hacim değerleride kullanılarak sınır kalori üzerindeki toplam rezerv ve ortalama kalori değerlerinin verildiği Çizelge 4.6 ve Şekil 4.21'den Çöllolar sahasında 750 Kcal/kg kalori değerinin üzerindeki kömür rezervinin 580.528.237,5 ton, ortalama ısıl değerinin ise 1.014,64 Kcal/kg olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar üretim planlaması için önemli ve esas kriterleri oluşturmaktadır.

4.7.2. Tematik Haritaların Düzenlenmesi

Kriging ile her bir zon için elde edilen tahminlere göre 4 kalite aralığında sahadaki plan görünüşlerine ait haritalar elde edilmiş ve Şekil 4.22-26'da ayrı ayrı verilmiştir. Ayrıca her bir zona ait hacim, tonaj ve blok sayısı bilgilerinin kalori aralığına göre dağılımları da Çizelge 4.8-12'de sunulmuştur.

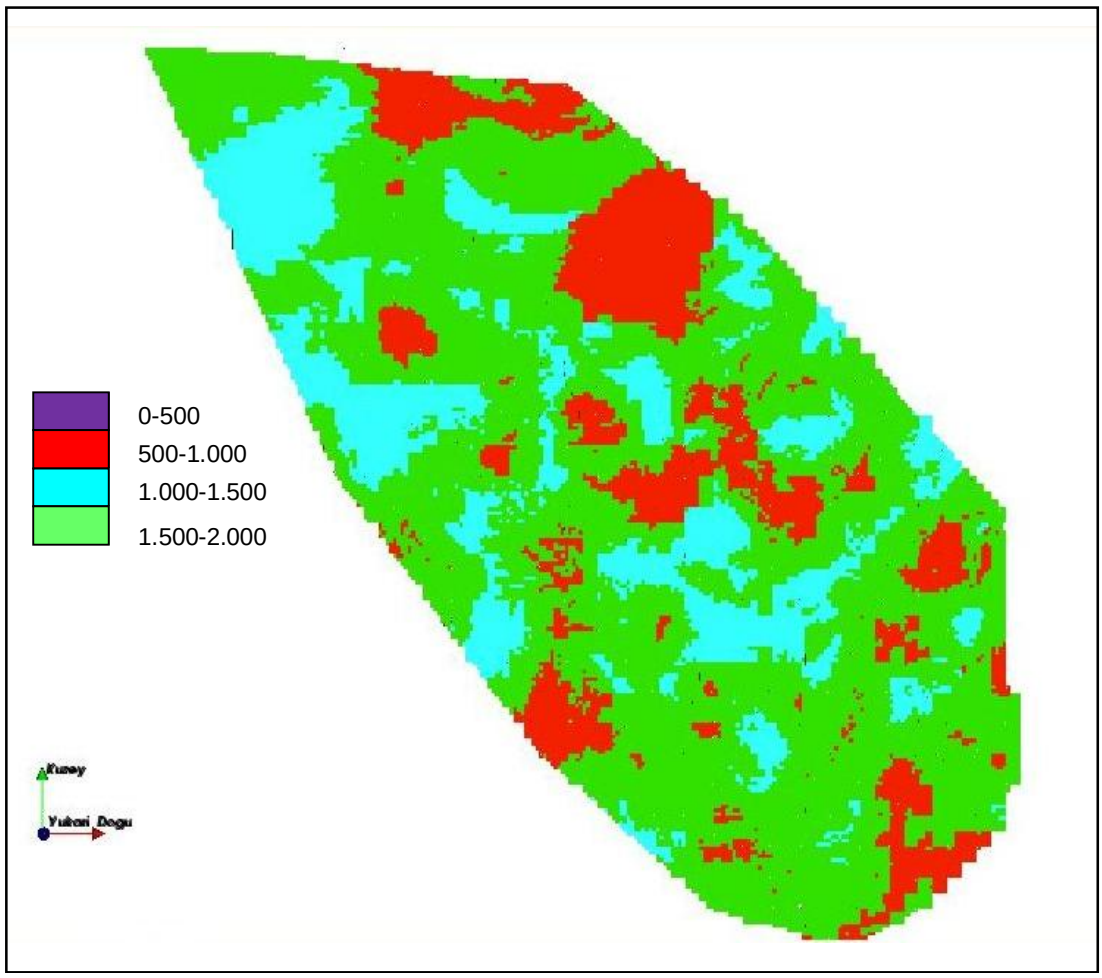


Şekil 4.22. Kom1 ısıl değer dağılım haritası

Çizelge 4.7. Kom1 ısıl değer dağılım haritası tablosu

Kalori (kcal/kg)	Hacim (m^3)	Tonaj (ton)*	Blok Sayısı	Hacim (%)	Kümülatif Toplam Hacim
0-500	54.823.117	65.787.741	31.153	33,30	54.823.117
500-1.000	56.994.891	68.393.869	27.806	34,62	111.818.008
1.000-1500	51.484.387	61.781.264	26.859	31,27	163.302.395
1.500-2.000	1.344.020	1.612.823	867	0,82	164.646.414
Toplam	164.646.414	197.575.697	86.685		
Ortalama Kalori	706,324				

*Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m^3 olarak alınmıştır.

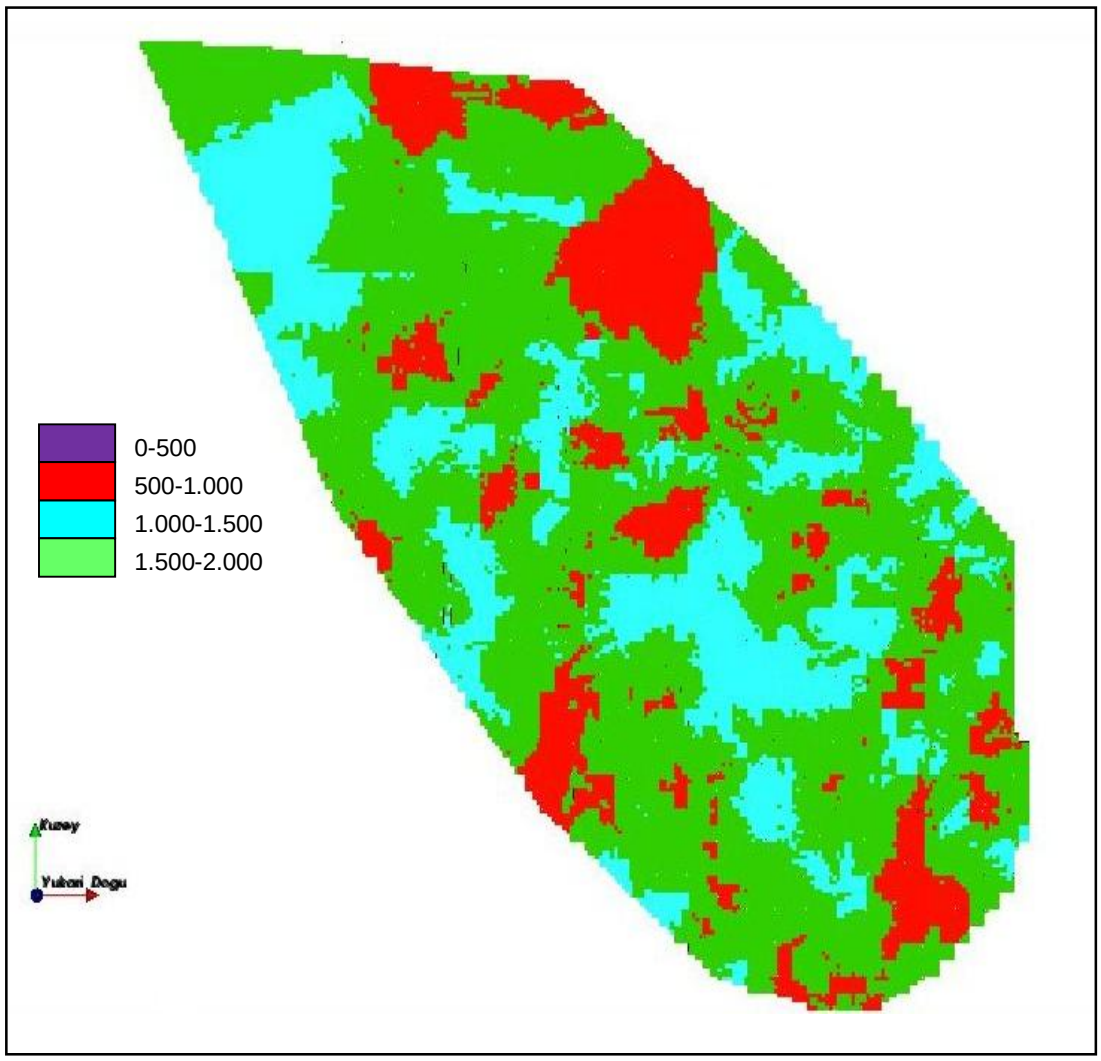


Şekil 4.23. Kom2 ısıl değer dağılım haritası

Çizelge 4.8. Kom2 ısıl değer dağılım haritası tablosu

Kalori (kcal/kg)	Hacim (m^3)	Tonaj (ton)*	Blok Sayısı	Hacim (%)	Kümülatif Toplam Hacim
0-500	26.356.965	31.628.358	12.279	15,96	26.356.965
500-1.000	99.447.203	119.336.644	49.561	60,22	125.804.168
1.000-1.500	39.338.852	47.206.622	15.387	23,82	165.143.020
1.500-2.000	0	0	0	0,00	165.143.020
Toplam	165.143.020	198.171.623	77.227		
Ortalama Öznitelik	769,515				

*Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m^3 olarak alınmıştır.

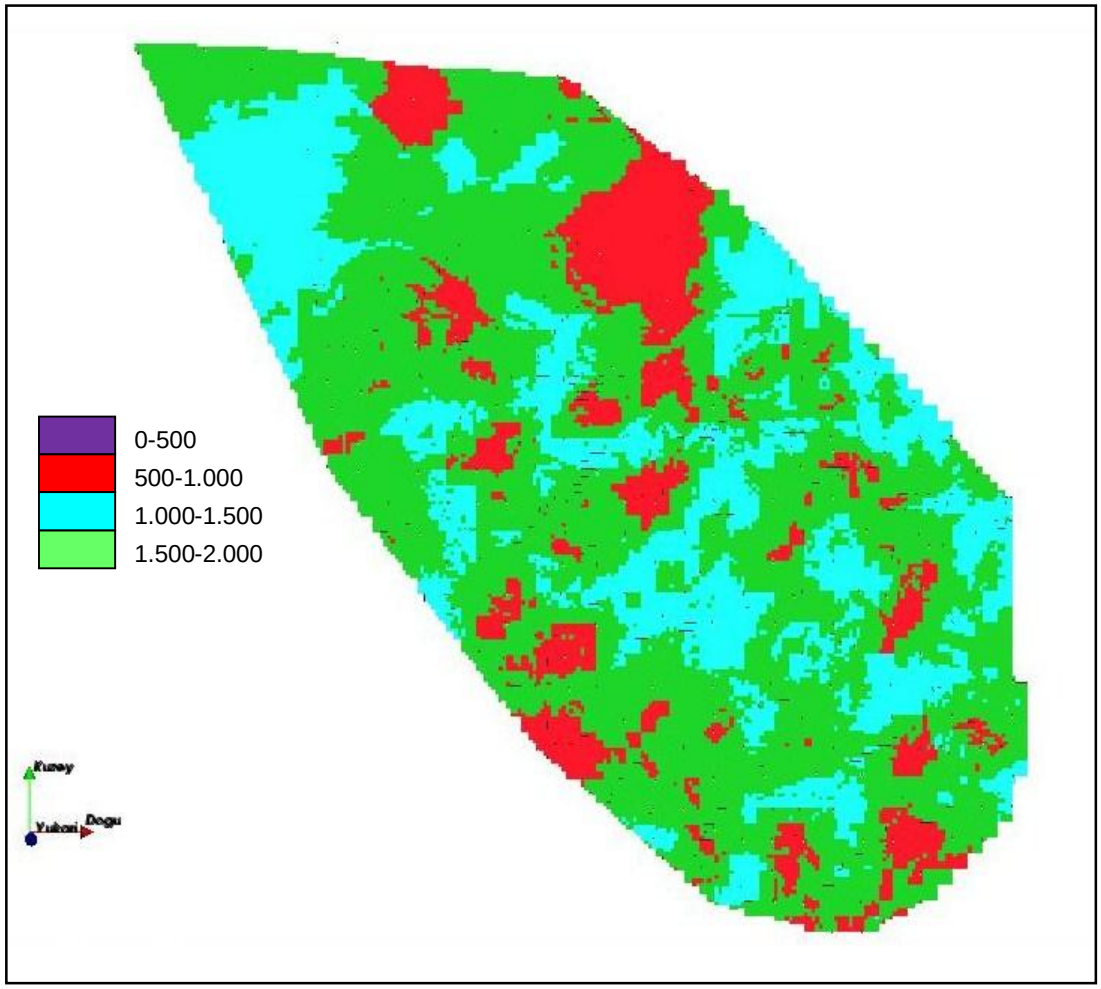


Şekil 4.24. Kom3 ısıl değer dağılım haritası

Çizelge 4.9. Kom3 ısıl değer dağılım haritası tablosu

Kalori (kcal/kg)	Hacim (m^3)	Tonaj (ton)*	Blok Sayısı	Hacim (%)	Kümülatif Toplam Hacim
0-500	21.885.918	26.263.102	10.875	13,24	21.885.918
500-1.000	101.090.359	121.308.431	45.518	61,15	122.976.277
1.000-1.500	42.335.266	50.802.319	18.528	25,61	165.311.543
1.500-2.000	2.426	2.911	3	0,00	165.313.969
Toplam	165.313.969	198.376.763	74.924		
Ortalama Öznitelik	795,222				

*Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m^3 olarak alınmıştır.

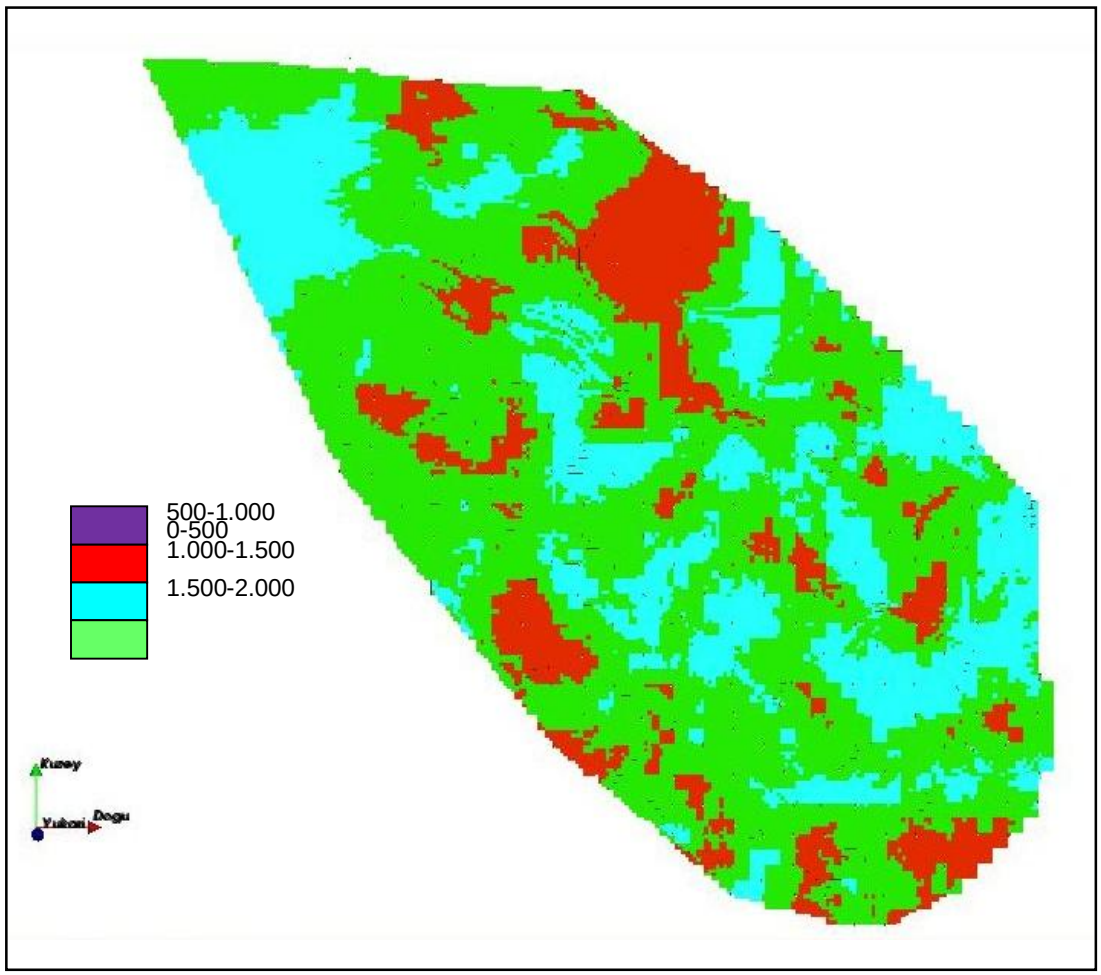


Şekil 4.25. Kom4 ısıl değer dağılım haritası

Çizelge 4.10. Kom4 ısıl değer dağılım haritası tablosu

Kalori (kcal/kg)	Hacim (m^3)	Tonaj (ton)*	Blok Sayısı	Hacim (%)	Kümülatif Toplam Hacim
0-500	19.952.117	23.942.541	11.305	12,14	19.952.117
500-1.000	102.352.152	122.822.583	46.772	62,29	122.304.270
1.000-1.500	41.971.863	50.366.236	18.906	25,54	164.276.133
1.500-2.000	35.930	43.116	17	0,02	164.312.063
Toplam	164.312.063	197.174.475	77.000		
Ortalama Öznitelik	795,895				

*Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m^3 olarak alınmıştır.



Şekil 4.26. Kom5 ısıl değer dağılım haritası

Çizelge 4.11. Kom5 ısıl değer dağılım haritası tablosu

Kalori (kcal/kg)	Hacim (m^3)	Tonaj (ton)*	Blok Sayısı	Hacim (%)	Kümülatif Toplam Hacim
0-500	25.980.566	31.176.680	12.344	15,28	25.980.566
500-1.000	96.083.777	115.300.533	41.878	56,51	122.064.344
1.000-1.500	47.619.727	57.143.672	17.783	28,01	169.684.070
1.500-2.000	330.684	396.820	62	0,19	170.014.754
Toplam	170.014.754	204.017.705	72.067		
Ortalama Öznitelik	789,337				

*Linyit yoğunluğu 1.2 ton/m^3 olarak alınmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afşin-Elbistan Çöllolar(B) sahasına ait sondaj verileri ile bilgisayar programı yardımıyla, sondaj verilerinin değerlendirilmesi ve düzenlenmesi, yüzey oluşturma, katı modelleme, blok modelleme, ısıl değer yarıvariogram analizi, çapraz doğrulama (Cross validation), kriging işlemi, rezerv ve kalite tahmini, tematik haritaların hazırlanması işlemleri uygulanmış ve yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

1. Netpro/Mine yazılımının, bütün madencilik tasarımları tek bir çatı altında toplayabildiği, yalın kullanıcı ara yüzüne sahip olduğu ve geniş raporlama seçenekleri ile 2B/3B tasarım işlemleri (CAD) ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) birleştirilmesinde güçlü olduğu görülmüştür.

2. Her bir sondaj logundaki ara kesmelerin homojen olmaması nedeniyle hassas bir modelleme yapılamamış, bu problemin ortadan kaldırılması için sondaj logları kalınlık ve ısıl değerlerine göre düzenlenerek 5 zon oluşacak şekilde yeniden düzenlenmiştir.

3. Sondaj verilerinin tanımlayıcı özet istatistik değerlerine bakılarak değişkenin (ısıl değer) karakteristik özellikleri belirlenmiştir.

4. Her zon için alt ve üst yüzeyler oluşturulmuş ve bu yüzeyler arasındaki katı modeller elde edilmiştir.

5. Ayrı ayrı oluşturulan 5 katı model birleştirilerek katı model üzerinden toplam hacim sorgulanabilmiştir.

6. Çeşitli blok boyutları denenerek en düşük tahmin hatası ve sahayı en iyi temsil edecek şekilde optimum blok boyutları belirlenmiştir. Blok boyutları
100 x 100 x 2,5 m olarak alınmıştır.

7. Çeşitli kompozit uzunlukları denenmiş, orijinal verileri en iyi temsil eden kompozit uzunluğu olarak 2,5 m kullanılmıştır.

8. Cevherleşmenin maden yatağındaki yönlere göre değişimini ve ısıl değerin mesafeye göre nasıl değiştiğini belirlemek amacı ile yarıvariogram analizleri yapılmıştır. 4 ana yönde (0^o, 45^o, 90^o, 135^o) yapılan analizlerde geometrik veya zonal

anizotropiye rastlanılmamıştır. Isıl değerin mesafeye göre değişimini ifade eden hem düşey hem de yatay deneysel yarıvariogramlar elde edilmiştir.

9. Elde edilen deneysel yarıvariogramlar ile kriging aşamasında kullanılacak olan teorik yarıvariogram modelleri belirlenmiştir. Yatay ve düşey için bilinen teorik modellerden küresel model seçilmiş olup yarıvariogram parametresi olan nugget etki (C_o), sill (C_o+C_1), etki mesafesi (a) belirlenmiştir. Bu değerler yatayda C_o =5.000 C=290.000, a=850 m, düşeyde ise C_o=5.000, C=235.000, a=20 m olarak hesaplanmıştır.

10. Tahmin aşamasına geçmeden önce tahminde kullanılmak üzere belirlenen variogram model ve parametrelerin performanslarını tespit etmek amacı ile çapraz dogrulama testi yapılmıştır. Çapraz doğrulama testi sonucu korelasyon katsayısı r=0,942 bulunmuştur. Bunun yanısıra ortalama hata değerinin 0'a yakın ve hata varyansınında 1'e yakın çıkması sonucu yarıvariogramın güvenilirliği ispatlanmıştır.

11. Güvenirliği test edilen variogram parametreleri kullanılarak her bir zon için ayrı ayrı kriging tahminleri yapılmıştır. Her bir zon için elde edilen tematik harita raporlarından yapılan değerlendirmeler sonucu kömür yatağının tamamını temsil eden ısıl değer-tonaj eğrisi çizilmiş, ortalama ısıl değerler belirlenmiştir. Çöllolar sahasında 750 Kcal/kg ısıl değerinin üzerinde ortalama ısıl değer 1.014 kcal/kg olan toplam 580 milyon ton rezerv hesaplanmıştır. Bu sonuçların, aynı veriler kullanılarak jeoistatistiksel yöntemle Mert (2010) tarafından yapılan çalışma ile belirlenen sonuçlara yakın olduğu görülmüştür.

12. Bu çalışma ile elde edilen sahaya ait parametreleri belirlenmiş blok modeli ile açık işletme ve üretim planlamaları hassas bir şekilde yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

AYDOĞAN, M., 1978. K.Maraş-Elbistan-Çöllolar Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. MTA Raporu. Derleme No: 6413, Ankara (Yayınlanmamış).

DAĞ, A., 1997. Döner Kepçeli Ekskavatör Açık İşletme Yönteminde Bilgisayar Destekli Üretim Planlaması: Afşin-Elbistan Linyit İşletmesi Çöllolar Sahasına Uygulanması. Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, s.184, Adana.

ERGÜDER, G., KIZILDAĞ, G. ve GÜNKEL, G., 2000. AEL Kışlaköy Açık İşletmesi Doğu Nihai Şevi Jeofizik Rezistivite Etüdü raporu. TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

GÖKMEN, V., MEMİKOĞLU, O., DAĞLI, M., ÖZ, D., TUNCALI, E., 1993. Türkiye Linyit Envanteri. MTA, s. 269-272, Ankara.

GÜRSOY, E., ÖZCAN, K., YÜCEL, A.R., 1981. K.Maraş Elbistan D1 Sektörü Kömür Yatağı Jeoloji Raporu. MTA Raporu, Ankara.

KILIÇ, A. M., 1996. Analyse de la Stabilité Des Talus de la Mine de Lignite D'Afşin-Elbistan. Pour Obtenir la Grade de Docteur de I'école Nationale Supérieure Des Mines de Paris en Géologie de L'ingéieur, Paris.

KILIÇ, A. M.,ve ONUR, A. H., 2001. Afşin-Elbistan Linyitleri Açık İşletmesi İç Döküm Sahası Dinamik Duraylılık Analizi. Türkiye 17. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s. 11-16.

KOÇAK Ç., 2000. Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Yeniden Değerlendirilmesi. Enerji Dünyası Dergisi, Sayı:32.

KOÇAK, Ç., KÜRKÇÜ, S. N., ve YILMAZ, S., 2003. Afşin-Elbistan Linyit Havzasının Yeniden Değerlendirilmesi ve Linyit Kaynakları Arasındaki Yeri. 24-27 Eylül 2003, Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul.

KÜRKÇÜ, S.N., ERSOY M., ERSUN, E., 1993. Jeoistatiksel Yöntem Kullanılarak A fşin-Elbistan Havzası Çöllolar B Sektörü Rezerv Belirleme Çalışması. Türkiye 13. Madencilik Kongresi, Ankara.

MERT, B.A. 2004. Jeoistatiksel Analiz Üzerine Bir Bilgisayar Programı: Antalya-Akseki-Kızıltaş Boksit Yatağına Uygulanması. Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Adana, Turkey, s.26.

MERT, B.A., 2010. Afşin-Elbistan Kömür Havzasındaki Madencilik Faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Küresel Konumlama Sistemlerinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Çukurova Üniveristesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.1, Adana.

NETCAD, 2010a. NETCAD Netpro/Mine Uygulama Dökümanı, ss.46, Ankara.

NETCAD, 2010b. NETCAD Netpro/Mine Operatörler, ss.27, Ankara.

NETCAD, 2010c. NETCAD Netpro/Mine Kullanım Klavuzu, ss.244, Ankara.

NETCAD, 2010d. NETCAD Netpro/Mine Teorik Bilgiler, ss.13, Ankara.

OTTO GOLD, 1969. Lignite Deposit of Afsin-Elbistan Feasibility Report. Vol 1, Köln, p.123

ÖNEN, N., 1936. Orta Anadolu Linyit Yatakları Hakkında Rapor. MTA, Ankara.

ÖZBEK, T., ve GÜÇLÜER, S., 1977. K.Maraş Elbistan Çöllolar – B Linyit Sektörü 1977 Yılı Faaliyet Raporu. MTA Raporu, Ankara.

ÖZTÜRK, T., 1994. A.E.L. İşletmesi Kazı Sahasında Karşılaşılan Sert Kayaçların Kazı Yöntemlerinin İncelenmesi, İatanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.4-5, İstanbul.

PERİNÇEK, D., and KOZLU, H., 1984. Stratigraphy and Structural Relations of the Units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir Region (Eastern Taurus): in Tekeli. O. and Göncüoğlu, M.C. (Eds), Geology of Taurus Belt, Ankara-Turkey, p.181-198.

RHEINBRAUN CONSULTING, 1976. Quality and Quantity Calculations For Kışlaköy Open Cast Mine. Cologne (yayınlanmamış).

URAL, S., 1999. Afşin-Elbistan Linyitlerinin Sınıflandırılarak Termik Santralin Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Proje No: FBE. 96.97, Doktora Tezi, s.140, Adana.

URAL, S., ve ONUR, A.H., 2000. Afşin - Elbistan Linyitlerinin Termik Santralin Performansı Üzerindeki Etkileri. Türkiye 12. Kontur Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 May2000, Zonguldak-Kdz.Ereğli, Türkiye, s-278-286.

URAL, S., ve YUKSEL, F., 2004. Geotechnical Characterization Of Lignite-Bearing Horizons In The Afsin-Elbistan Lignite Basin, SE Turkey. Engineering Geology 75 (2004), 129-146.

YÖRÜKOĞLU, M., 1991. Afşin-Elbistan Projesi ve TKİ Kurumu AELÎ Müessesesinde Madencilik Çalışmaları. Madencilik Dergisi, Eylül 1991, Sayı No:3, s.13-29, Ankara.

YÜNSEL, T.Y., 2007. Maden Yataklarının Jeoistatistiksel Yöntemlerle Analizi ve Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s.19, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

01 Aralık 1980 yılında Ankara'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Ankara'da tamamladıktan sonra 2000 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümünde lisans öğremine başladı. 30 Haziran 2004 yılında Maden Mühendisi unvanını almaya hak kazandı.

2005-2007 yılları arasında bir özel şirkette satış danışmanı olarak çalıştıktan sonra, 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Yüksek Lisans Öğrenimi sırasında 2008-2009 yılları arasında özel bir maden firmasında mesleği üzerine çalıştı. 2009-2010 öğretim yılında Erasmus öğrenci değişimi kapsamında 6 aylık bir süre zarfında TU Bergakademie Freiberg Üniversitesinde (Almanya'da) bulundu.